# 金沙江上游　旭龙水电站

# 环境影响报告书

建设单位：国电金沙江旭龙水电开发有限公司

编制单位：长江水资源保护科学研究所

二〇二〇年五月

# 金沙江上游　旭龙水电站

# 环 境 影 响 报 告 书

声　　明

长江水资源保护科学研究所拥有本报告书的著作权，未经授权，不得翻印（录）、传播或他用，对于侵权行为报告书编制单位将保留追究其法律责任的权利。

建设单位：国电金沙江旭龙水电开发有限公司

编制单位：长 江 水 资 源 保 护 科 学 研 究 所

二〇二〇年五月

打印编号：1578362192000

# 编制单位和编制人员情况表

| | |
|---|---|
| 项目编号 | 6x925s |
| 建设项目名称 | 金沙江上游旭龙水电站 |
| 建设项目类别 | 31_089水力发电 |
| 环境影响评价文件类型 | 报告书 |
| **一、建设单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 国电金沙江旭龙水电开发有限公司 |
| 统一社会信用代码 | 91513338MA65L2EA3H |
| 法定代表人（签章） | 高嵩 |
| 主要负责人（签字） | 张建华 |
| 直接负责的主管人员（签字） | 胡斯乐 |
| **二、编制单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 长江水资源保护科学研究所 |
| 统一社会信用代码 | 12100000441354250?? |
| **三、编制人员情况** | |

1. 编制主持人

| 姓名 | 职业资格证书管理号 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 陈蕾 | 06354243505420178 | BH019452 | |

2. 主要编制人员

| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 陈云鹏 | 环境影响经济损益风险。 | BH014108 | |
| 曾鸣 | 环境管理与监理。 | BH015340 | |
| 彭才喜 | 施工环境影响、措施、监测相关内容；制图。 | BH014700 | |
| 邓瑞 | 分期实施计划及竣工环保验收。 | BH016194 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 熊顺 | 土壤环境预测评价、措施。 | BH014317 | |
| 许秀贞 | 移民安置环境影响评价；其他环境影响评价。 | BH014172 | |
| 刘金珍 | 环境现状，陆生生态预测、措施、监测。生态制图。 | BH016227 | |
| 樊皓 | 报告书汇总；工程概况；水文情势及水环境影响预测、措施、监测相关内容；环境风险与应急措施。 | BH016805 | |
| 邓志民 | 环境质量现状评价；地下水环境影响预测、措施、监测。 | BH016197 | |
| 张登成 | 水生生态预测、措施、监测；环境保护投资。 | BH014316 | |
| 陈蕾 | 概述；总则；工程分析；评价结论。 | BH019452 | |

# 专题研究及编制单位

| 序号 | 专题名称 | 承担单位 | 专题负责人 |
|---|---|---|---|
| 1 | 旭龙水电站水环境影响专题 | 长江水资源保护科学研究所 | 樊皓 |
| 2 | 旭龙水电站水温影响研究 | 四川大学 水力学与山区河流开发保护国家重点实验室 | 脱友才 |
| 3 | 金沙江旭龙水电站总溶解气体过饱和影响研究 | 四川大学 水力学与山区河流开发保护国家重点实验室 | 李然 |
| 4 | 金沙江旭龙水电站地下水环境影响评价研究报告 | 中国地质大学（武汉）环境学院 | 万军伟 |
| 5 | 金沙江旭龙水电站环境影响评价陆生生态专题 | 武汉市伊美净科技发展有限公司<br>西南林业大学 | 姬 星<br>刘宁 |
| 6 | 金沙江旭龙水电站水生态环境影响评价报告 | 水利部中国科学院水工程生态研究所 | 杨汉运 |
| 7-1 | 金沙江上游川滇段水电开发定曲河栖息地水生生态保护方案 | 水利部中国科学院水工程生态研究所 | 杨汉运 |
| 7-2 | 古学水电站仿自然通道设计方案 | 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 | 张德见 |
| 7-3 | 古学水电站过鱼设施方案设计报告 | 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 | 张德见 |
| 8 | 金沙江旭龙水电站鱼类增殖放流站工程专题报告 | 长江勘测规划设计研究有限责任公司<br>水利部中国科学院水工程生态研究所 | 冯 粤 |
| 9 | 金沙江旭龙水电站过鱼设施方案设计研究报告 | 长江勘测规划设计研究有限责任公司 | 朱世洪 |
| 10 | 金沙江旭龙水电站可行性研究阶段施工环境影响专题 | 长江水资源保护科学研究所 | 彭才喜 |
| 11 | 金沙江旭龙水电站对局地气候的影响研究 | 云南省气象科研所 | 张万诚 |
| 12 | 旭龙水电站工程影响区少数民族宗教与文化保护调查研究 | 云南大学民族研究院 | 张 跃 |

# 目　录

**概　述.....1**

**1　总则.....6**

1.1　编制目的.....6

1.2　编制依据.....6

1.2.1　法律.....6

1.2.2　行政法规及规范性文件.....7

1.2.3　地方法规及规范性文件.....9

1.2.4　技术导则及规范.....10

1.2.5　环境质量标准和污染物排放标准.....11

1.2.6　技术报告及相关文件.....12

1.3　评价标准.....12

1.3.1　环境质量标准.....12

1.3.2　污染物排放标准.....14

1.4　评价工作等级.....15

1.4.1　水环境.....15

1.4.2　生态环境.....15

1.4.3　环境空气.....16

1.4.4　声环境.....16

1.4.5　土壤环境.....16

1.5　评价范围.....17

1.5.1　水环境.....17

1.5.2　生态环境.....17

1.5.3　环境空气.....18

1.5.4　声环境.....18

1.5.5　土壤环境.....18

1.5.6　社会环境.....18

1.6　评价水平年.....18

1.7 环境保护目标.....19
1.7.1 环境功能保护目标.....19
1.7.2 环境敏感保护目标.....19
1.8 评价工作程序.....21
2 工程概况.....23
2.1 流域规划及开发利用现状.....23
2.1.1 金沙江上游水电规划及开发现状.....23
2.1.2 水电规划环评主要结论.....27
2.1.3 规划环评环保要求落实情况.....30
2.2 工程地理位置.....39
2.3 工程特性.....39
2.3.1 工程开发任务.....39
2.3.2 工程规模和主要特性.....39
2.4 工程项目组成.....45
2.5 枢纽布置及主要建筑物.....45
2.5.1 挡水建筑物.....46
2.5.2 泄水建筑物.....46
2.5.3 引水发电建筑物.....47
2.5.4 导流建筑物.....48
2.5.5 过鱼建筑物.....48
2.6 工程施工规划.....49
2.6.1 施工总布置.....49
2.6.2 施工交通.....54
2.6.3 料场规划.....61
2.6.4 土石方平衡及渣场规划.....61
2.6.5 施工导流.....65
2.6.6 施工企业布置.....66
2.6.7 主体工程施工.....77
2.6.8 施工强度和进度安排.....80
2.6.9 施工用地.....81

2.7 建设征地及移民安置.....81
2.7.1 工程征占地.....81
2.7.2 移民安置规划.....82
2.7.3 专业项目处理.....83
2.8 初期蓄水及电站运行.....85
2.8.1 初期蓄水方案.....85
2.8.2 上游苏洼龙水电站（在建）运行方式.....85
2.8.3 旭龙水电站运行方式.....87
2.9 工程投资.....88
**3 工程分析.....89**
3.1 工程建设与相关规划符合性分析.....89
3.1.1 与国家能源发展规划的符合性分析.....89
3.1.2 与主体功能区规划的符合性分析.....90
3.1.3 与生态功能区划的符合性分析.....93
3.1.4 与《“十三五”生态环境保护规划》的协调性分析.....95
3.1.5 与青藏高原区域生态建设与环境保护规划的符合性.....96
3.1.6 与长江流域综合规划的符合性分析.....97
3.1.7 与长江经济带生态环境保护规划的符合性分析.....97
3.1.8 与水污染防治行动计划的符合性分析.....97
3.1.9 与水电规划及规划环评的符合性分析.....98
3.1.10 与生态保护红线的符合性分析.....99
3.2 工程方案环境合理性分析.....100
3.2.1 坝址选择的环境合理性分析.....100
3.2.2 正常蓄水位选择的环境合理性分析.....100
3.2.3 施工规划的环境合理性分析.....101
3.3 工程环境影响因素分析.....105
3.3.1 工程施工.....105
3.3.2 工程建设征地.....114
3.3.3 移民安置.....116
3.3.4 工程运行.....118

3.4 环境影响识别及评价因子筛选.....121
3.4.1 环境影响识别.....121
3.4.2 评价因子筛选.....125
3.4.3 评价重点.....126
3.5 小结.....126
**4 环境现状 .....130**
4.1 流域环境概况.....130
4.2 自然环境.....132
4.2.1 地形地貌.....132
4.2.2 地质.....134
4.2.3 气候气象.....136
4.2.4 水文.....138
4.2.5 地下水.....143
4.2.6 土壤.....147
4.3 生态环境.....149
4.3.1 陆生生态.....149
4.3.2 水生生态.....210
4.4 社会环境.....268
4.4.1 行政区划及人口.....268
4.4.2 社会经济.....268
4.4.3 民族文化与宗教.....270
4.4.4 土地资源及其利用.....272
4.4.5 水资源及其利用.....273
4.4.6 交通条件.....278
4.5 生态敏感区.....279
4.5.1 芒康滇金丝猴国家级自然保护区.....279
4.5.2 白马雪山国家级自然保护区.....281
4.5.3 四川下拥省级自然保护区.....282
4.5.4 得荣嘎金雪山州级自然保护区.....283
4.5.5 三江并流国家级风景名胜区.....283

4.5.6 四川省太阳谷风景名胜区.....284
4.6 环境质量现状评价.....287
4.6.1 地表水环境.....287
4.6.2 地下水环境.....300
4.6.3 环境空气.....306
4.6.4 声环境.....309
4.6.5 土壤环境.....312
4.7 主要环境问题.....312
**5 环境影响预测与评价.....314**
5.1 水文情势影响分析.....314
5.1.1 生态流量.....314
5.1.2 对水文情势的影响.....334
5.1.3 对滇中引水工程调度运行的影响.....373
5.1.4 对泥沙情势的影响.....376
5.1.5 小结.....379
5.2 地表水环境影响预测评价.....380
5.2.1 对水温的影响.....380
5.2.2 对水质的影响.....400
5.2.3 坝下溶解性气体过饱和影响分析.....408
5.2.4 小结.....429
5.3 地下水环境影响预测评价.....431
5.3.1 施工期.....431
5.3.2 运行期.....436
5.3.3 地下工程对陆生生态水源的影响.....440
5.3.4 小结.....441
5.4 生态环境影响预测评价.....442
5.4.1 陆生生态.....442
5.4.2 水生生态.....467
5.4.3 小结.....477
5.5 施工期环境影响评价.....480

5.5.1 对水质的影响.....480
5.5.2 对环境空气的影响.....485
5.5.3 对声环境的影响.....487
5.5.4 固体废物对环境的影响.....494
5.5.5 小结.....495
5.6 移民安置环境影响评价.....496
5.6.1 农村移民安置环境影响.....496
5.6.2 专项设施复建环境影响.....500
5.7 其他环境影响.....503
5.7.1 对土壤环境的影响.....503
5.7.2 对局地气候的影响.....504
5.7.3 对环境地质的影响.....519
5.7.4 运行期泄洪雾化影响分析.....523
5.7.5 对社会环境的影响.....531
**6 环境保护措施.....535**
6.1 地表水环境保护措施.....535
6.1.1 下游河道生态流量保障措施.....535
6.1.2 水温影响减缓措施.....538
6.1.3 气体过饱和影响减缓措施.....571
6.1.4 运行期水质保护措施.....573
6.1.5 科学研究.....574
6.2 地下水影响减缓措施.....576
6.2.1 地下水环境保护措施.....576
6.2.2 地下水污染应急防范措施.....577
6.3 陆生生态保护措施.....577
6.3.1 陆生植被保护.....577
6.3.2 陆生动物保护.....584
6.3.3 科学研究.....588
6.4 水生生态保护措施.....588
6.4.1 保护措施体系.....588

6.4.2 施工期及蓄水初期鱼类保护.....590
6.4.3 鱼类栖息地保护.....590
6.4.4 过鱼设施.....615
6.4.5 鱼类增殖放流.....645
6.4.6 生态调度.....660
6.4.7 科学研究.....661
6.4.8 渔政管理.....662
6.5 土壤环境保护措施.....663
6.5.1 源头控制措施.....663
6.5.2 过程防控措施.....664
6.6 施工期环境保护措施.....664
6.6.1 水环境保护.....664
6.6.2 环境空气保护.....681
6.6.3 声环境保护.....683
6.6.4 固体废物处理.....686
6.7 泄洪雾化影响减缓措施.....691
6.8 移民安置环境保护措施.....692
6.8.1 集中安置点环境保护.....692
6.8.2 专项设施复建环境保护.....700
6.9 运行期电站管理区环境保护措施.....703
6.9.1 生活污水处理.....703
6.9.2 生活垃圾处理.....703
6.10 社会环境保护.....703
6.10.1 交通影响减缓措施.....703
6.10.2 民族文化和宗教保护措施.....704
**7 环境风险与应急措施.....705**
7.1 评价目的.....705
7.2 风险识别.....705
7.2.1 油库和加油站.....705
7.2.2 炸药库.....705

7.2.3 水环境污染.....706
7.3 环境风险潜势初判.....706
7.3.1 环境敏感程度（E）的判断.....706
7.3.2 危害物质及工艺系统危害性（P）的确定.....707
7.3.3 风险潜势判断.....707
7.4 环境风险评价等级.....708
7.5 风险评价及防范措施.....708
7.5.1 事故可能性分析.....708
7.5.2 事故影响分析.....710
7.5.3 环境风险防范措施.....711
7.5.4 事故应急预案.....714
7.5.5 科学研究.....715
**8 环境管理与监测计划.....717**
8.1 环境管理.....717
8.1.1 管理目的.....717
8.1.2 主要工作内容.....718
8.1.3 管理体系.....720
8.1.4 管理制度.....721
8.1.5 管理机构职责.....722
8.2 环境监测.....723
8.2.1 监测目的.....723
8.2.2 总体原则.....723
8.2.3 施工期环境监测计划.....724
8.2.4 运行期环境监测计划.....729
8.2.5 生态监测计划.....732
8.3 环境监理.....738
8.3.1 监理目的.....738
8.3.2 监理目标和任务.....738
8.3.3 监理内容.....739
8.3.4 监理工作制度.....740

8.3.5 监理机构与工作方式.....741
**9 分期实施计划及竣工环保验收.....742**
9.1 环境保护措施项目汇总.....742
9.2 环保措施实施进度计划.....744
9.3 环境保护竣工验收.....749
9.3.1 蓄水阶段验收.....749
9.3.2 竣工环保验收.....749
**10 环境保护费用概算及经济损益分析.....752**
10.1 环境保护投资概算.....752
10.1.1 编制依据.....752
10.1.2 编制原则.....752
10.1.3 费用构成.....752
10.1.4 基础价格.....753
10.1.5 工程措施与植物措施单价.....754
10.1.6 施工辅助措施费.....755
10.1.7 独立费用.....755
10.1.8 基本预备费.....756
10.1.9 环境保护投资.....756
10.2 环境影响经济损益分析.....778
10.2.1 主要效益分析.....778
10.2.2 环境损失分析.....779
10.2.3 环境影响损益分析.....779
**11 评价结论.....780**
11.1 河段规划简述.....780
11.2 工程简况.....780
11.3 工程分析.....781
11.4 主要环境影响评价与环保对策措施.....782
11.4.1 水文情势.....782
11.4.2 水环境.....784

11.4.3 生态环境 ..... 788
11.4.4 施工环境 ..... 795
11.4.5 地下水 ..... 797
11.4.6 移民安置 ..... 798
11.5 环境管理、监理与监测 ..... 799
11.6 环境保护投资 ..... 799
11.7 风险分析 ..... 799
11.8 公众参与 ..... 799
11.9 总体评价结论 ..... 800

## 附表

附表 1 建设项目环评审批基础信息表

## 附件

附件 1 关于委托开展金沙江旭龙水电站工程环境影响评价工作的函

## 附图

附图 1 金沙江上游旭龙水电站区域水系图
附图 2 金沙江上游旭龙水电站与周边生态敏感区位置关系图
附图 3 金沙江上游旭龙水电站与生态保护红线位置关系图

## 附录

附录 1 旭龙水电站评价区维管束植物名录
附录 2 旭龙水电站评价区陆生动物名录
附录 3 旭龙水电站陆生植物样方调查记录表
附录 4 旭龙水电站鸟类可变宽度样线法记录表

# 概　述

## 一、项目背景及工程特点

金沙江为长江上游河段，发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹东雪山西南侧。金沙江从河源至宜宾干流全长 3479km，天然落差约 5100m，流域面积 47.32 万 $km^2$，多年平均流量 4920$m^3$/s，多年平均径流量 1550 亿 $m^3$，是全国水能资源最富集的河流，为国家能源规划战略布局中最大的水电基地，水能资源蕴藏量达 1.21 亿 kW，约占全国的 17%。

金沙江上游青海玉树巴塘河口～云南迪庆奔子栏河段，干流全长 772km，天然落差 1516m，河道平均坡降 1.96‰。主要支流左岸有赠曲、欧曲、降曲、定曲，右岸有藏曲、热曲、董曲等。

旭龙水电站是已经批复的《金沙江上游水电规划报告》（发改办能源〔2012〕2008 号）中“一库 13 级”水电规划的第 12 级梯级，与岗托、叶巴滩、拉哇、苏洼龙、巴塘一起被列为近期工程。同时也是《长江流域综合规划（2012-2030 年）》（国函〔2012〕220 号）推荐梯级，国家《水电发展“十三五”规划》《可再生能源发展“十三五”规划》和《“十三五”支持藏区经济社会发展规划》重点推进项目。原环境保护部以环审〔2011〕243 号文批复《金沙江上游水电规划环境影响报告书》。

旭龙水电站工程开发任务以发电为主，并促进地区经济社会发展。推荐坝址位于四川省得荣县徐龙乡与云南省德钦县羊拉乡交界的金沙江干流上游河段，坝址多年平均流量 990$m^3$/s，多年平均径流量 313 亿 $m^3$。水库正常蓄水位 2302m，总库容约 8.47 亿 $m^3$，装机容量 2400MW，多年平均年发电量约 103.19 亿 kWh，水库调节性能为日调节。枢纽工程由混凝土双曲拱坝、泄水建筑物、右岸地下引水发电系统、过鱼设施以及水温减缓设施等组成。混凝土双曲拱坝最大坝高 213m，右岸地下电站安装 4 台 600MW 水轮发电机组。施工总工期为 8 年 2 个月（98 个月）。

电站正常蓄水位时水库面积 16.51$km^2$，回水长度约 62.36km，建设征地 2178.93$hm^2$，其中耕地 34.86 $hm^2$。建设征地中淹没及影响区面积 1619.06$hm^2$，建设区面积 559.88$hm^2$（永久占地 409.6$hm^2$，临时占地 150.27$hm^2$）；水库淹没涉

及云南、四川、西藏3省（区）4县7乡镇，涉及人口1082人。

## 二、环境影响评价工作过程

自2011年开始，评价单位长江水资源保护科学研究所（以下简称“长江水保所”）就已经在预可研阶段的斯木达、旭龙坝址比选工作中承担环境影响评价工作。自2013年启动可研工作以来，环评更是介入主体工程设计的全过程。长江水保所相继参加了旭龙水电站预可行性研究报告、可行性研究报告的论证工作，以及可研阶段的坝址比选专题、正常蓄水位比选专题、施工总布置规划专题、施工总布置调整专题、前期项目施工规划报告、可研阶段迁移人口安置规划大纲等报告的研究论证工作。从环境保护专业角度，在确定生态流量及下泄方式、生态调度、施工期施工人员生活垃圾处理方案、鱼类增殖站选址、栖息地保护规划、过鱼设施方案选择及布置、缓解低温水下泄不利影响方案比选等方面，提出了科学、合理、有利于生态环境保护的方案或建议，均被设计单位采纳。

正式接受建设单位委托后，长江水保所在前期工作的基础上，委托相关资质单位开展环境现状监测工作。组织专业技术人员多次对旭龙水电站工程施工区、库区、坝下游及移民安置区进行现场查勘及污染源调查，2018年10月和11月，西藏昌都市江达县白格村和四川甘孜州白玉县绒盖乡交界处两次发生山体滑坡，堵塞金沙江干流河道，堰塞湖泄洪后再次开展了水生态、陆生生态、水环境补充调查工作。

为保证环境影响评价工作的准确性、客观性、科学性，长江水保所组织国内知名科研单位及高校，开展了工程建设对地表水环境影响、水温影响、气体过饱和影响、水生生态调查与评价、鱼类增殖站设计、过鱼设施设计、栖息地保护规划、陆生生态调查与评价、地下水环境影响、施工环境影响、少数民族文化及风俗影响、局地气候影响等12个专题的研究工作，作为环境影响报告书的技术支撑。在专题和环评报告编制过程中，长江水保所会同建设单位、工程设计单位，多次赴生态环境部、环境工程评估中心汇报重要技术问题，赴工程涉及的川、滇、藏3省及州、县环境保护主管部门汇报工程项目及环评工作情况。为保证环评工作的顺利开展，于2018年3月编制完成《金沙江上游旭龙水电站环境影响评价工作大纲》、同年11月编制完成《金沙江上游旭龙水电站环境影响评价重要技术问题咨询报告》，两项成果都邀请了行业内、国内知名专家进行咨询，提出了指

导性意见。

围绕环评开展的主要工作包括：①为比选栖息地保护河流，会同建设单位、水利部中国科学院水工程生态研究所，对旭龙库尾左岸甘孜州巴塘县境内的麦曲河、左岸甘孜州得荣县境内的定曲河分别进行了实地查勘，最终确定定曲河为本工程栖息地保护河流；②会同建设单位，赴正在建设的金沙江上游苏洼龙水电站施工区进行考察，向苏洼龙水电站项目部工作人员、环境监理人员详细了解苏洼龙施工期主要环境保护措施及存在的问题，重点调研苏洼龙鱼类增殖站建设情况；③为完善过鱼设施设计，会同建设单位、主体工程枢纽设计人员，赴新疆阿勒泰布尔津河考察正在试运行的升鱼机、鱼道；④为提高旭龙水电站坝下游溶解性气体饱和度预测精度，会同长江科学院拟定试验工况，开展气体过饱和水工模型试验；⑤为论证电站尾水集鱼方案集鱼站位置设置的合理性，构建 1:25 比例尺水工模型，开展模型试验，测定尾水区流场；⑥位于旭龙坝址上游左岸，四川得荣县境内的得荣嘎金雪山州级自然保护区距离水库淹没线较近，为此建设单位向保护区主管部门提交工程建设征地范围 264 个坐标用于确认位置关系，目前已经取得保护区主管部门复函，旭龙水电站不涉及该自然保护区；⑦因位于水库右岸的德钦县羊拉铜矿尾矿库调节池位于金沙江边，对羊拉铜矿尾矿库、调节池等开展了 3 次专题调研，并用无人机进行航拍，取土壤样进行分析；⑧与地质、施工专业一起，参与施工布置中的鱼类增殖站选址、施工人员生活垃圾热解站选址工作；⑨向工程所在地环境保护主管部门申请确认环境影响评价执行标准；⑩协助建设单位向旭龙水电站涉及 3 省（区）的环境保护主管部门提出申请，确认工程建设征地范围与生态保护红线的关系。

在上述工作的基础上，长江水保所提出《金沙江上游旭龙水电站环境影响报告书》。

按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 第 4 号）要求，环境影响报告书首次公示、征求意见稿公示工作全部完成，至公示截止日建设单位、环评单位均未收到反对工程建设的意见。

## 三、项目区敏感环境问题及评价重点

旭龙水电站位于川滇河段界河，属金沙江干热河谷，生态环境脆弱。工程建设征地涉及四川、云南、西藏 3 省（区）4 县 7 乡镇，评价区涉及《全国主体功能区规划》中的川滇森林及生物多样性生态功能区，《全国生态功能区划（修编

版）》中的滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区、川西北水源涵养与生物多样性保护重要区、藏东南生物多样性保护重要区。经四川省生态环境厅、西藏自治区生态环境厅、云南省迪庆州生态环境局发文确认，旭龙水电站建设征地范围不涉及3省（区）生态保护红线。

按照《全国重要江河湖泊水功能区划(2011～2030年)》，旭龙水电站库、坝区均位于金沙江川藏滇缓冲区内，工程所在干流河段执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水标准。水质现状监测结果表明，工程影响河段干、支流现状水质良好，满足河段水功能区水质控制目标要求，底泥各项监测指标均符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB15618-2018标准中要求的风险筛选值要求。

受到区内岩石的化学成分影响，施工区地下水Se、Al、Be和As等微量元素超《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类水质标准，氟化物、氯化物、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐均未超标，反映了本区地下水受人类活动影响相对较弱的特点。

工程影响区声环境、环境空气现状监测结果表明，所有测点声环境均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类功能区的要求，环境空气环境质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准。

旭龙水电站库、坝区土壤监测表明，土壤中各项重金属及有机质均符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）筛选值要求。

经调查，旭龙水电站工程不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、珍稀动植物集中分布区等环境敏感区域。工程影响区无古树名木分布。

评价区分布有国家Ⅱ级保护植物——金荞麦（发现施工区 5 处、淹没区 2 处，其它区域 2 处，共计 1.66m$^2$），中国特有植物 22 种；国家级重点保护野生动物 21 种（Ⅰ级 3 种、Ⅱ级 18 种），省级（自治区级）重点保护野生动物 5 种；中国特有动物 18 种。

调查江段分布有四川省重点保护鱼类 2 种，即鲈鲤、长丝裂腹鱼；列入《中国物种红色名录》的 3 种鱼类，即长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、鲈鲤；长江上游特有鱼类 9 种，即鲈鲤、长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、中华金沙鳅。流域层面的大型产卵场与索

饵育幼场不在本工程江段分布，但早期资源调查发现旭龙坝下 180km、221km、243km、264km 处的塔城镇其宗村、巨甸镇、黎明乡、黎明乡格子村，有 4 处中华金沙鳅小型产卵场，监测期内产卵总量 337.5(万个)。

根据旭龙水电站工程特性、工程所在区域环境背景、金沙江上游水电规划环评及审查意见、相关规范导则要求，本工程评价重点包括水文情势、地表水环境（水温、水质、溶解性气体过饱和）、陆生生态（生态系统、陆生动植物及生物多样性、景观生态）、水生生态（鱼类及其重要生境、珍稀保护及特有鱼类）、施工环境影响等。环境影响报告书从现状调查与评价、工程分析、预测评价、保护措施、环境监测、环境保护投资、评价结论等方面进行详细分析、论证，提出评价结论。

## 四、环境影响评价的主要结论

旭龙水电站工程符合国家“可持续发展”和“西电东送”战略，对实现全国能源平衡，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有战略意义。工程建设在合理开发利用金沙江水能资源，完善上游河段治理开发的梯级衔接中具有重要作用，是综合治理开发金沙江的重要组成部分。

旭龙水电站建设在取得巨大综合利用效益的同时，也对环境带来一定不利影响，主要表现在：工程建成后，将进一步加剧金沙江上游原有的鱼类阻隔影响，使鱼类生境片段化，将降低鱼类种群间遗传基因交流的机会，削弱种群生存力。工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声等，对周围环境将产生一定不利影响；水库淹没造成耕地资源损失，产生移民。

综合分析，工程以有利影响为主，除耕地淹没损失为不可逆影响外，其他不利影响均可采取措施予以减缓或消除。项目实施不存在重大环境制约因素，在报告书制定的措施有序、切实落实后，从环境保护角度分析，工程建设可行。

# 1 总则

## 1.1编制目的

金沙江旭龙水电站工程具有规模大、涉及范围广、施工建设周期长的特点。项目建设区位于川、滇、藏三省、区交界区域，区域植被覆盖率较低，生态环境脆弱。工程施工、水库淹没、移民安置将对区域生态环境产生影响。

根据《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016），结合本工程特性及工程所在地区的环境特点，确定环境影响评价的主要目的如下：

（1）调查了解本工程库区、施工区、坝下游区环境现状及其发展趋势，存在的主要环境问题和环境保护目标；

（2）预测评价工程施工、运行以及移民安置对施工区、库区、坝下游区及移民安置区环境的影响；

（3）针对工程建设对区域环境的不利影响，在充分考虑《金沙江上游水电规划环境影响报告书》及审查意见要求的基础上，制定减缓措施，协调工程建设与环境保护的关系，使工程兴建不致降低所在地区及其周围区域的环境质量；

（4）拟定环境监测和环境管理方案，掌握工程建设与运行过程中实际发生的环境影响，并及时做出反馈，对环境保护措施进行充实、完善和细化，增强措施的针对性和可操作性。

（5）进行环境保护投资估算，将环保投资纳入工程总投资，落实工程环境保护工作费用，为环保措施的顺利实施提供资金保证。

（6）分析工程在施工期和运行期施工区、库区、坝下游区环境的总体变化趋势，从环境方面论证工程兴建的可行性，从而为工程的环境管理和项目决策提供科学依据。

## 1.2编制依据

### 1.2.1 法律

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月施行）；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月修订）；

（3）《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月修订）；

（4）《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月修订）；

（5）《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月施行）；

（6）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月修正）；

（7）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月修订）；

（8）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月修订）；

（9）《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月施行）；

（10）《中华人民共和国野生动物保护法》（2018 年 10 月修订）；

（11）《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月修订）；

（12）《中华人民共和国农业法》（2013 年 1 月施行）；

（13）《中华人民共和国森林法》（2009 年 8 月修改）。

### 1.2.2 行政法规及规范性文件

（1）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月修订）；

（2）《中华人民共和国河道管理条例》（2017 年 3 月修订）；

（3）《土地复垦规定》（2011 年 3 月施行）；

（4）《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013 年 12 月修订）；

（5）《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（2016 年 2 月修订）；

（6）《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017 年 10 月修订）；

（7）《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月修正）；

（8）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 第 4 号，2019 年 1 月施行）；

（9）《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2018 年 4 月）；

（10）《全国生态环境保护纲要》（国务院 2000 年 12 月）；

（11）《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》（国发[2005]39 号）；

（12）《全国重要江河湖泊水功能区划（2011~2030）》（国函[2011]167 号）；

（13）《国家重点保护野生动物名录》（2003 年 2 月）；

（14）《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（中办、国办 2017 年 2 月）；

（15）《国务院关于印发青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011-2030年)的通知》（国发[2011]10号）

（16）《关于西部大开发中加强建设项目环境保护管理的若干意见》（环发[2001]4号）；

（17）《关于加强水电建设环境保护工作的通知》（环发[2005]13号）；

（18）《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》（环办函[2006]11号）；

（19）《关于印发水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)的函》(环评函[2006]4号，原国家环保总局) ；

（20）《长江流域综合规划（2012~2030年）》（国函[2012]220号）；

（21）《长江经济带生态环境保护规划》（2017年7月）；

（22）《国务院关于印发全国主体功能区规划的通知》（国发[2010]46号）；

（23）《国务院关于水污染防治行动计划的通知》（国发[2015]17号）；

（24）《全国生态功能区划（修编版）》（环保部2015年第61号公告，2015年11月）；

（25）《关于加强西部地区环境影响评价工作的通知》（环发[2011]150 号，环境保护部）；

（26）《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》（环办[2012]4号文）；

（27）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77号）；

（28）《关于加强资源环境生态红线管控的指导意见》（发改环资[2016]1162号， 2016年5月）；

（29）《自然生态空间用途管制办法（试行）》（国土资发〔2017〕33号）；

（30）《水利部关于深入贯彻落实中央加强生态文明建设的决策部署 进一步严格落实生态环境保护要求的通知》（水规计[2017]237号）；

（31）《长江保护修复攻坚战行动计划》（环水体[2018]181号）；

（32）《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发[2012]98号）；

（33）《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》（环发[2013]86号）；

（34）国家发展改革委关于加强流域水电管理有关问题的通知（环办

[2014]48 号）；

（35）《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（发改能源【2016】280 号）；

（36）《关于加强规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动工作的意见》（环发【2015】178 号）；

（37）《全国生态保护“十三五”规划纲要》(环境保护部，2016 年 10 月)；

（38）《水电发展“十三五”规划》(国家能源局，2016 年 11 月)等。

### 1.2.3 地方法规及规范性文件

（1）《四川省重点保护野生动物名录》（1990 年 3 月）；

（2）《四川省新增重点保护野生动物名录》（2000 年 9 月）；

（3）《四川省地面水水域环境功能划类管理规定》（川府发[1992]5 号）；

（4）《四川省天然林保护条例》（1999 年 1 月）；

（5）《四川省环境保护条例》（2018 年 1 月 1 日）；

（6）《四川省〈中华人民共和国野生动物保护法〉实施办法》（2012 年修订）；

（7）《四川省〈中华人民共和国渔业法〉实施办法》（2016 年 11 月 30 日）

（8）四川省人民政府“关于公布四川省重点保护野生植物名录的通知”(川府函[2016]27 号)

（9）四川省人民政府“关于进一步加强和规范水电建设管理的意见”(川府发[2016]47 号)

（10）《四川省突发公共事件总体应急预案》（2006 年 1 月）；

（11）《四川生态省建设规划纲要(2006-2020 年)》（四川省人民政府，2006 年 9 月）；

（12）《四川省生态功能区划》（四川省人民政府，2013 年 2 月）；

（13）《四川省主体功能区规划》（四川省人民政府，2013 年 4 月）；

（14）《四川省人民政府关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发【2018】24 号）

（15）《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》（1989 年 6 月）；

（16）《云南省珍稀保护动物名录》（1989 年 9 月）；

（17）《云南省陆生野生动物保护条例》（2014 年 7 月 27 日）；

（18）《云南省环境保护条例》（2004 年 6 月 29 日）；

（19）《云南省建设项目环境保护管理规定》（2002 年 1 月 1 日）；

（20）《云南省土地管理条例》（2015 年 9 月 25 日）；

（21）《云南省地表水环境功能区划（复审）》（2001 年 6 月）；

（22）《云南省森林条例》（2003 年 2 月 1 日施行）；

（23）《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》（2004 年 11 月）；

（24）《云南省主体功能区规划》（2014 年 1 月）；

（25）《云南省生态功能区划》（2010 年 5 月）；

（26）《云南省人民政府关于发布云南省生态保护红线的通知》（云政发【2018】32 号）

（27）《西藏自治区环境保护条例》(2013 年 7 月修正)；

（28）《西藏自治区实施<中华人民共和国野生动物保护法>办法》(2002 年 1 月修改)；

（29）西藏自治区实施《宗教事务条例办法》(试行)(2007 年 1 月)；

（30）《川西藏区生态保护与建设规划(2013~2020)》

（31）《西藏生态安全屏障保护与建设规划（2008~2030）》；

（32）《西藏自治区主体功能区规划》（藏政发【2014】108 号）；

（33）《西藏自治区生态功能区划》（西藏自治区人民政府，2013 年 8 月）等。

### 1.2.4 技术导则及规范

（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；

（2）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（3）《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；

（4）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

（5）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

（6）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；

（7）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；

（8）《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T88-2003）；

（9）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；

（10）《水电水利工程环境保护设计规范》（DL/T5402-2007）；

（11）《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）；

（12）《环境监测技术规范》（原国家环保总局，1986 年）；

（13）《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；

（14）《水域纳污能力计算规程》（GB/T25173-2010）；

（15）《水电工程环境保护专项投资编制细则》（NB/T 35033-2014）；

（16）《水电工程设计概算编制规定（2013 年版）》、《水电工程费用构成及概（估）算费用标准（2013 年版）》（可再生定额[2014]54 号）；

（17）《水电工程投资估算编制有关规定（试行）》（可再生定额[2011]36 号）；

（18）《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2007）；

（19）《水电工程水温计算规范》（NB/T 35094-2017）；

（20）《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》（NB/T 35037-2014 ）；

（21）《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T 35054-2015）；

（22）《水电工程生态流量计算规范》（NB/T 35091-2016）；

（23）《水电水利工程水文计算规范》（DL/T 5431-2009）；

（24）《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》(DL/T 5064-2007)等。

## 1.2.5 环境质量标准和污染物排放标准

### 1.2.5.1 环境质量标准

（1）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；

（2）《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）；

（3）《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

（4）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

（5）《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

（6）《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)；《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)等。

### 1.2.5.2 污染物排放标准

（1）《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；

（2）《工业企业环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；

（3）《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）；

（4）《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制排放标准》（GB18599-2001）；

（5）《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）

（6）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）等。

### 1.2.6 技术报告及相关文件

（1）《金沙江上游水电规划报告》及批复；

（2）《金沙江上游水电规划环境影响报告书》及审查意见；

（3）《滇中调水工程环境影响报告书》及批复

（4）《金沙江上游苏洼龙水电站环境影响报告书》及批复；

（5）《金沙江上游旭龙水电站预可行性研究报告》及批复；

（6）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段坝址比选报告》及审查意见；

（7）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》及审查意见；

（8）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》及审查意见；

（9）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段勘测设计工作大纲》；

（10）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段勘察设计科研工作大纲》；

（11）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告（审定稿）》（2019 年 3 月）；

（12）《金沙江上游旭龙水电站可行性研究阶段建设征地迁移人口安置规划大纲》（西藏部分已审定）等。

## 1.3评价标准

### 1.3.1 环境质量标准

根据相关规范、标准，以及工程涉及地区环境保护主管部门对本工程环境影响评价执行标准的确认，本工程环境影响评价及污染物排放拟执行以下标准：

（1）地表水：金沙江干流执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类水标准。施工总布置区所在的拿荣～茂顶长约 14.5km 的金沙江河段两岸支沟，

执行 II 类水标准。

（2）大气环境：施工区及周边区域执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（3）声环境：施工区及周边区域执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准，交通干线两侧 35m 范围内执行 4a 类标准。

（4）地下水：执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类水标准。

（5）土壤环境质量：执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018)“表 1 建设用地土壤污染风险筛选值和管制值（基本项目）”共 45 项标准限值和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。

主要环境因子的环境质量标准见表 1.3-1～表 1.3-2。

**表 1.3-1 环境质量标准一览表**

| 地表水 | | | |
|---|---|---|---|
| 项目 | 《地表水环境质量标准》II 类（mg/L） | | |
| pH（无量纲） | 6～9 | | |
| 溶解氧 | ≥6 | | |
| 高锰酸盐指数 | ≤4 | | |
| 化学需氧量 | ≤15 | | |
| $BOD_5$ | ≤3 | | |
| 氨氮 | ≤0.5 | | |
| 总磷 | ≤0.1（湖库 0.025） | | |
| 石油类 | ≤0.05 | | |
| 粪大肠菌群（个/L） | ≤2000 | | |
| 声环境 | | | |
| 时段 | 《声环境质量标准》2 类 dB（A） | 《声环境质量标准》4a 类 dB（A） | |
| 昼间 | $L_{Aeq}$：60 | $L_{Aeq}$：70 | |
| 夜间 | $L_{Aeq}$：50 | $L_{Aeq}$：55 | |
| 地下水 | | 环境空气 | |
| 《地下水环境质量标准》Ⅲ类（mg/L） | | 《环境空气质量标准》二级（日均）（ug/m³） | |
| 项目 | 标准值 | 项目 | 标准值 |
| pH（无量纲） | 6.5～8.5 | TSP | 300 |
| 氨氮 | ≤0.50 | $PM_{10}$ | 150 |
| 硝酸盐 | ≤20.0 | $SO_2$ | 150 |
| 亚硝酸盐 | ≤1.00 | $NO_2$ | 80 |
| 总硬度 | ≤450 | | |
| 溶解性总固体 | ≤1000 | | |
| 耗氧量 | ≤3.0 | | |

**表 1.3-2 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准 单位：mg/kg**

| 序号 | 污染项目 | pH≤5.5 | 5.5＜pH≤6.5 | 6.5＜pH≤7.5 | pH＞7.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 镉 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| 2 | 汞 | 2.0 | 2.5 | 4.0 | 6.0 |
| 3 | 砷 | 200 | 150 | 120 | 100 |
| 4 | 铅 | 400 | 500 | 700 | 1000 |
| 5 | 铬 | 800 | 850 | 1000 | 1300 |

**表 1.3-3 土壤环境质量建设地土壤污染风险管控标准　单位：mg/kg**

| 序号 | 污染项目 | 筛选值 | | 管制值 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 第一类用地 | 第二类用地 | 第一类用地 | 第二类用地 |
| 1 | 砷 | 20 | 60 | 120 | 140 |
| 2 | 镉 | 20 | 65 | 47 | 172 |
| 3 | 铬 | 3.0 | 5.7 | 30 | 78 |
| 4 | 铜 | 2000 | 18000 | 8000 | 36000 |
| 5 | 铅 | 400 | 800 | 800 | 2500 |
| 6 | 汞 | 8 | 38 | 33 | 82 |
| 7 | 镍 | 150 | 900 | 600 | 2000 |

## 1.3.2 污染物排放标准

水污染物：执行 II 类标准河段禁止新增排污口，施工期施工废水禁排。

大气污染物：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准，施工期无组织排放执行无组织排放监控浓度限值。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，运行期执行《工业企业环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

固体废物：生活垃圾焚烧，执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014），危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）。

污染物排放执行标准见表 1.3-4。

**表 1.3-4　　污染物排放执行标准**

| 环境空气 | | 声环境 | |
|---|---|---|---|
| 《大气污染物综合排放标准》二级标准（$mg/m^3$） | | 《建筑施工场界环境噪声排放标准》dB（A） | |
| 项目 | 标准值 | 时段 | 标准值 |
| TSP | 1.0 | 昼间 | 70 |
| $PM_{10}$ | 1.0 | 夜间 | 55 |
| $SO_2$ | 0.4 | | |
| $NO_2$ | 0.12 | | |

## 1.4评价工作等级

### 1.4.1 水环境

#### 1.4.1.1 地表水环境

依据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本工程属于水文要素影响型建设项目。

依据水文要素影响型建设项目评价等级判定原则：按照径流-库容法，$\alpha$=37.66＞20，为混合型，据此评价等级为三级；兴利库容与年径流量百分比β=0.40＜2，电站具有日调节能力，据此评级等级为三级；电站与上游岗拖、叶巴滩、拉哇等梯级联合运行后，水量利用系数92.27%，γ＞30，据此评价等级为一级；工程为拦河筑坝的方式，占用过水断面宽度达 100%，R＞10，据此评价等级为一级。

综上，本工程水环境评价等级为一级。

#### 1.4.1.2 地下水环境

根据《环境影响评价技术导则-地下水环境》（HJ610-2016）附录A，旭龙水电站属于水利工程中的水库类，其库容>1000 万 $m^3$，故地下水环境影响评价项目类别为III类。

本工程不涉及集中式饮用水水源地、特殊地下水资源保护区（矿泉水、温泉），也不存在因水文地质条件变化而诱发地面沉降、岩溶塌陷等地质灾害，地下水环境敏感程度为不敏感。

综上，根据《环境影响评价技术导则-地下水环境》（HJ610-2016），确定地下水环境影响评价等级为三级。

### 1.4.2 生态环境

本工程枢纽占地和水库淹没总面积为 21.79$km^2$，大于 20$km^2$，回水长度约62.36km，小于 100km。工程所在区域地处干热河谷地区，区域生态系统脆弱，工程建成后，库区以及坝下河段水文情势发生明显改变，对库区及坝下游河道的水生生物及其生境影响明显。

按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）评价等级分级原则，确定本工程生态环境影响评价工作等级为一级。

### 1.4.3 环境空气

本工程施工区位于高山峡谷河段，环境空气污染来自机械燃油、施工爆破、开挖以及交通运输等。根据工程规模，采用《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）推荐的估算模式进行估算，工程施工过程中各种污染物最大地面质量浓度占标率 Pmax＜1%。

根据《环境影响评价技术导则　大气环境》评价等级分级原则，确定工程施工大气环境影响评价等级为三级。

### 1.4.4 声环境

本工程施工区位于农村地区，工程区适用《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类、4 类标准区域。施工期噪声污染源主要包括固定连续式钻孔和施工机械设备作业噪声、短时定时爆破噪声、运输车辆产生的移动噪声。施工噪声导致周边区域噪声级别有一定的增加。

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2009）评价等级分级原则，本工程声环境评价等级确定为二级。

### 1.4.5 土壤环境

本工程属于生态影响型建设项目；行业项目为Ⅱ类建设项目；工程区域位于山区，土壤含盐量＜2g/kg，土壤 5.5＜pH＜8.5，建设项目所在地土壤环境敏感程度为“不敏感”。

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)环境影响评价工作等级划分，本工程土壤环境评价等级确定为三级。

## 1.5评价范围

### 1.5.1 水环境

#### 1.5.1.1 地表水

按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），评价范围考虑的要素包括水温、径流、流速、水深、水环境敏感目标等。按照导则要求，水温要素影响评价范围为建设项目形成水温分层水域，以及下游未恢复到天然（或建设项目建设前）水温的水域。类比同类型水电站，确定评价范围为旭龙水电站坝址至石鼓断面，长约 287km。

水深、流速要素评价范围为相对项目建设前日均流速及水深、或高（累积频率 5%）低（累积频率 90%）水位变化幅度超过 5%的水域。据此确定评价范围为：库区旭龙坝址至苏洼龙坝址长约 85.5km 河段；坝下游至奔子栏水文站，长约 75km 河段；总长约 160.5km。

综上，水环境评价范围为苏洼龙坝址至石鼓断面，总长约 372.5km 的河段。干流以苏洼龙坝址至奔子栏水文站长约 160.5km 河长为重点评价河段，支流麦曲河、丹达曲以回水范围内河长为重点评价河段。

#### 1.5.1.2 地下水

根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016）要求，评价范围应包括与建设有关的环境保护目标及敏感区域，必要时扩展至完整的水文地质单元。

经调查分析确定，以水库回水线向两侧岸坡扩展至分水岭，作为调查和评价区的范围，其面积为355.65km$^2$。

### 1.5.2 生态环境

#### 1.5.2.1 陆生生态

陆生生态评价范围为旭龙水电站库尾至坝下有施工区分布的两侧金沙江河段，河段上下游各扩展1km，河段两侧外扩至第一道山脊线所形成的陆域空间范围，包含丹达曲和麦曲河淹没范围（丹达曲淹没长度2.6km，麦曲河淹没长度

0.13km）。海拔高程为河床2020m至两侧山脊线（3500m～5180m）。工程直接影响区域为水库淹没区、工程永久和临时占地区域。陆生生态评价范围总面积为433.03km$^2$。

#### 1.5.2.2 水生生态

根据上下游梯级电站的衔接与规划建设情况，确定本工程水生生态调查评价范围为：金沙江干流苏洼龙坝址至虎跳峡硕多岗河汇口，以及库区支流麦曲、丹达曲、坝下支流定曲和冈曲。

### 1.5.3 环境空气

环境空气的评价范围为施工封闭管理区及管理区边界外 500m 范围，主要施工道路两侧 200m 范围。重点是茂顶河弃渣场和徐龙施工平台周边的居民点。

### 1.5.4 声环境

声环境评价范围为施工封闭管理区及管理区边界外 200m 内范围；重点是茂顶河弃渣场和徐龙施工平台周边的居民点。

### 1.5.5 土壤环境

工程水库淹没区、施工占地区和移民安置区等受工程影响区域。

### 1.5.6 社会环境

工程占地、水库淹没及移民安置涉及的四川省甘孜州得荣县、巴塘县，云南省迪庆州德钦县，西藏自治区芒康县，重点为工程施工建设区及移民安置区所在的乡镇。

## 1.6评价水平年

本工程现状评价水平年为2016年~2019年，并注重对历史资料的利用。

预测评价水平年：

（1）枢纽施工环境影响预测评价时段主要为施工期，共98个月。

（2）移民安置环境影响预测评价时段与移民安置规划水平年一致。

（3）运行期环境影响评价时段为工程运行后第3年。

## 1.7环境保护目标

### 1.7.1 环境功能保护目标

（1）水环境

库区及坝下水域水质应符合评价河段水功能区的水质管理目标。施工期废污水实现“零排放”。

（2）地下水环境

维持工程所在河段金沙江两岸的基岩裂隙水含水层水量水质现状，不因工程建设而降低。

（3）生态环境

保护库周干热河谷生态系统，维护工程影响区生态系统的完整性和稳定性，使库区现状生态环境不致因兴建本工程而进一步恶化，并在此基础上能有所改善；保护工程影响范围内的重点保护野生植物、野生动物，减缓工程建设对其产生的不利影响；保护库区及坝下游珍稀特有水生生物，减缓由于水文情势改变以及大坝阻隔对鱼类资源的不利影响。

（4）环境空气质量

保护施工区及其周边区域的环境空气质量。施工区周边的茂达水村、张仁村等居民区大气环境达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（5）声环境

保护施工区及其周边区域的声环境质量。工程区周边的茂达水村居民区声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准；施工期施工区边界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523 -2011）。

（6）移民环境

完善移民安置区的基础设施，保护移民的生产条件、居住环境、卫生条件，使安置区生态环境不低于安置前水平。

### 1.7.2 环境敏感保护目标

经调查，旭龙水电站工程建设征地不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、珍稀动植物集中分布区等环境敏感区域。评价区环境敏感目标详见表1.7-1。

表 1.7-1　　旭龙水电站工程评价区环境敏感目标一览表

| 环境要素 | 环境保护敏感对象 | 规模及特征 | 与工程的位置关系 | 主要影响源 | 造成的变化 | 保护要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水环境 | 库区金沙江干流 | 坝址至麦曲河口约 62.8km 河段；坝址处多年平均流量 990$m^3$/s，水环境功能区划为II类 | 库区 | 水库蓄水 | 蓄水导致库区河段水文情势发生变化 | 保障库区水质满足水功能要求 |
| | 库区金沙江主要支流 | 丹达曲、麦曲河流域出口多年平均流量分别为 20 $m^3$/s、32 $m^3$/s，各支流水环境功能区划为II类 | 库区支流 | | | |
| | 坝下金沙江干流 | 坝址至石鼓水文站河段长度约 287km，水环境功能区划为II类 | 坝下 | 水库蓄水及与上、下游梯级电站联合运行 | 导流洞封堵和初期蓄水导致下游水文情势变化，旭龙水电站与上、下游梯级电站联合运行引起下游水文情势发生变化 | 保障下游基本生态需水，保障下游鱼类水生生境用水需求 |
| | | | | | 水库联合运行，导致下游水温发生变化 | |
| 陆生生态 | 金荞麦 | 国家 II 级重点保护野生植物 | 5 处位于施工区、2 处位于淹没区、2 处位于评价区其它区域 | 工程占地、水库淹没 | 减少野生金荞麦植物个体数量 | 保护植物多样性 |
| | 细瘦卷柏、独尾草、灰毛茛、小叶灰毛茛、川滇野丁香、胶粘香茶菜、错枝榄仁等 22 种 | 中国特有植物 | 错枝榄仁属于狭域分布种，其余种类分布广泛 | 工程占地、水库淹没 | 减少植物个体数量 | 保护植物多样性 |
| | 金雕、胡兀鹫和雉鹑等 3 种 | 国家I级重点保护野生动物 | 雉鹑在工程间接影响区，其余两种在直接影响区和间接影响区均有分布 | 工程占地、水库淹没、施工活动干扰 | 改变评价区动物分布格局 | 保护动物多样性 |
| | 高山兀鹫、黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼、血雉、红腹角雉、藏马鸡、白腹锦鸡、灰林鸮、猕猴、黑熊、青鼬、小熊猫、斑羚、鬣羚和岩羊等 18 种 | 国家II级重点保护野生动物 | 直接影响区和间接影响区均有分布 | 工程占地、水库淹没、施工活动干扰 | 改变评价区动物分布格局 | 保护动物多样性 |
| | 赤麻鸭、赤狐、黄鼬、豹猫、毛冠鹿等 5 种 | 省级/自治区重点保护野生动物 | 除赤麻鸭在直接影响区有分布，其余种类分布在间接影响区 | 工程占地、水库淹没、施工活动干扰 | 改变评价区动物分布格局 | 保护动物多样性 |
| | 乡城齿蟾、圆疣蟾蜍、西藏蟾蜍、华西雨蛙、昭觉林蛙等 18 种 | 中国特有动物 | 评价区均有分布 | 工程占地、水库淹没 | 改变动物分布格局 | 保护动物多样性 |

| 环境要素 | 环境保护敏感对象 | 规模及特征 | 与工程的位置关系 | 主要影响源 | 造成的变化 | 保护要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水生生态 | 长丝裂腹鱼、鲈鲤等 2 种 | 四川省重点保护鱼类、列入《中国物种红色名录》鱼类 | 工程江段干支流有分布 | 大坝阻隔、蓄水影响 | 大坝阻隔影响基因交流，库区蓄水及电站运行造成水文情势、水生生境发生变化 | 保护鱼类种群多样性、稳定性 |
| | 黄石爬鮡 | 列入《中国物种红色名录》鱼类 | 工程江段干支流有分布 | 大坝阻隔、蓄水影响 | 大坝阻隔影响基因交流，库区蓄水及电站运行造成水文情势、水生生境发生变化 | 保护鱼类种群多样性、稳定性 |
| | 长丝裂腹鱼、鲈鲤、黄石爬鮡、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅等 9 种 | 长江上游特有鱼类 | 工程江段干支流有分布 | 大坝阻隔、蓄水影响 | 大坝阻隔影响基因交流，库区蓄水及电站运行造成水文情势、水生生境发生变化 | 保护鱼类种群多样性、稳定性 |
| | 4 处产漂流性卵产卵场 | 小型中华金沙鳅产卵场，监测期内，产卵总量 337.5(万个) | 塔城镇其宗村产卵场位于旭龙坝下 180km、巨甸镇产卵场位于坝下 221km、黎明乡产卵场位于坝下 243km、黎明乡格子村产卵场位于坝下 264km 处 | 旭龙水电站与上、下游梯级联合调度运行影响 | 水文情势、水温等变化对生境条件产生影响 | 保护鱼类产卵繁殖基本的生境条件 |
| 声环境和环境空气 | 茂达水村 | 10 户居民 | 茂顶河弃渣场附近、6#公路附近 | 工程施工 | 受施工噪声和粉尘影响 | 保护施工区及周边居民点，满足环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准、《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准 |
| | 张仁村 | 7 户居民 | 徐龙冲沟施工平台作业、13#公路附近 | | 受施工噪声影响 | |

# 1.8评价工作程序

按照《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》的要求，本工程环境影响评价程序如图 1.8-1。

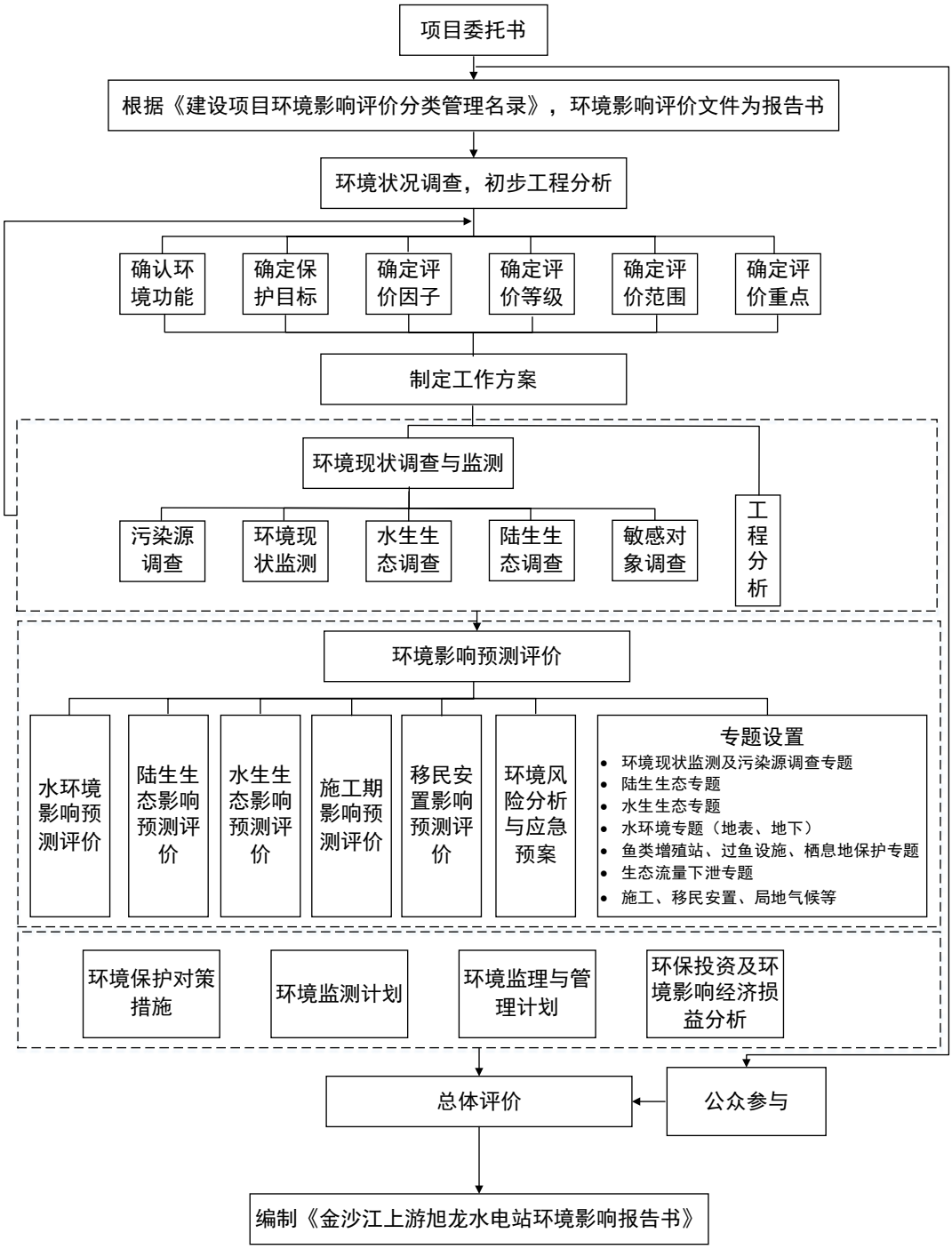



图 1.8-1 金沙江上游旭龙水电站环境影响评价程序框图

# 2 工程概况

## 2.1流域规划及开发利用现状

### 2.1.1 金沙江上游水电规划及开发现状

#### 2.1.1.1 河段规划

建国以来，有关省区和部门为开发治理金沙江，开展了大量的地形测量、地质勘探、调查、科研、规划、设计等工作，积累了丰富的基础资料和宝贵的科研设计成果，为金沙江的开发建设奠定了坚实的基础。

二十世纪 50 年代，长江水利委员会（以下简称长江委）开展长江流域规划的同时，在有关单位的配合下，着手进行长江重要江段金沙江流域规划工作，1959 年完成了《长江流域综合利用规划要点报告》。1960 年 12 月提出了《金沙江流域规划意见书》。

二十世纪 60 年代，为配合当时三线建设的需要，长江委对虎跳峡等枢纽进行了规划工作及枢纽方案比较，提出了《虎跳峡低坝（正常蓄水位 1815m）顺江引水式方案的初步设计报告》。

1985 年，长江委为配合长江流域综合利用规划的编制，对局部河段进行了补充查勘，完成了金沙江干流梯级的规划设计布局，并纳入到《长江流域综合利用规划简要报告（1990 年修订）》中。《简要报告》对河流的开发任务、开发方式、梯级开发方案以及流域的重点治理问题提出了规划意见，并对上游河段的梯级开发方案提出了轮廓性建议，即东就拉（3530m）——晒拉（3440m）——俄南（3360m）——白立（3210m）——降曲河口（3010m）——巴塘（2720m）——王大龙（2520m）——日冕（2300m）——拖顶（2100m）。

2003 年以来，长江委按照可持续发展、西部大开发战略和新时期治水思路的要求，于 2009 年 3 月编制了《金沙江干流综合规划报告》，确定金沙江干流治理开发的任务是：发电、供水灌溉、防洪、航运、水资源保护、水土保持、旅游等。其中发电、供水灌溉和防洪为主要任务。金沙江上游梯级规划布局为东就拉（西绒，3515m）——晒拉（3447m）——果通（3366m）——俄南（岗托，3215m）——白立（岩比，3030m）——波罗（2989m）——降曲河口（叶巴滩，2889m）

——拉哇（2698m）——巴塘（2545m）——苏洼龙（王大龙，2475m）——日冕（旭龙）（2350m）等 11 级。

国家发展改革委 2003 年立项开展金沙江上游河段水电规划，2011 年 10 月成都勘测设计研究院提出了《金沙江上游水电规划报告（送审稿）》。规划报告提出金沙江上游河段开发与保护任务是以发电为主，保护生态环境和民族文化，促进地区经济社会发展和移民脱贫致富，规划 13 级开发方案，自上而下依次为：西绒（3515m）、晒拉（3447m）、果通（3366m）、岗托（3215m）、岩比（3030m）、波罗（2989m）、叶巴滩（2889m）、拉哇（2698m）、巴塘（2545m）、苏洼龙（2475m）、昌波（2385m）、旭龙（2302m）、奔子栏（2148m）。规划方案利用落差 1372m，装机容量 13920 MW ，年发电量 642 亿 kW·h 。2011 年 11 月，国家发展改革委在北京召开了金沙江上游水电规划报告审查会，审查“同意以岗托为龙头水库的 13 级电站作为流域梯级布局及资源规划方案”，“同意岗托、叶巴滩、拉哇、苏洼龙、巴塘、旭龙等 6 个电站列为近期工程”。 2012 年 7 月，《金沙江上游水电规划报告》由国家发展改革委发以改办能源〔2012〕2008 号文批准。

2012 年 12 月，《长江流域综合规划〔2012～2030 年〕》由国务院以国函〔2012〕220 号文批复，并要求认真组织实施。《长江流域综合规划（2012～2030 年）》提出金沙江上游河段的开发方案为西绒（东就拉）—晒拉—果通—岗托（俄南）—岩比（白丘）—波罗—叶巴滩（降曲河口）—拉哇—巴塘—苏洼龙（王大龙）—昌波—旭龙—奔子栏等 13 级；并提出“下阶段应在协调好开发与保护关系的前提下，进一步研究落实梯级电站建设方案”。

#### 2.1.1.2 金沙江上游水电开发现状

根据《金沙江上游水电规划》，金沙江上游 13 个梯级电站总装机容量 13920MW，占河段可开发量的 91%。岗托、叶巴滩、拉哇、苏洼龙、巴塘、旭龙水电站为金沙江上游近期工程。截至目前，水电规划 6 个近期工程中，岗拖水电站已完成预可行性研究工作，叶巴滩、苏洼龙水电站已开始实施，巴塘、拉哇水电站已核准，旭龙水电站正加紧推进可行性研究阶段的各项工作。

表 2.1-1　金沙江上游水电规划各梯级主要技术经济指标表

| 梯级名称 | | 单位 | 西绒 | 晒拉 | 果通 | 岗托(高) | 岩比 | 波罗(高) | 叶巴滩 | 拉哇 | 巴塘 | 苏洼龙(高) | 昌波 | 旭龙 | 奔子栏 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 建设地点 | | | 青、川 | 青、川 | 青、川 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、藏 | 川、滇 | 川、滇 | - |
| 坝址控制流域面积 | | $km^2$ | 141873 | 142204 | 142593 | 147451 | 149581 | 160519 | 173484 | 176027 | 176436 | 183825 | 184436 | 189872 | 203206 | - |
| 坝址多年平均流量 | | $m^3/s$ | 440 | 444 | 448 | 503 | 527 | 659 | 815 | 845 | 850 | 928 | 934 | 984 | 1110 | - |
| 正常蓄水位 | | m | 3515 | 3447 | 3366 | 3215 | 3030 | 2989 | 2889 | 2698 | 2545 | 2475 | 2385 | 2302 | 2148 | - |
| 利用落差 | | m | 68 | 81 | 33 | 185 | 41 | 100 | 191 | 153 | 60 | 90 | 83 | 154 | 133 | 1372 |
| 正常蓄水位以下库容 | | 亿$m^3$ | 2.34 | 2.33 | 0.75 | 54.11 | 1.552 | 8.37 | 12.16 | 15.58 | 1.36 | 6.38 | 0.12 | 7.08 | 15.82 | 126.95 |
| 调节库容 | | 亿$m^3$ | 0.51 | 0.36 | 0.21 | 32.25 | 0.377 | 0.99 | 8.64 | 9.06 | 0.26 | 0.84 | 0.07 | 0.74 | 10.07 | 64.39 |
| 调节性能 | | | 日调节 | 日调节 | 日调节 | 年调节 | 日调节 | 日调节 | 季调节 | 季调节 | 日调节 | 日调节 | 日调节 | 日调节 | 季调节 | - |
| 开发方式 | | | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 坝式 | 混合式 | 坝式 | 坝式 | - |
| 最大坝高 | | m | 90 | 103 | 53 | 229 | 52 | 128 | 240 | 227 | 71 | 108 | 38 | 217 | 184 | - |
| 坝型 | | | 面板 | 面板 | 闸坝 | 面板 | 面板 | 面板 | 面板 | 面板 | 面板 | 沥心墙 | 闸坝 | 拱坝 | 面板 | - |
| 装机容量 | | 万kW | 32 | 38 | 14 | 110 | 30 | 96 | 198 | 168 | 74 | 116 | 106 | 222 | 188 | 1392 |
| 枯水年枯期平均出力 | 单独 | 万kW | 3.89 | 4.77 | 1.80 | 37.70 | 2.95 | 11.03 | 34.76 | 29.11 | 9.25 | 15.57 | 11.29 | 27.94 | 30.30 | 220.35 |
| | 联合 | 万kW | 3.89 | 4.77 | 1.80 | 37.70 | 8.88 | 26.56 | 61.76 | 55.71 | 23.45 | 37.45 | 31.38 | 65.91 | 59.50 | 418.77 |

| 梯级名称 | | 单位 | 西绒 | 晒拉 | 果通 | 岗托(高) | 岩比 | 波罗(高) | 叶巴滩 | 拉哇 | 巴塘 | 苏洼龙(高) | 昌波 | 旭龙 | 奔子栏 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 年发电量 | 单独 | 亿kW·h | 14.712 | 17.740 | 6.609 | 53.907 | 12.012 | 39.497 | 83.786 | 70.301 | 30.191 | 49.572 | 43.47 | 92.824 | 79.415 | 594.031 |
| | 联合 | 亿kW·h | 14.712 | 17.740 | 6.609 | 53.91 | 13.46 | 43.60 | 90.88 | 76.34 | 33.35 | 55.20 | 48.47 | 102.05 | 85.96 | 642.289 |
| 其中：平、枯期电量 | 单独 | 亿kW·h | 3.970 | 4.882 | 1.845 | 23.418 | 2.983 | 10.163 | 24.780 | 20.713 | 7.899 | 13.470 | 10.91 | 25.064 | 24.144 | 174.240 |
| | 联合 | 亿kW·h | 3.970 | 4.882 | 1.845 | 23.418 | 5.674 | 17.202 | 37.473 | 32.933 | 14.235 | 23.230 | 19.87 | 42.005 | 37.810 | 264.548 |
| 装机年利用小时数 | 单独 | h | 4597 | 4668 | 4721 | 4901 | 4004 | 4114 | 4232 | 4185 | 4080 | 4273 | 4101 | 4181 | 4224 | 4267 |
| | 联合 | h | 4597 | 4668 | 4721 | 4901 | 4488 | 4542 | 4590 | 4544 | 4507 | 4759 | 4573 | 4597 | 4572 | 4614 |
| 工程静态总投资 | | 亿元 | 56.096 | 57.667 | 25.213 | 190.833 | 77.683 | 118.457 | 170.052 | 147.702 | 84.197 | 119.802 | 152.800 | 169.415 | 173.613 | 1543.551 |
| 单位千瓦投资 | | 元/kW | 17530 | 15175 | 18009 | 17350 | 25894 | 12339 | 8589 | 8792 | 11378 | 10328 | 14415 | 7631 | 9235 | 11089 |
| 单位电能投资 | | 元/kW.h | 3.81 | 3.25 | 3.81 | 3.54 | 5.77 | 2.72 | 1.87 | 1.93 | 2.52 | 2.17 | 3.15 | 1.66 | 2.02 | 2.40 |

说明：1) 本计算成果均采用长系列月径流(1953 年6 月-2003 年5 月)进行调节计算；

2) 本成果未考虑南水北调；

3) 昌波坝址生态流量采用多年平均流量的5%，即46.7$m^3/s$。

## 2.1.2 水电规划环评主要结论

2011 年 7 月下旬，原国家环境保护部会同国家发展改革委在北京市主持召开了《金沙江上游水电规划环境影响报告书》审查会，后以环审【2011】243 号文印发了审查意见。

### 2.1.2.1 规划环评报告书结论

（1）主要有利影响

金沙江上游水电规划实施带来的有利影响主要表现在发电效益、社会效益和环境效益三个方面。

1）资源规划推荐方案梯级电站建成后装机容量 1392 万 kW，枯水年枯期平均出力 418.77 万 kW，年发电量 642.29 亿 kW·h，单位千瓦/电能投资指标相对较优。规划方案的实施是国家“西电东送”能源战略的重要组成部分，将有力推动国民经济的发展。

2）方案实施将极大地促进区域产业结构的优化和升级，带动基础设施建设，改变地区原有的“粗放型”经济增长方式。电力工业将逐步成为金沙江上游地区的支柱产业，工业生产方式也将从劳动密集型逐步转向资本密集型，社会保障与文明程度将得到提高，民族地区经济迅速发展，有利于藏区脱贫致富和社会-经济-环境的稳定和谐进步。

3）梯级电站建成发电将明显减少 $CO_2$、$SO_2$、烟尘和废渣等国家控制性污染物的排放，减少生物质能源消耗，有助于我国“应对气候变化国家方案”拟定目标的实现。

（2）主要不利影响

规划方案实施带来的不利环境影响主要由大坝阻隔、水库蓄水运行及移民安置所致。

梯级开发后对水生生态的主要影响是鱼类适生生境缩小。若资源规划方案全部实施，保留天然河段的长度仅占规划河段总长的 9.46%，规划河段干流的 5 处鱼类重要栖息地中有 3 处将遭受严重影响，将造成本河段珍稀特有鱼类资源显著减少，不利于水生生物多样性保护。大坝阻隔将使规划河段水生生境破碎化，限制

鱼类基因交流，削弱种群的生存力。

梯级电站联合调度运行将使库区及下游河段流量、水位、水温发生显著变化，对鱼类生境的稳定性以及鱼卵、鱼苗存活产生不利影响，尤其是低温水下泄，将影响鱼类繁殖，不利于鱼类生长。

梯级水库蓄水后，将淹没正常蓄水位以下的耕地、植被、居民点与道路等设施。此外，梯级电站施工活动将对施工区及周围环境产生短期不利影响，移民生产开发和生活安置将给安置区社会和环境造成一定压力。

推荐规划方案存在的突出环境问题有：西绒、晒拉、果通、奔子栏梯级涉及自然保护区，与保护区相关法规要求不符；晒拉水库的形成将影响国家I级重点保护动物白唇鹿冬季结冰期过江交流活动；晒拉、岗托、岩比、波罗梯级将淹没 3 处鱼类重要栖息地。

（3）综合评价结论

金沙江干流是我国水能资源富矿，总装机规模约 7500 万 kW 以上，是国家规划的 13 个能源基地之一，在我国能源资源建设中具有重要的战略地位，加快金沙江水电开发步伐，是我国能源安全的客观需要，对我国的可持续发展意义十分重大。

金沙江上游水电规划遵循国家“西部大开发”、“西电东送”、“藏电外送”，以及青海、西藏、四川、云南四省（区）水电发展战略需要，以有利于规划河段水能资源开发与地方经济社会、生态环境和谐协调发展，合理分配和利用水能资源为主要目标。

金沙江上游水电规划的开发与保护任务是“以发电为主，保护生态环境和民族文化，促进地区经济社会发展和移民脱贫致富”。规划实施将极大地推动区域产业结构的优化和升级，改变地区原有的“粗放型”经济增长方式，促进民族地区的经济发展和脱贫致富；显著改善区域能源生产和消费结构，减少 $CO_2$、$SO_2$、烟尘和废渣等国家控制性污染物的排放，有力推动流域社会、环境、经济的可持续发展。

遵循“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的指导方针，规划环评推荐将完全不涉及自然保护区，生态、社会环境影响较小，经济指标较好，开发建设条件较优的叶巴滩、拉哇、苏洼龙、岗托、波罗、巴塘、昌波、旭龙 8 个梯级作为本次规划的实施方案。其中，昌波梯级为规避王大龙巨型堆积体对工程安全的影响而采用混合式开发，须在深入开展论证工作，确保工程安全，保障减水河段

各类用水要求的前提下方可开工建设；波罗梯级位于鱼类资源丰富的河段，工程建设将对该河段鱼类栖息地产生较大影响，须在深入研究替代生境有效性，采取切实可行的生态环境影响减缓措施的前提下方可开工建设。

西绒、晒拉、果通、奔子栏、岩比 5 个梯级由于涉及敏感生态问题暂不纳入实施方案，未来应根据国家能源发展战略要求，在充分论证其开发必要性和环境合理性的前提下确定是否开发。推荐实施方案避让了金沙江上游河段沿岸所有的自然保护区，完全保留了规划河段 5 个产卵场中的奔达、洛须、玛曲汇口 3 个产卵场，部分保留了岗托附近的产卵场，以支流为替代生境实现了波罗乡附近产卵场的生态功能。

针对规划实施可能产生的不利环境影响，规划环评拟定了以预防规避措施为主，最小化、减量化及修复补救措施为辅的环保措施体系，其中重点针对水生生态影响制定了以“洛须保留河段+支流赠曲下游河段+支流藏曲下游河段+巴塘保留河段+支流定曲下游河段”为鱼类保护河段，同时暂不将晒拉、岩比梯级纳入实施方案的综合保护方案，对金沙江上游珍稀特有鱼类的保护具有重要意义。从环境保护的角度分析，推荐的实施方案不存在制约性环境因素。

#### 2.1.2.2 主要审查意见及对建设项目的环境保护要求

依据审查意见，对金上水电规划优化调整和实施意见如下：

（1）同意将岗托、叶巴滩、拉哇、苏洼龙、巴塘、旭龙等 6 个梯级列入本轮规划的实施方案。在方案实施过程中，应切实落实《报告书》提出的各项生态环境保护对策措施，统筹干支流水电开发与生态环境保护的关系。

（2）建议对波罗、昌波 2 个梯级继续深入论证，提出有效可行的生态环境影响减缓措施，充分论证可行后实施。

（3）同意规划环评报告书提出的将西绒、晒拉、果通、岩比、奔子栏等 5 个梯级不列入本轮规划的实施方案。

（4）建议金沙江上游水电规划根据规划环评的研究成果和结论，进一步完善生态流量、生态监测和生物多样性保护等对策措施，落实环境保护的相关要求。

（5）建议在规划实施过程中，应根据对流域生态环境的监测监控结果，适时进行环境影响跟踪评价，进一步提出规划实施方案的优化建议，进一步完善生态环境保护的对策措施，并在规划实施过程中落实。

（6）金沙江上游水电规划中所包含的近期建设项目，在开展环境影响评价时，应遵循规划环评报告书提出的主要结论和生态环境保护的对策措施。在明确建设项目生态环境保护目标的基础上，加强受水电开发项目影响的生态环境现状调查。重点评价项目实施产生的生态、社会等影响，深入评价对生态环境敏感区域的影响方式、范围、历时和程度。切实落实过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量等保护措施。

## 2.1.3 规划环评环保要求落实情况

根据《金沙江上游水电规划环境影响报告书》审查意见，过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量以及栖息地保护等措施是在项目具体实施过程中需要重点关注和落实的内容。

### 2.1.3.1 金沙江上游水电规划环评相关要求

**（1）栖息地保护措施**

梯级开发对鱼类的主要影响是导致鱼类栖息地的丧失，就地保护是减免该种不利影响最主要的解决措施。在水电规划中保留一定的流水河段是一种重要的预防性保护措施，即通过对流域或河段的划区保护，为鱼类提供足够的摄食场地、繁殖场所、生长空间和庇护场所，使鱼类种群数量不至于太低，并保证物种不从整个规划河段消失。结合保留河段分布情况，制定以“洛须保留河段+支流赠曲下游河段+支流藏曲下游河段+巴塘保留河段+支流定曲下游河段”为鱼类栖息地保护河段。

**（2）人工增殖放流措施**

拟在规划河段的洛须、波罗和巴塘分别修建 3 个鱼类人工增殖放流站，其主要任务是服务于临近河段，维持洛须保留段鱼类种群数量，负责整个河段鱼类种质交换。其中巴塘增殖放流站主要服务于巴塘以下梯级，维持巴塘保留段鱼类种群数量，同时兼顾巴塘以下河段鱼类增殖保护。

**（3）建设过鱼设施**

根据规划环评推荐实施方案，8 个梯级电站中，坝高小于 60m 的大坝有 1 座，为昌波；坝高 60~120m 之间的大坝有 2 座，分别是巴塘和苏洼龙；坝高 120m 以

上的大坝有 5 座，分别是岗托、波罗、叶巴滩、拉哇和旭龙。对于坝高超过 60m 的大坝，理论上升鱼机和集运鱼船都是可行的过鱼设施，但根据国外的案例，集运鱼船运行效率低，主要过鱼对象是中上层鱼类，而规划江段的种类多为底层鱼类，因此集运鱼船的效果可能不佳。升鱼机在国外已有成功应用的案例，但升鱼机运载重量有限，效率不高，运输过程耗时较长，而规划江段主要过鱼对象对溶解氧要求较高，容易造成鱼类窒息死亡，能否取得良好效果尚不确定。因此，建议在梯级实施过程中参考国外已有或国内其他水系过鱼设施的经验，进一步研究合理有效的过鱼设施。

**（4）生态调度措施**

根据珍稀特有鱼类及其他珍稀濒危动物的生物学特征和河流形态特征，进一步研究确定生态流量，并落实下泄保障措施。生态流量拟定应以确保鱼类重要栖息地水域生境能满足珍稀特有鱼类的繁殖、生长、发育要求为目标，在确定生态基流的同时，还应参照天然水文节律特点，尽可能优化电站调度运行方式，营造鱼类繁殖的水文条件，切实起到鱼类就地保护的作用。

**（5）水生生态科学研究**

开展人工驯养和养殖技术研究，研究野生亲本捕捞、运输的设施和适宜条件，研究驯养技术，实施人工繁殖及苗种培育技术，并进行放流苗种的标志或标记方法研究，为建立和长期维持人工种群提供理论和技术支持；开展梯级电站建设和运行对鱼类资源影响的累积效应研究；开展干支流流水江段的生态功能及微生境改造技术研究。

**（6）渔政管理措施**

禁止天然捕捞是补偿水电开发对鱼类资源影响的重要措施，金沙江上游规划河段专业渔民极少，但一些兼业渔民，特别是临近地区的渔民也进行一些高强度的捕捞活动，包括使用电、毒、炸等手段。梯级开发后，水陆交通得到改善，需加强渔政管理建设，完善渔政宣传、教育、管理、执法措施，有效保护规划河段的鱼类资源。

## 2.1.3.2 生态流量及其保障措施

**（1） 叶巴滩水电站**

根据《金沙江上游叶巴滩水电站环境影响报告书》及批复（环审[2016]56号），

叶巴滩水电站下泄生态流量不低于132m$^3$/s；在鱼类产卵期3月至4月、8月至9月下泄流量分别不低于272 m$^3$/s和405 m$^3$/s，期间每月各进行一次为期10天的生态调度过程，期间电站不进行日内调峰，按不低于上游来流量泄流。初期蓄水通过导流洞和导流底孔下泄生态流量,运行期正常工况下通过机组发电下泄生态流量，机组停运等情况下通过生态机组下泄生态流量。

生态机组布置在坝址右岸的地下厂房，通过动能、机电、水工等专业综合比较，推荐安装2台混流式机组，装机容量200MW，设计引用流量135m$^3$/s。正常运行工况下，生态机组常年带基荷运行，不间断下泄流量，最小下泄流量为132m$^3$/s，可满足下游生态用水需求。在汛期生态机组检修期间，通过坝身泄洪设施满足下游生态用水需求。

**（2） 拉哇水电站**

根据《金沙江上游拉哇水电站环境影响报告书》及批复（环审[2017]162号），电站下游巴塘水电站死水位高于拉哇电站坝址处河床高程，二者水位相接，拉哇水电站下泄生态流量主要是保障巴塘水电站生态流量下泄、生态调度以及稳定发电运行。运行期，拉哇电站生态供水可不提具体流量要求，只需保障巴塘电站的生态反调节库容即可。

初期蓄水期间，为满足巴塘电站生态调度要求，初期蓄水期拉哇应保障一定的生态流量下泄，初期蓄水期拉哇拟采取生态供水旁通洞和放空洞控制泄流，下泄流量取巴塘电站生态流量扣除巴塘库区区间汇水的流量。初期蓄水期的生态流量下泄需求见表 2.1-2。

**表 2.1-2 拉哇电站初期蓄水期生态流量泄放需求**

| 项目 | | 叶巴滩 | 拉哇 | 巴塘 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 坝址以上控制流域面积(万 km$^2$) | | 17.35 | 17.60 | 17.64 | |
| 多年平均流量(m$^3$/s) | | 839 | 849 | 853 | |
| 非鱼类产卵期生态流量(m$^3$/s) | | 132 | 134 | 138 | |
| 鱼类产卵期生态流量(m$^3$/s) | 3 月至 4 月(主要裂腹鱼类繁殖期) | 272 | 276 | 277 | 与上、下游电站相协调，每年 3~4 月及 8~9 月鱼类产卵期，每月分别进行一次至少持续 10 天的不蓄水 |
| | 8 月至 9 月(软刺裸裂尻鱼繁殖期) | **405** | **411** | **413** | |

备注：表中叶巴滩、巴塘下泄生态流量为相应电站环境影响报告书论证并经批复确认的生态流量。

**（3） 巴塘水电站**

根据《金沙江上游巴塘水电站环境影响报告书》及其批复（环审[2017]28号），水电站在初期蓄水及运行期，下泄生态流量不低于138 m³/s，在3月至5月、8月至9月，水电站对上游梯级电站进行反调节，日内不调峰。其中，在鱼类集中产卵的3月至4月和8月至9月，分别下泄生态流量不低于277 m³/s和413 m³/s，且每月开展一次至少持续10天的生态调度；生态调度期间，与上游电站联合调度，按上游来流量下泄生态流量。

鱼类产卵期，根据上游梯级的调度规则，在鱼类产卵期3月～4月和8月～9月，上游来水量大于单台机45%出力的泄放流量（即231.5m³/s），因此在鱼类产卵期通过机组泄流。 其他时段，当上游来流量大于单台机45%出力的泄放流量要求时（即231.5m³/s），通过机组泄放；当上游来流量小于单台机45%出力的流量（231.5m³/s）要求时，首先动用调节库容，满足单台机45%出力的流量要求，通过发电运行方式泄放流量；当调节库容不足时，通过生态放水洞泄放138m³/s流量。在巴塘电站停机不发电等运行工况下，设计采用永久生态放水洞泄放生态流量。生态放水洞与导流洞、泄洪洞相结合布置，即与泄洪洞共用进水口，出口则由导流洞出口后期改建而成，洞长30.8m，最大泄流能力175 m³/s。

**（4） 苏洼龙水电站**

根据《金沙江上游苏洼龙水电站环境影响报告书》及其批复（环审[2015]77号），工程下泄生态流量不低于 152 m³/s，初期蓄水通过导流洞和泄洪设施下泄生态流量,运行期正常工况下通过机组发电下泄生态流量，机组停运等情况下通过生态泄放洞下泄生态流量。生态泄放洞由廊道式进口，由进水塔、有压隧洞、工作闸门及出口平底坎组成，布置在左岸地面厂房左侧。

## 2.1.3.3 栖息地保护

**（1）叶巴滩水电站**

叶巴滩水电站鱼类栖息地位于库尾右岸一级支流藏曲，即规划环评中提出的“支流藏曲下游河段”，其中藏曲下游河段位于叶巴滩水电站库尾以上，长度为50km。




图 2.1-1 叶巴滩水电站藏曲下游河段栖息地保护范围示意图

**（2）拉哇水电站**

拉哇水电站环评报告书及批复中，将斜曲作为拉哇水电站库区保护支流。重点保护下游河口以上 40km 河段，尤其是马古西寺至则达约 12km 河段。




图 2.1-2 拉哇水电站栖息地保护范围示意图

**（3）巴塘水电站**

巴塘水电站环评报告书及批复文件，将巴塘水电站坝址至苏洼龙库尾以上12km 保留河段，支流巴楚河河口以上 11km 河段划为鱼类栖息地。




图 2.1-3　巴塘水电站栖息地保护范围示意图

**（4）苏洼龙水电站**

苏洼龙水电站环评报告书及批复文件，将苏洼龙库尾至巴塘坝址 12km 的规划保留河段作为干流栖息地进行保护，将玛曲规划的巴塘电站厂址至河口 11km 河段、西曲上的西曲二级电站厂址至河口 23km 河段作为支流栖息地进行保护，不再开发。



图 2.1-4 苏洼龙水电站栖息地保护范围示意图

### 2.1.3.4 过鱼设施

**（1）叶巴滩水电站**

叶巴滩水电站采用集运鱼过鱼系统进行过鱼。在生态电站尾水出口设置集鱼槽，通过集鱼槽进鱼口制造诱鱼水流，当集鱼槽内的鱼类达到一定数量后，启动拖拽格网，将鱼类驱赶进入集鱼通道末端的提升舱。提升舱通过升鱼机竖井提升至下游转运平台处，将鱼转移至集鱼箱而后集鱼箱通过索道过坝到达库区码头的上游转运平台，再沿滑道下行至库区码头的钢质趸船上，之后再将集鱼箱吊装至运鱼船，由运鱼船运输至放流地点通过放鱼溜槽放流。

**（2）拉哇水电站**

拉哇水电站采用升鱼机系统过鱼型式。通过坝下集鱼槽集鱼，经过提升转运系统（包括下游转运平台、隧洞轨道、中间转运平台+自行式轨道小车、上游转运平台、提升箱、运鱼箱等），将鱼转运至上游转运平台，在上游码头处将运鱼箱吊装至运鱼船，由运鱼船运输至放流地点，通过放鱼溜槽放流。

**（3）巴塘水电站**

巴塘水电站采用鱼道方案进行过鱼。鱼道首先利用巴楚河 2.1km 的天然河道，然后采用明渠+隧洞布置。在巴楚河河口附近设置拦鱼导鱼设施，将鱼拦导至巴楚河内，鱼顺巴楚河上溯至鱼道进口，后经鱼道上溯入库区。鱼道全长 4.16km，其中巴楚河天然河道段鱼道长约 2.1km，平均坡降 4.1‰；技术性鱼道 2.06km，由明渠段和隧洞段组成，其中人工明渠段全长 1476.09m（进口明渠和出口明渠总和），隧洞段全长 583.91m，综合坡比 2.64%。鱼道整体爬升高度 55m 左右。




图 2.1-5　巴塘水电站鱼道方案总体布置图

**（4）苏洼龙水电站**

苏洼龙水电站采用升鱼机进行过鱼。坝下鱼类在电站尾水的吸引下，通过诱鱼口进入升鱼机集鱼箱，集鱼箱由轨道绕坝运至停靠在坝上码头的转运鱼船，最后由转运鱼船运至库区支流汇口及库尾河段放流。

### 2.1.3.5 增殖放流站

**（1）叶巴滩水电站**

为统筹兼顾梯级电站的鱼类增殖放流工作，将规划环评提出的波罗河段鱼类增殖站建设于叶巴滩水电站。叶巴滩增殖站增殖放流对象主要为：长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡、姚氏高原鳅、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼 9 种鱼类。放流规模未 86 万尾/年。

增殖站拟分二期建设，一期工程主要放流叶巴滩及拉哇电站影响河段的鱼类，二期工程放流波罗电站影响河段鱼类及远期繁殖成功后的鱼类。

**（2）苏洼龙水电站**

根据金沙江上游水电规划环评，拟在巴塘河段设置鱼类增殖放流站，承担巴塘、苏洼龙、旭龙水电站增殖放流任务。苏洼龙电站推进进度先于巴塘电站，将规划环评提出的巴塘河段鱼类增殖站建设于苏洼龙水电站。放流对象包括长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、青石爬鮡、黄石爬鮡等 7 种鱼类，放流规模为 60 万尾/年。

## 2.2工程地理位置

旭龙水电站地处东经 99°02'～99°11'，北纬 28°35'～29°27'，位于云南省德钦县与四川省得荣县交界的金沙江干流上游河段，下游距奔子栏镇 72.8km，上游距规划的昌波坝址 75.5km，东南距得荣县直线距离约 16km，东距甘孜州 310km，南距“香格里拉”和虎跳峡分别约 156km 和 247km，东北距成都直线距离约 520km，东南距昆明直线距离约 540km。

## 2.3工程特性

### 2.3.1 工程开发任务

旭龙水电站的开发任务为：以发电为主，并促进地区经济社会发展。

### 2.3.2 工程规模和主要特性

旭龙水电站水库总库容 8.47 亿 $m^3$，电站总装机容量 2400MW，最大坝高 213m。根据《防洪标准》（GB50201-2014）和《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》（DL5180-2003）的有关规定，本工程为一等大（1）型工程，挡、泄水建筑物为 1 级建筑物，引水发电建筑物等主要永久性水工建筑物为 1 级建筑物，次要建筑物为 3 级建筑物；主要永久性水工建筑物结构安全级别为I级，次要建筑物结构安全级别为II级。电站主要工程特性见表 2.3-1。

表 2.3-1　　旭龙水电站工程特性表

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 一、水文 | | | |
| 1.流域面积 | | | |
| 金沙江上游流域 | 万 $km^2$ | 47.32 | |
| 坝址以上 | 万 $km^2$ | 18.95 | |
| 2.利用的水文系列 | 年 | 66 | |
| 3.多年平均年径流量 | 亿 $m^3$ | 313 | |
| 4.代表性流量 | | | |
| 多年平均流量 | $m^3/s$ | 990 | |
| 设计洪水流量 | $m^3/s$ | 9970 | P=0.10% |
| 校核洪水流量 | $m^3/s$ | 11300 | P=0.02% |
| 施工导流流量 | $m^3/s$ | 6420 | P=5.00% |
| | $m^3/s$ | 7930 | P=1.00% |

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 5.洪水 | | | |
| 设计洪水洪量（3d） | 亿 $m^3$ | 24.2 | |
| 校核洪水洪量（3d） | 亿 $m^3$ | 27.6 | |
| 6.泥沙 | | | |
| 多年平均悬移质年输沙量 | 万 t | 1890 | |
| 多年平均含沙量 | $kg/m^3$ | 0.598 | |
| 二、水库 | | | |
| 1.特征水位 | | | |
| 校核洪水位 | m | 2305.89 | 5000 年一遇 |
| 设计洪水位 | m | 2303.42 | 1000 年一遇 |
| 正常蓄水位 | m | 2302 | |
| 死水位 | m | 2294 | |
| 2.正常蓄水位时水库面积 | $km^2$ | 16.51 | |
| 3.回水长度 | km | 62.25～62.36 | 5 年、20 年、50 年一遇回水 |
| 4.水库容积 | | | |
| 总库容 | 亿 $m^3$ | 8.47 | 校核洪水位以下 |
| 正常蓄水位以下库容 | 亿 $m^3$ | 7.81 | |
| 调节库容 | 亿 $m^3$ | 1.26 | 正常蓄水位至死水位 |
| 死库容 | 亿 $m^3$ | 6.55 | 死水位以下 |
| 5.库容系数 | % | 0.40 | 调节库容/平均年径流量 |
| 6.调节性能 | | 日调节 | |
| 7.水量利用系数 | % | 92.27 | 与岗托、叶巴滩、拉哇等联合运行 |
| 三、下泄流量及相应下游水位 | | | |
| 1.设计洪水位时最大泄量 | $m^3/s$ | 9800 | 1000 年一遇 |
| 相应下游水位 | m | 2163.17 | 厂址处 |
| 2.校核洪水位时最大泄量 | $m^3/s$ | 11138 | 5000 年一遇 |
| 相应下游水位 | m | 2164.73 | 厂址处 |
| 3.装机容量发电最大引用流量 | $m^3/s$ | 1866.4 | |
| 相应下游水位 | m | 2151.52 | 厂址处 |
| 4.生态流量 | $m^3/s$ | 210/280/451 | 3 月至 4 月中旬：280<br>4 月下旬至 7 月：280<br>8-9 月：451<br>其他时段：210 |
| 四、工程效益指标 | | | |
| 1.发电效益 | | | |
| 装机容量 | MW | 2400 | |
| 保证出力（P=95%） | MW | 408/609 | 与叶巴滩、拉哇等联合运行/与岗托、叶巴滩、拉哇等联合运行 |
| 多年平均发电量 | 亿 kW·h | 98.86/103.19 | |
| 装机年利用小时数 | h | 4119/4300 | |
| 五、建设征地和移民安置 | | | |
| 1.征地面积 | $hm^2$ | 2178.94 | |

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 耕地 | $hm^2$ | 34.86 | |
| 园地 | $hm^2$ | 46.30 | |
| 林地 | $hm^2$ | 922.46 | |
| 2.搬迁人口 | 人 | 1660 | |
| 3.淹没公路 | km | 22.53 | 四级公路 |
| 4.淹没水电站 | 座 | 2 | 格亚顶、丹达曲 |
| 六、主要建筑物及设备 | | | |
| 1.挡水建筑物 | | | |
| 型式 | | 混凝土双曲拱坝 | |
| 地基特性 | | 花岗岩、混合岩、片岩 | |
| 地震基本烈度/设防烈度 | | 8/9 | |
| 坝顶高程 | m | 2308 | |
| 最大坝高 | m | 213 | |
| 顶拱宽度及上游面弧长 | m，m | 12,482.90 | |
| 坝体方量 | 万 $m^3$ | 210.9 | |
| 2.泄水消能建筑物 | | | |
| 2.1 泄洪表孔 | | | |
| 堰顶高程 | m | 2287 | |
| 孔数、尺寸 | 孔，m×m | 3,12×15 | 宽×高 |
| 单宽流量 | $m^3/s/m$ | 135.61 | 设计洪水 |
| 消能方式 | | 挑流 | |
| 工作闸门型式 | | 弧形闸门 | |
| 工作闸门数量、尺寸 | 扇，m×m | 3,12×16.47 | |
| 启闭机型式 | | 液压启闭机 | |
| 启闭机数量、容量 | 套，kN | 3,2×2600 | |
| 设计泄洪流量 | $m^3/s$ | 4882 | |
| 校核泄洪流量 | $m^3/s$ | 6142 | |
| 2.2 泄洪中孔 | | | |
| 进口底板高程 | m | 2220 | |
| 孔口数量、尺寸 | 孔，m×m | 4,7×5 | 宽×高 |
| 单宽流量 | $m^3/s/m$ | 175.64 | 设计洪水 |
| 消能方式 | | 挑流 | |
| 工作闸门型式 | | 弧形闸门 | |
| 工作闸门数量、尺寸 | 扇，m×m | 4,7×5 | |
| 启闭机型式 | | 液压启闭机 | |
| 启闭机数量、容量 | 套，kN | 4,3600/1000 | 启门力/下压力 |
| 设计泄洪流量 | $m^3/s$ | 4918 | |
| 校核泄洪流量 | $m^3/s$ | 4996 | |
| 2.3 水垫塘及二道坝 | | | |
| 水垫塘尺寸 | m×m | 60×280 | 底板，宽×长 |
| 二道坝型式及坝顶高程 | m | 重力坝，2153 | |
| 最大坝高 | m | 48 | |
| 3.引水发电建筑物 | | | |
| 3.1 引水洞 | | | |
| 地基或围岩特性 | | 混合岩、花岗岩 | |

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 进水口个数及型式 | 个 | 4，岸塔式 | |
| 单机额定流量 | $m^3/s$ | 466.6 | |
| 进水口底板高程 | m | 2269 | |
| 进水口快速门型式 | | 平面定轮闸门 | |
| 进水口快速门数量、尺寸 | 扇，m×m | 4，8.4×11.6 | |
| 快速门启闭机型式 | | 液压启闭机 | |
| 快速门启闭机数量、容量 | 套，kN | 4，2500/4500 | 启门力/持住力 |
| 进水口检修门型式 | | 平面滑动闸门 | |
| 进水口检修门数量、尺寸 | 扇，m×m | 1，8.4×12.05 | |
| 检修门启闭机型式 | | 门式启闭机 | |
| 检修门启闭机数量、容量 | 套，kN | 1，2×1000/800 | 主钩/回转吊 |
| 隧洞条数 | 条 | 4 | |
| 最大洞长 | m | 545.63 | |
| 断面型式 | | 圆形 | |
| 断面直径 | m | 10.8 | 内径 |
| 衬砌型式 | | 钢筋混凝土 | |
| 3.2 电站厂房 | | | |
| 型式 | | 地下 | |
| 围岩特性 | | 花岗岩 | |
| 主厂房开挖尺寸（长×宽×高） | m×m×m | 200×29.9×78.1 | |
| 水轮机安装高程 | m | 2132 | |
| 3.3 调压室 | | | |
| 围岩特性 | | 花岗岩、片岩 | |
| 底坎高程 | m | 2110.4 | |
| 个数 | 个 | 2 | |
| 高度 | m | 86.6 | |
| 平面尺寸 | m×m | 147.1×24 | |
| 衬砌型式 | | 钢筋混凝土 | |
| 调压室检修门型式 | | 平面滑动闸门 | |
| 调压室检修门数量、尺寸 | 扇，m×m | 2，6×17.6 | |
| 检修门启闭机型式 | | 桥式启闭机 | |
| 检修门启闭机数量、容量 | 套，kN | 1，2×2000 | |
| 3.4 尾水洞 | | | |
| 地基或围岩特性 | | 花岗岩、片岩 | |
| 隧洞条数 | 条 | 2 | |
| 断面型式 | | 城门洞 | |
| 断面直径 | m | 10.2×17.6/12.5×17.6 | 支洞/主洞（宽×高） |
| 最大洞长 | m | 85.79/346.39 | 支洞/主洞 |
| 衬砌型式 | | 钢筋混凝土 | |
| 出口底坎高程 | m | 2126 | |
| 尾水检修门型式 | | 平面滑动闸门 | |

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 尾水检修门数量、尺寸 | 扇，m×m | 4，6×17.6 | |
| 检修门启闭机型式 | | 门式启闭机 | |
| 检修门启闭机数量、容量 | 套，kN | 1，2×1250 | |
| 4.渗控工程 | | | |
| 防渗线路长度 | m | 1284 | |
| 防渗帷幕面积 | $hm^2$ | 24 | |
| 5.地面开关站 | | | |
| 面积 | m×m | 170×17.5 | 长×宽 |
| 6.主要机电设备 | | | |
| 6.1 水轮机 | | | |
| 台数 | 台 | 4 | |
| 型号 | | HL（174）-LJ-750 | |
| 额定转速 | r/min | 111.1 | |
| 转轮直径 | m | 7.5 | |
| 最大水头 | m | 157.3 | |
| 最小水头 | m | 129.1 | |
| 加权平均水头 | m | 148.25/148.56 | |
| 额定水头 | m | 144 | |
| 额定流量 | $m^3/s$ | 466.6 | |
| 6.2 发电机 | | | |
| 台数 | 台 | 4 | |
| 型号 | | SF600-54/1570 | |
| 单机功率 | MW | 600 | |
| 发电机功率因数 | | 0.9 | |
| 发电机额定电压 | kV | 20 | |
| 500kV 主变压器 | 台 | 13 | |
| 7.输电电压 | kV | 500 | |
| 出线回路数 | 回 | 3 | |
| 七、施工 | | | |
| 1.主体工程数量 | | | |
| 明挖土、石方 | 万 $m^3$ | 1135.41 | |
| 洞挖土、石方 | 万 $m^3$ | 243.4 | |
| 填筑土、石方 | 万 $m^3$ | 174.03 | |
| 混凝土 | 万 $m^3$ | 373.36 | |
| 钢筋 | t | 104927 | |
| 金属结构安装 | 万 t | 32.41 | |
| 帷幕灌浆 | 万 m | 48.83 | |
| 固结灌浆 | 万 m | 6.1 | |
| 2.施工临时房屋 | $hm^2$ | 33.9 | |
| 3.施工供电 | MW | | |
| 4.对外交通 | | | |
| 公路距离 | km | 58 | |
| 运量 | 万 t | 201.56 | |
| 5.施工导流 | | | |
| 导流方式 | | 一次拦断河床、隧洞导流 | |
| 初期导流标准 | $m^3/s$ | 6420 | P=5% |

| 序号及名称 | 单位 | 数量或类型 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 中期导流标准 | $m^3/s$ | 7930 | P=1% |
| 后期导流标准 | $m^3/s$ | 8650（设计）/9370(校核) | P=0.5%/0.2% |
| 导流隧洞断面尺寸 | m | 14×17 和 12×16 | |
| 6.施工用地 | $km^2$ | 5.57 | |
| 7.施工人数 | 人 | 5265 | |
| 8.施工工期 | | | |
| 工程筹建期 | mon | 24 | |
| 第一台机组投产工期 | mon | 96 | |
| 总工期 | mon | 98 | |
| 八、环境保护工程 | | | |
| 1.水环境保护工程 | | | |
| 砂石料加工系统处理废水 | | DH 高效旋流净化器 | 洒茂顶砂石加工系统、低线砂石料加工系统 2 处 |
| 混凝土系统废水处理系统 | | 中和沉淀工艺 | 右岸高混凝土生产系统和右岸低混凝土生产系统 2 处 |
| 含油废水处理工艺 | | 采用成套油水分离器 | 机械修配厂和汽车维修保养 |
| 生活污水处理系统 | | 成套污水处理设备 | 3 处施工营地+建设管理营地（含鱼类增殖放流站） |
| 2.生态流量泄放设施 | | | 一般通过机组过流，机组停运期通过应急放水孔放流 |
| 应急放水孔 | | | |
| 进口底板高程 | m | 2278 | |
| 尺寸 | m×m | 4.5×6.0 | |
| 3.水温减缓措施 | | | 扶壁式前置挡墙 |
| 前置挡墙顶高程 | m | 2278.0 | |
| 扶壁宽 | m | 1.0 | |
| 侧墙厚 | m | 2.0 | |
| 2.水生生态保护工程 | | | |
| 2.1 栖息地保护工程 | | 定曲河干流河口以上 98km 河段 | 古学水电站连通性改善+生态调度<br>鱼根电站连通性改善<br>挖沙场生境修复等 |
| 2.2 过鱼设施 | | | |
| 设施型式 | | 升鱼机系统 | |
| 集鱼设施位置 | | 发电厂房尾水附近 | 尾水口两侧建固定式集鱼站 |
| 运鱼方式 | | 轨道运输 | |
| 2.3 鱼类增殖放流站 | | | 设置在建设管理营地 |
| 占地面积 | $hm^2$ | 1.5 | |
| 放流规模 | 万尾 | 50 | |
| 3.陆生生态保护工程 | | | |
| 3.1 种质资源园 | | | |
| 占地面积 | $hm^2$ | 0.45 | |
| 3.2 野生动物救护站 | 处 | 1 | 建设管理营地 |
| 4.移民安置保护工程 | | | |
| 水环境保护措施 | 处 | 2 | 两处集中安置点组合型强化生物池 |
| 八、经济指标 | | | |
| 1.静态投资 | 亿元 | 227.59 | |
| 2.环境保护投资 | 亿元 | 6.59 | |

## 2.4工程项目组成

旭龙水电站工程由永久工程、临时工程、水库淹没处理与移民安置工程、环境保护工程等项目组成，详见表 2.4-1。

表 2.4-1　　旭龙水电站工程项目组成表

| 工程项目 | | 工程组成 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 永久工程 | 挡水建筑物 | 混凝土双曲拱坝 | 1 级建筑物 |
| | 泄洪消能建筑物 | 坝身设 3 个表孔和 4 个中孔，坝下挑、跌流＋水垫塘。 | |
| | 引水发电建筑物 | 进水口、引水隧洞、地下厂房、母线洞、主变洞、交通电缆竖井、通风洞、尾水隧洞、尾水调压室、尾水平台、地面开关站（含出线场）、交通洞及厂外排水系统等。 | 1 级建筑物 |
| 临时工程 | 导流工程 | 左岸 2 条导流洞和上下游土石围堰 | 4 级建筑物 |
| | 场内交通工程 | 主要施工道路总长 43.52km，其中左岸 18.52km，右岸 25.0km，坝下游新建旭龙大桥。 | |
| | 施工企业 | 2 处砂石料加工系统、2 处混凝土拌和系统、2 处机械汽车修配保养厂、1 处金属结构拼装厂、1 处综合加工厂。 | |
| | 其它 | 主体工程设 1 处人工骨料场；4 处弃渣场；3 处施工营地、1 处现场建设管理营地（含鱼类增殖放流站）。 | |
| 水库淹没处理与移民安置工程 | 农村移民安置 | 生产安置人口 1386 人。<br>搬迁安置人口 1660 人，云南、四川各建 1 处农村移民集中安置点。 | |
| | 专项设施复建 | 复建等级公路 12.05km，并结合电力及通信工程恢复；农村库周交通恢复 12.7km；安置点对外交通新改建共 8.8km；复建新建桥梁 4 座。 | |
| 环境保护工程 | | 包括应急放水孔、低温水减缓措施（前置挡墙）、鱼类增殖放流站、过鱼设施、栖息地保护、珍稀植物种质资源园、污废水处理工程、垃圾热解站、环境空气保护、声环境保护、移民安置区污水处理和垃圾收集处理工程等。 | |

## 2.5枢纽布置及主要建筑物

旭龙水电站枢纽布置方案为：河床布置混凝土双曲拱坝，坝身布置泄洪孔和应急放水孔，坝下游布置混凝土水垫塘，右岸布置引水发电建筑物与过鱼设施，左岸布置导流洞。枢纽布置图详见图 2.5-1。

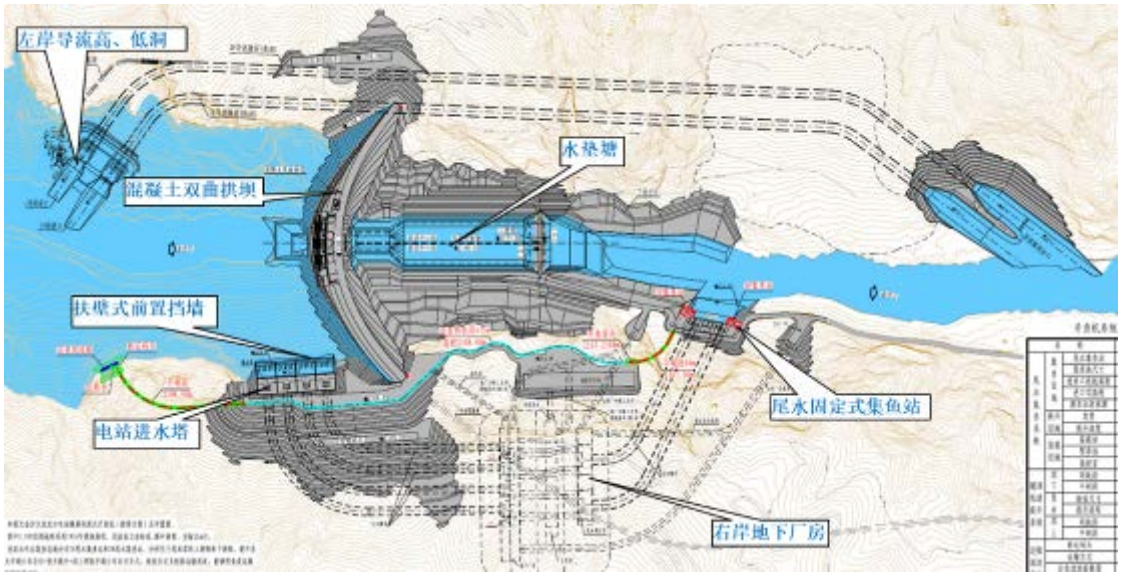



图 2.5-1 旭龙水电站枢纽布置图

## 2.5.1 挡水建筑物

混凝土双曲拱坝采用抛物线型，坝顶高程 2308m，建基面高程 2095m，最大坝高 213m。坝顶高程处河谷宽 357m。坝顶下游弦长 411.8m，弦高比 1.93；中心线弧长 473.9m，弧高比 2.22；拱冠处坝底厚度 46.2m，厚高比 0.217；顶拱中心角 85.5°，最大中心角 93.5°。

## 2.5.2 泄水建筑物

泄水建筑物布置在坝身，为 3 个泄洪表孔+4 个泄洪中孔+1 个应急放水孔。

泄洪表孔为开敞式溢流堰形式，孔口尺寸 12.0m×15.0m，跨横缝布置。表孔堰面采用 WES 曲线，堰顶高程 2287.00m。每个表孔设一道事故检修门和一扇弧形工作门，事故检修门由坝顶门机启闭，弧形工作门由设在坝顶上的液压启闭机启闭。

泄洪中孔采用有压管型式，共 4 孔，布置在坝段中部。中孔的进口底板高程为 2220.00m，出口断面尺寸为 7.0m×5.0m。中孔进口段布置事故检修门，事故检修门由坝顶门机启闭。出口布置弧形工作门，由设在闸墩上的液压启闭机启闭。

为满足机组停机时的生态流量下泄要求，同时避免泄洪表孔或中孔小开度运行对闸门、坝体结构等产生不利影响，在大坝坝身设置 1 个应急放水孔。紧邻泄洪表孔、中孔布置，采用上挑型有压管型式。进口高程 2278.00m，出口控制尺寸 4.5m×6.0m（宽×高），出口挑坎高程 2281.50m。应急放水孔进出口分别布置一道

平面检修闸门和工作闸门，各由坝顶门机和出口固定卷扬机操作。

坝下游设混凝土水垫塘，水垫塘尺寸 280m×60m（长×宽），底板厚 3m，最低顶高程 2108m。水垫塘顶高程 2180m，两岸混凝土边墙在高程 2153m 以下厚 3m，高程 2153m~2180m 厚 2m，高程 2180m~2255m 护坡混凝土厚 0.5m。二道坝坝顶高程 2153.00m。

### 2.5.3 引水发电建筑物

引水发电建筑物发电厂房采用地下厂房、集中布置在右岸，安装 4 台单机容量为 600MW 的混流式水轮发电机组，装机容量为 2400MW。引水发电建筑物主要由进水口、引水隧洞、主厂房及安装场、主变洞、交通出线竖井、尾水调压室、尾水隧洞、尾水出口、地面开关站、交通洞、通风排烟系统及厂外排水系统等组成。输水线路长度范围为 856.33m～1073.18m 。

电站进水口位于右坝肩上游，距坝顶轴线最小距离约 65m，进水口引水渠前缘设置挡墙，挡墙顶高程 2278.00m。进水塔采用岸塔式，塔轴线方向 NW38°。单塔宽度 30.0m，顺水流向长 26.0m，塔顶高程 2308.0m，建基面高程 2265.0m，进水塔尺寸为 120.0m×26.0m×43.0m(长×宽×高，下同)。

引水隧洞采用一机一洞，共 4 条，长约 402.90m～544.65m ，洞径 10.8m～8.4m。由上平段、上弯段、斜井段、下弯段及下平段等组成，不设调压室。防渗帷幕位于引水隧洞下平段，距主厂房（岩锚梁以下）上游边墙 61.1m，帷幕前采用钢筋混凝土衬砌，帷幕后采用钢衬混凝土衬砌。

地下厂房位于右坝肩下游，纵轴线走向 NE55°，开挖尺寸 204m ×27.7m（29.9m）×79.3m 。主厂房、主变洞和尾水调压室等三大洞室平行布置，主厂房与主变洞洞间岩体厚度为 40m 、主变洞与尾水调压室洞间岩体厚度为 30.5m。主变洞开挖尺寸 175.2m ×17.5m×23m，由母线洞、电缆廊道和进厂交通洞与主厂房相连。主变洞端部设交通电缆竖井，与高程 2310.0m 地面开关站相接，地面开关站占地 170m×17.5m（长×宽）。进厂交通洞布置在安装场下游侧，出口与对外公路相接。

尾水调压室为阻抗式、长廊型，调压室前尾水隧洞为一机一洞、调压室后为两机一洞布置，调压室开挖尺寸为 147.1m×24m×86.6m，调压室间岩体厚度为

21.4m ，尾水检修闸门设在调压室内上游侧，呈“一”字型排列，调压室上部由闸门廊道相连。尾水支洞断面尺寸 10.7m ×17.6m（宽×高），1#、2#尾水支洞长度为 52.5m ，3#、4#尾水支洞长度为 53.11m ；尾水主洞断面尺寸 13.5m ×17.6m（宽×高），洞长分别为 265.26m、340.97m 。

尾水出口布置在大坝轴线下游约 570m 处，尾水塔与尾水洞轴线夹角为 74°，紧贴边坡呈一字形排列，出口底板顶高程 2126.0m，塔顶高程 2167m，尾水塔尺寸为 64m×20m×45m。右侧与进厂公路相接。

进厂交通洞洞口位于尾水出口下游侧约 95.0m 处，洞口底板高程为 2167m。尾水调压室交通洞洞口位于尾水出口上游约 85.0m 处。

地下电站通风及空调系统布置于主厂房左端头，由通风竖井接平洞至高程 2308.0m，竖井为圆形，通风平洞及通风机房为城门洞型。新风依次通过通风平洞、通风竖井、通风机房接入副安装场顶拱，再通过设在主厂房顶拱的通风管道送入主厂房、主变洞等洞室。

排风（烟）系统出口位于尾水出口上游约 150.0m 处，与主变洞副厂房下游侧左端相接。

主厂房、主变洞及尾水调压室周围设三层排水廊道，并设排水幕，与厂房上游侧防渗帷幕共同构成厂区防渗排水体系。

## 2.5.4导流建筑物

施工导流采用河床一次性断流、围堰全年挡水、左岸隧洞泄流的导流方式；后期利用坝身中孔度汛泄流。导流隧洞 2 条，分高低洞布置，进口高程分别为 2151m 和 2146m，出口高程均为 2143m；在高洞的左侧布置有生态供水旁通洞，进口高程 2151m，出口与高洞相接。上游围堰顶高程 2192m，下游围堰顶高程 2160m。

## 2.5.5过鱼建筑物

旭龙水电站升鱼机系统由尾水集鱼系统、分拣装载系统、提升过坝系统、码头转运系统、运输放流系统和监控设施等部分组成。

（1）集鱼系统

集鱼系统的作用是将聚集在坝下需要洄游过坝的鱼类诱集并收集至集鱼箱

中，主要包括 1#尾水集鱼站、2#尾水集鱼站及提升系统，分别位于尾水渠的上游侧和下游侧。

（2）分拣装载系统

分拣装载系统的作用是将收集的鱼类根据过鱼目的按照种类、规格进行分类，并将所需鱼类装载进入运鱼箱，分拣装载系统主要包括分拣站、分拣设施、暂养设施、装载设施、试验设施等。

（3）提升过坝系统

提升过坝系统的作用是通过提升设备将鱼类运输过坝并送达指定放流地点。

（4）码头转运系统

码头转运系统的作用是将运鱼箱从提升过坝系统转运至运输放流船上，主要包括转运码头、装卸设备等。

（5）运输放流系统

放流系统的作用是将鱼类放流至库区，主要包括运输放流船、维生系统、放流辅助设备等。

（6）监控系统

控制监测设施的作用主要是对所有集鱼、提升、分拣、装载、运输、放流等不同过程进行控制和监控，保证全过程的安全和有效，主要包括视频监控、水质监控、跟踪定位及警报系统等。

## 2.6工程施工规划

### 2.6.1 施工总布置

根据场地条件、场内外交通、导流程序、枢纽布置，共规划四个施工区：左岸上游施工区、左岸下游施工区、右岸上游施工区和右岸下游施工区。施工临时设施总占地面积为 131.89hm$^2$，其中左岸占地面积为 39.04hm$^2$，右岸占地面积为 92.85hm$^2$。

（1）左岸上游施工区

本施工区内主要布置有 1 处存弃渣场和徐龙人工骨料场。

左岸上游 1#存弃渣场：位于坝址上游 3km 处，利用较为平缓的阶地贴坡堆砌，

存弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，存弃渣顶部高程 2225m，占地面积 13.8hm$^2$，存弃渣场容量约 110 万 m$^3$。

徐龙人工骨料场开采区：徐龙料场位于坝址上游左岸，距坝址直线距离 0.6km，料场开采区面积 10.80hm$^2$。

（2）左岸下游施工区

本施工区内主要布置有左岸炸药库、徐龙冲沟施工平台、表土堆场。

左岸炸药库：位于徐龙冲沟右岸，在徐龙冲沟沟口上游 0.7km 处，场地高程 2355m～2375m，占地面积 0.35hm$^2$，供左岸施工所需炸药的存放。

徐龙冲沟施工平台：位于坝址下游 1.2km 处的徐龙冲沟内，其距徐龙冲沟沟口 1.2km，利用左岸场内道路的开挖弃渣填筑形成，占地面积 12.39hm$^2$。主要用于堆存左岸场内道路的建筑材料等，待左岸场内高线道路与低线道路连通之后，将施工平台拆除并转运至茂顶河弃渣场。

表土堆场布置于左岸下游 4.4km 处（地方已建宗绒大桥左岸桥头处），堆场顶部高程 2170m，占地面积 1.7hm$^2$。

（3）右岸上游施工区

本施工区内主要布置有 2 处弃渣场、机械停放场、截流备料场、1#施工营地和施工人员垃圾热解站。

右岸上游 1#弃渣场：位于坝址上游 5.7km 处，弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，弃渣场顶部高程 2270m，占地面积 8.2hm$^2$，弃渣场容量约 120 万 m$^3$，主要堆弃电站厂房开挖弃渣。

右岸上游 2#弃渣场：位于坝址上游 4.3km 处，弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，弃渣场顶部高程 2210m～2220m，占地面积 3.3hm$^2$，弃渣场容量约 20 万 m$^3$，主要堆弃场内道路等前期项目的开挖弃渣。

截流备料场：位于坝址上游 0.6km 处（上游 3#索桥附近），规划顶高程 2180m，占地面积 1.2hm$^2$。

1#施工营地：位于坝址上游 5.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m～2220m，占地面积 1.2hm$^2$。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

汽车维修保养停放厂：位于坝址上游 4.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m，占地面积 1.2hm$^2$，主要为施工机械停放场地。

垃圾热解站：位于格亚顶沟口（坝址上游 3.8km 处），占地面积 0.14hm$^2$，场

地高程 2244m～2250m，分为主厂房、副厂房、管理用房和其它辅助区。

（4）右岸下游施工区

本施工区是施工附属企业及施工营地的主要布置区域。施工区内主要布置有低线砂石加工系统、低混凝土拌和系统、高混凝土拌和系统、洒茂顶砂石加工系统、施工水厂、高位水池、大坝综合加工及金结拼装厂、施工变电站、油库、加油站、电站综合加工厂、综合仓库、机械修配停放场、2#施工营地、3#施工营地、现场建设管理营地、机电安装基地、机电设备仓库、右岸炸药库、茂顶河弃渣场。

右岸低线砂石加工系统：利用料加工系统承担工程前期导流洞、旁通洞、水垫塘、二道坝等部位混凝土所需混凝土粗、细骨料的生产任务，位于 2#路靠江侧，在坝址下游 1.6km 处，高程 2165m～2170m，占地面积约 5hm²（后期作为永久机电设备仓库、2#施工营地的场地）。

右岸低混凝土系统：位于 2#路靠江侧，在坝址下游 1.5km 处，高程 2165m～2170m，占地面积约 1.4hm²。主要负责导流洞进出口及洞身衬砌混凝土，厂房混凝土的生产任务。

右岸高混凝土系统：位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.5km，位于洒茂顶砂石加工系统上游侧，高程 2275m～2295m，占地面积 2.0hm²。主要负责缆机供料平台所需混凝土的生产任务。

洒茂顶砂石加工系统：场地内含施工所需的办公、机修等建筑设施及净料堆场，位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.7km，紧邻高混凝土拌和系统，高程 2280m～2330m，占地面积 11.1hm²。主要负责低混凝土系统和高混凝土系统所需的混凝土骨料生产任务。

施工水厂：水厂规模为 3.1 万 m³/d，位于坝址下游 6#路靠山侧，距坝址直线距离约 2.5km，高程 2287m，占地面积 1.3hm²。主要负责整个施工区的生产及生活用水。

高位水池：位于坝址下游 1.8km 处，场地高程 2370m，占地面积约 0.1hm²。

大坝综合加工及金结拼装厂：内含钢管加工、综合加工车间及场地，位于坝址下游 3.0km 处，场地高程 2255m～2265m，占地面积约 1.2hm²。主要承担大坝的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。

施工变电站：为节省用地均采用紧凑型布置。施工变电站规模为 2×16MVA（总降压变电站），距坝址下游直线距离约 2.4km，高程 2290m，占地面积 0.3hm²。

油库及加油站：位于坝址下游 2#路靠山侧，距离坝址约 2.5km；场地高程 2180m～2185m；油库 0.3hm²，加油站 0.2hm²，占地面积共 0.5hm²。

电站综合加工厂：位于下游索桥两侧，紧邻 2#公路，至坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积共 1.5hm²。主要承担电站厂房的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。

综合仓库：位于下游索桥附近，距坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积约 1.5hm²。主要作为水电站施工期间施工物资仓储设施。

机械修配厂：位于综合仓库下游侧，距坝址约 1.0km，场地高程 2180m，占地面积约 1.2hm²，主要为施工机械修理保养场地。

2#施工营地：布置于坝址下游 1.7km 处，场地高程 2165～2170m，占地面积 1.5hm²。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

3#施工营地：位于 2#路靠江侧，在坝址下游 3.7km 处，场地高程 2165m，占地面积 3.4hm²。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

现场建设管理营地（含鱼类增殖放流站）：位于 2#道路旁，距坝址约 4.0km，场地高程 2180m～2200m，总占地面积约 11.1hm²。主要为建设期业主、设计、监理等管理人员的办公生活区。鱼类增殖放流站结合现场建设管理营地进行布置，便于施工期和运行期鱼类增殖放流站的运行管理和维护。

机电安装基地（含临时机电仓库）：内含施工所需的办公、机修等建筑设施，位于坝址下游 2#公路靠江侧，距离坝址直线距离约 4.7km，场地高程 2155m～2175m，占地面积 5.5hm²。

机电设备仓库：布置于坝址下游 1.5km，场地高程 2190m～2225m，占地面积约 1.5hm²，主要储存发电站所需的机电设备。

右岸炸药库：位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约 2.2km，场地高程 2430m，占地面积 0.3hm²，供右岸施工炸药存放。

茂顶河弃渣场：是坝区最大的弃渣场，与茂顶河泥石流治理工程挡渣坝及排导槽结合布置，堆渣至高程 2390m，其弃渣容量约 1550hm³，占地面积约 33.31hm²。

施工区分区布置及其占地面积汇总见表 2.6-1。

**表 2.6-1　主要施工场地一览表**

| 序号 | 项目 | 规模 | 占地面积（hm²） | | | 场地高程（m） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 左岸 | 右岸 | 合计 | | |

| 序号 | 项目 | 规模 | 占地面积（$hm^2$） | | | 场地高程（m） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 左岸 | 右岸 | 合计 | | |
| 一 | 砂石混凝土系统 | | | | | | |
| 1 | 大坝砂石加工系统 | | | 11.1 | 11.1 | 2280～2330 | |
| | 低线<br>砂石加工系统 | | | 5 | 5 | 2165～2170 | 后期作为机电设备仓库、2#施工营地 |
| 2 | 右岸低混凝土系统 | 1 座 4×3.0$m^3$ | | 2.5 | 2.5 | 2165～2170 | |
| | 右岸高混凝土系统 | 2 座 4×3.0$m^3$ | | 2.0 | 2.0 | 2275～2295 | |
| 二 | 施工供水供电通信 | | | | | | |
| 1 | 施工水厂 | 生产用水 2.8 万 $m^3$/日，生活用水 0.3 万 $m^3$/日 | | 1.3 | 1.3 | 2287 | |
| 2 | 高位水池 | | | 0.1 | 0.1 | 2370 | |
| 3 | 供电 | 110kV 变电站 | | 0.3 | 0.3 | 2290 | |
| 4 | 通信 | 600 门程控电话，1000 个对讲机 | | | | | |
| 三 | 综合加工厂 | | | | | | |
| 1 | 大坝综合加工及金结拼装厂 | | | 1.2 | 1.2 | 2255～2265 | |
| 2 | 电站综合加工厂 | | | 1.5 | 1.5 | 2170 | |
| 四 | 机组安装 | 满足 2 台机组同时安装需要 | | | | | |
| 1 | 机电安装基地 | | | 5.5 | 5.5 | 2155～2175 | |
| 2 | 机电设备仓库 | | | 1.5 | 1.5 | 2190～2225 | |
| 五 | 机械保养维护 | | | | | | |
| 1 | 机械修配厂 | | | 1.2 | 1.2 | 2180 | |
| 2 | 机械设备停放场 | | | 1.2 | 1.2 | 2200 | |
| 六 | 仓库 | | | | | | |
| 1 | 综合仓库 | | | 1.5 | 1.5 | 2170 | |
| 2 | 油库及加油站 | 建筑面积 0.05$hm^2$ | | 0.5 | 0.5 | 2190～2220 | |
| 3 | 左岸炸药库 | | 0.35 | | 0.35 | 2325～2355 | |
| 4 | 右岸炸药库 | | | 0.3 | 0.3 | 2430 | |
| 七 | 办公生活系统 | | | | | | |
| 1 | 1#施工营地 | | | 1.2 | 1.2 | 2210～2220 | |
| 2 | 2#施工营地 | | | 1.5 | 1.5 | 2175 | |
| 3 | 3#施工营地 | | | 3.4 | 3.4 | 2165 | |
| 4 | 现场建设管理营地（含鱼类增殖放流站） | | | 11.1 | 11.1 | 2180～2200 | |
| 八 | 施工人员垃圾热解站 | | | 0.14 | 0.14 | 2244～2250 | |
| 九 | 徐龙冲沟施工平台 | | 12.39 | | 12.39 | 2424 | |

| 序号 | 项目 | 规模 | 占地面积（$hm^2$） | | | 场地高程（m） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 左岸 | 右岸 | 合计 | | |
| 十 | 弃渣场及利用料堆场 | | | | | | |
| 1 | 左岸上游 1#存弃渣场 | 存弃渣容量 110 万 $m^3$ | 13.8 | | 13.8 | 2210～2240 | |
| 2 | 右岸上游 1#弃渣场 | 弃渣容量 120 万 $m^3$ | | 8.2 | 8.2 | 2270 | |
| 3 | 右岸上游 2#弃渣场 | 弃渣容量 20 万 $m^3$ | | 3.3 | 3.3 | 2210～2220 | |
| 4 | 截流备料场 | 备料场容量 3 万 $m^3$ | | 1.2 | 1.2 | 2180 | |
| 5 | 茂顶河弃渣场 | 弃渣容量 1550 万 $m^3$ | | 33.31 | 33.31 | 2390 | |
| 6 | 表土堆场 | 堆存容量 8 万 $m^3$ | 1.7 | | 1.7 | 2170 | |
| 十 | 徐龙人工骨料场 | | 10.8 | | 10.8 | | |
| 合计 | | | 39.04 | 92.85 | 131.89 | | |

## 2.6.2 施工交通

（1）对外交通运输

1）对外交通现状

旭龙水电站位于金沙江上游河段，在四川省得荣县徐龙乡与云南省德钦县羊拉乡之间的金沙江界河上。

坝址右岸有羊拉公路通过，羊拉公路南接得荣公路和 G214 国道，北至羊拉乡和羊拉铜矿，公路已经多次改建，现标准为三级公路、路基宽度约为 7.5m、沥青混凝土路面。得荣公路连接得荣县和 G214 国道，标准为三级公路、路基宽度约 8m、沥青路面。G214 国道通往香格里拉、丽江、大理，香格里拉～德钦段原标准为四级公路，经多年整修大部分达到二级公路。G214 国道至大理其他段公路标准已达到二级标准，大理-丽江-香格里拉高速已修建完成，正准备通车；公路交通比较方便。

大理～丽江铁路 164km，2009 年通车。丽江～香格里拉铁路 139km，预计 2020 年通车。附近的机场有大理，丽江、香格里拉机场。长江上游距离坝址最近的港口位于水富县，距丽江公路里程约 1081km。

2）外来物质运输量及来源

对外交通运输总量约 201.56 万 t，主要为水泥、粉煤灰、钢材、木材、炸药、油料、建材、生活物资、机电设备、施工机械等。其中水泥、粉煤灰需用量为 114.38 万 t，占总运量的 56.75％。

工程所需水泥主要为 42.5 级中热硅酸盐水泥，总需求量约 85.79 万 t，高峰年

需求量约 29.31 万 t。华新水泥（迪庆）有限公司所产水泥运距最近，运费最低，水泥质量经初步取样试验可满足本工程要求。考虑作为本工程主要的水泥供应厂家，云南红塔滇西（大理）水泥股份有限公司和云南省丽江、云南永保水泥有限责任公司作为备选水泥厂家。水泥运输选择全公路运输方案，运输设备采用 35t 汽卸式水泥罐车。粉煤灰现阶段按宣威、曲靖各占 50%考虑。工程所需粉煤灰总量约 28.6 万 t，高峰年最大需求量约 9.77 万 t。云南昆明二电厂具备II级灰生产能力，宣威发电粉煤灰开发有限公司、国投曲靖发电有限公司具备 I 级灰生产能力，推荐这三个厂家作为水电站粉煤灰材料主供厂家，其余厂家作为备用供应来源。本工程所需钢材约 12.74 万 t，高峰年用量约 4.35 万 t。拟选择攀枝花钢铁（集团）公司和昆明钢铁集团股份有限公司作为主要供应商，其它钢铁生产企业作为备选。

3）重大件运输

①重大件运输特性

主要重大件包括水轮发电机组、变压器、厂房桥机梁、钢管（基坑里衬、蜗壳、尾水里衬、压力钢管）、闸门及启闭机、大型施工机械等。

②重大件运输方案。

水轮机转轮、转子中心体、上机架中心体、下机架中心体以及推力头等大件运输尺寸较大，不可能由铁路运输，采用分瓣公路运输，工地现场组装的方式进行运输。可先由长江水运至宜宾水富码头，利用水富重件码头，沿国道 G040、G213 经大关、昭通、寻甸至昆明，沿昆大高速至大理，沿 G214、得荣公路经丽江、香格里拉、子庚乡（奔子栏对岸）至进场公路（羊拉公路），沿进场公路至电站现场。

变压器和部分金属结构、机电设备、大型施工机械，先由铁路运输至丽江火车站，再中转公路运输至坝址。如香格里拉至丽江铁路通车，可运至香格里拉再转公路至坝址。

在丽江火车站转公路运输至进场公路，需要跨越金沙江、小中甸河、冈曲河，这些大桥设计荷载约为挂车-120，单相变压器重约 150t 需整体运输,需要对这些桥梁进行加固或采用摆渡方案，沿线经过的其他桥涵、弯道等无法满足重大件运输车辆通行要求的也需要采取临时加固或改造措施。

4） 物资运输中转站设置

工程施工所需物资主要由公路运输，部分钢材、粉煤灰和永久机电设备由铁路转公路运输，需设置外来物资转运站，现阶段规划丽江火车站作为专用物资转

运站。目前，丽香（丽江～香格里拉）铁路已开工建设，通车后可选择香格里拉作为专用物资中转站。

5）对外交通规划

本工程对外交通运输仅有公路，坝址（羊拉公路 58km）→曲宗桥（得荣公路 29km）→贺龙桥（G214 公路 69km）→香格里拉（G214 公路 304km ）→大理。坝址至大理全程约 460km，坝址至丽江公路长约 327km，坝址至四川得荣县公路里程约 105 km，至云南德钦县公路里程约 138 km。

（2）场内交通运输

1）现有交通条件

坝址右岸有羊拉公路通过，羊拉公路南接得荣公路和 G214 国道，北至羊拉乡和羊拉铜矿，公路已经多次改建，现标准为三级公路，路基宽度约为 7.5m，沥青混凝土路面，可供前期设备进场和筹建期施工之用。

2）主要交通线路布置

根据对外交通条件、施工区地形等条件，场内外交通运输主要采用公路运输。

场内交通公路布置综合考虑对外交通公路、地形、施工期场内各主要施工区交通要求及过坝运输的要求，重点围绕人工骨料开采、主体工程开挖渣料和混凝土运输通道进行布置。

场内主要公路长度共计约 43.52km。施工期左岸以沿江公路（1#公路和 13#公路）、至左坝头的 3#公路、至缆机平台的 5#公路构成上、中、下三层主干路网，左岸施工道路全长约 18.52km；右岸以羊拉公路经改扩建后的 2#公路（含 2-1#路）、新建的 4#公路、6#公路、8#公路及 10#公路等主干道构成连通坝址上下游的上、中、下三层路网，右岸施工道路全长约 25.00km；坝址上、下游地方交通前期由 2-1#公路（临时过坝交通隧道）联系，后期由场内道路（2#公路、4#公路、8#公路和地方过坝交通洞）沟通坝址上、下游地方交通。坝下游采用永久过江公路大桥沟通两岸交通。

①左岸主要交通公路

1#公路（左岸下游沿江公路）：起点在下游索桥处，起点高程 2170m，经导流洞出口、下游围堰，终点至左岸基坑处，终点高程 2170m，公路全长约 0.76km。主要承担导流洞出口施工，下游土石围堰填筑，坝肩及基坑开挖，后期下游围堰拆除等施工任务。

3#公路（左岸上坝公路）：起点在旭龙大桥左桥头，起点高程 2170m，终点至左岸坝顶，终点高程 2308m，线路为回头弯型隧洞，公路全长约 2.71km。本公路为经左岸下游至左坝头、缆机平台、左岸炸药库等部位的唯一主干道，主要承担坝肩开挖、弃渣等任务，工程建成后作为永久上坝公路。

5#公路（左岸上缆机公路）：起点在徐龙冲沟右侧接 7#公路，起点高程 2305m，终点至左岸缆机平台处，终点高程 2383m，公路全长约 1.35km。主要承担缆机平台及以上坝肩开挖、弃渣及缆机安装等任务。

7#公路（左岸炸药库公路）：起点在徐龙冲沟右侧接 9#公路，起点高程 2295m，终点至左岸炸药库，终点高程 2320m，公路全长约 0.45km。主要承担左岸炸药运输任务。

9#公路（左岸高线连接公路）：起点在徐龙冲沟右侧接 7#公路，起点高程 2295m，终点接 3#公路回头弯终点处，终点高程 2268m，公路全长约 0.66km。主要任务为连接上坝公路与上缆机公路。

11#公路（左岸上游沿江公路）：起点在大坝基坑上游侧，起点高程 2185m，经上游围堰堰顶、导流洞进口、徐龙骨料场、上游 2#索桥，终点至左岸上游 1#存弃渣场，终点高程 2190，公路全长约 2.1km。主要承担导流洞进口施工，上游围堰填筑，沟通左岸上游 2#存弃渣场的任务。

13#公路（徐龙冲沟施工平台）：起点在徐龙冲沟桥桥头，起点高程 2310m，终点至徐龙冲沟施工平台，终点高程 2335m，公路全长约 0.5km，主要任务为至徐龙冲沟施工平台的弃渣运输。

左岸滑坡群及徐龙冲沟泥石流监测网维护道路：起点位于坝址左岸下游徐龙村，经下游宗绒村，终点至地方在建金沙江大桥桥头，该道路为施工便道，由地方道路改建形成，道路总长度约 8.6km。

②右岸主要交通公路

右岸下游主体工程施工区由下至上规划有三层道路，分别为低线沿江 2#公路、至右岸坝顶的 8#公路以及至右岸缆机平台的 10#公路，以满足右岸坝肩开挖、缆机平台开挖、大坝混凝土浇筑、水垫塘施工以及地下厂房施工需要。

施工期坝肩开挖使 2#路中断后，拟以 2-1#路（临时过坝交通隧道）承担低线上下游交通运输及地方过坝运输任务。

右岸下游施工工厂和施工营地区规划上下 2 层道路，分别为沿江 2#公路和高

程 2290m～2308m 的 8#公路，2#公路与 8#公路之间由 4#公路联系构成施工区上下互通的立体交通网络。6#公路接 4#公路和 8#公路交叉处，至下游茂顶河弃渣场。

右岸主要交通施工道路详述如下：

2#公路（右岸沿江公路）：此公路为地方现有道路，基本平行于金沙江，现已改建成沥青混凝土路面，前期施工可直接利用，是永久对外交通公路的组成部分；施工期根据机组重大件的运输要求，从起点处至厂房进厂交通洞进口处段的道路需进行拓宽，改扩建至路面 7.5m，路基 8.5m；该道路位于坝址上游段需根据施工期控制水位要求对路面进行相应的抬高，以满足施工需要。起点在茂顶河出口附近接进场公路，经现场建设管理营地、3#施工营地、低混凝土系统、机电设备仓库、下游钢索桥、截流备料场、机械停放场，终点至右岸上游 1#弃渣场，公路全长约 12.0km。本公路为右岸非常重要的施工主干道，主要承担：a.外来物资及重大件设备运输；b.河床截流及上下游围堰填筑；c.大坝、水垫塘及二道坝的开挖、弃渣及混凝土浇筑运输；d.尾水出口、主厂房及附属洞室的开挖、弃渣及混凝土浇筑运输；e.连通施工营地与主体施工区；f.下游围堰拆除弃渣运输。

2-1#公路（临时过坝公路）：起点在二道坝附近接 2#公路，起点高程 2164m，向上游穿过坝肩，经上游围堰堰顶，终点接 2#公路，终点高程 2182m，公路全长约 0.83km。主要作用为坝肩及基坑开挖导致 2#公路中断之后，保证右岸地方过坝交通以及右岸上下游施工交通。

4#公路（右岸砂石系统连接公路）：起点在低混凝土系统附近接 2#公路，起点高程 2180m，终点至施工水厂与 6#公路、8#公路形成交叉口，终点高程 2290m，公路全长约 1.77km。主要承担洒茂顶砂石加工系统至低混凝土系统的混凝土骨料运输任务，工程建成后作为永久上坝公路。

6#公路（茂顶河弃渣场公路）：起点在砂石加工系统附近接 4#公路，起点高程 2290m，经大坝综合加工及金结拼装厂，终点至茂顶河弃渣场泥石流挡渣坝坝顶处，终点高程 2350m，公路全长约 2.78km。主要承担至茂顶河弃渣场的弃渣运输任务。

6-1#公路（茂顶河地方改建公路）：起点在茂顶河治理工程处接 6#公路，起点高程 2350m，终点在大坝综合加工厂附近接 6#公路，终点高程 2285m，公路全长约 1.5km。主要便于施工期及工程建成后，茂顶村地方车辆出行。

8#公路（右岸上坝公路）：起点在砂石加工系统附近接 4#及 6#公路，起点高程 2290m，经砂石加工系统、高混凝土系统，终点至右岸大坝坝顶处，终点高程

2308m，公路全长约 2.31km。主要承担大坝坝肩开挖弃渣，至缆机供料平台的混凝土运输任务，工程建成后作为永久上坝公路。

8-1#公路（缆机取料平台回路）：起点接 8#公路，起点高程 2304m，终点至右岸缆机取料平台，终点高程 2308m，公路采用隧洞的型式，全长约 0.65km。主要任务为形成缆机取料平台混凝土运输回路。

10#公路（右岸上缆机公路）：起点在砂石加工系统附近接 8#公路，起点高程 2326m，终点至右岸缆机开挖平台，终点高程 2383m，公路全长约 1.7km。主要承担缆机平台开挖、弃渣及缆机安装等任务。

12#公路（厂房进水口施工公路）：起点 8-1#公路，起点高程 2307m，终点至厂房进水口处，终点高程 2262.8m，公路全长约 0.54km。主要承担厂房进水口开挖、弃渣、混凝土浇筑、金属结构及机电设备的运输任务。

14#公路（右岸炸药库公路）：本线路主要利用地方低等级公路进行改扩建形成，道路起点在茂顶河泥石流挡渣坝坝顶处接 6#公路，起点高程 2350m，终点至右岸炸药库，终点高程 2430m，公路全长约 1.51km。主要承担右岸炸药运输任务。

③两岸交通联系

在坝址下游新建一座跨金沙江大桥（旭龙大桥），联系两岸交通。桥址位于坝轴线下游约 1.2km，桥面高程 2170m，主跨约 150m，桥面宽度 12m，桥梁等级为公路II级，验算荷载挂-200。

根据料源规划、存弃渣规划以及土石方平衡规划，拟采用 3 座临时索道桥沟通左右岸联系。为满足左岸上游 1#弃渣场（兼作备料场）的交通需求，在坝址上游 2.2km 处，建设上游 1#索道桥，上游 1#索桥长约 220m。由于前期项目施工工期较为紧张，为便于施工准备期左岸道路建设、导流洞开挖衬砌、坝肩开挖弃渣运输需要，拟采用在导流洞进口及出口附近各建设 1 座临时索道桥，用于导流洞进、出口开挖、施工支洞及洞身开挖衬砌需要；上游 2#索桥长约 160m，下游索桥长约 150m。3 座索桥桥面高程衔接相应的道路高程，设计荷载为汽-60，单车道，桥面宽度 5m。

## 表 2.6-2　　场内施工交通道路一览表

| 位置 | 道路名称 | 起点 | 起点高程（m） | 终点 | 终点高程（m） | 线路长度（km） | | | 其中 | | 路面/路基宽度（m） | 路面结构 | 道路等级 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 全长 | 永久 | 临时 | 桥梁（m） | 隧道（m） | | | |
| 左岸 | 1#公路（左岸下游沿江公路） | 下游索道桥处 | 2170 | 左岸基坑处 | 2170 | 0.76 | | 0.76 | | | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 3#公路（左岸上坝公路） | 旭龙大桥 | 2170 | 左岸坝顶 | 2308 | 2.93 | 2.93 | | | 2930 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 5#公路（左岸上缆机公路） | 徐龙冲沟右侧接 7#公路 | 2305 | 左岸缆机平台 | 2383 | 1.35 | | 1.35 | | 1350 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 7#（左岸炸药库公路） | 徐龙冲沟右侧接 9#公路 | 2295 | 徐龙冲沟施工平台 | 2320 | 0.45 | | 0.45 | | | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 9#公路（左岸高线连接公路） | 徐龙冲沟右侧接 7#公路 | 2295 | 接 3#公路回头弯终点处 | 2268 | 0.66 | | 0.66 | | 660 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 11#公路（左岸上游沿江公路） | 大坝坝肩上游处 | 2185 | 左岸上游 1#存弃渣场 | 2190 | 2.1 | | 2.1 | | | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 13#公路（徐龙冲沟施工平台道路） | 徐龙冲沟桥 | 2310 | 徐龙冲沟施工平台 | 2335 | 0.5 | | 0.5 | | | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 左岸滑坡群及徐龙冲沟泥石流监测网维护道路 | 徐龙村 | | 地方在建金沙江大桥 | | 8.6 | 8.6 | | | | 4.0/5.0 | 混凝土 | 施工便道 |
| 小计 | | | | | | 17.35 | 11.53 | 5.82 | | 4940 | | | |
| 右岸 | 2#路（右岸沿江公路） | 茂顶河处接进场公路 | | 右岸上游 1#弃渣场 | | 12.0 | 12.0 | | | | 8.0/9.0 | 沥青混凝土 | 场内二级 |
| | 2-1#路（临时过坝交通） | 2#公路坝下游侧 | 2164 | 2#公路坝上游侧 | 2182 | 0.83 | | 0.83 | | 600 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 4#路（右岸砂石系统连接公路） | 低砼系统附近接 2#路 | 2180 | 砂石系统附近接 6#、8#路 | 2290 | 1.77 | 1.77 | | | | 8.0/9.0 | 混凝土 | 场内二级 |
| | 6#路（茂顶河弃渣场公路） | 砂石系统附近接 4#路 | 2290 | 茂顶河弃渣场 | 2350 | 2.78 | 1.3 | 1.48 | | | 8.0/9.0 | 混凝土 | 场内二级 |
| | 6-1#路（茂顶河地方改建公路） | 茂顶河治理工程接 6#路 | 2350 | 大坝综合加工厂接 6#路 | 2285 | 1.5 | 1.5 | | | 1500 | 6.5/7.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 8#公路（右岸上坝公路） | 砂石系统附近接 4#路 | 2290 | 右岸坝顶 | 2308 | 2.31 | 2.31 | | | 1075 | 8.0/9.0 | 混凝土 | 场内二级 |
| | 8-1#路（缆机取料平台回路） | 8#路 | 2304 | 右岸缆机取料平台 | 2308 | 0.65 | | 0.65 | | 650 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 10#路（右岸上缆机公路） | 砂石系统附近接 8#路 | 2326 | 右岸缆机平台 | 2383 | 1.7 | | 1.7 | | 1700 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 12#路（厂房进水口施工公路） | 8-1#路 | 2305 | 厂房进水口 | 2262.8 | 0.54 | | 0.54 | | 540 | 7.5/8.5 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 14#（右岸炸药库公路） | 泥石流挡渣坝 | 2350 | 右岸炸药库 | 2430 | 1.51 | | 1.51 | | | 5.0/6.0 | 混凝土 | 场内三级 |
| | 地方过坝公路 | 8#路 | | 坝址上游接羊拉公路 | | 4.12 | 2.2 | 1.92 | | 2200 | 6.5/7.5 | 混凝土 | |
| 小计 | | | | | | 29.7 | 21.08 | 8.62 | | 8265 | | | |
| 合计 | | | | | | 47.05 | 32.61 | 14.44 | | 13205 | | | |
| 主要构筑物 | 旭龙大桥 | 坝址下游 1.2km | | | 2170 | 0.17 | 0.17 | | 170 | | 9.0/12.0 | 混凝土 | 公路-Ⅱ级 |
| | 徐龙冲沟桥 | 徐龙冲沟沟口上游 0.6km | | | 2310 | 0.11 | | 0.11 | 110 | | 5.0 | | |
| | 上游 1#索道桥 | 坝址上游 2.0km | | | 2190 | 0.19 | | 0.19 | 190 | | 5.0 | | |
| | 上游 2#索道桥 | 坝址上游 0.5km | | | 2190 | 0.18 | | 0.18 | 180 | | 5.0 | | |
| | 下游索道桥 | 坝址下游 1.0km | | | 2170 | 0.20 | | 0.20 | 200 | | 5.0 | | |

## 2.6.3 料场规划

（1）混凝土骨料料源

旭龙水电站工程混凝土粗细骨料共需原岩 445.8 万 m³，其中，花岗岩开挖利用 130 万 m³，从料场开采 315.8 万 m³。

徐龙料场位于坝址上游左岸，距坝址直线距离 0.6km，没有公路与坝址相连。距左岸导流洞进口约 0.3km，距 2#和 5#危岩体约 0.5km 和 0.6km。料场为一顺江发育的单面山体，属高中山地貌。金沙江流向 SE140°，枯季江水位 2160m 左右；高程 2170～2190m 为江边一级阶地，宽度 20～80m；高程 2190～2400 为陡崖，坡度 65°～80°；其上为地形坡度 35°左右的斜坡，局部高 20m 左右的陡坎，直至山顶，山顶高程 3900m 左右。料场有用层岩性主要为花岗岩，质量符合混凝土用人工粗细骨料质量指标要求。剥离层风化、卸荷岩体及中下部表面的混合岩，平均厚度约 10m～15m，材料层平均厚度为 100m～160m，平均厚度为 150m。在料场规定范围内剥离层方量为 294.2 万 m³，有用层储量为 1130 万 m³，剥采比 0.26:1。

（2）围堰填筑石渣料、混合料及块石料

本工程各建筑物开挖料主要由斜长角闪片岩、混合岩和花岗岩组成。其中除花岗岩利用作为混凝土粗骨料外，剩余开挖石料均可作为围堰填筑料。

下坝址砼拱坝方案建筑物岩石开挖料总量约 1395 万 m³，除去可作为骨料的花岗岩开挖利用料 130 万 m³外，还剩余量 1265 万 m³。根据施工进度安排，截流前大坝和导流洞的石方开挖量约 410 万 m³，开挖量满足围堰填筑料用量要求，其中反滤料利用徐龙石料场开采料在砼骨料加工系统制备。围堰填筑所需的石渣料、块石料及混合料均利用开挖料，尽量利用开挖料直接上堰填筑。

## 2.6.4 土石方平衡及渣场规划

（1）土石方平衡

金沙江上游旭龙水电站主体及临时工程（含导流工程和场内交通工程）土石方开挖总量 1632.81 万 m³（自然方，下同），围堰及沟水处理等土石方填筑 223.99 万 m³（填筑方，下同）。根据土石方平衡成果，本工程开挖料中可用于混凝土骨料的花岗岩有 290 万 m³（自然方，下同）可用于混凝土骨料，规划利用 130 万 m³。

工程填筑利用开挖料 168.27 万 $m^3$，其中直接利用量为 41.61 万 $m^3$，间接利用量为 126.66 万 $m^3$。另有 10.03 万 $m^3$填筑料由砂石加工系统加工。弃渣总量 1449.95 万 $m^3$（松方，含徐龙石料场剥离料）。砂石料加工除利用开挖料 130 万 $m^3$外，还需从采石场补充 315.80 万 $m^3$。土石方平衡规划见表 2.6-3。

（2）渣场规划

本工程共规划了 4 个弃渣场、1 个备料场和 1 个表土堆存场，分别为左岸上游 1#存弃渣场、右岸上游 1#弃渣场、右岸上游 2#弃渣场、茂顶河弃渣场、截流备料场和左岸表土堆场。其中除茂顶河弃渣场外，其它各弃渣场、备料场和表土堆场均位于水库死水位以下。

左岸上游 1#存弃渣场位于坝址上游 3km 处，利用较为平缓的阶地贴坡堆砌，存弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，存弃渣顶部高程 2210m～2240m，占地面积 13.8$hm^2$，存弃渣场容量约 110 万 $m^3$，主要堆弃大坝和导流洞的部分开挖弃渣，上游侧兼作开挖利用混凝土骨料堆场，下游侧兼作围堰备料场和填筑利用料堆场。

右岸上游 1#弃渣场位于坝址上游 5.7km 处，弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，弃渣场顶部高程 2290m，占地面积 8.2$hm^2$，弃渣场容量约 120 万 $m^3$，主要堆弃电站厂房开挖弃渣。

右岸上游 2#弃渣场位于坝址上游 4.3km 处，弃渣坡比 1:2，每 10m 高程设置一道宽 2m 的马道，弃渣场顶部高程 2210m～2220m，占地面积 3.3$hm^2$，弃渣场容量约 20 万 $m^3$，主要堆弃场内道路等前期项目的开挖弃渣。

茂顶河弃渣场位于右岸下游茂顶河冲沟内，距大坝约 5.0km。规划弃渣至高程 2390m，总占地面积约 33.31$hm^2$，渣场容量约 1550 万 $m^3$，与茂顶河泥石流治理工程挡渣坝及排导槽结合布置。该渣场主要容纳来自导流洞、大坝、水垫塘、电站厂房、右岸缆机平台、右岸场内道路开挖以及徐龙料场剥离料的开挖弃渣。

截流备料场位于坝址上游 0.6km 处（上游 2#索桥附近），利用较为平缓的阶地贴坡堆砌，规划顶高程 2180m，占地面积 1.2$hm^2$，备料场容量约 3.0 万 $m^3$，主要储备大江截流时的填筑料。

左岸表土堆场：位于坝址下游 4.4km 处（地方已建宗绒大桥左岸桥头处），堆场顶部高程 2170m，占地面积 1.7$hm^2$，用于堆存工程所需的表土。

旭龙水电站弃渣场规划见下表。

表 2.6-3　旭龙水电站存弃渣场规划表

| 弃渣位置 | | 弃渣场名称 | 占地面积（$hm^2$） | 存弃渣高程（m） | 存弃渣容量（松方，万 $m^3$） | 实际存弃渣量（自然方，万 $m^3$） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 左岸 | 坝址上游 3.0km | 左岸上游 1#存弃渣场 | 13.8 | 2210～2240 | 110 | 84.6 | 死水位以下 |
| | 坝址下游 4.4km | 左岸表土堆场 | 1.7 | 2170 | 8 | 6.1 | 死水位以下 |
| 右岸 | 坝址上游 5.7km | 右岸上游 1#弃渣场 | 8.2 | 2290 | 120 | 92.3 | |
| | 坝址上游 4.3km | 右岸上游 2#弃渣场 | 3.3 | 2210～2220 | 20 | 15.4 | |
| | 坝址上游 0.6km | 截流备料场 | 1.2 | 2180 | 3 | 2.3 | |
| | 坝址下游 4.2km | 茂顶河弃渣场 | 33.31 | 2390 | 1550 | 1249.25 | |
| 合　计 | | | 61.51 | | 1811 | 1449.95 | |

## 表 2.6-4　土石方平衡表

单位：万 $m^3$

| 开挖与料场 \ 填筑与弃料 | | | | 左岸场内道路 | | | 右岸场内道路 | | | 导流洞进出口围堰 | 上游围堰 | | | | 下游围堰 | | | | 大坝 | 高位边坡 | 茂顶河泥石流防治 | | | 徐龙冲沟防护 | | 混凝土骨料 | | 弃渣场 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 土方 | 石方 | 片石 | 土方 | 石方 | 片石 | 石渣混合料 | 戗堤与石渣料 | 块石料 | 砂砾石料 | 碎石料 | 石渣料 | 块石料 | 砂砾石料 | 碎石料 | 任意料 | 碎石垫层 | 石渣料 | 块石料 | 砂砾石 | 土石料 | 块石 | | | 左岸上游 1#弃渣场 | | | 徐龙冲沟 | | 河床临时堆场 | 左岸表土堆场 | 右岸 1#弃渣场 | 右岸 2#弃渣场 | 截流备料场 | 右岸茂顶河弃渣场 | |
| | | 压实方 | | 3.95 | 0.43 | 17.77 | 9.12 | 2.06 | 12.78 | 3.30 | 72.00 | 1.12 | 4.78 | 0.12 | 9.07 | 0.54 | 0.89 | 0.05 | 11.59 | 0.10 | 62.70 | 3.186 | 4.09 | 1.11 | 3.21 | | | 48.56 | 102.22 | 127.60 | 39.88 | 4.67 | 60.90 | 8.00 | 120.35 | 20.50 | 2.90 | 1722.43 | 73.30 |
| | | 自然方 | | 4.49 | 0.33 | 12.97 | 10.36 | 1.58 | 9.33 | 2.54 | 55.39 | 0.82 | 4.78 | 0.12 | 6.98 | 0.40 | 0.89 | 0.05 | 8.92 | 0.10 | 48.23 | 2.33 | 4.09 | 1.26 | 2.35 | 130 | 315.8 | 34.93 | 70.50 | 88.00 | 27.98 | 3.61 | 42.00 | 8.00 | 83.00 | 14.35 | 2.00 | 1283.51 | 50.55 |
| | | | | 直接利用 | 直接利用 | 直接利用 | 直接利用 | 直接利用 | 直接利用 | 直接利用 | 转运利用 | 转运利用 | 砂石系统 | 砂石系统 | 转运利用 | 转运利用 | 砂石系统 | 砂石系统 | 转运利用 | 砂石系统 | 转运利用 | 转运利用 | 砂石系统 | 转运利用 | 转运利用 | 转运利用 | 料场开采 | 弃渣 | 填筑料备料 | 骨料备料 | 弃渣 | 备料 | 骨料备料 | 表土存放 | 弃渣 | 弃渣 | 备料 | 弃渣 | 备料 |
| 场内道路 | 左岸道路 | 土方明挖 | 11.12 | 4.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4.64 | | | 0.99 | | | 1.00 | | | | |
| | | 石方明挖 | 38.39 | | 0.33 | 12.97 | | | | | | | | | | | | | 8.92 | | | | | | 2.35 | | | 12.54 | 8.92 | | 1.28 | 2.35 | | | | | | |
| | | 石方洞挖 | 39.57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00 | | | 25.07 | | | | | | 12.50 | |
| | 右岸岸道路 | 土方明挖 | 12.61 | | | | 10.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.67 | | 1.57 | |
| | | 石方明挖 | 36.49 | | | | | 1.58 | 9.33 | | | | | | | | | | | | 5.00 | 2.33 | | | | | | | | | | | | | 7.67 | | 10.58 | 7.33 |
| | | 石方洞挖 | 46.54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30.00 | | | | | | | | | | | | | 6.00 | | 10.54 | 30.00 |
| 施工支洞 | | 土石方明挖 | 0.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.55 | | | 0.08 | | | | | | 0.11 | |
| | | 石方洞挖 | 43.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9.20 | | | | | | | | | 34.54 | |
| 导流洞及旁通洞 | | 土方明挖 | 10.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7.00 | | | 3.6 | |
| | | 石方明挖 | 105.60 | | | | | | | 2.54 | 7.39 | 0.82 | | | 2.48 | 0.40 | | | | | | | | | | | 6.00 | 9.08 | | | | | | | 2.00 | 85.98 | |
| | | 石方洞挖 | 84.75 | | | | | | | | 48.00 | | | | 4.50 | | | | | | | | | | 13.00 | | | 52.5 | 13.0 | | | | | | | 19.25 | |
| 围堰工程 | | 河床围堰清基 | 1.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.40 | |
| | | 下游围堰拆除 | 10.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10.56 | |
| | | 导流洞围堰拆除 | 5.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5.212 | |
| 大坝(含缆机平台） | | 土方明挖 | 19.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19.05 | |
| | | 石方明挖 | 358.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13.23 | | | | 20.00 | | | | | | 20.00 | | 83.00 | | | 242.73 | 13.23 |
| 水垫塘 | | 土方明挖 | 51.95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 51.95 | |
| | | 石方明挖 | 158.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10.00 | | | | | | 10.00 | | | | | 148.68 | |
| 缺陷处理 | | 石方槽挖 | 3.82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3.82 | |
| | | 石方明挖 | 8.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.90 | |
| 引水发电系统 | | 土方明挖 | 25.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25.68 | |
| | | 石方明挖 | 177.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10.00 | | | | 10.00 | | | | | | | 167.11 | |
| | | 石方洞挖 | 136.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 77.00 | | | | **65.00** | | | **12.00** | | | | 59.75 | |
| 3#堆积体 | | 土方明挖 | 68.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 68.00 | |
| 渗控系统 | | 石方洞挖 | 9.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9.51 | |
| 高位边坡治理 | | 土方明挖 | 2.72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.72 | |
| | | 石方明挖 | 121.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 121.03 | |
| 过鱼设施 | | 土方明挖 | 0.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.17 | |
| | | 石方明挖 | 1.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.05 | |
| 茂顶河泥石流沟治理 | | 土方明挖 | 16.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16.77 | |
| | | 石方明挖 | 23.52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23.52 | |
| 徐龙冲沟治理 | | 土方明挖 | 1.82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.26 | | | | | | 0.56 | 1.26 | | | | | | |
| 徐龙料场 | | 剥离料 | 117.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 117.24 | |
| | | 有用料开采 | 275.83 | | | | | | | | | | 4.78 | 0.12 | | | 0.89 | 0.05 | | 0.10 | | | 4.09 | | | | 315.80 | | | | | | | | | | | |

## 2.6.5 施工导流

### 2.6.5.1 导流方式

旭龙水电站推荐采用河床一次性拦断、围堰全年挡水、导流隧洞泄流的导流方式。

### 2.6.5.2 导流建筑物级别

旭龙水电站正常蓄水位 2302m，死水位 2294m，装机容量为 2400MW。电站属I等大（1）型工程，相应主要建筑物大坝、泄洪建筑物和引水发电建筑物为 1 级建筑物，上、下游土石围堰及导流隧洞为 4 级建筑物，导流隧洞进出口围堰为 5 级建筑物。

### 2.6.5.3 导流方案

（1）初期导流方案

初期导流采用“高低、大小洞”方案在左岸布置 2 条导流隧洞，1#导流隧洞靠河床侧，洞线短，为“低洞、大洞”，2#导流隧洞靠山体侧，为“高洞、小洞”；1#和 2#导流隧洞进口高程分别为 2146m 和 2151m，出口高程均为 2143m，隧洞采用城门洞型，过流断面分别为 14m×17m 和 12m×16m，洞长分别为 1313.18m 和 1446.77m。

上、下游围堰均采用全年挡水土石围堰，挡水标准为 20 年一遇，最大瞬时流量为 6420m³/s，上游围堰堰顶高程为 2192.0m，最大堰高 50m。上、下游围堰防渗均采用混凝土防渗墙上接复合土工膜心墙方案。

（2）中期导流方案

当大坝浇筑高程超过上游土石围堰顶高程后，由坝体临时断面挡水度汛，第 7 年和第 8 年坝体施工期临时度汛标准为 100 年一遇洪水，相应最大瞬时流量 7930m³/s，由高、低导流隧洞联合泄流。

（3）后期导流方案

导流隧洞下闸后，为保证向下游供水达到生态流量 210m³/s，须控制高导流隧洞、低导流隧洞和旁通洞的下闸顺序和下闸时间。第 8 年 11 月初高导流隧洞下闸，打通高导流隧洞与旁通洞之间的洞壁，调试旁通洞内弧门和启闭设施，期

间低导流隧洞泄流；第 8 年 11 月下旬，旁通洞洞内弧门具备下闸挡水条件后，提起旁通洞进口平板闸门，低导流隧洞下闸，旁通洞泄流。待水位上升至中孔，且泄流量为 210m³/s（水位 2223.44m）时，旁通洞洞内弧门下闸，操作水深 73.34m。

低导流隧洞、高导流隧洞、旁通洞下闸后，导流隧洞封堵，利用中孔导流，闸门挡水水头分别为 90.88m、85.88m 和 86.78m。

## 2.6.6 施工企业布置

### 2.6.6.1 砂石加工系统

（1）洒茂顶砂石加工系统

洒茂顶砂石加工系统承担旭龙大坝工程混凝土所需粗细骨料生产任务，同时承担约 76.32 万 m³非大坝混凝土骨料的生产。根据料源选择成果：大坝骨料料源采用徐龙料场花岗岩料源。大坝工程混凝土总量约 228.0 万 m³，考虑超挖和施工损耗 9.12 万 m³，合计 237.12 万 m³，以三级配混凝土为主，共需生产成品骨料约 689.6 万 t。

按砂石加工系统日采用两班制生产，计 14 小时，每月工作 25 天，每月工作 350 小时，系统设计成品生产能力 780t/h，设计处理能力 1000t/h。可满足混凝土高峰月浇筑强度 12.0 万 m³/月的要求。系统分台阶分区布置，高程 2330～2285m，占地面积为 10.2hm²。

系统生产所需毛料从徐龙料场开采并在料场竖井内粗碎加工后，采用胶带机经上游围堰堰顶跨江运输至加工系统。成品料采用胶带机运输至高线混凝土生产系统，采用胶带机或汽车运输至低线混凝土生产系统。洒茂顶砂石加工系统包括汽车受料坑、半成品堆场、予筛分车间、筛分车间、检查筛分车间、粗碎车间、中、细碎车间、制砂车间、成品堆场、水处理系统、变配电系统等。

洒茂顶砂石加工系统主要技术指标表见表 2.6-5。

表 2.6-5　洒茂顶砂石加工系统主要技术指标表

| 序号 | 项　　目 | | 单位 | 指标 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 混凝土设计强度 | | 万 m³/月 | 12.0 |
| 2 | 成品设计生产能力 | 粗骨料 | t/h | 530.4 |
| | | 砂 | t/h | 249.6 |
| 3 | 设计 | 粗碎车间 | t/h | 1000 |
| | | 第一筛分车间 | t/h | 930 |

| 序号 | 项　　目 | | | 单位 | 指标 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 处理量 | 中碎车间 | | t/h | 570 |
| | | 第二筛分车间 | | t/h | 790 |
| | | 第三筛分车间 | | t/h | 410 |
| | | 立轴制砂车间 | | t/h | 380 |
| | | 第四筛分车间 | | t/h | 420 |
| | | 棒磨制砂车间 | | t/h | 54 |
| 4 | 堆场容量 | 半成品堆 | | 万 m³ | 3.4 |
| | | 三筛调节料仓 | | 万 m³ | 0.2 |
| | | 制砂原料料仓 | | 万 m³ | 0.2 |
| | | 成品堆场 | 粗骨料 | 万 m³ | 7.6 |
| | | | 砂 | 万 m³ | 3.6 |
| 5 | 耗水量（生产用水） | | | t/h | 850 |
| 6 | 系统安装功率 | | | kW | 9800 |
| 7 | 工作制度 | | | 每天 14 小时两班 | |
| 8 | 定员 | | | 人 | 220 |
| 9 | 系统建筑面积 | | | m² | 3500 |
| 10 | 系统占地面积 | | | hm² | 10.2 |

（2）低线砂石加工系统

低线砂石加工系统承担工程前期导流洞、旁通洞、水垫塘、二道坝、电站厂房等部位约 92.82 万 m³混凝土所需混凝土粗、细骨料的生产任务，计入施工损耗、地质缺陷处理等混凝土量约 94.68 万 m³，考虑整个旭龙水电站附属工程及场内道路混凝土量约 12.0 万 m³，合计 106.68 万 m³，以二、三级配为主，共需生产成品骨料约 234.69 万 t。

系统规模按低线混凝土系统月混凝土强度 6.0 万 m³设计。系统设计成品生产能力 400t/h，设计毛料处理能力 480t/h，二班制生产。低线砂石料加工系统设置在距坝轴线右岸下游 1700～2100m，高程 2165～2170m 的台地上，紧邻上游侧的右岸低线混凝土系统。系统占地面积为 4.1hm²。

系统生产所需毛料从备料场、建筑物的开挖料区开采后，采用汽车运输至加工系统，运距分别约为 5.4km 及 2.4km。成品料采用胶带机运输至低线混凝土系统。低线砂石加工系统包括汽车受料坑、半成品堆场、予筛分车间、筛分车间、检查筛分车间、粗碎车间、中细碎车间、制砂车间、成品堆场、水处理系统、变配电系统等。

低线砂石加工系统主要技术指标见表 2.6-6。

表 2.6-6　　低线砂石加工系统主要技术指标表

| 序号 | 项　　目 | | | 单位 | 指标 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 混凝土设计强度 | | | 万 m³/月 | 6.0 |
| 2 | 成品设计生产能力 | 粗骨料 | | t/h | 248 |
| | | 砂 | | t/h | 130 |
| 3 | 设计处理量 | 粗碎车间 | | t/h | 500 |
| | | 一筛车间 | | t/h | 500 |
| | | 中碎车间 | | t/h | 470 |
| | | 二筛车间 | | t/h | 580 |
| | | 三筛车间 | | t/h | 330 |
| | | 细碎车间 | | t/h | 330 |
| | | 棒磨车间 | | t/h | 28 |
| 4 | 堆场容量 | 半成品堆 | | 万 m³ | 0.76 |
| | | 细碎调节料仓 | | 万 m³ | 0.25 |
| | | 棒磨调节料仓 | | 万 m³ | 0.1 |
| | | 成品堆场 | 粗骨料 | 万 m³ | 3.37 |
| | | | 砂 | 万 m³ | 2.3 |
| 5 | 耗水量（生产用水） | | | t/h | 460 |
| 6 | 系统安装功率 | | | kW | 5200 |
| 7 | 工作制度 | | | 每天 14 小时两班 | |
| 8 | 定员 | | | 人 | 180 |
| 9 | 系统占地面积 | | | hm² | 4.1 |

## 2.6.6.2 混凝土生产系统

（1）高线混凝土生产系统

系统主要承担大坝 237.12 万 m³（含超挖和施工损耗 9.12 万 m³）混凝土与非大坝 67.2 万 m³混凝土的供应任务。高线混凝土生产系统设置在右岸距坝轴线下游 1700～1880m，高程 2275～2295m 的平台上。主要承担大坝混凝土的生产任务。

系统配置二座 4×3m³自落式拌和楼，其常态混凝土总生产能力 480m³/h，可满足混凝土浇筑高峰期 12.0 万 m³/月的常态混凝土生产需要。预冷混凝土总生产能力 360m³/h，可满足 12.0 万 m³/月的预冷混凝土生产需要。

混凝土生产所需骨料直接从系统下游侧相邻的洒茂顶砂石加工系统成品调节堆场取料，经胶带机运输至高线混凝土生产系统。拌和楼混凝土出料采用汽车运输。大坝混凝土经 8 号公路与缆机受料平台连接，混凝土运距约 1700m。非大坝混凝土运距 4100m。

系统设置拌和楼、胶凝材料库、空压站、外加剂车间、一次风冷骨料仓、预冷设施、污水处理设施、供水、变配电系统、试验室、调度楼及其它辅助设施。系统配置制冷系统，可生产 7℃低温混凝土。

高线混凝土系统与洒茂顶砂石加工系统共用粗、细骨料调节料仓。

高线混凝土生产系统主要技术指标见表 2.6-7。

**表 2.6-7　高线混凝土生产系统主要技术指标表**

| 序号 | 项　　目 | | 单 位 | 指　标 | 备　　注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 拌和楼生产能力 | 常态混凝土 | $m^3/h$ | 480 | |
| | | 预冷混凝土 | $m^3/h$ | 360 | |
| 2 | 胶凝材料仓库容量 | 水泥 | T | 9600 | |
| | | 粉煤灰 | T | 5100 | |
| 3 | 空压机房容量 | | $m^3/min$ | 260 | |
| 4 | 电机容量 | | kW | 11000 | |
| 5 | 总制冷量 | | 万 kcal/h | 1100 | |
| 6 | 占地面积 | | $hm^2$ | 2.2 | 不含骨料调节堆场 |

（2）低线混凝土生产系统

低线混凝土生产系统设置在右岸距坝轴线下游 1300～1500m，高程 2172～2175m 的平台上。主要承担厂房、水垫塘、二道坝 106.68 万 $m^3$混凝土的生产任务。

低线混凝土系统配置一座 4×3.0$m^3$自落式拌和楼，常态混凝土生产能力 240$m^3/h$，可满足 6.0 万 $m^3$/月的常态混凝土生产需要。预冷混凝土总生产能力 180$m^3/h$，可满足 5.5 万 $m^3$/月的预冷混凝土生产需要。

混凝土生产所需骨料前期由低线砂石加工系统，后期由洒茂顶人工骨料加工系统提供，经胶带机或汽车运输至低线混凝土生产系统。拌和楼混凝土出料采用汽车运输。

系统设置拌和楼、胶凝材料库、空压站、外加剂车间、风冷骨料仓、预冷设施、污水处理设施、供水、变配电系统、试验室、调度楼及其它辅助设施。系统配置制冷系统，可生产 12℃低温混凝土。

低线混凝土系统与低线砂石加工系统共用粗、细骨料调节料仓。

低混线凝土生产系统主要技术指标见表 2.6-8。

**表 2.6-8　低线混凝土生产系统主要技术指标表**

| 序号 | 项　　目 | 单 位 | 指　标 | 备　　注 |
|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 拌和楼生产能力 | 常态混凝土 | $m^3/h$ | 240 | |
| | | 预冷混凝土 | $m^3/h$ | 180 | |
| 2 | 粗、细骨料调节料仓 | | 万 $m^3$ | 5.67 | |
| 3 | 胶凝材料仓库容量 | 水泥 | t | 6400 | |
| | | 粉煤灰 | t | 2400 | |
| 4 | 空压机房容量 | | $m^3/min$ | 140 | |
| 4 | 电机容量 | | kW | 6000 | |
| 5 | 总制冷量 | | 万 kcal/h | 550 | |
| 6 | 占地面积 | | $hm^2$ | 1.32 | 不含骨料调节堆场 |

### 2.6.6.3 综合加工、机械修配系统

（1）综合加工厂

旭龙水电站综合加工企业包括钢筋加工厂、预制构件厂和木材加工厂，分二班作业。

旭龙水电站综合加工企业包括钢筋加工厂、预制构件厂和木材加工厂，分二班作业。其中，钢筋加工厂加工总量约 15.6 万 t，每班加工量 60t；木材加工厂，加工总量 3.1 万 $m^3$，每班加工量 25$m^3$；预制构件厂加工总量 0.34 万 $m^3$，每班加工量 10$m^3$。综合加工厂总占地面积 2.7$hm^2$，其中，大坝综合加工及金结拼装厂位于坝址下游 3.0km 处，场地高程 2255m～2265m，占地面积约 1.2$hm^2$。主要承担大坝的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。电站综合加工厂位于下游索桥两侧，紧邻 2#公路，至坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积共 1.5$hm^2$。主要承担电站厂房的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。

综合加工厂主要技术经济指标见表 2.6-9。

**表 2.6-9　综合加工厂主要技术经济指标表**

| 项目 | 钢筋加工厂 | 木材加工厂 | 预制构件厂 |
|---|---|---|---|
| 加工总量 | 15.6 万 t | 3.1 万 $m^3$ | 0.35 万 $m^3$ |
| 最高年加工量 | 2.96 万 t | 0.66 万 $m^3$ | 0.2 万 $m^3$ |
| 班产量 | 60t | 25$m^3$ | 10$m^3$ |
| 作业班制 | 2 | 2 | 2 |
| 主要机械设备（台） | 96 | 30 | 10 |
| 建筑面积（$m^2$） | 2800 | 1500 | 200 |
| 占地面积（$m^2$） | 15000 | 9000 | 3000 |

（2）机械修配厂

根据施工总进度安排，旭龙水电站施工总工期 8 年 2 个月，各种大型施工机械及施工辅助机械设备的使用数量很大，在日常作业过程中都需要维修保养。

根据相关设计规范以及国内水电工程机械修配厂的统计资料进行类比计算，机械修配厂位于右岸，坝址下游约 1.0km，场地高程 2180m，建筑面积 0.25hm²，占地面积约 1.2hm²。

（3）汽车维修、保养停放场

本工程汽车维修保养停放厂集中设置，经计算，高峰期需各类施工机械合计约 369 台，汽车约 95 辆，汽车维修保养停放厂设置于右岸上游沿江阶地，距离坝址约 4.5km，建筑面积 0.18hm²，占地面积约 1.2hm²。主要占地指标见表 2.6-10。

**表 2.6-10　修理保养系统主要技术指标表**

| 项　目 | 汽车修理厂 | 汽车保养厂 | 停放场 | 合计 |
|---|---|---|---|---|
| 建筑面积（m²） | 520 | 358 | 937 | 1815 |
| 占地面积（m²） | 1559 | 1075 | 9366 | 12000 |

汽车维修保养停放厂位于右岸，坝址上游 4.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m，占地面积 1.2hm²。

### 2.6.6.4 金属结构加工及机电设备拼装厂

（1）金属结构拼装厂

本工程闸门、钢管等金属结构等尺寸较大、对外交通运输困难，均需在工程区内设置金属结构制造厂、拼装场。现场金属结构制造厂需要不少大型、重型设备，为避免重复投资、保证制造质量，便于管理，主体工程金属结构制造及拼装场尽量集中设置。

大坝综合加工及金结拼装厂：内含钢管加工、综合加工车间及场地，位于坝址下游 3.0km 处，场地高程 2255m～2265m，占地面积约 1.2hm²。

（2）机电设备拼装厂

受运输条件限制，本工程水轮机的转轮等大型部件拟采取现场组焊方案，因此必须在工地设置转轮拼装厂。其需要组焊的部件包括分瓣上冠、分瓣下环、叶片散件等，现场组焊主要包括焊接、退火、打磨、抛光、探伤检查等工艺流程，因此必须在施工区设置机电安装基地。

由于机组重大件从右岸进场，机电安装基地（含临时机电仓库）选择布置在

右岸下游 4.7km 处的缓坡地上，位于进场公路与 2#公路接点附近，建筑面积 2.2hm²，占地面积 5.5hm²。

永久机电设备仓库布置在坝址右岸下游 1.5km 处的阶地上，建筑面积 0.6hm²，占地面积 1.5hm²，用于存放电站运行期间所需的机电零件设备。

### 2.6.6.5 施工仓储系统

旭龙水电站施工物资主要来自云南省及四川省内，物资供应比较有保证，且工区所在地地形陡峻，可利用场地面积有限，施工区内仓储设施规模不宜过大，取相关规范推荐值得下限。施工区内需存储的物资主要包括水泥、粉煤灰、钢筋、钢材、火工材料、油料和机电设备。

根据施工物资高峰期存储规模需求量，规划施工物资施工区存储量和仓库面积，具体见下表。

表 2.6-11　旭龙水电站仓储系统一览表

| 施工物资 | 高峰年需要量（万 t） | 储备天数（天） | 存储数量（t） | 存储方式 | 仓库面积（m²） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水泥 | 38.4 | 10 | 13000 | 楼罐 | | 混凝土生产系统内布置 |
| 粉煤灰 | 12.0 | 10 | 4000 | 楼罐 | | 混凝土生产系统内布置 |
| 钢筋、钢材 | 3.0 | 60 | 6000 | 料棚、露天 | 2500 | 各建筑物标段综合加工厂内 |
| 木材 | 0.66 | 30 | 500 | 露天 | 800 | 各建筑物标段综合加工厂内 |
| 火工材料 | 0.3 | 15 | 300 | 仓库 | 800 | 工区专用爆破器材仓库 |
| 油料 | 6.0 | 15 | 3000 | 油罐 | 1500 | 工区专用油库 |
| 机电设备 | 2.0 | | | 仓库 | 6000 | 机电设备仓库 |

### 2.6.6.6 施工供水、供电及通讯系统

（1）施工供水

供水系统的生产水供水对象有：大坝浇筑养护用水、混凝土拌和系统和土石方开挖、施工企业、公用设施及消防用水等。生活水供水对象有：右岸施工营地用水等。

1）供水规模

根据各用户对水质的不同要求，施工期供水分为生活用水和生产用水，总用水量 31000m³/d。右岸施工营地生活用水的规模为 3000 m³/d。施工期在右岸设生产水厂一座，设计规模 31000 m³/d。

2）水源

采用金沙江为水源。

3）供水水质和水压

供水水质：生产水 SS≤20mg/L；生活水水质满足《生活饮用水卫生标准》GB 5749-2006 的要求，主要控制性指标浑浊度≤1NTU。

水压要求 0.2～0.3Mpa。

4）系统布置及给水工艺组成

取水泵站在旭龙大桥与加油站之间金沙江右岸选址，泵站形式采用圆筒深井泵站。取水规模 31000m³/d，自用水系数 1.1，泵站形式采用圆筒深井泵站，直径 12m，泵房及栈桥平台按二十年一遇洪水位设计。筒体高度 15.5m，上部框架结构高度 6m，泵站内布置 3 台水泵（Q=916m³/h，H=153m，N=630kW），二用一备。采用一根 D720×9mm 钢管加压送至水厂。

施工水厂位于坝址下游 6#路靠山侧，距坝址直线距离约 2.5km，高程 2287m，占地面积 1.3hm²。主要负责整个施工区的生产及右岸生活用水。生产用水采用加压供水，生活用水由水厂自流至用户。

净水厂由配水井、全自动高效沉淀装置、无阀滤池、加药消毒间、生活水清水池、生产水清水池、加压泵房与生产辅助建筑物组成。

生产用水通过全自动高效沉淀装置（650m³ /h，3 套）处理后，进入生产水清水池，生产水清水池调节容积 6000m³。低混凝土系统、汽车修配厂、大坝系统及其他低区公共用水设施由生产水清水池自流供水。高凝土系统、砂石系统采用加压供水。在右岸水厂上游 0.5km，布置高位生产水池，水池布置高程 2370m，调节容积 3000m³。

生活用水采用生产水作为水源，通过水泵提升至 230m³/h 无阀滤池，然后进行消毒处理，达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的要求后进入生活水清水池，生活水清水池调节容积 800m³，生活用水全部由生活水清水池自流至用水点。

加压泵房内设置生产水水泵 3 台 （Q=510m³/h，H=91m，N=200kW），两用一备。生产水清水池至无阀滤池加压泵二台（Q=112.5m³/h，H=20m，N=11kW），两用一备。

生产水配水管管径 DN400mm，管道总长度为 2845m，供水接口共计 16 个。

生活水配水管管径 DN150mm～DN200mm，管道总长 2530m。供水接口共计 5 个。

5）施工供水主要工程量

施工供水主要工程项目见表 2.6-12。

表 2.6-12　右岸施工水厂供水系统主要工程项目一览表

| 序号 | 项目名称 | 规模、规格 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一 | 深井取水泵站 | 取水量：31000m³/d | 座 | 1 | |
| 二 | 净水厂 | 生产水：28000m³/d<br>生活水：3000m³/d | 座 | 1 | 分质制水 |
| 三 | 输配水工程 | | | | |
| 1 | 生产水高位水池 | V=3000m³ | 座 | 1 | 高程 2370m |
| 2 | 钢管 | DN150mm～400mm | t | 310 | |
| 3 | 供水接口 | | 个 | 21 | 阀门+阀门井 |

（2）施工供电

1）用电负荷及用电量

根据旭龙水电站施工总布置、施工总进度计划安排，土石方和混凝土工程施工强度及各电力用户特征，施工用电高峰负荷发生在第 4 年至第 6 年。主要施工用电设备有土石方施工的空压机、钻机及通风设备等；混凝土浇筑的缆机、门塔式起重机、混凝土泵及振捣设备等；砂石混凝土生产系统的破碎机、筛分机、皮带输送机、拌和楼、空压机、制冷压缩机、鼓风机及水泵等；供水系统的水泵等；金结机电安装及三材加工、施工场地照明，以及办公生活用电等。

施工用电设备总装机容量约 80700kW，参照施工组织设计各专业在预可研阶段提供的资料初步计算，电站施工用电最大负荷约 33900kW。按年最大负荷利用 3800 小时计算，最大年用电量约 1.29 亿 kW·h。

2）施工供电方案

旭龙水电站施工用电计算负荷约为 33900kW/37700kVA，拟在右岸施工区用电负荷中心，临近右岸砂石及混凝土系统附近，建设 110/10kV 施工变电站 1 座供工区施工用电，规模为 2×25MVA，高峰负荷下变压器总负载率约 75.4%。

根据施工用电负荷等级及容量要求，结合旭龙水电站施工区周边的电源现况及电网规划，拟由地方电网引接 2 回 110kV 线路作为施工主供电源。1 回 110kV

电源 T 接自云南迪庆州德钦县里农变至瓦卡变 110kV 线路，另 1 回 110kV 电源引自四川得荣县 110kV 得荣变电站。

为保证安全施工，施工供电系统应确保地下洞室施工的排水及照明、基坑排水、混凝土泵及部分混凝土振捣设备、拌和楼搅拌机清罐负荷、氨制冷系统事故用电负荷，以及消防水泵、部分通信设备及医疗设备用电负荷。对于上述用电负荷，应按实际容量需要配置用于应急供电的柴油发电机组。

在工程筹建期 110kV 施工变电站尚未建成投运前，可由施工区右岸附近的茂顶河水电站提供 10kV 电源。

3）施工配电网络

根据施工区用电负荷的分布情况及地形地貌，110kV 施工变电站 10kV 出线间隔共计 16 回，其中出线 13 回并备用 3 回。施工供电网络 10kV 主干线路按单回线路统计总长度约 40km。施工变电站总占地面积约 0.3hm²。

4）施工供电系统主要工程量

施工供电系统主要工程量见表 2.6-13。

表 2.6-13　施工供电系统主要工程量

| 序号 | 工程名称 | 建设规模 | 单位 | 数量 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 施工变电站 | 110/10kV,2×25MVA | 座 | 1 | |
| 2 | 施工变电所 | 10/0.4kV | MVA | 82 | 变压器安装总容量 |
| 3 | 110kV 线路 | | km | 60 | 以实际工程量为准 |
| 4 | 10kV 线路 | LGJ-185 | km | 36 | 单回线路长度，约数 |
| 5 | 10kV 线路 | LGJ-70 | km | 6 | 单回线路长度，约数 |
| 6 | 10kV 线路 | YJV22-10kV-3×240 | km | 6 | 单回线路长度，约数 |
| 7 | 柴油发电机组 | 0.4kV | MW | 3.2 | 安装总容量，约数 |

（3）施工通信

旭龙水电站坝址附近有公用通信网，现已具备有线和无线通话条件。施工通信可直接利用。

## 2.6.6.7 施工营地

施工营地主要作为施工期业主、设计、监理、各标段施工承包商以及其他与工程相关人员办公生活营区。

电站永久运行的管理人员的办公生活设施集中布置在业主营地内，规划布置

时主要考虑交通便利、受施工噪音、粉尘影响小、环境优美、相对独立等因素，布置在右岸下游 4km，位于 2#道路旁，占地面积 11.1hm²。

由于旭龙水电站坝址地形陡峻，可利用场地面积有限，考虑将承包商施工营地根据地形地质条件，按照方便施工管理、受施工噪音、粉尘影响小的原则，在左右岸分散布置。因左岸场地条件较差，不适于布置施工营地，本工程施工营地主要布置在右岸。

1#施工营地：位于坝址上游 5.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m～2220m，占地面积 1.2hm²。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

2#施工营地：布置于坝址下游 1.7km 处，场地高程 2175m，占地面积 1.5hm²。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

3#施工营地：位于 2#路靠江侧，在坝址下游 3.7km 处，场地高程 2165m，占地面积 3.4hm²。主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。

现场建设管理营地（含鱼类增殖放流站）：位于 2#道路旁，距坝址约 4.0km，场地高程 2180m～2200m，总占地面积约 11.1hm²。主要为建设期业主、设计、监理等管理人员的办公生活区。鱼类增殖放流站结合现场建设管理营地进行布置，便于施工期和运行期鱼类增殖放流站的运行管理和维护。

### 2.6.6.8 其他

（1）油库及加油站

施工区油库及加油站位于坝址下游 2#路靠山侧，距离坝址约 2.5km；场地高程 2180m～2185m；油库占地面积 0.3hm$^2$，加油站占地面积 0.2hm$^2$，共计 0.5hm$^2$。

（2）炸药库

左岸炸药库位于徐龙冲沟右岸，在徐龙冲沟沟口上游 0.7km 处，场地高程 2355m～2375m，占地面积 0.35hm$^2$。右岸炸药库位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约 2.2km，场地高程 2430m，占地面积 0.3hm$^2$。

## 2.6.7 主体工程施工

### 2.6.7.1 混凝土拱坝施工

两岸边坡开挖按照“自上而下”的顺序进行施工。截流前不进行大坝开挖，截流合拢后再进行岸坡及基坑开挖。

岩石开挖采用台阶爆破，台阶高度 15m，设计边坡采用预裂爆破（或光面爆破）。从施工通道露头处开始爆破，向上、下游推进。在作业面布置 2m$^3$ 挖掘机及推土机抛渣，并配置 180～220Hp 推土机推渣。在基坑落渣上、下游侧各布置 1 个工作面，分别布置 1 台 4m$^3$ 挖掘机出渣，配 32t 自卸汽车运输。边坡支护在下一级台阶开挖的同时平行作业，为了紧随开挖施工，工作面出露后及时搭设施工排架，支护作业在排架上进行，施工设备以轻便为主。坝基覆盖层直接开挖，岩石采用台阶爆破开挖，拱端建基面部位预留 3m 保护层，采用光面爆破开挖，建基面采用保护层法施工。

旭龙大坝混凝土量为 228 万 m$^3$，高峰月浇筑强度约 10.6 万 m$^3$/月。采用 3 台起重量为 30t 的平移式缆机浇筑大坝混凝土，缆机跨度 570m，缆机平台高程为 2388m，供料平台位于右岸坝肩高程 2308m，供料平台宽度不小于 20m。大坝混凝土由距离右岸坝肩 1.7km 的右岸高线混凝土生产系统供料，该系统配置 2 座 4×3m$^3$ 自落式拌和楼，并配有制冷系统。混凝土水平运输采用 9m$^3$ 自（侧）卸料罐车，混凝土运输线路为环形线，即高线混凝土系统→右岸 8#公路→大坝右岸吊罐取料平台→右岸 8-1#路→右岸 8#公路→高线混凝土系统，其中满载运输距离约 1.7km，空载运输距离约 1.8km。

水垫塘和二道坝混凝土总量为 43.83 万 m$^3$，由右岸低线混凝土生产系统供料，该系统配置 1 座 4×3m$^3$ 自落式拌和楼，并配有制冷系统。二道坝混凝土施工以上游布置的高架丰满门机浇筑为主，下游布置一台履带吊辅助浇筑。混凝土运输通道：右岸低线混凝土生产系统→2#路→下游临时钢索桥→1#路→下导 2#支洞→水垫塘施工支洞→水垫塘基坑道路→二道坝仓面，平均运距约 2.5km。

水垫塘边坡下部及水垫塘底板混凝土采用 2 台 10t 履带吊配 3m$^3$ 吊罐浇筑，其混凝土运输通道与二道坝下部运输通道相同。水垫塘上部边坡及马道混凝土浇筑采用真空溜槽或混凝土泵浇筑入仓，混凝土供料平台布置在左右岸水垫塘护岸上部宽马道上。

旭龙拱坝拟采用无盖重固结灌浆方式，在大坝基础混凝土浇筑前提前完成，大坝混凝土施工进度安排不考虑固结灌浆的影响。

金结一期埋件与坝体混凝土施工同步进行。门槽二期混凝土与大坝混凝土浇筑交叉进行，错开 1～2 个浇筑层。

#### 2.6.7.2 导流洞施工

根据导流建筑物的功能和特点，导流洞的施工程序为：施工支洞开挖和支护→导流洞施工。

由于导流隧洞开挖断面较大，拟分上、下两层进行钻爆开挖，上层高度 8 m，下层高度 11.4m（含 2m 保护层）。

导流洞开挖时，先进行 1#导流洞的开挖，待 1#导流洞各工作面掘进完成 30～50m 后，方可进行 2#导流洞的施工。

为确保导流隧洞施工不受汛期洪水影响，在进、出口处预留岩坎，形成挡水围堰，岩坎在导流洞通水前适当时间挖除。

衬砌混凝土施工为导流隧洞工程控制性工期项目，在具备条件时应尽早开工；进水塔混凝土施工待进口开挖和导流隧洞贯通后开始施工。

#### 2.6.7.3 围堰施工

围堰的施工程序为：截流戗堤填筑→围堰防渗平台填筑→防渗墙施工→围堰加高培厚至设计高程→围堰拆除。

#### 2.6.7.4 电站建筑物施工

根据施工总进度要求，以地下厂房为重点，合理安排各建筑物的施工程序和施工顺序。各洞室相应部位施工前，应完成该部位施工通道的开挖和支护工作。施工过程中，每开挖一层，应同时完成该层的喷锚支护施工。

1）引水洞

引水洞分两批间隔施工，即第一批为 1#、3#引水洞，第二批为 2#、4#引水洞。

引水洞上平段开挖在进口段开挖完成后施工，下平段开挖在 4#施工支洞完成后施工，上、下平洞开挖完成后进行竖井段开挖。

2）主厂房系统

主厂房自上而下分 8 层进行开挖及支护，分层高程范围及分层高度见下表。

**表 2.6-14　厂房开挖分层表**

| 分层序号 | 开挖顺序 | 分层高程范围（m） | 分层高度（m） | 施工通道 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | ① | 2180.30～2169.90 | 10.4/9 | 地厂 2#施工支洞 |
| Ⅱ | ② | 2169.90～2161.40 | 8.5 | 地厂 2#施工支洞 |
| Ⅲ | ③ | 2161.40～2150.90 | 10.5 | 进厂交通洞 |
| Ⅳ | ④ | 2150.90～2142.90 | 8 | 进厂交通洞 |
| Ⅴ | ⑤ | 2142.90～2135.90 | 7 | 进厂交通洞 |
| Ⅵ | ⑥ | 2135.90～2127.00 | 8.9 | 地厂 5#施工支洞 |
| Ⅶ | ⑦ | 2127.00～2120.60 | 6.4 | 地厂 5#施工支洞 |
| Ⅷ | ⑨ | 2120.60～2113.60 | 7 | 地厂 7#施工支洞 |
| Ⅸ | ⑧ | 2113.60～2102.20 | 11.4（含 2.5m 保护层） | 地厂 7#施工支洞 |

3）主变洞及母线洞

当厂房进行顶拱支护施工时，平行作业进行主变洞开挖。主变洞自上而下分 3 层进行开挖及支护，分层高度 10m 左右，分层高程范围见下表。

**表 2.6-15　　主变洞开挖分层表**

| 分层序号 | 开挖顺序 | 分层高程范围（m） | 分层高度（m） | 施工通道 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅰ’ | ① | 2171.90～2165.00 | 6.9 | 地厂 3#施工支洞 |
| Ⅱ’ | ② | 2165.00～2156.90 | 8.1 | 地厂 3#施工支洞 |
| Ⅲ’ | ③ | 2156.90～2148.90 | 8（含 2.5m 保护层） | 母线洞交通洞 |
| Ⅳ’（母线洞） | ④ | 2148.90～2142.90 | 6 | 母线洞交通洞 |

母线洞从主变洞进入施工，分两批间隔施工，在主厂房下挖至相应的高程前贯通。手风钻钻水平孔，中心掏槽，周边光面爆破。

4）尾水调压室（井）

尾水调压井与主厂房同时施工。尾水调压室（高程 2168.8m 以上部分）分 2 层自上而下进行开挖及支护。尾水调压井（高程 2168.8m 以下部分）待其下部尾水洞开挖完成，5＃、6＃施工支洞形成后挖除。

5）尾水洞

尾水隧洞分 3 层开挖（调压室上游段 2 层），Ⅰ层开挖高度约 8m，Ⅱ层为台阶爆破开挖，开挖高度约 9.7m，Ⅲ层为保护层开挖，开挖高度为 2.5m。Ⅰ层开挖采用多臂凿岩台车钻孔爆破，周边孔光爆；Ⅱ层开挖采用液压潜孔钻台阶爆破开挖，两边预留保护层，采用凿岩台车造孔水平爆破，周边保护层光爆；Ⅲ层开挖采用三臂凿岩台车或手风钻钻水平孔爆破开挖，底部采用光面爆破。

6）进水口、尾水洞出水口、变电站等明挖与上述洞室开挖同时进行。

7）各部位开挖结束后，可以适时开展混凝土浇筑施工。

主厂房混凝土施工程序：①主厂房开挖至岩锚梁下部，并留有一定的安全距离后，进行岩锚梁混凝土浇筑和桥机轨道安装。②主厂房开挖结束后，进行厂房混凝土浇筑及机电埋件安装。混凝土施工顺序：尾水管底板混凝土浇筑→底板固灌→肘管安装→肘管混凝土浇筑→锥管段一期混凝土浇筑→锥管安装→锥管二期混凝土浇筑→基础环、座环、蜗壳安装→蜗壳检测→蜗壳混凝土浇筑→水轮机层混凝土浇筑→发电机层混凝土浇筑→上下游边墙混凝土浇筑。

引水隧洞分两个平行工作面施工，分别是：下弯段→竖井段→上弯段→上平段和下弯段→下平段。下平段在衬砌前先进行钢衬安装，利用钢衬作为模板分段衬砌。

尾水调压室混凝土施工程序：岩壁吊车梁施工（调压室开挖过程中进行）→底板混凝土施工→阻抗板及以下边墙混凝土施工→闸墩混凝土施工→启闭机排架混凝土施工。

## 2.6.8 施工强度和进度安排

（1）施工强度

本工程主要项目的高峰时段月平均施工强度如下：

土石方填筑 12.7 万 m³/月；

土石方明挖 34.0 万 m³/月；

石方洞挖 8.5 万 m³/月；

混凝土浇筑 12.6 万 m³/月。

（2）进度安排

本工程施工总工期为 8 年 2 个月（98 个月），其中施工准备期 1 年 6 个月（18 个月），主体工程施工期 6 年 6 个月（78 个月），工程完建期 2 个月；首台机组发电工期 8 年（96 个月）。

施工控制性工期如下：

第 1 年 6 月初开始导流隧洞开挖，工程开工；

第 2 年 5 月开始主厂房洞挖；

第 2 年 11 月底低导流隧洞具备通水条件，12 月初截流；

第 2 年 12 月开始两岸坝肩开挖；

第 3 年 2 月底完成围堰防渗墙施工，5 月完成围堰填筑；

第 4 年 11 月开始主厂房混凝土浇筑，第 7 年 4 月首台机组土建交面，开始机电设备安装；

第 5 年 8 月完成拱坝基础开挖，9 月进行基础无盖重固结灌浆，10 月开始浇筑河床坝段基础混凝土；第 8 年 9 月底，河床坝段混凝土浇至高程 2308m；

第 8 年 11 月下旬至第 9 年 4 月，导流隧洞下闸封堵并在这个枯水期完成堵头施工；

第 9 年 5 月初水库开始蓄水，6 月初首批机组发电；

第 9 年 7 月底，完成全部机组安装调试，工程完工。

### 2.6.9 施工用地

本工程坝区施工用地包括：主体建筑物、施工生产和生活设施、弃渣场、混凝土骨料场和场内施工道路。

施工用地总面积（含库坝重叠区）约 5.57km$^2$。左岸施工用地面积 2.03km$^2$，其中永久用地面积 1.67km$^2$，临时用地面积 0.36km$^2$；右岸施工用地面积 3.54km$^2$，其中永久用地面积 2.43km$^2$，临时用地面积 1.11km$^2$。

**表 2.6-16 旭龙水电站枢纽工程建设区征（占）地面积统计表**

| 省 | 永久征地（km$^2$） | 库坝重叠区（永久）（km$^2$） | 临时用地（km$^2$） | 合计（km$^2$） |
|---|---|---|---|---|
| 云南 | 1.8 | 0.63 | 1.11 | 3.54 |
| 四川 | 1.06 | 0.61 | 0.36 | 2.03 |
| 合计 | 2.86 | 1.24 | 1.47 | 5.57 |

## 2.7建设征地及移民安置

### 2.7.1 工程征占地

截至目前，工程建设征地涉及的 3 省区可行性研究阶段建设征地迁移人口安置规划大纲已有初步成果。本报告中移民相关成果来源于以 2020 年 3 月已审定的西藏自治区移民安置规划大纲和四川、云南已有成果。

（1）涉及行政区域

旭龙水电站建设征地涉及四川省得荣县及巴塘县、云南省德钦县、西藏自治区芒康县共 3 省（自治区）4 县 7 乡 21 村。

（2）实物指标

旭龙水电站工程建设征地总面积 32684.17 亩，涉及耕地 522.92 亩、园地 694.51 亩、林地 13836.97 亩、草地 2253.42 亩，住宅用地 326.11 亩，公共管理与公共服务用地 0.21 亩，特殊用地 0.73 亩，交通运输用地 452.16 亩，采矿用地 1.54 亩，水域及水利设施用地 10863.16 亩，其他土地 3732.44 亩。

建设征地涉及人口 1082 人（全部为农村居民），房屋 164681.95$m^2$；零星树木 46696 株；农副业设施及个体工商户 90 家；农村小型专项设施主要包括机耕路 10150.6m、水渠 18464.3m、水池 5784.33 $m^3$、水管 54271.3m、钢管 2790m、 380V 电力线4045m、变压器4 台、水泥路面608m、拦渣坝1176 $m^3$、防洪堤242.26 $m^3$、吊桥 14m/座等；文化宗教设施涉及白塔 9 座 1271.03$m^3$、亩巴 148.71$m^3$、玛尼堆 56 处 1116.06$m^3$、玛尼杆 64 杆、煨桑点 78.62$m^3$、经幡 616 套、18.33hm$^2$ 水葬点 6 个、泥塑菩萨 1 座；四级公路 22.53km、汽车便道 33.39km，公路桥梁 174m/3 座、过江大桥 828.6m/5 座、过江人行桥 355 m/3 座；110kV 输电线 10.84km、10kV 输电线 53.7km，变压器 5 台；通信线路 217.71km，移动基站 2 座；水电站 110MW/2 座；水位站和气象站各 1 座。不涉及挂牌古树名木、文物古迹及重要压覆矿产资源。

## 2.7.2 移民安置规划

（1）生产安置

旭龙水电站规划生产安置人口 1386 人，其中云南省德钦县 377 人，四川省巴塘县 50 人、得荣县 942 人，西藏自治区芒康县 17 人。

按生产安置方式划分：农业安置 864 人，自主安置 67 人，复合安置 282 人，逐年补偿安置 173 人。

（2）搬迁安置

旭龙水电站涉及规划搬迁安置人口 1660 人。其中云南省德钦县 743 人，282 搬迁至斯木顶安置点集中安置，461 人分散后靠安置；四川省巴塘县 53 人，均采取分散安置；四川省得荣县 864 人，全部进得绒桐居民点集中安置。

## 2.7.3 专业项目处理

（1）交通工程

1）四川省

旭龙水电站工程建设征地区涉及四川省四级公路 0.2km、汽车便道 23.13km、过江大桥 4 座、过江人行索桥 2 座及过江溜索 3 处。

公路：建设征地涉及巴塘县 0.2km 的四级公路（沿江路），可通过淹没线上在建的德巴公路（三级）恢复其交通功能。复建方案选择按三级公路标准，由巴塘县自行复建，复建里程 0.2km。

桥梁：涉及得荣县 4 座跨江大桥和 2 座过江人行索桥（库区 4 座、坝区 2 座）。库区涉及的莫丁、鱼波、木拥 3 座跨江大桥和布丁人行索桥，结合库周交通规划，拟在木拥大桥原址附近复建 1 座跨江大桥长 330m，在鱼波、莫丁大桥原址分别复建 1 座人行索桥，连接两岸复建的道路，解决线上居民交通出行；坝区涉及 2 座桥梁（宗绒大桥、徐达荣人行索桥），宗绒大桥位于大坝下游的枢纽工程建设区，在枢纽工程施工总布置方案中予以保留。徐达荣人行索桥位于枢纽工程建设区，根据旭龙水电站施工交通布置，拟在坝址下游新建一座跨金沙江大桥（旭龙大桥），替代徐达荣人行索桥交通功能。

库周交通恢复：为满足水库蓄水后库周移民群众出行需要，复（改）建汽车便道 11.0km。

安置点对外交通：根据安置规划，斯木顶集中安置点规划新建对外连接路为四级公路，双车道，7.5km。

2）云南省

涉及云南四级公路 22.33km、汽车便道 10.26km，公路桥梁 174m/3 座、过江大桥 148m/座、过江人行桥 120m/座。

等级公路：建设征地涉及的等级公路、桥梁，按照原规模、原标准或者恢复原功能的原则，同时满足行业规范规定进行复建。根据库区地形、地质条件，结合所在地区的路网规划，确定复建等级公路总长度 11.85km，均为三级。

桥梁：淹没影响的羊拉登大桥不再复建，采取适当补偿。过江人行桥是长江设计公司勘测专用桥梁，不需复建，采取适当补偿。

库周交通恢复：为满足水库蓄水后库周移民群众出行需要，复（改）建汽车

便道 1.7km。

安置点对外交通：根据安置规划，斯木顶集中安置点规划新建对外连接路为四级公路，双车道，长 1.3km。

3）西藏自治区

受白格堰塞湖影响，索多西乡达海龙村对外交通羊拉登大桥被冲毁。为了解决达海龙村居民出行问题，复建羊拉登大桥长 160m 及连接路。

（2）水利水电工程

1）水位站

建设征地涉及云南省境内水位站 1 处，位于坝址附近。经征求权属人意见，采取一次性货币补偿的处理方案。

2）水电站

建设征地涉及水电站 2 座，格亚顶水电站和丹达河水电站。格亚顶水电站装机 10MW，经征求权属人意见，采取一次性补偿；对旭龙水电站建设征地范围内丹达河水电站已建成的设施设备等淹没影响实物资产采取一次性补偿。

（3）电力工程

影响线路按“原规模、原标准或者恢复原功能”的原则和相关行业的规定，结合复建公路进行恢复，复建 110kV 架空线路 1 条 17.6km，复建 10kV 架空线路 7 条 55.78km，复建 0.4kV 架空线路 4 条 10.0km，搬迁 10kV 变压器 10 台。

（4）通信工程

影响线路按“原规模、原标准或者恢复原功能”的原则和相关行业的规定，结合复建公路进行恢复。通信线路“共建共享”复建，云南省德钦县复建杆路 3 条 34km，复建光缆 148.0km；四川省得荣县复建通信杆路 15.2km，通信线路 11 条 84.1km，搬迁移动电信共站基站一座；四川省巴塘县通信杆路 1.3km。

（5）企事业单位

建设征地涉及企事业单位 3 家。云南铜业有限公司羊拉铜矿抽水站及相关设施设备、德钦县羊拉公路茂顶河道班，经征求产权人意见，采取一次性补偿；旭龙水电站勘测项目部营地，经征求权属人意见，不予补偿。

（6）其它专业项目

建设征地涉及茂顶河气象站 1 处。旭龙电站开工后，气象站失去测量预报功能，经征求权属人意见，采取一次性补偿的处理方案。

## 2.8初期蓄水及电站运行

### 2.8.1 初期蓄水方案

根据施工进度安排，旭龙水电站从第 8 年 11 月初高导流隧洞下闸，打通旁通洞与高导流隧洞之间的洞壁，调试弧门和启闭设施，第 8 年 11 月下旬，旁通洞内弧门具备下闸条件。

第 8 年 11 月下旬开启旁通洞进口平板门，低导流隧洞下闸，由旁通洞泄流向下游供水，待水位上升至中孔满足向下游 210$m^3$/s 要求时，旁通洞内弧门下闸，导流隧洞堵头施工，由中孔向下游供水。

第 9 年 4 月底导流隧洞堵头施工完成。第 9 年 5 月初水库开始蓄水，6 月初首批机组发电；第 9 年 7 月底，完成全部机组安装调试，工程完工。

旭龙水电站所在河段区域内暂无灌溉要求，下游无生产生活等取水设施及用水需求，河段为不通航河段，施工期无航运要求，因此，旭龙水电站下游用水主要考虑下游河道生态用水。旭龙水电站初期蓄水期间，为满足河道生态和水环境功能的用水要求，避免初期蓄水对下游生态环境产生较大不利影响，应保证旭龙水电站建库后最小下泄流量不低于 210$m^3$/s。

旭龙水库正常蓄水位 2302m 以下的库容约 7.81 亿 $m^3$，死水位 2294m 以下库容 6.55 亿 $m^3$，按照《水电工程水利计算规范》NB/T 10083-2018，由于旭龙水库初期蓄水历时较短，水库初期蓄水采用相应频率的典型来水过程计算，旭龙水库初期蓄水设计来水频率采用 75%。根据施工进度安排，水库开始蓄水时间为第 9 年 5 月初，初期蓄水代表年选择按 5 月来水量控制，无上游岗托、叶巴滩和拉哇调节时旭龙坝址 5 月份来水频率 75%的月平均流量为 573$m^3$/s。扣除生态流量后，可用于蓄水的流量为 363$m^3$/s，按此计算，水库从河底高程蓄至正常蓄水位所需时间为 25 天，其中从河底高程蓄至死水位所需时间为 21 天；从死水位蓄至正常蓄水位所需时间为 4 天。

### 2.8.2 上游苏洼龙水电站（在建）运行方式

**（1）水库运行**

苏洼龙水电站水库正常蓄水位 2475m，死水位 2471m，以发电为主要开发目

标，电站调节性能为日调节，因此水库运行比较简单，主要根据电网日负荷需求进行日调节运行。

在汛期水库一般情况下维持在高水位运行，以获得最大发电效益。当遇到汛期大水大沙时，水库可以临时降低到死水位运行，并尽可能与上游电站同步排沙，以利于水库排沙。

在非汛期根据电网日负荷需求进行日调节运行，水库在死水位到正常蓄水位之间运行。

**（2）电站运行**

水库在满足调度运行的同时，为保证下游电站的正常发电，还承担系统的日调节任务。枯水及平水期，为保证下游电站的正常发电运行和河流生态系统，电站拟定了发电基荷半台机运行的方式，即承担 150MW 基荷，常年下泄流量不低于 200.4$m^3/s$。

苏洼龙水电站枯水年、平水年各月典型日发电流量过程见表 2.8-1～表 2.8-2。

**表 2.8-1　苏洼龙水电站枯水年各月典型日发电流量过程表**

单位：$m^3/s$

| 月<br>小时 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 542.1 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 3 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 205.5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 205.5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 205.5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 6 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 542.1 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 7 | 200.4 | 200.4 | 1244.5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 542.1 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 8 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 9 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 741.9 | 204.2 | 311.1 |
| 10 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 11 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 928.5 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 12 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 13 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 14 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 15 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 16 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 17 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 237.5 | 928.5 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 204.2 | 311.1 |
| 18 | 1205.1 | 1204.0 | 1603.2 | 200.4 | 1603.2 | 237.5 | 620.7 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 1603.2 | 1205.3 |
| 19 | 1205.1 | 1204.0 | 1603.2 | 1231.0 | 1603.2 | 237.5 | 928.5 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 1603.2 | 1205.3 |
| 20 | 1205.1 | 1204.0 | 1603.2 | 1231.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1205.3 |
| 21 | 1205.1 | 1204.0 | 1603.2 | 1039.1 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1205.3 |
| 22 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 256.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 204.2 | 311.1 |
| 23 | 301.1 | 299.6 | 1603.2 | 200.4 | 206.7 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 809.0 | 200.4 | 311.1 |
| 24 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 206.7 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 741.9 | 200.4 | 200.4 |

表 2.8-2　　苏洼龙水电站平水年各月典型日发电流量过程表

单位：$m^3/s$

| 小时\月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 337.9 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 3 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 206.1 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 206.1 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 5 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 206.1 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 6 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 337.9 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 7 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 337.9 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 8 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 |
| 9 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 10 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 11 | 863.8 | 1205.8 | 1603.2 | 1603.2 | 1217.0 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1204.7 |
| 12 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 469.6 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 918.6 | 412.3 |
| 13 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 14 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 15 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 16 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 17 | 264.8 | 444.7 | 1603.2 | 740.7 | 469.6 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 918.6 | 412.3 |
| 18 | 1206.6 | 1205.8 | 1603.2 | 1603.2 | 1217.0 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1204.7 |
| 19 | 1206.6 | 1205.8 | 1603.2 | 1603.2 | 1217.0 | 356.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1204.7 |
| 20 | 1206.6 | 1205.8 | 1603.2 | 1603.2 | 1217.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1204.7 |
| 21 | 1206.6 | 1205.8 | 1603.2 | 1603.2 | 1217.0 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1204.7 |
| 22 | 264.8 | 444.7 | 1603.2 | 740.7 | 469.6 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 918.6 | 412.3 |
| 23 | 264.8 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |
| 24 | 201.1 | 200.4 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 | 200.4 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 200.4 | 200.4 |

## 2.8.3 旭龙水电站运行方式

**（1）调度运行方式**

1）日运行方式

电站主要承担基荷和腰荷，可根据电力系统需求进行适度调峰运行，在控制下游水位变幅、满足最小下泄流量要求的前提下，水库水位在正常蓄水位 2302m 至死水位 2294m 之间波动，当入库流量超过装机满发流量时，水库一般在正常蓄水位附近运行。

2）洪水调度方式

发生洪水，当坝前水位达到正常蓄水位时，坝址洪水流量小于等于泄洪能力，按来流量下泄；当坝址洪水流量大于泄洪能力，按泄流能力下泄。当坝址洪水流量小于等于电站厂房设计洪水洪峰流量时，按全部机组过水能力的三分之二参与泄洪；当坝址洪水流量大于电站厂房设计洪水洪峰流量且小于电站校核洪水洪峰

流量时，计入全部机组过水能力的二分之一参与泄洪；当坝址洪水流量大于电站厂房校核洪水洪峰流量或者水头超出机组允许运行水头范围时，则机组停止运行。

**（2）多年运行特性**

旭龙水电站装机容量 2400MW，装机 4 台，单机容量 600MW，单机额定流量 466.6$m^3$/s。与岗托、叶巴滩、拉哇等梯级联合运行，电站保证出力 609MW，多年平均年发电量 103.19 亿 kW·h，装机年利用小时数 4300h，水量利用率 92.27%。旭龙水电站主要动能参数见表 2.8-3。

表2.8-3　　旭龙水电站主要动能参数表

| 项目 | 单位 | 数值 |
|---|---|---|
| 多年平均流量 | $m^3/s$ | 990 |
| 多年平均径流量 | 亿 $m^3$ | 313 |
| 校核洪水位 | M | 2305.89 |
| 设计洪水位 | M | 2303.42 |
| 正常蓄水位 | M | 2302 |
| 死水位 | M | 2294 |
| 总库容（校核洪水位以下） | 亿 $m^3$ | 8.47 |
| 正常蓄水位以下库容 | 亿 $m^3$ | 7.81 |
| 死库容 | 亿 $m^3$ | 6.55 |
| 调节库容 | 亿 $m^3$ | 1.26 |
| 库容系数 | % | 0.40 |
| 装机容量 | MW | 2400 |
| 保证出力（P=95%） | MW | 408/609 |
| 多年平均发电量 | 亿 kW·h | 98.86/103.19 |
| 汛期电量（6 月～10 月） | 亿 kW·h | 69.22/63.52 |
| 平、枯水期电量 | 亿 kW·h | 29.64/39.67 |
| 装机年利用小时数 | H | 4119/4300 |
| 水量利用率 | % | 88.58/92.27 |
| 加权平均水头 | M | 148.25/148.56 |
| 最大水头 | M | 157.3 |
| 最小水头 | M | 129.1 |
| 额定水头 | M | 144 |

注：表中“/”前后数据分别为与叶巴滩、拉哇联合运行和与岗托、叶巴滩、拉哇联合运行指标。

## 2.9工程投资

按照 2019 年第 4 季度价格水平，本工程静态投资为 2275890 万元（其中建设征地移民安置补偿静态投资 292936 万元），价差预备费 208833 万元，建设期利息 414626 万元，工程总投资为 2899349 万元。

# 3 工程分析

## 3.1工程建设与相关规划符合性分析

### 3.1.1 与国家能源发展规划的符合性分析

2007年6月，国务院在《关于印发应对气候变化国家方案的通知》(国发[2007]17号)中指出，“在保护生态基础上有序开发水电。把发展水电作为促进中国能源结构向清洁低碳化方向发展的重要措施。在做好环境保护和移民安置工作的前提下，合理开发和利用丰富的水力资源，加快水电开发步伐，重点加快西部水电建设。”随后，国家发展和改革委员会为贯彻落实《可再生能源法》，于2007年8月印发了《可再生能源中长期发展规划》，明确了水电的重点发展方向，即“今后水电建设的重点是金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、黄河上游和怒江等重点流域。” 此外，水电也是国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录(2011年本)》(2013年修订)中的鼓励类项目。

进入“十三五”时期，为推进我国能源结构优化升级，在《我国国民经济和社会发展十三五规划纲要》中明确了“统筹水电开发与生态保护，坚持生态优先，以重要流域龙头水电站建设为重点，科学开发西南水电资源”；同时，提出了统筹规划全国能源开发布局和重点，将西南地区作为国家五大综合能源基地之一进行重点建设。

国家《可再生能源发展“十三五”规划》中，提出在“十三五”期间，要积极推进大型水电基地建设。积极推进金沙江上游等水电基地开发，着力打造藏东南“西电东送”接续基地。金沙江上游拉哇、巴塘、旭龙等电站已明确列入“十三五”水电重点项目。

国家《水电发展“十三五”规划》中，将开工建设金沙江上游叶巴滩、巴塘、拉哇、旭龙等项目，努力打造金沙江上游等“西电东送”接续能源基地等工作内容，列入我国水电发展“十三五”期间的重点任务。

金沙江流域是我国能源发展规划的十三大水电基地之一，旭龙水电站是金沙江上游水电规划“一库十三级”方案的第 12 个梯级，电站装机容量 2400MW，为I等大（1）型工程，联合运行情况下，多年平均年发电量 103.19 亿 kW.h，发电

效益显著。旭龙水电站的建设符合国家能源发展规划的相关要求。

## 3.1.2 与主体功能区规划的符合性分析

### 3.1.2.1 与《全国主体功能区规划》的符合性

《全国主体功能区规划》将国土空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。优化开发、重点开发和限制开发区域原则上以县级行政区为基本单元；禁止开发区域以自然或法定边界为基本单元，分布在其他类型主体功能区域之中。

《全国主体功能区规划》指出：能源与资源开发的布局，对构建国土空间开发战略格局至关重要。能源基地和矿产资源基地以及水功能区的布局，应服从和服务于主体功能区规划确定的所在区域的主体功能定位，符合该主体功能区的发展方向和开发原则。

能源开发布局提出“重点在能源资源富集的山西、鄂尔多斯盆地、西南、东北和新疆等地区建设能源基地”，其中西南地区“以水电开发为主，……，建成以水电为主体的综合性能源输出地”。

旭龙水电站是我国金沙江上游水电规划“一库十三级”的第12个梯级，与《全国主体功能区规划》的能源开发布局总体上相符合。根据《全国主体功能区规划》的要求，旭龙水电站工程区位于 “川滇森林及生物多样性生态功能区”，属于限制开发区的重点生态功能区。本区主要发展方向为生物多样性维护，其开发管制原则中提出：“开发矿产资源、发展适宜产业和建设基础设施，都要控制在尽可能小的空间范围之内，并做到天然草地、林地、水库水面、河流水面、湖泊水面等绿色生态空间面积不减少”。

旭龙水电站开发过程中，通过限定施工范围，减少土地和植被扰动，对征占林地、草地进行补偿，针对工程建设可能带来的不利影响制定系统的生态保护和恢复措施，按照区域开发管制原则进行措施布局，最终达到主体功能区规划的要求。因此，旭龙水电站的开发建设，与《全国主体功能区规划》要求基本相符。

同时，《全国主体功能区规划》第十章“能源与资源”中提出：“位于限制开发的重点生态功能区的能源基地和矿产资源基地建设，必须进行生态环境影响评估，尽可能减少对生态空间的占用，并同步修复生态环境”。 本次环评开展了陆

生生态和水生生态的专题研究，对项目可能产生的不利生态影响进行了预测评价，提出了可行的生态保护与恢复措施，以满足主体功能区规划的要求。

### 3.1.2.2 与《四川省主体功能区规划》的符合性

2013 年 4 月，四川省人民政府以“川府发[2013]16 号”文正式印发了《四川省主体功能区规划》。该规划将四川省国土空间划分为重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。提出对重点生态功能区，要限制大规模高强度的工业化城镇化开发，但仍允许一定程度的能源和矿产资源开发。功能区规划提出在做好生态保护的前提下积极发展水电的总体要求，坚持生态优先、统筹考虑、适度开发的开发原则，水电能源规划在以金沙江、雅砻江、大渡河干流等“三江流域”为核心的地区建设水电基地。

旭龙水电站位于限制开发的重点生态功能区中的“川滇森林及生物多样性生态功能区”，该区的主体功能定位为：大熊猫、羚牛、金丝猴等重要珍稀生物的栖息地，国家乃至世界生物多样性保护重要区域，四川省重要的生物多样性、涵养水源、保持水土、维系生态平衡的主要区域，需重点保护原生森林、流域生态系统，加强造林绿化、小流域治理、矿山生态恢复、河流水生态恢复等生态工程。

旭龙水电站所在的金沙江上游河段在做好生态保护的前提下，积极进行水电开发，拟定合理的开发方案，切实做到生态优先、统筹考虑、适度开发的原则，水电为清洁能源，也是区域具有优势的资源，旭龙水电站建设对利用金沙江上游丰富的水能资源具有积极的意义。同时，旭龙水电站拟选择得荣县境内定曲河作为替代生境，进行栖息地保护，通过采取一系列恢复水系连通的措施，进行河流生态修复。因此，旭龙水电站建设与四川省主体功能区规划相符合。

### 3.1.2.3 与《云南省主体功能区规划》的符合性

2014 年 1 月，云南省人民政府以“云政发[2014]1 号”文正式印发了《云南省主体功能区规划》。旭龙水电站工程位于滇西北森林及生物多样性生态功能区，该功能区禁止对野生动植物进行滥捕滥采，保持并恢复野生动植物物种和种群的平衡，实现野生动植物资源的有效保护和永续利用。保护自然生态系统与重要物种栖息地，防止生态建设导致栖息环境的改变。在重要流域及湖泊，加强水域生态环境保护建设，开展水域生态修复，根据各种水生野生动物濒危程度和生物学

特性，加大渔业资源人工增殖放流力度。

旭龙水电站属于能源开发项目，虽然水库蓄水将淹没河谷区植被，但受影响植被以干热河谷稀树灌木草丛为主，作为区域“地带性”、“代表性”和“天然植被的顶级植物群落”的常绿阔叶林和针叶林主要分布于海拔 3000m 以上区域，该类型基本不受工程建设影响，作为区域生态环境质量的控制性组分未发生变化；同时工程在通过建设过鱼设施及鱼类增殖放流等措施，在一定程度上可使河流水生态得到一定程度的恢复。建设旭龙水电站不会影响区域主体功能定位，项目建设与云南省主体功能规划中的主体功能定位和管理要求总体相符。

#### 3.1.2.4 与《西藏自治区主体功能区规划》的符合性

2014 年 10 月，西藏自治区以“藏政发[2014]108 号”发布了《西藏自治区主体功能区规划》，旭龙水电站涉及西藏自治区昌都市属自治区层面藏东重点开发区域，该区域东连四川、北接青海、南与云南相通，是自治区连接川、滇、青的枢纽、商贸中心、有色金属基地、“西电东送”的接续能源基地和“三江”流域生态旅游区，逐步扩大以县城和建制镇为中心的人口与经济聚集规模，辐射带动藏东区域加快发展。

旭龙水电站涉及的芒康县属自治区层面重点生态功能区，为限制开发区域，该区域为昌都市北部河流上游水源涵养区，其功能定位及发展方向为：加强山地森林生态系统生物多样性保护和河谷地区水土保持及山地灾害预防，重点发展生态旅游业，适度发展特色生态农林业，加强重点开发区域的综合开发能力建设，为生态旅游发展提供环境保障。

旭龙水电站西藏部分位于库尾右岸，建设征地仅涉及西藏昌都芒康县索多西乡达海龙村，水库淹没土地总面积 17.74hm$^2$，水库淹没面积少，对所属区域生态功能基本没有影响。水库形成后，库区将成为高山峡谷一处独特的水域景观，为当地发展生态旅游提供了有利契机。因此，在切实做好生态环境保护的前提下，项目建设符合西藏自治区主体功能区规划的要求。

### 3.1.3 与生态功能区划的符合性分析

#### 3.1.3.1 与《全国生态功能区划（修编版）》的符合性

根据《全国生态功能区划（修编版）》，评价区涉及滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区、川西北水源涵养与生物多样性保护重要区、藏东南生物多样性保护重要区。其中滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区主要涉及评价区的云南省部分，川西北水源涵养与生物多样性保护重要区主要涉及评价区的四川省部分，藏东南生物多样性保护重要区主要涉及评价区的西藏芒康县。滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区、川西北水源涵养与生物多样性保护重要区生态保护定位均为生物多样性和水源涵养功能。藏东南生物多样性保护重要区生态保护定位为生物多样性保护功能。

旭龙水电站工程不涉及自然保护区、风景名胜区等特殊或重要生态敏感区，工程建设与水库淹没将对国家重点保护植物金荞麦、部分特有植物和重点保护动物个体造成一定不利影响，但工程将采取金荞麦迁地保护、野生动物救护站、野生动物生态廊道等保护措施，保护评价区生物多样性功能；同时工程在施工期间采取减少工程占地、严格控制施工范围、减少占用高生产力林地、保存施工区表土、临时用地及时复垦复绿等生态恢复措施，保障水源涵养功能的维持，可有效减缓因工程建设对生态系统服务功能带来的不利影响。因此本工程建设和所采取的环保措施总体符合《全国生态功能区划（修编版）》有关要求。

#### 3.1.3.2 与《四川省生态功能区划》的符合性

根据《四川省生态功能区划》，旭龙水电站属于金沙江上游林牧业与水源涵养生态功能区。该区主要的生态服务功能是牧业发展、水源涵养、土壤保持、沙漠化控制及生物多样性保护。该区生态保护与发展的方向是：保护森林和草原植被，保护生物多样性；巩固长江上游防护林建设、天然林保护和退耕还林成果，加强水土流失和山地灾害的治理；科学发展林业、牧业，加强草场基本建设，改良牧草，建立人工饲草基地，防止草场退化、沙化；规范和严格管理水电、矿产业。

旭龙水电站主体工程占地和水库蓄水淹没将对区域生态环境产生一定影响。从工程影响的陆生动植物种类来看，为仅在评价区分布的狭域分布种。旭龙水库

蓄水后，坝址区域抬升高度为 124m，坝址两侧山体高度多在 1000m 以上，水库建成后仍为“V”型河谷，不改变坝址附近高山峡谷景观类型，工程建设将落实环评报告书及批复提出的环保措施要求，严格环境管理、环境监理、环境监测、竣工环境保护验收，将规范和严格管理水电站建设。因此，旭龙水电站工程建设落实相关措施后，与四川省生态功能区划相协调。

### 3.1.3.3 与《云南省生态功能区划》的符合性

根据《云南省生态功能区划》，旭龙水电站评价区云南部分属于怒山、云岭高山峡谷生物多样性生态功能区。该区主要的生态服务功能是三江并流地区生物多样性和高山峡谷景观保护。该区生态保护与发展的方向是：保护三江并流的自然景观，削减矿业开发、水电建设和旅游业带来的环境污染和景观破坏。

旭龙水电站工程不涉及三江并流，工程调度运行在一定程度上缓解了上游梯级调蓄导致的水位变化幅度，使得下游水位日变化程度与天然过程基本接近，工程建设对三江并流自然遗产地水域景观基本不产生影响。电站建设过程与运行过程中产生的废污水全部处理达标后回用不外排，不会造成水域污染。因此，旭龙水电站工程建设采取相应的环境保护措施后，与云南省生态功能区划相协调。

### 3.1.3.4 与《西藏自治区生态功能区划》的符合性

根据《西藏自治区生态功能区划》，旭龙水电站属于“芒康滇金丝猴生物多样保护与特色农林产业和生态旅游业生态功能区”，其生态功能定位：以滇金丝猴为特色的生物多样性保护，农林特色产业与生态旅游业。该区的开发政策是加强自然保护区和亚高山森林生态系统的管护。通过亚高山森林生态系统的保护，为滇金丝猴、黑熊、小熊猫、猕猴、雪豹、金猫、豹猫、毛冠鹿、苏门羚、藏马鸡、岩羊等的繁衍栖息创造条件，加强自然保护区的建设和管理，保护好生物多样性资源。在河谷区热量条件好，通过灌溉设施的改善，干暖河谷的热量与生物资源可以得到进一步的开发，在开发的同时要加强水土保持功能生态建设。

旭龙水电站工程不涉及芒康滇金丝猴国家级自然保护，与《西藏自治区生态功能区划》的有关要求不冲突。

### 3.1.4 与《“十三五”生态环境保护规划》的协调性分析

（1）与国家《“十三五”生态环境保护规划》的协调性

国家《“十三五”生态环境保护规划》提出，要强化生态空间管控，全面落实主体功能区规划。强化主体功能区在国土空间开发保护中的基础作用，推动形成主体功能区布局。根据《全国主体功能区规划》的要求，旭龙水电站工程区位于“川滇森林及生物多样性生态功能区”，属于限制开发区的重点生态功能区。《“十三五”生态环境保护规划》提出，限制开发的重点生态功能区开发强度要得到有效控制，形成环境友好型的产业结构，保持并提高生态产品供给能力，增强生态系统服务功能。旭龙水电站项目属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修订）中的鼓励类项目，符合国家产业政策和能源发展规划。项目建设符合四川、云南、西藏三省区主体功能区划和生态功能区划。电站建设过程中，采取了过鱼、栖息地保护、水土保持和植被恢复等生态保护措施。电站建成后服务于国家“西电东送”战略，替代东部地区火电装机。从全局的角度看，为国家提供了清洁能源，具备一定生态系统服务的功能。因此，旭龙水电站建设符合国家《“十三五”生态环境保护规划》的要求。

**（2）与云南省、四川省环境保护十三五规划的协调性**

根据《云南省环境保护“十三五”规划纲要》（2016.11）关于水电提出如下要求：“落实《建设项目环境影响后评价管理办法》，对石化化工、水利水电、采掘等对环境有重大影响的行业项目组织开展后评价。”根据《四川省环境保护“十三五”规划纲要》，“金沙江流域开发的生态环境保护，注重出川断面水质维护，确保“一江清水永续”；加强金沙江干热河谷、川西高寒湿地等退化生态系统恢复示范；合理开发利用水资源，严控水电开发生态影响；加快发展清洁能源产业，强化水电、页岩气、风电、太阳能光伏发电等清洁能源开发的生态环境保护。”

金沙江旭龙水电站的建设，可以清洁的水电能源替代一部分火电，可使区域主要污染物排放总量减少。目前金沙江旭龙水电站区域由于社会经济相对落后，生态保护与建设投入不足，水电站建设后，可使地方政府财政收入增加，间接增加环境保护投入。针对工程建设带来的不利影响，环保措施提出施工废水处理回用，建立重点保护植物种质资源园，建设过鱼设施、鱼类增殖站、栖息地保护等措施。建设项目环评中计列了工程环境影响后评估的内容、开展时间及经费。综上，旭龙水电站工程的建设与云南省、四川省的环境保护规划是协调的。

### 3.1.5 与青藏高原区域生态建设与环境保护规划的符合性

旭龙水电站工程施工区涉及四川甘孜藏族自治州、云南迪庆藏族自治州，属于《青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011-2030 年)》川滇森林区森林及生物多样性生态功能区。该功能区重点保护区域丰富的生物多样性和珍稀野生动植物，继续实施天然林保护，巩固退耕还林成果，加强水土流失治理和地质灾害综合防治，加强河流两侧山体生态防护林建设，在保护生态的前提下合理有序开发水能资源。

该生态功能区存在的主要生态环境问题：目前区域生态系统有所退化，需要限制大范围高强度的工业化城镇化开发，以保持并提高生态产品供给能力。

该生态功能区的主要生态环境建设任务：需要加强生态保护与建设，恢复和提高水源涵养和生物多样性保护功能，继续强化天然林资源保护，巩固退耕还林成果，加强封山育林和扩大森林面积；加强水土流失治理，加强地质灾害防治；加强环境污染防治，加强流域水污染的治理、工业污染防治力度，继续实施主要污染物的总量控制制度，强化重点企业污染防治，重点防范流域重金属和化工污染，控制云南、四川和西藏交界处的矿产开发，冶金类工业污染，逐步控制农村面源污染，加大农村环境综合整治力度，加强农村环境污染防治，强化固体废物安全处置等；提高生态环境监管和科研能力；发展环境友好型产业，其中主要包括合理有序开发水能资源、加快传统农牧业生态转型，实施生态移民和传统能源的替代，促进生态旅游健康发展等工程任务。

旭龙水电站属于金沙江上游水电规划及规划环评推荐的环境可行梯级之一，属于青藏高原区域生态建设与环境保护规划中可以发展的环境友好型产业，工程符合流域和区域相关规划。旭龙水电站水库淹没、施工占地及移民安置过程将损坏或扰动部分植被和植物，对区域生态环境造成影响，但不会改变整个评价区生态系统的结构和稳定性。旭龙水电站建设过程中通过采取优化施工方案、生态恢复措施、动植物保护措施和水土保持措施等维持了区域生物多样性保护功能、恢复水源涵养、控制水土流失。

综上所述，旭龙水电站的建设符合青藏高原区域生态建设与环境保护规划的相关要求。

### 3.1.6 与长江流域综合规划的符合性分析

根据国务院批复的《长江流域综合规划（2012～2030 年）》，旭龙水电站位于金沙江上游河段 13 级开发方案中的第 12 个梯级，旭龙水电站开发方案已纳入长江流域综合规划，符合《长江流域综合规划》中关于水力发电规划的要求，电站开发任务主要以发电为主，并促进地区经济社会发展，符合《长江流域综合规划》的指导思想要求。

### 3.1.7 与长江经济带生态环境保护规划的符合性分析

2017 年 7 月，原环境保护部以环规财〔2017〕88 号文印发了《长江经济带生态环境保护规划》。规划提出，优先保障枯水期供水和生态水量，保障长江干支流 58 个主要控制节点生态基流占多年平均流量比例在 15%左右，其中干流在 20%以上。旭龙水电站坝下游金沙江干流控制节点包括奔子栏（234$m^3$/s）、石鼓（298$m^3$/s）。旭龙水电站在生态流量制定的过程中，充分落实规划要求，确定电站下泄生态流量过程，其中 3-7 月，按 280 $m^3$/s 下泄，8-9 月按 451 $m^3$/s 下泄，其余月份按 210 $m^3$/s 下泄，各时段生态流量均大于旭龙坝址断面多年平均流量的 20%对应的 198 $m^3$/s，不影响奔子栏、石鼓断面生态流量泄放要求。

报告书从金沙江上游流域的角度，提出协调梯级电站联合调度，加大枯期泄流，保障下游生态流量，不影响下游滇中引水工程运行。因此，从本工程建设符合长江经济带生态环境保护规划的目标和要求。

### 3.1.8 与水污染防治行动计划的符合性分析

2015 年4 月国务院以国发[2015]17号文发布了《水污染防治行动计划》。该计划以改善水环境质量为核心，按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”原则，贯彻“安全、清洁、健康”方针，强化源头控制，水陆统筹、河海兼顾，对江河湖海实施分流域、分区域、分阶段科学治理，系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理。坚持政府市场协同，注重改革创新；坚持全面依法推进，实行最严格环保制度；坚持落实各方责任，严格考核问责；坚持全民参与，推动节水洁水人人有责，形成“政府统领、企业施治、市场驱动、公众参与”的水污染防治新机制，实现环境效益、经济效益与社会效益多赢，为建设“蓝天常在、

青山常在、绿水常在”的美丽中国而奋斗。

旭龙水电站为生态型建设项目，工程所处金沙江上游为II类水域，施工期污废水禁止外排，本工程施工期及运行期针对污废水均制定了有效的治理措施，加强施工监管，能够确保工程建设不会导致区域水环境质量下降。因此，本工程建设符合水污染防治行动计划的目标和要求。

### 3.1.9 与水电规划及规划环评的符合性分析

（1）水电规划

根据国家发展改革委发改办能源[2012]2008 号文批复的《金沙江上游水电规划报告》，金沙江上游按“一库十三级”方案开发，即西绒—晒拉—果通—岗托—岩比—波罗—叶巴滩—拉哇—巴塘—苏洼龙—昌波—旭龙—奔子栏，同意岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙等 8 个电站为规划实施方案；同意岗托、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、旭龙等 6 个电站为近期工程。因此，旭龙水电站建设是符合河段水电开发规划的。

（2）规划环评

《金沙江上游水电规划环境影响报告书》（环审[2011]243 号）审查意见提出了以下要求：同意岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙 8 级实施方案；同意岗托、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、旭龙等 6 个电站为近期工程；在方案实施过程中，应切实落实各项生态环境保护对策措施，统筹干支流水电开发与生态环境保护的关系，进一步完善生态流量、生态监测和生物多样性保护等对策措施，落实环境保护相关要求；对流域生态环境监测结果适时进行环境影响跟踪评价，进一步完善生态环境保护对策措施；加强对受水电开发项目影响的生态环境现状调查，重点评价项目实施产生的生态、社会等影响，深入评价对生态环境敏感区的影响方式、范围、历时和程度，切实落实过鱼设施，鱼类增殖放流、生态流量等保护措施。

旭龙水电站项目环评，充分考虑了金沙江上游规划环评及审查意见对旭龙水电站的相关要求，体现了规划环评与建设项目环评的联动性。在水环境保护方面，采取了初期蓄水期间生态流量保障措施，运行期下游用水保障措施；运行期水质保护措施包括库周污染源控制和库底卫生清理，水环境科学研究等。在水生生态保护方面，提出鱼类栖息地保护、增殖放流、过鱼设施、生态调度和加强渔政管

理等措施。在陆生生态保护方面，制定严格管理措施，根据干热河谷立地条件，选用乡土树种，分区制定修复措施，建立金荞麦种质资源园和生态廊道。

## 3.1.10 与生态保护红线的符合性分析

### 3.1.10.1 与《云南省生态保护红线》的符合性

根据《云南省人民政府关于发布云南省生态保护红线的通知》（云政发【2018】32 号），云南省生态保护红线面积 11.84 万 $km^2$，占全省国土面积的 30.9%。

为确认旭龙水电站与生态保护红线的关系，建设单位向云南省生态环境厅、迪庆州生态环境局提供了旭龙水电站云南区域建设征地控制点坐标（2000 国家大地坐标系）共 769 个，包括水电站云南区域淹没区、淹没影响区、枢纽工程建设区永久征地和临时征地。经云南省迪庆州生态环境局确认，水电站建设征地范围不涉及云南省生态保护红线，确认函详见附件 6。

旭龙水电站与云南省生态保护红线的关系见附图 11。

### 3.1.10.2 与《四川省生态保护红线》的符合性

根据《四川省人民政府关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发【2018】24 号），四川省生态保护红线面积 14.8 万 $km^2$，占全省国土面积的 30.45%。

为确认旭龙水电站与生态保护红线的关系，建设单位向四川省生态环境厅提供了旭龙水电站四川区域淹没影响区控制点坐标（2000 国家大地坐标系、下同）共 167 个，弃渣场四川区域控制点坐标共 44 个，其他工程建设征地控制点坐标共 174 个，旭龙水电站移民点控制点坐标共 37 个。经四川省生态环境厅确认，水电站建设征地范围不涉及四川省生态保护红线，确认函详见附件 7。

旭龙水电站与四川省生态保护红线的关系见附图 11。

### 3.1.10.3 与《西藏自治区生态保护红线》的符合性

目前，西藏自治区还未正式发布生态保护红线方案。根据《西藏自治区生态保护红线划定方案》（报批稿），西藏自治区生态保护红线面积 53.88 万 $km^2$，占自治区国土面积的 44.8%。

为满足工作需要，西藏自治区生态环境厅同意将建设单位提供的旭龙水电站

西藏区域建设征地控制点坐标 42 个（全部为淹没区），先按自治区上报国家审核的《西藏自治区生态保护红线划定方案（报批稿）》进行确认（藏环办生态函 2019【71】号）。核对结果显示旭龙水电站建设征地范围不涉及生态保护红线。确认函详见附件 5。

旭龙水电站与西藏自治区生态保护红线的关系见附图 11。

## 3.2工程方案环境合理性分析

### 3.2.1 坝址选择的环境合理性分析

可行性研究阶段对电站上、下两个坝址进行了比选，两坝址相距约 1.2km。下坝址左岸位于四川省得荣县徐龙乡，右岸位于云南省德钦县羊拉乡。上坝址位于下坝址上游约 1.2km 处，河道天然落差 10m，河势较顺直，局部稍有弯曲。两个坝址均不涉及环境敏感区，环境影响基本相近，但两个坝址在地质条件上稍有差异。

旭龙水电站上、下坝址方案对环境的共同影响主要表现为：工程实施对水环境、生态环境的影响，水库淹没与移民对环境的影响，工程施工对施工区水环境、声环境、环境空气的影响。经比较，上、下坝址方案在水环境、生态、淹没与移民方面影响差别不大。下坝址方案发电量较多，对社会经济的有利影响略大于上坝址方案；下坝址方案在施工环境等方面的影响要小于上坝址方案，环保投资小于上坝址方案。

总体来说，两方案对环境的影响性质相同，影响程度差异不显著，两者均不存在重大环境制约因素，从环境角度分析，两坝址建设均可行。从工程建设对施工区影响程度分析，下坝址方案略优于上坝址方案。

### 3.2.2 正常蓄水位选择的环境合理性分析

可研阶段拟定旭龙水电站正常蓄水位的比选范围为 2300m～2306m 之间，对 2300m、2302m、2304m、2306m 四个正常蓄水位方案进行综合分析比较。

从水库淹没指标分析，各比较方案淹没指标随着正常蓄水位抬高而增大，但淹没指标增加量不大。库区淹没范围内没有城集镇、宗教寺庙、大型的基建设施等，不存在因淹没问题而产生的制约因素。由于四个正常蓄水位方案的淹没移民

数量相对都较少，通过对淹没涉及 4 个县的环境容量调查和分析，移民基本都能得到妥善安置。四个正常蓄水位方案的主要淹没实物指标量差别较小，相应的补偿投资差距也较小，其中低水位方案补偿投资费用较优，但两相邻水位方案间的投资补偿费用增幅较小。从建设征地移民安置角度，四个正常蓄水位方案差别较小，不会对正常蓄水位方案选择产生制约影响。

从对生态环境的影响分析，旭龙水电站库区支流丹达曲的回水长度不超过 2.6km，对西藏芒康滇金丝猴自然保护区没有影响；正常蓄水位水位越高，对生态完整性、鱼类影响相对略大；各方案建库后总体水质变化情况不大，随着正常蓄水位的抬高，库区流水河段长度逐渐减小；各方案施工对环境的影响差别不大。正常蓄水位 2302m 及以下方案均可，项目实施均不存在重大环境制约因素。工程推荐正常蓄水位 2302m 方案是合理的。

## 3.2.3 施工规划的环境合理性分析

### 3.2.3.1 料场选址环境合理性分析

本工程所需混凝土骨料 445.8 万 $m^3$，除利用地下厂房及导流洞开挖料共计 130 万 $m^3$外，其余 315.8 万 $m^3$从徐龙料场开采。本工程料源优先考虑利用工程开挖料，较大程度地减少了料场开采对原有地貌和原生植被的破坏与扰动。

徐龙料场位于坝址上游左岸，距坝址直线距离 0.6km。经调查，徐龙人工骨料不涉及水源保护区、自然保护区、风景名胜区、居民点等环境敏感区，占地区域植被主要为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛，属于评价范围内广泛分布种类，植被覆盖度低，约为 30%，无珍稀保护植物分布，石料场周边 500m 无居民分布。料场开采存在石渣下江风险，主体工程在料场开采过程中采取了改善爆破开挖方式、增设围挡、经常性清运等措施，可有效预防和减缓石渣下江风险。

综上所述，规划的徐龙料场不涉及重大环境制约因素，料场布置也尽量靠近砂石加工系统，最大限度地减少砂石料运输产生的不利影响。因此，从环境保护角度分析，本工程料场布置基本合理。

### 3.2.3.2 渣场选址环境合理性分析

本工程共设置左岸上游 1#存弃渣场、右岸上游 1#弃渣场、右岸上游 2#弃渣场、茂顶河弃渣场共计 4 处弃渣场，其选址环境合理性分析如下：

**（1）茂顶河弃渣场**

茂顶河弃渣场位于旭龙水电站坝址下游右岸约 5km 处的茂顶河主沟沟口处，最大堆渣高度约 210m，弃渣量达 1249.25 万 m³（自然方），占旭龙水电站工程弃渣总量约 82%，属特大型沟道永久弃渣场。

该弃渣场占地不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物分布区，植被覆盖率 5%，占用植被生物量影响小，后期将通过植被恢复措施减缓影响。弃渣场周边无公共设施、工业企业等基础设施，渣场上游拦渣坝附近茂顶村少量民房，以及渣场下游茂顶河沟口右侧的斯木顶居民点，均位于征地红线内，工程施工期间搬迁；位于茂顶河弃渣场左岸上方的茂达水村居民点，与拦渣坝直线距离 242m、高差 100m，工程弃渣活动将对茂达水村带来不利影响，采取环境保护措施后不利影响得以减缓。为保证弃渣稳定和施工安全，主体工程开展了泥石流沟防治设计，将该沟道的泥石流活动控制在工程可控范围内。依据水土保持方案，在沿弃渣场坡面，设置截排水沟，并在弃渣完成后对，回覆前期剥离的表土，进行绿化。

从环境保护角度分析，在主体工程采取相应的防护措施后，茂顶河弃渣场选址是基本合理的。




图 3.2-1　茂顶河弃渣场

**（2）坝址上游存弃渣场**

坝址上游共有左岸上游 1#存弃渣场、右岸上游 1#弃渣场、右岸上游 2#弃渣

场 3 处弃渣场。占地面积分别为 13.8hm²、8.2hm²、3.3hm²，弃渣场容量分别为 110 万 m³、120 万 m³、20 万 m³，蓄水前均为坡地型弃渣场，蓄水后位于水库死水位以下。

据实地勘察，各个弃渣场占地均不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物分布区。3 处弃渣场除右岸上游 2#弃渣场占用农田植被外，其余 2 处弃渣场占用的植被类型以小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲为主，无珍稀保护植物分布，不会影响生物多样性。弃渣场虽涉及金沙江河道，但渣场防护标准均为 50 年一遇，堆渣区域高程高于河道 50 年一遇设计洪水位，不会影响河道行洪安全。

从环境保护角度分析，在采取相应的防护措施前提下，上述 3 处弃渣场选址是基本合理的。

### 3.2.3.3 施工场地布置环境合理性分析

**（1）施工工厂**

旭龙水电站所在河段为高原峡谷地貌，两岸岸坡陡峻，用地非常紧张。工程施工布置时充分考虑利用有限土地资源，尽量少占耕地。

施工工厂主要包括大坝综合加工厂、金结拼装厂和电站综合加工厂等，占地类型均为临时占地。占用植被类型为小叶荆+白刺花灌丛，人为干扰严重，植被稀疏，后期通过植被恢复可减少植物生物量损失。施工期间，工程实施封闭管理，周边 200m 范围内无居民点。

综上所述，从环境保护角度，工程施工工厂布置合理。

**（2）施工供水系统**

施工水厂规模为 3.1 万 m³/d，布置于茂顶河上游金沙江右岸岸坡坡麓，上距坝址约 2.5km，平面上呈带状，顺江长约 250m，宽 37～55m ，占地面积 $1.3\times10^4m^2$，地面设计标高 2287m。主要负责整个施工区的生产及生活用水。

施工水厂占地区植被盖度小于 50%，以小鞍叶羊蹄甲灌丛和小叶荆灌丛为主，无重点保护植物，不会影响植物多样性。施工水厂取水口布置在砂石料加工系统上游约 300m 处，现场调查取水口附近无污染源，布置基本合理。

**（3）施工营地及业主营地选址**

根据施工布置，工程施工期设 3 处施工营地、1 处现场建设管理营地。其中

1#施工营地位于坝址上游 5.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m～2220m，占地面积 1.2hm²。2#施工营地位于坝址下游 1.7km 处，场地高程 2175m，占地面积 1.5hm²。3#施工营地位于 2#路靠江侧，在坝址下游 3.7km 处，场地高程 2165m，占地面积 3.4hm²。

1#施工营地占地类型为建筑用地，主要为当地居民房屋庭院，未见典型植物群落，常见植物种类有蒲公英、戟叶酸模等；2#施工营地主要植被类型为清香木灌丛，常见植物种类有皱叶醉鱼草、西南仙人掌。3#施工营地主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。所占区域为人工植被，主要为种植青稞和玉米的农田。现场建设管理营地主要植被为人工种植的核桃、李、蒲公英。营地占用植被无重点保护和珍稀濒危植物，不会影响生物多样性。从环境保护角度分析，在对营地场址区采取布设挡墙、疏排地表水、清坡等措施予以处理后，各营地选址相对合理。

**（4）场内交通布置**

旭龙水电站工程采用道路连接各工作面，为减少道路总长，同时亦为缩短运距，将高程相近的工作面划分为一层，同一层工作面用一条道路连接，临近层间道路相互连接，各工作面以此方式构成网络。同时在满足行车要求的前提下，提高每层道路的纵坡，用最短距离连接相邻层，以达到道路总长最短的目的。

枢纽工程场内永久和临时干支线交通工程 18 条、跨江桥梁 5 座（徐龙大桥、徐龙冲沟桥、上游 1#索道桥、上游 2#索道桥及下游索道桥）。场内交通永久道路长度 32.61km，临时道路 14.44km，其中桥梁 0.85km，隧道 13.21km，桥梁隧洞长度占场内交通路总长度约 35.8%，减少了对地表植被的破坏，有利于保护生态环境。

从场内交通占地区植被类型来看，除 14#施工道路附近分布有 1 丛金荞麦，后期将采取迁地保护措施外，其余场内施工道路植物均为评价范围常见的植物，植被覆盖率低。

从环境保护角度分析，场内交通布置相对合理。

**（5）加油站和炸药库布置**

1）加油站

本工程设有 1 处加油站，加油站及油库位于右岸下游，上距坝址约 2.3km，属五级加油站。场址平面上呈近长方形，占地面积 0.5hm²，其中，加油站占地面

积 0.2hm²，油库占地面积 0.3hm²，地面设计标高 2170～2180m。

根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，五级加油站与居住区及公共建筑物的距离不得小于 50m。本工程加油站周围无其他居民点或施工营地，符合石油库设计规范要求。加油站与附近金沙江距离最近约 100m，高差约 50m，且有右岸 2#公路相隔，减少了事故情况下油料泄漏大量进入金沙江的可能。加油站占用植被类型为灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛，为评价范围广泛分布的植被类型，临时占用植被后期可通过植物措施进行恢复。

从环境保护角度分析，在对场地区的基础加固后，加油站及油库布置相对合理。

2）炸药库

根据工程建设要求及地形限制，旭龙工程区共建 2 个炸药库房，分别在左、右岸设置一个，其存炸药储备规模分别为 140 吨、100 吨，为洞室式炸药库。

左岸炸药库布置在徐龙冲沟附近上部较为平缓坡地，炸药库场地高程 2355m～2375m，炸药库距左岸徐龙冲沟大桥（施工期临时桥梁）约 80m、距下游钢索桥约 660m、距左岸导流洞出口 660m、距金沙金江最小直线距离约 670m。炸药库所占植被主要为西南仙人掌灌丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、清香木。

右岸炸药库位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约 2.2km，场地高程 2430m，占地面积 0.3hm²。右岸炸药库距 4#拦渣坝附近村庄约 1150m，距茂顶河弃渣场 1000m，距金沙金江最小直线距离约 1.5km，炸药库所占植被主要为垫状卷柏灌草丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、灰岩木蓝等。

从环境保护角度分析，2 处炸药库选址相对合理。

## 3.3工程环境影响因素分析

### 3.3.1 工程施工

#### 3.3.1.1 水环境影响源

旭龙水电站工程施工期对水环境的影响源主要为生产废水和生活污水。其中生产废水包括砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统废水、施工机械冲洗废水、

洞室废水、基坑排水等。

**（1）砂石加工系统废水**

根据施工布置，工程施工共布设 2 个砂石料加工系统。其中，洒茂顶砂石加工系统设计处理能力为 1000t/h，成品料生产能力为 780t/h。低线砂石加工系统设计处理能力为 480t/h，成品料生产能力为 400t/h。根据施工组织设计，两处砂石加工系统用水量分别约为 850m³/h 和 460m³/h，其产生的废水量按用水量的 80%计算，则砂石系统产生的废水量分别为 680m³/h 和 368m³/h，均为两班制生产。

砂石骨料经过筛分后进行冲洗，废水中主要含颗粒细小的石粉，悬浮物浓度较高。根据本工程砂石料料源特征以及其他工程的实测结果，SS 浓度在 100000mg/L 左右。工程设计遵循“三同时”原则，环境保护专业对砂石料加工系统废水进行集中收集处理，并回用于本系统。

废水经处理后均回用于本系统，考虑砂石料自身带走以及渗漏、蒸发等因素损耗 20%，废水处理系统渗漏蒸发 20%。砂石料加工系统用水计算过程详见表 3.3-1，砂石料加工系统水量平衡见图 3.3-1 和图 3.3-2。

表 3.3-1　砂石料加工系统用水计算表

| 砂石料加工系统名称 | 设计成品料处理能力 | 设计用水量 | 产生废水量 | 加工系统蒸发耗散 | 废水处理蒸发耗散 | 回用水量 | 需补充水量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | （t/h） | （m³/h） | （m³/h） | （m³/h） | （m³/h） | （m³/h） | （m³/h） |
| 洒茂顶砂石加工系统 | 780 | 850 | 680 | 170 | 136 | 544 | 306 |
| 低线砂石加工系统 | 400 | 460 | 368 | 92 | 74 | 294 | 166 |

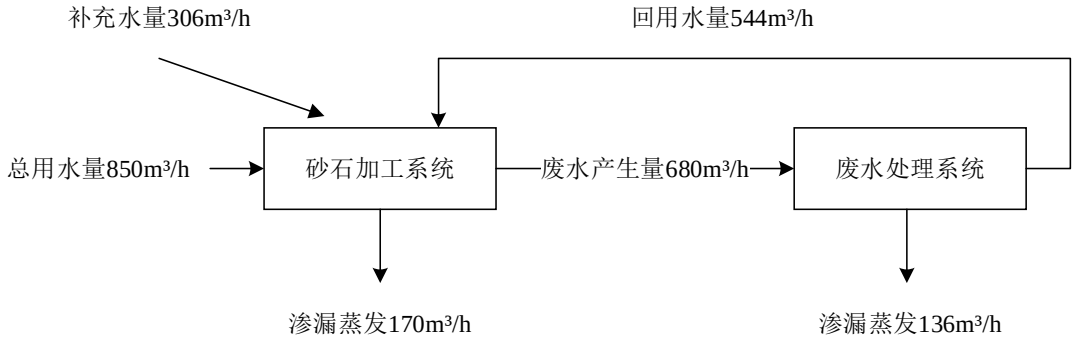



图 3.3-1　洒茂顶砂石加工系统水量平衡图

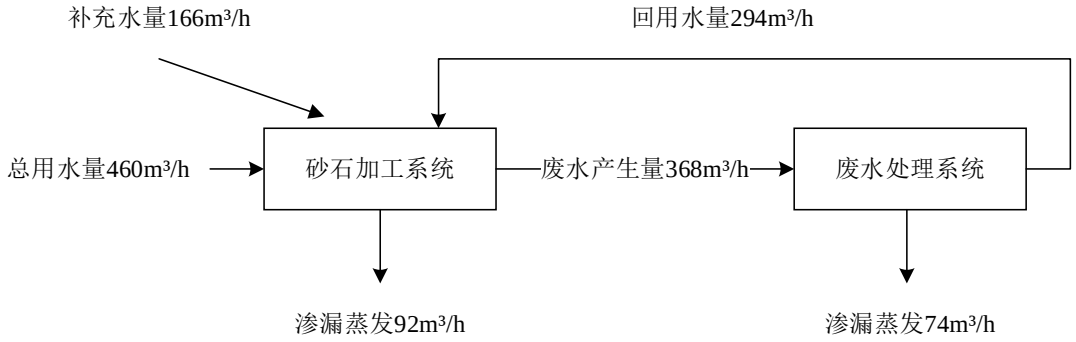



图 3.3-2　低线砂石加工系统水量平衡图

**（2）混凝土拌和系统碱性冲洗废水**

混凝土系统废水主要来源于混凝土转筒、料罐、搅拌机及地面冲洗废水，废水呈碱性，排放方式为间歇式。废水量主要决定于拌和楼的规模和数量。废水pH一般大于10，并含有较多悬浮物，其浓度为5000mg/L左右。

本工程混凝土生产系统主要为右岸高混凝土生产系统和右岸低混凝土生产系统，混凝土拌和系统均为三班制生产。高混凝土系统配置二座4×3m³自落式拌和楼，其常态混凝土总生产能力480m³/h，可满足10.0万m³/月的常态混凝土生产需要。预冷混凝土总生产能力300m³/h，可满足10.0万m³/月的预冷混凝土生产需要。

低混凝土系统配置一座4×3.0m³自落式拌和楼，常态混凝土生产能力240m³/h，可满足5.3万m³/月的常态混凝土生产需要。预冷混凝土总生产能力180m³/h，可满足4.6万m³/月的预冷混凝土生产需要。混凝土系统冲洗废水主要在对拌和系统进行清洗过程中产生的，高混凝土系统和低混凝土系统产生的废水量分别为96m³/d和48m³/d。

**（3）机械冲洗维修废水**

根据施工规划，机械修配厂位于右岸，坝址下游约1.0km，场地高程2180m，建筑面积0.25hm²，占地面积约1.2hm²。汽车维修保养停放厂设置于右岸上游沿江阶地，距离坝址约4.5km，建筑面积0.18hm²，占地面积约1.2hm²。高峰期需各类施工机械合计约369台，汽车约95辆，按照施工车辆每4天保养冲洗一次、施工机械每周保养一次，平均冲洗废水以0.6m³/台•次计算，本工程机械修配厂

和汽车维修保养停放厂因冲洗保养所有机械产生的含油废水约分别为 32m³ /d 和 15m³ /d。机械车辆的保养、修理过程中会有含石油类的污水产生。废水中主要污染物有悬浮物和石油类，浓度分别为 500～4000mg/L 和 10～30mg/L。

车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥均属《国家危险废物名录》（2018 年新版）所列危险废物，须单独收集处理。

**（4）生活污水**

生活污水主要来源于 3 个施工营地和现场建设管理营地。生活污水中主要污染物来源于排泄物、食物残渣、洗涤剂等，根据其它工程经验，生活污水污染物指标：COD 浓度一般为 400mg/L，$BOD_5$ 浓度在 200mg/L 左右，$NH_3$-N 浓度一般为 35mg/L。

根据施工规划，参照《城市居民生活用水量标准》(GB/T50331-2002)和《水电水利工程施工压缩空气、供水、供电系统设计导则》(DL/T5124-2001)中第四类第五区用水量标准，施工人员生活用水量取 120L/人•d。废水产生量为用水量的 80%。

各施工生活区生活污水产生情况见表 3.3-2。

**表 3.3-2　各施工生活区生活污水产生量统计表**

| 污染源位置 | 高峰人数<br>(人) | 高峰日用水量<br>（m³/d） | 高峰日污水量<br>（m³/d） |
|---|---|---|---|
| 1#施工营地 | 967 | 116 | 93 |
| 2#施工营地 | 1208 | 145 | 116 |
| 3#施工营地 | 2740 | 329 | 263 |
| 现场建设管理营地 | 350 | 42 | 34 |
| 合计 | 5265 | 632 | 505 |

**（5）基坑排水**

工程基坑排水包括初期排水和经常性排水。基坑初期排水包括围堰闭气后基坑积水、基础和堰体渗水等。本工程基坑抽水时下游水位约为 2144.76m，按此水位计算基坑积水约 26.5 万 m³。初期排水总量用 2 倍基坑积水估算。按 6 天排干计算，基坑水位平均下降速度 1.0m/天，初期排水强度约 3680m³/h。基坑经常性排水包括降水、基础和围堰渗水、施工弃水等，根据坝址水文气象资料，坝址

区最大日降水量为 62.2mm，按一天排干计算，最大排水强度约为 2000m³/h。

初期排水水质与河流水质基本相似，经常性排水包括降水、基础和围堰渗水、施工弃水等，污染物主要是 SS，其浓度约为 500mg/L。基坑排水若不经处理直接排放，将对施工江段水质产生不利影响。

（6）洞室废水

本工程隧洞施工时产生的废水一般包括开挖和钻孔产生的泥浆水，隧洞爆破后用于降尘的水，喷锚、支护材料注浆药液，机械设备运转的冷却用水和清洗用水。一般情况下，施工时地下涌水会携带隧洞施工废水形成隧洞排水，通过洞内导排设施后，最终从隧洞进出口及其支洞口处排出。根据旭龙工程建设区地勘结果，区内岩层属微透水层，地下水一般为裂隙水，地下水水位较低（多在 2190m 以下），局部小股涌水 1~2L/min，洞室废水不易排出。但隧洞施工如穿越可溶岩地层等不良地质单元时涌水量较大。

类比其他类似工程隧洞施工废水水质监测成果，隧洞施工废水在施工初期、中期和末期的水质差别较大，隧洞施工废水污染因子及其含量主要为 SS、石油类、氨氮、COD 及少量爆破残留物。

#### 3.3.1.2 声环境影响源

旭龙水电站工程施工期间噪声主要来源于：固定、连续式的钻孔和施工机械设备产生的噪声；短时、定时的爆破噪声；运输车辆产生的移动噪声。

**（1）施工机械及辅助企业噪声**

1）砂石料加工系统

砂石加工系统生产工序包括粗碎、中碎、细碎、制沙、筛分、洗泥生产。砂石料加工系统为连续点声源，参照类似工程砂石加工设备噪声实测资料，所有设备同时运行声源叠加后作为砂石加工厂的源强，本工程砂石料加工系统 1m 处噪声值在在 95～115dB（A）之间。

经调查，洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统附近 200m 范围内无敏感点分布。

2）混凝土拌和系统

混凝土拌和系统主要机械设备包括混凝土拌和楼、圆筒振动筛、螺旋洗砂机、空压机等。混凝土拌和系统噪声源主要来自于混凝土拌和楼的拌和作业，骨料的

制冷系统、冲洗、脱水、运输过程中都将产生噪声污染。混凝土生产系统为连续点声源，参照类似工程混凝土生产设备噪声实测资料，所有设备同时运行声源叠加后作为混凝土生产系统噪声的源强，1m 处声强级约为 90～110dB(A)。

经调查，右岸高混凝土生产系统和右岸低混凝土生产系统附近 200m 范围内无敏感点分布。

3）施工工厂

旭龙水电站施工工厂施工区机械加工厂有小型预制板厂、钢管厂、木材加工厂、钢筋加工厂等，噪声监测成果见表 3.3-3。施工工厂作业期间噪声在 55～95dB（A）之间。

根据施工规划，各施工工厂附近 200m 范围内无敏感点分布。

**表 3.3-3　施工工厂工厂噪声实测值**

| 施工区域 | 噪声源 | 测试点位置 | 噪声级 dB（A） |
|---|---|---|---|
| 机械加工厂 | 小型预制板厂 | 厂外 1m，1min | 55～65 |
| | 钢管厂 | 正门外 1m，1min | 78～95 |
| | 木材加工厂 | 距主声源 10m，10s | 88～89 |
| | 钢筋加工厂 | 距主声源 10m，10s | 90～91 |

4）弃渣场

弃渣场噪声主要来自弃土场区的机械作业噪声以及运输车辆交通噪声。弃渣场作业期间，噪声一般在 85～95dB（A）之间。

经调查，茂达水村距茂顶河弃渣场渣顶直线距离约 242m，弃渣场堆渣过程中机械噪声可能对茂达水村造成不利影响。

**（2）交通噪声**

本工程的交通噪声主要来源于车辆运输。交通噪声属于流动声源，其源强大小与车流量、车速以及路况等因素有关。施工区主要来往车辆为载重量 10t～20t 级自卸汽车，以大型车为主，公路设计时速为 20 或 30km/h，交通运输噪声在 85～94dB（A）之间。

**（3）爆破噪声**

本工程的爆破噪声主要来源于坝基开挖及隧洞施工爆破、石料场开采爆破。爆破噪声与爆破方式、单响装药量等有关。爆破噪声具有间歇性，相对于连续作业的固定声源和流动声源，其影响时间段短。类比其它工程露天爆破实测资料，爆破噪声值一般在 90～140dB(A)之间。施工爆破噪声源强较大、影响范围广。

### 3.3.1.3 环境空气影响源

旭龙水电站施工期对环境空气质量产生影响的污染源主要有燃油机械设备、炸药爆破作业、砂石加工系统、交通运输系统、施工作业面等，排放的主要污染物为粉尘、废气和扬尘。

**（1）机械燃油废气**

施工废气主要产生于各类施工机械燃油，主要的污染物为 $NO_2$ 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。根据《环境保护使用数据手册》，柴油发动机大气污染物排放系数 $NO_x$ 为 21.9g/L，CO 为 33.3g/L。根据美国国家环保局推荐使用的计算道路尾气扩散的法规模型中提供的 $NO_x$ 和 $NO_2$ 的转换系数，$NO_x$ 和 $NO_2$ 的转换系数取 0.075。旭龙水电站施工期间油料用量为 16.8 万 t，产生 $NO_2$ 328t， CO 6657t。

**（2）爆破及边坡开挖粉尘、废气**

炸药爆破时会产生粉尘和 $NO_2$ 等污染物，污染源主要集中在导流洞爆破施工、坝基开挖和石料厂开采爆破施工部分。爆破属于瞬间源，其粉尘、废气的影响范围主要集中在爆破源附近。

在未采取防尘措施前提下，类比三峡工程坝基开挖露天爆破实测资料，坝基开挖爆破粉尘的排放系数为 200kg/t 炸药，$NO_2$ 的排放系数为 15.27kg/t 炸药，CO 的排放系数为 41.75kg/t 炸药。旭龙水电站施工期间炸药用量为 1.19 万 t，施工爆破及开挖产生产生粉尘总量 2380t，$NO_2$ 总量 182t，CO 总量 497t。

**（3）砂石加工系统粉尘**

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分的运输过程中均会产生粉尘污染。工程共规划 2 处砂石加工系统，分别为洒茂顶砂石加工系统，生产能力为 780t/h。低线砂石加工系统，生产能力为 400t/h。

根据《三废处理工程技术手册(废气卷)》，砂石料加工系统湿法生产系统粉尘排放强度为 0.05kg/t 产品，洒茂顶砂石加工系统粉尘排放强度为 39kg/h，低线砂石加工系统粉尘排放强度为 20kg/h。在生产过程中采取定时洒水降尘措施后，颗粒物的去除量可达 94%，飘散的粉尘量较少，可控制在 6%以下，则洒茂顶砂石加工系统粉尘排放强度为 2.34kg/h，低线砂石加工系统粉尘排放强度为 1.2kg/h。粉尘排放速率见下表。

表 3.3-4　施工作业面粉尘排放速率一览表

| 石料加工系统 | 占地面积 ($hm^2$) | 生产能力 (t/h) | 粉尘产生量(kg/h) | 粉尘排放速率 (mg/s·m²) | 粉尘可控排放量(kg/h) | 粉尘可控排放速率 (mg/s·m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 洒茂顶砂石加工系统 | 11.1 | 780 | 39 | 0.0976 | 2.34 | 0.0059 |
| 低线砂石加工系统 | 5 | 400 | 20 | 0.1111 | 1.2 | 0.0067 |

**（4）交通扬尘**

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶。根据有关资料，施工过程中车辆行驶产生的扬尘约占施工总扬尘量的 60%以上。车辆行驶产生的扬尘，在完全干燥的情况下可按下列经验公式计算：

$$Q = 0.123(V/5)(W/6.8)^{0.85}(P/0.5)^{0.75}$$

（式 3.3-1）

其中：*Q*——汽车行驶的扬尘，kg/km.辆；

*V*——汽车速度，km/h；

*W*——汽车载重量，t；

*P*——道路表面粉尘量，kg/m²。

表 3.3-5 为一辆 30t 的汽车通过不能清洁程度路面，不同行驶速度下的路面扬尘量。由此可见，在同样的路面清洁程度下，车速越快，扬尘越大；在同样的车速条件下，路面越脏，扬尘越大。因此，限速行驶和保持路面清洁是减少汽车扬尘的有效手段。

表 3.3-5　　不同车速和地面清洁程度下的汽车扬尘量　单位：kg/km·辆

| P / V | 0.1（kg/m²） | 0.2（kg/m²） | 0.3（kg/m²） | 0.4（kg/m²） | 0.5（kg/m²） | 1.0（kg/m²） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5（km/h） | 0.1299 | 0.2185 | 0.2961 | 0.3674 | 0.4343 | 0.7305 |
| 10（km/h） | 0.2598 | 0.4369 | 0.5922 | 0.7348 | 0.8687 | 1.4609 |
| 20（km/h） | 0.5196 | 0.8738 | 1.1844 | 1.4696 | 1.7373 | 2.9219 |
| 30（km/h） | 0.7794 | 1.3108 | 1.7766 | 2.2044 | 2.6060 | 4.3828 |

各路段粉尘排放速率见表 3.3-6。根据施工规划，茂达水村距离 6#公路水平距离 113m，高差 95m，。张仁村距 13#公路水平距离 260m，垂直高差 216m。其余施工道路两侧 500m 范围内无其他敏感目标。

表 3.3-6　　各路段扬尘可控排放速率一览表

| 施工道路 | 路面材料 | 路面\路基宽度（m） | 最大年运输量（万 t） | 单向高峰行车密度(辆/h) | | 设计行车速度（km/h） | 扬尘排放量(kg/km·h) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 昼 | 夜 | | 昼 | 夜 |
| 6#公路 | 混凝土 | 8.0/9.0 | 951.22 | 70 | 35 | 30 | 30.40 | 15.59 |
| 13#公路 | 混凝土 | 7.5/8.5 | 68.71 | 10 | 5 | 30 | 7.79 | 3.90 |
| 进场公路 | 沥青混凝土 | 6.5/7.5 | | 20 | 10 | 30 | 15.59 | 7.79 |

**（5）施工作业面扬尘**

施工作业面扬尘主要产生于裸露地面如渣场、开挖面等，在干燥的天气情况下，特别在大风时容易产生扬尘。粉尘产生量与施工方法、作业面大小、施工机械、施工方法、天气状况及洒水频率等有关。根据相关文献，本工程施工作业面扬尘排放量参照建筑工地施工粉尘排放速率为 $19.44\times10^{-5}kg/s.m^2$，采取降尘措施后粉尘可控排放速率为 $1.17\times10^{-5}kg/s.m^2$。

### 3.3.1.4 固体废物

施工区固体废弃物主要包括生活垃圾、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾等。

**（1）生活垃圾**

1）生活垃圾成分及特性

生活垃圾成分受生活水平、生活习惯和能源结构等因素的影响，水电站施工区生活垃圾成分有其自身的特点。生活垃圾以厨余为主，此外草木、塑料包装袋、纸类、砖渣相对含量较高。施工营地废弃的铅蓄电池、镉镍电池，废电路板等危险废物属《国家危险废物名录》（2018 年新版）所列内容，须单独处理，不得与普通生活垃圾混合收集。

2）生活垃圾产生量

施工期间，施工区高峰人数约 5265 人，工程总工期为 98 个月，按照每人每天产生 0.6kg 垃圾计算，则施工期日均垃圾产生量 3.2t，工程施工期共产生生活垃圾约 9287t。

**（2）建筑垃圾和辅助企业生产垃圾**

建筑垃圾主要是工程弃渣、临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块等。建筑垃圾除部分回收利用外，其它如不妥善处置，会对周围环境产生环境污染。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废弃物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材等。

#### 3.3.1.5 社会环境

施工期间对社会环境的影响主要来源于工程建设对人力、材料等资源的需求，工程资金的投入，基础设施的建设以及施工占地等方面。具体体现在工程建设需要的大量人力，一定程度上可解决当地人员就业问题；需要大量的物资，将成为当地经济强有力的推动力，刺激当地经济的发展；工程巨大资金的投入对区域经济发展有巨大推动作用；施工占地可在短时间内影响农业经济的增长，施工期间大量工程物资的运输对当地交通造成一定的压力，但这部分影响只是暂时的。

### 3.3.2 工程建设征地

截至目前，工程建设征地涉及的 3 省区可行性研究阶段建设征地迁移人口安置规划大纲已有初步成果。本报告中移民相关成果来源于以 2020 年 3 月已审定的西藏自治区移民安置规划大纲和四川、云南已有成果。

旭龙水电站建设征地区影响土地总面积 2178.94hm²，其中，枢纽工程建设区占地 559.88hm²，水库淹没及影响区占地 1619.07hm²。按占地类型划分，占耕地 34.86hm²，园地 46.30hm²，林地 922.46 hm²，草地 150.23 hm²，交通运输用地 30.14hm²，住宅用地 21.74hm²，水域及水利设施用地 724.21hm²，其它土地 248.83hm²。具体见表 3.3-7。

（1）枢纽工程占地对环境的影响

根据统计，旭龙水电站枢纽工程建设区总占地面积 559.88hm²，其中永久占地区 409.60hm²，临时用地区 150.27hm²。按占地类型分，耕地 6.72hm²，园地 18.15hm²，林地 360.93hm²，草地 59.64hm²，交通运输用地 15.01hm²，水域水利设施 14.49hm²，其它用地 76.02hm²。

工程永久占地中占用林地面积 247.67hm²，占总占地面积的 44.24%，将对工程所在地生态环境带来一定的影响。工程施工破坏地表植被，降低林地生物量和生产力，增加水土流失，并迫使生活在占地区域的动物迁移。临时占用林地部分在施工结束后可恢复其原有生境。

永久占地中，耕园地总占地面积 22.49hm$^2$，占总占地面积的 4.02%，对区域土地利用及农业经济影响不明显。临时占地 150.27hm$^2$，占总占地面积的 26.84%。临时占地在施工结束后可恢复其原有土地利用性质。

（2）水库淹没及影响区占地对环境的影响

旭龙水电站水库淹没及影响区占地会引起评价区各土地利用类型面积的变化，其中以林地和草地面积淹没损失最大，其余依次为园地、耕地、交通用地、住宅用地等。

水库淹没及影响区林地共计 51.53hm$^2$，淹没范围内的植被将遭到破坏，造成一定量的植物生物量损失，局部区域陆生生态系统的完整性可能在一定程度上受到影响；在淹没区栖息的野生动物将被迫迁移，其栖息地面积环境将受到压缩，其中爬行类和两栖类的动物的影响相对明显。

水库淹没及影响的耕园地总计 56.29hm$^2$，占淹没及影响区总面积的 3.47%。因耕园地受影响比例不大，对区域农业经济影响不明显。

**表 3.3-7　　旭龙水电站建设征地土地类型统计总表**

| 序号 | 地类 | 单位 | 合计 | 水库淹没区 | 水库影响区 | 枢纽工程建设区 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 小计 | 永久 | 临时 |
| 一 | 总面积 | | 2178.94 | 1586.96 | 32.11 | 559.88 | 409.60 | 150.27 |
| 1 | 耕地 | hm$^2$ | 34.86 | 25.09 | 3.05 | 6.72 | 5.81 | 0.90 |
| 2 | 园地 | hm$^2$ | 46.30 | 27.19 | 0.96 | 18.15 | 16.68 | 1.47 |
| 3 | 林地 | hm$^2$ | 922.46 | 547.04 | 14.49 | 360.93 | 247.67 | 113.27 |
| 4 | 其他草地 | hm$^2$ | 150.23 | 88.20 | 2.38 | 59.64 | 46.52 | 13.12 |
| 5 | 住宅用地 | hm$^2$ | 21.74 | 12.79 | 0.05 | 8.90 | 6.43 | 2.47 |
| 6 | 公共管理与公共服务用地 | hm$^2$ | 0.01 | 0.06 | 0.17 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| 7 | 特殊用地 | hm$^2$ | 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 交通运输用地 | hm$^2$ | 30.14 | 149.99 | 0.68 | 15.01 | 11.65 | 3.37 |
| 9 | 采矿用地 | hm$^2$ | 0.10 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 水域及水利设施用地 | hm$^2$ | 724.21 | 707.56 | 2.17 | 14.49 | 10.71 | 3.78 |
| 11 | 其他土地 | hm$^2$ | 248.83 | 163.99 | 8.82 | 76.02 | 64.13 | 11.89 |

## 3.3.3 移民安置

### 3.3.3.1 水环境影响源

移民安置区工程建设对水环境产生的影响主要来自居民点的生活污水和交通工程复建过程产生的施工废水。

旭龙水电站工程规划搬迁安置人口 1660 人，其中进入集中居民点人口 1146 人均为农村人口。根据四川以及云南两移民安置规划大纲，农村移民集中安置点居民用水分均为 130L/人·d 计算，污水排放量取用水量的 80%，则生活污水排放量为 119.18t/d（云南 29.33t/d、四川 89.85t/d）；生活污水中的主要污染物为 COD、$BOD_5$、氨氮和 SS，其排放的浓度分别为：300mg/L、150mg/L、35mg/L、200 mg/L。农村移民安置中分散后靠安置的移民生活污水量较小且分散，对水环境影响很小。集中安置点生活污水量相对较大且集中，如不经处理直接排放，将影响周边水体水质。

旭龙水电站专业项目复建对水环境产生影响的污染源主要来自交通工程。桥梁的涉水桥墩建设一般采用围堰施工，若防护不当将产生废渣、悬浮物等污染物，对金沙江水体造成不利影响。另外桥梁及复建道路施工过程中的砂石料冲洗、混凝土拌和等会产生一定数量的废水，施工机械冲洗将产生含油废水，上述污水若不经处理直接排放会造成附近水体的污染。施工期，施工人员生活产生的生活污水直接排放也将对水环境产生不利影响。

### 3.3.3.2 生态环境影响源

移民安置期生态环境影响源主要是生产开发、安置点建设、专项设施复建过程中的占地、开挖、场地平整等。

**（1）生产开发**

本工程规划生产安置人口 1386 人，农业安置 864 人，自主安置 67 人，复合安置 282 人，逐年补偿安置 173 人。旭龙水电站农村生产安置人口需筹措并开发整理出耕园地 1560 亩用于生产安置。通过实施土地开发整理，可以有效调整现有土地结构，增加耕园地面积，提高土地利用率和农业产出率，满足移民对生产安置用地的要求。但生产开发过程中将一定程度扰动地表植被，提高土壤侵蚀模

数。

**（2）安置点建设**

本工程移民搬迁安置拟建设两处农村集中安置点，分别为四川得绒桐安置点，人口规模 864 人；云南斯木顶安置点，人口规模 300 人（旭龙水电站移民 282 人，原有居民 18 人），西藏地区不涉及人口。移民迁建过程中的开挖、回填、占地等将损毁植被，造成该区域陆生植物减少，并对陆生动物的栖息地产生一定影响。集中安置点建设过程中，遵循“三同时”原则，环境保护及水土保持措施与主体同时设计、施工，尽量避免造成较大环境影响和水土流失。

**（3）专项设施处理**

旭龙水电站建设征地区复建等级公路总长度 12.05km，均为三级，复（改）建汽车便道 12.7km。根据影响情况，拟在木拥原址附近复建 1 座跨江大桥长 330m，在鱼波、莫丁大桥原址分别建 1 座人行索桥，拟在坝址下游新建一座跨金沙江大桥（旭龙大桥）。淹没影响的德钦县羊拉登大桥不再复建，采取适当补偿，西藏部分段的羊拉登大桥复建 160m。斯木顶集中安置点规划改建对外连接路为四级公路长度 1.3km，得绒桐安置点规划新建四级公路长 7.5km。建设征地涉及 110kV 输电线 17.60km、10kV 输电线 55.78km，变压器 10 台。

专项设施处理将会减少复建区域的植被数量，降低植被覆盖率，对植被有一定的影响；由于道路开挖的边坡坡度较大，主体工程对边坡采取措施，禁止工程弃渣若乱堆乱放，尽量减少新增水土流失，从而减小对区域的环境的影响。

### 3.3.3.3 噪声源

移民安置对声环境产生的影响主要来自于移民安置建设期机械设备和运输车辆运行等产生的噪声，噪声排放方式均为间歇性排放，声源较大的机械设备声级约在 84~90dB（A）。其影响主要发生在集中安置点、桥梁复建区等。

### 3.3.3.4 环境空气影响源

环境空气影响主要发生在集中安置区建设、桥梁复建等施工强度较高的区域。施工过程中的爆破、运输与工程机械设备施工活动会产生一定量的废气和粉尘，可能会对施工人员和周边的原居民带来一定的影响。集中安置区建设施工活

动中使用的主要机械设备和汽车大多以汽油或柴油为燃料，在这些机械设备的运行中，将会排放 $NO_2$、$SO_2$ 等污染物质。

#### 3.3.3.5 固体废物

移民安置区域固体废物对环境的影响主要来自于集中安置点生活垃圾对环境的影响。安置点生活垃圾产生量按 1kg/d·人计算，生活垃圾产生量 1.12t/d，其中四川省 0.86t/d，云南省 0.30t/d。

由于垃圾组成十分复杂，所含的化学元素很多，主要以碳、氢、氧、氮为主，此外还有少量的有毒有害物质。如果垃圾无固定堆放场所，又不进行必要的处理，如遇大雨，垃圾将会被冲入水体，不仅会对水体水质产生一定影响，还会对安置区的生活条件和环境卫生产生不良影响，从而为蚊蝇的孳生提供了条件，有可能引起传染性疾病的流行。

### 3.3.4 工程运行

**（1）社会环境**

旭龙水电站装机容量 2400MW，设计年平均发电量 103.19 亿 kW·h，按替代相同规模的火电测算，相当于每年可节约标准煤 295 万 t，减排二氧化碳 735 万 t、二氧化硫 22.1 万 t 和氮氧化物 11.1 万 t，节能减排效益显著。

旭龙水电站是金沙江水电基地的重要组成部分，是“西电东送”的重要电源点，其建设可以满足国民经济发展对能源的需求。工程建设有利于促进金沙江上游梯级的整体开发，推动西藏自治区和四川省、云南省藏区经济社会跨越式发展，推进全面建成小康社会进程，为实现“两个一百年”奋斗目标作出贡献。

旭龙库区涉及云南省迪庆藏族自治州德钦县、四川省甘孜藏族自治州巴塘县和得荣县、西藏自治区的芒康县。库周居民为多民族组成，以藏族为主。工程兴建对库区淹没和移民安置对少数民族宗教与文化都会产生影响。

**（2）水文情势**

1）初期蓄水

根据施工进度安排，旭龙水电站从第 8 年 11 月初高导流隧洞下闸，打通旁通洞与高导流隧洞之间的洞壁，调试弧门和启闭设施，第 8 年 11 月下旬，旁通洞内弧门具备下闸条件。第 8 年 11 月下旬开启旁通洞进口平板门，低导流隧洞

下闸，由旁通洞泄流向下游供水，待水位上升至中孔满足向下游 210$m^3$/s 要求时，旁通洞内弧门下闸，导流隧洞堵头施工，由中孔向下游供水。第 9 年 4 月底导流隧洞堵头施工完成。第 9 年 5 月初水库开始蓄水。

旭龙水电站初期蓄水期间需考虑下游生态环境用水要求。水库蓄水后将使库区江段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势发生变化。

2）调度运行

旭龙水电站日运行方式为：电站主要承担基荷和腰荷，根据电力系统需求进行适度调峰运行，并满足最小下泄流量 210$m^3$/s 的要求，水库水位在正常蓄水位 2302m 至死水位 2294m 之间波动，丰水时期尽量维持在高水位运行。

旭龙水电站为日调节性能，评价河段涉及的鱼类主要以粘沉性卵鱼类为主，同时坝下游 180km 分布有塔城镇其宗村中华金沙鳅产卵需求。产粘沉性卵鱼类繁殖期需要相对稳定的水文过程，因此，在不同水期，需结合江段鱼类产卵孵化时间，对水位变幅提出不同的要求。

**（3）水环境**

1）水温

旭龙水库为过渡型水库。受上游梯级联合运行带来的入库流量和水温变化的影响，联合运行库区水温结构较单独运行会发生一定的变化；与坝址天然水温相比，旭龙水电站在联合运行时，在某些季节会出现下泄低温水和高温水效应。

2）水库水质

水库蓄水后，回水区域内水体容积增加，稀释作用加强，但流速减缓不利于水体充氧和有机物扩散迁移。

污染源现状调查表明，库周工程所处江段基本无工业污染源分布，农业生产方式相对落后，农业面源污染不大。旭龙搬迁安置以安置区集中建房为主，安置点建设采取相应的生活污水处理措施，库周生活污水处理及综合利用率将得到一定程度提高。电站管理区生活污水处理继续使用施工期成套污水处理设备及回用设施，均不外排。

旭龙水电站为日调节水库，综上所述，运行期库区及坝下水质、富营养化变化不会明显，由于库区江段执行Ⅱ类水标准，蓄水初期及运行期仍需加强水环境保护。

3）坝下水质

水库初期蓄水阶段，坝址处下泄的流量有较大的减少，初期蓄水期下泄流量按照满足下游生态用水要求泄放生态流量，下泄水量减少对坝址下游的水质将有一定的影响。运行期枯水期下泄流量增加，对坝下水质有一定改善作用。

4）电站生活污水

水电站运行期职工人数约 350 人，估算生活污水产生量为 33.6$m^3$/d，生活垃圾产生 0.21t/d；对于生活污水主体工程设计中已考虑采用成套设备进行处理，达标后用于绿化用水。

运行期，为避免水轮发电机组漏油对河流水体水质的污染，需采取环保措施并加强管理。

**（4）地下水**

金沙江为评价区地表水、地下水的最低排泄基准面。区内河谷深切，岸坡陡峻，岩体透水性总体较差，地下水主要来源于大气降水补给，通过裂隙网络向金沙江运移和排泄。库区及施工区居民，没有地下水取水需求。工程主要地下工程包括导流洞以及基坑、地下厂房工程，工程施工对地下水位将产生一定影响。运行期需预测水库蓄水对库区地下水流场形态的影响，是否会改变库区地下水补给、运移及排泄的总体规律等。

**（5）生态**

1）陆生生态

旭龙水电站运行后，水库淹没造成区域植被损失，对评价区自然体系、景观多样性指数产生影响，水库淹没前后自然植被的景观优势度将会发生轻微变化。

建库后，岸边、河谷地带现有的野生动物生境将被淹没，将使得陆生动物的栖息地相对缩小。工程蓄水后，部分动物的通道或被切断，由于原分布区被部分破坏，导致这些动物的生活区向上迁移，而以低海拔动物为食的动物又会受到如食物分布等的间接影响。

2）水生生态

旭龙水电站建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，水文情势将发生较大的变化。水库库尾接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域呈现湖泊水动力学特征，水库中间河段间于河流段和湖泊段，属于过渡段。水文情势的变化将对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物带来影响。电站建成运行后，部分季节低温水下泄以及大坝泄洪产生的气体过饱和对鱼类生境也将

产生一定影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各水生生物种群将受到不同程度的影响。

**（6）局地气候**

旭龙水电站建库后改变了原有下垫面的性质，由于水库长度长、面积大，对于整个库区及周边地区的局地气候将产生一定的影响。

水库建成后水面面积增大，增加了库面水汽蒸发，将改变空气湿润度，增加降水量；水面增宽，接受太阳辐射的能量增多，水温提高进而加热空气，使一年最低气温提高。而蒸发量的增大又使气温下降，一年中的最高气温将有所降低。需预测局地气候变化对金沙江干热河谷气候特征的影响程度和范围。

## 3.4环境影响识别及评价因子筛选

### 3.4.1 环境影响识别

（1）环境评价系统识别

根据旭龙水电站的建设和运行特点，结合工程影响区域环境影响因子的重要性和可能受影响的程度，对本工程的环境影响因子进行识别，识别方法采用矩阵法。本工程影响的主要环境要素为：

自然环境系统：水文情势、水环境（水温、水质）、局地气候、生态、环境空气、声环境、固体废弃物、土地资源、土壤环境等；

社会环境系统：社会经济，少数民族文化与宗教，移民安置。

（2）影响性质识别

有利影响：旭龙水电站建成后，可提供大量清洁电能，有利于推动四川省、云南省藏区经济社会跨越式发展，带动民族地区经济发展和社会稳定。水库蓄水后水面扩大，蒸发量加大，增加空气湿度，可改善库区干热河谷小气候，有利于库区生态与环境的改善。水库淹没区经济基础薄弱，人民生活水平较低，电站兴建后，通过搬迁和实行开发性移民政策等，可改善基础设施，带动相关产业的发展。工程的经济效益、社会效益和环境效益显著。

不利影响：水库蓄水后，由于水文情势的变化以及大坝的阻隔，对金沙江上游鱼类资源产生一定不利影响；工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声等，对

周围环境产生污染；建库后水流变缓，将使库区河段水体稀释自净能力降低，对近岸水域水质产生一定不利影响。水库淹没对耕地资源将产生不可逆影响。移民安置对环境也将产生一定影响。

不可逆影响：水库淹没、工程永久占地将造成土地资源的永久损失，为不可逆影响；

可逆影响：移民安置对环境的影响可采取措施予以减缓，为可逆影响。

长期影响：工程建设对社会经济、库区水质、生态产生长期影响。

短期影响：工程施工对水质、环境空气、声环境、固体废物的影响为短期影响。

（3）影响程度识别

工程对各环境因子的影响程度见表 3.4-1。

表 3.4-1　旭龙水电站环境影响识别表

| 环境要素 | | 因子 | 工程施工 | | | | | 淹没、占地 | | 移民安置 | | 工程运行 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 主体工程施工 | 施工辅助企业生产运行 | 施工人员日常生活 | 料场开采、施工弃渣 | 施工交通运输 | 水库淹没和永久占地 | 临时占地 | 移民安置 | 复建工程 | 水库初期蓄水 | 运行 |
| 水文情势 | | 水文 | | | | | | | | | | ±1L | ±1L |
| | | 泥沙 | | | | | | | | | | ±1L | +1L |
| 水环境 | | 水温 | | | | | | | | | | | -1L |
| | | 水质 | -2R | -1R | -2R | | | | | -2R | -3R | | ±1R |
| 生态 | 生态完整性 | | -2R | | | -3R | -2R | -1L | -3R | -3R | | | |
| | 陆生生态 | 陆生植物 | -3R | | | -3R | -2R | -1R | -3R | -3R | -3R | | |
| | | 陆生动物 | -2R | | | -3R | -3R | -2R | -3R | -3R | -3R | | |
| | 水生生态 | 水生植物 | -3R | -3R | -3R | | | ±2R | | | | ±2R | ±2R |
| | | 浮游动物 | -3R | -3R | -3R | | | ±2R | | | | ±2R | ±2R |
| | | 底栖动物 | -3R | -3R | -3R | | | ±3R | | | | ±2R | ±2R |
| | | 鱼类 | -3R | -3R | -3R | | | -1R | | | | -1R | -1R |
| 环境空气 | | TSP | -2R | -3R | | -2R | -2R | | | -3R | -3R | | |
| | | $No_2$ | -2R | | | -2R | -2R | | | -3R | -3R | | |
| 声环境 | | | -2R | -2R | | -2R | -2R | | | -2R | -3R | | |
| 固体废弃物 | | 工程弃渣 | -1R | | | -1R | -3R | | | -2R | -2R | | |
| | | 生活垃圾 | | | -2R | | | | | -2R | | | |
| 局地气候 | | 降水 | | | | | | | | | | | ±2L |

| 环境要素 | 因子 | 工程施工 | | | | | 淹没、占地 | | 移民安置 | | 工程运行 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 主体工程施工 | 施工辅助企业生产运行 | 施工人员日常生活 | 料场开采、施工弃渣 | 施工交通运输 | 水库淹没和永久占地 | 临时占地 | 移民安置 | 复建工程 | 水库初期蓄水 | 运行 |
| | 气温 | | | | | | | | | | | ±2L |
| | 风速 | | | | | | | | | | | ＋2L |
| | 湿度 | | | | | | | | | | | ＋2L |
| 环境地质 | 诱发地震 | | | | | | | | | | | -3R |
| | 库岸稳定 | | | | | | | | | | | -3R |
| | 水库渗漏 | | | | | | | | | | | -3R |
| 土地资源 | | -3L | -3R | | -3R | -3R | -1L | -3R | -2L | -3L | | |

注：（1）+、－分别表示有利和不利影响；（2）1、2、3 表示影响的程度为大、中、小；（3）R、L 分别表示可逆和不可逆影响。

## 3.4.2 评价因子筛选

结合旭龙水电站工程特性、区域环境背景情况、以及环境保护相关要求，确定本工程评价因子并进行筛选，详见表 3.4-2。

**表 3.4-2　旭龙水电站环境影响评价因子汇总表**

| 环境要素 | 评价时段 | | 评价因子 |
|---|---|---|---|
| 地表水环境 | 现状评价 | | 水文：流量、水位 |
| | | | 泥沙：含沙量、输沙量 |
| | | | 水温：水温、沿程增温率 |
| | | | 水质：反应河流水质情况的基本指标 |
| | 预测评价 | 施工期 | 水文：流量 |
| | | | 水质：废水流量、pH、SS、COD 等 |
| | | 运行期 | 水文：沿程水文情势变化 |
| | | | 泥沙：水库泥沙淤积量 |
| | | | 水温：库区水温结构与分布、下泄水温、沿程水温 |
| | | | 溶解性气体过饱和 |
| | | | 水质： COD、氨氮、TP、TN 等 |
| 地下水环境 | 现状评价 | | 地下水赋存条件、水位、径流补排条件 |
| | 预测评价 | 施工期 | 施工隧洞、地下厂房周边水位变化情况 |
| | | 运行期 | 库区地下水补给、运移及排泄总体规律 |
| 声环境 | 现状评价 | | 昼间与夜间等效连续 A 声级（Leq） |
| | 预测评价 | 施工期 | 噪声源强与衰减量、环境敏感对象等效连续 A 声级（Leq） |
| 环境空气 | 现状评价 | | TSP、$PM_{10}$、$NO_2$、$SO_2$ 等 |
| | 预测评价 | 施工期 | 颗粒物 |
| 固体废物 | 预测评价 | 施工期 | 生活垃圾产生量 |
| 生态环境 | 现状评价 | | 自然条件：地形地貌、气候气象 |
| | | | 陆生生态：植被类型、珍稀动植物及其重要栖息生境、景观生态体系 |
| | | | 水生生态：水生生境、饵料生物、鱼类及其“三场” |
| | 预测评价 | 施工期 | 陆生生态：施工占地区植被类型与面积、珍稀动植物及其重要栖息生境 |
| | | | 水生生态：水生生境、饵料生物、鱼类资源 |
| | | 运行期 | 陆生生态：植被类型与覆盖度、珍稀动植物及其重要栖息生境、景观生态体系 |
| | | | 水生生态：水生生境、饵料生物、鱼类及其“三场” |
| 社会环境 | 现状评价 | | 人口、经济、水资源、土地资源、交通等基础设施、民俗文化与宗教设施、旅游资源、文化教育等 |
| | 预测评价 | 施工期 | 土地利用、交通状况、民俗文化与宗教设施 |
| | | 运行期 | 水资源、土地资源民俗文化与宗教设施，集中安置点运行期生活污水、生活垃圾排放环境影响 |
| 移民安置 | 现状评价 | | 安置点所在区域水环境、生态环境、环境空气、声环境等现状 |
| | 预测评 | 施工期 | 集中安置点及专项设施建设施工环境影响 |

| 环境要素 | 评价时段 | | 评价因子 |
|---|---|---|---|
| | 价 | 运行期 | 集中安置点运行期生活污水、生活垃圾排放环境影响 |
| | 现状评价 | | pH、有机质、水溶性盐等 |
| | 预测评价 | 施工期 | 碱性废水、含油废水排放环境影响 |
| | | 运行期 | 水库蓄水影响 |
| 环境风险 | 施工期 | | 油库事故风险、爆破事故风险、施工危险品运输事故风险、河流水质污染风险 |
| | 运行期 | | 羊拉铜矿调节池、外来物种入侵风险 |

## 3.4.3 评价重点

根据评价因子筛选结果，结合环境敏感对象及环境保护目标，拟定旭龙水电站环境影响评价重点内容，详见表 3.4-3。

**表 3.4-3 旭龙水电站环境影响评价重点内容一览表**

| 环境要素 | | 评价重点内容 |
|---|---|---|
| 水环境影响 | 施工期 | 导流洞封堵及水库初期蓄水对下游水文情势的影响 |
| | 运行期 | 电站日调节运行对下游水文情势的影响 |
| | | 运行期对库区坝前垂向水温及下泄水温的影响;泄洪产生的溶解性气体过饱和影响 |
| 生态环境影响 | 施工期 | 工程施工对陆生植物、植被的影响 |
| | 运行期 | 生态系统、水库淹没及工程占地对植被、陆生生物多样性及景观生态的影响 |
| | | 大坝阻隔和水文特征改变对鱼类及其重要生境的影响 |
| | | 电站运行下泄水温变化及气体过饱和对鱼类的影响 |
| 施工环境影响 | 施工期 | 工程施工产生的废水、废气、噪声、固体废物对周边环境产生的影响 |
| 环境风险分析 | | 水环境和生态风险 |

## 3.5小结

旭龙水电站为非污染类生态影响建设项目，根据项目施工、运行、移民安置等工程特点，结合区域环境现状，工程分析结论如下：

**工程方案。**金沙江上游是我国规划开发的重要水电基地，是“西电东送”战略的重要组成部分。旭龙水电站列为“十三五”规划积极推进项目，属于国家重点推进的西南地区大型水电站，符合国家产业政策和能源发展规划的相关要求。旭龙水电站为一等大（1）型工程，建设方案符合《长江流域综合规划（2012～2030

年）》《金沙江上游水电规划报告》及规划环境影响评价相关要求。

旭龙水电站在规划设计各阶段，对坝址、坝型、正常蓄水位、施工布置、交通运输等均做了多方案优化和比选，充分考虑了环境影响，工程在环境保护方面无重大环境制约因素，工程建设环境合理可行。

**工程施工。**施工期工程开挖、弃渣、占地、“三废”及噪声排放等施工活动，将扰动原地貌、损坏土地和植被，带来水质、噪声、大气等污染，对施工区生态环境产生一定影响。

**工程运行。**工程运行期间，库区与坝下水文、泥沙、水生生境等将发生明显变化，对工程江段生态系统及陆生、水生动植物及其生境产生影响。

**移民安置。**移民安置与专项设施复建主要对区域的自然生态、生产及生活水平等带来一定影响，集中安置移民的生活污水排放和生活垃圾可能污染周围环境。

**表 3.5-1　旭龙水电站环境影响源分析表**

| 活动时期 | 环境要素 | 影响源及源强 | 主要污染物及浓度、影响 | 影响对象 |
|---|---|---|---|---|
| 施工期 | 地表水环境 | 砂石骨料加工废水，共 2 处，高峰期废水量约 1048$m^3$/h。 | SS: 100000mg/L | 临近区域地表水质 |
| | | 混凝土拌和系统冲洗废水，集中 2 处，高峰期废水量约 144$m^3$/d。 | SS:5000mg/L；pH:≥10 | |
| | | 施工生活污水，共 4 处，污水总量约 505$m^3$/d。 | COD:400mg/L； | |
| | | | $BOD_5$:200mg/L； | |
| | | | SS：200mg/L | |
| | | | $NH_3$-N：35 mg/L | |
| | | 机修系统含油污水总量约 47$m^3$/d，共 2 处。 | 悬浮物:500～4000mg/L | |
| | | | 石油类：10～30mg/L | |
| | | 基坑排水及洞室排水。基坑初期排水强度为 3680$m^3$/h，经常性排水强度约 2000$m^3$/h。 | 经常性排水含 SS 约 500mg/L | 临近区域地表水质 |
| 施工期 | 地下水环境 | 两条导流洞总长度约 2.76km；施工交通隧洞长约 13.2km | 地下洞室开挖可能对开挖区及周边地下水流场、水位、水量等产生影响。洞室爆破产生生产废水 | 洞室开挖区及周边地下水量 |
| | 环境空气 | 爆破粉尘：炸药总用量 1.19 万 t。 | TSP、CO、NOx 等 | 周围环境空气 |
| | | 砂石骨料加工：成品料高峰生产能力为 1410t/h，共 2 处 | TSP | |
| | | 施工作业面扬尘 | TSP：19.44×$10^{-5}$kg/s.$m^2$ | |

| 活动时期 | 环境要素 | 影响源及源强 | 主要污染物及浓度、影响 | 影响对象 |
|---|---|---|---|---|
| | | 交通扬尘：施工营地沿线交通干线高峰期车流量 39 辆/h | TSP、CO、NOx | |
| | 声环境 | 砂石骨料加工系统噪声：成品料高峰生产能力为 1410t/h。 | 1m 处声强级约为 95~115dB(A) | 周围声环境 |
| | | 交通噪声 | 约 85 ～94 dB(A) | |
| | | 混凝土拌和系统噪声 | 90～110dB(A) | |
| | | 施工工厂：机械加工厂、钢筋加工厂等 | 55～95dB(A) | |
| | | 爆破噪声：炸药总用量 1.19 万 t | 90~140dB(A)，瞬时间断噪声 | |
| 施工期 | 固体废弃物 | 工程弃渣 1449.95 万 $m^3$(松方)，渣场占地 79.7$hm^2$。 | 产生弃渣 1449.95$m^3$，产生水土流失 | 生态环境 |
| | | 施工生活区：施工高峰人数 5265 人，施工期产生 3.2t/d 的生活垃圾 | 生活垃圾及臭气带来蚊虫和细菌。 | 景观等 |
| | | 建筑垃圾及施工辅助企业产生垃圾 | 砖瓦、混凝土块、弃土、废旧钢材、油桶、包装袋、木材等。 | |
| | 生态环境 | 枢纽工程施工占地：永久占地 409.60$hm^2$，临时占地 150.27$hm^2$。 | 占压和扰动地表面积，损坏植被 | 工区及其周边生态系统 |
| | | 水库淹没占地：1586.96$hm^2$ | 淹没植被 | |
| | | 工程开挖：弃渣 1449.95 万 $m^3$(松方)。 | | |
| | 社会环境 | 工程建设资金投入 | 促进地方经济发展与就业 | 地方经济 |
| 运行期 | 地表水环境 | 水库正常蓄水位以下库容 7.81 亿 $m^3$，调节库容 1.26 亿 $m^3$，具有日调节性能；水库面积 16.51$km^2$，干流回水长度 62.36km | 库区及坝下水文与泥沙情势 | 水文及泥沙情势 |
| | | 水库调蓄，低温水 | 库区水温结构变化及低温水下泄影响 | 坝下河道水温及水生生态 |
| | | 泄洪时坝下气体过饱和 | 遭遇 5 年一遇以上洪水时泄洪，通过 3 个表孔、4 个中孔泄洪 | 坝下河段水生生态，特别是鱼类 |
| | | 电站职工 350 人，生活污水日产生量约 33.6$m^3$/d | $BOD_5$：200mg/L | 临近区域地表水质 |
| | | | COD：400mg/L | |
| | 地下水环境 | 水库渗漏与浸没 | 水库蓄水后可能造成库周地下水上升 | 库周区域地下水位 |

| 活动时期 | 环境要素 | 影响源及源强 | 主要污染物及浓度、影响 | 影响对象 |
|---|---|---|---|---|
| | 声环境 | 机电设备运行 | 80dB(A) | 场界达标，影响对象位于厂内 |
| | 固体废弃物 | 电厂职工 350 人，生活垃圾日产生量约 0.21t/d | 垃圾及臭气带来蚊虫和细菌 | 景观 |
| | 生态环境 | 初期蓄水，下游水文情势变化 | 影响下游生态环境用水 | 下游河道用水 |
| | | 工程永久占地和水库淹没总面积 1996.56hm$^2$，其中耕地 30.90hm$^2$，草地 134.72hm$^2$，林地 794.71hm$^2$ | 淹没陆生植被，影响部分陆生动植物个体及其生境；土地资源减少，改变土地利用结构与生产水平 | 生态环境与土地利用 |
| | | 水库蓄水，大坝阻隔 | 影响鱼类迁徙，改变原有流水生境 | 工程河段鱼类资源 |
| | 移民安置 | 农村移民集中安置点生活污水：四川安置点约 89.85m$^3$/d，云南安置点约 29.33m$^3$/d | COD：400mg/L、$BOD_5$：200mg/L、$NH_3$-N：35 mg/L 如不处理随意排放，对安置区周边水体产生不利影响 | 安置区附近地表水体 |
| | | 农村移民集中安置点生活垃圾：四川安置点约 0.86t/d，云南安置点约 0.30t/d | 垃圾及臭气带来蚊虫和细菌 | 安置区及周边环境 |
| | 其它 | 泄洪雾化 | 遭遇 5 年一遇以上洪水时泄洪，通过 3 个表孔、4 个中孔泄洪 | 坝下边坡稳定 |

# 4 环境现状

## 4.1流域环境概况

金沙江位于我国青藏高原、云贵高原和四川盆地的西部边缘，跨越青海、西藏、四川、云南、贵州五省（区）。流域面积约 47.32 万 $km^2$，占长江流域总面积的 27.8%；河流全长约 3500km，为长江全长的 55.5%；落差约 5100m，占长江干流落差的 95%。旭龙水电站位于金沙江干流上游河段。

金沙江流域内资源丰富，特别是水能资源最为丰富，巴塘河口至石鼓为金沙江上段，区间流域面积 7.65 万 $km^2$，河段长 984km，河道平均比降 1.75‰，干流水能蕴藏量约 13060MW；石鼓至攀枝花为金沙江中段，区间流域面积 4.5 万 $km^2$，河段长约 564km，河道平均比降为 1.48 ‰，干流水能蕴藏量为 13220MW；攀枝花至宜宾为金沙江下段，区间流域面积 21.4 万 $km^2$，河段长 783km，河道平均比降 0.93‰，干流水能蕴藏量为 29080MW。

金沙江上游地区位于青藏高原东南部，地势由西北向东南倾斜，一般山岭海拔 4500～5500m，河谷深切，呈现高原－高山峡谷地貌景观。气温北低南高，降水量北多南少，气候受地形高差及纬度影响显著，海拔 3800～4200m 以上为亚寒带气候，海拔 2500m 以下河谷地带具有亚热带气候特征。暴雨中心位于石鼓以下，呈多中心分散状。

金沙江上游河段因海拔较高，人口分布少，社会经济落后，基本无工业企业，故河段水体污染源简单，污染负荷低，主要是生活污染源和地表径流带来的面污染源。据水环境现状监测，规划河段水质总体状况良好，但受雨季水土流失和地表径流影响，巴塘河河口～四川省石渠县真达乡河段丰、枯水期总磷和总氮超过地表水Ⅰ类水质标准，但达到地表水Ⅱ类水质标准；真达乡以下河段仅丰水期总磷和总氮超过地表水Ⅱ类水质标准；局部河段水质不能完全满足相应的水质标准。

根据中国植被区划，金沙江上游区域属于青藏高原高寒植被区，其中四川省洛须镇以北及青海省玉树州境内金沙江沿河地区，属于高原东部高寒灌丛、草甸亚区，由以高山灌丛和高山草甸为主体的、较为简单的植被类型构成；而南部则

属于高原东南部山地寒温性针叶林亚区，由以亚高山针叶林为主体的、较为复杂的植被类型构成，植物种类科属较多，高大木本植物数量显著增加，垂直带谱较完整，为青藏高原东缘高山峡谷地区典型的山地植被垂直带谱之一。金沙江上游河段河谷区以灌丛、荒草地和裸岩分布为主。

该区域动物物种组成、区系成分等具有显著的金沙江上游地域性特征。其区系组成主要由古北界和东洋界构成，古北界物种分布于巴塘和芒康以北地区，东洋界物种主要分布于巴塘、芒康及以南区域。河谷区由于人类活动较频繁，基本无大型野生动物分布。

该区域鸟类丰富多样，是我国鸟类特有种的重要分布地区。分布于河谷区灌丛、村庄农耕地及河流湿地的有国家Ⅱ级保护鸟类鸢、普通鵟、红隼，以及四川省省级保护鸟类白喉针尾金丝燕、普通燕鸥等。

该区域土地利用类型以牧草地和林地为主，其次为未利用地，耕地较集中分布于石渠县洛须镇附近，以及白玉县河坡乡赠曲沿岸。区域水土流失强度以轻度和中度流失为主，流失类型主要是水力侵蚀和冻融侵蚀。水土流失危害对当地社会经济影响较大。

受山区峡谷急流型水生生态系统条件限制，金沙江上游河段水体初级生产力不高，浮游植物、水生植物种类和生物量少。在该生境条件下，鱼类饵料生物的组成以着生藻类和底栖动物为主，鱼类资源量少，对金沙江上游河流环境的依赖性高；所有鱼类可以在本江段完成生活史，鱼类“三场”较分散；干流汪布堆乡至巴塘县河段，以及藏曲、玛曲等较大的支流鱼类资源相对较丰富。据调查，上游河段未发现国家级珍稀保护鱼类。

区域社会经济结构以农牧业为主，工业发展水平较低，属经济欠发达地区。区域人口构成以藏族为主，民俗文化以藏族康巴文化为核心，几乎全民信教，藏传佛教在该地区的影响较大。社会经济发展主要是依托当地资源优势，以结合国家西部大开发，发展农牧业、地方特色产业和脱贫为主攻方向。其中，地方特色产业主要包括旅游业、生物产业和水电业。

## 4.2自然环境

### 4.2.1 地形地貌

**（1）库区地形地貌**

水库区地处川滇山地，为具有强烈构造侵蚀作用为主的高山地貌。主要山脉、水系近于南北向展布，其发育明显为区域构造所控制。区内地势陡峻，沟壑纵横，总体具有中部河谷一带低，河谷东、西两侧高之特征，山顶高程达 3500m～5180m，河谷切割深度一般 1000m～2800m。金沙江为本区域内最低侵蚀基准面，江面高程 2080m～2350m。河床平均纵坡降约为 2.6‰。

金沙江大体上呈 170°自北而南流经库区，总体较为顺直，局部时有弯曲。水库区江面狭窄，水流湍急，河谷陡峻。金沙江水面宽度一般在 100m 以内，最窄处不到 30m。两岸地形坡度 40°～60°，多处分布悬崖峭壁。

金沙江河谷深切，河谷两岸阶地发育较少，仅在库尾局部地段有不连续的侵蚀阶地和基座阶地分布。水库区不连续地发育了四级基座阶地或侵蚀阶地，但面积狭小，分布零散。Ⅰ、Ⅱ级阶地通常为堆积阶地，III级阶地通常为基座阶地，IV级阶地通常为侵蚀阶地，详见表 4.2-1。

表 4.2-1　　库坝区阶地分布情况表

| 阶数 | 类型 | 高度（m） | | 组成物质特征 |
|---|---|---|---|---|
| | | 相对 | 绝对 | |
| I | 堆积 | 10～15 | 2205 | 砂砾层，粒径 5cm～10cm，砾石成分为灰岩、花岗岩及片岩 |
| II | 堆积 | 20 | 2222 | 砂砾层，粒径 5cm～10cm，砾石成分为灰岩、花岗岩及片岩 |

区内主要支流均呈近东西向发育，规模较大的支流左岸有曾大同沟、娘尼沟，右岸有格亚顶冲沟、丹达曲。沟床纵比降大，最大回水长度不超过 2.5km。

**（2）坝址区地形地貌**

旭龙坝址河段金沙江河势较顺直，自 NW40°流入，往 SE40°流出。金沙江枯水期水位约 2150m，相应江面宽 60m～80m，水深约 10m。

坝址区河谷为深切的峡谷地形，横断面为典型的“V”型谷，河谷两岸地形对

称性较好，两侧为高耸的走向与金沙江流向基本一致的多级山脊，第一级山脊高程在 4000m 以上。金沙江两岸岸坡陡峻，高程 2150m～2500m 段两岸岸坡坡角一般 50°～60°，局部近直立；高程 2500m 以上两岸岸坡变缓，坡角一般 30°～40°，局部较陡。右岸坝轴线上、下游分布两级缓平台，高程分别为 2190m～2220m、2310m～2380m，宽约 20m，呈带状展布。正常蓄水位高程 2302m 处河谷宽 320m，以河床基岩面起算的河谷宽高比为 1.82。

施工区河段金沙江大体上呈 170°自北向南流经本区，平面上呈微波状。金沙江江面狭窄，水流湍急，江水面宽度一般在 100m 以内，枯水期水位约 2150m，相应江面宽 60m～80m，水深约 10m。根据两岸地形地质条件，可将施工区金沙江河段大致分为三段，即施工区上游段、坝址段和施工区下游段。

施工区上游段为格亚顶电站至该遗日冲沟河段，该段河谷两岸地形不对称，左岸平均地形坡度一般 30°～40°，局部较陡；右岸高程 2400～2500m 以下地势陡峭，岸坡平均坡度一般 40°～50°，陡崖、陡坎地形发育，高程 2400～2500m 以上地形转缓，平均坡度一般 30°～40°。

该遗日冲沟至旭龙冲沟为坝址段。坝址段为深切的峡谷地形，横断面为典型的“V”形，河谷两岸地形对称性较好，高程 2500m 以下两岸地势陡峻，岸坡平均坡度一般 50°～60°，陡崖、陡坎地形发育；高程 2500m 以上两岸岸坡变缓，坡角一般 30°～40°，局部较陡。右岸坝轴线上、下游分布两级缓平台，高程分别为 2190m～2220m、2310m～2380m，宽约 20m，呈带状展布。地形地貌见图 4.2-1。

旭龙冲沟至茂顶电站为施工区下游段。下游段两岸以第四系岸坡为主，地势稍缓，岸坡自然平均坡度一般 30°～45°，局部较陡。在滑坡及泥石流堆积作用下，坡麓多处可见缓坡平台，如洒茂顶、茂顶河口、宗绒、得绒桐等地。




图 4.2-1　旭龙水电站坝址地形地貌

## 4.2.2 地质

### 4.2.2.1 区域地质

工程区处于怒江、澜沧江、金沙江三江地区，是印度与欧亚板块两大板块之间的特提斯－喜马拉雅构造域东段，是挤压、褶皱最强烈的地带，也是松潘－甘孜褶皱系、唐古拉－昌都－兰坪－思茅褶皱系的交接部位。区域构造复杂，构造基本特征以断裂构造为主，以南北向深大断裂为主体构成川滇南北向构造带。

工程区位于一级构造单元的唐古拉－昌都－兰坪－思茅褶皱系和松潘－甘孜褶皱系交接地带的西侧，二级构造单元昌都－云岭褶皱带系的金沙江褶皱束三级构造单元内。所在的三级大地构造单元金沙江褶皱束，出露的主要地层为中元古界的各种片岩、板岩、千枚岩、石英岩和变质中基性火山岩等组成，为一套复陆屑建造组合。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（GB18306～2015）及地震专题研究成果，旭龙库坝区在 50 年超越概率 10％条件下的基岩地震动峰值加速度为0.176g，相应的地震基本烈度为VIII度，地震动反应谱特征周期为 0.4s。

### 4.2.2.2 工程区地质

**（1）库区地质**

1）地层岩性

据《四川省岩石地层》、《云南省岩石地层》划分方案，测区地层区划属华南地层大区，以金沙江结合带为界，可划分为两个地层区：东部为巴颜喀拉地层区中玉树～中甸地层分区内的中咱～石鼓小区；西部为羌北～昌都～思茅地层区中西金乌兰～金沙江地层分区内的奔子栏～江达小区。库区第四系地层广泛分布，但分布高程一般较低，主要分布在金沙江河床及较低岸坡一带。成因类型有冲积、冲洪积、坡洪积、崩坡积、泥石流堆积及滑坡堆积等，以冲洪积与崩坡积分布最广。组成物质主要有卵砾石、砂砾石、漂石、块石、碎石及角砾等。从整个库区来看，主要分布于格亚顶～拿荣、木拥桥～曾大同等地段。

2）岩溶与水文地质

库区碳酸盐岩以泥盆系、三叠系上统地层为主，中元古界次之。由于地处高寒少雨地带且为金沙江及其支流等强烈切割，岩溶基本不发育，岩溶现象多为沿断层、裂隙及部分层面形成的溶沟、溶缝等，溶蚀裂隙宽度一般为 1～5mm，极少有 1cm 以上者。通常在海拔 4000m 以上地区才可见到岩溶现象。其他岩溶形态如洼地、漏斗、落水洞、较大规模的溶洞等均未发现。

按照含水介质的类型，可将地下水分为孔隙潜水和基岩裂隙水。孔隙潜水赋存于第四系松散堆积物中，主要由大气降水补给。由于堆积物多以粗粒土为主，加之结构松散、孔隙率大，因而透水性强，一般沿堆积物之间孔隙或沿基岩接触面向河流或沟谷排泄。

基岩裂隙水赋存于岩体裂隙中，以大气降水渗入补给为主，局部存在裂隙承压水及上层滞水。受地形影响，地下水径流短，水力坡降大，多在坡脚、沟底及阻水断层附近以下降泉形式出露，直接排入金沙江或排入冲沟再汇入金沙江。

**（2）坝址区地质**

坝址区地表基岩广布，第四系覆盖层分布范围小。

基岩从老至新有中元古界雄松群三段（$Pt_2x^3$）斜长角闪片岩和混合岩，以及三叠纪印支期侵入的花岗岩（$\gamma_5^1$）。各岩性分布图见图 4.2-2。

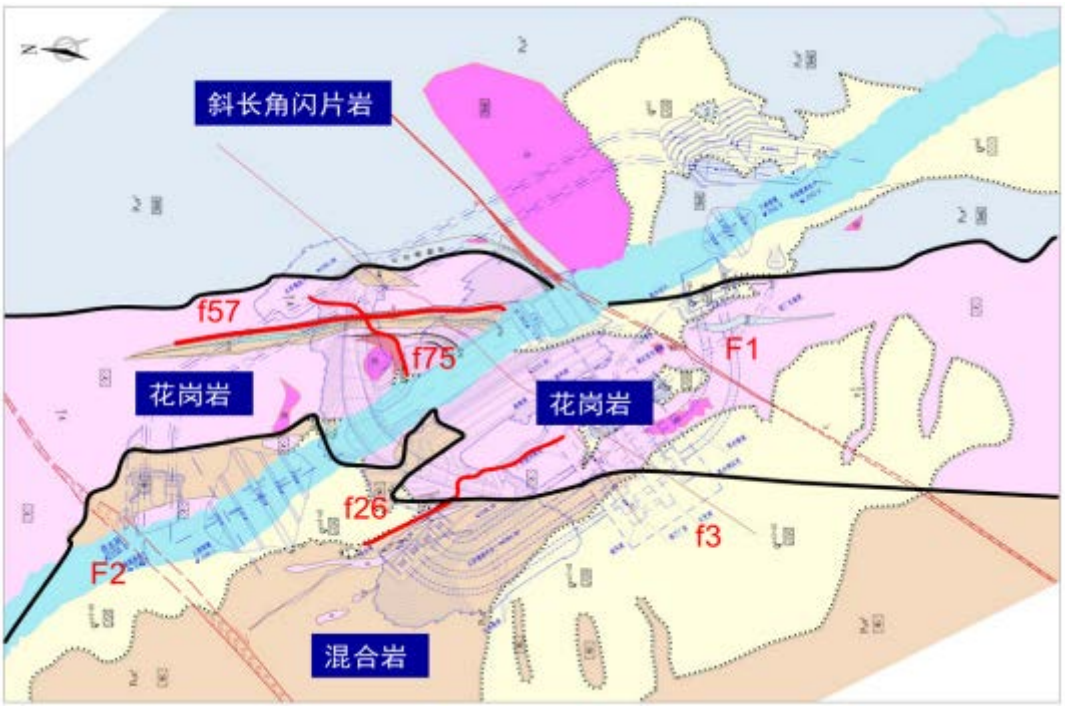



图 4.2-2　　坝址区主要岩性分布图

坝址区斜长角闪片岩岩石片理一般不发育，局部片理较发育，片理间距仅1mm～2mm，片理面一般呈紧密接触。片理走向340°～360°、倾向SW（右岸）、倾角60°～80°，花岗岩体与其接触界面的产状和片理方向基本一致，产状较稳定，在空间上的延展具较好的连续性。接触面焊合较好，未发现软弱带分布。岩石总体呈较坚硬状。地表斜长角闪片岩主要分布在左岸坝轴线下游。

坝址区的混合岩总体可初步分为两类：其一，脉体形态以网状和细条带状为主；其二，脉体形态以条带状和角砾状为主。混合岩分布在坝轴线右岸上游，其边界总体产状为南北向，中陡倾西，在与花岗岩体交界部位，局部有少量透镜状、条带状混合岩穿插分布，连续性较差。

印支期花岗岩（$\gamma_5^1$）呈灰白色或浅灰色，主要出露在坝轴线附近，是建坝的主体岩石。跨两岸呈南北向带状分布，带宽500m左右，其边界部位常夹混合岩及斜长角闪片岩。

### 4.2.3 气候气象

金沙江流域基本上属高原气候区。由于其跨越了14个经度、15个纬度，海拔高度相差超过4000m。故自北向南又可分为高原亚寒带亚干旱气候区、高原亚寒带湿润气候区、高原温带湿润气候区，华弹以下则属暖温带气候区。

据得荣气象站资料统计多年月平均气温 14.5℃，极端最高气温 35.7℃，极端最低气温-8.6～-30.6℃。垂直高差相差近 1000m，温差均在 7.0℃以上。河流两岸的雪山上长年冰天雪地，峡谷中热浪滚滚，为典型的“一山有四季，十里不同天”。

在金沙江上中游约有 30 万 $km^2$ 的地区，年降水均值小于 800mm，其中小于 400mm 的干旱地区约 7 万 $km^2$。流域内水面蒸发量（E601）在 1600～2000mm 之间。流域内多年平均风速一般不超过 5m/s，历年最大风速一般在 20m/s 左右，部分地区峡谷内的穿堂风，最大瞬时风速已超过 40m/s。

根据得荣站 1960～2013 年降水量资料统计，多年平均降水量 339.4mm，最大月降水量为 245.3mm，最大日降水量为 46.1mm，大于 10mm 的多年平均年雨天为 10.8d。

**表 4.2-2　得荣站 1960～2013 年降水特征值统计表　　降水量：** 0.1mm

| 月份 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 多年最大月降水量 | 71 | 136 | 370 | 320 | 678 | 1063 | 2453 | 1937 | 1192 | 500 | 418 | 62 | 2453 |
| 多年最小月降水量 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 146 | 264 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 多年最大日降水量 | 60 | 83 | 134 | 154 | 261 | 339 | 461 | 418 | 290 | 247 | 235 | 62 | 461 |
| 多年平均降水量 | 8 | 19 | 38 | 72 | 142 | 391 | 1147 | 1043 | 390 | 115 | 35 | 6 | 3394 |
| ＞10mm 的平均雨天数 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.3 | 1.1 | 4.3 | 3.5 | 1.1 | 0.3 | 0.1 | 0 | 10.8 |

为了工程建设的需要，长江委上游水文局于 2009 年在旭龙坝址处设立了专用气象站，主要观测项目有降雨、蒸发、气温、相对湿度、气压、风速、风向等，成果见下表。

**表 4.2-3　旭龙水电站专用气象站 2012 年 1～7 月特征值统计表**

| 月份 | | | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 降水量（mm） | 平均降水量 | 月降水量 | 7.2 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 |
| | 最大月降水量 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | 最小月降水量 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | 最大日降水量 | 月最大日降水量 | 3.6 | 0.7 | | | | | 0.1 |
| | | 日期 | 13 | 12 | | | | | 16 |
| 气温（℃） | 平均气温 | 月平均气温 | 8.3 | 11.7 | 13.6 | 17.8 | 24.0 | 24.5 | 24 |
| | 最高平均气温 | | | | | | | | |
| | 最低平均气温 | | | | | | | | |
| | 极端最高气温 | 月最高气温 | 18.1 | 24.9 | 27.7 | 29.1 | 35.7 | 34.5 | 35.5 |
| | 极端最低气温 | 月最低气温 | 0.2 | 2.8 | 4.0 | 9.9 | 11.4 | 15.1 | 16.5 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 风（m） | 平均风速 | | 2.4 | 2.8 | 3 | 3.3 | 3.6 | 3.0 | 2.2 |
| | 最大风速 | 极大风速 | 15.6 | 23.1 | 20.3 | 17.7 | 15.5 | 20.6 | 18.6 |
| | 风向 | 极大风速风向 | SSW | NE | S | SSW | SSW | NNE | NE |
| | 日期 | | 3 | 18 | 9 | 16 | 27 | 14 | 12 |
| | 年份 | | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 |
| | 最多风向 | | SW | SW | SSW | SSW | SSW | SSW | SSW |
| | 频率（%） | | 29 | 31 | 30 | 35 | 39 | 41 | 31 |
| | 大风日数（≥8 级） | 大风日数（极大风速≥8 级） | 26 | 29 | 31 | 28 | 31 | 29 | 23 |
| 多年平均相对湿度（%） | | 月平均相对湿度（%） | 34 | 28 | 29 | 29 | 24 | 42 | 56 |
| 多年平均日照百分数（%） | | 月平均日照百分数（%） | | | | | | | |

## 4.2.4 水文

### 4.2.4.1 水系

**（1）库区河段**

旭龙水电站库区河段发育大小冲沟数十条，这些溪、沟一般都具有切割深、沟谷狭窄、沟床纵比降大的特点，且流向多与金沙江呈近垂直方向。其中规模最大的冲沟为丹达曲和麦曲河。旭龙库区主要支流（沟）见下表。

表 4.2-4　　旭龙库区主要支流（沟）一览表

| 支沟名称 | 岸别 | 沟口距坝址里程（km） | 长度（km） | 总体流向（°） | 回水长度（km） |
|---|---|---|---|---|---|
| 格亚顶冲沟 | 右 | 3.7 | <8 | 101 | 0.7 |
| 本近农冲沟 | 左 | 24.6 | <8 | 129 | 0.6 |
| 丹达曲 | 右 | 29 | ＞20 | 72 | 2.5 |
| 热思用冲沟 | 左 | 41.4 | <8 | 94 | 0.3 |
| 南木冲沟 | 右 | 41.8 | <8 | 54 | 0.3 |
| 奔尕丁冲沟 | 右 | 47.2 | <8 | 109 | 0.1 |
| 麦曲河 | 左 | 62.6 | ＞20 | 234 | 0.1 |

**（2）坝下游河段**

旭龙水电站坝下游河段主要分布有定曲河（松麦河）、瓮水河、支巴洛河等支流，其中定曲河距离旭龙水电站坝址约 55km。

### 4.2.4.2 径流

**（1）坝址径流推求依据站概况**

旭龙水电站坝址处无水文观测资料，坝址距上游巴塘水文站约 137km，距下

游奔子栏水文站约 75km，坝址至奔子栏区间有较大支流定曲河加入，其支流于 1987 年设立古学水文站（控制面积为 12160km$^2$），坝址至奔子栏未控区间面积为 1160km$^2$。

巴塘、奔子栏站 1953～2015 年与古学站 1987-2015 年径流系列统计成果见表 4.2-5。

**表 4.2-5　巴塘、奔子栏与古学站多年平均流量成果表　　单位：m$^3$/s**

| 站名 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 巴塘 | 252 | 230 | 237 | 355 | 619 | 1280 | 2130 | 2040 | 1900 | 1100 | 545 | 320 | 920 |
| 奔子栏 | 353 | 322 | 326 | 446 | 735 | 1430 | 2530 | 2620 | 2370 | 1370 | 718 | 452 | 1140 |
| 古学 | 62.4 | 56.2 | 54.0 | 58.5 | 76.1 | 127 | 300 | 372 | 325 | 171 | 104 | 76.8 | 149 |

巴塘站多年平均流量为 920m$^3$/s，折合径流量为 290 亿 m$^3$；奔子栏站多年平均流量为 1140m$^3$/s，折合径流量为 360 亿 m$^3$；古学站多年平均流量为 149m$^3$/s，折合径流量为 47.0 亿 m$^3$。

根据巴塘、奔子栏站 1953～2015 年径流系列，古学站 1987～2015 年径流系列分别进行频率分析，成果见表 4.2-6。

**表 4.2-6　　巴塘、奔子栏与古学站年设计径流成果表**

| 站名 | 均值 | Cv | Cs/Cv | 各频率下的设计值（m$^3$/s） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10% | 50% | 75% | 90% |
| 巴塘 | 920 | 0.23 | 2 | 1200 | 904 | 770 | 661 |
| 奔子栏 | 1140 | 0.20 | 2 | 1440 | 1130 | 980 | 860 |
| 古学 | 149 | 0.25 | 2 | 198 | 145 | 122 | 104 |

**（2）坝址径流**

旭龙坝址推求将奔子栏站扣除古学流量和面积，再采用与巴塘水文站面积内插推求坝址径流的方法，得到旭龙坝址 1953～2015 年径流系列，多年平均流量 990m$^3$/s，多年平均径流量 313 亿 m$^3$，见表 4.2-7。

表 4.2-7　　金沙江旭龙水电站坝址径流年内分配表

| 项目 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均流量（$m^3/s$） | 284 | 259 | 266 | 383 | 655 | 1330 | 2260 | 2210 | 2050 | 1180 | 597 | 363 | 990 |
| 径流量（亿 $m^3$） | 7.60 | 6.33 | 7.11 | 9.92 | 17.53 | 34.38 | 60.52 | 59.29 | 53.01 | 31.57 | 15.48 | 9.72 | 313 |
| 百分比（%） | 2.4 | 2.0 | 2.3 | 3.2 | 5.6 | 11.0 | 19.4 | 19.0 | 17.0 | 10.1 | 5.0 | 3.1 | 100 |

径流的年际变化较大，系列中以 2005 年最大，年平均流量 1370$m^3/s$，径流量 432 亿 $m^3$；以 1994 年最小，年平均流量 626$m^3/s$，径流量 198 亿 $m^3$，极值比为 2.19。

径流年内分配不均，主要集中在汛期 6～10 月，枯期径流平稳。由于 6～10 月为汛期，降雨量大部分集中在此期间，同时气温在全年中也为最高，冰雪融水主要集中于这段时期，径流量约占全年的 76.5%。枯期 12～4 月的各月相差较小，径流平稳，各月径流占全年比例均在 2%～4%之间。

**（3）年径流频率分析**

旭龙水电站坝址年径流频率分析采用坝址 1953～2015 年径流系列，频率曲线采用 P-Ⅲ型，矩法计算参数初值，适线法确定参数。旭龙水电站坝址年径流频率分析成果见表 4.2-8。

坝址 10%设计年平均流量为 1260$m^3/s$，折合径流量 398 亿 $m^3$，50%设计年平均流量为 975$m^3/s$，折合径流量 308 亿 $m^3$，90%设计年平均流量为 735$m^3/s$，折合径流量 232 亿 $m^3$。

表 4.2-8　　旭龙水电站坝址年径流频率计算成果表

| 资料系列年限 | 均值 | Cv | Cs/Cv | 各频率下的设计值（$m^3/s$） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10% | 20% | 50% | 75% | 90% |
| 1953～2015 | 990 | 0.21 | 2.0 | 1260 | 1160 | 975 | 843 | 735 |

## 4.2.4.3 洪水

金沙江流域的洪水由暴雨、冰雪融水或二者共同形成。在岗拖、雅砻江甘孜以北高原地区，基本上属于无暴雨区。本流域的洪水一般发生在 6～10 月，尤以 7～9 月最为集中，洪水组成中有相当部分来源于冰雪融水，因此洪水的涨落较平缓，历时较长，一般较大洪水过程可达 10d 以上。

旭龙坝址设计洪水计算，选用巴塘、奔子栏两站作为设计依据站。依据巴塘、奔子栏两个水文站的设计洪峰、洪量，按面积比内插方法计算。旭龙坝址设计洪水成果、坝址分期洪水设计成果、坝址水位流量关系、水位库容曲线、见表 4.2-9。

**表 4.2-9　坝址设计洪水成果表　　单位：洪峰，$m^3/s$；洪量，亿 $m^3$**

| 时段 | 设计值 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.01% | 0.02% | 0.10% | 0.20% | 0.50% | 1.00% | 2.0% | 5.00% | 10% | 20% |
| Qm | 11900 | 11300 | 9970 | 9370 | 8560 | 7930 | 7290 | 6420 | 5720 | 4970 |
| W1d | 10.1 | 9.58 | 8.42 | 7.91 | 7.22 | 6.70 | 6.16 | 5.42 | 4.83 | 4.20 |
| W3d | 29.0 | 27.6 | 24.2 | 22.8 | 20.8 | 19.3 | 17.73 | 15.6 | 13.9 | 12.1 |
| W7d | 63.5 | 60.4 | 53.1 | 49.9 | 45.6 | 42.2 | 38.82 | 34.2 | 30.4 | 26.5 |
| W15d | 122 | 116 | 102 | 96.2 | 87.9 | 81.4 | 74.87 | 65.9 | 58.7 | 51.1 |

### 4.2.4.4 泥沙

**（1）流域产沙概况**

金沙江流域的产沙在地区上存在较大差别，总体上是自上游向下游递增，且增长速度大于径流增长速度。直门达以上地区多年平均年输沙模数为 72.2t/$km^2$·a，为金沙江流域水土流失最小地区。直门达～石鼓区间多原始森林及大片国家自然保护区，植被较好。直门达（1963～2014 年）、巴塘（1963～2015 年）、石鼓（1963～2015 年）三站资料统计，其多年平均输沙量分别为 995 万 t、1620 万 t、2590 万 t，相应直门达至巴塘区间、巴塘至石鼓区间多年平均输沙量为 625 万 t、970 万 t，两个区间多年平均年产沙模数分别为 147t/$km^2$、284t/$km^2$，属轻度水土流失地区。直门达～石鼓区间与直门达上游流域相比输沙量增大的原因，主要是产水量增加所致。直门达至石鼓输沙量比较见表 4.2-10。

**表 4.2-10　　金沙江流域各区域产水、产沙特征值表**

| 站名 | 集水面积（$km^2$） | 年径流量（亿 $m^3$） | 年输沙量（万 t） | 年含沙量（$kg/m^3$） | 年输沙模数（t/$km^2$·a） |
|---|---|---|---|---|---|
| 直门达 | 137732 | 137 | 995 | 0.73 | 72.2 |
| 巴塘 | 180055 | 287 | 1620 | 0.56 | 89.9 |
| 石鼓 | 214184 | 419 | 2590 | 0.62 | 121 |

注：巴塘、石鼓站资料系列为 1963～2015 年，直门达站资料系列为 1963～2014 年

**（2）坝址悬移质**

坝址多年平均输沙量及年内分配见表 4.2-11。旭龙坝址多年平均悬移质年输

沙量为 1890 万 t，多年平均含沙量为 0.598kg/m$^3$。输沙量年际变化较大，年最大输沙量为 4240 万 t（2005 年），最小年输沙量为 376 万 t（1973 年），最大最小输沙量比为 11.3，最大与平均输沙量比为 2.2。坝址悬移质输沙量基本上集中在汛期 5～10 月，多年平均 6 个月的输沙量占年输沙量的 99.10%，6 个月中又主要集中在 6～9 月，4 个月的输沙量占年输沙量的比均在 94.0%。枯水期 11～4 月 6 个月的沙量仅占年沙量 0.93%。

表4.2-11　　金沙江旭龙坝址输沙量年内分配表

| 站名＼月份 | | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 旭龙坝址 | 万 t | 0.540 | 0.502 | 0.608 | 5.82 | 30.6 | 201 | 667 | 573 | 337 | 65.8 | 9.16 | 1.02 | 1890 |
| | % | 0.029 | 0.027 | 0.032 | 0.308 | 1.62 | 10.6 | 35.3 | 30.3 | 17.8 | 3.48 | 0.485 | 0.054 | 100 |

旭龙坝址多年平均悬移质级配见图 4.2-3 和表 4.2-12（石鼓站 1963-1964、1978、1980-1995 年悬移质颗粒级配成果进行算术平均）。其中，多年平均中数粒径 0.031mm，平均粒径 0.080mm，最大粒径 1.32mm（1995 年）。

表4.2-12　　旭龙水电站坝址悬移质颗粒级配成果表

| 粒径级（mm） | 0.005 | 0.01 | 0.025 | 0.05 | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 1 | 中数粒径 | 平均粒径 | 最大粒径 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 小于某粒径沙重百分数（%） | 20.7 | 30.2 | 45.5 | 60.0 | 75.0 | 89.7 | 99.5 | 100 | 0.031 | 0.080 | 1.32 |

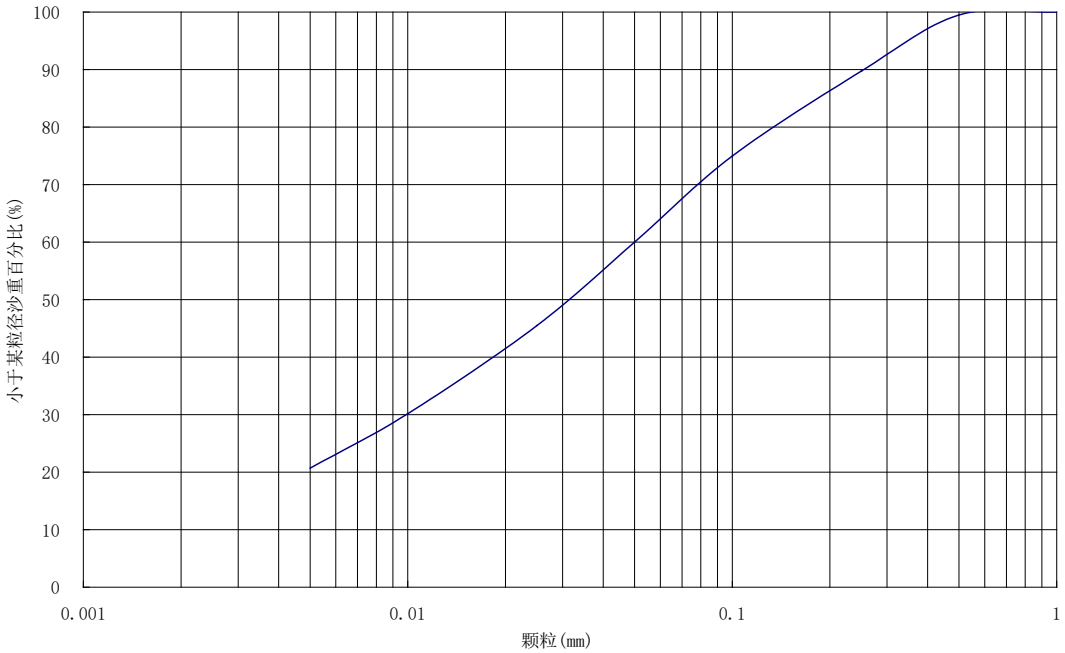



图 4.2-3　　旭龙坝址悬移质颗粒级配曲线图

**（3）坝址推移质**

旭龙坝址多年平均推移质泥沙量为 189 万 t。

### 4.2.4.5 水温

收集到巴塘和石鼓水文站多年（1960~2009 年）实测长系列水温资料，根据水温观测资料统计，多年逐月平均水温见下表。干流水温 7、8 月份最高，12~1 月份最低。天然河道从上至下呈沿程递增趋势，平均增温率达 0.62℃/100km。

**表 4.2-13　巴塘和石鼓水文站多年平均逐月实测水温统计表　单位：℃**

| 地点 | 距巴塘（km） | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 巴塘 | 0 | 1.9 | 3.5 | 6.4 | 9.5 | 12.4 | 14.3 | 15.6 | 15.6 | 13.6 | 9.9 | 4.9 | 2.2 |
| 石鼓 | 463.1 | 5.4 | 7.2 | 9.9 | 12.5 | 14.9 | 16.7 | 17.4 | 17.2 | 15.7 | 12.8 | 8.8 | 5.9 |

定曲河天然河道水温采用上游濯桑水文站资料统计计算得到。坝址天然河道水温统计成果见下表，多年平均水温为 10.4℃。

**表 4.2-14　定曲河天然河道水温统计表**

| 月　份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 天然河道水温(℃) | 4.5 | 4.5 | 5.9 | 10.2 | 14.4 | 15.7 | 17.2 | 16.3 | 14.2 | 9.7 | 7.5 | 5 |

## 4.2.5 地下水

### 4.2.5.1 地下水类型

根据地层岩性特征及地下水的赋存条件，区内地下水类型分为孔隙水，裂隙水、岩溶水三大类。

**（1）孔隙水**

区内第四系松散沉积物主要包括冲积或洪冲积的碎块石或漂卵石夹砾砂和残坡积或崩、滑坡积成因的碎石土、碎块石、砾质土等。冲积或冲洪积物主要呈带状分布在金沙江及两侧支流的河床及冲沟中，残坡积或崩、滑坡积物主要分布在金沙江两岸的崩、滑坡体中。区内第四系堆积物厚度不大但结构松散、孔隙率大、透水性强，孔隙分布连续均匀，多构成具有统一水力联系、水量分布均匀的含水系统，如河床及漫滩部位第四系覆盖层为碎块石或漂卵石夹砾砂冲积层。

由于区内第四系分布面积较小且主要位于金沙江两侧，地下水开发利用难度大，不具备集中供水的条件，目前也未开发利用和规划。

**（2）裂隙水**

据工程可行性研究阶段地质调查成果，区内以高程 2500m 为界，以上缓坡地带岩体风化特征表现为全、强弱、微新各风化带均有分布；以下陡峻岸坡地带则缺失全强风化带，岩体多呈弱风化下带至微风化状，且弱风化岩体呈不规则断续分布，范围较小，厚一般 2～23m 不等。从岩性上看，花岗岩一般呈微风化状，局部见 2~10m 的弱风化下带；混合岩和斜长角闪片岩的抗风化能力较花岗岩稍差，多呈弱风化状，缓坡地带偶可见强风化状岩体分布。在断裂带附近，由于岩体破碎，风化作用相对剧烈，沿断裂带岩体具囊状风化特征，断裂带构造岩多呈弱风化状，全强风化带主要沿主断面分布。

库区岸坡主要为岩质岸坡，岩坡岩体裂隙发育，加上两岸地形陡峭，在重力作用下，岸坡岩体普遍发育卸荷拉裂现象，其中以岩浆岩中卸荷拉裂现象最为明显。岸坡岩体卸荷裂隙多追踪早期结构面产生张开，张开宽度一般数 cm 至数十 cm（图 3-3-1），裂缝发育深度一般 10～20m。根据坝址区勘探成果，高程 2300m 以上边坡顶部表层见明显的强卸荷现象，主要表现为局部突出山嘴拉开，形成宽度数 cm 至十几 cm 的垂直张开裂缝，可见铅直深度达 10～20m；2300m 高程以下岩体卸荷总体以弱卸荷特征为主。

岩体中的卸荷裂隙、构造裂隙和风化裂隙构成的裂隙网络构成区内地下水运移的主要通道，由于裂隙发育程度受构造作用、岩性及风化程度等综合控制，裂隙发育往往具有方向性，因此裂隙含水介质一般具有强烈的不均匀性。基岩裂隙率较低，裂隙在岩石中所占的空间很小，连通性较差，一般不容易形成具有统一水力联系、水量分布均匀的含水层。裂隙局部发育地段，可形成带状裂隙含水系统。若干带状裂隙含水系统可能相互连通，构成网状含水系统。总体上，区内裂隙含水层的赋水条件较差，水量较贫乏，地下水埋藏深度大，不具有集中供水功能，目前也未开发利用和规划。

**（3）岩溶水**

岩溶水主要赋存于泥盆系碳酸盐岩地层中，由于库区地处高寒少雨地带且为金沙江及其支流等强烈切割，岩溶不发育，岩溶现象多为沿断层、裂隙及部分层面形成的溶蚀裂隙，溶蚀裂隙宽度一般为 1mm～5mm，极少有 1cm 以上者，为弱岩溶含水层。泥盆系碳酸盐岩地层出露面积小，主要分布于库外日龙乡一带，库内没有分布。

#### 4.2.5.2 岩体透水性

区域内各时代地层分布齐全，自元古界至第四系均有出露。各时代地层的沉积相、变质作用和岩浆侵入差别较大，岩相性变化复杂。在河谷地区，出露各时代以浅变质为主的石灰岩、片岩、砂岩、火山岩等岩层，伴有多期侵入岩和玄武岩。

区域上碳酸盐岩以泥盆系、上三叠统地层为主，中元古界次之，岩溶现象多为沿断层、裂隙及部分层面形成的溶蚀裂隙，溶蚀裂隙宽度一般为 1mm～5mm，属含水层；其中泥盆系下统（D1g）板岩及石英砂岩，岩层渗透系数较小，属相对隔水层。

库区内以碎屑岩、岩浆岩为主，主要出露雄松群、金沙江蛇绿岩群及歪古村组，该类岩性总体上含水性较差，仅在裂隙发育的地带赋存裂隙水，为风化裂隙含水层；下部未风化基岩岩层渗透系数较小，基本不透水，为相对隔水层。

第四系则分布有冰川、冰水堆积和冲洪积等成因的沉积物，成份以砾石、块石为主，含水性受岩性的控制，赋水程度取决于堆积物位置的高低和切割破坏的情况，一般砂砾石和块石属含水层。

#### 4.2.5.3 地下水补给、径流和排泄

本区河谷深切，地形险峻，一般高程大于 3000m，江水面与两岸山顶相对高差在 2000m 以上，大气降水及冰雪融水为本区地下水的补给源，大气降雨及冰雪融水入渗进入含水层后在地形的控制下由两岸山体向金沙江河谷径流和排泄。由前述可知，与本工程有关的地下水类型主要为裂隙水和孔隙水，下面分别介绍孔隙水、裂隙水的补径排规律。

**（1）孔隙水**

松散堆积孔隙水含水层分布于近地表，主要接受降水补给。孔隙含水介质相对较均匀，一般具有统一的水力联系，受降水影响大，径流季节性特征明显，地下水接受补给后，通过岩土体中的孔隙就近往金沙江及其支流排泄。

**（2）裂隙水**

裂隙含水层是研究区内最主要的含水层，广泛分布于金沙江两侧，含水层主要接受冰雪融水、大气降水的垂直渗入补给，沿构造裂隙、风化裂隙及卸荷裂隙等运移，受地形条件控制主要由山体往金沙江及其支流方向径流与排泄，由于岩层中裂隙发育程度不均匀，裂隙含水介质的非均质各向异性强烈，裂隙含水层一般不构成统一的含水系统，主要在地形切割下就近排泄于冲沟后汇入金沙江，仅

局部地段以侵蚀下降泉或接触下降泉的形式排泄，泉水流量一般<10L/s，地下水化学类型主要为 $HCO_3$-Ca 型水及 $HCO_3$-Ca·Mg 型水。

### 4.2.5.4 地下流场特征

根据野外实际水位调查和本工程地质勘查钻孔获得的钻孔稳定水位及埋深数据分析得到，旭龙水电站坝址区水位埋深随远离库岸距离的增加而变深。地下水位均高于江水位（2142m），进一步表明了地下水向金沙江径流排泄的特征。

表 4.2-15　调查地下水位埋深统计表

| 钻孔编号 | 取样位置 | | 孔口高程 | 稳定水位 | 地下水位埋深 | 地下水位观测时间 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | | | | |
| XZK01 | 3181150.66 | 512331.79 | 2178.93 | 2146.53 | 32.40 | 2004.11.13 |
| XZK02 | 3181176.60 | 512373.54 | 2146.42 | 2142.64 | 3.78 | 2004.12.18 |
| XZK04 | 3181071.50 | 512359.62 | 2209.50 | 2061.90 | 147.60 | 2005.07.05 |
| XZK06 | 3180997.71 | 512306.40 | 2336.11 | 2188.91 | 147.20 | 2005.10.18 |
| XZK07 | 3181047.03 | 512268.88 | 2316.58 | 2282.98 | 33.60 | 2006.01.04 |
| XZK09 | 3181205.72 | 512462.31 | 2188.25 | 2146.47 | 41.78 | 2006.10.14 |
| XZK10 | 3181205.44 | 512514.56 | 2191.67 | 2147.35 | 44.32 | 2006.11.17 |
| XZK13 | 3181595.19 | 512144.82 | 2151.60 | 2151.16 | 0.44 | 2006.04.03 |
| XZK14 | 3180983.01 | 512218.58 | 2381.40 | 2181.12 | 200.28 | 2008.04.24 |
| XZK16 | 3181212.57 | 512662.24 | 2420.33 | 2270.48 | 149.85 | 2009.05.04 |
| XZK17 | 3181266.99 | 512782.28 | 2520.63 | 2284.48 | 236.15 | 2008.11.25 |
| XZK18 | 3181163.39 | 512600.84 | 2343.09 | 2170.29 | 172.80 | 2008.9.18 |
| XZK22 | 3181079.00 | 512103.49 | 2411.63 | 2185.68 | 225.95 | 2008.09.24 |
| XZK23 | 3180668.58 | 512306.65 | 2500.55 | 2172.15 | 328.40 | 2009.03.09 |
| XZK26 | 3180884.82 | 512801.23 | 2253.91 | 2150.61 | 103.30 | 2008.08.03 |
| XZK29 | 3180916.67 | 512531.97 | 2149.12 | 2145.87 | 3.25 | 2009.04.13 |
| XZK38 | 3181367.55 | 512190.67 | 2179.85 | 2149.15 | 30.70 | 2012.10.14 |
| XZK40 | 3181284.21 | 512253.80 | 2180.60 | 2146.44 | 34.16 | 2013.03.23 |
| XZK42 | 3181360.10 | 512352.17 | 2185.84 | 2156.44 | 29.40 | 2013.01.27 |
| XZK43 | 3181234.992 | 512275.945 | 2181.939 | 2145.34 | 36.60 | 2013.04.26 |
| XZK44 | 3181154.925 | 512246.475 | 2244.835 | 2148.13 | 96.70 | 2013.5.26 |
| XZK45 | 3181315.785 | 512377.67 | 2188.890 | 2148.94 | 39.95 | 2013.05.21 |
| XZK46 | 3181330.044 | 512463.877 | 2269.216 | 2149.22 | 120.00 | 2013.06.25 |
| XZK47 | 3181402.307 | 512435.54 | 2264.756 | 2156.16 | 108.60 | 2013.08.15 |
| XZK48 | 3180924.72 | 512519.615 | 2150.535 | 2145.34 | 5.20 | 2013.05.18 |
| XZK49 | 3181204.399 | 512297.094 | 2182.113 | 2145.51 | 36.60 | 2013.05.20 |
| XZK50 | 3181171.08 | 512282.76 | 2207.905 | 2138.11 | 69.80 | 2013.05.26 |
| XZK52 | 3181121.628 | 512274.213 | 2236.766 | 2148.57 | 88.20 | 2013.06.24 |
| XZK54 | 3181198.593 | 512155.05 | 2306.575 | 2176.78 | 129.80 | 2013.7.18 |
| XZK55 | 3181570.676 | 512230.784 | 2177.605 | 2156.40 | 21.20 | 2013.7.28 |

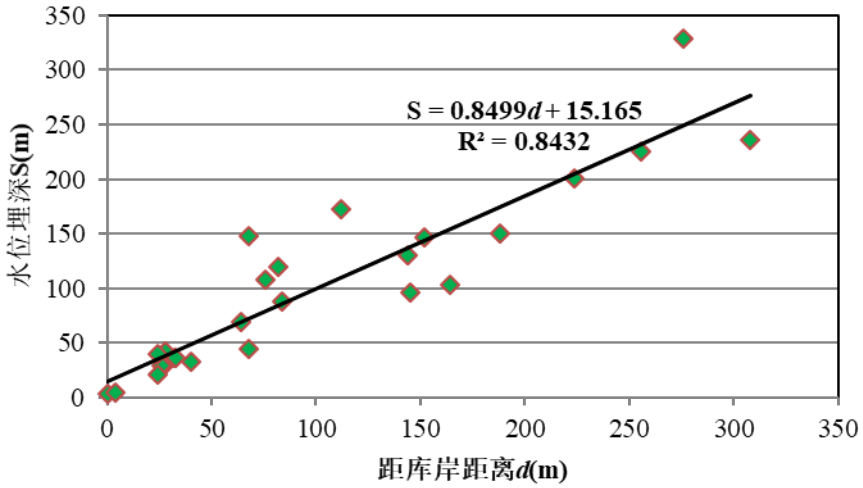



图 4.2-4　坝址区水位埋深 S 与距库岸距离 d 关系图

### 4.2.6 土壤

区域土壤有如下特征：

**（1）土壤钙化作用强，褐土十分发育**

区域处于横断山脉深切河谷，由于西南季风受高大山体的阻挡，气流下沉产生焚风作用，谷底干热，表层有机质含量较低；加之干湿交替的气候和强烈的蒸发与日照，在成土作用活跃期间，使成土母质中大量的碳酸钙在反复的淋溶-淀积过程中积累起来，形成了石灰反应清冽的褐土和灰褐土。褐土也是土壤垂直带谱中的基带土壤。

**（2）地势陡峻，土壤幼年性特征明显**

金沙江河谷北高南低，土壤处于起伏不平的斜面基底上，在暴雨和重力侵蚀频繁而强烈的作用下，水土流失较严重，造成土壤系统的不稳定，表现为土壤粗骨性强、细土物质少、土层浅薄、多岩石碎屑和砾石的幼年土壤特征。

**（3）土壤有机质丰富，但分解缓慢**

本区干季气温较低，土壤水分少，微生物活动缓慢；湿季虽然水、热充足，但时间短暂。加之本区植被多由硬叶、富含树脂等木质素、纤维素、单宁成分高的植物组成，因此，虽然有足够的有机质补给，但分解缓慢，这些枯枝落叶多成未分解或半分解状积累于地表，未得到充分的分解。

区内土壤具有明显的垂直地带性分布规律，自海拔 3500m 的高山地带至金沙江河谷，依次分布着山地褐土（海拔 2200m 以下）—山地棕褐土（海拔 2200～3000m）—山地棕壤（海拔 3000～3500m）—山地灰棕壤和山地灰土（海拔 3500～

4100m）—高山灌丛草甸土和高山草甸土（海拔 4100～4500m）。

**山地褐土。**发育于干旱河谷灌丛植被下的土壤，其特点为全剖面呈碱性反应，pH 值 7.5～8.5，有碳酸钙聚积。

**山地棕褐土。**其分布海拔较山地褐土高，且分布高度范围大，常与山地褐土、山地棕壤交错成复区，较山地褐土的环境湿润，但土壤仍较干燥，呈中性或微碱性反应，在一定深度出现钙积层，质地较粘重。

**山地棕壤。**在湿润山地暖温带和温带生物气候条件下形成的土壤类型，为主要森林土壤。土壤中腐殖质含量高，近中性和微酸性反应，质地为壤土，肥力很高。

**山地灰棕壤和山地灰化土。**位于棕土壤带之上，气候湿冷，土壤中灰化作用明显。剖面中，腐殖质层有机质含量很高，但下层急剧减少，紧接淋溶层有灰化作用，酸性反应，pH 值 4.5～5.0，淋溶层下有棕色淀积层，质地年终，有棱块状结构发育为其特征。山地灰化土是山地寒温带范围内，发育于湿润的亚高山针叶林下的代表性土壤类型。土壤呈强酸性反应，pH 值 3.7～4.5，有机质含量少，肥力低。

**高山灌丛草甸土。**高山灌丛草甸土是森林上线的高山灌丛草甸植被下发育的土壤。腐殖质层较厚，土壤呈黄或棕黄色，可分为酸性和石灰型两类。

**高山草甸土。**高山草甸土是高原牧场的主要土壤类型。其特征是土壤中草根盘结层发达而密实，厚度超过 20cm，发育程度低，土层浅薄、质地砂壤至轻壤土，多砾石，粉粒状或碎屑状结构。该土壤也分为酸性和石灰性两类。在半湿润气候地区常成复区分布。酸性高山草甸土躲在阴坡或低洼潮湿地；石灰性高山草甸土多分布在阳坡，草根盘结密实，土体较干燥。

除上述土壤外，在得荣、德钦等云南松林，高山栎类为主的硬叶常绿阔叶林河谷区，还分布有少量的山地红壤、山地红棕壤。

# 4.3生态环境

## 4.3.1 陆生生态

### 4.3.1.1 调查时间、范围、内容和方法

**（1）调查时间**

为深入调查和准确评价旭龙水电站生态环境现状，评价单位先后开展了多次野外调查与复核工作。

2014 年 1 月、2015 年 6 月，西南林业大学以坝区为重点开展了 2 次野外调查工作，为编制旭龙水电站预可行性研究报告积累了调查成果。2018 年 3~4 月（干季），7~8 月（湿季），武汉市伊美净科技发展有限公司分干湿两季开展了旭龙水电站评价范围内陆生动植物资源的野外调查工作，为旭龙水电站可行性研究阶段陆生生态专题评价提供了基础数据；2019 年 3-4 月，金沙江上游白格堰塞湖泄洪后，武汉市伊美净科技发展有限公司又开展了河滩植被的补充调查工作。

**（2）调查范围**

陆生生态调查范围为沿旭龙水电站库尾至坝下有施工区分布的两侧金沙江河段，向两侧外扩至第一道山脊线所形成的陆域空间范围，河段上下两侧各扩展 1km。重点调查枢纽工程区和水库淹没区。调查范围与评价范围一致。

**（3）调查内容**

1）陆生植物

调查范围内植物区系、植被类型、植被分布特征，主要植物群系的群落结构、建群种，主要植被类型的生物量。重点调查重点保护野生植物、特有植物、古树名木的种类、分布以及数量等内容。

2）陆生脊椎动物

调查范围陆生动物区系、种类（两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物）、和分布面积。重点调查国家和省/自治区重点保护野生动物种类、数量、基本生物学特征、分布状况及其栖息环境、繁殖和迁徙规律等。

3）景观生态、生物量和生物生产力

采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的空间信息技术，进行地面类型的数字化判读，获得景观类型面积和景观斑块数据，采用景观优势度评价方法，进行景观生态体

系的定量评价。

生物量和生产力调查，依据野外 GPS 定点的植物群落数据，结合遥感影像解译成果，获得评价范围各植物类型面积，然后参考区域内各植被类型的生物量和平均净生产力文献资料，如《我国森林植被的生物量和净生产量》（方精云等，1996），计算出各植被类型的生物量、自然体系总生物量和生产力。

**（4）调查方法**

1）基础资料收集

收集整理评价范围现有生物多样性资料，包括德钦县、得荣县、巴塘县以及芒康县林业、环保、国土等部门提供的土地利用现状、林地利用现状、农田利用现状等资料。

2）现场调查

①陆生植物

现场调查采取样线调查与样方调查相结合的方法。

A.样线调查

样线调查以枢纽工程区为中心，按不同方向沿山路、丘陵、河谷选择几条具有代表性的线路，向四周辐射调查（库区和坝下游区），同时对回水末端与支流两岸生境进行调查。

B.样方调查

样方调查布点遵循代表性、整体性、可行性、随机性原则。乔木群落样方面积为 20m×20m，灌木样方为 5m×5m，草本样方为 1m×1m，记录样方内的所有种类。样方调查通常与 GPS 定位技术相结合，通过 GPS 仪器记录样点的海拔、经纬度。2018-2019 年陆生生态调查共布设 41 个样方，其中乔木群落样方 4 个，灌木群落样方 23 个，草本群落样方 14 个，涵盖了评价范围主要植被类型。陆生生态评价范围植物样方分布情况见表 4.3-1。

表 4.3-1　评价范围陆生植物样方分布情况一览表

| 序号 | 群系 | 经纬度 | 海拔（m） | 位置 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 高山松林 | E 99° 9'39.40"，N 28°44'16.65" | 3240 | 徐龙乡张仁村附近山脊 |
| 2 | 高山松林 | E 99°10'11.04"，N 28°43'57.82" | 3435 | 徐龙乡张仁村附近山坡 |
| 3 | 川西云杉、鳞皮冷杉林 | E 99° 5'58.40"，N 28°57'31.69" | 3336 | 羊拉乡贝吾村 |

| 序号 | 群系 | 经纬度 | 海拔（m） | 位置 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 山杨+白桦林 | E 99° 9'14.61"，N 28°59'9.91" | 3789 | 徐龙乡如贡村附近山脊 |
| 5 | 狭穗针茅灌草丛 | E 99° 8'0.84"，N 28°44'17.21" | 2181 | 3#路附近 |
| 6 | 矮高山栎灌丛 | E 99°10'13.69"，N 28°43'40.81" | 3504 | 徐龙乡宗荣村附近山脊 |
| 7 | 清香木灌丛 | E 99°7'37.85"，N 28°56'41.24" | 2248 | 羊拉乡尼吕村金沙江岸边 |
| 8 | 马桑灌丛 | E 99°8'28.14"，N 28°44'26.78" | 2335 | 徐龙冲沟施工平台附近沟谷 |
| 9 | 西南仙人掌灌丛 | E 99°8'28.14"，N 28°56'41.24" | 2189 | 旭龙坝址左侧山坡 |
| 10 | 西南仙人掌灌丛 | E 99° 8'0.08"，N 28°44'19.98" | 2211 | 徐龙冲沟 |
| 11 | 小鞍叶羊蹄甲灌丛 | E 99°7'12.50"，N 28°44'36.89" | 2736 | 坝址右侧山坡 |
| 12 | 小叶荆灌丛 | E 99°07'44.89″，N 28°43'54.91″ | 2285 | 茂顶砂石系统 |
| 13 | 小叶荆灌丛 | E 99°7'28.65"，N 28°42'0.17" | 2175 | 机电安装基地附近 |
| 14 | 小叶荆+白刺花灌丛 | E 99°7'59.24"，N 28°43'59.42" | 2164 | 现场建设管理营地（鱼类增殖放流站） |
| 15 | 刺铁线莲+小叶荆灌丛 | E 99° 8'2.84"，N 28°44'16.98" | 2203 | 徐龙冲沟附近 |
| 16 | 灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛 | E 99° 6'46.17"，N 28°57'31.75" | 2836 | 羊拉乡尼吕村附近山坡 |
| 17 | 小叶灰毛莸+胶粘香茶菜灌丛 | E 99° 8'25.69"，N 28°44'26.43" | 2338 | 徐龙冲沟附近 |
| 18 | 两头毛灌丛 | E 99° 8'18.19"，N 28°56'16.95" | 2338 | 贡波乡本近龙村附近山坡 |
| 19 | 戟叶酸模灌丛 | E 99°7'2.17"，N 28°42'32.26" | 2309 | 茂顶弃渣场 |
| 20 | 窄叶鲜卑花灌丛 | E 99°9'9.45"，N 28°44'4.55" | 3031 | 徐龙乡张仁村附近山坡 |
| 21 | 矮高山栎灌丛 | E 99° 9'14.61"，N 28°59'9.91" | 3728 | 贡波乡联谊村附近山坡 |
| 22 | 白刺花灌丛 | E 99°6'28.17"，N 28°42'19.12" | 2470 | 右岸炸药库附近 |
| 23 | 川滇蔷薇灌丛 | E99°6'28.58"，N 28°42'18.30" | 2458 | 14#公路附近 |
| 24 | 川滇蔷薇灌丛 | E 99°8'5.73"，N 28°44'17.02" | 2233 | 徐龙冲沟 |
| 25 | 西南蔷薇灌丛 | E 99°8'5.73"，N 28°44'17.02" | 3017 | 羊拉乡达曲村羊拉公路旁 |
| 26 | 川滇蔷薇灌丛 | E 99° 8'28.16"，N 28°43'19.85" | 2545 | 徐龙乡宗绒村附近 |
| 27 | 野迎春灌丛 | E 99°7'19.48"，N 28°54'45.49" | 2490 | 羊拉乡里农村羊拉公路旁 |
| 28 | 冬麻豆灌丛 | E 99° 8'5.52"，N 28°42'44.76" | 2210 | 表土堆放场附近 |

| 序号 | 群系 | 经纬度 | 海拔（m） | 位置 |
|---|---|---|---|---|
| 29 | 拟金茅+黄茅灌草丛 | E 99° 8'35.93"，N 28°44'33.06" | 2380 | 徐龙冲沟 |
| 30 | 垫状卷柏灌草丛 | E 99°5'46.04"，N 29°16'7.53" | 2401 | 回水末端附近山坡 |
| 31 | 狗尾草灌草丛 | E 99°7'46.80"，N 28°43'55.05" | 2311 | 右岸高混凝土系统 |
| 32 | 中华山蓼灌草丛 | E 99° 4'59.68"，N 28°58'7.06" | 2950 | 右岸表土堆放场上游 |
| 33 | 独尾草灌草丛 | E 99°8'7.44"，N 28°44'16.70" | 2248 | 徐龙冲沟右侧山坡 |
| 34 | 蜈蚣草灌草丛 | E 99°7'46.80"，N 28°43'55.05" | 2311 | 右岸高混凝土系统 |
| 35 | 蜈蚣草灌草丛 | E 99°6'44.18"，N 28°46'8.44" | 2215 | 左岸上游 1#存弃渣场对岸 |
| 36 | 虎尾草灌草丛 | E 99°7'43.32"，N 28°43'47.28" | 2333 | 茂顶砂石系统 |
| 37 | 疏花婆婆纳灌草丛 | E 99° 6'50.92"，N 28°42'31.04" | 2352 | 6-1#路附近 |
| 38 | 中华山蓼灌草丛 | E 99° 7'38.63"，N 28°41'43.11" | 2153 | 羊拉乡东仲村附近 |
| 39 | 垫状卷柏灌草丛 | E 99° 8'0.79"，N 28°44'13.17" | 3504 | 徐龙冲沟 |
| 40 | 白草灌草丛 | E 99° 6'28.20"，N 28°42'26.83" | 2557 | 右岸炸药库坡上 |
| 41 | 问荆灌草丛 | E 99° 6'16.53"，N 28°42'20.83" | 2620 | 右岸炸药库附近 |

②陆生动物

A.实地调查

实地调查主要方法有样线法、样方法、样点法、红外相机自动拍摄法和铗日法。动物调查样线设置见下表。根据动物物种资源调查科学性原则、可操作性原则、保护性原则以及安全性原则，不同的陆生脊椎动物采用了不同的调查方法。

两栖动物、爬行动物主要以样线法为主，辅以样方法对评价范围两栖、爬行动物类群进行调查。根据两栖爬行动物分布与生境因素的关系如海拔、植被类型、水域状态等设置样线，样线尽可能涵盖不同生态系统类型。在湿地或灌丛生态系统中，采用长样线，长度 500~1000m；在森林生态系统中，采用多条短样线，长度 20~100m 之间，每个观测样地选择至少 7 条样线，短样线可以适当增加。样方法是在样地随机或均匀的设置一定数量的样方，一个样地内至少设置 7 个样方。样方尽量涵盖样地内的不同类型的生境，样方面积一般在 5m×5m、10m×10m 或 20m×20m。记录样方内见到的所有两栖爬行动物种类和个体数量。

鸟类主要采用样线法与样点法，根据生境类型及其面积的大小设计样线或样点，抽样强度高于 2%。一般样线长度在 1km~3km 为宜。样点法适合于崎岖的山地以及片段化的生境，调查周围能见距离内的鸟类数量与种类。

兽类的调查方法主要为样线法、红外相机自动拍摄法和铗日法。调查时统计样线两边的兽类足迹、卧迹、粪便、叫声及活体的活动情况等；植被较为茂盛区域，可对区域内数量稀少、活动规律特殊、在野外很难见到实体的兽类等采用红外相机拍摄法进行调查；小型兽类采用铗日法或者陷阱法调查动物种类和个体数量。

**表 4.3-2　评价范围陆生动物样线分布情况一览表**

| 样线编号 | 地点 | 起点坐标 | 终点坐标 | 海拔/m | 样线长度（km） | 生境照片 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 徐龙乡 | 99°7'54.81"东，28°43'44.91"北 | 99°8'34.86"东，28°44'33.16"北 | 2201-2302 | 2.2 |  |
| 2 | 坝下茂达水村 | 99°7'52.80"东，28°42'52.85"北 | 99°6'48.82"东，28°42'36.59"北 | 2174-2399 | 3 |  |
| 3 | 坝址右岸 | 99°7'55.20"东，28°44'1.99"北 | 99°7'38.33"东，28°43'39.82"北 | 2200-2342 | 2.19 |  |
| 4 | 库区贡波乡 | 99°7'52.99"东，28°56'46.99"北 | 99°8'21.44"东，28°56'34.64"北 | 2470-2283 | 2.37 |  |
| 5 | 库尾 | 99°5'47.92"东，29°16'33.23"北 | 99°6'24.75"东，29°15'46.41"北 | 2446-2387 | 2.98 |  |

B. 访问调查

通过对评价范围及其周边地区有野外经验的农民访问和座谈，与当地林业部门的相关人员进行交谈，了解当地野生动物的种类、分布及数量情况。

C. 查阅相关资料

查阅当地的有关科学研究和野外调查资料。比照相应的地理纬度和海拔高度，对照相关的研究资料，核查和收集当地及相邻地区的动物资源资料。

综合实地调查、访问调查和资料汇总，通过分析归纳和总结，从而得出项目现场及周边地区的动物物种、种群数量和分布资料，为评价和保护当地动物提供科学的依据。

### 4.3.1.2 生态系统现状

**（1）生态系统类型**

评价范围生态系统有 5 类，包括森林生态系统、灌丛生态系统、湿地生态系统、农业生态系统和城镇/村落生态系统，以灌丛生态系统为主，主要分布在两岸山坡海拔 3500m 以下区域；森林生态系统主要分布于 3500m 以上区域；湿地生态系统主要分布在金沙江干支流两侧河谷区域；农业生态系统主要集中在岸边及海拔 3000m 以下的缓坡地带；城镇/村落生态系统在金沙江边及两岸山坡零散分布。

**（2）生态系统结构**

生态系统结构包括组分结构、时空结构和营养结构三个方面。

1）组分结构

评价范围 5 类生态系统中，各生态系统面积和比例见下表，以灌丛生态系统面积分布最大。

**表 4.3-3　评价范围各生态系统面积一览表**

| 生态系统类型 | 森林生态系统 | 灌丛生态系统 | 湿地生态系统 | 农业生态系统 | 城镇/村落生态系统 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 面积（$hm^2$） | 1811.48 | 38903.13 | 617.85 | 869.69 | 1101.38 | 43303.52 |
| 所占百分比（%） | 4.18 | 89.84 | 1.43 | 2.01 | 2.54 | 100.00 |

2）时空结构

从水平结构来看，从坝址至回水末端的河谷地带植被较为单一，即以灌丛生态系统为主，零星分布有农田生态系统。

从垂直结构来看，从河谷到山顶，随着海拔依次升高，生态系统由湿地生态系统逐渐变为灌丛生态系统，到 3500m 以上区域主要为森林生态系统。农业生态系统、城镇/村落生态系统分散分布在 3000m 以下缓坡地带。

从时空分布格局来看，评价范围受到一定程度的人类干扰，生态系统基本处于半自然状态，生态系统的时空分布格局的影响因子中人类活动起到了决定性的作用。

3）营养结构

评价范围生产者为植物类群，森林生态系统、灌丛生态系统及农业生态系统为主要的产品提供来源，消费者为城镇/村落生态系统中的人类及其他生态系统中的动物及异养生物。评价范围生态系统总体处于半自然状态，食物链相对较短，食物网较为简单。

**（3）生态系统服务功能**

根据《全国生态功能区划》（环境保护部，2015），本工程评价范围属于滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区、川西北水源涵养与生物多样性保护重要区、藏东南生物多样性保护重要区，三个生态功能重要保护区的主要功能为生物多样性保护和水源涵养。

根据《四川省生态功能区划》，评价范围四川部分属于金沙江上游牧业与水源涵养生态功能区。其生态系统服务功能为牧业发展、水源涵养、土壤保持、沙漠化控制和生物多样性保护。

根据《云南省生态功能区划》，评价范围云南部分属于怒江、云岭高山峡谷生物多样性生态功能区。其主要生态系统服务功能为三江并流地区生物多样性和高山峡谷景观保护。

根据《西藏自治区生态功能区划》，评价范围西藏部分属于芒康金丝猴生物多样性保护与特色农林产业和生态旅游业生态功能区，其主要生态系统服务功能为以金丝猴为特色的生物多样性保护、特色农林产业和生态旅游。

结合现场调查结果，评价范围生态系统保水保土功能弱，地表干旱缺水问题突出、土壤坡面侵蚀和沟蚀严重、崩塌和滑坡等泥石流灾害频发、容易诱发水土流失等问题。因此，评价范围生态系统服务功能主要为生物多样性保护、水源涵养和水土保持。

### 4.3.1.3 植被和植物多样性

**（1）植物区系**

根据《中国种子植物区系地理》（吴征镒等，2011 年），评价区属于东亚植物区—中国-喜马拉雅植物亚区—横断山脉地区—三江峡谷亚地区。

通过对旭龙水电站评价区现场考察采集的植物标本鉴定，以及对历年积累的植物区系资料系统的整理，蕨类植物分类按照秦仁昌分类系统（1978 年）、裸子植物按照郑万钧分类系统（1978 年）、被子植物科按照恩格勒植物分类系统（1934 年），得出评价区维管束植物共有 113 科 367 属 755 种（含种下分类等级，下同），包括蕨类植物 11 科 18 属 34 种、种子植物 102 科 349 属 721 种（其中，裸子植物 3 科 8 属 12 种，被子植物 99 科 341 属 709 种）。评价区维管束植物总科数占全国总科数 26.90%、云南省的 37.79%、四川省的 45.38%、西藏自治区的 53.30%；评价区维管束植物总属数占全国总属数 10.66%、云南省的 17.13%、四川省的 22.26%、西藏自治区的 28.27%；评价区维管束植物总种数占全国总属数 2.41%、云南省的 4.55%、四川省的 7.00%、西藏自治区的 12.75%（详见表 4.3-4）。

**表 4.3-4 评价范围维管植物统计表**

| 项目 | 蕨类植物 | | | 种子植物 | | | | | | 维管束植物 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 裸子植物 | | | 被子植物 | | | | | |
| | 科 | 属 | 种 | 科 | 属 | 种 | 科 | 属 | 种 | 科 | 属 | 种 |
| 评价区 | 11 | 18 | 34 | 3 | 8 | 12 | 99 | 341 | 709 | 113 | 367 | 755 |
| 云南省 | 59 | 158 | 1500 | 10 | 32 | 81 | 230 | 1953 | 15000 | 299 | 2143 | 16581 |
| 四川省 | 52 | 128 | 730 | 9 | 28 | 101 | 188 | 1493 | 9953 | 249 | 1649 | 10784 |
| 西藏自治区 | 45 | 127 | 432 | 7 | 16 | 56 | 160 | 1155 | 5435 | 212 | 1298 | 5923 |
| 全国 | 63 | 224 | 2600 | 11 | 36 | 190 | 346 | 3184 | 28500 | 420 | 3444 | 31290 |
| 评价区占云南比例（%） | 18.64 | 11.39 | 2.27 | 30.00 | 25.00 | 14.81 | 43.04 | 17.46 | 4.73 | 37.79 | 17.13 | 4.55 |
| 评价区占四川比例（%） | 21.15 | 14.06 | 4.66 | 33.33 | 28.57 | 11.88 | 52.66 | 22.84 | 7.12 | 45.38 | 22.26 | 7.00 |
| 评价区占西藏比例（%） | 24.44 | 14.17 | 7.87 | 42.86 | 50.00 | 21.43 | 61.88 | 29.52 | 13.05 | 53.30 | 28.27 | 12.75 |
| 评价区占全国比例（%） | 17.46 | 8.04 | 1.31 | 27.27 | 22.22 | 6.32 | 28.61 | 10.71 | 2.49 | 26.90 | 10.66 | 2.41 |

评价区维管植物共有 113 科 367 属 755 种，其中野生或逸为野生的维管植物有 109 科 352 属 738 种，野生蕨类植物有 11 科 18 属 34 种，野生裸子植物有 2 科 6 属 10 种，野生被子植物有 96 科 328 属 694 种。评价区野生维管植物科属种分别占评价区维管植物科属种的 96.46%、95.91%和 97.75%，野生维管植物在评价区内所占比重较大。

评价区野生维管束植物中蕨类植物属按照《中国植物志》（第一卷）陆树刚关于中国蕨类植物属的分布区类型（2004 年），种子植物属按照吴征镒关于中国种子植物属的分布区类型系统（1993 年），将评价区野生维管束植物 352 属划分

为 14 个分布区类型。评价区种子植物区系属的地理成分以温带成分为主，达到 174 属，占评价区总属数的 61.48%，表明旭龙水电站评价区属于青藏高原东缘的范畴，区系特征具有较为突出的温带性质；热带成分有 92 属，占评价区总属数的 32.51%，显示出评价区地处中低纬度，受干热河谷气候控制区系特征具有一定的亚热带性质；此外，中亚、泛地中海成分仅 14 属，所占比例仅 4.95%。

**（2）植被类型**

根据《中国植被》的分区系统，并参考《云南植被》、《四川植被》、《西藏植被》的植被分类原则及系统，以及野外调查成果，评价范围自然植被包括 3 个植被型组、4 个植被型、32 个群系：由于海拔跨度不大，干热河谷又是评价范围分布最广的生境类型，因此灌丛群落种类极为丰富，灌草丛分布于公路侧、撂荒农地；针叶林和阔叶林在评价范围主要分布于海拔 3000m 以上的较高海拔段，针叶林和阔叶林面积很小。人工植被包括农作物和经济果木林两类，分布于河谷两侧较平缓的阶地上。评价范围主要植被类型及其分布见下表 4.3-5。

**表 4.3-5 评价范围主要植被类型及分布情况表**

| 植被型组 | 植被型 | 群系中文名 | 群系拉丁名 | 直接影响区 | 间接影响区 |
|---|---|---|---|---|---|
| 自然植被 | | | | | |
| 针叶林 | I. 寒温性针叶林 | 1. 高山松林 | *Form. Pinus densata* | | √ |
| | | 2. 川西云杉、鳞皮冷杉林 | *Form. Picea balfouriana+Abies squamata* | | √ |
| 阔叶林 | II. 落叶阔叶林 | 3. 山杨、白桦林 | *Form. Populus davidiana+ Betula platyphylla* | | √ |
| 灌丛和灌草丛 | III. 灌丛 | 4. 矮高山栎灌丛 | *Form. Quercus monimotricha* | | √ |
| | | 5. 清香木灌丛 | *Form. Pistacia weinmannifolia* | √ | √ |
| | | 6. 马桑灌丛 | *Form. Coriaria nepalensis* | √ | √ |
| | | 7. 西南仙人掌灌丛 | *Form. Opuntia monacantha* | √ | √ |
| | | 8. 小鞍叶羊蹄甲灌丛 | *Form. Bauhinia brachycarpa var. microphylla* | √ | √ |
| | | 9. 小叶荆灌丛 | *Form. Vitex negundo var. microphylla* | √ | √ |
| | | 10. 小叶荆+白刺花灌丛 | *Form. Vitex negundo var. microphylla+Sophora davidii* | √ | √ |
| | | 11. 白刺花灌丛 | *Form. Sophora davidii* | √ | √ |
| | | 12. 冬麻豆灌丛 | *Form. Salweenia wardii* | √ | √ |
| | | 13. 刺铁线莲+小叶荆灌丛 | *Form. Clematis delavayi var. spinescens+Vitex negundo var. microphylla* | √ | √ |
| | | 14. 灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛 | *Form. Indigofera calcicola+Rabdosia glutinosus* | √ | √ |
| | | 15. 小叶灰毛莸+胶粘香茶菜灌丛 | *Form. Caryopteris forrestii var. minor+Rabdosia glutinosus* | √ | √ |
| | | 16. 两头毛灌丛 | *Form. Incarvillea arguta* | √ | √ |
| | | 17. 戟叶酸模灌丛 | *Form. Rumex hastatus* | √ | √ |

| 植被型组 | 植被型 | 群系中文名 | 群系拉丁名 | 直接影响区 | 间接影响区 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 18. 窄叶鲜卑花灌丛 | *Form. Sibiraea angustata* | | √ |
| | | 19. 川滇蔷薇灌丛 | *Form. Rosa soulieana* | √ | √ |
| | | 20. 西南蔷薇灌丛 | *Form. Rosa murielae* | | √ |
| | | 21. 野迎春灌丛 | *Form. Jasminum mesnyi* | | √ |
| | IV. 灌草丛 | 22. 拟金茅+黄茅灌草丛 | *Form. Eulaliopsis binate+ Heteropogon contortus* | √ | √ |
| | | 23. 垫状卷柏灌草丛 | *Form. Selaginella pulvinata* | √ | √ |
| | | 24. 独尾草灌草丛 | *Form. Eremurus chinensis* | √ | √ |
| | | 25. 蜈蚣草灌草丛 | *Form. Pteris vittata* | √ | √ |
| | | 26. 狗尾草灌草丛 | *Form. Setaria viridis* | √ | √ |
| | | 27. 问荆灌草丛 | *Form. Equisetum arvense* | √ | √ |
| | | 28. 中华山蓼灌草丛 | *Form. Oxyria sinensis* | √ | √ |
| | | 29. 虎尾草灌草丛 | *Form. Chloris virgata* | √ | √ |
| | | 30. 疏花婆婆纳灌草丛 | *Form. Veronica laxa* | √ | √ |
| | | 31. 白草灌草丛 | *Form. Pennisetum flaccidum* | √ | √ |
| | | 32. 狭穗针茅灌草丛 | *Form. Stipa regeliana* | √ | √ |
| *人工植被* | | | | | |
| | 经济果木 | 核桃 | *Juglans regia* | √ | √ |
| | | 石榴 | *Punica granatum* | √ | √ |
| | | 桃 | *Amygdalus persica* | √ | √ |
| | 农作物 | 青稞（*Hordeum vulgare var. coeleste*）、玉米（*Zea mays*） | | √ | √ |

注：直接影响区为工程占地和水库淹没区，评价范围内直接影响区以外的区域为间接影响区。

**（3）植被分布特点**

1）水平分布

评价范围为高山峡谷地形，南北长约 68km，东西宽约 7km，由于河谷深切、山峦叠嶂，植被南北方向、东西方向水平分布差异均不明显。

2）垂直分布

评价范围植被垂直带谱较为明显，分述如下：

海拔 2020m~2500m（2600m）这一海拔段坡度较陡，范围较窄，属评价范围最低海拔的河谷段，也是评价范围人类干扰最为强烈的地方，这一区段内较陡峭，无人居住、也无农田分布的河段，为干热河谷灌丛分布的下限，视河段生境的不同可见小叶荆+白刺花灌丛、西南仙人掌灌丛、刺铁线莲+小叶荆灌丛等灌丛类型及其群丛；在这一区域的河谷平缓地段、河滩阶地，多为人类活动改造下形成的乡村聚居点和农田人工植被，以及居民点周围的经济果木林。同时，这一区段也是评价范围坝址及淹没区所在海拔区段，公路两侧可见戟叶酸模灌丛、两头毛灌丛等次生植被类型。

海拔 2500m~2700m（2800m），是干热河谷灌丛的集中分布区。这一区段人类活动干扰明显下降，在人类活动很弱的条件下使干热河谷灌丛连续成片分布成为可能，这一区域以小叶荆灌丛及其群丛为绝对优势，在地势较平缓海拔较低地段（2600m 以下）小叶荆灌丛盖度较高，植株生长良好，高度可达 1m 以上，群落盖度可达 40%；随着海拔升高，小叶荆群落的高度逐渐降低，小叶荆的生长高度降至 0.5m 左右，小叶荆在群落中的优势地位明显下降，其他灌木种类如小鞍叶羊蹄甲、小叶灰毛莸、皱叶醉鱼草、香茶菜等灌木种类逐渐渗入群落中，甚至部分物种与小叶荆成为共优种，形成不同的群丛，这也增加了评价范围植物群落种类的多样性。除白刺花群落及其群丛外，这一海拔段还可见小鞍叶羊蹄甲灌丛，灰岩木蓝+胶粘香茶灌丛等。在部分坡度陡峭河谷山坡，由于土壤侵蚀严重导致土壤贫瘠、干燥，地表植被盖度极低，灌木稀少而低矮，以小鞍叶羊蹄甲等稀疏可见。坡度平缓地段仍可见农田等人工植被。

海拔 2700~2900m（3000m），这一区段是干热河谷灌丛和人工植被分布上限，高山栎类灌丛的分布下限，以灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛为优势，坡度平缓地段可见窄叶鲜卑花灌丛及人工植被，矮高山栎类灌丛零星分布于这一区域。

在海拔 2900~3100m 是评价范围的高海拔地段，这一区段主要是针叶林植被分布的下限，矮高山栎类灌丛植被为优势，其间阳坡高山松林，山杨、白桦林呈片状、块状零星分布，川西云杉、鳞皮冷杉林零星分布于这一区域阴坡。

海拔 3100m 以上，主要为针叶林分布，阳坡以高山松为主，半阳坡、阴坡以川西云杉、鳞皮冷杉林为主。在局部阳坡、山脊等处仍然有很小面积川滇高山栎灌丛及高山栎类矮林延伸。

评价范围植被垂直分布总体情况见下表 4.3-6。

**表 4.3-6　旭龙水电站评价范围植被垂直分布表**

| 序号 | 海拔高程(m) | 主要植被类型 | 原生植被优势种 | 次生植被优势种 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2020~2500 | 灌丛、农田 | 小叶荆、白刺花、绢毛蔷薇、胶粘香茶菜、小叶灰毛莸、西南仙人掌、清香木、垫状卷柏 | 农作物、经济林木 |
| 2 | 2500~2700 | 灌丛 | 小鞍叶羊蹄甲、灰岩木蓝、胶粘香茶菜、垫状卷柏 | 农作物、经济林木 |
| 3 | 2700~2900 | 灌丛 | 小鞍叶羊蹄甲、灰岩木蓝、胶粘香茶菜、窄叶鲜卑花 | 农作物、经济林木 |
| 4 | 2900~3100 | 针叶林、栎灌丛 | 高山松、矮高山栎、川西云杉、鳞皮冷杉 | / |
| 5 | 3100以上 | 针叶林、栎灌丛 | 矮高山栎、高山松、川西云杉、鳞皮冷杉 | / |

**（4）主要植被类型**

1）高山松林（Form. *Pinus densata*）

高山松林在评价范围河段见于金沙江两岸山体上部，一般分布在海拔 3000m 以上的山地半阳坡，其下界接干热河谷灌丛。

原生高山松林中树木高可达 15m 以上，胸径 40cm 左右，但现存的不多；次生高山松林乔木层，高度一般在 15m 以下，胸径不足 20cm；评价范围多见次生性质的群落类型，乔木层郁闭度 0.4，层均高 6m；优势种为高山松（*Pinus densata*），盖度 40%，高 5~7m；主要伴生种有川滇高山栎（*Quercus aquifolioide*s）、白桦（*Betula platyphylla*）、落叶松（*Larix potaninii* var. *macrocarpa*）等。

灌木层盖度 40%，层均高 1.2m；优势种为矮高山栎（*Quercus monimotricha*），盖度 30%，高 0.8~1.5m；主要伴生种有川滇高山栎（*Quercus aquifolioides*）、云南锦鸡儿（*Caragana franchetiana*）、毛叶南烛（*Lyonia villo*sa）、乌鸦果（*Vaccinium fragile*）、亮叶杜鹃（*Rhododendron vernicosum*）等组成。

草本层盖度较低，不足 20%，高 0.1~0.5m。无明显优势种，主要种类有黄腺香青（*Anaphalis aureo-punctata*）、糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、细叶早熟禾（*Poa angustifolia*）、戟叶火绒草（*Leontopodium dedekensii*）、腋花马先蒿（*Pedicularis axillaris*）、甘西鼠尾草（*Salvia przewalskii*）等。

样方点位：徐龙乡山脊（N：28°44'16.65"，E：99° 9'39.40"，H：3240m）、（E：99° 9'39.40"； N:28°44'16.65"，H：3435m）

2）川西云杉、鳞皮冷杉（Form. *Picea likiangensis* var. *rubescens +Abies squamata*）

川西云杉与鳞皮冷杉混交林，生于海拔（3000）3300~3900m 的阴坡。

乔木层郁闭度 0.7，优势种以川西云杉、鳞皮冷杉为主，树高 20 m 以上，郁闭度为 0.6~0.8，胸径 20~32cm。常有黄果冷杉（*Abies ernestii*）、大果圆柏（*Juniperus tibetica*）及少量白桦等混生林中。

因人为砍伐较多，灌木较稀疏，常呈团状分布，层盖度 25%左右，层均高 1.5m。在不同地段灌木种类差别较大，常见亮叶杜鹃、金露梅（*Potentilla fruticosa*）、银露梅（*Potentilla glabra*）、细枝绣线菊（*Spiraea myrtilloides*）、直穗小檗（*Berberis dasystachya*）、刺红珠（*Berberis dictyophylla*）等。

草本层盖度低，约 10%，层均高 0.2m。无明显优势种，常见有类叶升麻（*Actaea asiatica*）、金冠鳞毛蕨（*Dryopteris chrysocoma*）、三角叶蟹甲草（*Parasenecio deltophyllus*）、红毛虎耳草( *Saxifraga rufescens*)、维氏马先蒿 ( *Pedicularis vialii*)、灰叶堇菜（*Viola delavayi*）、露珠草（*Circaea imaicola*)等。

样方点位：贝吾（N：28°57'31.69"；E：99°5'58.40"，H：3336m）。

3）山杨、白桦林（Form. *Populus davidiana+ Betula platyphylla*）

山杨、白桦林主要分布在评价河段山体上部的凹地、阴坡或半阴坡等局部山坡，分布海拔 2900m 以上；在河谷两侧山体中上部断续出现，呈小片状分布。

评价范围所见多为幼林，植株密度较大，乔木层郁闭度 0.8，层均高 7m。优势种为山杨（*Populus davidiana*）、白桦（*Betula platyphylla*），树高 5~10m，胸径 5~11cm，盖度 70%。常见伴生种有糙皮桦（*Betula utilis*）、川西云杉、鳞皮冷杉、高山松等。

灌木层盖度 15%，层均高 1m；优势种为矮高山栎，盖度 10%，高 0.8~1.2m；常见伴生种有美丽马醉木（*Pieris formosa*）、红棕杜鹃（*Rhododendron rubiginosum*）、锈红杜鹃（*Rhododendron complexum*）、美丽小檗等。

草本层盖度 10%，层均高 0.2m；优势种不明显，主要有藏滇羊茅（*Festuca vierhapperi*）、丽江剪股颖（*Agrostis schneideri*）、细叶早熟禾（*Poa pratensis subsp. Angustifolia*），弯齿黄耆（*Astragalus camptodontus*）等。

样方点位：徐龙乡山脊处（N：28°57'31.69"；E：99°5'58.40"，H：3789m）

4）矮高山栎灌丛（Form. *Quercus monimotricha*）

矮高山栎灌丛分布在海拔 2800~3100m 较陡阳坡或半阳坡。矮高山栎灌丛下接干热河谷灌丛或与高山松、云冷杉林斑块镶嵌分布，在阳性缓坡可见成片分布。

群落外貌黄绿色，林冠整齐。矮高山栎灌丛是比较稳定的群落，在灌丛中偶见高山松植株，但其更新幼苗极少。灌木层盖度 40%左右，在植株生长密集地段盖度可达 70%，层均高 1.5m；矮高山栎灌丛灌木层物种组成简单，矮高山栎占绝对优势，此外，腋花杜鹃（*Rhododendron racemosum*）、云南绣线菊（*Spiraea yunnanensis*）、黄背栎（*Quercus pannosa*）、灰背栎（*Quercus senescens*）、南烛（*Vaccinium bracteatum*）等在不同地段丰富度不同。

草本层盖度一般在 40%左右，层均高 0.3m；优势种不明显，以羊茅（*Festuca ovina*）、早熟禾（*Poa annua*）、莎草（*Cyperaceae* sp.）、钉柱委陵菜（*Potentilla*

*saundersiana*）、华西委陵菜（*Potentilla potaninii*）为常见。

样方点位：贡波乡山坡（N：28°59'9.91"，E：99° 9'14.61"，H：3842m）；宗荣村山脊（N：28°43'40.81"，E：99°10'13.69"，H：3494m）。

5）清香木灌丛（Form. *Pistacia weinmannifolia*）

评价范围清香木灌丛，零星分布于河谷两侧的滩地上，受水库淹没影响较为严重。

灌木层盖度约 40%，层均高 4m。优势种为清香木（*Pistacia weinmannifolia*），盖度 35%，高 3~5m，伴生种有小叶荆（*Vitex microphylla*）、小鞍叶羊蹄甲（*Bauhinia brachycarpa*）、华西小石积（*Osteomeles schwerinae*）、卵果蔷薇（*Rosa helenae*）、沙针（*Osyris wightiana*）、绣线菊（*Spiraea japonica*）、西南蔷薇（*Rosa muirielae*）等。

草本层盖度 20%，层均高 0.5m。优势种不明显，以阿穆尔莎草（*Cyperus amuricus*）、艾蒿（*Artemisia argyi*）、铃铛草、黄茅（Heteropogon contortus）、茅叶荩草（*Arthraxon prionodes*）、细瘦卷柏（*Selaginella vardei*）等较为常见。

样方点位：羊拉乡金沙江岸边（N：28°56'41.24"，E：99°7'37.85"，H：2248m）。

6）马桑灌丛（Form. *Coriaria nepalensis*）

评价范围马桑灌丛，主要见于徐龙冲沟附近。不受水库淹没影响。

灌木层盖度约 60%，层均高 2m。优势种为马桑（*Coriaria nepalensis*），盖度 45%，高 1~4m，伴生种有水麻（*Debregeasia orientalis*）、卧生水柏枝（*Myricaria rosea*）、小叶荆、卵果蔷薇、西南蔷薇等。

草本层盖度 10%，层均高 0.5m。优势种不明显，以阿穆尔莎草、黄茅（*Heteropogon contortus*）、鞭叶铁线蕨（*Adiantum caudatum*）、扇叶铁线蕨（*Adiantum flabellulatum*）等较为常见。

样方点位：徐龙冲沟附近沟谷（N：28°44'26.78"，E：99°8'28.14"，H：2335m）。

7）西南仙人掌灌丛（Form. *Opuntia monacantha*）

评价范围的西南仙人掌灌丛分布海拔 2199~2244m。

灌木层盖度约 10%，层均高 2m。优势种为常见西南仙人掌（*Opuntia monacantha*）、盖度 8%，高 1.2~3m。伴生种少，常见有多花胡枝子、华西小石积、清香木、小叶杭子梢等。

草本层盖度 10%，层均高 1m。优势种不明显，以艾蒿（*Artemisia argyi*）、

千针苋（*Acroglochin persicarioides*）、狗尾草、鬼针草（*Bidens pilosa*）、阿穆尔莎草、铃铛草、缺刻千里光、多枝滇紫草（*Onosma multiramosum*）、马尔康糙果芹（*Trachyspermum triradiatum*）、小野荞麦、茅叶荩草、独尾草（*Eremurus chinensis*）、丛毛羊胡子草（*Eriophorum comosum*）、纤、垫状卷柏（*Selaginella pulvinata*）等较为常见。

样方点位：旭龙坝址左侧山坡（N：28°44'48.73"，E：99°7'37.40"，H：2189m）。

8）小鞍叶羊蹄甲灌丛（Form. *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*）

评价范围的小鞍叶羊蹄甲灌丛分布海拔 2186~3000m，多分布在金沙江右侧山坡。

灌木层盖度约 12%，层均高约为 1m。优势种为小鞍叶羊蹄甲，盖度 8%，高 0.5~1.2m,，伴生种常见如华西小石积、灰毛菝、小叶荆、灰岩木蓝（*Indigofera calcicola*）、折叶白前（*Cynanchum forrestii* var. *conduplicatum*）等。

草本层盖度 20%，层均高 0.1m。优势种为垫状卷柏，盖度 15%，高 0.08~0.15m，伴生种有中华草沙蚕（*Tripogon chinensis*）、雪白粉背蕨、茅叶荩草、独尾草、小野荞麦、短穗冠芒草等。

样方点位：坝址右侧山坡（N：28°44'36.89"，E：99° 7'12.50"，H：2736m）。

9）小叶荆灌丛（Form. *Vitex negundo* var. *microphylla*）

评价范围的小叶荆灌丛分布广泛，分布海拔2216~2532m。

灌木层盖度约30%，层均高1.5m。优势种为小叶荆，盖度15%，高1~1.6m，伴生种常见小鞍叶羊蹄甲、错枝榄仁（*Terminalia intricata*）、小叶杭子梢（*Campylotropis wilsonii*）、川滇野丁香（*Leptodermis pilosa*）等。

草本层盖度5%，优势种为垫状卷柏，盖度3%，高0.1m；伴生种有细瘦卷柏、茅叶荩草、芸香草等。

样方点位：茂顶砂石系统（N：28°43′54.91″，E：99°07′44.89″，H：2285m）。

10）小叶荆+白刺花灌丛（Form. *Vitex negundo* var. *microphylla*+ *Sophora davidii*）

评价范围的小叶荆+白刺花灌丛分布海拔 2100~2231m。

灌木层盖度 15%，层均高 1.5m。优势种为小叶荆、白刺花；盖度分比为 7%，6%；高 1~1.5m；伴生种常见小鞍叶羊蹄甲、灰岩木蓝、折叶白前、华西小石积、圆锥山蚂蝗（*Desmodium elegans*）、西南蔷薇（*Rosa murielae*）、对节刺（*Horaninovia*

*ulicina*）等。

草本层盖度 1%，高可达 100cm。优势种不明显，以小野荞麦、德钦画眉草、短穗冠芒草、灰苞蒿（*Artemisia roxburghiana*）、头花香薷（*Elsholtzia capituligera*）、芸香草、黄茅等较为常见。

样方点位：现场建设管理营地（鱼类增殖放流站）附近（N：28°43'59.42"，E：99°7'59.24"，H：2164m）。

11）白刺花灌丛（Form. *Sophora davidii*）

评价区白刺花常与小叶荆、小鞍叶羊蹄甲等伴生，分布在海拔 2100~2300m 左右。

灌木层盖度 90%，层均高 2.0m，优势种为白刺花，盖度 55%，高 1.5~2.0m，伴生种主要有小鞍叶羊蹄甲、灰岩木蓝等。草本层盖度 15%，高度 0.1~0.6m，优势种为羊茅和莎草属（Cyperus sp.），伴生种有牛筋草、黄苞南星、折叶白前、垫状卷柏、鼠麴草、西藏珊瑚苣苔等。

样方点位：右岸炸药库附近（N：28°42'19.12"，E：99°6'28.17"；H：_2470m_）。

12）冬麻豆灌丛（Form. *Salweenia wardii*）

评价区冬麻豆灌丛零星分布，植被覆盖度较低。

灌木层盖度 50%，层均高 1.5m，优势种为冬麻豆（*Salweenia wardii*），盖度 40%，高约 1.4m，伴生种主要有小叶荆等。草本层主要为禾本科植物，盖度 15%，优势种不明显，主要有狭穗针茅（*Stipa regeliana*）、野青茅、矛叶荩草、矮羊茅（*Festuca coelestis*）、拟金茅等。

样方点位：表土堆放场附近（N：28°42'44.76"，E：99° 8'5.52"；H：2210m）。

13）刺铁线莲+小叶荆灌丛（Form. *Clematis delavayi* var. *spinescens*+ *Vitex negundo* var. *microphylla*）

该群落在评价范围成块状分布，出现在低海拔 2200-2402m 区域，群落外貌上看，较为整齐。

灌木层盖度约 10%，层均高 1.2m，优势种为刺铁线莲（*Clematis delavayi* var. *spinescens*）、小叶荆；盖度分别为 4%，3%；伴生种有小叶杭子梢、华西小石积、白刺花、错枝榄仁、川康栒子（*Cotoneaster ambiguus*）、多刺天门冬（*Asparagus myriacanthus*）等。

草本层盖度约 12%，高度 0.03-0.4m 不等，无明显优势种，常见种类有垫状

卷柏、茅叶荩草、芸香草、独尾草、白边卷柏、西南菅草（*Themeda hookeri*）、等。

样方点位：徐龙冲沟附近（N：28°44'16.98"，E：99°8'2.84"，H：2203m）。

14）灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛（Form. *Indigofera calcicola*+ *Isodon glutinosus*）

评价范围灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛分布在海拔 2300-2960m 区域，生于多石砾、土层薄，坡陡的生境。群落外貌分层比较明显，较高的为小叶荆，平均高度 1.3m 左右，其次是皱叶腺花醉鱼草、小叶野丁香等，平均高度在 0.8m 左右，但是数量极少，盖度很低。而群落中的优势种胶粘香茶菜和灰岩木蓝则很矮，但是盖度很高。

灌木层盖度约 25%，层均高 1.2m；优势种为灰岩木蓝、胶粘香茶菜，盖度均为 10%；高 0.6~1.2m；伴生种有皱叶醉鱼草、小叶荆、小叶灰毛莸、架棚、头花香薷、怒江蒿、小叶野丁香、革叶荛花（*Wikstroemia scytophylla*）等。

草本层盖度约 25%，层均高 0.3m，优势种为德钦画眉草，盖度 10%，高 0.1~0.5m，伴生种有石胆草、短穗冠芒草、粗毛狗娃花、白草、三角金毛裸蕨、、猪毛菜（*Salsola collina*）、巴塘报春（*Primula bathangensis*）、钝瓣景天（*Sedum obtusipetalum*）、纺锤根蝇子草（*Silene napuligera*）、康定翠雀花（*Delphinium tatsienense*）、雪白粉背蕨、茅叶荩草、丛毛羊胡子草、中华草沙蚕等。

样方点位：库中尼吕附近山坡（N：28°57'31.75"，E：99° 6'46.17"，H：2836m）。

15）小叶灰毛莸+胶粘香茶菜灌丛（Form. *Caryopteris forrestii* var. *minor*+ *Rabdosia glutinosa*）

该群落在评价范围成块状分布，出现在海拔 2200~2400m 区域，群落外貌较为整齐。

灌木层盖度约 15%，层均高 1.5m；优势种为小叶灰毛莸、胶粘香茶菜；盖度分别为 6%，5%；高 0.5~1.2m；常见伴生种有灰岩木蓝、小叶鹅绒藤（*Cynanchum anthonyanum*）。

草本层盖度约 15%，层均高 0.3m；优势种不明显，常见伴生种有康定翠雀花（*Delphinium tatsienense*）、滇韭（*Allium mairei*）、卷叶黄精（*Polygonatum cirrhifolium*）、岷江景天（*Sedum balfouri*）、独尾草、细柄草、德钦画眉草、粗毛狗娃花、白草等。

样方点位：徐龙冲沟附近（N：28°44'26.43"，E：99° 8'25.69"，H：2338m）。

16）两头毛灌丛（Form. *Incarvillea arguta*）

该灌丛主要分布于道路两侧，人为干扰较大区域，评价范围最高分布海拔可达 2900m。

灌木层盖度约 15%，层均高 1.2m；优势种为两头毛（*Incarvillea arguta*），盖度 10%，高 1~1.5m；常见伴生种有戟叶酸模（*Rumex hastatus*）、小鞍叶羊蹄甲、小叶荆、胶粘香茶菜等。

草本层盖度约 10%，层均高 0.4m；无明显优势种，常见伴生种有平车前（*Plantago depressa*）、鬼针草、缺刻千里光、尼泊尔酸模（*Rumex nepalensis*）、问荆、扇叶铁线蕨、白花车轴草、细五爪金、石胆草、芸香草等。

样方点位：贡波乡附近山坡（N：28°44'26.43"，E：99° 8'25.69"，H：2338m）。

17）戟叶酸模灌丛（Form. *Rumex hastatus*）

评价范围该灌丛主要分布于山沟或路边，多分布在海拔 2400m 以下。

灌木层盖度约 15%，层均高 1.2m；优势种为戟叶酸模，盖度 10%，高 1~1.5m；常见伴生种有小叶荆、小鞍叶羊蹄甲等。

草本层盖度约 8%，层均高 0.1m；无明显优势种，常见伴生种有蒲公英（*Taraxacum mongolicum*）、鼠麴草（*Gnaphalium affine*）、鬼针草、白花车轴草、狗尾草等。

样方点位：茂顶弃渣场（N：28°42'32.26"，E：99° 7'2.17"，H：2309m）。

18）窄叶鲜卑花灌丛（Form. *Sibiraea angustata*）

该灌丛分布海拔较高，多分布在海拔 2800-3100m 左右较为平缓的山坡阳面或半阳面，上接矮高山栎灌丛或高山松林，下接干热河谷灌丛，如小叶荆灌丛，灰岩木蓝、胶粘香茶菜灌丛、西南仙人掌灌丛等。

灌木层盖度约 25%，层均高 1.5m；优势种为窄叶鲜卑花（*Sibiraea angustata*），盖度 15%，高 1.2~1.5m；常见伴生种有尖瓣瑞香（*Daphne acutiloba*）、绢毛蔷薇、西南蔷薇、美丽小檗等。

草本层盖度约 80%，层均高 0.5m；优势种为藏滇羊茅（*Festuca vierhapperi*），盖度 50%，高 0.3~0.5m；伴生种有羊茅、早熟禾、莎草（*Cyperaceae* sp.）等。

样方点位：张仁村附近山坡（N：28°44'4.55"，E：99° 9'9.45"，H：3031m）。

19）川滇蔷薇灌丛（Form. *Rosa soulieana*）

评价区内该灌丛主要分布于山沟或路边，多分布在海拔 3000m 以下。

灌木层盖度 85%　层均高 1.5m；优势种为川滇蔷薇（*Rosa soulieana*），盖度 65%，伴生种有白刺花、毛葡萄、具鳞水柏枝（*Myricaria squamosa*）、狭落鬼吹箫（*Leycesteria formosa* var. *stenosepala*）、马桑、错枝榄仁（*Terminalia franchetii* var. *intricata*）等。

草本层盖度 30%，层均高 0.5m；优势种常不明显，伴生种有匙叶千里光（*Senecio spathiphyllus*）、早熟禾、西藏珊瑚苣苔（*Corallodiscus lanuginosa*）、蔓出卷柏（*Selaginella davidii*）、细瘦卷柏、垫状卷柏、中华山蓼（*Oxyria sinensis*）、鼠麴草等。

样方点位：徐龙冲沟（N:28°44'17.02"，E:99°8'5.73"，H：2233m）；14#公路附近（N:28°42'18.30"，E:99°6'28.58"，H：2458m）。

20）西南蔷薇灌丛（Form. *Rosa murielae*）

评价区内该灌丛主要分布于山坡或路边，分布海拔较高，多在海拔 2900m 以上。

灌木层盖度 75%，层均高 1.5m；优势种为西南蔷薇（*Rosa murielae*），盖度 45%，高 1.2~2m；伴生种少，主要有小蓝雪花（*Ceratostigma minus*）、革叶荛花（*Wikstroemia scytophylla*）等。

草本层盖度 10%，层均高 0.5m；优势种为藏滇羊茅，盖度 5%，高 0.3~0.5m；伴生种有白草（*Pennisetum flaccidum*）、羊茅、狭穗针茅（*Stipa regeliana*）等。

样方点位：羊拉公路旁（N: 28°58'6.96"，E: 99°5'5.16"，H：3017m）。

21）野迎春灌丛（Form. *Jasminum mesnyi*）

评价区内该灌丛主要分布于向阳山坡，多在海拔 2300m~2800m 中间。灌木层盖度 75%，层均高 0.4m；优势种为野迎春（*Jasminum mesnyi*），盖度 65%，高 0.3~0.5m；常见伴生种有灰岩木蓝、胶粘香茶菜等。

草本层盖度 90%，层均高 0.5m；优势种为独尾草，盖度 40%，高 0.4~0.6m；伴生种有粗根韭（*Allium fasciculatum*）、蒺藜（*Tribulus terrestris*）、硬秆子草、剪股颖（*Agrostis matsumurae*）等。

样方点位：羊拉公路旁（N: 28°54'45.49"，E: 99°7'19.48"，H：2490m）。

22）拟金茅+黄茅灌草丛（Form. *Eulaliopsis binata+Heteropogon contortus*）

该群落在评价范围分布较少，主要分布于撂荒地，常以拟金茅、黄茅两种构成优势或各为优势而镶嵌分布。

草本层盖度约 80%，层均高 0.7m；优势种为拟金茅（*Eulaliopsis binata*）、黄茅，盖度分别为 40%，35%；高均在 0.6~0.8m 之间。伴生种常见有芸香草、小菅草、细柄草、硬秆子草等。

样方点位：徐龙冲沟（N：28°44'32.82"，E：99° 8'32.89"，H：2380m）。

23）垫状卷柏灌草丛（Form. *Selaginella pulvinata*）

该群落主要分布在评价范围海拔 3000m 以下，石灰岩峭壁或缓坡上，群落外观呈垫状，结构简单。

草本层盖度约 50%，层均高 0.1m；优势种为垫状卷柏，盖 35%，高 0.1m 左右，伴生种有细瘦卷柏、芸香草、硬秆子草、中华草沙蚕、狗尾草等。

样方点位：回水末端附近山坡（N：29°16'7.53"，E：99° 5'46.04"，H：2401m）。

24）狗尾草灌草丛（Form. *Setaria viridis*）

该群落零星分布于评价范围海拔 4000m 以下山坡、路旁，常与其他群落镶嵌分布，群落外观整齐，结构简单。

草本层盖度约 60%，层均高 0.2m；优势种为狗尾草，盖度 40%，高 0.1~0.2，伴生种有芸香草、硬秆子草、苞子草（*Themeda caudata*）、西南菅草等。

样方点位：右岸高混凝土系统（N：28°43'55.05"，E：99° 7'46.80"，H：2311m）。

25）独尾草灌草丛（Form. *Eremurus chinensis*）

该群落在评价区内海拔 2800m 以下的山坡上分布普遍。

草本层盖度 85%，层均高 0.5m；优势种为独尾草（*Eremurus chinensis*），盖度 40%，高 0.4~0.6m，伴生种有西藏珊瑚苣苔（*Corallodiscus lanuginosa*）、垫状卷柏、细瘦卷柏、蔓出卷柏、白草、石莲（*Echeveria peacockii*）、折叶白前等。

样方点位：徐龙冲沟右侧山坡（N：28°44'16.70"，E：99° 8'7.44"，H：2248m）。

26）蜈蚣草灌草丛（Form. *Pteris vittata*）

该群落在评价区内零星分布在有水流经过的，相对湿润的向阳山坡。

草本层盖度 90%，层均高 0.3m；优势种为蜈蚣草（*Pteris vittata*），盖度 80%，高 0.2~0.5m，伴生种有蒿（*Artemisia* sp.）、酢浆草、黄苞南星（*Arisaema flavum*）、羽裂黄鹌菜（*Youngia paleacea*）、蒺藜等。

样方点位：右岸高混凝土系统（N：28°43'55.05"，E：99°7'46.80"，H：2311m）；左岸上游 1#存弃渣场对岸（N：28°46'8.44"，E：99°4'44.18"，H：2215m）。

27）问荆灌草丛（Form. *Equisetum arvense*）

该群落在评价区内零星分布，主要分布在山脚近河滩沙地。

草本层盖度 75%，层均高 0.3m，优势种为问荆，盖度 50%，高 0.2~0.4m，伴生种主要有瓶尔小草（*Ophioglossum vulgatum*）、阿尔穆莎草等。

样方点位：右岸炸药库附近（N：28°42'20.83"，E：99° 6'16.53"，H：2620m）。

28）中华山蓼灌草丛（Form. *Oxyria sinensis*）

该群落在评价区内主要在山坡谷地有少量分布。

草本层盖度 85%，高 0.2m，优势种为中华山蓼（*Oxyria sinensis*），盖度 80%，高 0.2~0.3m，伴生种主要有芸香草（*Cymbopogon distans*）、蒿属（*Artemisia* sp.）。

样方点位：右岸表土堆放场上游（N：28°58'7.06"，E：99° 4'59.68"，H：2950m）。

29）虎尾草灌草丛（Form. *Chloris virgata*）

该群落在评价区内河谷滩地有零星分布。

草本层盖度 95%，高 0.2m，优势种为虎尾草，盖度 90%，高 0.2~0.3m，伴生种主要有蒺藜（*Tribulus terrestris*）、刺花莲子草（*Alternanthera pungens*）。

样方点位：茂顶砂石系统（N：28°43'47.28"，E：99°7'43.32"，H：2333m）。

30）疏花婆婆纳灌草丛（Form. *Veronica laxa*）

该群落在评价区内零星分布。

草本层盖度 75%，高 0.2m，优势种为疏花婆婆纳（*Veronica laxa*），盖度 65%，高 0.2~0.3m，伴生种主要有糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、细叶早熟禾（*Poa pratensis* subsp. *angustifolia*）等。

样方点位：6-1#路附近（N：28°43'47.28"，E：99°7'43.32"，H：2333m）。

31）白草灌草丛（Form. *Pennisetum flaccidum*）

该群落在评价区内零星分布。

草本层盖度 80%，高 0.5m，优势种为白草，盖度 60%，高 0.4~0.7m，伴生种主要有西南菅草、细瘦卷柏、丛毛羊胡子草等。

样方点位：右岸炸药库坡上（N：28°42'26.83"，E：99° 6'28.20"，H：2557m）。

32）狭穗针茅灌草丛（Form. *Stipa regeliana*）

该群落在评价区内零星分布。

草本层盖度 60%，高 0.4m，优势种为狭穗针茅，盖度 25%，高 0.3~0.4m，伴生种主要有矛叶荩草、雪白粉背蕨（*Aleuritopteris niphobola*）、垫状卷柏等。

样方点位：3#路附近（N：28°44'17.21"，E：99° 8'0.84"，H：2181m）。

**（5）重点保护野生植物和古树名木**

1）重点保护野生植物

陆生植被重点调查直接影响区（枢纽工程区、水库淹没区），同时选取间接影响区进行抽样调查。2018 年 7~8 月在调查区域发现有 9 处野生金荞麦（*Fagopyrum dibotrys*）分布，其中 5 处位于施工区，2 处位于淹没区，另外 2 处分布于间接影响区（不排除评价区内还有其它零星分布）。金荞麦属于国家 II 级重点保护野生植物，调查区域内 9 处金荞麦的分布情况详见下表 4.3-7。

**表 4.3-7　评价范围重点保护野生植物金荞麦分布情况一览表**

| 序号 | 调查点位 | 分布面积（m×m） | 与工程的位置关系 | 现场照片 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 28°45'21.87"N<br>99°7'4.56"E<br>H：2163m | 0.2×0.2 | 位于 2#施工营地对岸，直线距离约 130m，在水库淹没区内 |  |
| 2 | 28°45'25.78"N<br>99°7'2.30"E<br>H：2214m | 1×1 | 位于 2#施工营地对岸，直线距离约 135m，在水库淹没区内 |  |
| 3 | 28°42'18.91"N<br>99°6'28.71"E<br>H：2482m | 0.2×0.2 | 位于 14#施工道路附近，在枢纽工程征地范围内 |  |
| 4 | 28°44'46.26"N<br>99°7'33.84"E<br>H：2201m | 0.2×0.2 | 位于坝址右岸，在枢纽工程征地范围内 |  |

| 序号 | 调查点位 | 分布面积（m×m） | 与工程的位置关系 | 现场照片 |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 28°44'46.21"N 99°7'33.82"E H：2203m | 0.2×0.2 | 位于坝址右岸，在枢纽工程征地范围内 |  |
| 6 | 28°44'45.08"N 99°7'33.51"E H：2221m | 0.3×0.3 | 位于坝址右岸，在枢纽工程征地范围内 |  |
| 7 | 28°44'44.33"N 99°7'34.25"E H：2219m | 0.4×0.4 | 位于坝址右岸，在枢纽工程征地范围内 |  |
| 8 | 28°43'32.49"N 99°7'36.91"E H：2355m | 0.3×0.3 | 位于坝址下游，距离110v 变电站约 100m，不在枢纽工程征地范围内。 |  |
| 9 | 28°57'27.95"N 99°6'46.38"E H：2820m | 0.4×0.4 | 坝址上游，淹没线以上，不在枢纽工程征地范围内 |  |

根据《云南省第一批省级重点保护野生植物名录修订》（周彬，2010）、

《四川省珍稀濒危植物及其保护》（张桥英，2002）、《西藏珍稀濒危植物的现状与保护对策》（吕永磊，2008）、《中国珍稀濒危植物图鉴》等文献资料，评价区可能分布有国家 I 级重点保护野生植物云南红豆杉（同为云南省级重点保护野生植物）、独叶草（*Kingdonia uniflora*），国家二级保护野生植物金荞麦（Fagopyrum *dibotrys*）、山莨菪（*Anisodus tanguticus*）、冬虫夏草（*Ophiocordyceps Sinensis*）、松口蘑（*Tricholoma matsutake*）、胡黄连（*Neopicrorhiza scrophulariiflora*）、金铁锁（*Psammosilene tunicoides*）、澜沧黄杉（*Pseudotsuga forrestii*）、十齿花（*Dipentodon sinicus*）、水青树（*Tetracentron sinense*）、四川狼尾草（*Pennisetum sichuanense*）、香果树（*Emmenopterys henryi*）、油麦吊云杉（*Picea brachytyla var. complanata*）。

根据已有的文献资料和现场调查情况，2018 年 7 月 26 日，评价单位就旭龙水电站评价区内珍稀、保护植物的情况向昆明植物研究所相关研究人员进行了复核与探讨。昆明植物所相关人员在了解了项目相关地理位置情况后，认为本区域出现珍稀、保护植物以及区域特有植物的可能性较小，认同本报告给出的山莨菪、松口蘑等保护植物在直接影响区分布概率很小的结论；同时提醒应注意罂粟莲花、虎榛子两种保护植物的在区域内有无分布。

根据 2018 年 8 月、2019 年 3 月对评价区的现场调查，未发现山莨菪、松口蘑、云南红豆杉、胡黄连、金铁锁、澜沧黄杉、十齿花、水青树、四川狼尾草、香果树、油麦吊云杉、罂粟莲花和虎榛子等保护野生植物分布。根据《中国植物志》，罂粟莲花，产于云南西北部（洱源、丽江、中甸）和四川西南部（木里、稻城），生长在海拔 1750-3000m 间山地草坡或云南松林中草地。虎榛子，产于辽宁西部、内蒙古、河北、山西、陕西、甘肃及四川北部，常见于海拔 800-2400m 的山坡，为黄土高原的优势灌木，也见于杂木林及油松林下。

另外，在羊拉乡茂顶村发现有人工栽培的云南红豆杉。根据《中国植物志》，云南红豆杉产于云南西北部及西部（镇康、景东），四川西南部与西藏东南部，生于海拔 2000-3500m 高山地带。

2）古树

根据实地调查、资料收集和访问调查，在评价范围内未发现挂牌古树。

**（6）特有植物**

根据《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》、《中国特有种子植物的多

样性及其地理分布》以及现场调查，未发现当地特有植物、横断山特有植物。在评价范围内分布有中国特有植物 22 种，分别为细瘦卷柏、小叶鹅绒藤、独尾草、雪白粉背蕨、华西小石积、灰毛菀、小叶灰毛菀、川滇野丁香、胶粘香茶菜、刺铁线莲、错枝榄仁、白刺花、小蓝雪花、多枝滇紫草、凹叶雀梅藤、革叶荛花、多刺天门冬、岷江景天、西南蔷薇、川滇蔷薇、灰岩木蓝和冬麻豆，除错枝榄仁的红色名录等级为近危，冬麻豆红色名录等级为濒危外，其余植物种类红色名录等级均为无危。错枝榄仁分布范围较狭窄，主要分布在云南西北部和四川西南部乡城等地，在徐龙冲沟施工区附近发现有 1 株错枝榄仁，28°44'15.70"N，99°8'10.54"E。H：2281m；冬麻豆分布范围较广，在四川西部、西藏东部均有分布。



**图 4.3-1 错枝榄仁（徐龙冲沟施工区）**

此外，评价区内还发现了折叶白前（*Cynanchum forrestii var. conduplicatum*），此种为大理白前新变种（汪健，杜凡，西北植物学报，2012 年），推测为大理白前（*Cynanchum forrestii*）在干旱河谷特定环境下演变而成，目前分布区域仅发现为云南德钦县、四川得荣县，分布海拔 2100~2700m。



**右岸下游**
**28°44'0.32"N、99° 7'57.74"E；H：2174m**



**右岸上游**
**28°47'46.70"N、99° 6'30.18"E；H：2244m**



右岸上游
28°42'18.56"N、99° 6'27.25"E；H：2480m



右岸下游
28°43'50.25"N、99°7'43.75"E；H：2331m

图 4.3-2　折叶白前

**（7）干热河谷植被**

干热河谷植被具有典型的旱生植物特征，植被群落外貌为热带常绿肉质多刺灌丛、空间成层结构中无明显乔木层，灌木层与草本层明显，灌木层是低伏灌木，草本层地面覆盖度最高，植被形态在干热生境中出现变异，适应旱生形态显著。评价范围地处金沙江干热河谷地带，干热河谷植被主要分布在海拔 2020~2800m 河谷区域，分布面积约 3.98 万 $hm^2$，代表性的植被类型以戟叶酸模灌丛、清香木灌丛、西南仙人掌灌丛、小叶荆灌丛、垫状卷柏灌草丛等适宜在干热环境下生长的种类为主，群落覆盖率较低，结构简单，伴生种类较少。草本类植物常以禾本科黄茅、拟金茅等为主，戟叶酸模、清香木、峨眉蔷薇、小叶荆等常见灌木常呈团簇状分布于草本植物中，呈现出干热河谷特有的稀树灌木草丛的特征。

金沙江干热河谷植被成因与气候、地形、以及人为活动造成的植被破坏和水土流失等因素有关。干热河谷植被生物多样性程度低，生物生产量低，层次结构单一，土壤瘠薄，抗逆性弱易退化，一旦遭受破坏，恢复起来非常困难。

**（8）外来入侵植物**

评价范围内受人为干扰较为严重，主要外来入侵植物为曼陀罗（*Datura stramonium*）。曼陀罗目前不属于中国外来入侵物种名单的一、二、三、四批，但根据徐梅根等编写的《外来物种入侵——生物安全遗传资源》（科学出版社，2004）一书，将曼陀罗列入中国 100 种主要外来入侵物种名录。曼陀罗原产地为墨西哥，国内大连、北京、上海、南京等地均有栽培，新疆阿尔泰地区、河北、山东、河南、湖北、江苏等省区有野生。曼陀罗主要依靠种子繁殖，为旱地、果园和苗圃杂草，或入侵林绿、路旁和草地，全株含生物碱，对人、家畜、鱼类和

鸟类有强烈的毒性，其中果实和种子毒性较大。曼陀罗的化感作用对蔬菜和作物的种子萌发、幼苗生长有明显的抑制作用。评价区内曼陀罗主要分布在路边，田埂等受人为干扰严重的地方。



坝址左岸（N28°44'52.54"，E99° 7'46.77"，海拔 2446m）



坝址右岸（N28°44'36.67，E99° 7'40.02"，海拔 2240m）

图 4.3-3 评价区内曼陀罗（*Datura stramonium*）

### 4.3.1.4 动物多样性

**（1）动物区系**

根据《中国动物地理》（张荣祖，2011）的中国动物地理区划，评价范围动物区划属于东洋界——西南区——西南山地亚区——三江横断省——热带亚热带山地森林动物群。

根据实地调查结果，并查阅《中国动物志（两栖纲）》（科学出版社，2009 年）、《中国爬行动物图鉴》（中国野生动物保护协会，2002 年）、《中国两栖纲和爬行纲动物校正名录》（赵尔宓，张学文等，2000 年）、《中国鸟类图鉴》（钱艳文，1995 年）、《中国鸟类分类与分布名录（第二版）》（郑光美，2011 年）、《中国野生哺乳动物》（盛和林、大泰司纪之等，1999 年）、《中国脊椎动物大全》（刘明玉，解玉浩等，2000 年）、《中国哺乳动物种和亚种分类名录和分布大全》（王应详，2003）、《云南省德钦县兽类区系调查》（师蕾，2013）、《滇西北中甸的两栖爬行动物》（潘晓斌，2002）、《四川西南与云南西北地区鸟类的分类学研究》（郑作新，1963）以及关于本地区脊椎动物类的其他文献资料，对评价范围动物资源现状得出综合结论。

评价范围陆生动物有 21 目、64 科、147 种。从陆生动物区系成分看，以东洋种略多，有 70 种，占评价范围总种数的 47.62%。评价范围动物的种类组成、

区系和保护动物数量详见表 4.3-8。

**表 4.3-8　评价范围陆生脊椎动物数量**

| 种类组成 | | | | 动物区系 | | | 保护动物 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 纲 | 目 | 科 | 种 | 东洋种 | 古北种 | 广布种 | 国家I级 | 国家II级 | 云南省级 | 四川省级 | 西藏自治区级 |
| 两栖纲 | 1 | 4 | 7 | 7 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| 爬行纲 | 1 | 5 | 16 | 15 | 0 | 1 | — | — | — | — | — |
| 鸟纲 | 11 | 36 | 94 | 28 | 16 | 50 | 3 | 11 | — | — | 1 |
| 哺乳纲 | 8 | 19 | 30 | 20 | 2 | 8 | — | 7 | 1 | 3 | 4 |
| 合计 | 21 | 64 | 147 | 70 | 18 | 59 | 3 | 18 | 1 | 3 | 5 |

**（2）两栖动物**

1）种类组成

评价范围两栖动物有 1 目 4 科 7 种。其中蛙科种类最多，共有 3 种，占两栖动物种数的 42.76%。评价范围未发现国家重点保护和云南省、四川省、西藏自治区级重点保护野生两栖动物。

评价范围两栖动物中，优势种有华西雨蛙（*Hyla. annenctans*）、西藏蟾蜍（*Bufo tibetanus*），它们适应能力强，据现场调查和查阅发表的评价范围及其附近地区的相关文献，这些种类主要分布在评价范围农田附近及林缘灌丛。

2）区系组成

按区系类型划分，评价范围两栖动物均为东洋种，东洋界成分占绝对优势，这与评价范围地处东洋界的地理位置一致。

3）生态类型

根据生活习性的不同，评价范围两栖动物可分为以下 3 种生态类型：

静水型（在静水或缓流中觅食）：胫腺侧褶蛙（*Pelophylax shuchinae*）和腹斑倭蛙（*Nanorana ventripunctata*）2 种。主要在评价范围麦曲河、丹达曲等水流速较缓的河流活动，与人类活动关系较密切。

陆栖型（在陆地上活动觅食）：乡城齿蟾（*Oreolalax xiangchengensis*）、圆疣蟾蜍（*Bufo ailaoanus*）、西藏蟾蜍、昭觉林蛙（*Rana chaochiaoensis*）4 种。它们主要是在评价区金沙江及其支流等较潮湿的陆地上活动。

树栖型（在树上活动觅食，离水源较近的林子）：华西雨蛙 1 种，主要在评价区离水域不远的树上生活。

**（3）爬行动物**

1）种类组成

评价范围爬行动物共有 1 目 5 科 16 种。其中游蛇科的种类最多，有 6 种，占 37.5%；其次为鬣蜥科，有 4 种，占 25.00％。评价范围中未发现国家重点保护和云南省、四川省、西藏自治区级重点保护野生爬行动物分布。

2）区系类型

按照爬行动物的区系类型，评价范围爬行动物分为2种区系类型：东洋种15种，占93.75％；广布种1种，占6.25％。评价范围爬行动物以东洋界成分占绝对优势，这与评价范围地处东洋界的地理位置一致。

3）生态类型

根据评价范围爬行动物生活习性的不同，可以分为以下3种生态类型：

住宅型（在住宅区的建筑物中筑巢、繁殖、活动的爬行动物）：有多疣壁虎（*Gekko japonicus*）1种。主要在评价区内鱼波村、茂顶村等村落附近活动。

灌丛石隙型（经常活动在灌丛下面，路边石缝中的爬行动物）：包括变色树蜥（*Calotes versicolor*）、草绿攀蜥（*Japalura yunnanensis*）、棕背树蜥（*Calotes emma*）、丽纹攀蜥（*Japalura splendida*）、康定滑蜥（*Scincella potanini*）、铜蜓蜥（*Sphenomorphusindicus*）、高原蝮（*Gloydius strauchii*）共7种。它们主要在金沙江两岸山地灌丛中，与人类活动关系较密切。

林栖傍水型（在山谷间有溪流的山坡上活动）：紫灰锦蛇（*Elapheporphyracea*）、黑眉晨蛇（*Orthriophis taeniurus*）、缅甸颈槽蛇（*Rhabdophis leonardi*）、红脖颈槽蛇（*Rhabdophissubminiatus*）、黑头剑蛇（*Sibynophischinensis*）、棕网腹链蛇（*Amphiesma johannis*）、山烙铁头（*Ovophis monticola*）和乡城原矛头蝮（*Protobothrops xiangchengensis*）共8种。它们主要在评价范围内麦曲河、丹达曲等水域附近或两岸山谷溪流附近潮湿的林地内活动。

**（4）鸟类**

1）种类组成

评价范围共分布鸟类有 94 种，隶属于 11 目 36 科，其中以雀形目鸟类最多，共 65 种，占 69.15%。评价范围分布有国家I级重点保护野生鸟类 3 种，金雕（*Aquila chrysaetos*）、胡兀鹫（*Cypaetus barbatus*）和雉鹑（*Tetraophasis obscurus*）；国家II级重点保护野生鸟类 11 种，即高山兀鹫（*Gyps himalayensis*）、黑鸢（*Milvus migrans*）、雀鹰（*Accipiternisus*）、普通鵟（*Buteobuteo*）、红隼（*Falcotinnunculus*）、灰背隼（*Falco columbarius*）、血雉（*Ithaginis cruentus*）、红腹角雉（*Tragopan*

*temminckii*）、藏马鸡（*Crossoptilon harmani*）、白腹锦鸡（*Chrysolophus amherstiae*）和灰林鸮（*Strix aluco*）。另外还分布有西藏自治区级重点保护野生鸟类 1 种，赤麻鸭（*Tadorna ferruginea*），未发现云南省、四川省重点保护野生鸟类分布。

2）区系类型

评价范围分布的94种鸟类中，东洋种有28种，占28.72%；广布种有50种，占53.19%；古北种有16种，占17.21%。评价范围鸟类以东洋种和广布种为主，这与评价范围地处东洋界的地理位置一致。

3）居留型

根据鸟类迁徙的行为，可将评价范围鸟类分成以下4种居留型。

留鸟（长期栖居在生殖地域，不作周期性迁徙的鸟类）：共64种，占评价范围所有鸟类种数的68.09%，在评价范围占的比例最大，主要包括鸡形目、鸽形目、和雀形目中的一些种类等；

冬侯鸟（冬季在某个地区生活，春季飞到较远而且较冷的地区繁殖，秋季又飞回原地区的鸟）：共7种，占评价范围鸟类种数的7.45%，种类较少，主要有雁形目个别种类和少数雀形目种类；

夏侯鸟（夏候鸟是指春季或夏季在某个地区繁殖、秋季飞到较暖的地区去过冬、第二年春季再飞回原地区的鸟）：共21种，占评价范围鸟类种数的22.34%，主要包括雀形目部分种类；

旅鸟（指迁徙中途经某地区，而又不在该地区繁殖或越冬）：共2种，占评价范围鸟类种数的2.13%，主要包括少数雀形目种类。

总体来看，在评价范围繁殖（包括留鸟和夏候鸟）的鸟类有 85 种，比例达到 90.43%，所占比例较大，说明评价范围大部分鸟类都在评价范围繁殖。

4）生态类型

按生活习性的不同，可以将评价范围94种鸟类分为以下6种生态类型：

**涉禽**（嘴，颈和脚都比较长，脚趾也很长，适于涉水行进，不会游泳，常用长嘴插入水底或地面取食）：评价范围有白鹭（*Egretta garzetta*）和苍鹭（*Ardea cinerea*），共 2 种。主要分布于评价范围金沙江沿岸滩涂、沼泽或农田等生境，为迁徙鸟类。

**游禽**（脚向后伸，趾间有蹼，有扁阔的或尖嘴，善于游泳、潜水和在水中掏取食物）：评价范围有赤麻鸭（*Tadorna ferruginea*）、普通秋沙鸭（*Mergus*

*squamatus*）和凤头潜鸭（*Aythya fuligula*）3种，主要活动于评价范围麦曲河等河流水域。

**陆禽**（体格结实，嘴坚硬，脚强而有力，适于挖土，多在地面活动觅食）：评价范围有鸡形目和鸽形目部分种类，如血雉、雉鹑、红腹角雉、藏马鸡、白腹锦鸡、环颈雉（*Phasianus colchicus*）、岩鸽（*Columba rupestris*）、山斑鸠（*Streptopelia orientalis*）、雪鸽（*Columba leuconota*）、火斑鸠（*Oenopopelia tranquebarica*）等10 种。雉鹑、红腹角雉、藏马鸡、血雉、白腹锦鸡主要分布于评价范围金沙江两岸山顶植被较为丰富的林地生境；鸽形目种类分布范围较广，金沙江河谷两侧坡地农田、灌丛灌草丛生境至评价范围外缘林地均有分布。

**猛禽**（具有弯曲如钩的锐利嘴和爪，翅膀强大有力，能在天空翱翔或滑翔，捕食空中或地下活的猎物）：评价范围分布有金雕、高山兀鹫、胡兀鹫、黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼和灰林鸮等，共 9 种。其中隼形目种类飞翔能力强，活动范围广泛，河谷农田、灌丛灌草丛生境至评价范围外缘林地均有分布，鸮形目种类主要活动于金沙江两岸山顶植被较好的林地区域及林缘地带。

**攀禽**（嘴、脚和尾的构造都很特殊，善于在树上攀缘）：评价范围分布有大杜鹃（*Cuculus canorus*）、白腰雨燕（*Apus pacificus*）、戴胜（*Upupa epops*）、蚁䴕（*Jynx torquilla*）和大斑啄木鸟（*Dendrocopos major*）等 5 种。鹃形目和䴕形目种类多分布于金沙江两岸及评价范围外缘植被丰富的林地生境，雨燕目种类主要分布于评价范围陡峭崖壁河谷及支沟、支流，戴胜目种类分布广泛，各生境均有分布。

**鸣禽**（鸣管和鸣肌特别发达，一般体形较小，体态轻捷，活泼灵巧，善于鸣叫和歌唱，且巧于筑巢）：评价范围分布的雀形目种类，共 65 种。其种类较多，各类群主要栖息生境各有不同，但总体上主要集中分布于评价范围河谷及其支流两岸、村落或评价范围外缘植被较为丰富的灌丛或林地生境。

**（5）兽类**

1）种类组成

根据实地调查及相关资料，评价范围兽类共有 8 目 19 科 30 种。评价范围未发现国家I级重点保护野生兽类；国家II级重点保护野生兽类 7 种，即猕猴（*Macaca mulatta*）、黑熊（*Ursus thibetanus*）、青鼬（*Martes flavigula*）、小熊猫（*Ailurus fulgens*）、斑羚（*Naemorhedus goral*）、鬣羚（*Capricornis umatraensis*）和岩羊

（*Pseudois nayaur*）。另外，还有 4 种省级（自治区级）重点保护野生兽类，赤狐（*Vulpes vulpes*）、黄鼬（*Mustela sibirica*）、豹猫（*Prionailurus bengalensis*）和毛冠鹿（*Elaphodus cephalophus*）。

2）区系类型

评价范围的兽类中，有东洋种 20 种，占评价范围兽类总种数的 66.67%；古北种 2 种，占总种数的 6.67%；广布种 8 种，占总种数的 26.66%。评价范围兽类东洋界成分占优势，这与评价范围地处东洋界的地理位置一致。

3）生态类型

评价范围 30 种兽类按其生活习性，可分为以下 4 类生态类型：

**穴居型**（主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物）：包括长尾鼩鼱（*Scaptonyx fusicaudatus*）、大长尾鼩鼱（*Episoriculus leucops*）、黄鼬（*Martes flavigula*）、青鼬（*Martes flavigula*）、鼬獾（*Melogale moschata*）、德钦绒鼠（*Eothenomys wardi*）、中华姬鼠（*Apodemus draco*）、大耳姬鼠（*Apodemus latronum*）、高山姬鼠（*Apodemus chevrieri*）、豪猪（*Hystrix brachyura*）、高原兔（*Lepus oiostolus*）、川西鼠兔（*Ochotona gloveri*）和灰鼠兔（*Ochotona roylei*）等共 13 种。主要分布于金沙江两岸山顶外缘植被丰富的林地；鼬科种类主要分布在评价范围林地、灌丛等生境；啮齿目鼠科种类分布广泛，评价范围各生境均有分布。

**岩洞栖息型**（在岩洞中倒挂栖息的小型兽类）：只有托氏菊头蝠（*Rhinolophus thomasi*）1 种。主要分布于金沙江两岸山体洞穴或鱼波村等村落居民区等区域。

**树栖型**（主要在树上栖息、觅食的兽类）：包括中缅树鼩（*Tupaiidae belangeri*）、豹猫、赤腹松鼠（*Callosciurus erythraeus*）、隐纹花松鼠（*Tamiops swinhoei*）、珀氏长吻松鼠（*Dremomys pernyi*）、红白鼯鼠（*Petaurista alborufus*）和灰头小鼯鼠（*Petaurista caniceps*）共 7 种。主要分布于两岸山顶外缘植被丰富的林地生境，在河谷两岸植被较好的灌丛、村落亦有分布。

**陆栖型**（主要在地面活动）：包括猕猴、赤狐、黑熊、小熊猫、野猪（*Sus scrofa*）、斑羚、鬣羚、毛冠鹿和岩羊共 9 种。主要分布于嘎金雪山自然保护区等植被丰富的林地及林缘灌丛生境，在村庄附近的灌丛中也有分布。

（6）重点保护野生动物

评价范围国家级重点保护野生动物总计 26 种，其中国家I级重点保护野生动

物 3 种，即金雕、胡兀鹫和雉鹑；国家Ⅱ级重点保护野生动物共 18 种，即高山兀鹫、黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼、血雉、红腹角雉、藏马鸡、白腹锦鸡、灰林鸮、猕猴、黑熊、青鼬、小熊猫、斑羚、鬣羚和岩羊；另外还有 5 种为省级（自治区级）重点保护野生动物。评价范围重点保护野生动物的生态学特征及分布区域详见下表。

根据《云南省德钦县兽类区系调查》（师蕾，2013）、《滇西北中甸的两栖爬行动物》（潘晓斌，2002）、《四川西南与云南西北地区鸟类的分类学研究》（郑作新，1963）以及关于本地区脊椎动物类的其他文献资料，项目所在区域还可能分布有黑鹳、黑颈鹤、雪豹等重点保护野生动物。另据相关资料，雪豹主要分布于白马雪山自然保护区，距离项目区距离较远；黑鹳、黑颈鹤等重点保护涉禽主要分布于沼泽地、湖泊及河滩地带，但项目所在区域无湖泊分布，金沙江水流湍急，滩涂较少，黑鹳、黑颈鹤等湿地鸟类在项目区分布的可能性较小，仅可能迁徙经过项目所在区域。此外，据当地居民描述，评价范围基本未见过在金沙江及其沿岸活动的游禽、涉禽。

表 4.3-9　评价区重点保护野生动物名录

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 1. 金雕 *Aquila chrysaetos* | 留 | 古北种 | 大型猛禽，筑巢于针叶林、针阔混交林或疏林内高大的红松、落叶松、杨树及柞树等乔木之上；捕食于雉类、鼠类及其他哺乳动物。猛禽。 | 栖于崎岖干旱平原、岩崖山区及开阔原野 | 最高达4000m以上 | 见于中国多数山区及喜马拉雅山脉高海拔处。 | 国家Ⅰ级、藏Ⅱ级 | VU（易危） | √ | √ | + | 滇西北野生动物资源的保护与利用 |
| 2. 胡兀鹫 *Cypaetus barbatus* | 留 | 广布种 | 骚扰野羊群及家禽，等着野外动物在悬崖上摔倒受伤或在冬季被冻死，把小型猎物及较大猎物的骨头衔起摔到大岩石上成碎片，然后进食。 | 裸岩地区。喜栖息于开阔地区，象草原、冻原、高地和石楠荒地等处。 | 高可至海拔7000m | 云南西北部、四川西部、西藏河北、新疆等地 | 国家Ⅰ级、藏Ⅰ级 | NT（近危） | √ | √ | + | 滇西北野生动物资源的保护与利用 |
| 3. 雉鹑 *Tetraophasis obscurus* | 留 | 东洋种 | 繁殖期在每年的5-6月间，营巢多在峭壁岩石下的洞穴或灌木、杂草丛中的地面上。主要以植物为食。 | 栖于针叶林、灌丛及裸岩地带，结小群活动于近林线的高山草甸、碎石滩和杜鹃灌丛 | 海拔4000m左右 | 四川西北部、青海东部、甘肃 | 国家Ⅰ级、藏Ⅰ级 | VU（易危） | | √ | + | 滇西北迪庆州鸡类区系调查 |
| 4. 高山兀鹫 *Gyps himalayensis* | 留 | 广布种 | 多单个或结成十几只小群翱翔，繁殖期为2～5月份，通常营巢于高原上的悬崖岩壁的凹处和边缘上主要以尸体、病弱的大型动物、旱獭、啮齿类或家畜等为食。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 栖息于海拔2500～4500m的高山、草原及河谷地区 | 海拔2500～4500m | 云南西部、四川、西藏、青海、甘肃、内蒙古中部等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | NT（近危） | √ | √ | + | 目击 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 5. 黑鸢 *Milvus migrans* | 留 | 广布种 | 繁殖期4～7月，营巢于高大树上，主要以小鸟、鼠类、蛇、蛙、鱼、野兔、蜥蜴和昆虫等动物性食物为食。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带。 | 海拔可达2000m以上 | 常见于各省。 | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | LC（无危） | √ | √ | ++ | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 6. 雀鹰 *Accipiter nisus* | 留 | 广布种 | 以鸟、昆虫和鼠类等为食。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 栖息于茂密的针叶林和常绿阔叶林以及开阔的林缘疏林地带，冬季常到山脚和平原地带的小块丛林、竹园与河谷地带。 | 700~2400m | 西藏东南部、云南、四川西北部、青海东部、重庆等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | LC（无危） | √ | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 7. 普通鵟 *Buteo buteo* | 冬 | 古北种 | 以森林鼠类为食，也吃蛙、蜥蜴、蛇、野兔、小鸟和大型昆虫等动物性食物，有时亦到村庄捕食鸡等家禽。繁殖期5~7月。通常营巢于林缘或森林中高大的树上，尤喜针叶树。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 常见于开阔平原、荒漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄 | 可达3600m | 常见于各省。 | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | LC（无危） | √ | √ | ++ | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 8. 红隼 *Falco tinnunculus* | 留 | 广布种 | 繁殖期 5～7月，以大型昆虫、小型鸟类、青蛙、蜥蜴以及小哺乳动物为食。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 栖息于山地森林、森林苔原、低山丘陵、草原、旷野、森林平原、山区植物稀疏的混合林、开垦耕地等。 | 可达3000m | 见于各省。 | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | LC（无危） | √ | √ | ++ | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 9. 灰背隼 *Falco columbarius* | 留 | 广布种 | 繁殖期为5-7月份，通常营巢于树上或悬崖岩石上，主要以昆虫和鼠类等小型动物为食。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 栖息于开阔的低山丘陵、山脚平原、森林平原、海岸和森林苔原地带 | 可达4000m | 云南、四川、西藏、新疆、青海、安徽、广东、台湾等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | √ | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 10. 血雉 *Ithaginis cruentus* | 留 | 广布种 | 陆禽，繁殖期为4月下旬至6月份，食物主要以植物为主。分布于金沙江两岸山顶林地。 | 栖息于雪线附近的高山针叶林、混交林及杜鹃灌丛中 | 海拔3200～4700m | 西藏、云南、甘肃、四川、青海 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 11. 红腹角雉 *Tragopan temminckii* | 留 | 古北种 | 陆禽，每年三月红腹角雉进入繁殖期，主要以乔木、灌木、竹、草本植物和蕨类的嫩芽、嫩叶、青叶、花、果实和种子等为食，兼食少量动物性食物。分布于金沙江两岸山顶林地。 | 栖息于山地森林、灌丛、竹林等不同植被类型 | 1000-3500m | 陕西南部、甘肃南部、西藏东南部、云南、四川、重庆、贵州等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | | √ | + | 滇西北迪庆州鸡类区系调查 |
| 12. 藏马鸡 *Crossoptilon harmani* | 留 | 古北种 | 陆禽，繁殖期5-7月，主要以植物的叶、芽、果实和种子等为食，也吃少量昆虫等动物性食物。分布于金沙江两岸山顶林地。 | 栖息于裸露岩石、稀疏及高山草甸地带 | 2500~6000m | 西藏南部 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 13. 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae* | 留 | 东洋种 | 陆禽，4月下旬开始繁殖，筑巢于人畜罕至的山坡地面的倒木枯枝下或巨岩缝隙里，常以植物茎、叶、花、果实、种子和农作物为食。也吃部分昆虫等动物性食物。分布于金沙江两岸山顶林地。 | 活动于多岩的荒芜山地、灌丛及矮竹间 | 2000-4000m | 西藏东南部、云南、四川西南部、贵州西部、广西西部 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | | √ | + | 滇西北迪庆州鸡类区系调查 |
| 14. 灰林鸮 *Strix aluco* | 留 | 广布种 | 猛禽，以各种鼠类为食，但食性很广，几乎包括所有能够捕到的动物。繁殖期为 4～7 月。猛禽，评价区活动范围广泛。 | 主要栖息于山地森林、荒野、林缘灌丛、疏林、高山和峭壁等地 | 可达4000m | 云南、四川、西藏、陕西、湖北、安徽江西等地。 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | √ | √ | + | 滇西北野生动物资源的保护与利用 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 15. 猕猴 *Macaca mulatta* | — | 广布种 | 以树叶、嫩枝、野菜等为食，也吃小鸟、鸟蛋、各种昆虫，一般于11月至12月发情。次年3月至6月产仔。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。先场调查在贡波乡附近观测到。 | 栖息于热带、亚热带及暖温带阔叶林 | 3000-4000m | 西藏东南部、云南北部、四川西部、长江以南等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | LC（无危） | | √ | ++ | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告；目击 |
| 16. 黑熊 *Ursus thibetanus* | — | 东洋种 | 夏季交配，怀孕期7个月，食性较杂，以植物叶、芽、果实、种子为食，有时也吃昆虫、鸟卵和小型兽类。分布于嘎金雪山自然保护区，访问调查得知有人在山上采虫草时遇见。 | 栖息森林中。 | 1000~4400m | 西藏南部、云南西北部。四川西部、青海、甘肃等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | VU（易危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告；访问 |
| 17. 小熊猫 *Ailurus fulgens* | — | 东洋种 | 一般在早春3~4月间发情，妊娠期为117~122天，于5~7月产仔；喜食箭竹的竹笋、嫩枝和竹叶，各种野果、树叶、苔藓、以及捕食小鸟或鸟卵和其它小动物、昆虫等。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 栖息于阔叶林、针阔混交林或针叶林带的林下竹丛间 | 1000m~3800m | 西藏东南部、四川、云南、青海、陕西、贵州等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | VU（易危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 18. 青鼬 *Martes flavigula* | — | 广布种 | 6～7月发情。妊娠期（包括受精卵延迟着床期）9～10个月。次年5月产仔，主要食物包括鼠、獾、狸、鸟和鸟卵、鱼，以及植物的果实等。分布于评价区山顶林地。 | 活动于常绿阔叶叶林和针阔叶混交林区 | 可达3000m | 西藏东南部、四川、云南、贵州、湖南等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | NT（近危） | | √ | + | 滇西北野生动物资源的保护与利用 |
| 19. 岩羊 *Pseudois nayaur* | — | 广布种 | 冬季发情交配，次年6、7月产仔，以青草和各种灌丛枝叶为食。访问调查有居民在金沙江两岸坡地发现。 | 栖息高山裸岩地带。 | 2100—6300m | 云南西北部、四川西部、西藏南部、青海、甘肃、宁夏等地 | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | LC（无危） | √ | √ | ++ | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告；访问 |
| 20. 斑羚 *Naemorhedus caudatus* | — | 广布种 | 多在早晨和黄昏觅食活动，其活动范围多不超过林线上限。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 栖息生境多样，从亚热带至北温带地区均有分布，可见于山地针叶林、山地针阔叶混交林和山地常绿阔叶林。 | 可达4000m | 贵州、重庆、云南西部和南部、四川西部等地 | 国家II级、藏Ⅱ级 | EN（濒危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 21. 鬣羚 *Naemorhedus sunatraensis* | — | 东洋种 | 一般结成5、6只小群生活在一起，以各种杂草、树叶为食。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 活动于针阔混交林、针叶林或多岩石的杂灌林。 | 1000—4400m | 云南、四川、青海、甘肃、陕西、湖北、湖南和贵州 | 国家II级、藏Ⅱ级 | VU（易危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 22. 赤麻鸭 *Tadorna ferruginea* | — | 广布种 | 繁殖期4～5月，以各种谷物、昆虫、甲壳动物、蛙、虾、水生植物为食。分布于麦曲河等水域。 | 栖息于江河、湖泊、河口、水塘及其附近的草原、荒地、沼泽、沙滩、农田和平原疏林等各类生境中。 | 可达4600m | 除海南外，见于各省 | 藏Ⅱ级 | LC（无危） | √ | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 23. 赤狐 *Vulpes vulpes* | — | 广布种 | 每年的12-2月发情、交配，于次年3-4月间产仔于土穴或树洞里。主要以草地田鼠、鼠、松鼠、兔鼠类为食，也吃野禽、蛙、鱼、昆虫等，还吃各种野果和农作物。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 栖息环境非常多样，如森林、草原、荒漠、高山、丘陵、平原及村庄附近，甚至于城郊，皆可栖息。 | 可达4500m | 西藏、云南西北部、四川东部、湖北、山西、安徽等地 | 川、藏Ⅰ级 | NT（近危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告；访问 |

| 物种 | 居留型 | 区系 | 习性 | 生境 | 分布海拔 | 分布地 | 保护级别 | 濒危等级 | 分布区域 | | 数量级 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | | |
| 24. 黄鼬 *Mustela sibirica* | — | 广布种 | 每年3-4月发情交配，通常5月产仔，主要以啮齿类动物为食，偶尔也吃其他小型哺乳动物。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 栖息于森林缘、山地灌丛、高原草原、农耕地、河谷沼泽等地带。 | 可达3000m以上 | 云南、四川西部、西藏南部、湖北西部、陕西等地 | 藏Ⅰ级 | LC（无危） | | √ | + | 云南省德钦县兽类区系调查 |
| 25. 豹猫 *Prionailurus bengalensis* | — | 广布种 | 主要以啮齿类、鸟类、鱼类、爬行类及小型哺乳动物为食。分布于嘎金雪山自然保护区等区域。 | 栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近。 | 可达3000m | 西藏南部、云南、四川西部、贵州西南部等地 | 川、藏Ⅱ级 | VU（易危） | | √ | + | 得荣县嘎金雪山、下拥自然保护区考察报告 |
| 26. 毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus* | — | 东洋种 | 每年4～5月交配，多以种子植物以及蕨类和伞菌为食。分布于评价区山顶林地。 | 栖居在山区的丘陵地带，繁茂的竹林、竹阔混交林及茅草坡等处。 | 1000—4000m | 云南、四川西部、西藏东南部、贵州、甘肃、陕西 | 川、云Ⅱ级、藏Ⅱ级 | VU（易危） | | √ | + | 云南省德钦县兽类区系调查 |

备注：“+++”表示某动物种群在单位面积内其数量占所调查动物总数的10%及以上，该种群为当地优势种；“++”表示某动物种群占调查总数的1~10%之间，该动物种为当地普通种；“+”表示对某动物种群占调查总数的1%及以下，该物种为当地稀有种。

**（7）特有动物**

根据《中国生物多样性红色名录》，评价区发现有中国特有动物 18 种，在全国范围内分布较广泛，无狭域分布种。评价区内中国特有动物如表 4.3-10 所示。

**表 4.3-10　评价范围特有动物名录**

| 序号 | 中文名 | 生境 | 红色名录等级 | 分布 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 直接影响区 | 间接影响区 |
| 1. | 乡城齿蟾<br>*Oreolalax xiangchengensis* | 栖于海拔2000－3000m的高原水溪中。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 2. | 圆疣蟾蜍<br>*Bufo tuberculatus* | 生活于海拔2600～2700m的河谷地区 | 近危（NT） | | √ |
| 3. | 西藏蟾蜍<br>*Bufo tibetanus* | 栖息于海拔2400—4300m的高原草地、农田及林缘的乱石或杂草丛中。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 4. | 华西雨蛙<br>*Hyla. annenctans* | 栖息于海拔750-2400m稻田地区。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 5. | 昭觉林蛙<br>*Rana chaochiaoensis* | 栖息于山岭地带近水域的草间或树林内。在水中完成冬眠期，后进入森林进行陆地生活大量进食。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 6. | 腹斑倭蛙<br>*Nanorana ventripunctata* | 多见于水坑、水塘以及湖泊等静水域。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 7. | 草绿攀蜥<br>*Japalura flaviceps* | 栖息于海拔较高的山区 | 无危（LC） | √ | √ |
| 8. | 丽纹攀蜥<br>*Japalura splendida* | 多在农田边的草丛或灌丛中活动 | 无危（LC） | √ | √ |
| 9. | 康定滑蜥<br>*Scincella potanini* | 多见于高海拔地区、常发现于森林下溪旁杂草间及山坡碎石块下、或有稀疏灌丛杂草亦浅的潮湿地 | 无危（LC） | | √ |
| 10. | 棕网腹链蛇<br>*Amphiesma johannis* | 生活于山地林区 | 无危（LC） | | √ |
| 11. | 高原蝮<br>*Gloydius strauchii* | 生活于高山高原草原地区以及多出没于有乱石堆处。 | 近危（NT） | √ | √ |
| 12. | 乡城原矛头蝮<br>*Protobothrops xiangchengensis* | 栖息于山区森林中。 | 无危（LC） | | √ |
| 13. | 藏马鸡<br>*Crossoptilon harmani* | 栖息于海拔2500~6000m的裸露岩石、稀疏及高山草甸地带。 | 近危（NT） | | √ |
| 14. | 橙翅噪鹛<br>*Garrulax elliotii* | 结小群于开阔次生林及灌丛的林下植被及竹丛中取食。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 15. | 滇鸸<br>*Sitta yunnanensis* | 海拔1300-3200m中山和高山沟谷林、山坡针叶林或针阔混交林带。 | 易危（VU） | | √ |

| 序号 | 中文名 | 生境 | 红色名录等级 | 分布 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 直接影响区 | 间接影响区 |
| 16. | 红白鼯鼠<br>*Petaurista alborufus* | 栖息于海拔1000m左右山坡森林地带或石灰岩隐蔽处。 | 无危（LC） | √ | √ |
| 17. | 德钦绒鼠<br>*Eothenomys wardi* | 栖息于海拔800-3200m的山地、丘陵地带山麓作物地及山麓灌木丛，菜园、稻田环境中，偶尔亦进家屋。 | 近危（NT） | √ | √ |
| 18. | 川西鼠兔<br>*Ochotona gloveri* | 主要栖息于高山草原。 | 无危（LC） | √ | √ |

### 4.3.1.5 景观生态体系

**（1）生物量**

地面部分生物量的测定参照《中国森林生态系统的生物量和生产力》（冯宗炜等著）中的方法；乔木生物量参考《四川森林》、《四川森林生态研究》等专著和实际测量结果。

森林采用区域生物量估算方法中的蓄积量推算法：

$$B = V_{total} \times E_F$$

式中，$V_{total}$ 为该种林型的木材蓄积量，$E_F$ 为木材转换为生物量的常数，一般取 0.52（Marland，1988）。

灌丛及灌草丛的生物量分地上及地下两部分进行测定。灌丛地上生物量用齐地面收割法收获各 5×5m 灌丛样方地上部分（干、枝、叶）生物量，野外实测称其鲜重，同时称一定数量的样品带回实验室，80℃恒温烘至恒重后称重，然后根据比例求出单位面积生物量。采用同样的方法获得单位面积灌草丛地上生物量。植被地下部分即根系统，由于根系处于地下，给实际工作带来了很大的困难，其测定方法也不尽一致，本评价中，利用实测的灌丛和灌草丛地上生物量，再根据发表文献中地下与地上部分生物量的比例系数推算该类型地下生物量，计算出总生物量。根据当地气候及水热条件，灌丛采用《中国主要灌丛植被碳储量》中灌丛植被地下生物量与地上生物量比值（R/S）为 1.17，灌草丛采用《中国草地植被生物里及其空间分布格局》中热性灌草丛类 R/S 值为 4.42。

通过以上方法，并对比金沙江上游、迪庆州等植被生物量相关文献资料可以

粗略的估算不同植被群系的生物量。

本次调查选取了 16 个群落类型进行生物量测定和估算，评价区主要植被类型的生物量见表 4.3-11。

**表 4.3-11　旭龙水电站评价区代表性植被类型生物量情况统计表**

| 群落类型 | 蓄积量（$m^3/hm^2$） | 平均生物量（$t/hm^2$） | 备注 |
|---|---|---|---|
| 乔木群落 | | | |
| 1. 高山松林 | 111.51 | 124.00 | 通过测量树高、胸径、株数的推算值 |
| 2. 川西云杉、鳞皮冷杉林 | 244.86 | 193.96 | 通过测量树高、胸径、株数的推算值 |
| 3. 山杨、白桦林 | 22.75 | 87.36 | 通过测量树高、胸径、株数的推算值 |
| 4. 矮高山栎灌丛 | —— | 17.33 | |
| 5. 清香木灌丛 | —— | 6.08 | 收割法实测 |
| 6. 小鞍叶羊蹄甲灌丛 | —— | 6.6 | 文献资料 |
| 7. 小叶荆灌丛 | —— | 5.32 | 文献资料 |
| 8. 白刺花灌丛 | —— | 5.78 | 文献资料 |
| 9. 戟叶酸模灌丛 | —— | 5.15 | 收割法实测 |
| 10. 野迎春灌丛 | —— | 4.28 | 文献资料 |
| 11. 拟金茅+黄茅灌草丛 | —— | 3.54 | 收割法实测 |
| 12. 垫状卷柏灌草丛 | —— | 3.88 | 收割法实测 |
| 13. 蜈蚣草灌草丛 | —— | 2.78 | 文献资料 |
| 14. 狗尾草灌草丛 | —— | 3.55 | 文献资料 |
| 15. 问荆灌草丛 | —— | 2.35 | 文献资料 |
| 16. 狭穗针茅灌草丛 | —— | 3.56 | 文献资料 |



2018.3.28，戟叶酸模实测生物量



2018.3.30，垫状卷柏实测生物量

根据现场调查和卫片解译，结合评价范围地表植被覆盖现状和植被立地情况，将评价范围植被类型划分为 6 类。评价范围各植被类型生物量见表 4.3-12。

表 4.3-12　评价范围自然体系生物量一览表

| 生态类型 | 代表植物 | 面积（$hm^2$） | 占评价范围总面积（%） | 平均生物量（$t/hm^2$） | 生物量(万 t) | 占总生物量（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 针叶林 | 高山松 | 760.82 | 1.76 | 124.00 | 9.43 | 16.81 |
| | 川西云杉、鳞皮冷杉 | 670.25 | 1.55 | 193.96 | 13.00 | 23.17 |
| 阔叶林 | 山杨、白桦 | 380.41 | 0.88 | 87.36 | 3.32 | 5.92 |
| 灌丛 | 矮高山栎 | 8558.69 | 19.76 | 17.33 | 14.83 | 26.43 |
| | 小叶荆、灰岩木蓝、小鞍叶羊蹄甲等 | 22174.78 | 51.21 | 5.54 | 12.28 | 21.89 |
| 灌草丛 | 拟金茅、黄茅、垫状卷柏等 | 8169.66 | 18.87 | 3.28 | 2.68 | 4.78 |
| 农作物 | 青稞 | 869.69 | 2.01 | 5.79 | 0.50 | 0.90 |
| 河流水域 | 淡水藻类 | 617.85 | 1.43 | 0.92 | 0.05 | 0.10 |
| 总计 | | | 97.46 | —— | 56.11 | 100.00 |

1）表中未包括建设用地和其他用地面积 1101.38$hm^2$，占评价范围面积的 2.54%。

2）灌丛灌草丛植被类型为实测法获得，其余各植被类型查阅蓄积量资料换算值。同时参考：方精云，刘国华，徐嵩龄．我国森林植被的生物量和净生产量[J]．生态学报，1996，16（5）：497~508。

经计算，评价范围植被总生物量 $5.61\times10^5$t，灌丛总生物量最大，为 $2.71\times10^5$t 包含矮高山栎灌丛和其他灌丛，占评价范围总生物量的 48.32%。

**（2）景观优势度**

在卫星遥感图片解译的基础上，结合植被类型划分，确定评价范围景观类型，具体划分为林地、灌草地、耕地、水域、建设用地和其他用地 6 类。采用景观优势度计算方法，确定评价范围景观模地。景观优势度计算公式：

优势度值（$D_o$）=$\{(R_d+R_f)/2+L_p\}/2\times100$

密度（$R_d$）＝嵌块 i 的数目/嵌块总数×100

频度（$R_f$）＝嵌块 i 出现的样方数/总样方数×100

景观比例（$L_p$）=嵌块 i 的面积/样地总面积×100

6 类景观类型中优势度值最大的即为评价范围景观模地。

根据遥感解译和样方调查结果，得到各景观类型的密度、频度、景观比例和优势度计算结果，详见表 4.3-13。

表 4.3-13　评价范围景观优势度值计算表

| 斑块类型 | $R_d$（%） | $R_f$（%） | $L_p$（%） | $D_o$（%） |
|---|---|---|---|---|
| 林地 | 10.75 | 8.93 | 4.18 | 7.01 |
| 灌草地 | 66.59 | 75.13 | 89.84 | 80.35 |
| 耕地 | 0.34 | 0.86 | 2.01 | 1.30 |
| 水域 | 1.42 | 1.45 | 1.43 | 1.43 |
| 建设用地 | 5.24 | 3.82 | 0.33 | 2.43 |
| 其他用地 | 15.67 | 11.81 | 2.21 | 7.98 |

从上表可以看出：评价范围建设前组成景观的各斑块类型中，灌草地的优势度 Do 最高，达 80.35%，其密度 66.59%，频度 75.31%，景观比例 89.84%，远高于其他斑块类型，说明灌草地是该地区的景观模地，是本区域内对景观具有控制作用的生态体系部分。由于干热河谷灌草丛占绝对优势，但其生产能力和抗干扰能力一般，因此评价范围景观生态体系生产能力及抗干扰能力为一般，系统调控环境质量能力也一般。另外，对生态环境质量干扰较大的建筑用地景观，其优势度为 2.43%。说明评价范围受到一定程度的人为干扰，但不是主导因素，评价范围仍是以原生性植被为主的景观生态体系。

**（3）景观多样性**

景观要素的多样性通过景观多样性指数与景观均匀度指数进行测度，景观破碎化程度通过斑块破碎度指数测度。

1）景观多样性指数反映了斑块数目的多少以及斑块之间的大小变化，计算公式为：

$$\Delta E = \sum(Eh_i - E_{qi}) \times W_i$$

式中：*H’*——景观多样性指数；

$P_i$——斑块类型 *i* 所占景观面积的比例；

*m*——斑块类型数量。

2）景观均匀度指数反映了景观中各类斑块类型的分布平均程度，计算公式为：

$$E' = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{-\sum(P_i \times \ln P_i)}{\ln n}$$

式中：*E’*——景观均匀度指数；

$H'$——景观多样性指数；

$H_{max}$——景观多样性指数最大值；

$n$——景观中最大可能的斑块类型数。

当 $E'$趋于 1 时，景观斑块分布的均匀程度也趋于最大。

3）斑块破碎度指数的计算公式为：

$$F = \frac{N_P - 1}{N_C}$$

式中：$F$——破碎度指数；

$N_p$——被测区域中景观斑块总数量；

$N_C$——被测区域总面积与最小斑块面积的比值；

$n$——景观中最大可能的斑块类型数。

$F$ 值域为[0，1]，F 值越大，景观破碎化程度越大。

根据计算，评价区景观多样性指数为 0.1638。灌草地景观类型面积及斑块数量远高于其他景观类型。评价区景观均匀度指数不高，仅 0.0788，景观异质性较大。这与评价范围内各景观类型随海拔分布不同差异较大有关，其中灌草地主要集中分布于河谷至 2800m 的坡地；耕地及建设用地主要分布于河谷平缓地段、河滩阶地；林地主要分布于 2900m 以上，灌草地、林地及水域等景观类型分布集中。评价区景观破碎化指数为 0.000159，说明评价区景观破碎化程度较低。

### 4.3.1.6 叶巴滩至旭龙河段两侧生态完整性变化趋势

目前旭龙水电站上游正在建设叶巴滩和苏洼龙两座水电站。为了比较两座水电站建设前后对金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧生态完整性变化，选择了 2011 年（叶巴滩、苏洼龙水电站均未开工建设）、2014 年（叶巴滩、苏洼龙水电站均未开工建设）和 2018 年（叶巴滩水电站开始施工、苏洼龙水电站截流）3 个时段的卫片，结合实际调查结果进行卫片解译，从植被类型、生物量和景观优势度 3 个方面来分析两个电站建设前后金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧生态完整性变化情况。

**（1）植被类型**

将 3 个时段的植被类型按照针叶林、阔叶林、灌丛及灌草丛和农作物进行卫

片解译，2011 年、2014 年和 2018 年 3 个时段金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被类型面积变化比较见表 4.3-14。

**表 4.3-14　金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被类型面积变化表**

| 植被类型 | 2011 年 | | 2011 年与 2014 年相比 | 2014 年与 2018 年相比 |
|---|---|---|---|---|
| | 面积（万 $hm^2$） | 百分比（%） | 面积（$hm^2$） | 面积（$hm^2$） |
| 针叶林 | 12.57 | 26.54 | 449.9 | 784.15 |
| 阔叶林 | 5.02 | 10.59 | 106.1 | 204.51 |
| 灌丛及灌草丛 | 26.90 | 56.79 | -316.36 | -1876.56 |
| 农作物 | 1.72 | 3.63 | -879.42 | -596.22 |

从 2011 年至 2018 年，针叶林和阔叶林面积增加，这与区域重视天然林和生态公益林保护有关。金沙江流域是长江上游生态脆弱地区，是长江上游水土保持重点防治工程、天然林保护工程和退耕还林工程等生态建设工程的重点实施区。从 2011 年至 2018 年，灌丛及灌草丛和农作物面积减少，这与区域经济发展，叶巴滩至旭龙金沙江河段建设叶巴滩和苏洼龙两座电站有一定关系。

**（2）生物量**

根据每种植被类型的平均生物量，以及植被类型面积，得到每种植被类型的生物量，然后对比不同年份生物量的总体变化，得到 3 个时段金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被生物量对比表，详见表 4.3-15。

**表 4.3-15　金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被生物量对比表**

| 植被类型 | 2011 年 | | 2014 年 | | 2018 年 | | 生物量变化（万 t） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生物量（万 t） | 比例% | 生物量（万 t） | 比例% | 生物量（万 t） | 比例% | 2011-2014 年 | 2014-2018 年 |
| 针叶林 | 1998.82 | 74.52 | 2005.97 | 74.58 | 2018.44 | 74.7 | 7.15 | 12.47 |
| 阔叶林 | 438.47 | 16.35 | 439.39 | 16.34 | 441.18 | 16.33 | 0.93 | 1.79 |
| 灌丛和灌草丛 | 234.52 | 8.74 | 234.24 | 8.71 | 232.61 | 8.61 | -0.28 | -1.64 |
| 农业植被 | 9.96 | 0.37 | 9.45 | 0.35 | 9.10 | 0.34 | -0.51 | -0.35 |
| 水域 | 0.64 | 0.02 | 0.63 | 0.02 | 0.63 | 0.02 | -0.01 | 0.00 |
| 合计 | 2682.40 | 100 | 2689.69 | 100 | 2701.96 | 100 | 7.28 | 12.27 |

由表 4.3-15 可知，从 2011 年到 2014 年，金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被总生物量增加了 7.28 万 t。天然植被中，针叶林和阔叶林的生物量分别增加了 7.15 万 t 和 0.93 万 t；灌丛和灌草丛生物量减少了 0.28 万 t；农业植被生物量减少了 0.51 万 t；水域生物量减少了 0.01 万 t。从 2014 年到 2018 年，金沙江上

游叶巴滩至旭龙河段两侧植被总生物量增加了 12.27 万 t。天然植被中，针叶林和阔叶林的生物量分别增加了 12.47 万 t 和 1.79 万 t；农业植被生物量减少了 0.35 万 t；灌丛和灌草丛生物量减少了 1.64 万 t。

总体而言，2011 年至 2018 年，金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧植被总生物量呈增加趋势，其中针叶林和阔叶林生物量增加明显，灌丛和灌草丛和农业植被因两座电站建设，生物量有所减少。

**（3）景观优势度**

将 2011 年、2014 年和 2018 年 3 个时段卫星影像按照林地、灌草地、耕地、水域和建设用地等景观类型进行解译，运用景观优势度计算公式，得到金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧各景观类型优势度值，详见下表。通过比较 3 个时段金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧各景观类型面积和斑块数目，2011 年至 2018 年期间，林地、灌草地、水域的面积呈减少趋势，耕地、建设用地面积呈增加趋势。2011 至 2018 年期间，灌草地的景观优势度、斑块面积和斑块数量均高于其他景观类型，区域优势景观类型未发生变化，仍为灌草地景观。

表 4.3-16　金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧景观类型变化表

| 景观类型 | 2011 年 | | 2011 年与 2014 年相比 | | 2014 年与 2018 年相比 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 面积（万 $hm^2$） | 斑块数（万个） | 面积（万 $hm^2$） | 斑块数（万个） | 面积（万 $hm^2$） | 斑块数（万个） |
| 林地 | 17.59 | 15.70 | 0.06 | 3.22 | 0.10 | 0.57 |
| 灌草地 | 26.90 | 20.65 | -0.03 | 4.40 | -0.19 | 1.52 |
| 耕地 | 1.72 | 4.50 | -0.09 | 0.03 | -0.06 | 0.04 |
| 水域 | 0.70 | 0.34 | -0.01 | 0.40 | 0.00 | 0.02 |
| 建设用地及未利用地 | 0.46 | 1.95 | 0.08 | 1.05 | 0.15 | 1.15 |

表 4.3-17　金沙江上游叶巴滩至旭龙河段两侧景观类型优势度变化表

| 景观类型 | 密度 Rd（%） | | | 频率 Rf（%） | | | 景观比例 Lp（%） | | | 景观优势度 Do（%） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2011 年 | 2014 年 | 2018 年 | 2011 年 | 2014 年 | 2018 年 | 2011 年 | 2014 年 | 2018 年 | 2011 年 | 2014 年 | 2018 年 |
| 林地 | 36.40 | 36.22 | 35.10 | 38.14 | 38.21 | 38.99 | 37.13 | 37.25 | 37.46 | 37.20 | 37.23 | 37.25 |
| 灌草地 | 47.86 | 47.95 | 47.83 | 57.87 | 57.49 | 57.28 | 56.79 | 56.72 | 56.33 | 54.83 | 54.72 | 54.44 |
| 耕地 | 10.44 | 8.67 | 8.23 | 4.34 | 4.36 | 4.35 | 3.63 | 3.44 | 3.32 | 5.51 | 4.98 | 4.80 |
| 水域 | 0.80 | 1.43 | 1.38 | 1.87 | 1.86 | 1.84 | 1.48 | 1.45 | 1.44 | 1.41 | 1.55 | 1.53 |
| 建设用地及未利用地 | 4.51 | 5.74 | 7.47 | 1.35 | 1.69 | 1.81 | 0.97 | 1.13 | 1.45 | 1.95 | 2.42 | 3.05 |

### 4.3.1.7 工程不同典型区陆生生态现状

**（1）枢纽布置区生态现状**

旭龙水电站坝址位于金沙江干热河谷地带，土地类型主要为裸岩和灌草地；植被覆盖率低，覆盖的植被类型主要为干热河谷灌丛，如西南仙人掌灌丛、清香木灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等；同时部分施工区域占用农田耕地等，如机械停放场。

陆生动物主要为陆栖型两栖类（如西藏蟾蜍等）；灌丛石隙型爬行类（如草绿攀蜥等）、林栖傍水型爬行类（如黑眉晨蛇等）；鸟类中的陆禽（如岩鸽、山斑鸠等）、傍水生活的鸣禽（如白顶溪鸲额、白鹡鸰等）以及黄臀鹎、灰眉岩鹀、黑喉石鹏、麻雀等常见鸟类；树栖型兽类（如赤腹松鼠等）、穴居型兽类（如黄鼬、豪猪等）。

1）砂石混凝土系统

茂顶砂石加工系统场地内含施工所需的办公、机修等建筑设施及净料堆场，位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.7km，紧邻高混凝土拌和系统，高程 2280m～2330m。主要负责低混凝土系统和高混凝土系统所需的混凝土骨料生产任务。占地面积 11.1hm$^2$，均为临时占地，主要植被类型为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛。

右岸低混凝土系统位于 2#路靠江侧，在坝址下游 1.5km 处，高程 2165m～2170m。主要负责导流洞进出口及洞身衬砌混凝土，厂房混凝土的生产任务。占地面积约 2.5hm$^2$，所占用区域为人工植被，种植木犀榄（*Olea europaea*）等苗木。

右岸高混凝土系统位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.5km，位于茂顶砂石加工系统上游侧，高程 2275m～2295m。主要负责缆机供料平台所需混凝土的生产任务。占地面积 2.0hm$^2$，现场调查发现，本区域为其他项目的料场，大部分植被已被破坏，附近植被类型主要为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛。

2）施工供水供电通信设施

施工供水供电通信设施主要包括施工水厂、高位水池、以及供电设施即 110V 变电站。

水厂规模为 3.1 万 m³/d，位于坝址下游 8#路靠山侧，距坝址直线距离约 2.5km，高程 2287m，占地面积 1.3hm$^2$。主要负责整个施工区的生产及生活用水。本区域立地条件较差，主要植被为小鞍叶羊蹄甲灌丛，盖度小于 50%。

高位水池位于坝址下游 1.8km 处，场地高程 2370m，占地面积约 0.1hm$^2$。主要植被为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛。

施工变电站总占地面积约 0.3hm$^2$，占用主要植被为小鞍叶羊蹄甲灌丛，同时还分布有小叶荆、胶粘香茶菜等。

3）综合加工厂

综合加工厂主要包括大坝综合加工及金结拼装厂和电站综合加工厂，占地类型均为临时占地。

大坝综合加工及金结拼装厂：内含钢管加工、综合加工车间及场地，位于坝址下游 3.0km 处，场地高程 2255m～2265m，占地面积约 1.2hm$^2$。主要承担大坝的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛。

电站综合加工厂位于下游索桥两侧，紧邻 2#公路，至坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积共 1.5hm$^2$。主要承担电站厂房的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。此处受人工干扰严重，为人工碎石地，植被稀疏。

4）机组安装设施

机组安装设施主要包括机电安装基地和机电设备仓库，占地类型均为临时占地。

机电安装基地：机电安装基地（含临时机电仓库）布置在右岸下游 4.7km 处的羊拉乡茂顶村茂顶河口位置，位于进场公路与 2#公路接点附近，场地高程 2155~2175m，占地面积 5.5hm$^2$。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛。

机电设备仓库布置在坝址右岸下游 1.5km 处的阶地上，建筑面积 0.6hm$^2$，占地面积 1.5hm$^2$，用于存放电站运行期间所需的机电零件设备。所在区域为其他项目的砂石加工系统所在区域附近，地面为碎石，植被稀少。

5）机械保养维护设施

机械保养维护设施主要包括机械修配厂和机械停放场，占地类型为临时占地。

机械修配厂位于综合仓库下游侧，距坝址约 1.0km，场地高程 2180m，占地面积约 1.2hm$^2$，主要为施工机械修理保养场地。占地区域位于道路旁，受人为干扰严重，建有简易房屋，植被稀疏。

机械停放场（汽车维修保养停放场）：位于坝址上游 4.5km 处（羊拉公路旁），

场地高程 2210m，占地面积 1.2hm$^2$，主要为施工机械停放场地。占地区域主要植被为人工种植的青稞和蔬菜（大棚）。

6）仓库

仓库包括综合仓库、油库及加油站、左岸炸药库、右岸炸药库，均为临时占地，占地总面积 2.65hm$^2$。

综合仓库位于下游索桥附近，距坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积约 1.5hm$^2$。主要作为水电站施工期间施工物资仓储设施。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛。

油库及加油站位于坝址下游 2#路靠山侧，至坝址约 2.5km；油库高程 2180m，加油站高程 2185m；油库 0.3hm$^2$，加油站 0.2hm$^2$，占地面积共 0.5hm$^2$。所占植被主要为灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛。

左岸炸药库位于徐龙冲沟右岸，在徐龙冲沟沟口上游 0.7km 处，场地高程 2355m～2375m，占地面积 0.35hm$^2$，供左岸施工所需炸药的存放。所占植被主要为西南仙人掌灌丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、清香木。

右岸炸药库位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约 2.2km，场地高程 2430m，占地面积 0.3hm$^2$，供右岸施工炸药存放。所占植被主要为垫状卷柏灌草丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、灰岩木蓝等。

7）办公生活系统

办公生活系统指施工营地，包括 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地、现场建设管理营地（含鱼类增殖站），占地面积分别为 1.2hm$^2$、1.5hm$^2$、3.4hm$^2$、11.1hm$^2$，占地总面积为 17.2hm$^2$。其中 1#施工营地占地类型为建筑用地，主要为当地居民房屋庭院，未见典型植物群落，常见植物种类有蒲公英、戟叶酸模等；2#施工营地主要植被类型为清香木灌丛，常见植物种类有皱叶醉鱼草、西南仙人掌。3#施工营地主要为施工人员驻地，内含施工所需的办公、机修等建筑设施。所占区域为人工植被，主要为种植青稞和玉米的农田。现场建设管理营地主要植被为人工种植的核桃、李，和蒲公英，水分充足的小片区域有蕨类植物的生长。

8）施工人员垃圾热解站

生活垃圾热解站位于格亚顶沟口（坝址右岸上游 3.8km 处），占地面积 0.14hm$^2$，场地高程 2244m～2250m，水库蓄水后将被淹没，分为主厂房、副厂房、管理用房和其它辅助区。占地类型为建筑用地，主要为当地居民房屋庭院，未见典型植物群落，常见植物种类有西南仙人掌、酢浆草等以及人工种植的核桃。

9）存弃渣场生态现状

枢纽工程区 6 处存弃渣场植被以灌丛和灌草丛为主，详见表 4.3-18。

**表 4.3-18　存弃渣场生态现状一览表**

| 弃渣场名称 | 植被现状 | 现场照片 |
|---|---|---|
| 左岸上游 1#存弃渣场 | 主要为小叶荆灌丛，同时零星分布有清香木 |  |
| 表土堆场 | 以小鞍叶羊蹄甲为优势，同时分布有戟叶酸模灌丛 |  |
| 右岸上游 1#弃渣场 | 为岩石裸地，未见群落分布，散生有狗尾草、垫状卷柏等 |  |
| 右岸上游 2#弃渣场 | 主要植被类型为人工植被，以农田为主种植青稞、玉米等，同时种植有核桃、石榴等经济树种 |  |
| 截流备料场 | 位于路边，人为干扰较大，未见典型植物群落，常见植物有蒲公英、两头毛、戟叶酸模等 |  |
| 茂顶河弃渣场 | 受泥石流冲击严重，植被覆盖率低，不足 5%，偶见戟叶酸模灌丛 |  |

10）徐龙冲沟施工平台

徐龙冲沟施工平台位于坝址下游 1.4km 处的徐龙冲沟内，其距徐龙冲沟沟口 1.2km，利用左岸场内道路的开挖弃渣填筑形成，占地面积 12.39hm$^2$。主要用于堆存左岸场内道路的建筑材料等，待左岸场内高线道路与低线道路连通之后，将施工平台拆除并转运至茂顶河弃渣场。根据现场调查，徐龙冲沟植被类型以拟金茅+黄茅灌草丛为优势，同时分布有戟叶酸模灌丛。

11）徐龙人工骨料开采场

徐龙人工骨料开采场位于坝址左岸上游约 0.6km 处，料场开采区面积 10.80hm$^2$，徐料场开口顶高程 2503m，设计底高程 2230m，料场人工边坡高约 273m。占地区域植被主要为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛。

12）场内交通工程

场内主要公路长度共计约 33.85km（不含隧道）。场内交通工程对植被的影响主要为道路建设的直接开挖、车辆的碾压以及扬尘等的影响。除 14#施工道路附近分布有 1 丛金荞麦，后期将采取迁地保护措施外，其余场内施工道路植物均为评价范围常见的植物。



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：坝址



调查时间：2018 年 3 月 29 日
调查地点：右岸低混凝土系统



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：大坝砂石加工系统



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：右岸高混凝土系统



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：施工水厂



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：高位水池



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：大坝综合及金结拼装厂



调查时间：2018 年 3 月 29 日
调查地点：电站综合加工厂



调查时间：2018 年 3 月 29 日
调查地点：机电设备仓库



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：机械修配厂



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：机械停放场



调查时间：2018 年 3 月 31 日
调查地点：综合仓库



调查时间：2018 年 3 月 30 日
调查地点：现场设备管理营地（增殖放流站）



调查时间：2018 年 4 月 3 日
调查地点：左岸炸药库



调查时间：2018 年 3 月 30 日
调查地点：3#施工营地



调查时间：2018 年 3 月 31 日调查地点：1#施工营地



调查时间：2018 年 3 月 29 日调查地点：2#施工营地



调查时间：2018 月 3 月 31 日
调查地点：施工人员垃圾热解站



调查时间：2019 年 3 月 16 日
调查地点：徐龙人工骨料开采场



调查时间：2018 年 3 月 29 日
徐龙冲沟临时施工平台

**（2）淹没区生态现状**

根据现场调查，旭龙水电站库区内植被以灌丛为主，在水平方向上差异不明显，在垂直分布上，植被呈现一定的成层分布，根据现场调查，评价范围 2302m 以下植被分层不明显。海拔 2302m 以下，较陡峭无人居住及农田分布的河段为干热河谷灌丛分布的下限，视河段生境的不同可见小叶荆+白刺花灌丛、西南仙人掌灌丛、刺铁线莲+小叶荆灌丛等灌丛类型；库区河谷平缓地段、河滩阶地则多为人类活动改造下形成的乡村聚居点和农田人工植被，以及居民点周围的经济果木林。羊拉公路两侧可见戟叶酸模灌丛、两头毛灌丛等次生植被类型。

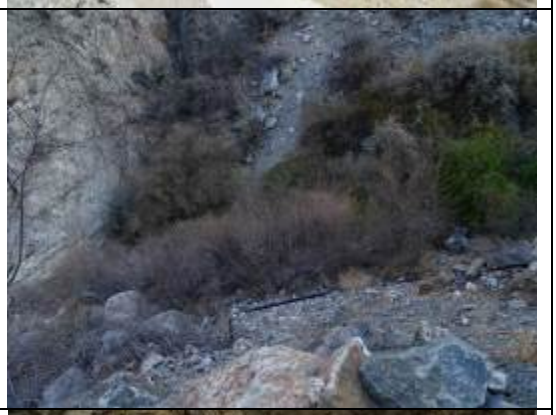
2018 年 10 月至 11 月，在旭龙坝址上游约 200km 的金沙江白玉县区段多次发生山体滑坡，金沙江洪峰沿河流方向从旭龙水电站拟建区域过境。将 2018 年 4 月、2018 年 8 月与 2019 年 3 月对旭龙水电站淹没区周边河滩地调查结果进行对比，河滩地植被基本未发生变化。

2018 年 4 月和 8 月两次调查结果，河滩地植被覆盖率较低，约 30%左右，主要植被类型为戟叶酸模灌丛、清香木灌丛、小叶荆灌丛、拟金茅+黄茅灌草丛

等，常见植物有仙人掌、蜈蚣草、垫状卷柏、刺铁线莲等。

2019 年 3 月现场调查结果，除徐龙桥等河段有泥石流、洪流等造成山体石块滑落现象外，植被覆盖率与前两次调查差异不大，常见植物仍然为戟叶酸模、清香木、仙人掌、黄茅、垫状卷柏等金沙江干热河谷区域常见的植物。

**表 4.3-19　白格堰塞湖前后典型区域植被状况表**

| 调查时间 | 调查位置 | 植被状况 | 照片 |
|---|---|---|---|
| 2018 年 3 月 | 茂顶河弃渣场附近 | 植被覆盖率较低，常见植物有戟叶酸模、蒲公英、茜草、阿拉伯婆婆纳等。 |  |
| 2018 年 3 月 | 徐荣桥左岸附近 | 植被覆盖率较低，常见植物有清香木、戟叶酸模、堇菜、酢浆草等。 |  |
| 2018 年 3 月 | 坝址右岸附近 | 植被覆盖率较低，常见植物有清香木、白刺花、垫状卷柏等。 |  |

| 调查时间 | 调查位置 | 植被状况 | 照片 |
| --- | --- | --- | --- |
| 2018 年 4 月 | 库尾上游 1km 处 | 植被覆盖率低，常见植物有戟叶酸模、清香木等 |  |
| | 库尾 | 植被覆盖率较低，常见植物有戟叶酸模、小叶荆、刺铁线莲等 |  |
| 2019 年 3 月 | 茂顶河弃渣场附近 | 植被覆盖率低，常见有戟叶酸模、小叶荆、清香木、蒲公英等。 |  |
| | 徐荣桥附近 | 植被覆盖率低，常见植物有两头毛、蜈蚣草、垫状卷柏、黄茅等。 |  |

| 调查时间 | 调查位置 | 植被状况 | 照片 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 导流洞附近河滩地 | 植被覆盖率较低，常见有垫状卷柏、硬秆子草、芸香草等。 |  |
| | 库区河滩地 | 植被覆盖率较低，常见有西南仙人掌、垫状卷柏、白刺花等 |  |

**（3）移民安置点生态现状**

根据搬迁安置规划，本工程布置有 2 处集中安置点，云南省德钦县搬迁安置人口集中安置在德钦县斯木顶安置点，四川省得荣县搬迁安置人口集中安置在得荣县得绒桐安置点。2 处集中安置点生态现状详见下表。

表 4.3-20　移民集中安置点生态现状一览表

| 名称 | 概况 | 植被现状 | 现场照片 |
| --- | --- | --- | --- |
| **斯木顶安置点** | 安置人口规模为282人。 | 以小鞍叶羊蹄甲灌丛为主，局部分布有小叶荆、白刺花灌丛等 |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **得绒桐安置点** | 安置人口规模为864人。 | 以灰岩木蓝、胶粘香茶菜为主，局部分布有窄叶鲜卑花灌丛等。 |  |

## 4.3.2 水生生态

### 4.3.2.1 调查时间、范围和方法

**（1）调查时间**

为全面掌握旭龙水电站工程影响河段的水生生态现状，专题承担单位水利部中国科学院水工程生态研究所共开展了 5 次水生生态调查工作，其中 2012 年 10~11 月和 2013 年 5~6 月对昌波坝址至奔子栏坝址之间的金沙江干流及支流麦曲河、丹达曲开展了系统的水生生态调查，2016 年 5 月重点对库区支流麦曲河、丹达曲的鱼类资源及生境条件进行了补充调查，2019 年 4~5 月对苏洼龙坝址至虎跳峡硕多岗河汇口之间的金沙江干流及支流麦曲河、丹达曲、定曲、岗曲进行了较为系统的补充调查，7 月在石鼓干流进行了产漂流性卵鱼类的早期资源监测。

**（2）调查范围**

1）2012 年~2013 年

2012 年~2013 年水生生态调查与评价范围为昌波坝址至奔子栏坝址之间长约 140km 的金沙江干支流，包括区间主要支流丹达曲、麦曲河。

根据控制性、代表性原则，本次调查在金沙江干流及主要支流布设 7 个断面。其中干流 5 个采样断面，从上游至下游依次为：①昌波坝址；②麦曲河汇口下；③库中（尼吕）；④旭龙坝址；⑤奔子栏。支流 2 个采样断面，分别为：⑥麦曲河；⑦丹达曲。

各调查断面基本情况如下：

①昌波坝址：坐标：29°21'3.36"N　99°4'0.06"E，海拔 2399m。水温 15.8℃，透明度 8cm，河面宽 150m，河道宽 170m，两岸分布有少量乔木林，也有较多的

灌木。河水湍急，水体浑浊。




②麦曲河汇口下：坐标：29°13'39.96"N　99°6'54.6"E，海拔 2310m。河道宽 140m，透明度 10cm，水温 15.5℃，羊拉桥下水流湍急河道岸边分布大量巨石，两岸几乎无植被，只有少量灌木分布，两岸峭壁耸立水面宽 50m。




③库中（尼吕）：坐标：28°50'30.78"N　99°6'13.86"E，海拔 2216m。河道宽 280m，水流湍急，水面宽 120m，水温 16.8℃，底质以砂砾巨石为主，两岸为山体，植被较少，主要是以灌木为主，河道中间有一 200m 长 50m 宽的沙石滩。




④旭龙坝址：坐标：28°44'37.92"N　99°7'41.34"E，海拔 2172m。河道宽 125m，水面宽 85m，水流湍急，两岸为峭壁，植被较少，多为灌木。透明度 12cm，水温 16.4℃。浅滩巨石较多。




⑤奔子栏：坐标：28°14'9.12"N　99°18'17.58"E，海拔 2006m。河道宽 240m，水面宽 130m，水温 16.3℃，透明度 11cm，水流较急，两岸为村镇，有大面积的沙石滩裸露，植被主要以乔木为主。




⑥麦曲河：坐标：29°15'58.08"N　99°6'49.92"E，海拔 2373m。河道宽 150m，水温 16.3℃，透明度 60cm，河面宽 20m，水流湍急，两岸山坡分布少量灌木，河道有浅滩，多以小型石头为主。




⑦丹达曲：坐标：28°58'56.16"N　99°7'5.04"E，海拔 2547m。水面宽 20 米，水温 18.1℃，两岸几乎没有植被，水底石块较多，透明度为 30cm，河两岸为山谷。




2）2019 年

2019 年水生生态调查与评价范围进行扩大，干流向上扩延至苏洼龙坝址，向下延至至虎跳峡硕多岗河汇口，支流除麦曲、丹达曲外增加了定曲和冈曲。

根据控制性、代表性原则，水生生态调查监测在金沙江干流及主要支流布设 18 个断面。其中干流 10 个采样断面，从上游至下游依次为：①苏洼龙坝址；②昌波坝址；③麦曲河汇口下；④旭龙库中（尼吕）；⑤旭龙坝址；⑥奔子栏；⑦冈曲河口下；⑧其宗；⑨石鼓；⑩硕多岗河汇口下。支流 8 个采样断面，分别为：①麦曲河上；②麦曲河下；③丹达曲上；④丹达曲下；⑤定曲河上；⑥定曲河下；⑦冈曲上；⑧冈曲下。

各调查断面基本情况如下：

①苏洼龙：水温 10.6℃，pH8.4，电导率 777μs/cm，水色泥灰色，水深＞5m，流速 1.5 m/s， 透明度 10cm，水面宽 150m，礁石，卵石，淤沙底质，左岸礁石滩，细沙，淤泥，卵石，底质，右岸崩塌垂直河岸，左岸水毁路基段较多，两岸 45°碎石山体，稀疏草被，稀疏乔木，灌丛，样点在苏洼龙坝址以下。




②昌波：水温 11.3℃，pH8.9，电导率 984μs/cm， 泥黄色水色，水深＞5m，流速 1.5 m/s， 水面宽 120m， 透明度 10cm，淤沙卵石石块礁石底质，U 型河道， 两岸稀疏乔木、灌丛、茅草植被 ，碎石岩石山体，样点两岸河岸切削明显崩塌河岸较多。




③麦曲河汇口下： 水温 12℃， pH8.8，电导率 980μs/cm， 水色泥黄色，水深＞5m，流速 1.8 m/s，水面宽 90m， 透明度 10cm， 礁石、砾石底质，V 型河道，两岸 50-70°碎石山体，稀疏灌丛、草被，水体泥沙含量大。




④旭龙库中：水温 15℃， pH8.8， 电导率 590μs/cm， 透明度 20cm，泥黄色，流速 0.5-1.5 m/s，水深＞5 水面宽 70，石块、卵石、淤沙底质，U 型河谷，两岸 90°峭壁，稀疏灌木，茅草植被。




⑤旭龙：水温 12.4℃， pH8.9，电导率 882μs/cm， 水色泥黄色，透明度 8cm，水深＞8m，水面宽 70m， 流速 1.8 m/s， 砾石、卵石、石块、礁石底质，U 型河道，两岸垂直岩石山体，稀疏分布仙人掌植物，稀疏茅草、灌丛。




⑥奔子栏：水温 15.8 ℃，pH8.9 ，电导率 892 μs/cm ，水色泥黄， 水深＞5 m，流速 1.1 m/s， 水面宽 120m， 透明度 7cm，卵石淤沙底质，右岸卵石、礁石、细沙岸滩，左岸河岸冲刷下切，岸上卡瓦镇，右岸 45-70°岸坡，两岸 45-70°碎石山体，灌丛茅草植被，有人工栽培乔木林，右岸奔子栏镇。




⑦冈曲汇口下：水温 16℃，pH8.8，电导率 818μs/cm ，水色泥黄色，水深＞5m， 流速 1.5-1.8 m/s，水面宽 100 m，透明度 7cm， 礁石、石块、砾石底质，右岸 70-80°岩石山体，石缝稀疏灌丛，左岸 70°及下切河岸山体，稀疏灌丛茅草植被。




⑧其宗：水温 15.6℃， pH8.8，电导率 752μs/cm，水色泥黄，水深＞5m，流速 0.6 m/s，水面宽 150-180m， 透明度 6cm，淤沙，礁石底质，右岸大片沙滩，形成沙坡，左岸碎石岸体，下切，两岸 45-80°岩石，碎石山体，植被好，茂密乔木林植被。




⑨石鼓：水温 16℃， pH8.8，电导率 762μs/cm ，水色泥黄色 水深＞3 m，流速 0.4 m/s， 水面宽 250m，透明度 8cm， 淤沙底质，左岸平坝，村庄农田，乔木林，草被 45°山体，乔木林植被，右岸公路，村庄农田，45°山体稀疏灌丛及乔木林植被。




⑩硕多岗河汇口下：水温 16 ℃，pH8.8，电导率 700μs/cm， 水色泥黄色，水深＞8m， 流速 1.0 m/s，水面宽 250m，透明度 8cm，礁石石块淤沙底质，v 型河谷，两岸＞50°山体，乔木林，灌丛植被茂密。




⑪麦曲上： 水温 14.5℃， pH8.9，电导率 189μs/cm，水色无色，水深 0.5-1.0m，流速 0.6 m/s， 水面宽 20-30m， 透明度见底 ，卵石，石块，砾石，细沙底质，两岸 45°碎石山体，乔木林，茂密灌丛植被，样点在中咱电站上。




⑫麦曲下：水温 15℃， pH8.9，电导率 212μs/cm， 水色浅黄绿，水深 1.0m，流速 0.8 m/s， 水面宽 20m， 透明度 60cm，卵石，砾石，礁石，淤泥沙底质，两岸乔木林，农田，村庄，V 型河谷，岩石碎石山体，稀疏灌丛植被。




⑬丹达曲上：水温 9.6℃， pH8.9，电导率 322μs/cm，流速 0.6m/s,透明度 10cm，水色泥红色 ,水深 0.5-1.0m，水面宽 20m，卵石淤沙底质， 两岸 30-40°碎石山，体乔木林、灌丛，草被植被。




⑭丹达曲下：水温 14℃， pH8.9， 电导率 305μs/cm, 透明度 15cm，水深 0.5m， 水色：泥黄， 流速 0.4m/s，水面宽 40m， 卵石、石块、淤沙底质，石块卵石细沙心滩，U 型河谷，两岸碎石石块山体，稀疏茅草植被。




⑮定曲上：水温 16.5℃, pH8.8，电导率 274μs/cm，水色泥黄色， 水深 1.5m， 流速 1.8 m/s， 水面宽 15-20m， 透明度 10cm，石块、淤泥沙、礁石底质，V 型河道，河岸灌丛稀疏乔木植被，左岸平坝农田，右岸公路，两岸 60-70°山体稀疏灌丛茅草植被。




⑯定曲下：水温 15.9℃， pH8.8 ，电导率 258μs/cm，水色浅绿，水深 2.0m，流速 1.0 m/s，水面宽 30-40 m，透明度 50cm， 石块、淤泥沙、礁石底质 ，V 型河道，60-70°碎石山体，稀疏茅草灌丛，河岸分布少量乔木。




⑰冈曲上：水温 12.9℃， pH8.9，电导率 252μs/cm，水色无色， 水深 0.8-1.5m，流速 0.8-1.0 m/s，水面宽 10-20m， 透明度见底，卵石、礁石、砾石、粗砂底质，U 型河道，河道阶梯状跌水，比降明显，陡峭岩石茅草，灌丛植被，河岸少量乔木林，山顶乔木林。




⑱冈曲下：水温 14.8℃， pH8.9 ，电导率 289μs/cm，水色无色透明，水深 1-1.5m， 流速 0.5 m/s，水面宽 20-30m， 透明度见底，卵石、礁石、砾石、淤沙、石块底质，U 型河道，两岸碎石山体，稀疏茅草灌丛植被，河岸少量乔木，样点上有阶梯河道，样点为 1.5m 水潭，样点下为卵石淤沙浅滩。




**（3）调查内容与方法**

1）饵料生物

调查内容：浮游植物、着生藻类、浮游动物、底栖动物的种类组成和现存量。

调查方法：饵料生物的调查取样、室内分析等均按《内陆水域渔业自然资源调查手册》、《淡水浮游生物研究方法》等相关规定进行。

2）鱼类资源

调查内容：调查鱼类的种类、区系组成、生态习性、资源量、“三场”分布及其对环境的适应性。

调查方法：按《内陆水域渔业自然资源调查手册》进行鱼类资源调查。

①鱼类区系组成调查

根据鱼类区系研究方法，在不同河段设置站点，对调查范围内的鱼类资源进行全面调查。采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法，采集鱼类标本、收集资料、做好记录，标本用福尔马林固定保存。通过对标本的分类鉴定，资料的分析整理，编制出鱼类种类组成名录。

②鱼类资源现状调查

鱼类资源量的调查采取社会捕捞渔获物统计分析结合现场调查取样进行。采用访问调查和统计表调查方法，调查资源量和渔获量。向沿江各市县渔业主管部门和渔政管理部门及渔民调查了解渔业资源现状以及鱼类资源管理中存在的问题。对渔获物资料进行整理分析，得出各工作站点主要捕捞对象及其在渔获物中所占比重，不同捕捞渔具渔获物的长度和重量组成，以判断鱼类资源状况。

③鱼类早期资源调查

采用小型弶网，网口半圆形，半径 0.5m，面积 0.3927$m^2$，采集鱼卵和鱼苗，记录采样时间、水温、网口的流速、透明度。采集到的鱼苗用 5%的福尔马林保存，以备日后室内鉴定种类和统计数量。鱼卵采集后，立即作详细记录，并按不同的发育期分别培养，直至能鉴别种类。产卵场的位置依据采集鱼卵发育期和当时水流速度进行推算。产卵规模的估算以各产卵场为计算单元，并按不同鱼类分别进行统计，根据从采集点采到的某产卵场的鱼卵数量、采集点的网口流速和采集点江断面的流量，求得采集断面在采集时间内所流过的某产卵场鱼卵数。

④鱼类“三场”调查

走访沿江居民和主要捕捞人员，了解不同季节鱼类主要集中地和鱼类种群组成，结合鱼类生物学特性和水文学特征，分析鱼类“三场”分布情况，并通过有经验的捕捞人员进行验证。

## 4.3.2.2 浮游植物

**（1）种类**

1）2012~2013 年调查结果

枯水期（2012 年 10~11 月）和丰水期（2013 年 5~6 月）对评价区域进行两次浮游植物调查，共检出浮游植物 7 门 55 属 125 种。其中硅藻门 99 种、占检出种类的 79.20%；绿藻门 13 种、占检出种类的 10.40%；蓝藻门 8 种、占检出种

类的 6.40%；甲藻门 2 种、占检出种类的 1.60%；红藻门、裸藻门、金藻门各 1 种、占检出种类的 0.80%。

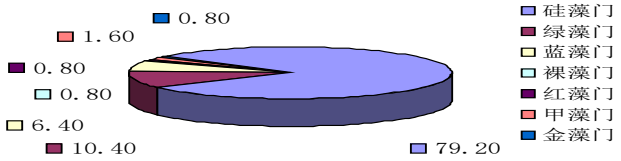



图 4.3-4　调查区域浮游植物种类组成（单位：%）

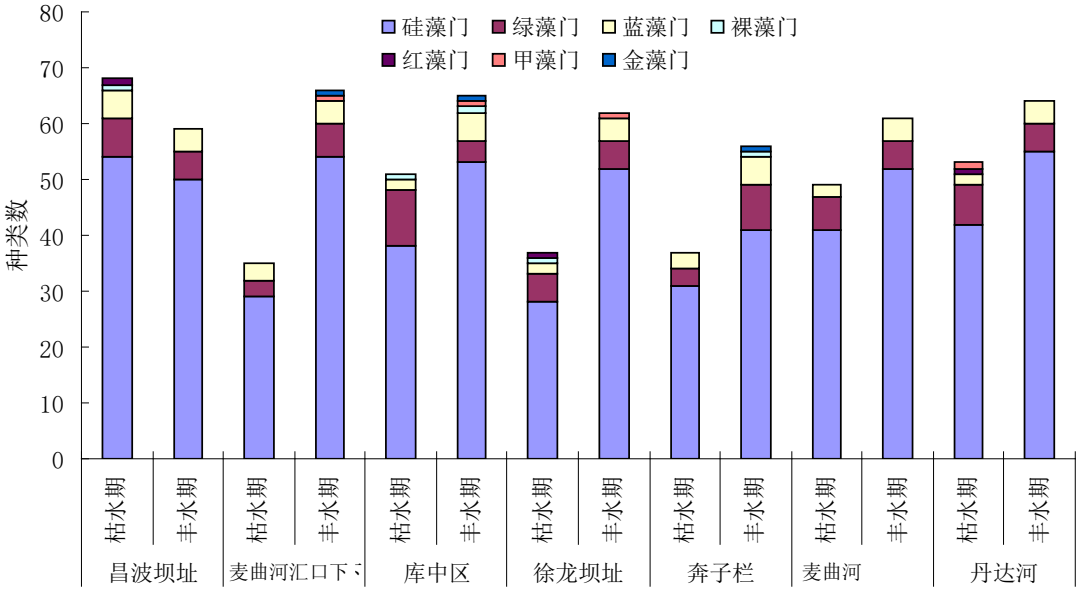



图 4.3-5　调查区域各断面浮游植物种类水平分布

枯水期对调查区域进行调查，共检出浮游植物 7 门 99 种。其中硅藻门 76 种、占检出种类的 76.77%；绿藻门 11 种、占检出种类的 11.11%；蓝藻门 7 种、占检出种类的 7.07%；甲藻门 2 种、占检出种类的 2.02%；红藻门、裸藻门、金藻门各 1 种、占检出种类的 1.01%。

丰水期对调查区域进行调查，共检出浮游植物 7 门 118 种。其中硅藻门 93 种、占检出种类的 78.81%；绿藻门 11 种、占检出种类的 9.32%；蓝藻门 9 种、占检出种类的 7.63%；甲藻门 2 种、占检出种类的 1.69%；裸藻门、红藻门、金藻门各 1 种、占检出种类的 0.85%。

调查区域干流共检出浮游植物 7 门 123 种。其中硅藻门 96 种、占检出种类

的 78.05%；绿藻门 13 种、占检出种类的 10.57%；蓝藻门 9 种、占检出种类的 7.32%；甲藻门 2 种、占检出种类的 1.63%。；红藻门、裸藻门、金藻门各 1 种、占检出种类的 0.81%。其中枯水期检出浮游植物 93 种，丰水期检出浮游植物 115 种。

调查区域支流共检出浮游植物 5 门 85 种。其中硅藻门 71 种、占检出种类的 83.33%；绿藻门 8 种、占检出种类的 9.41%；蓝藻门 4 种、占检出种类的 4.71%；红藻门和甲藻门各 1 种、占检出种类的 1.18%。其中枯水期检出浮游植物 81 种，丰水期检出浮游植物 64 种。

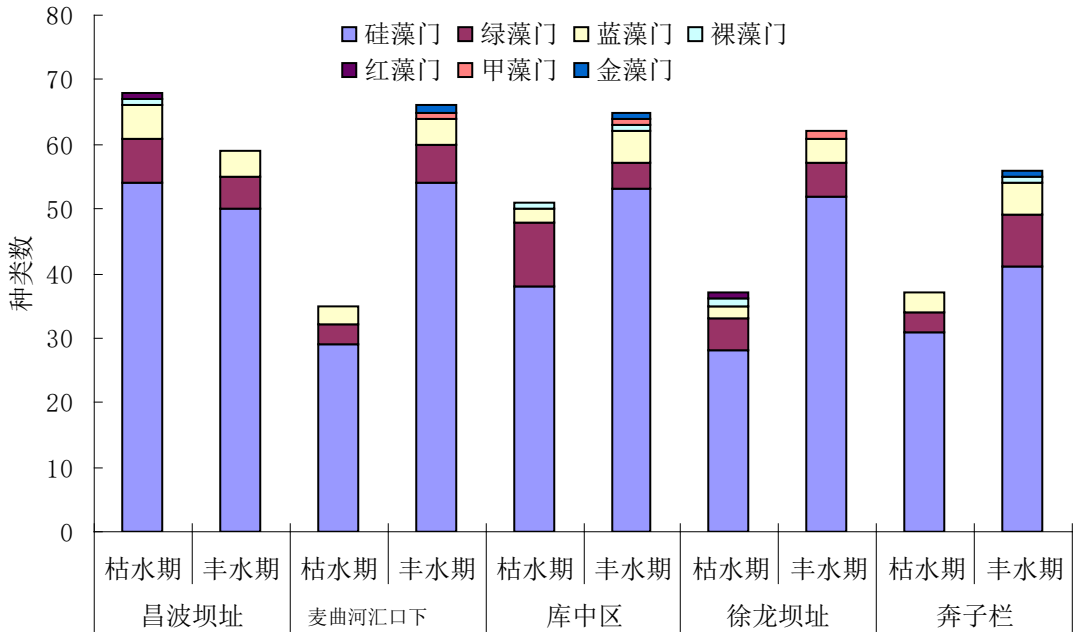



图 4.3-6　　调查区域干流各断面浮游植物种类水平分布

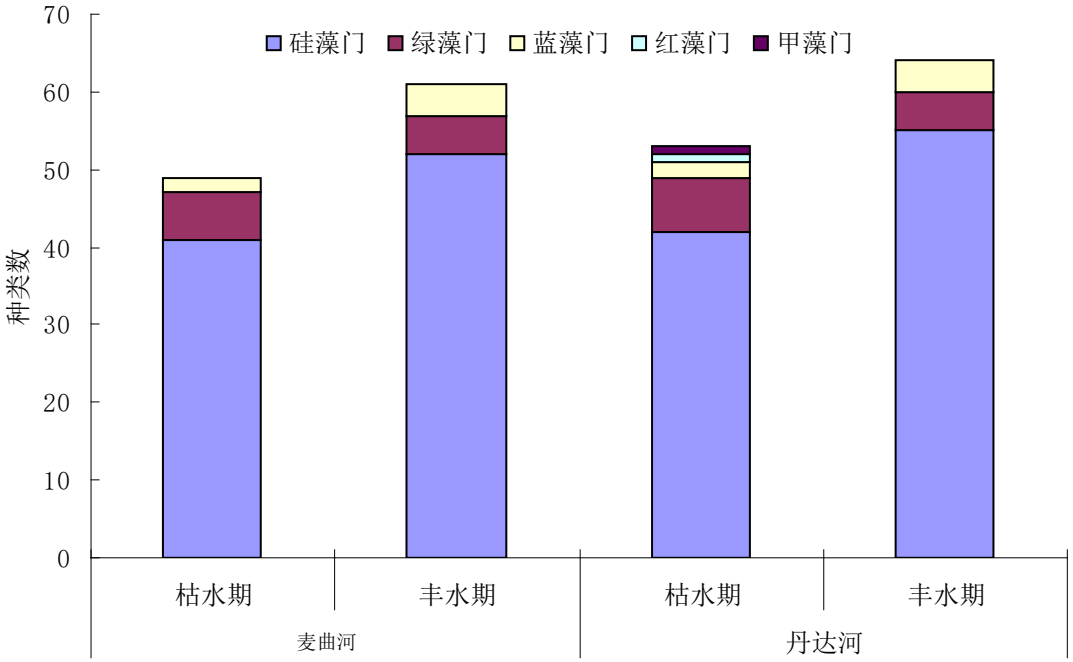



**图 4.3-7　　调查区域支流各断面浮游植物种类水平分布**

调查区域干流检出浮游植物种类比支流丰富，丰水期检出浮游植物种类数高于枯水期。干、支流浮游植物种类组成均以硅藻门为主，其次为绿藻门。评价区浮游植物优势种主要是硅藻门中的针杆藻、桥弯藻、脆杆藻、等片藻等。

**表 4.3-21　调查区域各断面浮游植物种类**

| 调查断面 | | | 硅藻门 | 绿藻门 | 蓝藻门 | 裸藻门 | 红藻门 | 甲藻门 | 金藻门 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 干流 | 昌波坝址 | 枯水期 | 54 | 7 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 68 |
| | | 丰水期 | 50 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 |
| | 麦曲河汇口下 | 枯水期 | 29 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| | | 丰水期 | 54 | 6 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 66 |
| | 库中区 | 枯水期 | 38 | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| | | 丰水期 | 53 | 4 | 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 65 |
| | 旭龙坝址 | 枯水期 | 28 | 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 37 |
| | | 丰水期 | 52 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 62 |
| | 奔子栏 | 枯水期 | 31 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| | | 丰水期 | 41 | 8 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 56 |
| 支流 | 麦曲河 | 枯水期 | 41 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| | | 丰水期 | 52 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| | 丹达曲 | 枯水期 | 42 | 7 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 53 |
| | | 丰水期 | 55 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |

2）2019 年调查结果

2019 年 5 月对评价区进行的浮游植物调查共检出浮游植物 4 门 30 属 52 种。其中硅藻门 41 种、占检出种类的 78.85%；蓝藻门 6 种、占检出种类的 11.54%；

绿藻门 3 种、占检出种类的 5.77%；隐藻门 2 种、占检出种类的 3.85%。

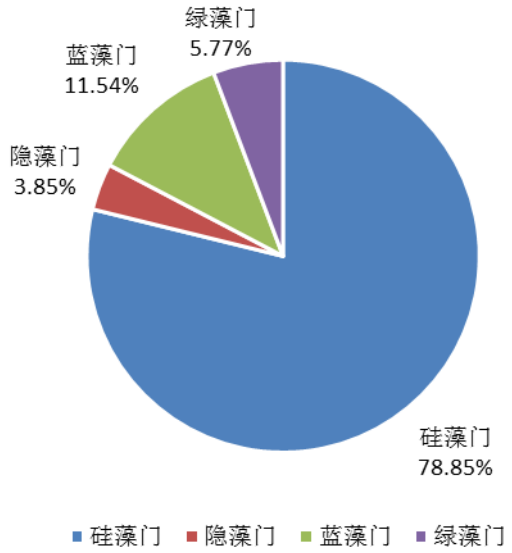



**图 4.3-8　评价区浮游植物种类组成**

评价区干流调查共检出浮游植物 3 门 39 种。其中，硅藻门 34 种、占检出种类的 87.18%；绿藻门 1 种、占检出种类的 2.56%；蓝藻门 4 种、占检出种类的 10.26%。其中，冈曲汇口下断面检出浮游植物种类最多，为 20 种；苏洼龙和旭龙库中断面检出浮游植物最少，为 13 种。

评价区支流调查共检出浮游植物 4 门 45 种。其中，硅藻门 34 种、占检出种类的 75.56%；绿藻门 3 种、占检出种类的 6.67%；蓝藻门 6 种、占检出种类的 13.33%；隐藻门 2 种、占检出种类的 4.44%。其中，定曲下断面检出浮游植物种类最多，为 33 种；麦曲下和丹达曲下断面检出浮游植物最少，为 20 种。可见，评价区支流检出浮游植物种类比干流丰富。

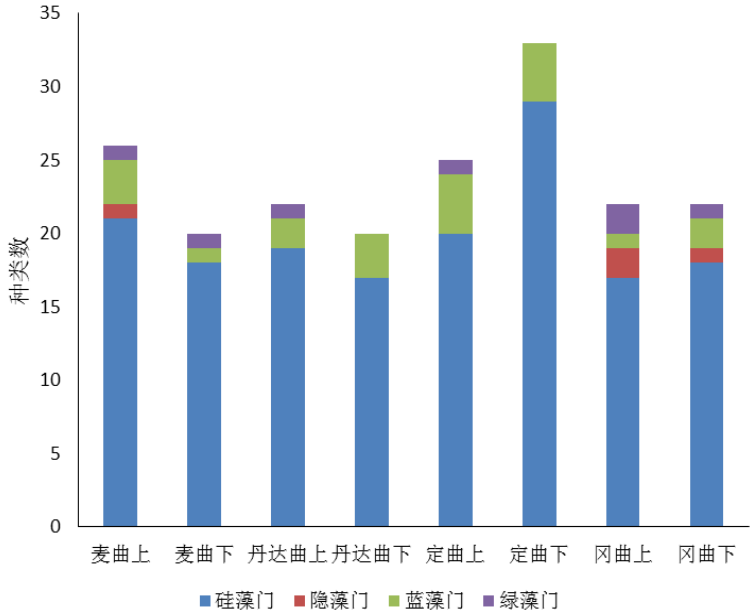



图 4.3-9　评价区干流各断面浮游植物种类水平分布

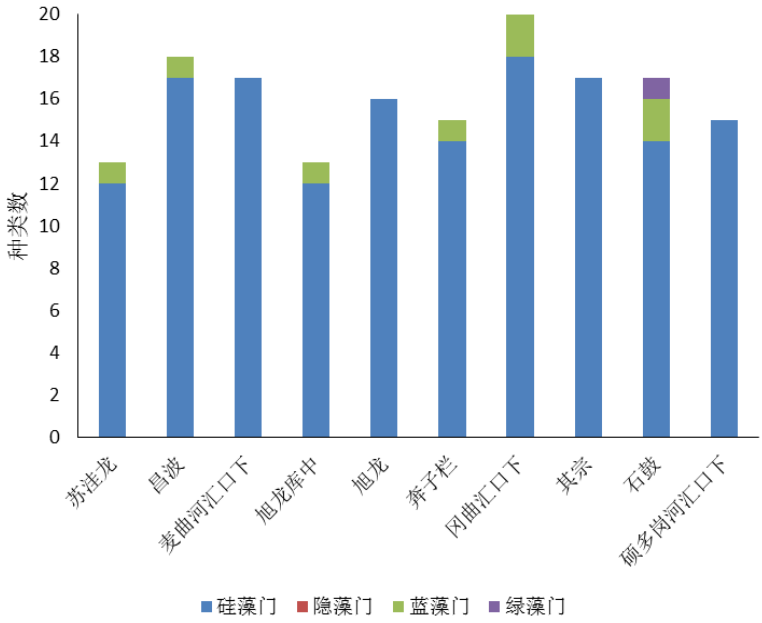



图 4.3-10　评价区支流各断面浮游植物种类水平分布

评价区浮游植物组成以硅藻门为主，其次为蓝藻门，再次为绿藻门，其它种类偶见。评价区浮游植物优势种有针杆藻、近缘桥弯藻、谷皮菱形藻、异极藻、曲壳藻、等片藻等。干、支流浮游植物种类组成也均以硅藻门为主，其次为蓝藻门。干流浮游植物优势种有尖针杆藻、肘状针杆藻、近缘桥弯藻、谷皮菱形藻、异极藻、曲壳藻、等片藻等。支流浮游植物优势种有尖针杆藻、近缘桥弯藻、菱形藻、异极藻、曲壳藻、等片藻等。

表 4.3-22　评价区各断面浮游植物种类

| 采样断面 | | 硅藻门 | 隐藻门 | 蓝藻门 | 绿藻门 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 干流 | 苏洼龙 | 12 | 0 | 1 | 0 | 13 |
| | 昌波 | 17 | 0 | 1 | 0 | 18 |
| | 麦曲河汇口下 | 17 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| | 旭龙库中 | 12 | 0 | 1 | 0 | 13 |
| | 旭龙 | 16 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| | 奔子栏 | 14 | 0 | 1 | 0 | 15 |
| | 冈曲汇口下 | 18 | 0 | 2 | 0 | 20 |
| | 其宗 | 17 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| | 石鼓 | 14 | 0 | 2 | 1 | 17 |
| | 硕多岗河汇口下 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 支流 | 麦曲上 | 21 | 1 | 3 | 1 | 26 |
| | 麦曲下 | 18 | 0 | 1 | 1 | 20 |
| | 丹达曲上 | 19 | 0 | 2 | 1 | 22 |
| | 丹达曲下 | 17 | 0 | 3 | 0 | 20 |
| | 定曲上 | 20 | 0 | 4 | 1 | 25 |
| | 定曲下 | 29 | 0 | 4 | 0 | 33 |
| | 冈曲上 | 17 | 2 | 1 | 2 | 22 |
| | 冈曲下 | 18 | 1 | 2 | 1 | 22 |

**（2）现存量**

1）2012~2013 年调查结果

①密度

调查区域浮游植物密度平均为 441554ind./L。其中硅藻门占 91.34%、绿藻门占 6.26%、蓝藻门占 2.10%、裸藻门占 0.17%、金藻门占 0.13%。

表 4.3-23　调查区域浮游植物密度组成　　单位:ind./L

| 浮游植物 | 干流 | | | 支流 | | | 调查水域 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 丰水期 | 枯水期 | 平均 | 丰水期 | 枯水期 | 平均 | 丰水期 | 枯水期 | 平均 |
| 硅藻门 | 554112 | 308048 | 431080 | 364000 | 303680 | 333840 | 499794 | 306800 | 403297 |
| 蓝藻门 | 12480 | 6864 | 9672 | 4160 | 12480 | 8320 | 10103 | 8469 | 9286 |
| 绿藻门 | 18304 | 34944 | 26624 | 29120 | 31200 | 30160 | 21394 | 33874 | 27634 |
| 裸藻门 | 1456 | 624 | 1040 | 0 | 0 | 0 | 1040 | 446 | 743 |
| 金藻门 | 1664 | 0 | 832 | 0 | 0 | 0 | 1189 | 0 | 594 |
| 合计 | 588016 | 350480 | 469248 | 397280 | 347360 | 372320 | 533520 | 349589 | 441554 |

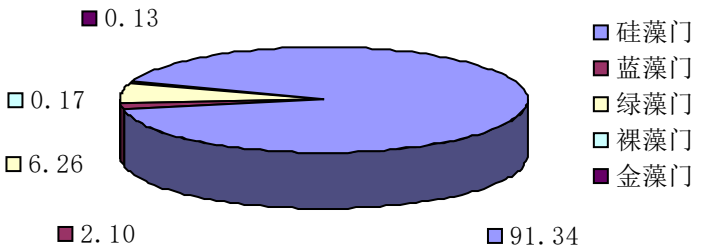



图 4.3-11　　调查区域浮游植物密度组成（单位：%）

调查区域丰水期浮游植物密度平均为 533520ind./L，枯水期浮游植物密度平均为 349589ind./L。调查区域干流浮游植物密度平均为 469248ind./L，丰水期干流浮游植物密度平均为 588016 ind./L，枯水期干流浮游植物密度平均为 350480 ind./L。支流浮游植物密度平均为 372320ind./L，丰水期支流浮游植物密度平均为 397280 ind./L，枯水期支流流浮游植物密度平均为 347360ind./L。

②生物量

调查区域浮游植物生物量平均 0.8908mg/L。其中硅藻门占 75.06%、绿藻门占 0.95%、蓝藻门占 23.15%、裸藻门占 0.21%、金藻门占 0.03%。

表 4.3-24　　调查区域浮游植物生物量组成　　单位：mg/L

| 浮游植物 | 干流 | | | 支流 | | | 调查水域 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 丰水期 | 枯水期 | 平均 | 丰水期 | 枯水期 | 平均 | 丰水期 | 枯水期 | 平均 |
| 硅藻门 | 0.6389 | 0.7256 | 0.6822 | 0.7373 | 0.5695 | 0.6534 | 0.6670 | 0.6810 | 0.6740 |
| 蓝藻门 | 0.2511 | 0.1595 | 0.2053 | 0.1664 | 0.2508 | 0.2086 | 0.2269 | 0.1856 | 0.2063 |
| 绿藻门 | 0.0059 | 0.0097 | 0.0078 | 0.0100 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0071 | 0.0099 | 0.0085 |
| 裸藻门 | 0.0036 | 0.0016 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0011 | 0.0019 |
| 金藻门 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0003 |
| 合计 | 0.9003 | 0.8964 | 0.8983 | 0.9137 | 0.8308 | 0.8722 | 0.9041 | 0.8776 | 0.8909 |

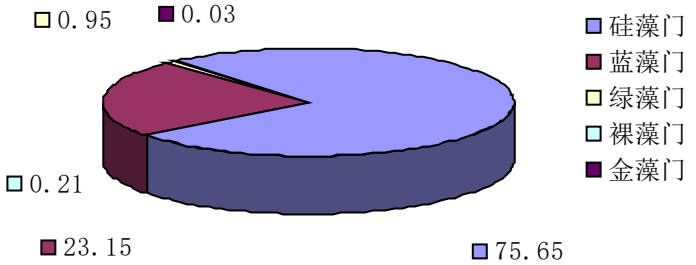



图 4.3-12　　调查区域浮游植物生物量组成（单位：%）

调查区域丰水期浮游植物生物量平均为 0.9041mg./L，枯水期浮游植物生物量平均为 0.8776mg/L。调查区域干流浮游植物生物量平均为 0.8722mg/L，丰水期干流浮游植物生物量平均为 0.9003 ind./L，枯水期干流浮游植物生物量平均为 0.8904ind./L。支流浮游植物生物量平均为 0.8722mg/L，丰水期支流浮游植物生

物量平均为 0.9173mg/L，枯水期支流浮游植物生物量平均为 0.8308mg/L。

2）2019 年调查结果

①密度

评价区浮游植物密度平均为 2845481ind./L。其中硅藻门占 94.25%、蓝藻门占 5.71%、隐藻门占 0.04%。

评价区干流浮游植物密度平均为 2816000ind./L，其中，硅藻门占 93.94%、蓝藻门占 6.06%。干流调查断面中，苏洼龙断面检出浮游植物密度最高（5173333ind./L），硕多岗河汇口下断面检出浮游植物密度最低（1706667ind./L）。

评价区支流浮游植物密度平均为 2882333ind./L，其中，硅藻门占 94.63%、蓝藻门占 5.29%、隐藻门占 0.08%。支流调查断面中，定曲上断面检出浮游植物密度最高（7306667ind./L），冈曲上断面检出浮游植物密度最低（498667ind./L）。

**表 4.3-25　评价区各断面浮游植物现存量**

| 浮游植物 | | | 硅藻门 | 蓝藻门 | 隐藻门 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 密度（ind./L） | 干流 | 苏洼龙 | 4106667 | 1066667 | 0 | 5173333 |
| | | 昌波 | 2986667 | 426667 | 0 | 3413333 |
| | | 麦曲河汇口下 | 2133333 | 0 | 0 | 2133333 |
| | | 旭龙库中 | 3040000 | 0 | 0 | 3040000 |
| | | 旭龙 | 3093333 | 0 | 0 | 3093333 |
| | | 奔子栏 | 2720000 | 0 | 0 | 2720000 |
| | | 冈曲汇口下 | 2453333 | 0 | 0 | 2453333 |
| | | 其宗 | 2133333 | 0 | 0 | 2133333 |
| | | 石鼓 | 2080000 | 213333 | 0 | 2293333 |
| | | 硕多岗河汇口下 | 1706667 | 0 | 0 | 1706667 |
| | 支流 | 麦曲上 | 1333333 | 57778 | 8889 | 1400000 |
| | | 麦曲下 | 1822222 | 44444 | 0 | 1866667 |
| | | 丹达曲上 | 5173333 | 213333 | 0 | 5386667 |
| | | 丹达曲下 | 2986667 | 0 | 0 | 2986667 |
| | | 定曲上 | 6933333 | 373333 | 0 | 7306667 |
| | | 定曲下 | 2506667 | 506667 | 0 | 3013333 |
| | | 冈曲上 | 488000 | 2667 | 8000 | 498667 |
| | | 冈曲下 | 576000 | 21333 | 2667 | 600000 |
| 生物量（mg/L） | 干流 | 苏洼龙 | 1.067 | 0.013 | 0.000 | 1.079 |
| | | 昌波 | 1.147 | 0.005 | 0.000 | 1.152 |
| | | 麦曲河汇口下 | 0.896 | 0.000 | 0.000 | 0.896 |
| | | 旭龙库中 | 0.624 | 0.000 | 0.000 | 0.624 |
| | | 旭龙 | 0.875 | 0.000 | 0.000 | 0.875 |
| | | 奔子栏 | 0.934 | 0.000 | 0.000 | 0.934 |
| | | 冈曲汇口下 | 0.603 | 0.000 | 0.000 | 0.603 |
| | | 其宗 | 0.614 | 0.000 | 0.000 | 0.614 |

| 浮游植物 | | | 硅藻门 | 蓝藻门 | 隐藻门 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 石鼓 | 0.400 | 0.003 | 0.000 | 0.403 |
| | | 硕多岗河汇口下 | 0.352 | 0.000 | 0.000 | 0.352 |
| | 支流 | 麦曲上 | 0.197 | 0.001 | 0.001 | 0.199 |
| | | 麦曲下 | 0.431 | 0.001 | 0.000 | 0.432 |
| | | 丹达曲上 | 2.549 | 0.003 | 0.000 | 2.552 |
| | | 丹达曲下 | 1.184 | 0.000 | 0.000 | 1.184 |
| | | 定曲上 | 1.872 | 0.000 | 0.000 | 1.873 |
| | | 定曲下 | 0.499 | 0.020 | 0.000 | 0.519 |
| | | 冈曲上 | 0.106 | 0.000 | 0.005 | 0.111 |
| | | 冈曲下 | 0.122 | 0.000 | 0.004 | 0.126 |

表 4.3-26　评价区浮游植物密度组成　　单位:ind./L

| 浮游植物 | 干流 | | 支流 | | 调查 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均 | % | 平均 | % | 平均 | % |
| 硅藻门 | 2645333 | 93.94 | 2727444 | 94.63 | 2681827 | 94.25 |
| 蓝藻门 | 170667 | 6.06 | 152444 | 5.29 | 162568 | 5.71 |
| 隐藻门 | 0 | 0.00 | 2444 | 0.08 | 1086 | 0.04 |
| 合计 | 2816000 | 100.00 | 2882333 | 100.00 | 2845481 | 100.00 |

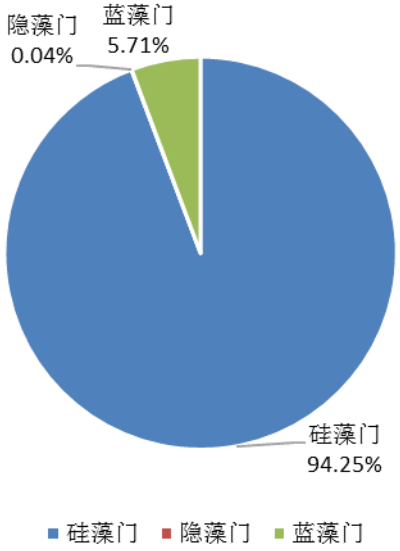



图 4.3-13　评价区浮游植物密度组成

②生物量

评价区浮游植物生物量平均为 0.807mg/L。其中，硅藻门占 99.63%、蓝藻门占 0.25%、隐藻门占 0.12%。

评价区干流浮游植物生物量平均为 0.753mg/L，其中，硅藻门占 99.73%、蓝藻门占 0.27%。干流调查断面中，昌波断面检出浮游植物生物量最高（1.152mg/L），硕多岗河汇口下断面检出浮游植物生物量最低（0.352mg/L）。

评价区支流浮游植物生物量平均为 0.874mg/L，其中，硅藻门占 99.54%、蓝藻门占 0.34%、隐藻门占 0.11%。支流调查断面中，丹达曲上断面检出浮游植物生物量最高（2.552mg/L），冈曲上断面检出浮游植物生物量最低（0.111mg/L）。

表 4.3-27　评价区浮游植物生物量组成　　单位:mg/L

| 浮游植物 | 干流 | | 支流 | | 调查 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均 | % | 平均 | % | 平均 | % |
| 硅藻门 | 0.751 | 99.73 | 0.870 | 99.54 | 0.804 | 99.63 |
| 蓝藻门 | 0.002 | 0.27 | 0.003 | 0.34 | 0.002 | 0.25 |
| 隐藻门 | 0.000 | 0.00 | 0.001 | 0.11 | 0.001 | 0.12 |
| 合计 | 0.753 | 100.00 | 0.874 | 100.00 | 0.807 | 100.00 |

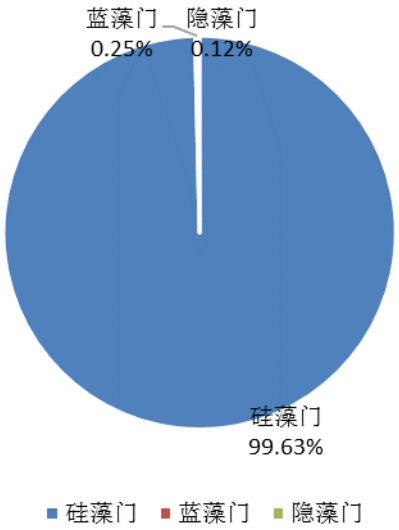



图 4.3-14　评价区浮游植物生物量组成

**（3）浮游植物多样性指数**

1）2012~2013 年调查结果

浮游植物生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数公式计算，评价区各断面浮游植物生物多样性指数见下表。从各断面浮游植物的生物多样性指数看，除枯水期干流奔子栏断面浮游植物多样性指数小于 2.0 外，其他各断面浮游植物多样性指数均在 2.0~3.0 之间处于较高水平，说明评价区各断面浮游植物种类丰富且各种类数量分布相对均匀。

表 4.3-28　　调查区域浮游植物多样性指数

| 断面 | | | 种类组成 | 生物多样性指数 |
|---|---|---|---|---|
| 干流 | 昌波坝址 | 枯水期 | 68 | 2.89 |
| | | 丰水期 | 59 | 2.75 |
| | 麦曲河汇口下 | 枯水期 | 35 | 2.03 |
| | | 丰水期 | 66 | 2.55 |

| 断面 | | | 种类组成 | 生物多样性指数 |
|---|---|---|---|---|
| | 库中 | 枯水期 | 51 | 2.68 |
| | | 丰水期 | 65 | 2.85 |
| | 旭龙坝址 | 枯水期 | 37 | 2.13 |
| | | 丰水期 | 62 | 2.69 |
| | 奔子栏 | 枯水期 | 37 | 1.98 |
| | | 丰水期 | 56 | 2.33 |
| 支流 | 麦曲河 | 枯水期 | 49 | 2.17 |
| | | 丰水期 | 61 | 2.83 |
| | 丹达曲 | 枯水期 | 53 | 2.21 |
| | | 丰水期 | 64 | 2.69 |
| 平均值 | | | 2.48 | |

2）2019 年调查结果

评价区各断面浮游植物生物多样性指数见下表。从各断面浮游植物的生物多样性指数看，除支流丹达曲下断面浮游植物多样性指数稍高于 2.0 外，其他各断面浮游植物多样性指数均在 1.0~2.0 之间处于较低水平，说明评价区各断面浮游植物种类贫乏且各种类数量分布不均匀。

**表 4.3-29　评价区浮游植物多样性指数**

| 干流 | | 支流 | |
|---|---|---|---|
| 采样断面 | 多样性指数 | 采样断面 | 多样性指数 |
| 苏洼龙 | 1.5910 | 麦曲上 | 1.5550 |
| 昌波 | 1.8520 | 麦曲下 | 1.1880 |
| 麦曲河汇口下 | 1.9050 | 丹达曲上 | 1.5870 |
| 旭龙库中 | 1.8480 | 丹达曲下 | 2.2380 |
| 旭龙 | 1.4190 | 定曲上 | 1.8400 |
| 奔子栏 | 1.7560 | 定曲下 | 1.6670 |
| 冈曲汇口下 | 1.8540 | 冈曲上 | 1.5580 |
| 其宗 | 1.7960 | 冈曲下 | 1.5260 |
| 石鼓 | 1.8590 | | |
| 硕多岗河汇口下 | 1.5230 | | |

**（4）现状分析**

2012-2013 年调查检出浮游植物 125 种，平均密度和平均生物量分别为 441554ind./L、0.8910mg/L，多样性指数在 1.98~2.89 之间，浮游植物密度、现存量较低。主要因为评价区为高原急流生境开放性水体，浮游植物生长所需营养盐由上游干流、区间支流输入，受上游干流及区间支流影响较大。评价区干流工农业开发程度较低，输入水体的外源性营养盐有限，加上水流湍急，水体浑浊，透

明度低，浮游植物现存量总体水平较低。浮游植物种类和现存量组成以硅藻门为主，其次为蓝藻门、绿藻门。

2019 年调查检出浮游植物 52 种，平均密度和平均生物量分别为 2845481ind./L、0.807mg/L，多样性指数在 1.188~2.238 之间。评价区浮游植物种类组成以硅藻门占绝对优势，其次是蓝藻门，再者是绿藻门，其他种类极少。2019 年调查干流断面水体透明度在 6~10cm 之间，水流湍急，流速多超过 1.0m/s，而支流多数断面水体透明度大于 50cm，水流较平缓，不超过 1.0m/s，因此，支流更适合浮游植物的生长繁殖，支流各断面检出浮游植物种类高于干流各断面。2019 年调查干流浮游植物密度和生物量的分布基本呈现从上游至下游逐渐降低的分布趋势，而支流各断面浮游植物密度和生物量的分布差异较大，丹达曲和定曲浮游植物密度和生物量较高，其他支流较低。评价区浮游植物密度和生物量组成较简单，以硅藻门占绝对优势，其次是蓝藻门，少量的隐藻门，未检出其他门类。

2019 年调查检出浮游植物种类和多样性指数较 2012-2013 年调查明显降低，主要是由于 2012-2013 年调查涵盖了丰水期和枯水期两次调查，其种类更加丰富。2019 年调查仅为丰水期补充调查，水体浑浊，泥沙含量大，不利于浮游植物的生长繁殖，使得评价区浮游植物种类较少且种类分布不均匀。2019 年调查检出浮游植物密度较 2012-2013 年调查明显增加，但现存量却降低，分析原因除了与采样时不同的水生环境对浮游植物的影响之外，与检出浮游植物的个体大小也有密切关系，历史调查采集到的个体较大、细胞质量较重的浮游植物种类较多，使得 2012-2013 年调查采集到的浮游植物密度虽然比本次调查低，但生物量却比本次调查更高。

### 4.3.2.3 着生藻类

**（1）种类**

2019 年 5 月对评价区进行的着生藻调查共检出着生藻 27 属 72 种。优势种为微形曲壳藻（*Achnanthes minutissima*）、近缘桥弯藻（*Cymbella affinis*）、念珠等片藻（*Diatoma moniliformis*）、疑难等片藻（*Diatoma problematica*）、尖针杆藻（*Synedra acus*）等。

2019 年 5 月干流调查共检出着生藻 22 属 57 种。优势种为微形曲壳藻

（*Achnanthes minutissima*）、念珠等片藻（*Diatoma moniliformis*）、谷皮菱形藻（*Nitzschia palea*）、尖针杆藻（*Synedra acus*）等。其中，冈曲汇口下断面检出着生藻种类最多，为 24 种；旭龙断面检出着生藻最少，为 11 种。

2019 年 5 月支流调查共检出着生藻 16 属 39 种。优势种为微形曲壳藻（*Achnanthes minutissima*）、近缘桥弯藻（*Cymbella affinis*）、疑难等片藻（*Diatoma problematica*）、微小内丝藻（*Encyanema minute*）、分散菱形藻（*Nitzschia dissipata*）等。其中，定曲下断面检出着生藻种类最多，为 15 种；冈曲下断面检出着生藻最少，为 8 种。

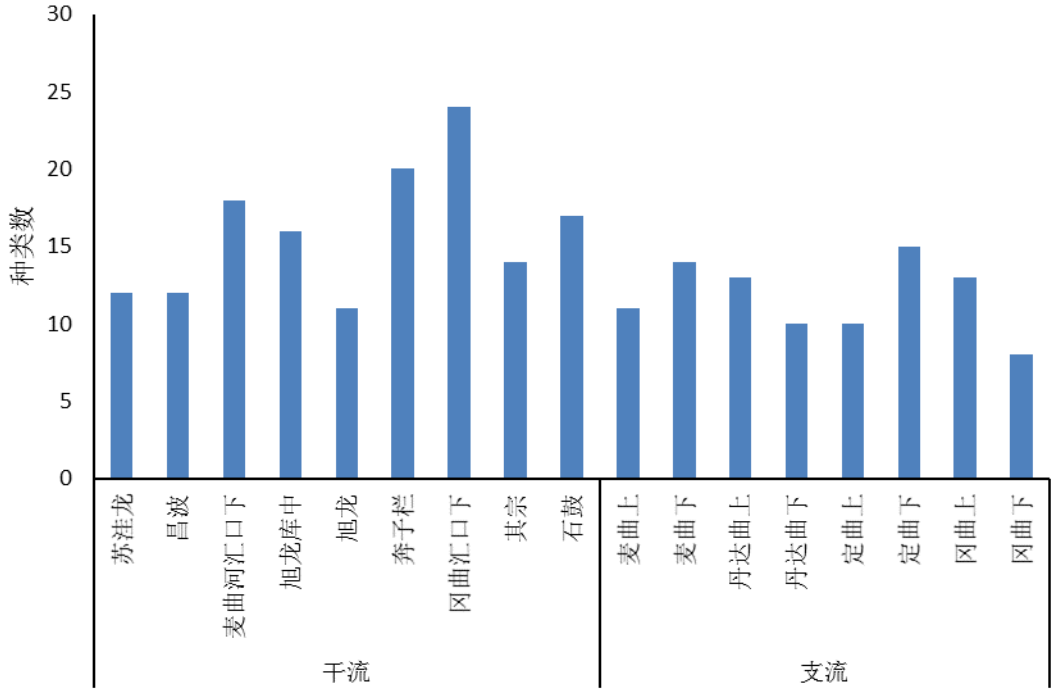



**图 4.3-15 评价区各断面着生藻种类水平分布**

**（2）现存量**

评价区着生藻密度平均为 $1.5\times10^{10}$cells/m$^2$。

评价区干流着生藻密度平均为 $1.65\times10^{10}$cells/m$^2$。干流调查断面中，其宗断面检出着生藻密度最高（$1.06\times10^{11}$cells/m$^2$），苏洼龙断面检出着生藻密度最低（$1.6\times10^{8}$cells/m$^2$）。

评价区支流着生藻密度平均为 $1.32\times10^{10}$cells/m$^2$。支流调查断面中，冈曲上断面检出着生藻密度最高（$2.88\times10^{10}$cells/m$^2$），定曲上断面检出着生藻密度最低（$5.99\times10^{9}$cells/m$^2$）。

表 4.3-30　评价区各断面着生藻密度　　单位：cells/$m^2$

| 干流断面 | 密度 | 支流断面 | 密度 |
|---|---|---|---|
| 苏洼龙 | $1.6\times10^{8}$ | 麦曲上 | $1.34\times10^{10}$ |
| 昌波 | $2.46\times10^{8}$ | 麦曲下 | $7.78\times10^{9}$ |
| 麦曲河汇口下 | $6.38\times10^{8}$ | 丹达曲上 | $2.17\times10^{10}$ |
| 旭龙库中 | $2.53\times10^{8}$ | 丹达曲下 | $1.15\times10^{10}$ |
| 旭龙 | $1.63\times10^{8}$ | 定曲上 | $5.99\times10^{9}$ |
| 奔子栏 | $8.38\times10^{9}$ | 定曲下 | $6.79\times10^{9}$ |
| 冈曲汇口下 | $2.57\times10^{10}$ | 冈曲上 | $2.88\times10^{10}$ |
| 其宗 | $1.06\times10^{11}$ | 冈曲下 | $1.02\times10^{10}$ |
| 石鼓 | $7.44\times10^{9}$ | | |

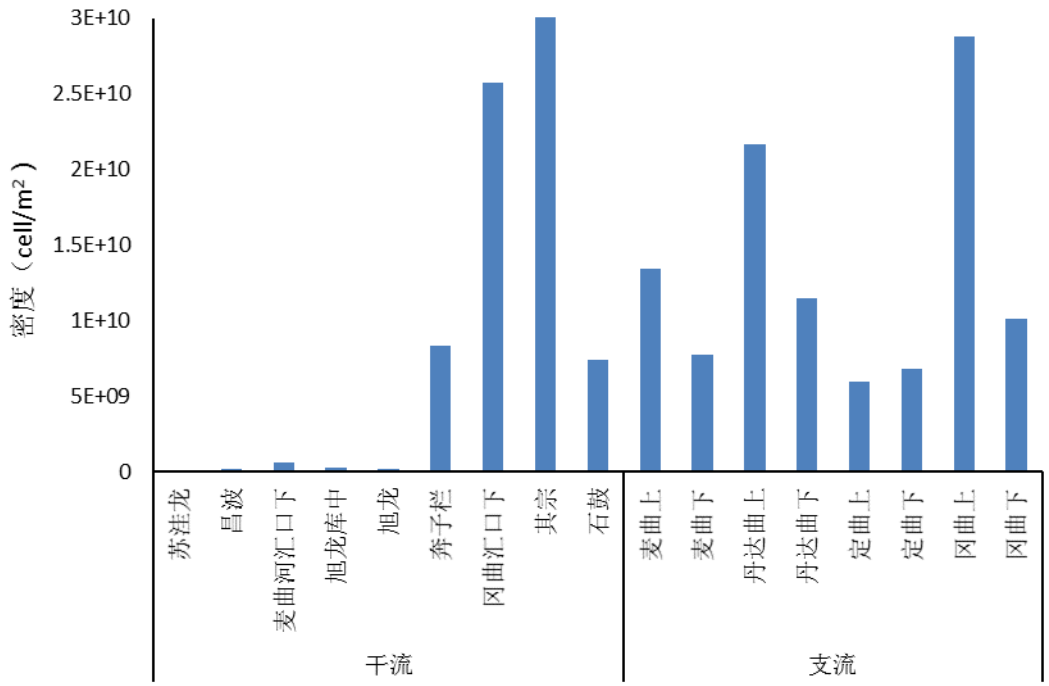



图 4.3-16　评价区各断面着生藻密度水平分布

**（3）着生藻多样性指数**

着生藻生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数公式计算，评价区各断面着生藻生物多样性指数见表 4.3-31。从各断面着生藻的生物多样性指数看，评价区干流的苏洼龙、旭龙库中、冈曲汇口下、石鼓断面以及支流的丹达曲上断面着生藻多样性指数在 2.0~2.5 之间，较高，说明干流监测断面着生藻种类较丰富且各种类数量分布较均匀。评价区支流的麦曲上、定曲上、冈曲上和冈曲下断面着生藻多样性指数在 0.5~1.0 之间，说明干流监测断面着生藻种类贫乏且各种类数量分布不均匀。总体上看，干流着生藻类多样性指数稍高于支流。

表 4.3-31 评价区着生藻多样性指数及物种数

| 干流断面 | 多样性指数 | 支流断面 | 多样性指数 |
|---|---|---|---|
| 苏洼龙 | 2.075 | 麦曲上 | 0.5926 |
| 昌波 | 1.752 | 麦曲下 | 1.842 |
| 麦曲河汇口下 | 1.871 | 丹达曲上 | 2.072 |
| 旭龙库中 | 2.348 | 丹达曲下 | 1.077 |
| 旭龙 | 1.826 | 定曲上 | 0.58 |
| 奔子栏 | 1.983 | 定曲下 | 1.764 |
| 冈曲汇口下 | 2.066 | 冈曲上 | 0.9035 |
| 其宗 | 1.476 | 冈曲下 | 0.574 |
| 石鼓 | 2.024 | | |

**（4）现状分析**

2019 年调查检出着生藻 72 种，平均密度为 $1.5\times10^{10}$cells/$m^2$，多样性指数在 0.574~2.348 之间。评价区干流检出着生藻种类、密度均比支流丰富。评价区干流上游的苏洼龙至旭龙段的着生藻密度明显低于干支流其他断面，该河段着生藻密度仅为干流下游河段的十分之一甚至百分之一。旭龙及以上河段水体温度（平均 12.2℃）普遍低于下游段（平均 15.9℃），且旭龙及以上河段流速湍急，在 1.5-1.8m/s 之间，对河道底质冲刷力强，底质附着腐殖质较少，而下游段流速逐渐减缓，在 0.4-1.1m/s 之间，特别是其宗和石鼓段，泥沙淤积，有利于着生藻类的生长繁殖，因此旭龙及以上河段着生藻密度显著低于下游河段。

## 4.3.2.4 浮游动物

**（1）种类**

1）2012~2013 年调查结果

通过枯水期（2012 年 10~11 月）和丰水期（2013 年 5~6 月）2 次调查，评价区共检出浮游动物 23 属 47 种，其种原生动物种类最高为 34 种、占总种数的 72.34%，其次为轮虫为 12 种、占总种数的 25.53%，桡足类种 1 种、占总种数的 2.13%，枝角类未检出。

表 4.3-32 调查区域浮游动物种类组成

| 浮游动物 | 干流 | | | 支流 | | | 调查水域 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 枯水期 | 丰水期 | 合计 | 枯水期 | 丰水期 | 合计 | 枯水期 | 丰水期 | 合计 |
| 原生动物 | 22 | 23 | 31 | 13 | 17 | 22 | 26 | 27 | 34 |
| 轮虫 | 7 | 6 | 10 | 3 | 3 | 4 | 10 | 7 | 12 |
| 桡足类 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 合计 | 29 | 30 | 42 | 16 | 20 | 26 | 36 | 35 | 47 |

干流检出浮游动物 42 种，其中原生动物种类数最高 31 种、占干流总种数的 73.81%，其次为轮虫 10 种、占干流总种数的 23.81%，桡足类 1 种、占 2.38%。干流浮游动物种类在水平分布上由高到低依次是旭龙坝址>麦曲河汇口下>库中>昌波坝址>奔子栏。干流浮游动物种类在时间分布无明显差异，枯水期为 29 种、丰水期为 30 种。

支流麦曲河和丹达曲共检出浮游动物 26 种，两条河之间的种类数差异较大，麦曲河检出 21 种，丹达曲检出 15 种。

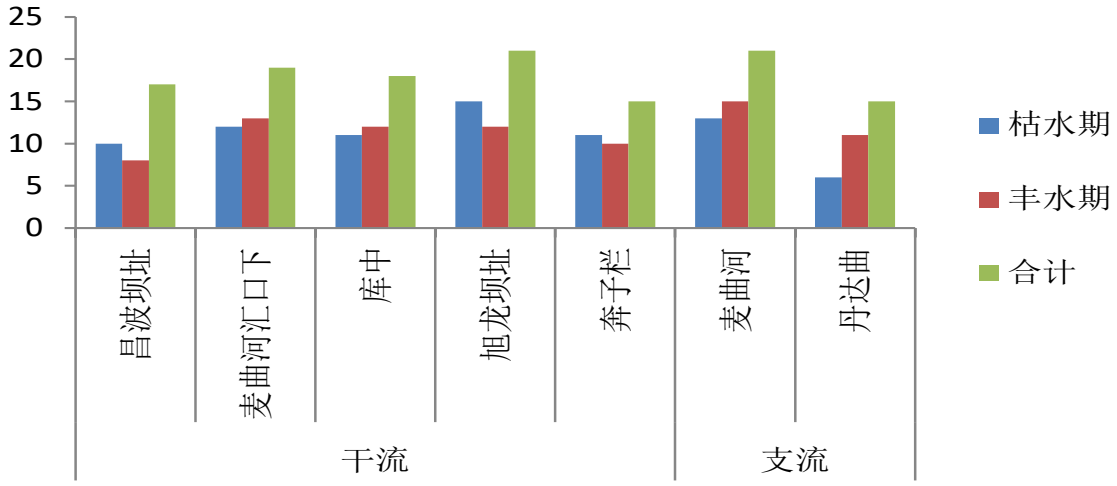



**图 4.3-17　评价区浮游动物种类时空分布**

评价区浮游动物种类组成以原生动物为主，轮虫为辅，桡足类偶见，枝角类未检出。评价区浮游动物优势种不明显，其常见种为褐砂虫（*Difflugia avellana*）、片口匣壳虫（*Centropyxis platystoma*）、圆匣壳虫（*C. orbicularis*）、巢居法帽虫（*Phryganella nidulus*）、鳞状叶轮虫（*Notholca squamula*）、转轮虫（*Rotaria rotatoria*）等。

2）2019 年调查结果

2019 年评价区共检出浮游动物 29 属 41 种，其中原生动物种类最高为 20 种、占总种数的 48.78%，其次为轮虫 11 种、占总种数的 39.02%，桡足类种 1 种、占 2.44%，枝角类 4 种、占 9.76%。调查水域浮游动物常见种有：无棘匣壳虫、圆壳虫、旋轮虫、前翼轮虫、无节幼体等。

表 4.3-33　调查水域浮游动物种类组成及百分比

| 项目 | 干流 | | 支流 | | 调查水域 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 种类数（种） | 百分比（%） | 种类数（种） | 百分比（%） | 种类数（种） | 百分比（%） |
| 原生动物 | 14 | 50 | 16 | 48.48 | 20 | 48.78 |
| 轮虫 | 9 | 32.14 | 15 | 45.45 | 16 | 39.02 |
| 枝角类 | 1 | 3.57 | 0 | 0 | 1 | 2.44 |
| 桡足类 | 4 | 14.29 | 2 | 6.06 | 4 | 9.76 |
| 合计 | 28 | 100 | 33 | 99.99 | 41 | 100 |

2019 年干流检出浮游动物 28 种，原生动物 14 种、占干流总种类 50.00%，轮虫 9 种、占 32.14%，枝角类 1 种、占 3.57%，桡足类 4 种、占 14.29%。旭龙调查水域干流浮游动物种类由高到低依次是：硕多岗河汇口下>旭龙库中>昌波、石鼓>旭龙、冈曲汇口下、其宗>奔子栏>苏洼龙、麦曲河汇口下。

支流检出浮游动物 33 种，原生动物 16 种、占干流总种类 48.48%，轮虫 15 种、占 45.45%，枝角类未检出，桡足类 2 种、占 6.06%。

麦曲河检出浮游动物 12 种，其中原生动物 6 种、轮虫 4 种，枝角类未检出，桡足类 2 种。麦曲上浮游动物是 10 种、麦曲下是 6 种，上游高于下游。

丹达曲检出浮游动物 18 种，其中原生动物 9 种，轮虫 8 种，枝角类未检出，桡足类 1 种。丹达曲下检出 14 种，丹达曲上检出浮游动物 9 种，丹达曲下浮游动物种类高于上游。

定曲检出浮游动物 15 种，其中原生动物 5 种，轮虫 8 种，枝角类未检出，桡足类 2 种。定曲下检出 12 种、定曲上是 7 种，下游浮游动物种类高于上游。

冈曲检出浮游动物 22 种，其中原生动物 11 种，轮虫 9 种，枝角类未检出，桡足类 2 种。冈曲下 18 种、冈曲上 14 种，冈曲下游浮游动物种类高于上游。

下游支流冈曲浮游动物种类最丰富，其次是丹达曲，定曲，上游支流麦曲最少。

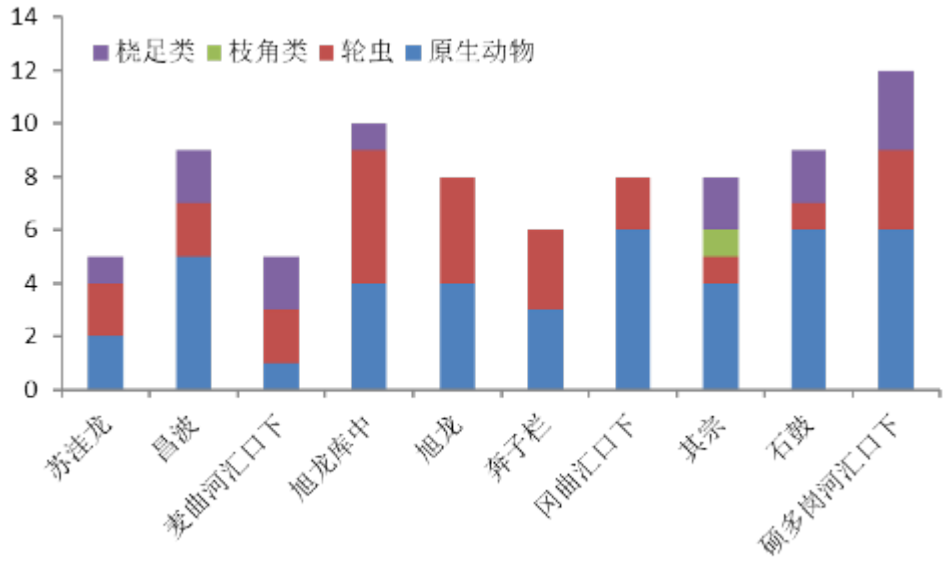



图 4.3-18　调查水域干流浮游动物种类水平分布

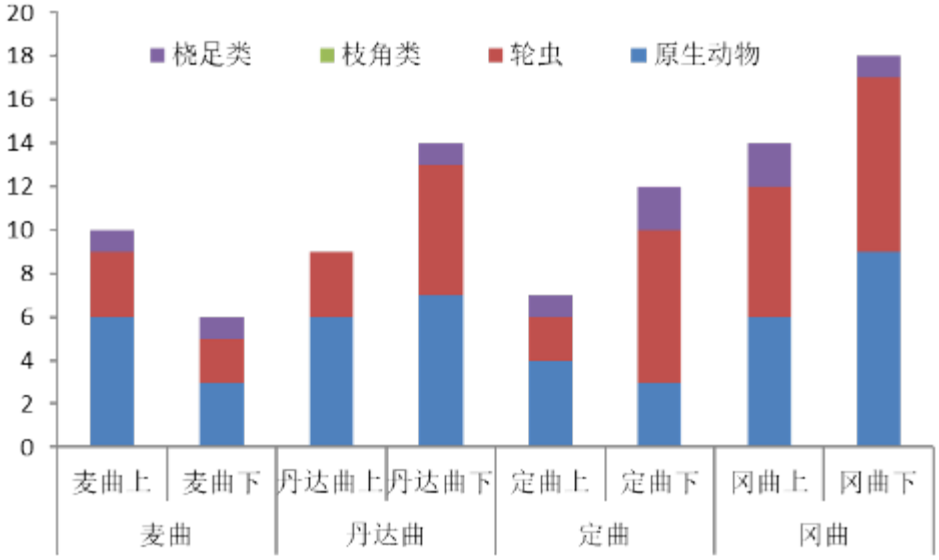



图 4.3-19　调查水域支流浮游动物种类组成

**（2）现存量**

1）2012~2013 年调查结果

调查水域在 2 次检测中定量样品仅有原生动物检出，密度在 100~800ind./L 之间（平均密度为 298ind./L），丰水期检出浮游动物平均密度为 351ind./L，枯水期平均密度为 245ind./L，丰水期明显大于枯水期。生物量在 0.005~0.04mg/L 之间（平均生物量为 0.0149mg/L），丰水期平均生物量为 0.0176mg/L，枯水期平均生物量为 0.0123mg/L，丰水期大于枯水期。

干流浮游动物平均密度为 318ind./L，丰水期平均密度为 400ind./L，枯水期平均密度为 235ind./L。干流平均生物量 0.0159mg/L，丰水期平均生物量为

0.02mg/L，枯水期平均生物量为 0.0118mg/L。干流库中监测点输入的外源性营养盐丰富，丰、枯水期浮游动物密度和生物量最高；奔子栏位于交通要道，浮游动物密度和现存量较高；麦曲河汇口下由于流速急，透明度低，且两岸居民较少，浮游动物赖以生存的营养盐有限，现存量最低。

支流平均密度为 250ind./L，平均生物量为 0.0125mg/L。支流麦曲河和丹达曲浮游动物平均密度分别为 240ind./L、260ind./L，丹达曲平均密度略高于麦曲河。从时间分布上看，丰水期浮游动物密度明显高于枯水期。

评价区干流浮游动物平均密度和平均生物量略高于支流。浮游动物现存量的组成主要以原生动物为主，轮虫、枝角类和桡足类受水体流速、温度及透明度等环境因子的限制在定量样品中未检出。

**表 4.3-34　评价区浮游动物密度、生物量组成**

| 现存量 | 干流 | | | 支流 | | | 调查水域 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 枯水期 | 丰水期 | 平均 | 枯水期 | 丰水期 | 平均 | 枯水期 | 丰水期 | 平均 |
| 密度(ind./L) | 235 | 400 | 318 | 270 | 230 | 250 | 245 | 351 | 298 |
| 生物量(mg/L) | 0.0118 | 0.0200 | 0.0159 | 0.0135 | 0.0115 | 0.0125 | 0.0123 | 0.0176 | 0.0149 |

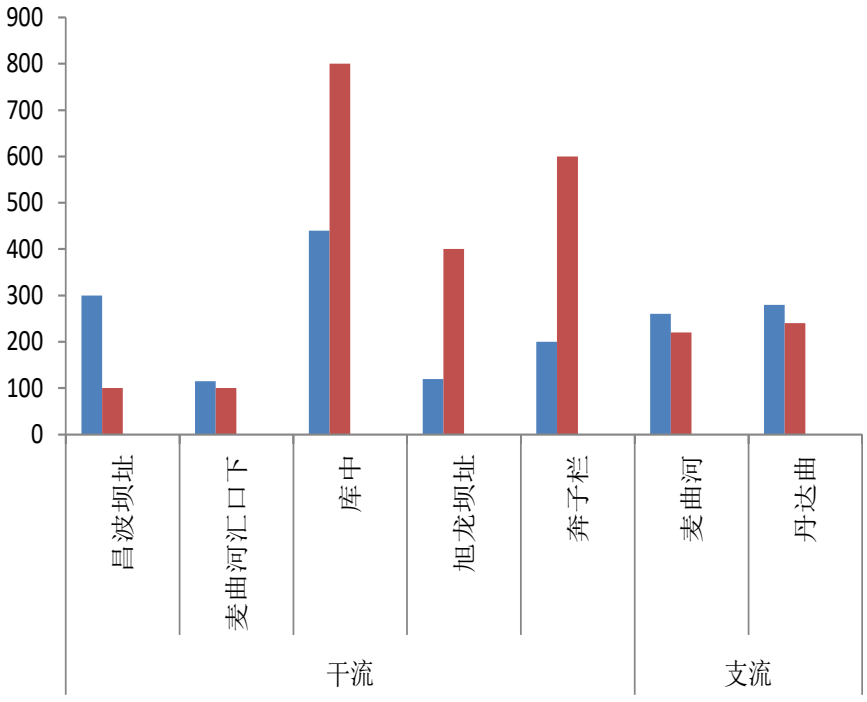



图 4.3-20　评价区各监测点浮游动物现存量

2）2019 年调查结果

①密度

2019 年旭龙调查水域浮游动物密度在 0~1333ind./L 之间，平均是

201.51ind./L。其中原生动物密度平均是 200ind./L、占调查水域浮游动物密度平均的 99.25%，轮虫密度平均是 1.48ind./L、占 0.74%，枝角类定量样品中未检出，桡足类 0.03ind./L、占 0.03%。

表 4.3-35　旭龙调查水域浮游动物密度组成

| 项目 | 干流 | | 支流 | | 调查水域 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 密度(ind./L) | 百分比（%） | 密度(ind./L) | 百分比（%） | 密度(ind./L) | 百分比（%） |
| 原生动物 | 66.67 | 99.97 | 366.67 | 99.09 | 200 | 99.25 |
| 轮虫 | 0.00 | 0.00 | 3.33 | 0.90 | 1.48 | 0.74 |
| 枝角类 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 桡足类 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.02 |
| 合计 | 66.69 | 100 | 370.04 | 100 | 201.51 | 100.00 |

干流浮游动物密度平均是 66.69ind./L，其中原生动物密度平均占绝对优势占 99.09%，桡足类密度平均占 0.03%，轮虫和枝角类在本次调查定量样品中未检出。干流浮游动物旭龙库中浮游动物密度是 667.03ind./L；昌波、麦曲河汇口下、其宗定量样品仅桡足类检出，各监测点密度均为 0.03ind./L；石鼓、硕多岗河汇口下在定量样品中也只检出桡足类，各为 0.05ind./L；苏洼龙、旭龙、奔子栏、冈曲汇口下在本次调查定量样品中未检出浮游动物。

调查水域 4 条支流密度平均为 370.04ind./L，其中原生动物密度平均是 366.67ind./L、占 99.09%，轮虫 3.33ind./L、占 0.90%，桡足类 0.04ind./L、占 0.01%，枝角类未检出。

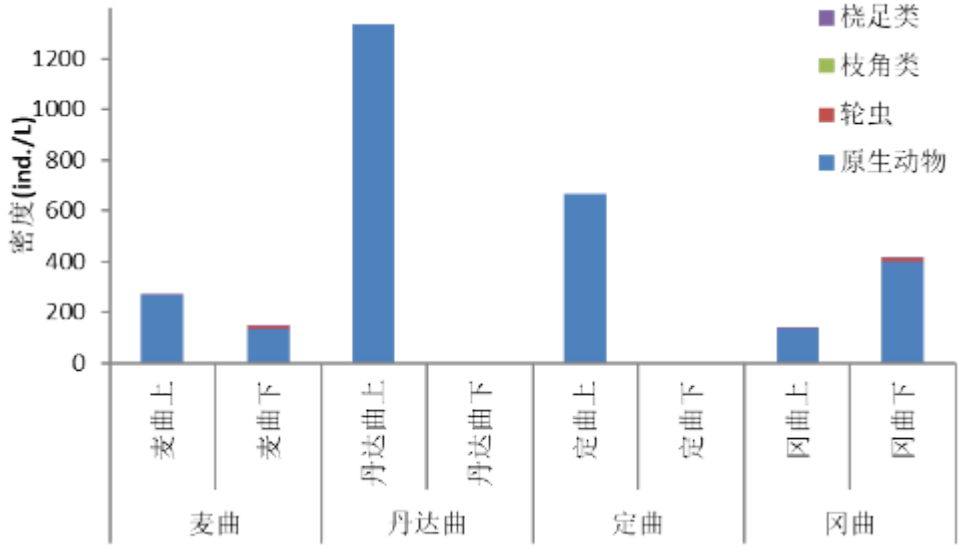



图 4.3-21　调查水域各支流浮游动物密度组成

麦曲浮游动物密度平均是 206.70ind./L，麦曲上浮游动物密度高于麦曲下。

丹达曲浮游动物密度平均是 666.69ind./L，丹达曲上密度较高，丹达曲下仅桡足类检出。定曲浮游动物密度平均是 333.40ind./L，定曲上密度较高，定曲下仅桡足类检出。冈曲浮游动物密度平均是 273.38ind./L，冈曲下浮游动物密度高于冈曲上。

②生物量

旭龙调查水域生物量平均为 0.0093mg/L，其中原生动物生物量平均是 0.0083mg/L、占 89.19%，轮虫 0.0003mg/L、占 3.06%，桡足类 0.0007mg/L、占 7.76%，枝角类未检出。

**表 4.3-36　旭龙调查水域浮游动物生物量组成**

| 项目 | 干流 | | 支流 | | 调查水域 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生物量（mg/L） | 百分比（%） | 生物量（mg/L） | 百分比（%） | 生物量（mg/L） | 百分比（%） |
| 原生动物 | 0.0011 | 68.96 | 0.0174 | 91.27 | 0.0083 | 89.19 |
| 轮虫 | 0.0000 | 0.00 | 0.0006 | 3.37 | 0.0003 | 3.06 |
| 枝角类 | 0.0000 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 桡足类 | 0.0005 | 31.04 | 0.0010 | 5.36 | 0.0007 | 7.76 |
| 合计 | 0.0016 | 100 | 0.0191 | 100 | 0.0093 | 100.00 |

旭龙调查水域干流浮游动物生物量平均是 0.0016mg/L，其中原生动物占 68.96%，桡足类占 31.04%，轮虫和枝角类未检出。干流浮游动物生物量在水平上分布上与密度相似，旭龙库中最高（0.0123mg/L），其次是硕多岗河汇口下（0.0016mg/L），依次是昌波（0.0015mg/L），麦曲河汇口下、其宗（各 0.0001mg/L），苏洼龙、旭龙、奔子栏、冈曲汇口下在定量样品中未检出。

4 条支流浮游动物生物量平均是 0.0191mg/L，其中原生动物占 91.27%，轮虫占 3.37%，桡足类占 5.36%，枝角类未检出。

麦曲浮游动物生物量平均是 0.0049mg/L，麦曲下游浮游动物生物量高于上游。丹达曲生物量平均是 0.0559mg/L，丹达曲上生物量高于下游。定曲生物量平均是 0.0103mg/L，定曲上游高于定曲下游。冈曲生物量平均是 0.0052mg/L，冈曲上、下游浮游动物生物量相似。

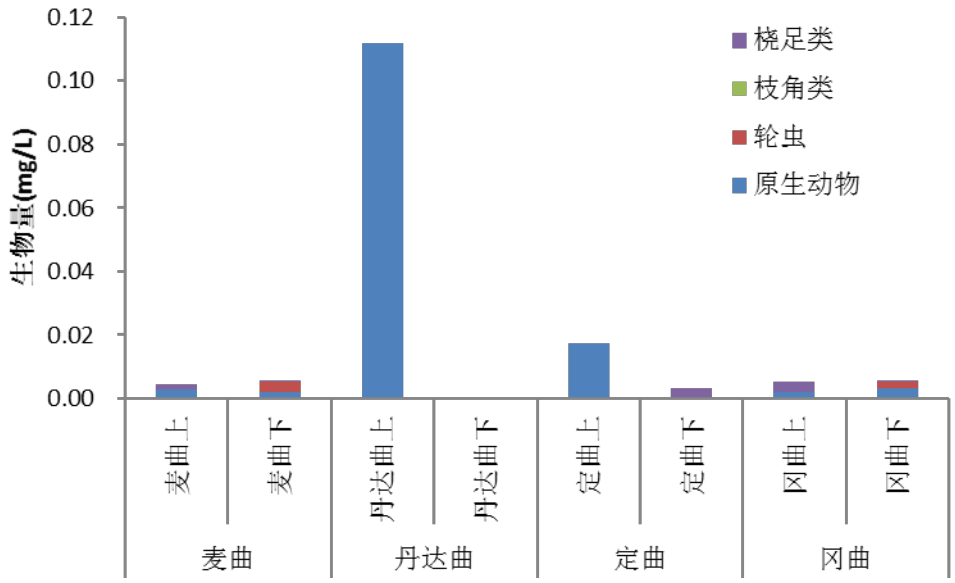



图 4.3-22　支流调查水域浮游动物生物量组成

**（3）生物多样性**

1）2012~2013 年调查结果

采用 Shannon-Wiener 生物多样性指数计算出各监测点的浮游动物多样性指数。评价区浮游动物多样性指数在 0~2 之间，浮游动物群落结构简单。多样性指数最高的为丰水期库中为 2，最低为丰水期昌波坝址、麦曲河汇口下，枯水期奔子栏在定量样品中仅检出 1 种，多样性指数为 0。

表 4.3-37　评价区各监测点浮游动物多样性指数

| 时段 | 干流 | | | | | 支流 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 昌波坝址 | 麦曲河汇口下 | 库中 | 旭龙坝址 | 奔子栏 | 麦曲河 | 丹达曲 |
| 枯水期 | 1 | 0.559 | 1.4395 | 0.6502 | 0 | 1.1451 | 1.4345 |
| 丰水期 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1.585 | 0.4395 | 0.8167 |

2）2019 年调查结果

2019 年调查区域干流调查定量样品检出浮游动物种类比较单一，多样性指数均为 0。支流冈曲下多样性指数最高 1.74，其次是麦曲上、丹达曲上多样性指数均为 1，麦曲下多样性指数是 0.44，丹达曲下、定曲上、定曲下、冈曲上多样性指数是 0。

表 4.3-38　评价区各支流浮游动物多样性指数

| 多样性指数 | 麦曲 | | 丹达曲 | | 定曲 | | 冈曲 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 麦曲上 | 麦曲下 | 丹达曲上 | 丹达曲下 | 定曲上 | 定曲下 | 冈曲上 | 冈曲下 |
| Shannon-Wiener | 1 | 0.44 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.74 |

**（4）现状分析**

2012 年~2013 年评价区检出浮游动物 47 种，平均密度和平均生物量分别为 298ind./L、0.0149mg/L，多样性指数在 0~2 之间。2019 年调查水域检出浮游动物 41 种，平均密度和平均生物量分别为 201.51ind./L、0.0093mg/L，定量样品检出浮游动物种类单一，多样性指数很低。2012~2013 年浮游动物种类、密度和生物量稍高于 2019 年，种类、生物量 3 次调查差异不大。3 次调查浮游动物种类、现存量和多样性较低主要因为评价区为高原急流生境开放性水体，浮游动物生长所需营养盐由上游干流、区间支流输入，受上游干流及区间支流影响较大。评价区干流工农业开发程度较低，输入水体的外源性营养盐有限，加上水流湍急，水体浑浊，透明度低，浮游动物现存量总体水平较低。浮游动物种类和现存量组成以原生动物为主，轮虫较少，枝角类和桡足类为偶见，表现为典型的急流生境浮游动物群落结构特点。

2012~2013 年评价区丰水期来水量大，从上游干流及支流带入的种类较多浮游动物种类丰富，所以丰水期浮游动物现存量高于枯水期。2019 年支流流量相对较小，流速相对干流缓慢，浮游动物种类、密度和生物量、多样性指数高于干流。

### 4.3.2.5 底栖动物

**（1）种类**

1）2012~2013 年调查结果

评价区底栖动物 16 种，其中节肢动物占 100%，优势种有二翼蜉、二尾蜉、细蜉、低头石蚕、短尾石蝇等。

干流共检出底栖动物 7 种。昌波坝址断面底质为沙质、碎石，底栖动物检出 3 种；麦曲河汇口下断面底质为块石、碎石，水流湍急，底栖动物检出 1 种；旭龙库中、坝址断面河道狭窄，水流急，底栖动物分别检出 3 种、1 种；奔子栏断面水流相对平缓，底质为沙质、卵石，底栖动物检出 2 种。旭龙梯级评价河段比降大，多处有连续跌水，底栖动物种类分布少。

支流共检出底栖动物 15 种。麦曲河底质为小型块石、卵石，水流急，底栖动物 14 种，主要为毛翅目、蜉蝣目、石蝇科生物等；丹达曲底质为块石、卵石，水流相对平缓，底栖动物 7 种，主要为蜉蝣目、毛翅目及摇蚊科生物等。

评价区底栖动物丰水期 10 种，枯水期 15 种，底栖动物种类分布枯水期整体高于丰水期。干流丰、枯水期底栖动物分别有 2、6 种，底栖动物种类季节差异较为明显；支流丰、枯水期底栖动物分别为 10、12 种，底栖动物种类季节差异不明显。

2）2019 年调查结果

评价区共有底栖动物 41 种，其中环节动物 2 种，占 4.88%，软体动物 1 种，占 2.44%，节肢动物 38 种，占 92.68%，优势种有哑口仙女虫、四节蜉、花翅蜉、似动蜉、高翔蜉、纯石蝇、朝大蚊、直突摇蚊、特围摇蚊、流水长跗摇蚊等。

干流共检出底栖动物 15 种，环节动物、节肢动物分别有 1、14 种，干流旭龙及以上河段为峡谷河段，水流湍急，底质以砾石、块石为主，底栖动物 6 种，麦曲汇口下河段底栖动物未检出，苏洼龙、旭龙库中、旭龙河段分别仅检出 1 种，昌波坝址河段底栖动物 6 种，种类分布相对较多。干流奔子栏以下段河谷开阔，水势较为平缓，底栖动物 12 种，其宗河段底栖动物种类 9 种，种类分布较多，其余河段种类分布在 1~2 种间。支流底栖动物共 36 种，麦曲底质为小型块石、卵石，水流急，底栖动物 26 种，主要为毛翅目、蜉蝣目、石蝇科生物等；丹达曲底质为块石、卵石，水流相对平缓，底栖动物 17 种，主要为蜉蝣目、毛翅目及摇蚊科生物等。定曲底质为卵石、块石，底栖动物 8 种，主要为蜉蝣目、摇蚊科生物；冈曲底质为卵石，砂石，底栖动物 20 种，主要为蜉蝣目、毛翅目及摇蚊科生物。

**（2）现存量**

1）2012~2013 年调查结果

评价区底栖动物平均密度 31ind./$m^2$，平均生物量 0.90g/$m^2$，密度、生物量组成中节肢动物均占 100%。

干流底栖动物平均密度、平均生物量分别为 1ind./$m^2$、0.02g/$m^2$，平均密度、平均生物量整体较低；支流底栖动物平均密度、平均生物量分别为 106ind./$m^2$、3.09g/$m^2$，其中麦曲河底栖动物密度、生物量分别为 115ind./$m^2$、3.57g/$m^2$，丹达曲密度、生物量分别为 97ind./$m^2$、2.62g/$m^2$，麦曲河底栖动物现存量稍高于丹达曲。

干流底栖动物数量较少，丰、枯水期现存量季节分布绝对值差异不大；支流丰水期底栖动物密度、生物量分别为 87ind./$m^2$、2.96g/$m^2$，枯水期分别为 125ind./$m^2$、3.22g/$m^2$，支流枯水期底栖动物现存量高于丰水期。

表 4.3-39　底栖动物现存量　　单位：ind./$m^2$、g/$m^2$

| 现存量 | | 干流 | | | | | | | | | | 支流 | | | | 均值 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 昌波坝址 | | 麦曲河汇口下 | | 库中 | | 旭龙坝址 | | 奔子栏 | | 麦曲河 | | 丹达曲 | | 干流 | 支流 | 综合 |
| | | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | | | |
| 密度(ind./$m^2$) | 节肢动物 | | 2 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 56 | 174 | 118 | 75 | 1 | 106 | 31 |
| | 小计 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 56 | 174 | 118 | 75 | 1 | 106 | 31 |
| 生物量(g/$m^2$) | 节肢动物 | | 0.03 | | 0.04 | 0.03 | 0.02 | | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 2.44 | 4.70 | 3.48 | 1.75 | 0.02 | 3.09 | 0.90 |

2）2019 年调查结果

评价区底栖动物密度平均 232ind./ $m^2$，环节动物、软体动物、节肢动物分别为 11ind./$m^2$、1ind./ $m^2$、220ind./$m^2$。生物量 1.851g/$m^2$，环节动物、软体动物、节肢动物分别为 0.001g/$m^2$，0.017g/$m^2$，1.833g/$m^2$，密度、生物量组成中节肢动物所占比重较大，具体见表 4.3-40。

干流底栖动物密度、生物量平均分别为 7ind./$m^2$、0.052g/$m^2$，密度、生物量整体较低，旭龙及以上河段密度、生物量平均分别为 2ind./$m^2$、0.002g/$m^2$，奔子栏及以下河段底栖动物密度、生物量平均分别为 9ind./$m^2$、0.101g/$m^2$。支流底栖动物密度、生物量平均分别为 513ind./$m^2$、4.101g/$m^2$，其中麦曲底栖动物密度、生物量分别为 870ind./$m^2$、6.072g/$m^2$，底栖动物密度高于其他支流。

表 4.3-40　底栖动物现存量　　单位：ind./$m^2$、g/$m^2$

| 现存量 | | 密度（ind./$m^2$） | | | | 生物量（g/$m^2$） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 合计 | 环节动物 | 软体动物 | 节肢动物 | 合计 |
| 干流 | 苏洼龙 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| | 昌波 | 1 | 0 | 4 | 5 | 0.001 | 0.000 | 0.006 | 0.007 |
| | 麦曲河汇口下 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 旭龙库中 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| | 旭龙 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| | 奔子栏 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.004 |
| | 冈曲河口下 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| | 其宗 | 0 | 1 | 21 | 22 | 0.000 | 0.304 | 0.187 | 0.491 |
| | 石鼓 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.003 |
| | 硕多岗河汇口下 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.006 |
| 支流 | 麦曲上 | 0 | 0 | 1310 | 1310 | 0.000 | 0.000 | 8.769 | 8.769 |
| | 麦曲下 | 0 | 0 | 430 | 430 | 0.000 | 0.000 | 3.374 | 3.374 |
| | 丹达曲上 | 0 | 0 | 680 | 680 | 0.000 | 0.000 | 13.798 | 13.798 |
| | 丹达曲下 | 160 | 0 | 500 | 660 | 0.011 | 0.000 | 0.637 | 0.648 |
| | 定曲上 | 2 | 0 | 38 | 40 | 0.001 | 0.000 | 0.229 | 0.230 |
| | 定曲下 | 0 | 0 | 32 | 32 | 0.000 | 0.000 | 0.067 | 0.067 |
| | 冈曲上 | 30 | 0 | 440 | 470 | 0.011 | 0.000 | 2.219 | 2.230 |
| | 冈曲下 | 0 | 0 | 480 | 480 | 0.000 | 0.000 | 3.689 | 3.689 |
| 均值 | 干流 | 1 | 1 | 5 | 7 | 0.001 | 0.030 | 0.021 | 0.052 |
| | 支流 | 24 | 0 | 489 | 513 | 0.003 | 0.000 | 4.098 | 4.101 |
| | 综合 | 11 | 1 | 220 | 232 | 0.001 | 0.017 | 1.833 | 1.851 |

**（3）多样性指数**

1）2012~2013 年调查结果

旭龙干流底栖动物分布匮乏，底栖动物 Shannon-Wiener 指数整体低；支流底栖动物种类分布较多，底栖动物多样性指数高，具体见表 4.3-41。

**表 4.3-41 底栖动物多样性指数**

| 断面 | 干流 | | | | | | | | | | 支流 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 昌波坝址 | | 麦曲河汇口下 | | 库中 | | 旭龙坝址 | | 奔子栏 | | 麦曲河 | | 丹达曲 | |
| | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 | 丰 | 枯 |
| 定量种数 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | 11 | 6 | 3 |
| Shannon-Wiener 指数 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.79 | 3.1 | 2.43 | 1.42 |

2）2019 年调查结果

评价区干流底栖动物分布匮乏，底栖动物 Shannon-Wiener 指数整体低，昌波坝址、其宗河段底栖动物生物多样性指数相对较高；支流底栖动物种类分布较多，底栖动物生物多样性指数整体较高，麦曲、冈曲 Shannon-Wiener 指数均大于 2.0，高于丹达曲、定曲，具体见表 4.3-42。

**表 4.3-42 底栖动物多样性指数**

| 断面 | | Shannon-Wiener 指数 |
|---|---|---|
| 干流 | 苏洼龙 | 0.000 |
| | 昌波坝址 | 1.677 |
| | 麦曲汇口下 | 0.000 |
| | 旭龙库区 | 0.000 |
| | 旭龙坝址 | 0.000 |
| | 奔子栏 | 0.693 |
| | 冈曲河口下 | 0.000 |
| | 其宗 | 1.885 |
| | 石鼓 | 0.000 |
| | 硕多岗河汇口下 | 0.000 |
| 支流 | 麦曲上 | 2.179 |
| | 麦曲下 | 2.345 |
| | 丹达曲上 | 2.006 |
| | 丹达曲下 | 1.307 |
| | 定曲上 | 1.484 |
| | 定曲下 | 1.321 |
| | 冈曲上 | 2.483 |
| | 冈曲下 | 1.940 |

**（4）现状评价**

2019 年评价区底栖动物 41 种，其中环节动物 2 种，占 4.88%，软体动物 1

种，占 2.44%，节肢动物 38 种，占 92.68%，优势种有哑口仙女虫、四节蜉、花翅蜉、似动蜉、高翔蜉、纯石蝇、朝大蚊、直突摇蚊、特围摇蚊、流水长跗摇蚊等，底栖动物密度、生物量分别为 232ind./$m^2$、1.851g/$m^2$。

评价区底栖动物种类水平分布差异较为明显，干流底栖动物 15 种，种类分布较少，现存量低，其中旭龙及以上河段底栖动物仅 6 种，底栖动物密度、生物量分别为 2ind./$m^2$、0.002g/$m^2$，奔子栏及以下河段底栖动物分布相对较多，底栖动物密度、生物量分别为 9ind./$m^2$、0.101g/$m^2$。支流底栖动物 36 种，种类分布远高于干流。麦曲底栖动物 26 种，种类分布高于其他支流。

相对 2012~2013 年，由于评价范围扩大及部分监测站点选择差异，2019 年调查结果底栖动物种类、密度、生物量均有所增加，但干流旭龙及以上重点评价区段 2019 年调查结果与 2012~2013 年结果是基本相近的。

### 4.3.2.6 鱼类

**（1）种类组成**

现场调查主要采用雇请当地渔民捕捞，购买商业渔获物，请渔民在两次调查间隔期用固定液浸泡留存不同种类标本，对专、兼业渔民及当地老住户进行走访问询及图片辨识等方式进行。调查渔具包括流刺网、定置刺网、地笼、拦网、钩钓等。室内工作参考相关资料对原始材料进行分析整理。

据《四川鱼类志》（丁瑞华，1994）、《云南鱼类志》（褚新洛等，1989-1990）、《西藏鱼类及其资源》（张春光等，1995）、《横断山区鱼类》（陈宜瑜，1998）、《中国动物志鲤形目》（中卷）（陈宜瑜等，1998）、《中国动物志·鲤形目（下卷）》（乐佩琦，2000）、《中国动物志·鲇形目》（褚新洛等，1999）、《中国条鳅志》(朱松泉，1989)、《四川鱼类的区系研究》（刘成汉，1964），《金沙江鱼类及发展渔业雏议》（吴江，1989），《金沙江的鱼类区系》（吴江等，1990）等文献资料记载，包括调查水域在内的金沙江上游水域共有鱼类 21 种，分别为戴氏山鳅、圆腹高原鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、东方高原鳅、唐古拉高原鳅、异尾高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、软刺裸裂尻鱼、小头高原鱼、长丝裂腹鱼、裸腹叶须鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡。其中，其中东方高原鳅、圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、小头高原鱼、裸腹叶须鱼一般分布在海拔较高地区，记录多分布在拉哇

坝址以上江段，本工程调查江段自苏洼龙坝址至虎跳峡硕多岗河汇口之间的金沙江干支流，无以上 5 种鱼类分布；格咱叶须鱼分布于格咱河，中甸叶须鱼分布在小中甸河（硕多岗河上游）、那亚河、碧塔海、属都海，且一般在海拔较高的支流中上游，不涉及本工程评价区，本工程对其无影响或影响较小。因此，涉及评价区有记录的鱼类应为 14 种，分别为戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、异尾高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、软刺裸裂尻鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡。

本项目调查在苏洼龙坝址至虎跳峡的金沙江干流及其间主要支流丹达曲、麦曲、定曲、冈曲，根据采集到种类及走访调查的结果，并依据《四川鱼类志》、《中国动物志 鲤形目(下卷) 》、《中国动物志 鲇形目》、《中国淡水鱼类检索》、《中国条鳅志》等文献检索，调查区段共有鱼类 17 种，分别为安氏高原鳅、勃氏高原鳅、细尾高原鳅、泥鳅、高体鳑鲏、棒花鱼、麦穗鱼、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、鲤、鲫、中华金沙鳅、黄石爬鮡，其中外来种 6 种，分别为泥鳅、高体鳑鲏、棒花鱼、麦穗鱼、鲤、鲫。17 种鱼分属 2 目 4 科 13 属。其中鲤形目 12 属 16 种，占种数的 94.1%；鲇形目 1 属 1 种，占种数的 5.9%。科一级水平上，依次是鲤科 9 属 11 种，占 64.7%；鳅科 2 属 4 种，占 23.5%；鮡科、平鳍鳅科各 1 属 1 种，各占 5.9%。

**表 4.3-43　旭龙水电站调查水域鱼类名录及分布**

| 种　　类 | 调查水域 | | | | | 金沙江上游记录种 | 关注类别 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 干流 | 支流 | | | | | 特有种 | 保护种 | 红色名录 |
| | | 麦曲 | 丹达曲 | 定曲 | 冈曲 | | | | |
| **I.鲤形目 CYPRINIFOMES** | | | | | | | | | |
| **1.鳅科 Cobitidae** | | | | | | | | | |
| **条鳅亚科 Nemacheilinae** | | | | | | | | | |
| **山鳅属 *Oreias* Sauvage** | | | | | | | | | |
| 戴氏山鳅 *O. dabryi* Sauvage | | | | | | ○ | 特 | | |
| **高原鳅属 *Triplophysa* Rendahl** | | | | | | | | | |
| 东方高原鳅 *T. orientalis* (Herzenstein) | | | | | | ○ | | | |
| 安氏高原鳅 *T. angeli* (Fang) | ★ | ★ | ☆ | ★ | ★ | ○ | 特 | | |
| 短尾高原鳅 *T. brevicauda* (Herzenstein) | | | | | | ○ | | | |
| 勃氏高原鳅 *T. bleekeri* (Sauvage *et* Dabry) | ★ | ☆ | | | | ○ | | | |
| 拟硬刺高原鳅 *T. pseudoscleroptera* (Zhu *et* Wu) | | | | | | ○ | | | |
| 圆腹高原鳅 *T. rotundiventris* (Wu *et* Chen) | | | | | | ○ | | | |
| 唐古拉高原鳅 *T. tanggulaensis* (Zhu) | | | | | | ○ | | | |
| 修长高原鳅 *T. leptosoma* (Zhu *et* Wu) | | | | | | ○ | | | |
| 细尾高原鳅 *T. stenura* (Herzenstein) | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ○ | | | |
| 斯氏高原鳅 *T. stoliczkae* (Steindachner) | | | | | | ○ | | | |
| **花鳅亚科 Cobitinae** | | | | | | | | | |
| **泥鳅属 *Misgurnus*** | | | | | | | | | |

| 种　　类 | 调查水域 | | | | | 金沙江上游记录种 | 关注类别 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 干流 | 支流 | | | | | 特有种 | 保护种 | 红色名录 |
| | | 麦曲 | 丹达曲 | 定曲 | 冈曲 | | | | |
| 泥鳅 *M. anguillicaudatus* (Cantor) △ | ★ | | | ☆ | ☆ | | | | |
| **2.鲤科 Cyprinidae** | | | | | | | | | |
| **鳑鲏亚科 Acheilognathinae** | | | | | | | | | |
| **鳑鲏属 *Rhoaeus* Agassiz** | | | | | | | | | |
| 高体鳑鲏 *R. ocellatus* (Kner) △ | ★ | | | | | | | | |
| **鮈亚科 Gobioninae** | | | | | | | | | |
| **棒花鱼属 *Abbottina* Jordan et Fowler** | | | | | | | | | |
| 棒花鱼 *A. rivularis* (Basilewsky) △ | ★ | | | | | | | | |
| **麦穗鱼属 *Pseudorasbora* Bleeker** | | | | | | | | | |
| 麦穗鱼 *P. parva* (Temminck *et* Schlegel)△ | ★ | | | | | | | | |
| **鲃亚科 Barbinae** | | | | | | | | | |
| **鲈鲤属 *Percocypris* Chu** | | | | | | | | | |
| 鲈鲤 *P. pingi pingi*（Tchang） | ★ | | | | | | 特 | 省 | VU |
| **裂腹鱼亚科 Schizothoracinae** | | | | | | | | | |
| **裂腹鱼属 *Schizothorax* Heckel** | | | | | | | | | |
| 短须裂腹鱼 *S. (S.) wangchiachii* (Fang) | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ○ | 特 | | |
| 长丝裂腹鱼 *S. (.) dolichonema* Herzenstein | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ○ | 特 | 省 | EN |
| 四川裂腹鱼 *S. (Racoma) kozlovi* Nikolsky | ★ | ★ | ☆ | ★ | ☆ | ○ | 特 | | |
| **叶须鱼属 *Ptychobarbus* Steindachner** | | | | | | | | | |
| 裸腹叶须鱼 *P. kaznakovi* (Nikolsky) | | | | | | ○ | | | VU |
| 中甸叶须鱼 *P. chungtienensis chungtienensis*（Tsao） | | | | | | ○ | 特 | | EN |
| 格咱叶须鱼 *P. chungtienensis gezaensi*（Huang *et* Chen） | | | | | | ○ | 特 | | |
| **裸裂尻鱼属 *Schizopygopsis* Steindachner** | | | | | | | | | |
| 软刺裸裂尻鱼 *S. malacanthus malacanthus* Herzenstein | ★ | ★ | ★ | ★ | ☆ | ○ | 特 | | |
| **裸鲤属 *Gymnocypris* Günther** | | | | | | | | | |
| 硬刺松潘裸鲤 *G. potanini firmispinatus* Wu *et* Wu | ★ | ★ | | ★ | ★ | ○ | 特 | | |
| **高原鱼属 *Herzensteinnia* Chu** | | | | | | | | | |
| 小头高原鱼 *H. microcephalus* (Herzenstein) | | | | | | ○ | 特 | | |
| **鲤亚科 Cyprininae** | | | | | | | | | |
| **鲫属 *Carassius* Nilsson** | | | | | | | | | |
| 鲫 *C. auratus* (Linnaeus) △ | ★ | | | | | | | | |
| **鲤属 *Cyprinus* Linnaeus** | | | | | | | | | |
| 鲤 *C. carpio* | ★ | | | | | | | | |
| **3.平鳍鳅科 Homalopteridae** | | | | | | | | | |
| **平鳍鳅亚科 Homalopterinae** | | | | | | | | | |
| **金沙鳅属 *Jinshaia* Kottelat et Chu** | | | | | | | | | |
| 中华金沙鳅 *J. sinensis* (Sauvage et Dabry) | ★ | ★ | | ☆ | | ○ | 特 | | |
| **II. 鲇形目 SILURIFORMES** | | | | | | | | | |
| **4.鮡科 Sisoridae** | | | | | | | | | |
| **石爬鮡属 *Euchiloglanis* Regan** | | | | | | | | | |
| 黄石爬鮡 *E. kishinouyei* Kimura | ★ | ★ | ☆ | ★ | ☆ | ○ | 特 | | EN |

注：“★”表示采集到的种类，“☆”表示调查访问存在种类，“特”表示长江上游特有种类，“省”表示四川省野生动物保护名录（含新增名录）种类，“VU” “EN” 、“CR”分别表示《中国物种红色名录》或(及)《中国濒危动物红皮书》易危、濒危、极危种。△表示外来种。

表 4.3-44　旭龙水电站调查区域鱼类分类构成

| 目 | 科 | 属 | | 种 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 数量 | 百分比(%) | 数量 | 百分比(%) |
| 鲤形目 | 鳅科 | 2 | 15.4 | 4 | 23.5 |
| | 鲤科 | 9 | 69.2 | 11 | 64.7 |
| | 平鳍鳅科 | 1 | 7.7 | 1 | 5.9 |
| 鲇形目 | 鮡科 | 1 | 7.7 | 1 | 5.9 |
| 总计 | 4 | 13 | 100.0 | 17 | 100.0 |

**（2）鱼类区系**

调查水域位于青藏高原东南边缘地带的横断山脉中部，属金沙江上游中段，两岸山脊走向与金沙江基本一致；沿江山体雄厚，高耸入云；山脊高程3500~5000m，江面狭窄，水流湍急，河谷陡峻。金沙江水面宽一般有60~100m，最窄处不到40m。该段河流所处地理位置、海拔及河流流态从根本上决定了其间鱼类的区系结构。

本次调查到的11种鱼类（6种外来种除外）分为3个类群：

1）青藏高原区系类群，由鲤科的裂腹鱼亚科与鳅科的条鳅亚科高原鳅属种类组成，也是该水域鱼类的主要特征类群。属于该类群的种类有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、勃氏高原鳅、细尾高原鳅等8种，占该水域鱼类的72.7%。

2）西南山地类群，该类群在本江段主要为鮡科石爬鮡属种类和平鳍鳅科金沙鳅属种类，此类群一般身体上有特化的吸附结构，适宜于南方山区激流中生活，是该水域的特征类群。属于该类群的仅2种，即黄石爬鮡、中华金沙鳅，占该水域鱼类种类的18.2%。

3）老第三纪原始类群，属于该类群的仅鲈鲤一种，占该水域鱼类种类的9.1%。

从历史资料和本次调查结果可以看出，虎跳峡是鱼类区系组成的分隔点，虎跳峡以上土著鱼类以裂腹鱼类和高原鳅类为主，属于青藏高原鱼类区系范围；而虎跳峡以下至梨园坝址江段，除有以上类群延续分布外，“江河平原类群”、“古第三纪类群”、“南方平原类群”及中印山区类群等鱼类逐渐增多，但尚未占据该江段鱼类生态位主体，说明该江段处于青藏高原鱼类与江河平原鱼类的交汇地带，虎跳峡江段的河势阻隔了江河平原（复合体）鱼类的上溯。

**（3）珍稀濒危特有鱼类**

1）国家级、省级保护鱼类

调查江段鱼类无国家级保护鱼类，也无西藏自治区保护鱼类和云南省保护鱼类，但属四川省保护鱼类 2 种，即长丝裂腹鱼、鲈鲤。

2）《中国濒危动物红皮书》、《中国物种红色名录》保护鱼类

调查江段无《中国濒危动物红皮书》的种类；列入《中国物种红色名录》的鱼类有 3 种，即长丝裂腹鱼、黄石爬鮡为濒危（EN），鲈鲤为易危（VU）。

3）长江上游特有鱼类

调查水域长江上游特有鱼类 9 种，分别是鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡及安氏高原鳅。

据现场捕捞调查和走访渔民了解，上述 9 种鱼类中短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼主要在干流分布，支流较少，且以小个体为主。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅主要分布在支流，干流较少，且分布于缓流河段。黄石爬鮡以干流分布为主，支流有一定数量，整体资源量相对其他种类少。中华金沙鳅、鲈鲤种群规模更小，鲈鲤在调查江段为偶见种。

**（4）生态特征**

调查江段金沙江水域流态以峡谷急流为主，属开放性急流型水生生态系统，其无机营养盐和有机碎屑主要由地表输入；浮游生物和水生维管束植物稀少，大量营养盐和有机碎屑随水流向下游，未转化为水体生产力；着生藻类和底栖动物构成该生境中水体生产力重要的饵料基础。

调查江段流速很大，大多河段流速在 1~3m/s，流态混乱，鲜有能适应水体上、中层生活的鱼类。该江段鱼类主要由适应水体底层多种环境的群体构成。这些鱼类的适应特点多样，或身体细长，具发达的触须和粘液层，无鳞，以适应急流底层的洞穴、石缝等环境生息，如高原鳅鱼类；或身体长形而稍侧扁，尾柄长，尾鳍强健，触须发达，口部具有刮食构造，以快速的流动能力适应峡谷急流水体底层的多种环境，如裂腹鱼类；或体形较平扁、口下位、具吸盘或吸盘功能的构造，适应于吸附在急流水体底层的基质上活动，如黄石爬鮡。

1）栖息习性

根据鱼类的栖息特点，调查江段土著鱼类大致可分为以下 3 个类群。

①流水底栖类群

此类群主要或完全生活在江河流水水底环境中，体长形，略侧扁，游泳能力强，适应于急流峡谷或缓流宽谷水底环境中生活。其中一类主要以底栖无脊椎动物为食，也摄食少量硅藻、绿藻及植物碎屑，如四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤；另一类以刮取水底砾石等物体表面附着藻类为食，如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼等。

② 洞隙类群

此类群主要生活在流水急流水底洞穴及砾石缝隙间中，以发达口须感知吸取水底低等无脊椎动物为食，包括勃氏高原鳅、安氏高原鳅、细尾高原鳅 3 种。

③急流底栖类群

此类群有特化的吸盘或类似吸盘的附着结构，适于附着在急流浅滩水底物体上生活，以水生昆虫及其幼虫等底栖动物与有机碎屑等为食，即黄石爬鮡。

2）食性

根据食性调查江段鱼类可划分为 4 类：

①以着生藻类为食的类群

由于该段大部分水域水流急，水温低，水质清瘦，浮游动植物及水生维管束植物稀少，该类群以河床有低温性着生藻类及有机碎屑为食的。该类群均为口下位，具有发达的触须及锋利的下颌或肥厚的唇，用以感触刮取吸摄食物，如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼等。

②以底栖动物为食的类群

该类群是本江段鱼类食物类型中最大的类群，以摄食水生昆虫的成虫或幼虫为主，有的种类也摄食着生藻类和植物碎屑。摄取的食物，除少部分生长在深潭和缓流河段泥沙底质中的摇蚊科幼虫和寡毛类外，多数是急流的砾石河滩石缝间生长的毛翅目、鞘翅目、蜉游目、蜉蝣目昆虫的幼虫或稚虫，这一类群有四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、勃氏高原鳅、安氏高原鳅、细尾高原鳅、黄石爬鮡等。

③杂食性鱼类

这些种类既摄食水生昆虫、虾类、软体动物等动物性饵料，也摄食藻类及植物的碎片、种子，有时还吞食其它鱼类的卵和幼苗，如戴氏山鳅、高原鳅、中华金沙鳅等以及外来鱼类鲫、泥鳅等。

④食鱼性鱼类

主要为凶猛性肉食性鱼类，本区域分布种类为鲈鲤。

3）繁殖习性

调查水域分布鱼类除中华金沙鳅为产漂流性鱼卵外，多为产粘沉性卵类群。

短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤等鱼类卵为粘沉性，产卵时要一定的水流刺激，繁殖需要一定的流水条件，产卵时要进行短距离的生殖洄游，需要底质砾石相对粗大、水流缓急交错的河床，水深约为 0.15～1.5m，适宜的流速约为 0.2～1.5m/s。鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在水流的不断冲动中顺利孵化。这些鱼类繁殖季节略有差别，短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼繁殖季节一般在每年 3~4 月，四川裂腹鱼则在 6 月前后。这类裂腹鱼繁殖水温上下限约为 11~16℃，性成熟年龄多在 3~4 龄，怀卵量约为 2~4 万粒。硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼主要生活于宽谷河段，繁殖期，金沙江石鼓附近在 4-7 月，以 5-6 月为盛期，向上海拔更高、水温更低的河段在 8-9 月。

黄石爬鮡生活于急流中，卵有弱粘性，也需在礁石、砾石堆中孵化，产卵场与裂腹鱼不同，多分布于干支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道江段，产卵场位置相对稳定，繁殖季节在 5~7 月。

细尾高原鳅、勃氏高原鳅、安氏高原鳅等鳅科种类，个体较小，其种群个体较多，散布于不同的河段、支流等各类水体，完成生活史所要求的环境范围不大，他们主要在沿岸带石砾及支流适宜的小环境中产粘性卵。如勃氏高原鳅 5~7 月繁殖，怀卵量多在 300~700 粒之间，这类鱼主要以繁殖规模来保证种群的延续。

中华金沙鳅广泛分布于金沙江中、下游及长江上游的干、支流，为典型产漂流性卵的激流型鱼类，产卵时间为 5~7 月，已知的产卵场主要位于金沙江中下游及长江上游。根据刘淑伟等调查，虎跳峡以上的虎龙蟠镇、黎明乡和巨甸镇江段产卵场是海拔最高、位于金沙江最上游的中华金沙鳅产卵场，产卵时间延迟到 8 月份。

**（5）鱼类早期资源调查**

本项目中鱼类早期资源调查主要是针对产漂流性卵鱼类，这些鱼类一般需要较高的繁殖水温，并在洪水季节河水大幅上涨时产卵繁殖，受精卵顺水漂流，在水流的刺激下孵化。

2019 年 7 月 3～23 日在石鼓(26°52′15″N , 99°57′40″E，海拔 1802.7m)定点进行了鱼类早期资源监测。




采用弶网调查鱼类早期资源



解剖镜观察鱼卵胚胎发育



采用弶网采集到的部分幼鱼、成鱼



采用弶网采集到的鱼卵

根据中国水文信息网（http://www.hydroinfo.gov.cn/）查询，3 日-23 日期间石鼓水位为 1821.11-1821.99-1820.88m，流量 2550-3460-2340$m^3/s$（7 月 10 日达到洪水最高水位 1821.99m，流量为 3460$m^3/s$）。卵汛期水温 17.8-18.7℃，网口流速 1.19-1.48m/s。21 天共采集到鱼卵 209 粒(含寡卵 8 粒)，经培育鉴定均为中华金沙鳅；采集到鱼苗和幼鱼 105 尾，经鉴定有高体鳑鲏（成鱼）、棒花鱼、泥鳅、高原鳅、裂腹鱼、中华金沙鳅等。

1）产卵时间与频次

7 月 3 日—7 月 23 日历时 21 天，共监测到卵汛两次。第一次为 6—7 日，规模相对较小，产卵仅持续 2 天，发生在洪峰涨水期初期；第二次为 20 日—22 日，规模相对较大，产卵持续 3 天，发生在洪峰落水期后期。

2）产卵规模估算

本次采集在卵汛期每天上午 8 点至下午 5 点持续 9 小时，每次收集的卵粒数见下表：

**表 4.3-45　2019 年 7 月石鼓鱼类早期资源调查情况**

| 卵汛期 | 时间 | 水位（m） | 流量（$m^3/s$） | 水温（℃） | 卵粒数 | 网口流速（m/s） | 产卵规模（万粒） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第一次 | 7 月 6 日 | 1821.37 | 2770 | 17.8 | 61 | 1.48 | 92.7 |
| | 7 月 7 日 | 1821.46 | 2920 | 17.8 | 10 | | |
| 第二次 | 7 月 20 日 | 1820.99 | 2450 | 18.6 | 21 | 1.19 | 244.8 |
| | 7 月 21 日 | 1820.96 | 2420 | 18.7 | 40 | | |
| | 7 月 22 日 | 1820.88 | 2340 | 18.7 | 58 | | |

产卵规模估算分两个步骤：①鱼卵密度 d=n/（a×v×t），其中，n 为卵汛开始至结束所有批次采集到的鱼卵总数（ind.），a 为网口有效截流面积（$m^2$），v 为网口流速，取 3 次测量平均值（m/s），t 与 n 相对应，为卵汛开始至结束所有批次总耗时间（s）；②产卵规模 m=q×d×c×t′，其中，m 为产卵总量（ind.），q 为江水径流量（$m^3/s$），d 为卵密度（ind./$m^3$），c 为断面系数，t′为卵汛持续总时间（s）。

两次卵汛产卵总量分别计为 m1 及 m2，江水径流量（q）取对应的日平均径流量，由于该江段水流湍急、紊乱，断面系数（c）计为 1，两次卵汛持续时间（t’）分别统计。经计算，m1= 92.7 (万个)、m2=244.8（万个）。因此，监测期内，中华金沙鳅产卵总量（M）=m1+m2=337.5(万个)

3）产卵场位置推算

产卵场位置估算按照如下计算公式：L=VT，其中，L 为鱼卵（鱼苗）的漂流距离，V 为受精卵在采集江段的平均漂流速度，T 为胚胎发育所经历的时间。

经观察，采集到的 201 个中华金沙鳅鱼卵所处的发育期并不连续，而是仅分布于 16 个时期，并呈现 4 个波峰，即囊胚晚期、胚孔封闭期、尾鳍出现期和心脏搏动期期。由此可以推断，监测断面以上存在 4 个中华金沙鳅产卵场。

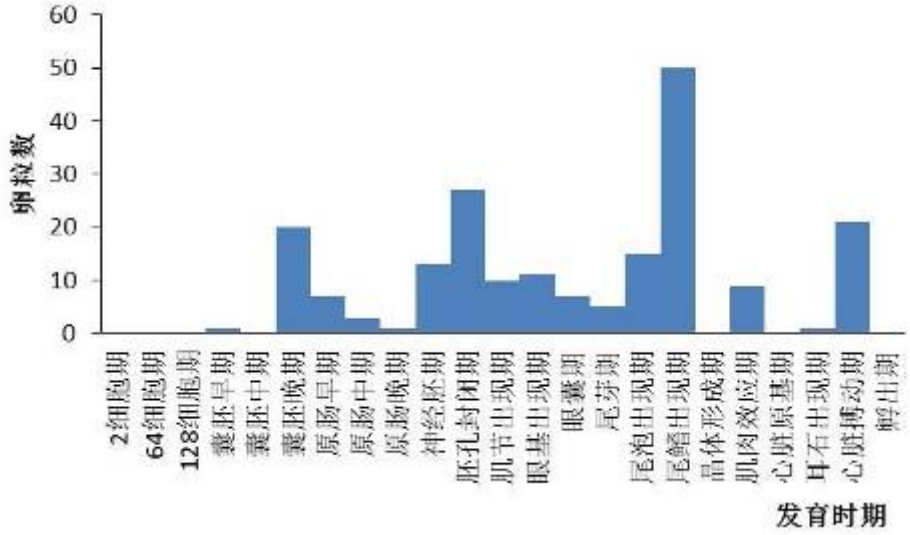



图 4.3-23　处于不同发育期的卵粒数量

胚胎发育时长参考 Wang（2008）对中华金沙鳅早期发育的研究。推测 4 个波峰发育期所经历的时间，囊胚晚期为 276min，胚孔封闭期为 513min、尾鳍出现期为 781min、心脏搏动期期为 1280 min。如采集江段卵的漂流速度平均按 1.4 m/s 计算，4 个产卵场距离采集地石鼓的距离分别为 23.4km、43.1km、65.6km 和 107.5 km。由此推断 4 个产卵场大致位置分别为云南省玉龙县黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村。

**（6）鱼类重要生境**

1）产粘沉性卵鱼类

①产卵场与索饵育幼场

旭龙梯级为金沙江上游规划梯级之一。金沙江上游鱼类全部适应流水生活，其产卵均需要在流水中进行，砾石或沙底、水清澈的流水河滩是大部分鱼类产卵的基本要求。根据《金沙江上游水电规划环境影响报告书》，金沙江上游干流鱼类产卵场和索饵场分布较为集中、规模较大的江段有 5 处：奔达乡附近河段、洛须宽谷河段、岗拖坝址附近河段、赠曲河口至波罗乡附近河段和玛曲汇口河段。

支流主要有藏曲、赠曲、定曲、色曲、热曲下游等，详见表 4.3-46。与旭龙梯级最近的重要生境玛曲汇口，流域规划设有 12km 流水保护河段，位于巴塘坝址以下至苏洼龙库尾河段。该河段河势变得相对开阔，心滩、边滩较为发育，为产粘砾石卵的鱼类提供了较好的条件，产卵场分布较为集中，规模也较大，结合苏洼龙环评报告和巴塘电站环评阶段调查成果，旭龙坝上至拉哇坝址主要的鱼类产卵场分布在巴塘下游 12km 保留河段。

**表 4.3-46　金沙江上游规划河段重要鱼类栖息地**

| 重要鱼类栖息地 | | 涉及梯级 | 主要鱼类 |
|---|---|---|---|
| 干流 | 奔达 | 晒拉 | 鳜鮅鱼类 |
| | 洛须 | 上游果通梯级 | 裂腹鱼类 |
| | 岗托 | 岗托、岩比 | 裂腹鱼类、鳜鮅鱼类 |
| | 赠曲河口至波罗 | 波罗 | 裂腹鱼类、鳜鮅鱼类 |
| | 玛曲汇口 | 上游巴塘梯级 | 裂腹鱼类 |
| 支流 | 藏曲、赠曲、定曲、色曲、热曲下游 | 无 | 裂腹鱼类、鳜鮅鱼类 |

**表 4.3-47　金沙江上游玛曲汇口 12km 保留河段鱼类产卵场基本情况统计表**

| 位置 | 产卵场 | 主要产卵鱼类 | 环境条件 | 流速（m/s） | 底质 | 水深（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 巴塘坝下保留河段 | 巴楚河汇口（长度 2.8km） | 裂腹鱼类、高原鳅类 | 岸边浅滩 | 0.3～1.0 | 砾石、细沙 | <1.0 |
| | 巴楚河汇口下游 3.2km 处（长度 1.6km） | 裂腹鱼类、高原鳅类 | 岸边浅滩 | 0.3～1.0 | 卵石、小砾石、细沙 | <1.0 |
| | 巴楚河汇口下游 9.7km 处（长度 4km） | 裂腹鱼类、高原鳅类 | 连续长浅滩 | 0.3～1.0 | 卵石、小砾石、细沙 | <1.0 |

旭龙水电站库区金沙江流向总体为 170°左右，大体自北向南流，总体较顺直，局部时有弯曲，尤其在库首 15km 范围内其流向摆动较为频繁。水库回水长约 63km。沿河岭谷属典型的侵蚀峡谷，高差悬殊，最大相对高差接近 3000m。河谷及其支流，河道下切强烈，河谷狭窄，谷坡陡峻。干流河谷内阶地不发育，仅在局部地段零星分布有河流阶地，没有集中的大片卵石沙滩分布。因此，从流域层面分析，旭龙库区不属于流域层面产卵场与索饵育幼场分布集中、规模较大的主要江段。

评价区土著鱼类绝大部分为产粘沉性卵种类，它们对产卵环境要求不严苛。其中裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在河流流水的冲动中顺利孵化，有的裂腹鱼在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。调查江段符合裂腹鱼产卵条件的水域较为普遍，它们的产卵场分布零散，

河道中的心滩、卵石滩、分汊河道的洄水湾及支流汇口等均是裂腹鱼类比较理想的产卵场所。其中苏洼龙至王大龙峡谷河口长约 7km 的河段、奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段，两处相对集中的宽谷河段，水道较宽，既有水流较为湍急的狭窄岩基河道，水流平浅湍急的卵石长滩；也有水流平缓的细沙河湾、曲流；还有水深流急的单一河槽及水流平缓的深潭，两岸及河道间遍布深浅不一砾石滩，在产卵季节不同水位梯度都能形成适宜裂腹鱼类产卵环境，为调查江段裂腹鱼较为密集的产卵水域。





苏洼龙—王大龙峡谷河口生境





奔子栏—冈曲河口生境

其宗至虎跳峡江段，河谷开阔，河道分汊，心滩、边滩众多，也分布较多的产卵场，特别是硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻等多在水流较为平缓、沙砾较细小水域的产卵的鱼类，其产卵场分布较为密集。





其宗—虎跳峡生境

黄石爬鮡等鮡科鱼类的产卵生境与裂腹鱼不同，多分布于干、支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急的河段，底质为巨石，能形成局部的回水，鮡科鱼类在此急流回水湾处栖息、产卵繁殖，位置相对稳定，但较为分散，且一般规模不大，不形成集中的产卵场。

高原鳅等小型鱼类，它们对产卵场的要求更不严格，一般在干支流沿岸水深较浅、水流较缓区域等一些小生境即可完成产卵繁殖，因此其没有固定的、集中的产卵场。

②越冬场

调查水域鱼类主要的构成类群青藏高原类群裂腹鱼类和条鳅类及西南山地类群的鮡科类群等，大都为典型的低温适宜种类，长期的生态适应和演化，使其具有抵御低温水环境的能力，能在低温环境中顺利越冬。枯水期水量小，水位低，鱼类进入深水河槽或深潭中越冬，这些水域多为岩石、砾石、沙砾底质，冬季水体透明度高，着生藻类等底栖生物较为丰富，为其提供了适宜的越冬场所。这类鱼越冬迁移距离一般不长，因此，水位较深的主河道江段都是裂腹鱼类适宜越冬场所。

2）产漂流性卵鱼类

产漂流性卵鱼类繁殖需要湍急的水流条件，通常在汛期洪峰发生后在洪水刺激下产卵，繁殖水温较高。这一类鱼卵比重略大于水，但产出后卵膜吸水膨胀，在水流的外力作用下，鱼卵悬浮在水层中顺水漂流。孵化出的早期仔鱼，仍然要顺水漂流，待身体发育到具备较强的溯游能力后，才能游到浅水或缓流处停歇。

评价区产漂流性卵鱼类仅有中华金沙鳅，根据早期资源调查结果，其产卵场主要有 4 个产卵场，分别为黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村。塔城镇其宗村产卵场为目前调查到的中华金沙鳅最上游产卵场，位于旭龙坝址以下

约 180km。分布情况，详见附图 28。

**（7）渔业资源现状**

1）渔业概况

旭龙水库干流长约 63km，为河道型水库。库区干流大部分是高山峡谷区，人烟稀少，居民点较为分散，属强烈构造侵蚀作用为主的中高山地貌。主要山脉、水系近于南北向展布。山顶高程达 3500~5180m，切割深度一般 1000~2800m。

库区百姓属康巴藏族，几乎全民信教，神山、圣树和圣水是藏民族最为重要和关注的对象。因此，旭龙库区没有渔业，当地百姓不吃鱼，也无捕捞。库区河段鱼类资源基本保持原始状态。

奔子栏以下江段，由于沿江有公路相伴，交通便利，旅游业相对发达，虽无通常意义的专业渔民，但出现少数以渔业为主业的村民。捕鱼方式有单层刺网、多层刺网、自制小围网、抄网、垂钓，也有个别电捕。大部分渔钓者钓捕的渔获物主要是自己食用，少量渔获者将渔获物售卖给餐馆、旅游者、当地居民或村民，个别在家中暂养池中定点出售。捕鱼季节主要是 3 月至 10 月， 渔获物以短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼为主，有少量黄石爬鮡。

2）各江段渔获物组成分析

①2012~2013 年调查结果

a）库尾江段获渔获物

库尾江段干流共获渔获物 9 种 687 尾，渔获物组成与旭龙差别不大，主要经济鱼类也是短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼及黄石爬鮡 4 种。其中短须裂腹鱼占总重量的 41%，总尾数的 25.5%；长丝裂腹鱼占总重量的 23%，总尾数的 13.5%；四川裂腹鱼占总重量的 21.1%，总尾数的 10.5%；黄石爬鮡占总重量的 12%，总尾数的 38.5%。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及高原鳅合计仅占总重量的 2.9%，总尾数的 12%。

b）旭龙江段渔获物

旭龙附近干流调查共获得渔获物 582 尾，经鉴定共计 9 种，主要的鱼类是 4 种裂腹鱼：短须裂腹鱼占总重量的 37.7%，总尾数的 21.8%；长丝裂腹鱼占总重量的 21.7%，总尾数的 14.3%；四川裂腹鱼占总重量的 27.9%，总尾数的 14.8%；黄石爬鮡占总重量的 11.2%，总尾数的 32.6%。其他 5 种鱼类仅占总重量的 1.5%，总尾数的 16.4%。

表 4.3-48　库尾江段渔获物组成

| 种类 | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数 | 重量 |
| 短须裂腹鱼 | 13.5~31 | 24.5 | 40.0~368 | 238 | 25.5 | 41.0 |
| 长丝裂腹鱼 | 18~35 | 26.1 | 100~495.5 | 251.6 | 13.5 | 23.0 |
| 四川裂腹鱼 | 17~29.5 | 27 | 199~364.5 | 298.2 | 10.5 | 21.1 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 15.0~20.4 | 18.1 | 39.5~112.5 | 74.6 | 2.3 | 1.2 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 13.5~24 | 18.4 | 37~200 | 93.7 | 1.7 | 1.1 |
| 黄石爬鮡 | 10.3~16.5 | 13.9 | 15.2~83.7 | 46.1 | 38.5 | 12.0 |
| 高原鳅＊ | 7.1~12.2 | 10.5 | 3.6~17.5 | 11 | 8 | 0.6 |

＊为细尾高原鳅、安氏高原鳅和勃氏高原鳅等高原鳅

表 4.3-49　旭龙江段渔获物组成

| 种 类 | 体长（cm） | | 体重（g） | | 比例(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数 | 重量 |
| 短须裂腹鱼 | 14.4－33.0 | 26.1 | 51.5-1500 | 297 | 21.8 | 37.7 |
| 长丝裂腹鱼 | 19.0－31.0 | 21.2 | 107－450 | 262 | 14.3 | 21.7 |
| 四川裂腹鱼 | 16.5－38.5 | 27.5 | 72－660 | 325 | 14.8 | 27.9 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 8.9－11.1 | 10.3 | 8.2－17.0 | 11.4 | 6.0 | 0.4 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 11.9－20.3 | 15.8 | 21.7－80.5 | 44.6 | 2.2 | 0.6 |
| 黄石爬鮡 | 9.8－19.1 | 14 | 13.0－145.0 | 58.9 | 32.6 | 11.2 |
| 高原鳅＊ | 5.5－12.2 | 9.4 | 6. 5－16 | 10.4 | 8.2 | 0.5 |

＊为细尾高原鳅、安氏高原鳅和勃氏高原鳅等高原鳅

c）支流丹达曲渔获物

丹达曲渔获物调查主要在云南段老丹达曲电站以下至河口约 15km 河段。由于新的丹达曲电站在建，造成该河段生境破坏严重，鱼类资源较为贫乏。通过下刺网、放地笼，仅获得 2 尾软刺裸裂尻鱼、3 尾长丝裂腹鱼及 5 尾细尾高原鳅。

根据《西藏自治区昌都地区嘎托河流域综合规划》（2014 修订稿）记载，丹达曲主要有细尾高原鳅、安氏高原鳅、软刺裸裂尻鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼 5 种鱼，其调查的渔获物组成见表 4.3-50。

表 4.3-50　丹达曲渔获物组成

| 种类 | 重量(g) | 重量百分比(%) | 尾数 | 尾数百分比(%) | 尾均重(g) | 体长范围(mm) | 体重范围(g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 短须裂腹鱼 | 1747 | 50.62 | 13 | 19.12 | 134.4 | 128~319 | 38~371 |
| 四川裂腹鱼 | 492 | 14.26 | 5 | 7.35 | 98.3 | 152～233 | 63～169 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 986 | 28.57 | 16 | 23.53 | 61.6 | 129~226 | 29~134 |
| 细尾高原鳅 | 128 | 3.71 | 21 | 30.88 | 6.1 | 68~107 | 3~15 |
| 安氏高原鳅 | 98 | 2.84 | 13 | 19.12 | 7.5 | 73~114 | 4~18 |
| 总计 | 3451 | 100.00 | 68 | 100.00 | | | |

d）支流麦曲河渔获物

麦曲河渔获物 9 种，共 741 尾。主要渔获物有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼 3 种合计占总重量的 85.9%。其中短须裂腹鱼占总重量的 53.8%，总尾数的 21.2%；长丝裂腹鱼占总重量的 15.6%，总尾数的 11.3%；四川裂腹鱼占总重量的 16.5%，总尾数的 11.1%；与干流渔获物相比，黄石爬鮡的比重较少较多，仅占 3.6%，但高原鳅的比重明显增加，达到 6.77%，从尾数百分比看，高原鳅最多，达总尾数的 43.2%。另外，中华金沙鳅在以往的金沙江上游鱼类分布中没有记录，为这次调查新记录种。在评价区仅麦曲河捕获一尾。

**表 4.3-51　麦曲河渔获物组成**

| 种类 | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数 | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 17.5~33.5 | 23.5 | 84~572 | 210.5 | 21.2 | 53.8 |
| 长丝裂腹鱼 | 18~24.1 | 20.3 | 82~150 | 113.8 | 11.3 | 15.6 |
| 四川裂腹鱼 | 19.5~21 | 20.8 | 105~142 | 124 | 11.1 | 16.5 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 10~22 | 17.7 | 12~130 | 72 | 2.4 | 2.1 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 13.5~18.4 | 15.5 | 19~69.5 | 44.2 | 3 | 1.6 |
| 黄石爬鮡 | 11.5~18 | 13 | 28~72 | 38.6 | 7.7 | 3.6 |
| 中华金沙鳅 | 10.5 | 10.5 | 20 | 20 | 0.1 | 0.03 |
| 高原鳅＊ | 7~14 | 11 | 3~22 | 13 | 43.2 | 6.77 |

＊为细尾高原鳅和安氏高原鳅

②2019 年调查结果

a）库尾昌波江段获渔获物

采用定置刺网在库尾昌波江段干流共获渔获物 72 尾 5702g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼及高原鳅，分别占尾数百分比的 33.33%、40.28%、25%、1.39%和重量百分比的 16.06%、56.56%、27.31%、0.07%。

**表 4.3-52　库尾昌波江段渔获物组成**

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 24 | 916 | 9～23.5 | 13.50 | 11～214 | 38.17 | 33.33 | 16.06 |
| 长丝裂腹鱼 | 29 | 3225 | 26.5～8.5 | 19.12 | 9～264 | 111.21 | 40.28 | 56.56 |
| 四川裂腹鱼 | 18 | 1557 | 30.5～9 | 16.78 | 8～422 | 86.50 | 25.00 | 27.31 |
| 高原鳅 | 1 | 4.00 | 7 | 7.00 | 4.00 | 4.00 | 1.39 | 0.07 |
| 合计 | 72 | 5702 | | | | | 100 | 100 |

b）因都坝江段获渔获物

采用定置刺网在因都坝江段干流共获渔获物 28 尾 10787g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、中华金沙鳅及黄石爬鮡，分别占尾数百分比的 75%、3.57%、

14.29%、7.14%和重量百分比的 94.08%、2.22%、0.47%、3.24%。

表 4.3-53　因都坝江段渔获物组成

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 21 | 10148 | 17.5～43 | 29.82 | 191～1396 | 483.2 | 75.00 | 94.08 |
| 长丝裂腹鱼 | 1 | 239 | 17.5 | 12 | 239 | 239 | 3.57 | 2.22 |
| 中华金沙鳅 | 4 | 51 | 8～11 | 9.75 | 9～17 | 12.75 | 14.29 | 0.47 |
| 黄石爬鮡 | 2 | 349 | 21.5～22.5 | 22 | 164～185 | 174.5 | 7.14 | 3.24 |
| 合计 | 28 | 10787 | | | | | 100 | 100 |

c）奔子栏江段获渔获物

本江段渔获物主要从奔子栏老菜场采集，为当地百姓夜间私自捕捞所得。捕捞地点除奔子栏江段外还含定曲河劳动桥一带。调查期间统计渔获物 86 尾 16341.7g。经鉴定为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及黄石爬鮡，分别占尾数百分比的 46.51%、5.81%、12.79%、3.49%、31.4%和重量百分比的 62.55%、3.54%、24.01%、3.79%、6.13%。

表 4.3-54　奔子栏江段渔获物组成

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 40 | 10221 | 16.5～38 | 23.56 | 86～885 | 255.5 | 46.51 | 62.55 |
| 四川裂腹鱼 | 5 | 577.7 | 13.1～28 | 19.32 | 28.7～248 | 115.5 | 5.81 | 3.54 |
| 长丝裂腹鱼 | 11 | 3923 | 18.5～37 | 27.18 | 87～724 | 356.6 | 12.79 | 24.01 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 3 | 619 | 21～24.5 | 23.17 | 185～242 | 206.3 | 3.49 | 3.79 |
| 黄石爬鮡 | 27 | 1001 | 11～17.5 | 14.03 | 14～89 | 37.07 | 31.40 | 6.13 |
| 合计 | 86 | 16341.7 | | | | | 100 | 100 |

d）其宗江段获渔获物

本江段渔获物主要从沿江百姓钓鱼、哄鱼统计所得。哄鱼为当地百姓利用蚯蚓或昆虫无钩诱捕方式，渔获物主要是高原鳅。调查期间统计渔获物 49 尾 6943.2g。经鉴定为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及高原鳅，分别占尾数百分比的 28.57%、10.2%、8.16%、6.12%、46.94%和重量百分比的 83.61%、2.36%、3.96%、8.92%、1.16%。

表 4.3-55　其宗江段渔获物组成

| 种类 | 尾 | 重量(g) | 体长(cm) | 体重(g) | 百分比(%) |
|---|---|---|---|---|---|

| | 数 | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 短须裂腹鱼 | 14 | 5805 | 10.5～38 | 27.79 | 18～885 | 414.64 | 28.57 | 83.61 |
| 四川裂腹鱼 | 5 | 163.7 | 9.7～14.8 | 13.10 | 12.3～44.5 | 32.74 | 10.20 | 2.36 |
| 长丝裂腹鱼 | 4 | 275 | 9.3～23.5 | 14.80 | 11.7～198 | 68.75 | 8.16 | 3.96 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 3 | 619 | 21～24.5 | 23.17 | 192～242 | 206.33 | 6.12 | 8.92 |
| 高原鳅 | 23 | 80.5 | 5.4～8.5 | 6.736364 | 1～11 | 3.5 | 46.94 | 1.16 |
| 合计 | 49 | 6943.2 | | | | | 100 | 100 |

e）石鼓江段获渔获物

采样刺网和地笼在石鼓江段捕获渔获物 125 尾 5327g。经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、高原鳅、鲫鱼、鲤鱼、鲈鲤、高体鳑鲏、麦穗鱼、泥鳅及框鲤，分别占尾数百分比的 17.6%、9.6%、5.6%、8.8%、41.6%、4%、0.8%、0.8%、0.8%、8.8%、0.8%、0.8%和重量百分比的 25.98%、13.52%、15.60%、3.08%、3.72%、8.94%、2.68%、6.96%、0.04%、0.60%、0.30%、18.58%。

**表 4.3-56 石鼓江段渔获物组成**

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 22 | 1384 | 7.5～20.5 | 16 | 7～146 | 62.9 | 17.6 | 25.98 |
| 长丝裂腹鱼 | 12 | 720 | 10～24 | 15.42 | 14～162 | 60 | 9.6 | 13.52 |
| 四川裂腹鱼 | 7 | 831 | 16～32 | 19.71 | 50～442 | 138.5 | 5.6 | 15.60 |
| 软刺裸裂尻 | 11 | 164 | 7～13 | 10.86 | 4～27 | 14.9 | 8.8 | 3.08 |
| 高原鳅 | 52 | 198 | 6.5～9 | 7.57 | 3～9 | 4.51 | 41.6 | 3.72 |
| 鲫鱼 | 5 | 476 | 9.5～22 | 13.63 | 24～278 | 95.2 | 4 | 8.94 |
| 鲤鱼 | 1 | 143 | 16.5 | 16.5 | 143 | 143 | 0.8 | 2.68 |
| 鲈鲤 | 1 | 371 | 29 | 29 | 371 | 371 | 0.8 | 6.96 |
| 高体鳑鲏 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 0.8 | 0.04 |
| 麦穗鱼 | 11 | 32 | 4～6.5 | 5.41 | 1～5 | 2.9 | 8.8 | 0.60 |
| 泥鳅 | 1 | 16 | 12 | 12 | 16 | 16 | 0.8 | 0.30 |
| 框鲤 | 1 | 990 | 30.5 | 30.5 | 990 | 990 | 0.8 | 18.58 |
| 合计 | 125 | 5327 | | | | | 100 | 100 |

f）支流丹达曲获渔获物

采用地笼在丹达曲采集到鱼类 13 尾、273g，经鉴定为短须裂腹鱼和高原鳅，分别占尾数百分比的 69.23%、30.77%和重量百分比的 96.7%、3.3%。

**表 4.3-57 丹达曲渔获物组成**

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | 体重(g) | 百分比(%) |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 短须裂腹鱼 | 9 | 264 | 9.1～16 | 11.71667 | 14～65 | 29.33333 | 69.23 | 96.70 |
| 高原鳅 | 4 | 9 | 5.5～7.2 | 6.275 | 2～3 | 2.25 | 30.77 | 3.30 |
| 合计 | 13 | 273 | | | | | 100 | 100 |

g）支流麦曲河获渔获物

采用撒网、地笼在麦曲河采集到鱼类 37 尾、2511g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼，分别占尾数百分比的 86.49%、10.81%、2.7%和重量百分比的 85.07%、14.74%、0.2%。

**表 4.3-58 麦曲渔获物组成**

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 32 | 2136 | 3.2～36 | 12.5 | 1～645 | 66.75 | 86.49 | 85.07 |
| 长丝裂腹鱼 | 4 | 370 | 11～26 | 15.95 | 17～264 | 92.5 | 10.81 | 14.74 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 1 | 5 | 6.8 | 6.8 | 5 | 5 | 2.70 | 0.20 |
| 合计 | 37 | 2511 | | | | | 100 | 100 |

h）支流定曲河获渔获物

采用定置刺网、地笼在定曲河采集到鱼类 314 尾、16243.5g，经鉴定为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡和高原鳅，它们分别占尾数百分比的 76.75%%、0.96%、4.78%、5.73%、2.55%、3.82%、5.41%和重量百分比的 70.5%、19.49%、1.98%、4.27%、1.02%、2.3%、0.44%。

**表 4.3-59 定曲河渔获物组成**

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 241 | 11452 | 3.6～40 | 12.12 | 0.5～1084 | 47.52 | 76.75 | 70.50 |
| 四川裂腹鱼 | 3 | 3166 | 33～46.5 | 41.00 | 551～1412 | 1055.33 | 0.96 | 19.49 |
| 长丝裂腹鱼 | 15 | 322 | 4.5～14.5 | 10.49 | 2～14.5 | 21.47 | 4.78 | 1.98 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 18 | 694 | 7.9～20.5 | 14.09 | 7～108 | 38.56 | 5.73 | 4.27 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 8 | 165 | 7.7～16.5 | 11.5 | 5.9～56 | 20.63 | 2.55 | 1.02 |
| 黄石爬鮡 | 12 | 373 | 11.5～17 | 13.63 | 24～68 | 31.08 | 3.82 | 2.30 |
| 高原鳅 | 17 | 71.5 | 3.7～12 | 6.60 | 1～10 | 4.21 | 5.41 | 0.44 |
| 合计 | 314 | 16243.5 | | | | | 100 | 100 |

i）支流冈曲获渔获物

采用地笼、鱼钓在冈曲采集到鱼类 17 尾、1627g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、高原鳅，分别占尾数百分比的 35.29%、5.88%、29.41%、29.41 和重量百分比的 29.07%、57.34%、9.59%、4.0%。

表 4.3-60　冈曲渔获物组成

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 6 | 473 | 15～21 | 17.67 | 65～133 | 78.83 | 35.29 | 29.07 |
| 长丝裂腹鱼 | 1 | 933 | 39 | 39 | 933 | 933 | 5.88 | 57.34 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 5 | 156 | 13～15 | 13.60 | 23～34 | 31.2 | 29.41 | 9.59 |
| 高原鳅 | 5 | 65 | 10.5～11 | 11.00 | 10～16 | 13 | 29.41 | 4.00 |
| 合计 | 17 | 1627 | | | | | 100 | 100 |

**（8）评价区鱼类资源现状评价**

评价区属金沙江上游，高山峡谷，河道深切，落差大，水流湍急，海拔高，水温低，生境特异性高，孕育了为数不多的特异性鱼类，金沙江上游段有鱼类 22 种，主要为裂腹鱼、鳅科、平鳍鳅科和鮡科鱼类，属典型的高原鱼类区系。调查江段有土著鱼类 11 种，鱼类区系构成较简单，除中华金沙鳅产漂游性卵外，其余鱼类多产粘沉性卵，适应高原急流生境鱼类，没有长距离洄游习性。评价区鱼类多为青藏高原特有鱼类，对高原高寒急流特异生境具有强的适应性，而这种特异性的生境条件，决定了这些鱼类生长发育缓慢、性成熟晚。评价区水体溶解氧丰富，营养盐贫乏，水温低，生物生产力低下，鱼类饵料基础差，不支持高的鱼类资源量。评价区鱼类资源脆弱，一旦遭受破坏，其恢复将较为困难。因此，评价区江段鱼类资源的保护需要引起高度重视。

评价区奔子栏以上为高山峡谷地区，人类活动稀少，交通闭塞。加上当地群众受宗教信仰，沿江几乎没有任何渔业活动。鱼类资源调查结果表明，评价区鱼类资源基本保持原始状态，也未受外来物种侵入，显示该江段所处的由青藏高原边缘向云贵高原过渡地理区位特征且未受外来物种侵入的鱼类群落特征。

奔子栏以下江段为宽谷河段，人口密度较上游大，加之旅游市场发达，交通便利，也有一定的渔业发展。宽谷河段外来鱼种入侵现象开始显现，尤其是其宗以下，外来物种如鲤鱼、鲫鱼、麦穗鱼等已形成一定的种群，本次调查在石鼓还捕获一尾从国外引进的养殖品种框鲤。对于外来物种入侵，必须引起足够重视。

## 4.4社会环境

### 4.4.1 行政区划及人口

旭龙水电站建设征地主要涉及云南省迪庆藏族自治州德钦县、四川省甘孜藏族自治州得荣县和巴塘县，以及西藏自治区昌都市芒康县。

德钦县位于东经 98°35′6"~99°32′20"，北纬 27°33′4"~29°15′2"之间，地处云南省西北部横断山脉地段，青藏高原南缘滇、川、藏三省（区）结合部，北靠西藏芒康县、西连西藏左贡县、察隅县及云南省怒江贡山县，南接维西县，东临四川巴塘县、得荣县，县境国土面积 7273km$^2$。据 2018 年统计资料，德钦县辖 2 镇 6 乡，46 个村（居）委会，总人口 6.82 万人，其中：农业人口 53486 人。

得荣县地处东经 99°07′~99°36′，北纬 28°09′~29°30′，位于四川省西南部，属金沙江干旱河谷区，北部与四川省甘孜州巴塘、乡城县相连，东南与云南省迪庆州香格里拉县相邻，西南与云南省迪庆州德钦县毗邻。根据 2018 年统计年鉴，全县总面积 2916km$^2$，常住人口 2.76 万人，辖 4 个片区，12 个乡（镇），127 个行政村，3 个居委会，251 个自然村。

巴塘县地处北纬 28°46′-30°38′，东经 98°58′-99°45′，位于甘孜州西部，理塘县，南连得荣县，西隔金沙江与西藏芒康、盐井、贡觉县和云南省德钦县相望，北与白玉县交界。根据 2018 年统计资料，巴塘县辖 1 镇 18 乡，共计户籍人口 5.32 万人，其中农业人口 4.06 万人。

芒康县地处东经 98°00′-99°05′，北纬 28°37′-30°20′，位于西藏自治区东南部，昌都市的最东部，地处川、滇、藏三省区交汇处。东与四川省巴塘县，南与云南省德钦县毗邻，西与 左贡县接壤，北与贡觉、察雅县相接。据 2018 年统计资料，芒康县辖 16 个乡镇，61 个村（居）委会，总人口 97594 人，其中：农业人口 79030 人，牧业人口 3138 人，非农业人口 9756 人。

### 4.4.2 社会经济

2018 年，德钦县全年实现生产总值（GDP）34.32 亿元，其中第一产业 1.75 亿元，第二产业 14.99 亿元，第三产业 17.58 亿元。农民人均纯收入 8556 元，城镇居民人均可支配收入 36302 元。全年农作物总播种面积 106504 亩，其中粮食

作物播种面积 85159 亩、经济作物播种面积 21345 亩。全年粮食总产量 22138t。全年现实工业增加值 27397 万元，全县工业总产值 85798.2 万元，固定资产投资完成 385108 万元，全县财政总收入 23573 万元，地方一般预算收 10909 万元，地方一般预算支出 305536 万元。

得荣县全年粮食作物播种面积 40962 亩，粮食总产量 11989t。全县实现地区生产总值 81420 万元，其中第一产业 20684 万元，第二产业 33404 万元，第三产业 27332 万元，人均 GDP28872 元。全县居民人均可支配收入 14145 元，其中农村居民人均可支配收入 10042 元。

巴塘县实现地区生产总值 12.2 亿元，其中第一产业 32403 万元，第二产业 52708 万元，第三产业 37496 万元，人均 GDP23262 元。全县居民人均可支配收入 15539 元，其中农村居民人均可支配收入 10216 元。全县土地总面积为 7852km$^2$，其中耕地面积 6.69 万亩，粮食作物以玉米、小麦、青稞为主，粮食总产量 15600t。

芒康县全年实现生产总值（GDP）231100.0 万元。其中：第一产业 3321.0 万元，第二产业 120047.0 万元，第三产 77840.0 万元。农民人均纯收入 10461 元，城镇居民人均可支配收入 30205 元。全年农作物总播种面积 112480.5 亩，其中粮食作物播种面积 93609.3 亩、经济作物播种面积 13502.1 亩、青饲料播种面积 5369.1 亩。全年粮食总产量 28208.37t，其中夏收谷物 2527.35t。全年现实工业总产值 6750 万元，固定资产投资完成 460105 万元，地方一般预算收入 11400 万元，地方一般预算支出 150906 万元。

**表 4.4-1　　工程涉及县社会经济情况汇总**

| 序号 | 项目 | 单位 | 四川省得荣县 | 四川省巴塘县 | 云南省德钦县 | 西藏自治区芒康县 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 土地面积 | km² | 2916 | 7852 | 7273 | 11576 |
| 2 | 人口密度 | 人/km² | 8.87 | 6.78 | 4.08 | 8.43 |
| 3 | 总人口 | 万人 | 2.59 | 5.32 | 6.82 | 9.76 |
|  | 其中：农业人口 | 万人 | 2.14 | 4.06 | 5.35 | 7.90 |
| 4 | 耕地面积 | 万亩 | 3.53 | 6.69 | 12.76 | 8.00 |
| 5 | 国内生产总值 | 万元 | 81420 | 122607 | 343237 | 231100.0 |
| 5.1 | 第一产业 | 万元 | 20684 | 32403 | 17536 | 3321.0 |
| 5.2 | 第二产业 | 万元 | 33404 | 52708 | 149895 | 120047.0 |
| 5.3 | 第三产业 | 万元 | 27332 | 37496 | 175806 | 77840.0 |
| 6 | 粮食作物播种面积 | 亩 | 40962 | 71145 | 85159 | 93609 |
| 7 | 粮食总产量 | 吨 | 11989 | 15600 | 22138 | 28208 |

| 序号 | 项目 | 单位 | 四川省得荣县 | 四川省巴塘县 | 云南省德钦县 | 西藏自治区芒康县 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 耕地亩产量 | kg/亩 | 292.69 | 219.27 | 259.96 | 301.34 |
| 9 | 人均国内生产总值 | 元/人 | 28872 | 23262 | 50365 | 22861 |
| 10 | 农业人均耕地 | 亩/人 | 1.65 | 1.65 | 1.01 | 1.11 |
| 11 | 农业人均产粮 | kg/人 | 560.84 | 384.24 | 388.69 | 341.96 |
| 12 | 农村居民人均可支配收入 | 元/人 | 10042 | 10216 | 8556 | 10461 |

### 4.4.3 民族文化与宗教

**（1）民族构成**

旭龙水电站工程涉及云南省迪庆藏族自治州德钦县、四川省甘孜藏族自治州巴塘县和得荣县、西藏自治区的芒康县。

德钦县总人口 6.82 万人，有藏族、汉族、纳西族、白族、土家族、苗族等民族，其中藏族占 98%；得荣县藏族占总人口的 95%，另有汉、纳西、羌、彝等多个民族，是以藏族为主的多民族聚居县；巴塘县主要少数民族有藏族、彝族、回族等，藏族为县内主要民族；芒康县有藏族、汉族、纳西族、白族、土家族、苗族等民族，其中藏族占 98%。

**（2）库区内主要宗教活动场所及宗教人员**

1）寺庙

羊拉乡。羊拉人主要信奉藏传佛教，目前全乡共有 7 座藏传佛教寺院，分别是布顶寺、茂顶寺、觉顶寺、扎依寺、扎加寺、扎史取林寺和则母寺，都属于格鲁派寺院，系云南藏区藏传佛教寺院最多的乡。

得荣县。得荣境内主要寺庙有龙绒寺、翁甲寺、得迥寺、兴艾寺。所调查的徐龙、贡波 2 乡中，并无寺庙。库区藏民的宗教活动主要在日龙乡的龙绒寺进行。

巴塘县。藏民信奉藏传佛教，包括格鲁派、宁玛派、噶举派 3 个教派，其中格鲁派和宁玛派是主要教派，为广大群众所虔诚信仰。巴塘县有开放寺庙 17 座，其中著名的寺庙有康宁寺（县城）、竹瓦寺（亚日贡乡）、降卡寺（沙溪乡）、日登寺（夏邛镇）、仁波寺（中咱乡）等。库区范围内的地巫乡没有寺庙，而是与中心绒乡共用哈然寺。

2）佛塔

在藏族地区，随处可见大小不等、形制各异的佛塔，只要有村子的地方就有佛塔。所调查的羊拉乡人口较为分散，环境较为恶劣，没有佛塔。而得荣县淹没区的四个村子就都有自己的佛塔。贡波乡的自沙村有 2 个佛塔，一个位于村头，一个位于村尾金沙江边；木拥村有 1 个佛塔，位于村尾。徐龙乡的莫丁村和鱼波村较多，莫丁村有 2 个，鱼波村有 4 个。羊拉乡茂顶村有 7 个。

其他还有玛尼堆、转经筒、公共经堂、私人经堂、神山等。

**（3）库区内少数民族传统文化**

从库区居民的建筑风格、服饰、饮食、节庆、习俗、歌舞等文化表征，反应出其文化特点，即多元性、交织性、流动性、封闭性、敏感性。

**多元性。**库区民族文化是一个多元文化综合体。各民族之间不仅相互交流，更整合了域外与本土的不同特色。藏传佛教文化最具代表。不同民族中有相近或相似处，同一民族内部又有很大差异（德钦藏族与得荣藏族），藏传佛教在库区本身也具有多元性的特征。作为宗教信仰载体的寺院、转经房、白塔、玛尼堆、神山、圣湖等在藏区大量存在。

**交织性。**各种文化在长久的历史发展过程中，彼此适应和相互融合。比如从饮食文化看，藏族喝酥油茶的习惯已经扎根在库区各少数民族中间。另外，纳西族的传统节日二月八，成为这几个乡各少数民族所共同庆贺的节日。

**流动性。**非物质文化的传播是一种活态流变，是继承与变异、一致与差异的辩证结合。在它的传播过程中，常常与当地的历史、文化和民族特色相互融合，从而呈现出继承和发展并存的状态。但应该看到，虽然有变化和发展，但仍然存在基本的一致性，如果完全不同，也就失去了其特质。

**封闭性。**就一个民族来说，大都有自己特定的生活和活动的地域，该地域的自然环境对该民族有很大影响，进而会在此基础上形成民族的文化特征。虽然已是现代化的今天，但库区的藏族由于自然地理条件、交通、文化差异等的影响，现代化的程度远远不如城市地区，呈现出了封闭性的特点，接受到外面的信息也受到一定的限制。

**敏感性。**宗教性是库区少数民族地区社会、文化、经济所体现出的最大的敏感性问题。库区主要的少数民族藏族、纳西族和傈僳族都有自己的宗教信仰。特别在藏族村落，宗教文化在很大程度上主导着藏族的民族文化，一直是藏族传统文化的核心，也是支撑藏族深层社会生活的精神文化。作为宗教信仰载体的寺院、转经房、白塔、玛尼堆、神山、圣湖等在藏区大量存在，同时，藏族家庭每年还

要花费较多的钱财来请喇嘛、供养寺院等宗教活动。库区少数民族文化兼具原生态，人性化、情感化的色彩，与生态环境紧密相关。

### 4.4.4 土地资源及其利用

德钦县土地面积 7273.01km$^2$，其中耕地面积 102.93km$^2$，占总土地面积的 1.42%；园地面积 32.92km$^2$，占总土地面积的 0.45%；林地面积 4502.22km$^2$，占总土地面积的 61.91%；牧草地面积 994.33km$^2$，占总土地面积的 13.67%；城镇及工矿企业用地 11.02km$^2$，占总土地面积的 0.15%；交通用地 10.64km$^2$，占总土地面积的 0.15%；水域 103.63km$^2$，占总土地面积的 1.42%；未利用地面积 1515.32km$^2$，占总土地面积的 20.83%。

得荣县土地总面积为 2916km$^2$，耕地面积 37.33km$^2$，占全县土地总面积的 1.3%；园地面积 0.27km$^2$，占全县土地总面积的 0.01%；林地面积为 1226.67km$^2$，占全县土地总面积的 42.8%；牧草地面积为 1394.67km$^2$，占全县土地总面积的 48.6%；居民点及工矿用地面积 2.73km$^2$，占全县土地总面积的 0.09%；交通用地面积 4.87km$^2$，占全县土地总面积的 0.17%；水域面积 19.73km$^2$，占全县土地总面积的 0.68%；未利用地面积 89.87km$^2$，占全县土地总面积的 3.08%。

巴塘县土地总面积为 7663km$^2$，耕地面积 66.35km$^2$，占全县土地总面积的 0.86%；园地面积 3.38km$^2$，占全县土地总面积的 0.04%；林地面积为 3581.30km$^2$，占全县土地总面积的 46.73%；牧草地面积为 3058.60km$^2$，占全县土地总面积的 39.91%；居民点及工矿用地面积 16.60km$^2$，占全县土地总面积的 0.22%；交通用地面积 8.93km$^2$，占全县土地总面积的 0.12%；水域面积 123.40km$^2$，占全县土地总面积的 1.61%；未利用地面积 804.74km$^2$，占全县土地总面积的 10.05%。

芒康县土地总面积为 11576km$^2$，耕地面积 90.00km$^2$，占全县土地总面积的 0.78%；园地面积 0.15km$^2$，占全县土地总面积的 0.00%；林地面积为 6149.41km$^2$，占全县土地总面积的 53.12%；牧草地面积为 4201.68km$^2$，占全县土地总面积的 36.30%；居民点及工矿用地面积 12.85km$^2$，占全县土地总面积的 0.11%；交通用地面积 7.15km$^2$，占全县土地总面积的 0.06%；水域面积 95.47km$^2$，占全县土地总面积的 0.82%；未利用地面积 1019.50km$^2$，占全县土地总面积的 8.81%。

旭龙水电站工程涉及得荣、德钦两县土地利用现状情况见表 4.4-2。

表 4.4-2　旭龙水电站工程涉及 4 县土地利用现状一览表

| 地区 | | 幅员面积 | 耕地 | 园地 | 林地 | 牧草地 | 居民点及工矿用地 | 交通用地 | 水域 | 未利用地 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 德钦县 | 面积（$km^2$） | 7273.01 | 102.93 | 32.92 | 4502.22 | 994.33 | 11.02 | 10.64 | 103.63 | 1515.32 |
| | 比例（%） | 100 | 1.42 | 0.45 | 61.91 | 13.67 | 0.15 | 0.15 | 1.42 | 20.83 |
| 得荣县 | 面积（$km^2$） | 2916 | 33.33 | 0.27 | 1226.67 | 1394.67 | 2.73 | 4.87 | 19.73 | 89.87 |
| | 比例（%） | 100 | 1.3 | 0.01 | 42.8 | 48.6 | 0.09 | 0.17 | 0.68 | 3.08 |
| 巴塘县 | 面积（$km^2$） | 7663 | 66.35 | 3.38 | 3581.30 | 3058.60 | 16.60 | 8.93 | 123.40 | 804.74 |
| | 比例（%） | 100 | 0.86 | 0.04 | 46.73 | 39.91 | 0.22 | 0.12 | 1.61 | 10.05 |
| 芒康县 | 面积（$km^2$） | 11576 | 90.00 | 0.15 | 6149.41 | 4201.68 | 12.85 | 7.15 | 95.47 | 1019.50 |
| | 比例（%） | 100 | 0.78 | 0.00 | 53.12 | 36.30 | 0.11 | 0.06 | 0.82 | 8.81 |

从 4 个县的土地利用现状可以看出，四个县土地利用现状均以林地和草地为主，林草地分别占总面积的 75.67%、91.4%、86.64%和 89.42%。林地，受人为影响，有林地丧失较多，保存较差，多为稀疏的灌木林地。

## 4.4.5 水资源及其利用

### 4.4.5.1 地表水

金沙江上游水电规划河段范围为青海玉树的巴塘河口～云南迪庆的奔子栏河段，河段长约 772km，天然落差 1516m，河道平均坡降 1.96‰。

工程江段库区主要支流有茂顶河、格亚顶河、丹达曲、麦曲河，其中较大的支流两条，丹达曲和麦曲河。坝下较大支流有定曲河、冈曲。

**（1）丹达曲**

丹达曲流域涉及西藏、云南两省（自治区），西藏自治区称嘎托河。丹达曲河口距旭龙坝址 28.6km，控制流域面积 1540$km^2$，河长 140.5km，流域多年平均降水量 600-1000mm，流域多年平均流量 32.55$m^3/s$，近河口河段河底平均坡降约 2.7%。

西藏自治区境内河流已制定嘎托河（西藏）综合规划，综合规划环评于 2016 年获西藏环保厅批复。流域水电梯级规划萨麦、卡布、门巴三级开发方案，均为无坝引水的径流式电站，考虑该河段靠近萨麦，涉及芒康滇金丝猴国家级自然保护区，规划期内均不安排开发。

云南省境内，丹达曲上的丹达河水电站位于德钦县羊拉乡境内，由云南省发展和改革委员会于 2008 年 12 月 23 日以《云南省发展和改革委员会关于迪庆州

德钦县丹达河水电站项目核准的批复》（云发改能源［2008］2428 号）文批复建设，引水式电站，设计装机 100MW，设计水头 360m，设计发电引用流量 33.5 立方米/秒，厂房设计尾水位为 2259.5m。电站 2009 年开工建设，已完成业主营地、建设单位营地建设，坝区砂石料加工系统、混凝土生产系统、缆机系统已经相继建成，导流隧洞、施工支洞已竣工。因多种原因，电站 2013 年已停建。

此外，丹达曲下游段已建老丹达河电站，该电站坝址距河口约 15km，引水渠长约 2km。




停建的丹达曲电站



老丹达河电站拦河坝、发电厂址

**（2）麦曲河**

麦曲河发源于沙鲁里山西麓，自北向南流经亚日贡乡，至中咱乡急转向西，再经昌波乡汇入金沙江。麦曲河属金沙江左岸一级支流，发源于巴塘县境内海拔 5157m 的拉左拉，大致流向由北向南，河流全长约 100km，流域面积 1564km$^2$，落差 1240m，平均比降 20.7‰，为典型的山区河流。

目前麦曲河已建 3 座水电站，昌波二级水电站、纳交西水电站、中咱水电站。

昌波二级水电站，2002 年建成，坝址多年平均流量 20m$^3$/s，装机 2×500kw，拦河坝址距河口约 7km；中咱电站建于 2013 年，装机 3×250kw，厂房距河口约 38km，拦河坝距河口约 41km，引水渠长 3km；纳交西水电站，1999 年建成，坝址多年平均流量 11.5m$^3$/s，装机 2×500kw，坝址距河口约 44km。引水渠长 1.5km。



纳交西电站坝址



中咱水电站厂房



昌波二级电站坝址



昌波二级电站厂房

**（3）格亚顶河**

格亚顶河位于坝址右岸上游 3.6km 处。格亚顶河上有 1 处水电站格亚顶水电站，在德钦县羊拉乡境内，为引水式电站，水头 520m，装机 2×5MW，厂房、机组位于金沙江边，机组安装高程 2115m，已于 2006 年建成投产发电，原投资 8500 万元。旭龙水电站将淹没厂房、机组等设施。



格亚顶电站厂房

**（4）定曲河**

定曲河是金沙江上段左岸一级支流，发源于理塘县沙鲁里山主峰格聂山西麓，自北向南流，经理塘、巴塘、乡城、得荣四县，在得荣县奔都桥左纳玛曲，于古学大桥与最大支流许曲河汇合，在古学以下汇入金沙江。定曲河流经得荣县城松麦镇，故又称松麦河，其河道全长约 226km，流域面积 12213km$^2$。

2004 年 12 月编制的《四川省定曲河干流乡城、得荣段水电规划报告》提出的定曲河干流各梯级水电站开发任务是发电，兼有环境生态、灌溉等综合用水要求。同时报告推荐规划河段采用 8 级(乡城 3 级、得荣 5 级)开发，梯级电站自上而下依次为松多、正斗、水若、门扎、扎杂、得荣、奔都、古学，利用落差 1026m，总装机容量 273MW，保证出力 54.90MW，年发电量 13.65 亿 kW·h。

据 2005 年 3 月四川省发展改革委、水利厅以“川发改能源[2005]147 号”文下发《四川省许曲河干流乡城、得荣段水电规划报告(修订本)》审查批复意见，同意许曲河乡城、得荣段以“一库六级”进行开发，其中乡城境内从上至下规划有古瓦、娘拥、乡城、洞松、格龙五个梯级，总装机容量 47.7 万 kW，多年平均年发电量 23.26/23.69 亿 kW·h(单独/联合运行)。得荣县河段规划一级去学电站，装机 120MW，年发电量 6.07 亿 kW·h，总投资 7.47 亿元。

2004 年 11 月编制完成的《四川省甘孜州玛曲水电规划报告》中，规划了定曲河支流玛曲的引水枢纽工程，以及指岛、且勇、通仁 3 座引水式电站。

目前，干流古学电站总装机容量为 90MW，2015 年 8 月投产发电，为引水式电站；干流鱼根电站总装机容量为 1100KW，1995 年 12 月实施了增容改扩建工程，1997 年 11 月建成投产，为引水式电站。支流玛曲建成通仁水电站和玛曲引水工程，支流许曲河建成娘拥、乡城等水电站。根据《四川省人民政府关于进一步加强和规范水电建设管理的意见》(川府发〔2016〕47 号)，其他梯级因装机容量小于 5 万 kW，已全部停止核准建设。



鱼根电站坝址



鱼根电站厂房



古学电站坝址



古学电站厂房

**（5）冈曲**

岗曲又名交界河，发源于格咱乡冈波亚雪山西坡。上游称翁水河，流经翁水、永满，到纳格拉始称冈曲河，再经巴拉、水庄，至尼西乡上桥往南从左岸汇入金沙江。河长 98km，流域面积 2664km$^2$。多年平均流量 43.7m$^3$/s，水能理论蕴藏量达 62.95 万 kw。格咱乡翁水村碧融峡谷始，至尼西乡上桥头村，为巴拉更宗大峡谷，长约 110km，相对高差约 3340m，峡谷最狭窄的河面约在 2 m 左右，最宽的地段约在 50m，整个峡谷平均坡度约在 40°到 60°左右，局部地区坡度在 80°到 90°左右。

沿岸居民以藏族为主，渔民极少，偶有彝族同胞垂钓。河流上游位于巴拉格宗景区内，生态环境良好。河流除下游建有小型引水电站格咱河电站外，基本处于未开发状态。格咱河电站由于 2013 年地震破坏，目前已废弃。



**格咱河水电站拦河坝**

### 4.4.5.2 地下水

金沙江流域巴塘河口至石鼓为金沙江上段，人均占有水资源量高，多年平均地下水资源量为 151.7 亿 m$^3$，地下水资源开采量为 0.067 亿 m$^3$，利用率低下。旭龙水电站工程评价范围目前没有开发利用地下水作为生活和饮用水的情况。

## 4.4.6 交通条件

**（1）公路交通**

坝址右岸有羊拉公路通过，羊拉公路南接得荣公路和 G214 国道，北至羊拉乡和羊拉铜矿，公路已经多次改建，现标准为三级公路、路基宽度约为 7.5m、沥青混凝土路面。坝址左岸得荣公路（二得公路）连接得荣县和 G214 国道，标准为三级公路、路基宽度约 8m、沥青路面。G214 国道通往香格里拉、丽江、大

理，香格里拉～德钦段原标准为四级公路，经多年整修大部分达到二级公路。G214 国道至大理其他段公路标准已达到二级标准，大理-丽江-香格里拉高速已修建完成，正准备通车；公路交通比较方便。

**（2）铁路交通**

目前正在运营的距坝址最近的火车站是丽江火车站，距离坝址 327km，较近的机场有香格里拉和丽江机场。大理～丽江铁路 164km，2009 年通车。丽江～香格里拉铁路 139km，预计 2020 年通车。附近的机场有大理，丽江、香格里拉机场。

**（3）水路交通**

长江上游距离坝址最近的港口位于水富县，距丽江公路里程约 1081km。除水富至宜宾段为通航河段外，其余基本为不通航河段。水富至宜宾段为金沙江航道为IV级航道，宜宾以下进入长江航道，航道条件及维护较好。水富港有向家坝水电站专用大件码头，码头设有 560t 桅杆吊，以及 1000t 泊位一个。

## 4.5生态敏感区

经调查，旭龙水电站工程区周围 40km 范围内的生态敏感区主要有芒康滇金丝猴国家级自然保护区、白马雪山国家级自然保护区、下拥省级自然保护区、嘎金雪山州级自然保护区、三江并流国家级风景名胜区和太阳谷风景名胜区共 6 处。

### 4.5.1 芒康滇金丝猴国家级自然保护区

**（1）基本情况**

西藏芒康滇，金丝猴国家级自然保护区位于西藏芒康县，中国第二个滇金丝猴国家级自然保护区。该自然保护区原名西藏红拉山自然保护区，1985 年被芒康县列为县级自然保护区，1992 年被西藏列为自治区级自然保护区，2002 年 11 月晋升为国家级自然保护区。西藏芒康滇金丝猴国家级自然保年护区以红拉山为主，东西宽约 30km，南北长 96km，总面积 185300hm$^2$，共分为 2 个核心区、4 个缓冲区及 2 个实验区。核心区面积为 87090hm$^2$（其中朋波拉核心区面积 50740hm$^2$，与云南白马雪山国家级自然保护区的核心区相连；美德核心区面积

36350hm$^2$）占总面积的 47%，主要是滇金丝猴栖息地及原始针叶林分布区；缓冲区面积为 45770hm$^2$（其中日根缓冲区面积 18690hm$^2$；麻吉缓冲区面积 6460hm$^2$；门巴缓冲区面积 8220hm$^2$；小昌都-亚中缓冲区面积 12400hm$^2$），占总面积的 24.7%；试验区面积为 52440hm$^2$（其中盐井实验区面积 9620hm$^2$；徐中-普拉实验区面积 42820hm$^2$），占总面积的 28.3%。

**（2）主要保护对象**

西藏芒康滇金丝猴国家级自然保护区是中国山地生物物种多样性较丰富并具有典型代表性的地区之一，属野生动植物类型自然保护区。该自然保护区主要保护对象为国家一级保护动物滇金丝猴、斑尾榛鸡、马来熊、绿尾虹雉等珍惜濒危动物及其生态系统。该保护区是中国滇金丝猴最重要的分布地之一，已发现滇金丝猴种群数量 700 余只（2013 年）。

**（3）陆生动植物现状**

保护区纬度高，山高谷深，山高谷深的地形使区内的原始森林保存比较完好。保护区立体气候明显，森林植被保存较好，森林覆盖率 70%～80%，森林类型有阔叶林、针阔混成林、高山草甸等，分布着云南红豆杉、油麦吊云杉、云杉、冷杉、红松、雪松、高山松、高山栋、高山柳、红柳、白柳、山杨、云松、高山草甸等珍贵林木。

保护区有维管束植物 79 科 235 属 447 种，有经济植物 69 科 130 属 157 种，药用植物 52 科 107 属 132 种。名贵的药材主要有冬虫夏草、知母、贝母、大黄、胡黄连、红景天、当归、党参、三七等。名藏药珍珠七十丸、二十丸、常觉等饮誉藏东，驰名区内外。代表植物为红松、云南红豆杉。

自然保护区位于横断山脉中部。南北走向的山脉，由于地形、地貌的特殊性，造成气候、土壤和森林植被类型的多样性，为野生动物扩展提供了通道，使保护区内蕴育了众多的野生动植物资源，包括珍稀濒危物种滇金丝猴等。区内有脊椎动物 19 目 39 科 158 种，其中两栖爬行类 2 目 4 科 6 种；鸟类 11 目 21 科 95 种；哺乳动物 6 目 14 科 57 种。

保护区内已发现国家重点保护动物 60 种，其中有云豹、雪豹、斑尾榛鸡、绿尾虹雉等国家一类重点保护动物 12 种，小熊猫、猞猁、马来熊、藏马鸡、鹦鹉、秃鹰等国家二类保护动物 48 种。区内其它珍贵动物还有苏门羚、林麝、岩羊、白腹锦鸡等。野生动物药材有麝香、鹿茸、牛黄、雪蛙等。

**（4）与工程区位关系**

西藏芒康滇金丝猴自然保护区位于旭龙水电站库区右岸支流丹达曲中上游，西藏芒康县境内。沿丹达曲分布有门巴缓冲区，其沿河边界海拔高程约 2400m，主要保护对象针叶林分布海拔高程 3000m 以上。

保护区边界距坝址的直线距离约 19.61km，距丹达曲口直线距离约 14.12km。旭龙水电站正常蓄水位 2302m 时，丹达曲最大回水约 2.6km，旭龙水电站不涉及该保护区。

## 4.5.2 白马雪山国家级自然保护区

**（1）基本情况**

白马雪山国家级自然保护区位于云南省西北部迪庆藏族自治州德钦和维西县境内，国务院以国发〔1988〕30 号批准成为国家级自然保护区，保护区总面积为 1901.44km$^2$。2010 年保护区范围调整过 1 次，《关于调整扩大白马雪山国家级自然保护区有关问题的通知》（国办函〔2000〕35 号）中保护区总面积调整为 2816.4km$^2$。为了更好地保护白马雪山地区生物多样性特别是滇金丝猴及其栖息地，协调生态保护与当地群众生产生活及社会稳定的关系，2018 年 7 月，保护区范围又进行了一次调整，调整后的保护区总面积为 2821.06km$^2$。

保护区范围为北纬 27°25′—28°36′、东经 98°47′—99°21′之间，东临金沙江河谷，至德钦县奔子栏镇后，接格里雪山山脊线到维西县塔城乡的马跨底，南至维西县白济汛乡的安一，北起德钦县羊拉乡的巴杂丫口，西以白马雪山山脊线至维西县叶枝乡海拔 2120m 以上的山腰为界。

**（2）主要保护对象**

白马雪山自然保护区是中国面积最大的滇金丝猴国家级自然保护区。主要保护对象为高山针叶林、山地植被垂直带自然景观和滇金丝猴。

**（3）陆生动植物现**状

白马雪山国家级自然保护区属于寒温性森林生态系统类型，是中国低纬度高海拔地区生物资源保存比较完整而原始的高山针叶林区。按中国植被区系的分区，属中国———东喜马拉雅森林植物亚区、横断山脉地区，是世界上高山植物最丰富的区域。保护区已发现的种子植物有 142 科，587 属，1747 种（含亚种、变型和变种），其中裸子植物 6 科 14 属 29 种，被子植物 136 科 573 属 1718 种。

保护区内有国家重点保护珍稀植物 24 种。保护区植物区系的科、属、种繁多，并几乎包含了世界温带分布的所有木本属，如冷杉、云杉、松、槭、桦、栎、杜鹃等。

根据中国动物地理区划，保护区动物属东洋界、西南区、三江纵谷亚区（横断山亚区）。保护区内哺乳类 9 目 23 科 70 属 100 种，占中国哺乳类总种数的 16.8%，云南的 33.3%。保护区有 27 种珍稀保护动物，其中国家I级保护动物有滇金丝猴、雪豹、金钱豹、云豹等 4 种，国家II级保护动物有猕猴、穿山甲、矮岩羊、岩羊等 20 种。保护区迄今为止共记录鸟类 246 种，种数约占云南省记录鸟类种数的 30.7%，属国家 I 级重点保护鸟类的有黑鹳、黑颈鹤、金雕、胡兀鹫等 8 种，属国家 II 级重点保护鸟类的有黑鸢、苍鹰等 24 种。

**（4）与工程区位关系**

云南白马雪山自然保护区（调整后）位于旭龙坝址下游右岸的云南省迪庆州德钦县和维西县境内，旭龙坝址距保护区边界直线距离约18.61km，保护区达日至奔子栏段的边界紧邻金沙江，位于奔子栏水文站天然水位2014m以上，旭龙水电站不涉及该保护区。

### 4.5.3 四川下拥省级自然保护区

**（1）基本情况**

四川下拥自然保护区属四川省甘孜州得荣县，于2004年4月25号，经四川省人民政府川府〔2003〕96号文件批准为省级自然保护区。

四川省下拥自然保护区位于甘孜藏族自治州得荣县境内，地理位置为东经99º14′～99º27′，北纬28º12′～28º28′。行政区域涉及古学乡和子庚乡，保护区总面积23693hm$^2$，核心区主要位于保护区中上部，面积11599.83hm$^2$，占保护区总面积的48.96%；缓冲区位于核心区外围，面积7362.33hm$^2$，如金沙江沿岸古学乡以下至子庚乡一带，占保护区总面积的31.07%；实验区比较集中，主要是古学乡、下拥村及下拥沟两岸，面积4730.9hm$^2$，占保护区总面积的19.97%。

**（2）主要保护对象**

四川省下拥自然保护区属森林和野生动物类保护区，主要保护对象是珍稀野生动植物，主要保护动物是林麝、马麝、岩羊、豹、黑熊、马熊、猞猁、斑羚等、保护植物有四川红杉。

**（3）与工程区位关系**

四川省下拥自然保护区（调整后）位于坝址下游左岸四川得荣县古学乡下拥村境内，旭龙坝址距保护区边界直线距离约 39.76km，工程淹没及施工均不涉及该保护区。

### 4.5.4 得荣嘎金雪山州级自然保护区

**（1）基本情况**

该保护区隶属四川省甘孜州得荣县，于 2000 年经得荣县人民政府同意设立为嘎金雪山县级自然保护区（得府函〔2000〕62 号）； 2001 年 11 月经四川省甘孜藏族自治州人民政府甘府函〔2001〕76 号文件批准为州级自然保护区。该保护区位于得荣县定曲河西岸，地理位置为东经 99°07′～99°19′，北纬 28°40′～28°58′，总面积 300km$^2$，行政区域涉及茨巫、贡波、徐龙、日龙、斯闸和松麦乡等六乡（镇），保护区核心区为嘎金雪山山脊线（海拔约 3000m）以上区域，山顶海拔高程为 4920.7m。核心区面积 150km$^2$，缓冲区面积 80km$^2$，实验区面积 70km$^2$。

**（2）保护区类型及主要保护对象**

保护区类型为野生动植物—森林生态，主要保护对象为大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等珍稀动植物，以及森林和雪山景观。

**（3）与工程区位关系**

得荣嘎金雪山州级自然保护区位于旭龙库区左岸，保护区边界距离工程（徐龙施工平台）最近距离约 1km，海拔高差约 770m。2018 年 5 月，该保护区主管部门四川省甘孜州得荣县环境保护和林业局以得环林【2018】147 号文确认，旭龙水电站不涉及得荣嘎金雪山州级自然保护区。详见附件 10。该保护区与旭龙水电站位置关系详见附图 8。

### 4.5.5 三江并流国家级风景名胜区

**（1）地理位置与范围**

三江并流国家级风景名胜区属于 1988 年经国务院批准的第二批国家级风景名胜区。三江并流风景名胜区位于滇西北青藏高原南延的横断山脉纵谷地区，包括怒江州、迪庆州、丽江市、大理州的部分地区。三江并流是指金沙江、澜沧江、

怒江并肩在崇山峻岭中奔流，为世界罕见的自然地理景观。根据国务院 2012 年批复的《云南省“三江并流”风景名胜区总体规划（2011-2020 年）》(2012 年 7 月)，三江并流国家级风景名胜区占地面积 9650.1km$^2$，其中核心景区面积 4094.45km$^2$。三江并流风景名胜区分梅里雪山、哈巴雪山、老君山、老窝山、贡山、红山、片马、聚龙、千湖山、月亮山等十个景区。

**（2）主要保护对象**

三江并流国家级风景名胜区属于世界上罕见的集地质地貌多样性、动植物多样性、景观美学多样性及民族文化多样性于一体的高山峡谷自然区域。主要景观有三江并流、高山雪峰、峡谷险滩、林海雪原、冰蚀湖泊等。

**（3）与工程区位关系**

三江并流国家级风景名胜区-梅里雪山景区距离旭龙坝址 30.3km，红山景区距离旭龙坝址 25.66km。该保护区与旭龙水电站位置关系详见附图 7 和附件 11。

### 4.5.6 四川省太阳谷风景名胜区

**（1）地理位置与范围**

四川省太阳谷风景名胜区隶属四川省甘孜州得荣县，于 2004 年 3 月经四川省人民政府川府函〔2003〕62 号文件批准为省级风景名胜区。太阳谷风景区是以高原自然山地风光和藏族人文风情文化为景观主体、以壮丽秀美的原始粗犷为景观特征，供人们观光浏览、探险猎奇的风景名胜区。风景区总面积 641.08km$^2$，行政区划涉及得荣县奔都、古学、子庚 3 乡，包括日主共景区、拉波峡谷景区、莫木景区、吉普突改景区、许曲峡谷景区、下拥景区、布若嘎宗景区、阿洛共景区等 8 个风景浏览区和 3 个高原生态保护区。风景名胜区外围保护区位于风景名胜区规划范围以外，以县境内由子庚、古学至奔都乡金沙江东岸、定曲河东西两岸上林区线以下为界，总面积 205.59 km$^2$。

**（2）保护区类型及主要保护对象**

该风景区风景类型属山岳型，山地峡谷亚类，其景源由类型多样的自然与人文景观组成。主要景源有：雪域冰峰景观、高山海子景观、高山峡谷景观、原始森林景观、宗教寺庙文化景观和藏族村寨与民族风情景观等。

（3）与工程区位关系

太阳谷风景名胜区位于坝址下游左岸的得荣县境内，旭龙坝址距风景名胜区

边界直线距离约 39.7km，距离定曲河古学电站 2km。

表 4.5-1　　旭龙水电站周边生态敏感区基本情况表

| 类型 | 序号 | 名称 | 级别 | 位置 | 面积（$km^2$） | 主要保护对象 | 与工程位置关系 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 自然保护区 | 1 | 芒康滇金丝猴国家级自然保护区 | 国家级 | 西藏芒康县 | 1853 | 滇金丝猴、斑尾榛鸡、马来熊、绿尾虹雉等珍稀濒危动物及其生态系统 | 保护区位于旭龙库区右岸支流丹达曲中上游，距坝址直线距离 19.61km，距离丹达曲口直线距离约 14.12km。 |
| | 2 | 白马雪山国家级自然保护区 | 国家级 | 云南迪庆藏族自治州德钦和维西县 | 2821.06 | 高山针叶林、山地植被垂直带自然景观和滇金丝猴 | 保护区位于坝址下游右岸，距坝址直线距离约 18.61km。 |
| | 3 | 下拥省级自然保护区 | 省级 | 四川省甘孜州得荣县 | 236.93 | 珍稀野生动植物 | 保护区位于坝址下游左岸，距坝址直线距离 39.76km。 |
| | 4 | 嘎金雪山州级自然保护区 | 州级 | 四川省甘孜州得荣县 | 300 | 大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等珍稀动植物，以及森林和雪山景观 | 保护区位于旭龙库区左岸，保护区边界距离工程（徐龙冲沟施工平台）最近距离淹没线约 1km，海拔高差约 770m。 |
| 风景名胜区 | 5 | 三江并流国家级风景名胜区 | 国家级 | 怒江州、迪庆州、丽江市、大理州的部分地区 | 9650.1 | 高山峡谷自然景观 | 三江并流国家级风景名胜区-梅里雪山景区距离旭龙坝址 30.3km，红山景区距离旭龙坝址 25.66km。 |
| | 6 | 太阳谷风景名胜区 | 省级 | 四川省甘孜州得荣 | 641 | 山地峡谷自然景观、人文景观 | 风景名胜区位于坝址下游左岸的得荣县境内，旭龙坝址距风景名胜区边界直线距离约 39.7km |

# 4.6环境质量现状评价

## 4.6.1 地表水环境

### 4.6.1.1 水功能区划

按照 2011 年国务院批准的《全国重要江河湖泊水功能区划(2011～2030)》，旭龙水电站库、坝区均位于金沙江川藏滇缓冲区内，工程所在河段执行地表水Ⅱ类水质标准。

### 4.6.1.2 污染源现状

评价单位于 2013 年 4 月、2018 年 6 月两次对金沙江旭龙水电站施工区、库区及坝下污染源开展了现场调查，调查范围包括工程涉及的 2 省（云南省/四川省）3 县（德钦县/巴塘县/得荣县）的 8 个乡镇。

**（1）工业污染源**

调查结果表明，旭龙水电站工程涉及的工业企业有羊拉矿山，由于羊拉矿山的生产废水和生活污水不外排、生活垃圾全部送入垃圾处理池处理等，仅选矿工程产生少量的粉尘，为无组织排放，对外环境影响较小，故该工程所处江段基本无工业污染源分布。

**（2）农业污染源**

调查结果表明，工程涉及的 8 个乡镇农业种植施用化肥以氮肥和复合肥为主，经植物吸收后残留的农药和化肥，经雨水淋溶，由地表径流带入水体。工程区周围多为山区、半山区或峡谷区，受自然条件制约，农业生产方式相对落后，农业面源污染不大。

工程区各乡牲畜养殖方式均为散养或散、放养状态，牲畜排放的污染物都以自然削减的方式削减，不排入河道。详情见表 4.6-1 所示。

表 4.6-1　工程区各乡牲畜污染源现状

| 乡村名称 | 行政区划 | 污染物排放定额(L/头牛·天) | 污染物排放量(吨/年) | 排放方式 |
|---|---|---|---|---|
| 羊拉乡 | 云南省德钦县 | 8.32 | 7339.9 | 散排 |
| 奔子栏镇 | | 8.32 | 1761.3 | |
| 昌波乡 | 四川省巴塘县 | 8.32 | 5493.6 | 散排 |
| 中心绒乡 | | 8.32 | 3817.3 | |
| 地巫乡 | | 8.32 | 8129.5 | |
| 徐龙乡 | 四川省得荣县 | 8.32 | 2784.8 | 散排 |
| 贡波乡 | | 8.32 | 2493.2 | |
| 曲雅贡乡 | | 8.32 | 4120.9 | |

**（3）生活污染源**

各乡排放的生活污水中污染物主要类型有：SS、COD、$BOD_5$、$NH_3$-N、阴离子表面活性剂和粪大肠菌群，排放方式无规律，排放时段不定，且各乡均无污水处理设施。大多数村庄没有污水管网，所以有约 85%的生活污水被土地吸收消纳，只有约 15%的生活污水流入到江河中，最终影响金沙江的水质。各乡生活污水排放量及各污染物排放量如下表所示。

表 4.6-2　工程区各乡排放的生活污水中污染物排放现状

| 乡村名称 | | 行政区划 | 污水排放量($m^3$/年) | 污染物排放量(吨/年) | | | | 排放去向 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | SS | COD | $BOD_5$ | $NH_3$-N | |
| 羊拉乡 | 1 号沟 | 云南省德钦县 | 3114.18 | 1.40 | 1.71 | 1.09 | 0.09 | 甲功河 |
| | 2 号沟 | | 453.3 | 0.20 | 0.25 | 0.16 | 0.01 | 格亚顶河 |
| | 3 号沟 | | 2030.13 | 0.91 | 1.12 | 0.71 | 0.06 | 茂顶河 |
| | 4 号沟 | | 2398.1 | 1.08 | 1.32 | 0.84 | 0.07 | 丹达曲 |
| 奔子栏镇 | | | 2603.91 | 1.43 | 0.08 | 1.17 | 0.90 | 金沙江 |
| 昌波乡 | | 四川省巴塘县 | 3596.0 | 1.62 | 1.98 | 1.26 | 0.11 | 麦曲河 |
| 中心绒乡 | | | 4839.90 | 2.18 | 2.66 | 1.69 | 0.15 | 然丁沟 |
| 地巫乡 | | | 4447.89 | 2.00 | 2.45 | 1.56 | 0.13 | 地巫河 |
| 徐龙乡 | | 四川省得荣县 | 3260.91 | 1.47 | 1.79 | 1.14 | 0.10 | 徐龙冲沟 |
| 贡波乡 | | | 2590.77 | 1.17 | 1.42 | 0.91 | 0.08 | 贡波河 |
| 曲雅贡乡 | | | 3797.46 | 1.71 | 2.09 | 1.33 | 0.11 | 金沙江 |

### 4.6.1.3 常规监测断面水质

据调查，金沙江旭龙河段目前仅在奔子栏~石鼓断面分布有两处国控断面，分别是距旭龙坝址 85km 左右的贺龙桥断面和 277km 的新华断面。

本次收集了 2014 年～2018 年两处国控断面水质监测成果。经评价，两处国控断面水质基本满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质要求。




图 4.6-1　金沙江贺龙桥断面 2014～2018 年水质监测成果




图 4.6-2　金沙江新华断面 2015～2018 年水质监测成果

### 4.6.1.4 水质现状补充监测与评价

**（1）地表水水质现状**

为了解工程影响河段水质现状，评价单位委托相关资质单位对旭龙水电站工程地表水环境进行了三轮次监测，监测时间分别为 2012 年 11 月、2013 年 3 月、2013 年 8 月、2015 年 11 月、2016 年 2 月、2016 年 8 月、2019 年 3 月、2019 年 4 月和 2019 年 7 月。

1）2016 年水质监测

监测断面共 9 处，分别为金沙江干流麦曲河入河口上游 500m、金沙江干流麦曲河入河口下游 100m、金沙江干流中岩河入河口下游 100m、羊拉道班（里曲沟口，距坝址约 40km ）、旭龙坝址上游 1km、坝址下游 5km（茂顶河沟口）、7#：支流，麦曲河入河口上游 200m、支流，中岩河羊拉乡上游 100m、支流，中岩河入河口上游 200m。

水质评价指标共 25 项(部分监测断面水质指标为 16 项)，即：水温、pH、溶解氧、氨氮、总氮、总磷、石油类、COD、$BOD_5$、阴离子表面活性剂、高锰酸盐指数、粪大肠菌群、挥发酚、硫化物、氟化物、悬浮物、汞、砷、硒、铜、铅、锌、镉、铁、铬（六价）。

2）2019 年水质监测

2019 年开展了补充监测工作，监测断面共 19 处，其中干流 9 处，分别为苏洼龙坝址下游 1km、麦曲汇口上游 500m、麦曲汇口下游 100m、里曲沟口、旭龙坝址、旭龙坝址下游 5km、定曲河口上游 500m、定曲河口下游 100m、巨甸镇红顶村等。支流布设监测断面 10 处，分别为：支流麦曲河纳交西电站尾水口、中咱乡下游 100m、麦曲河汇口上 100m，支流丹达曲汇口上游 3000m、汇口上游 100m，支流定曲河得荣县城上游 1km、得荣县城下游 500m、古学电站库尾断面、古学电站厂房尾水断面，支流瓮水河汇口上游 100m 等。监测断面设置见附图 12。

水质评价指标共 24 项，即：水温、pH、溶解氧、氨氮、总磷、石油类、COD、$BOD_5$、阴离子表面活性剂、高锰酸盐指数、粪大肠菌群、挥发酚、硫化物、氟化物、悬浮物、汞、砷、硒、铜、铅、锌、镉、铁、铬（六价）。

**（2）地表水水质现状评价**

采用单项水质参数评价，即选用标准指数法对地表水水质现状进行评价，公式如下：

单项水质参数 i 在 j 点的标准指数的计算公式：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{si}$$

式中：$S_{i,j}$——单项水质参数 $i$ 在 $j$ 点的标准指数；

$C_{i,j}$——污染物 $i$ 在监测点 $j$ 的浓度（mg/l）；

$C_{si}$——水质参数 $i$ 的地表水水质标准（mg/l）。

溶解氧（$DO$）标准指数的计算公式：

$$S_{DO,j}=|DO_f-DO_j|/(DO_f-DO_s)\ (DO_f \geq DO_s\text{时})$$

$$S_{DO,j}=10-9\times DO_j/DO_s\ (DO_f < DO_s\text{时})$$

式中：$S_{DO,j}$——单项水质参数 $DO$ 在 j 点的标准指数；

$DO_j$——水质参数 $DO$ 在 $j$ 点的浓度（mg/l）；

$DO_f$——饱和溶解氧浓度（mg/l），按下式计算：

$DO_f=468/(31.6+T)$；

$DO_s$——溶解氧的地表水水质标准（mg/l）。

pH 值标准指数的计算公式：

$$S_{\mathrm{pH},j}=(7.0-\mathrm{pH}_j)/(7.0-\mathrm{pH}_{sd})\ (\mathrm{pH}_j \leq 7.0\text{时})$$

$$S_{\mathrm{pH},j}=(7.0-\mathrm{pH}_j)/(\mathrm{pH}_{su}-7.0)\ (\mathrm{pH}_j > 7.0\text{时})$$

式中：$S_{\mathrm{pH},j}$—— 单项水质参数 pH 在 $j$ 点的标准指数；

$\mathrm{pH}_j$——水质参数 pH 在 $j$ 点的浓度；

$\mathrm{pH}_{sd}$——地表水水质标准中规定的 pH 值下限；

$\mathrm{pH}_{su}$——地表水水质标准中规定的 pH 值上限。

采用标准指数法对地表水水质进行评价，评价结果如下：

1）2016 年水质现状监测评价

金沙江工程段现状水质良好，除悬浮物和挥发酚外，其他所有水质指标均满足水功能区水质控制目标要求。

2）2019 年水质现状监测评价

金沙江干流现状水质良好。枯水期评价河段总体水质较好，满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质标准；平水期，定曲河汇口上游 500m 断

面氨氮为III类；丰水期，里曲沟口总磷为III类。除此之外，其他水质指标均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质标准，部分水质指标可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅰ类水水质标准。

经对麦曲河、丹达曲、定曲河、瓷水河等支流监测结果分析，丹达曲、瓷水河水质较优，水质指标均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质标准，部分水质指标可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅰ类水水质标准。麦曲河由于中咱、昌波等集镇排污影响，部分时段总磷、阴离子表面活性剂指标偶有出现为III类的情况。定曲河古学水电站厂房尾水断面，部分时段氨氮、总磷偶有出现III类的情况，其余指标均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质标准。

## 表 4.6-3　旭龙水电站地表水现状水质评价结果表（2016 年）

| 指标＼断面 | 项目 | 1#：金沙江（麦曲河入河口上游 500m） | | | 2#：金沙江（麦曲河下游 100m） | | | 3#：金沙江（中岩河入河口下游 100m） | | | 4#：金沙江（里曲沟口距坝址约 40km ） | | | 5#：金沙江（旭龙坝址上游 1km） | | | 6#：金沙江（坝址下游 5km 茂顶河沟口） | | | 7#：麦曲河（麦曲河入河口上游 200m） | | | 8#：中岩河（羊拉乡上游 100m） | | | 9#：中岩河（入金沙江口上游 200m） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 |
| PH（无量纲） | 监测值 | 7.7 | 7.4 | 7.4 | 7.6 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.8 | 7.6 | 7.6 | 7.8 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.9 | 7.6 | 7.6 | 7.9 | 7.9 | 7.7 | 8.0 | 7.8 | 7.9 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 溶解氧 | 监测值 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.0 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.4 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.4 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 6.5 | 6.4 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.4 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 6.1 | 6.1 |
| | 评价结果 | II | II | II | II | II | II | III | II | II | III | II | II | II | II | II | II | II | II | III | II | II | III | II | II | III | II | II |
| 总磷 | 监测值 | <0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | <0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | II | II | I | II | II | II | I | II | II | II | II | I | II | I | II | II | I | II | II | II | II |
| 总氮 | 监测值 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| | 评价结果 | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | III | II | II | I | II | II | I | II | II | II | II | II |
| 氨氮 | 监测值 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | II | I | I | II | I | I | II | I | I | II | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 石油类 | 监测值 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | 0.02 | 0.03 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 | 0.03 | <0.04 | 0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 | 0.03 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 | 0.02 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 化学需氧量 | 监测值 | 9.3 | 13.3 | 13.3 | 9.3 | 13.6 | 13.6 | 8.7 | 14.3 | 13.6 | 9.3 | 14.4 | 14.5 | 10.0 | 14.5 | 14.1 | 11.0 | 14.1 | 13.8 | 9.7 | 13.6 | 14.3 | 8.7 | 13.8 | 14.4 | 9.3 | 13.1 | 13.1 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 五日生化需氧量 | 监测值 | <2 | 2.5 | 2.5 | <2 | 2.6 | 2.5 | <2 | 2.7 | 2.6 | <2 | 2.7 | 2.4 | <2 | 2.4 | 2.7 | <2 | 2.7 | 2.6 | <2 | 2.5 | 2.7 | <2 | 2.6 | 2.7 | <2 | 2.5 | 2.5 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 阴离子表面活性剂 | 监测值 | <0.05 | 0.06 | 0.06 | <0.05 | 0.05 | 0.06 | <0.05 | 0.05 | 0.05 | <0.05 | 0.1 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | <0.05 | 0.06 | <0.05 | <0.05 | 0.06 | 0.05 | <0.05 | 0.06 | 0.05 | <0.05 | 0.05 | 0.05 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |

| 断面<br>指标 | 项目 | 1#：金沙江（麦曲河入河口上游 500m） | | | 2#：金沙江（麦曲河下游 100m） | | | 3#：金沙江（中岩河入河口下游 100m） | | | 4#：金沙江（里曲沟口距坝址约 40km ） | | | 5#：金沙江（旭龙坝址上游 1km） | | | 6#：金沙江（坝址下游 5km 茂顶河沟口） | | | 7#：麦曲河（麦曲河入河口上游 200m） | | | 8#：中岩河（羊拉乡上游 100m） | | | 9#：中岩河（入金沙江口上游 200m） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 |
| 高锰酸盐指数 | 监测值 | 2.7 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.0 | 2.6 | 2.2 | 1.5 | 2.7 | 2.2 | 1.7 | 2.8 | 2.1 | 2.1 | 2.9 | 2.1 | 1.9 | 2.5 | 2.2 | 2.1 | 2.7 | 2.1 | 2.1 |
| | 评价结果 | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | II | I | II | II | I | II | II | II | II | II | I | II | II | II | II | II | II |
| 粪大肠菌群 | 监测值 | 120.0 | 60.0 | 376.7 | 137.0 | 50.0 | 386.7 | 127.0 | 76.7 | 553.3 | 80.0 | 76.7 | 140.0 | 56.7 | 73.3 | 276.7 | 60.0 | 73.3 | 363.3 | 157.0 | 70.0 | 650.0 | 147.0 | 86.7 | 353.3 | 85.0 | 70.0 | 636.7 |
| | 评价结果 | I | I | II | I | I | II | I | I | II | I | I | I | I | I | II | I | I | II | I | I | II | I | I | II | I | I | II |
| 挥发酚 | 监测值 | <0.002 | 0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 | 0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 |
| | 评价结果 | I | I | III | I | I | I | I | I | I | I | I | III | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 硫化物 | 监测值 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 |
| | 评价结果 | II | I | I | I | I | I | IV | I | I | III | I | I | III | I | I | III | I | I | II | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 氟化物 | 监测值 | 0.28 | <0.05 | <0.05 | 0.26 | 0.09 | <0.05 | <0.05 | 0.01 | <0.05 | 0.26 | <0.05 | <0.05 | 0.26 | 0.08 | 0.05 | 0.27 | 0.08 | <0.05 | 0.27 | <0.05 | <0.05 | 0.21 | 0.08 | <0.05 | 0.07 | <0.05 | 0.06 |
| | 评价结果 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 汞 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.00004 | <0.0003 | <0.0003 | <0.00004 | <0.0003 | <0.0003 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.00004 | <0.0003 | <0.0003 | <0.00004 | <0.0003 | <0.0003 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 砷 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | 0.0007 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0009 | <0.0001 | <0.0001 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.0003 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0003 | <0.0001 | <0.0001 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 硒 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.0004 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0004 | <0.0003 | <0.0003 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.0004 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0004 | <0.0003 | <0.0003 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 铜 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 铅 | 监测 | - | - | - | - | - | - | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 | <0.0025 |

| 断面<br>指标 | 项目 | 1#：金沙江（麦曲河入河口上游 500m） | | | 2#：金沙江（麦曲河下游 100m） | | | 3#：金沙江（中岩河入河口下游 100m） | | | 4#：金沙江（里曲沟口距坝址约 40km ） | | | 5#：金沙江（旭龙坝址上游 1km） | | | 6#：金沙江（坝址下游 5km 茂顶河沟口） | | | 7#：麦曲河（麦曲河入河口上游 200m） | | | 8#：中岩河（羊拉乡上游 100m） | | | 9#：中岩河（入金沙江口上游 200m） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 | 丰 | 平 | 枯 |
| | 值 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 锌 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.05 | <0.05 | 0.1 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 镉 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 | <0.0005 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |
| 铁 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.03 | <0.3 | <0.3 | 0.1 | <0.3 | <0.3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.0 | <0.3 | <0.3 | 0.1 | <0.3 | <0.3 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | | - | - | | - | - | | - | - | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |
| 六价铬 | 监测值 | - | - | - | - | - | - | <0.004 | 0.015 | 0.006 | <0.004 | 0.017 | 0.007 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.004 | 0.0 | <0.004 | <0.004 | 0.0 | 0.0 |
| | 评价结果 | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I | | - | - | | - | - | | - | - | I | I | I | I | I | I |

## 表 4.6-4　枯水期旭龙水电站地表水现状水质评价结果表（2019 年）

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金沙江干流 | 苏洼龙坝址下游 1km | 监测值 | 7.1 | 0.03 | 11.3 | 1.8 | 0.05 | <0.05 | <0.5 | 7.7 | 0.59 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.140 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 90 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 麦曲汇口上游 500m | 监测值 | 7.3 | 0.04 | 12.7 | 1.9 | 0.02 | 0.1 | <0.5 | 8.0 | 0.48 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.009 | 0.153 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 123 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 麦曲汇口下游 100m | 监测值 | 7.3 | 0.04 | 11.3 | 1.7 | 0.02 | 0.1 | <0.5 | 8.1 | 0.34 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.140 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 107 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 里曲沟口 | 监测值 | 7.4 | 0.06 | 13.3 | 1.9 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 8.4 | 0.43 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.143 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 67 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 旭龙坝址 | 监测值 | 7.5 | <0.025 | 12.3 | 2.4 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 9.0 | 0.41 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.137 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 87 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 旭龙坝址下游5km | 监测值 | 7.5 | 0.06 | 13.7 | 1.5 | 0.04 | <0.05 | 1.4 | 8.1 | 0.52 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.133 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 263 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 定曲河口上游500m | 监测值 | 7.5 | 0.04 | 12.3 | 1.1 | 0.03 | <0.05 | 1.4 | 7.4 | 0.37 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.009 | 0.130 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 167 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 定曲河口下游100m | 监测值 | 7.6 | <0.025 | 14.3 | 1.9 | 0.09 | 0.1 | <0.5 | 8.2 | 0.49 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.137 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 83 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 巨甸镇红顶村 | 监测值 | 7.6 | <0.025 | 13.7 | <0.5 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 8.4 | 0.29 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.006 | 0.130 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 113 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| 支流麦曲河 | 纳交西电站尾水口 | 监测值 | 7.1 | 0.06 | 11.3 | 2.2 | 0.02 | 0.1 | <0.5 | 7.6 | 0.10 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.067 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 350 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 中咱乡下游100m | 监测值 | 7.1 | <0.025 | 11.7 | 1.6 | 0.02 | 0.1 | <0.5 | 7.5 | 0.09 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.012 | 0.060 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 110 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 汇口上游100m | 监测值 | 7.2 | 0.03 | 10.3 | 2.0 | 0.02 | 0.2 | <0.5 | 7.7 | 0.16 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.070 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 177 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| 支流丹达曲 | 汇口上游3000m | 监测值 | 7.1 | 0.04 | 11.0 | 1.1 | 0.02 | <0.05 | <0.5 | 7.3 | 0.09 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.130 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 260 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 汇口上游100m | 监测值 | 7.2 | 0.05 | 13.7 | 2.5 | 0.03 | 0.1 | <0.5 | 7.9 | 0.20 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.009 | 0.123 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 243 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流定曲河 | 得荣县城上游1km | 监测值 | 7.4 | <0.025 | 13.3 | 1.7 | 0.05 | <0.05 | <0.5 | 7.8 | 0.23 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.006 | 0.180 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 107 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 得荣县城下游500m | 监测值 | 7.3 | <0.025 | 14.7 | 1.5 | 0.03 | <0.05 | <0.5 | 7.6 | 0.06 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.187 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 243 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 古学水电站库尾断面 | 监测值 | 7.3 | <0.025 | 12.7 | 1.3 | 0.03 | <0.05 | <0.5 | 8.1 | 0.10 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.160 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 60 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 古学水电站厂房尾水断面 | 监测值 | 7.4 | 0.04 | 13.3 | 0.9 | 0.02 | <0.05 | <0.5 | 7.4 | <0.05 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.137 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 193 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| 支流瓮水河 | 汇口上游100m | 监测值 | 7.4 | <0.025 | 11.7 | 1.1 | 0.05 | <0.05 | <0.5 | 7.8 | <0.05 | <0.04 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.110 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | $<5.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 97 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |

表 4.6-5　平水期旭龙水电站地表水现状水质评价结果表（2019 年）

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金沙江干流 | 苏洼龙坝址下游1km | 监测值 | 7.4 | 0.05 | 12.0 | 2.8 | 0.04 | <0.05 | 2.1 | 6.9 | 0.46 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.167 | <0.004 | <0.001 | 0.0023 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 210 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 麦曲汇口上游 | 监测值 | 7.5 | 0.16 | 12.0 | 1.9 | 0.10 | <0.05 | 2.1 | 6.7 | 0.40 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.157 | <0.004 | <0.001 | 0.0030 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 193 |

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500m | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 麦曲汇口下游100m | 监测值 | 7.5 | 0.06 | 10.7 | 0.6 | <0.01 | <0.05 | 2.0 | 7.1 | 0.46 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.008 | 0.170 | <0.004 | <0.001 | 0.0021 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 120 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 里曲沟口 | 监测值 | 7.6 | <0.025 | 12.0 | 1.2 | 0.06 | <0.05 | <0.5 | 6.7 | 0.23 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.007 | 0.133 | <0.004 | <0.001 | 0.0021 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 263 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 旭龙坝址 | 监测值 | 7.6 | 0.10 | 12.0 | 1.3 | 0.08 | <0.05 | 2.3 | 7.2 | 0.54 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.160 | <0.004 | <0.001 | 0.0021 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 197 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 旭龙坝址下游5km | 监测值 | 7.7 | 0.29 | 12.0 | 1.4 | 0.05 | <0.05 | 2.7 | 7.7 | 0.69 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.008 | 0.157 | <0.004 | <0.001 | 0.0025 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 203 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 定曲河口上游500m | 监测值 | 7.7 | 0.63 | 12.0 | 1.1 | 0.05 | <0.05 | 2.2 | 6.9 | 0.80 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.153 | <0.004 | <0.001 | 0.0021 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 350 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 定曲河口下游100m | 监测值 | 7.7 | 0.19 | 12.0 | <0.5 | 0.03 | <0.05 | 2.0 | 7.5 | 0.39 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.009 | 0.157 | <0.004 | <0.001 | 0.0015 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 120 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 巨甸镇红顶村 | 监测值 | 7.8 | 0.17 | 12.0 | <0.5 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 7.2 | 0.40 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.008 | 0.147 | <0.004 | <0.001 | 0.0015 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 260 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流麦曲河 | 纳交西电站尾水口 | 监测值 | 7.2 | 0.23 | 12.0 | 1.4 | 0.02 | <0.05 | <0.5 | 7.0 | 0.34 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.060 | <0.004 | <0.001 | 0.0011 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 293 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 中咱乡下游100m | 监测值 | 7.2 | 0.06 | 12.0 | 0.5 | 0.05 | <0.05 | <0.5 | 6.7 | 0.55 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.011 | 0.060 | <0.004 | <0.001 | <3.0×10-4 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 590 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.3 | 0.15 | 13.3 | <0.5 | 0.05 | <0.05 | <0.5 | 6.7 | 0.30 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.077 | <0.004 | <0.001 | 0.0019 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 230 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流丹达曲 | 汇口上游3000m | 监测值 | 7.1 | 0.33 | 12.0 | 2.3 | 0.06 | <0.05 | 2.2 | 7.1 | 0.76 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.133 | <0.004 | <0.001 | 0.0022 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 240 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.1 | 0.39 | 11.3 | 1.4 | 0.04 | <0.05 | 2.2 | 6.3 | 0.54 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.133 | <0.004 | <0.001 | 0.0017 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 383 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流定曲河 | 得荣县城上游1km | 监测值 | 7.2 | 0.08 | 7.3 | 0.7 | 0.06 | <0.05 | <0.5 | 6.4 | 0.17 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.187 | <0.004 | <0.001 | 0.0026 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 537 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 得荣县城下游500m | 监测值 | 7.1 | 0.26 | 6.0 | <0.5 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 6.7 | 0.36 | <0.04 | <3.0×10-4 | 0.008 | 0.207 | <0.004 | <0.001 | 0.0021 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 263 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 古学水电站库尾断面 | 监测值 | 7.2 | 0.64 | 12.7 | <0.5 | 0.04 | <0.05 | 1.7 | 6.5 | 0.80 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.177 | <0.004 | <0.001 | 0.0018 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 193 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 古学水电站厂房尾水断面 | 监测值 | 7.2 | 0.11 | 12.0 | <0.5 | 0.03 | <0.05 | 1.7 | 8.0 | 0.19 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.147 | <0.004 | <0.001 | 0.0024 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 58 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| 支流瓮水河 | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.2 | 0.05 | 12.7 | <0.5 | 0.04 | <0.05 | <0.5 | 7.1 | 0.22 | <0.04 | <3.0×10-4 | <0.005 | 0.107 | <0.004 | <0.001 | 0.0025 | <4.0×10-4 | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | <4.0×10-5 | 277 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |

# 表 4.6-6　丰水期旭龙水电站地表水现状水质评价结果表（2019 年）

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金沙江干流 | 苏洼龙坝址下游 1km | 监测值 | 7.3 | 0.15 | 12.0 | 1.8 | <0.01 | <0.05 | 3.0 | 6.3 | 0.54 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.367 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 437 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 麦曲汇口上游 500m | 监测值 | 7.6 | 0.19 | 12.7 | 1.0 | 0.01 | <0.05 | 2.5 | 6.6 | 0.43 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.350 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.001 | $<4.0\times10^{-5}$ | 273 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 麦曲汇口下游 100m | 监测值 | 7.3 | 0.15 | 11.3 | 1.2 | <0.01 | <0.05 | 2.7 | 6.6 | 0.36 | <0.01 | 0.001 | <0.005 | 0.197 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 197 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 里曲沟口 | 监测值 | 7.5 | 0.27 | 12.0 | 1.5 | 0.18 | <0.05 | 3.6 | 6.3 | 0.61 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.337 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.001 | $<4.0\times10^{-5}$ | 660 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 旭龙坝址 | 监测值 | 7.6 | 0.35 | 10.7 | 0.8 | 0.04 | <0.05 | 3.6 | 6.6 | 0.72 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.340 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.001 | $<4.0\times10^{-5}$ | 273 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 旭龙坝址下游 5km | 监测值 | 7.6 | 0.25 | 12.0 | 0.6 | 0.06 | <0.05 | 3.4 | 6.1 | 0.38 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.009 | 0.203 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 387 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 定曲河口上游 500m | 监测值 | 7.7 | 0.43 | 11.3 | 1.2 | 0.04 | <0.05 | 3.1 | 7.2 | 0.62 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.180 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 253 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 定曲河口下游 100m | 监测值 | 7.5 | 0.32 | 12.0 | 0.6 | 0.09 | <0.05 | 3.2 | 6.7 | 0.59 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.343 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 157 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |
| | 巨甸镇红顶村 | 监测值 | 7.7 | 0.15 | 11.3 | <0.5 | 0.02 | <0.05 | 2.1 | 6.9 | 0.32 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.337 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.001 | $<4.0\times10^{-5}$ | 590 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流麦曲河 | 纳交西电站尾水口 | 监测值 | 7.4 | 0.26 | 12.0 | 0.8 | 0.02 | <0.05 | 3.1 | 6.6 | 0.42 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.177 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.001 | $<4.0\times10^{-5}$ | 463 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 中咱乡下游 100m | 监测值 | 7.2 | 0.35 | 12.0 | 1.4 | 0.02 | <0.05 | 2.1 | 6.1 | 0.59 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.013 | 0.177 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 610 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.4 | 0.21 | 10.7 | 0.6 | 0.13 | <0.05 | 2.6 | 6.6 | 0.43 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.340 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 330 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流丹达曲 | 汇口上游 3000m | 监测值 | 7.1 | 0.36 | 13.3 | 0.9 | 0.02 | <0.05 | 2.7 | 6.0 | 0.70 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.008 | 0.343 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 297 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.2 | 0.24 | 12.0 | 1.7 | 0.04 | <0.05 | 2.7 | 6.6 | 0.41 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.014 | 0.330 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 690 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| 支流定曲河 | 得荣县城上游 1km | 监测值 | 7.4 | 0.06 | 12.0 | 0.7 | 0.03 | <0.05 | 2.1 | 6.4 | 0.16 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.667 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 277 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 得荣县城下游 500m | 监测值 | 7.1 | 0.25 | 12.0 | 0.7 | 0.01 | <0.05 | 2.1 | 6.1 | 0.43 | <0.01 | 0.00115 | <0.005 | 0.657 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | 0.002 | $<4.0\times10^{-5}$ | 257 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 古学水电站库尾断面 | 监测值 | 7.4 | 0.18 | 12.7 | <0.5 | 0.03 | <0.05 | 1.7 | 7.0 | 0.63 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | 0.013 | 0.273 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | $<4.0\times10^{-5}$ | 440 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ |
| | 古学水电站厂房尾水断面 | 监测值 | 7.4 | 0.17 | 10.7 | <0.5 | 0.13 | <0.05 | 2.2 | 7.7 | 0.23 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.150 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | $<4.0\times10^{-5}$ | 147 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅲ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |

| 相对位置 | 监测点位 | | PH（无量纲） | 氨氮 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 总磷 | 阴离子表面活性剂 | 高锰酸盐指数 | 溶解氧 | 总氮 | 石油类 | 挥发酚 | 硫化物 | 氟化物 | 六价铬 | 总氰化物 | 砷 | 硒 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 汞 | 粪大肠菌群（个/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 支流瓮水河 | 汇口上游 100m | 监测值 | 7.4 | 0.20 | 12.0 | 1.1 | 0.03 | <0.05 | 1.8 | 6.8 | 0.40 | <0.01 | $<3.0\times10^{-4}$ | <0.005 | 0.097 | <0.004 | <0.001 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | <0.05 | <0.0025 | <0.05 | <5.0×10-4 | $<4.0\times10^{-5}$ | 177 |
| | | 评价结果 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |

**（2）底泥**

为了解工程区河流底泥的质量状况，长江水保所委托相关资质单位于 2019 年 3 月进行了库区的底泥监测，主要针对羊拉铜矿尾水池下游沟口断面进行监测。根据《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），羊拉铜矿尾水池下游沟口断面底泥各项监测指标均符合 GB15618-2018 标准中要求的风险筛选值要求。

**表 4.6-7 旭龙水电站底泥监测结果表**

| 监测值 / 项目 | 污染物含量（mg/kg） |
|---|---|
| 有机质(g/kg) | 3.86 |
| 总铬 | <5 |
| 铜 | 30.8 |
| 铅 | <5 |
| 镉 | <0.2 |
| 汞 | 0.083 |
| 砷 | 13.5 |
| 锌 | 50.7 |
| 六价铬* | <2 |
| 硫化物* | 2.72 |
| 注：表中“*”为分包项目 | |

## 4.6.2 地下水环境

### 4.6.2.1 地下水水化学现状

**（1）采样点布设**

地下水环境监测井（点）的部署采用控制性布点与功能性布点相结合的布设原则。监测井点主要布设在项目建设区、影响区及周围环境敏感点和现状环境水文地质问题比较突出的部位。据此，本次调查评价共设置了 5 个监测点，分别为钻孔水 1 个、泉水 3 个、平硐水 1 个。其中 SY01 取自坝址区混合岩体内钻孔水、SY02 取自 F2 断层处经崩坡积物流出的泉水样、SY03 取自 XPD10 平硐内下游

支洞 30m 处花岗岩裂隙水，这 3 个水样均为浅层裂隙水；SY04 茂顶温泉取样点位于坝址下游右岸约 2km 茂达水支流上游约 2km 附近的溪沟中，平面上已位于旭龙水库影响范围以外，且泉口高程为 2402m，高出正常蓄水位 100m；SY05 为平硐水，该水样取自 XPD07 平硐内水平孔孔深 168m 深处，涌水量 1.1L/min，标高 2195m，出露点岩性为斜长角闪片岩。




图 4.6-3 地下水样监测点位置图

表 4.6-8　水化学全分析成果汇总表（单位：mg/L）

| 取样编号 | 水样类型 | 位置坐标 | | 取样高程 | 取样位置 | TDS | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-$ | $Ca^{2+}$ | $K^+$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | | | | | | | | | | |
| SY01 | 钻孔水 | 511757 | 3182222 | 2191m | 钻孔 XSZK1 | 248.235 | 5.340 | 20.967 | 146.50 | 35.75 | 2.333 | 5.169 | 13.68 |
| SY02 | 泉水 | 512074 | 3181476 | 2190m | 断层 F2 | 214.864 | 3.299 | 16.426 | 128.17 | 33.59 | 3.107 | 5.523 | 5.343 |
| SY03 | 泉水 | 512168 | 3180788 | 2215m | F-70 泉水点 | 235.320 | 3.552 | 27.392 | 128.16 | 31.55 | 2.798 | 7.908 | 9.496 |
| SY05 | 平硐水 | 512660 | 3181200 | 2195m | XPD07 内 | 438.234 | 17.053 | 151.619 | 109.87 | 59.56 | 12.89 | 16.48 | 34.68 |
| SY04* | 温泉水 | 511155 | 3177288 | 240m | 茂顶温泉 | 2208.465 | 123.232 | 39.910 | 1309.76 | 47.99 | 30.58 | 17.84 | 494.9 |

* ：SY04 茂顶温泉位于影响区外

**（2）采用方法及检测方法**

对用于分析阴离子（$Cl^-$、$NO^-$、$SO^{2-}$、$F^-$、$Br^-$等）的样品进行密封避光保存，对用于分析阳离子（$Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$、$Na^+$、$K^+$和其它金属元素）的样品，先用浓硝酸酸化，再密封保存。用Dionex公司生产的ICS1100测定阴离子；阳离子用感应耦合电浆放射光谱仪（ICP－OES）测定，测试结果见表4.6-9。

**（3）评价结果**

根据水化学全分析成果，分析水化学类型（舒卡列夫表达式）并研究区水化学类型Piper三线图。

表 4.6-9　常规离子毫克当量百分比及水化学类型表

| 取样编号 | 水样类型 | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Cl^-$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^++K^+$ | 水化学类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SY01 | 钻孔水 | 79.89% | 14.53% | | 62.29% | 14.85% | 22.86% | $HCO_3$-Ca |
| SY02 | 泉水 | 81.72% | 13.31% | | 68.63% | 18.60% | 12.77% | $HCO_3$-Ca |
| SY03 | 泉水 | 74.85% | 20.33% | | 58.10% | 24.01% | 17.89% | $HCO_3$-Ca |
| SY04 | 温泉水 | 82.08% | | 13.27% | | | 85.24% | $HCO_3$-Na |
| SY05 | 平硐水 | 32.97% | 57.82% | | 48.20% | 21.99% | 29.81% | $SO_4$·$HCO_3$-Ca·Na |

注：1、舒卡列夫≥25%的参加命名，都是由大至小的顺序；2、≤10%未在表格中列出

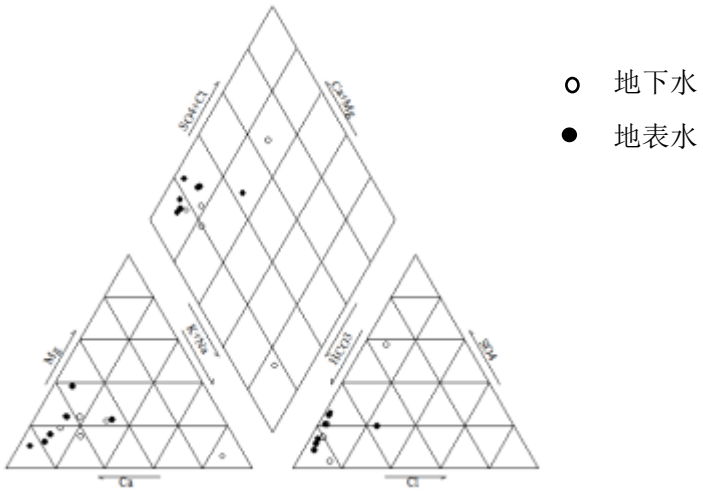



图 4.6-4　采集水样的 piper 三线图

通过Piper三线图可见：本区水样阳离子以$Ca^{2+}$为主，其次为$Mg^{2+}$，$Na^+$和$K^+$的含量较低，但茂顶温泉水的（K+Na）毫克当量数超过阳离子毫克当量数的50%；水样阴离子以$HCO_3^-$和$SO_4^{2-}$为主，$HCO_3^-$毫克当量均超过阴离子总毫克当量数的25%，$SO_4^{2-}$毫克当量超过阴离子总毫克当量数的25%的水样有2个，其中平硐水（SY05）的$SO_4^{2-}$毫克当量超过阴离子总毫克当量数的50%。

本次调查共采集地下水样5个，其中SY01、SY02、SY03 3个浅层裂隙水的$HCO_3^-$

含量为128.16 ~146.5mg/L，$SO_4^{2-}$含量为16.43 ~27.39mg/L，$Cl^-$含量最低，为3.55~5.34mg/L；$Ca^{2+}$含量31.55~35.75mg/L，$Mg^{2+}$含量5.17~7.91mg/L，$Na^+$含量5.34~13.68mg/L，$K^+$含量为2.33~2.11mg/L，TDS在214.86~248.24mg/L之间，水化学类型为HCO3-Ca型水。总体上，这3个水样阳离子以$Ca^{2+}$为主，阴离子则以$HCO_3^-$为主，总矿化度较低，反映浅层裂隙水径流途径短，地下水循环更替快的特点。

SY04泉水中含硫化氢气体，水温为45℃，水样中$HCO_3^-$含量最高，为1309.7mg/L，$Cl^-$含量为123.23mg/L，$SO_4^{2-}$含量为39.91mg/L；$Ca^{2+}$含量为47.99mg/L，$Mg^{2+}$含量为17.84mg/L，$Na^+$含量为494.9mg/L，$K^+$含量为30.58mg/L，TDS为2.21g/L，水化学类型为HCO3-Na型水。该温泉位于断层附近，水样的总矿化度高，反映出地下水径流途径长，泉点补给区高程较大，主要接受来自高山的冰雪融水和大气降水补给后，地下水通过断裂带裂隙入渗，往深部运移并向金沙江河谷径流，在茂顶村附近受沟谷切割出露成泉。根据茂顶温泉出露的平面和剖面位置及其补给来源分析，均在旭龙工程影响区以外，故未来工程建设不会对该温泉造成影响。

SY05水样的水温24.5℃，阴离子中$SO_4^{2-}$含量最高，为151.62mg/L，$HCO_3^-$次之，为109.87mg/L，$Cl^-$含量为17.05mg/L；$Ca^{2+}$含量为59.56mg/L，$Mg^{2+}$含量为16.48mg/L，$Na^+$含量为34.68mg/L，$K^+$含量为12.89mg/L，TDS为438.23 mg/L，水化学类型为$SO_4$·$HCO_3$-Ca·Na型水。总体上阴离子以$SO_4^{2-}$和$HCO_3^-$为主，阳离子以$Ca^{2+}$、$Na^+$为主，反映出有一定深度的深循环裂隙水的特征。

总体上，区内地表水的水化学特征是：成分比较简单，阴离子以 $HCO_3^-$为主、阳离子以 $Ca^{2+}$为主的低矿化度 $HCO_3$-Ca 型水。区内溪沟水大多接受区内地下水的补给，由于不同岩性含水层中地下水化学组分特征不同，因此流经不同地层溪沟水化学特征也略有差别，美容楼附近的溪水中 $SO_4^{2-}$含量相对较高，出现 $HCO_3$·$SO_4$-Ca 型水；金沙江流经范围广、地层岩性复杂，江水的水化学组分也相对复杂，为 $SO_4^{2-}$、$Cl^-$、$Na^+$含量相对较高的 $HCO_3$-Ca·Na 型水。

### 4.6.2.2 地下水环境质量现状

**（1）评价方法**

根据《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016）中有关地下水水质

现状评价的要求：地下水水质现状评价应采用标准指数法进行评价。标准指数>1，表明该水质因子已超过了规定的水质标准，指数值越大，超标越严重。标准指数计算公式分为以下两种情况：

对于评价标准为定值的水质因子，其标准指数计算公式：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}}$$

式中：$P_i$—第i个水质因子的标准指数，无量纲；$C_i$—第i个水质因子的监测浓度值，mg/L；$C_{si}$—第i个水质因子的标准浓度值，mg/L。

对于评价标准为区间值的水质因子（如PH值），其标准指数计算公式：

$$P_{PH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \qquad (pH > 7.0)$$

$$P_{PH} = \frac{pH - 7.0}{7.0 - pH_{sd}} \qquad (pH \leq 7.0)$$

式中：$P_{PH}$—pH的标准指数，无量纲；pH—pH监测值；$pH_{su}$—标准中pH的上限值；$pH_{sd}$—标准pH的下限值。

**（2）评价因子**

本项目地下水执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类水质标准。

按照以上标准，结合本建设项目地下水水质，本次评价地下水主要选取Al、As、Be、Cd、Cu、Fe、Mn、Pb、Se、氟化物、氯化物、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐为评价因子，计算水质指标标准指数，结果详见下表。

表 4.6-10　地下水水质评价表

| 评价因子 | 污染指数标准 | 取样编号 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SY01 | SY02 | SY03 | SY04 | SY05 |
| Al | 0.1 | 0.29 | 1.46 | 0.17 | 0.15 | 0.23 |
| As | 0.05 | 0.69 | 0.85 | 1.44 | 0.14 | 0.15 |
| Be | 0.0002 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 3.1 | 0.05 |
| Cd | 0.01 | 0.04 | - | 0.03 | 0.05 | - |
| Cu | 1 | - | 0.0025 | - | - | 0.0014 |
| Fe | 0.3 | - | 0.44 | - | 0.04 | 0 |
| Mn | 0.1 | 0.019 | 0.042 | 0.004 | 0.717 | 0.166 |
| Pb | 0.05 | 0.41 | 0.44 | 0.34 | 2.06 | 0.3 |
| Se | 0.01 | - | 0.03 | 1.82 | 5.4 | 0.89 |
| F | 1 | 0.32 | 0.12 | 0.17 | 6.77 | 0.41 |
| Cl | 250 | 0.021 | 0.013 | 0.014 | 0.493 | 0.068 |
| $NO_2$ | 0.02 | - | - | - | - | - |
| $NO_3$ | 20 | - | 0.09 | 0.08 | - | - |
| $SO_4$ | 250 | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 0.16 | 0.61 |

注：-代表未检出

**（3）评价结果**

根据水质检测和各指标的评价结果可知：仅SY01和SY05水样所有检测项目达标，其余3个采样点水样中存在Se、Al、Be或As等微量元素含量略高，这主要是受到区内岩石的化学成分影响，区内广泛分布变质岩和岩浆岩，岩石中Se、Al、Be、As等微量元素含量高，在水岩相互作用下，岩石中微量元素不断溶解进入地下水，导致这些元素的背景值超标，并且随着循环深度加大，水岩相互作用更强烈，超标元素的含量会更高，如茂顶温泉水的的Be、Pb、Se、F均含量较高。除温泉水（SY04）外，所有水样氟化物、氯化物、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐均未超标，反映了本区地下水受人类活动影响相对较弱的特点。

## 4.6.3 环境空气

为了解旭龙水电站工程区所在区域环境空气质量现状，评价单位委托相关资质单位于2015年11月、2016年8月、2018年8月对工程区附近主要环境敏感点进行了环境空气质量监测，共布设4点位，分别为格亚顶河沟口、茂顶河口斯木顶村、茂达水村和徐龙冲沟，监测点位设置见附图13。环境空气质量监测结果统计见表4.6-11、表4.6-12。

监测结果表明，4个监测点的环境空气环境质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准。

**表 4.6-11　旭龙水电站施工区环境空气质量监测结果统计表（2015 年 11 月）**

**单位：mg/m³**

| 采样点 | 日期 | TSP 日均浓度 mg/m³ | $PM_{10}$ 日均浓度 mg/m³ | $NO_2$ 日均浓度 mg/m³ | $SO_2$ 日均浓度 mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| 格亚顶河沟口 | 11 月 21 日 | 0.039 | 0.012 | 0.0037 | 0.0002 |
| | 11 月 22 日 | 0.036 | 0.018 | 0.0033 | 0.0006 |
| | 11 月 23 日 | 0.05 | 0.022 | 0.0032 | 0.0004 |
| | 11 月 24 日 | 0.033 | 0.017 | 0.0033 | 0.0004 |
| | 11 月 25 日 | 0.036 | 0.019 | 0.0024 | 0.0002 |
| | 11 月 26 日 | 0.035 | 0.020 | 0.009 | ≤0.003 |
| | 11 月 27 日 | 0.041 | 0.022 | 0.010 | ≤0.003 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 11 月 21 日 | 0.023 | 0.013 | 0.0024 | 0.0007 |
| | 11 月 22 日 | 0.025 | 0.012 | 0.003 | 0.0003 |
| | 11 月 23 日 | 0.031 | 0.016 | 0.0026 | 0.0006 |
| | 11 月 24 日 | 0.022 | 0.009 | 0.0025 | 0.0002 |

| 采样点 | 日期 | TSP 日均浓度 mg/m³ | $PM_{10}$ 日均浓度 mg/m³ | $NO_2$ 日均浓度 mg/m³ | $SO_2$ 日均浓度 mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 11 月 25 日 | 0.022 | 0.006 | 0.0036 | 0.0003 |
| | 11 月 26 日 | 0.024 | 0.018 | 0.0026 | 0.0004 |
| | 11 月 27 日 | 0.021 | 0.01 | 0.0038 | 0.0003 |
| 茂达水村 | 11 月 21 日 | 0.022 | 0.012 | 0.0022 | 0.0004 |
| | 11 月 22 日 | 0.023 | 0.008 | 0.0022 | 0.0005 |
| | 11 月 23 日 | 0.019 | 0.013 | 0.0024 | 0.0006 |
| | 11 月 24 日 | 0.031 | 0.008 | 0.0025 | 0.0007 |
| | 11 月 25 日 | 0.028 | 0.008 | 0.0027 | 0.0006 |
| | 11 月 26 日 | 0.022 | 0.013 | 0.0022 | 0.0007 |
| | 11 月 27 日 | 0.032 | 0.012 | 0.0024 | 0.0003 |
| 徐龙冲沟 | 11 月 21 日 | 0.03 | 0.018 | 0.0037 | 0.0003 |
| | 11 月 22 日 | 0.034 | 0.016 | 0.0027 | 0.0002 |
| | 11 月 23 日 | 0.024 | 0.011 | 0.0025 | 0.0004 |
| | 11 月 24 日 | 0.041 | 0.021 | 0.0022 | 0.0003 |
| | 11 月 25 日 | 0.031 | 0.016 | 0.0037 | 0.0004 |
| | 11 月 26 日 | 0.036 | 0.012 | 0.0032 | 0.0006 |
| | 11 月 27 日 | 0.03 | 0.013 | 0.0033 | 0.0002 |

表 4.6-12　旭龙水电站施工区环境空气质量监测结果统计表（2016 年 8 月）

单位：mg/m³

| 采样点 | 日期 | 总悬浮颗粒物（TSP）日均浓度 mg/m³ | $PM_{10}$ 日均浓度 mg/m³ | $NO_2$ 日均浓度 mg/m³ | $SO_2$ 日均浓度 mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| 格亚顶河沟口 | 8月21日 | 0.025 | 0.014 | 0.0039 | 0.0002 |
| | 8月22日 | 0.032 | 0.017 | 0.0042 | 0.0005 |
| | 8月23日 | 0.027 | 0.019 | 0.0033 | 0.0007 |
| | 8月24日 | 0.033 | 0.015 | 0.0049 | 0.0007 |
| | 8月25日 | 0.023 | 0.016 | 0.0044 | 0.0009 |
| | 8月26日 | 0.024 | 0.017 | 0.0046 | 0.0005 |
| | 8月27日 | 0.032 | 0.021 | 0.0054 | 0.0007 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 8月18日 | 0.025 | 0.012 | 0.0049 | 0.0005 |
| | 8月19日 | 0.029 | 0.019 | 0.0054 | 0.0009 |
| | 8月20日 | 0.028 | 0.015 | 0.0032 | 0.0009 |
| | 8月21日 | 0.032 | 0.016 | 0.0024 | 0.0005 |
| | 8月22日 | 0.026 | 0.009 | 0.0038 | 0.0007 |
| | 8月23日 | 0.024 | 0.020 | 0.0036 | 0.0009 |
| | 8月24日 | 0.031 | 0.013 | 0.0044 | 0.0005 |
| 茂达水村 | 8月14日 | 0.031 | 0.011 | 0.0043 | 0.0005 |
| | 8月15日 | 0.025 | 0.017 | 0.0026 | 0.0005 |
| | 8月16日 | 0.027 | 0.020 | 0.0032 | 0.0002 |
| | 8月17日 | 0.033 | 0.009 | 0.0022 | 0.0001 |
| | 8月18日 | 0.038 | 0.012 | 0.0038 | 0.0007 |

| 采样点 | 日期 | 总悬浮颗粒物（TSP）日均浓度 mg/m³ | $PM_{10}$ 日均浓度 mg/m³ | $NO_2$ 日均浓度 mg/m³ | $SO_2$ 日均浓度 mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 8月19日 | 0.025 | 0.011 | 0.0031 | 0.0005 |
| | 8月20日 | 0.017 | 0.021 | 0.0036 | 0.0009 |
| 徐龙冲沟 | 8月11日 | 0.022 | 0.012 | 0.0031 | 0.0007 |
| | 8月12日 | 0.031 | 0.016 | 0.0025 | 0.0005 |
| | 8月13日 | 0.028 | 0.011 | 0.0039 | 0.0002 |
| | 8月14日 | 0.024 | 0.009 | 0.0043 | 0.0002 |
| | 8月15日 | 0.025 | 0.020 | 0.0031 | 0.0005 |
| | 8月16日 | 0.032 | 0.016 | 0.0041 | 0.0007 |
| | 8月17日 | 0.023 | 0.015 | 0.0036 | 0.0007 |

表 4.6-13　旭龙水电站施工区环境空气质量监测结果统计表（2018 年 8 月）

单位：mg/m³

| 采样点 | 日期 | 总悬浮颗粒物（TSP）日均浓度 mg/m³ | $PM_{10}$ 日均浓度 mg/m³ | $NO_2$ 日均浓度 mg/m³ | $SO_2$ 日均浓度 mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| 格亚顶河沟口 | 08 月 15 日 | 0.049 | 0.020 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 16 日 | 0.047 | 0.019 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 17 日 | 0.049 | 0.022 | 0.014 | <0.004 |
| | 08 月 18 日 | 0.045 | 0.020 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 19 日 | 0.047 | 0.023 | 0.014 | <0.004 |
| | 08 月 20 日 | 0.044 | 0.018 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 21 日 | 0.048 | 0.021 | 0.013 | <0.004 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 08 月 15 日 | 0.045 | 0.018 | 0.015 | <0.004 |
| | 08 月 16 日 | 0.049 | 0.019 | 0.013 | <0.004 |
| | 08 月 17 日 | 0.048 | 0.016 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 18 日 | 0.043 | 0.018 | 0.014 | <0.004 |
| | 08 月 19 日 | 0.046 | 0.020 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 20 日 | 0.045 | 0.016 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 21 日 | 0.048 | 0.018 | 0.015 | <0.004 |
| 茂达水村 | 08 月 15 日 | 0.046 | 0.019 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 16 日 | 0.043 | 0.016 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 17 日 | 0.048 | 0.017 | 0.014 | <0.004 |
| | 08 月 18 日 | 0.049 | 0.019 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 19 日 | 0.048 | 0.020 | 0.015 | <0.004 |
| | 08 月 20 日 | 0.045 | 0.016 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 21 日 | 0.047 | 0.018 | 0.013 | <0.004 |
| 徐龙冲沟 | 08 月 15 日 | 0.046 | 0.020 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 16 日 | 0.043 | 0.016 | 0.013 | <0.004 |
| | 08 月 17 日 | 0.047 | 0.019 | 0.014 | <0.004 |
| | 08 月 18 日 | 0.044 | 0.017 | 0.011 | <0.004 |
| | 08 月 19 日 | 0.046 | 0.020 | 0.013 | <0.004 |
| | 08 月 20 日 | 0.045 | 0.018 | 0.012 | <0.004 |
| | 08 月 21 日 | 0.047 | 0.020 | 0.014 | <0.004 |

## 4.6.4 声环境

根据工程区的噪声现状监测，共布设4个点位，分别为格亚顶河沟口、茂顶河口斯木顶村、茂达水村和徐龙冲沟，监测点位设置见附图13。声环境监测结果统计见表4.6-14～表4.6-17。

工程施工区无大的噪声源，主要声源为自然河流水声，声环境状况良好。监测结果表明：旭龙水电站工程区的声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

表 4.6-14　旭龙水电站施工区噪声背景值监测结果统计表（2015 年 11 月）

单位：dB(A)

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| 格亚顶河沟口 | 11 月 21 日 | 昼 | 52.1 | 52.5 | 51.9 | 51.4 | 0.5 |
| | | 夜 | 54.0 | 54.5 | 53.9 | 53.2 | 0.5 |
| | 11 月 22 日 | 昼 | 52.4 | 53.0 | 52.1 | 51.5 | 0.7 |
| | | 夜 | 53.3 | 53.7 | 53.2 | 52.8 | 0.5 |
| | 11 月 23 日 | 昼 | 51.9 | 52.5 | 51.8 | 51.2 | 0.5 |
| | | 夜 | 52.9 | 53.5 | 52.8 | 52.1 | 0.5 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 11 月 21 日 | 昼 | 47.6 | 48.0 | 47.5 | 47.1 | 0.4 |
| | | 夜 | 48.4 | 48.9 | 48.2 | 47.8 | 0.4 |
| | 11 月 22 日 | 昼 | 48.5 | 49.3 | 48.2 | 47.5 | 0.7 |
| | | 夜 | 48.7 | 49.1 | 48.6 | 48.0 | 0.4 |
| | 11 月 23 日 | 昼 | 48.7 | 49.3 | 48.5 | 47.9 | 0.7 |
| | | 夜 | 48.5 | 48.8 | 48.4 | 48.1 | 0.3 |
| 茂达水村 | 11 月 21 日 | 昼 | 42.6 | 44.6 | 41.9 | 40.7 | 1.6 |
| | | 夜 | 42.4 | 44.6 | 41.4 | 39.8 | 1.9 |
| | 11 月 22 日 | 昼 | 42.4 | 44.6 | 41.6 | 39.5 | 2.1 |
| | | 夜 | 43.0 | 45.6 | 42.2 | 40.5 | 1.9 |
| | 11 月 23 日 | 昼 | 43.4 | 45.8 | 41.5 | 39.2 | 2.8 |
| | | 夜 | 40.7 | 42.9 | 39.8 | 37.9 | 1.9 |
| 徐龙冲沟 | 11 月 21 日 | 昼 | 52.8 | 53.1 | 52.7 | 52.3 | 0.5 |
| | | 夜 | 53.6 | 53.9 | 53.4 | 53.0 | 0.6 |
| | 11 月 22 日 | 昼 | 48.4 | 51.8 | 46.0 | 43.1 | 3.3 |
| | | 夜 | 43.4 | 45.8 | 41.8 | 39.6 | 2.5 |
| | 11 月 23 日 | 昼 | 44.3 | 47.6 | 42.5 | 40.5 | 2.6 |
| | | 夜 | 40.4 | 42.6 | 39.6 | 38.2 | 1.7 |

表 4.6-15　旭龙水电站施工区噪声背景值监测结果统计表（2016 年 2 月）

单位：dB(A)

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| 格亚顶河沟口 | 2 月 24 日 | 昼 | 43.2 | 43.6 | 43.0 | 42.7 | 0.7 |
| | | 夜 | 38.5 | 42.1 | 41.3 | 40.7 | 0.7 |
| | 2 月 25 日 | 昼 | 42.1 | 43.4 | 41.9 | 40.9 | 1.0 |

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| | | 夜 | 41.8 | 42.8 | 41.5 | 40.7 | 0.9 |
| | 2 月 26 日 | 昼 | 42.6 | 43.2 | 42.4 | 42.0 | 0.6 |
| | | 夜 | 41.3 | 42.0 | 41.3 | 40.6 | 0.6 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 2 月 24 日 | 昼 | 43.9 | 44.9 | 43.9 | 42.9 | 0.8 |
| | | 夜 | 41.7 | 42.9 | 41.4 | 40.6 | 1.0 |
| | 2 月 25 日 | 昼 | 41.7 | 42.2 | 41.6 | 41.3 | 0.5 |
| | | 夜 | 41.2 | 42.0 | 41.1 | 40.5 | 0.7 |
| | 2 月 26 日 | 昼 | 42.6 | 43.1 | 42.6 | 42.2 | 0.4 |
| | | 夜 | 41.5 | 42.5 | 41.4 | 40.8 | 0.7 |
| 茂达水村 | 2 月 24 日 | 昼 | 43.2 | 44.1 | 43.2 | 42.3 | 0.7 |
| | | 夜 | 41.1 | 41.8 | 41.0 | 40.4 | 0.7 |
| | 2 月 25 日 | 昼 | 44.3 | 45.6 | 44.1 | 42.9 | 1.1 |
| | | 夜 | 41.8 | 42.7 | 41.7 | 41.0 | 0.8 |
| | 2 月 26 日 | 昼 | 41.1 | 41.8 | 41.0 | 40.5 | 0.6 |
| | | 夜 | 40.1 | 41.4 | 39.7 | 38.8 | 1.1 |
| 徐龙冲沟 | 2 月 24 日 | 昼 | 43.4 | 44.5 | 43.4 | 42.5 | 0.7 |
| | | 夜 | 42.5 | 43.4 | 42.5 | 41.6 | 1.3 |
| | 2 月 25 日 | 昼 | 43.8 | 44.8 | 43.6 | 42.7 | 0.9 |
| | | 夜 | 42.3 | 43.1 | 42.0 | 41.2 | 1.1 |
| | 2 月 26 日 | 昼 | 42.9 | 44.6 | 42.6 | 41.4 | 1.2 |
| | | 夜 | 42.4 | 43.3 | 42.4 | 41.6 | 0.6 |

表 4.6-16　旭龙水电站施工区噪声背景值监测结果统计表（2016 年 8 月）

单位：dB(A)

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| 格亚顶河沟口 | 8 月 10 日 | 昼 | 57.3 | 58.3 | 56.9 | 56.3 | 1.0 |
| | | 夜 | 54.0 | 54.9 | 53.6 | 53.0 | 0.8 |
| | 8 月 11 日 | 昼 | 58.4 | 58.9 | 58.3 | 57.6 | 0.7 |
| | | 夜 | 55.0 | 56.0 | 54.6 | 54.2 | 0.7 |
| | 8 月 12 日 | 昼 | 56.7 | 58.5 | 56.2 | 54.1 | 1.7 |
| | | 夜 | 54.3 | 56.6 | 53.3 | 51.8 | 1.8 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 8 月 10 日 | 昼 | 57.7 | 58.8 | 57.2 | 54.6 | 1.7 |
| | | 夜 | 54.0 | 54.3 | 53.9 | 53.5 | 0.3 |
| | 8 月 11 日 | 昼 | 57.6 | 58.5 | 57.8 | 55.8 | 1.1 |
| | | 夜 | 55.6 | 56.8 | 55.8 | 53.3 | 1.5 |
| | 8 月 12 日 | 昼 | 56.5 | 58.1 | 56.0 | 53.8 | 2.0 |
| | | 夜 | 54.2 | 55.2 | 54.0 | 52.8 | 0.9 |
| 茂达水村 | 8 月 10 日 | 昼 | 54.3 | 54.4 | 53.9 | 53.4 | 0.7 |
| | | 夜 | 53.6 | 53.9 | 53.4 | 53.0 | 0.5 |
| 茂达水村 | 8 月 11 日 | 昼 | 56.2 | 57.0 | 55.9 | 55.4 | 0.7 |

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| | | 夜 | 54.8 | 55.6 | 54.5 | 53.1 | 0.1 |
| | 8 月 12 日 | 昼 | 54.5 | 55.0 | 54.4 | 53.7 | 0.7 |
| | | 夜 | 53.6 | 54.2 | 53.8 | 52.0 | 0.7 |
| 徐龙冲沟 | 8 月 10 日 | 昼 | 58.2 | 58.5 | 58.0 | 57.6 | 0.3 |
| | | 夜 | 54.1 | 54.7 | 53.9 | 53.6 | 0.4 |
| | 8 月 11 日 | 昼 | 58.7 | 59.2 | 58.8 | 57.8 | 0.6 |
| | | 夜 | 55.5 | 55.7 | 55.3 | 54.9 | 0.3 |
| | 8 月 12 日 | 昼 | 57.9 | 58.1 | 56.9 | 55.7 | 2.0 |
| | | 夜 | 54.1 | 54.4 | 53.7 | 53.0 | 1.2 |

表 4.6-17　旭龙水电站施工区噪声背景值监测结果统计表（2018 年 8 月）

单位：dB(A)

| 测点名称 | 日期 | 时段 | 测量结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Leq | L10 | L50 | L90 | SD |
| 格亚顶河沟口 | 08 月 15 日 | 昼 | 47.3 | 48.9 | 46.7 | 46.1 | 1.7 |
| | | 夜 | 40.8 | 42.1 | 40.0 | 39.5 | 1.2 |
| | 08 月 16 日 | 昼 | 48.5 | 49.6 | 47.8 | 46.9 | 1.8 |
| | | 夜 | 41.3 | 42.8 | 40.5 | 39.8 | 1.4 |
| | 08 月 17 日 | 昼 | 48.2 | 49.4 | 47.3 | 46.9 | 1.7 |
| | | 夜 | 41.7 | 43.0 | 41.1 | 40.6 | 1.5 |
| 茂顶河口斯木顶村 | 08 月 15 日 | 昼 | 47.6 | 48.9 | 46.1 | 44.3 | 1.9 |
| | | 夜 | 40.4 | 42.5 | 39.7 | 38.9 | 1.3 |
| | 08 月 16 日 | 昼 | 46.8 | 48.3 | 45.4 | 44.7 | 1.6 |
| | | 夜 | 40.9 | 42.1 | 40.1 | 38.8 | 1.2 |
| | 08 月 17 日 | 昼 | 46.3 | 48.6 | 44.7 | 43.9 | 1.9 |
| | | 夜 | 41.4 | 42.5 | 40.3 | 39.5 | 1.3 |
| 茂达水村 | 08 月 15 日 | 昼 | 49.7 | 51.2 | 48.9 | 48.0 | 1.9 |
| | | 夜 | 43.2 | 45.4 | 42.5 | 41.4 | 1.5 |
| 茂达水村 | 08 月 16 日 | 昼 | 48.1 | 49.9 | 47.3 | 46.5 | 1.6 |
| | | 夜 | 42.0 | 43.7 | 41.1 | 40.4 | 1.2 |
| | 08 月 17 日 | 昼 | 48.8 | 50.6 | 47.4 | 46.2 | 1.9 |
| | | 夜 | 43.6 | 45.8 | 42.5 | 41.6 | 1.3 |
| 徐龙冲沟 | 08 月 15 日 | 昼 | 48.2 | 50.1 | 47.3 | 46.0 | 2.0 |
| | | 夜 | 44.1 | 45.8 | 43.3 | 42.6 | 1.4 |
| | 08 月 16 日 | 昼 | 48.9 | 49.6 | 47.4 | 46.7 | 1.6 |
| | | 夜 | 44.5 | 45.7 | 43.2 | 42.5 | 1.3 |
| | 08 月 17 日 | 昼 | 47.6 | 49.9 | 46.8 | 45.9 | 1.7 |
| | | 夜 | 43.7 | 45.3 | 42.1 | 41.4 | 1.4 |

## 4.6.5 土壤环境

2019 年 7 月、10 月、12 月，评价单位委托监测单位在旭龙坝址、羊拉老道班、羊拉铜矿尾水池下游以及格亚顶热解站位置进行了土壤补充监测工作。根据分析，土壤中各项重金属及有机质均符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）筛选值要求。

表 4.6-18 土壤监测成果表

| 监测结果<br>项目 | 旭龙坝址 | 羊拉老道班 | 羊拉铜矿尾水池 | 格亚顶热解站 |
|---|---|---|---|---|
| pH | 7.07 | 6.90 | 7.08 | 7.05 |
| 锌 | 71.7 | 50.6 | 60.5 | 88.5 |
| 镉 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | 0.24 |
| 铜 | 123 | 31.6 | 35 | 87.6 |
| 铅 | 7.39 | 22.61 | 17 | $1.90\times10^{-3}$ |
| 镍 | 51.8 | 23.6 | 26 | 44 |
| 铬 | 61.4 | 22.8 | 9 | 68 |
| 汞 | 0.098 | 0.114 | 0.996 | <0.002 |
| 砷 | 13.5 | 8.10 | 7.85 | 16.9 |
| 有机质(g/kg) | 6.57 | 6.10 | 4.75 | 8.28 |
| 水溶性盐(g/kg) | 1.60 | 1.44 | 0.92 | 2.58 |

## 4.7主要环境问题

**（1）生态环境脆弱**

工程所在区域自然条件较差，具有海拔高、气候寒冷、干旱等特点，洪灾、大风、雪灾等自然灾害频繁，不利于植被的恢复和生长，生态系统抵抗外界干扰的能力和自我调节能力较差，生态环境一旦遭受破坏难以恢复。

**（2）植被覆盖度低，水土流失严重**

项目区属金沙江干热河谷区，区内植被以自然灌木群丛和自然草坡为主，地表裸露较多，属金沙江上游水土流失最严重的地区之一。项目区耕地多为坡耕地，原生植被破坏较严重，植被覆盖状况较差。在自然和人为作用下，水土流失使土层变薄、粮食减产、水库淤积、水利效益衰减，加剧滑坡、泥石流等灾害频繁发生，使生态环境恶化，严重影响了当地经济的发展。

**（3）社会经济落后，农村居民生活、生产用水较困难**

旭龙水电站工程位于的金沙江上游河段是少数民族聚集区，属我国社会经济欠发达的边远地区，社会发展程度低，经济总量小，交通、农业、水利等基础设施落后，贫困面积大，文化教育水平低，制约了地区社会经济发展和社会环境建设。

库区居民生活用水和农业灌溉用水主要取自支沟山泉水，对金沙江干流没有直接取水要求。在一些无支沟分布或山泉水量少的地区，许多乡镇和农村居民通常居住在高山、二半山地，居住分散，人畜饮水和农业灌溉用水极为困难，且直接饮用存在安全卫生隐患，严重制约了农村地区社会经济发展和居民生活质量的提高。

# 5 环境影响预测与评价

## 5.1水文情势影响分析

### 5.1.1 生态流量

参照《水电工程生态流量计算规范》（NB/T 35091-2016）、《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），协调上游水电梯级的生态流量，统筹考虑下游河道内、外用水量需求以及沿江景观需求，确定敏感时段及生态流量过程。

#### 5.1.1.1 生态流量确定的原则与方法

（1）确定的原则

旭龙水电站生态流量及过程的确定需要考虑的因素包括：

①满足坝下游鱼类产卵繁殖的生境需求；

②满足坝下游的奔子栏、石鼓断面生态流量；

③满足滇中引水过程及区域河道外用水的需求；

④满足长江第一湾石鼓断面景观生态需水。

（2）确定的方法

生态流量大小及过程的确定，主要是以满足鱼类产卵繁殖需求为基础，以满足滇中引水过程及石鼓断面生态需水要求为前提，兼顾河道外取水，扣除区间汇流，反推旭龙水电站坝址逐月需下泄的最小流量。同时，关注与金沙江上游各梯级生态流量的衔接。其中鱼类产卵繁殖需要的生态流量通过生态水力学法、R2-Cross 法等方法计算确定。

#### 5.1.1.2 江段基本情况说明

（1）上游梯级生态流量要求

根据上游水电实施情况，上游巴塘、苏洼龙两座电站均为日调节电站，拉哇水电站季调节电站，叶巴滩水电站为不完全年调节。在《长江水利委员会关于金沙江拉哇水电站水资源论证报告书的审查意见》（长许可〔2016〕235 号）中提出，拉哇水电站最小日均下泄流量按不小于 170$m^3$/s 控制。根据《关于金沙江上游苏洼龙水电站环

境影响报告书的批复》（环审[2015]77 号），工程下泄生态流量不低于 152 m³/s；根据《长江水利委员会关于金沙江苏洼龙水电站水资源论证报告书的审查意见》（长许可〔2014〕277 号），考虑苏洼龙水电站坝下河道生态环境用水要求，基本同意坝址处最小下泄流量按 180 m³/s 考虑。

根据《长江流域综合规划（2012～2030 年）》，奔子栏和石鼓断面的生态流量分别为 234$m^3$/s 和 298$m^3$/s；在 2016 年 8 月批复的《滇中引水工程环境影响报告书》中确定石鼓取水口断面生态流量 4 月下旬至 6 月为 411$m^3$/s，7 月至次年 4 月中旬为 300$m^3$/s。

（2）河段径流特征

1）设计依据站实测最小流量

旭龙水电站坝址多年平均流量 990 m³/s，旭龙水电站径流设计依据站为巴塘水文站（距旭龙坝址 137km）、奔子栏水文站（距旭龙坝址 75km）和古学水文站。其中巴塘水文站最大实测流量 5640$m^3$/s（1965 年 7 月 16 日），最小实测流量 141$m^3$/s（1985 年 1 月 18 日）；奔子栏水文站最大实测流量 6880$m^3$/s（2005 年 8 月 11 日），最小实测流量 249$m^3$/s（1994 年 12 月 29 日）；古学水文站最大实测流量 1040$m^3$/s（2005 年 8 月 10 日），最小实测流量 47.1$m^3$/s（2007 年 1 月 29 日）。

2）坝址日均、旬均流量

根据 1953～2017 年径流资料统计，旭龙坝址天然情况下最小旬平均流量为 180$m^3$/s。

苏洼龙至旭龙坝址河段较大支流有麦曲河、丹达曲。丹达曲河口距旭龙坝址 28.6km，控制流域面积 1540$km^2$，多年平均流量 32 m³/s；麦曲河河口距旭龙坝址 62.6km，控制流域面积 1564$km^2$，多年平均流量 20 m³/s。根据上述两条河河口位置的丹达河水电站、昌波二级水电站设计成果以及丹达曲、麦曲河年内降水分布情况，河口处枯期逐月径流量占年均径流量的 2~4%左右，据此估算，丹达曲多年平均最枯月均流量约 3.8 m³/s，麦曲河多年平均最枯月均流量约 2.8m³/s。根据得荣站近 30 年降水量资料统计，多年平均降水量 339.4mm，降雨量较少，属于干旱地区，考虑区间其他支沟汇流情况，旭龙坝址处最小日流量约 160 m³/s。

上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙建成运行后，由于巴塘、苏洼龙为日调节，以拉哇作为控制性水库。据统计，拉哇至旭龙区间，多年平均区间汇流量约 89 m³/s，P=90%保证率下，对应区间汇流量约 40 m³/s，即当拉哇建成运行后，旭龙坝址最小

流量达 210 m³/s。

表 5.1-1　旭龙水电站坝址断面径流特征参数统计表

| 坝址径流特征参数 | | 流量（$m^3/s$） |
|---|---|---|
| 最小旬均流量 | 计算值 | 180 |
| 最小日流量 | 计算值 | 160 |
| 拉哇至旭龙区间汇流 | 多年平均 | 89 |
| | P=90% | 40 |
| 旭龙至石鼓区间汇流 | 多年平均 | 350 |
| | 最小流量 | 119 |
| 拉哇最小下泄日均流量 | 长许可〔2016〕235 号 | 170 |
| 苏洼龙生态流量 | 环审[2015]77 号 | 152 |
| | 长许可〔2014〕277 号 | 180 |
| 奔子栏 | 长江流域综合规划 | 234 |
| 石鼓 | 环审[2016]115 号 | 4 月下旬至 6 月：411<br>其他时段：300 |

### 5.1.1.3 长江经济带生态环境保护规划要求

根据《长江经济带生态环境保护规划》，严格水资源保护，优先保障枯水期供水和生态水量。保障长江干支流 58 个主要控制节点生态基流占多年平均流量比例在 15%左右，其中干流在 20%以上。根据《长江流域综合规划（2012-2030 年）》，旭龙水电站坝址下游 75km 处的奔子栏水文站以及 287km 处的石鼓水文站生态流量分别为 234$m^3/s$、298 $m^3/s$，均大于该断面多年平均流量 20%对应的 228 $m^3/s$、268 $m^3/s$。扣除区间用水后，旭龙坝址至奔子栏水文站区间最小汇流量约 43$m^3/s$，即旭龙下泄 185 $m^3/s$ 即可满足奔子栏水文站生态流量泄放要求。

### 5.1.1.4 坝下游河道内外生态需水分析

（1）河道内需求分析

调查水域分布鱼类多为产粘沉性卵类群。长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖季节一般在每年 3～4 月，四川裂腹鱼则在 6 月前后。这类裂腹鱼繁殖水温上下限约为 10～16℃。硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼主要生活于宽谷河段，繁殖期，金沙江石鼓附近再 4-7 月，以 5-6 月为盛期，向上海拔更高、水温更低的河段可能在 8-9 月。生活于急流中黄石爬鮡，繁殖季节在 5～7 月。按照电站调度运行方式，在丰水期，电站基本维持在高水位运行，不进行日内调节。因此，对于丰水期产卵的黄石爬鮡、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼等鱼类，基本不会因电站调度运行方式导致的水文情势改变而受影响。生态流量泄放重点考虑时段是 3～4 月。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）、《水电工程生态流量计算规范》（NB/T35091-2016），结合旭龙水电站实际情况，选择 R2-Cross 法、生态水力学法计算生态流量。

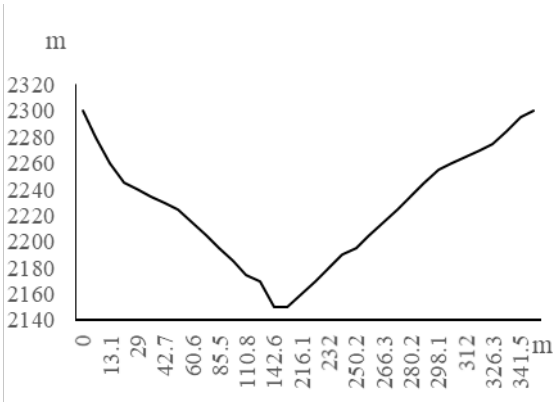
**1）R2-Cross 法**

①计算标准

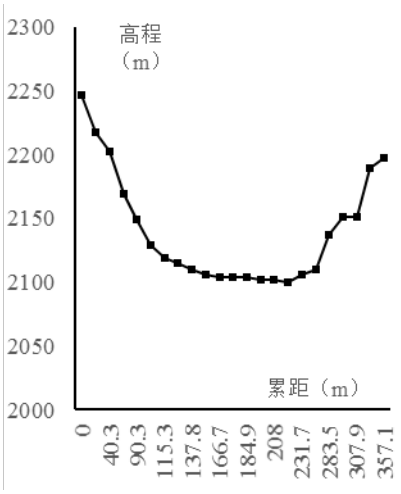
计算选择旭龙坝址、距离旭龙坝址 20km、50km 以及 62km 断面，利用水力模拟预测水深、流速等水力参数，与生境适宜性标准相比较，计算适于指定水生物种的生境面积，据此确定适宜的河流流量。金沙江干流段河宽在 100～200m，为大型河流，R2-Cross 法原始的水力参数标准不适用，因此本报告根据该河段不同时期（一般用水期与鱼类产卵繁殖期）水生生物需求特点，设置特定的水力参数标准。根据评价江段裂腹鱼类、黄石爬鮡等鱼类习性，其对水域生境要求主要包括：河段平均水深一般用水期不小于 1.5m，鱼类产卵繁殖期不小于 2.0m；流速一般用水期不低于 0.6m/s，鱼类产卵繁殖期不小于 0.8 m/s；断面湿周率一般用水期不小于 55%，鱼类产卵繁殖期不小于 65%，各参数要求详见表 5.1-2。

**表 5.1-2　影响河段 R2-Cross 法水力参数标准**

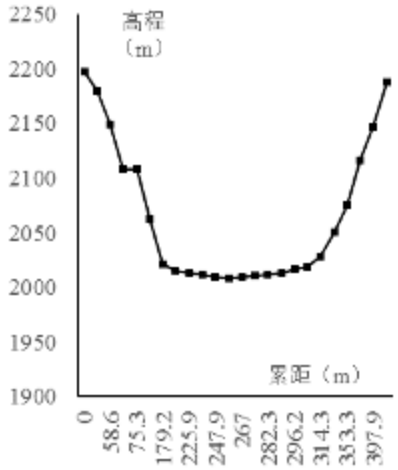
| 适用水期 | 平均水深(m) | 平均流速(m/s) | 湿周率(%) |
|---|---|---|---|
| 一般用水期 | ≥1.5 | ≥0.6 | ≥55 |
| 鱼类产卵繁殖期 | ≥2.0 | ≥0.8 | ≥65 |



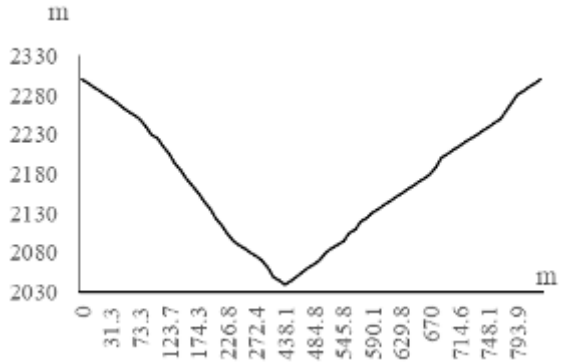

坝址断面




坝下游 20km 断面




坝下游 50km 断面




坝下游 62km 断面

**图 5.1-1　计算断面形状示意图**

②计算结果

根据计算，不同断面对应的流量要求不一样，采用外包的原则，为满足各计算断面平均水深、平均流速以湿周率要求，一般用水期生态流量为 160 m³/s，鱼类产卵繁殖期生态流量为 230 m³/s。

**表 5.1-3　　R2-Cross 法计算结果统计表**

| 断面名称 | 适用水期 | 满足平均水深要求对应流量（m³/s） | 满足平均流速要求对应流量（m³/s） | 满足湿周率要求对应流量（m³/s） |
|---|---|---|---|---|
| 坝址断面 | 一般用水期 | 76.1 | 43.7 | 58 |
| | 鱼类产卵繁殖期 | 160 | 113 | 67 |
| 坝下 20km | 一般用水期 | 72 | 12 | 160 |
| | 鱼类产卵繁殖期 | 204 | 43 | 230 |
| 坝下 50km | 一般用水期 | 160 | 70 | 60 |
| | 鱼类产卵繁殖期 | 230 | 140 | 75 |
| 坝下 62km | 一般用水期 | 110 | 40 | 100 |
| | 鱼类产卵繁殖期 | 230 | 110 | 180 |

**2）生态水力学法**

生态水力学法通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量，属于生境模拟法。该法假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面的面积、水面面积、水温等参数是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数；急流、缓流、浅滩及深潭是流量变化对物种变化造成影响的主要水力形态。该法适用于有珍稀鱼类分布的大中型河流的生态流量计算。

①指标标准

生态水力学法的水力生境参数标准详见表 5.1-4。

表 5.1-4　　生态水力学法的水力生境参数标准（大型河流）

| 生境参数指标 | 标准 | |
|---|---|---|
| | 最低标准 | 累计河段长段的百分比 |
| 最大水深 | 鱼类体长的 2~3 倍 | 95% |
| 平均水深 | ≥0.3m | 95% |
| 平均速度 | ≥0.3m/s | 95% |
| 水面宽度 | ≥30m | 95% |
| 湿周率 | ≥50% | 95% |
| 过水断面面积 | ≥30m² | 95% |
| 水域水面面积 | ≥70% | |
| 水温 | 适合鱼类生存、繁殖 | |
| 生境形态指标 | 概念界定 | |
| 急流 | 平均流速≥1m/s | 段数无较大变化，急流、较急流段累计河段长度减少＜20 |
| 较急流 | 平均流速 0.5 ~ 1m/s | |
| 较缓流 | 平均流速 0.3 ~ 0.5m/s | |
| 缓流 | 平均流速≤0.3m/s | |
| 深潭 | 最大水深≥10m | |
| 浅滩 | 河岸边坡≤10°，5m 范围内水深小于 0.5m | 个数无较大变化 |

②计算地形

本次计算地形采用旭龙坝址至奔子栏镇 75.0km 河段地形，共监测有 42 个大断面数据。

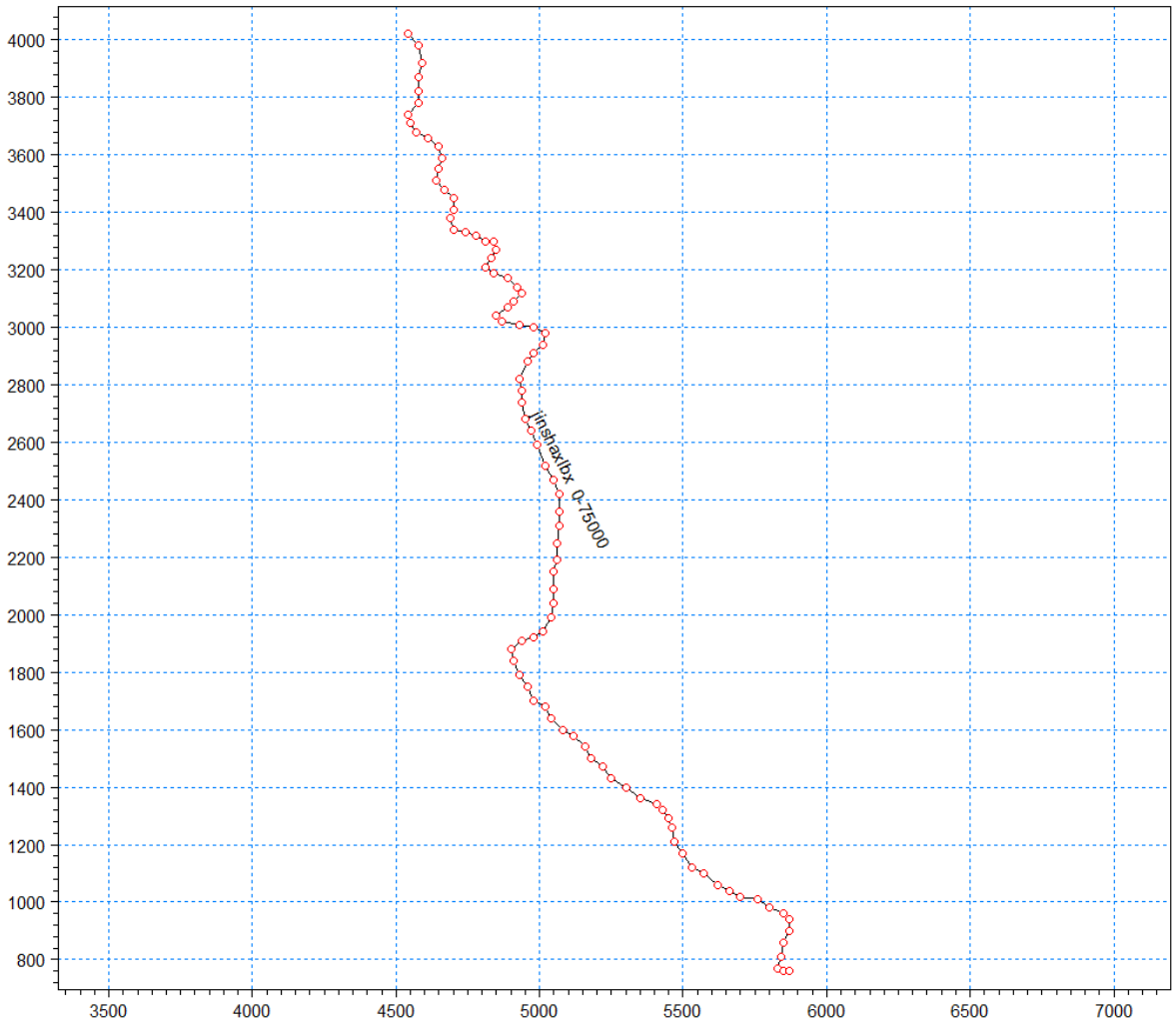



**图 5.1-2　计算河段测量断面示意图　单位：m**

③计算结果

本次计算，流量从 160 m³/s 起，按 10m³/s 为步长递增，直至计算值每个指标均满足表 5.1-4 所列标准要求。通过计算，共设置 15 个流量情景，各断面在 160m³/s 时，最大水深、平均水深、平均流速、过水断面面积等指标均满足表 5.1-4 所列标准要求。而水面宽指标，当下泄流量达到 180 m³/s 时，才能满足水面宽≥30m，且累计河段长度不低于 95%的要求；湿周率指标，当下泄流量达到 250m³/s 时，才能满足湿周率≥50%的要求，且累计河段长度不低于 95%。据统计，当下泄流量达到 250m³/s 时，坝下游奔子栏水文站断面（分布有鱼类产卵场）不满足湿周率≥50%的要求，经进一步推算，当下泄流量达到 280m³/s 时，该断面湿周率大于 50%。计算结果统计详见表 5.1-5。

从坝下游河段流速沿程分布情况来看（详见图 5.1-3），坝下游急流、缓流区交替分布，其中旭龙至奔子栏水文站河段，90%以上的河段为急流或较急流河段，有利于营造江段分布的裂腹鱼类和鮡科鱼类繁殖的友好生境条件。

从坝下游河段最大水深沿程分布情况来看（详见图 5.1-4），当下泄流量达到 260 $m^3/s$ 时，各断面最大水深在 2.36m~9.29m 之间；当下泄流量达到 300 $m^3/s$ 时，各断面最大水深在 2.42m~9.37m 之间。当电站按多年平均流量 990$m^3/s$ 下泄时，坝下游各断面最大水深在 4.47m~13.68m 之间。

本江段鱼类主要为裂腹鱼类和鮠科鱼类，产卵季节主要分布在 3~7 月，均为产粘沉性卵鱼类。其中长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖期为 3~4 月，对河道深潭要求相对较低；黄石爬鮠繁殖期为 5~7 月对河道深潭要求相对较高。结合本次计算结果，当下泄流量达到 280 $m^3/s$ 时，最大水深大于 5m 的断面占比为 57%，大于 8m 的断面占比为 24%。黄石爬鮠繁殖期正处于汛期，按照电站调度运行方式，汛期电站尽量维持在高水位运行，下泄流量应远大于 280$m^3/s$，满足黄石爬鮠繁殖需求。

表 5.1-5　　生态水力学法计算结果统计表

| 计算情景设置（情景：流量 $m/s^3$） | 最大水深 | | | 平均水深 | | | 平均流速 | | | 过水断面面积 | | | 水面宽 | | | 湿周率 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 | 满足断面数（个） | 不满足断面数（个） | 满足率 |
| 情景 1:160 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 39 | 3 | 93% | 37 | 5 | 88% |
| 情景 2:170 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 39 | 3 | 93% | 37 | 5 | 88% |
| 情景 3:180 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 37 | 5 | 88% |
| 情景 4:190 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 37 | 5 | 88% |
| 情景 5:200 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 37 | 5 | 88% |
| 情景 6:210 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 38 | 4 | 90% |
| 情景 7:220 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 38 | 4 | 90% |
| 情景 8:230 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 39 | 3 | 93% |
| 情景 9:240 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 39 | 3 | 93% |
| 情景 10:250 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 40 | 2 | 95% | 40 | 2 | 95% |
| 情景 11:260 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 41 | 1 | 98% | 40 | 2 | 95% |
| 情景 12:270 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 41 | 1 | 98% | 40 | 2 | 95% |
| 情景 13:280 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 41 | 1 | 98% | 41 | 1 | 98% |
| 情景 14:290 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 41 | 1 | 98% | 42 | 0 | 100% |
| 情景 15:300 | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 42 | 0 | 100% | 41 | 1 | 98% | 42 | 0 | 100% |

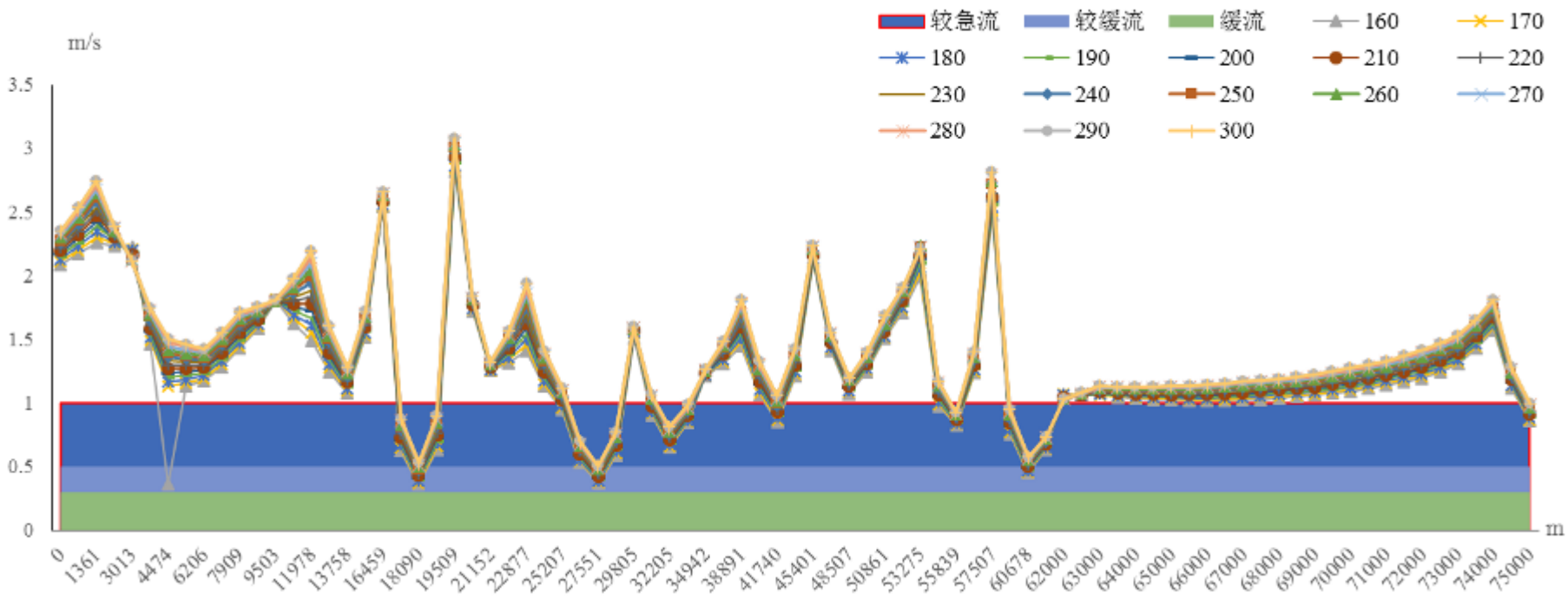



图 5.1-3 计算河段流速沿程分布示意图　　单位：m

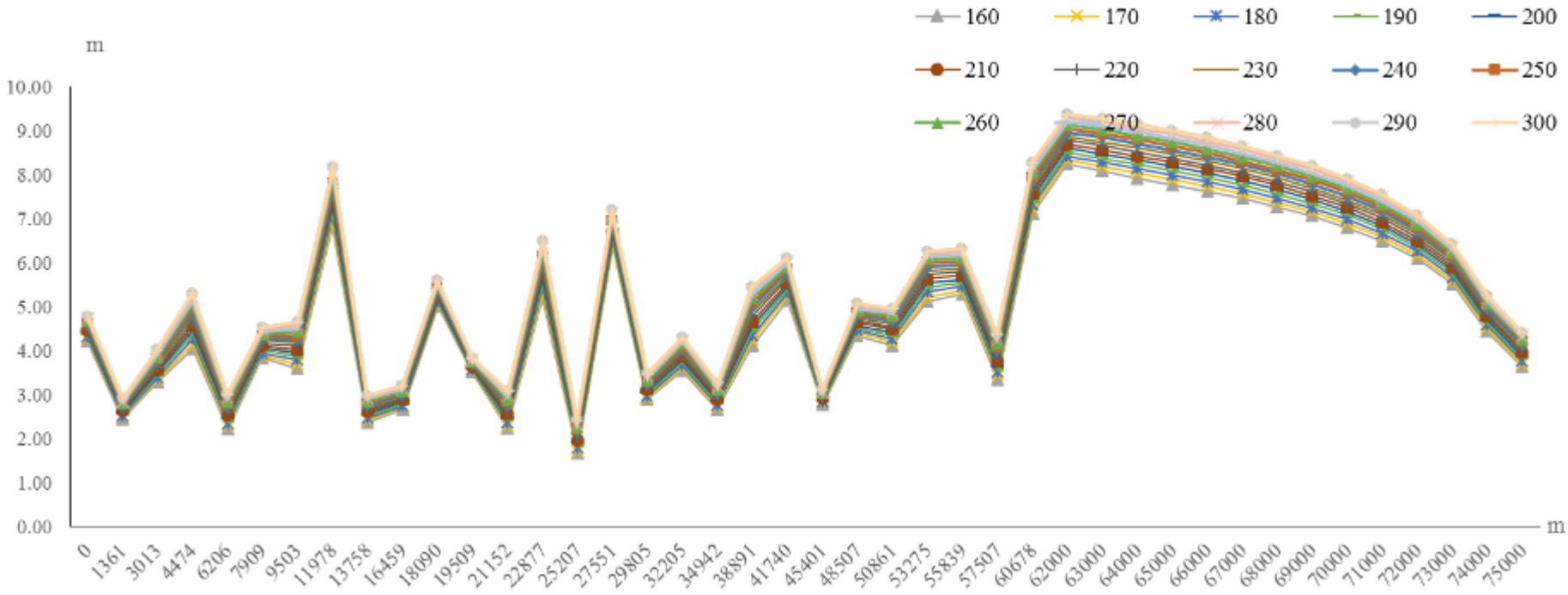



图 5.1-4 计算河段最大水深沿程分布示意图　　单位：m

④计算结果统计

各方法计算结果详见表5.1-6。各方法计算结果占多年平均流量的16%~26%。

表 5.1-6　　计算结果统计表

| 计算方法 | 计算结果（$m^3/s$） | 占多年平均流量比例 | 备注 |
|---|---|---|---|
| R2-Cross 法 | 160 | 16% | 坝址实测最小流量 |
| | 230 | 23% | 鱼类产卵期 |
| 生态水力学法 | 180 | 18% | 一般用水期 |
| | 280 | 26% | 鱼类产卵期 |

（2）河道外需求分析

1）区间汇流情况

旭龙坝址至石鼓区间，有定曲、瓮水河、支巴洛河、硕多岗曲等支流汇入，多年平均支流汇入流量约 350 $m^3/s$。根据奔子栏、石鼓等水文站的实测水文资料分析，旭龙坝址～奔子栏水文站区间最小日均流量约 43$m^3/s$，奔子栏水文站～石鼓水文站区间最小日均流量约 76$m^3/s$。

2）河道外取水情况调查

根据调查，旭龙水电站坝址至石鼓段金沙江干流共设有 22 处取水设施，总取水量约 6.71 $m^3/s$。详见表表 5.1-7。

表 5.1-7　旭龙坝址至石鼓断面取水设施基本情况统计表

| 序号 | 乡（镇） | 取水口名称 | 取水口位置 | 取水流量（$m^3/s$） | 年取水量（万 $m^3$） | 主要取水用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 曲雅贡乡 | 曲雅贡乡灌区金顶村取水口 | 金顶村村子上方槽沟内 | 0.2 | 500 | 农业 |
| 2 | 曲雅贡乡 | 曲雅贡乡灌区仁学上村 | 仁学上村村子右面 1km 槽沟处 | 0.2 | 500 | 农业 |
| 3 | 子庚乡 | 子庚乡灌区甲学卡取水口 | 阿络贡村村子右边的核桃树旁 | 0.2 | 500 | 农业 |
| 4 | 奔子栏镇 | 夺通大沟取水口 | 达布贡村民小组上游 100 米处河右岸 | 0.2 | 13.5 | 农业 |
| 5 | 奔子栏镇 | 哈上大沟取水口 | 哈上社上游 8500 米处左岸 | 0.21 | 13.9 | 农业 |
| 6 | 拖顶乡 | 巴龙小组灌区取水口 | 次里桶大桥上游左岸 4.5km 处 | 0.2 | 9.9 | 农业 |
| 7 | 上江乡 | 达不泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸格兰一组垃圾场上游 300 米 | 0.4 | 13.3 | 农业 |
| 8 | 上江乡 | 扑爬岩泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸格兰村扑岩处 | 0.46 | 15.6 | 农业 |
| 9 | 巨甸镇 | 巨甸大白莲二组泵站取水口 | 巨甸镇金河村委会大白莲二组柳林下江边 | 0.21 | 43.5 | 农业 |

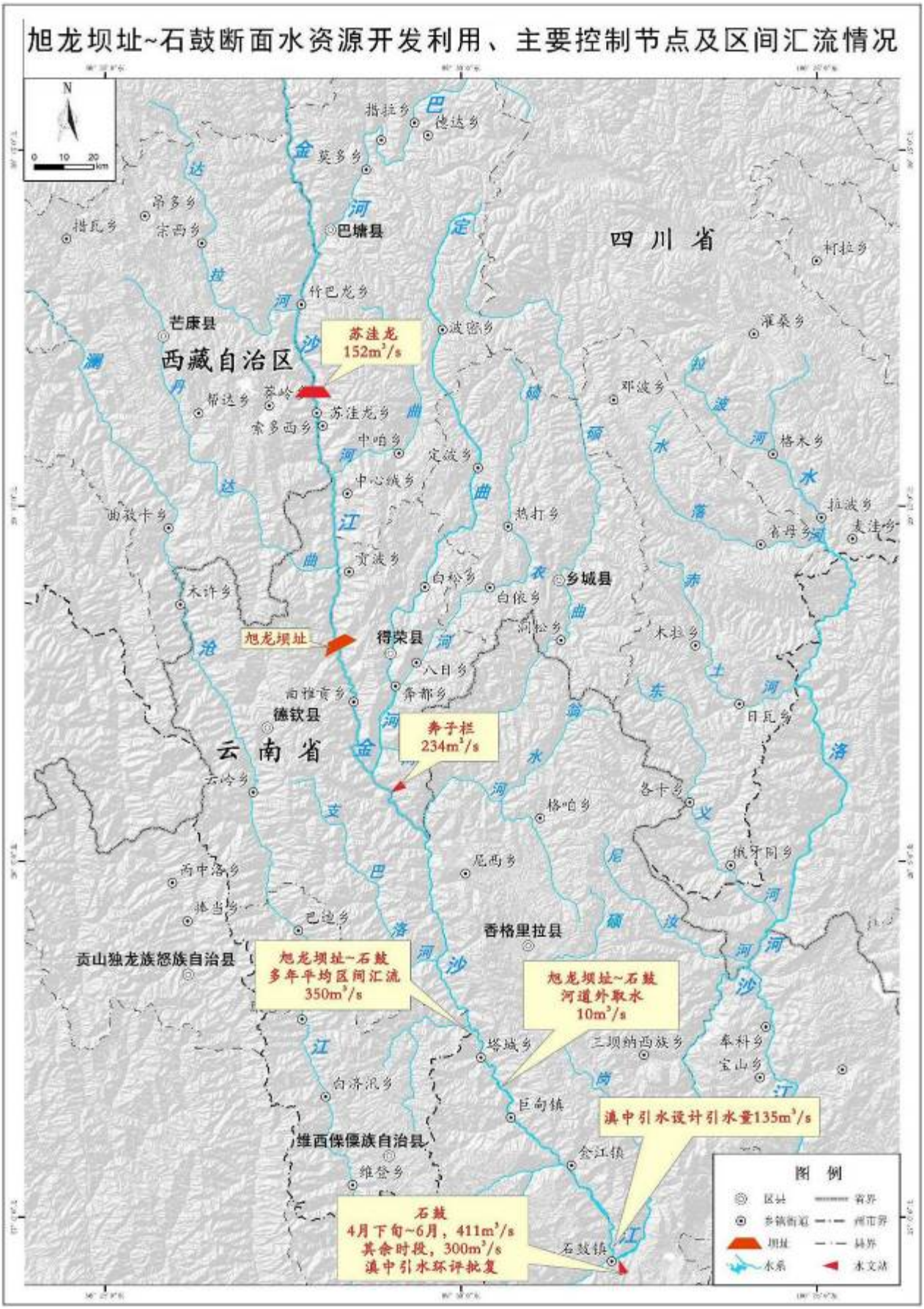
| 序号 | 乡（镇） | 取水口名称 | 取水口位置 | 取水流量（$m^3/s$） | 年取水量（万 $m^3$） | 主要取水用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 金江镇 | 木斯扎泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸木斯扎渡口旁 | 0.26 | 19.8 | 农业 |
| 11 | 金江镇 | 瓦金街泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸瓦金街村口上游 100 米 | 0.35 | 35.2 | 农业 |
| 12 | 金江镇 | 所邑泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸上所邑渡口下游 100 米 | 0.27 | 30.2 | 农业 |
| 13 | 金江镇 | 新建沟取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸上所邑河上所邑村村头 | 0.3 | 57.6 | 农业 |
| 14 | 金江镇 | 满库泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸吾竹堆满村尾下游 100 米 | 0.5 | 101.2 | 一般工业 |
| 15 | 金江镇 | 仕林泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸仕林一组村头上游 100 米 | 0.4 | 119.9 | 农业 |
| 16 | 金江镇 | 达林一级泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸达林石厂下游 100 米 | 0.25 | 158.4 | 农业 |
| 17 | 金江镇 | 礼都泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸礼都岩角 | 0.26 | 110.1 | 农业 |
| 18 | 金江镇 | 天吉泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸天吉二组村头上游 200 米 | 0.5 | 34.3 | 农业 |
| 19 | 金江镇 | 天吉四组泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸天吉四组双灰粉厂上游 100 米 | 0.43 | 24.6 | 农业 |
| 20 | 石鼓镇 | 石鼓大箐沟取水口 | 石鼓镇新华村委会大箐沟采石厂上 3500 米处 | 0.22 | 62.9 | 农业 |
| 21 | 金江镇 | 兴文保太泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸保太村头上游 100 米 | 0.24 | 37.4 | 农业 |
| 22 | 金江镇 | 兴文碧落泵站取水口 | 长江干流雅砻江以上区间左岸撒苏碧村头上游 150 米 | 0.45 | 26.6 | 农业 |

3）满足滇中引水过程及生态流量泄放需求

根据 2016 年 8 月批复的《滇中引水工程环境影响报告书》及其批复意见，石鼓取水口断面生态流量 4 月下旬至 6 月为 411$m^3/s$，7 月至次年 4 月中旬为 300$m^3/s$；长江第一湾石鼓断面景观流量的最小值为 298$m^3/s$。旭龙坝址至石鼓区间，有定曲、瓮水河、支巴洛河、硕多岗曲等支流汇入，多年平均支流汇入流量约 350 $m^3/s$。据调查，除滇中引水工程外，旭龙坝址至石鼓断面河道外共有 22 处取水口，设计取水量（合计流量）约 6.7 $m^3/s$，考虑地方发展需求，至旭龙水电站运行期间，区间设计取水量约 10 $m^3/s$。扣除区间汇流以及区间用水，4 月下旬至 6 月旭龙水电站需下泄 278$m^3/s$，其余时段需下泄 208 $m^3/s$。

表 5.1-8　旭龙水电站生态流量计算表

| 序号 | 项目 | 算法 | 月份 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | 上旬 | 中旬 | 下旬 | | | | | | | | |
| （1） | 旭龙坝址至滇中引水工程取水断面区间生产生活用水 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| （2） | 旭龙坝址至滇中引水工程取水断面区间汇入流量 | | 158 | 135 | 114 | 187 | 171 | 278 | 282 | 366 | 431 | 340 | 293 | 263 | 229 | 217 |
| （3） | 滇中引水流量 | | 43 | 28 | 0 | 77 | 100 | 135 | 135 | 133 | 132 | 109 | 86 | 120 | 114 | 115 |
| （4） | 滇中引水工程下泄生态流量需求 | | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 411 | 411 | 411 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| （5） | 为满足滇中引水工程需求旭龙坝址需下泄生态流量 | （5）=（4）+（3）+（1）-（2） | 194 | 203 | 196 | 200 | 239 | 278 | 274 | 188 | 11 | 79 | 102 | 167 | 195 | 208 |


旭龙坝址~石鼓断面水资源开发利用、主要控制节点及区间汇流情况
N
0 10 20 km
四川省
西藏自治区
云南省
芒康县
巴塘县
得荣县
乡城县
德钦县
贡山独龙族怒族自治县
维西傈僳族自治县
香格里拉县
苏洼龙
152m³/s
旭龙坝址
弄子栏
234m³/s
旭龙坝址~石鼓
多年平均区间汇流
350m³/s
旭龙坝址~石鼓
河道外取水
10m³/s
滇中引水设计引水量135m³/s
石鼓
4月下旬~6月，411m³/s
其余时段，300m³/s
滇中引水环评批复
图例
区县
乡镇街道
坝址
水系
省界
州市界
县界
水文站

（3）坝下游景观用水需求

评价区主要景点有长江第一湾。石鼓长江第一湾景观主要取决于石鼓一带的河谷地形景观，该段河廊上游和下游山河缭绕是长江第一湾景观美感主要要素，湾滩、河流、乡村聚落及田园等起到点缀作用，并且该段河流流量在季节变化，且流量季节变化情况下，该段景观均作为美的标准。

根据《滇中引水工程环境影响报告书》（报批稿），经统计，石鼓断面流量小于 300 $m^3/s$ 的天数为 20 天，分别为 1995 年 2 月 3 日~14 日，28 日和 3 月 1 日~7 日。最小值为 295$m^3/s$，连续枯水期 2 月 3 日~14 日流量均值为 297.8$m^3/s$，3 月 1 日~7 日流量均值为 297.1$m^3/s$。建议选择连续枯水日的流量均值 297.8$m^3/s$ 作为石鼓景观流量的最小值。结合《长江流域综合规划（2012～2030 年）》中石鼓断面生态流量要求，本报告确定将 298$m^3/s$ 作为石鼓断面景观流量的最小值，相应的断面水面宽度约 182m。

### 5.1.1.5 生态流量大小及其过程确定

**（1）河道内生态流量大小及过程**

3～4 月为裂腹鱼类集中产卵时段，从天然径流特征来看，该时段径流过程较为平稳，流量从 260$m^3/s$ 左右逐渐增加，至 4 月中旬，流量增加至 360$m^3/s$ 左右，一般在 4 月底会有小洪峰出现，洪峰流量达到 890$m^3/s$ 左右；7~9 月为主汛期，洪峰流量较大。洪水过程一般持续 7~15 日左右，丰水年时洪水历时略长，枯水年时洪水历时稍短。

本工程评价河段涉及的鱼类主要以粘沉性卵鱼类为主。产粘沉性卵鱼类繁殖期需要相对稳定的水文过程，因此，考虑本工程涉及江段鱼类产卵孵化时间，结合江段天然径流的水文节律特点提出以下要求：

在 3 月至 4 月每月分别进行 1 次至少持续 10d 的生态调度过程，期间旭龙水电站结合上游苏洼龙泄流过程，保持坝下游河段的天然径流过程；其他时段，电站按不小于 280$m^3/s$ 下泄，基本可满足下游河段用水需求。

4 月下旬至 6 月，在满足滇中引水工程要求后，石鼓断面下泄生态流量 411$m^3/s$，为保障滇中引水工程生态流量下泄满足程度，旭龙水电站按不小于 280$m^3/s$ 下泄。

5-7 月，为黄石爬鮡集中产卵时段，该时段结合 4 月下旬至 6 月的要求，电

站按不小于 280m³/s 下泄。其中 6-7 月，为满足产漂流性卵鱼类产卵要求，该时段当上游发生洪水时，旭龙水电站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程。

根据水生生态调查评价成果，参照上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙等水电站环境影响报告书成果，在评价江段，8-9 月也是软刺裸裂尻产卵时段。因此，统筹考虑金沙江上游水电梯级敏感时段划分的协调性，以及鱼类产卵时段的不确定性，8-9 月份，在拉哇下泄 411 m³/s 的基础上，叠加巴塘至旭龙坝址区间汇流 40m³/s（最枯月 90%保证率）的基础上，旭龙水电站该时段应下泄不低于 451 m³/s 的生态流量。

（2）河道外需水

据统计，现状旭龙至石鼓段干流取水量（合流量）约 6.71m³/s，结合当地用水需求，按现状用水量的 1.5 倍匡算，至预测水平年，区间河道外用水量（合流量）约 10 m³/s，详见表 5.1-8。因此，在同时满足区间河道用取用水要求、滇中引水要求的前提下，1～2 月及 8～12 月，最小下泄流量不低于 208m³/s，其余月份，要求同河道内。

（3）生态流量过程确定

依据上文所述，当拉哇水电站建成运行后，坝址在 P=90%保证率情况下，上游来流可达 210 m³/s，按照取外包的原则，旭龙水电站最小生态流量应不小于 210 m³/s。根据国标《水轮机基本技术条件》GBT 15468-2006，对于大型混流式水轮发电机组，为避免机组在高水头部分负荷区出现异常振动、出力不足等问题，过机流量的稳定运行范围为额定流量的 45%～100%。旭龙水电站坝址多年平均流量 990 m³/s，若旭龙水电站以 210 m³/s 为生态流量，则满足机组稳定过流的基本要求。因此，经综合考虑，确定旭龙水电站最小生态流量为 210 m³/s。

旭龙水电站生态流量下泄过程及实际调度运行期间下泄过程详见表 5.1-9 和图 5.1-5

**表 5.1-9　旭龙水电站生态流量下泄过程说明**

| 时段 | | 推荐流量过程 |
|---|---|---|
| 时段划分 | 划分依据 | 流量过程 |
| 1-2 月 | 非鱼类集中产卵期，保障下游石鼓 300m³/s | 不低于 210m³/s |
| 3 月至 4 月中旬 | 长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼等裂腹鱼类产卵期 | 在 3 月至 4 月每月分别进行 1 次至少持续 10d 的生态调度过程，期间旭龙水电站结合上游苏洼龙泄流过程，保持坝下游河段的天然径流过程。 |

| 时段 | | 推荐流量过程 |
|---|---|---|
| 时段划分 | 划分依据 | 流量过程 |
| | | 其他鱼类产卵时段，保障下游石鼓 300m³/s，下泄不低于 280m³/s |
| 4 月下旬至 6 月 | 保障下游石鼓 411m³/s 的生态流量 | 下泄不低于 280m³/s，当上游发生洪水时，旭龙水电站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程 |
| | 黄石爬鮡产卵期（一般 5 月份开始产卵） | |
| 7 月 | 黄石爬鮡、产漂流性卵鱼类产卵期 | |
| 8-9 月 | 软刺裸裂尻等，保障下游石鼓 300m³/s | 不低于 451m³/s |
| 10-12 月 | 保障下游石鼓 300m³/s，保障滇中引水过程 | 不低于 210 m³/s |

（4）旭龙水电站运行后实际下泄过程

上游梯级电站建成运行后，特枯年份 3 月份上、中、下旬旬均下泄流量约 241m³/s、253 m³/s、258 m³/s，可能会出现少数不满足 280 m³/s 的时段。4 月至 7 月，电站下泄流量在 297～2990 m³/s 之间。8-9 月，旭龙水电站所在江段处于汛期，基本不改变上游来流过程，泄流流量在 1090～1290 m³/s 之间。其余时段，电站泄流量在 243～996 m³/s 之间。当上游岗拖、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙实现梯级联合调度后，枯水时段流量将进一步加大，生态流量泄放保证率将进一步提高。

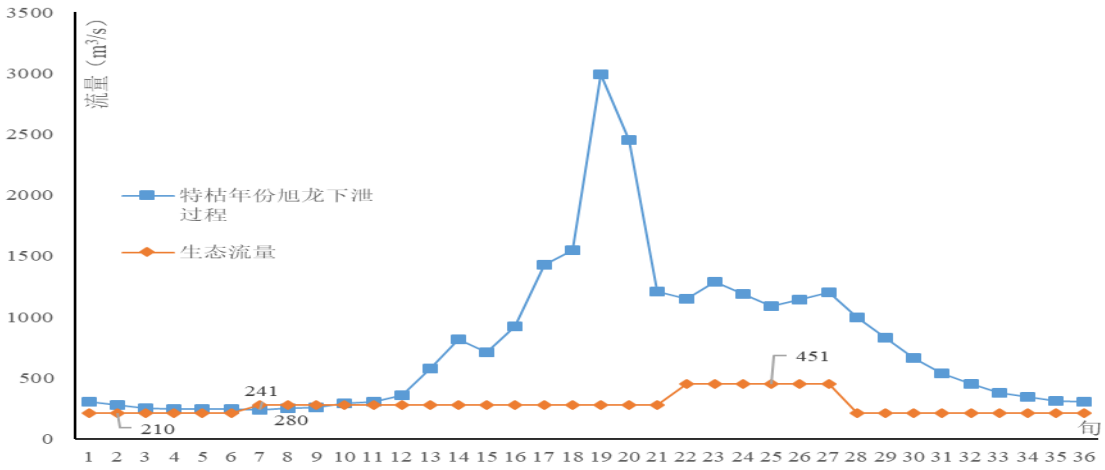



图 5.1-5 旭龙水电站下泄过程与下游河道生态流量需求对比图

（4）联合调度运行前后奔子栏水文站断面径流过程及生态流量满足情况

上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙水电站联合调度运行后，相对天然情况，1 月～4 月中旬，流量增加 0～50m$^3$/s；5 月下旬～6 月中旬流量减少 1～3m$^3$/s ； 10 月中旬～12 月中旬，流量减少 4～72 m$^3$/s。年内逐旬流量在 294～3274 m$^3$/s 之间，年内最枯月 3 月上、中、下旬流量分别为 294m$^3$/s、309m$^3$/s、315m$^3$/s，均较天然状况同月流略有增加，均大于奔子栏水文站 234m$^3$/s 生态流量下泄要求， 满足长江经济带生态环境保护规划提出的长江干流生态流量不低于多年平均流量 20%的要求。

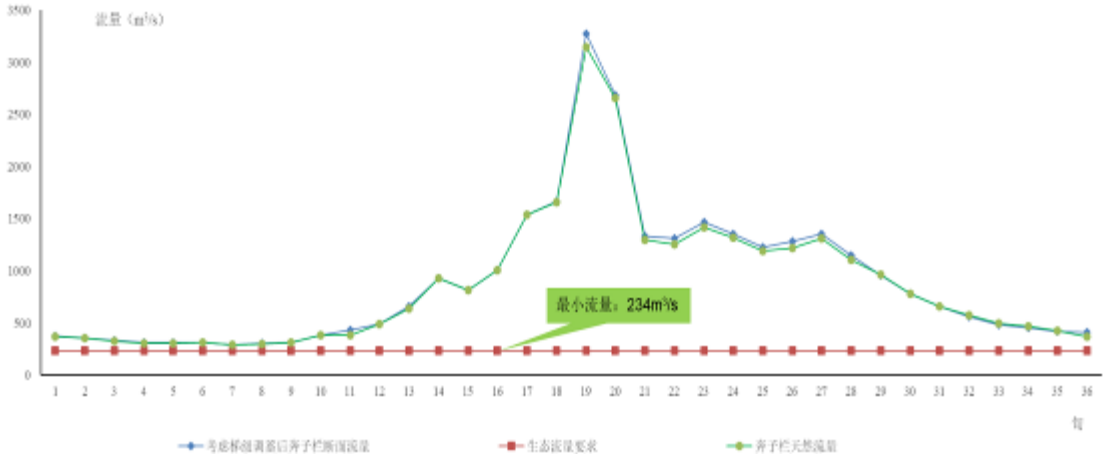



**图 5.1-6 奔子栏水文站断面梯级调蓄前后径流过程及生态流量满足情况示意图**

（5）联合调度运行前后奔子栏水文站断面径流过程及生态流量满足情况

上游梯级联合调度运行后，年内逐月流量变化趋势与奔子栏基本一致。据统计，年内逐旬流量在 341～3553 m$^3$/s 之间，年内最枯月 3 月上、中、下旬流量分别为 341m$^3$/s、358m$^3$/s、366m$^3$/s，扣除滇中引水量（该时段滇中引水量为 0），该断面下泄流量依然不小于 300 m$^3$/s，满足生态流量要求；4 月下旬至 6 月，上游来流较大，扣除滇中引水量，该断面下泄流量不低于 475 m$^3$/s，相对于天然情况有所增加。

总体来说，上游梯级联合调度后，石鼓断面流量略有增加，可一定程度减缓断面水量减少程度，后续应开展联合调度研究，进一步优化调度过程。

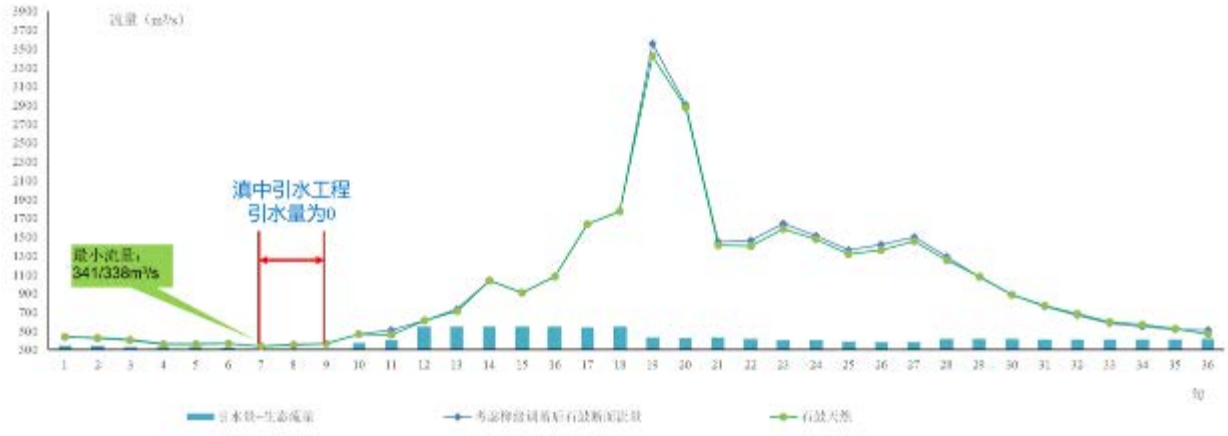



图 5.1-7 石鼓水文站断面梯级调蓄前后径流过程及生态流量满足情况示意图

### 5.1.1.6 合理性分析

**（1）流量大小的协调性分析**

根据《关于金沙江上游苏洼龙水电站环境影响报告书的批复》（环审[2015]77号），工程下泄生态流量不低于 152 m³/s。另据《长江水利委员关于金沙江苏洼龙水电站水资源论证报告书的审查意见》（长许可〔2014〕277 号），苏洼龙水电站最小下泄流量为 180 m³/s。旭龙水电站距离苏洼龙坝址 85.51km，区间汇入支流主要包括麦曲河、丹达曲。其中麦曲河多年平均流量 20m³/s，丹达曲多年平均流量 32 m³/s。根据上述两条支流河口位置的丹达河水电站、昌波二级水电站设计成果，河口处枯期逐月径流量占年均径流量的 2~4%左右，据此估算，丹达曲多年平均最枯月均流量约 3.8 m³/s，麦曲河多年平均最枯月均流量约 2.8m³/s。区间多年平均降水量 339.4mm，降雨量较少，属于干旱地区，区间汇流主要以上述两条支流为主，根据坝址实测径流测算，坝址实测最小流量约 160 m³/s；按 1953-2017 年长系列逐旬旬均来流考虑，坝址处最小旬均流量约 180 m³/s。据此，电站若下泄 210m³/s 的生态流量，其保证率达到 90%左右。3 月份下泄 280 m³/s 保证率约 90%左右。为提高电站生态流量满足程度，旭龙水电站需要与上游梯级开展联合调度。丰水时段，电站维持高水位运行，在 6-9 月，旭龙水电站基本不改变径流过程，因此本报告书制定的 8-9 月泄流要求，在上游按要求泄放的前提下，基本可得到满足。

根据《金沙江上游苏洼龙水电站环境影响报告书》，生态流量确定主要考虑

了下游鱼类产卵繁殖需求，且主要考虑的对象包括长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡等，与旭龙江段鱼类资源分布相似度较高。因此，旭龙水电站与上游苏洼龙水电站之间的生态流量确定是协调的。

**（2）与下游的协调性分析**

旭龙水电站下泄生态流量确定，考虑的要素主要包括鱼类产卵繁殖需求以及下游滇中引水工程取水需求。根据《长江流域综合规划（2012～2030 年）》，奔子栏和石鼓断面的生态流量分别为 234$m^3$/s 和 298$m^3$/s；在 2016 年 8 月批复的《滇中引水工程环境影响报告书》中确定石鼓取水口断面生态流量 4 月下旬至 6 月为 411$m^3$/s，7 月至次年 4 月中旬为 300$m^3$/s。旭龙水电站坝址距离石鼓断面约 287km，区间支流包括定曲河、瓮水河、支巴洛河等支流，区间多年平均汇水流量约 350 $m^3$/s。奔子栏水文站至石鼓水文站断面区间为天然河段，区间河道外用量较小，因此，可以认为在满足奔子栏水文站断面 234$m^3$/s 生态流量的基础上，石鼓断面 298$m^3$/s 的生态流量是能够保障的。

旭龙水电站 3 月至 7 月，下泄生态流量 280 $m^3$/s，8-9 月，电站衔接上游调度，按 451 $m^3$/s 下泄，大于奔子栏要求的 234$m^3$/s，加之区间瓮水河等支流汇入，可满足石鼓取水口断面生态流量需求；非鱼类产卵期，电站下泄生态流量 210 $m^3$/s，按区间实测最小的流量差值，下游奔子栏水文站断面流量最小不低于 234 $m^3$/s，同样可满足石鼓断面该时段取水口断面生态流量要求。

## 5.1.2 对水文情势的影响

### 5.1.2.1 预测思路及方法

为分析旭龙水电站成库后库区、坝下游水文情势的变化，通过分析旭龙水电站库区河道形态、重要支流汇集以及重要敏感水域水文情势情况，选择典型代表断面进行水文情势预测。

目前，苏洼龙水电站已开工建设，以上游苏洼龙水电站下泄过程为来流条件，按确定的生态流量及下泄过程，作为旭龙水电站调度的约束条件，确定电站典型日调度过程，并以此作为水文情势预测的边界条件，分析库区及坝下游水文情势变化。

**（1）计算工况设置**

根据金沙江上游梯级开发情况，拟定工况为：

工况一：考虑上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙联合调度，无旭龙水电站；

工况二：考虑上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙联合调度，有旭龙水电站。

**（2）计算方法**

旭龙水电站主要承担基荷和腰荷，可根据电力系统需求进行适度调峰运行，水库汛期尽量维持在高水位运行，丰水时段电站调度基本按来流下泄，与苏洼龙水电站基本一致。枯水、平水时段，为减缓旭龙水电站下游水位变幅，充分利用水库调节库容，对上游苏洼龙水电站下泄过程进行调蓄。因此，本次评价结合江段鱼类产卵季节分布以及上游苏洼龙水电站调度运行原则，选择平水时段和枯水时段作为典型，进行预测评价。

假定建库前后同一设计频率下入库流量保持不变，建库后库区河段水文情势的变化主要取决于坝前雍水高度，坝下水文情势变化主要取决于旭龙坝址下泄流量。

本次评价库区首先采用对比分析法分析建库前后不同水期坝前水位的变化情况；其次，以建库前后水文计算的成果作为边界条件，通过建立一维水动力模型模拟库区各典型断面水位、流速、水深和水面宽的变化情况；坝下首先采用对比分析法分析坝址处出库流量与天然流量变化情况，然后通过建立一维水动力模型模拟坝下各典型断面水位、流速的变化情况。一维水动力模型计算原理如下：

针对梯级电站恒定流水文要素的预测评价，数学模型采用丹麦水力研究所开发的专业商用软件 MIKE11。其数学模型采用一维水流运动的控制方程圣维南方程，即：

连续方程：$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=q_l$

运动方程：$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\frac{\partial Z}{\partial x}+g\frac{Q|Q|}{C^2AR}=\frac{Q}{A}q_l$

式中，$Q$为过水断面平均流量，$C$为谢才阻力系数，$R$为过水断面的水力半径，$g$为重力加速度，$Z$为水位。计算时采用流量模数$K=AC\sqrt{R}$，且将谢才阻力系数转化为常用的糙率$n$，$C=\frac{1}{n}R^{1/6}$。

库区上边界条件为恒定流，下边界条件建库前为旭龙坝址断面的水位流量关

系，建库后为旭龙坝址处日水位过程；坝下上边界条件为出库流量，建库前下边界条件为奔子栏水文站实测水位，建库后为奔子栏水文站水位流量关系。

**（3）计算条件**

第一类代表性流量：代表 2 月枯水期的枯水典型日（长系列历时保证率 90%）；

第二类代表性流量：代表 11 月平水期典型日（长系列历时保证率 50%）。

**表 5.1-10　旭龙水电站典型日下泄流量过程**

| 时段 | 枯水典型日（保证率 90%） | | | | 平水期典型日（保证率 50%） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 入库流量（$m^3/s$） | 下泄流量（$m^3/s$） | 时段初坝前水位（m | 电站尾水位（m） | 入库流量（$m^3/s$） | 下泄流量（$m^3/s$） | 时段初坝前水位（m） | 电站尾水位（m） |
| 1 | 217 | 230 | 2301.95 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.90 | 2146.57 |
| 2 | 217 | 230 | 2301.95 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.85 | 2146.57 |
| 3 | 217 | 230 | 2301.94 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.80 | 2146.57 |
| 4 | 217 | 230 | 2301.94 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.76 | 2146.57 |
| 5 | 217 | 230 | 2301.94 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.71 | 2146.57 |
| 6 | 217 | 230 | 2301.94 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.66 | 2146.57 |
| 7 | 217 | 230 | 2301.93 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.61 | 2146.57 |
| 8 | 217 | 230 | 2301.93 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.57 | 2146.57 |
| 9 | 217 | 230 | 2301.93 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.52 | 2146.57 |
| 10 | 217 | 410 | 2301.93 | 2146.30 | 239 | 890 | 2301.47 | 2148.46 |
| 11 | 217 | 410 | 2301.88 | 2146.30 | 1642 | 890 | 2301.33 | 2148.46 |
| 12 | 217 | 410 | 2301.84 | 2146.30 | 958 | 890 | 2301.49 | 2148.46 |
| 13 | 217 | 410 | 2301.80 | 2146.30 | 239 | 460 | 2301.51 | 2146.57 |
| 14 | 217 | 410 | 2301.76 | 2146.30 | 239 | 460 | 2301.46 | 2146.57 |
| 15 | 217 | 410 | 2301.72 | 2146.30 | 239 | 460 | 2301.41 | 2146.57 |
| 16 | 217 | 410 | 2301.67 | 2146.30 | 239 | 460 | 2301.36 | 2146.57 |
| 17 | 217 | 460 | 2301.63 | 2146.57 | 958 | 890 | 2301.31 | 2148.46 |
| 18 | 217 | 460 | 2301.58 | 2146.57 | 1642 | 890 | 2301.33 | 2148.46 |
| 19 | 1248 | 460 | 2301.53 | 2146.57 | 1642 | 890 | 2301.49 | 2148.46 |
| 20 | 1248 | 460 | 2301.70 | 2146.57 | 1642 | 890 | 2301.66 | 2148.46 |
| 21 | 1056 | 460 | 2301.87 | 2146.57 | 1642 | 890 | 2301.82 | 2148.46 |
| 22 | 217 | 410 | 2302.00 | 2146.30 | 958 | 890 | 2301.98 | 2148.46 |
| 23 | 217 | 230 | 2301.96 | 2145.21 | 239 | 460 | 2302.00 | 2146.57 |
| 24 | 217 | 230 | 2301.95 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.95 | 2146.57 |
| 最大 | 1248 | 460 | 2302.00 | 2146.57 | 1642 | 890 | 2302.00 | 2148.46 |
| 最小 | 217 | 230 | 2301.53 | 2145.21 | 239 | 460 | 2301.31 | 2146.57 |
| 变幅 | 1031 | 230 | 0.47 | 1.36 | 1403 | 430 | 0.68 | 1.89 |

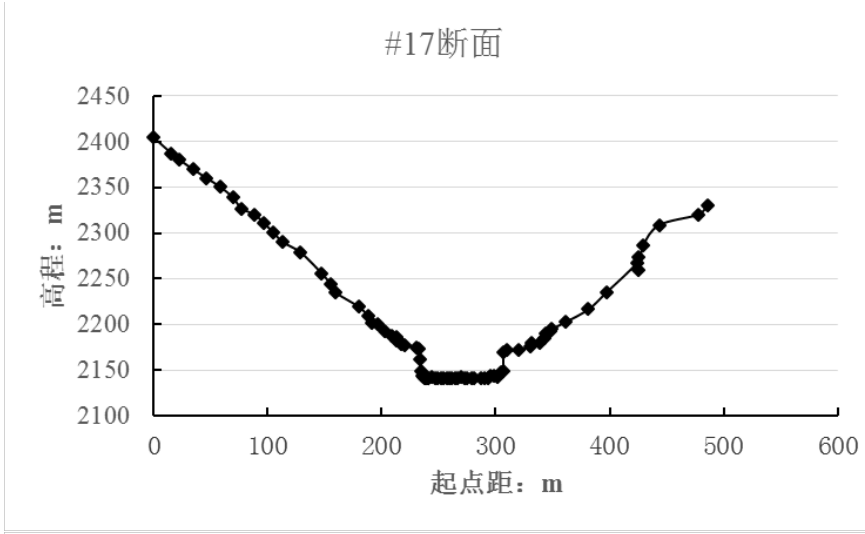
**（4）库区河段典型断面选取**

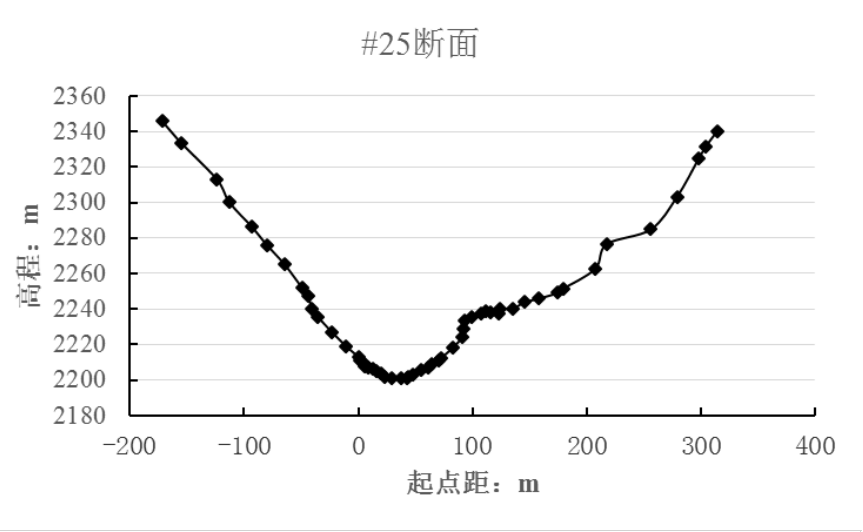
为分析预测旭龙水电站成库后库区水文情势的变化，根据本工程特性，结合水环境、水生态评价要求，库区从上至下游选取了 11 个具有代表性的断面进行水文情势影响预测。主要选择支流汇口、主要集镇等作为典型断面。库区各代表

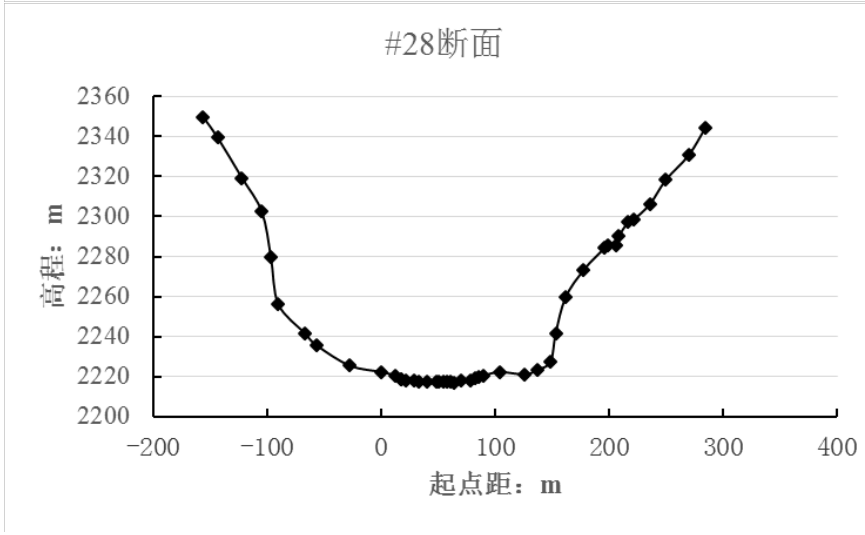
断面特性及位置如下表所示。

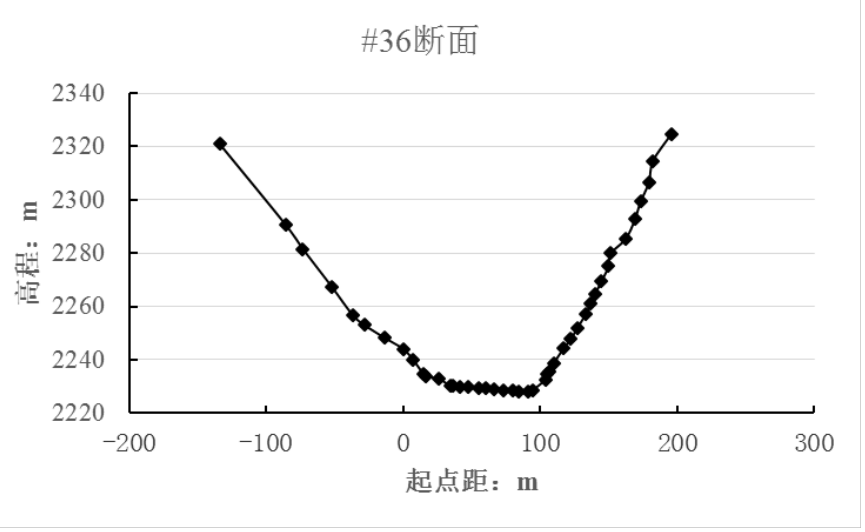
表 5.1-11　旭龙水电站库区河段代表性断面

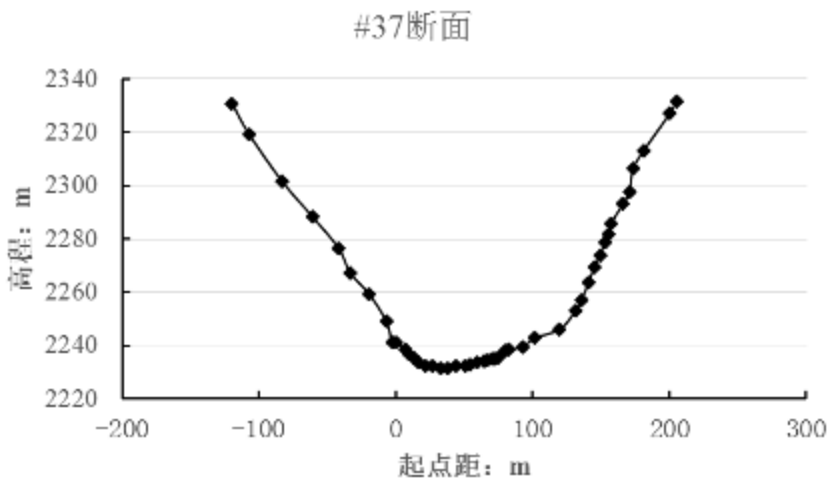
| 断面名称 | 断面编号 | 距坝址距离（m） | 备注 |
|---|---|---|---|
| 麦曲河口 | #58 | 62825 | 河口汇入断面 |
| 羊拉登桥 | #54 | 57772 | |
| 中心绒乡 | #52 | 54211 | |
| 地巫乡 | #47 | 45572 | |
| 丹达曲汇口 | #41 | 34778 | 河口汇入断面 |
| 丹达曲汇上 | #38 | 29333 | |
| 丹达曲汇下 | #37 | 28029 | |
| 贡波乡 | #36 | 25950 | |
| 唐吉格 | #28 | 15500 | |
| 格亚顶河口 | #25 | 12251 | 支沟汇口断面 |
| 坝前 | #17 | 0 | |

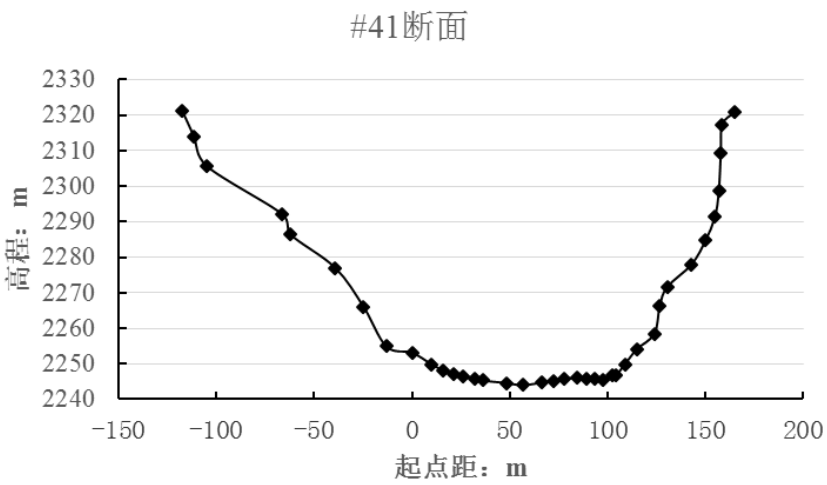

#17断面
高程：m
2450
2400
2350
2300
2250
2200
2150
2100
0
100
200
300
400
500
600
起点距：m

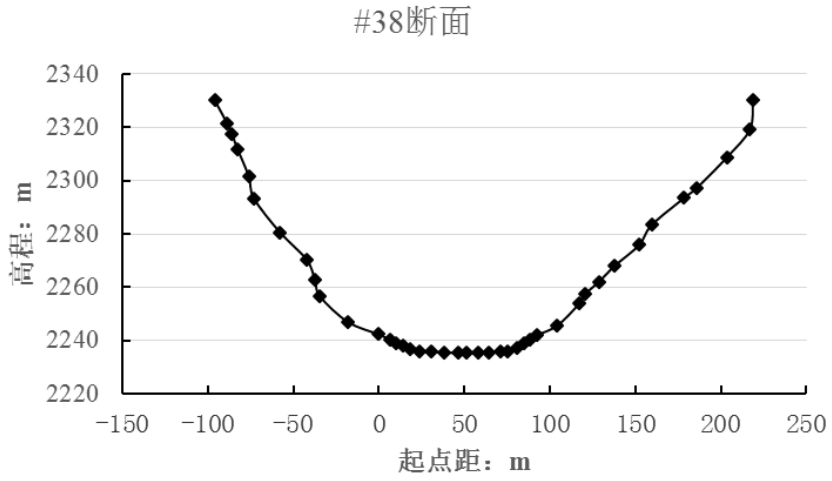

#25断面
高程：m
2360
2340
2320
2300
2280
2260
2240
2220
2200
2180
-200
-100
0
100
200
300
400
起点距：m

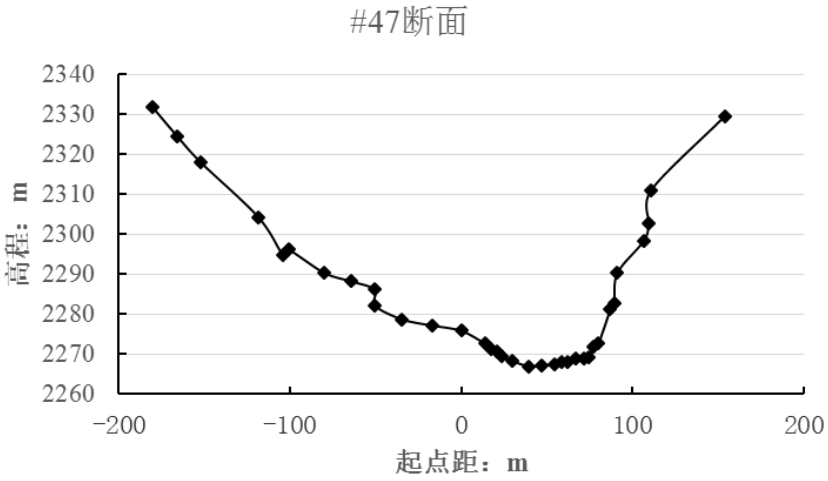

#28断面
高程：m
2360
2340
2320
2300
2280
2260
2240
2220
2200
-200
-100
0
100
200
300
400
起点距：m


#36断面
高程：m
2340
2320
2300
2280
2260
2240
2220
-200
-100
0
100
200
300
起点距：m


#37断面
高程：m
2340
2320
2300
2280
2260
2240
2220
-200
-100
0
100
200
300
起点距：m


#41断面
高程：m
2330
2320
2310
2300
2290
2280
2270
2260
2250
2240
-150
-100
-50
0
50
100
150
200
起点距：m


#38断面
高程：m
2340
2320
2300
2280
2260
2240
2220
-150
-100
-50
0
50
100
150
200
250
起点距：m


#47断面
高程：m
2340
2330
2320
2310
2300
2290
2280
2270
2260
-200
-100
0
100
200
起点距：m

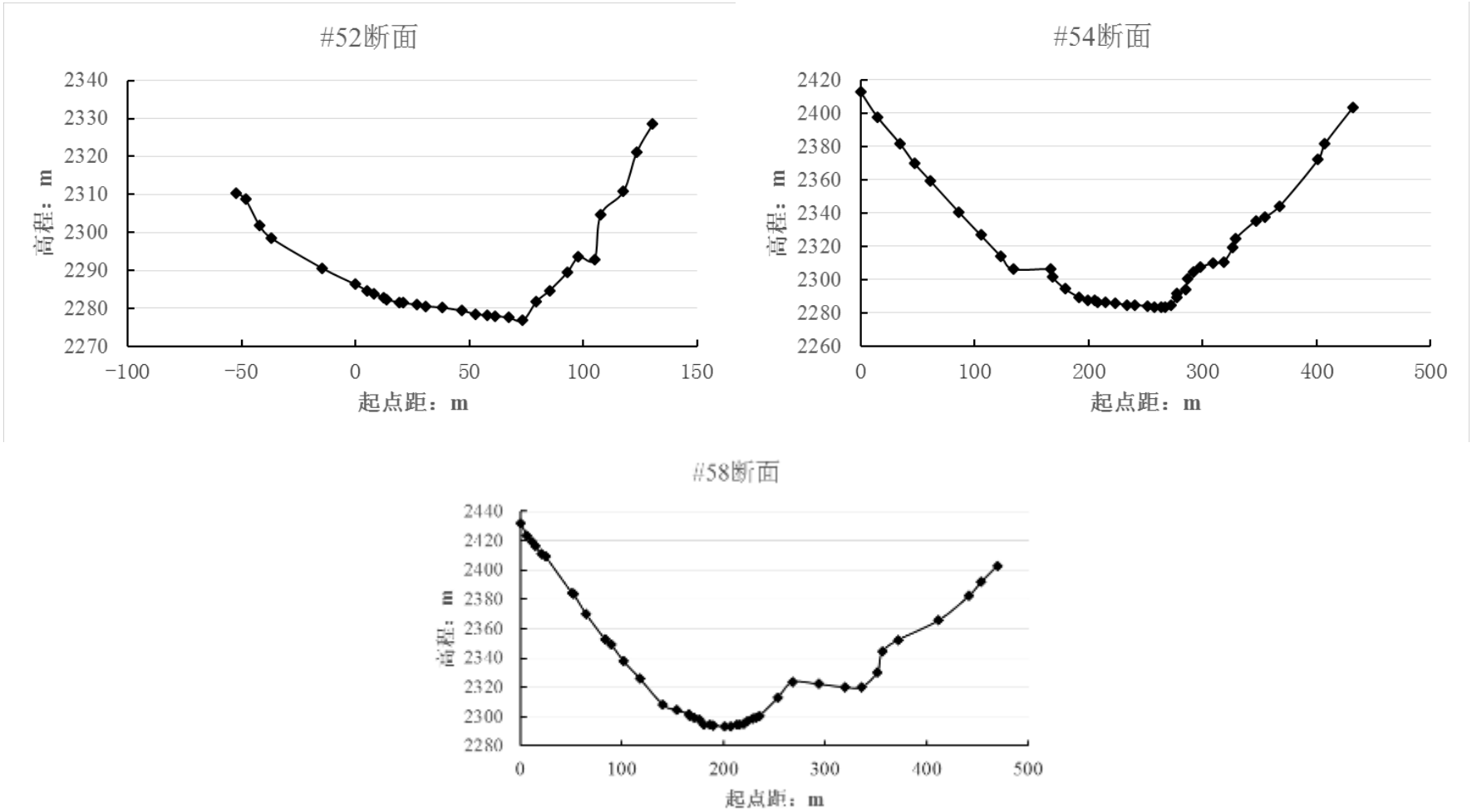



图 5.1-8 旭龙库区水文情势计算选取的典型大断面

### 5.1.2.2 施工截流及初期蓄水期

**（1）施工截流期**

1）截流时段、标准及流量

截流时段选择在开工后第 2 年 12 月上旬，戗堤顶高程控制采用当月 10%洪峰流量，进占采用当月 10%月平均流量，截流标准采用 12 月 10%月平均流量 447$m^3/s$。

具体截流流量标准见表 5.1-12。

**表 5.1-12　　截流流量标准**

| 项　　目 | | 流量标准 | 流量（$m^3/s$） | 相应上游水位（m） |
|---|---|---|---|---|
| 龙口 | 戗堤顶高程控制 | 苏洼龙电站 2 台机满发+12～3 月 10%区间 | 850 | 2158.31 |
| | 戗堤进占 | 12 月 10%月平均 | 447 | 2154.01 |

2）截流方式

根据本工程坝址的地形、施工条件、截流条件及截流难度分析，立堵截流不需修建栈桥或浮桥，具施工简单、快速、施工准备工程量小和费用较低等优点。因此，旭龙河床截流采用立堵截流方式。旭龙河床截流按 12 月 10%月平均流量 447$m^3/s$，导流隧洞进出口落差达 10m 左右，考虑河床纵坡，计算龙口落差约 8.27m；结合旭龙截流模型动床试验，通过水下宽戗堤截流，增加龙口水头损失和抛投料水下宽戗形成龙口护底，可顺利实现截流。

3）截流期下游供水

截流分流建筑物为左岸低导流隧洞，隧洞进口底板高程为 2146.0m，出口高程为 2143.0m，断面为 14m×17m 城门洞型，导流隧洞长度为 1313.18m。

根据工程设计，基于 1:80 截流模型动床试验成果，截流戗堤布置方案采用顶宽 20m 水下宽戗堤方案。合拢后戗堤落差为 7.35m。在龙口宽 33m 至 17m 阶段，堤头及龙中线戗堤范围最大流速分别为 8.16m/s、9.38m/s。当口门宽度 B=33m 形成三角形断面后，导流洞分流比快速提升，最困难段 B=25m 时导流洞分流比已达 64.7%，导流洞分流性能较好。随着截流龙口门宽度的缩小及合拢，龙口泄流逐渐过渡为导流洞泄流，直至完全由导流洞过流，截流期间保持泄流量在 447$m^3/s$ 左右，下游不出现减脱水情况，对上下游水文情势基本无影响。

表 5.1-13　进占各口门宽度时截流水力特性表

| 龙口宽(m) | 50 | 40 | 33 | 25 | 17 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水面宽（m） | 32.80 | 23.60 | 16.80 | 12.80 | 7.60 | 0 |
| 戗堤落差(m) | 0.12 | 0.97 | 3.36 | 4.66 | 5.90 | 7.35 |
| 龙口落差（m） | 0.16 | 1.07 | 3.63 | 4.35 | 5.04 | - |
| 戗堤堰前水位（m） | 2148.68 | 2149.09 | 2150.64 | 2151.85 | 2152.97 | 2153.35 |
| 导流洞分流量($m^3/s$) | 102 | 109 | 163 | 289 | 353 | 385 |
| 导流洞分流比（%） | 22.8 | 24.4 | 36.5 | 64.7 | 79.0 | 86.1 |
| 左堤头最大流速(m/s) | 0.36 | 5.67 | 8.16 | 7.50 | 7.40 | - |
| 右堤头最大流速(m/s) | 3.73 | 5.39 | 8.16 | 7.50 | 7.40 | - |
| 龙中线最大流速(m/s) | 3.83 | 5.67 | 9.38 | 8.28 | 8.84 | - |

**（2）初期蓄水**

1）导流洞下闸封堵期间

根据施工进度及导流程序安排，开工后第 8 年 11 月初高导流隧洞下闸，闸门下闸流量标准为苏洼龙 2 台机满发+11 月 10%月区间流量 Q=860$m^{3/}$s，相应上游水位为 2156.33m，进口水深为 5.33m。此时，由低导流洞向下游供水，根据低导流洞泄流能力计算结果，当上游水位为 2156.33m 时，低导流洞泄流量约 657$m^3$/s；同时打通旁通洞与高导流隧洞之间的洞壁，调试弧门和启闭设施，第 8 年 11 月下旬，旁通洞内弧门具备下闸条件。

第 8 年 11 月下旬开启旁通洞进口平板门，低导流隧洞下闸，由旁通洞泄流向下游供水。低导流洞下闸流量标准同高导流洞，相应上游水位为 2157.46m，进口水深为 11.46m。此时段，通过旁通洞向下游供水，根据旁通洞泄流能力计算结果，当上游水位为 2157.46m 时，旁通洞泄流量约 106 $m^3$/s，可保证下游不断流，随着坝前水位的上升，旁通洞泄流能力不断增加。待水位上升至中孔满足向下游 210$m^3$/s 要求时，旁通洞内弧门下闸，导流隧洞堵头施工，由中孔向下游供水。

第 9 年 4 月底导流隧洞堵头施工完成。

表 5.1-14　低洞泄流能力表

| 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） | 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|

| 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） | 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|
| 2151.00 | 220 | 2212.97 | 4731 |
| 2151.51 | 253 | 2221.37 | 5067 |
| 2152.01 | 286 | 2230.38 | 5403 |
| 2153.21 | 379 | 2232.88 | 5494 |
| 2154.31 | 472 | 2235.39 | 5584 |
| 2155.51 | 578 | 2240.69 | 5765 |
| 2156.61 | 684 | 2251.60 | 6127 |
| 2157.91 | 808 | 2264.22 | 6517 |
| 2159.11 | 933 | 2277.53 | 6908 |
| 2160.31 | 1065 | 2292.04 | 7309 |
| 2161.42 | 1198 | 2307.46 | 7710 |
| 2162.32 | 1355 | 2323.47 | 8109 |
| 2163.42 | 1712 | 2340.39 | 8508 |
| 2165.32 | 1912 | 2361.71 | 8926 |
| 2167.72 | 2149 | 2381.63 | 9343 |
| 2170.52 | 2387 | 2402.95 | 9770 |
| 2173.83 | 2649 | 2425.17 | 10197 |
| 2177.53 | 2911 | 2436.38 | 10407 |
| 2181.83 | 3186 | 2447.89 | 10618 |
| 2186.54 | 3462 | 2471.62 | 11038 |
| 2192.15 | 3770 | 2499.75 | 11519 |
| 2198.35 | 4077 | 2514.26 | 11760 |
| 2205.36 | 4404 | | |

表 5.1-15　　旁通洞泄流能力表

| 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） | 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|
| 2151.00 | 0 | 2205.85 | 422 |
| 2151.40 | 6 | 2215.36 | 459 |
| 2152.00 | 17 | 2225.17 | 498 |
| 2152.90 | 31 | 2237.18 | 538 |
| 2153.90 | 48 | 2249.50 | 579 |
| 2155.00 | 67 | 2263.31 | 621 |
| 2156.21 | 88 | 2278.52 | 663 |
| 2157.81 | 111 | 2294.54 | 707 |
| 2159.71 | 136 | 2312.76 | 752 |
| 2161.81 | 162 | 2331.38 | 797 |
| 2164.01 | 190 | 2352.60 | 844 |
| 2168.52 | 219 | 2374.42 | 891 |
| 2173.12 | 250 | 2398.64 | 939 |
| 2177.83 | 282 | 2423.87 | 988 |

| 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） | 水位（m） | 泄量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|
| 2183.53 | 315 | 2451.39 | 1038 |
| 2190.34 | 349 | 2480.12 | 1089 |
| 2197.45 | 385 | | |

2）后期导流

两条导流隧洞和旁通洞均下闸后，中孔具备下泄 210$m^3/s$ 能力，由中孔向下游供水。堵头施工期间上游来水由中孔全部敞泄。

第 9 年 5 月 1 日，中孔下闸控泄 210$m^3/s$，5 月 31 日水库蓄水至死水位 2294m，6 月 2 日水库水位蓄至正常蓄水位 2302m；第 9 年 6 月初第一批机组开始发电。

**表 5.1-16　天然来水流量下闸蓄水过程表**

| 项目 | 蓄水时间 | 开始水位（m） | 结束水位（m） | 开始库容（亿$m^3$） | 结束库容（亿$m^3$） | 蓄水库容（亿$m^3$） | 蓄水天数（天） | 蓄水过程 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 低导流隧洞下闸旁通洞下泄 | 第 8 年 11 月 21 日～第 8 年 11 月 22 日 | 2157.46 | 2223.44 | 0.0015 | 0.616 | 0.6145 | 1.09 | 水位蓄至中孔具备下泄 210$m^3/s$ 能力 |
| 中孔下闸控泄 | 第 9 年 5 月 1 日～第 9 年 5 月 31 日 | 2225.12 | 2294 | 0.663 | 6.553 | 5.89 | 30.84 | 中孔控泄 210$m^3/s$，水库蓄水至死水位 2294m |
| | 第 9 年 6 月 1 日～第 9 年 6 月 2 日 | 2294 | 2302 | 6.553 | 7.813 | 1.26 | 1.47 | 中孔控泄 210$m^3/s$，水库蓄水至正常蓄水位 2302m |

注：5 月和 6 月按月平均 P=85%的保证率天然来流量计算蓄水历时。

## 5.1.2.3 运行期

### （1）库区水文情势变化

1）水域形态变化

①库区干流

旭龙水电站干流库区天然河道平均比降约 1.75‰，正常蓄水位以下库容 7.81 亿 $m^3$；调节库容 1.26 亿 $m^3$，库容系数为 0.40%。正常蓄水位 2302m 时，坝前壅水高 161.4m，水面宽度约 310m。电站坝址处多年平均入库流量 990$m^3/s$，水库形成后库区流速范围从坝前到库尾在 0.0m/s~2.71m/s 逐渐增加，最终在库尾接近天然河道流速。

②库区支流

丹达曲：按 5 年一遇洪水，丹达曲回水长度约 2.6km，最大水面宽 135m，

平均水面宽 62m。丹达曲多年平均入库流量约 32.0$m^3$/s，回水淹没区流速范围从汇口到库尾在 0.05m/s～1.02m/s 逐渐增加。

麦曲河：麦曲河回水长度 127m，由于回水影响范围较小，仅河口区域水文情势影响显著。回水使得麦曲河河口区，河口区流速减缓，水深增加。

总体来看，旭龙水电站库区平面形态呈条带状，蓄水后改变了原河道滩多水急的河道形态，平均河宽由 54m 增加到 291m，水域面积、体积和过水面积较天然状况显著增大，水体流速明显减缓，库区河段水域环境从急流河道型转为缓流型。

2）库区水位变化

旭龙库区原天然河道水面线库尾为 2300.6m 递减至坝址处为 2149.2m。水库蓄水后，正常蓄水位为 2302m，库区水位将有不同程度抬升，其中坝前水位比天然水位升了 152.8m。水库具有日调节性能，电站运行时水库水位在正常蓄水位 2302m 与死水位 2294m 之间变动。

3）代表断面水力参数变化

采用 MIKE11 一维水力模型计算丰平枯典型日两种工况条件（旭龙建库前，旭龙建库后）的库区各代表性断面处的水力参数。从生态水力学角度选择水位、流速、水深和水面宽等水力参数进行重点分析。

①水位变化分析

旭龙建库后，库区 8 个典型断面水位较建库前均有所增加。以平水典型日为例，旭龙水电站建库前，库区各断面水位为 2237.6m ~ 2299.3m；旭龙水电站建库后，库区各断面水位为 2301.0m~2302.0m。旭龙水电站建成运行前，受上游苏洼龙电站运行影响，库区河段水位日变幅在 3.4m~6.6m 之间；电站建成运行后，库区河段水位日变幅为 0.7~1.0m。电站建成运行前，库区河段水位最大小时变幅为 3.0m~5.0m，电站建成运行后，最大小时变幅为 0.4m～0.84m。

不同典型日间，平水典型日建库前后水位日变幅、最大小时变幅的变化量大于枯水典型日。

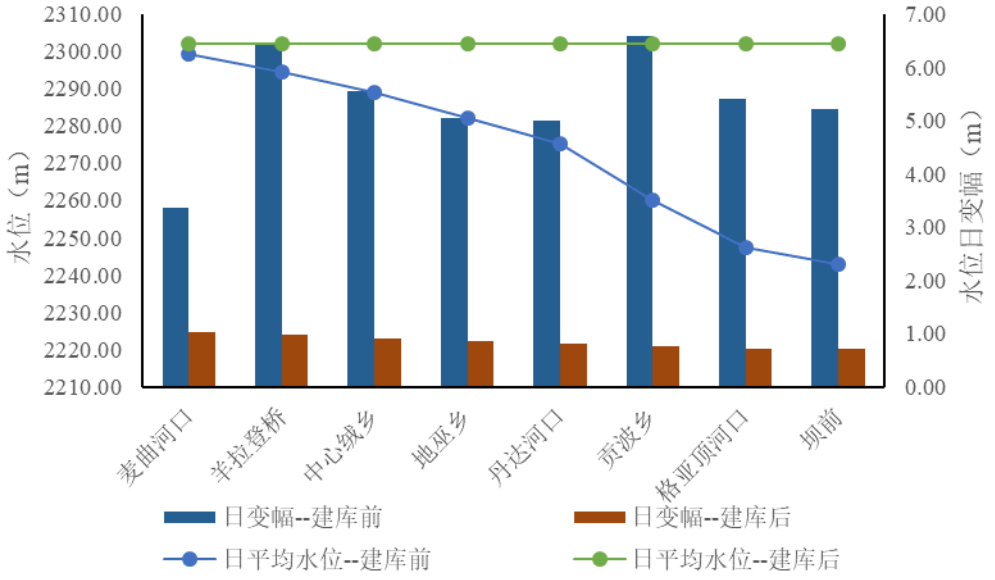



图 5.1-9 平水典型日建库前后库区日均水位及日变幅对比示意图

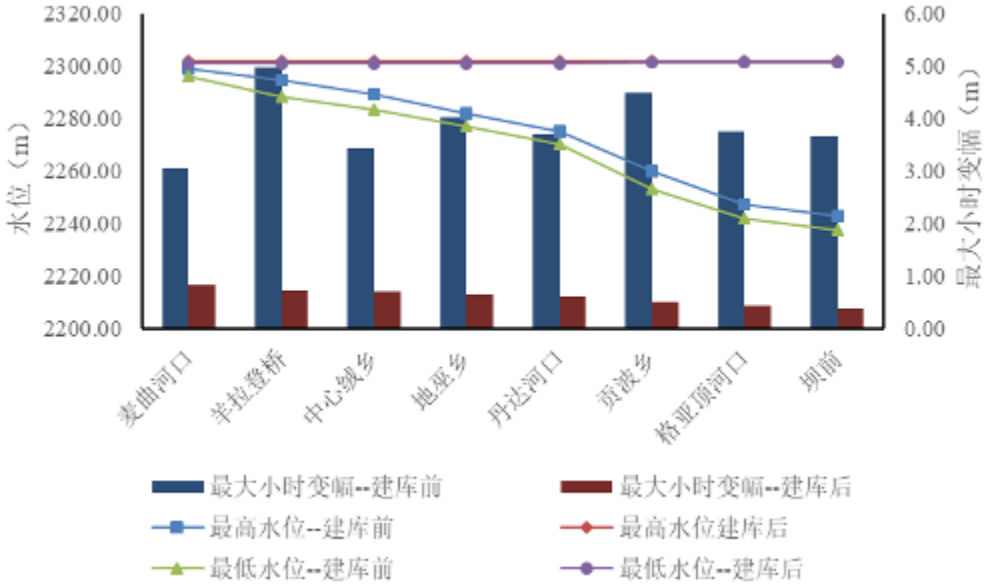



图 5.1-10 平水典型日建库前后库区水位小时变幅对比示意图

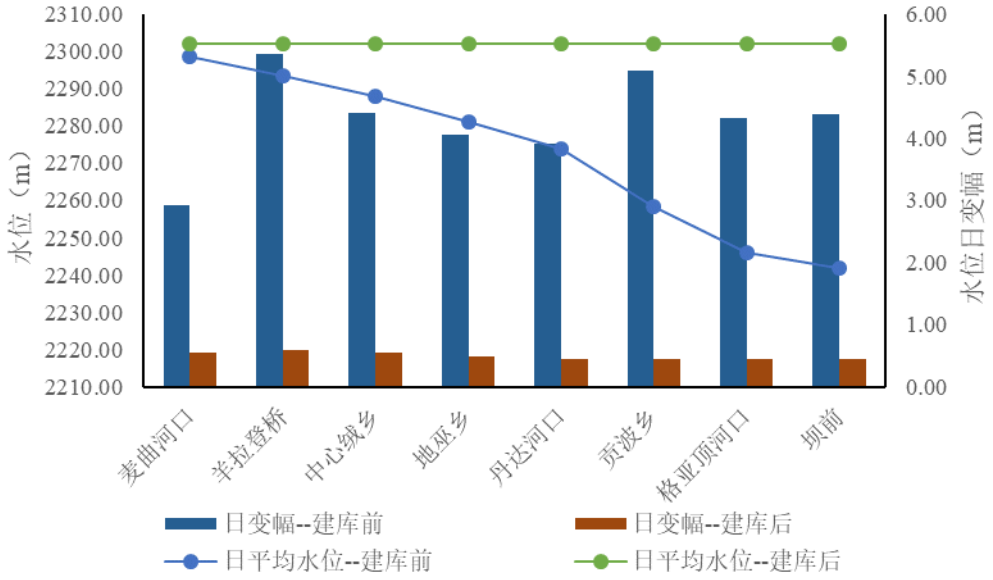



图 5.1-11 枯水典型日建库前后库区日均水位及日变幅对比示意图

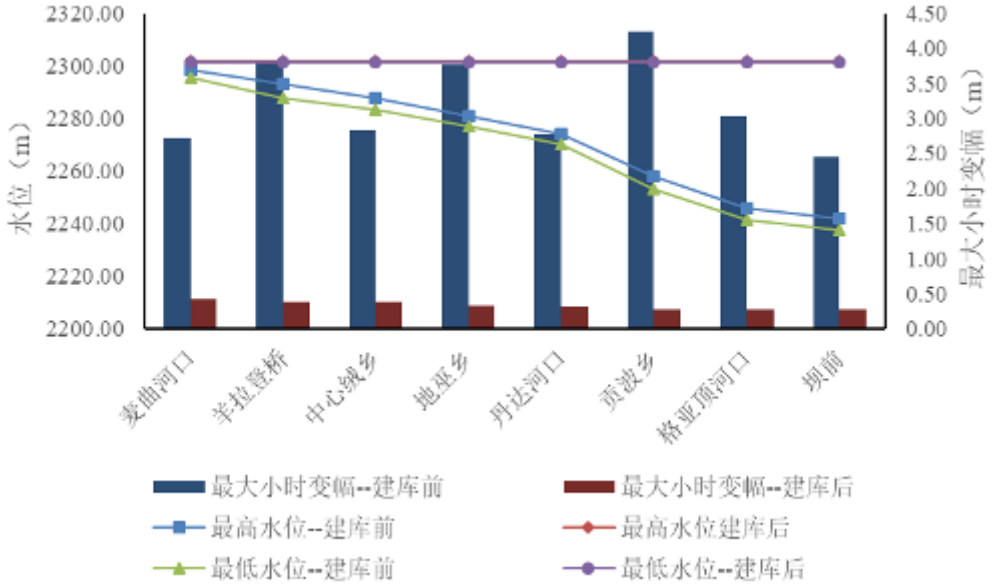



图 5.1-12 枯水典型日建库前后库区日均水位小时变幅对比示意图

②流速变化分析

平水典型日。旭龙水电站建成运行前，库区各典型断面受上游苏洼龙电站运行影响，河段流速日内变幅基本都在 1m/s 左右，库区河段流速均在 0.8m/s 以上，呈急流或较急流。旭龙水电站建成运行后，库区河段流速减缓明显；在苏洼龙水电站调峰时段，库尾 11km 左右河段流速在 0.5m/s 以上，为较急流河段；在苏洼龙水电站非调峰时段，旭龙水电站全库段流速均小于 0.15m/s，呈缓流形态。

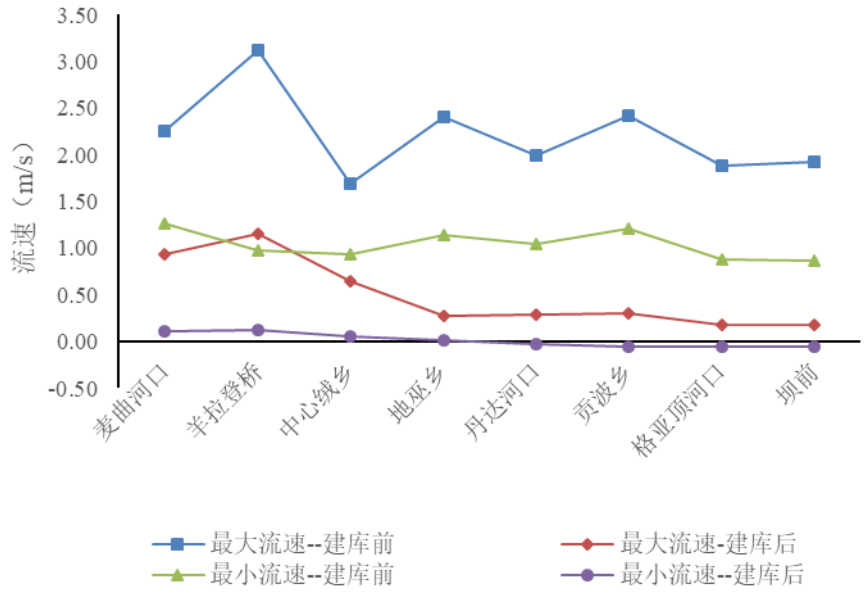



图 5.1-13 平水典型日建库前后库区河段沿程流速对比示意图

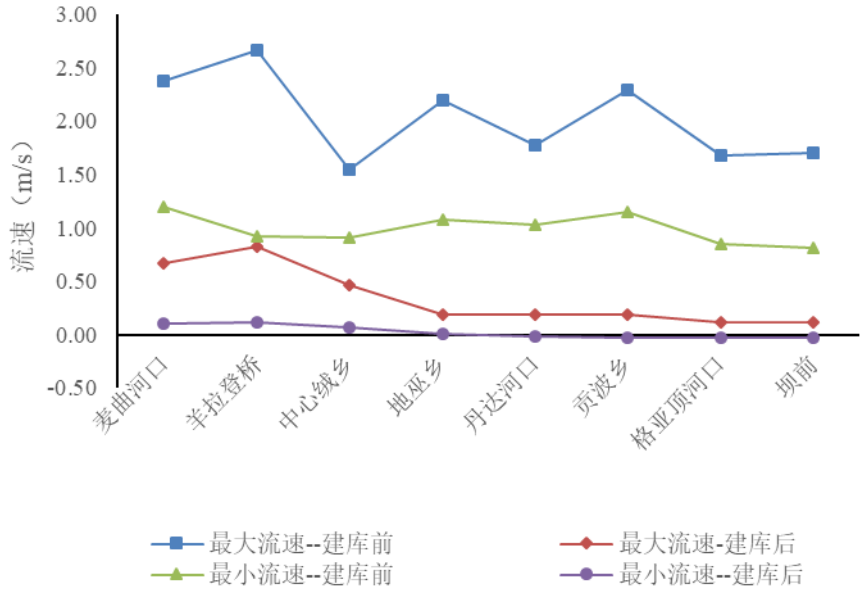



图 5.1-14 枯水典型日建库前后库区河段沿程流速对比示意图

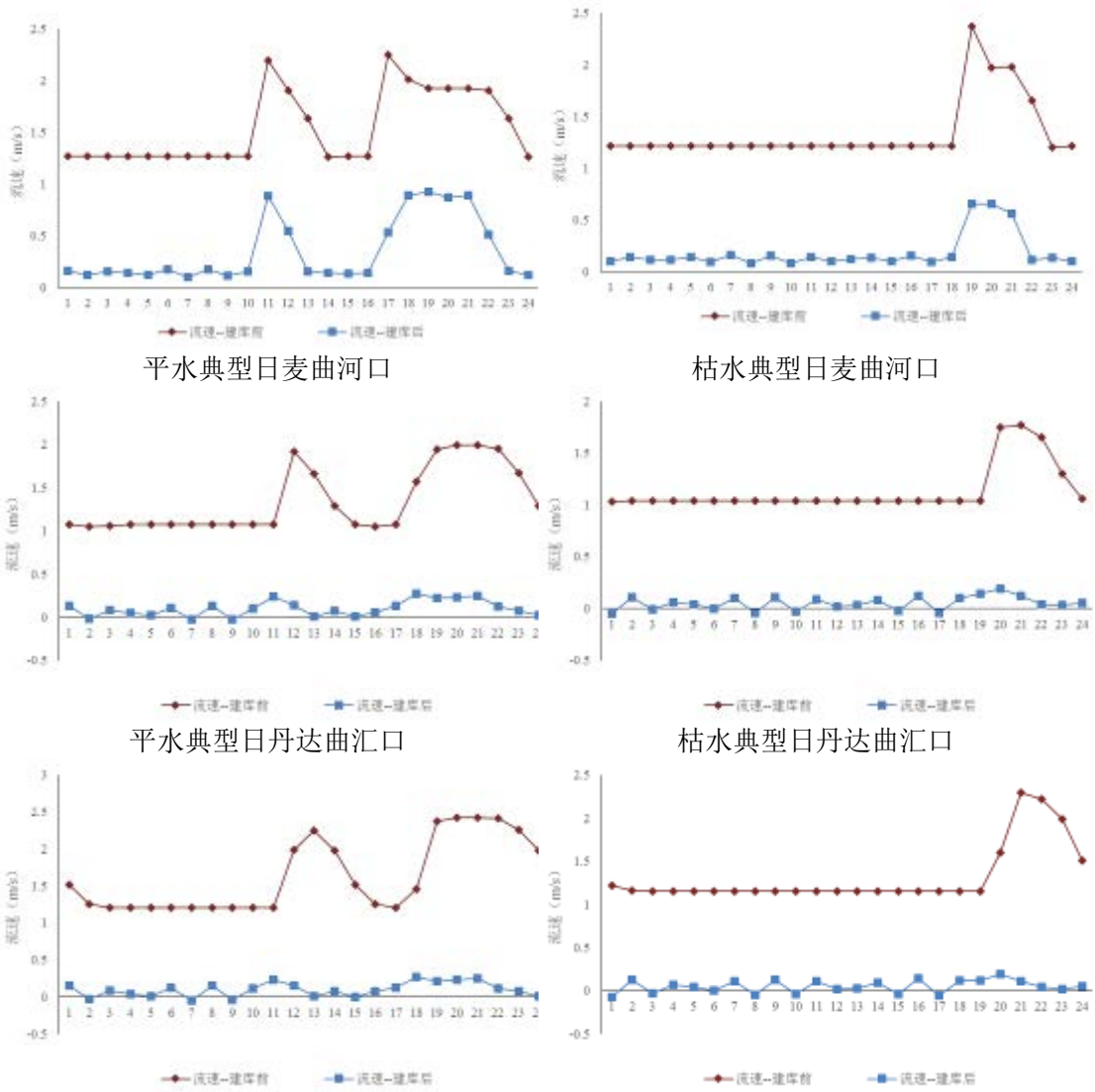



**图 5.1-15 库区麦曲河口、丹达曲汇口及塘吉格断面建库前后流速对比示意图**

③水面宽

旭龙水电站建库前，受上游苏洼龙电站调蓄影响，库区河段各断面水面宽随着上游来流的变化呈现一定的变化趋势。平水典型日，麦曲河口位置水面宽在58.17m~96.78m 之间，丹达曲口水面宽在 56.93m~93.82m 之间，塘吉格断面水面宽在 65.92m~144.55m。枯水典型日，上述断面水面宽变化幅度略小于平水典型日。

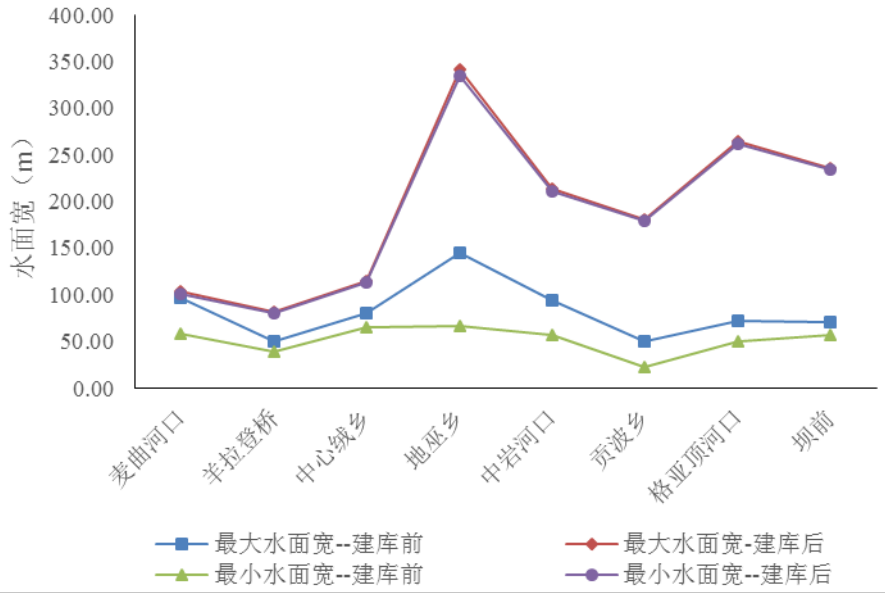



图 5.1-16 平水典型日建库前后库区河段沿程水面宽对比示意图

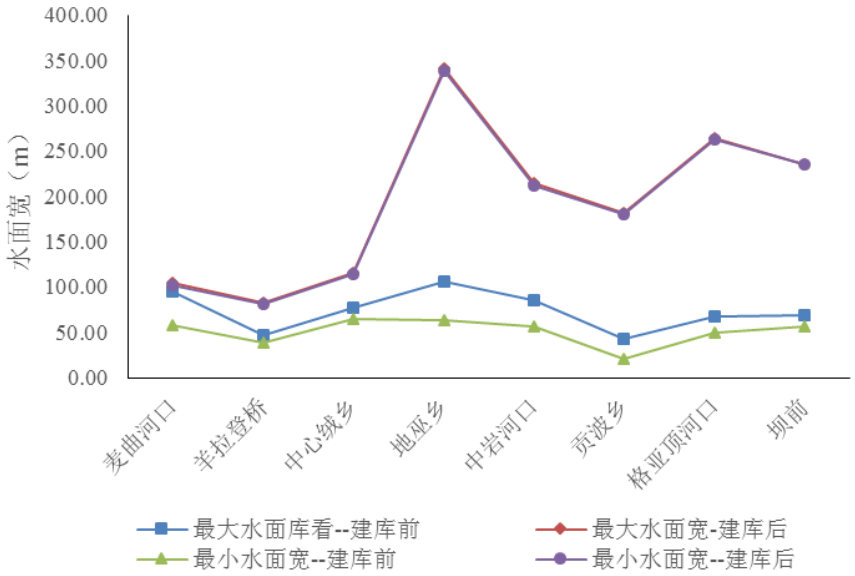
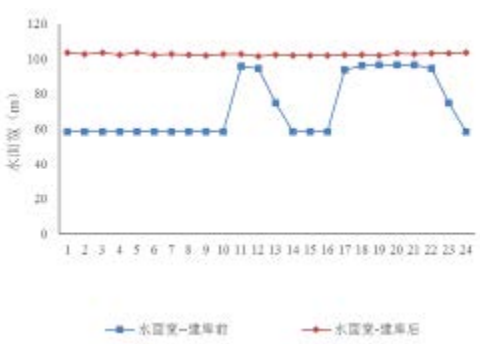
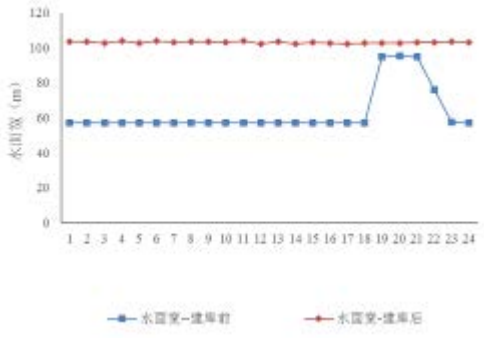


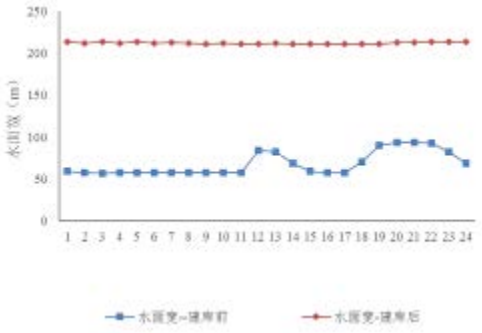

图 5.1-17 枯水典型日建库前后库区河段沿程水面宽对比示意图



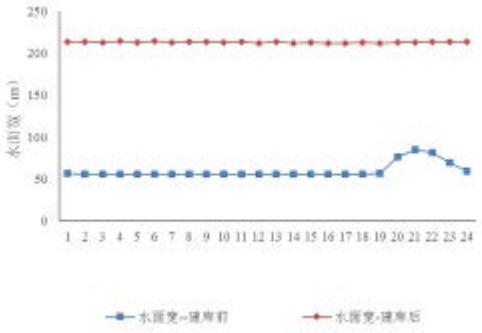
平水典型日麦曲河口



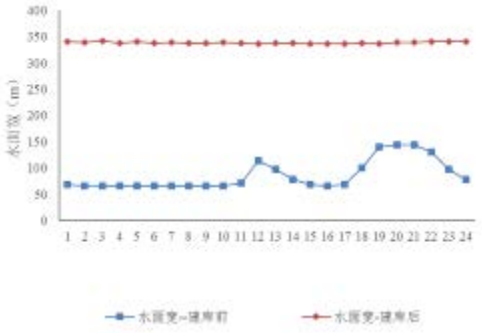
枯水典型日麦曲河口



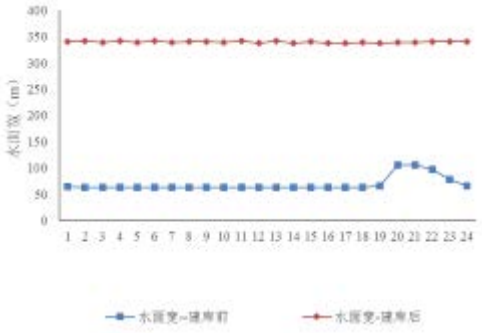

平水典型日丹达曲汇口




枯水典型日丹达曲汇口




平水典型日塘吉格




枯水典型日塘吉格

**图 5.1-18 库区麦曲河口、丹达曲口及塘吉格断面建库前后水面宽对比示意图**

表 5.1-17　平水典型日旭龙水电站建库前后库区典型断面水力参数变化

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| 水位（m） | 最高水位 | 建库前 | 2299.27 | 2294.69 | 2289.13 | 2282.19 | 2275.22 | 2259.98 | 2247.28 | 2242.85 |
| | | 建库后 | 2302.03 | 2301.98 | 2301.98 | 2301.99 | 2301.99 | 2302.00 | 2302.00 | 2302.00 |
| | | 变化量 | 2.76 | 7.29 | 12.84 | 19.80 | 26.77 | 42.02 | 54.72 | 59.15 |
| | | 变化率 | 0.12% | 0.32% | 0.56% | 0.87% | 1.18% | 1.86% | 2.43% | 2.64% |
| | 最低水位 | 建库前 | 2295.90 | 2288.21 | 2283.58 | 2277.14 | 2270.23 | 2253.38 | 2241.88 | 2237.62 |
| | | 建库后 | 2301.00 | 2301.01 | 2301.06 | 2301.13 | 2301.18 | 2301.24 | 2301.28 | 2301.31 |
| | | 变化量 | 5.10 | 12.80 | 17.48 | 23.99 | 30.95 | 47.86 | 59.40 | 63.68 |
| | | 变化率 | 0.22% | 0.56% | 0.77% | 1.05% | 1.36% | 2.12% | 2.65% | 2.85% |
| | 日变幅 | 建库前 | 3.37 | 6.48 | 5.55 | 5.05 | 4.99 | 6.60 | 5.40 | 5.23 |
| | | 建库后 | 1.03 | 0.97 | 0.91 | 0.86 | 0.81 | 0.76 | 0.72 | 0.70 |
| | | 变化量 | -2.34 | -5.51 | -4.64 | -4.19 | -4.18 | -5.84 | -4.68 | -4.53 |
| | | 变化率 | -69.44% | -85.03% | -83.60% | -82.97% | -83.77% | -88.48% | -86.67% | -86.62% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 3.04 | 4.98 | 3.43 | 4.02 | 3.70 | 4.49 | 3.75 | 3.66 |
| | | 建库后 | 0.84 | 0.74 | 0.71 | 0.66 | 0.61 | 0.52 | 0.45 | 0.40 |
| | | 变化量 | -2.20 | -4.24 | -2.72 | -3.36 | -3.09 | -3.97 | -3.30 | -3.26 |
| | | 变化率 | -72.37% | -85.14% | -79.30% | -83.58% | -83.51% | -88.42% | -88.00% | -89.07% |
| | 日平均水位 | 建库前 | 2296.94 | 2290.11 | 2285.15 | 2278.62 | 2271.72 | 2255.46 | 2243.62 | 2239.38 |
| | | 建库后 | 2301.66 | 2301.65 | 2301.64 | 2301.64 | 2301.64 | 2301.64 | 2301.64 | 2301.64 |
| | | 变化量 | 4.73 | 11.53 | 16.49 | 23.02 | 29.92 | 46.18 | 58.01 | 62.26 |
| | | 变化率 | 0.21% | 0.50% | 0.72% | 1.01% | 1.32% | 2.05% | 2.59% | 2.78% |
| 流速（m/s） | 最大流速 | 建库前 | 2.25 | 3.12 | 1.69 | 2.41 | 1.99 | 2.42 | 1.89 | 1.93 |
| | | 建库后 | 0.94 | 1.16 | 0.65 | 0.27 | 0.29 | 0.30 | 0.18 | 0.18 |
| | | 变化量 | -1.31 | -1.96 | -1.04 | -2.14 | -1.70 | -2.12 | -1.71 | -1.75 |
| | | 变化率 | -58.22% | -62.82% | -61.54% | -88.80% | -85.43% | -87.60% | -90.48% | -90.67% |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | 最小流速 | 建库前 | 1.26 | 0.98 | 0.94 | 1.14 | 1.05 | 1.21 | 0.88 | 0.86 |
| | | 建库后 | 0.11 | 0.13 | 0.06 | 0.01 | -0.03 | -0.06 | -0.05 | -0.05 |
| | | 变化量 | -1.15 | -0.85 | -0.88 | -1.13 | -1.08 | -1.27 | -0.93 | -0.91 |
| | | 变化率 | -91.27% | -86.73% | -93.62% | -99.12% | -102.86% | -104.96% | -105.68% | -105.81% |
| | 日变幅 | 建库前 | 0.99 | 2.14 | 0.75 | 1.27 | 0.94 | 1.21 | 1.01 | 1.07 |
| | | 建库后 | 0.83 | 1.03 | 0.59 | 0.26 | 0.32 | 0.36 | 0.23 | 0.23 |
| | | 变化量 | -0.16 | -1.11 | -0.16 | -1.01 | -0.62 | -0.85 | -0.78 | -0.84 |
| | | 变化率 | -16.16% | -51.87% | -21.33% | -79.53% | -65.96% | -70.25% | -77.23% | -78.50% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 0.98 | 1.78 | 0.74 | 0.89 | 0.85 | 0.91 | 0.75 | 0.85 |
| | | 建库后 | 0.72 | 0.89 | 0.51 | 0.20 | 0.20 | 0.23 | 0.15 | 0.15 |
| | | 变化量 | -0.26 | -0.89 | -0.23 | -0.69 | -0.65 | -0.68 | -0.60 | -0.70 |
| | | 变化率 | -26.53% | -50.00% | -31.08% | -77.53% | -76.47% | -74.73% | -80.00% | -82.35% |
| | 日平均流速 | 建库前 | 1.53 | 1.60 | 1.16 | 1.53 | 1.34 | 1.65 | 1.22 | 1.23 |
| | | 建库后 | 0.33 | 0.42 | 0.24 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.05 | 0.05 |
| | | 变化量 | -1.20 | -1.18 | -0.93 | -1.44 | -1.25 | -1.55 | -1.17 | -1.17 |
| | | 变化率 | -78.19% | -73.90% | -79.68% | -93.76% | -93.01% | -94.34% | -95.64% | -95.79% |
| 水深（m） | 最大水深 | 建库前 | 4.53 | 12.31 | 7.10 | 7.12 | 6.14 | 8.68 | 9.32 | 5.90 |
| | | 建库后 | 6.76 | 18.00 | 17.55 | 20.28 | 25.83 | 38.72 | 48.48 | 52.40 |
| | | 变化量 | 2.23 | 5.69 | 10.45 | 13.16 | 19.69 | 30.04 | 39.16 | 46.50 |
| | | 变化率 | 49.23% | 46.22% | 147.18% | 184.83% | 320.68% | 346.08% | 420.17% | 788.14% |
| | 最小水深 | 建库前 | 1.94 | 7.34 | 2.57 | 4.07 | 2.34 | 3.77 | 5.25 | 1.78 |
| | | 建库后 | 5.92 | 17.23 | 16.81 | 19.65 | 25.25 | 38.23 | 47.97 | 51.86 |
| | | 变化量 | 3.98 | 9.89 | 14.24 | 15.58 | 22.91 | 34.46 | 42.72 | 50.08 |
| | | 变化率 | 205.15% | 134.74% | 554.09% | 382.80% | 979.06% | 914.06% | 813.71% | 2813.48% |
| | 日变幅 | 建库前 | 2.59 | 4.97 | 4.53 | 3.05 | 3.80 | 4.91 | 4.07 | 4.12 |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | | 建库后 | 0.84 | 0.77 | 0.74 | 0.63 | 0.58 | 0.49 | 0.51 | 0.54 |
| | | 变化量 | -1.75 | -4.20 | -3.79 | -2.42 | -3.22 | -4.42 | -3.56 | -3.58 |
| | | 变化率 | -67.57% | -84.51% | -83.66% | -79.34% | -84.74% | -90.02% | -87.47% | -86.89% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 2.31 | 3.78 | 2.80 | 2.61 | 2.80 | 3.33 | 2.81 | 2.90 |
| | | 建库后 | 0.68 | 0.59 | 0.58 | 0.48 | 0.44 | 0.34 | 0.31 | 0.31 |
| | | 变化量 | -1.63 | -3.19 | -2.22 | -2.13 | -2.36 | -2.99 | -2.50 | -2.59 |
| | | 变化率 | -70.56% | -84.39% | -79.29% | -81.61% | -84.29% | -89.79% | -88.97% | -89.31% |
| | 日平均水深 | 建库前 | 2.74 | 8.80 | 3.85 | 5.00 | 3.48 | 5.32 | 6.57 | 3.16 |
| | | 建库后 | 6.46 | 17.74 | 17.28 | 20.03 | 25.58 | 38.49 | 48.22 | 52.12 |
| | | 变化量 | 3.73 | 8.94 | 13.43 | 15.03 | 22.10 | 33.17 | 41.65 | 48.96 |
| | | 变化率 | 136.15% | 101.59% | 348.44% | 300.89% | 635.97% | 623.85% | 634.04% | 1546.87% |
| 水面宽（m） | 最大水面宽 | 建库前 | 96.78 | 49.76 | 80.15 | 144.55 | 93.82 | 50.65 | 72.37 | 71.21 |
| | | 建库后 | 103.64 | 82.03 | 115.23 | 340.86 | 213.64 | 181.24 | 264.30 | 235.67 |
| | | 变化量 | 6.86 | 32.27 | 35.08 | 196.31 | 119.82 | 130.59 | 191.93 | 164.46 |
| | | 变化率 | 7.09% | 64.85% | 43.77% | 135.81% | 127.71% | 257.83% | 265.21% | 230.95% |
| | 最小水面宽 | 建库前 | 58.17 | 38.44 | 64.95 | 65.92 | 56.93 | 22.00 | 50.46 | 56.65 |
| | | 建库后 | 101.07 | 80.54 | 112.74 | 335.16 | 210.39 | 178.65 | 261.95 | 233.75 |
| | | 变化量 | 42.90 | 42.10 | 47.79 | 269.24 | 153.46 | 156.65 | 211.49 | 177.10 |
| | | 变化率 | 73.75% | 109.52% | 73.58% | 408.43% | 269.56% | 712.05% | 419.12% | 312.62% |
| | 日变幅 | 建库前 | 38.61 | 11.32 | 15.20 | 78.63 | 36.89 | 28.65 | 21.91 | 14.56 |
| | | 建库后 | 2.57 | 1.49 | 2.49 | 5.70 | 3.25 | 2.59 | 2.35 | 1.92 |
| | | 变化量 | -36.04 | -9.83 | -12.71 | -72.93 | -33.64 | -26.06 | -19.56 | -12.64 |
| | | 变化率 | -93.34% | -86.84% | -83.62% | -92.75% | -91.19% | -90.96% | -89.27% | -86.81% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 37.74 | 8.61 | 9.40 | 42.75 | 27.15 | 19.39 | 15.15 | 10.24 |
| | | 建库后 | 2.09 | 1.14 | 1.96 | 4.40 | 2.46 | 1.80 | 1.46 | 1.11 |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | | 变化量 | -35.65 | -7.47 | -7.44 | -38.35 | -24.69 | -17.59 | -13.69 | -9.13 |
| | | 变化率 | -94.46% | -86.76% | -79.15% | -89.71% | -90.94% | -90.72% | -90.36% | -89.16% |
| | 日平均水面宽 | 建库前 | 71.55 | 41.76 | 69.26 | 85.40 | 67.95 | 31.02 | 57.54 | 61.54 |
| | | 建库后 | 102.73 | 81.52 | 114.34 | 338.55 | 212.21 | 180.00 | 263.11 | 234.67 |
| | | 变化量 | 31.18 | 39.76 | 45.07 | 253.14 | 144.26 | 148.98 | 205.58 | 173.14 |
| | | 变化率 | 43.59% | 95.21% | 65.08% | 296.41% | 212.30% | 480.23% | 357.29% | 281.35% |

表 5.1-18　枯水典型日旭龙水电站建库前后库区典型断面水力参数变化

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离 | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| 水位（m） | 最高水位 | 建库前 | 2298.70 | 2293.37 | 2287.84 | 2281.01 | 2274.01 | 2258.28 | 2246.00 | 2241.86 |
| | | 建库后 | 2302.13 | 2302.12 | 2302.10 | 2302.06 | 2302.05 | 2302.04 | 2302.03 | 2302.00 |
| | | 变化量 | 3.43 | 8.75 | 14.26 | 21.05 | 28.04 | 43.76 | 56.03 | 60.17 |
| | | 变化率 | 0.15% | 0.38% | 0.62% | 0.92% | 1.23% | 1.94% | 2.49% | 2.68% |
| | 最低水位 | 建库前 | 2295.77 | 2288.00 | 2283.43 | 2276.94 | 2270.10 | 2253.18 | 2241.67 | 2237.47 |
| | | 建库后 | 2301.58 | 2301.54 | 2301.55 | 2301.58 | 2301.60 | 2301.60 | 2301.59 | 2301.53 |
| | | 变化量 | 5.81 | 13.54 | 18.12 | 24.64 | 31.50 | 48.42 | 59.92 | 64.12 |
| | | 变化率 | 0.25% | 0.59% | 0.79% | 1.08% | 1.39% | 2.15% | 2.67% | 2.87% |
| | 日变幅 | 建库前 | 2.93 | 5.37 | 4.41 | 4.07 | 3.91 | 5.10 | 4.33 | 4.39 |
| | | 建库后 | 0.55 | 0.58 | 0.55 | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| | | 变化量 | -2.38 | -4.79 | -3.86 | -3.59 | -3.46 | -4.66 | -3.89 | -3.95 |
| | | 变化率 | -81.23% | -89.20% | -87.53% | -88.21% | -88.49% | -91.37% | -89.84% | -89.98% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 2.73 | 3.79 | 2.84 | 3.76 | 2.78 | 4.24 | 3.04 | 2.46 |
| | | 建库后 | 0.42 | 0.39 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.27 | 0.27 |
| | | 变化量 | -2.31 | -3.40 | -2.46 | -3.42 | -2.47 | -3.96 | -2.77 | -2.19 |
| | | 变化率 | -84.62% | -89.71% | -86.62% | -90.96% | -88.85% | -93.40% | -91.12% | -89.02% |
| | 日平均水位 | 建库前 | 2296.16 | 2288.67 | 2283.96 | 2277.46 | 2270.62 | 2253.93 | 2242.34 | 2238.16 |
| | | 建库后 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 | 2301.85 |
| | | 变化量 | 5.69 | 13.17 | 17.89 | 24.38 | 31.23 | 47.91 | 59.50 | 63.68 |
| | | 变化率 | 0.25% | 0.58% | 0.78% | 1.07% | 1.38% | 2.13% | 2.65% | 2.85% |
| 流速（m/s） | 最大流速 | 建库前 | 2.37 | 2.66 | 1.54 | 2.19 | 1.77 | 2.29 | 1.68 | 1.70 |
| | | 建库后 | 0.67 | 0.82 | 0.46 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.11 | 0.11 |
| | | 变化量 | -1.70 | -1.84 | -1.08 | -2.00 | -1.58 | -2.10 | -1.57 | -1.59 |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离 | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | | 变化率 | -71.73% | -69.17% | -70.13% | -91.32% | -89.27% | -91.70% | -93.45% | -93.53% |
| | 最小流速 | 建库前 | 1.20 | 0.92 | 0.91 | 1.08 | 1.03 | 1.15 | 0.85 | 0.81 |
| | | 建库后 | 0.10 | 0.12 | 0.07 | 0.01 | -0.02 | -0.03 | -0.03 | -0.03 |
| | | 变化量 | -1.10 | -0.80 | -0.84 | -1.07 | -1.05 | -1.18 | -0.88 | -0.84 |
| | | 变化率 | -91.67% | -86.96% | -92.31% | -99.07% | -101.94% | -102.61% | -103.53% | -103.70% |
| | 日变幅 | 建库前 | 1.17 | 1.74 | 0.63 | 1.11 | 0.74 | 1.14 | 0.83 | 0.89 |
| | | 建库后 | 0.57 | 0.70 | 0.39 | 0.18 | 0.21 | 0.22 | 0.14 | 0.14 |
| | | 变化量 | -0.60 | -1.04 | -0.24 | -0.93 | -0.53 | -0.92 | -0.69 | -0.75 |
| | | 变化率 | -51.28% | -59.77% | -38.10% | -83.78% | -71.62% | -80.70% | -83.13% | -84.27% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 1.16 | 1.35 | 0.57 | 0.93 | 0.71 | 0.69 | 0.74 | 0.74 |
| | | 建库后 | 0.51 | 0.63 | 0.35 | 0.12 | 0.11 | 0.14 | 0.11 | 0.11 |
| | | 变化量 | -0.65 | -0.72 | -0.22 | -0.81 | -0.60 | -0.55 | -0.63 | -0.63 |
| | | 变化率 | -56.03% | -53.33% | -38.60% | -87.10% | -84.51% | -79.71% | -85.14% | -85.14% |
| | 日平均流速 | 建库前 | 1.33 | 1.13 | 1.00 | 1.23 | 1.13 | 1.32 | 0.98 | 0.96 |
| | | 建库后 | 0.18 | 0.22 | 0.13 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| | | 变化量 | -1.15 | -0.91 | -0.87 | -1.17 | -1.08 | -1.27 | -0.95 | -0.93 |
| | | 变化率 | -86.51% | -80.33% | -87.01% | -95.66% | -95.20% | -95.85% | -96.70% | -96.79% |
| 水深（m） | 最大水深 | 建库前 | 4.07 | 11.30 | 6.05 | 6.57 | 5.22 | 7.42 | 8.36 | 5.12 |
| | | 建库后 | 6.84 | 18.11 | 17.65 | 20.34 | 25.88 | 38.75 | 48.51 | 52.43 |
| | | 变化量 | 2.77 | 6.81 | 11.60 | 13.77 | 20.66 | 31.33 | 40.15 | 47.31 |
| | | 变化率 | 68.06% | 60.27% | 191.74% | 209.59% | 395.79% | 422.24% | 480.26% | 924.02% |
| | 最小水深 | 建库前 | 1.83 | 7.18 | 2.45 | 3.94 | 2.25 | 3.63 | 5.10 | 1.67 |
| | | 建库后 | 6.39 | 17.66 | 17.21 | 19.98 | 25.55 | 38.46 | 48.19 | 52.09 |
| | | 变化量 | 4.56 | 10.48 | 14.76 | 16.04 | 23.30 | 34.83 | 43.09 | 50.42 |
| | | 变化率 | 249.18% | 145.96% | 602.45% | 407.11% | 1035.56% | 959.50% | 844.90% | 3019.16% |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离 | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | 日变幅 | 建库前 | 2.24 | 4.12 | 3.60 | 2.63 | 2.97 | 3.79 | 3.26 | 3.45 |
| | | 建库后 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.36 | 0.33 | 0.29 | 0.32 | 0.34 |
| | | 变化量 | -1.79 | -3.67 | -3.16 | -2.27 | -2.64 | -3.50 | -2.94 | -3.11 |
| | | 变化率 | -79.91% | -89.08% | -87.78% | -86.31% | -88.89% | -92.35% | -90.18% | -90.14% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 2.06 | 2.87 | 2.36 | 2.42 | 2.09 | 3.16 | 2.26 | 1.96 |
| | | 建库后 | 0.34 | 0.30 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.17 | 0.19 | 0.21 |
| | | 变化量 | -1.72 | -2.57 | -2.06 | -2.17 | -1.87 | -2.99 | -2.07 | -1.75 |
| | | 变化率 | -83.50% | -89.55% | -87.29% | -89.67% | -89.47% | -94.62% | -91.59% | -89.29% |
| | 日平均水深 | 建库前 | 2.13 | 7.70 | 2.88 | 4.28 | 2.64 | 4.19 | 5.61 | 2.21 |
| | | 建库后 | 6.61 | 17.90 | 17.45 | 20.18 | 25.73 | 38.62 | 48.38 | 52.29 |
| | | 变化量 | 4.49 | 10.20 | 14.57 | 15.90 | 23.09 | 34.43 | 42.77 | 50.08 |
| | | 变化率 | 210.87% | 132.58% | 505.10% | 371.68% | 875.72% | 821.89% | 762.76% | 2264.22% |
| 水面宽（m） | 最大水面宽 | 建库前 | 95.35 | 47.44 | 76.62 | 106.22 | 84.89 | 43.28 | 67.18 | 68.45 |
| | | 建库后 | 103.89 | 82.25 | 115.58 | 341.35 | 213.86 | 181.38 | 264.42 | 235.76 |
| | | 变化量 | 8.54 | 34.81 | 38.96 | 235.13 | 128.97 | 138.10 | 197.24 | 167.31 |
| | | 变化率 | 8.96% | 73.38% | 50.85% | 221.36% | 151.93% | 319.09% | 293.60% | 244.43% |
| | 最小水面宽 | 建库前 | 57.16 | 38.07 | 64.56 | 63.51 | 56.03 | 21.17 | 49.62 | 56.26 |
| | | 建库后 | 102.50 | 81.36 | 114.09 | 338.17 | 212.07 | 179.88 | 262.97 | 234.55 |
| | | 变化量 | 45.34 | 43.29 | 49.53 | 274.66 | 156.04 | 158.71 | 213.35 | 178.29 |
| | | 变化率 | 79.32% | 113.71% | 76.72% | 432.47% | 278.49% | 749.69% | 429.97% | 316.90% |
| | 日变幅 | 建库前 | 38.19 | 9.37 | 12.06 | 42.71 | 28.86 | 22.11 | 17.56 | 12.19 |
| | | 建库后 | 1.39 | 0.89 | 1.49 | 3.18 | 1.79 | 1.50 | 1.45 | 1.21 |
| | | 变化量 | -36.80 | -8.48 | -10.57 | -39.53 | -27.07 | -20.61 | -16.11 | -10.98 |
| | | 变化率 | -96.36% | -90.50% | -87.65% | -92.55% | -93.80% | -93.22% | -91.74% | -90.07% |
| | 最大小时变幅 | 建库前 | 37.65 | 6.54 | 7.92 | 39.37 | 20.23 | 18.45 | 12.18 | 6.94 |

| 断面名称 | | | 麦曲河口 | 羊拉登桥 | 中心绒乡 | 地巫乡 | 中岩河口 | 贡波乡 | 格亚顶河口 | 坝前 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离 | | | 60825 | 55772 | 52211 | 43572 | 32778 | 23950 | 10251 | 0 |
| | | 建库后 | 1.05 | 0.60 | 1.03 | 2.22 | 1.21 | 0.95 | 0.89 | 0.74 |
| | | 变化量 | 82.14 | 51.77 | 60.10 | 314.19 | 183.11 | 179.32 | 229.46 | 189.27 |
| | | 变化率 | 1.76 | 2.04 | 1.64 | 5.25 | 3.72 | 8.43 | 5.22 | 4.07 |
| | 日平均水面宽 | 建库前 | 62.47 | 39.25 | 66.01 | 69.14 | 59.81 | 24.44 | 52.36 | 58.17 |
| | | 建库后 | 103.20 | 81.83 | 114.90 | 339.95 | 213.06 | 180.73 | 263.81 | 235.26 |
| | | 变化量 | 40.73 | 42.59 | 48.89 | 270.81 | 153.25 | 156.29 | 211.45 | 177.09 |
| | | 变化率 | 65.21% | 108.52% | 74.06% | 391.72% | 256.22% | 639.49% | 403.83% | 304.44% |

**（2）坝下游水文情势变化**

1）坝址下泄流量对比分析

按照工程日调节计算成果，枯水典型日，经旭龙水电站调蓄后，电站坝下游流量日内过程相对建库前有所坦化。枯水时段，旭龙、苏洼龙电站承担晚高峰调峰任务，主要承担腰荷。0 点至 18 点，建库后下泄流量均大于建库前，下泄流量由 217$m^3/s$ 增加到 410$m^3/s$，增幅为 5.99%~88.94%。调峰时段（18 点至 21 点），电站下泄流量由建库前的 1248 $m^3/s$ 减少到 460 $m^3/s$，相对建库前减少 63.14%。旭龙水电站建成运行后，坝下游流量变幅由建库前的 1031$m^3/s$ 减小至建库后的 230$m^3/s$。

平水典型日，旭龙水电站建成运行后，坝下游流量日内变化坦化趋势明显。平水时段，苏洼龙、旭龙水电站承担午间、晚间调峰任务，旭龙水电站在苏洼龙水电站调节的基础上，结合自身机组发电需求及调蓄能力，0 点至 10 点，旭龙水电站下泄流量由建库前的 239 $m^3/s$ 增加至建库后的 460 $m^3/s$，相对建库前增加 92.47%~272.38%；11 点至 12 点调峰时段，下泄流量由 1642 $m^3/s$ 减小至 890 $m^3/s$，减小 7.10%~45.80%；13 点至 16 点，下泄流量由 239 $m^3/s$ 增加至 460 $m^3/s$，增加 92.47%；17 点至 22 点，下泄流量由 1642 $m^3/s$ 减小至 890 $m^3/s$，减小 45.80%。

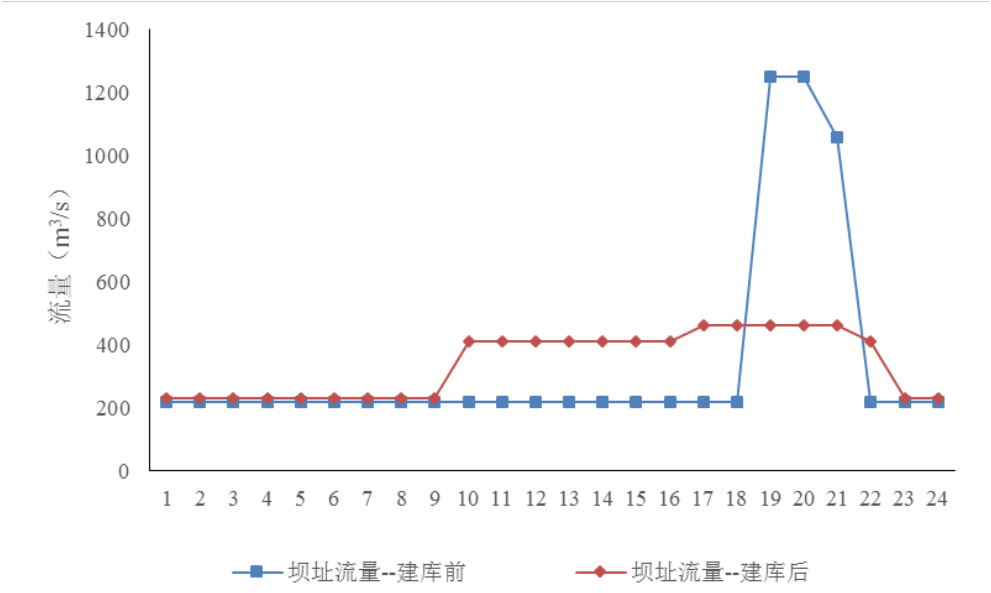



图 5.1-19 枯水典型日坝址处建库前后下泄流量对比示意图

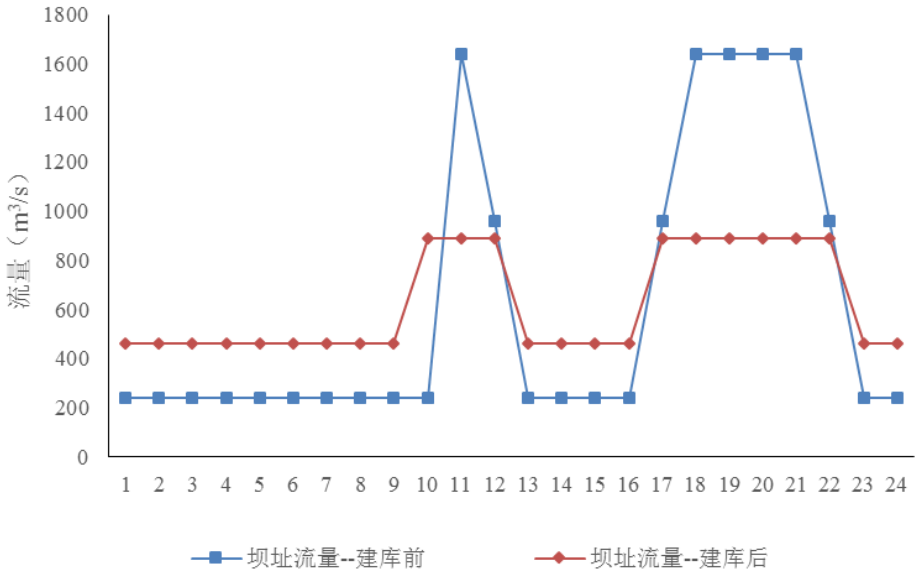



**图 5.1-20 枯水典型日坝址处建库前后下泄流量对比示意图**

2）代表断面水力参数变化

采用 MIKE11 一维水力模型计算丰平枯典型日两种工况条件（旭龙建库前，旭龙建库后）的坝下游各代表性断面处的水力参数。本阶段选取电站坝址下、徐龙乡、茂顶河口、日龙乡、斯木达、曲雅贡乡、定曲河口和奔子栏水文站 8 个典型断面，对旭龙水电站建库前后的典型日水文情势进行分析。

根据模拟结果，受旭龙水电站调蓄影响，旭龙水电站坝下游河段水位、流速等水力要素均呈现不同程度的变化。

①水位变化分析

旭龙水电站建库后，对苏洼龙水电站下泄过程起到一定程度的反调节作用，因此下游水位变幅相对建库前均有所减小。经计算，坝下游日均水位建库前后差别不大，建库后日均水位相对建库前变化 0.5m 以内。平水典型日，坝址断面日变幅有建库前的 3.11m 减小至建库后的 1.03m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 2.22m 降低至 0.71m，沿江水位日变幅均在 1.82m 以内。枯水典型日，坝址断面日变幅有建库前的 2.34m 减小至建库后的 0.66m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 1.75m 降低至 0.43m，沿江水位日变幅均在 1.55m 以内。

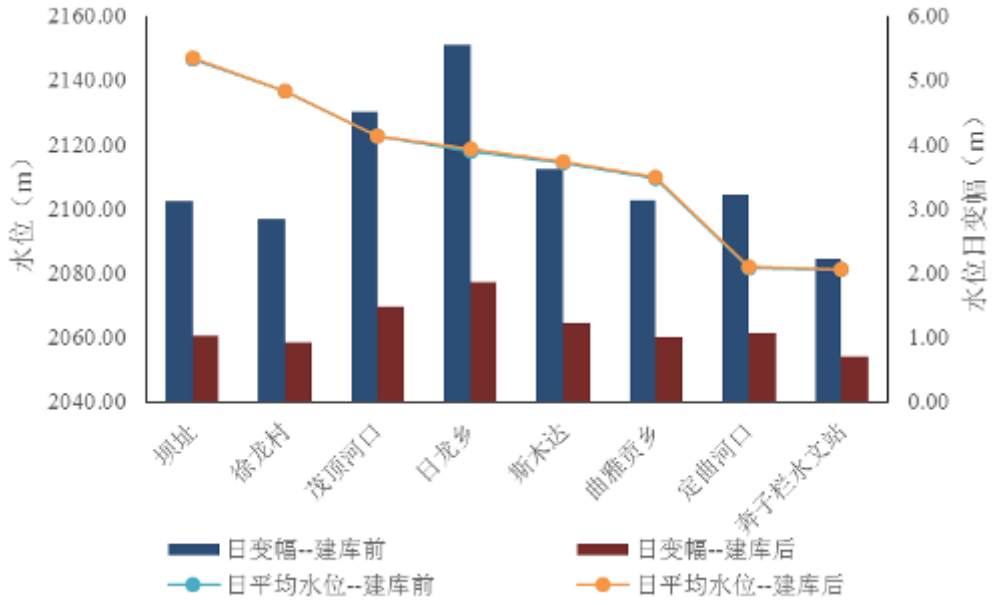



图 5.1-21 平水典型日建库前后坝下河段日均水位及日变幅对比示意图

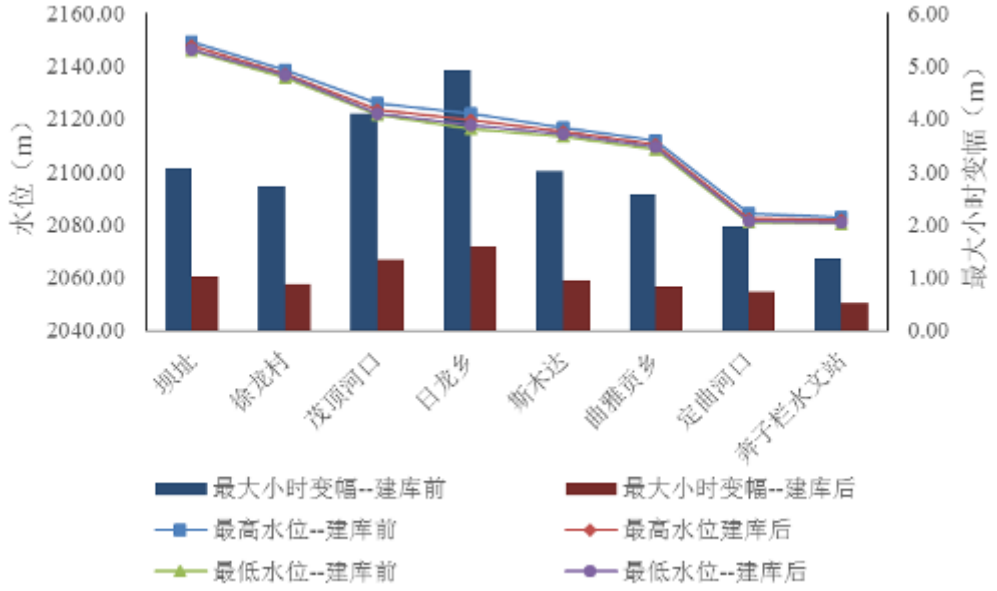



图 5.1-22 平水典型日建库前后坝下河段最大小时变幅对比示意图

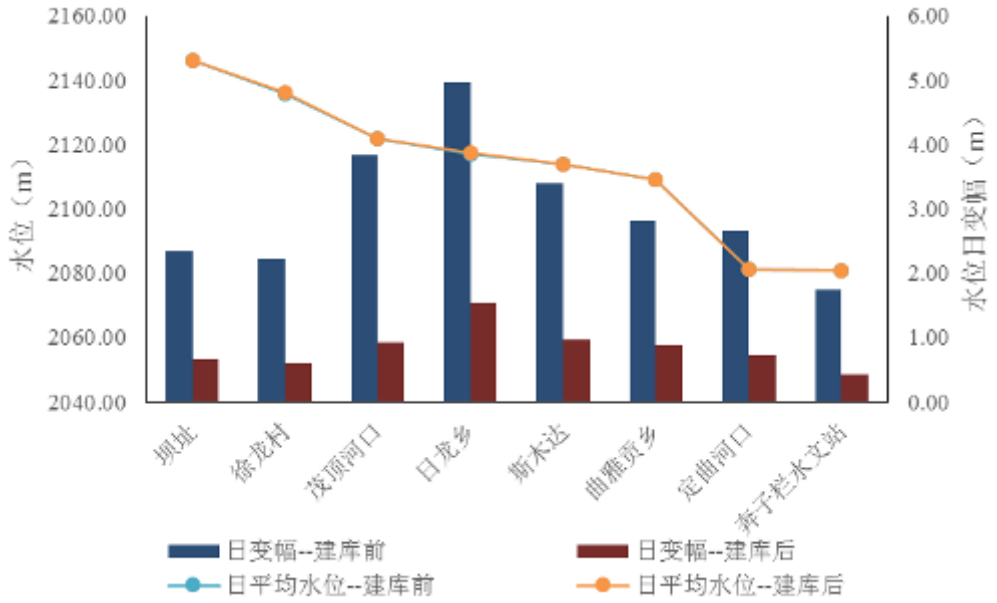



图 5.1-23 枯水典型日建库前后坝下河段日均水位及日变幅对比示意图

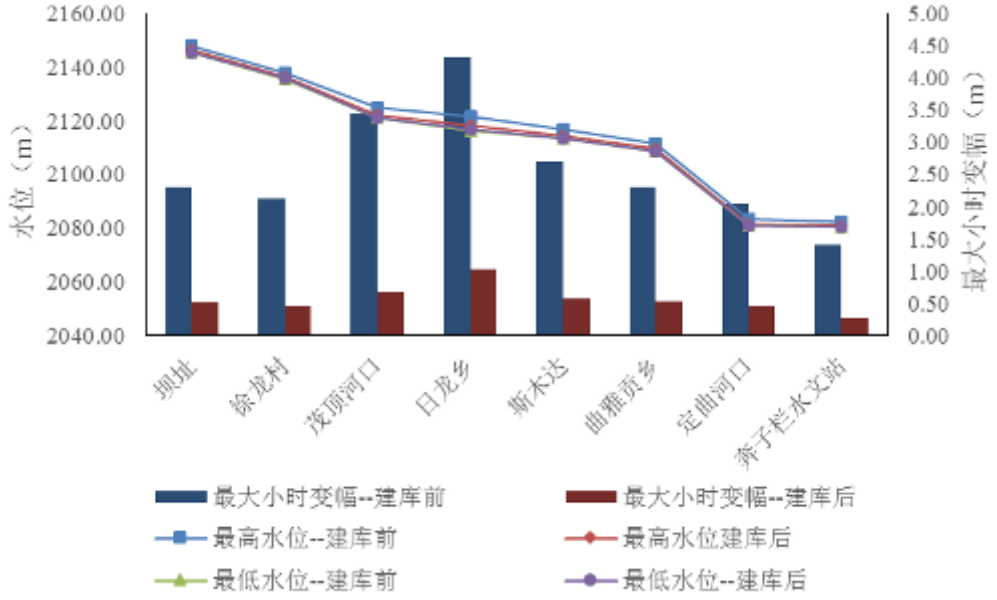



图 5.1-24 枯水典型日建库前后坝下河段最大小时变幅对比示意图

②流速变化分析

旭龙水电站坝下河段依然保持天然河道属性，河段依然为急流河段。根据计算，除定曲河口外，坝下河段流速基本在 1m/s 以上。定曲河口位置相对开阔，流速稍缓，但仍处于较急流状态。电站建成运行后，坝下河段最大流速略有减小，低流量状态下的流速相对建库前略有增加。

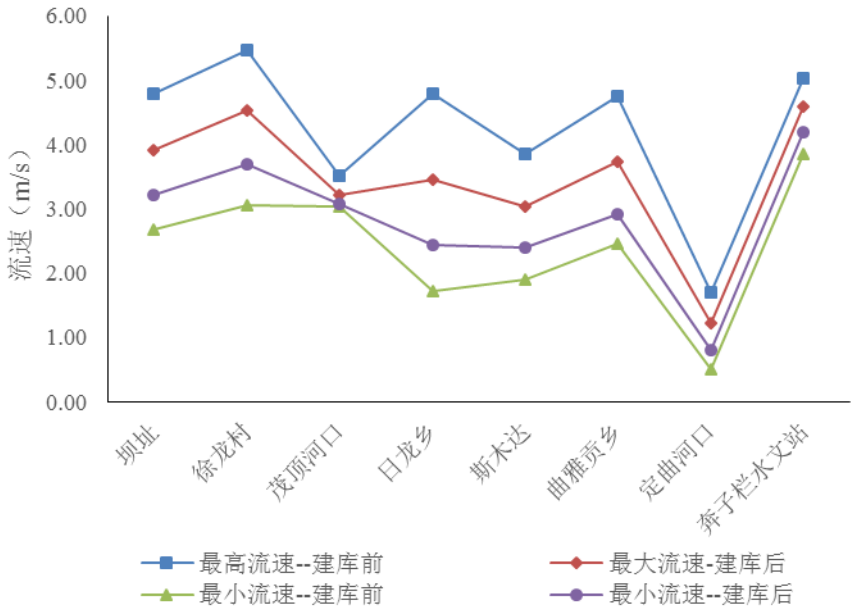



图 5.1-25 平水典型日建库前后坝下河段沿程流速对比示意图

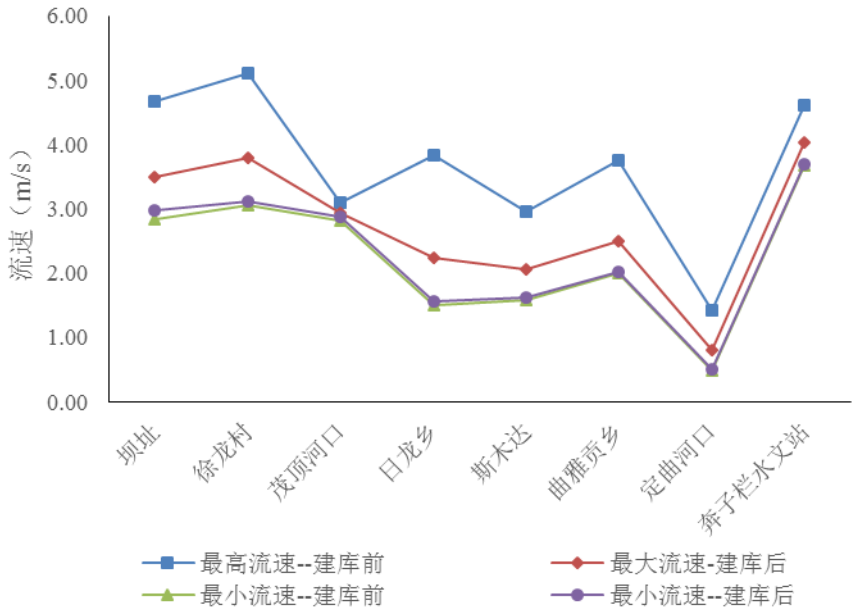



图 5.1-26 枯水典型日建库前后坝下河段沿程流速对比示意图

③平均水深变化分析

根据计算，建库后坝下河段各断面最小水深较建库前均有所增加。旭龙水电站建成运行后，电站最小下泄流量大于苏洼龙单独运行最小下泄流量，电站最大下泄流量较苏洼龙单独运行期间有所减少，因此，出现最小水深增加，最大水深减小的情况。从不同时段水深变化幅度来看，平水期水深变化幅度相对枯水期较大；从坝下游各典型断面水深值来看，电站建库后，河段最小水深均大于 1.6m。奔子栏水文站断面水深由建库前的 2.47~3.78m 变为建库后的 2.49~2.81m。

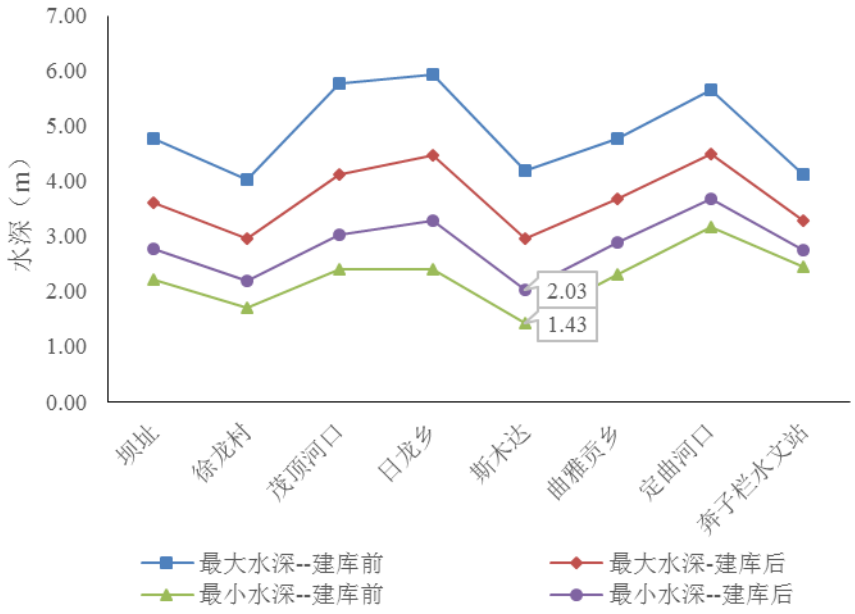



图 5.1-27 平水典型日建库前后坝下河段沿程水深对比示意图

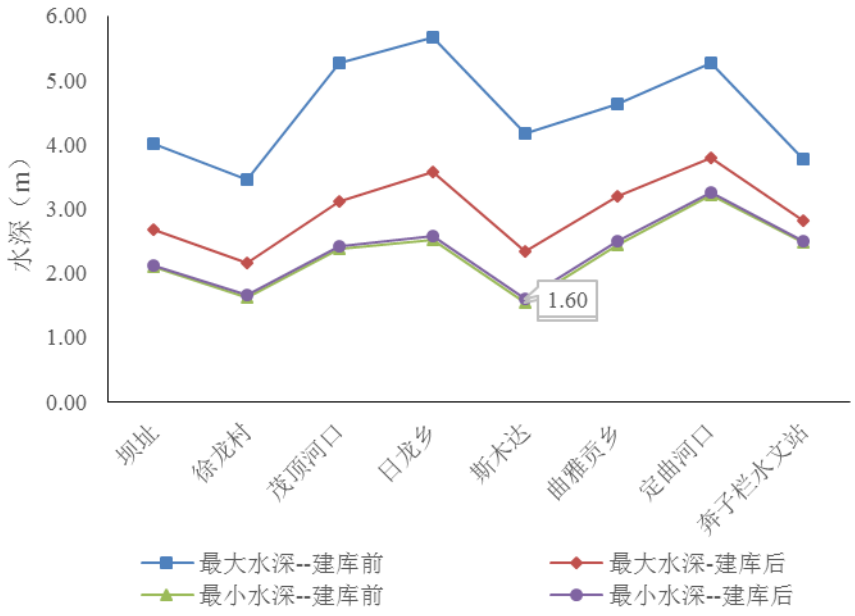



图 5.1-28 枯水典型日建库前后坝下河段沿程水深对比示意图

④水面宽

坝下游河段水面宽度变化与水深变化趋势基本一致，总体呈现旭龙水电站建成运行后，相对苏洼龙水电站单独运行，下游河段最小水面宽增加，最大水面宽度减少的趋势。从不同时段水面宽度变化幅度来看，平水期变化幅度相对枯水期较大；从坝下游各典型断面水深值来看，电站建库后，河段最小水面宽均大于26.06m。奔子栏水文站断面水面宽由建库前的 32.56~35.69m 变为建库后的32.61~33.37m。

表 5.1-19　平水典型日旭龙水电站建库前后坝下典型断面水力参数变化统计表

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| 水位（m） | 最高水位 | 建库前（m） | 2148.96 | 2138.62 | 2125.83 | 2121.93 | 2116.92 | 2111.77 | 2084.04 | 2082.74 |
| | | 建库后（m） | 2147.55 | 2137.30 | 2123.63 | 2119.62 | 2115.32 | 2110.40 | 2082.53 | 2081.63 |
| | | 变化量（m） | -1.41 | -1.32 | -2.20 | -2.31 | -1.60 | -1.37 | -1.51 | -1.11 |
| | | 变化率 | -0.07% | -0.06% | -0.10% | -0.11% | -0.08% | -0.06% | -0.07% | -0.05% |
| | 最低水位 | 建库前（m） | 2145.85 | 2135.79 | 2121.33 | 2116.39 | 2113.31 | 2108.63 | 2080.83 | 2080.52 |
| | | 建库后（m） | 2146.52 | 2136.38 | 2122.15 | 2117.76 | 2114.10 | 2109.39 | 2081.47 | 2080.92 |
| | | 变化量（m） | 0.67 | 0.59 | 0.82 | 1.37 | 0.79 | 0.76 | 0.64 | 0.40 |
| | | 变化率 | 0.03% | 0.03% | 0.04% | 0.06% | 0.04% | 0.04% | 0.03% | 0.02% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 3.11 | 2.83 | 4.50 | 5.54 | 3.61 | 3.14 | 3.21 | 2.22 |
| | | 建库后（m） | 1.03 | 0.92 | 1.48 | 1.86 | 1.22 | 1.01 | 1.06 | 0.71 |
| | | 变化量（m） | -2.08 | -1.91 | -3.02 | -3.68 | -2.39 | -2.13 | -2.15 | -1.51 |
| | | 变化率 | -66.88% | -67.49% | -67.11% | -66.43% | -66.20% | -67.83% | -66.98% | -68.02% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 3.07 | 2.73 | 4.10 | 4.92 | 3.02 | 2.57 | 1.97 | 1.36 |
| | | 建库后（m） | 1.02 | 0.88 | 1.33 | 1.59 | 0.95 | 0.84 | 0.74 | 0.51 |
| | | 变化量（m） | -2.05 | -1.85 | -2.77 | -3.33 | -2.07 | -1.73 | -1.23 | -0.85 |
| | | 变化率 | -66.78% | -67.77% | -67.56% | -67.68% | -68.54% | -67.32% | -62.44% | -62.50% |
| | 日平均水位 | 建库前（m） | 2146.70 | 2136.56 | 2122.54 | 2117.96 | 2114.32 | 2109.52 | 2081.70 | 2081.11 |
| | | 建库后（m） | 2146.89 | 2136.71 | 2122.68 | 2118.44 | 2114.54 | 2109.77 | 2081.85 | 2081.17 |
| | | 变化量（m） | 0.20 | 0.15 | 0.14 | 0.48 | 0.22 | 0.24 | 0.15 | 0.06 |
| | | 变化率 | 0.01% | 0.01% | 0.01% | 0.02% | 0.01% | 0.01% | 0.01% | 0.00% |
| 流速（m/s） | 最大流速 | 建库前（m/s） | 4.78 | 5.47 | 3.52 | 4.79 | 3.85 | 4.74 | 1.71 | 5.02 |
| | | 建库后（m/s） | 3.92 | 4.53 | 3.22 | 3.46 | 3.04 | 3.74 | 1.22 | 4.59 |
| | | 变化量（m/s） | -0.86 | -0.94 | -0.30 | -1.33 | -0.81 | -1.00 | -0.49 | -0.43 |
| | | 变化率 | -17.99% | -17.18% | -8.52% | -27.77% | -21.04% | -21.10% | -28.65% | -8.57% |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| | 最小流速 | 建库前（m/s） | 2.68 | 3.06 | 3.03 | 1.72 | 1.90 | 2.46 | 0.51 | 3.86 |
| | | 建库后（m/s） | 3.21 | 3.70 | 3.08 | 2.43 | 2.40 | 2.92 | 0.81 | 4.20 |
| | | 变化量（m/s） | 0.53 | 0.64 | 0.05 | 0.71 | 0.50 | 0.46 | 0.30 | 0.34 |
| | | 变化率 | 19.78% | 20.92% | 1.65% | 41.28% | 26.32% | 18.70% | 58.82% | 8.81% |
| | 日变幅 | 建库前（m/s） | 2.10 | 2.41 | 0.49 | 3.07 | 1.95 | 2.28 | 1.20 | 1.16 |
| | | 建库后（m/s） | 0.71 | 0.83 | 0.14 | 1.03 | 0.64 | 0.82 | 0.41 | 0.39 |
| | | 变化量（m/s） | -1.39 | -1.58 | -0.35 | -2.04 | -1.31 | -1.46 | -0.79 | -0.77 |
| | | 变化率 | -66.19% | -65.56% | -71.43% | -66.45% | -67.18% | -64.04% | -65.83% | -66.38% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m/s） | 2.00 | 2.35 | 0.41 | 2.82 | 1.70 | 1.83 | 0.73 | 0.76 |
| | | 建库后（m/s） | 0.70 | 0.80 | 0.12 | 0.91 | 0.55 | 0.57 | 0.27 | 0.29 |
| | | 变化量（m/s） | -1.30 | -1.55 | -0.29 | -1.91 | -1.15 | -1.26 | -0.46 | -0.47 |
| | | 变化率 | -65.00% | -65.96% | -70.73% | -67.73% | -67.65% | -68.85% | -63.01% | -61.84% |
| | 日平均流速 | 建库前（m/s） | 3.31 | 3.74 | 3.19 | 2.58 | 2.46 | 3.10 | 0.85 | 4.20 |
| | | 建库后（m/s） | 3.48 | 4.00 | 3.14 | 2.80 | 2.64 | 3.21 | 0.96 | 4.34 |
| | | 变化量（m/s） | 0.16 | 0.26 | -0.06 | 0.23 | 0.18 | 0.11 | 0.11 | 0.14 |
| | | 变化率 | 4.97% | 7.03% | -1.82% | 8.73% | 7.31% | 3.63% | 12.55% | 3.34% |
| 水深（m） | 最大水深 | 建库前（m） | 4.77 | 4.04 | 5.78 | 5.94 | 4.20 | 4.77 | 5.65 | 4.12 |
| | | 建库后（m） | 3.62 | 2.95 | 4.13 | 4.46 | 2.97 | 3.69 | 4.49 | 3.28 |
| | | 变化量（m） | -1.15 | -1.09 | -1.65 | -1.48 | -1.23 | -1.08 | -1.16 | -0.84 |
| | | 变化率 | -24.11% | -26.98% | -28.55% | -24.92% | -29.29% | -22.64% | -20.53% | -20.39% |
| | 最小水深 | 建库前（m） | 2.22 | 1.71 | 2.41 | 2.41 | 1.43 | 2.30 | 3.18 | 2.45 |
| | | 建库后（m） | 2.78 | 2.19 | 3.02 | 3.28 | 2.03 | 2.90 | 3.67 | 2.75 |
| | | 变化量（m） | 0.56 | 0.48 | 0.61 | 0.87 | 0.60 | 0.60 | 0.49 | 0.30 |
| | | 变化率 | 25.23% | 28.07% | 25.31% | 36.10% | 41.96% | 26.09% | 15.41% | 12.24% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 2.55 | 2.33 | 3.37 | 3.53 | 2.77 | 2.47 | 2.47 | 1.67 |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| 水面宽（m） | | 建库后（m） | 0.84 | 0.76 | 1.11 | 1.18 | 0.94 | 0.79 | 0.82 | 0.53 |
| | | 变化量（m） | -1.71 | -1.57 | -2.26 | -2.35 | -1.83 | -1.68 | -1.65 | -1.14 |
| | | 变化率 | -67.06% | -67.38% | -67.06% | -66.57% | -66.06% | -68.02% | -66.80% | -68.26% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 2.51 | 2.24 | 3.04 | 3.11 | 2.30 | 2.01 | 1.51 | 1.03 |
| | | 建库后（m） | 0.82 | 0.73 | 0.99 | 1.01 | 0.72 | 0.66 | 0.58 | 0.38 |
| | | 变化量（m） | -1.69 | -1.51 | -2.05 | -2.10 | -1.58 | -1.35 | -0.93 | -0.65 |
| | | 变化率 | -67.33% | -67.41% | -67.43% | -67.52% | -68.70% | -67.16% | -61.59% | -63.11% |
| | 日平均水深 | 建库前（m） | 2.91 | 2.34 | 3.32 | 3.41 | 2.21 | 3.00 | 3.85 | 2.89 |
| | | 建库后（m） | 3.08 | 2.47 | 3.42 | 3.71 | 2.37 | 3.19 | 3.96 | 2.94 |
| | | 变化量（m） | 0.17 | 0.12 | 0.10 | 0.30 | 0.16 | 0.19 | 0.11 | 0.05 |
| | | 变化率 | 5.76% | 5.17% | 3.12% | 8.82% | 7.47% | 6.34% | 2.97% | 1.67% |
| | 最大水面宽 | 建库前（m） | 49.02 | 50.24 | 39.96 | 60.80 | 54.95 | 54.71 | 64.77 | 36.48 |
| | | 建库后（m） | 45.91 | 46.09 | 33.13 | 45.71 | 49.16 | 50.17 | 59.59 | 34.50 |
| | | 变化量（m） | -3.11 | -4.15 | -6.83 | -15.09 | -5.79 | -4.54 | -5.18 | -1.98 |
| | | 变化率 | -6.34% | -8.26% | -17.09% | -24.82% | -10.54% | -8.30% | -8.00% | -5.43% |
| | 最小水面宽 | 建库前（m） | 42.15 | 41.36 | 26.00 | 24.70 | 41.92 | 44.30 | 53.73 | 32.53 |
| | | 建库后（m） | 43.64 | 43.21 | 28.54 | 33.63 | 44.78 | 46.82 | 55.96 | 33.24 |
| | | 变化量（m） | 1.49 | 1.85 | 2.54 | 8.93 | 2.86 | 2.52 | 2.23 | 0.71 |
| | | 变化率 | 3.53% | 4.47% | 9.77% | 36.15% | 6.82% | 5.69% | 4.15% | 2.18% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 6.87 | 8.88 | 13.96 | 36.10 | 13.03 | 10.41 | 11.04 | 3.95 |
| | | 建库后（m） | 2.27 | 2.88 | 4.59 | 12.08 | 4.38 | 3.35 | 3.63 | 1.26 |
| | | 变化量（m） | -4.60 | -6.00 | -9.37 | -24.02 | -8.65 | -7.06 | -7.41 | -2.69 |
| | | 变化率 | -66.96% | -67.57% | -67.12% | -66.54% | -66.39% | -67.82% | -67.12% | -68.10% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 6.76 | 8.50 | 12.61 | 31.83 | 10.81 | 8.46 | 6.78 | 2.42 |
| | | 建库后（m） | 2.23 | 2.74 | 4.09 | 10.27 | 3.37 | 2.79 | 2.57 | 0.92 |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| | | 变化量（m） | -4.53 | -5.76 | -8.52 | -21.56 | -7.44 | -5.67 | -4.21 | -1.50 |
| | | 变化率 | -67.01% | -67.76% | -67.57% | -67.73% | -68.83% | -67.02% | -62.09% | -61.98% |
| | 日平均水面宽 | 建库前（m） | 44.02 | 43.78 | 29.76 | 34.94 | 45.57 | 47.27 | 56.73 | 33.58 |
| | | 建库后（m） | 44.46 | 44.25 | 30.20 | 38.04 | 46.37 | 48.07 | 57.26 | 33.69 |
| | | 变化量（m） | 0.44 | 0.48 | 0.44 | 3.10 | 0.80 | 0.80 | 0.53 | 0.11 |
| | | 变化率 | 1.00% | 1.09% | 1.47% | 8.88% | 1.76% | 1.68% | 0.93% | 0.34% |

**表 5.1-20　枯水典型日旭龙水电站建库前后坝下典型断面水力参数变化**

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| 水位（m） | 最高水位 | 建库前（m） | 2148.03 | 2137.91 | 2125.14 | 2121.50 | 2116.87 | 2111.60 | 2083.54 | 2082.29 |
| | | 建库后（m） | 2146.39 | 2136.34 | 2122.28 | 2118.21 | 2114.50 | 2109.76 | 2081.64 | 2080.99 |
| | | 变化量（m） | -1.64 | -1.57 | -2.86 | -3.29 | -2.37 | -1.84 | -1.90 | -1.30 |
| | | 变化率 | -0.08% | -0.07% | -0.13% | -0.16% | -0.11% | -0.09% | -0.09% | -0.06% |
| | 最低水位 | 建库前（m） | 2145.69 | 2135.70 | 2121.30 | 2116.54 | 2113.47 | 2108.79 | 2080.88 | 2080.54 |
| | | 建库后（m） | 2145.73 | 2135.74 | 2121.35 | 2116.66 | 2113.54 | 2108.87 | 2080.92 | 2080.56 |
| | | 变化量（m） | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.12 | 0.07 | 0.08 | 0.04 | 0.02 |
| | | 变化率 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 2.34 | 2.21 | 3.84 | 4.96 | 3.40 | 2.81 | 2.66 | 1.75 |
| | | 建库后（m） | 0.66 | 0.60 | 0.93 | 1.55 | 0.96 | 0.89 | 0.72 | 0.43 |
| | | 变化量（m） | -1.68 | -1.61 | -2.91 | -3.41 | -2.44 | -1.92 | -1.94 | -1.32 |
| | | 变化率 | -71.79% | -72.85% | -75.78% | -68.75% | -71.76% | -68.33% | -72.93% | -75.43% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 2.31 | 2.13 | 3.45 | 4.31 | 2.70 | 2.31 | 2.05 | 1.42 |
| | | 建库后（m） | 0.52 | 0.46 | 0.67 | 1.04 | 0.58 | 0.53 | 0.45 | 0.27 |
| | | 变化量（m） | -1.79 | -1.67 | -2.78 | -3.27 | -2.12 | -1.78 | -1.60 | -1.15 |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| | | 变化率 | -77.49% | -78.40% | -80.58% | -75.87% | -78.52% | -77.06% | -78.05% | -80.99% |
| | 日平均水位 | 建库前（m） | 2145.96 | 2135.95 | 2121.74 | 2117.14 | 2113.88 | 2109.15 | 2081.18 | 2080.74 |
| | | 建库后（m） | 2146.03 | 2136.01 | 2121.77 | 2117.38 | 2113.98 | 2109.28 | 2081.25 | 2080.76 |
| | | 变化量（m） | 0.07 | 0.06 | 0.03 | 0.23 | 0.10 | 0.13 | 0.07 | 0.02 |
| | | 变化率 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% |
| 流速（m/s） | 最大流速 | 建库前（m/s） | 4.68 | 5.11 | 3.09 | 3.83 | 2.96 | 3.76 | 1.42 | 4.61 |
| | | 建库后（m/s） | 3.50 | 3.79 | 2.94 | 2.25 | 2.06 | 2.49 | 0.80 | 4.03 |
| | | 变化量（m/s） | -1.18 | -1.32 | -0.15 | -1.58 | -0.90 | -1.27 | -0.62 | -0.58 |
| | | 变化率 | -25.21% | -25.83% | -4.85% | -41.25% | -30.41% | -33.78% | -43.66% | -12.58% |
| | 最小流速 | 建库前（m/s） | 2.84 | 3.06 | 2.81 | 1.51 | 1.58 | 2.00 | 0.48 | 3.67 |
| | | 建库后（m/s） | 2.97 | 3.11 | 2.88 | 1.56 | 1.62 | 2.02 | 0.50 | 3.69 |
| | | 变化量（m/s） | 0.13 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | | 变化率 | 4.58% | 1.63% | 2.49% | 3.31% | 2.53% | 1.00% | 4.17% | 0.54% |
| | 日变幅 | 建库前（m/s） | 1.84 | 2.05 | 0.28 | 2.32 | 1.38 | 1.76 | 0.94 | 0.94 |
| | | 建库后（m/s） | 0.53 | 0.68 | 0.06 | 0.69 | 0.44 | 0.47 | 0.30 | 0.34 |
| | | 变化量（m/s） | -1.31 | -1.37 | -0.22 | -1.63 | -0.94 | -1.29 | -0.64 | -0.60 |
| | | 变化率 | -71.20% | -66.83% | -78.57% | -70.26% | -68.12% | -73.30% | -68.09% | -63.83% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m/s） | 1.71 | 2.00 | 0.16 | 2.10 | 1.19 | 1.23 | 0.66 | 0.76 |
| | | 建库后（m/s） | 0.43 | 0.53 | 0.04 | 0.48 | 0.30 | 0.24 | 0.19 | 0.22 |
| | | 变化量（m/s） | -1.28 | -1.47 | -0.12 | -1.62 | -0.89 | -0.99 | -0.47 | -0.54 |
| | | 变化率 | -74.85% | -73.50% | -75.00% | -77.14% | -74.79% | -80.49% | -71.21% | -71.05% |
| | 日平均流速 | 建库前（m/s） | 3.16 | 3.30 | 2.95 | 1.78 | 1.76 | 2.21 | 0.59 | 3.78 |
| | | 建库后（m/s） | 3.23 | 3.43 | 2.91 | 1.88 | 1.82 | 2.24 | 0.64 | 3.85 |
| | | 变化量（m/s） | 0.07 | 0.12 | -0.05 | 0.09 | 0.07 | 0.03 | 0.05 | 0.07 |
| | | 变化率 | 2.18% | 3.77% | -1.57% | 5.06% | 3.92% | 1.28% | 7.84% | 1.74% |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| 水深（m） | 最大水深 | 建库前（m） | 4.01 | 3.45 | 5.26 | 5.66 | 4.17 | 4.64 | 5.26 | 3.78 |
| | | 建库后（m） | 2.67 | 2.16 | 3.12 | 3.57 | 2.34 | 3.19 | 3.80 | 2.81 |
| | | 变化量（m） | -1.34 | -1.29 | -2.14 | -2.09 | -1.83 | -1.45 | -1.46 | -0.97 |
| | | 变化率 | -33.42% | -37.39% | -40.68% | -36.93% | -43.88% | -31.25% | -27.76% | -25.66% |
| | 最小水深 | 建库前（m） | 2.10 | 1.63 | 2.38 | 2.51 | 1.55 | 2.43 | 3.22 | 2.47 |
| | | 建库后（m） | 2.13 | 1.66 | 2.42 | 2.58 | 1.60 | 2.49 | 3.25 | 2.49 |
| | | 变化量（m） | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.03 | 0.02 |
| | | 变化率 | 1.43% | 1.84% | 1.68% | 2.79% | 3.23% | 2.47% | 0.93% | 0.81% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 1.91 | 1.82 | 2.88 | 3.15 | 2.62 | 2.21 | 2.04 | 1.31 |
| | | 建库后（m） | 0.54 | 0.50 | 0.70 | 0.99 | 0.74 | 0.70 | 0.55 | 0.32 |
| | | 变化量（m） | -1.37 | -1.32 | -2.18 | -2.16 | -1.88 | -1.51 | -1.49 | -0.99 |
| | | 变化率 | -71.73% | -72.53% | -75.69% | -68.57% | -71.76% | -68.33% | -73.04% | -75.57% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 1.88 | 1.75 | 2.57 | 2.73 | 2.05 | 1.81 | 1.59 | 1.07 |
| | | 建库后（m） | 0.42 | 0.38 | 0.50 | 0.66 | 0.44 | 0.41 | 0.34 | 0.20 |
| | | 变化量（m） | -1.46 | -1.37 | -2.07 | -2.07 | -1.61 | -1.40 | -1.25 | -0.87 |
| | | 变化率 | -77.66% | -78.29% | -80.54% | -75.82% | -78.54% | -77.35% | -78.62% | -81.31% |
| | 日平均水深 | 建库前（m） | 2.32 | 1.84 | 2.71 | 2.89 | 1.86 | 2.71 | 3.45 | 2.62 |
| | | 建库后（m） | 2.38 | 1.89 | 2.74 | 3.04 | 1.94 | 2.81 | 3.50 | 2.63 |
| | | 变化量（m） | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.15 | 0.08 | 0.10 | 0.05 | 0.02 |
| | | 变化率 | 2.45% | 2.63% | 0.99% | 5.11% | 4.19% | 3.74% | 1.44% | 0.67% |
| 水面宽（m） | 最大水面宽 | 建库前（m） | 46.97 | 48.00 | 37.82 | 57.98 | 54.78 | 54.16 | 63.06 | 35.69 |
| | | 建库后（m） | 43.35 | 43.08 | 28.95 | 36.54 | 46.22 | 48.06 | 56.53 | 33.37 |
| | | 变化量（m） | -3.62 | -4.92 | -8.87 | -21.44 | -8.56 | -6.10 | -6.53 | -2.32 |
| | | 变化率 | -7.71% | -10.25% | -23.45% | -36.98% | -15.63% | -11.26% | -10.36% | -6.50% |
| | 最小水面宽 | 建库前（m） | 41.81 | 41.07 | 25.89 | 25.68 | 42.50 | 44.84 | 53.92 | 32.56 |

| 断面名称 | | | 坝址 | 徐龙村 | 茂顶河口 | 日龙乡 | 斯木达 | 曲雅贡乡 | 定曲河口 | 奔子栏水文站 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距离坝址距离（m） | | | 0 | 2000 | 8000 | 14000 | 20900 | 26000 | 56000 | 62000 |
| | | 建库后（m） | 41.90 | 41.19 | 26.06 | 26.44 | 42.73 | 45.10 | 54.07 | 32.61 |
| | | 变化量（m） | 0.09 | 0.12 | 0.17 | 0.76 | 0.23 | 0.26 | 0.15 | 0.05 |
| | | 变化率 | 0.22% | 0.29% | 0.66% | 2.96% | 0.54% | 0.58% | 0.28% | 0.15% |
| | 日变幅 | 建库前（m） | 5.16 | 6.93 | 11.93 | 32.30 | 12.28 | 9.32 | 9.14 | 3.13 |
| | | 建库后（m） | 1.45 | 1.89 | 2.89 | 10.10 | 3.49 | 2.96 | 2.46 | 0.76 |
| | | 变化量（m） | -3.71 | -5.04 | -9.04 | -22.20 | -8.79 | -6.36 | -6.68 | -2.37 |
| | | 变化率 | -71.90% | -72.73% | -75.78% | -68.73% | -71.58% | -68.24% | -73.09% | -75.72% |
| | 最大小时变幅 | 建库前（m） | 5.08 | 6.63 | 10.63 | 27.90 | 9.63 | 7.62 | 7.13 | 2.55 |
| | | 建库后（m） | 1.14 | 1.43 | 2.07 | 6.74 | 2.06 | 1.75 | 1.54 | 0.48 |
| | | 变化量（m） | -3.94 | -5.20 | -8.56 | -21.16 | -7.57 | -5.87 | -5.59 | -2.07 |
| | | 变化率 | -77.56% | -78.43% | -80.53% | -75.84% | -78.61% | -77.03% | -78.40% | -81.18% |
| | 日平均水面宽 | 建库前（m） | 42.40 | 41.87 | 27.25 | 29.60 | 43.97 | 46.03 | 54.96 | 32.91 |
| | | 建库后（m） | 42.56 | 42.06 | 27.37 | 31.10 | 44.33 | 46.46 | 55.20 | 32.96 |
| | | 变化量（m） | 0.16 | 0.19 | 0.11 | 1.50 | 0.36 | 0.42 | 0.23 | 0.05 |
| | | 变化率 | 0.38% | 0.45% | 0.41% | 5.08% | 0.83% | 0.92% | 0.42% | 0.14% |

### 5.1.3 对滇中引水工程调度运行的影响

**（1）滇中引水工程调度运行原则**

滇中引水工程引金沙江干流水资源至滇中六州 35 县(市、区)，为特大型跨流域调水工程，其建设时序略早于金沙江上游各梯级，设计引调水过程并未考虑上游梯级的调蓄作用。

根据批复的滇中引水工程可行性研究报告，结合金沙江干流来水条件和滇中地区不同设计水情条件下的区域水资源量状况，石鼓大同水源工程最大设计提水规模为 135$m^3$/s。

滇中引水石鼓大同水源工程调度遵循以下原则：

1）在优先满足工程取水口下游生态流量基础上调水：当来水小于下游所需生态流量时，工程不调水；当来水大于要求的生态流量时，在优先满足生态流量流量后，根据受水区需求调水。

2）由于工程规模较大、线路较长，原则上每年安排一个月检修期。拟每年枯水期 3 月份进行检修，工程全月不调水。

3）充分发挥受水区内调蓄工程的作用，丰水期多调，枯水期少调。

4）受水区由当地水和滇中引水工程水源联合供水，优先使用当地水。

5）受水区当地水库首先满足防洪要求，之后补偿下游最小生态流量，然后供给农业，最后供城镇。

6）受水区供水保证率要求：城镇生活、工业达到 95%，灌溉达到 75%。

**（2）上游梯级联合调度对滇中引水过程的影响**

根据《滇中引水工程环境影响报告书》（报批稿），多年平均情况下，滇中引水工程引水流量为 38～135$m^3$/s；枯水年，工程引水流量在相对多年平均略有增加。

1）按旬均流量统计

上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙水电站联合调度后，扣除旭龙坝址至石鼓断面区间用水，在满足滇中引水工程引水需求的前提下，石鼓断面逐旬流量依然满足 4 月下旬至 6 月不低于 411$m^3$/s，其余月份不低于 300 $m^3$/s 的要求。可见上游梯级调度对滇中引水过程基本无影响。

2）按日均流量统计

旭龙水电站为日调节电站，从上述旬均流量满足情况来看，枯水时段来流较小的情况下，为控制下游水位变幅，旭龙水电站日均下泄 338m$^3$/s。同时考虑区间汇流，基本可满足下游区间用水以及滇中引水工程用水需求，满足石鼓断面生态流量泄放要求。

表 5.1-21　上游梯级联合调度石鼓断面径流过程　　单位：m$^3$/s

| 时段 | | 多年平均 | | | | | 枯水年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 坝址下泄 | 区间汇流 | 区间用水 | 滇中引水取水 | 石鼓断面流量 | 坝址下泄 | 区间汇流 | 区间用水 | 滇中引水取水 | 石鼓断面流量 |
| 1 月 | 上旬 | 302 | 173 | 10 | 94 | 371 | 303 | 147 | 10 | 47 | 393 |
| 1 月 | 中旬 | 283 | 162 | 10 | 88 | 347 | 277 | 162 | 10 | 49 | 380 |
| 1 月 | 下旬 | 269 | 154 | 10 | 83 | 330 | 251 | 166 | 10 | 32 | 375 |
| 2 月 | 上旬 | 263 | 152 | 10 | 75 | 330 | 243 | 137 | 10 | 30 | 340 |
| 2 月 | 中旬 | 258 | 150 | 10 | 71 | 327 | 244 | 135 | 10 | 30 | 339 |
| 2 月 | 下旬 | 256 | 148 | 10 | 64 | 331 | 245 | 134 | 10 | 25 | 344 |
| 3 月 | 上旬 | 281 | 151 | 10 | 0 | 399 | 277 | 110 | 10 | 0 | 377 |
| 3 月 | 中旬 | 293 | 154 | 10 | 0 | 405 | 286 | 115 | 10 | 0 | 391 |
| 3 月 | 下旬 | 295 | 163 | 10 | 0 | 429 | 289 | 118 | 10 | 0 | 397 |
| 4 月 | 上旬 | 308 | 164 | 10 | 107 | 355 | 291 | 187 | 10 | 77 | 391 |
| 4 月 | 中旬 | 368 | 189 | 10 | 111 | 436 | 353 | 171 | 10 | 100 | 414 |
| 4 月 | 下旬 | 473 | 218 | 10 | 135 | 546 | 359 | 261 | 10 | 135 | 475 |
| 5 月 | 上旬 | 572 | 220 | 10 | 135 | 647 | 579 | 165 | 10 | 135 | 599 |
| 5 月 | 中旬 | 639 | 245 | 10 | 135 | 739 | 818 | 231 | 10 | 135 | 904 |
| 5 月 | 下旬 | 744 | 285 | 10 | 135 | 884 | 714 | 202 | 10 | 135 | 771 |
| 6 月 | 上旬 | 945 | 195 | 10 | 135 | 995 | 925 | 167 | 10 | 135 | 947 |
| 6 月 | 中旬 | 1296 | 267 | 10 | 135 | 1418 | 1430 | 217 | 10 | 131 | 1506 |
| 6 月 | 下旬 | 1738 | 358 | 10 | 135 | 1950 | 1550 | 235 | 10 | 133 | 1642 |
| 7 月 | 上旬 | 2201 | 570 | 10 | 135 | 2626 | 2990 | 573 | 10 | 134 | 3419 |
| 7 月 | 中旬 | 2362 | 612 | 10 | 135 | 2828 | 2450 | 469 | 10 | 127 | 2782 |
| 7 月 | 下旬 | 2222 | 576 | 10 | 135 | 2653 | 1210 | 252 | 10 | 135 | 1317 |
| 8 月 | 上旬 | 2218 | 844 | 10 | 134 | 2918 | 1150 | 323 | 10 | 121 | 1342 |
| 8 月 | 中旬 | 2179 | 829 | 10 | 132 | 2867 | 1290 | 363 | 10 | 104 | 1539 |
| 8 月 | 下旬 | 2240 | 853 | 10 | 129 | 2954 | 1190 | 335 | 10 | 101 | 1414 |
| 9 月 | 上旬 | 2247 | 781 | 10 | 126 | 2893 | 1090 | 280 | 10 | 89 | 1271 |
| 9 月 | 中旬 | 2108 | 733 | 10 | 123 | 2708 | 1140 | 293 | 10 | 84 | 1339 |
| 9 月 | 下旬 | 1780 | 619 | 10 | 122 | 2267 | 1200 | 308 | 10 | 84 | 1414 |
| 10 月 | 上旬 | 1482 | 610 | 10 | 126 | 1957 | 996 | 303 | 10 | 119 | 1170 |
| 10 月 | 中旬 | 1168 | 481 | 10 | 126 | 1512 | 830 | 252 | 10 | 119 | 953 |
| 10 月 | 下旬 | 913 | 376 | 10 | 127 | 1151 | 663 | 233 | 10 | 121 | 765 |
| 11 月 | 上旬 | 719 | 355 | 10 | 114 | 951 | 541 | 235 | 10 | 114 | 652 |
| 11 月 | 中旬 | 588 | 290 | 10 | 114 | 754 | 449 | 233 | 10 | 114 | 558 |
| 11 月 | 下旬 | 484 | 239 | 10 | 116 | 597 | 379 | 218 | 10 | 114 | 473 |
| 12 月 | 上旬 | 410 | 233 | 10 | 116 | 518 | 346 | 214 | 10 | 114 | 436 |
| 12 月 | 中旬 | 361 | 205 | 10 | 115 | 441 | 309 | 218 | 10 | 114 | 403 |
| 12 月 | 下旬 | 321 | 183 | 10 | 117 | 377 | 305 | 219 | 10 | 118 | 396 |

**（3）石鼓断面水面宽影响**

石鼓断面作为长江第一湾景观的控制站点，断面水面宽度是反应景观的最直观要素。根据计算，枯水年在滇中引水工程引水后，石鼓断面逐旬水面宽在182.4～781.2m，当上游梯级建成后，旭龙水电站按照旭龙水电站为日调节电站，从上述旬均流量满足情况来看，枯水时段来流较小的情况下，为控制下游水位变幅，旭龙水电站日均下泄338m3/s。同时考虑区间汇流，基本可满足下游区间用水以及滇中引水工程用水需求，满足石鼓断面生态流量泄放要求。

表 5.1-21 中的流量下泄，石鼓断面水面宽度在 196.4～763.7m 之间，详见表 5.1-22。总体来说，旭龙水电站建成运行后，对石鼓断面水面宽度影响不大。

**表 5.1-22　金沙江上游梯级联调前后石鼓断面逐旬水面宽对比　单位：m**

| 断面 | | 梯级联调前 | 梯级联调后 |
|---|---|---|---|
| 1 月 | 上旬 | 188.9 | 192.4 |
| 1 月 | 中旬 | 184.9 | 189.8 |
| 1 月 | 下旬 | 184.5 | 186.5 |
| 2 月 | 上旬 | 184.9 | 186.8 |
| 2 月 | 中旬 | 182.4 | 186.4 |
| 2 月 | 下旬 | 182.5 | 186.5 |
| 3 月 | 上旬 | 195.6 | 198.9 |
| 3 月 | 中旬 | 194.6 | 200.2 |
| 3 月 | 下旬 | 195 | 202.7 |
| 4 月 | 上旬 | 185.4 | 188.1 |
| 4 月 | 中旬 | 189.4 | 197.8 |
| 4 月 | 下旬 | 206.6 | 212.2 |
| 5 月 | 上旬 | 213.7 | 234.5 |
| 5 月 | 中旬 | 204.2 | 240.3 |
| 5 月 | 下旬 | 222.1 | 259.3 |
| 6 月 | 上旬 | 274.4 | 313.9 |
| 6 月 | 中旬 | 395.5 | 369.5 |
| 6 月 | 下旬 | 474.9 | 514.8 |
| 7 月 | 上旬 | 612.9 | 554.4 |
| 7 月 | 中旬 | 587.6 | 606.2 |
| 7 月 | 下旬 | 483.3 | 525 |
| 8 月 | 上旬 | 415.8 | 552.6 |
| 8 月 | 中旬 | 608.6 | 563 |
| 8 月 | 下旬 | 682.9 | 713.8 |
| 9 月 | 上旬 | 781.2 | 763.7 |
| 9 月 | 中旬 | 774.8 | 738.1 |
| 9 月 | 下旬 | 659.5 | 629.7 |
| 10 月 | 上旬 | 467.6 | 491.2 |
| 10 月 | 中旬 | 361.8 | 409 |
| 10 月 | 下旬 | 305.6 | 337.5 |
| 11 月 | 上旬 | 283.4 | 292.1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11 月 | 中旬 | 262 | 267.4 |
| 11 月 | 下旬 | 242.6 | 247.6 |
| 12 月 | 上旬 | 224.2 | 230.4 |
| 12 月 | 中旬 | 213.4 | 217.4 |
| 12 月 | 下旬 | 206.7 | 207.5 |

### 5.1.4 对泥沙情势的影响

**（1）库区泥沙淤积总量**

由于旭龙水电站壅水较高，坝前正常蓄水位较天然情况抬高 141～147m，改变了天然条件下的水流特性，降低了河道输沙能力，引起泥沙在库内大量落淤，电站在运行过程中库区泥沙淤积量较大。在苏洼龙、叶巴滩、巴塘等梯级建成运行 5 年后旭龙投入运行的情况下，随着水库运行时间的增加，淤积量差距逐渐增大。旭龙水电站运行 20 年末，库区泥沙淤积总量为 0.74 亿 $m^3$，其中悬移质淤积量为 0.53 亿 $m^3$，推移质淤积量为 0.21 亿 $m^3$，推移质未运动至坝前。水库运行 50 年末，库区泥沙淤积总量为 1.90 亿 $m^3$，其中悬移质淤积量为 1.37 亿 $m^3$，推移质淤积量为 0.53 亿 $m^3$。水库运行 100 年末，库区泥沙淤积总量为 4.11 亿 $m^3$，其中悬移质淤积量为 3.06 亿 $m^3$，推移质淤积量为 1.05 亿 $m^3$。

表 5.1-23　旭龙水电站库区泥沙淤积量表

| 年份 | 悬移质淤积量（亿 $m^3$） | 推移质淤积量（亿 $m^3$） | 淤积总量（亿 $m^3$） |
|---|---|---|---|
| 10 年末 | 0.26 | 0.11 | 0.37 |
| 20 年末 | 0.53 | 0.21 | 0.74 |
| 30 年末 | 0.8 | 0.32 | 1.11 |
| 40 年末 | 1.08 | 0.42 | 1.5 |
| 50 年末 | 1.37 | 0.53 | 1.9 |
| 60 年末 | 1.68 | 0.63 | 2.31 |
| 70 年末 | 2 | 0.74 | 2.73 |
| 80 年末 | 2.34 | 0.84 | 3.18 |
| 90 年末 | 2.69 | 0.95 | 3.64 |
| 100 年末 | 3.06 | 1.05 | 4.11 |

**（2）库区泥沙淤积分布**

在苏洼龙、叶巴滩、巴塘等梯级建成运行 5 年后旭龙投入运行的情况下，旭龙水电站各正常蓄水位方案库区泥沙淤积分布情况见表 5.2-2 和图 5.2-1。可以看出：库区泥沙淤积均为典型的三角洲淤积形态，正常蓄水位越低，三角洲向坝前发展的速度越快。以正常蓄水位 2302m 方案为例，水库运用初期（10 年末），

距坝 19.7km 河段内悬移质淤积量为 0.05 亿 $m^3$，占悬移质泥沙淤积总量的 18.90%，推移质尚未运动到该河段；距坝 19.7km～59.35km 范围内悬移质淤积量 0.21 亿 $m^3$，推移质淤积量 0.10 亿 $m^3$，分别占库区悬移质、推移质淤积总量的 81.10%和 96.49%；距坝 59.35km～75.07km 范围内基本无悬沙落淤，推移质淤积量也较少，仅占总推移质淤积量的 3.51%。而当水库运用至 100 年，距坝 19.7km 河段内悬移质泥沙淤积量在库区总悬移质淤积量中所占的比重已增加至 41.42%，推移质泥沙基本未运动至坝前段；距坝 19.7km～59.35km 范围内悬移质淤积量 1.79 亿 $m^3$，推移质淤积量 1.04 亿 $m^3$，分别占库区悬移质、推移质淤积总量的 58.58%和 98.78%；库尾推移质泥沙淤积量所占比重降低至 1.21%。

表 5.1-24　　正常蓄水位 2302m 方案库区泥沙淤积分布表　　单位：$10^8m^3$

| 年份 | 距坝 0-19.7km | | 距坝 19.7-59.35km | | 距坝 59.35-75.07km | | 全河段 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 悬移质 | 推移质 | 悬移质 | 推移质 | 悬移质 | 推移质 | 悬沙 | 推移质 |
| 10 年末 | 0.05 | 0.00 | 0.21 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.26 | 0.11 |
| 20 年末 | 0.11 | 0.00 | 0.42 | 0.21 | 0.00 | 0.01 | 0.53 | 0.21 |
| 30 年末 | 0.17 | 0.00 | 0.63 | 0.31 | 0.00 | 0.01 | 0.80 | 0.32 |
| 40 年末 | 0.25 | 0.00 | 0.83 | 0.41 | 0.00 | 0.01 | 1.08 | 0.42 |
| 50 年末 | 0.34 | 0.00 | 1.03 | 0.52 | 0.00 | 0.01 | 1.37 | 0.53 |
| 60 年末 | 0.45 | 0.00 | 1.23 | 0.62 | 0.00 | 0.01 | 1.68 | 0.63 |
| 70 年末 | 0.58 | 0.00 | 1.42 | 0.73 | 0.00 | 0.01 | 2.00 | 0.74 |
| 80 年末 | 0.74 | 0.00 | 1.60 | 0.83 | 0.00 | 0.01 | 2.34 | 0.84 |
| 90 年末 | 0.95 | 0.00 | 1.74 | 0.93 | 0.00 | 0.01 | 2.69 | 0.95 |
| 100 年末 | 1.27 | 0.00 | 1.79 | 1.04 | 0.00 | 0.01 | 3.06 | 1.05 |

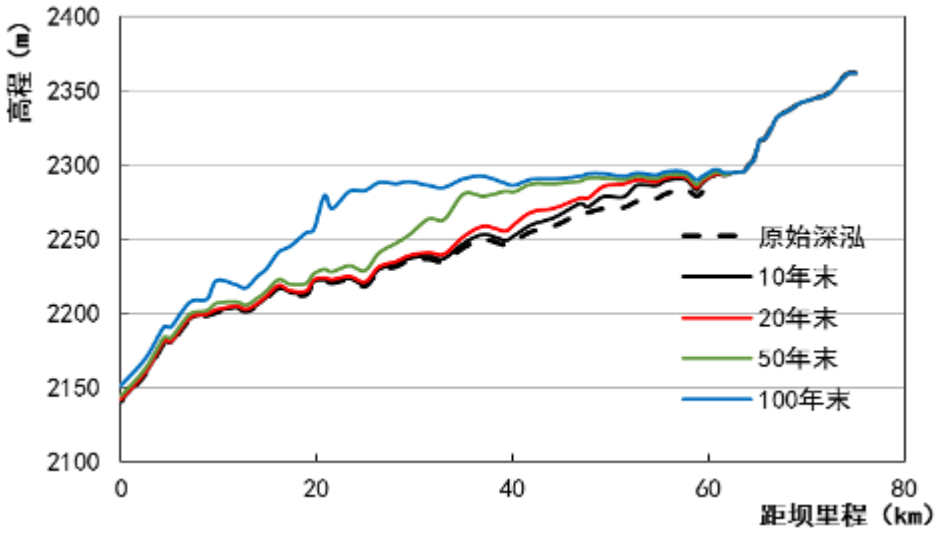



图 5.1-1　旭龙水电站库区纵剖面变化图

**（3）库容损失及坝前泥沙淤积高程**

水库蓄水运用后，库区泥沙淤积必将会引起水库库容的损失（见表 5.2-3）。

同一正常蓄水位情况下，随着水库运行时间不断增加，剩余库容所占比例逐渐降低。水库运用 10 年末时，正常蓄水位 2302m 下库容保留 95.59%，调节库容保留 97.82%；50 年末时，正常蓄水位下库容保留 77.56%，调节库容保留 89.17%；100 年末，正常蓄水位下库容保留 51.92%，调节库容保留 75.02%。

**表 5.1-25　　旭龙水电站各正常蓄水位方案库容变化成果表**

| 年 份 | 正常蓄水位以下库容 | 调节库容 |
|---|---|---|
| 10 年 | 95.59% | 97.82% |
| 20 年 | 91.24% | 95.28% |
| 30 年 | 86.73% | 93.34% |
| 40 年 | 82.23% | 91.16% |
| 50 年 | 77.56% | 89.17% |
| 60 年 | 72.79% | 86.45% |
| 70 年 | 67.90% | 84.07% |
| 80 年 | 62.75% | 81.02% |
| 90 年 | 57.57% | 78.63% |
| 100 年 | 51.92% | 75.02% |

各正常蓄水位方案坝前平均淤积高程见表 5.2-4。由于正常蓄水位越高，三角洲向坝前发展的速度越慢，水库运行 100 年各方案三角洲洲顶均尚未推进至坝前，因而正常蓄水位越高，坝前平均淤积高程越低。水库运行 10 年末，坝前平均淤积高程为 2144.74m；水库运行 50 年末，坝前平均淤积分别为 2158.83m；水库运行 100 年末，坝前平均淤积高程为 2184.05m。

**表5.1-26　　旭龙水电站坝前平均淤积高程成果表　　单位：m**

| 年份 | 正常蓄水位 2300m | 正常蓄水位 2302m | 正常蓄水位 2304m | 正常蓄水位 2306m |
|---|---|---|---|---|
| 10 年 | 2144.80 | 2144.74 | 2144.74 | 2144.66 |
| 20 年 | 2147.94 | 2147.79 | 2147.76 | 2147.56 |
| 30 年 | 2151.28 | 2151.06 | 2150.96 | 2150.72 |
| 40 年 | 2155.04 | 2154.68 | 2154.47 | 2154.23 |
| 50 年 | 2159.27 | 2158.83 | 2158.42 | 2158.12 |
| 60 年 | 2164.13 | 2163.50 | 2162.88 | 2162.40 |
| 70 年 | 2169.65 | 2168.86 | 2167.95 | 2167.29 |
| 80 年 | 2175.15 | 2174.38 | 2173.46 | 2172.77 |
| 90 年 | 2179.94 | 2179.24 | 2178.26 | 2177.47 |
| 100 年 | 2184.95 | 2184.05 | 2183.04 | 2182.02 |

### 5.1.5 小结

旭龙水电站是金沙江上游水电规划纳入本轮规划实施的最下游梯级，通过对江段来流、上游电站批复生态流量大小及过程、下游河道用水需求、下游景观用水需求等综合分析，确定生态流量在 1～2 月及 10～12 月，应不低于 210$m^3$/s；鱼类产卵季节，在 3 月至 4 月每月分别进行 1 次至少持续 10d 的生态调度过程，期间旭龙水电站结合上游苏洼龙泄流过程，保持坝下游河段的天然径流过程；其他时段，电站按不小于 280$m^3$/s 下泄。4 月下旬至 6 月，旭龙水电站按不小于 280$m^3$/s 下泄。5-7 月，为黄石爬鮡集中产卵时段，电站按不小于 280$m^3$/s 下泄。6-7 月，为中华金沙鳅集中产卵时段，该时段当上游发生洪水时，旭龙水电站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程。8～9 月，考虑软刺裸裂尻产卵需求，电站按不小于 451 $m^3$/s 下泄。

工程施工期，施工截流时段，通过左岸低导流隧洞和龙口向下游供水，截流时段下游不断流。导流洞封堵转换时段，首先封堵导流高洞，通过导流低洞过流，打通旁通洞与高导流洞之间的洞壁；当上游水位为 2156.39m 时，旁通洞泄流量约 91 $m^3$/s，可保证下游不断流，随着坝前水位的上升，旁通洞泄流能力不断增加。待水位上升至中孔满足向下游 210$m^3$/s 要求时，旁通洞内弧门下闸，导流隧洞堵头施工，由中孔向下游供水。导流洞封堵期间可保证下游不断流。

运行期库区水文情势发生较大变化，正常蓄水位 2302m 时，坝前壅水高 161.4m，库区水面平均宽度约 310m，库区平均水深 49.6m。旭龙水库正常蓄水位 2302m 时，干流回水长度 62.36km。电站坝址处多年平均入库流量 990$m^3$/s，水库形成后库区流速范围从坝前到库尾在 0.0m/s~2.71m/s 逐渐增加，最终在库尾接近天然河道流速。库区河段过水面积较天然状况显著增大，水体流速明显减缓，库区河段水域环境从急流河道型转为缓流型。

相对旭龙未建，运行期坝下河段受旭龙水电站反调节影响，坝下游水文情势变化减缓，丰水典型日，由于建库前后下泄流量不变，故建库前后水文情势未发生变化。平水典型日，旭龙水电站建成运行前后，坝下游各水力参数总体呈变幅减小趋势，且最小水力参数总体呈增加趋势。奔子栏水文站断面水位日变幅由建库前的 2.22m 降低至建库后的 0.71m，河段依然为急流河段。

上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙水电站联合调度后，扣除旭龙坝

址至石鼓断面区间用水，在满足滇中引水工程引水需求的前提下，石鼓断面逐旬流量依然满足 4 月下旬至 6 月不低于 411m$^3$/s，其余月份不低于 300 m$^3$/s 的要求。上游梯级联合调度，对下游滇中引水过程基本无影响。

## 5.2地表水环境影响预测评价

### 5.2.1 对水温的影响

#### 5.2.1.1 水库水温结构判别

对于库内水温是否因滞留而分层，我国现行的水库环境影响评价中普遍采用库水$\alpha$-$\beta$判别法和密度傅汝德数法来判别水库水温结构。

**（1） $\alpha$-$\beta$判别法**

$\alpha$-$\beta$判别法为《水电工程水温计算规范》（NB/T 35094-2017）中推荐方法。其判别指标为：

$$\alpha = \frac{w}{v}$$
$$\beta = \frac{w_f}{v} \qquad \text{（式 5.2-1）}$$

式中：$w$－多年平均入库径流量(m$^3$)；$w_f$－一次洪水总量(m$^3$)；$v$－水库总库容(m$^3$)；$\alpha$，$\beta$－判别指标。

当$\alpha$≤10 时，为水温稳定分层型；$\alpha$≥20 时，为混合型；10<$\alpha$<20 时，为过渡型。对于分层型水库，如果遇到 β>1 的洪水，将出现临时混合现象；但如果 β<0.5 时，洪水对水库水温的分布结构没有影响；0.5<β<1 的洪水的影响介于二者之间。

**（2） 密度佛汝德数法**

密度佛汝德数(1968 年美国 Norton 等提出)为《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南》中推荐的方法，该方法用密度佛汝德数作为标准，来判断水库分层特性，密度佛汝德数法是惯性力与密度差引起的浮力的比值，即：

$$F_r = \frac{u}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_0} gH\right)^{1/2}} \qquad （式 5.2-2）$$

其中，$u$ 为断面平均流速(m/s)，H 为平均水深(m)，$\Delta\rho$ 为水深 H 上的最大密度差(kg/m$^3$)，$\rho_0$ 为参考密度((kg/m$^3$)，g 为重力加速度(m/s$^2$)。

因为资料限制采用公式的另外一种形式，如下：

$$F_r = 320\frac{LQ}{HV} \qquad （式 5.2-3）$$

式中：$F_r$—密度佛汝德数；

$L$—水库长度(m)

$Q$—入流量(m$^3$/s)；

$H$— 平均水深(m)；

$V$—蓄水体的体积(m$^3$)；

当$F_r$<0.1，水库为分层型；0.1<$F_r$<1.0 为过渡型；$F_r$>1.0 水库为混合型。

**（3） 判别结果及分析**

根据《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南》、《水电工程水温计算规范》（NB/T 35094-2017）经验方法综合判定结果，旭龙水库为过渡型水库。

## 5.2.1.2 水温预测数学模型

根据研究河段的特点，拟采用宽度平均的立面二维水温模型预测旭龙水电站的库区水温和下泄水温；考虑区间支流影响，采用一维河道水温数值模型对下游河道的水温沿程变化进行计算。同时，采用垂向一维水温模型预测上游苏洼龙电站联合运行下的库区水温和下泄水温。

**（1）宽度平均的立面二维水库水温模型**

1）状态方程

对于常态下的水体，可忽略压力变化对密度的影响，密度与温度的关系可表示为：

$$\frac{\rho-\rho_s}{\rho_s} = -\beta(T-T_s) = -\beta\Delta T \qquad （5.2-1）$$

式中：β [1/℃]为等压膨胀系数；ρ [kg/m$^3$]为密度；T [℃]为温度；ρs[kg/m$^3$]、Ts[℃]为参考状态的密度和温度。对于天然水体，该函数关系可近似为：

$$\begin{aligned}\rho = (&0.102027692\times10^{-2} + 0.677737262\times10^{-7}\times T - 0.905345843\times10^{-8}\times T^2\\ &+ 0.864372185\times10^{-10}\times T^3 - 0.642266188\times10^{-12}\times T^4\\ &+ 0.105164434\times10^{-17}\times T^7 - 0.104868827\times10^{-19}\times T^8)\times 9.8\times10^5\end{aligned} \tag{5.2-2}$$

根据 Boussinesq 假定，在密度变化不大的浮力流问题中，只在重力项中考虑密度的变化，而控制方程的其它项中不考虑浮力作用。

2）水动力学及温度方程组

在笛卡儿直角坐标系下水动力学方程和紊流方程分别为：

$$\frac{\partial Bu}{\partial x} + \frac{\partial Bw}{\partial z} = 0 \tag{5.2-3}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Bu}{\partial t} + u\frac{\partial Bu}{\partial x} + w\frac{\partial Bu}{\partial z} = &\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_e\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_e\frac{\partial u}{\partial z}\right) - \frac{1}{\rho}\frac{\partial Bp}{\partial z}\\ &+ \frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_t\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_t\frac{\partial w}{\partial x}\right)\end{aligned} \tag{5.2-4}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Bw}{\partial t} + u\frac{\partial Bw}{\partial x} + w\frac{\partial Bw}{\partial z} = &\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_e\frac{\partial w}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_e\frac{\partial w}{\partial z}\right) - \frac{1}{\rho}\frac{\partial Bp}{\partial z}\\ &+ \frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_t\frac{\partial u}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_t\frac{\partial w}{\partial z}\right) + \beta B\Delta Tg\end{aligned} \tag{5.2-5}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial Bk}{\partial t} + u\frac{\partial Bk}{\partial x} + w\frac{\partial Bk}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu\right)\frac{\partial k}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} + \nu\right)\frac{\partial k}{\partial z}\right]\\ &+ B\left(G_k + G_b - \varepsilon\right)\end{aligned} \tag{5.2-6}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial B\varepsilon}{\partial t} + u\frac{\partial B\varepsilon}{\partial x} + w\frac{\partial B\varepsilon}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} + \nu\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[B\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} + \nu\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right]\\ &+ BC_{\varepsilon1}\frac{\varepsilon}{k}\left(G_k + C_{\varepsilon3}G_b\right) - BC_{\varepsilon2}\frac{\varepsilon^2}{k}\end{aligned} \tag{5.2-7}$$

式中：$G_k = \nu_t\left[2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right]$ 为紊动动能生成项；$G_b = -\beta g\frac{\nu_t}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial z}$ 为浮力生成项，该浮力项在稳定分层时可抑制紊动动能的生成，

削弱热量向下的传递，是水库能保持稳定分层的重要因素；$\nu_e$[$m^2/s$]是分子粘性系数 ν 与紊动涡粘系数 $\nu_t$ 之和，$\nu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$；u、w[m/s]为纵向和垂向流速；p[Pa]为压强；T[℃]为水温；B[m]为水体宽度，为高程的函数；k[$m^2/s^2$]为紊动动能；ε[$m^2/s^3$]为紊动动能耗散率；$\sigma_k$、$\sigma_\varepsilon$ 分别为紊动动能和耗散率的普朗特数，一般取 1.0 和 1.3。其它模型常数 $C_\mu$、$C_{1\varepsilon}$、$C_{2\varepsilon}$ 的取值分别为 0.09、1.44、1.92。

温度方程为：

$$\frac{\partial BT}{\partial t}+u\frac{\partial BT}{\partial x}+w\frac{\partial BT}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left[B\left(\frac{\lambda}{\rho C_p}+\frac{\nu_t}{\sigma_T}\right)\frac{\partial T}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[B\left(\frac{\lambda}{\rho C_p}+\frac{\nu_t}{\sigma_T}\right)\frac{\partial T}{\partial z}\right]+\frac{1}{\rho C_p}\frac{\partial B\varphi_z}{\partial z} \tag{5.2-8}$$

式中：$\sigma_T$ 是温度普朗特数，取 0.9；$C_p$ [J/kg·℃]为水的比热容；$\varphi_Z$ [$W/m^2$]为穿过 z 平面的太阳辐射通量。

3）水面热交换

水面热交换包括净太阳短波辐射、净长波辐射、蒸发和传导四个方面。通过水面进入水体的热通量为：

$$\varphi_n=\varphi_{sn}+\varphi_{an}-\varphi_{br}-\varphi_e-\varphi_c \tag{5.2-9}$$

①净吸收的太阳短波辐射

一般来说，太阳的红外辐射（一般亦称长波辐射）大部分都被表层 1m 内的水体所吸收；水体对太阳辐射的反辐射随着太阳辐射的入射角的增大而增加。当太阳高度较低时，水库水体所反射的太阳辐射能量增加，而水体所吸收的太阳辐射能量减少；当太阳高度较大时，反射与吸收情况与上面情况相反。

水体表面净吸收的太阳短波辐射通量为：

$$\varphi_{sn}=\beta_1\varphi_s(1-\gamma) \tag{5.2-10}$$

式中：$\varphi_S$ [$W/m^2$]是到达地面的总太阳辐射量；γ 是水面反射率，它与太阳角度和云层覆盖率相关；$\beta_1$ 是太阳辐射的表面吸收系数。进入水体的太阳辐射部分在水面被吸收，穿过水体的太阳辐射沿深度方向以指数函数衰减：

$$\varphi_z = (1-\gamma)(1-\beta_1)\varphi_s \exp(-\eta \cdot H) \quad (5.2\text{-}11)$$

式中：η 为太阳辐射在水体中的衰减系数，与水体的透明度和水质相关；H[m]为水深。

②大气长波辐射

大气所吸收的太阳能以长波形式向地面发射，其长波辐射强度取决于气温和云量：

$$\varphi_{an} = \sigma \cdot \varepsilon_{ac} \cdot (273 + T_a)^4 \quad (5.2\text{-}12)$$

式中：σ 是 Stefan-Boltaman 常数，为 $5.67\times10^{-8}$[W/m$^2$·K$^4$]；$\varepsilon_a$ 为大气发射率，

$$\varepsilon_{ac} = (1 - 0.261\exp(-7.77\times10^{-4}T_a^2)) \cdot (1 + 0.17 \cdot C_r^{\,2}) \quad (5.2\text{-}13)$$

式中：$T_a$[℃]为水面上 2m 处的气温；$C_r$ 为云层覆盖率。$e_a$[hPa]为水面上空气的蒸发压力。

③水体长波的返回辐射

水体吸收的大气长波辐射会向大气进行返回辐射，其强度可用 Stefan-Boltzman 定律计算：

$$\varphi_{br} = \sigma \cdot \varepsilon_w \cdot (273 + T_s)^4 \quad (5.2\text{-}14)$$

式中：$T_s$[℃]为水体表面温度；$\varepsilon_w$ 为水体的长波发射率，取值 0.965。

④水面蒸发热损失

水在从液体转变为气体的蒸发过程中需要吸收热量，水体由于蒸发损失的热量大多根据空气与水面的蒸发压力计算，本次计算采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式：

$$\varphi_e = f(W)(e_s - e_a) \quad (5.2\text{-}15)$$

式中：f(w) [W/(m$^2$·hPa)]为风函数，反映了自由对流和强迫对流对蒸发的影响。

风函数的计算公式为：

$$f(W) = 0.75\times(9.2 + 0.46W^2) \quad (5.2\text{-}16)$$

式中：W[m/s]是水面上 10m 处的风速；ΔT [℃]为水气温差；$e_s$[hPa]是相应于水面温度 $T_s$[℃]的紧靠水面的空气饱和蒸发压力；$e_a$[hPa]为水面上空气的蒸发

压力，可由水面温度 $T_s$ 计算。

$$e_s = 6.11\times10^{\frac{7.5T_s}{(T_s+237.3)}} \quad (5.2\text{-}17)$$

$$e_a = 6.11\times hum\times10^{\frac{7.5T_a}{(T_a+237.3)}} \quad (5.2\text{-}18)$$

式中：hum 为相对湿度。

⑤热传导通量

当水温与气温有温差时，水气界面上会通过传导进行热交换，热传导通量正比于温差：

$$\varphi_c = 0.47(9.2+0.46W^2)(T_s - T_a) \quad (5.2\text{-}19)$$

式中，$T_a$[℃]为气温；$T_s$ [℃]为水面温度。

**（2）纵向一维水温模型**

旭龙水电站修建后，电站下泄水温较坝址天然水温存在一定的差异，水体与大气的热通量也将发生一定的变化，使得下游水温沿程变化规律与原天然情况也有所不同。河道纵向一维模型基于质量、能量守恒定律，并考虑水体内部、外界环境等因素的影响，对天然河道水温的模拟具有较高的精度。因此，本项目旭龙水电站下游天然河段的水温模拟采用纵向一维水温模型。

纵向一维水温模型由河流水动力学方程和一维温度对流扩散方程组成。

$$Z_i - Z_{i+1} = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{A_{i+1}^{\ 2}} - \frac{1}{A_i^{\ 2}}\right) + \frac{\Delta s\times Q^2}{2}\left(\frac{1}{K_i^{\ 2}} + \frac{1}{K_{i+1}^{\ 2}}\right) \quad (5.2\text{-}20)$$

$$K_i = \frac{1}{n}R_i^{\frac{2}{3}}A_i$$

式中，$Z_i$、$Z_{i+1}$ 分别为流段上游、下游水位，m；Q 为流量，$m^3/s$；A 为过水断面面积，$m^2$；$K$ 为断面平均流量模数；$n$ 为糙率；R 为水力半径，m。由河流水动力学方程计算得到河道水面线。

忽略水体与河床之间热交换的河道水流一维温度对流—扩散方程为：

$$A\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial (QT)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(AD_L\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{BS}{\rho C_p} \quad (5.2\text{-}21)$$

式中：$D_L$ 为纵向弥散系数，$m^2/s$；$\rho$ 为水的密度，$kg/m^3$；$C_p$ 为水的比热，

cal/(kg·°C)；B 为河面宽度，m；$S$ 为单位表面积净热交换通量，W/m$^2$；表示水流与外界(太阳、空气、河道边界)之间热交换量以及水体机械能转换内能的换算通量。

**（3）垂向一维水温模型**

采用垂向一维水温模型开展苏洼龙水电站平水年与上游梯级联合运行下垂向水温和下泄水温预测。

1）热平衡方程

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{TQ_v}{A}\right)=\frac{1}{A}\frac{\partial}{\partial z}\left(AD_z\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{B}{A}\left(u_iT_i-u_oT\right)+\frac{1}{\rho AC_p}\frac{\partial\left(A\varphi_z\right)}{\partial z} \quad (5.2\text{-}22)$$

式中：$T$ 为单元层温度，℃；$T_i$ 为入流温度，℃；A 为单元层水平面面积，m$^2$；B 为单元层平均宽度，m；$D_z$ 为垂向扩散系数，m$^2$/s；ρ(kg/m$^3$)为水体密度，是温度的函数，$\rho=1000-1.955\times10^{-2}\left(T-4.0\right)^{1.68}$；$C_p$ 为水体比热，kJ/kg·℃；$\varphi_z$ 为太阳辐射通量，W/m$^2$；$u_i$ 为入流速度，m/s；$u_o$ 为出流速度，m/s；$Q_v$ 为通过单元上边界的垂向流量，m$^3$/s。

2）水面热交换

水面热交换包括净太阳短波辐射、净长波辐射、蒸发和传导四个方面。通过水面进入水体的热通量为：

$$\varphi_n = \varphi_{sn} + \varphi_{an} - \varphi_{br} - \varphi_e - \varphi_c \quad (5.2\text{-}23)$$

3）水库入流、出流流场的计算

当入流温度低于表层温度时，入流下沉进入水温相同的单元层。出流中心位置为出水口中心高程。

入流(或出流)的流动层厚度取决于入(出)流流速和分层区的垂向密度梯度，有：

$$\delta=1.35\left(\frac{QL}{A}\frac{1}{\sqrt{g\frac{\Delta\rho}{\rho_0}}}\right)^{2/3} \quad (5.2\text{-}24)$$

式中：$\delta$ 为入(出)流流动区厚度的一半，m；Q 为入(出)流流量，m$^3$/s；$L$ 为入(出)流中心高程处水库长度，m；A 为入(出)流中心高程处的水平面面积，m2；

$\Delta\rho$ 为入(出)流中心高程处的密度与其上下边界的密度差；$\rho_0$ 为入(出)流中心高程处的密度。

4）风混合模型

风对加深混合层深度、加剧上层水体混合具有较大的影响。因此在求解热平衡方程后，再根据风速对垂向温度分布进行修正。

假定风的剪切应力是上层水体紊动的主要来源，风所引起的有效紊动动能为：

$$TKE = \int_{A_s} CW\tau \, dA \qquad (5.2\text{-}25)$$

式中：$A_s$ 为水库表面面积，$m^2/s$；W 为风速，m/s；$\tau$ 为水气界面上的剪切应力，计算值为 $\tau = \rho_a C_d W^2$，其中 $\rho_a$ 为空气密度，Cd 为风应力系数，约为 0.0013；C 是动能转化为势能的有效系数，其计算公式为：$C = \dfrac{0.057 R_i \left(29.5 - \sqrt{R_i}\right)}{14.2 + R_i}$，其中 $R_i$ 为理查森数，$R_i = \dfrac{\Delta\rho g h}{\rho_s U_*^2}$，$U_*$ 为摩阻速度，$U_* = \sqrt{\dfrac{\tau}{\rho}}$；$\Delta\rho$ 为混合层与下层水体的密度差；$\rho_s$ 为混合层温度；h 为混合层厚度。

5）下泄水温的计算

以坝前垂向各单元层的出流流量为权重，计算得到加权平均的水库下泄水温：

$$T_0 = \frac{\int_{-\delta}^{+\delta} u_0 B_z T dz}{Q_0} \qquad (5.2\text{-}26)$$

式中：$T$、$T_0$ 分别为坝前水温、出流水温，℃；$Q_0$ 为出库流量，$m^3/s$；$u_0$ 为各层的出流流速，m/s；$B_z$ 为相应于一定高程的河宽，m；$\delta$ 为出流流动区域的半厚度，m。

### 5.2.1.3 水温预测工况

在专题研究中，根据水库地形、调度运行特性、来流水温、库区气象、泄流孔口等边界条件，预测平水年工况下旭龙水电站单独运行取水口底板高程（2264m）对库区、坝址处水温时空分布的影响。

考虑金沙江规划的旭龙以上梯级叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙水库均已核准，

叶巴滩、苏洼龙已建，本报告书评价仅考虑联合运行工况。采用立面二维水温模型，预测旭龙水电站与上游梯级联合运行平水年工况下、取水口底板高程（2264m）旭龙库区水温结构及下泄水温过程。

采用纵向一维水温模型，以旭龙水电站联合运行下泄水温、出库流量等作为上游边界条件，考虑河道地形、区间汇流等影响，预测旭龙水电站坝下研究河段的水温变化情况。

具体水温影响预测工况见表 5.2-1。

**表 5.2-1　旭龙水库水温影响预测工况**

| 工况 | 水库运行方案 | 取水口底板高程 | 水文条件 | 入流水温 | 气象条件 | 数学模型 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 联合运行 | 2264m | 梯级联合运行方案，典型平水年苏洼龙下泄流量 | 库尾入流水温采用上一级电站的下泄水温，包括支流的影响。下游河道入流水温预测采用电站下泄水温，并考虑主要支流入汇影响。 | 库周气象站的多年平均逐月气象过程 | 旭龙水电站均采用立面二维水温模型，下游河道采用纵向一维水温模型 |

### 5.2.1.4 网格划分及计算条件

**（1）网格划分**

旭龙水电站库区回水总长为 62.36km，水库正常蓄水位为 2302m，相应库区最大水深达 161.4m，相应库容 7.81 亿 $m^3$。

计算网格单元在干流主流方向上尺寸为 500m，在水深方向上为 2m，在正常蓄水位下，旭龙水电站库区离散为 131×84 个矩形网格。

**（2）计算条件确定**

1）气象

旭龙坝址与得荣气象站（2422m）地理位置和高程相近，因此选用得荣站的气象资料作为旭龙水电站的气象边界条件；距苏洼龙坝址最近的气象站是巴塘气象站，约 78km，因此苏洼龙坝址气象要素采用巴塘气象站（2589.1m）统计成果；下游河道采用气温按 0.6℃/100m 的气温直减率通过得荣气象站的气温进行修正。

**表 5.2-2　得荣气象站气象要素统计表**

| 月份 | 气温/℃ | 相对湿度/% | 风速/m/s | 风向/° | 日照时数 | 云量/成 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6.0 | 36 | 1.4 | 17 | 173.90 | 1.67 |
| 2 | 8.5 | 35 | 2.3 | 8 | 160.70 | 3.31 |
| 3 | 11.7 | 37 | 2.6 | 8 | 175.40 | 4.31 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 15.1 | 40 | 2.8 | 8 | 164.80 | 6.02 |
| 5 | 19.5 | 40 | 2.7 | 8 | 179.70 | 5.73 |
| 6 | 22.8 | 47 | 2.9 | 8 | 158.10 | 6.94 |
| 7 | 21.7 | 61 | 2.1 | 17 | 128.80 | 8.75 |
| 8 | 20.5 | 66 | 1.7 | 17 | 120.60 | 8.12 |
| 9 | 19.4 | 60 | 1.9 | 17 | 127.20 | 7.28 |
| 10 | 15.8 | 49 | 1.8 | 17 | 161.20 | 4.03 |
| 11 | 10.2 | 42 | 1.3 | 17 | 167.90 | 1.97 |
| 12 | 6.1 | 38 | 1 | 17 | 174.60 | 1.62 |
| 平均值 | 14.8 | 46 | 2.0 | 13 | 1892.9（累计值） | 5.0 |

**表 5.2-3　巴塘气象站气象要素统计表**

| 月份 | 气温/℃ | 相对湿度/% | 风速/m/s | 最多风向 | 日照时数 | 云量/成 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.8 | 28 | 1.2 | SW | 220.3 | 2.9 |
| 2 | 7.0 | 28 | 1.8 | SW | 190.3 | 4.1 |
| 3 | 10.2 | 32 | 2 | SW | 193.8 | 5.8 |
| 4 | 13.3 | 41 | 1.7 | SW | 194.6 | 6.5 |
| 5 | 17.5 | 44 | 1.6 | SW | 225.8 | 6.3 |
| 6 | 19.5 | 56 | 1.2 | SW | 200.9 | 7.3 |
| 7 | 19.7 | 66 | 0.9 | SW | 190.5 | 8.3 |
| 8 | 18.8 | 66 | 0.9 | SW | 191.7 | 8.1 |
| 9 | 16.6 | 68 | 0.8 | SW | 179.6 | 7 |
| 10 | 13 | 54 | 1 | SW | 214.2 | 4.4 |
| 11 | 7.9 | 37 | 1 | SE | 219.1 | 2.8 |
| 12 | 3.8 | 33 | 0.8 | SE | 222.8 | 2.4 |
| 平均值 | 12.6 | 46 | 1.2 | - | 2086.6（累计值） | 5.5 |

2）水温

因缺乏旭龙水电站坝址处的水温实测资料，现选取距坝址上游 137km 的巴塘站（1998~2007 年）和距坝址下游 326.1km 的石鼓站（1998~2007 年）系列逐月水温实测资料，以此来内插推求旭龙水电站坝址处和苏洼龙坝址处水温。

选取上游梯级叶巴滩+拉哇+巴塘电站联合运行叠梁门取水工况下的计算下泄水温为下游梯级的入流水温边界。

①研究河段天然水温确定

因旭龙水电站坝址处无水温实测资料，依托距坝址上游 137km 的巴塘站（1998~2007 年）和距坝址下游 326.1km 的石鼓站（1998~2007 年）系列逐月水温实测资料，以此内插推求苏洼龙坝址处、旭龙水电站库尾和坝址处的天然水温，内插结果见表 5.2-4 和图 5.2-1。

**表 5.2-4　坝址处水温推求结果**

单位：℃

| 地点 | 距巴塘（km） | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 巴塘（实测） | 0 | 1.9 | 3.5 | 6.4 | 9.5 | 12.4 | 14.3 | 15.6 | 15.6 | 13.6 | 9.9 | 4.9 | 2.2 |
| 石鼓（实测） | 463.1 | 5.4 | 7.2 | 9.9 | 12.5 | 14.9 | 16.7 | 17.4 | 17.2 | 15.7 | 12.8 | 8.8 | 5.9 |
| 苏洼龙坝址天然（推求） | 46.1 | 2.2 | 3.8 | 6.7 | 9.8 | 12.7 | 14.6 | 15.9 | 15.9 | 13.9 | 10.2 | 5.2 | 2.5 |
| 旭龙坝址天然（推求） | 131.63 | 2.8 | 4.4 | 7.3 | 10.4 | 13.3 | 15.2 | 16.5 | 16.5 | 14.5 | 10.8 | 5.8 | 3.1 |

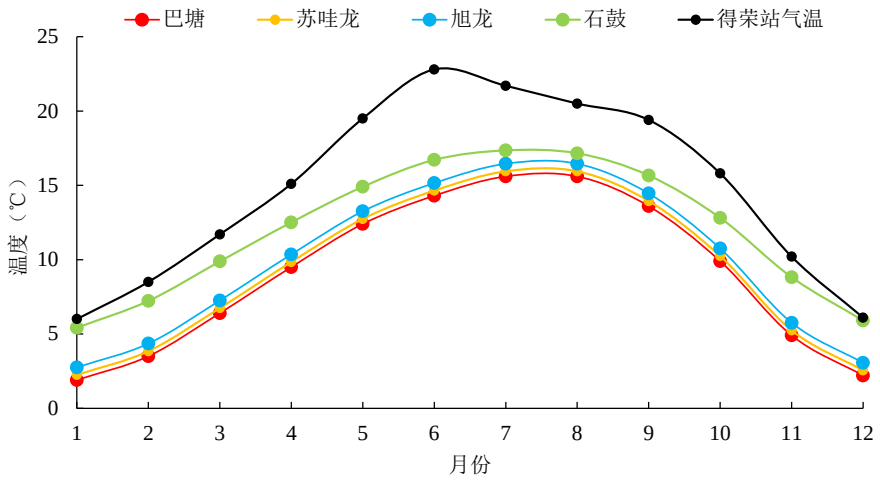



图 5.2-1　各坝址处水温推求结果

②梯级运行研究河道水温确定

选取上游梯级叶巴滩+拉哇+巴塘电站联合运行叠梁门取水工况下的计算下泄水温为下游梯级的入流水温边界，具体见表 5.2-5 及图 5.2-2。

根据巴塘水电站环境影响报告书报批稿，上游叶巴滩+拉哇电站+巴塘电站联合运行对下游河道水温过程有较大影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.9℃。下泄水温在 3 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.3℃，4 月份降低最多，达 2.3℃。9 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.1℃，12 月温升幅度最大，为 5.4℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 15.6℃降为建坝后的 15.4℃，月均最低温度从建坝前的 1.8℃升为建坝后的 5.4℃，温差减小了 3.6℃。

表 5.2-5 巴塘月均下泄水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 月均下泄水温 | 与坝址天然水温差值 |
|---|---|---|---|---|
| 1 月 | 4.1 | | 6.1 | 4.3 |
| 2 月 | 7.3 | 3.4 | 5.2 | 1.8 |
| 3 月 | 10.5 | 6.2 | 5.3 | -0.9 |

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 月均下泄水温 | 与坝址天然水温差值 |
|---|---|---|---|---|
| 4 月 | 13.6 | 9.3 | 7.0 | -2.3 |
| 5 月 | 17.8 | 12.2 | 10.3 | -1.9 |
| 6 月 | 19.8 | 14.3 | 13.1 | -1.2 |
| 7 月 | 20.0 | 15.6 | 14.2 | -1.4 |
| 8 月 | 19.1 | 15.5 | 15.4 | -0.1 |
| 9 月 | 16.9 | 13.6 | 14.0 | 0.4 |
| 10 月 | 13.3 | 9.8 | 11.8 | 2.0 |
| 11 月 | 8.2 | 4.8 | 9.5 | 4.7 |
| 12 月 | 4.1 | 2.1 | 7.5 | 5.4 |
| 年均 | 12.9 | 9.1 | 10.0 | 0.9 |
| 最大值 | 20.0 | 15.6 | 15.4 | 5.4 |
| 最小值 | 4.1 | 1.8 | 5.2 | -2.3 |
| 年内变幅 | 15.9 | 13.8 | 10.2 | - |

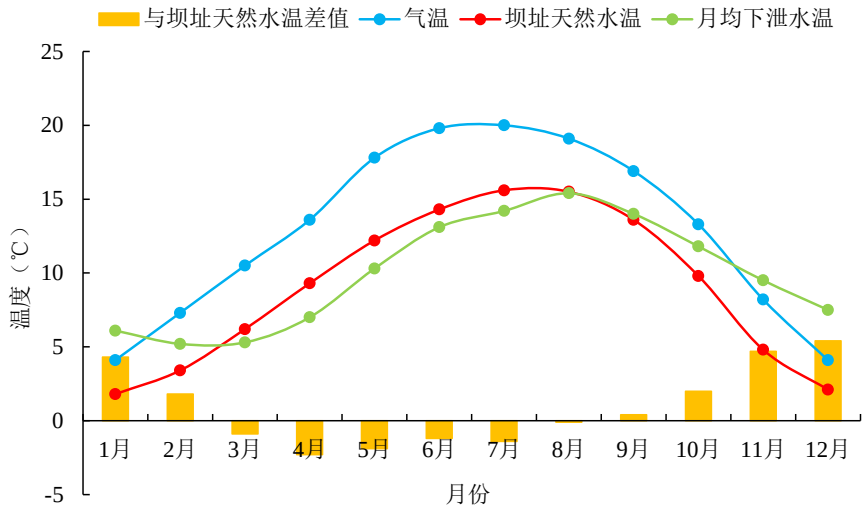



图 5.2-2　联合运行下巴塘电站下泄水温过程

根据上游巴塘电站下泄水温过程推算苏洼龙电站坝前水温及下泄水温过程。图 5.2-3 为苏洼龙水电站平水年各月 15 日的坝前水温分布。平水年苏洼龙水电站库区表层水温 2 月最低，为 6.5℃；8 月最高，为 19.0℃，年内变化 12.5℃。2 月、3 月的来流水温为全年最低，库区水温受入流影响明显大幅降低。4~6 月库区水温受气象和入流水温的影响而有较大幅度的增长。7、8 月份入流水温全年最高，至 8 月份库区坝前平均水温达到全年最高。9 月入库水温、气温、太阳辐射等均有所下降，库区水温进入下降期。10 月以后受来流水温持续降低和气象条件影响，库区水温降幅明显。

表 5.2-6 和图 5.2-4 比较了苏洼龙水电站平水年的月均下泄水温、坝址处天然水温及气温年内过程。

与坝址天然水温相比，水库下泄水温过程有较大的变化。研究区域气温年均12.6℃，入流水温年均10.0℃。在3~8月期间存在下泄低温水，平均低1.9℃，下泄低温水最明显的月份为4月，平均低3.1℃。8~9月水库流量增大，库区流速增大，整体水温上升明显，库区流速加快，推进了高温水向坝前移动。在降温期9月~翌年2月下泄水温平均上升3.2℃，12月温升幅度最大，为5.7℃，在此期间入库流量较小，库区流速平缓，水库蓄水后水面面积增大，库区整体从大气获得热量较建库前有所增加。水库年均下泄水温比建坝前升高0.7℃。

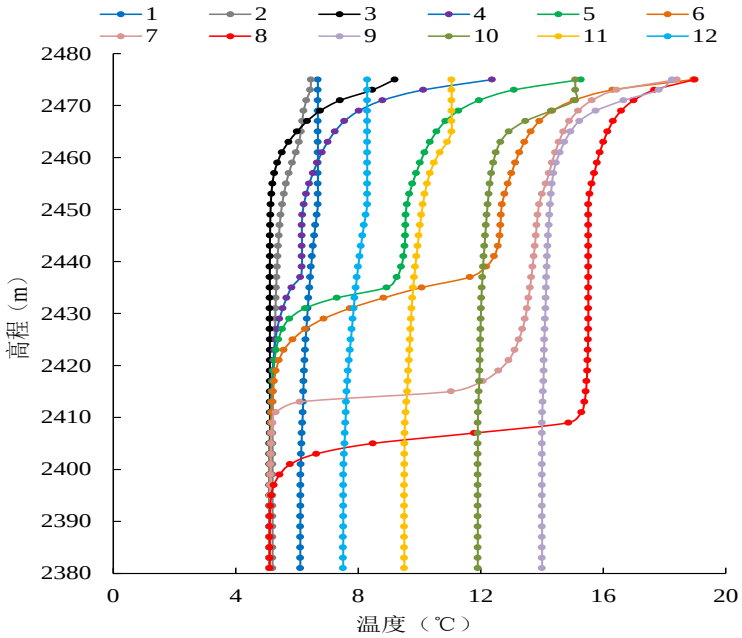



图 5.2-3　苏洼龙水库坝前水温分布

表 5.2-6　苏洼龙平水年的月均下泄水温、坝址天然水温及气温

单位：℃

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 月均下泄水温 | 与坝址水温差值 |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | C-B |
| 1 | 3.8 | 2.2 | 6.6 | 4.4 |
| 2 | 7 | 3.8 | 5.7 | 1.9 |
| 3 | 10.2 | 6.7 | 5.3 | -1.4 |
| 4 | 13.3 | 9.8 | 6.7 | -3.1 |
| 5 | 17.5 | 12.7 | 9.9 | -2.8 |
| 6 | 19.5 | 14.6 | 12.9 | -1.7 |
| 7 | 19.7 | 15.9 | 14.1 | -1.8 |
| 8 | 18.8 | 15.9 | 15.5 | -0.5 |
| 9 | 16.6 | 13.9 | 14.2 | 0.3 |
| 10 | 13 | 10.2 | 12.2 | 2.0 |

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 月均下泄水温 | 与坝址水温差值 |
|---|---|---|---|---|
| 11 | 7.9 | 5.2 | 10.3 | 5.0 |
| 12 | 3.8 | 2.5 | 8.2 | 5.7 |
| 年均 | 12.6 | 9.5 | 10.1 | 0.7 |
| 最大值 | 19.7 | 15.9 | 15.5 | 5.7 |
| 最小值 | 3.8 | 2.2 | 5.3 | -3.1 |
| 年内变幅 | 15.9 | 13.7 | 10.1 | 8.8 |

注：月均下泄水温为各月平均水温；坝址水温为推算值。

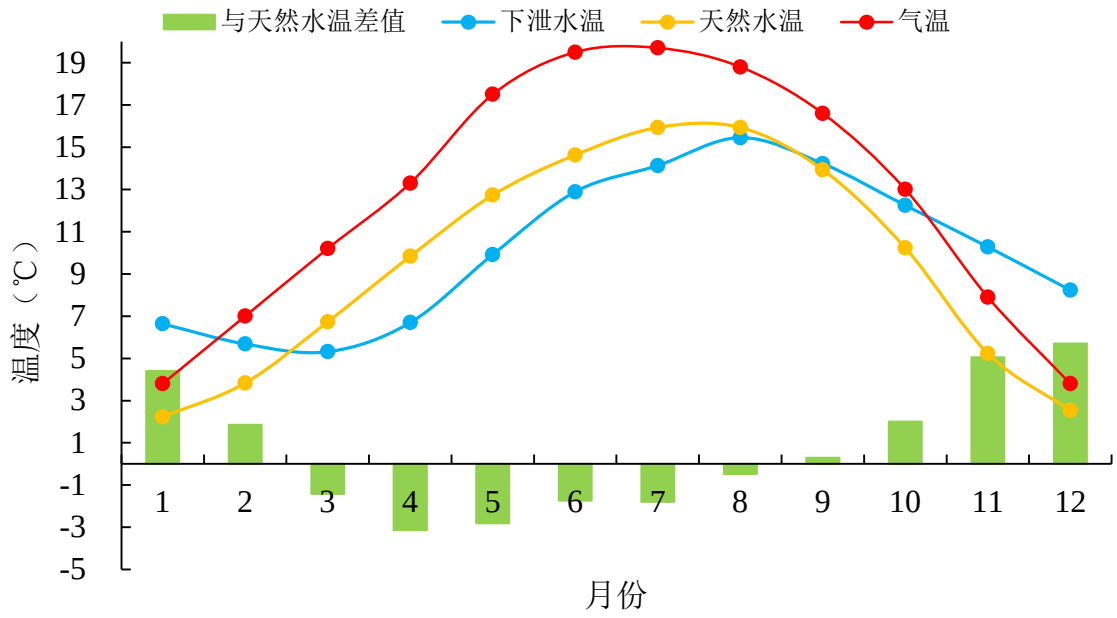



图 5.2-4　苏洼龙水电站月均下泄水温、坝址处天然水温及气温比较

## 5.2.1.5 水温预测结果

**（1）坝前水温**

图 5.2-5 为旭龙水库联合运行时平水年 1 月~12 月库区二维水温分布图。图 5.2-6 为旭龙水库平水年联合运行下坝前垂线水温分布。

联合运行时，旭龙水电站库区呈季节性分层型水温结构特征。1 月~2 月的来流水温、气温和入库流量均较低，库区水体流动，坝前水温呈同温状态， 1 月~2 月的表层水温分别为 7.7℃、7.2℃，垂向平均水温分别为 7.4℃、6.4℃。

3 月开始进入升温期，入流水温、气温均有所升高，表层水温受气象影响升高明显，库区水温开始出现分层结构。库表水温为 8.5℃，库底水温维持在 5.8℃，坝前垂向温差为 2.7℃。

4 月水温结构与 3 月基本相似，中上层水体升温明显，坝前平均水温较 3 月

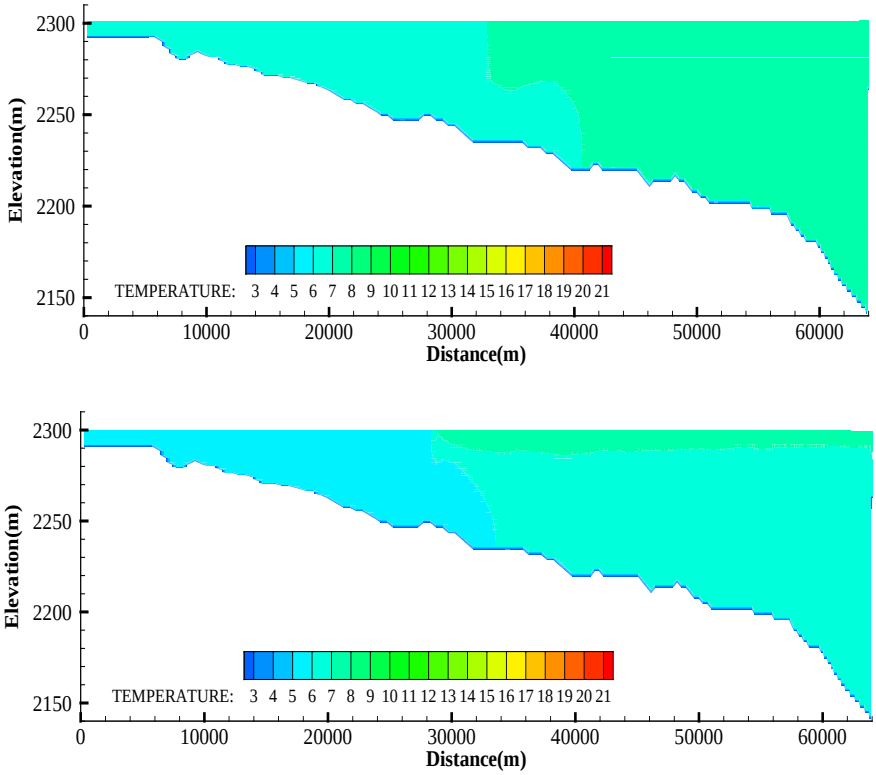
升高约 0.4℃，坝前垂向温差扩大至 5.1℃。5 月库区垂向水温继续升高，坝前平均水温约 14.0℃，坝前垂向温差进一步扩大，为 8.3℃。库区水温结构与 4 月基本一致。

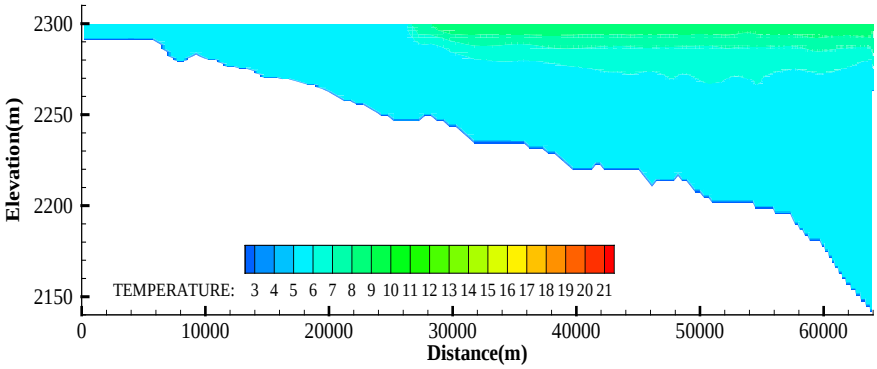
6 月表层水温持续升高，坝前垂向水温开始出现双温跃层结构，表层水温升至 17.7℃，垂向温差扩大至 10.1℃。

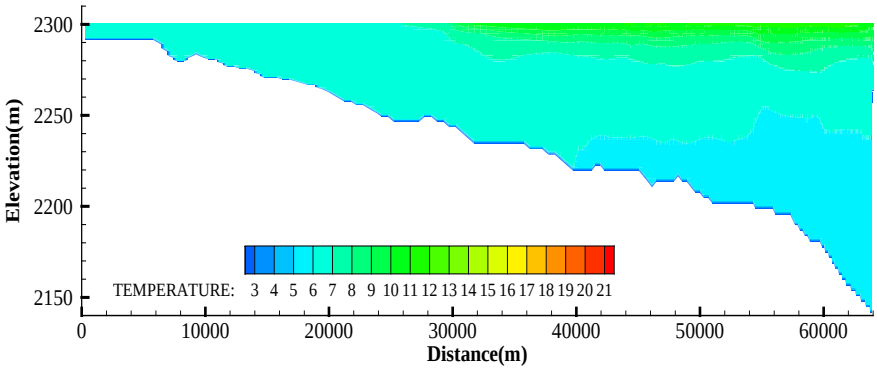
7 月~9 月太阳辐射及气温逐渐减小，入库流量增大（平均 1782.7$m^3$/s），库区开启表孔（堰顶高程 2287m）泄洪，平均弃水流量为 302.4$m^3$/s。受库区流量增大和泄洪影响，使得原有的双温跃层结构被打破，2240m 以上水体垂向掺混均匀，同温层厚度增加，表层水温降低。

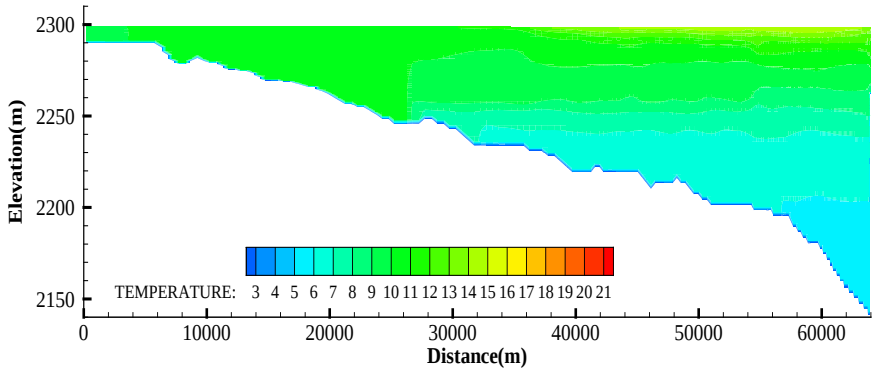
10 月~12 月同温层厚度逐渐增加，温跃层逐渐下移，垂向温差逐渐减小。坝前垂向平均水温分别为 11.4℃、10.2℃、8.9℃，垂向温差分别为 7.6℃、5.0℃、2.9℃。

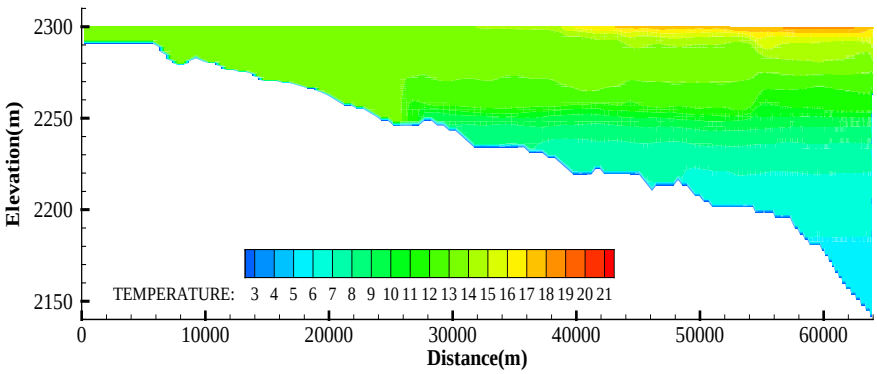
从坝前水温结果来看，联合运行时库底水温全年保持低温状态，库表水温受气象等条件的影响变化较大。

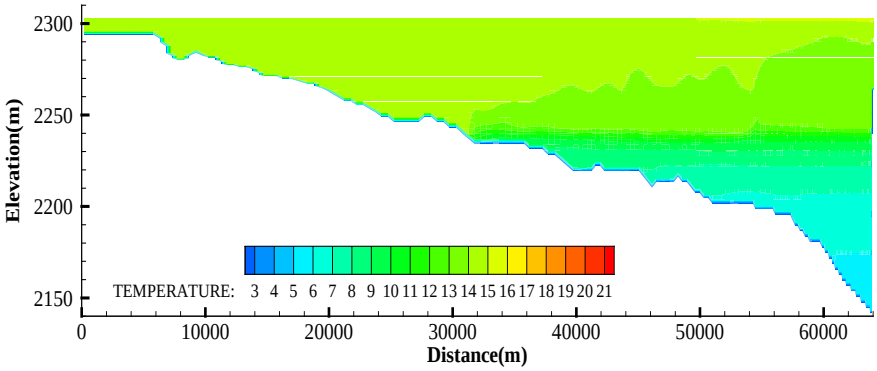


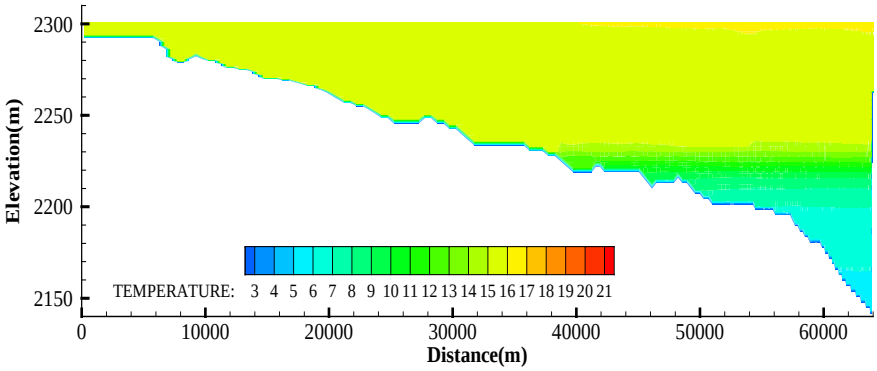

Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)

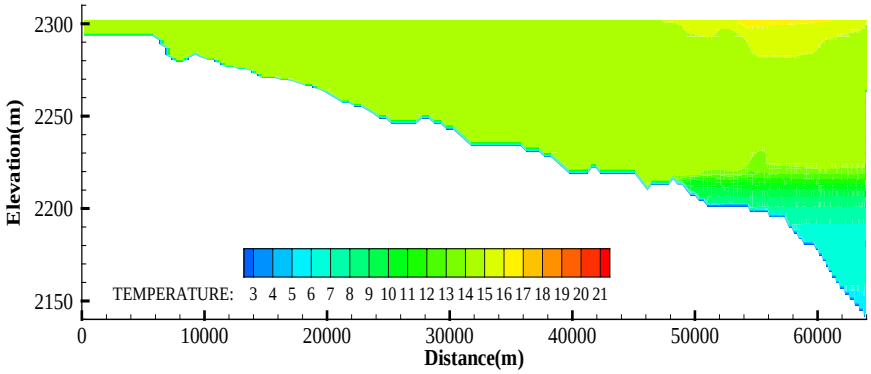

Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)

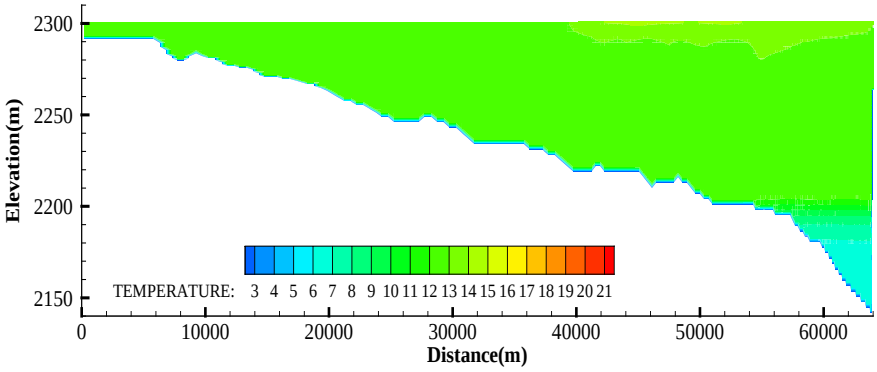

Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)


Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)


Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)


Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)


Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)


Elevation(m)
2300
2250
2200
2150
TEMPERATURE: 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Distance(m)

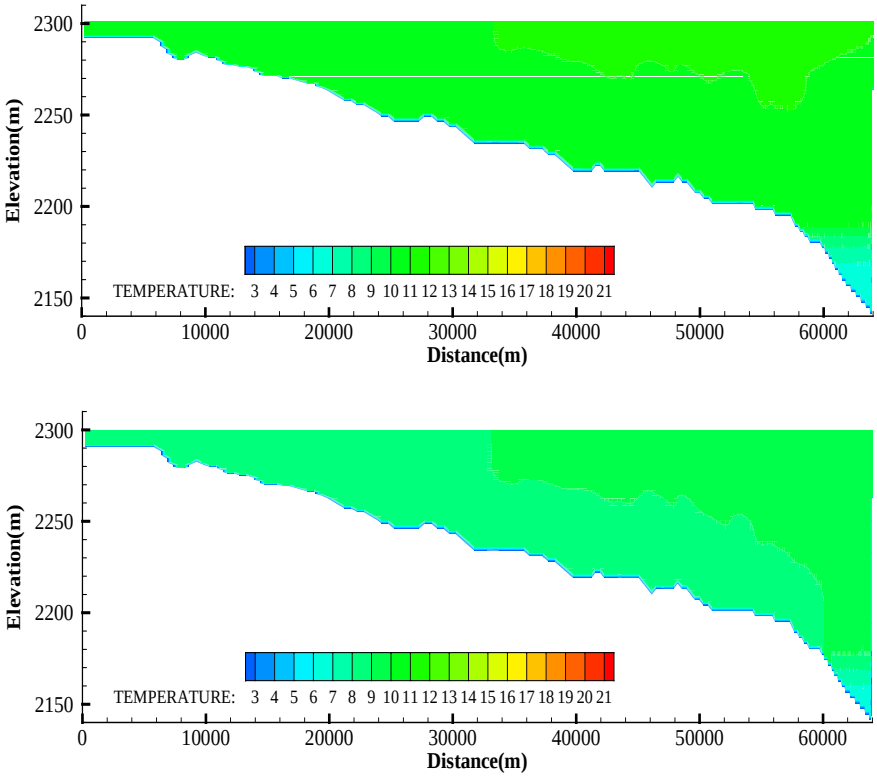



图 5.2-5 旭龙水电站联合运行平水年 2264m 底板高程
1 月~12 月库区二维水温分布

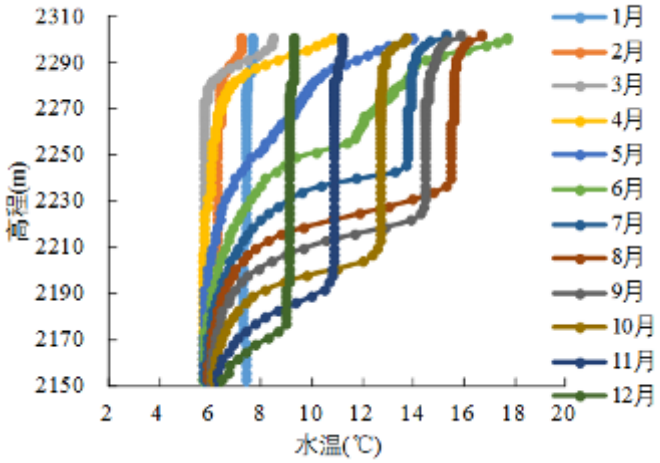



图 5.2-6 旭龙水库联合运行下平水年 2264m 取水工况坝前垂向水温

**（2）下泄水温**

旭龙联合运行平水年的下泄水温与坝址天然水温及温差见表 5.2-7、图 5.2-7 和图 5.2-8。

与坝址天然年均水温相比，旭龙水库平水年联合运行情况对河道水温改变明显，联合运行下泄水温在 3 月~8 月较天然水温偏低，在 10 月~次年 2 月水温较天然水温偏高，低温水与高温水现象明显。

升温期 3 月～8 月下泄水温较天然水温平均降低了 2.2℃，其中 4 月、5 月低温水幅度最大，均为 3.5℃，9 月月均下泄水温与天然河道水温差异不大，降温期 10 月~次年 2 月下泄水温较天然水温平均偏高 4.1℃，12 月高温水幅度最大，为 6.2℃。

用联合运行下旭龙水库的下泄水温，减去上游梯级修建、旭龙未修建的坝址处河道水温，即为联合运行中旭龙梯级的影响（即贡献度）。梯级联合运行中，旭龙水库梯级对河道水温的影响（贡献度）较小，最大影响幅度 0.7℃。

与单独运行相比，联合运行情况下对河道水温的改变更为明显，低温水与高温水幅度明显有所增加。坝址天然月均最高水温为 16.5℃，联合运行下月均最高水温降至 15.6℃，坝址天然月均最低水温为 2.8℃，联合运行下月均最低水温升至 6.2℃，年内水温过程呈平坦化趋势。

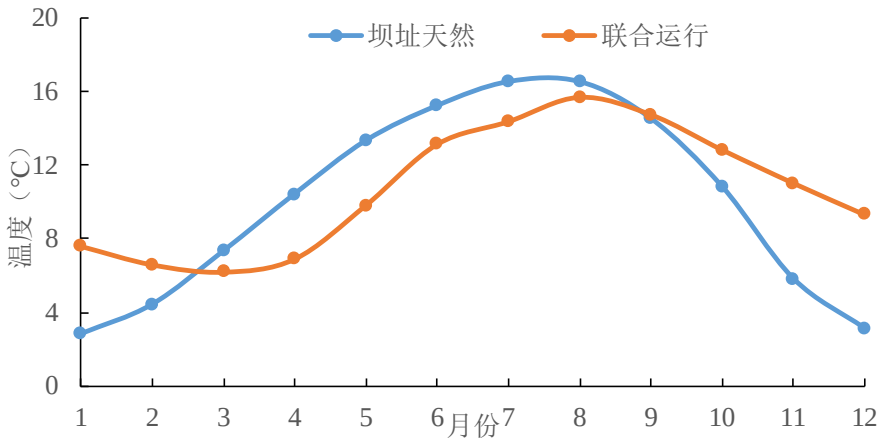



图 5.2-7　旭龙水电站联合运行下泄水温与坝址天然水温比较

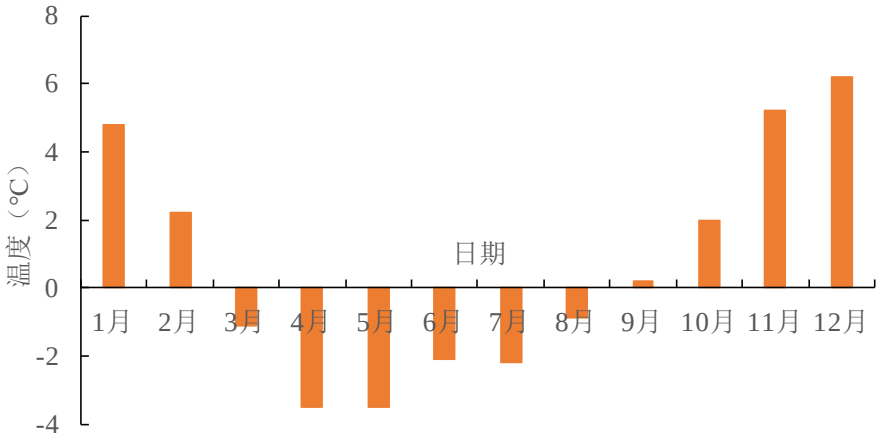



图 5.2-8　旭龙水电站联合运行情况下泄水温与坝址天然水温温差比较

表 5.2-7　旭龙水电站联合运行下下泄水温与坝址天然水温及温差

单位：℃

| 工况 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 坝址天然 | 2.8 | 4.4 | 7.3 | 10.4 | 13.3 | 15.2 | 16.5 | 16.5 | 14.5 | 10.8 | 5.8 | 3.1 | 10.1 |
| 联合运行未修建旭龙时的旭龙坝址水温 | 6.9 | 6.1 | 5.8 | 7.3 | 10.5 | 13.4 | 14.6 | 16.0 | 14.7 | 12.7 | 10.7 | 8.6 | 10.6 |
| 联合运行修建旭龙时的旭龙坝址水温 | 7.6 | 6.6 | 6.2 | 6.9 | 9.8 | 13.1 | 14.3 | 15.6 | 14.7 | 12.8 | 11.0 | 9.3 | 10.7 |
| 联合运行时旭龙的贡献度 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | -0.4 | -0.7 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 0.1 |
| 旭龙下泄水温与坝址天然水温温差 | 4.8 | 2.2 | -1.1 | -3.5 | -3.5 | -2.1 | -2.2 | -0.9 | 0.2 | 2.0 | 5.2 | 6.2 | 0.6 |

## 5.2.2 对水质的影响

### 5.2.2.1 水库蓄水期水质影响预测

根据《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》(DL/T5064-2007)的规定，蓄水前将对淹没区进行清库工作，建筑物全部予以拆除，对粪坑等一般污染源进行清理和消毒，淹没区为金沙江干热河谷地区，水库淹没的植被主要为灌丛和灌草丛，产生的营养物质有限，故不存在大量植物在库内腐烂而导致水质恶化的可能。水库蓄水初期，残留的少量枯枝落叶等有机物将在水库内形成漂浮物，蓄积在耕地和林地土壤中的部分有机营养物质也将释放进入水体，故短期内库区水体中的 N、P 等有机物含量将明显增高，溶解氧降低，从而对库区水质造成一定影响。但由于库区范围基本无工业污染源分布，人口与耕地稀少，污染负荷极低，且随着电站日调节运行，水体交换次数不断增加，库区水质将逐步改善。

### 5.2.2.2 运行期水质影响预测

**（1） 污染源预测分析**

1）库周及上游污染源

旭龙水库周边基本无工业污染源分布。农业生产方式相对落后，农业面源污染不大。由于库区沿岸耕地资源较少，电站建成后，工程区周围多为山区、半山区或峡谷区，受自然条件制约可开垦的耕地资源有限，耕地数量会有所减少。故总体上，旭龙水电站建库后库周农业面源污染负荷较现状将有所降低。受生存条件限制，库周人口分数，无较大的集中居民点，至旭龙水电站建成后人口规模也不会发生较大变化。搬迁安置以安置区集中建房为主，安置点采取相应的生活污水处理措施，库周生活污水处理及综合利用率将得到一定程度提高，届时，库周及上游的生活污水污染负荷也将有所降低。

综上可见，旭龙水库建成后，库周及上游污染负荷不会发生明显变化，且随着移民安置点污水处理措施的实施，污染负荷将会有所降低。

2) 电站污染源

水电站本身属清洁能源，电站运行期间基本无生产废水排放。电站管理及维护人员少，业主营地生活污水沿用施工期成套污水处理设备进行处理。沿用施工

期回用设施，确保废水不外排，故不会对金沙江水质造成不利影响。

**（2）库区水质预测分析**

1）预测方法

①基本方程

A 动量方程：

$$\partial_t(mHu)+\partial_x(m_yHuu)+\partial_y(m_xHvu)+\partial_z(mwu)-(mf+v\partial_x m_y-u\partial_y m_x)Hv=$$
$$-m_yH\partial_x(g\xi+p)-m_y(\partial_x h-z\partial_x H)\partial_z p+\partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z u)+Q_u$$

$$\partial_t(mHv)+\partial_x(m_yHuv)+\partial_y(m_xHvv)+\partial_z(mwv)-(mf+v\partial_x m_y-u\partial_y m_x)Hu=$$
$$-m_xH\partial_y(g\xi+p)-m_x(\partial_y h-z\partial_x H)\partial_z p+\partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z v)+Q_v$$

$$\partial_t(m\xi)=-gH(\rho-\rho_0)\rho_0^{-1}$$

B 连续方程：

$$\partial_t(m\xi)+\partial_x(m_yHu)+\partial_y(m_xHv)+\partial_z(mw)=0$$

$$\partial_t(m\xi)+\partial_x(m_yH\int_0^1 u dz)+\partial_y(m_xH\int_0^1 v dz)=0$$

C 状态方程：

$$\rho=\rho(P,S_a,T)$$

D 水质方程：

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\partial_x(uC)+\partial_y(vC)+\partial_z(wC)=\partial_x(K_x\frac{\partial C}{\partial t})+\partial_y(K_y\frac{\partial C}{\partial y})+\partial_z(K_z\frac{\partial C}{\partial z})$$

E 温度和盐度输移方程为：

$$\partial_t(mHT)+\partial_x(m_yHuT)+\partial_y(m_xHvT)+\partial_z(mwT)=\partial_z(mH^{-1}K_v\partial_z T)+Q_T$$

$$\partial_t(mHS_a)+\partial_x(m_yHuS_a)+\partial_y(m_xHvS_a)+\partial_z(mwS_a)=\partial_z(mH^{-1}K_v\partial_z S_a)+Q_s$$

式中：$u$、$v$、$w$分别是边界拟合正交曲线坐标$x$、$y$、$z$方向上的速度分量；$m_x$、$m_y$和分别为水平坐标变换因子，$m$为度量张量行列式的平方根，$m=m_xm_y$；$A_v$为垂向紊动黏滞系数；$K_v$为垂向紊动扩散系数；$f$为科里奥利系数；$\rho$为混合密度；$\rho_0$是参考密度；$H$为总水深；$h$为未扰动的$z$坐标原点以下的水深；$p$为压力；$S_a$为盐度；$T$为温度；$\xi$为自由的势能；$Q_u$和$Q_v$为动量在$x$和$y$方向的源汇项；$Q_T$是温度的源汇项。联立各动量方程和连续方程即可解出$u$、$v$、$w$、

$\rho$、$p$、$S_a$、$T$和$\xi$。

②方程离散与求解

EFDC 模型采用二阶精度的空间有限差分格式求解控制方程，变量布置采用交错网格。模型的时间积分采用具有二阶精度的三层有限差分格式，采用内外模分裂方式将物理过程分解为内模和外模。外模求解采用半隐格式，利用预处理共轭梯度法同时求解二维水位场。内模求解垂向扩散项采用隐格式。动量方程内模主要是求解应力和速度的垂向分布。输移方程中的平流项模型采用 Smolarkiewicz 多维正定对流输移格式。

2）边界条件

①水文条件

计算水文条件详见表 5.1-10。

②水质条件

根据 2012～2019 年水质补充监测成果，取相应水期库尾麦曲河口断面监测的平均值作为本次预测的背景浓度。

**表 5.2-8 库区模型水质边界条件**

| 时期 | 水质浓度（mg/L） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | COD | $NH_3$-N | TP | TN |
| 丰水期 | 9.33 | 0.12 | 0.01 | 0.25 |
| 平水期 | 13.33 | 0.09 | 0.02 | 0.46 |
| 枯水期 | 13.33 | 0.14 | 0.02 | 0.44 |

③水质预测结果

根据库区污染源预测结果可知，旭龙水库建成后水污染负荷不会发生明显变化，其中库周因耕地面积减少、生活污水处理与综合利用率提高，水污染负荷将呈下降趋势。建库后，水库整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在Ⅱ类水指标范围内。

综上所述，水库建成后，各项水质指标均在Ⅱ类水水质指标范围内，各项水质和建库前相差不大，水库水质达到Ⅱ类水要求。结合实地调查发现库区水质评价范围内无取水口等敏感水环境保护目标。因此，旭龙水电站建成后，对库区水环境影响不大。

表 5.2-9　库区水质预测结果　　单位：mg/L

| 水质指标 | | 断面位置位置 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 麦曲河入河断面 | | 丹达曲入河断面 | | 坝前 | |
| | | 建库前 | 建库后 | 建库前 | 建库后 | 建库前 | 建库后 |
| 丰水期 | COD | 9.3 | 8.67 | 8.68 | 8.67 | 10 | 8.34 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.38 | 0.37 | 0.36 | 0.34 | 0.45 | 0.4 |
| | $NH_3$-N | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.27 | 0.18 |
| 平水期 | COD | 13.83 | 13.57 | 14.3 | 13.62 | 14.53 | 13.08 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.41 |
| | $NH_3$-N | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 |
| 枯水期 | COD | 14.3 | 13.55 | 13.57 | 13.29 | 14.13 | 12.52 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.49 | 0.44 | 0.45 | 0.42 | 0.49 | 0.4 |
| | $NH_3$-N | 0.1 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.09 | 0.09 |

**（3）库区水体富营养化分析**

基本计算公式如下：

$$\delta C / \delta t = (GP_1 - ADP_1)C$$
$$\delta P / \delta t = (F_1 \times P_1 - F_2 \times P) / V - Ap \times P$$
$$\delta N / \delta t = (F_1 \times N_1 - F_2 \times N) / V - An \times N$$
$$\delta M / \delta t = (F_1 \times M_1 - F_2 \times M) / V - Am \times M$$
$$\delta A / \delta t = (F_1 \times A_1 - F_2 \times A) / V - Aa \times A$$

其中：C(alga)，P(pHospHor)，N(nitrogen)，M(COD)，A(ammonia)

C 为藻类浓度(mg/L)；

P、N、M、A 分别为 TP、TN、COD、氨氮浓度(mg/L)；

$GP_1$ 为藻类增长率(l/d)，计算公式如下：

$$GP_1 = f(T) \cdot G(I) \cdot G(N)$$
$$f(T) = Kpot \cdot \exp(-2.3 \cdot (|(T - Topt) / 15|)$$
$$G(I) = I / (Ki + I)$$
$$G(N) = P / (Kp + P) \cdot N / (Kn + N)$$

其中：Kpot 为藻类最大增长率(1/d)；

Topt 为藻类最适合生长温度；

I 为光照强度；

$K_i$ 为光的半饱和常数；

Kp、Kn 分别为磷和氮的半饱和常数(mg/L)；

$ADP_1$ 为藻类的消亡率(1/d)；

Ap、An、Am、Aa 分别为 TP、TN、COD、氨氮的降解系数(1/d)；

$F_1$ 为入湖流量($m^3/s$)；

$F_2$ 为出湖流量($m^3/s$)；

$P_1$、$N_1$、$M_1$、$A_1$ 分别为 TP、TN、COD、氨氮的入湖浓度(mg/L)；

V 为湖泊体积($m^3$)。

$F_1$ 为入湖流量($m^3/s$)；

$F_2$ 为出湖流量($m^3/s$)；

$P_1$、$N_1$ 分别为 TP、TN 的入湖浓度(mg/L)；

V 为湖泊体积($m^3$)。

1）初始条件

旭龙库区的水质预测因子的初始浓度根据现状实测值得到。

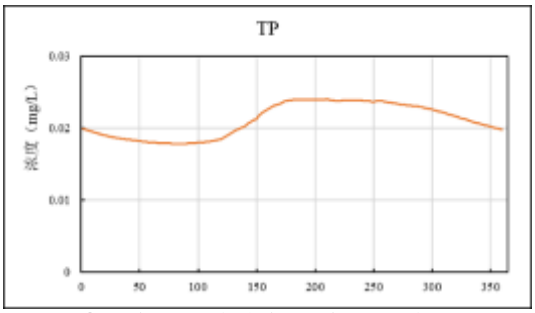
2）大气边界

根据得荣站气象资料作为模型的大气边界条件。

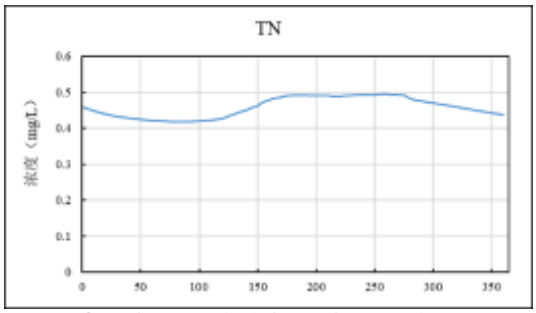
3）预测结果

根据富营养化模型计算得到丰平枯水年的 TP、TN、Chla 以及高锰酸盐指数浓度的年内变化见备注：图中横坐标为日

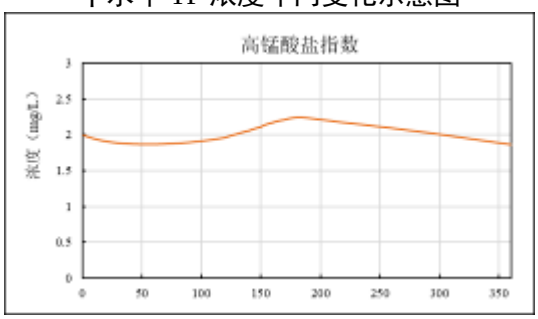
图 5.2-9。



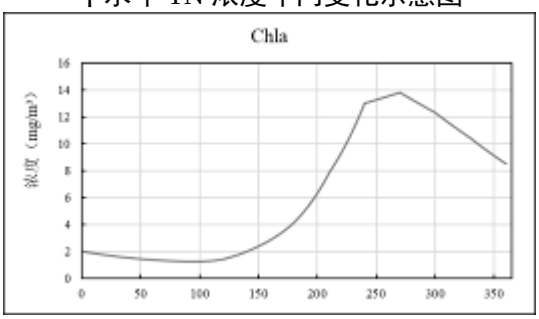

丰水年 TP 浓度年内变化示意图



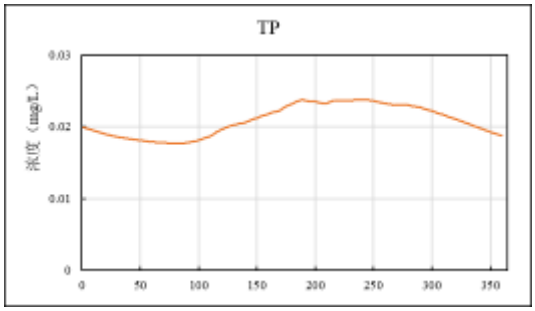

丰水年 TN 浓度年内变化示意图



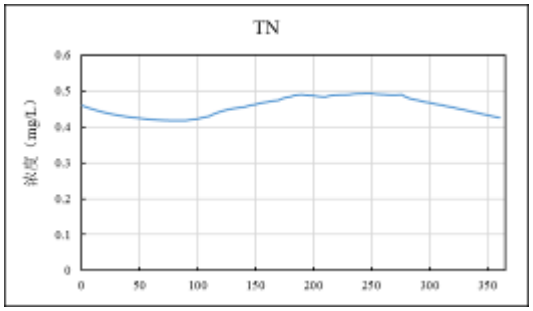

丰水年高锰酸盐指数浓度年内变化示意图



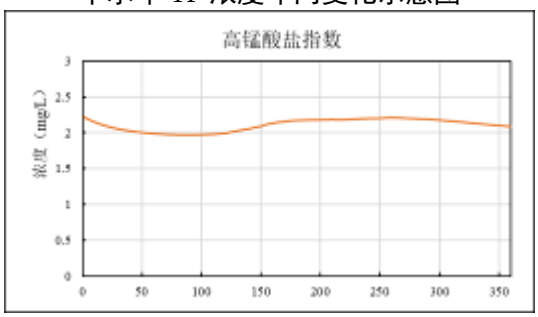

丰水年 Chla 浓度年内变化示意图



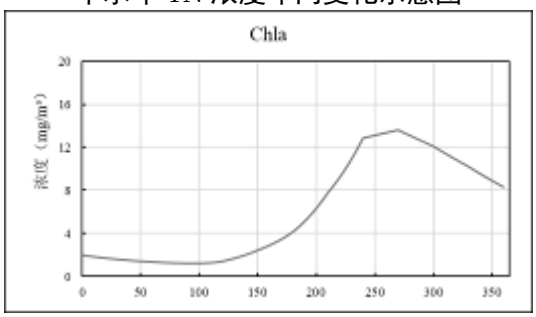

平水年 TP 浓度年内变化示意图



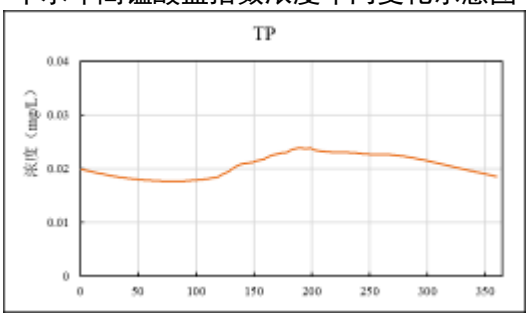

平水年 TN 浓度年内变化示意图



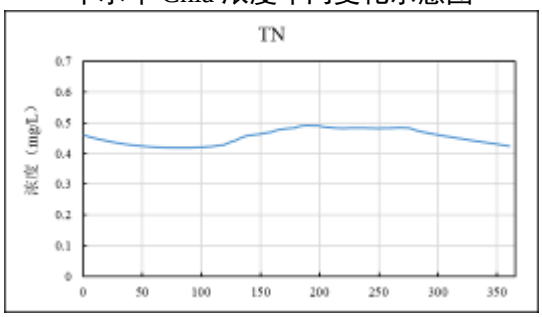

平水年高锰酸盐指数浓度年内变化示意图



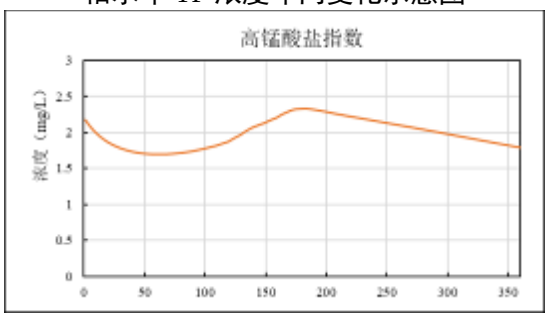

平水年 Chla 浓度年内变化示意图



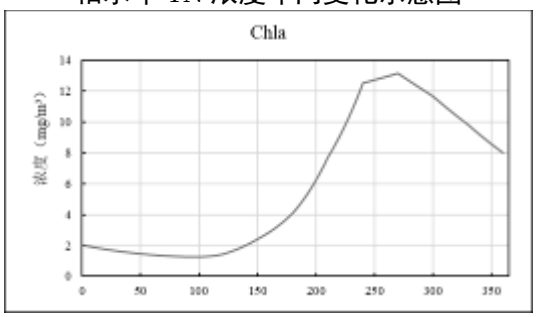

枯水年 TP 浓度年内变化示意图




枯水年 TN 浓度年内变化示意图




枯水年高锰酸盐指数浓度年内变化示意图




枯水年 Chla 浓度年内变化示意图

备注：图中横坐标为日

图 5.2-9　旭龙库区各典型年富营养化指标浓度年内变化示意图

4）水库富营养化评价

水库湖泊的富营养化发生的机制现在尚不清晰，但发生富营养化需具有三个必要条件：富足的氮、磷等营养物质，缓慢的水流流态和适宜的气候条件、水温、以及光照条件。因此富营养化判别不能用单一指标来表示，应综合考虑各个影响因子才能真正表示富营养化的状态。与水质富营养化密切相关的指标很多，主要分为物理、化学和生物学指标。

目前，富营养化的评价标准很多。结合水质预测因子，本工程库区水质富营养化等级判别参照我国《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定》的相关要求进行。

综合营养状态指数计算公式为：

$$TLI(\sum)=\sum Wj\cdot TLI(j)$$

式中：TLI(∑)—综合营养状态指数；

Wj—第 j 种参数的营养状态指数的相关权重。

TLI(j)—代表第 j 种参数的营养状态指数。

以 chla 作为基准参数，则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为：

$$wj=\frac{r_{ij}^{\ 2}}{\sum_{j=1}^{m} r_{ij}^{\ 2}}$$

式中：$r_{ij}$—第 j 种参数与基准参数 chla 的相关系数；

m—评价参数的个数。

中国湖泊(水库)的 chla 与其它参数之间的相关关系 $r_{ij}$ 及 $r_{ij}^2$ 见下表。

**表 5.2-10　中国湖泊(水库)部分参数与 chla 的相关关系 $r_{ij}$ 及 $r_{ij}^2$ 值**

| 参数 | chla | TP | TN | SD | $COD_{Mn}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $r_{ij}$ | 1 | 0.84 | 0.82 | -0.83 | 0.83 |
| $r_{ij}^2$ | 1 | 0.7056 | 0.6724 | 0.6889 | 0.6889 |

注：引自金相灿等著《中国湖泊环境》，表中 $r_{ij}$ 来源于中国 26 个主要湖泊调查数据的计算结果。

水库富营养化状况评价指标包括：叶绿素 a(chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸钾指数($COD_{Mn}$)，营养状态指数计算公式为：

TLI(chl)=10(2.5+1.086lnchl)

TLI(TP)=10(9.436+1.624lnTP)

TLI(TN)=10(5.453+1.694lnTN)

TLI(SD)=10(5.118-1.94lnSD)

$TLI(COD_{Mn})$=10(0.109+2.661lnCOD)

式中：叶绿素 a chl 单位为 $mg/m^3$；透明度 SD 单位为 m；其它指标单位均为 mg/L。

采用 0～100 的一系列连续数字对湖泊(水库)营养状态进行分级，见表 5.2-11。

表 5.2-11　湖泊(水库)营养状态分级

| TLI(∑) | 营养状态分级 |
|---|---|
| TLI(∑)＜30 | 贫营养(Oligotropher) |
| 30≤TLI(∑)≤50 | 中营养(Mesotropher) |
| TLI(∑)>50 | 富营养(Eutropher) |
| 0＜TLI(∑)≤60 | 轻度富营养(light eutropher) |
| 60＜TLI(∑)≤70 | 中度富营养(Middle eutropher) |
| TLI(∑)>70 | 重度富营养(Hyper eutropher) |

根据模型计算结果，在现状污染源情况下，旭龙库区营养状态呈现出季节性，一年中藻类总体呈现先上升后下降的趋势，但库区基本维持在贫营养和中营养水平；1-6 月为贫营养，7-12 月表现为中营养。总体来说，旭龙水电站建成后造成库区富营养化的可能性较小。水库建成后，水库蓄水后流速变缓，水体交换能力变差，需加强水质监测。

**（4）水库下游水质预测分析**

采用旭龙水电站下泄流量及水质作为上边界输入条件，以奔子栏水文站断面为下边界，计算方法同库区。

经计算，建库后，库区下游整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在II类水指标范围内。结合实地调查发现水库下游水质评价范围内无饮用水源保护区等敏感水环境保护目标。旭龙水电站建成运行后，其泄放的生态流量大于天然最小流量。因此，电站的建设运行，对下游河段水质具有一定的改善作用。

表 5.2-12　坝下游水质预测成果表　　单位：mg/L

| 水质指标 | | 断面位置位置 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 徐龙乡 | | 曲雅贡乡 | | 奔子栏水文站 | |
| | | 建库前 | 建库后 | 建库前 | 建库后 | 建库前 | 建库后 |
| 丰水期 | COD | 10.5 | 9.30 | 11.0 | 9.44 | 11.0 | 9.23 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.45 | 0.40 | 0.45 | 0.40 | 0.45 | 0.39 |
| | $NH_3$-N | 0.3 | 0.18 | 0.2 | 0.17 | 0.2 | 0.17 |
| 平水期 | COD | 14.33 | 13.04 | 14.33 | 13.00 | 14.33 | 12.68 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.46 | 0.41 | 0.46 | 0.41 | 0.43 | 0.37 |
| | $NH_3$-N | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.07 |
| 枯水期 | COD | 13.97 | 12.48 | 13.97 | 13.06 | 13.65 | 12.17 |
| | TP | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| | TN | 0.49 | 0.40 | 0.49 | 0.41 | 0.47 | 0.39 |
| | $NH_3$-N | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.1 | 0.08 |

## 5.2.3 坝下溶解性气体过饱和影响分析

### 5.2.3.1 预测方法

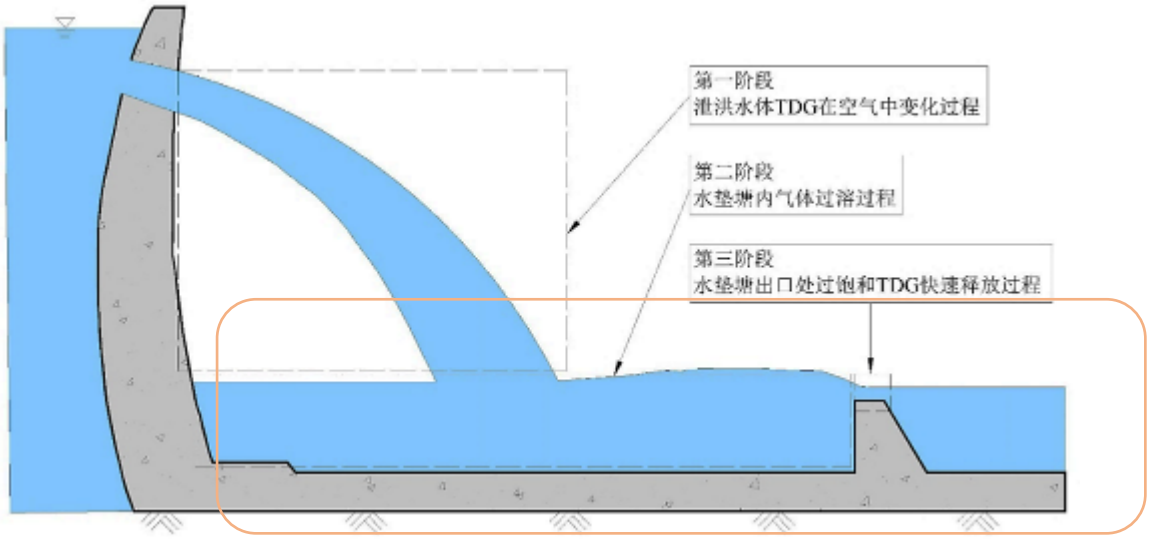
根据旭龙水电站泄洪过饱和 TDG 的产生和发展特点，分别建立泄洪过饱和 TDG 生成预测模型、过饱和 TDG 释放预测模型以及水流交汇区过饱和 TDG 混合模型。

**（1）过饱和 TDG 生成预测数学模型**

1）过饱和 TDG 生成预测模型

根据泄水过程分析，可以将泄水产生过饱和 TDG 的过程分为三个阶段，见图 5.2-10，即①泄流入水前空中 TDG 饱和度的变化②水垫塘内高压掺气水流中气体的过溶过程③流经水垫塘出口时，由于压力和水深突然减小导致的过饱和 TDG 的快速释放过程。

通过对泄水过程中过饱和 TDG 生成的第一阶段的分析认为，入水 TDG 均能恢复至 100%，因此 TDG 的生成着重考虑第二和第三阶段（Lu Jingying, 2018）。对第二阶段冲坑内高压掺气水流中气体的过溶过程与当地大气压 $P_0$、总溶解气体的平衡饱和度 $G_{eq}$、冲坑内平均压力 $\Delta P$、坑内滞留时间 $t_R$ 等相关，而第三阶段冲坑出口过饱和 TDG 的快速释放过程与冲坑出口流速 $v_2$ 和出口水深 $h_r$ 相关。



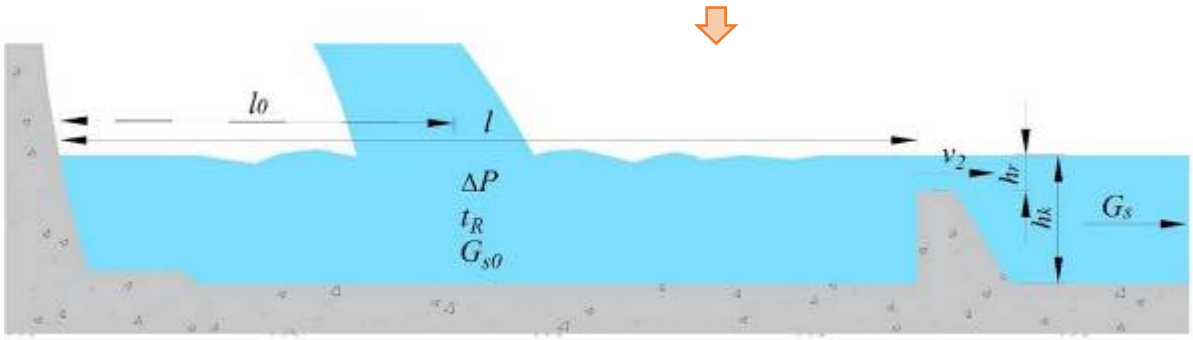



图 5.2-10　冲坑内过饱和 TDG 生成示意图

建立的过饱和 TDG 生成预测模型如下：

$$\begin{cases} G_s = G_{s0} - 0.91\cdot(G_{s0} - G_{eq})\cdot\exp\left[-0.03\left(\dfrac{h_r}{v_2}\right)\right] \\ G_{s0} = 100\left\{1+\dfrac{\Delta P}{P_0}\left[1-\exp\left(-0.08t_R\right)\right]\right\} \\ t_R = 27.73\lambda^{0.49}\left(\dfrac{h_k}{g}\right)^{0.5}\left(\dfrac{l_0}{l}\right)^{-1.82} \end{cases} \quad \text{（式 5.2-4）}$$

式中，

$G_s$ 为冲坑下游 TDG 饱和度（%）；

$G_{s0}$ 为冲坑内部生成的 TDG 饱和度（%）；

$G_{eq}$ 为对应当地大气压的 TDG 平衡饱和度，取值为 100%；

$h_r$ 为冲坑下游水深（m）；

$v_2$ 为冲坑下游断面平均流速（m/s）；

$\Delta P$ 为冲坑内平均压力；

$P_0$ 为当地大气压（kPa）；

$t_R$ 水体在冲坑内部滞留时间（s）；

$\lambda$ 为冲坑出口断面处的无量纲数，可由 $\lambda = \cot\beta\dfrac{v_2}{\sqrt{gh_k}}$ 计算而得；

$h_k$ 为冲坑水垫厚度（m）；

$l_0$ 为泄洪水流的挑距（m）；

$l$ 为泄洪建筑物出坎到冲坑底部距离（m）；

2）模型验证与误差分析

①模型验证

采用国内已建高坝工程原型观测资料对数学模型进行验证和参数率定。其中，各工程冲坑底部压强分别参照各工程泄洪消能设计成果及水力学模型试验研究成果确定。对泄水期间存在发电流量的，采用混合模式考虑发电尾水混入影响。模型计算结果与原型观测结果的对比见表 5.2-13 和图 5.2-11。

**表 5.2-13　过饱和 TDG 模型验证结果表**

| 编号 | 工况 | 泄洪建筑物 | 泄洪流量($m^3/s$) | 发电流量($m^3/s$) | 观测坝前饱和度(%) | 观测坝下饱和度(%) | 计算坝下饱和度(%) | 计算值-实测值(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 溪洛渡 | 底孔 | 5362 | 5928 | 100.0 | 119.0 | 116.5 | -2.5 |
| 2 | 大岗山（a） | 泄洪洞 | 1160 | 1148 | 108.0 | 117.0 | 116.5 | -0.5 |
| 3 | 大岗山（b） | 泄洪洞 | 416 | 1224 | 108.0 | 115.0 | 113.3 | -1.7 |
| 4 | 大岗山（c） | 泄洪洞 | 2390 | 312 | 108.0 | 123.0 | 122.5 | -0.5 |
| 5 | 二滩（a） | 中孔 | 2054 | 1815 | 107.0 | 123.3 | 127.0 | 3.7 |
| 6 | 二滩（b） | 中孔 | 2026 | 1732 | 107.0 | 122.8 | 126.1 | 3.3 |
| 7 | 漫湾（a） | 表孔 | 1810 | 1930 | 106.0 | 115.0 | 117.7 | 2.7 |
| 8 | 漫湾（b） | 泄洪洞 | 880 | 2034 | 105.0 | 121.0 | 124.0 | 3.0 |
| 9 | 紫坪铺（a） | 泄洪洞 | 170 | 0 | 100.0 | 107.3 | 114.5 | 7.3 |
| 10 | 紫坪铺（b） | 泄洪洞 | 170 | 0 | 100.0 | 115.2 | 114.5 | -0.6 |
| 11 | 紫坪铺（c） | 泄洪洞 | 193 | 0 | 100.0 | 112.0 | 114.4 | 2.5 |
| 12 | 紫坪铺（d） | 溢洪道 | 210 | 0 | 107.0 | 131.0 | 133.2 | 2.2 |
| 13 | 小湾 | 表孔 | 2097.0 | 1493.0 | 100.5 | 108.9 | 106.8 | -2.1 |

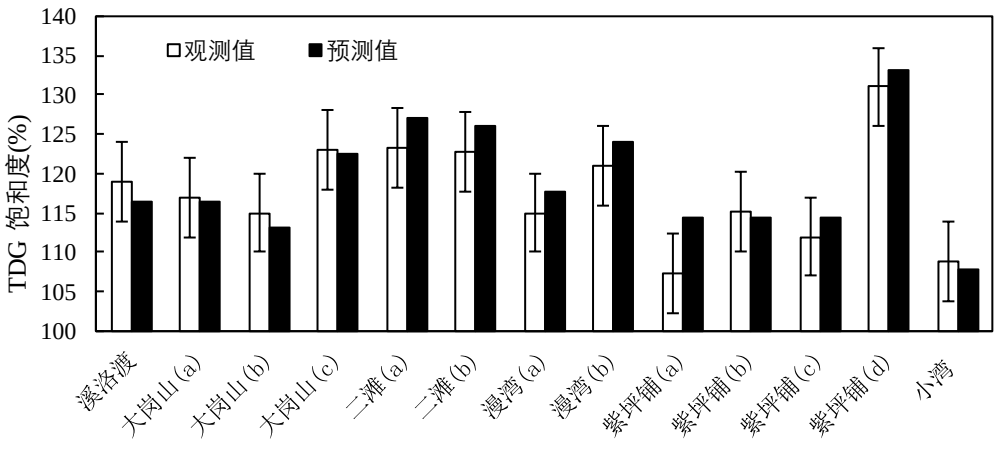



**图 5.2-11　TDG 饱和度计算与实测结果对比图**

由 TDG 的模型计算值与原型观测值比较可以看出，模型计算与原型观测结果得到的 TDG 饱和度值之差多小于 5%。在缺乏 TDG 生成预测模型以及在现有

高坝泄流 TDG 过饱和研究水平情况下，分析认为依托机理实验和多个高坝工程的原型观测成果建立的高坝下游过饱和预测模型误差在可以接受的范围内，可以用于对旭龙水库坝下 TDG 过饱和的预测中。

②误差分析

水垫塘内掺气浓度和气泡尺寸是影响坝下 TDG 生成的主要因素。不同的泄洪方式会导致泄洪水体流态的不同，从而影响着掺气量的大小以及坝下水垫塘流场，进一步影响气泡尺寸。而目前国内外学者忽略了对泄洪方式、掺气浓度和气泡尺寸三者响应关系的研究，因此模型可能会为此存在一定误差。

由 TDG 生成的机理分析可以看出及生成模型的数学表达式可以看出，TDG 饱和度的生成与冲坑内动水压强分布及出口水深等物理要素密切相关，因此高坝泄流下游水垫塘内压强和水深等水动力学变量的计算误差将直接影响到对过饱和 TDG 的预测误差。目前，关于高水头、大流量泄流下游动水压强分布等的计算，一般采用相关设计规范中推荐的经验公式法或水工模型试验法。对于高坝大流量泄水消能的计算，单纯依靠经验公式方法常带来较大误差，目前一般采用经验公式和水工模型试验相结合的方法。因此为尽可能减小对高坝泄流 TDG 过饱和的预测误差，预测中应尽可能依托工程设计中的泄流消能研究成果，避免由于单纯依靠经验公式计算压强分布等所带来的误差。

**（2）过饱和 TDG 释放预测数学模型**

针对研究河段，采用纵向一维过饱和 TDG 释放模型进行预测，模型中过饱和 TDG 释放系数根据四川大学原型观测结果进行确定。建立恒定流过饱和 TDG 输移释放模型。过饱和 TDG 释放的数学模型包括水动力学方程和 TDG 输移释放方程。

1）水动力学方程

水动力学特性研究以河道纵向一维水面线的计算为基础，根据河段流量及大断面地形资料，采用逐段试算法，由下游逐步向上游推算得到各断面的水位及断面平均流速和水深等水动力学参数。水动力学方程如下：

$$i\mathrm{d}s=\mathrm{d}h+(\alpha+\xi)\mathrm{d}(\frac{v^2}{2g})+\frac{Q^2}{K^2}\mathrm{d}s \qquad \text{（式 5.2-5）}$$

$$K=\frac{1}{\mathrm{n}}R^{\frac{2}{3}}A \qquad \text{（式 5.2-6）}$$

式中：

$i$：河道底坡；

$s$：河道长（m）；

$Q$：断面流量（$m^3/s$）；

$V$：断面平均流速（m/s）；

$A$：过水断面面积（$m^2$）；

$h$：断面水深（m）；

$K$：断面平均流量模数（$m^{4/3}$）；

$n$：糙率；

$R$：为水力半径（m）。

2）过饱和 TDG 输移扩散方程

过饱和 TDG 在下游水体的输移释放模型采用一维输移扩散方程，其中过饱和 TDG 释放采用美国陆军工程兵团提出的一阶动力学过程。方程表述为：

$$\frac{\partial(G-G_{eq})}{\partial t}+u\frac{\partial(G-G_{eq})}{\partial x}=-k_{\mathrm{TDG}}(G-G_{eq}) \qquad （式 5.2-7）$$

式中，

$G$：计算时刻的 TDG 饱和度(%)；

$G_{eq}$：TDG 平衡饱和度(%)；

$u$：断面平均流速（m/s）；

$t$：时间（s）；

$k_{\mathrm{TDG}}$：释放系数($s^{-1}$)。

**（3）水流交汇区过饱和 TDG 混合模型**

泄水产生的过饱和 TDG 在下游河道的输移释放过程中伴随支流或发电尾水的汇入，采用流量加权混合模型考虑支流/发电尾水的汇入影响，即：

$$G=\frac{G_mQ_m+\alpha G_bQ_b}{Q_m+\alpha Q_b} \qquad （式 5.2-8）$$

其中

$G$ 为水流混合后的 TDG 饱和度(%)；

$Q_m$、$Q_b$ 分别为干流与支流/尾水流量($m^3/s$)；

$G_m$、$G_b$分别为混合前干流与支流/尾水的 TDG 饱和度(%)；

$\alpha$为掺混系数，干流与支流/尾水在横向上达到均匀混合需一定距离，预测中可根据支流/尾水与干流交汇情况确定系数，取值范围为$0 \le \alpha \le 1$。

### 5.2.3.2 预测工况

**（1）旭龙水电站单独泄洪**

目前关于气体过饱和 TDG 影响的研究和评价，主要是在满足工程防洪安全条件下，针对较经常发生的洪水进行的。旭龙水电站混凝土拱坝挡水建筑物按 1000 年一遇（P=0.1%）洪水设计，5000 年一遇（P=0.02%）洪水校核；泄水建筑物按 1000 年一遇（P=0.1%）洪水设计，5000 年一遇（P=0.02%）洪水校核；水垫塘及二道坝按 100 年一遇（P=1%）洪水设计；发电厂房按 200 年一遇（P=0.5%）洪水设计，1000 年一遇（P=0.1%）洪水校核。实际工程运行中，50 年一遇（P=2%）甚至 30 年一遇（P=3.3%）的非常洪水发生概率较小，低频率的洪水发生几率将进一步减小。为此，针对常遇洪水开展气体过饱和影响研究更具实际意义，根据现阶段设计成果，确定针对两年一遇（P=50%）和五年一遇（P=20%）洪水开展过饱和 TDG 影响预测。

根据旭龙水电站的泄洪建筑物行洪能力，正常蓄水位下，表、中孔泄流能力相当，均可单独宣泄频率约 20%的常遇洪水。由于坝址五年一遇及两年一遇的洪水流量均小于电站设计标准洪峰流量，因此根据旭龙调度方式，发电流量为发电机组过水能力的三分之二。由此确定过饱和 TDG 生成预测工况，详见表 5.2-14。

表 5.2-14　旭龙水电站过饱和 TDG 预测工况统计表

| 工况编号 | 洪水条件 | 库水位(m) | 出库流量（$m^3/s$） | 发电流量（$m^3/s$） | 泄洪建筑物运行 | | 下游水位（m） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 表孔流量（$m^3/s$） | 中孔流量（$m^3/s$） | | |
| 1 | 两年一遇(P=50%) | 2302.0 | 3540.0 | 1144.5 | 2395.5 | 0 | 2157.31 | 2#表孔 |
| 2 | 两年一遇(P=50%) | 2302.0 | 3540.0 | 1144.5 | 2395.5 | 0 | 2157.31 | 1#表孔+2#表孔+3#表孔 |
| 3 | 两年一遇(P=50%) | 2302.0 | 3540.0 | 1144.5 | 736.4 | 1659.1 | 2157.31 | 2#中孔+2#表孔 |
| 4 | 两年一遇(P=50%) | 2302.0 | 3540.0 | 1144.5 | 736.4 | 1659.1 | 2157.31 | 2#中孔+3#表孔 |
| 5 | 五年一遇(P=20%) | 2302.0 | 4970.0 | 1144.5 | 3825.5 | 0 | 2159.17 | 1#表孔+2#表孔+3#表孔 |
| 6 | 五年一遇(P=20%) | 2302.0 | 4970.0 | 1144.5 | 846.3 | 2979.2 | 2159.17 | 1#中孔+4#中孔+3#表孔 |

**（2）旭龙水电站与上游梯级联合泄洪**

参考旭龙单独泄洪情况下的工况设置，旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合泄洪运行条件下的预测仍针对两年一遇和五年一遇洪水开展。根据《金沙江旭龙水电站水力学模型实验报告》、《金沙江叶巴滩水电站水力学模型实验报告》、《金沙江拉哇电站水力学模型实验报告》、《金沙江巴塘水电站水力学模型实验报告》中关于两年一遇（P=50%）、五年一遇（P=20%）洪水的泄洪方案，确定的旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合泄洪运行条件下过饱和 TDG 预测工况详见表 5.2-15。

表 5.2-15　旭龙与上游各电站联合泄洪条件下过饱和 TDG 预测工况表

| 工况编号 | | | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 洪水条件 | | | 两年一遇（P=50%） | 两年一遇（P=50%） | 五年一遇（P=20%） | 五年一遇（P=20%） |
| 叶巴滩 | 库水位（m） | | 2889 | 2889 | 2889 | 2889 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1483 | 1483 | 1483 | 1483 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#~4#深孔 | 1#~4#深孔 | 3#表孔 2#3#深孔 | 3#表孔 2#3#深孔 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 1817 | 1817 | 2797 | 2797 |
| | 下游水位（m） | | 2732.6 | 2732.6 | 2733.1 | 2733.1 |
| 拉哇 | 库水位（m） | | 2702 | 2702 | 2702 | 2702 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1541 | 1541 | 1541 | 1541 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#、2#溢洪洞局开 | 1#、2#溢洪洞局开 | 1#溢洪洞局开 | 1#溢洪洞局开 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2029 | 2029 | 3079 | 3079 |

| 工况编号 | | | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 洪水条件 | | | 两年一遇（P=50%） | 两年一遇（P=50%） | 五年一遇（P=20%） | 五年一遇（P=20%） |
| | 下游水位（m） | | 2544.62 | 2544.62 | 2546.48 | 2546.48 |
| 巴塘 | 库水位（m） | | 2545 | 2545 | 2545 | 2545 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1553.2 | 1553.2 | 1553.2 | 1553.2 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#、3#溢洪道 | 1#、3#溢洪道 | 1#、3#溢洪道 | 1#、3#溢洪道 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2016.8 | 2016.8 | 3066.8 | 3066.8 |
| | 下游水位（m） | | 2489.19 | 2489.19 | 2490.34 | 2490.34 |
| 苏洼龙 | 库水位（m） | | 2475 | 2475 | 2475 | 2475 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 溢洪道 | 溢洪道 | 溢洪道 | 溢洪道 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2096.8 | 2096.8 | 3186.8 | 3186.8 |
| | 下游水位（m） | | 2387.1 | 2387.1 | 2387.1 | 2387.1 |
| 旭龙 | 库水位（m） | | 2302.0 | 2302.0 | 2302.0 | 2302.0 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1144.5 | 1144.5 | 1144.5 | 1144.5 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1~3#表孔 | 2#中孔<br>3#表孔 | 1~3#表孔 | 1#4#中孔<br>3#表孔 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2395.5 | 2395.5 | 2395.5 | 2395.5 |
| | 下游水位（m） | | 2157.31 | 2157.31 | 2159.17 | 2159.17 |

### 5.2.3.3 预测结果分析

**（1）旭龙水电站单独泄洪**

1）过饱和 TDG 生成预测

经计算，旭龙水电站泄水建筑物泄水生成的 TDG 饱和度见表 5.5-4，发电尾水因并未掺气，因此饱和度认为是 100%。

预测结果显示，旭龙水电站采用 2#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 1）时，泄洪流量 2395.5$m^3/s$，发电流量为 1144.5$m^3/s$，泄洪生成的 TDG 饱和度为 141.4%，与发电尾水完全掺混后，TDG 饱和度降低至 128.0%；当采用 1#+2#+3#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 2）时，总泄洪流量 2395.5$m^3/s$，泄洪产生的 TDG 饱和度为 137.6%，受发电尾水掺混影响后，水体 TDG 饱和度为 125.5%；当采用 2#中孔+2#表孔共同宣泄两年一遇（工况 3）时，总泄洪流量和发电流量分别为 2395.5 $m^3/s$ 和 1144.5 $m^3/s$，泄洪所生成的 TDG 饱和度为 135.8%，与发电尾水掺混后 TDG 饱和度为 124.2%；当采用 2#中孔+3#表孔共同宣泄两年一遇（工况 4）时，泄洪流量 2395.5$m^3/s$，发电流量为 1144.5$m^3/s$，泄洪所产生的 TDG 饱和度为 135.5%，

与发电尾水完全掺混后 TDG 饱和度可降低至 124.0%；当采用 1#+2#+3#表孔宣泄五年一遇洪水（工况 5）时，总泄洪流量 3825.5m$^3$/s，泄洪产生的 TDG 饱和度为 140.9%，TDG 饱和度受发电尾水掺混的影响可减缓至 131.5%；通过 1#中孔+4#中孔+3#表孔宣泄五年一遇的洪水（工况 6）时，总泄洪流量 3825.5m$^3$/s，发电流量为 1144.5 m$^3$/s，泄洪所生成的 TDG 饱和度为 139.5%，受发电尾水掺混的影响，TDG 饱和度降低为 130.4%。

宣泄两年一遇的洪水时，单孔泄洪（工况 1：2#表孔）所生成的 TDG 饱和度高于多孔泄洪（工况 2：1#+2#+3#表孔、工况 3：2#中孔+2#表孔和工况 4：2#中孔+3#表孔）所生成饱和度。分析认为，单孔泄洪中的单宽流量远大于多孔泄洪中的单宽流量，导致单孔表孔（工况 1：2#表孔）坝下压强高于多孔表孔（工况 2：1#+2#+3#表孔、工况 3：2#中孔+2#表孔和工况 4：2#中孔+3#表孔），从而造成前者的 TDG 饱和度高于后者。

在工况 3（2#中孔+2#表孔）和工况 4（2#中孔+3#表孔）中用于宣泄洪水的泄水建筑物孔数小于工况 2（1#+2#+3#表孔），所以工况 3 和工况 4 中的单宽流量（114.1m$^3$/s）大于工况 2（50.0m$^3$/s），但工况 3 和工况 4 所生成的 TDG 饱和度小于工况 2。分析认为，TDG 饱和度生成不仅受单宽流量的影响，也受水垫塘滞点深度的影响。在工况 3 和工况 4 中，由于中孔泄洪导致水垫塘内滞点深度远小于工况 2，从而前者 TDG 饱和度小于后者。

在工况 3（2#中孔+2#表孔）和工况 4（2#中孔+3#表孔）虽然泄洪孔数一致，但受泄洪表孔不同的影响，TDG 饱和度存在略微不同。由于 2#表孔与 3#表孔出口挑坎角度存在差异，导致挑距不同，从而对坝下水体在水垫塘内的滞留时间有所影响，最终导致坝下生成 TDG 饱和度的区别。

对比而言，在同种泄洪建筑物宣泄洪水时，五年一遇的洪水（工况 5：1#2#3#表孔）所生成的 TDG 饱和度高于两年一遇洪水工况（工况 2：1#2#3#表孔），表明总泄洪流量的增加，造成冲坑内水深增加，携气水舌在消力池内承压增大，气体溶解量随之增加，进而泄洪水流的 TDG 饱和度值增大。

**表 5.2-16　旭龙水电站过饱和 TDG 生成预测结果表**

| 工况编号 | 洪水重现期 | 泄洪建筑物开启情况 | 泄洪流量($m^3/s$) | 发电流量（$m^3/s$） | 坝下生成 TDG 饱和度(%) | 与发电尾水掺混后 TDG 饱和度(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P=50% | 2#表孔 | 2395.5 | 1144.5 | 141.4 | 128.0 |
| 2 | P=50% | 1#2#3#表孔 | 2395.5 | 1144.5 | 137.6 | 125.5 |
| 3 | P=50% | 2#中孔+2#表孔 | 2395.5 | 1144.5 | 135.8 | 124.2 |
| 4 | P=50% | 2#中孔+3#表孔 | 2395.5 | 1144.5 | 135.5 | 124.0 |
| 5 | P=20% | 1#2#3#表孔 | 3825.5 | 1144.5 | 140.9 | 131.5 |
| 6 | P=20% | 1#4#中孔+3#表孔 | 3825.5 | 1144.5 | 139.5 | 130.4 |

2）过饱和 TDG 释放预测

研究河段旭龙水电站坝址至奔子栏水文站间金沙江干流河段为天然河道，本节采用天然河道一维数学模型，对旭龙单独泄洪条件下，研究河段内过饱和 TDG 输移释放及沿程支流汇入的影响开展预测研究。

根据旭龙坝址下游河段实测大断面地形资料，采用一维恒定流模型，分别计算得到两年一遇和五年一遇流量下，旭龙坝址至奔子栏镇间金沙江干流河段沿程水面线变化，如图 5.2-12 所示，断面平均水深和平均流速的沿程变化分别如图 5.2-13 和图 5.2-14 所示。

两年一遇洪水情况下天然河道平均水深为 7.4m，最大水深为 10.8m，最小水深为 5.2m；流速平均值为 5.9m/s，最大断面流速为 8.2m/s，最小断面流速为 3.3m/s。五年一遇洪水天然河道平均水深为 8.7m，最大水深为 13.0m，最小水深为 6.2m；流速平均值为 6.5m/s，其中最大断面流速为 8.9m/s，最小断面流速为 3.6m/s。

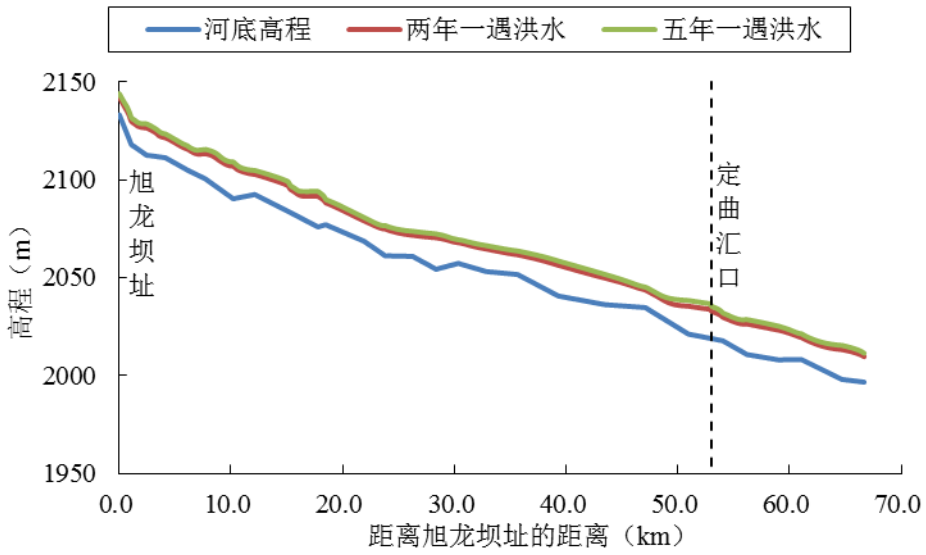



图 5.2-12 旭龙坝址下游水面线变化图

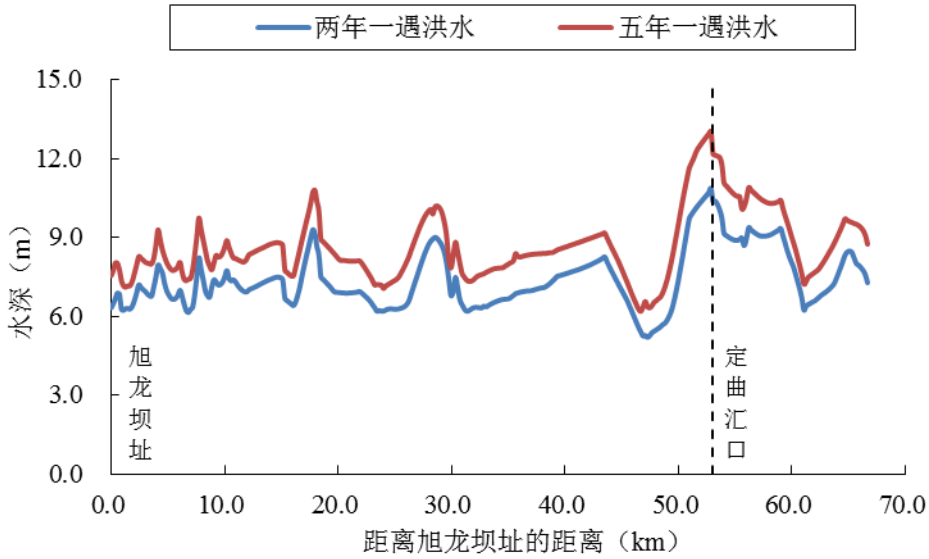



图 5.2-13 旭龙坝址下游水深沿程变化图

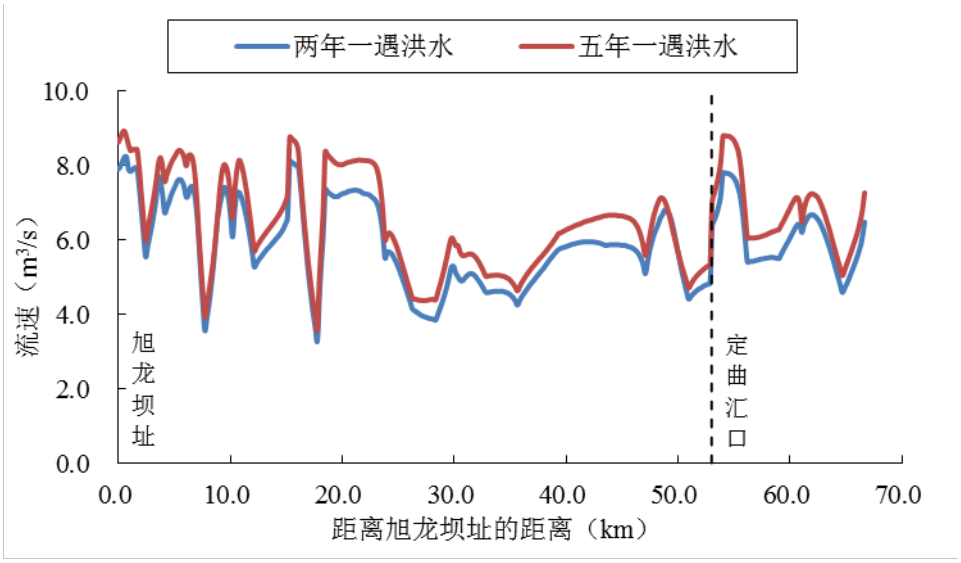


图 5.2-14 旭龙坝址下游流速沿程变化图

经计算，旭龙水电站两年一遇洪水和五年一遇洪水坝址下游天然河道的沿程释放系数，如图 5.2-15 所示。两年一遇洪水流量下过饱和 TDG 释放系数$k_T$平均值为 0.04$h^{-1}$，其中最大值为 0.05$h^{-1}$，最小值为 0.03$h^{-1}$。五年一遇洪水流量下过饱和 TDG 释放系数平均值为 0.04$h^{-1}$，其中最大值为 0.06$h^{-1}$，最小值为 0.03$h^{-1}$。两年一遇洪水流量条件下和五年一遇洪水流量条件下的释放系数变化规律基本一致。

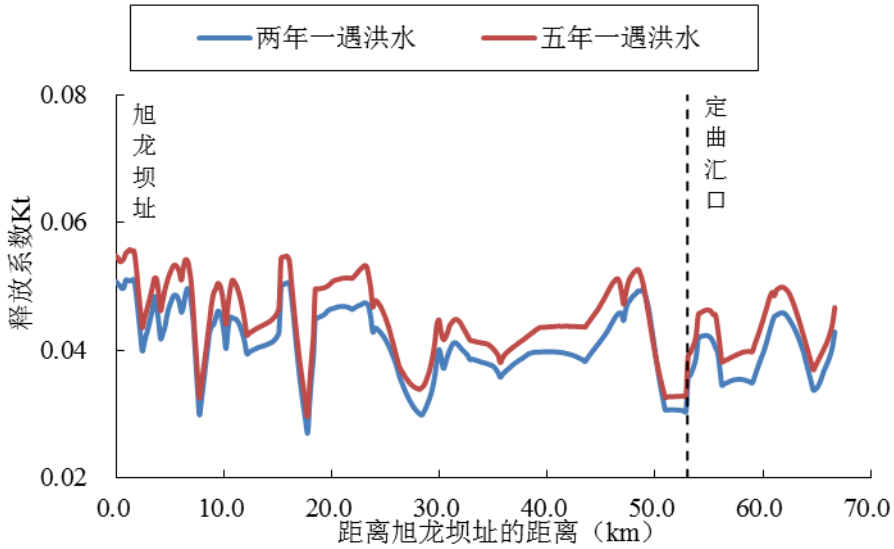



图 5.2-15 旭龙坝址下游河段释放系数$k_T$沿程变化图

采用建立的 TDG 释放模型，分别对旭龙水电站两年一遇和五年一遇洪水条件下过饱和 TDG 在旭龙至苏洼龙库尾河段的输移释放过程进行预测，结果见表 5.2-17 和图 5.2-16。

表 5.2-17　旭龙下游过饱和 TDG 输移释放预测结果表

| 断面序号 | 距旭龙坝址距离(km) | 过饱和 TDG 值（%） | | | | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 两年一遇 2#表孔泄洪 (工况 1) | 两年一遇 1#+2#+3#表孔泄洪 (工况 2) | 两年一遇 2#中孔+2#表孔泄洪 (工况 3) | 两年一遇 2#中孔+3#表孔泄洪 (工况 4) | 五年一遇 1#+2#+3#表孔 (工况 5) | 五年一遇 2#中孔+3#表孔泄洪 (工况 6) | |
| 1 | 0.0 | 128.0 | 125.5 | 124.2 | 124.0 | 131.5 | 130.4 | |
| 2 | 1.1 | 127.9 | 125.5 | 124.2 | 124.0 | 131.4 | 130.3 | |
| 3 | 2.8 | 127.9 | 125.4 | 124.1 | 123.9 | 131.3 | 130.2 | |
| 4 | 5.7 | 127.7 | 125.2 | 124.0 | 123.8 | 131.2 | 130.1 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 6.6 | 127.7 | 125.2 | 123.9 | 123.7 | 131.1 | 130.0 | |
| 6 | 7.9 | 127.6 | 125.1 | 123.8 | 123.7 | 131.0 | 129.9 | |
| 7 | 13.5 | 127.3 | 124.9 | 123.6 | 123.4 | 130.7 | 129.5 | |
| 8 | 23.2 | 126.8 | 124.4 | 123.2 | 123.0 | 130.2 | 129.0 | |
| 9 | 37.0 | 126.0 | 123.7 | 122.5 | 122.3 | 129.3 | 128.0 | |
| 10 | 48.4 | 125.4 | 123.2 | 122.0 | 121.8 | 128.6 | 127.3 | |
| 11 | 49.8 | 125.4 | 123.1 | 121.9 | 121.7 | 128.5 | 127.2 | |
| 12 | 52.9 | 125.2 | 123.0 | 121.8 | 121.6 | 128.4 | 127.0 | 定曲汇入前断面 |
| 13 | 53.0 | 121.7 | 119.7 | 118.7 | 118.6 | 123.9 | 122.7 | 定曲汇入后断面 |
| 14 | 59.8 | 121.4 | 119.5 | 118.5 | 118.4 | 123.6 | 122.4 | |
| 15 | 66.7 | 121.1 | 119.2 | 118.3 | 118.1 | 123.3 | 122.1 | |

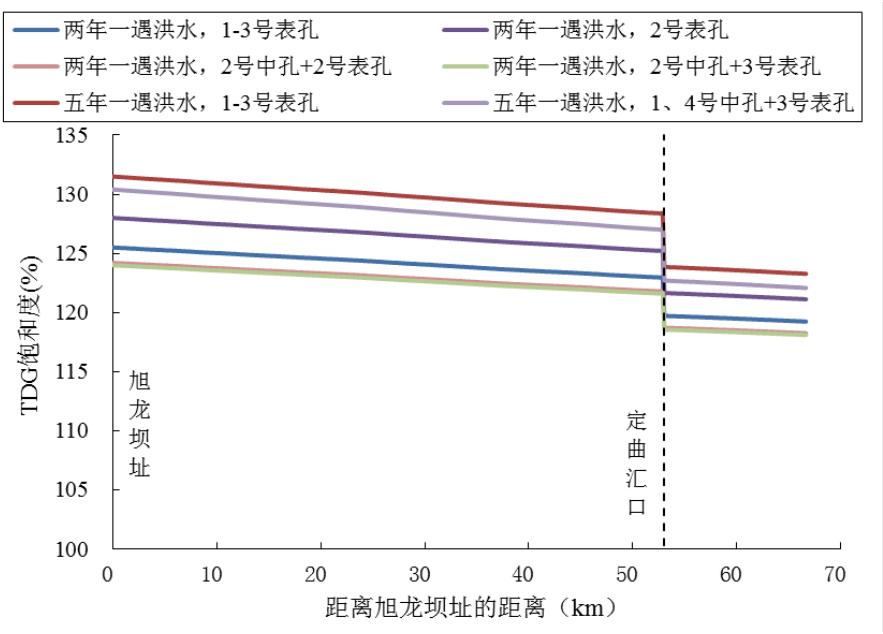



图 5.2-16　旭龙单独泄洪下研究河段 TDG 饱和度沿程变化图

预测结果显示，各工况下，泄水生成的过饱和 TDG 在下游河道内逐渐释放，TDG 饱和度逐渐降低。

采用 2#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 1，泄洪流量为 2395.5m$^3$/s，出库流量为 3540 m$^3$/s），2#表孔泄洪水流 TDG 饱和度为 124.2%。坝下 55.0km 处左岸定曲汇入使金沙江干流内 TDG 饱和度降低 3.1%，由 121.8%降低至 118.7%。随着向下游输移释放，TDG 饱和度逐渐降低，至距离旭龙坝址 75.0km 的奔子栏水文站断面，TDG 饱和度降低为 118.3%。

采用 1#+2#+3##表孔宣泄两年一遇洪水（工况 2，泄洪流量为 2395.5m$^3$/s，出库流量为 3540m$^3$/s），表孔泄洪水流 TDG 饱和度为 122.5%。坝下 55.0km 处左

岸定曲汇入使 TDG 饱和度由 123.0%降低至 119.7%。随着向下游输移释放，TDG 饱和度逐渐降低，至距离旭龙坝址 75.0km 的奔子栏水文站断面，TDG 饱和度降低为 119.2%。

采用 2#中孔+2#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 3，泄洪流量为 2395.5$m^3$/s，出库流量为 3540 $m^3$/s），泄洪水流 TDG 饱和度为 124.2%。坝下 55.0km 处左岸定曲汇入使金沙江干流内 TDG 饱和度降低 3.1%，由 121.8%降低至 118.7%。随着向下游输移释放，TDG 饱和度逐渐降低，至距离旭龙坝址 75.0km 的奔子栏水文站断面，TDG 饱和度降低为 118.3%。

采用 2#中孔+3#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 4，泄洪流量为 2395.5$m^3$/s，出库流量为 3540 $m^3$/s），泄洪水流 TDG 饱和度为 124.0%。坝下 55.0km 处左岸定曲汇入，未考虑支流梯级泄洪的影响，TDG 饱和度值为 100%，汇入后使金沙江干流内 TDG 饱和度降低 3.0%，由 121.6%降低至 118.6%。随着向下游输移释放，TDG 饱和度逐渐降低，至距离旭龙坝址 75.0km 的奔子栏水文站断面，TDG 饱和度降低为 118.1%。

采用 1#+2#+3##表孔宣泄五年一遇洪水（工况 5，泄洪流量为 3825.5$m^3$/s，出库流量为 4970$m^3$/s），表孔泄洪水流 TDG 饱和度为 131.5%。坝下 55.0km 处左岸定曲汇入使 TDG 饱和度降低至 123.9%。随着向下游输移释放，至奔子栏水文站（旭龙坝址下游 75.0km）TDG 饱和度降低为 123.3%。

采用 1#、4#中孔+3#表孔宣泄五年一遇洪水（工况 6，泄洪流量为 3825.5$m^3$/s，出库流量为 4970$m^3$/s），表孔泄洪水流 TDG 饱和度为 130.4%。坝下 55.0km 处左岸定曲汇入，后 TDG 饱和度降低至 122.7%。随着向下游输移释放，至距离旭龙坝址 75.0km 的奔子栏水文站断面，TDG 饱和度降低为 122.1%。

**（2）旭龙水电站与上游梯级联合泄洪**

1）过饱和 TDG 生成预测

在《金沙江上游苏洼龙水电站环境影响报告书》中未开展过饱和 TDG 影响的预测计算，仅分析认为“苏洼龙水电站泄洪建筑物主要为 5 孔开敞式溢洪道和 1 条兼有水库放空和排沙功能的泄洪洞，溢洪道采用底流消能，泄洪洞采用面流消能。根据苏洼龙不同频率洪水泄洪方式，苏洼龙电站主要使用溢洪道泄流，仅在千年一遇及以上洪水时才使用泄洪洞泄流，使用次数极少。因此基本不会产生

气体过饱和现象。”在本报告中认为水流通过苏洼龙水电站，不改变其 TDG 饱和度。根据 5.5.3.1 节分析可知，在宣泄同等流量时，中孔泄洪生成的 TDG 饱和度低于表孔泄洪，表孔采用均摊泄洪生成的 TDG 饱和度也小于集中泄洪，因此在本节的影响预测中，将旭龙的泄洪工况优化为两年一遇洪水条件下采用 1#+2#+3#表孔泄洪（工况 7）和 2#中孔+3#表孔泄洪（工况 8），五年一遇洪水条件下采用 1#+2#+3#表孔泄洪（工况 9）和 1#、4#中孔+3#表孔泄洪（工况 10）。基于上述分析，本节对于叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙和旭龙联合泄洪条件下的过饱和 TDG 生成进行了分析。

旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合泄洪运行下，各工况的泄洪生成的 TDG 饱和度，生成结果见表 5.2-18。拉哇、巴塘和旭龙水电站的尾水与泄洪水流的混合处理方法同上。

**表 5.2-18 旭龙与叶巴滩等 4 梯级联合泄洪过饱和 TDG 生成预测结果表**

| 工况编号 | | | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 洪水条件 | | | 两年一遇（P=50%） | 两年一遇（P=50%） | 五年一遇（P=20%） | 五年一遇（P=20%） |
| 叶巴滩 | 库水位（m） | | 2889 | 2889 | 2889 | 2889 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1483 | 1483 | 1483 | 1483 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#+2#+3#+4#深孔 | 1#+2#+3#+4#深孔 | 3#表孔 2#3#深孔 | 3#表孔 2#3#深孔 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 1817 | 1817 | 2797 | 2797 |
| | 下游水位（m） | | 2732.6 | 2732.6 | 2733.1 | 2733.1 |
| | 泄洪生成 TDG 饱和度（%） | | 131.1 | 131.1 | 134.8 | 134.8 |
| | 发电尾水 TDG 饱和度（%） | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 泄洪与尾水混合后 TDG 饱和度（%） | | 116.6 | 116.6 | 123.3 | 123.3 |
| 拉哇 | 库水位（m） | | 2702 | 2702 | 2702 | 2702 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1541 | 1541 | 1541 | 1541 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#+2#溢洪洞局开 | 1#+2#溢洪洞局开 | 1#溢洪洞局开 | 1#溢洪洞局开 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2029 | 2029 | 3079 | 3079 |
| | 下游水位（m） | | 2544.62 | 2544.62 | 2546.48 | 2546.48 |
| | 泄洪生成 TDG 饱和度（%） | | 137.9 | 137.9 | 145.1 | 145.1 |
| | 发电尾水 TDG 饱和度（%） | | 114.3 | 114.3 | 120.2 | 120.2 |
| | 泄洪与尾水混合后 TDG 饱和度（%） | | 127.7 | 127.7 | 136.8 | 136.8 |
| 巴塘 | 库水位（m） | | 2545 | 2545 | 2545 | 2545 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1553.2 | 1553.2 | 1553.2 | 1553.2 |

| 工况编号 | | | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 洪水条件 | | | 两年一遇（P=50%） | 两年一遇（P=50%） | 五年一遇（P=20%） | 五年一遇（P=20%） |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#溢洪道+3#溢洪道 | 1#溢洪道+3#溢洪道 | 1#溢洪道+3#溢洪道 | 1#溢洪道+3#溢洪道 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2016.8 | 2016.8 | 3066.8 | 3066.8 |
| | 下游水位（m） | | 2489.19 | 2489.19 | 2490.34 | 2490.34 |
| | 泄洪生成TDG饱和度（%） | | 119.7 | 119.7 | 125.3 | 125.3 |
| | 发电尾水TDG饱和度（%） | | 126.3 | 126.3 | 135.2 | 135.2 |
| | 泄洪与尾水混合后TDG饱和度（%） | | 122.6 | 122.6 | 128.6 | 128.6 |
| 苏洼龙 | 库水位（m） | | 2475 | 2475 | 2475 | 2475 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 | 1603.2 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 溢洪道 | 溢洪道 | 溢洪道 | 溢洪道 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2096.8 | 2096.8 | 3186.8 | 3186.8 |
| | 下游水位（m） | | 2387.1 | 2387.1 | 2387.1 | 2387.1 |
| | 泄洪生成TDG饱和度（%） | | 117.7 | 117.7 | 122.7 | 122.7 |
| | 发电尾水TDG饱和度（%） | | 117.7 | 117.7 | 122.7 | 122.7 |
| | 泄洪与尾水混合后TDG饱和度（%） | | 117.7 | 117.7 | 122.7 | 122.7 |
| 旭龙 | 库水位（m） | | 2302.0 | 2302.0 | 2302.0 | 2302.0 |
| | 发电流量（$m^3/s$） | | 1144.5 | 1144.5 | 1144.5 | 1144.5 |
| | 泄洪建筑物 | 开启情况 | 1#2#3#表孔 | 2#中孔+3#表孔 | 1#2#3#表孔 | 1#4#中孔+3#表孔 |
| | | 流量（$m^3/s$） | 2395.5 | 2395.5 | 3825.5 | 3825.5 |
| | 下游水位（m） | | 2157.31 | 2157.31 | 2159.17 | 2157.31 |
| | 泄洪生成TDG饱和度（%） | | 137.6 | 135.5 | 140.9 | 139.5 |
| | 发电尾水TDG饱和度（%） | | 108.5 | 108.5 | 111.5 | 111.5 |
| | 泄洪与尾水混合后TDG饱和度（%） | | 128.2 | 126.8 | 134.2 | 133.1 |

预测结果显示，叶巴滩采用1#2#3#4#深孔宣泄两年一遇洪水（工况7和8）时，单个深孔泄洪流量为454.3$m^3/s$，泄水在水垫塘内产生的过饱和TDG经过二道坝后的饱和度为131.1%，与机组发电尾水混合后TDG饱和度为128.9%。当采用3#表孔+2#3#深孔联合宣泄五年一遇洪水（工况9和10）时，总泄洪流量2797$m^3/s$，表孔泄洪流量为677$m^3/s$，单个深孔泄洪流量为1060$m^3/s$，泄洪水流TDG饱和度为136.5%，机组发电尾水混合后TDG饱和度为134.8%。

拉哇采用1#2#溢洪洞局开宣泄两年一遇洪水（工况7和8）时，单个溢洪洞

泄洪流量为 1014.5m$^3$/s，泄水产生的过饱和 TDG 为 137.0%，与发电尾水混合以后 TDG 饱和度为 127.7%。当采用 1#溢洪洞局开宣泄五年一遇洪水（工况 9 和 10）时，单个溢洪洞泄洪流量为 3079m$^3$/s，泄洪水流产生的 TDG 饱和度为 142.6%，与发电尾水掺混以后 TDG 饱和度为 136.8%。

巴塘采用 1#3#溢洪道宣泄两年一遇洪水（工况 7 和 8）时，泄洪流量为 2016.8m$^3$/s，泄水在水垫塘内产生的过饱和 TDG 经过冲坑出口后的饱和度为 119.7%，与发电尾水混合后 TDG 饱和度均为 122.6%。用 1#2#3#溢洪道宣泄五年一遇洪水（工况 9 和 10）时，泄洪流量为 3066.8m$^3$/s，泄水在水垫塘内产生的过饱和 TDG 经过冲坑出口后的饱和度为 125.3%，与发电尾水混合后 TDG 饱和度为 128.6%。

当旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合泄洪运行时，旭龙泄洪 TDG 与上游梯级泄洪 TDG 发生叠加影响。预测结果显示，联合泄洪条件下，当采用 1#2#3#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 7）时，旭龙泄洪产生的 TDG 饱和度为 138.1%，与尾水混合后 TDG 饱和度为 137.6%；当采用 2#中孔+3#表孔宣泄两年一遇洪水（工况 8）时，总泄洪流量 2395.5m$^3$/s，旭龙泄洪产生的 TDG 饱和度为 135.5%，与尾水混合后 TDG 饱和度为 126.8%；当采用 1#2#3#表孔同时宣泄五年一遇洪水（工况 9）时，总泄洪流量 3825.5m$^3$/s，旭龙泄洪产生的 TDG 饱和度为 140.9%，与尾水混合后 TDG 饱和度为 134.1%；当采用 1#4#中孔+3#表孔宣泄五年一遇洪水（工况 10）时，总泄洪流量 3825.5m$^3$/s，旭龙泄洪产生的 TDG 饱和度为 139.5%，与尾水混合后 TDG 饱和度为 133.1%。

与旭龙单独泄洪工况相比，由于坝前水体的已为过饱和状态，TDG 饱和度大于 100%，影响通过发电水流传递至下游，两年一遇 2#表孔（工况 7）联合泄洪情况下旭龙水电站泄洪水流与发电水流混合后的出库 TDG 饱和度增加了 2.7%，两年一遇 1#2#3#表孔（工况 8）联合泄洪情况下出库水流的 TDG 饱和度增加了 2.9%，五年一遇 1#2#3#表孔（工况 9）联合泄洪情况下出库 TDG 饱和度增加了 2.7%，五年一遇 1#4#中孔+3#表孔（工况 10）联合泄洪情况下出库 TDG 饱和度增加了 2.7%，其具体对比结果见表 5.2-19。

**表 5.2-19 旭龙水电站单独泄洪与联合泄洪过饱和 TDG 生成预测结果对比表**

| 洪水重现期 | 泄洪建筑物开启情况 | 旭龙单独泄洪 | | | 旭龙联合泄洪 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 工况编号 | 坝前 TDG 饱和度(%) | 与发电尾水掺混后 TDG 饱和度(%) | 工况编号 | 坝前 TDG 饱和度(%) | 与发电尾水掺混后 TDG 饱和度(%) |
| P=50% | 1#2#3#表孔 | 2 | 100 | 125.5 | 7 | 108.5 | 128.2 |
| P=50% | 2#中孔+3#表孔 | 4 | 100 | 124.0 | 8 | 108.5 | 126.8 |
| P=20% | 1#2#3#表孔 | 5 | 100 | 131.5 | 9 | 111.5 | 134.2 |
| P=20% | 1#4#中孔+3#表孔 | 6 | 100 | 130.4 | 10 | 111.5 | 133.1 |

分析原因，由于上游梯级电站泄洪生成的 TDG 过饱和水流输移释放至旭龙坝前仍高于平衡态（100%），两年一遇和五年一遇洪水条件下对应坝前饱和度为 108.5%和 111.5%，影响将由发电尾水传递至下游。由于发电流量与出库流量相比，两年一遇和五年一遇洪水条件下分别为 0.32 和 0.23，其比例较低，因此与泄洪水流掺混后，旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合泄洪下，旭龙泄洪水流与尾水混合后的 TDG 饱和度略高于旭龙单独泄洪工况。

2）过饱和 TDG 沿程释放过程预测

根据研究河段实测大断面地形资料，采用一维恒定流模型，分别计算得到两年一遇和五年一遇流量下，研究河段沿程流速和水深变化。水面线计算成果如图 5.2-17 所示，断面平均水深的沿程变化分别如图 5.2-18 所示。

两年一遇洪水情况下叶巴滩至旭龙下游金沙江河段平均水深为 19.7m；苏洼龙库区平均水深为 40.6m；旭龙坝址下游金沙江河段平均水深为 7.4m。五年一遇洪水情况下叶巴滩至旭龙下游金沙江河段平均水深为 20.6m；苏洼龙库区平均水深为 41.5m；旭龙坝址下游金沙江河段平均水深为 8.7m。

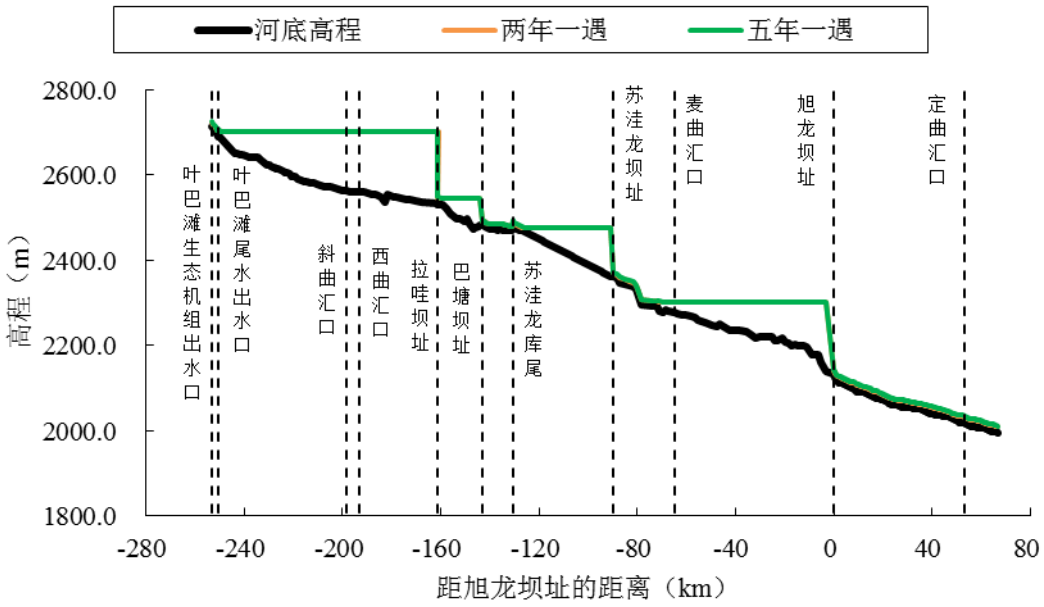



图 5.2-17 旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙联合泄洪下研究河段水面线变化图

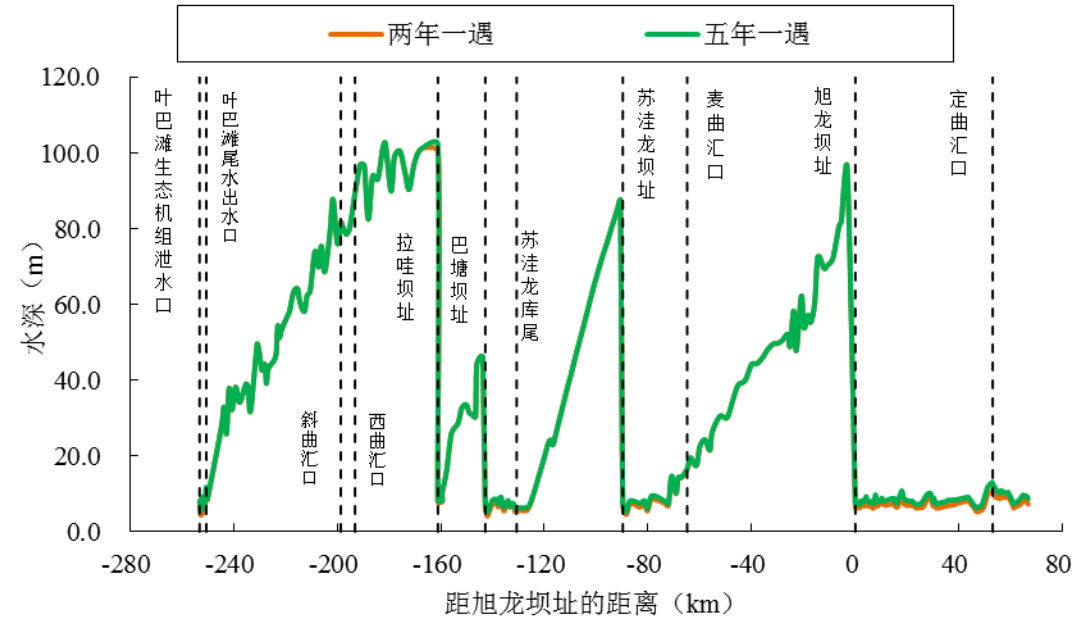



图 5.2-18 旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙联合泄洪下研究河段水深沿程变化图

经计算得到两年一遇和五年一遇流量工况下研究河段释放系数沿程变化，如图 5.2-19 所示。叶巴滩至旭龙坝址段过饱和 TDG 释放系数 $k_T$ 平均值为 0.04 $h^{-1}$，苏洼龙库区过饱和 TDG 释放系数 $k_T$ 平均值为 0.05 $h^{-1}$，旭龙坝址下游金沙江河段 $k_T$ 平均值为 0.12$h^{-1}$。

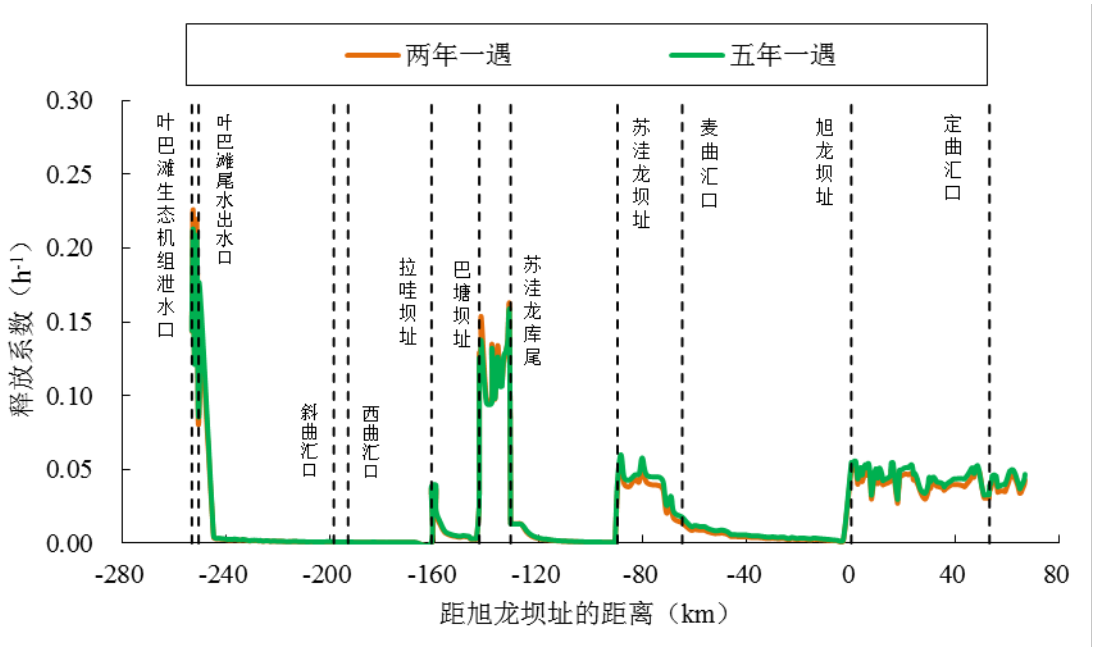



图 5.2-19 旭龙与叶巴滩、巴塘联合泄洪下研究河段释放系数 $k_T$ 沿程变化图

叶巴滩采用 1#~4#深孔宣泄两年一遇洪水（工况 4、5）时，单个深孔泄洪流量为 454.3m$^3$/s，泄水在水垫塘内产生的过饱和 TDG 经过二道坝后的饱和度为 131.1%。当采用 3#表孔与 2#、3#深孔联合宣泄五年一遇洪水（工况 6）时，总泄洪流量 2797m$^3$/s，泄洪水流 TDG 饱和度为 136.5%。采用 TDG 释放模型，分别对旭龙水电站三种工况下过饱和 TDG 在叶巴滩至旭龙水电站下游金沙江河段的输移释放过程进行预测，计算河段内典型断面预测结果见表 5.2-20。沿程变化见图 5.2-20。

表 5.2-20 旭龙与叶巴滩、巴塘联合泄洪下研究河段过饱和 TDG 输移释放预测表

| 断面序号 | 距旭龙坝址距离（km） | TDG 饱和度（%） | | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 两年一遇 叶巴滩 1#~4#深孔+拉哇 1#2#溢洪洞局开+巴塘 1#3#溢洪道局开+旭龙 1~3#表孔（工况 7） | 两年一遇 叶巴滩 1#~4#深孔+拉哇 1#2#溢洪洞局开+巴塘 1#3#溢洪道局开+旭龙 2#中孔、3#表孔（工况 8） | 五年一遇 叶巴滩 1#~4#深孔+拉哇 1#2#溢洪洞局开+巴塘 1#3#溢洪道局开+旭龙 1#2#3#表孔（工况 9） | 五年一遇 叶巴滩 1#~4#深孔+拉哇 1#2#溢洪洞局开+巴塘 1#3#溢洪道局开+旭龙 1#4#中孔、3#表孔（工况 10） | |
| 1 | -253.1 | 131.1 | 131.1 | 134.8 | 134.8 | 叶巴滩机组出水口 |
| 2 | -250.1 | 128.1 | 128.1 | 134.0 | 134.0 | 叶巴滩尾水入汇前 |
| 3 | -250.0 | 116.6 | 116.6 | 123.3 | 123.3 | 叶巴滩尾水入汇后 |
| 4 | -198.6 | 115.4 | 115.4 | 121.7 | 121.7 | 斜曲入汇前断面 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | -198.5 | 115.3 | 115.3 | 121.7 | 121.7 | 斜曲入汇后断面 |
| 6 | -193.1 | 115.1 | 115.2 | 121.5 | 121.5 | 西曲入汇前断面 |
| 7 | -193.0 | 115.1 | 115.1 | 121.4 | 121.4 | 西曲入汇后断面 |
| 8 | -161.1 | 114.3 | 114.3 | 120.2 | 120.2 | 拉哇坝址 |
| 9 | -159.4 | 127.7 | 127.7 | 136.8 | 136.8 | 拉哇溢洪洞出口 |
| 10 | -142.8 | 126.3 | 126.3 | 135.2 | 135.2 | 巴塘坝前 |
| 11 | -142.7 | 119.7 | 119.7 | 125.3 | 125.3 | 巴塘溢洪道断面 |
| 12 | -142.2 | 122.6 | 122.6 | 128.6 | 128.6 | 巴塘尾水掺混断面 |
| 13 | -89.7 | 117.7 | 117.7 | 122.7 | 122.7 | 苏洼龙坝址断面 |
| 14 | 0 | 128.2 | 126.8 | 134.2 | 133.1 | 旭龙坝址断面 |
| 15 | 52.9 | 125.4 | 120.2 | 130.8 | 129.8 | 定曲汇入前断面 |
| 16 | 53.0 | 121.2 | 120.2 | 125.9 | 125.1 | 定曲汇入后断面 |
| 17 | 66.7 | 120.7 | 119.7 | 125.3 | 124.5 | 奔子栏水文站 |

注：距旭龙坝址的距离，“-”表示位于旭龙坝址上游

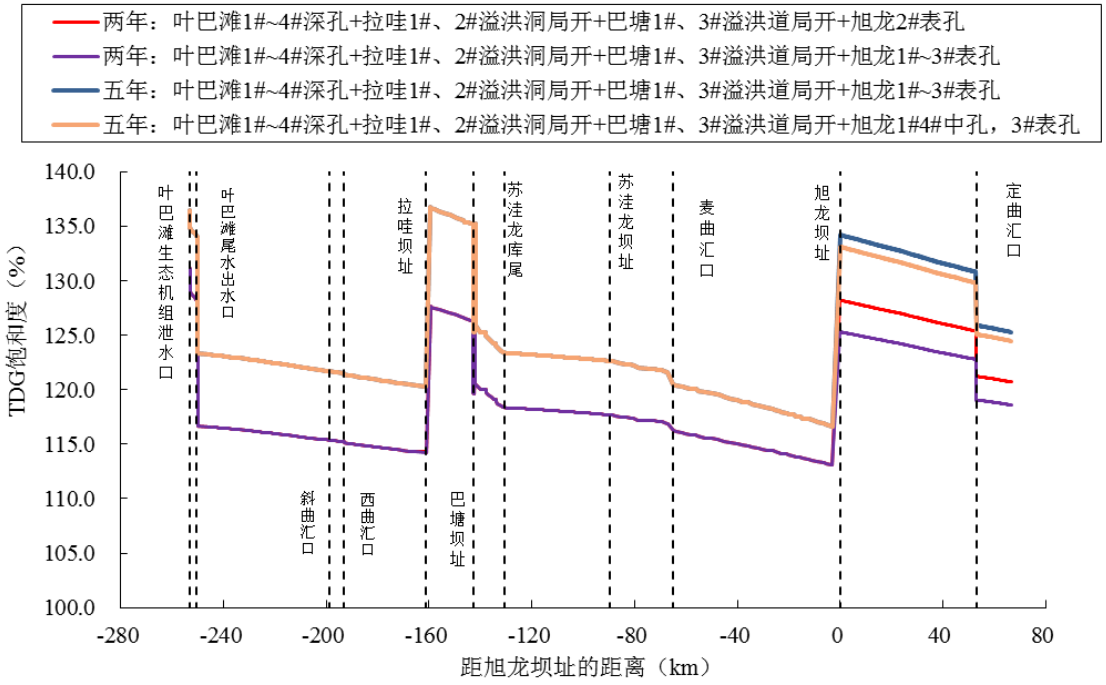



**图 5.2-20 旭龙与叶巴滩、巴塘联合泄洪下研究河段 TDG 饱和度沿程变化图**

采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞，巴塘 1#+3#溢洪道和旭龙 1#+2#+3#表孔联合宣泄两年一遇洪水（工况 7），上游四个梯级泄洪水流至旭龙坝前断面 TDG 饱和度为 113.1%，旭龙水电站泄洪产生的过饱和 TDG 与尾水混合后 TDG 饱和度为 128.2%，比旭龙单独运行时出库饱和度大 2.7%。TDG 释放至旭龙坝下 55km 定曲汇入前断面已恢复至 125.4%，受定曲掺混作用，TDG 饱和度降低为 121.2%，下降了 4.2%。在旭龙坝下奔子栏水文站处，水流 TDG 饱和度已减缓至 120.7%。

采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 2#中孔+3#表孔联合宣泄两年一遇洪水（工况 8）。上游四个梯级泄洪水流至旭龙坝前水流 TDG 饱和度为 113.1%，旭龙水电站泄洪水流与尾水掺混后产生的 TDG 饱和度为 126.8%，比旭龙单独运行时出库水流的 TDG 饱和度增大 2.8%，TDG 饱和度至定曲汇入前降低到 124.3%，汇入定曲后饱和度变为 120.3%，下降了 4.0%。至旭龙坝下 75.0km 奔子栏水文站，水流 TDG 饱和度降为 119.7%。

采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 1#+2#+3#表孔联合宣泄五年一遇洪水（工况 9），上游四个梯级泄洪水流至旭龙坝前 TDG 饱和度为 116.6%，旭龙水电站泄洪水流与尾水掺混后的 TDG 饱和度为 134.2%，比旭龙单独运行时出库水流 TDG 饱和度大 2.7%，TDG 释放至旭龙坝下 55km 定曲汇入前断面已降低到 130.8%，定曲汇入后干流饱和度变为 125.9%，下降了 4.9%。至旭龙坝下 75.0km 奔子栏水文站断面，水流 TDG 饱和度降为 125.3%。

采用叶巴滩 1#2#3#4#深孔，拉哇 1#2#溢洪洞局开，巴塘 1#3#溢洪道局开，旭龙 1#4#中孔+3#表孔联合宣泄五年一遇洪水（工况 10），上游四个梯级泄洪水流至旭龙坝前 TDG 饱和度为 116.6%，旭龙水电站出库水流 TDG 饱和度为 133.1%，比旭龙单独运行时出库水流的 TDG 饱和度大 2.7%，TDG 释放至旭龙坝下 55km 定曲汇入前断面已降低到 129.8%，定曲汇入后干流饱和度变为 125.1%，下降了 4.7%。至旭龙坝下 75.0km 奔子栏水文站断面，水流 TDG 饱和度降为 124.5%。

### 5.2.4 小结

（1）水温

旭龙库区河段上下游现有巴塘和石鼓水文站多年（1960~2009 年）实测长系列水温资料，根据水温观测资料统计，干流水温 7、8 月份最高，12~1 月份最低，天然河道从上至下呈沿程递增趋势，平均增温率达 0.62℃/100km。内插推求的旭龙坝址处水温年均为 10.0℃，年内最高水温出现在 7 月和 8 月，为 16.5℃，最低水温为 1 月份的 2.8℃。

经判别，旭龙水库为过渡型水库。受上游梯级联合运行带来的入库流量和水温变化的影响，联合运行平水年的库区水温结构较单独运行发生一定的变化。年

内库底水温和表层水温均出现一定的变化，库底水温月均范围为 5.7℃~7.4℃，库表水温月均范围为 7.2℃~17.7℃，垂向温差（大于 2℃）主要集中在 3 月~12 月，范围为 2.7℃~12.0℃。与坝址天然水温相比，旭龙水电站在联合运行时下泄低温水和高温水效应较为明显，低温水影响时段为 3 月~8 月，温降幅度在 0.9℃~3.5℃，其中 4、5 月水位降低 3.5℃；高温水影响时段为 10 月~翌年 2 月（2℃~6.2℃）。

（2）水质

工程所处江段基本无工业污染源分布。农业生产方式相对落后，农业面源污染不大。旭龙水库建成后，库周及上游污染负荷不会发生显著变化，且随着移民安置点污水处理措施的实施，污染负荷将会有所降低。

水电站本身属清洁能源，电站运行期间基本无生产废水排放。电站管理及维护人员少，业主营地生活污水沿用施工期成套污水处理设备进行处理，利用已有回用设施，进行回用，不外排，故不会对金沙江水质造成不利影响。

建库后，水库整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在Ⅱ类水指标范围内。在最不利时段（枯水期），水库整体水质也达到Ⅱ类。建库前后库区下游整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在Ⅱ类水指标范围内。旭龙水电站建成后造成库区富营养化的可能性较小。水库建成后，水库蓄水后流速变缓，水体交换能力变差，需加强水质监测。

（3）坝下溶解性气体过饱和

采用数学模型预测常遇洪水条件下，旭龙与上游梯级电站联合泄洪生成的过饱和 TDG 及其在叶巴滩至旭龙坝下金沙江间河段的释放过程。

采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞，巴塘 1#+3#溢洪道和旭龙 1#+2#+3#表孔联合宣泄两年一遇洪水（工况 7），采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 2#中孔+3#表孔联合宣泄两年一遇洪水（工况 8），采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 1#+2#+3#表孔联合宣泄五年一遇洪水（工况 9），采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 1#、4#中孔+3#表孔联合宣泄五年一遇洪水（工况 10）条件下叶巴滩等 4 个梯级泄洪生成的 TDG 过饱和水流至旭龙水电站坝前，TDG 饱和度分别为 113.1%、113.1%、116.1%和 116.6%。旭龙水电站泄洪水流与发电尾水混合后

出库水流的 TDG 饱和度分别为 128.2%、126.8%、133.1%和 134.2%；与旭龙水电站单独泄洪工况相比，分别增大了 2.7%、2.8%、2.7%、2.7%。旭龙坝址下游 55km 处，金沙江左岸有定曲汇入，对干流 TDG 饱和度有一定的稀释作用，定曲汇入后，干流 TDG 饱和度分别下降了 4.2%、4.0%、4.9%和 4.7%；至旭龙坝址下游 75.0km 奔子栏水文站处，TDG 饱和度分别下降至 120.7%、119.7%、124.5%和 125.3%。

## 5.3地下水环境影响预测评价

旭龙水电站工程为非污染建设项目，工程对地下水的影响主要为施工期基坑排水、硐室开挖引起坝址区地下水水位下降；水库正常蓄水后，库水位将整体抬高，从而引起库岸两侧一定范围内地下水位雍高。坝址区在施工期和运行期会产生少量生活污水和生产废污水，但是考虑到本工程生产、生活废污水排放量小，且设计采取处理后达标后回用，因此，基本不会对地下水水质产生影响。

### 5.3.1 施工期

旭龙水电站施工期对地下水的影响主要是地下工程施工可能造成地下水补给、径流和排泄条件变化，从而对地下水量及地下水位产生影响。

#### 5.3.1.1 地下工程水文地质条件

旭龙水电站工程库区基岩广布，第四系覆盖层仅分布于金沙江河床及其支流冲沟中。出露的基岩主要包括古界雄松群（$Pt_2x$）、古生界金沙江蛇绿岩群（DTJ）变质岩，中-新生界碎屑岩（$T_3w$、$T_3sh$、$T_3wl$、$T_3m$、$E_2r$）以及不同期次的岩浆岩（$\gamma_5^1$、$T_3\delta o$、$P_3\gamma\delta$ 等），在地表浅层的岩体中发育大量构造裂隙、风化裂隙和卸荷裂隙，根据岩体完整程度垂向上自上而下可大致划分为：全风化带、强风化带、弱风化带、微风化带，随着深度增大岩体逐渐变得完整，裂隙数量及张开度均减少，岩体的渗透性逐渐变弱，故根据岩体裂隙发育程度及渗透性可将其分为上部基岩裂隙含水层和下部相对隔水层。由于裂隙发育程度受构造作用、岩性及风化程度等综合控制，裂隙发育往往具有方向性，因此裂隙含水介质具有强烈的不均匀性。

第四系松散沉积物主要包括冲积或洪冲积的碎块石或漂卵石夹砾砂和残坡积或崩、滑坡积成因的碎石土、碎块石、砾质土等，为孔隙含水层。孔隙含水层的分布范围有限，主要分布在金沙江河床及其支流冲沟中，覆盖于裂隙含水层之上。

#### 5.3.1.2 地下水影响预测评价

旭龙水电站地下工程主要包括：导流洞以及基坑、地下厂房工程。根据施工安排，本阶段对左岸导流洞施工和右岸地下厂房及大坝主体的开挖施工 2 种工况进行地下水流场的预测评价。

**（1）导流洞施工**

通过数值模拟预测得到导流洞施工时的地下水流场如下图。由图可知，导流隧洞在左岸开挖，基坑涌水来源于左岸山体，对右岸地下水流场基本没有影响；虽然导流洞的开挖尺寸较小，却仍会引起基坑左侧地下水位下降，在开挖区周围形成降落漏斗，在基坑附近地下水降深较大，远离基坑降深逐渐变小，地下水位降深与距基坑距离的关系如下图，根据其关系曲线可预测导流洞施工对地下水位的影响范围约为 1400m，基坑涌水量约为 2577.2$m^3$/d。

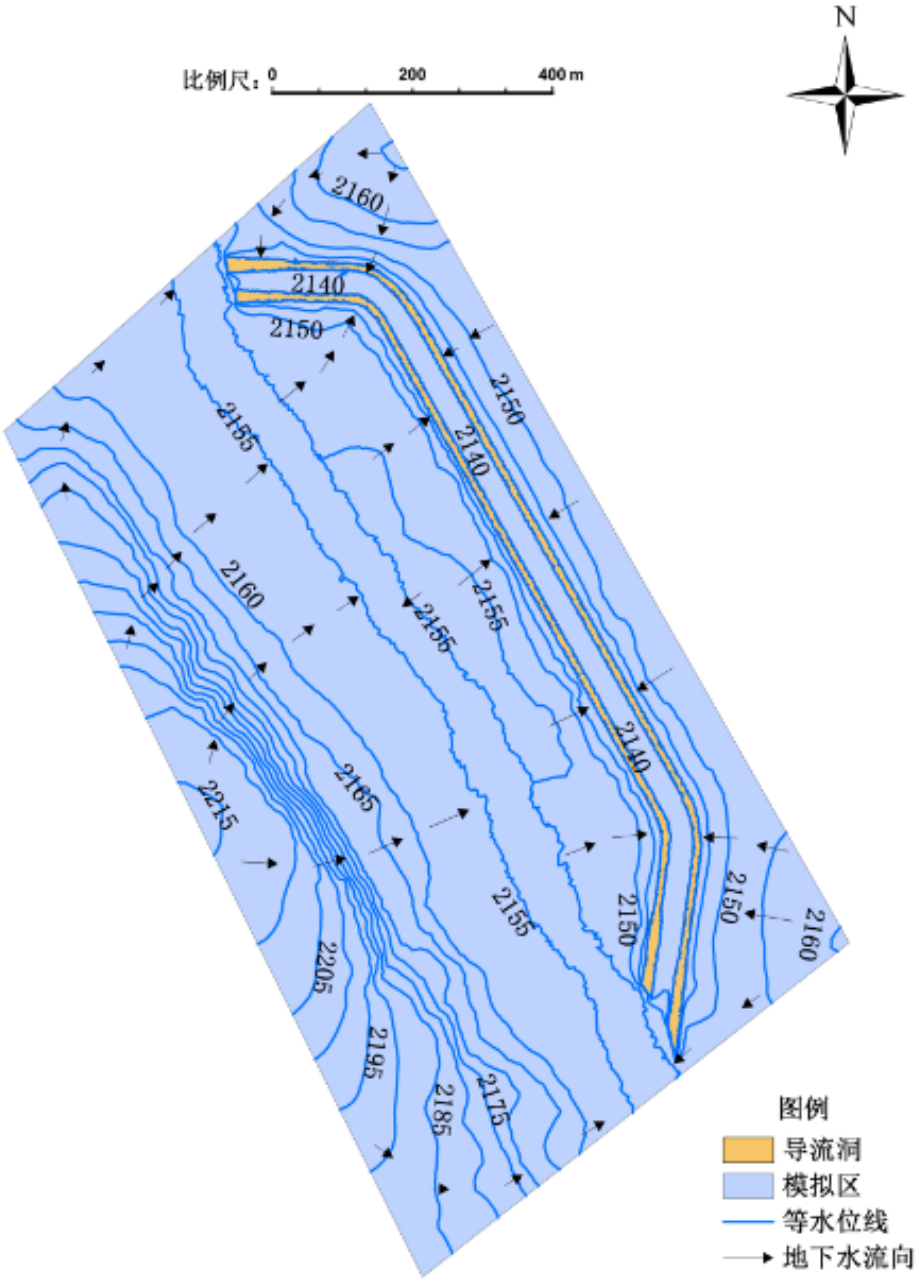



图 5.3-1 导流洞施工期平面流场图

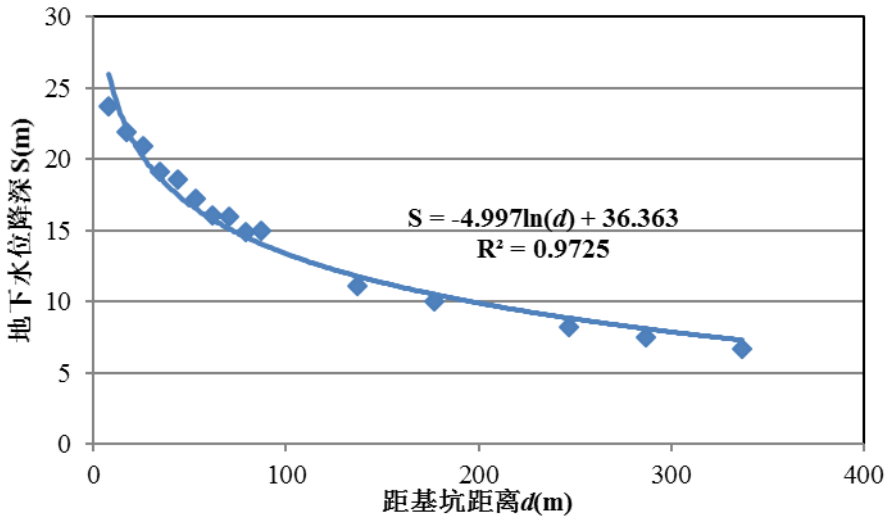



图 5.3-2 导流洞施工金沙江左岸不同位置的地下水降深图

**（2）大坝基坑及地下厂房施工**

通过数值模拟预测得到大坝开挖及地下厂房施工时的地下水流场如图5.6-3。由图可知，二期基坑周围形成一个明显的降落漏斗，基坑四周由中心向外水力梯度逐渐变小。基坑开挖造成地下水位下降，离基坑越近，地下水水位下降越大，水力梯度越大，随着远离基坑水位降深逐渐变小，由图 5.6-4 可预测施工对地下水位的影响范围约为 1500m。根据模拟结果，基坑涌水量为 24820$m^3$/d。

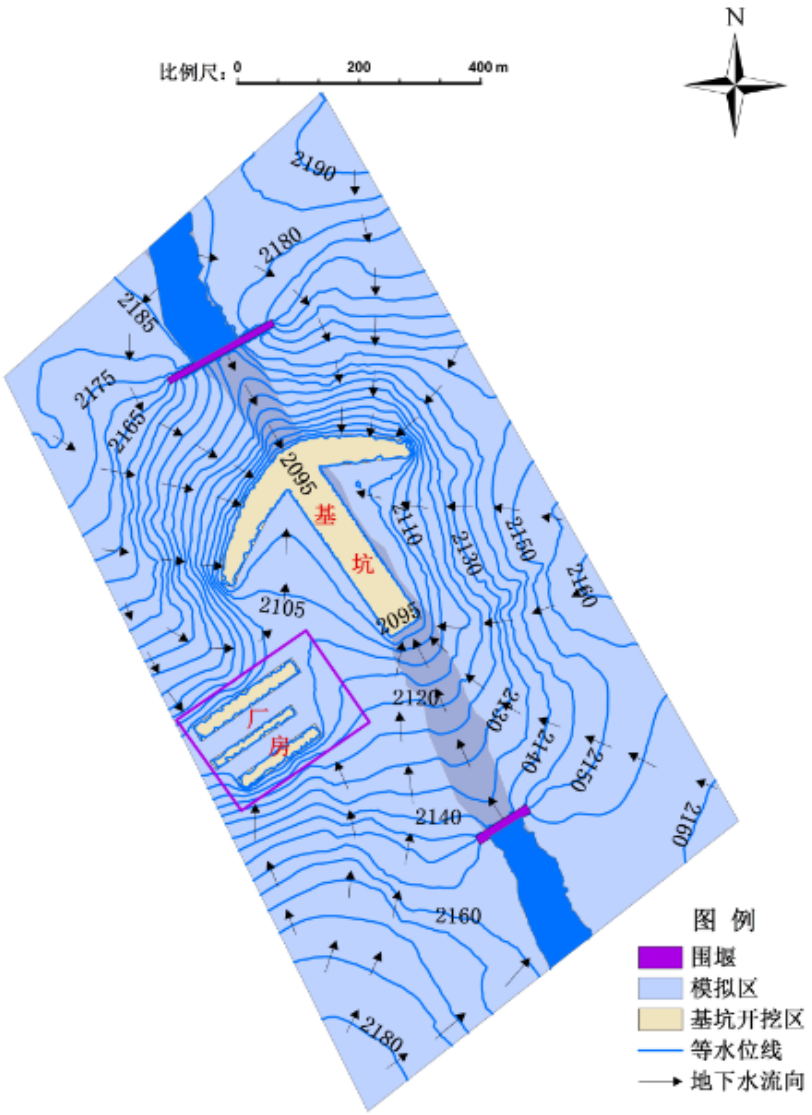



图 5.3-3　大坝开挖及地下厂房施工阶段平面流场图

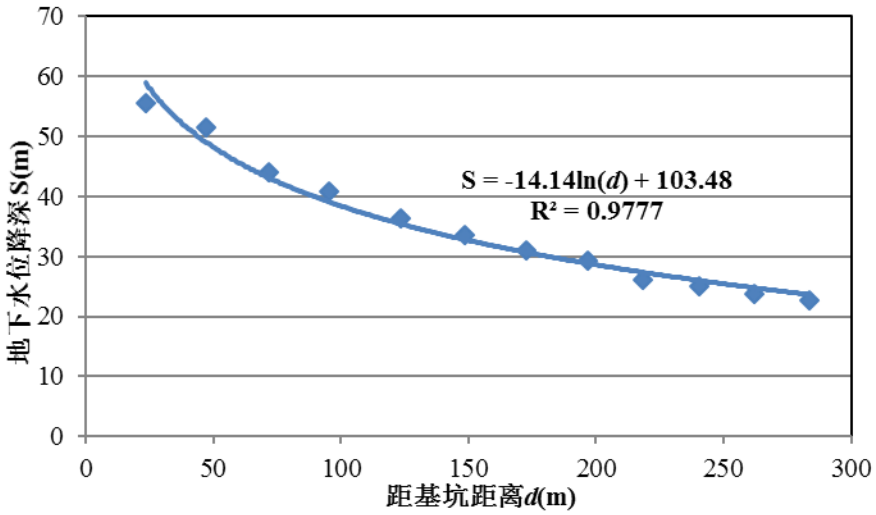



图 5.3-4　施工不同位置的地下水降深

## 5.3.2 运行期

### 5.3.2.1 对库区地下水影响预测评价

考虑到水库运行后，坝区上游地下水位抬升幅度较大，会产生绕坝渗漏和坝基渗漏，因此，本次评价将模拟分析设置防渗帷幕和不设置防渗帷幕 2 种工况条件下的地下水流场及其渗漏量。

**（1）不设置防渗帷幕坝址区地下水流场模拟**

不设置防渗帷幕条件下正常蓄水后坝址区的地下水流场如图 5.6-5 所示。由图可知，大坝上游两侧地下水的补径排的总体规律没有发生显著变化，地下水接受补给后仍往金沙江排泄，但蓄水后坝前两侧地下水位大幅抬升，在坝肩两侧地下水流场发生急剧变化，在坝前、后两侧高水头差的作用下，地下水从坝肩两侧绕渗至大坝下游，根据模拟计算结果：坝下渗漏量为 3879.7m$^3$/d，左岸绕坝渗漏量为 6821.44m$^3$/d，右岸绕坝渗漏量为 5366.79m$^3$/d。

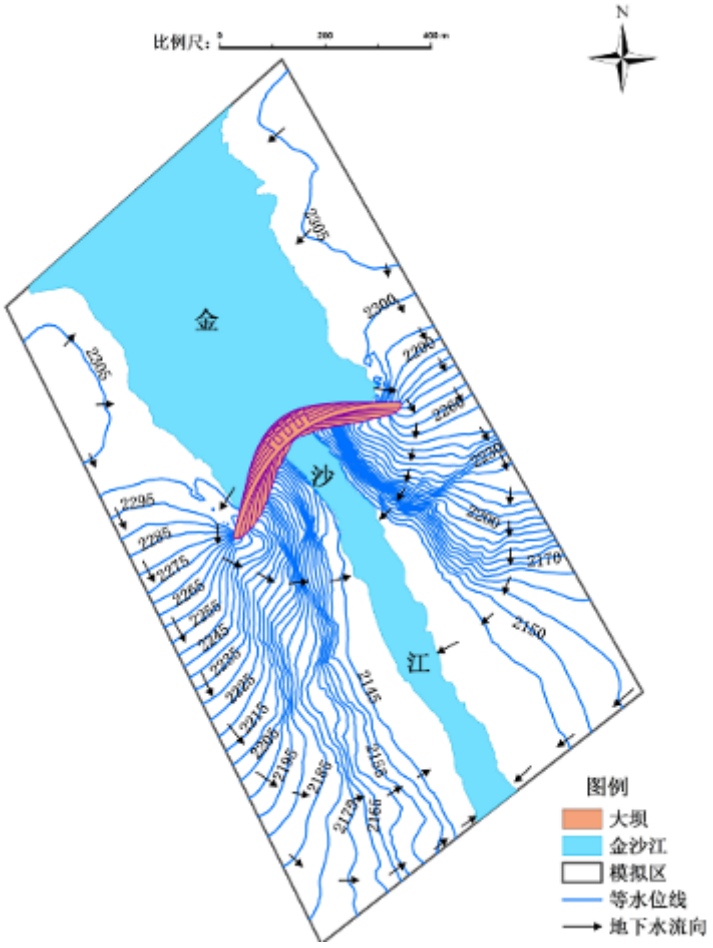



图 5.3-5 运行期坝址区地下水流场图（不设置防渗帷幕）

**（2）设置防渗帷幕坝址区地下水流场模拟**

设置防渗帷幕条件下水库蓄水后坝址区的地下水流场如图 5.6-6 所示。

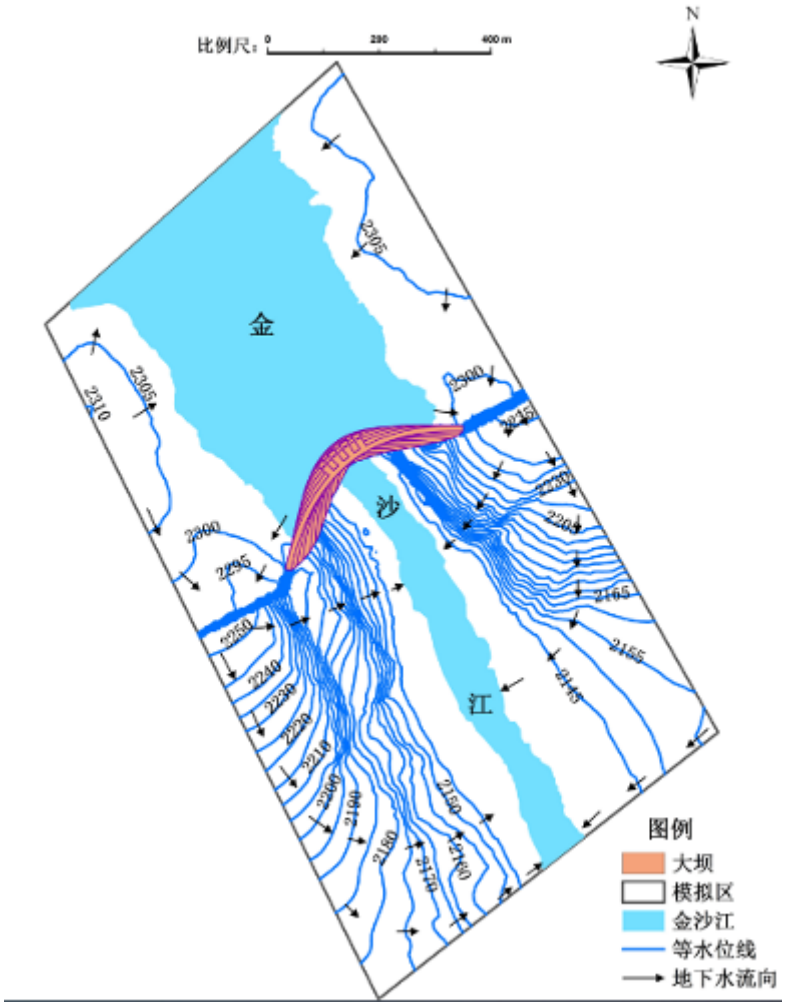



图 5.3-6　运行期坝址区地下水流场图（设置防渗帷幕）

水库蓄水后，大坝上游两侧地下水的补径排的总体规律没有发生太大变化，地下水接受补给后仍往金沙江排泄，但蓄水后坝前江水位抬升超过 161.4m，引起大坝上游两侧地下水位整体雍高，地下水雍高幅度随远离库区而减少，通过在模型中设计地下水观测孔（图 5.6-7），获得了距离江岸不同位置处的地下水位雍高值，如图 5.6-8～5.6-9 图所示。




图 5.3-7　坝址区水位观测孔布置图

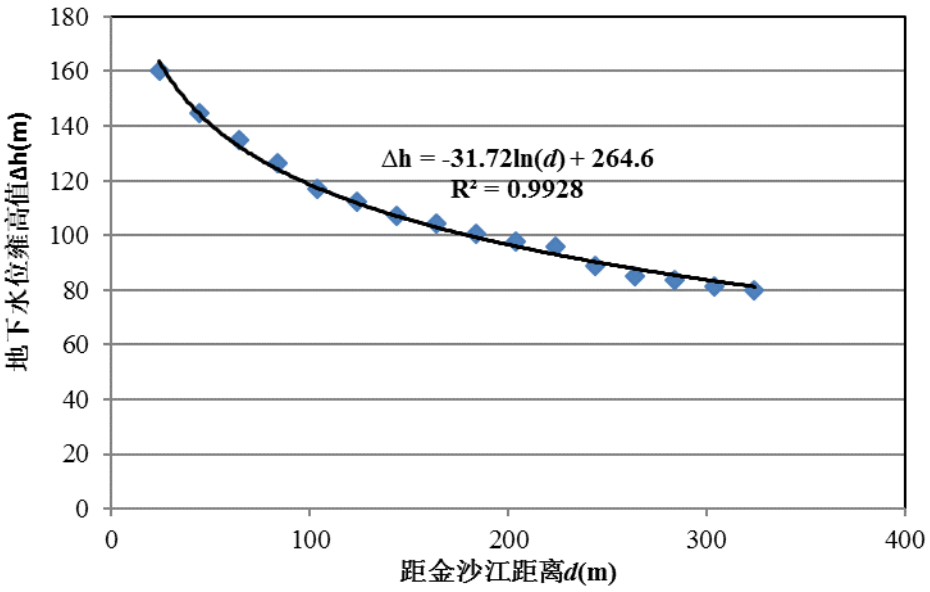



图 5.3-8左岸地下水位雍高值⊿*h*变化趋势图

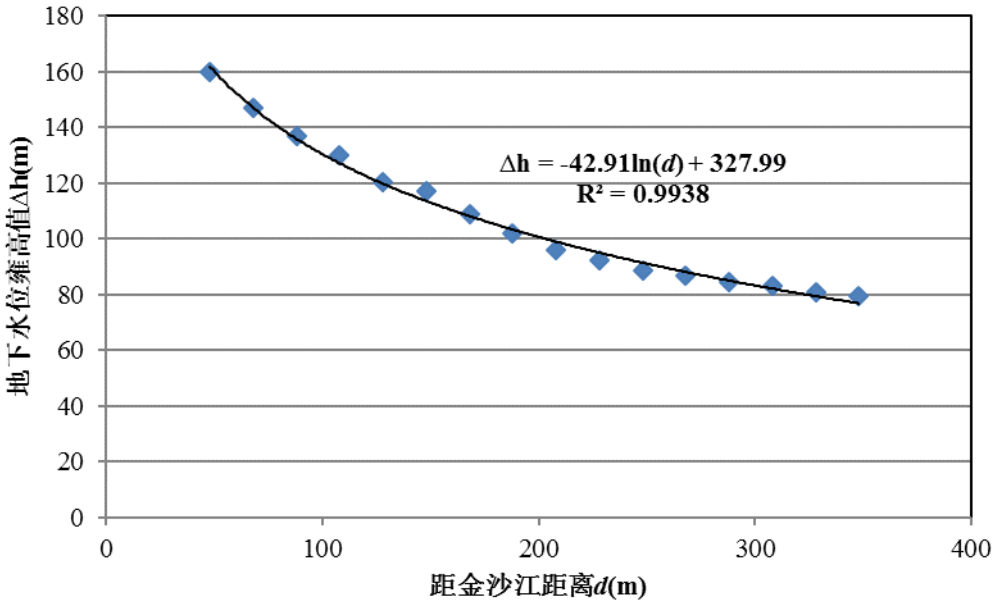



图 5.3-9　右岸地下水位雍高值$\Delta h$变化趋势图

根据地下水雍高幅度的衰减趋势，确定水库正常蓄水后右岸地下水位雍高的影响范围约为3500m，左岸地下水位雍高的影响范围约为2100m。

大坝下游金沙江水位基本保持不变，水库蓄水对下游两侧地下水流场的影响比较微弱，但是由于蓄水后坝前地下水位大幅抬升，导致坝前和坝后地下水位形成约161m的水头差，地下水流场发生急剧变化，地下水流向从天然情况下沿垂直金沙江方向径流变为从坝基和两坝肩防渗帷幕下方绕渗至大坝下游，根据计算结果：坝下渗漏量约为1047.84$m^3$/d，左岸绕坝渗漏量约为1029.81$m^3$/d，右岸绕坝渗漏量约1493.34 $m^3$/d；在大坝附近因绕坝渗流会引起坝下局部地下水位抬升，这种影响随远离大坝的距离增加而减少，在距离大坝500m以外地下水位基本不受影响。

综上所述，按照工程防渗设计方案设置防渗帷幕后，绕坝渗漏量大幅减低，根据模拟结果：防渗条件下的绕坝渗漏量仅为无防渗帷幕条件下的 22%，防渗效果良好。

### 5.3.2.2 库区地下水环境影响评价

运行期库区地下水流场如图 5.3-10 所示。结果表明：水库正常蓄水后，对库区地下水流场的形态影响很小，不会改变库区地下水补给、运移及排泄的总体

规律，但水库蓄水后两侧地下水水位会随着金沙江水位的抬升而相应雍高，雍高程度随远离江边而逐渐减小（如图 5.3-11 所示）。

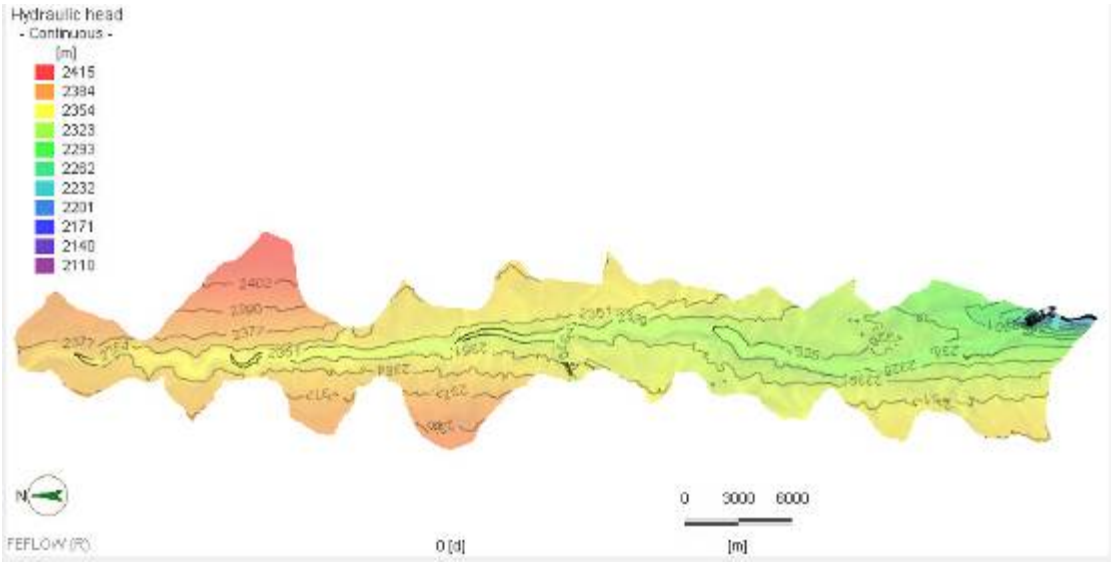



图 5.3-10　运行期库区地下水流场图

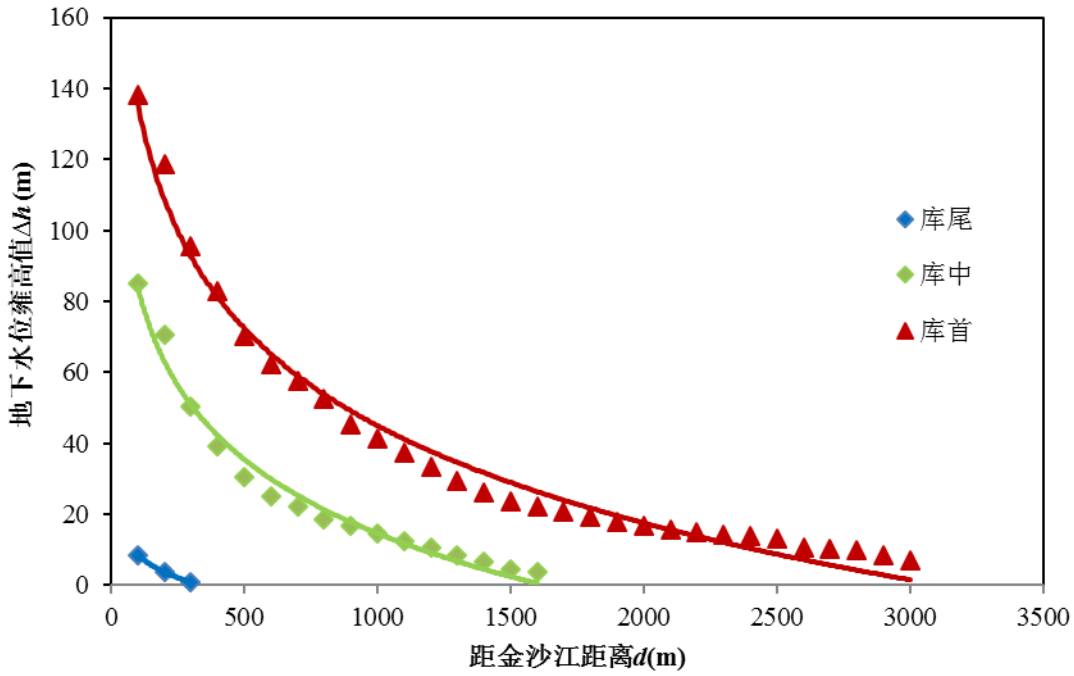



图 5.3-11　地下水位雍高值Δh趋势图

## 5.3.3 地下工程对陆生生态水源的影响

根据前述分析，旭龙水电站地下工程埋深大多在 120m 以上，地下工程大部分位于地下水位以上，洞室开挖大多处于微新岩体中，属弱透水层，所影响的地下水主要为基岩裂隙水，其分布存在较大的随机性，地下水的水力联系性差，施

工对工程区地下水影响不大。同时，在工程施工过程中采取开挖与支护防渗相同步推进的施工工艺，因此对裂隙水均可做到及时封堵，能够有效维持原有地下水水位和流场。根据目前工程区平洞勘探揭示，地下洞室施工过程中会产生渗水、滴水、线状流水，仅局部可能会发生涌水，但总体来说，地下工程施工不会造成地下水水位下降。区域植被生长水源来源于降水以及储存于覆盖层表面土壤中的水分，其生长水分主要受降水影响，深层地下水局部变化对其影响极弱。通过对前期勘探平洞上方植被生成情况类比调查，分析本工程地下洞室施工对洞顶植被影响轻微。

同时根据施工地下水防治预案，若发生突发性涌水，将及时进行封堵，可及时恢复裂隙地下水位和流场，不会对陆生生态水源造成不可逆的不利影响。但施工期仍需严格加强对地下水涌水观测，如遇涌水现象，需及时采取堵、排等措施，降低影响程度。

### 5.3.4 小结

旭龙水电站工程导流洞施工对地下水位的影响范围约为 1400m，基坑涌水量约为 2577.2$m^3$/d；大坝开挖及地下厂房施工对地下水位的影响范围约为 1500m，基坑涌水量为 24820$m^3$/d。

水库正常蓄水后，对库区地下水流场的形态影响很小，不会改变库区地下水补给、运移及排泄的总体规律，但水库蓄水后两侧地下水水位会随着金沙江水位的抬升而相应雍高，雍高程度随远离江边而逐渐减小。

前期勘探表明，地下洞室施工过程中会产生渗水、滴水、线状流水，仅局部可能会发生涌水，但总体来说，地下工程施工不会造成地下水水位下降。区域植被生长水源来源于降水以及储存于覆盖层表面土壤中的水分，其生长水分主要受降水影响，深层地下水局部变化对其影响极弱，分析本工程地下洞室施工对洞顶植被影响轻微。

# 5.4生态环境影响预测评价

## 5.4.1 陆生生态

### 5.4.1.1 对生态系统的影响

**（1）对生态系统结构的影响**

工程实施后，评价范围生态系统类型面积变化最大的是湿地生态系统，其面积增加了 1586.95hm$^2$；其次为灌丛生态系统，其面积减少 1055.82hm$^2$；农业生态系统、城镇/村落生态系统面积也有所减少。但整体来看，灌丛生态系统面积仍然占优势，对本区域内的生态系统起主导调控作用。通过对比施工前后土地利用类型和生态系统类型变化可知，评价范围灌丛生态系统在工程建设前后均占优势，耕地有所减少，但减少的面积较小、变化的幅度较小。因此，评价范围的生态系统组分结构发生了较小幅度的变化，表现为林地、草地、耕地等转变为建设用地和水域。

表 5.4-1　　工程实施前后评价范围生态系统类型变化表

| 生态系统类型 | 现状面积（hm$^2$） | 工程实施后面积（hm$^2$） | 工程实施前后变化量（hm$^2$） |
|---|---|---|---|
| 森林生态系统 | 1811.48 | 1811.48 | 0 |
| 灌丛生态系统 | 38903.13 | 37847.31 | -1055.82 |
| 湿地生态系统 | 617.85 | 2204.8 | 1586.95 |
| 农业生态系统 | 869.69 | 792.54 | -77.15 |
| 城镇/村落生态系统 | 1101.38 | 1049.68 | -51.70 |

工程实施后主要对垂直结构和时空分布格局产生影响。从垂直结构来看，工程实施后，淹没 2302m 以下的灌丛生态系统，导致湿地生态系统、灌丛生态系统分布海拔的上移，但同时水库蓄水后，局地小气候发生改变，导致垂直结构上植物多样性增加。从时空分布格局看，工程实施后，水库淹没线 2302m 以下的湿地生态系统和灌丛生态系统均被淹没，将导致水库淹没线附近灌丛生态系统向湿地生态系统演替。

**（2）对生态系统服务功能的影响**

根据《全国生态功能区划》（环境保护部，2015），旭龙水电站评价区属于滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区、川西北水源涵养与生物多样性保护重要区、藏东南生物多样性保护重要区。根据《四川省生态功能区划》（2013 年

2 月），旭龙水电站四川部分属于金沙江上游牧业与水源涵养生态功能区，其生态系统服务功能为牧业发展、水源涵养、土壤保持、沙漠化控制和生物多样性保护。根据《云南省生态功能区划》（2010 年 5 月），旭龙水电站云南部分属于怒江、云岭高山峡谷生物多样性生态功能区，其主要生态系统服务功能为三江并流地区生物多样性和高山峡谷景观保护。根据《西藏自治区生态功能区划》（2013 年 8 月），旭龙水电站西藏部分属于芒康金丝猴生物多样性保护与特色农林产业和生态旅游业生态功能区，其主要生态系统服务功能为以金丝猴为特色的生物多样性保护、特色农林产业和生态旅游。

结合现场调查结果，评价范围生态系统保水保土功能弱，地表干旱缺水问题突出、土壤坡面侵蚀和沟蚀严重、崩塌和滑坡等泥石流灾害频发、容易诱发水土流失等问题。因此，评价范围生态系统服务功能主要为生物多样性保护、水源涵养和水土保持。

1）生物多样性保护功能

评价范围生物多样性总体不高，评价范围生物多样性较高的区域为海拔 3100m 以上的森林生态系统。水库的正常蓄水位为 2302m，蓄水不会导致动植物物种的消失，主要为动植物分布格局的改变，其中对植被分布格局和面积影响较大。通过工程结束后的植被恢复措施，植被面积将得到一定程度的恢复。总体而言，工程实施前后，评价范围植物种类不会发生明显变化，因此工程实施不会对评价范围生物多样性产生明显影响，即符合评价范围生态系统生物多样性保护功能要求。

2）水源涵养功能

根据《中国生态系统格局、质量、服务与演变》（科学出版社，2017 年），生态系统水源涵养能力与降雨量、蒸散发、地表径流量和植被覆盖类型有关。在同一个区域，植被面积的变化与生态系统水源涵养能力呈正相关。旭龙水电站工程实施后，植被面积减少幅度为 3.3%，因此工程建设造成生态系统的水源涵养功能有小幅减小，但工程实施后随着临时占地区植被的恢复，对水源涵养功能有一定的改善作用。

3）水土保持功能

评价范围森林覆盖率低，且腐殖质层发育差、蓄水保水能力偏弱，土壤发育不良，水土流失现象严重。同时评价范围存在泥石流沟、滑坡体、危岩体等地质

不稳定区域，容易诱发水土流失。另外，工程开挖边坡、施工迹地等亦会产生水土流失。本工程施工过程中防护措施主要为坡脚钢筋石笼拦挡、干砌石排水沟、斜坡防护工程等，生态恢复措施中对泥石流沟、滑坡体、危岩体以及开挖边坡、施工迹地均采取了水土流失防治措施，将改善水土流失现状，减缓本工程的水土流失影响，符合评价范围水土保持服务功能的要求。

#### 5.4.1.2 对陆生植物的影响

**（1）施工期对陆生植物的影响**

1）主体工程区

主体工程区包括大坝坝肩、导流洞围堰等施工区。主体工程区植被为典型的干热河谷植被，坝址左岸主要为西南仙人掌灌丛，主要植物种类有西南仙人掌、草沙蚕、黄茅、清香木等；坝址右岸主要为小鞍叶羊蹄甲灌丛，主要植物种类有小鞍叶羊蹄甲、小叶荆、垫状卷柏、雪白粉背蕨等。

施工占地会使这些植被遭到破坏，植被面积减少。主体工程施工区对周围植被的影响主要为施工占地和施工活动的影响。

施工活动对植物的影响主要是废水、废气、废渣等不利影响。废水对植物的影响主要是破坏了原有植被的生长环境，抑制植物的生长。废气主要来源于主体工程开挖、施工机械使用和施工车辆行驶过程中产生的扬尘。扬尘导致叶片对光能和 $CO_2$ 的吸收减少，抑制植物的光合作用，从而影响植物的正常生长；长期覆盖的植物，其正常生长、开花结果等都受到了一定程度的抑制，不利于植物的发育。但是施工车辆尾气属移动线源排放，污染物排放量相对较低，对植物的影响较小。废渣主要来源于基础开挖，废渣随意堆放不仅会破坏堆放处的植被和景观，而且可能导致局部区域的水土流失。

施工占地和施工活动都会对陆生植物和植被造成影响，但这些植被是干热河谷的典型植被，在金沙江两岸都有广泛的分布，不会导致植物种类减少。

2）砂石加工及混凝土拌和系统

砂石混凝土系统工程主要包括洒茂顶砂石加工系统、右岸低混凝土系统、右岸高混凝土系统。

洒茂顶砂石加工系统场地内含施工所需的办公、机修等建筑设施及净料堆场，位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.7km，紧邻高混凝土拌和

系统，高程 2280m～2330m。占地面积 11.1hm$^2$，均为临时占地，主要影响的植被类型为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛，目前受人为干扰严重，部分植被被挖掘，土地裸露，施工活动将进一步导致该区域植物生物量损失，植被面积减少。

右岸低混凝土系统位于 2#路靠江侧，在坝址下游 1.5km 处，高程 2165m～2170m。占地面积约 2.5hm$^2$，所占用区域为人工植被，种植木犀榄等苗木，施工占地和施工活动影响植物生物量，减少植被面积。

右岸高混凝土系统位于坝址下游 8#公路靠江侧，距坝址直线距离约 1.5km，位于茂顶砂石加工系统上游侧，高程 2275m～2295m。占地面积 2.1hm$^2$，现场调查发现，本区域为正在开采料场，大部分植被已被破坏，附近植被类型主要为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛，受过度放牧影响，植被遭牛羊啃食严重。总体来说，本区域植被遭人为干扰严重，植被覆盖率低，植物种类为广泛分布的种类，工程占地对陆生植物、植被影响较小。

此外，砂石混凝土系统产生的扬尘覆盖植物叶片一定程度后，将降低植物光合作用，减慢植物生长速度，植株个体生物量降低。

3）施工供水供电通信设施

施工供水供电通信设施主要包括施工水厂、高位水池、以及供电设施即 110V 变电站，高位水池占地类型为临时占地，施工水厂为永久占地。

水厂规模为 3.1 万 m³/d，位于坝址下游 6#路靠山侧，距坝址直线距离约 2.5km，高程 2287m，占地面积 1.3hm$^2$，主要负责整个施工区的生产及生活用水。水厂占地区立地条件较差，主要植被为小鞍叶羊蹄甲灌丛，盖度小于 50%，工程占用植被类型为区域广泛分布的植被，施工占地会减少植被面积和植物生物量，基本不影响植物多样性。

高位水池位于坝址下游 1.8km 处，场地高程 2370m，占地面积约 0.1hm$^2$。主要植被为小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛，工程占用植被类型为区域广泛分布的植被。

施工变电站总占地面积约 0.3hm$^2$，占用主要植被为小鞍叶羊蹄甲灌丛，同时还分布有小叶荆、胶粘香茶菜等，以上为评价范围广泛分布的植被类型，施工占地会减少植被面积和植物生物量，基本不影响植物多样性。

4）综合加工厂

综合加工厂主要包括大坝综合加工及金结拼装厂、电站综合加工厂，占地类

型均为临时占地。

大坝综合加工及金结拼装厂包括钢管加工、综合加工车间，位于坝址下游3.0km处，场地高程2255m～2265m，占地面积约1.2hm$^2$。主要承担大坝的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛，为评价范围广泛分布的植被类型，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

电站综合加工厂位于下游索桥两侧，紧邻2#公路，至坝址约1.0km，场地高程2170m，占地面积共1.5hm$^2$。主要承担电站厂房的钢筋加工、木材加工和预制构件生产及金属结构加工拼装任务。此处受人为干扰严重，为人工碎石地，植被稀疏，因而工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

5）机电安装设施

机电安装设施主要包括机电安装基地和机电设备仓库，占地类型均为临时占地。

机电安装基地（含临时机电仓库）布置在右岸下游4.7km处的羊拉乡茂顶村茂顶河口位置，位于进场公路与2#公路接点附近，场地高程2155~2175m，占地面积5.5hm$^2$。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛。为评价范围广泛分布的植被类型，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

机电设备仓库布置在坝址右岸下游1.5km处的阶地上，建筑面积0.6hm$^2$，占地面积1.5hm$^2$，用于存放电站运行期间所需的机电零件设备。所在区域为其他项目的砂石加工系统所在区域附近，地面为碎石，植被稀少。工程临时占用影响较小。

6）机械保养维护设施

机械保养维护设施主要包括机械修配厂和机械停放场，机械修配厂的占地类型为临时占地。

机械修配厂位于综合仓库下游侧，距坝址约1.0km，场地高程2180m，占地面积约1.2hm$^2$，主要为施工机械修理保养场地。除占用影响外，机械修配厂产生的含油废水如未处理可能对植被的生长土壤造成污染，从而改变植物生长环境，抑制植物的生长，对植物产生一定的影响，但占地区域位于道路旁，受人为干扰严重，建有简易房屋，植被稀疏，工程临时占用影响较小。

机械停放场（汽车维修保养停放厂）：位于坝址上游4.5km处（羊拉公路旁），

场地高程 2210m，占地面积 1.2hm$^2$，主要为施工机械停放场地。占地区域主要植被为人工种植的青稞和蔬菜（大棚），此区域水库蓄水后将被淹没，工程占用影响较小。

7）仓库

仓库包括综合仓库、油库及加油站、左岸炸药库、右岸炸药库，均为临时占地，占地总面积 2.65hm$^2$。

综合仓库位于下游索桥附近，距坝址约 1.0km，场地高程 2170m，占地面积约 1.5hm$^2$。主要作为水电站施工期间施工物资仓储设施。所占植被主要为小叶荆+白刺花灌丛，为评价范围广泛分布的植被类型，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

油库及加油站位于坝址下游 2#路靠山侧，至坝址约 2.5km；油库高程 2180m，加油站高程 2185m；油库 0.3hm$^2$，加油站 0.2hm$^2$，占地面积共 0.5hm$^2$。所占植被主要为灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛，为评价范围广泛分布的植被类型，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

左岸炸药库位于徐龙冲沟右岸，在徐龙冲沟沟口上游 0.7km 处，场地高程 2355m～2375m，占地面积 0.35hm$^2$，供左岸施工所需炸药的存放。所占植被主要为西南仙人掌灌丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、清香木，为评价范围广泛分布的植被类型和植物种类，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

右岸炸药库位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约 2.2km，场地高程 2430m，占地面积 0.3hm$^2$，供右岸施工炸药存放。所占植被主要为垫状卷柏灌草丛，常见植物种类为垫状卷柏、小叶荆、灰岩木蓝等，为评价范围广泛分布的植被类型和植物种类，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

8）办公生活系统

办公生活系统包括 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地、现场建设管理营地（含鱼类增殖站）。

1#施工营地：位于坝址上游 5.5km 处（羊拉公路旁），场地高程 2210m～2220m，占地面积 1.2hm$^2$。占地类型为建筑用地，主要为当地居民房屋庭院，未见典型植物群落，常见植物种类有蒲公英、戟叶酸模等，工程占用对陆生植物、植被影响较小。

2#施工营地：位于坝址下游 1.7km 处，场地高程 2175m，占地面积 1.5hm$^2$。

所占区域主要植被类型为清香木灌丛，常见植物种类有皱叶醉鱼草、西南仙人掌。清香木为常绿灌木或小乔木，四季常绿，耐干旱瘠薄，在微碱性、中性和微酸性土壤中均能生长，是干热河谷地区理想的造林绿化先锋树种，清香木的繁育能够很好地解决干热河谷地区乔木林营造困难的问题，对于减缓当地水土流失和生态修复起到积极有效的作用，评价区清香木分布广泛，但多以伴生种存在。

3#施工营地：位于 2#路靠江侧，在坝址下游 3.7km 处，场地高程 2165m，占地面积 3.4hm$^2$。所占区域为人工植被，主要为种植青稞和玉米的农田，以及农田周边种植的木樨榄幼苗和核桃。工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

现场建设管理营地（含鱼类增殖）：距坝址约 4.0km，场地高程 2180m～2200m，占地面积约 11.1hm$^2$。营地所在区域为其他项目的砂石加工系统所在区域，已有施工临时道路建设，植被破坏严重，未见典型植物群落，常见植物种类有人工种植的核桃、李、蒲公英，水分充足的小片区域有蕨类植物的生长，工程永久占地会减少植被面积，降低核桃、李等经济林木产量，对植物多样性影响不大。

10）施工人员生活垃圾热解站

生活垃圾热解站位于格亚顶沟口（坝址右岸上游 3.8km 处），占地面积 0.14hm$^2$，场地高程 2244m～2250m，水库蓄水后将被淹没，分为主厂房、副厂房、管理用房和其它辅助区。占地类型为建筑用地，主要为当地居民房屋庭院，未见典型植物群落，常见植物种类有西南仙人掌、酢浆草等以及人工种植的核桃，工程占用对陆生植物、植被影响较小。

11）存弃渣场及利用料堆场

主要包括左岸上游 1#存弃渣场、右岸上游 1#弃渣场、右岸上游 2#弃渣场、截流备料场、茂顶河弃渣场、左岸表土堆场，占地面积分别为 13.8hm$^2$、8.2hm$^2$、3.3hm$^2$、1.2hm$^2$、33.31hm$^2$、1.7hm$^2$，占地总面积为 65.71hm$^2$。其中左岸上游 1#存弃渣场、右岸上游 1#弃渣场、右岸上游 2#弃渣场、截流备料场水库蓄水后将被淹没，为库区用地；徐龙冲沟施工平台、茂顶河弃渣场、左岸表土堆场，为临时占地。6 处存弃渣场植被以灌丛和灌草丛为主，工程占地减少植物面积，降低植物生物量，对植被和植物多样性影响较小。

此外，大量的施工弃渣，施工时受雨水冲击容易造成水土流失，植物根系由于水土流失而被雨水冲刷，对植物生长造成不利影响。因弃渣场均设计了水土保

持工程措施，在水保措施有效实施的情况下，弃渣产生的水土流失对陆生植被和植物影响很小。

12）徐龙冲沟施工平台

徐龙冲沟施工平台位于坝址下游 1.4km 处的徐龙冲沟内，其距徐龙冲沟沟口 1.2km，利用左岸场内道路的开挖弃渣填筑形成，占地面积 12.39hm$^2$。主要用于堆存左岸场内道路的建筑材料等，待左岸场内高线道路与低线道路连通之后，将施工平台拆除并转运至茂顶河弃渣场。根据现场调查，徐龙冲沟占用植被类型以拟金茅+黄茅灌草丛为优势，同时分布有戟叶酸模灌丛。工程占用植被类型为评价范围广泛分布种类，对陆生植物和植被影响较小。

13）徐龙人工骨料开采场

徐龙人工骨料开采场位于坝址左岸上游约 0.6km 处，料场开采区面积 10.20hm$^2$，料场开口顶高程 2510m，设计底高程 2220m，料场人工边坡高约 273m。占地区域植被主要是小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛，均为评价范围广泛分布的植被类型，工程临时占用对陆生植物、植被影响较小。

14）场内交通工程

场内主要公路长度共计约 47.05km。场内交通工程对植被的影响主要为道路建设的直接开挖、车辆的碾压以及扬尘等的影响。除 14#施工道路附近分布有 1 丛金荞麦，后期将采取迁地保护措施外，其余场内施工道路植物均为评价范围常见的植物。总体来看，施工道路两侧植被覆盖率低，种类常见，道路建设对陆生植物、植被影响较小。

**（2）运营期对陆生植物的影响**

水库蓄水前，将对水库淹没区内开展库底清理工作，处于淹没线以下的植被将被水淹没。水库淹没面积为 1586.95hm$^2$，淹没灌丛 1127.02hm$^2$、灌草丛 230.84hm$^2$、农作物 53.24hm$^2$。受影响最大的植被为灌丛，常见的有小叶荆灌丛、西南仙人掌灌丛、清香木灌丛等，在评价范围受淹没影响的植物和植被均广泛分布，因此，不会造成物种和种群的消失，对植物多样性基本没有影响。

同时，水库蓄水后，库区出现局地小气候，空气湿度增加，土壤水源涵养能力提高，有利于库区两岸植被生长。

### 5.4.1.3 对陆生动物的影响

**（1）施工期对陆生动物的影响**

工程施工期对动物的影响主要有施工占用动物部分栖息地、施工噪声和震动对动物的驱赶等。因各类陆生动物的生态习性、适宜生境各有不同，工程施工的各种行为对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下。

1）对两栖动物的影响

根据调查结果，枢纽工程区两栖动物主要集中分布于该区域金沙江两岸的山沟、坑塘等生境。评价区两栖动物按生活习性来分，可分为有静水型、陆栖型、树栖型。

静水型两栖动物主要在静水或缓流中觅食，评价区分布有胫腺侧褶蛙和腹斑倭蛙，这两种两栖动物主要分布在溪流中水流速较缓的区域活动，在评价区内主要分布在金沙江河湾、支流汇合口等地，施工期生产和生活废水不外排，对静水型两栖动物基本不会产生影响。

陆栖型两栖动物主要在陆地上活动觅食，评价区分布有乡城齿蟾、圆疣蟾蜍、西藏蟾蜍和昭觉林蛙，主要分布在评价区的金沙江两侧较潮湿的河滩地上活动，施工期对陆栖型两栖动物的影响主要为工程施工占地和施工活动干扰影响，将造成其栖息地侵占或驱赶其远离栖息地，造成施工区陆栖型两栖动物物种分布格局变化，导致施工区陆栖型两栖动物物种类和数量下降。

树栖型两栖动物主要在树上活动觅食，离水源较近的林子，评价区分布有 1 种，为华西雨蛙，主要在金沙江干流两侧的灌丛或乔木上，工程对其影响主要为施工临时占地影响。

总体而言，施工期两栖动物受施工占用栖息地或施工活动干扰影响，导致施工区两栖动物种类和数量下降，但不会影响评价区两栖动物种群规模和种群生存。

2）对爬行动物的影响

根据调查结果，枢纽工程区爬行类动物主要分布于金沙江两岸山地灌丛或麦曲河、丹达曲等水域附近潮湿的林地内活动。

灌丛石隙型爬行类主要有草绿攀蜥、棕背树蜥等种类，在金沙江两岸山地灌丛中活动，施工期施工营地、弃渣场等将占用其部分生境，施工活动干扰将迫使

其远离栖息地，使得区域爬行动物分布格局有所变化。部分个体可能在弃渣或其他施工活动中躲避不及时，造成个体伤亡。

住宅型两栖类主要活动于评价区村落附近，工程施工区域村落分布较少，仅零星的房屋，施工占地影响较小，由于施工人员进驻，多疣壁虎等可能出现在施工人员生活区。

林栖傍水型主要有紫灰锦蛇、黑眉晨蛇等种类，在评价区内麦曲河、丹达曲等水域附近或两岸山谷溪流附近潮湿的林地内活动。施工区域分布较少，与两栖动物类似，由于工程施工时会将部分区域作为工程用地，因此工程施工对爬行动物的影响体现在其生境遭受侵占。爬行动物因受生境侵占及噪声、震动、人为活动等因素的干扰向其他适宜生境扩散。此外，由于工程施工造成该区域两栖动物数量的下降，在一定程度上会增加蛇类捕食难度，从而造成种内、种间竞争加剧。

3）对鸟类的影响

枢纽工程区鸟类相对两栖、爬行动物以及兽类种类和数量较多。不同鸟类栖息的主要生境不同，工程施工对其造成的影响亦不相同。

对游禽、涉禽的影响：施工区域水流较急，底质为砾石，两岸植被较少，适宜水鸟生境较少，此类鸟类主要为迁徙季节迁徙经过枢纽工程区，或偶在工程枢纽区稍作停留，且种群数量较少。工程施工活动会驱离其离开施工区域，间接地影响其觅食行为，但基本不会对其迁徙行为造成影响。

对猛禽的影响（包括隼形目、鸮形目种类）：根据现场调查，此类鸟主要在库区两岸的林地或灌丛筑巢、栖息，在评价区周边金沙江河谷内都有分布，且主要活动区域为河谷上方的高山裸岩、针阔混交林及部分林缘地区，偶尔盘旋于枢纽工程区上空。工程临时或永久占地会侵占部分生境，工程施工活动亦会对其捕食造成一定干扰。但猛禽适应和反应能力较强，在施工期可以迅速远离工程区而栖息，如高山兀鹫和雀鹰属于捕食性禽类，其捕食和活动范围遍布整个河谷，擅长高空盘旋，躲避危险，环境适应能力较强。

对陆禽的影响（包括鸡形目、鸽形目种类）：血雉、红腹角雉、白腹锦鸡等多活动于评价区外缘植被较为丰富的林地或林缘灌丛生境，较少活动至评价范围，工程占地对其生境占用影响较小，且其警惕性较高，躲避速度快，能较大程度避开施工影响，不易受到施工作业的损伤；鸽形目种类分布范围较广，河谷两侧坡地农田、灌丛灌草丛生境至评价区外缘林地均有分布，工程施工会占用其部

分生境。工程施工占地占用陆禽部分栖息地，工程施工噪声亦会对其正常栖息造成一定干扰，驱使其避开影响区域。另外，鸽形目鸟类一般将巢穴筑在坡地草丛或灌丛中，且海拔较低，工程施工会破坏其巢穴及其中的卵，在一定程度上会影响后代的繁殖。

对雨燕目种类的影响（白腰雨燕）：白腰雨燕筑巢与河谷或支流两侧的崖壁上并盘旋于上空捕食。工程占地会侵占其部分生境，且施工活动亦会对其造成一定干扰造成施工区这种鸟类种类和数量呈下降趋势。

对其他鸟类的影响（包括雀形目、佛法僧目、鸽形目、鸮形目及戴胜目种类）：此类鸟类主要分布于枢纽工程区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边区域最为集中，例如黄臀鹎、白鹡鸰、大山雀、北红尾鸲等在施工区域较常见，工程施工场地和弃渣场地临时或永久占地会导致其部分生境丧失，施工活动将驱离其向其他适宜生境扩散，从而造成种内、种间竞争加剧。

4）对兽类的影响

根据调查结果，枢纽工程区域各兽类的主要适宜生境存在一定差异，故工程施工对其造成的影响亦有不同，主要影响分析如下：

对树栖型兽类的影响（包括中缅树鼩、赤腹松鼠、隐纹花松鼠等）：此类兽类常见于枢纽工程区植被较丰富的村落或其他林地和灌丛生境。由于工程施工时，部分此类生境被作为弃渣场或其它临时场地，故将导致施工区内树栖型部分兽类生境减少，此类兽类外迁至其他适宜生境时将造成种内、种间竞争加剧。

对岩洞栖息型兽类的影响（包括托氏菊头蝠）：此类兽类主要分布于工程影响区村落，常见于各住宅屋檐、檐缝中。工程临时或永久占地将侵占部分村落，造成其部分生境消失，但此类兽类活动能力强，受工程影响可外迁至其他适宜生境。

对食肉目和兔形目兽类的影响：此类兽类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较为丰富的林地和灌丛生境。受工程占地影响，其部分适宜生境被侵占，加上施工活动干扰，将驱离其迁往未受影响的生境。由于此类兽类迁移能力强，受其影响后能迅速迁往工程区以外适宜生境，故工程施工对此类兽类影响不大。

对鼠类的影响（包括鼠科所有种）：啮齿目鼠科种类在枢纽工程区分布范围广泛，但亦主要集中分布于村落及其周边区域。由于受工程建设占地影响，其部

分生境遭受破坏。但随着大量施工人员的迁入，亦为鼠类提供了新的栖息环境，会导致褐家鼠、小家鼠等种群数量的增加，与此相应，主要以鼠类为食的黄鼬等种群数量会增加。因此工程施工对鼠类物种的影响很小，主要驱使其在枢纽工程区形成新的分布格局。

**（2）运营期对陆生动物的影响**

旭龙水电站开始蓄水之后，会导致部分动物栖息环境淹没，因各类陆生动物的生态习性、适宜生境各有不同，运行期对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下。

1）对两栖动物的影响

水库建成蓄水后，将使陆栖型两栖动物，如西藏蟾蜍等向海拔稍高处迁移，由于水面上升速度缓慢，淹没区内两栖动物种类能够及时躲避，水库蓄水基本不会影响两栖动物个体数量。水库建成后，将给静水型两栖动物，如胫腺侧褶蛙和腹斑倭蛙形成更丰富的静水或缓流水环境，对其种群的发展带来有利影响，蓄水后其种群数量出现一定的上升。

2）对爬行动物的影响

由于爬行动物生存对水的依赖较小，其生境范围广泛，库区蓄水对其造成的影响主要体现在驱使其向高处迁移，并且库区蓄水对其捕食对象（如昆虫、蛙类等）的种群数量不会造成太大影响，因此其种内、种间竞争压力亦不会有明显增加。水库建成后， 随着枢纽工程区植被逐渐恢复，爬行动物种类和数量将得到一定程度恢复。

3）对鸟类的影响

对游禽、涉禽的影响（包括鹳形目、雁形目种类）：此类鸟类主要为迁徙季节迁徙经过淹没区，或偶在淹没区稍作停留，如赤麻鸭（夏候鸟），苍鹭、普通秋沙鸭、凤头潜鸭（冬候鸟），且种群数量较少。水库蓄水后，由于水位上升，将造成库区岸滩、农田等生境减少、水域面积增加，对鸭类的栖息或迁徙产生一定的有利影响，将吸引其他水鸟来此栖息停留。

对猛禽的影响（包括隼形目种类，鸮形目除外）：此类鸟类主要在库区河谷两岸的坡地灌丛或崖壁筑巢、栖息，捕食时常盘旋于库区上空。水库蓄水后将淹没其部分生境，但由于其淹没生境比例很小，故对其造成的影响很小。

对鸡形目种类的影响（包括环颈雉、红腹角雉和藏马鸡等）：此类鸟类主要

栖息生境为河谷两岸坡地灌丛灌草丛及评价范围外缘较为丰富的林地生境。水库蓄水淹没其生境所占比例很小，故此种影响很小。

对其他鸟类的影响（包括雀形目、佛法僧目、鹃形目、鴷形目及戴胜目种类）：此类鸟类主要分布于库区植被相对较好的林地、灌丛生境，尤以村落及其周边区域最为集中，库区蓄水后将导致其部分生境丧失，库区淹没将驱离其向其他适宜生境扩散，从而造成种内、种间竞争加剧。此外，对于喜栖息于河谷两岸坡地灌丛灌草丛生境的鸟类，如灰眉岩鹀等，水库淹没其两岸灌丛生境，将对这些鸟类分布产生不利影响。对于傍水型鸟类，如白顶溪鸲、红尾水鸲等，此种影响相对较小。

4）对兽类的影响

根据调查结果，库区各兽类的主要适宜生境存在一定差异，故水库蓄水对其造成的影响亦有不同，主要影响分析如下：

对树栖型兽类的影响（包括赤腹松鼠和中缅树鼩等）：此类兽类常见于库区植被较丰富的村落或其他林地和灌丛生境。工程运行蓄水后，将导致树栖型部分兽类生境丧失，故受影响的此类兽类外迁至其他适宜生境时，从而加剧种内、种间竞争。

对岩洞栖息型兽类的影响（包括翼手目种类）：此类兽类主要分布于库区村落，常见于各住宅屋檐、檐缝中。工程运行蓄水后将淹没部分村落，造成其部分生境消失。但此类兽类活动能力强，受蓄水淹没影响时可外迁至其他未淹没的村落或岩洞。

对食肉目和兔形目兽类的影响：此类兽类活动范围广泛，各生境均可见其活动痕迹，但主要栖息于植被较为丰富的林地和灌丛生境。水库蓄水淹没影响，其部分适宜生境将消失，迫使其迁往未受影响的生境。由于此类兽类迁移能力强，受其影响后能迅速迁往淹没区外未受影响的适宜生境，故工程运行蓄水对此类兽类影响不大。

对鼠类的影响（包括鼠科所有种）：啮齿目鼠科种类在库区分布范围广泛，种群数量多，但亦主要集中分布于村落、集镇及其周边区域。由于库区蓄水淹没影响，其部分生境遭受消失，迫使其外迁至未被淹没的高海拔村落、集镇及其周边区域，并且造成库区鼠类种群数量和密度暂时性陡升，从而造成其种内、种间竞争加剧，一段时间后方可形成新的平衡。

### 5.4.1.4 对重点保护、特有野生动植物的影响

**（1）对植物的影响**

**1）对重点保护野生植物的影响**

经调查，评价区发现 9 处国家Ⅱ级保护植物金荞麦，其中施工占地区域 5 处，淹没区 2 处，评价范围内间接影响区 2 处，影响总面积约 1.41m$^2$，不排除评价区域其它地方有零星分布。工程直接影响区的 7 处金荞麦，株高 25cm，生长在岩石缝隙中，植株较瘦弱矮小，均不属于金荞麦集中分布区域。工程建设前将通过移栽、建立种质资源园等方式对金荞麦进行保护与繁育，尽量的补充其在野外这 7 株野生资源的损失。因此，工程对金荞麦的影响较小，基本不会对金荞麦种群规模造成影响。

**2）对特有植物的影响**

评价范围分布的 22 种中国特有种中，错枝榄仁属于狭域分布种，冬麻豆属于濒危种。错枝榄仁主要分布在云南西北部和四川西南部（乡城），分布范围较为狭窄，但在评价区分布较为广泛。冬麻豆主要分布在产四川（西部）、西藏（东部），评价区内直接影响区和间接影响区均有分布。另外，大理白前新变种-折叶白前分布区域迄今仅发现为云南德钦县、四川得荣县，金沙江上游干流及其支流干旱河谷两岸，海拔 2100~2700m。折叶白前在评价区内分布广泛，直接影响区和间接影响区都有分布。错枝榄仁、冬麻豆和折叶白前受施工占地和水库淹没影响，造成植物个体数量和面积有所减少，因 3 种特有植物在评价区直接影响区和间接影响区均有分布，施工占地和水库淹没不会影响种群规模和改变物种分布范围。

**3）对干热河谷植被的影响**

评价区干热河谷植被主要分布在海拔 2800m 以下。施工期，施工占地和施工活动造成干热河谷植被面积减少、植物生物量降低，弃渣、骨料开采等施工活动扰动土壤，加重水土流失，将进一步破坏干热河谷植被生存环境。

运营期，水库淹没干热河谷面积约 667.6hm$^2$。根据局地气候影响结论，水库蓄水后使库区两岸月平均气温呈下降趋势，温度变化绝对值均小于 0.2℃，库区及周边相对湿度会有所上升，夏季水库西岸降水量呈减少趋势，而东岸降水量则呈增加趋势，但上述变化的程度及范围都十分有限，在该地区正常的年际气候

波动范围内，因此水库形成对沿岸的干热河谷气候特征没有根本性的改变。从工程建成后干热河谷植被演替趋势来看，库区空气湿度增加，气温降低，喜旱植物个体数量会有所减少，水生植物及喜湿植物的数量会有所增加，干热河谷植物群落盖度和植被覆盖率呈增加趋势。

**（2）对动物的影响**

**1）对重点保护野生动物的影响**

评价范围重点保护野生动物总计 26 种，其中国家I级重点保护野生动物 3 种，国家II级重点保护野生动物共 18 种，另外还有 5 种为省级（自治区级）重点保护野生动物。26 种重点保护野生动物分为鸟类和兽类两类。

①对重点保护鸟类的影响

金雕、胡兀鹫、高山兀鹫、黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼、灰林鸮等 9 种国家重点保护鸟类为猛禽。工程施工对其影响主要为噪声干扰影响，导致觅食地减少。灰林鸮具有夜行性，施工区夜间灯光对其产生一定影响。猛禽善飞翔、活动范围广，评价区附近相似生境较多，工程对其影响有限。

红腹角雉、白腹锦鸡、藏马鸡、雉鹑、血雉、藏马鸡等 6 种重点保护鸟类为陆禽，生活在远离工程区的高山-灌丛-草甸区域。根据植被的垂直分布特点，6 种重点保护鸟类的主要活动海拔范围为 3000m 以上区域的灌草丛或针叶林，受施工活动和施工噪声影响较小。

赤麻鸭为游禽，分布在麦曲河等支流水域，水库蓄水后水位上升，水域面积增加，库区水流变缓，适宜生境面积增加对其夏季栖息繁殖或迁徙产生一定的有利影响。

②对重点保护兽类的影响

猕猴、黑熊、小熊猫、青鼬、黄鼬赤狐、豹猫、毛冠鹿主要活动于嘎金雪山保护区或金沙江两岸海拔较高的森林-草甸区域，施工区罕见，工程对其影响较小。岩羊、鬣羚、斑羚会到金沙江边饮水，因水位抬高，将转移至施工区上游、下游或支流地区饮水。

工程对 26 种重点保护野生动物的影响情况见下表。

表 5.4-2　工程对重点保护野生动物的影响情况一览表

| 中文种名、拉丁文种名 | 居留型 | 区系 | 保护级别 | CITES 附录濒危等级 | 生境 | 分布区域 | | 对保护动物的影响 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | |
| 1. 金雕<br>*Aquila chrysaetos* | 留鸟 | 古北种 | 国家I级、藏II级 | | 栖于崎岖干旱平原、岩崖山区及开阔原野。 | √ | √ | 属于资料记载。施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，其迁飞能力强，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 2. 胡兀鹫<br>*Cypaetus barbatus* | 留鸟 | 广布种 | 国家I级、藏I级 | | 栖息在海拔500～4000m 山地裸岩地区。 | √ | √ | 属于资料记载。施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，其迁飞能力强，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 3. 高山兀鹫<br>*Gyps himalayensis* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏I级 | | 常在高山森林上部苔原森林地带或高原草地、荒漠和岩石地带活动 | √ | √ | 现场调查见于海拔 3000m 处上空。施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，其迁飞能力强，生境多样，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补，对其生殖也不会造成大的影响。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 4. 黑鸢<br>*Milvus migrans* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏I级 | | 栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带 | √ | √ | 常见于评价区。施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，其迁飞能力强，生境多样，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补，对其生殖也不会造成大的影响。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 5. 雀鹰<br>*Accipiter nisus* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏II级 | | 栖息于针叶林、混交林、阔叶林等山地森林和林缘地带 | √ | √ | 属于资料记载。主要栖息于山顶林地或林缘，施工区及淹没区林地非常少，故生境破坏小；施工会导致觅食地减少，其迁飞能力强，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补。本工程建设对其影响总体较小。 |

| 中文种名、拉丁文种名 | 居留型 | 区系 | 保护级别 | CITES 附录濒危等级 | 生境 | 分布区域 | | 对保护动物的影响 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | |
| 6. 普通鵟<br>*Buteo buteo* | 冬候鸟 | 古北种 | 国家II级、藏I级 | | 栖息于山地森林和林缘地带 | √ | √ | 属于资料记载。主要栖息于山顶林地或林缘，施工区及淹没区林地非常少，故生境破坏小；施工会导致觅食地减少，其迁飞能力强，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 7. 红隼<br>*Falco tinnunculus* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏I级 | | 栖息于山地森林、旷野、山区植物稀疏的混合林、河谷和农田地区。 | √ | √ | 常见于评价区。施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，其迁飞能力强，生境多样，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补，对其生殖也不会造成大的影响。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 8. 灰背隼<br>*Falco columbarius* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏II级 | 附录II | 栖息于林缘、林中空地、山岩和有稀疏树木的开阔地方。 | √ | √ | 属于资料记载，施工会导致觅食地减少，同时会占用部分生境，但一般生活在 700～1800m 区间，故生境破坏小，同时迁飞能力强，可以在评价区之外的相邻区域找到替代生境得以弥补。本工程建设对其影响总体较小。 |
| 9. 灰林鸮<br>*Strix aluco* | | | 国家II级、藏II级 | 附录II | 栖息于山地阔叶林和混交林中，尤其喜欢河岸和沟谷森林地带 | √ | √ | 文献记载。主要分布于森林，评价区林地主要分布于山顶，偶尔活动至淹没区上空，飞行高度较高，施工区和淹没区对该动物几乎没有影响。 |
| 10. 雉鹑<br>*Tetraophasis obscurus* | 留鸟 | 东洋种 | 国家I级、藏I级 | 附录II | 海拔 3000～4500m 之间的高山针叶林上缘和林线以上的杜鹃灌丛地带。 | | √ | 资料记载，其海拔分布较高，主要分布于评价区外缘植被较丰富的林地、林缘灌丛生境，施工和蓄水对其生存觅食等基本无影响。 |

| 中文种名、拉丁文种名 | 居留型 | 区系 | 保护级别 | CITES 附录濒危等级 | 生境 | 分布区域 | | 对保护动物的影响 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | |
| 11. 血雉 *Ithaginis cruentus* | 留鸟 | 广布种 | 国家II级、藏II级 | | 栖息于雪线附近的高山针叶林、混交林及杜鹃灌丛中 | | √ | 资料记载，主要分布于评价区外缘植被较丰富的林地、林缘灌丛生境，评价区林地主要分布于金沙江两岸 3000m 以上，施工和蓄水对其生存觅食等基本无影响。 |
| 12. 红腹角雉 *Tragopan temminckii* | 留鸟 | 古北种 | 国家II级、藏II级 | | 栖息于海拔山地森林、灌丛、竹林等不同植被类型中 | | √ | 资料记载，主要分布于评价区外缘植被较丰富的林地、林缘灌丛生境，评价区林地主要分布于金沙江两岸 3000m 以上，施工和蓄水对其生存觅食等基本无影响。 |
| 13. 藏马鸡 *Crossoptilon harmani* | 留鸟 | 古北种 | 国家II级、藏II级 | | 栖息于海拔 2500～5000m 之间的高山和压高山森林、灌丛和苔原草地。 | | √ | 资料记载，主要分布于评价区外缘植被较丰富的林地、林缘灌丛生境，评价区林地主要分布于金沙江两岸 3000m 以上，施工和蓄水对其生存觅食等基本无影响。 |
| 14. 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae* | 留鸟 | 东洋种 | 国家II级、藏II级 | 附录II | 栖息于海拔 2000～4000m 的山地，活动于多岩的荒芜山地、灌丛及矮竹间。 | | √ | 资料记载，主要分布于评价区金沙江两岸林地及林缘，施工和蓄水对其生存觅食等基本无影响。 |
| 15. 猕猴 *Macaca mulatta* | — | 广布种 | 国家II级、藏II级 | 附录II | 栖息在石山峭壁、溪旁沟谷和江河岸边的密林中或疏林岩山上，群居。 | | √ | 主要分布于库区两岸的嘎金雪山保护区等区域，在海拔 3500m 处林地调查到，施工区域较罕见，施工活动对其造成干扰较小。 |

| 中文种名、拉丁文种名 | 居留型 | 区系 | 保护级别 | CITES 附录濒危等级 | 生境 | 分布区域 | | 对保护动物的影响 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | |
| 16. 黑熊<br>*Ursus thibetanus* | — | 东洋种 | 国家II级、藏II级 | 附录I | 栖息于山地森林 | | √ | 经调查访问，文献记载，主要存在于云南德钦等地的森林，施工区罕见。 |
| 17. 小熊猫<br>*Ailurus fulgens* | — | 东洋种 | 国家II级、藏II级 | 附录I | 生活于海拔3000m 以下的针阔混交林或常绿阔叶林中有竹丛的地方 | | √ | 调查访问，文献记载，主要分布在嘎金雪山保护区、两岸林地等区域，施工区罕见，其行动敏捷，生存能力强，工程施工和蓄水不会对其种群数量产生大影响。 |
| 18. 青鼬<br>*Martes flavigula* | — | 东洋种 | 国家II级、藏II级 | 附录III | 活动于常绿阔叶叶林和针阔叶混交林区 | | √ | 调查访问，文献记载，主要分布在嘎金雪山保护区、两岸林地等区域，施工区罕见，其行动敏捷，生存能力强，工程施工和蓄水不会对其种群数量产生大影响。 |
| 19. 岩羊<br>*Pseudois nayaur* | — | 广布种 | 国家II级、藏II级 | 附录III | 海拔 2100～6300m 之间的高山裸岩地带 | √ | √ | 调查访问，文献记载。分布于金沙江两岸裸岩地带，施工水库淹没会造成其栖息地的部分丧失，岩羊会到金沙江边饮水，受施工影响，将转移至施工区上游、下游或支流地区饮水。 |
| 20. 斑羚<br>*Naemorhedus goral* | — | 广布种 | 国家Ⅱ级、藏II级 | 附录I | 栖息于远郊区县较高的山地森林 | | √ | 调查访问，文献记载。由于其栖息海拔较高，工程施工对其没有负面影响，斑羚会到金沙江边饮水，因水位抬高，将转移至施工区上游、下游或支流地区饮水。 |
| 21. 鬣羚<br>*Capricornis umatraensis* | — | 东洋种 | 国家Ⅱ级、藏II级 | | 栖息于海拔1000～4400m 针阔混交林、针叶林或多岩石的杂灌林 | | √ | 调查访问，文献记载。由于其栖息海拔较高，工程施工对其没有负面影响，鬣羚会到金沙江边饮水，因水位抬高，将转移至施工区上游、下游或支流地区饮水。 |

| 中文种名、拉丁文种名 | 居留型 | 区系 | 保护级别 | CITES 附录濒危等级 | 生境 | 分布区域 | | 对保护动物的影响 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 直接影响区 | 间接影响区 | |
| 22. 赤麻鸭 *Tadorna ferruginea* | 夏 | 广布种 | 藏II级 | | 栖息于开阔草原、湖泊、农田等环境中 | √ | √ | 赤麻鸭为夏候鸟游禽，水库蓄水后水位上升，水域面积增加，库区水流变缓，适宜生境面积增加对其夏季栖息繁殖或迁徙产生一定的有利影响。 |
| 23. 赤狐 *Vulpes vulpes* | — | 广布种 | 川、藏I级 | | 栖息环境非常多样，如森林、草原、荒漠、高山及村庄附近 | | √ | 工程施工会导致其迁移远离施工区和淹没区。 |
| 24. 黄鼬 *Mustela sibirica* | — | 广布种 | 藏I级 | 附录III | 见于林缘、河谷、灌丛和草丘中、也常出没在村庄附近 | | √ | |
| 25. 豹猫 *Prionailurus bengalensis* | — | 广布种 | 川、藏II级 | 附录I | 栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近。 | | √ | |
| 26. 毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus* | — | 东洋种 | 川、云II级、藏II级 | | 栖息于高山或丘陵地带的常绿阔叶林、针阔混交林、灌丛、采伐迹地和河谷灌丛 | | √ | |

**（2）对特有野生动物的影响**

1）对特有两栖类的影响

腹斑倭蛙为静水型两栖类，主要分布在金沙江河湾、支流汇合口等地，施工区域该类生境较少，对腹斑倭蛙基本不会产生影响。乡城齿蟾、圆疣蟾蜍、西藏蟾蜍和昭觉林蛙为陆栖型两栖类，主要分布于金沙江两侧较潮湿的河滩地活动；华西雨蛙为树栖型两栖类，在金沙江干流两侧的灌丛或乔木上。施工期对陆栖型、树栖型两栖动物的影响主要为工程施工占地和施工活动干扰影响，将造成其栖息地侵占或驱赶其远离栖息地，造成施工区陆栖型两栖动物物种分布数量减少。

水库蓄水将淹没一部分陆栖型、树栖型两栖动物生境。但对于静水型腹斑倭蛙，水库蓄水将形成大面积的水域，对其种群的发展带来有利影响，蓄水后其种群数量较施工期有一定程度上升。

2）对特有爬行类的影响

草绿攀蜥、丽纹攀蜥、康定滑蜥主要分布于金沙江两岸山地灌丛和灌草丛中活动，在评价范围内较常见。工程对其影响主要是工程占地和施工噪声。评价区灌丛和灌草丛面积较大，占评价区总面积的 88.04%，适宜生境较多，且施工完成后，将恢复部分临时占地植被，对其影响仅限于施工期间。棕网腹链蛇、高原蝮、乡城原矛头蝮主要分布于评价区内麦曲河、丹达曲等水域附近或两岸山谷溪流附近潮湿的林地，施工区域分布几率较少，工程对其影响有限。

3）对特有鸟类的影响

藏马鸡主要活动于评价区外缘植被较为丰富的林地或林缘灌丛生境，评价区较罕见，工程占地对其生境占用影响较小，且其警惕性较高，躲避速度快，能较大程度避开施工影响，不易受到施工作业的损伤。橙翅噪鹛主要分布于枢纽工程区植被相对较好的林地、灌丛生境，工程对其影响主要是工程占地、施工噪声及人为活动的影响。滇鸦主要活动于针叶林，评价区林地主要分布于海拔 2800m 以上，工程对其生境影响较小，仅施工噪声会惊扰其正常活动。鸟类对噪声比较敏感，施工噪声对栖息在施工区域及其邻近区域的鸟类产生一定的趋避作用。

4）对特有兽类的影响

红白鼯鼠为树栖型兽类，主要分布于两岸植被丰富的林地生境或在河谷两岸植被较好的灌丛、村落。工程施工时，部分此类生境被作为弃渣场，将破坏红白鼯鼠生境，使其外迁至其他适宜生境时将造成种内、种间竞争加剧。德钦绒鼠、川西鼠兔主要分

布于高山草地，工程施工区基本不占用该类生境，工程对其影响有限。

### 5.4.1.5 景观生态体系的影响评价

**（1）对生物量的影响**

旭龙水电站工程建设完成后，评价范围的生态类型面积和生物量发生变化，具体变化情况见表 5.4-3。

表 5.4-3　工程实施后评价范围土地面积及生物量损失一览表

| 类型 | 代表植物 | 占用面积（$hm^2$） | 平均生物量（$t/hm^2$） | 生物量损失（t） |
|---|---|---|---|---|
| 针叶林 | 高山松 | | 124.00 | 0.00 |
| 针叶林 | 川西云杉、鳞皮冷杉 | | 193.96 | 0.00 |
| 阔叶林 | 山杨、白桦 | | 87.36 | 0.00 |
| 灌丛 | 矮高山栎 | | 17.33 | 0.00 |
| 灌丛 | 小叶荆、灰岩木蓝、小鞍叶羊蹄甲等 | 907.97 | 5.54 | 5030.15 |
| 灌草丛 | 拟金茅、黄茅、垫状卷柏等 | 147.85 | 3.28 | 484.95 |
| 农作物 | 青稞 | 77.15 | 5.79 | 446.70 |
| 河流水域 | 淡水藻类 | 48.17 | 0.92 | 44.32 |
| 合计 | | 1459.27 | / | 6006.12 |

工程永久征地及淹没将完全损毁原有的植被类型，植被生物量将发生变化，生物量总损失为 0.60 万 t，占枢纽工程区总生物量 56.1 万 t 的 1.07%，淹没损失的生物量较少。通过遥感卫片和征地实物指标调查结果，灌丛损失生物量 5030.15t；灌草丛损失生物量 484.95t；农作物损失生物量 446.70t。随工程施工的结束，水库蓄水后，水域面积会增加，库区两侧出现局地小气候，区域空气湿度增加，有助于植物生长及生物量的增加。

**（2）对景观稳定性的影响**

景观稳定状况包括两个特征，即：恢复稳定性和阻抗稳定性。恢复稳定性与高亚稳定元素（如植被）的数量和生产能力较为密切，阻抗稳定性与景观异质性关系紧密。

1）对恢复稳定性的影响

恢复稳定性与高亚稳定元素（如植被）的数量和生产能力较为密切，生产力变化越小，其恢复稳定性越强。工程建成后，平均生产力有所下降，减少 0.07 t/（$hm^2$.a），由现状的 3.54 t/（$hm^2$.a）减少到 3.47 t/（hm2.a），见表 5.4-4。

工程实施后，因工程施工占地和水库淹没灌草地、耕地，导致评价范围生产力降低 2.0%，变化程度很小。因此，旭龙水电站工程实施后，评价区景观恢复稳定性有所下降。

表 5.4-4　工程实施后评价范围生产力变化情况表

| 生态类型变化 | | | 平均生产力[t/（$hm^2$.a）] |
|---|---|---|---|
| 类型 | 代表植物 | 面积（$hm^2$） | |
| 针叶林 | 高山松、川西云杉等 | 0 | 12.28 |
| 阔叶林 | 山杨、白桦 | 0 | 10.43 |
| 灌丛 | 矮高山栎 | 0 | 5.56 |
| | 小叶荆、灰岩木蓝、小鞍叶羊蹄甲等 | -907.97 | 2.77 |
| 灌草丛 | 拟金茅、黄茅、垫状卷柏等 | -147.85 | 1.67 |
| 农作物 | 青稞 | -77.15 | 5.90 |
| 河流水域 | 淡水藻类 | -48.17 | 0.40 |
| 合计 | | -1181.14 | |
| 现状生产力[t/（$hm^2$.a）] | | | 3.54 |
| 实施后生产力[t/（$hm^2$.a）] | | | 3.47 |
| 平均生产力减少[t/（$hm^2$.a）] | | | 0.07 |
| 评价标准[t/（$hm^2$.a）] | | | 6.03 |

2）对阻抗稳定性的影响

景观的阻抗稳定性是由系统中生物组分异质性的高低决定的。异质性是指一个区域里（景观或生态系统）对一个种或更高级的生物组织的存在起决定作用的资源（或某种性质）在空间或时间上的变异程度（或强度）。由于异质性的组分具有不同的生态位，给动物物种和植物物种的栖息、移动以及抵御内外干扰提供了复杂和微妙的相互利用关系。另一方面，异质化程度高的自然系统，当某一斑块形成干扰源时，相邻的异质性组分就成为了干扰的阻断，从而达到增强生态体系抗御内外干扰的作用，有利于景观稳定性的提高。

从景观均匀度指数来看，评价范围各景观类型均匀度指数不高，景观异质化程度较高。工程实施后，主体工程区建设用地斑块面积增加，库区水域的斑块面积增加，其它斑块类型均有所减少，增加的水域由自然的生态系统变为受人工调控的半自然生态系统。总体而言，工程建设后，评价范围内景观总斑块数量有所下降，景观异质化程度有所降低，对景观生态体系阻抗稳定性有一定影响，但影响程度不大。

3）对景观优势度的影响

评价范围各类景观斑块的优势度值预测情况见表 5.4-5。

表 5.4-5　工程实施前后评价范围主要斑块类型优势度值

| 斑块类型 | $R_d$（%） | | $R_f$（%） | | $L_p$（%） | | $D_o$（%） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 |
| 林地 | 10.75 | 13.46 | 8.93 | 10.02 | 4.18 | 4.18 | 7.01 | 7.96 |
| 灌草地 | 66.59 | 63.86 | 75.13 | 74.36 | 89.84 | 87.40 | 80.35 | 78.26 |
| 耕地 | 0.34 | 0.32 | 0.86 | 0.95 | 2.01 | 1.83 | 1.30 | 1.24 |
| 水域 | 1.42 | 1.71 | 1.45 | 2.95 | 1.43 | 4.72 | 1.43 | 3.53 |

| 斑块类型 | $R_d$（%） | | $R_f$（%） | | $L_p$（%） | | $D_o$（%） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 | 实施前 | 实施后 |
| 建设用地 | 5.24 | 6.80 | 3.82 | 4.57 | 0.33 | 0.88 | 2.43 | 3.28 |
| 其他用地 | 15.67 | 13.85 | 11.81 | 9.24 | 2.21 | 1.63 | 7.98 | 6.58 |

表 5.4-5 数据显示：工程建成后，土地利用格局发生了变化，其中水域斑块因水库淹没，其优势度值由蓄水前的 1.43%上升到 3.53%；灌草地受淹没影响，耕地优势度值从 80.35%降低到 78.26%；因大坝、厂房等建设，建设用地势度值从 2.43%升高到 3.28%；其他斑块变化幅度不大。作为模地的灌草地，优势度值仍然最高，占绝对优势，分布面积最大。由此可以判定工程建成后灌草地仍然是该地区的模地，对景观生态环境质量仍具有关键性的调控能力，表明景观生态体系的生产能力和受干扰以后的恢复能力与之前相差不大。因此，工程实施和运行不会改变区域的模地地位，对评价范围景观生态体系质量不利影响较小。

#### 5.4.1.6 对嘎金雪山州级自然保护区的影响

嘎金雪山州级自然保护区位于旭龙库区左岸，保护区边界距离工程（徐龙施工平台）最近距离约 1km，海拔高差约 770m，工程占地和水库淹没均不直接影响保护区。保护区类型为野生动植物—森林生态，主要保护对象为大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等珍稀动植物。

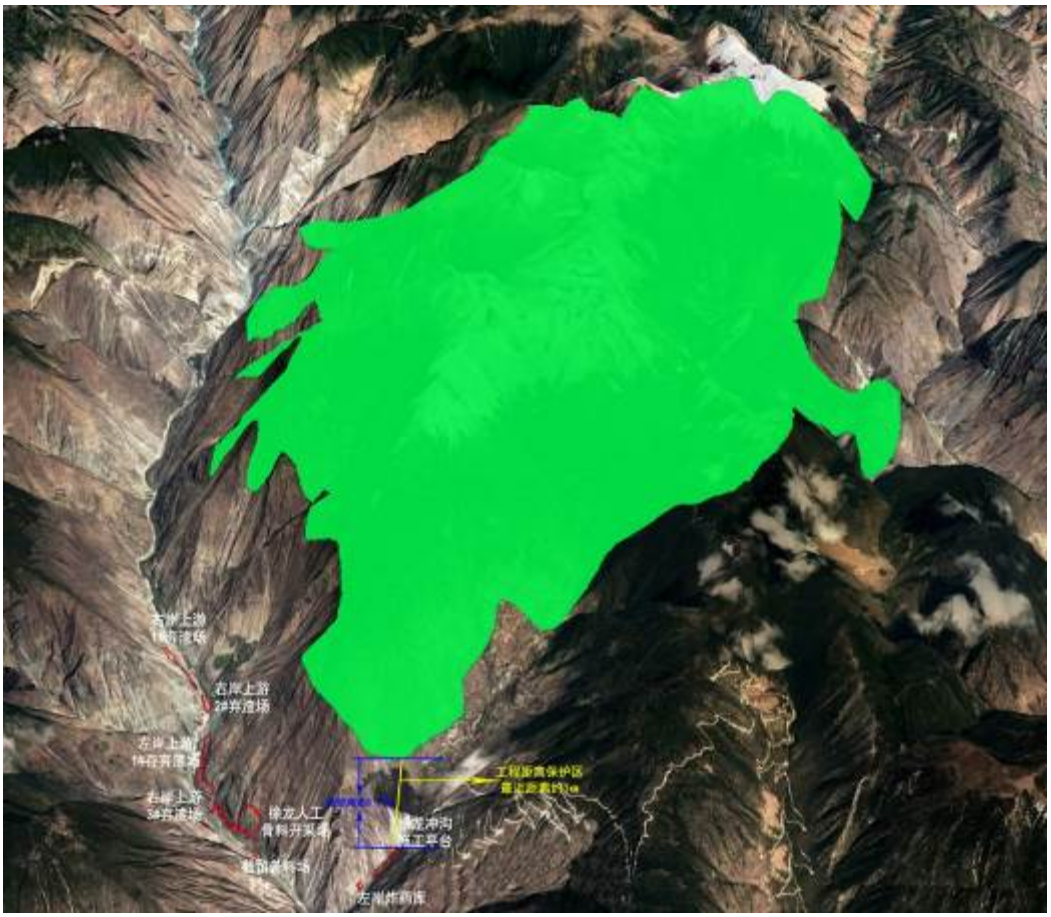



图 5.4-1 嘎金雪山州级自然保护区与旭龙水电站区位关系示意图

（1）局地气候变化对保护区内森林植被的影响

保护区内海拔在 3000m 以上，区内植被以高山松、川西云杉、鳞皮冷杉针、矮高山栎等针阔叶林为主。根据局地气候影响结论，水库蓄水后使库区两岸月平均气温呈下降趋势，温度变化绝对值均小于 0.2℃，库区及周边相对湿度会有所上升，夏季水库西岸降水量呈减少趋势，而东岸降水量则呈增加趋势，但上述变化的程度及范围都十分有限，在该地区正常的年际气候波动范围内，因此水库形成对沿岸的气候特征没有根本性的改变。但工程建成后库区空气湿度增加，气温降低，保护区高山松、川西云杉、鳞皮冷杉针、矮高山栎等森林植被盖度和覆盖率将呈增加趋势。

（2）水库蓄水对保护区内保护动物的影响

保护区主要保护对象为大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等珍稀动物。根据大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等栖息环境和习性，评价区内三种保护动物分布可能性很小。结合评价区分布的保护动物种类和分布情况，保护区内分布的主要保护动物有黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼、血雉、藏马鸡、猕猴、黑熊、小熊猫、岩羊、斑羚、鬣羚、赤麻

鸭、赤狐、豹猫等种类。

水库蓄水淹没，坝前水位将抬升一百多米，至正常蓄水位 2302m，而保护区主要分布在水电站坝址段 3000m 以上区域，水库淹没线距离保护区垂直海拔高差 700m，因此水库淹没对保护区内保护动物生境没有直接影响。保护区内保护动物主要在保护区内栖息活动。但当保护区内水源和食物不足时，猕猴、黑熊、小熊猫、岩羊、斑羚、鬣羚、赤狐、豹猫等兽类可能偶尔会沿着保护区一侧的冲沟到山下的金沙江江边饮水觅食，而保护区一侧的冲沟将在水库蓄水后部分被淹没。

## 5.4.2 水生生态

### 5.4.2.1 对饵料生物的影响

**（1）对浮游植物的影响**

旭龙水电站正常蓄水位为 2302m，库容系数 0.26%，为日调节电站。旭龙水电站建成后，库区由原来的急流生态环境变成河道型缓流水库生态环境，水深增加、水面扩大、透明度增大。淹没区植被、土壤内营养物质渗出，引起水中有机物质及矿物质增加，加上水体滞流时间延长和泥沙沉降，导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高，上述条件的改变直接影响浮游植物的生长与繁殖。

旭龙水电站为日调节运行，旭龙水电站建成后库区流速减缓，浮游植物种类和生物量会有所增加，硅藻门如针杆藻、桥弯藻等比例趋向增加；针杆藻、桥弯藻、舟形藻等成为常见种；蓝藻门种类亦会有所增加，如席藻、颤藻成为常见种或优势种。库湾及沿岸带水域增加的比例将大于库中水带。浮游植物种类尤其是大型浮游甲藻门等种类的增加，将引起浮游植物生物量明显变化。支流麦曲河和丹达曲回水区受水库水位的顶托，流速减缓，有利营养物质积累，浮游植物种类将有所增加，静水种类增加明显，浮游植物密度和生物量亦将有所上升。但由于评价区所在河段干支流处于高海拔、高寒的地理气候条件下，且外源性营养输入较少，浮游植物种类和现存量增长有限，且旭龙水电站调蓄能力不强，对河道水文情势影响不明显。因此，总体上看，旭龙库区及支流回水河段浮游植物种类、密度和生物量虽有增长，但增加幅度不会太大。

旭龙水电站坝下近坝河段为库区来水，其浮游植物种类组成、密度和生物量特征库区近似。但随着下游支流汇入，河道受水库建设影响逐渐削弱，浮游植物种类组成、密度和生物量将逐渐恢复至天然河段状态。

**（2）对着生藻类的影响**

旭龙水电站为日调节运行，建成后库区流速减缓，水面面积增大，在建设运行初期，库岸新被淹没，河道底质附着营养基质贫乏，着生藻种类和密度将显著减少。随着库区的长期运行，泥沙及营养盐逐渐沉积附着，且水域面积增加，着生藻适宜的生存空间增加，着生藻种类和密度将逐渐增加，甚至高于工程建设前。

旭龙水电站坝下近坝河段为库区来水，受坝下泄水的冲刷，近坝河段着生藻密度将减少，但随着下游支流汇入，河道受水库建设影响逐渐削弱，着生藻种类、密度将逐渐恢复至天然河段状态。

**（3）对浮游动物的影响**

旭龙水电站正常蓄水位为 2302m，正常蓄水位对应回水长 62.36km，水库面积 16.51km$^2$。电站建成后，库区由原来的急流生态环境变成河道型缓流水库生态环境，水深增加、水面扩大、透明度增大。淹没区植被、土壤内营养物质渗出，引起水中有机物质及矿物质增加，加上水体滞流时间延长和泥沙沉降，导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高，上述条件的改变不仅直接影响浮游动物的生长与繁殖，而且通过浮游植物间接影响浮游动物。

旭龙水电站为日调节运行，建成后库区流速减缓，浮游动物种类和生物量会有所增加，纤毛虫如绿急游虫、大弹跳虫等比例趋向增加；龟甲轮虫、多肢轮虫、疣毛轮虫等静水敞水种类将出现且成为常见种；枝角类种类增加，如象鼻溞、短尾秀体溞成为常见种。库湾及沿岸带水域增加的比例将大于库中水带。浮游动物种类尤其是大型浮游甲壳类的增加，将引起浮游动物生物量明显增大。支流丹达曲和麦曲河回水区受水库水位的顶托，流速减缓，有利营养物质积累，浮游动物种类增加，静水种类尤其明显，浮游动物密度和生物量将上升。但库区及支流回水区地处高海拔地区，且运行后库区水质变化不大，浮游动物种类、现存量增加幅度不会太大。

受水电站调度水位频繁涨落的影响，坝下浮游动物群落结构与坝前相似，现存量少于坝前。旭龙水电站坝下支流定曲，受水电站建设影响较小，维持原河流群落结构特征。

**（4）对底栖动物的影响**

影响底栖动物的主要因子有流速、水位、水质等，其中流速、水质对底栖动物种类结构的影响最为明显。

旭龙梯级蓄水后，库区河段过水面积较天然状况明显增大，水体流速明显减缓，

库区河段水域环境从急流河道型转为缓流型，污染负荷较蓄水前将有所降低。由于旭龙库区对苏洼龙梯级下泄尾水有一定的坦化作用，库区河段流速、水位日变幅较梯级运行前有所减小，底栖动物生存环境趋于稳定。

旭龙库区河段现存底栖动物以蜉蝣目、摇蚊科生物为主，种类分布少、现存量低。旭龙梯级运行后，6~10 月间部分区域水体流速有所减缓，深水区域增加，预计库区河段现有底栖动物种类将基本保持，摇蚊科生物数量在深水区同比有一定幅度增加。11 月~次年 5 月期间，因水库水位尽可能维持在较高水位运行，库区大部分水域水体相对静止或有一定微流，预计坝前、库中水域水丝蚓、摇蚊科生物等耐氧型种类将成为优势种，钩虾及蜻蜓幼虫等种类在浅水区将有一定数量的分布，现有蜉蝣目等种类在库区大部分区域消失，分布范围将退缩至库尾上游近 20km 的流水河段。整体看，旭龙水电站蓄水后，库区河段底栖动物生存环境较蓄水前更趋稳定，底栖动物种类、密度、生物量较前均有所增加，其中摇蚊科生物密度、生物量增加尤为明显。

旭龙水电站非汛期 11 月~次年 5 月运行期间，水库水体透明度较高，清水下泄有可能造成下游河道河床下切、归滩并槽，加之电站调峰运行易造成下游河道水位日内涨落变动，对底栖动物生存繁衍不利。预计电站运行后，非汛期坝下近坝河段底栖动物生物总量将有所下降。电站汛期 6~10 月运行期间，坝下河道水文情势与建坝前同期天然河道基本一致，底栖动物所受影响相对较小。考虑到下游梯级的坦化作用，旭龙梯级发电尾水对下游底栖动物影响程度、范围较为有限，奔子栏水文站以下河段受旭龙梯级运行影响小。

旭龙梯级坝上主要支流有丹达曲、麦曲河。丹达曲现存底栖动物 17 种，以蜉蝣目、石蝇科、摇蚊科生物为主，其中下游河段主要种类为蜉蝣目、摇蚊科生物，旭龙梯级蓄水后，因水库回水上溯原因，丹达曲下游约 2.6km 河段将成为水库库湾。预计该库湾水域底栖动物将以水丝蚓、摇蚊科生物为主，现蜉蝣目等种类在此水域基本消失，底栖动物种类分布较前总体下降，但密度、生物量有大幅上升可能；旭龙梯级回水末端尖灭点在麦曲河口，蓄水对麦曲水文情势影响范围仅限于河口 100 余米河段，麦曲河流域现有底栖动物种类、数量受蓄水影响程度极为有限；坝下主要支流定曲、冈曲水文情势基本不受旭龙梯级运行影响，梯级运行后现有底栖动物种类结构将得到维持。

### 5.4.2.2 对鱼类的影响

**（1）施工期对鱼类的影响**

旭龙水电站枢纽工程施工在坝址河段进行，施工期时间长，规模大，施工人员较多，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；基坑排水会造成坝址局部河段水体混浊，透明度下降，水质下降，对鱼类，特别是仔幼鱼的栖息不利；大江截流后，由导流洞泄水，水位抬高，落差和流速增大，阻碍下游鱼类上溯；施工围堰排水施工将使围堰江段鱼类死亡或起捕；如果蓄水处于鱼类繁殖期，会影响下游江段鱼类繁殖。因此，须加强施工期管理和救护，可有效缓解施工期对鱼类资源的不利影响。

**（2）运行期对鱼类的影响**

1）对鱼类的阻隔影响

电站的建设将使河流的连续性受到影响，对鱼类的上溯交流有很强的阻隔效应。调查水域分布的鱼类主要为产粘沉性卵鱼类，无长距离洄游性鱼类，阻隔于旭龙坝上的鱼类，由于库区流水生境大幅度萎缩，库区将以缓流、静水开阔水域生境为主，仅在库尾局部江段及麦曲河、丹达曲等支流保留了一定的流水生境，对流水生境依赖程度高的爬鳅类和部分裂腹鱼类等，种群数量会大幅度下降，仅在库尾流水江段及支流维持少量种群；而对部分高原鳅、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等虽然也需要流水生境产卵、适应缓流净水生境的鱼类，库尾江段及支流提供了产卵繁殖条件，可能在库区形成优势种群。对于阻隔于坝下的鱼类而言，坝下游仍保留较长的流水江段，虽然电站运行带来的水文情势改变和低温水下泄对坝下江段鱼类繁殖有不利影响，对流水江段鱼类繁衍栖息生态功能有所削弱，但仍能维持流水河流生态功能，具有分布该河段鱼类完成生活史的基本条件，能够维持相应鱼类种群。

已有研究表明，由于水坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各个种群将受到不同程度的影响。由于大坝的阻隔影响，评价区鱼类被分隔成坝上、坝下两个种群，种群数量较大的鱼类如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等，群体间将出现遗传分化；种群数量较少的物种如黄石爬鳅等将退出或失去此一分布区域，或丧失部分遗传多样性，危及物种长期生存。

2）水文情势变化对鱼类的影响

①库区河段

旭龙水电站建成运营后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，河流的水动力学过程发生了较大的变化，水库库尾区域接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域水深、面阔，水流缓甚至是静水，呈现湖泊水动力学特征，为水库湖泊段，水库中间水域间于河流段和湖泊段，属于过渡段。

库区江段水文情势由“河流相”向“湖泊相”转化，相应的库区江段鱼类种类组成也将由“河流相”逐步演变成为“湖泊相”。对库区江段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘底质环境中生活繁衍的鱼类如裂腹鱼急流种、黄石爬鮡、部分高原鳅的种类，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但由于繁殖区域逐渐压缩至干流库尾上游流水江段及支流麦曲河、丹达曲的未淹没区，繁殖规模将会下降，将导致库区江段的资源量减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分可能适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为库区的优势物种。库区水体容积及水域面积增大，水生生物及鱼类栖息、活动空间增大，长期而言，鱼类总资源量和渔获量可能会升高。类比二滩水库鱼类调查结果表明，建库后原有流水性鱼类多遗存于库尾段，因此，可以认为旭龙水库库尾河段及支流将成为流水性鱼类仅存的流水生境。

旭龙建库后，库区 8 个典型断面水位较建库前均有所增加。以平水典型日为例，旭龙水电站建库前，库区各断面水位为 2237.6m ~ 2299.3m；旭龙水电站建库后，库区各断面水位为 2301.0m~2302.0m。旭龙水电站建成运行前，受上游苏洼龙电站运行影响，库区河段水位日变幅在 3.4m~6.6m 之间；电站建成运行后，库区河段水位日变幅为 0.7~1.0m。电站建成运行前，库区河段水位最大小时变幅为 3.0m~5.0m，电站建成运行后，最大小时变幅为 0.4m～0.84m。因此，旭龙水电站运行后，库区河段水位变幅明显减小，对库区产粘沉性卵鱼类繁殖相对有利，库区流水性鱼类繁殖将主要集中在库尾流水河段及麦曲河、丹达曲等支流。

②坝下河段

按照工程日调节计算成果，枯水典型日，经旭龙水电站调蓄后，电站坝下游流量日内过程相对建库前有所坦化。枯水时段，旭龙、苏洼龙电站承担晚高峰调峰任务，主要承担腰荷。0 点至 18 点，建库后下泄流量均大于建库前，下泄流量由 217$m^3$/s 增加到 410$m^3$/s，增幅为 5.99%~88.94%。调峰时段（18 点至 21 点），电站下泄流量由建库前的 1248 $m^3$/s 减少到 460 $m^3$/s，相对建库前减少 63.14%。旭龙水电站建成运

行后，坝下游流量变幅由建库前的 1031$m^3$/s 减小至建库后的 230$m^3$/s。

对于产粘沉性卵鱼类而言，电站调峰运行的水位频繁波动对鱼类繁殖孵化均有较为明显的不利影响，有可能导致鱼类胚胎、仔稚鱼搁浅干枯死亡。评价江段鱼类主要产粘沉性卵，旭龙水电站建成运行前，坝下流水江段水位变化受上游苏洼龙电站调蓄影响，水位变幅较大。旭龙水电站建库后，对苏洼龙水电站下泄过程起到一定程度的坦化作用，因此下游水位变幅相对建库前均有所减小。经计算，坝下游日均水位建库前后差别不大，建库后日均水位相对建库前变化 0.5m 以内。平水典型日，坝址断面日变幅由建库前的 3.11m 减小至建库后的 1.03m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 2.22m 降低至 0.71m，沿江水位日变幅均在 1.82m 以内。枯水典型日，坝址断面日变幅由建库前的 2.34m 减小至建库后的 0.66m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 1.75m 降低至 0.43m，沿江水位日变幅均在 1.55m 以内。因此，旭龙水电站运行的坦化作用，有利于对坝下流水江段作为产粘沉性卵鱼类繁殖功能的改善。

3）饵料生物基础变化对鱼类的影响

水库形成后，库区水深增加，水面变宽，流速减缓，营养物质滞留，透明度有所升高，水体生物生产力提高，有利于浮游生物的繁衍，浮游生物种类和现存量均会有所增加，有利于仔幼鱼育幼和缓流或静水性鱼类的生长，库区鱼类资源和渔产量将提高。水库形成后，透明度增加，水体营养负荷提高，有利于周丛生物的繁衍，为刮食性鱼类提供了丰富的饵料资源。底栖生物中原有流水性种类减少，静水或微流水的水蚯蚓、摇蚊幼虫种类和数量将会增加，静水、沙生的软体动物也可能会出现，对静水、缓流的底层鱼类生长有利，但流水性鱼类饵料资源会明显下降。随着库区饵料基础的变化，鱼类资源会发生相应的变化，库区鱼类组成将由原来的流水性鱼类为主向静缓流水鱼类转化，流水性鱼类生存空间将压缩至库尾以上流水河段和支流麦曲河、丹达曲等，种群数量会相应减少。

4）水温变化对鱼类的影响

旭龙水电站为日调节电站，通过采取抬高取水口高程和增设前置挡墙后，水温预测成果表明，旭龙与上游梯级联合运行情况下，电站泄水 3～8 月份较坝址天然水温偏低，5 月份偏低幅度最大，水温降低 3.2℃，其中旭龙水电站贡献 0.4℃。

旭龙评价区河段鱼类产卵季节多在 3~7 月。据相关文献报道，裂腹鱼类在天然河段的繁殖水温约 11~15℃，其中短须裂腹鱼在水温 11℃以上开始繁殖，四川裂腹鱼则在 13℃以上，而长丝裂腹鱼要到 15℃以上才开始。评价河段分布的黄石爬鮡繁殖期

主要在 6~7 月，其繁殖也需要 15℃左右的水温。中华金沙鳅繁殖水温相对较高，需要达到 17.8℃才能开始产卵繁殖，根据金沙江上游各站点逐月水温观测成果，奔子栏以下河段可能有局部时段满足中华金沙鳅繁殖水温需求。旭龙水电站 3~8 月下泄水温偏低，达到鱼类产卵繁殖水温的时间推迟，从而导致鱼类繁殖期推迟。从下泄水温预测分析判断，受上游梯级联合调度影响，梯级调度运行下泄低温水影响坝下江段鱼类繁殖可能推迟 1 个月左右，并导致当年鱼类生长期缩短。

5）气体过饱和对鱼类的影响

① TDG 过饱和风险的发生概率

过饱和 TDG 对鱼类的影响伴随电站泄洪发生，因此鱼类受过饱和 TDG 影响的发生风险与电站泄洪概率密切相关。根据旭龙坝下总溶解气体饱和度预测结果可以看出，各泄洪条件下，坝下均出现总溶解气体过饱和现象，且泄洪流量不同，坝下 TDG 过饱和程度和影响范围也各不相同。但从水库泄洪条件分析，旭龙水电站是以发电为主的大型水利水电工程，调节库容 1.26 亿 $m^3$，同时为保证发电、防洪等综合效益的发挥，金沙江干流上游各电站建成后将实行梯级联合调度，因此旭龙水电站每年泄洪几率将极小，且每次泄洪持续时间也会相当短。由此分析，电站泄洪产生的过饱和影响发生频率极小，且仅局限在汛期极短的泄洪时段内。

②TDG 过饱和对鱼类的影响

在我国目前的地表水环境质量标准中，尚未对水体总溶解气体饱和度进行限定。参照美国国家及其一些州的标准，暂按 110%的 TDG 饱和度作为评价过饱和 TDG 影响限值的指标判断，至旭龙坝址下游奔子栏水文站处，TDG 饱和度值均超过 110%，理论上坝下河段至奔子栏水文站处气体过饱和所带来影响存在。考虑到奔子栏水文站上游 20km 处有支流定曲汇入，对金沙江干流 TDG 饱和度稀释作用较为明显，气体过饱和所带来的影响可以进一步减轻或消除。

自然条件下，鱼类能够通过探知气体过饱和来选择适宜的深度生存，从而减少气泡病的发生。旭龙坝址下游河段主要分布有长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、安氏高原鳅、勃氏高原鳅、黄石爬鮡等鱼类，均对河流底层的栖息环境较为适应，旭龙水电站建成后，坝址下游仍为天然河道，在水流、水深、营养物质等条件满足的情况下，鱼类可以到补偿深度以下栖息并回避过饱和 TDG 的影响。根据旭龙水电站两种泄洪工况下 TDG 饱和度预测结果推算，鱼类补偿深度要求在 5m 以内。结合坝下游河道水文资料分析，各泄水流量下的下游河道平均水深均能满足鱼

类补偿深度要求。因此，旭龙水电站下游河道可以为鱼类提供在补偿深度以下的生存空间，只要鱼类在这一区域内生活，即可以避开 TDG 过饱和的影响。

③金沙江上游鱼类对 TDG 过饱和气体的耐受性

国外关于鱼类对溶解气体过饱和环境的耐受性研究表明，长期在 TDG 过饱和环境中生存或间歇性的暴露于过饱和环境中的鱼类都有可能患气泡病或死亡。鱼类气泡病发病率与其在溶解气体过饱和水体中的滞留时间有关。不同鱼类甚至同一种鱼类在不同生活阶段对过饱和气体的耐受性并不相同。

由于我国关于总溶解气体过饱和及其对水生生物影响的研究刚刚起步，研究基础少，在我国目前的地面水环境标准中，尚未对水体总溶解气体饱和度上限进行明确规定。同时，缺乏金沙江旭龙下游河段鱼类对过饱和总溶解气体耐受性的相关研究资料，限制了旭龙水电站下游 TDG 过饱和对鱼类影响分析工作的开展。因此，未来大坝下泄水引起气体过饱和对土著鱼类的影响尚需进一步研究。

6）对鱼类重要生境的影响

梯级开发形成水库后，水深增加，流速变缓，原库区流水江段分布的鱼类产卵场与索饵场将会被淹没。根据《金沙江上游水电规划环境影响报告书》，旭龙梯级开发不涉及金沙江上游 5 个主要的鱼类产卵场与索饵育幼场集中分的江段，因此，旭龙水电站不会对流域层面鱼类重要生境造成影响。

①对苏洼龙至王大龙峡谷河口长约 7km 宽谷河段的影响

电站运行后，库区原河道中零散分布的适合裂腹鱼类产卵育肥的心滩、卵石滩、将被彻底淹没消失，旭龙库尾流水性鱼类繁殖空间将明显萎缩。王大龙峡谷河口距旭龙坝址约 75km，旭龙水库回水长度约 63km，中间是长约 12km 的王大龙峡谷河段，旭龙水电站运行对王大龙峡谷以上宽谷河段基本无影响。但该宽谷河段距上游苏洼龙水电站坝址约 3km，受苏洼龙水电站日调峰运行的影响，该流水河段水位日变幅较大，水位的频繁涨落易导致产粘沉性卵鱼类受精卵、仔稚鱼的搁浅死亡，同时受梯级电站累积影响，产卵时段河段水温降低，该 7km 宽谷河段的功能发挥会受到严重削弱，旭龙库区土著鱼类繁殖将有可能主要依赖麦曲河、丹达曲等支流水域。不过裂腹鱼、高原鳅等鱼类对产卵条件要求并不严格，麦曲河、丹达曲等支流流水生境都可以满足上述鱼类繁殖需要，如果对库区这些支流加以保护，麦曲河、丹达曲等支流可以为产粘沉性卵鱼类提供一定的产卵繁殖条件，维持一定规模的土著鱼类种群。

②对奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段的影响

奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段河流较宽，既有水流较为湍急的狭窄岩基河道，水流平浅湍急的卵石长滩；也有水流平缓的细沙河湾、曲流；还有水深流急的单一河槽及水流平缓的深潭，两岸及河道间遍布深浅不一砾石滩。在鱼类产卵季节不同水位梯度都能形成适宜裂腹鱼类产卵环境，为调查江段裂腹鱼类较为密集的产卵水域之一。该河段上距旭龙坝址 66.7km，旭龙水电站建成前，受上游梯级调度累积影响，该河段的水文情势发生变化，旭龙水电站建成后续后，对河段水位变化将起到一定的缓解作用。

a）水位变化影响

旭龙水电站建库后，对苏洼龙水电站下泄过程起到一定程度的坦化作用，因此下游水位变幅相对建库前均有所减小。经计算，平水典型日，下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 2.22m 降低至 0.71m；枯水典型日，坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 1.75m 降低至 0.43m，河段依然为急流河段。裂腹鱼类多为产粘沉性卵，产卵场日水位的频繁涨落，易导致产粘沉性卵鱼类产卵场受精卵、仔稚鱼的搁浅死亡，对鱼类繁殖不利。旭龙水电站运行后，对上游电站下泄过程起到一定程度的坦化作用，水位变幅相对建库前均有所减小。因此，仅从水位变化分析，旭龙水电站运行，河段依然为急流河段，但水位日变幅有较大降低，可以适当减轻对裂腹鱼类产卵的不利影响。

b）低温水影响

旭龙水电站为日调节电站，根据水温预测成果，无论丰水年、枯水年、平水年旭龙库区水温均呈混合型结构，电站下泄水 3-8 月份较坝址天然水温偏低，其中 5 月份偏低幅度最大，9 月至来年 2 月份较天然水温偏高，其中 12 月份偏高幅度最大。旭龙评价区河段鱼类产卵季节多在 3~7 月。电站 3~8 月下泄水温偏低，达到鱼类产卵繁殖水温时间推迟，从下泄水温预测分析判断，受上游梯级联合调度影响，下泄低温水影响坝下江段鱼类繁殖可能推迟 1 个月左右，并造成当年鱼类生长期缩短。

c）气体过饱和影响

根据气体过饱和预测结果，4 种不同工况条件下，叶巴滩等 4 个梯级泄洪生成的 TDG 过饱和水流至旭龙水电站坝前，TDG 饱和度分别为 113.1%、113.1%、116.1%和 116.6%。旭龙水电站泄洪水流与发电尾水混合后出库水流的 TDG 饱和度分别为 128.2%、126.8%、133.1%和 134.2%；至旭龙坝址下游 66.7km 奔子栏水文站处，

TDG 饱和度分别下降至 120.7%、119.7%、124.5%和 125.3%，与旭龙水电站坝前相比，4 种工况条件下奔子栏的 TDG 饱和度分别增加了 7.6%、6.6%、8.4%和 8.7%。按 110%的 TDG 饱和度作为评价过饱和 TDG 影响限值的指标判断，TDG 饱和度值均超过 110%，该河段气体过饱和所带来的不利影响是有可能存在的。

水体气体过饱和会导致鱼类形成血栓，特别是仔幼鱼，主动回避能力弱，死亡率会大幅升高。该河段鱼类产卵期集中在 3～7 月，泄洪时间主要集中在 7～9 月，泄洪期间可能对幼鱼生长产生一定不利影响。旭龙水电站每年泄洪几率将极小，且每次泄洪持续时间也会相当短。由此分析，电站泄洪产生的过饱和影响发生频率极小，且仅局限在汛期极短的泄洪时段内。

③对其宗至虎跳峡江段的影响

其宗至虎跳峡江段，河谷开阔，河道分汊，心滩、边滩众多，也分布较多的产卵场，特别是硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼等多在水流较为平缓、沙砾较细小水域的产卵的鱼类，为裂腹鱼类较为密集的产卵水域之一。其宗与旭龙坝址相距约 160km，与奔子栏河段相比，旭龙水电站运行对该宽谷河段的水文情势影响大为减弱。从奔子栏至其宗江段，期间又有冈曲、腊普河等多条较大支流汇入，所以气体过饱和现象将基本不存在。该河段河谷开阔，河水面宽度一般在 500～800m 之间，石鼓一带最宽处可达 2000m 左右，电站运行对于该河段的水位变化也大为减弱。对于该河段密集产卵水域影响主要是电站低温水下泄的影响，尤其是上游梯级开发后低温水的累积效应。由于低温水效应，裂腹鱼类生长期缩短，繁殖期推迟。另外，该河段塔城镇其宗村中华金沙鳅产卵场是已知海拔最高、位于金沙江最上游的产卵场，根据曹文宣等研究，中华金沙鳅在金沙江干流产卵期间水温范围为 17.8～23.2℃，金沙江上游梯级开发后，低温累积效应对中华金沙鳅产卵场的影响还需要进行研究。

7）对珍稀特有鱼类的影响

电站运行后，由于水文情势和饵料基础等的变化，库区的鱼类组成将由流水性鱼类为主，逐渐转变成缓流水和静水鱼类为主。库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼类、黄石爬鮡等，尤其是黄石爬鮡对流水环境依赖程度高，有可能退缩至干流库尾上游或进入麦曲河、丹达曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等需要在流水环境产卵，适应于缓流或静水环境生活的鱼类，水库形成后存在其繁殖条件，种类数量将上升，并可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群有可能获得发展。中华金沙鳅为典型的

产漂流性卵鱼类，金沙江上游梯级开发后，低温累积效应对中华金沙鳅产卵场的影响还需要进行研究。鲈鲤在调查江段为偶见种，仅在石鼓调查到一尾，在奔子栏以上江段没有记录分布，影响较小。

### 5.4.3 小结

（1）陆生生态

1）对生态系统结构的影响

评价区生态系统服务功能主要为生物多样性保护、水源涵养和水土保持。通过工程结束后的植被恢复措施，工程实施不会对评价区生物多样性产生明显影响；临时占地区植被的恢复对水源涵养功能有一定的改善作用；施工迹地均采取了水土流失防治措施，减缓本工程的水土流失影响，有利于维持区域水土保持功能。

2）对陆生植物的影响

主体工程区为永久占地，主要植被类型为西南仙人掌灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等均是干热河谷的典型植被，在金沙江两岸都有广泛的分布，枢纽工程施工不会导致植物种类减少。

临时占地区植被主要有小叶荆+白刺花灌丛、小叶荆灌丛和小鞍叶羊蹄甲灌丛、灰岩木蓝+胶粘香茶菜灌丛、垫状卷柏灌草丛、清香木灌丛、木犀榄苗木，以及核桃、李、青稞和蔬菜（大棚）等人工植被，占地减少植物面积，降低植物生物量。临时占地在施工结束后可通过植被恢复，减小占地区植被影响。

运行期间，水库淹没不会造成物种和种群的消失，对植物多样性影响较小。水库蓄水后，库区出现局地小气候，有利于库区两岸植被生长。

3）对陆生动物的影响

工程施工期对陆生动物的影响主要有施工占用动物部分栖息地、施工噪声和震动对动物的驱赶等。陆生动物因受生境侵占及噪声、震动、人为活动等因素的干扰向其他适宜生境扩散，导致评价区分布格局有所变化，施工区陆生动物种类和数量下降，非施工区种内、种间竞争加剧，但不会影响评价区陆生动物种群规模和种群生存。

工程运行期对陆生动物的影响主要为水库淹没影响。水库蓄水后，导致陆生动物栖息环境丧失，驱离其向高海拔扩散，从而造成种内、种间竞争加剧。水库蓄水对静水型两栖动物（胫腺侧褶蛙和腹斑倭蛙）、鸭类的栖息或迁徙带来有利影响，蓄水后其种群数量出现一定的上升。

4）对重点保护野生动植物的影响

电站建设对国家Ⅱ级重点保护野生植物金荞麦个体造成不利影响，但基本不会对金荞麦种群规模造成影响。

评价范围的 26 种重点保护野生动物中，金雕、胡兀鹫、高山兀鹫等 9 种国家重点保护鸟类属于猛禽，主要受噪声以及夜间灯光影响，但影响有限；红腹角雉、白腹锦鸡等 6 种重点保护鸟类为陆禽，主要活动海拔范围为 3000m 以上区域的灌草丛或针叶林，受施工活动和施工噪声影响较小；水库蓄水后水位上升对赤麻鸭夏季栖息繁殖或迁徙产生一定的有利影响；水库蓄水导致岩羊、鬣羚、斑羚饮水线路变化，对猕猴、黑熊、小熊猫、青鼬、黄鼬赤狐、豹猫、毛冠鹿等兽类影响较小。

评价范围分布的 22 种中国特有种中，错枝榄仁属于狭域分布物种，冬麻豆属于濒危种，折叶白前属大理白前新变种。施工占地和水库淹没造成 3 种特有种植物个体数量和面积有所减少，但不会影响物种多样性和改变物种分布范围。

评价范围分布的 18 种中国特有野生动物，受工程占地和水库淹没影响，导致评价区分布格局改变，直接影响区个体数量减少，间接影响区数量增加，种内和种间竞争加剧。水库蓄水对静水型腹斑倭蛙种群发展带来有利影响，其种群数量较施工期有一定程度上升。

5）对景观生态体系的影响与评价

工程永久征地及淹没导致植被生物量总损失为 0.60 万 t，占枢纽工程区总生物量的 1.07%。水库蓄水，区域空气湿度增加，有助于植物生长及生物量的增加。

工程建成后，评价范围生产力降低 2.0%，景观恢复稳定性有所下降；评价范围景观总斑块数量有所下降，景观异质化程度有所降低，对景观生态体系阻抗稳定性有一定影响，但影响程度不大。

工程实施和运行不会改变区域的模地地位，对评价范围景观生态体系质量影响不大。

6）对嘎金雪山州级自然保护区的影响

工程建成后，库区空气湿度增加，气温降低，保护区高山松、川西云杉、鳞皮冷杉针、矮高山栎等森林植被盖度和覆盖率将呈增加趋势；水库蓄水后坝前水位抬升一百多米，将造成坝前区域保护区一侧的冲沟被水淹没，对保护区内猕猴、黑熊、小熊猫、岩羊、斑羚、鬣羚、赤狐、豹猫等兽类的饮水觅食造成一定影响。

（2）水生生态

1）对浮游植物的影响

旭龙水电站建成后，库区浮游植物种类和生物量，特别是硅藻门、蓝藻门以及大型浮游甲藻门种类会有所增加。库支流麦曲河和丹达曲回水区受水库水位的顶托，浮游植物密度和生物量亦将有所上升。由于项目区地处高海拔地区，增加幅度不会太大。坝下近坝河段随着下游支流汇入，浮游植物将逐渐恢复至天然河段状态。

2）对着生藻类的影响

旭龙水电站建设运行初期，着生藻种类和密度将显著减少。运行时间越长，泥沙，着生藻适宜的生存空间增加，着生藻种类和密度将逐渐增加。受坝下泄水的冲刷，近坝河段着生藻密度将减少。

3）对浮游动物的影响

旭龙水电站建成后，浮游动物种类和生物量会有所增加，支流丹达曲和麦曲河回水区受水库水位的顶托，浮游动物尤其是静水种类明显增加，但增加幅度不会太大。受电站调度水位频繁涨落的影响，浮游动物群落结构与坝前相似，现存量少于坝前。

4）对底栖动物的影响

旭龙水电站蓄水后，库区河段底栖动物生存环境较蓄水前更趋稳定，库区河段底栖动物种类、密度、生物量较前均有所增加，其中环节动物、摇蚊科生物密度、生物量增加尤为明显，电站运行后，非汛期坝下近坝段底栖动物生物总量有所下降，汛期底栖动物所受影响相对较小。支流丹达曲下游部分河段受回水影响，底栖动物种类较前总体下降，但密度、生物量有大幅度上升可能；麦曲河现有底栖动物种类、数量将基本维持现状；坝下主要支流定曲、冈曲水文情势基本不受旭龙梯级运行影响，现有底栖动物种类结构将得到维持。

5）对鱼类的影响

主体工程施工对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响。

旭龙水电站的建设对鱼类的上溯交流产生阻隔效应，调查江段无长距离洄游鱼类，对坝上、坝下鱼类的基因交流产生不同程度影响，种群数量较大的鱼类群体间将出现遗传分化，种群数量较少的物种将退出分布区域或丧失部分遗传多样性。

水库形成后，裂腹鱼亚科急流种、黄石爬鮡、部分高原鳅属的种类，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但繁殖规模将会下降，最终将导致库区江段的资源量减少；软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为库区的优势物种。运行期旭龙库区及坝下江段水位变幅相对建库前均有所减小，对产粘沉性卵鱼类繁殖相对有利。

水库形成后，库区鱼类资源和渔产量将提高。底栖生物中原有流水性种类减少，静水或微流水的种类和数量将会增加，静水、沙生的软体动物也可能会出现。库区鱼类组成将由原来的流水性鱼类为主向静缓流水鱼类转化，流水性鱼类生存空间将压缩至库尾以上流水河段和支流麦曲河、丹达曲等，种群数量会相应减少。

运行期，受上游梯级水库运行叠加累积影响，旭龙水电站 3~8 月下泄水温偏低，达到鱼类产卵繁殖水温的时间推迟，从而导致鱼类繁殖期推迟。实施低温水减缓措施后，受下泄低温水影响坝下江段鱼类繁殖可能推迟 1 个月左右，并导致当年鱼类生长期缩短。

旭龙水电站各泄洪条件下，坝下江段平均水深均能满足补偿深度要求，下泄水 TDG 过饱和对鱼类的影响较为有限。

旭龙梯级开发不涉及金沙江上游 5 个主要鱼类产卵场集中分江段，因此旭龙水电站不会对流域层面鱼类重要生境造成影响。苏洼龙至王大龙峡谷河口长约 7km 宽谷河段主要受上游苏洼龙水电站日调峰运行影响，该重要生境的功能发挥会受到严重削弱，库区土著鱼类繁殖将主要依赖麦曲河、丹达曲等支流水域。奔子栏至冈曲汇口宽谷河段，旭龙水电站调蓄缓解了下游水位变幅，可适当减轻对裂腹鱼类产卵的不利影响。

电站运行后，库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼种类、黄石爬鮡等，有可能退缩至干流库尾上游或进入麦曲河、丹达曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少。中华金沙鳅在库区难以完成完整的生活史，有可能退出旭龙库区。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等适应于缓流或静水环境生活的鱼类，可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群获得发展。

## 5.5施工期环境影响评价

### 5.5.1 对水质的影响

旭龙水电站枢纽工程建设期间将产生一定的污废水，主要包括砂石料冲洗废水、混凝土拌和楼冲洗废水、机械冲洗废水及生活污水等，由于工程所在江段执行Ⅱ类水质目标，所有污废水均经过处理后回用，不排放。在正常工况下不会对附近金沙江水质带来不利影响，但在处理系统事故排放的情况下将对金沙江水质造成一定的影响。

### 5.5.1.1 生活污水事故排放对水质的影响

生活污水事故排放预测以排污量较大的 3#施工营地生活废水为代表，分析其事故排放对金沙江水体的影响。

**（1）生活污水排放量预测**

3#施工营地高峰施工人数约 2740 人，距金沙江直线距离约 130m，高程在 2255~2265m 之间。按照每人每天用水 120L，生活废水排放系数为 0.8 计算，3#施工营地高峰期产生生活废水量为 329m³/d。事故排放情况下，COD 浓度取 400mg/L。

**（2）预测模型及参数拟定**

1）预测因子

根据生活污水中特征污染物及金沙江水体水质现状情况，选择预测因子为 COD。

2）预测模型

预测模型采用非持久污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式预测。

预测模型采用非持久污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式预测。

$$c(x,y)=\exp(-K_1\frac{x}{86400u})\left\{c_h+\frac{c_pQ_p}{H(\pi M_y xu)^{1/2}}\left[\exp(-\frac{uy^2}{4M_yx})+\exp(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_yx})\right]\right\}$$

$$M_y=(0.058H+0.0065B)(gHI)^{1/2}$$

式中：

$c(x,y)$—预测点污染物浓度，mg/L；

$x$—预测点 $x$ 方向坐标值，m；

$y$—预测点离排放口的横向距离，m；

$K_1$—河流中污染物降解系数，1/d；

$c_p$—污水中污染物的浓度，mg/ L；

$Q_p$—污水流量，m³/s；

$c_h$—河流上游污染物的浓度（本底浓度），mg/ L；

$H$—河流平均水深，m；

$M_y$—河流横向混合（弥散）系数，m²/s；

$u$—河流流速，m/s；

$B$—河流平均宽度，m；

$\pi$—圆周率；

$g$—取 9.8m²/s；

$I$—为河流比降。

3）参数拟定和计算结果

①计算条件

a）水文条件

考虑最不利情况，设计流量选取坝址实测最小日均流量 160m³/s。

根据旭龙水电站回水计算结果以及各排污口所在断面河道地形，采用流量—面积法进行估算， 3#施工营地排污口所在断面流速约为 1.25m/s。

b）水质背景浓度

本次环境影响评价在坝址处设有一处水质现状监测断面，位于枢纽工程影响范围内，因此水质背景浓度采用坝址断面枯水期水质实测数据，COD 初始浓度为 13.8mg/L。

② $K_1$ 值的选取

工程所在金沙江水流湍急，参照金沙江同类工程（拉哇水电站）测定情况，COD 降解系数 $K_1$ 值取 1.5d$^{-1}$。

根据预测，3#施工营地生活废水事故排放至金沙江后，横向影响范围主要在排污口处 4m 范围内。营地排污口所在断面岸边 COD 浓度增加量为 0.5mg/L。生活污水事故排放情况下，排污口在下游 200m 处全部自净到背景值，具体水质预测结果见表 5.5-1。

由于金沙江流量较大，水量充沛，生活污水量较小，因此，工程施工区生活污水排放产生的污染带范围有限，对金沙江水质影响甚微。

表5.5-1　　3#施工营地排污口近岸水域COD浓度计算表　　单位：mg/L

| y(m) / x(m) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 14.3 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 10 | 14.2 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 20 | 14.1 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 40 | 14.0 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 60 | 13.9 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 13.9 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 100 | 13.9 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 120 | 13.9 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 140 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 160 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 180 | 13.9 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |
| 200 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 |

#### 5.5.1.2 砂石料冲洗废水事故排放对水质的影响

砂石料冲洗废水排放预测以排污量较大的洒茂顶砂石加工系统冲洗废水为代表，分析其事故排放对金沙江水体的影响。

**（1）砂石料冲洗废水排放量预测**

洒茂顶砂石加工系统设计处理能力为 1000t/h，成品料生产能力为 780t/h。砂石加工系统为两班制生产，设计用水量为 850m³/h，废水产生量为 680m³/h，事故排放下 SS 浓度为 100000mg/L。

**（2）预测模型及参数拟定**

1）预测因子

砂石料冲洗废水中主要污染物为 SS，因此预测因子也为 SS。

2）预测模型

砂石加工系统混合过程段采用导则推荐的持久性污染物岸边排放二维稳态混合模式。

$$c(x,y)=c_h+\frac{c_pQ_p}{H\sqrt{\pi M_y xu}}\left\{\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right)+\exp\left[-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right]\right\}$$

式中：

$c(x,y)$—预测点污染物浓度，mg/L；

$x$—预测点 $x$ 方向坐标值，m；

$y$—预测点离排放口的横向距离，m；

$c_p$—污水中污染物的浓度，mg/ L；

$Q_p$—污水流量，m³/s；

$c_h$—河流上游污染物的浓度（本底浓度），mg/ L；

$H$—河流平均水深，m；

$M_y$—河流横向混合（弥散）系数，m²/s；

$u$—河流流速，m/s；

$B$—河流平均宽度，m；

$\pi$—圆周率；

3）计算条件及参数拟定

①计算条件

a）水文条件

考虑最不利情况，设计流量选取坝址实测最小日均流量 160m³/s。

b）水质背景浓度

本次环境影响评价在旭龙水电站坝址处设有 1 处水质现状监测断面，位于工程施工区范围内，因此水质本底条件采用该断面枯水期水质实测数据，SS 浓度为 10mg/L。

c）横向混合稀疏 $M_y$ 的确定

采用导则推荐的适用于河流的泰勒法确定横向混合系数 $M_y$，即

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2}$$

（3）预测结果分析

枯水期砂石加工系统冲洗废水事故排放对金沙江水体中 SS 含量的影响见表 5.5-2。从预测结果可以看出，在枯水期，废水事故排放在金沙江中形成的污染带长度约为 16.5km，距离排放口越近，其 SS 浓度增量越大；随着向下游的延伸，增量逐渐减小。枯水期距离排放口 5m 处的 SS 增量最大约为 6714mg/L。茂顶砂石加工废水故事排放金沙江干流至充分混合后，SS 浓度值为 134mg/L，约为河流本底值的 13.4 倍，SS 增量为 124mg/L，对河流水质影响较为明显。

表 5.5-2　　枯水期砂石料冲洗废水事故排放对金沙江SS的影响　　单位：mg/L

| y(m) / x(m) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 6714 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 50 | 2130 | 467 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 100 | 1509 | 706 | 80 | 12 | 10 | 10 | 10 |
| 500 | 680 | 585 | 373 | 178 | 68 | 24 | 13 |
| 1000 | 484 | 449 | 359 | 248 | 149 | 80 | 40 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5000 | 222 | 219 | 209 | 195 | 176 | 155 | 133 |
| 10000 | 161 | 161 | 159 | 154 | 149 | 142 | 135 |
| 11000 | 155 | 155 | 153 | 150 | 146 | 140 | 135 |
| 12000 | 150 | 150 | 149 | 147 | 143 | 139 | 134 |
| 13000 | 145 | 146 | 145 | 143 | 141 | 138 | 134 |
| 14000 | 142 | 142 | 142 | 141 | 139 | 137 | 134 |
| 15000 | 138 | 139 | 139 | 139 | 137 | 136 | 133 |
| 16000 | 135 | 137 | 137 | 137 | 136 | 135 | 133 |
| 16500 | 134 | 135 | 136 | 136 | 135 | 134 | 133 |

综上，砂石加工系统废水事故排放时，将对下游河段水质产生明显影响，因此，在本工程废水处理及循环回用系统设计时，要充分考虑适用性和可靠性，同时加强系统运行期的维护工作，杜绝事故排放。

#### 5.5.1.3 施工对取水口的影响

旭龙水电站施工评价范围内，金沙江干流无生活取水或集中式饮用水源地。

施工水厂位于坝址下游 8#路靠山侧，距坝址直线距离约 2.5km，高程 2287m，占地面积 1.3hm²。主要负责整个施工区的生产及生活用水。取水泵站位置选址在金沙江右岸岸边，洒茂顶砂石加工系统下游 300m。

根据本报告书对砂石料冲洗废水的预测，在正常工况下，砂石料冲洗废水均不外排入江，取水水质不会受其影响。在事故排放情况下，砂石料冲洗废水会通过附近的天然冲沟排入金沙江，影响取水口水质。因此，施工期内除了加强管理，严防砂石加工系统事故排放，还要加强施工期的水质监测。

### 5.5.2 对环境空气的影响

#### 5.5.2.1 敏感目标

主体工程施工期间，施工征地线周边 500m 范围内有茂达水村和张仁村，其中，茂达水村距离茂顶河弃渣场水平距离约 220m，高差约 100m，直线距离 242m。距 6#公路水平距离约 113m，高差约 95m，直线距离 148m。张仁村距离徐龙冲沟施工平台水平距离约 259m，高差约 216m，直线距离 335m。距 13#公路水平距离约 260m，高差约 216m，直线距离 338m。

**表 5.5-3　　环境空气敏感目标一览表**

| 影响源分类 | 敏感目标 | 保护对象概况 | 与工程的关系 | 最近距离(m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平 | 高差 | 直线 |
| 茂顶河弃渣场堆 | 茂达水 | 评价范围内有 10 户，第 | 最近距离茂顶河弃渣场渣 | 220 | 100 | 242 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 渣 | 村 | 一排有 7 户 | 顶约 220m | | | |
| 6#公路 | | | 距离 6#公路约 113m | 113 | 95 | 148 |
| 徐龙冲沟施工平台作业 | 张仁村 | 评价范围内有 7 户，第一排有 6 户 | 最近距离徐龙冲沟施工平台约 259m | 259 | 216 | 335 |
| 13#公路 | | | 距离 13#公路约 260m | 260 | 216 | 338 |

注：“最近距离”为环境噪声敏感目标中最不利位置与噪声源的距离。

### 5.5.2.2 环境空气影响预测

**（1）机械燃油废气**

各类施工机械燃油产生的主要污染物为 $NO_2$ 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物成面源分布。旭龙水电站施工期间油料用量为 16.8 万 t，合计产生 $NO_2$328t，CO6657t。由于本工程区环境空气本地状况良好，加之地形作用易形成山谷风，对污染稀释吹散作用强烈，且环境空气污染物排放会随施工活动停止而停止，不会产生严重的环境污染。工程施工区距离周边居民点较远，环境空气污染物的影响对象主要为现场施工人员，需加强劳动保护。

**（2）爆破及边坡开挖粉尘、废气**

工程爆破、开挖作业主要集中在工程枢纽区、料场开挖区及隧洞开挖区，爆破、开挖粉尘粒径较大，易于沉降，污染范围有限。根据同类工程实测资料，在施工现场 50~200m 范围以外，TSP 符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。本工程料场及坝址 500m 范围内均无居民点分布，料场及枢纽工程爆破、开挖产生的大气污染物仅对施工区局部环境空气质量造成影响。

**（3）砂石加工系统粉尘**

工程共规划 2 处砂石加工系统，分别为洒茂顶砂石加工系统，生产能力为 780t/h。低线砂石加工系统，生产能力为 400t/h。砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分的运输过程中均会产生粉尘污染。类比同类型水电工程施工期大气污染物排放情况，砂石加工系统附近 100m 范围内排放浓度值相对较高，100m 外排放浓度均符合符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。由于 2 处砂石加工系统周边 500m 范围内均无居民点，施工过程中产生的粉尘仅对现场施工人员产生一定影响。为降低粉尘对现场施工人员影响，砂石加工系统应安装除尘设备，并辅以洒水降尘。

**（4）交通运输扬尘**

扬尘量与汽车行驶速度成正比，与路面清洁程度成反比，在同样路面清洁条件下，

车速越快，扬尘量越大。而在同样车速情况下，路面越脏扬尘量越大。

运输车辆扬尘不会在大范围内平均分布，但在小空间内浓度较高。在道路局部地段积尘较多的地方，载重车辆经过时会掀起浓密的扬尘。根据其它工程现场实测情况，类似路面交通运输产生的扬尘影响范围一般在宽 10～50m、高 4～5m 的空间内，3min 后较大颗粒即沉降至地面，微细颗粒（所占比重较小）在空中停留时间较长。通过限制车速、路面洒水等临时措施可以减轻扬尘不利影响。

根据施工场内交通与敏感保护目标的位置关系分析，茂达水村距 6#公路水平距离 113m，垂直高差达 95m。张仁村距 13#公路水平距离 260m，垂直高差 216m。6#公路和 13#公路交通扬尘将对茂达水村和张仁村产生不利影响，应采取控制车速和洒水降尘等措施予以减缓。同时，工程施工期各进场机械车辆将加剧进场道路扬尘，对公路沿线居民带来不利影响，需加强进场道路保洁及洒水降尘措施。

**（5）施工作业面扬尘**

其他施工作业面对大气环境产生影响的主要是存弃渣场，主要污染物为粉尘。根据施工规划，茂达水村和张仁村主要受茂顶河弃渣场及徐龙冲沟施工平台作业影响。达水村距离茂顶河弃渣场水平距离约 220m，高差约 100m，直线距离 242m。张仁村距离徐龙冲沟施工平台水平距离约 259m，高差约 216m，直线距离 335m。弃渣场施工扬尘可能对茂达水村和张仁村带来不利影响，通过采取洒水等降尘措施后，不利影响可以减轻。

## 5.5.3 对声环境的影响

### 5.5.3.1 敏感目标

根据旭龙水电站施工总布置和实际调查结果，旭龙水电站施工区声环境敏感目标有 1 个，为茂达水村。受茂顶河弃渣场堆渣以及 6#公路（茂顶河弃渣场公路）交通噪声影响。声环境敏感目标与施工布置的关系见下表。

表 5.5-4　　环境噪声敏感目标一览表

| 影响源分类 | 敏感目标 | 保护对象概况 | 与工程的关系 | 最近距离(m) | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 水平 | 高差 | 直线 | |
| 弃渣场堆渣 | 茂达水村 | 评价范围内有 10 户 | 最近距离茂顶河弃渣场渣顶约 220m | 220 | 100 | 242 | 工程施工期弃渣机械 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 噪声 |
| 6#公路 | | | 距离 6#公路约 113m | 113 | 95 | 148 | 交通噪声 |

注：“最近距离”为环境噪声敏感目标中最不利位置与噪声源的距离。

## 5.5.3.2 预测方法及参数选择

### （1）预测公式

1）固定噪声源预测公式

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ 2.4-2009），固定点源噪声预测采用以下公式：

$$L_{A(r)} = L_{A(r_0)} - 20\lg(r / r_0) \qquad \text{（式 5.5-1）}$$

式中：$L_{A(r)}$——距声源$r$（m）处的 A 声级，dB（A）；

$L_{A(r_0)}$——测点$r_0$处 A 声级，dB（A）；

$r$——测点与声源的距离，m。

建设项目声源在预测点产生的等效声级贡献值（$L_{eqg}$）计算公式：

$$Leqg = 10\lg(\frac{1}{T}\sum_i t_i 10^{0.1L_{Ai}}) \qquad \text{（式 5.5-2）}$$

式中：$Leqg$——建设项目声源在预测点的等效声级贡献值，dB（A）；

$L_{Ai}$——i 声源在预测点产生的 A 声级，dB（A）；

$T$——预测计算的时间段，s；

$t_i$——i 声源在时段内的运行时间，s。

本次计算预测计算时间段与声源在时段内运行时间相等，即$T = t_i$。

预测点的预测等效声级（$L_{eq}$）计算公式：

$$Leq = 10\lg(10^{0.1Leqg} + 10^{0.1Leqb}) \qquad \text{（式 5.5-3）}$$

式中：$Leq$——预测点的预测等效声级，dB（A）；

$Leqg$——建设项目声源在预测点的等效声级贡献值，dB（A）；

$Leqb$——预测点的背景值，dB（A）。

2）流动噪声源预测公式

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ 2.4-2009）推荐的公路交通运输噪声预测基本模式：

$$L_{eq}(h)_i=(\overline{L_{OE}})_i+10\lg\left(\frac{N_i}{TV_i}\right)+10\lg\left(\frac{7.5}{r}\right)+10\lg\left(\frac{\varphi_1+\varphi_2}{\pi}\right)+\Delta L-16 \quad （式 5.5-4）$$

式中：$Leq(h)_i$——第 i 类车的小时等效声级，dB（A）；

$(\overline{L_{0E}})_i$——第 i 类车速度为，km/h，水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB（A）；

$N_i$——昼间，夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量，辆/h；

$r$——从车道中心线到预测点的距离，m；

$V_i$——第 i 类车的平均车速，km/h；

$T$——计算等效声级的时间，1h；

$\psi_1$、$\psi_2$——预测点到有限长路段两端的张角，弧度；

$\Delta L$——由其他因素引起的修正量，dB（A）。

施工区交通运输以大型车辆为主。大型车距行驶路面中心线 7.5m 处的平均辐射噪声级 Li 可按下式计算：

$$Li=38.5+24.6\lg V \quad （式 5.5-5）$$

V——大型车辆平均行驶速度，km/h

用声能迭加求出预测点的噪声级：

$$L_{总}=10\lg(\sum_{i=1}^{n}10^{0.1L_i}) \quad （式 5.5-6）$$

式中：L 总—— 预测声级，dB（A）；

Li—— 各迭加声级，dB（A）；

n—— n 个声压级。

3）噪声综合预测

用声能迭加求出预测点的噪声级：

$$L_{eq}=10\lg(10^{0.1L_{eqg}}+10^{0.1L_{eqb}}) \quad （式 5.5-7）$$

式中：Leg——建设项目在预测点的等效声级贡献值，dB(A)；

Leq——预测点产生的 A 级，dB(A)；

Leb——预测点的背景值，dB(A)。

4）爆破噪声

爆破噪声主要来自于石料场开采。

据《环境影响评价技术导则　声环境》（HJ/T2.4-2009）中的推荐模式，并考虑山谷反射、空气吸收及地面效应。预测公式如下：

$$L_A(r)=L_A(r_0)+L\Delta r-20\lg(r/r_0)-a\times(r-r_0)$$　　（式 5.5-8）

式中：$L_A(r)$——预测点的噪声 A 声压级（dB）；

$L_A(r_0)$——参照基准点的噪声 A 声压级（dB）；

$L\Delta r$——山谷反射的叠加值（dB），$L\Delta r$ 取 3dB；

$20\lg(r/r_0)$——几何发散衰减（dB）；

$r$——预测点到噪声源的距离（m）；

$r_0$——参照基准点到噪声源的距离（m）；

**（2）噪声源源强及相关参数的确定**

1）固定噪声源源强确定

固定噪声源源强均选择实测值中最大值，进行最不利情况预测。本工程的固定噪声源包括砂石料加工系统、弃渣场和综合加工厂等。三种固定噪声源在测试点 1m 处的源强分别为 110dB（A）、90dB（A）、95dB（A）。三种固定噪声源影响范围预测结果见表 5.5-5。

**表 5.5-5　　固定噪声源影响预测结果**

| 声源 | 源强 dB（A） | 与声源与面距离的噪声预测值 dB（A） | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10m | 20m | 50m | 100m | 150m | 200m | 300m | 400m | 500m | 600m |
| 砂石料加工系统 | 110 | 90.0 | 84.0 | 76.0 | 70.0 | 66.5 | 64.0 | 60.5 | 58.0 | 56.0 | 54.4 |
| 弃渣场 | 90 | 70 | 64 | 56 | 50 | 46.5 | 44.0 | 40.5 | 38.0 | 36.0 | 35.0 |
| 综合加工厂 | 95 | 75.0 | 69.0 | 61.0 | 55.0 | 51.5 | 49.0 | 45.5 | 43.0 | 41.0 | 40.0 |

2）流动噪声源源强及相关参数的确定

以交通量最大的 6#道路和进场公路为例，Vi、Ni 等相关参数参见下表。

表 5.5-6　　6#施工道路设计参数一览表

| 道路名称 | 等级 | 路面宽（m） | 路基宽（m） | 路面材料 | 设计时速（km/h） | 最大年运输量（万t） | 单项高峰车流量（辆/h） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 昼间 | 夜间 |
| 6#公路 | 场内二级 | 8.0 | 9.0 | 混凝土 | 30 | 951.22 | 70 | 35 |
| 进场公路 | 三级公路 | 6.5 | 7.5 | 沥青混凝土 | 30 | | 20 | 10 |

3）爆破噪声

根据其他工程露天爆破实测资料，0.5kg 炸药在距爆破点 40m 处的最大噪声级约为 84dB（A）。

## 5.5.3.3 预测结果分析

**（1）敏感点噪声预测**

茂达水村受茂顶河弃渣场施工和 6#公路交通运输噪声叠加影响。固定噪声源与流动噪声源对声环境敏感目标的叠加影响预测采用 CadnaA 软件计算。结果表明，受弃渣场施工和流动噪声源影响，茂达水村昼间夜间噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准。

表 5.5-7　　声环境敏感点噪声预测结果

| 敏感点 | 噪声源 | 时期 | 最大贡献值 dB（A） | 背景值 dB（A） | 叠加值 dB（A） | 标准值 dB（A） | 超标情况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 茂达水村 | 茂顶河弃渣场、6#公路 | 昼间 | 40.0 | 49.7 | 45.0 | 60 | - |
| | | 夜间 | 37.1 | 43.6 | 44.0 | 50 | - |

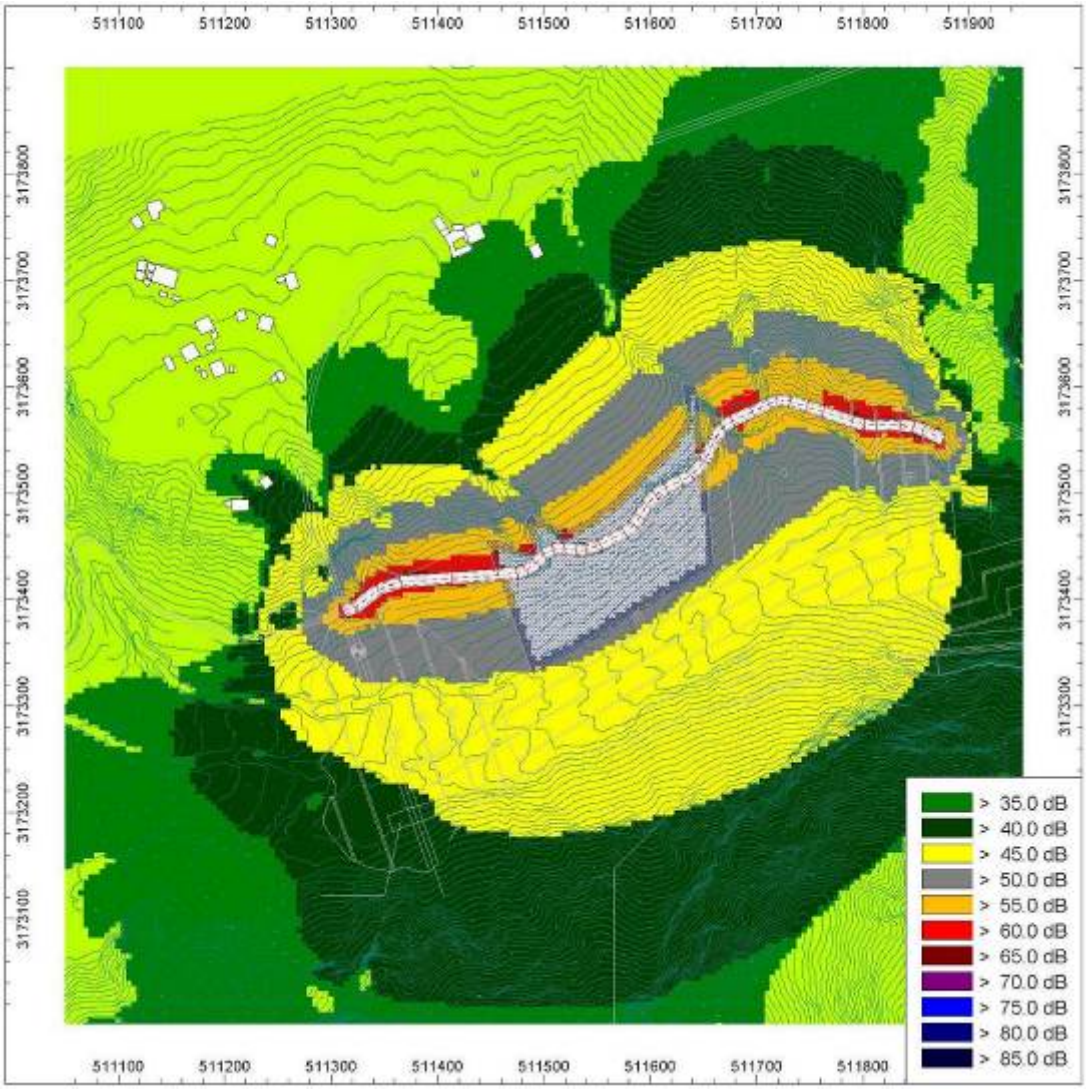



图 5.5-1　　茂达水村昼间噪声预测图

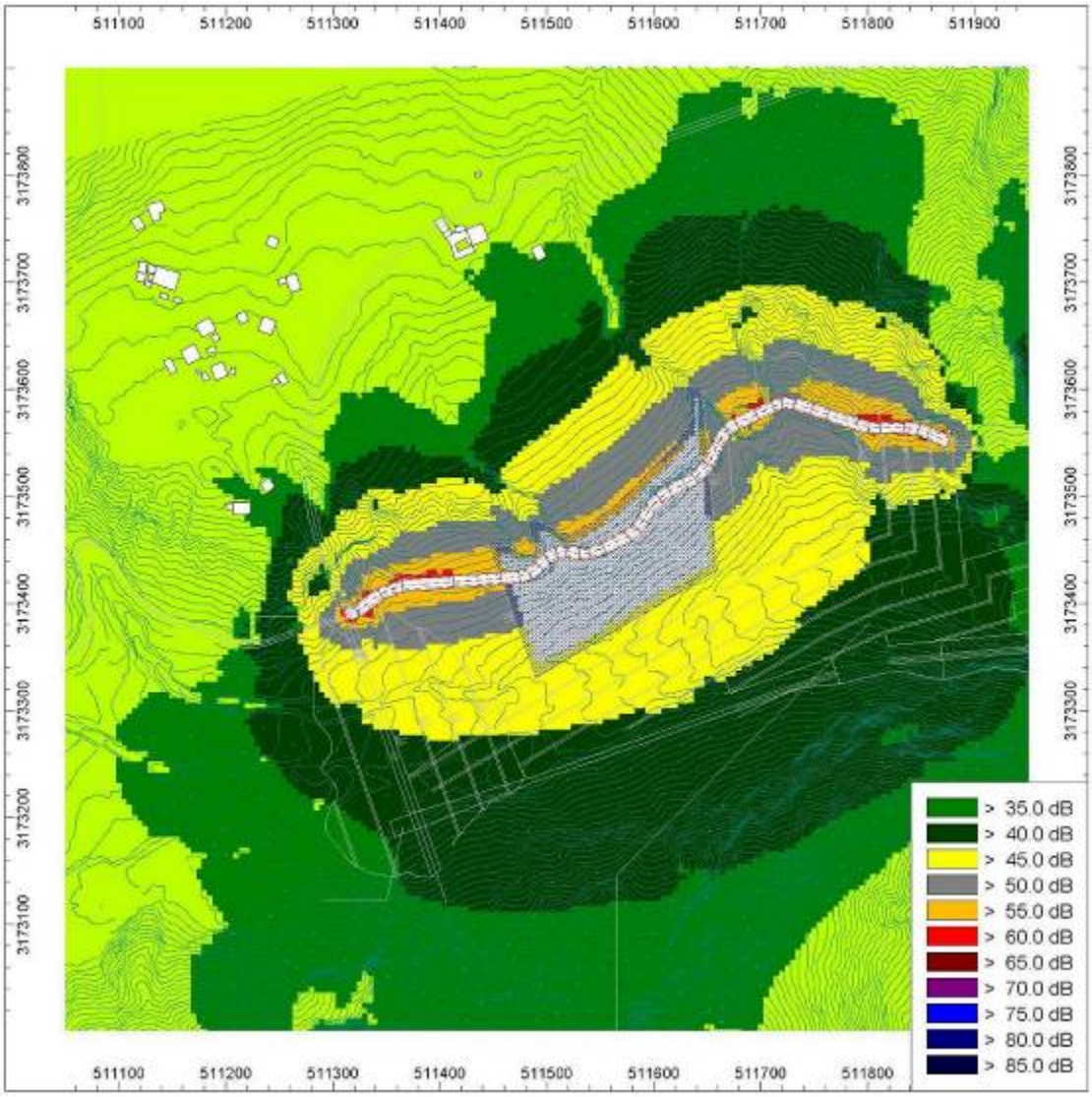



图 5.5-2　　茂达水村夜间噪声预测图

**（2）进场公路噪声**

利用流动噪声预测公式，计算距进场公路中心线不同距离的交通噪声衰减值，结果见下表。

表 5.5-8　　进场公路交通噪声预测结果

| 时段 | 5m | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 100m | 200m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 昼间 | 58.84 | 55.83 | 52.82 | 51.06 | 49.81 | 48.84 | 45.83 | 42.82 |
| 夜间 | 55.83 | 52.82 | 49.81 | 48.05 | 46.80 | 45.83 | 42.82 | 39.81 |

根据预测结果，进场公路车流量较小，昼间夜间道路两侧 35m 范围内均能满足交通干线 4a 内标准限值，35m 外均能满足 2 类标准限值。但工程施工期各进场机械车辆将加剧进场道路交通噪声，对公路沿线居民带来不利影响，因此，需通过限制车

速、合理安排车辆作业时间、禁止鸣笛等临时措施可以减轻噪声不利影响。

**（3）爆破噪声**

根据其他工程露天爆破实测资料，0.5kg 炸药在距爆破点 40m 处的最大噪声级约为 84dB（A），则徐龙料场开采爆破噪声影响范围详见下表。由于徐龙料场周围 500m 范围内均无敏感点，且爆破噪声属瞬时噪声，因此，徐龙料场开采爆破噪声对周边环境影响不大。

表 5.5-9　　爆破噪声影响范围预测结果

| 声源 | 源强 dB（A） | 与声源与面距离的噪声预测值 dB（A） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 m | 300 m | 500 m | 600 | 750 | 1000 |
| 爆破噪声 | 84 | 78.4 | 66.9 | 60.5 | 57.9 | 54.4 | 49.4 |

**（4）场界噪声**

根据本工程施工总布置情况，施工场界附近的噪声影响源主要为砂石加工系统、弃渣场、存料场等。根据施工作业特点，施工场界执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523－2011)，即 LAeq 昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）。根据施工规划，按距离场界 5m 处施工进行预测，计算结果详见下表。

表 5.5-10　　距施工边界最近的施工场界噪声预测结果

| 声源 | 背景值 | | 贡献值 | | 预测值 | | 执行标准 | | 超标值 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 |
| 弃渣场 | 43.4 | 43 | 76 | 76 | 76 | 76 | 70 | 55 | 6 | 21 |
| 存料场 | 43.4 | 43 | 76 | 76 | 76 | 76 | 70 | 55 | 6 | 21 |
| 砂石加工系统 | 43.4 | 43 | 96 | 96 | 96 | 96 | 70 | 55 | 26 | 41 |

根据预测结果可知，在最不利情况下，各施工作业昼间和夜间场界噪声值均超标。经计算，茂顶河弃渣场和存料场场界昼间噪声达标距离为 60m，夜间噪声达标距离为 100m，洒茂顶砂石加工系统场界昼间噪声达标距离为 100m，夜间噪声达标距离为 350m。

## 5.5.4 固体废物对环境的影响

旭龙水电站施工期固体废弃物主要包括生活垃圾、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾等。

**（1）生活垃圾**

生活垃圾主要集中产生于施工人员生活区，旭龙水电站施工阶段高峰期施工人数5265人，施工期为98个月，按照每人每天产生0.6kg垃圾计算，施工高峰期每天产生垃圾量3.2t，施工期共产生垃圾量9287t。电站运行期，坝区人员约350人，按照每人每天产生0.6kg垃圾计算，运行期间每年产生生活垃圾76.7t。

生活垃圾如不收集处理随意堆放，将污染周边水体及土壤，对生态环境和人群健康产生不利影响。

**（2）建筑垃圾和辅助企业生产垃圾**

建筑垃圾主要是弃渣、临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块等。这些建筑垃圾的来源主要是场平、道路铺设和其它施工现场。建筑垃圾除部分回收利用外，其它如不妥善处置，会对周围环境产生环境污染。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废弃物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材等。这些废弃物若露天堆放锈蚀、腐烂后不仅造成物资财产的损失，也会对周围土壤、水体等造成污染，故应加强管理、及时回收利用。特别是废铅、蓄电池等危险品，有腐蚀性，禁止露天堆放，避免其腐蚀后造成污染影响。

**（3）运输环节**

工程施工对外交通主要采用公路运输的方式。在运输建筑材料和渣土过程中，装载建筑材料及渣土的运输车辆在行驶中若无遮盖措施或防护不当，易导致物料沿途散落，不仅造成经济损失还影响道路卫生，因此，在建筑材料运输过程中，应采取遮盖措施，避免砂石、土料等沿途洒落。

固体废物对环境的影响主要在施工期，随着工程的建设完成，固体废物得到有效处置，占地区周围水土保持措施有效落实后，其对环境的不利影响将逐渐消失。

### 5.5.5 小结

（1）水环境

本工程建设和营运期间将产生污废水，施工废污水和生活污水经处理后全部回用，不排入金沙江，正常运行情况下对金沙江水质不会造成影响。在事故排放情况下，对金沙江局部水域影响较大，形成较明显的污染带。

（2）声环境

本工程声环境影响主要来自施工活动，施工机械、爆破、道路建设和运输等活动，

但由于工程施工区附近无集中居民点和其他敏感点，工程施工对声环境影响有限。

（3）环境空气

本工程空气环境影响主要来自施工活动。由于本工程区气候偏干燥，易引起扬尘，施工营地受到施工扬尘的影响较明显。旭龙水电站工程砂石加工系统周边 500m 范围内均没有环境敏感点，砂石加工系统对环境空气污染有限。

（4）固体废弃物

本工程施工期需处理生活垃圾量约 9287t。生活垃圾如不妥善处理，对周边环境将产生不利的影响。新建垃圾热解站的方式处理施工期生活垃圾。

## 5.6移民安置环境影响评价

旭龙水电站移民安置工程主要包括农村移民集中安置点建设，专业项目迁复建。其中，农村移民安置包括生产和搬迁安置，专业项目主要包括交通工程、电力通信工程等。移民安置工程的建设及运行对移民安置区及其周边环境产生一定程度的影响。

### 5.6.1 农村移民安置环境影响

旭龙水电站移民安置活动主要包括农村搬迁安置、生产安置。农村移民安置活动对水环境的影响主要体现在搬迁安置点安置完成后居民生活污水对环境的影响，对生态的影响主要体现在施工占地对陆生植物的占压、对陆生动物的惊扰，对声环境以及环境空气的影响主要体现在施工产生的机械噪音以及扬尘等引起，固体废物对环境的影响主要由安置点建成后居民生活垃圾导致。

**（1）水环境**

1）施工期

施工期移民安置对水环境的影响主要来自施工人员产生的生活污水、房屋建设和配套设施建设中产生的废水等。房屋建设和配套设施建设中排放的废水主要含 SS，且浓度较高，但由于安置点人数均较少，安置施工期间施工人员较少，工期较短，废水规模较小，且安置点附近以冲沟为主，非雨季无水体存在，施工废水排放基本不会形成径流，对地表水体水质影响很小；施工期间，对地表水体可能产生影响的主要是施工人员生活污水，由于安置点施工人员总体较少，排放废污水量较小，且污水成分

主要是易降解的有机物，对环境影响不大。

2）运行期

旭龙水电站移民集中安置点人口规模相对较小，其中，四川省得荣县集中安置点规划安置人口 864 人，云南省德钦县集中安置点规划旭龙水电站安置安置人口 282 人，安置原居民 18 人，共 300 人。根据四川、云南两省移民安置规划大纲，其生活污水每日排放量分别为 89.86t 和 31.20t。安置点居民生活污水成分比较简单，主要为 COD、$BOD_5$、氨氮和 SS 等，一般 COD 排放浓度为 300mg/L，氨氮排放浓度为 35mg/L。若其直接排放将影响安置点周边的水体及土壤环境。根据地方环境主管部门确认，金沙江干流及支流执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类水标准，集中居民点废污水禁止排向金沙江干支流，因此安置点生活污水需进行处理后回用。

**（2）生态**

1）陆生植物

①临时占地对植被的影响

移民安置点建设过程中，施工营地、弃渣场、料场等临时占地区域对植被的影响是暂时的，施工结束后通过水土保持植物措施及时绿化，恢复地表植被。

②永久占地对植被的影响

农村移民生产安置使部分林草地和荒地开发为农田；农村搬迁安置使安置点原有的林草地和荒地转变为建筑用地，使区域的土地利用方式发生改变，移民安置区植物资源的数量减少，从而使移民安置区生物量减少。由于生产安置和搬迁安置占用的植物种类，均为安置区周边常见种类，因此移民生产安置和搬迁安置活动不会对安置区植物资源产生影响。

③农村移民安置临时搬迁道路的修建对植被的影响

农村移民安置还承担修建库区临时搬迁道路的任务，临时道路占用的植被类型以荒草地为主，少量灌木林地。临时道路在移民安置完成后将进行植被恢复，因此临时道路对植物资源和生物量的影响仅限于移民安置期间，移民搬迁完毕后，通过植被恢复，影响将消失。

2）陆生动物

①对两栖和爬行类的影响

主要受影响的种类为灌丛石隙型爬行类的草绿攀蜥、棕背树蜥，陆栖型两栖动物的乡城齿蟾、圆疣蟾蜍、西藏蟾蜍和昭觉林蛙等种类，移民安置施工占地可能占用这

些动物的栖息环境，土石方开挖可能伤害这些部分在灌丛下面，经常活动路边石缝中的爬行类。施工噪声对两栖和爬行类的驱赶作用。施工人员或移民对这些野生动物的捕杀亦会造成这些动物种类数量的减少。

②对鸟类的影响

黄臀鹎、白鹡鸰、大山雀、北红尾鸲等在移民安置区较常见，由于鸟类善飞翔，移民安置活动对其影响主要是施工占地对其生境的占用，施工噪声对鸟类的驱赶作用，但不会减少鸟类的数量。施工人员或移民对野生鸟类的捕杀，将造成鸟类资源的减少。

③对兽类的影响

主要受影响的兽类包括树栖型兽类（缅树鼩、赤腹松鼠、隐纹花松鼠等）、岩洞栖息型兽类（包括托氏菊头蝠）以及各种鼠类。这些兽类移动能力较强，移民安置活动主要是对这些兽类的栖息地占用和施工噪声的驱赶作用。另外，施工人员或移民对小型兽类的捕杀，将造成这些兽类资源的减少。

**（3）环境空气**

根据同类型工程分析，旭龙水电站农村移民安置对环境空气产生的不利影响主要在移民安置建设期，移民安置过程中的场地平整、边坡开挖，以及排除不稳定岩体或荷载等均需要采用爆破作业，爆破对环境空气产生的污染物有粉尘、$NO_2$、CO 等。移民安置建设施工活动中使用的主要机械设备和汽车大多以汽油或柴油为燃料，此类机械设备的运行过程中，将会排放 $NO_2$、$SO_2$ 等污染物质。需加强建设阶段居民环境空气保护工作。

运行期，农村移民安置点环境空气的影响来自居民生活所产生的烟气，主要污染物为 CO、$SO_2$ 和烟尘等；原来分散居住的居民安置完成后变为集中安置，聚居点相对集中，空气质量将会有所下降，但影响只限于局部，影响很小。

**（4）声环境**

旭龙水电站农村安置点建设对声环境可能产生影响的噪声源主要是固定噪声源，包括安置点建筑及道路施工噪声。根据统计，安置点场内道路物料运输较少，仅对建筑施工噪声进行影响分析。

建筑施工噪声主要来自推土机、挖掘机、自卸汽车、混凝土搅拌机等施工机械。道路施工噪声主要来自推土机、挖掘机、轮式装载机、混凝土搅拌机、压路机等施工机械。主要施工机械的实测噪声值详见表 5.6-1。

表 5.6-1　　几种主要施工机械噪声源实测值

| 声源 | 测试点距离（m） | 噪声级 dB（A） |
|---|---|---|
| 推土机 | 5 | 86 |
| 挖掘机 | 5 | 84 |
| 自卸汽车 | 5 | 90 |
| 混凝土搅拌机 | 2 | 90 |
| 轮式装载机 | 5 | 90 |
| 压路机 | 5 | 86 |

1）施工噪声预测

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ/T2.4-2009），固定点源噪声预测采用以下公式：

$$L_{A(r)}=L_{Aw}-20\lg(r/r_0)$$

式中：$L_{A(r)}$—距声源 r（m）处的 A 声功率级，dB；

$L_{Aw}$—测点 $r_0$ 处的 A 声功率级，dB；

$r$—测点与声源的距离，m。

根据上式，几种主要施工机械在不同距离处的噪声估算值见表 5.6-2。

表 5.6-2　　主要施工机械在不同距离处的噪声估算值

| 声源 | 源强 dB（A） | 距声源不同距离的噪声预测值 dB（A） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 推土机 | 86 | 86.00 | 79.98 | 73.96 | 66.00 | 59.98 | 56.46 | 53.96 | 50.44 |
| 挖掘机 | 84 | 84.00 | 77.98 | 71.96 | 64.00 | 57.98 | 54.46 | 51.96 | 48.44 |
| 自卸汽车 | 90 | 90.00 | 83.98 | 77.96 | 70.00 | 63.98 | 60.46 | 57.96 | 54.44 |
| 混凝土搅拌机 | 90 | 82.04 | 76.02 | 70.00 | 62.04 | 56.02 | 52.50 | 50.00 | 46.48 |
| 轮式装载机 | 90 | 90.00 | 83.98 | 77.96 | 70.00 | 63.98 | 60.46 | 57.96 | 54.44 |
| 压路机 | 86 | 86.00 | 79.98 | 73.96 | 66.00 | 59.98 | 56.46 | 53.96 | 50.44 |

2）噪声综合预测

用声能迭加求出预测点的噪声级：

$$L_{总}=10\lg(\sum_{i=1}^{n}10^{0.1L_i})$$

式中：$L_{总}$—预测声级，dB（A）；

Li—各迭加声级，dB（A）；

n— n 个声压级。

考虑实际施工噪声为多台机械设备同时施工，噪声叠加，成为组合声级。建筑施工期间按推土机、挖掘机、自卸汽车、混凝土搅拌机各一台同时作业；道路施工的前

期阶段按推土机、挖掘机和装载机各一台同时作业，铺路阶段按混凝土搅拌机、压路机各一台同时作业，各机械组合叠加计算结果见表 5.6-3。

表 5.6-3　　主要施工机械施工噪声组合影响预测结果

| 噪声源 | 施工机械 | 源强 dB（A） | 距声源不同距离的噪声预测值 dB（A） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 建筑施工 | 推土机 | 86 | 92.58 | 86.55 | 80.53 | 72.58 | 66.55 | 63.03 | 59.21 | 57.01 |
| | 挖掘机 | 84 | | | | | | | | |
| 道路施工前期处理 | 推土机 | 86 | 92.17 | 86.15 | 80.13 | 72.17 | 66.15 | 62.63 | 58.93 | 56.61 |
| | 挖掘机 | 84 | | | | | | | | |
| | 轮式装载机 | 90 | | | | | | | | |
| 道路施工后期铺路 | 混凝土搅拌机 | 90 | 87.47 | 81.45 | 75.43 | 67.47 | 61.45 | 57.92 | 55.43 | 51.90 |
| | 压路机 | 86 | | | | | | | | |

3）影响预测

根据调查，搬迁安置点附近 200m 范围内无原住居民，因此施工施工过程中仅需注意施工人员防护，保障施工人员健康。

**（5）固体废物**

根据调查资料显示，农村生活垃圾的来源主要包括 2 个方面：①家庭日常生活产生的垃圾；②农业生产过程中产生的垃圾。由于库区周边农村人口居住分散，且大多数的农村没有固定的垃圾集中堆放处和专门的垃圾收集、运输、填埋和处理系统，各类垃圾未得到统一集中处理。

得绒桐、斯木顶两处集中安置点建成后，预计生活垃圾产生量 1.16t/d，其中得绒桐安置点 0.86t/d，斯木顶安置点 0.30t/d。如果垃圾无固定堆放场所，又不进行必要的处理，如遇大雨，垃圾将会被冲入水体，不仅会对水体水质产生一定影响，还会对安置区的生活条件和环境卫生产生不良影响，为蚊蝇的孳生提供了条件，有可能引起传染性疾病的流行。

## 5.6.2 专项设施复建环境影响

专项设施复建对环境影响的主要来源于交通工程中的桥梁建设，但影响仅限于施工期，且排放的污染物量不大。其他各复建工程对环境影响不明显。

（1）对水环境的影响

复建交通工程施工对水环境的影响主要包括道路及旭龙大桥等跨河桥梁施工、混

凝土拌和废水、施工生活污水等。

1）混凝土拌和废水

公路施工将设置移动式混凝土拌和系统，施工中将产生碱性废水，道路复建呈线性分布，废水量少，影响较小，桥梁施工碱性废水量相对较大，需进行处理。根据同类公路施工类比分析，混凝土拌和冲洗废水中含有较高的 SS，其浓度可达 5000mg/L 左右，废水 pH 一般大于 10。

2）施工生活污水

公路或桥梁施工，由于为线性工程，将修建若干施工营地，桥梁工程施工营地内施工人员的生活污水若直接排入水体，将影响河流水质。

3）施工机械冲洗废水

施工所用机械设备需定期保养冲洗，施工机械停放在施工场地内，冲洗会产生含油废水，主要污染物是石油类，任意排放将会影响周围土壤环境。

（2）对生态的影响

根据调查，复建公路工程影响区内主要植被类型为灌丛、灌草丛和荒地。路面建设、桥梁等工程建设将使植被生境破坏，生物个体失去生长环境。临时用地主要有弃渣场、取土场、施工便道、施工营地等。这些施工临时占地将对植被产生直接影响，使群落的生物多样性降低。但影响只是临时的，工程建设对植被的损毁主要在施工期，工程完工后可通过施水土保持措施进行植被恢复。

施工期工程永久和临时占地缩小了野生动物的栖息空间，对陆生动物将产生一定的影响。施工期间，公路建设对两栖动物和爬行动物的影响相对较大，但不会对种群生存造成影响。施工期间，对鸟类影响较小。

旭龙大桥、羊拉登大桥等桥梁新建（复建）工程位于金沙江干流，大桥围堰施工，对施工江段水生生物会产生不利影响，工程建设不涉及环境敏感区域，复建工程对区域生态环境影响不明显。

（3）对环境空气的影响

公路施工对环境空气的影响主要是扬尘，即 TSP 污染。公路施工活动中产生的扬尘主要来自于灰土拌和扬尘以及施工机械车辆运输、作业扬尘。

1）施工运输扬尘

施工道路扬尘主要由运输施工材料引起，尤其是运输粉状物料时。运输扬尘的影响因素较多，主要跟车辆行驶速度、风速、路面集尘量和集尘湿度等有关。施工所需

的土方、石料、沙料、水泥一般采用汽车运输。由于运输所利用的乡村道路等级不高，施工便道也多为无辅装的土路，路面含尘量很高，尤其遇到干旱少雨的季节，道路扬尘较为严重。筑路材料中粉状材料在运输中若遮盖不严，在运输过程中也会随风起尘，对运输道路两侧的居民产生影响，特别是干旱、大风天气，影响将更为明显。

2）施工现场扬尘

在施工过程中由于路面的初期开挖及填方过程中由于路面土壤的暴露，加上金沙江干热河谷区风沙时间较多，叠加影响下对施工区空气质量影响程度可能会加重。根据同类工程预测及施工经验，爆破施工过程会产生大量 CO、NOx、$CO_2$ 等废气和粉尘，使附近空气质量明显下降，影响周边居民身体健康和动植物生长。

3）物料拌和扬尘

公路施工中，灰土、混凝土等物料在拌和过程中易起尘。物料拌和有路拌和站拌两种方式，其中路拌随施工点移动而移动，分布零散；站拌是工厂生产式的物料集中拌和，扬尘对环境空气的影响较为集中，便于管理，采取防尘措施后可有效地控制扬尘污染。

根据同类公路工程施工期对灰土拌和站 TSP 监测结果，施工过程中，采用路拌工艺施工时，路边 50m 处 TSP<1.00mg/$m^3$。储料场灰土拌和站附近相距 50m 下风向 TSP 浓度为 8.90mg/$m^3$；相距 100m 处浓度为 1.65mg/$m^3$；相距 150m 处已基本无影响。公路施工在混合土工序阶段，灰土运输车辆来往引起的扬尘是最严重的扬尘污染，在距路边下风向 50m 处 TSP 浓度>10mg/$m^3$，距路边 150m 处 TSP>4mg/$m^3$。

4）废气的影响

施工机械运行中排放的废气主要为 CO、NOx，其影响范围小，仅限于施工场地对施工人员的影响。作为短期行为的筑路施工污染，将随着施工期的结束而消失。施工期所带来的污染只要采取适当的措施，其影响可降至最低。

（4）固体废物

旭龙水电站交通工程固体废物主要包括建筑垃圾、生产废料及施工人员生活垃圾组成。工程施工期间将产生建筑垃圾、各种杂物及生产废料，任意堆放将影响区域环境及景观。

（5）对当地交通的影响

旭龙水电站的建设，将带动当地公路交通等基础设施的建设。移民安置规划大纲中的专业项目复建包括等级公路复建、桥梁复建、库周交通复建等，交通复建方案结

合了库区实际和行业规划，有利于库区经济发展，方便群众生活且经济合理。

## 5.7其他环境影响

### 5.7.1 对土壤环境的影响

（1）施工期

本工程高混凝土系统配置二座 4×3m³ 自落式拌和楼，其常态混凝土总生产能力 480m³ /h，预冷混凝土总生产能力 300m³ /h。低混凝土系统配置一座 4×3.0m³ 自落式拌和楼，常态混凝土生产能力 240m³ /h，预冷混凝土总生产能力 180m³ /h。混凝土系统冲洗废水主要在对拌和系统进行清洗过程中产生的，高混凝土系统和低混凝土系统产生的废水量分别为 96m³ /d 和 48m³ /d。汽车维修保养停放厂设置于右岸上游沿江阶地，高峰期需各类施工机械合计约 369 台，汽车约 95 辆，预计本工程产生的含油废水约分别为 32m³ /d 和 15m³ /d。机械车辆的保养、修理过程中会有含石油类的污水产生。

由于工程所在江段执行Ⅱ类水质目标，所有污废水均经过处理后回用，不排放。在正常工况下不会对周边环境带来不利影响，但若发生事故排放，因混凝土拌和系统废水具有强碱性，含油废水废水中主要污染物有悬浮物和石油类，不经处理排放会对土壤造成不利影响，如石油类中的饱和份对土壤有污染，沥青质和胶质化学性质稳定，不易分解，易引起土壤板结，透气性变差，不利于植物生长。

施工人员生活垃圾处理拟采用热解站，初选热解站场址位于格亚顶沟口，库区淹没线以下，运行时间约 6 年。热解站设有垃圾储坑，储存量一般为处理站三到五天的处理量，以保证垃圾热解站稳定的原料供应。垃圾储坑采用钢筋混凝土结构，进行密封设计，在接收大厅设卸料密封门，在无垃圾倒入时密封门处于常闭状态。垃圾储坑底部坡向渗滤液调节池，垃圾储存过程中产生的渗滤液，至调节池收集后泵入垃圾热解炉，作为无机碳的气化剂。正常工况下，渗滤液不会污染土壤，但出现风险事故排放，将对周边环境，特别是土壤环境产生不利影响。

综上，施工期间，需切实加强管理与监测，严防事故排放的情况发生，并做好应急预案。

（2）运行期

旭龙水库总库容 8.47 亿 m³，水库淹没区主要为低覆盖度草地，工程建设蓄水以

后，淹没区土壤因为长期处于水分的饱和状态，会造成土壤造成的潴育化，但不会造成库区土壤的酸化、碱化和盐渍化。

旭龙水电站建成运行后，水库的调度运行，可能造成工程下游区域下层土壤盐分随毛管水的上升在表土层积累，但造成土壤的次生盐渍化可能性不大，因此，运行期不会造成土壤大量积盐，不会对土壤原有生态功能产生显著影响。

## 5.7.2 对局地气候的影响

### 5.7.2.1 中尺度气象模式 WRF

WRF(Weather Research Forecast)模式系统是由美国研究、业务及大学的科学家共同参与开发研究的新一代中尺度预报模式和同化系统。WRF 模式系统的开发计划是1997 年由美国国家大气研究中心(NCAR)中小尺度气象处、国家环境预报中心(NCEP)环境模拟中心、预报系统实验室(FSL)的预报研究处和奥克拉荷马大学的风暴分析预报中心四单位联合发起建立的，由国家自然科学基金和国家海洋大气局(NOAA)共同支持。

WRF 模式采用高度模块化和分层设计，分为驱动层、中间层和模式层，用户只需与模式层打交道。在模式层中，动力框架和物理过程都是可插拔，为用户采用各种不同的选择、比较模式性能和进行集合预报提供了极大的便利。它的软件设计和开发充分考虑适应可见的并行平台在大规模并行计算环境中的有效性，可在分布式内存和共享内存两种计算机上实现加工的并行运算，模式的耦合架构容易整合进入新地球系统模式框架中。WRF 模式重点考虑从云尺度到天气尺度等重要天气的预报，水平分辨率重点考虑 1～10km。因此，模式包含高分辨率非静力应用的优先级设计、大量的物理选择、与模式本身相协调的先进的资料同化系统。WRF 模式本身有两个求解内核，ARW(高级研究用 WRF)和 NMM(非静力中尺度 WRF)。WRF-ARW 包含了众多的物理参数化方案，可以合理的对大气和陆地等各个物理过程提供参数化。被广泛的研究到大气科学的研究领域，本报告采用的也是 WRF-ARW。为方便起见，下文中均简称为 WRF。

### 5.7.2.2 模式计算的基本参数

模式取三重区域，模式区域范围图 5.7-1 所示，第一重范围：80.4～122.48 ºE，9.81～ 36.6615 ºN 第二重范围：97.29～101.651 ºE ，26.81～30.6575ºN； 第三重范

围：98.66 ～99.596ºE ，28.27 ～29.4625 ºN。模式基本参数如表 5.7-1。



图 5.7-1 模式区域示意图

表 5.7-1 模式基本参数

| 项目 | 方案 |
|---|---|
| 区域 | 嵌套：三重；三重格距分别为： 9km，3km， 1km；一重中心：23.5°N、101.5°E;<br>三重格点数分别为：414×320，133×133，82×24； |
| 垂直层数 | 35 层（模式层顶 50hPa）； |
| 积云参数化 | Betts Miller Janjic（第 2，3 重不用积云参数化方案） |
| 边界层 | Mellor-Yamada-Janjic TKE scheme； |
| 辐射 | Dudhia 短波和 RRTM 长波； |
| 微物理过程 | Morrison (2 moments) |

模式为 2012 年 8 月 16 日发布的 3.4.1 版本。

### 5.7.2.3 工况设计

利用中尺度数值模拟系统 WRF 模式，通过修改模式下垫面参数，进行数值模拟敏感试验，对旭龙水电站及其上梯级电站即苏洼龙水电站建成前后的区域气候特征进行模拟，考虑 3 种工况下的模式预测，即：

（1）2 个电站均未建设。

（2）苏洼龙水电站建成后。

（3）旭龙水电站和苏洼龙水电站都建成后。

通过修改模式下垫面的状况，得到不同试验结果，比较不同方案的模拟结果可以得到不同工况下的水库气候效应，如工况（3）减去工况（1），即为 2 个梯级电站的气候效应，工况（3）减去工况（2），即为旭龙水电站的气候效应。

### 5.7.2.4 水位设计

在本报告的模拟中，正常蓄水位 2302m，回水长度为 62.36km，总库容 8.47 亿 $m^3$。

### 5.7.2.5 模拟的时间和模式区域地形

选取丰水年 2005 年，枯水年 2002 年，每年又选取四季中的代表月份进行敏感试验，得到丰水和枯水年不同季节的气候影响。具体模拟时段为 2002 年 2 月、5 月、7 月和 10 月，2005 年 2 月、5 月、7 月和 10 月。

WRF 模式是采用 3 重嵌套，第一重范围较大，基本包括了中国以南孟加拉湾区域以及大部分中国区域，这样模式能够包括影响云南气候的主要天气系统。第二重和第三重以旭龙水电站为中心。第三重的分辨率为 1km，范围约 81km（东西方向）*123km（南北方向）。图 5.7-2～图 5.7-4 为三重区域范围和地形高度。

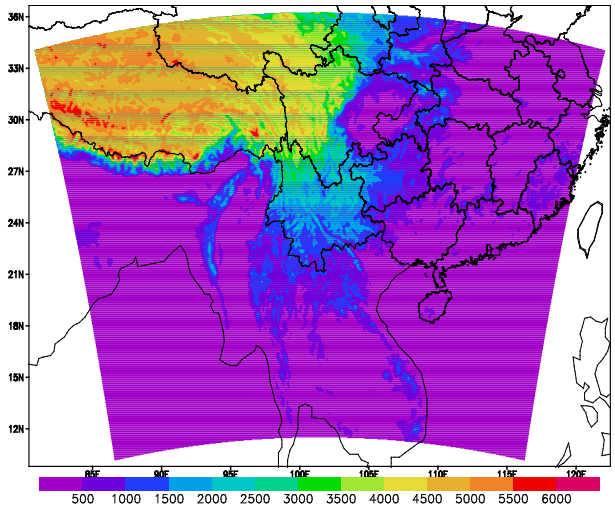



图 5.7-2 模式第一重模拟范围地形高度（单位：m）

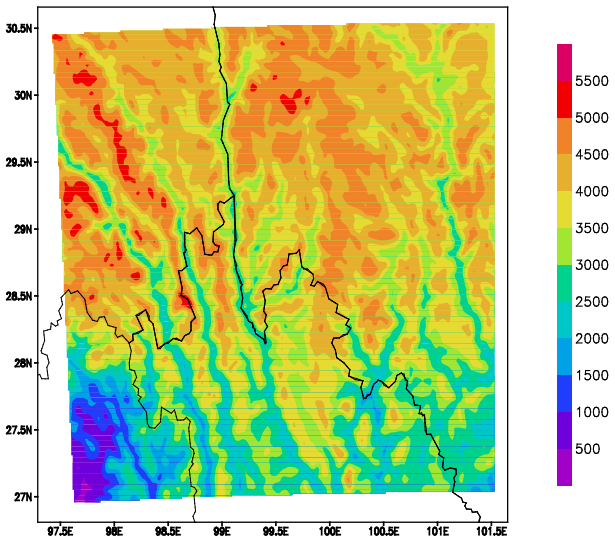



图 5.7-3 模式第二重模拟范围地形高度（单位：m）

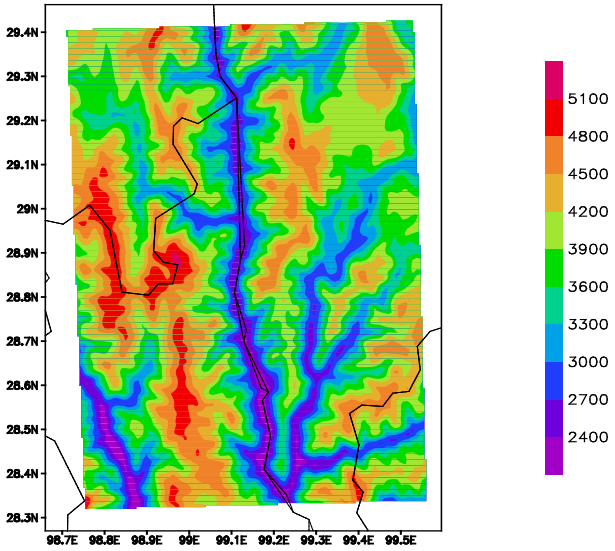



图 5.7-4　模式第三重模拟范围地形高度（单位：m）

## 5.7.2.6 预测结果

**（1）对月平均温度的影响**

图 5.7-5 到图 5.7-6 分别为旭龙水电站对丰水年、枯水年 2、5、7、10 各月月平均温度的影响。模拟结果表明水库蓄水后，在丰水年和枯水年的各个季节对库区附近近地面温度有一定的影响。但影响程度较小，温度变化的绝对值均小于 0.2 度。而且影响的范围仅限于水库库区附近。比较不同年和各个季节的变化发现，在不同年代不同季节，水库蓄水的影响程度和变化趋势都不完全相同，在丰水年的 2 月份，库区右岸气温略有上升，上升幅度约 0.04～0.06 度左右，库区左岸气温则呈现下降趋势，下降幅度约为 0.04～0.09 度左右；在丰水年的 5、7、10 月份，库区附近气温均呈下降

趋势，下降幅度约为 0.01～0.12 度左右；枯水年则 4 个模拟月份的气温，在库区附近均呈下降趋势，下降幅度约为 0.01～0.18 度左右。

经计算，气温下降幅度达到 0.10 度以上的并不多，丰水年仅有 2、5 月份的左岸气温下降幅度达到 0.10 度以上，枯水年仅有 2 月份气温下降幅度达到 0.10 度以上。总体而言，气温变化幅度极小，且局限于沿江地区。各月气温变化情况见表 5.7-2，从表中可见，各月平均温度右岸较左岸变化大，说明，右岸受水库影响比左岸大。




（a）2 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15

（b）5 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15

（c）7 月




（d）10 月

图 5.7-5 丰水年旭龙水电站蓄水后对近地面温度的影响（单位：度）




（a）2 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15

（b）5 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15

（c）7 月




（d）10 月

图 5.7-6　枯水年旭龙水电站蓄水后对近地面温度的影响（单位：度）

表 5.7-2　旭龙水电站水库对近地面月平均温度的影响

| 年 | 月 | 气温最大变化值（℃） | |
|---|---|---|---|
| | | 左岸 | 右岸 |
| 丰水年 | 2 | -0.095 | 0.056 |
| | 5 | -0.037 | -0.125 |
| | 7 | -0.017 | -0.088 |
| | 10 | -0.030 | -0.095 |
| 枯水年 | 2 | -0.114 | -0.184 |
| | 5 | -0.021 | -0.000 |
| | 7 | -0.003 | -0.072 |
| | 10 | -0.023 | -0.051 |

**（2）对近地面相对湿度的影响**

图 5.7-7 、图 5.7-8 分别丰水年、枯水年水库对 2、5、7、10 月份月平均近地面相对湿度的影响。模拟结果表明水库蓄水后在各个季节库区附近大多数地区的近地面相对湿度会增加。主要原因是因为水库蓄水后水面面积扩大，使得局地的蒸发量增加，但影响的程度都十分小，除丰水年 2 月份相对湿度增幅最大为 2.5%外，其余增幅均小于 1%，枯水年 2、5、7 月相对湿度增幅均小于 0.5%。因此，库区蓄水引起的湿度增加，无论是影响程度和影响范围都很小，可以忽略。


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
1.5
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5

（a）2 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
1.5
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5

（c）7 月




（b）5 月




（d）10

图 5.7-7　丰水年旭龙水电站蓄水后对近地面相对湿度的影响（单位：%）


旭龙电站
德荣县
德钦县
奔子栏
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
1.5
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5

（a）2 月


旭龙电站
德荣县
德钦县
奔子栏
迪庆藏族
自治州
金沙江
丽江
华坪县
攀枝花
宾川县
100公里
1.5
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5

（c）7 月




（b）5 月




（d）10

图 5.7-8 枯水年旭龙水电站蓄水后对近地面相对湿度的影响（单位：%）

**（3）对降水的影响**

模拟结果表明水库蓄水后在夏季对库区附近降水量有一定影响，从图 5.7-9 及图 5.7-10 可见，水库右岸 7 月降水量呈减少趋势，其中丰水年 7 月减少幅度不到 1.0 毫米，而枯水年 7 月减少幅度达 15 毫米，水库左岸 7 月降水量则呈增加趋势，其中丰水年 7 月增加幅度最大为 8.1 毫米，而枯水年 7 月增加幅度最大达 26.5 毫米，这可能跟右岸位于天气系统的背风坡，而左岸位于天气系统的迎风坡有关，库区水库蓄水后造成地面气温、湿度、高度等变化，使背风坡的焚风效应得到增强，减了降水或使得降水区域发生了变化，同时，在迎风坡激发了对对流性降水的扰动，局地对流活动加强，增加了降水。要注意的是，左岸降水量的增加幅度大于右岸降水量的下降幅度。由于干热河谷本来就干热少雨，因此，除 7 月份外，2、5、10 大部份月降水量的变化不超过 2 毫米。




图 5.7-9　丰水年 7 月旭龙水电站水库对附近区域降水的影响




图 5.7-10　枯水年 7 月旭龙水电站水库对附近区域降水的影响

**（4）对风速的影响**

WRF 模式模拟的近地层风速，模拟结果的相关性检验较差，因此，本报告不对近地层风速的模拟结果作出分析。从前述可知，近地层风速模拟结果产生误差主要是近地层风速受地形影响较大，通常条件下，风速随高度的增加而变大。随着高度增加，风速受地形影响越小，因此，可以采用 WRF 模式模拟的多层风速分析当地风速随高度变化的规律。

风速随高度的变化符合指数律，公式为：

$$V_z = V_{10}\left(\frac{Z}{Z_{10}}\right)^m$$

式中：$V_x$—Z 高度的风速；

$V_{10}$—地面 10m 高度处的风速；

$Z_{10}$—地面风测风高度，取 10m；

Z—距地面高度（≤1000m）m。

按指数律对 WRF 模式模拟的多层风速资料进行拟合，风速指数 m 见表 5.7-3。从模拟结果可见，当地风速随高度的增加速率较快，当地面 10 m 风速为 2.0 m/s 时，

中性稳定度下 100m、200m、300m、500m、1000m 处的风速分别达到 4.3m/s、5.4m/s、6.1m/s、7.3m/s、9.1m/s。

表 5.7-3　　风速指数 m 值

| 大气稳定度 | 不稳定（B 类） | 中性（D 类） | 稳定（E 类） | 资料高度 |
|---|---|---|---|---|
| m 值 | 0.19 | 0.33 | 0.36 | 1000 以下 |

#### 5.7.2.7 小结

利用 WRF 模式对旭龙水电站水库蓄水后的局地气候效应研究，模拟区域范围 3800km×2900km，模拟时段选取丰水年和枯水年的 2、5、7、10 共 8 个月。通过模拟水库蓄水前后两种情况，比较两种情况的差异得到水库蓄水对区域气候的影响。综合比较来看，水库蓄水后对局地区域气候环境影响不明显，数值模拟结果总结如下：

模拟结果表明在水库蓄水后在丰水年和枯水年的各个季节对库区附近近地面温度有一定的影响。但气温变化幅度极小，温度变化的绝对值均小于 0.2 度，而且影响的范围仅限于水库库区附近。比较不同年和各个季节的变化发现，在不同年代不同季节，水库蓄水的影响程度和变化趋势都不完全相同，但绝大部份月份气温呈现下降趋势。各月平均温度右岸较左岸变化大，说明右岸受水库影响比左岸大。

水库蓄水后在各个季节库区附近大多数地区的近地面相对湿度会增加。主要原因是因为水库蓄水后水面面积扩大，使得局地的蒸发量增加，除丰水年 2 月份相对湿度增幅最大为 2.5%外，其余增幅均小于 1%，水库蓄水对近地面相对湿度影响的程度及范围都十分小，可以忽略。

水库蓄水后在夏季对库区附近降水量有一定影响，水库右岸降水量呈减少趋势，而水库左岸降水量则呈增加趋势，除 7 月份降水量变化相对较大（可达 10mm 数量级）外，2、5、10 月降水量的变化较小，不超过 2 毫米。

总体而言，水库蓄水对局地气候的影响程度在该地区自然的气候年际波动范围内。

### 5.7.3 对环境地质的影响

#### 5.7.3.1 库岸稳定性分析

根据库区河谷地貌形态、不同地段的地层岩性、第四系堆积体的分布及岸坡稳定情况等进行库岸工程地质分段，库区河段可分为八段：坝址～格亚顶段（Ⅰ）、格亚

顶～虽丁段（Ⅱ）、虽丁～木拥桥段（Ⅲ）、木拥桥～美荣楼段（Ⅳ）、美荣楼～尼吕段（Ⅴ）、尼吕～地巫河段（Ⅵ）、地巫河～羊拉登桥段（Ⅶ）、羊拉登桥～库尾麦曲河段（Ⅷ）。

坝址～格亚顶段（I）：岸坡长约 7.2km（左右岸合计，下同），临江山顶高程 3500～4000m，河谷狭窄，江面宽 70～85m，库岸坡角 50°～60°，局部呈陡崖状。库岸地层多，岩性较杂，出露地层主要有印支期花岗岩、晚三叠纪石英闪长岩、金沙江蛇绿岩群（DTJ）火成岩及雄松群云母片岩。库岸下部主要为花岗岩及石英闪长岩，构成块状结构岸坡。其他岩性在两侧岸坡均有分布，但云母片岩主要分布于左岸，片理面倾角 60°～75°，构成逆向坡。DTJ 地层分布于右岸，构成块状结构岸坡。该段岸坡主要以硬质岩为主，受岸坡高陡及结构面切割影响，局部存在小规模崩塌、掉块现象，第四系分布少且蓄水后全淹。岸坡总体稳定性好。

格亚顶～虽丁段（Ⅱ）：长约 12.8km，临江山顶高程 3500～4000m，河谷狭窄，江面宽 40～90m，库岸坡角 40°～70°，多处呈陡崖状。左岸基岩主要为雄松群云母片岩，片理面倾角 40°～60°，倾向坡内，构成逆向坡；中上部小范围出露晚三叠纪石英闪长岩；右岸岩性较杂，中下部出露基岩为晚三叠纪石英闪长岩、金沙江蛇绿岩群（DTJ）火成岩、雄松群绢云石英千枚岩。中上部基岩为晚二叠纪石英闪长岩，其中千枚岩倾角 45°左右，倾向坡内，构成逆向坡，局部受构造影响形成顺向坡。受岸坡高陡及断裂切割影响，两岸中上部局部地段存在较严重的崩塌现象，坡底堆积大量块石；两岸中下部有一定土质岸坡分布，蓄水后可能存在变形失稳或塌岸。该段总体稳定性较差～差。

虽丁～木拥桥段（III）：长约 16.1km，临江山顶高程 3500～4000m，河谷狭窄，江面宽 40～80m，库岸坡角 40°～70°，多处呈陡崖状，意大同地段高程 2220～2250 之间两岸地势相对开阔，缓坡段宽 150～200m。左岸基岩主要为雄松群云母片岩及 DTJ 块状岩，木拥桥地段为绢云石英片岩，片理面倾角 50°左右，多构成横向坡或逆向坡，局部为顺向坡。右岸中下部基岩为雄松群绢云石英千枚岩，为逆向坡；中上部为晚二叠纪石英闪长岩，局部有金沙江蛇绿岩群火成岩出露。金沙江河床两岸尤其是达拥曲沟口及意大同地段分布较广的冲洪积物或冲积、洪积与崩坡积的混合堆积物，但高程一般较低，蓄水后局部可能存在塌岸问题。该段总体稳定性好，局部土质岸坡段稳定性差。

木拥桥～美荣楼段（IV）：长约 5.6km，临江山顶高程 4000～4500m，河谷相对宽缓，江面宽度变化较大，从 45～120m 不等。两岸地形不对称，左岸多为基岩陡坡，坡度 45°～75°，多处呈陡崖状，仅美荣楼地段高程 2270m 以下地形较缓。右岸地势较开阔，高程 2370m 以下以土质岸坡为主，物质组成为冲积与崩坡积的混合堆积，厚度 20～35m，坡度 20°～40°，局部可达 60°左右。两岸中下部基岩为雄松群绢云石英片岩，片理面倾角 45°左右，左岸为斜、顺向坡，右岸为逆向坡。中上部为晚三叠纪石英闪长岩及金沙江蛇绿岩群的火成岩。木拥桥右岸上、下游均有基岩出露，下游侧基岩高程较低，蓄水后全淹；上游侧基岩出露于扎日堆积体前缘，高程高于库水位。两岸基岩岸坡段工程地质条件总体较好，土质岸坡段较差。

美荣楼～尼吕段（V）：长约 16.3km，临江山顶高程 4000～4500m，岸坡高陡，坡角 50°～75°，多处达 75°以上呈陡崖状，曾大同一带相对宽缓。两岸大致对称，河谷狭窄，江面宽 50～100m，总体呈南北流向。两岸以基岩为主，出露地层较简单，主要为金沙江蛇绿岩群（DTJ）的火成岩，局部见辉绿岩及晚二叠纪石英闪长岩出露，构成块状结构岸坡。受节理、裂隙等结构面切割影响，局部存在小规模的崩塌、掉块现象。第四系堆积体较少，多为崩坡积及冲洪积成因，规模不大，分布于岸坡下部河床两岸附近，主要的崩坡堆积体有达曲 1#及 2#堆积体、尼吕堆积体，其中达曲 1#及尼吕堆积体前缘高于库水位。曾大同一带分布较广的冲洪积物，高程较低，蓄水后全淹。基岩岸坡段稳定性好，土质岸坡段稳定性较好。

尼吕～地巫河段（VI）：长约 48.5km，临江山顶高程 3500～4000m，整个库段岸坡高陡，坡角 50°～75°，多处达 75°以上，局部呈陡崖状。两岸大致对称，河谷狭窄，仅冲沟沟口一带相对较开阔。江面宽 45～100m，总体呈南北流向，局部有较大拐弯。曾大同断层（$F_6$）走向与金沙江大致相同并顺河谷延伸，造成两岸岩性截然不同。左岸为金沙江蛇绿岩群（DTJ）的火成岩，零星有辉绿岩及晚二叠纪石英闪长岩出露；右岸下部为雄松群绢云石英千枚岩，倾角 40°～50°，构成逆向坡。中上部为三叠系歪古村组（$T_{3W}$）砾岩、含砾砂岩夹火山岩。第四系较少，仅在冲沟沟口、河床及岸坡地形较缓处有少量分布。库岸总体稳定性好～较好。

地巫河～羊拉登桥段（VII）：长约 25. 5km，临江山顶高程 3500～4000m，整个库段岸坡高陡，坡角 50°～75°，多处达 75°以上，局部呈陡崖状。两岸大致对称，河床宽 90～200m，多处分布浅滩、沙丘，形成急流。江面宽 35～100m，总体呈南北流向，局部形成较大拐弯。两岸地层以雄松群绢云石英片岩为主，其中左岸中下部

有金沙江蛇绿岩群（DTJ）的火成岩出露，右岸中上部有三叠系歪古村组（$T_{3W}$）砾岩、含砾砂岩夹火山岩出露。第四系较少，主要分布于冲沟沟口、岸坡下部河床及缓坡一带。基岩岸坡段稳定性好，土质岸坡段稳定性较好，局部较差。

羊拉登桥～库尾麦曲河段（Ⅷ）：长约 7.2km，临江山顶高程 4000～4500m，岸坡高陡，坡角 45°～65°，局部达 75°以上。河谷相对开阔，麦曲河口以下宽 150～200m，其以上宽仅 50～90m。江面宽 40～80m，总体呈南东流向。左岸中下部岩性为金沙江蛇绿岩群（DTJ）的火成岩，中上部为雄松群绢云石英片岩，倾角 40°～55°，构成横向坡。右岸为雄松群结晶灰岩、大理岩及火山岩，构成逆向坡及块状结构岸坡。第四系较少，主要分布于冲沟沟口、河床及缓坡部位，蓄水后可能出现塌岸问题。岸坡总体稳定性好～较好，土质岸坡段较差。

综上所述，旭龙水电站库岸整体稳定性较好，局部稳定性较差。

### 5.7.3.2 水库渗漏

金沙江是区内地表、地下水最低排泄区，坝后主要支流徐龙沟、茂顶河、库区内的主要支流格亚顶沟、中岩河、麦曲河均为长年有水的山区性河流，河床坡降大，源头高程都大于 3500m，其它一些小支流呈树枝状汇入库内河段。库区与邻谷间的分水岭雄厚，且分水岭地带 3000m 高程以下以不透水或弱透水岩体组成，金沙江西岸较大支流的源头高程都在 3000m 以上，因此水库的地形及岩性封闭条件较好，不会发生向邻谷渗漏。

贯通水库与下游的顺江断层有两条，即茂达水断层和曾大同断层，均位于右岸山体中，茂达水断层在茂顶河左岸发育一温泉，泉点高程 2402m，曾大同断层在下游茂顶河冲沟内的出露高程约为 2700m，均高于正常蓄水位 2302m，因此，库水不会沿断层向库外渗漏。

综上所述，水库封闭条件较好，库水不会向邻谷渗漏和库外集中渗漏，但是正常蓄水后，坝址上游裂隙岩体的地下水水位将大幅上升，坝址上、下游地下水水位差高达 160 多米，地下水将从坝基和两坝肩防渗帷幕下方绕渗至大坝下游，绕坝渗漏及坝基渗漏量为 3570.99$m^3$/d。

### 5.7.3.3 水库浸没

水库区为典型的高山峡谷型水库，岸坡地形较陡，坡度一般 40°～60°，两岸低高

程阶地发育较少，库区人口数量少，农耕地面积很少。库岸两侧主要分布金沙江I、II两级阶地，阶面高程 2200~2230m，第四系堆积物多为碎石、块石夹土，水库蓄水至2302m 后，这两级阶地均被淹没，不存在水库浸没问题。

#### 5.7.3.4 固体径流与水库淤积

库区地形起伏大、山高谷深，构造影响较强烈，外动力地质作用强烈，坡面松散物质较丰富，形成一系列的泥石流沟。区内泥石流类型主要为河谷型稀性泥石流，泥石流冲沟在金沙江边沟口迅速堆积，多在水边形成中小型堆积扇，导致江面变窄并形成险滩，蓄水后大部分泥石流堆积体将被淹没，不会对库岸稳定产生大的影响，但泥石流冲沟的存在可能成为水库淤积的主要物源之一。

#### 5.7.3.5 水库诱发地震

旭龙库区属高山峡谷地形，地形切割深度大。区内主要为变质岩、岩浆岩，少量可溶性岩分布在 4000m 高程以上，基岩大部分裸露，局部覆盖较薄的第四系松散堆积层或古老滑坡体。

库区内发育有区域性曾大同断裂（F6），沿金沙江近南北向展布，断层规模较大，根据该断裂带的性状及上覆三级（或四级）阶地堆积物平稳覆盖的特征，判定其为非工程活动断裂，在库区内沿该断裂没有发生过 4.7 级以上地震，据此判定旭龙水库区不会发生构造型（断层破裂型）水库诱发强震。

库区岸坡主要为岩质岸坡，岩性主要为变质岩及岩浆岩，受构造影响，岩坡岩体裂隙发育，加上两岸地形陡峭，在重力作用下，岸坡岩体易向临空方向产生卸荷拉裂现象。

### 5.7.4 运行期泄洪雾化影响分析

泄洪雾化是泄水建筑物泄洪时伴生雨、雾的一种现象。主要雾源来自于泄洪雾化-挑流水体高速落入下游河床，水体反弹，激溅四周，抛向空中的小块水滴形成泄洪雾化，其高度通常与水舌最大高度相近。升腾的水雾部分在附近区域下落，返回河床或落在近岸区域；部分在风力作用下向四周但主要是向下游方向和高处扩散，逐渐形成云雾。

旭龙水电站最大坝高 213m，坝身设有 3 个表孔和 4 个中孔。采用挑流泄洪方式，具有“高水头，大流量，窄河谷”的特点。长江设计院联合天津大学开展了旭龙水电站

下游泄洪消能雾化影响专题研究。

挑流泄洪雾化就是水舌在空中运动时，从水舌边缘逸出的水滴和水汽以及入水后由于喷溅作用从水面抛出大量水团、水块、水雾，受气流、地形等条件的影响而产生的雨雾现象。原型观测成果表明，空中水舌掺气扩散形成的雾化源不大，雾化源主要来自水舌落水附近水的喷溅。水舌入水时，与水面间形成强烈的激溅作用，激溅起来的水团或水滴可近似地看作弹性体在重力，浮力，空气阻力作用下以不同的出射角度、速度做抛射运动，这些高速溅起的水团或水滴在一定范围内产生强烈的“水舌风”或“溅水风”，水舌风又促进水团或水滴向更远处扩散，即向下游和两岸山坡扩散。根据雾化水流各区域的形态特征和形成降雨的强弱，将雾化水流分为两个区域，即强暴雨区和雾流扩散区。强暴雨区的范围为水舌入水点前后的暴雨区和溅雨区；雾流扩散区，包括雾流降雨区和雾化区，分区示意图如图 5.7-11 所示。

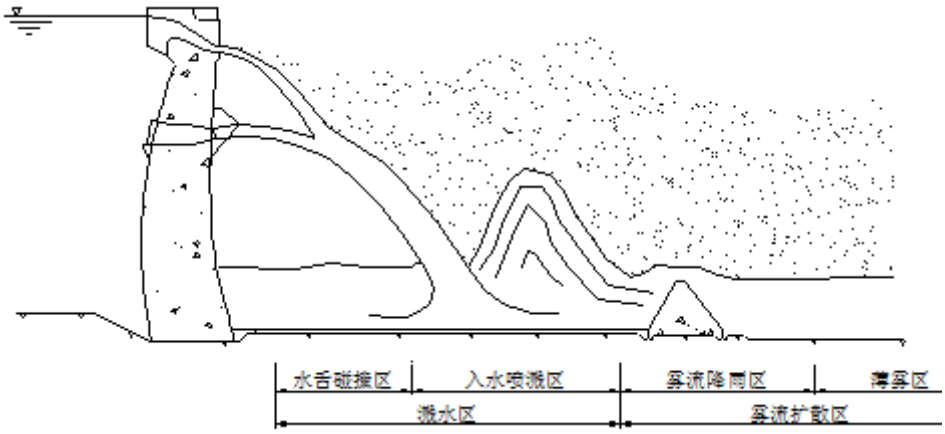



图 5.7-11　　挑流泄洪雾化降雨分区示意图

根据泄洪水流从出射到雾化这一运动过程中发生的力学行为，将其划分为挑流水舌空中运动、挑流水舌入水喷溅、雾流扩散等运动模式。

挑流水舌空间扩散方程如下：

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= x_4 \\
\frac{dx_2}{dt} &= x_5 \\
\frac{dx_3}{dt} &= x_6 \\
\frac{dx_4}{dt} &= -\frac{c_f \rho_a x_4 (x_4^2 + x_5^2)^{1+0.75n}}{\alpha_1 \rho_w g^{0.5n} q^{1+0.5n}} \\
\frac{dx_5}{dt} &= -\frac{c_f \rho_a x_5 (x_4^2 + x_5^2)^{1+0.75n}}{\alpha_1 \rho_w g^{0.5n} q^{1+0.5n}} + \frac{\rho_a g^{1-0.5n} (x_4^2 + x_5^2)^{0.75n}}{\alpha_1 \rho_w q^{0.5n}} - g \\
\frac{dx_6}{dt} &= -(x_4^2 + x_5^2)^{-0.5} [\frac{c_f \rho_a x_4^2 (x_4^2 + x_5^2)^{1+0.75n}}{\alpha_1 \rho_w g^{0.5n} q^{1+0.5n}} \\
&+ \frac{c_f \rho_a x_5^2 (x_4^2 + x_5^2)^{1+0.75n}}{\alpha_1 \rho_w g^{0.5n} q^{1+0.5n}} - \frac{\rho_a g^{1-0.5n} x_5 (x_4^2 + x_5^2)^{0.75n}}{\alpha_1 \rho_w q^{0.5n}} + g x_5 ] \\
x_1(0) = 0, x_2(0) &= z_0, x_3(0) = 0, x_4(0) = v_0 \cos\theta, x_5(0) = v_0 \sin\theta, x_6(0) = v_0
\end{aligned}\right\}$$

式中：$c_f$ 为空气阻力系数，$v$ 为水舌断面的平均流速，$q$ 为挑流水舌的单宽流量，$z_0$ 为鼻坎出口高程与下游水位之差，$\theta$ 为鼻坎挑角。

挑流水舌入水喷溅方程如下：

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= x_4 \\
\frac{dx_2}{dt} &= x_5 \\
\frac{dx_3}{dt} &= x_4 \\
\frac{dx_4}{dt} &= -c_f \frac{3}{4D} \frac{\rho_a}{\rho} \sqrt{\left(x_4 - v_{fx}\right)^2 + \left(x_5 - v_{fy}\right)^2 + \left(x_6 - v_{fz}\right)^2} \left(x_4 - v_{fx}\right) \\
\frac{dx_5}{dt} &= -c_f \frac{3}{4D} \frac{\rho_a}{\rho} \sqrt{\left(x_4 - v_{fx}\right)^2 + \left(x_5 - v_{fy}\right)^2 + \left(x_6 - v_{fz}\right)^2} \left(x_5 - v_{fy}\right) \\
\frac{dx_6}{dt} &= -c_f \frac{3}{4D} \frac{\rho_a}{\rho} \sqrt{\left(x_4 - v_{fx}\right)^2 + \left(x_5 - v_{fy}\right)^2 + \left(x_6 - v_{fz}\right)^2} \left(x_6 - v_{fz}\right) + \frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \\
x_1(0) = 0, x_2(0) &= 0, x_3(0) = 0, x_4(0) = v_0' \cos\beta \cos\Phi, x_5(0) = v_0' \cos\beta \sin\Phi, x_6(0) = v_0' \sin\beta
\end{aligned}\right\}$$

式中：$\beta$ 为水滴出射角，$\Phi$ 为水滴的偏移角，$D$ 为水滴直径，$v_0'$ 为初始抛射速度。

挑流水舌入水喷溅公式如下：

$$C_m(x) = \int_0^\infty C(x,y)dy = e^{-k^2 x} \frac{2\varepsilon\omega c_1 + 4\varepsilon^2 \gamma C_2}{4\varepsilon^2 \gamma^2 - \omega^2}$$

式中：$C$ 为水雾浓度，$\omega$ 为水滴降速，$\varepsilon$ 为扩散系数。

降雨强度公式如下：

$$q(x)=\frac{[C_m(x)-C_m(x+\Delta x)]\cdot v_f}{2\Delta x}=-\frac{v_f}{2}\frac{dC_m}{dx}$$

旭龙水电站的泄洪雾化计算，以坝轴线与泄洪中心线的交点为坐标原点建立坐标系统，选取坝轴线上游-300m～下游 1900m，宽 1500m，高 600m 的范围作为泄洪雾化的预测计算区域，地形边界条件见图 5.7-12。应用蒙特卡罗方法计算单位时间内降落到边界小立方块内的雨滴量的数学期望作为该小区域的平均降雨强度。

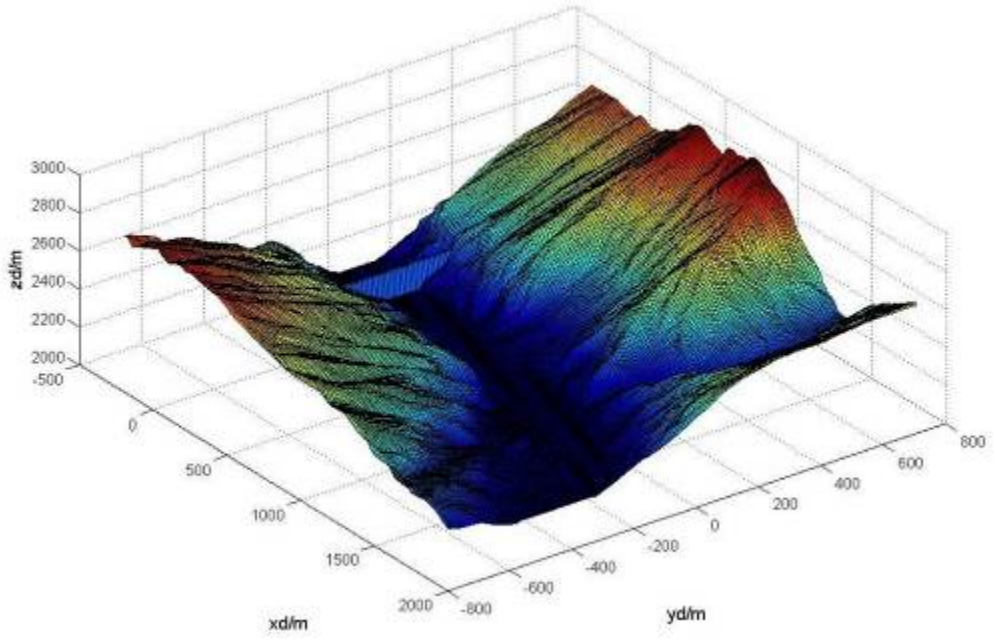



图 5.7-12　泄洪雾化地形表面图

基于金沙江旭龙水电站专用气象站 2012～2015 年特征值统计表，选取气象参数。不利风向包括风向 SSW、风速 11.1m/s；风向 NE、风速 11.1m/s；风向 S、风速 9.4m/s。因此，计算分别选取无自然风情况（WF）；风向 SSW、风速 11.1m/ s 工况（YFA）；风向 NE、风速 11.1m/s 工况（YFB）；风向 S、风速 9.4m/s 工况（YFC）；风向 NS34°，风速 11.1m/s 工况（YFD）。

根据雾化研究成果，校核洪水工况的泄洪雾化影响范围最大，选取 PMF 校核工况，对无风和 4 种不利风场的 5 种计算工况，进行新体形雾化范围预测计算。校核工况下为 3 表孔和 4 中孔全开。3 表孔下泄总流量为 6183$m^3$/s，4 个中孔下泄总流量为 4957$m^3$/s。计算组次见表所示。

计算工况如下：

（1）WF；

（2）YFA 风向 SSW，风速 11.1m/s；

（3）YFB 风向 NE，风速 11.1m/s；

（4）YFC 风向 S，风速 9.4m/s。

（5）YFD 风向 NW，风速 11.1m/s。

各工况泄洪雾化计算结果如下：

表 5.7-4　校核工况旭龙水电站各风场作用下的泄流雾化范围计算结果表

| 编号 | 风场 | 风向 | 风速（m/s） | 雨强(mm/h) | 纵向范围(m) | | 左高程(m) | 右高程(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | WF | | | 40 | 76.00 | 653.25 | 2336 | 2324 |
| | | | | 60 | 81.51 | 612.23 | 2317 | 2320 |
| | | | | 100 | 88.11 | 584.77 | 2311 | 2297 |
| 2 | YFA | SSW | 11.1 | 40 | 67.22 | 627.87 | 2347 | 2317 |
| | | | | 60 | 77.48 | 607.51 | 2342 | 2291 |
| | | | | 100 | 84.96 | 535.32 | 2325 | 2256 |
| 3 | YFB | NE | 11.1 | 40 | 68.09 | 653.82 | 2316 | 2333 |
| | | | | 60 | 71.50 | 541.82 | 2311 | 2331 |
| | | | | 100 | 85.34 | 617.39 | 2282 | 2322 |
| 4 | YFC | S | 9.4 | 40 | 57.97 | 617.84 | 2345 | 2310 |
| | | | | 60 | 63.22 | 592.25 | 2335 | 2292 |
| | | | | 100 | 76.08 | 517.82 | 2312 | 2280 |
| 5 | YFD | NW | 11.1 | 40 | 88.00 | 718.19 | 2332 | 2323 |
| | | | | 60 | 89.27 | 690.36 | 2308 | 2320 |
| | | | | 100 | 93.70 | 660.66 | 2292 | 2294 |

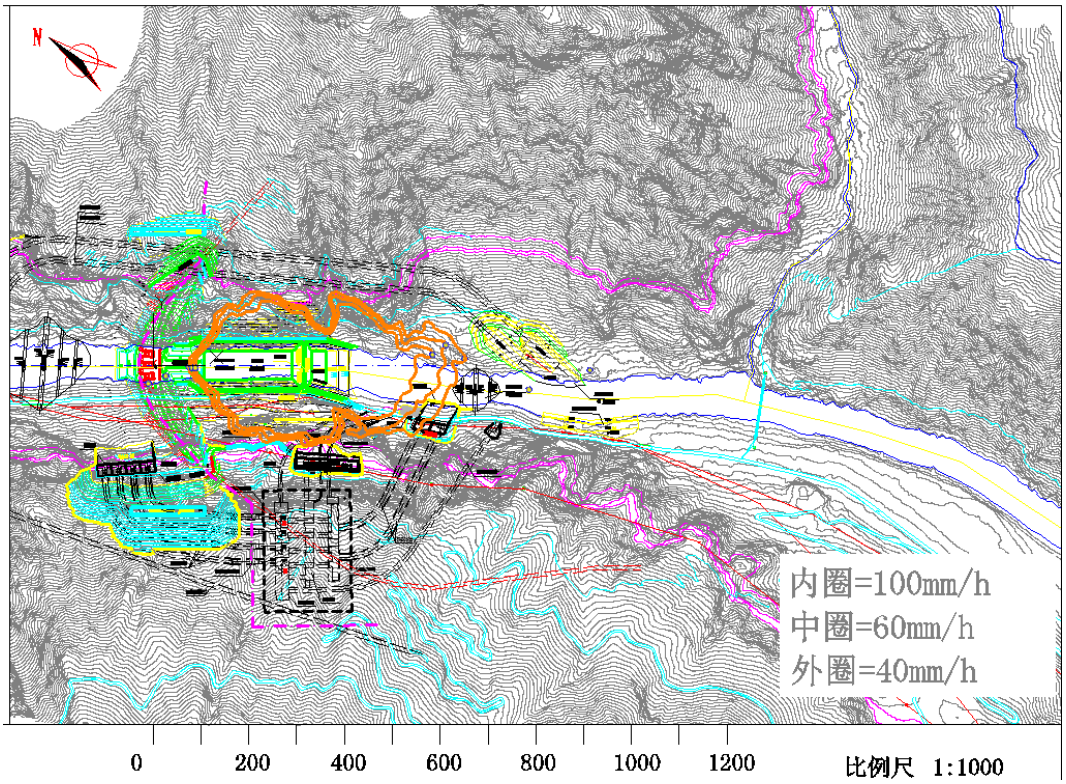



图 5.7-13　　WF 工况泄洪雾化范围图

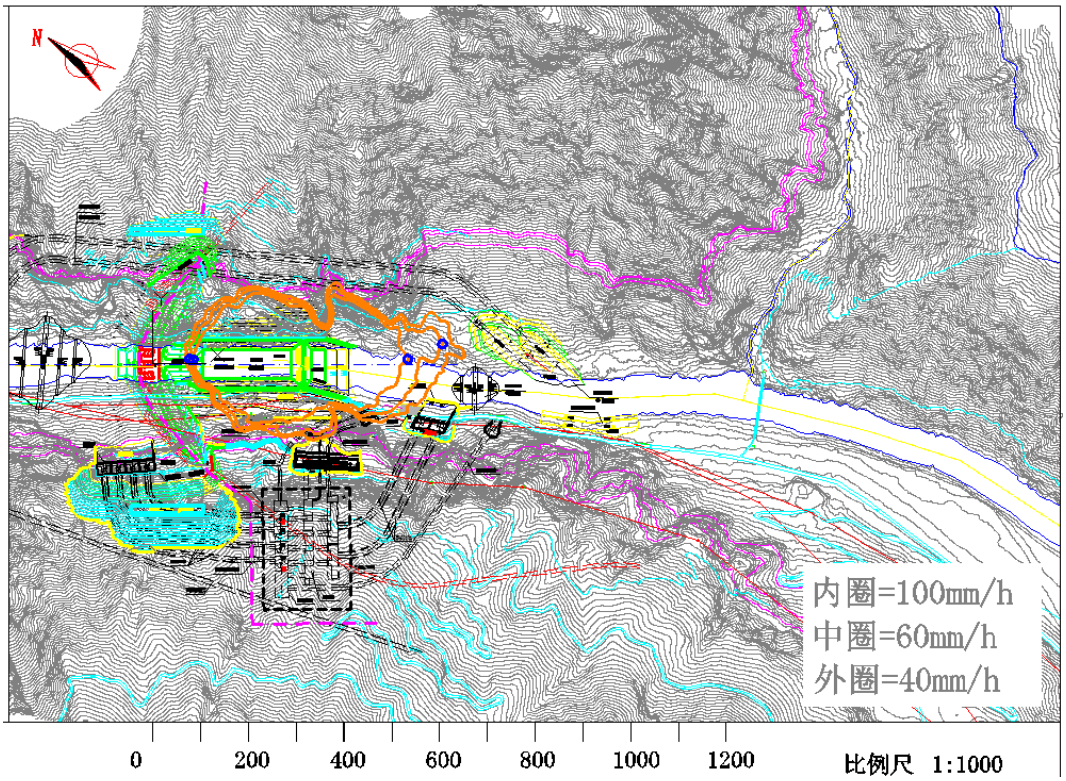



图 5.7-14　　YFA 工况泄洪雾化范围图

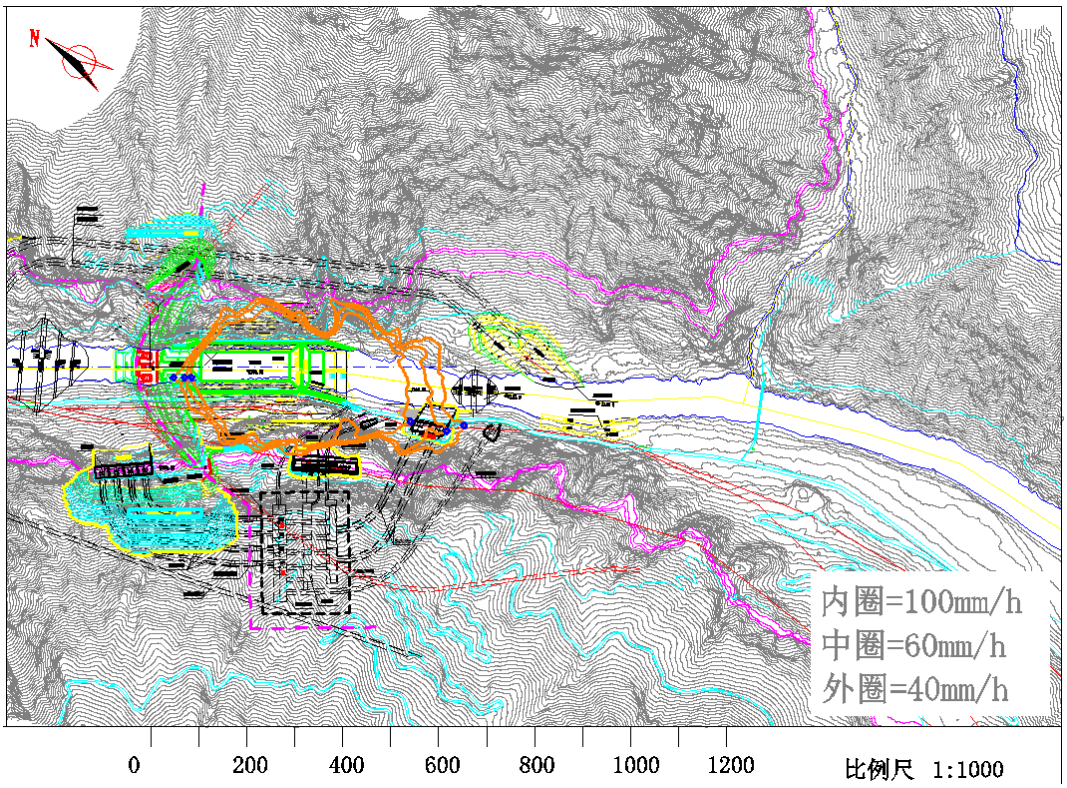



图 5.7-15　　YFB 工况泄洪雾化范围图

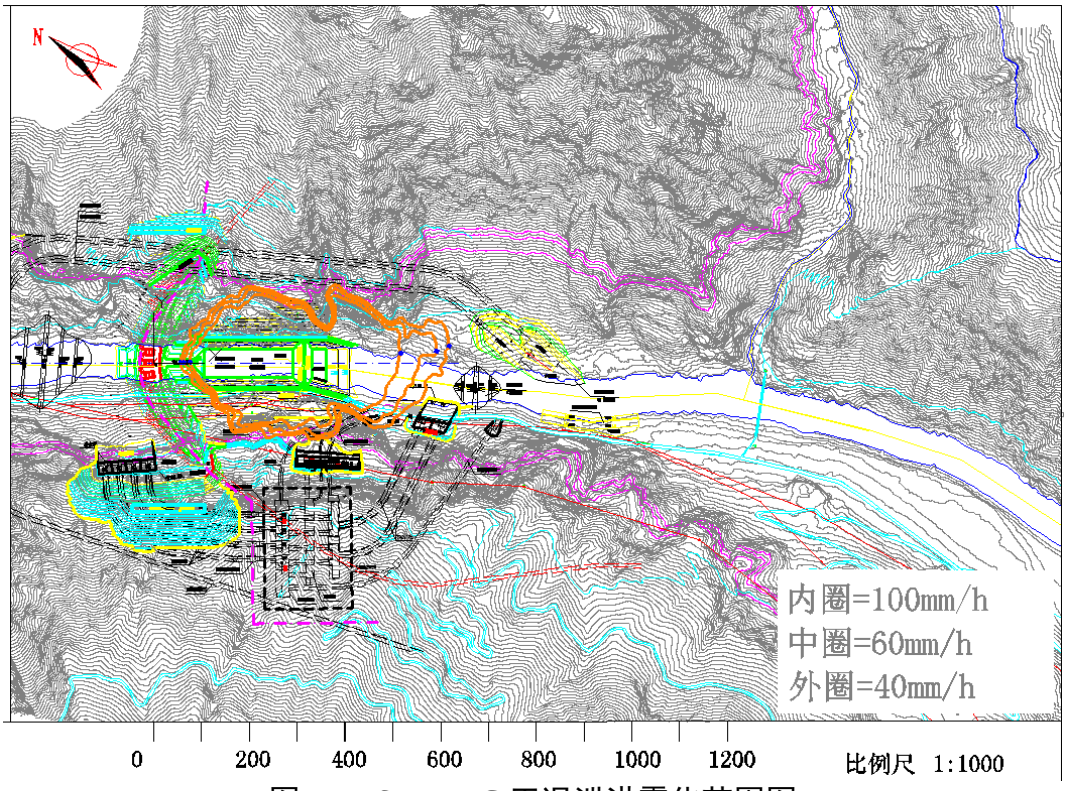



图 5.7-16　　YFC 工况泄洪雾化范围图

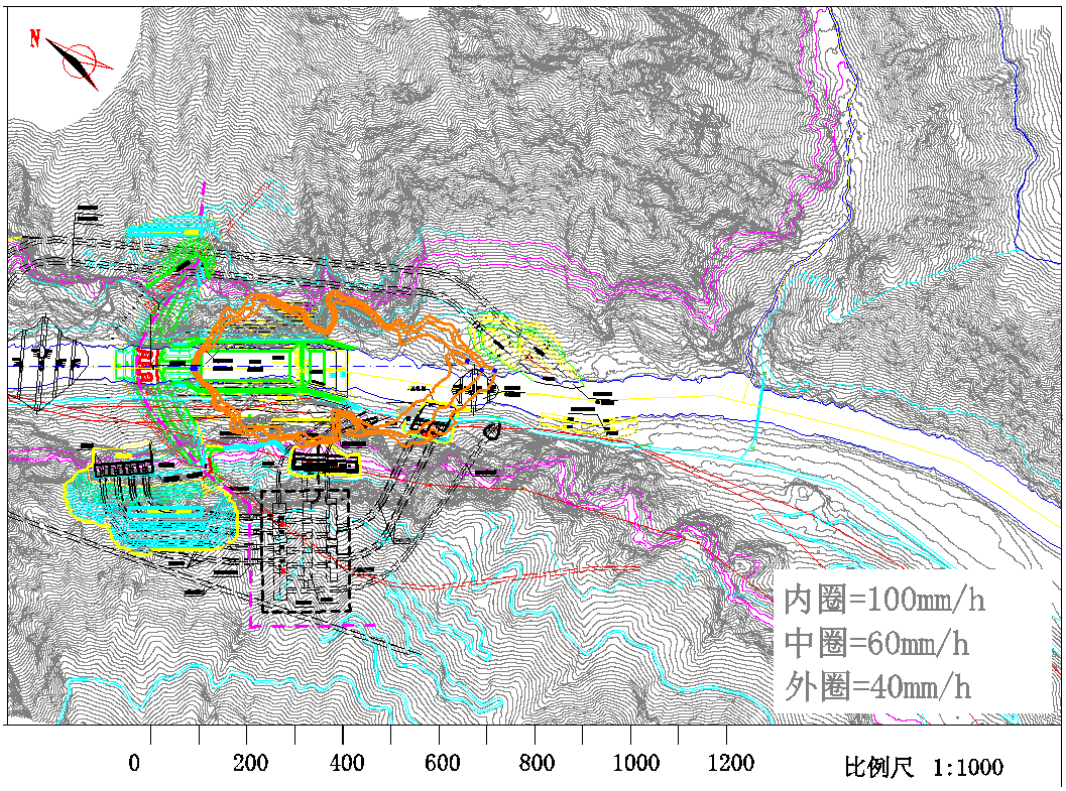



图 5.7-17　YFD 工况泄洪雾化范围图

计算结果显示：

（1）无风工况下，坝身泄洪雾化 100mm/h 纵向距坝轴线 88.11～584.77m，横向左扩散至 2311m 高程以下，横向右扩散至 2297m 高程以下；40mm/h 的雨强等值线距坝轴线的纵向最大雾化范围为 76.00～653.25m，左岸最大高程 2336m，右岸最大高程 2324m。

（2）在最不利风速作用下坝身泄洪雾化 100mm/h 纵向距坝轴线 93.70～660.66m，横向左扩散至 2292m 高程以下，横向右扩散至 2294m 高程以下；40mm/h 雨强线纵向范围最远距坝轴线 718.19m，横向左扩散至 2347m 高程以下，横向右扩散至 2333m 高程以下，右岸尾水隧洞出口平台与进厂交通洞口应做好相应防护工作。

（3）在 100mm/h 雨强等值线内包络区，可能引起山体滑坡和建筑物的毁坏，因此要对此范围内两岸山体进行防护，设马道和排水沟，并避免将建筑物建在该范围内。

（4）在 40mm/h 雨强等值线包络区内，雾雨可能对工程造成危害，对建筑物应加以防护，两岸山体应采取喷混凝土护坡、设马道及排水沟等措施。

## 5.7.5 对社会环境的影响

### 5.7.5.1 社会经济

**（1）施工期对社会经济的影响**

工程区所处地区地理位置相对偏远，区域经济以农业为主，工业与商品流通业发展滞后，经济水平不高，然而随着工程的建设将为当地经济的发展带来新的发展契机。由于工程建设过程中将投入大量的建设资金，所需的水泥、土石料、钢材、木材等大量建筑材料部分可在当地就近解决，可为当地的企业带来一定的经济效益，促进地方建材、运输等行业的发展。

工程建设所需劳动力较多，给当地人员就业提供了便利。工程建设还将拉动商贸、餐饮、住宿和其他服务性行业的发展，第三产业的发展有利于地方农业产业结构的调整，从而使地方经济得到较大的发展。以施工人员每人每月平均消费 300 元计，施工高峰期人数 5265 人，施工期 98 个月，在工程施工期间，可使当地平均消费额每年增加施工期间可使当地消费额每年增加 1895 万元，施工期间共增加 15479 万元。

**（2）运行期对社会经济的影响**

旭龙水电站发电效益大，电站装机规模达 2400MW，联合运行情况下，年发电量 103.19 亿 kW·h，是金沙江上游水电基地的重要组成部分，是“西电东送”的重要电源之一。优质的电能，对于改善我国的能源结构，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有重大意义。旭龙水电站主要隶属藏族自治区，区内交通不便，旅游资源等开发利用程度低，库区经济以农业为主，属于我国西部贫困的少数民族地区。随着水电站的兴建，大量建设资金的投入、区内交通设施的改善，为库区的经济发展创造了良好的机遇。工程建成后，其巨大的发电效益，除可实施“西电东送”外，还可为当地的矿产资源开发提供大量廉价电源，从而促进矿产资源开发，变资源优势为经济优势；通过发电税收，还可增加地方政府的财政收入。

水库兴建有利于库区的生活、工业和农业用水，从而改善居民生活饮用水的卫生状况，有利于防止传染病的流行，有利于地区工农业的发展。

水库面积增大，可改善库区干热河谷气候，有利于库区植物的生长。水电是廉价、可再生的清洁能源，与火电相比，具有资源耗损小，不产生大气污染的优点。据测算该电站替代相同规模的火电后，每年可节约标煤 430 万 t，大量减少 $SO_2$、$CO_2$ 等燃煤污染气体及烟尘的排放。在广大山区推广以电带柴，也能减少因砍伐树林而对当地

生态环境的破坏。

因此，旭龙水电站的建设不仅能推动地方社会、经济的发展，改变库区贫困落后的状态，而且对长江流域的社会、经济可持续发展及实现我国西电东送的伟大战略目标具有重要意义。

### 5.7.5.2 少数民族文化与宗教

**（1）库区淹没对少数民族宗教与文化的影响**

1）宗教建筑

对于普遍信仰宗教的少数民族而言，宗教是体现民族特征最主要的表征之一。在羊拉乡、徐龙乡、贡波乡等地，虽然居住着几种少数民族，但藏族人数占百分之 90%以上，且藏传佛教是藏族、纳西族（部分）、傈僳族（部分）等民族的主要宗教信仰。因此，藏传佛教在很大程度上主导着这一区域民族传统文化，也是支撑各民族社会生活的精神文化。作为宗教信仰载体的寺院、转经房、佛塔、玛尼堆等在库区大量存在。同时，信仰藏传佛教的村民家庭每年还要花费较多的钱财来请喇嘛，并进行供养寺院等宗教活动。

库区淹没涉及藏传佛教的宗教建筑和宗教设施影响各有不同。

①尽管库区不涉及淹没现有的寺庙，但移民安置点信教藏民到寺庙从事宗教活动在距离、范围、路线等方面势必有一个适应的过程。

②淹没区的宗教类建筑较多的是村寨中及周边的佛塔、玛尼堆、转经筒等，有一定数量，被藏民视为除寺庙外不可或缺的宗教建筑，不可忽视。其中的佛塔、玛尼堆、转经筒等公共建筑在淹没后是整体迁移到安置点还是在安置点重建，需要充分听取藏民的意见。

③私人经堂是家家户户设在家里的经堂，淹没后肯定会随同民居一起迁移到安置点。搬迁后的经堂需要重新装修，应当充分尊重藏民的合理诉求。

2）村寨

淹没区内的行政单位主要集中在德钦县的羊拉乡和得荣县的徐龙乡、贡波乡，巴塘县的昌波乡、地巫乡、中心绒乡和芒康县索多西乡。

这些村寨中，虽然保留了浓郁的民间藏族宗教文化传统，但并无具有典型意义的历史古村落、民族文化特色村、民族团结示范村、旅游精品村、民族和谐示范村等重点保护对象。所以淹没对村落文化的影响不大。

3）民居

库区处于半农半牧区，本土文化和外来文化在这里交融渗透，使民居建筑既有藏族特色，又有其他文化影响的痕迹。

受自然环境及经济条件、文化传统影响，库区范围内的民居样式主要为藏式石木房等。房屋在建造时间、建造规模、建造特色与内部装修等方面往往比起其他很多民族要花费更多的时间与金钱。

藏式民居最具代表性的是碉房。碉房多为石木结构，外形端庄稳固，风格古朴粗犷。外墙向上收缩，依山而建，内坡仍为垂直。民居室内外的陈设显示着神佛的崇高地位。农牧民住宅都有供佛的设施。最简单的也设置供案，敬奉菩萨。因此对于藏式房屋要注意其经堂。民居既是藏民生活的场所，又是藏族文化的表征，一般占地面积都比较大，安置点整体设计时必需予以重点考虑。

4）文化活动场所

在藏族传统的文化中，集体娱乐是一种重要的方式。凡是节庆、婚礼、新房落成等喜庆日子，村民都会汇集在村中较为宽敞的空地或家院里从事跳“锅庄”等歌舞活动。建议集中安置点适当考虑设计供村民集体活动的文化广场。

5）心理

藏族地区较多属于传统的熟人社会，人们原有的社会关系网络与原有的生产生活习俗是藏民赖以生存的重要资源。尤其是库区老年人更会由于搬迁产生较大的心理冲击。

**（2）移民安置对少数民族宗教与文化的影响**

移民安置是水电站工程建设重要的内容之一，安置情况如何，不仅影响到电站本身的建设，更主要的是会影响到建设区域移民的社会稳定问题。其中，对于少数民族聚居地区的移民安置，问题就会显得更为复杂、突出和敏感。

1）库区少数民族特点分析

库区是藏族、傈僳族、纳西族等少数民族聚居区，各民族都有着不同的生产、生活方式，在语言、风俗习惯、宗教信仰等方面也具有极大的差异性，多种民族文化相互交织在一起，表现出文化的多元性，这是库区少数民族最显著的特点之一。同时，库区除了是以藏传佛教为代表的文化核心区以外，还涉及到东巴教、天主教、民间信仰等宗教文化类型，因此，多种宗教信仰并存也成为库区少数民族突出的特点。基于这些特点，库区的移民安置问题会显得复杂、艰难，移民安置对库区少数民族的宗教

和文化都有一定的影响。

2）对宗教信仰影响

库区有藏传佛教、天主教、民间宗教等多种宗教信仰，信教群众居多。移民安置对库区少数民族的宗教信仰将产生较大影响。宗教建筑是宗教文化的外在表现，淹没地区的寺庙、转经房、佛塔、玛尼堆等宗教设施及神山圣水，均成为库区藏族移民的信仰载体。移民安置使得人们迁移到新的安置点，由于离开了宗教信仰原有的生存空间，或是缺少必要的宗教建筑和设施，库区藏族的信教规模会弱减，信教群众参与宗教活动的机会也会减少。在新的移民安置点，不同宗教信仰的信徒群众之间以及原有宗教信仰与新迁入的宗教信仰之间还会产生冲突、协调、融合等问题。

3）对风俗习俗的影响

库区是多种少数民族聚居区，每个民族都有自己独具特色、丰富多彩的风俗习惯，如藏族的藏历年、纳西族的二月八。这些风俗由于少数民族的世代相传而得以沿袭下来，承载着深厚的民族文化内涵。建议新的移民安置点应考虑少数民族开展传统节日活动所需公共场所的建设。

4）对民族心理影响

对于库区的少数民族，移民安置使其舍弃世代居住的家园，离开历代祖先的安息之地而迁移到一个新的环境中，即使是在县内安置，心理上也会产生一定的恐慌和空虚感，从而造成民族情感的遗失。

# 6 环境保护措施

根据环境影响预测分析结论，本工程施工期及运行期环境保护措施主要包括：地表水环境保护措施、地下水环境保护措施、陆生生态保护措施、水生生态保护措施、土壤环境保护措施、施工期环境保护措施、泄洪雾化影响减缓措施、移民安置环境保护措施、运行期电站管理区环境保护措施、社会环境保护等。

## 6.1地表水环境保护措施

### 6.1.1 下游河道生态流量保障措施

#### 6.1.1.1 施工截流

工程上游围堰规模较大，为保证围堰在一个枯水期内完建并挡水，河床截流宜尽早进行。截流时段选择在第 2 年 12 月上旬，截流标准采用 12 月 10 年一遇月平均流量 447$m^3$/s，采用单戗立堵截流方式。

导流隧洞共布置两条，位于大坝左岸，与厂房分两岸相对布置。导流隧洞按高低洞布置，高洞靠山体侧、低洞靠河床侧布置，高、低导流隧洞轴线平行。进口高程分别为 2146m 和 2151m，出口高程均为 2143m。导流隧洞洞身由进口直线段、进口圆弧段、洞身直线段、出口圆弧段及出口直线段组成，两条导流隧洞长度分别为 1313.18m（低）和 1446.77m（高），轴线间距 50m。低、高洞过流断面尺寸分别为 14m×17m 和 12m×16m（宽×高），过流断面面积分别为 221.55$m^2$（低）、179.91$m^2$（高），城门洞形，顶拱夹角 120°。

根据工程设计，截流标准采用 12 月 10%月平均流量 447$m^3$/s，相应上游水位为 2154.01m。截流时低导流隧洞分流，随着截流龙口门宽度的缩小及合拢，龙口泄流逐渐过渡为导流洞泄流，直至完全由导流洞过流，截流期间保持泄流量在 447$m^3$/s 左右，下游不出现减脱水情况。

截流后，通过高、低两个导流洞过流，两个导流洞联合能力详见表。导流洞过流期间，可满足下游生态流量泄放要求。

表 6.1-1　高、低导流隧洞联合泄流能力表

| 流量($m^3$/s) | 0 | 220 | 472 | 808 | 1198 | 1512 | 1912 | 2381 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 库水位(m) | 2146.00 | 2151.00 | 2153.41 | 2156.01 | 2158.41 | 2160.11 | 2162.12 | 2164.05 |
| 流量($m^3/s$) | 3057 | 3549 | 4099 | 4608 | 5266 | 5862 | 6420 | 6514 |
| 库水位(m) | 2167.25 | 2168.69 | 2171.04 | 2173.72 | 2178.82 | 2184.17 | 2189.50 | 2190.41 |
| 流量($m^3/s$) | 7195 | 7290 | 7820 | 7930 | 7945 | 7963 | | |
| 库水位(m) | 2197.91 | 2199.10 | 2205.50 | 2207.00 | 2207.02 | 2207.22 | | |

#### 6.1.1.2 导流洞转换期间

根据施工进度及导流程序安排，高导流隧洞计划于第 8 年 11 月初下闸，导流隧洞闸门下闸流量标准为苏洼龙 2 台机满发+11 月区间 10%流量 $860m^3/s$，下闸水深为 5.33m。高导流隧洞下闸后，打开高导流隧洞与旁通洞之间的钢筋砼洞壁、调试供水旁通洞弧形闸门、修整旁通洞与高洞之间的洞壁；此期间低洞泄流。

待旁通洞具备下闸条件后，提起供水洞平板闸门，低导流隧洞下闸，下闸流量标准为苏洼龙 2 台机满发+11 月区间 10%流量 $860m^3/s$，下闸水深为 11.46m。导流隧洞下闸后，由旁通洞洞向下游供水，待水位上升至中孔满足下游生态流量要求时，旁通洞下闸，下闸水位为 2223.44m，下闸水深为 73.43m。随后进行导流隧洞堵头施工。

表 6.1-2　导流洞下闸封堵程序及下泄流量满足情况

| 项目 | 水位 (m) | 库容 ($\times10^8$ $m^3$) | 上游来流量 ($m^3/s$) | 下泄流量 ($m^3/s$) | 蓄水时间 (h) |
|---|---|---|---|---|---|
| 低洞下闸 | 2157.46 | 0 | 860 | 106 | 0 |
| 旁通洞满足下泄 $210m^3/s$ 能力 | 2167.12 | 0.014 | 860 | 210 | 0.543 |
| 旁通洞控泄 | 2167.12～2220 | 0.014～0.522 | 860 | 210 | 21.70 |
| 中孔满足下泄 $210m^3/s$ 能力 | 2220～2223.44 | 0.522～0.616 | 860 | 210 | 4.02 |
| 中孔敞泄 | 2225.12 | 0.663 | | | |
| 中孔下闸后控泄 | 2294 | 6.553 | 501 | 280 | 740.3（30.85d) |
| | 2302 | 7.813 | 1272 | 280 | 35.28（1.47d） |

#### 6.1.1.3 初期蓄水期间

第 8 年 11 月初高导流隧洞下闸后，由低导流隧洞向下游供水，下泄流量为 $860m^3/s$。第 8 年 11 月下旬，低导流隧洞下闸后，由旁通洞向下游供水，上游苏洼龙电站两台机满发情况下，在下闸 0.543 小时后旁通洞可满足下泄流量 $210m^3/s$ 的供水要求，当旁通洞泄量达到 $210m^3/s$ 后，利用洞内弧门控泄；上游苏洼龙电站两台机满发情况下，下闸 28.3 小时后水库水位蓄至 2223.44m，中孔具备下泄流量 $210m^3/s$ 能力。堵头施工期，中孔敞泄，上游来多少水量，就下泄多少水量。4 月底堵头施工完成。

第 9 年 5 月初，中孔下闸控泄流量 280m$^3$/s，水库蓄水。水库蓄 30.85 天至死水位 2294m，再蓄 1.47 天库水位蓄至正常蓄水位 2302m。汛期由永久水工建筑物正常运行宣泄洪水。

#### 6.1.1.4 运行期下游河道生态流量保障措施

引水发电建筑物发电厂房采用地下厂房、集中布置在右岸，安装 4 台单机容量为 600MW 的混流式水轮发电机组，装机容量共 2400MW，机组单机额定流量为 466.6m$^3$/s。根据国标《水轮机基本技术条件》GBT 15468-2006，对于大型混流式水轮发电机组，为避免机组在高水头部分负荷区出现异常振动、出力不足等问题，过机流量的稳定运行范围为额定流量的 45%～100%。

目前国内大型水轮发电机组稳定运行范围见表 6.1-3。

表 6.1-3　国内大型水轮发电机组稳定运行范围

| 电站 | 单机容量（MW） | 额定流量（m$^3$/s） | 额定水头（m） | 稳定出力范围 | 投运状况 |
|---|---|---|---|---|---|
| 猴子岩 | 433.7 | 365.0 | 130 | 37%~100% | 已投运 |
| 白山改造 | 300 | 307.0 | 112.0 | 25%~100% | 已投运 |
| 丰满重建 | 85 | 156.18 | 57.0 | 35%~100% | 已投运 |
| 李家峡改造 | 400 | 375.0 | 125.0 | 50%~100% | 未运行 |
| 隔河岩 | 300 | 326.4 | 103.0 | 振区（80-180MW），其他稳定运行 | 已投运 |
| 龙羊峡 | 320 | 298.0 | 122.0 | 振区（30-90MW，100-240MW），其他稳定运行 | 已投运 |

一般时段，当上游来流不低于 210 m$^3$/s 时，可通过机组过流保障生态流量的泄放。当上游来流小于 210 m$^3$/s 时，为确保下游滇中引水过程不受影响，确保石鼓断面生态流量需求，通过坝身泄放设施向下游泄流；3 月份，当上游来流不低于 280 m$^3$/s 时，通过机组过流泄放生态流量；当上游来流不足 280 m$^3$/s 时，视机组稳定性，通过机组或应急放水孔泄放，按来流下泄；同时加强上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙等水电站联合调度，加大枯期泄流。当出现机组停机的极端工况时，通过坝身设置的应急泄放水孔泄放生态流量，应急放水孔尺寸为 4.5m×6m（宽×高），底板高程 2278.0m。

## 6.1.2 水温影响减缓措施

### 6.1.2.1 水温影响减缓措施设计

旭龙水电站实施后的预测模拟表明，旭龙水电站对下游水温具有一定的影响，特别是在与上游梯级电站联合运行下，在 3-8 月对下游河道可能产生较为明显的水温累积效应。由于旭龙水位变幅较小，因此拟通过优化取水口底板高程来减缓电站低温水影响，即提升取水口底板高程至 2269m 和 2272m，由此初步推荐取水口底板高程。在推荐取水口底板高程方案基础上，结合工程布置条件和工程安全，进一步研究取水口前设置前置挡墙的可能性及改善效果。低温水方案比选中，主要选择旭龙水电站平水年、与上游梯级联合运行条件进行。

### 6.1.2.2 措施效果比选分析

根据水温预测成果，措施效果分析采用平水年进行典型分析。

**（1）旭龙水库联合运行不同取水高程水温影响预测**

本节研究了旭龙水电站取水口底板从 2264m 抬升到 2269m、2272m 的库区水温变化及下泄水温改善效果。

1）坝前水温对比分析

图 6.1-1 为旭龙水电站在典型平水年、多年平均入库水温和多年平均气象条件下不同取水高程（2264m、2269m 和 2272m）1 月~12 月坝前垂线水温对比，其值均为各月 15 日计算值。图 6.1-2 为不同取水方案下的坝前水温分布。

平水年联合运行下各取水方案旭龙水电站库区均呈季节性分层型水温结构特征。

1 月份，各取水方案下坝前水温结构差异较小，各取水方案表层水温均为 7.7℃，库底水温分别是 7.4℃（2264m）>6.6℃（2269m）>6.3℃（2272m），坝前平均水温均为 7.4℃。随着气温及太阳辐射的增加，2 月~4 月的表层水温逐渐升高，温跃层温度梯度逐渐增加，就不同取水方案的坝前水温结构差异而言，2 月~4 月的表层水温、底层水温及坝前平均水温基本相同，差异较小。

5 月不同取水方案下库表水温差异较小，仅为 0.1℃，库底水温差异也仅为 0.1℃，在 2260m~2280m 范围的温跃层内水温有所差异；垂向温差范围为 8.3℃~8.4℃；坝前平均水温依次为 8.2℃（2264m）>8.0℃（2269m）>7.8℃（2272m），差异不是很大。

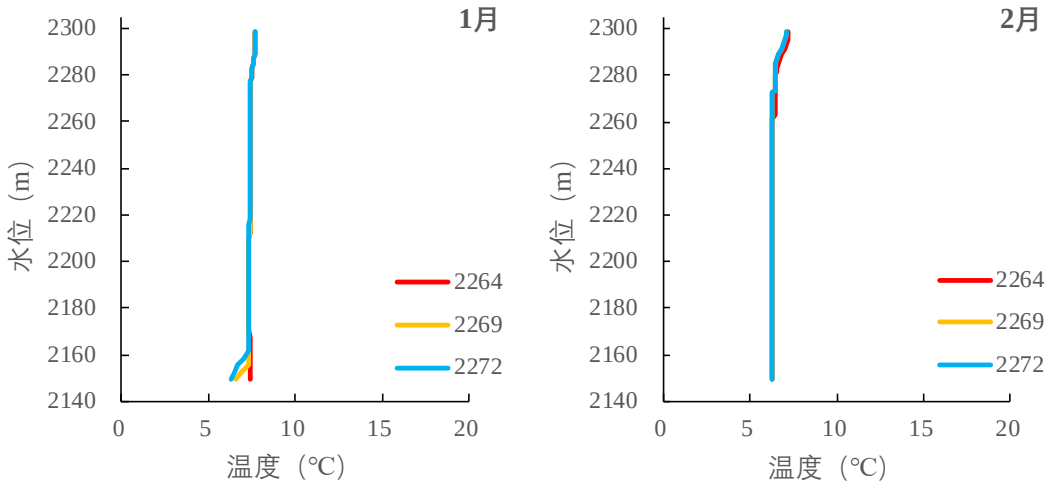
从 6 月份开始，各取水方案下坝前水温差异除了表层水温、坝前平均水温外，温

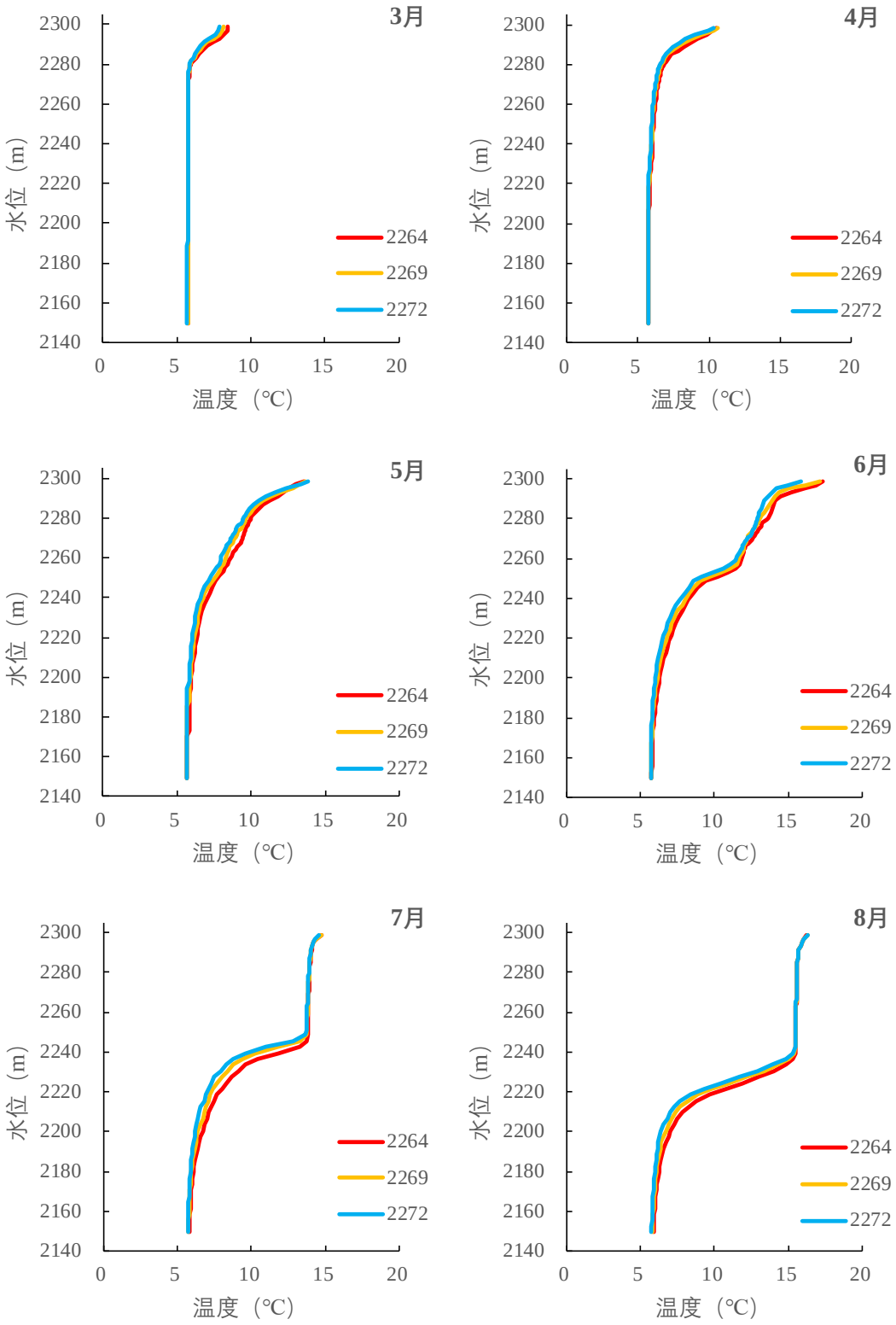
跃层范围内水温差异逐渐体现。表层水温范围为 16.4℃~17.7℃，库底水温均为 5.7℃，坝前平均水温范围为 9.6℃~10.1℃；表层温跃层内平均水温表现为 15.3℃（2264m）>14.8℃（2269m）>14.2℃（2272m）。

7 月~10 月各取水方案下坝前水温结构类似。7 月-10 月各取水方案表层水温基本一致，温跃层范围内水温差异变大，7 月各取水方案 2180m~2220m 范围内温跃层平均水温分别为 6.9℃（2264m）>6.5℃（2269m）>6.3℃（2272m）；8 月各取水方案 2180m~2220m 范围内温跃层平均水温分别为 7.4℃（2264m）>7.0℃（2269m）>6.7℃（2272m）；9 月各取水方案 2180m~2220m 范围内温跃层平均水温分别为 8.6℃（2264m）>8.0℃（2269m）>7.5℃（2272m）；10 月各取水方案 2180m~2220m 范围内温跃层平均水温分别为 10.4℃（2264m）>9.8℃（2269m）>9.3℃（2272m）。

11 月~12 月各取水方案下的坝前表层水温差异较小，库底水温最大差异为 0.3℃，坝前平均水温差异为 0℃~0.2℃，温跃层差异为 0.4℃~1.0℃。

从坝前水温结果来看，各工况库底水温变化不大，主要差距坝前平均水温、库表水温及温跃层位置的变化。对于坝前平均水温而言， 2264m，2269m 和 2272m 工况随着取水口高程的升高坝前平均水温逐渐降低；库底水温差异变化同坝前水温变化类似，随着取水口高程的升高坝前平均水温逐渐降低；温跃层内平均水温与坝前平均水温类似。其原因为：表层水温主要受气象影响，差异较小；库底水温受取水口位置的影响，较高位置的取水口主要引得上层高温水，使得垂向热传导减弱，引起库底水温较低；受较高取水口引走上层高温水的缘故，导致坝前平均水温表现较低。




3月
4月
5月
6月
7月
8月
水位（m）
温度（℃）
2264
2269
2272
2300
2280
2260
2240
2220
2200
2180
2160
2140
0
5
10
15
20

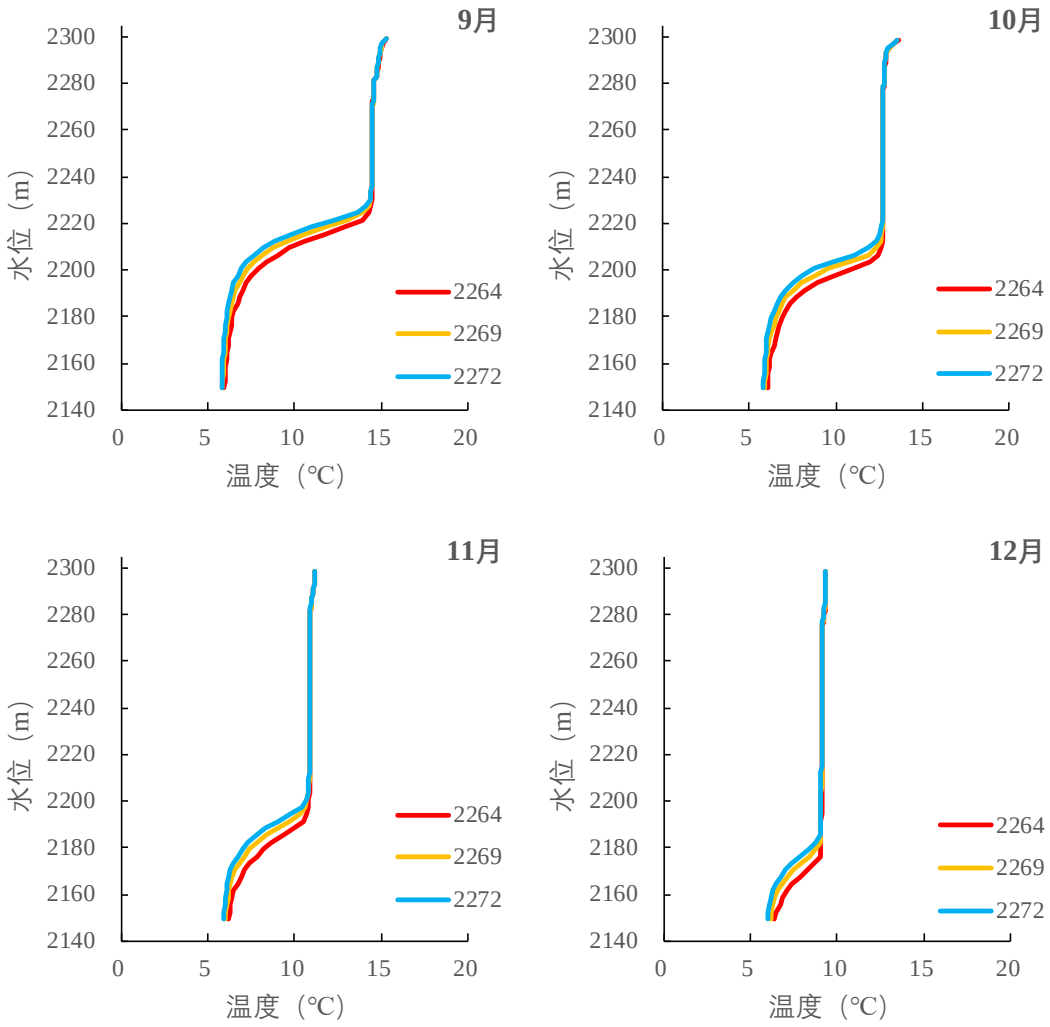
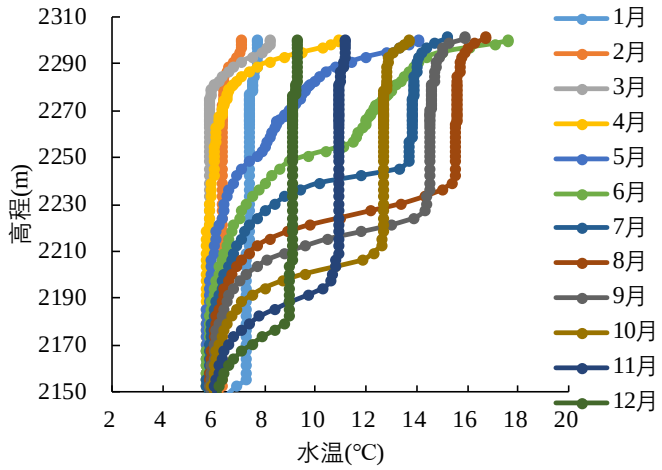



图 6.1-1　联合运行旭龙水库不同取水口底板高程坝前水温分布对比图

2269m




2272m

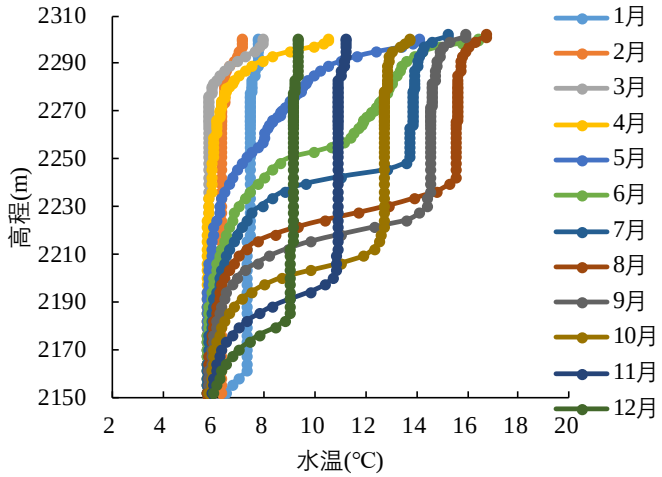



图 6.1-2　联合运行旭龙水库不同取水口底板高程坝前垂向水温分布对比图

2）下泄水温对比分析

表 6.1-4、图 6.1-3 和图 6.1-4 比较了旭龙水库与上游梯级联合运行条件下的平水年不同取水工况下泄水温与坝址天然水温。

与坝址天然水温相比，旭龙水库联合运行平水年不同取水高程 2264m、2269m 和 2272m 年均下泄水温升高了 0.6℃、0.7℃和 0.7℃，其中 3 月～8 月均低于天然水温，9 月下泄水温与天然坝址水温接近，10 月～翌年 2 月均高于坝址天然水温。具体看，升温期 3 月～8 月电站下泄水温较坝址天然平均降低 2.2℃（2264m）、2.1℃（2269m）和 2.1℃（2272m），在 5 月降幅最大，分别降低 3.5℃（2264m）、3.4℃（2269m）和 3.4℃（2272m）。降温期 9 月～次年 2 月，各取水工况下旭龙下泄水温比坝址天然平均上升 4.1℃，在 12 月升幅最大，为 6.1℃~6.2℃。

用各取水工况下泄水温，减去上游梯级修建、旭龙未修建的坝址处河道水温，即为联合运行中旭龙梯级的影响。由表 6.1-4 可知，受水体滞留的影响，旭龙水库产生一定的低温水和高温水影响。2264m 取水工况旭龙水库的低温水影响月份为 4~8 月，平均幅度 0.4℃，5 月低温水影响最为明显，为 0.7℃。2269m、2272m 取水工况的低温水影响月份、最大影响月份与 2264m 取水工况相同，但最大影响幅度略有降低，其幅度分别为 0.6℃、0.6℃。总体看，梯级联合运行中，旭龙水库梯级对河道水温的影响较小，最大影响幅度 0.7℃，取水口底板高程抬升对低温水减缓具有一定的作用，抬升 5m 最大改善 0.2℃，抬升 8m 最大改善 0.3℃。

3~5 月为金沙江上游省级保护鱼类如长丝裂腹鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡

和中甸叶须鱼等的生长繁殖期，将此时段作为电站下泄低温水影响的敏感时段。在此期间，联合运行 2269m 工况与 2264m 工况对比，3~5 月提升 0.1~0.2℃，2272m 工况对比 2269m 工况仅在 4 月进一步提升 0.1℃，提升效果明显减弱。因此，考虑到 2272m 在工程安全运行上存在风险和改善效果，初步推荐取水口底板高程 2269m 为旭龙水电站取水推荐方案。

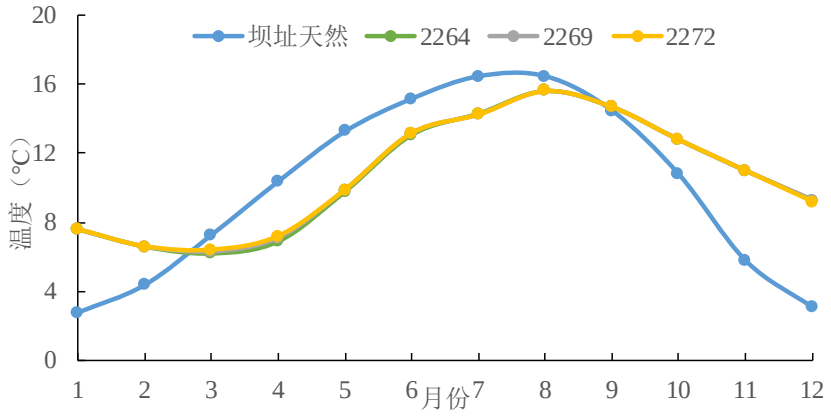



图 6.1-3　旭龙水电站平水年不同取水口底高程下泄水温与坝址天然水温比较图

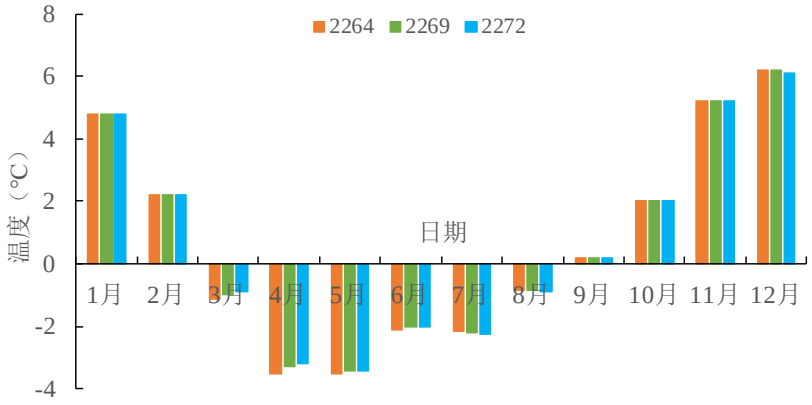



图 6.1-4　旭龙水电站平水年不同取水口底高程下泄水温与坝址天然水温温差比较图

表 6.1-4　旭龙水电站不同取水口底高程月均下泄水温与坝址天然水温比较（℃）

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 上游梯级修建、旭龙未修建的旭龙坝址水温 | 2264m | 2269m | 2272m | 联合运行影响 | | | 旭龙梯级的水温影响 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | d-b | e-b | f-b | d-c | e-c | f-c |
| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l |
| 1 月 | 6 | 2.8 | 6.9 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2 月 | 8.5 | 4.4 | 6.1 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 3 月 | 11.7 | 7.3 | 5.8 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | -1.1 | -1.0 | -0.9 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 4 月 | 15.1 | 10.4 | 7.3 | 6.9 | 7.1 | 7.2 | -3.5 | -3.3 | -3.2 | -0.4 | -0.2 | -0.1 |
| 5 月 | 19.5 | 13.3 | 10.5 | 9.8 | 9.9 | 9.9 | -3.5 | -3.4 | -3.4 | -0.7 | -0.6 | -0.6 |
| 6 月 | 22.8 | 15.2 | 13.4 | 13.1 | 13.2 | 13.2 | -2.1 | -2.0 | -2.0 | -0.3 | -0.2 | -0.2 |
| 7 月 | 21.7 | 16.5 | 14.6 | 14.3 | 14.3 | 14.3 | -2.2 | -2.2 | -2.2 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 8 月 | 20.5 | 16.5 | 16.0 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | -0.9 | -0.9 | -0.9 | -0.4 | -0.4 | -0.4 |
| 9 月 | 19.4 | 14.5 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 月 | 15.8 | 10.8 | 12.7 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 11 月 | 10.2 | 5.8 | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 12 月 | 6.1 | 3.1 | 8.6 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| 年均 | 14.8 | 10.1 | 10.6 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 最大值 | 22.8 | 16.5 | 16.0 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 最小值 | 6 | 2.8 | 5.8 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | -3.5 | -3.4 | -3.4 | -0.7 | -0.6 | -0.6 |

**（2）前置挡墙取水方案的进一步比选**

为使得取水口能尽可能取得表层温水，研究进一步减缓电站低温水的效果的可能性，前置挡墙高程分别为 2275m、2278m、2281m。

1）坝前水温对比分析

图 6.1-5 为旭龙水电站在典型平水年、多年平均入库水温和多年平均气象条件下不同挡墙高程下（2275m、2278m 和 2281m）1 月~12 月坝前垂线水温对比，其值均为各月 15 日计算值。图 6.1-6 为不同取水方案下的坝前水温分布。

1 月~2 月份，各取水方案下坝前水温结构差异较小，1 月~2 月各取水方案表层水温均为 7.7℃，库底水温仅在 1 月份有所差异，分别为 7.4℃（2275m）、7.4℃（2278m）、7.3℃（2281m）。随着气温及太阳辐射的增加，3 月~5 月的表层水温逐渐升高，温跃层温度梯度逐渐增加。就不同取水方案的坝前水温结构差异而言，各取水方案表层水温差异明显，3 月~5 月各取水方案最大表层水温差异分别为 0.3℃、0.7℃、2.0℃，各取水方案月均库底水温基本一致。

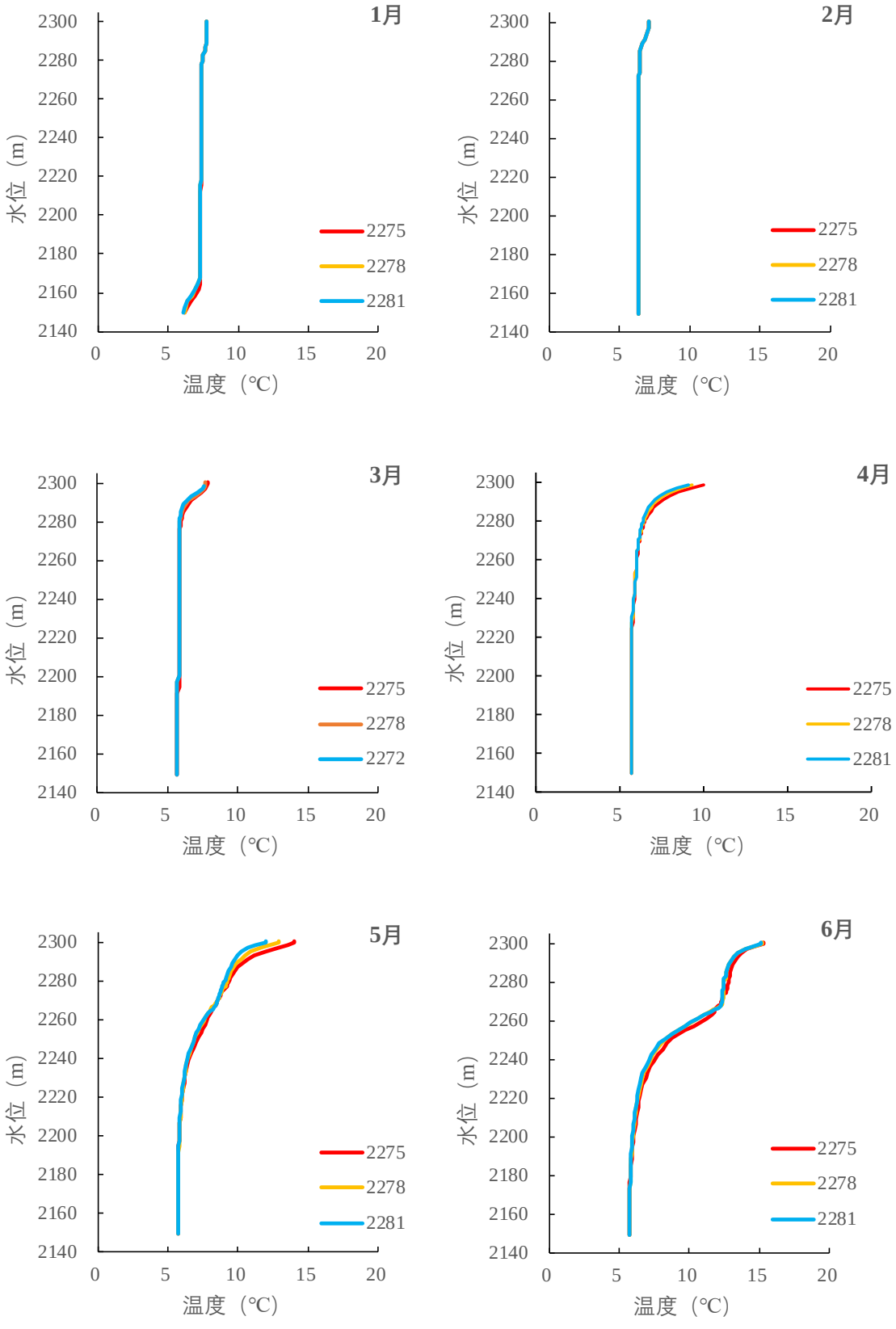
6 月气温及太阳辐射进一步增加，各取水方案表层水温持续升高，坝前垂向水温开始出现双温跃层结构。不同取水方案的坝前水温结构基本一致，表层水温差异最大仅为 0.2℃，库底水温均为 5.7℃。

7 月~9 月太阳辐射及气温逐渐减小，入库流量增大（平均 1782.7$m^3$/s），库区开启表孔（堰顶高程 2287m）泄洪，平均弃水流量为 302.4$m^3$/s。受库区流量增大和泄洪影响，使得原有的双温跃层结构被打破，2240m 以上水体垂向掺混均匀，同温层厚度增加，表层水温降低。各取水方案坝前水温结构基本一致，坝前垂向平均水温最大差异仅为 0.1℃。

10 月~12 月同温层厚度逐渐增加，温跃层逐渐下移，温跃层温度梯度逐渐减小，垂向温差逐渐减小。各取水方案仅在温跃层有所差异，10 月~12 月各取水方案表层水温和库底水温最大差异均为 0.1℃。

从坝前水温结果来看，各工况库底水温变化不大，主要差距是坝前平均水温、库表水温及温跃层位置的变化。对于坝前平均水温而言， 2275m，2278m 和 2281m 工况随着挡墙高程的升高坝前平均水温逐渐降低；库底水温差异变化同坝前水温变化类似，随着取水口高程的升高坝前平均水温逐渐降低；温跃层内平均水温坝前平均水温类似，其中 2278m 和 2281m 方案差异较小，对坝前水温结构的影响基本一致。表层水温主要受气象影响，差异较小；库底水温受挡墙高程的影响，较高高程的挡墙使得

取水口能够引得上层高温水，使得垂向热传导减弱，引起库底水温较低；同时由于取水口引走上层高温水的缘故，导致坝前平均水温表现较低。



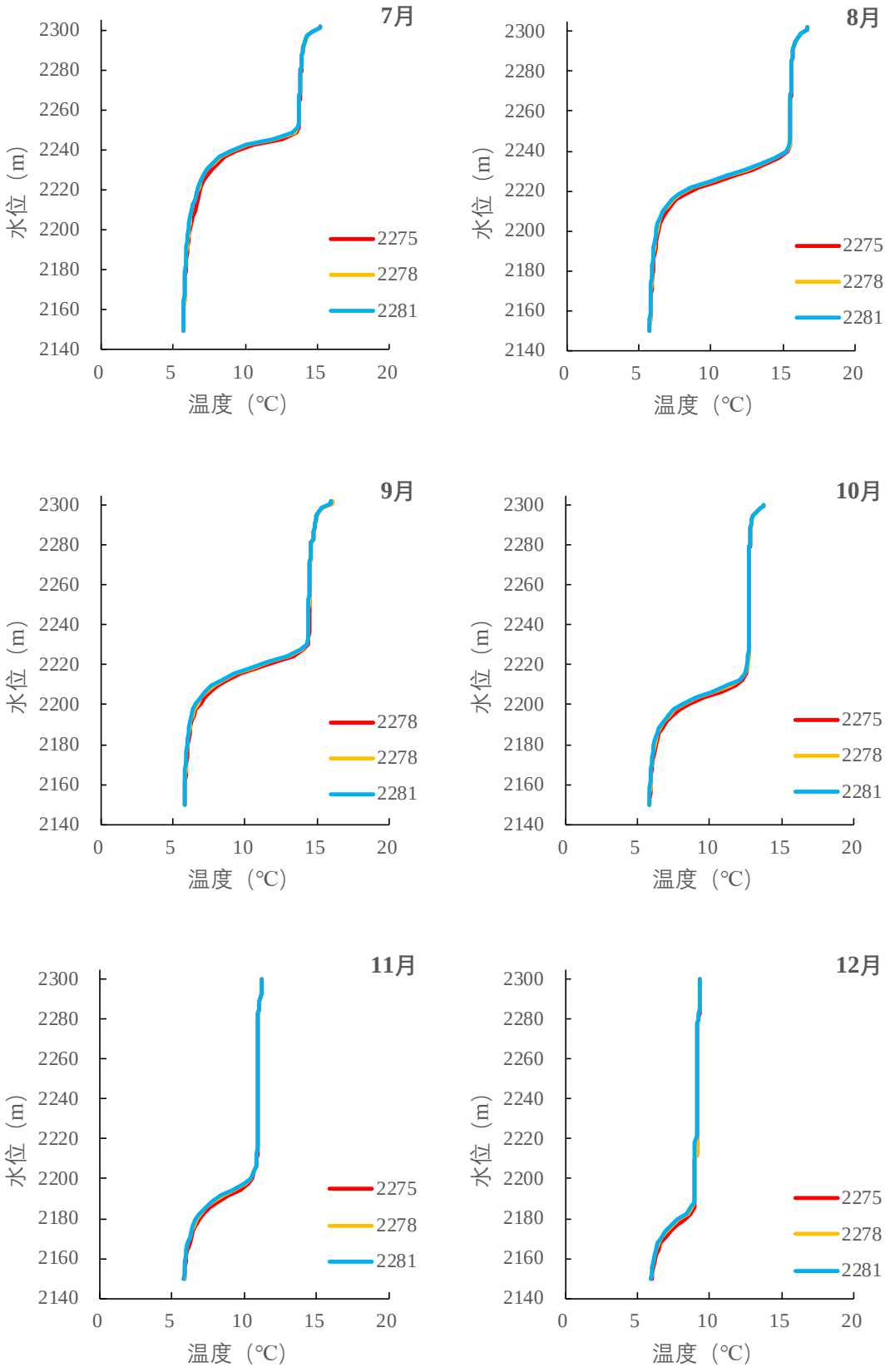



图 6.1-5　推荐方案下旭龙水库不同挡墙高程坝前水温分布对比图

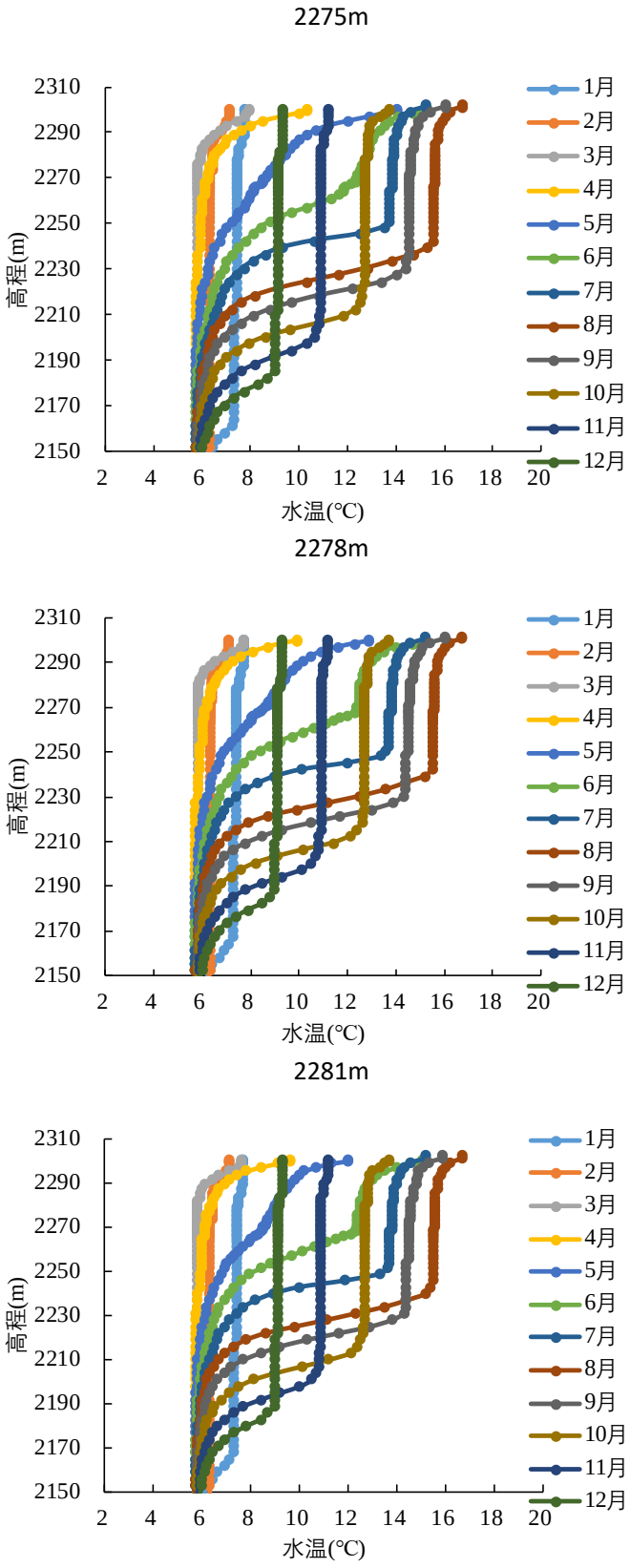



图 6.1-6　联合运行旭龙水库不同挡墙高程坝前垂向水温分布对比图

2）下泄水温对比分析

表 6.1-4、图 6.1-7 和图 6.1-8 比较了旭龙水库与上游梯级联合运行条件下的平水年不同取水工况下泄水温与坝址天然水温。

与坝址天然水温相比，旭龙水库联合运行平水年不同挡墙高程 2275m、2278m 和 2281m 年均下泄水温均升高了 0.7℃，其中 3 月～8 月均低于天然水温，9 月下泄水温与天然坝址水温接近，10 月～翌年 2 月均高于坝址天然水温。具体看，升温期 3 月～8 月电站下泄水温较坝址天然平均降低 2.1℃（2275m）、2.0℃（2278m）和 2.0℃（2281m），在 5 月降幅最大，分别降低 3.3℃（2275m）、3.2℃（2278m）和 3.2℃（2281m）。降温期 9 月～次年 2 月，各取水工况下旭龙下泄水温比坝址天然均平均上升 4.1℃，在 12 月升幅最大，为 6.0℃~6.1℃。

用各取水工况下泄水温，减去上游梯级修建、旭龙未修建的坝址处河道水温，即为联合运行中旭龙梯级的影响（即贡献度）。总体看，不同前置挡墙高度对旭龙梯级的影响（贡献度）差异较小，差异发生在 4、5 月，挡墙高程 2278m 较 2275m 减少 0.1℃，而挡墙高度进一步抬升 3m 至 2281m 后，旭龙梯级的影响（贡献度）没有改善。

通过设置前置挡墙对进一步减缓低温水影响具有一定的作用，在 3 月~5 月不同挡墙高程方案对下泄水温均有所提升，2275m 方案仅在 3 月改善效果达到 0.2℃，2278m 和 2281m 方案在 3 月~5 月均有 0.2℃的提升。

总体看，2278m 工况与 2281m 工况二者改善效果差异较小，且 2281m 在工程安全运行风险更大。综合各方面因素，在不同挡墙高程方案下，推荐取水口方案为 2269m+挡墙高程 2278m 组合方案。

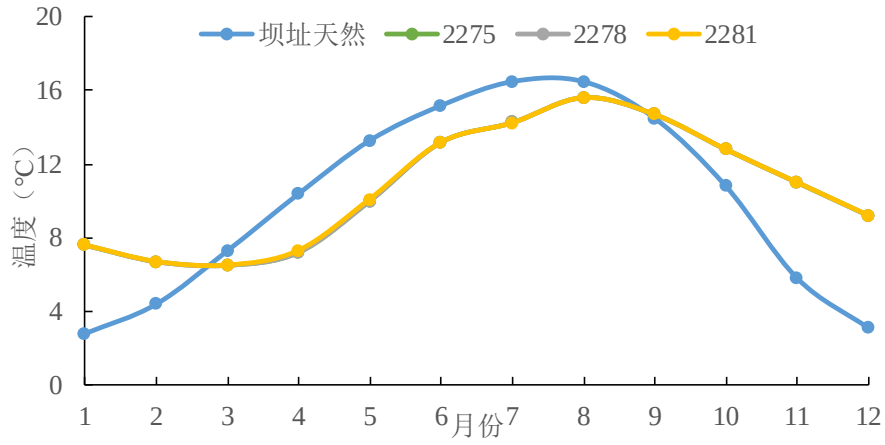



图 6.1-7　旭龙水电站平水年不同取水口底高程下泄水温与坝址天然水温比较图

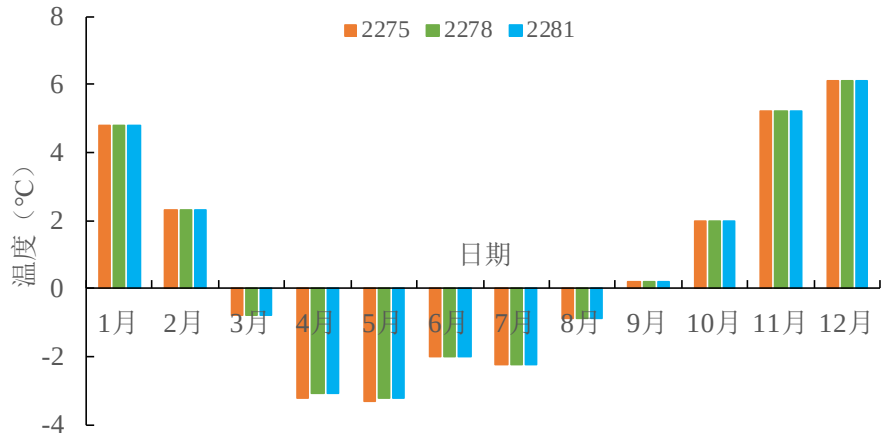



图 6.1-8　旭龙水电站平水年不同取水口底高程下泄水温与坝址天然水温温差比较图

表 6.1-5　旭龙水电站不同高程挡墙月均下泄水温与无挡墙推荐方案比较（℃）

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 上游梯级修建、旭龙未修建的旭龙坝址水温 | 联合运行（2269m） | 2275m | 2278m | 2281m | 挡墙的水温影响 | | | 旭龙梯级的水温贡献度 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 2275m | 2278m | 2281m | 2275m | 2278m | 2281m |
| 1 月 | 6 | 2.8 | 6.9 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2 月 | 8.5 | 4.4 | 6.1 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 3 月 | 11.7 | 7.3 | 5.8 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 4 月 | 15.1 | 10.4 | 7.3 | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | -0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 5 月 | 19.5 | 13.3 | 10.5 | 9.9 | 10.0 | 10.1 | 10.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | -0.5 | -0.4 | -0.4 |
| 6 月 | 22.8 | 15.2 | 13.4 | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | -0.2 | -0.2 |
| 7 月 | 21.7 | 16.5 | 14.6 | 14.3 | 14.3 | 14.3 | 14.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 8 月 | 20.5 | 16.5 | 16.0 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.4 | -0.4 | -0.4 |
| 9 月 | 19.4 | 14.5 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 月 | 15.8 | 10.8 | 12.7 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 11 月 | 10.2 | 5.8 | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 12 月 | 6.1 | 3.1 | 8.6 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 年均 | 14.8 | 10.1 | 10.6 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.8 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.13 | 0.14 | 0.14 |
| 最大值 | 22.8 | 16.5 | 16.0 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 最小值 | 6 | 2.8 | 5.8 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.5 | -0.4 | -0.4 |

### 6.1.2.3 推荐取水方案其他典型年分析

**（1）丰水年**

1）库区水温

图 6.1-9 为旭龙水电站联合运行丰水年各月 15 日的坝前水温分布。同平水年类似，丰水年旭龙水电站库区总体呈季节性分层型水温结构特征。

1 月来流水温、气温和入库流量均较低，库区流速缓慢且均匀，坝前平均水温为 7.5℃，库底温度稳定在 7.4℃，库表比库底温度高 0.3℃。

2 月入流水温、气温较 1 月份有所降低，受 1 月入流低温水的影响，坝前垂向断面上平均水温有所降低，平均为 6.5℃，库底水温为 6.4℃，库表水温为 7.1℃。

3 月气温和来流水温全年最低，且受 2 月份入流低温水的影响，坝前垂向断面平均温度全年最低，为 6.0℃，水面温度受气象条件影响有所升高，为 7.9℃，库底水温为 5.8℃，垂向温差为 2.1℃。

4 月来流水温和气温等继续提升，库区水温随之提高，表层水温升高至 10.7℃，库底温度为 5.7℃，坝前温差达 5.0℃，坝前平均水温为 6.3℃。表层 20m 内出现较明显斜温层，温度梯度为 0.21℃/m。

5 月入库水温和气温持续上升，入库流量加大（760$m^3$/s），库区水温大幅升高，表层 10m 内出现温度梯度为 0.2℃/m 的斜温层，坝前表层水温为 12.3℃，库底温度为 5.7℃，表底温差达到 6.6℃。

6 月的入流水温和流量继续增大（月均 2115$m^3$/s），库区温度升高明显。表层水温达到 14.8℃，库底水温为 5.7℃，表底层垂向温差达 9.1℃，垂向平均温度达 9.5℃。库区呈双温跃层结构，在表层 10m 内和 2240~2255m 范围内出现梯度分别为 0.18℃/m 和 0.25℃/m 的斜温层。

7 月的表层水温 15.3℃，较 6 月有所升高，库底水温为 5.7℃，坝前温差达 9.6℃，坝前平均水温为 11.3℃。受入库流量增大（2954$m^3$/s）和泄洪影响（1809$m^3$/s），在 2220m 以上水体垂向掺混均匀，基本保持垂向同温。

8 月的月均气温和太阳辐射有所下降，但入库流量仍然很大（2397$m^3$/s），且受 7 月入流影响，在 2200m~2300m 水体掺混明显，基本保持温，坝前平均温度水温达为 12.7℃，表层水温为 16.6℃，库底水温为 5.8℃，表底温差达 10.8℃。在 2190~2220m 处出现明显的温跃层，梯度为 0.24℃/m。

9 月的气温、太阳辐射、入流水温较 8 月均略有下降，长、短波辐射均降低，入库流量仍然较大（2604m³/s），在 2210m~2300m 水体垂向掺混，表层水温达到 15.4℃，底部温度为 5.8℃，垂向平均温度为 12.6℃，坝前温差达 9.6℃。

10 月、11 月气温和太阳辐射快速下降，且干流的入流水温也下降，库区水温整体下降明显，坝前垂向平均水温分别为 11.8℃和 10.6℃，11 月表层水温降至 11.1℃，底层水温为 6.8℃，仅在库底存在温跃层。

12 月受气象和入流水温影响，库区水温进一步降低，坝前平均水温降至 9.0℃，表层水温降至 9.2℃，底层水温为 9.0℃，坝前垂向温差缩小至 0.2℃。

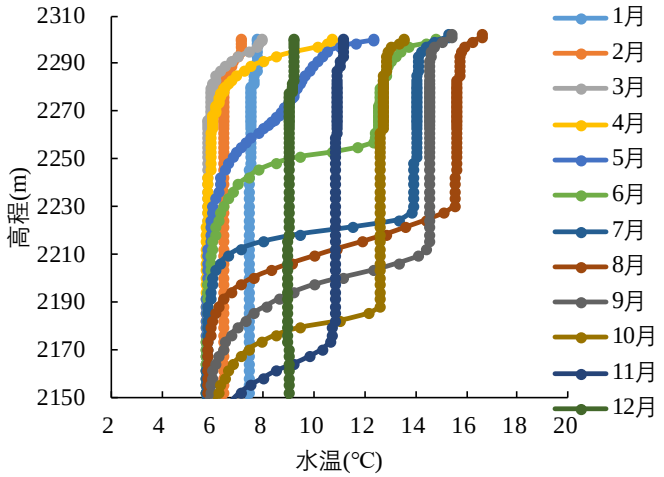



图 6.1-9　旭龙水库联合运行丰水年坝前水温分布图

2）下泄水温变化

表 6.1-6 和图 6.1-10 比较了旭龙水电站丰水年联合运行条件下的月均下泄水温、坝址处天然水温及气温年内过程。

与坝址天然水温相比，水库下泄水温过程有较大的变化。研究区域气温年均 14.8℃，入流水温年均 10.1℃。在 3~8 月期间存在下泄低温水，平均低 2.1℃，下泄低温水最明显的月份为 5 月，平均低 3.2℃。9 月下泄水温与坝址天然水温接近。在降温期 10 月~翌年 2 月下泄水温平均上升 4.0℃，12 月温升幅度最大，为 6.0℃，在此期间入库流量较小，库区流速平缓，水库蓄水后水面面积增大，库区整体从大气获得热量较建库前有所增加。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.6℃。

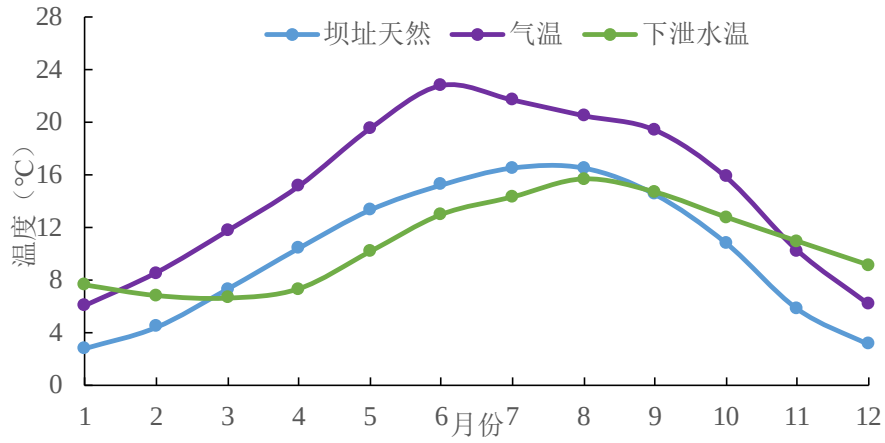



图 6.1-10　旭龙水电站丰水年月均下泄水温及坝址天然水温图

表 6.1-6　旭龙水电站丰水年下泄水温与坝址天然水温、气温及温差

单位：℃

| 工况 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 坝址天然 | 2.8 | 4.4 | 7.3 | 10.4 | 13.3 | 15.2 | 16.5 | 16.5 | 14.5 | 10.8 | 5.8 | 3.1 | 10.1 |
| 气温 | 6.0 | 8.5 | 11.7 | 15.1 | 19.5 | 22.8 | 21.7 | 20.5 | 19.4 | 15.8 | 10.2 | 6.1 | 14.8 |
| 下泄水温 | 7.6 | 6.8 | 6.6 | 7.3 | 10.1 | 12.9 | 14.2 | 15.6 | 14.6 | 12.7 | 10.9 | 9.1 | 10.7 |
| 温差 | 4.8 | 2.4 | -0.7 | -3.1 | -3.2 | -2.3 | -2.3 | -0.9 | 0.1 | 1.9 | 5.1 | 6.0 | 0.7 |

**（2）枯水年**

1）库区水温

图 6.1-11 为旭龙水电站联合运行枯水年各月 15 日的坝前水温分布。同平水年情况类似，枯水年旭龙水电站库区总体呈季节性分层型水温结构特征。

1 月来流水温、气温和入库流量均较低，库区流速缓慢且均匀，坝前平均水温为 7.4℃，库底温度稳定在 5.9℃，库表比库底温度高 1.9℃。

2 月入流水温、气温较 1 月份有所降低，受 1 月入流低温水的影响，坝前垂向断面上平均水温有所降低，平均为 6.5℃，库底水温为 6.4℃，库表水温为 7.2℃。

3 月气温和来流水温全年最低，且受 2 月份入流低温水的影响，坝前垂向断面平均温度全年最低，为 6.0℃，水面温度受气象条件影响有所升高，为 7.8℃，库底水温为 5.8℃，表、底层温差 2.0℃。

4 月来流水温和气温等继续提升，库区水温随之提高，表层水温升高至 10.5℃，底层温度为 5.7℃，坝前温差达 4.8℃，坝前平均水温为 6.3℃。表层 15m 内出现较明显斜温层，温度梯度为 0.25℃/m。

5 月入库水温和气温持续上升，入库流量加大（732$m^3$/s），库区水温大幅升高，

表层 10m 内出现温度梯度为 0.21℃/m 的斜温层，坝前表层水温为 11.9℃，库底温度为 5.7℃，表底温差达到 7.6℃。

6 月的入流水温和流量继续增大（月均 1184m$^3$/s），库区温度升高明显。表层水温达到 14.9℃，库底水温为 5.7℃，表底层垂向温差达 9.3℃，垂向平均温度达 9.3℃。库区呈双温跃层结构，在表层 10m 内和 2240~2260m 范围内出现梯度分别为 0.2℃/m 和 0.24℃/m 的斜温层。

7 月的表层水温为 15.3℃，库底水温为 5.7℃，坝前温差达 9.6℃，坝前平均水温为 10.6℃。在 2220~2240m 处出现明显的温跃层，梯度为 0.31℃/m。

8 月的表层水温为 17.8℃，库底水温为 5.7℃，表底温差达 12.1℃。在表层 10m 和 2220~2240m 处出现明显的温跃层，梯度分别为 0.18℃/m、0.32℃/m。

9 月的气温、太阳辐射、入流水温较 8 月均略有下降，长、短波辐射均降低，入库流量仍然较大（982m³/s），在 2220m~2280m 水体垂向掺混，表层水温达到 19.7℃，底部温度为 5.7℃，垂向平均温度为 12.0℃，坝前温差达 14.0℃，为全年最大。

10 月、11 月气温和太阳辐射快速下降，且干流的入流水温也下降，库区水温整体下降明显，坝前垂向平均水温分别为 11.1℃和 9.8℃，11 月表层水温降至 11.4℃，底层水温为 5.8℃，分层现象仍然存在。

12 月受气象和入流水温影响，库区水温进一步降低，坝前平均水温降至 8.6℃，表层水温降至 9.4℃，底层水温为 5.8℃，坝前垂向温差缩小至 3.6℃。

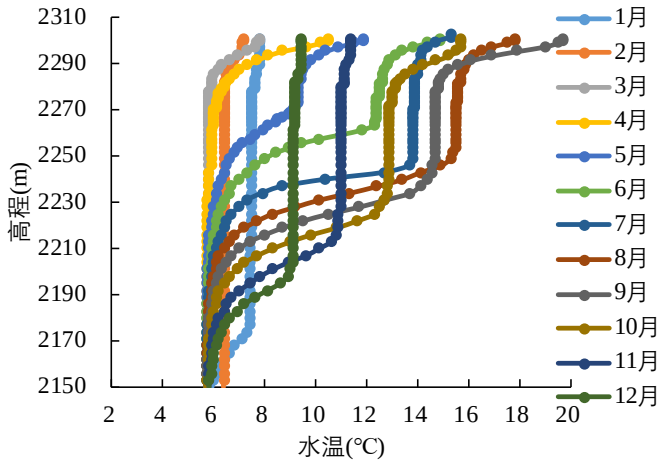



图 6.1-11　旭龙水库联合运行枯水年坝前水温分布图

2）下泄水温

表 6.1-7、图 6.1-12 比较了旭龙水电站联合运行枯水年的月均下泄水温、坝址处

天然水温及气温年内过程。

与坝址天然水温相比，水库下泄水温过程有较大的变化。研究区域气温年均14.8℃，入流水温年均 10.1℃。在 3~8 月期间存在下泄低温水，平均低 2.0℃，下泄低温水最明显的月份为 5 月，平均低 3.2℃。9 月下泄水温与坝址天然水温接近。在降温期 9 月~翌年 2 月下泄水温平均上升 3.9℃，12 月温升幅度最大，为 6.2℃，在此期间入库流量较小，库区流速平缓，水库蓄水后水面面积增大，库区整体从大气获得热量较建库前有所增加。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.0℃。

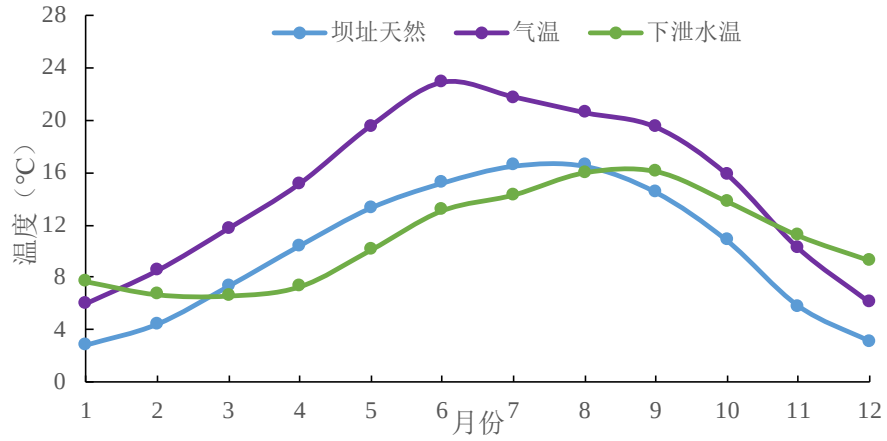



图 6.1-12　旭龙水电站枯水年月均下泄水温和坝址天然水温图

表 6.1-7　旭龙水电站枯水年下泄水温与坝址天然水温、气温及温差

单位：℃

| 工况 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 坝址天然 | 2.8 | 4.4 | 7.3 | 10.4 | 13.3 | 15.2 | 16.5 | 16.5 | 14.5 | 10.8 | 5.8 | 3.1 | 10.1 |
| 气温 | 6.0 | 8.5 | 11.7 | 15.1 | 19.5 | 22.8 | 21.7 | 20.5 | 19.4 | 15.8 | 10.2 | 6.1 | 14.8 |
| 下泄水温 | 7.7 | 6.7 | 6.6 | 7.3 | 10.1 | 13.1 | 14.3 | 16.0 | 16.1 | 13.8 | 11.2 | 9.3 | 11.0 |
| 温差 | 4.9 | 2.3 | -0.7 | -3.1 | -3.2 | -2.1 | -2.2 | -0.5 | 1.6 | 3.0 | 5.4 | 6.2 | 1.0 |

### 6.1.2.4 推荐取水方案下泄水温分析

**（1）月均下泄水温过程分析**

表 6.1-8、图 6.1-13 和图 6.1-14 比较了旭龙联合运行不同典型年的下泄水温与坝址天然水温。

与坝址天然年均水温相比，旭龙水库各典型年年均下泄水温均有所改变，平水年、丰水年和枯水年年均下泄水温较天然分别变化了 0.7℃、0.7℃和 1.0℃。丰水年、平水年、枯水年下泄水温过程在 3 月～8 月均低于天然水温。

丰水年、平水年、枯水年在 3 月～8 月下泄水温较天然平均降低了 2.1℃、2.0℃、2.0℃。由均值来看，各典型年差别不大；各典型年均在 5 月降幅最大，均下降了 3.2℃；从水位过程来看，各典型年差别不大，均在 2300m~2302m 之间变化，从入流过程来

看，差别并不明显（如图 6.1-15），库水替换次数分别为 29.2（丰水年）、22.6（平水年）和 19.3（枯水年），使得各典型年下泄水温差距较小。降温期 9 月～次年 2 月旭龙下泄水温比天然平均上升 3.4℃（丰水年）、3.4℃（平水年）和 3.9℃（枯水年）；均在 12 月升幅最大，分别为 6.0℃（丰水年）、6.1℃（平水年）和 6.2℃（枯水年）。枯水年升幅较大是由于枯水年 9 月~翌年 2 月的平均流量最小为 544m3/s，使得库区的热量调节作用相对增强，温升更明显。

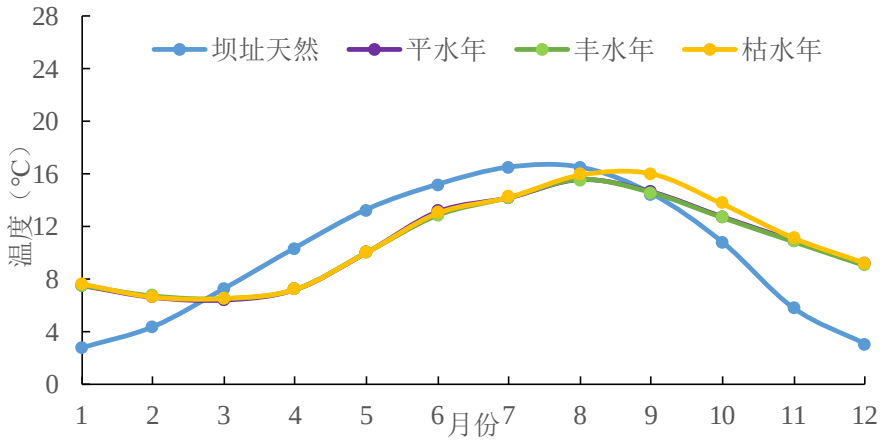



图 6.1-13　旭龙水电站不同典型年下泄水温与坝址天然水温比较

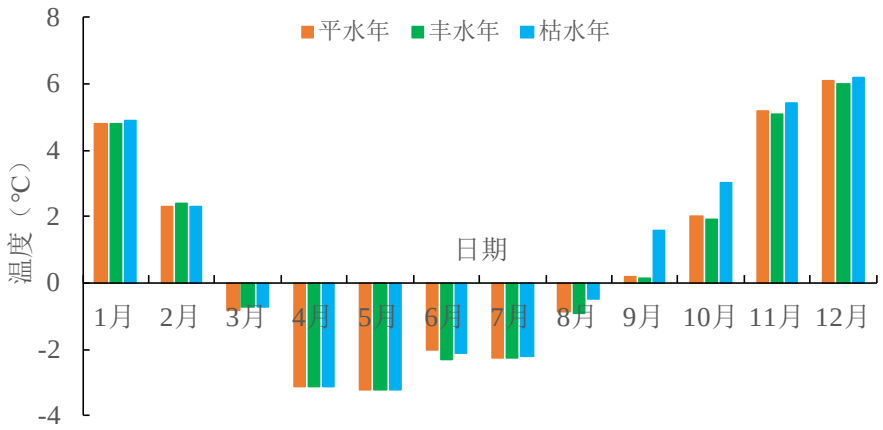



图 6.1-14　旭龙水电站不同典型年下泄水温与坝址天然水温温差比较图

表 6.1-8　旭龙水电站不同典型年月均下泄水温与坝址天然水温比较（˚C）

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 丰水年下泄 | 平水年下泄 | 枯水年下泄 | c-b | d-b | e-b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | d | e | g | h | i |
| 1 月 | 6 | 2.8 | 7.6 | 7.6 | 7.7 | 4.8 | 4.8 | 4.9 |
| 2 月 | 8.5 | 4.4 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 2.4 | 2.3 | 2.3 |
| 3 月 | 11.7 | 7.3 | 6.6 | 6.5 | 6.6 | -0.7 | -0.8 | -0.7 |
| 4 月 | 15.1 | 10.4 | 7.3 | 7.3 | 7.3 | -3.1 | -3.1 | -3.1 |
| 5 月 | 19.5 | 13.3 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | -3.2 | -3.2 | -3.2 |
| 6 月 | 22.8 | 15.2 | 12.9 | 13.2 | 13.1 | -2.3 | -2.0 | -2.1 |
| 7 月 | 21.7 | 16.5 | 14.2 | 14.3 | 14.3 | -2.3 | -2.2 | -2.2 |
| 8 月 | 20.5 | 16.5 | 15.6 | 15.6 | 16.0 | -0.9 | -0.9 | -0.5 |

| 月份 | 气温 | 坝址天然水温 | 丰水年下泄 | 平水年下泄 | 枯水年下泄 | c-b | d-b | e-b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | d | e | g | h | i |
| 9 月 | 19.4 | 14.5 | 14.6 | 14.7 | 16.1 | 0.1 | 0.2 | 1.6 |
| 10 月 | 15.8 | 10.8 | 12.7 | 12.8 | 13.8 | 1.9 | 2.0 | 3.0 |
| 11 月 | 10.2 | 5.8 | 10.9 | 11.0 | 11.2 | 5.1 | 5.2 | 5.4 |
| 12 月 | 6.1 | 3.1 | 9.1 | 9.2 | 9.3 | 6.0 | 6.1 | 6.2 |
| 年均 | 14.8 | 10.1 | 10.7 | 10.7 | 11.0 | 0.7 | 0.7 | 1.0 |

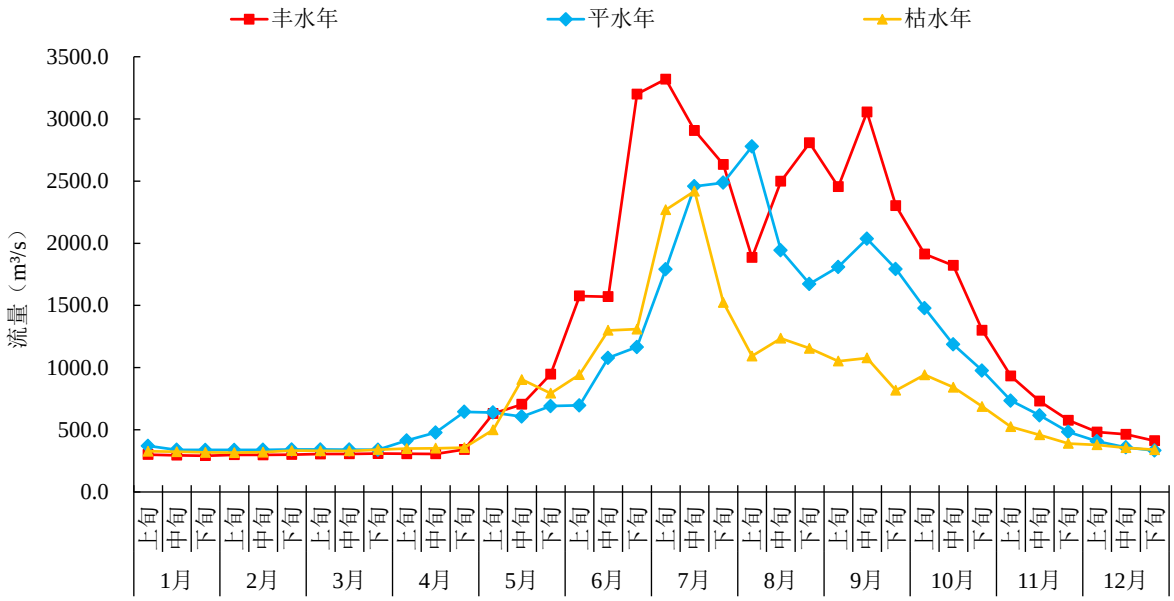



图 6.1-15　旭龙水电站不同典型年入库流量比较图

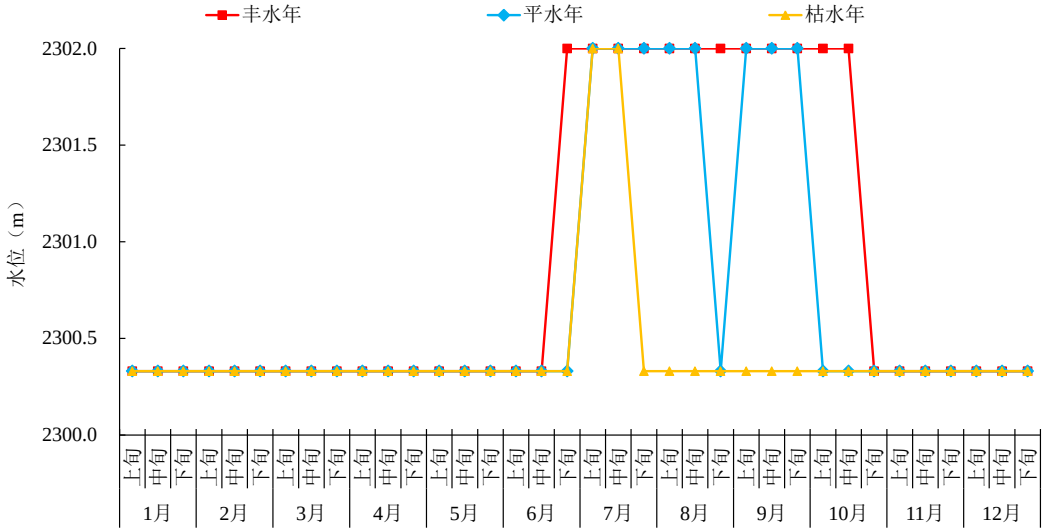



图 6.1-16　旭龙水电站不同典型年水位比较图

**（2）下泄水温延迟影响**

表 6.1-9 和表 6.1-10 为旭龙水电站联合运行各典型年水温延迟情况对比。各典型年水温延迟情况基本相同。

天然情况下，旬最高水温出现在 8 月上旬，旬最低水温出现在 1 月上旬，升温期

到达 12℃、14℃的时段为 5 月上旬、下旬，而降温期将至 14℃、12℃的时段为 9 月下旬和 10 月中旬。与天然情况相比，与上游梯级联合运行下旭龙水电站的下泄水温延迟幅度较为明显。对于旬最高水温，丰水年和平水年出现在 8 月下旬，延迟 2 旬，枯水年出现在 9 月上旬，延迟 3 旬；各典型年最低水温均出现在 3 月中旬（丰水年、平水年）和下旬（枯水年），较天然延迟 7 旬和 8 旬。各典型年升温期 12℃的时段相同，出现在 6 月上旬，均延迟 3 旬，而丰水年水温升至 14℃出现的时段在 6 月下旬，延迟 3 旬，平水年和枯水年则为 7 月上旬，延迟了 4 旬。降温期 14℃、12℃出现的时段较天然情况延迟幅度较小，丰水年、平水年延迟幅度最大为 1 旬，而枯水年稍大为 2 旬。

上游梯级修建、旭龙未建时，旭龙坝址处水温受上游梯级的影响，旬最高水温出现在 8 月中旬，旬最低水温出现在 3 月上旬，升温期到达 12℃、14℃的时段为 5 月下旬和 6 月下旬，而降温期将至 14℃、12℃的时段为 9 月下旬和 10 月下旬，各特征水温出现时间较天然情况分别延迟了 1 旬、6 旬、2 旬、3 旬、0 旬和 1 旬。旭龙水电站修建后，由于旭龙水电站为日调节电站，水温累积影响有所叠加但影响有限，与上游梯级修建、旭龙未建时旭龙坝址处水温相比，各特征水温出现时间略有进一步的延迟，丰水年和平水年的进一步延迟幅度范围为 0 旬~1 旬，枯水年有所增加，其范围为 1 旬~2 旬。

**表 6.1-9　旭龙水电站下泄水温与坝址天然的延迟情况比较**

| 项目 | | 天然情况 | 丰水年 | 丰水年与天然情况差异 | 平水年 | 平水年与天然情况差异 | 枯水年 | 枯水年与天然情况差异 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 最高水温出现时段 | | 8 月上旬 | 8 月下旬 | 2 旬 | 8 月下旬 | 2 旬 | 9 月上旬 | 3 旬 |
| 最低水温出现时段 | | 1 月上旬 | 3 月中旬 | 7 旬 | 3 月中旬 | 7 旬 | 3 月下旬 | 8 旬 |
| 升温期 | 12℃ | 5 月上旬 | 6 月上旬 | 3 旬 | 6 月上旬 | 3 旬 | 6 月上旬 | 3 旬 |
| | 14℃ | 5 月下旬 | 6 月下旬 | 3 旬 | 7 月上旬 | 4 旬 | 7 月上旬 | 4 旬 |
| 降温期 | 14℃ | 9 月下旬 | 9 月下旬 | 0 旬 | 9 月下旬 | 0 旬 | 10 月中旬 | 2 旬 |
| | 12℃ | 10 月中旬 | 10 月下旬 | 1 旬 | 10 月下旬 | 1 旬 | 11 月上旬 | 2 旬 |

**表 6.1-10 旭龙水电站下泄水温与上游梯级修建、旭龙未建时坝址水温的延迟情况比较**

| 项目 | 上游梯级修建、旭龙未建时旭龙坝址处情况 | 丰水年 | 丰水年与天然情况差异 | 平水年 | 平水年与天然情况差异 | 枯水年 | 枯水年与天然情况差异 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 最高水温 | 8 月中旬 | 8 月下旬 | 1 旬 | 8 月下旬 | 1 旬 | 9 月上旬 | 2 旬 |

| 项目 | | 上游梯级修建、旭龙未建时旭龙坝址处情况 | 丰水年 | 丰水年与天然情况差异 | 平水年 | 平水年与天然情况差异 | 枯水年 | 枯水年与天然情况差异 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出现时段 | | | | | | | | |
| 最低水温出现时段 | | 3 月上旬 | 3 月中旬 | 1 旬 | 3 月中旬 | 1 旬 | 3 月下旬 | 2 旬 |
| 升温期 | 12℃ | 5 月下旬 | 6 月上旬 | 1 旬 | 6 月上旬 | 1 旬 | 6 月上旬 | 1 旬 |
| | 14℃ | 6 月下旬 | 6 月下旬 | 0 旬 | 7 月上旬 | 1 旬 | 7 月上旬 | 1 旬 |
| 降温期 | 14℃ | 9 月下旬 | 9 月下旬 | 0 旬 | 9 月下旬 | 0 旬 | 10 月中旬 | 2 旬 |
| | 12℃ | 10 月下旬 | 10 月下旬 | 0 旬 | 10 月下旬 | 0 旬 | 11 月上旬 | 1 旬 |

**（3）水温累积影响**

表 6.1-11 和图 6.1-17 平水年旭龙水库与上游梯级下泄水温温差比较，可知上游梯级处低温水最明显的月份为 4 月和 5 月，幅度为 3.0℃；旭龙水电站下泄低温水最为明显的月份也为 4 月和 5 月，平均低 3.2℃，较上游梯级有一定的延迟；上游梯级和旭龙水电站下泄高温水最为明显的月份均为 12 月，分别平均高 5.7℃和 6.1℃。为考虑梯级联合运行下旭龙水电站对水温影响的贡献，现用旭龙坝址处温差与上游梯级坝址处温差相减，可知旭龙水电站对于水温的贡献在-0.4℃~0.6℃，由此可见旭龙水电站的修建，梯级本身对水温过程影响较小，主要影响来自于与上游梯级联合运行的水温累积作用。

**表 6.1-11　旭龙水电站平水年下泄水温与上游梯级比较**

| 月份 | 旭龙坝址处天然水温 | 旭龙下泄水温 | 旭龙坝址处温差 | 苏洼龙坝址温差 | 旭龙水库累计影响 |
|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c（b-a） | d | c-d |
| 1 | 2.8 | 7.6 | 4.8 | 4.4 | 0.4 |
| 2 | 4.4 | 6.7 | 2.3 | 1.8 | 0.5 |
| 3 | 7.3 | 6.5 | -0.8 | -1.4 | 0.6 |
| 4 | 10.4 | 7.3 | -3.1 | -3.1 | 0.0 |
| 5 | 13.3 | 10.1 | -3.2 | -2.8 | -0.4 |
| 6 | 15.2 | 13.2 | -2.0 | -1.8 | -0.2 |
| 7 | 16.5 | 14.3 | -2.2 | -1.8 | -0.4 |
| 8 | 16.5 | 15.6 | -0.9 | -0.5 | -0.4 |
| 9 | 14.5 | 14.7 | 0.2 | 0.3 | -0.1 |
| 10 | 10.8 | 12.8 | 2.0 | 2 | 0.0 |
| 11 | 5.8 | 11.0 | 5.2 | 5 | 0.2 |
| 12 | 3.1 | 9.2 | 6.1 | 5.7 | 0.4 |
| 平均 | 10.1 | 10.7 | 0.7 | 0.7 | 0.0 |
| 最大值 | 16.5 | 15.6 | 6.1 | 5.7 | 0.6 |
| 最小值 | 2.8 | 6.5 | -3.2 | -3.1 | -0.4 |

| 月份 | 旭龙坝址处天然水温 | 旭龙下泄水温 | 旭龙坝址处温差 | 苏洼龙坝址温差 | 旭龙水库累计影响 |
|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c（b-a） | d | c-d |
| 年内变幅 | 13.7 | 9.1 | 9.3 | 8.8 | 1.0 |

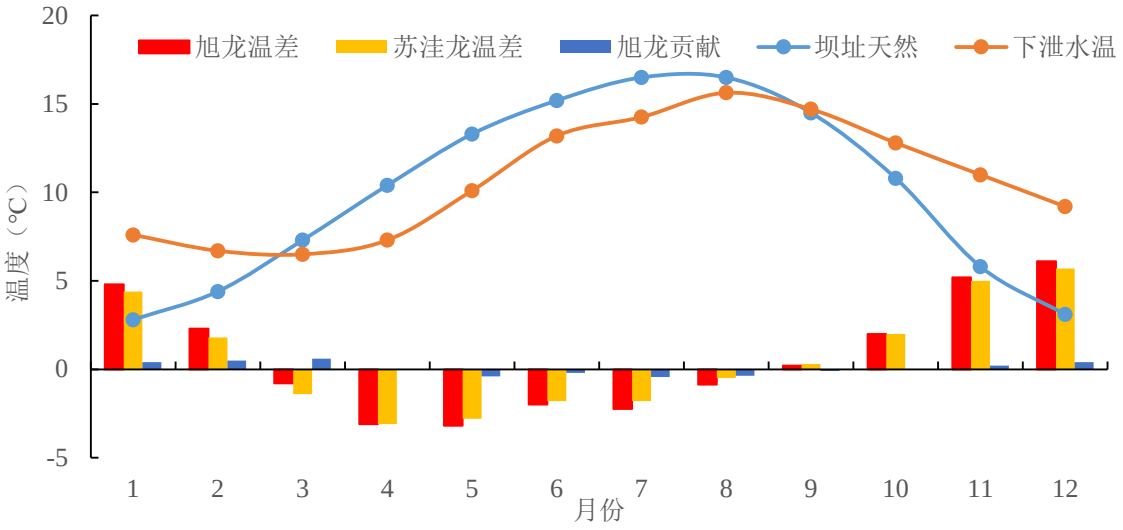



图 6.1-17　旭龙水电站平水年下泄水温与上游梯级水温温差比较图

### 6.1.2.5 推荐取水方案坝下河道水温

**（1）计算方法**

受旭龙水电站与上游梯级联合影响，旭龙水电站下泄水温较天然过程具有较大变化，将对下游河道可能一定的影响，因此需预测模拟坝下河道的水温变化。

坝下河道模拟中，以旭龙水电站联合运行典型丰、平、枯水年坝址下泄流量和水温为边界条件，考虑沿程水气热交换和机械能转化对水温的贡献，并计入定曲河支流影响，采用一维水动力和水温模型预测得到旭龙坝址至奔子栏水文站约 75km 的河道水温变化过程。

**（2）坝下典型断面水温过程预测与分析**

表 6.1-12 和图 6.1-18 为定曲河汇口前（距旭龙坝址处约 55km）联合运行各典型年的月均水温变化过程。定曲河汇口前天然年均水温为 10.3℃，年内最高水温为 16.8℃，出现在 7 月和 8 月；年内最低水温为 3.0℃，出现在 1 月。上游梯级建成、旭龙未建时年均水温为 10.9℃，年内最高水温为 16.3℃，出现在 8 月；年内最低水温为 6.2℃，出现在 3 月。联合运行条件下各典型年的年均水温差别不大，分别为 11.0℃（丰水年）、11.1℃（平水年）和 11.3℃（枯水年），与天然年均水温最大偏差为 1.0℃。丰水年最高水温出现在 8 月，为 15.9℃；最低水温出现在 3 月，为 7.0℃；5 月偏低

最多，为 3.1℃；12 月偏高最多，为 5.9℃。平水年最高水温出现在 8 月，为 16.0℃；最低水温出现在 3 月，为 6.9℃；5 月偏低最多，为 3.1℃；12 月偏高最多，为 6.0℃。枯水年最高水温出现在 8、9 月，为 16.4℃；最低水温出现在 2、3 月，为/7.0℃；5 月偏低最多，为 3.1℃；12 月偏高最多，为 6.1℃。

表 6.1-13 和图 6.1-19 为支流汇入后（距旭龙坝址处约 55km）联合运行各典型年的月均水温变化过程。天然年均水温为 10.4℃，年内最高水温为 16.8℃，出现在 7 月；年内最低水温为 3.3℃，出现在 1 月。上游梯级建成、旭龙未建时年均水温为 10.8℃，年内最高水温为 16.3℃，出现在 8 月；年内最低水温为 6.2℃，出现在 2 月和 3 月。联合运行条件下各典型年的年均水温差别不大，分别为 10.9℃（丰水年）、10.9℃（平水年）和 11.1℃（枯水年），与天然年均水温最大偏差为 0.8℃。丰水年最高水温出现在 8 月，为 16.0℃；最低水温出现在 2 月，为 6.7℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 5.0℃。平水年最高水温出现在 8 月，为 16.0℃；最低水温出现在 2 月，为 6.6℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 5.0℃。枯水年最高水温出现在 8 月，为 16.3℃；最低水温出现在 2 月，为 6.6℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 5.0℃。

表 6.1-14 和图 6.1-20 为奔子栏水文站处（距旭龙坝址处约 70km）联合运行各典型年的月均水温变化过程。奔子栏水文站处天然年均水温为 10.4℃，年内最高水温为 16.9℃，出现在 7 月；年内最低水温为 3.4℃，出现在 1 月。上游梯级建成、旭龙未建时年均水温为 10.9℃，年内最高水温为 16.4℃，出现在 8 月；年内最低水温为 6.2℃，出现在 2 月。奔子栏水文站处各典型年的年均水温分别为 11.0℃（丰水年）、11.0℃（平水年）和 11.2℃（枯水年），与天然年均水温最大偏差为 0.8℃。丰水年最高水温出现在 8 月，为 16.1℃；最低水温出现在 2 月，为 6.7℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 5.0℃。平水年最高水温出现在 8 月，为 16.1℃；最低水温出现在 2 月，为 6.7℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 4.9℃。枯水年最高水温出现在 8 月，为 16.4℃；最低水温出现在 2 月，为 6.7℃；5 月偏低最多，为 2.8℃；12 月偏高最多，为 5.0℃。

通过上述分析可知，下游河道水温的变化主要源自旭龙上游梯级建设对河道水温的改变，旭龙水库对下游的贡献仅占总影响的 11.43%~17.67%。

表 6.1-12　定曲河汇口前联合运行各典型年的月均水温比较（℃）

| 月份 | 气温 | 天然水温（梯级未建） | 河道水温（上游梯级建成、旭龙未建） | | 丰水年 | | 平水年 | | 枯水年 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 |
| | | A | B | B-A | C | C-A | D | D-A | E | E-A |
| 1 | 8.4 | 3.0 | 7.1 | 4.1 | 7.7 | 4.7 | 7.8 | 4.7 | 7.8 | 4.8 |
| 2 | 10.9 | 4.7 | 6.4 | 1.7 | 7.1 | 2.4 | 7.0 | 2.3 | 7.0 | 2.3 |
| 3 | 14.1 | 7.6 | 6.2 | -1.4 | 7.0 | -0.6 | 6.9 | -0.7 | 7.0 | -0.6 |
| 4 | 17.5 | 10.7 | 7.7 | -3.1 | 7.8 | -2.9 | 7.7 | -3.0 | 7.8 | -3.0 |
| 5 | 21.9 | 13.6 | 10.9 | -2.7 | 10.5 | -3.1 | 10.6 | -3.1 | 10.5 | -3.1 |
| 6 | 25.2 | 15.5 | 13.9 | -1.7 | 13.3 | -2.2 | 13.6 | -1.9 | 13.5 | -2.0 |
| 7 | 24.1 | 16.8 | 14.9 | -1.8 | 14.6 | -2.2 | 14.6 | -2.2 | 14.7 | -2.1 |
| 8 | 22.9 | 16.8 | 16.3 | -0.5 | 15.9 | -0.8 | 16.0 | -0.8 | 16.4 | -0.4 |
| 9 | 21.8 | 14.8 | 15.0 | 0.2 | 14.9 | 0.2 | 15.0 | 0.3 | 16.4 | 1.7 |
| 10 | 18.2 | 11.1 | 13.0 | 1.9 | 13.0 | 1.9 | 13.1 | 2.0 | 14.1 | 3.0 |
| 11 | 12.6 | 6.1 | 10.9 | 4.9 | 11.1 | 5.1 | 11.2 | 5.2 | 11.4 | 5.3 |
| 12 | 8.5 | 3.3 | 8.7 | 5.4 | 9.3 | 5.9 | 9.3 | 6.0 | 9.4 | 6.1 |
| 年均 | 17.2 | 10.3 | 10.9 | 0.6 | 11.0 | 0.7 | 11.1 | 0.7 | 11.3 | 1.0 |
| 最大值 | 25.2 | 16.8 | 16.3 | 5.4 | 15.9 | 5.9 | 16.0 | 6.0 | 16.4 | 6.1 |
| 最小值 | 8.4 | 3.0 | 6.2 | -3.1 | 7.0 | -3.1 | 6.9 | -3.1 | 7.0 | -3.1 |

表 6.1-13　定曲河汇口后联合运行各典型年的月均水温比较（℃）

| 月份 | 气温 | 河道天然水温（梯级未建） | 河道水温（上游梯级建成、旭龙未建） | | 丰水年 | | 平水年 | | 枯水年 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 |
| | | A | B | B-A | C | C-A | D | D-A | E | E-A |
| 1 | 8.4 | 3.3 | 6.7 | 3.4 | 7.2 | 3.9 | 7.3 | 4.0 | 7.3 | 4.0 |
| 2 | 10.9 | 4.6 | 6.2 | 1.5 | 6.7 | 2.0 | 6.6 | 2.0 | 6.6 | 2.0 |
| 3 | 14.1 | 7.3 | 6.2 | -1.1 | 6.8 | -0.5 | 6.7 | -0.6 | 6.8 | -0.5 |
| 4 | 17.5 | 10.7 | 8.0 | -2.7 | 8.2 | -2.5 | 8.0 | -2.7 | 8.2 | -2.5 |
| 5 | 21.9 | 13.7 | 11.3 | -2.5 | 10.9 | -2.8 | 10.9 | -2.8 | 10.9 | -2.8 |
| 6 | 25.2 | 15.5 | 14.1 | -1.4 | 13.4 | -2.1 | 13.9 | -1.7 | 13.7 | -1.8 |
| 7 | 24.1 | 16.8 | 15.2 | -1.6 | 14.8 | -2.0 | 14.9 | -1.9 | 15.0 | -1.8 |
| 8 | 22.9 | 16.7 | 16.3 | -0.4 | 16.0 | -0.7 | 16.0 | -0.7 | 16.3 | -0.4 |
| 9 | 21.8 | 14.7 | 14.9 | 0.2 | 14.9 | 0.2 | 14.9 | 0.2 | 15.9 | 1.2 |
| 10 | 18.2 | 10.9 | 12.5 | 1.6 | 12.7 | 1.8 | 12.7 | 1.8 | 13.3 | 2.4 |
| 11 | 12.6 | 6.3 | 10.4 | 4.1 | 10.7 | 4.4 | 10.7 | 4.4 | 10.6 | 4.4 |
| 12 | 8.5 | 3.6 | 8.1 | 4.4 | 8.6 | 5.0 | 8.6 | 5.0 | 8.6 | 5.0 |
| 年均 | 17.2 | 10.4 | 10.8 | 0.5 | 10.9 | 0.5 | 10.9 | 0.6 | 11.1 | 0.8 |
| 最大值 | 25.2 | 16.8 | 16.3 | 4.4 | 16.0 | 5.0 | 16.0 | 5.0 | 16.3 | 5.0 |
| 最小值 | 8.4 | 3.3 | 6.2 | -2.7 | 6.7 | -2.8 | 6.6 | -2.8 | 6.6 | -2.8 |

表 6.1-14　奔子栏水文站处联合运行各典型年的月均水温比较（℃）

| 月份 | 气温 | 河道天然水温（梯级未建） | 河道水温（上游梯级建成、旭龙未建） | | 丰水年 | | 平水年 | | 枯水年 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 | 水温 | 差值 |
| | | A | B | B-A | C | C-A | D | D-A | E | E-A |
| 1 | 8.4 | 3.4 | 6.8 | 3.4 | 7.2 | 3.9 | 7.3 | 4.0 | 7.4 | 4.0 |
| 2 | 10.9 | 4.7 | 6.2 | 1.5 | 6.7 | 2.0 | 6.7 | 2.0 | 6.7 | 1.9 |
| 3 | 14.1 | 7.4 | 6.3 | -1.1 | 6.9 | -0.5 | 6.9 | -0.6 | 6.9 | -0.5 |
| 4 | 17.5 | 10.8 | 8.1 | -2.7 | 8.3 | -2.4 | 8.1 | -2.7 | 8.3 | -2.5 |
| 5 | 21.9 | 13.8 | 11.4 | -2.4 | 11.0 | -2.8 | 11.1 | -2.8 | 11.0 | -2.8 |
| 6 | 25.2 | 15.6 | 14.2 | -1.4 | 13.5 | -2.1 | 14.0 | -1.6 | 13.9 | -1.8 |
| 7 | 24.1 | 16.9 | 15.3 | -1.6 | 14.9 | -2.0 | 15.0 | -1.9 | 15.1 | -1.8 |
| 8 | 22.9 | 16.8 | 16.4 | -0.4 | 16.1 | -0.7 | 16.1 | -0.7 | 16.4 | -0.4 |
| 9 | 21.8 | 14.8 | 15.0 | 0.2 | 14.9 | 0.2 | 15.0 | 0.2 | 16.0 | 1.2 |
| 10 | 18.2 | 11.0 | 12.6 | 1.6 | 12.8 | 1.8 | 12.7 | 1.8 | 13.4 | 2.4 |
| 11 | 12.6 | 6.4 | 10.5 | 4.1 | 10.7 | 4.4 | 10.7 | 4.4 | 10.7 | 4.3 |
| 12 | 8.5 | 3.7 | 8.1 | 4.4 | 8.7 | 5.0 | 8.6 | 4.9 | 8.7 | 5.0 |
| 年均 | 17.2 | 10.4 | 10.9 | 0.5 | 11.0 | 0.5 | 11.0 | 0.6 | 11.2 | 0.8 |
| 最大值 | 25.2 | 16.9 | 16.4 | 4.4 | 16.1 | 5.0 | 16.1 | 4.9 | 16.4 | 5.0 |
| 最小值 | 8.4 | 3.4 | 6.2 | -2.7 | 6.7 | -2.8 | 6.7 | -2.8 | 6.7 | -2.8 |

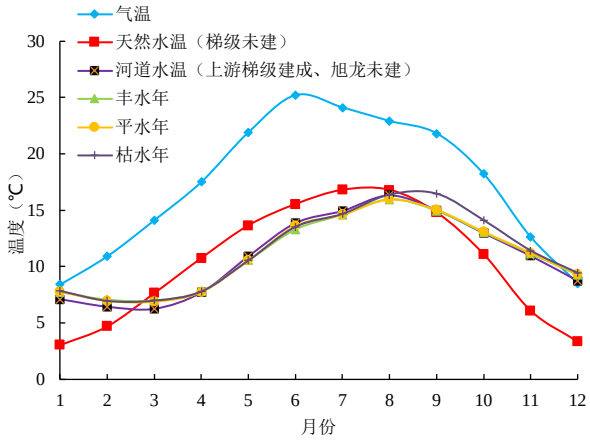



图 6.1-18　定曲河汇口前各典型年的月均水温对比图

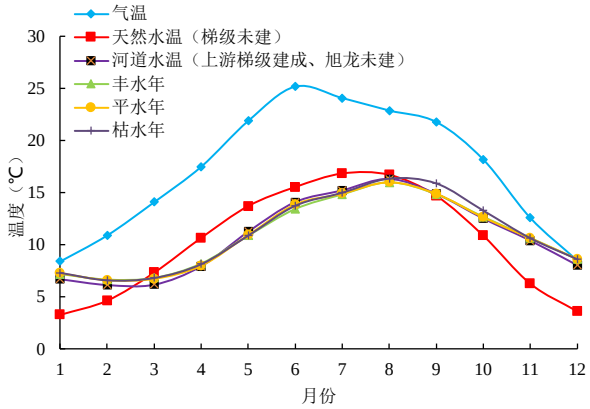



图 6.1-19　定曲河汇口后各典型年的月均水温对比图

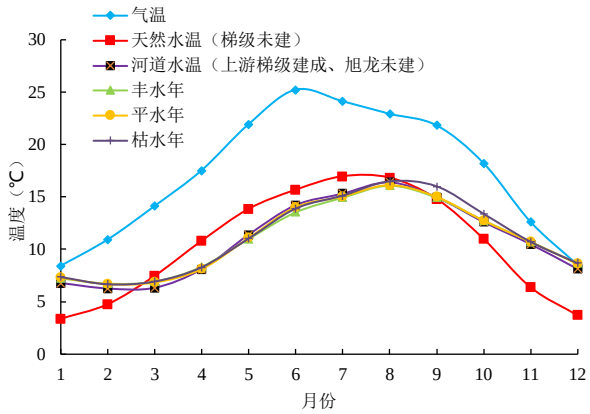



图 6.1-20　奔子栏水文站处各典型年的月均水温对比图

**（3）水温沿程变化分析**

表 6.1-15 和图 6.1-21 为旭龙坝址与奔子栏水文站联合运行各典型年的沿程变化情况对比。其中天然情况年内水温差值在 0.2~0.6℃之间变化，呈沿程增温趋势。上游梯级建成、旭龙未建时年内水温差值在-0.5~0.9℃之间变化，在 2~9 月沿程增温，平均升高 0.6℃， 10~翌年 1 月沿程降温，平均降低 0.3℃。丰水年年内水温差值在-0.4~1.0℃之间

变化，在 3~10 月沿程增温，平均升高 0.6℃，11~翌年 1 月沿程降温，平均降低 0.3℃。平水年年内水温差值在-0.6~1.0℃之间变化，在 3~9 月沿程增温，平均升高 0.6℃， 10 月~翌年 1 月沿程降温，平均降低 0.3℃。枯水年年内水温差值在-0.6~1.0℃之间变化，在 3~8 月沿程增温，平均升高 0.7℃， 9 月~翌年 1 月沿程降温，平均降低 0.4℃。总体来看，联合运行各典型年沿程变化幅度较天然情况变化大。

图 6.1-22~图 6.1-25 为旭龙坝址下游 3、5、9 和 12 月水温沿程变化图。联合运行工况下下泄水温较天然水温过程改变较大，且下泄流量大，水温恢复距离相对较短，假定工程运行后下游某断面水温与天然水温差异在 0.5℃以内认为旭龙下泄水温没有影响，则丰水年和平水年在奔子栏水文站处，仅在 9 月份水温得以恢复，枯水年于 8 月份得以恢复，总体恢复较慢。

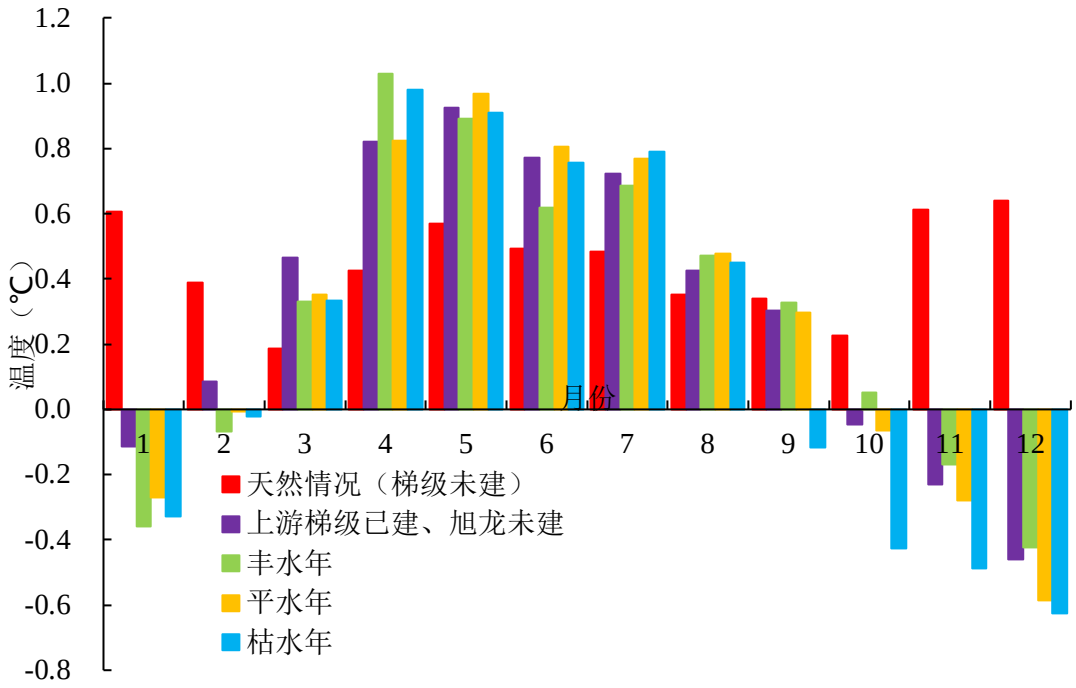



图 6.1-21　旭龙坝址与奔子栏水文站处联合运行各典型年水温沿程变化差值对比图

表 6.1-15　旭龙坝址与奔子栏水文站处联合运行各典型年的月均水温沿程变化比较（℃）

| 月份 | 天然情况（梯级未建） | | | 河道水温（上游梯级已建、旭龙未建） | | | 丰水年 | | | 平水年 | | | 枯水年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 旭龙坝址 | 奔子栏水文站 | 差值 | 旭龙坝址 | 奔子栏水文站 | 差值 | 旭龙坝址 | 奔子栏水文站 | 差值 | 旭龙坝址 | 奔子栏水文站 | 差值 | 旭龙坝址 | 奔子栏水文站 | 差值 |
| 1 | 2.8 | 3.4 | 0.6 | 6.9 | 6.8 | -0.1 | 7.6 | 7.2 | -0.4 | 7.6 | 7.3 | -0.3 | 7.7 | 7.4 | -0.3 |
| 2 | 4.4 | 4.7 | 0.4 | 6.1 | 6.2 | 0.1 | 6.8 | 6.7 | -0.1 | 6.7 | 6.7 | 0.0 | 6.7 | 6.7 | 0.0 |
| 3 | 7.3 | 7.4 | 0.2 | 5.8 | 6.3 | 0.5 | 6.6 | 6.9 | 0.3 | 6.5 | 6.9 | 0.4 | 6.6 | 6.9 | 0.3 |
| 4 | 10.4 | 10.8 | 0.4 | 7.3 | 8.1 | 0.8 | 7.3 | 8.3 | 1.0 | 7.3 | 8.1 | 0.8 | 7.3 | 8.3 | 1.0 |
| 5 | 13.3 | 13.8 | 0.6 | 10.5 | 11.4 | 0.9 | 10.1 | 11.0 | 0.9 | 10.1 | 11.1 | 1.0 | 10.1 | 11.0 | 0.9 |
| 6 | 15.2 | 15.6 | 0.5 | 13.4 | 14.2 | 0.8 | 12.9 | 13.5 | 0.6 | 13.2 | 14.0 | 0.8 | 13.1 | 13.9 | 0.8 |
| 7 | 16.5 | 16.9 | 0.5 | 14.6 | 15.3 | 0.7 | 14.2 | 14.9 | 0.7 | 14.3 | 15.0 | 0.8 | 14.3 | 15.1 | 0.8 |
| 8 | 16.5 | 16.8 | 0.4 | 16.0 | 16.4 | 0.4 | 15.6 | 16.1 | 0.5 | 15.6 | 16.1 | 0.5 | 16.0 | 16.4 | 0.4 |
| 9 | 14.5 | 14.8 | 0.3 | 14.7 | 15.0 | 0.3 | 14.6 | 14.9 | 0.3 | 14.7 | 15.0 | 0.3 | 16.1 | 16.0 | -0.1 |
| 10 | 10.8 | 11.0 | 0.2 | 12.7 | 12.6 | 0.0 | 12.7 | 12.8 | 0.1 | 12.8 | 12.7 | -0.1 | 13.8 | 13.4 | -0.4 |
| 11 | 5.8 | 6.4 | 0.6 | 10.7 | 10.5 | -0.2 | 10.9 | 10.7 | -0.2 | 11.0 | 10.7 | -0.3 | 11.2 | 10.7 | -0.5 |
| 12 | 3.1 | 3.7 | 0.6 | 8.6 | 8.1 | -0.5 | 9.1 | 8.7 | -0.4 | 9.2 | 8.6 | -0.6 | 9.3 | 8.7 | -0.6 |
| 年均 | 10.0 | 10.4 | 0.4 | 10.6 | 10.9 | 0.3 | 10.7 | 11.0 | 0.3 | 10.7 | 11.0 | 0.3 | 11.0 | 11.2 | 0.2 |
| 最大值 | 16.5 | 16.9 | 0.6 | 16.0 | 16.4 | 0.9 | 15.6 | 16.1 | 1.0 | 15.6 | 16.1 | 1.0 | 16.1 | 16.4 | 1.0 |
| 最小值 | 2.8 | 3.4 | 0.2 | 5.8 | 6.2 | -0.5 | 6.6 | 6.7 | -0.4 | 6.5 | 6.7 | -0.6 | 6.6 | 6.7 | -0.6 |
| 年内变幅 | 13.7 | 13.6 | 0.5 | 10.1 | 10.2 | 1.4 | 9.0 | 9.3 | 1.5 | 9.1 | 9.4 | 1.6 | 9.5 | 9.8 | 1.6 |

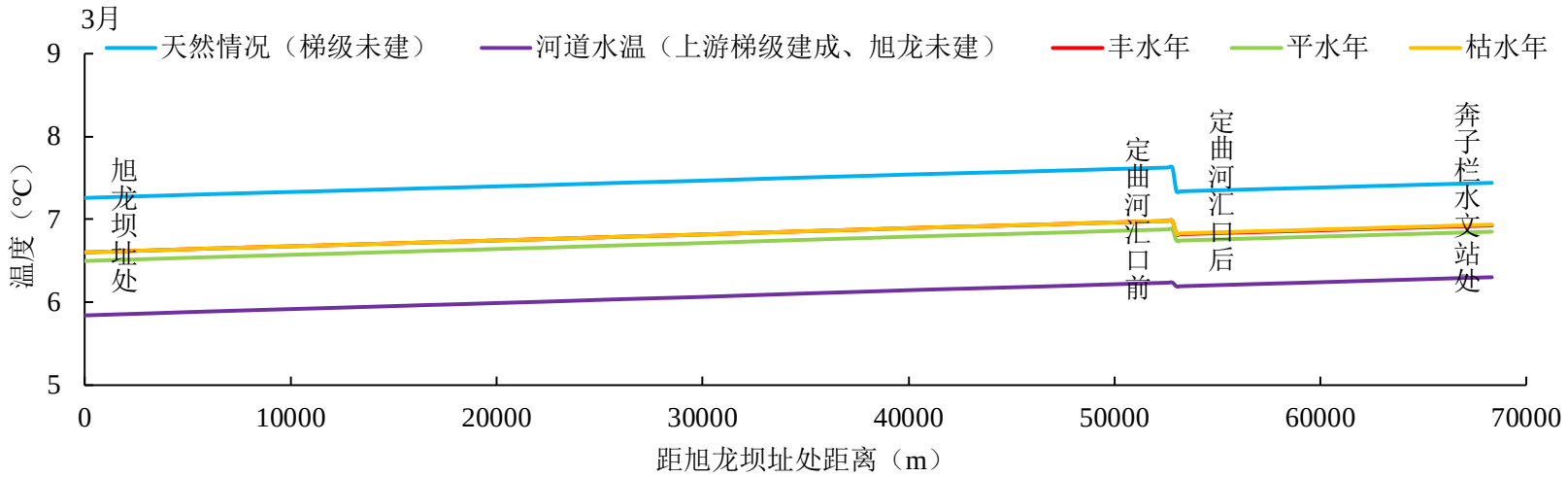



图 6.1-22　旭龙坝址下游各典型年 3 月水温沿程变化图

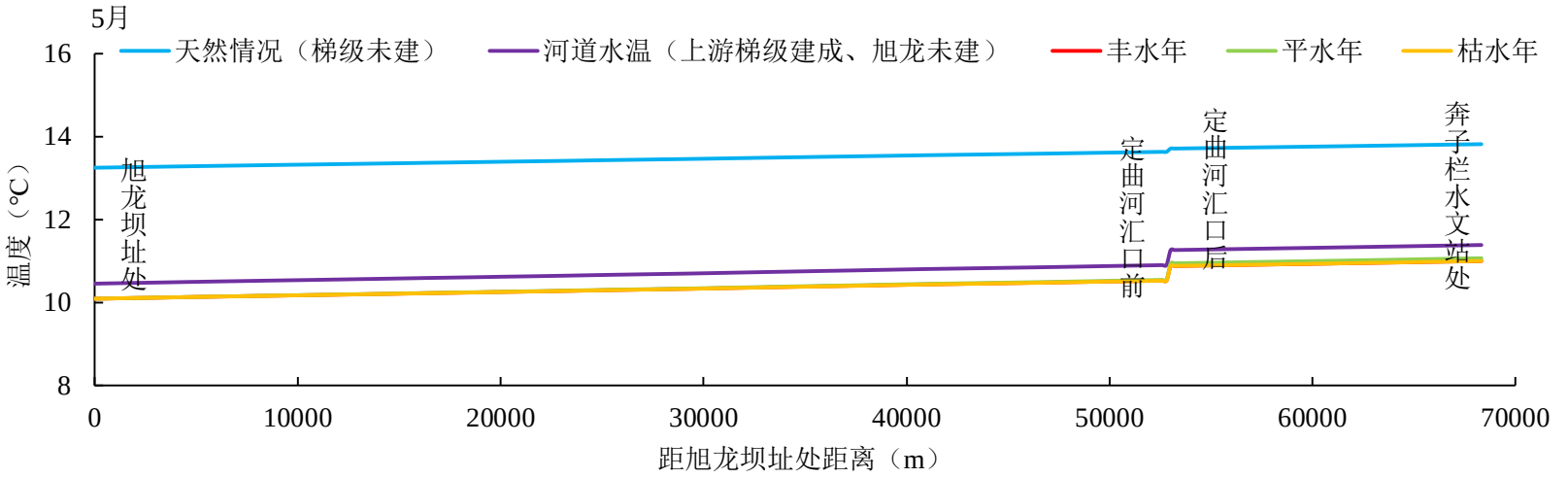



图 6.1-23　旭龙坝址下游各典型年 5 月水温沿程变化图

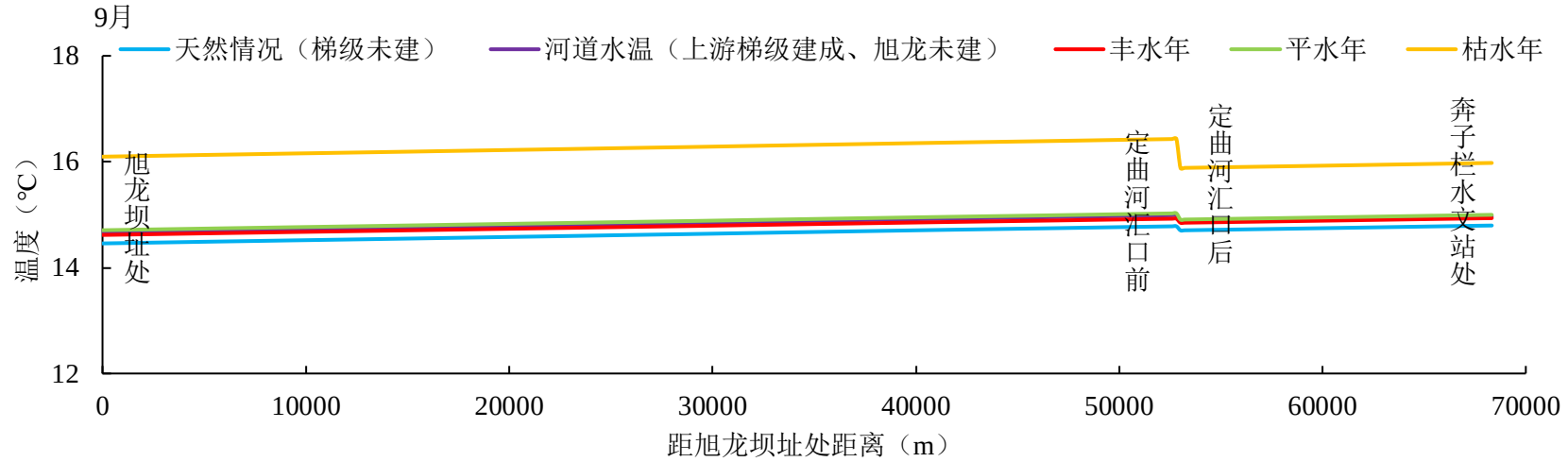



图 6.1-24　旭龙坝址下游各典型年 9 月水温沿程变化图

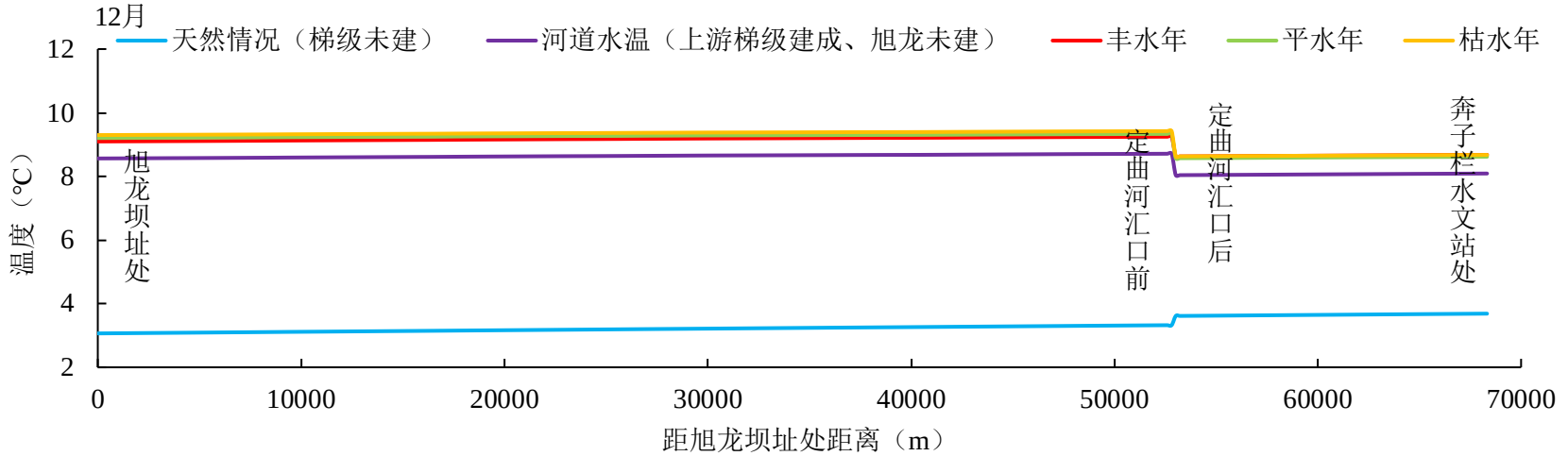



图 6.1-25　旭龙坝址下游各典型年 12 月水温沿程变化图

### 6.1.3 气体过饱和影响减缓措施

水电工程中 TDG 过饱和减缓措施可概括分为工程措施和运行措施。由于工程措施的实施与工程泄流消能及水工建筑物的安全和稳定密切相关，因此对于水电工程的减缓措施，特别是高坝工程减缓措施，必须通过深入细致的模型试验及理论研究，在确保不影响工程泄流消能安全和河道行洪安全的前提下方可付诸实施。

鉴于国内外在这一方面的研究水平和深度限制，旭龙水电站坝下 TDG 过饱和减缓措施主要考虑在运行调度方面采取措施。主要提出以下几个方面的建议。

#### 6.1.3.1 加强梯级泄洪联合调度

旭龙水电站泄洪时段主要在 6～9 月。从流域角度考虑，旭龙水电站建成运行时，上游叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙等电站可能已建成运行，梯级库群对洪水起到较强的调控作用，泄洪频率将大大降低，泄洪时段将大大缩短。

本报告中梯级联合运行的预测结果表明，旭龙与上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙联合泄洪，将使过饱和 TDG 释放速率减慢，超标范围加大。因此，从减缓 TDG 过饱和影响，保护水生生物角度，建议统筹研究梯级水库的联合调度运行，在提高水量利用率的同时达到减小各梯级弃水，从而减小泄洪频率的目的。

#### 6.1.3.2 泄洪时间控制与泄洪过程优化

在深入开展研究河段鱼类产卵繁殖的生境需求研究基础上，对水库运行调度方案提出建议，使梯级泄洪时间尽可能避开鱼类对过饱和总溶解气体的敏感期，从而协调好泄洪、发电和生态需求三者之间的关系。

四川大学室内开展的岩原鲤幼鱼在过饱和 TDG 环境中间歇暴露实验初步表明，鱼类在受过饱和 TDG 胁迫一定时间后能在清水中逐渐恢复，因此探讨间歇泄水方式有利于受过饱和 TDG 胁迫后鱼类的再恢复，从而提高鱼类在 TDG 过饱和环境中的耐受时间。同时，由于过饱和 TDG 对鱼类的影响与鱼类在过饱和环境中的滞留时间有关，因此减小每次的泄洪持续时间也可以从一定程度上减轻过饱和 TDG 对鱼类的影响。但为了满足洪水总量的宣泄目标，确保行洪安全，建议在深化鱼类耐受性研究的基础上，深入开展间歇泄洪方式减缓过饱和 TDG

影响的模拟和实证研究，合理设计泄洪流量及泄洪的间歇时间。

#### 6.1.3.3 泄洪建筑物运用方式优化

根据预测结果，首先对比同种泄洪流量与不同泄洪建筑运用方式，两年一遇洪水条件下，工况 2 采用三个表孔均摊泄洪，工况 3 和工况 4 采用一个表孔加一个中孔泄洪，尽管工况 3 和工况 4 的单宽流量更大，泄洪生成的饱和为 124.2%和 124.0%，均低于工况 2 的 125.5%。五年一遇洪水条件下，工况 5 采用三个表孔均摊泄洪，工况 6 采用两个中孔和一个表孔均摊泄洪，工况 6 生成的 TDG 饱和度（130.4%）同样低于工况 5（131.5%）。对比工况 1（2#表孔）和工况 2（1#2#3#表孔），同样的泄洪建筑物宣泄同等流量时，采用均摊泄洪的工况 2 生成的 TDG 饱和度为 125.5%，明显小于采用集中泄洪生成的饱和度 128.0%。

由此可见泄洪方式优选有利于降低过饱和 TDG 的生成，因此在满足工程安全的前提下，建议旭龙水电站泄洪调度尽量启用多个泄洪孔共同承担泄洪流量，减小泄洪单宽流量，降低泄洪生成的 TDG 饱和度。

#### 6.1.3.4 泄洪流量与发电流量的比选

目前国内外研究认为发电尾水 TDG 饱和度与坝前 TDG 饱和度一致，而坝前水体 TDG 饱和度通常低于坝下生成的 TDG 饱和度，因此尽可能增大发电尾水流量有助于降低坝下下游河段 TDG 饱和度。建议在旭龙联合运行中，根据各电站运行方式和泄洪组合，合理安排泄洪设施，减缓流域 TDG 不利影响。

#### 6.1.3.5 运行期监测

鉴于国内外对高坝泄流下游 TDG 过饱和问题，特别是连续梯级累积影响问题缺乏深入系统的认识和研究，因此为及时了解金沙江上游各梯级电站建成后高坝泄流下游 TDG 过饱和状况及其对水生生物的影响，验证数学模型预测结果，为工程环境保护及提高我国在高坝泄流 TDG 过饱和领域的研究水平提供可靠数据和基础资料，有必要在电站泄洪期间开展泄洪的过饱和 TDG 生成预测，并对泄洪产生的过饱和 TDG 在各梯级库区河段的释放过程开展原型观测研究。

综合分析认为，上述各项措施主要从优化水库调度运行方式等角度出发，对于泄洪消能安全、工程稳定及发电和防洪等效益不会产生负面影响，因此从技术

角度分析具有可行性。

#### 6.1.3.6 干支流交汇区利用

有关研究表明，干支流交汇区存在一定的低饱和度区域。可通过顺坝导流、阻流桩阻流、鱼类躲避水深维护的工程辅助措施后，是 TDG 低饱和度区域空间明显增大，从而为鱼类躲避过饱和 TDG 的威胁创造良好的空间条件。因此，在不影响水生生态环境的前提下，可在定曲汇入金沙江区域适当设置顺坝导流、阻流桩阻流或鱼类躲避水深维护的工程以改善交汇区的水流水深条件和 TDG 饱和度条件，从而可以为干支流交汇区鱼类回避过饱和 TDG 不利影响提供足够的躲避空间。

### 6.1.4 运行期水质保护措施

**（1）库周污染源控制**

1）严格按照水域功能区水质目标进行管理。要求在水库周边禁止新建、改建、扩建对水质有污染的建设项目；禁止向库区排放污水。

2）保护库周植被，涵养水源，不得对库周随意砍伐。

3）重视水质监测，特别是初期蓄水期间的水质监测，及时掌握区域水质状况。

4）加强库周及上游农村生活污水处理的管理力度，加强库周畜禽养殖、农田灌溉等农业面源污染的控制，满足水域功能区水质管理目标要求。

5）加强羊拉铜矿尾矿调节池的监控。

**（2）库底卫生清理**

根据《水电工程水库库底清理设计规范》、《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》的规定，为防止淹没于旭龙水电站水库内的树木、杂物及人畜粪便等对水体的污染和对水库安全运行的影响；为保护旭龙水电站库区水质，使其满足Ⅱ类水水质保护目标，在水库蓄水前必须对库底进行清理。库底清理对象包括：粪坑、畜圈、宅基、坟墓、垃圾、植物等，需达到相应技术要求和处理目标。

1）库底清理范围

具体清理范围为：移民迁移线以下的建、构筑物的拆除与清理；正常蓄水位 2302m 以下的林木砍伐与迹地清理；居民迁移线以下至死水位 2294m 以下 3m 内

的大体积建、构筑物残留体等清理；对于各种特殊清理，在实施前由有关部门制定要求，并进行清理。

2）清理项目与技术要求

清理范围内所有的房屋、各项建筑物和构筑物、污物垃圾及其它均应清理。清理项目为居民点卫生清理、建筑物拆除清理、垃圾热解站清理、林木清理、障航清理、其它项目清理。

①居民点卫生清理。旭龙库区以农村人口为主，居民点卫生清理其主要内容包括厕所、粪坑（堆）、畜厩、垃圾等。有用的应尽量运至库外使用，其余的则摊开暴晒消毒、对其坑穴应以每平米 0.5kg 生石灰消毒，污水坑以净土填塞；库区内如有土葬坟墓，15 年以内的需迁出库外，每坑穴以 0.5kg 漂白粉或 5kg 生石灰进行消毒，15 年以上的按当地习惯处理；

②建筑物拆除清理主要指房屋、附属建筑物和专项设施拆除，其有用材料运出库外使用，不能利用又易于漂浮的废旧料应就地烧毁；墙壁、桩、柱等障碍物（土质者除外）应推倒摊平；

③垃圾热解站清理主要指本工程建设与格亚顶沟口的垃圾热解站，依据清理规范要求，施工结束后，对垃圾热解站进行建筑物、处理设施清理以及周边土壤等进行清理。

3）林木清理需清理树木、灌丛、零星经济林、果木等，应尽可能的平齐地面砍伐，并清理外运,其无用残物(枝丫、枯木、灌木丛等易漂浮物质)应集中就地焚烧；

4）本工建设征地涉及的大体积建筑物残留物属于障航物清理对象，应炸毁推平，其残留高度一般不得超过地面 0.5m。对确难清理的较大障碍物，应设置蓄水后可见的明显标志，并在地形图上注明其位置与标高。

### 6.1.5 科学研究

基于报告书预测及相关措施效果论证情况，为更好的营造良好的水生态环境，拟设以下研究课题：

**（1）旭龙水电站生态调度效果评估及优化研究**

研究各种来水条件和发电出力工况情景下电站出库流量情况，结合下游生态

流量过程要求，制定运行期下泄流量生态调度方案，指导水库实际运行过程中的生态流量下放。通过收集坝址处天然流量逐日过程统计流量变化规律，开展坝址鱼类产卵场分布及鱼类产卵规律的生态调查，综合判断坝址下游鱼类产卵刺激与流量变化的相关关系，结合水库调度运行规程，优化发电调度，制定各种来水条件下的生态流量泄放预案，满足不同时期鱼类产卵需求。

**（2）旭龙水电站水温影响及跟踪评估**

金沙江上游天然河流、梯级水库及其下游水温变化规律及主要影响因素，分析其对旭龙坝址以下河段水温的影响；对比水温变化和水生生态的变化，初步探讨水温对生态影响的机理。提出金沙江上游梯级水温影响缓解措施设计、运行优化建议及新工艺方案。提出金沙江上游至石鼓水温监测规划优化对策。

**（3） 电站进水口前复杂构筑物对坝前及下泄水温的影响研究**

由于进水口前水力学条件复杂，传统的立面二维数学模型难以高精度的预测和模拟电站取水口水力学与浮力之间的关系及下泄水温过程。为了准确掌握电站进水口复杂构筑物对水动力学和温度场的三维特性及其相互影响，以及其对下泄水温过程的影响，建议采用三维水温数学模型研究前置挡墙的设置对进水口水力学和温度场的影响因素、影响范围和影响程度，有助于后期水温监测和效果分析提供重要的技术支撑，同时对国内开展同类工作提供借鉴和参考。

**（4）旭龙水电站生态流量过程优化及调控措施研究**

旭龙水电站建成运行后，电站下泄生态流量过程中，最小流量为210$m^3/s$，从长序列调节计算成果看，保证率仅90%左右。同时，受上游梯级电站累积影响，旭龙坝下河段水温出现了明显的延迟现象。本研究基于电站运行期间鱼类资源监测调查、水温监测等成果，结合鱼类产卵时段变化情况，优化满足裂腹鱼类产卵要求的稳定运行过程，合理控制下游水位变幅要求；基于电站实际运行过程中，生态流量不满足时段分布特征，下游滇中引水过程、石鼓断面生态流量满足情况等，提出合理的梯级联合调度方案，并构建业主之间沟通协商机制。

## 6.2地下水影响减缓措施

### 6.2.1 地下水环境保护措施

**（1）大坝防渗漏工程措施**

为阻截坝基渗漏通道，控制坝肩绕渗，降低渗流对坝基（肩）及水垫塘两岸边坡稳定产生的不利影响，对大坝坝基应采用“防渗帷幕+幕后排水”的渗流控制方案。

根据《混凝土拱坝设计规范》（DL/T5346－2006）相关规定，并参照类似工程经验，帷幕设计防渗标准为：河床坝基、左岸近坝山体段与右岸厂房上游侧主帷幕灌后基岩透水率 q≤1Lu，厂房侧向（顺河向）主帷幕灌后基岩透水率 q≤3Lu。

大坝防渗主帷幕沿坝体基础灌浆廊道布置，左岸帷幕出左坝肩后斜向上游山体内延伸约 200m；右岸帷幕出右坝肩后，先向下游偏转延伸约 100m，再垂直引水洞轴线向山体延伸约 200m，至地下厂房右边墙外一定距离后再顺交通隧道向下游方向延伸约 100m。整个防渗主帷幕线路全长约 1112m。

**（2）加强生产和设备运行管理**

从原料产品储存、生产、运输、污染处理设施等全过程控制各种有害材料、产品泄漏，定期检查污染源项，及时消除污染隐患，杜绝跑冒滴漏现象；发现有污染物泄漏或渗漏，采取清理污染物和修补。尤其是在工期，施工期的废污水为砂石料冲洗、拌和系统冲洗、机修及保养等产生的废水以及施工人员产生的生活污水。电站运行期废污水主要包括少量的机组检修及厂房地面冲洗含油废水，以及电站生产人员和移民安置点的生活污水。对环保措施的施工要严格按照相关标准进行，保证环保工程的防渗性能。同时要有备用水池等紧急措施收集事故工况下的污水，防治直接入渗地下。

**（3）库区地下水防治措施**

水库蓄水之前，必须对淹没线以下的废弃物进行无毒无害化处理，以确保水库水质和水生生态环境，满足库区及下游地区生产、生活用水要求和水库水利枢纽设施的安全运行；水库蓄水后，应对生活垃圾进行集中收集和处理，减少对库水的污染。在库区建立清漂设施，加强清理库区漂浮物工作。防止库区内漂流物堆积对大坝造成危害，以及漂流物堆积对库区生态环境造成危害，同时应对水库

生态环境进行全面全过程跟踪监测，为库区水环境保护奠定基础性工作。

### 6.2.2 地下水污染应急防范措施

施工过程中尽量避免施工原料的长期堆放，如需长期堆放时，堆放场地需要进行必要的防渗处理，进行简单的地面硬化和搭建简易雨篷，避免部分原料物质经雨水淋滤后直接入渗进入地下污染浅层地下水。油库应采用储油罐储油，设置事故集油池，并配备一定的溢油控制应急设备和器材，应急修补的专用工具和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，溢油检漏专用仪器和设备等。油库区和加油站铺设防渗材料，挖沟阻隔，尽量避免石油使用过程中的“冒、漏”等对地表和地下水造成一定的污染并确保事故泄漏后污染物不通过土壤进入地下水。临时油库的修建需远离施工和生活营地，其周围严禁烟火和堆放易燃物。

除此之外，还应针对可能产生的紧急泄露事故（油库泄漏等）制定一系列的风险应急预案，一旦发生泄漏，立即启动应急预案控制影响，防止泄漏事件和污染范围的进一步发展和扩大。

## 6.3陆生生态保护措施

### 6.3.1 陆生植被保护

#### 6.3.1.1 减缓措施

加强施工管理，及时处理处置施工废污水、废渣，重视洒水降尘，减小对周围植被的污染。对征地红线外的区域，禁止破坏植被。

#### 6.3.1.2 恢复与补偿措施

**（1）恢复与补偿原则**

工程影响区范围内属于干热河谷地区，生态环境较为脆弱，植物群落较单一，因此，在植被修复过程中，保持原有生态系统多样性，同时应注意提高生态系统的阻抗力，改善区域脆弱的生态环境。植被修复措施不仅考虑植被覆盖率，而且需要在利用当地原有物种的情况下，尽量使物种多样化，避免单一。

**（2）植被恢复总体思路**

首先对工程区域的植被现状进行调查和分析，确定工程区域主要的植物群落类型以及主要特征；其次对工程区域扰动后立地条件进行分析，对工程区域立地条件（海拔高度、地形、坡度、坡向与部位、土壤条件、水文）分类；再次根据工程总布置和施工总布置确定工程建成运行后的功能要求；最后根据工程区域现状植被特征、各工程区域立地条件以及各工程区域功能要求确定生态修复分区。对料场区、渣场区、施工营地区等临时占地的的植被恢复时，应先将施工前掘取的地表土进行铺放，保证这些区域土壤结构的恢复，从而保障植被恢复措施的有利进行。

结合水保植物措施，本工程生态修复区包括枢纽工程区、弃渣（存料）场区、表土堆放场区、料场区、场内交通工程区、施工生产生活区。根据不同恢复区的特点及植物现状，对每个恢复区实行不同的恢复方案。

**（3）植被恢复中的生物多样性**

根据评价范围生态环境特点以及工程影响区的植被现状，选择区域乡土物种或者本地区常见栽培物种进行植被恢复：乔木——云南松、青冈、核桃、石榴、凤凰木等；灌木——云南沙棘、清香木、小叶荆、灰岩木蓝、皱叶醉鱼草、白刺花、小鞍叶羊蹄甲等；草本——藏滇羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕等。施工结束后，应结合水土保持植物措施，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。

表 6.3-1　植被恢复措施一览表

| 序号 | 防治分区 | 工程区域 | 植物措施设计 | 树草种的选择 | 配置方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 弃渣（存料）场区 | 茂顶河弃渣场（渣顶） | 营造水土保持经济林 | 乔木：高山松、云南松、核桃、石榴、凤凰木<br>灌木：云南沙棘、清香木、小叶荆、灰岩木蓝、皱叶醉鱼草<br>草本：藏滇羊茅、小画眉草、拟金茅、草沙蚕 | 乔木采用株间混交，株行距为 2m×2m，混交比例 1：1，栽植密度各为 1250 株/$hm^2$；灌木亦采用株间混交，株行距为 1m×1m，混交比例 1：1：1，栽植密度各为 3333 株/$hm^2$；草籽采用撒播，播种量为 80kg/$hm^2$，混播比例为 1:1:1 |
| 2 | | 茂顶河弃渣场（坡面） | 框格+生态袋护坡 | 草本：滇羊茅、小画眉草、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 3 | | 库区弃渣场(左岸 1#、右岸 1#、2#) | 撒播草籽临时绿化 | 草本：小画眉草、酢浆草、黄茅 | 撒播，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 4 | 表土堆存场区 | 堆土表面（施工期） | 撒播草籽临时绿化 | | |
| 5 | | 施工迹地 | 营造水土保持林 | 灌木：清香木、白刺花、小鞍叶羊蹄甲<br>草本：酢浆草、拟金茅、黄茅 | 灌木采用株间混交，株行距为 1m×1m，混交比例 1：1：1，栽植密度各为 3333 株/$hm^2$；草籽采用撒播方式，播种量为 80kg/$hm^2$，混播比例为 1:1:1 |
| 6 | 料场区 | 徐龙人工骨料场 | 种植槽绿化 | 草本：酢浆草、拟金茅、黄茅 | 草籽采用撒播方式，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 7 | 交通工程区 | 永久道路 | 路肩行道树绿化 | 乔木：凤凰木<br>草本：酢浆草、黄茅 | 乔木栽植一行、株距 3m；草籽采用撒播方式，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 8 | | | 一般挖方边坡（土质）采用撒播草籽绿化 | 灌木：灰岩木蓝、皱叶醉鱼草、白刺花<br>草本：小画眉草、拟金茅 | 撒播，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 9 | | | 高陡开挖岩质边坡采用框格植草护坡 | 草本：酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 10 | | | 坡度较陡、高度较矮的硬质土石混合开挖边坡采用生态袋护坡 | 灌木：白刺花、小叶荆<br>草本：拟金茅 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 11 | | | 一般填筑边坡采用乔灌草绿化 | 乔木：凤凰木、云南松<br>灌木：白刺花、小鞍叶羊蹄甲、小 | 乔木采用株间混交，株行距为 2m×2m，混交比例 1：1，栽植密度各为 1250 株/$hm^2$；灌木采用株间混交， |

| 序号 | 防治分区 | 工程区域 | 植物措施设计 | 树草种的选择 | 配置方式 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | | 叶荆<br>草本：酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 株行距为 1m×1m，混交比例 1：1：1，栽植密度各为 3333 株/$hm^2$；草籽采用撒播，播种量为 80kg/$hm^2$，混播比例为 1:1:1 |
| 12 | | | 条件较差的填筑边坡采用液压喷播、框格植草护坡 | 草本：小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 13 | | 隧洞进出口边坡绿化 | 框格植草护坡 | 草本：藏滇羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 14 | | 压埋下边坡 | 一般边坡采用液压喷播、框格植草护坡 | 草本：酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/$hm^2$ |
| 15 | | | 局部立地条件较好的坡面采用乔灌草绿化 | 乔木：高山松、云南松、青冈<br>灌木：白刺花、小鞍叶羊蹄甲、小叶荆<br>草本：酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 同永久道路一般填筑边坡乔灌草绿化 |
| 16 | | 临时道路（不含水库淹没区） | 路面迹地营造水土保持林 | 灌木：清香木、白刺花、小鞍叶羊蹄甲<br>草本：酢浆草、拟金茅、黄茅 | 同永久道路填筑边坡乔灌草绿化 |
| 17 | 施工生产生活区 | 场地 | 园林景观绿化（休闲游园景观、鱼类增殖站科普营地景观） | 乔木：云南松、青冈、核桃、石榴、凤凰木<br>灌木：云南沙棘、清香木、小叶荆、灰岩木蓝、皱叶醉鱼草、白刺花、小鞍叶羊蹄甲<br>草本：藏滇羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕甲 | 乔灌木根据景观造型，采用孤植、点植、片植、丛植的方式，有色花卉采用片植形式，草皮采用满铺形式 |
| 18 | | 施工迹地 | 营造水土保持林、经济林 | 乔木：云南松、青冈、核桃、石榴、凤凰木 | 水土保持林同永久道路填筑边坡。 |

| 序号 | 防治分区 | 工程区域 | 植物措施设计 | 树草种的选择 | 配置方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 灌木：清香木、小叶荆、灰岩木蓝、皱叶醉鱼草、白刺花、小鞍叶羊蹄甲 | |
| 19 | | 开挖填筑边坡 | 液压喷播、框格植草护坡 | 草本：藏滇羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 同上对应的植物措施 |
| 20 | 徐龙冲沟施工平台 | 施工期 | 撒播草籽临时绿化 | 草本：小画眉草、黄茅、拟金茅 | 撒播，播种量为 80kg/hm$^2$ |
| 21 | | 施工迹地 | 营造水土保持林 | 乔木：高山松、云南松、核桃、石榴、凤凰木<br>灌木：云南沙棘、清香木、白刺花、小鞍叶羊蹄甲、小叶荆<br>草本：小画眉草、黄茅、拟金茅 | 乔木采用株间混交，株行距为 2m×2m，混交比例 1：1，栽植密度各为 1250 株/hm$^2$；灌木亦采用株间混交，株行距为 1m×1m，混交比例 1：1：1，栽植密度各为 3333 株/hm$^2$；草籽采用撒播，播种量为 80kg/hm$^2$，混播比例为 1:1:1 |
| 22 | 移民安置区 | 移民居民点 | 四旁绿化（水土保持林、景观绿化） | 水土保持林、景观绿化同施工生产生活区场地 | 水土保持林、景观绿化同施工生产生活区场地 |
| 23 | | | 液压喷播、框格植草护坡 | 草本：藏滇羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅、拟金茅、草沙蚕 | 播种种植，播种量为 80kg/hm$^2$ |

**（4）金荞麦保护措施**

金荞麦分布在寒温带到亚热带广大地区，耐旱耐寒，多生于山谷湿地、山坡灌丛中，适应能力强，有较强的抗逆性和繁殖能力。由此可以看出金荞麦生性强健，移植和栽培相对比较容易。为减小旭龙水电站对金荞麦的影响，可在金荞麦果期（9-10月）采集种子，选择适宜生境进行播种繁殖，以保护其种质资源。具体保护方案如下：

1）播种时间

结合工程区域的特殊气候，宜在雨季来临前的5月底6月初进行播种。

2）播种地点

考虑相似生境原理，同时兼顾方便管理的原则，选择在现场建设管理营地内处设立金荞麦迁地保护地，迁地面积约10m*10m，详见附图33。

3）播种方法

条播，行距40～50cm，开沟播种，覆1～2cm，稍加镇压，播后浇水，出苗后注意松土除草和间苗，当苗高10～15cm定苗，株距20～25cm留壮苗1株。

4）田间管理

除草：苗期勤除杂草，松土2~3次。

追肥：在苗高50~60cm时进行1次追肥，也可在开花前追施，每亩用化肥15-20kg。

排水灌水：雨季及时排水，旱时可依据墒情适当浇水。

5）病虫害防治

①蚜虫：冬季清园，将枯枝落叶深理或烧毁；在发生期用 40%乐果乳剂 1500 倍液或 80％敌敌畏乳剂 1500 倍液进行喷杀。

②病毒病：选择无病株留种，也可对种子播前进行处理钝化病毒；防治介体，拔除病枝、清除田间杂草等以减少田间侵染来源。

**（5）建立种质资源园**

鉴于评价区分布的重点保护野生植物、珍稀濒危和特有植物种类多样，部分种类个体受工程施工或水库淹没影响，其种质资源量有所减少，故采取建立种质资源园的保护措施，保护受影响的重点保护野生植物、珍稀濒危和特有植物。考虑将金荞麦移栽至种质资源园，种质资源园在建设管理营地内建设。

1）保护对象

将金荞麦、错枝榄仁、冬麻豆、折叶白前等受工程影响的重点保护或特有野生植物作为种质资源园主要保护对象，实行人工苗木抚育和种子资源保护，尽量减少工程影响。

2）园区分区规划

根据种质资源园的功能要求，将整个种质资源园分为苗木抚育区、科研教育区和温室建筑区三部分。

苗木抚育区包括母本保存苗圃和幼苗繁育苗圃两块。科研教育区包括科研实验楼、植物信息管理中心、标本馆、种子库等。温室建筑区主要有生产温室、科研实验温室、检疫温室。坝址下游工程附近发现的一株错枝榄仁，移栽到苗木抚育区的母本保存苗圃进行保护。

资源园选育的母本原则上为旭龙评价区采集的金荞麦、错枝榄仁等主要保护对象。幼苗来自于生产温室母本繁育后形成的幼苗。母本保存苗圃建设前需在科研实验温室前进行引种驯化和选育开发。

苗圃、标本馆、种子库、温室建筑建设需符合《植物园设计规范（征求意见稿）》（2017 年）、《园林苗圃规划设计规范》（DB41/T 1612-2018）《种子贮藏库建设标准》（NYJ T 08-2005）等标准或规范。

3）建设规模

根据现场建设管理营地施工布置，种质资源园的建设面积约 0.45hm$^2$。

**（6）其他植被恢复措施**

1）做好临时占地区表土的保存工作。

临时占地区的耕地、林地进行表土剥离，应采取分层取土、分层堆放、分层回填措施，用于后期施工区植被恢复的表层土。

2）林地和耕地的补偿措施

枢纽工程区和水库淹没区占用的林地，应按照《中华人民共和国森林法》第十八条，建设单位缴纳相应的森林植被恢复费。枢纽工程区和水库淹没区占用的耕地，应按照《中华人民共和国土地管理法》第四十二条，开垦数量和质量相当的耕地，没有开垦条件的，应缴纳土地复垦费，专项用于土地复垦。

3）废水、废渣回用措施

工程区水土资源比较珍贵，应按水土保持要求做好挡护措施。施工废污水应循环利用，除回用于施工生产用水和场地洒水外，多余部分应收集用于场地绿化。

本工程生活污水处理设施的沉淀污泥、化粪池沉渣处置满足相关标准后可用于施工恢复区域的表土改良。

4）外来物种保护措施

一方面对评价区已有的曼陀罗进行清除，可采用物理方法、化学方法或生物方法。另一方面，对工程机械、工程材料等的木质包装、来往车辆等进行检疫，防止外来植物进入工程建设区域。

#### 6.3.1.3 管理措施

**（1）宣传教育，遵纪守法**

全面贯彻执行《中华人民共和国野生植物保护法》，对施工人员和移民进行环境教育、生物多样性保护教育及有关法律、法规的宣传教育。要让群众明确知道重点保护野生植物是受国家法律保护的，破坏生物多样性将要承担相应的法律责任。

**（2）挂牌标记，明确告示**

在人员活动较多和较集中的施工营地，以及植被较好的区域，设置生态保护警示牌，提醒人们依法保护生态环境和生物多样性。

**（3）加强施工管理**

施工过程中，加强施工人员的管理，禁止施工人员对植被滥砍滥伐，严格限制人员的活动范围，破坏沿线的生态环境。

**（4）开展生态监测和管理**

主要监测生境的变化，植被的变化以及生态系统整体性变化。通过监测，加强对生态的管理，在工程管理机构，应设置生态环境管理人员，建立各种管理及报告制度，开展对工程影响区的环境教育，提高施工人员和管理人员环境意识。通过动态监测和完善管理，使生态向良性或有利方向发展。

### 6.3.2 陆生动物保护

#### 6.3.2.1 避免措施

（1）施工前开展陆生动物洞穴、窝巢的清查，避免施工占地或水库蓄水破坏洞穴、窝巢内的野生动物。

（2）做好施工期废水、废渣的处置措施。废水处理后不外排入金沙江，避免对水体水质污染，影响水体中两栖和爬行动物生存环境；施工废渣或建筑垃圾

及时外运，避免长时间堆积，污染土壤环境，对土壤中陆生动物产生不利影响。

#### 6.3.2.2 减缓措施

（1）枢纽工程区中的弃渣场、料场、施工营地、施工道路等临时占地，通过工程比选，进行优化布置，尽量减少对动物生境的占用。

（2）根据实际情况安排施工时间和施工方式，做好爆破方式、数量、时间的计划，采用乳化炸药，减小爆破噪声对野生动物的惊扰。

（3）在水库清库前及施工场地场平前，应组织农林部门的专业技术人员对施工区和淹没区内的地面、灌丛、树林等仔细搜索，如发现洞穴、窝巢，应注意查看是否有野生动物幼崽、卵或鸟蛋。一旦发现，及时采取迁地保护措施，以减少野生动物后代的损失，保证该区域某些动物的种群数量的相对稳定。

（4）野生动物救护站

为了救治施工过程中受伤的重点保护野生动物个体，收容因迁移能力差在施工或水库蓄水时受困的重点保护野生动物，拟在茂顶河沟口右岸坡地建设一处重点保护野生动物救护站，并配备专业工作人员若干，以及救护工具、设备和药品等。

1）救护对象

救护站主要救护工程影响区内受伤的重点保护野生动物，收容施工或水库蓄水前库区内受困的重点保护野生动物。

2）救护站设计

参照《陆生野生动物收容救护技术规范》（DB41/T1100-2015）、《野生动物收容救护管理办法》（2017年，国家林业局第47号令），将野生动物救护站分为隔离区、检疫与诊疗区、保育区、处置区和档案室等功能区。

①隔离区

野生动物救护站专职人员将巡查过程中发现的受伤或受困的野生动物带回救护站后，应对受伤的野生动物在隔离区进行隔离。隔离区建筑面积200$m^2$。

②检疫与诊疗区

隔离一定时间后，对这些野生动物在检疫与诊疗区，开展个体检疫。体检合格的野生动物送去处置区，受伤的野生动物应继续在检疫与诊疗区进行科学诊断、细心治疗。检疫与诊疗区建筑面积100$m^2$。

③保育区

治疗后处于康复期的野生动物，在保育区进行精心饲养和康复训练。为了满足动物个体生活需要，在保育区配置栖息支架、食物槽、石洞穴、树洞、细沙堆等。保育区建筑面积140m$^2$。

④处置区

在保育区痊愈或体检合格的野生动物，具备野外生存能力后，可选择合适的时间和地点放至野外；对于救治后不具备野外生存能力的，应上报当地林业主管部门，由其统一调配。对于救治或收容后死亡的野生动物，应采取无害化处置措施。处置区建筑面积50m$^2$。

⑤档案室

档案室主要记录收容救护的野生动物种类、数量、措施、状况等信息，并定期将信息报送当地林业部门，接收林业部门的监督和管理。档案区建筑面积10m$^2$。

3）救护站规模

结合救护站各功能区占地面积，拟规划救护站占地总面积0.07hm$^2$，其中建筑总面积0.05hm$^2$。

4）救护时期

9年，为旭龙水电站整个施工期和水库蓄水淹没第一年。

5）救护站主要设备

救护设备。包括救护车辆、捕捉工具、运输龙翔、应急处理医疗箱、个人防护设备、通信设备。

诊疗设备。包括手术台、无影灯、X光机、呼吸麻醉机、生化仪、心电监测仪配备相应的专业技术人员，救护工具、设备和药品等。

医疗器械。听诊器、手术刀、止血钳、手术剪、石膏、绷带等。

常用药品，包括消毒、消炎、抗病毒、止血、麻醉等方面药品。

其它设备。显微镜、培养箱、冰柜、相机、高倍望远镜等。

### 6.3.2.3 恢复与补偿措施

（1）由于工程施工和水库蓄水占用了野生动物的生境，其觅食范围也相应减小，工程完工后临时用地如徐龙料场、临时道路、施工生活营地等区域的植被恢复工作应尽快进行，以利于施工区陆生动物重新选择栖息环境。

（2）生态廊道

景观生态学中，廊道是连通不同空间单元的线状或带状结构。构建生态廊道可以连通彼此隔离的景观元素达到保护和恢复生物多样性、维护和传递生态功能的重要作用。根据郑好，高吉喜在《生态廊道》（2019年）的综述，生态廊道类型多样，针对本项目山高坡斗地形地貌和重点保护动物分布海拔高的特点，可开展动物廊道措施设计。

动物廊道措施设计对象为猕猴、黑熊、小熊猫、青鼬、岩羊、斑羚、鬣羚、赤狐、黄鼬、豹猫、毛冠鹿等重点保护兽类。这些兽类主要分布在嘎金雪山自然保护区内，但部分时段会下山饮水或觅食。

动物廊道措施设计范围为嘎金雪山自然保护区临金沙江一侧山坡的冲沟，开展这些区域重点保护兽类饮水线路、觅食线路的详细调查。

在确定饮水线路、觅食线路的基础上，开展野生动物廊道措施设计，设计方案包括生境廊道的位置、长度、生境修复植物措施和工程措施，以及后期的监测和效果评估，具体可参考《陆生野生动物廊道设计技术规程》（LY/T2016-2012）。

#### 6.3.2.4 管理措施

（1）加大野生动物保护宣传力度。通过各种途径，如设立宣传栏或发放宣传单，广泛宣传《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国水生野生动物保护条例》等政策法规，提高施工人员野生动物保护意识和责任感。在施工的过程中，设立野生动物保护相关的管理制度，严禁在施工区及其周围捕猎野生动物，特别是重点保护野生动物。

（2）在主要的施工区和施工人员的生活区设立野生动物保护的宣传栏，包括重点保护野生动物图片、保护级别、保护意义及对捕杀野生保护动物的惩罚措施。

（3）在各主要施工洞口附近设置生态保护警示牌。警示牌上标明工程施工区范围，禁止越界施工占地或砍伐林木、禁止捕猎野生动物，减少占地造成的植被损失和对野生动物的伤害。

（4）加大破坏野生动物的惩罚力度。建设单位可联合当地公安、工商、林业等相关部门，在动物经常出入的地方要加强巡护，对故意猎捕野生动物的个人和组织依法惩罚，严厉打击捕捉、收购、贩卖国家重点保护野生动物的不法行为。

（5）工程的实施会使动物的分布格局发生一些改变，如一些与人类伴生的啮齿目鼠类、蚊虫种类数量将增加，导致库区野生动物食物链发生变化。应重视库区灭鼠、灭蚊工作，保护库区野生动物正常的食物链和生态环境。

（6）随着水库的蓄水，库区的水禽将增多，必须对水库加强管理，减少污染，保护水禽，以形成新的景观。

### 6.3.3 科学研究

（1）旭龙水电站建设对干热河谷植被影响机理及恢复模式研究

根据旭龙水电站库周干热河谷植被分布状况，选择典型区域开展干热河谷气候因子、土壤因子、植物生长因子等多因素的长期监测，建立数学模型，分析库周气候变化、土壤环境变化与干热河谷植被生长的关系。

在开展国内已建电站库周干热河谷植被恢复模式基础上，根据旭龙水电站库周干热河谷植被退化现状，选择典型退化区域进行干热河谷植被恢复模式设计，并开展试验。根据试验结果，采取补救或改进措施，提出旭龙水电站库周干热河谷植被恢复模式。

## 6.4水生生态保护措施

### 6.4.1 保护措施体系

**（1）总体思路**

旭龙水电站建成后，原有河流生态系统的结构和功能将发生变化，因此，水生生物保护措施，必须与变化后的水域生态特点相适应。需要在长期而系统地研究水库生态特点的基础上，以长期动态生态监测为依托，从河流生态环境整体考虑，形成干流上下游、支流、干支流统筹保护、恢复以及改造的格局，对鱼类资源进行分段保护，对栖息地保护、建设过鱼设施、增殖放流等保护措施合理规划和布局，确保生态流量下泄、有效减缓低温水下泄、控制坝下游溶解性气体饱和度，结合生态调度、加强渔政管理等辅助措施，对水库实施系统生态管理，以维持良好的生态环境。

**（2）保护对象**

调查江段无国家 I、II 级保护鱼类，也无云南省、西藏自治区保护鱼类分布，

分布有四川省级保护鱼类 2 种：长丝裂腹鱼、鲈鲤；《中国物种红色名录》收录的 3 种：长丝裂腹鱼和黄石爬鮡为濒危（EN），鲈鲤为易危（VU）；属长江上游特有鱼类 9 种：安氏高原鳅、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅。上述鱼类都列入保护对象。

**（3）保护措施布局**

针对水电梯级开发对鱼类影响的特点，鱼类资源保护采用就地保护和迁地保护两种方式。就地保护是以保护物种原来的自然生态环境或对生活于自然环境的物种或种群加以保护的一种保护措施，其实质是以防止生境的破坏或退化来达到保护物种及其遗传特性的目的。迁地保护是对就地保护的一种补充措施，它包括异地移种、建立繁殖场和基因库等具体的保护方法。对于数量剧减或生存受到严重威胁的野生物种，迁地保护是使其免遭灭绝的重要保护措施。

根据《金沙江上游水电规划环境影响报告书》及其审查意见，针对旭龙水电站生态环境特点、水生生物资源状况以及鱼类生物学特性，鱼类保护主要采取施工期及蓄水初期鱼类保护、栖息地保护、建设过鱼设施、鱼类增殖放流、实施生态调度、加强渔政管理、开展科学研究等措施，详见表 6.4-1。

**表 6.4-1　　旭龙水电站水生生态保护措施体系规划表**

| 序号 | 措施名称 | 保护对象 | 主要作用 | 措施布局 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 施工期及蓄水初期鱼类保护 | 安氏高原鳅、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅 | 通过宣传教育等措施，降低工程施工对鱼类的影响 | 加强宣传，建立和完善鱼类资源保护的规章制度，加强监管防止水体污染，建立鱼类及时救护机制 |
| 2 | 鱼类栖息地保护 | 安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡 | 通过保护鱼类生境，达到保护鱼类资源的目的 | 坝下支流定曲河作为保护支流，通过已建梯级连通性恢复、生境修复、生态调度、强化管理等措施，为鱼类提供良好的栖息生境 |
| 3 | 鱼类增殖放流 | 短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及硬刺松潘裸鲤等种类作为近期重点放流种类，黄石爬鮡作为中长期放流对象 | 通过补充鱼类种群数量，恢复鱼类资源 | 从强化管理的角度出发，推荐旭龙水电站单独建设鱼类增殖放流站，鱼类增殖放流站选址在现场建设管理营地 |
| 4 | 过鱼设施 | 短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤作为主要过鱼对象 | 减轻阻隔影响，促进鱼类种群基因交流 | 采用升鱼机作为过鱼设施，由集鱼系统、提升运输系统、放流系统和控制监测系统组成 |

| 序号 | 措施名称 | 保护对象 | 主要作用 | 措施布局 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 生态调度 | 短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤 | 优化水库调度，减缓日水位大幅波动对鱼类产卵繁殖影响 | 在3~5月鱼类繁殖期采取基荷发电方式，稳定下游产卵场的水位 |
| 6 | 科学研究 | 安氏高原鳅、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅 | 开展科学研究，为有效保护鱼类资源提供科学依据 | 主要科研项目包括：库区特有鱼类驯养繁殖技术研究、旭龙水库鱼类种群变动趋势研究、旭龙水电站升鱼机效果评价及优化研究、定曲河栖息地保护效果跟踪监测与评估研究、旭龙水电站鱼类增殖放流效果评价 |
| 7 | 渔政管理 | 安氏高原鳅、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅及其生境 | 加强管理，保护鱼类资源及重要生境 | 加强渔政队伍建设，严格执行禁渔期和禁渔区制度，加强渔业管理，控制生物入侵 |

### 6.4.2 施工期及蓄水初期鱼类保护

（1）加强宣传，制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识。

（2）建立和完善鱼类资源保护的规章，严禁施工人员下河捕捞。

（3）加强监管，严格按环保要求施工，生活污水和施工废水按环保要求达标排放，防止影响水生生物生境的污染事故发生。

（4）建立鱼类及时救护机制。对围堰内的鱼类及时进行捕捞、暂养或放归；需要进行水下爆破的，事先需对影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免受到爆破的波及；下闸蓄水期合理安排，应避开鱼类主要繁殖期，下游出现减、脱水情况时，应事先安排人员巡查，对搁浅的鱼类及时采取救护措施。

### 6.4.3 鱼类栖息地保护

《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》要求“水电工程应结合栖息地生境本底、替代生境相似度和种群相似度，编制栖息地保护方案…并在水电开发同时落实栖息地保护措施”，“项目环评审批前，应配合地方政府相关部门制订栖息地保护规划方案，并请相关地方政府出具承诺性文件。”

《金沙江上游规划环境影响报告书》及审查意见提出“结合保留河段分布情况，制订以‘洛须保留河段+支流赠曲下游河段+支流藏曲下游河段+巴塘保留河段

+支流定曲下游河段’为鱼类保护河段。

旭龙水电站作为金沙江上游水电规划近期实施工程最下游梯级，拟选择定曲作为栖息地保护支流进行保护。

### 6.4.3.1 定曲河基本情况简述

**（1）生境条件**

定曲河是金沙江上段左岸一级支流，发源于理塘县沙鲁里山主峰格聂山西麓，自北向南流，经理塘、巴塘、乡城、得荣四县，在得荣县奔都桥左纳玛依河，于古学大桥与最大支流许曲河汇合，在古学以下汇入金沙江。定曲河流经得荣县城松麦镇，故又称松麦河，其河道全长约 226km，流域面积 12213km$^2$。

定曲河流域地处横断山地与川西高原的交接地带，其地理位置介于东经 99°11′~100°11′、北纬 28°20′~30°08′之间。流域形状近似长方形，南北向最大距离约 200km，东西向最大距离约 96km。

定曲河流域气候属高原山地气候，气温较低，冬季长，无霜期短，降水较少，旱雨季分明，光照强度大，日照丰富。气温随地势呈明显的垂直分带。海拔 2600m 以下地带年平均气温 12~16℃，1 月均温 3~6℃，7 月均温 18~25℃，无霜期 190 天以上。海拔 2600~3900m 地带年平均气温 3~11℃，1 月均温 2~6℃，7 月均温 10~18℃，无霜期 50~160 天。海拔 3900m 以上地带年平均气温 0℃以下，1 月均温-12℃，7 月均温 11℃左右，无绝对无霜期。本流域年降水量偏少，多在 350~650mm 之间，由东北向西南逐渐减少。年日照在 2000~2600h 之间。

理塘、乡城、得荣三县气象局多年实测资料统计表明，定曲河干流多年平均气温 3~14.5℃，极端最高气温 24.4~36.3℃，极端最低气温-3.06~-8.9℃，气温由北向南逐渐递增。多年平均降水量 681.6~338.7mm，降雨由北向南呈递减趋势。降雨多集中 6~9 月，6~9 月占年雨量的 81~87%，多年平均蒸发量 1491.8~2323.8mm，蒸发量由北向南有所增加；多年平均风速 2.0~2.8m/s。

**（2）水生生物**

1）浮游植物

定曲上、下两个监测点 2019 年调查共检出浮游植物 21 属 37 种，其中硅藻门占定曲浮游植物总数的 83.78%，蓝藻门占 13.51%，绿藻门占 2.70%。从表 7.2-4

看，定曲上检出浮游植物 25 种，定曲下检出浮游植物 33 种，上下游浮游植物检出种类数有一定差异。浮游植物密度平均是 5160000ind./L，其中硅藻门占定曲总密度的 91.47%，蓝藻门占 8.53%。生物量平均是 1.196mg/L，其中硅藻门占定曲总生物量的 99.08%，蓝藻门占 0.84%。

2）着生藻类

定曲上、下两个监测点 2019 年调查共检出着生藻 21 种。其中，定曲上检出着生藻 10 种，定曲下检出着生藻 15 种，定曲下游段着生藻种类数高于上游段。着生藻密度平均是 6390658174cells/$m^2$，其中定曲上检出着生藻密度 5987261146cells/$m^2$，定曲下密度 6794055202cells/$m^2$。定曲下游着生藻密度高于上游河段。

3）浮游动物

调查检出浮游动物 15 种，其中原生动物 5 种，轮虫 8 种，枝角类未检出，桡足类 2 种。定曲下游检出 12 种、定曲上游是 7 种，下游浮游动物种类高于上游。浮游动物密度平均是 333.40ind./L，上游密度较高，下游仅桡足类检出。生物量平均是 0.0103mg/L，上游高于下游。

4）底栖动物

定曲河共检出底栖动物 8 种，环节动物、节肢动物分别有 1、7 种，优势种有四节蜉、直突摇蚊、多足摇蚊等。定曲上游底栖动物 6 种，下游底栖动物 5 种，上、下游河段底栖动物种数分布及种类结构相近。底栖动物密度为 36ind./$m^2$，其中环节动物 1ind./$m^2$，节肢动物 35ind./$m^2$；生物量 0.148g/$m^2$，其中环节动物 0.001g/$m^2$，节肢动物 0.147g/$m^2$，密度、生物量组成中节肢动物所占比重较大，上游河段底栖动物密度、生物量均高于下游。

**（3）鱼类资源现状**

1）种类组成

根据调查结果和文献记载，定曲河流域包括定曲河、许曲河和玛曲有鱼类 10 种，隶属 2 目 4 科 6 属。其中鲤形目 3 科 5 属 9 种，占鱼类种数的 90%；鲇形目 1 科 1 属 1 种，占鱼类种数的 10%。本次调查通过采用定置刺网、地笼等共采集鱼类 8 种，分别为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、安氏高原鳅、细尾高原鳅，除中华金沙鳅、鲈鲤没有

捕获外，金沙江干流其他特有鱼类在定曲河均有采集，表明定曲河鱼类组成与干流相似度较高。

2）珍稀濒危及特有鱼类

定曲河流域分布有四川省重点保护鱼类 1 种，即长丝裂腹鱼；列入《中国物种红色名录》鱼类 2 种，即长丝裂腹鱼、黄石爬鮡，均为濒危种（EN）；长江上游特有鱼类 7 种，即短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡及安氏高原鳅。

3）鱼类重要生境

定曲河流域土著鱼类基本为产粘沉性卵种类，它们对产卵环境要求不严苛。其中裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在河流流水的冲动中顺利孵化，有的裂腹鱼在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。调查江段符合裂腹鱼产卵条件的水域较为普遍，它们的产卵场分布零散，河道中的心滩、卵石滩、分汊河道的洄水湾及支流汇口等均是裂腹鱼类比较理想的产卵场所。从定曲干流生境现状分析,干流斯闸乡以下以中高山峡谷为主,裂腹鱼类产卵场主要分布在斯闸乡的亭子以上的中上游宽谷河段,相对集中的鱼类产卵场所主要有定波—正斗、麻通—来依河道。

定波--正斗河段尤其拥古顶至正斗近 13km 河段，落差 80.7m，平均比降 6.30‰。两岸地形宽阔，河滩发育，其间有麻拉坝等人口集聚区，包括从麻拉沟（集雨面积 29km$^2$）引水的团结电站和麻拉电站，河谷一般为 1800m 左右，两岸及河道间遍布深浅不一砾石滩，在产卵季节不同水位梯度都能形成适宜裂腹鱼类产卵环境，为调查江段裂腹鱼较为密集的产卵水域。

麻通--来依河道长 15.5km，河谷宽阔，两岸地势开阔，宽度一般为 800~2000m，河道平均比降 5.85‰，河流平缓。流经白松乡夺松贡、吾中贡、甲抗、地日、固定寺、依打、白松乡、门扎、来依等，河道多叉流，但相对顺直，漫滩发育，农耕地分布集中，居民点密集，居民点分布干流两岸，分布高程一般在 2650～2800m。固顶寺在该河段还设有野生鱼类繁殖点，供当地藏民投喂保护。




定波--正河段生境现状




麻通--来依江段生境现状

黄石爬鮡受精卵有弱粘性，产卵底质多为礁石、砾石堆，产卵场与裂腹鱼不同，多分布于峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道江段，产卵位置相对稳定，但较为分散，且一般规模不大，不形成集中的产卵场。

高原鳅等小型鱼类，它们对产卵场的要求更不严格，一般在干支流沿岸水深较浅、水流较缓区域等一些小生境即可完成产卵繁殖，因此其没有固定的、集中的产卵场。

4）渔业资源现状

①定波段渔获物

采用定置刺网、地笼在乡城县定波乡江段共获渔获物 43 尾 6470.5g，经鉴定为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻、硬刺松潘裸鲤及高原鳅，

分别占尾数百分比的 25.58%、6.98%、2.33%、37.21%、16.28%、11.63%和重量百分比的 37.28%、48.93%、0.46%、10.32%、2.43%、0.57。

表 6.4-2　定波段渔获物组成

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 11 | 2412 | 10～38 | 21.32 | 15～864 | 219.27 | 25.58 | 37.28 |
| 四川裂腹鱼 | 3 | 3166 | 33～46.5 | 41.00 | 551～1412 | 1055.33 | 6.98 | 48.93 |
| 长丝裂腹鱼 | 1 | 30 | 13 | 13.00 | 30 | 30.00 | 2.33 | 0.46 |
| 软刺裸裂尻 | 16 | 668 | 7～20.5 | 14.65 | 6～108 | 41.75 | 37.21 | 10.32 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 7 | 157.5 | 7.7～16.5 | 11.50 | 5.9～56 | 22.50 | 16.28 | 2.43 |
| 高原鳅 | 5 | 37 | 6.3～12 | 9.30 | 5～14 | 7.40 | 11.63 | 0.57 |
| 合计 | 43 | 6470.5 | | | | | 100 | 100 |

②白松段渔获物

采用定置刺网、地笼在得荣县白松乡江段共获渔获物 71 尾 2329.5g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻、硬刺松潘裸鲤及高原鳅，分别占尾数百分比的 84.51%、8.45%、2.82%、1.41%、2.82%和重量百分比的 95.26%、2.7%、1.12%、0.32%、0.6%。

表 6.4-3 白松段渔获物

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 60 | 2219 | 3.6～40 | 8.96 | 1～1084 | 36.98 | 84.51 | 95.26 |
| 长丝裂腹鱼 | 6 | 63 | 4.5～10.5 | 7.80 | 1～20 | 10.50 | 8.45 | 2.70 |
| 软刺裸裂尻 | 2 | 26 | 7.9～11.4 | 9.65 | 7～19 | 13.00 | 2.82 | 1.12 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 1 | 7.5 | 8 | 8.00 | 7.5 | 7.50 | 1.41 | 0.32 |
| 高原鳅 | 2 | 14 | 8.6～9 | 8.80 | 7～7 | 10.25 | 2.82 | 0.60 |
| 合计 | 71 | 2329.5 | | | | | 100 | 100 |

③奔都段渔获物

采用地笼在得荣县奔都江段共获渔获物 149 尾 4970.5g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼及高原鳅，分别占尾数百分比的 94.63%、2.68%、2.68%和重量百分比的 97.25%、2.45%、0.29%。

表 6.4-4 奔都段渔获物

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 141 | 4834 | 6.9～22.5 | 12.95 | 7～162 | 34.53 | 94.63 | 97.25 |
| 长丝裂腹鱼 | 4 | 122 | 12～14 | 13.33 | 26～35 | 30.50 | 2.68 | 2.45 |
| 高原鳅 | 4 | 14.5 | 5.2～7.5 | 6.53 | 1.5～5 | 3.63 | 2.68 | 0.29 |
| 合计 | 149 | 4970.5 | | | | | 100 | 100 |

④古学段渔获物

采用刺网、地笼在得荣县古学江段共获渔获物 51 尾 2395.5g，经鉴定为短

须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、黄石爬鮡及高原鳅，分别占尾数百分比的 56.86%、7.84%、23.53%、11.76%和重量百分比的 79.8%、4.38%、15.57%、0.25%。

表 6.4-5 古学段渔获物

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 29 | 1911.5 | 5.1～36 | 11.20 | 2.5～691 | 65.91 | 56.86 | 79.80 |
| 长丝裂腹鱼 | 4 | 105 | 7.2～14.5 | 11.40 | 5～43 | 26.25 | 7.84 | 4.38 |
| 黄石爬鮡 | 12 | 373 | 11.5～17 | 13.63 | 24～68 | 31.08 | 23.53 | 15.57 |
| 高原鳅 | 6 | 6 | 3.7～4.8 | 4.22 | 1～1 | 1.00 | 11.76 | 0.25 |
| 合计 | 51 | 2395.5 | | | | | 100 | 100 |

⑤支流玛曲渔获物

采用地笼在玛曲共获渔获物 13 尾 550.2g，经鉴定为短须裂腹鱼、高原鳅，分别占尾数百分比的 61.54%、38.46%和重量百分比的 95.42%、4.58%。

表 6.4-6 玛曲渔获物

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 8 | 525 | 5～23.5 | 14.31 | 525 | 65.63 | 61.54 | 95.42 |
| 高原鳅 | 5 | 25.2 | 7～10 | 7.98 | 25.5 | 5.04 | 38.46 | 4.58 |
| 合计 | 13 | 550.2 | | | | | 100 | 100 |

⑥支流许曲渔获物

采用鱼钩、地笼在玛曲胜利村江段共获渔获物 118 尾 2900.5g，经鉴定为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、高原鳅，分别占尾数百分比的 78.81%、4.24%、0.85%、3.39%、12.71%和重量百分比的 89.04%、6.41%、1.38%、1.45%、1.72%。

表 6.4-7 许曲渔获物

| 种类 | 尾数 | 重量(g) | 体长(cm) | | 体重(g) | | 百分比(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范 围 | 平均 | 范 围 | 平均 | 尾数(%) | 重量(%) |
| 短须裂腹鱼 | 93 | 2582.5 | 4.2～22.5 | 10.46 | 2～200 | 27.77 | 78.81 | 89.04 |
| 长丝裂腹鱼 | 5 | 186 | 7.5～18.8 | 14.60 | 7～114 | 46.50 | 4.24 | 6.41 |
| 四川裂腹鱼 | 1 | 40 | 14.5 | 14.50 | 40 | 40.00 | 0.85 | 1.38 |
| 硬刺松潘裸鲤 | 4 | 42 | 5.5～12.5 | 8.08 | 4～31 | 10.50 | 3.39 | 1.45 |
| 高原鳅 | 15 | 50 | 4～11.5 | 6.84 | 0.5～13 | 3.33 | 12.71 | 1.72 |
| 合计 | 118 | 2900.5 | | | | 128.10 | 100 | 100 |

**（4）水电开发现状**

已批复的《四川省定曲河干流乡城、得荣段水电规划报告》中提出的定曲河干流各梯级水电站开发任务是发电，兼有环境生态、灌溉等综合用水要求。同时报告推荐规划河段采用 8 级(乡城 3 级、得荣 5 级)开发，梯级电站自上而下依次

为松多、正斗、水若、门扎、扎杂、得荣、奔都、古学，利用落差 1026m，总装机容量 273MW，保证出力 54.90MW，年发电量 13.65 亿 kW·h。目前，定曲已建成鱼根水电站和古学水电站。

古学水电站采用闸坝引水式开发，坝址位于藏色桥上游约 1.52km 处，上距得荣县城 13km；厂址位于定曲河左岸卡日共村上游 350m 处一级阶地上，上距坝址公路里程约 15.6km。水库正常蓄水位 2270.00m，校核洪水位 2271.86m，总库容 32.28 万 $m^3$，死水位 2269.00m，调节库容 4.88 万 $m^3$，无调节能力。电站装机两台，总装机容量 90MW，是定曲河流域“一库八级”梯级开发的最后一级，2015 年 8 月建成投产。

鱼根电站位于县城附近，鱼根电站取水口位于得荣县城下游，滚水坝高度约 2m，引水渠约 2km，装机 0.8 万千瓦。



古学水电站



古学水电站



鱼根水电站



鱼根水电站

### 6.4.3.2 保护总体思路

从目前的鱼类调查结果来看，定曲流域鱼类资源较为丰富。金沙江干流分布的短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡及安氏高原鳅在定曲河及其支流均有分布。在奔都江段通过地笼 1.5h 采样捕获 147 尾 4961g 渔获物，在正斗乡江段通过刺网捕获发育至Ⅳ期的雌性四川裂腹鱼。古学水电站于 2015 年 8 月开始运行，距今运行 4 年，结合定曲鱼类资源分布状况，可见古学水电站并未对定曲鱼类资源造成明显影响，其原因在于：一方面定曲河分布的鱼类基本为产粘沉性卵鱼类，没有长距离洄游习性，定曲河干流拦河枢纽不多，现存的流水河段能够满足分布于该支流鱼类完成生活史的条件，虽然金沙江干流上溯补充群体减少，但仍可维持一定的种群；另一方面，定曲河干流古学等梯级每年均有敞泄检修工况，敞泄期间鱼类仍可上溯洄游，大坝对鱼类上溯并没有完全阻隔。此外，定曲沿岸居民基本上为藏族，没有捕鱼食用的习惯，特别是近年来河长制实施以及当地居民环保意识提高，鱼类资源得到有效保护，目前定曲鱼类资源维持良好状态。

根据调查，定曲河流域以许曲河和定曲河中下游鱼类资源量较大，而许曲河干流各规划电站前期工作开展较早，部分电站如去学水电站等已经建成投产，预留许曲河干流河段作为栖息地保护区域可行性不大，许曲河流域各支流多为季节性冲沟落差大，也不具备作为鱼类栖息地保护区域的条件。因此，定曲河栖息地保护将以定曲干流生境保护为主。虽然定曲河干流已编制水电规划并已获批复，但按四川省小水电限制性要求及长江流域小水电清理整顿政策，定曲河规划水电站装机基本上不超过 5 万 kw，相应水电站建设难以实施，目前干流得荣县境内仅建有古学、鱼根 2 座水电站，具有实施保护的有利条件。基于此，拟通过采取已建梯级连通性改善、开展受损河道生境修复、实施生态调度、加强渔政管理等综合保护措施体系，促进定曲河水生生境的良性恢复，为评价区鱼类资源提供适宜的产卵和栖息场所。

### 6.4.3.3 保护目标

旭龙水电站所在河段分布有长江上游特有鱼类 9 种，分别为：短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙

鳅、鲈鲤、安氏高原鳅。

根据定曲河水生生态调查成果，上述鱼类中，除中华金沙鳅、鲈鲤未有捕获外，其他 7 种特有鱼类在定曲流域都有分布和捕获。因此，定曲河保护目标包括短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、安氏高原鳅等 7 种鱼类。

### 6.4.3.4 保护范围

将定曲河干流得荣段约 98km 河段作为栖息地保护河段，其中古学水电站坝址以上约 67km 河段为重点保护河段。对于重点保护河段，应禁止新建拦河工程，限制除防洪工程以外的河道治理工程，全年禁止生产性渔业活动，禁止采砂等；对古学水电站、鱼根水电站等已建工程补建过鱼设施，改善河流连通性；对受损河道按近自然化的原则进行生态修复。其余保护河段严格限制新建拦河枢纽工程，限制除防洪工程以外的河道治理工程，全年禁止生产性渔业活动，禁止采砂等。

### 6.4.3.5 保护措施

**（1）连通性改善**

目前定曲河已建有两个水电站，自上而下分别为鱼根水电站、古学水电站。鱼根水电站采用引水式开发，引水坝为混凝土滚水坝，坝长 45m，坝高 2m。古学水电站为引水式开发，首部枢纽由左、右岸挡水坝及河床段泄洪冲沙建筑物组成，根据古学水电站运行调度方式，入库流量大于 275$m^3$/s 时，电站停止发电，泄洪（冲砂）闸闸门敞泄。

虽然定曲河已建有两个水电站，但依然拥有丰富的生境类型和多样性的鱼类资源，定曲河势与金沙江干流相似，深潭、跌水、砾石、沙滩相间，鱼类组成与河流生境与金沙江干流相似度高。已建水电站对定曲河鱼类的影响主要是限制坝上、坝下鱼类群体交流，对裂腹鱼类等短距离洄游性鱼类造成一定阻隔影响。考虑到定曲河古学等梯级敞泄期间鱼类仍可上溯洄游，大坝对鱼类上溯并没有完全阻隔，若通过对已建古学、鱼根水电站进行连通性改造，可进一步促进鱼类完成生活史和维持种群结构稳定。

1）过鱼对象

定曲河栖息地保护河段鱼类区系构成较简单，主要分为 2 个类群：

①青藏高原区系类群，由鲤科的裂腹鱼亚科与鳅科的条鳅亚科高原鳅属种类组成，也是该水域鱼类的主要特征类群。

②西南山地类群，该类群在本河段主要为鮡科石爬鮡属种类，此类群一般身体上有特化的吸附结构，适宜于南方山区激流中生活，是该水域的特征类群。

根据主要过鱼对象的特点及生态习性进行设计，并结合鱼类资源量现状，确定主要过鱼对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、安氏高原鳅。

2）过鱼季节

过鱼主要是为了解决鱼类短距离生殖洄游通道，因此将鱼类主要繁殖期作为主要过鱼时间。据调查，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖季节一般在 3~4 月，四川裂腹鱼则在 6 月前后，硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼繁殖季节较晚集中在 6~7 月，生活于急流中黄石爬鮡繁殖季节在 5~7 月。因此， 3~7 月为主要过鱼季节。

3）过坝个体规格分析

主要过鱼对象体长是设计鱼道或其他过鱼设施结构的重要依据，过鱼对象常见个体体长范围与最小性成熟年龄与规格详见下表，本工程拟定过鱼对象体长范围为 0.1～0.5m。

**表 6.4-8　过鱼对象常见个体体长范围和最小性成熟年龄与规格**

| 种类 | 最小体长 m | 最大体长 m | 雌鱼最小性成熟年龄 | 雌鱼最小性成熟体长 m | 雄鱼最小性成熟年龄 | 雄鱼最小性成熟体长 m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.06 | -- | 4 | 0.26 | -- | 0.11 |
| 短须裂腹鱼 | 0.10 | 0.28 | 3-4 | 0.26 | 4-5 | 0.11 |
| 四川裂腹鱼 | -- | 0.46 | 5 | 0.35 | 3 | 0.23 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.05 | 0.18 | 4 | 0.09 | 3 | 0.14 |
| 硬刺松潘裸鲤 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 黄石爬鮡 | 0.09 | 0.19 | 6 | 0.12 | 5 | 0.11 |
| 安氏高原鳅 | 0.05 | 0.10 | 2 | 0.05 | 2 | 0.06 |

4）过鱼设施设计

①古学水电站

A、过鱼设施类型比选

过鱼设施的形式多种多样，这些形式都是为不同的工程、不同的过鱼种类设计，具有不同的特点，常见过鱼设施类型包括鱼道、仿自然通道、升鱼机、鱼闸、集运鱼系统等，常见过鱼设施优缺点比较详见下表。

**表 6.4-9　　常见过鱼设施优缺点比较**

| 方案 | 优点 | 缺点 | 主要应用范围 |
|---|---|---|---|
| 仿自然通道 | 鱼类较易适应<br>连续过鱼<br>易于改造 | 消能效果差<br>适应水位变动能力差<br>在地面设置深沟、占地较大 | 低水头工程 |
| 鱼道 | 鱼道型式多样<br>消能效果好<br>结构稳定<br>占地小<br>连续过鱼 | 人工结构<br>不易改造<br>不适宜上游水位变化频繁区域 | 中低水头工程 |
| 升鱼机 | 占地小<br>适合高水头工程 | 不易集鱼<br>操作复杂<br>运行费用较高 | 中高水头工程 |
| 鱼闸 | 占地小<br>适合高水头工程 | 不易集鱼<br>操作复杂<br>运行费用较高 | 中高水头工程 |
| 集运鱼设施 | 工作灵活<br>适合高水头工程 | 操作复杂<br>运行费用较高 | 中高水头工程<br>增补过鱼设施 |

由于升鱼机、集运鱼设施和鱼闸一般适合中、高水头大坝，古学枢纽工程属低水头闸坝，最大水头小于 10m，此 3 种方案由于过鱼不连续、过鱼效果不稳定、操作复杂、运行费用高等原因皆不适合本工程采用。鱼道和仿自然旁通道均可连续过鱼，其中鱼道具有技术可靠性高、适用条件及效果较好、过鱼能力大、对过鱼对象的影响小和运行保证率高等优点。仿自然旁通道结合地形条件修建，所需空间相对较大，构建了鱼类更为熟悉的水流流态，且布置较为灵活。鱼道和仿自然通道在低水头水利水电工程都有广泛的应用，均可在较短的距离能达到稳定且满足鱼类需求的流速和流态，鱼道和仿自然通道都具有可行性。

古学水电站首部枢纽建筑物左岸山崖陡峭，考虑到仿自然通道需占用的平面宽度较大，削坡开挖难度大、工程量大，此外仿自然通道进口位置受限，左岸不具备布置仿自然通道的条件。如果在左岸布置鱼道，由于鱼道线路无法直接穿越进水口建筑物，需沿进水口周边通过，鱼道线路的上游段沿着岸坡削坡成而成，需在引水洞进口上部刻 4m～6m 的深槽通过，同时需要穿过现有挡水建筑物的右端头，导致鱼道线路较多弯折、线路不顺畅，布置难度大。因此，本报告对右岸仿自然通道方案和右岸鱼道方案进行比选。

**方案一：右岸仿自然通道方案**

仿自然通道布置于右岸，由于右岸岸边与现有公路间的最大距离约 7m，空间不足以布置仿自然通道。考虑利用右岸现有公路与岸边的空间，布置仿自然过鱼通道。由于仿自然过鱼通道利用了现有的得荣至香格里拉的道路，需要在右岸山体内另修建一段交通隧洞以保证得荣与香格里拉的交通畅通，隧洞两端进出口布置在仿自然通道之外，并在隧洞的右坝头修建支洞（上坝交通洞）至首部枢纽。结合现场地形及建构筑物的影响，拟定的右岸仿自然通道+道路改建方案布置，详见图 6.4-1。

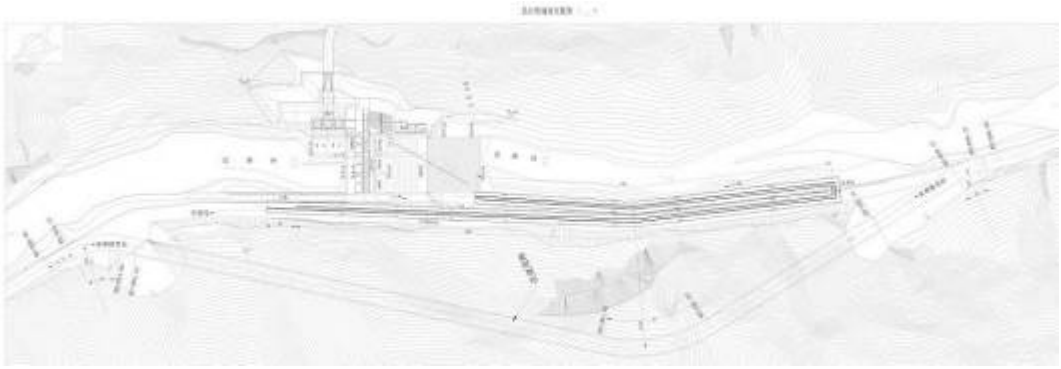


图 6.4-1　方案一 右岸仿自然通道方案

右岸仿自然旁通道利用现有的右岸岸坡及现有的道路开挖形成，过鱼通道线路布置尽量利用原始地形，使仿自然通道顺直，通道断面根据选线地形特点分为开挖断面和半挖半(浇)筑的梯形断面。考虑到仿自然通道的库内段的边墙高程需不小于正常蓄水位 2270.00m，为减少库内段过鱼通道的长度，减少工程量，并不少左岸进水口的影响，出鱼口位于距坝 40m 的上游右岸。海漫下游的河道坡降 3.5%～5.2%，河道坡降较陡，致使仿自然通道进口位置选择受限，选择在右岸海漫末端。在仿自然通道出口选定的情况下，仿自然通道平面上布置成“U”型。仿自然旁通道底坡坡度设计为 1%，过鱼通道长 610m（其中休息池长度 10m），引渠 20m。右岸仿自然通道方案主要土建工程量见表 6.4-10。

表 6.4-10 右岸仿自然通道方案土建主要工程量及土建投资表

| 项目 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|
| 石方开挖 | $m^3$ | 40965 |
| C25 混凝土（过鱼通道+混凝土板护坡） | $m^3$ | 16031 |
| 锚杆 L=4.5m | 根 | 4306 |
| 挂网喷 C25 混凝土厚 100 | $m^2$ | 9689 |

| 项目 | 单位 | 数量 |
| --- | --- | --- |
| 钢筋 | t | 1763 |
| 土建投资 | 万元 | 3973.8 |

由于右岸仿自然通道方案占用目前已改建道路，故需对其影响部分进行改建，改建道路标准与原道路标准采用一致。改建道路起始点设置在仿自然通道出鱼口上游约 150m 处，终止点设置在自然通道最下游端休息池下游约 110m 处。改建道路全长约为 680.84m，其中明线长度 157.72m，隧洞长度 523.12m。改建道路综合纵向坡度约 1.5%。改建道路平面布置详见图 6.4-2。

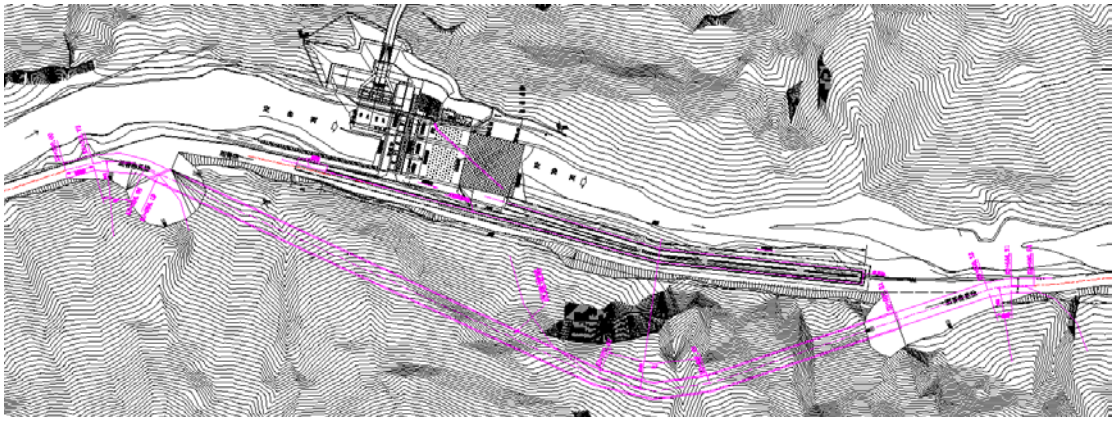


图 6.4-2　改建道路平面布置图

**方案二：右岸鱼道方案**

鱼道布置于右岸，鱼道线路沿岸坡布置，与现有公路走向一致，从上游至下游依次利用上游防护挡墙、坝右端头、护坦右边墙与岸坡之间的空间，及海漫和下游侧的的右边坡进行布置，需要开挖护坦边墙后回填的石渣，破坏现有部分护岸及路肩。出鱼口位于距坝 40m 的上游库岸边，基本不受输水系统进水口的影响。运行期电站下游主要来水为电站下泄生态流量，考虑到生态放流管接的过长将影响过流能力，则将生态放流管接长至海漫的末端，将鱼道进口布置在生态放流管出口附近。受鱼道出口位置的限制，鱼道在海漫段处采用 S 型线路。结合现场地形及建构筑物的影响，拟定了右岸鱼道方案，右岸鱼道方案布置详见图 6.4-3，主要土建工程量见表 6.4-11。

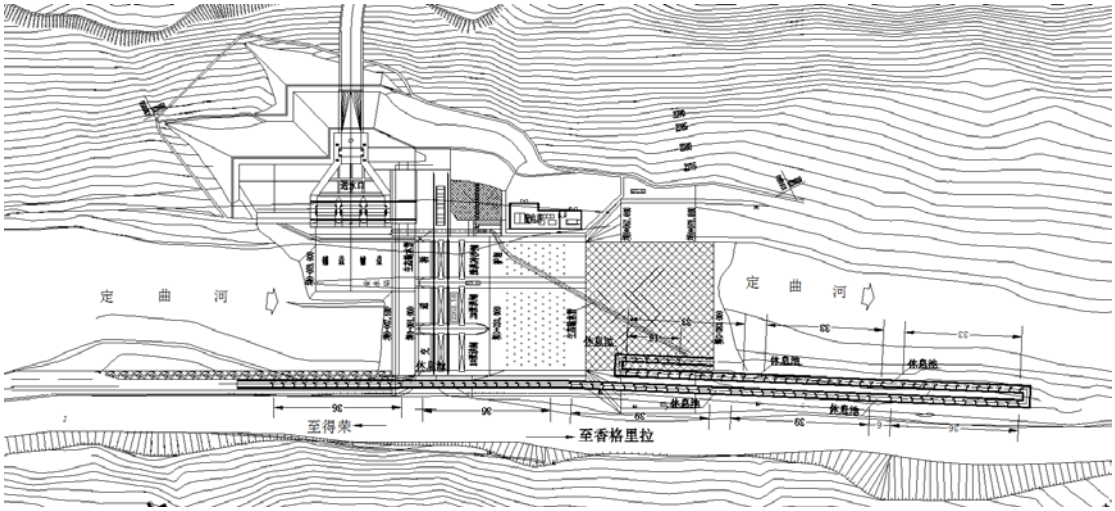



图 6.4-3 方案二 右岸鱼道布置方案

表 6.4-11 右岸鱼道方案土建主要工程量及土建投资表

| 项目 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|
| 土石方开挖 | m³ | 29365 |
| 大坝混凝土槽挖 | m³ | 152 |
| C25 混凝土 | m³ | 8477 |
| 钢筋 | t | 926.9 |
| 锚杆 L=4.5m | 根 | 3011 |
| 挂网喷 C25 混凝土厚 100 | ㎡ | 4517 |
| C25 混凝土板护坡 | m³ | 5421 |
| C35 混凝土 φ1m 灌注桩，L=10m | 根 | 193 |
| 土建投资 | 万元 | 2628.6 |

综合比较，从工程难度、工程量、过鱼效果以及安全性等方面考虑：

方案一：仿自然通道线路顺畅，能够连续过鱼，但由于占地面积大，需改建已有得荣至香格里拉道路，并开挖隧洞，设计施工难度大，投资较高，布置条件一般。

方案二：鱼道方案能够连续过鱼，具有较好集诱鱼效果，鱼道沿岸坡布置，仅破坏现有部分护岸及路肩，开挖量较小，工程量较小，工程经济性较好，布置条件较优。

综上述所，方案二相对较优，所以将右岸鱼道方案作为古学水电站过鱼设施布置方案。

B、运行水位

a）进口运行水位

坝址下游设计洪水位为 2268.91m，校核洪水位为 2270.73m。电站运行期，电站下游主要来水为电站下泄生态流量，下泄生态流量不低于 6.06$m^3/s$，根据现场实地勘察，运行期下泄生态流量时，下游水位约为 2262.50m。

b）出口运行水位

本工程水库正常蓄水位 2270.00m，死水位 2269.00m，鱼道出口设计水位范围选择电站的正常蓄水位和死水位之间；当极端洪水来临时，关闭鱼道挡洪闸门，鱼道不过鱼。

c）水头差

古学水电站正常蓄水位 2270.00m，死水位 2269.00m；坝址下游生态流量对应水位约为 2262.50m。所以，鱼道的最大设计水头差为 7.5m。

C、设计流速

a）鱼类克流能力分析

过鱼设施内部的的设计流速是过鱼设施成败的关键环节之一，通常是由过鱼对象的克流能力决定，同时参考天然河流的流速进行设置。国内关于鱼类克流能力的试验成果不多，但针对本工程的主要过鱼对象进行了一些试验研究。本河段主要过鱼对象的临界流速、突进流速、感应流速测试结果分别见表 6.4-12、表 6.4-13、表 6.4-14。

**表 6.4-12　目标鱼类临界流速**

| 鱼种 | 鱼全长(m) | 水温(℃) | 临界泳速（m/s） |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.19~0.28 | 12.5~15.9 | 0.70~0.91 |
| 短须裂腹鱼 | 0.25~0.36 | 13.2~15.6 | 0.64~0.87 |
| 四川裂腹鱼 | 0.23~0.27 | 14.7~18.6 | 0.75~1.22 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.09~0.14 | 14.5~15.2 | 0.45~0.73 |
| 黄石爬鮡 | 0.14~0.22 | 13.5~19.9 | >1.7 m/s |
| 安氏高原鳅 | 0.10~0.12 | 14.4~15.7 | 0.33~0.66 |

**表 6.4-13　目标鱼类突进流速**

| 鱼种 | 鱼全长(m) | 水温(℃) | 突进泳速(m/s) |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.21~0.30 | 12.9~14.4 | 1.05~1.46 |
| 短须裂腹鱼 | 0.26~0.32 | 12.8~15.2 | 1.08~1.42 |
| 齐口裂腹鱼 | 0.30~0.37 | 16.9~21.6 | 0.85~1.53 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.11~0.19 | 12.4~13.0 | 0.80~1.06 |
| 黄石爬鮡 | 0.14~0.22 | 13.5~19.9 | >1.7 m/s |
| 安氏高原鳅 | 0.09~0.15 | 14.5~15.0 | 0.63~1.06 |

表 6.4-14　目标鱼类感应流速

| 鱼种 | 鱼全长(m) | 水温(℃) | 感应流速（m/s） |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.22~0.30 | 12.9~16.0 | 0.05~0.08 |
| 短须裂腹鱼 | 0.25~0.30 | 13.4~15.6 | 0.06~0.08 |
| 云南裂腹鱼 | 0.15~0.30 | 19.1~22.7 | 0.08~0.13 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.10~0.15 | 12.4~15.2 | 0.04~0.06 |
| 黄石爬鮡 | 0.16~0.19 | 16.7~19.9 | 0.09~0.47 |
| 安氏高原鳅 | 0.09~0.15 | 14.5~15.0 | 0.07 |

根据上述数据，目标鱼感应流速为 0.04m/s~0.13m/s，临界游泳速度平均值为 0.72m/s，突进游泳速度平均为 1.16m/s。另据国内外研究成果，持续游泳速度上限值在 80%临界速度附近,因此目标鱼的持续游泳速度和耐久游泳速度的分界值在 0.58m/s(0.72m/s×80%)附近，按游泳速度区间划分，突进速度为爆发游泳速度的下限值，因此突进速度 1.16m/s 为耐久游泳速度和爆发游泳速度的分界值。爆发游泳速度上限值为 10 bl/s(即 10 倍体长每秒的流速)。

综上所述，根据目前掌握的鱼类游泳测试结果分析判断，目标鱼的感应流速为 0.04m/s ~0.13m/s，持续速度 0m/s ~0.58m/s，耐久速度 0.58m/s~1.16m/s，爆发速度 1.16m/s ~2.80 m/s。考虑到各种年龄规格的鱼类通过，建议突进游速值取 1.0m/s。

由于实验测试的鱼类游泳行为同鱼类在自然环境中的游动存在一定的差异，一方面表现在在水槽测试中，鱼类的身体摆动长度小于自然游动时的摆动长度；另一方面表现为鱼类在测试中不能自由的进行加速—滑行的游泳方式。因此有学者认为根据鱼类的尺寸，测试结果应增加 7.5-15%进行校正。本项目校正系数建议取 10%，过鱼孔口/竖缝流速建议取值为 1.1m/s。

b）进口诱鱼流速

过鱼设施进口一般采用一股流速较高的水流以吸引鱼类，但流速也不可过大，超过鱼类的突进游速将可能造成鱼类无法进入，因此最佳的进鱼口流速应选择在临界游速和突进游速之间。结合金沙江上游有关水电工程实验数据，此工程过鱼对象的临界游泳速度平均值为 0.72m/s，突进游泳速度平均为 1.0m/s。因此，鱼道进口诱鱼流速控制在 0.8 m/s ~1.0m/s（测试值），校正后取值 0.88m/s ~1.10m/s。

c）最小感应流速

鱼类进入鱼道后，若通道中水流流速过小，鱼类则容易找不到方向而不继续前进，因此，鱼道中的流速应大于鱼类的感应流速。同时，鱼类上溯通过鱼道游出出口时，出口外的水流流速也应大于鱼类的感应流速，这样鱼类才能找到方向继续上溯。基于此，确定最小感应流速取值 0.04m/s。

D、鱼道进出口设计

a）进口设计

鱼道的进口设计至关重要，进口能否为鱼类较快发觉和顺利进入，直接影响过鱼的效果，根据鱼类坝下上溯规律，鱼道进口一般选择在经常有水流下泄的地方，尽可能靠近鱼类能上溯到达的最前沿。

由于坝址下游长期仅有生态流量泄放，生态流量按不低于 6.06$m^3$/s 的泄放，水位较低，所以进口水位选择下游海漫底板高程+0.5m 作为下游水位，即水位为 2262.50m。所以，鱼道进口底板高程设置在 2262.00m。

进口为矩形结构，宽度为 2m，顶部高程满足下游防洪要求，进口设有闸门，可以通过闸门的开度控制进口水流流速，同时闸门兼顾鱼道检修时使用。

b）出口设计

本鱼道出口运行水位较稳定，绝大部分时间处在正常蓄水位 2270.00m～死水位 2269.00 之间，因此，鱼道出口底板高程设置在 2268.00m。

本鱼道出口设在进水口上游约 300m 处，此处距离发电进水口较远，上溯成功的鱼类不会被水流带入下游。出口为矩形结构，宽度为 2m，设有闸门，可以通过闸门的开度控制进口水流流速，同时闸门兼顾鱼道检修时使用。

E、鱼道内部结构设计

a）结构型式

鱼道由一级一级的水池组成，通过水池内的隔板起到消能减缓流速的目的。根据隔板形式的不同，鱼道又有不同的结构类型，目前常见的鱼道结构样式有丹尼尔式、溢流堰式和竖缝式 3 种，分别适应不同的鱼类、工程以及水文特征。三种鱼道的优缺点比较见下表。

表 6.4-15　各种鱼道型式优缺点比较

| 型式 | 优点 | 缺点 | 适用范围 |
|---|---|---|---|
| 丹尼尔式 | 消能效果好，鱼道体积较小；<br>鱼类可在任何水深中通过且途径不弯曲；<br>表层流速大，有利于鱼道进口诱鱼 | 鱼道内水流紊动剧烈，气体饱和度高；<br>鱼道尺寸小，过鱼量少 | 适合水头差较小，和较小的河流和游泳能力较强的鱼类 |
| 溢流堰式 | 消能效果好；<br>鱼道内紊流不明显 | 不适应上下游水位变幅较大的地方；<br>易淤积 | 适合翻越障碍能力较强的鱼类（如鳟鱼、鲑鱼） |
| 垂直竖缝式 | 消能效果较好；<br>表层、底层鱼类都可适应；<br>适应水位变幅较大；<br>不易淤积 | 鱼道下泄流量较小时，诱鱼能力不强(需要补水系统) | 应用范围较广 |

古学鱼道的主要过鱼目的是沟通枢纽上下游阻隔群体之间的基因交流，避免种质资源退化，这样就要求能够兼顾更多种类，包括表层鱼类和底层鱼类。而垂直竖缝式鱼道过鱼竖缝上下贯通，表层鱼类和底层鱼类均可以发现和通过，因此更利于上下游各种鱼类的交流。所以，综合考虑工程特性和鱼类的生态习性，鱼道形式建议采用垂直竖缝式。

竖缝式鱼道中也有许多不同的隔板设计样式，不同样式有不同的水力学特点和不同的适用对象，如单侧竖缝式、异侧竖缝式、双侧竖缝式等。

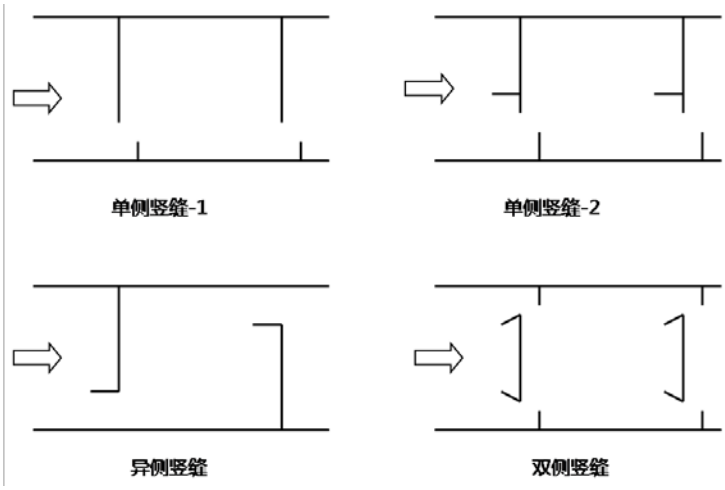



图 6.4-4　垂直竖缝式鱼道各种池室结构样式

异侧竖缝式和双侧竖缝式鱼道优点是消能效果较好，竖缝流速控制相对较好；但缺点是池室内流态复杂，缓流水体占比例较小，不利于鱼类在池室停留和休息。为满足更多小型鱼类以及游泳能力较差鱼类的上下游交流需求，不推荐异侧竖缝式和双侧竖缝式鱼道。单侧竖缝式鱼道消能效果和竖缝流速控制较异侧竖

缝式和双侧竖缝式略差，但优点是结构简单，水流相对稳定；池室内有一部分流速相对较缓的水域，有利于鱼类在池室内休息。故推荐采用单侧垂直竖缝鱼道。两种单侧竖缝当中单侧竖缝式-2 池室内部能形成更强烈的回流，水流对冲更加强烈，消能效果较 1 具有一定优势。所以，推荐池室结构采用单侧竖缝式-2。

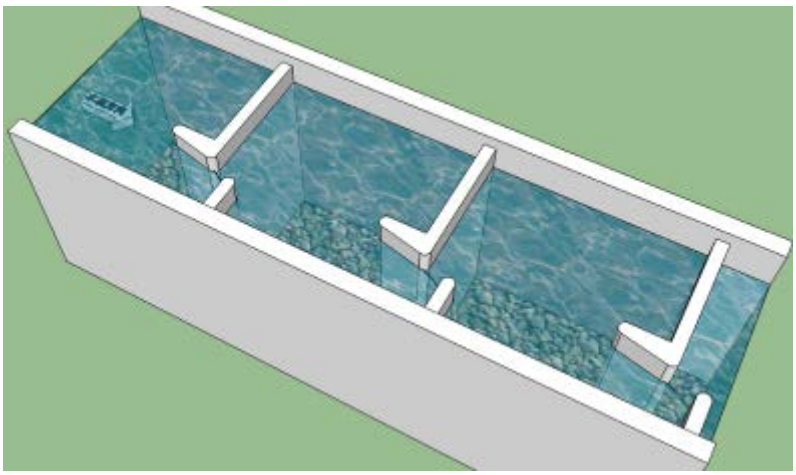


图 6.4-5 鱼道池室结构三维效果图

b）规模尺寸

**池室长度：**根据联合国粮农组织（FAO）对鱼道设计的标准规范，鱼道池室长度不应小于最大过鱼种类体长的 3 倍，因此，根据鱼类资源现状调查结果，综合考虑本鱼道的过鱼规模、过鱼对象、池室流态及鱼道总体长度，本鱼道池室长度取 3.0m。

**池室宽度：**根据联合国粮农组织（FAO）对鱼道设计的标准规范，鱼道池室宽不应小于最大过鱼种类体长的 2 倍，且考虑池室内的水力学特性，池室宽度与池室长度比例控制在 3:4~4:5 左右，但较宽的鱼道能够给鱼类更多的休息空间，由于本工程鱼道过鱼对象较多，但过鱼对象提醒都较小，鱼道场地布置有限，综合考虑，鱼道宽度取 2.0m。

**池室深度：**根据联合国粮农组织（FAO）对鱼道设计的标准规范，鱼道池室深度不应小于最大过鱼种类体高的 5 倍，即 1.5m。本工程鱼道需要兼顾表层鱼和底层鱼类，同时需要能够适应下游较大的水位变幅，因此，鱼道正常运行水深设计为 1.0m，靠近下游池室深度可适当加大，防止鱼道运行时因水流波动溢出。

**竖缝设计：**根据联合国粮农组织（FAO）对鱼道设计的标准规范，鱼道竖缝宽度不应小于最大过鱼种类体宽的 3 倍，所以综合考虑过鱼对象的体型以及鱼道的尺寸，同时兼顾鱼道消能要求，竖缝式鱼道竖缝宽度取 45cm。据竖缝式隔板的室内试验表明，竖缝的流速值，与射流角（水流与横隔板面的夹角）关系很大。

射流角小，主流射向池室中间部分，消能充分，流速较小；射流角大，主流直冲下一块隔板的竖缝，流速较大。然而射流角过小，加剧了池室的横向水流，形成较强烈的回流和翻滚。本工程池室尺寸较大，所以射流角选择 45°。

**池间落差及底坡**：竖缝的流速 V，是由竖缝上下游水头差 Δh 来决定：Vmax ≈(2gDh)0.5；Vmax 为 1.1m/s，所以池间落差：Dh ≈ (Vmax)2 /2g =0.062m；鱼道底坡=Dh/L=0.062/3.0 =0.021≈ 1/50。

**池室数量**：鱼道进口底板高程设置在 2262.00m，鱼道出口底板高程设置在 2268.00m，鱼道进、出口底板高差 2268.00-2262.00=6.00m，鱼道底坡为 1:50。鱼道池室数量 N=ΔH/Dh =6.00×50/3= 100。

**鱼道流量计算**：对于圆弧处理的竖缝流量系数 Cd 取 0.85，竖缝 b2 跨度 0.45m；缝上水深(上游池室水位与竖缝顶的高差)H2 取上游正常蓄水位与竖缝顶的高差为 1.0m。经计算，鱼道设计流量为 0.421 $m^3/s$。

**休息池**：本鱼道中原则上高程每提升 1m 左右设一个休息室，休息池无底坡，其长度至少为一般池室的 2 倍。另外，在鱼道的转角必须设置休息池，休息水池必须足够长，防止上游游程水流撞击对面墙壁的力量过大（尤其是方向 180°转弯的地方），或防止游程水流干扰下一个下游游程的水流（例如，抑制形成螺旋水流）。因此，建议将休息池布置在鱼道的转角上。

G、鱼道布置参数汇总

拟在右岸修建鱼道，鱼道线路沿岸坡布置，与现有公路走向一致，从上游至下游依次利用上游防护挡墙、坝右端头、护坦右边墙与岸坡之间的空间，及海漫和下游侧的右边坡进行布置，需要开挖护坦边墙后回填的石渣，破坏现有部分护岸及路肩。出鱼口位于距坝 40m 的上游库岸边，基本不受输水系统进水口的影响；运行期，电站下游主要来水为电站下泄生态流量，考虑到生态放流管接的过长将影响过流能力，则将生态放流管接长至海漫的末端，将鱼道进口布置在生态放流管出口附近，受鱼道出口位置的限制，鱼道在海漫段处采用 S 型线路。鱼道有效全长为 342m，主要设计参数详见下表。

**表 6.4-16 古学水电站鱼道主要参数一览表**

| 项目 | 单位 | 指标 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 隔板样式 | | 垂直竖缝式 | |
| 池室长度 | m | 3.00 | 有效尺度 |
| 池室宽度 | m | 2.00 | 有效尺度 |
| 运行水深 | m | 1.00 | 正常运行水深 |

| 项目 | 单位 | 指标 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 竖缝宽度 | m | 0.45 | 有效尺度 |
| 池间落差 | m | 0.062 | |
| 鱼道底坡 | | 1/50 | |
| 休息池长度 | m | 6.00 | 有效尺度 |
| 休息池数目 | 个 | 7 | |
| 池室总数 | 个 | 107 | |
| 鱼道全长 | m | 342 | 有效全长，不含弯道、闸门等特殊结构 |

②鱼根水电站

A、过鱼设施类型比选

鱼根水电站采用引水式开发，引水坝为混凝土滚水坝，坝长 45m，坝高 2m。目前针对低坝，国内外常用的过鱼设施类型为技术型鱼道（传统鱼道）和仿自然通道（生态鱼道）。仿自然鱼道也称“人造河流”，其原理是在工程合适位置模仿自然河流修建一条坡度平缓的水路供鱼类洄游通过，相较传统鱼道，生态鱼道具有以下优势：

a) 近自然型鱼道由于构建了鱼类更为熟悉的水流流态，因而具有更高的过鱼效率。

b) 鱼类保护范围广，基本适用所有水生动物。

c) 能使上、下游的鱼类得到交换，基本能维持原有种群的完整性。

d) 使有机质、泥沙和其它水生生物能顺利的通过自然或人工障碍物，以满足下游鱼类育肥的需要，通过水流携沙使泥沙通过生态鱼道，以满足下游的冲刷平衡以及一些鱼类对悬沙或底沙的需求。

从过鱼效果、工程投资、操作难易程度等角度综合分析，鱼根水电站过鱼设施采用仿自然通道。

仿自然通道的类型主要可分为三大类型：①加糙坡道(底坡和底微斜坡)，②低坝的旁通过鱼水道，③过鱼副坝(鱼坡)。考虑到鱼根水电站滚水坝左右两岸均为公路，左侧还布置有电站引水渠，补建旁通鱼道较难实施，而对坝体进行改造相对更可行，因此，本次改造方案从加糙坡道和鱼坡两种生态鱼道类型中进行比选。

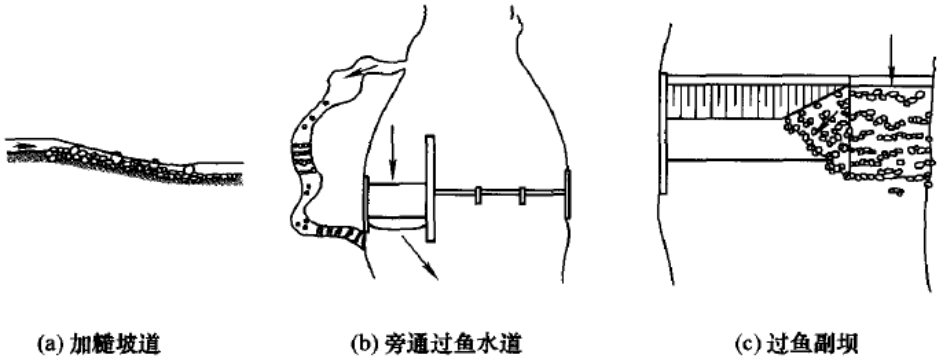



图 6.4-6　仿自然通道主要类型

加糙坡道运用的限制在于，对于已建闸坝工程，只有当不再需要控制上游水位时，才可以改建为加糙坡道式鱼道，这类鱼道占用了整个闸坝宽度。然而，出于发电、农业灌溉等综合利用的需要，只能在保持闸坝功能的前提下，选择一部分宽度设置过鱼通道，在此类情况下修建的近自然型鱼道，即为鱼坡。鱼根水电站挡水坝坝高仅 2.0m，适合采取加糙坡道的过鱼方式，但由于坝体有引水发电功能需求，考虑尽量不对其功能造成较大影响，经综合比较确定采用鱼坡结构式型。

B、鱼坡布置方案

在鱼根水电站挡水坝右岸布置鱼坡，坡水平投影长度 80.0m，坡道宽度为 5.0m。下游鱼坡采用 1：30 加糙坡道，为 60.0cm 厚堆石结构，由直径 30.0cm 左右的块石回填，在填石中加入大蛮石(直径 100.0cm 以上)增加粗糙度，蛮石后形成的水池也为洄游的水生动物提供休息场所。填石基础采用 35cm 厚 C25 混凝土灌砌块石护底，减少枯水期水流下渗。为防冲刷和保持泄水水流与下游河床顺接，坡底接 7.0m 长 1.2m 厚大块石防冲槽，且以 1:50 斜坡与河床连接。

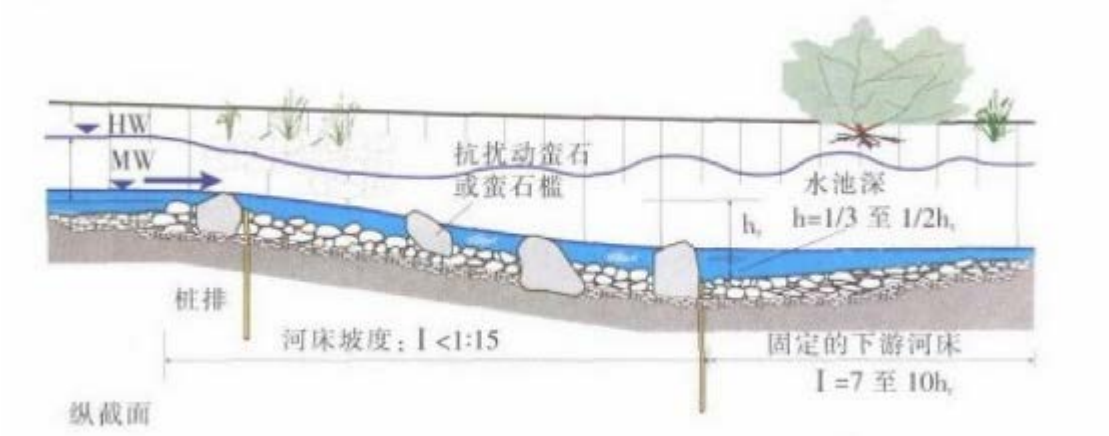



图 6.4-7　鱼根水电站鱼坡纵剖面示意图



图 6.4-8　鱼根水电站鱼坡布置方案

表6.4-17 鱼坡改造主要工程量初步统计表

| 项目名称 | 单位 | 工程量 |
|---|---|---|
| 坡道填石 | $m^3$ | 180 |
| 大蛮石 | $m^3$ | 40 |
| C25 混凝土灌砌块石 | $m^3$ | 50 |
| 河道清理 | $m^3$ | 2500 |
| 绿植 | $m^2$ | 300 |
| 下游抛石防护 | $m^3$ | 60 |

**（2）生境修复**

定曲德荣县城以上国道 215 线及 549 线沿江而上修建，在定曲中上游相对宽谷河段如定波、白松河段，由于筑路等需要，建有多个挖沙场，挖沙对河流砾石沙滩、心滩破坏严重，对鱼类繁殖尤其对产粘性卵的裂腹鱼繁殖极为不利。对于栖息地保护河段的挖沙场，关闭并开展生态修复，修复方法可依据河道地形和河流冲淤特性，就地取材，按照河道原有形态进行近自然恢复。




定曲中上游的定波、白松河段的挖沙场

**（3）生态调度**

古学水电站须按环评批复要求泄放生态流量，在闸址处下泄不低于 6.06$m^3$/s 的生态流量，其中 5~9 月应下泄不低于 18.18$m^3$/s 的生态流量，并尽快落实生态流量在线监测设施，以满足下游河道生态用水需要。

在鱼类主要繁殖期 3~7 月，确保古学水电站鱼道正常运行，保障繁殖期间鱼类进行短距离生殖洄游的需要。同时，考虑到古学水电站闸坝挡水较低（挡水水头约 7.5m），实施敞泄调度可以更好满足鱼类上下交流需求。古学水电站在鱼类主要繁殖期实施 1~2 次敞泄生态调度措施，每次开闸敞泄调度持续时间 3~5 天，促进鱼类上下交流和繁殖洄游。





古学水电站敞泄（2019.5.19）

**（4）管理措施**

1）对于保护河段，严格限制涉水工程的建设，实施达标排放

定曲河流域目前没有大型工矿企业，主要污染源是沿岸乡镇生活废水。定曲

河穿德荣县城，在城区约 3km 河段两岸已被渠化，沿岸埋有多个排污口，县城生活污水直接排入定曲河。一方面县城大量生活污水排入定曲河，直接污染了定曲河水质，给鱼类生长、繁殖带来极为不利，甚至引发鱼类个体死亡；另一方面，县城河段也是鱼类上溯的通道，定曲河鱼类重要生境多在县城以上江段，县城段的污染，也会障碍鱼类上溯产卵。因此，定曲河县城河段的生活污水必须做到达标排放。

2）建立电站运行评价机制，严格落实环保考核措施

定曲河作为金沙江流域栖息地保护的重要支流后，必须严格按照生态环保要求，建立电站的运行评价机制，监督落实企业环保考核措施。如鱼道的运行机制、鱼类繁殖期畅泄生态措施、生态流量在线监测等一系列方案的落实。

## 6.4.4 过鱼设施

### 6.4.4.1 过鱼设施的必要性

**（1）维持河流生态系统的连通性、物种的遗传及生物多样性的需要**

旭龙水电站建成后，将对工程河段的鱼类造成阻隔影响，评价区鱼类可能分隔成坝上、坝下两个种群。旭龙水电站工程河段不存在长距离洄游的鱼类，仅裂腹鱼类有一定的短距离洄游的倾向，鳅科鱼类与鮡科鱼类基本属于定居性鱼类。它们完成生命史所需空间相对较小，评价区干流江段及其支流还存在一定的繁衍栖息的条件，能够完成其生命过程，维持种群延续。阻隔影响主要是种群个体及其遗传交流受阻。已有研究表明，由于大坝的阻隔，完整的河流生态系统被分割成不同的片段，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各个种群将受到不同程度的影响。如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等，群体间将出现遗传分化。为了减少大坝对河流生态系统尤其是鱼类种群的干扰，维持河流生态系统的连通性、维持河流的遗传及生物多样性，旭龙水电站工程有必要设置过鱼设施。

**（2）满足法律法规及其他相关文件要求**

1）《中华人民共和国水法》第三章第二十七条规定“在水生生物洄游通道修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施”。

2）《中华人民共和国渔业法》第四章第三十二条规定，“在鱼、虾、蟹洄游通道建闸、筑坝，对渔业资源有严重影响的，建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施”。

3）根据《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)，会议纪要要求“在珍稀保护、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。同时应重视掌握各种鱼类生态习性和水电水利工程对鱼类影响的研究，加强过鱼措施实际效果的监测，并据此不断修改过鱼设施设计，调整改建过鱼设施，优化运行管理”。

4）《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》(环办[2012]4 号)中明确提出：“要开展流域水电开发环境保护关键技术研究，积极开展干流和支流开发与保护生态补偿试点。进一步开展高寒地区生态影响和恢复措施、珍稀特有鱼类人工驯养繁殖、导鱼过鱼设施、河流与水库生境修复等研究”。

5）根据《水电工程过鱼设施规范》，“在河流上建设水电工程，应研究工程对鱼类造成的阻隔影响，并根据需要和相关条件设置过鱼设施”。

6）根据《金沙江上游水电规划环境影响报告书》及其审查意见(环审[2011]243 号)，金沙江上游水电开发项目应“重点评价项目实施产生的生态、社会等影响，深入评价对生态环境敏感区域的影响方式、范围、历时和程度。切实落实过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量等保护措施”。

综上，为满足法律法规及其他相关文件要求，工程有必要修建过鱼设施。

#### 6.4.4.2 过鱼目标分析

为更好开展旭龙水电站过鱼设施设计，主设单位长江设计公司联合长江委多家科研单位对本工程江段鱼类生态习性特点、坝下流速流场等关键环节开展了大量的调研工作，分析了本江段鱼类的过鱼需求，筛选了过鱼对象，分析论证了过鱼季节、过鱼规模。在此基础上，开展了鱼类实验生态学研究，对主要过鱼对象开展了游泳能力实验，提出了过鱼水深、临界流速、突进泳速、感应流速等主要设计参数取值。由于影响过鱼措施效果的关键因素是集鱼地点的选择，对可能的集鱼区域(尾水区域)的流场分布开展了物理模型和数值模拟研究。

**（1）过鱼目标**

1）阻隔影响分析

旭龙水电站为目前金沙江上游在建的最下游梯级，上距在建的苏洼龙水电站约 87km，存在 23.96km~21.94km 的自然流水河段。旭龙水电站坝下最近的拦河工程为在建的梨园水电站，坝下河段基本处于自然状态。

**表 6.4-18　旭龙水电站不同运行阶段阻隔影响分析**

| 运行阶段 | 区域 | 主要变化 | 阻隔影响 |
|---|---|---|---|
| 仅旭龙建成 | 坝上 | 水库生境发生变化，但库尾及以上基本可满足鱼类要求，鱼类生境适宜度略有降低 | 阻隔影响不显著 |
| | 坝下 | 坝下江段能够满足多数鱼类的生存和繁殖 | |
| 旭龙与上下游梯级叠加影响 | 坝上 | 流水生境萎缩，流水性鱼类种群下降 | 区间部分鱼类繁殖受到影响 |

2）过坝目的分析

根据旭龙水电站不同运行阶段阻隔影响，对不同阶段的过鱼目的进行了分析，见下表。

**表 6.4-19　过鱼目的分析表**

| 需求类别 | 鱼类特点 | | 过鱼目的分析 |
|---|---|---|---|
| 缓解生活史阻隔影响 | 裂腹鱼对产卵需求偏低<br>高原鳅、鮡科鱼类小区域既可完成生活史 | | 完成生活史需求不显著 |
| 改善生境适宜度 | 坝上生境适宜度低于坝下 | | 无改善生境适宜度需求 |
| 沟通基因交流 | 近期 | 阻隔后坝上区域相对较小，可能产生异质种群<br>坝下为天然江段，不存在种质资源风险 | 适当把部分坝下鱼类转移至坝上，可丰富坝上群体的种质资源 |
| | 远期 | 坝上坝下基本为水库，生境变小，种类丰度下降 | 进行适量的上下交流 |

根据以上分析，旭龙水电站过鱼需求总体不高，主要过鱼目的为基因交流和保护鱼类种质资源，其中上下游梯级未建成前主要过鱼目的是适当把部分坝下鱼类转移至坝上，丰富坝上群体的种质资源；上下游梯级建成后，主要过鱼目的是沟通上下游鱼类基因交流。

3）下行过坝需求分析

本江段分布的鱼类均没有长距离洄游习性，对产卵生境和水文条件要求也不

是很苛刻，仅裂腹鱼在繁殖季节会短距离上溯，繁殖后的亲鱼和幼鱼也没有明显的下行洄游需求，因此从鱼类完成生活史角度，基本没有下行需求。

旭龙建成后，旭龙水电站坝下存在长距离天然河段，基本可以保证该江段鱼类的生存和繁殖，种群数量和种质资源基本可以维持自然状态，基本不需要补充。

**（2）过鱼对象**

根据本工程江段鱼类资源、生态习性，从过鱼需求、过鱼有效性、保护价值和鱼类资源量等方面综合考虑，确定本工程过鱼对象见下表。

**表 6.4-20　过鱼对象及优先级**

| 优先级 | 种类 | 理由 |
|---|---|---|
| 主要过鱼对象 | 软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤 | 能够适应蓄水后的库区生境 |
| | 短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼 | 繁殖季节具有短距离上溯习性 |
| 兼顾过鱼对象 | 细尾高原鳅、勃氏高原鳅、安氏高原鳅、黄石爬鮡 | 定居鱼类 |

**（3）过鱼季节**

本工程过鱼的根本目的在于保持河流连通性，促进鱼类坝上及坝下间的交流。因此过鱼的季节应为主要过鱼对象以及兼顾对象的繁殖季节。根据文献调研，主要及次要过鱼对象的繁殖时间如所示。综合考虑，本阶段提出旭龙水电站的主要过鱼季节为 3~9 月，实际运行阶段可根据鱼类的繁殖行为做相应调整。

## 6.4.4.3 坝下流场及鱼类分布研究

**（1）坝下流场研究**

1) 物理模型试验

① 试验方法

采用大比尺物理模型（几何比尺 1：25）对坝下流场进行了研究。物理模型范围：长约 34m，最宽约 12m，高度约 1.7m。其中电站尾水管及集鱼系统等采用优质有机玻璃制作；上、下游河道地形采用水泥砂浆刮制。模型制作与安装精度按水工（常规）模型试验规程 SL155-2012 要求控制。1:25 集鱼系统水工整体模型见下图。



图 6.4-9　坝下水力学物理模型（比尺 1:25）

对电站不同运行方式（1 台机满发至 4 台机满发，电厂下泄流量 466.6$m^3$/s~1816.4$m^3$/s），机组运行等进行了组合进行试验研究。同时，开展了数值模拟研究。

② 研究结果

考虑电站 4 台机组发电、3 台机组发电、2 台机组发电、1 台机组发电。各工况河道流速分布见图 1.3~1.10。由图可见，4 台机组发电工况下，尾水出口与河道交接靠下游区域，受河道缩窄影响，流速较大，局部已超过 5m/s，缩窄断面以下河道的较宽，主河道流速在 2~4m/s 之间；3 台机组发电工况下，尾水出口与河道交接靠下游区域，受河道缩窄影响，流速偏大，缩窄断面以下河道的较宽，主河道流速在 2~3m/s 之间；2 台机组发电工况下，尾水出口与河道交接靠下游区域，受河道缩窄影响流速偏大，缩窄断面以下河道的较宽，主河道流速在 1~2m/s 之间。

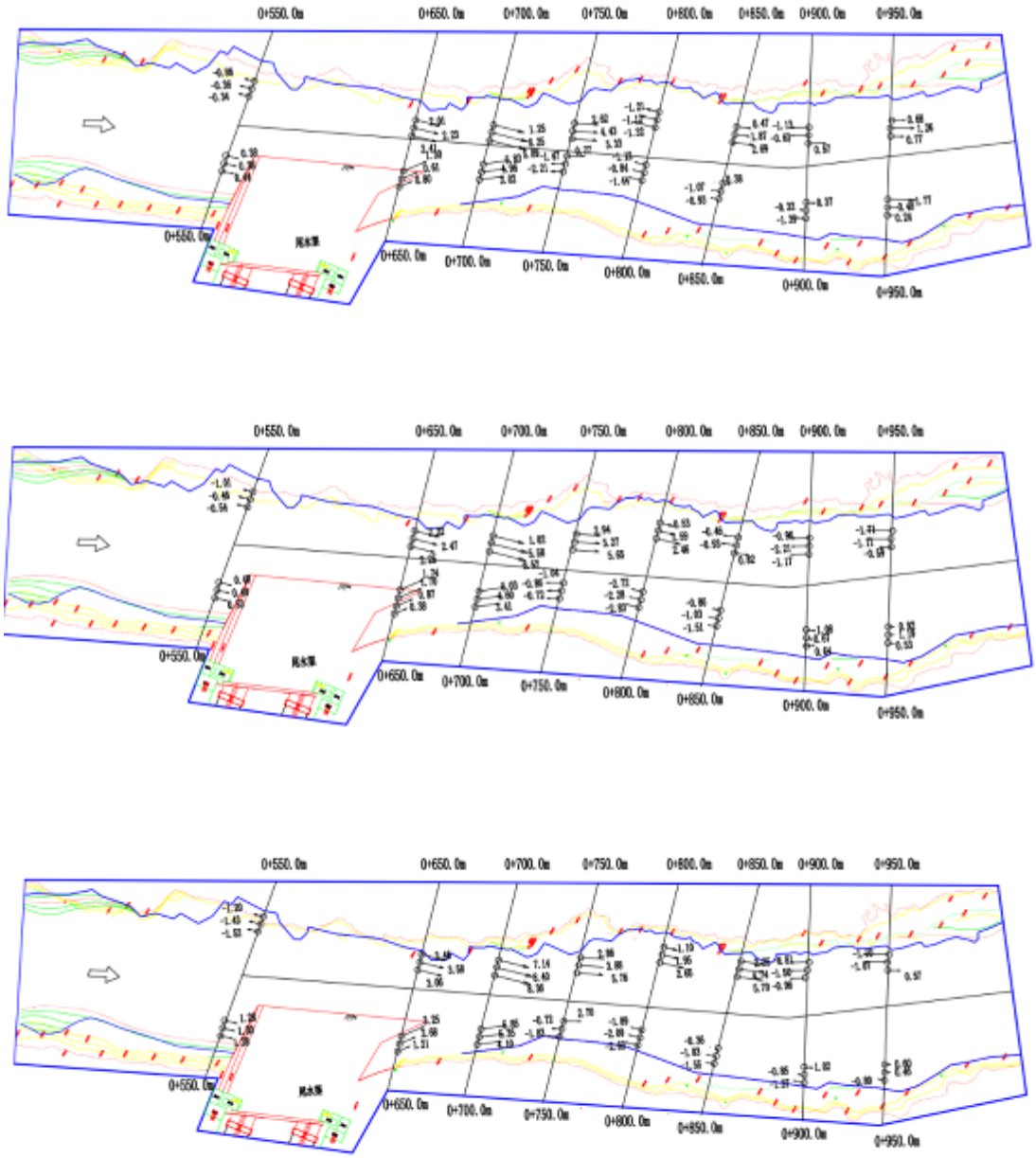



图 6.4-10　代表工况下坝下流速流场

（上、中、下分别为 1 台、2 台、4 台机组发电工况）

2）数值模拟计算

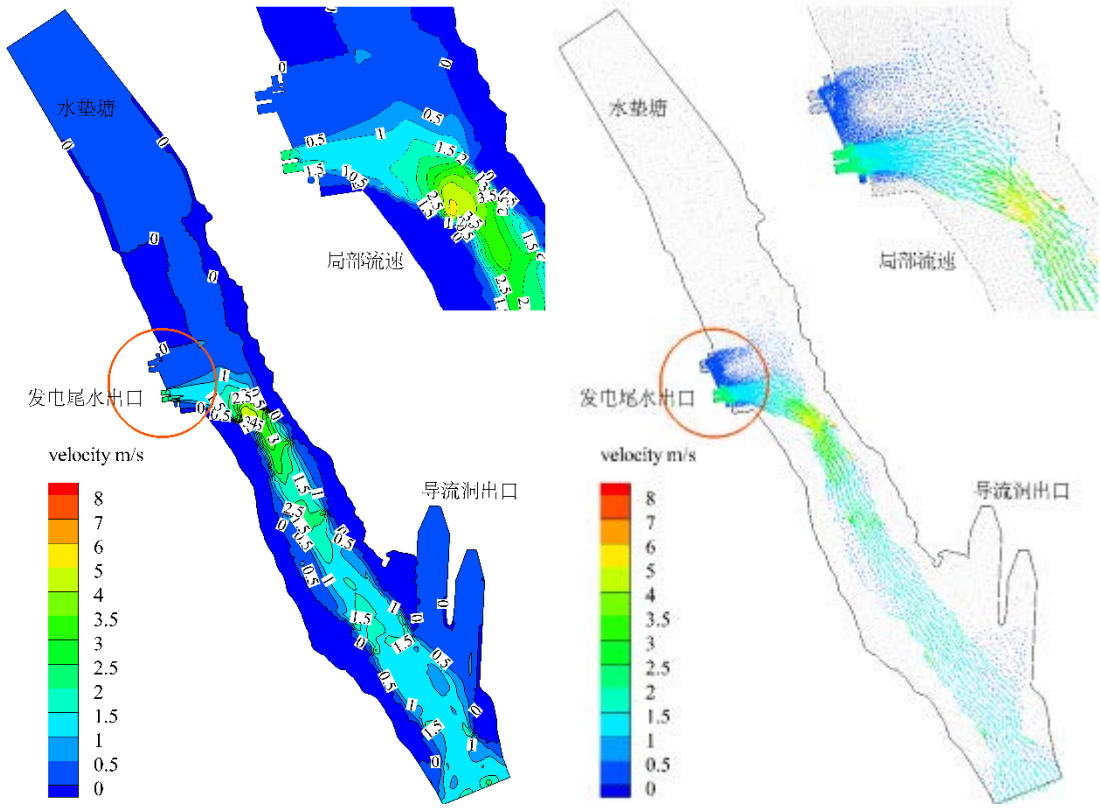
① 计算方法

选择坝下水垫塘至坝址下游约 1050m 之间区域进行数值模拟计算，研究旭龙水电站发电工况尾水出口及河道水流条件研究，综合考虑地形散点数据、边界形状等多方面因素的影响，计算域网格划分采用非结构化三角形网格，共划分网

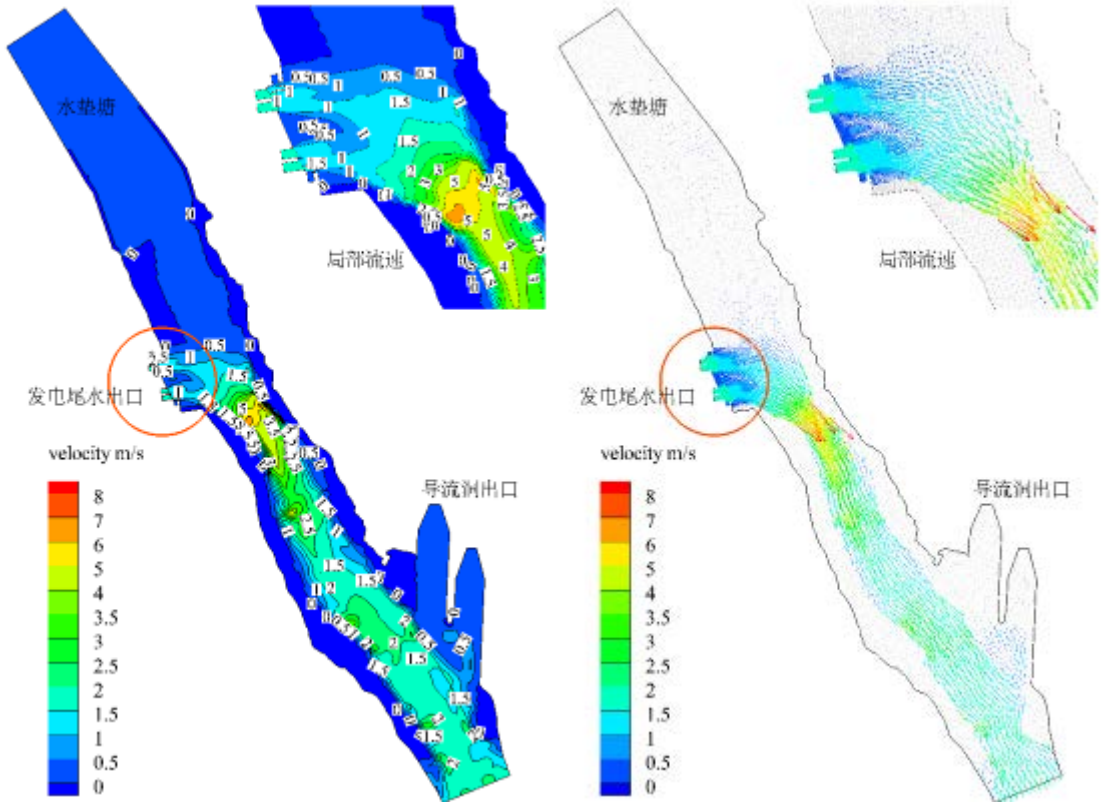
格单元 23937 个，节点数 12399 个。模型入流边界采用旭龙水电站发电机组流量；出流边界取对应流量下河道出口断面水位；模型固壁采用无滑移固定边界条件，固壁边界水位法向梯度为零。计算工况包括电站实际运行中 1 台机组、2 台机组、3 台机组、4 台机共 8 种组合工况。

② 计算结果

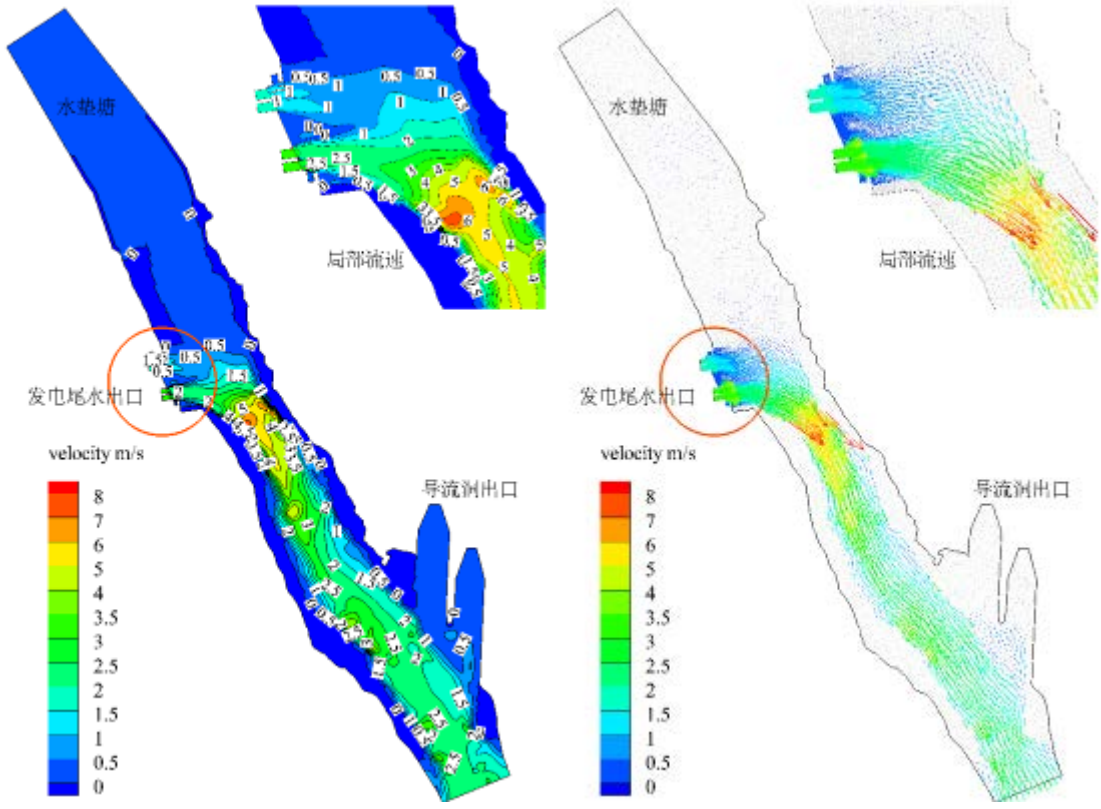
电站 1~4 台机组发电典型工况河道流速分布见图 6.4-11。由图可见，1~4 台机组发电工况下，尾水出口与河道交接靠下游区域，受河道缩窄影响，中心最大流速范围在 3~8m/s 之间，河道两侧流速相对较缓，缩窄断面以下河道的较宽，主河道流速在 1~4m/s 之间，尾水渠内流速在 0.5~2.0m/s。



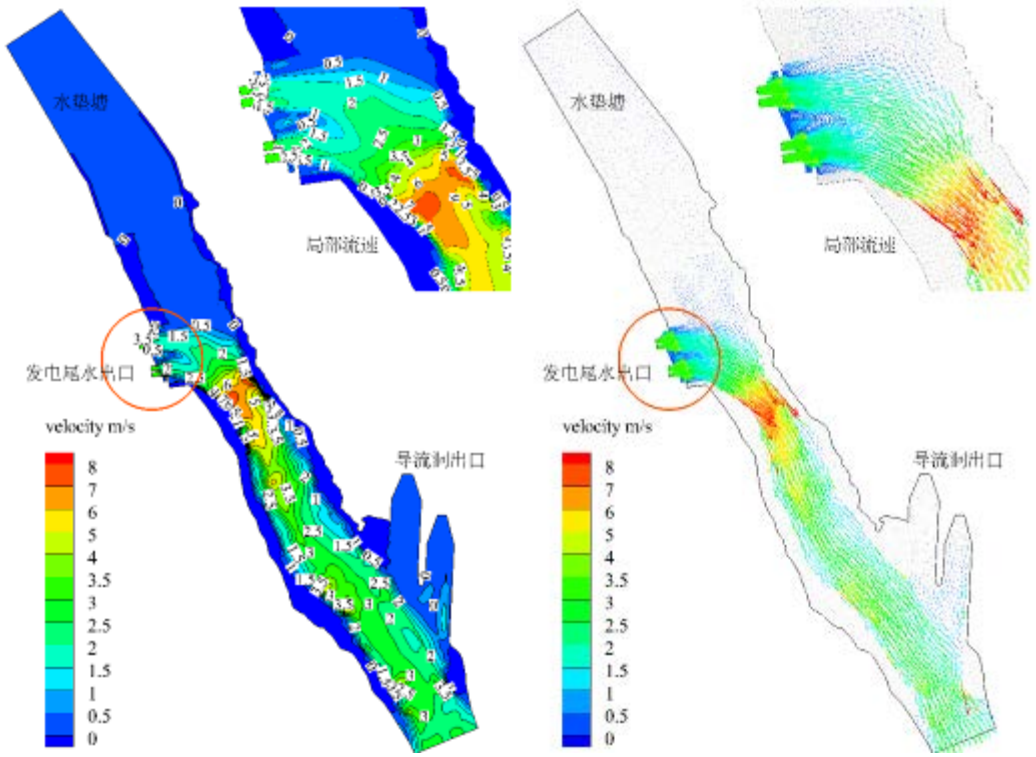

（1）1 台机发电典型工况坝下流场计算结果




（2）2 台机发电典型工况坝下流场计算结果




（3）3 台机发电典型工况坝下流场计算结果




（4）4 台机发电工况坝下流场计算结果

图 6.4-11　代表工况下坝下流速流场

**（2）鱼类游泳能力研究**

本阶段针对过鱼措施设计，开展了鱼类实验生态学研究，对主要过鱼对象开展了游泳能力实验和研究。试验测得鱼类感应流速、临界游速及突进游速见下表。

表 6.4-21　测试鱼类感应流速

| 鱼种 | 全长（m） | 测试水温（℃） | 感应流速（m/s） |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.22~0.30 | 12.9~16.0 | 0.05~0.08 |
| 短须裂腹鱼 | 0.25~0.30 | 13.4~15.6 | 0.06~0.08 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.10~0.15 | 12.4~15.2 | 0.04~0.06 |
| 安氏高原鳅 | 0.09~0.15 | 14.5~15.0 | 0.07 |

表 6.4-22　测试鱼类临界游速

| 鱼种 | 全长（m） | 测试水温（℃） | 临界游速（m/s） |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.19～0.28 | 12.5～15.9 | 0.70～0.91 |
| 短须裂腹鱼 | 0.25～0.36 | 13.2～15.6 | 0.64～0.87 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.09~0.14 | 13.3~15.2 | 0.45~0.73 |
| 安氏高原鳅 | 0.10~0.12 | 14.4~15.7 | 0.33~0.66 |

表 6.4-23　测试鱼类突进游速

| 鱼种 | 全长（m） | 测试水温（℃） | 突进游速（m/s） |
|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 0.21~0.30 | 12.9~15.0 | 1.05~1.46 |
| 短须裂腹鱼 | 0.26~0.30 | 12.8~15.2 | 1.08~1.42 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 0.11~0.19 | 12.4~13.0 | 0.80~1.06 |
| 安氏高原鳅 | 0.09~0.15 | 14.5~15.0 | 0.63~1.06 |

根据以上测试结果，对过鱼设施的流速设计建议值如下：

1）最大克流速度

采用半数忍耐速度对突进速度测试结果进行分析，长丝裂腹鱼为 1.22m/s，短须裂腹鱼为 1.17m/s，软刺裸裂尻鱼为 0.89m/s，安氏高原鳅为 0.80m/s，黄石爬鮡为 1.7m/s。采用 7.5%的试验调整系数后为 1.26~1.31m/s。该数值代表鱼类可以连续 20s 克服 1.26m/s 的均匀流速。

在自然河流的急流环境中，水流一般为非均匀、非恒定流，此时鱼类会寻找急流中的缓流区及回流区域伺机上溯，并且采用“突进-滑行”（Burst and Coast）游泳模式，紊流中鱼类能够克服的流速会大大高于其测试的突进游速。

2）进口诱鱼流速

对于鱼类，一般最佳的诱鱼流速范围为临界游速和突进游速之间，其中流速越大、水流的影响范围越大。综合考虑，进口流速建议值范围为 0.43~1.26 m/s，最佳区间为 0.80~1.26m/s。

3）感应流速

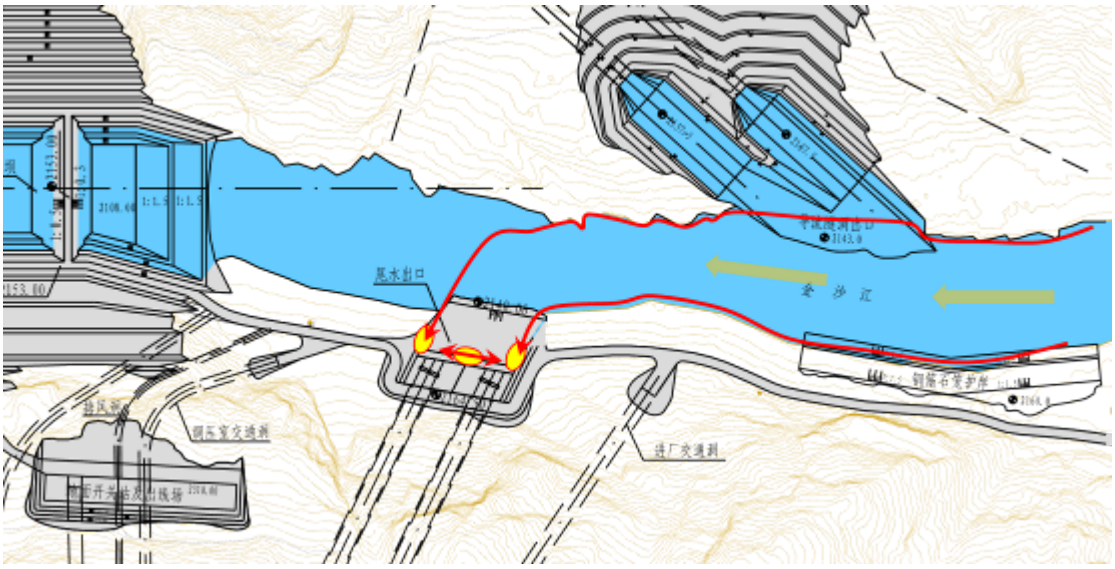
过鱼设施出口或放流水域应保持有一定的流速，以便于鱼类寻找水流方向，避免迷失方向。因此，过鱼通道出口流速建议大于鱼的感应流速，且在持续游泳速度范围内，根据测试结果建议放流位置选择在流速＞0.19m/s 的水域。

**（3）坝下鱼类分布及上溯路径预测**

对于喜流鱼类如裂腹鱼类等，在其繁殖季节，会逆水洄游至坝下泄水建筑物下方，旭龙水电站正常发电工况下，尾水渠内流速在 0.5~2.0m/s 左右，鱼类一般会被发电尾水吸引，由于尾水渠内流态紊乱，呈非均匀分布，局部存在流速低于鱼类突进流速的区域，因此鱼类基本可以上溯至尾水渠内。

当出现电站满发等大流量工况下，河道中心流速达到 5.0m/s 左右，但由于沿岸边及江底的摩阻效应，一般具有一定宽度及深度的缓流水域，此时鱼类会在邻近水域寻找合适流速庇护物，躲避在岸边的流速较缓的区域及江底的大石块后，并寻伺机继续上溯。在流态紊乱的河流中，鱼类更加会利用回流区进行休息并上溯，游泳模式也为“爆发—滑行”（Burst and Coast），这也可以解释本河段天然平均流速即高达 3.5m/s 左右，但鱼类仍可以上溯并繁殖。当鱼类长时间顶流体力消耗较大时，会来到邻近的缓流区进行休息，所以发电的尾水洞口及两侧可能是喜流鱼类最密集的水域。此外，河道两岸的乱石后，江中大石块后，也可能

是喜流鱼类相对密集的区域，其坝下可能密集分布区见下图所示。




注：黄色区域为的鱼类可能的密集分布水域，红色线路为鱼类可能的上溯路径

图 6.4-12　旭龙水电站坝下鱼类密集分布区及上溯路径判断

**（4）集鱼设施选址建议**

根据以上对鱼类游泳能力/坝下流场、坝下鱼类分布的分析，最佳的集鱼位置是在尾水渠内，具体地点为尾水洞口的两侧区域，集鱼设施布置在此处，将有利于提升集鱼效率。

## 6.4.4.4 过鱼方案比选

**（1）设计水位**

根据对旭龙水电站坝下及库区水位过程及频率的分析，旭龙水电站过鱼设施的运行水位见下表。

表 6.4-24　旭龙水电站过鱼设施设计运行水位

| 设计运行水位 | | 水位（m） | 最大变幅（m） | 最大水头（m） | 取值依据 |
|---|---|---|---|---|---|
| 下游 | 低水位 | 2145.58 | 7.86 | 156.42 | 3~7 月最小生态流量对应尾水位 |
| | 高水位 | 2153.44 | | | 主要过鱼季节 3~7 月 95%保证率高旬水位 |
| 上游 | 低水位 | 2294.00 | 8.00 | | 死水位 |
| | 高水位 | 2302.00 | | | 正常蓄水位 |

**（2）过鱼方案初选**

过鱼设施主要有鱼道、仿自然通道、升鱼机、鱼闸、集运鱼系统及捕捞过坝等不同型式，这些形式适应不同的工程、不同的过鱼种类， 不同过鱼设施方案

都有在各方面具有不同的特点，针对不同工程适用性又有所不同。环境保护部办公厅下发的《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》要求“对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼梯、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。

环境保护部和国家能源局联合下发的《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》提出：现阶段对水头较低的水电建设项目，原则上应重点研究采取仿自然通道措施；对水头中等的水电建设项目，原则上应重点研究采取鱼道或鱼道与仿自然通道组合方式；对水头较高的水电建设项目，应结合场地条件和枢纽布置特性，研究采取鱼道、升鱼机、集运鱼系统或不同组合方式的过鱼措施。

以下对不同过鱼方式的优缺点及针对旭龙水电站的适用性进行了分析，见下表。

**表 6.4-25　过鱼设施方案优缺点及适用性分析**

| 过鱼方式 | 优点 | 缺点 | 适用性 |
|---|---|---|---|
| 鱼道 | ➢ 过鱼连续，过鱼量大<br>➢ 故障率低，运行较为稳定； | ➢ 鱼道长度长，布置难度大<br>➢ 工程量大，建设成本高<br>➢ 鱼类过坝体力消耗大 | 基本可行<br>建设难度极大 |
| 仿自然通道 | ➢ 适合多种鱼类通过<br>➢ 可恢复自然生境 | ➢ 坡度缓，通道宽，长度极长<br>➢ 适应水位变幅能力差 | 基本不可行<br>难以布置 |
| 升鱼机 | ➢ 鱼类过坝较轻松<br>➢ 适应库区水位变化 | ➢ 过鱼不连续<br>➢ 机械机构较为复杂<br>➢ 运行成本较高。 | 基本可行<br>厂房距大坝距离较远，存在一定难度 |
| 鱼闸 | ➢ 鱼类过坝轻松 | ➢ 过鱼不连续，操作复杂<br>➢ 耗水量大 | 基本不可行<br>闸室消能难度极大<br>近代鱼闸已很少采用 |
| 集运鱼船 | ➢ 鱼类过坝较轻松<br>➢ 适应各种水位变化<br>➢ 能够将鱼类运输至流水江段放流 | ➢ 过鱼不连续<br>➢ 机械机构复杂，易发故障<br>➢ 转运过程多，鱼类易受伤<br>➢ 运行成本较高。 | 基本不可行<br>坝下为不通航河段，无法采用集鱼船的集鱼方式 |

根据旭龙水电站特点，工程采用仿自然通道、鱼闸及集运鱼船方案基本不具备可行性，鱼道方案随布置难度极大，但仍存在可行性，升鱼机方案基本可行。

**（3）比选方案**

根据上述分析，对鱼道、升鱼机 2 种可行方案进行详细分析对比，2 种方案分述如下。

1）鱼道方案

①选址及布置

根据鱼类的趋流特性，鱼类一般聚集在常泄水建筑物下方，因此鱼道进口布置在厂房尾水渠旁侧，为适应下游水位变化，设置 3 个进鱼口，鱼道进口段长约 250m，鱼道主体段沿右岸岸坡布置，在坡度相对较缓的局部区域进行折叠盘旋，局部采用排架结构，与道路交叉采用涵洞结构，共设 4 个穿路涵洞，由于旭龙水电站坝址区河谷为深切的峡谷地形，右坝肩极为陡峻，局部近直立，难以通过明渠穿越，因此右坝肩设 2 段过鱼隧洞，分别长 60m 和 775m，过鱼隧洞在进水塔上游侧出洞，接鱼道出口段，出口段全长 400m，共设 4 个出鱼口。鱼道坡度采用 1:50，鱼道总工作水头 156.42m，全长 8.06km，沿程在鱼道转角处设置鱼类休息池，休息池共 51 个。鱼道总体布置见下图。

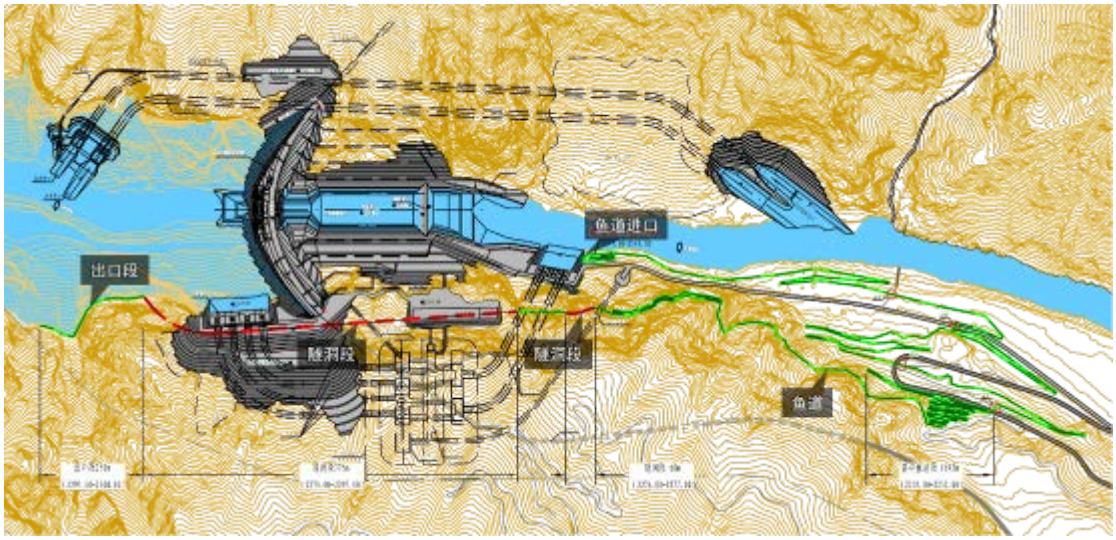



图 6.4-13　鱼道方案平面布置图

2）池室结构

为适应上下游水位变幅，并满足底层鱼类通过，鱼道池室采用垂直竖缝式结构。因边坡陡峻，为减少边坡及隧洞开挖，保证工程安全，鱼道宽度取 2.0m，池室宽度 2.5m，竖缝宽度 0.3m，底坡 1:50，池室底部铺设卵石以模拟自然底质。鱼道池室结构及尺寸见图 6.4-14。

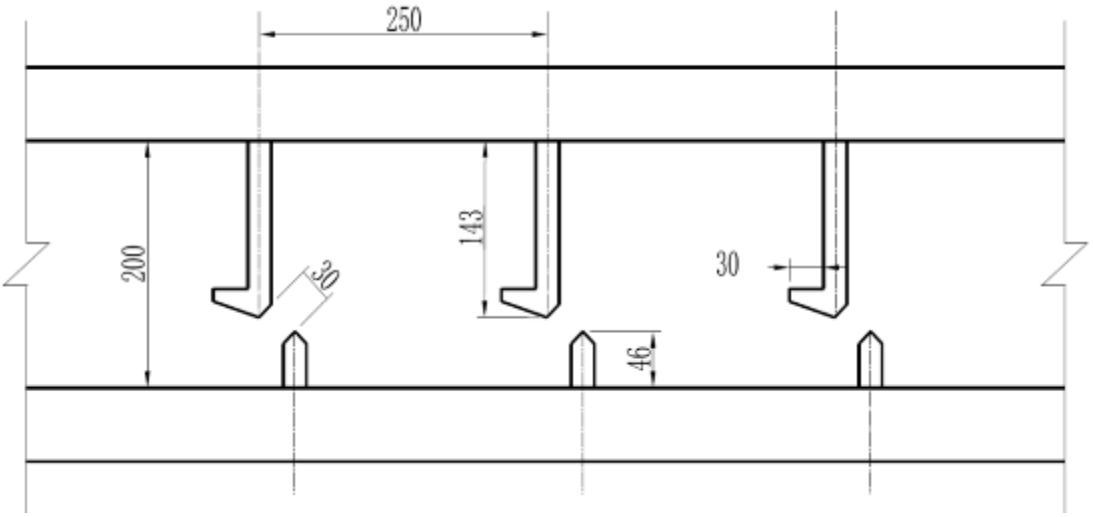



图 6.4-14 鱼道池室结构示意图

3）进出口设计

为适应下游水位变化，设 1~3#共 3 个进鱼口，进口底板高程分别为 2144.0m、2146.5m 及 2149.0m，进口设检修闸门，通过闸门启闭可调整开启进口。

为适应上游水位变化，设设 1~4#共 4 个出鱼口，出口底板高程分别为 2292.5m、2295.0m、2297.5m 及 2300.0m，根据上游水位变化选择适合的出口运行。

鱼道方案工程主要特性表见表 6.4-26。

表 6.4-26 鱼道方案工程特性表

| 名称 | | 单位 | 数量或特征 |
|---|---|---|---|
| 布置 | 最大工作水头 | m | 156.42 |
| | 总长度 | m | 8055 |
| | 过鱼隧洞 | 个 | 2 |
| | | 总长度 | 835 |
| | 穿路涵洞 | 个 | 4 |
| | 休息池 | 个 | 51 |
| | 设计流速 | m/s | 1.1~1.4 |
| | 流量 | $m^3/s$ | 0.8~1.5 |
| 结构 | 隔板结构 | | 垂直竖缝式 |
| | 池室长度 | m | 2.5 |
| | 池室宽度 | m | 2.0 |
| | 竖缝宽度 | m | 0.3 |
| | 池底坡度 | | 1:50 |
| 进口 | 进口数量 | 个 | 3 |
| | 底板高程 | 1# | 2144.0 |
| | | 2# | 2146.5 |
| | | 3# | 2149.0 |
| 出口 | 出口数量 | 个 | 4 |
| | 底板高程 | 1# | 2292.5 |

| 名称 | | 单位 | 数量或特征 |
| --- | --- | --- | --- |
| | | 2# | 2295.0 |
| | | 3# | 2297.5 |
| | | 4# | 2300.0 |

2）升鱼机方案

升鱼机系统一般由集鱼设施、提升过坝设施及放流设施组成。

升鱼机过鱼流程为：①使用门机通过轨道将尾水集鱼箱定位至适宜水深处→②利用发电尾水进行诱鱼集鱼→③集鱼完成后，通过提升设备将集鱼箱提升至尾水平台并转入运鱼箱中→④通过转运提升过坝设备将运鱼箱提升过坝→⑤在码头将运鱼箱转运至运鱼船中→⑥运渔船运鱼至天然流水环境放流。

①集鱼方案

为保证升鱼机的集鱼效果，将集鱼系统布置在坝址下游电站尾水出口旁，利用鱼类对发电尾水的趋向性诱集鱼。其中尾水集鱼站布置在尾水洞两侧，利用尾水洞的发电水流进行诱鱼，在不同朝向设有进鱼口。

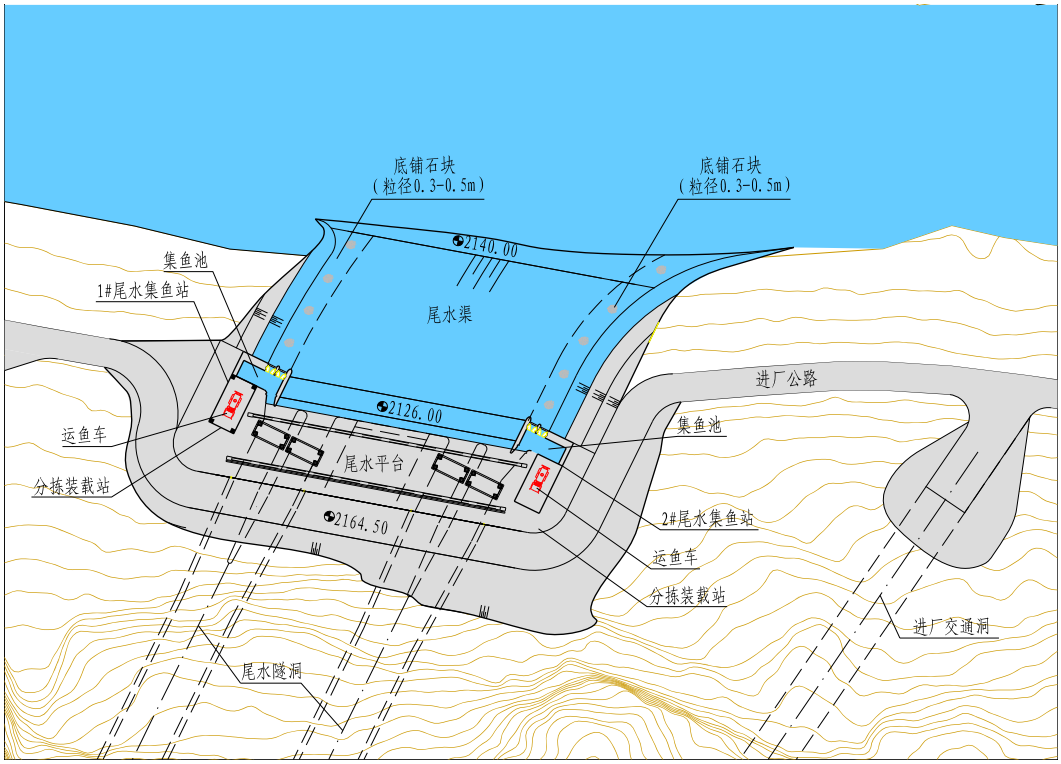



**图 6.4-15 升鱼机方案集鱼系统布置图**

②过坝方案

因旭龙水电站挡水建筑物为拱坝，坝体布置提升设施困难，且尾水距离大坝较远，因此升鱼机直接提升过坝难以实现，可采用转运提升过坝方式。转运提升过坝比较了索道提升、公路转运和轨道提升等 3 种方式。

A 索道过坝

索道装载站位于尾水平台，卸载站位于坝上进水塔上游 100m 处。索道全长

960m，其中坝下段 680m，库区段 280m，索道总提升高度约 170m，中途设索道转向站一座。升鱼机（索道提升）方案平面布置见图 6.4-16，索道系统纵剖面见图 6.4-17。

索道采用往复式索道，由装载站、卸载站、支架、承载索、牵引索、驱动装置、锚固装置和张紧装置、电气设备等主要部分组成。索道全长 960m，其中坝下段 680m，库区段 280m，索道总提升高度约 170m，中途设索道转向站一座。

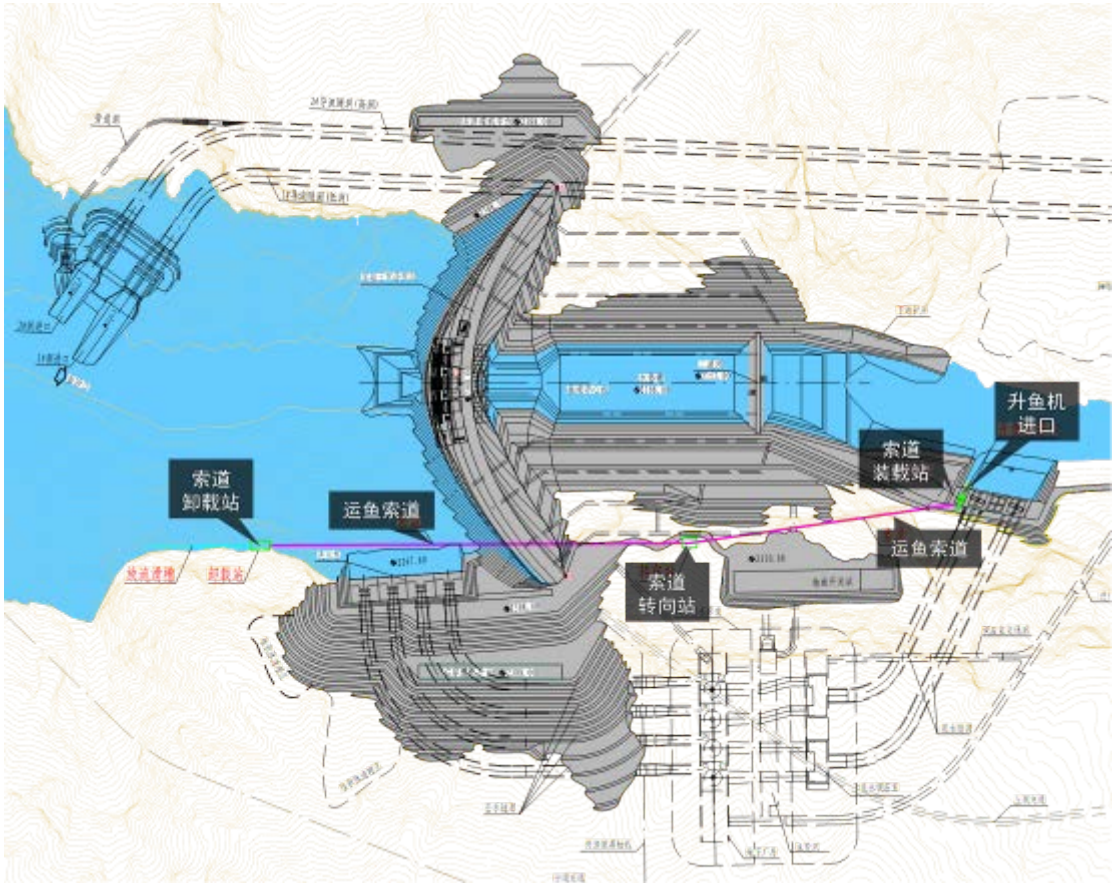



图 6.4-16 升鱼机（索道提升）方案线路布置图

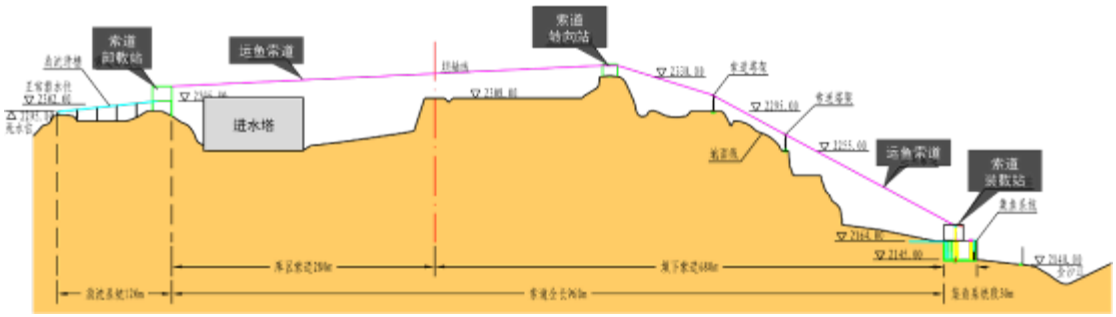



图 6.4-17 升鱼机（索道提升）方案索道系统整体剖面图

B 公路过坝

通过尾水升鱼机将集鱼箱提升至停靠在尾水平台的专用运鱼车，运鱼车中设有鱼类维生系统，该系统主要包括控温系统、充氧系统、水质监测系统及砂滤系统，可以保持运鱼箱内溶氧、温度等水质指标满足鱼类生存需求。运鱼车装载完毕后，沿公路将鱼类运输至上游码头或坝上指定放流地点进行放流。

升鱼机（公路提升）方案平面布置见图 6.4-18。

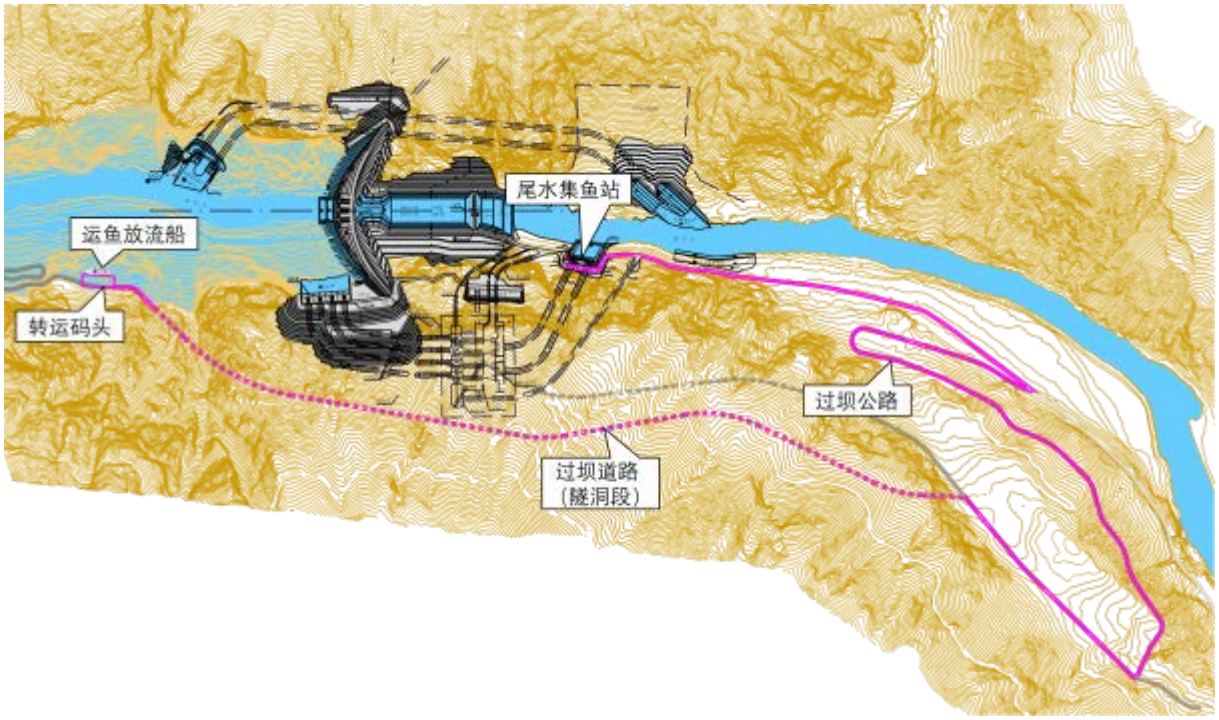



**图 6.4-18 升鱼机（公路过坝）方案线路布置图**

C 隧洞轨道过坝

尾水集鱼系统收集到的鱼类通过装载系统转入坝下轨道运鱼小车，小车经过坝下平硐运至提升竖井，通过竖井上方的提升机构沿竖井将运鱼箱提升至 2308 高程，并通过台车转入坝上轨道运鱼小车，经过 850m 的坝上明轨运至位于坝上约 380m 的转运码头，并同归会转吊转入专用运鱼放流船，运输至库区合适区段进行放流，

鱼机（隧洞轨道提升）方案平面布置及剖面图见图 6.4-19 和图 6.4-20。

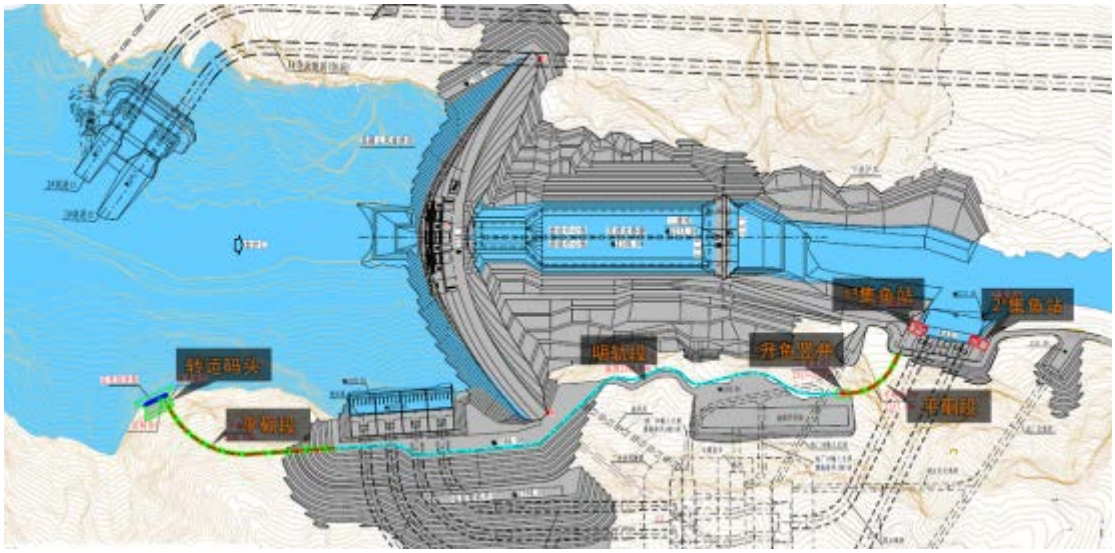



图 6.4-19 升鱼机（轨道过坝）方案线路布置图

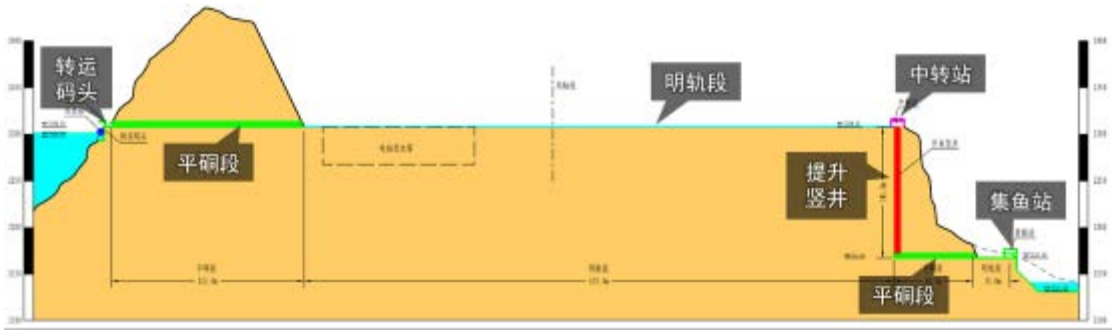



图 6.4-20 升鱼机（隧洞轨道过坝）方案纵剖面图

3）总体方案比选

鱼道和升鱼机方案都具有可行性，但各有优缺点，也具有不同的限制因素。

①鱼道

鱼道的优点是能够连续过鱼，过鱼效果稳定，过鱼种类较多并能维持一定的水系连通性。存在问题主要如下：

A 鱼类主要聚集水域为厂房尾水渠内，鱼道进口若布置在尾水洞口，尾水渠水深超 20m，鱼道进口难以接底，底层鱼类难以进入，若降低鱼道进口至尾水渠底，则水深巨大，补水流量需求巨大；鱼道进口若布置在河道中，进口可以接底，但大部分鱼类则易沿尾水溯游至尾水洞口，易错过进口。因此，鱼道方案想

达到较好的诱鱼效果难度较高。

B 鱼道需要一定的底坡来克服沿程水头（底坡 1:50～1:100），旭龙水电站过鱼季节鱼道最大工作水头 156.42m，采用鱼道的过鱼方式其长度达 8.55km，长时间上溯产生的疲劳效应对过鱼效果带来极大的不确定性。

C 旭龙水电站最大坝高 213m，属典型的高坝大库,主要过鱼对象基本为底层鱼类，喜欢急流环境。当鱼类通过鱼道上溯到库区后，由于库区基本为静水，鱼类容易迷失洄游方向。

D 旭龙水电站两岸边坡陡峭，采用鱼道的结构型式，沿程涉及大量隧洞、涵洞、排架、支护工程，不但工程浩大，而且将面临很多的地质及安全风险。

综上所述，鱼道方案对旭龙水电站的适用性较差。

②升鱼机组合型式

A 采用升鱼机组合型式，集鱼设施位于鱼类最易聚集的尾水渠内，并且利用发电尾水进行诱鱼，诱鱼流量大，进鱼口覆盖尾水渠底至水面全高程，利于底层鱼类进入，集鱼效果有保障。

B 通过升鱼机提升，鱼类不必耗费体力便可翻越高坝且过坝速度快。不存在长时间洄游引起的疲劳效应。

C 通过运鱼船可将鱼类运至天然江段环境放流，鱼类可以继续洄游上溯。

D 升鱼机占地较少，易于布置且对枢纽影响较小，对地形地质条件要求相对较少。

E 主要缺点：过鱼不连续；机电设备较多，运行、保养、维修等后期费用高。

综合考虑，推荐本工程采用升鱼机组合式型式的方案。

③升鱼机提升方案比较

索道提升、公路转运和轨道提升等 3 种方式均可将运鱼箱转运至上游码头。

索道提升时受风速、降雨及气温等原因影响较大。受泄洪雾雨影响，过鱼季节索道经常不能正常运行；高速水流导致风速较大也给索道的安全运行带来不利影响；索道提升机械设备较多，出现故障可能性较大，后期的维护、管理相对复杂。

公路转运虽不受高坝泄洪影响，但转运环节较多，易受人为因素影响。

隧洞轨道升鱼机方案采用专用轨道小车延固定轨道运行，受人为因素影响相

对较少；集鱼后通过隧洞运输，并通过竖井提升至上游，和枢纽布置无冲突，也不受气候条件及泄洪雾雨影响；出现故障可能性较小，维护、管理相对简单。2018年新疆某水电站升鱼机建成，该升鱼机采用厂房尾水集鱼+轨道小车运输+垂直提升放流的方式过鱼，经过 2018 年的优化改造取得了较为理想的过鱼效果。因此，采用隧洞轨道式升鱼机技术上具备可行性，且具有成功案例。轨道提升方案采用专用轨道小车延固定铁轨运行，受人为因素影响相对较少；集鱼后通过隧洞提升至上游，和枢纽布置无冲突，也不受气候条件及泄洪雾雨影响；轨道运输方案技术相对成熟，出现故障可能性较小，维护、管理相对简单。

综上所述，升鱼机采用隧洞轨道式升鱼机轨道提升的过坝方式。

表 6.4-27　　各方案特点比较表

| 比较方案 | | | 进口效率 | 通过效率 | 出口效率 | 运行管理 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 鱼道方案 | | 优点 | | 过鱼连续，稳定 | | 人为参与较少，稳定可控。 |
| | | 缺点 | 鱼道进口底板高程比尾水渠底板高18m，难以接底，不利于底层鱼类进入。 | 鱼道长达 8.06km，鱼类长时间克流，易产生疲劳，增大折返率；<br>鱼类需通过长距离隧洞。 | 适应水位变化能力较差；水位变化时需要切换出口；<br>放流地点为坝前静水区。 | 需根据水位变化切换进出口；<br>鱼道长度长，须对人员及落石进行防护。 |
| 升鱼机方案 | 索道提升 | 优点 | 尾水渠两侧均有集鱼设施；利用发电尾水诱鱼，诱鱼流量大；全深度集鱼，适合底层鱼类。 | 鱼类过坝较为省力。 | 适应库区水位变化；<br>可将鱼类放流至库区适宜江段。 | 诱鱼不额外耗水，设施自动运行。 |
| | | 缺点 | | 索道运行易受大风、暴雨等极端天气影响。 | | 机械设备较多，处在泄洪雾化区，运行维护要求高。 |
| | 隧洞轨道提升 | 优点 | | 鱼类过坝较为省力；<br>不受大风、暴雨等天气影响；<br>专用隧洞，人为干扰少。 | | 诱鱼不额外耗水，设施自动运行。 |
| | | 缺点 | | 要处理好与其它洞室关系。 | | |
| | 公路转运 | 优点 | | 鱼类过坝较为省力，省时。 | | 诱鱼不额外耗水，设施自动运行。 |
| | | 缺点 | | 转运环节及人类参与较多。 | | 人为参与较多。 |

### 6.4.4.5 升鱼机设计

**（1）功能组成及过鱼流程**

本工程升鱼机系统由集鱼系统、提升运输系统、放流系统和控制监测系统四大部分组成。其中，集鱼系统的作用是将聚集在坝下需要洄游过坝的鱼类诱集并收集至集鱼箱中；提升运输系统的作用是将装有鱼类的集鱼箱从坝下沿大坝提升过大坝；放流系统的主要功能是将集鱼箱中鱼类放流至库区；控制监测系统的作用主要是对所有集鱼、补水、提升、运输、放流等不同过程进行控制和监控，同时可以对收集的鱼类进行分拣和监测。

升鱼机过鱼流程分为：①诱鱼→②集鱼→③提升运输→④放流。

诱鱼：本工程诱鱼方式为水流诱鱼，利用补水系统从坝上引水，具体流程为开启补水系统，根据坝下水位调节补水流量，为进鱼口提供强化水流，以达到诱鱼要求；集鱼：当鱼类被升鱼机水流吸引进入集鱼通道后，通过一定的区域设施将鱼类驱赶进入集鱼箱；提升运输：鱼类进入集鱼箱后，采用提升运输系统将集鱼箱提升并运输过坝；放流：集鱼箱运输过坝后，将集鱼箱中的鱼类通过放流设施放流至上游，完成整个过鱼流程。

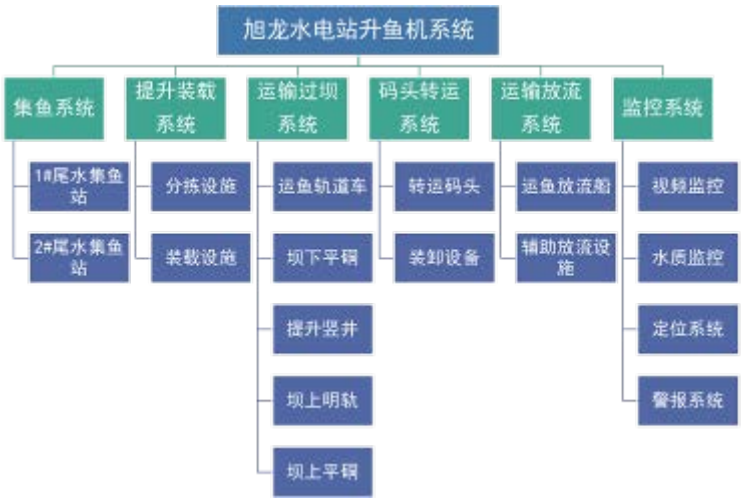



表 6.4-28　旭龙水电站升鱼机系统组成示意图

**（2）集鱼系统设计**

根据前文中对坝下鱼类分布及集鱼设施选址分析，旭龙水电站升鱼机集鱼系统布置在坝址下游电站尾水出口旁，利用鱼类对发电尾水的趋向性诱集鱼。

集鱼系统主要由 1#尾水集鱼站、2#尾水集鱼站及相应提升机构组成，尾水

集鱼站布置在尾水渠内，其中 1#集鱼站布置在尾水渠下游侧，2#集鱼站布置在尾水渠上游侧。提升设施和分拣装载设施均布置在尾水平台两侧。集鱼系统的布置见图 6.4-21～图 6.4-23。

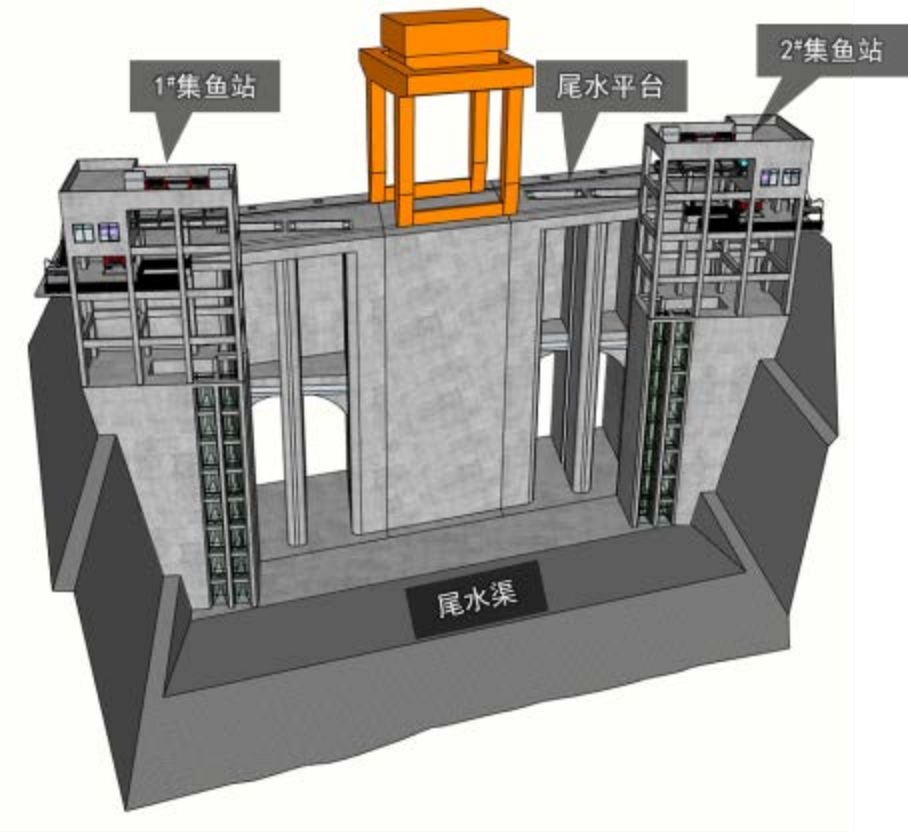



图 6.4-21 集鱼系统三维示意图

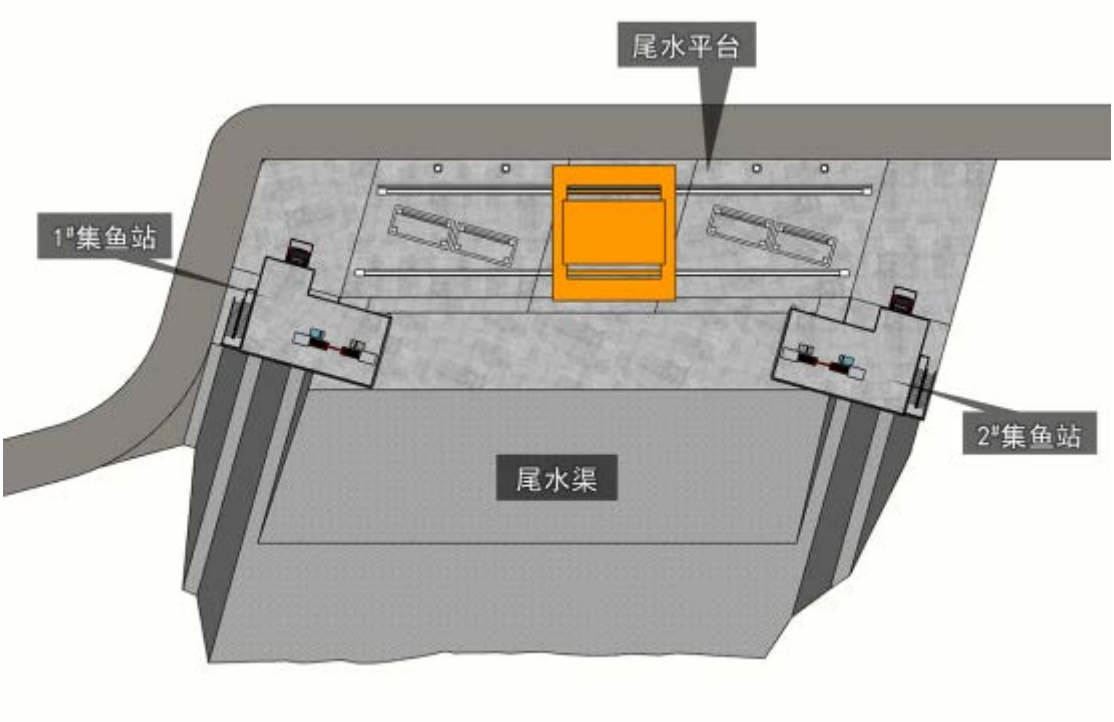



图 6.4-22 集鱼系统俯视图

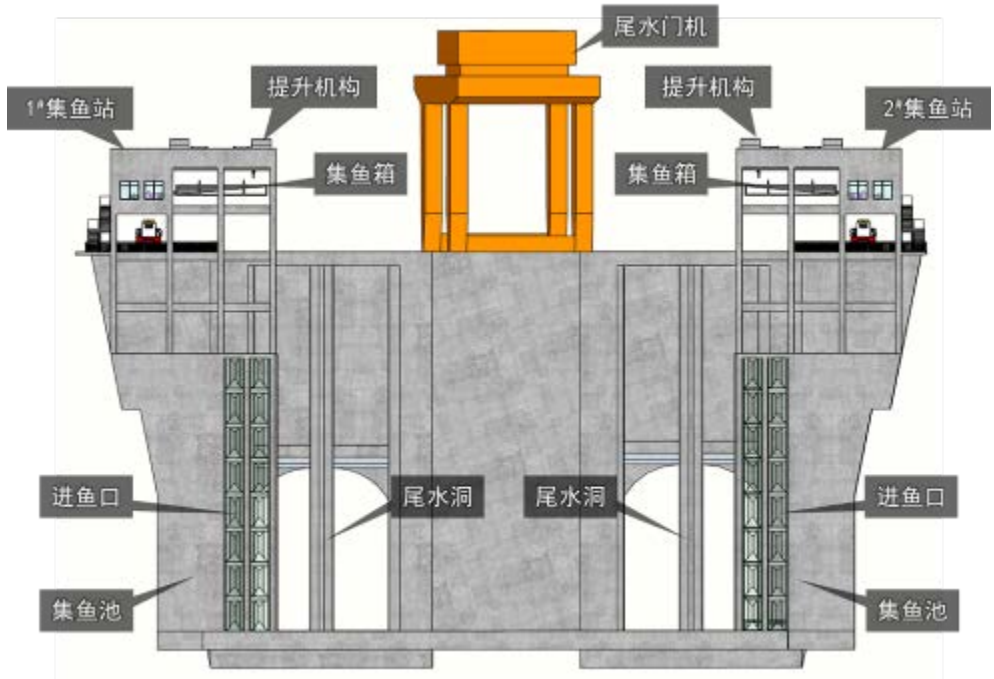



图 6.4-23 集鱼系统下游立视图

**（3）提升装载运输系统设计**

1）装载系统设计

根据集鱼系统的布置，分拣装载站由 1#分拣装载站和 2#分拣装载站组成，分别布置在尾水平台左右两侧。主要功能是将收集的鱼类进行分拣、暂养，作相关统计，并装载进入运鱼车中，其布置示意图见图 6.4-24。

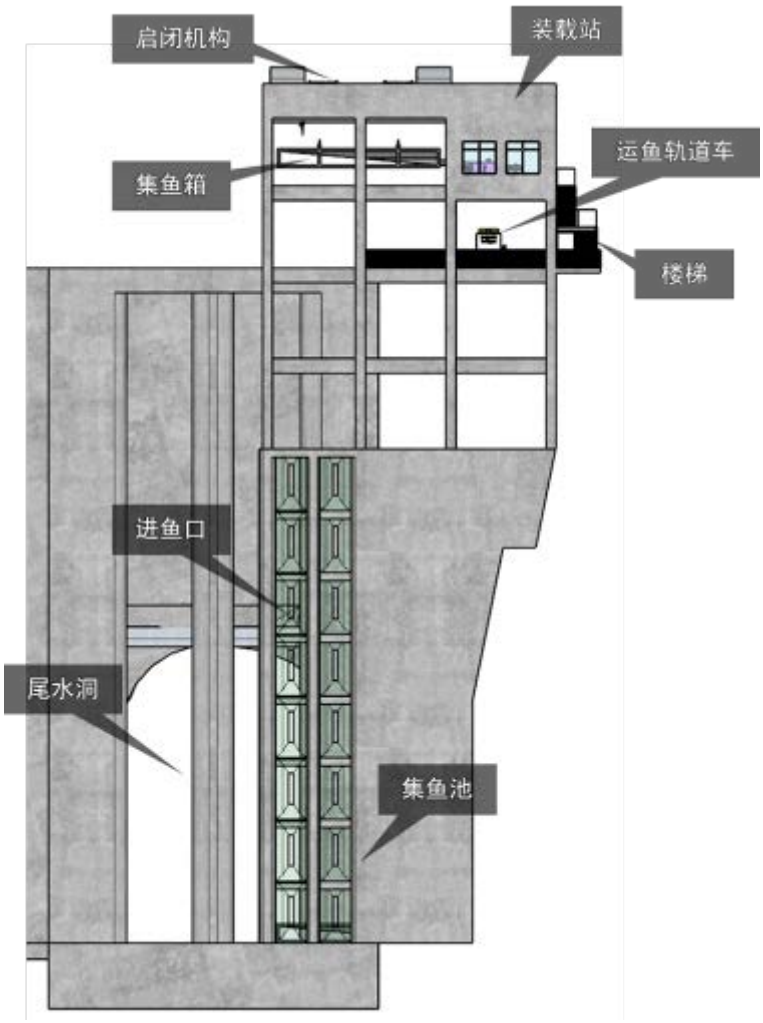



图 6.4-24 装载系统下游立视图

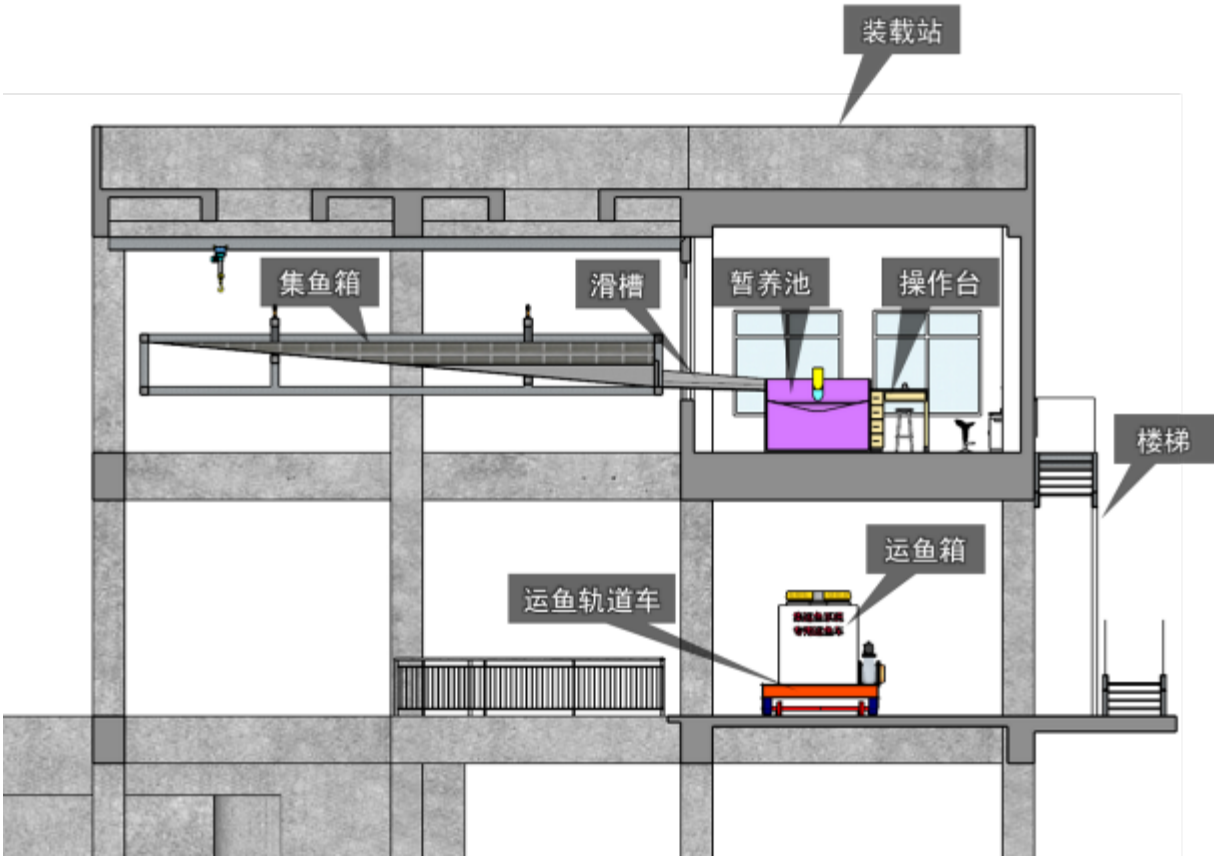



图 6.4-25 装载系统布置图（垂直水流方向剖面）

2）提升过坝系统设计

①总体布置

运输过坝系统由轨道运鱼车、坝下明轨段、坝下平硐段、提升竖井、中转站、明轨段及坝上平硐段组成。其运输过程为：收集到的鱼类通过装载系统转入坝下轨道运鱼小车，小车经过坝下明轨段（总长 160m）、坝下平硐（90m）运至提升竖井（141m）下方，通过竖井上方的提升机构沿竖井将运鱼箱提升至位于 2308m 高程的中转站，并通过台车转入坝上轨道运鱼小车，小车经过坝上明轨（635m）及坝上平硐（215m）运至位于坝上约 380m 的转运码头。

②过鱼隧洞

隧洞净宽 5.0m，净高 4.94m，隧洞内设置小车轨道、人行台阶及排水沟等，顶部设有照明，隧洞段典型断面见图 6.4-26。

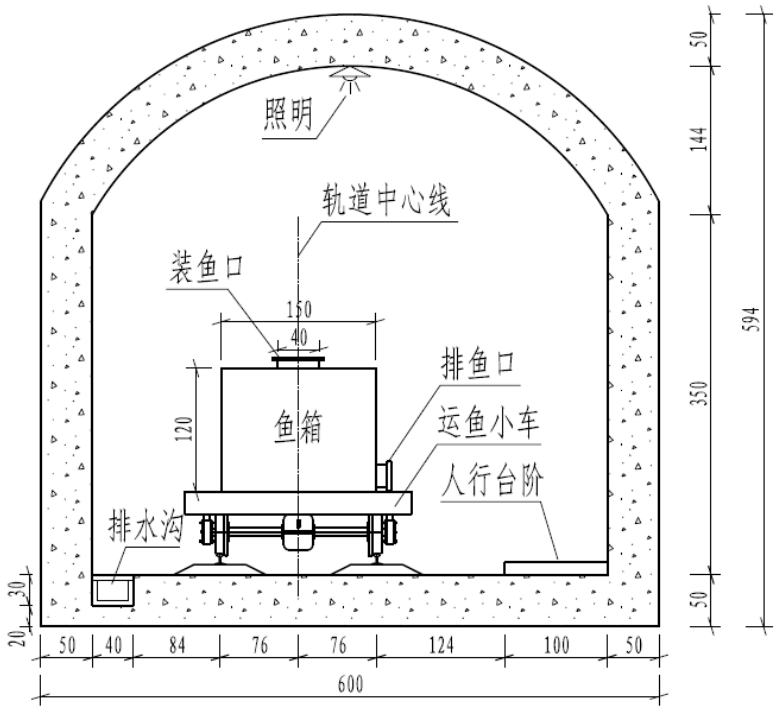



图 6.4-26 隧洞段典型断面图

3）提升竖井

提升竖井净尺寸为 4×4m，竖井底高程 2167.0m，顶高程 2308.0m，竖井高 141.0m，竖井断面结构见下图。

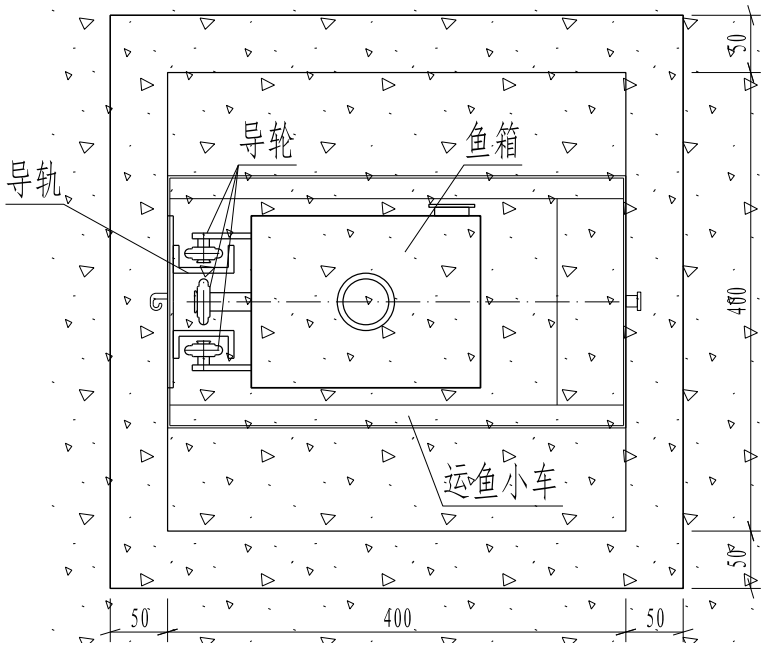



图 6.4-27 提升竖井断面图

**（4）码头转运系统设计**

码头转运系统由转运码头及装卸设备组成，转运码头布置在右岸坝上约380m处，采用直立岸壁式码头，共布置1个运鱼船泊位，水位在2294.00m~2302.00m之间变动时，运鱼船均可停泊在码头完成装卸作业。码头上设5t回转吊1台，可完成鱼箱在运鱼轨道车和运鱼船上的装卸。码头转运系统布置见下图。

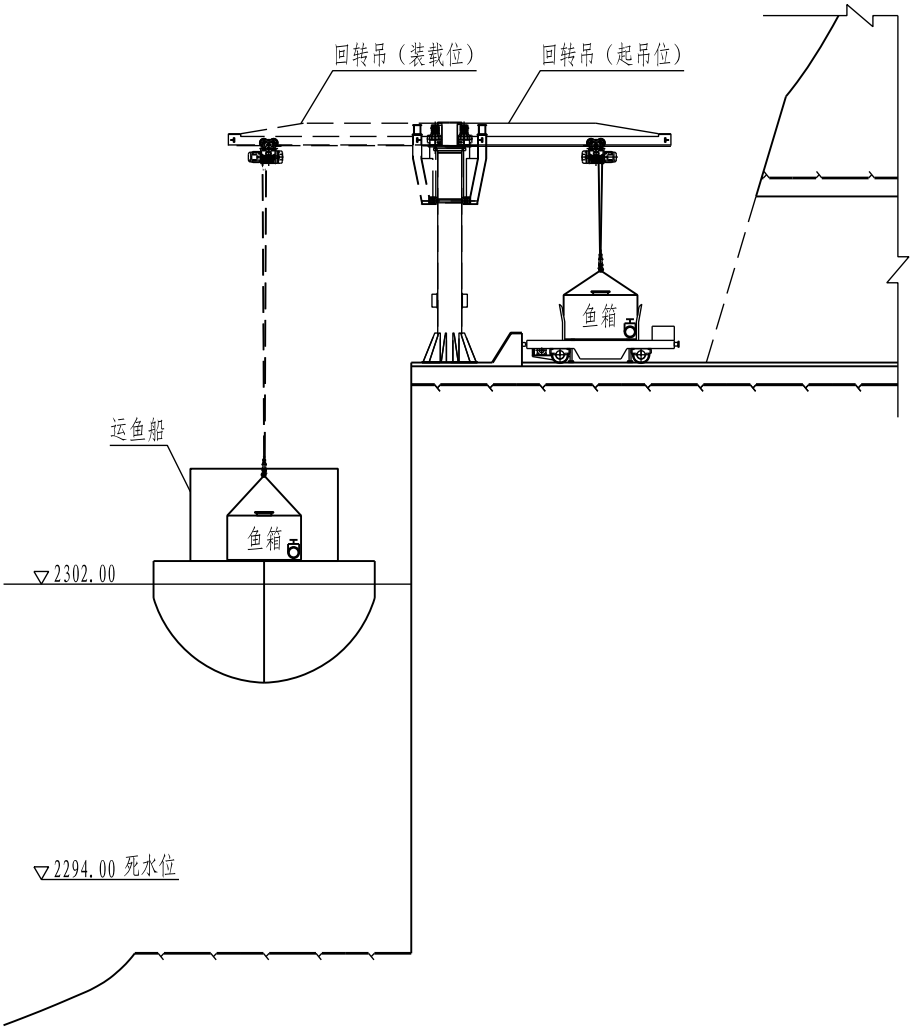



图 6.4-28 码头转运系统布置图

**（5）放流系统设计**

1）运鱼放流船

运输放流系统主要由运鱼放流船及放流辅助设施组成。一般情况下，运鱼箱在转运码头转入运鱼放流船后，船舶行驶至库区具有一定流速（平均流速＞鱼类感应流速0.19m/s）的水域将鱼类放流至江中。

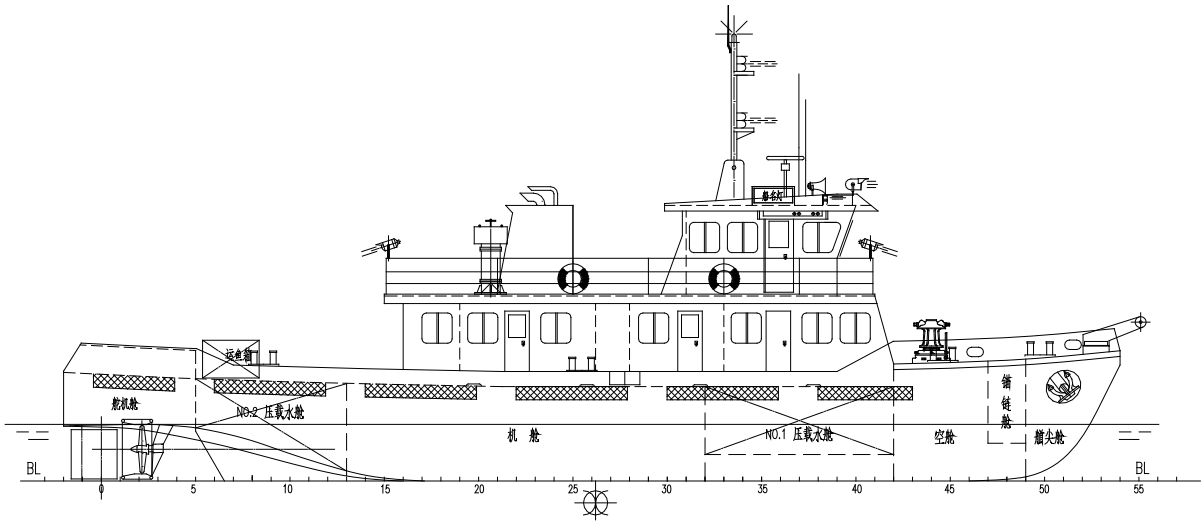



图 6.4-29　运鱼船立面图

运鱼放流船主甲板可放置 2 个集鱼箱。船上并配置有氧气瓶、循环泵、水质监控设备等鱼类维生设备，可与运鱼箱相应接口进行连接。

运鱼放流船安装有 GPS 定位跟踪系统，能够对运鱼放流船的行驶轨迹做到实时跟踪、记录和监控。

另外，为兼顾远期的鱼类下行沟通需求，运鱼船远期配备深水鱼笼及深水网箔，可进行库区集鱼所作业，搜集鱼类通过码头转入运鱼车，通过公路运输至坝下放流。

2）放流点

在主要过鱼季节 3~7 月，放流地点应结合该河段的流速情况，选择流速适宜的区段放流。旭龙水电站运行后，库区流速分布见图 6.4-30。根据前文对鱼类游泳能力测试成果，该江段鱼类感应流速约 0.19m/s，放流河段最小流速应＞0.19m/s。放流江段宜选择流速大于 0.19m/s 的干支流河段，同时注意放流时避开人类活动较多的水域，保持放流的隐蔽性。

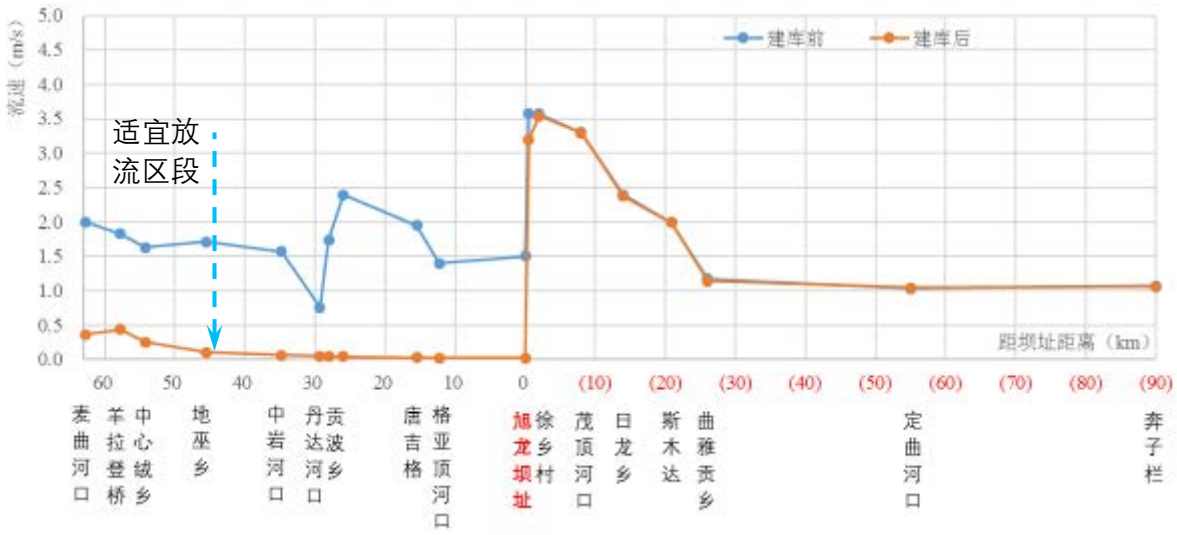



图 6.4-30　旭龙库区流速分布及适宜放流河段示意

**（5） 监测监控系统**

集控室位于分拣装载站内，升鱼机各操作环节，包括控流门、区域格栅、补水控制阀、轨道系统等均可在集控室集中操作。另外，为对集鱼和运输过程进行监测，在升鱼机各环节包括进鱼口、驱鱼格栅、集鱼通道、集鱼池、集鱼箱、装载站、轨道运输节点、卸载站等重要部位均设置视频监控设施，监控终端位于集控室。

## 6.4.4.6 运行管理

**（1） 机构设置**

旭龙水电站建成后需在电站管理机构中设置专门的集运鱼系统运行管理部门，配置专业技术人员，负责日常运行和管理，包括设备保养、观测统计、相关基础研究等，其主要职责包括：①制定过鱼设施运行方式和操作规程；②负责过鱼设施正常运行、管理和维护，做好日常观测、过鱼效果的统计和信息处理；③协调处理过鱼设施运行与工程枢纽的关系，确保过鱼季节的过鱼设施正常有效运行；④做好过鱼设施运行与鱼类特性的研究，协助做好科普宣传工作，提高生态保护意识。

**（2）运行方式**

根据前文分析，旭龙水电站升鱼机的主要过鱼季节为每年的 3 月~7 月，其间若遇电站大流量泄洪时段，升鱼机暂停运行。

在升鱼机建设完成之后，正式运行之前，需要对其进行试运行，试运行期暂定为 2~3 年，试运行应包括以下内容：设备调试、原形观测、优化和改进。

集运鱼正式运行阶段，应建立集运鱼系统运行台账，记录每天升鱼机作业情况、作业工况、设备运行情况及相关保养工作等。

升鱼机正式运行后，除以上常规监测外，还应对上溯鱼类库区行为进行标志跟踪监测，并对坝上坝下鱼类资源变化趋势进行调查和统计，以利于对升鱼机的鱼类保护效果进行客观评价。

**（3）管理维护**

升鱼机运行后，必须加强维护与保养。维护保养的内容主要有：①定期检查集鱼箱、防逃笼、集鱼池内部有无树枝等废弃物附着，防止堵塞；②定期检查集鱼箱、集鱼池内有无泥沙淤积情况，若有淤积情况应进行清淤处理；③定期检查和维护集鱼系统、提升系统、分拣系统、装载系统、运鱼车、运鱼箱、运输放流船等各种机械及电气设备，保证随时可用；④设置专员，严禁在集鱼设施附近及放流区域附近捕鱼。

## 6.4.5 鱼类增殖放流

金沙江上游规划环评阶段，根据整个金沙江上游鱼类资源分布特点，对鱼类增殖放流方案进行了规划布局。方案拟在规划河段的洛须、波罗和巴塘段修建 3 个鱼类人工增殖放流站，各河段增殖放流站预选了不同放流对象，计划开展保育、放流、交换、生产等工作。其中，巴塘增殖放流站主要服务于巴塘以下梯级，维持巴塘保留段鱼类种群数量，同时兼顾巴塘以下河段鱼类增殖保护。巴塘、苏洼龙水电站同属华电金沙江上游水电开发有限公司，目前两个梯级环评报告书均已获批，苏洼龙水电站已开工建设。目前，苏洼龙鱼类增殖放流站是按苏洼龙、巴塘增殖放流需求建设的，鱼苗生产规模按照苏哇龙 50 万尾、巴塘 15 万尾设计，增殖放流站仅为旭龙水电站增殖放流站建设预留了扩建用地。根据金沙江上游水电规划环评相关要求以及旭龙水电站可研进度等情况，从强化管理的角度出发，推荐旭龙水电站单独建设鱼类增殖放流站。

### 6.4.5.1 增殖放流对象

增殖放流种类的确定，需要坚持统筹兼顾、突出重点的原则，在已确定的保

护对象中，依据保护鱼类资源状况、生物学特性、生态环境变化趋势、技术经济可行性等方面进行综合分析，远近结合，合理优化。

据调研，金沙江鱼类的人工驯养、繁殖的研究与实践已有初步成效，本江段主要保护对象中的短须裂腹鱼、四川裂腹鱼等裂腹鱼类人工繁殖已获成功，硬刺松潘裸鲤等繁殖实验也有相关报道，对本河段保护对象中的长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等的驯养繁殖都有可借鉴的驯养繁殖经验，成功的把握性比较大，可以作为重点优先增殖放流种类。

因此，将短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及硬刺松潘裸鲤等特有珍稀种类作为近期重点放流种类。鮡科鱼类中目前除雅鲁藏布江中上游分布的黑斑原鮡举行过人工繁殖试验外，可供借鉴的技术和经验不多，黄石爬鮡野外资源很少，人工驯养难度很大，需要首先开展人工驯养研究，将黄石爬鮡作为中长期考虑对象。鲈鲤为凶猛性鱼类，且其本身在金沙江上游江段分布极少，不作为放流对象。

### 6.4.5.2 放流标准

放流的幼鱼必须是由金沙江野生亲本人工繁殖的子一代。放流苗种必须是无伤残和病害、体格健壮。

### 6.4.5.3 放流数量和规格

**（1）放流数量**

增殖放流数量的多少一般与增殖放流的目标，放流水体自然环境、水文气候、理化性质、饵料生物资源、鱼类资源现状和种群结构特点以及放流对象生物学特性、规格大小与质量、放流频次和时间等相关联，水利水电工程建设后实施的增殖放流保护措施，属补偿性放流，因此增殖放流数量的确定还与工程建设和运行对鱼类资源的影响范围和程度紧密联系。根据调查江段渔业资源状况及建设运行后水域面积，初步确定年放流苗种 50 万尾。

**（2）放流规格**

在增殖放流实际操作中，规格的确定宜根据苗种生长、苗种来源、水域生态环境状况以及凶猛性鱼类资源等灵活掌握。一般放流苗种规格以当年可培育成的大小为准，不宜盲目追求大规格而越冬后放流，特别是本江段的裂腹鱼，为个体

不大的冷水性鱼类，生长缓慢，培育成大规格时间会比较长。因此，结合苗种生产单位的实际，裂腹鱼放流规格以 4~6cm 的夏花鱼种为主，部分可培育至年底，规格达到 10~15cm 左右后再放流。

表 6.4-29　　旭龙水电站放流苗种数量和规格　　单位：万尾

| 种类 | 4-6cm | 10-15cm |
|---|---|---|
| 短须裂腹鱼 | 13 | 10 |
| 长丝裂腹鱼 | 7 | 4 |
| 四川裂腹鱼 | 7 | 4 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 1.5 | 1 |
| 软刺松潘裸鲤 | 1.5 | 1 |
| 合计 | 30 | 20 |

### 6.4.5.4 放流地点与放流周期

**（1）放流地点、时间**

1）放流前过渡培育

鱼类在运输、放流过程中需进行消毒处理和过渡培育。

鱼类运输过程中对鱼体的影响主要是鱼体擦伤，因此，运输到达放流地点时应进行预防鱼体发生细菌性疾病，一般采用漂白粉液消毒。

放流鱼种从人工养殖水体进入天然水体需要一定的适应期，可以采用过渡培育，以便提高放流鱼种的成活率。过渡培育选择在库湾、水深 3～5m 的水域，设置鱼种网箱或围网进行过渡培育，过渡培育时间一般为 10～15 天。

2）放流地点

放流地点应选择交通方便，水流平缓，水域较开阔的库湾或河道回水湾，饵料生物相对丰富的水域。坝上可在旭龙水库库尾干流河段及库区麦曲、丹达曲等主要支流河口投放；坝下可在奔子栏至冈曲汇口宽谷河段投放，如定曲河、奔子栏水文站附近。

3）放流时间

放流的具体实施时间依据渔业生产安排，一般在每年的 3～4 月（2 龄鱼种）和 7～9 月（1 龄鱼种）进行放流。具体选择天气晴朗，气温相对较低的早上 9 点至 11 点放流为宜。

**（2）放流周期**

根据生物资源损害赔偿和补偿年限确定的原则，占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3~20 年的，按实际占用

年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿。本工程鱼类放流周期暂按 20 年考虑，20 年以后根据鱼类资源的恢复情况决定继续或终止放流。

### 6.4.5.5 标志和遗传档案的建立

为了使人工增殖放流达到预期效果，必须进行放流效果的评价，即所有物种的人工增殖放流必须进行部分或全部标志或标记。

### 6.4.5.6 增殖放流站等别

根据《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》（NB/T35037-2014），鱼类增殖放流站工程等别根据其放流规模、保护鱼种等级、工程任务划分为三等，等别按下表确定。旭龙水电站鱼类增殖放流站规模为 50 万尾/年，放流对象中长丝裂腹鱼为四川省级重点保护鱼类，经综合考虑，该增殖放流站的工程等别为二级。

**表 6.4-30　　鱼类增殖放流站工程等别划分指标**

| 工程等别 | 分类指标 | | | 对应水电工程等别 |
|---|---|---|---|---|
| | 鱼类增殖放流规模（万尾/年） | 鱼类保护等级 | 工程任务 | |
| 一 | ≥200 | 国家一级 | 繁育、放流、科研 | 三 |
| 二 | ≥50、＜200 | 省级 | 繁育、放流 | 四 |
| 三 | ＜50 | 其他濒危保护鱼类 | 暂养、放流 | 五 |

### 6.4.5.7 增殖放流站选址

**（1）选址原则**

1）满足鱼类增殖放流站选址要求

根据鱼类增殖站工艺流程以及建设要求，鱼类增殖站选址应满足鱼类增殖站占地面积要求、水源条件较好（水质清洁、水源充足、给水和排水方便）、交通和用电方便、地质条件良好。

2）避免产生新的环境保护问题，做到选址环境合理

鱼类增殖站作为一项环境保护工程，工程建设过程中应避免产生新的环境保护问题。在工程选址阶段，应充分考虑工程建设对区域环境影响，做到选址环境合理。

**（2）站址选址确定**

根据选址原则，鱼类增殖站站址位置选择主要从建设征地难易程度、施工用地面积、工程技术条件、水源条件、工程投资、运行管理和环境影响等方面进行比选。鱼类人工增殖放流站选址设在位于茂顶村的建设管理营地内，取水方便，

交通便利。鱼类增殖放流站与业主营地布置在一起，形成一个完整的园区。建设催产孵化车间 1 栋、亲鱼培育车间 1 栋、鱼苗培育车间 1 栋、鱼种培育车间 1 栋以及其它相关配套等设施。

### 6.4.5.8 增殖放流站设计

**（1）生产工艺流程**

鱼类增殖放流站技术工作流程主要为：亲鱼收集购置、亲鱼驯养培育、人工催产和授精、人工孵化、苗种培育、放流、放流效果监测、调整生产规模和方式，详见图 6.4-31。

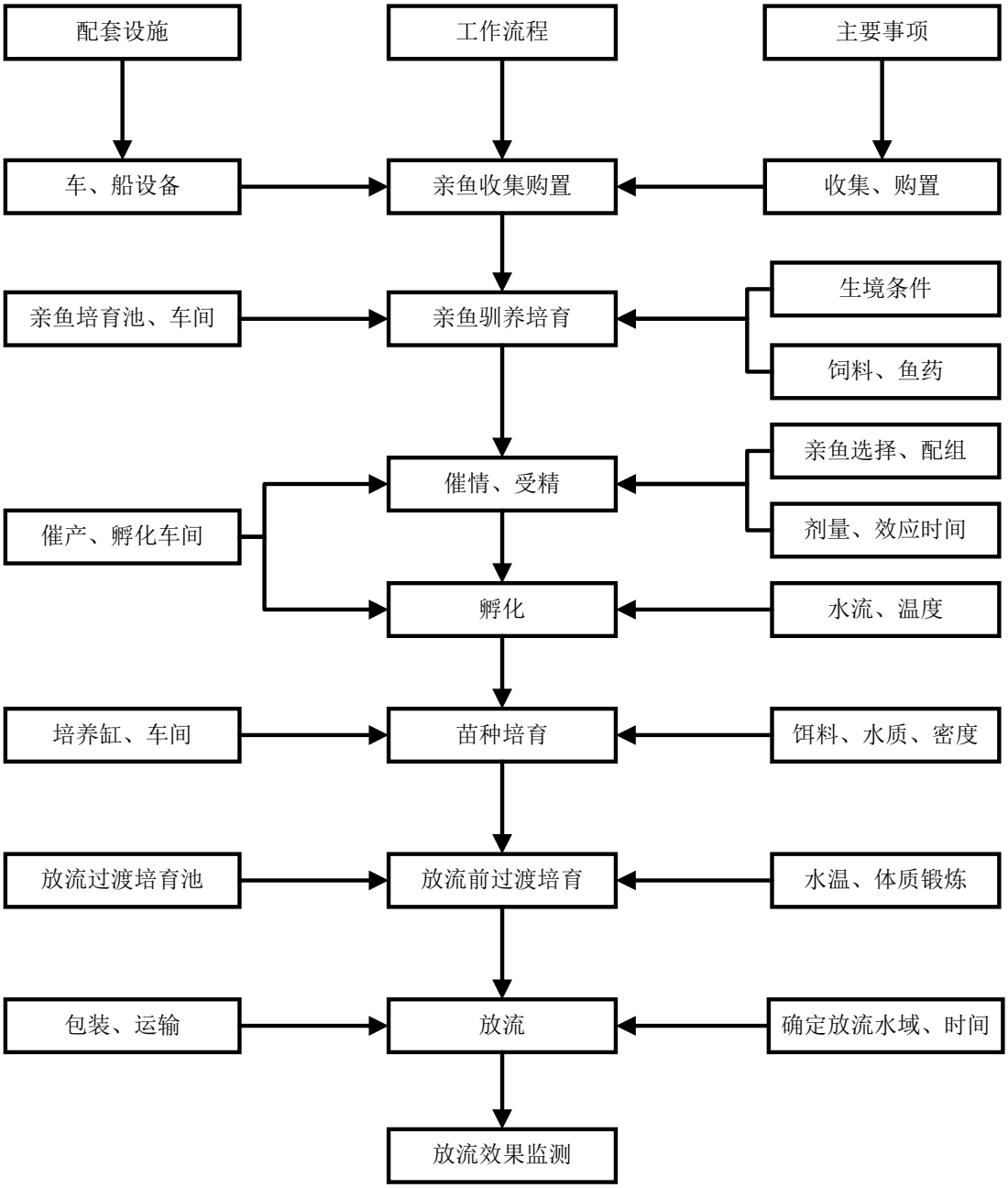



图 6.4-31 鱼类增殖放流生产工艺流程图

**（2）养殖模式**

本工程增殖放流对象主要为急流冷水性鱼类，因此静水养殖模式不适用。工程河段地表水执行II类水质标准，禁止新设排污口，区域冬季气候较为寒冷，因此，本工程从控制生产弃水产生量，适应严寒地区气候等方面考虑，选用循环水养殖模式。本鱼类增殖放流站拟在室外修建蓄水沉淀池，养殖用水由室外蓄水沉淀池直接供给。

**（3）催产率、受精率、孵化率、幼鱼成活率**

影响鱼类催产率的因素主要包括鱼类的种类、亲鱼的成熟度、催产时水温等

环境条件、催产方式、催产药物的种类和剂量等；影响鱼类受精率的因素主要包括雌雄亲鱼的比例、卵细胞的发育、精子的活力、水温等；影响鱼类孵化率的因素主要是水温、水体溶氧等环境条件；影响幼鱼培育成活率的主要因素包括水温、水体溶氧、食性转化期的开口饵料及驯食、养殖密度、病害防治等。本设计中的各参数依据相关的文献资料报道或借鉴相近种属的鱼类资料确定。根据鱼类繁育生物学特性，鱼类人工繁育初期一般催产率和受精率较低；孵化率和出膜率主要依赖管理，管理得当可以获得理想效果；苗种培育比较理想的成活率 70～80％。为此，本设计暂时设定各种鱼类的催产率 60％、受精率 70％；孵化率 85％、出苗率 80％；幼鱼成活率 42.19％(指由鱼苗培育到放流规格幼鱼三个阶段总成活率，每个阶段成活率 75%)。

**（4）亲鱼数量**

鱼类的种类不同，其平均怀卵量、平均产卵量也不同，而且产卵量受亲鱼成熟度和外界环境等条件的影响。据参考文献，本设计中采用的每尾亲鱼个体重和雌性亲鱼的平均产卵量见下表。根据近期增殖放流的数量、鱼类的平均产卵量、催产率、受精率、孵化率和幼鱼成活率，推算出达到放流规模所需要的各种成熟雌性亲鱼数量，然后将尾数取整数。自然产卵和受精雌雄亲鱼的性比为 1:1.5，如采用人工授精方法，雌雄亲鱼的性比可以 1—3：1，自然水域鱼类分布的性比一般为 1：1。本方案设计采用 1：1 的性比，推算所需亲鱼数量见下表，培育亲鱼数量为 3064 尾，需培育亲鱼总重量为 867.31kg。

亲鱼在一周年培育过程中有一定的死亡，人工催产、人工授精操作对亲鱼有一定的损伤而造成少量死亡，亲鱼繁殖一定年限后需更新。为此，每年需有一定亲鱼补充群体，本设计按亲鱼重量数量的 30％配备后备亲鱼。共需亲鱼 1127.50kg。

**表 6.4-31　　各种鱼类的绝对怀卵量、产卵量与所需亲鱼的数量**

| 放流鱼类 | 需生产受精卵量（万粒） | 受精率 | 产卵量（万粒） | 催产率 | 雌性亲鱼（尾） | 雄性亲鱼（尾） | 个体重（kg） | 雌性亲鱼重（kg） | 雄性亲鱼重（kg） | 小计（kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 短须裂腹鱼 | 74.07 | 0.70 | 1.00 | 0.60 | 176 | 176 | 1.00 | 176.37 | 176.37 | 352.73 |
| 四川裂腹鱼 | 34.86 | 0.70 | 1.00 | 0.60 | 83 | 83 | 1.00 | 83.00 | 83.00 | 165.99 |

| 放流鱼类 | 需生产受精卵量（万粒） | 受精率 | 产卵量（万粒） | 催产率 | 雌性亲鱼（尾） | 雄性亲鱼（尾） | 个体重（kg） | 雌性亲鱼重（kg） | 雄性亲鱼重（kg） | 小计（kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 长丝裂腹鱼 | 34.86 | 0.70 | 0.50 | 0.60 | 166 | 166 | 0.80 | 132.79 | 132.79 | 265.59 |
| 软刺裸裂尻鱼 | 8.71 | 0.70 | 0.05 | 0.60 | 415 | 415 | 0.05 | 20.75 | 20.75 | 41.50 |
| 软刺松潘裸鲤 | 8.71 | 0.70 | 0.03 | 0.60 | 692 | 692 | 0.03 | 20.75 | 20.75 | 41.50 |
| 合计 | 161.22 | | | | 1532 | 1532 | | 433.65 | 433.65 | 867.31 |

**（5）主要建构筑物及设施**

根据生产需求，本鱼类增殖放流站需建设蓄水池、催产孵化车间、亲鱼培育车间、鱼苗培育车间、鱼种培育车间、展示实验室和办公综合楼等。蓄水池建在高程 2195m 区域，催产孵化车间和鱼苗培育车间布置在高程 2185m 区域，两个养殖车间共用一套水处理系统，亲鱼养殖车间和苗种培育车间布置在综合楼南侧，相关建构筑物和养殖设施数量、规格详见下表。

站内交通主干道路宽 6m，环形通道宽 3m，各建筑物之间通道宽 3m。路两侧绿化带宽均为 1.5m，场地绿化率为 26%。

表 6.4-32　鱼类增殖放流站主要建构筑物、设施规格

| 鱼池名称 | 养殖水体规格 | | | 个数 | 面积（$m^2$） | 布置地点 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 长/半径（m） | 宽/半径（m） | 深（m） | | | |
| 催产池 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 2 | | 催产孵化车间 |
| 玻璃钢孵化槽 | 2 | 0.8 | 0.6 | 2 | 3.2 | 催产孵化车间 |
| 尤先科孵化槽 | 3.26 | 0.85 | 0.89 | 3 | 8.31 | 催产孵化车间 |
| 圆锥形孵化桶 | 0.43 | 0.43 | 1.1 | 6 | 3.48 | 催产孵化车间 |
| 圆形开口苗培养缸 | 0.5 | 0.5 | 1 | 24 | 18.84 | 催产孵化车间 |
| 圆形鱼苗培养缸 | 1 | 1 | 1 | 30 | 94.2 | 鱼苗培育车间 |
| 圆形鱼种培育缸 | 1.5 | 1.5 | 0.8 | 24 | 141.3 | 鱼种培育车间 |
| 亲鱼培育池 | 2 | 2 | 1.5 | 12 | 150.72 | 亲鱼培育车间 |
| 催产孵化车间 | 30 | 15 | | 1 | 450 | 循环水系统 1 |
| 鱼苗培育车间 | 30 | 14 | | 1 | 420 | |
| 鱼种培育车间 | 36 | 15 | | 1 | 540 | 循环水系统 2 |
| 亲鱼培育车间 | 42 | 14 | | 1 | 588 | 循环水系统 3 |
| 蓄水池 | 30 | 20 | 3 | 1 | 600 | 室外 |
| 综合楼 | 30 | 20 | | 1 | 600 | |

表 6.4-33　　鱼类增殖放流站需水量

| 序号 | 项目名称 | 养殖水体规格 | | | 个数 | 水体（$m^3$） | 使用时间（天） | 日需水量（$m^3/d$） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 长/半径（m） | 宽/半径（m） | 水深（m） | | | | |
| 1 | 玻璃钢孵化槽 | 2 | 0.8 | 0.4 | 3 | 1.92 | 40 | 3 套室内循环水处理系统日补水为用水水体的10%计 |
| 2 | 尤先科孵化槽 | 3.26 | 0.85 | 0.6 | 2 | 3.33 | 40 | |
| 3 | 孵化桶 | 0.43 | 0.43 | 1.15 | 6 | 0.43 | 30 | |
| 4 | 圆形开口苗培养缸 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 24 | 9.42 | 180 | |
| 5 | 圆形鱼苗培养缸 | 1 | 1 | 0.7 | 30 | 65.94 | 180 | |
| 6 | 鱼种培育缸 | 1.5 | 1.5 | 0.8 | 24 | 135.65 | 365 | |
| 7 | 圆形亲鱼培育池 | 2 | 2 | 1.5 | 12 | 226.08 | 365 | |
| | 小计 | 循环使用，日补充 10%的水量 | | | | 442.76 | 3 套系统内储水箱水体约 600m3 | 104 |
| 8 | 圆形催产池 | 1.5 | 1.5 | 0.8 | 2 | 11.30 | 40 | |
| | 小计 | | | | | 11.30 | | 2.26 |
| | 平均用水量（$m^3/s$） | 按每个鱼池一天 24h 不间断的流水 | | | | | | 0.00121 |
| | 高峰用水量（$m^3/s$） | 时变化系数取 1.5 | | | | | | 0.00181 |
| 9 | 蓄水池 | 20 | 15 | 2.5 | 1 | 750.00 | 365 | |

**（6）实验办公设备购置**

根据增殖放流工作的需求，需要购置的办公设备包括：办公桌椅 5 套、计算机 5 台、打印机 1 台、传真机 1 台、数码相机 1 台、摄像机 1 台、柜式空调 3 台、挂式空调 2 台、越野车 1 辆、运输车 1 辆、运输船 1 辆，实验设备包括：多参数水质分析仪 1 台、多功能水质分析仪 1 台、显微镜 1 台、解剖镜 2 台、电子天平 2 个、冰柜 1 台。

**（7）总平面布置**

鱼类增殖站布置在旭龙坝址下游右岸缓坡地，建设管理营地内，地处金沙江边，站址不受水库淹没及洪水影响，植被特征为干热河谷灌草丛。站址紧邻公路，交通便利，管理方便。站址可利用水源为金沙江水，全年水量、水质可满足鱼类增殖站用水要求。

鱼类增殖放流站主要分为办公生活区和生产区。其中，办公生活区与建设管理营地统筹建设；生产区由亲鱼培育车间、鱼苗培育车间、催产孵化车间、鱼种培育车间及蓄水池（带棚）组成。鱼类增殖放流站总占地面积约 1.5$hm^2$。鱼类增

殖站总平面布置方案见下图。



图 6.4-32　　鱼类增殖站总平面布置图

**（8）建筑物设计**

1）蓄水池

根据生产需要建设 1 个蓄水沉淀池，其功能为沉淀和蓄水。为保证增殖放流站的补充用水，同时汛期来水 SS 浓度较大，可经蓄水池沉淀后供给各养殖设施，规格为：长 20m、宽 15m、深 3m，蓄水深 2.5m。蓄水池位于高程 2195 m 地块，蓄水池建于地面上，进行防冻处理，防止结冰。

进出水管道布设：进水管道从蓄水池顶部分别进水，高程为 2195m 加蓄水池总高度；蓄水池出水管道离池底 0.3m，2 个蓄水池出水管道用三通相连后对各养殖设施供水，各蓄水池出水管分别用蝶阀控制；蓄水池底设置排沙孔一个。

2）亲鱼培育车间

①亲鱼对养殖水体要求

亲鱼培育是鱼类繁殖的关键，性腺发育良好的雌雄亲鱼是鱼类人工繁殖的物质基础。亲鱼培育要求溶氧充足，水体环境稳定，采用全循环水及水温调控系统。

为满足亲鱼性腺发育的要求，通常采取人工模拟江河水流。为此，亲鱼培育池设计成圆形池，进水管道口在亲鱼培养缸水面下 30cm，进水口水流沿培养缸

壁切线进入。

亲鱼对水体条件要求较高，常规方式培育放养密度一般为 2250kg/hm$^2$，亲鱼培育放养密度主要由水体溶氧决定，如果采用循环水培育方式，则可以增加放养密度。圆形亲鱼培养缸日循环 10 次，以保证水质和水温的稳定。

②亲鱼培育缸

圆形亲鱼培养缸结构：玻璃钢，直径 4m，池深 1.5m，有效水深 1.2m，单池水面面积 12.56m$^2$，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。建设圆形亲鱼培养缸 12 个，总面积为 150.72m$^2$。

进出水管道布设：进水口设在培养缸顶部，采用管道阀门控制流速，进水口接入水面下 30cm，进水管管径 DN75。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径 φ90mm，排水口上方设置拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育缸外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后接排污管，排污管回合到主排污管直接接中水处理处。

③培育车间

亲鱼培育车间 1 个，车间规格为 42m×14m，单独使用一套循环水处理系统，养殖水体日循环 10 次。考虑当地气候变化情况，采用热姆热泵控制水温，防止结冰，车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4-6 扇窗户为宜。

3）催产孵化车间

催产孵化及开口苗培育车间 1 栋，长 30 m，宽 15m，面积 450m$^2$。布设高程 2185 m。车间内设催产池 2 个，配备 2 个孵化槽、3 个改进型尤先科孵化器、6 个孵化桶、24 个开口苗培育缸和循环水处理系统。车间内催产池所需用水由蓄水池直接供应；孵化设施和开口苗培养缸用水采用循环水系统供水。催产孵化车间和鱼苗培育车间共用一套循环水处理系统，配备热姆热泵温控设备。车间内窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，该车间设置 4 扇窗户为宜。

①催产池

催产池是性腺发育成熟的亲鱼注射催情激素后等待产卵的场所。亲鱼经激素催情后需要一定的水流刺激，圆形催产池进水沿池壁冲入，池中心排水，池中水

体可以沿池壁转动。中心排水口要求水能排出、鱼不能逃逸。

车间大门进口处沿中间道路两侧各设 1 个催产池，为直径各 3m 的圆形钢筋混凝土水泥池，池壁高为 1.3m，其中地面 1.3m。进水管用球阀控制，以控制流速，进水口水平切入，进水管采用 DN100 的 UPVC 管。催产池池底均匀向中心倾斜，一般中心较四周低 10～15cm。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管采用 DN200 的 UPVC 管。排水口上方设置内 R200mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅（拦鱼栅外径 R200mm），凹槽深 50mm。排水口在池壁外接控制球阀，球阀控制排水大小。

②玻璃钢孵化槽

玻璃钢孵化槽孵化未脱粘的粘性受精卵。玻璃钢孵化槽共设置 3 个，净尺寸为 2.0m×0.8m×0.6m，有效水深 0.4m，用于粘性卵孵化。每个孵化槽设置 6 个 0.48$m^2$ 孵化粘卵网片，每个网片可粘附孵化 1 万粒。

进出水管道布设：进水管设在孵化槽一端，进水用 DN20 的 PVC 管和球阀控制。出水在一端的底部接 DN32 的 PVC 管，球阀控制，球阀前 2cm 设置 1 个三通，上接 1 根 DN32 的 PVC 溢水管，溢水管高控制孵化槽水位，控制水位 0.4m；排水孔前 100mm 两边设置拦鱼苗槽，用于插拦鱼苗栅。

③尤先科孵化器

尤先科孵化器孵化沉性受精卵和脱粘后的粘性受精卵。将装有受精卵的孵化筛设置在孵化水槽中，水流从上往下喷淋，孵化水槽水体定时由划水板划动使脱粘的受精卵在孵化过程中不粘结、沉性受精卵不缺氧。每个尤先科孵化器设置 4 个 0.3$m^2$ 的孵化框，每个孵化框可以放置 1 万粒受精卵，每个尤先科孵化器每个繁殖季节可孵化 40 万粒。增殖站设置尤先科孵化器共设置 2 个，净尺寸为 3.26m×0.85m×0.89m，有效水深 0.6m。主要结构组成为：孵化筛，孵化水槽，轨道式划水板，三角水斗，复位重力砣，进水花洒，支架。整个设备外接 DN20 的进水管，设备安置地面需有地漏，经地漏接 DN100 的排水管。

④孵化桶

孵化桶共设置 6 个，直径 0.86m，高 1.15m，为孵化漂流性卵设备，近期无漂流性受精卵，可作为中远期放流鱼类繁殖技术试验用。孵化密度一般取 5 万粒/$m^3$～10 万粒/$m^3$。每个孵化桶水量一般为 250kg，可放卵 2.5 万粒。配备 6 个孵化桶。

孵化桶孵化漂流性受精卵，要求孵化桶中的水体产生由下而上均匀的水流，使受精卵在孵化桶中均匀翻滚。出水处要求水能流出，而受精卵和刚孵化的鱼苗不能随着水流流出。孵化桶可用白铁皮、玻璃钢等材料制造，上面纱窗可用铜丝布、筛绢制成，规格为 46－55 目/吋。进出水：进水管为 φ20mm 的 PVC 管，从底部圆锥形顶端进水，进水量由球阀控制；出水经上部纱窗溢出。

⑤开口苗培育缸

室内鱼苗开口培育缸：苗种培育成活率的高低与开口摄食密切相关，只有适时开口摄食了饵料的鱼苗才能成活。鱼苗开口期的合理放养密度、饵料大小和密度、水质条件等直接影响鱼苗能否及时开口摄食。为了提高鱼苗培育的成活率一般采用鱼苗培养缸，培养缸为直径 1.0m 的玻璃钢圆形缸，缸深 1.0m，控制水位 0.7m。根据放流量宜设置 30 个培养缸。

进出水管道布设：进水管设在缸顶，进水管管径为 φ32mm 的 PVC 管，采用球阀控制流速。排水经培育缸中心鱼苗防逃器过滤网至底部排水管，排水管在培育缸外接三通，三通一端接水位控制溢流管，溢出的水经回水管到达循环水处理设备；另一端接球阀后接排污管，排污管回合到主排污管直接接中水处理处。回水管和排污管管径为 φ110mm 的 PVC 管。

4）鱼苗培育车间

鱼苗培育车间 1 个，规格为 30m×14m，室内设计建设直径为 2m 的圆形鱼苗培养缸 30 个。鱼与催产孵化车间合用一套水处理系统。鱼苗车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4-6 扇窗户为宜。

圆形玻璃钢培养缸：直径 2m，池深 1.0m，有效水深 0.7m，单池水面面积 3.14m$^2$，共 94.20m$^2$，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。

进出水管道布设：进水口设在培育池的上部，采用管道阀门控制流速，进水口水平接入，进水管管径 DN50。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径 φ90mm，排水口上方设置 500mm×500mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育池外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后排入集鱼池，集鱼池同鱼苗培育车间。集鱼池设置在两池相邻处，2 个圆形鱼苗培育池共用 1 个收集池，集鱼池规格为 1.2m×0.6m×0.6m，球阀后排水管需离集鱼池底 0.2m。

5）鱼种培育车间

建设鱼种培育车间 1 个，规格为 36m×15m，室内设计建设直径为 3m 的圆形鱼种培养缸 24 个。车间内供水管、回水管和排水管同鱼苗培育车间。鱼种车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4-6 扇窗户为宜。单独一套循环水处理系统，配备热姆热泵温控设备，控制养殖水温。

圆形玻璃钢培养缸：直径 3m，池深 1.0m，有效水深 0.7m，单池水面面积 3.14m$^2$，共 100.48m$^2$，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。

进出水管道布设：进水口设在培育池的上部，采用管道阀门控制流速，进水口水平接入，进水管管径 DN50。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径 φ90mm，排水口上方设置 500mm×500mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育池外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后排入集鱼池，集鱼池同鱼苗培育车间。集鱼池设置在两池相邻处，2 个圆形鱼苗培育池共用 1 个收集池，集鱼池规格为 1.2m×0.6m×0.6m，球阀后排水管需离集鱼池底 0.2m。

**（9）附属设施**

1）输变电工程

由于鱼类增殖站采用工厂化养殖，放流站用电要求较高。建议直接从厂用变压器接引电源线，选用配电屏 1 个，架设站内 380V 输电线路一回，另自备一台柴油发电机。放流站主要用电需求来自：室内循环水处理系统和照明、站区照明、展示厅实验室和办公室楼用电。

室内循环水处理系统用电需求分析：水泵 3.0KW 的 4 台（平时用 2 台）和 4KW 的 2 台（平时用 1 台）、风机 1.5KW 的 2 台（平时用 1 台）、旋转式滤布过滤器 2KW、紫外线消毒器 2.5KW、热泵型冷水机 20KW 的 2 个（平时一般不用）。小计 40KW。在生产期间，必须能保证车间内循环水处理系统的持续运行。系统运行的功率一般为 40KW，车间满负荷运转时，需满足最小峰值功率 60KW。

站区照明用电需求分析：每个车间照明 125W 的电灯 30－40 个，4 个车间照明约 30KW。

2）生活用自来水工程

站内生活用水由建设管理营地生活用水系统提供，与养殖用水系统相独立。可铺设干、支供水管道，满足生活用水的需要。

3）站区公路

铺修站内干线道路（宽 6m）、支线道路（宽 4m），路面为 0.2m 厚混凝土路面。道路两旁、房前屋后种植花木及草坪。

4）交通工具

配备双排客货两用汽车一辆，用于收集亲鱼、鱼种放流及饲料等的运输。

### 6.4.5.9 运行管理

**（1）运行机制**

鱼类增殖放流工作划分为两个部分，分别为技术攻关与生产操作。技术攻关项目可以采用项目招标方式，发包给有相当能力的单位执行；生产操作由增殖站内相关技术人员完成。

**（2）苗种生产管理**

目前放流对象中四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖技术还不成熟，可参照齐口裂腹鱼繁殖技术进行人工繁殖。但软刺裸裂尻鱼和硬刺松潘裸鲤的繁殖技术还不成功，文献资料中未见相关报道，需要开展这两种鱼类的繁殖技术研究。

1）亲鱼培育

亲鱼培育直接影响鱼类性腺的成熟度、催产率、鱼卵的受精率和孵化率以及鱼苗培育的成活率和生长速度，因此必须高度重视。

亲鱼体质应健壮、无病、无伤、无畸形。亲鱼投喂遵循：“秋季攻、春季冲，产后加强护理。”即秋季加强投喂，让亲鱼体内积累营养物质；春季（产卵前 1 个月）加强冲水，亲鱼在流水环境使体内沉积的营养物质转化为性腺物质。日投饲率在产卵期间为亲鱼体重的 1%，在产卵前 1 个月和产卵后 1 个月为亲鱼体重的 2%，其他时间为亲鱼体重的 3%，对初产亲鱼可适当加大投饲量，日投喂两次。具体根据亲鱼摄食和天气情况进行适当调整。亲鱼培养池的池水交换量控制在 4h 交换一次为宜。并及时清除残饵、粪便，保持鱼池清洁。每天早上坚持巡池，发现亲鱼在池塘不正常游动，应及时拉网检查，发现病鱼应及时治疗。

2）人工繁殖

挑选亲鱼：性成熟的雌鱼腹部膨大而柔软，生殖孔红肿外突；性成熟的雄鱼轻压腹部即有精液流出。每隔 5d～8d 进行一次成熟度鉴别，对已成熟的亲鱼应及时催产。

催产：催产激素有鱼类脑垂体（PG）、促黄体生长激素释放激素类似物（LRH-A）、鱼用绒毛膜促性腺激素（HCG）。一般雌鱼采用 2 次注射法，第一次注射总剂量的 20%，第二次 80%；雄鱼为雌鱼剂量的一半，在雌鱼注射第二次时注射。

授精：鱼类催产效应时间一般为 8～12h，具体因种类、繁殖季节有所不同，在预估计即将到效应时间前，要密切观察亲鱼活动情况，一旦发现亲鱼互相追逐，应立即捕捞亲鱼进行人工授精。采用人工挤压法采卵和挤精。操作时，一要严格避免阳光直射；二要擦干鱼体和器皿，防止水及排泄物进入受精用的器皿内。先采卵后挤精，快速搅拌均匀使精卵充分接触，然后清水冲洗 1 次～2 次，漂去破卵和污物，静置 30 min～60 min，待吸水膨胀后，经消毒放入孵化槽中孵化。

孵化：裂腹鱼卵为粘性卵，孵化时应避光，保持水流畅通，定期消毒，控制水霉菌着生，鱼卵发眼后，应及时拣出死卵。孵化时水交换量控制在 6 次/h 以上，保证溶氧充足，同时清除死卵，保持清洁卫生。鱼苗孵化出膜后应适时转移到鱼苗开口培育缸内进行培育。

3）鱼苗培育

当仔鱼肠道通畅（观察肛门前有黑色粪便）时，即开始投喂，开口饵料可以是轮虫和枝角类，使用全价配合饲料，饲料含蛋白质≥45%，开口料粒径为 0.3～0.5mm，随着鱼体的增大选择适口的饲料。每天投喂 3～4 次。池水交换量控制在每小时交换 1～2 次，及时清除残饵，保证池内清洁卫生。做好防病、治病工作。鱼苗达到 2.5～3.0cm 后应及时分级过筛，转入鱼种培育池中饲养。

4）鱼种培育

在鱼种放入鱼种培育池前 7～10 天，应对鱼种培育池带水彻底消毒。鱼种放养前 1 天，放 10 尾进行试水，确定水体毒性已消失后放鱼种。转池鱼种可能体表受伤，需对鱼种进行消毒处理，鱼种阶段饲料投喂为 3～4 次/d，具体根据水温和鱼种摄食情况灵活掌握。池水交换根据水质状况进行确定。每天坚持巡池，发现异常及时处理，做好防病、治病工作。

### 6.4.6 生态调度

截至目前，叶巴滩、拉哇、巴塘以及苏洼龙相继核准并进入实施阶段，投运后，旭龙水电站尚未建成。上述梯级投入运行后，苏洼龙以下至石鼓江段受上游

调蓄影响，年内径流过程呈现一定的坦化；受上游电站日调峰影响，苏洼龙至石鼓江段日内下泄流量有较大变幅，从而引起下游河道水位和流量等的频繁变化和波动，影响江段土著鱼类的正常生活，特别是在鱼类繁殖季节。旭龙水电站建成运行后，可有效缓解由上游梯级累积影响导致的下游水位变幅，但受制于旭龙水电站有限的调节能力，缓解幅度有限。因此，为更好的营造适宜于鱼类产卵繁殖的水文条件，在鱼类繁殖季节需要通过生态调度，模拟繁殖季节天然径流过程，达到水文过程修复，形成适合鱼类繁殖的水文过程，保证鱼类顺利完成繁殖过程。本江段鱼类繁殖主要有两个时期，即 3~4 月和 5~7 月。

3~4 月繁殖的鱼类，多为产粘沉性卵的鱼类，虽然对流水条件有一定的需求，但影响最突出是水位的频繁、大幅度涨落对受精卵孵化成活率的影响，因此，该期间的调度应结合电站调度方式，在 3~4 月鱼类繁殖期采取基荷发电方式，以尽可能稳定下游产卵场的水位，确保受精卵顺利孵化，仔幼鱼正常发育。在生态调度实施前、实施中以及实施后，加强调查监测，并开展生态调度的水生生态学效益研究，制定并不断完善调度方案。

5~7 月丰水期繁殖的鱼类，多对水文过程要求比较高，该河段天然洪峰过程对促进鱼类繁殖具有重大意义。按照苏洼龙及旭龙水电站运行调度原则，发生洪水时，当坝前水位达到正常蓄水位时，水库按来流下泄操作。因此，5~7 月当上游发生洪水时，旭龙水电站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程，以利于鱼类的繁殖。

### 6.4.7 科学研究

金沙江上游特殊的生态环境条件，表现强的生态脆弱性。该江段分布的鱼类种类不多，结构简单，生长缓慢，其资源一旦遭到破坏，恢复非常困难，且这些鱼类基础生物学的研究非常薄弱，预测工程对资源的影响非常困难。随着梯级电站的相继开发，工程开发对鱼类影响的积累效应愈来愈明显。因此，有必要及时开展相关研究，以有效保护和利用其鱼类资源。拟开展以下 5 个方面的研究工作：

**（1）旭龙库区特有鱼类驯养繁殖技术研究**

针对旭龙库区江段分布的珍稀特有鱼类，开展野生亲鱼采集与驯养技术、人工繁育技术、苗种培育技术、放流技术、病害防治技术等方面的研究。

**（2）定曲河栖息地保护效果跟踪监测与评估研究**

通过对定曲河鱼类群落组成变化、关键鱼类物种的饵料生物状况、鱼类“三场”恢复状况和关键鱼类物种的生活史特征变化监测，评估鱼类栖息地保护效果，并提出栖息地保护优化调整建议。

**（3）旭龙水电站鱼类增殖放流效果评价**

开展旭龙水电站库区及坝下江段鱼类群落结构、浮游生物、底栖动物调查，分析区域鱼类群落结构稳定性，评估水体的初级生产力和次级生产力，监测增殖放流个体对自然种群的遗传多样性影响，及时调整放流方案。

**（4）旭龙水电站升鱼机系统优化研究**

在旭龙水电站升鱼机运行期间开展跟踪监测，对收集、转运和放流鱼类的种类、规格、数量和生物学指标进行调查，评价升鱼机的运行效果。结合旭龙水电站河段和过鱼对象特点，提出耦合集鱼技术的优化方法以提高集鱼效果。

**（5）定曲河栖息地保护与修复补偿体制及机制创新模式研究**

研究提出高质量绿色发展的干流水电开发情境下支流保护修复补偿的新理论框架、新补偿模式。提出定曲河生态补偿的基本原则和标准、生态补偿的构成要素；确定生态修复目标及征收对象、河流生态破坏特征和补偿内容、判别地区社会经济发展水平和恢复成本差异。建立定曲河保护与修复的生态补偿标准，包括生态损益补偿标准、生态保护和修复成本补偿标准等。分析定曲河生态补偿融资渠道。针对混合所有制等可能的多元化补偿模式，研究生态补偿多元融资渠道的基础和可行性，构建定曲河生态补偿资金多元融资渠道效果模型，量化分析多渠道生态补偿路径的效果，提出响应高质量绿色发展的定曲河生态补偿的路径与方式。

### 6.4.8 渔政管理

旭龙水电站地处高山峡谷地区，加之当地居民不食鱼类的宗教习俗，鱼类资源保护较好；但随着旭龙水电站的建设和运行，库区交通得到大力改善，外来人口增多，水产品需求增加，使该江段渔业捕捞压力增大。特别是在旭龙水库库尾的干支流河段，是水库蓄水后工程江段鱼类残存的重要栖息水域，也是鱼类增殖放流、水生生物监测与调查的重要水域，因此需强化渔政管理，有效保护鱼类资源。

**（1）加强渔政队伍建设**

建议当地渔政部门建立健全渔政管理机构，加强渔政队伍及其能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传，严格执法，禁止禁渔区内任何渔业生产活动，特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为。

**（2）严格执行禁渔期和禁渔区制度**

结合长江禁渔及四川、云南两省的禁渔要求，制定禁渔期和禁渔区，在鱼类集群产卵容易捕捞的时段和河段禁止捕鱼，以保护鱼类能够顺利完成生命过程。将鱼类重要栖息地划定为禁渔区，禁渔区内禁止任何形式的渔业活动；将鱼类易捕和重要时段设为禁渔期，禁渔期间整个水域均为禁渔区，特别是鱼类比较集中的河段。

**（3）加强渔业管理**

限制渔具、渔法、渔具类型及其规格，保证幼鱼不被捕起。某些渔法，如电鱼、炸鱼、毒鱼等，对鱼类资源的破坏是毁灭性的，必须严格禁止，以保护渔业资源的持续利用。同时应加强水污染防治工作，杜绝水污染事件的发生，保证鱼类良好的生活环境。

**（4）控制生物入侵**

旭龙水库形成后，水体规模明显增加，部分适应流水环境的土著物种退出库区河段，生态位出现较大空缺，此时如果适应静水环境的外来鱼类进入库区，即存在生物入侵风险。入侵物种大量繁殖，将进一步占用土著物种的生态空间，导致土著物种种群规模进一步减小，对本地生物多样性产生危害。应严格管理，宣传普及防范外来物种知识，提高防范意识。

## 6.5土壤环境保护措施

### 6.5.1 源头控制措施

（1）施工期及运行期各类污废水、固体废物应按本报告书制定的水环境保护措施和固体废物处置措施进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

（2）结合工程区场地平整表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用

于后期植被恢复。

（3）加强施工机械设备的维护保养，减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

（4）运行期地方政府应需加强库周环境管理，确保水库库区良好的水质。

（5）采用防渗帷幕对坝基及坝肩进行防渗处理，减小坝址处的水量渗漏。

### 6.5.2 过程防控措施

加强运行期库区周边土壤含盐量和地下水水位的监测，若出现因本项目建设造成的土壤盐化现象(SSC≥1)时，应采取排水排盐或降低地下水位的措施。对于排水排盐措施，可通过设置暗管进行排水排盐，配合种植盐分吸收植物改良土壤；对于降低地下水位措施，可适当抽取地下水降低地下水水位。

## 6.6施工期环境保护措施

### 6.6.1 水环境保护

#### 6.6.1.1 砂石料加工系统废水处理

**（1）废水来源、特性及设计目标**

旭龙水电站工程施工期设置了 2 处砂石料加工系统，洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统，废水量分别为 680m³/h 和 368m³/h。砂石加工系统废水中的主要污染物为 SS，浓度约为 100000mg/L。

工程涉及金沙江河段水功能区划水质目标为Ⅱ类，禁止排放污废水，因此，洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统废水经处理后需全部回用，实现零排放。由于砂石料冲洗用水本身并无特殊要求，而废水最终将回用于系统本身，根据砂石料系统工艺分析，砂石洗选机的冲洗废水中除 SS 外基本不产生其他污染物，因此只考虑 SS 一项指标。根据《水电工程砂石加工系统设计规范》(DL/T5098-2010)中有关砂石加工系统回用水水质要求，确定本设计的处理目标为出水 SS 浓度≤100mg/L。

**（2）处理工艺及设计参数**

1）处理工艺比选

根据砂石料系统加工工艺的特点，本次针对砂石料废水设计时，重点考虑如何经济、高效地处置筛分过程中产生的大量含泥废水。

从节约占地、投资费用、运行费用和出水稳定等角度考虑，报告书拟定了 2 个方案进行工艺及其技术经济比较。

方案一：采用机械絮凝+辐流沉淀法，处理工艺流程见图 6.6-1。高悬浮物废水通过机械预处理装置预处理后，进入絮凝反应池的进行絮凝反应，含有大量悬浮物的废水自辐流式沉淀池四周进水管进入池内，沿半径方向向池中缓缓流动。悬浮物在流动中沉降，并沿池底坡度进入污泥斗，澄清水从池周溢流出水渠。辐流式沉淀池多采用回转式刮泥机收集污泥，刮泥机刮板将沉至池底的污泥刮至池中心的污泥斗，再借重力或污泥泵排走。该处理方案的特点是工艺流程简单，基建技术要求不高，运行操作简单，运行费用少，但为达到较好的处理效果，沉淀池的规模需很大，此外系统的沉砂量较大，泥渣处理的压力较大，将给生产带来一定风险。幅流式沉淀池是一种成熟的污水处理设备，工艺技术成熟，沉淀效果好，但占地面积较大。排泥多为间歇排泥，运行管理较简单，但是机械排泥设备复杂，对施工质量要求较高。

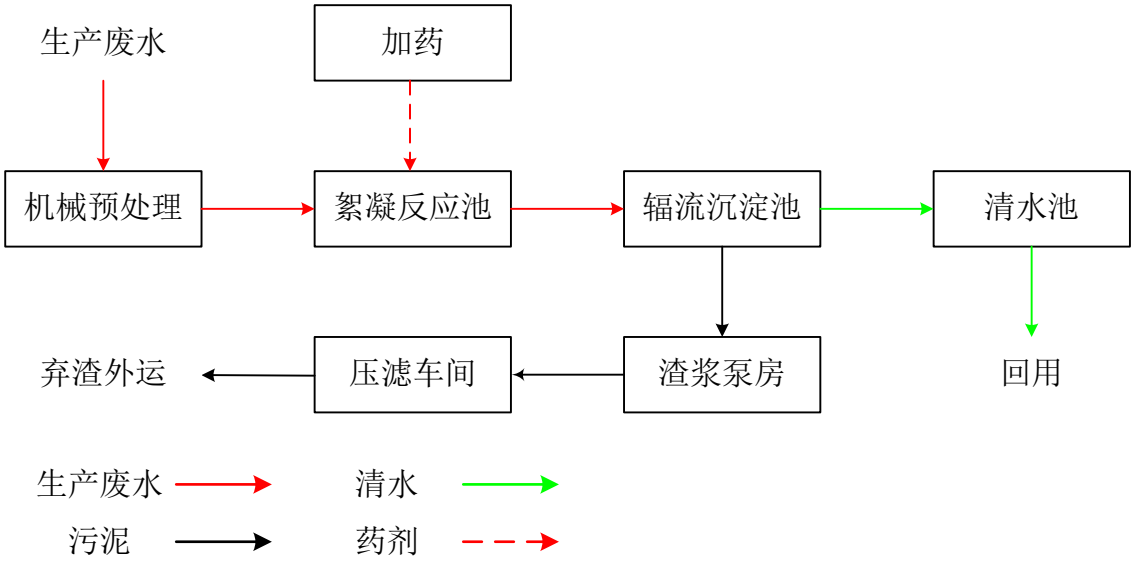



**图 6.6-1　机械絮凝+辐流沉淀法**

方案二：DH 高效（旋流）污水净化器

相对以往砂石料冲洗废水处理系统，DH 高效（旋流）污水净化器处理设备具有如下优点：

①处理能力强，效率高，工艺流程短，运行稳定可靠。在废水处理中该净化器处理负荷 SS≤60000mg/L，减少了设备投资和占地面积，简化了工艺流程，操作维护更加简单可靠。

②占地面积小。处理量为 200m³/h 的单台净化器，直径仅为 3.8m；200m³/h 废水处理系统整体布置不超过 400m²，紧凑布置可安排在 300m²以内，占地面积只有传统工艺的 1/6-1/8。

③处理后的出水水质好，SS 浓度为 20～70mg/L，达到了国家一级排放标准，并可回用。

另外，该系统还具有废水处理系统自动化程度高、维护简单、定时排污并且排污少等优点。

从 DH 高效（旋流）污水净化器处理设备的上述优点可以看出，使用该系统，不论是地形条件，还是处理水量及水质方面完全可以满足本工程的砂石料冲洗废水处理的要求。处理达标的废水全部用于生产回用，废水不外排。

砂石料冲洗废水处理系统的工艺流程见下图。

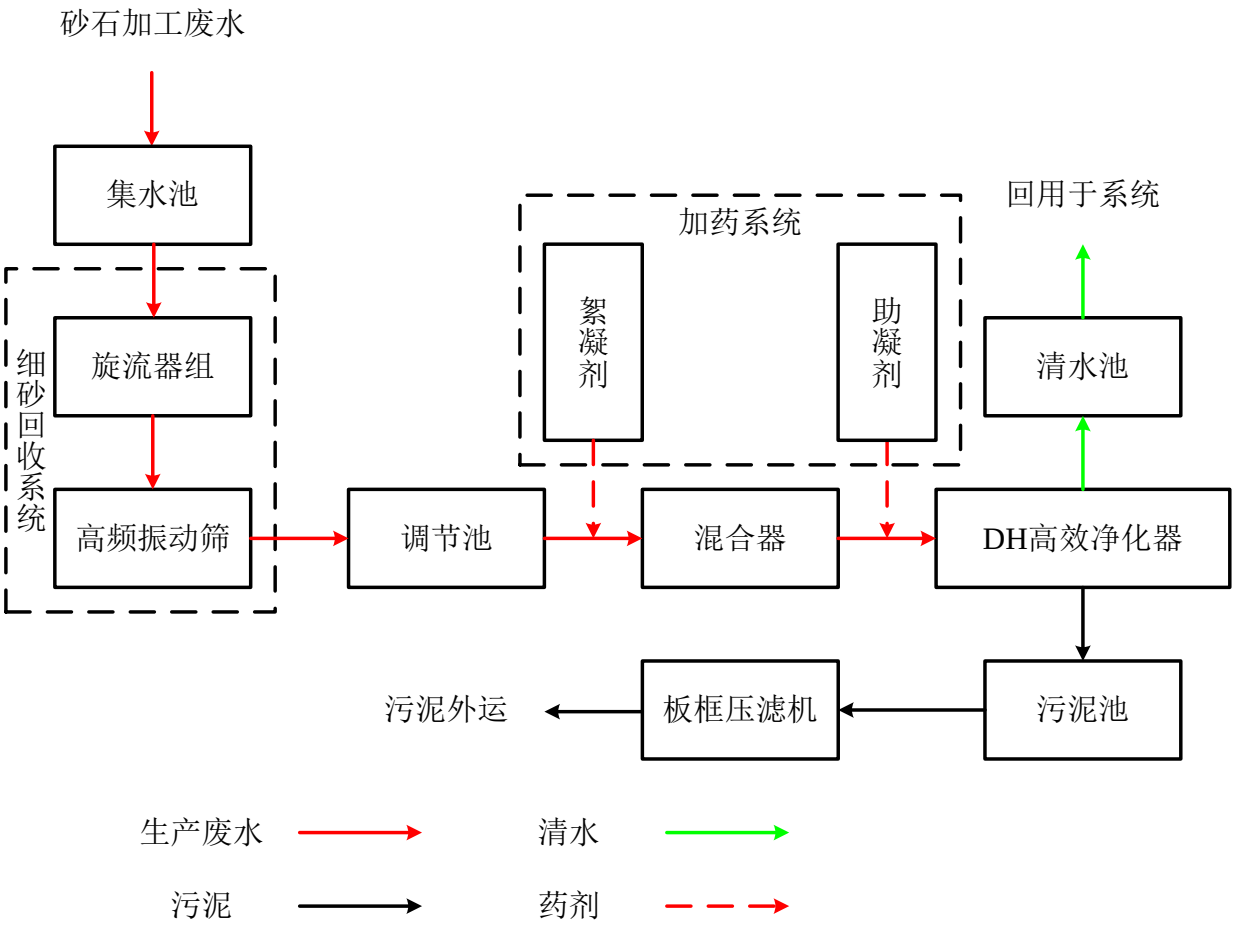


图 6.6-2　　DH 高效处理流程图

从维护管理和运行费用来看，方案二运行维护费用较高，方案一较方案二具有较大的优势；从占地面积、技术工艺来看，方案二工艺成熟，处理效果好，占地面积较方案一小；方案二采用机械设备，处理效率高、耐冲击负荷能力强、运行情况稳定，运行管理方便，处理效果好，出水可以满足 SS≤100mg/L，可直接回用于生产，高效净化器的污泥经脱水后可运送至弃渣场堆放，机械设备布置可不受地形条件限制，拆装灵活，重复利用率较高，且节省土建费用。

考虑本工程砂石料系统施工区用地较为紧张，地形条件特殊，为节约用地，提高废水处理效率，将方案二作为本阶段的推荐方案。

表 6.6-1　　废水处理方案技术经济比较表

| 项目 | | 方案一 | 方案二 | 结论 |
|---|---|---|---|---|
| 投资费用 | 土建工程量 | 大 | 较小 | 方案二优于方案一 |
| | 设备及仪表 | 少 | 较多 | 方案一优于方案二 |
| | 占地面积 | 大 | 小 | 方案二优于方案一 |
| | 总投资 | 低 | 高 | 方案一优于方案二 |
| 运行费用 | 维护管理 | 低 | 高 | 方案一优于方案二 |
| | 电耗 | 低 | 高 | 方案一优于方案二 |
| | 投药量 | 多 | 多 | 方案一与方案二相当 |
| | 总运行费用 | 低 | 较高 | 方案一优于方案二 |
| 工艺效果 | 出水水质 | 不稳定 | 满足回用要求 | 方案二优于方案一 |
| | 耐冲击负荷 | 弱 | 强 | 方案二优于方案一 |
| | 运行稳定情况 | 差 | 好 | 方案二优于方案一 |
| 维护管理技术水平 | | 低 | 高 | 方案二优于方案一 |
| 处理负荷潜力 | | 小 | 大 | 方案二优于方案一 |

2）工艺设计参数

工艺设计参数详见下表。

表 6.6-2　　砂石料冲洗废水处理系统构筑物设计参数

| 构筑物名称 | 主要工艺参数 |
|---|---|
| 集水池 | 设计停留时间 30min，清砂周期 7d |
| 调节池 | 设计停留时间 30min，清砂周期 7d |

| | |
|---|---|
| DH 高效旋流净化器 | 设计停留时间 30min，SS 去除率 99.9% |
| 污泥池 | 设计停留时间 1h |
| 清水池 | 设计停留时间 1h |

**（4）主要构筑物尺寸及设备**

砂石料废水处理系统主要构筑物尺寸详见表 6.6-3~表 6.6-6。

**表 6.6-3　　洒茂顶砂石料废水处理系统主要设备一览表**

| 构筑物名称 | 数量（座） | 尺寸（m） | 结构 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 集水池 | 1 | 9×9×4.3 | 钢砼 | |
| 调节池 | 1 | 9×9×4.3 | 钢砼 | |
| 污泥池 | 1 | 9×9×4.3 | 钢砼 | |
| 清水池 | 1 | 13×13×4.3 | 钢砼 | |
| 加药车间 | 1 | 15×11×5 | 砖混 | |
| 脱水车间 | 1 | 20×22×6 | 钢砼 | 内设板框压滤机、真空泵、空压机等配套设施 |

备注：水池超高均为 0.3m。

**表 6.6-4　　低线砂石料废水处理系统主要设备一览表**

| 构筑物名称 | 数量（座） | 尺寸（m） | 结构 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 集水池 | 1 | 7×7×4 | 钢砼 | |
| 调节池 | 1 | 7×7×4 | 钢砼 | |
| 污泥池 | 1 | 7×7×4 | 钢砼 | |
| 清水池 | 1 | 9×9×4.3 | 钢砼 | |
| 加药车间 | 1 | 12×10×5 | 砖混 | |
| 脱水车间 | 1 | 19×12×6 | 钢砼 | 内设板框压滤机、真空泵、空压机等配套设施 |

备注：水池超高均为 0.3m。

**表 6.6-5　　洒茂顶砂石料废水处理系统主要设备一览表**

| 名称 | 规格/型号 | 单台能力 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 细砂回收系统 | FS400 | 400m³/h | 套 | 2 | 自带循环泵 |
| 高效（旋流）污水净化器 | DH-SSQ-230 | 230m³/h | 台 | 3 | |
| 高效混凝混合器 | DH-HNQ-230 | 230m³/h | 台 | 3 | |
| 加药系统 | DHJ-680 | 680m³/h | 套 | 1 | |
| 絮凝剂加药螺杆泵 | LG25-1 | Q=1000L/h，H=60m，N=0.75kw | 台 | 4 | 3 用 1 备 |
| 助凝剂加药螺杆泵 | LG40-1 | Q=2400L/h，H=60m，N=2.2kw | 台 | 4 | 3 用 1 备 |
| 电磁流量计 | DN200 | | 台 | 3 | |
| 板框压滤机 | XMG800/2000-U | 过滤面积 800m² | 台 | 4 | |
| 调节池搅拌装置 | | | 台 | 1 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 污泥池搅拌装置 | | | 台 | 1 | |
| 集水池提升泵 | 150ZJ-25 | Q=400m³/h，H=25m，N=45KW | 台 | 3 | 2 用 1 备 |
| 废水提升泵 | 100ZM-32 | Q=230m³/h，H=32m，N=55KW | 台 | 4 | 3 用 1 备 |
| 污泥提升泵 | 80ZM-60 | Q=100m³/h，H=80m，N=75KW | 台 | 5 | 4 用 1 备 |

表 6.6-6　　低线砂石料废水处理系统主要设备一览表

| 名称 | 规格/型号 | 单台能力 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 细砂回收系统 | FS400 | 400m³/h | 套 | 1 | 自带循环泵 |
| 高效（旋流）污水净化器 | DH-SSQ-190 | 190m³/h | 台 | 2 | |
| 高效混凝混合器 | DH-HNQ-190 | 190m³/h | 台 | 2 | |
| 加药系统 | DHJ-400 | 400m³/h | 套 | 1 | |
| 絮凝剂加药螺杆泵 | LG25-1 | Q=1000L/h，H=60m，N=0.75kw | 台 | 3 | 2 用 1 备 |
| 助凝剂加药螺杆泵 | LG40-1 | Q=2400L/h，H=60m，N=2.2kw | 台 | 3 | 2 用 1 备 |
| 电磁流量计 | DN200 | | 台 | 2 | |
| 板框压滤机 | XMG800/2000-U | 过滤面积 800m² | 台 | 2 | |
| 调节池搅拌装置 | | | 台 | 1 | |
| 污泥池搅拌装置 | | | 台 | 1 | |
| 集水池提升泵 | 150ZJ-25 | Q=400m³/h，H=25m，N=45KW | 台 | 2 | 1 用 1 备 |
| 废水提升泵 | 100ZM-32 | Q=230m³/h，H=32m，N=55KW | 台 | 3 | 2 用 1 备 |
| 污泥提升泵 | 80ZM-60 | Q=100m³/h，H=80m，N=75KW | 台 | 3 | 2 用 1 备 |

**（5）运行管理和维护**

1) 按照“三同时”要求，为了保证废水处理站有效运行，建设单位应把废水处理站的建设与有效运行作为合同的条款之一纳入工程承包合同，进行达标验收。

2) 工程环境管理部门应定期对处理站的管理运行进行监督检查，掌握废水处理站运行情况，对不良情况提出口头和书面的整改意见。

3) 运行管理费应专款专用，以保证废水处理站的正常运行。

4) 由于废水处理工艺机械化和自动化程度较高，对管理人员有一定技术要求，所以应组织废水处理站的管理维护人员在上岗前接受专项技术操作培训后，才能对电气仪表设备进行科学的操作与维护，并严格制订操作规程，以保证废水处理站的良好运行。

## 6.6.1.2 混凝土系统废水处理

**（1）废水来源、特性及处理目标**

旭龙水电站建设期共规划两处混凝土拌和系统，高混凝土生产系统设置在右岸距坝轴线下游 1100～1300m，高程 2300～2315m 的平台上，低混凝土生产系统设置在右岸距坝轴线下游 1300～1500m，高程 2160～2170m 的平台上。两处混凝土拌和系统两班制进行生产，换班过程进行拌和系统进行冲洗产生废水，施工期间，高混凝土系统和低混凝土系统产生的废水量分别为 96m³/d 和 48m³/d，废水呈碱性，pH 值一般大于 10，悬浮物浓度可达 5000mg/L。

工程涉及金沙江河段为Ⅱ类水环境功能，施工废水经处理后全部回用于混凝土拌和系统，不排放。根据《水电工程施工组织设计规范》(DL/T 5397-2007)有关规定：“砂石加工、混凝土生产等产生的废水应进行适当处理后回收利用或排放，回收利用水的悬浮物含量不应超过 100mg/L”，故此，确定混凝土生产系统的冲洗废水处理目标为出水 SS≤100mg/ L。

**（2）处理工艺**

根据混凝土拌和系统冲洗废水水量少、间断短时产生的特点，本工程混凝土拌和系统冲洗废水主要采用“中和沉淀法”进行处理，废水处理的过程中在沉淀池里面加聚合氯化铝和聚丙烯酰胺加速沉淀，加草酸进行中和，处理后的清水接入砂石加工系统废水处理系统。沉淀池的污泥定期进行清掏，污泥量大时转运至砂石加工系统废水处理系统的脱水车间通过压滤机压成泥饼，量少时可直接在场地旁找场地晾晒，脱水后的污泥可用抓斗机抓取装运载斗车运输至渣场。

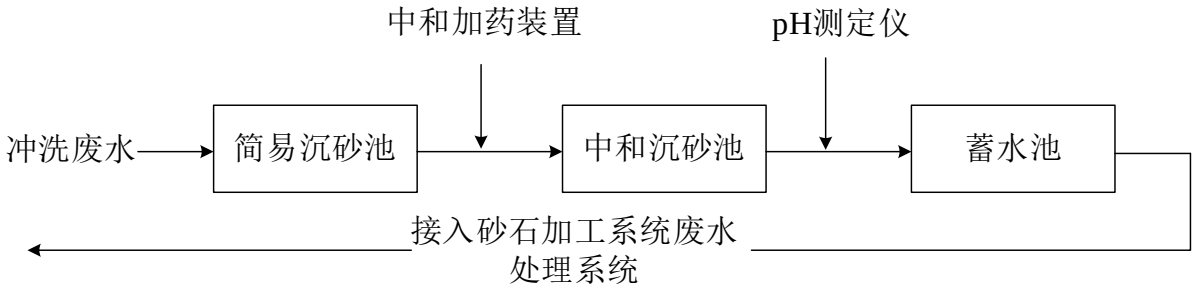



**图 6.6-3　凝土拌和系统碱性废水处理工艺流程图**

**（3）主要构筑物尺寸及设备**

混凝土生产系统废水处理系统主要构筑物为沉砂池。

**表 6.6-7　　混凝土拌和系统废水处理系统主要构筑物工艺参数表**

| 构筑物名称 | 主要工艺参数 |
|---|---|
| 简易沉沙池 | 设计去除率 80%，停留时间 1h，清泥周期 3d，人工清掏，内设排空管 |

| | |
|---|---|
| 中和沉沙池 | 设计去除率 80%，停留时间 1h，清泥周期 15d，人工清掏 |
| 蓄水池 | 停留时间 24h，清泥周期 30d，人工清掏 |

表 6.6-8　高混凝土拌和系统废水处理主要构筑物尺寸

| 构筑物名称 | 数量（座） | 尺寸（m） | 结构 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 简易沉沙池 | 1 | 8×4×3.3 | 钢砼 | |
| 中和沉沙池 | 1 | 6×4×3.3 | 钢砼 | |
| 蓄水池 | 1 | 6×4×3.3 | 钢砼 | |

注：水池超高均为 0.3m。

表 6.6-9　低混凝土拌和系统废水处理主要构筑物尺寸

| 构筑物名称 | 数量（座） | 尺寸（m） | 结构 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 简易沉沙池 | 1 | 6×3×3.3 | 钢砼 | |
| 中和沉沙池 | 1 | 4×3×3.3 | 钢砼 | |
| 蓄水池 | 1 | 4×3×3.3 | 钢砼 | |

注：水池超高均为 0.3m。

**（4）运行管理与维护**

由于混凝土冲洗废水量不大，处理构筑物简单，没有机械设备维护的问题，在运行过程中主要注意定时清渣。

### 6.6.1.3 含油废水处理

**（1）污水特性及处理目标**

根据施工规划，旭龙水电站施工期规划 1 座机械修配厂和 1 座汽车维修保养停放厂，机械车辆的保养、修理过程中会有含石油类的污水产生。本工程机械修配厂和汽车维修保养停放厂因冲洗保养所有机械产生的含油废水约分别为 32m³/d 和 15m³/d。废水中主要污染物有悬浮物和石油类，浓度分别为 500～4000mg/L 和 10～30mg/L。

对修理系统含油废水进行油水分离，使其达到《污水综合排放标准》第二类污染物最高允许排放浓度一级标准，SS≤70mg/L，石油类≤5mg/L。机修废水处理后废水回用于场地洒水降尘，油渣（废油）作为危废，集中收集后委托具有资质的单位进行转运处理。

**（2）处理工艺及设计参数**

1）处理工艺

方案一：采用小型隔油池。其特点是构造简单，造价低，管理方便，仅需定

期清池，还可回收浮油；但处理效果差，很难达到处理目标。

方案二：采用成套油水分离器。其特点是油水分离效果好，油份回收率和去除率高，适用于含油量高的废水，能满足机修系统承担大修任务时石油类高峰浓度达标排放的要求。

本阶段含油废水推荐选用沉淀池＋成套油水分离设备进行处理。废水中悬浮物以及部分石油类在沉淀池中经絮凝沉淀后得以去除，浓度较高时采用成套油水分离器处理后进行综合利用。成套油水分离器采用 YSF 型含油废水处理成套设备对其进行处理。YSF 型含油废水处理成套设备在原水含油量≤1500mg/L，冲击负荷不超过 20000mg/L 的条件下，处理后出水含油量＜5mg/L，油水分离率高，操作保养简捷，体积小巧，占地面积小，电耗小。

结合含油废水排放的水量及成套设备型号综合考虑，选定本工程含油污水成套处理设备的型号为 YSF-Q-10 和 YSF-Q-5。

含油废水处理后的废油属于危废，需在机械修配厂和汽车维修保养停放厂现场各设置 1 座危废仓库贮存机械及车辆维修保养过程中的废机油及处理后的废油，废油统一收集后委托具有资质的单位进行转运处理。处理工艺详见下图。

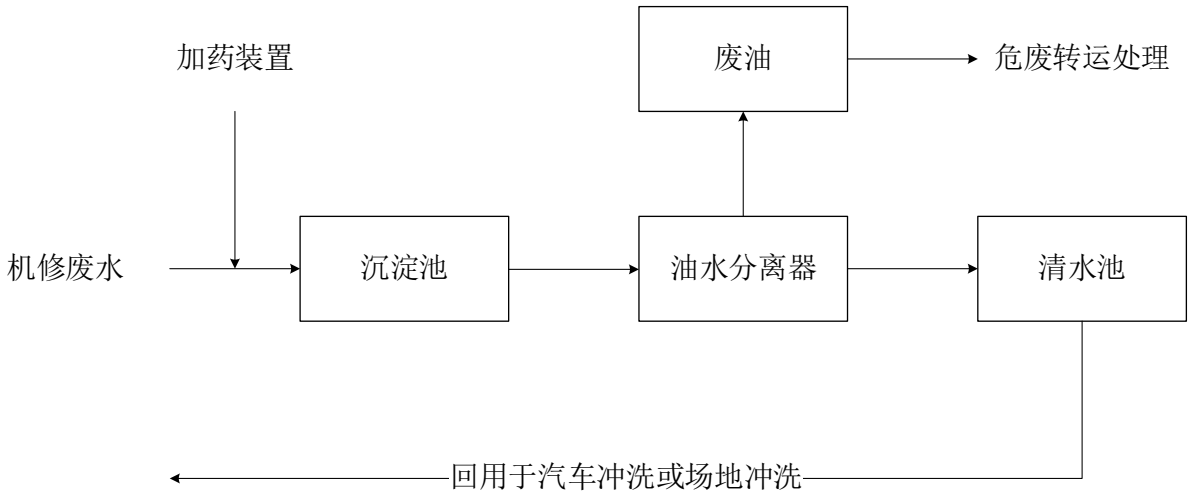



**图 6.6-4　含油废水处理工艺流程图**

2）方案设计

洗车废水处理系统主要构筑物为沉淀池，采用平流式，考虑到事故储存功能，停留时间 1d。机械停放场和汽车维修保养停放厂沉淀池净尺寸（长×宽×高）为 4×3×2.8m 和 3×2×2.8m。

表 6.6-10　　机械停放场含油废水废水处理主要构筑物尺寸

| 构筑物名称 | 尺寸（m） | 结构 | 有效容积（m³） |
|---|---|---|---|
| 沉淀池 | 4×3×2.8 | 钢砼 | 30 |
| 清水池 | 4×3×2.8 | 钢砼 | 30 |

备注：水池超高均为 0.3m。

表 6.6-11　　汽车维修保养停放厂含油废水废水处理主要构筑物尺寸

| 构筑物名称 | 尺寸（m） | 结构 | 有效容积（m³） |
|---|---|---|---|
| 沉淀池 | 3×2×2.8 | 钢砼 | 15 |
| 清水池 | 3×2×2.8 | 钢砼 | 15 |

备注：水池超高均为 0.3m。

3）运行管理及维护

由于含油污水量较小，处理构筑物和设备较简单，在运行过程中主要注意废油及时收集和转运处理。

### 6.6.1.4 生活污水处理

**（1）污水特性及处理目标**

生活污水来源于 3 处施工营地（1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地）及现场建设管理营地，主要包括食堂废水、洗涤污水、淋浴污水、粪便污水等，生活污水污染物指标：COD、$NH_3$-N 浓度一般分别为 400mg/L、35mg/L。营地采用雨污分流排水体制，生活污水产生量见表 6.6-12。

工程施工现场人员主要集中在业主和施工营地，废水适宜集中处理。除了集中生活区外，施工人员在施工现场作业过程中将产生生活污水。各分散工作面如油库、炸药库、砂石加工系统、钢木加工厂等生活污水产生量很少，设置移动厕所收集处理生活污水，由吸粪车定期清运至处理系统进行处理。

表 6.6-12　　生活污水处理系统设计进水水量一览表

| 污染源位置 | 高峰人数<br>(人) | 高峰日用水量<br>（m³/d） | 高峰日污水量<br>（m³/d） |
|---|---|---|---|
| 1#施工营地 | 967 | 116 | 93 |
| 2#施工营地 | 1208 | 145 | 116 |
| 3#施工营地 | 2740 | 329 | 263 |
| 现场建设管理营地 | 350 | 42 | 34 |
| 合计 | 5265 | 632 | 505 |

考虑到金沙江河段为Ⅱ类水域，污水禁止排放，生活污水需经处理后全部回用，处理目标为满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）

要求，综合用于施工营地冲厕及绿化浇灌等。

**（2）处理工艺及设计参数**

一般地，大中型水电站推荐采用地埋式生活污水成套设备处理生活污水，其具有占地面积小、日处理量灵活、处理达标排放等优点。旭龙水电站生活营地也推荐采用地埋式成套生活污水处理设备处理各生活区生活污水。目前，国内市场上常用的生活污水处理成套设备的工艺主要采用一般性接触氧化法和 A/O 工艺。

1）一般性接触氧化法

接触氧化法工艺流程图详见下图。

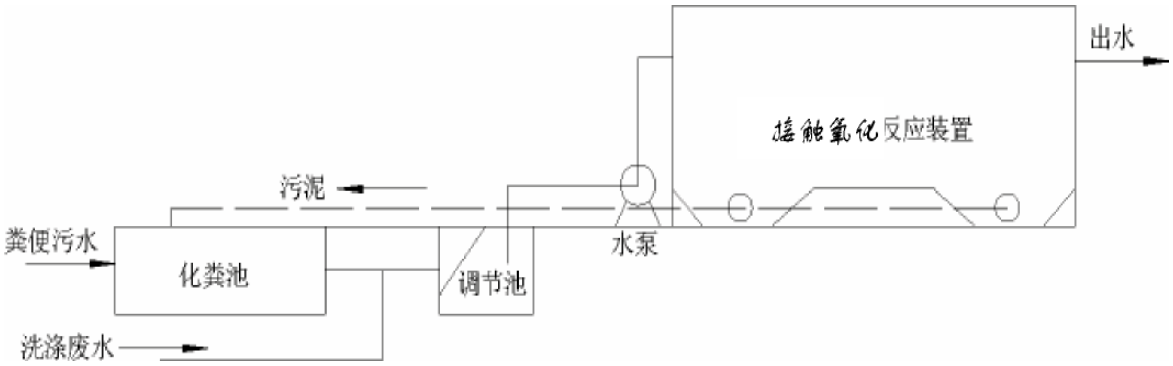



图 6.6-5　一般性接触氧化法工艺流程图

2）A/O 工艺

A/O 工艺流程详见下图。

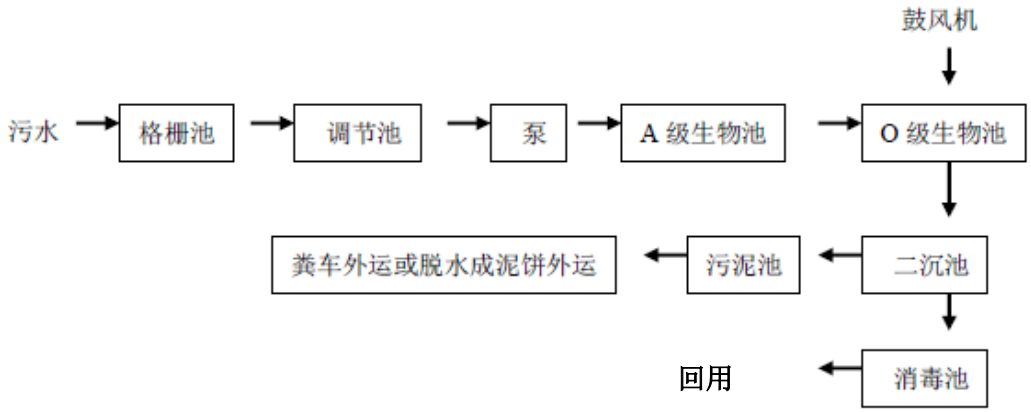



图 6.6-6　A/O 工艺流程图

采用 A/O 工艺的一体化生活污水处理设备有 WSZ-AO 型设备，该设备采用世界上先进的生物处理工艺，集去除 $BOD_5$、 COD、$NH_3$-N 于一身，是目前最高效的污水处理设备之一。WSZ-AO 系列污水处理设备是一种处理效果十分理想且管理方便的设备，系统主要包括（1）初沉池；（2）调节池；（3）A/O 级生物池；（4）二沉池；（5）污泥消化池；（6）消毒池（7）风机房、风机等。

WSZ-AO 系列污水处理设备工作原理：

其中工作原理是在 A 级，由于污水有机物浓度很高，微生物处于缺氧状态，此时微生物为兼性微生物，所以 A 级池不仅具有一定的有机物去除功能，减轻后续好氧池的有机负荷，再度降低，但仍有一定量的有机物及较高 $NH_3$-N 存在。为了使有机物得到进一步氧化分解，同时在碳化作用下于完成情况下硝化作用能顺利进行，在 O 级设置有机负荷较低的好氧生物接触氧化池。在 O 级池中主要存在好氧微生物及自氧型细菌（硝化菌）。其中好氧微生物将有机物分解成 $CO_2$ 和 $H_2O$；自养型细菌（硝化菌）利用有机物分解产生的无机碳或空气中的 $CO_2$ 作为营养源，将污水中的 $NH_3$-N 转化成 $NO_2$-N、$NO_3$-N，O 级池的出水部分回流到 A 级池，为 A 级池提供电子接受体，通过反硝化作用最终消除氮污染。

WSZ-AO 系列污水处理设备特点：

①WSZ-AO 系列污水处理设备可埋入地表以下，地表可作为绿化或广场用地，因此该设备不占地表面积，不需盖房，更不需采暖保温。

②它能耐酸、碱、盐、汽油、煤油、耐老化、耐冲磨、能带锈防锈。设备一般涂刷该涂料之后，防腐寿命可达 12 年以上。

③活性污泥池体积小，对水质适应性强，耐冲击性能好，出水水质稳定，不会产生污泥膨胀。比其它填料对有机物的去除率高，能提高空气的氧在水中的溶解度。

④污水经 WSZ-AO 系列污水处理设备后所产生的污泥量较少，一般仅需 90 天左右排一次泥。

3）方案比选

根据国内工程经验，同时考虑工程所在金沙江江段水功能区水质目标为 II 类水，禁止施工废水排入金沙江。经一般性接触氧化法工艺处理后，出水水质仅满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级排放标准，而 A/O 工艺处理后的出水水质达一级排放标准。因此，本报告推荐采用 A/O 处理工艺的成套生活污水处理设备，工艺流程图见下图。

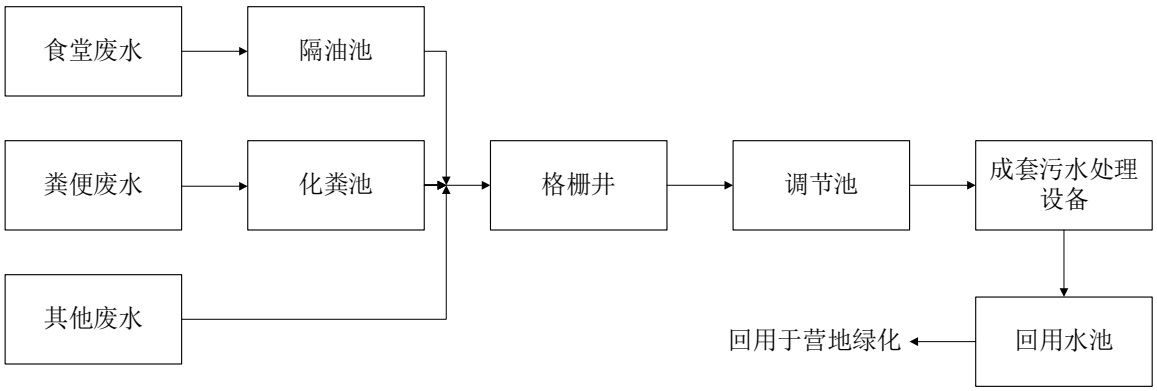



图 6.6-7 生活污水处理工艺流程图

生活污水处理设施主要构筑物设计参数见表 6.6-13 和表 6.6-14。

表 6.6-13 生活污水处理系统构筑物设计参数

| 构筑物名称 | 主要工艺参数 |
|---|---|
| 隔油池 | 停留时间 10min，清除周期 7d |
| 化粪池 | 40L/人·d，停留时间 24h，清掏周期 180d |
| 调节池 | 停留时间 4h，进口处设置格栅网箱，清泥周期 30d |
| 回用水池 | 停留时间 24h，清掏周期 180d |

表 6.6-14 成套污水处理设施设计参数

| 构筑物名称 | 主要工艺参数 |
|---|---|
| 初沉池(平式沉淀池) | 表面负荷 1.5$m^3/m^2.h$ |
| A 级生物池 | 停留时间为 3h，填料比表面积为 200$m^3/m^2$ |
| O 级生物池 | 停留学时间为 5~6h，填料比表面积为 200$m^3/m^2$ |
| 二沉池 | 旋流式沉淀池，沉淀时间为 2.1h，表面负荷为 1.0$m^3/m^2.h$ |
| 消毒池 | 旋流反应池，停留时间为 300 分钟 |
| 污泥池 | 储存 90d，抽吸外运 |

**（3）污水处理主要构筑物及设备**

考虑各污水在进成套污水处理设备以及污水处理站前设置一个污水调节沉淀池，使污水比较均匀的进入后续成套污水处理设备，同时提高整个系统的抗冲击性能并减小后续设备的设计规模。建设的调节沉淀池、回用水池，均以主体工程施工期规模设计参数进行设计，提前建好使用。

工程各营地的污水处理系统由化粪池、隔油池、调节沉淀池、地埋式成套污水处理设备等部分构成。其中地埋式成套污水处理设备包括缺氧池、好氧池、二沉池、污泥池、消毒池、风机房、电器自动控制等单元。

各营地生活污水处理系统主要构筑物尺寸见表 6.6-15。

表 6.6-15　　各营地生活污水处理系统主要构筑物尺寸及型号

| 施工生活区 | 构筑物名称 | 数量（座） | 单池尺寸（m） | | | 结构 | 有效容积（$m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 长 | 宽 | 高 | | |
| 1#施工营地 | 化粪池 Z12-75QF | 2 | 13.32 | 3.88 | 4.4 | 砖砌 | 75 |
| | 隔油池 GG-2 | 1 | 2 | 1 | 1.7 | 钢砼 | 1.5 |
| | 调节池 | 1 | 3 | 3 | 2.3 | 钢砼 | 18 |
| | 5$m^3$/h 地埋式污水处理设备 | 1 | 17 | 2.76 | 2.45 | 地埋式，上可停车 | |
| | 回用水池 | 1 | 5 | 5 | 4.3 | 钢砼 | 100 |
| 2#施工营地 | 化粪池 Z13-100QF | 2 | 14.52 | 4.38 | 4.4 | 砖砌 | 100 |
| | 隔油池 GG-3 | 1 | 3 | 1 | 2.45 | 钢砼 | 3.0 |
| | 调节池 | 1 | 4 | 3 | 2.3 | 钢砼 | 24 |
| | 5$m^3$/h 地埋式污水处理设备 | 1 | 17 | 2.76 | 2.45 | 地埋式，上可停车 | |
| | 回用水池 | 1 | 6 | 5 | 4.3 | 钢砼 | 120 |
| 3#施工营地 | 化粪池 Z13-100QF | 4 | 14.52 | 4.38 | 4.4 | 砖砌 | 100 |
| | 隔油池 GG-4 | 1 | 3 | 1 | 2.45 | 钢砼 | 4.5 |
| | 调节池 | 1 | 5 | 5 | 2.3 | 钢砼 | 50 |
| | 7$m^3$/h 地埋式污水处理设备 | 2 | 14 | 2.76 | 2.45 | 地埋式，上可停车 | |
| | 回用水池 | 1 | 10 | 7 | 4.3 | 钢砼 | 280 |
| 现场建设管理营地 | 化粪池 Z11-50QF | 1 | 9.88 | 3.64 | 4.0 | 砖砌 | 50 |
| | 隔油池 GG-1 | 1 | 1.5 | 1 | 1.55 | 钢砼 | 0.9 |
| | 调节池 | 1 | 2 | 2 | 2.3 | 钢砼 | 8 |
| | 3$m^3$/h 地埋式污水处理设备 | 1 | 7.5 | 2.28 | 2.45 | 地埋式，上可停车 | |
| | 回用水池 | 1 | 4 | 3 | 3.3 | 钢砼 | 36 |

注：水池超高均为 0.3m。

**（4）运行管理及维护**

生活污水处理自动化程度较高，需由设备厂家负责其技术管理培训。操作人员应严格按照操作技术规程，进行正确的操作和定期的维护。

## 6.6.1.5 施工区粪便废水处理

**（1）处理工艺**

目前旭龙水电站各施工作业区较为分散，大部分施工场地能够供水供电，而部分施工场地如茂顶河弃渣场、徐龙冲沟施工平台及库区渣场等不具备供水供电

的条件。施工人员的粪便污水如随意排放将会对水体造成污染。为解决各个施工作业区粪便污水，需要设置移动型生态厕所，每个厕所配置 2 个蹲位。本工程考虑采用两种类型的移动生态厕所，分别为泡沫封堵型生态厕所和免水打包型生态厕所。

1）泡沫封堵型生态厕所

泡沫封堵型生态厕所的工作原理是利用发泡液混合液产生的泡沫代替厕所冲水，在全自动感应控制系统的作用下，泡沫装置产生的压缩空气经输送管传至泡沫激发器，发出的泡沫经厕具侧壁上的泡沫通道充满、覆盖并洗涤厕盆；同时使用泡沫封堵便器的排污口，封堵气味。施工人员的粪便污水进入储粪箱内，由吸粪车定期清运，用于制作农家肥。

泡沫封堵型生态厕所的特点是用泡沫代替水来进行洗涤，泡沫混合液膨胀后体积扩大近 1000 倍，非常节约用水；泡沫充满厕盆，不仅无臭味，而且看不到污物，视觉效果好；使用时全自动洗涤，没有声音和振动，使用安全便利；洗涤液的成分是可以完全融化于水的无公害洗涤剂，可被微生物降解；厕所内的储粪池定期清运，不会污染环境。泡沫封堵型生态厕所内部见下图 6.6-8。



（a）



（b）

**图 6.6-8　　泡沫封堵型（a）和免水打包型（b）生态厕所**

2）免水打包型生态厕所

免水打包型生态厕所原理：由可降解薄膜制成的包装袋，走动系统、机械装置（机芯）、外壳、储便桶组成，包装袋包装粪便，如厕者踩动传动杆，机械装置向下自动牵引包装袋，将粪便移入储便桶内，蹲面上的包装袋更新，封闭装置，再次封闭臭味不外泄，粪便统一处理，降解袋使用完毕后自动报警，不污染环境。

免水打包型生态厕所的特点是不耗水，不耗电，适用于不具备通水通电条件的施工场地；粪便自动打包后移入储便箱内，无臭味；包装袋为可降解薄膜，环境友好；厕所内的储粪池定期清运，不会污染环境；移动方便，不需接上下水和化粪池。

**（2）布置方案**

根据施工规划，对于交通及水电方便的施工场地，布置泡沫封堵型生态厕所，对于部分施工场地角落，布置免水打包型生态厕所。综上，本工程共需布置约17座移动型生态厕所。

表 6.6-16　　施工区生态厕所布设表

| 序号 | 施工作业面名称 | 厕所数量（座） |
|---|---|---|
| 1 | 左岸上游1#弃渣场 | 2 |
| 2 | 右岸上游1#存弃渣场 | 1 |
| 3 | 右岸上游2#存弃渣场 | 1 |
| 4 | 徐龙冲沟施工平台 | 1 |
| 5 | 茂顶河弃渣场 | 2 |
| 6 | 徐龙料场 | 1 |
| 7 | 洒茂顶砂石加工系统 | 1 |
| 8 | 砂石加工系统 | 1 |
| 9 | 大坝综合加工及金结拼装厂 | 1 |
| 10 | 机电安装基地 | 1 |
| 11 | 施工水厂 | 1 |
| 12 | 机械修配厂 | 1 |
| 13 | 大坝基坑 | 2 |
| 14 | 电站综合加工厂 | 1 |
| 合计 | | 17 |

## 6.6.1.6 基坑排水处理

**（1）来源、特性及处理目标**

基坑排水包括初期排水和经常性排水。其中初期排水包括基坑排水、堰体及岸边渗水、降雨等，水质与河流水质基本相似；经常性排水由基坑渗水、降雨汇水等组成，其主要污染物为SS等物质，其中SS浓度约500mg/L。

由于初期排水水质与河流水质基本相似，故可直接排放；考虑到经常性排水包含了大量的渗水及降水，并非真正意义的施工废水，且天然状况下也将直接汇

入河道，故本工程基坑排水的处理目标为沉淀处理后尽量综合利用，剩余部分直接排入河道。

**（2）处理方案**

借鉴三峡等水电项目对基坑排水的处理经验，本工程拟采用向基坑集水区投加絮凝剂（聚丙烯酰胺），静置沉淀 2h 后抽出清水排放的处理措施，排放口位置应尽可能设置在靠近金沙江流速较大处，以满足水质保护要求，沉淀泥渣定时人工清除，运往附近渣场统一处理。

（3）运营管理和维护

基坑排水处理措施简单，主要注意定时清淤，其管理和维护工作纳入大坝施工统一安排，不另设机构和人员。污泥脱水后可用抓斗机抓取装运载斗车运输至渣场。

### 6.6.1.7 洞室废水处理

（1）废水来源、特性及处理目标

根据工程分析，施工期洞室废水排水点较多且分散，废水产生量不大，废水中不含有毒物质，但悬浮物含量较高。类比同类已建工程监测结果，本工程施工高峰期隧洞排水主要污染物浓度为：悬浮物 100~5000mg/L，pH 值为 8~10。

（2）分工区隧洞排水处理措施

根据导流洞进出口及各施工支洞洞口所处区域水体水环境功能，Ⅱ类水体径流区为禁排区域，污水处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）回用于绿化和道路洒水。针对本工程洞室排水量不大的特点，本阶段拟定分别在每个施工支洞和隧洞进出口采用混凝+沉淀的污水处理工艺，洞室排水处理工艺流程见图 6.6-9。

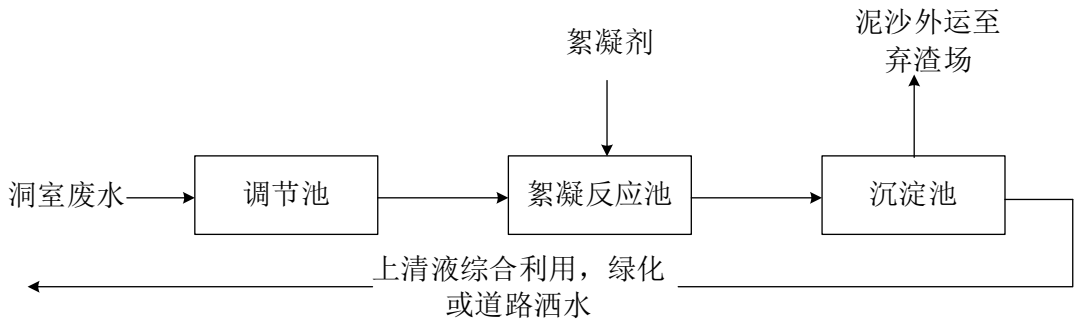



图 6.6-9　洞室排水处理工艺流程图

## 6.6.2 环境空气保护

### 6.6.2.1 防治目标

削减施工环境空气污染物排放量，改善施工现场工作条件，保护施工生活区及环境敏感区环境空气质量。环境空气质量依照《环境空气质量标准》（GB3095-96）二级标准要求，TSP 控制目标为日均浓度小于 0.30 mg/m³。

### 6.6.2.2 防治措施

根据工程分析及影响预测结果，拟定主要保护措施为燃油及爆破废气削减、交通扬尘降尘治理、其它场地降尘处理等三个方面。其污染控制及环境保护措施如下：

**（1）燃油废气削减**

加强大型施工机械和车辆的管理。要求施工单位选用符合国家有关卫生标准的施工机械和运输工具。定期维修、保养机械设备，排污量大的车辆及燃油设备需配置尾气净化装置。承包商所有燃油机械和车辆尾气排放应执行《汽车大气污染物排放标准》，若其尾气不能达标排放，必须配置消烟除尘设备，同时施工机械使用优质燃料。严格执行《机动车强制报废标准规定》，推行强制更新报废制度，对于发动机耗油多、效率低、尾气排放严重超标的老、旧车辆，及时更新。

**（2）开挖、爆破粉尘的消减与控制**

施工单位必须选用符合国家有关卫生标准的施工机械和运输工具，使其排放的废气符合国家有关标准；凿裂、钻孔以及爆破提倡湿法作业，降低粉尘量。在开挖、爆破高度集中的左右岸坝肩和料场区分别配置 2 套、2 套和 3 套远射程抑尘喷枪，在非雨日进行洒水降尘。考虑到工程区气候干燥、蒸发量较大的气候特征，每次爆破后均应开启远射程抑尘喷枪不少于 30 分钟；特别是在施工、爆破前后应增加洒水降尘频次，可起到防止粉尘扬起和加速粉尘沉降的作用，以缩小粉尘影响的时间与范围。爆破工艺优先选择粉尘产生量较少的工艺进行，如：凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等爆破工艺，凿裂、钻孔、爆破采用湿法作业，降低粉尘产生量。钻孔要安装除尘装置或采用无尘钻机。

**（3）交通扬尘降尘处理**

旭龙水电站场内交通公路大部分采用混凝土路面，运输车辆产生的扬尘较泥结碎石路面大幅度减少。但施工期长期运行，施工车辆来往频繁，路面难免有散落渣土进而产生扬尘，因此，本工程拟定如下交通扬尘控制措施：

成立公路养护、维修、清扫专业队伍，及时清除路面洒落物体和浮土，保持道路清洁、运行状态良好。

在施工期对左岸和右岸施工区域各配备 2 台洒水车，特别针对 6#公路茂顶河弃渣场附近、11#公路左岸上游 1#存弃渣场附近、13#公路徐龙冲沟施工平台、2#公路右岸上游 1#弃渣场、2#公路右岸上游 2#弃渣场、施工营地及业主营地、对外公路斯木顶村，非雨日的早、中、晚来回洒水，减少扬尘，缩短粉尘污染的影响时段。

做好运输车辆的密封和车辆保洁，减少因弃渣、砂、土的外泄造成的扬尘污染。凡运送土石方、石灰、粉煤灰等道路材料的运货车，都应用蓬布或塑料布覆盖，或用编织袋分装堆码，避免一路扬尘。

同时，结合水土保持和生态修复措施，做好公路的绿化，使栽植的行道树等不但起到美化景观、生态修复的效果，也达到防尘隔离等效果。

**（4）其它作业面降尘措施**

1）选用低尘工艺。为减少砂石破碎过程中的粉尘，在皮带机机头位置和破碎设备出料口增设喷雾器进行喷洒降尘。各喷雾器的喷口直径不小于 2mm，扩散角大于 30～60°，既可润湿物料，减少粉尘产生量，同时可使扬尘尽快沉降。砂石骨料系统在半干法生产的过程中应注意喷雾器的正常运行，保证骨料得到有效的润湿。混凝土搅拌系统采用全封闭式、拌和楼设置袋式除尘器进行有效除尘。水泥运输采用封闭运输，可避免在运输过程中的扬尘污染，但需确保运输容器密闭良好。

2）做好洒水降尘工作。在各开挖面、平整作业面、弃渣场等各易起尘面、点及时采取洒水降尘措施，特别是在非雨日应加强洒水降尘次数，以场地不起尘为标准。对于弃渣场，遇大风天气应采取相应的覆盖措施，防止沙尘造成不利影响。

3）加强个人防护。加强一线施工人员防尘劳动保护措施的实施，对处于产尘量较大的水泥拌和楼、砂石加工系统等施工区域现场作业人员，按照国家有关劳动保护的规定，发放防尘用品（如防尘口罩）。定期对施工人员进行身体检查，

提高他们的健康意识，积极有效地强调施工人员的个人自我保护效用。按照国家有关劳动保护的规定，加强劳动保护。

4）施工区绿化。加强办公生活区和交通道路两侧的场地绿化，在满足其绿化功能的同时，应尽量选择吸尘作用较强的树种。办公区和道路绿化投资在水土保持报告中计列。

**（5）地下洞室开挖**

地下开挖作业必须保证通风、防尘和防有害气体的要求，设置足够的通风、排烟装置和喷淋装置。洞室钻孔时，采用湿式作业，减少粉尘危害。配备通风机，采用压入式通风，向洞内输入新鲜风流，风袋随着开挖的推进而延伸，风筒均挂在离地面较高的侧强或顶拱上，排除洞内烟尘。配置监测气体浓度所必须的仪器仪表以及报警信号系统，设备及仪表应由具备鉴定资质的单位进行鉴定和矫正。按国家对劳动保护的有关要求，做好现场施工作业人员的劳动保护工作，配备足够的防护用品。严禁地下开挖中使用烧汽油或液化石油气的内燃机。工程各主要洞线洒水除尘，可大幅度降低洞内爆破粉尘的浓度。

#### 6.6.2.3 措施效果分析

通过采取湿式爆破或新低尘爆破技术，采用无尘钻孔等工艺，爆破过程粉尘去除率可达 92%左右，对开挖、场地平整、弃渣场等作业面及作业点及时进行洒水降尘，对路面进行清扫并洒水是减小施工作业粉尘及交通运输扬尘的最有效的措施之一，根据三峡交通运输的监测资料，仅在采取路面洒水降尘、保证路面清扫干净等措施后，运输扬尘的去除率可达 90%。施工阶段在无雨日对汽车行驶路面勤洒水，每天 3～4 次，可以收到很好的降尘效果。

### 6.6.3 声环境保护

#### 6.6.3.1 防治目标

本工程征地红线内的居民点均将搬迁，搬迁居民点不作为防治对象。通过影响预测分析，本工程施工期间对敏感目标茂达水村的影响主要为弃渣场机械噪声、弃渣场道路的交通运输噪声，需采取噪声防治措施，使茂达水村可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，即昼间噪声限值不超过 60dB(A)，夜间噪声限值不超过 50dB(A)。

### 6.6.3.2 防治措施

根据施工区噪声污染源数量多且分散的特点，声环境保护措施主要从噪声源控制和敏感对象保护等多方面着手，最大限度减免施工噪声影响。此外，场内施工人员需采取使用耳塞、耳罩、防声头罩等个人防护措施。

**（1）噪声源控制**

1）混凝土拌和系统噪声控制

混凝土拌和系统由拌和楼、胶凝材料车间、空压站、外加剂车间及其它辅助设施、制冷系统组成。购买混凝土拌和系统设备时，应采购具有降噪功能的设备，混凝土拌和楼和骨料制冷系统采用全封闭进行。

空压站和拌和楼安装隔声窗和消声器，冷却塔塔体安装消声垫等措施降低拌和系统施工噪声。隔声窗选择 4mm+6mm 夹胶玻璃，设计隔声量≥30dB。消声器安装在空压站的进排气口和拌和楼的进排风系统处，设计消声量≥20dB。消声垫选用透水性能好的泡沫塑料垫。

现场施工人员，应按照劳动保护相关要求采取可靠的防护措施，如配带耳塞或耳罩、耳棉等。加强对施工人员的操作培训，减少突发事故和突发噪声的发生。

2）砂石料加工系统噪声控制

砂石料加工系统由破碎机、振动筛、螺旋分级机、进料胶带机等组成。其中振动筛噪声突出，建议在生产工艺上采取聚氨酯筛网代替原有的金属筛网，并且采用耐磨橡胶内衬。对振动筛突出部分安装隔声罩，并在空洞处设置消声器。根据砂石加工系统布置现场实际情况，在满足运行安全及正常生产的前提下，在洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统的粗碎车间、中碎车间、细碎车间及胶带机驱动平台采取隔声防护棚进行围护。隔声防护棚采用钢结构框架，三面或四面满铺彩钢板（EPS 夹心板）结构，彩钢板 EPS 夹心泡沫厚度 5cm。

3）交通噪声源强控制

交通噪声是对噪声影响贡献较大的一类影响源。为降低交通噪声对敏感点的影响，应采取以下措施：

加强道路交通管理，保证交通运行的通畅，合理控制交通流量。在弃渣场道路 6#公路临近茂达水村附近、2#公路临 1#施工营地、2#公路临 2#施工营地、2#公路临 3#施工营地、现场建设管理营地周边道路及 13#公路临近张仁村附近道路

两侧各设置限速标志 1 个，禁鸣标志 1 个，以降低交通噪声影响。

合理安排施工时间，禁止弃渣场夜间施工。需特殊情况进行施工时，施工车辆在经过施工营地及周边居民点时要尽量降低车速，夜间通行时禁鸣喇叭，以减少对附近居民的影响。

加强道路和车辆的维修保养，降低机动车辆行驶时的震动速度。施工单位必须选用符合国家有关环保标准的施工车辆，如运输车辆噪声符合《汽车定置噪声限值》（GB16170-1996）等。

4）爆破噪声源强控制

徐龙料场开采应严格控制爆破时间，爆破前 15min 应鸣警笛，提示警戒。通过控制一次起爆的总导爆索量、总炸药量和起爆方式，降低振动及噪声，降低振动及噪声，控制爆破抛头方向，避免正面爆破噪声指向敏感点。采用先进的爆破技术，如采用微差松动爆破可降低噪声 3～10 dB（A）。

**（2）传播途径控制**

采取道旁绿化措施，从遮隔和减弱噪声的需要考虑，配植树木应选用常绿灌木与常绿乔木树种的组合，并要求有足够宽度的林带，以便形成较为浓密的“绿墙”，有效减少交通运输噪声的影响。

**（3）敏感受体保护**

在弃渣场道路临近茂达水村路段端设置限速和禁鸣标志 2 个。施工车辆在经过茂达水村居民点时要尽量降低车速，夜间通行时禁鸣喇叭，以减少对附近居民的影响。

对于强噪声源，如混凝土拌和、骨料破碎、砂石料筛分等作业区，尽量提高作业的自动化，实现远距离监视操作，即可减少工作人员，也可使作业人员远离强噪声源。必须处在高噪声环境中作业的施工人员应加强个人防护，采取佩戴耳塞、耳罩、防声头盔等个人防护用品的方式进行保护。

## 6.6.3.3 措施效果分析

从上面的噪声防治措施来看，主要采取的措施有建议弃渣场夜间禁止施工、采用先进的爆破技术、安装隔声窗和高噪声作业人员佩戴防护用品等。

采用先进的爆破技术，如采用微差松动爆破可降低噪声 3～10dB（A）。安装隔声窗，在关窗条件下，降噪量≥35dB；在开窗通风条件下，降噪量≥15dB。

佩戴不同类型的耳塞可使噪声衰减 15～30dB（A）。见表 6.6-17。

表 6.6-17　　常用防护用品表

| 种类 | 重量（g） | 衰减 dB（A） | 说明 |
|---|---|---|---|
| 棉花 | 1-5 | 5-10 | 塞在耳内 |
| 棉花涂蜡 | 1-5 | 10-20 | 塞在耳内 |
| 伞形耳塞 | 1-5 | 15-30 | 塑料或人造棉胶 |

## 6.6.4 固体废物处理

### 6.6.4.1 施工期生活垃圾处理措施

**（1）生活垃圾产生量及特性**

工程施工期 98 个月共需处理生活垃圾量约 9287t。生活垃圾成份可分为有机物和无机物，有机物主要有竹木、厨余、纸类、塑料、皮革、鞋类、织物等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。

**（2）方案比选**

根据本工程施工期施工人员数量、施工区交通条件、周边乡镇生活垃圾处理方式，拟对卫生填埋、垃圾外运和热解法三种处理方式进行方案比选。

1）卫生填埋法，施工区处于金沙江高山峡谷地区，土地资源极为紧张，沿线施工区内冲沟较发育，难以找到适合新建垃圾填埋场的场地，故不用此方法。

2）垃圾外运，据施工区周边县城及乡镇垃圾处置现状，施工区生活垃圾按就近处理考虑，有三处可选择的地点：即香格里拉德钦县城、库区的羊拉乡、坝址下游的奔子栏镇。经调查，施工区距德钦县 190km，距羊拉乡 35km，距奔子栏镇 72km。按运距考虑，生活垃圾运至羊拉乡处理，较为合理，但羊拉乡现有生活垃圾部分肥田，部分焚烧，没有足够容量接纳施工期生活垃圾。

3）热解法，是在无氧条件下利用高温使生活垃圾中有机高分子的化学键发生断裂，释放出各种挥发份的反应过程，其产物为碳化物、可燃气（$H_2$、CO、$CH_4$、$C_2H_6$ 等）和可凝液体（焦油等）。可燃气体与供入的富氧空气进行完全融合在二燃室只需点燃就能自行充分高温燃烧，燃烧后的余热可回收利用。垃圾热解气化技术不仅实现垃圾无害化、减量化和资源化，而且热解气化产生的飞灰和烟气量少，重金属、二噁英类等污染物的含量极低，二次污染小，对环境更加安全。因本工程地处高山峡谷地区，区内人烟稀少，在满足卫生防护距离的条件下，

可在工程建设征地范围内布置一座生活垃圾热解站，对本工程生活垃圾进行热解处理。与卫生填埋相比，生活垃圾热解具有占地小、一次性投资低，场地选择容易，处理时间短、减量化显著（减重一般达 70％～90％，减容达 90％）、无害化较彻底，在垃圾处理中得到广泛的应用。

因无其他较为合适的处理方式，且迪庆州对于乡镇生活垃圾也推荐使用热解技术。因此，本次推荐采取新建垃圾热解站的方式处理施工期生活垃圾。

**（3）方案设计**

1）热解站选址

通过地质勘查和卫生防护距离论证，本阶段推荐在坝址上游 3.8km 处格亚顶沟口修建垃圾热解站一座，占地面积 0.14hm²。垃圾热解站距离 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地运距分别约为 1.4km、7.9km 和 8.0km，厂址周围无居民点。目前该垃圾热解站有羊拉公路及施工道路连接各个施工营地，垃圾收集、运输快捷方便。

2）处理规模

垃圾热解站的规模按主体工程的施工人数考虑。旭龙水电站施工区高峰年施工人数为 5265 人，生活垃圾日产生量约 3.2t。考虑到本工程采用综合利用、垃圾简单分选和垃圾储存后，初估本工程最终的生活垃圾产量将减少约 20%，鉴于热解处理设施一次性投资高的特点，本工程处理规模定为 3t/d（250kg/h）。

3）工艺流程

本垃圾热解站包括垃圾收运系统、垃圾储坑、喂料系统、热解炉、出灰系统、废气治理系统、自动控制系统等。垃圾热解站工艺流程见下图。

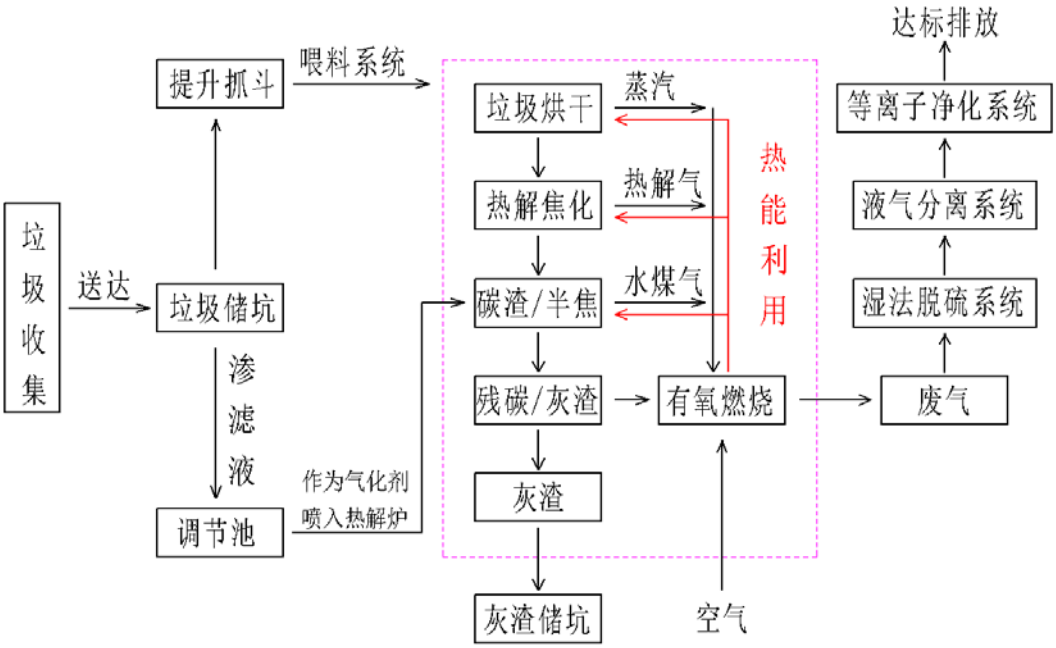



图 6.6-10垃圾热解处理工艺流程图

① 垃圾收运系统

旭龙水电站施工期，在施工营地建立生活垃圾收运系统，生活垃圾做到一日一清。

② 垃圾储坑

垃圾储坑储存量一般为处理站三到五天的处理量，以保证垃圾热解站稳定的原料供应。垃圾储坑采用钢筋混凝土结构，进行密封设计，在接收大厅设卸料密封门，在无垃圾倒入时密封门处于常闭状态。

垃圾储坑底部坡向渗滤液调节池，垃圾储存过程中产生的渗滤液，至调节池收集后泵入垃圾热解炉，作为无机碳的气化剂。

③喂料系统

喂料系统的功能是给垃圾热解炉供应垃圾、气化剂和空气，包括垃圾提升—给料系统、渗滤液泵入系统、臭气收集送风系统。

此工艺无需对垃圾进行预处理。垃圾提升主要采用抓斗式起重机从垃圾储坑中抓取垃圾，投送入喂料器料斗。喂料器包括料斗、溜槽和液压推进三部分，垃圾由给料器底部的液压系统推入炉芯，喂料器采用密封设计。

渗滤液泵入系统采用高压泵泵入到垃圾热解炉，垃圾热解后剩余的无机碳在高温条件下与垃圾渗滤液发生剧烈的还原反应，生成水煤气，既解决了垃圾渗滤液的处理问题，也提高了整个工艺的热效率。

臭气收集系统主要是为了解决垃圾储坑臭气逸散的问题，在垃圾储坑内部设置引风口，将垃圾储坑内臭气抽出并做为热解炉的给入风，使垃圾储坑处于微负压状态，防止臭气逸散。

④热解炉

无氧热解是一种化学分解缩聚过程，生活垃圾热解是在无氧条件下，利用高温使生活垃圾中有机高分子的化学键发生断裂，释放出各种挥发份的反应过程，其产物为碳化物、可燃气（$H_2$、CO、$CH_4$、$C_2H_6$ 等）和可凝液体（焦油等）。

垃圾在无氧的条件下热解，杜绝了垃圾直接参与燃烧生成的二噁英等有毒有害气体的可能。垃圾热解产生的可燃性气体和碳渣进行有氧燃烧，产生热量供应后续垃圾的热解过程。可燃性气体和碳渣的燃烧属于洁净的无烟燃烧，可有效降低后段废气处理的难度，废气的主要污染物只有酸性气体、焦油和少量飞灰，通过碱法除酸除尘、除雾、等离子净化得到清洁的废气排放和澄清的回水利用。余热用来预热和烘干新进的垃圾，增加垃圾的热值，并对废气产生预冷的作用。

⑤出灰系统

出灰系统是连接炉体底部和灰渣堆场的螺旋输送机构，灰渣在输送管道内预冷后排入灰渣储坑。

⑥ 废气治理系统

废气治理系统包括脱硫除尘系统、除雾系统和等离子净化系统。

脱硫除尘系统采用湿式脱硫塔，用碳酸钠作为脱硫剂，在不锈钢脱硫塔中完成。$Na_2CO_3$ 溶液通过循环泵泵入脱硫塔内从上往下喷淋，吸收塔内烟气中 $SO_2$ 生成 $Na_2SO_3$ 和 $Na_2SO_3$ 的混合溶液，混合溶液输送至循环水处理池，在池内加入固体 $Na_2CO_3$ 使 $Na_2SO_3$ 结晶析出，再对其进行脱水分离，分离出的液体返回脱硫塔内循环使用，$Na_2SO_3$ 晶体滤干后外售。该系统脱硫效率 80%，除尘效率 90%。

脱硫除尘后的烟气中含有的水分配套除雾塔去除后，再进入高压等离子净化系统去除烟气中含有的少量焦油等，净化达标后的废气经过 18m 高烟囱排放。

等离子净化系统去除原理：根据电场理论，正离子吸附于带负电的电晕极，负离子吸附于带正电的沉淀极，所有被电离的正负离子均充满电晕极与沉淀极之间的整个空间。当含焦油废气通过该电场时，吸附了负离子和电子的杂质在电场

库伦力的作用下，移动到沉淀极后释放出所带电荷，并吸附于沉淀极上，从而达到净化气体的目的。当吸附于沉淀极上的杂质量增加到大于其附着力时，会自动向下流趟，从等离子净化系统底部排出，洁净气体则从等离子净化系统上部离开进入烟囱排放，去除效率 99%。

⑦ 电气控制系统

通过传感器收集温度等信号反馈系统运行状态，由位于控制室的操作台集中控制整套设备的运行，操作人员通过操作触摸式显示屏，启动控制按钮、变频调速旋钮，即可控制系统正常平稳运行。

**（4）运行管理**

1）生活垃圾收运管理

旭龙水电站施工期，在施工营地建立生活垃圾收运系统，生活垃圾做到一日一清。在施工办公生活区设置垃圾桶，收集生活垃圾。施工营地内按 50 人设置一个垃圾桶，施工期高峰人数 5265 人，需在施工人员聚集区周边设置 106 个垃圾桶。并且安排清洁工负责日常生活垃圾的清扫，并对其进行简单的筛选，配备垃圾车 1 辆，定期通过垃圾车集中转运至热解站处理。对各垃圾桶存放处经常喷洒灭害灵等药水，以防止蚊蝇等孳生，减免对施工人员的生活卫生产生不利影响。生活垃圾热解炉灰渣为一般工业固体废物，可定期用垃圾运输车运往就近的右岸上游 2#弃渣场深埋处理。

2）热解运行管理

鉴于工程垃圾热解站规模较小，运行管理较为简单，按照机构合理、人员精炼、方便生产、利于管理的原则，配备人员运营管理人员 2 名。设备安装调试期间，由设备提供方组织有经验的专家到现场讲课，实地指导设备安装、调试和操作，进行培训。操作人员上岗前，应通过安全教育、操作规程、生产前后环节的协作、联系和事故处理等各项考试，合格者方可上岗。同时，应制定垃圾储坑渗滤液事故排放应急预案。

3）热解站投运时间

根据施工规划安排，受施工场地和场内交通条件限制，工程施工的前两年，生活垃圾外运至奔子栏垃圾填埋场进行填埋处置，待热解站建成投运后，施工区生活垃圾由热解站处理。

#### 6.6.4.2 生产废料及建筑垃圾处理

实现废物减量化，不仅可以减少运输费用，简化处理工艺，而且可以降低处理成本。对于工程废弃物中有用的下脚料，若金属、塑料等可回收物，由指定的物资回收部门定期回收利用。可回收废物包括报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材等。废机油、隔油池废渣以及蓄电池等危险废物应统一收集，设置存储仓库，交由具有资质的单位处置。剩余一些无回收价值的一般固体废弃物，统一运送至弃渣场。

## 6.7泄洪雾化影响减缓措施

坝体下游泄洪消能区一带的岸坡主要为花岗岩边坡，总体稳定，上部发育强卸荷带，坡表岩体松弛明显，并发育多个危岩块体，电站建设施工过程中及泄洪雾化将对岸坡产生扰动和影响，恶化其稳定性，因此，有必要根据雾化影响的强度和范围，对水垫塘、二道坝和下游河道一段范围的泄洪消能雾化影响区两岸稳定性较差的岸坡部位进行必要的处理和防护，以提高其稳定性。

根据相关工程经验并结合本工程特点，初拟雾化防护分区及主要处理措施如下：

结合泄洪雾化数值计算成果和枢纽区自然边坡防治原则，水垫塘两岸高程2308m（开关站高程 2310m）以上设置了主(被)动防护网、系统喷锚支护、危岩体(堆积体)治理等系列工程防护措施。大坝下游水垫塘至下游电站尾水出口和下游围堰范围内的高程 2308m 以下进行系统泄洪雾化防护设计。

根据泄洪雾化雨强分布情况，水垫塘雾化防护区主要采用混凝土护坡、贴坡混凝土防护及喷锚支护等措施，共分四级区域进行防护：

①水垫塘顶高程 2180m 以下的边墙混凝土防护区：混凝土水垫塘两岸高程2153m 以下岸坡采用 3m 厚混凝土防护。高程 2153m~2180m 采用 2m 厚贴坡混凝土防护。

②高程 2180m~2255m 的溅水区和暴雨区：水工模型试验观察到水垫塘两岸溅水区顶高程约为 2200m，参考同类工程泄洪雾化防护贴坡混凝土范围，确定高程 2255m（边界雨强稍大于 100mm/h）作为水垫塘两岸 0.5m 厚贴坡混凝土防护顶高程，高于水垫塘顶高程 75m。为减轻在自然边坡上的混凝土贴坡施工难度，

高程 2180m~2255m 按照每 15m 一级设一道宽 2~3m 马道进行系统清坡开挖以方便贴坡混凝土施工。

③高程 2255m~2308m 开挖区域：结合边坡开挖的支护措施，采用系统挂网喷锚支护和排水。

④高程 2255m~2308m 自然边坡区域：水垫塘边坡开口线以外区域，进行清坡和挂网喷锚防护。同自然边坡防治的危岩体(堆积体)治理范围重叠部位按照自然边坡处理原则实施。

电站建筑物开关站布置在右岸二道坝下游侧高处平台，平台高程 2310m，开关站下部边坡已进行挂网喷锚防护。

# 6.8移民安置环境保护措施

## 6.8.1 集中安置点环境保护

### 6.8.1.1 水环境保护措施

**（1）施工期**

1）生产废水

移民安置工程施工期产生的废水主要来自于机械冲洗废水及混凝土拌和碱性废水。

**①进水浓度与出水指标**

**进水水质。**施工期冲洗机械设备时产生的含油废水，废水主要污染物为 SS 和石油类，其浓度一般为 SS≤3000mg/L，石油类≤30mg/L。

混凝土拌和加工每日产生的废水呈碱性，pH 值可达 9～12，废水具有悬浮物浓度高、水量小，间歇集中排放的特点，废水 SS 浓度约在 3500mg/L 左右。固体悬浮物颗粒较小，要达到处理目标的要求，需要添加絮凝剂。

**出水水质。**施工期生产废水经处理后，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准再回用。

**②处理措施**

A 混凝土拌和废水处理

混凝土拌和冲洗废水中主要污染物为 SS，且废水呈碱性，pH 值在 9～12 之

间。由于混凝土拌和冲洗废水产生量小，采用简易的沉淀池对每台班末的冲洗废水排入池内，采用中和工艺，对废水静置至 6h～8h 后，清水洒水回用。在沉淀的基础上进一步采取了中和沉淀方案，以保证出水 pH 值达标，并且废水经过简易沉沙池初沉后再经中和沉淀池的沉淀静置，基本能够保证水质一级达标回用。

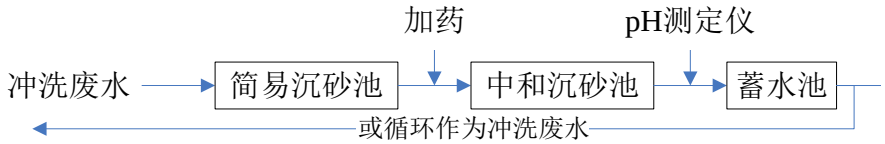



**图 6.8-1　混凝土冲洗废水处理工艺流程图**

B 机械冲洗废水处理

机械冲洗废水通常采用隔油池工艺处理。废水由布设于机械维修场周围的排水沟（0.3m×0.3m）收集，经隔油池前端进行油水初级分离，下层含油乳化油的液体进入沉砂池进行沉淀。

隔油池排水沟断面为矩形，用混凝土衬砌，隔油池基体由开挖筑成，四壁及池底先铺防渗膜，再用砖砌，并以水泥砂浆抹面，最后内衬树脂防腐涂料。隔油池池底挡板由砖砌构成，池壁挡板为钢板，池壁预先埋槽钢。

2）生活污水

施工期间，安置区施工人员人数一般在 50 ~100 人之间，施工周期约为 1~2 年。施工期产生的生活污水量较小，施工人员以当地劳动力为主，仅新增外来少量管理人员，多租用当地民房，无新建营地，因此不存在生活污水集中排放问题。拟分别在四川省的得绒桐安置点和云南的斯木顶安置点施工区设置 1 座、2 座环保移动厕所，废污水综合利用，不外排；施工结束后，对厕所周边统一进行拆除、消毒和清理。

**（2）运行期**

**1）措施设计原则**

①根据移民安置区排水去向及水环境敏感程度制定排放标准，选择适宜的处理处置方式及建设方法等，在保证综合效果的前提下，实现“三低”（低投资、低运行维护费用、低技术管理要求）。

②综合考虑，协调规划，在实现污染防治的设施建设目的的前提下，充分考虑设施使用的长期性、稳定性，并具备现代建设项目的特点，符合国家新农村建

设的政策指导要求。

**2）污水排放特点**

①安置点污水与常规农村污水的性质相差不大，一般均值 $BOD_5$≤150mg/L，COD≤400mg/L，pH 值 6～9，SS≤170mg/L，色度（稀释倍数）≤100，水中基本上不含重金属和有毒有害物质，含一定量的氮和磷，水质波动大，可生化性好。

②生活污水水量特点：变化系数大，居民生活规律相近，导致农村污水排放量早晚比白天大，夜间排水量小，加之农村人口外出务工人员较多，水量季节性变化明显，春节及重大节日期间排水量大，春、秋季排水量少，即污水排放呈不连续状态，具有变化幅度大的特点。

③排水体制特点：集中安置点通过埋设排水管网，设置雨水沟渠，使雨水和生活污水分流排放。雨水就近收集后直接排入现状冲沟或灌溉渠系；生活废水进入居民点生活污水处理系统。

**3）农村生活污水处理方式**

根据《西南地区农村生活污水处理技术指南》（中华人民共和国住房和城乡建设部，2010 年 9 月）的有关要求，农村生活污水处理主要推荐下列工艺：

①三格式化粪池

本技术适用农村移民安置点生活污水的初级处理，特别适用于厕所的粪便与尿液的预处理。若以农田灌溉为目标，也适用该处理技术。

②沼气池

适用于西南地区一家一户或联户农村污水的初级处理。

沼气池是采用厌氧发酵技术和兼性生物过滤技术相结合的方法，在厌氧和兼性厌氧的条件下将生活污水中的有机物分解转化成甲烷、二氧化碳和水，达到净化处理生活污水的目的，并实现资源化利用。

本技术为无动力处理系统，没有电耗，需要对沼气池进投料进行管理，运行费用较低。

③人工湿地

本技术适用于服务人口 200 人～1500 人的农村移民安置点的生活污水处理。对于服务人口低于 200 人的小型农村移民安置点，可省略厌氧池，在化粪池后采用人工湿地进行处理。

人工湿地选址简单、施工方便，易于维护管理，运行费用低，但占地面积大，

可将景观设计与人工湿地污水处理工程建设结合起来，进一步改善移民安置点的生活环境。

人工湿地平时无需人员管理，仅在排放剩余污泥和植物收割时需要人员管理。厌氧池每年清掏 1 次，每季度应清理人工湿地进水口的杂物，冬季应及时清理湿地内枯萎植物。

若有一定的地势差，能靠重力流动，可采用无动力设计；若地势差不足，则需要使用潜水泵将污水提升，运行成本约为每天 0.02～0.08 元/$m^3$ 。

④生物接触氧化

本技术适用范围较广，适用于近百人至几千人的农村安置点的生活污水处理。

本工艺占地面积小、选址简单、施工方便，对水量、水质变化的适应性强，抗冲击负荷能力强，处理效率高，维护管理较简便。

系统启动时，接触氧化池需投加就近污水处理厂的好氧污泥，或加入粪水，闷曝 3～7d 后开始少量进水，并观察检测出水水质，逐渐增大进水流量至设计值，同时调整曝气量，如果有条件应测定反应池内溶解氧浓度，最好维持在 2.0～3.5mg/L 之间。正常运行时，需观察填料载体上生物膜生长与脱落情况，并通过调节气量防止生物膜的整体大规模脱落。确定有无曝气死角，调整曝气头位置，保证均匀曝气。装置还需定期排放剩余污泥。

本技术工艺运行维护费用主要包括动力费和检修维护费，运行维护费用约为每天 0.3～0.8 元/$m^3$ 。

⑤组合型强化生物池

组合型强化生物池是采用迷宫式水流卷入微生物所需氧气、生物接触氧化和生物过滤相结合的污水处理技术，针对农村生活污水来源的单一性和污水水量间歇性波动等特点。

组合型强化生物池污水处理系统，生物氧化降解能力强，吸附过滤作用明显，脱氮除磷效果显著，抗污染冲击负荷能力强，出水水质优良。

组合强化生物池工艺无需专门电耗和能耗，运行费用极低，特别适合当前经济条件比较薄弱的农村和移民点等地区。

⑥高效生态塘

稳定塘是以太阳能为初始能量，通过在塘中种植水生植物，进行水产和水禽

养殖，形成人工生态系统，在太阳能（日光辐射提供能量）作为初始能量的推动下，通过稳定塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级传递、转化，将进入塘中污水的有机污染物进行降解和转化，最后不仅去除了污染物，而且以水生植物和水产、水禽的形式作为资源回收，净化的污水也可作为再生资源予以回收再用，使污水处理与利用结合起来，实现污水处理资源化。

根据上述工艺特点、运行管理要求及建设运行成本，同时考虑该地区降雨量少，蒸发量大，节水节能和提高水资源利用率的要求，在出水设置集水池，用于安置点内绿化、洒水降尘等。

结合移民安置点具体位置及周边环境和受纳水体等因素，拟选用组合型强化生物池（一体化污水处理设施）作为运行期生活污水处理的推荐工艺。各安置点污水处理工艺见下表 6.8-1。

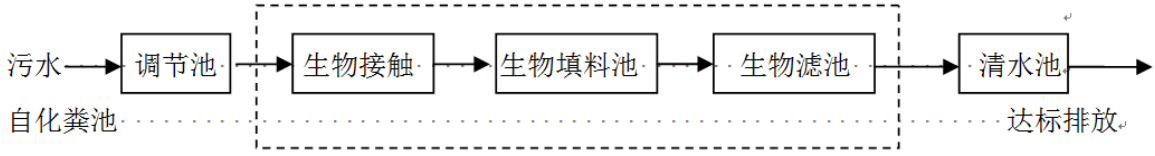
**表 6.8-1　　各移民安置点生活污水处理工艺表**

| 行政区属 | 安置点 | 规划水平年安置人数（人） | 运行期污水排放量（t/d） | 排放去向 | 拟采用处理工艺 |
|---|---|---|---|---|---|
| 云南省 | 斯木顶 | 300 | 31.20 | 洒水降尘、绿化浇灌 | 组合型强化生物池 |
| 四川省 | 得绒桐 | 864 | 89.86 | 洒水降尘、绿化浇灌 | 组合型强化生物池 |

**4）生活污水处理设计**

根据出水要求，结合安置点污水排放去向及地形特点，设计污水处理工艺为“格栅调节池+一体化设备”工艺。

因农村生活污水来水有一定的不均匀性，因此设置集水池对水量进行调节。一体化设备主要功能为除污水中含碳有机物，处理工艺，见下图 6.8-2。




注：虚线内表示组合强化生物池

**图 6.8-2　　安置点运行期生活污水处理流程图**

污水处理设施主要构筑物尺寸及数量具体见下表 6.8-2。根据得绒桐安置点平面及高程布置，在南北部组团各设一个污水处理站，均设置在组团的西南侧，其规模与斯木顶安置点规模相当。

表 6.8-2　旭龙水电站搬迁安置点污水处理设施主要构筑物一览表

| 序号 | 名称 | 规格（长×宽×深） | 单位 | 数量 | 结构 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 格栅池 | 2.5m×0.7m×1m | 座 | 1 | 砖混 | 人工格栅 |
| 2 | 调节池 | 2.5m×2m×2.15m | 座 | 1 | 砖混 | 潜污泵 |
| 3 | 一体化设备 | 5.8m×2m×2m | 座 | 1 | 砖混 | 曝气机 |
| 4 | 铁质大门 | 高 1.2m，宽 1m | 座 | 1 | | |
| 5 | 围墙 | 高 1.2m | m | 35 | | 塑钢 |
| 6 | 厂区道路 | 宽 1m | ㎡ | 12.5 | | 水泥道路 |
| 7 | 厂区进厂道路 | 宽 1m | ㎡ | 30.5 | | 水泥道路 |
| 8 | 厂区绿化 | | ㎡ | 35 | | |

## 6.8.1.2 生态保护措施

**（1）陆生植物保护措施**

1）避免占压和破坏植被。安置点建设弃渣，要运至指定的弃渣场，避免对植被的占压或破坏。

2）加大生态环境教育宣传力度，增强当地农民的环境保护意识。集中安置点设置宣传标示牌，防止施工人员对植被的破坏，并加强对施工人员的宣传教育。

3）对淹没区木材资源按原归属进行合理调配，尽可能减轻由于移民建房和生活能源的需要而对森林资源产生的压力。

4）搬迁安置点采取植物恢复措施。物种的选择以乡土树种为主，本着绿化和美化相结合的原则，乔灌草合理搭配。

5）对安置点损毁的植被，进行生态修复和合理补偿。

**（2）陆生动物保护措施**

1）生活营地、施工场地、临时便道等临时占地应绕避评价区植被较好的区域，避免占用动物生境。施工中避免破坏动物栖息的洞穴、窝巢等。

2）在集中安置点设置宣传标示牌，加强对野生动物的宣传教育，提高移民和施工人员对野生动物的保护意识。

3）搬迁安置点施工机械和运输车辆采用减噪措施，降低施工噪声对附近动物的惊扰影响。

4）移民安置点的生产废水和生活污水经处理达标后尽量回用，避免因水体

污染等对动物生境造成破坏，影响动物的栖息繁衍。

5）修复和保护野生动物生境。生产安置和搬迁安置点的道路两旁种植一定数量的树木（灌丛），施工营地、弃渣场、料场、临时施工道路等临时占地通过水土保持植物措施及时进行绿化，逐渐恢复野生动物的栖息环境，减轻对野生动物活动的阻隔影响。

### 6.8.1.3 环境空气保护措施

**（1）改进施工工艺**

优化施工方法、施工技术等进行减粉降尘；优先采用湿式作业，最大限度地减少粉尘的产生量。

**（2）配置必要的除尘设备**

施工运输车辆应选用符合国家有关标准的车辆，保证尾气达标排放，使用高品质的燃油、燃气，从源头解决车辆尾气排放问题。

**（3）除尘降尘防护措施**

在开挖、灰土搅拌站等施工区域进行洒水，以加速粉尘沉降，缩小粉尘影响时间与范围，非雨日每天洒水 3～5 次；施工作业人员应加强劳动安全和卫生保护，在环境空气受影响大的区域，工作人员必须配戴防尘口罩等个人防护用品；对道路进行洒水降尘，以道路无明显扬尘为准，非雨日每天洒水不少于 5 次，确保扬尘削减到最低。

**（4）运输防尘措施**

在物资运输过程中注意防止空气污染；装载多尘物料时，应对物料适当加湿或用帆布覆盖，运送散装水泥车辆的储罐应保持良好密封状态，运送袋装水泥必须覆盖封闭，经常清洗运输车辆；在两侧分布有居民点的公路上行驶的车辆，车速不得超过 20km/h。

### 6.8.1.4 声环境保护措施

**（1）噪声源控制**

施工单位选用符合国家有关标准的施工机具和运输车辆，挖掘机、推土机、自卸汽车、混凝土搅拌机、装载机等施工机械尽量选用低噪声的施工机械，如固定机械设备加装减振机座，加强施工机械的维修保养，从源头上降低噪声源强。

施工运输车辆的喇叭选用指向性强的低噪声喇叭；施工运输车辆在通过居民区时，应减缓车速，控制车流量。

施工单位应按照国家规定的建筑施工场界噪声标准，对施工现场定期检查，实施规范化管理，对发现的违章施工现象和群众投诉的热点、重点问题及时进行查处，同时积极做好环境保护法规政策的宣传教育，加强与施工单位的协调，使施工单位做到文明施工。

**（2）传播途径控制**

受建筑及道路施工影响的敏感点在施工期间采取隔声屏措施，减轻噪声产生的影响。

**（3）爆破噪声预防措施**

在清除不稳定岩石时，部分区域需采取爆破。由于爆破噪声具有噪声值高但持续时间短的特点，可优化施工工艺降低爆破噪声强度，比如采取水草封堵及强防护措施（炮孔上覆盖砂袋及打湿草袋）。同时，可在爆破前告知爆破点周围600m 内居民及施工人员，施工人员可采取耳塞等措施进行防护。

## 6.8.1.5 固体废物处理与处置

**（1）弃渣的处置**

为避免安置点建设中弃渣乱堆乱放，应设置弃渣场。工程施工中的弃渣必须全部运送到弃渣场堆放，不得随意堆弃，避免对河道及水质产生影响。

工程完工后，结合水土保持进行覆土整治。

**（2）生活垃圾处理**

安置点建成后生活垃圾经收集、清运后纳入新设置的垃圾处理系统。生活垃圾收集设施包括垃圾桶、垃圾收集池，处理系统主要指垃圾处理设施。

1）垃圾收集设施

两处安置点每 10～15 户配置一个 100L 垃圾桶。根据统计，四川省得绒桐安置点约设置垃圾桶 21 个，云南省斯木顶安置点设置 10 个。四川和云南两处安置点分别设置垃圾收集池 1 个，其中得绒桐安置点垃圾收集池约 $10m^3$，云南斯木顶安置点垃圾收集池约 $5m^3$。

2）垃圾处理设施

①四川得绒桐安置点

得绒桐安置点距徐龙乡政府约 15km，距得荣县因都坝生态移民安置点约20km。目前得荣县已对境内所有乡镇规划了生活垃圾热解站。生活垃圾热解工

艺具有“无害化、减量化、资源化”的特点，符合当地实际情况，亦是环境保护部门力推的生活垃圾处理方式。因都坝生态移民安置点目前建有因都坝生活垃圾填埋场，主管部门为得荣县环境保护和林业局。

结合得绒桐安置点规模、生活垃圾的产生量、与徐龙乡政府和因都坝垃圾填埋场距离等因素综合考虑，拟提出以下两种处理方式。

方案一：依托因都坝垃圾填埋场，根据得绒桐安置点生活垃圾产生量，对因都坝垃圾填埋场进行扩容，对得绒桐安置点生活垃圾进行处理。

方案二：依托徐龙乡规划的生活垃圾热解站，扩大热解站规模，并提前完建徐龙乡热解站，将得绒桐安置点生活垃圾纳入一并处理。

鉴于徐龙乡生活垃圾热解站仍处于规划阶段，存在地方配套资金难以落实等各种困难。地方政府当下对因都坝垃圾填埋场存在扩容的要求，本阶段推荐方案一。

考虑到得绒桐安置点人口自然增长率，与四川省移民安置规划大纲保持一致，取值 8‰，垃圾填埋场使用年限按 12 年考虑，则共需处理垃圾约 4000t。

②云南斯木顶安置点

由于斯木顶安置点安置人数较少，其周边 50km 内均无规范垃圾处理场。因此，结合云南省近年来垃圾处理工艺推荐，建议在斯木顶安置点附近 1km 范围内的安置点下风向处建设一处小型垃圾热解站，安置点生活垃圾经收集池收集后运至垃圾热解站集中处理。

此外，安置点可鼓励并倡导村民将生活垃圾分类处理，可回收的垃圾，如废铁、饮料瓶等可送到废品收购站；有机垃圾，如秸秆、玉米杆等，可还田沤肥。分类处理后，垃圾处理量可大大减少，从而减少生活垃圾的处理成本。

## 6.8.2 专项设施复建环境保护

### 6.8.2.1 水环境保护措施

**（1）施工人员生活污水处理措施**

施工营地生活污水严禁直接排入自然受纳水体；施工应优先选择租用民房，施工人员生活污水可简单处理后做农肥，在施工营地四周开挖截水沟。

**（2）施工生产废水处理措施**

施工期间将排放混凝土搅拌废水、砂石料冲洗废水等，主要以 pH、SS 为污染特征。发生数量依据施工单位水平和材料性质，一般排放量不大。将施工产生的 SS 污水引至临时沉淀池，经栅格过滤沉淀后可消除此类污染影响。混凝土搅拌废水在沉淀池中加酸进行中和沉淀后回用。在施工机械车辆检修、冲洗场所布设检修平台，平台周围布设集水沟，并布置隔油池对施工机械冲洗及维修产生的油污水进行收集处理。

**（3）管理措施**

开展施工场所和施工营地的水环境保护教育，让施工人员了解水环境保护的重要性。

跨河桥梁下部结构施工时，施工尽量安排在枯水季进行，以减小对水质的污染；桥梁工地人员的生活垃圾集中收集，并联系环卫部门及时清运。桥梁施工中挖出的淤泥、渣土等不得抛入河流、沟渠，应指定地点填埋或送附近弃渣场处理。

加强施工管理和监理工作，定期检查施工机械，防止油料发生泄漏污染水体。施工材料如油料、化学品、粉煤灰等不宜堆放在地表水体附近，并应备有临时遮挡的帆布；采取必要的措施防止泥土和散体施工材料阻塞水渠或现有的灌溉沟渠及水管。

### 6.8.2.2 生态环境保护措施

（1）在公路修筑过程首先应及时对上边坡中土质边坡段采取有效支护，防止崩塌、滑坡危害；其次施工中产生的废弃土石不应随意堆放在下边坡上，避免雨季垮塌产生二次水土流失。

（2）优化工区出渣方式，优化道路施工布置和减少道路开挖断面，采用半挖半填方式，从源头上减少地表破坏和扰动面积。

（3）完善施工公路必要的排水系统及挡护设施，包括道路两侧排水；根据施工场地条件和水土保持要求，选用当地乡土树种进行造林绿化。同时由于乔、灌木恢复需要一定的生长周期，在绿化方案设计时，结合水土保持植物措施，尽快恢复植被。

### 6.8.2.3 环境空气保护措施

（1）在靠近公路沿线居民相对集中的居民点施工时，施工现场要设置高度

不低于 2m 的硬质围挡，并保持施工场地清洁；施工现场应设专人负责保洁工作，及时洒水清扫，减少扬尘。每个施工段安排 1 名员工定期对施工场地洒水以减少扬尘的飞扬。

（2）施工散料运输车辆应采用加盖蓬布和湿法相结合的方式，减少扬尘对大气的污染，物料堆放时加盖蓬布。

（3）公路施工设置的储料场、混凝土搅拌站应远离公路沿线居民点，布置在较为空旷的位置。

（4）利用现有道路作为施工道路进行材料输运等，应做好施工路线选择、车速控制、并在沿线有居民点处采取适当洒水降尘措施，降低二次扬尘污染。

（5）加强施工管理，提倡文明施工、集中施工、快速施工。工程开挖土方应集中堆放，及时回填，以缩小扬尘影响范围和影响时间。

#### 6.8.2.4 声环境保护措施

（1）尽量采用低噪声机械，工程施工所用的施工机械设备应事先对其进行常规工作状态下的噪声测量，超过国家标准的机械应禁止其入场施工。施工过程中还应经常对设备进行维修保养，避免由于设备性能差而使噪声增强现象的发生。

（2）合理安排好施工时间与施工场所，高噪声作业区应远离声环境敏感点布置，在敏感点附近路段施工时，如果敏感点监测不能满足相应的声环境质量标准，可以采取临时性的降噪措施，如设置临时降噪声屏障等措施来保护敏感目标。

（3）根据《建筑施工场界噪声限值》要求，应合理确定工程施工场界，应尽量避免将施工营地设置在声环境敏感点附近。

#### 6.8.2.5 固体废物处理与处置

施工期中固体废弃物多呈线性分布的，若堆放不当或处置不及时，将直接破坏公路沿线生态环境，因此应通过加强施工管理，及时清运、处置，减少和防止固体废物影响。

施工期固体废物主要包括土石方开挖，房屋拆迁、施工残土产生的建筑垃圾和施工人员生活垃圾。公路施工所产生弃渣需设置弃渣场，并采取防护措施。生活垃圾可收集后就近运至所在乡镇垃圾临时堆存场，后由乡镇统一集中处理。

工程竣工后，应及时清理施工现场，清除临时工程废弃物，恢复原有地貌。

## 6.9运行期电站管理区环境保护措施

### 6.9.1 生活污水处理

旭龙水电站运行期职工总人数约350人，生活及办公污水排放量极少。运行期管理人员生活营地延用施工期业主营地，其生活污水处理装置也延用施工期生活污水处理及回用设施，可保证处理后实现“零排放”。处理设施需一名管理人员，运行费用计入电站的运行成本。

此外，电站机组在设计中考虑了集油装置，机组运行和例行检修油污均可收集，无油污直排入江。

### 6.9.2 生活垃圾处理

运行期生活垃圾初步考虑拟采取外运至奔子栏镇垃圾填埋场进行填埋。奔子栏垃圾填埋场总库容 5.35 万 $m^3$，使用年限 15 年。距离施工区约 75km，日处理垃圾 10t/d，2018 年建成投运，具备接纳本工程生活垃圾的能力。电站运行期间，建设管理营地每年产生生活垃圾 76.7t，在建设管理营地分散设置 10 个垃圾桶。在进场道路附近设置垃圾中转站，并配置一辆载重 1t 的垃圾运输车，定期清运垃圾。

## 6.10 社会环境保护

### 6.10.1交通影响减缓措施

旭龙水电工程区涉及的地方交通主要为G318线、G214线、G215线（巴塘竹巴笼至得荣二龙桥），大宗物资将以公路运输方式经G214线至工程区。工程施工对上述交通路段存在一定的影响，因此提出相应的减缓措施如下：

（1）工程应与地方交通部门配合，加强交通管理和调度，协调好工程物资运输与当地其他交通运输之间的关系，避免运输高峰重叠。

（2）对于本工程涉及地方交通，尤其对于G215线建议加强交通管制，并增设交通标志牌。

（3）工程车辆需加强维修和保养，避免机械事故造成道路堵塞。对于场内交通，需采用有顶盖的自卸汽车作为出渣车，做到公路无掉渣，并指派专人打扫施工公路，保持干净整洁。

### 6.10.2 民族文化和宗教保护措施

本工程所在区域为藏民族聚居区，藏族人民在本区域进行生产生活的历史较为久远，在长期的社会发展过程中，形成了独特的民族文化，因此，工程建设全过程均需尊重和保护藏民族的宗教信仰、生活习俗和宗教设施。施工人员进场前需进行宣传教育与培训，发放宣传材料，提高施工人员素质，从法律及主观意识角度规范进驻施工人员的行为，使之尊重和保护藏族文化和藏民族的宗教信仰、生活习俗和宗教设施，避免与当地藏族同胞发生冲突，与工程区居民和谐相处。

对于处理工程涉及的白塔、嘛尼堆堆放处等宗教设施时，应充分尊重当地群众意见。

# 7 环境风险与应急措施

## 7.1评价目的

根据环境保护部环发[2012]77 号文《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》的要求，参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）和《外来物种环境风险评估技术导则》(HJ 624-2011)，通过风险调查、风险识别、风险事故分析和风险预测与评价等开展环境风险评价，为工程设计和环境管理提供资料和依据，以达到降低危险，减少危害的目的。

## 7.2风险识别

本工程建设对环境的影响主要为非污染生态影响，运行期基本无“三废”排放，相应环境风险主要为外源风险，本工程的施工与运行主要是增加风险发生概率或加剧风险危害。根据本工程施工特点、周围环境特点以及工程与周围环境之间的关系，存在的潜在事故风险和环境风险包括油库事故风险、爆破材料库事故风险、施工危险品运输事故风险、水质污染风险等。

### 7.2.1 油库和加油站

根据工程布置，在右岸下游洒茂顶施工工厂区附近设置一座加油站，周边500m内无居民点分布，周围45m内无工矿企业分布。

油库和加油站位于坝址下游2#路靠山侧，至坝址约2.5km；油库高程2180m，加油站高程2170m；油库0.3hm²，加油站0.2hm²，占地面积共0.5hm²。主要建(构)筑物包括：油罐、加油站、管理室、消防系统、给排水系统及油污水处理系统等。

### 7.2.2 炸药库

旭龙水电站建设开挖量大，开挖强度高，炸药库是工程前期导流洞洞身开挖的必要设施，也是主体工程施工期地下厂房开挖的重要设施。根据施工布置，左右岸各布置一座炸药库供两岸开挖炸药存放。左岸炸药库位于徐龙冲沟右岸，在

徐龙冲沟沟口上游0.7km处，场地高程2355m～2375m，占地面积0.35hm$^2$。右岸炸药库位于茂顶河左岸，距茂顶河河口上游约2.2km，场地高程2430m，占地面积0.3hm$^2$。炸药均采用乳化炸药，其存炸药储备规模分别为140吨、100吨。两座炸药库周围500m范围内均无居民点和施工营地分布。

### 7.2.3 水环境污染

本工程施工生产废水主要包括砂石加工系统冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机械修配系统含油废水等，生活污水主要是施工营地生活污水。本工程河段为Ⅱ类水域，正常情况下污水禁排，事故情况下废水若未经处理直接排放，将会对评价河段水质产生不良影响。此外，施工期运输危险品的车辆在过河时如发生交通事故，导致危险品泄露，将对水体水质造成影响。

另外，本工程库区右岸里农沟坐落有羊拉铜矿尾矿库及拦渣坝下游调节池，如若发生泄漏，将对水体水质造成影响。

## 7.3环境风险潜势初判

### 7.3.1 环境敏感程度（E）的判断

**（1）大气环境**

本项目施工期的油库和炸药库布置位置都远离居民区等敏感对象。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录表 D.1，油库和炸药库周边 5km 范围内内居民区、医疗卫生、文化教育、科研等机构，行政办公机构总人数少于 1 万人，同时，周边 500m 范围内人口总数小于 500 人，项目大气环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

**（2）地表水环境**

由于本项目油库主要存储物质为汽油和柴油，距离河道直线距离相对较远，事故情况油库泄露物质一般无法进入河道，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录表 D.2~D.4，项目地表水环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

**（3）地下水环境**

本项目工区不涉及地下水环境敏感区，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录表 D.5~D.7，项目地下水环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

## 7.3.2 危害物质及工艺系统危害性（P）的确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018），危险物质及工艺系统危害性（P）应根据危险物质数量与临界量的比值（Q）和行业及生产工艺（M）确定。

**（1）Q 值的确定**

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录 C，Q 按下式计算：

$$Q=\frac{q_1}{Q_1}+\frac{q_2}{Q_2}+\ldots\frac{q_n}{Q_n}$$

式中：$q_1$、$q_2 \ldots q_n$——每一种危险物质的最大存量，t；

$Q_1$、$Q_2 \ldots Q_n$——每种危险物质的临界量，t。

当 Q＜1 时，该项目环境风险潜势为Ⅰ；当 Q≥1 时，将 Q 值划分为：（1）1≤Q 小于 10；（2）10≤Q 小于 100；（3）Q≥100。

考虑到本项目各工区之间距离相对较远，仅考虑单个工区的危险物质数量与临界量的比值（Q），计算结果为 0.3。

**（2）M 值的确定**

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录表 C.1，本项目主要涉及危险物质石油和炸药的使用和存贮，分值为 5 分，则项目 M=5。

**（3）P 的确定**

按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）附录表 C.2，根据本项目危险物质数量与临界量比值（Q）和行业及生产工艺（M），确定本项目危险物质及工艺系统危害性（P）的等级为轻度危害 P4。

## 7.3.3 风险潜势判断

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）表 2 划分依据，本项目大气环境、地表水和地下水风险潜势均为Ⅰ。

## 7.4环境风险评价等级

本项目施工期危险物质在事故情形下的环境影响途径主要为大气、地表水和地下水，风险潜势均为Ⅰ，运行期主要为外来生物入侵的风险。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169－2018）评价工作等级划分要求，确定本项目环境风险进行简要分析。

## 7.5风险评价及防范措施

### 7.5.1 事故可能性分析

**（1）油库、加油站事故可能性分析**

1）储罐、管道阀门和泵由于维护不当出现故障，造成油气的泄漏可能导致火灾甚至爆炸。

2）油品装卸作业时，若流速过大易产生静电，在雷电等条件下可能引发火灾燃烧。

3）由于加油站操作人员的工作失误导致原油外溢，遇到火源易引发火灾燃烧事故。

从已有水电工程施工情况看，发生加油站事故的案例极少，且水电施工管理较为严格，因此本工程加油站在施工期发生泄漏和爆炸的概率不大。

**（2）炸药库事故可能性分析**

1）管理人员违反规定，违章吸烟或未按有关规定操作造成火种，引燃炸药或触发雷管；

2）由于静电作用而造成炸药爆炸；

3）由于雷电条件引发电火花而引燃炸药。

炸药库设计中，委托专业设计单位根据有关规程规范进行设计，拟考虑的安全措施包括：各类消防设施；在库内设置避雷设施和各类防静设施；严格按照相关设计规范，设置库内各类建筑物的安全防护距离；设置事故报警系统；按照《水电水利工程爆破施工技术规范》、《爆破安全规程》等有关规范，制定严格操作规程。炸药库是整个工程施工中的安全、消防管理重点，管理严格，事故防范措

施严密，根据以往水电工程施工情况，发生爆炸事故的概率很小。

（3）施工废水处理系统事故排放分析

本工程施工生产废水主要包括砂石加工系统冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机械修配系统含油废水等，生活污水主要是施工生活区、业主营地的施工和管理人员产生的生活污水。其中 2 处砂石骨料加工废水，高峰期废水量约 1048m³/h，主要污染物 SS 高达 100000mg/L；2 处混凝土拌和系统冲洗废水，高峰期废水量约 144m³/d，主要污染物为 SS、pH，施工人员生活污水量约 505m³/d，主要污染物为 COD、$BOD_5$、SS、$NH_3$-N。本工程河段为Ⅱ类水域，正常情况下污水禁排，事故情况下直接排放，将会对评价河段水质产生不良影响。

（4）羊拉铜矿尾矿库溃坝及调节池泄漏风险分析

羊拉铜矿尾矿库坝底标高为 2475.00m，坝顶标高为 2500.00m，清基 3.0m，总坝高为 28.0m；尾矿库服务年限内共需库容 1175.99 万 $m^3$，实际可容纳 1293.55 万 $m^3$。

尾矿库坝下调节池库容 3137.0 $m^3$，调节池设置有防渗层，防渗层自上而下为 80mm 混凝土预制块、200mm 压实尾矿、土工布。调节池挡水坝为块石坝体，坝顶标高为 2401.0m，坝底标高为 2377.25m，坝高 23.75m，根据测算，旭龙水电站蓄水后，尾水调节池挡水坝坝底距离水面垂直高差月 75m，水平距离约 110m。挡水坝基础进行了团结灌浆处理，内坡设置土工膜。调节池收集库区渗透水及入库洪水，汛期通过加大调节池的回水量回送选矿厂使用，确保调节池均有足够的库容；枯期则通过调节池内的积水泵送至尾矿坝上对尾矿坝外坡进行喷洒以抑制扬尘，尾矿澄清水正常情况下不外排。

根据《迪庆州羊拉铜矿里农矿段采选工程项目环境影响报告书》，里农沟位于干热河谷地区，气候干燥，降雨量小，年降雨量在 200～400mm 以下，蒸发量大，年蒸发量为 2000mm 左右，沟谷内无长年流水，仅在大雨后才有短暂地表水活动。尾矿库及调节池中尾矿澄清水要及时循环使用，禁止出现尾矿水偷排现象。针对因暴雨、洪水、导致尾矿向库外溢出，甚至溃坝的风险，可能造成人员伤亡、财产损失和金沙江污染。报告书提出配备沙袋、砂土、稻草，保证运送抢险人员、抢险物资的汽车等应急救援设备及物资，严格执行《尾矿库安全管理规定》，暴雨、强烈地震等发生时，对尾矿库要进行特别检查。事故发生后，通过修筑、疏通防排水沟、用沙袋、稻草等迅速组织人员砌筑临时尾矿堤、及时疏散下游居住

人员等相关措施进行疏散。

目前，项目已通过验收，相应环保设施运行正常，企业生产、生活废污水全部零排放。根据云南省环境保护厅云环验[2010]35 号文，要求提高环境保护法律法规意识，强化操作人员岗位培训，严格按规程运行环保设施并定期维护保养，确保环保设施长期稳定运行，杜绝事故排放，禁止偷排；矿坑废水和选厂生产废水全部回用于选矿工艺用水，不得外排。生活废水处理达标后可回用于绿化和道路抑尘，不得排入金沙江；加强尾矿库风险防范管理,落实责任追究制，防止溃坝、防止防渗层的破损,做好尾矿库截洪沟、尾矿坝、调节池、回水泵站、回水管道等设施的管护。从已有环保措施实施情况、以及验收、环保督查情况看，羊拉铜矿尾水调节池发生溃坝、泄漏的可能性不大。

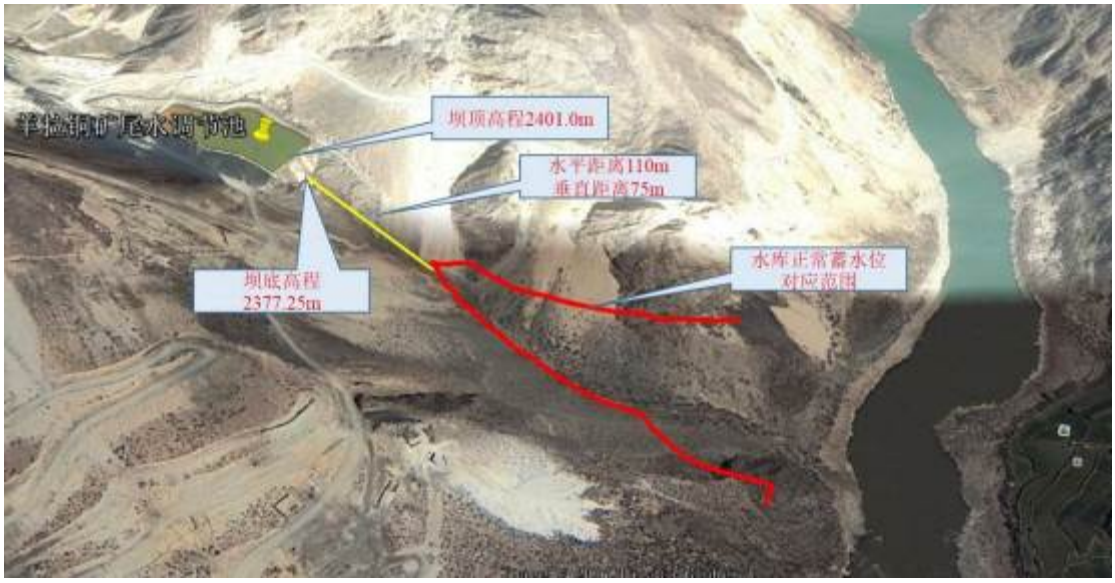



图 7.5-1 电站蓄水后与羊拉铜矿尾水调节池位置关系示意图

## 7.5.2 事故影响分析

**（1）油库和加油站事故影响分析**

1）居民点安全风险分析

根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，五级石油库与居住区之间需要有 50m 的安全距离，本工程加油站周边 400m 范围内无居住区，可见符合规范对安全的要求，且油品及其挥发的蒸汽本身属于低毒类物质，因此对附近居民点的人群生命安全不会产生急性毒害作用，在事故处理结束后一定时间内就会消除。

在油罐发生火灾燃烧事故后，对加油站下风向的环境空气会造成一定的影响，事故发生后到结束前这一时段内污染程度最大，但在火灾燃烧事故结束后短时间内火灾燃烧事故的环境风险影响可基本消除。

2）引发火灾风险分析

工程所在地属于干热河谷地区，植被稀疏，大部分是灌木和旱地，且加油站紧靠右岸 2#路，占地区附近一定范围内的灌草丛和旱地将会被清理。因此即使万一发生火灾、爆炸事故，引发大面积火灾的可能性也很小。

**（2）水质污染事故分析**

施工废水事故排放可能形成岸边污染带，对金沙江水质产生不利影响，对施工工厂取水口取水产生一定不利影响。

施工期运输危险品的车辆在路过羊拉公路、徐龙大桥时如发生交通事故，导致危险品泄露，将对水体水质造成影响。

**（3）炸药库事故影响分析**

本工程 2 个炸药库周围 500m 内均无居民点和施工营地分布，即使万一发生爆炸事故，危险性也较小。各炸药库库周将设置围墙，并对占地范围内的植被进行清除，因此由于事故而引发周边火灾的可能性和影响均较小。

**（4）羊拉铜矿尾矿库尾水调节池事故影响分析**

根据已批复的《迪庆州羊拉铜矿里农矿段采选工程项目环境影响报告书》，项目废水非正常排放，不考虑叠加现状本底值时，Cu、Pb、Zn 贡献率分别为 0.0014%、0.13%、0.0064%。因此出现非正常排放时，工程所排废水对金沙江影响不大。

## 7.5.3 环境风险防范措施

### 7.5.3.1 油库和加油站环境风险防范措施

本阶段油库和加油站专项设计尚未开展，因此本次环评中对于其环境风险防范措施提出要求如下：

（1）制定严格的油库安全管理制度，规范油料运输、储存、使用。

（2）油库设立油库与地方消防部门的直通电话，可及时与消防部门取得联系。库内设消防专线电话，在消防泵值班室设多部专用接警录音电话（油库、站

场至少各一部）。油库分区设置首要报警器，可对火灾事故进行及时报警。油库另配防爆无线对讲机多对，供生产及消防指挥等用。在油罐周围修建防火堤，且使用不透水材料进行加固，控制防火堤上的植被。同时设置事故油池，以收集漏油，并交专业部门处置。管道穿防火堤及围墙外均加套保护采用非燃烧材料填实。

（3）根据《石油库设计规范》（GB50074-2002）要求，油库区的作业人员须穿戴抗静电工作服和具有导电性能的工作鞋。油罐体采取防雷接地措施；地上或管沟敷设的输油管线做防雷防静电接地；库内的付油亭、泵棚或泵房及其他建筑物分布按要求进行防雷设计。做好油库区的火源管理工作，油库区严禁烟火，并定期检查可能导致火灾的火源情况，如电线等；在油品装卸时、汽车加油时均应做好巡查工作，防止抽烟等情况的发生。

（4）油库、加油站在消防泵房内设消防泵和固定式低倍数空气泡沫灭火系统，设置 1 座能满足一次灭火所需水量的半地上式消防水池，并设置的消防水收集池，减少消防含油水对附近水域及土壤的危害，收集后的消防水外运处置。

（5）油库区应配备一定的溢油控制应急设备和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，挖沟用阻隔共计，应急修补的专用工具和器材等，溢油检漏专用仪器和设备等。

### 7.5.3.2 爆破器材库环境风险防范措施

本阶段爆破器材库专项设计尚未开展，因此本次环评中对于其环境风险防范措施提出要求如下：

爆破器材库单库存药量严格按照规范要求。

库房间均布置相应的防护土堤，形成两个建筑物均有防护屏障的格局；库区设大门及围墙，围墙距各库房的距离均大于 15m，库区内设置岗哨；值班室设置在距离库房 250m 以外的适当位置。

炸药库及雷管库外均设室外消防栓，消防水池设在库区外山坡上，其水压和水量均应满足规范要求。

库房内按规范不设任何电气设备；器材库内供电线路采用电缆暗敷，库外供电线路采用架空敷设。

库房采用独立避雷针塔对库房进行防雷保护，确保库房避免遭受直接雷击。库房所有金属部位均进行等电位重复接地，以防库房产生静电。

### 7.5.3.3 水质污染事故风险防范措施

**（1）施工废水处理系统事故排放防范措施**

为避免出现施工废水处理系统事故排放，建议采取以下措施：

1）事故预防措施

①操作人员应严格按照操作规程进行操作，防止因检查不周或失误造成事故。

②及时合理地调节运行工况，严禁超负荷运行。

③加强设备管理，认真做好设备，管道，阀门的检查工作，对存在的安全隐患的设备、管道、阀门及时进行修理或更换。

2）事故应急措施及注意事项

紧急事故的处理流程：

①发现后当班人员立即向领导小组组长汇报，并在事故处理过程中随时保持与领导小组的联系。

②领导小组接到报告后，应及时向当地环保部门汇报，并在事故处理过程中随时保持与当地环保部门的联系。

3）当班人员排查造成事故的原因：

①发现进水超出设计标准

A 水量超过设计标准：立即向领导汇报，减少进水量。

B 水质超过设计标准：立即对进水水质，工艺运行参数，出水水质数据进行分析，根据化验数据对相关工艺流程进行及时调整。

②突发暴雨

A 组织力量对厂区雨水管线进行疏通，确保畅通。

B 检查设备，防止雨水流入，影响设备运行。

C 随时观察处理水池的水位并向领导汇报。

③水量超过生化系统设计处理能力

及时与领导联系，并取水样化验 COD 和 NH3-N。马上向上级领导请示，并指示处理。

④突然停电

A 将现场设备退出运行状态。

B 如长时间停电超过 6 小时，则通知上级主管部门及时送电。

C 来电后，按操作规程及时开启设备，恢复运行。

（1）危险品运输车辆事故防范

在羊拉公路转弯处增设后视镜、标识牌、护栏等，在徐龙大桥增设标识牌及护栏。

#### 7.5.3.4 羊拉铜矿尾矿调节池排放风险防范措施

（1）尾矿库调节池应设置安全警戒水位和视频监控系统,避免出现池满外溢风险。

（2）定期巡检，尽量避免调节池回水设施发生故障。

（3）当观测到可能发生非正常排水现象时，应该立刻停止生产，企业立即对故障设备进行抢修。

### 7.5.4 事故应急预案

本工程的建设必然伴随潜在的危害，如果防范措施水平高，则事故的概率必然会降低，但仍然存在发生事故的可能。一旦发生事故，需要采取上述工程应急防范措施，控制和减小事故危害。并需制订应急预案，实施相关措施。

本工程突发事故涉及云南省得钦县和四川省得荣县，根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》、《四川省突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本工程事故应急应纳入两省突发公共事件应急预案体系中，并据此确定本工程应急预案。

（1）应急计划区

本工程应急计划区包括：a、油库区；b、爆破器材库区；c、工程所在金沙江河段；d、羊拉铜矿尾矿调节池。

应急事件主要包括火灾、爆炸、油库溢油、危险品运输车辆交通事故、施工废水处理系统事故排放、羊拉铜矿尾矿调节池事故排放等。

（2）应急组织机构、人员

1）应急领导机构

应急总领导机构为两省人民政府，作为协调指挥机构，统一领导突发公共事件的应急处置工作。

应急领导机构由涉及各县区的分管环保的区/县长、环保局及其他相关各协作部门负责人组成。现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。

2）现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，火灾、爆炸式一般由消防队长担任现场指挥负责指挥应急反应行动的全过程；溢油事故、危险品运输车辆交通事故、施工废水处理系统事故排放等应急行动由安全管理负责人指挥。羊拉铜矿尾矿调节池事故排放应急行动由云南迪庆矿业开发有限责任公司领导人指挥。

3）应急救援人员

应急救援人员包括：a、危险源控制组；b、伤员抢救组；c、医疗救护小组；d、消防组；e、安全疏散组；f、安全警戒组；g、物资供应组；h、环境监测组；i、专家咨询组；j、综合协调组；k、善后处理组。

4）报警、通讯联络方式

a、报警方式：在施工封闭管理区内设置专线报警电话，设置施工区火灾警报器；当地火警电话（119）。

b、应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系。

5）应急防护措施

危险源控制组和消防组对事故现场进行调查取证，对事故类型、发生时间、污染源、主要污染物、影响范围和程度等进行调查分析，形成初步意见，反馈现场指挥和应急领导机构。

安全警戒组在事故区域设置警戒标识，禁止无关人员进入。各小组协作，由专业人员负责，及时控制危险源，切断其传播途径，控制防火、防爆区域，对污染源及时进行处置，防止污染扩散，物资供应组及时提供所需各项物资和设备。

6）人员疏散、撤离组织计划

受灾区域内被围困人员由安全疏散组负责搜救；警戒区域内无关人员由建设单位配合安全疏散组实施紧急疏散。

### 7.5.5 科学研究

开展羊拉铜矿尾水池泄露风险评估与研究，研究分析尾水池泄露可能造成的水环境影响范围及程度，并制定风险应急预案和监测方案。

本节所列科学研究，主要针对库区羊拉铜矿开展相应的研究和跟踪监测。为研究羊拉铜矿调节池事故排放可能造成的影响，拟设置羊拉铜矿事故排放影响研究专题，通过现场调查、监测，构建三维数值模型，研究事故排放可能造成的影响程度、范围，研究制定应急预案。

# 8 环境管理与监测计划

## 8.1环境管理

### 8.1.1 管理目的

（1）落实并满足相关法律法规规定

2014 年 4 月 24 日修订的《中华人民共和国环境保护法》第四十一条规定：“建设项目中防治污染的设施，应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。防治污染的设施应当符合经批准的环境影响评价文件的要求，不得擅自拆除或者闲置”。2017 年 7 月 16 日修订的《建设项目环境保护管理条例》第十六条规定：“建设单位应当将环境保护设施建设纳入施工合同，保证环境保护设施建设进度和资金，并在项目建设过程中同时组织实施环境影响评价文件提出的环境保护对策措施”。

通过开展金沙江上游旭龙水电站环保管理工作，确立环保管理制度体系，开展环境保护考核，监督检查，管理协调监理、监测与科研专项工作等，确保在工程建设过程中环境影响评价文件提出的环境保护对策措施及要求均得到有序落实，并满足环境保护“三同时”制度要求，使工程建设环境保护工作符合《中华人民共和国环境保护法》和《建设项目环境保护管理条例》中的有关规定。

（2）落实环境影响评价文件中的环保措施及要求，为通过工程竣工环保验收奠定基础

国电金沙江旭龙水电开发有限公司成立环保管理机构并监督实施各项环保措施，可以保障工程在建设过程中有效落实环境影响评价文件中的环保措施及要求，落实环境保护“三同时”制度要求，为后期顺利通过工程蓄水阶段环保验收、竣工环保验收奠定工作基础。

（3）满足新形势下环境保护工作要求

十八大以来，党中央、国务院高度重视生态文明建设，把生态文明建设摆在更加重要的战略位置，纳入“五位一体”总体布局。习近平总书记多次强调，“绿水青山就是金山银山”，“要坚持节约资源和保护环境的基本国策”，“像保护眼睛

一样保护生态环境，像对待生命一样对待生态环境”。十九大召开后，更将生态文明建设的认识高度、实践深度、推进力度进一步提升。

金沙江上游旭龙水电站在建设过程中通过开展环保管理工作，加强事中监管，落实各项环保措施，检查环保措施效果，及时优化调整有关环保措施，最大程度地减缓工程建设对生态环境的不利影响，使工程建设满足新形势下环境保护工作要求，力争将旭龙水电站建设成为一项生态工程。

（4）减缓不利环境影响，提高环境保护工作水平

旭龙水电站工程涉及范围广、环境要素多、环境问题复杂，因此施工期环保管理任务重、专业性强、难度大。环保管理通过参与设计与招标文件审核，可高效组织落实环境影响评价文件中的环保措施及相关要求。环保管理通过制定环保考核制度、合同完工环保专项验收管理制度、环境问题处理办法、环保培训计划、环保档案归档要求等，可增强对施工单位的约束力，提高施工单位对环保的重视程度和积极性。同时，环保管理可协助国电金沙江旭龙水电开发有限公司接受行政主管部门监督检查，处理突发环境事件，并从专业归口管理的角度统筹协调工程监理、环境监理、环境监测及专项科研单位，提高工程环境保护工作水平。

### 8.1.2 主要工作内容

环保管理主要工作内容为依据国家法律法规及标准规范要求，协助国电金沙江旭龙水电开发有限公司开展工程环境巡查、建立环保档案、配合开展各类环保专项行动、协助完成突发环境事件应急预案制定和应急演练等工作，以顺利通过蓄水阶段环保验收、竣工环境保护验收。主要工作内容如下：

（1）完善环保管理制度体系，协助业主落实环境保护主体责任

协助业主落实项目环境保护的主体责任，为业主提供环保政策咨询和环保法律问题咨询等服务，完善业主环境保护管理体系建设和制度建设。协助业主做好工程建设期间环境保护管理工作，包括协助业主制定环境保护管理计划、协助开展环境保护相关科研项目等工作。

环保管理咨询单位进场后，结合工程总体进度安排和分标施工计划，制定年度环保管理工作计划。同时，协助业主编制《金沙江上游旭龙水电站环境保护管理办法》、《金沙江上游旭龙水电站环境保护考核管理办法》和《金沙江上游旭龙

水电站合同项目完工环境保护验收规定》等制度办法。

协助业主开展环境保护相关科研项目工作，明确专题研究关键内容，参与研究，并对研究进度和成果质量进行全过程把控。

（2）制定并完善环境风险防范措施以及应急预案

根据金沙江上游旭龙水电站可能存在的环境风险事故特点，协助业主制定和落实环境风险防范措施，并编制应急预案，包括突发性水污染事故应急预案、水生保护动物事故风险应急预案和钉螺扩散应急预案等。按《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》的相关要求，协助业主向地方环保主管部门备案。同时，根据业主工作安排，每两年开展一次环境事件应急演练。

（3）针对施工期环境保护存在问题和环保问题投诉，提出方案建议

针对施工过程中出现的环境问题（包括环保手续合法性、废气收集及治理设施有效性、废水收集及治理设施有效性、固体废物贮存及处理合规性、环境风险防范设施有效性、环保台账管理规范性等）和环境问题投诉，建立环境保护管理档案。针对每个问题，为业主提出解决方案建议，并参与环境问题整个处理过程。

（4）协助业主按环境保护“三同时”要求落实环保措施

依据旭龙水电站工程各阶段设计文件及行业主管部门批复文件，按环境保护“三同时”有关要求，梳理地表水、地下水、水生态、湿地生态、陆生生态、生态敏感区、施工期环境、人群健康、移民安置区环境等各项保护措施，并针对各项措施推进落实存在的问题，提出工作建议，保证环境保护目标的实现：

①维护工程所在江段现有水域功能，保护旭龙水电站库尾至坝址之间水域，以及主要支流丹达曲、麦曲河回水区域水环境质量不低于现状水质标准。

②施工期施工区河段水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类标准，施工期生产废水和生活污水实现零排放。并做好污水处理设施故障应急预案，预防事故性排放对下游水体造成的污染。

③施工期间，按照建筑施工场界环境噪声排放标准（GB 12523－2011）控制施工场地作业噪声，并将施工生活区和交通干线公路旁的噪声控制在《声环境质量标准》（GB3096-2008）的要求范围内。

④按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准，控制施工区环境空气质量，特别是做好施工作业点粉尘污染治理和防护工作。

⑤控制施工区和移民安置区的植被破坏活动，监督管理移民安置区生活污水、生活垃圾的处理处置。

### 8.1.3 管理体系

旭龙水电站工程环境管理分为外部管理和内部管理两大部分，并纳入整个旭龙水电站工程环境管理体系之中。

（1）外部管理

外部环境管理包括外部环境行政管理和外部项目环境管理两方面。外部环境行政管理指国家及地方环境保护行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环境保护竣工验收等活动。本工程外部环境管理体系由生态环境部、四川省生态环境厅、云南省生态环境厅、西藏自治区生态环境厅组成。

外部项目环境管理主要是指移民安置区建设过程中的环境管理。由于移民安置区建设内容和管理在行政权属上主要依靠地方政府，地方政府在开展移民安置区建设的过程中，组织建立环境管理体系，监督和落实移民安置区环境保护措施。从组织形式上，地方政府主要委托地方环境主管部门对移民安置区建设过程中开展环境保护措施的监督、检查及环境保护竣工验收等活动。

（2）内部管理

内部环境管理指建设单位、施工单位和工程运行管理单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的建设过程和活动按环保要求进行管理。

内部环境管理分为工程施工期和运营期。工程施工期及运营期环境管理由建设单位负责组织实施，对工程环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家和地方对建设项目环境保护的要求。内部环境管理体系由建设单位和施工单位分级管理，分别成立专职环境管理机构。

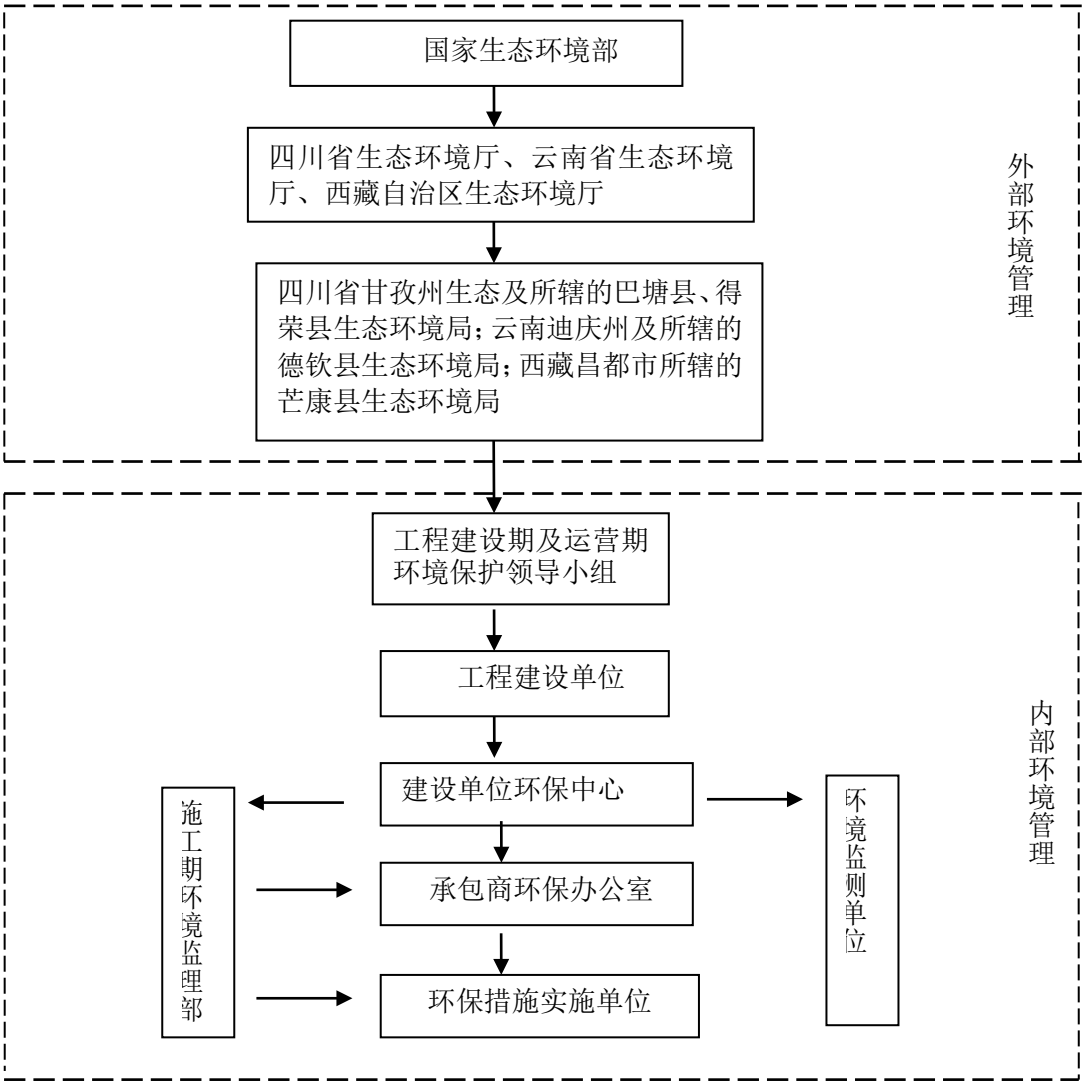



图 8.1-1　　旭龙水电站环境管理体系

## 8.1.4 管理制度

（1）环境保护责任制

在环境保护管理体系中，建立环境保护责任制，明确各环境管理机构的环境保护责任。

（2）分级管理制度

建立由各参建单位分工负责的环境保护分级管理制度。在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治和生态保护设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，环境监理联合工程建设监理进行日常监督检查，建设单位环境保护办公室负责定期检查，对检查中所发现的问题通报监理部门，由监理部门督促施工单

位整改。

（3）监测和报告制度

环境监测是环境管理部门获取施工区环境质量信息的重要手段，是进行环境管理的主要依据。委托当地具备相应监测资质的单位，按环境监测计划要求对工程区域及周围的环境质量进行定期监测，实施监测成果月报、年报和环境保护工作季报、年报制度，并根据环境监测结果，适时优化调整环境保护措施。

（4）“三同时”验收制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治及其他公害的措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目必须按合同规定经有关部门验收合格后才能正式投入运行。防治污染的设施不得擅自拆除或闲置。

（5）制定突发事故的处理措施

工程施工期间，如发生污染事故及其它突发性环境事件，除应立即采取补救措施外，施工单位还要及时通报可能受到影响的地区和居民，并报建设单位环保部门与地方环境保护行政主管部门接受调查处理。同时，要调查事故原因、责任单位和责任人，对有关单位和个人给予行政或经济处罚，触犯国家有关法律者，移交司法部门处理。

（6）宣传、培训制度

为增强工程建设者(包括管理人员和施工人员)的环境保护意识，建设单位环境管理机构应经常采取广播、宣传栏、专题讲座等方法对工程参建人员进行环境保护宣传，提高环保意识，使其都能自觉地参与环境保护工作，让环境保护从单纯的行政干预和法律约束变成人们的自觉行为。

对环境保护专业技术人员应定期进行业务培训，同时组织考察学习，以提高其业务水平。

### 8.1.5 管理机构职责

建设单位须设立环境管理机构，负责确定其环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

环境管理机构主要职责如下：

（1）宣传、贯彻、执行国家和地方有关环境保护的政策、法律、法规，熟悉相关技术标准，确定工程环境保护方针和环境保护目标，制定环境保护管理办法。

（2）负责落实环保经费，按照审批的设计文件要求和施工现场实际，按计划落实工程项目建设全过程的生态与环境保护工作，主要包括生态与环境工作计划的编制、监测项目与保护措施的落实、专题调查与研究、环境信息统计以及各阶段验收和专项验收等。

（3）协调处理并配合国家、地方各级环境保护行政主管部门环境保护监督检查，协调处理各有关部门的环保工作，指导、检查、考核各施工承包单位环境保护管理机构的建设运行及施工期和营运期环保设施的实施、运行情况等。

（4）及时处理施工和运行过程中出现的环境问题，建立建设单位内部、外部环境保护信息定期、不定期报送制度。

## 8.2环境监测

### 8.2.1 监测目的

对工程兴建过程中可能产生的环境问题进行定期监测，掌握工程影响范围内各环境因子的变化情况以及工程建设排放的污染物是否符合国家及地区所规定的排放标准，了解工程影响区生态变化情况，发现环境问题并及时提出对策措施，并根据需要调整环保措施；为施工区的环境建设、监督管理及工程竣工验收提供依据。

### 8.2.2 总体原则

（1） 与工程建设紧密结合的原则

监测的范围、对象和重点应结合工程施工、运行特点和周围环境敏感点的分布，及时反映工程施工和运行对周围环境敏感点的影响，以及环境变化对工程施工和运行的影响。

（2）针对性和代表性原则

根据环境现状和环境影响预测评价结果，选择对环境影响大的、有控制性和代表性的以及对评价范围环境影响起控制作用的主要因子进行监测，力求做到监测方案有针对性和代表性。

（3）经济性与可操作性原则

按照相关专业技术规范，监测项目、频次、时段和方法以满足本监测系统主要任务为前提，尽量利用附近现有监测机构、新建断面设置可操作性强，力求以较少的投入获得较完整的环境监测数据。

（4）统一规划、分步实施的原则

监测系统从总体考虑，统一规划，根据工程不同阶段的重点和要求，分期分步建立，逐步实施和完善。

## 8.2.3 施工期环境监测计划

### 8.2.3.1 污染源监测

（1）生活污水

监测点布设：在 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地和现场建设管理营地生活污水处理末端各布设一个监测点。

监测项目：pH、SS、COD、$BOD_5$、TP、TN、粪大肠菌群共 7 项。

监测频率及时间：施工期内，每季度监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测 1 次。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

生活污水监测计划详见表 。

（2）生产废水

监测点布设：分别在右岸洒茂顶砂石料冲洗废水处理末端、低线砂石加工系统废水处理末端、高混凝土拌和系统冲洗废水处理末端、低混凝土拌和系统冲洗废水处理末端、机械停放场含油废水处理末端及汽车维修保养停放厂含油废水处理末端各布设 1 个监测点。

监测项目：pH、SS、石油类共三项。

监测频率及时间：工程施工期内每季度监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测

1 次。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

生产废水监测计划详见表 。

（3）环境空气质量监测

监测点布设：茂达水村、张仁村、洒茂顶砂石加工系统、低线砂石加工系统、徐龙冲沟施工平台、茂顶河弃渣场、左坝肩开挖区、右坝肩开挖区、垃圾热解站分别布设 1 个监测点，共 9 个监测点。

监测项目：TSP、$PM_{10}$、$NO_2$、颗粒物、$NO_x$、HCl、汞、二噁英类、CO。

监测频率：施工期每季度监测一次，每次监测 7 天，其中 TSP、PM10 测日均值，$NO_2$ 测小时值。垃圾焚烧站施工期每季度监测 1 次，每次 3d，每天采样时间不小于 1h。

监测方法：按《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2005）要求执行。

**表 8.2-1 施工期环境空气监测技术要求一览表**

| 监测类别 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测规范 |
|---|---|---|---|---|
| 敏感点 | 茂达水村 | TSP、$PM_{10}$、$NO_2$ | 施工期每季度监测一次，每次监测 7 天，其中 TSP、$PM_{10}$ 测日均值，$NO_2$ 测小时值 | 《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2005） |
| | 张仁村 | | | |
| 施工区 | 洒茂顶砂石加工系统 | | | |
| | 低线砂石加工系统 | | | |
| | 徐龙冲沟施工平台 | | | |
| | 茂顶河弃渣场 | | | |
| | 左坝肩开挖区 | | | |
| | 右坝肩开挖区 | | | |
| | 垃圾热解站 | 颗粒物、$NO_x$、HCl、汞、二噁英类、CO | 施工期每季度监测 1 次，每次 3d，每天采样时间不小于 1h | |

（4）声环境监测

监测点布设：茂达水村、张仁村、洒茂顶砂石加工系统、低线砂石加工系统、徐龙冲沟施工平台、茂顶河弃渣场、左坝肩开挖区、右坝肩开挖区分别布设 1 个监测点，共 8 个监测点。

监测频率：施工期每季度监测一次，每次 1 天，每天每天监测时段 8：00～10：00、14：00～16：00、20：00～22：00。

监测方法：功能区环境噪声监测按《声环境质量标准》（GB3096-2008）规

定执行。

表 8.2-2 施工期声环境监测技术要求一览表

| 监测类别 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测规范 |
|---|---|---|---|---|
| 敏感点 | 茂达水村 | 等效连续 A 声级 | 施工期每季度监测 1 次，监测 1 天，每天每天监测时段 8：00～10：00、14：00～16：00、20：00～22：00 | 《声环境质量标准》（GB3096-2008） |
| | 张仁村 | | | |
| 施工区 | 洒茂顶砂石加工系统 | | | |
| | 低线砂石加工系统 | | | |
| | 徐龙冲沟施工平台 | | | |
| | 茂顶河弃渣场 | | | |
| | 左坝肩开挖区 | | | |
| | 右坝肩开挖区 | | | |

## 8.2.3.2 环境质量监测

（1）水文情势监测

库区河段及坝址下游水文情势监测内容包括：库区河段水位、流速变化情况，围堰下游水位、流速变化情况等。施工期水文情势监测站点，可结合旭龙工程水文站水文测报系统站网布设，不单独计列投资。

表 8.2-3 施工期水文情势监测内容

| 监测点位 | 监测参数 | 监测频率及时间 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 上围堰 | 水位、流速 | 施工期每月中旬监测 1 天，每天监测 2 次。 | 结合水文站 |
| 下围堰 | | | 结合水文站 |

（2）金沙江干流水质监测

1）监测断面布设

①金沙江干流

在旭龙坝址上游 3km、旭龙坝址上游 1km、坝址下游 5km（茂顶河沟口）处分别布设水质监测断面。

②支流

在格亚顶沟口以上 100m、茂顶河河口以上 100m 布设水质监测断面。

2）监测项目：pH、SS、石油类、高锰酸盐指数、COD、$BOD_5$、TP、TN、粪大肠菌群，共 9 项。

3）监测频率及时间：施工期每年丰、平、枯水期各监测 1 次。

4）监测方法：按《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《地表水和污

水监测技术规范》（HJ/T91-2002）中规定的方法进行监测。

（3）饮用水水质监测

1）监测点布设：在右岸施工水厂取水口处设一个监测点。

2）监测项目：水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐氮、铁、锰，共 29 项。

3）监测频率及时间：工程施工期内每月监测一次。

4）监测方法：按《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）和《生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存》（GB/T5750.2-2006）中规定的方法进行监测。

**表 8.2-4 施工期水环境监测技术要求一览表**

| 监测类别 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测规范 |
|---|---|---|---|---|
| 地表水 | 旭龙坝址上游 3km | pH、SS、石油类、高锰酸盐指数、COD、$BOD_5$、TP、TN、粪大肠菌群 | 施工期每年丰、平、枯水期各监测 1 次 | 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002） |
| | 旭龙坝址上游 1km | | | |
| | 坝址下游 5km（茂顶河沟口） | | | |
| | 格亚顶沟口以上 100m | | | |
| | 茂顶河河口以上 100m | | | |
| 生活饮用水 | 施工水厂取水口 | 水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐氮、铁、锰 | 施工期每月监测一次 | 《生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存》（GB/T5750.2-2006） |
| 生活污水 | 1#施工营地 | pH、SS、COD、$BOD_5$、TP、TN、粪大肠菌群 | 施工期每季度监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测 1 次 | 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002） |
| | 2#施工营地 | | | |
| | 3#施工营地 | | | |
| | 现场建设管理营地 | | | |
| 生产废水 | 洒茂顶砂石料冲洗废水处理末端 | pH、SS、石油类 | 施工期每季度监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测 1 次 | 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002） |
| | 低线砂石加工系统废水处理末端 | | | |
| | 高混凝土拌和系统废水处理末端 | | | |
| | 低混凝土拌和系统废水处理末端 | | | |

| 监测类别 | 监测点位 | 监测项目 | 监测频次 | 监测规范 |
|---|---|---|---|---|
| | 机械停放场含油废水处理末端 | | | |
| | 汽车维修保养停放厂含油废水处理末端 | | | |

（4）地下水监测

监测点位布设：在满足《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)的基础上，选择能够反应工程建设前后整个工程区域地下水水位变化情况的具有代表性的点位进行监测。

根据旭龙水电站施工布置和地下水现状布点方案，确定地下水监测点，共布置 5 处，详见下图。




**图8.2-1　地下水监测点位置图**

监测技术要求：监测项目、监测周期、监测时段及频率见下表。

**表 8.2-5　施工期地下水监测技术要求一览表**

| 监测位置 | 监测点位编号 | 取样位置 | 监测项目 | 监测时段及频率要求 |
|---|---|---|---|---|
| 坝址区 | SY01 | 钻孔 XSZK1 | 观测地下水位，直至观测孔废止 | 施工期每季度观测一次 |
| | SY02 | 断层 F2 | | |
| | SY03 | F-70 泉水点 | | |
| | SY05 | XPD07 内 | | |
| | SY04 | 茂顶温泉 | | |

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)以及《环境影响评价技术导则　地下水环境》(HJ 610-2016)的有关规定执行。

## 8.2.4 运行期环境监测计划

### 8.2.4.1 污染源监测

**电站管理区生活污水监测。**

监测点布设：管理区生活污水处理末端布设一个监测点。

监测项目：COD、$BOD_5$、粪大肠菌群、TP、TN、阴离子表面活性剂、污水流量。

监测频率及时间：工程竣工后监测 1 次，连续监测 3d；之后纳入电站日常管理例行监测。

监测方法：按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）要求执行。

### 8.2.4.2 环境质量监测

（1）水文情势监测

监测内容：库尾、库中、坝前、支流定曲河、坝下等典型断面的水位、流速变化等。在鱼类繁殖季节，对于定曲河需结合水生生态调查同步开展水文情势观测工作。根据实际情况及专业需求，运行期坝前、支流定曲河两处水文情势监测站点，可结合旭龙工程水文站水文测报系统站网布设，不单独计列投资。

监测时段：初期蓄水及运行期，分丰、平、枯水期开展工作。

监测系统：结合水文站设置生态流量自动监测系统，监测系统包括机组尾水视频及水位在线监测、电站中孔表孔视频监控、旭龙坝下流量监控等。监控系统需在电站蓄水前完成。

运行期水文情势监测计划详见表 8.2-6。

**表 8.2-6 初期蓄水及运行期水文情势监测内容**

| 监测点位 | 监测参数 | 监测频率及时间 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 库尾(麦曲河汇入口上游 2km 处) | 水位、流速 | 初期蓄水及运行期前三年每月监测 1 次，每次监测 2-3 天。 | 环保单列 |
| 库中(丹达曲汇口下游 500m 处) | | | 环保单列 |
| 上围堰 | | | 结合水文站 |
| 古学水文站 | | | 结合水文站 |
| 生态流量在线监控系统 | 视频、水位、流量 | 生态流量监测系统需在电站蓄水前安装完成。生态放水期间实施实时观测。 | 结合水文站 |

（2）库区及坝下水质监测

监测断面布设：运行期水质监测断面主要为工程区域的各控制性断面及边界断面，根据旭龙水电站水库形态及库周污染源特点，共设置 8 个监测断面。

监测方法：水质采样与样品分析方法均按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)的相关规定执行。

监测断面、监测项目、监测时段及频率具体要求详见表 8.2-7。

**表 8.2-7　运行期库区及下游水质监测技术要求一览表**

| 河流 | 监测断面 | 监测项目 | 监测频率及时间 |
|---|---|---|---|
| 金沙江干流 | 麦曲河口上断面 | 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 24 项监测指标，外加叶绿素 a 和透明度 | 初期蓄水期间及运行后的前 3 年，每年各季度监测 1 次，每次连续监测 3d。运行期开展长期监测，并根据验收及后评价需求适时进行监测方案调整。 |
| | 麦曲河口下端面 | | |
| | 丹达曲汇口下游 500m | | |
| | 旭龙坝前断面 | | |
| | 定曲河汇口下 | | |
| | 奔子栏水文站 | | |
| 麦曲河支流 | 麦曲河支库库尾断面 | | |
| 丹达曲支流 | 丹达曲支流库尾断面 | | |

（3）库区水温观测

水温观测的目的是通过监测库区水温情况，为研究水库热效应和水库水温结构变化以及对水环境、水生生态及鱼类的影响提供基础资料。

**1）观测断面及垂线布设**

在金沙江干流旭龙库尾、库中、坝前、定曲河口上以及奔子栏水文站共布设 5 个水温观测断面。

水库蓄水前的各断面、水库蓄水后的库尾断面，均在中泓线水面下 0.5m 设 1 个观测点。

水库蓄水后的库中断面，各观测垂线分别在水面下 0.5m 处测表层水温；以下每隔 2m 水深测一个水温值，直至等温层，在等温层处可加大测距；距底 0.5m 处测库底水温。当两个测点间温差超过 0.5℃时，在中间增加测点，相邻测点之间温差控制在 0.5℃以内。

坝前断面，拟在水面下 0.5m 处测表层水温，距底 0.5m 处测库底水温；温跃层每隔 2～5m 水深测 1 个水温值，等温层每隔 4～8m 水深测 1 个水温值。

**2）观测方法**

库区水温观测采取人工定期观测和在线连续观测相结合的方式。

其中蓄水前各断面、蓄水后的库尾和库中断面则采用人工定期观测的方式，

按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）和《水环境监测规范》（SL219-2013）相关技术要求采用人工监测的方法进行表层水温观测。

坝前水温采用在线连续观测方式，分别设左、中、右 3 条观测垂线，与主体工程环境监测结合开展。

**3）观测周期**

人工定期观测在水库蓄水前 2 年和蓄水后 2 年进行连续观测。建设期和运行期按全年每天 4 段 4 次观测。

坝前水温在线观测从水库蓄水后开始观测，坝前水温在线监测项目的观测周期暂定 10 年，为每 1 小时观测一次。

水库水温观测应长期开展，后期根据验收及后评价要求适时调整监测方案。

**4）在线监测系统技术要求**

①布点要求

水温观测设备的观测精度应达到 0.1℃；因坝前壅水高达 160m，库底部压力大，故观测设备需具有相应的承压能力。

②设备要求

在线监测系统包括进水塔垂向水温在线监测系统、坝面垂向水温在线监测系统。在线监测系统建设需与大坝工程建设同步。

③数据采集频次及传输要求

坝前水温在线观测从水库蓄水后开始观测，坝前水温在线监测项目的观测周期暂定 10 年，为每 1 小时观测一次。系统设置 1 个数据接收终端，即大坝中控系统，同步接收观测数据。

根据实际情况及专业需求，坝下奔子栏水温观测站点可结合旭龙工程水文站水文测报系统站网布设，不单独计列投资。旭龙水库水温观测计划详见表 8.2-8。

**表 8.2-8　旭龙水电站库区及坝下游水温观测技术要求一览表**

| 监测断面及编号 | | 监测要求 | 监测频率及时间 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 1# | 金沙江干流麦曲河口 | 测中泓线水面下 0.5m 处水温 | 水库蓄水前 2 年至水库蓄水后 2 年进行连续观测，分别在低温期(12 月～次年 2 月)、升温期(3 月～4 月)、高温期(5 月～9 月)和降温期(10 月～11 月)分别观测 1 次。 | 环保单列 |
| 2# | 金沙江干流丹达曲汇口下游 500m 断面 | 蓄水前测中泓线水面下 0.5m处水温；蓄水后分左、中、右 3 条垂线，分别测不同水深的水温垂向分布情况 | | 环保单列 |

| 监测断面及编号 | | 监测要求 | 监测频率及时间 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 3# | 旭龙水电站坝前水温在线监测系统 | 蓄水前测中泓线水面下 0.5m处水温；蓄水后水面下 0.5m处测表层水温，距底 0.5m处测库底水温；温跃层每隔 2～5m水深测 1 个水温值，等温层每隔 4～8m水深测 1 个水温值。 | 水库蓄水后开始在线观测，每 1 小时记录一次水温，通过数据接收终端定期收集、整理观测数据 | 环保单列 |
| 4# | 金沙江干流定曲河汇口上断面 | 测中泓线水面下 0.5m处水温 | 水库蓄水前 2 年至水库蓄水后 2 年进行连续观测，分别在低温期(12 月～次年 2 月)、升温期(3 月～4 月)、高温期(5 月～9 月)和降温期(10 月～11 月)分别观测 1 次。 | 环保单列 |
| 5# | 奔子栏水文站 | 测中泓线水面下 0.5m处水温 | | 结合水文站 |

（4）坝下溶解性气体监测

监测点布设：在旭龙坝前、发电尾水出口、泄水建筑物水垫塘出口下游布设观测点，同时在坝址下游 10km、20km、定曲汇口上下游、奔子栏水文站以及定曲支流设置观测断面。库区断面设置观测垂线，测点分布视垂向水深而定，以能反映 TDG 垂向分布规律为准。

监测技术要求：观测要素主要包括水温、DO、TDG、气压，同时记录泄洪建筑物运行情况，并注意监测鱼类气泡病发生状况。DO 的监测分析按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）规定的选配方法执行，我国目前尚缺乏关于过饱和 TDG 的监测技术规范，因此 TDG 的观测参照相应 TDG 测定仪的技术要求执行。

对旭龙水电站不同表孔和中孔单独泄洪以及组合泄洪等泄洪工况进行监测。监测频次为每日两次或者昼间连续观测。

## 8.2.5 生态监测计划

### 8.2.5.1 陆生生态监测

（1）监测目的

施工期主要对工程直接影响区陆生动植物资源进行详细的本底调查，重点加

强对重点保护野生动物的调查，在施工过程中若发现有重点保护野生动物，及时上报相关主管部门，采取保护措施。

运营期主要监测生境的变化，植被的变化以及生态系统整体性变化。包括主要物种组成和数量。通过对陆生野生动植物的监测了解工程施工和建成运营对陆生生态的影响，掌握陆生生态修复及其它保护措施的实际效果，加强对生态的管理，使生态向良性或有利方向发展。

（2）监测内容

植被和植物监测：植被类型、植物种类、分布、面积、植被覆盖度；重点保护野生植物分布等。

动物监测：种类、分布、密度和季节动态变化；重点保护野生动物的种类、数量、栖息地、觅食地；迁徙鸟类种类和季节动态变化等。

（3）监测地点

选择枢纽工程区（施工布置区、弃渣场等）、鱼波村（猕猴观测地）、斯木顶村、库区尼吕村附近山上、路农村、库区贡伙村支流、库尾麦曲河附近设置 8～10 个监测点。

（4）监测方法

1）遥感监测

利用 ArcGIS Engine 技术和 Visual Basic 开发平台，以基础地理信息、生态专业数据和属性信息为基础建立数据库，依托 GIS 的空间分析性能进行监测，得到生物丰度指数、植物盖度指数、景观多样性值和优势度值等，来判断植物和植被的变化。

2）植物监测

①陆生植被监测

在各点位根据陆生生物组成设置固定样线 2~3 条，根据各样线群落面积确定设置的样地数量，着重调查植物的垂直和水平分布、植物物种。重点监测干热河谷代表性植被类型、植物种类的数量、结构组成、物种分布变化情况，以及金荞麦迁地保护恢复效果。此外，监测过程中应密切关注是否存在外来入侵种，及其种类、数量、入侵速度。

监测时间及频次：施工前筹备期调查 1 次；施工期间，以 2 年为 1 个监测周

期，进行 3 期监测；水库蓄水前调查 1 次；蓄水后，以 2 年为 1 个监测周期，进行 3 期监测；每期监测在一个年度内分别进行雨季和旱季 2 次监测，物候观测则考虑春、夏、秋季各 1 期；重点关注的珍稀保护物种每年观测 1 次。

②植被恢复效果监测

监测点位：弃渣场、填筑料场和利用料堆场、临时施工道路等植被修复区。

监测内容：植被恢复初期，在各生态修复区设置 1~2 个 5m*5m 或 2m*2m 的小样方，对小样方内植物生长情况进行调查，包括植物成活率、萌发情况、幼树长势、植被覆盖率、植物种类变化等。

监测时间及频次：生态修复工程实施后，每 2 年调查 1 期，共调查 3 期。

3）动物监测

在监测点位设置固定样线 2~3 条，统计兽类、鸟类、两栖动物、爬行动物的物种出现率。同时采取民间访问和市场调查等方法了解野生动物的情况。

监测时间及频次：施工期监测 1 次，水库蓄水前调查 1 次；蓄水后，以 2 年为 1 个监测周期，进行 3 期监测；重点关注的岩羊等珍稀保护物种每年观测 1 次。

### 8.2.5.2 水生生态监测

（1）常规调查监测

1）调查目的

通过对浮游植物、浮游动物、着生藻类、底栖动物、鱼类种群动态、鱼类产卵场等进行监测，及时反映旭龙水电站建设和运行后生态环境变化趋势，提出规避对策，为鱼类和水生生物多样性的保护及水质科学管理提供科学的依据。

2）调查范围与断面设置

调查范围为昌波坝址以下至奔子栏以上金沙江干支流，其中重点监测库区和重要支流。

根据旭龙水电站工程特性及对工程江段水生生物的影响情况，设昌波、库中区（尼吕）、旭龙坝址、奔子栏、石鼓、麦曲、定曲共 7 个断面，调查位置可根据具体情况适当前移或后靠，监测内容见下表。

表 8.2-9　　水生生态监测断面和监测内容

| 断面 | 水生生物监测 | 鱼类种群动态监测 | 鱼类产卵场监测 |
|---|---|---|---|
| 昌波 | ● | | |
| 库中 | ● | ● | |
| 旭龙坝址 | ● | | |
| 奔子栏 | ● | ● | ● |
| 石鼓 | ● | ● | ● |
| 麦曲 | ● | | |
| 定曲 | ● | ● | |

3）技术要求

①水生生态要素监测

浮游植物、浮游动物、着生藻类、底栖动物等水生生物的种类、分布、密度、生物量，及其与工程江段水化学(主要为 N、P 各种形式组分动态)、水温、流态及坝下水体中的溶解性气体等的变化关系。

②鱼类种群动态及群落组成变化监测

鱼类的种类组成、种群结构、资源量的时空分布及累积变化效应，重点监测珍稀保护及特有鱼类的种群动态及鱼类群落构成的变化趋势。

③鱼类产卵场监测

早期资源种类组成与比例、时空分布、早期资源量、水文要素(温度、流速、水位)、产卵场的分布与规模变化、繁殖时间和繁殖种群的规模。

4）调查方法

按《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)和《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

5）时间和频率

在水库蓄水后（截流后）10 年内监测 5 年，即蓄水第 1、3、5、7、10 年进行监测。水化学要素，浮游植物、浮游动物、着生藻类、底栖动物在 4 月、10 月各监测一次。鱼类种群动态监测在 3~6 月、10~11 月进行，每月 20 天左右。鱼类产卵场监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 60 天。监测时段频次及要素构成还应随其它梯级电站的建设运转进程作相应调整。

（2）栖息地保护效果调查

1）调查范围

为研究旭龙水电站鱼类栖息地保护的效果，需对坝下支流定曲进行全面的跟踪调查和监测。

2）调查时间

调查时间为水库蓄水后 2 年开始，连续监测 5 年，每年 2 次。

3）技术要求

调查栖息地保护河段生态环境及其保护现状，调查鱼类区系、特点、种群资源量、分布及饵料生物的变化情况和鱼类生境变化情况；并与金沙江干流河段水生生态监测结果进行对比，进而评估栖息地保护河段的保护效果。

4）调查方法

按《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)和《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

（3）过鱼效果观测

水库蓄水后应开展过鱼设施效果的观测评估，包括集鱼效果、转运鱼效果、放鱼效果观测评估等。

1）集鱼效果观测

①观测评估在各种运行情况和水文情势条件下，鱼类是否都能聚集进入集鱼设施，分析集鱼种类和比例。

②观测评估集鱼设施进口的光、色、水流条件和影响鱼类寻找进口的其它因素。

③观测评估下游水位涨落、水文情势变化对进口水流条件和鱼类寻找进口的影响。

④记录最有利的进鱼条件、进口水流、水深、光色、进鱼量最大的时间和季节。

⑤进行标志投鱼试验，估算正常运行情况下的进鱼比例。

2）运鱼效果观测评估

运鱼效果观测评估包括运鱼能力的观测、鱼类损伤情况观测及运鱼系统与集鱼系统及放鱼系统之间的衔接程度观测。

3）放鱼效果观测评估

放鱼效果观测评估包括不同放鱼地点对鱼类上溯及后续生存影响的评估、不

同鱼类其最佳放流生境的观测。

4）时间和频率

与常规调查监测时间和频率一致。

（4）增殖放流效果调查

1）调查范围

为调查旭龙水电站增殖放流对恢复鱼类资源的效果，需对本工程增殖放流河段进行全面的跟踪调查。

2）技术要求

通过标志放流技术的应用，对河段内鱼类区系及特点、种群数量、分布进行监测，了解鱼类增殖放流站增殖放流效果，并及时调整增殖放流方案。

3）调查方法

按《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)和《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

4）时间和频率

与常规调查监测时间和频率一致。

### 8.2.5.3 土壤监测计划

（1）调查目的

了解施工期及运行期土壤环境受影响情况，以便及时采取土壤防控措施。

（2）采样及分析方法

工程施工期及运行期各点位土壤取样均取表层样点，在 0~0.2m 取样，表层样监测点的土壤监测取样方法参照 HJ/T 166 执行。

监测项目监测方法按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中要求的方法进行监测。

（3）监测位置、项目及时间

工程施工期及运行期监测点位、监测项目、监测周期、时段和频率见表表 8.2-10。

表 8.2-10　　土壤环境监测点位和监测内容

| 编号 | 监测点位置 | 监测项目 | 监测周期、时段及频率 |
|---|---|---|---|
| TR1 | 旭龙坝址 | pH 值、盐度、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍 | pH 值、盐度每 5 年监测 1 次，其余指标竣工环境保护验收监测 1 次 |
| TR2 | 羊拉铜矿老道班 | | 各指标工程施工期每年监测 1 次，施工完成后，竣工环境保护验收监测 1 次。 |

# 8.3环境监理

## 8.3.1 监理目的

为保证工程环境保护措施(包括水保措施)得以全面落实和达到预期效果，本工程需实施环境监理，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的实施和效果，及时处理和解决施工过程中出现的环境问题。使环境管理工作融入整个工程实施过程中，变事后管理为过程管理，变单纯的强制性管理为强制性和指导性相结合，从而使环境保护由被动治理污染和破坏变为主动预防和过程治理。工程环境监理与主体工程环境监理应保持连续性。

## 8.3.2 监理目标和任务

### 8.3.2.1 环境监理目标

（1）按照工程建设单位的要求，建立健全工程建设环境保护监督管理体系与体制。

（2）依据已批准的有关文件和有关合同中环境保护内容与要求，严格按环境保护“三同时”制度，监督施工单位切实履行工程合同规定的环境保护条款，以及各项环境保护设施、措施的落实。

（3）及时掌握工程建设各阶段的环境状况与变化趋势。

（4）消除施工活动中的不良环境影响，保护区域环境和。

（5）确保竣工的工程是环境保护合格的工程。

#### 8.3.2.2 环境监理任务

（1）依照国家环境保护法律、法规及标准要求，以经过审批的工程环境影响报告书、环境保护设计及施工合同中环境保护相关条款为依据，监督、检查承包商或环保措施实施单位对工程区环保措施的费用、实施进度、质量及效果。

（2）指导、检查、督促各施工承包单位环境保护办公室的设立和正常运行。

（3）参与审核施工单位的施工组织设计，从环境保护角度提出优化施工方案和施工进度计划的意见；审核施工单位开工前提出的环境保护管理计划，并提出审核意见。

（4）审核施工单位提出的可能造成污染的施工材料、设备清单及各项环境保护指标。

（5）加强现场的监控，重点监督检查生产、生活废污水收集和处理系统、水土保持措施的施工质量、运行情况。对在监理过程中发现的环境问题，以书面形式通知责任单位进行限期处理改进。

（6）监督检查施工单位突发性污染事故和公共卫生事件的应急处理，以及相关的环境保护专项调查和科研项目等。

（7）监督、统计、分析施工单位的各项环境保护工作报表、资料。

（8）定期编制环境监理报告，协助建设单位工程竣工环境保护验收与总结。

### 8.3.3 监理内容

（1）协助业主按照“三同时”要求，督查旭龙水电站各参建单位落实环境影响评价报告书及批复文件各项措施，核实设计文件与环境影响评价报告及其批复文件的相符性，定期复核环境保护措施落实和设施运行情况，统计、梳理环境保护变更，开展环境保护概算投资分析。

（2）协助业主进行环保专项工程的设计和招标相关工作，负责审核工程监理单位和施工运行单位报送的环保设施施工和整改文件，向业主提供咨询服务意见。

（3）协助业主接受环境保护主管部门、集团公司的监督检查工作。

（4）负责编制环境监理年度工作计划。

（5）负责旭龙水电站工程施工区专项环保设施的建设、运行监理(如污水处

理站，垃圾清运等)。

（6）会同业主开展环保监测项目的监理，检查环境监测计划的落实情况，对环境监测方案进行技术审核，对现场工作开展旁站监理和工程量签认，督促监测单位及时提交满足验收要求的监测总结报告，审核环境监测数据和监测报告，并提出复核意见。

（7）负责施工区日常环保工作巡视检查和旁站监理。监督检查各类环保设施的建设和运行情况，检查各种污染物排放是否达到环境保护标准要求，对现场发现的问题提出合理化意见，编制监理日记。对于过鱼设施、生态流量在线监测系统等建设部实施的环境保护专项工程，复核其与设计文件的符合性，及时提出技术性建议。环境监理工作以巡查方式开展，跟踪施工和投资进度。

（8）负责旭龙水电站工程环境保护中相关环境监理的各项信息数据收集、统计、分析，组织编制环境监理月报、季报、年报和专题报告等，及时按要求进行环保监理资料档案归档。

（9）配合业主组织召开各项环境保护会议，包括季度例会、年会、合同项目完工验收会等；负责组织召开污水处理站运行、垃圾清运、洒水降尘等承监项目环境保护工作会，组织召开环境监测专项协调会和环境监理内部工作会。

（10）会同业主开展施工区环保宣传、培训、考核工作。

（11）会同业主开展合同项目完工及专项工程竣工环境保护验收，审核验收申请文件环境保护部分内容，并提出验收意见。

（12）协助业主做好主体工程竣工环境保护验收工作，负责编制环境监理总结报告。

### 8.3.4 监理工作制度

（1）工作记录制度

环境监理工程师每天根据工作情况做出工作记录(监理日志)，重点描述现场环境保护工作的巡视检查情况，当时发生的主要环境问题，问题发生的责任单位，分析产生问题的主要原因，以及监理工程师对问题的处理意见。

（2）报告制度

监理部每月向工程建设环保管理办公室提交一份环境监理月报，概述该月的环境监理工作情况，说明施工区的环境状况，指出主要的环境问题，提出处理意

见，检查与监督处理结果。每半年提交阶段性评估报告，对半年的环境监理工作进行总结。

（3）函件来往制度

环境监理工程师与承包商双方需要办理的事宜都是通过函件进行传递或确认的。监理工程师在现场检查过程中发现的环境问题，都是通过下发问题通知单的形式，通知承包商需要采取的纠正或处理措施。

（4）环境例会制度

环境监理部定期会同工程建设环保管理办公室、设计单位、承包商环境保护管理办公室召开环境例会。通过环境例会，承包商对本标的环境保护工作进行回顾总结，监理工程师对该月各标的环境保护工作进行全面评议，肯定工作中的成绩，提出存在问题及整改要求。每次会议都需形成会议纪要。

### 8.3.5 监理机构与工作方式

根据工程规模和施工规划，结合主体工程施工规划要求，在工程现场设置专门的环境监理机构，环境监理部设置专职监理人员。根据本工程实际情况，旭龙水电站枢纽工程拟安排 7 名监理人员，其中总监 1 人（同时负责移民安置区总监工作），监理工程师 3 名，监理员 3 名；移民安置区安排监理人员 2 人，监理工程师 1 人，监理员 1 人。

施工区环境监理人员常驻工地，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理方式以现场监督管理为主，并随时检查各项环境监测数据，发现问题后，立即要求承包商限期处理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

# 9 分期实施计划及竣工环保验收

## 9.1环境保护措施项目汇总

旭龙水电站的环境保护措施可分为施工期环境保护措施、水生生态保护措施、陆生生态保护措施、初期蓄水及运行期水环境保护措施、环境地质影响减缓措施、社会环境保护措施、移民安置区环境保护措施、环境监测等方面。各项措施内容详见表 9.1-1。

表 9.1-1　旭龙水电站环境保护措施一览表

| 措施分类 | 措施分类 | 措施内容 | 实施时段 |
|---|---|---|---|
| 施工期环境保护措施 | 地表水环境保护措施 | 基坑排水处理：基坑集水区投加絮凝剂沉淀处理，上清液外排，沉淀泥渣运往渣场。 | 施工期 |
| | | 砂石料冲洗废水处理：洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统废水采用 DH 高效旋流污水净化处理工艺，污泥脱水后运往弃渣场堆放，上清液回用生产 | 施工期 |
| | | 混凝土系统废水处理：采用中和沉淀法进行处理，处理后的清水用于转筒和料罐冲洗或场地洒水降尘，污泥定期清掏运至弃渣场。 | 施工期 |
| | | 含油废水处理：采用隔油沉淀池处理，废油交由有资质的单位进行转运处理，处理出水用于洗车或场地洒水。 | 施工期 |
| | | 生活污水处理：采用 A/O 处理工艺的成套生活污水处理设备，处理出水综合用于施工营地冲厕及绿化浇灌等。 | 施工期 |
| | 地下水影响减缓措施 | 对大坝坝基采用“防渗帷幕+幕后排水”的渗流控制方案，对水垫塘基础采用封闭抽排方案。 | 施工期 |
| | 环境空气保护措施 | 燃油废气消减：定期维修、保养机械设备，严格执行《机动车强制报废标准规定》，推行强制更新报废制度。 | 施工期 |
| | | 开挖、爆破粉尘的消减与控制：采用湿法作业、洒水降尘、钻孔安装除尘装置或采用无尘钻机。 | 施工期 |
| | | 交通扬尘降尘处理：公路养护、洒水降尘、运输车辆密封和保洁、公路绿化。 | 施工期 |
| | | 其它作业面降尘措施：自动喷淋+洒水车喷洒降尘、加强个人防护、施工区绿化。 | 施工期 |
| | | 地下洞室开挖降尘措施：设置通风、排烟装置和水喷淋装置、洒水除尘。 | 施工期 |
| | 声环境保护措施 | 混凝土拌和系统噪声：采购具有降噪功能的设备，安装隔声窗和消声器 | 施工期 |
| | | 砂石料加工系统噪声：采取聚氨酯筛网代替原有的金属筛网，安装隔声罩和消声器 | 施工期 |
| | | 交通噪声源强：设置限速标志、夜间通行时禁鸣喇叭、加强道路和车辆的维修保养 | 施工期 |
| | | 爆破噪声源强：避开深夜爆破、爆破前提示警戒 | 施工期 |
| | | 传播途径控制：采取道旁绿化措施 | 施工期 |
| | | 敏感受体保护：安装隔声窗、设置限速和禁鸣标志、发放个人防护用品 | 施工期 |

| 措施分类 | 措施分类 | 措施内容 | 实施时段 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 固体废弃物处理措施 | 生活垃圾：配备垃圾桶和垃圾车收集生活垃圾，施工期前两年运至奔子栏垃圾填埋场填埋，后运至垃圾热解站处理。 | 施工期 |
| | | 建筑垃圾和辅助企业生产垃圾：回收利用，无回收价值的运至弃渣场。 | 施工期 |
| 水生生态保护措施 | 施工期及蓄水初期鱼类保护措施 | 宣传教育，设置水生生物保护警示牌。<br>加强施工管理，生活污水和施工废水达标排放。<br>建立鱼类及时救护机制，下闸蓄水避开鱼类繁殖期。 | 施工期 |
| | 鱼类栖息地保护 | 将定曲作为鱼类栖息地加以保护。<br>开展定曲古学水电站连通性改善、生境修复、生态调度、加强渔政管理、开展环境监测；开展鱼根电站连通性改善；开展挖沙河段生境修复。 | 施工期 |
| | 过鱼设施 | 采用升鱼机作为过鱼设施。<br>主要由集鱼系统、提升运输系统、放流系统和控制监测系统组成。 | 施工期 |
| | 鱼类增殖放流 | 旭龙水电站单独建设鱼类增殖放流站，放流规模为每年 50 万尾。<br>对放流鱼苗进行标记，建立回收及监测网络，评估增殖放流效果。 | 施工期+运行期 |
| | 科学研究 | 开展库区特有鱼类驯养繁殖技术研究、旭龙水电站鱼类增殖放流方案优化研究等。 | 运行期 |
| | 渔政管理 | 加强渔政队伍建设，严格执行禁渔期和禁渔区制度。<br>限制渔具、渔法、渔具类型及其规格，加强水污染防治工作。<br>严格管理，控制生物入侵。 | 运行期 |
| 陆生生态保护措施 | 陆生动植物保护措施 | 优化施工布置，减少占地，加强施工管理，降低工程施工对陆生动植物的破坏。 | 施工期 |
| | | 宣传教育、设立陆生生物保护警示牌、加强野生动物救护。 | 施工期+运行期 |
| | | 结合水土保持与景观恢复对施工迹地进行植被恢复等。 | 施工期 |
| | 重点保护动植物措施 | 在建设管理营地设立金荞麦等重点保护植物和狭域特有种的种质资源园 | 施工期 |
| | | 设立重点保护野生动物保护救护站。 | 施工期 |
| | | 在嘎金雪山州级保护区附近建立生态廊道。 | 运行期 |
| 初期蓄水及运行期环境保护措施 | 运行期水质保护措施 | 蓄水前完成库底卫生清理。 | 施工期 |
| | | 保护库周植被，严格按水质目标进行管理，禁止向库区排放污水。 | 运行期 |
| | 下游河道生态流量保障措施 | 施工截流期间，通过导流洞过流。 | 施工期 |
| | | 导流洞转换期间，依次通过低导流洞、旁通洞泄流。 | 施工期 |
| | | 初期蓄水期间，通过中孔控泄。 | 施工期 |
| | | 运行期，正常运行通过机组过流，机组停运期间通过应急放水孔过流。 | 施工期 |
| | | 生态流量在线监测系统 | 施工期 |
| | 水温影响减缓措施 | 抬高取水口底板高程，增设前置挡墙改善水库低温水下泄影响。<br>构建坝前水温垂线监测系统。 | 施工期 |
| | 气体过饱和影响减缓措施 | 加强梯级泄洪联合调度，优化泄洪时间控制与泄洪过程，优选泄洪建筑物运用方式，合理分配泄洪流量与发电流量 | 运行期 |
| | 电厂及业主营地废污水处理措施 | 营地生活污水沿用施工期生活污水处理及回用设施进行处理。<br>电站机组设置集油装置，收集油污。 | 运行期 |
| | 运行期生活垃圾 | 集中收集，运至奔子栏垃圾填埋场处理。 | 运行期期 |
| 环境地 | 泄洪雾化影 | 对水垫塘、二道坝和影响区岸坡部位进行处理和防护 | 施工期 |

| 措施分类 | 措施分类 | 措施内容 | 实施时段 |
|---|---|---|---|
| 质影响减缓措施 | 响减缓措施 | | |
| 社会环境保护措施 | 交通影响减缓措施 | 加强交通管理；增设警示牌；加强车辆维护和保养。 | 施工期 |
| | 民族文化和宗教保护措施 | 加强施工人员宣传教育与培训，规范施工人员行为，与工程区居民和谐相处 | 施工期<br>干牛气 |
| 移民安置区环境保护措施 | 集中安置点 | 施工期：混凝土拌和废水采用中和沉淀池，采用隔油沉淀工艺处理机械冲洗废水。 | 施工期 |
| | | 运行期：生活污水采用化粪池+污水处理站+管网；生活垃圾收集池，购置垃圾车，集中收运至附近乡镇。 | 运行期 |
| | 专项设施复建 | 施工期废水采用沉淀池沉淀后回用。<br>无雨日洒水降尘。<br>夜间禁止施工、加强宣传教育保护生态环境。 | 施工期 |
| 环境监测 | 施工期环境监测 | 污染源监测：生活污水、生产废水、环境空气、噪声<br>环境监测:水文情势、干流水质、饮用水水质、地下水 | 施工期 |
| | 运行期环境监测 | 污染源监测：电站管理区生活污水监测<br>环境质量监测：水文情势、库区及坝下水质、库区水温监测、坝下 TDG 监测 | 运行期 |
| | 生态监测计划 | 陆生生态监测。<br>水生生态监测。<br>土壤监测 | 运行期 |

## 9.2**环保措施实施进度计划**

旭龙水电站施工总工期为 8 年 2 个月（98 个月），其中施工准备期 1 年 6 个月（18 个月），主体工程施工期 6 年 6 个月（78 个月），工程完建期 2 个月；首台机组发电工期 8 年（96 个月）。工程筹建期 2 年未计入总工期。以上述施工进度为控制，同时结合各项环保措施的特点，按照“三同时”原则，制定环保措施进度计划，详见表 9.2-1。

表 9.2-1　旭龙水电站环境保护措施实施进度计划

| 序号 | 项目及措施 | 实施进度 | | | | | | | | | | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 筹建期 | 施工期 | | | | | | | | 运行期 | |
| | | | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | |
| 一 | 施工期环境保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 地表水环境保护措施 | | | | | | | | | | | 各废水处理设施与相应生产设施同时建成投入使用 |
| 1.1 | 基坑排水处理 | | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | | |
| 1.2 | 砂石料冲洗废水处理 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | | |
| 1.3 | 混凝土系统废水处理 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | | |
| 1.4 | 含油废水处理 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | 运行期沿用该处理措施 |
| 1.5 | 生活污水处理 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | 运行期沿用该处理措施 |
| 2 | 地下水影响减缓措施 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | 地下工程施工全过程采取相应措施；运行后仍需观测 |
| 3 | 环境空气保护措施 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | | 筹建第 1 年完成措施建设和设备配置 |
| 4 | 声环境保护措施 | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | ——— | | |

| 序号 | 项目及措施 | 实施进度 | | | | | | | | | | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 筹建期 | 施工期 | | | | | | | | 运行期 | |
| | | | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | |
| 5 | 固体废弃物处置措施 | | | | | | | | | | | 筹建期完成措施建设和设备配置；运行期沿用该处理措施 |
| 二 | 水生生态保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 施工期及蓄水初期鱼类保护措施 | | | | | | | | | | | 筹建第 1 年完成措施建设和设备配置 |
| 2 | 鱼类栖息地保护 | | | | | | | | | | | 工程截流后即开始实施 |
| 3 | 过鱼设施 | | | | | | | | | | | 与主体工程同步建成与运行 |
| 4 | 鱼类增殖放流 | | | | | | | | | | | 工程蓄水前建成并投入试运行 |
| 5 | 科学研究 | | | | | | | | | | | 立即着手开展相关工作 |
| 6 | 渔政管理 | | | | | | | | | | | 贯穿于工程建设与运行全过程 |
| 三 | 陆生生态保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 陆生动植物保护措施 | | | | | | | | | | | 贯穿于工程建设与运行全过程 |
| 2 | 重点保护植物保护措施 | | | | | | | | | | | 贯穿于工程建设与运行全过程 |

| 序号 | 项目及措施 | 实施进度 | | | | | | | | | | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 筹建期 | 施工期 | | | | | | | | 运行期 | |
| | | | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | |
| 3 | 重点保护野生动物保护措施 | | | | | | | | | | | 工程开始蓄水后开展 |
| 四 | 初期蓄水及运行期水环境保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 库底卫生清理 | | | | | | | | | | | 分 2 期开展，分别在截流前和蓄水前完成 |
| 2 | 下游河道生态流量保障措施 | | | | | | | | | | | |
| 五 | 环境地质影响减缓措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 泄洪雾化影响减缓措施 | | | | | | | | | | | 试运行后开始加强观测 |
| 六 | 社会环境保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 交通影响减缓措施 | | | | | | | | | | | 贯穿于施工期全过程 |
| 2 | 民族文化和宗教保护措施 | | | | | | | | | | | 贯穿于施工期和移民安置全过程 |
| 七 | 移民安置环境保护措施 | | | | | | | | | | | |
| 八 | 环境监测 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 施工期环境监测 | | | | | | | | | | | 贯穿于施工期全过程 |

| 序号 | 项目及措施 | 实施进度 | | | | | | | | | | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 筹建期 | 施工期 | | | | | | | | 运行期 | |
| | | | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | |
| 2 | 运行期环境监测 | | | | | | | | | | | 初期蓄水后开始开展 |
| 3 | 生态监测 | | | | | | | | | | | 施工前、蓄水前及试运行后分别进行监测，未标示施工前本底监测进度 |

## 9.3环境保护竣工验收

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》有关要求，工程建设过程中的污染防治措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。结合表9.3-1分阶段环境保护工程建设要求，旭龙水电站环境保护工程验收计划如下：

### 9.3.1 蓄水阶段验收

（1）施工期部分环境保护工程土建工程验收

施工期阶段环境保护工程验收主要是针对施工期内须开展建设的环境保护工程进行验收，以落实和督促其按要求及时建设。

（2）施工期环境保护工程运行阶段验收

主要是针对施工期间已实施的环境保护工程的运行情况进行阶段验收，如施工废水处理系统运行情况验收、生活营地污水处理设施运行情况验收、施工迹地临时修复措施验收、垃圾收集和清运情况验收等。

（3）验收重点

施工期污废水处理措施、水库蓄水及运行期下泄流量环保调度方案、生态流量泄放设施、低温水缓解措施、过鱼设施、鱼类增殖放流站、栖息地保护措施、珍稀濒危保护植物移栽情况及移民专项环评应作为主要验收内容。

### 9.3.2 竣工环保验收

主要是工程竣工后的环境保护工程验收，按照有关规定实施，验收内容包括旭龙水电站工程各阶段各项环境保护设施，如污废水处理系统和监测、生态修复和监测措施等。项目竣工后，应按规定程序完成竣工环境保护验收。

若工程或环保措施发生重大变更必须重新报批环境影响报告书。工程自批复之日起 5 年内未开工建设，本批复文件自动失效，建设单位需重新报审环评文件。项目建成竣工环保验收运行 3～5 年，应开展环境影响后评价工作。

表 9.3-1　　“三同时”环境保护验收一览表

| 阶段 | 措施分类 | | 环保措施 | 验收内容及重点 | 验收要求 |
|---|---|---|---|---|---|
| 蓄水验收 | 地表水 | 生产废水 | 基坑废水处理 | 废水处理设施建成情况，废水处理设施、运行情况以及处理效果 | 满足设计要求，能够正常投运，不排放，实现全回用 |
| | | | 砂石料冲洗废水处理 | | |
| | | | 混凝土拌和系统废水处理 | | |
| | | | 含油废水处理 | | |
| | | 生活污水 | 建设管理营地（含鱼类增殖放流站）、施工营地生活污水处理、临时厕所 | 业主营地和承包商营地污水处理设施设计、建成情况，污水处理设施、运行情况以及处理效果 | |
| | | 运行期水质保护 | 库底清理 | 库区清理设计以及实施情况 | 满足规范要求 |
| | | 低温水减缓 | 前置挡墙、水温在线监测系统 | 前置挡墙设计以及实施情况<br>水温在线监测系统设计及实施情况 | 满足设计要求，能投正常投运，实现减缓水温影响 |
| | | 生态流量泄放设施 | | 应急放水孔设计、建设情况；导流旁通洞设计、建设情况；导流洞转换及初期蓄水期间生态流量环保调度方案 | 满足生态流量泄放要求 |
| | 环境空气 | 施工场地 | 洒水降尘等 | 洒水降尘设施、洒水频率以及效果 | 满足区域环境功能要求 |
| | 声环境 | 施工噪声 | 管理和控制措施 | 管理和控制措施实施情况以及效果 | 满足区域环境功能要求 |
| | 固体废物 | | 施工期生活垃圾进行统一收集，填埋、热解措施 | 垃圾桶、垃圾箱设置情况，垃圾外运处置情况，垃圾热解站设计、运行情况 | 生活垃圾无害化处理 |
| | 生态环境 | 陆生生态 | 施工期环境管理 | 管理措施落实情况 | 对陆生动植物不产生明显影响 |
| | | | 植物移栽 | 建设管理营地种质资源园建设情况及金荞麦移栽情况 | 植物完成移栽，植物成活情况 |
| | | 水生生态 | 定曲河栖息地保护 | 古学、鱼根电站补建过鱼设施，挖沙场地生境修复 | 满足鱼类栖息地生境要求 |
| | | | 鱼类增殖放流站 | 鱼类增殖放流站设计、建设、运行情况 | 满足鱼类增殖放流规模要求 |
| | | | 过鱼设施 | 升鱼机系统设计、建设情况 | 满足鱼类上行的要求 |
| 竣工验收 | 地表水 | 电厂及业主营地废污水处理 | 一体化设备处理 | 污水处理设施、影响调查及运行情况 | 处理后不外排 |
| | 固体废物 | 生活垃圾处置 | 生活垃圾进行统一收集，外运填埋处理 | 垃圾桶、垃圾箱设置情况，垃圾外运日常管理情况 | 外运处置 |

| 阶段 | 措施分类 | | 环保措施 | 验收内容及重点 | 验收要求 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 生态环境 | 施工迹地恢复 | 各施工迹地清理后开展植被恢复或复垦 | 植被恢复效果以及影响 | 满足植被恢复要求 |
| | | 鱼类栖息地 | 定曲河栖息地保护 | 古学、鱼根过鱼设施效果，古学水电站生态调度设计、实施情况及效果 | 满足鱼类栖息地生境要求 |
| | | 过鱼设施 | 升鱼机系统 | 升鱼机系统运行情况以及效果 | 满足鱼类上行的要求 |
| | 移民安置 | 生活污水 | 处理后回用 | 污水处理设施建设、运行情况 | 回用去向落实 |
| | | 生活垃圾 | 集中收集后外运处理 | 垃圾收集设施以及外运情况 | 无害化处理 |

# 10环境保护费用概算及经济损益分析

## 10.1 环境保护投资概算

### 10.1.1编制依据

（1）可再生定额[2014]54 号颁布的《水电工程设计概算编制规定（2013 年版）》、《水电工程费用构成及概（估）算费用标准（2013 年版）》；

（2）《水电工程环境保护专项投资编制细则》（NB/T 35033 -2014）；

（3）可再生定额[2011]36 号文颁布的《水电工程投资估算编制有关规定（试行）；

（4）可再生定额[2016]25 号文发布的《关于建筑业营业税改征增值税后水电工程计价依据调整实施意见》；

（5）可再生定额[2008]5 号文颁布的《水电建筑工程概算定额（2007 年版）》；

（6）国家经济贸易委员会[2003]第 38 号文《水电设备安装工程概算定额》；

（7）水电规造价[2004]0028 号文《水电工程施工机械台时费定额》。

### 10.1.2编制原则

（1） 环境保护作为工程建设的一项重要内容，其费用构成、估算依据、价格水平年与主体工程一致，价格水平年为 2019 年第 4 季度。

（2）主体工程本身具有环境保护措施费用列入主体工程概算，本概算不再重复计列。

（3）环境管理费、环境监理费、项目技术经济评审费和基本预备费等项目采用投资×费率的方法计算，并按照实际需要进行调整。

（4） 本概算仅包括建设期环保费用和试运行期部分环保设施运行、监测、管理及研究费用。

### 10.1.3费用构成

环境保护投资分为枢纽建筑物环境保护工程费用、建设征地和移门安置环境保护工程费用、独立费用以及基本预备费 4 项。

枢纽建筑物环境保护工程费包括水环境保护工程费、大气环境保护工程费、声环境保护工程费、固体废物处置工程费、陆生生态保护工程费、水生生态保护工程费、环境监测工程费、科学研究费及其他费。

建设征地和移民安置环境保护工程费包括水环境保护工程费、生态环境保护工程费、生活垃圾处理工程费、人群健康保护费、环境监测费等。

独立费用包括项目建设管理费、科研勘察设计费以及其他税费等。

## 10.1.4 基础价格

旭龙水电站环境保护措施中的建筑工程基础单价（包括人工预算单价、施工机械台时费、施工用风、水、电价格、主要材料单价等）均按照 2019 年第 4 季度价格水平，植物工程中的苗木、草籽等价格以工程所在地（主要为四川省得荣县和云南省德钦县）的市场实际价格为准。

### 10.1.4.1 人工预算单价

人工预算单价按《水电工程费用构成及概（估）算费用标准（2013 年版）》有关规定执行。云南省德钦县按规定属于六类边远地区，四川省得荣县属五类边远地区，人工预算单价取二者平均，人工预算单价汇总见表 10.1-1。

**表 10.1-1 人工预算单价汇总表 单位：元/工时**

| 定额人工等级 | 德钦县（六类地区） | 得荣县（五类地区） | 综合单价 |
|---|---|---|---|
| 高级熟练工 | 17.82 | 16.56 | 17.19 |
| 熟练工 | 13.55 | 12.51 | 13.03 |
| 半熟练工 | 10.87 | 9.97 | 10.42 |
| 普工 | 9.18 | 8.36 | 8.77 |

### 10.1.4.2 施工机械台时费

施工机械台时费采用水电规造价[2004]028 号文《水电工程施工机构台时费定额》计算。同时根据可再生定额[2019]14 号文发布的《关于调整水电工程、风电场工程及光伏发电工程计价依据中建筑安装工程增值税税率及相关系数的通知》中有关规定：一类费用中基本折旧费除以 1.13 调整系数，设备修理费除以 1.09 调整系数，安装拆卸费不做调整。

#### 10.1.4.3 施工用水、用电、用风价格

环保工程采用主体工程施工的用水、用电、用风预算价格。

（1）施工用电预算价格

施工供电按照电网供电 95%和柴油发电机供电 5%计算，由云南省电网供电。经综合计算，施工用电预算价格为 0.59 元/kW•h。

（2）施工用水预算价格

施工用水预算价格本阶段按 1.09 元/$m^3$ 计算。

（3） 施工用风预算价格

施工用风采用电动空压机，考虑高程系数取 1.25，施工用风预算价格为 0.16 元/$m^3$。

### 10.1.5 工程措施与植物措施单价

工程措施与植物措施单价均由直接费、间接费、企业利润和税金组成，即：

工程措施或植物措施单价＝直接费+间接费+企业利润+税金

a) 直接费

直接费由基本直接费、其他直接费和现场经费组成。

1) 基本直接费

包括人工费、材料费和施工机械使用费。

人工费＝定额劳动量(工时)×人工预算单价(元/工时)×人工海拔调整系数

材料费＝定额材料用量×材料预算单价

机械使用费＝定额机械使用量(台时)×施工机械台时费(元/台时)×机械海拔调整系数

2) 其他直接费

其他直接费＝直接费×其他直接费率

3) 现场经费

现场经费＝直接费×现场经费费率

b) 间接费

间接费＝直接费×间接费费率

c) 企业利润

企业利润＝(直接费+间接费)×企业利润率

d) 税金

企业利润＝(直接费+间接费+企业利润)×综合税率

工程措施与植物措施单价各项费率详见表 10.1-2。

表 10.1-2　工程及植物措施费率表　　单位：%

| 序号 | 费率名称 | 工程措施 | | | | | 植物措施 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 土方工程 | 石方工程 | 混凝土工程 | 基础处理工程 | 其它工程 | |
| 1 | 其它直接费率 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 9.1 | 7.6 |
| 2 | 现场经费 | | | | | | 4 |
| 3 | 间接费率 | 13.30 | 22.40 | 16.90 | 19.04 | 18.29 | 21.53 |
| 4 | 企业利润 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 5 | 税　率 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

## 10.1.6 施工辅助措施费

临时防护措施投资＝临时防护措施单价×工程量。

其它施工辅助工程投资按工程措施投资、植物措施投资及临时防护措施投资之和的 3.0%计算。

## 10.1.7 独立费用

独立费用由项目建设管理费、科研勘察设计费以及其他税费组成。

（1）项目建设管理费

包括工程前期费、环境管理费、环境监理费、咨询服务费、项目技术经济评审费及环境保护验收费等。其中：

工程前期费：包括规划阶段、预可行性研究阶段环境保护评价工作所发生的各种管理性费用及勘察设计费，按工作内容据实计列。

环境管理费：按环保措施费用的 3.0%计列。

环境监理费：按本工程环保工作内容据实计列。

咨询服务费：包括环境影响报告书、验收调查报告和环境影响后评价报告等编制及咨询所需要的费用，按环保措施费用的 8%计列。

项目技术经济评审费：按环保措施费用的 0.5%计列。

环境保护验收费：包括阶段性环境保护验收和竣工环境保护验收等所需费用，按工作内容据实计列。

（2）科研勘察设计费

包括施工科研试验费、环境保护工程勘察设计费。其中：

施工科研试验费：按环保措施费用的 1.0%计列。

环境保护工程勘察设计费：包括工程可研阶段、招标设计阶段和施工图设计阶段发生的环境保护勘察设计费，按环保措施费用的 10.0%计列。

## 10.1.8 基本预备费

与主体工程一致，按环保措施费用和独立费用合计的 7.0%计算。

## 10.1.9 环境保护投资

### 10.1.9.1 环境保护总投资

根据报告书推荐的环境保护方案，旭龙水电站环境保护专项投资 65878.06 万元。其中，枢纽环境保护投资 47371.06 万元，移民安置环保投资 542 万元，独立费用 13655.22 万元，基本预备费 4309.78 万元。本工程环境保护专项投资概算见表 10.1-3。

表 10.1-3　旭龙水电站环境保护专项投资概算表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用(万元) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **(一) 枢纽建筑物费用** | | | | | **47371.06** | |
| 一 | **水环境保护工程** | | | | **13004.44** | |
| 1 | 生产废水处理 | | | | 11580.65 | |
| 1.1 | 砂石料加工系统废水处理 | 项 | 1 | | 10917.23 | |
| 1.1.1 | 洒茂顶砂石加工系统生产废水处理 | | | | 7224.39 | |
| 1.1.2 | 利用料砂石加工系统生产废水处理 | | | | 3692.84 | |
| 1.2 | 混凝土系统生产废水处理 | | | | 287.2 | |
| 1.2.1 | 高混凝土生产系统生产废水处理 | | | | 179.6 | |
| 1.2.2 | 低混凝土生产系统生产废水处理 | | | | 107.6 | |
| 1.3 | 机修含油废水处理 | 项 | 1 | | 106.24 | |
| 1.4 | 洞室排水处理 | 项 | 1 | | 200 | |
| 1.5 | 基坑排水处理 | 项 | 1 | | 70 | |
| 2 | 生活污水 | | | | 1344 | |
| 2.1 | 1#施工营地生活污水处理 | 项 | 1 | | 213 | |
| 2.2 | 2#施工营地生活污水处理 | 项 | 1 | | 243 | |
| 2.3 | 3#施工营地生活污水处理 | 项 | 1 | | 544 | |
| 2.4 | 现场建设管理营地生活污水处理 | 项 | 1 | | 140 | 运行费计入电站运行成本 |
| 2.5 | 施工区粪便废水处理 | 项 | 1 | | 204 | |
| 3 | 库区水环境保护 | | | | 80 | |
| 3.1 | 打捞船 | 艘 | 1 | 800000 | 80 | 运行费计入电站运行成本 |
| 二 | **陆生生态保护措施** | | | | **1622** | |
| 1 | 生态保护保护警示牌 | 个 | 20 | 2000 | 4 | |

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用(万元) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 宣传教育 | 年 | 9 | 20000 | 18 | |
| 3 | 种质资源园 | 项 | 1 | 8000000 | 800 | 估列 |
| 4 | 野生动物救护站 | 项 | 1 | 2000000 | 200 | 估列 |
| 5 | 生态廊道建设 | 项 | 1 | 6000000 | 600 | 估列 |
| **三** | **水生生态保护措施** | | | | **19937.39** | |
| 1 | 施工期及蓄水初期鱼类保护措施 | 项 | 1 | | 150 | 估列 |
| 2 | 鱼类栖息地保护 | 项 | 1 | | 6633.18 | |
| 3 | 过鱼设施 | 项 | 1 | | 8152 | |
| 4 | 鱼类增殖放流 | 项 | 1 | | 4822.21 | |
| 5 | 渔政管理 | 年 | 9 | 200000 | 180 | |
| **四** | **环境空气保护措施** | | | | **1581.2** | |
| 1 | 洒水车购置费 | 辆 | 4 | 250000 | 100 | |
| 2 | 洒水车运行费 | 月·辆 | 392 | 10000 | 392 | |
| 3 | 场区及道路清扫费 | 人·月 | 1764 | 5000 | 882 | |
| 4 | 远射程抑尘喷枪 | 套 | 7 | 100000 | 70 | |
| 5 | 抑尘喷枪运行费 | 月·套 | 686 | 2000 | 137.2 | |
| **五** | **声环境保护工程** | | | | **222** | |
| 1 | 限速标志 | 个 | 12 | 5000 | 6 | |
| 2 | 禁鸣标志 | 个 | 12 | 5000 | 6 | |
| 3 | 隔声防护棚 | $m^2$ | 7000 | 300 | 210 | |
| **六** | **固体废弃物处理工程** | 项 | 1 | | **1136.80** | |
| 1 | 垃圾桶 | 个 | 106 | 600 | 6.36 | |
| 2 | 垃圾清运处理费 | t | 9287 | 50 | 46.44 | |
| 3 | 微型密封式垃圾车 | t | 1 | 200000 | 20 | |
| 4 | 垃圾热解站 | 个 | 1 | 4000000 | 400 | |
| 5 | 垃圾热解站运行费 | 年 | 7 | 900000 | 630 | 施工期前 2 年运至奔子栏垃圾填埋场处理 |
| 6 | 危废仓库 | 个 | 2 | 20000 | 4 | |
| 7 | 危废转运费 | 项 | 1 | 300000 | 30 | |

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用(万元) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **七** | **社会环境保护措施** | | | | **22.5** | |
| 1 | 交通影响减缓措施 | 年 | 9 | 10000 | **9** | |
| 2 | 民族文化和宗教保护措施 | 年 | 9 | 15000 | **13.5** | |
| **八** | **环境监测** | | | | **5804.73** | |
| 1 | 施工期环境监测 | 项 | 1 | | 444.47 | |
| 2 | 运行期环境监测 | 项 | 1 | | 1561.86 | |
| 3 | 生态监测 | 项 | 1 | | 3798.4 | |
| **九** | **科学研究** | | | | **4040** | |
| **(二)建设征地与移民安置费用** | | | | | **542** | |
| **一** | **农村移民搬迁安置** | | | | **282** | |
| 1 | 水环境保护措施 | 项 | 1 | | 200 | 包含基建、设备、管网、运行费用 |
| 2 | 生活垃圾处理措施 | 项 | 1 | | 60 | 仅为垃圾收运费用。其他费用计入移民专项投资 |
| 3 | 人群健康保护措施 | 项 | 1 | | 2 | |
| 4 | 生态环境保护措施 | 项 | 1 | | 20 | |
| **二** | **专项设施复建** | | | | **260** | |
| 1 | 水环境保护措施 | | | | 110 | |
| 2 | 环境空气保护措施 | | | | 30 | |
| 3 | 声环境保护措施 | | | | 20 | |
| 4 | 生态环境保护措施 | 项 | 1 | | 100 | |
| **(一)+(二)** | | | | | **47913.06** | |
| **(三)独立费用** | | | | | **13655.22** | |
| 一 | **项目建设管理费** | | | | **8384.79** | |
| 1 | 工程前期费 | 按第一、二部分合计的 1.75%计 | | | 838.48 | |
| 2 | 环境管理费 | 按第一、二部分合计的 3.0%计 | | | 1437.39 | |
| 3 | 环境监理费 | 按第一、二部分合计的 2.9%计 | | | 1389.48 | 类比同类工程计列 |

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用(万元) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 咨询服务费 | 按第一、二部分合计的 8%计 | | | 3833.04 | 含环境影响报告书、验收调查报告和环境影响后评价报告编制及咨询 |
| 5 | 项目技术经济评审费 | 按第一、二部分总和的 0.5%计 | | | 239.57 | |
| 6 | 环境保护验收费 | 按第一、二部分合计的 1.35%计 | | | 646.83 | 类比同类工程计列 |
| **二** | **科研勘察设计费** | | | | **5270.44** | |
| 1 | 施工科研试验费 | 按第一、二部分总和的 1.0%计 | | | 479.13 | |
| 2 | 环境保护工程勘察设计费 | 按第一、二部分总和的 10.0%计 | | | 4791.31 | |
| (一)+(二)+(三) | | | | | **61568.28** | |
| **基本预备费** | | 按第一、二、三部分总和的 7% | | | **4309.78** | |
| **静态投资** | | | | | **65878.06** | |

### 10.1.9.2 分项投资

本部分内容主要包括砂石料加工系统废水处理投资、混凝土拌和系统废水处理投资、机修含油废水处理投资、生活污水处理投资、过鱼设施投资、栖息地保护工程投资、鱼类增殖放流站工程投资、大气环境保护措施投资、声环境保护措施投资、固体废物处置投资、社会环境保护投资、环境监测投资以及科学研究投资等概算成果。

（1）砂石料冲洗废水处理投资

本工程建设期共有 2 处砂石料加工系统，分别为洒茂顶砂石加工系统和低线砂石加工系统，砂石料冲洗废水处理总投资为 10917.23 万元，费用明细详见下表。

表 10.1-4 旭龙水电站砂石加工系统废水处理投资明细表

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 洒茂顶砂石加工系统废水处理系统 | | | | 7224.39 | |
| 1.1 | 土建费 | | | | 107.00 | |
| | 集水池 | 座 | 90000 | 1 | 9.00 | |
| | 调节池 | 座 | 90000 | 1 | 9.00 | |
| | 污泥池 | 座 | 90000 | 1 | 9.00 | |
| | 清水池 | 座 | 130000 | 1 | 13.00 | |
| | 加药车间 | 座 | 70000 | 1 | 7.00 | |
| | 脱水车间 | 座 | 600000 | 1 | 60.00 | |
| 1.2 | 设备及安装费 | | | | 1286.39 | |
| | 细砂回收系统 FS400 | 套 | 781000 | 2 | 156.20 | 自带循环泵 |
| | 高效（旋流）污水净化器 DH-SSQ-230 | 台 | 784000 | 3 | 235.20 | |
| | 高效混凝混合器 DH-HNQ-230 | 台 | 79200 | 3 | 23.76 | |
| | 加药系统 DHJ-680 | 套 | 264000 | 1 | 26.40 | |
| | 絮凝剂加药螺杆泵 LG25-1 | 台 | 11300 | 4 | 4.52 | 3 用 1 备 |
| | 助凝剂加药螺杆泵 LG40-1 | 台 | 16200 | 4 | 6.48 | 3 用 1 备 |
| | 电磁流量计 DN200 | 台 | 13100 | 3 | 3.93 | |
| | 板框压滤机 XMG800/2000-U | 台 | 1188000 | 4 | 475.20 | |
| | 调节池搅拌装置 | 台 | 55800 | 1 | 5.58 | |
| | 污泥池搅拌装置 | 台 | 55800 | 1 | 5.58 | |
| | 集水池提升泵 150ZJ-25 | 台 | 107000 | 3 | 32.10 | 2 用 1 备 |
| | 废水提升泵 100ZM-32 | 台 | 67000 | 4 | 26.80 | 3 用 1 备 |
| | 污泥提升泵 80ZM-60 | 台 | 83000 | 5 | 41.50 | 4 用 1 备 |

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 电气控制系统 | 套 | 23700 | 1 | 2.37 | |
| | 电缆 | 批 | 15000 | 1 | 1.50 | |
| | 耐磨阀门 | 批 | 185900 | 1 | 18.59 | |
| | 管道及连接件 | 批 | 239250 | 1 | 23.93 | |
| | 运杂费 | 项 | 660000 | 1 | 66.00 | |
| | 安装费 | 项 | | 1 | 130.76 | |
| 1.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 25000 | 2332.4 | 5831.00 | |
| 2 | 低线砂石加工系统废水处理系统 | | | | 3692.84 | |
| 2.1 | 土建费 | | | | 40.50 | |
| | 集水池 | 座 | 70000 | 1 | 7.00 | |
| | 调节池 | 座 | 70000 | 1 | 7.00 | |
| | 污泥池 | 座 | 70000 | 1 | 7.00 | |
| | 清水池 | 座 | 90000 | 1 | 9.00 | |
| | 加药车间 | 座 | 65000 | 1 | 6.50 | |
| | 脱水车间 | 座 | 40000 | 1 | 4.00 | |
| 2.2 | 设备及安装费 | | | | 754.34 | |
| | 细砂回收系统 FS400 | 套 | 781000 | 1 | 78.10 | 自带循环泵 |
| | 高效（旋流）污水净化器 DH-SSQ-190 | 台 | 742500 | 2 | 148.50 | |
| | 高效混凝混合器 DH-HNQ-190 | 台 | 73700 | 2 | 14.74 | |
| | 加药系统 DHJ-400 | 套 | 236500 | 1 | 23.65 | |
| | 絮凝剂加药螺杆泵 LG25-1 | 台 | 11300 | 3 | 3.39 | 2 用 1 备 |
| | 助凝剂加药螺杆泵 LG40-1 | 台 | 16200 | 3 | 4.86 | 2 用 1 备 |
| | 电磁流量计 DN200 | 台 | 13100 | 2 | 2.62 | |
| | 板框压滤机 XMG800/2000-U | 台 | 1188000 | 2 | 237.60 | |
| | 调节池搅拌装置 | 台 | 53700 | 1 | 5.37 | |
| | 污泥池搅拌装置 | 台 | 53700 | 1 | 5.37 | |
| | 集水池提升泵 150ZJ-25 | 台 | 107000 | 2 | 21.40 | 1 用 1 备 |
| | 废水提升泵 100ZM-32 | 台 | 67000 | 3 | 20.10 | 2 用 1 备 |
| | 污泥提升泵 80ZM-60 | 台 | 83000 | 3 | 24.90 | 2 用 1 备 |
| | 电气控制系统 | 套 | 153000 | 1 | 15.30 | |
| | 电缆 | 批 | 8300 | 1 | 0.83 | |
| | 耐磨阀门 | 批 | 115500 | 1 | 11.55 | |
| | 管道及连接件 | 批 | 159500 | 1 | 15.95 | |
| | 运杂费 | 项 | 440000 | 1 | 44.00 | |
| | 安装费 | 项 | | 1 | 76.11 | |
| 2.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 25000 | 1159.2 | 2898.00 | |
| 合计 | | | | | 10917.23 | |

（2）混凝土拌和系统废水处理投资

本工程建设期共有 2 处混凝土拌和系统，分别为高混凝土生产系统和低混凝土生产系统，混凝土拌和系统废水处理总投资 287.18 万元，投资详见下表。

**表 10.1-5　旭龙水电站混凝土拌和系统废水处理投资明细表**

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 高混凝土系统废水处理系统 | | | | 179.62 | |
| 1.1 | 土建费 | | | | 10.00 | |
| | 简易沉沙池 | 座 | 40000 | 1 | 4.00 | |
| | 中和沉沙池 | 座 | 30000 | 1 | 3.00 | |
| | 蓄水池 | 座 | 30000 | 1 | 3.00 | |
| 1.2 | 设备及安装费 | | | | 28.50 | |
| | 中和池搅拌装置 | 台 | 55000 | 1 | 5.50 | |
| | 中和加药装置 JY-6 | 台 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| | pH 测定仪 | 套 | 50000 | 1 | 5.00 | |
| | 废水提升泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 清水回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| 1.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 60000 | 24 | 141.12 | |
| 2 | 低混凝土系统废水处理系统 | | | | 107.56 | |
| 2.1 | 土建费 | | | | 8.50 | |
| | 简易沉沙池 | 座 | 35000 | 1 | 3.50 | |
| | 中和沉沙池 | 座 | 25000 | 1 | 2.50 | |
| | 蓄水池 | 座 | 25000 | 1 | 2.50 | |
| 2.2 | 设备及安装费 | | | | 28.50 | |
| | 中和池搅拌装置 | 台 | 55000 | 1 | 5.50 | |
| | 中和加药装置 JY-6 | 台 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| | pH 测定仪 | 套 | 50000 | 1 | 5.00 | |
| | 废水提升泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 清水回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| 2.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 60000 | 12 | 70.56 | |
| 合计 | | | | | 287.18 | |

（3）机修含油废水处理投资

本工程配套建设 2 座机修含油废水处理设施，分别为机械停放场含油废水处理系统、汽车维修保养停放厂含油废水处理系统，废水处理总投资 106.24 万元，投资详见下表。

表 10.1-6　旭龙水电站机修含油废水处理投资明细表

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 机械停放场含油废水废水处理系统 | | | | 60.42 | |
| 1.1 | 土建费 | | | | 4.00 | |
| | 沉淀池 | 座 | 20000 | 1 | 2.00 | |
| | 清水池 | 座 | 20000 | 1 | 2.00 | |
| 1.2 | 设备及安装费 | | | | 37.60 | |
| | 提升泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1用1备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1用1备 |
| | 絮凝剂加药装置 JY-6 | 台 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| | 油水分离器 YSF-Q-10 | 台 | 196000 | 1 | 19.60 | |
| 1.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 20000 | 9 | 18.82 | |
| 2 | 汽车维修保养停放厂含油废水处理系统 | | | | 45.82 | |
| 2.1 | 土建费 | | | | 3.00 | |
| | 沉淀池 | 座 | 15000 | 1 | 1.50 | |
| | 清水池 | 座 | 15000 | 1 | 1.50 | |
| 2.2 | 设备及安装费 | | | | 34.00 | |
| | 提升泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1用1备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1用1备 |
| | 絮凝剂加药装置 JY-6 | 台 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| | 油水分离器 YSF-Q-5 | 台 | 160000 | 1 | 16.00 | |
| 2.3 | 运行费 | 万 $m^3$ | 20000 | 4 | 8.82 | |
| 合计 | | | | | 106.24 | |

（4）生活污水处理投资

本工程设置 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地、现场建设管理营地生活污水处理系统以及粪便废水处理系统，施工期生活污水处理投资合计 1343.78 万元，投资详见下表。

表 10.1-7　旭龙水电站施工期生活污水处理投资明细表

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1#施工营地生活污水处理系统 | | | | 212.53 | |
| 1.1 | 土建费 | | | | 37.50 | |
| | 化粪池 Z12-75QF | 座 | 100000 | 2 | 20.00 | |
| | 隔油池 GG-2 | 座 | 55000 | 1 | 5.50 | |
| | 调节池 | 座 | 20000 | 1 | 2.00 | |
| | 回用水池 | 座 | 100000 | 1 | 10.00 | |

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.2 | 设备及安装费 | | | | 93.00 | |
| | 成套污水处理设备 5m³/h | 套 | 650000 | 1 | 65.00 | |
| | 格栅井 | 套 | 10000 | 1 | 1.00 | |
| | 水泵 AS10-2CB | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 风机 HC-50C | 台 | 55000 | 2 | 11.00 | 1 用 1 备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 管道及连接件 | 批 | 80000 | 1 | 8.00 | |
| 1.3 | 运行费 | 万 m³ | 30000 | 27 | 82.03 | |
| 2 | 2#施工营地生活污水处理系统 | | | | 242.81 | |
| 2.1 | 土建费 | | | | 45.50 | |
| | 化粪池 Z13-100QF | 座 | 120000 | 2 | 24.00 | |
| | 隔油池 GG-3 | 座 | 65000 | 1 | 6.50 | |
| | 调节池 | 座 | 30000 | 1 | 3.00 | |
| | 回用水池 | 座 | 120000 | 1 | 12.00 | |
| 2.2 | 设备及安装费 | | | | 95.00 | |
| | 成套污水处理设备 5m³/h | 套 | 650000 | 1 | 65.00 | |
| | 格栅井 | 套 | 10000 | 1 | 1.00 | |
| | 水泵 AS10-2CB | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 风机 HC-50C | 台 | 55000 | 2 | 11.00 | 1 用 1 备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 管道及连接件 | 批 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| 2.3 | 运行费 | 万 m³ | 30000 | 34 | 102.31 | |
| 3 | 3#施工营地生活污水处理系统 | | | | 544.47 | |
| 3.1 | 土建费 | | | | 90.50 | |
| | 化粪池 Z13-100QF | 座 | 120000 | 4 | 48.00 | |
| | 隔油池 GG-4 | 座 | 75000 | 1 | 7.50 | |
| | 调节池 | 座 | 50000 | 1 | 5.00 | |
| | 回用水池 | 座 | 300000 | 1 | 30.00 | |
| 3.2 | 设备及安装费 | | | | 222.00 | |
| | 成套污水处理设备 7.5m³/h | 套 | 850000 | 2 | 170.00 | |
| | 格栅井 | 套 | 10000 | 1 | 1.00 | |
| | 水泵 AS10-2CB | 台 | 20000 | 4 | 8.00 | 2 用 2 备 |
| | 风机 HC-50IS | 台 | 60000 | 4 | 24.00 | 2 用 2 备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 3 | 6.00 | 2 用 1 备 |
| | 管道及连接件 | 批 | 130000 | 1 | 13.00 | |
| 3.3 | 运行费 | 万 m³ | 30000 | 77 | 231.97 | |
| 4 | 现场建设管理营地生活污水处理系统 | | | | 139.98 | |
| 4.1 | 土建费 | | | | 18.00 | |
| | 化粪池 Z11-50QF | 座 | 80000 | 1 | 8.00 | |
| | 隔油池 GG-1 | 座 | 50000 | 1 | 5.00 | |
| | 调节池 | 座 | 10000 | 1 | 1.00 | |
| | 回用水池 | 座 | 40000 | 1 | 4.00 | |
| 4.2 | 设备及安装费 | | | | 91.99 | |
| | 成套污水处理设备 3m³/h | 套 | 350000 | 1 | 35.00 | |
| | 格栅井 | 套 | 10000 | 1 | 1.00 | |
| | 水泵 AS10-2CB | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |
| | 风机 HC-30IS | 台 | 40000 | 2 | 8.00 | 1 用 1 备 |
| | 回用泵 50WQ10-10-0.75 | 台 | 20000 | 2 | 4.00 | 1 用 1 备 |

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 管道及连接件 | 批 | 100000 | 1 | 10.00 | |
| 4.3 | 运行费 | 万 m³ | 30000 | 10 | 29.99 | |
| 5 | 粪便废水处理系统 | | | | 204.00 | |
| 5.1 | 卫生厕所 | 个 | 120000 | 17 | 204.00 | |
| 合计 | | | | | 1343.78 | |

（5）过鱼设施投资

旭龙水电站升鱼机工程投资合计 8152 万元，投资详见下表。

**表 10.1-8　旭龙水电站升鱼机工程投资汇总表**

| 编号 | 项目名称 | 建筑安装工程费（万元） | 设备购置费（万元） | 合计（万元） |
|---|---|---|---|---|
| 一 | 建筑工程 | 5220 | | 5220 |
| 二 | 专用设备及安装工程 | 305 | 2351 | 2656 |
| 三 | 施工辅助工程 | 276 | | 276 |
| | 投资合计 | 5801 | 2351 | 8152 |

**表 10.1-9　建筑工程概算表**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 合计(万元) |
|---|---|---|---|---|---|
| | **过鱼设施** | | | | 5219.58 |
| **1** | **尾水集鱼站** | | | | 1772.21 |
| | 覆盖层开挖 运 7km | $m^3$ | 1700.00 | 33.14 | 5.63 |
| | 石方明挖 运 7km | $m^3$ | 10500.00 | 71.97 | 75.57 |
| | 混凝土 C15 | $m^3$ | 2200.00 | 854.60 | 188.01 |
| | 混凝土 C25 | $m^3$ | 6700.00 | 986.19 | 660.75 |
| | 混凝土 C30 | $m^3$ | 2300.00 | 1201.92 | 276.44 |
| | 钢筋制安 | t | 672.00 | 7848.86 | 527.44 |
| | 细部结构 | $m^3$ | 11200.00 | 34.26 | 38.37 |
| **2** | **过鱼隧洞** | | | | 3425.78 |
| | 石方洞挖 | $m^3$ | 29159.00 | 216.12 | 630.17 |
| | 衬砌混凝土 C30（二）0.5m | $m^3$ | 8961.00 | 1065.55 | 954.84 |
| | 喷砼 厚 10cm （素喷） | $m^3$ | 1494.00 | 1243.32 | 185.75 |
| | 地下锚杆 φ28mm，L=6m | 根 | 5974.00 | 478.02 | 285.57 |
| | 钢轨、导轮及埋件 | t | 240.00 | 15000.00 | 360.00 |
| | 钢筋制安 | t | 896.10 | 8142.09 | 729.61 |
| | 排水孔（φ56mm） | m | 35844.00 | 45.46 | 162.95 |
| | 排水管 φ50PE | m | 35844.00 | 18.00 | 64.52 |
| | 橡胶止水 | m | 1914.00 | 163.50 | 31.29 |
| | 细部结构 | $m^3$ | 8961.00 | 23.52 | 21.08 |
| **3** | **尾水出口河道扩挖** | | | | 21.59 |
| | 石方明挖 | $m^3$ | 3000.00 | 71.97 | 21.59 |

**表 10.1-10　专用设备及安装工程概算表**

| 编号 | 名称及规格 | 单位 | 数量 | 单价（元） | | 合价（万元） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 设备费 | 安装费 | 设备费 | 安装费 |
| 一 | 专用设备及安装工程 | | | | | 2351.32 | 304.77 |
| 1 | 集鱼箱（单重 5t） | 个 | 2 | 100000 | 15000 | 20 | 3 |
| 2 | 进口防逃笼（单重 3t） | 套 | 32 | 30000 | 4500 | 96 | 14.40 |
| 3 | 电赶拦鱼机（单台拦鱼面积 750m$^2$） | 台 | 2 | 500000 | 75000 | 100 | 15 |
| 4 | 鱼类暂养分拣设施（含暂养池及装载设备） | 套 | 2 | 1000000 | 150000 | 200 | 30 |
| 5 | 转载系统运鱼小车（含轨道、牵引托架等） | 台 | 2 | 600000 | 90000 | 120 | 18 |
| 6 | 运鱼箱 1.5×2.0×1.2m | 个 | 2 | 50000 | 7500 | 10 | 1.50 |
| 7 | 运鱼船 | 艘 | 1 | 6000000 | | 600 | 0 |
| 8 | 趸船 | 艘 | 1 | 2000000 | | 200 | 0 |
| 9 | 集鱼系统检修闸门（单重 25t） | t | 50 | 13000 | 3255.91 | 65 | 16.28 |
| 10 | 集鱼系统检修闸门埋件（单重 30t） | t | 60 | 11000 | 6333.48 | 66 | 38 |
| 11 | 集鱼系统检修用启闭机（360kN-固定卷扬机） | 台 | 2 | 52500 | 12924.95 | 10.50 | 2.58 |
| 12 | 集鱼系统转运提升机（250kN-单向台车） | 台 | 2 | 625000 | 90078.15 | 125 | 18.02 |
| 13 | 转载系统竖井提升机（2×100kN-单向台车） | 台 | 1 | 500000 | 72062.52 | 50 | 7.21 |
| 14 | 提升机轨道 QU80 | 双 10m | 30.01 | | 26918.45 | 0 | 80.78 |
| 15 | 放流系统专用吊机（200kN-旋转吊车） | 台 | 1 | 925000 | | 92.50 | 0 |
| 16 | 鱼类设施监测系统 | 套 | 1 | 4000000 | 600000 | 400 | 60 |
| 17 | 运杂费 | % | 9.11 | 21550000 | | 196.32 | 0 |

（6）鱼类增殖放流站工程投资

旭龙水电站鱼类增殖放流站工程投资共计 4822.21 万元，详见下表。

**表 10.1-11　旭龙水电站鱼类增殖放流站工程建设概算表**

| 序号 | 费用名称 | 金额（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|
| | 第一部分工程直接费用 | 2238.24 | |
| 1 | 室外 | 1241.82 | |
| 1.1 | 场平、道路 结构工程 | 273.92 | |
| 1.2 | 室外电气设备与安装工程 | 106.51 | |
| 1.3 | 室外给排水工程 | 395.25 | |
| 1.4 | 室外景观工程 | 466.14 | |
| 2 | 生产辅助楼 | 350.22 | |
| 2.1 | 生产辅助楼建筑工程 | 156.27 | |
| 2.2 | 生产辅助楼结构工程 | 146.33 | |
| 2.3 | 生产辅助楼电气设备与安装工程 | 34.56 | |

| 序号 | 费用名称 | 金额（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|
| 2.4 | 生产辅助楼给排水工程 | 13.06 | |
| 3 | 亲鱼、鱼种车间 | 304.36 | |
| 3.1 | 亲鱼、鱼种车间建筑工程 | 97.77 | |
| 3.2 | 亲鱼、鱼种车间结构工程 | 185.02 | |
| 3.3 | 亲鱼、鱼种车间电气设备与安装工程 | 20.5 | |
| 3.4 | 亲鱼、鱼种车间给排水工程 | 1.07 | |
| 4 | 育苗培育、催产孵化车间 | 243.3 | |
| 4.1 | 育苗培育、催产孵化车间建筑工程 | 82.39 | |
| 4.2 | 育苗培育、催产孵化车间结构工程 | 143.23 | |
| 4.3 | 育苗培育、催产孵化车间电气设备与安装工程 | 16.6 | |
| 4.4 | 育苗培育、催产孵化车间给排水工程 | 1.08 | |
| 7 | 柴油发电机房 | 34.74 | |
| 7.1 | 柴油发电机房建筑工程 | 17.43 | |
| 7.2 | 柴油发电机房结构工程 | 14.65 | |
| 7.3 | 柴油发电机房电气设备与安装工程 | 2.28 | |
| 7.4 | 柴油发电机房给排水工程 | 0.37 | |
| 8 | 蓄水池 | 63.8 | |
| 8.1 | 蓄水池土建工程 | 63.8 | |
| | 第二部分：其他临时设施费 | 44.76 | 第一部分 2% |
| | 第三部分工程其它费用 | 300.24 | |
| 1 | 建设单位管理费 | 38.57 | 财建[2016]504 号 |
| 2 | 工程建设监理费 | 59.82 | 发改价格[2007]670 号 |
| 3 | 勘察费 | 24.62 | 计价格[2002]10 号 |
| 4 | 设计费 | 79.04 | 计价格[2002]10 号 |
| 5 | 施工图预算编制费 | 7.9 | 建标[2011]1 号 |
| 6 | 竣工图编制费 | 6.32 | 建标[2011]1 号 |
| 7 | 场地准备及临时设施费 | 22.38 | 工程费用 1% |
| 8 | 工程保险费 | 10.07 | 工程费用 0.45% |
| 9 | 施工图审查费 | 6.74 | 云价综合[2014] 89 号文 |
| 10 | 环境保护工程 | 22.38 | |
| 11 | 水土保持工程 | 22.38 | |
| | 第四部分预备费(Ⅰ+Ⅱ+Ⅲ)*5% | 129.16 | |
| | 工程部分总概算 | 2667.64 | |

**表 10.1-12　车间内循环水处理设备及鱼类繁育等设施概算表**

| 编　号 | 项目名称 | 单位 | 数量 | 单价（元） | 合计（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 一 | 培育车间仪器设备 | | | | 517.87 |
| 1 | 养殖水循环处理系统 | | | | 210.75 |
| | 转盘式微孔过滤器 | 台 | 3 | 70000 | 21 |
| | 湿式生物球过滤器 | 台 | 6 | 70000 | 42 |
| | 自动雨淋曝气式生物球过滤器 | 套 | 3 | 65000 | 19.5 |
| | 紫外线水消毒系统（进口） | 套 | 3 | 270000 | 81 |
| | 水循环电器控制系统（变频控制） | 套 | 3 | 72000 | 21.6 |
| | 压力传感器 | 套 | 30 | 7500 | 22.5 |

| 编 号 | 项目名称 | 单位 | 数量 | 单价（元） | 合计（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| | YC-3×4＋2 控制电缆 | m | 750 | 21 | 1.575 |
| | YC-3×2.5＋2 控制电缆 | m | 1125 | 14 | 1.575 |
| 2 | 孵化养殖设备 | | | | 55.12 |
| | 玻璃钢培养缸（1m） | 个 | 24 | 4800 | 11.52 |
| | 玻璃钢培养缸（2m） | 个 | 30 | 11000 | 33 |
| | 亲鱼培育缸（4m） | 个 | 12 | 15000 | 18 |
| | 玻璃钢孵化槽 | 个 | 3 | 10000 | 3 |
| | 尤先科孵化器 | 个 | 2 | 26000 | 5.2 |
| | 孵化桶 | 个 | 6 | 4000 | 2.4 |
| 3 | 辅助设施 | | | | 162 |
| | 增氧系统 | 套 | 3 | 20000 | 6 |
| | 管道离心泵（变频） | 台 | 6 | 13000 | 7.8 |
| | 管道离心泵 | 台 | 6 | 4500 | 2.7 |
| | 进水管道 | 套 | 3 | 80000 | 24 |
| | 回水管道 | 套 | 3 | 35000 | 10.5 |
| | 排污管道 | 套 | 3 | 20000 | 6 |
| | 备品备件 | 套 | 3 | 50000 | 15 |
| | 热姆热泵 | 台 | 6 | 150000 | 90 |
| 4 | 管道及设备安装 | 套 | 3 | 250000 | 75 |
| 5 | 运输费 | 套 | 3 | 50000 | 15 |
| 二 | 养殖辅助设备 | | | | 107.1 |
| | 水质在线监控系统 | 套 | 3 | 300000 | 90 |
| | 增氧机 | 套 | 6 | 2000 | 1.2 |
| | 各类网具、网箱 | 套 | 3 | 50000 | 15 |
| | 临时用潜水泵 | 套 | 3 | 3000 | 0.9 |
| 三 | 实验设施 | | | | 31 |
| | 多参数水质分析仪 | 套 | 1 | 150000 | 15 |
| | 多功能水质分析仪 | 套 | 1 | 76000 | 7.6 |
| | 显微镜 | 台 | 1 | 15000 | 1.5 |
| | 解剖镜 | 台 | 2 | 28000 | 5.6 |
| | 天平 | 台 | 2 | 4000 | 0.8 |
| | 冰柜 | 台 | 1 | 5000 | 0.5 |
| 四 | 办公设备 | | | | 12.6 |
| | 办公桌（椅） | 套 | 5 | 10000 | 5 |
| | 计算机 | 台 | 5 | 6000 | 3 |
| | 打印机 | 台 | 1 | 1000 | 0.1 |
| | 传真机 | 台 | 1 | 2000 | 0.2 |
| | 数码相机 | 台 | 1 | 5000 | 0.5 |
| | 摄像机 | 台 | 1 | 8000 | 0.8 |
| | 柜式空调 | 台 | 3 | 8000 | 2.4 |
| | 挂式空调 | 台 | 2 | 3000 | 0.6 |
| 五 | 展示厅设备 | | | | 8 |
| | 鱼类标本 | 件 | 5 | 1000 | 0.5 |
| | 宣传画板 | 个 | 5 | 2000 | 1 |
| | 水族箱 | 个 | 5 | 3000 | 1.5 |
| | 其它设备 | 项 | 1 | 50000 | 5 |

| 编 号 | 项目名称 | 单位 | 数量 | 单价（元） | 合计（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 六 | 交通运输设备 | | | | 100 |
| | 越野车 | 辆 | 1 | 500000 | 50 |
| | 运输车 | 辆 | 1 | 200000 | 20 |
| | 运输船 | 艘 | 1 | 300000 | 30 |
| 七 | 技术服务费 | 项 | 1 | 500000 | 50 |
| | 一至七项合计 | | | | 826.57 |

表10.1-13　　鱼类增殖放流站各年所需运行费表

| 序号 | 项目 | 计算标准 | 计算基础 | 各年所需运行费用（万元） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 第一年 | 第二年 | 第三年 | 第四年 | 第五年 | 第六年 |
| 1 | 工资及福利 | | | | | | | | |
| 1.1 | 管理及专业人员 | 8000 元/人.月 | 3 人 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 |
| 1.2 | 工人 | 2000 元/人.月 | 6 人 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 |
| 2 | 材料费 | | | | | | | | |
| 2.1 | 亲鱼购置费 | 各年分别计算 | | 22.1 | 28.7 | 35.4 | 42 | 26.5 | 26.5 |
| 2.2 | 亲鱼饲料费 | 各年分别计算 | | 4 | 7.9 | 11.9 | 15.8 | 15.8 | 15.8 |
| 2.3 | 鱼种饲料费 | 各年分别计算 | | 0.6 | 1.1 | 1.7 | 2.2 | 10.5 | 10.5 |
| 3 | 电费 | 1 年 | 10 万元 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 4 | 交通运输费 | 1 年 | 5 万元 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 放流费 | 1 年 | 30 万元 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 6 | 管理费 | 1 年 | 30 万元 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 |
| 7 | 监测费 | 1 年 | 30 万元 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 8 | 科研费 | 1 年 | 30 万元 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | 合计 | | | 204.9 | 215.9 | 227.2 | 238.2 | 221 | 221 |

（7）栖息地保护工程投资

旭龙水电站鱼类栖息地保工程投资共计 6633.18 万元，详见下表。

表10.1-14　　旭龙水电站鱼类栖息地保护措施投资表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一 | 连通性改善工程 | | | | 4844.11 | |
| 1 | 古学水电站鱼道工程 | | | | 4759.11 | |
| 1.1 | 工程部分 | 项 | 1 | | 4529.11 | |
| | 土建工程 | 项 | 1 | 26086000 | 2608.6 | |
| | 建筑部分 | 项 | 1 | 300000 | 30 | 含观察室、采样室 |
| | 金属结构 | 项 | 1 | 450000 | 45 | |
| | 观察室设备 | 项 | 1 | 3000000 | 300 | |
| | 临时工程费 | 项 | 1 | 4475400 | 447.54 | |
| | 独立费用 | | | | 686.23 | |
| | 预备费 | 项 | 1 | 4117400 | 411.74 | |
| 1.2 | 环境保护工程 | 项 | 1 | 1500000 | 150 | |
| 1.3 | 水土保持工程 | 项 | 1 | 800000 | 80 | |

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价(元) | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 鱼根水电站鱼坡工程 | | | | 85.00 | |
| 2.1 | 工程部分 | 项 | 1 | 808900 | 80.89 | |
| 2.2 | 环境保护工程 | 项 | 1 | 26800 | 2.68 | |
| 2.3 | 水土保持工程 | 项 | 1 | 14300 | 1.43 | |
| 二 | 生境修复 | | | | 1789.07 | |
| 1 | 土建工程 | | | | 1298.34 | |
| 1.1 | 土石方开挖 | $m^3$ | 65000 | 38.45 | 249.93 | |
| 1.2 | 土方填筑 | $m^3$ | 68300 | 11.7 | 79.91 | |
| 1.3 | 砾石垫层填筑 | $m^3$ | 19800 | 176.72 | 349.91 | |
| 1.4 | 蛮石填筑 | $m^3$ | 10700 | 270 | 288.90 | |
| 1.5 | 细沙填筑 | $m^3$ | 31400 | 105 | 329.70 | |
| 2 | 湿生植物栽培 | $m^2$ | 560 | 7155.9 | 400.73 | |
| 3 | 管理维护 | 年 | 3 | 300000 | 90.00 | |
| 合计 | | | | | 6633.18 | |

（8）大气环境保护措施投资

旭龙水电站大气环境保护措施投资共计 1581.20 万元，详见下表。

**表10.1-15　　旭龙水电站大气环境保护措施投资明细表**

| 序号 | 项目 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 洒水车购置费 | 辆 | 250000 | 4 | 100.00 | 两岸施工区各 2 辆 |
| 2 | 洒水车运行费 | 月 | 10000 | 392 | 392.00 | 含车辆保养维修及人员工资 |
| 3 | 场区及道路清扫费 | 人·月 | 5000 | 1764 | 882.00 | 左岸配 6 人清扫队、右岸配 12 人清扫队 |
| 4 | 远射程抑尘喷枪 | 套 | 100000 | 7 | 70.00 | |
| 5 | 抑尘喷枪运行费 | 月 | 2000 | 686 | 137.20 | |
| 合计 | | | | | 1581.20 | |

（9）声环境保护措施投资

旭龙水电站声环境保护措施投资共计 222 万元，详见下表。

**表10.1-16　　旭龙水电站声环境保护措施投资明细表**

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 限速标志 | 个 | 5000 | 12 | 6 |
| 2 | 禁鸣标志 | 个 | 5000 | 12 | 6 |
| 3 | 隔声防护棚 | $m^2$ | 300 | 7000 | 210 |
| 合计 | | | | | 222 |

（10）固体废物处置投资

旭龙水电站垃固体废物处置投资为 1291.80 万元，详见下表。

**表10.1-17　　旭龙水电站固体废物处置投资明细表**

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价(元) | 数量 | 费用(万元) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 垃圾桶 | 个 | 600 | 106 | 6.36 | |
| 2 | 垃圾清运处理费 | t | 50 | 9287 | 46.44 | |

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 微型密封式垃圾车 | t | 200000 | 1 | 20.00 | |
| 4 | 垃圾热解站 | 个 | 4000000 | 1 | 400.00 | |
| 5 | 垃圾热解站运行费 | 年 | 900000 | 7 | 630.00 | 施工期前 2 年运至奔子栏垃圾填埋场处理 |
| 6 | 危废仓库 | 个 | 20000 | 2 | 4.00 | 机械修配厂和汽车维修保养停放厂各设置 1 处 |
| 7 | 危废转运费 | 项 | 300000 | 1 | 30.00 | |
| 合计 | | | | | 1136.80 | |

（11）环境监测投资

旭龙水电站环境监测投资共计 5833.55 万元，详见下表。

表10.1-18　　旭龙水电站环境监测投资明细表

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 一 | 施工期环境监测 | | | | 444.474 |
| 1 | 水环境监测 | | | | 157.914 |
| 1.1 | 金沙江干流水质监测 | 点·次 | 1260 | 135 | 17.01 |
| 1.2 | 饮用水水质监测 | 点·次 | 4060 | 108 | 43.848 |
| 1.3 | 生活污水水质监测 | 点·次 | 1880 | 144 | 27.072 |
| 1.4 | 生产废水水质监测 | 点·次 | 740 | 216 | 15.984 |
| 1.5 | 地下水监测 | 点·次 | 3000 | 180 | 54 |
| 2 | 环境空气质量监测 | 点·次 | 8400 | 324 | 272.16 |
| 3 | 声环境监测 | 点·次 | 500 | 288 | 14.4 |
| 二 | 运行期环境监测 | | | | 1561.86 |
| 2.1 | 初期蓄水及运行期水文情势观测 | 点·次 | 8000 | 144 | 115.2 |
| 2.2 | 生态流量在线监控 | 项 | 5000000 | 1 | 500 |
| 2.3 | 库区及坝下水质监测 | 点·次 | 1260 | 96 | 12.096 |
| 2.4 | 生活污水水质监测 | 点·次 | 2820 | 2 | 0.564 |
| 2.5 | 水温观测 | 点·年 | 300000 | 20 | 600 |
| 2.6 | 水温在线监测 | 项 | 2600000 | 1 | 260 |
| 2.7 | 坝下溶解性气体监测 | 项 | 20000 | 32 | 64 |
| 2.8 | 羊拉铜矿视频监控系统 | 项 | 100000 | 1 | 10 |
| 三 | 生态监测 | | | | 3798.4 |
| 1 | 陆生生态调查 | | | | 1840 |
| 1.1 | 陆生植物监测 | 点·次 | 100000 | 100 | 1000 |
| 1.2 | 陆生动物监测 | 点·次 | 150000 | 50 | 750 |
| 1.3 | 植被恢复效果监测 | 点·次 | 100000 | 9 | 90 |
| 2 | 水生生态调查 | | | | 1950 |
| 2.1 | 水生生物监测 | 点·次 | 100000 | 70 | 700 |
| 2.2 | 鱼类种群动态监测 | 点·次 | 150000 | 40 | 600 |
| 2.3 | 鱼类三场监测 | 点·年 | 250000 | 10 | 250 |
| 2.4 | 栖息地保护效果调查 | 项 | 1500000 | 1 | 150 |
| 2.5 | 增殖放流效果调查 | 项 | 1000000 | 1 | 100 |
| 2.6 | 过鱼设施效果调查 | 项 | 1500000 | 1 | 150 |
| 3 | 土壤监测 | | | | 8.4 |
| 3.1 | 旭龙坝址 | 点·次 | 7000 | 2 | 1.4 |
| 3.2 | 羊拉铜矿老道班 | 点·次 | 7000 | 10 | 7 |

| 序号 | 工程费用名称 | 单位 | 单价（元） | 数量 | 费用（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 合计 | | | | | 5804.734 |

（13）科学研究投资

本工程科学研究投资共计 4040 万元，具体详见下表。

表10.1-19　　旭龙水电站科学研究费用投资概算表

| 序号 | 项目名称 | 费用（万元） |
|---|---|---|
| 1 | 定曲河栖息地保护效果跟踪监测与评估研究 | 250 |
| 2 | 定曲河保护与修复补偿体制及机制创新模式研究 | 320 |
| 3 | 旭龙库区特有鱼类驯养繁殖技术研究 | 350 |
| 4 | 旭龙水电站鱼类增殖放流方案优化研究 | 180 |
| 5 | 旭龙水电站升鱼机系统优化研究 | 300 |
| 6 | 旭龙水电站库区外来物种入侵控制研究 | 120 |
| 7 | 旭龙水电站建设对干热河谷植被影响机理及恢复模式研究 | 200 |
| 8 | 旭龙水电站生态调度优化研究 | 560 |
| 9 | 旭龙水电站水温影响及跟踪评估 | 350 |
| 10 | 电站进水口前复杂构筑物对坝前及下泄水温的影响研究 | 240 |
| 11 | 旭龙水电站生态流量过程优化及调控措施研究 | 850 |
| 12 | 羊拉铜矿尾水池泄露风险评估与研究 | 320 |
| 合计 | | 4040 |

### 10.1.9.3　环境保护分年度投资

旭龙水电站环境保护分年度投资计划详见表 10.1-22。

表10.1-20　　旭龙水电站环境保护分年度投资计划表　　单位：万元

| 序号 | 项目 | 费用 | 筹建期 | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | 运行期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **(一) 枢纽建筑物费用** | | **47371.06** | 9031.48 | 4475.32 | 4052.96 | 4263.21 | 5922.93 | 4502.46 | 2778.73 | 3158.73 | 1619.89 | 1245.08 | 5520.26 |
| 一 | **水环境保护工程** | **13004.44** | 7719.21 | 594.62 | 594.62 | 594.62 | 594.62 | 594.62 | 580.62 | 580.62 | 580.62 | 370.31 | 0.00 |
| 1 | 生产废水处理 | 11580.65 | 6899.50 | 532.96 | 532.96 | 532.96 | 532.96 | 532.96 | 518.96 | 518.96 | 518.96 | 259.48 | 0.00 |
| 1.1 | 砂石料加工系统废水处理 | 10917.23 | 6659.51 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 500.91 | 250.45 | 0.00 |
| 1.1.1 | 洒茂顶砂石加工系统生产废水处理 | 7224.39 | 4406.88 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 331.47 | 165.74 | 0.00 |
| 1.1.2 | 利用料砂石加工系统生产废水处理 | 3692.84 | 2252.63 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 169.44 | 84.72 | 0.00 |
| 1.2 | 混凝土系统生产废水处理 | 287.2 | 175.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 13.18 | 6.59 | 0.00 |
| 1.2.1 | 高混凝土生产系统生产废水处理 | 179.6 | 109.57 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 4.12 | 0.00 |
| 1.2.2 | 低混凝土生产系统生产废水处理 | 107.6 | 65.61 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 4.94 | 2.47 | 0.00 |
| 1.3 | 机修含油废水处理 | 106.24 | 64.81 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 4.87 | 2.44 | 0.00 |
| 1.4 | 洞室排水处理 | 200 | 25.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 12.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.5 | 基坑排水处理 | 70 | 0.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 生活污水 | 1344 | 819.71 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 61.66 | 30.83 | 0.00 |
| 2.1 | 1#施工营地生活污水处理 | 213 | 129.64 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 4.88 | 0.00 |
| 2.2 | 2#施工营地生活污水处理 | 243 | 148.11 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 11.14 | 5.57 | 0.00 |
| 2.3 | 3#施工营地生活污水处理 | 544 | 332.13 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 24.98 | 12.49 | 0.00 |
| 2.4 | 现场建设管理营地生活污水处理 | 140 | 85.39 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 6.42 | 3.21 | 0.00 |
| 2.5 | 施工区粪便废水处理 | 204 | 124.44 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 4.68 | 0.00 |
| 3 | 库区水环境保护 | 80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 80.00 | 0.00 |
| 3.1 | 打捞船 | 80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 80.00 | 0.00 |
| 二 | **陆生生态保护措施** | **1622** | 542.00 | 130.12 | 130.12 | 130.12 | 80.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 1.06 | 0.00 |
| 1 | 生态保护保护警示牌 | 4 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| 序号 | 项目 | 费用 | 筹建期 | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | 运行期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 宣传教育 | 18 | 0.00 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 1.06 | 0.00 |
| 3 | 种质资源园 | 800 | 488.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 野生动物救护站 | 200 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 生态廊道建设 | 600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 0.00 |
| **三** | **水生生态保护措施** | **19937.39** | 370.28 | 2548.28 | 2548.28 | 2861.60 | 4571.32 | 3228.85 | 1519.12 | 1569.12 | 360.28 | 360.28 | 0.00 |
| 1 | 施工期及蓄水初期鱼类保护措施 | 150 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 0.00 |
| 2 | 鱼类栖息地保护 | 6633.18 | 230.00 | 350.00 | 350.00 | 663.32 | 663.32 | 1358.85 | 1358.85 | 1358.85 | 150.00 | 150.00 | 0.00 |
| 3 | 过鱼设施 | 8152 | 0.00 | 2038.00 | 2038.00 | 2038.00 | 2038.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 鱼类增殖放流 | 4822.21 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 1850.00 | 1850.00 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 0.00 |
| 5 | 渔政管理 | 180 | 0.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 0.00 |
| **四** | **环境空气保护措施** | **1581.2** | 0.00 | 336.02 | 166.02 | 166.02 | 166.02 | 166.02 | 166.02 | 166.02 | 166.02 | 83.01 | 0.00 |
| 1 | 洒水车购置费 | 100 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 洒水车运行费 | 392 | 0.00 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 46.12 | 23.06 | 0.00 |
| 3 | 场区及道路清扫费 | 882 | 0.00 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 103.76 | 51.88 | 0.00 |
| 4 | 远射程抑尘喷枪 | 70 | 0.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 抑尘喷枪运行费 | 137.2 | 0.00 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 16.14 | 8.07 | 0.00 |
| **五** | **声环境保护工程** | **222** | 0.00 | 222.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 限速标志 | 6 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 禁鸣标志 | 6 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 隔声防护棚 | 210 | 0.00 | 210.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **六** | **固体废弃物处理工程** | **1136.80** | 0.00 | 239.35 | 208.99 | 105.92 | 105.92 | 105.92 | 105.92 | 105.92 | 105.92 | 52.96 | 0.00 |
| 1 | 垃圾桶 | 6.36 | 0.00 | 6.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 垃圾清运处理费 | 46.44 | 0.00 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 2.73 | 0.00 |
| 3 | 微型密封式垃圾车 | 20 | 0.00 | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 垃圾热解站 | 400 | 0.00 | 200.00 | 200.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 垃圾热解站运行费 | 630 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 96.92 | 96.92 | 96.92 | 96.92 | 96.92 | 96.92 | 48.46 | 0.00 |
| 6 | 危废仓库 | 4 | 0.00 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 危废转运费 | 30 | 0.00 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | 1.76 | 0.00 |

| 序号 | 项目 | 费用 | 筹建期 | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | 运行期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **七** | **社会环境保护措施** | **22.5** | 0.00 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 2.65 | 1.32 | 0.00 |
| **八** | **环境监测** | **5804.73** | 400.00 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 382.29 | 52.29 | 26.15 | 4630.26 |
| 1 | 施工期环境监测 | 444.47 | 0.00 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 52.29 | 26.15 | 0.00 |
| 2 | 运行期环境监测 | 1561.86 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1561.86 |
| 3 | 生态监测 | 3798.4 | 400.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 330.00 | 0.00 | 0.00 | 3068.40 |
| **九** | **科学研究** | **4040** | 0.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 350.00 | 890.00 |
| **(二)建设征地与移民安置费用** | | **542** | 135.50 | 135.50 | 135.50 | 135.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **一** | **农村移民安置** | **282** | 70.50 | 70.50 | 70.50 | 70.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 水环境保护措施 | 200 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 生活垃圾处理措施 | 60 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 人群健康保护措施 | 2 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 生态环境保护措施 | 20 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **二** | **专项设施复建** | **260** | 65.00 | 65.00 | 65.00 | 65.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 水环境保护措施 | 110 | 27.50 | 27.50 | 27.50 | 27.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 环境空气保护措施 | 30 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 声环境保护措施 | 20 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 生态环境保护措施 | 100 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **(一)+(二)** | | **47913.06** | 9166.98 | 4610.82 | 4188.46 | 4398.71 | 5922.93 | 4502.46 | 2778.73 | 3158.73 | 1619.89 | 1245.08 | 5520.26 |
| **(三)独立费用** | | **13655.22** | 4558.70 | 620.98 | 584.23 | 602.52 | 735.13 | 611.55 | 461.59 | 494.65 | 587.16 | 218.24 | 900.70 |
| 一 | **项目建设管理费** | **8384.79** | 1544.34 | 355.03 | 322.51 | 338.70 | 456.07 | 346.69 | 213.96 | 243.22 | 351.12 | 95.87 | 845.50 |
| 1 | 工程前期费 | 838.48 | 838.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 环境管理费 | 1437.39 | 275.01 | 138.32 | 125.65 | 131.96 | 177.69 | 135.07 | 83.36 | 94.76 | 48.60 | 37.35 | 165.61 |
| 3 | 环境监理费 | 1389.48 | 265.84 | 133.71 | 121.47 | 127.56 | 171.76 | 130.57 | 80.58 | 91.60 | 46.98 | 36.11 | 160.09 |
| 4 | 咨询服务费 | 3833.04 | 119.17 | 59.94 | 54.45 | 57.18 | 77.00 | 58.53 | 36.12 | 41.06 | 21.06 | 16.19 | 71.76 |
| 5 | 项目技术经济评审费 | 239.57 | 45.83 | 23.05 | 20.94 | 21.99 | 29.61 | 22.51 | 13.89 | 15.79 | 8.10 | 6.23 | 27.60 |
| 6 | 环境保护验收费 | 646.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 226.39 | 0.00 | 420.44 |
| **二** | **科研勘测设计费** | **5270.44** | 3014.37 | 265.94 | 261.72 | 263.82 | 279.07 | 264.86 | 247.62 | 251.42 | 236.04 | 122.37 | 55.20 |
| 1 | 施工科研试验费 | 479.13 | 91.67 | 46.11 | 41.88 | 43.99 | 59.23 | 45.02 | 27.79 | 31.59 | 16.20 | 12.45 | 55.20 |

| 序号 | 项目 | 费用 | 筹建期 | 第 1 年 | 第 2 年 | 第 3 年 | 第 4 年 | 第 5 年 | 第 6 年 | 第 7 年 | 第 8 年 | 第 9 年 | 运行期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 环境保护工程勘察设计费 | 4791.31 | 2922.70 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 219.84 | 109.92 | 0.00 |
| (一)+(二)+(三) | | 61568.28 | 13725.69 | 5231.80 | 4772.70 | 5001.23 | 6658.06 | 5114.01 | 3240.32 | 3653.38 | 2207.04 | 1463.32 | 6420.96 |
| **基本预备费** | | **4309.78** | 960.80 | 366.23 | 334.09 | 350.09 | 466.06 | 357.98 | 226.82 | 255.74 | 154.49 | 102.43 | 449.47 |
| **静态投资** | | **65878.06** | 14686.49 | 5598.03 | 5106.78 | 5351.32 | 7124.13 | 5471.99 | 3467.14 | 3909.12 | 2361.54 | 1565.75 | 6870.43 |

## 10.2 环境影响经济损益分析

本工程环境影响经济损益分析的目的是运用环境经济学原理，在考虑工程建设与生态环境、社会环境以及区域社会经济的持续、稳定、协调发展前提下，运用费用—效益分析方法对工程的环境效益和损失进行分析，从环保角度评判工程建设的合理性。

### 10.2.1 主要效益分析

（1）经济效益

旭龙水电站装机容量 2400MW，联合运行情况下，多年平均年发电量 103.19 亿 kW•h，保证出力 609MW。旭龙水电站的建坝条件、技术经济指标较好，可提供大量优质的电力电量，是我国能源资源优化配置——“西电东送”战略部署中的一个重要工程。按照电站测算的上网电价计算，工程建成发电后，预计每年可实现发电效益超 30 亿元。

（2）社会效益

随着旭龙水电站的建设，工程建设资金的投入等，将为区域经济发展创造良好的机遇，因本效益难以货币化，暂不计列。

建设期随着施工人员的大量进驻，施工人员的生活需求将主要由当地农产品及服务满足，这将促进当地农产品的生产和销售，同时消费需求的猛增将极大促进餐饮业、服务业、文化娱乐等第三产业的繁荣与发展。以施工人员每人每月平均消费 300 元计，施工高峰期人数 5265 人，施工期 98 个月，在工程施工期间，可使当地平均消费额每年增加施工期间可使当地消费额每年增加 1895 万元，施工期间共增加 15479 万元。

（3）环境效益

按照等效原则，采用替代法计算水电替代火电减少排污负荷所带来的环境经济效益。按替代相同规模的火电测算，旭龙水电站每年可节约标准煤 295 万 t，减排二氧化碳 735 万 t、二氧化硫 22.1 万 t 和氮氧化物 11.1 万 t，环保效益显著。按同等规模火电厂脱硫计算，每 kw 脱硫投资为 700 元左右，除去 1t 二氧化硫的湿法和干法运行费分别为 2800 元、5600 元，按平均值 4200 元/t 计算，每年仅脱

硫运行费可节约 92820 万元。减少的二氧化碳、氮氧化物排放量和节约煤炭资源等产生的间接效益，本报告暂不计列。

### 10.2.2 环境损失分析

以减缓工程对环境的不利影响或恢复、补偿环境效益所采取的保护和补偿措施费用作为反映工程影响损失大小的尺度，计算其损失值。采用“恢复费用法”，以减缓不利环境影响或达到恢复、补偿效果所需费用进行计算。

根据旭龙水电站工程及工程区域环境特点，为减缓、恢复或补偿不利环境影响所采取的环境保护措施主要包括以下内容：水环境保护措施、陆生生态保护措施、水生生态保护措施、环境空气保护措施、声环境保护措施、固体废弃物处置措施、社会环境保护措施、环境监测措施、移民安置区环保措施等。在进行技术经济分析或多方案比选基础上，提出了各项措施推荐方案及相应费用概算。旭龙水电站工程环境保护专项投资总费用为 65878.06 万元，作为本工程可货币化环境损失。

### 10.2.3 环境影响损益分析

根据以上分析，旭龙水电站工程具有较好的经济效益、社会效益和环境效益，为减免不利环境影响所采取的环保总费用为 65878.06 万元，在各项环保措施得到落实的情况下，其费用产生的环境效果较为明显，可较大程度地减免因工程产生的环境损失。因此，从环境损益及环境经济角度分析，工程的建设是可行的。

# 11评价结论

## 11.1 河段规划简述

2003 年国家发展和改革委员会批准立项开展金沙江上游水电规划，2011 年 9 月，《金沙江上游水电规划环境影响报告书》通过环境保护部审查。2012 年 7 月《金沙江上游水电规划报告》取得国家发展和改革委员会的批复。2012 年 12 月，国务院批复了《长江流域综合规划（2012-2030 年）》（国函〔2012〕220 号）。根据批复的《长江流域综合规划（2012-2030 年）》，《金沙江上游河段水电规划报告》，金沙江上游河段的开发保护任务为以发电为主，保护生态环境和民族文化，促进地区经济社会发展和移民脱贫致富。规划推荐以岗托为龙头水库的“一库十三级”的梯级布局和资源规划方案，即西绒、晒拉、果通、岗托、岩比、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙、奔子栏，同时采纳规划环评的建议推荐岗托、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙和旭龙 6 个梯级为近期重点开发的梯级。

## 11.2 工程简况

旭龙水电站地处东经 99°02'～99°11'，北纬 28°35'～29°27'，位于云南省德钦县与四川省得荣县交界的金沙江干流上游河段，下游距奔子栏镇 72.8km，上游距昌波坝址 75.5km。旭龙水电站是列入金沙江上游水电规划实施方案 6 个梯级中的最下游一级。

旭龙水电站大坝为混凝土双曲拱坝，泄洪设施采用坝身 3 个表孔、4 个中孔和一个应急放水孔，坝下游采用水垫塘消能，引水发电建筑物布置在右岸，导流洞布置在左岸。电站开发任务为以发电为主，并促进地区经济社会发展。旭龙水电站正常蓄水位 2302m，库容系数 0.40%，具有日调节性能。电站装机容量 2400MW，与上游梯级联合运行，多年平均发电量 103.19 亿 kW·h，保证出力 609MW。

根据场地条件、场内外交通、导流程序、枢纽布置，共规划四个施工区：左岸上游施工区、左岸下游施工区、右岸上游施工区、右岸下游施工区。旭龙水电站工程对外交通条件较好，坝址有羊拉公路从右岸通过。采用围堰一次性拦断河

床、隧洞泄流的导流方式。

旭龙水电站建设征地涉及云南、四川、西藏 3 省（自治区）4 个县 7 个乡 21 个村，征占地总面积约 21.79km$^2$，其中淹没区面积 15.87km$^2$，水库影响区面积 0.32km$^2$，枢纽工程建设区征地占地面积 5.60km$^2$。耕地面积 34.86hm$^2$，园地面积 46.30 hm$^2$，林地面积 922.46 hm$^2$，草地 150.23 hm$^2$，不涉及挂牌名木古树、文物古迹及重要压覆矿产资源。

规划生产安置人口 1386 人，其中云南省德钦县规划生产安置人口 377 人，四川省得荣县规划生产安置人口 942 人，四川巴塘县 50 人，西藏自治区芒康县 17 人。规划搬迁安置人口为 1660 人，云南省德钦县规划搬迁安置人口 743 人，其中 282 人在斯木顶安置点集中安置，461 人分散后靠安置；四川省巴塘县 53 人，均采取分散安置；四川省得荣县 864 人，全部进得绒桐居民点集中安置。

本工程施工总工期为 8 年 2 个月（98 个月），其中施工准备期 1 年 6 个月（18 个月），主体工程施工期 6 年 6 个月（78 个月），工程完建期 2 个月；首台机组发电工期 8 年（96 个月）。工程总投资为 2899349 万元。

## 11.3 工程分析

（1）水力发电属于国家发展和改革委员会 2011 年 3 月 27 日发布的《产业结构调整指导目录(2011 年本)》(发展改革委令 2011 第 9 号令)中鼓励类的电力项目，金沙江旭龙水电站为以发电为主的项目，工程建设符合国家产业政策要求。

（2）旭龙水电站工程属于该区鼓励发展行业，能有效改善区域能源结构和经济社会发展，符合《全国主体功能区规划》及《全国生态功能区划》要求。

（3）工程的建设及其开发任务均符合《长江流域综合规划（2012～2030）》、《金沙江上游水电规划报告》以及《金沙江上游水电规划环境影响报告书》要求。

（4）工程建设符合四川、云南国民经济和社会发展“十二五”规划的相关要求，与四川、云南两省主体功能区规划、生态功能区划等地方规划的要求也是协调一致的。

（5）旭龙水电站工程不涉及云南、四川、西藏等省、自治区生态保护红线。

（6）从环境保护角度分析，本工程的正常蓄水位、坝址选址、施工布置等方案的选择较为合理。

## 11.4 主要环境影响评价与环保对策措施

### 11.4.1 水文情势

（1）库区水文情势变化分析

1）水域形态变化

旭龙水电站库区河段长约 62.36km，建库后，水面最宽处达 310m，水库形成后库区流速范围从坝前到库尾在 0.0m/s~2.71m/s 逐渐增加，最终在库尾接近天然河道流速。

麦曲河口距离坝址 61.55km，麦曲河支库回水长度 127m，工程建设仅使得河口水域水深增加，流速略有减缓，支库流态依然为急流。

丹达曲河口距离坝址 28.02km，支库回水长度 1.99km，最大水面宽 135m，平均水面宽 62m。回水淹没区流速范围从汇口到库尾在 0.05m/s～1.02m/s 逐渐增加。

2）典型断面变化

旭龙建库后，库区 8 个典型断面水位较建库前均有所增加。平水典型日旭龙水电站建库前，库区各断面水位为 2237.6m ~ 2299.3m；旭龙水电站建库后，库区各断面水位为 2301.0m~2302.0m。

旭龙水电站建成运行前，受上游苏洼龙电站调蓄影响，库区河段水位日变幅在 3.4m~6.6m 之间；电站建成运行后，库区河段水位日变幅为 0.7~1.0m。电站建成运行前，库区河段水位最大小时变幅为 3.0m~5.0m，电站建成运行后，最大小时变幅为 0.4m～0.84m。

无旭龙水电站情况下，库区河段流速基本都在 0.8m/s 以上，库区河段呈较急流或急流形态。电站建成运行后，库区河段流速减缓明显；在苏洼龙水电站调峰时段，库尾 11km 左右河段流速在 0.5m/s 以上，为较急流河段；在苏洼龙水电站非调峰时段，旭龙水电站全库段流速均小于 0.15m/s，呈缓流形态。

（2）坝下水文情势变化分析

1）下泄流量变化

坝下游河段，经旭龙水电站调蓄后，电站坝下游流量日内过程相对建库前有所坦化。枯水时段，0 点至 18 点，建库后下泄流量均大于建库前，增幅为

5.99%~88.94%。调峰时段（18 点至 21 点），电站下泄流量相对建库前减少 63.14%。旭龙水电站建成运行后，坝下游流量变幅由建库前的 1031$m^3$/s 减小至建库后的 230$m^3$/s。

平水典型日，旭龙水电站建成运行后，坝下游流量日内变化坦化趋势更加明显。0 点至 10 点，旭龙水电站下泄流量相对建库前增加 92.47%~272.38%；11 点至 12 点调峰时段，下泄流量减小 7.10%~45.80%；13 点至 16 点，下泄流量增加 92.47%；17 点至 22 点，下泄流量减小 45.80%。

2）水位变化

旭龙水电站建库后，对苏洼龙水电站下泄过程起到一定程度的坦化作用，因此下游水位变幅相对建库前均有所减小。平水典型日，坝址断面日变幅有建库前的 3.11m 减小至建库后的 1.03m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 2.22m 降低至 0.71m，沿江水位日变幅均在 1.82m 以内。枯水典型日，坝址断面日变幅有建库前的 2.34m 减小至建库后的 0.66m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 1.75m 降低至 0.43m，沿江水位日变幅均在 1.55m 以内。

3）流速变化

电站建成运行后，坝下河段依然保持天然河道属性，坝下河段最大流速略有减小，低流量状态下的流速相对建库前略有增加，河段流速基本在 1m/s 以上，旭龙水电站河段依然为急流河段。

（3）生态流量

在 3 月至 4 月每月分别进行 1 次至少持续 10d 的生态调度过程，期间旭龙水电站结合上游苏洼龙泄流过程，保持坝下游河段的天然径流过程；其他时段，结合 3 月份天然来流情况以及各计算方法计算结果，电站按不小于 280$m^3$/s 下泄，基本可满足下游河段用水需求，不影响滇中引水过程以及石鼓断面生态流量控制要求。

4 月下旬至 6 月，在满足滇中引水工程要求下，石鼓断面下泄生态流量 411$m^3$/s，为保障滇中引水工程生态流量下泄满足程度，不影响滇中引水工程引水过程，旭龙水电站按不小于 280$m^3$/s 下泄。

5-7 月，为黄石爬鮡集中产卵时段，该时段结合 4 月下旬至 6 月的要求，电站按不小于 280$m^3$/s 下泄。

6-7 月，为中华金沙鳅集中产卵时段，该时段当上游发生洪水时，旭龙水电

站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程。

8-9 月，为满足软刺裸裂尻产卵需求，协调金沙江上游水电梯级生态流量泄放情况，电站按 451$m^3$/s 下泄。

一般时段，当上游来流不低于 210 $m^3$/s 时，可通过机组过流保障生态流量的泄放。当上游来流小于 210 $m^3$/s 时，为确保下游滇中引水过程不受影响，确保石鼓断面生态流量需求，电站不发电，通过坝身泄放设施向下游泄流；3 月份，当上游来流不低于 280 $m^3$/s 时，通过机组过流泄放生态流量；当上游来流不足 280 $m^3$/s 时，是机组稳定性，通过机组或生态泄放孔泄放，按来流下泄；同时加强上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙以及旭龙等水电站联合调度，加大枯期泄流。当出现机组停机的极端工况时，通过坝身设置的应泄放孔泄放生态流量，应急放水孔尺寸为 4.5m×6m（宽×高），底板高程 2278.0m。

（4）对滇中引水及长江第一湾影响

旭龙水电站及上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙联合运行后，基本可满足下游区间用水以及滇中引水工程用水需求，满足石鼓断面生态流量泄放要求。

## 11.4.2 水环境

（1）现状及保护目标

现状：工程所在的金沙江干流河段地表水执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) Ⅱ类水标准。根据水质现状监测成果，工程所在河段金沙江干流符合水环境功能区划Ⅱ类水质要求。旭龙库区河段上下游现有巴塘和石鼓水文站多年（1960~2009 年）实测长系列水温资料，根据水温观测资料统计，干流水温 7、8 月份最高，12~1 月份最低，天然河道从上至下呈沿程递增趋势，平均增温率达 0.62℃/100km。内插推求的旭龙坝址处水温年均为 10.1℃，年内最高水温出现在 7 月和 8 月，为 16.5℃，最低水温为 1 月份的 2.8℃。

保护目标：苏洼龙坝址至石鼓断面总长约 362.5km 的河段的Ⅱ类水体。

（2）影响预测评价

1）库区水质影响预测

根据预测，旭龙水电站建成运行后，水库整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水指标范围内。

3）坝下水质影响预测

旭龙水电站建成运行后，库区下游整体水质没有发生较大变化，COD、TN、TP、$NH_3$-N 都在Ⅱ类水指标范围内。

2）水温影响预测分析

《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南》、《水电工程水温计算规范》（NB/T 35094-2017）经验方法综合判定结果，旭龙水库为过渡型水库。

受上游梯级联合运行带来的入库流量和水温变化的影响，联合运行平水年的库区水温结构较单独运行发生一定的变化。年内库底水温和表层水温均出现一定的变化，库底水温月均范围为 5.7℃~7.4℃，库表水温月均范围为 7.2℃~17.7℃，垂向温差（大于 2℃）主要集中在 3 月~12 月，范围为 2.7℃~12.0℃。与坝址天然水温相比，旭龙水电站在联合运行时下泄低温水和高温水效应较为明显，低温水影响时段为 3 月~8 月，平均幅度为 2.2℃（0.9℃~3.5℃），该时段旭龙水电站贡献 0.3～0.7℃，最大温降出现在 5 月份，旭龙贡献 0.7℃；高温水影响时段为 10 月~翌年 2 月（2℃~6.2℃）。

3）过饱和气体

①旭龙水电站单独泄洪

旭龙水电站单独泄洪情况下，各组合工况下，泄洪水流的 TDG 饱和度在为 122.5%～131.5%。过饱和 TDG 在输移释放过程中沿程逐渐降低，且旭龙坝址下游约 55.0km 处有定曲汇入。至旭龙下游 75km 奔子栏水文站断面，各组合工况的 TDG 饱和度降低至 118.1%～123.3%。单独泄洪情况下，旭龙 2#中孔+3#表孔孔联合宣泄两年一遇洪水坝下游 TDG 饱和度最低。

②旭龙水电站与上游梯级联合泄洪

采用数学模型对旭龙与叶巴滩、拉哇、巴塘和苏洼龙电站联合宣泄两年一遇和五年一遇洪水条件下泄洪生成的过饱和 TDG 及其在叶巴滩至旭龙坝下金沙江间河段的释放过程开展了预测。

采用叶巴滩 1#+2#+3#+4#深孔，拉哇 1#+2#溢洪洞局开，巴塘 1#+3#溢洪道局开，旭龙 2#中孔+3#表孔联合宣泄两年一遇洪水（工况 8），叶巴滩等 4 个梯级泄洪生成的 TDG 过饱和水流至旭龙水电站坝前，TDG 饱和度为 113.1%。旭龙水电站泄洪水流与发电尾水混合后出库水流的 TDG 饱和度分别为 126.8%；与旭

龙水电站单独泄洪工况相比，增大了 2.8%。旭龙坝址下游 55.0km 处，金沙江左岸有定曲汇入，对干流 TDG 饱和度有一定的稀释作用，定曲汇入后，干流 TDG 饱和度下降了 4.0%；至旭龙坝址下游 75.0km 奔子栏水文站处，TDG 饱和度下降至 119.7%。

4）富营养化预测分析

在现状污染源情况下，旭龙库区营养状态呈现出季节性，一年中藻类总体呈现先上升后下降的趋势，但库区基本维持在贫营养和中营养水平；1-6 月为贫营养，7-12 月表现为中营养。总体来说，旭龙水电站建成后造成库区富营养化的可能性较小。

（3）保护措施

1）生态流量保障措施

旭龙水电站采用河床一次性拦断、围堰全年挡水、导流隧洞泄流的导流方式。采用单戗立堵截流方式截流，截流期间，截流时低导流隧洞分流，随着截流龙口门宽度的缩小及合拢，龙口泄流逐渐过渡为导流洞泄流，直至完全由导流洞过流，截流期间保持泄流量在 447$m^3$/s 左右，下游不出现减脱水情况。

导流洞封堵转换期间，第 8 年 11 月初高导流洞下闸封堵，由低导流洞向下游供水，同时打通旁通洞与高洞洞壁，下闸初期低导流洞泄流量 860$m^3$/s；第 8 年 11 月下旬，低导流洞下闸封堵，通过旁通洞过流，下闸初期旁通洞泄流量约 106 $m^3$/s，约 0.49 小时后，下泄流量达到 210 $m^3$/s。导流洞转换期间，下游不会出现断流。

初期蓄水阶段，当水位上升至中孔下泄流量达 210 $m^3$/s 时，旁通洞下闸封堵。初期蓄水期间，通过中孔控泄，满足下游生态流量。

正常运行期间，通过机组过流可基本满足生态流量过程要求；当出现机组全部停运检修时，通过坝身设置的应急放水孔泄放生态流量；当出现上游来流不足时，则通过与上游梯级联合调度，以满足生态流量要求。

2）水质保护措施

运行期水处理措施包括水库蓄水前进行库底卫生清理、库周污染源控制、设置打捞船定期对库区漂浮物进行打捞、永久营地生活污水一体化设备处理后综合利用于营地冲厕及绿化浇灌等，可有效预防库区水质恶化及富营养化发生。

3）水温影响减缓措施

水温减缓措施初拟将原取水口底板高程从 2264m 抬升至 2269m、2272m。

从坝前水温结果来看，2264m，2269m 和 2272m 工况库底水温变化不大，2269m 较 2264m 在 3 月-6 月各月低温水均略有减弱，提升范围为 0.1℃~0.2℃，2272m 在 2269 的基础上仅在 3 月~4 月改善 0.1℃。

为进一步缓解旭龙水电站带来的水温影响，拟在抬升底板高程的基础上，增设前置挡墙，为合理确定前置挡墙高度，分别比选了 2275m、2278m、2281m 三个方案，各工况下的坝前水温仍均呈季节性分层型结构特征，前置挡墙的设置对电站下泄低温水影响具有进一步的改善空间。

通过设置前置挡墙对进一步减缓低温水影响具有一定的作用，在 3 月~5 月不同挡墙高程方案对下泄水温均有所提升，2275m 方案仅在 3 月改善效果达到 0.2℃，2278m 和 2281m 方案在 3 月~5 月均有 0.2℃的提升。2278m 工况与 2281m 工况二者改善效果差异较小，且 2281m 在工程安全运行风险更大。综合各方面因素，在不同挡墙高程方案下，初步推荐取水口方案为 2269m+挡墙高程 2278m 组合方案。

基于上述措施，旭龙水电站的修建，梯级本身对水温过程影响较小，主要影响来自于与上游梯级联合运行的水温累积作用，累计影响贡献在-0.4℃~0.6℃。受水气热交换和支流汇入影响，旭龙修建后与上游梯级联合运行条件下奔子栏水文站水温过程有一定程度的恢复，但由于河段较短，水流流速大，水体停留时间短，而定曲河流量为干流流量的 15%，支流入汇带来的干流水温变化大于水气热交换作用。与河道天然过程相比，平水年奔子栏水文站处仍具有明显的低温水影响和高温水影响，低温水时段为 3 月~8 月，平均幅度为 1.7℃，最大影响幅度为 2.8℃，高温水时段为 10 月~翌年 2 月，平均幅度为 3.4℃，最大影响幅度为 4.9℃。以 0.5℃为恢复标准时，平水年仅在 9 月份水温得以恢复。

4）气体过饱和影响减缓措施

统筹研究梯级水库的联合调度运行，在提高水量利用率的同时达到减小各梯级弃水，从而减小泄洪频率的目的。旭龙水电站泄洪调度中尽可能考虑发电机组满发以此降低坝下 TDG 饱和度；在机组满发不能满足电站安全的情况下，尽量启用多个泄洪孔共同承担泄洪流量，减小泄洪单宽流量，降低泄洪生成的 TDG 饱和度。

## 11.4.3 生态环境

### 11.4.3.1 陆生生态

（1）现状及保护目标

1）现状

根据调查，评价区金沙江北部山高谷深的区域，焚风效应极为显著，河谷底部的年降雨量不足 200mm，而蒸发量超过 2000mm，蒸发量是降雨量的 10 倍以上，生境极度干热。评价区共有野生维管束植物 113 科 367 属 755 种。自然植被包括 3 个植被型组，4 个植被型，32 个群系。评价区分布有金荞麦 1 种国家 I 级保护植物；分布有中国特有植物 22 种。

评价区陆生动物有 21 目 64 科 147 种，东洋界种有 70 种。两栖动物有 1 目 4 科 7 种，爬行动物共有 1 目 5 科 16 种，鸟类共有 11 目 36 科 94 种。

评价范围重点保护野生动物总计 26 种，其中国家I级重点保护野生动物 3 种，即金雕、胡兀鹫和雉鹑；国家II级重点保护野生动物共 18 种，即高山兀鹫、黑鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、灰背隼、血雉、红腹角雉、藏马鸡、白腹锦鸡、灰林鸮、猕猴、黑熊、青鼬、小熊猫、斑羚、鬣羚和岩羊；另外还有 5 种为省级（自治区级）重点保护野生动物。评价区分布有中国特有动物 18 种。

2）保护目标

保护库周干热河谷生态系统，维护工程影响区生态系统的完整性和稳定性。通过植被恢复措施、施工期环境保护措施以及施工管理，尽可能减少工程建设对动植物特别是重点保护动植物的种类、分布、数量或面积的影响。

（2）影响预测评价

1）对生态系统影响

由于本工程占地、水库淹没等将改变原有土地利用类型，评价范围的生态系统组分结构发生了幅度较小的变化，表现为林地、草地、耕地等转变为建设用地和水域。评价区域湿地生态系统面积增加了 1586.95hm$^2$，灌丛生态系统面积减少 1055.82hm$^2$；农业生态系统、城镇/村落生态系统面积也有所减少。工程实施后，水库淹没线 2302m 以下的湿地生态系统和灌丛生态系统均被淹没，将导致水库淹没线附近灌丛生态系统向湿地生态系统演替。工程实施后随着植被恢复措施的有效实施，基本不会对区域水土保持、生物多样性保护和水源涵养功能产生

影响。

2）对景观生态体系的影响

工程永久征地及淹没导致区域生物量总损失为 0.60 万 t，占枢纽工程区总生物量 56.1 万 t 的 1.071%，淹没损失的生物量较少。平均生产力有所下降，由现状的 3.54 t/（$hm^2$.a）减少到 3.47 t/（$hm^2$.a），评价区景观恢复稳定性有所下降；评价范围内景观总斑块数量有所下降，对景观生态体系阻抗稳定性有一定影响，但影响程度不大；电站建设将导致水域斑块优势度增加，灌丛、耕地优势度降低，工程实施和运行不会改变区域的模地地位，对评价范围景观生态体系质量影响不大。

3）对陆生植物的影响

施工期：枢纽工程施工占地对地表植被造成的直接损失、移民迁建安置活动对地表植被造成的直接和间接损失，都将导致影响区陆生植被面积直接减少，生物量降低。

运行期：旭龙水库蓄水淹没的植被类型主要为灌丛与灌草丛以及耕地植被。水库蓄水不会造成造成物种和种群的消失，对植物多样性基本没有影响。

对重点保护植物的影响：项目建设对区域分布的 7 丛金荞麦个体造成影响，但基本不会对金荞麦种群规模造成影响。施工占地和水库淹没造成错枝榄仁、冬麻豆、折叶白前等 3 种特有种植物个体数量和面积有所减少，但不会影响特有植物物种多样性和改变物种分布范围。

4）对陆生动物的影响

施工期：施工道路施工、土石方开挖及弃渣堆放等施工占地和人为活动造成野生脊椎动物生境的切割、占用和破坏，施工人员及施工机械设备的噪声对陆生脊椎动物取食、繁衍等造成影响，导致施工区陆生动物种类和数量下降。

运行期：水库建成后，由于水面的上升和水域面积的扩大，为适应静水环境的动物提供了合适的生境。水库淹没部分陆地生活的野生动物生境，导致淹没区陆生动物种类和数量减少，非淹没区部分陆生动物种类种内和种间竞争加剧。

对重点保护动物的影响：工程建设对鸟类的影响，主要是施工活动和噪声驱赶影响，因分布海拔为较高，影响程度很小，赤麻鸭主要生活在麦曲河等支流，水域面积增加对其为有利影响；猕猴等 9 种重点保护兽类主要生活在高海拔森林-草甸区域，基本不受施工影响；岩羊、斑羚、鬣羚因饮水或下山活动，因水位抬

高，将转移至施工区上游、下游或支流地区饮水。

（3）保护措施

1）减缓措施

加强施工管理，减少废水、废渣污染植被、土壤、水体水质，对两栖类、爬行类动物产生不利影响。对征地红线外的区域，禁止破坏植被。

3）恢复和补偿措施

施工结束后，应结合水土保持植物措施，选择适宜的林草种，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。开展施工和水库淹没的 7 丛金荞麦的迁地保护工作，建立保护重点保护和珍稀濒危野生植物的种质资源园。开展工程影响区内受伤的野生动物，因施工或蓄水淹没受困的野生动物的救治收容工作，建立重点保护野生动物救护站。开展野生动物廊道措施设计研究，保护库周重点保护野生兽类饮水和觅食。

4）管理措施

加强施工人员和移民环境保护、生物多样性保护及有关法律、法规如森林法、土地管理法的宣传教育，主要宣传途径有开展生物多样性保护的讲座和设置宣传栏，提高施工人员和移民野生植物保护的法律意识。在施工区或植被较好的地段设置野生动物保护警示牌。

### 11.4.3.2 水生生态

（1）现状及保护目标

1）现状

调查江段共检出浮游植物 7 门 55 属 125 种，浮游植物组成以硅藻门为主，其次为绿藻门，再次为蓝藻门；共检出着生藻类 27 属 72 种，优势种为微形曲壳藻、近缘桥弯藻、念珠等片藻等；共检出浮游动物 23 属 47 种，浮游动物组成中原生动物、轮虫占绝对优势，为典型的河流生境浮游动物组成结构；共检出底栖动物 41 种，以节肢动物、环节动物、软体动物为主。

调查区段共有鱼类 17 种， 其中鲤形目 12 属 16 种，占种数的 94.1%；鲇形目 1 属 1 种，占种数的 5.9%。科一级水平上，依次是鲤科 9 属 11 种，占 64.7%；鳅科 2 属 4 种，占 23.5%；鮡科、平鳍鳅科各 1 属 1 种，各占 5.9%。鱼类区系由青藏高原区系类群、西南山地类群、老第三纪原始类群组成。调查江段鱼类中

鲈鲤、长丝裂腹鱼为四川省重点保护鱼类，列入《中国物种红色名录》的有长丝裂腹鱼和黄石爬鮡濒危（EN）、鲈鲤易危（VU），鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、中华金沙鳅、黄石爬鮡为长江上游特有鱼类。

从流域层面分析，旭龙评价区没有大型产卵场与索饵育幼场分布。评价区域产粘沉性卵鱼类产卵场集中在苏洼龙至王大龙峡谷河口长约 7km 的河段、奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段、其宗至虎跳峡江段，产漂流性卵鱼类仅有中华金沙鳅，根据早期资源调查结果，其产卵场主要集中在黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村附近江段。

2）保护目标

水生生态保护对象主要为评价区分布的珍稀特有鱼类及其栖息生境，保护评价区域水生生态系统稳定，对支流进行保护为评价区珍稀特有鱼类提供良好栖息生境。

（2）影响预测评价

1）对浮游植物的影响

旭龙水电站建成后，导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高，浮游植物种类和生物量会有所增加。硅藻门、蓝藻门以及大型浮游甲藻门种类会有所增加。库湾及沿岸带水域增加的比例将大于库中水域。支流麦曲河和丹达曲受库区水位的顶托，静水浮游植物种类将有所增加，浮游植物密度和生物量亦将有所上升。由于旭龙水电站及支流地处高海拔地区，浮游植物种类、密度和生物量虽有增长，受水温及调节类型的限制增加幅度不会太大。

2）对着生藻类的影响

在旭龙水电站建设运行初期，库岸新被淹没，河道 底质附着营养基质贫乏，着生藻种类和密度将显著减少。随着库区的长期运行，泥沙及营养盐逐渐沉积附着，且水域面积增加，着生藻适宜的生存空间增加，着生藻种类和密度将逐渐增加。坝下近坝河段为库区来水，受坝下泄水的冲刷，近坝河段着生藻密度将减少。

3）对浮游动物的影响

旭龙水电站建成后，导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高，上述条件的改变不仅将直接影响浮游动物的生长与繁殖，还将通过浮游植物间接影响浮游动物。旭龙水电站建成后库区流速减缓，浮游动物种类和生物量会有所增加，

由于旭龙水电站及支流地处高海拔地区，浮游动物种类、密度和生物量虽有增长，但受温度及调节类型的限制增加幅度不会太大。

4）对底栖动物的影响

旭龙库区河段现存底栖动物以蜉蝣目、毛翅目等喜流水种类为主，种类少、现存量低。旭龙水电站蓄水后，库区河段底栖动物种类、密度、生物量较前均有所增加，其中环节动物、摇蚊科生物密度、生物量增加尤为明显。库区主要支流丹达曲现存底栖动物以蜉蝣目、石蝇科生物等喜流水种类为主，旭龙梯级蓄水后，因库水上溯原因，丹达曲下游部分河段底栖动物种类较前总体下降，但密度、生物量有大幅度上升可能；坝下主要支流定曲、冈曲水文情势基本不受旭龙梯级运行影响，现有底栖动物种类结构将得到维持

5）对鱼类的影响

水电大坝主体工程施工在坝址河段进行，施工期时间长，规模大，施工人员较多，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响。

电站的建设将使河流的连续性受到影响，对鱼类的上溯交流有很强的阻隔效应，调查水域无长距离洄游鱼类，旭龙水电站阻隔对鱼类洄游的影响较小，但对上下游物种的基因交流会产生较大影响。

库区江段水文情势由“河流相”向“湖泊相”转化，相应的库区江段鱼类种类组成也将由“河流相”逐步演变成为“湖泊相”。对库区江段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘底质环境中生活繁衍的鱼类如裂腹鱼亚科急流种、黄石爬鮡、部分高原鳅属的种类，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但繁殖规模将会下降，最终将导致库区江段的资源量减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为库区的优势物种。

水库形成后，水体生物生产力提高，浮游生物种类和现存量均会有所增加，有利于仔幼鱼育幼和缓流或静水性鱼类的生长，库区鱼类资源和渔产量将提高。水体营养负荷提高，有利于周丛生物的繁衍，为刮食性鱼类提供了丰富的饵料资源。底栖生物中原有流水性种类减少，静水或微流水的种类和数量将会增加，静水、沙生的软体动物也可能会出现，对静水、缓流的底层鱼类生长有利，但流水性鱼类饵料资源会明显下降。

旭龙水电站 3~8 月下泄水温偏低，达到鱼类产卵繁殖水温的时间推迟，从而导致鱼类繁殖期推迟。从下泄水温预测分析判断，受下泄低温水影响坝下江段鱼类繁殖可能推迟 1 个月左右，并导致当年鱼类生长期缩短。

旭龙水电站各泄洪条件下，坝下均出现总溶解气体过饱和现象，但考虑到电站泄洪产生的过饱和影响发生频率极小，且仅局限在汛期极短的泄洪时段内，坝下江段平均水深均能满足补偿深度要求，下泄水 TDG 过饱和对鱼类的影响较为有限。

旭龙水电站建设不涉及金沙江上游 5 个主要的鱼类产卵场与索饵育幼场，但库区原河道中零散分布的适合裂腹鱼类产卵育肥的心滩、卵石滩、将被彻底淹没消失，旭龙库尾流水性鱼类繁殖空间将明显萎缩，苏洼龙至王大龙峡谷河口宽谷河段产卵场主要受上游苏洼龙水电站日调峰运行影响，该水域的功能发挥会受到严重削弱，库区土著鱼类繁殖将主要依赖麦曲河、丹达曲等支流水域。奔子栏至冈曲汇口宽谷河段，旭龙水电站建成前，该河段的水文情势、水温等已发生较大变化；旭龙水电站建成运行后，电站调蓄缓解了下游水位变幅；其宗至虎跳峡江段距旭龙坝址约 160km，对该产卵场的影响主要是低温水下泄影响，尤其是上游梯级开发后低温水累计效应，导致鱼类繁殖期推迟，生长期缩短。

电站运行后，库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼种类、黄石爬鮡等，有可能退缩至干流库尾上游或进入麦曲河、丹达曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少。中华金沙鳅为激流型、产漂流性卵鱼类，这一类型鱼卵发育需要保证一定的流水环境，在库区难以完成完整的生活史，有可能退出旭龙库区。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等适应于缓流或静水环境生活的鱼类，水库形成后存在其繁殖条件，种类数量将上升，并可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群获得发展。

（3）保护措施

基于梯级建设后环境变化的影响，将安氏高原鳅、鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅等 9 种鱼类作为保护对象，主要采取施工期及蓄水初期鱼类保护、栖息地保护、增殖放流、建设过鱼设施、实施生态调度、开展科学研究、加强渔政管理等保护措施。

1）施工期及蓄水初期鱼类保护

设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识，生活污水和施工废水达标排放，防止影响水生生物生境的污染事故发生，建立鱼类及时救护机制。

2）栖息地保护

将定曲干流得荣段约 98km 河段作为旭龙水电站栖息地保护河段，其中古学水电站坝址以上河段作为重点保护范围。鉴于支流定曲现状生境受损，建议对已建古学水电站补建鱼道，鱼根水电站补建鱼坡，以改善河流的连通性，对挖沙场按照河流原有形态进行近自然恢复，在鱼类主要繁殖期实施古学水电站敞泄生态调度，并加强栖息地保护河段管理。

3）增殖放流

结合《金沙江上游水电规划环境影响报告书》成果统筹考虑，建设旭龙水电站鱼类增殖站，站址设在业主营地附近的茂顶村。依据保护鱼类资源状况、生物学特性、生态环境变化趋势、技术经济可行性等方面进行综合分析，将短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及硬刺松潘裸鲤等鱼类作为近期重点放流种类，将黄石爬鮡作为中长期考虑对象。根据调查江段渔业资源状况及建设运行后水域面积，初步确定近期放流苗种每年 50 万尾。

4）过鱼设施

根据旭龙工程江段鱼类资源、生态习性，从过鱼需求、过鱼有效性、保护价值和鱼类资源量等方面综合考虑，确定主要过鱼对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤，兼顾过鱼对象为细尾高原鳅、勃氏高原鳅、安氏高原鳅、黄石爬鮡。通过比选不同类型过鱼设施布置限制因素、运行效果分析等，推荐在旭龙水电站采用升鱼机方案，升鱼机系统由集鱼系统、提升运输系统、放流系统和控制监测系统四大部分组成。

5）生态调度

旭龙水电站坝下江段鱼类多为产粘沉性卵的鱼类，为缓解电站日调节运行对鱼类产卵繁殖的不利影响，在 3~5 月鱼类繁殖期采取基荷发电方式，以尽可能稳定下游产卵场的水位，确保受精卵顺利孵化、仔幼鱼正常发育。5~7 月当上游发生洪水时，旭龙水电站可采用按来流下泄方式，不改变洪水过程，以利于鱼类的繁殖。生态调度实施前、实施中以及实施后，加强调查监测与效果评估，不断完善调度方案。

6）水生生态科学研究

为有效保护和利用鱼类资源，开展旭龙库区特有鱼类驯养繁殖技术研究、旭龙水电站升鱼机效果评价及优化研究、定曲河保护与修复补偿体制及机制创新模式研究、定曲河栖息地保护效果跟踪监测与评估研究、旭龙水电站鱼类增殖放流方案优化研究等。

7）渔政管理

加强渔政队伍建设和渔政部门的能力建设，提高渔政部门的执法力度，严格执行禁渔期和禁渔区制度，加强渔业管理，控制外来鱼类入侵。

## 11.4.4 施工环境

（1）现状及保护目标

1）现状

根据水质现状监测成果，工程所在河段金沙江干流河段水质均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类水质标准，满足江段所属水功能区划及水环境功能区划水质控制目标要求。

旭龙水电站施工区大气环境质量可以满足区域环境功能区划要求，达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准。

旭龙水电站声环境现状可以满足区域声环境功能区划要求，达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准。

2）保护目标

维持金沙江旭龙江段现状水质类别，维护现有水域功能和水质管理目标；施工期废污水处理后回用，不外排至金沙江干流。维护施工区及其周边区域的环境空气质量，使其达到《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准。维护施工区及其周边区域的声环境质量，工程区周边声环境要求达到相应的功能区要求，农村地区执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准；施工期施工区边界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

（2）影响分析

1）施工期水环境

工程施工期间砂石料冲洗废水、混凝土系统废水经、含油废水以及生活污水处理后回用，不排入金沙江，在处理系统正常运行情况下对金沙江水质不会造成影响。只有在砂石料冲洗废水处理系统事故情况下排放可能会对金沙江水体水质

造成影响。经预测，在砂石料冲洗废水事故排放的情况下，其对金沙江局部水域影响较大，形成较明显的污染带，与金沙江江水完全混合后影响相对减小。

2）声环境

工程施工对声环境的影响主要来自于大坝施工、砂石料加工系统、混凝土拌和系统、施工工厂、弃渣场等活动。

预测结果表明，受弃渣场施工和流动噪声源影响，茂达水村昼间夜间噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准昼间噪声限值。

茂顶河弃渣场和存料场场界昼间噪声达标距离为 60m，夜间噪声达标距离为 100m，洒茂顶砂石加工系统场界昼间噪声达标距离为 100m，夜间噪声达标距离为 350m。

3）环境空气质量

旭龙水电站施工作业面、施工爆破和场内交通系统等施工活动将产生 TSP、$NO_2$ 等大气污染物，上述污染物均属无组织排放。

茂达水村受茂顶河施工场地施工作业影响，张仁村受徐龙施工平台施工作业影响，采取洒水降尘措施后，工程施工对各敏感目标影响较小。

4）固体废弃物

固体废弃物主要包括生活垃圾、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾等。工程施工期需处理生活垃圾量约 3.2t/d。生活垃圾如不妥善处理，对周边环境将产生不利的影响。一方面将破坏周围自然景观，使土壤受到污染；另一方面，生活垃圾亦是苍蝇、蚊虫孳生以及细菌繁衍、鼠类肆虐的场所。

（3）保护措施

水质保护：本工程涉及的金沙江干支流河段均执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类水域标准，施工生产生活废水处理后综合利用或回用，禁止外排。采用 DH 高效旋流工艺对砂石料冲洗废水处理工艺处理后回用；采用“平流沉淀+加药”法进行处理混凝土拌和系统冲洗废水，处理达标后回用；采用地埋式生活污水成套设备处理生活污水，生活污水处理后回收利用作绿化用水。通过以上措施，施工废(污)水得到有效处理和综合利用，未新增排污口，对工程江段水质不会造成影响。

噪声防治：施工单位选用符合国家有关标准的施工机具和运输车辆，加强施工机械的维修保养，在砂石料加工系统架设隔声防护棚，从源头上降低噪声源强。

禁止弃渣场夜间施工。

环境空气质量保护：优化施工工艺，采用除尘设备，运输车辆安装尾气净化器，保证尾气达标排放。对交通道路及施工作业面洒水降尘，3 条施工道路弃渣场附近共配备洒水车。左右岸坝肩和料场区设置 7 套射程抑尘喷枪。给现场作业人员配备防尘用具，加强劳动保护。

固体废物处理处置：施工营地内设置垃圾桶，在格亚顶沟口建设垃圾热解站，处理规模为 3.0t/d。施工期前两年，通过汽车外运方式，运至奔子栏垃圾填埋场填埋，从施工第 3 年开始，施工区垃圾由热解站进行处理。

## 11.4.5 地下水

（1）现状及保护目标

金沙江为本区地表水、地下水的最低排泄基准面。区内河谷深切，岸坡陡峻，岩体透水性总体较差，地下水主要来源于大气降水补给，通过裂隙网络向金沙江运移和排泄。按赋存条件，地下水类型主要为第四系堆积物孔隙水、基岩孔隙—裂隙水两类。评价区内现状条件下本区地下水受人类活动影响相对较弱，水质一般，大部分地下水存在 Se、Al、Be、As 等微量元素超标的情况。

（2）影响预测评价

根据工程项目组成，本工程主要地下工程包括导流洞以及基坑、地下厂房工程。

导流隧洞在左岸开挖，基坑涌水来源于左岸山体，对右岸地下水流场基本没有影响；导流洞施工对地下水位的影响范围约为 1400m，一期施工时的基坑涌水量约为 2577.2$m^3$/d。

基坑周围形成一个明显的降落漏斗，施工对地下水位的影响范围约为 1500m，基坑涌水量为 24820$m^3$/d。

旭龙水库正常蓄水后，对库区地下水流场的形态影响很小，不会改变库区地下水补给、运移及排泄的总体规律，但水库蓄水后两侧地下水水位会随着金沙江水位的抬升而相应雍高，雍高程度随远离江边而逐渐减小。水库总体封闭性较好，库水不会向邻谷渗漏和库外集中渗漏。水库不存在水库浸没问题。

（3）保护措施

隧洞施工过程中，严格贯彻“以堵为主、控制排放”的施工原则，采取有效的

堵水措施，减少地下水流（漏）失。施工结束后，做好隧洞防渗措施。

严格执行本报告书所列施工期水质保护措施，施工中做好防渗措施，保证废污水收集系统不发生渗漏。

## 11.4.6移民安置

（1）保护目标

完善移民安置区的基础设施，保护移民的生产条件、居住环境、卫生条件，使安置区生态环境不低于安置前水平。

（2）影响预测评价

旭龙水电站农村移民安置活动对环境的影响，主要是四川省得荣县得绒桐、云南省德钦县斯木顶两处集中安置点运行期排放的生活污水、生活垃圾对周边环境的影响。依据规划安置人口，得绒桐、斯木顶安置点生活污水日排放量分别为89.85t/d 和 29.33t/d，若其直接排放将影响安置点周边的水体及土壤，因此需进行处理后回用。

专项设施复建对环境影响的主要来源于交通工程中的桥梁建设，但影响仅限于施工期，且排放的污染物量不大。其他各复建工程对环境影响不明显。

（3）保护措施

水质保护。施工期安置区建设及专项设施复建中桥梁施工，其施工废水主要包括混凝土拌和碱性废水、施工机械维修含油废水、生活人员生活污水，拟采用简易沉淀池+隔油池+化粪池进行处理。运行期安置点生活污水则根据出水要求，结合安置点污水排放去向及地形特点，设计污水处理工艺为“格栅调节池+一体化设备”工艺。并设置集水池对水量进行调节。

固体废物处理。按照《国务院办公厅关于改善农村人居环境的指导意见》要求，采取“户分类、村收集、镇转运、县处理”的处理方式。安置点建成后生活垃圾收集、清运、处理将纳入当地垃圾处理系统，居民点点内生活垃圾收集系统包括垃圾桶和垃圾收集点。

## 11.5 环境管理、监理与监测

建设单位设立环境保护管理机构，实施项目环境监理。各级环保及水行政主管等部门对各阶段环境保护工作进行监督。

根据科学性、全面性、代表性和可行性的原则，结合工程建设区和区域环境特点，建立旭龙水电站环境监测系统，包括水环境监测系统、水生生态环境监测系统、陆生生态环境监测系统、水土保持监测系统、施工区环境监测系统、移民安置区环境监测系统等，落实环境监测计划，并及时反馈到工程建设中。

## 11.6 环境保护投资

以 2019 年第 4 季度价格水平，根据报告书推荐的环境保护方案，旭龙水电站环境保护专项投资 65878.06 万元。其中，枢纽环境保护投资 47371.06 万元，移民安置环保投资 542 万元，独立费用 13655.22 万元，基本预备费 4309.78 万元。

## 11.7 风险分析

风险识别：工程建设期和营运间，存在潜在的事故风险和环境风险，主要包括：加油站事故风险、爆破材料库事故风险、污废水事故排放、羊拉铜矿尾水收集池事故排放风险、外来物种潜在生态风险、施工区环境地质风险等。

环境风险防范措施：油库和加油站配套相关的报警、灭火、防雷、防电、泄漏油料收集设施以及管理措施。爆破器材库防火、灭火、通风、防雷、防电、报警设施。规范施工活动，并在施工废水出口适当位置设置事故排放收集池，防止施工废水进入河道。加强植物检疫工作，加强对外来有害生物的防治工作。针对突发性水污染事故建立完善的风险防范制度，并在污水处理设施附近建缓冲池，在施工区采取泥石流工程防护措施。制定油库、炸药库、突发污染事故应急预案。

## 11.8 公众参与

建设单位于 2018 年 5 月 21 日委托长江水资源保护科学研究所编制《金沙江上游旭龙水电站环境影响报告书》。自 2018 年 5 月 23 日至 6 月 27 日，建设单位

在项目所在地的公共媒体上开展了首次环评信息公示。公示方式是在旭龙水电站涉及的 3 省（区）4 县政府网站、报纸（汉文版、藏文版）、电视台相继进行环评信息公告，在涉及乡镇张贴公告（汉文、藏文）。其中在网站及公告公示时间均超过 10 个工作日，在迪庆日报、甘孜日报的汉文版、藏文版各进行了 1 次信息公示；在迪庆电视台连续播放 7 天信息公示。

自 2019 年 9 月 9 日至 10 月 9 日，依据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令　第 4 号，2019 年 1 月 1 日实施）要求，建设单位在旭龙水电站涉及的 3 省（区）4 县的政府网站、报纸（汉文版、藏文版）、电视台相继开展了征求意见稿环评信息公示，并在工程涉及的 7 个乡镇政府公告栏张贴公告（汉文、藏文）。其中在网站及公告公示时间均超过 10 个工作日，在迪庆日报、甘孜日报各进行了 2 次报纸公示，在甘孜电视台、迪庆电视台相继进行了信息公示，特别是在迪庆电视台新闻综合频道、藏语频道均每天播放 1 次，连续播放 7 天。

由于项目涉及地区位置偏远，交通不便，为保证环评公众参与的客观性，建设单位于 2019 年 9 月 15 日至 9 月 27 日，安排 11 人组成问卷调查小组，分 3 组赴工程涉及的 4 县 7 乡镇及部分村组进行问卷调查。共获得填写的团体调查问卷 49 份，个人调查问卷 147 份。

通过公众参与调查和分析，公众对本项目有一定的了解，对本工程普遍持支持态度。至公示期结束，建设单位及环评单位未收到任何反对工程建设的意见。

## 11.9　总体评价结论

旭龙水电站工程符合国家“可持续发展”和“西电东送”战略，对实现全国能源平衡，缓解东、中部地区电力供需矛盾具有战略意义。工程建设在合理开发利用金沙江水能资源，完善上游河段治理开发的梯级衔接中具有重要作用，成为综合治理开发金沙江的重要组成部分。

工程实施后，可缓解地区能源供需矛盾和煤炭运输压力，减轻华中、华南等地区的环境污染，不仅是中、东部地区国民经济发展的必然需要，而且对促进全国能源结构的优化调整也具有重要作用。同时工程建设可减少下游泥沙淤积，为库区区间通航创造条件，有利于地区经济和社会的可持续发展。水库蓄水后水面扩大，蒸发量加大，增加空气湿度，可改善库区干热河谷小气候，有利于库区生

态与环境的改善。水库淹没区经济基础薄弱，人民生活水平较低，电站兴建后，可改善基础设施，带动相关产业的发展。

旭龙水电站建设在取得综合利用效益的同时，也对环境带来一定不利影响，主要表现在：工程建成后，将进一步加剧金沙江上游原有的鱼类阻隔影响，使鱼类生境片段化，将降低鱼类种群间遗传基因交流的机会，削弱种群生存力。工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声等，对周围环境将产生一定不利影响；水库淹没造成耕地资源损失，产生移民。

综合分析，工程以有利影响为主，除耕地淹没损失为不可逆影响外，其他不利影响均可采取措施予以减缓或消除。项目实施不存在重大环境制约因素，在报告书制定的措施有序、切实落实后，从环境保护角度分析，工程建设可行。

## 附录 1　旭龙水电站评价区维管束植物名录

本名录收集评价区维管植物共计 113 科 367 属 755 种（含种下分类等级，下同），其中野生维管植物有 109 科 352 属 738 种，位于直接影响区的野生植物 54 科，113 属 173 种。科、属、种的排列方式分别是：蕨类植物科按照秦仁昌蕨类植物分类系统（1978 年）排列，裸子植物科按照郑万钧植物分类系统（1978 年）排列，被子植物科按照恩格勒植物分类系统（1964 年）排列。另外，在植物名称右上角标符号“*”者为评价区内的栽培植物，植物名称后标符号“#”者为直接影响区植物。

**蕨类植物 Pteridophyta**
**（秦仁昌植物分类系统）**

**一、卷柏科 Selaginellaceae**
(一)卷柏属 *Selaginella*
1. 白边卷柏 *Selaginella albocincta#*
2. 蔓出卷柏 *Selaginella davidii#*
3. 垫状卷柏 *Selaginella pulvinata#*
4. 细瘦卷柏 *Selaginella vardei#*

**二、木贼科 Equisetaceae**
(二)问荆属 *Equisetum*
5. 问荆 *Equisetum arvense#*
6. 节节草 *Equisetum ramosissimum*

**三、瓶尔小草科 Ophioglossaceae**
(三)瓶尔小草属 *Ophioglossum*
7. 瓶尔小草 Ophioglossum vulgatum

**四、紫萁科 Osmundaceae**
(四)紫萁属 *Osmunda*
8. 分株紫萁 *Osmunda cinnamomea*

**五、凤尾蕨科 Pteridaceae**
(五)凤尾蕨属 *Pteris*
9. 蜈蚣草 *Pteris vittata#*

**六、中国蕨科 Sinopteridaceae**
(六)粉背蕨属 *Aleuritopteris*
10. 银粉背蕨 *Aleuritopteris argentea*
11. 裸叶粉背蕨 *Aleuritopteris duclouxii*
12. 丽江粉背蕨 *Aleuritopteris likiangensis*
13. 雪白粉背蕨 *Aleuritopteris niphobola#*
(七)金粉蕨属 *Onychium*
14. 黑足金粉蕨 *Onychium contiguum*
15. 狭叶金粉蕨 *Onychium angustifrons*

**(八)铁线蕨科 Adiantaceae**
(九)铁线蕨属 *Adiantum*
16. 团羽铁线蕨 *Adiantum capillus-junonis*
17. 鞭叶铁线蕨 *Adiantum caudatum#*
18. 扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellulatum#*

**七、裸子蕨科 Hemionitidaceae**
(十)凤丫蕨属 *Coniogramme*
19. 无毛凤丫蕨 *Coniogramme intermedia* var. *glabra*
(十一)金毛裸蕨属 *Gymnopteris*
20. 三角金毛裸蕨 *Paragymnopteris sargentii#*

**八、铁角蕨科 Aspleniaceae**
(十二)铁角蕨属 *Asplenium*
21. 北京铁角蕨 *Asplenium pekinense*
22. 铁角蕨 *Asplenium trichomanes*

**九、鳞毛蕨科 Dryopteridaceae**
(十三)鳞毛蕨属 *Dryopteris*
23. 金冠鳞毛蕨 *Dryopteris chrysocoma*
24. 纤维鳞毛蕨 *Dryopteris sinofibrillosa*
25. 半育鳞毛蕨 *Dryopteris sublacera*
(十四)薄鳞蕨属 *Leptolepidium*
26. 西藏薄鳞蕨 *Leptolepidium subvillosum* var. *tibeticum*

**十、水龙骨科 Polypodiaceae**
(十五)水龙骨属 *Polypodiodes*
27. 友水龙骨 *Polypodiodes amoena*
28. 栗柄水龙骨 *Polypodiodes microrhizoma*
(十六)假瘤蕨属 *Phymatopteris*
29. 刺齿假瘤蕨 *Phymatopteris glaucopsis*
30. 尖裂假瘤蕨 *Phymatopteris oxyloba*
(十七)石韦属 *Pyrrosia*
31. 西藏石韦 *Pyrrosia tibetica*
32. 毡毛石韦 *Pyrrosia drakeana*

**十一、槲蕨科 Drynariaceae**

(十八)槲蕨属 *Drynaria*

33.川滇槲蕨 *Drynaria delavayi*

34.秦岭槲蕨 *Drynaria sinica*

**种子植物 Spermatophyta**

**裸子植物 Gymnospermae**

**（郑万钧植物分类系统）**

**一、松科 Pinaceae**

(一)冷杉属 *Abies*

1. 鳞皮冷杉 *Abies squamata*
2. 黄果冷杉 *Abies ernestii*
3. 长苞冷杉 *Abies georgei*

(二)铁杉属 *Tsuga*

4. 云南铁杉 *Tsuga dumosa*

(三)云杉属 *Picea*

5. 川西云杉 *Picea likiangensis* var. *rubescens*
6. 丽江云杉 *Picea likiangensis*

(四)落叶松属 *Larix*

7. 落叶松 *Larix gmelinii*

(五)松属 *Pinus*

8. 高山松 *Pinus densata*
9. 云南松 *Pinus yunnanensis*

**二、柏科 Cupressaceae**

(六)侧柏属 *Platycladus*

10.侧柏 *Platycladus orientalis*#*

(七)圆柏属 *Sabina*

11.大果圆柏 *Juniperus tibetica*

**三、红豆杉科 Taxaceae**

(八)红豆杉属 *Taxus*

12.云南红豆杉 *Taxus yunnanensis**

**被子植物 Angiospermae**

**（恩格勒植物分类系统）**

**一、三白草科 Saururaceae**

(一)蕺菜属 *Houttuynia*

1.鱼腥草 *Houttuynia cordata*

**二、杨柳科 Salicaceae**

(二)杨属 *Populus*

2.响叶杨 *Populus adenopoda*

3.灰背杨 *Populus glauca*

4.德钦杨 *Populus haoana*

5.山杨 *Populus davidiana*

(三)柳属 *Salix*

6.皂柳 *Salix wallichiana*

7.五蕊柳 *Salix pentandra*

8.灰叶柳 *Salix spodiophylla*

9.硬叶柳 *Salix sclerophylla**

**三、胡桃科 Juglandaceae**

(四)胡桃属 *Juglans*

10.核桃 *Juglans regia*#*

**四、桦木科 Betulaceae**

(五)桤木属 *Alnus*

11.尼泊尔桤木 *Alnus nepalensis*

(六)桦木属 *Betula*

12.长穗桦 *Betula cylindrostachya*

13.白桦 *Betula platyphylla*

14.高山桦 *Betula delavayi*

15.红桦 *Betula albosinensis*

16.*糙*皮桦 *Betula utilis*

**五、壳斗科 Fagaceae**

(七)青冈属 *Cyclobalanopsis*

17.滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides*

(八)柯属 *Lithocarpus*

18.光叶柯 *Lithocarpus mairei*

(九)栎属 *Quercus*

19.锐齿槲栎 *Quercus aliena* var. *acutiserrata*

20.铁橡栎 *Quercus cocciferoides*

21.灰背栎 *Quercus senescens*

22.黄背栎 *Quercus pannosa*

23.光叶高山栎 *Quercus pseudosemecarpifolia*

24.刺叶高山栎 *Quercus spinosa*

25.川滇高山栎 *Quercus aquifolioides*

26.矮高山栎 *Quercus monimotricha*

**六、桑科 Moraceae**

(十)榕属 *Ficus*

27.地果 *Ficus tikoua*

(十一)桑属 *Morus*

28.蒙桑 *Morus mongolica*

**七、荨麻科 Urticaceae**

(十二)艾麻属 *Laportea*

29.珠芽艾麻 *Laportea bulbifera*

(十三)冷水花属 *Pilea*

30.多苞冷水花 *Pilea bracteosa*

31.亚高山冷水花 *Pilea racemosa*

32.粗齿冷水花 *Pilea sinofasciata*

(十四)苎麻属 *Boehmeria*

33.苎麻 *Boehmeria nivea*

(十五)雾水葛属 *Pouzolzia*
34.银叶雾水葛 *Pouzolzia argenteonitida#*
(十六)水麻属 *Debregeasia*
35.水麻 *Debregeasia orientalis#*
**八、檀香科 Santalaceae**
(十七)沙针属 *Osyris*
36.沙针 *Osyris quadripartite#*
(十八)百蕊草属 *Thesium*
37.百蕊草 *Thesium chinense*
**九、桑寄生科 Loranthaceae**
(十九)鞘花属 *Macrosolen*
38.鞘花 *Macrosolen cochinchinensis*
**十、蓼科 Polygonaceae**
(二十)山蓼属 *Oxyria*
39.中华山蓼 *Oxyria sinensis#*
(二十一)大黄属 *Rheum*
40.滇边大黄 *Rheum delavayi*
(二十二)酸模属 *Rumex*
41.酸模 *Rumex acetosa*
42.戟叶酸模 *Rumex hastatus#*
43.尼泊尔酸模 *Rumex nepalensis#*
(二十三)荞麦属 *Fagopyrum*
44.疏穗野荞麦 *Fagopyrum caudatum#*
45.小野荞麦 *Fagopyrum leptopodum#*
46.金荞麦 *Fagopyrum dibotrys*
47.细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*
48.苦荞麦 *Fagopyrum tataricum**
(二十四)蓼属 *Polygonum*
49.圆穗蓼 *Polygonum macrophyllum#*
50.头花蓼 *Polygonum capitatum*
51.珠芽蓼 *Polygonum viviparum#*
52.赤胫散 *Polygonum runcinatum* var.*sinense*
53.尼泊尔蓼 *Polygonum nepalense*
54.冰川蓼 *Polygonum glaciale*
55.水蓼 *Polygonum hydropiper*
56.绵毛酸模叶蓼 *Polygonum lapathifolium* var. *salicifolium*
57.小头蓼 *Polygonum microcephalum*
58.绢毛蓼 *Polygonum molle*
59.草血竭 *Polygonum paleaceum*
60.习见蓼 *Polygonum plebeium*
61.珠芽蓼 *Polygonum viviparum*
**十一、藜科 Chenopodiaceae**
(二十五)千针苋属 *Acroglochin*
62.千针苋 *Acroglochin persicarioides#*
(二十六)藜属 *Chenopodium*
63.藜 *Chenopodium album#*
(二十七)猪毛菜属 *Salsola*
64.猪毛菜 *Salsola collina#*
**十二、苋科 Amaranthaceae**
**(二十八)莲子草属 *Alternanthera***
65.刺花莲子草 *Alternanthera pungens*
**十三、蒺藜科 Zygophyllaceae**
**(二十九)蒺藜属 *Tribulus***
66.蒺藜 *Tribulus terrestris*
**十四、商陆科 Phytolaccaceae**
(三十)商陆属 *Phytolacca*
67.商陆 *Phytolacca acinosa*
**十五、石竹科 Caryophyllaceae**
(三十一)漆姑草属 *Sagina*
68.漆姑草 *Sagina japonica*
(三十二)繁缕属 *Stellaria*
69.箐姑草 *Stellaria vestita*
(三十三)女娄菜属 *Melandrium*
70.女娄菜 *Melandrium apricum*
(三十四)蝇子草属 *Silene*
71.心瓣蝇子草 *Silene cardiopetala*
72.无鳞蝇子草 *Silene esquamata*
73.尼泊尔蝇子草 *Silene nepalensis*
74.云南蝇子草 *Silene yunnanensis*
75.纺锤根蝇子草 *Silene napuligera#*
**十六、毛茛科 Ranunculaceae**
(三十五)类叶升麻属 *Actaea*
76.类叶升麻 *Actaea asiatica*
(三十六)翠雀属 *Delphinium*
77.滇川翠雀花 *Delphinium delavayi*
78.须花翠雀花 *Delphinium delavayi* var. *pogonanthum*
(三十七)唐松草属 *Thalictrum*
79.微毛爪哇唐松草 *Thalictrum lecoyeri*
80.偏翅唐松草 *Thalictrum delavayi*
81.宽萼偏翅唐松草 *Thalictrum delavayi* var. *decorum*
82.钩柱唐松草 *Thalictrum uncatum*
(三十八)银莲花属 *Anemone*
83.疏齿银莲花 *Anemone geum* subsp. *Ovalifolia*
84.鹅掌草 *Anemone flaccida*

85.草玉梅 *Anemone rivularis*
86.野棉花 *Anemone vitifolia*
87.岩生银莲花 *Anemone rupicola*
88.合柄铁线莲 *Clematis connate*
89.钝萼铁线莲 *Clematis peterae*
90.刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens#*
91.西南铁线莲 *Clematis pseudopogonandra*
92.滑叶藤 *Clematis fasciculiflora#*
(三十九)毛茛属 *Ranunculus*
93.砾地毛茛 *Ranunculus glareosus*
94.云生毛茛 *Ranunculus longicaulis* var.*nephelogenes*
95.高原毛茛 *Ranunculus brotherusii* var. *tanguticus*
96.云南毛茛 *Ranunculus yunnanensis*
(四十)金莲花属 *Trollius*
97.矮金莲花 *Trollius farreri*
**十七、小檗科 Berberidaceae**
(四十一)小檗属 *Berberis*
98.美丽小檗 *Berberis amoena*
99.直穗小檗 *Berberis dasystachya*
100.刺红珠 *Berberis dictyophylla*
101.川滇小檗 *Berberis jamesiana*
102.鳞叶小檗 *Berberis lepidifolia*
103.丛林小檗 *Berberis dumicola#*
**十八、防己科 Menispermaceae**
(四十二)轮环藤属 *Cyclea*
104.西南轮环藤 *Cyclea wattii*
**十九、木兰科 Magnoliaceae**
(四十三)五味子属 *Schisandra*
105.狭叶五味子 *Schisandra lancifolia*
106.红花五味子 *Schisandra rubriflora*
**二十、樟科 Lauraceae**
(四十四)木姜子属 *Litsea*
107.滇南木姜子 *Litsea garrettii*
108.木姜子 *Litsea pungens*
**二十一、罂粟科 Papaveraceae**
(四十五)紫堇属 *Corydalis*
109.中甸黄堇 *Corydalis zhongdianensis*
(四十六)紫金龙属 *Dactylicapnos*
110.丽江紫金龙 *Dactylicapnos lichiangensis*
111.紫金龙 *Dactylicapnos scandens*
**二十二、山柑科 Capparaceae**
(四十七)白花菜属 *Cleome*
112.白花菜 *Gynandropsis gynandra*
**二十三、十字花科 Cruciferae**
(四十八)南芥属 *Arabis*
113.小花南芥 *Arabis alpine* var. *parviflora*
(四十九)碎米荠属 *Cheilosoria*
114.云南碎米荠 *Cardamine yunnanensis*
115.弹裂碎米芥 *Cardamine impatiens*
(五十)糖芥属 *Erysimum*
116.四川糖芥 *Erysimum benthamii*
(五十一)葶苈属 *Thlaspi*
117.葶苈 *Thlaspi arvense*
**二十四、景天科 Crassulaceae**
(五十二)石莲属 *Sinocrassula*
118.石莲 *Sinocrassula indica#*
(五十三)红景天属 *Rhodiola*
119.圣地红景天 *Rhodiola sacra*
(五十四)景天属 *Sedum*
120.岷江景天 *Sedum balfouri#*
121.多茎景天 *Sedum multicaule*
**二十五、茶藨子科 Grossulariaceae**
(五十五)茶藨子属 *Ribes*
122.冰川茶藨子 *Ribes glaciale#*
123.宝兴茶藨子 *Ribes moupinense*
**二十六、虎耳草科 Saxifragaceae**
(五十六)虎耳草属 *Saxifraga*
124.灯架虎耳草 *Saxifraga candelabrum*
125.密叶虎耳草 *Saxifraga densifoliata*
126.线茎虎耳草 *Saxifraga filicaulis*
127.红毛虎耳草 *Saxifraga rufescens*
(五十七)梅花草属 *Parnassia*
128.无斑梅花草 *Parnassia epunctulata*
129.娇媚梅花草 *Parnassia venusta*
(五十八)溲疏属 *Deutzia*
130.中甸溲疏 *Deutzia zhongdianensis*
(五十九)绣球属 *Hydrangea*
131.灰绒绣球 *Hydrangea mandarinorum*
(六十)鼠刺属 *Itea*
132.滇鼠刺 *Itea yunnanensis*
(六十一)山梅花属 *Philadelphus*
133.紫萼山梅花 *Philadelphus purpurascens*
**二十七、茅膏菜科 Droseraceae**
(六十二)茅膏菜属 *Drosera*
134.茅膏菜 *Drosera peltata* var. *multisepala*

**二十八、水马齿科 Callitrichaceae**

(六十三)水马齿属 *Callitriche*

135.水马齿 *Callitriche stagnalis*

**二十九、蔷薇科 Rosaceae**

(六十四)龙芽草属 *Agrimonia*

136.龙芽草 *Agrimonia pilosa*

(六十五)绣线菊属 *Spiraea*

137.绣线菊 *Spiraea salicifolia#*

138.陕西绣线菊 *Spiraea wilsonii#*

139.细枝绣线菊 *Spiraea myrtilloides*

140.云南绣线菊 *Spiraea yunnanensis*

(六十六)鲜卑花属 *Sibiraea*

141.窄叶鲜卑花 *Sibiraea angustata*

(六十七)栒子属 *Cotoneaster*

142.钝叶栒子 *Cotoneaster hebephyllus#*

143.小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus#*

144.匍匐栒子 *Cotoneaster adpressus*

145.泡叶栒子 *Cotoneaster bullatus*

146.西南栒子 *Cotoneaster franchetii#*

147.中甸栒子 *Cotoneaster langei*

148.高山栒子 *Cotoneaster subadpressus*

149.细枝栒子 *Cotoneaster tenuipes*

150.陀螺果栒子 *Cotoneaster turbinatus*

151.黄杨叶栒子 *Cotoneaster buxifoliu*

(六十八)山楂属 *Crataegus*

152.滇西山楂 *Crataegus oresbia*

(六十九)小石积属 *Osteomeles*

153.华西小石积 *Osteomeles schwerinae#*

(七十)花楸属 *Sorbus*

154.西南花楸 *Sorbus rehderiana#*

155.冠萼花楸 *Sorbus coronata*

156.附生花楸 *Sorbus epidendron*

157.大果花楸 *Sorbus megalocarpa*

158.西康花楸 *Sorbus prattii*

(七十一)石楠属 *Photinia*

159.厚叶石楠 *Photinia crassifolia*

(七十二)梨属 *Pyrus*

160.川梨 *Pyrus pashia *#*

(七十三)苹果属 *Malus*

161.滇池海棠 *Malus yunnanensis*

(七十四)路边青属 *Geum*

162.路边青 *Geum aleppicum*

(七十五)草莓属 *Fragaria*

163.纤细草莓 *Fragaria gracilis*

164.野草莓 *Fragaria vesca*

(七十六)委陵菜属 *Potentilla*

165.金露梅 *Potentilla fruticosa#*

166.白毛金露梅 *Potentilla fruticosa* var. *albicans*

167.银露梅 *Potentilla glabra*

168.西南委陵菜 *Potentilla lineata*

169.蕨麻委陵菜 *Potentilla anserina*

170.川滇委陵菜 *Potentilla fallens*

171.三叶委陵菜 *Potentilla freyniana*

172.大花委陵菜 *Potentilla macrosepala*

173.总梗委陵菜 *Potentilla peduncularis*

174.华西委陵菜 *Potentilla potaninii*

175.钉柱委陵菜 *Potentilla saundersiana#*

(七十七)蔷薇属 *Rosa*

176.西南蔷薇 *Rosa murielae#*

177.钝叶蔷薇 *Rosa sertata#*

178.峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis#*

179.复伞房蔷薇 *Rosa brunonii*

180.刺毛蔷薇 *Rosa farreri*

181.大叶蔷薇 *Rosa macrophylla*

182.毛叶蔷薇 *Rosa mairei*

183.川滇蔷薇 *Rosa soulieana*

184.毛叶川滇蔷薇 *Rosa soulieana* var. *yunnanensis*

185.绢毛蔷薇 *Rosa sericea*

(七十八)悬钩子属 *Rubus*

186.凉山悬钩子 *Rubus fockeanus*

187.黄色悬钩子 *Rubus lutescens*

188.细瘦悬钩子 *Rubus macilentus*

189.直立悬钩子 *Rubus stans*

190.紫红悬钩子 *Rubus subinopertus*

(七十九)地榆属 *Sanguisorba*

191.矮地榆 *Sanguisorba filiformis#*

(八十)樱属 *Cerasus*

192.云南樱桃 *Cerasus yunnanensis*

193.尖尾樱桃 *Cerasus caudata*

(八十一)李属 *Prunus*

194.李 *Prunus salicina **

(八十二)桃属 *Amygdalus*

195.桃 *Amygdalus persica*#*

**三十、豆科 Leguminosae**

(八十三)合欢属 *Albizia*

196.山槐 *Albizia kalkora*

(八十四)羊蹄甲属 *Bauhinia*
197.小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla#*
(八十五)冬麻豆属 *Salweenia*
198.冬麻豆 *Salweenia wardii#*
(八十六)槐属 *Sophora*
199.白刺花 *Sophora davidii#*
(八十七)旋花豆属 *Cochlianthus*
200.细茎旋花豆 *Cochlianthus gracilis*
(八十八)百脉根属 *Lotus*
201.百脉根 *Lotus corniculatus*
(八十九)野豌豆属 *Vicia*
202.救荒野豌豆 *Vicia sativa*
(九十)高山豆属 *Tibetia*
203.云南高山豆 *Tibetia yunnanensis*
(九十一)木蓝属 *Indigofera*
204.灰岩木蓝 *Indigofera calcicola#*
205.尖齿木蓝 *Indigofera argutidens*
206.刺齿木蓝 *Indigofera chaetodonta*
207.黑叶木蓝 *Indigofera nigrescens*
208.垂序木蓝 *Indigofera pendula*
209.网叶木蓝 *Indigofera reticulata*
(九十二)锦鸡儿属 *Caragana*
210.川西锦鸡儿 *Caragana erinacea*
211.云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*
212.鬼箭锦鸡儿 *Caragana jubata*
(九十三)车轴草属 *Trifolium*
213.白车轴草 *Trifolium repens#*
214.红车轴草 *Trifolium pratense*
(九十四)黄耆属 *Astragalus*
215.地八角 *Astragalus bhotanensis*
216.弯齿黄耆 *Astragalus camptodontus*
217.紫云英 *Astragalus sinicus*
218.云南黄耆 *Astragalus yunnanens*is
(九十五)山蚂蝗属 *Desmodium*
219.圆锥山蚂蝗 *Desmodium elegans#*
220.盐源山蚂蝗 *Desmodium elegans* var. *handelii*
221.小叶三点金 *Desmodium microphyllum*
222.饿蚂蝗 *Desmodium multiflorum*
223.美花山马蝗 *Desmodium elegans* var. *callianthum*
(九十六)长柄山蚂蝗属 *Podocarpium*
224.长柄山蚂蝗 *Hylodesmum podocarpum*
225.大苞长柄山蚂蝗 *Hylodesmum williamsii*
(九十七)胡枝子属 *Lespedeza*
226.多花胡枝子 *Lespedeza floribunda#*
227.截叶铁扫帚 *Lespedeza cuneata*
(九十八)杭子梢属 *Campylotropis*
228.小叶杭子梢 *Campylotropis wilsonii#*
229.毛杭子梢 *Campylotropis hirtella*
230.小雀花 *Campylotropis polyantha*
(九十九)苜蓿属（*Medicago*）
231.紫苜蓿（*Medicago sativa*）*
**三十一、酢浆草科 Oxalidaceae**
(一百)酢浆草属 *Oxalis*
232.酢浆草 *Oxalis corniculata#*
233.山酢浆草 *Oxalis griffithii*
234.白鳞酢酱草 *Oxalis leucolepis*
**三十二、牻牛儿苗科 Geraniaceae**
(一百〇一)老鹳草属 *Geranium*
235.长根老鹳草 *Geranium donianum*
236.萝卜根老鹳草 *Geranium napuligerum*
237.尼泊尔老鹳草 *Geranium nepalense*
238.反瓣老鹳草 *Geranium refractum*
239.五叶老鹳草 *Geranium delavayi*
240.宽托叶老鹳草 *Geranium wallichianum*
241.甘青老鹳草 *Geranium pylzowianum#*
**三十三、旱金莲科 Tropaeolaceae**
(一百〇二)旱金莲属 *Tropaeolum*
242.旱金莲 *Tropaeolum majus*#*
**三十四、石榴科 Punicaceae**
(一百〇三)石榴属 *Punica*
243.石榴 *Punica granatum*#*
**三十五、芸香科 Rutaceae**
(一百〇四)花椒属 *Zanthoxylum*
244.刺花椒 *Zanthoxylum acanthopodium*
(一百〇五)石椒草属 *Boenninghausenia*
245.石椒草 *Boenninghausenia albiflora*
**三十六、苦木科 Simaroubaceae**
(一百〇六)臭椿属 *Ailanthus*
246.刺臭椿 *Ailanthus vilmoriniana*
**三十七、远志科 Polygalaceae**
(一百〇七)远志属 *Polygala*
247.瓜子金 *Polygala japonica*
**三十八、椴树科 Tiliaceae**
(一百〇八)田麻属 *Corchoropsis*
248.甜麻 *Corchorus aestuans*

(一百〇九)椴树属 *Tilia*
249.少脉椴 *Tilia paucicostata*
**三十九、大戟科 Euphorbiaceae**
(一百一十)雀舌木属 *Leptopus*
250.云南雀舌木 *Leptopus yunnanensis*
251.雀儿舌头 *Leptopus chinensis*
(一百一十一)蓖麻属 *Ricinus*
252.蓖麻 *Ricinus communis* #
(一百一十二)大戟属 *Euphorbia*
253.圆苞大戟 *Euphorbia griffithii*
254.大狼毒 *Euphorbia jolkinii#*
255.高山大戟 *Euphorbia stracheyi*
**四十、黄杨科 Buxaceae**
(一百一十三)野扇花属 *Sarcococca*
256.羽脉野扇花 *Sarcococca hookeriana*
257.野扇花 *Sarcococca ruscifolia*
**四十一、马桑科 Coriariaceae**
(一百一十四)马桑属 *Coriaria*
258.马桑 *Coriaria nepalensis#*
**四十二、无患子科 Sapindaceae**
(一百一十五)无患子属 *Sapindus*
259.无患子 *Sapindus saponaria#*
**四十三、漆树科 Anacardiaceae**
(一百一十六)黄连木属 *Pistacia*
260.清香木 *Pistacia weinmannifolia#*
(一百一十七)漆属 *Toxicodendron*
261.漆 *Toxicodendron vernicifluum*
262.野漆 *Toxicodendron succedaneum*
**四十四、冬青科 Aquifoliaceae**
(一百一十八)冬青属 *Ilex*
263.双核枸骨 *Ilex dipyrena* .
**四十五、卫矛科 Celastraceae**
(一百一十九)卫矛属 *Euonymus*
264.小卫矛 *Euonymus nanoides*
**四十六、槭科 Aceraceae**
(一百二十)槭属 *Acer*
265.建水阔叶槭 *Acer amplum* var. *jianshuiense*
266.青榨槭 *Acer davidii*
267.五裂黄毛槭 *Acer fulvescens* subsp. *Pentalobum*
**四十七、清风藤科 Sabiaceae**
(一百二十一)泡花树属 *Meliosma*
268.泡花树 *Meliosma cuneifolia* .
(一百二十二)清风藤属 *Sabia*
269.云南清风藤 *Sabia yunnanensis*
**四十八、凤仙花科 Balsaminaceae**
(一百二十三)凤仙花属 *Impatiens*
270.锐齿凤仙花 *Impatiens arguta*
271.耳叶凤仙花 *Impatiens delavayi*
272.束花凤仙花 *Impatiens desmantha*
273.滇水金凤 *Impatiens uliginosa*
**四十九、鼠李科 Rhamnaceae**
(一百二十四)雀梅藤属 *Sageretia*
274.李叶雀梅藤 *Sageretia prunifolia*
275.心叶雀梅藤 *Sageretia thea* var. *cordiformis*
276.脱毛雀梅藤 *Sageretia yilinii*
277.凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida#*
278.雀梅藤 *Sageretia thea#*
(一百二十五)鼠李属 *Rhamnus*
279.高山亮叶鼠李 *Rhamnus hemsleyana* var. *yunnanensis*
280.淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*
(一百二十六)马甲子属 *Paliurus*
281.马甲子 *Paliurus ramosissimus*
(一百二十七)对节刺属 *Horaninovia*
282.对节刺 *Horaninovia ulicina*

**五十、葡萄科 Vitaceae**
(一百二十八)崖爬藤属 *Tetrastigma*
283.崖爬藤 *Tetrastigma obtectum*
(一百二十九)蛇葡萄属 *Ampelopsis*
284.蛇葡萄 *Ampelopsis glandulosa#*
285.尖齿蛇葡萄 *Ampelopsis acutidentata#*
(一百三十)葡萄属 *Vitis*
286.毛葡萄 *Vitis heyneana*
**五十一、锦葵科 Malvaceae**
(一百三十一)黄花稔属 *Sida*
287.黄花稔 *Sida acuta*
(一百三十二)*锦葵属（Malva）*
288.
**五十二、藤黄科 Guttiferae**
(一百三十三)金丝桃属 *Hypericum*
289.美丽金丝桃 *Hypericum bellum*
290.纤茎金丝桃 *Hypericum filicaule*
291.纤枝金丝桃 *Hypericum lagarocladum*
**五十三、柽柳科 Tamaricaceae**

(一百三十四)水柏枝属 *Myricaria*
292.卧生水柏枝 *Myricaria rosea#*
293.具鳞水柏枝 *Myricaria squamosa*
**五十四、堇菜科 Violaceae**
(一百三十五)堇菜属 *Viola*
294.密毛粗齿堇菜 *Viola urophylla* var. *densivillosa*
295.阔紫叶堇菜 *Viola cameleo*
296.双花堇菜 *Viola biflora*
297.灰叶堇菜 *Viola delavayi*
**五十五、瑞香科 Thymelaeaceae**
(一百三十六)狼毒属 *Stellera*
298.狼毒 *Stellera chamaejasme*
(一百三十七)瑞香属 *Daphne*
299.尖瓣瑞香 *Daphne acutiloba*
(一百三十八)莞花属 *Wikstroemia*
300.莞花 *Wikstroemia canescens#*
301.羊眼子 *Wikstroemia ligustrina#*
302.革叶莞花 *Wikstroemia scytophylla#*
**五十六、紫茉莉科 Nyctaginaceae**
(一百三十九)黄细心属 *Boerhavia*
303.黄细心 *Boerhavia diffusa#*
**五十七、胡颓子科 Elaeagnaceae**
(一百四十)胡颓子属 *Elaeagnus*
304.长柄胡颓子 *Elaeagnus delavayi*
(一百四十一)沙棘属 *Hippophae*
305.沙棘 *Hippophae rhamnoides* subsp. *Yunnanensis*
306.云南沙棘 *Hippophae rhamnoides* subsp. *Yunnanensis*
**五十八、柳叶菜科 Onagraceae**
(一百四十二)柳叶菜属 *Epilobium*
307.毛脉柳叶菜 *Epilobium amurense*
308.硬毛柳叶菜 *Epilobium pannosum*
309.柳叶菜 *Epilobium hirsutum*
(一百四十三)露珠草属 *Circaea*
310.高山露珠草 *Circaea alpine*
311.露珠草 *Circaea cordata*
**五十九、五加科 Araliaceae**
(一百四十四)楤木属 *Aralia*
312.芹叶龙眼独活 *Aralia apioides*
313.楤木 *Aralia chinensis* var. *chinensis*
314.云南龙眼独活 *Aralia yunnanensis*
(一百四十五)人参属 *Panax*
315.珠子参 *Panax japonicus* var.*major*
**六十、伞形科 Umbelliferae**
(一百四十六)窃衣属 *Torilis*
316.小窃衣 *Torilis japonica*
(一百四十七)藁本属 *Ligusticum*
317.尖叶藁本 *Ligusticum acuminatum*
(一百四十八)茴芹属 *Pimpinella*
318.德钦茴芹 *Pimpinella kingdom-wardii*
319.紫瓣茴芹 *Pimpinella purpurea*
(一百四十九)囊瓣芹属 *Pternopetalum*
320.心果囊瓣芹 *Pternopetalum cardiocarpum*
(一百五十)柴胡属 *Bupleurum*
321.小柴胡 *Bupleurum hamiltonii*
322.空心柴胡 *Bupleurum longicaule* var. *franchetii*
323.丽江柴胡 *Bupleurum rockii*
324.云南柴胡 *Bupleurum yunnanense*
**六十一、山茱萸科 Cornaceae**
(一百五十一)梾木属 *Cornus*
325.凉生梾木 *Cornus alsophila*
326.毛叶梾木 *Cornus oblonga* var. *griffithii*
**六十二、鹿蹄草科 Pyrolaceae**
(一百五十二)水晶兰属 *Monotropa*
327.水晶兰 *Monotropa uniflora*
328.球果假水晶兰 *Monotropastrum humile*
**六十三、杜鹃花科 Ericaceae**
(一百五十三)杜鹃花属 *Rhododendron*
329.锈红杜鹃 *Rhododendron complexum*
330.大白杜鹃 *Rhododendron decorum*
331.绵毛杜鹃 *Rhododendron floccigerum*
332.腋花杜鹃 *Rhododendron racemosum*
333.筒花杜鹃 *Rhododendron trichostomum* var. *ledoides*
334.云南杜鹃 *Rhododendron yunnanense#*
335.两色杜鹃 *Rhododendron dichroanthum#*
336.灰背杜鹃 *Rhododendron hippophaeoides#*
337.凝毛杜鹃 *Rhododendron phaeochrysum* var. *agglutinatum#*
338.红棕杜鹃 *Rhododendron rubiginosum#*
339.滇藏杜鹃 *Rhododendron temenium#*
340.亮叶杜鹃 *Rhododendron vernicosum#*
(一百五十四)珍珠花属 *Lyonia*
341.大萼珍珠花 *Lyonia macrocalyx*

342.珍珠花 *Lyonia ovalifolia#*
343.毛叶珍珠花 *Lyonia villosa*
(一百五十五)马醉木属 *Pieris*
344.美丽马醉木 *Pieris Formosa*
(一百五十六)越桔属 *Vaccinium*
345.乌鸦果 *Vaccinium fragile#*
**六十四、紫金牛科 Myrsinaceae**
(一百五十七)铁仔属 *Myrsine*
346.铁仔 *Myrsine africana*
(一百五十八)紫茉莉属 *Mirabilis*
347.紫茉莉 *Mirabilis jalapa**
**六十五、报春花科 Primulaceae**
(一百五十九)珍珠菜属 *Lysimachia*
348.中甸珍珠菜 *Lysimachia chungdienensis*
349.小寸金黄 *Lysimachia deltoidea* var. *cinerascens*
350.短柱珍珠菜 *Lysimachia excisa*
(一百六十)点地梅属 *Androsace*
351.大花点地梅 *Androsace euryantha*
352.直立点地梅 *Androsace erecta*
(一百六十一)报春花属 *Primula*
353.中甸独花报春 *Omphalogramma forrestii*
354.灰岩皱叶报春 *Primula forrestii*
355.海仙花 *Weigela coraeensis*
356.偏花报春 *Primula secundiflora*
357.七指报春 *Primula septemloba*
358.钟花报春 *Primula sikkimensis#*
(一百六十二)紫金标属 *Ceratostigma*
359.架棚 *Ceratostigma minus#*
**六十六、白花丹科 Plumbaginaceae**
(一百六十三)蓝雪花属 *Ceratostigma*
360.小蓝雪花 *Ceratostigma minus*
**六十七、木犀科 Meliaceae**
(一百六十四)女贞属 *Ligustrum*
361.裂果女贞 *Ligustrum sempervirens*
(一百六十五)梣属 *Fraxinus*
362.白蜡树 *Fraxinus chinensis*
(一百六十六)木犀榄属 *Olea*
363.木犀榄 *Olea europaea*#*
(一百六十七)素馨属 *Jasminum*
364.矮探春 *Jasminum humile*
365.野迎春 *Jasminum mesnyi*
**六十八、马钱科 Loganiaceae**
(一百六十八)醉鱼草属 *Buddleja*
366.皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa#*
367.金沙江醉鱼草 *Buddleja nivea*
368.酒药花醉鱼草 *Buddleja myriantha*
**六十九、龙胆科 Gentianaceae**
(一百六十九)龙胆属 *Gentiana*
369.七叶龙胆 *Gentiana arethusae* var. *delicatula#*
370.钻叶龙胆 *Gentiana haynaldii#*
371.扁蕾 *Gentianopsis barbata#*
372.粗茎秦艽 *Gentiana crassicaulis*
373.流苏龙胆 *Gentiana panthaica*
374.椭圆叶花锚 *Halenia elliptica*
(一百七十)獐牙菜属 *Swertia*
375.川西獐牙菜 *Swertia mussotii#*
376.獐牙菜 *Swertia bimaculata*
**七十、萝藦科 Asclepiadaceae**
(一百七十一)秦岭藤属 *Biondia*
377.黑水藤 *Biondia insignis*
(一百七十二)鹅绒藤属 *Cynanchum*
378.小叶鹅绒藤 *Cynanchum anthonyanum#*
379.白薇 *Cynanchum atratum*
380.大理白前 *Cynanchum forrestii#*
381.木里白前 *Cynanchum muliense*
382.折叶白前 *Cynanchum forrestii* var. *conduplicatum#*
(一百七十三)南山藤属 *Dregea*
383.苦绳 *Dregea sinensis#*
**七十一、旋花科 Convolvulaceae**
(一百七十四)鱼黄草属 *Merremia*
384.山土瓜 *Merremia hungaiensis*
(一百七十五)菟丝子属 *Cuscuta*
385.菟丝子 *Cuscuta chinensis #*
(一百七十六)番薯属 *Ipomoea*
386.纤细五爪金龙 *Ipomoea cairica* var. *gracillima#*
(一百七十七)牵牛属 *Pharbitis*
387.牵牛 *Ipomoea nil*
**七十二、紫草科 Boraginaceae**
(一百七十八)滇紫草属 *Onosma*
388.滇紫草 *Onosma paniculatum#*
389.多枝滇紫草 *Onosma multiramosum#*
390.露蕊滇紫草 *Onosma exsertum*
(一百七十九)附地菜属 *Trigonotis*
391.细梗附地菜 *Trigonotis gracilipes*

392.高山附地菜 *Trigonotis rockii*
(一百八十)齿缘草属 *Eritrichium*
393.大叶假鹤虱 *Eritrichium brachytuba*
(一百八十一)琉璃草属 *Cynoglossum*
394.倒提壶 *Cynoglossum amabile*
395.小花琉璃草 *Cynoglossum lanceolatum#*
(一百八十二)毛果草属 *Lasiocaryum*
396.云南毛果草 *Lasiocaryum trichocarpum*
(一百八十三)厚壳树属 *Ehretia*
397.云南粗糠树 *Ehretia confinis*

**七十三、马鞭草科 Verbenaceae**

(一百八十四)马鞭草属 *Verbena*
398.马鞭草 *Verbena officinalis*
(一百八十五)豆腐柴属 *Premna*
399.云南豆腐柴 *Premna yunnanensis*
(一百八十六)牡荆属 *Vitex*
400.小叶荆
(一百八十七)蒺属 *Caryopteris*
401.灰毛蒺 *Caryopteris forrestii #*
402.小叶灰毛蒺 *Caryopteris forrestii* var. *minor#*

**七十四、唇形科 Labiatae**

(一百八十八)筋骨草属 *Ajuga*
403.筋骨草 *Ajuga ciliata Bunge*
404.痢止蒿 *Ajuga forrestii*
405.弯花筋骨草 *Ajuga campylantha*
(一百八十九)铃子香属 *Chelonopsis*
406.齿唇铃子香（钝齿变种）*Chelonopsis odontochila* var. *smithii*
(一百九十)夏枯草属 *Prunella*
407.狭叶夏枯草 *Prunella vulgaris* var. *lanceolata*
408.夏枯草 *Prunella vulgaris*
(一百九十一)糙苏属 *Phlomis*
409.深紫糙苏 *Phlomis atropurpurea#*
(一百九十二)鼠尾草属 *Salvia*
410.暗紫鼠尾草 *Salvia atropurpurea*
411.雪山鼠尾草 *Salvia evansiana*
412.甘西鼠尾草 *Salvia przewalskii#*
413.黏毛鼠尾草 *Salvia roborowskii*
(一百九十三)姜味草属 *Micromeria*
414.小香薷 *Micromeria barosma*
(一百九十四)冠唇花属 *Microtoena*
415.云南冠唇花 *Microtoena delavayi*
(一百九十五)风轮菜属 *Clinopodium*
416.寸金草 *Clinopodium megalanthum*
417.灯笼草 *Clinopodium polycephalum*
(一百九十六)狗骨柴属 *Diplospora*
418.云南狗骨柴 *Diplospora mollissima*
419.野拔子 *Elsholtzia rugulosa*
(一百九十七)防风属 *Saposhnikovia*
420.绣球防风 *Leucas ciliata*
(一百九十八)鸡脚参属 *Orthosiphon*
421.鸡脚参 *Orthosiphon wulfenioides*
(一百九十九)牛至属 *Origanum*
422.牛至 *Origanum vulgare* .
(二百)薄荷属 *Mentha*
423.薄荷 *Mentha haplocalyx*
424.留兰香 *Mentha spicata*
(二百〇一)紫苏属 *Perilla*
425.紫苏 *Perilla frutescens*
(二百〇二)香薷属 *Elsholtzia*
426.密花香薷 *Elsholtzia densa*
427.香薷 *Elsholtzia ciliata*
(二百〇三)香茶菜属 *Rabdosia*
428.线纹香茶菜 *Rabdosia lophanthoides*
429.帚状香茶菜 *Rabdosia* scoparius
430.紫萼香茶菜 *Rabdosia forrestii*
431.柄叶香茶菜 *Rabdosia phyllopodus*
432.多花香茶菜 *Rabdosia pluriflora*
433.黄花香茶菜 *Rabdosia sculponeatus*
434.胶粘香茶菜 *Rabdosia glutinosus#*
435.细锥香茶菜 *Rabdosia coetsa#*
436.不育红 *Rabdosia yuennanensis*

**七十五、茄科 Solanaceae**

(二百〇四)曼陀罗属 *Datura*
437.曼陀罗 *Datura stramonium*#*
(二百〇五)茄属 *Solanum*
438.龙葵 *Solanum nigrum*
439.矮株龙葵 *Solanum nigrum* var. *humile#*

**七十六、玄参科 Scrophulariaceae**

(二百〇六)毛蕊花属 *Verbascum*
440.毛蕊花 *Verbascum thapsus #*
(二百〇七)鞭打绣球属 *Hemiphragma*
441.鞭打绣球 *Hemiphragma heterophyllum#*
(二百〇八)婆婆纳属 *Veronica*
442.北水苦荬 *Veronica anagallis-aquatica*
443.疏花婆婆纳 *Veronica laxa#*

(二百〇九)松蒿属 *Phtheirospermum*
444.细裂叶松蒿 *Phtheirospermum tenuisectum*
(二百一十)翅茎草属 *Pterygiella*
445.圆茎翅茎草 *Pterygiella cylindrica*
446.杜氏翅茎草 *Pterygiella duclouxii*
447.翅茎草 *Pterygiella nigrescens*
(二百一十一)阴行草属 *Siphonostegia*
448.阴行草 *Siphonostegia chinensis*
(二百一十二)马先蒿属 *Pedicularis*
449.密穗马先蒿 *Pedicularis densispica*
450.邓氏马先蒿 *Pedicularis dunniana*
451.全缘全叶马先蒿 *Pedicularis integrifolia* subsp. *Integerrima*
452.绒舌马先蒿 *Pedicularis lachnoglossa*
453.管状长花马先蒿 *Pedicularis longiflora* var. *tubiformis#*
454.多枝浅黄马先蒿 *Pedicularis lutescens* subsp. *Ramosa*
455.大王马先蒿 *Pedicularis rex*
456.马鞭草叶马先蒿 *Pedicularis verbenifolia*
457.维氏马先蒿 *Pedicularis vialii*
458.腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris#*
459.二歧马先蒿 *Pedicularis dichotoma#*

**七十七、紫葳科 Bignoniaceae**

(二百一十三)角蒿属 *Incarvillea*
460.两头毛 *Incarvillea arguta #*
461.鸡肉参 *Incarvillea mairei*
462.角蒿 *Incarvillea sinensis#*

**七十八、苦苣苔科 Gesneriaceae**

(二百一十四)粗筒苣苔属 *Briggsia*
463.粗筒苣苔 *Briggsia kurzii*
(二百一十五)苦苣苔属 *Conandron*
464.苦苣苔 *Conandron ramondioides*
(二百一十六)珊瑚苔苣属 *Corallodiscus*
465.石花 *Corallodiscus flabellatus#*
466.西藏珊瑚苣苔 *Corallodiscus lanuginosa#*
467.黄花石花 *Corallodiscus flabellatus* var. *luteus*

**七十九、车前科 Plantaginaceae**

(二百一十七)车前属 *Plantago*
468.车前 *Plantago asiatica*
469.尖萼车前 *Plantago cavaleriei*
470.平车前 *Plantago depressa*
471.疏花车前 *Plantago asiatica* subsp. *Erosa*

**八十、茜草科 Rubiaceae**

(二百一十八)野丁香属 *Leptodermis*
472.川滇野丁香 *Leptodermis pilosa#*
473.野丁香 *Leptodermis potanini*
474.绒毛野丁香 *Leptodermis potanini* var. *tomentosa*
(二百一十九)拉拉藤属 *Galium*
475.小叶葎 *Galium asperifolium* var. *sikkimense*
476.拉拉藤 *Galium aparine* var. *echinospermum#*
477.四叶葎 *Galium bungei*
478.小红参 *Galium elegans*
479.腺叶拉拉藤 *Galium glandulosum*
(二百二十)鸡矢藤属 *Paederia*
480.毛鸡矢藤 *Paederia scandens* var. *tomentosa*
(二百二十一)须弥茜树属 *Himalrandia*
481.须弥茜树 *Himalrandia lichiangensis*

**八十一、忍冬科 Caprifoliaceae**

(二百二十二)六道木属 *Abelia*
482.细瘦六道木 *Abelia forrestii*
(二百二十三)双盾木属 *Dipelta*
483.云南双盾木 *Dipelta yunnanensis*
(二百二十四)鬼吹箫属 *Leycesteria*
484.鬼吹箫 *Leycesteria Formosa*
485.狭落鬼吹箫 *Leycesteria formosa* var. *stenosepala#*
(二百二十五)莛子藨属 *Triosteum*
486.穿心莛子藨 *Triosteum himalayanum* .
(二百二十六)荚蒾属 *Viburnum*
487.桦叶荚蒾 *Viburnum betulifolium*
488.聚花荚蒾 *Viburnum glomeratum*
489.湖北荚蒾 *Viburnum hupehense*
490.显脉荚蒾 *Viburnum nervosum*
491.水红木 *Viburnum cylindricum*
(二百二十七)忍冬属 *Lonicera*
492.杯萼忍冬 *Lonicera inconspicua#*
493.齿叶忍冬 *Lonicera setifera*

**八十二、败酱科 Valerianaceae**

(二百二十八)缬草属 *Valeriana*
494.柔垂缬草 *Valeriana flaccidissima*

**八十三、川续断科 Dipsacaceae**

(二百二十九)刺续断属 *Morina*
495.白花刺参 *Morina nepalensis* var. *alba*
496.大花刺参 *Morina nepalensis* var. *delavayi*
497.刺参 *Morina nepalensis*
(二百三十)川续断属 *Dipsacus*
498.大头续断 *Dipsacus mitis*
499.川续断 *Dipsacus asper*
(二百三十一)翼首花属 *Pterocephalus*
500.裂叶翼首花 *Pterocephalus bretschneideri*

**八十四、葫芦科 Cucurbitaceae**

(二百三十二)赤飑属 *Thladiantha*
501.长毛赤飑 *Thladiantha villosula*

**八十五、秋海棠科 Begoniaceae**

**(二百三十三)秋海棠属（Begonia）**

502.全柱秋海棠 *Begonia grandis* subsp. *Holostyla*

**八十六、仙人掌科 Cactaceae**

**(二百三十四)仙人掌属 *Opuntia***

503.西南仙人掌 *Opuntia monacantha#*

**八十七、使君子科 Combretaceae**

(二百三十五)诃子属 *Terminalia*
504.滇榄仁 *Terminalia franchetii*
505.错枝榄仁 *Terminalia franchetii* var. *intricate#*

**八十八、桔梗科 Campanulaceae**

(二百三十六)党参属 *Codonopsis*
506.松叶鸡蛋参 *Codonopsis graminifolia*
507.鸡蛋参 *Codonopsis* subsp. *Convolvulacea*
508.管花党参 *Codonopsis tubulosa*
509.美丽蓝钟花 *Cyananthus formosus*
(二百三十七)风铃草属 *Campanula*
510.西南风铃草 *Campanula colorata*

**八十九、菊科 Compositae**

(二百三十八)下田菊属 *Adenostemma*
511.下田菊 *Adenostemma lavenia*
(二百三十九)泽兰属 *Eupatorium*
512.异叶泽兰 *Eupatorium heterophyllum*
(二百四十)紫菀属 *Aster*
513.三脉紫菀 *Aster ageratoides*
514.柳叶小舌紫菀 *Aster albescens* var. *salignus*
515.短毛紫菀 *Aster brachytrichus*
516.短茎紫菀 *Aster brevis*
(二百四十一)一点红属 *Emilia*
517.一点红 *Emilia sonchifolia#*
(二百四十二)粘冠草属 *Myriactis*
518.狐狸草 *Myriactis wallichii*
(二百四十三)飞蓬属 *Erigeron*
519.短葶飞蓬 *Erigeron breviscapus*
520.多舌飞蓬 *Erigeron multiradiatus*
521.紫苞飞蓬 *Erigeron porphyrolepis*
522.珠峰飞蓬 *Erigeron himalajensis*
523.一年蓬 *Erigeron annuus*
(二百四十四)白酒草属 *Conyza*
524.小蓬草 *Conyza Canadensis#*
525.熊胆草 *Conyza blinii*
526.白酒草 *Conyza japonica*
(二百四十五)火绒草属 *Leontopodium*
527.艾叶火绒草 *Leontopodium artemisiifolium*
528.木茎火绒草 *Leontopodium stoechas*
529.坚杆火绒草 *Leontopodium franchetii*
530.珠峰火绒草 *Leontopodium himalayanum*
531.华火绒草 *Leontopodium sinense*
(二百四十六)香青属 *Anaphalis*
532.黄腺香青 *Anaphalis aureopunctata#*
533.绒毛黄腺香青 *Anaphalis aureo-punctata* var. *tomentosa*
534.二色香青 *Anaphalis bicolor#*
535.乳白香青 *Anaphalis lacteal*
536.雅致香青 *Anaphalis elegans*
(二百四十七)天名精属 *Carpesium*
537.天名精 *Carpesium abrotanoides#*
538.金挖耳 *Carpesium divaricatum*
539.高原天名精 *Carpesium lipskyi*
(二百四十八)鬼针草属 *Bidens*
540.白花鬼针草 *Bidens pilosa* var. *radiate#*
541.鬼针草 *Bidens pilosa#*
542.柳叶鬼针草 *Bidens cernua*
(二百四十九)牛膝菊属 *Galinsoga*
543.牛膝菊 *Galinsoga parviflora*
(二百五十)亚菊属 *Ajania*
544.丽江亚菊 *Ajania adenantha*
(二百五十一)蒿属 *Artemisia*
545.黄花蒿 *Artemisia annua#*
546.怒江蒿 *Artemisia nujianensis#*
547.艾 *Artemisia argyi#*
548.白苞蒿 *Artemisia lactiflora*

549.野艾蒿 *Artemisia lavandulifolia*
550.东方蒿 *Artemisia orientalihengduangensis*
551.猪毛蒿 *Artemisia scoparia*
552.西南牡蒿 *Artemisia parviflora*
553.毛莲蒿 *Artemisia vestita*
554.灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana#*
555.沙蒿 *Artemisia desertorum*
(二百五十二)蟹甲草属 *Cacalia*
556.轮叶蟹甲草 *Parasenecio cyclotus*
557.三角叶蟹甲草 *Parasenecio deltophyllus*
558.阔柄蟹甲草 *Parasenecio latipes*
559.掌裂蟹甲草 *Parasenecio palmatisectus*
(二百五十三)豨莶属 *Siegesbeckia*
560.豨莶 *Siegesbeckia orientalis*
(二百五十四)千里光属 *Senecio*
561.缺裂千里光 *Senecio scandens* var. *incises#*
562.匙叶千里光 *Senecio spathiphyllus*
(二百五十五)橐吾属 *Ligularia*
563.大黄橐吾 *Ligularia duciformis#*
564.云南橐吾 *Ligularia yunnanensis#*
565.网脉橐吾 *Ligularia dictyoneura*
566.宽舌橐吾 *Ligularia platyglossa*
567.东俄洛橐吾 *Ligularia tongolensis*
568.离舌橐吾 *Ligularia veitchiana*
(二百五十六)垂头菊属 *Cremanthodium*
569.壮观垂头菊 *Cremanthodium nobile*
(二百五十七)牛蒡属 *Arctium*
570.牛蒡 *Arctium lappa*
(二百五十八)蓟属 *Cirsium*
571.贡山蓟 *Cirsium bolocephalum*
572.骆骑 *Cirsium handelii*
573.牛口刺 *Cirsium shansiense*
(二百五十九)菊三七属 *Gynura*
574.菊三七 *Gynura japonica*
(二百六十)风毛菊属 *Saussurea*
575.柱茎风毛菊 *Saussurea columnaris#*
576.百裂风毛菊 *Saussurea centiloba*
577.三角叶风毛菊 *Saussurea deltoidea*
578.丽江风毛菊 *Saussurea likiangensis*
579.褐黄风毛菊 *Saussurea ochrochlaena*
(二百六十一)红花属 *Carthamus*
580.红花 *Carthamus tinctorius**
(二百六十二)兔儿风属 *Ainsliaea*
581.宽穗兔儿风 *Ainsliaea latifolia* var. *platyphylla*
582.心叶兔儿风 *Ainsliaea bonatii*
(二百六十三)万寿菊属 *Tagetes*
583.万寿菊 *Tagetes erecta*
(二百六十四)大丁草属 *Leibnitzia*
584.大丁草 *Gerbera anandria*
(二百六十五)毛连菜属 *Picris*
585.毛连菜 *Picris hieracioides*
(二百六十六)蒲公英属 *Taraxacum*
586.蒲公英 *Taraxacum mongolicum#*
587.拉萨蒲公英 *Taraxacum sherriffii*
588.小花蒲公英 *Taraxacum parvulum*
589.西藏蒲公英 *Taraxacum tibetanum #*
(二百六十七)绢毛菊属 *Soroseris*
590.绢毛菊 *Soroseris gillii*
(二百六十八)合头菊属 *Syncalathium*
591.康滇合头菊 *Syncalathium souliei*
(二百六十九)莴苣属 *Lactuca*
592.黑苞莴苣 *Lactuca lessertiana*
(二百七十)岩参属 *Cicerbita*
593.青甘岩参 *Cicerbita roborowskii*
594.蓝花岩参 *Cicerbita cyanea*
(二百七十一)厚喙菊属 *Dubyaea*
595.紫花厚喙菊 *Dubyaea atropurpurea*
(二百七十二)鼠麴草属 *Gnaphalium*
596.秋鼠麴草 *Gnaphalium hypoleucum*
597.鼠麴草 *Gnaphalium affine*
(二百七十三)盘果菊属 *Prenanthes*
598.三花盘果菊 *Prenanthes brunoniana*
(二百七十四)还羊阳属 *Crepis*
599.绿茎还阳参（Crepis lignea）
(二百七十五)苦荬菜属 *Ixeris*
600.细叶苦荬 *Ixeris gracilis*
601.山苦荬 *Ixeris chinensis*
(二百七十六)糙果芹属 *Trachyspermum*
602.马尔康糙果芹 *Trachyspermum triradiatum#*
(二百七十七)黄鹤菜属 *Youngia*
603.羽裂黄鹤菜 *Youngia paleacea*
(二百七十八)百日菊属 *Zinnia*
604.百日菊 *Zinnia elegans*

**九十、禾本科 Gramineae**

(二百七十九)箭竹属 *Fargesia*
605.马亨箭竹 *Fargesia communis*
606.昆明实心竹 *Fargesia yunnanensis*
(二百八十)玉山竹属 *Yushania*
607.紫花玉山竹 *Yushania violascens*
(二百八十一)细柄草属 *Capillipedium*
608.硬秆子草 *Capillipedium assimile#*
(二百八十二)虎尾草属 *Chloris*
609.虎尾草 *Chloris virgate#*
(二百八十三)画眉草属 *Eragrostis*
610.小画眉草 *Eragrostis minor*
611.德钦画眉草 *Eragrostis deqinensis#*
(二百八十四)冠芒草属 *Enneapogon*
612.短穗冠芒草 *Enneapogon brachystachyus*
(二百八十五)黄茅属 *Heteropogon*
613.黄茅 *Heteropogon contortus#*
(二百八十六)羊茅属 *Festuca*
614.藏滇羊茅 *Festuca vierhapperi*
615.矮羊茅 *Festuca coelestis#*
(二百八十七)早熟禾属 *Poa*
616.早熟禾 *Poa annua*
617.细叶早熟禾 *Poa pratensis* subsp. *Angustifolia#*
(二百八十八)发草属 *Deschampsia*
618.发草 *Deschampsia caespitosa*
(二百八十九)燕麦属 *Avena*
619.野燕麦 *Avena fatua*
(二百九十)大麦属 *Hordeum*
620.青稞 *Hordeum vulgare* var. *celeste**
(二百九十一)拂子茅属 *Calamagrostis*
621.单蕊拂子茅 *Calamagrostis emodensis*
(二百九十二)野青茅属 *Deyeuxia*
622.糙野青茅 *Deyeuxia scabrescens #*
623.野青茅 *Deyeuxia pyramidalis#*
(二百九十三)披碱草属 *Elymus*
624.垂穗披碱草 *Elymus nutans#*
(二百九十四)剪股颖属 *Agrostis*
625.剪股颖 *Agrostis matsumurae*
626.丽江剪股颖 *Agrostis schneideri*
(二百九十五)菅属 *Themeda*
627.黄背草 *Themeda japonica*
628.苞子草 *Themeda caudate#*
629.西南菅草 *Themeda hookeri#*
(二百九十六)针茅属 *Stipa*
630.长芒草 *Stipa bungeana*
631.狭穗针茅 *Stipa regeliana#*
(二百九十七)狗尾草属 *Setaria*
632.狗尾草 *Setaria viridis #*
(二百九十八)狼尾草属 *Pennisetum*
633.白草 *Pennisetum flaccidum #*
(二百九十九)白茅属 *Imperata*
634.白茅 *Imperata cylindrical#*
(三百)野古草属 *Arundinella*
635.野古草 *Arundinella anomala#*
(三百〇一)荩草属 *Arthraxon*
636.荩草 *Arthraxon hispidus*
637.矛叶荩草 *Arthraxon prionodes#*
(三百〇二)拟金茅属 *Eulaliopsis*
638.拟金茅 *Eulaliopsis binate#*
(三百〇三)草沙蚕属 *Tripogon*
639.中华草沙蚕 *Tripogon chinensis#*
(三百〇四)香茅属 *Cymbopogon*
640.芸香草 *Cymbopogon distans#*
(三百〇五)玉蜀黍属 *Zea*
641.玉蜀黍（玉米）*Zea mays**

**九十一、莎草科 Cyperaceae**

(三百〇六)扁穗草属 *Blysmus*
642.华扁穗草 *Blysmus sinocompressus#*
(三百〇七)莎草属 *Cyperus*
643.阿穆尔莎草 *Cyperus amuricus#*
(三百〇八)嵩草属 *Kobresia*
644.线形嵩草 *Kobresia duthiei*
645.四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*
(三百〇九)羊胡子草属 *Eriophorum*
646.丛毛羊胡子草 *Eriophorum comosum#*
(三百一十)苔草属 *Carex*
647.藏东苔草 *Carex cardiolepis*
648.云雾薹草 *Carex nubigena*
649.丝引薹草 *Carex remotiuscula*
650.长茎薹草 *Carex setigera*
651.大坪子薹草 *Carex tapintzensis*

**九十二、天南星科 Araceae**

(三百一十一)天南星属 *Arisaema*
652.黄苞南星 *Arisaema flavum#*
653.一把伞南星 *Arisaema erubescens*
654.岩生南星 *Arisaema saxatile*
655.天南星 *Arisaema heterophyllum*
656.山珠南星 *Arisaema yunnanense*

**九十三、鸭跖草科 Commelinaceae**
(三百一十二)鸭跖草属 *Commelina*
657.饭包草 *Commelina benghalensis*
**九十四、灯心草科 Juncaceae**
(三百一十三)地杨梅属 *Luzula*
658.穗花地杨梅 *Luzula spicata*
(三百一十四)灯心草属 *Juncus*
659.小灯心草 *Juncus bufonius*
660.细茎灯心草 *Juncus gracilicaulis*
661.展苞灯心草 *Juncus thomsonii*
662.葱状灯心草 *Juncus allioides*
663.喜马灯心草 *Juncus himalensis*
**九十五、百合科 Liliaceae**
(三百一十五)独尾草属 *Eremurus*
664.独尾草 *Eremurus chinensis #*
(三百一十六)百合属 *Lilium*
665.宝兴百合 *Lilium duchartrei*
666.滇百合 *Lilium bakerianum*
(三百一十七)葱属 *Allium*
667.多星韭 *Allium wallichii#*
668.真籽韭 *Allium eusperma#*
669.滇韭 *Allium mairei#*
670.粗根韭 *Allium fasciculatum*
(三百一十八)岩菖蒲属 *Tofieldia*
671.叉柱岩菖蒲 *Tofieldia divergens*
(三百一十九)鹿药属 *Smilacina*
672.窄瓣鹿药 *Maianthemum tatsienense*
673.中甸鹿药 *Maianthemum zhongdianense*
(三百二十)黄精属 *Polygonatum*
674.卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium #*
(三百二十一)天门冬属 *Asparagus*
675.天门冬 *Asparagus cochinchinensis*
676.多刺天门冬 *Asparagus myriacanthus*
(三百二十二)沿阶草属 *Ophiopogon*
677.沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*
678.间型沿阶草 *Ophiopogon intermedius*
(三百二十三)粉条儿菜属 *Aletris*
679.无毛粉条儿菜 *Aletris glabra*
680.少花粉条儿菜 *Aletris pauciflora*
(三百二十四)吊兰属 *Chlorophytum*
681.西南吊兰 *Chlorophytum nepalense*
(三百二十五)菝葜属 *Smilax*
682.防己叶菝葜 *Smilax menispermoidea*
**九十六、薯蓣科 Dioscoreaceae**
(三百二十六)薯蓣属 *Dioscorea*
683.异叶薯蓣 *Dioscorea biformifolia*
684.五叶薯蓣 *Dioscorea pentaphylla*
685.高山薯蓣 *Dioscorea delavayi*
686.三角叶薯蓣 *Dioscorea deltoidea*
**九十七、鸢尾科 Iridaceae**
(三百二十七)鸢尾属 *Iris*
687.尼泊尔鸢尾 *Iris decora #*
688.西南鸢尾 *Iris bulleyana#*
**九十八、姜科 Zingiberaceae**
(三百二十八)象牙参属 *Roscoea*
689.早花象牙参 *Roscoea cautleoides*
690.藏象牙参 *Roscoea tibetica*
691.无柄象牙参 *Roscoea schneideriana*
(三百二十九)姜花属 *Hedychium*
692.草果药 *Hedychium spicatum*
**九十九、兰科 Orchidaceae**
(三百三十)绶草属 *Spiranthes*
693.绶草 *Spiranthes sinensis*
(三百三十一)舌喙兰属 *Hemipilia*
694.扇唇舌喙兰 *Hemipilia flabellata*
(三百三十二)舌唇兰属 *Platanthera*
695.二叶舌唇兰 *Platanthera chlorantha*
696.舌唇兰 *Platanthera japonica#*
(三百三十三)角盘兰属 *Herminium*
697.叉唇角盘兰 *Herminium lanceum*
698.角盘兰 *Herminium monorchis*
699.宽唇角盘兰 *Herminium josephi*
(三百三十四)阔蕊兰属 *Peristylus*
700.凸孔阔蕊兰 *Peristylus coeloceras*
701.金川阔蕊兰 *Peristylus jinchuanicus*
(三百三十五)玉凤花属 *Habenaria*
702.长距玉凤花 *Habenaria davidii*
(三百三十六)火烧兰属 *Epipactis*
703.大叶火烧兰 *Epipactis mairei*
704.火烧兰 *Epipactis helleborine*
(三百三十七)手参属 *Gymnadenia*
705.西南手参 *Gymnadenia orchidis*
(三百三十八)虾脊兰属 *Calanthe*
706.流苏虾脊兰 *Calanthe alpina*
(三百三十九)叠鞘兰属 *Chamaegastrodia*
707.川滇叠鞘兰 *Chamaegastrodia inverta*
(三百四十)沼兰属 *Malaxis*
708.沼兰 *Malaxis monophyllos*

(三百四十一)独蒜兰属 *Pleione*

709.独蒜兰 *Pleione bulbocodioides*

**附录 2 旭龙水电站评价区陆生动物名录**

**评价区两栖动物名录**

| 名称 | 生境分布 | 区系类型 | 数量 | 保护级别 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一、**无尾目 ANURA** | | | | | |
| （一）锄足蟾科 PELOBATIDAE | | | | | |
| 1．乡城齿蟾<br>*Oreolalax xiangchengensis* | 栖于海拔 2000～3000m 的高原水溪中。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| **（二）蟾蜍科 Bufonidae** | | | | | |
| 2．圆疣蟾蜍<br>*Bufo tuberculatus* | 生活于海拔 2600～2700m 的河谷地区 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 3．西藏蟾蜍<br>*Bufo tibetanus* | 栖息于海拔 2400～4300m 的高原草地、农田及林缘的乱石或杂草丛中。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（三）雨蛙科** HYLIDAE | | | | | |
| 4．华西雨蛙<br>*Hyla. annenctans* | 栖息于海拔 750~2400m 稻田地区。 | 东洋种 | +++ | — | 资料 |
| **（四）蛙科 Ranidae** | | | | | |
| 5．昭觉林蛙<br>*Rana chaochiaoensis* | 栖息于山岭地带近水域的 草间或树林内。在水中完成冬眠期，后进入森林进行陆地生活大量进食。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 6．胫腺侧褶蛙<br>*Pelophylax shuchinae* | 栖息于高山地区水坑，其生存海拔范围为 3000～3600m。 | 东洋种 | +++ | — | 资料 |
| 7．腹斑倭蛙<br>*Nanorana ventripunctata* | 多见于水坑、水塘以及湖泊等静水水域。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |

注：分类系统参照《中国动物志（两栖纲）》（科学出版社，2009 年）

**评价区爬行动物名录**

| 名称 | 生境分布 | 区系 | 数量 | 保护级别 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|
| **一、有鳞目 SQUAMATA** | | | | | |
| **（一）壁虎科 Gekkonidae** | | | | | |
| 1．多疣壁虎<br>*Gekko japonicus* | 栖息于树林、沙漠、草原及住宅区等，是昼伏夜出的动物。 | 东洋种 | +++ | — | 资料访问 |
| **（二）鬣蜥科 Agamidae** | | | | | |
| 2．变色树蜥<br>*Calotes versicolor* | 常见于林下、山坡草丛、坟地、河边、路旁、住宅附近的草丛或树干上。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 3．草绿攀蜥<br>*Japalura flaviceps* | 栖息于海拔较高的山区。 | 东洋种 | ++ | — | 目击 |
| 4．丽纹攀蜥<br>*Japalura splendida* | 多在农田边的草丛或灌丛中活动。 | 东洋种 | + | — | 目击 |
| 5．棕背树蜥<br>*Calotes emma* | 栖息于海拔980～1650m干热河谷稀树灌草丛带和低、中山稀树灌木草丛的下部。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（三）石龙子科 Scincidae** | | | | | |
| 6．康定滑蜥<br>*Scincella potanini* | 多见于高海拔地区、常发现于森林下溪旁杂草间及山坡碎石块下、或有稀疏灌丛杂草亦浅的潮湿地。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 7．铜蜓蜥<br>*Sphenomorphus indicus* | 栖息在海拔 2000m 以下的平原、山地阴湿草丛中以及荒石堆或有裂缝的石壁处。 | 东洋种 | ++ | — | 资料访问 |
| **（四）游蛇科 Colubridae** | | | | | |
| 8．紫灰锦蛇<br>*Elaphe porphyracea* | 生活于山地林区，亦见于平原、丘陵及民宅附近，分布海拔为1170～1500m。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 9．黑眉晨蛇<br>*Orthriophis taeniurus* | 生活在高山、平原、丘陵、草地、田园及村舍附近，也常在稻田、河边及草丛中，有时活动与农舍附近。善攀爬，喜食鼠类、鸟类。 | 广布种 | + | — | 资料访问 |
| 10．缅甸颈槽蛇<br>*Rhabdophis leonardi* | 栖息于中山带农耕区附近的草丛中。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 11．红脖颈槽蛇<br>*Rhabdophis subminiatus* | 栖息于海拔1600m以下的中低山，常在河谷坝区的水稻田、缓流及池塘中活动捕食。多以蛙类为食。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 12．黑头剑蛇<br>*Sibynophis chinensis* | 生活于山区海拔 600m 林地，尾有缠绕性。主要捕食小型蜥蜴（草蜥、石龙子），生活在山脚下靠溪流的地方，草多石乱之地，比较难发现。 | 东洋种 | + | — | 资料 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13．棕网腹链蛇<br>*Amphiesma johannis* | 生活于山地林区。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（五）蝰科 Viperidae** | | | | | |
| 14．山烙铁头<br>*Ovophis monticola* | 常发现于近水边的灌木丛，山间溪边。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 15．高原蝮<br>*Gloydius strauchii* | 生活于高山高原草原地区以及多出没于有乱石堆处。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 16．乡城原矛头蝮<br>*Protobothrops xiangchengensis* | 栖息于山区森林中。 | 东洋种 | + | — | 资料 |

注：分类系统参考《中国两栖纲和爬行纲动物校正名录》（赵尔宓，张学文等，2000 年）。

**评价区鸟类名录**

| 名称 | 主要生境 | 区系 | 数量 | 保护等级 | 居留型 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **一、鹳形目 CICONIIFORMES** | | | | | | |
| **（一）鹭科 Ardeidae** | | | | | | |
| 1．苍鹭<br>*Ardea cinerea* | 栖息于江河、溪流、湖泊、水塘、海岸等水域岸边及其浅水处。 | 古北种 | + | — | 冬 | 资料 |
| 2．白鹭<br>*Egretta garzetta* | 喜稻田、河岸、沙滩、泥滩及沿海小溪流。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **二、雁形目 ANSERIFORMES** | | | | | | |
| **（二）鸭科 Anatidae** | | | | | | |
| 3．赤麻鸭<br>*Tadorna ferruginea* | 栖息于江河、湖泊、河口、水塘及其附近的草原、荒地、沼泽、沙滩、农田和平原疏林等各类生境中。 | 广布种 | + | 藏Ⅱ级 | 夏 | 资料 |
| 4．普通秋沙鸭<br>*Mergus squamatus* | 栖息于大的内陆湖泊、江河、水库、池塘、河口等淡水水域，偶尔到海湾、河口及沿海潮间地带。 | 古北种 | ++ | — | 冬 | 资料 |
| 5．凤头潜鸭<br>*Aythya fuligula* | 主要栖息于湖泊、河流、水库、池塘、沼泽、河口等开阔水面。繁殖季节则多选择在富有岸边植物的开阔湖泊与河流地区。 | 古北种 | + | — | 冬 | 资料 |
| **三、隼形目 FALCONIFORMES** | | | | | | |
| **（三）鹰科 Accipitridae** | | | | | | |
| 6．金雕<br>*Aquila chrysaetos* | 栖于崎岖干旱平原、岩崖山区及开阔原野，捕食于雉类、土拨鼠及其他哺乳动物。 | 古北种 | + | 国家Ⅰ级藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| 7．胡兀鹫<br>*Cypaetus barbatus* | 栖息在海拔 500～4000 米山地裸岩地区。喜栖息于开阔地区，象草原、冻原、高地和石楠荒地等处。 | 广布种 | + | 国家Ⅰ级、藏Ⅰ级 | 留 | 资料 |
| 8．高山兀鹫<br>*Gyps himalayensis* | 栖息于高山和高原地区，常在高山森林上部苔原森林地带或高原草地、荒漠和岩石地带活动，或是在高空翱翔，或是成群栖息于地上或岩石上。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | 留 | 目击 |
| 9．黑鸢<br>*Milvus migrans* | 栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带，也出现在 2000m 以上的高山森林和林缘地带。 | 广布种 | ++ | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | 留 | 资料 |
| 10．雀鹰<br>*Accipiter nisus* | 栖息于林缘、河谷，采伐迹地的次生林和农田附近的小块丛林地带活动。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| 11．普通鵟<br>*Buteo buteo* | 常见在开阔平原、荒漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄上空盘旋 | 古北种 | ++ | 国家Ⅱ级、藏 | 冬 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 翱翔。 | | | Ⅰ级 | | |
| **（四）隼科 Falconidae** | | | | | | |
| 12．红隼<br>*Falco tinnunculus* | 栖息于山地森林、森林苔原、低山丘陵、草原、旷野、森林平原、山区植物稀疏的混合林、开垦耕地、旷野灌丛草地、林缘、林间空地、疏林和有稀疏树木生长的旷野、河谷和农田地区。 | 广布种 | ++ | 国家Ⅱ级、藏Ⅰ级 | 留 | 资料 |
| 13．灰背隼<br>*Falco columbarius* | 栖息于开阔的低山丘陵、山脚平原、森林平原、海岸和森林苔原地带。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| **四、鸡形目 GALLIFORMES** | | | | | | |
| **（五）雉科 Phasianidae** | | | | | | |
| 14．血雉<br>*Ithaginis cruentus* | 栖息于雪线附近的高山针叶林、混交林及杜鹃灌丛中。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| 15．雉鹑<br>*Tetraophasis obscurus* | 栖于海拔 4000m 左右的针叶林、灌丛及裸岩地带。 | 东洋种 | + | 国家Ⅰ级、藏Ⅰ级 | 留 | 资料 |
| 16．红腹角雉<br>*Tragopan temminckii* | 栖息于海拔 1000~3500m 的山地森林、灌丛、竹林等不同植被类型。 | 古北种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| 17．藏马鸡<br>*Crossoptilon harmani* | 栖息于海拔 2500~6000m 的裸露岩石、稀疏及高山草甸地带。 | 古北种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| 18．环颈雉<br>*Phasianus colchicus* | 栖息于中、低山丘陵的灌丛、竹丛或草丛中。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 资料 |
| 19．白腹锦鸡<br>*Chrysolophus amherstiae* | 栖息于海拔 2000~4000m 的山地，活动于多岩的荒芜山地、灌丛及矮竹间。 | 东洋种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| **五、鸽形目 COLUMBIFORMES** | | | | | | |
| **（六）鸠鸽科 Columbidae** | | | | | | |
| 20．岩鸽<br>*Columba rupestris* | 栖息于山地岩石和悬岩峭壁处。 | 古北种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| 21．雪鸽<br>*Columba leuconota* | 栖息于海拔2000～4000m的高山悬岩地带，也出现于高海拔地区裸岩河谷和岩壁上。 | 古北种 | + | — | 留 | 资料 |
| 22．山斑鸠<br>*Streptopelia orientalis* | 栖于平原和山地树林间，冬季活动在农田里。以各种浆果及种子为食。 | 广布种 | + | — | 留 | 目击 |
| 23．火斑鸠<br>*Oenopopelia* | 栖息于农田附近的树林中。 | 广布种 | + | — | 夏 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *tranquebarica* | | | | | | |
| **六、鹃形目 CUCULIFORMES** | | | | | | |
| **（七）杜鹃科 Cuculidae** | | | | | | |
| 24．大杜鹃<br>*Cuculus canorus* | 大杜鹃栖息于山地、丘陵和平原地带的森林中，有时也出现于农田和居民点附近高的乔木树上。 | 广布种 | + | — | 夏 | 资料 |
| **七、鸮形目 STRIGIFORMES** | | | | | | |
| **（八）鸱鸮科 Strigidae** | | | | | | |
| 25．雕鸮<br>*Bubo bubo* | 栖息于山地森林、平原、荒野、林缘灌丛、疏林，以及裸露的高山和峭壁等各类环境中。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 留 | 资料 |
| **八、雨燕目 APODIFORMES** | | | | | | |
| **（九）雨燕科 Apodidae** | | | | | | |
| 26．白腰雨燕<br>*Apus pacificus* | 栖息于陡峻的山坡、悬岩、尤其是靠近河流、水库等水源附近的悬岩峭壁较为喜欢。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 资料 |
| **九、戴胜目 UPUPIFORMES** | | | | | | |
| **（十）戴胜科 Upupidae** | | | | | | |
| 27．戴胜<br>*Upupa epops* | 栖息于山地、平原、森林、林缘、路边、河谷、农田、草地、村屯和果园等开阔地方，尤其以林缘耕地生境较为常见。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| **十、䴕形目 PICIFORMES** | | | | | | |
| **（十一）啄木鸟科 Picidae** | | | | | | |
| 28．蚁䴕<br>*Jynx torquilla* | 栖息于开阔的疏林地带，尤喜阔叶林和针阔叶混交林。 | 古北种 | + | — | 冬 | 资料 |
| 29．大斑啄木鸟<br>*Dendrocopos major* | 栖息于山地和平原针叶林、针阔叶混交林和阔叶林中，尤以混交林和阔叶林较多，也出现于林缘次生林和农田地边疏林及灌丛地带。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| **十一、雀形目 PASSERIFORMES** | | | | | | |
| **（十二）百灵科 Alaudidae** | | | | | | |
| 30．小云雀<br>*Alauda gulgula* | 栖息于开阔平原、草地、低山平地、河边、沙滩、草丛、坟地、荒山坡、农田和荒地以及沿海平原。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（十三）燕科 Hirundinidae** | | | | | | |
| 31．崖沙燕<br>*Riparia riparia* | 喜栖于湖泊、沼泽和江河的泥质沙滩或附近的土崖上。 | 广布种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| 32．岩燕<br>*Ptyonoprogne rupestris* | 喜在湖、鱼池、沼泽、水库、江河等的水面飞翔。活动于山谷、山前旷地或沿河流在空中飞行，栖于山区岩崖 | 古北种 | ++ | — | 夏 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 及干旱河谷。 | | | | | |
| 33．家燕<br>*Hirundo rustica* | 栖息在人类居住的环境。村落附近，常成对或成群地栖息于村屯中的房顶、电线以及附近的河滩和田野里。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 34．金腰燕<br>*Hirundo daurica* | 栖息于低山及平原的居民点附近的坡地、草坪、也围绕树林附近有轮廓的平房、高大建筑物、工厂飞翔、栖在空旷地区的树上以及喜栖在无叶的枝条或枯枝。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| **（十四）鹡鸰科 Motacillidae** | | | | | | |
| 35．白鹡鸰<br>*Motacilla alba* | 栖息于河流、湖泊、水库、水塘等水域岸边，也栖息于农田、湿草原、沼泽等湿地，有时还栖于水域附近的居民点和公园。 | 广布种 | +++ | — | 夏 | 目击 |
| 36．灰鹡鸰<br>*Motacilla cinerea* | 栖息于溪流、河谷、湖泊、水塘、沼泽等水域岸边或水域附近的草地、农田、住宅和林区居民点。 | 古北种 | + | — | 旅 | 资料 |
| 37．树鹨<br>*Anthus hodgsoni* | 多栖于低山丘陵和山脚平原草地，常活动在林缘、路边、河谷、林间空地、高山苔原、草地等各类生境。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 38．粉红胸鹨<br>*Anthus roseatus* | 栖息于山地、林缘、灌丛、草原、河谷地带。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（十五）山椒鸟科 Campephagidae** | | | | | | |
| 39．长尾山椒鸟<br>*Pericrocotus ethologus* | 栖息于山地森林中。无论是山地常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔叶混交林，还是针叶林，都见有栖息。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 40．暗灰鹃鵙<br>*Coracina melaschistos* | 栖于甚开阔的林地及竹林。冬季从山区森林下移越冬。 | 东洋种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| **（十六）鹎科 Pycnonotidae** | | | | | | |
| 41．黄臀鹎<br>*Pycnonotus xanthorrhous* | 栖息于中低山和山脚平坝与丘陵地区的次生阔叶林、栎林、混交林和林缘地区，尤其喜欢沟谷林、林缘疏林灌丛、稀树草坡等开阔地区。 | 东洋种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| 42．黑短脚鹎<br>*Hypsipetes madagascariensis* | 生活在次生林、阔叶林、常绿阔叶林和针阔叶混交林及其林缘地带。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（十七）伯劳科 Laniidae** | | | | | | |
| 43．灰背伯劳<br>*Lanius tephronotus* | 栖息于低山丘陵和山脚平原地区，有时也到园林、农田、村宅河流附近，活动。 | 东洋种 | ++ | — | 留 | 资料 |
| **（十八）卷尾科 Dicruridae** | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44．黑卷尾 *Dicrurus macrocercus* | 栖息活动于城郊区村庄附近和广大农村，尤喜在村民居屋前后高大的椿树上营巢繁殖。 | 广布种 | + | — | 夏 | 资料 |
| 45．灰卷尾 *Dicrurus leucophaeus* | 栖息于平原丘陵地带、村庄附近、河谷或山区。 | 东洋种 | + | — | 夏 | 资料 |
| **（十九）鸦科 Corvidae** | | | | | | |
| 46．喜鹊 *Pica pica* | 栖息地多样，常出没于人类活动地区，喜欢将巢筑在民宅旁的大树上。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| 47．星鸦 *Nucifraga caryocatactes* | 栖于松林，以松子为食。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| 48．红嘴山鸦 *Pyrrhocorax pyrrhocorax* | 常见在河谷岩石、高山草地、稀树草坡、草甸灌丛、高山裸岩、半荒漠、海边悬岩等开阔地带活动。 | 古北种 | + | — | 留 | 资料 |
| 49．小嘴乌鸦 *Corvus corone* | 喜结大群栖息，栖息于低山、丘陵和平原地带的疏林及林缘地带，有的地方繁殖区也上到海拔3500m左右的山地。 | 古北种 | +++ | — | 旅 | 资料 |
| 50．大嘴乌鸦 *Corvus macrorhynchos* | 栖息于低山、平原和山地阔叶林、针阔叶混交林、针叶林、次生杂木林、人工林等各种森林类型中。喜欢在林间路旁、河谷、海岸、农田、沼泽和草地上活动。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| **（二十）河乌科 Cinclidae** | | | | | | |
| 51．河乌 *Cinclus cinclus* | 栖于森林及开阔区域清澈而湍急的山间溪流。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| （二十一）鹪鹩科 Troglodytidae | | | | | | |
| 52．鹪鹩 *Troglodytes stoglodytes* | 生活在中、高山的潮湿密林和灌木丛中 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| （二十二）岩鹨科 Prunellidae | | | | | | |
| 53．棕胸岩鹨 *Prunella strophiata* | 栖息于海拔 1800~4500m 的高山灌丛、草地、沟谷、牧场、高原和林线附近。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| 54．鸲岩鹨 Prunella rubeculoides | 栖息于高山灌丛或草坡、土坎、河滩的低金腊梅灌丛地方。 | 古北种 | + | — | 留 | 资料 |
| 55．褐岩鹨 *Prunella fulvescens* | 喜开阔有灌丛至几乎无植被的高山山坡及碎石带。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（二十三）鸫科 Turdinae** | | | | | | |
| 56．赭红尾鸲 *Phoenicurus* | 栖息于海拔 2500~4500m 的高山针叶林和林线以上的高山灌丛草地、也栖 | 广布种 | ++ | — | 留 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *ochruros* | 息于高原草地 | | | | | |
| 57．黑喉红尾鸲 *Phoenicurus hodgsoni* | 栖息于海拔 2000~4000m 的高山和高原灌丛草地、林缘、疏林、河谷、灌丛、草丛和针叶林中。 | 东洋种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| 58．北红尾鸲 *Phocuicurus auroreus* | 栖息于山地、森林、河谷、林缘和居民点附近的灌丛与低矮树丛中，尤以居民点和附近的丛林、花园、地边树丛较常见。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 目击 |
| 59．红尾水鸲 Rhyacornis fuliginosus | 活动于山泉溪涧中或山区溪流、河谷、平原河川岸边的岩石间、溪流附近的建筑物四周或池塘堤岸间。 | 古北种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 60．蓝额红尾鸲 *Phoenicurus frontalis* | 栖息于海拔 2000~4200m 的亚高山针叶林和高山灌丛草甸。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| 61．白顶溪鸲 *Chaimarrornis leucocephalus* | 常栖于山区河谷、山间溪流边的岩石上、河川的岸边、河中露出水面的巨大岩石间。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| 62．黑喉石鹏 *Saxicola torquata* | 栖息于海拔 800~6500m 间，常出没于林区外围、村寨和农田附近及山坡和河谷的灌丛中，常栖于灌丛、矮小树及农作物的梢端、地面岩石上或电线上。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 目击 |
| 63．灰林鹏 *Saxicola ferrea* | 栖于海拔 350～2800m 间开阔沟谷地带、灌丛、草丛、松林、草坡、林缘耕地、阔叶林或山洞溪旁等处，常停息于电线上或居民点附近的篱笆上。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| 64．蓝矶鸫 *Monticola solitarius* | 栖息于多岩石的低山峡谷以及山溪、湖泊等水域附近的岩石山地 | 广布种 | + | — | 留 | 目击 |
| **（二十四）鹟科 Muscicapidae** | | | | | | |
| 65．乌鹟 *Muscicapa sibirica* | 常见于森林。 | 广布种 | + | — | 夏 | 资料 |
| 66．方尾鹟 *Culiciapa ceylonensis* | 常见于森林，最常见于海拔 1000~1600m 的山麓林。 | 东洋种 | + | — | 夏 | 资料 |
| **（二十五）画眉科 Timaliidae** | | | | | | |
| 67．橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii* | 结小群于开阔次生林及灌丛的林下植被及竹丛中取食。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 资料 |
| 68．棕颈钩嘴鹛 *Pomatorhinus ruficollis* | 栖息于低山和山脚平原地带的阔叶林、次生林、竹林和林缘灌丛中，也出入于村寨附近的茶园、果园、路旁丛林和农田地灌木丛间。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| 69．矛纹草鹛 *Babax lanceolatus* | 栖息于稀树灌丛草坡、竹林、常绿阔叶林、针阔叶混交林、亚高山针叶林 | 东洋种 | ++ | — | 留 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 和林缘灌丛中。 | | | | | |
| 70．白眉雀鹛 *Alcippe vinipectus* | 栖息于山林矮树、灌木丛、常绿阔叶林、针阔混交林、针叶林林下灌丛以及有苔藓的树干。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| 71．白领凤鹛 *Yuhina diademata* | 栖息于海拔 1500~3000m 的山地阔叶林、针阔叶混交林、针叶林和竹林中，也栖息于次生林、人工林和林缘疏林灌丛。 | 东洋种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| **（二十六）莺科 Sylviidae** | | | | | | |
| 72．褐柳莺 *Phylloscopus fuscatus* | 栖息于从山脚平原到海拔4500m的山地森林和林线以上的高山灌丛地带，尤其喜欢稀疏而开阔的阔叶林、针阔叶混交林和针叶林林缘以及溪流沿岸的疏林与灌丛。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 73．黄腹柳莺 *Phylloscopus affinis* | 栖息于高原、山地和平原地带的森林中，包括针叶林、针阔混交林、柳树丛和林缘灌丛，以及园林、果园、田野、村落、庭院等处。 | 广布种 | + | — | 夏 | 资料 |
| 74．黄腰柳莺 *Phylloscopus proregulus* | 栖息于高原、山地和平原地带的森林中，包括针叶林、针阔混交林、柳树丛和林缘灌丛，以及园林、果园、田野、村落、庭院等处。 | 广布种 | + | — | 冬 | 资料 |
| 75．黄眉柳莺 *Phylloscopus inornatus* | 栖息于高原、山地和平原地带的森林中，包括针叶林、针阔混交林、柳树丛和林缘灌丛，以及园林、果园、田野、村落、庭院等处。 | 广布种 | ++ | — | 冬 | 资料 |
| 76．金眶鹟莺 *Seicercus birkii* | 栖息于海拔 1000~3000m 的山地常绿或落叶阔叶林中，尤以林下灌木发达的溪流两岸的稀疏阔叶林和竹林中较常见。 | 东洋种 | + | — | 夏 | 资料 |
| **（二十七）绣眼鸟科 Zosteropidae** | | | | | | |
| 77．暗绿绣眼鸟 *Zosterops japonica* | 栖息于阔叶林和以阔叶树为主的针阔叶混交林、竹林、次生林等各种类型森林中。 | 东洋种 | + | — | 夏 | 资料 |
| **（二十八）长尾山雀科 Aegithalidae** | | | | | | |
| 78．红头长尾山雀 *Aegihalos iouschistoe* | 栖息于山地森林和灌木林间，也见于果园、茶园等人类居住地附近的小林内。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（二十九）山雀科 Paridae** | | | | | | |
| 79．黑冠山雀 *Parus rubidiventris* | 栖息于海拔 2000~3500m 的山地针叶林、竹林和杜鹃灌丛中。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 目击 |
| 80．大山雀 | 栖息于低山和山麓地带的次生阔叶 | 广布种 | +++ | — | 留 | 目击 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Parus major* | 林、阔叶林和针阔叶混交林中，也出入于人工林和针叶林。 | | | | | |
| 81．绿背山雀 *Parus monticolus* | 栖息在海拔 1200~3000m 的山地针叶林和针阔叶混交林、阔叶林和次生林，冬季常下到低山和山脚及平原地带的次生林、人工林和林缘疏林灌丛，有时也出现在果园、庭院和农田地边的树丛中。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（三十）鸸科 Sittidae** | | | | | | |
| 82．普通鸸 *Sitta europaea* | 在树干的缝隙及树洞中啄食橡树籽及坚果，飞行起伏呈波状。 | 广布种 | + | — | 留 | 资料 |
| 83．滇鸸 *Sitta yunnanensis* | 海拔 1300~3200m 中山和高山沟谷林、山坡针叶林或针阔混交林带。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| （三十一）旋壁雀科 Tichodroma | | | | | | |
| 84．红翅旋壁雀 *Tichodroma muraia* | 栖息在悬崖和陡坡壁上。 | 广布种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| （三十二）旋木雀科 Certhiidae | | | | | | |
| 85．高山旋木雀 *Aethopyga gouldiae* | 栖息于海拔 1000~3500m 的常绿阔叶林、沟谷林季雨林和常绿、落叶混交林中，也出入于稀树草坡、果园、农地、河边与公路边的树上，有时也见于竹林和灌丛。 | 东洋种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| **（三十三）花蜜鸟科 Nectariniidae** | | | | | | |
| 86．蓝喉太阳鸟 *Aethopyga gouldiae* | 栖息于海拔 1000~3500m 的常绿阔叶林、沟谷林季雨林和常绿、落叶混交林中，也出入于稀树草坡、果园、农地、河边与公路边的树上，有时也见于竹林和灌丛。 | 东洋种 | + | — | 留 | 资料 |
| **（三十四）雀科 Passeridae** | | | | | | |
| 87．山麻雀 *Passer rutilans* | 栖息于海拔1500m以下的低山丘陵和山脚平原地带的各类森林和灌丛中。 | 广布种 | + | — | 留 | 目击 |
| 88．[树]麻雀 *Passer montanus* | 多在有人类集居的地方，城镇和乡村，河谷、果园、岩石草坡、房前屋后和路边树上活动和觅食。 | 广布种 | +++ | — | 留 | 目击 |
| **（三十五）燕雀科 Fringillidae** | | | | | | |
| 89．普通朱雀 *Carpodacus erythrinus* | 栖息于海拔1000m以上的针叶林和针阔叶混交林及其林缘地带。 | 广布种 | ++ | — | 夏 | 资料 |
| 90．红眉朱雀 *Carpodacus pulcherrimus* | 喜栖于山地针阔混交林和长有稀疏植物的干石滩处。 | 广布种 | + | — | 留 | 目击 |
| 91．斑翅朱雀 | 繁殖于海拔 1800~3000m 的稀疏针叶 | 东洋种 | = | — | 留 | 资料 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Carpodacus trifasciatus* | 林，但冬季下至农耕地及果园。 | | | | | |
| 92．黑头金翅雀 Carduelis ambigua | 栖息于海拔1800m以上的高山和亚高山针叶林和林缘地带，也见于开阔的针阔叶混交林和常绿阔叶林以及山边疏林草坡、高山草甸、河滩和农田地中。 | 广布种 | ++ | — | 留 | 资料 |
| 93．白斑翅拟蜡嘴雀 *Mycerobas carnipes* | 常见于海拔 2800~4600m 沿林线的冷杉、松树及矮小桦树之上。 | 东洋种 | + | — | 留 | |
| **（三十六）鹀科 Emberizidae** | | | | | | |
| 94．灰眉岩鹀 *Emberiza godlewskii* | 栖息于裸露的低山丘陵、高山和高原等开阔地带的岩石荒坡、草地和灌丛中。 | 广布种 | +++ | — | 留 | 目击 |

注：分类系统参考《中国鸟类分类与分布名录（第 2 版）》（郑光美，2011 年）。

**评价区兽类名录**

| 名称 | 生境 | 区系 | 数量级 | 保护级别 | 依据 |
|---|---|---|---|---|---|
| **一、食虫目 INSECTIVORA** | | | | | |
| **（一）鼹科 TALPIDAE** | | | | | |
| 1．长尾鼩鼹<br>*Scaptonyx fusicaudatus* | 栖息于山地森林，林缘草灌丛。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（二）鼩鼱科 Soricidae** | | | | | |
| 2．大长尾鼩鼱<br>*Episoriculus leucops* | 栖息于山区林地、荒野。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| 二、**攀鼩目 SCANDENTIA** | | | | | |
| （三）**树鼩科 Tupaiidae** | | | | | |
| 3．中缅树鼩<br>*Tupaiidae belangeri* | 生活于热带和亚热带森林、灌丛、村落附近。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| **三、翼手目 CHIROPTERA** | | | | | |
| **（四）蝙蝠科 Vespertilionidae** | | | | | |
| 4．托氏菊头蝠<br>*Rhinolophus thomasi* | 栖息于海拔较高的高山山洞中，亦可住到居民点附近。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| **四、灵长目 PRIMATES** | | | | | |
| **（五）猴科 CERCOPITHECIDAE** | | | | | |
| 5．猕猴<br>*Macaca mulatta* | 栖息广泛，草原、沼泽各类森林均可栖息。 | 广布种 | ++ | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 目击 |
| **五、 食肉目 CARNIVORA** | | | | | |
| **（六）犬科 Canidae** | | | | | |
| 6．赤狐<br>*Vulpes vulpes* | 栖息环境非常多样，如森林、草原、荒漠、高山、丘陵、平原及村庄附近，甚至于城郊，皆可栖息。 | 广布种 | + | 川、藏Ⅰ级 | 访问 |
| **（七）熊科 Ursidae** | | | | | |
| 7．黑熊<br>*Ursus thibetanus* | 栖息于海拔 1000~4400m 的森林中。 | 东洋种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| **（八）小熊猫科 Ailuridae** | | | | | |
| 8．小熊猫<br>*Ailurus fulgens* | 栖息于海拔 1000m~3800m 的阔叶林、针阔混交林或针叶林带的林下竹丛间。 | 东洋种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| **（九）鼬科 Mustelidae** | | | | | |
| 9．黄鼬<br>*Mustela sibirica* | 栖息于海拔 3000~4200m 的森林缘、山地灌丛、高原草原、农耕地、河谷沼泽等地带。 | 广布种 | + | 藏Ⅰ级 | 资料 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10．青鼬<br>*Martes flavigula* | 活动于常绿阔叶叶林和针阔叶混交林区。 | 广布种 | + | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| 11．鼬獾<br>*Melogale moschata* | 栖于河谷、沟谷、丘陵及山地的森林、灌丛和草丛中。喜欢在海拔 2000m 以下的低山常绿落叶、阔叶林带活动，亦在农田区的土丘、草地和烂木堆中栖息。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（十）猫科 FELIDAE** | | | | | |
| 12．豹猫<br>*Prionailurus bengalensis* | 栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近。 | 广布种 | + | 川、藏Ⅱ级 | 资料 |
| **六、偶蹄目 ARTIODACTYLA** | | | | | |
| **（十一）猪科 SUIDAE** | | | | | |
| 13．野猪<br>*Sus scrofa* | 栖息于山地、丘陵、荒漠、森林、草地和林丛间，环境适应性极强。 | 广布种 | + | — | 资料 |
| **（十二）鹿科 CERVIDAE** | | | | | |
| 14．毛冠鹿<br>*Elaphodus cephalophus* | 栖居在山区的丘陵地带，繁茂的竹林、竹阔混交林及茅草坡等处。 | 东洋种 | + | 川、云Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| **（十三）牛科 BOVIDAE** | | | | | |
| 15．岩羊<br>*Pseudois nayaur* | 栖息在海拔 2100—6300m 之间的高山裸岩地带。 | 广布种 | ++ | 国家Ⅱ级、藏Ⅱ级 | 访问 |
| 16．斑羚<br>*Naemorhedus caudatus* | 栖息生境多样，从亚热带至北温带地区均有分布，可见于山地针叶林、山地针阔叶混交林和山地常绿阔叶林。 | 广布种 | + | 国家II 级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| 17．鬣羚<br>*Naemorhedus sunatraensis* | 活动于针阔混交林、针叶林或多岩石的杂灌林。 | 东洋种 | + | 国家II 级、藏Ⅱ级 | 资料 |
| **七、啮齿目 RODENTIA** | | | | | |
| **（十四）松鼠科 Sciuridae** | | | | | |
| 18．赤腹松鼠<br>*Callosciurus erythraeus* | 栖 息于热带和亚热带森林，亦见于次生林、砍伐迹地以及丘陵台地、椰林、灌木林、竹林、乔木和竹林混交林、马尾松林、枞林、灌木丛等植被环境。 | 东洋种 | +++ | — | 目击 |
| 19．隐纹花松鼠<br>*Tamiops swinhoei* | 栖息各种林型，以亚热带森林为主，常在林缘和灌丛。 | 东洋种 | ++ | — | 目击 |
| 20．珀氏长吻松鼠<br>*Dremomys pernyi* | 栖息各种林型，以亚热带森林为主，常在林缘和灌丛。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 21．红白鼯鼠<br>*Petaurista alborufus* | 栖息于海拔 1000m 左右山坡森林地带或石灰岩隐蔽处。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 22．灰头小鼯鼠<br>*Petaurista caniceps* | 多生活于亚热带森林。 | 东洋种 | + | — | 资料 |
| **（十五）仓鼠科 Circetidae** | | | | | |
| 23．德钦绒鼠<br>*Eothenomys wardi* | 栖息于海拔 800~3200m 的山地、丘陵地带山麓作物地及山麓灌木丛，菜园、稻田环境中，偶尔亦进家屋。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **（十六）鼠科 Muridae** | | | | | |
| 24．中华姬鼠<br>*Apodemus draco* | 栖息于森林、高大的次生林、植物稠密的植被区。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 25．高山姬鼠<br>*Apodemus chevrieri* | 常见于林缘农田。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| 26．大耳姬鼠<br>*Apodemus latronum* | 栖息于海拔 2000~3500m 的桦、槭混交林中，以桦树林最多，林缘耕地也有其踪迹。 | 东洋种 | +++ | — | 资料 |
| **（十七）豪猪科 Hystricidae** | | | | | |
| 27．豪猪<br>*Hystrix brachyura* | 生活于各种类型的环境。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |
| **八、兔形目 LAGOMORPHA** | | | | | |
| **（十八）兔科 Ochotonidae** | | | | | |
| 28．高原兔<br>*Lepus oiostolus* | 生活于各种类型的环境。 | 古北种 | ++ | — | 资料 |
| **（十九）鼠兔科 Ochotonidae** | | | | | |
| 29．川西鼠兔<br>*Ochotona gloveri* | 主要栖息于高山草原。 | 古北种 | + | — | 资料 |
| 30．灰鼠兔<br>*Ochotona roylei* | 生活于高山针叶林带。 | 东洋种 | ++ | — | 资料 |

注：分类系统参照《中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全》（王应祥，2003）

# 建设项目环评审批基础信息表

| 填表单位（盖章）： | 国电金沙江旭龙水电开发有限公司 | 填表人（签字）： | 廖勇 | 项目经办人（签字）： | 吉[illegible] |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 建设项目 | 项目名称 | 金沙江上游旭龙水电站 | | | 建设内容、规模 | 旭龙水电站正常蓄水位2302米，枢纽工程由混凝土双曲拱坝、泄水建筑物、右岸地下引水发电系统、过鱼设施以及水温减缓设施等组成。最大坝高213米，总库容8.47亿立方米，装机240万千瓦，设计多年平均发电量103.19亿千瓦时，水库调节性能为日调节。项目涉及云南省德钦县、四川省得荣县和巴塘县、西藏自治区芒康县共三省（自治区）四县，建设征地总面积32684亩，其中耕地523亩、园地695亩，涉及人口1082人。 | | |
| | 项目代码[1] | 2018-000052-44-02-002352 | | | | | | |
| | 建设地点 | 四川省甘孜藏族自治州得荣县、云南省迪庆藏族自治州德钦县 | | | | | | |
| | 项目建设周期（月） | 98.0 | | | 计划开工时间 | | | |
| | 环境影响评价行业类别 | 水力发电 | | | 预计投产时间 | | | |
| | 建设性质 | 新建（迁建） | | | 国民经济行业类型[2] | D4413水力发电 | | |
| | 现有工程排污许可证编号（改、扩建项目） | 无 | | | 项目申请类别 | 新申项目 | | |
| | 规划环评开展情况 | 已开展并通过审查 | | | 规划环评文件名 | 金沙江上游水电规划环境影响报告书 | | |
| | 规划环评审查机关 | 原国家环境保护部 | | | 规划环评审查意见文号 | 环审[2011]243号 | | |
| | 建设地点中心坐标[3]（非线性工程） | 经度 | | 纬度 | | 环境影响评价文件类别 | 环境影响报告书 | |
| | 建设地点坐标（线性工程） | 起点经度 | | 起点纬度 | | 终点经度 | | 终点纬度 | | 工程长度（千米） | |
| | 总投资（万元） | 2899349.00 | | | | 环保投资（万元） | 65878.06 | | | 所占比例（%） | 2.27% |
| 建设单位 | 单位名称 | 国电金沙江旭龙水电开发有限公司 | | 法人代表 | 高嵩 | 评价单位 | 单位名称 | 长江水资源保护科学研究所 | | 证书编号 | 国环评证甲字第2602号 |
| | 统一社会信用代码（组织机构代码） | 91513338MA65L2EA3H | | 技术负责人 | 姚福海 | | 环评文件项目负责人 | 陈蕾 | | 联系电话 | 13971134815 |
| | 通讯地址 | 成都市高新区天韵路7号金沙江公司 | | 联系电话 | 13881618920 | | 通讯地址 | 湖北省武汉市汉阳区琴台大道515号 | | | |

| 污染物 | | | 现有工程（已建+在建） | | 本工程（拟建或调整变更） | 总体工程（已建+在建+拟建或调整变更） | | | | 排放方式 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ①实际排放量（吨/年） | ②许可排放量（吨/年） | ③预测排放量（吨/年） | ④“以新带老”削减量（吨/年） | ⑤区域平衡替代本工程削减量[4]（吨/年） | ⑥预测排放总量（吨/年） | ⑦排放增减量（吨/年） | |
| 污染物排放量 | 废水 | 废水量(万吨/年) | | | | | | 0.000 | 0.000 | ○不排放<br>○间接排放：□市政管网 □集中式工业污水处理厂<br>○直接排放：受纳水体_____ |
| | | COD | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 氨氮 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 总磷 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 总氮 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | 废气 | 废气量（万标立方米/年） | | | | | | 0.000 | 0.000 | / |
| | | 二氧化硫 | | | | | | 0.000 | 0.000 | / |
| | | 氮氧化物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | / |
| | | 颗粒物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | / |
| | | 挥发性有机物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | / |

| 项目涉及保护区与风景名胜区的情况 | 影响及主要措施 / 生态保护目标 | 名称 | 级别 | 主要保护对象（目标） | 工程影响情况 | 是否占用 | 占用面积（公顷） | 生态防护措施 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 自然保护区 | | | | | | | □避让□减缓□补偿□重建（多选） |
| | 饮用水水源保护区（地表） | | | / | | | | □避让□减缓□补偿□重建（多选） |
| | 饮用水水源保护区（地下） | | | / | | | | □避让□减缓□补偿□重建（多选） |
| | 风景名胜区 | | | / | | | | □避让□减缓□补偿□重建（多选） |

注：1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码

2、分类依据：国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)

3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标

4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量

5、⑦=③－④－⑤，⑥=②－④＋③

# 国电金沙江水电开发公司文件

国电金发〔2018〕12号

## 关于委托开展金沙江旭龙水电站工程环境影响评价工作的函

长江水资源保护科学研究所:

按《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法规要求，特委托贵所（证书编号：国环评证甲字第2602号）承担金沙江上游旭龙水电站工程环境影响评价及相关工作。

特此致函。

国电金沙江旭龙水电开发公司（代章）

2018年5月21日

（联系人及电话：罗俊华　15912196226）

国电金沙江旭龙（奔子栏）公司　　2018年5月21日印发

[1]

# 金沙江上游旭龙水电站区域水系图

N

0 10 20 km

98° 25′ 0″东　99° 30′ 0″东　100° 35′ 0″东

30° 15′ 0″北　29° 10′ 0″北　28° 5′ 0″北　27° 0′ 0″北

措瓦乡　昂多乡　宗西乡　莫多乡　措拉乡　德达乡　巴塘县　竹巴龙乡　芒康县　帮达乡　莽岭乡　苏洼龙乡　索多西乡　中咱乡　中心线乡　定波乡　曲孜卡乡　贡波乡　热打乡　木许乡　白松乡　白依乡　乡城县　旭龙坝址　得荣县　洞松乡　八日乡　奔都乡　曲雅贡乡　德钦县　云岭乡　丙中洛乡　捧当乡　巴迪乡　贡山独龙族怒族自治县　康普乡　白济汛乡　维西傈僳族自治县　维登乡　河西乡　塔城乡　巨甸镇　尼西乡　香格里拉县　三坝纳西族乡　金江镇　石鼓镇　俄牙同乡　奉科乡　宝山乡　日瓦乡　木拉乡　各卡乡　格咱乡　邓波乡　格木乡　拉波乡　省母乡　麦洼乡　柯拉乡　濯桑乡　波密乡

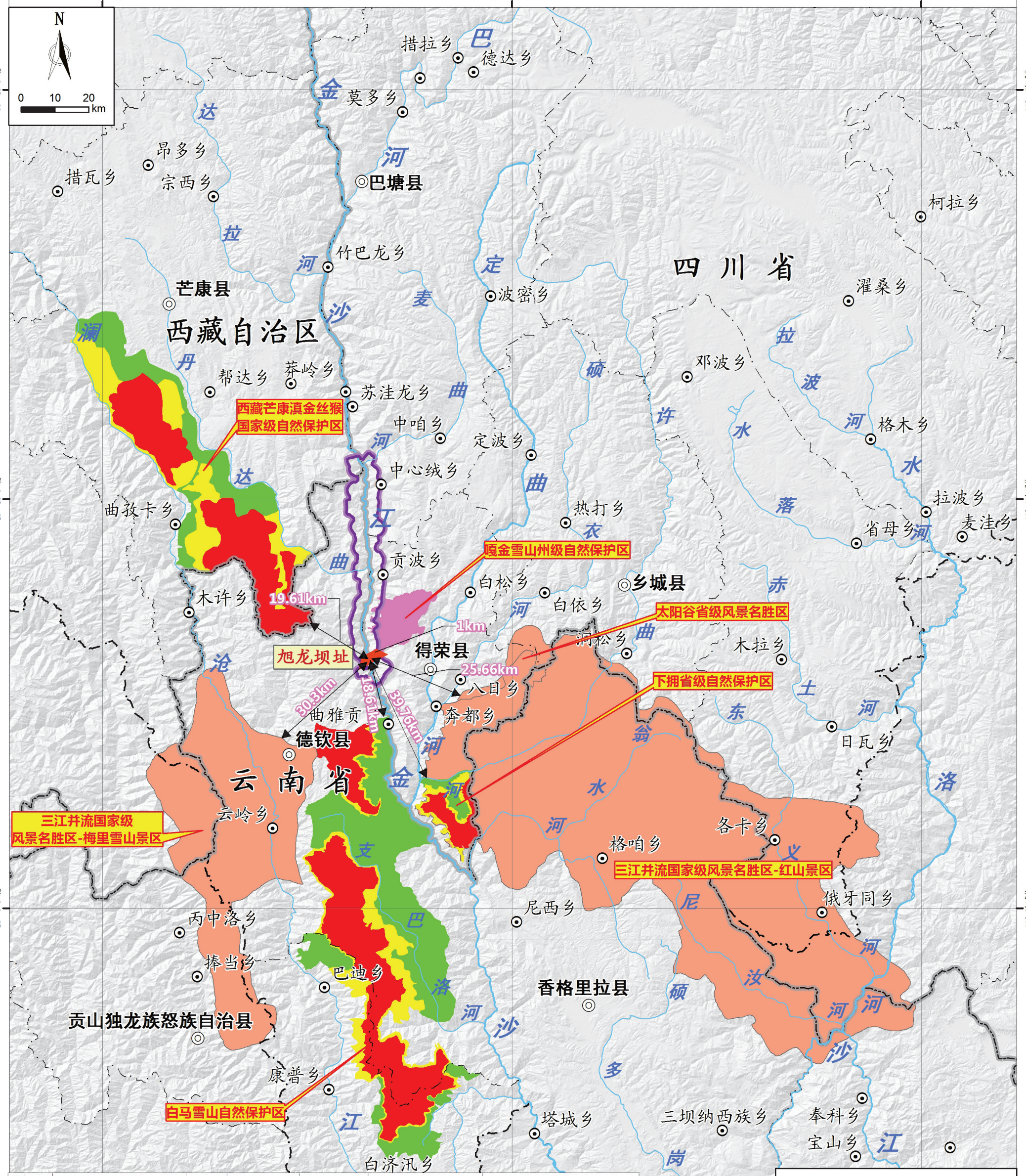
西藏自治区　四川省　云南省

金　沙　江　巴　塘　河　定　曲　拉　河　麦　曲　澜　沧　江　丹　达　曲　达　拉　波　河　硕　曲　硕　水　落　河　水　衣　曲　河　赤　土　河　东　义　翁　水　河　金　河　支　巴　洛　河　沙　江　尼　河　硕　汝　河　河　沙　多　岗　江　金　江

## 图　例

- 区县
- 乡镇街道
- 坝址
- 水系
- 省界
- 州市界
- 县界

# 金沙江上游旭龙水电站与周边生态敏感区位置关系图




| 类型 | 序号 | 名称 | 级别 | 位置 | 面积（$km^2$） | 主要保护对象 | 与工程位置关系 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 自然保护区 | 1 | 西藏芒康滇金丝猴国家级自然保护区 | 国家级 | 西藏芒康县 | 1853 | 滇金丝猴、斑尾榛鸡、马来熊、绿尾虹雉等珍稀濒危动物及其生态系统 | 保护区位于旭龙库区右岸支流丹达河中上游，距坝址直线距离19.61km，距离丹达河口直线距离约14.12km。 |
| | 2 | 云南白马雪山国家级自然保护区 | 国家级 | 云南迪庆藏族自治州德钦和维西县 | 2821.06 | 高山针叶林、山地植被垂直带自然景观和滇金丝猴 | 保护区位于坝址下游右岸，距坝址直线距离约18.61km。 |
| | 3 | 四川下拥省级自然保护区 | 省级 | 四川省甘孜州得荣县 | 236.93 | 珍稀野生动植物 | 保护区位于坝址下游左岸，距坝址直线距离39.76km。 |
| | 4 | 四川得荣嘎金雪山州级自然保护区 | 州级 | 四川省甘孜州得荣县 | 300 | 大天鹅、绿尾虹雉、雪豹等珍稀动植物，以及森林和雪山景观 | 保护区位于旭龙库区左岸，边界距离淹没线约1km。 |
| 风景名胜区 | 5 | 三江并流国家级风景名胜区 | 国家级 | 怒江州、迪庆州、丽江市、大理州的部分地区 | 9650.1 | 高山峡谷自然景观 | 三江并流国家级风景名胜区-梅里雪山景区距离旭龙坝址30.3km，红山景区距离旭龙坝址25.66km。 |
| | 6 | 得荣县太阳谷风景名胜区 | 省级 | 四川省甘孜州得荣 | 641 | 山地峡谷自然景观、人文景观 | 风景名胜区位于坝址下游左岸的得荣县境内，旭龙坝址距风景名胜区边界直线距离约39.7km |

# 金沙江上游旭龙水电站与生态保护红线位置关系图

N

0 2.5 5 km

99° 0′0″东

99° 15′0″东

29° 15′0″北

29° 0′0″北

28° 45′0″北

西藏自治区

云南省

四川省

滇西北高山峡谷生物多样性维护
与水源涵养生态保护红线

沙鲁里山生物多样性维护生态保护红线

坝址

雪波村
昌波乡
仁德村
达海龙村
徐中乡
中心绒乡
拉立贡
贡伙村
卡布村
德拉
均农
羊拉村
地巫乡
那南贡
奔尔丁
巴塘县
南木拉则
热思村
那木
杠然村
日母丁
茨巫乡
勇丁
绒各村
规吾村
罗多
罗米
尼玛沙村
联日村
贡波乡
郎达村
尼吕
羊拉乡
布顶
白松乡
普贡村
得荣县
德钦县
路农
鱼波村
下绒村
亭子村
斯闸乡
卡龚村
八郎村
格亚顶
布中村
叶里贡
徐龙乡
甲子村
格绒村
松麦镇
茂顶村
如共村
日龙乡
真康村
冉绒村

图 例

- 乡镇街道
- 行政村
- 坝址
- 省界
- 县界
- 淹没范围
- 生态保护红线
- 评价范围