四川省雅砻江卡拉水电站

环境影响报告书

中国电建 POWERCHINA
华东勘测设计研究院有限公司
HUADONG ENGINEERING CORPORATION LIMITED

二〇一五年五月·杭州

责 任 表

评 价 机 构：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

证 书 编 号：国环评证甲字第 2001 号

分 管 院 总：芮建良 (教高，环评工程师登记证号 A20010120700)

项目负责人：芮建良 (教高，环评工程师登记证号 A20010120700)

项目参加人：

姓 名	责 任	职 称	上岗证
芮建良	核 定	教 高	A20010002
丁明明	审 查	教 高	A20010003
施家月	审 查	高 工	A20010032
郭 坚	校 核	高 工	A20010008
詹晓燕	主设，编写总则、工程概况、合理性分析、水生生态影响、地下水影响、结论，并统稿	高 工	A20010029
郭 坚	社会影响及措施、水生生态保护措施	高 工	A20010008
王旭航	编写陆生生态、水土流失、人群健康、公众参与，并制图	工程师	A20010038
郁关明	编写水环境、环境风险、工程投资等章节及制图	工程师	A20010056
吴伟勇	参 加	工程师	A20010251000（登记号）
陈 磊	复建公路噪声预测	工程师	A20010069

仅供四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书公示使用



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

住　　所：浙江省杭州市潮王路22号

法定代表人：张春生

等　　级：甲级

证书编号：国环评证甲　字第　2001　　号

有效期：2019年1月23日

评价范围：环境影响报告书类项一甲级，农林水利；交通运输；海洋工程；核工业；***乙级；社会区域***

环境影响报告表类别一级项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***

二〇一四年一月二十日

仅供四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书全本公示使用

工程项目名称：四川省雅砻江卡拉水电站

环境影响评价文件类型：环境影响报告书

评价机构(印章)：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

法定代表人(名章)：张春生

仅供四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书全本公示使用



112

经国家环境保护总局环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，芮建良具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0001143

登记证编号：A20010120700

有效期限：2006 年 12 月 15 日至 2009 年 12 月 14 日

所在单位：中国水电顾问集团华东勘测设计研究院

登记类别：农林水利类环境影响评价

国家环境保护总局

2006 年 12 月 15 日

再 次 登 记 记 录

日	有效期限	签章
2010.03.0	延至2012 年12 月14 日	
2013.3.20	延至2015 年12 月14 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

协作单位

四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室

审　　查：李　嘉

校　　核：李克锋

编　　写：邓　云　梁瑞峰

研究人员：邓　云　李　嘉　李克锋
李　然　梁瑞峰　脱友才
梁　曦　龙启建　滕　辉

四川大学生命科学学院

审　　查：曾宗永

校　　核：曾宗永　曾　涛

编　　写：曾宗永　曾　涛　唐明坤
张　聪　郑志荣　梁俊书
高林枫　邓小忠　李　波
庞　亮

协作单位

水利部中国科学院水工程生态研究所

单位负责人：常剑波

项目负责人：黄道明

参 加 人 员：黄道明　常秀岭　谢　山

简　东　张　庆　王文君

方艳红　憨雪莹　赵莎莎

凉山州环境监测站

签　发：张绍东

审　核：张　硕

编　制：司红喜　雷　波　朱　琳

前 言

卡拉水电站位于四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县境内的雅砻江中游河段上，雅砻江中下游河段（两河口～江口段）是我国能源发展规划的“十三大”水电基地之一。

卡拉水电站为雅砻江中游河段“一库七级”开发的第七级（上游牙根梯级调整为两级开发后），上游连接杨房沟水电站（衔接），下游为锦屏一级水电站(不衔接，卡拉坝址与锦屏一级库尾相距约 17km)，工程开发任务为发电，促进地方经济社会发展。开发方式为堤坝式，采用碾压混凝土重力坝，坝顶高程 1995.00m，最大坝高 126.0m。电站装机容量为 1020MW，保证出力 351MW，装机年利用小时数 4463h，多年平均发电量 45.527 亿 kWh；水库正常蓄水位 1987.0m，死水位 1982.0m，正常蓄水位以下库容 2.38 亿 m^3，调节库容 0.365 亿 m^3，具有日调节性能。卡拉水电站符合我国可持续发展战略和能源发展战略，有利于改善四川电力系统电源结构和生态环境保护，有利于加快雅砻江水电基地开发和带动民族地区经济发展，有利于共建和谐社会，经济效益、社会效益和环境效益显著。

2002 年 8 月，原中国水电顾问集团成都勘测设计研究院（以下简称“成都院”）开始雅砻江中游（两河口～卡拉）水电规划工作，并于 2006 年 6 月提出了《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划报告》，同月通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查。2004 年初，成都院受水电水利规划设计总院委托，开展雅砻江中游水电规划环评工作，并于 2006 年 10 月编制完成了《雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划环境影响报告书》，2007 年 1 月，原四川省环境保护局以“川环函[2007]162 号”文向四川省发展和改革委员会提交了审查意见，作为规划审批的重要依据。2008 年 12 月，四川省人民政府以“川府函[2008]368 号”文对该规划进行了批复同意，推荐 6 级开发方案。为妥善解决雅砻江中游原规划的牙根电站水库淹没涉及雅江县城的实际问题，成都院于 2010 年 8 月完成了《四川省雅砻江两河口~牙根河段水电开发方案研究报告》，并通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查，将原规划的牙根梯级调整为牙根一级和牙根二级两个梯级。为把握雅砻江流域后续水电开发的环境影响趋势，协调水电开发与生态环境保护的矛盾关系，建设单位雅砻江流域水电开发有限公司（原二滩水电开发有限责任公司）于 2011 年 12 月委托中国水电工程顾问集团公司（以下简称“中水顾问公司”）开展了“雅砻江中下游水电开

发环境影响回顾性评价研究”工作，2013 年 7 月，中水顾问公司完成了该报告，同月通过了环境保护部的审查，相关成果为雅砻江中下游流域水电开发中的环境保护提供了有力的支撑，进一步为卡拉水电站环境影响评价及环境保护措施设计明确了方向。

2003 年，中国电建集团华东勘测设计研究院（原中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，以下简称“我院”）受雅砻江流域水电开发有限公司（原二滩水电开发有限责任公司）委托，开展卡拉水电站预可行性研究阶段勘测设计工作，于 2008 年 5 月完成预可行性研究报告，同年 6 月通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查。随后，我院开展可行性研究阶段的勘测设计工作。2009 年 3 月，我院提出了《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》，同年 4 月通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查。2011 年 2 月，我院提出了《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段坝址、坝型选择设计专题报告》，同年 3 月通过了中国水利水电建设工程咨询公司的咨询。2011 年 7 月，我院提出了《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》，并通过了水电水利规划设计总院的审查。

2013 年 1 月，国家发展改革委以发改办能源[2013]27 号文 “国家发展改革委办公厅关于同意四川雅砻江牙根二级和卡拉水电站开展前期工作的复函”同意卡拉水电站开展前期工作。2013 年 12 月 26 日，电站取得了“水利部关于四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案的批复”。2015 年 3 月，电站通过了水电水利规划设计总院会同四川省扶贫和移民工作局关于卡拉水电站建设征地移民安置规划大纲的审查。

鉴于卡拉、杨房沟水电站交通专用公路（以下简称“卡杨公路”）的工程量大、难度高、建设周期长，相关道路和设施的勘测设计等前期工作也需要相当长的周期，因此该工程采取单独立项、单独环评的方式，不包括在杨房沟和卡拉水电站工程中。2008 年 1 月，原四川省环境保护局批复了该工程的环境影响报告书；2009 年 3 月，四川省发展和改革委员会核准了该工程。2010 年 4 月 8 日，卡杨公路正式开工，目前已通车运行。目前，工程尚未开展“三通一平”工程，主体工程也尚未开工。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《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》等法律法规以及《建设项目环境保护分类管理名录》(第一批)的要求，工程在可行性研究阶段需要编制环境影响报告书。受建设单位的委托，我院组织相关技术人员对工程建设地区进行了多次实地查勘，对工程区域进行了走访调

查，收集了大量环境现状资料，并进行了公众参与调查，同时，委托专业单位进行了水生生态调查、陆生生态调查、水温影响研究及环境质量现状监测。我院根据工程可研最新成果，结合水电项目环保要求完成了《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》。

本次环评得到了水电水利规划设计总院、建设单位雅砻江流域水电开发有限公司的精心指导和帮助；四川省环保厅、凉山州环保局提供了多方面的协助和支持；水利部中国科学院水工程生态研究所、四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室、四川大学生命科学学院、凉山州环境监测站等多家单位参与了专题研究工作。在此，一并表示衷心的感谢！

目 录

1 总 则.....1
1.1 编制目的.....1
1.2 编制依据.....1
1.3 评价标准.....6
1.4 评价工作等级.....9
1.5 评价范围和水平年.....12
1.6 环境保护目标.....13
2 工程概况.....19
2.1 流域概况及水电开发现状.....19
2.2 地理位置.....34
2.3 工程建设必要性.....34
2.4 工程组成.....36
2.5 工程任务、建设规模及运行方式.....38
2.6 枢纽布置及主要建筑物.....48
2.7 环保工程.....53
2.8 施工规划.....54
2.9 建设征地及移民安置.....75
2.10 工程投资.....85
3 工程分析.....86
3.1 工程方案合理性分析.....86
3.2 影响源分析.....101
4 环境现状.....118
4.1 自然环境.....118
4.2 生态环境.....132
4.3 社会环境.....203
4.4 移民安置区环境现状.....212
4.5 环境质量及主要环境问题.....214

5 环境影响预测评价 228
5.1 水环境影响预测评价 228
5.2 生态环境影响预测评价 293
5.3 水土流失影响预测评价 322
5.4 环境地质影响 328
5.5 移民安置环境影响分析 333
5.6 社会环境影响 341
5.7 工程施工环境影响预测评价 345
6 环境风险评价 361
6.1 评价目的 361
6.2 风险识别和评价工作等级的确定 361
6.3 风险评价 363
6.4 环境风险防范措施和事故应急预案 366
7 环境保护对策措施 374
7.1 水环境保护措施 374
7.2 水生生态保护措施 401
7.3 陆生生态保护 470
7.4 噪声控制 478
7.5 环境空气保护措施 479
7.6 固体废弃物处理 481
7.7 移民安置和专项设施复建环境保护措施 485
7.8 水土保持 488
7.9 人群健康保护措施 508
7.10 浸没影响防护措施 510
7.11 文物防护措施 510
7.12 环境保护措施实施组织 511
8 环境管理与监测计划 522
8.1 环境管理计划 522
8.2 环境监理 530

8.3 环境监测.....534
8.4 环境保护工程验收.....545
9 环境保护投资概算与环境影响经济损益分析.....548
9.1 环境保护投资概算.....548
9.2 环境影响经济损益分析.....567
10 公众参与.....570
10.1 公众参与目的.....570
10.2 公众参与方式及过程.....570
10.3 公 示.....571
10.4 问卷调查对象及结果分析.....576
10.5 座谈会.....589
10.6 公众意见与建议的采纳和落实情况.....591
10.7 小 结.....592
11 环境影响评价结论.....594
11.1 项目概况.....594
11.2 主要环境影响及保护对策措施.....598
11.3 综合评价结论.....602

附 件：

1. 《关于委托编制<四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书>的函》（二滩[2011]642 号），2011 年 9 月 20 日；

附图：

1. 卡拉水电站地理位置示意图
2. 卡拉水电站工程外环境关系与环境现状监测图
3. 卡拉水电站陆生生态野外调查线路图
4. 卡拉水电站评价区植被类型图
5. 卡拉水电站施工占地影响区植被类型图
6. 卡拉水电站评价区珍稀保护植物分布图

7. 卡拉水电站评价区珍稀保护两栖类、爬行类动物分布图
8. 卡拉水电站评价区珍稀保护鸟类、哺乳类动物分布图
9. 卡拉水电站评价区景观类型图
10. 雅砻江流域中下游河段鱼类主要生境分布示意图
11. 卡拉水电站评价区水土流失现状图
12. 卡拉水电站评价区景观类型变化图
13. 上铺子沟砂石加工系统废水处理工艺流程图
14. 上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统主要构筑物平剖图
15. 卡拉水电站业主营地生活污水处理工艺流程图
16. 仿生态鱼池典型段剖面图
17. 开挖边坡厚层基材生态护坡典型设计图
18. 弃渣场植物措施典型设计图
19. 公路绿化及下边坡植被恢复典型设计图

附 表：

(1) 评价区动植物名录；
(2) 样方调查统计表；
(3) 重要鱼类生态学习性；
(4) 建设项目环境保护审批登记表

1 总 则

1.1 编制目的

根据卡拉水电站工程特性、工程所在地区和流域的环境特征，以及国家相关法律法规要求，编制本环境影响报告书的目的在于：

(1) 调查掌握工程涉及区域的水环境、环境空气、声环境、生态环境和社会环境现状，了解区域环境功能要求及区域存在的环境问题；

(2) 分析工程建设、运行、移民安置等活动的特征，预测评价工程活动对评价区域环境造成的各种影响；

(3) 针对工程带来的不利影响，制定技术经济可行的环境保护对策措施，使区域环境质量达到功能区划要求的标准和生态系统、生物多样性得到有效保护，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程涉及区域的可持续发展；

(4) 制定工程施工期和运行期的环境监测计划，以便掌握工程建设对环境的实际影响程度，为工程的环境管理提供科学依据；

(5) 制定工程环境管理计划，明确各方的环境保护任务和职责，为环境保护措施的实施提供制度保证；

(6) 综合分析，从环境保护的角度论证工程建设的可行性，从而为工程的方案论证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 1 日；

(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003 年 9 月 1 日；

(3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2008 年 6 月 1 日；

(4) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2000 年 9 月 1 日；

(5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，1997 年 3 月 1 日；

(6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2013 年 6 月 29 日修订；

(7) 《中华人民共和国水法》，2002 年 10 月 1 日；

(8) 《中华人民共和国土地管理法》，2004 年 8 月 28 日修订；

(9) 《中华人民共和国水土保持法》，2011 年 3 月 1 日；

(10) 《中华人民共和国矿产资源法》，1997 年 1 月 1 日；

(11) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2002 年 6 月 29 日；

(12) 《中华人民共和国防洪法》，1998 年 1 月 1 日；

(13) 《中华人民共和国传染病防治法》，2004 年 8 月 28 日；

(14) 《中华人民共和国文物保护法》，2013 年 6 月 29 日修订；

(15) 《中华人民共和国渔业法》，2004 年 8 月 28 日；

(16) 《中华人民共和国森林法》，1998 年 4 月 29 日；

(17) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2004 年 8 月 28 日修正。

1.2.2 行政法规

(1) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 253 号），1998 年 11 月 29 日；

(2) 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（林策通字[1992]29 号），1992 年 3 月 1 日；

(3) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（农业部令第 1 号），1993 年 10 月 5 日；

(4) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（国务院令第 204 号），1997 年 1 月 1 日；

(5) 《中华人民共和国河道管理条例》（国务院令第 3 号），1988 年 6 月 10 日；

(6) 《基本农田保护条例》（国务院令第 257 号），1999 年 1 月 1 日；

(7) 《土地复垦条例》（国务院令第 592 号），2011 年 3 月 5 日；

(8) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》（国务院第 120 号令），1993 年 8 月；

(9) 《全国生态环境保护纲要》（国发[2000]38 号），2000 年；

(10) 《全国主体功能区规划》（国发(2010)46 号），2010 年 12 月 21 日；

(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），2005 年 12 月 3 日；

(12) 《全国重要江河湖泊水功能区划》（国函[2011]167 号），2011 年 12 月 28 日；

(13) 《国家突发公共事件总体应急预案》国务院，2006 年 1 月 8 日。

1.2.3 部委规章

(1) 《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》（国家发改委第 21

号令）；

(2) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 2 号），2008 年 10 月 1 日；

(3) 《全国生态功能区划》（中华人民共和国环境保护部 中国科学院 公告 2008 年 第 35 号），2008 年 7 月 18 日；

(4) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28 号），2006 年 3 月 18 日；

(5) 《国家重点保护野生动物名录》（国家林业局第 7 号令修正），2003 年 2 月 21 日；

(6) 《国家重点保护野生植物名录(第一批)》(农业部、国家林业局第 53 号令修正)，2001 年 8 月 4 日；

(7) 《全国生物物种资源保护与利用规划纲要》（环发[2007]163 号）；

(8) 《国家重点生态功能保护区规划纲要》（环发[2007]165 号）。

1.2.4 地方性法规

(1) 《四川省环境保护条例》，2004 年 9 月 24 日；

(2) 《四川省重点保护野生动物名录》，1990 年 3 月 20 日；

(3) 《四川省新增重点保护野生动物名录》，2000 年 9 月 13 日；

(4) 《四川省天然林保护条例》，2009 年 3 月 27 日；

(5) 《四川省基本农田保护实施细则》，1996 年 2 月 29 日；

(6) 《四川省〈中华人民共和国环境影响评价法〉实施办法》，2008 年 1 月 1 日；

(7) 《四川省〈中华人民共和国水法〉实施办法》，2005 年 7 月 1 日；

(8) 《四川省〈中华人民共和国渔业法〉实施办法》，2004 年 9 月 24 日；

(9) 《四川省<中华人民共和国野生动物保护法>实施办法》，2009 年 3 月 27 日；

(10) 《四川省<中华人民共和国水土保持法>实施办法》，2012 年 12 月 1 日；

(11) 《四川省主体功能区划》（川府发[2013]16 号），2013 年 4 月 16 日；

(12) 《四川省生态功能区划》（川府函[2006]100 号），2010 年 8 月；

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

(14) 《四川生态省建设规划纲要(2006-2020 年)》，2006 年 9 月 21 日。

1.2.5 规范性文件

(1) 《国家发展改革委办公厅关于进一步加强西南地区水电建设前期工作有关问

题的通知》（发改办能源[2007]2293 号）；

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

(3) 《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）；

(4) 《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（环发[2014]65 号）；

(5) 《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），2001 年 1 月 8 日；

(6) 《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)；

(7) 《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）；

(8) 《关于加强资源开发生态环境保护监管工作的意见》(环发[2004]24 号)，2004 年 2 月 12 日；

(9) 《关于进一步加强生态保护工作的意见》（环发[2007]37 号）；

(10) 《四川省人民政府关于〈全国生态环境保护纲要〉的实施意见》；

(11) 《四川省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》，四川省人民政府，1998 年 12 月；

(12) 《四川省人民政府关于实施天然林资源保护工程的决定》(川府发[1998]58 号)；

(13) 《关于进一步加强建设项目环境影响评价工作管理的通知》(川环发[2001]248 号）；

(14) 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）；

(15) 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）；

(16) 《国土资源部关于认真贯彻执行<基本农田保护条例>进一步做好基本农田保护工作的通知》(国土资发[1999]122 号文)；

(17) 《关于划分国家级水土流失重点防治区的公告》(水利部公告 2006 年第 2 号)；

(18) 《关于进一步加强水利水电工程项目水土保持工作的通知》（川水发[2003]27 号）；

(19) 建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)(环办[2013]103 号)。

1.2.6 规程、规范、导则

(1) 《环境影响评价技术导则 总纲》HJ 2.1-2011；

(2) 《环境影响评价技术导则 大气环境》HJ 2.2-2008；

(3) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》HJ/T 2.3-93；

(4) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》HJ 610-2011；

(5) 《环境影响评价技术导则 声环境》HJ 2.4-2009；

(6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》HJ 19-2011；

(7) 《建设项目环境风险技术评价导则》HJ/T 169-2004；

(8) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》HJ/T 88-2003；

(9) 《开发建设项目水土保持技术规范》，GB 50433-2008；

(10) 《水土保持综合治理技术规范》，GB/T16453.1～16453.6-2008；

(11) 《土壤侵蚀分类分级标准》，SL190-1996；

(12) 《地表水和污水监测技术规范》，HJ/T91-2002；

(13) 《地下水环境监测技术规范》HJ/T164-2004；

(14) 《环境空气质量监测规范(试行)》，原国家环境保护总局，2007 年 1 月；

(15) 《水利水电工程环境保护设计规范》，SL492-2011；

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

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

(18) 《水电工程过鱼设施设计规范》(报批稿)，2014 年 10 月；

(19) 其它相关规程、规范。

1.2.7 工程技术文件和审查意见

(1) 《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告》，中国水电顾问集团成都勘测设计研究院，2006 年 6 月；

(2) 《关于印送“四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告审查意见”的函》（水电规规[2006]0072 号），水电水利规划设计总院，2006 年 9 月 25 日；

(3) 《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》，中国水电顾问集团成都勘测设计研究院，2006 年 7 月；

(4) 《关于提交“雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书”及审查意见的函》（川环函[2007]162 号），四川省环境保护局，2007 年 1 月 25 日；

(5) 《雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路可行性研究报告》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2007 年 6 月；

(6) 《雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路环境影响报告书》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2007 年 11 月；

(7) 《关于对雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路环境影响报告书的批复》（川环建函[2008]30 号），四川省环境保护局，2008 年 1 月 11 日；

(8) 《四川省发展和改革委员会关于雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路工程项目核准的批复》（川发改能源[2009]261 号），四川省发展和改革委员会，2009 年 3 月 13 日；

(9) 《关于印送<雅砻江卡拉水电站预可行性研究报告审查意见>的函》（水电规规[2008]90 号），水电水利规划设计总院，2008 年 8 月 19 日；

(10) 《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告(审定本)》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2009 年 4 月；

(11) 《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段坝址、坝型选择设计专题报告》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2011 年 3 月；

(12) 《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告(审定本)》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2011 年 8 月；

(13) 《关于同意四川雅砻江牙根二级和卡拉水电站开展前期工作的函》（发改办能源[2013]27 号），国家发展改革委，2013 年 1 月 6 日；

(14) 《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》，中国水电工程顾问集团公司，2013 年 7 月；

(15) 《关于四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函》（环办函[2013]1072 号），2013 年 9 月 18 日；

(16) 《四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案报告书（报批稿）》，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院，2013 年 8 月；

(17) 《水利部关于四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案的批复》，中华人民共和国水利部，2013 年 12 月 26 日；

(18) 《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段建设征地移民安置规划大纲（送审稿）》，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司，2015 年 3 月；

1.3 评价标准

根据四川省环境保护厅《关于卡拉水电站工程环境影响评价执行标准的确认函》（川

环建函[2012]84 号），结合工程所在区域环境功能区划及环境特征，以及有关规范、标准，工程环境影响评价执行以下标准，具体见表 1.3-1。

1.3.1 水环境

(1) 质量标准

根据《四川省主要河流环境功能类别表》，水环境评价范围内雅砻江干流河段及支流等执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类标准。

评价范围内地下水执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）Ⅲ类标准。

(2) 排放标准

禁止新建排污口。砂石料系统冲洗废水和混凝土拌和系统冲洗废水分别经处理后回用于系统本身，参照《水电工程施工组织设计规范》(DL 5397-2007)，确定处理目标取 SS≤100mg/L。

施工期生活污水、机修及汽车冲洗废水等经处理达到《城市污水再生利用 城市杂水水质》（GB/T 18920-2002）标准后回用于绿化和洒水等。

1.3.2 环境空气

(1) 质量标准

根据标准确认函以及环境保护部《关于实施<环境空气质量标准>(GB3095-2012)的通知》(环发[2012]11 号)中分期实施新标准的时间要求，工程所在区域属于西部农村地区，区域经济发展水平不高，环境空气质量总体较好，在 2016 年 1 月 1 日之前环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-1996，2000 年修改)二级标准，2016 年 1 月 1 日以后执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。

(2) 排放标准

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

1.3.3 声环境

(1) 环境质量标准

工程所在区域声环境质量评价标准执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准。

(2) 排放标准

鉴于目前建筑施工噪声排放标准已发布新的标准，且严于原标准确认时的标准，故施工期噪声排放执行新发布的《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。

环境影响评价标准一览表

表 1.3-1

标 准	名 称	标准等级	指标及限值			
GB3838-2002	地表水环境质量标准	Ⅱ类	指 标	标准限值		
			pH(无量纲)	6～9		
			DO(≥mg/L)	6		
			BOD_5(≤mg/L)	3		
			COD_{Mn}(≤mg/L)	4		
			COD_{Cr}(≤mg/L)	15		
			氨氮(≤mg/L)	0.5		
			总氮(≤mg/L)	0.5(河流无此项)		
			总磷(≤mg/L)	0.1(湖、库 0.025)		
GB/T14848-93	地下水质量标准	Ⅲ类	色度(≤度)	15		
			嗅和味	无		
			浑浊度(≤3 度)	3		
			pH(无量纲)	6.5~8.5		
			总硬度(≤mg/L)	450		
			高锰酸盐指数(≤mg/L)	3.0		
			硝酸盐(≤mg/L)	20		
			氨氮(≤mg/L)	0.2		
			总大肠菌群(≤个/L)	3.0		
GB/T18920-2002	城市污水再生利用城市杂用水水质	限值	指标	道路清扫	绿化	车辆冲洗
			pH(无量纲)	6～9		
			浊度(≤)	10	10	5

环境影响评价标准一览表

续表 1.3-1

标 准	名 称	标准等级	指标及限值			
GB/T18920-2002	城市污水再生利用城市杂用水水质	限值	BOD_5(≤mg/L)	15	20	10
			NH_3-N(≤mg/L)	10	20	10
			总大肠菌群(≤个/L)	3		
GB3095-1996（2000 年修改）	环境空气质量标准	二级	NO_2：年平均 0.08mg/m^3，日平均 0.12 mg/m^3，1 小时平均 0.24 mg/m^3 TSP：年平均 0.2mg/m^3，日平均 0.3 mg/m^3			
GB3095-2012	环境空气质量标准	二级	NO_2：年平均 0.04mg/m^3，24 小时平均 0.08 mg/m^3，1 小时平均 0.2 mg/m^3 TSP：年平均 0.2mg/m^3，24 小时平均 0.3 mg/m^3			
GB16297-1996	大气污染物综合排放标准	二级	最高允许排放速率： TSP：3.5kg/h(15m)、5.9kg/h(20m) SO_2：2.6kg/h(15m)、4.3kg/h(20m)			
GB3096-2008	声环境质量标准	2 类	L_{Aeq}：昼间 60dB，夜间 50dB			
GB 12523-2011	建筑施工场界环境噪声排放标准	/	L_{eq}：昼间 70dB，夜间 55dB，夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB。			

1.4 评价工作等级

1.4.1 水环境

1.4.1.1 地表水环境

电站施工高峰期生产废水和生活污水排放量≤10000m^3/d，建成运行后日常产生的污水主要为工作人员的生活污水，另外机组检修时产生少量油污水和厂房地面冲洗废水，产生量远小于 200m^3/d。施工期和运行期产生的污废水水质较简单，主要为 SS，污废水须处理后回用。雅砻江卡拉坝址处多年平均流量 905m^3/s，属大河，水环境功能区划为Ⅱ类水质要求。运行期电站污废水产生量很小，处理后用于绿化。建坝蓄水坝前水位抬高约 73m，回水长度约 32km，电站下游日内流量有一定的变化，造成大坝上下游河道水文情势发生相应的变化，因此，运行期需要对水文情势影响及其带来的水环境影响进行重点预测评价。根据《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T 2.3-93)评价等级分级原则，结合本工程的特点，确定评价等级为二级。

1.4.1.2 地下水环境

(1) 建设项目分类

本工程属于生态影响类项目，工程建设期间生产废水和生活污水处理后回用，运行期主体工程不产生污废水，本工程建设不会对地下水水质造成污染。对地下水的影响主要为工程大坝开挖和地下洞室建设对周边的地下水水位的变化影响，以及水库蓄水对库区两岸局部区域的浸没影响。根据《环境影响评价技术导则　地下水环境》（HJ610-2011）属于Ⅱ类建设项目。

(2)　Ⅱ类建设项目工作等级划分

工程施工期间，地下构筑物开挖可能引起地下水的渗出，本工程地下交通洞海拔相对较高，产生的涌水较小，高峰渗流量预计约 0.0367 万 m^3/d；地下厂房海拔相对较低，渗流量相对较大，高峰渗流量预计约 0.1853 万 m^3/d，施工期基坑采用干地施工方式，并对坑壁进行防渗处理，地下水渗漏量预计约 0.029 万 m^3/d。由此，地下水渗漏量总的涌水量预计约 0.2512 万 m^3/d，介于 0.2~1 万 m^3/d 区间，排水规模为中型。工程运行期间，库区不存在永久渗漏的地质问题，坝基将采取帷幕灌浆等防渗措施，采取措施后运行期的坝基渗漏量预计约 0.102 万 m^3/d，地下厂房渗漏量为 0.144 万 m^3/d，合计 0.246 万 m^3/d，运行期渗漏量介于 0.2~1 万 m^3/d 区间，排水规模为中型。

结合前期探洞地下水水位监测成果和有限元模型二维反演结果，本工程地下厂房及施工隧洞引起的地下水水位变化区域范围约 2km；工程河床区域包气带岩性以 3~5mm 粒径的中砾为主，根据影响半径的经验数值表分析，工程地下水水位变化影响范围半径大于 1.5km，影响范围大。

工程蓄水及运行期间，可能造成滑坡、水库浸没、塌岸等环境地质，但不会产生地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、海水入侵、湿地退化、土地荒漠化等环境水文地质问题，不会导致含水层疏干现象，不会产生土壤盐渍化、沼泽化，可见本工程造成的环境水文地质问题级别为弱。

根据水利部《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果>的通知》（办水保[2013]188 号），工程涉及的四川省凉山州木里县未列入国家级水土流失重点预防区和重点治理区的范围，工程区域水土流失主要由地表水引起，工程区域不存在明显的由地下水引起的水土流失，可见本工程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》(HJ 610-2011) 本工程不直接影响具有城镇及工业供水或潜在供水意义的含水层，评价区内不涉及集中供水水源地等地

下水敏感保护目标，水库形成后有利于当地植被生长和水土保持，工程地下水环境影响范围内无环境保护目标，本工程地下水影响评价工作等级确定为二级。

1.4.2 生态环境

工程建设对生态环境的影响范围主要包括水库淹没、各类永久占地和临时占地、移民安置区，共计约 12.28km^2，小于 20km^2；回水长度约 32km，加坝址下游影响河段总长约 49km，小于 50km；工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界自然及文化遗产地、饮用水水源保护区等环境敏感区；工程建设不会造成珍稀濒危物种的灭亡，工程占地区内未发现有野生保护植物和古树名木分布，也没有野生保护动物的栖息地。工程建成运行对库区及坝下游河道的水生生物及其生境有一定的影响。根据《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ19-2011)评价等级分级原则，确定生态环境影响评价等级为二级。

1.4.3 环境空气

工程运行期无大气污染物排放，因此运行期环境空气不作评价。

工程地处山区，根据本工程规模及相似工程类比，工程施工过程中各种污染物地面浓度达标准限值 10%时所对应的最远距离 $D_{10\%}$＜污染源距施工场界最近距离，根据《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ 2.2-2008）评价等级分级原则，确定工程大气环境影响评价等级为三级。

1.4.4 声环境

工程运行期噪声源主要为发电机组运行噪声，但本工程为地下厂房，对外界基本无干扰。因此，运行期噪声影响不作评价。

根据四川省环保厅确认，工程区适用《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 2 类标准区域；本工程建设划定了征地红线，红线范围内居民均实施移民搬迁，工程施工期受本工程噪声影响的主要为卡杨公路旁的居民点，卡杨公路单独立项，其环评文件已通过批复，其相应敏感点在本次评价中不重复考虑。

工程评价区适用《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准区域；施工期施工噪声导致周边噪声级别有一定的增加，主要影响区域为大坝施工区、砂石料加工系统、弃渣场、施工道路、料场及周边。如不采取降噪措施，施工期间敏感点处的噪声增加超过 3dB（A）但小于 5dB，影响人口较少。按照《环境影响评价技术导则　声环境》（HJ2.4-2009）的有关规定，声环境影响的评价工作等级定为二级。

1.4.5 环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》中环境风险评价工作等级划分的规定，考虑到本工程位于高山峡谷地区，油库、炸药库周围500m范围内无居民点；加油站和炸药库不涉及环境敏感地区；据此确定本工程环境风险评价工作等级为二级。

1.5 评价范围和水平年

1.5.1 评价范围

1.5.1.1 水环境

(1) 地表水环境

运行期：卡拉水电站库尾至锦屏一级水库库尾雅砻江干流河段，以及区间主要支流（如九一三沟等支沟，以常年有水及河口段为重点），干流河段总长约49km。

施工期：甲尔沟渣场上游1km至蔡家坪施工区下游10km雅砻江河段，约28.5km；上铺子沟砂石料系统上游1km至下游10km雅砻江河段约11km；干流河段总长约39.5km。

(2) 地下水环境

① 主体枢纽工程区

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》中评价范围确定原则，枢纽区地下水评价范围应包括工程建设、运行和服务期满后三个阶段地下水位变化影响区域，本工程对地下水影响主要为工程建设，主要为工程交通洞、地下厂房等开挖过程中，可能造成局部地下水水位发生变化。因此，枢纽区地下水评价范围主要为工程坝址、厂址区域涉及的水文地质单元，集水面积合计41.6km^2。

② 水库淹没区

水库淹没区以淹没区及其影响区域为评价范围，根据地表水与地下水之间的水力联系，工程水库淹没区属于河谷地带，水力补给方式为地表水通过渗透进入地下，地下水再通过重力作用补给到河道。因此，地下水的水文地质单元与地表集水区具有一定的一致性。根据计算，上游杨房沟坝址～卡拉坝址区间的集水面积合计约882km^2。

根据分析，库区段由于不存在明显的水库渗漏问题，因此，地下水评价范围以厂址区、坝址区、库区浸没影响区为重点。

1.5.1.2 生态环境

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19 2011)中生态环境影响评价范围的

确定原则，以及工程区域的实际地形地貌情况、水文单元以及生态单元，确定本工程陆生生态环境影响评价范围为：

(1) 陆生生态：卡拉水电站库尾至坝址下游施工区以下 2km 之间（长约 43.5km）雅砻江河段两岸一级分水岭为界的集水区域内，面积约 783.88km^2，包括移民安置点和专项设施复建区。其中，移民安置区周围 200m 内以及连接道路红线两侧 200m 内，水库淹没区(约 7.77km^2)、工程建设占地区(永久、临时共约 3.24km^2)为评价重点区域。

(2) 水生生态：卡拉水电站库尾至锦屏一级水库库尾干流河段（总长约 49km），以及区间主要支流热水沟、九一三沟等。

1.5.1.3 环境空气

限于施工期。根据施工期大气污染物排放特点，确定评价范围为施工区周围 500m 范围内以及施工道路两侧 200m 范围内，评价范围内包括麦地龙乡复建集镇、居民点包括下田镇村、岗尖、热水沟口、周家、前波、大坪子、尼波等。

1.5.1.4 声环境

限于施工期。评价范围为工程施工区、施工道路红线两侧 200m 范围内，包括麦地龙乡复建集镇、居民点包括下田镇村、岗尖、热水沟口、周家、前波、大坪子、尼波。

1.5.1.5 社会环境

工程主要涉及凉山州木里县，重点为工程所涉及的木里县卡拉乡和麦地龙乡，包括移民搬迁安置区、生产安置区及专项设施复建区所涉及区域。

1.5.2 评价水平年

本工程社会环境现状评价水平年为 2013 年，环境质量（水、气、声环境）现状评价水平年为 2012 年，自然环境、生态环境等采用 2009、2012、2013 年现场调查数据，并注重对历史资料及近期调查资料的利用。

环境影响预测水平年：施工期预测水平年为施工高峰年(预计 2019 年)；运行期预测水平年为工程投产后的第 3 年和第 7 年。

1.6 环境保护目标

根据调查，本工程环境影响评价范围内不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、珍稀动植物集中分布区等环境敏感区。卡拉水电站工程评价范围内的环境保护目标如下（见表 1.6-1），与本工程的具体位置关系见附图 2。

1.6.1 水环境

(1) 地表水环境

保护对象：①运行期：卡拉水电站库尾至锦屏一级水库库尾雅砻江干流河段（约49km）以及区间支流水域，主要包括九一三沟、热水沟等。②施工期：甲尔沟渣场上游1km至蔡家坪施工区下游10km雅砻江河段（约28.5km）水域。

保护要求：各类污废水须经处理后回用，禁止外排；工程涉及的雅砻江干流河段及主要支流水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类标准；保障大坝下游生态、环境、生活和农业生产用水。

(2) 地下水环境

保护对象：本工程下水库淹没、建设影响范围内无集中利用地下水要求，工程地下水水位变化不会对居民点取用水产生影响。同时，本工程影响范围无重要价值泉眼以及特殊地下水资源保护区（矿泉水、温泉水）。本工程地下水环境影响保护主要目标为工程左右岸受浸没影响区的农田和居民点，主要有前波、大坪子、尼波和麦地龙4处；以及工程地下厂房洞室所在地表植被等。

保护要求：工程施工期间，采取帷幕灌浆等有效措施减少施工涌水量，减缓工程建设对影响地下水水位的影响；采取有效措施，防止水库和坝基渗漏；采取工程措施，避免水库浸没影响。

1.6.2 生态环境

(1) 陆生生态

保护对象：评价范围内陆生生态系统，包括动植物及其生境。重点是工程占地和水库淹没及其附近的珍稀保护动物，包括国家II级重点保护兽类水獭，鸢、雀鹰、普通鵟、红隼4种国家II级重点保护鸟类以及省级重点保护鸟类鹰鹃，列入《中国濒危动物红皮书》的两栖类双团棘胸蛙、爬行类黑眉锦蛇。

保护要求：保护区域陆生生态系统完整性、生物多样性、生态适宜性，采取必要的手段保护水库淹没和建设占地范围内的珍稀保护动物。施工结束后，对裸露地表进行陆生生态修复，做到有条件修复的区域均进行修复。陆生生态修复要做到保护原有生态系统和保护生物多样性，并在有条件地块注重景观恢复和建设。妥善处理工程施工产生的弃渣和治理水土流失，要求拦渣率达97%以上，水土流失总治理度达95%以上。

(2) 水生生态

保护对象：评价范围内的水生生态系统，重点是裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、

细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等省级重点保护鱼类、以及列入《中国濒危动物红皮书》的长薄鳅、黄石爬鮡及其生境。

保护要求：保护评价区域水生生态系统，确保坝下保留河段河道生态流量，保护河道鱼类生境，维护工程评价雅砻江河段水生生物和生境的多样性，初期蓄水通过设置坝体生态泄放底孔及采用泄洪中孔下泄生态流量，电站建成运行后采用发电基荷下泄生态流量，在机组停机等非正常工况时采用生态流量泄放孔下泄生态流量，鱼类产卵季节优化运行调度方案；采取鱼类增殖放流和过鱼设施等保护措施，恢复和保护鱼类资源量，保证上下游鱼类种群交流，以维持鱼类种群的稳定和生物多样性。

1.6.3 环境空气

保护对象：环境空气评价范围内的下田镇村、岗尖村、热水沟口、周家、前波、大坪子、尼波居民点等。

保护要求：有效控制施工扬尘、废气，使这些居民点的环境空气质量满足《环境空气质量标准》(GB3095-1996，2000 年修改或 GB3095-2012)二级标准。

1.6.4 声环境

保护对象：声环境评价范围内的下田镇村、岗尖村、热水沟口、周家、前波、大坪子、尼波居民点等。

保护要求：有效控制施工噪声，使这些居民点的声环境质量满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

1.6.5 社会环境

保护对象：工程涉及的凉山州木里县生产安置人口 538 人（基准水平年），搬迁安置人口 1042 人（基准水平年，其中农村人口 968 人，集镇人口 74 人），规划搬迁集镇 1 处，集中安置点 1 处、复建公路 30km、征地影响文物 3 处。

保护要求：按照国家和地方相关政策要求，对工程影响移民进行安置，确保工程建设不会对社会稳定产生影响；采取各项环境保护措施，减少移民安置和专业项目复建产生的环境影响。对工程受影响文物根据文物主管部门意见采取保护措施。

1.6.6 环境地质

保护对象：包括卡拉乡、麦地龙乡。

保护要求：按照相关规范和标准设计，并切实落实工程防护措施，保证周围村庄施工期的地质安全，减少施工环境地质影响。

工程主要环境保护目标一览表

表 1.6-1

环境要素	保护对象	与工程的关系	保护对象概况	保护要求
水环境	运行期：卡拉水电站库尾至锦屏一级水库库尾雅砻江干流河段（约 49km）以及区间支流水域，包括九一三沟等。	属于本工程库区及坝址下游河段。日调节运行使坝下游河段日内流量发生变化。	坝址处多年平均流量 905m³/s。根据《四川省主要河流环境功能类别表》，水环境评价范围内雅砻江河段执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类标准。目前，仅枯水期的粪大肠菌群、硫化物超标。	各类污废水须经处理后回用，禁止外排；工程涉及的雅砻江干流河段水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类标准；保障下游生态环境、农业生产和生活用水。
	施工期：甲尔沟渣场上游 1km 至蔡家坪施工区下游 10km 雅砻江河段（约 28.5km）水域。	施工区在雅砻江卡拉坝址上游 8km，下游约 9.5km 河段沿岸布置。工程涉及雅砻江河段执行Ⅱ类水质标准，干支流禁止污废水排放。		
	工程水库淹没区、枢纽建设区涉及的地下水单元	地下厂房洞室施工排水对地下水水位影响；水库淹没导致地下水位升高，引起库岸村庄农田的浸没影响。	工程左右岸浸没影响区内的农田和居民点，主要有前波、大坪子、尼波和麦地龙 4 处；以及工程地下厂房洞室所在地表植被。	工程施工期间，采取帷幕灌浆等措施进行封堵，对涌水进行合理导流，避免造成危害；采取工程措施，避免水库浸没影响。
环境空气和声环境	下田镇村	场内施工道路之间（最近距离 2m），右岸下游施工区东南侧 43m	场内施工道路两侧 200m 内约 10 户	有效控制施工扬尘、废气和噪声，使评价范围内的居民点的环境空气质量满足《环境空气质量标准》(GB 3095-1996，2000 年修改或 GB 3095-2012)二级标准；敏感点声环境质量满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)满足 2 类标准。
	岗尖	场内施工道路两侧，最近距离 2m	场内施工道路两侧 200m 内约 6 户	
	热水沟口	复建公路两侧，最近距离 6m	复建公路两侧 200m 内约 6 户	
	周家	复建公路两侧，最近距离 39m	复建公路两侧 200m 内约 2 户	
	前波	复建公路东侧，最近距离 31m	复建公路两侧 200m 内约 8 户	
	大坪子	复建公路东侧，最近距离 35m	复建公路两侧 200m 内约 20 户	
	尼波	复建公路两侧，最近距离 6m	复建公路两侧 200m 内约 53 户	

工程主要环境保护目标一览表

续表 1.6-1

环境要素	保护对象	与工程的关系	保护对象概况	保护要求
生态环境	陆生生态：卡拉水库库尾至坝址之间长约32km雅砻江河段两岸一级分水岭为界的集水区域和工程占地区周围2km内，重点是工程占地和水库淹没及其附近的珍稀保护动植物。	水库淹没、施工作业和占地将破坏一定面积植被，施工活动干扰野生动物正常栖息。	工程水库淹没及施工占地范围内以干旱河谷稀树灌草丛为主，不涉及珍稀保护植物及古树名木。工程施工占地及水库淹没范围内有国家II级重点保护兽类水獭，鸢、雀鹰、普通鵟、红隼4种国家II级重点保护鸟类以及省级重点保护鸟类鹰鹃，列入《中国濒危动物红皮书》的两栖类双团棘胸蛙、爬行类黑眉锦蛇。	保护区域陆生生态系统完整性。施工结束后，对裸露地表进行陆生生态修复，做到有条件修复的区域均进行修复。陆生生态修复要做到保护原有生态系统和保护生物多样性，并在有条件地块注重景观恢复和建设。妥善处理工程施工产生的弃渣和治理水土流失，要求拦渣率达97%以上，水土流失总治理度达95%以上。
	水生生态：卡拉水电站库尾至锦屏一级水库库尾干流河段（约49km）以及区间主要支流的水生生态系统，重点是珍稀保护鱼类。	大坝建设隔断了雅砻江干流；电站运行改变水文情势。	工程所在雅砻江河段分布有裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等省级重点保护鱼类、以及列入《中国濒危动物红皮书》的长薄鳅、黄石爬鮡。	保护评价区域水生生态系统，确保坝下保留河段河道生态流量，保护河道鱼类生境，避免造成珍稀保护鱼类消失，维护工程评价雅砻江河段水生生物和生境的多样性。，初期蓄水通过设置生态泄放孔及采用泄洪中孔下泄生态流量，电站建成运行后采用发电基荷下泄生态流量，在机组停机等非正常工况时采用生态流量泄放孔下泄生态流量，鱼类产卵季节优化运行调度方案；保护评价河段坝下保留河段等鱼类栖息生境，采取鱼类增殖放流和过鱼设施等保护措施，保证下游各类用水要求及工程涉及河段原有鱼类物种(特别是珍稀保护鱼类)不减少，保证足够的恢复和保护鱼类资源量存在，保证上下游鱼类种群交流，以维持鱼类种群的稳定和生物多样性。

工程主要环境保护目标一览表

续表 1.6-1

环境要素	保护对象	与工程的关系	保护对象概况	保护要求
社会环境	木里县卡拉乡、麦地龙乡	水库淹没、建设征地影响搬迁。	工程涉及的凉山州木里县生产安置人口 537 人（基准水平年），搬迁安置人口 1042 人（基准水平年，其中农村人口 968 人，集镇人口 74 人），规划搬迁集镇 1 处，集中安置点 1 处、复建公路 27.878km、征地影响文物 3 处。	按照国家和地方相关政策要求，对工程影响移民进行安置，确保工程建设不会对社会稳定产生影响；采取各项环境保护措施，减少移民安置和专业项目复建产生的环境影响。对工程受影响文物根据文物主管部门意见采取保护措施。

2 工程概况

2.1 流域概况及水电开发现状

2.1.1 雅砻江流域概况

雅砻江是金沙江第一大支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，自西北向东南流，在呷依寺附近流入四川省，至两河口纳入支流鲜水河后转向南流，经雅江至洼里上游约 8km 处右岸有小金河汇入，其后折向东北方向绕锦屏山，至巴折形成长约 150km 的大河湾，巴折以下继续向南流，至小得石下游约 3km 处左岸有安宁河加入，至攀枝花市下游的倮果注入金沙江。干流河道长 1570km，流域面积约 13.6 万 km^2，占金沙江（宜宾以上）集水面积的 27.3%。河源至河口海拔高程自 5400m 降至 980m，落差达 4420m，其中呷依寺至河口，河长约 1368km，落差达 3180m，平均比降约 2.32‰。

雅砻江流域南北跨越七个多纬度，且流域内地形地势变化悬殊，使本流域自然景观在南北及垂直方向上都有明显的差异。

甘孜、道孚一线以北地区，地势高亢，山顶多呈波状起伏的浅丘，河谷宽坦，水流平缓，极目辽阔，呈现一片高原景象。区内土壤为高原草甸和草原化草甸土，草甸为本区植被的基本类型。

甘孜、道孚一线以南至大河湾之间，主要为高山峡谷森林区。区内海拔 4000m 以上地带，即濯桑、生古桥一线以北地区，山岭如波状起伏的浅丘，仍呈高原景观，分布着森林草原土壤，植被亦以草原草甸为主。濯桑、生古桥一线以南地区，山岭多呈锯齿状和鱼脊状，角峰林立、山体巍峨，顶部多有冰斗。海拔 4000m 以下地带，大部分为森林土壤类型，森林茂密，为流域林业资源集中地区。河段河谷异常深狭，呈窄 V 及 U 型谷，谷底宽仅 50～100m，谷坡陡峻，一般为 40°～70°。部分河段两岸岩层破碎，坡积层厚，易于垮塌，该河段干流支流均曾发生垮山堵江情况。

雅砻江中游河段地形复杂，高程 3500m 以下主要为高山峡谷，谷坡陡峻，山势雄伟，河流下切深度达 500~2000m，河谷阶地不发育，仅在少数河段如雅江、下渡、格曲卡、吉居、八窝龙、麦地龙等地有零星分布。

本流域呈南北向条带状，流域平均长度约 950km，在呷依寺附近进入四川省，河系羽状发育，流域的东、北、西三面大部分为海拔 4000m 以上的高山包围，南面为滇东北高原，与金沙江谷地的分水岭高程约 2000m。雅砻江甘孜以下河道下切十分强烈，沿河

岭谷高差悬殊，相对高差一般在 500~1500m。河源至河口海拔高度自 5400m 降至 980m，落差 4420m，其中呷依寺至河口，河长 1368km，落差达到 3180m，平均比降 2.32‰。

雅砻江中游河段上游起自两河口电站水库库尾（水面高程 2860m），下游截止到锦屏一级水库库尾（水面高程 1880m），总体流向自北向南，河段长 385km，占雅砻江总长度的 25%。河段末端控制流域面积 8.19 万 km^2，多年平均流量 912m^3/s，年径流量 287.6 亿 m^3。该河段天然落差 980m，平均比降 2.55‰。

雅砻江的主要支流有鲜水河、力丘河、小金河（理塘河）、九龙河、安宁河等，其中以鲜水河为最大，集水面积 19447km^2，小金河（理塘河）次之，集水面积 19114km^2，小金河（理塘河）占洼里（三滩）以上集水面积的 18.7%。

卡拉水电站位于四川省凉山彝族自治州木里县境内的雅砻江中游河段上，控制集水面积 81762km^2，是规划中该河段的第 7 级水电站，其上游连接杨房沟水电站，下游连接锦屏一级水电站。卡拉库尾至锦屏一级库尾河段无较大支流，该河段支流无水电开发规划。

2.1.2 雅砻江干流水电规划及开发利用现状

雅砻江流域水量充沛，落差巨大集中，水能资源蕴藏丰富，干支流水能资源技术可开发总量 34620MW，其中干流 29590MW，占全流域的 85%。根据河流水能资源分布特征，将雅砻江干流划分为上游(东西两源汇合处清水河镇～两河口)、中游(两河口～卡拉)、下游(卡拉～江口)三段分别进行水电规划与开发。

(1) 雅砻江上游段水资源规划与开发利用概况

雅砻江上游东西两源汇合处清水河镇～两河口河段长 732km，天然落差 1555m，河道平均比降 2.12‰。该河段自 2006 年开始启动水电规划勘察设计工作，并根据《中华人民共和国环境影响评价法》等相关要求同步开展了规划环境影响评价工作。2011 年 5 月和 8 月，我院分别完成了《雅砻江上游河段水电规划环境影响评价大纲》和《雅砻江上游河段水电规划报告(中间成果)》，并由中国水利水电建设咨询公司组织专家进行了咨询。2011～2012 年，我院根据咨询意见对规划及规划环评报告展开了进一步的设计、修改及完善工作，并于 2013 年 6 月完成了规划及规划环评报告的送审稿。根据现阶段规划成果，规划报告推荐 1 库 11 级的开发方案，从上游往下分别为鄂曲、温波、木能达(中)、格尼、木罗、仁达(低)、林达、乐安、新龙、共科和甲西，总装机容量 226.94 万 kW。其中，最下游梯级甲西电站坝址位于两河口水库回水末端上游约 3.9km，梯级

间未完全衔接，未利用落差约 12m。

(2) 雅砻江中游段水资源规划与开发利用概况

雅砻江中游两河口～卡拉河段长 385km，天然落差 985m，河道平均比降 2.56‰。该河段自 2002 年开始启动水电开发规划工作；2006 年 6 月，我院编制完成了《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告》，并通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查；2008 年 12 月，四川省人民政府以“川府函[2008]368 号”文批复同意了该规划报告。根据规划报告及其批复意见，雅砻江中游两河口～卡拉河段的开发任务主要是以发电为主，兼顾防洪，并促进地方经济社会发展，同时具有改善下游通航条件、拦沙和保护生态环境等综合效益；报告推荐 6 级开发方案，自上而下分别为两河口、牙根、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉，总装机容量 1122 万 kW。其中，两河口梯级为雅砻江干流中下游段的“龙头”水库电站，具有多年调节能力，对下游梯级的补偿效益突出。

2010 年 3 月，考虑到牙根梯级水库淹没影响涉及雅江县城发展用地的实际情况，从减小淹没损失，减少移民数量，促进地方社会经济发展出发，体现以人为本和科学发展观的指导思想，我院对雅砻江牙根河段的开发方案进行了进一步的深入研究。2010 年 8 月，我院完成了《四川省雅砻江两河口～牙根河段水电开发方案研究报告》，并通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查；2012 年 2 月，四川省发展和改革委员会以“川发改能源函[2012]133 号”文印发了审查意见，同意该开发方案。根据研究报告与审查意见，该河段由原来的一级开发调整为牙根一级和牙根二级两级开发，两级电站总装机容量 120.4 万 kW，较原一级开发方案 150 万 kW 减小了 29.6 万 kW。其中，牙根一级水电站坝址位于雅江县城上游约 4.5km 处，水库回水与两河口水电站尾水衔接，充分利用其调节库容对两河口水电站发电流量进行反调节，以保证在负荷低谷时段下泄生态流量；牙根二级水电站通过降低正常蓄水位，在雅江县城段和牙根一级水电站之间保留了约 6km 的天然河段，避让了对雅江县城发展用地的淹没影响。

根据上述规划与开发方式研究成果，雅砻江中游两河口～卡拉河段最终推荐 7 级开发方案，自上而下分别为两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉。

(3) 雅砻江下游段水资源规划与开发利用概况

雅砻江下游卡拉～江口河段长约 412km，天然落差 930m，河道平均比降 2.26‰。该河段是雅砻江干流最早进行水电开发的河段，1992 年编制完成了《雅砻江干流(卡拉

至江口河段)水电规划报告》，并于 1996 年 3 月通过了原四川省计委组织的审查。根据规划报告及审查意见，雅砻江干流下游江段共分为 5 级开发，从上游往下分别为锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩、桐子林，总装机容量 1470 万 kW。其中二滩水电站已于 1998 年建成发电，其余梯级均在建。

综合以上三个河段的水电开发规划成果与开发现状，雅砻江干流共规划了 23 级水电站，共利用落差 2487m，总装机容量 28761MW。其中，二滩水电站已经建成，锦屏一级、锦屏二级、官地、桐子林水电站均已投产发电，两河口水电站已开工建设，杨房沟待核准开工，牙根一级、牙根二级、楞古、卡拉水电站正开展可研阶段勘测设计工作，孟底沟水电站正开展预可阶段勘测工作。

雅砻江中游河段规划各梯级电站主要技术经济指标见表 2.1-1。

雅砻江中游河段规划各梯级电站主要指标表

表 2.1-1

梯级电站 / 项目（单位）		单位	两河口	牙根一级	牙根二级	楞古	孟底沟	杨房沟*	卡拉*	合计
控制流域面积		km^2	65725	65915	71004	77543	79564	80880	81762	/
多年平均流量		m^3/s	666	670	745	843	874	896	905	/
开发方式		/	坝式	坝式	坝式	混合式	坝式	坝式	坝式	/
正常蓄水位（m）		m	2865	2605	2560	2479	2254	2094	1987	/
正常蓄水位以下库容		亿 m^3	101.54	0.32	2.54	2.19	8.54	4.558	2.38	122.07
调节库容		亿 m^3	65.60	0.17	0.40	0.12	0.29	0.5385	0.37	67.49
调节性能		/	多年	日	日	日	日	日	日	/
利用水头		m	263	22	81	225	160	99	66.8	916.8
装机容量		万 kW	300	27	109	271.8	220	150	102	1179.8
年发电量	单独	亿 kW·h	110.00	/	41.85	112.80	89.43	59.61	39.95	453.64
	联合		110.00	11.90	45.18	126.82	97.97	68.56	45.53	505.96

雅砻江中游河段规划各梯级电站主要指标表

续表 2.1-1

项目（单位） \ 梯级电站		单位	两河口	牙根一级	牙根二级	楞古	孟底沟	杨房沟*	卡拉*	合计
水库淹没	人口	人	6287	17	619	90	218	295	387	7944
	耕地	亩	4105	212	569	48	760	293.67	400.60	6388.27
	林地	亩	135084	1286	7057	3540	16935	4913.18	756.02	169571.2
坝（闸）型		/	堆石坝	闸坝	堆石坝	重力坝	拱坝	拱坝	重力坝	/
最大坝高		m	295	59	115	134	229	155	126	/
总工期预计		/	10 年 5 月	3 年 5 月	6 年	7 年 5 月	8 年 1 月	6 年 11 月	6 年 11 月	/
建设情况		/	在建	未建	未建	未建	未建	未建	未建	/
设计阶段		/	技施	可研	可研	可研	预可研	可研	可研	/

注：以上经济技术指标均根据最新勘测设计成果统计。

2.1.3 雅砻江干流规划环评工作及主要结论

2.1.3.1 规划环评工作的过程

2004 年初，成都院承担了雅砻江中游（两河口～卡拉）水电规划的环境影响评价工作。2006 年 7 月，成都院提出了《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划环境影响报告书》，同年 11 月通过了原四川省环境保护局会同四川省发展和改革委员会组织的审查，2007 年 1 月，原四川省环境保护局以“川环函[2007]162 号”文向四川省发展和改革委员会提交了审查意见，作为规划审批的重要依据。

2.1.3.2 综合评价结论

根据《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》，综合评价结论为：

雅砻江中游水电开发是“西电东送”战略工程的重要组成部分，具有显著的社会经济效益和环境效益，对国家煤炭资源的战略储备具有重要意义。规划方案的实施将促进流域、四川省及我国中、东部地区社会经济的可持续发展，可有效减排 SO_2、粉尘等大气污染物，对温室气体 CO_2 的减排具有重要作用。

各规划比选方案均不涉及自然保护区、国家级保护鱼类等重大环境敏感对象，各方案的环境影响没有明显差别。方案一（组成梯级电站为两河口、牙根、楞古、孟底沟、

杨房沟、卡拉，共 6 个）在地质条件和经济指标上具有明显优势，因此，规划从确保工程安全、减轻地表扰动、节约投资的角度推荐采用该方案。规划方案实施影响相对较大的是施工期对水土流失的影响，大坝修建对河流水文情势的影响、对鱼类的影响，以及工程建设对移民的影响，其中对移民的影响涉及到安定团结的问题，必须充分考虑少数民族地区的特殊性，加以妥善解决，对水温、水文和鱼类的影响具有长期性和累积性，经采取相应的修复或补救性措施后，将得到有效控制和减缓。总体上，规划实施基本不存在重大制约性环境影响。

2.1.3.3 与本工程相关的环保措施及要求

雅砻江干流规划环评对流域各梯级的水环境保护、陆生植被保护、水生生物保护及安置区保护等均提出了相应的要求，本次环评提出的环保措施响应流域规划环评要求的情况详见表 2.1-2。

(1) 水环境保护措施

对施工过程中产生的砂石料加工系统废水和混凝土系统冲洗废水，进行处理，并使废水循环利用；施工期生活污水处理后用于林灌；水库蓄水前开展库底清理；建立水库环境管理机构，组织安排水质定期监测。本次评价拟按照规划环评的要求，开展上述水环境保护措施。

(2) 陆生动植物保护措施

保护好现有植被，严禁生产性采伐；呼吁当地居民自觉保护野生动物；杜绝破坏动物生境的偷伐活动和偷猎活动；减少对农田和植被的淹没及占用，避免对珍稀植物的损坏；电站施工后期，需对受影响的植被进行恢复，防止生态入侵。本次评价拟按照规划环评的要求，重点落实电站植被保护和修复等陆生动植物保护措施。

(3) 水生生物保护措施

建立资源增殖站，开展人工放流增殖，计划在雅砻江中游河段两河口水电站库尾的和平乡、楞古水电站减水河段各选一地点建鱼类人工增殖放流站，放流站主要以裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀鱼类为主；各放流站规模约 60 亩，放流的鱼种在 100~200 万尾（3~5g/尾）。增殖放流站的建设时间与所在河段对应的梯级电站一致。开展雅砻江鱼类的基础生物学研究工作。此外，还应结合珍稀、特有鱼类增殖放流工作，开展放流效果监测与研究工作。加强鱼类生境保护，部分受人为干扰小，自然生态环境保存较好的支流（如一级支流尤拉西沟、孜托西沟、曲入河、霍曲河、三岩龙河，以及

鲜水河的支流火烧桥沟、白龙河等）应根据各支流现状，对已建立保护区的加强管理，其他支流应进行进一步调查，根据自然生境及生物资源分布状况，划定需重点保护的流域。为减小雅砻江中游楞古水电站混合式开发形成的减水河段（长约 26.6km），该电站需泄放不小于 42m^3/s 的生态环境流量，以保障该河段不低于中型河流规模，保证沿岸陆生植物及水域景观及沿岸陆生植物的生态用水需求等。

目前，孟底沟坝址~锦屏一级库尾段的主要支流三岩龙河干流已规划建设 3 级电站，水电开发规划方案已经四川省发改委审查通过，部分电站已处于开工建设阶段，其中三岩龙河最下游的梯级为石多电站，其为引水式电站，尾水位为 2102m，与杨房沟水电站的正常蓄水位基本衔接，虽然石多电站设计将下泄 0.98m^3/s 的生态流量，但总体而言，石多电站坝址以下河段的原急流生境将大幅缩小，因此，该段作为雅砻江干流长丝裂腹鱼、青石爬鮡等急流性鱼类栖息地的适宜性将严重降低，在石多电站坝址以下段建立鱼类自然保护区的必要性不大。

规划环评阶段，除考虑对运行期采用混合式开发的楞古水电站提出了下泄生态流量要求外，对其他首尾相连的梯级电站未提出下泄流量要求。

(4) 安置区环保措施

移民安置区新址选择应满足地质稳定、环境条件良好、交通方便、饮用水安全等要求，尽量减少对森林植被的破坏，并结合移民搬迁根治或改善原有地方病，避免发生新的地方病。加强对安置区水环境、生态环境、固体废弃物环境、人群健康环境、移民生活质量及文化习俗等方面的保护，尽量减少工程建设对当地移民的不利影响，着力改善移民的生产生活条件。

规划环评及其批复中与本工程相关的环保措施要求及响应情况一览表

表 2.1-2

序号	类型	规划环评及其批复中的措施要求	响应情况
1	水环境保护措施	对施工过程中产生的砂石料加工系统废水和混凝土系统冲洗废水，进行处理，并使废水循环利用；施工期生活污水处理后用于林灌；水库蓄水前开展库底清理；建立水库环境管理机构，组织安排水质定期监测。	本次评价拟按照规划环评的要求，开展上述水环境保护措施。
2	陆生动植物保护措施	保护好现有植被，严禁生产性采伐；呼吁当地居民自觉保护野生动物；杜绝破坏动物生境的偷伐活动和偷猎活动；减少对农田和植被的淹没及占用，避免对珍稀植物的损坏；电站施工后期，需对受影响的植被进行恢复，防止生态入侵。	本次评价拟按照规划环评的要求，重点落实电站植被保护和修复等陆生动植物保护措施。
3	水生生物保护措施	建立资源增殖站，开展人工放流增殖，计划在雅砻江中游河段两河口水电站库尾的和平乡、楞古水电站减水河段各选一地点建鱼类人工增殖放流站，放流站主要以裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀鱼类为主；各放流站规模约 60 亩，放流的鱼种在 100~200 万尾（3~5g/尾）。增殖放流站的建设时间与所在河段对应的梯级电站一致。开展雅砻江鱼类的基础生物学研究工作。 应结合珍稀、特有鱼类增殖放流工作，开展放流效果监测与研究工作。	根据雅砻江中游各梯级的规划研究，从江段增殖放流站资源均衡化角度和电站开发时序角度综合考虑，拟在两河口水电站和杨房沟水电站各建设一座鱼类增殖站，其中杨房沟设置的鱼类增殖站统筹考虑中游卡拉、杨房沟、孟底沟、楞古四个梯级的增殖放流工作，放流种类主要为江段珍稀保护鱼类。 为满足对鱼类增殖放流效果的评价，在采取鱼类增殖放流的同时，每隔一定的时间，对增殖放流效果进行监测，研究放流措施的优化调整工作。
3	水生生物保护措施	为减小雅砻江中游楞古水电站混合式开发形成的减水河段（长约 26.6km），该电站需泄放不小于 42m^3/s 的生态环境流量，以保障该河段不低于中型河流规模，保证沿岸陆生植物及水域景观及沿岸陆生植物的生态用水需求等。	规划环评阶段，除考虑对运行期采用混合式开发的楞古水电站提出了下泄生态流量要求外，对其他首尾相连的梯级电站未提出下泄流量要求，规划环评阶段，除考虑对运行期采用混合式开发的楞古水电站提出了下泄生态流量要求外，对其他首尾相连的梯级电站未提出下泄流量要求，本工程在初期蓄水阶段和运行期均设置了不间断向下游泄放生态流量的措施，以满足初期蓄水和运行期下游河道的生态需水要求。

规划环评及其批复中与本工程相关的环保措施要求及响应情况一览表

续表 2.1-2

序号	类型	规划环评及其批复中的措施要求	响应情况
4	安置区环保措施	移民安置区新址选择应满足地质稳定、环境条件良好、交通方便、饮用水安全等要求，尽量减少对森林植被的破坏，并结合移民搬迁根治或改善原有地方病，避免发生新的地方病。加强对安置区水环境、生态环境、固体废弃物环境、人群健康环境、移民生活质量及文化习俗等方面的保护，尽量减少工程建设对当地移民的不利影响，着力改善移民的生产生活条件。	本工程选择的麦地龙乡复建集镇搬迁安置点地质条件稳定，环境条件良好，交通便利，水源点条件好，移民安置点的土地适宜性较好，搬迁安置后，能较好地改善当地群众的生产生活条件。安置点建设过程中，也将采取水环境保护、生态环境保护、固体废弃物保护、人群健康保护及文化习俗等方面的保护措施，可见安置点建设对周边的环境影响降低至较小的程度。

2.1.3.4 规划环评审查意见主要结论

2007 年 1 月 25 日，原四川省环境保护局以川环函[2007]162 号文下达了《关于提交“雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书”及审查意见的函》。该函对“规划方案”总体评价为：

在各“规划方案”中，由于“方案一”的经济指标最优、环境影响相对较小，实施该规划方案带来的不利环境影响可采取相应的环保措施予以控制和减缓，基本不存在重大环境制约因素，原则同意作为规划环评推荐方案。

同时，该函提出了规划方案实施及下阶段工程设计与项目环评中应重视的主要问题。规划环评审查意见认为，应从有效控制水库淹没和库区消落带影响，强化区域生态环境保护角度，对两河口水库的正常蓄水位选择与运行调度方案深入论证；应抓紧开展规划方案实施中的道路工程建设规划研究，使本规划方案的道路工程建设起到改善区域交通条件；在具体项目设计与环评中，要特别重视选址、选线的环保合理性论证，强化区域生态环境保护和水土流失防治；评价区域及电站水库淹没范围有国家Ⅱ级保护植物松口蘑、油麦吊云杉、金铁锁和金荞麦分布，规划的牙根、楞古水电站建设影响区域有五小叶槭和侧柏，在规划梯级电站设计及项目环评过程中，要特别强化区域重点保护植物的调查分析，结合工程建设的环境影响预测评价，从环境保护角度优化及指导工程建设方案及施工组织设计，明确提出切实有效的珍稀濒危及重点保护植物的保护方案。本次环评推荐规划方案的各梯级电站均存在重点保护和地方特有鱼类影响问题；按照规划

环评从流域及规划河段角度提出的鱼类保护措施，并根据具体电站影响水域的鱼类资源和“三场”分布，细化和具体落实鱼类资源保护措施，并协调和处理好投资分摊问题；应抓紧开展移民安置政策及移民安置经济补偿标准的研究工作，切实落实本项规划方案实施的移民可靠安置问题，消除规划梯级电站建设的社会环境影响障碍及可能导致的社会不安定因素。如在移民安置规划时，充分尊重少数民族同胞的宗教信仰和民风民俗，注重移民社会关系的维系，对于受工程建设间接影响的寺庙、村落等对象的保护与恢复措施，应与水库淹没搬迁安置协同考虑；雅砻江中游支流(如一级支流尤拉西沟、孜拖西沟、曲入河、霍曲河、三岩龙河，以及鲜水河的支流火烧桥沟、白龙河等)受人为干扰小，自然生态环境保存较好，是区域珍稀植物的集中分布区和陆生动物及鱼类理想的栖息地，现在部分区域(如尤拉西沟、孜拖西沟)已经建立了自然保护区。为维护本地区的生态环境及物种多样性，对已经建立保护区的区域应加强管理，其余区域的开发活动也应慎重进行，下阶段，应对各级支流作业进一步调查，根据自然生境及生物资源分布状况，划定需重点保护的区域；建议从各梯级电站发电税收中留出部分资金用于推进规划河段沿岸地区“以电代柴”，保护流域森林植被。

2.1.4 规划河段回顾性评价研究工作及进展

2.1.4.1 回顾性评价研究工作概述

雅砻江干流下游水电开发时间较早，规划阶段未开展规划环境影响评价工作，单个工程项目环评亦未充分考虑环境要素的累积性影响和区域生态环境的总体保护要求；而雅砻江干流中游河段(两河口至卡拉)水电规划过程中，虽同步开展了规划环境影响评价，但也没有从流域特别是中下游河段统筹的角度宏观把握影响的趋势和管理要求。同时，从下游开发的实际情况分析，多个工程的生态环境影响通过叠加、累积而逐步显现，流域环境管理方面也需要重新认识和研究合适的管理机制，随着水电开发活动向中上游延伸，涉及到的区域生态环境更加敏感、脆弱。此外，流域梯级开发除了引发单个工程所带来的生态环境影响外，由于系统的关联和累积效应，还存在对流域生态系统的潜在影响。为坚持“在做好生态保护和移民安置的前提下积极发展水电”的原则和遵循“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的指导方针，进一步推进雅砻江水电项目的有序开发，协调、处理好雅砻江干流中下游河段水电开发与环境保护的关系，探索流域水电开发环境管理的模式和机制，强化对策措施，促进雅砻江流域的可持续发展，雅砻江流域水电开发有限公司委托中国水电工程顾问集团公司承担四川省雅砻江干流中下游

河段水电开发环境影响回顾性评价研究工作。

2013 年 6 月，中国水电工程顾问集团公司完成了中下游回顾性影响评价第一阶段成果，并于 7 月通过了环境保护部组织的专家论证。审查认为，该研究报告在识别雅砻江干流中下游河段水电开发的环境敏感对象和环境限制性因素的基础上，重点回顾评价了二滩水电站及雅砻江下游水电开发的环境影响，核查了已建梯级电站环境保护措施落实情况，分析评价了中下游规划梯级全面实施后对水环境、区域生态和经济社会的区域性和累积性影响，提出了环境管理优化建议，从流域层面规划了进一步的环境保护对策和生态补救措施，明确了雅砻江中下游干流未建梯级的开发时序和布局。研究报告内容全面，结论总体可信，研究成果对协调雅砻江干流中下游河段电站梯级开发与生态环境保护关系、优化水电开发方案、完善流域生态环境保护对策措施等具有十分重要意义。

2.1.4.2 回顾性评价研究成果结论

中下游回顾性影响评价第一阶段研究成果显示，雅砻江中游水电开发任务总体合理，各梯级工程建设区及影响区不涉及全国主体功能区及四川省生态功能区划定的禁止区，其开发布局较为合理，并根据“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的方针要求，从开发时序上提出了优化建议。

研究报告以是否涉及环境敏感对象、是否存在环境限制性因素为时序开发原则，将雅砻江中下游河段后续开发电站分为第一类项目和第二类项目，分类推进开发。第一类项目：对不涉及环境敏感对象或虽涉及环境敏感对象但不属于环境限制性因素，环境影响相对较小的梯级，可适时开发。根据以上原则，经环境限制性梳理、分析，中游规划的 7 个梯级时序推荐结果如下：两河口、牙根一级、牙根二级、孟底沟、杨房沟、卡拉为第一类项目，建议适时开发。

2.1.4.3 回顾性评价主要审查意见

2013 年 7 月，环境保护部环境影响评价司在北京主持召开了《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》专家论证会，并形成了审查意见。

审查意见根据“在做好生态保护的前提下积极发展水电”要求，同意《研究报告》从环境敏感对象、环境限制性因素等角度综合分析提出的雅砻江中下游干流未建梯级电站开发时序意见，即：两河口、牙根一级、牙根二级、孟底沟、杨房沟和卡拉 6 个梯级环境影响较小，可适时开发；楞古梯级存在环境制约性因素，须论证环境影响可控及环境保护措施可行后再有序推进。

同时，审查意见提出了已建电站运行和后续梯级建设过程中应重点做好的环境保护工作，其中涉及卡拉水电站的主要意见包括：

(1) 依据水电开发“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”方针，统筹流域水电开发与生态保护关系。实施流域层面“两区一段”水生生态栖息地保护（中游高原鱼类栖息地保护区、雅砻江汇口栖息地保护区、下游东部江河平原鱼类大河湾保护段）；实施局部水域栖息地保护（曲入河、达曲河、卧龙寺沟、惠民河、永兴河流水段、鳡鱼河支库；力丘河干支流部分河段）。甘孜州发展和改革委员会以甘发改[2013]678 号文承诺，明确曲入河、达曲河、卧龙寺沟不再进行水电工程建设。四川省环境保护厅应组织相关部门、地方政府以及建设单位尽快提出雅砻江鱼类栖息地保护方案，并予以落实，落实成果须报我部备案。

(2) 制定雅砻江中下游河段梯级电站水库蓄水和运行调度环保方案，确保下泄生态环境用水。后续梯级电站项目环评阶段，应根据下游河道不同时段生态用水需求，深入开展不同时段下泄生态流量研究，制定生态流量泄放方案，并建设泄放生态流量的专用设施及在线监控系统，与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

(3) 保证研究河段鱼类基因交流和关键生境的功能完整性，依法承担电站建设和运行造成对鱼类影响的责任，采取鱼道、升鱼机、鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护等补救措施。后续梯级电站中牙根一级水电站建设鱼道过鱼设施；其他待建梯级电站应结合地形、枢纽布置格局等条件，研究采取鱼道、升鱼机等不同过鱼方式的适宜性，落实过鱼设施规划及建设。

(4) 统筹中下游河段鱼类增殖放流站布局和功能定位，可考虑建设两河口、杨房沟、锦屏一级、桐子林四个鱼类增殖放流站，满足各梯级电站增殖放流任务。抓紧长丝裂腹鱼、裸腹叶须鱼和青石爬鮡等鱼类的人工繁殖和放流技术研究工作。长期进行标记放流及放流效果技术评估工作，根据放流效果调整电站增殖放流任务。开展重要保护鱼类繁殖水力学条件和人造洪峰诱导产卵技术研究。联合地方相关部门加强二滩水电站及后续梯级电站库区渔业养殖监控，开展渔业资源保护和渔业规划，防止外来物种入侵。

(5) 落实陆生生态保护和生态补偿措施。加强施工期环境管理，减缓对野生动物、自然植被的影响。从规划河段生态环境整体考虑，建立栖息地保护、生态景观修复、就近保护等综合保护体系。重视已建电站库区消落带生态修复研究和建设工作，为其它未建梯级电站提供借鉴。

(6) 建立流域水电开发环境保护综合管理机构，统一开展流域生态环境保护、环境

监测和基础科学研究工作。长期进行生态跟踪监测，构建流域生态环境监测体系和生态环境数据库建设，跟踪观测流域重要珍稀保护鱼类”三场”、重要物种栖息环境和分布变化，动态观测水温恢复、过鱼、增殖放流、生态调度、生态修复措施实施效果，为流域环境保护提供技术支持。适时启动流域环境影响跟踪评价和梯级电站环境影响后评价工作，进一步完善生态环境保护对策措施。

2.1.4.4 回顾性评价研究第一阶段成果中与卡拉水电站相关的环保要求及响应情况

中下游环境影响回顾性评价从流域层面出发，以“统筹协调性”、“有效性”、“科学性”、“针对性”、“可操作性”为原则，在现有环境保护措施的基础上提出了整个中下游环境保护措施的总体规划方案，主要包括水环境、水生生态、陆生生态和社会环境保护规划 4 个方面，其中与卡拉水电站相关的环保措施内容及响应情况详见表 2.1-3。

雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告及其审查意见与本工程相关的环保措施要求及响应情况一览表

表 2.1-3

序号	类型	回顾性评价及其审查意见与卡拉水电站有关的措施要求	响应情况
1	生态需水要求	制定雅砻江中下游河段梯级电站水库蓄水和运行调度环保方案，确保下泄生态环境用水。后续梯级电站项目环评阶段，应根据下游河道不同时段生态用水需求，深入开展不同时段下泄生态流量研究，制定生态流量泄放方案，并建设泄放生态流量专用设施及在线监控系统，与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。	根据卡拉单独运行及与上游电站联合运行的情况，制定了相应的水库初期蓄水和运行调度方案，确保初期蓄水和运行期间下泄相应的生态流量。
2	水环境保护	加强已建电站库区水质和底泥监控，长期开展库区水质和底泥监测工作。	针对库区水质开展了长期的水质监测。
3	水生生态保护	保证研究河段鱼类基因交流和关键生境的功能完整性，依法承担电站建设和运行造成对鱼类影响的责任，采取鱼道、升鱼机、鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护等补救措施。后续梯级电站中牙根一级水电站重点研究建设鱼道过鱼设施；其他待建梯级电站应结合鱼类过坝能力、地形、枢纽布置格局等条件，研究采取鱼道、升鱼机等不同过鱼方式的适宜性，并落实过鱼设施建设。统筹中下游河段鱼类增殖放流站布局和功能定位，按照目前水电开发时序，可考虑建设两河口、杨房沟、锦屏一级、桐子林四个鱼类增殖放流站，满足各梯级电站增殖放流任务。长期进行标记放流及放流效果技术评估工作，根据放流效果调整电站增殖放流任务。开展重要保护鱼类繁殖水力学条件和人造洪峰诱导产卵技术研究。	为减缓工程建设对江段鱼类的影响，采取了“鱼道式集鱼系统+公路轨道提升+放鱼船”形式的综合过鱼设施；在杨房沟设置增殖站，统筹考虑卡拉、杨房沟、孟底沟、楞古四个梯级的鱼类增殖任务；提出在开展增殖放流的同时，加强对放流鱼类的标记和放流效果的评估；对库尾及坝下保留河段等重要生境采取鱼类栖息生境保护措施，已从江段整体考虑，将工程评价范围内的卡拉坝址至锦屏一级库尾保留江段作为重要的鱼类栖息地进行保护。 针对梯级开发的实际情况，采取保留干流部分流水河段，对这些局部流水生境水域采取禁止捕捞的保护措施。 本工程提出了在鱼类繁殖期稳定发电尾水水位的生态调度要求。
4	陆生生态保护和生态补偿	加强施工期环境管理，减缓对野生动物、自然植被的影响。从规划河段生态环境整体考虑，建立栖息地保护、生态景观修复、就近保护等综合保护体系。重视已建电站库区消落带生态修复研究和建设工作，为其它未建梯级电站提供借鉴。	已提出加强施工期的环境管理，减少对野生动物、自然植被的影响；施工结束后，提出了对工程影响区进行植被恢复的措施。

雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告及其审查意见与本工程相关的环保措施要求及响应情况一览表

续表 2.1-3

序号	类型	回顾性评价及其审查意见与卡拉水电站有关的措施要求	响应情况
5	环境管理	建立流域水电开发环境保护综合管理机构，统一开展流域生态环境保护、环境监测和基础科学研究工作。长期进行生态跟踪监测，构建流域生态环境监测体系和生态环境数据库建设，跟踪观测流域重要珍稀保护鱼类“三场”、重要物种栖息环境和分布变化，动态观测水温恢复、过鱼、增殖放流、生态调度、生态修复措施实施效果，为流域环境保护提供技术支持。根据梯级电站建设情况，适时再次启动流域环境影响回顾性评价和梯级电站环境影响后评价工作，进一步完善生态环境保护对策措施。	雅砻江流域水电开发有限公司已从公司层面设立了流域环境管理机构，统一开展流域生态环境保护、环境监测和基础科学研究工作。

2.2 地理位置

卡拉水电站位于四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县境内，坝址位于雅砻江干流中游河段的卡拉乡下田镇村上游约 3.0km 处，为雅砻江干流中游两河口~卡拉河段水电规划“一库七级”开发之第七级，上距规划开发的杨房沟水电站 32km，下距锦屏一级水电站 76m。坝址控制流域面积 81762km^2。

电站坝址距木里县约 124km，距西昌约 370km，距成都约 919km。

工程地理位置详见附图 1。

2.3 工程建设必要性

(1) 建设卡拉水电站符合国家能源发展战略

我国能源资源的分布与地区经济发展极不平衡。从常规能源资源的分布来看，我国的煤炭资源主要集中在华北和西北地区，其中山西、陕西与内蒙古西部等“三西地区”占全国储量的 65%；水能资源集中在西南地区，其可开发能量约占全国的 70%。我国经济发达和能耗大的地区是东南沿海及中南地区，工业产值占全国的 60%左右，可拥有的煤炭和水能资源则不到全国的 20%，远远不能满足经济发展的需要，从而形成我国能源调配的基本格局是“北煤南运”、“西电东送”。

四川省能源资源较为丰富，最为突出的资源是水能。全省水力资源技术可开发容量 1.2 亿 kW，开发潜力较大。加快开发四川水能资源，不仅可以促进四川经济的发展，而且可将部分丰富、优质的水电送往东部地区，实现能源资源的优化配置。

卡拉水电站装机容量 1020MW，年均发电量 45.345 亿 kW·h，电站规模较大，与中游两河口龙头水库电站联合运行具有年调节性能，电能质量优越，水库移民征地少，无敏感环境制约因素，为较优质水电电源点。开发卡拉水电站，对我国实施可持续发展战略、改善能源结构、减少二氧化碳排放有较大促进作用，符合我国能源发展战略。

(2) 建设卡拉水电站是加快雅砻江水电基地开发的需要

雅砻江流域水电开发，在深入分析国家电力工业发展与“西电东送”战略、流域水电开发与大型独立发电企业发展规律、四川经济发展态势与振兴少数民族地区经济发展需要等情况的基础上，确定了雅砻江流域水电开发“四步走”发展战略。

在这样一个战略部署中，卡拉水电站是雅砻江中游河段上规模和效益较大、水库淹没影响小、无环境影响敏感因素制约，具备依托下游锦屏一级电站加快开发的有利条件，并且其上接杨房沟、孟底沟等中游梯级，是联系中、下游梯级开发交通和送出工程纽带

之一，是雅砻江水电开发“四步走”发展战略第三阶段的重点工程之一。

卡拉项目的开发实施，不仅自身可获得良好的效益，而且使上游两河口水库电站的梯级补偿效益得到充分体现，还将极大推动雅砻江中游河段其它梯级电站的开发，为雅砻江中游开发奠定坚实的基础，有利于加快雅砻江水电基地的整体开发，为我国国民经济持续、快速发展作出应有的贡献。

(3) 建设卡拉水电站是优化四川电力系统电源结构的需要

四川电网水电比重大，但现有水电站中径流式水电站多，调节能力差，除宝珠寺（700MW）、二滩（3300MW）、大桥（100MW）、冶勒（240MW）、紫坪铺（760MW）具有季调节以上能力外，其余均属仅具日、周调节能力和径流式水电站，调节性能差，丰、枯出力变幅大，电网运行较为困难。汛期水电出力大增，迫使水电大量弃水调峰，而枯期水电出力大减，极易引起季节性缺电。从四川省能源资源条件考虑，四川省应加大调节性能好的大型水电电源开发力度，以改善电源结构。

雅砻江中游两河口龙头水库调节库容 62.8 亿 m^3，库容系数 30.0%，具有多年调节能力。两河口水电站坝址控制流域面积约占卡拉水电站闸址控制流域面积的 80.2%，两河口水电站投产后，通过两河口水库的蓄丰补枯、联合补偿调节运行，卡拉水电站的入库流量和发电量过程将发生很大改变，汛期电量减少，枯期电量大大增加，水量利用率大大提高。因此，卡拉水电站与中游两河口龙头水库电站联合运行同样具有良好调节性能。卡拉水电站是雅砻江中游河段的第 7 个梯级电站，电站装机容量 1020MW，保证出力 350MW，多年平均发电量 45.345 亿 kW·h，装机容量与保证出力倍比数仅为 2.8，平枯期多年平均发电量达到 20.72 亿 kW·h，占多年平均发电量的 46.1%，具有发电量大、容量保证率高、丰枯出力均衡等特点。建设卡拉水电站对改善四川电网枯期水电出力不足、优化四川电网电源结构具有一定的作用。

(4) 卡拉水电站建设条件较好

卡拉水电站装机 1020MW，正常蓄水位库容 2.38 亿 m^3。电站水库淹没区人口较少，也无重要的专项设施，水库淹没所涉及的土地 80％为河流沙滩和荒草地。电站规划水平年涉及的移民安置人口 1767 人，征用耕地 86.79hm^2。按平均指标计算，每 MW 仅安置人口 1.8 人、征用耕地 1.3 亩，远低于全国水电站工程平均水平。

卡拉水电站不涉及各类自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、重点文物保护单位、陆生、水生珍稀动植物集中分布区等环境敏感目标。电站采取堤坝式开发，枢纽

集中布置，其不利环境影响少，且均可以采取措施减免或消除。

卡拉水电站虽然区域（外围）地质稳定性差，但工程场址区属区域构造相对较稳定的工程场地。成库条件较好，无水库永久性渗漏之虑，坝址及枢纽工程本身地形地质条件较好。

(5) 卡拉水电站具有较好的环境效益

在多种能源中，水电属可再生清洁能源，同太阳能、风能、地热能、生物能一同并称为“绿色电力”。电站建成后每年可减少火电发电量 45.527 亿 kW·h，使系统节省原煤约 163.68 万 t，减少 SO_2 排放量约 9.29 万 t，根据有关统计数据，我国火电厂脱硫运行费用一般为 6000 元/t，则每年可节约脱硫费用约 5.66 亿元，对减轻环境污染有较大作用。

建设卡拉水电站，可以替代煤炭或油气资源，不仅减少了资源的消耗，而且减轻了对环境的负面影响，有着较大的生态环境效益，也符合我国可持续发展战略。

(6) 卡拉水电站建设将带动民族地区经济发展，促进和谐社会建设

卡拉水电站位于四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县境内，为藏族区，地广人稀，经济不发达，均属四川省贫困地区，经济基础薄弱，社会教育程度低，贫困面大。目前该地区仍以农业经济为主，人均国民生产总值约为四川省人均产值的二分之一，全国人均产值的三分之一，与全国的经济发展水平形成很大的反差。

卡拉水电站的建设将使当地的交通条件得到极大改善，给各行业带来发展机遇，促进地方建材、建筑、服务等相关产业的快速发展，增加就业，带动该地区其他资源的开发，有效拉动经济增长，加速沿江少数民族地区脱贫致富。因此，开发雅砻江卡拉水电站符合国家实施西部大开发战略、促进民族团结和东西部共同发展的方针，建设卡拉水电站对带动民族地区经济发展、共建和谐社会具有重要意义。

综上所述，卡拉水电站符合我国可持续发展战略和能源发展战略，有利于改善四川电力系统电源结构和生态环境保护，有利于加快雅砻江水电基地开发和带动民族地区经济发展，有利于共建和谐社会，经济效益、社会效益和环境效益良好。因此，开发建设卡拉水电站是十分必要的。

2.4 工程组成

卡拉水电站工程由主体枢纽的永久工程和临时工程、水库淹没和占地以及移民安置等项目组成，各项目的组成部分见表 2.4-1。

本工程未开展三通一平工作，目前工程尚未开工。

卡杨水电站对外交通专用公路全线长 91.3km，工程总投资约 43.35 亿元，单独立项、单独环评，施工总工期约 3 年零 4 个月，已于 2010 年 4 月和 11 月分 2 批先后开工，已于 2014 年建成通车。该工程不属于卡拉水电站工程项目组成范围。

卡拉水电站工程项目组成表

表 2.4-1

工程项目			工程组成	可能产生的环境问题	
				施工期	运行期
主体枢纽工程	永久工程	挡水建筑物	碾压混凝土重力坝，最大坝高 126m	扰动地貌，破坏植被，水土流失，噪声、大气等污染	大坝阻隔；改变库区及坝址下游河段水文情势；水环境变化；水土流失；改变土地利用方式
		泄洪消能建筑物	5 个泄洪表孔和 2 个中孔		
		引水发电建筑物	进水口、引水隧洞、主副厂房洞、主变洞、母线洞、尾水隧洞、尾水调压室、尾水出口、斜井及平洞、地面出线场、进厂交通洞、通风兼安全洞及其它辅助洞室		
		场内交通	新建永久公路 4.13km； 永久跨江交通桥 1 座，长 190m	破坏植被；水土流失；改变土地利用方式；噪声、大气等污染	/
		生活福利设施和办公区	业主营地	产生生活污水；固废污染	产生一定的生活污水和生活垃圾。
	临时工程	施工工厂	砂石加工系统、混凝土生产系统、前期砂石筛分系统、综合加工厂、机械修配厂、汽车保养站等	产生污废水，污染水体；噪声、大气等污染；	/
		仓库	机械设备库、永久设备库、综合仓库、生活物资库、油料库、炸药库等		
		生活福利设施和办公区	1#、2#、3#承包商营地	产生生活污水，污染水体；影响人群健康；固废污染	/
		料场、渣场	料场 1 个，为与杨房沟合用的金波石料场；弃渣场 2 个及中转料场 1 个，分别为甲尔沟弃渣场、上田镇沟弃渣场、猪白沟沟口中转料场	破坏植被；水土流失；改变土地利用方式；粉尘污染	/
		场内交通	新建临时公路长约 26.17km，含临时跨江交通桥 1 座，长 150m	破坏植被；水土流失；改变土地利用方式；水环境、噪声、大气等污染	/

卡拉水电站工程项目组成表

续表 2.4-1

工程项目		工程组成	可能产生的环境问题	
			施工期	运行期
水库淹没		正常蓄水位 1987m，死水位 1982m，正常蓄水位时库容 2.38 亿 m^3，总库容 2.47 亿 m^3，回水长度 32km	/	日调节改变库区和坝址下游河段水文情势；植被损失，改变土地利用方式
移民安置及迁、复建工程	移民安置	至规划水平年，工程生产安置人口为 588 人，采用以农业安置为主，其他非农安置为辅的方式；搬迁安置人口为 1159 人（其中农村搬迁安置人口为 1077 人，集镇搬迁安置人口为 82 人），采用集中安置与分散安置相结合的方式。	破坏植被；水土流失；影响安置区居民和环境	改变土地利用方式；影响移民和安置区原有居民生活；影响安置区环境
	迁、复建工程	道路复建工程：通乡公路 27.878km（等外公路）；集镇防护工程 1.85km；集中安置点对外连接道路 1.5km 等	破坏植被；水土流失；对当地交通造成影响	/
环境保护工程	环境保护设施	包括水处理设施、生态流量泄放孔、生态流量泄放底孔、大气环境保护设施、噪声防护措施等	水生生态影响；破坏植被；水土流失；	/
	生态保护与修复工程	陆生生态修复工程、鱼类增殖站、过鱼设施等	/	/

2.5 工程任务、建设规模及运行方式

2.5.1 工程任务

卡拉水电站的开发任务为发电，促进地方经济社会发展。

2.5.2 建设规模

(1) 工程等级

根据《防洪标准》(GB50201-94)和《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DL5180-2003)，卡拉水电站工程等级为Ⅱ等，属大(2)型工程，挡水、泄洪、引水发电等主要建筑物按 2 级建筑物设计，消能防冲等次要建筑物按 3 级建筑物设计，临时建筑物按 4 级建筑物设计。

(2) 水库规模

卡拉电站水库正常蓄水位为1987m，死水位为1982m，消落深度为5m（联合运行时水位消落深度为2m）；正常蓄水位相应库容2.38亿m^3，死库容2.01亿m^3，调节库容为0.37亿m^3，库容系数0.13%，属日调节水库。

(3) 装机容量

卡拉水电站装机容量1020MW，安装4台单机容量为255MW的机组，与两河口联合运行，多年平均发电量45.527亿kW·h，保证出力351MW，单独运行保证出力122MW，供电范围为四川电网。

本项目工程特性表见表2.5-1。

卡拉水电站工程特性表

表2.5-1

序号	名　　称	单位	数　量	备　注
一	水　文			
1	坝址以上流域面积	km^2	81762	
2	多年平均年径流量	亿m^3	285.4	
3	多年平均流量	m^3/s	905	
4	泥　沙			
	多年平均悬移质年输沙量	万t	1290	
	多年平均含沙量	g/m^3	453	
	多年平均推移质年输沙量	万t	64/36.2	单独/与两河口联合
二	水　库			
1	水库水位			
	上游/下游校核洪水位	m	1988.53/1934.24	P=0.05%
	上游/下游设计洪水位	m	1987.00/1932.71	P=0.2%
	正常蓄水位	m	1987	
	死水位	m	1982	
	水库面积	km^2	7.57	
	回水长度	km	31.7	

卡拉水电站工程特性表

续表 2.5-1

序号	名　　称	单位	数　量	备　注
2	水库容积			
	总库容	亿 m^3	2.47	
	正常蓄水位以下库容	亿 m^3	2.38	
	调节库容	亿 m^3	0.37	
	死库容	亿 m^3	2.01	
3	库容系数	%	0.13	
4	调节特性		日调节	
三	下泄流量			
	设计洪水时最大泄量	m^3/s	9410	P=0.2%
	校核洪水时最大泄量	m^3/s	10600	校核洪水时最大泄量
	机组满发流量	m^3/s	1830.4	
四	工程效益指标			
	发电效益			
	装机容量	MW	1020	
	机组台数	台	4	混流式
	单机容量	MW	255	
	保证出力（P=95%）	MW	122/351	单独/与两河口联合
	多年平均发电量	亿 kWh	45.527	与两河口联合运行
	装机年利用小时	h	4463	同　上
	水量利用率	%	99.45	同　上
	最大水头	m	74.0	
	额定水头	m	63	
	最大引用流量	m^3/s	1830.4	
五	建设征地及移民安置			
1	移民			

卡拉水电站工程特性表

续表 2.5-1

序号	名　　称	单位	数　量	备　注
	淹没耕地	hm^2	78.53	
	迁移人口	人	1164	
	房屋面积	万 m^2	7.22	
2	工程永久占地	hm^2	1022.64	
六	主要建筑物及设备			
1	挡水建筑物			
	型　式		碾压混凝土重力坝	
	顶部高程	m	1995.0	
	最大坝高	m	126.0	
	坝顶长度	m	258.0	
2	泄水建筑物			
1)	泄洪表孔			
	数量	个	5	
	堰顶高程	m	1970.0	
2)	中　孔			
	进、出口底板高程	m	1930.00	
3	引水建筑物			
	进水口型式		岸塔式	
	底板高程	m	1956.0	
	孔口数量	个	4	
4	引水建筑物			
	型　式		单机单管平段＋斜井式	
	隧洞内径	m	13～16.6	
5	厂房			
	型　式		地下厂房	

卡拉水电站工程特性表

续表 2.5-1

序号	名　　称	单位	数　量	备　注
	主副厂房尺寸（长×宽×高）	m	239.00×28.00×75.77	
6	尾水调压室			
	型　式		长廊阻抗式	
7	尾水隧洞		城门洞形	
	尾水隧洞数量	条	2	两机一洞
七	施　工			
1	主体工程及临时土石方数量			
	土石方开挖量	万 m^3	1152.11	
	土石方填筑量	万 m^3	552.17	
2	弃渣场			
	弃渣量	万 m^3	879.94	
	弃渣场个数	个	2	
	占地面积	hm^2	73.08	
3	施工导流(方式、型式)		断流围堰、隧洞导流	
4	施工临时总占地	hm^2	201.87	
5	施工工期			
	筹建期	月	24	
	第一台机组投产工期	月	72	
	总工期（不含筹建期）	月	83	
八	主要环境保护工程			
1	水环境保护工程			
	砂石料废水处理系统	处	1	
	混凝土系统废水处理系统	处	2	
	生活污水处理系统	处	4	
2	水生生态环境保护工程			

卡拉水电站工程特性表

续表 2.5-1

序号	名　　称	单位	数　量	备　注
	鱼类增殖站工程	处	1	与杨房沟鱼类增殖站合建
	鱼道式集鱼组合过鱼系统	处	1	
	生态流量泄放底孔	处	1	
	生态流量泄放孔	处	1	
3	陆生生态环境保护工程			
	生态修复	处	7	
九	经济指标			
1	静态总投资	万元	1172452	
	其中：环境保护措施	万元	42932.36	
	总投资	万元	1587612	
2	经济指标			
	单位千瓦投资(静态)	元/kW	11495	
	单位电度投资	元/kW·h	2.575	

2.5.3 工程运行方式

2.5.3.1 电站发电运行方式

卡拉水电站共设 4 台机组，总装机容量 1020MW，单机容量 255MW；装机满发流量 1830.4m^3/s，单台机组额定发电流量为 457.6m^3/s，运行期至少有半台机组承担基荷发电。卡拉电站建成后，为了满足下游河道生态用水需求，电站下泄流量不小于 146m^3/s。

单独运行时：由于电站为径流式日调节电站，库容较小，仅对日流量有调节作用，在枯水年枯水期1到4月平均流量为199 m^3/s、172 m^3/s、202 m^3/s、269 m^3/s，在来水量低于机组最小发电流量的时候可以通过降低库水位增加下泄流量，满足发电要求。（根据目前两河口、杨房沟和卡拉三个水电站的设计建设进度安排，卡拉电站单独运行的可能性较小。）

联合运行时：电站上游的两河口和杨房沟水电站的枯水年枯水期也可下泄流量近600m^3/s，除正常蓄水位库容外，卡拉电站不保存上级电站发电流量，在上游电站不发电的低谷时间，通过降低库水位和调蓄卡拉~杨房沟电站区间内径流发电运行。

卡拉水电站主要发电指标见表2.5-2，枯水期典型日的下泄流量和出力过程见表2.5-3和图2.5-1。

卡拉水电站主要水能参数汇总成果表

表 2.5-2

项　目	单 位	参　数		备　注
		单独运行	联合运行	
装机容量	MW	1020		
机组台数	台	4		混流式
单机容量	MW	255		
多年平均发电量	亿 kWh	39.945	45.527	与两河口联合运行
其中：枯期（12~4 月）	亿 kWh	5.038	24.890	同　上
平期（11 月、5 月）	亿 kWh	6.352	6.245	同　上
丰期（6~10 月）	亿 kWh	28.555	14.393	同　上
保证出力（P=95%）	MW	122	351	同　上
装机年利用小时	h	3916	4463	同　上
水量利用率	%	89.20	99.45	同　上
最大水头	m	73.9	73.9	
最小水头	m	53.4	53.4	
加权平均水头	m	66.7	66.8	与两河口联合运行
额定水头	m	63	63	
最大引用流量	m^3/s	1830.4	1830.4	

电站枯水年典型日流量和出力表

表 2.5-3

时间	枯水期（3 月）									
	单独运行					联合运行				
	出力	入库流量	出库流量	上游水位	下游水位	出力	入库流量	出库流量	上游水位	下游水位
	MW	m^3/s	m^3/s	m	m	MW	m^3/s	m^3/s	m	m
1:00	127.5	158	228.8	1987.0	1912.6	127.5	44	228.8	1987.0	1912.6
2:00	127.5	158	228.8	1986.9	1912.6	127.5	44	228.8	1986.9	1912.6
3:00	127.5	158	228.8	1986.9	1912.6	127.5	44	228.8	1986.8	1912.6
4:00	127.5	158	228.8	1986.9	1912.6	127.5	44	228.8	1986.7	1912.6
5:00	127.5	158	228.8	1986.8	1912.6	127.5	44	228.8	1986.7	1912.6
6:00	127.5	158	228.8	1986.8	1912.6	127.5	44	228.8	1986.6	1912.6
7:00	127.5	158	228.8	1986.8	1912.6	127.5	44	228.8	1986.5	1912.6
8:00	127.5	158	228.8	1986.8	1912.6	127.5	44	228.8	1986.4	1912.6
9:00	127.5	158	228.8	1986.7	1912.6	254.6	549	456.8	1986.3	1914.1
10:00	127.5	158	228.8	1986.7	1912.6	254.6	549	456.8	1986.4	1914.1
11:00	127.5	158	228.8	1986.6	1912.6	254.6	549	456.8	1986.4	1914.1
12:00	127.5	158	228.8	1986.6	1912.6	254.6	549	456.8	1986.4	1914.1
13:00	127.5	158	228.8	1986.6	1912.6	254.6	549	456.8	1986.5	1914.1
14:00	127.5	158	228.8	1986.5	1912.6	254.6	549	456.8	1986.5	1914.1
15:00	127.5	158	228.8	1986.5	1912.6	254.6	549	456.8	1986.6	1914.1
16:00	127.5	158	228.8	1986.5	1912.6	254.6	549	456.8	1986.6	1914.1
17:00	127.5	158	228.8	1986.4	1912.6	254.6	549	456.8	1986.7	1914.1
18:00	127.5	158	228.8	1986.4	1912.6	254.6	549	456.8	1986.7	1914.1
19:00	127.5	158	228.8	1986.4	1912.6	254.6	549	456.8	1986.7	1914.1
20:00	127.5	158	228.8	1986.3	1912.6	254.6	549	456.8	1986.8	1914.1
21:00	127.5	158	228.8	1986.3	1912.6	254.6	549	456.8	1986.8	1914.1
22:00	127.5	158	228.8	1986.3	1912.6	254.6	549	456.8	1986.9	1914.1
23:00	127.5	158	228.8	1986.2	1912.6	254.6	549	456.8	1986.9	1914.1
0:00	127.5	158	228.8	1986.2	1912.6	254.6	549	456.8	1987.0	1914.1

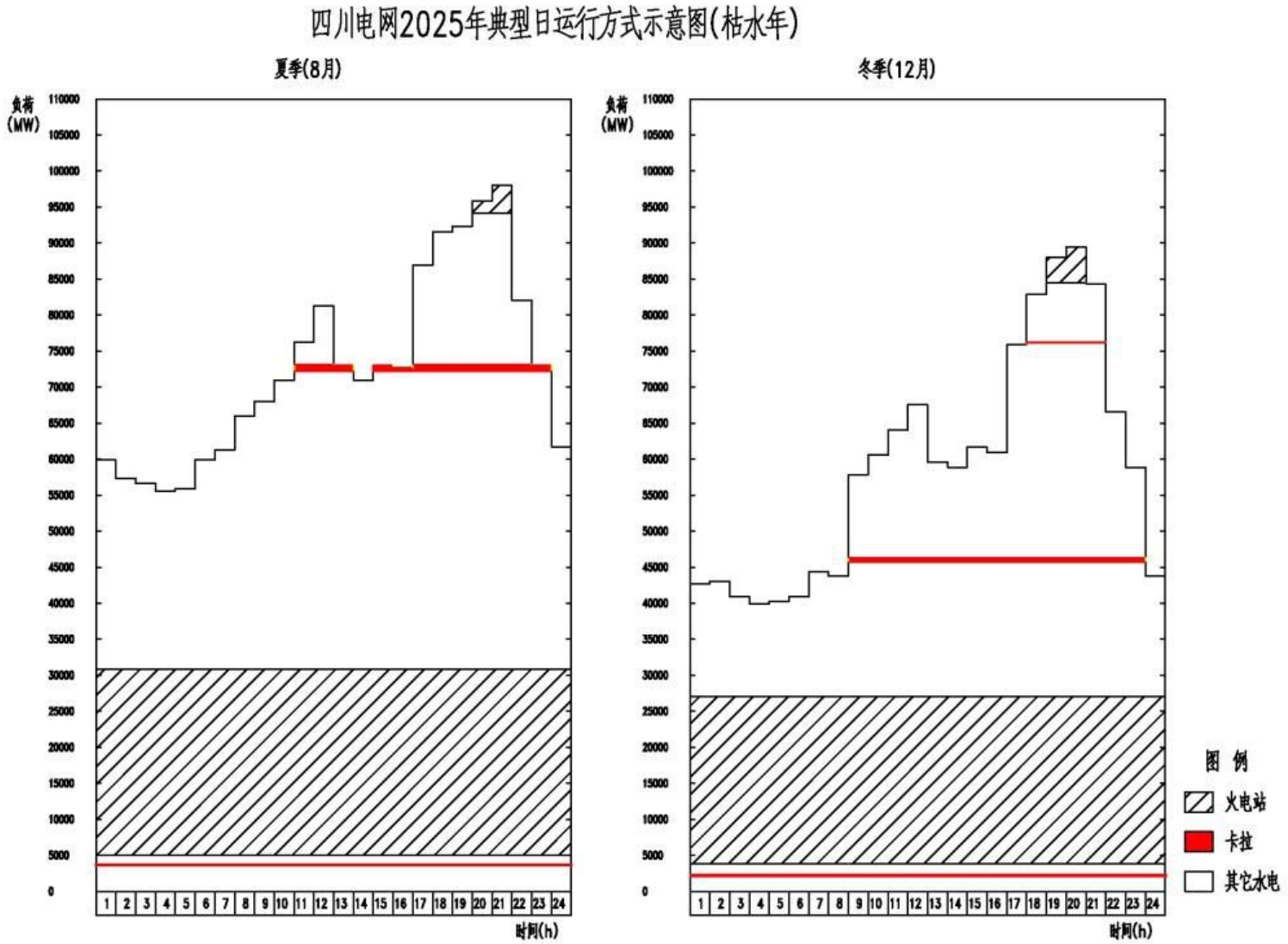


图 2.5-1 四川电网 2025 年典型日运行方式示意图（枯水年）

2.5.3.2 水库调度运行方式

卡拉水电站具有日调节性能，调节性能较差，上游主要控制因素为多年调节性能的两河口水电站。

卡拉电站水库正常蓄水位 1987m，死水位 1982m，调节库容仅 0.37 亿 m^3，单独运行时具有日调节性能，与中游河段的“龙头”梯级两河口水电站联合运行时水库具有年调节特性。电站的调节库容由发电调节库容和事故备用库容组成，发电调节库容可满足电站周调节发电需求，事故备用库容根据系统运行的需要，利用其备用库容承担系统的事故备用。水库运行方式为：一般情况下，与上游梯级电站同步运行，按满足日调节运行和下游生态用水要求，水库水位在正常蓄水位 1987m～1985m 之间变化，即水库水位正常蓄水位以下 2m 范围内消落运行，由于日调节所需要的库容较小，卡拉水库发电消落水位较小，水库能很快回蓄到正常蓄水位 1987m；在电站承担系统备用任务等时，在上游来水量不能满足要求的情况下，结合电力系统运行要求，必要时可扩大水库水位的消落运行范围至死水位，最大消落运行范围为 5m。两河口水库投入运行后，卡拉水库水位全年基本可维持在 1986m 左右运行。

2.5.3.3 洪水调度

卡拉水电站库容小，调蓄能力差，水库削减洪峰作用很小。卡拉水电站洪水调节计算的主要目的是分析工程自身安全的需要，洪水调节采用敞泄方式，泄洪建筑物均由 5 个泄洪表孔、2 个泄洪中孔组成，起调水位为正常蓄水位。

(1) 当坝址洪水流量小于起调水位对应的泄流设施泄流能力时，按来水量下泄洪水；

(2) 当坝址洪水流量大于起调水位对应的泄流设施泄流能力时，泄洪设施全部开启，参与泄洪；

(3) 各频率洪水的出库洪峰流量小于或等于该频率洪水的洪峰流量。

调洪计算成果见表 2.5-4。

卡拉水电站洪水调节计算成果表

表 2.5-4

洪水频率（%）	洪峰流量（m^3/s）	按泄流曲线查读		按调洪原则计算		备 注
		最高库水位（m）	最大泄量（m^3/s）	最高库水位（m）	最大泄量（m^3/s）	
20	5100	1987	5100	1987	5100	
5	6520	1987	6520	1987	6520	
1	8010	1987	8010	1987	8010	
0.5	8620	1987	8620	1987	8620	
0.2	9410	1987	9410	1987	9410	设计洪水位
0.1	10000	1987.51	10000	1987.45	9753	
0.05	10600	1988.25	10600	1988.18	10543	校核洪水位

根据调洪计算成果，卡拉水电站水库的设计洪水位（P=0.2%）为 1987m，相应库容为 2.378 亿 m^3；校核洪水位（P=0.05%）为 1988.25m，相应的总库容为 2.473 亿 m^3。

2.5.3.4 水库泥沙调度

卡拉水电站是雅砻江中游河段梯级开发中的第七级站址，上游有两河口、牙根、楞古、孟底沟、杨房沟五个梯级水电站，其中，两河口水库为雅砻江中游河段的龙头水库，具有多年调节能力，库沙比为 2371，水库泥沙淤积速率缓慢，淤积年限很长，平均出库率为 15.8%，若考虑上游两河口与杨房沟水库的影响，卡拉水电站库沙比为 105，属于泥沙淤积不严重水库。卡拉水电站是以发电为主的电站，在减少淤积的同时，排沙运行应尽量少影响发电效益。从水库排沙运行和减少排沙运行发电效益损失等方面考虑，上游梯级未建情况下，卡拉水电站排沙流量拟采用 2000m^3/s。

2.6 枢纽布置及主要建筑物

卡拉水电站工程枢纽由拦河坝、泄洪消能建筑物及引水发电系统等组成；其中拦河坝为碾压混凝土重力坝，坝身设 5 个泄洪表孔＋2 个中孔泄洪，坝下设底流消力池消能；引水发电系统布置在右岸地下。

2.6.1 碾压混凝土重力坝

拦河坝为碾压混凝土重力坝型，坝顶高程 1995.00m，最大坝高 126m，坝轴线长 258m，共 12 个坝段，自左至右依次为 1～4#左岸挡水坝段、5#中孔坝段、6～8#溢流坝

段、9#中孔坝段、10～12#右岸挡水坝段。上游面 1914.0m 高程以上铅直，以下坡比 1：0.25；下游坝面坝顶至高程 1981.67m 间为铅直段，往下通过半径为 20m 的圆弧与下游坝坡 1：0.75 相接。

2.6.2 泄洪消能建筑物

泄洪消能建筑物采用坝身泄洪表孔、泄洪中孔加坝下底流消力池方案，由 5 个泄洪表孔和2个坝身泄洪中孔组成。泄洪表孔以河床中心线为轴线对称布置在河床坝段中间，泄洪中孔布置在溢流表孔两侧，溢流坝下布置跌坎底流消力池消能。

坝身 5 个泄洪表孔为开敞式，5 孔尺寸均为 11m×17m(宽×高)，堰顶高程 1970m，溢流前缘宽 71m，出口采用宽尾墩、连续鼻坎自由跌流。设平板检修闸门和弧形工作闸门各一扇，平板检修闸门由布置于坝顶的门机控制；弧形工作闸门由布置在闸墩顶部的液压启闭机控制。

泄洪表孔平面及剖面布置见下图 2.6-1~2。

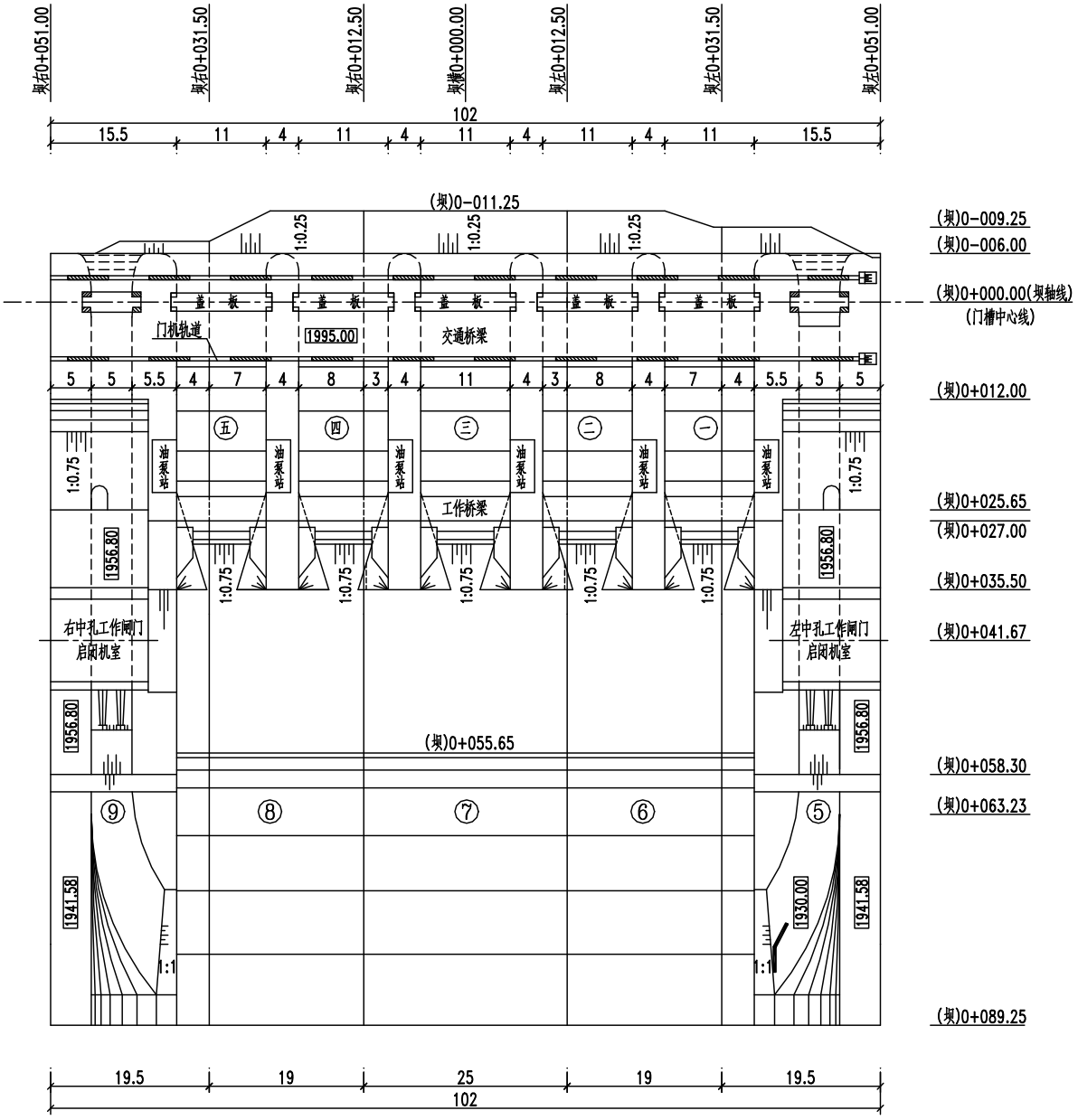


图 2.6-1 泄洪表孔平面布置图

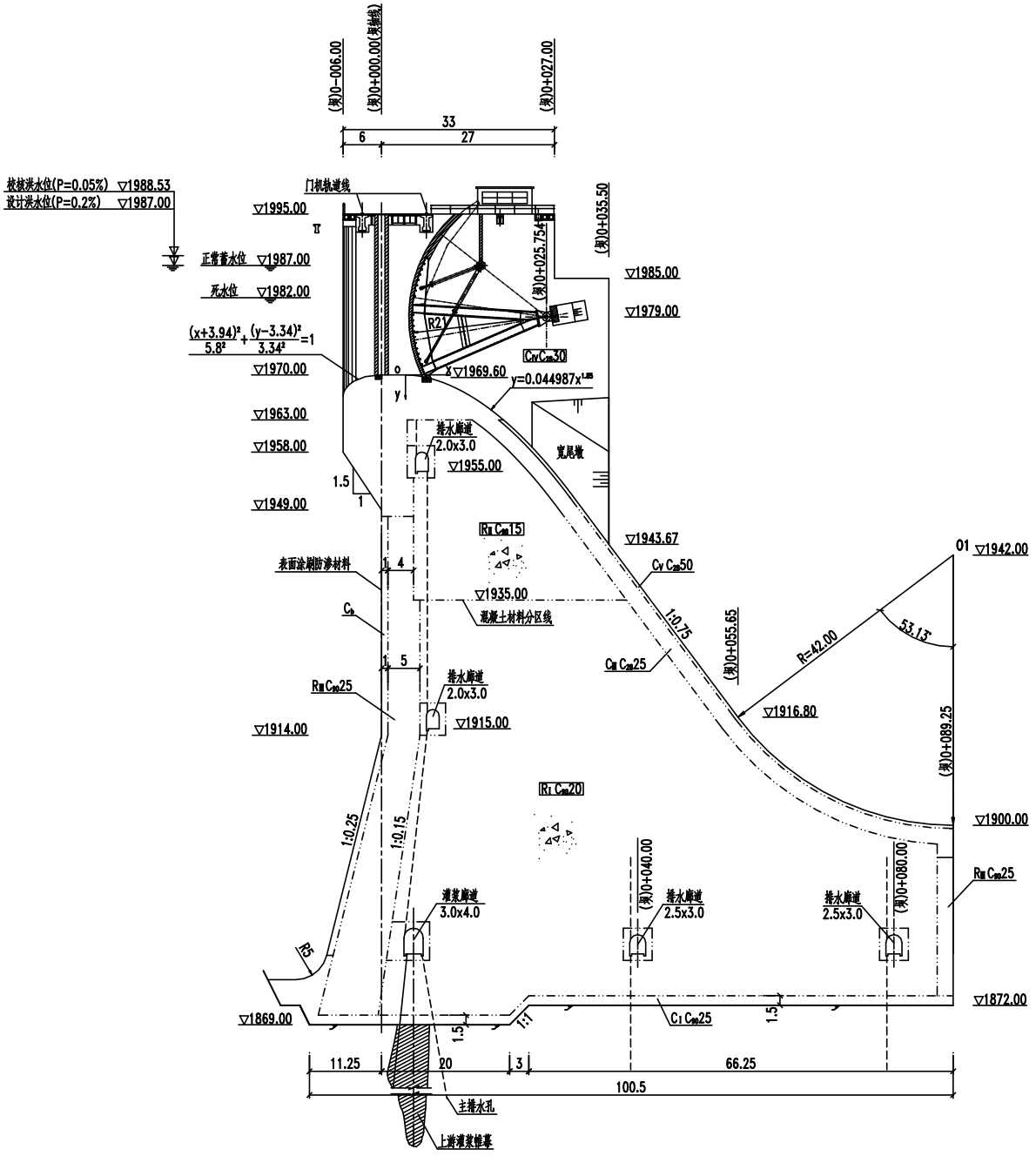


图 2.6-2 泄洪表孔剖面图

中孔均采用有压深式泄水孔型式，由进口段、压力段、明流段和挑流鼻坎组成。中孔进口底板高程 1930.0m，坝身压力段为矩形结构，出口尺寸 5.0×7.0m（宽×高），压力段后接明流段再接扭鼻坎出流。中孔进口设一道平板事故检修门，压力段出口设一道弧形工作闸门，事故检修闸门与工作闸门间有压段采用钢板衬砌。

泄洪消能方式采用底流跌坎消能型式，坝下底流消力池池长 102m，横断面为梯形，池底净宽 71.0m，底板顶面高程 1900.0m；边墙顶高程 1933.0；池末端设 23m 高尾坎，

重力式结构，坎顶高程 1916.5m。

2.6.3 引水发电系统

卡拉水电站引水发电建筑物布置在右岸，厂房采用首部开发方式， 4 洞 4 机布置方案，由进水口、压力管道、地下厂房及其辅助洞室、尾水调压室、尾水隧洞和尾水出口等建筑物组成，引水系统采用单机单洞布置，尾水系统采用一洞两机布置，共两个水力单元。

(1) 引水系统

引水系统进水口布置在右岸坝肩上游 15~144m，采用岸塔式布置，进水口前沿宽约 117m，顺水流方向长 28m，进水口底板高程 1956.00m，塔顶高程 1995.00m，塔体高 41.5m。

压力管道采用单洞单机斜井布置，共四条，采用圆形断面，由上平段、上弯段、斜井段、下弯段及下平段组成。压力管道总长 319.8m~403.4m，其中上平段、上弯段、斜井段、下弯段及部分下平段采用钢筋混凝土衬砌，下平段近厂段采用钢板衬砌，长度 59~85.8m 不等。

尾水系统采用一洞两机布置，共 2 条，包括尾水支洞、尾水调压室、尾水主洞及尾水出口。其中尾水支洞长 89.99m，城门洞形断面，尺寸 12.0m×16.6m(宽×高，下同)；尾水主洞长 535.0~647.6m，城门洞形断面，断面净尺寸为 13.0×16.6m。尾水出口采用塔式布置，共布置两个。每个尾水出口闸室段顺水流方向长 12m，宽 23m，闸墩厚 5m，底板厚 2.5m，每个尾水出口布置一道检修闸门，检修闸门后设置两个直径为 50cm 的通气孔。

(2) 地下发电厂房

地下厂房采用首部开发方案，厂房距进水口约 330m，厂房部位的地面高程 2120~2430m。地下厂房内布置 4 台水轮发电机组，总装机容量 1020MW。地下厂房洞室群主要包括主副厂房洞、主变洞、尾水调压室三大洞室，以及母线洞、电缆交通洞、进厂交通洞、通风兼安全洞、出线平洞、主变进/排风洞、排水廊道、连通通道等辅助洞室，厂区三大洞室主副厂房洞、主变洞、尾水调压室均平行布置。主副厂房洞开挖尺寸为 239.00m×28.00m×75.77m(长×宽×高)，主变洞开挖尺寸为 180.00m×18.00m×36.80m(长×宽×高)。

2.7 环保工程

2.7.1 生态泄放构筑物

(1) 生态流量泄放孔

正常情况下卡拉水电站通过半台机组承担基荷发电，满足卡拉坝下生态流量要求。采用单设生态流量泄放孔方案，以保证卡拉水电站运行期机组停机时，卡拉坝下河道生态流量的需要。

生态流量泄放孔布置于右岸 10#坝段，为坝身有压孔泄水孔，进口底高程 1965.00m，控制断面尺寸 3.0m×3.0m（宽×高），进口设事故闸门和工作闸门两道钢闸门，尺寸为 4.0m×4.0m，闸门启闭机及操作平台设置于坝顶。生态泄放孔下游出口高程为 1933.0m，采用矩形断面的明渠连接，断面尺寸为 3.0m×7.0m（宽×高），尾部通过圆弧向河床偏转，由消力池右岸墙进入坝下消力池。

(2) 生态泄放底孔

为解决初期下闸蓄水期间向下游供水的问题，结合水工枢纽布置和水库初期蓄水设计，《卡拉水电站可研阶段施工导(截)流专题报告》中对坝体设置生态泄放孔方案、1#导流隧洞进口中墩设置生态泄放孔方案、1#导流隧洞设置生态泄放洞(即旁通洞)方案、1#导流隧洞右闸门不完全下闸方案和 1#导流隧洞右闸门上开孔方案进行了技术经济比选，认为坝体设置生态泄放孔方案的技术条件和运行条件较好，技术可靠性也较好，推荐采用坝体设置生态泄放底孔方案。

生态泄放底孔用于电站初期蓄水期间不间断地向下游泄放生态流量，当泄洪中孔过流能力满足要求后，永久性封堵，属临时过流设施。生态泄放底孔布置于 10#坝段，为平底坡、有压孔型式；后接坝身~消力池明流泄槽段及无压泄洪洞段。进出口底高程为 1913.00m，控制断面尺寸 4.0m×4.5m(宽×高)，进口设一扇尺寸为 5.50m×7.70m 的平板钢闸门，闸门启闭机及操作平台设置于坝顶。生态泄放孔下游采用矩形断面的无压泄洪洞段连接，断面尺寸为 4.5m×7.0m（宽×高），尾部通过圆弧向河床偏转，由消力池下游护坦边墙进入下游河道，泄洪洞段长 131.25m。完成生态泄放任务后，对坝身生态泄放孔和穿消力池泄洪洞采用 C20 微膨胀混凝土回填，并进行回填灌浆和接触灌浆。

2.7.2 过鱼设施

本工程过鱼设施推荐采用“鱼道式集鱼系统+公路轨道提升+放鱼船”组合形式的过鱼设施方案。下游集放鱼设施主要包括集鱼鱼道、供水系统、管理房、放鱼系统等部分，

其中鱼道式集鱼系统布设于下游右岸，长度约 500m；过坝设施主要包括钢轨、运鱼机车、运鱼箱等，其中钢轨沿低线道路和卡杨公路铺设，长度约 2.9km；上游集放鱼系统主要包括上游放鱼码头、集鱼船、运鱼船、管理房等，其中上游码头船位为 4 个，满足集放鱼及上游库区管理需要。设施在满足鱼类上行需要的同时，亦能用于鱼类的下行。

2.7.3 鱼类增殖站

卡拉鱼类增殖站拟与杨房沟、孟底沟、楞古合建，建设地点选择在杨房沟业主营地，位于卡杨公路的两侧，规划用地面积约 2.1hm^2。增殖站主要包括综合楼、培育车间、亲鱼池、鱼苗培育池、鱼种培育池、仿生态亲鱼池、仿生态鱼种培育池、饵料池、防疫隔离池、蓄水池、室外水循环系统等设施。

2.8 施工规划

2.8.1 场内外交通

2.8.1.1 对外交通

工程区永久对外交通为锦屏线(由漫水湾转运站经锦屏一级水电站至本工程区)，由于锦屏线道路设计、施工时段较长，工程筹建期和施工准备期的对外交通仍然需从西昌经盐源、木里、一碗水至田正，往南经改建的勘探道路进入工程区。

(1) 对外交通专用公路

卡杨对外交通专用公路的设计等级为 III 级公路，全线长 91.3km，起点位于锦屏一级 8#公路的通往左岸缆机平台的隧道进口附近，路线沿雅砻江经过卡拉水电站后，终点位于杨房沟水电站坝址上游约 1.2km。卡杨对外交通专用公路已于 2013 年底通车运行。本工程不包括对外交通专用公路工程。

(2) 对外交通运输方式

本工程外来物资运输总量约 140.97 万 t，高峰年运输量约 40.52 万 t。本工程外来物资主要采用公路运输。工程建设单位已在漫水湾设有转运站，将漫水湾作为本工程的转运站，漫水湾转运站至坝址的公路里程为 147km(锦屏线)。

普通外来物资及油料、爆破器材主要靠公路运输，大件物资可由漫水湾转运后，转汽车经锦屏一、二级对外专用公路、辅助洞、锦屏一级水电站和卡杨对外交通专用公路运至工地。

2.8.1.2 场内交通

本工程场内交通采用公路运输方式，由地面干线公路、隧洞、跨江大桥、相关的施

工支洞等组成。场内施工道路规划总长度 31.908km，其中，永久公路长约 5.49km(不含跨江桥梁)，临时公路长约 26.42km(不含跨江桥梁，含现有简易公路的改扩建)。场内布置临时跨江交通桥 1 座，永久跨江交通桥 1 座。根据场内交通规划，电站施工期和运行期的地方交通采用右岸过境交通洞和右岸绕坝交通洞等连接坝址上、下游。场内交通规划示意图见图 2.8.1-1，场内主要施工道路技术指标见表 2.8-1。

场内主要施工道路技术指标表

表 2.8-1

序号	道路					路面/路基宽隧道(宽×高)	起点高程	终点高程	长度	平均坡度	路面类型	道路等级	备注
	位置	名称	编号	起点	终点	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)		(水电)	
1	左岸	左岸缆机平台交通洞(3#路)	L1~L2	1#公路	左岸缆机平台	8×7	2006	2095	1300	6.85	混凝土	三级	临时隧道
2		左岸坝肩中部交通洞(5#路)	L3~L4	左岸缆机平台交通洞	左岸坝肩中部	8×7	2065	2055	360	-2.78	混凝土	三级	临时道路
3		左岸上坝交通洞	L5~L6	1#公路	左岸坝顶	9.5×7	1994	1995	180	0.56	混凝土	二级	永久道路
4		左岸绕坝交通洞(7#路)	L7~L8	1#公路	上游围堰堰顶	8.5×7	1968	1961	910	-0.77	混凝土	三级	临时隧道
5		左岸低线道路(9#路)	L9~L10	1#公路	坝基	8/9~8×6.5	1950	1925	1500	-1.67	混凝土	二级	永久道路，含隧道1条(L=320m)
6		业主营地道路	L11~L12	1#公路	业主营地	8/9	2100	2180	1800	4.44	混凝土	三级	永久道路
7		八通场地路	L11~L13	1#公路	岸坡场地	8/9	2100	1995	1900	-5.53	混凝土	三级	临时道路
8		炸药库道路	L14~L15	1#公路	炸药库	5/6.5~5×4	2010	2025	430	3.49	泥碎石		临时道路，含隧道1条(L=280m)
9		蔡家坪场地路	L16~L18	1#公路	下游临时交通桥	8/9	1970	1930	2300	-1.74	混凝土	三级	临时道路

场内主要施工道路技术指标表

续表 2.8-1

序号	道路					路面/路基宽隧道(宽×高)	起点高程	终点高程	长度	平均坡度	路面类型	道路等级	备注
	位置	名称	编号	起点	终点	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)		(水电)	
10	右岸	右岸高低线连接道路(2#路)	R1~R2	卡拉大桥	右岸前期进场公路	8/9~8×7	1950	2200	3700	6.76	混凝土	二级	临时道路，含隧道 1 条(L=1420m)
11		厂房通风兼安全洞道路(4#路)	R1~R3	卡拉大桥	厂房通风兼安全洞	8/9	1950	1950	1150	0.00	混凝土	二级	永久道路
12		右岸低线道路(6#路)	R4~R5	厂房通风兼安全洞道路	坝基	8/9	1950	1925	700	-3.57	混凝土	二级	永久道路
13		右岸绕坝交通洞(8#路)	R6~R10~R7	进厂交通洞	坝址右岸上游	8.5×7	1949	1960	1250	0.88	混凝土	二级	部分永久隧道
14		右岸坝顶下游交通洞	R8~R9	右岸绕坝交通洞	右岸坝顶下游	8×7	1983	1995	150	8.00	混凝土	三级	临时隧道
15		右岸上坝交通洞	R10~R11	右岸绕坝交通洞	右岸坝顶	8.5×7	1995	1995	160	0.00	混凝土	三级	永久道路
16		右岸上游堰顶交通洞	R12~R13	右岸绕坝交通洞	上游围堰堰顶	8.5×7	1976	1961	368	-4.08	混凝土	三级	临时隧道
17		右岸坝顶上游道路	R7~R14	右岸绕坝交通洞	右岸坝顶上游	8/9	1960	1995	550	6.36	混凝土	三级	临时道路
18		右岸缆机平台道路(10#路)	R10~R15~R16	右岸绕坝交通洞	右岸缆机平台	5×4~5/6	1995	2098	1650	6.24	泥碎石	四级	临时道路，含隧道 2 条(L=900m)

场内主要施工道路技术指标表

续表 2.8-1

序号	道路					路面/路基宽隧道(宽×高)	起点高程	终点高程	长度	平均坡度	路面类型	道路等级	备注
	位置	名称	编号	起点	终点	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)		(水电)	
19	右岸	右岸上游辅助路	R7~R17	坝顶右岸上游	猪白沟	4/5	1995	1985	4600	-0.22	泥碎石	四级	临时道路，单车道设置错车道
20		右岸下游辅助路	R1~R18	卡拉大桥	右岸前期进场公路	8/9	1950	1985	1800	1.94	泥碎石	三级	临时道路
21		九一四沟场地路	R19~R20	下游临时交通桥	承包商营地	8/9	1930	1940	150	6.67	混凝土	三级	临时道路
22	其它	其它临时施工道路							5000				临时道路
23	桥梁	卡拉大桥(上游永久交通桥)		1#公路	2#公路	8+2×0.75	1950	1950	190				设计荷载为汽-60 级，挂-350
		下游临时交通桥		蔡家坪场地路	九一四沟场地路	8+2×0.50	1930	1930	150				设计荷载为汽-40 级
合计									31908	不含桥梁和对外专用公路			

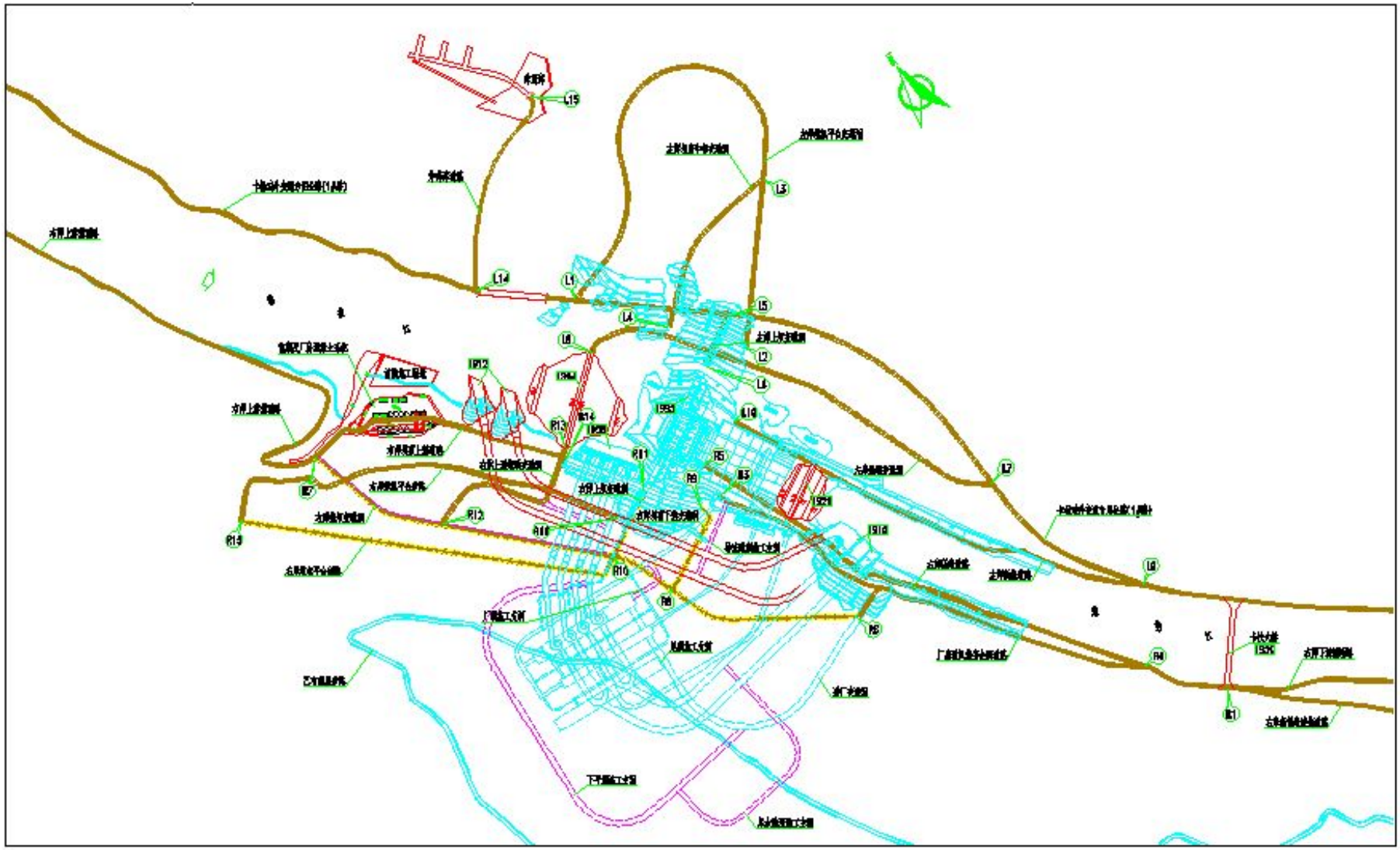


图 2.8.1-1 场内交通规划示意图

2.8.2 天然建筑材料

2.8.2.1 土 料

本工程拦河建筑物采用混凝土重力坝，围堰防渗结构主要采用土工膜+塑性混凝土防渗墙，需用土料数量小于 1 万 m^3，而工程开挖料中土方开挖约 115.36 万 m^3，经分析可部分利用，不需要开采土料场，故本阶段选择工程开挖土料作为本工程所需土料料源。

2.8.2.2 石料场

本工程枢纽建筑物为碾压混凝土重力坝，主体及临时工程混凝土总量约 247.68 万 m^3(含喷混凝土 13.24 万 m^3)，其中主体工程混凝土约 208.48 万 m^3(含碾压混凝土约 82.19 万 m^3)，临时工程混凝土约 39.20 万 m^3。围堰等土石渣填筑量约 86.51 万 m^3(压实方，其中防渗土料约 0.08 万 m^3)，块石填筑量约 9.95 万 m^3。

主体建筑物混凝土骨料料源规划开采量约 286 万 m^3，前期临时建筑物混凝土骨料料源规划开采量约 53 万 m^3。卡拉前期工程混凝土骨料料源主要通过回采杨房沟工程石方明挖料进行轧制，金波石料场花岗闪长岩开采料作为其备用料源。主体工程混凝土骨料采用金波石料场花岗闪长岩作为料源。

金波石料场位于雅砻江左岸上游江边，沿江长约 670m，宽约 385m，为斜坡地形，地形较完整，地面高程 2020.0~2400.0m。根据地形地貌将料场分为 A 区、B 区，其中 B 区以裸露的陡崖为主。按高程 2025.0m 为控制底板，金波石料场勘探有用层储量约 1782.18 万 m^3，无用层体积约 58.71 万 m^3，剥采比 0.03，储量丰富，满足设计需要。

金波石料场规划开采面积约 11.5hm^2，开采高程 2090m~2380m，终采平台高程为 2090m，规划开采区内开挖总量约 610 万 m^3，其中无用料约 90 万 m^3，有用石料约 520 万 m^3。根据施工进度安排，混凝土浇筑高峰强度约 12 万 m^3/月，考虑开采、加工及运输损耗后，折算成料场高峰月开采强度约 12.6 万 m^3/月（自然方）。

2.8.3 施工布置分区规划

本工程施工场地主要分 5 个工区，分别为八通和甲尔沟施工区、坝址右岸施工区、坝址左岸近坝施工区、蔡家坪施工区、杨房沟电站料源开采及砂石加工系统施工区。

(1) 八通、甲尔沟施工区

位于坝址上游约 5.1~5.5km 处雅砻江两岸和甲尔沟，高程约为 1930~2200m。由 3 块场地组成，分别为：甲尔沟，布置有甲尔沟渣场；右岸滩地，布置有前期中转渣场；左岸缓坡地，布置有业主营地、永久设备库、3#承包商营地、机械修配厂等。

(2) 坝址右岸施工区

位于右岸坝址附近施工区，范围延伸至下游约 5.0km 处，高程约为 1930~2285m。主要包括：上田镇沟弃渣场、右岸主体工程(坝肩、厂引等)施工区、右岸导流隧洞施工区、右岸上游前期及厂房混凝土生产系统、220KV 施工中心变、混凝土预制件厂、钢筋加工厂、木材加工厂、钢管加工厂等。

(3) 坝址左岸下游近坝施工区

位于左岸坝址附近施工区，范围延伸至下游约 2.2km 处，高程约为 1930~2100m。主要包括：左岸坝肩施工区、大坝混凝土生产系统等。

(4) 蔡家坪施工区

位于坝址下游 8.0~9.0km 处，高程约为 1910~2070m，由 2 块场地组成，分别为：左岸的蔡家坪台地和右岸的九一四沟口台地。蔡家坪布置有 1#承包商营地、汽车保养站、油料库、综合仓库、转轮拼装厂和金属结构拼装厂等；九一四沟口台地布置有 2#承包商营地、物资仓库等。

(5) 杨房沟电站施工区

位于坝址左岸上游约 33.5km 处的杨房沟电站区域，该场地均利用杨房沟电站的场地布置石料场、砂石加工系统和承包商营地等相关附属设施。

工程施工期内用地规划见表 2.8-2。

施工用地规划表

表 2.8-2 单位：亩

序号	用地项目名称	永久占地	临时用地	地块名称	序号	用地项目名称	永久占地	临时用地	地块名称
		亩	亩				亩	亩	
1	业主营地	148.76		A 地块	9	田三滑坡体治理	510.01		O 地块
2	左岸永久用地	508.14		B 地块	10	八通中转料场		173.25	Ia 地块
3	右岸永久用地	601.82		C 地块			185.70		Ib 地块
4	右岸先期用地	162.05		Da 地块	11	炸药库用地		22.52	Ja 地块
			128.32	Db 地块				10.94	Jb 地块
5	左岸先期用地	150.26		E 地块	12	左岸下游施工区		188.12	K 地块

施工用地规划表

续表 2.8-2 单位：亩

序号	用地项目名称	永久占地	临时用地	地块名称	序号	用地项目名称	永久占地	临时用地	地块名称
		亩	亩				亩	亩	
6	甲尔沟渣场	142.97		Ga 地块	13	右岸下游施工区		556.09	F 地块
		7.80		Gb 地块	14	蔡家坪施工区		339.51	M 地块
			488.63	Gc 地块	15	岗尖施工区		116.18	N 地块
7	上田镇沟渣场		555.02	L 地块	16	右岸辅助路	149.51		P 地块
8	八通营地		194.66	Ha 地块	合 计		2689.02	2773.23	
		121.98		Hb 地块	总 计		5462.25		

2.8.3.1 施工工厂

工程施工工厂主要包括砂石加工系统、混凝土系统、机械修配及综合加工系统、转轮拼装厂、钢管加工厂、金属结构拼装厂等，各施工工厂建筑面积及占地面积汇总见表 2.8-3。

施工工厂建筑面积及占地面积汇总表

表 2.8-3

企业名称	规 模	人员(人)	建筑面积(m^2)	占地面积(m^2)	布置地点
上铺子沟砂石加工系统	1385t/h	150	1500	118000	上铺子沟口台地
前期及厂房混凝土系统	150m^3/h	30	1000	18000	九一三沟口台地
大坝混凝土系统	300m^3/h	50	2000	25000	纤维沟口台地
钢筋加工厂	50t/班(两班制)	80	1900	12000	上田镇沟下游
木材加工厂	15m^3/班	30	400	3500	
混凝土预制件厂	50m^3/天	60	300	4000	
机械修配厂	27 万工时/年	135	2000	6500	八 通
汽车保养站	400 标准台/年	90	2500	9000	蔡家坪

施工工厂建筑面积及占地面积汇总表

续表 2.8-3

企业名称	规 模	人员(人)	建筑面积(m^2)	占地面积(m^2)	布置地点
金属结构拼装厂		80	1000	13000	
转轮拼装厂	2 台/年	80	1300	7000	
钢管加工厂(生产车间)	400t/月	60	1200	9000	上田镇渣场平台
钢管加工厂(成品堆放场)	400t/月		1400	6000	卡拉大桥右侧
合 计		845	16500	231000	

2.8.3.2 施工仓库

本工程施工仓库主要包括永久设备库、机械设备库、综合仓库、物资仓库、油料库、炸药库等，各施工仓库建筑面积及占地面积汇总见表 2.8-4。

施工仓库建筑面积及占地面积汇总表

表 2.8-4

序号	项目名称	建筑面积(m^2)	占地面积(m^2)	位 置
1	永久设备库	3500	11000	八 通
2	机械设备库	4000	10000	蔡家坪
3	综合仓库	2400	9000	
4	物资仓库	2000	7000	九一四沟
5	油料库	1500	7000	蔡家坪
6	炸药库	500	2000	大碧沟
7	合 计	13900	46000	

2.8.3.3 业主及承包商营地

业主营地建筑面积 32000m^2，占地面积 51000m^2。业主营地位于八通斜坡地，高程约为 2100~2200m。承包商营地总建筑面积 54000m^2，占地面积 64800m^2；1#承包商营地布置在蔡家坪台地，高程约为 1930~1950m；2#承包商营地布置于九一四沟沟口台地，高程约为 1950~1980m；3#承包商营地布置于八通斜坡地，高程约为 2050~2100m。

2.8.4 土石方平衡及渣场规划

2.8.4.1 土石方平衡

工程土石方开挖总量 1152.11 万 m^3，其中土方 227.3 万 m^3，石方 924.81 万 m^3。填筑总量为 552.17 万 m^3，其中土方 84.73 万 m^3，石方 467.44 万 m^3。借方 280.00 万 m^3，为石料场自采石料。

弃渣总量为 879.94 万 m^3，其中土方 142.57 万 m^3，石方 737.37 万 m^3。弃渣堆放在规划的弃渣场内。

工程土石方平衡汇总见表 2.8-5，工程弃渣及去向情况见表 2.8-6 和图 2.8-1。

工程土石方平衡汇总表

表 2.8-5

序号	分区	开挖量			填筑量			从其它分项工程调入量			调出至其它分项工程量			借方量			弃渣量			备　注
		小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	土方	石方	小计	土方	石方	
1	枢纽工程区	734.46	98.48	635.98	359.14	0	359.14							280		280	623.22	97.78	525.44	
2	弃渣场及表土堆存场区	14.36	2.1	12.26	0.96	0.19	0.77										13.4	1.91	11.49	
3	料场无用料开挖	21.6	2.31	19.29													21.6	2.31	19.29	
4	交通设施区	178.06	38.21	139.85	35.61	7.64	27.97										142.45	30.57	111.88	
5	施工生产生活区	146.09	28.66	117.43	98.92	19.36	79.56										47.17	9.3	37.87	
6	表土剥离工程	57.54	57.54								57.54	57.54								表土 57.54 调至绿化工程
7	绿化工程				57.54	57.54		57.54	57.54											从表土剥离工程调入表土 57.54
8	围堰拆除																32.1	0.7	31.4	
合　计		1152.11	227.3	924.81	552.17	84.73	467.44	57.54	57.54	0	57.54	57.54	0	280	0	280	879.94	142.57	737.37	

注：① 开挖量+借方量=填筑量+弃渣，填筑量=综合利用量+借方；

② 枢纽工程区填筑量中未含围堰填筑量；交通设施区开挖量中石方含桥梁施工产生的钻渣。

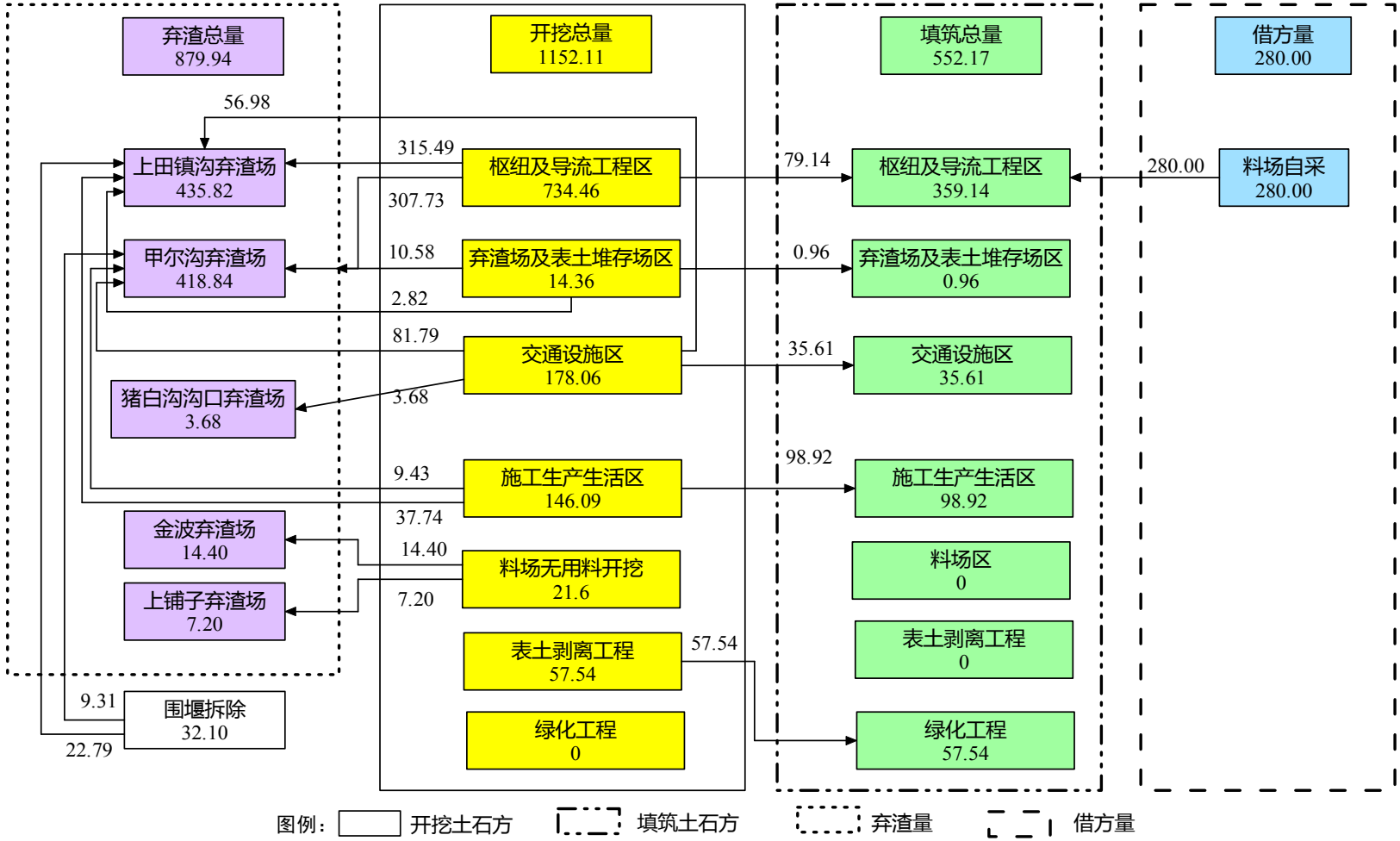


图 2.8-1 土石方流向框图(单位：万 m^3)

工程弃渣去向一览表

表 2.8-6 单位：万 m^3

序号	分 区	弃渣量	弃渣去向				
			上田镇渣场	甲尔沟渣场	猪白沟沟口中转料场	金波渣场	上铺子沟渣场
1	枢纽工程区	623.22	315.49	307.73			
2	弃渣场及表土堆存场区	13.4	2.82	10.58			
3	料场无用料开挖	21.6				14.4	7.2
4	交通设施区	142.45	56.98	81.79	3.68		
5	施工生产生活区	47.17	37.74	9.43			
6	围堰拆除	32.1	22.79	9.31			
合 计		879.94	879.94	418.84	3.68	14.4	7.2

2.8.4.2 弃渣及堆放场地

工程共设置弃渣场 2 处，即上田镇沟弃渣场和甲尔沟弃渣场。另外，金波石料场卡拉工程剥离的无用料 30 万 m^3 利用杨房沟电站工程的金波弃渣场和上铺子沟弃渣场堆放。

(1) 上田镇沟弃渣场

上田镇沟弃渣场位于坝址左岸下游约 2.2km(直线距离)的上田镇沟内，设计堆渣高程 2285.00m，占地面积 31.61hm^2，现状土地类型主要为草地，渣场容渣量约 650.0 万 m^3，拟堆渣量 604.66 万 m^3，弃渣主要来自大坝、引水尾水系统、地下厂房系统和施工临时工程施工土石方开挖。

(2) 甲尔沟弃渣场

甲尔沟弃渣场位于坝址左岸上游约 7.0km 的甲尔沟内，设计堆渣高程 2100.00m，占地面积 41.47hm^2，现状土地类型主要为草地。渣场容渣量约为 620 万 m^3，拟弃渣量 578.00 万 m^3，弃渣主要来自大坝和施工临时工程施工土石方开挖。

(3) 上铺子沟弃渣场和金波弃渣场

上铺子沟弃渣场和金波弃渣场为杨房沟规划设置的 2 处弃渣场，分别位于杨房沟电站坝址左岸下游约 2.6km 和左岸上游约 2.0km 处。本工程料场与杨房沟水电站共用金波石料场，为满足两工程用料需要，金波石料场开采范围扩大至 11.5 万 m^2，新增的 3.4

万 m^2 开采范围所产生的约 30 万 m^3 无用层需堆置上铺子沟弃渣场和金波弃渣场。因此，对本工程而言，上铺子沟弃渣场和金波弃渣场弃渣来源主要来自金波石料场 30 万 m^3 无用层。

(4) 表土堆存、中转料场

卡拉水电站前期剥离的部分表土约 60 万 m^3（松方），集中堆放在上田镇沟弃渣场内部的表土堆存区内。

卡拉水电站设置 1 处中转料场，即猪白沟沟口中转料场，猪白沟沟口中转料场位于坝址右岸上游约 5.0km，占地面积 23.93hm^2，现状土地类型主要为草地和耕地。中转料场容量约为 55.0 万 m^3，拟堆存量约 53.06 万 m^3（含弃渣量 5.0 万 m^3），主要用于堆存工程石方洞挖有用料的临时堆存和中转。

工程弃渣场特性见表 2.8-7。

工程弃渣场特性表

表 2.8-7

序号	名 称	位 置	占地面积 (hm^2)	容渣（土）量 (万 m^3)	弃渣量松方 (万 m^3)	堆表土量 (万 m^3)	有无敏感保护目标及处理方案	备 注
1	上田镇沟弃渣场及表土堆存场	坝址右岸下游约 2.2km	31.61	710	604.66	60	无	在下游锦屏水电站回水区范围外
2	甲尔沟弃渣场	坝址左岸上游约 7.0km	41.47	620	578.00		卡～杨交通设桥梁跨过渣场，但已通过提高防洪标准消除隐患	部分利用水库淹没区，渣场下部居民在堆渣前全部搬迁完毕。
3	金波弃渣场	左岸坝址上游 2.0km	（8.50）	（110）	20.0(69)		无	利用杨房沟水电站
4	上铺子沟弃渣场	左岸坝址下游 2.6km	（22.50）	（900）	10.0 (885.42)		无	利用杨房沟水电站
5	猪白沟沟口中转料场	坝址右岸上游约 5.0km	-	-	5.0		无	中转料场布置
合 计			73.08	1330	1217.66	60		

注：本工程占地面积和容渣量不含括号中的杨房沟电站工程数据。

2.8.5 施工水、电供应

(1) 施工供水系统

施工用水主要供应石方开挖、混凝土生产及养护、砂石加工系统及其它施工工厂、仓库的生产、生活用水等。本工程施工高峰用水量约 32000m³/d，共设置 4 套供水系统：

① 八通工区供水系统

高峰期用水量约 150m³/h(0.042m³/s)，水源为甲尔沟。在本工区左岸甲尔沟上游约 2240.00m 高程修建溢流挡水堰拦蓄沟水，并从溢流堰沿主沟左岸铺设输水管道至业主营地净水站，净水站设计净化能力 40m³/h，全程采用自流供水，并在净水站内设置清水池，来水经净水站净化后自流供给本区左岸的业主营地、3#承包商营地、施工工厂、仓库等生活、生产用水。

② 坝址区供水系统

本工区高峰期用水量约 800m³/h(0.23m³/s)，水源为九一三沟。在坝址区右岸九一三沟上游约 2025.00m 高程修建溢流挡水堰拦蓄沟水，并从溢流堰沿主沟右岸铺设输水管道至 2005.00m 高程的坝址区高位水池，全程采用自流供水。

③ 纤维沟工区供水系统

本工区高峰期用水量约 500m³/h(0.139m³/s)，水源为纤维沟。在左岸纤维沟上游约 2050.00m 高程修建溢流挡水堰拦蓄沟水，并从溢流堰沿主沟右岸铺设主输水管道经卡拉大桥左桥头分岔引支管，一路向大坝左岸施工供水，另一路向布置在该区的施工工厂供水。另一路至上田镇沟下游位于 1990.00m 高程的上田镇高位水池，向布置在该区的施工工厂供水。从位于纤维沟附近的主输水管道引接管路至位于 1960.00m 高程的纤维沟高位水池，沟水水质相对较好，经沟内蓄水池和高位水池二次沉淀后可直接用于本区域的混凝土生产系统等生产用水，全程采用自流供水。

④ 蔡家坪工区供水系统

本工区高峰期用水量约 40m³/h(0.011m³/s)，水源为央沟。在央沟上游约 2010.00m 高程修建溢流挡水堰拦蓄沟水，并从溢流堰沿主沟右岸铺设输水管道，供给本区域营地生活用水及施工工厂生产用水。

(2) 施工用电系统

本工程施工用电高峰负荷约为 2.2 万 kW。在卡拉水电站工程区内设置一座 220kV 施工中心变，从跑马坪开关站引入一回 220kV 线路至卡拉 220kV 施工中心变，作为本

工程施工供电电源。

在上田镇沟左侧约 2220.00m 高程设置一座卡拉 220kV 施工中心变电站，从 220kV 施工中心变出线 10kV 线路 12 回供给施工用电。

2.8.6 施工导流

本工程施工导流采用一次断流、隧洞导流方案。施工导流程序及标准规划如下：

(1) 初期导流

从第 2 年 11 月初截流至第 6 年 1 月底为初期导流阶段。该阶段由上、下游围堰挡水，导流隧洞泄洪。

(2) 中期导流

从第 6 年 2 月初至第 6 年 11 月底导流隧洞封堵以前为中期导流阶段。该阶段由坝体临时挡水度汛，洪水由 2 条导流隧洞和 2 条泄洪中孔下泄。第 6 年 2 月初开始拆除上、下游围堰；第 6 年 5 月底大坝溢流表孔和泄洪中孔闸门安装完毕，2 条导流隧洞先后开始封堵，至此中期导流结束。

(3) 后期导流

从第 6 年 12 月初导流隧洞开始封堵至第 7 年 4 月底封堵完成为后期导流阶段。该阶段大坝已经施工完成，永久泄洪设施具备泄洪能力，洪水由 5 个泄洪表孔和 2 个泄洪中孔下泄。在导流隧洞进口闸门的保护下，进行导流隧洞永久堵头施工，第 6 年 12 月初水库蓄水并控制在死水位 1982.00m 高程，12 月底 1#机组发电，至第 7 年 4 月底导流底孔封堵堵头施工完毕，封堵结束后所有施工导流任务即告完成。

2.8.7 主体工程施工

2.8.7.1 碾压混凝土重力坝施工

(1) 坝肩、坝基开挖

左岸坝顶以上边坡开挖高度约 245m，右岸坝顶以上边坡开挖高度约 105m，开挖工程量较大，且两岸边坡陡峻，施工道路布置难度大。两岸坝肩开挖由各自的分层通道至工作区后横向形成简易拦渣平台，形成多级拦渣措施以减少渣料下江，每级拦渣平台以上部分均由上而下分层向下开挖，开挖石渣经推土机推落至集渣平台，由 $3m^3$ 装载机配 20t~25t 自卸汽车运输出渣。少部分下江渣料在截流后通过基坑道路出渣。

基础灌浆按照先固结灌浆、后帷幕灌浆的施工顺序进行，固结灌浆根据地质条件在基岩有一定厚度混凝土覆盖且混凝土达到一定强度后开始施工；帷幕灌浆在灌浆廊道内

进行，采用钻机造孔，分序加密的方法进行施工。

(2) 坝体混凝土浇筑施工

① 大坝碾压混凝土施工

坝体及消力池1926.00m高程以下的碾压混凝土浇筑主要采用15~20t自卸汽车直接入仓;大坝1926.00m高程以上的碾压混凝土浇筑主要采用15~20t自卸汽车＋负压溜槽，然后仓面自卸汽车转运入仓。碾压混凝土采用通仓浇筑，高峰浇筑强度约10.0万m^3/月。左、右岸各布置2条负压溜槽，溜槽间距5.0m，最大垂直输送高差为80.0m。

② 大坝变态混凝土施工

变态混凝土主要用于大坝上下游迎水面、止水埋设处、廊道周边、模板周边及其它不宜碾压部位。变态混凝土浇筑与碾压混凝土同步浇筑，并在两种混凝土初凝前振捣或碾压完毕。采用人工铺洒水泥浆，振捣器振实。

③ 异种混凝土结合施工

异种混凝土结合，即指不同类别的两种混凝土相结合，如碾压混凝土与常态混凝土的结合、变态混凝土与常态混凝土的结合。碾压混凝土与常态混凝土结合部位施工，按先碾压后常态的顺序进行，两种混凝土均应在常态混凝土的初凝时间内完成振捣或碾压；对于异种碾压混凝土结合部位，采用高频插入式振捣器振捣后，再采用大型振动碾进行骑缝碾压。

2.8.7.2 引水、发电厂房及尾水系统施工

(1) 引水系统施工

① 进水口施工

进水口边坡采用自上而下逐层开挖的施工方式，土方开挖采用挖掘机辅以推土机开挖；石方开挖采用液压潜孔钻钻孔，梯段微差爆破，边壁预裂，推土机集渣，3m^3装载机配合20t自卸汽车出渣。进水口混凝土浇筑高度约40m，平均浇筑强度约1.0万m^3/月，由3m^3混凝土运输车运送至进水口平台，采用10/25t塔式起重机吊料罐入仓浇筑。

② 上平洞施工

上平洞开挖断面为圆形，洞径13.00m，衬后洞径11.50m。开挖采用三臂凿岩台车钻孔，周边光面爆破，采用分台阶开挖，3m^3装载机配合20t自卸汽车经上平洞施工支洞出渣，边开挖边支护；洞身混凝土采用钢模台车立模，3m^3~6m^3混凝土搅拌运输车运送混凝土至工作面，混凝土泵泵送入仓，人工振捣浇筑。

③ 斜井施工

斜井尺寸和上平洞相同。开挖施工采用先导井后扩挖的方式，导井自上而下开挖，采用人工手风钻钻孔、卷扬机配合轨道车出渣至洞口，由 3m³ 装载机配合 20t 自卸汽车，经上平洞施工支洞运至弃渣场；扩挖也自上而下开挖，利用导井溜渣至下平洞，经下平洞施工支洞运至弃渣场。洞身混凝土采用滑模立模，3m³~6m³ 混凝土搅拌运输车运送混凝土至工作面，混凝土泵泵送入仓，人工振捣浇筑。

④ 下平洞施工

下平洞开挖断面由圆形过渡到马蹄形，开挖洞径 13.10~11.10m，衬后洞径 11.50~9.50m。下平洞开挖、支护方式与上平洞相同，由 3m³ 装载机配合 20t 自卸汽车，经下平洞施工支洞运至弃渣场。

4 条引水隧洞在平面上分两序进行交叉施工，先施工 1#、3#引水隧洞，后施工 2#、4#引水隧洞。单条引水洞的施工顺序为：上、下平洞施工→斜井段导井施工→斜井段扩挖施工。

(2) 发电厂房系统施工

① 主副厂房施工

主副厂房开挖共分 9 层进行施工。开挖的石渣用 3m³ 装载机配 20t 自卸汽车出渣。

地下厂房开挖完成后，即可进行厂房混凝土浇筑工作。厂房混凝土施工分上、下两部分进行，下部混凝土施工利用桥机进行浇筑。上部厂房结构混凝土，由 6m³ 混凝土搅拌运输车经进厂交通洞运至地下厂房内，卸入 3m³ 吊罐后利用桥机入仓进行浇筑，或由混凝土泵送入仓浇筑。

② 主变及母线洞施工

主变洞、母线洞穿插于主副厂房施工期间进行施工。主变洞共分四层进行开挖。

开挖的石渣由 3.0m³ 装载机配 20t 自卸车出渣。主变洞、母线洞混凝土采用 6m³ 混凝土搅拌车运输，经主变交通洞运送至浇筑点，再转混凝土泵泵送入仓，人工振捣浇筑。

(3) 尾水系统施工

① 尾水隧洞施工

尾水隧洞分上、下层进行开挖，由尾水隧洞施工支洞进入开挖。3m³ 装载机配 20t 自卸汽车出渣。混凝土衬砌采用先底后边顶拱法施工，采用钢模台车立模，6m³ 混凝土搅拌运输车运送混凝土至工作面，混凝土泵送入仓，人工振捣浇筑。

② 尾水调压室施工

尾水调压室共分九层进行开挖。①~②层开挖方法同厂房上部开挖；③~④层开挖由尾水调压室交通洞进入，采用先导井后扩挖，自上而下进行开挖，利用尾调施工支洞出渣；⑤层开挖由尾调施工支洞进入，开挖方法同厂房中部开挖；⑥~⑨层开挖由尾调施工支洞进入，采用先导井后扩挖，自上而下进行开挖，利用尾水隧洞出渣。混凝土浇筑同厂房混凝土施工。

③ 尾水出口施工

尾水出口施工在尾水出口围堰保护下进行，边坡开挖采用潜孔钻钻孔、梯段毫秒爆破，边坡开挖石渣经推土机推落至基坑后由自卸汽车出渣，基坑内部分通过尾水隧洞及其施工支洞运输出渣；混凝土采用自卸汽车运输至基坑内转履带吊吊运入仓或泵送入仓，人工振捣密实。

2.8.8 初期蓄水计划

根据施工总进度安排，水库从第 6 年 12 月初开始蓄水。水库蓄水采用 12 月保证率 85%的上游来流量，根据下游供水要求，蓄水期间水位低于 1934.49m 时由设置于坝身下部的生态泄放底孔向下游供水，水位高于 1934.49m 时通过控制泄洪中孔闸门开启度向下游供水，蓄水至 1934.49m 高程历时 1.63d，蓄至死水位 1982.00m 高程需 15.58d。

由于两河口水电站可能早于卡拉水电站建成，因此两河口水电站蓄水后，由于其水库为多年调节水库，具有调峰运行的能力，经调节后，卡拉水电站坝址径流系列中的 97%保证率 12 月份流量（考虑两河口水电站调节后）为 566.8m^3/s，这一流量远大于卡拉水电站坝址天然流量，因此两河口建成后，卡拉整个蓄水过程将较两河口建成前情况下快得多，各闸门下闸的控制节点仍为下泄流量不小于 146m^3/s 的要求。

电站初期蓄水过程见表 2.8-8。

施工导流期初期蓄水期各阶段水位、流量衔接情况统计表

表 2.8-8

导流时段	上游水位(m)	泄水建筑物	泄水建筑物进口底板高程(m)	流量衔接方案
河道截流	1919.95	1#、2#导流洞	1912.00	根据 1#、2#导流洞泄流能力按来流量泄放，截流时按 10%频率下的月平均流量计算，龙口合拢时 1#、2#导流洞的下泄流量为 907m³/s
初期导流	随上游来水情况在 1915.58～1956.83m 之间变化	1#、2#导流洞	1912.00	根据 1#、2#导流洞泄流能力按来流量泄放，不蓄水
中期导流	随上游来水情况在 1915.58～1960.82m 之间变化	1#、2#导流洞+泄洪中孔	1912.00/1930.00	根据 1#、2#导流洞及泄洪中孔的泄流能力按来流量泄放，不蓄水
初期蓄水阶段(后期导流)	最低水位在 1915.58～1915.74m 之间变化	1#导流洞右进口、2#导流洞	1912.00	1#导流洞左闸门下闸后，开始初期蓄水，导流隧洞剩余孔口的最小过流能力为 204.77m³/s
	最低水位在 1915.74～1917.94m 之间变化	2#导流洞	1912.00	1#导流洞右闸门下闸后，2#导流洞的最小过流能力为 146m³/s
	最低水位在 1917.94～1922.40m 之间变化	2#导流洞右进口	1912.00	2#导流洞左闸门下闸后，右进口的最小过流能力为 146m³/s
	最低水位在 1922.40～1934.49m 之间变化	生态泄放底孔	1913.00	2#导流洞右闸门下闸后，生态泄放底孔的最小过流能力为 149.44m³/s
	最低水位在 1934.49～1982.00m 之间变化	泄洪中孔	1930.00	生态泄放底孔下闸后，泄洪中孔下泄流量不低于 146m³/s

2.8.9 施工进度

卡拉水电站建设工期分为工程筹建期和施工期两个时段。

筹建期工期为 24 个月，主要进行场内交通、施工生产生活区、弃渣场沟水处理、施工征地、移民安置、地质灾害治理等。

施工期工期为 6 年 11 个月（83 个月），主要进行大坝工程、引水工程、厂房工程、导流工程等土建施工。其中施工准备期 1 年 10 个月(22 个月，工程开工至河床截流)，主体工程施工期 4 年 2 个月(50 个月，河床截流至第一台机组发电)，完建期 11 个月(后

续机组发电)。工程控制性节点进度见表 2.8-9。

工程控制性节点进度一览表

表 2.8-9

序号	工程项目	完成日期
1	工程开工	第 1 年 1 月初
2	河床截流	第 2 年 11 月初
3	大坝混凝土开始浇筑	第 4 年 10 月初
4	大坝混凝土浇筑完成	第 6 年 8 月底
5	机组开始安装	第 5 月 9 月初
6	第一台机组发电	第 6 年 12 月底
7	工程竣工	第 7 年 11 月底

2.8.10 施工强度及劳动力

施工期高峰时段平均强度指标为：土石方开挖 22.9 万 m^3/月，石方洞挖 11.2 万 m^3/月，混凝土浇筑 8.2 万 m^3/月(碾压混凝土浇筑 5.7 万 m^3/月，常态混凝土浇筑 5.5 万 m^3/月，两者高峰时段少许重叠)。

施工期平均人数为 3200 人，施工高峰年平均人数为 4500 人，施工总工日约为 664 万工日。

2.9 建设征地及移民安置

卡拉水电站于 2012 年 5 月 15 日全面启动了卡拉水电站可研阶段建设征地实物指标调查工作。2012 年 12 月 5 日，木里县全面完成了实物指标调查及公示、复核工作。2015 年 3 月，我院完成了《四川省雅砻江卡拉水电站可行性研究报告阶段建设征地移民安置规划大纲（送审稿）》（以下简称《移民安置大纲》）。目前，卡拉水电站移民安置规划大纲已于 2015 年 3 月 30 日通过水规总院组织的审查。

2.9.1 建设征地实物指标

工程建设征地影响涉及凉山州木里县的麦地龙乡和卡拉乡 2 个乡 8 个行政村。

调查基准年（2012 年）建设征地影响涉及搬迁人口 209 户 1006 人（水库淹没影响区 456 人，枢纽工程建设区 550 人）；生产安置人口为 538 人，其中水库淹没影响区 388

人，枢纽工程建设区 150 人。

影响各类土地 16333.07 亩，其中水库淹没影响区淹没影响各类土地 10738.33 亩，枢纽工程建设区永久征收各类土地 2710.88 亩。其中重叠区 929.53 亩；临时征用各类土地 2883.86 亩。

影响各类房屋 72189.37m^2，影响涉及专业项目公路设施为汽车便道 35.8km、机耕道 15.72km、骡马驿道 34.1km、人行便桥 0.01km、河溜索 2.74km、索桥 1.53km，水渠 220m，电力设施为 10kV 输电线路 2km、220V 输电线路 2.495km，电信设施为架空光缆线路 36km、基站 1 个，水电站 1 座 110kw，企事业单位为木里县林业局、华东院勘测基地 1 处、成都院水文站 1 处。另外，根据文物调查评估和压覆矿产资源勘查成果，本工程建设征地区内涉及 3 处文物，即尼波铁索桥、尼波玛尼堆及大坪子石棺葬墓地，不存在压覆已查明的矿产资源，现无有效的采矿权设置。

卡拉水电站建设征地范围内主要实物指标详见表 2.9-1。

卡拉水电站建设征地影响影响实物指标汇总表

表 2.9-1

序号	项目	单位	总计	水库淹没影响区				枢纽工程建设区				
				合计	水库淹没区	水库影响区	防护用地	合计	永久占地区			临时占地区
									小计	重叠区	永久占地	
一	农村部分											
（一）	土地面积	亩	14493.93	10326.51	9609.56	485.54	231.41	4167.42	1693.47	867.93	825.54	2473.95
1	耕地	亩	621.77	400.6	194.84	124.65	81.11	221.17	147.26	132.5	14.76	73.91
2	园地	亩	201.79	173.96	110.59	55.17	8.2	27.83	25.31	17.9	7.41	2.52
3	林地	亩	365.3	344.2	194.46	52.28	97.46	21.1	10.2	5.8	4.4	10.9
	其中：退耕还林地	亩	365.3	344.2	194.46	52.28	97.46	21.1	10.2	5.8	4.4	10.9
4	草地	亩	6855.55	3069.07	2812.5	225.42	31.15	3786.48	1423.11	638.40	784.71	2363.37
5	住宅用地	亩	39.15	30.22	20.47	6.52	3.23	8.93	8.93	8.15	0.78	
6	公共管理与公共服务用地	亩	9.63	9.63			9.63					
7	交通运输用地	亩	166.16	100.43	93.38	6.66	0.39	65.73	42.89	29.41	13.48	22.84
8	水域及水利设施用地	亩	5752.43	5750.21	5749.74	0.23	0.24	2.22	1.81	1.81		0.41
9	其它土地	亩	482.15	448.19	433.58	14.61		33.96	33.96	33.96		

卡拉水电站建设征地影响影响实物指标汇总表

续表 2.9-1

序号	项目	单位	总计	水库淹没影响区				枢纽工程建设区				
				合计	水库淹没区	水库影响区	防护用地	合计	永久占地区			临时占地区
									小计	重叠区	永久占地	
（二）	总人口											
1	农村人口户数	户	209	99	67	32		110	53	47	6	57
2	农村总人口	人	968	418	289	129		550	245	213	32	305
(1)	其中：农业人口	人	958	409	281	128		549	244	212	32	305
(2)	非农业人口	人	10	9	8	1		1	1	1		
（三）	房屋面积	m^2	68155.57	34344.79	23446.82	10897.97		33810.78	20643.69	18509.76	2133.93	13167.09
1	私人房屋	m^2	67777.77	34111.37	23356.72	10754.65		33666.4	20499.31	18365.38	2133.93	13167.09
2	集体房屋（公房）	m^2	377.8	233.42	90.1	143.32		144.38	144.38	144.38		
（四）	零星树木	株	10142	6442	4578	1864		3700	3007	2569	438	693
二	集镇部分											
（一）	搬迁人口	人	74	74	74							
	其中：非农人口	人	74	74	74							

卡拉水电站建设征地影响影响实物指标汇总表

续表 2.9-1

序号	项目	单位	总计	水库淹没影响区				枢纽工程建设区				
				合计	水库淹没区	水库影响区	防护用地	合计	永久占地区			临时占地区
									小计	重叠区	永久占地	
（二）	房屋面积	m^2	3793.88	3793.88	3793.88							
(1)	公房	m^2	3793.88	3793.88	3793.88							
（三）	零星树木	株	52	52	52							
三	专业项目											
（一）	公路设施											
1	汽车便道	km	35.8	35.2	35.2			0.6	0.6	0.6		
2	机耕道	km	15.72	12.02	8.97	3.05		3.7	2.18	1.18	1	1.52
3	骡马驿道	km	34.1	24.4	23.5	0.9		9.7	7	7		2.7
4	人行便桥	km	0.01	0.01	0.01							
5	河溜索	km	2.74	0.74	0.5	0.24		2	2	1.2	0.8	
6	索桥	km	1.53	1.22	1.22			0.31	0.2	0.2		0.11
（二）	电力设施											

卡拉水电站建设征地影响影响实物指标汇总表

续表 2.9-1

序号	项目	单位	总计	水库淹没影响区				枢纽工程建设区				
				合计	水库淹没区	水库影响区	防护用地	合计	永久占地区			临时占地区
									小计	重叠区	永久占地	
1	10kV 输电线路	km	2	2		2						
2	220V 输电线路	m	2495	2495	1675	820						
(三)	电信设施											
1	中国移动											
(1)	架空光缆线路	km	36	28	28			8	3			5
(2)	基站	个	1					1	1			
（四）	水利水电设施											
1	小型水电站	kVA	110	110		110						
2	水渠	m	220	220	220							
（五）	企事业单位											
1	国有林场	亩	1839.14	411.82	393.38	18.44		1427.32	1017.41	61.6	955.81	409.91
(1)	林地	亩	1839.14	411.82	393.38	18.44		1427.32	1017.41	61.6	955.81	409.91

卡拉水电站建设征地影响影响实物指标汇总表

续表 2.9-1

序号	项目	单位	总计	水库淹没影响区				枢纽工程建设区				
				合计	水库淹没区	水库影响区	防护用地	合计	永久占地区			临时占地区
									小计	重叠区	永久占地	
(2)	草地	亩										
2	房屋面积	m^2	239.92	239.92	147.82	92.1						
	公房	m^2	239.92	239.92	147.82	92.1						
（六）	文物古迹											
(1)	尼波铁索桥	处	1	1	1							
(2)	尼波玛尼堆	处	1	1	1							
(3)	大坪子石棺葬墓地	处	1	1	1							
（七）	企业设施											
(1)	华东院勘测基地	处	1					1				1
(2)	成都院水文站	处	1	1	1							

2.9.2 工程移民安置初步规划

移民规划设计基准年：2012 年；移民规划水平年：水库淹没影响区为 2021 年；枢纽工程建设区（含重叠区）移民安置人口推算的截止时间：2015 年。

(1) 生产安置

生产安置人口：规划基准年生产安置人口为 538 人，至规划水平年，生产安置人口为 589 人，其中水库淹没影响区 432 人，枢纽工程建设区 157 人。采取农业安置与其他安置相结合的方式，以农业安置为主，其他非农安置为辅，其中农业安置 542 人，其他安置 47 人。

生产安置中集中开发土地安置 32 人，组内调剂耕地安置 18 人，自主分散流转土地安置 492 人，自谋出路安置 47 人。

卡拉水电站移民生产安置方案

表 2.9-2

县	规划水平年生产安置人口	合计	农业安置				其它安置	
			小计	集中开发土地安置	组内调剂耕地安置	自主分散流转土地安置	小计	自谋出路
木里县	589	589	542	32	18	492	47	47

(2) 搬迁安置

搬迁安置人口：规划基准年搬迁安置人口为 1006 人，至规划水平年，搬迁安置人口为 1082 人。采取集中安置与分散安置相结合的方式，其中集镇安置 71 人，本组后靠安置 468 人，自主分散安置 495 人，自谋出路安置 48 人。

卡拉水电站移民搬迁安置方案

表 2.9-3

县	规划水平年搬迁安置人口	搬迁安置去向				
		合计	集镇安置	本组后靠安置	自主分散安置	自谋出路分散安置
木里县	1082	1082	71	468	495	48

卡拉水电站建设征地涉及木里县麦地龙乡集镇 1 座，为麦地龙乡党委、乡政府驻地，规划进行原址抬高复建。麦地龙乡集镇为全乡行政、医疗教育和商品集散中心。集镇现

状人口 438 人（其中户籍人口 139 人，寄住人口 299 人），至规划水平年麦地龙集镇人口规模为 467 人，集镇用地规模为 4.0 hm^2。

2.9.3 专项设施复建初步规划

(1) 复建公路

① 主要复建公路概况

根据水库淹没后的集镇迁建新址和移民集中居民点分布及库周居民交通需要，对右岸库周公路进行抬高复建（新建麦地龙跨江大桥），总长约 27.8km；库尾里尼组人行索桥规划进行抬高复建。

② 库区复建公路规划

a. 线路走向

库区还建道路起点位于九一三沟右岸，与卡拉水电站场内交通相接，途径九一三沟、猪白沟、热水沟、周家沟、机依沟、前波沟、尼波沟等大型沟谷，以及周家、前波、大坪子、尼波等村镇，终点在麦地龙乡下游与卡拉、杨房沟水电站交通专用公路相接，线路全长 27.8km，桥梁 6 座 633.6m，隧道 5 座 2461m。。

b. 线路主要设计参数

道路等级：四级公路单车道

计算行车速度：15km/h

设计水位：正常蓄水位 1987m。

设计洪水频率：道路 20 年一遇，小桥 25 年一遇，大中桥 50 年一遇。

抗震设防烈度Ⅶ度。

道路主要技术指标表

表 2.9-4

项　　目	单位	指　标
设计年平均日交通量	辆/d	小于 400
车道数	个	单
计算行车速度	km/h	20
路面宽度	m	3.5
路基宽度	m	4.5

道路主要技术指标表

续表 2.9-4

项　　目	单位	指　标
停车视距	m	20
会车视距	m	40
平曲线最小半径	m	15
最大纵坡/坡长	%/m	9/300
竖曲线最小半径(凸型)	m	100
竖曲线最小半径(凹型)	m	100
路面类型		水泥混凝土路面
路拱坡度	%	2
桥涵设计荷载		公路-Ⅱ级

(2) 电力工程

麦地龙乡复建集镇供电电源采用杨房沟 220kV 变电站，规划沿雅砻江左岸恢复 10kV 输电线路，满足麦地龙乡复建集镇用电需求，采用 3xLGJ-50 钢芯铝绞线架空敷设。

(3) 电信工程

卡拉水电站建设征地影响主要涉及中国移动架空线路及基站。规划由麦地龙乡集镇起，沿库区右岸复建公路至 Pc 地块架设移动光缆终端杆，采用 24 芯光缆架空敷设，复建长度约 50km；对主干光缆与沿途 5 座移动基站的光缆接续线路进行复建，复建长度约 1km。规划对大坝上中国移动基站进行抬高迁建，迁离枢纽区红线范围。

(4) 防护工程

规划对麦地龙乡集镇进行防护，并对中铺子村的沿江耕地进行防护，防护工程总长度约 2.0km。根据不同的防护等级和防护目的，对麦地龙乡集镇浸没区防护采用石渣回填垫高处理，防护顶高程 1993.00m，防护工程长度约 600m；对中铺子、下铺子坍岸区采用石渣压坡进行防护，防护顶高程为 1992.5m，防护工程长度约 1200m；对下铺子浸没区采用石渣回填垫高处理，防护顶高程为 1992.5m，防护工程长度约 200m。

(5) 供水工程

为解决麦地龙乡集镇生产生活用水，规划从下铺子沟取水，新建供水管道约 1.2km，采用 DN65 钢管埋地敷设，重力自流式供水。

(6) 企事业单位

对建设征地涉及影响的木里林业局林地 1839.14 亩，其中永久征收 1429.23 亩，临时征用 409.91 亩，永久占地按相关规定缴纳土地补偿费和安置补助费，临时用地缴纳土地补偿费不计安置补助费，涉及的林木按规定缴纳林木补偿费。

对建设征地涉及影响的成都院水文站采取一次性补偿。

(7) 文物古迹处理方案

对“尼波铁索桥”和“尼波玛尼堆群”进行提取资料性保护，对“大坪子石棺葬墓地”进行抢救性发掘保护。

2.10 工程投资

工程静态总投资为 1172452 万元，其中环保投资 42932.36 万元，占总投资的 3.66%。

3 工程分析

3.1 工程方案合理性分析

3.1.1 与国家产业政策的一致性分析

根据国家发展和改革委员会2013年2月16日发布的《产业结构调整指导目录(2011年本2013年修订)》(发展改革委令2013第21号令)，水力发电属于该目录中鼓励类的电力项目。因此，本工程建设符合国家产业政策要求。

在2009年12月哥本哈根世界气候大会上，我国政府承诺，到2020年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%～45%，为实现这一减排目标，必须优化能源结构，提高可再生能源比例。卡拉水电站工程建设对改善我国能源结构，减少温室气体排放具有重要现实意义，符合我国能源发展政策要求。

3.1.2 与相关规划的符合性分析

3.1.2.1 与国民经济和社会发展规划的符合性分析

(1) 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》指出，推动能源生产和利用方式变革，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系。加快新能源开发，推进传统能源清洁高效利用，在保护生态的前提下积极发展水电。

(2) 四川省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要

《四川省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》指出，加强水电、天然气等重要资源开发，夯实能源供应基础。在保护生态和做好移民安置工作的前提下，加快金沙江、雅砻江、大渡河“三江”水电基地和大中型流域水电集群建设，基本建成全国重要的水电基地。推动能源生产和利用方式变革，大力提高非化石能源和低碳清洁能源的比重。优先发展水电，优化发展煤电，积极发展核电。新增水电装机容量3800 万千瓦。加快金沙江上游水电梯级开发前期工作，力争开工建设。

(3) 凉山彝族自治州国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要

《凉山彝族自治州国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》指出，做大做强水电产业，提高水电开发利用效率，积极配合“三江”流域国家大型水电项目建设，稳步推进地方中小流域水电开发，全州水电装机规模达到3000万千瓦以上，建成全国最大的水电能源产业基地。“三江”干流水电开发重点：积极推进白鹤滩、乌东德、卡拉、

杨房沟、孟底沟等大型水电站的前期工作，力争尽早开工建设，形成项目接替。

(4) 小结

通过以上分析，卡拉水电站的建设符合国家、四川省、凉山彝族自治州的国民经济和社会发展第十二个五年规划要求。

3.1.2.2 与流域水资源综合规划的符合性分析

根据《长江流域综合规划（2012～2030 年）》，雅砻江治理开发与保护的主要任务是水力发电、供水与灌溉、防洪、跨流域调水、水土保持和水资源保护。

卡拉水电站是该规划中雅砻江干流规划建设的 22 座梯级电站之一，除了本身具有较大的发电效益外，还具有促进西部大开发和少数民族地区经济社会发展等社会效益。因此，卡拉水电站工工程建设符合该流域综合规划要求。

3.1.2.3 与流域水电规划及规划环评的符合性分析

(1) 与流域水电规划的符合性分析

根据 2006 年 8 月审查通过的《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划报告》，雅砻江中游河段以发电为主，结合汛期蓄水兼顾减轻长江中下游防洪负担，确定中游河段采用 6 级开发，推荐梯级开发方案为：两河口~牙根~楞古~孟底沟~杨房沟~卡拉。卡拉水电站是雅砻江中游河段中的第 6 个梯级，开发条件较好，上、下游衔接梯级基本确定，具有相对的独立性，规模适中，工程技术条件相对较简单，卡拉水电站可作为近期开发对象。

可见，卡拉水电站的建设符合雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划。

(2) 与流域水电规划环评要求的符合性

根据雅砻江中游水电规划环评的审查意见，需执行“早期介入”的要求，需下泄必要的生态流量，做好施工期“三废”的处理和蓄水前的库底清理工作，提出生物多样性修复补救措施，考虑在两河口库尾和平乡、楞古电站减水河段分别选一合适地点建鱼类人工增殖放流站，实施保护鱼类的增殖放流。加快裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀保护鱼类资源的生物学及其人工繁殖技术研究；珍稀植物移栽、异地繁育及栽种。建议从各梯级电站发电税收中留出部分资金用于推进规划河段沿岸地区“以电代柴”，保护流域植被。

本次卡拉水电站环评工作在电站预可研阶段已介入，并将环境保护的要求贯穿于电站设计的各个阶段。针对规划环评中提出的下泄必要流量的要求，通过论证，要求下泄

必要的生态流量；对施工过程中产生的污废水、扬尘、弃渣等设置了相应的处理设施或措施，满足功能区要求；对水库蓄水前提出了详细的库底清理要求和计划；考虑到卡拉水电站与上游梯级杨房沟紧邻，且同属一个建设单位的实际情况，根据回顾性评价结论，拟与杨房沟合建鱼类增殖站用于人工增殖放流；并针对大坝对江段鱼类种质资源交流造成阻隔作用，增加设置了过鱼设施，并拟对该区域部分尚未人工繁殖成功的鱼类进行生物学和生态学特性的研究。总之，本次环评阶段，对规划环评阶段提出的相关要求均进行了研究和落实，相关措施要求能够满足流域水电规划环评要求。

3.1.2.4 与国家能源发展“十二五”规划的符合性分析

根据国务院 2013 年 1 月印发的能源发展“十二五”规划，国家将积极有序发展水电。坚持水电开发与移民致富、环境保护、水资源综合利用、地方经济社会发展相协调，加强流域水电规划，在做好生态环境保护和移民安置的前提下积极发展水电。全面推进金沙江中下游、澜沧江中下游、雅砻江、大渡河、黄河上游、雅鲁藏布江中游水电基地建设，有序启动金沙江上游、澜沧江上游、怒江水电基地建设，优化开发闽浙赣、东北、湘西水电基地，……。“十二五”期间能源资源开发重点项目包括重点开工建设金沙江白鹤滩……，雅砻江两河口、牙根一级、牙根二级、孟底沟、卡拉、杨房沟，……等项目。

综上，工程已纳入国家能源发展“十二五”规划的开发重点项目，与规划相符，目前具有开工建设的紧迫性。

3.1.2.5 与可再生能源发展“十二五”规划的符合性分析

根据国家发展改革委 2012 年 8 月发布的《可再生能源发展“十二五”规划》，进一步明确了积极发展水电的要求，提出了“加快推进大型水电基地建设，重点开发水能资源丰富、建设条件较好的金沙江中下游、雅砻江、大渡河、澜沧江中下游、黄河上游、雅鲁藏布江中游等水电基地”的发展布局和建设重点，并将卡拉水电站作为“十二五”时期重点开工的水电项目大项目，明确了应抓紧推进其前期勘测设计工作的规划任务。工程移民数量少，不存在工程建设的重大环境问题。

综上，卡拉水电站是雅砻江水电基地以及西南地区综合能源基地的重要组成部分，属于国家重点推进的西南地区大型水电站，符合可再生能源发展“十二五”规划的相关要求。

3.1.2.6 与西部大开发“十二五”规划的符合性分析

根据国家发展改革委2012年2月制定的西部大开发“十二五”规划，将加快发展现代能源产业，大力发展可再生能源和新能源，在保护生态和做好移民安置的前提下积极发展水电，制定和完善流域水电开发规划，有序推进西南地区和黄河上游重点流域大型水电站建设。科学规划建设金沙江中下游、雅砻江、大渡河、澜沧江中下游、黄河上游和雅鲁藏布江中游河流（段）水电基地。

综上，卡拉水电站已纳入西部大开发“十二五”规划，工程涉及移民规模小，并拟采取“先移民、后工程”、水生生态保护、陆生生态修复、施工期污染治理等一系列的移民和环境保护措施，有效保障了移民安置群众的利益和区域生态环境的完整性，因此，与积极发展水电项目的前提是一致的。

3.1.2.7 与水电发展“十二五”规划的符合性分析

国家能源局于2012年7月印发了《水电发展“十二五”规划》，根据规划，国家将全面推进西部地区大型水电能源基地建设。全面推进金沙江下游、雅砻江、大渡河、黄河上游、澜沧江大型水电能源基地建设，开工建设雅砻江两河口、卡拉、杨房沟等项目。

综上，卡拉水电站已纳入“十二五”水电重点开工项目，与水电发展“十二五”规划项目相符，目前具有开工建设的紧迫性。

3.1.2.8 与四川省“十二五”能源发展规划的符合性分析

根据四川省人民政府2011年10月印发的四川省“十二五”能源发展规划，四川省提出了“大力优先发展水电，加快建设水电基地”的能源发展主要任务以及布局，形成由“三江”水电基地、7个水电集群、3个航电通道构成的“三江七片三线”水电基地基本格局，并明确将卡拉水电站作为“十二五”新开工项目以推进雅砻江水电基地的建设。

综上，卡拉水电站建设与四川省“十二五”能源发展规划相符。

3.1.2.9 与交通航运规划的一致性分析

《凉山州“十二五”交通发展战略规划》指出，“十二五”凉山水路运输应实现从宜宾至溪洛渡、溪洛渡至白鹤滩水电站库区蓄水形成Ⅲ级航道通行千吨级船舶，溪洛渡以下金沙江段船舶实现出海。同时，针对凉山境内库区航运较为发达的现状，拟建设木里县乔瓦码头（40万/人次）的客货小码头。

从该规划分析，卡拉水电站工程所在区域尚无航运要求，不涉及规划在木里县城区乔瓦镇建设的客货小码头。本工程建成后形成库区，将改善水运条件，具备建设库区通航码头的条件。

3.1.2.10 与旅游发展规划的一致性分析

《凉山州“十二五”旅游发展规划》指出，凉山州旅游发展将在“十一五”的基础上，实施重点工程，优化旅游发展空间布局；构建多元化旅游产品体系；加快重点景区景点打造；实施线路统筹，打造精品旅游线路；加强旅游基础设施建设；大力发展旅游服务。其中“水电王国之旅”旅游线路是其重点打造的精品旅游线路之一，该旅游线路主要沿金沙江和雅砻江等重要水电基地。

可见，在凉山州的旅游发展规划中已考虑卡拉水电站等水电基地的建设，具有良好的符合性。

3.1.3 与相关功能区划的符合性分析

3.1.3.1 与全国生态功能区划的符合性分析

根据《全国生态功能区划》，卡拉水电站工程所在区域属于“I 生态调节功能区～04 生物多样性保护功能区～20 沙鲁里山南部暗针叶林生物多样性保护三级功能区”，不属于《全国生态功能区划》中的全国重要生态功能区域。

根据生物多样性保护生态功能区生态保护要求，其主要保护方向为加强自然保护区建设，维护生态系统的完整性。其限制或禁止措施主要包括禁止对生物多样性有影响的经济开发，加强外来物种入侵控制，禁止滥捕、乱采、乱猎。卡拉水电站建设不会减少区域的生物多样性，在做好防护的情况下，不会带入外来入侵物种，本工程在施工期和运行期将采取严格的动植物保护措施，避免乱砍滥伐，保护区域生态环境。因此，卡拉水电站建设与《全国生态功能区规划》的有关要求是符合的。

3.1.3.2 与全国主体功能区规划的符合性分析

根据《全国主体功能区规划》，卡拉水电站工程所在区域属于“川滇森林及生物多样性生态功能区”限制开发区域中的重点生态功能区，以保护生物多样性为目。该区域主要发展方向是保护森林、草原植被，在已明确的保护区域保护生物多样性和多种珍稀动植物基因库。

根据《全国主体功能区规划》，该区域生态系统脆弱或生态功能重要，资源环境承载能力较低，属于限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的地区。卡拉水电站的建设，

属于清洁能源项目，不属于大规模高强度工业化城镇化开发项目。在施工期将对施工区范围内的生态环境造成一定不利影响，并且增加水土流失，但是此影响仅限于施工期间占地内，影响时间和影响范围较小。在本工程建设过程中，将切实贯彻“三同时”制度，及时恢复植被、加强水土流失防治，有效避免或减轻对生态环境的不利影响。因此，卡拉水电站建设与《全国主体功能区规划》的有关要求是符合的。

3.1.3.3 与青藏高原区域生态建设与环境保护规划的符合性分析

《青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011-2030年)》规划范围包括西藏自治区全区、青海省全省，四川省阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州、凉山彝族自治州的33个县的全部或部分区域，云南省怒江州、迪庆州和丽江市的9个县。规划区分为生态安全保育区、城镇环境安全维护区、农牧业环境安全保障区及其他地区四个区。其中生态安全保育区又分为严格保护区域(国家级自然保护区、世界文化自然遗产地、国家级风景名胜区、国家森林和国家公园等)和重点生态功能区（其他区域）。重点生态功能区分为三江源草原草甸湿地生态功能区等10个生态功能区。重点生态功能区存在的主要生态环境问题：区域生态环境较为脆弱，生态系统面临较大压力；区域内产业结构尚不合理，发展模式仍较为粗放，污染治理水平不高，部分地区工业、生活污染不断叠加，畜禽养殖等面源污染日益显现，污染物排放强度高于全国平均水平；基层生态建设与环境保护能力不足，环境基础设施相对落后。

本工程涉及的木里县属于川滇森林区森林及生物多样性生态功能区（青藏高原部分）。该功能区重点是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和退牧还草，加强水土流失治理和地质灾害综合防治。加强金沙江、怒江和澜沧江、独龙江两侧山体生态防护林建设，水能资源开发利用要严格保护生态环境。

卡拉水电站属于雅砻江中游水电规划及规划环评推荐的环境可行梯级之一，工程符合流域和区域相关规划。卡拉水电站水库淹没、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。卡拉水电站建设过程中通过采取优化施工方案，保护库周天然森林资源；通过相关的生产生活污水处理、除尘、降噪以及固体废弃物处理等的措施，缓解工程建设对环境影响；采取陆生生态恢复、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；采取下泄必要的生态流量、水生生境保护与修复、建设过鱼设施、建设鱼类增殖站等一系列水生生态保护措施，减缓工程建设对

江段鱼类及水生态的影响。工程建设区地处雅砻江河谷地带，经济发展较为落后，其主要经济来源于农牧业生产，主要生产生活能源主要靠薪柴。在移民安置过程中，移民的生活能源由薪柴转变为使用沼气能、电力等清洁能源，对区域植被和植物资源的保护是有利的，并能有效的减少区域水土流失。

综上所述，卡拉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。

3.1.3.4 与四川省生态功能区划的符合性分析

根据《四川省生态功能区划》，本工程位于“Ⅱ川西南山地亚热带半湿润气候生态区”的“Ⅱ-1 沙鲁里山南部亚高山暗针叶林生态亚区”内，分属“Ⅱ-1-1 木里—九龙林牧业与水源涵养生态功能区”，见图 3.1-1。

该区域的生态保护与发展方向为“保护森林和草原植被，巩固长江上游防护林建设、天然林资源保护和退耕还林成果。治理水土流失，防治地质灾害。科学发展林业、牧业和旅游业。建设水电能源生产基地。科学合理有序开发稀土等矿产资源。规范和严格管理资源开发建设活动，防止对生态环境的破坏或不利影响。”

卡拉水电站属于水电能源工程，符合该区建设水电能源生产基地的发展方向。在工程建设中将采取有效措施治理环境污染和恢复自然植被，避免或减轻水土流失和对生态环境等不利影响。因此，本工程的建设符合《四川省生态功能区划》的要求。

3.1.3.5 与四川省主体功能区规划的符合性分析

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》。该规划基于四川省不同区域的资源环境承载能力、现有开发强度和未来发展潜力，以是否适宜或如何进行大规模高强度工业化城镇化开发为基准，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，详见图 3.1-2。同时，规划对其中的“开发”进行了专门定义，即“特指大规模高强度的工业化城镇化开发。限制开发，特指限制大规模高强度的工业化城镇化开发，并不是限制所有的开发活动。对农产品主产区，要限制大规模高强度的工业化城镇化开发，但仍要鼓励农业开发；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。”

卡拉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。卡拉水电站属于能源开发项目，是该区域允许开发的项目类别；虽然水库蓄水将淹没河谷区植被，但受影响植被以干旱河谷稀树灌木草丛、山地灌草丛和农田为主，作为区域“地带性”、“代表性”和“天然植被的顶级植物群落”的偏干性常绿阔叶林主要分布于海拔3200m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；同时工程通过划定鱼类栖息地保护范围并进行人工生境修复，在一定程度上可实现河流水生态一定程度的恢复。由此可见，建设卡拉水电站不会影响该区的主体功能定位，与其保护要求总体相符。

综上可见，卡拉水电站的建设与《四川省主体功能区规划》对所在区域的主体功能定位和管理要求总体相符。

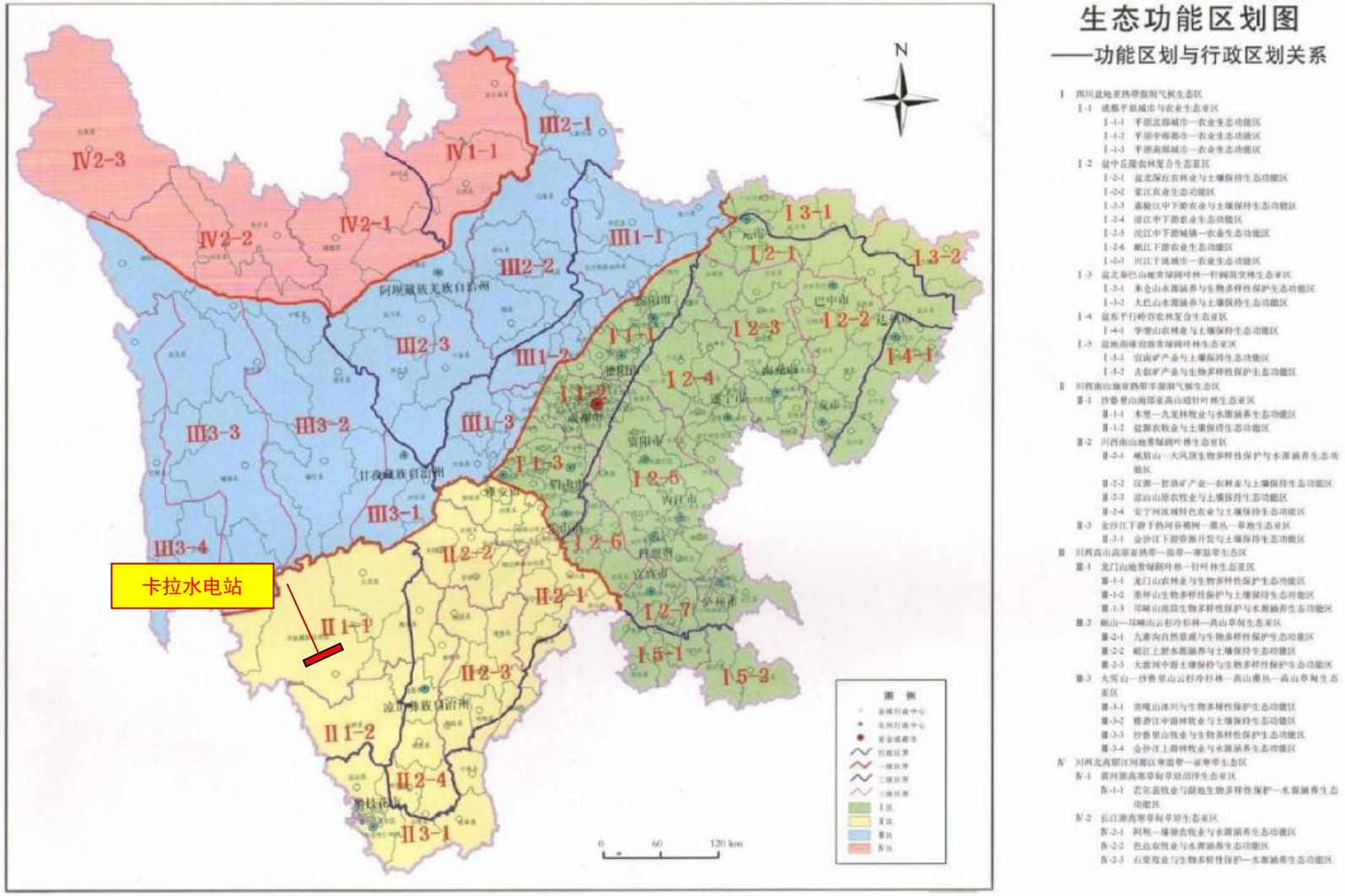


图 3.1-1 四川省生态功能区划图

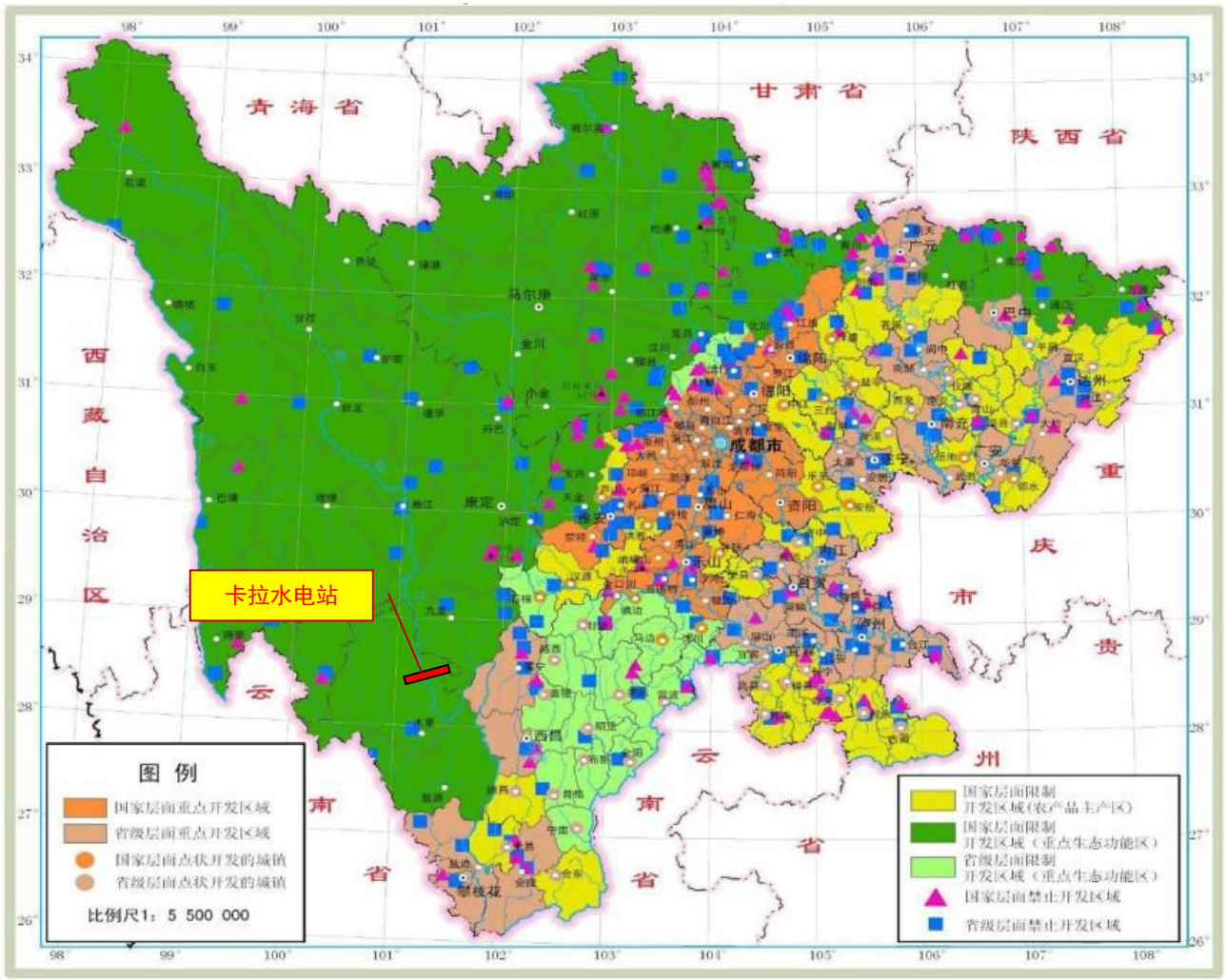


图 3.1-2 四川省主体功能区划分总图

3.1.4 正常蓄水位方案的环境合理性分析

卡拉水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题研究过程中，进行了 1985m、1986m、1987m、1988m 和 1989m 五个正常蓄水位方案的比选，不同正常蓄水位方案主要环境要素的比选情况见表 3.1-1。

正常蓄水位方案主要环境要素比选一览表

表 3.1-1

环境要素	项　目	正常蓄水位方案				
		1985m	1986m	1987m	1988m	1989m
水文情势	坝前水位最大抬升(m)	70.33	71.33	72.33	73.33	74.33
	干流回水长度(km)	32				
	正常蓄水位以下库容(亿 m^3)	2.402	2.479	2.38	2.638	2.719
	水库面积(km^2)	7.68	7.80	7.57	8.04	8.18
水温	α值(α-β法)	119.7	116.0	112.4	109.0	105.8
水质	总体水质	各方案水库建成后引发水质污染，特别是发生富营养化和大面积水华的可能性不大。				
	库湾水质	各方案水库淹没产生支流库湾污染带的可能性较小				
淹没植被	淹没土地(亩)	11259.49	11459.83	11660.55	11864.86	12074.47
	其中：耕地（旱地）(亩)	1112.24	1144.27	1177.95	1215.01	1248.80
	其中：林地（灌木林）(亩)	2012.50	2055.16	2098.20	2141.25	2187.36
鱼类		主要影响干流河段，不同方案之间对鱼类的影响差别不明显				
人群健康		不同方案之间对人群健康的影响差别不明显				
水库淹没和移民	淹没土地(亩)	11259.49	11459.83	11660.55	11864.86	12074.47
	移民搬迁人口(人)	969	1001	1033	1065	1092
	专业项目处理	均相同，为吊桥 6 座、乡村道路 26.1km、水文站一座、勘测营地一处。				
	移民安置环境影响	随着水位抬高，外迁移民略有增多，涉及移民安置环境影响也略有加大。				
	对土地利用的影响	随着水位抬高，淹没土地面积相应加大，对土地利用的影响也相应加大。				
重大环境敏感对象		均不涉及，均无影响。				

注：上表数据均为正常蓄水位阶段成果

根据上表分析，结合其他环境要素的影响分析，各正常蓄水位方案在水质、水生生态、人群健康、社会环境、施工期环境影响等方面基本上没有差别，水文情势、水温、陆生生态、移民安置等方面的的差别也很小，相对而言以低水位方案影响较小。各方案均不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊保护区，不涉及珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道等特征敏感区，不涉及文物保护单位等社会关注区。综合以上因素分析，从环境保护角度，各正常蓄水位方案造成的环境影响没有本质区别，不是本工程正常蓄水位选择的制约因素，各方案均可行。

通过动能经济指标分析，在不考虑杨房沟水电站的情况下，抬高卡拉水电站的正常蓄水位有助于提高电站的发电效益，但由于卡拉水电站尾水与上游杨房沟水电站衔接，水位抬高将会减少上游杨房沟水电站的发电效益。综合考虑上下两级电站的发电效益，卡拉水电站正常蓄水位 1987m 方案水能资源利用较为充分，动能效益相对较大，工程量增幅不大，经济性较好，且工程建设条件、水库移民都不存在制约因素，因此，卡拉水电站正常蓄水位为 1987m 是合理的。

3.1.5 坝址方案的环境合理性分析

卡拉水电站可行性研究阶段坝址、坝型选择设计专题研究过程中，进行了上坝址上坝线碾压混凝土重力坝、上坝址下坝线粘土心墙堆石坝、中坝址碾压混凝土重力坝及下坝址碾压混凝土重力坝四个坝址方案的比选。各方案环境合理性比较见表 3.1-2。

从表 3.1-2 可见，各坝址方案在水温、水质、人群健康、社会环境等方面区别甚小，区别主要体现在水文情势、水生生态、陆生生态、移民安置等的环境影响。但各方案均不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊保护区，不涉及珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道等特征敏感区，不涉及文物保护单位等社会关注区。综合以上因素分析，从环境保护角度，各坝址方案造成的环境影响没有本质区别，不是本工程坝址选择的制约因素，各方案均可行。从水文情势、水生生态、陆生生态等方面比较分析得到，上坝址上坝线方案相对较优。因此，选择上坝址上坝线碾压混凝土重力坝方案是合理的。

坝址方案环境合理性分析一览表

表 3.1-2

比较项目	上坝址上坝线(碾压混凝土重力坝)	上坝址下坝线(粘土心墙堆石坝)	中坝址(碾压混凝土重力坝)	下坝址(碾压混凝土重力坝)	各方案比较分析
正常蓄水位	1987m				各方案均相同
装机容量	1020MW	1020 MW	1080 MW	1180 MW	下坝址方案装机容量最大，发电效益最好
工程地质条件	上田镇滑坡体相对于上坝线枢纽整体稳定性较好，即使失稳，位于坝下堵江会影响枢纽发电运行，但不致于威胁大坝的安全	上田镇滑坡体位于其近坝库内，水库蓄水对其稳定性会有一定影响，不满足规范要求	中坝址河床覆盖层较厚，拦河坝坝高超过 150m	下坝址河床覆盖层较厚，拦河坝坝高超过 150m	从地质条件看，上坝址上坝线相对较好
水文情势、水生生态	回水长度 32km，保留河段长度 17km	回水长度 33.45km，保留河段长度 15.5km	回水长度 36.3km，保留河段长度 12.7km	回水长度 41.9km，保留河段长度 7.1km	上坝址上坝线方案回水长度最短，坝下保留河段长度最长，对水文情势和水生生态影响相对最小。
陆生生态	16170.22 亩	17184.69 亩	19046.12 亩	20472.33 亩	各方案均不涉及生态敏感区，上坝址淹没影响范围最小。
移民安置环境	12.34 人/万 kW 装机、165 亩土地/万 kW 装机		11.51 人/万 kW 装机、176.35 亩土地/万 kW 装机	10.97 人/万 kW 装机、173.5 亩土地/万 kW 装机	各方案安置人口和征用土地单位千瓦指标差别不大；各坝址方案均无敏感性环境影响制约因素，淹没影响占地上坝址上坝线方案最小。
环境敏感区	各方案均不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊保护区，不涉及珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道等特征敏感区，不涉及文物保护单位等社会关注区。从环境保护角度，各坝址方案均不存在环境制约因素				
综合比较	各方案均不涉及环境敏感区，从环境保护角度，均不存在环境制约因素。从水文情势、水生生态、陆生生态等方面比较分析得到，上坝址上坝线方案相对较优。				

3.1.6 施工规划的环境合理性分析

本着“节约用地，尽量利用荒地、滩地、坡地；不占或少占耕地和经济林地”的原则，施工总布置对场内施工场地进行分期规划和重复利用或再利用，减少了施工临时占地面积和由此带来的环境影响。

3.1.6.1 弃渣场选址环境合理性分析

工程规划的 2 个弃渣场位置、容量、占地面积及类型、占地植被、水文特征、居民点分布等见表 3.1-3。

各弃渣场主要环境特征一览表

表 3.1-3

沟渣场名称	甲尔沟渣场	上田镇沟弃渣场
位置	左岸坝址上游 7.0km	右岸坝址下游 2.2km
渣场容量	约 620 万 m^3	约 650 万 m^3
拟弃渣量	578.00 万 m^3	604.66 万 m^3
占地面积、类型	占地面积 41.47hm^2，占地类型主要为未利用地	占地面积 31.61hm^2，占地类型主要为未利用地
植被特征	干旱河谷稀树灌草丛	干旱河谷稀树灌草丛
居民点分布	周边无居民点	周边最近居民点 1 户（392m）
备　注	部分位于拟建水库淹没区	淹没线以上

工程规划的 2 个弃渣场中，仅上田镇沟弃渣场上方周边有居民点，距离约 392m，受弃渣场影响较小；占地主要为未利用地；占地区植被类型为干旱河谷稀树灌草丛，属工程区广泛分布物种，不涉及珍稀保护植物；弃渣场，经沟水处理后，对支沟行洪不会造成影响。各弃渣场占地均不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物保护单位和珍稀动植物集中分布区等环境敏感目标。因此，从环境保护角度分析，2 个弃渣场的选择较为合理。

3.1.6.2 料场规划环境合理性分析

本工程选择工程开挖土料作为所需土料料源，不需要开采土料场。工程共设置 1 处石料场，即利用杨房沟水电站设置的金波石料场。本工程在杨房沟水电站开采的基础上，通过适当扩大开采范围，以满足卡拉水电站建设对石料的需求。金波石料场布置不涉及崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区。从与主体工程施工布置的合理性分析，金波石料场

位于卡拉水电站坝址左岸上游约 33.5km 处，通过卡杨对外交通专用公路与本工程施工区相接，便于石料的运输和调配。通过对金波石料场扩大开采，相对于新设石料场，可大大减少新增占地、扰动地表和损坏水土保持设施面积，同时可以减少无用料的产生量，减少工程弃渣，减少因弃渣产生的水土流失量和可能造成的危害。

可见，本工程通过充分利用工程开挖料作为土料料源及部分混凝土粗、细骨料料源，同时减少了弃渣量和开挖量，进而减少了土地占用和植被破坏，降低了水土流失。金波石料场周边无居民点，占地区主要为未利用地和林地，占地区植被类型也均在工程区广泛分布，且不涉及珍稀保护植物。因此，本工程料场的规划是合理的。

3.1.6.3 施工布置环境合理性分析

工程除施工永久用地等必不可少的占地外，尽量将施工临时设施布设在已征地范围内，以减少工程新增临时占地。

(1) 施工工厂布置

卡拉水电站工程规模较大，工程位于高山峡谷区，土地资源紧张，整个施工工厂布置较为紧凑，做到了尽量利用荒地、滩地、坡地，不占或少占耕地和经济林地，并充分利用水库淹没区的土地，在水库淹没区内设置施工用地 61.09hm^2。除施工道路涉及 2 处居民点外，工程施工场地周边无其他村庄居民点，施工占地均不涉及珍稀保护动植物、古树名木和其他环境敏感点，因此施工布置总体上较为合理。

(2) 砂石料系统布置

由于卡拉水电站与杨房沟水电站属上下比邻梯级，且同属一个建设单位，因此卡拉水电站工程砂石料系统与杨房沟合建，节约了工程占地，避免资源和资金的重复浪费。砂石料加工系统等污水处理设施结合各污染源进行布置，部分污水性质相近、且距离较近的施工工厂统一设置污水处理设施后回用。

(3) 油库和炸药库

根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，四级油库与居住区及公共建筑物的距离不得小于 70m。油库布置于蔡家坪施工区内，周围 500m 范围内无居民点分布。

炸药库布置于炸药库布置大碧沟右岸岸坡，周围 500m 范围内无居民点分布。

综合以上分析，卡拉水电站的施工布置是合理的。

3.1.6.4 电站运行方式的环境合理性分析

根据电站运行方式规划，电站一般情况下，在正常蓄水位以下 2m 范围内消落运行；在电站投运初期，根据与上游两河口水电站区间较长的实际情况，结合电力系统运行要

求，必要时扩大水库水位的消落运行范围，最大消落运行范围为5m，即正常蓄水位1987m~死水位1982m之间。可见，卡拉水电站日常运行过程中，多数情况下消落幅度为2m左右，对应的入库流量和出库流量也基本保持一致，这一运行方式可有效减少库区的消落影响区范围，对库区水生生态系统的相对有利，在运行过程中，由于入库和出库流量基本一致，因此，在上游两河口水电站进行生态调度的情况下，卡拉水电站也能够同步发挥生态调度的作用，减缓对江段水生生态系统，尤其是珍稀保护鱼类的影响。

由此，电站运行方式从环境角度分析是合理的，能够较好保护库区及坝下水生生态系统的稳定性。

3.2 影响源分析

3.2.1 工程施工

3.2.1.1 水环境

(1) 生产废水

生产废水主要来源于前期砂石加工系统、主体工程砂石加工系统、大坝工程混凝土生产系统、前期及厂房工程混凝土生产系统、机械修配厂、汽车保养站、综合加工厂等，其中砂石料加工系统是最大的污染源。

① 砂石加工系统废水

卡拉水电站场区内不设置砂石加工系统，所需混凝土骨料及其它成品骨料均由位于杨房沟水电站场区内的上铺子沟砂石加工系统提供。根据施工进度分析，杨房沟水电站混凝土浇筑时间将从2014年初持续到2020年底(高峰时段位于2018年6月~2019年底)，虽然卡拉水电站开工建设时间尚未完全确定，但两工程仍有混凝土浇筑时段较大程度搭接的可能性，为避免重复建设、节约用地、减少两系统建设运行的干扰，本阶段拟合建两电站砂石加工系统于上铺子沟口坡地，规模按完全叠加的混凝土高峰时段浇筑强度22.0万m^3/月进行设计。

2012年，针对卡拉、杨房沟混凝土骨料加工所做的《雅砻江杨房沟·卡拉水电站上铺子沟砂石加工系统规划报告》，统筹分析了两个工程的施工进度、混凝土施工强度、系统的场地布置条件及系统建设投资后，确定上铺子沟砂石加工系统分二期建设。系统的一期建设规模以满足两个工程的前期混凝土施工强度需要为目的。根据本阶段的施工进度，杨房沟前期的混凝土浇筑高峰强度约为5.0万m^3/月，卡拉前期的混凝土浇筑高峰强度约为4.0万m^3/月，因此，砂石加工系统一期建成后的生产能力可以满足10.0万

m^3/月混凝土浇筑强度，二期完建后的生产能力满足卡拉、杨房沟主体工程混凝土施工高峰叠加后 22 万 m^3/月的浇筑强度。

上铺子沟砂石加工系统布置在杨房沟水电站坝址左岸下游约3.0km的上铺子沟口下游侧，距卡拉水电站坝址约 29.0km，其加工料源为金波石料场开采的花岗闪长岩石料和上铺子沟口中转料场的工程洞挖料。

卡拉水电站混凝土浇筑高峰强度约 10.0 万 m^3/月，杨房沟水电站混凝土浇筑高峰强度约 12.0 万 m^3/月，上铺子沟砂石加工系统按满足两电站完全重叠的混凝土高峰时段浇筑强度 22.0 万 m^3/月设计，处理能力 1700t/h，成品生产能力 1385t/h，两班制生产。设计用水量为 850m^3/h，产污率按 80%计，砂石料冲洗废水高峰产生量约 680m^3/h，砂石料废水处理系统一次性建成。卡拉水电站共需成品砂石料约 545 万 t，则废水量约为 268 万 m^3。杨房沟水电站共需成品砂石料约 730 万 t，则废水量约为 358 万 m^3。上铺子沟砂石加工系统产生废水总量为 626 万 m^3。

砂石料冲洗废水产生量见表 3.2-1。

上铺子沟砂石料系统冲洗废水产生量表

表 3.2-1

序号	生产废水产生位置	高峰日产生量（m^3/d）	高峰小时产生量（m^3/h）	总废水量（万 m^3）			主要污染物及浓度
				卡拉	杨房沟	小计	
1	一期砂石料系统	5600	400	76	126	202	SS：50000mg/L
2	二期砂石料系统	9520	680	191	233	424	
合 计				268	358	626	

砂石骨料在筛分冲洗和棒磨洗砂时，产生大量冲洗废水，废水中 SS 浓度较高。骨料料源主要为工程开挖料和金波石料场开采料，骨料岩性为花岗岩，为非可溶岩。根据《水电水利工程环境保护设计规范》(DL/T 5402-2007)中关于砂石料加工废水浓度的说明，结合四川省类似水电工程砂石加工废水监测结果及本工程冲洗水量，废水中 SS 平均浓度取 50000mg/L。

② 混凝土生产系统废水

本工程施工期设置两座混凝土拌和系统，即前期及厂房混凝土生产系统和大坝工程

混凝土生产系统。混凝土系统废水主要来源于拌和楼料罐、搅拌机及地面冲洗，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，并含有较高悬浮物，其浓度为 5000mg/L 左右。

前期及厂房混凝土生产系统布置于九一三沟沟口，系统选用 HL120-2F3000L 型混凝土搅拌楼 2 座，一天三班制生产，按每班冲洗一次计算，一次冲洗量约为 6m^3，系统每日产生的废水总量约为 18m^3。

大坝工程混凝土生产系统布置于坝址左岸下游 2.5km 的纤维沟沟口，系统选用 HL240-2S3000 型混凝土搅拌楼 2 座，一天三班制生产，按每班冲洗一次计算，一次冲洗量约为 11m^3，系统每日产生的废水总量为 33m^3。

混凝土系统冲洗废水产生量表

表 3.2-2 单位：m^3/d

序号	生产废水产生位置	高峰日废水量	主要污染物及浓度
1	前期及厂房混凝土系统	18	SS：约 5000mg/L；pH>10
2	大坝工程混凝土系统	33	
合 计		51	

③ 修配废水

修配废水的主要来源是机械修配厂和汽车保养站。根据施工组织规划，本工程设置 1 处机械修配厂和 1 处汽车保养站，均为 2 班制生产，废水产生量按用水量的 80%计，具体见表 3.2-3。

机械修配厂和汽车保养站排出的废水性质相似，主要污染物为石油类和 SS，根据类似工程实测结果，其浓度分别约为 100mg/L 和 1000mg/L。

修配废水产生量表

表 3.2-3

项目	高峰日用水量（m^3/d）	高峰小时用水量（m^3/h）	高峰小时废水量（m^3/h）	主要污染物及浓度
机械修配厂	16	1.5	1.2	石油类 100mg/L，SS 约 1000mg/L
汽车保养站	30	2	1.6	
合 计	46	3.5	2.8	

④ 洗车废水

汽车冲洗废水主要来源于施工机械停放场，施工机械停放场布置在甲尔沟沟口，卡杨公路东侧。停放场采用高压水枪冲洗汽车，冲洗用水量为100L/辆·次，冲洗时间为10min/辆·次，根据施工规划，本工程车辆约230辆。按高压水枪可同时冲洗8辆车，所有车辆每天清洗一次，施工机械停放场设计用水量为23m^3/d，产污率取90%，则该停放场日废水产生量约为20.7m^3/d，该停放场每小时最多可同时冲洗48辆车，高峰小时用水量为4.8m^3/h，高峰小时废水量约4.5m^3/h。根据水电站工程特性，洗车点待洗车辆大多为运送土石方及混凝土的大型工程车，洗车废水的泥沙量较大，废水主要污染物为石油类和SS，其浓度分别约为30mg/L和3000mg/L。

(2) 生活污水

① 生活办公区

生活污水来源于承包商营地和业主营地，主要包括食堂废水、洗涤污水、淋浴污水、粪便污水等。

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)，人均生活用水量取140L/d，废水产生量为用水量的80%，调节池停留时间24h。各营地施工人数及生活污水量详见表3.2-4。生活污水主要污染物是有机物，各种污水混合后，其中BOD_5和COD_{Cr}浓度分别为200mg/L和400mg/L左右。

各营地生活污水产生量一览表

表3.2-4

污染源位置	平均人数（人）	高峰人数（人）	高峰日用水量（m^3/d）	高峰日废水量（m^3/d）	高峰小时废水量（m^3/h）
业主营地	500	600	84.0	67.2	2.8
1#承包商营地	2370	3333	466.6	373.3	15.6
2#承包商营地	474	667	93.4	74.7	3.1
3#承包商营地	356	500	70.0	56.0	2.3
合 计	3700	5100	714.0	571.2	23.8

② 加油站

加油站污水主要为站内值班人员生活污水和加油流动人员冲厕污水。根据施工规

划，加油站设计用水量为 15m³/d，若产污率以 80%计，则产生的污水量为 12m³/d。生活污水主要污染物是有机物，各种污水混合后，其中 BOD_5 和 COD_{Cr} 浓度分别为 200mg/L 和 400mg/L 左右。

③ 施工区

施工区设置临时厕所，结合施工区当地实际情况，临时厕所采用移动型厕所，不需要水冲，施工人员的粪便由专人负责人工清运至承包商或业主营地一体化生活污水处理设施统一处理。业主营地和承包商营地生活污水量已考虑这部分粪便污水，因此，此处不再单独考虑。

(3) 基坑排水

① 初期排水

基坑初期排水安排在河床截流、围堰防渗墙施工完成后进行，基坑初期排水包括围堰闭气后基坑积水、基础和岩体渗水等。上下游围堰闭气后，基坑内积水深约 7.0m，基坑内积水量约 21.7 万 m³，考虑基坑渗水等因素，初期排水总量按 3 倍基坑积水估算，约 65.1 万 m³。按照基坑水位下降速度 1.0m/24h 计算，需要的排水时间约 7 天，排水强度约 3875m³/h。由于基坑初期排水主要是河流水，可排至下游河流补给河流水量，但排至基坑水量很小时，基坑水 SS 将较高。

② 经常性排水

大坝基坑总面积约 8.1 万 m²，围堰基坑内积水按历年最大日降雨量 87.7mm 估算，基坑积水量约 0.7 万 m³。按 1 天排干计算，基坑排水强度约 292m³/h，考虑基坑渗水量，为确保基坑不被积水淹没，基坑最大排水强度不小于 584m³/h。

围堰顶高程以上和基坑以外的降雨引起的地表径流和上游冲沟来水采取设置截水槽和排水沟等措施导出基坑外。

基坑经常性排水采用集水井收集后用潜水泵抽排，多数情况为清水，SS 含量一般较河段自然情况下要低；工程区域属于干旱河谷区域，降雨量和降雨天数均较少，当出现强降雨时，基坑经常性排水 SS 浓度较高，采用絮凝沉淀后可与河段水质基本一致。

(4) 水平衡计算

表 3.2-5 列出了工程施工规划用水量以及经计算得到的废水产生量。从表中可以看出，工程总用水量为 20298m³/d，共产生废水量 10211.7m³/d，生产废水均不外排，全部回用。

施工规划用水量及废水产生量

表 3.2-5

用水位置	用水量 (m^3/d)	主要用途	高峰废水量 (m^3/d)	布置地点
上铺子沟砂石加工系统	11900	筛分冲洗及棒磨机洗	9520	上铺子沟沟口
前期及厂房混凝土生产系统	2200	混凝土拌和用水	18	九一三沟沟口
大坝工程混凝土生产系统	5400	混凝土拌和用水	33	纤维沟沟口
机修修配厂	16	修配用水	12.8	八通
汽车保养站	30	修配用水	24	蔡家坪
施工机械停放场	23	清洗车辆	20.7	甲尔沟沟口
业主营地	84	生活用水	67.2	八通
承包商营地	630	生活用水	504	蔡家坪、九一四沟口、八通
加油站	15	生活用水、场地冲洗用水	12	蔡家坪
合　计	20298	/	10211.7	/

根据废水的产生量，结合废水处理方案，绘制施工区水量平衡图，如图 3.2-1 所示。由图可知，本工程总用水量 20298m^3/d，其中，取新鲜水 11665.5m^3/d，重复用水 8632.5m^3/d，总消耗水量 11107.5m^3/d，总废水量（回用于洒水绿化）558m^3/d。本工程重复用水率为 46.97%，所有废水量均回用于绿化或洒水，不排放至雅砻江。



图 3.2-1 施工区水平衡图

综合以上分析，施工期污废水产生量汇总见表 3.2-6。

施工期污废水产生量汇总表

表 3.2-6

污染源	主要污染物	污染源强	污染源位置	产生规律
砂石加工系统废水	SS,50000mg/L	9520m^3/d	上铺子沟砂石料加工系统	点源，连续产生
混凝土生产系统废水	SS,5000mg/L; pH>10	18m^3/d	前期及厂房工程混凝土生产系统	点源，不连续产生
		33m^3/d	大坝工程混凝土生产系统	
修配废水	石油类,100mg/L SS,1000mg/L	36.8m^3/d	机械修配厂、汽车保养站	点源，不连续产生
洗车废水	石油类,30mg/L SS,3000mg/L	20.7m^3/d	施工机械停放场	点源，不连续产生
生活办公区生活污水	BOD,200mg/L；COD,400mg/L；	67.2m^3/d	业主营地	点源，不连续产生
		504m^3/d	承包商营地	
加油站生活污水		12m^3/d	蔡家坪	点源，不连续产生

3.2.1.2 声环境

(1) 施工爆破

施工爆破噪声主要产生于大坝作业面，噪声源强一般在 120～140dB（A）之间，但施工爆破噪声为瞬间点声源，爆破过后影响很快会消失。

根据施工总布置，大坝作业区周边没有村庄分布。

(2) 施工机械噪声

施工区内噪声源主要来自于砂石加工系统、混凝土拌和系统、木材加工厂、钢筋加工厂、机械修理厂和汽车保养厂等施工工厂企业以及作业区施工机械噪声。

砂石料加工设备噪声参照已建工程实测资料，砂石料加工点声源源强均大于 90dB（A），其中棒磨机和筛分楼噪声高达 115 dB（A）。

混凝土拌和系统参照清江隔河岩水电站混凝土系统噪声实测值分析，其混凝土拌和系统噪声源强约为 104 dB(A)。

各施工工厂噪声参照类比施工建设过程中的水电工程，其中砼预制厂源强为

65dB(厂房外 1m)、钢管加工厂源强为 95dB(厂房外 1m)、木材加工厂源强为 87dB(距主噪声源 10m)、钢筋加工厂源强为 89dB(距主噪声源 5m)。

根据施工总体规划，下田镇村附近无施工工厂，岗尖村距离右岸转轮拼装厂 193m、距离左岸金属结构拼装厂 140m，因此，工程施工机械噪声对上述敏感点会产生一定的影响。

(3) 交通噪声

施工场内道路主要来往车辆为载重量 10t～20t 级自卸汽车，公路施工以及车辆运输会产生噪声影响。交通噪声属于线声源，一般在 70～90dB（A）之间，主要影响下田镇村和岗尖村。下田镇村附近不新建施工道路，施工车辆利用现有的简易道路经过，岗尖村主要受左岸蔡家坪场地路的施工车辆交通噪声影响。

3.2.1.3 环境空气

根据施工规划，环境空气影响主要集中在施工厂区附近的下田镇村和岗尖村。大气污染物主要来自机动车辆和施工机械排放的燃油尾气、爆破粉尘、施工场地粉尘以及交通运输的扬尘等。

(1) 机械燃油废气

工程施工机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布，由于施工范围大，时间长，污染物排放分散且强度并不大。

工程施工过程中需使用大量的大型燃油机械设备及运输车辆，因此在使用过程中会产生 NO_2、SO_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。本工程高峰时段耗油量约 0.67 万 t/a，基本为柴油，根据《车用柴油》(GB19147-2009)及相关资料进行预测，NO_2、SO_2 高峰排放量分别为 0.51kg/h、0.54kg/h。

(2) 爆破粉尘

参考相关文献，在工程开挖爆破过程中产生的主要污染物是粉尘（TSP），约为 50kg 粉尘/t 炸药。根据施工组织设计，卡拉水电站工程施工开挖爆破需炸药 0.65 万 t，高峰时段炸药平均用量约 133.3t/月，日消耗炸药约 4.44t，则粉尘高峰日产生量为 0.22t/d。露天炸药爆破时会产生 TSP 等污染物，本工程爆破的主要部位为石料场和坝区。

(3) 施工场地扬尘

施工场地扬尘主要来源于露天堆场和施工裸露开挖面的风力扬尘，另外还有砂石加工系统破碎车间产生的粉尘。

由于施工需要，一些建筑材料、表土堆存场、弃渣场堆填的土石方、和用于回填的砂石料等需露天堆放，同时石料场及主体工程裸露的开挖面，在气候干燥又有风的情况下，容易产生扬尘。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$1.17\times10^{-5}g/s.m^2$。

本工程砂石加工系统各破碎车间，特别是细碎和超细碎车间，由于制砂的粒径较小，在破碎的过程中会产生一定的粉尘。本工程共需砂、石骨料量 545 万 t。卡拉水电站混凝土浇筑高峰强度约 10.0 万 m^3/月，杨房沟水电站混凝土浇筑高峰强度约 12.0 万 m^3/月，上铺子沟砂石加工系统按满足两电站完全重叠的混凝土高峰时段浇筑强度 22.0 万 m^3/月设计，处理能力 1700t/h，成品生产能力 1385t/h，两班制生产。系统占地面积 11.8 万 m^2。本工程为半干法工艺，根据《三废处理工程技术手册》中的参数，并结合类比工程资料，确定砂石料加工系统粉尘排放系数以 0.1（kg 粉尘/ t 砂石料）计算，得到砂石料加工系统粉尘排放总量为 545t。在未考虑除尘设备的情况下，粉尘排放强度为 138.5kg/h，粉尘排放速率为 0.326mg/s·m^2。

(4) 交通扬尘

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶，可占施工总扬尘量的 60%以上，扬尘量与路面形式、清洁程度和车速有关。一般情况车辆行驶产生的扬尘在同样路面清洁程度下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速下，路面越脏扬尘量越大。

主体工程施工设计时已考虑尽可能采用混凝土路面，减少扬尘产生。卡杨公路（场内交通段）路基宽 9m，车流量约 111 辆/h，为混凝土路面，类比雅砻江及金沙江流域其他水电工程场内道路运行期扬尘监测成果，在不考虑洒水降尘等措施的情况下，粉尘排放量约为 0.41kg/km·辆，粉尘产生量约为 45.6km/km·h。受施工道路影响的敏感点主要有下田镇村和岗尖村。

3.2.1.4 固体废弃物

(1) 生活垃圾

工程施工高峰人数 4500 人，平均人数 3200 人，业主营地高峰人数 600 人，平均人数 500 人；总工期 83 个月。按每人每天产生 0.5kg 生活垃圾估算，施工期日平均垃圾产生量 1.85t/d，高峰日最大垃圾产生量 2.55t/d，施工期共产生垃圾 4607t，容重率以 0.45t/m^3 计，共产生垃圾 10237m^3。

(2) 弃渣

工程总弃渣量为879.94万m^3，弃渣主要产生于枢纽工程区、交通设施区、施工生产生活区等，分别为623.22万m^3、142.45万m^3和47.17万m^3。

(3) 建筑垃圾

建筑垃圾主要包括渣土、废石料、散落的砂浆和混凝土、碎金属、竹木材、废弃的装饰材料以及各种包装材料和其它废弃物。

3.2.1.5 生态环境

(1) 陆生生态影响

卡拉水电站工程永久征地和临时占地共1224.51hm^2，其中水库淹没区777.37hm^2（含位于水库淹没区内的施工用地61.09hm^2），枢纽工程建设区201.84hm^2，移民安置区126.52hm^2（本工程利用的九龙县金波石料场征地3.40hm^2已划入杨房沟征地范围，不重复计列），其中林地234.51hm^2，草地547.44hm^2，占地范围内植被将遭到破坏，造成一定量的植物生物量损失。同时，施工队伍进驻施工场地带来的人类活动频繁，以及各类施工活动产生的噪声、扬尘、废气等，都将对施工区及其附近的野生动物产生惊吓和干扰，使该区域动物的栖息适宜度降低。

(2) 水生生态影响

通过对雅砻江已建的二滩、锦屏一级、锦屏二级等水电站的类比调查，工程施工期间，围堰施工、边坡开挖等过程可能对水质造成一定影响，围堰施工导流工程将改变局部江段的天然流量，上述过程将对水生生态造成一定影响，降低施工期间的水生生境适宜度。大江截流后，河道水文特性将发生显著改变，在大坝建成前，虽预留有导流隧洞，但由于隧洞洞径相对于原天然河道宽度明显减小，水流也明显加大，鱼类等水生生物很难自行通过导流隧洞上溯至围堰上游河段，这对鱼类上下游之间的种质资源交流构成一定的限制。

3.2.1.6 水土流失

工程开挖、砂石料开采、弃渣、临时占地等将扰动原地貌，破坏植被，损坏部分水土保持设施，增大水土流失强度。根据水保方案，工程建设扰动地表面积1180.47 hm^2，损坏水土保持设施面积为816.19hm^2。弃渣量968.86万m^3，工程可能造成的水土流失总量约82.92万t，新增水土流失量74.21万t。弃渣场及表土堆存场水土流失产生、防治和水土保持重点监测区域。

3.2.1.7 人群健康

工程施工期间施工人员骤增，居住集中，临时生活区居住环境及卫生设施条件较差，对施工人员及当地居民人群健康可能产生一定的影响。

3.2.1.8 社会环境

(1) 社会经济

工程施工需要大量劳动力、建筑材料，施工人员和管理人员生活需要大规模社会后勤服务。施工期在当地的劳动力需求、材料采购和后勤服务配套设施供应等，对增加当地就业机会、提高农民收入、促进地方经济发展将会起到一定的作用。

(2) 取用水

卡拉水电站所在雅砻江河段取用水均来自支流，该河段干流没有取水口分布，也没有规划取水口。

3.2.2 水库淹没、占地与移民

3.2.2.1 淹没与占地

工程征占地总面积为1224.51hm^2，全部位于木里县，其中水库淹没区777.37hm^2(含位于水库淹没区内的施工用地61.09hm^2)，枢纽工程建设区320.62hm^2，移民安置区126.52hm^2。（本工程利用的九龙县金波石料场征地3.40hm^{2}已划入杨房沟征地范围，不重复计列）。

按占地性质分，工程永久征地1022.64hm^2，临时占地201.87hm^2。

按工程区分，水库淹没区716.28hm^2（不含位于水库淹没区内的施工用地61.09hm^2)，枢纽及导流工程区78.10hm^2，弃渣场及表土堆存场区73.08hm^2，中转料场区23.93hm^2，交通设施区87.64hm^2，施工生产生活区118.96hm^2(含各类施工设施的周边施工管理范围86.68hm^{2}征而未扰的区域)，移民安置区126.52hm^2。

按占地类型划分，耕地86.79hm^2，林地234.51hm^2，草地547.44hm^2，住宅用地3.63hm^2，交通运输用地19.15hm^2，水域及水利设施用地336.39hm^2。

工程建设征占地类型详见表3.2-8和表3.2-8。

(1) 水库淹没

① 土地利用和农业生产

工程库区淹没土地777.37hm^2，将对淹没区域土地利用带来一定的影响。其中淹没耕78.53hm^2，使得粮食和经济作物产量减少，将对涉及乡镇的农业生产产生一定影响。

② 生态环境

工程水库淹没林地共计 139.88hm^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。

③ 社会基础设施

工程建设损坏的社会基础设施较少，主要是水库淹没线以下的农村生产生活设施、小水电站 1 座、宗教设施、乡村道路、通讯电力设施等，淹没影响较小，工程建设将通过经济赔偿或迁建的方式予以补偿。

④ 文物、矿产

根据四川省文物考古研究院 2011 年 12 月编制的《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》以及四川省文物管理局“关于《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》的批复”：（川文物保函〔2012〕12 号），对其中的 2 处文物点即“尼波铁索桥”和“尼波玛尼堆群”将进行提取资料性保护，对其中 1 处文物点“大坪子石棺葬墓地”进行抢救性发掘保护。

工程施工占地区内无具有开采价值的矿产分布。

(2) 工程枢纽建设区占地

① 土地利用和农业生产

工程建设将永久占地 118.75hm^2，（扣除 61.09 hm^2 水库淹没面积）将对各县土地利用带来一定的影响。临时占地 201.87hm^2，临时占地在施工结束后可恢复其原有土地利用性质。

工程占用耕地 20.57hm^2，施工将使占地区的农作物及经济作物的产量减少，对相关乡镇的农业生产造成一定损失。

② 生态环境

工程施工永久占用林地面积 122.96hm^2，工程占地将破坏地表植被，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。

③ 社会基础设施

工程施工区社会基础设施较少，受工程施工影响的社会基础设施主要有乡村道路、

通信设施、华东院勘测基地等，上述受影响的社会基础设施将通过经济赔偿或迁建的方式予以补偿。

工程建设征占地一览表

表 3.2-7 单位：hm^2

序号	项 目	水库淹没	工程枢纽区	移民安置区	合计
		木里县			
1	总面积	777.37	320.62	126.52	1224.51
1.1	耕 地	78.53	8.26	0	86.79
1.2	林 地	139.88	91.23	0	231.11
1.3	草 地	209.82	211.1	126.52	547.44
1.4	住宅用地	2.02	1.61	0	3.63
1.5	交通运输用地	13.86	5.29	0	19.15
1.6	水域及水利设施用地	333.26	3.13	0	336.39

注：表中水库淹没区面积包含位于水库淹没区内的施工用地面积 61.09hm^2。

各工程区建设征占地明细一览表

表 3.2-8 单位：hm^2

序号	项目组成		占地性质			占地类型					
			合计	永久征地	临时占地	耕地	林地	草地	住宅用地	交通运输用地	水域及水利设施用地
1	水库淹没区		716.28	716.28	0	66.22	129.91	173.56	1.08	13.62	331.89
2	主体工程区		78.1	78.1	0	3.08	43.24	31.73	0.05	0	0
3	弃渣场及表土堆存场区		73.08	10.62	62.46	3.68	5.74	60.65	0.37	1.29	1.35
4	交通设施区		87.64	8.91	78.73	0	19.52	64.15	0	3.62	0.35
5	料场（含中转料场）区		23.93	12.38	11.55	4.42	0	19.36	0.15	0	0
6	施工生产生活区	小计	118.96	69.83	49.13	9.39	32.7	71.47	1.98	0.62	2.8
		其中施工管理区	86.68	61.5	25.18	0	21.76	64.11	0	0.62	0.19
7	移民安置区		126.52	126.52	0	0	0	126.52	0	0	0
合 计			1224.51	1022.64	201.87	86.79	231.11	547.44	3.63	19.15	336.39

注：①表中水库淹没区面积已扣除利用水库淹没区的施工用地面积 61.09hm^2；②施工管理区 68.51hm^2 为各类施工设施的周边施工管理范围，征而不扰区域。

3.2.2.2 移民安置

(1) 安置人口规模

至规划水平年，生产安置人口为589人。采取农业安置与其他安置相结合的方式，以农业安置为主，其他非农安置为辅，其中农业安置542人，其他安置47人。规划水平年，搬迁安置人口为1082人。

(2) 安置区污染源分析

农村移民日常生活将产生部分生活污水和生活垃圾，根据移民意愿调查，除中铺子村（中铺子组和下铺子组）大部分移民愿意随集镇搬迁至麦地龙集镇居民点外，其余移民均选择了在本组、本乡、邻乡以及紧邻木里县城的项脚乡进行分散安置。根据移民安置规划，规划水平年麦地龙乡集镇人口规模467人。参照《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，结合工程所在区域的用水特点，生活用水量取130L/人·d，综合牲畜饮水、公共建筑、绿化用水及不可预见用水，居民总用水量取180L/（人·d），污水排放系数取0.8，则麦地龙乡集镇日生活污水排放总量为67.2m^3/d，污水主要污染因子包括氨氮、COD、BOD_5等生活污染物因子。移民人均日生活垃圾产生量参照农村居民为0.6kg/人·d，则麦地龙乡集镇每日垃圾产生量为0.28t/d。

(3) 专项复建工程污染源分析

本工程涉及的移民人口规模较小，配套建设的专项复建工程规模总体较小，主要以汽车便道、机耕道等交通工程为主，配套建设电力、电信等其他工程。专项复建工程建设过程中将对建设区的植被造成一定影响，建设过程中将引起一定的施工扬尘和噪声，居民点供水及连接道路建设过程中可能产生少量泥浆水。此外，各专项复建工程施工过程中可能会引起一定的水土流失。

(5) 移民安置社会环境影响分析

工程建设区域为少数民族地区，以藏族为主，具有典型的少数民族生活习性和宗教信仰，工程建设将带来一定的移民搬迁，集中安置后，安置点的新环境将与其原有环境有所差异，人居环境将有较大改善，同时其生活习性也将随之有所变化，部分玛尼堆、转经桶等宗教设施的淹没对藏族移民的宗教活动将来带一定的不便。

3.2.3 工程运行

3.2.3.1 水文情势

卡拉水电站具有日调节性能，调节性能差，电站下泄流量过程主要受控于上游两河

口水电站，正常运行情况下，其水位变化过程主要在 1986m 附近运行，当承担电网事故备用情况下，水库水位消落至死水位。卡拉水电站运行时，不会对年际及年内的流量过程造成变化，但对流量的日内分配会产生一定的影响；上游两河口水库建成后，其具有与上游梯级联合调节性能，将对卡拉水电站的入库及出库流量的年际及年内分配造成一定的影响。

卡拉水电站初期蓄水及电站运行过程中，均将改变原河道的水文情势，其中初期蓄水阶段，将造成坝址下游水量明显减少，对下游生态环境可能造成一定影响。运行期电站库区由原流水性河道变为流水性库区，水面将大幅增加，流速将明显放缓。运行期坝址下游河道水文情势一方面取决于卡拉水电站流量下泄过程，下游河段在泄放生态流量的情况下，下游河道基本生态需水能得到满足，由于存在日内径流调节，因此下游河道的日内水量变化将较自然情况下明显。

3.2.3.2 水环境

(1) 水 温

卡拉水电站属于日调节电站，水库坝前水深大，相对总库容而言，调节库容量有限，库水水体交换频次较一般日调节电站或无调节电站小，区域不同季节的气温变化幅度明显，可能引起不同层水体之间的水温差异。入库水温受上游来水的影响，特别是两河口电站下泄水温及其下泄方式的影响。

(2) 水 质

① 水库水质

电站蓄水初期水质主要受库底残留物的影响，受库水浸泡后可能会释放一定的有机污染物，对水库水质产生影响，但卡拉电站下闸蓄水时间较短，蓄水初期的库水更新周期短，蓄水初期对水质影响不明显。

电站所在的雅砻江河段来水量大，入库污染物总体水平较低，现状水质保持较好的水平。杨房沟水电站为日调节电站，区间污染物汇入量少，库水停留时间短，水库水质主要受上游来水水质影响。

② 坝下河道水质

电站初期蓄水时坝下保持下泄流量，不会对下游河道水质造成严重影响。

电站日调节运行，坝下河道水质主要取决于库区水质。

③ 电站油污水

电站运行本身不产生水污染物，一般情况下不会有生产废水产生，只有厂房机组生产跑冒滴漏产生的地面冲洗含油废水、机组检修时产生少量含油含碱生产废水，电站事故漏油可能产生的设备为于机组和主变。事故漏油均将收集并进行油水分离处理。

④ 电站生活污水

电站生产劳动定员为112人，根据《工业企业设计卫生标准》，人均生活用水量以130L/人·d计，污水排放系数为0.8，则办公区每日产生生活污水量为11.65m^3/d。电站运行期生活办公区利用施工期的业主营地，不再另外修建，施工期修建的生活污水处理设施可以继续用来处理运行期的生活污水。

3.2.3.3 生态环境

工程大坝、业主营地等永久占地将改变土地的利用类型，减少原有陆生植被类型，运行期的管理人员的活动，也将对陆生动植物产生一定影响；随着水库蓄水淹没，库区生态景观也随之发生变化，景观斑块数量将增加，原生景观斑块的数量将减少，主要体现为灌丛景观将缩小，水体景观将增加，由于扰动和淹没范围主要涉及河谷区域，不涉及海拔较高的区域，不会改变区域整体景观基质。

电站建成后，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，水库中间水域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。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，使各个种群将受到不同程度的影响。

3.2.3.4 社会环境

卡拉水电站的运行，将给当地直接带来大量的财政税收，为发展当地经济提供了交通、能源等方面的必要条件，还将带动附近地区运输业、原材料加工业等相关产业的发展，对当地脱贫致富具有一定的作用。

3.2.3.5 固体废弃物

电站运行期产生的固体废弃物主要为电站生活办公区的生活垃圾，生活垃圾以每人每天产生垃圾1.0kg计，则电站生活办公区日产生固体废弃物量为0.112t/d。生活垃圾若处理不当会对环境产生一定影响。

4 环境现状

4.1 自然环境

4.1.1 气 候

卡拉水电站位于青藏高原东侧边缘地带的雅砻江流域，属川西高原气候区，主要受西南印度洋季风和东南太平洋季风气候影响，属暖温带湿润季风型气候。气温年变化小、日变化大，干、湿季分明。11 月至次年 4 月为干季，日照多，湿度小，日温差大；5 月至 10 月为雨季，日照少，湿度较大，日温差小，降雨较集中，雨量约占全年雨量的 90%~95%，雨日约占全年的 80%。

本工程所在区域年平均气温在流域内总的分布趋势是由南向北递减，多年平均气温 17.2℃，极端最高气温 39.7℃，极端最低气温-3.0℃；多年平均水温 12.3℃；坝址以上全年平均降水量为 796.70mm，历年一日最大降水量为 87.7mm；流域内多年平均相对湿度 70%；多年平均蒸发量 1807.9mm；多年平均风速 1.4m/s，最大风速 13.0m/s，风向 S。坝址区气象要素成果见表 4.1-1(采用与卡拉坝址相距最近的洼里(三滩)站气象资料)。

洼里(三滩)站气象要素成果表

表 4.1-1

项　目	特征值\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
气温(℃)	年平均气温	10.3	13.8	17.3	20.5	21.4	21.7	21.4	21.2	19.2	17.1	12.8	9.2	17.2
	极端最高	27	36	38	39.6	38.7	38.4	39.7	37.9	39.1	31.5	29.8	26	39.7
	极端最低	-3	-0.3	2.0	6.3	8.7	10.7	10.0	12.8	10.1	5.8	2.5	-1.0	-3.0
降水量(mm)	历年平均	1.7	1.3	13.5	15.1	64.2	199	184	163	104	38.9	9.9	1.4	796.7
	占全年百分数%	0.22	0.17	1.7	1.9	8.06	25	23	20.5	13.1	4.88	1.25	0.18	100
	历年一日最大	5.9	3.9	21.4	15.2	26.4	87.7	62.7	45.9	40.6	32.8	12.3	4.8	87.7
蒸发量(mm)	多年平均	129	172	256	278	226	156	119	118	92.1	99	80.1	84.6	1807.9
地温(℃)	历年平均	11.6	15.3	19.5	23.6	24.6	24.7	24.6	24.3	22	19.4	14.7	10.3	19.5
	极端最高	46.5	54.2	64	69.6	74.2	72	68	69	58.3	53.5	49.8	41.5	74.2
	极端最低	-9.7	-9.7	-2.8	2.2	7.1	9.2	9.5	12.3	8.8	2.3	-2.3	-6.1	-9.7
相对湿度%	多年平均	59	52	50	53	64	79	84	85	85	81	77	71	70
风速(m/s)	多年平均	1.5	1.9	2.3	2	1.7	1.2	0.9	0.8	1	1	1.3	1.1	1.4
	最大风速	9	12	12	13	12	10	9	12	12	8	8	11	13
	相应风向	NE，S	S	S	S	SW	N	N	N	N	NNE	NNW,N	S	S

4.1.2 水 文

4.1.2.1 径 流

工程评价区内流域径流主要来源于降水，径流年内、年际变化规律及地区组成与降水量时空分布基本相同。径流年内分配不均，主要集中在 6 月至 11 月，约占全年径流的 80.3%~82.4%。卡拉水电站坝址以上流域面积 81762km^2，多年平均流量 905m^3/s，历年实测最小流量（日均）为 146m^3/s。坝址处多年平均逐月流量过程见表 4.1-2。

卡拉水电站坝址处多年逐月流量过程表

表 4.1-2 单位：m^3/s

月 份	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	年均
平均流量	1370	2110	1810	1790	1150	584	343	250	227	242	354	593	905
比值（%）	12.4	19.8	17	16.3	10.8	5.3	3.2	2.3	1.9	2.3	3.2	5.6	100

卡拉坝址设计径流成果表

表 4.1-3 单位：m^3/s

站/坝址	资料年限	项 目	均值(m^3/s)	10%	25%	50%	75%	90%
卡拉坝址	1953～2012 年	年径流(6～5 月)	905	1140	1020	893	777	682
		枯期(11～5 月)	371	449	410	368	329	297

工程评价河段即卡拉库尾至锦屏一级库尾区间无较大支流汇入，均为大致与干流垂直的冲沟或小支流，左岸有上铺子沟、落窝沟（喇嘛寺沟）、立尔沟、甲尔沟、大碧沟、纤维沟、央沟等，右岸有热沟、里尼沟、巴多沟、格给沟、前波沟、九一七沟（也称机依沟）、热水沟、猪白沟、九一三沟、上田镇沟、九一四沟，雅砻江为最低谷，两岸冲沟流水向雅砻江排泄，以上冲沟均为常年流水，沟源高程均大于 3000m。评价河段各主要支沟水文参数见表 4.1-4。卡拉水电站所在河段水系图见图 4.1-1。

评价河段各主要支沟水文参数表

表 4.1-4

支沟名称	位置		距坝址(km)	集水面积(km^2)	河长(km)	坡降（‰）	年平均流量(m^3/s)	备 注
杨房沟	卡拉库尾至卡拉坝址	左岸	31.2	13.66	8.30	230.2	0.104	泥石流沟
上铺子沟		左岸	29.4	32.61	14.96	161.6	0.272	泥石流沟
九一三沟		右岸	0.1	105.49	18.87	105.20	1.43	泥石流沟
大碧沟		左岸	0.1	133.89	26.37	94.28	1.82	泥石流沟
九一四沟	卡拉坝址至锦屏一级库尾	右岸	-7.6	89.03	18.67	132.69	1.21	泥石流沟
骆驼沟		左岸	-13	100.09	17.66	134.34	1.36	泥石流沟

注：表中标注“/”处表示暂无相关数据，“-”表示在卡拉坝址下游。

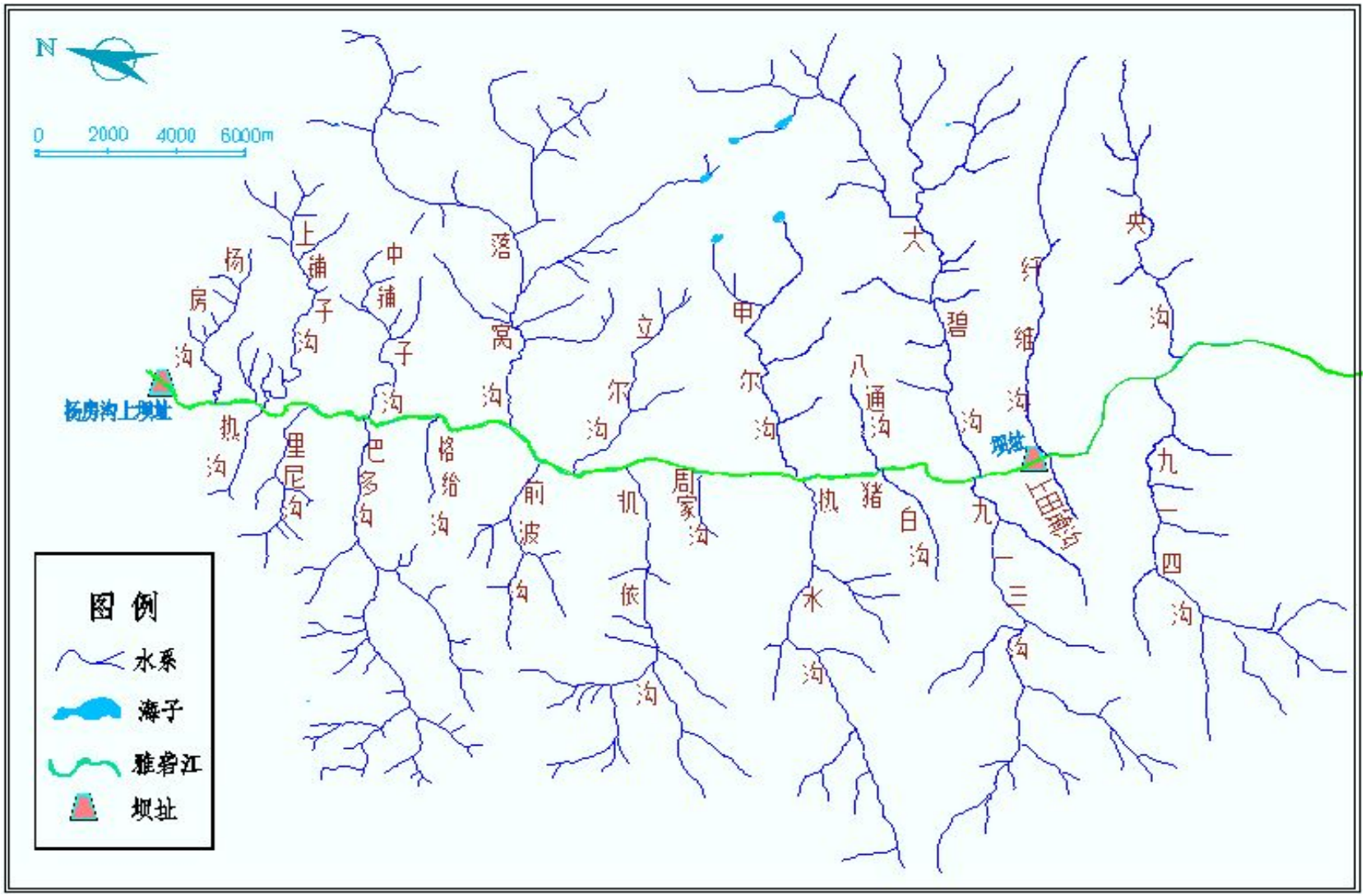


图 4.1-1 卡拉水电站所在河段水系图

4.1.2.2 洪 水

评价区河段洪水主要由暴雨形成，暴雨一般出现在 6～9 月，主要集中在 7 月和 8 月。较大洪水多由汛期两次以上连续降雨形成，如发生 1~3d 较集中的大面积暴雨，即可形成本流域内较大洪水。雅砻江属长流性河流，历史上曾多次发生重大洪灾，洪水过程多呈双峰或复式峰型。洪水单峰过程一般 6~10d，洪水双峰过程 12~17d，由于流域大部分地区雨强不大，加之流域面积大，形状狭长，不利于洪水汇集，具有洪峰不高而洪量大、历时长的特点。根据洼里（三滩）站实测资料，历年实测年最大流量的最大值为 8020m^3/s（1980 年 8 月 18 日），年最大流量的最小值为 3050m^3/s（1967 年 7 月 23 日）。

4.1.2.3 泥 沙

雅砻江河流泥沙主要来自流域地表面蚀、沟蚀、泥石流及重力侵蚀。其产沙状况大致分为上、中、下三个区段。

上段为甘孜以上高原区，该段区内植被良好，水土流失不甚严重。据甘孜水文站悬移质泥沙测验资料统计，该河段多年平均含沙量为 163g/m^3。中段为甘孜至雅江山原区，该段植被条件较好，据雅江水文站悬移质泥沙资料统计，该河段多年平均含沙量为 244 g/m^3，甘孜至雅江站区间多年平均输沙模数为 122t/(km^2·a)。下段为雅江以下高山峡谷区，该段水土流失较严重，是雅砻江洼里以上的主要产沙区。据小得石水文站实测资料统计，该河段多年平均含沙量为 617g/m^3。洼里至小得石区间输沙模数达 728t/(km^2·a)。

卡拉坝址输沙量年际变化较大，最大年输沙量 5630 万 t（1998 年），是多年平均输沙量的 4.4 倍，是最小年输沙量 385 万 t（1971 年）的 14.6 倍。输沙量的年内分配不均匀，主要集中在汛期（6~10 月），河流沙峰一般随洪峰出现，汛期（6~10 月）的输沙量占全年的 96%左右。

卡拉坝址多年平均悬移质输沙量为 1280 万 t，多年平均含沙量 452g/m^3，坝址推移质多年平均输沙量为 64.0 万 t。

4.1.3 水 温

根据卡拉坝址设立的卡拉气象站 2006～2012 年观测资料计算，雅砻江卡拉坝址河段年平均水温为 11.6℃，极端日最高水温 23.2℃，极端日最低水温 2.0℃，工程所在河段天然状况下各月平均水温见表 4.1-5。

雅砻江卡拉坝址河段各月平均水温统计成果表

表 4.1-5 单位：℃

时间	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
平均水温	4.0	6.0	9.2	13.1	15.1	16.7	17.8	17.2	15.4	12.8	7.9	4.3	11.6

4.1.4 地形、地貌

(1) 区 域

工程区位于青藏高原东南部，属川西南、滇东北侵蚀高山高原区，是西部著名的横断山系的组成部分。区域范围内的地势总体上西北高、东南低，主要分属两大地貌单元，大致以锦屏山-小金河断裂带为界，西北部属于青藏高原，主要由海拔 4000m 以上的高山和高原组成，山体走向近南北和北北东向，其余大部分地区属云贵高原，主要由海拔 1500~4000m 的高原和中高山组成，仅东北角一小部分属于四川盆地，海拔高度 500~1000m。

雅砻江本工程区域总体呈 SN 向，河段地势由北向南倾斜，东西两侧为海拔高程 4400-5800m 的大雪山与沙鲁里山，东部贡嘎山海拔达 7556m。两岸自新至老零星发育Ⅰ-Ⅵ级阶地，分别高出江面 15~20m、40~70m、80~130m、110~180m、160~270m、215~390m，其中，八窝龙、麦地龙、洼里等地发育较全。

区域范围在大地构造单元划分上属扬子准地台（I）和松潘－甘孜地槽褶皱系（II），仅西部一隅为三江地槽褶皱系（III）。工程场地位于松潘－甘孜地槽褶皱系雅江褶皱带（II_2）内，靠近玉树义敦褶皱带。

(2) 库 区

水库区地形属强烈切割的山原亚区，山原顶面平均海拔高程 4400~4500m，流域分水岭平均海拔高程 4700m。受雅砻江支流的强烈切割，山原顶面的整体性已初步解体，地表相对高差明显增加，一般多在 300~500m，最大者可达千米以上。水库长约 32km，库区内雅砻江总体流向从北北西流向南南东，局部蜿蜒弯曲，库段河谷在库尾麦地龙上铺子至尼波间为“U”型宽谷，其他多数库段为高山峡谷，呈“V”型谷，坡度一般在 50~70°，临江坡高大于 500m，岸坡高陡。枯水期河水面宽约 50m～150m，河床纵坡坡降约 2-3‰。库区河谷类型多为纵向谷。

总体上，水库区两岸山体雄厚，总体上左岸地形较陡，右岸地形相对较缓，部分河谷有阶地分布，库区河段两岸水系发育成一些较大的冲沟，沟内常年流水，水量较大，

最终汇入雅砻江。冲沟口一般都有小型冲洪积扇：右岸从上游至下游分布有铁山、肮牵、凹多梁子、各依梁子、卡拉烧香梁子等山峰，高程为 3693.9~4875.1m，最高峰为各依梁子，高程 4875.1m。右岸为顺向坡，边坡较陡，一般在 50~70°，沿河谷在尼波、前波、五处、猪白等处分布阶地及洪积扇，地形较宽缓，一般在 5~15°，上有村庄及农田。沿右岸分布里尼沟、巴多沟、格给沟、尼波沟、前波沟、周家沟、热水沟、猪白沟、九一三沟、上田镇沟、九一四沟等较大冲沟。左岸分布有都瓦公、嘎拉子、羊奶梁子、大湾子等山峰，高程为 4715.1~5264m，最高峰为无名峰，高程 5264m。左岸为逆向坡，边坡较陡，一般在 60~70°，多为岩质边坡。沿河谷分布有上铺子、麦地龙、立尔、甲尔、八通等阶地及洪积扇，地形较宽缓，一般在 5~15°，上有村庄及农田。沿左岸分布热沟、上铺子沟、落窝沟（喇嘛寺沟）、天尔沟、甲尔沟、大碧沟、纤维沟、央沟等较大冲沟。

左岸上有大碧沟、纤维沟、哑巴铺子沟、央沟、骆驼沟；右岸有猪白沟、九一三沟、上田镇沟、九一四沟、温泉沟、鸡肝洞沟，沿山体延伸较长，坝址位于卡拉乡下田镇村上游约 3.0km 处，前约 627m 处右侧为九一三沟、390m 左侧为大碧沟，见图 4-1。河流自北北西向南南东流经坝址区，河道弯曲，枯水期江水面宽约 50~100m，江面高程 1928~1880m，落差约 48m，水深 4~7m，水流较急，深切呈“V”型，评价区地形地貌现状详见图 4.1-2。



电站坝址上游



电站坝址下游



库区峡谷地形地貌（立尔下游库段）



库区阶地地形地貌（麦地龙阶地）



大碧沟



库区甲尔沟口台地

图 4.1-2 卡拉水电站工程区地形地貌现状

4.1.5 地 质

4.1.5.1 地层岩性

评价区从元古界至古生界（奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系）及中生界三叠系地层均有出露。侵入岩主要为燕山期二长花岗岩、普通花岗岩、碱长花岗岩。第四系为冲洪积、崩坡积、残坡积、滑坡堆积层。

4.1.5.2 地质构造

工程评价区处于鲜水河断裂、安宁河断裂、则木河断裂、小江断裂、金沙江断裂、红河断裂所围的“川滇菱形断块”内的三级断块“雅江～九龙断块”南端，区内断层及褶皱大部分呈 NNW 顺江分布，地质构造主要表现为褶皱和断裂。

坝址区内主要有二条区域性断层，前波断层位于坝段右岸山体，距河道约 1.3~2.1km；高牛场断层位于左岸山体，距坝址约 2.0~2.5km。在坝区出现的主要构造形迹有：断层、层间挤压带和大量的构造裂隙组成的构造系统。

4.1.5.3 水文地质

4.1.5.3.1 区域水文地质

工程区地貌上位于青藏高原东南部，雅砻江总体呈南北向流经本区，其切割深度大于千米以上，谷坡陡峻，河道狭窄。由于工程所在区域较为偏僻，工程区域尚无大比例尺的水文地质基础图件，根据四川省水文地质图，并结合现场水文地质勘察，该区的地下水以裂隙水为主，其次为孔隙水，两者均接受大气降水的补给，向次一级支流（冲沟）及雅砻江排泄。

4.1.5.3.2 工程区水文地质

工程区地下水类型按埋藏条件及赋存介质分为孔隙性潜水及基岩裂隙性潜水，孔隙水赋存于第四系松散层中，基岩裂隙性潜水赋存于岩体的裂隙及构造带之中。

(1) 地下水类型和特征

① 库 区

库区地下水主要为孔隙水及基岩裂隙水。

库区孔隙水含水层由各类成因的第四系松散堆积体组成，广泛分布于雅砻江河谷、剥蚀台面及基岩岸坡上。因堆积体松散，透水性强，其厚度变化较大，富水程度受季节变化和地貌限制影响较大，且各类岩土体含水性差异明显：一般位于河漫滩及低阶地等部位的冲积层多为孔隙富水层，厚度 10~40m，渗透系数 30~120m/d；而位于剥蚀台面及基岩斜坡上的各类松散体，含水相对贫乏，厚度 10~100m，渗透系数 5~20m/d。

库区基岩裂隙水广泛赋存运移于雅砻江岸坡岩体裂隙中。由于区内变质岩裂隙发育，故在地貌适宜、地表水补给条件较好的部位，其蓄水性相对增高，属弱－中富水性。隔水层一般为基岩，工程区基岩为变质砂岩、砂质板岩、大理岩及含炭质板岩，厚度超过千米。

② 厂坝区

厂坝区地表水不发育，地面调查两岸未见地下水出露，地下水类型主要为第四系松散堆积层孔隙潜水和基岩裂隙水。两岸地下水位埋深较大，一般接近江水位。地下水位变幅较小，变幅一般在 0~30m 之间，处在正常的变化范围之内。

厂坝区孔隙性潜水，赋存于第四系坡积、洪积及冲洪积层，水量受大气降水控制。坡积、冲洪积层赋水条件差异性较大，粘土含量高的部位透水性弱，碎石、卵石含量高的部位透水性强。冲积层由卵石及漂石组成，透水性强。

厂坝区基岩裂隙水主要赋存于基岩裂隙中，受大气降水补给，排泄至雅砻江。该类型地下水分布于坝址区砂质板岩、变质砂岩、大理岩、含炭质板岩等基岩裂隙内，包括构造裂隙水、风化网状裂隙水，地下水的埋藏深度受季节性、地形及节理发育程度控制。由于两岸地形较陡，岩体破碎，高倾角节理较发育，基岩裂隙内储水条件差，沿裂隙透水性较好。

从钻孔地下水位观测资料可知，两岸坡地下水位埋深较大，一般接近江水位，各坝址地下水位埋深见表 4.1-6。

厂坝区地下水位埋深一览表

表 4.1-6

位　置	地下水位埋深(m)	地下水位高程(m)
左　岸	15.21~95.50	1912.89~1954.85
右　岸	3.95~103.60	1912.30~1939.63

经钻孔地下水位长期观测，发现地下水位变幅较小，变幅一般在 0~30m 之间，处在正常的变化范围之内，地下水位动态变化见图 4.1-3。

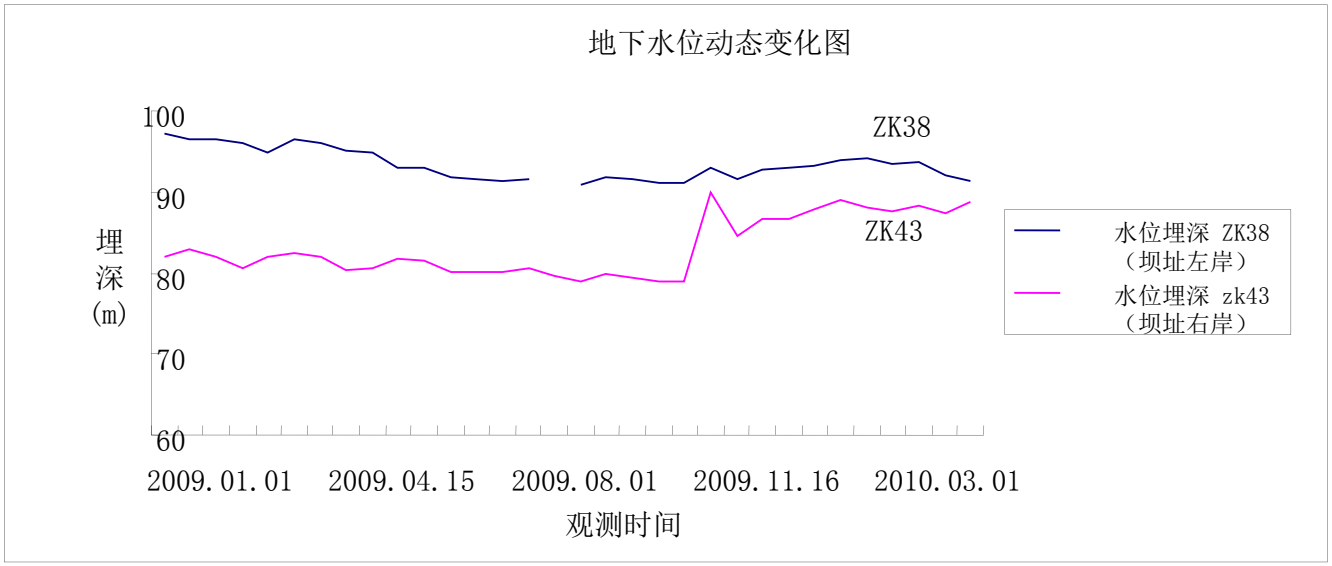


图 4.1-3　地下水位动态变化图

厂坝区孔隙水含水层由卵石混合土、漂石组成，砂以中粗砂为主，漂石直径 20～100cm，漂石成分为砂质板岩、变质砂岩、花岗岩，磨圆度较好。根据钻孔抽水试验，

坝址河床卵石混合土、漂石层渗透系数 K=105~171m/d，江边卵石混合土、含块石粉土层渗透系数 K=7~12m/d，属强透水层。

厂坝区隔水层一般为基岩，工程区基岩为变质砂岩、砂质板岩、大理岩及含炭质板岩，厂坝区未发现岩溶现象，弱下~微风化岩体多为微透水岩层，新鲜岩体为微透水~不透水岩层，渗透系数 0.01~0.1m/d。受地形、地质构造、岩性及岩体风化程度之影响，透水性具明显的垂直分带性，随孔深的增加，透水性减弱；岩体完整性改善，透水性减弱；风化程度加剧，透水性增强。钻孔压水试验成果表明，本区岩体以弱、微透水性为主，中透水性占 10.6%，弱透水性占 43.7%，微透水性占 45.5%。

坝址右岸厂址区岩体节理裂隙发育，地下水位及相对隔水层埋藏较深，地下水位随地面高程增大而埋藏愈深。厂房平洞内钻孔地下水位埋深 27.7m，相对隔水层(q≤1Lu)顶板埋深 70.47m。据坝址区右岸总体地下水位及相对隔水层情况：右岸坡地下水位埋深 3.95~103.6m，相对隔水层(q≤1Lu)顶板埋深 58.99~95.98m，相对隔水层(q≤3Lu)顶板埋深 18.31~83.15m。

(2) 地下水补给、排泄及水动力特征

地下水的补给、径流和排泄均受控于大气降水(雪)、地形地貌、地层岩性、地质构造及含水层的展布等。

地下水主要接受大气降水及融雪水补给，部分裂隙承压水可能来自上游江水的补给。由于河谷深切，岸坡陡峻，使之地下水径流途径短，水力坡度大，地下水一次性接受补给量小。含水层的含水介质主要为基岩裂隙水，主要储存运移于基岩构造裂隙之中，尤其是断层破碎带、影响带及裂隙密集与交汇的部位，形成含水带，地下水的运动形式多为慢速扩张流。工程区内地形陡，沟谷深切，地表排水能力强，其中雅砻江是该流域的最低侵蚀基准面，是工程区地下水的最终排泄带。地下水排泄形式与地下水类型有关，浅层地下水沿岸坡排泄，补给深层地下水，以泉的形式排泄至雅砻江，其泉水动态变化受大气降水的控制，季节性变化明显；深层地下水往往沿含水层延伸方向以下降泉形式排泄(局部可见上升泉)，相对稳定。总体来看，地下水从补给区流向排泄区的具体径流途径严格受裂隙渗流系统——透水岩体(带)所控制，工程区地下水径流通道主要为松动卸荷裂隙、张性及扭性裂隙，以及断层破碎带、影响带及构造交汇带，另外通过深部岩体的断裂带切割或控制的构造裂隙带径流。

(3) 泉水出露

工程区内断层构造对地下水的富集作用具有明显的控制作用，如沿前波断层有一系列的温泉和断层泉发育，在草坪、下马鸡店、卡拉、热水塘等都沿前波断层（F34）有泉水出露，沿近南北向岗尖断层有温泉出露，水温 30℃左右，流量 5～15L/s；在麻撒出露温泉，水温约 40°，流量 10～20L/s。部分温泉被当时村民简单开发成澡堂。

(4) 地下水水源

当地村民一般从山中沟谷溪水中或山中泉水引水，据了解工程区内无水源井。

4.1.5.4 不良地质情况

(1) 泥石流

项目区且靠近坝址区，较大冲沟主要为 8 条，分别为九一三沟、大碧沟、纤维沟、上田镇沟、九一四沟、甲尔沟、热水沟和猪白沟。其中九一三沟、大碧沟、纤维沟、九一四沟、热水沟和猪白沟为泥石流沟；甲尔沟和上田镇沟为洪水沟。各泥石流沟及洪水沟的泥石流总量及一次泥石流固体物质总量见表 4.1-7。

枢纽区各支沟泥石流总量及一次泥石流固体物质总量

表 4.1-7

编号	沟 名	泥石流总量 Q(万 m^3)				固体物质总量(输砂量)Q_H(万 m^3)			
		10	3.3	2	1	10	3.3	2	1
①	九一三沟	15.79	32.89	42.95	77.48	3.66	7.62	9.95	17.94
②	大碧沟	2.63	3.80	5.38	10.78	0.57	0.82	1.16	2.33
③	纤维沟	5.21	11.21	15.88	25.65	1.53	3.28	4.65	7.51
④	上田镇沟	\	\	\	\	单次输砂量不超过 0.15 万 m^3			
⑤	九一四沟	14.77	27.00	33.77	67.27	2.67	4.88	6.10	12.15
⑥	热水沟	13.52	28.28	37.76	76.45	4.33	9.05	12.08	24.47
⑦	猪白沟	1.86	3.55	4.79	12.48	0.77	1.46	1.97	7.60
⑧	甲尔沟	7.72	13.24	17.30	33.45	1.06	1.83	2.39	4.61

(2) 崩塌及滑坡

项目区内自上游至下游分布有八通、上田镇、下田镇、田三、岗尖 5 个滑坡体和八通、下田镇、田三、岗尖 4 个崩坡积体。其中八通滑坡体及崩坡积体位于坝址上游，其余分布在下游。分部简图见图 4.1-4。



图 4.1-4 滑坡及崩坡积体分部图

(3) 岩体风化

项目区两岸坡岩体风化较深，河床基岩风化较浅，在构造较发育的挤压破碎带、节理密集带，形成风化夹层风化条带。坝址左岸风化程度比右岸要浅，右岸低高程局部存在深部夹层风化的现象，一般弱风化上段深度左岸为 3~31m，右岸为 5~46m；弱风化下段深度左岸为 18~91m，河床为 18~48m，右岸为 24~110m。

4.1.5.5 地 震

工程位于地震活动强烈的川滇菱形块体中北部，坝址区(坝址周围 5km)所见断层最新活动时代均为中更新世，未发现晚更新世以来活动的地质地貌证据，也无中强地震记录，具有相对较好的区域构造稳定条件。

根据国家地震局地震预测研究所提出的《四川省雅砻江卡拉水电站地震安全性评价报告》，经国家地震局烈度评定委员会审定，评价区地震基本烈度为Ⅶ度。

4.1.6 土 壤

雅砻江中游土壤受岩性、地貌、生物、气候的深刻影响，立体分布特征突出，从河谷到山顶土壤垂直带谱完整，土壤类型复杂多样。主要土壤类别有潮土、褐土、棕壤、草甸土及寒漠土。

海拔 2500m 以下的深切河谷中，灰褐土呈带状分布，部分阳坡可达 2600m，是本区主要的农业土壤；海拔 2500~3000m 之间的坡地上，山地褐土呈带状分布；海拔 3000m 以下，雅砻江及其支流两岸的漫滩、冲积扇和洪积扇上，分布有高原潮土，为重要的河谷农业土壤；海拔 3000~3500m 之间的山地上，山地棕壤呈带状分布；海拔 3500~4200m 地段，多为亚高山草甸土，系重要的草地土壤；海拔 4200~4700m 地段，以高山草甸土

为主。

根据现场调查，坝址区土壤类型主要为褐土、棕壤、高山草甸土(草毡土)、亚高山草甸土(黑毡土)。从水电站两岸山脚向上依次分布为燥褐土、棕壤、暗棕壤、高山草甸土、寒冻土，呈明显的垂直地带性。山脚的土壤砾石含量较高，土壤水分含量较少，土质疏松，土壤可蚀性较强。

4.2 生态环境

4.2.1 陆生生态

4.2.1.1 调查时间、范围和方法

(1) 调查时间

为了解工程涉及区域陆生生态现状，我院委托四川大学生命科学学院于 2009 年 5～6 月和 2012 年 4 月对卡拉水电站评价区域陆生生态现状进行了详细调查。

(2) 调查范围

调查评价范围为卡拉水库库尾至坝址下游施工区以下 2km 之间（长约 43.5km）雅砻江河段两岸一级分水岭为界的集水区域和工程占地区周围 2km 内，移民安置区周围 200m 内以及连接道路红线两侧 200m 内；以水库淹没区、工程占地区为重点。

陆生生态野外调查线路及样方点位见附图 3。

(3) 调查方法

1) 陆生植物多样性调查方法

① 植物物种多样性

植物物种多样性调查主要采用样线法，即在调查范围内不同海拔、不同区域设置样线，在样线上识别和记录看到植物物种。植物群落样线调查时用目测法，同时在代表性植物群落类型中随机抽取样方。在野外植物物种多样性调查基础上确定植物物种组成。遇到野外无法识别的物种，现场拍摄照片或采集实物标本，在室内利用《中国高等植物图鉴》、《四川植物志》以及《中国植物志》等专著鉴定植物的种属。确定名录时，参考了木里植物物种多样性历史资料。

② 植 被

植被调查方法主要采用样线法与样方法相结合的方法，即在植被样线调查时，根据乔木、灌丛、草地的优势种确定群落类型，实时在 1:10 万地形图上勾绘；沿样线随机抽取样方，作样方调查。样方分成乔木、灌木和草本三种类型，其大小分别为 20m×20m、

5m×5m 和 1m×1m。样方调查中，记录随机确定样方中的植物属种、盖度、胸径和树高（乔木）、郁闭度、地理位置、小地名、经纬度、调查时间和调查人员等基本数据。

本次野外调查样线布设以沿雅砻江河谷为主线，各个支沟为支线，基本覆盖评价区域的不同植被类型，评价区内各类植物调查样方及其生境点共 26 个，详见表 4.2-1。

评价区植被调查样方点分布一览表

表 4.2-1

编号	纬度(°N)	经度 (°E)	海拔(m)	样点群落类型
K1	28.35316	101.35332	1970	栌菊木稀疏分布
K 2	28.34891	101.35496	1960	河滩山坡灌丛
K 3	28.34583	101.35678	1954	五小叶槭分布点
K 4	28.33753	101.36092	1960	臭黄荆+守宫木灌丛
K 5	28.35924	101.34585	1950	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K 6	28.35915	101.33717	2068	华西小石积+臭黄荆灌丛
K 7	28.37254	101.32927	1993	合欢+清香木灌丛
K 8	28.37656	101.29500	1933	金合欢灌丛
K 9	28.38730	101.29066	1965	柳灌丛
K 10	28.38561	101.23923	2687	云南松林
K 11	28.40037	101.27779	2013	蓼+禾草草丛
K 12	28.37948	101.29351	2005	金合欢灌丛
K 13	28.33967	101.36002	1954	守宫木灌丛
K 14	28.34682	101.35508	1991	金合欢灌丛
K 15	28.39092	101.25623	2588	云南松林
K 16	28.37238	101.29526	2214	多变柯幼林
K 17	28.41180	101.26954	1957	悬钩子灌丛
K 18	28.58411	101.22477	2005	华西小石积+余甘子灌丛

评价区植被调查样方点分布一览表

续表 4.2-1

编号	纬度(°N)	经度 (°E)	海拔(m)	样点群落类型
K 19	28.41185	101.26946	1960	干旱河谷稀树灌草丛
K 20	28.57615	101.22210	2130	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K21	28.57240	101.22074	2079	干旱河谷稀树灌草丛
K 22	28.53186	101.22005	2114	蓼、黄茅草丛
K 23	28.53527	101.22005	2057	金合欢灌丛
K 24	28.56007	101.22901	1997	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K 25	28.52838	101.22194	1976	蓼、黄茅草丛
K 26	28.50952	101.23644	1968	金合欢灌丛

为了更好的比较工程建设前后项目区群落的变化情况，本次野外调查在主要工程占地区（占地面积较大、占用植被群落具有典型性）的内部和周围设定了工程占地样方和周边相同群落对照样方，以便后期对占地群落及周边群落进行比较。调查样方设置情况见表 4.2-2。

主要施工占地影响区及固定调查样地布置一览表

表 4.2-2

占地类型	群落名称	样方编号	样方类型	纬度 (°N)	经度 (°E)
业主营地	蓼、黄茅草丛	ZD01	占地区样地	28.44210	101.26253
		GD01	占地周边固定样地	28.44152	101.26716
甲尔沟渣场	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	ZD02	占地区样地	28.46088	101.25197
		GD02	占地周边固定样地	28.45980	101.25534
上田镇沟渣场	干旱河谷稀树灌草丛	ZD03	占地区样地	28.38283	101.28665
		GD03	占地周边固定样地	28.38133	101.28756
田三滑坡体治理	干旱河谷稀树灌草丛	ZD04	占地区样地	28.37174	101.32212
		GD04	占地周边固定样地	28.37119	101.32629

主要施工占地影响区及固定调查样地布置一览表

续表 4.2-2

占地类型	群落名称	样方编号	样方类型	纬度 (°N)	经度 (°E)
坝址枢纽占地区	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	ZD05	占地区样地	28.40081	101.27592
		GD05	占地周边固定样地	28.39919	101.27398
右岸辅助公路	金合欢灌丛	ZD06	占地区样地	28.41009	101.26919
		GD06	占地周边固定样地	28.40987	101.26868

③ 植物群落生物量

植物群落生物量调查主要采用回归计算和收割法。对于乔木树种，采用森林生态学研究人员发表的多种以胸径和树高为自变量、蓄积量和生物量为因变量的回归方程进行估算；对于灌丛和草本植物，群落生物量采用收割法进行调查，方法是收割灌丛和草地群落所有植物地上部分，称重，以收割的全部植物鲜重作为灌丛和草地群落生物量的估计值。

2) 陆生脊椎动物物种多样性调查方法

陆生脊椎动物物种多样性的调查以样线法为主，调查中记录物种名、数量、海拔、生境类型，以及记录样线地理位置、小地名、经纬度、调查时间和调查人员等。在确定陆生脊椎动物名录时，以野外调查结果为主，同时参考《四川两栖动物原色图谱》、《四川爬行动物原色图谱》、《四川鸟类原色图谱》、《四川兽类原色图谱》、《四川资源动物志 鸟类》、《四川资源动物志 兽类》和已发表的与木里、盐源和冕宁陆生脊椎动物物种多样性有关的专著和论文。在以上调查和收集资料基础上，确定各类陆生脊椎动物名录，分析陆生脊椎动物各大类群物种组成、区系特征、国家和省级重点保护物种、特有物种和列入《中国濒危动物红皮书》的物种。

3) 景观生态学调查方法

景观生态学调查采用3S技术与森林资源二类调查等资料相结合的方法。以野外GPS定点的植物群落学调查结果和野外实时勾绘了植被类型的1:10万比例尺的地形图为基础，解译评价区的遥感影像，参考林业部门森林资源二类调查等资料，利用地理信息系统技术制作评价区的植被分布图。归并各类森林群落、灌丛群落、草地群落等，制作出包含主要生态系统类型和斑块类型的景观生态体系分布图。

4.2.1.2 植 被

(1) 评价区植被类型分区

根据《四川植被》的分区体系，评价区植被属于川东盆地及川西南山地常绿阔叶林亚带——川西南山地偏干性常绿阔叶林亚带——川西南河谷山原植被地区——木里山原植被小区。该区位于西昌西北部，属于青藏高原的东南缘，横断山脉中段，气候深受大气环流和地形影响，冬半年受西风南支急流控制，夏半年受西南季风和东南季风控制，气候特点冬春干旱，夏秋易涝，为四川较干旱地区之一。

(2) 评价区植被垂直分布

根据海拔、地形、坡度等环境因子，将评价区按照植被分成干旱河谷区、阶地农田区和高山森林-灌丛-草地区 3 个主要区域，各个区域内植被构成呈现出垂直梯度变化。卡拉电站评价区海拔范围 1850~3875m，海拔跨度达 2025m，植被垂直分布特征可概述如下：

① 干旱河谷区

雅砻江干旱河谷气候区一般海拔范围为 1850~2600（2800）m，这一区域气温高、大气湿度小、土壤缺乏水分、为褐色土，包括评价河段雅砻江干流及各支流的下游地段，其植被组成极为简单。海拔 1850~2100（2200）m 为各种干旱河谷植被类型，金合欢灌丛、悬钩子灌丛一般沿河道两岸分布，华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛，牡荆灌丛、守宫木灌丛，悬钩子灌丛则分布于河谷两岸山体下侧，盖度相对较大，路边干扰较重地段可见蓼、黄茅草丛分布。这一海拔段的干旱河谷稀树灌草丛分布面积最为广泛，以灌木层盖度极低为主要特征，其他灌丛类型都镶嵌于干旱河谷稀树灌草丛中。

② 阶地农田区

在人类活动干扰下，干旱河谷两侧较为平缓的阶地为居民点，已经看不到原有的植被类型。农田和民居广泛分布于这些阶地，居民宅地周围的杨树林以及多种果木形成了完全不同于干旱河谷的人工阔叶林植被，但这些农田和阔叶林分布面积较小，多呈团状。

③ 高山森林-灌丛-草地区

海拔 2600~3200m 的阳坡、贫瘠地段是川滇高山栎灌丛及高山栎类矮林的继续延伸，同时在沟谷、半阴坡等地大面积出现云南松林、高山松林等温性松林植被，还可见松和高山栎混生的过渡植被类型。多变柯林也在部分地段小片分布。海拔 2800m 以上即开始出现腋花杜鹃灌丛类型。

海拔 3200~3500m 是白桦林、云杉林的集中分布区域，同时亚高山草甸在这一海拔段也开始出现。作为分布海拔幅度较广的川滇高山栎林及高山栎类灌丛、腋花杜鹃灌丛在这一海拔段仍然较为常见。

3500~3875m 海拔段是长苞冷杉林和亚高山草甸如四川嵩草草甸，羊茅、糙野青茅草甸的集中分布区域。冷杉林多见于半阴坡、阴坡地带，而亚高山草甸则多出现在山脊、山坡等平缓地段，二者镶嵌分布的格局极为明显。

雅砻江干旱河谷气候区一般海拔范围为 1850~2600m，这一区域气温高、空气湿度小、褐色土壤、土壤缺乏水分，呈现出干旱河谷灌丛和高山栎灌丛为优势的植被格局，为卡拉水电站施工的主要海拔区域。随着海拔的爬升，干旱河谷气候的控制作用减弱，植被类型变得丰富多样，出现亚高山灌丛、草甸及针叶林等植被类型，但这些植被类型远离河谷区域，基本不受电站建设的影响。

(3) 植被类型组成

按照《四川植被》的分类原则，结合评价区域植被构成情况，选取植被型、群系组和群系三级分类体系，并结合野外调查、整理出的样方和样线资料对卡拉水电站评价区的植被组成进行分类、描述。评价区海拔范围为 1850~3875m，海拔跨度 2025m，自然植被可以划分成 5 个植被型，14 个群系组和 22 个群系；人工植被划分为 1 个植被型 1 个群系组。评价区植被类型组成详见表 4.2-3 和附图 4，施工占地影响区植被类型分布详见附图 5。

植被类型组成表

表 4.2-3

植 被 型	群 系 组	群 系
一、阔叶林	1. 中山偏干性常绿阔叶林	（1）多变柯林（Form. *Betula platyphylla*）
	2. 桦木林	（2）白桦林（Form. *Betula platyphylla*）
	3. 高山栎类林	（3）川滇高山栎林（Form. *Quercus aquifolioides*）
		（4）黄背栎林（Form. *Quercus pannosa*）
二、针叶林	4. 松林	（5）云南松林（Form. *Pinus yunnanensis*）
		（6）高山松林（Form. *Pinus densata*）
		（7）云南松、川滇高山栎混交林（Form. *Pinus yunnanensis*+*Quercus aquifolioides*）

植被类型组成表

续表 4.2-3

植 被 型	群 系 组	群 系
二、针叶林	5. 云杉林	（8）丽江云杉林（Form. *Picea likiangensis*）
	6. 冷杉林	（9）长苞冷杉林（Form. *Abies georgei*）
三、灌丛	7. 山地落叶阔叶灌丛	（10）悬钩子灌丛（Form. *Rubus* sp.）
		（11）牡荆灌丛（Form. *Vitex negundo var.cannabifo1ia*）
		（12）守宫木灌丛（Form. *Sauropus androgynus*）
	8. 亚高山常绿阔叶灌丛	（13）川滇高山栎灌丛（Form. *Quercus aquifolioides*）
		（14）矮高山栎灌丛（Form. *Quercus monimotricha*）
		（15）腋花杜鹃灌丛（Form. *Rhododendron racemosum*）
	9. 高山灌丛	（16）香柏灌丛（Form. *Sabina sino-alpina*）
	10. 干旱河谷灌丛	（17）金合欢灌丛（Form. *Acacia farnesiana*）
		（18）华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛（Form. *Osteomeles schwerinae+Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*）
四、稀树草丛	11. 干旱河谷稀树灌木草丛	（19）干旱河谷稀树灌草丛
	12. 山地草丛	（20）蓼、黄茅草丛（Form. *Polygonum* sp.+ *Heteropogon contortus*）
五、草甸	13. 亚高山禾草草甸	（21）羊茅、糙野青茅草甸（Form. *Festuca ovina+Deyeuxia scabrescens*）
	14. 亚高山莎草草甸	（22）四川嵩草草甸（Form. *Kobresia setchwanensis*）
六、人工植被	15. 农田人工植被	

(4) 评价区植被类型群落特征

1) 多变柯林（Form. *Betula platyphylla*）

多变柯林是评价区内山地偏干性常绿阔叶林，耐寒能力较强，常呈小块状出现于评价区内的低、中海拔山坡，分布海拔 2500~3200m。土壤为黄红壤或黄棕壤。在调查中发现多数地段以幼林的形式出现于山坡，高度约 6m。

群落外貌黄褐绿色，淡绿色斑点点缀其间。乔木层以多变柯（*Lithocarpus variolosus*）

占绝对优势，高 6m 左右，胸径 10~20cm，郁闭度约 0.4。此外，还有少数川滇高山栎、黄背栎分布，在部分地段还出现清香木（*Pistacia weinmannifolia*）。

灌木层盖度不大，约 30%，高度 2~3m，无明显优势种，可见算盘子（*Glochidion puberum*）、西南绣球（*Hydrangea davidii*）、绣线菊（*Spiraea* sp.）、忍冬（*Lonicera japonica*）、牡荆（*Vitex negundo* var.*cannabifo1ia*）、南烛（*Lyonia ovalifolia*）、华西小石积、余甘子（*Phyllanthus emblica*）、小檗（*Berberis* spp.）等。

草本层种类稀少，以齿头鳞毛蕨（*Melia azedarach*）为主，另有臭蒿（*Artemisia hedinii*）、心叶兔耳风（*Ainsliaea bonatii*）、蟹甲草、川八角莲（*Dysosma veitchii*）等稀疏生长。树上偶有寄生和附生植物。

2) 白桦林（Form. *Betula platyphylla*）

白桦林的垂直分布受地形的影响，区内分布于海拔 3200~3500m 的阴坡或半阴坡，川白桦为纯林或与高山栎、山杨混生；在暗针叶林带，常与云、冷杉混交成林。由于地处干旱河谷地带，白桦林多出现在生境条件较好的沟谷内，呈片状分布。土壤主要为山地棕壤和山地棕褐色土，具灰化层，湿润，粒块状，枯枝落叶层和腐殖质层均厚。

林冠参差不齐，浅黄绿色，一般有乔木、灌木、草本三层，多为幼、中龄林。乔木层中川白桦占优势，常见种有山杨（*Populus davidiana*）、川滇冷杉（*Abies forrestii*）、高山松（*Pinus densata*）、丽江云杉（*Picea likiangensis*）、红桦（*Betula albo-sinensis*）等混生组成 I 亚层，平均树高 12m，最高 16m，平均胸径 20cm。II 亚层由西南樱桃（*Cerasus duclouxii*）、蓝果杜鹃（*Rhododendron cyanocarpum*）和小龄级桦木组成，高 5~8m。

林内人们活动较多，灌木稀疏，总盖度 25~40%，以多种杜鹃（*Rhododendron* spp.）、忍冬（*Lonicera* sp.）等为主，另有少齿花揪（*Sorbus oligodonta*）、峨眉蔷薇（*Rosa omeiensis*）、粉叶小檗（*Berberis pruinosa* var. *pruinosa*）。草本以冷蕨（*Cystopteris fragilis*）、掌裂蟹甲草（*Cacalia palmatisecta*）、四川莎草（*Cyperus szechuanensis*）为主，其次有云南兔耳风（*Ainsliaea yunnanensis*）、羊茅（*Festuca ovina*）等。虽然林相比较稀琉，但由于海拔高，所以林地潮湿，地表多鲜类，盖度约 50%，树杆上叶状地衣和鲜也多，松萝较少。

林内更新幼苗丽江云衫和长苞冷杉（*Abies georgei*）为多，西南樱桃较少，无桦木幼苗，今后演替为针叶林群落。

3) 川滇高山栎林（Form. *Quercus aquifolioides*）

川滇高山栎林是评价区干旱河谷灌丛以上的阳坡常见植被类型，根据生境条件形成川滇高山栎林和川滇高山栎矮林两种形式。分布海拔 2600~3600m，最高可达 3800m。

在温湿的气候和肥厚的土壤条件下多形成高大乔木，林下植物不论灌木还是草本植物，多以中生性种类为主。层间植物仅见于湿度较大的川滇高山栎林和冷、云杉高山栎复层林，长松萝（*Usnea longissima*）悬挂于树枝上随风飘扬，树干上还有附生的苔藓和地衣，被附生的树干一般 8~10m，甚至可以布满整个树干。随不同的生境，川滇高山栎可以和生物学特性不同的树种混交，如云南松（*Pinus yunnanensis*）、华山松（*Pinus armandii*）、山杨（*Populus davidiana*），甚至云杉（*Picea asperata*）、冷杉（*Abies* spp.）或云南铁杉（*Tsuga yunnanensis*）。

川滇高山栎林极不稳定，属于过渡类型。在土壤干燥并缺乏营养的生境，多半是川滇高山栎纯林，并形成矮林形式。在土壤潮湿并较肥沃的生境，纯林向冷、云杉、川滇高山栎复层林发展。冷、云杉群落破坏后生境被川滇高山栎占领，或者高山松群落被破坏后出现川滇高山栎群落都是次生的。

川滇高山栎对环境条件的适应性强，可塑性大，耐旱亦耐火烧。栎类木材坚硬，是评价区硬质木材的主要来源，而且川滇高山栎林对涵养水分，保持水土，增大森林覆盖面积有重要意义。

4) 黄背栎林（Form. *Quercus pannosa*）

黄背栎分布面积小于川滇高山栎林，多在阳坡呈小块状分布，或镶嵌于高山松林和丽江云杉林群落边缘。

乔木层主要树种有黄背栎（*Quercus pannosa*）、灰背栎（*Quercus senescens*）、高山松（*Pinus densata*）等，郁闭度约 0.6，高山松往往高出群落。

主要灌木有南烛（*Vaccinium bracteatum*）、大白杜鹃（*Rhododendron decorum*）、矮高山栎（*Quercus monimotricha*）等。盖度 10~20%，高度 1~2m。

主要草本植物有野古草（*Arundinella hirta*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、火绒草（*Leontopodium leontopodioides*）等，盖度 40~80%。

5) 云南松林（Form. *Pinus yunnanensis*）

云南松林是评价区较为常见的林型，但由于干旱河谷气候条件的限制，多分布于支沟海拔 2500~3100m 地段，主要为云南松纯林。下缘与阔叶林和多种栎类构成以云南松

为优势的复层针阔叶混交林。

群落外貌整齐、深绿色，林内结构简单。在 913 沟北坡样方调查显示：乔木层为云南松纯林，总郁闭度达 0.7，100m^2 的样方内有云南松 25 株，平均高度 8m，平均胸径 10cm；灌木层总盖度仅 20%，以乌鸦果为主，平均高 0.3m，其次是大白杜鹃，其他还有少量的川滇高山栎幼苗、毛杭子梢（*Campylotropis hirtella*）、马桑（*Coriaria sinica*）、铁仔（*Coriaria sinica*）木蓝（*Indigofera tinctoria*）。

草本植被发达，盖度一般在 60-70%，常见种有黄茅（*Heteropogon contortus*）、野青茅（*Deyeuxia* spp.）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、西南委陵菜（*Potentilla fulgens*）、茜草（*Rubia cordifolia*）。在阴坡水湿地带，苔藓层有少量分布。

6) 高山松林（Form. *Pinus densata*）

高山松林在评价区分布面积较小，分布海拔 3100~3600m，河谷两侧不可见，也分布于支沟内，在部分地段多呈单株混生于云南松林之中。在植被垂直分布带上，高山松林向上大多与云杉相交接，向下常与云南松交错混生，此外高山松亦与较耐干旱的云杉在不同地区穿插分布。林下土壤主要发育为山地淋溶棕褐土和山地棕壤。

群落外貌整齐，结构疏松，常为单层纯林，分布上段有冷杉混生。乔木层总郁闭度 0.4。其中，高山松平均胸径 11.5cm，平均高 7m，混生有长苞冷杉、丽江云杉，往往高出乔木层。林下灌木层盖度达 50%，主要为多种栎类，如高山栎、矮山栎、黄背栎，其他可见忍冬、铁仔等。

草本层盖度不大，以阔叶种类占优势。分布有耐旱禾草野青茅、旱茅（*Eremopogon delavayi*）、须芒草（*Andropogon yunnanensis*）、糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、龙胆（*Gentiana* spp.）、卵心叶虎耳草（*Saxifraga ovatocordata*）、火绒草（*Leontopodium* spp.）、轮耳蟹甲草（*Cacalia cyclota*）、金铁锁（*Psammosilene tunicoides*）等。

高山松适应性强，下至干旱河谷，上至森林上限均有分布，对土壤要求不严，且耐火力强，是本区高山不良环境条件下生长成林的最佳针叶树种。区内高山松林天然更新良好，是山原、高山环境条件较差的阳生环境的理想造林树种。

7) 云南松、川滇高山栎混交林（Form. *Pinus yunnanensis*+ *Quercus aquifolioides*）

在评价区云南松林垂直分布带上缘向川滇高山栎林过渡地段 2800~3100m 的南向、东南向和西南向阳坡地，都可见以云南松为优势的松、栎混交林。

乔木层中云南松比例约六成，平均树高 8~14m，胸径 8~16cm。川滇高山栎生长优

良，胸径 24cm 以上，高可达 18m，与云南松组成松栎混交林。

灌木层以两色杜鹃（*Rhododendron dichroanthum*）、毛叶杜鹃（*Rhododendron spiciferum*）、水红木（*Viburnum cylindricum*）、散生栒子（*Cotoneaster divaricatus*）、南烛为常见，次为小檗，小叶栒子（*Cotoneaster Microphyllus*）、铁仔、乌鸦果（*Vaccinium fragile*）、忍冬、绣线菊（*Spiraea* spp.）等。

草本不丰富，盖度 20-30%，以禾草如野青茅为主，另有蟹甲草、东方草莓（*Fragaria orientalis*）、马先蒿（*Pedicularis* spp.）、老鹳草（*Geranium* spp.）等。树枝上有少数松萝悬挂。

群落立地条件干燥贫瘠，更新幼苗仅见于林隙处或灌丛间，天然更新不良。栎类云南松林被破坏后，在垂直分布带的上段，桦、槭等树种侵入，继而华山松、铁杉、云杉相继更新，使松栎林受到排挤；在分布带的下段，形成以高山栎或矮高山栎为主的灌丛，如再破坏，则退化为以干性禾本科草类为主的牧草地。

8) 丽江云杉林（Form. *Picea likiangensis*）

丽江云杉林通常生长于海拔 3100~3600m 的半阳坡和半阴坡，在水湿条件适中，光照、排水较好的立地环境中生长良好。土壤类型以山地棕壤为主，山地灰化暗棕壤也较常见。

丽江云杉林在植被垂直分布带上，上缘多接亚高山草地，下缘与云南松林或高山松林相接。乔木层可分为 2 个亚层：Ⅰ 亚层由云杉组成，Ⅱ亚层由冷杉和云杉混交组成，如有高山栎混交，则组成Ⅲ亚层。

灌木层总盖度度 30%，大白杜鹃（*Rhododendron decorum*）、陕甘花楸（*Sorbus koehneana*）、球花石楠（*Photinia glomerata*）等组成第一层，高 5m。第二层有两色杜鹃（*Rhododendron dichroanthum*）、甘肃荚蒾（*Viburnum kansuense*）、少齿花揪、小果茶藨（*Ribes vilmorinii*）、云南锦鸡儿（*Caragana sinica*）、绣线菊等，0.5~2m 高。草本层种类繁多，总盖度 20-50%，以冷蕨为优势，常见种有蟹甲草、轮叶黄精（*Polygonatum verticillatum*）、鳞毛蕨（*Dryopteris* spp.）、堇菜（*Viola* sp.）等。

丽江云杉林更新普遍较差，林缘、火烧迹地及林中空地上具有较强的更新能力。利用林缘扩张更新是其顺行演替的重要途径，在木里林区较为普遍；在火烧迹地上，通常形成川白桦次生林，继而恢复为云杉林，有的直接恢复为云杉林或云、冷杉混交林。

9) 长苞冷杉林（Form. *Abies georgei*）

长苞冷杉林主要分布于评价区支沟内及山体上部海拔 3500m 以上的阴坡或半阴坡，坡度以陡坡为多，常沿沟谷向上分布。群落上接高山灌丛群落，更多的是与高山草甸直接相连。土壤因森林类型而有不同，主要发育为各种不同程度的山地灰化土。

群落外貌整齐、暗绿色，层次明显，组成树种简单。为多世代的异龄复层纯林，间或为混交林。乔木层随不同群落类型而异，在杜鹃长苞冷杉林中全为冷杉组成，而在箭竹长苞冷杉林和灌木长苞冷杉林中，冷杉和丽江云杉混生，组成乔木层，后者组成可达 2 成。

灌木层的组成种类在不同地段差异较大，在高海拔、冷湿生境中以各种杜鹃占优势，如假乳黄杜鹃（*Rhododendron fictolacteum*）、凝毛杜鹃（*Rhododendron agglutiantum*）、大白杜鹃；在疏林或林缘处，毛叶杜鹃较常见；在海拔较低的山谷或阴湿坡地，灌木以冷箭竹（*Sinarundinaria fangiana*）为主；在林木生长良好而郁闭度大的地段，常见有茶藨子（*Ribes* spp.）、蔷薇（*Rosa* spp.）和忍冬。此外，尚有峨嵋蔷薇、少齿花楸、栒子等。

草本层的发育因乔、灌木层郁闭度的大小而异。在山坡上部灌木层以杜鹃为主的群落中，草本植物较为稀疏，常见有高山嵩草（*Kobresia pygmaea*）、灰叶堇菜（*Viola delavayi*）；生境干燥、郁闭度小的地段，草本植物增多，以苔草（*Carex* spp.）、羊茅为优势，次为蟹甲草（*Parasenecio* spp.）、须芒草（*Andropogon* spp.）、灰叶堇菜、酢浆草（*Oxalis corniculata*）、剪股颖（*Agrostis matsumurae*）、露珠草（*Circaea quadrisulcata*）等。在以箭竹（*Sinarundinaria* spp.）为优势的层片下，草本植物更为稀疏，多为喜阴湿的种类，如接骨草（*Sambucus chinensis*）。

长苞冷杉林为雅砻江流域主要森林类型，林下更新幼树以冷杉占绝对优势，林窗更新最好，区内多为成、过熟林。

10) 悬钩子灌丛（Form. *Rubus* sp.）

悬钩子灌丛是卡拉水电站库区河滩地受人类活动影响极大的次生灌丛类型。在 913 沟沟口上游群落样方调查显示：群落灌木层总盖度达 60%，以刺悬钩子（*Rubus pungens*）为建群种，其他可见红泡刺藤（*Rubus niveus*）、雅致雾水葛（*Pouzolzia elegans*）、构树（*Broussonetia papyrifera*）、清香木（*Pistacia weinmannifolia*）、牡荆（*Vitex negundo*）等散生群落中。

草本层盖度约 15%，平均高度 10cm。以多种蒿（*Artemisia* spp.）、肾叶山蓼（*Oxyria*

digyna）为优势，其他可见卷叶黄精（*Polygonatum cirrhifolium*）、酢浆草（*Oxalis* spp.）、天南星（*Arisaema consanguineum*）、唐松草（*Thalictrum* spp.）、石花（*Corallodiscus flabellatus*）等。层外植物可见盘柄铁线莲（*Clematis trullifera*）。

11) 牡荆灌丛（Form. *Vitex negundo* var.*cannabifo1ia*）

该群落也是一种次生植被类型，受人类活动影响极大，仅在电站评价区八一桥下游右岸有零星分布，群落结构稳定性较差。

灌木层盖度 35%，以牡荆为优势种，伴生种类较少，可见雀梅藤（*Sageretia thea* var. *tomentosa*）、黄荆（*Vitex negundo*）、枸子、臭椿（*Ailanthus altissima*）等。

由于多在乱石滩地分布，草本盖度在 20%以下，以黄茅、茅叶荩草（*Arthraxon prionodes*）等禾本科种类为优势。

12) 守宫木灌丛（Form. *Sauropus androgynus*）

守宫木灌丛是电站业主营地下游右岸的常见灌丛类型，多分布于阳坡平缓地段成片分布，守宫木（*Sauropus androgynus*）成为灌木层绝对优势种。灌木层总盖度可达 40%，平均高度 1.5m，守宫木可提供 30%的盖度。伴生种类可见刺悬钩子（*Rubus rubrisetulosus*）、四川香茶菜（*Isodon setschwanensis*）、算盘子（*Glochidion* spp.）等种类。草本层盖度不高仅 15%，平均高度 30cm，以荩草（*Arthraxon* spp.）、蕨类为优势，菊科、苦苣苔科、酢浆草科植物少量分布其间。

由于守宫木适应干旱河谷气候，该群落可在没有其他重大干扰破坏的情况下将维持在较为稳定的状态。

13) 川滇高山栎灌丛（Form. *Quercus aquifolioides*）

川滇高山栎灌丛与川滇高山栎林关系密切，是川滇高山栎林在土壤贫瘠的阳坡、山脊地段的表现形式，也可见成片分布。群落总盖度 80%，川滇高山栎高 2~3m，盖度约 70%。其它常见伴生灌木种类有刺叶栎（*Quercus spinosa*）、黄背栎、金露梅、茶藨子等。

常见草本种类有嵩草（*Potentilla fruticosa*）、茅叶荩草（*Arthraxon prionodes*）、匙叶甘松（*Nardostachys jatamansi*）、狼毒（*Euphorbia fischeriana*）、香青（*Anaphalis* spp.）、委陵菜等。

14) 矮高山栎灌丛（Form. *Quercus monimotricha*）

矮高山栎灌丛分布在海拔 2800~3700m 较陡阳坡或半阳坡，与川滇高山栎灌丛生境

条件类似。土壤为山地红棕壤、山地棕褐土，干燥瘠薄。

矮高山栎灌丛生长密集，丛冠平整。灌木层中矮高山栎常占绝对优势，此外，两色杜鹃、腋花杜鹃、甘肃荚蒾、绣线菊、黄背栎、灰背栎、南烛等在不同地段丰富度不同。草本层盖度一般在40%左右，以羊茅、钉柱委陵菜（*Potentilla saundersiana*）、西南委陵菜为优势。

矮高山栎灌丛是比较稳定的群落，在灌丛中偶见云南松或高山松植株，但其更新幼苗极少，且立地环境较为恶劣，难于发展为云南松林或高山松林。海拔2500~3200m村寨附近，云南松林稀疏，林下矮高山栎灌丛盖度达80%以上，云南松林破坏后则形成以矮高山栎为主的灌丛。

15) 腋花杜鹃灌丛（Form. *Rhododendron racemosum*）

腋花杜鹃灌丛，分布在海拔2700~3500m的阳坡、阴坡、阶地和山脊，土壤为山地棕壤、山地红棕壤、山地灰棕壤。群落灌木层盖度60%，腋花杜鹃能提供约30%的盖度，高40~80cm，矮高山栎、乌鸦果、地盘松（*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*）也在群落中形成至少10%的盖度。群落草本层盖度因地而异，主要种类为羊茅、多种蕨、野古草、野青茅等为优势。

本灌丛群落中常有云杉、冷杉、山杨、桦等散生，若加以保护，这些群落将被亚高山针叶林或亚高山阔叶林所取代。

16) 香柏灌丛（Form. *Sabina sino-alpina*）

香柏灌丛分布于海拔3500m以上的阳坡、半阳坡以及较缓的坡脊上，评价区内见于远离干旱河谷的山脊地段。土壤为中性至微碱性的高山灌丛草甸土，土层贫瘠，多岩石露头。

群落外貌一片绿色，平整而密集成团状，结构简单，与高山小叶杜鹃（*Rhododendron capitatum*）灌丛极为相似。香柏（*Sabina pingii* var. *wilsonii*）为灌木层的建群种，盖度30~50%，缓坡地段盖度可达70%。植株高一般为0.8-1m。在山顶和山脊处，香柏匍匐丛生，分枝多而密集，形成团状。谷坡中段伴生的灌木高山绣线菊（*Spiraea alpina*）、小檗等。草本层植物一般稀少，仅在丛间的空隙处稍密集，稍占优势的种类有扁芒草（*Danthonia schneideri*）、羊茅、野青茅与蒿草等。

17) 金合欢灌丛（Form. *Acacia farnesiana*）

金合欢灌丛是分布于评价区雅砻江河滩的典型干旱河谷灌丛类型，干流沿途都极为

常见。土壤为黄冈片麻岩坡积物发育的山地褐土、山地红壤。

根据电站淹没区金合欢灌丛调查样方，金合欢灌丛盖度约 40%，平均高度约 3.5m，金合欢为灌木层优势种，其他较高大的灌木可见银合欢（*Leucaena leucocphala*）、清香木、蒙桑（*Morus mongoliea*）、尖叶木犀榄（*Olea cuspidata*）。其他伴生种类较多，有小马鞍叶羊蹄甲、木蓝（*Indigofera spp.*）、雾水葛（*Pouzolzia spp.*）、香茶菜（*Rabdosia amethystoides*）、算盘子、胡枝子、醉鱼草（*Buddleja spp.*）等。草本层盖度可达 70%，以野古草、茅叶荩草为主要组成种类。

18) 华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛（*Form. Osteomeles schwerinae+Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*）

华西小石积、小马鞍羊蹄甲灌丛是评价区另一类组成较稳定，灌木层能形成较大盖度的灌丛类型。多分布于山坡下部，少数为中部，一般为半阴坡或半阳坡，是亚热带干旱河谷灌丛各类型中组成较稳定的类型。土壤为山地灰褐土，结构不良，多为粉末状，干燥，呈中性-微碱性 pH6.7~8.0。

在库尾上铺子海拔 2144m 的群落调查样方，灌木层盖度约 25%，平均高度 0.8m。灌木层种类不甚丰富，以华西小石积和小马鞍叶羊蹄甲为优势，伴生种仅见余甘子（*Phyllanthus emblica*）、矮探春（*Jasminum humile*）、杭子梢、小冻绿树（*Rhamnus rosthornii* ）等，油橄榄（*Olea europaea*）、小角柱花（*Ceratostigma minus*）偶见于群落中。草本层盖度约 40%，以禾本科植物和菊科蒿属植物为优势种，毛子草（*Incarvillea arguta*）、旱生型的蕨类也较常见。

该群落是干旱河谷灌丛的典型植被类型，对水土保持、维护区域生态环境稳定有重要作用。

19) 干旱河谷稀树灌草丛

在地形和印度洋西南季风、高空西风环流共同作用下，形成了评价区亚热带干旱河谷稀树灌草丛植被类型的存在，沿雅砻江中上游河谷谷底地带广泛分布，在海拔 1600-1900m 的地段最为常见，最高海拔可达 2100m，分布下限一般直抵河滩。在植被垂直分布上，向上与云南松疏林相接，在偏阴湿的坡麓或侧沟，其分布上限降低，向上接含常绿栎类、云南松林或山地常绿阔叶林。河谷下部环境十分复杂，群落组成随局地环境条件变化而变化：一些地段为裸岩峭壁，基本上无植被覆盖；一些偏陡谷坡仅被稀疏草丛或灌草丛。这就是评价区河谷两岸极为常见、种类组成比例变化极大的一类特殊

植被类型。

群落结构非常简单，但在不同地段群落结构富于变化，因此，不能简单用一两种优势物种来命名群落。群落有时全是一片草坡，有时草坡上出现一些灌木和零星乔木。草坡外貌在早季甚至到 6 月初还是一片枯黄景观，植物种类具耐旱性特点，如以芸香草、黄茅、早茅为优势的禾本科植物组成，高 40~90cm, 盖度 90%。灌木极为稀疏，种类有白刺花（*Sophora davidii*）、小角柱花（*Elaeagnus spp.*）、胡颓子、扁核木（*Prinsepia utilis*）、羊蹄甲（*Bauhinia spp.*）、山蚂蝗（*Desmodium racemosum*）、香茶菜、铁仔、黄栌（*Cotinus coggyria*）、余甘子、华西小石积、火棘（*Pyracantha fortuneana*）等众多灌丛种类组成。乔木有漆树（*Rhus verniciflua*）、黄连木（*Pistacia chinensis*）、无患子（*Sapindus delavayi*）等类型。

20) 蓼、禾草草丛（*Form. Polygonum sp.+ Heteropogon comortus*）

该群落是评价区内河谷两侧较低海拔、路边常见的群落类型。与干旱河谷稀树草丛不同，本群落内基本没有灌木分布。而草本层也以多种蓼（*Polygonum spp.*）为优势，其次为黄茅、苲草等禾本科物种。草本层盖度约 40%，平均高度 40cm。群落中海可见酢浆草、细柄附地菜（*Trigonotis gracilipes*）、臭蒿（*Artemisia hedinii*）、粘毛香青（*Anaphalis bulleyana*）及一些旱生蕨类。

21) 羊茅、糙野青茅草甸（*Form. Festuca ovina+Deyeuxia scabrescens*）

群落分层不明显，草群低矮，总盖度 50%左右。优势种为羊茅，高 10~20cm，盖度 20~40%；其次为糙野青茅，盖度 5-15%。此外，还有多种禾草混生，而以旱中生或中旱生为主，如紫羊茅（*Festuca rubra*）、异针茅（*Stipa aliena*）等。杂类草层片发达，种类较多，常见种有龙胆、火绒草、香青、委陵菜、蒲公英（*Taraxacum mongolicum*）等。

22) 四川嵩草草甸（*Form. Kobresia setchwanensis*）

四川嵩草草甸分布于评价区 3400m 以上的宽谷、阶地、缓坡和平缓的山脊部，土壤屑粒状。群落分层不明显，草群低矮，总盖度 60-95%，优势种为四川嵩草，盖度在 50%左右，高 2-4*cm*。植物种类组成复杂，常见种有羊茅、早熟禾（*Poa annua*）、剪股颖、异针茅（*Stipa aliena*）、大戟（*Euphorbia spp.*）、香青、龙胆、长叶火绒草（*Leontopodium longifolium*）等。

23) 农田栽培植被

评价区人口密度不大，仅在较平缓阶地有规模较小的聚居点，农田则分布于聚居点

周围，栽培植物中作物多为一年一熟类型，坝地、河谷可一年两熟，以玉米、小麦、马铃薯、荞麦为主，次为水稻、大麦。评价区内无成片经济果木林分布，仅在居民点周围散生有核桃、油桐、苹果和梨等经济、果木作物。

4.2.1.3 陆生植物

(1) 物种组成

雅砻江卡拉水电站评价区共有维管植物 462 种，隶属于 104 科 296 属，其中蕨类植物 9 科 13 属 19 种，裸子植物 3 科 9 属 15 种，被子植物 92 科 274 属 428 种。

雅砻江卡拉水电站评价区维管植物组成统计表

表 4.2-4

类 群		科数	所占比例（%）	属数	所占比例（%）	物种数	所占比例（%）
蕨类植物		9	8.65	13	4.39	19	4.11
种子植物	裸子植物	3	2.88	9	3.04	15	3.25
	被子植物	92	88.46	274	92.57	428	92.64
合 计		104	100	296	100	462	100

评价区蕨类植物和裸子植物种类相差不大，但是蕨类植物有 9 科而裸子植物集中在 3 个科，裸子植物一般都是评价针叶林群落类型的优势物种，有些种类是建群种。被子植物是评价区维管植物的主要组成部分，其中灌木和草本种类最为丰富。从现场调查情况来看，由于评价区河谷两侧多为干旱河谷稀树灌草丛群落，生境变化不大，因此河谷两侧的物种较为单一。但是在评价区内 913 林场支沟、大碧沟支沟、上田镇沟内的调查发现，这些支沟的生境条件与旱河谷差别极大，环境潮湿，使生境多样性变得丰富，为较多的植物物种生存提供了环境基础。但因大环境为干旱河谷，从整体而言评价区植物仅 462 种，相对于非雅砻江干流河谷地区，植物物种多样性偏低。

由于电站坝址、厂址及相关工程设施均沿河分布，因此干旱河谷分布的植物种类与电站建设施工关系密切。从现场调查结果来看，河谷地带常见灌木种类有滇牡荆（*Vitex yunnanensis*）、牡荆（*Vitex negundo var. cannabifo1ia*）、金合欢（*Acacia farnesiana*）、川西莞花（*Wikstroemia gemmata*）、垫状迎春（*Jasminum nudiflorum var. pulvinatum*）、矮探春（*Jasminum humile*）、鸡骨柴（*Elsholtzia fruticosa*）、杭子梢（*Campylotropis sp.*）、守宫木（*Sauropus androgynus*）、香茶菜（*Isodon sp.*）、雅致雾水葛（*Pouzolzia elegans*）、

尖叶木犀榄（*Olea cuspidata*）、川滇高山栎（*Quercus aquifolioides*）、清香木（*Pistacia weinmannifolia*）、银合欢（*Leucaena glauca*）等。草本植物以黄茅（*Heteropogon contortus*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、旱茅（*Eremopogon delavayi*）、垫状卷柏（*Selaginella pulvinata*）、西南旱蕨（*Pellaea smithii*）、牛至（*Origanum vulgare*）、马鞭草（*Verbena officinalis*）、石花（*Corallodiscus flabellatus*）、卷叶黄精（*Polygonatum cirrhifolium*）、毛子草（*Incarvillea arguta*）、蓼（*Polygonum sp.*）等为常见。

(2) 植物区系

① 科的数量级别统计及分析

根据种子植物各科所含种数的多少，将总评价区内的种子植物科划为 5 个等级：单种科（含 1 种）、少种科（含 2~9 种）、中等科（含 10~19 种）、较大科（含 20~49 种）、大科（≥50 种）。

雅砻江卡拉水电站评价区种子植物科的级别统计

表 4.2-5

级 别	科数	占总科数比例(%)	所含种数	占总种数比例(%)
单种科（1 种）	23	24.21	23	5.19
少种科（2~9 种）	60	63.16	224	50.56
中等科（10~19 种）	8	8.42	87	19.64
较大科（20~49 种）	4	4.21	109	24.60
大科（≥50 种）	0	0.00	0	0.00
合 计	95	100	443	100

统计结果表明：本区种子植物中，所含种数在 10 种以下的科为 83 个，占总科数的 87.37%；种数在 20 种以上的科为 4 个，只占总科数的 4.21%，所含种子植物占本区种子植物总种数的 24.60%，评价区内无含 50 种以上的大科。可见，评价区种子植物组成中没有明显的优势科。

② 属的区系分析

评价区有种子植物 283 属，其中有 189 属仅有 1 个种（有些属仅有 1 个种，有些属仅 1 种分布于评价区，下同），含 2～5 个种的有 91 属，含 6~10 种的有 3 属、没有含 10 种以上的属分布。可见评价区种子植物中并没有明显的优势属。

根据吴征镒（1979，1991）关于中国种子植物属分布区的划分方案，对评价区 283 属种子植物进行归类统计。结果表明，评价区种子植物的属具有全部 15 个分布区类型，其中世界分布属 35 属；热带分布属 91 属（2-7 型），占总属数的 36.69%；温带分布属（8-11、14 型）148 属，占总属数的 59.68%；地中海、泛地中海分布 6 属，占总属数的 2.42%；中国特有属 3 属，占总属数的 1.21%。种子植物属的分布统计显示，温带分布属占全部植物属近六成，优势地位明显，同时热带分布成分所占比重也占 36.69%。

雅砻江卡拉水电站评价区种子植物属的植物地理分布型

表 4.2-6

分布区类型及变型	属数	占属总数比例(%)	物种数	占种总数比例(%)
1. 世界分布	35	-	57	-
热带分布小结（2-7）	91	36.69	119	30.83
2. 泛热带分布及其变型	43	17.34	60	15.54
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	7	2.82	9	2.33
4. 旧世界热带分布及其变型	8	3.23	13	3.37
5. 热带亚洲至热带大洋州分布及其变型	5	2.02	6	1.55
6. 热带亚洲至热带非洲分布及其变型	15	6.05	18	4.66
7. 热带亚洲分布及其变型	13	5.24	13	3.37
温带分布小结（8-11，14）	148	59.68	256	66.32
8. 北温带分布及其变型	78	31.45	160	41.45
9. 东亚和北美洲间断分布及其变型	18	7.26	25	6.48
10. 旧世界温带分布及其变型	22	8.87	30	7.77
11. 温带亚洲分布	5	2.02	10	2.59
14. 东亚分布及其变型	25	10.08	31	8.03
地中海、泛地中海分布小结（12、13）	6	2.42	8	2.07
12.地中海区、西亚至中亚分布及其变型	5	2.02	7	1.81
13.中亚分布及其变型	1	0.40	1	0.26
15. 中国特有分布	3	1.21	3	0.78
合计（不含世界分布）	283（248）	100.00	386	100.00

评价区海拔高差大，河谷地带保留了相当数量热带类型的植物，高海拔地区保留了

更多温带类型植物，这也是横断山区植物物种多样性的重要特征。从地理位置来看，评价区处于北温带地区，物种组成当然应该以稳定性质为主；但从局部气候条件来看，当地河谷深切的高山峡谷地貌在印度洋西南季风、高空西风环流作用下形成了气温相对较高、雨少而集中的干旱河谷气候类型。另一方面，横断山脉均为南北向的山脉，雅砻江河谷为南方物种向北扩散提供了便捷的通道。特殊的地形和气候，同时为温带成分和热带成分植物物种的生存提供了绝佳条件，于是形成了评价区植物物种多样性以温带为主、热带物种多样性次之的格局。

(3) 珍稀保护植物

1) 工程评价区

根据国务院公布的《国家重点保护野生植物名录（第一批）》，结合野外调查结果、历史资料及各物种的生境特征，评价区内有国家Ⅱ级重点保护植物 3 种，分别为油麦吊云杉（*Picea brachytyla* var. *complanata*）、金铁锁（*Psammosilene tunicoides*）和山莨菪（*Anisodus tanguticus*）。工程评价区珍稀保护植物分布见附图 6。

上述 3 种国家Ⅱ级重点保护植物的生物学特征如下：

① 油麦吊云杉（*Picea brachytyla* var. *complanata*）

常绿乔木，高 15~30m，胸径约 1 m。树皮灰色，裂成薄鳞片状块片脱落；大枝平展而轮生，侧枝细而下垂。当年生枝淡黄色或褐黄色；基部宿存芽鳞紧贴小枝，不向外开展；小枝上有显著下延叶枕，彼此间凹槽。也单生叶枕上，螺旋状排列，线形，扁平、直或微弯，长 1~2.2cm，先端尖或微尖，上面中脉两侧各有 5~7 条粉白色气孔线，下面无气孔线，无柄。雌雄同株；雄球花单生叶腋，雌球花单生枝顶。球果当年成熟，下垂长圆状圆柱形或圆柱形，长 6~12cm，径 2.5~3.8cm，熟时褐色或微带紫色；种鳞近革质，宿存，中部种鳞倒卵形，上部圆而排列紧密，或上部三角状则排列疏松。种子连翅长约 1.2cm。花期 4~5 月，球果 9~10 月成熟，球果成熟时红褐色、紫褐色或深褐色。生境为山坡，海拔 2000~3800m，常与青杆、云杉、铁杉、冷杉混交或散生于针阔叶混交林中。国内分布于四川、云南、西藏、湖北西部、甘肃和陕西南部。

② 山莨菪（*Psammosilene tunicoides*）

二年生草本植物，高 15~70cm，有特殊臭味，全株被粘性腺毛。根粗壮，肉质，茎直立或斜上伸。密被柔毛。单叶互生，叶片长卵形或卵状长圆形，顶端渐尖。花淡黄绿色，基部带紫色；花萼筒状钟形；花冠钟形；花药深紫色；子房略呈椭圆形。蒴果包藏

于宿存萼内。种子多数，近圆盘形，淡黄棕色。生长在海拔 2800~4200m 的山坡，林旁和路边。分布于我国西南、东北、西北及华北。植株含莨菪碱（hyoscyamine）、阿托品（atropine）、东莨菪碱（scopolamine）、l-东莨菪碱（atroscine）、脂肪油等。以根入药。有毒。镇痛解痉，活血去瘀，止血生肌。用于溃疡病，急慢性胃肠炎、胃肠神经功能症、胆道蛔虫症、胆结石、跌打损伤、骨折和外伤出血。

③ 金铁锁（*Anisodus tanguticus*）

多年生蔓生性草本，高 20~35cm。根肉质，长圆锥形，棕黄色。茎平卧，圆柱形，中空，紫绿色，被短柔毛。叶对生，近无柄，卵形，微带肉质，长 5~ 25mm，宽 3~15mm，先端锐尖，基部圆形，稀宽楔形，全缘。聚伞花序顶生，三歧出，花后稍下倾，有腺毛；花两性，小形，淡紫红色，有短梗；花萼狭钟形，多腺毛；花瓣 5，狭匙形，长 7~8mm；雄蕊 5，与萼裂片对生，伸出萼外；子房窄倒卵圆形。蒴果棍棒状，种子长倒卵圆形。生长在海拔 2000~3800m 的砾石山坡或石灰质岩石缝中。分布于有干、湿季、土壤干燥而贫瘠的石灰岩土或红壤。喜光，多沿干热河谷分布。生境云南松林下，或以南烛、美丽马醉木、毛杭子梢、水红木为优势的灌丛和以旱茅、四脉金茅、白茅等为优势的草坡中。分布于我国四川、贵州、云南、西藏。常用中药，现野生资源显著减少。

2) 水库淹没及工程施工区

根据资料查阅及生境分析，结合现场调查结果，本工程水库淹没区和工程施工占地区均不涉及国家Ⅱ级重点保护植物油麦吊云杉、金铁锁和山莨菪。

(4) 古树名木

根据多次调查走访及查阅木里县古树名木资料，包括工程施工区、水库淹没区在内的评价区无挂牌保护的古树名木分布。

(5) 资源植物

资源植物一般划分为药用（人药或农药）、观赏、用材、油脂、纤维、饲料、果品或蔬菜、芳香油、单宁和淀粉共计 10 大类型。评价区共记录已被利用或已知有潜在应用价值的资源植物共计 418 种。

评价区资源植物中，一半以上的植物物种（251 种）有药用价值。药用植物中，可治疗人类疾病的又占绝大多数，同时也有少量的可用作农药或其有效成分可作农药的物种（如狼毒）。油脂类植物中某些物种，可以用来作为生产生物质能源的原料。

4.2.1.4 陆生脊椎动物

根据2009、2012年四川大学生命科学学院在卡拉水电站评价区陆生脊椎动物多样性调查结果，以及2002年该学院在卡拉江段及流域的调查结果，结合已发表木里、盐源的陆生脊椎动物文献（如《木里藏族自治县1999年陆生野生动物调查报告》），分析卡拉水电站评价区的陆生脊椎动物物种组成、区系、数量和分布。

(1) 物种组成

① 两栖类

评价区内共有两栖动物2目6科10属11种，详细名录见附录1雅砻江卡拉水电站评价区两栖动物名录。其中有尾目（CAUDATA）1科1属1种，占物种总数的9.09%。无尾目（ANURA）5科9属10种，蛙科物种最多，有3属4种，占物种总数的36.36%。其次是锄足蟾科，有3属3种，物种总数的27.27%。雨蛙科、蟾蜍科和姬蛙科各1属1种，分别占物种总数的9.09%。

雅砻江卡拉水电站评价区两栖动物物种组成

表4.2-7

目	科数	属数	物种数	占总物种数%
有尾目 CAUDATA	小鲵科 Hynobiidae	1	1	9.09
无尾目 ANURA	锄足蟾科 Pelobatidae	3	3	27.27
	蟾蜍科 Bufonidae	1	1	9.09
	雨蛙科 Hylidae	1	1	9.09
	蛙科 Ranidae	3	4	36.36
	姬蛙科 Microhylidae	1	1	9.09
合 计	6	10	11	100

② 爬行类

雅砻江卡拉水电站评价区的爬行动物均是有鳞目（SQUAMATA）中的物种，一共有2亚目4科8属9种，其中蜥蜴亚目（LACERTILIA）2种，占总物种数的22.22%；蛇亚目（SERPENTES）2科6属7种，占总物种数的77.78%。所有4科中，游蛇科的物种数最多，有4种，占总物种数的44.45%。

雅砻江卡拉水电站评价区爬行动物物种组成

表 4.2-8

目	科	属数	物种数	占总物种数百分比
蜥蜴亚目 LACERTILIA	髭蜥科 Agamidae	1	1	11.11
	石龙子科 Scincidae	1	1	11.11
蛇亚目 SERPENTES	游蛇科 Colubridae	3	4	44.45
	蝰科 Viperidae	3	3	33.33
合计	4	8	9	100

③ 鸟类

根据资料收集和现场调查，卡拉水电站评价区分布的鸟类有 13 目 33 科 74 属 95 种（见表 4.2-9），其中近年来在该区域野外调查到的鸟类共计 58 种。非雀形目鸟类有 12 目 14 科 25 属 28 种，占全部物种数的 29.47%；雀形目鸟类有 19 科 49 属 67 种，占全部物种数的 70.53%。

非雀形目鸟类中，没有特别的优势科或者属。隼形目和鸽形目各有 4 个物种，鸡形目、鸮形目和雨燕目 3 个目各有 3 个物种，其余大多数目只有 1~2 个物种。

雀形目鸟类中，鹀科是明显的优势科，有 10 属 14 种，占全部物种数的 14.74%。其次莺科有 5 属 9 种，占全部物种数的 9.47%。画眉科有 5 属 8 种，占全部物种数的 8.42%。鸦科 4 属 5 种，鹟科 4 属 4 种。其余 14 科属数在 3 以下，物种数在 4 种以下。

雅砻江卡拉水电站评价区鸟类物种组成

表 4.2-9

物 种	科数	属数	物种数	占全部物种数%
鹳形目 CICONIFORMES	鹭科 Ardeidae	2	2	2.11
雁形目 ANSERIFOMES	鸭科 Anatidae	1	1	1.05
隼形目 FALCONIFORMES	鹰科 Accipitridae	3	3	3.16
	隼科 Falconidae	1	1	1.05
鸡形目 GALLIFORMES	雉科 Phasianidae	3	3	3.16
鸽形目 COLUMBIFORMES	鸠鸽科 Columbidae	3	4	4.21
鹦形目 PSITTACIFORMES	鹦鹉科 Psittacidae	1	1	1.05
鹃形目 CUCULIFORMES	杜鹃科 Cuculidae	1	1	1.05
鸮形目 STRIGIFORMES	鸱鸮科 Strigidae	3	3	3.16

雅砻江卡拉水电站评价区鸟类物种组成

续表 4.2-9

物 种	科数	属数	物种数	占全部物种数%
夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES	夜鹰科 Caprimulgidae	1	1	1.05
雨燕目 APODIFORMES	雨燕科 Apodidae	3	3	3.16
佛法僧目 CORACIIFORMES	翠鸟科 Alcedinidae	1	1	1.05
	戴胜科 Upupidae	1	1	1.05
鴷形目 PICIFORMES	啄木鸟科 Picidae	1	3	3.16
非雀形目（12 目)	14 科	25 属	28 种	29.47
雀形目 PASSERIFORMES	燕科 Hirundinidae	3	3	3.16
	鹡鸰科 Motacillidae	2	2	2.11
	鹎科 Pycnonotidae	3	3	3.16
	伯劳科 Laniidae	1	1	1.05
	卷尾科 Dicruridae	1	2	2.11
	鸦科 Corvidae	4	5	5.26
	岩鹨科 Prunellidae	1	1	1.05
	鸫科 Turdidae	10	14	14.74
	画眉科 Timaliidae	5	8	8.42
	鸦雀科	1	2	2.11
	莺科 Sylviidae	5	9	9.47
	鹟科 Muscicapinae	4	4	4.21
	山雀科 Paridae	1	3	3.16
	长尾山雀科 Aegithalidae	1	1	1.05
	鸸科 Sittidae	1	1	1.05
	绣眼鸟科 Zosteropidae	1	1	1.05
	文鸟科 Ploceidae	1	2	2.11
	雀科 Fringillidae	3	4	4.21
	鹀科 Emberizidae	1	1	1.05
雀形目	19 科	49 属	67 种	70.53
13 目	33 科	74 属	95 种	100.00

④ 兽 类

卡拉水电站评价区有兽类 9 目 14 科 25 属 29 种（见表 4.2-10），其中有 5 种为访问结果。在 6 个目中，食肉目和啮齿目的物种数最多，分别为 4 科 8 属 8 种和 3 科 7 属 10 种，占全部物种数的 27.59%和 34.48%；其次是食虫目，有 2 科 5 属 5 种，占全物种数的 17.24%。

雅砻江卡拉水电站评价区兽类物种组成

表 4.2-10

目	科	属数	物种数	占全部物种数%
食虫目 INSECTIVORA	鼹科 Talpidae	2	2	6.9
	鼩鼱科 Soricidae	3	3	10.34
灵长目 PRIMATES	猴科 Cercopithecidae	1	1	3.45
食肉目 CARNIVORA	犬科 Canidae	1	1	3.45
	鼬科 Mustelidae	5	5	17.24
	灵猫科 Viverridae	1	1	3.45
	猫科 Felidae	1	1	3.45
偶蹄目 ARTIODACTYLA	鹿科 Cervidae	1	1	3.45
	牛科 Bovidae	1	1	3.45
啮齿目 RODENTIA	松鼠科 Sciuridae	3	3	10.34
	仓鼠科 Cricetidae	1	2	6.9
	鼠科 Muridae	3	5	17.24
兔形目 LAGOMORPHA	鼠兔科 Ochotonidae	1	2	6.9
	兔科 Leporidae	1	1	3.45
合 计	14 科	25	29	100

(2) 区系组成

① 两栖类

两栖动物的区系成份全为东洋界成份，有喜马拉雅~横断山区型、南中国型和云贵高原型 3 种分布型。

喜马拉雅-横断山区型分布的物种有 6 种，占全部物种数的 54.54%；南中国型分布的物种有 3 种，占全部物种数的 27.27%；东洋型分布的物种有 2 种，占全部物种数的

18.19%。

② 爬行类

评价区有 8 种东洋界的爬行动物，占全部物种数的 88.89%，包括喜马拉雅~横断山区型、南中国型和东洋型 3 种分布型。

喜马拉雅-横断山区型有 5 种，占全部物种数的 55.56%；东洋型分布的物种有 2 种，占全部物种数的 22.22%。南中国型分布有 1 种，占全部物种数的 11.11%。古北界爬行动物有 1 种，为东北型分布物种，占全部物种数的 11.11%。

③ 鸟类

鸟类中东洋界物种有 65 种，占全部物种数的 68.42%，共有喜马拉雅~横断山区型、南中国型和东洋型 3 种分布型。古北界的物种有 16 种，占全部物种数的 16.84%，有 4 种分布型，它们是全北型、季风型、东北型和古北型。此外，还有分布型不易归类的物种 14 种，占全部物种数的 14.74%。整个鸟类区系显示，喜马拉雅-横断山区分布型的物种占优势，是横断山区中部鸟类区系的主要特征。同时有一定数量的北方物种，南北混杂，显示出横断山区动物区系的特征。

各地理分布型的物种数占全部物种数的比例见表 4.2-11。

雅砻江卡拉水电站评价区鸟类分布型组成

表 4.2-11

动物地理区	分布型	物种数	占全部物种数的%
东洋界	喜马拉雅-横断山区型	32	33.68
	南中国型	8	8.42
	东洋型	25	26.32
	合 计	65	68.42
古北界	全北型	1	1.05
	季风型	2	2.10
	东北型	3	3.16
	古北型	10	10.53
	合 计	16	16.84
不易归类	广布种	14	14.74
合 计		95	100

④ 兽 类

卡拉水电站评价区的29种兽类中，东洋界物种有22种，占全部物种数的75.86%，古北界物种有7种，占全部物种数的24.14%。

东洋界物种有喜马拉雅~横断山区型、南中国型和东洋型3种分布型。其中，喜马拉雅~横断山区型分布的物种有9种，占全部物种数的31.03%；南中国型分布的物种有4种，占全部物种数的13.79%；东洋型分布的物种有9种，占全部物种数的31.03%。

古北界的物种有全北型、季风型、高地型和古北型4种分布型，其中，全北型分布的物种有1种，占全部物种数的3.45%；季风型分布的物种有1种，占全部物种数的3.45%；高地型分布的物种有2种，占全部物种数的6.90%；古北型分布的物种有3种，占全部物种数的10.34%。

南方类型的兽类物种数在三分之二以上，占了绝对优势，同时又有一定数量的古北界物种，南北混杂，雅砻江卡拉水电站评价区的兽类区系，充分表现了它在横断山区东部的动物地理特征。

(3) 水库淹没和施工区陆生脊椎动物概况

水库淹没及施工区植被主要为干旱河谷，阶地有少量农田。该区域人为活动频繁，与评价区其他区域相比，陆生脊椎动物种类也相对贫乏。

① 水库淹没区

两栖类：水库淹没区可见的两栖动物种类占全部种类的一半以上，主要有山溪鲵（*Batrachuperus pinchonii*）华西蟾蜍（*Bufo andrewsi*）、四川湍蛙（*Amolops mantzorum*）、昭觉林蛙（*Rana chaochiaoensis*）、无指盘臭蛙（*Rana grahami*）和双团棘胸蛙（*Paa (Paa) yunnanensis*）等。

爬行类：水库淹没区位于干旱河谷区，仅分布有少量农田，可见的爬行动物种类较少，主要为草绿攀蜥（*Japalura flaviceps*）、棕网腹链蛇、王锦蛇（*Elaphe carinata*）、黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇（*Zaocys nigromarginatus*）等。

鸟类：水库淹没区海拔较高区域活动的鸟类有猛禽鸢（*Milvus korschun*）、雀鹰（*Accipiter nisus*）、普通鵟（*Buteo buteo*）、红隼（*Falco tinnunculus*）等以及岩鸽（*Columba rupestris*）、岩燕（*Ptyonoprogne rupestris*）、金腰燕（*Hirundo Daurica*）和绿背山雀（*Parus monticolus*）。在淹没区干流或溪沟中活动的有池鹭（*Ardeola bacchus*）、牛背鹭（*Bubulcus ibis*）、赤麻鸭（*Tadorna ferruginea*）等。在淹没区河谷村寨、农田、水边、荒坡、灌丛或林缘活动的有戴胜（*Upupa epops*）、白鹡鸰（*Motacilla alba*）、橙翅噪鹛（*Garrulax*

ellioti）、凤头雀嘴鹎（*Spizixos canifrons*）、黄臀鹎（*Pycnonotus xanthorrhous*）、黑短脚鹎（*Hypsipetes madagascariensis*）、灰背伯劳（*Lanius tephronotus*）、星鸦（*Nucifraga caryocatactes*）、大嘴乌鸦（*Corvus macrorhynchus*）、喜鹊（*Pica pica*）、白颈鸦（*Corvus torquatus*）、白喉针尾雨燕（*Aerodramus caudacutus*）、普通夜鹰（*Caprimulgaus indicus*）、黑喉红尾鸲（*Phoenicurus schisticeps*）、红尾水鸲（*Rhyacornis fuliginosus*）、白顶溪鸲（*Chaimarrornis leucocephalus*）、蓝矶鸫（*Myiophoneus solitaria*）、紫啸鸫（*Myiophoneus caeruleus*）、棕头鸦雀（*Paradoxornis webbianus*）、冠纹柳莺（*Phylloscopus reguloides*）、大山雀（*Parus major*）、黑眉长尾山雀（*Aegithalos bonvaloti*）、灰腹绣眼鸟（*Zosterops palpebrosa*）和麻雀（*Passer montanus*）等。

兽类：水库淹没区海拔相对较低，环境干燥，植被稀疏，人类活动相对频繁，无适宜大型哺乳动物生存的栖息地，故种类和数量不多，分布的兽类以小型种类为主，其中食虫目和啮齿目的种类占多数。大型兽类仅见猕猴（*Macaca mulatta*），它们在河谷上部悬崖或林缘活动。小型兽类主要包括白尾鼹（*Parascaptor leucurus*）、宽齿鼹（*Talpa grandis*）、喜马拉雅水鼩（*Chimmarogale himalayicus*）、黑齿鼩鼱（*Chimmarogale himalayicus*）、隐纹花鼠（*Tamiops swinhoei*）、白喉岩松鼠（*Sciurotamias forresti*）、中华姬鼠（*Apodemus draco*）、高山姬鼠（*Apodemus chevrieri*）、褐家鼠（*Rattus norvegicus*）和社鼠（*Niviventer confucianus*），高山姬鼠、褐家鼠和社鼠的数量较多，分布较广。中型兽类鼬獾（*Melogale moschata*）和猪獾（*Arctonyx collaris*）数量不多，分布于农田和灌丛边缘地带。干流河段有水獭（*Lutra lutra*），但数量稀少。

② 工程施工区

两栖类：施工区可见的两栖动物种类不多，主要是华西蟾蜍、四川湍蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙和双团棘胸蛙等。

爬行类：施工区面积相对较小，可见的爬行动物种类不多，主要为草绿攀蜥、棕网腹链蛇、黑眉锦蛇、菜花原矛头蝮（*Protobothrops jerdonii*）、黑线乌梢蛇等，其中草绿攀蜥为常见种。

鸟类：施工区活动的鸟类多是村寨、农田、水边、荒坡、灌丛或林缘或活动的小型种类，有戴胜、岩燕、金腰燕、白鹡鸰、凤头雀嘴鹎、黄臀鹎、黑短脚鹎、灰背伯劳、星鸦、大嘴乌鸦、喜鹊、白颈鸦、黑喉红尾鸲、红尾水鸲、白顶溪鸲、蓝矶鸫、紫啸鸫、橙翅噪鹛、棕头鸦雀、冠纹柳莺、大山雀、黑眉长尾山雀、灰腹绣眼鸟、麻雀等。

兽类：施工区海拔相对较低，人类活动相对频繁，大型动物在该区域难觅踪影，分布的兽类以小型种类为主，其中食虫类和鼠类占多数，主要有黑齿鼩鼱、喜马拉雅水鼩、中华姬鼠、高山姬鼠、褐家鼠、社鼠。中型种类鼬獾、猪獾数量较少。水獭历史上在雅砻江流域有分布，但种群数量较小，近年来对江段的多次科学考察中均未发现其生物个体和其巢穴，走访施工区周边群众，也未曾发现其生物个体，表明其未在施工区江段附近分布。

(4) 珍稀保护陆生脊椎动物

① 评价区

评价区分布有多种国家级和省级重点保护陆生脊椎动物，其分布见附图 7 和附图 8。

1) 两栖类

评价区未发现国家和省级重点保护两栖动物物种分布。

评价区有列入《中国濒危动物红皮书》的种类 1 种，即双团棘胸蛙（易危种）。

评价区有中国特有两栖类物种 8 种，包括山溪鲵、乡城齿蟾（*Oreolalax xiangchengensis*）、小角蟾（*Megophrys boettgeri*）、昭觉林蛙、无指盘臭蛙、四川湍蛙、华西蟾蜍和云南小狭口蛙。

2) 爬行类

评价区未发现国家和省级重点保护爬行动物物种。

评价区有列入《中国濒危动物红皮书》的爬行类种类 3 种，即王锦蛇、黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇。

评价区有中国特有爬行类物种 3 种，包括草绿攀蜥、棕网腹链蛇和高原蝮（*Gloydius strauchi*）。

3) 鸟类

A、国家和省级重点保护野生鸟类

评价区有国家Ⅱ级重点保护鸟类 11 种，包括鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、红腹角雉（*Tragopan temminckii*）、白腹锦鸡（*Chrysolophus amherstiae*）、楔尾绿鸠（*Treron sphenura*）、大绯胸鹦鹉（*Psittacula derbiana*）、斑头鸺鹠（*Glaucidium cuculoildes*）、灰林鸮（*Strix aluco*）和鵰鸮（*Bubo bubo*）；省级重点保护鸟类 2 种，为白喉针尾雨燕和普通夜鹰。评价区重点保护鸟类生态习性如下：

鸢（*Milvus korschun*）别名老鹰。多栖息在平原、丘陵地区，分布海拔较宽。以鼠、

鸟、昆虫及小动物为食。繁殖期 4-6 月，每窝产卵 2 枚。分布极广，遍布全国，国外见于美洲和非洲。

雀鹰（*Accipiter nisus*）别名鹞子。繁殖期在 4~6 月。分布海拔较宽，栖息地为阔叶林、针阔混交林、针叶林等山地森林和林缘地带，冬季栖息于低山丘陵、山脚平原、农田地边、以及村庄附近，尤喜林缘、河谷、采伐迹地的次生林和农田附近树林。喜在高山幼树上筑巢。以鼠、小鸟为食。国内分布在青海、新疆、西藏、云南、四川等地，国外见于欧亚大陆、非洲西北部、日本、东南亚。

普通鵟（*Buteo buteo*）繁殖期在 5~6 月。分布海拔 400~3000m，栖息地为阔叶林、混交林和针叶林。秋冬季多出现在低山丘陵和山脚平原。常在开阔平原、荒漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄上空盘旋翱翔。大多单独活动。主要以鼠、鸟和各种昆虫为食。国内分布在新疆、四川、青海、云南、西藏等地，国外见于欧亚大陆、日本、东南亚。

红隼（*Falco tinnunculus*）别名茶隼。小型猛禽。繁殖期 5~7 月。栖息在山地森林、森林苔原、低山丘陵、草原、旷野、森林平原、农田耕地和村庄附近等各类生境中，主要以昆虫为食，也吃小型脊推动物。分布广泛，几乎遍布全国各地，国外见于欧亚大陆、东南亚。

红腹角雉（*Tragopan temminckii*）别名娃娃鸡。繁殖期在 4~6 月间。分布海拔 1000~3500m，栖息地为山地森林、灌丛、竹林等群落，尤喜常绿阔叶林和针阔叶混交林，有时在 3500m 左右高山灌丛甚至裸岩地带活动。主要食种子、果实、幼芽、嫩叶等。国内分布在甘肃、陕西、西藏、云南、贵州、广西、湖北、湖南、四川等地，国外见于印度和东南亚。

白腹锦鸡（*Chrysolophus amherstiae*）别名铜鸡。4 月下旬开始繁殖。分布海拔 1500~4000m，栖息地为山地常绿阔叶林、针阔混交林、针叶林、林缘灌丛、草坡和矮竹林间，冬季到农田附近觅食。多成小群，冬季可达 20—30 只。极善奔走，飞行能力差。杂食性。国内分布在西藏、云南、贵州、广西、四川等地，中国特有动物。

楔尾绿鸠（*Treron sphenura*）别名绿斑鸠、歌绿鸠。繁殖期 4~8 月，每窝产卵 2 枚，孵化期 13~14 天。分布海拔约 1300~2600m，常群集于阔叶树冠，在山坡矮树灌丛间觅食野果。国内分布在四川、西藏、云南、广西、湖北等地，国外见于印度和东南亚。

大绯胸鹦鹉（*Psittacula derbiana*）又名大紫胸鹦鹉。额基黑色狭纹后伸至眼，头顶

和头侧紫蓝色，颈辉金绿，上体余部概绿，微具蠹斑，中央尾羽长尖，呈天蓝色，基部宽缘绿色，外侧尾羽渐转为外翈天蓝，内翈绿色，飞羽黑褐，外翈暗绿，内侧覆羽黄沾绿，其余覆羽绿色；眼先和眼周缀绿，楔形颧斑黑色；下体葡萄红色，覆腿羽绿；尾下覆羽绿黄色。上嘴红(♂)或黑(♀)，下嘴黑色；脚黄绿色。为我国特产鸟。见于四川省雅安市宝兴县、甘孜州及凉山州。常结群栖息山林；以农作物和果实为食。

鵰鸮（*Bubo bubo*）俗称猫头鹰。夏季在海拔 2000m 以上的地方活动，冬季比较低。栖高树。食野鼠、小鸟和昆虫。省内见于成都、万源、宝兴、西昌、松潘、石渠、德格和理塘，国内还见于内蒙古、西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆及陕西、河南和山东以南地区，国外见于欧洲、亚洲和非洲。

斑头鸺鹠（*Glaucidium cuculoildes*）别名春歌儿。5 月开始繁殖。栖息在丘陵、平原林地，主要以昆虫和其他小型动物为食。国内分布在西藏、四川、甘肃、陕西、河南、安徽、江苏以南各省，国外见于印度和东南亚。

灰林鸮（*Strix aluco*）灰林鸮栖息在落叶疏林，有时会在针叶林中，较喜欢近水源的地方。灰林鸮一般在树孔中筑巢，但亦会住在喜鹊的旧巢、松鼠巢、建筑物的孔洞或人工鸟巢。夏季见于落叶阔叶林和针阔叶混交林，食昆虫、啮齿类、兔、鸟类、蚯蚓及甲虫等。欧亚大陆普遍分布。

白喉针尾雨燕（*Aerodramus caudacutus*）栖息在岩壁或老旧的砖木建筑，以飞虫为食。国内分布在东北、西藏、四川、云南、台湾等地，国外见于澳大利亚及新西兰。

普通夜鹰（*Caprimulgaus indicus*）栖息地为茂密的针叶林、竹林或树丛，也在开阔的裸露地。以昆虫为食。不营巢，卵产在地面或岩石上，每窝产卵 2 枚。分布于内蒙古、东北、南至广西、云南、西至甘肃、四川等地，国外见于西伯利亚、日本、印度、东南亚诸国。

B、列入《中国濒危动物红皮书》物种

评价区列入《中国濒危动物红皮书》的鸟类物种 3 种，为白腹锦鸡和红腹角雉 2 种易危种和鵰鸮 1 种稀有种。

C、中国特有种

评价区有中国特有鸟类物种 5 种，包括白腹锦鸡、大噪鹛、橙翅噪鹛、白领凤鹛和三趾鸦雀。

4) 兽类

A、国家和省级重点保护动物

评价区有重点保护兽类物种 7 种，其中，国家Ⅱ级重点保护兽类 5 种，分别为猕猴、青鼬（*Martes flavigula*）、水鹿（*Cervus unicolor*）、水獭和斑羚（*Nemorhaedus caudatus*）；省级重点保护兽类 2 种，为赤狐（*Vulpes vulpes*）和豹猫（*Felis bengalensis*）。评价区重点保护兽类主要生态习性如下：

猕猴（*Macaca mulatta*）别名黄猴。栖息地为石山峭壁、溪旁沟谷和江河岸边的密林中或疏林岩山上，主要以植物的花、果、枝、叶及树皮为食，也吃鸟卵和小型无脊椎动物。是生物学、心理学、医学等多种学科研究工作中比较理想的试验动物。国内分布在西南、华南、华中、华东、华北及西北的部分地区，国外分布于南亚和东南亚。

青鼬（*Martes flavigula*）别名黄喉貂。栖息在大面积的山林中，以昆虫、鱼类和小型鸟兽为食国内分布在黑龙江、吉林、辽宁、甘肃、陕西、山西、河南、西藏、四川、云南、贵州、湖南等地，国外分布于东亚、东南亚及俄罗斯外东北地区。

水鹿（*Cervus unicolor*）别名黑鹿。栖息地为海拔 300~3500m 之间的阔叶林、季雨林、稀树草原、高草地带，以草、树叶、嫩枝、果实等为食。国内分布在青海、西藏、四川、贵州、云南、江西、湖南、广西、广东、海南、台湾等地，国外分布于南亚和东南亚。

水獭（*Lutra lutra*）别名獭。国内广泛分布，栖息在江河、溪流、湖泊中，主要以鱼为食，也吃蟹、蛙、蛇、鸟和小型哺乳类，国外分布于欧洲、亚洲、美洲和非洲。

斑羚（*Nemorhaedus caudatus*）别名青羊。生活在山地森林或峭壁裸岩，以各种青草和灌木的嫩枝叶、果实等为食。国内分布在东北、华北、西南、华南等地，国外见于西伯利亚、南亚和东南亚。

赤狐（*Vulpes vulpes*）别名红狐。多栖息在森林、草原、丘陵和平原，主要以小型动物为食，也吃浆果、玉米、草等。国内分布在黑龙江、吉林、辽宁、河北、河南、陕西、山西、甘肃、四川、西藏、湖南、湖北等地，国外见于非洲、欧亚大陆。

豹猫（*Felis bengalensis*）别名山狸。生活在海拔 3500m 以下的山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近，以鸟、鼠等小型动物为食。四川仅有川西亚种，还分布在云南、西藏、甘肃，国外见于东亚、南亚、东南亚和西伯利亚。

B、列入《中国濒危动物红皮书》物种

评价区列入《中国濒危动物红皮书》的兽类 5 种，为猕猴、水獭、豹猫、水鹿和斑

羚，等级均为易危（V）。

C、中国特有种

评价区有中国特有兽类 7 种，分别为白喉岩松鼠（*Sciurotamias forresti*）、昭通绒鼠（*Eothenomys olitor*）、玉龙绒鼠（*Eothenomys proditor*）、大耳姬鼠、高山姬鼠、木里鼠兔（*Ochotona muliensis*）和藏鼠兔（*Ochotona thibetana*）。

这些物种大多分布于我国西南（四川、青海、西藏、云南、贵州一带），其中木里鼠兔，分布范围相对较小，仅分布于四川西南部的木里和稻城一带。

② 施工区和水库淹没区

1) 水库淹没区

水库淹没区未发现国家和省级重点保护两栖类和爬行类动物；有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家Ⅱ级重点保护鸟类，它们在河谷上部空中飞翔觅食，以及省级重点保护鸟类白喉针尾雨燕和普通夜鹰会在工程水库淹没区活动；国家Ⅱ级重点保护兽类猕猴在干流河段较高海拔悬崖一带活动，其活动区域均在水库淹没线以上；国家Ⅱ级重点保护兽类水獭在水库淹没区未调查到及访问到其活动痕迹，但由于雅砻江江段具有连通性，不排除可能在水库淹没水域出现的可能性。

有少量列入《中国濒危动物红皮书》的动物在水库淹没区活动，包括两栖类双团棘胸蛙、爬行类黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇和王锦蛇。

水库淹没区活动的中国特有种包括华西蟾蜍、四川湍蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙等两栖类，草绿攀蜥和棕网腹链蛇（爬行类），橙翅噪鹛（鸟类），宽齿鼹、昭通绒鼠、玉龙绒鼠、大耳姬鼠、高山姬鼠、木里鼠兔和藏鼠兔等兽类。

2) 施工区

根据资料记录和现场调查，施工占地区未发现国家和省级重点保护两栖类和爬行类动物；有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家Ⅱ级重点保护鸟类会在施工占地区（主要为占地区上空区域）活动；国家Ⅱ级重点保护兽类猕猴可能在施工占地区附近活动。

有少量列入《中国濒危动物红皮书》的动物在施工占地区活动，包括两栖类双团棘胸蛙、爬行类黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇。

施工占地区活动的中国特有种包括华西蟾蜍、四川湍蛙、昭觉林蛙、山溪鲵、无指盘臭蛙等两栖类，草绿攀蜥和棕网腹链蛇等爬行类物种，橙翅噪鹛等鸟类，宽齿鼹、昭通绒鼠、玉龙绒鼠、高山姬鼠、藏鼠兔等兽类。

评价区较高海拔地区湿度略高，植被生长较好。而河谷地带气候干燥，植被稀疏。故较高海拔区域的陆生脊椎动物的种类和数量，特别是国家和四川省重点保护动物种类和数量，均高于工程占地所在河谷区域。

4.2.1.5 景观生态体系

评价区景观生态体系现状调查成果，综合利用了木里县林业局和凉山州林业勘察设计研究院提供的森林分布图，以及四川大学生命科学学院生态系 2002 年以来在木里县的多年野外调查资料，在美国陆地卫星 6（LANDSAT-6）的 ETM 遥感影像解译分析的基础上制作完成。

(1) 景观生态系统类型

评价区的生态系统可划分为森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、水体生态系统、农业生态系统和道路与住区共计 6 类主要生态系统。

景观生态系统类型一览表

表 4.2-12

生态系统类型	系统特点	分布特性
1.森林生态系统	结构复杂，生物现存量高、初级生产力高，具有涵养水分、保持水土、调节气候等作用	分布最广、物种多样性最丰富的一类生态系统，见于评价区海拔 2100~4000m 的区域中，多在山阴、阳坡上部分布。
2.灌丛生态系统	结构复杂程度适中，生物现存量和初级生产力低于森林、高于草地，有保持水土等生态功能	分布范围较广，2200m~4000m 以上均有分布，常位于山脊、林线边缘、阳坡、河谷等地带，与森林和草地生态系统之间相互影响，常常位于森林到草地的过渡地带。
3.草地生态系统	结构相对简单，生物现存量初级生产力低于灌丛。有保持水土等生态功能	前者多位于海拔较低的河谷谷底地带，海拔 1900~2100m。后者在海拔 3400m 以上的宽谷、阶地、缓坡和平缓的山脊部。
4.水体生态系统	与陆生生态系统的物种组成差别大。生产者生物个体小、数量多、生命周期短、物质循环转周时间短。具有陆生生态系统不可替代的生态功能	主要为雅砻江干流和支流。
5.农业生态系统	结构简单。以人工方式输入辅助能，维持其初级生产。生态功能次于自然生态系统	分布于河谷两侧较高的阶地，主要分布在人类聚居点周围，斑块平均面积小且多不连续。
6.道路与住区生态系统	结构十分简单。植物种类单调，物质和能量靠人工输入，物质输出多为污染物	道路主要为沿雅砻江的公路，住区为分布于各处的人类居住场所。

① 森林生态系统

与其他陆生生态系统相比，森林生态系统有着相对复杂的结构，在涵养水分、保持

土壤、调节气候等诸多方面有巨大的作用。森林生态系统是评价区内分布最广、物种多样性最丰富的一类生态系统，见于评价区海拔 2100~4000m 的区域中，多在山阴、阳坡上分布。

森林生态系统中的植物物种以乔木为主，兼有部分灌木和草本植物物种。按植物群落学的分类原则，森林生态系统包含了阔叶林和针叶林两大类群落。优势种主要为桦木、川滇高山栎、云南松、长苞冷杉等。

森林生态系统的主要群落有多变柯林、白桦林、川滇高山栎林、黄背栎林等阔叶林群落，云南松林、高山松林、丽江云杉林、长苞冷杉林等针叶林群落，以及云南松-川滇高山栎混交林群落。

② 灌丛生态系统

灌丛生态系统在雅砻江卡拉水电站评价区内的面积仅次于森林生态系统。其分布范围较广，2200m~4000m 以上均有分布，常位于山脊、林线边缘、阳坡、河谷等地带，与森林和草地生态系统之间相互影响，常常位于森林到草地的过渡地带。

灌丛生态系统中有悬钩子灌丛、牡荆灌丛、守宫木灌丛、川滇高山栎灌丛、矮高山栎灌丛、腋花杜鹃灌丛等阔叶灌丛群落，较高海拔有香柏灌丛群落，干旱河谷有金合欢灌丛和华西小石积-小马鞍叶羊蹄甲灌丛群落。优势种主要为悬钩子、川滇高山栎、杜鹃、金合欢、小马鞍叶羊蹄甲等。

③ 草地生态系统

草地生态系统是雅砻江卡拉水电站评价区陆生生态系统的重要组成部分。其面积虽不如森林和灌丛生态系统广大，但分布集中，有其独特的生态功能和作用。草地生态系统的植物群落可分为两大类：稀树草丛和草甸。前者多位于海拔较低的河谷谷底地带，海拔 1900~2100m，以黄茅、芸香为优势种。后者在海拔 3400m 以上的宽谷、阶地、缓坡和平缓的山脊部，优势种为羊茅、龙胆、香青、早熟禾等。

草地生态系统植物群落外观低矮，植物个体小，密度大，空间分层不明显。主要群落有干旱河谷稀树灌草丛、蓼-禾草草丛，亚高山的羊茅-糙野青茅草甸-四川嵩草草甸。

④ 水体生态系统

雅砻江卡拉水电站评价区的水体主要包括雅砻江干流和支流。在这一区域中，河流处于典型的干旱河谷谷底。水体生态系统中，主要的生产者是浮游植物，它们数量多、个体小、生命周期短，于是系统中物质循环转周快，也是其他水生生物、鱼类、两栖动

物等的栖息地，以及一些鸟类、喜马拉雅水鼬和水獭的觅食场所。

⑤ 农业生态系统

农业生态系统属于人工生态系统。评价区内的农业生态系统，主要分布于河谷两侧较高的阶地，主要分布在人类聚居点周围，多是不连续且零散的。农业生态系统的植物群落主要以玉米、小麦、马铃薯、荞麦为主，在上铺子、麦地龙乡等地还有核桃、油桐、苹果和梨等经济果木林。农业生态系统不断地受到人的强烈的干扰，有的干扰表现出明显的周期性，如农田群落因人的耕作活动而受到周期性的强烈干扰。在农田生态系统内的生物多样性较低，以两栖爬行动物，雀形目鸟类和啮齿目兽类为主。靠以耕作、灌溉、种子、化肥、农药、各种动力形式的辅助能的输入，维持其初级生产力。

⑥ 道路与住区生态系统

道路与住区生态系统也是一类人工生态系统。在雅砻江卡拉水电站评价区内，道路主要为沿雅砻江的公路，住区为分布于各处的人类居住场所。

道路生态系统是向住区输入人类生存需要的物质和能量的基本设施，修建时将破坏道路两旁植被。住区是人类集中生活的地方，它需要从系统外输入物资（食物、纤维和日用品）和能量（电、燃油和木柴），以维持人类的生存。住区排放污染物对周边环境产生一定的影响，特别是通过地表径流污染土壤和水体等途经。

(2) 景观生态体系

利用景观生态学原理，从景观尺度上对卡拉水电站评价区的景观生态体系进行评价。首先运用 ArcGIS 软件，根据野外植被调查情况和卫星照片、森林分布资料等信息制作的植被图，制作卡拉水电站评价区景观生态体系图（见附图 9）；再利用 ArcGIS 的统计分析功能，可以得到各类景观要素类型的基础信息。

① 主要景观要素类型

从结构和功能分析，评价区主要由森林、灌丛、草地、农田、水体和道路与住区这 6 类主要斑块组成。这些组分可以是不同的生态系统，也可以是生境。

森林斑块主要由阔叶林和针叶林组成，物种组成以川滇高山栎、云南松、长苞冷杉等为主。分布广阔，面积约占评价区的 40.55%，是区域生态体系的主要调节成分。

灌丛斑块面积约占评价区的 36.42%，分布较分散。物种较多，主要包括高山栎、金合欢、羊蹄甲、蔷薇等，群落结构也较复杂。

草地斑块包括河谷灌草丛和山地草甸，面积约占评价区的 16.82%。物种数及群落

组成根据环境的不同变化较大，外观常常低矮稀疏。

农田斑块仅分布在河谷两侧较平缓阶地上的人类聚居点周边，面积占评价区的1.33%，主要植物群落为以玉米、小麦、马铃薯、荞麦为主，还有少量果木。

水体斑块主要包括评价区内的雅砻江干流及其支流，分布是典型的条带状，面积占评价区的4.36%。

道路与住区斑块是一类人工斑块，包括评价区内的公路及住房、村落等，面积很小，以点、线的形式分布，面积占评价区的0.53%。

利用雅砻江卡拉水电站评价区的景观生态体系图，可以得到并计算各类斑块类型基础信息，见表4.2-13。

电站评价区现状各类斑块的信息统计情况一览表

表4.2-13

斑块类型	斑块数量		斑块面积		斑块平均面积（hm^2/块）
	数量（块）	比例（%）	km^2	比例（%）	
森林	998	31.78	81.06	40.55	8.12
灌丛	1269	40.41	72.80	36.42	5.74
草地	691	22.01	33.62	16.82	4.86
农田	111	3.54	2.65	1.33	2.39
水体	43	1.37	8.72	4.36	20.05
道路与住区	28	0.89	1.06	0.53	6.28
总　计	3140	100	199.91	100	6.39

注：水体斑块含季节性淹没的河滩地

斑块数量排序是：灌丛＞森林＞草地＞农田＞水体＞道路与住区；斑块面积排序是：森林＞灌丛＞草地＞水体＞农田＞道路与住区。森林、灌丛和草地斑块组成的陆地自然斑块面积达到评价区的93.79%，斑块数达到94.2%，是评价区内主要的一类景观斑块。其分布广泛，多呈连续的块状或条带状分布，连通度较好。农田和道路与居住区斑块组成的陆地人工斑块面积为评价区的1.86%，斑块数为4.43%，体现了其分布较分散，多呈点状分布，斑块较破碎的特点。水体斑块以河流为主，为雅砻江及其支流等组成，呈狭长带状分布，连通度极好。

② 景观格局特征

在景观的结构单元中，通常分为三种基本组分，即斑块(patch)、廊道(corridor)和基质(matrix)。斑块泛指与周围环境在外貌或性质上不同，并具有一定内部均质性的空间单元，斑块可以是植物群落、居民点、农田等等。廊道是指景观中与相邻两边环境不同的线性或条带结构，如河流、道路、峡谷等。基质则是指景观中分布最广、连续性最大的背景结构，常见如森林基质、农田基质等。基质是景观的背景地域类型，是一种重要的景观结构单元类型，在很大程度上决定了景观的性质，对景观的动态起着主导作用。

基质的判定有 3 个标准，即相对面积大、连通程度高，动态变化中对景观的基本特征具有控制能力。采用《环境影响评价技术导则　生态影响》(HJ 19-2011)和植物群落学中优势度计算方法，计算评价区各斑块的密度(R_d)、频率(R_f)、景观比例(L_p)和优势度值(D_o)，这三个参数对优势度判定中的前两个标准有较好的反映，对第三个标准的表达不够明确，但依据景观中基质的判定步骤，当前两个标准的判定比较明确时，可以认为其中相对面积大，连通程度高的斑块类型，即为具有生境质量调控能力的斑块类型。

根据各类斑块的优势度值，进行景观生态体系的评价。优势度值计算的数学表达式如下，公式中的 i 是斑块的编号，i = 1，2，3，…，n –1，n：

设第 i 类斑块的数目是 P_i，于是斑块总数为ΣP_i，则第 i 类斑块的密度：

$$R_d = P_i / \Sigma P_i \qquad (1)$$

设第 i 类斑块在 S_i 个样方中出现，样方总数为ΣS_i，取样样方面积通常为 100m*100m，取样数量为评价区域面积的 10%，为随机取样，则第 i 类斑块的频度：

$$R_f = S_i / \Sigma S_i \qquad (2)$$

设第 i 类斑块的面积是 A_i，总面积为ΣA_i，则第 i 类斑块的景观比例：

$$L_p = A_i / \Sigma A_i \qquad (3)$$

根据第 i 类斑块的密度 R_d，频度 R_f，和景观比例 L_p，可以得到第 i 类斑块的优势度值：

$$D_o = [(R_d + R_f) / 2 + L_p] / 2 \qquad (4)$$

利用由 ArcView 制作的工程评价区景观生态体系图，对评价区内各类斑块所计算的优势度值见表 4.2-14。

工程评价区各景观要素的优势度值

表 4.2-14

斑块类型	R_d (%)	R_f (%)	L_p(%)	D_o(%)
森　林	31.78	69.49	40.55	45.59
灌　丛	40.41	61.33	36.42	43.65
草　地	22.01	49.47	16.82	26.28
农　田	3.54	2.46	1.33	2.16
水　体	1.37	17.29	4.36	6.85
道路及住区	0.89	6.84	0.53	2.20

注：R_d (%)密度、R_f (%)频率、L_p(%)景观比例、D_o(%)优势度值

优势度值的排序是：森林>灌丛>草地>水体>道路和居区>农田。自然资源类斑块占据了绝对的优势，人工斑块在评价区内只占很小的份额。从各个斑块的数据和景观结构图来看，森林斑块分布较广，面积最大，贯通整个评价区域，连通程度高，计算出的优势度值也最大，在景观格局中具有相当的重要的作用和控制力，可以视为评价区内景观格局的基质。其余各类斑块优势度值也与其斑块基本信息相一致。

③ 景观生态体系质量

景观生态体系质量的衡量标准是景观生态系统的稳定性，其稳定性取决于景观生态体系的自身稳定程度与外部干扰的强度，可以以生态系统或景观中群落的演替阶段状况和植被生物量的大小来进行评价，由此对评价区景观生态体系质量按从优到劣进行排序，详见表 4.2-15。

卡拉水电站评价区景观生态体系质量等级

表 4.2-15

斑块类型	森林	灌丛	草地	农田	水体	道路及住区
等级	1	2		3	4	

在评价区内各等级的斑块按面积大小排序为 2>1>3>4，排在前两位的森林、灌丛与草地是景观生态体系的基质和自然斑块，是景观生态体系中的控制性组分，它们的面积占了绝对优势，说明评价区的景观生态体系质量总体良好。

(3) 生物量和生产力

① 生物量

本次调查对评价区的植被类型现存生物量进行了调查和资料查阅。地面部分生物量的测定参照冯宗炜等著《中国森林生态系统的生物量和生产力》中的方法，其中灌丛生物量参用实测值；乔木生物量利用森林生态系统的生物量和生产力的经验模型（见《中国森林生态系统的生物量和生产力》、《四川森林》、《四川森林生态研究》及一系列研究论文）——大尺度上蓄积量和区域生物量经验公式估计：

$$B=V_{total}\times E_F$$

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）。

现将评价区各个植被类型的生物量统计如下表 4.2-16。

卡拉水电站评价区各植被类型的生物量汇总表

表 4.2-16

植被类型	蓄积量（m^3/hm^2）	生物量（t/hm^2）
（1）多变柯林	200	104
（2）白桦林	168	87.36
（3）川滇高山栎林	326	169.52
（4）黄背栎林	286	148.72
（5）云南松林	110	57.2
（6）高山松林	200~300	104~156
（7）云南松、川滇高山栎混交林	200	104
（8）丽江云杉林	792.5	412.1
（9）长苞冷杉林	587	305.24
（10）悬钩子灌丛		12.43
（11）牡荆灌丛		7.62

卡拉水电站评价区各植被类型的生物量汇总表

续表 4.2-16

植被类型	蓄积量（m^3/hm^2）	生物量（t/hm^2）
（12）守宫木灌丛		9.5
（13）川滇高山栎灌丛		28.52
（14）矮高山栎灌丛		17.33
（15）腋花杜鹃灌丛		14.69
（16）香柏灌丛		7.64
（17）金合欢灌丛		36.45
（18）华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛		12.55
（19）干旱河谷稀树灌草丛		7.06
（20）蓼、黄茅草丛		6.3
（21）羊茅、糙野青茅草甸		3.24
（22）四川嵩草草甸		2.17

② 生产力

生产力是标志生态系统功能特征的主要指标之一。由于生产力与气候间存在着一定的关系，从这一点出发，一些人提出了生态系统生产力与主要环境因子（温度和降水）之间的经验模型。对于大尺度上的自然生产力，人们常用这些经验公式进行估计。

根据 Holieth 生物生产力的两个经验公式：

$$P_t=3000/(1+e^{1.315-0.119t})$$

$$P_p=3000(1-e^{-0.000664p})$$

其中，

P_t：热量生产力，单位 $g/(m^2\cdot a)$；

t：年平均温度，单位℃；

P_p：水分生产力，单位 $g/(m^2\bullet a)$：

p：年降水量，单位 mm。

用上述公式可求出卡拉水电站评价区内生态系统的自然生产力大小。根据卡拉下游洼里水文站的气象资料，评价区多年平均气温为 17.2℃，多年平均年降水量为

796.70mm。热量生产力计算结果为 2026g/（m^2·a），而水分生产力为 1222 g/（m^2·a）。

分别计算出热量生产力和水分生产力后，根据 Shelford 耐受性法则和 Liebig 最小因子定律，水分是卡拉水电站评价区自然生产力的限制因子，这种结果符合该地区处于干热河谷地带的现实状况，因此，评价区的自然生产力约为 1232 g/（m^2·a）。

4.2.2 水生生态

4.2.2.1 江段历史调查及研究成果

雅砻江河段水生生态调查研究工作可以追溯到上世纪 80 年代，先后由四川师范大学、攀枝花师范大学、西南师范大学、四川大学、中国科学院水生生物研究所、四川省水产研究所、华中农业大学等科研机构对江段的水生生态开展了调查和研究，累积了不少宝贵的研究成果。四川师范大学于 1994 年对锦屏一级水电站、桐子林水电站河段进行了水生生物本底现状的调查，1996 年对二滩库区水生生物多样性进行了调查，2004 年对官地水电站河段进行了水生专题调查；中国科学院水生生物研究所于 2005 年对锦屏二级水电站水生生态进行了专题调查；华中农业大学于 2005 年对雅砻江中游（两河口~卡拉江段）进行了水生生物专题调查；四川省水产研究所于 2007 年对两河口水电站河段进行了水生生态专题调查；水利部中国科学院水工程生态研究所于 2013 年对雅砻江中下游河段进行了水生生态专题调查。

雅砻江河段水生生物的调查工作由来已久，成果也较为丰富，本报告部分引用了上述专题报告中的成果，并查阅了其他相关历史资料，以便较为全面地对江段水生生态进行描述和分析。

4.2.2.2 调查时间、范围及断面设置

我院于 2009 年 4 月委托水利部中国科学院水工程生态研究所对卡拉水电站所在江段内的水生生态环境进行了专题调查；并在 2013 年 8 月，结合雅砻江中下游河段水电开发环境影响回顾性评价对江段水生生态进行了补充资料收集和调查。

(1) 调查时间

2009 年 4 月、2009 年 10 月和 2013 年 8 月。

(2) 调查范围

调查范围为杨房沟坝址至锦屏一级坝址河段干流及其间的主要支流。

(3) 调查断面设置

根据控制性、代表性原则，结合雅砻江中游规划环评阶段调查、锦屏一级（雅砻江下游）水电站环评阶段调查及各梯级布置情况，进行水生生态现状调查的断面布设。水

生生物调查和水体理化性质监测在干流布设 5 个断面，分别为杨房沟（杨房沟水电站坝址处）、卡拉库区（杨房沟与卡拉坝址中间）、卡拉（卡拉水电站坝址处）、锦屏一级库尾和锦屏一级坝址，在主要支流布设 2 个断面，分别为九一七沟和九一三沟。

鱼类资源调查以区域性调查为主，不设固定的调查监测断面。调查范围为杨房沟坝址～锦屏一级坝址之间干流及主要支流。

4.2.2.3 浮游植物

(1) 种类组成

评价区共检出浮游植物计 4 门 45 属 88 种，以硅藻门为主，有 24 属 61 种、占总种数的 69.32%；绿藻门 13 属 16 种、占总种数的 18.18%；蓝藻门 7 属 10 种、占总种数的 11.36%，裸藻门 1 属 1 种、占总种数的 1.14%。调查支流硅藻门种类比干流稍有减少，绿藻门、蓝藻门种类稍有增加，干流各断面与支流断面种类组成差异并不明显。

浮游植物优势种干流为脆杆藻、桥弯藻、舟形藻和异极藻等；支流九一三沟优势种为桥弯藻、脆杆藻、针杆藻、异极藻、舟形藻等；支流九一七沟优势种为舟形藻、脆杆藻、针杆藻、直链藻、异极藻、卵形藻等。

调查水域各断面浮游植物种类数由高到低依次为支流九一七沟＞卡拉库区＞锦屏一级库尾＞杨房沟坝址、锦屏一级坝址＞卡拉坝址＞支流九一三沟。

调查水域各断面浮游植物种类数秋季明显多于春季。支流本身水量较干流小，受来水增加影响更明显，支流各断面浮游植物种类数春季与秋季的差异较干流明显。

调查水域浮游植物名录见附录 1。调查水域浮游藻类种类组成见表 4.2-17，图 4.2-1。

调查水域浮游植物种类组成

表 4.2-17

	干 流															支 流					
	杨房沟坝址			卡拉库区			卡拉坝址			锦屏一级库尾			锦屏一级坝址			九一七沟			九一三沟		
	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计
硅藻门	17	22	29	21	21	33	19	21	30	17	24	34	19	22	30	11	20	29	14	19	26
绿藻门	5	5	8	5	7	9	4	5	6	5	4	6	4	5	8	6	8	11	6	5	10
蓝藻门	4	3	6	3	3	4	2	3	5	4	4	5	4	4	5	4	4	7	2	4	5
裸藻门	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	26	30	43	29	31	46	25	30	42	26	32	45	27	31	43	21	32	47	22	28	41

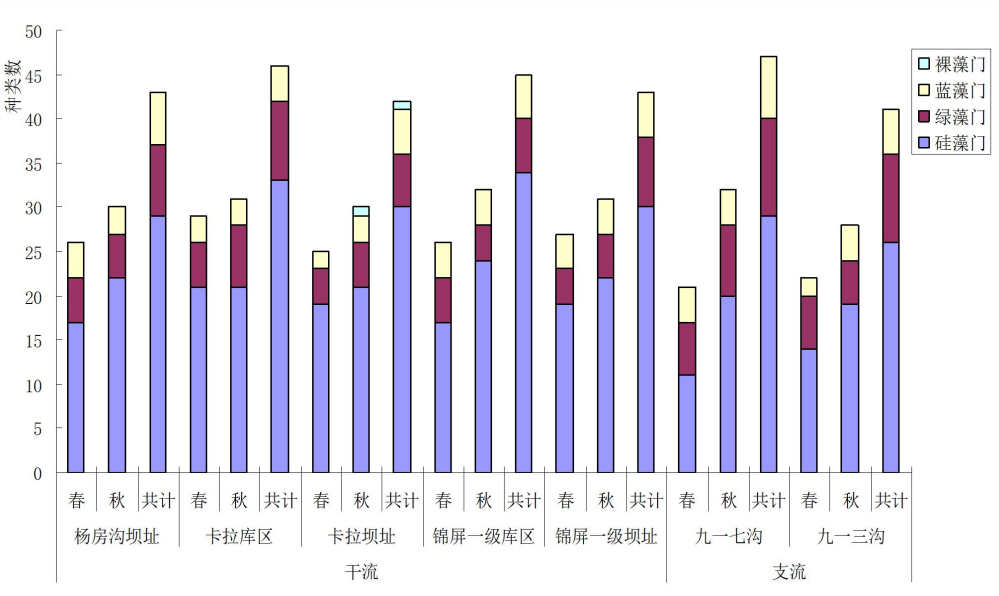


图 4.2-1 调查水域浮游植物种类组成

(2) 浮游植物现存量

① 密度

调查水域浮游植物生物量平均 1694639ind./L，以硅藻门为主，有 1591118ind./L、占 93.9%；其次为绿藻门，有 66582ind./L，占 3.9%；蓝藻门 36939ind./L、占 2.2%。干流各断面浮游植物密度无显著性差异，干流密度稍高于支流；总体上干流密度秋季稍高于春季，支流春季密度明显高于秋季，见图 4.2-2。

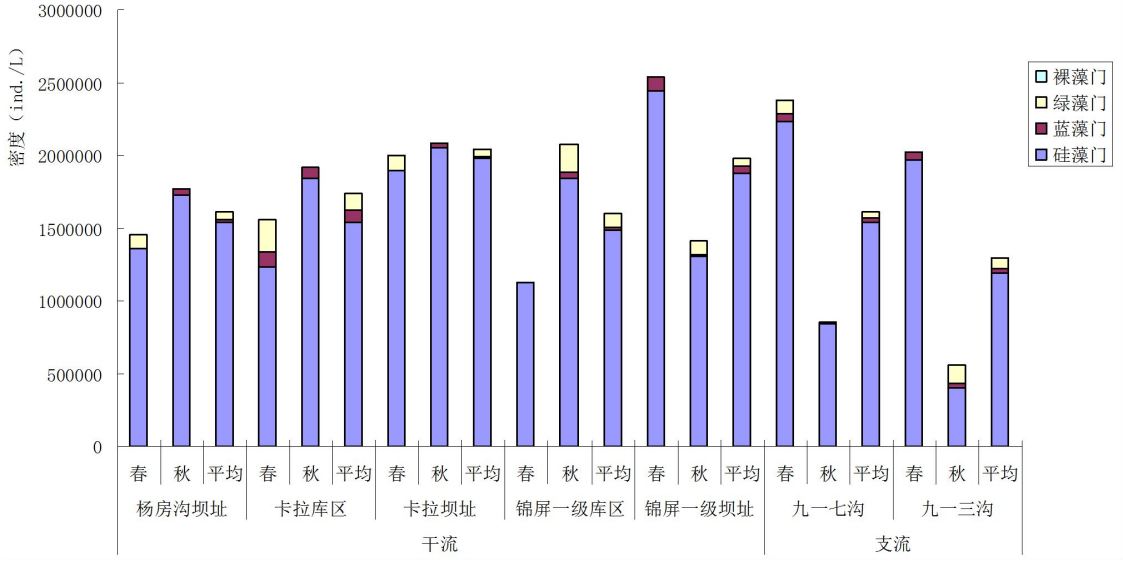


图 4.2-2 评价区各断面浮游植物密度

② 生物量

调查水域浮游植物生物量平均 9226×10^{-4}mg/L，以硅藻门为多，8964×10^{-4}mg/L、占 97.2%；其次为绿藻门 158×10^{-4}mg/L、占 1.7%；蓝藻门 104×10^{-4}mg/L、占 1.1%。干流各断面浮游植物生物量无显著性差异，干流生物量稍高于支流。总体上干流生物量春季稍高于秋季，支流春季生物量明显高于秋季，见图 4.2-3。

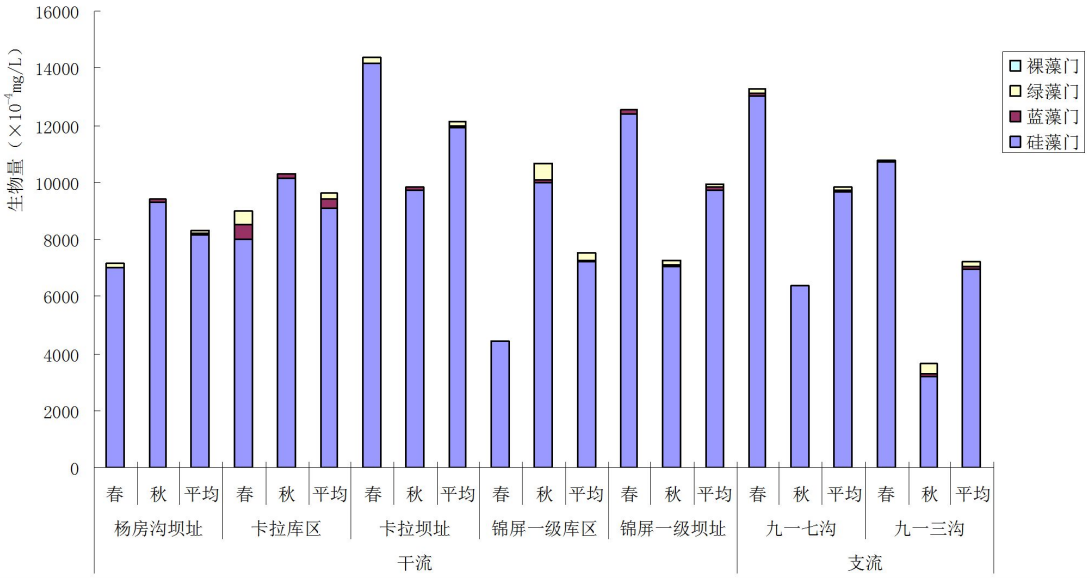


图 4.2.2-3 评价区各断面浮游植物生物量

(3) 生物多样性

藻类生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数计算公式，调查水域各断面浮游植物多样性指数见表 4.2-18。

评价区浮游植物多样性指数及物种数

表 4.2-18

		杨房沟坝址	卡拉库区	卡拉坝址	锦屏一级库尾	锦屏一级坝址	九一七沟	九一三沟
春季	多样性指数	3.04	3.12	2.98	3.05	2.97	2.69	2.74
	种类数	26	29	25	26	27	21	22
秋季	多样性指数	3.46	3.56	3.25	3.26	3.38	3.48	2.53
	种类数	30	31	30	32	31	32	28

从表中可以看出，评价区浮游植物生物多样性指数较高均高于 2.5，表明浮游植物种类丰富而且各种类数量均匀。评价区枯水期各断面 Shannon-Wiener 藻类生物多样性指数均大于 2.5，大多断面大于 3，说明调查断面水质清洁。

(4) 现状综合分析

从浮游植物群落结构看，调查区域浮游植物表现为典型的河流特征。

调查区域检出浮游植物 4 门 40 属 80 种，常见种类有变异直链藻、膨胀桥弯藻、钝脆杆藻、尖针杆藻、长等片藻、缢缩异极藻、细丝藻、小席藻等。干流秋季浮游植物种类数较春季多。

调查区域浮游植物密度为 1726494ind./L，其中春季为 1984679ind./L，秋季为 1468309ind./L。干流各断面浮游植物密度差异不明显，春季稍高于秋季。支流浮游植物密度春季明显高于秋季。调查区域浮游植物密度总体较低。浮游植物密度组成以硅藻门为主，秋季硅藻门比例高于春季。

调查区域浮游植物生物量平均为 9409mg/L，春季为 10345mg/L，秋季为 8473mg/L。干流各断面浮游植物生物量差异不明显，春季稍高于秋季。支流浮游植物生物量春季明显高于秋季。调查区域浮游植物生物量总体较低。浮游植物生物量组成以硅藻门为主，秋季硅藻门比例高于春季。

雅砻江干流调查江段位于高山峡谷地带，水流湍急，急流生态系统特征明显，其浮游植物主要依赖于上游输入和支流汇入。调查江段河谷两岸人口较少，工业不发达，社会经济相对较落后，水质较好，河流水体外源性营养输入变化不大，加上水流急，水温低，卡拉河段干流 2013 年与 2009 年浮游植物调查结果无显著差异。总体上调查区浮游植物群落结构变化不显著。浮游植物现存量总体处于较低水平，表现出以硅藻占绝对优势的激流生境浮游植物组成特点，干流各采样点浮游植物现存量近似，没有明显差异。秋季由于地表径流汇集了各种水体的浮游植物，浮游植物种类较春季多。秋季干流水体江段流量大，水流湍急，泥沙含量高，透明度也较春季低，使得秋季浮游植物的现存量相对较春季低。由于秋季来水增大对干流影响并不明显，因此，干流秋季浮游植物的现存量与春季相似，干流平均秋季较春季稍低；而秋季来水的增加对支流影响则较明显，使得支流秋季浮游植物现存量明显低于春季。

4.2.2.4 浮游动物

(1) 种类组成

评价区检出浮游动物25属54种，其中原生动物16属43种、占总种类的79.63%，轮虫9属12种、占总种数的20.37%，枝角类和桡足类未检出。

调查江段浮游动物种类组成以原生动物为主，其次为轮虫。原生动物常见种为：片

口匣壳虫 *Centropyxis platystoma*、针棘匣壳虫 *C. aculeata*、表壳圆壳虫 *Cyclopyxis arcellodes*、巢居法帽虫 *Phryganella nidulus*；轮虫的常见种为：旋轮虫 *Philodina sp.*、转轮虫 *Rotaria rotatoria*。

调查江段浮游动物种类时空分布为干流多于支流。春季种类数多于秋季，干流各断面差异不显著，支流各断面差异也不显著。

调查水域浮游动物名录见附录 1。调查水域浮游动物种类组成见表 4.2-19，图 4.2-4。

调查水域浮游动物种类组成

表 4.2-19

	干 流															支 流					
	杨房沟坝址			卡拉库区			卡拉坝址			锦屏一级库尾			锦屏一级坝址			九一七沟			九一三沟		
	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计	春	秋	共计
原生动物	17	10	21	16	9	20	22	9	26	21	1	22	18	5	21	13	8	18	9	13	20
轮虫	4	3	5	2	2	4	5	0	5	6	1	7	7	1	8	4	2	4	3	0	3
合计	21	13	26	18	11	24	27	9	31	27	2	29	25	6	29	17	10	22	12	13	23

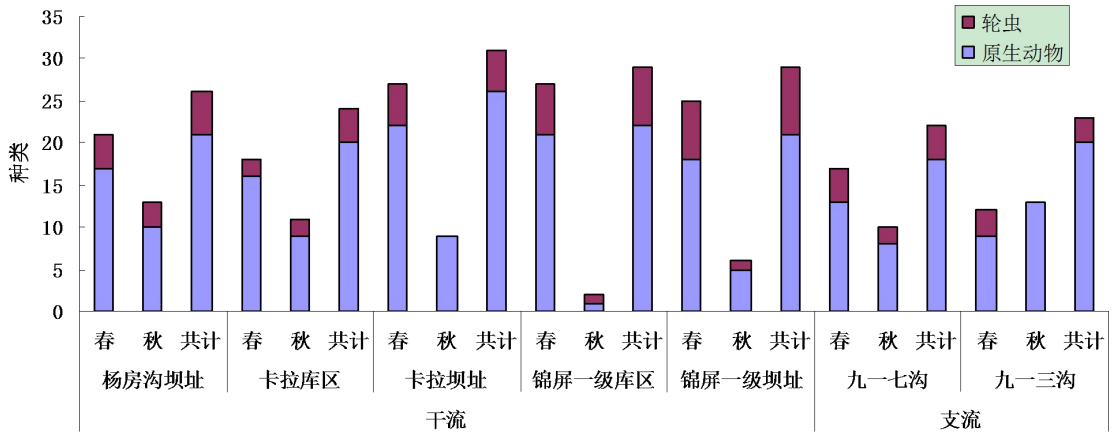


图 4.2-4 调查水域浮游动物种类组成

(2) 浮游动物现存量

① 密 度

评价区浮游动物平均密度为 376.03ind./L，其中原生动物 364.29ind./L、占 96.88%，轮虫 11.74ind./L、占 3.12%，枝角类和桡足类未检出。春季浮游动物密度明显高于秋季。

干流浮游动物密度高于支流，支流九一三沟和九一七沟浮游动物平均密度相同，见图4.2-5。

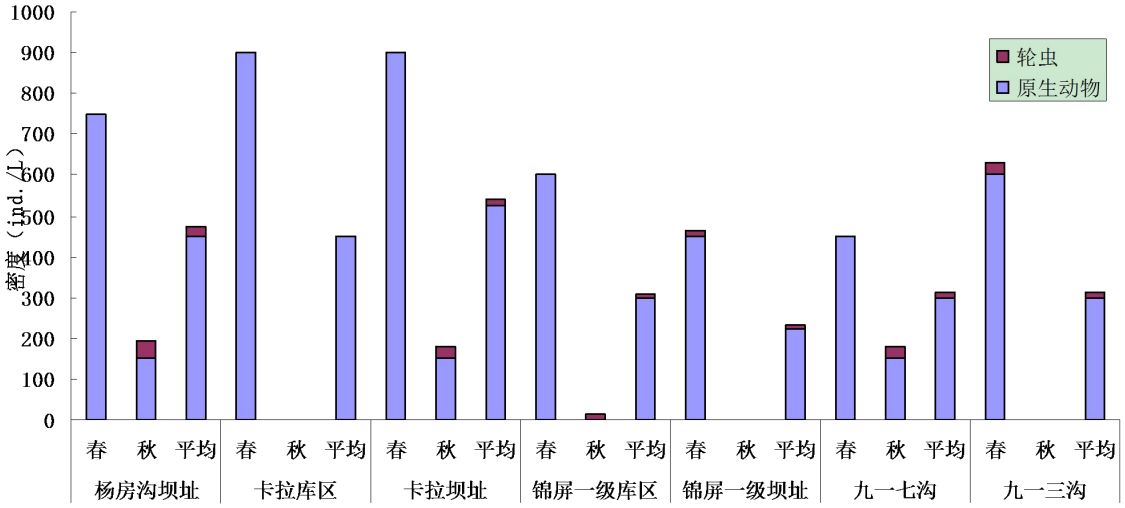


图 4.2-5 评价区浮游动物密度

② 生物量

评价区浮游动物平均生物量为0.0323mg/L，其中原生动物0.0182 mg/L、占56.39%，轮虫0.0141mg/L、占43.61%。春季浮游动物平均生物量高于秋季。干流浮游动物平均生物量由高到低依次为：杨房沟坝址>卡拉坝址>锦屏一级库尾>卡拉库区>锦屏一级坝址。干流浮游动物密度明显高于支流，支流九一七沟浮游动物平均生物量和九一三沟相同，见图4.2-6。

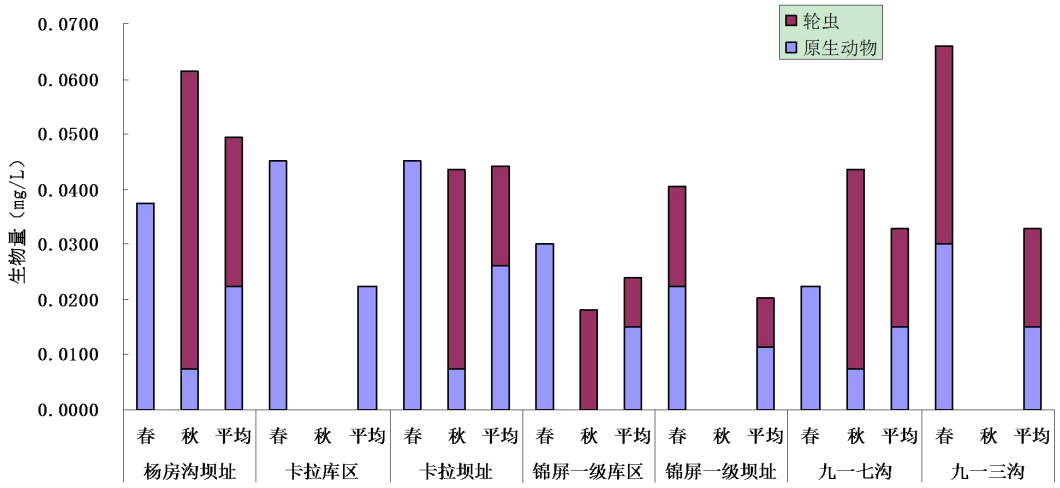


图 4.2-6 评价区浮游动物生物量

(3) 现状综合分析

河流浮游动物的动态变化取决于水质、水温、透明度及流速等因素。雅砻江卡拉江段河流悬移质含沙量的年际变化较为稳定。因此，在河流径流模式不变的前提下，卡拉江段浮游动物关键在于水质。调查江段为高原急流生境开放性水体，浮游动物生长所需营养物质主要由上游干流、区间支流输入，相应地调查江段浮游动物现存量受上游干流及区间支流影响较大。雅砻江工农业开发程度相对较低，调查江段外源性营养输入有限，加上水流湍急，水温低，浮游动物种类和现存量较低。浮游动物组成中，以小型的原生动物、轮虫占绝对优势，大型的枝角类和桡足类未检出，表现为典型的激流生境浮游动物群落结构特点。

卡拉河段干流 2013 年与 2009 年浮游动物调查结果无显著差异，总体上调查区浮游动物群落结构变化不显著。干流浮游动物在空间分布上变化规律不明显，在时间分布上春季浮游动物种类和现存量高于秋季，主要因为春季降水量较少，处于枯水期，水体中营养物质相对较多，有利于浮游动物中原生动物、轮虫的生长繁殖。秋季降水较多，水体营养物质含量较低，因此秋季生物量较春季少。

支流浮游动物种类和生物量略低于干流，主要因为受高山峡谷的影响，区域社会经济较落后，进入水体的外源性营养较少，水体营养成分不高，不利于浮游动物的生长繁殖，因此浮游动物种类、生物量少于干流。

4.2.2.5 底栖动物

(1) 种 类

评价区底栖动物 22 种，其中环节动物 2 种，占 9.09%，节肢动物 20 种，占 90.91%，节肢动物门种类占绝对优势。雅砻江卡拉段山高谷深，江水水流急，落差大，底质以砂石、砾石为主，优势种由二翼蜉、二尾蜉、石蝇等喜流水、好氧型种类组成。

因各断面水文情势不尽相同，特别是干流与支流差异非常明显，底栖动物种类水平分布较为不均。底栖动物种类分布表现为干流河段各断面底栖动物种类分布无显著差异，支流种类明显高于干流。评价区春、秋季底栖动物种类数差异不大，组成基本相似，调查水域底栖动物名录见附录 1，评价区底栖动物种类见图 4.2-7。

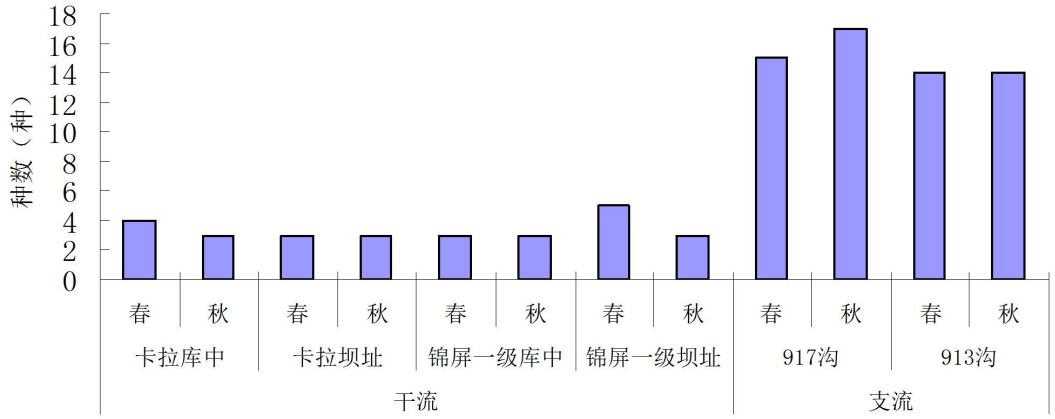


图 4.2-7 评价区底栖动物种类

(2) 现存量

① 密 度

评价区底栖动物密度平均 173ind./m^2，环节动物、节肢动物所占比重分别为 1.16%、98.84%。底栖动物密度组成以节肢动物占绝对优势。底栖动物密度干流各断面差异不显著，支流明显高于干流。各断面春季底栖动物密度稍高于秋季，两季底栖动物密度无显著性差异。

② 生物量

评价区底栖动物生物量平均 3.69g/m^2，环节动物、节肢动物所占比重分别为 0.54%、99.64%。底栖动物生物量组成以节肢动物占绝对优势，底栖动物生物量干流各断面差异不显著，支流明显高于干流。各断面春季底栖动物生物量稍高于秋季，两季底栖动物生物量无显著性差异。

评价区底栖动物现存量见表 4.2-20。

评价区底栖动物现存量

表 4.2-20

			密度(ind./m²)				生物量(g/m²)			
			环节动物	节肢动物	合计	平均	环节动物	节肢动物	合计	平均
干流	卡拉库中	春	2	5	7	6	0.04	0.09	0.13	0.11
		秋	0	4	4		0.00	0.08	0.08	
	卡拉坝址	春	0	4	4	4	0.00	0.09	0.09	0.08
		秋	0	3	3		0.00	0.07	0.07	
	锦屏一级库中	春		6	6	4		0.12	0.12	0.08
		秋	0	2	2		0.00	0.03	0.03	
	锦屏一级坝址	春		2	2	3		0.03	0.03	0.04
		秋	0	3	3		0.00	0.04	0.04	
	平均	春	1	4	5	4	0.01	0.08	0.09	0.07
		秋	0	3	3		0.00	0.06	0.06	
支流	917 沟	春		425	425	413		7.12	7.12	7.08
		秋		401	401			7.03	7.03	
	913 沟	春	10	608	618	607	0.12	15.60	15.72	14.78
		秋	8	587	595		0.09	13.75	13.84	
	平均	春	5	517	522	510	0.06	11.36	11.42	10.93
		秋	4	494	498		0.05	10.39	10.44	
评价区平均		春	2	175	177	173	0.03	3.84	3.87	3.69
		秋	1	167	168		0.02	3.50	3.52	

(3) 生物多样性

底栖动物生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数计算公式，评价区各断面底栖动物多样性指数见表 4.2-21。

评价区底栖动物生物多样性指数

表 4.2-21

断面	干 流								支 流			
	卡拉库中		卡拉坝址		锦屏一级库中		锦屏一级坝址		917 沟		913 沟	
	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋
种类数	5	3	3	3	3	3	5	3	17	18	16	15
多样性指数	2.25	1.5	1.58	1.58	1.5	1.58	2.34	1.58	2.98	2.74	2.75	2.64

干流断面除卡拉库中枯水期、锦屏一级坝址枯水期外，H 值都在 2 以下，显示干流河段底栖动物种类、数量分布整体较少；支流断面 H 值整体在 2.5 以上，显示支流水质较好，底栖动物种类、数量分布较多。

(4) 现状综合分析

整体看评价区底栖动物组成以好氧、喜流水型类群为主，调查区 2013 年与 2009 年底栖动物调查结果无显著差异。种类和现存量分布均较低，其中干流河段水流湍急，底质主要为砾石、砂石，底栖动物分布整体较为贫乏，种类结构较为简单，除节肢动物外，仅个别环节动物种类有少量分布，各断面底栖动物种类、现存量水平分布无显著差异。支流水体流速相对较缓，底质以砾石为主，各断面底栖动物水平分布差异不明显，其底栖动物种类、现存量分布整体远高于干流。从底栖动物季节变化看，评价区秋季种类、现存量整体略低于春季，但两季差异不显著。

4.2.2.6 鱼 类

4.2.2.6.1 调查区江段鱼类分布与种类

本调查自木里县杨房沟坝址至盐源县洼里，采集到鱼类 700 余尾，根据采集到种类及走访调查的结果，并依据有关文献对部分种名及分布进行校核订正，调查区段共有鱼类 39 种，分属 2 目 6 科 28 属。其中鲤形目 23 属 32 种，占种数的 82.1%；鲇形目 5 属 7 种，占种数的 17.9%。科一级水平上，列前 3 位的依次是鲤科 15 属 19 种，占 48.7%；鳅科 6 属 10 种，占 25.6%；鮡科 3 属 5 种，占 12.8%。

卡拉水电站调查区域鱼类名录及分布表 4.2-22，调查区域鱼类分类构成表 4.2.2-7。

卡拉水电站调查区域鱼类名录及分布

表 4.2-22

种　　类	调查分布区域					关注种类		
	三岩龙	麦地龙	卡拉	洼里	小金河	特有种	保护种	红皮书
Ⅰ.鲤形目 CYPRINIFOMES								
1.鳅科 Cobitidae								
条鳅亚科 Nemacheilinae								
副鳅属 *Paracobitis* Bleeker								
红尾副鳅 *Paracobitis variegates*(Sauvage,Dabry *et* Thiersant)		☆	☆		☆			
短体副鳅 *Paracobitis potanini* (Günther)				☆	★	◇		
山鳅属 *Oreias* Sauvage								
山鳅 *Oreias dabryi* Sauvage	★	★	★	★				
高原鳅属 *Triplophysa* Rendahl								
短尾高原鳅 *Triplophysa brevicauda* (Herzenstein)	★		★	★				
勃氏高原鳅 *Triplophysa bleekeri* (Sauvage *et* Dabry)			★		★	◇		
斯氏高原鳅 *Triplophysa stoliczkae* (Steindachner)	★	★		★				
沙鳅亚科 Botiinae								
沙鳅属 *Botia* Gray								
中华沙鳅 *Botia superciliaris* Günther	☆	☆			☆			
宽体沙鳅 *Botia reevesae* Chang					☆	◇		
薄鳅属 *Leptobotia* Bleeker								
长薄鳅 *Leptobotia elongate* (Bleeker)	☆	☆	☆			◇		VU
花鳅亚科 Cobitinae								
泥鳅属 *Misgurnus* Lacépède								
泥鳅 *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor)		☆	☆	☆				
2.鲤科 Cyprinidae								
雅罗鱼亚科 Leuciscinae								

卡拉水电站调查区域鱼类名录及分布

续表 4.2-22

种　　类	调查分布区域					关注种类		
	三岩龙	麦地龙	卡拉	洼里	小金河	特有种	保护种	红皮书
草鱼属 *Ctenopharyngodon* Steindachner								
草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* (Cuvier *et* Valenciennes)	☆	★	☆	☆	☆			
鮈亚科 Gobioninae								
铜鱼属 *Coreius* Jordan et Stark								
圆口铜鱼 *Coreius guichenoti* (Sauvage *et* Dabry)	☆		☆	☆		◇		
麦穗鱼属 *Pseudorasbora* Bleeker								
麦穗鱼 *Pseudorasbora parva*（Temminck *et* Schlegel）		☆			☆			
吻鮈属 *Rhinogobio* Bleeker								
长鳍吻鮈 *Rhinogobio ventralis* (Sauvage *et* Dabry)	☆	☆	☆	☆		◇		
鳅鮀亚科 Gobiobotinae								
异鳔鳅鮀属 *Xenophysogobio* Chen *et* Tsao								
裸体异鳔鳅鮀 *Xenophysogobio nudicorpa*（Huang *et* Zhang）			☆		☆	◇	●	
鲃亚科 Barbinae								
鲈鲤属 *Percocypris* Chu								
鲈鲤 *Percocypris* pingi pingi	☆	☆		☆	☆	◇	●	VU
白甲鱼属 *Onychostom* Günther								
白甲鱼 *Onychostom simus*（Sauvage *et* Dabry）		☆	☆		☆			
野鲮亚科 Labeoinae								
泉水鱼属 *Pseudogyrinocheilus* Fang								
泉水鱼 *Pseudogyrinocheilus prochilus*（Sauvage *et* Dabry）	☆	☆	☆	☆		◇		
墨头鱼属 *Garra* Hamilton								
墨头鱼 *Garra pingi pingi*（Tchang）					☆			
盘鮈属 *Discogobio* Lin								

卡拉水电站调查区域鱼类名录及分布

续表 4.2-22

种　　类	调查分布区域					关注种类		
	三岩龙	麦地龙	卡拉	洼里	小金河	特有种	保护种	红皮书
云南盘鮈 *Placocheilus yunnanensis* （Regan）		☆	☆		☆			
裂腹鱼亚科 Schizothoracinae								
裂腹鱼属 *Schizothorax* Heckel								
短须裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) wangchiachii* (Fang)	★	★	★	★	★	◇		
长丝裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) dolichonema* Herzenstein	★	★	★	★	★	◇	●	EN
细鳞裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) chongi* (Fang)	★					◇	●	
四川裂腹鱼 *Schizothorax (Racoma) kozlovi* Nikolsky	★	★	★	★	★	◇		
齐口裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) prenanti* (Tchang)	★		★			◇		
裸裂尻鱼属 *Schizopygopsis* Steindachner								
软刺裸裂尻鱼 *Schizopygopsis malacanthus malacanthus Herzenstein*	★		☆		★	◇		
裸鲤属 *Gymnocypris* Günther								
松潘裸鲤 *Gymnocypris potanini firmispinatus*	☆	☆			☆	◇	●	
鲤亚科 Cyprininae								
鲤属 Cyprinus Linnaeus								
鲤 *Cyprinus carpio* Linnaeus		☆		☆	☆			
鲫属 Carassius Nilsson								
鲫 *Carassius auratus* (Linnaeus)		☆		☆	☆			
3.平鳍鳅科 Homalopteridae								
平鳍鳅亚科 Homalopterinae								
犁头鳅属 Lepturichthys Regan								
犁头鳅 Lepturichthys fimbriata（Günther）	☆	★	★	☆	★			
金沙鳅属 *Jinshaia* Kottelat *et* Chu								
短身金沙鳅 *Jinshaia abbreviata*（Günther）	★					◇		

卡拉水电站调查区域鱼类名录及分布

续表 4.2-22

种　　类	调查分布区域					关注种类		
	三岩龙	麦地龙	卡拉	洼里	小金河	特有种	保护种	红皮书
中华金沙鳅 *Jinshaia sinensis*（Sauvage et Thiersant）	★	★	★	★	★	◇		
Ⅱ．鲇形目 SILURIFORMES								
4. 钝头鮠科 Amblycipitidae								
属 *Liobagrus* Hilgendorf								
白缘　*Liobagrus marginatus* (Bleeker)					★			
5.鲇科 Silurdae		☆						
鲇属 *Silurus* Linnaeus								
鲇 *Silurus asotus* Linnaeus		☆						
6.鮡科 Sisoridae								
纹胸鮡属 Glyptothorax Blyth								
福建纹胸鮡 *Glyptothorax fokiensis fokiensis*（Rendahl）	☆	☆	★	★	☆			
石爬鮡属 *Euchiloglanis* Regan								
黄石爬鮡 *Euchiloglanis kishinouyei* Kimura	★	★	★	★	★			EN
青石爬鮡　*Euchiloglanis davidi* (Sauvage)	★		★			◇	●	CR
鮡属 *Pareuchiloglanis* Pellegrin								
中华鮡 *Pareuchiloglanis sinensis* (Hora *et* Silas)			★	★		◇	●	EN
前臀鮡 *Pareuchiloglanis anteanalia* Fang，Xu *et* Cui	★	★	★	★	★	◇		

注：“★”表示采集到的种类，“☆”表示调查访问存在种类，“◇”表示长江上中游特有种类，“●”表示四川省野生动物保护名录（含原名录及新增名录）种类，“VU”、“EN”、“CR”分别表示易危、濒危、极危种。

调查区域鱼类分类构成

表 4.2-23

目	科	属	%	种	%
鲤形目	鳅科	6	21.4	10	25.6
	鲤科	15	53.6	19	48.7
	平鳍鳅科	2	7.1	3	7.7
鲇形目	钝头鮠科	1	3.6	1	2.6
	鲇科	1	3.6	1	2.6
	鮡科	3	10.7	5	12.8
总 计	6	28	100.0	39	100.0

4.2.2.6.2 调查江段鱼类区系特征

本次调查到的 39 种鱼类大致可划分为 5 个类群：

(1) 西南山地类群 该类群在本江段主要包括鳅科条鳅亚科副鳅属、山鳅属及沙鳅亚科薄鳅属种类，鲃亚科、野鲮亚科、鮈亚科种类，平鳍鳅亚科种类，鮡科石爬鮡及鮡属种类，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，是该水域的主要特征类群。属于该类群的鱼有红尾副鳅、短体副鳅、山鳅、长薄鳅、鲈鲤、白甲鱼、云南盘鮈、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、犁头鳅、短身金沙鳅、中华金沙鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡、前臀鮡等 16 种，占该水域鱼类种类的 41.0%。

(2) 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，也是该水域鱼类的重要特征类群。属于该类群的种类有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、短尾高原鳅、勃氏高原鳅、斯氏高原鳅等 10 种，占该水域鱼类的 25.6%。

(3) 晚第三纪复合体类群 属该类群的鱼类有中华沙鳅、宽体沙鳅、泥鳅、鲤、鲫、鲇等，多为养殖移入种类，占占该水域鱼类种类的 15.6%。

(4) 东亚平原类群 属该类群的有裸体异鳔鳅鲇、草鱼、麦穗鱼。其中草鱼多为上游信众放生进入，其余部分为沿江鱼池逃入。麦穗鱼为带入种。

(5) 南方热带山地鱼类 属该类群有墨头鱼、泉水鱼、白缘 、福建纹胸鮡 4 种。

综上所述，本江段鱼类主要由西南山地类群、青藏高原区系类群构成，两大类群合

计占鱼类种类的 66.6%，显示该江段所处的由青藏高原边缘向四川平原过渡地理区位特征。少量的人为移入或带入种也显示该水域鱼类受到一定程度的人为影响。

4.2.2.6.3 评价江段鱼类的生态习性

(1) 栖息习性

调查区域水体的流速很大，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生活的群体构成。它们适应特点多样，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，如泉水鱼、云南盘鮈和平鳍鳅科、鮡科鱼类；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，如条鳅亚科鱼类；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，以快速的游泳能力适应峡谷急流水体底层的多种环境，如裂腹鱼亚科的鱼类和圆口铜鱼、长鳍吻鮈等种类。

根据鱼类的栖息特点，调查江段鱼类大致可分为以下几个类群。

① 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，以附着藻类等为食。这一类鱼有有野鲮亚科泉水鱼、墨头鱼、云南盘鮈，平鳍鳅科犁头鳅、短身金沙鳅、中华金沙鳅，鮡科福建纹胸鮡、黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡、前臀鮡等 11 种，占鱼类种数的 28.2%。

② 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，适应于急流水底环境中生活。其中一类以底栖无脊椎动物为食，如圆口铜鱼、长鳍吻鮈、白甲鱼、裸体异鳔鳅鮀；另一类以水底砾石等物体表面附着藻类为食，有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤等，长薄鳅、鲈鲤则以鱼类为食，共 13 种，占鱼类种数的 33.3%。

③ 洞隙类群 此类群主要生活在流水水底洞穴中及砾石缝隙间，以发达口须感知水底低等无脊椎动物为食。包括红尾副鳅、短体副鳅、山鳅、短尾高原鳅、勃氏高原鳅、斯氏高原鳅、中华沙鳅、宽体沙鳅、白缘𩽾等 9 种，占鱼类种数的 25.6%。

④ 静缓流类群 此类群适宜生活于静缓流水中，多为放入或带入或逃入种。这类鱼有鲤、鲫、草鱼、鲇、麦穗鱼、泥鳅等 6 种，占鱼类种类的 15.4%。

(2) 繁殖习性

调查水域分布鱼类依产卵特性可分为 2 个类群。

① 产粘性卵类群

本江段绝大多数鱼类为产粘性卵类群。

短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、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，鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在水流的不断冲击中顺利孵化。这些鱼类繁殖季节略有差别，齐口裂腹鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖季节一般在每年 3～4 月，据当地渔民反映甚至 2 月就已开始，细鳞裂腹鱼的繁殖期在每年 4～6 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℃，性成熟年龄多在 3～4 龄，怀卵量约为 2～4 万粒。松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼主要生活于雅砻江上游的宽谷河段，繁殖季节较晚，一般在 6～7 月及 8～9 月。

中华金沙鳅、短身金沙鳅、福建纹胸鮡、青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、前臀鮡等生活于急流中的种类，繁殖一般也在此类水域环境中，所产粘沉性卵受精后粘附于水底砾石上发育。中华金沙鳅繁殖季节在每年 4～6 月，福建纹胸鮡生殖期在 5～6 月，青石爬鮡在 5～7 月，黄石爬鮡、中华鮡、前臀鮡产卵期均在 6～7 月。

短尾高原鳅、斯氏高原鳅、勃氏高原鳅、山鳅、红尾副鳅、中华沙鳅等鳅科种类，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。如斯氏高原鳅 7～8 月繁殖，怀卵量 2000～5000 粒；勃氏高原鳅 5～7 月繁殖，怀卵量多在 300～700 粒之间；红尾副鳅 6~8 月繁殖，怀卵量约 500~600 粒。这类鱼主要以繁殖规模来保证种群的延续。

泉水鱼、墨头鱼均为每年 3～4 月产卵，泉水鱼在石缝或石洞内产卵，墨头鱼则在流水的石滩上集群产卵，卵粘性。鲈鲤生殖季节在 5～6 月，在水深、水面开阔流态紊乱的流水中产卵。

少数鱼类产卵时不需要水流刺激，可在静缓流水环境下繁殖，产粘性卵，其卵有的黏附于水草发育，如鲤、鲫、泥鳅等；有的黏附于砾石，如鲇、麦穗鱼，这类鱼基本是外来种类。

② 产漂流性卵类群

产漂流性卵鱼类，产卵需要湍急的水流条件，通常在汛期洪峰发生后产卵。这一类鱼卵比重略大于水，但产出后卵膜吸水膨胀后，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游泳能力后，才能游到浅水或缓流处停歇。从卵产出到仔鱼具备溯游能力，一般需要 30 或 40 小时以上，有的需要时间更长。这类鱼有圆口铜鱼、长鳍吻鮈、长薄鳅、犁头鳅、草鱼等。

长薄鳅在江河涨水时溯水上游繁殖，繁殖期 3~5 月，怀卵量 10000~30000 粒，分批产卵。犁头鳅繁殖期 4 月中旬至 6 月中旬，在水流湍急的峡谷江段卵，怀卵量一般为 300~500 粒。圆口铜鱼在流态复杂紊乱激流深潭产漂流性卵，繁殖期在 4~6 月，怀卵量 10000~40000 粒，产卵盛期在 4 月下旬至 5 月下旬期间。长鳍吻鮈的繁殖季节在 3~4 月，产卵水温为 14.5~19.0℃。草鱼为外来移入种，此河段水温难以达到其繁殖要求。

(3) 食性

调查江段鱼类以食性可划分为 5 个类群。

① 以着生藻类为食的类群 该类群有泉水鱼、墨头鱼、云南盘鮈、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼等。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，该类群以固着藻类及有机碎屑为食。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。

② 以底栖无脊椎动物为食的类群 该类群有红尾副鳅、短体副鳅、山鳅、短尾高原鳅、勃氏高原鳅、斯氏高原鳅、长鳍吻鮈、白甲鱼、裸体异鳔鳅鮀、四川裂腹鱼、松潘裸鲤、犁头鳅、中华金沙鳅、短身金沙鳅、泥鳅、福建纹胸鮡、青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、前臀鮡、麦穗鱼等 21 种。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。

③ 杂食性类群 该类群有圆口铜鱼、鲤、鲫等。此类群部分种类所摄食物可看作上一类群的扩展，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鱼卵、鱼苗等，其食谱随所处水域环境的食物组成不同有差异。

④ 肉食性类群 该类群有鲈鲤、长薄鳅、中华沙鳅、宽体沙鳅、鲇、白缘等。它们以其它鱼类或小型动物为食。

⑤ 草食性类群 该类群仅外来种中以摄食水生维管束植物为主的草鱼。

4.2.2.6.4 鱼类“三场”

调查江段属于峡谷河流，河道呈V字形，流向自三岩龙至木里白碉乡北南走向，过白碉乡折为北向，虽整体流向大致自北向南，局部却曲折蜿蜒，浅滩激流和深潭缓流相间，水体流态丰富多样，也带来鱼类生存环境的多样性。雅砻江鱼类多适应急流型生境，严格意义上，鱼类产卵场、索饵场、越冬场“三场”之分并非固定不移，会随季节、水位、丰枯年季水量在不同河床段造成不同的河流流态而有所变迁。

(1) 产卵场

根据雅砻江中下游回顾性评价研究调查成果，雅砻江卡拉江段河谷深切，两岸滩地少，不是雅砻江中游主要的产卵场江段分布，雅砻江中下游江段鱼类产卵场分布详见附图10。调查水域符合裂腹鱼类、鮡类及条鳅类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沟汇口形成的洪积扇都是其产卵场。繁殖季节鱼类就近到底质、水文情势符合繁殖条件的水域产卵，产卵时鱼类虽有集群的习性，但繁殖亲鱼并不过于集群，不会形成特别集中、规模庞大的产卵场。调查区域多为纵切较深的峡谷，水流急，规模较大的鱼类产卵生境较少，零星分布规模较小的卵石、砾石滩较多。在调查区域这类产卵水域相对较为集中分布的区段有，卡拉库区麦地龙上游河段、麦地龙下游热水沟口河段，卡拉坝下下马鸡店段、卡拉乡干海子村段，锦屏一级库区小金河汇口段、洼里乡段及库区支流小金河木里列瓦乡河段、盐源沃底乡河段。上述产卵场中规模相对较大的为杨房沟坝址以下的麦地龙乡河段、热水沟口河段产卵场。其中卡拉乡干海子村段、小金河汇口段、洼里乡段、支流小金河木里列瓦乡河段随着锦屏一级蓄水淹没成为库区。本工程评价河段相对较集中的产卵场有卡拉库区麦地龙上游河段、麦地龙下游热水沟口河段和卡拉坝下下马鸡店段，具体见图4.2-8和图4.2-9。



图 4.2-8 主要鱼类产卵场分布示意图


麦地龙乡上河段


麦地龙乡下河段


热水沟口河段

图 4.2-9 调查江段主要产卵场

在产漂流性卵类群中，圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮈是较为重要的种类，调查江段基本上是这几种鱼的分布上限，数量很少，调查中均未采到实物标本，仅走访当地渔民，通过辨识图片了解在调查江段有少许分布。其产卵场应在本调查区域以外的下游。据水工程生态研究所雅砻江下游调查，二滩建坝后，圆口铜鱼在雅砻江的产卵场主要分布于冕宁县健美乡到盐源县巴折乡段，不在本调查区域内。

(2) 索饵育幼场

索饵育幼场一般在砾石、礁石、沙质岸边的静缓流水域。调查江段鱼类多以着生藻类、底栖动物等为主要食物，浅水区光照条件好，砾石底质适宜着生藻类生长，往往是鱼类主要索饵场所。每年 3 月份后，随水温升高，来水量逐渐增大，鱼类开始“上滩”索饵。长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼等多在水浅流急的砾石滩索饵，软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤多在水流平缓的曲流和洄水湾索饵，黄石爬鮡、青石爬鮡、前臀鮡在急流溪沟的岩石间索饵而高原鳅则栖息于缓流河段的石砾缝隙或水草丛中，以底栖的昆虫幼

虫为食。鲈鲤、鲇、长薄鳅等凶猛性鱼类，多在生活水域的洄水湾以及急流滩下鱼类较集中的深水区索饵。

鱼类幼苗通常以浮游动物为食，育幼场一般在岸边的静缓流水域，该类水域浮游动物相对较丰富。鱼类育幼是鱼类生活史中非常关键的阶段，由于仔幼鱼期间，游泳能力差，主动摄食能力不强，抗逆性弱，因此，适宜的育幼环境是鱼类种群增长的必要条件。调查江段为峡谷河流，江流滩潭交替，孵化的仔幼鱼随水流进入河流缓水深潭、洄水湾河段育幼。有的鱼类育幼场往往与产卵场相邻。据调查 2 月前后产卵的裂腹鱼种类在 4～5 月的河边缓流处可见其幼鱼集群觅食。

(3) 越冬场

鱼类越冬场通常分布在水较深的河沱、河槽、湾沱、回水、微流水或流水处，底质多为乱石或礁石。调查水域鱼类类群主要为青藏高原类群的裂腹鱼类和条鳅类及西南山地类群的鮡科类群等，它们大都为典型的适宜低温种类，长期的生态适应和演化，使其具有抵御极低温水环境的能力，能在低温环境中顺利越冬。它们的越冬场所往往在河道急流附近的深水河槽或深潭。这类水域一般与产卵水域的急流河滩或跌水交错分布，往往成为渔民主要的捕鱼场所。这类水域在调查江段分布零星而广泛。

4.2.2.6.5 重要珍稀保护鱼类

(1) 国家、省级重点保护鱼类及珍稀濒危鱼类

① 种类

a. 国家、省级重点保护鱼类

调查江段 39 种鱼类中无“国家重点保护野生动物名录”鱼类。

调查江段“四川省重点保护野生动物名录”（含原名录及新增名录）种类有裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种。

b. 珍稀濒危鱼类

调查江段列入《中国濒危动物红皮书》及《中国物种红色名录》的鱼类有 6 种。其中长薄鳅在上述两个名录中均被列为易危种（VU）。其余 5 种列名于《中国物种红色名录》，青石爬鮡为极危（CR）种，长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、中华鮡为濒危种（EN），鲈鲤为易危种（VU）。

② 分布

本次在该江段调查的渔获物中未见长薄鳅、鲈鲤、裸体异鳔鳅鮀，据渔民反映此 3

种鱼近年越来越少见，偶尔捕到的鲈鲤个体较以往小得多，一般仅为 0.5kg 左右，长薄鳅、裸体异鳔鳅鮀则比鲈鲤更为稀少。虽然就这几种鱼类生态学而言，调查江段接近其分布上限，但与过去相比在渔获物中比例下降也能反映其资源量衰退的事实。

其它几种鱼类中，在渔获物中长丝裂腹鱼在裂腹鱼类中与过去大致比例相当，但个体大小下降，细鳞裂腹鱼在裂腹鱼类渔获物中比例最低。松潘裸鲤主要分布于雅砻江上游，本调查江段不是主要分布区。

3 种分别列名红皮书及四川省野生动物保护种的鮡类中，黄石爬鮡数量较多，中华鮡较少，列名红色物种极危种的青石爬鮡极为少见。

(2) 长江中上游特有鱼类

调查水域短体副鳅、勃氏高原鳅、宽体沙鳅、长薄鳅、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、泉水鱼、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、短身金沙鳅、中华金沙鳅、青石爬鮡、前臀鮡及中华鮡等 21 种为长江上中游特有鱼类。

据实际调查和走访渔民了解，上述 21 种鱼类中，在渔获物中数量较多的种类有短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、中华金沙鳅、前臀鮡，数量较少的种类有细鳞裂腹鱼、中华鮡、勃氏高原鳅、短体副鳅、宽体沙鳅，数量很少的有中华鮡、青石爬鮡、细鳞裂腹鱼、短身金沙鳅、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、圆口铜鱼、长鳍吻鮈等，极少见到的有长薄鳅、裸体异鳔鳅鮀、泉水鱼。

重要鱼类生态学习性见附录 3。

4.2.2.6.6 鱼类资源现状

(1) 渔业概况

调查江段为高山峡谷，交通极为不便，沿江村镇散布，人口较少。捕获的渔获物主要是自己食用和供给周围乡民，很难运出。

① 渔具渔法

捕鱼方式为单层刺网或多层刺网，也有钩吊或电捕。渔民有的无船，有的两人一组驾无马达的小木船或铁皮船。三岩龙江段仅有 1 条渔船，麦地龙到卡拉江段约有 4 条渔船，两河口-洼里江段渔船较多，约有 6～8 艘。

捕鱼季节主要是 11 月至翌年 5 月的平枯水期，这一时期鱼类捕获相对较容易。其它月份为洪水期，水急浪大，不仅不易捕捞，危险性也增加，下河捕鱼者较少，捕鱼量也

较平、枯水期低很多。

② 渔获类型

调查区域各江段间渔获物种类几无差别，只在季节上有所差异。当地渔民大致将雅砻江鱼类分为四类。一类称“雅鱼”或“细鳞鱼”，指短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、齐口裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼等裂腹亚科鱼类，四川裂腹鱼也被称为“重口鱼”。这类“细鳞鱼”在整个调查江段各个区段均占被调查渔民全年渔获物重量的 80～90%以上。第二类为“石爬子”，指黄石爬鮡、青石爬鮡、前臀鮡、中华鮡、福建纹胸鮡等鮡科种类。第三类为“虾子”，指中华金沙鳅、短身金沙鳅、犁头鳅等平鳍鳅科种类。第四类为“石钢鳅”，指条鳅亚科的山鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅，红尾副鳅等。这四类之外另有少数种类也各有土名，如“土鱼”指松潘裸鲤，“蛇鱼”指鲈鲤而非一般说的鳗鲡等。

(2) 各江段渔获物统计

① 麦地龙～卡拉江段渔获物

麦地龙～卡拉江段由于有沿江公路相通，村落人口较孟底沟-三岩龙稍多，由于水电站勘察，外来人员增加，需求量增加，渔价也较上游江段高。在麦地龙乡上下游、麦地龙立尔村富民桥旁、热水沟口、913 沟口、卡拉坝址下游约 2km 等居民点，总计有兼业渔民 10 余人，年渔获量约 500kg。

渔获方式也以单层或多层刺网为主，也有电捕及吊钩。由于捕鱼水平参差不齐，个人单次渔获量相差较大，在 0～4kg 之间。捕鱼基本在干流中，几条小支沟由于水流小，沟床陡，仅有鮡类、平鳍鳅类、条鳅类等小型个体，数量也少。由于干流同为激流生境，这些类群在干流也大量存在。渔获物重量最多的裂腹鱼类占该江段渔获物总量的 80%以上。由于鮡类售价很高，也有的渔民重点捕捞鮡类鱼，对鮡类资源破坏极大。

麦地龙～卡拉两次渔获物共 15 种，调查到的种类最多。其中 4 种裂腹鱼占渔获物重量的 80.6%，也基本反映该江段年渔获物裂腹鱼所占比例。裂腹鱼平均个体更小，均在 400g 以下，解剖未见达性成熟个体，裂腹鱼年龄均在 3^{+}～5^{+}龄之间。据村民反映原繁殖季节在麦地龙乡附近繁殖个体多在 4～5kg，渔获个体也以 2.5～3kg 居多，现在渔获中最多的是 0.5kg 左右的个体，表明鱼类资源呈下降态势。该江段两次渔获物汇总见表 4.2-24。

麦地龙～卡拉江段渔获物组成

表 4.2-24

种 类	尾数	尾数比(%)	重量(g)	重量比(%)	体长（cm）		体重（g）	
					范 围	平均	范 围	平均
短须裂腹鱼	28	11.6	4329	23.8	12.2～30.2	20.3	29.1～402.0	154.6
长丝裂腹鱼	17	7.1	4918	27.0	25.4～26.5	26.1	253.7～338..0	289.3
四川裂腹鱼	11	4.6	4106	22.6	27.0～29.0	27.8	330.5～421.8	373.3
齐口裂腹鱼	6	2.5	1304	7.2	14.0～30.3	22..8	41.0～388.0	217.4
黄石爬鮡	32	13.3	1872	10.3	12.5～16.8	15.1	30.7～87.8	58.5
青石爬鮡	6	2.5	230	1.3	11.8～18.5	14.6	22.0～56.0	38.4
中华鮡	7	2.9	179	1.0	11.3～15.5	12.8	15.3～40.0	25.5
前臀鮡	27	11.2	340	1.9	8.9～12.2	10.3	6.0～19.3	12.6
福建纹胸鮡	3	1.2	54	0.3	6.8～12.5	10.2	4.0～32.0	18.0
中华金沙鳅	15	6.2	264	1.5	10.0～12.8	11.4	12.3～22.2	17.6
犁头鳅	4	1.7	14	0.1	7.3～10.1	8.6	2.0～5.4	3.5
短尾高原鳅	17	7.1	78	0.4	6.0～10.2	8.1	2.8～6.8	4.6
勃氏高原鳅	22	9.1	191	1.1	8.7～11.2	9.8	6.5～10.5	8.7
斯氏高原鳅	9	3.7	75	0.4	7.7～10.6	9.3	4.5～13.5	8.3
山鳅	37	15.4	237	1.3	3.1～5.3	4.7	5.9～7.1	6.4

② 小金河汇入口～洼里江段渔获物

小金河汇入口～洼里江段由于地处小金河与入雅砻江汇口，此河段水流多样，底质复杂，鱼类“三场”在此均有分布，鱼群较为集中，渔民人数较多，但基本是兼业人员，总计有渔民 10 余人，渔船约 6～8 条，年渔获量约 800kg。

渔获方式以单层或多层刺网为主，也有电捕及钓钩。由于捕鱼水平参差不齐，个人单次渔获量多在 0.5～5kg 之间。捕鱼较为集中的河段为两河口的雅砻江上下游段及小金河汇口以上段，雅砻江洼里乡段，据调查，裂腹鱼类占该江段渔获物重量的 90～95%以上，其余数量较多的有为鮡类、平鳍鳅类、高原鳅，鲈鲤及圆口铜鱼近年已很少见。

在两河口～洼里江段渔获物中调查到鱼类 14 种。短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝

裂腹鱼、齐口裂腹鱼 4 种裂腹鱼占渔获物重量的 90.2%，其中仅短须裂腹鱼就占 65.4%，总体大致反映该江段渔获物裂腹鱼所占比例。裂腹鱼平均个体短须裂腹鱼最大，接近 850g，其次为四川裂腹鱼，接近 500g，均较上游个体为大。另外两种个体较小，均为 200g 左右。四种裂腹鱼中仅短须裂腹鱼有完全性成熟个体。裂腹鱼年龄在 3^{+}～6^{+}龄之间。渔获物其余种类中重量比较大的有以黄石爬鮡及前臀鮡。

该江段两次渔获物汇总见表 4.2-25。

小金河汇入口～洼里江段渔获物组成

表 4.2-25

种 类	尾数	尾数比(%)	重量(g)	重量比(%)	体长（cm）		体重（g）	
					范 围	平均	范 围	平均
短须裂腹鱼	30	12.5	25359	65.4	26.3～42.5	37.1	315.0～1150.0	845.3
长丝裂腹鱼	15	6.3	2778	7.1	18.5～35.5	26.7	105.7～550.0	183.7
四川裂腹鱼	10	4.3	5149	13.4	23.1～36.5	31.3	173.8～750.0	498.9
齐口裂腹鱼	8	3.4	1683	4.3	22.8～29.0	24.3	145.6～312.5	206.3
软刺裸裂尻鱼	5	1.9	265	0.7	14.6～18.6	16.9	35.8～74.0	58.2
前臀鮡	37	15.4	787	2.0	10.2～14.4	11.6	13.0～41.2	21.3
黄石爬鮡	32	13.5	1727	4.4	12.0～17.1	14.9	26.0～73.5	53.3
中华鮡	3	1.4	103	0.3	11.0～15.7	13.4	15.1～49.7	30.7
中华金沙鳅	29	12.0	449	1.2	9.8～11.9	10.9	11.5～19.2	15.6
白缘	5	1.9	36	0.1	8.3～10.3	8.9	5.9～10.8	8.0
山鳅	30	12.5	204	0.5	3.4～5.6	4.3	6.2～7.7	6.8
短尾高原鳅	15	6.3	107	0.3	7.5～9.4	8.4	6.4～8.5	7.1
斯氏高原鳅	14	5.8	57	0.1	6.0～7.4	6.9	2.8－5.3	4.1
勃氏高原鳅	7	2.9	49	0.1	7.8～8.9	8.5	5.6～8.8	7.0

2013 年 8 月卡拉河段干流渔获物调查结果见表 4.2-26。主要渔获物为裂腹鱼类，与 2009 年渔获物比较，高原鳅变化不大，鮡类比例明显减少，裂腹鱼比例增加，裂腹鱼和鮡类个体明显较小。分析看，卡拉河段交通不便，沿江村镇散布，人口较少，鱼类资源

受外界影响较小，两次调查的差异可能主要是由于捕捞方式不同，渔获中小个体比例较高所致。

2013 年卡拉河段渔获物组成

表 4.2-26

种类	尾数	尾数比（%）	重量（g）	重量比（%）	全长（cm）		体长（cm）		体重（g）	
					区间	平均	区间	平均	区间	平均
齐口裂腹鱼	89	55.63	2780	68.15	265-90	145	218-75	116	152-6	31
长丝裂腹鱼	24	15.00	386	9.46	160-58	125	130-50	101	33-1	16
短须裂腹鱼	6	3.75	354	8.68	265-150	188	210-120	149	140-27	59
青石爬鮡	6	3.75	59	1.45	150-55	91	135-50	81	27-1	10
黄石爬鮡	1	0.63	15	0.37	/	110	/	95	/	15
中华间吸鳅	3	1.88	31	0.76	140-60	112	105-50	85	15-3	10
高原鳅	30	18.75	190	4.66	130-65	91	110-58	78	14-1	6
鲤	1	0.63	264	6.47	/	185	/	130	/	264
合计	160	100	4079	100	/	/	/	/	/	/

综合考虑季节、水文情势、水生生物特点及调查方式，2013 年调查结果表明，由于卡拉河段及上游主要为峡谷江段，人口较少，社会经济相对较落后，加上水流急，水温低，水生态环境未发生明显改变，河流外源性营养输入变化不大，卡拉河段水生生态与 2009 年比较，变化不显著。

(3) 鱼类资源变化原因分析

由于交通条件、捕捞难度等原因，评价区段鱼类资源相对保持较好，但主要经济鱼类减少，渔获产量下降，鱼类个体小型化及外来物种的入侵等表明鱼类资源趋于不利状态。从目前水域的生态环境现状以及区域社会经济发展看，影响渔业资源的主要原因是过度捕捞。特别是近年来，人们对水产品质量要求越来越高，对“江鱼”需求量越来越大，在野生资源日益枯竭的情况下，“江鱼”价格不断攀升。受经济利益的驱使，捕捞强度不断增大，对鱼类资源破坏严重。

雅砻江下游锦屏等梯级的建设阻断了下游鱼类的上溯，对评价区鱼类有一定的影响。

4.2.3 水土流失现状及防治情况

4.2.3.1 水土流失现状

(1) 区域水土流失现状

① 三区划分：根据《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果>的通知》（办水保[2013]188 号），工程涉及的四川省凉山州木里县未列入国家级水土流失重点预防区和重点治理区的范围；根据《四川省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》，木里县和九龙县均属四川省省级水土流失重点预防保护区。

② 水土流失类型：本项目建设区属于水力侵蚀为主的西南土石山区，土壤侵蚀形态以细沟侵蚀、面蚀为主，局部地区有泥石流等混合侵蚀。根据《雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段施工总布置规划》，项目区的泥石流沟主要有九一三沟、大碧沟、纤维沟、九一四沟、热水沟和猪白沟 6 条泥石流沟。

③ 水土流失强度：据水土流失现状调查，木里县水土流失面积分别为 5192.53km^2，占其土地总面积的 39.18%，县域平均侵蚀模数为 3150t/km^2·a，年均流失量 1604 万 t。；九龙县水土流失面积为 1876.23km^2，占其土地总面积的 27.74%，县域平均侵蚀模数为 3058t/km^2·a；年均流失量 1325 万 t。两县的水土流失基本以轻度和中度为主，局部有强度以上侵蚀。项目区属西南土石山区，容许土壤流失量为 500t/km^2·a。背景土壤侵蚀模数 2350 t/km^2·a。

木里县和九龙县水土流失现状详见表 4.2-27。

木里县和九龙县土壤侵蚀面积一览表

表 4.2-27 单位：km^2、%

行政区	项 目	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈	小计
木里县	土壤侵蚀面积	2198.67	2564.46	233.25	7.95	188.19	5192.53
	占土地总面积比例	16.59%	19.35%	1.76%	0.06%	1.42%	39.18%
	占水土流失面积比例	42.34%	49.39%	4.49%	0.15%	3.62%	100.00%
九龙县	土壤侵蚀面积	842.88	763.82	219.04	47.93	2.56	1876.23
	占土地总面积比例	12.46%	11.29%	3.24%	0.71%	0.04%	27.74%
	占水土流失面积比例	44.92%	40.71%	11.67%	2.55%	0.15%	100.00%

(2) 施工区水土流失现状

经调查分析，卡拉水电站施工区内水土流失类型以水力侵蚀和重力侵蚀为主，水力侵蚀以面蚀和沟蚀为主，重力侵蚀以滑坡、崩塌、泥石流为主；土壤侵蚀强度主要以轻度和中度侵蚀为主。

卡拉水电站土壤侵蚀背景值利用遥感调查法完成区域的侵蚀因子调查，得到区域土壤侵蚀因子背景分布；然后根据遥感调查结果，选取典型地块，进行 ^{137}Cs 侵蚀示踪样品采样，本工程的土壤侵蚀模数背景值主要按土地利用类型测定。经测定，施工区土壤侵蚀模数背景值详见表 4.2-28，施工区水土流失现状详见附图 11，项目区背景土壤侵蚀模数 2350 t/km^2.a。

卡拉 ^{137}Cs 法确定的背景土壤侵蚀模数

表 4.2-28

样地名称	水库淹没区	枢纽及导流工程区	渣场及表土堆存场区	交通设施区	料场(含中转料场)区	施工生产生活区	移民安置区	项目区
背景土壤侵蚀模数(t/km^2.a)	2385	2499	2189	2522	2353	1937	1560	2350
土壤侵蚀分级	轻度	轻度	轻度	中度	轻度	轻度	轻度	轻度

4.2.3.2 项目区水土保持现状

项目区现有水土保持设施主要有梯田、梯地、林地、草地等，从水土保持设施功能分析，虽然水土保持设施保有数量较大，但均以灌木林和草地为主，总体水土保持功能较差。从水土保持设施运行情况分析，在项目区现有水土保持设施中，运行较好的有梯田和梯地；郁闭度较低的灌木林地和覆盖度不高的草地水土保持效果一般。

4.2.3.3 区域水土流失治理现状

近年来，随着各项水土保持法律、法规的不断颁布实施，区域内水土保持工作也不断提高，因地制宜地采取防治措施，如实施坡改梯工程，以小流域为单元，分期分批成片集中进行植树、植草，通过退耕还林等措施，营造水土保持林及经济果木林；采取蓄、引、排工程相结合进行坡面水系综合治理，将地表径流引排至溪沟中，拦截坡面径流，防治面蚀或沟蚀。实施水利水保工程措施，兴修蓄水池，以及修筑谷坊、地埂、拦沙坝、挡土墙等工程，将治理水土流失与农田水利结合起来；根据地形等自然条件，采用地膜覆盖，、等高沟垄、等高带状耕作优化耕作方式等。此外，加强对开发建设项目的管理，

落实“三同时”制度，以规范开发项目活动。

4.3 社会环境

4.3.1 区域、人口

卡拉水电站坝址及库区均位于凉山彝族自治州木里藏族自治县境内。

根据木里县2013年统计年鉴，全县辖3镇、26乡（其中5个民族乡），113个村（居)委员会，县政府驻地乔瓦镇。2013年末全县总人口138367人，其中农业人口125321人。工程涉及的麦地龙乡和卡拉乡人口分别为2598人和5025人，其中藏族人口为2152人和3159人，以藏族人口为主，由于日常对外交流日渐频繁，多数藏族能掌握汉语。

4.3.2 社会经济

工程区大部分为山区、半山区、峡谷区，受自然条件的制约，加上当地文化教育水平不高，工程涉及木里县经济发展水平相对较差。

根据木里县2013年统计年鉴，2013年全县实现国内生产总值24505万元，第一产业49365万元，第二产业128484万元，第三产业67209万元、人均国内生产总值18778元等。

区域粮食作物主要有水稻、小麦、大麦、青稞、玉米及洋芋等，经济作物主要有油菜籽、甘蔗及烤烟，畜牧种类主要有牛、马、驴、骡、猪、羊、兔及家禽等，主要工业行业有矿产开采、电力生产、烟草生产及加工业、木材加工业、家具制造业等。

4.3.3 土地利用

工程涉及的木里藏族自治县土地总面积为13253km^2，土地利用率为93.14%。木里县土地利用情况见表4.3-1。

木里县土地利用情况表

表4.3-1 单位：km^2

项　　目	木　里　县	
	面　积	比　例
耕　地	202.81	1.53%
园　地	11.55	0.09%
林　地	9529.79	71.91%

木里县土地利用情况表

续表 4.3-1 单位：km^2

项　　目	木　里　县	
	面　积	比　例
牧草地	2803.01	21.15%
居民点及工矿仓储用地	21.25	0.16%
交通运输用地	22.24	0.17%
水域及水利设施用地	98.39	0.74%
其他土地	563.97	4.26%
土地总面积	13253	

工程涉及木里县土地利用以林地为主，约占土地总面积的 71.91%；牧草地次之，约占土地总面积的 21.15%；未利用地约占土地总面积的 4.26%。

卡拉水电站枢纽区及库区位于峡谷地带，耕地分布面积很少，根据《木里县土地利用总体规划（2006~2020 年》，工程水库淹没区及施工占地区不涉及基本农田。

4.3.4 取水、用水

卡拉水电站所在的雅砻江中游河段两岸无大规模城镇分布。据初步调查，沿江居民生活用水大多取自附近的支沟，基本上不从干流上取水，农业灌溉也主要引自支流。

4.3.5 文教卫生与人群健康

(1) 主要传染病

工程所在的木里县属于藏区，少数民族较多，卫生条件相对较差。经调查，发生传染病主要有：麻风、黑热病、炭疽、大骨节病等。

(2) 地方病

根据资料显示，工程区地方病主要有布病、地甲、地氟、克汀等 11 种地方病。

(3) 医疗机构

木里县建立了县医院、乡镇卫生院、村医疗卫生室，形成了县、乡、村三级医疗卫生网络。

根据调查，木里县境内共有医院 1 个，妇幼保健站 1 个，疾控中心（防疫站）1 个，卫生院 29 个，其他卫生机构 3 个，病床 312 张、卫生技术人员 363 人。

4.3.6 区域交通

(1) 公 路

木里县城距西昌 246km，距成都 841km，县内主要有 S216 省道经过，全县大部分乡镇通公路。

工程区周边的公路交通网络为：北侧有四川通往西藏的 G318 国道；西面有攀枝花通往稻城的 S216 省道；东侧有冕宁通往乾宁的 S215 省道和 G108 国道通过；漫水湾通往锦屏一级水电站专用公路可抵达工程区东南侧 65km 处。

目前进入工程区的线路主要包括以下 4 条：

木里线：西昌市～盐源县～木里县～一碗水~田正～坝址；

锦屏线：西昌市～漫水湾镇～锦屏二级水电站~锦屏一级水电站～坝址；

九龙线：西昌市～漫水湾镇～九龙县～三岩龙乡～杨房沟水电站～坝址；

康定线：成都市~雅安市~康定县~新都桥镇~九龙县~三岩龙乡～杨房沟水电站～坝址；康定线另一线路为：成都市~雅安市~康定县~新都桥镇~雅江县~麻郎错乡～恶古乡~波斯河乡～孟底沟水电站～杨房沟水电站～坝址。

目前进入工程区的最便捷路线为锦屏线，全长约 200km。其中西昌市至漫水湾镇段为沪昆高速，长约 42km；漫水湾镇至坝址段为电站专用公路，长约 147km。漫水湾镇至锦屏一级水电站段为锦屏一、二级对外交通专用公路，该公路始于漫水湾转运站，穿越牦牛山(牦牛山特长隧道 3278m，海拔约 2540.00m)，经里庄特长隧道(隧道长 7129m)至磨房沟锦屏东桥，再沿锦屏二级水电站场区公路，经锦屏二级水电站厂区，再穿越锦屏辅助洞(特长隧道 17.41km)，经锦屏西桥至卡杨对外交通专用公路起点，线路长约 98km；卡杨对外交通专用公路经锦屏一级水电站至坝址段长约 76km，该公路为三级道路，设计时速 30km/h，2 车道，目前已全面通车。

(2) 铁 路

坝址近距离范围内无铁路通达，仅成昆铁路自北向南从工程区东侧通过，成昆铁路北接铁路枢纽成都，南接昆明，是西南地区重要运输大动脉。工程区距离成昆铁路最近站点盐津站约 689km。

(3) 水 运

目前，雅砻江中游河段不具备通航条件。

(4) 航 空

卡拉水电站周边地区成都市和西昌市均有航空港，成都和西昌均为4E级机场，可起降各类大型客、货运飞机，其中成都开设了至全国各地大城市的航线。

4.3.7 民族文化、宗教

工程所在的凉山州木里藏族自治县为多民族聚居区，该区域有绚丽多彩的民俗文化，群众多有宗教信仰。

该区域的主体民族是藏族，其悠久的历史文化(石棺文化)、源流多元的支系、成熟而复杂的语言文字等，构成了内涵丰富的康巴文化。

宗教是康巴文化的重要组成部分，康巴藏区几乎全民信教，以藏传佛教为主，兼容了儒教、道教、东巴教、伊斯兰教、基督教和形形色色的民间宗教、原始宗教，交织成纷繁多彩的信仰习惯。雅砻江中游地区宗教亦以藏传佛教为主，苯波、格鲁、萨迦、宁玛、噶举五大教派齐全，宗教多元化特征突出。与其他藏区宗教格局不同的是，宁玛派在本地区乃至整个藏区中具有十分重要的地位。区域内宗教设施主要有玛尼堆、白塔、经幡、水转经等。

4.3.8 文物、矿产及旅游景观

(1) 文 物

根据四川省文物考古研究院2011年12月编制的《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》以及四川省文物管理局“关于《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》的批复”（川文物保函〔2012〕12号），卡拉水电站水库淹没和工程占地区影响3处文物古迹，分别为“尼波铁索桥”、“尼波玛尼堆群”和“大坪子石棺葬墓地”。

① 尼波铁索桥

尼波铁索桥位于麦地龙乡尼波村尼波组，雅砻江江面上，总长约130m，处于卡拉水电站水库淹没范围之内。该桥属于近现代重要史迹及代表性建筑，已于2009年作为三普文物点被列入木里县第三次全国文物普查不可移动文物名录。



图 4.3-1 尼波铁索桥全景（东-西）

② 尼波玛尼堆群

尼波玛尼堆群位于麦地龙乡尼波村尼波组沿江一带，处于卡拉水电站水库淹没范围之内。尼波玛尼堆群建于清代，经维修延续至今。该玛尼堆群分布较密集，在长 68m、宽 20m 的范围内共有 28 座玛尼堆，呈不规则沿河分布。玛尼堆形制相同，平面均为长方形，其中最大一座玛尼堆长 4m，宽 3.5m，高 4m，面积为 14m^2。立面形状为锥形，内装有酥油茶等生活用品及金银饰品，用条石、块石堆砌而成的，上还刻有藏族经文，表示祈求平安。尼波玛尼堆群已于 2009 年作为三普文物点被列入木里县第三次全国文物普查不可移动文物名录。



图 4.3-2 尼波玛尼堆群

③ 大坪子石棺葬墓地

大坪子石棺葬墓地位于麦地龙乡尼波村大坪组大坪子，处于雅砻江右岸缓坡之上，墓葬分布面积较大，墓地范围内可分为两区，即北部为一区，南部为二区，属于战国至秦汉时期古墓葬。其中，大坪子石棺葬墓地一区东部处于水库浸没影响处理区和坍岸影响处理区，墓地二区全部处于水库淹没区。

大坪子石棺葬墓地一区分布面积约 6000m^2（西北至东南 150m、西南至东北约 40m），石棺葬分布较密集且距现地表较浅，现该地点内仍有多座残石棺暴露于地表或土坎之上，在地表田间地头等处亦可发现较多散乱的石棺残板。就暴露石棺葬墓观察，该地点内石棺葬墓石棺由厚约 1 至 2cm 的青灰色页岩组成，组成石棺的石板可分为盖板、左右墙板、前后挡板及底板，其中前后挡板多为一块石板，但盖板、墙板及底板均由多块石板组成，石棺内仍存人骨。石棺形制至少可分为大小两种，大者长约 160 至 210cm、宽约 42 至 50cm，深约 45 至 60cm，可能为成人墓，小者长约 70 至 140cm、宽约 30 至 40cm，深约 30 至 40cm，可能为小孩墓。石棺葬墓内人骨均为头向山、脚朝江，头向约在 210 度左右。



图 4.3-3 大坪子石棺葬墓地分布范围示意图

墓地二区位于一区东南方约 200m 外，墓葬分布面积约 12000 m^2（北至南约 300m、西至东约 40m），该地点在 1960 至 1970 年代的改土改田过程曾发现过多座石棺葬墓，但现地表为一层厚约 70cm 的细沙所覆盖。



大坪子石棺葬墓地一区内暴露墓葬



大坪子石棺葬墓地二区地貌

图 4.3-4 大坪子石棺葬墓地现状图

(2) 矿产

木里县境内有大型矿床 1 处，中型矿床 1 处，小型矿床 2 处，矿点 9 处，其中铁矿已探明储量 1455 万 t，金矿提交地质储量共 24518.34kg。木里县的矿产资源主要分布在

雅砻江本工程下游右岸一级支流木里河附近。

根据四川省地质工程勘察院 2013 年 3 月编制的《雅砻江卡拉水电站建设项目压覆矿产资源调查报告》以及四川省国土资源厅“关于雅砻江卡拉水电站建设项目影响区范围内未压覆已查明重要矿产资源的证明”（川国土资源储压函〔2013〕114 号）文件：建设征地影响区内无查明重要矿产资源，现无有效的采矿权设置。

(3) 旅游景观

工程区地貌景观较为独特，由于交通不方便，自然条件恶劣，目前没有发展旅游。工程占地和水库淹没也不涉及各类风景名胜区。

4.3.9 污染源

4.3.9.1 工业污染源

根据调查，工程涉及的乡镇无工业企业分布，工程涉及的河段不受工业污染影响。

4.3.9.2 农业污染源

根据《木里藏族自治县统计年鉴 2013》，工程库区涉及的 2 个乡镇（麦地龙乡和卡拉乡麻撒村）年农药化肥施用总量约 377.04t，化肥的施用以氮肥为主，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。库区周围多为山区、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。麦地龙乡和卡拉乡耕地面积及化肥、农药施用情况见表 4.3-2。

耕地面积及化肥、农药施用量表

表 4.3-2

区、县	乡镇名称	耕地(亩)	化肥(t/a)			农药(t/a)
			合计	氮肥	复合肥	
木里县	麦地龙乡	4992	299.52	99.84	199.68	0
	卡拉乡麻撒村	1292	77.517	25.84	51.68	0.12
合 计		6284	377.04	125.68	251.36	0.12

复合肥中氮、磷含量分别按 15%计算，库区农药量很小，且很多农药不含氮、磷，此处不单独统计。卡拉库区集雨范围包含了整个麦地龙乡和卡拉乡的麻撒村，按氮肥 25%、磷肥 10%的流失量计算，进入水体的总氮和总磷分别为 40.85t/a 和 3.77t/a。

4.3.9.3 生活污染源

工程库区河段沿线居民较少，大多分散居住，农村生活污染源主要来自两方面，一是粪便，通常置于干厕中，全部用于农田堆肥，二是其它生活废水，一般就地排放，渗入土壤。根据当地生活污染源处置方式，可以认为其生活污染源全部还田或经土地处理。根据有关研究统计及《城市居民生活用水量标准》(GB/T50331-2002)中有关规定，生活污染源中 COD、TP、TN 产生量分别以 0.06kg/人·d、0.002kg/人·d 和 0.011kg/人·d 计，人均日用水量取 100L/人·d，污水系数取 0.8，各乡镇产生生活污染源人口根据位于支流、干流沿线的集水面积范围内村庄人口统计，则工程区河段主要乡镇 2013 年生活污染源产生量估算成果见表 4.3-3。

工程库区农村生活污染源产生量一览表

表 4.3-3

县 名	乡 镇	人口(人)	污水量(万 t/a)	COD_{Cr}(t/a)	TP(t/a)	TN(t/a)
木里县	麦地龙乡	2598	7.59	56.90	1.90	10.43
	卡拉乡麻撒村	754	2.20	16.51	0.55	3.03
合 计		3352	9.79	73.41	2.45	13.46

4.3.9.4 畜禽污染源

工程库区河段农村畜禽养殖大多采用放养，畜禽粪便大多作为农家肥，雨季部分畜禽粪便污染物随地表径流进入水体。

根据《木里藏族自治县统计年鉴 2013》中有关统计数据，各乡镇产生畜禽污染源数量，根据位于支流、干流沿线的集水面积范围内畜禽的存栏数、产污系数及排污系数计算得到畜禽养殖的污染负荷见表 4.3-4 和表 4.3-5。

库区河段畜禽养殖情况一览表

表 4.3-4 单位：头

县 市	乡 镇	牛	马、骡、驴	猪	羊	鸡
木里县	麦地龙乡	1646	727	1899	4069	8185
	卡拉乡麻撒村	592	146	677	2013	1152
合 计		2238	873	2576	6082	9337

库区河段畜禽粪便污染物产生量一览表

表 4.3-5 单位：t/a

县市	乡镇	产生量			入库量		
		COD_{Cr}	TN	TP	COD_{Cr}	TN	TP
木里县	麦地龙乡	2390.57	114.25	18.62	1403.83	66.28	12.26
	卡拉乡麻撒村	909.52	43.42	7.30	555.45	26.24	4.92
合 计		3300.09	157.66	25.93	1959.28	92.52	17.19

4.3.9.5 污染源汇总

综合工业、农业、生活、畜禽污染源统计计算，库区河段污染源汇总见表 4.3-6。

污染源入库汇总表

表 4.3-6 单位：t/a

污染物名称 污染来源	CODCr	TN	TP
工业污染源	0.00	0.00	0.00
农业污染源	0.00	40.85	3.77
生活污染源	73.41	13.46	2.45
畜禽污染源	1959.28	92.52	17.19
合 计	2032.69	146.83	23.41

4.4 移民安置区环境现状

根据本阶段卡拉水电站移民安置方案，卡拉水电站拟设置集中安置点 1 处，即位于木里县麦地龙乡集镇原址复建。专项复建工程涉及木里县麦地龙乡、卡拉乡。

4.4.1 自然环境现状

本工程移民安置区及复建工程位于雅砻江河谷两岸，属川西高原气候区，主要受高空西风环流和西南季风影响，干、湿季分明。安置区和复建工程所在区域总体位于青藏高原东南，属高原区，两岸山顶面海拔一般 4000~4500m 左右，河流深切呈“V”型，属高山峡谷地貌。多年平均降水量 796.7mm，年降水主要集中在 5~10 月，占全年降水量的 94.5%。多年平均气温 17.2℃，多年平均水温 12.3℃。多年平均相对湿度为 70%；多

年平均蒸发量 1807.9mm；多年平均风速 1.4m/s，最大风速 13.0m/s。

4.4.1.1 集中移民安置区

本项目规划了复建麦地龙乡集镇作为集中安置点。现描述如下：

麦地龙乡集镇高程介于 1988m～1997m 之间，地形由西南向东北逐渐升高，从南向北看，呈扇形状。东西最宽约 180m，南北最长约 190m，全乡基础设施已经全面覆盖，集镇内自来水入户，水源为山泉水，集镇内无统一排水系统。

该安置区内陆生植被以人工种植的杨树、核桃、柠檬、沙棘为主，部分河滩地散生有华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛及田间杂草，农田区种植有大田作物及蔬菜。安置区离集镇较近，受人为活动影响很大，生产生活垃圾散布其中，生态环境现状一般，本安置区占地不涉及珍稀保护植物。

根据调查，由于本安置点紧邻城镇，人类活动干扰强烈，动物活动痕迹少，仅一些小型啮齿动物和河滩灌丛鸟类较常见，区内无大型野生动物，也无国家级和省级重点保护野生动物分布。



图 4.4-1 麦地龙乡集镇环境现状

4.4.1.2 专项复建项目区域

专项复建项目主要位于雅砻江河谷两岸海拔较低区域，分布的植被主要包括干旱河谷稀树灌丛、华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛及农田人工植被等。现场调查及生境特征显示，干旱河谷灌丛和农田人工植被为该区域主要生物群落类型，群落内尚未发现国家重点保护野生植物生长，其邻近区域也不是国家重点保护野生植物的适宜生境。

专项复建项目区域动物分布总类与水库淹没区域相似，由于复建项目的规模基本与现状规模基本一致，以简易交通工程、低压输电线路工程、通讯工程、引水工程等为主，上述工程多以点状或线状形式存在，周围的动物种类和数量远小于水库淹没区的动物种类，主要有华西蟾蜍等少量蛙类，颈棱蛇和菜花原矛头蝮等少量爬行类，戴胜、白鹡鸰、黄臀鹎、喜鹊、大嘴乌鸦等鸟类，中华姬鼠、高山姬鼠和社鼠等兽类。陆生动物中，仅国家Ⅱ级重点保护野生鸟类鸢、雀鹰、普通鵟、红隼会在专项复建工程附近偶有出现。

4.4.2 社会环境现状

移民安置区及复建工程主要涉及凉山州木里县卡拉乡和麦地龙乡。卡拉乡位于木里藏族自治县东部，北靠麦地龙乡，距县城约 146km，2013 年全乡人口 5025 人。当地居民日常生产以农业种植、林业和畜牧业为主，由藏、汉、蒙古、布依、苗、彝等 6 种民族组成。麦地龙乡位于木里县东北边缘，东北与九龙县连界，2013 年全乡人口 2598 人，居住着藏族、汉族、彝族等 3 个民族。

4.4.3 环境质量现状

根据对工程所在河段和移民安置区附近区的环境监测，雅砻江干流和支流平水期水环境质量现状总体良好，能满足Ⅱ类水要求，枯水期部分指标超标。环境空气及声环境均满足相应环境功能区划要求。

4.5 环境质量及主要环境问题

4.5.1 水环境

4.5.1.1 地表水环境

为了解工程所在区域水环境质量现状，我院委托四川省凉山州环境监测站于 2009 年 4 月下旬（枯水期）、10 月中旬（平水期）和 2012 年 4 月中旬（枯水期）对工程所涉及的雅砻江干流和支流进行了水质现状监测，共设了 7 个监测断面，具体包括：

SZ1：干流，孟底沟水电站坝址与杨房沟水电站坝址之间；

SZ2：干流，杨房沟水电站坝址；

SZ3：干流，卡拉水电站坝址；

SZ4：干流，卡拉水电站坝址下游 17km 处；

SZ5：支流，三岩龙河与雅砻江汇合口以上 1km 处；

SZ6：支流，喇嘛寺沟（落窝沟）与雅砻江汇合口以上 1km 处；

SZ7：支流，九一三沟与雅砻江口以上 1km。

雅砻江及其支流所在河段均属Ⅱ类水功能区，监测断面位置见附图 2，监测结果分别见表 4.5-1、表 4.5-2，监测成果原始文件见附录 5，监测成果分析见表 4.5-3。

卡拉水电站枯水期（2009 年 4 月份）水质现状监测结果

表 4.5-1 单位：mg/L

项目	雅砻江干流				支流			Ⅱ类标准
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	
SS	59	52	45	45	27	35	38	/
水温（℃）	12.7	14.7	17.4	15.3	13.9	12.5	11.9	*
pH（无量纲）	8.24	8.29	8.21	8.33	8.29	8.43	8.18	6~9
DO	7.46	7.43	7.32	7.74	7.71	7.73	7.94	≥6
高锰酸盐指数	1.9	1.8	1.7	1.6	1.1	1.0	1.2	4
COD_{Cr}	11.4	11.7	10.9	11.2	6.6	6.6	5.7	15
BOD_5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.0	0.9	0.9	3
NH_3-N	0.155	0.161	0.156	0.161	0.154	0.124	0.074	0.5
TP	0.017	0.014	0.014	0.017	0.010	0.010	0.014	0.1
Cu	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	1.0
Zn	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	1.0
氟化物	未检出	未检出	0.15	0.1	0.13	0.14	未检出	1.0
硒	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.01
As	0.00117	0.00108	0.00117	0.00115	0.00026	0.00025	0.00011	0.05
Hg	未检出	0.00002	0.00001	0.00001	0.00003	0.00002	未检出	0.00005
Cd	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.005
Cr(六价)	未检出	0.004	0.004	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05

卡拉水电站枯水期（2009 年 4 月份）水质现状监测结果

续表 4.5-1　　单位：mg/L

项目	雅砻江干流				支流			Ⅱ类标准
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	
Pb	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.01
CN^-	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05
挥发酚	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.002
石油类	0.046	0.048	0.047	0.043	0.011	0.016	0.016	0.05
阴离子表面活性剂	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.2
硫化物	0.126	0.138	0.149	0.16	0.094	0.101	0.116	0.1
粪大肠菌群(个/L)	3270	4770	2830	6030	2100	2700	2270	2000

注：*水温人为造成的环境水温变化应限制在周平均最大温升≤1，周平均最大温降≤2，总氮（TN）作为湖库指标，河道地表水不进行评价，下同。

卡拉水电站平水期(2009 年 10 月份)水质现状监测结果

表 4.5-2 单位：mg/L

项目	雅砻江干流				支流			Ⅱ类标准
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	
SS	52	44	40	39	25	28	28	/
水温（℃）	10.8	11.3	10.8	10.5	8.5	10.8	10.7	*
pH（无量纲）	8.08	8.19	8.18	8.16	8.19	8.15	8.13	6~9
DO	7.95	8.05	7.95	7.97	8.72	8.75	8.79	≥6
高锰酸盐指数	1.4	1.4	1.4	1.3	0.7	0.7	0.7	4
COD_{Cr}	8.3	8.2	8.1	8.0	5.6	5.4	5.3	15
BOD_5	1.1	1.1	1.2	1.0	0.7	0.6	0.7	3
NH_3-N	0.139	0.140	0.135	0.137	0.068	0.062	0.053	0.5
TP	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0.009	0.1
Cu	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	1.0
Zn	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	1.0
氟化物	未检出	未检出	0.07	未检出	未检出	0.05	未检出	1.0
硒	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.01
As	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05
Hg	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.00005
Cd	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.005
Cr(六价)	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05
Pb	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.01
CN^-	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05
挥发酚	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.002
石油类	0.019	0.022	0.025	0.017	未检出	0.009	0.006	0.05
阴离子表面活性剂	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.2
硫化物	0.040	0.041	0.035	0.039	0.030	0.041	0.033	0.1
粪大肠菌群(个/L)	170	170	190	190	80	100	100	2000

卡拉水电站枯水期(2012 年 4 月份)水质现状监测结果

表 4.5-3 单位：mg/L

项目	雅砻江干流				支流			Ⅱ类标准
	SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7	
SS	87	91	69	62	28	47	48	/
水温	11.2	11.2	11.3	11.9	13.9	10.4	11.5	*
pH（无量纲）	8.21	8.21	8.14	8.15	8.37	7.83	8.26	6~9
DO	9.82	9.82	7.58	7.93	8.22	10.20	8.27	≥6
高锰酸盐指数	3.84	3.63	3.65	3.56	0.43	0.28	0.47	4
COD_{Cr}	14.5	13.4	14.2	13.7	6.3	6.2	6.4	15
BOD_5	3.85	3.82	3.70	3.70	1.26	1.17	1.31	3
NH_3-N	0.343	0.353	0.392	0.339	0.136	0.062	0.054	0.5
TP	0.043	0.044	0.041	0.042	未检出	未检出	未检出	0.1
Cu	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	1.0
Zn	0.0084	0.0112	0.0839	0.3284	0.0118	未检出	0.0126	1.0
氟化物	0.2	0.24	0.19	0.14	0.15	0.13	0.12	1.0
硒	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.01
As	0.00173	0.00188	0.00178	0.00122	0.00027	0.00049	0.00035	0.05
Hg	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.00005
Cd	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.005
Cr(六价)	0.039	0.04	0.034	0.038	未检出	未检出	未检出	0.05
Pb	0.0035	0.00285	0.00273	0.00268	未检出	0.00739	未检出	0.01
CN^-	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.05
挥发酚	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.002
石油类	0.008	0.010	0.047	0.007	0.009	0.015	0.010	0.05
阴离子表面活性剂	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	0.2
硫化物	0.13	0.126	0.111	0.124	0.039	0.068	0.065	0.1
粪大肠菌群(个/L)	1350	1550	2500	4450	2500	1400	1700	2000

雅砻江及其支流水质现状监测成果分析表

表 4.5-4

项目	时段	雅砻江干流				支流		
		SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7
DO	枯水期(2009/2012)	Ⅱ/Ⅰ	Ⅱ/Ⅰ	Ⅱ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
高锰酸盐指数	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
COD_{Cr}	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
BOD_5	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅲ	Ⅰ/Ⅲ	Ⅰ/Ⅲ	Ⅰ/Ⅲ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
NH_3-N	枯水期(2009/2012)	Ⅱ/Ⅱ	Ⅱ/Ⅱ	Ⅱ/Ⅱ	Ⅱ/Ⅱ	Ⅱ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
TP	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
Cu	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
Zn	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
氟化物	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
硒	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
As	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ

雅砻江及其支流水质现状监测成果分析表

续表 4.5-4

项目	时段	雅砻江干流				支流		
		SZ1	SZ2	SZ3	SZ4	SZ5	SZ6	SZ7
Hg	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
Cd	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
Cr(六价)	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅱ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
Pb	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
CN^-	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
挥发酚	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
石油类	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
阴离子表面活性剂	枯水期(2009/2012)	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ	Ⅰ/Ⅰ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
硫化物	枯水期(2009/2012)	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅱ/Ⅰ	Ⅲ/Ⅱ	Ⅲ/Ⅱ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
粪大肠菌群(个/L)	枯水期(2009/2012)	Ⅲ/Ⅱ	Ⅲ/Ⅱ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅱ	Ⅲ/Ⅱ
	平水期(2009)	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ

① 枯水期

2009 年枯水期，工程区附近河段干流和支流的水质现状总体满足Ⅱ类标准，仅有粪大肠菌群、硫化物指标超过Ⅱ类标准，其中粪大肠菌群 7 个监测断面的均超过Ⅱ类标准；硫化物三岩龙河监测断面符合Ⅱ类标准，其余 6 个断面均超过Ⅱ类标准。

2012 年枯水期，雅砻江干流 4 个监测断面的 BOD_5 和硫化物均超过Ⅱ类标准，支流均达标；粪大肠菌群监测因子，卡拉坝址、卡拉坝址下游 17km（锦屏一级库尾）和三岩龙河监测断面超过Ⅱ类标准。

② 平水期

所有常规监测因子、所有监测断面均符合Ⅱ类标准。

③ 水质指标超标原因分析

1) 硫化物超标原因分析

通过不同年份监测河段枯水期、平水期的地表水水质监测成果分析，硫化物的超标具有季节性，即枯水期超标较为普遍，而平水期则均能够达标，这与不同季节的河流水体流量有关；通过上下游断面的地表水水质监测断面的对比分析，硫化物的超标主要取决于上游来水水质，途经卡拉水电站区段硫化物指标有增加，也有减少，总体变化不明显；从支流和干流的硫化物监测成果看，支流监测值低于干流；从 2009 年和 2012 年不同年份的硫化物监测成果看，2012 年枯水期的硫化物监测指标略好于 2009 年同期，这说明硫化物在工程区域的背景总体较为稳定，且背景值较高。根据调查，工程区域无明显的硫化物排放污染源，导致硫化物超标的原因主要为现状水质背景值。

2) 粪大肠菌群指标超标原因分析

粪大肠菌群指标常与人们的日常生活有关，工程上下游区段均零星分布有一定数量的村落，由于生活条件限制，当地人畜粪便一般不进行处理，部分用于农肥，部分散落河边，通过雨水等作用，逐渐进入河道内。从水质监测成果可知，粪大肠菌群在工程区域超标较为普遍，本工程电站水库淹没后，随着移民工程的实施及配套污水处理设施的建设，人畜粪便污染河道水质的问题将得到改善。

3) 其他水质指标超标原因分析

除硫化物和粪大肠菌群外，2012 年的 BOD_5 也超过了河段的水质类别要求，从不同断面的监测成果可知，造成以上监测因子超标的原因是上游监测断面水质超标引起。

④ 库区其他支流的水环境现状

卡拉水电站库区除喇嘛寺沟和九一三沟外，其他支流的水量均很小，多数为季节性流水的支流，由于支流多为泥石流沟，周边外源性污染物的输入量很小，其水质将接近或优于喇嘛寺沟和九一三沟现状水质。

4.5.1.2 地下水环境

(1) 地下水水化学成分

工程所在区域均位于山区，周边无污染源，地下水水质总体良好。本阶段在工程区总计设置 11 个监测点取样进行了水化学分析。水化学分析成果见表 4.5.1-5 所示。

由表 4.4-4 可见，平洞地下水化学类型除 PD18、PD08 分别为 HCO3-KNa、HCO3-Ca 外，其他均为 SO4-Ca•Mg 型；ZK10 和 ZK78 钻孔揭露地下水水化学类型为 HCO3-Ca•Mg 型，ZK70、ZK74 孔地下水类型为 SO4-Ca•Mg 和 SO4-Ca。

除 ZK10 和 ZK78 钻孔地下水水质分别为Ⅰ、Ⅱ类水外，其它监测点位总硬度和硫酸根指标均超过Ⅲ类水标准，其中 PD08 为Ⅳ类水，其他均为Ⅴ类水。

(2) 地下水水质监测

为了解工程所在区域地下水环境质量现状，我院委托四川省凉山州环境监测站于 2012 年 6 月中旬对工程所涉及的雅砻江卡拉电站坝下下马鸡店滑坡体、卡拉库区前波断层温泉出露处和卡拉电站地下厂房探洞各设置了 1 个监测断面进行了地下水水质现状监测，监测因子包括地下水监测常规监测因子。监测结果详见表 4.5-5、表 4.5-6。地下水水质监测点位详见附图 2。

从监测结果可知，工程区域的地下水水质除卡拉库区前波断层温泉出露处 pH 略有超标外，其余指标均满足Ⅲ类水水质要求。

地下水现状监测结果

表 4.5-5

取样地点	阳离子						阴离子						水化学类型	PH 值	总硬度	游离 CO_2
	K^++Na^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		Cl^-		SO_4^{2-}		HCO_3^-					
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l			mg/l	mg/l
坝址 PD43 平洞	44.8	1.82	256.7	12.8	152.4	12.54	16.7	0.47	918.0	19.11	404.7	6.63	SO_4^{2-}-CaMg	6.9	1269	37.4
坝址 PD18 平洞	101.4	4.18	211.6	10.56	55.6	4.58	20.0	0.56	150.0	3.12	902.8	14.80	HCO_3-KNa	6.8	1010	125.4
坝址 ZK78 钻孔	10.7	0.44	42.4	2.12	22.8	1.88	3.30	0.09	34.0	0.71	217.9	3.57	HCO_3-CaMg	7.8	200	6.2
坝址 PD08 平洞-1	61.2	2.50	169.4	8.47	28.8	2.37	7.0	0.18	129.9	2.71	583.6	9.55	HCO_3-Ca	7.0	541.7	85.0
坝址 PD08 平洞-2	60.7	2.45	155.6	7.76	29.4	2.42	8.5	0.24	99.6	2.07	622.6	10.20	HCO_3-Ca	7.05	509.6	93.0
坝址 PD09 平洞	33.8	1.38	124.1	6.21	116.3	9.56	6.7	0.17	542.3	11.24	332.5	5.44	SO_4^{2-}-CaMg	8.2	788.7	5.0
坝址 PD25 平洞	54.7	2.30	164.9	8.23	132.8	10.93	3.3	0.09	729.8	15.20	373.6	6.12	SO_4^{2-}-CaMg	7.73	958.6	17.0
坝址 PD23 平洞	59.9	2.51	144.5	7.21	134.9	11.1	4.8	0.14	608.3	12.67	467.0	7.65	SO_4^{2-}-CaMg	7.81	916.3	16.0
坝址 zk70 钻孔	25.4	1.01	203.9	10.17	101.9	8.39	5.7	0.16	624.6	13.0	373.6	6.12	SO_4^{2-}-CaMg	7.46	928.8	28.0
坝址 zk74 钻孔	30.8	1.26	143.1	7.14	50.9	4.19	5.1	0.14	374.9	7.81	280.2	4.59	SO_4^{2-}-Ca	7.68	566.9	12.0
坝址 zk10 钻孔	2.2	0.09	30.9	1.54	12.1	1.00	1.5	0.04	30.4	0.63	117.1	1.92	HCO_3-CaMg	7.4	127.1	0.4

地下水水质监测结果一览表

表 4.5-6 单位：mg/L

指标	DXS1 下马鸡店	DXS2 前波	DXS3 厂房	标准
水温	16	14	11.5	/
pH（无量纲）	8.16	8.53	8.38	6.5~8.5
总硬度	336.0	172.0	164.0	≤450
溶解性总固体	604	806	964	≤1000
高锰酸盐指数	0.65	0.56	0.56	≤3.0
硝酸盐氮	4.27	0.14	0.12	≤20
亚硝酸盐氮	0.015	0.009	0.008	≤0.02
总大肠菌群	<3	<3	<3	≤3
氨氮	0.148	0.081	0.062	≤0.5
氰化物	未检出	未检出	未检出	≤0.05
氯化物	4.47	0.90	0.80	≤250
挥发酚	未检出	未检出	未检出	≤0.002
铁	未检出	未检出	未检出	≤0.3
砷	0.00041	0.00039	0.00022	≤0.05
汞	未检出	未检出	未检出	≤0.001
挥发酚	未检出	未检出	未检出	≤0.002
六价铬	未检出	未检出	未检出	≤0.05
氟化物	0.48	0.13	0.10	≤1.0
锰	未检出	未检出	未检出	≤0.1
色度	$<5^0$	< 50	$<5^0$	$\leq 15^0$
浊度	1.67	1.66	1.57	≤3
镉	未检出	未检出	未检出	≤0.01
嗅和味	无	无	无	无
铅	未检出	未检出	未检出	≤0.05

注：pH（无量纲），总大肠菌群（个/L）

4.5.2 环境空气

为了解工程所在区域环境空气质量现状，我院委托凉山州环境监测站于 2009 年 4 月下旬和 2012 年 4 月中旬对工程区进行了监测，共布设 1 个点位，为卡拉水电站施工区的下田镇村。监测点位见附图 2，监测结果见表 4.5-7。

环境空气监测结果表(日均值)

表 4.5-7 单位：mg/m³(标况)

监测时段		下田镇村	
		TSP	NO_2
2009 年	4 月 22 日	0.102	0.012
	4 月 23 日	0.121	0.018
	4 月 24 日	0.113	0.019
	4 月 25 日	0.127	0.014
	4 月 26 日	0.135	0.02
2012 年	4 月 10 日	0.197	未检出
	4 月 11 日	0.203	未检出
	4 月 12 日	0.196	未检出
	4 月 13 日	0.215	未检出
	4 月 14 日	0.218	未检出
	4 月 15 日	0.209	未检出
	4 月 16 日	0.220	未检出

由上表可知，下田镇村 TSP、NO_2 监测结果均满足《环境空气质量标准》(GB3095-1996，2000 年修改)中的二级标准。

4.5.3 声环境

为了解工程所在区域声环境质量现状，我院委托凉山州环境监测站于 2009 年 4 月下旬和 2012 年 4 月中旬对工程区进行了监测，共布设 3 个噪声监测点，即施工区周围的下田镇村、蔡家坪村、杨卡水电站对外交通专用公路旁的麦地龙乡。监测点位见附图 2，监测结果见表 4.5-8。

声环境现状监测结果一览表

表 4.5-8 单位：dB

监测时间	监测点位	昼间	夜间
2009 年 4 月 23 日	麦地龙乡	46.6	37.1
	下田镇村	41.9	38.5
	蔡家坪村	45.2	39.8
2012 年 4 月 10 日	麦地龙乡	46.3	42.3
	下田镇村	51.6	44.1
	蔡家坪村	55.6	54.4

由上表可知，下田镇村、蔡家坪村、杨卡水电站对外交通专用公路旁的麦地龙乡 2009 年现状声环境质量均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。2012 年蔡家坪村由于测点距雅砻江较近，监测期间水声较大，导致夜间噪声超标，其余均达标。

4.5.4 主要环境问题

植被人为破坏、水土流失严重、环境质量不达标及水生生态系统退化是区域主要的环境问题。

(1) 植被破坏

在未实施天然林保护工程和退耕还林工程之前，当地居民大量砍伐树木作为薪炭和木材加工之用，无序开垦耕地，雅砻江流域植被人为破坏严重。

(2) 水土流失严重

根据《水利部办公厅关于印发<全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果>的通知》（办水保[2013]188 号），工程涉及的四川省凉山州木里县未列入国家级水土流失重点预防区和重点治理区的范围；根据《四川省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》，木里县属四川省省级水土流失重点预防保护区。造成本区域水土流失有自然因素和人为因素两方面；自然因素主要是山高坡陡，沟谷深切，地形险峻，同时地表土壤土层浅薄，抗蚀能力弱，植被覆盖率低，加上本地区降雨集中且强度大，易导致山洪暴发或造成边坡崩塌和泥石流等水土流失危害；人为因素主要为人口的增长，对土地等自然资源过度开发，如历史上乱砍滥伐破坏了森林植被，陡坡开垦以及落后的顺坡耕作方式，造成水土流失或降低地面抗侵蚀能力。水土流失危害

集中表现在土地生产力降低、植被减少、洪水频发、河床淤积和环境恶化等。

(3) 环境质量不达标

根据水环境现状监测成果，工程江段存在粪大肠菌群、硫化物超标现象，从上下游监测指标可见，主要原因是上游来水水质不达标所致。

(4) 水生生态系统退化

根据水生生态调查，评价区江段鱼类数量较历史情况下存在逐年减少的现象，造成这一现象的原因是多方面的，可能与江段水质、江段产卵场萎缩、人为捕捞等因素有关。

5 环境影响预测评价

5.1 水环境影响预测评价

5.1.1 下泄流量分析

5.1.1.1 下泄流量的目的

根据雅砻江中游梯级开发规划，卡拉水电站为雅砻江干流中游两河口~卡拉河段水电规划一库七级开发之第七个梯级水电站，上距规划开发的杨房沟水电站 32km，下距在建的锦屏一级水电站坝址约 60km(属雅砻江下游河段)，卡拉坝址距锦屏一级库尾约 17km。

卡拉水电站为日调节电站，水库具有日调节性能，锦屏一级为年调节水库，与卡拉梯级水头不衔接，卡拉水电站在水库初期蓄水和运行期不发电情况下将会造成下游 17km 保留河段减水。因此，为保证下游河段用水需求，卡拉水电站需在初期蓄水期间和运行期不间断下泄一定的流量。

5.1.1.2 河道用水需求分析

依据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）、《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T 88-2003）、《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》等导则、要求中的有关规定，卡拉水电站在工程建设期间和运行期需保障下游的生态用水。

通过河道生态用水需求因素的分析，一般河道对生态用水的需求包括工农业生产及生活需水量；维持水生生态系统稳定所需水量；维持河道水质的最小稀释净化水量；水面蒸散量；维持地下水位动态平衡所需要的补给水量；航运景观和水上娱乐环境需水量；河道外生态需水量，包括河岸植被需水量、相连湿地补给水量等。

(1) 工农业生产及生活需水量

卡拉水电站所在的雅砻江中游河段两岸无大规模城镇分布。根据调查，沿江居民生活用水大多取自附近的支沟，基本上不从雅砻江干流取水，农业灌溉也主要引自支流。卡拉水电站坝下 17km 为保留河段，该河段内无镇生产、生活用水要求。卡拉为日调节水库，调节性能差，其下梯级锦屏一级为年调节水库，因此卡拉水电站不需考虑坝址下游河段的生产、生活用水要求。

(2) 维持水生生态系统稳定所需水量

卡拉水电站涉及的雅砻江河段，有长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼等多种保护鱼类分布。卡拉水电站坝下有17km的保留河段，由于电站的日调节作用，将使电站坝下游河段日内部分时段水量明显减少，为保证这些鱼类在坝下游河段内正常的生存、产卵繁殖、栖息，必须提供一定的水量。

(3) 维持河道水质的最小稀释净化水量

工程坝址所在雅砻江中游河段水环境功能为Ⅱ类，现状调查表明，河道现状的水质总体良好，但枯水期粪大肠菌群、硫化物和BOD_5指标存在超过Ⅱ类水质标准的现象，引起水质超标的原因主要与上游来水水质有关；工程坝下17km保留河段两岸无工业污染源分布，两岸无大规模城镇分布，产生的生活污染、畜禽污染、农药和化肥污染等农业面源污染很少。根据“5.2.3.6 对下游河道(水库)水质影响”中有关分析可知，在满足生态用水要求下泄生态流量时，即可维持坝下游雅砻江中游河段水环境功能。因此，不需要单独考虑下游的水环境容量和维持下游河段水环境功能要求。

(4) 水面蒸散量

根据洼里气象站长期观测数据，多年平均降水量796.7mm，多年平均蒸发量1807.9mm，降雨小于蒸发量。但由于卡拉水电站下游河段水面较窄，水面蒸发消耗的水量对于河道流量而言很少，且卡拉水电站属于日调节电站，日内总下泄水量与建库前差别不大，由此，水面蒸散引起的水量损耗可以忽略。

(5) 维持地下水位动态平衡所需要的补给水量

当河道水位高于两岸地下水位时，河水将通过渗漏补给地下水；地下水位高于河道水位，地下水补给地表水。工程场区地下水类型为基岩裂隙水和第四系堆积物中孔隙水，主要接受大气降雨，地下水位和流量随季节而变化，向河谷排泄。因两岸谷坡地形陡峭，地表径流通畅，基岩谷坡地表径流迅速泄于河中。两岸第四系堆积层透水性强，雨季有孔隙水渗出。卡拉坝址下游至锦屏一级库尾河段地下水与地表水的关系为地下水单向补给地表水，因此，不存在维持地下水位动态平衡所需要的补给水量。

(6) 航运景观和水上娱乐环境需水量

卡拉坝址下游至锦屏一级库尾河段河床坡降大，大部分河段呈V形，漫滩少见，沟谷深切，干流流量大、流速急。一级支沟基本为冲沟，一般为间歇性干谷。在这种河流上，不具备划船、垂钓、游泳等水上休闲娱乐的条件。无航运需要，即不具备航运功能。区域无水上娱乐需要，旅游发展规划未对河段提出明确要求。因此，江段无航运景观和

水上娱乐环境需水的需求。

(7) 河道外生态需水量

卡拉坝址下游至锦屏一级库尾河段两岸为深切河谷，河谷两岸植被主要为灌丛，无湿地等特殊生态需水区域分布，两岸河谷植被生长所需水分主要来自地下孔隙水，而江段地下孔隙水为单向补给河道，因此，下游无河道外生态需水的需求。

(8) 用水需求综合分析

综上所述，本工程下游河段无航运景观和水上娱乐活动用水要求，也没有工农业生产及生活用水需要，河水不补给地下水，水面蒸发所损耗的水量也可以忽略，无工业城镇污染源，无须单独考虑维持河流水环境功能的净化水量需求，因此下泄流量主要考虑维持水生生物生态系统稳定的水量。

5.1.1.3 最小下泄流量的确定

生态需水可采用水文学法、水力学法、生境模拟法及生态水力学法等计算方法进行计算。水文学法中，仅有 Tennant 法是针对河流水生生境和用途所提出的，7Q10 法适用于污染源控制，NGPRP 法和基本流量法均无生物学依据；水力学法中，湿周法和 R2-Cross 法都是针对保护水生生物栖息地提出的，但湿周法对于雅砻江这类以三角形断面形状为主的河道而言适用性不强，R2-Cross 法适用于非季节性小型河流；生境模拟法是对水力学方法的进一步发展，并基于生物学原则，适合本工程运行期鱼类产卵期生态流量的确定；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，适用于大中型河流内的水生生物生态流量的计算，满足本工程最小生态流量的确定。

综上所述，本次研究分别采用蒙大拿法（Tennant 法）、生态水力学法和实测天然最小流量法综合比较分析后，确定最小下泄流量；并采用生境模拟法确定鱼类繁殖季节生态流量。

5.1.1.3.1 Tennant 法

雅砻江河道断面形状大多呈深切河谷的”V”形或“U”形河谷，由水力学分析可知，在相同流量 情况下，V 字型河道与宽浅型河道达到相同的流速特征时，V 字型河道水面窄、水深比宽浅型河道大。换句话讲，在满足相同鱼类生存所需水深、流速条件下，V 字型河道比宽浅型河道所需水量小。另外，工程所在的雅砻江属流量较大的河流，坝址断面多年平均流量 905m^3/s，远大于 80m^3/s。因此，根据 Tennant 法的原则，雅砻江适用标准如表 5.1-1。

保护鱼类、野生动物、娱乐和有关环境资源的河流流量状况

表 5.1-1

流量状况描述	推荐的基流（11 月~5 月）（%平均流量）	推荐的基流（6 月～10 月）（%平均流量）
泛滥或最大	/	200（48-72/小时）
最佳范围	60~100	60~100
很好	40	60
好	30	50
良好	20	40
一般	10	30
最小	10	10

从表中可知，为维持江段的最小水生生境，流量不低于多年平均流量的 10%。而对于多年平均流量超过 80m^3/s 的大江大河，河流流量占平均流量的 5%~10%也能够使下游保持一定的河宽和水深。从保守角度考虑，卡拉水电站宜考虑下泄不低于 10%的多年平均流量即 90.5 m^3/s 作为生态最小流量，以满足下游水生生态需水要求。

5.1.1.3.2 生态水力学法

(1) 方法介绍

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。主要针对特定的河段，进行生态水力模型模拟。假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面的面积、水面面积、水温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。生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准详见表 5.1-2。

在进行生态水力模型模拟时，首先要对雅砻江卡拉坝址至锦屏一级库尾河段内的水生生物(重点为鱼类)进行现场调查，对鱼类的特性特别是对水深、流速等水力要素的偏好进行研究，并对其进行定量化的描述；其次要搞清评价河段在下泄不同流量时枯期及汛期的河道内水力参数变化情况，利用水力学模型对整个坝下评价河段进行水力模拟。最后根据河道模拟结果对照生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准，综合确定较为合理的生态需水量。

① 枯水期指标体系：

沿程水力生境参数：统计水力参数在不同区间段的河段长度，及每个区间河段长度占整个河段长度的百分比，避免因计算出的某一河段参数偏低，而该段在整个河段中所占比重非常小，单凭最低值进行判断所造成的失误。

水力形态：统计不同流量时缓流、急流、较急流、较缓流的段数、累计河段长度及每种形态河段长度占总河段长度百分比。统计不同流量时浅滩及深潭的个数。

② 年内变化指标体系：

典型断面水深等水力生境参数年内变化：在有较大支沟汇入断面，比较水力生境参数的年内变化。

生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准

表 5.1-2

生境参数指标	最低标准	累计河段长度的百分比
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	≥30m^2	95%
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 0.5m/s～1m/s	
较缓流	平均流速在 0.3m/s～0.5m/s	
缓流	平均流速≤0.3m/s	
深潭	最大水深≥10m	个数无较大变化
浅滩	河岸边坡≤10°，5m 范围内水深≤0.5m	

(2) 评价河段计算断面和水力生境参数的选取

实测断面：卡拉库尾至锦屏一级库尾河段共有 51 个实测断面资料，其中卡拉坝址至锦屏一级库尾约 17km 河段有 18 个断面，作为本次模拟计算的断面。

生境参数选取：采用表 5.1-2 中除水温外(水温的影响及适宜性详见 7.3.4 节)的其它生境参数进行计算。其中，最大水深根据坝下河段鱼类分布特征予以确定，结合鱼类资源现状调查结果，较大鱼类的体长约为 60～300mm，按照最大水深为鱼类体长的 2～3 倍的要求，最大水深底限为 120～900mm，取最大值 900mm 作为标准限值。其它参数

限值均采用表 5.1-2 的标准推荐值。

(3) 计算结果及分析

采用 HEC-RAS 软件，对卡拉坝址至锦屏一级库尾河段进行水力计算。计算得到卡拉坝下评价河段不同流量下的河道最大水深、平均水深、平均流速、水面宽度、湿周率、过水断面面积、水面面积等指标。依照生态水力学法水力生境参数标准对相应的水力参数进行统计分析，计算结果详见表 5.1- 3。

卡拉坝下评价河段水力生境参数计算结果统计表

表 5.1-3

生境参数指标	最低标准	累计河段长度的百分比要求	计算工况			
			10%	12.5%	15%	枯期
			90.5m^3/s	113.13 m^3/s	135.75 m^3/s	371 m^3/s
最大水深	鱼类体长的2～3 倍	95%	100%	100%	100%	100%
平均水深	≥0.3m	95%	100%	100%	100%	100%
平均速度	≥0.3m/s	95%	100%	100%	100%	100%
水面宽度	≥30m	95%	100%	100%	100%	100%
湿周率	≥50%	95%	94%	100%	100%	100%
过水断面面积	≥30m^2	95%	100%	100%	100%	100%
生境形态指标	概念界定	标准要求	90.5m^3/s	113.13 m^3/s	135.75 m^3/s	371 m^3/s
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%。	22%	33%	39%	83%
较急流	平均流速0.5m/s～1m/s		72%	67%	61%	17%
较缓流	平均流速在0.3m/s～0.5m/s		6%	0%	0%	0%
缓流	平均流速≤0.3m/s		0%	0%	0%	0%
深潭	最大水深≥10m	个数无较大变化	0%	0%	0%	0%
浅滩	河岸边坡≤10°，5m 范围内水深≤0.5m		0%	0%	0%	0%

由上表可见，当下泄流量为多年平均 10%即 90. 5 m^3/s 时，湿周率指标不能满足相应的标准要求；当下泄流量为多年平均 12.5%即 113.13m^3/s 时，全河段所有断面的各项指标满足相应的标准要求。综上分析，根据生态水力学法确定的卡拉水电站坝下河段的

生态流量为 113.13m³/s，占坝址处多年平均流量的 12.5%。

5.1.1.3.3 实测天然最小流量法

根据麦地龙水文站设站以来的水文统计资料，历年实测最小流量（日均）为 146m³/s，发生时间为 2008 年 2 月 6 日。通过查阅相关资料，2008 年 2 月雅砻江未见有显著的环境问题和生态影响相关报道，因而可推测，该流量是河流生态环境可接受的。因此，通过实测天然最小流量法确定的卡拉水电站下泄生态流量最小值为 146m³/s。

5.1.1.3.4 最小下泄流量

根据 Tennant 法、生态水力学法和实测天然最小流量法的计算成果，取上述三种计算方法结果最大值，即 146m³/s 作为卡拉水电站初期蓄水和运行期卡拉水电站的最小下泄流量，在这一最小下泄流量的情况下，卡拉水电站下游江段的水生生态系统能够维持最低生态功能的需要。

5.1.1.4 生态流量过程的确定

根据鱼类生态习性，其产卵期往往与天然径流的洪水过程相对应，相关研究也指出，洪水过程可刺激鱼类产卵。因此，在制定生态流量下泄过程方案时，应根据天然径流特点及鱼类产卵期对洪水涨落过程等水文情势的需求，在鱼类繁殖期对应的时段内，选择合适的时段制造洪水涨落过程，以最大程度满足鱼类繁殖对水文情势的要求。

(1) 评价河段重要水生物种生境参数

① 关键指示物种的选取

根据水生生态调查结果，本次评价河段有四川省重点保护鱼类裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种，此外还有长薄鳅、黄石爬鮡 2 种属《中国濒危动物红皮书》和《中国物种红色名录》中的易危种（VU）和濒危种（EN）。

据此，综合考虑鱼类受保护级别、经济价值及其繁殖习性与水文情势联系的密切程度，选择青石爬鮡、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等作为确定评价河段鱼类繁殖期生态流量过程确定的指示物种。

② 关键指示物种的生境参数

青石爬鮡、长丝裂腹鱼和四川裂腹鱼的产卵期及其对生境的需求见表 5.1-4。此外，根据在进行栖息地模拟分析时，假定产卵河段长度为 500m，鉴于该河段较短，且相应河段地形变化不大，故以已有实测大断面代表产卵场所在河段进行栖息地模拟。

指示物种产卵时段及相应的生境参数要求

表 5.1-4

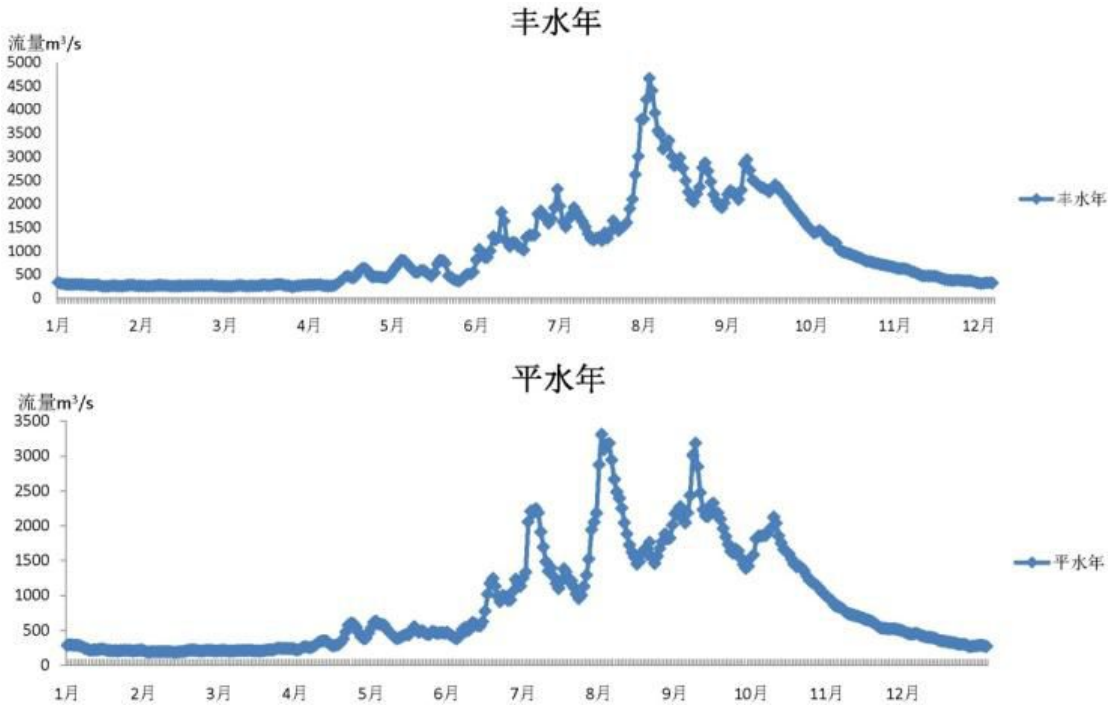
鱼类名称	产卵场底质特征	偏爱水深(m)	偏爱流速(m/s)	产卵期(月)	偏爱水文过程
四川裂腹鱼	砾石含砂	0.25～1.8	0.5～1.5	3 月～5 月	洪水涨落过程
青石爬鮡	砾石、礁石急流区	0.5～1.0	2.5～3.0	6 月～7 月	
长丝裂腹鱼	砾石含砂	0.3～0.5	0.5～1.0	3 月～4 月，9 月	

以上生境参数综合参考：吴春华等的《雅砻江干流河道内生态需水量生境模拟法研究》；谭燕平等的《雅砻江锦屏大河湾减水河段中鱼类栖息地模拟研究》；并经水生现状调查单位水利部中国科学院水工程生态研究所复核得出。

从表 5.1-4 可以看出，主要指示物种的产卵期集中在 3 月下旬 4 月初至 7 月，以及 9 月。

(2) 卡拉坝址天然流量过程

卡拉坝址丰、平、枯水年天然流量过程如图 5.1-1 所示。



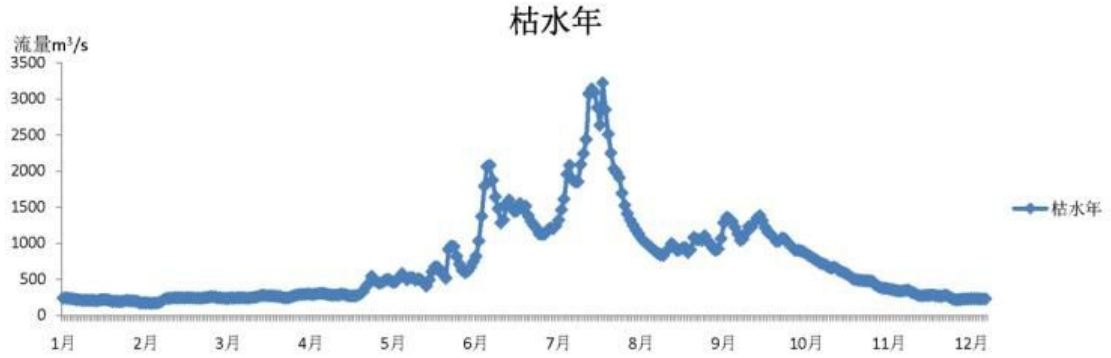


图 5.1-1 不同典型年卡拉坝址天然流量过程图

从图 5.1-1 可以看出，卡拉坝址河段天然流量峰值变化开始于 3 月，不同典型年略有差异，4 月至 8 月间流量峰值不断增加，8 月前后至最大，随后峰值流量逐渐减小。天然情况下，每个洪峰过程大约持续 10～15 天。其中 4 月～6 月期间峰谷流量过程变化相对 7～8 月较小，约 200～500m³/s 之间，呈逐渐增大趋势，7～8 月峰谷流量变化最大，丰水年最大流量变幅约 3000m³/s。

(3) 生态流量过程的确定

卡拉水库调节性能较差，水库正常运行时不改变流量年内变化过程，从 5.1.2.1.3 节对运行期各典型年卡拉坝址下泄月均流量过程可以看出，无论单独运行还是联合运行，各典型年卡拉坝址年下泄月均流量过程变化较小。联合运行工况下，年内流量变幅减小，年内流量变化过程仍与天然情况下相近。受卡拉水电站日调峰运行影响，卡拉坝址下泄流量日内存在较大变化，将导致卡拉坝下河段水位、流量变幅较大，对鱼类产卵季节影响较大。

因此，根据本工程评价河段指示物种繁殖期适宜生境参数，并结合相应时段天然径流特点，综合确定评价河段生态流量过程要求如下：

特殊生态需水期 4～9 月份，卡拉水电站需制造 3～4 个不参与日调峰的 10～15 日天然洪水过程，以满足卡拉下游河段鱼类产卵需要，见表 5.1-5。

维持卡拉坝下河段水生生态稳定所需生态流量要求

表 5.1-5

时段		推荐流量过程	
时间划分	时段划分依据	流量过程	
1~3 月上旬末	非鱼类集中产卵期	不低于 146m³/s	
4 月中旬~5 月下旬末	裂腹鱼亚科等集中产卵期	期间某连续 10 日左右(10≤T≤15 时)	根据天然来流量日内均匀下泄，制造 1 至 2 个洪水涨落过程
		其他时段	不低于 146m³/s，根据电网调度承担日调峰运行
6 月上旬~7 月中旬	鱊科、松潘裸鲤等	期间某连续 10 日左右，根据天然来流量日内均匀下泄，洪水涨落过程	
7 月下旬~8 月下旬	非鱼类集中产卵期	不低于 146m³/s，根据电网调度承担日调峰运行	
9 月上旬~9 月下旬	鱊科、部分裂腹鱼亚科等集中产卵期	期间某连续 10 日左右(10≤T≤15 时)	根据天然来流量日内均匀下泄，制造 1 个洪水涨落过程
		其他时段	不低于 146m³/s，根据电网调度承担日调峰运行
10 月上旬~12 月下旬末	非鱼类集中产卵期	不低于 146m³/s	

5.1.2 水文、泥沙情势影响分析

5.1.2.1 水文情势影响分析

5.1.2.1.1 施工期对水文情势的影响

(1) 截 流

根据工程围堰施工进度安排，卡拉水电站截流时段为第二年 11 月上旬，采用单戗立堵截流方式。根据设计方案，1#和 2#导流洞进口底板高程为 1912.00m，截流时相应河道水位为 1916.81m，导流洞围堰拆除即可过水。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，围堰上游水位由 1916.81m 上涨至 1919.95m，蓄水量很少，下泄流量变幅小，因此电站截流期间对库区及下游水文情势影响很小。

(2) 施工导流及水库初期蓄水

根据“2.7.8 水库初期蓄水计划”(详见 2.7.8 节)，按照施工进度安排，1#、2#导流

洞下闸时间为 12 月初，根据《水电工程施工组织设计规范》（DL/T 5397-2007）和 5.1.1 节评价河段生态流量分析，卡拉水电站初期蓄水期间为非鱼类产卵季节，为保证下游生态环境流量，将向下游泄放不小于 146m^3/s 的生态流量。采用 12 月 85%保证率的上游来流量计算得到：蓄水期间水位低于 1922.40m 时由施工导流洞泄流；当上游水位上升到 1922.40m～1934.49m 之间时，由设置于坝身下部的生态泄放底孔向下游供水；当水位高于 1934.49m 时通过控制泄洪中孔闸门开启度向下游供水，蓄水至 1934.49m 高程历时 1.63d，蓄至死水位 1982.00m 高程需 15.58d。

可见，通过上述泄放方案，卡拉水电站初期蓄水期间不会产生河道断流现象，下泄流量能够满足生态流量需求，水库初期蓄水对下游水文情势的影响将得到有效减缓。

5.1.2.1.2 运行期库区水文情势

(1) 对库区水文情势总体影响

卡拉水电站为日调节性能，正常蓄水位为 1987m，正常蓄水位对应的库容为 2.38 亿 m^3。建库后库区水位将大幅抬升，水体体积和水面面积均将大幅度增加，库区内的流速将减缓，河段流态由急流河道转变为缓流河道，从上游至坝前流速逐渐减小。水库水位在正常蓄水位和死水位之间变动，正常运行时一般消落 2m，最大将产生 5m 的消落带。

正常蓄水位时库区水文情势变化特征见表 5.1-6。

正常蓄水位时库区水文情势变化特征表

表 5.1-6

项 目	单位	水库形成前 (P=5%)	水库形成后	变化量	变化率(%)
水库(域)面积	km^2	3.96	7.49	3.53	47.13%
水库(域)体积	亿 m^3	0.71	2.38	1.67	70.17%
坝前水位	m	1926.00	1987.00	61.00	/
平均水深	m	18.00	32.30	14.30	44.27%
平均水面宽度	m	120.00	255.00	135.00	52.94%

卡拉水电站建成后，相比于天然情况下 P=5%的流量时，建库后库区水面面积增加约 3.53km^2，库区水体体积增加 1.67 亿 m^3，坝前水位增加 61m，库区平均水深增加 14.3m，

平均水面宽度增加 135m。

(2) 对库区不同断面水文情势影响

电站建成后，与建电站前相比，电站的近坝段和库中段库区水位抬高很大，库尾段水位变化较小，电站的近坝段和库中段库区流速减少很大，库尾段水位变化较小。

5.1.2.1.3 运行期坝下游河道水文情势分析

卡拉水电站坝下河段水文情势变化主要受本水库及上、下游水库的控制，由于卡拉水电站仅为日调节性能，其运行对流量的年内分配没有影响，但对坝下河道的日流量变化过程会造成一定的影响。按照目前开发时序，卡拉下游锦屏一级水电站已蓄水投入运行，其库尾距卡拉水电站坝址约 17km。卡拉水电站建成后，下游锦屏一级库区水文情势主要自身调节控制；卡拉坝址至锦屏一级库尾 17km 的河段水文情势主要受卡拉水电站调节控制。上游两河口水电站建成后，卡拉水电站可依靠两河口水电站进行联合运行发挥多年调节作用。

根据流域水电规划的电站建设时序，上游两河口和牙根一级将最先同步建成，随后杨房沟梯级建成，之后才为卡拉梯级建成。由此，水文情势分为卡拉单独运行、卡拉+两河口+牙根一级+杨房沟联合运行 2 种工况。

(1) 运行期典型年下泄流量过程

卡拉水电站单独运行与两河口+牙根一级+杨房沟联合运行 2 种工况下，各典型年下泄流量过程及坝下水位变化过程见图 5.1-2~图 5.1.2-4。

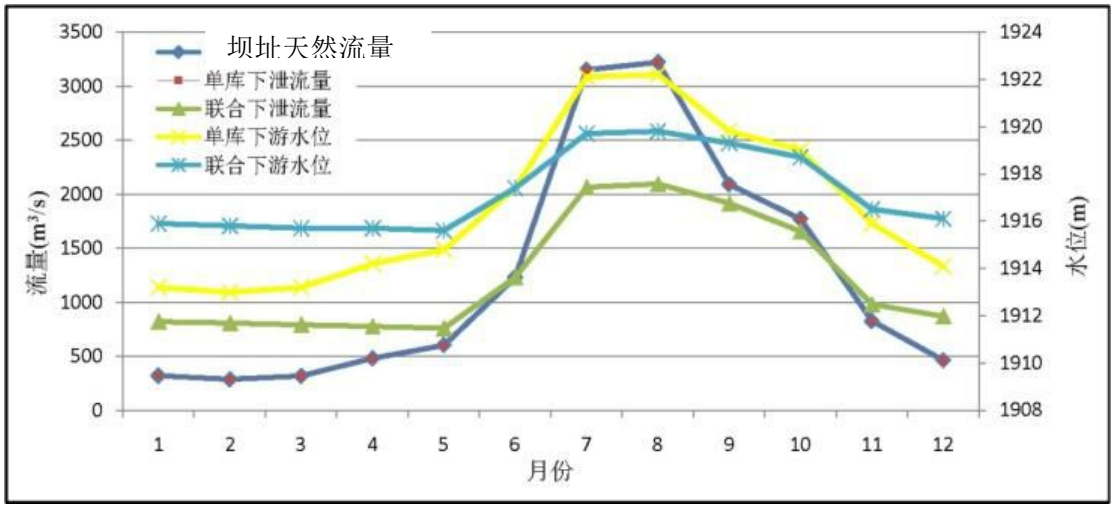


图 5.1-2 卡拉水电站单独和联合运行下泄流量、坝下水位变化过程（丰水年）

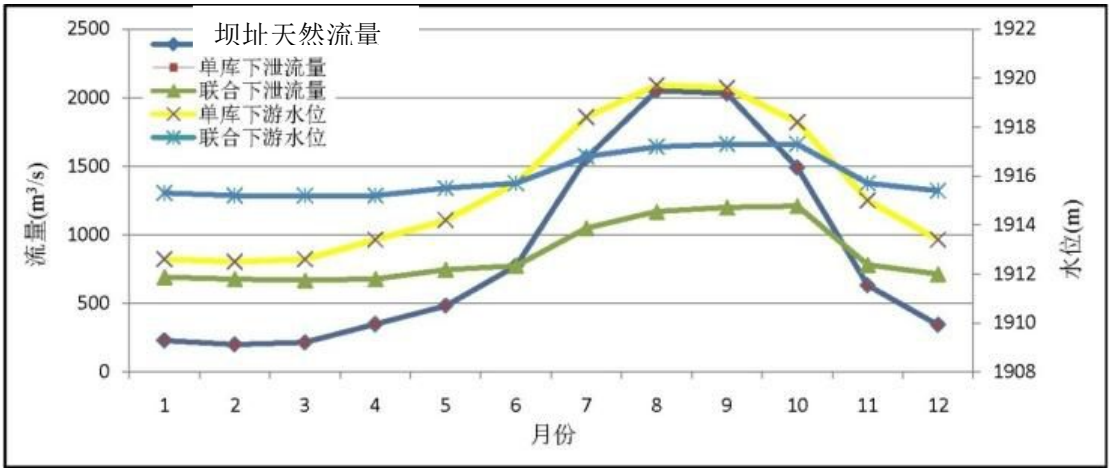


图 5.1-3 卡拉水电站单独和联合运行下泄流量、坝下水位变化过程（平水年）

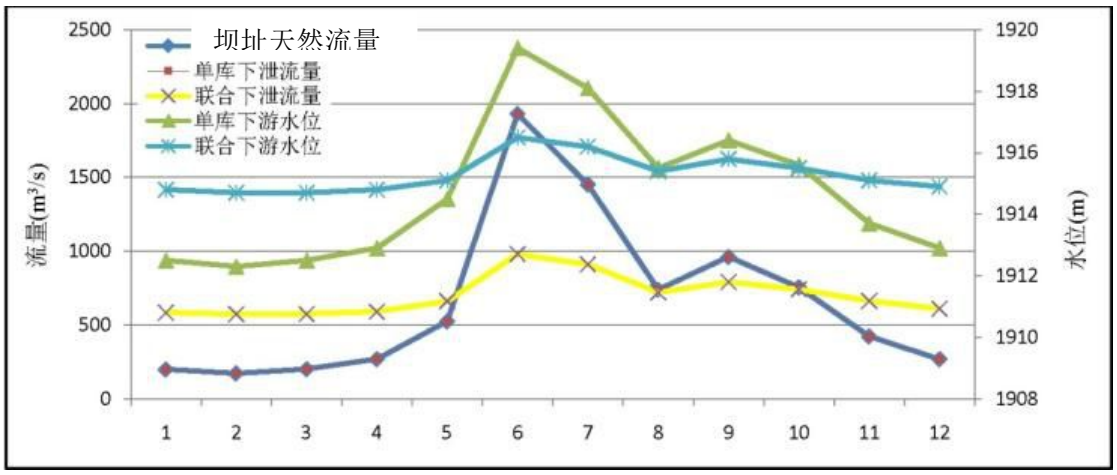


图 5.1-4 卡拉水电站单独和联合运行下泄流量、坝下水位变化过程（枯水年）

由以上图表中可以看出，卡拉单独运行时，各月均入库流量基本等于月均下泄流量，电站对径流年内分配无影响；与上游两河口两河口+牙根一级+杨房沟水电站联合运行时，受两河口水库多年调节影响，卡拉水电站入库流量在汛期减小，枯水期增大，流量过程相比单库运行较为均化，下游水位相比单库运行时年内变幅减小。

(2) 运行期典型年典型日下泄流量过程

卡拉水电站单独运行与两河口+牙根一级+杨房沟联合运行 2 种工况下，各典型年枯水期(4 月)和丰水期(8 月)典型日电站下泄流量过程及坝下水位变化过程见图 5.1-5～5.1-10。

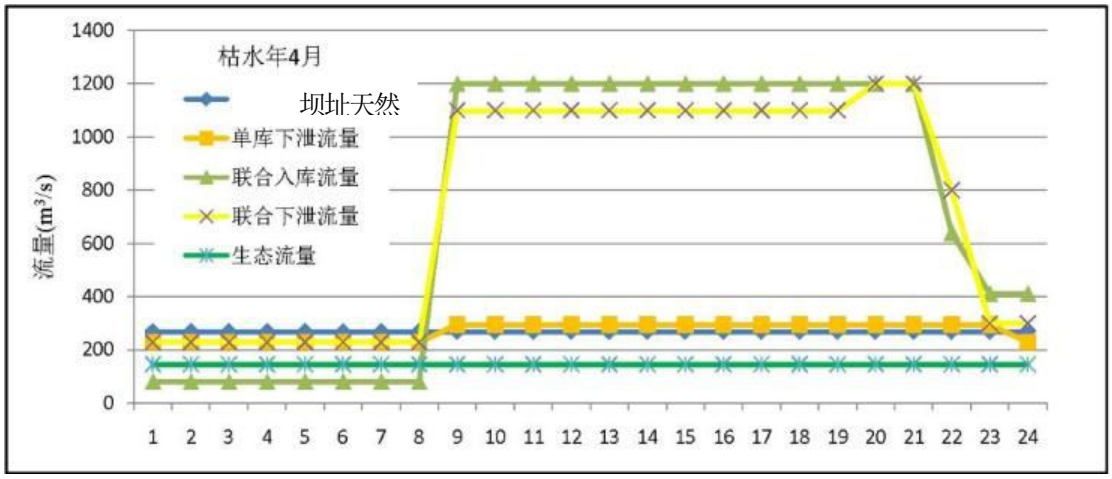


图 5.1-5 卡拉水电站枯水典型年枯期（4 月）典型日坝下流量过程

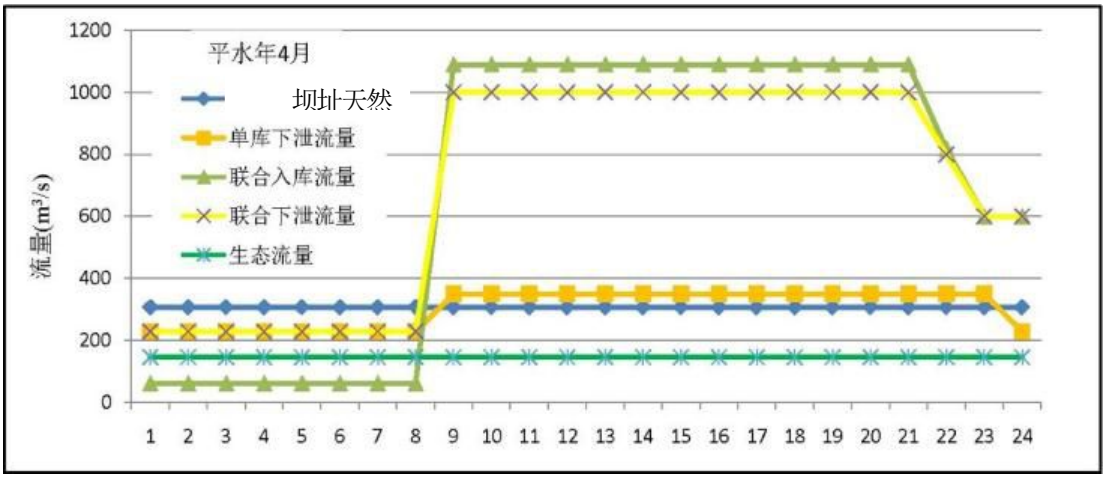


图 5.1-6 卡拉水电站平水典型年枯期（4 月）典型日坝下流量过程

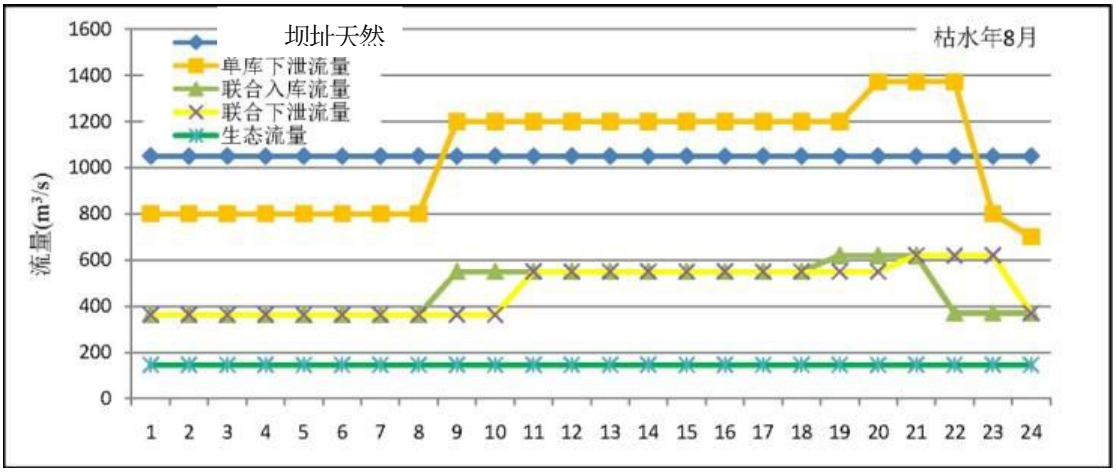


图 5.1-7 卡拉水电站枯水典型年丰水期（8 月）典型日坝下流量过程

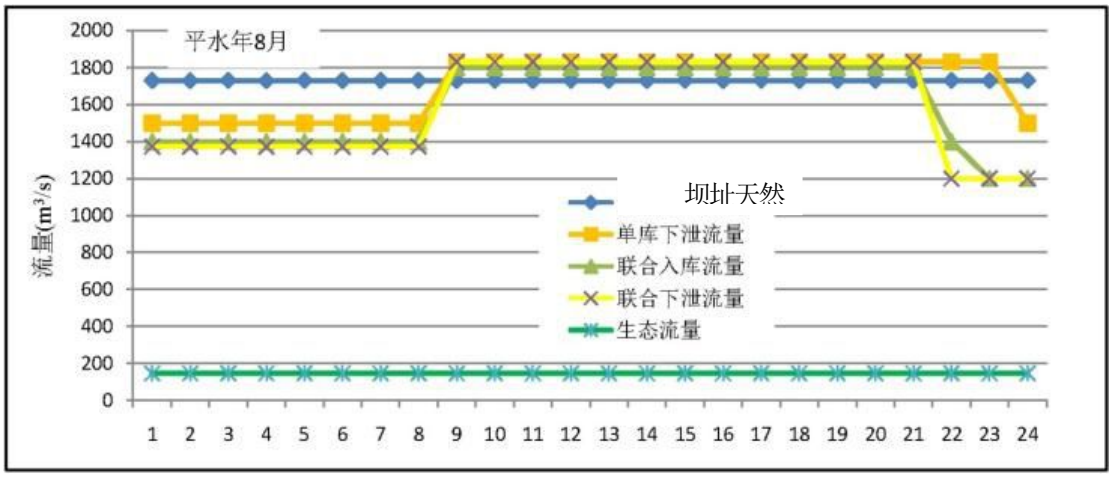


图 5.1-8 卡拉水电站平水典型年丰水期（8 月）典型日坝下流量过程

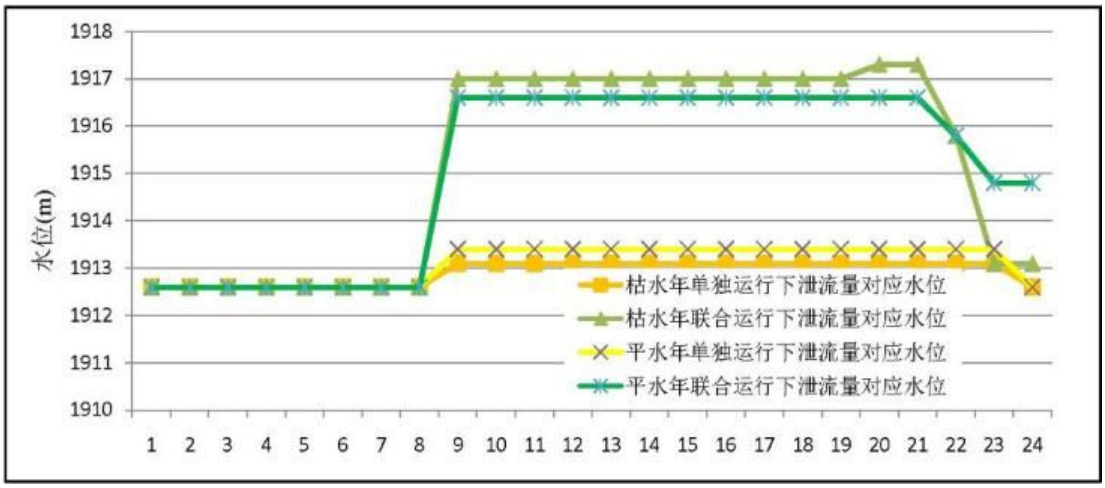


图 5.1-9 卡拉水电站各典型年枯期（4 月）典型日坝下水位过程

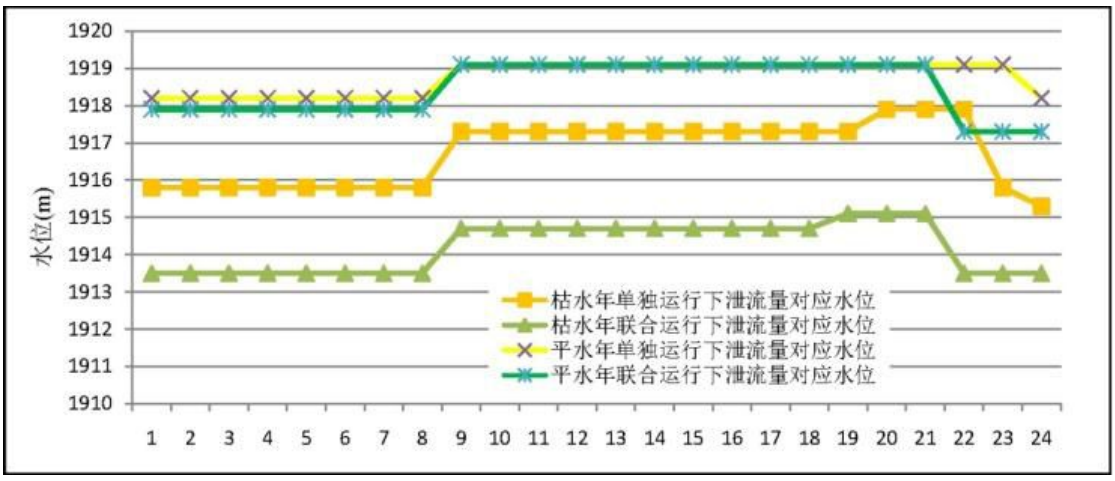


图 5.1-10 卡拉水电站各典型年丰水期（8 月）典型日坝下水位过程

从上图中可以看出：

卡拉水电站单库运行日调节时，枯水年 4 月日内流量在 228.8～295m³/s 之间，坝下水位为 1912.6～1913.1m，坝下水位变幅 0.5m；枯水年 8 月日内流量在 800～1372.8m³/s 之间，坝下水位为 1915.8～1917.9m，坝下水位变幅 2.1m。

卡拉水电站联合运行日调节时，平水年 4 月日内流量在 228.8~1000m³/s 之间，坝下水位在 1912.6~1916.6m，坝下水位变幅 4m；平水年 8 月日内流量在 1372.8~1830.4m³/s，坝下水位在 1917.9~1919.1m，坝下水位变幅 1.8m。各工况下，发电下泄流量均不小于最小生态流量 146 m³/s。

电站安装 4 台机组，单台机满发流量为 457.6m³/s，基荷发电流量约为 228.8m³/s。运行时采取轮流发电和检修，机组定期检修约为 1 年 1 次，一般情况下只有 1 台机组处于检修状态，主要安排在来水较少的枯水期，维修时间约为 1 个月，在 1 台机组停机检修期间，通过其它 3 台机组的发电可保证下泄流量。根据以上分析，实际下泄流量不小于最小生态流量 146m³/s。因此，工程在运行期通过坝址下泄流量可以满足下游用水需求。

由于卡拉水库调节库容较小，在上游来留量很大，如联合运行平水年平水期工况，和上游来流量很小，如单独运行枯水年枯期工况，下泄流量过程与入库流量过程基本一致。各预测工况中，联合运行工况下枯水年枯期坝下水位变幅最大，为 4.7m；单独运行工况下库水平水年枯期坝下水位变幅最小，为 0.5m。因此在鱼类产卵季节，当坝下水位日内变动幅度过大时，为保证下游鱼类产卵，需要保证卡拉坝址内日下泄流量过程一定程度的稳定性。详见 5.1.1.4 节和 7.1.3 节。

5.1.2.2 泥沙情势影响分析

(1) 水库水沙、库容特点

卡拉水库属于河道型水库，库区天然坡降为 2.83‰，至上游梯级杨房沟坝址距离约 32km。正常蓄水位 1987m 时，相应库容 2.378 亿 m³，相应死水位 1981m，死库容 2.013 亿 m³。卡拉水电站坝址多年平均流量 905m³/s，汛期（6～10 月）多年平均流量 1627m³/s，年平均含沙量 0.452kg/m³。年平均入库悬移质沙量 1286 万 t，推移质输沙量 61.6 万 t，年均总输沙量 1347.6 万 t。入库水沙年内分配很不均匀，来沙主要集中汛期（6～10 月），汛期来沙占全年来沙的 98%，汛期来水量占全年来水量的 75.6%。若不考虑上游梯级的影响，卡拉水库库沙比为 29，水库泥沙淤积发展较快，属于泥沙淤积严重的水库。

卡拉水电站是雅砻江中游河段梯级开发中的第七级站址，上游有两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟六个梯级水电站，其中，两河口水库为雅砻江中游河段的龙头水库，具有多年调节能力，库沙比为2371，水库泥沙淤积速率缓慢，淤积年限很长，平均出库率为15.8%，若考虑上游两河口与杨房沟水库的影响，卡拉水库库沙比为105，属于泥沙淤积不严重水库。

(2) 水库泥沙淤积预测

水库泥沙冲淤采用SUSBED-2恒定流泥沙数学模型进行计算。考虑到雅砻江中游河段梯级电站开发投入时序及上游梯级对卡拉水库入库水沙条件影响程度分析，本阶段卡拉水库泥沙冲淤计算的梯级组合主要考虑两河口+杨房沟+卡拉。

计算成果详见表5.1-7。

卡拉水库泥沙冲淤计算成果表

表5.1-7

泥沙淤积年限（年）	正常蓄水位以下库容淤积量（亿 m^3）	正常蓄水位下库容（亿 m^3）	调节库容损失率（%）	悬移质出库率（%）	坝前段平均淤积高程（m）
10	0.098	2.192	4.08	35.07	1907.52
20	0.193	2.013	11.81	35.95	1908.05
50	0.467	1.512	22.45	38.16	1910.20
100	0.917	0.710	39.98	42.67	1918.51

水库泥沙冲淤计算成果表明，由于上游龙头梯级两河口、杨房沟水库拦沙作用，卡拉水库泥沙平衡年限较长，水库运行100年后水库泥沙淤积仍未达到平衡状态。从泥沙淤积对上游梯级杨房沟坝址影响分析，由于上游梯级电站的拦沙作用，卡拉水库的入库泥沙大幅减少，尤其杨房沟梯级坝址以上的推移质入库泥沙基本被拦截，因此，卡拉水库的入库泥沙主要为杨房沟坝址～卡拉坝址区间泥沙和杨房沟水库的出库泥沙。

(3) 库尾及坝下河床演变分析

泥沙淤积计算表明，卡拉水库运行20年，在上游杨房沟坝址河段均仍有一部分泥沙淤积，杨房沟电站厂址处泥沙淤积厚度为0.18m。泥沙淤积将对卡拉库尾杨房沟电站坝址、厂址河段的水位将有一定程度的抬升。

枢纽建成后由于下游河床组成为基岩，仅在近坝段出现局部冲刷坑，通过采取消能防冲措施及其它防护措施可得以解决。因此，预测卡拉水电站兴建后对下游总体河势影

响较小。

5.1.2.3 泄洪雾化影响分析

(1) 泄洪建筑物和泄洪方式

本工程泄洪消能建筑物采用坝身泄洪表孔（5 孔）＋泄洪中孔（2 孔），为减轻泄洪雾化、冲坑对两岸坡及下游滑坡体的不利影响，坝下设底流跌坎消力池消能。泄洪表孔布置在河床中部，泄洪中孔对称布置在表孔两侧。表孔采用开敞式溢流堰型式，单孔净宽 11m，堰顶高程为 1970.0m。溢流表孔设平板检修闸门和弧形工作闸门各一扇，平板检修闸门由布置于坝顶的门机控制；弧形工作闸门由布置在闸墩顶部的液压启闭机控制。泄洪中孔均采用坝身有压泄水孔型式，孔口尺寸均为 5.0×7.0m，出口高程为 1930.0m，出口为扭曲式挑流鼻坎，将下泄水流引至消力池内进行消能。中孔出口设弧形钢闸门挡水，进口设一道事故检修平板闸门。

卡拉水电站泄洪消能方式为：泄洪表孔宽尾墩、连续鼻坎自由跌流—中孔（挑流）—消力池的联合消能方式，消能防冲建筑物设计洪水标准均采用 50 年一遇洪水($Q=7380m^3/s$)，同时，需考虑低于设计洪水时可能出现的不利情况。当枢纽遭遇 2%、5%、20%等三种频率洪水时，仅由表孔泄洪；当遭遇 0.05%、0.2%、1%等三种频率洪水时，由表孔、中孔联合泄洪。

(2) 泄洪水力模型试验结论

为充分论证泄洪建筑物结构布置的合理性，在可研设计阶段，委托南京水科院进行了 1：40 整体模型试验。整体水力学模型试验表明，表、中孔进流顺畅，出流流态稳定，水舌纵横向扩散较好，在空中无明显碰撞，池内落点充分。过流时表孔堰面以正压力为主，负压分布范围及其值均较小；中孔顶板和底板上压力分布正常，没有出现压力陡然降低和负压现象。

(3) 泄洪雾化影响分析

由上述分析可见，卡拉水电站采用底流跌坎泄洪消能型式，在实施纵向拉开的基础上，减少了表、中孔水流空中碰撞，大大降低了本工程泄洪雾化的影响。且在上游两河口水电站建成后，其具有联合调节能力，需要泄洪的概率将远小于卡拉水电站单独运行。因此，卡拉水电站泄洪雾化影响很小。

5.1.3 水温影响预测评价

5.1.3.1 水库水温结构、预测方法

(1) 水库水温结构

采用α-β指数法初步判别水温结构，计算公式为：

$$\alpha=\frac{w}{v}\quad \beta=\frac{w_c}{v}$$

其中：w为年均径流量，v为水库总库容，w_c为一次入库洪量，α、β为指数，β用于判断洪水对稳定分层型水库水温的影响。当$\alpha\leq10$时，为水温稳定分层型；$\alpha\geq20$时，为混合型；$10<\alpha<20$时，为过渡型。若$\beta>1$，则水库水温为临时的混合型；若$\beta<0.5$，则水库仍为稳定分层；$0.5<\beta<1$，则洪水的影响介于前二者之间。

卡拉坝址年径流量为$287.6\times10^8m^3$，水库总库容为总库容为2.473亿m^3，计算得出α值为116.3，据此初步判断，水库的水温结构属于**混合型**。

(2) 预测方法

卡拉水库水温研究采用宽度平均的立面二维水温数学模型，数学模型的验证利用二滩水库水温实测资料。

水库水温预测的基础资料包括地形、水文、河道水温、气象、泄流孔口位置及尺寸等多种要素。水库水温影响预测中，单独运行时水温条件采用多年平均入库水温，联合运行时采用受两河口水库运行影响的入库水温，气象条件采用多年平均气象条件。

根据不同典型水文年和取水方式，卡拉水库水温研究共设置了3种工况，分别为平水年方案(工况1、3)、枯水年方案(工况2)。

各工况计算条件见表5.1-8。

卡拉水库水温预测工况一览表

表5.1-8

工况	水文条件	入库水温条件	气象条件
工况1	单独运行，平水年	库尾实测水温	多年平均
工况2	单独运行，枯水年	库尾实测水温	多年平均
工况3	与两河口（叠梁门取水）、牙根一级、杨房沟联合运行，平水年	受两河口(叠梁门取水)、牙根一级、杨房沟影响的入库水温	多年平均

5.1.3.2 平水年卡拉单独运行(工况1)预测结果及分析

工况1预测结果见表5.1-9。

工况 1 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

表 5.1-9 单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址天然实测水温	月均下泄水温	下泄水温与天然水温差值	表底温差
1	9.6	3.9	3.9	3.9	3.9	0.0	0.0
2	12.5	9.3	4.1	5.9	5.3	-0.6	5.2
3	16.3	12.4	4.2	9.0	8.5	-0.5	8.2
4	19.2	15.5	4.3	12.0	12.0	0.0	11.2
5	21.6	17.8	4.4	14.8	14.8	0.0	13.4
6	21.5	19.7	4.7	16.7	16.5	-0.2	15.0
7	21.2	17.9	16.6	17.3	17.3	0.0	1.3
8	20.4	17.9	17.3	17.2	17.3	0.1	0.6
9	19.2	15.6	15.5	15.7	15.5	-0.2	0.1
10	16.4	13.3	12.6	13.0	12.6	-0.4	0.7
11	11.8	9.3	7.4	8.1	7.9	-0.2	1.9
12	8.9	6.0	4.4	4.2	4.6	0.4	1.6
年均	16.6	13.2	8.3	11.5	11.4	-0.1	4.9
最大值	21.6	19.7	17.3	17.3	17.3	0.4	15.0
最小值	8.9	3.9	3.9	3.9	3.9	-0.6	0.0
年内变幅	12.7	15.8	13.4	13.4	13.4	-	-

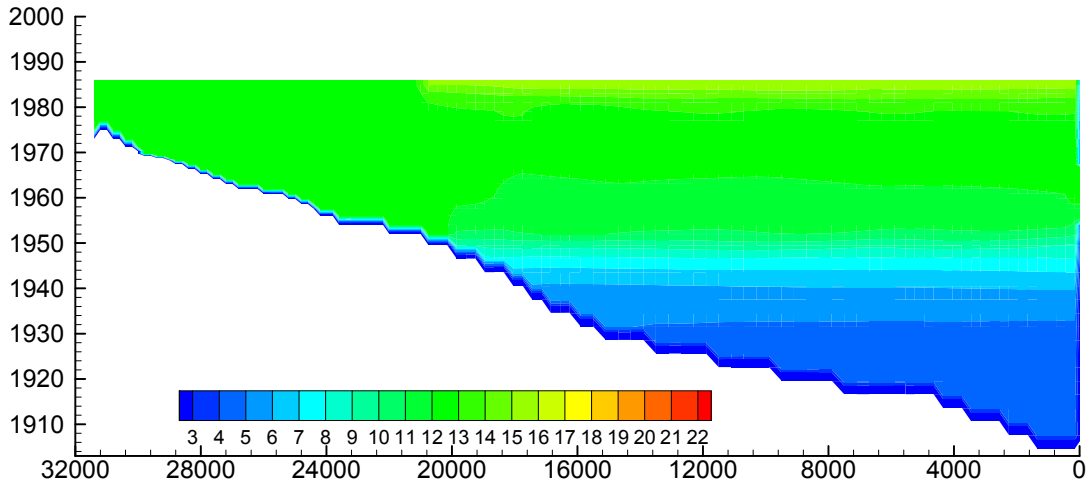
注：表层水温和库底水温均为当月 15 日均值，月均下泄水温为各月平均水温；坝址天然水温和气温为卡拉坝址实测值。

5.1.3.2.1 库区及坝前水温分布

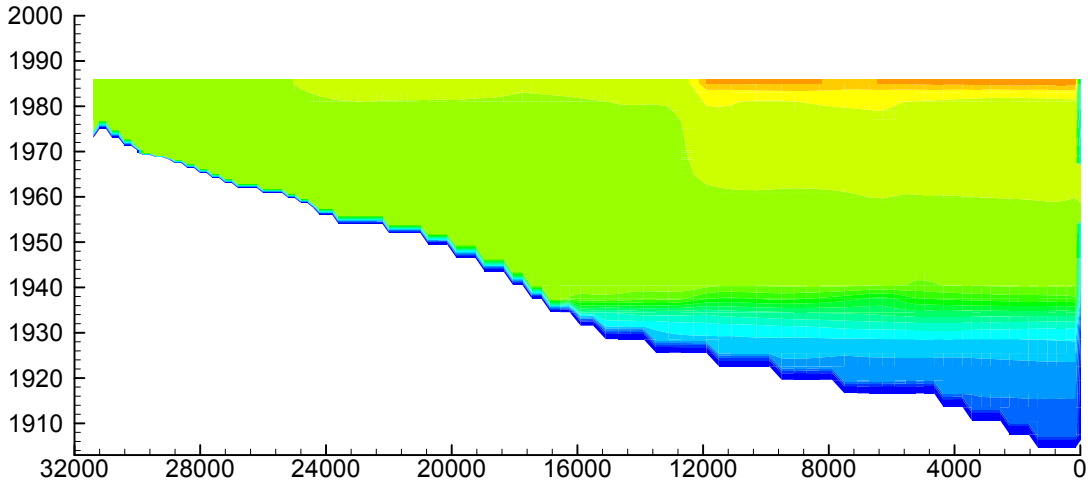
卡拉水库的平水年入库流量为 689.8m^3/s，年径流量对库容的替换次数为 91 次，但径流量的年内分配不均匀，库区在枯水期的替换能力较弱，冬季来流低温水在升温期结束时仍不能得到充分替换，部分月份存在水温分层现象，平水年卡拉库区总体呈季节性分层水温结构特征。

图 5.1-11（为突出重点，以 4、6、8、9 月为代表月份）为卡拉水库在平水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件(工况 1)情况下库区立面二维水温预测

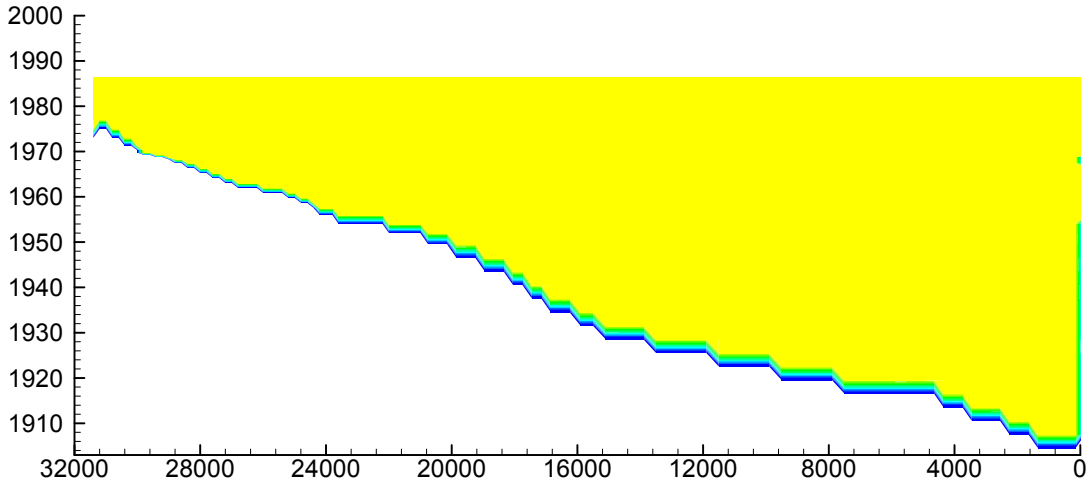
结果，各月 15 日日均计算值。图 5.1-12 为各月 15 日日均的坝前水温分布。



4 月



6 月



8 月

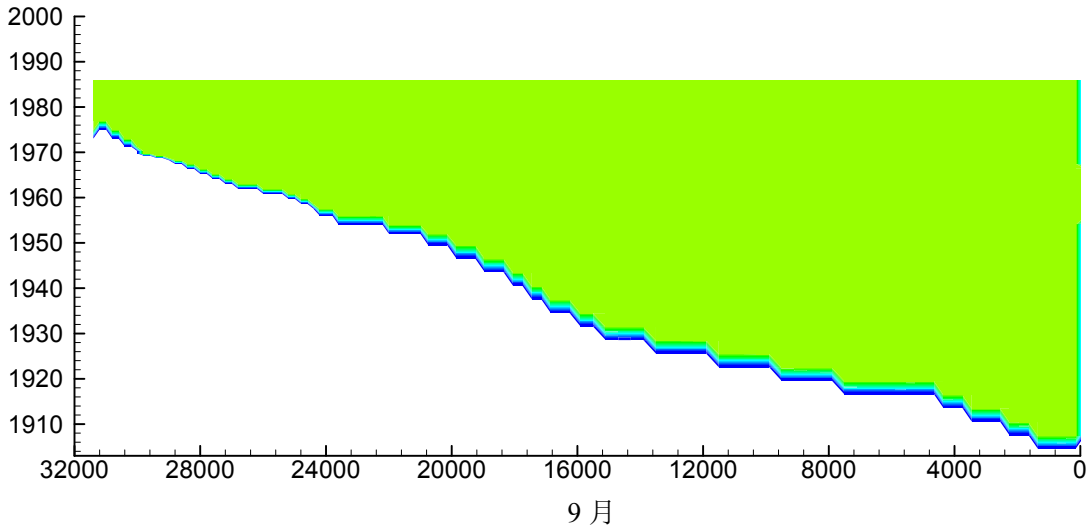


图 5.1-11 卡拉库区代表月份二维水温分布(工况 1)

(图中横坐标为距库尾距离，纵坐标为水位，单位均为 m，下同)

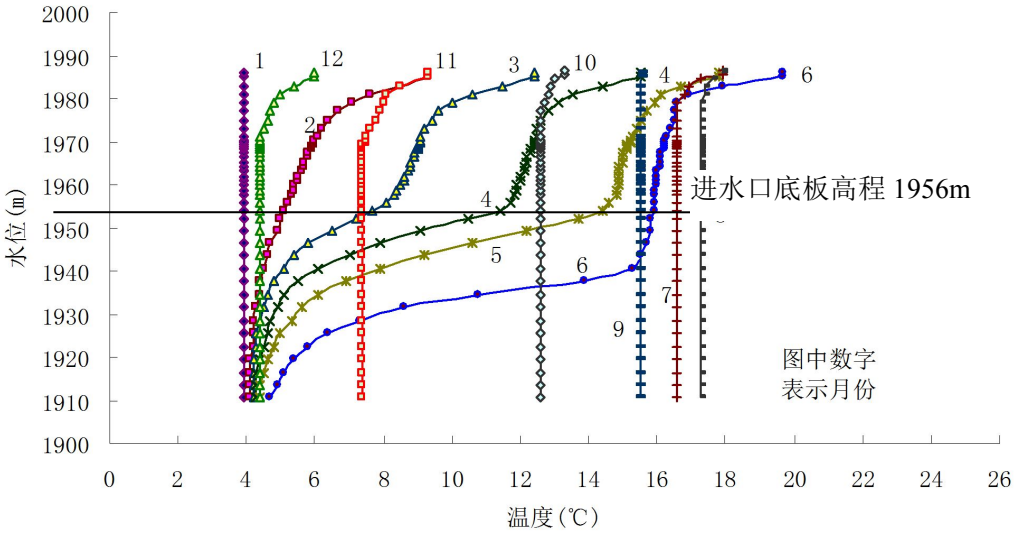


图 5.1-12 工况 1 的坝前水温分布

（工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件）

由预测结果可见，库区水温在 1 月最低，坝前垂向断面上平均水温为 3.9℃，库区水体垂向同温。2 月库区坝前水温垂向有 5.5℃温差，来流水温比上月提高 2.3℃，坝前库底存在 4.0℃左右的低温水，表层温跃层梯度为 0.32℃/m。3 月，来流高温水由于密度小于库内温度较低的水体而靠近库表流动，对进水口底板高程 1956m 以下水体影响较小，坝前垂向温差 7.6℃，1949m~1956m 之间初步形成下层温跃层。

4 月水面温度达 15.5℃，库底水温仍为 4.3℃，1948m 左右的下层温跃层梯度为 0.36℃/m，表层与底层的温差为 11.2℃，双温跃层现象比较明显。5 月~7 月，来流水温和气温等大幅提升，库区水温也大幅提高。5 月表层水温在来流基础上持续升高至 17.8℃。6 月流量为 5 月的 1.6 倍，库尾方向掺混充分；库区坝前的表层水温达到了全年最高的 19.7℃，双温跃层现象继续发展。7 月入库流量达库容的 15.7 倍，库区水体掺混充分；虽然来流水温为全年最高的 17.2℃，但较快的库区流速使表层热量难以蓄积，表层水温开始下降。7 月水库开始堰顶泄洪，下层温跃层下压后导致库底低温水被彻底替换，库底大幅升温。

8 月入库流量全年最大，垂向温差进一步减小。9 月入库流量仍较大，来流水温以及气温降低对表面热交换的影响使垂向基本同温。10 月表层水温继续降低，较大水量的低温来流对库区水体替换充分。11 月~12 月，来流量减小明显，长短波辐射的减小使水体向大气散失热量，表层水温至 1 月降至全年最低。

5.1.3.2.2 下泄水温

(1) 月均下泄水温

图 5.1-13 比较了工况 1 的月均下泄水温与坝址处天然水温的年内过程。

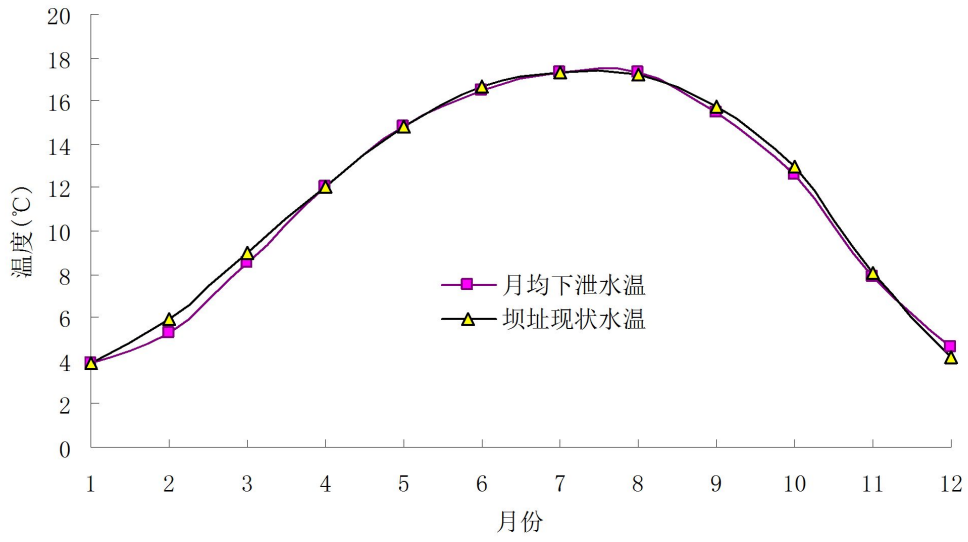


图 5.1-13 单独运行平水年月均下泄水温、坝址处天然水温比较

（工况 1：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件）

由表 5.1-9 和图 5.1-13 可见，平水年卡拉电站单独运行对下游水温过程影响较小，水库年均下泄水温与建坝前基本持平，建库前后坝址各月的月均水温变化小于 0.6℃。

下泄水温在 2-3 月、6 月、9-11 月较建坝前有所降低，平均降低了 0.4℃，2 月份降低最多，降幅为 0.6℃。12 月温升幅度最大，升幅为 0.4℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 7 月，出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月，月均最高、最低温度基本与建坝前持平。建库前后下游水温过程整体变化不明显。

(2) 周均下泄水温

图对比了单独运行平水年周均的下泄水温与坝址现状水温。

与坝址现状逐周水温比较，卡拉在第 7 周对水温降幅贡献最大，为 1.0℃；在 50 周对水温升幅贡献最大，为 0.8℃。

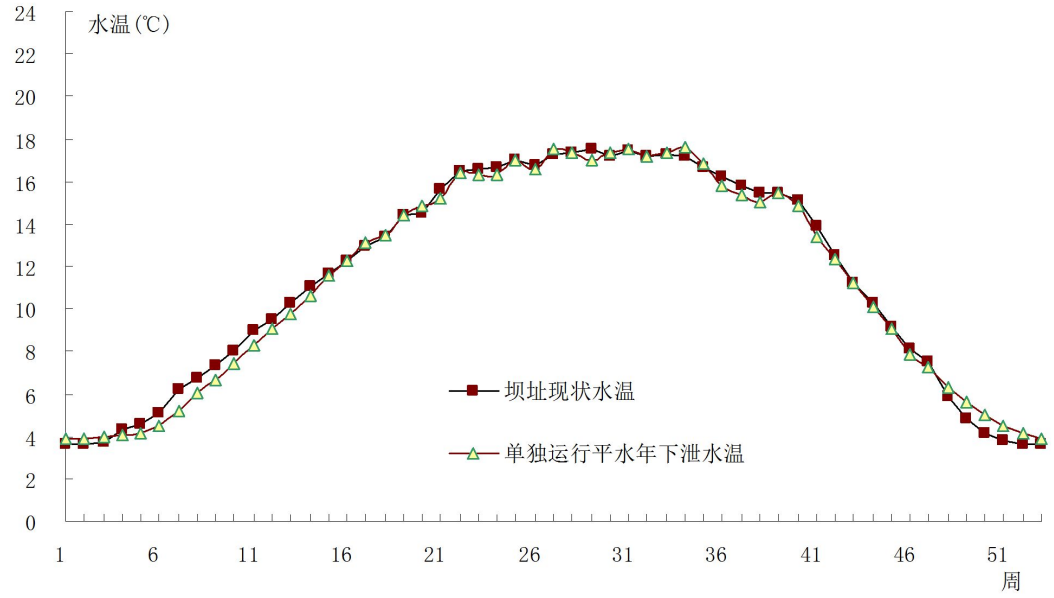


图 5.1-14 单独运行平水年周均下泄水温与坝址现状水温的比较

(3) 日均下泄水温

图 5.1-15 比较了卡拉水电站典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温范围。与坝址逐日水温的多年平均值相比，卡拉下泄水温最大降幅为 1.1℃（2 月 12～14 日）、最大升幅为 0.8℃（12 月 12 日）。

以到达 11℃的时间计，建坝前多年平均在 4 月 5 日到达 11℃，建坝后下泄水温在 4 月 7 日到达 11℃。

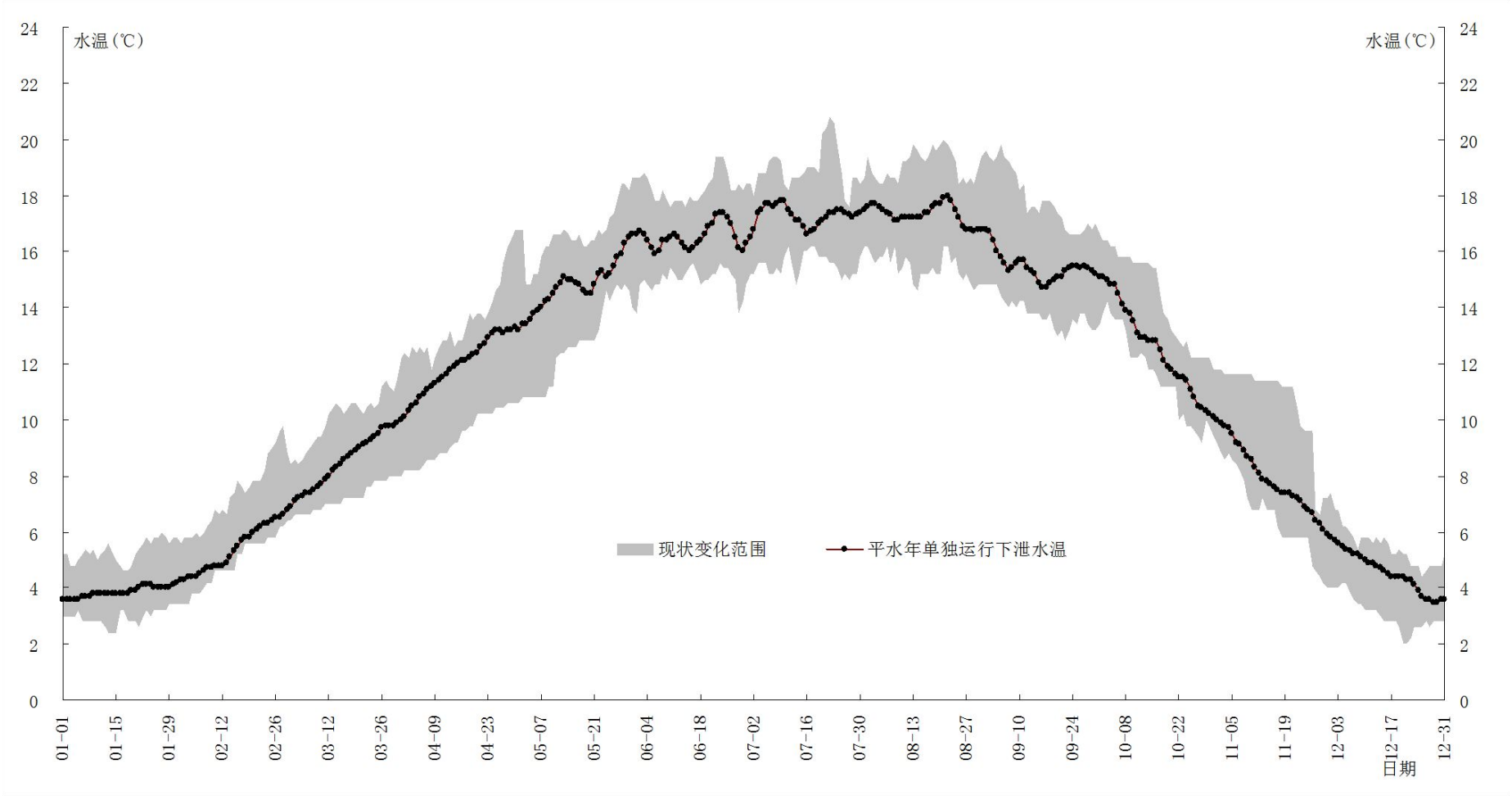


图 5.1-15 单独运行平水年逐日下泄水温与现状水温变化范围的比较

5.1.3.3 枯水年卡拉单独运行(工况 2)预测结果及分析

工况 2 预测结果见表 5.1-10。

工况 2 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

表 5.1-10 单位：℃

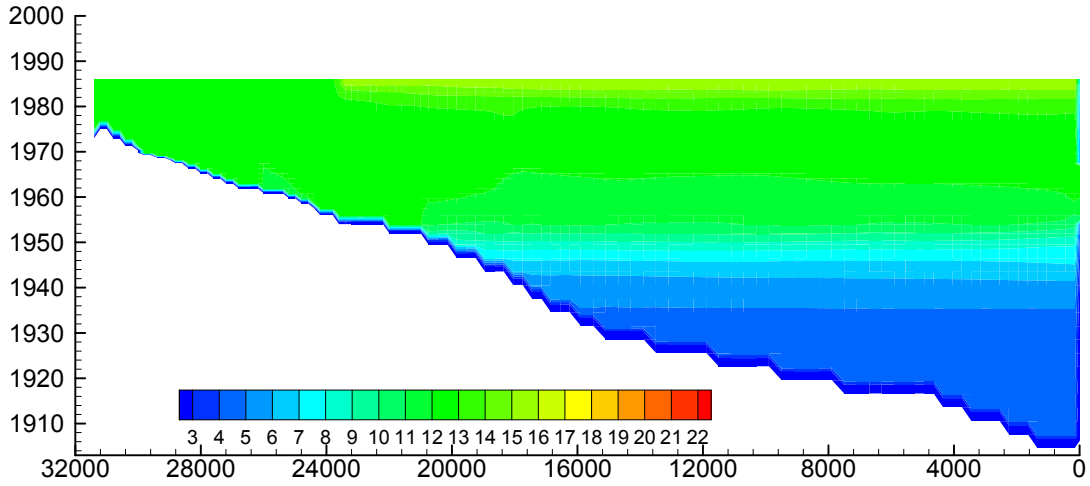
月份	气温	表层水温	库底水温	坝址天然实测水温	月均下泄水温	下泄水温与天然水温差值	表底温差
1 月	9.6	3.9	3.9	3.9	3.9	0.0	0.0
2 月	12.5	9.3	4.0	5.9	5.2	-0.7	5.3
3 月	16.3	12.4	4.1	9.0	8.4	-0.6	8.3
4 月	19.2	15.6	4.2	12.0	11.8	-0.2	11.4
5 月	21.6	17.7	4.3	14.8	14.8	0.0	13.4
6 月	21.5	17.0	16.0	16.7	16.4	-0.3	1.0
7 月	21.2	18.0	16.6	17.3	17.3	0.0	1.4
8 月	20.4	19.5	17.1	17.2	17.5	0.3	2.4
9 月	19.2	16.2	15.0	15.7	15.6	-0.1	1.2
10 月	16.4	14.9	12.8	13.0	12.9	-0.1	2.1
11 月	11.8	9.7	7.7	8.1	8.2	0.1	2.0
12 月	8.9	6.4	4.6	4.2	4.9	0.7	1.8
年均	16.6	13.4	9.2	11.5	11.4	-0.1	4.2
最大值	21.6	19.5	17.1	17.3	17.5	0.7	13.4
最小值	8.9	3.9	3.9	3.9	3.9	-0.7	0.0
年内变幅	12.7	15.6	13.2	13.4	13.6	-	-

注：表层水温和库底水温均为当月 15 日均值，月均下泄水温为各月平均水温；坝址天然水温和气温为卡拉坝址实测值。

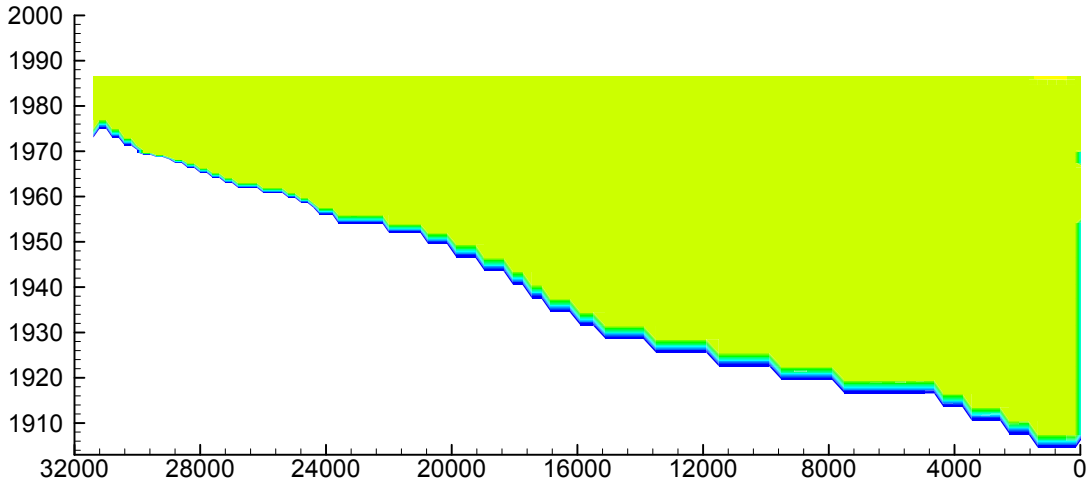
5.1.3.3.1 库区及坝前水温分布

图 5.1-16 为卡拉水库在枯水年、天然入流、多年平均入库水温和多年平均气象条件(工况 2)情况下库区立面二维水温预测结果，为各月 15 日日均计算值。图 5.1-17 为各月 15 日日均的纵垂向水温分布。工况 1 和工况 2 的计算条件仅入出库流量、水位存在差异，

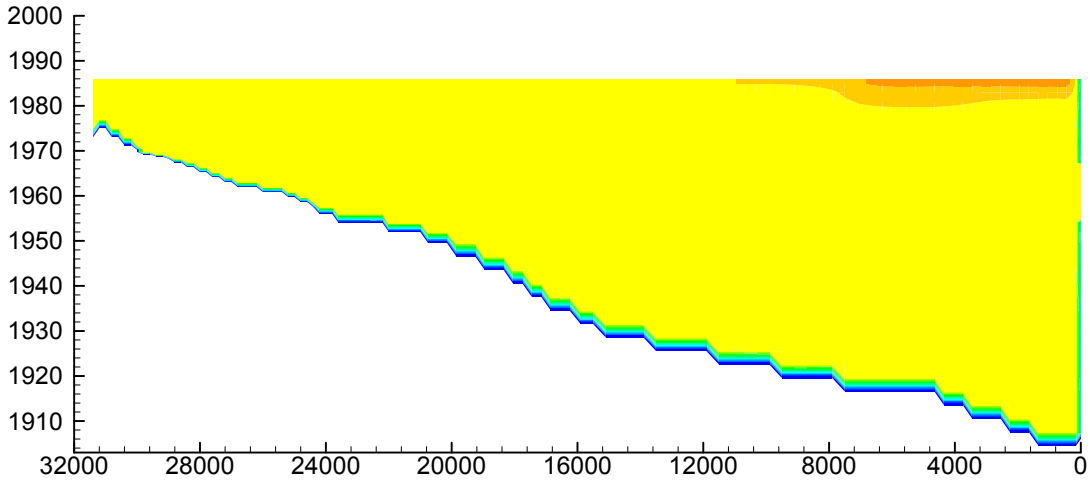
运行水位略有差异，因而库区水温结构与平水年相似，库区总体呈**季节性分层**水温结构特征。



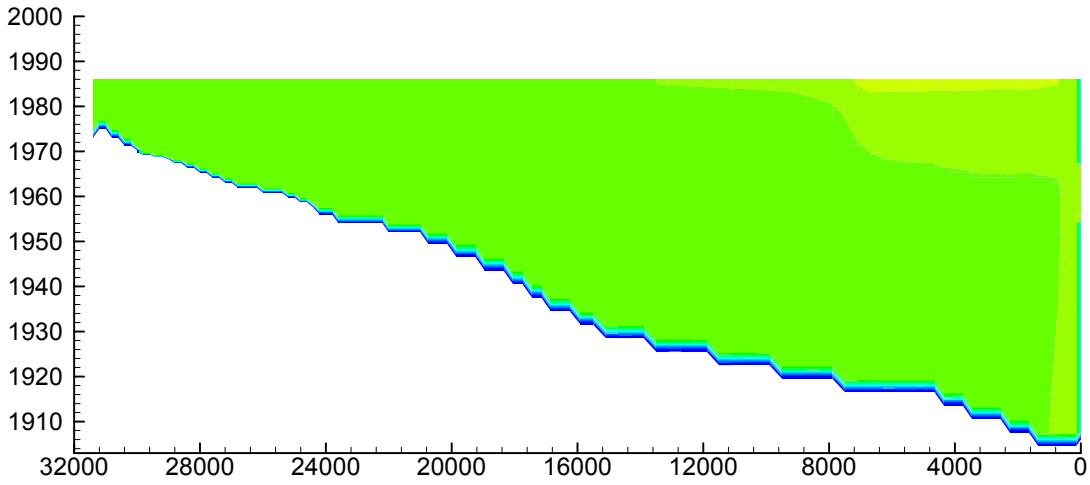
4 月



6 月



8 月



9 月

图 5.1-16 卡拉库区代表月份二维水温分布(工况 2)

(图中横坐标为距库尾距离，纵坐标为水位，单位均为 m，下同)

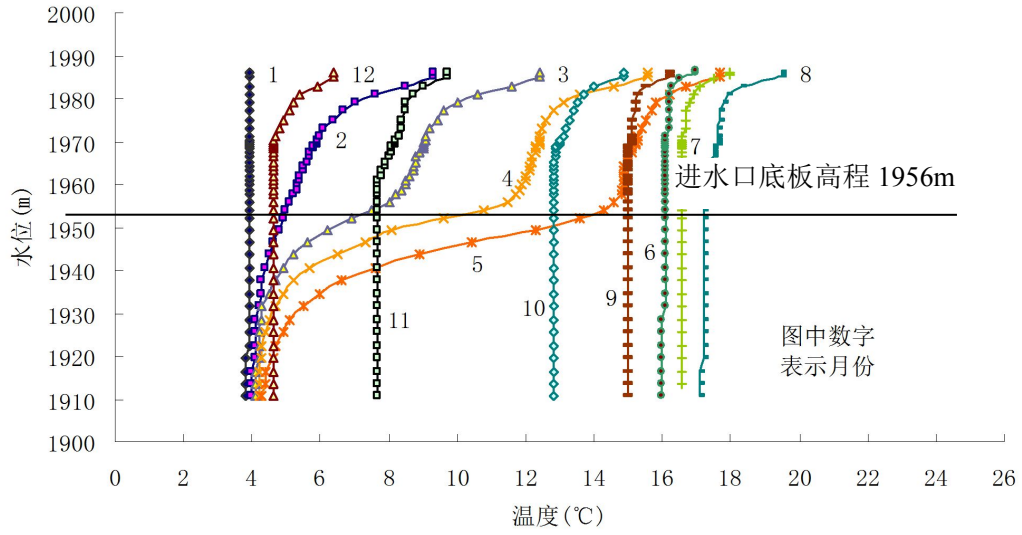


图 5.1-17 工况 2 的坝前水温分布

（工况 2：枯水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件）

由预测结果可见，枯水年卡拉水库单独运行时，库区水温在 1 月最低，坝前垂向断面上平均水温为 3.9℃，库区水体垂向不存在温差。2 月库区坝前水温垂向有 5.3℃温差，来流水温比上月提高 2.3℃，坝前库底存在 4.0℃左右的低温水，坝前表层与底层的温差高于库尾方向的温差，表层温跃层梯度为 0.33℃/m。3 月，水库来流量仍较小，来流水温提高使水流密度减小逐渐靠近库表流动，坝前垂向温差 8.3℃，表层 7m 内存在梯度 0.35℃/m 的温跃层，下层温跃层（1953m 左右）也初步形成。

4 月水面温度达 15.6℃，库底水温为 4.2℃，1948m 左右的下层温跃层梯度为 0.43℃/m，表层与底层的温差为 11.4℃，双温跃层现象比较明显。5 月~7 月，来流水温和气温等大幅提升，库区水温也大幅提高。5 月表层水温在来流基础上持续升高至 17.7℃。6 月流量为 5 月的 3.7 倍，径流量为库容的 19.5 倍，库区水体替换较充分，上层温跃层消失。

7 月垂向温差比上月略有扩大。8 月温跃层厚度增加，水平方向温跃层扩展至坝前 8km 范围内。库底受上月大流量替换和热量的向下传递使水温升至全年最高的 17.1℃。9 月表层水温降至 16.2℃。10 月表层水温继续降低；低温来流水对库区水体替换充分。11 月~12 月，来流量减小明显，长短波辐射的减小使水体向大气散失热量，表层水温至 1 月降至全年最低。

5.1.3.2.2 下泄水温

(1) 月均下泄水温

图 5.1-18 比较了工况 2 的月均下泄水温与坝址处天然水温的年内过程。

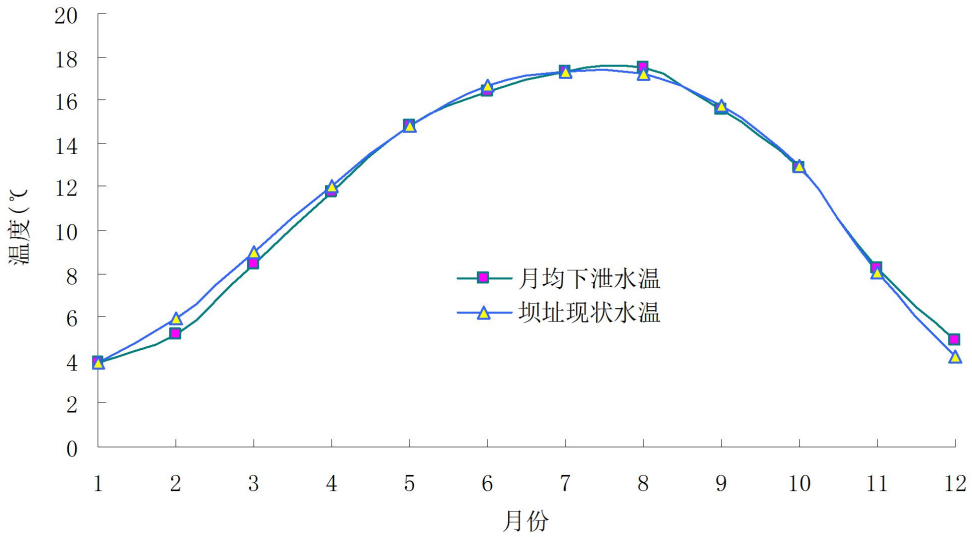


图 5.1-18 单独运行枯水年月均下泄水温、坝址处天然水温比较

（工况 2：枯水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件）

由表 5.1.3-3 和图 5.1.3-8 可见，枯水年卡拉电站单独运行对下游水温过程影响较小，水库年均下泄水温与建坝前持平。

下泄水温在 2-4 月、6 月、9-10 月较建坝前有所降低，平均降低了 0.3℃，2 月降低最多，降幅为 0.7℃。8 月、11-12 月，下泄水温平均上升 0.4℃，12 月温升幅度最大，

为 0.7℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前后分别为 7 月和 8 月，出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月，月均最高从建坝前的 17.3℃升为建坝后 17.5℃，建库前后下游水温过程整体变化不明显。

(2) 周均下泄水温

图 5.1-19 对比了单独运行枯水年周均的下泄水温与坝址现状水温。

与坝址现状逐周水温比较，卡拉在第 7 周对水温降幅贡献最大，为 1.1℃；在 50 周对水温升幅贡献最大，为 0.9℃。

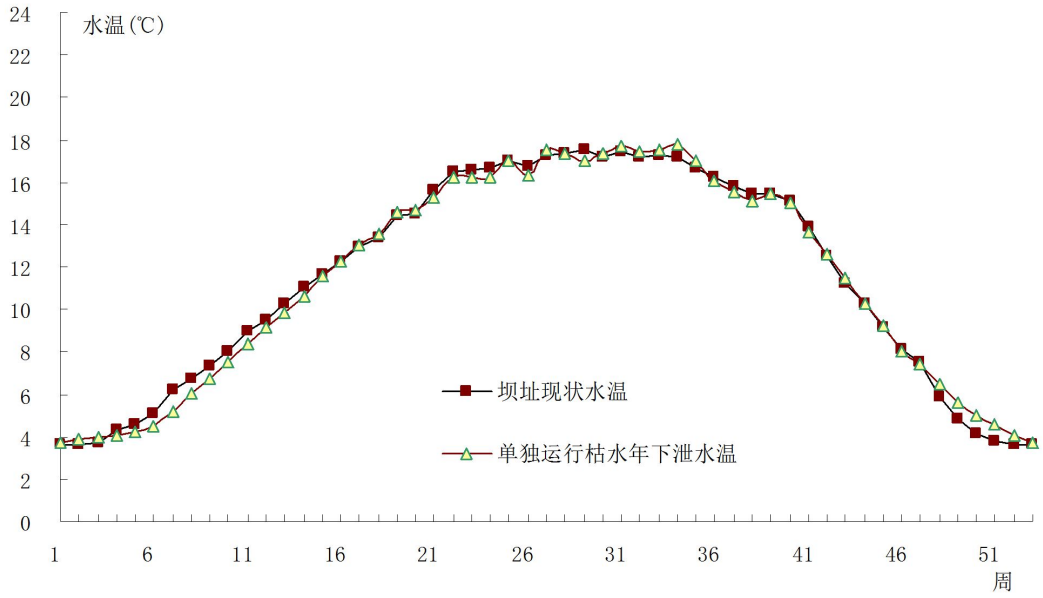


图 5.1-19 单独运行枯水年周均下泄水温与坝址现状水温的比较

(3) 日均下泄水温

图 5.1-20 比较了卡拉水电站典型枯水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温范围。与坝址逐日水温的多年平均值相比，卡拉下泄水温最大降幅为 1.2℃（2 月 11-14 日）、最大升幅为 1.0℃（12 月 11-12 日）。

以到达 11℃的时间计，建坝前多年平均在 4 月 5 日到达 11℃，建坝后下泄水温在 4 月 8 日到达 11℃。

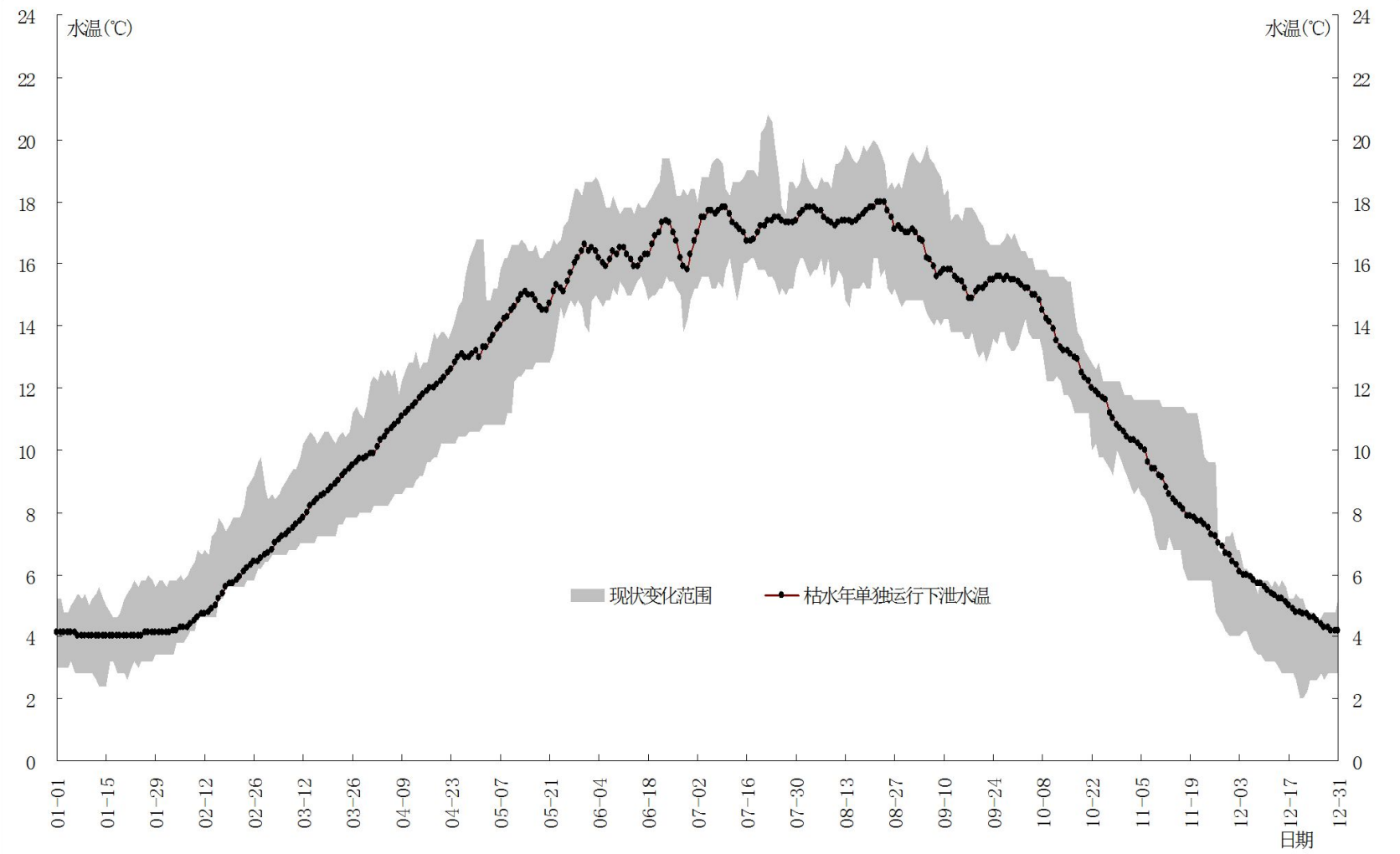


图 5.1-20 单独运行枯水年逐日下泄水温与现状水温变化范围的比较

5.1.3.4 平水年两河口、杨房沟、卡拉联合运行(工况 3)预测结果及分析

工况 3 卡拉水库在平水年、与两河口、牙根一级、杨房沟电站联合调度、受两河口叠梁门取水方式下预测结果见表 5.1-11。

工况 3 的月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址天然水温及气温

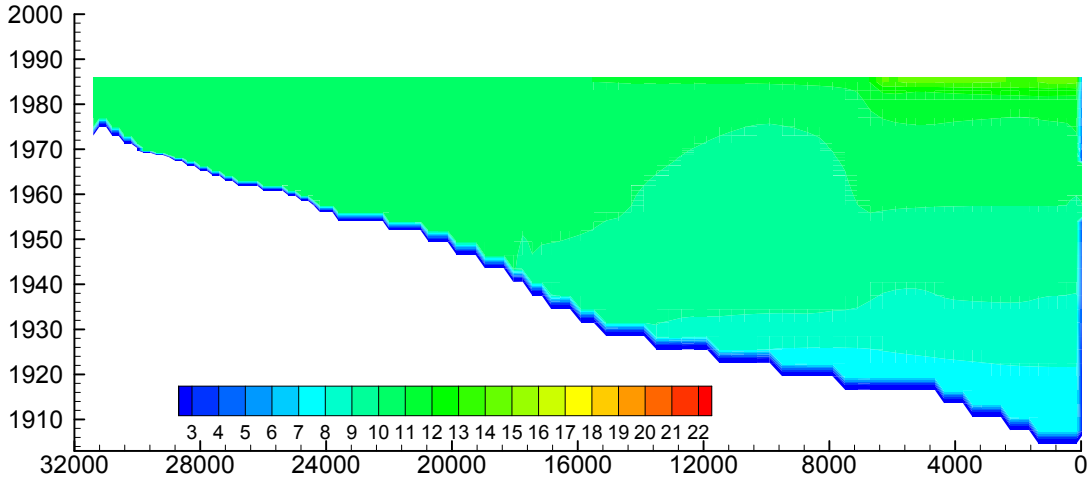
表 5.1-11 单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温		月均下泄水温	下泄水温与天然水温差值	
				天然实测现状水温	受两河口(叠)等梯级影响		f-d	f-e
	a	b	c	d	e	f	g	h
1 月	9.6	6.1	5.6	3.9	6.1	5.7	1.8	-0.4
2 月	12.5	7.7	6.0	5.9	7.2	6.8	0.9	-0.4
3 月	16.3	10.1	7.1	9.0	8.1	7.7	-1.3	-0.4
4 月	19.2	14.4	7.8	12.0	10.6	10.1	-1.9	-0.5
5 月	21.6	17.3	7.9	14.8	12.8	12.4	-2.4	-0.4
6 月	21.5	19.1	8.5	16.7	14.0	13.9	-2.8	-0.1
7 月	21.2	16.9	9.8	17.3	15.8	15.6	-1.7	-0.2
8 月	20.4	17.7	12.2	17.2	16.8	16.6	-0.6	-0.2
9 月	19.2	15.7	14.8	15.7	15.1	14.9	-0.8	-0.2
10 月	16.4	13.7	12.9	13.0	13.0	13.1	0.1	0.1
11 月	11.8	11.0	10.1	8.1	10.0	10.2	2.1	0.2
12 月	8.9	6.8	6.7	4.2	6.8	7.0	2.8	0.2
年均	16.6	13.0	9.1	11.5	11.4	11.2	-0.3	-0.2
最大值	21.6	19.1	14.8	17.3	16.8	16.6	2.8	0.2
最小值	8.9	6.1	5.6	3.9	6.1	5.7	-2.8	-0.5
年内变幅	12.7	13.0	9.2	13.4	10.7	10.9	-	-

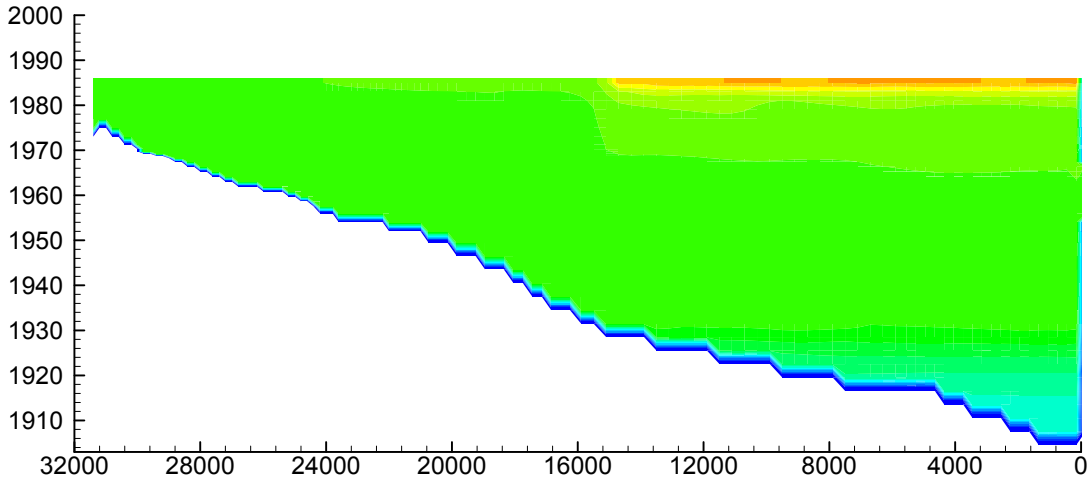
注：表层水温和库底水温均为当月 15 日均值，月均下泄水温为各月平均水温；坝址天然水温和气温为卡拉坝址实测值。

5.1.3.4.1 库区及坝前水温分布

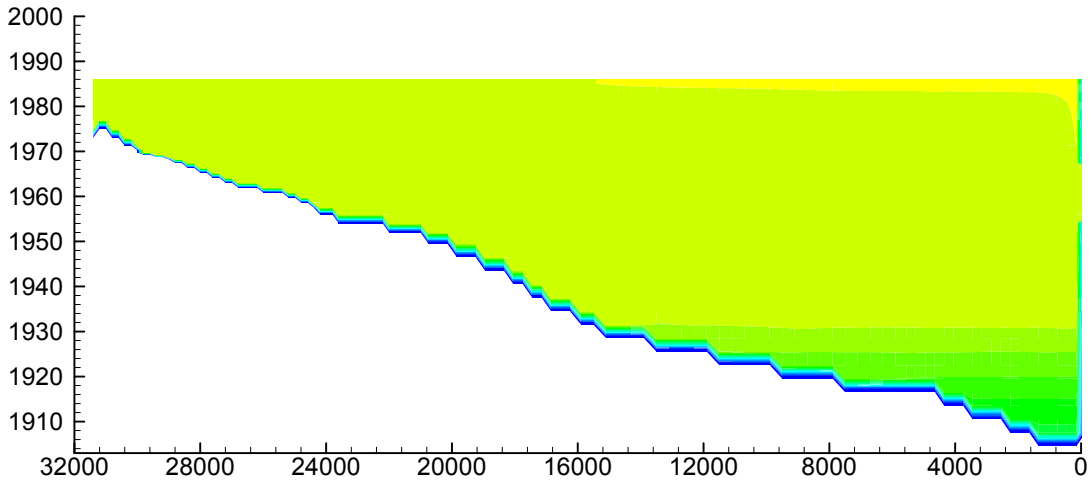
图 5.1-21 为显示了卡拉水库在平水年、与两河口、牙根一级、杨房沟电站联合调度、受两河口叠梁门取水方式下泄水温影响的入库水温和多年平均气象条件（工况 3）情况下库区逐月月中的立面二维水温预测结果，为各月 15 日日均计算值。图 5.1-22 为各月 15 日日均的纵垂向水温分布。与单独运行时的边界条件相比，工况 3 受两河口运行影响下卡拉的入库流量、入流水温发生了较大的变化。



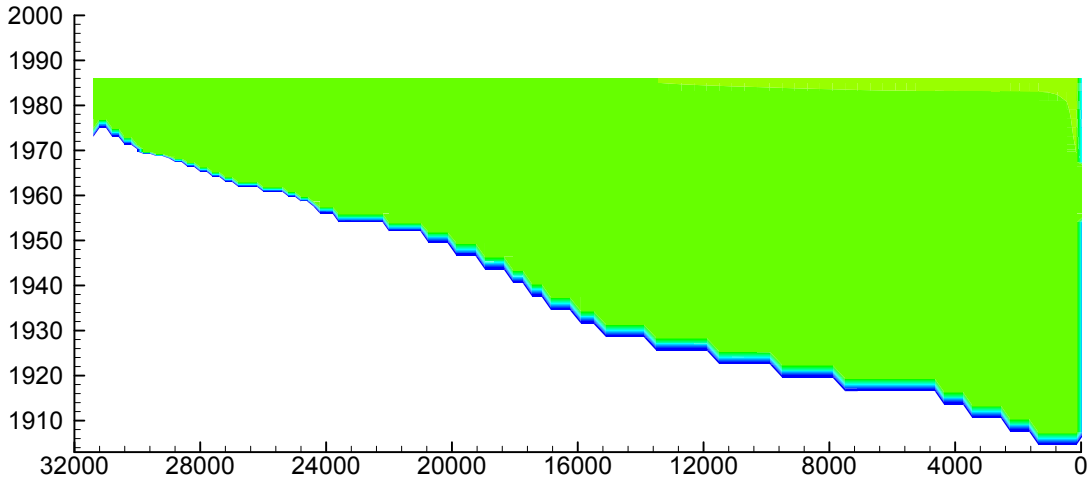
4 月



6 月



8 月



9 月

图 5.1-21 卡拉库区代表月份二维水温分布(工况 3)

(图中横坐标为距库尾距离，纵坐标为水位，单位均为 m，下同)

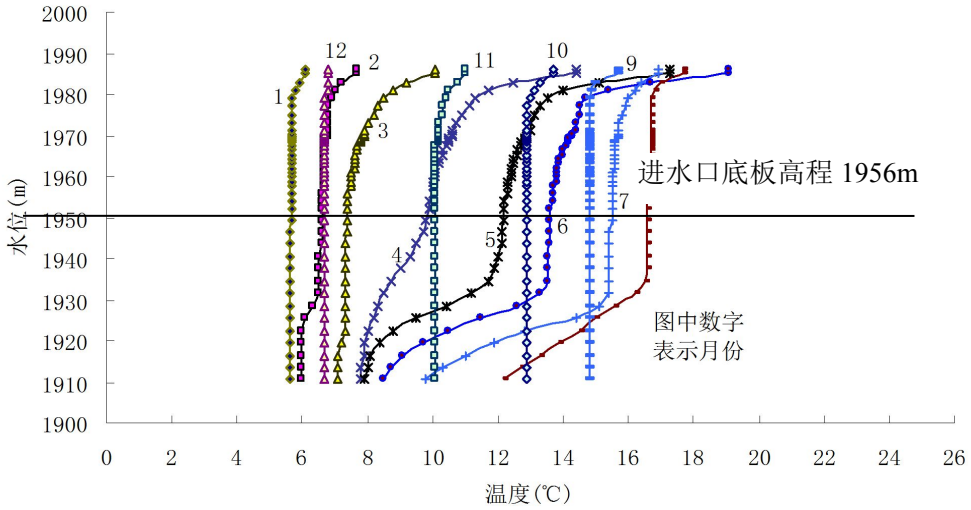


图 5.1-22 工况 3 的坝前水温分布

（工况 3：平水年、与上游 3 个梯级联合调度、多年平均气象条件）

联合运行条件下，卡拉水库全年均不再泄洪，月均最小入库流量为 2 月的 675.3m³/s，比单独运行时增大了 476.3m³/s；月均最大入库流量为 10 月的 1209.1m³/s，比单独运行时的最大入库流量减小了 846.2m³/s。入库水温方面，联合运行的月均最低水温为 1 月的 5.7℃，比单独运行时的最低水温提高了 2.2℃；月均最高水温为 8 月的 16.4℃，比单独运行的最高水温降低了 0.8℃。

库区水温在 1 月最低，坝前垂向断面上平均水温均为 5.7℃。2 月库区坝前水温垂向在 2 月有 1.7℃温差，库底存在 6.0℃左右的低温水，坝前尚未形成温跃层。3 月水库来流（668.3m³/s）与上月相比变化不大，坝前垂向温差 3.0℃。

4 月水面温度达 14.4℃，库底水温升至 7.8℃，表层与底层的温差为 6.6℃。5 月~7 月，来流水温和气温逐渐接近年内最高值，库区水温也随之提高。5 月表层水温在来流基础上持续升高至 17.3℃。6 月库底水温受水体掺混和热量传递的影响而提高至 8.5℃。7 月表层水温增至年内最高的 19.1℃，但大流量入库也使表层温跃层向坝前退缩。

8 月表层温跃层继续向坝前退缩直至消失，大流量高温来流使库区内平均水温为全年最高。9 月入库流量仍较大，水体掺混使库底水温升高至 14.8℃；该月虽入流水温达 14.6℃，表层水温仍在气象条件影响下持续降低，表层不存在温跃层。10 月库区流速也较快，表层水温继续降低；热量的向下传递使表层 9m 之下形成厚度 70m 左右的同温层。11 月~12 月，来流量逐渐减小，表层水温至 1 月降至全年最低。

水库部分月份表层与底层之间温差较大，6 月温差最大，为 10.6℃，9 月~翌年 1 月温差均较小，低于 1.0℃。水库在 3 月~6 月存在梯度较弱的表层温跃层。

水库水温结构为混合型。

5.1.3.4.2 下泄水温

(1) 月均下泄水温

图 5.1-23 比较了工况 3 的月均下泄水温与坝址处天然水温的年内过程。

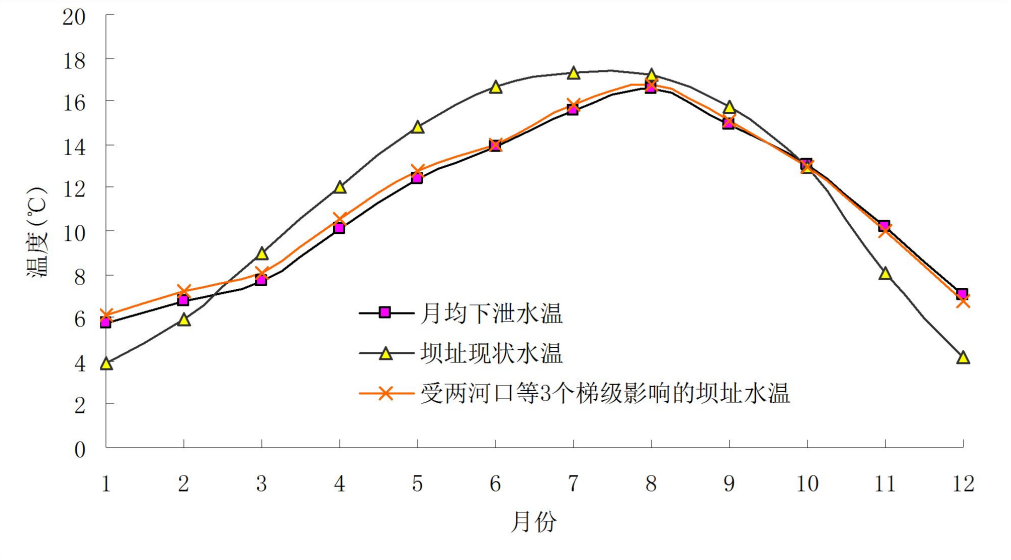


图 5.1-23 联合运行平水年月均下泄水温、坝址处天然水温比较

（工况 3：平水年、天然入流、多年平均入库水温、多年平均气象条件）

由表 5.1-11 和图 5.1-23 可见，在考虑两河口等上游梯级运行对卡拉坝址处河道水温影响情况下（表 5.1.3-5，e、h 列），卡拉水库对下游水温影响较小，水库年均下泄水温较建坝前降低 0.2℃。与建坝前的坝址处水温相比，下泄水温在 1-9 月较建坝前有所降低，平均降低了 0.3℃，降幅在 0.1~0.5℃。10 月～12 月下泄水温上升 0.2℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 8 月；出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度降低了 0.2℃，月均最低温度从建坝前的 6.1℃降为建坝后的 5.7℃，温差扩大了 0.2℃。建库前后下游水温过程整体变化不明显。

若考虑两河口、牙根一级、杨房沟与卡拉 4 个梯级在卡拉坝址处的水温累积影响，将卡拉下泄水温与坝址现状的河道天然水温对比，则下游水温过程变化较大。月均下泄水温在 3 月~9 月比坝址天然水温平均降低了 1.6℃，6 月份降低最多，达 2.8℃。11 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 1.5℃，12 月温升幅度最大，为 2.8℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后分别为 7 月、8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度从建坝前的 17.3℃降为建坝后的 16.6℃，月均最低温度从建坝前的 3.9℃升为建坝后的 5.7℃，温差减小了 2.5℃。

(2) 周均下泄水温

图 5.1-24 对比了联合运行平水年周均的下泄水温与坝址现状水温。

与坝址现状逐周水温比较，四个梯级在卡拉坝址处的降温累积影响第 22 周最大，

为 3.3℃，卡拉河段贡献值为 0.3℃；在 49 周对水温升温累计影响最大，为 3.1℃，卡拉河段贡献值为 0.2℃。

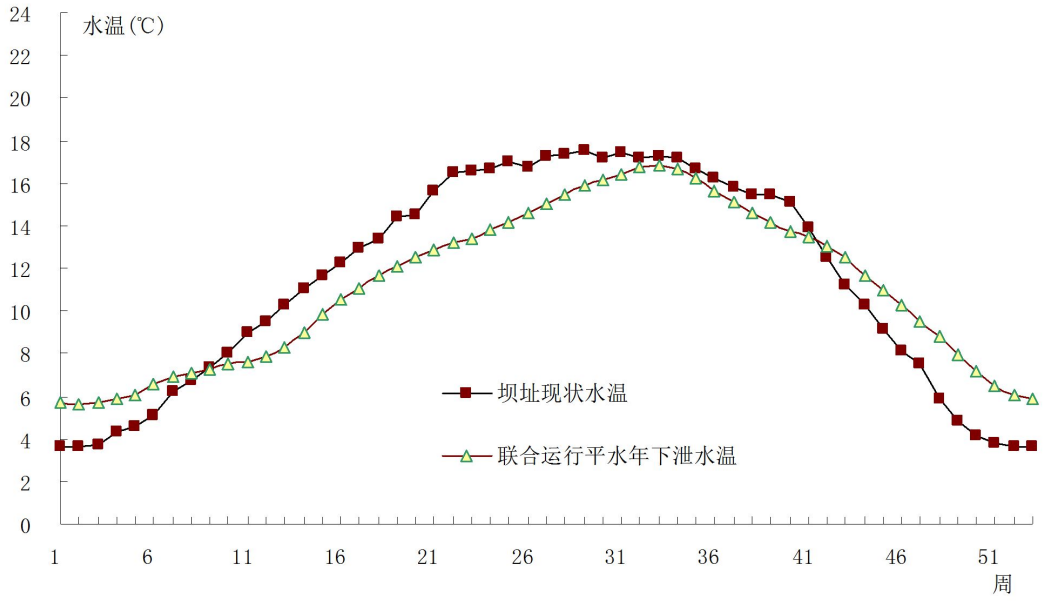


图 5.1-24 联合运行平水年周均下泄水温与坝址现状水温的比较

(3) 日均下泄水温

图 5.1-25 比较了联合运行时卡拉水库典型平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温范围。与坝址逐日水温的多年平均值相比，卡拉下泄水温最大降幅为 3.6℃（5 月 29 日，卡拉贡献了 0.3℃）、最大升幅为 3.3℃（12 月 8 日，卡拉贡献了 0.3℃）。

以到达 11℃的时间计，天然情况下，雅砻江卡拉坝前河段多年平均水温在 4 月 5 日到达 11℃；两河口运行后卡拉建成前，雅砻江卡拉坝前河段多年平均水温在 4 月 20 日到达 11℃；两河口、卡拉均运行后，卡拉坝址下泄水温在 4 月 25 日到达 11℃。

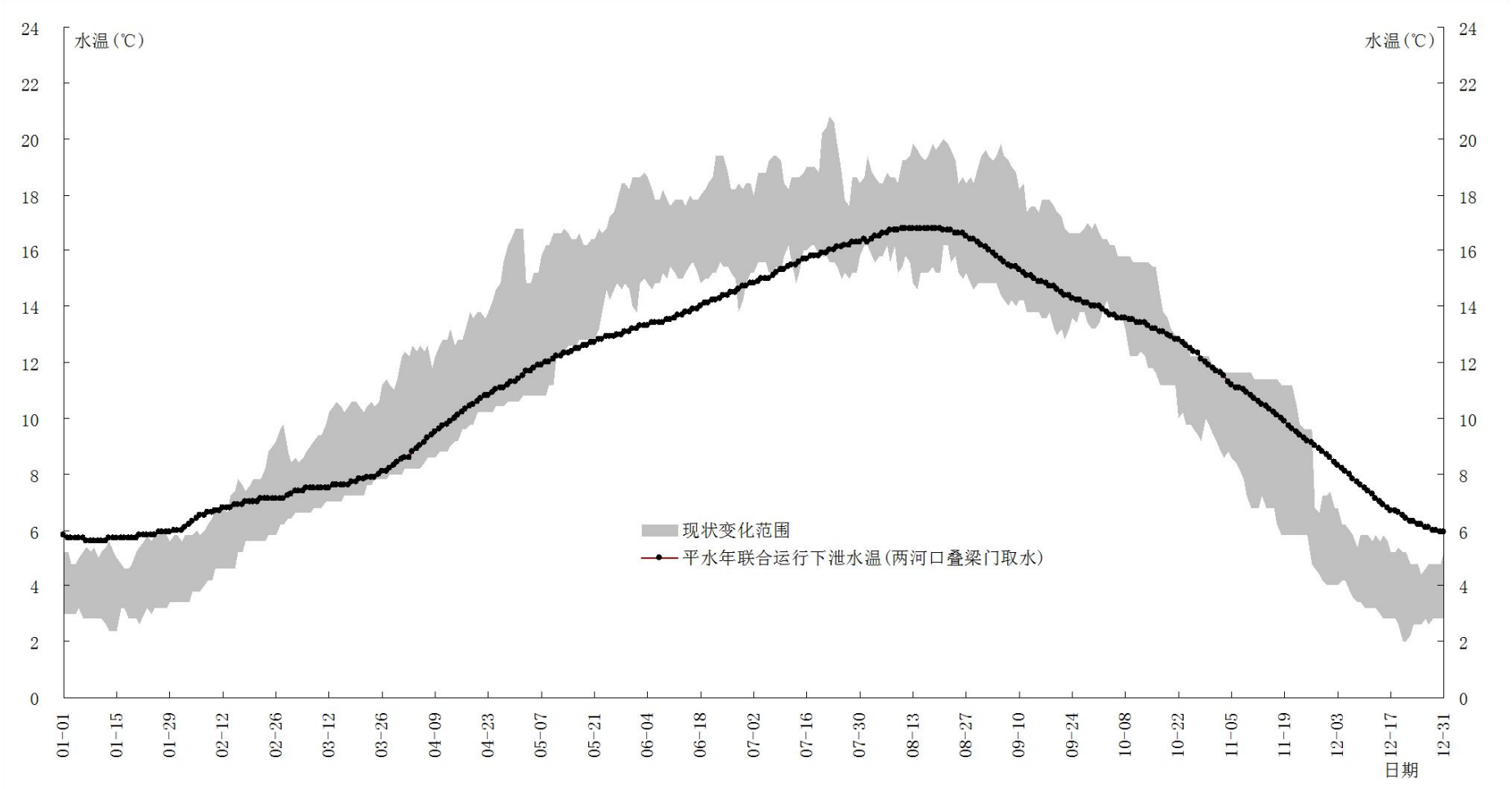


图 5.1-25 联合运行平水年逐日下泄水温与现状水温变化范围的比较

5.1.3.5 水温评价结论

5.1.3.5.1 不同工况下泄水温比较

表 5.1-12 和图 5.1-26 比较了卡拉不同工况运行时的下泄水温和坝址处现状水温，图 5.1-27 为各工况月均下泄水温与建坝前坝址处水温的差值。计算条件的差别主要在于调度过程和入流水温。

联合运行条件下，卡拉水电站全年均不再泄洪，月均最小入库流量为 2 月的 675.3m^3/s，比单独运行时增大了 476.3m^3/s；月均最大入库流量为 10 月的 1209.1m^3/s，比单独运行时的最大入库流量减小了 846.2m^3/s。

入库水温方面，联合运行的月均最低水温为 1 月的 5.7℃，比单独运行时的最低水温提高了 2.2℃；月均最高水温为 8 月的 16.4℃，比单独运行的最高水温降低了 0.8℃。卡拉入库水温年内变幅为 10.7℃，比单独运行时的变幅 13.7℃减小了 3.0℃；年均入库水温 10.9℃，比单独运行的年均入库水温减小了 0.3℃。

水库的水温结构受地形、泄流孔口、气象、入流水温与水文过程、调度等多种因素影响，卡拉单独运行与联合运行的预测条件差异主要在于入流水温与入库流量过程，无论是入库水温还是流量都比单独运行有较大的均化现象，而卡拉电站仅具有日调节能力，其下泄水温过程也反映了入流水温和流量带来的均化过程，水库水温结构也由单独运行时的季节性分层水温结构转变为联合运行时的混合型水温结构。

总体来看，相比卡拉单独运行时升温期 0.6℃左右的低温降幅和冬季 0.4℃左右的高温升幅，联合运行时各梯级在卡拉坝址处有一定的水温累积影响，但联合运行时卡拉在来流基础上叠加的水温影响是有限的。

卡拉水电站平水年单独运行、联合运行的月均下泄水温与坝址处水温比较

表 5.1-12 单位：℃

月份	坝址现状水温	单独运行平水年的下泄水温	与两河口、牙根一级、杨房沟联合运行的下泄水温	与坝址现状水温的差异	
		工况 1	工况 3	b-a	c-a
	a	b	c	d	e
1	3.9	3.9	5.7	0.0	1.8
2	5.9	5.3	6.8	-0.6	0.9
3	9.0	8.5	7.7	-0.5	-1.3
4	12.0	12.0	10.1	0.0	-1.9
5	14.8	14.8	12.4	0.0	-2.4
6	16.7	16.5	13.9	-0.2	-2.8
7	17.3	17.3	15.6	0.0	-1.7
8	17.2	17.3	16.6	0.1	-0.6
9	15.7	15.5	14.9	-0.2	-0.8
10	13.0	12.6	13.1	-0.4	0.1
11	8.1	7.9	10.2	-0.2	2.1
12	4.2	4.6	7.0	0.4	2.8
平均	11.5	11.4	11.2	-0.2	-0.3
年内变幅	13.4	13.4	10.9	-	-

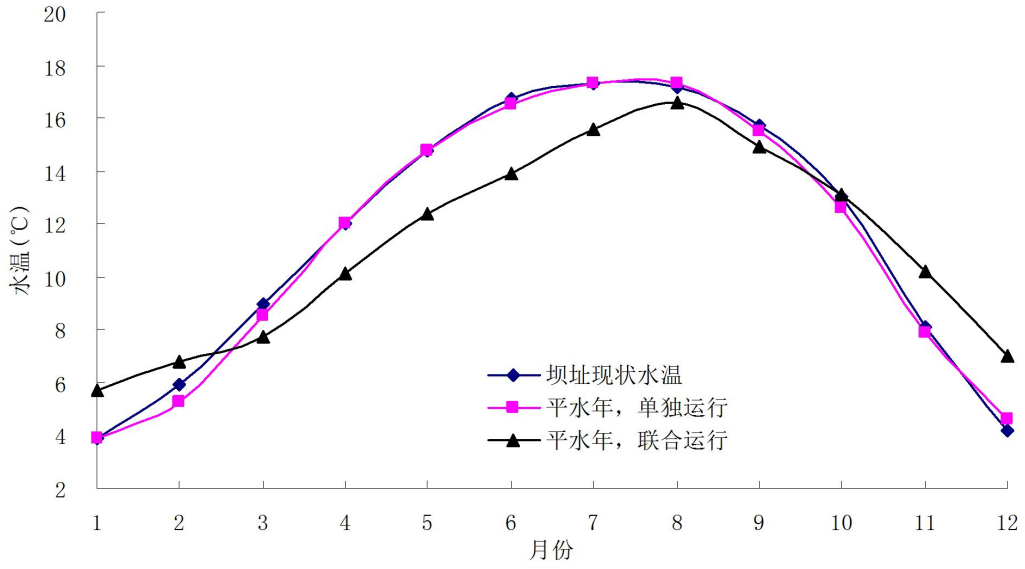


图 5.1-26 平水年单独运行和联合运行的月均下泄水温比较

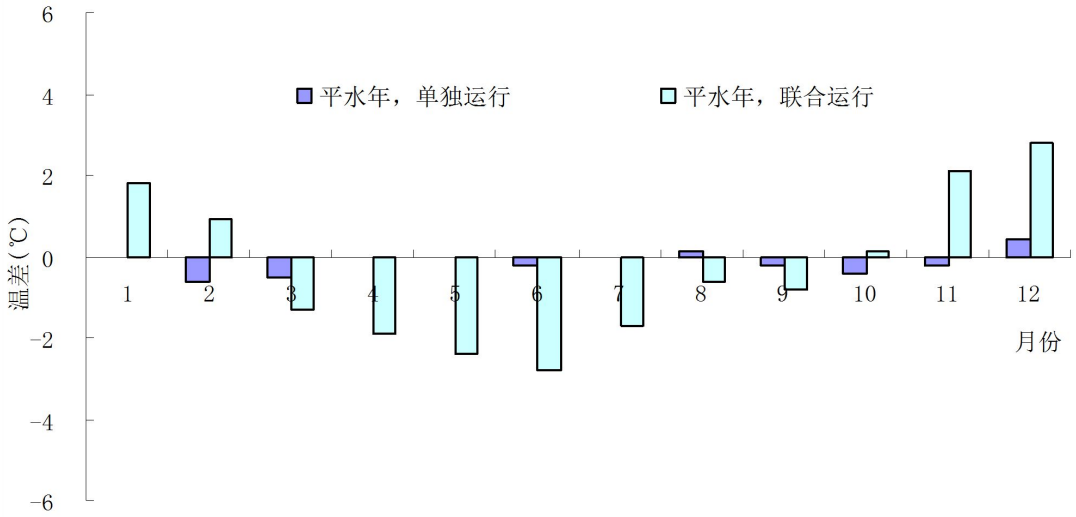


图 5.1-27 平水年单独运行和联合运行的月均下泄水温与坝址现状水温的差异

5.1.3.5.2 小 结

根据卡拉水库工程特性，参照《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)》推荐的方法，采用宽度平均的立面二维水温模型对卡拉水库单独运行时不同典型水文年以及与两河口、牙根一级、杨房沟水库联合运行平水年共 4 种工况下的水库水温分布、下泄水温及其随时间的变化进行了预测。通过分析，可以得出以下结论：

(1) 卡拉库区河段的实测增温率在-0.25~2.50℃/100km，年均增温 0.75℃/100km，冬季沿程增温幅度较高，春季增温不明显。

(2) 卡拉水库在单独运行时水温结构呈季节性分层水温结构特征，1 月~5 月存在相对稳定的库底水温；联合运行时水温结构为混合型，不存在稳定的库底水温。

(3) 单独运行时，卡拉水库对坝址下游水温的影响程度有限，建库前后各月的坝下水温差异均小于 0.7℃。不同典型年的差异也较小，枯水年的影响相对偏大。与坝址现状水温相比，各典型年 2 月降幅较大，降幅分别为 0.6℃（平）、0.7℃（枯）； 12 月升幅较大，升幅分别为 0.4℃（平）、0.7℃（枯）。

(4) 与两河口、牙根一级、杨房沟梯级联合运行时，卡拉单个梯级对下游春夏季低温水效应的累积作用是有限的，对低温水降幅叠加了不超过 0.5℃的影响，对高温水升幅叠加了不超过 0.2℃的影响。

(5) 联合运行时各梯级在卡拉坝址处的下泄水温过程具有明显的累积效应。与现状水温相比，联合运行时卡拉下泄水温的春夏季低温水与冬季高温水现象均较明显，水温年内过程平坦化。下泄水温在 6 月份降低最多，达 2.8℃；12 月温升幅度最大，为 2.8℃。

5.1.4 运行期水质影响预测评价

5.1.4.1 污染源变化趋势分析

(1) 工业污染源

目前库周基本无工业污染源，根据《四川省主要河流环境功能类别表》，水环境评价范围内雅砻江河段执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)II 类标准，禁止废水排入。水库建成后，库周不应新增工业污染源。

(2) 生活污染源

工程库区河段沿线居民较少，大多分散居住，主要涉及麦地龙乡和卡拉乡共约 3352 人，主要生活污染源产生量 COD 为 73.41t/a、TP 为 2.45t/a、TN 为 13.46t/a。

工程所在地区为高山峡谷，村庄规模可发展空间较小，因此，生活污染量增加较少。

(3) 畜禽养殖污染源

2013 年，工程主要涉及的麦地龙乡和卡拉乡的麻撒村共有牛 2238 头、猪 2576 头、羊 6082 只、鸡 9337 只、马、骡、驴共 873 头，畜禽污染物排放量 COD 约为 1959.28t/a、TN 为 92.52t/a、TP 为 17.19t/a。

随着乡镇的发展，畜禽养殖污染量将有所增加，但增量不会太大。

(4) 农业污染源

库区周围多为山区、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，现状条件下，建库后进入水体的总氮和总磷分别为 22.54t/a 和 0.46t/a。

(5) 小结

根据分析，工程建成后，库区及坝下至锦屏一级库尾河段污染源与现状基本一致。

5.1.4.2 蓄水初期水质影响

水库蓄水初期，淹没区残留的腐烂物质(如杂草、树木和枝叶等)、土壤均会分解释放出有机质，有机质分解使水体中 BOD_5、COD、氮和磷等浓度增加，溶解氧降低。

工程位于高山峡谷区，沿江人迹罕至、耕地较少，集水区域内基本无工矿企业，蓄水期库区污染主要来自库周林地、耕地植物腐烂和土壤释放出的有机质。

正常蓄水位时，卡拉水电站水库蓄水将导致一定数量的耕地、林地草地淹没，虽经过库底清理，但蓄水初期，水库淹没区内的耕地、林地和草地的腐烂植物等有机物仍会持续分解，使库区水质有一定程度的下降，水库初期蓄水将对水质产生一定影响。但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。

5.1.4.3 运行期库区水质影响

(1) 预测因子

卡拉水电站建成后，水库水质将主要受上游来水及库区各类污染源影响，上游河段总体开发水平较低，随着封山育林、退耕还林等保护措施的实行，预计水质将总体保持稳定，库区无工业污染源分布，仅有少量农田面源、散养畜禽和库周居民生活污染源，污染负荷较低。预测因子主要选取该区域本底值相对较高或具有一定污染负荷贡献值的污染因子，根据分析，选取 COD 为代表，进行水质预测。

(2) 预测模式

卡拉水库为日调节水库，调节性能较弱，库水交换较为频繁，建库后仍具有河道型特性，结合库周污染源排放特征，根据区间污染源统计数据，运用狭长湖移流衰减模式对库区水质进行估算，公式如下：

$$c_l = \frac{c_p Q_p}{Q_h} \exp\left(-K_1 \frac{V}{86400 Q_h}\right) + c_h$$

式中：

K_1——湖库污染物降解系数，1/d；

V——湖库体积，m^3；

c_p——污水的污染物浓度，mg/L；

Q_p——污水量，m^3/s；

c_h——湖库污染物本底浓度，mg/L；

Q_h——湖库水量，m^3/s，取多年平均流量；

c_l——狭长湖库出口污染物平均浓度，mg/L。

(3) 预测参数

卡拉水电站水库呈狭长型，库岸顺直，坡降大，卡拉水库库区支流均较小，卡拉库尾至坝址区间多年平均径流量仅 $9m^3/s$。

本次环评在卡拉库尾上游至坝址设置了多个监测断面，取 2012 年 4 月在卡拉库尾的 SZ2 断面监测成果，作为库区来水本底水质，分别为 COD13.40mg/L；预测河段人口、农田等数量均较少，污染负荷低，且主要为生活和农业面源，在暂不考虑库周居民搬迁污染源减少情况下，库区污染物浓度根据 5.1.4.1 节污染源计算成果得到。

预测工况分卡拉水电站单库运行时枯水年(P=95%)和联合运行平水年 2 种工况计算，卡拉水电站为日调节，正常蓄水位库容为 2.38 亿 m^3。K 值采用经验取值，取 k=0.01/d。

(4) 预测结果和影响分析

根据上述模型和计算参数，经计算得到卡拉建库后单独运行枯水年和联合运行平水年水库水质预测成果见表 5.1-13。

各典型年水库水质预测成果表

表 5.1-13 单位：流量 m^3/s、浓度 mg/L

工况 \ 月份			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
单独运行	枯水年	出库流量	198.5	171.5	201.5	268.5	524.5	1929.5	1449.5	738.5	961.5	754.5	422.5	267.5
		COD	14.45	14.59	14.44	14.21	13.83	13.52	13.56	13.71	13.64	13.71	13.92	14.21
联合运行	平水年	出库流量	691.3	675.3	668.3	677.3	745.3	773.5	1049.1	1169.1	1199.1	1209.1	780.3	713.3
		COD	13.73	13.74	13.74	13.74	13.71	13.70	13.62	13.60	13.60	13.59	13.70	13.72

从上表中的预测结果可知，在不考虑库周居民搬迁污染源减少情况下，建库后，各工况下库区水质均能达到《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)Ⅱ类水质标准。同时，由于本工程将对后靠安置和集中安置居民点设置生活污水处理设施，且库部分居民采取外迁安置方式，库周污染负荷将进一步降低。因此，工程建成后对该河段水质影响很小。

(5) 库湾水质影响分析

水库建成后，通常会在库区形成库湾或流水死角，当污染物在此蓄积时，该区域水质可能较差。卡拉水电站为河道型，库区河段总体较为顺直，基本不会形成明显的流动死角。卡拉水电站库区无大的支流汇入，库区相对较大的支流为喇嘛寺沟和九一三沟。根据支流喇嘛寺沟和九一三沟水质现状监测结果，喇嘛寺沟枯水期(2009 年 4 月)CODcr 浓度为 6.6mg/L，TN 浓度为 0.53mg/L，TP 浓度为 0.01mg/L；九一三沟枯水期(2009 年 4 月)CODcr 浓度为 5.7mg/L，TN 浓度为 0.67mg/L，TP 浓度为 0.014mg/L；喇嘛寺沟丰水期(2009 年 10 月)CODcr 浓度为 5.4mg/L，TN 浓度为 0.10mg/L，TP 浓度为 0.008mg/L；九一三沟丰水期(2009 年 10 月)CODcr 浓度为 5.3mg/L，TN 浓度为 0.09mg/L，TP 浓度为 0.009mg/L；喇嘛寺沟丰水期(2012 年 4 月)CODcr 浓度为 6.21mg/L，TN 浓度为 0.0.062mg/L，TP 浓度未检出；九一三沟丰水期(2012 年 4 月)CODcr 浓度为 6.35mg/L，TN 浓度为 0.328mg/L，TP 浓度 TP 浓度未检出。可见，除 2009 年枯水期 TN 浓度超标外，COD 和 TP、平水期 TN 浓度均满足《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)Ⅱ类水质标准。

工程建设后，水库回水将造成库尾及局部库湾水流滞留，一定程度上影响水体的自净能力；但库区各支流集水范围内人口较少，不存在工业污染源，农业、生活污染负荷很小。因此，本工程水库淹没不会产生支流库湾污染带。工程运行期，库湾可能会有漂浮物滞留，应加强库区管理，对滞留漂浮物的库湾进行时定期清理。

5.1.4.4 水库富营养化预测评价

(1) 预测模型

根据《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T 88-2003）推荐的迪隆（Dillon）模型，考虑磷（氮）负荷、滞留系数、水力冲刷率及平均水深等因素对水库水体中总磷（氮）浓度的影响，模型中的各个参数根据卡拉水电站已有的水质、水文监测资料确定。

采用 Dillon 模型：

$$P=\frac{L(1-R)}{H\rho}$$

式中：

L——单位面积总磷年负荷量，$g/m^2\cdot a$ ，$L=QP_i/A$；

P_i——污染物入库浓度，mg/L；

ρ——库水年替换率，ρ=Q/V(a)；

Q——年入库水量，m^3/a；

V——水库水体积，m^3；

H——水库平均水深(m)；

R——滞留系数，与单位面积水负荷有关。

$$R = 0.426\exp(-0.271q_s) + 0.547\exp(-0.00949q_s)$$

q_s=Q/A；

A——水库面积，m^2。

(2) 预测参数

① 磷（氮）负荷参数的确定

根据卡拉水电站水库库区河流水质监测资料，结合污染源调查结果，按多年平均径流量、总磷（氮）输入量以及水库库表面积，计算出水库多年平均总磷负荷量。磷（氮）入库浓度取 2012 年枯水期的总磷（氮）浓度。

② 水力冲刷系数的确定

水力冲刷系数采用以下公式进行计算：$\rho=\frac{Q_{入}}{V}$

式中：ρ——水力冲刷系数，1/a；

$Q_{入}$——入库水量，m^3/a；

V——水库容积，m^3。

③ 滞留系数的确定

由于滞留系数 R 与面积负荷 q_s 高度相关，滞留系数采用以下经验公式进行计算：

$$R = 0.426\exp(-0.271q_s) + 0.574\exp(-0.0094q_s)$$

式中：q_s=Q/A（Q 为年出库水量，单位为 m^3/a；A 为水库库水面积，单位为 m^2）

卡拉水电站水库富营养化预测参数见表 5.1-14。

卡拉水电站水库富营养化预测参数

表 5.1-14

项目		单位	TP	TN
年径流量	单独枯水年	亿 m^3	156.6	156.6

项目		单位	TP	TN
	联合平水年		272.2	272.7
单位面积污染负荷量	单独枯水年	g/(m²·a)	84.75	957.03
	联合平水年		147.32	1663.68
水力冲刷系数		/	65.79	114.36
滞留系数		/	2.13×10^{-9}	1.25×10^{-15}

(3) 预测结果

水库建成后氮、磷预测结果见表 5.1-15。

水库氮、磷浓度预测结果

表 5.1-15 单位：mg/L

污染物		TN	TP
预测浓度	单独运行枯水年	0.463	0.041
	联合运行平水年	0.463	0.041

经计算，卡拉水电站库区总磷和总氮浓度与入库浓度基本一致，因此水库运行后对富营养化的影响很小，满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质要求。此外，卡拉水电站为日调节电站，运行期来流量基本等于下泄流量，水库水体交换次数频繁，不易出现富营养化问题。因此，建库后出现富营养化问题的可能性很小。

5.1.4.5 对重金属的影响分析

悬浮物是重金属污染物的主要载体。水库形成前，河水流速大，吸附沉降、迁移扩散能力强，水体稀释自净作用大，河流中的重金属很快被悬浮物吸附。水库形成后，一方面水流变缓，沉降作用加强，有利于水体金属的沉降；另一方面，水流速度减慢和水深增加，使污染物的扩散减弱，底部冲刷减少，引起污泥沉积，被吸附的重金属将在库底积累，水库底泥中重金属含量有逐年增加的趋势，但正常情况下其含量远低于淤积物的饱和吸附量，加之重金属难溶于水，只有当水体 pH 值呈微酸性，pH 值大幅降低时，重金属才有可能释放进入水体。

目前，雅砻江中上游没有可能大量产生重金属污染物的大型厂矿，不存在造成污染的条件；根据对本工程库区干流和支流的水质监测，pH 值在 8.08~8.43 之间。因此，水

库建成后不会引起底质中重金属的大量释放，电站建成后，库区重金属负荷将基本维持现状。

5.1.4.6 对下游河道水质影响

根据现状监测结果，2009 年平水期水质监测因子能达到水质功能区划要求的Ⅱ类标准，枯水期除个别因子(如总氮、粪大肠菌群)外，其余水质监测因子能达到水质功能区划要求的Ⅱ类标准，河段现状水质情况较好；2012 年枯水期高锰酸盐指数、COD_{Cr}、BOD_5、TN 和硫化物均超过Ⅱ类标准。从监测数据可知，从卡拉库尾到坝下河段，水质呈现改善的趋势，一方面，说明库尾等江段水质超标主要是由于上游来水水质造成的；另一方面，也说明随着区间支流的汇入及污染物的降解，水质呈现改善趋势。根据预测，卡拉水电站建成后，库区水质主要取决于上游来水水质，变化很小，对下游水质不会产生不利影响。

由于卡拉水电站为日调节性能，其运行调节对来流流量的年际、年内过程均不会造成改变，仅改变来流流量在日内的分配过程，日均来流流量和出流流量仍是一致的。

上游龙头电站两河口水库建成后，卡拉水电站可依靠两河口水电站进行联合运行发挥联合调节作用。水库在正常运行情况下，枯水期通过发电下泄的流量，使下游河道的枯水期流量增加，有利河道水质改善；丰水期，水库下泄流量较建库前减小。根据库区水质预测，水库下泄水质较好，且卡拉坝下评价河段无工业污染，仅有极少量的生活污染和农业面源污染，污染负荷很小。在满足最小下泄流量的情况下，对于坝下游河道日内的水环境容量影响甚微，基本不会造成纳污能力的减少。因此，卡拉水电站建成后对下游河道水质影响小。

5.1.5 地下水影响分析

本工程施工期间，对各类施工污废水进行处理后进行回用，施工污废水不会进入地下水补给区，工程施工不会对地下水水质造成污染。对地下水的影响主要为工程大坝开挖和地下洞室建设对周边的地下水水位的变化影响，以及水库蓄水对库区两岸局部区域的浸没影响。

5.1.5.1 工程地下厂房渗流对地下水影响预测分析

地下厂房渗流影响在工程地下厂区地下水水位和流向观测的基础上，采用有限元模型进行预测评价。

5.1.5.1.1 地下厂区水文地质条件

本工程地下厂房位于大坝右岸山体内，沿线地面高程 1910.0~2310.0m，建筑物埋深一般为 30~320m，地表沿线小冲沟较发育，基岩大多裸露，局部分布有浅薄的崩坡积层，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、大理岩夹含炭质板岩，呈薄~中厚层状，岩层产状 N20~50°W NE∠60~80°。

地下厂房洞室群围岩类别主要以III1 类和III2 类为主，断层带及挤压破碎带为Ⅳ~Ⅴ类围岩，III_2 类和Ⅳ~Ⅴ类围岩主要分布于 T_3Z^{2-5} 岩层内。PD18 探洞揭示，厂房区发育 F_{152}、F_{75} 两条Ⅱ级结构面。右岸地下厂房区最大主应力σ_1＝11.3MPa，最大主应力方向多为 N78.7°~80.7°W。地下水状态以渗水～滴水为主。地下厂房主要洞室避开了 F_{152}、F_{75} 两条主要断层，但由于地下厂房洞群规模较大并兼顾枢纽布置顺畅，难以完全避开 T_3Z^{2-5} 岩层，安装场基本位于 T_3Z^{2-5} 岩层内。

地下厂房洞室所在坝址右岸地下水主要以基岩裂隙水的形式存在，根据钻孔压水试验，岩体以弱透水性、微透水性为主，分别占 42.98%和 40.50%，其次为中透水性，占 16.53%，强透水性仅 1 段，占 0.41%。根据钻孔水文地质观测和压水试验揭示，地下水水位随着地面高程的增加而埋藏越深，地下水位线在临近江水位附近逐渐趋于平缓。钻孔地下水埋深在 3.95~103.6m 之间，钻孔相对隔水层埋深（q≤1Lu）在 58.99~95.98m 之间，钻孔相对隔水层埋深（q≤3Lu）在 18.31~83.15m 之间。

勘察期间，沿输水线路布置了 PD08 平洞。施工过程中，洞内地下水活动较弱，沿裂隙、断层以渗、滴水为主，下坝线右岸 PD08 平洞在洞深 217m、293m、369m 等处呈线状流水，总计流量约 150~160/min，左岸 PD23、PD09 平洞内局部滴水，PD25 平洞在洞深 207m、310m 处呈线状流水，总计流量约 20~30L/min。未发现钻孔地下水位有下降现象，说明平洞的开挖并未影响该钻孔，而地表冲沟内的水量也未见明显减少，这些现象也间接说明了卡拉水电站地下洞室的开挖不会对地下水环境造成大的影响。

5.1.5.1.2 影响预测模型

由于卡拉引水发电系统区域工程地质及水文地质条件复杂，为此武汉大学完成了《厂坝区三维渗流场分析及渗控措施研究专题报告》，开展了专题研究论证。

(1) 有限元模型概况

有限元模型范围如下：

1) 取上游侧边界距输水系统进水口约 1000m，下游侧两岸取至电站尾水出口下游延伸 500m；

2) 左、右岸山体地下水各有其赋存特征，二者以河床作为水力联系的纽带，因此为了反映实际水文地质特征并减小模型规模，选取河床中心线作为模型的左侧边界；

3) 模型最低高程取正常蓄水位 1987.00m 以下约 500m；

4) 整个计算模型上下游边界相距约 2500m，左右边界相距 1200m，模型最低高程约为 1480m。

模型对地层、地质条件以及引水、输水系统、厂房、廊道、排水孔等工程结构和防渗排水系统进行了模拟，采用六面体等参单元和部分退化的四面体单元剖分，共划分单元 649486 个，结点 289994 个，如图 5.1-28 所示。其中，厂区排水廊道及排水孔幕如图 5.1-29 所示，地下洞室群如图 5.1-30 所示，防渗帷幕如图 5.1-31 所示，帷幕采用实体单元模拟，其有效厚度取 2m。

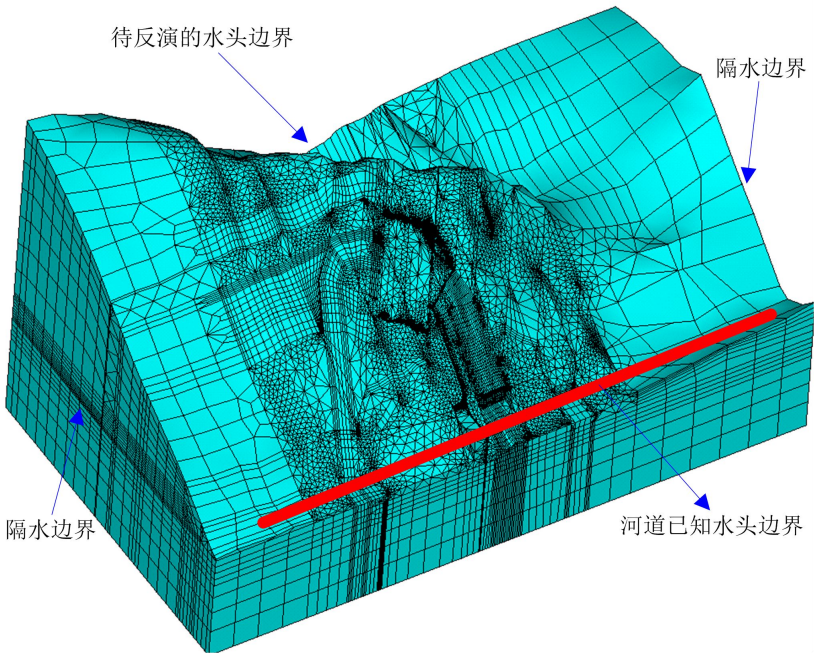


图 5.1-28 右岸地下厂房三维整体有限元模型及计算边界

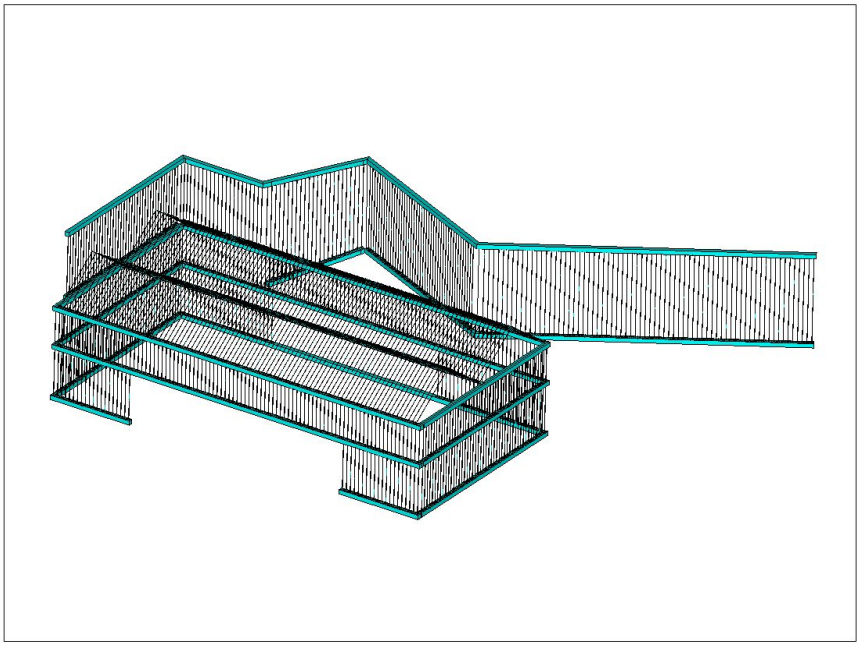


图 5.1-29 排水廊道及排水孔幕

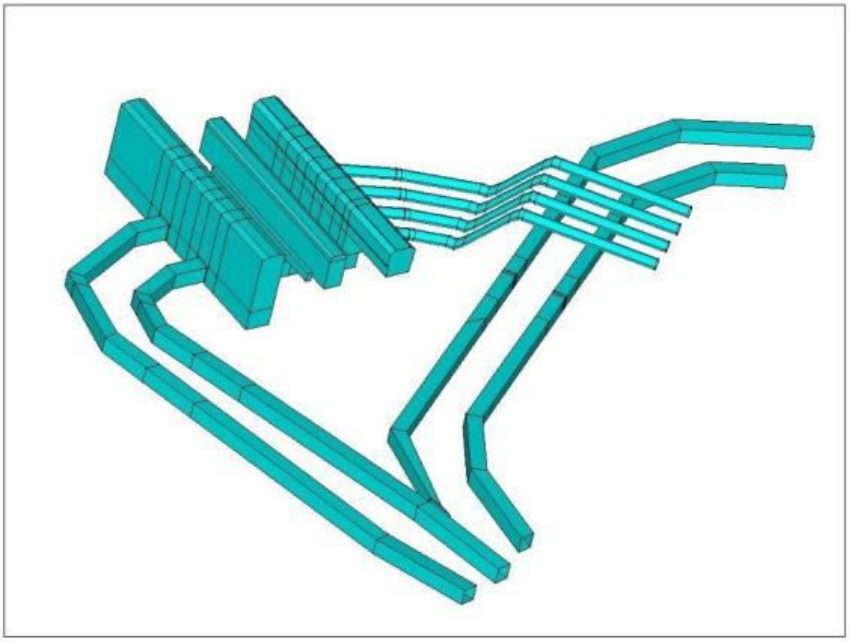


图 5.1-30 地下洞室群

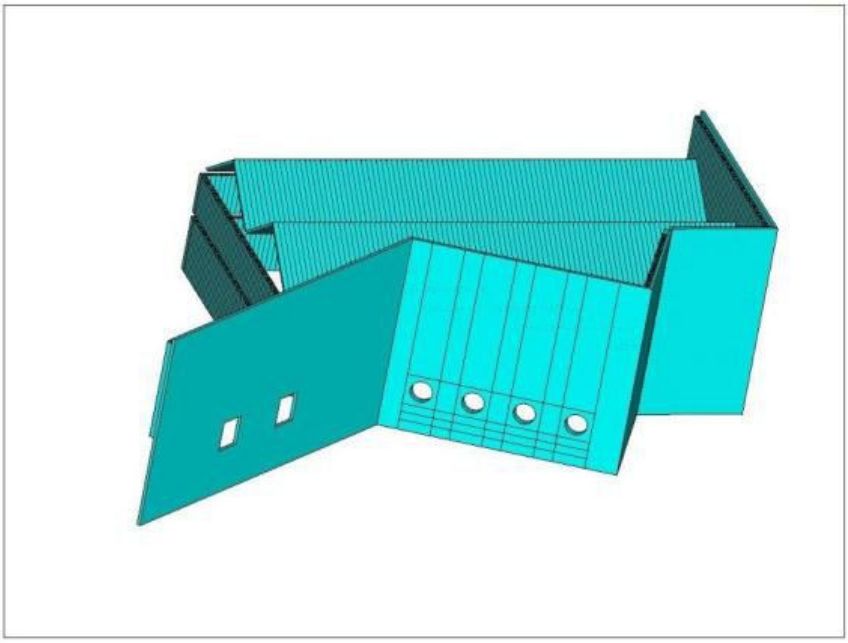


图 5.1-31 防渗帷幕结构图

(2) 天然渗流场反演

通过二维渗流场反演为三维渗流场反演提供边界水头取值范围，并论证岩体渗透系数取值的合理性。利用二维渗流场反演的成果，并结合钻孔水位观测资料，利用正交设计、正演分析和遗传神经网络，反演三维渗流场。

根据二维反演结果，不同时期右岸山体内侧的边界水位变化范围为 2030m~2070m。事实上，坝址区岩体中地下水位在时间和空间上均有一定的变化规律，丰水期和枯水期的地下水位有变化。但由于坝址区钻孔水位观测资料有限，且钻孔位置靠近河床，受丰、枯季节的影响相对较小，因此在反演分析中，综合运用了不同时间、不同位置的钻孔资料，从而获得坝址区初始渗流场的整体分布特征。

在边界水位的可能变化范围内，拟定若干边界水位取值，进行三维有限元正演分析，获得各钻孔位置的计算水头值，进而以钻孔水头值作为输入样本，以边界水头值作为输出样本，通过遗传神经网络训练并输入实测钻孔水头值，获得最优的边界水位条件。

通过反演，获得右岸山体内侧的边界水位为 2065m，右岸山体的初始渗流场分布规律如图 5.1-32 所示。钻孔水头计算值与实测值的对比表明水头误差绝对值平均为 2.1224m，反演结果满足工程计算的精度要求。

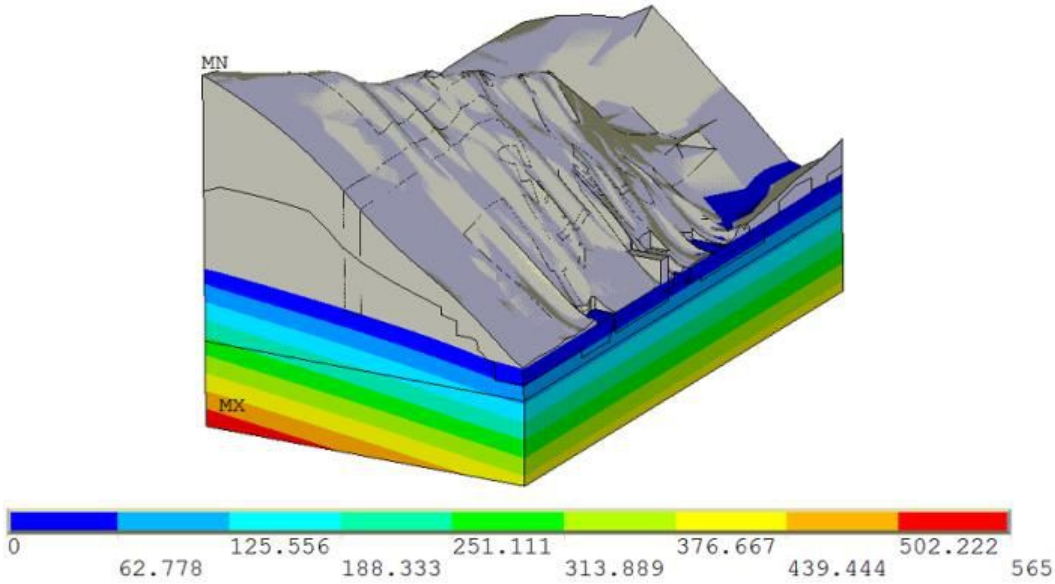


图 5.1-32 右岸（含厂房）初始渗流场分布情况

(3) 施工期渗流计算的边界条件

实际开挖过程，各个洞室是由上至下逐层开挖，在渗流分析过程中，将廊道、厂房各洞室、引水、导流系统开挖简化为三步，即第一步开挖至 1922.3m 高程，第二步开挖至 1900m 高程，第三步则全部开挖完毕。施工期渗流计算不计排水孔幕的渗流控制效应，且不考虑衬砌和大体积混凝土回填对施工期渗流场的影响。渗流计算的边界条件如下：

① 上游围堰以上的河道，下游围堰以下的河道，均取为定水头边界；

② 导流洞边界取定水头边界，水头值从上游进口至下游出口近似按线性变化考虑；

③ 模型右侧边界位于右岸山体中，取定水头边界，水头值根据初始渗流场反演分析结果取 2065 m；

④ 上、下游侧面边界和底部边界取隔水边界，模型上表面除地表水淹没区之外区域以及各洞室、廊道的边界均设为潜在溢出边界。

厂区各地层渗流计算的参数取各岩层的最大值。

(4) 运行期渗流计算的边界条件

① 大坝上游库水淹没区取定水头边界，水头值为 1987 m；大坝下游河道、尾水洞，取定水头边界，其值为一台机发电尾水位 1913.96m；引水洞的钢衬部分取为隔水边界；

② 模型右侧边界位于右岸山体中，取定水头边界，水头值根据初始渗流场反演分析结果取 2065 m；

③ 上、下游侧面边界和底部边界取隔水边界，模型上表面除库水淹没区之外区域、各洞室、廊道的边界以及排水孔幕均设为潜在溢出边界。

帷幕渗透系数取 1×10^{-5}cm/s。

5.1.5.1.3 影响预测结果

(1) 施工期影响预测结果

施工期，地下厂房洞室群的渗漏量随着开挖的进行都有所增加，其中主副厂房洞的渗漏量从 76.9 m³/d 增加至 127.9 m³/d，尾水调压室的渗漏量从 202.6 m³/d 增加至 457.7 m³/d，主变洞由于底部高程比其两侧洞室的底部高程要高，当开挖到较低高程时，地下水基本都汇入到其他洞室中，因此主变洞的渗漏量随着挖开的进行逐渐减少为 0，各层廊道和其他小洞室等的渗漏量变化较大，具体数值见表 5.1-16。厂房洞室群的总渗漏量随着开挖的进行从 1119.9 m³/d 递增至 1853.1 m³/d。地下水位自由面的位置随着开挖的进行而逐渐降低，各阶段自由面的溢出位置，详见图中标识。渗透坡降较大的位置集中在厂房上游下层廊道、尾水调压室边墙，最大量值约为 5.0，其余部位岩体内的渗透坡降较小。地下厂房典型横剖面（机组段）分步开挖时地下水位自由面分布和开挖完成后的渗透坡降矢量分别如图 5.1-33 和图 5.1-34 所示。

地下水流入各洞室的水量表（施工工况）

表 5.1-16

洞室名称	各洞室开挖至 1922.3 高程的流量（m³/d）	各洞室开挖至 1900.0 高程的流量（m³/d）	各洞室开挖完的流量（m³/d）
主副厂房洞	76.9	131.2	127.9
主变洞	114.7	56.7	0
尾水调压室	202.6	404.7	457.7
出线洞	0	0	0
上、中、下各层廊道	725.7	338.7	671.2
引水洞	0	249	87.2
尾水洞	0	52.8	509.1
总量	1119.9	1233.1	1853.1

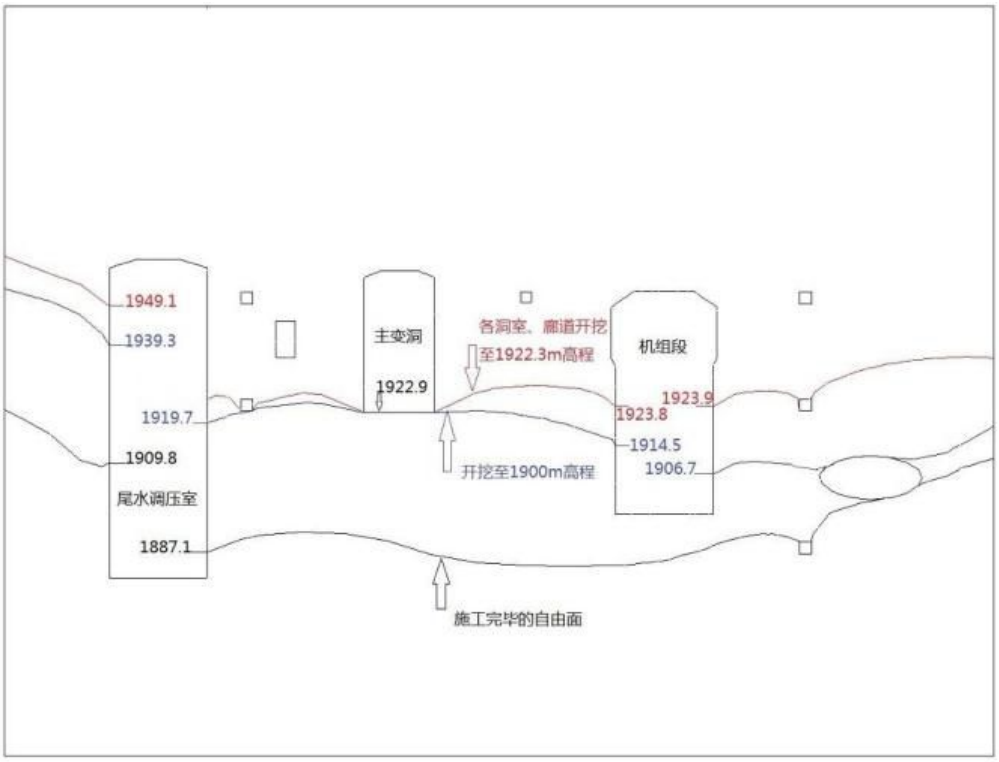


图 5.1-33 机组段横剖面分步开挖地下水自由面分布图（施工期）

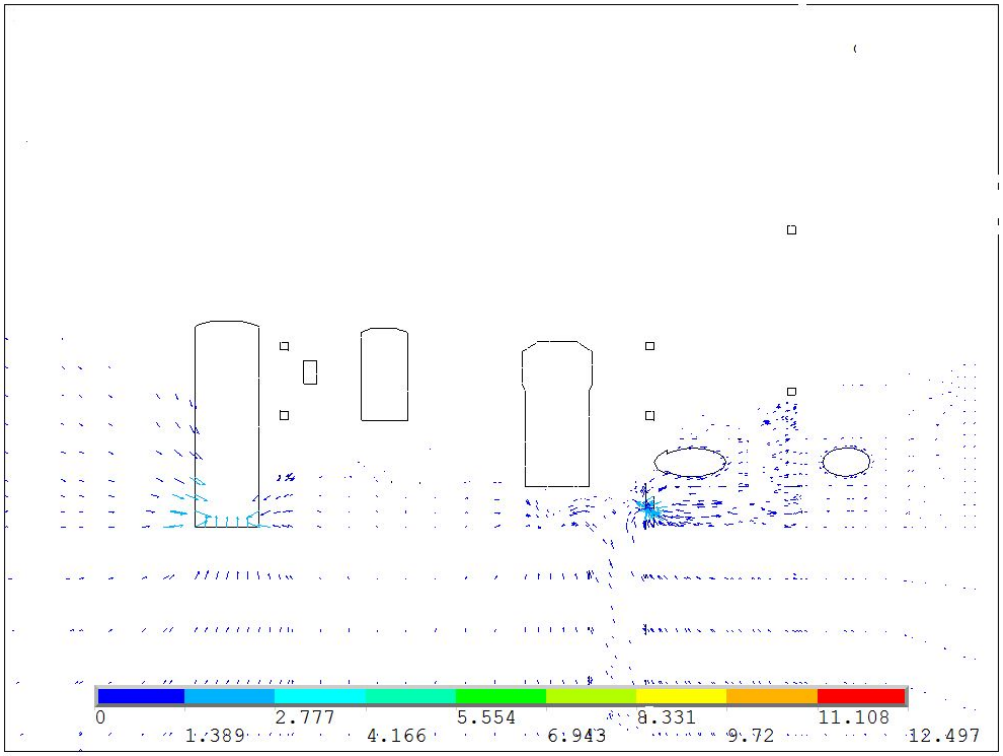


图 5.1-34 机组段横剖面渗透坡降矢量图（施工期）

(2) 运行期影响预测结果

运行期，受水库蓄水的影响，厂区围岩中的地下水位显著抬升，尾水调压室右侧边墙、左侧边墙的中下部及底板处于地下水位之下；副厂房中下部边墙及底板存在渗流溢出；主变洞仅底板局部存在渗流溢出，洞室基本位于地下水自由面之上。防渗帷幕和排水廊道、排水孔幕的防渗排水效果显著，渗流自由面在帷幕处急剧下降，进入厂房中层廊道，之后穿过厂房中、下层廊道之间的垂直排水孔，分别在机组段边墙 1904.4 m 高程、副厂房边墙 1888.9 m 高程溢出，从而在厂区围岩中形成明显的降落漏斗。地下厂房典型横剖面（机组段）的等水头线及自由面和渗透坡降矢量分别如图 5.1-35 和图 5.1-36 所示。在厂区围岩中，渗透坡降较大的位置集中在底层廊道、下层和中层廊道间的排水孔幕、机组段底板和边墙以及厂房前下层帷幕，最大量值约为 4.0，其余部位岩体内的渗透坡降较小。

经分析统计，运行期地下厂房洞室群的总渗漏量为 1441.5m³/d，其中主副厂房洞的渗漏量约为 217.9m³/d，通过排水孔幕及廊道自身汇入厂区上、中和下层廊道的渗漏量分别为 0.3m³/d、178.6m³/d 和 1025m³/d，主变洞的渗漏量为 0.1 m³/d，出线洞的渗漏量为 0，地下水流入各洞室的渗漏量如表 5.1-17 所列。

可见，尽管在运行期因水库蓄水，上游水位明显抬升，流入厂区的渗漏总量从 1853.1m³/d 减少至 1441.5m³/d，大部分原因是引水洞和尾水洞的渗漏水在施工期需要抽排；运行期由于防渗帷幕的防渗作用和排水降压作用，厂区的总渗漏量与施工期（不计引水洞和尾水洞）的渗漏量大致相当。

地下水流入各洞室的渗漏量（运行期）

表 5.1-17

洞室名称	各洞室开挖完的流量（m³/d）	备　注	运行期渗漏量（m³/d）
主副厂房洞	127.9		217.9
主变洞	0		0.1
出线洞	0		0
上、中、下各层廊道	671.2	厂区上层廊道（含厂区帷幕后顶层廊道、排水孔排水）	0.3
		厂区中层廊道（含厂房前廊道、帷幕后排水孔排水）	178.6
		厂区下层廊道	1025.0

地下水流入各洞室的渗漏量（运行期）

续表 5.1-17

洞室名称	各洞室开挖完的流量（m³/d）	备　注	运行期渗漏量（m³/d）
尾水调压室	457.7	调压室（1950m 高程以下为隔水边界）	19.6
引水洞	87.2		
尾水洞	509.1		
总　量	1853.1		1441.5

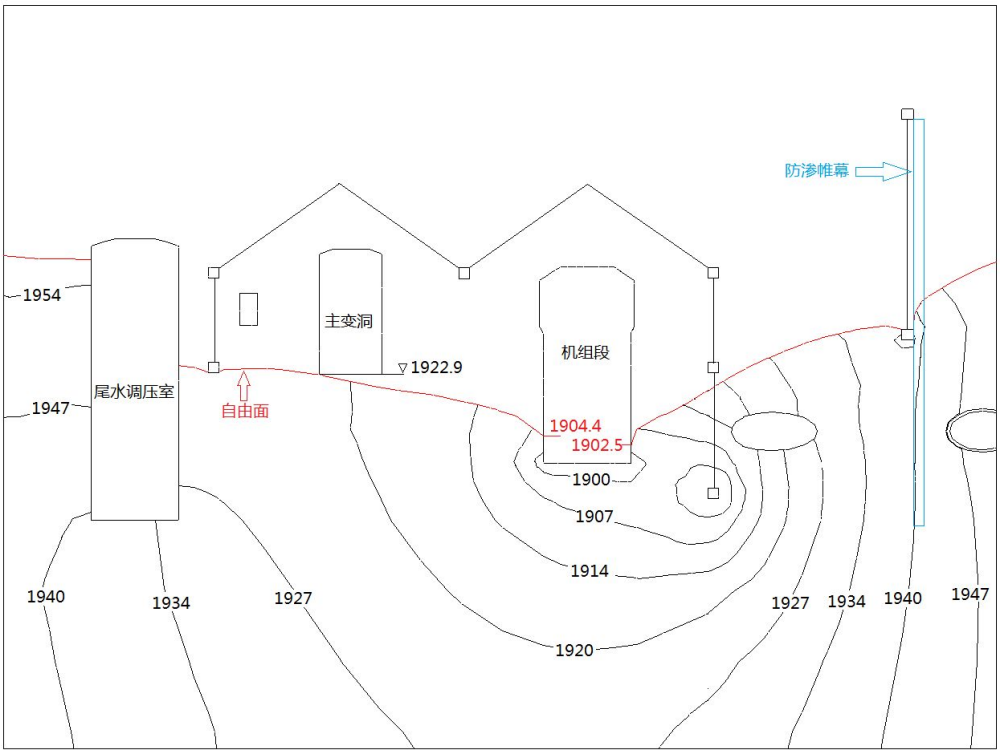


图 5.1-35　机组段横剖面地下水等水头线及自由面分布图（运行期）

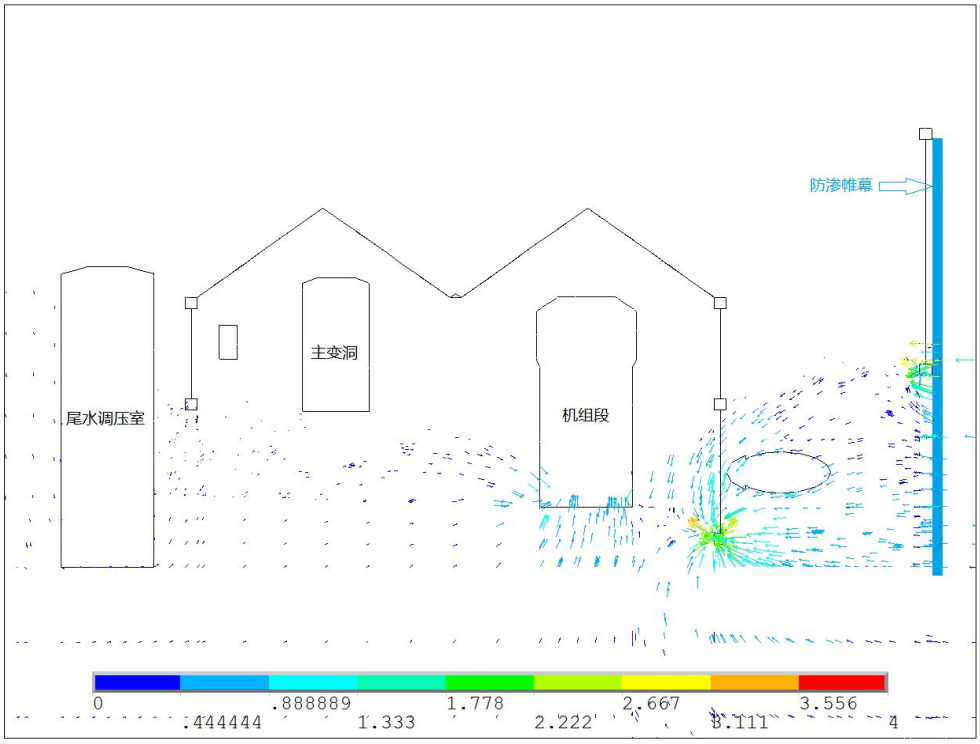


图 5.1-36 机组段横剖面渗透坡降矢量图（运行期）

(3) 小结

本工程主要洞室位于地下水位线以下，由于洞室岩体以岩体以弱透水性、微透水性为主，因此，地下洞室的开挖不会引起沿线地下水位的大幅下降和对工程区地下水环境产生影响。施工过程中沿断层及裂隙有渗、滴水现象，渗水量随时间将逐渐减小、并趋于稳定，需采取抽排水措施。为了减小工程运行期间隧洞的内水外渗、地下水的渗入量，工程在距地下厂房上游边墙约 50m 处，结合引水支管排水廊道共布置 2 层帷幕灌浆兼排水廊道，灌浆兼排水廊道同时还与大坝防渗排水系统连成整体，防渗帷幕的布置在上库与地下洞室群间形成一道阻水屏障，可有效增加渗径和减少渗漏量。在防渗帷幕后，于主副厂房洞、主变洞四周布置上、中、下三层排水廊道，各排水廊道之间设置排水幕，截断渗入厂房渗水。

计算分析表明：

1) 施工期的渗透坡降和总的渗漏量不大，在及时支护和有效排水的情况下，围岩不会发生大的渗透破坏。地下洞室开挖后，可能引起沿线局部地下水位的下降，并在洞室附近范围内形成一个以开挖底板为新的地下水排泄基准面。

2) 在运行期工况下，厂区防渗排水系统的渗控效果显著，地下水在厂区形成明显的降落漏斗，主变洞和发电机层以上厂房围岩处于地下水自由面之上，渗压得到有效控

制。基本不会改变地下厂区原有的水文地质条件。

5.1.5.1.4 影响分析评价

本工程地下引水发电系统所在山体上方无居民点和取用水保护目标，主要为干旱河谷稀树灌草丛、川滇高山栎灌丛、温性松林植被。地下水变化对植被的影响主要为间接影响，这种影响取决于土层中水文地质条件、天然地下水位的高度和上层滞水等。但植物生长不取决于裂隙性地下水，因为根系既需要水分又需要氧气，而且往往在浅层中扩展，因而土壤结构的特征与水分的多少更重要，土壤水分是决定植被分布和植物生长的一个重要控制生态因子。由于该区在自然状态下下水位埋深在 3.95~103.6m 之间，大气降水是其主要的补给途径，工程施工以及运行期间开挖虽然会在一定范围内降低或提高地下水位，但对表层土壤中的孔隙水潜水面的影响较小，即不致影响地表土壤中的水分，从而不会对地表植被的生长产生不利影响。

距离地下引水发电系统最近的居民点为上田镇村，该村位于引水发电系统西南侧约 500m 处。根据 5.1.5.1.3 节的地下水预测结论，由于卡拉水电站地下洞室埋深大多在 260m 以上，主要洞室位于地下水位线以下，洞室岩体以岩体以弱透水性、微透水性为主，因此，地下洞室的开挖不会引起沿线地下水位的大幅下降和对工程区地下水环境产生影响。施工过程中沿断层及裂隙有渗、滴水现象，渗水量随时间将逐渐减小、并趋于稳定。同时，为了减小工程运行期间隧洞的内水外渗、地下水的渗入量，工程在距地下厂房上游边墙约 50m 处，结合引水支管排水廊道共布置 2 层帷幕灌浆兼排水廊道，灌浆兼排水廊道同时还与大坝防渗排水系统连成整体，防渗帷幕的布置在上库与地下洞室群间形成一道阻水屏障，可有效增加渗径和减少渗漏量，可见地下厂房地下水影响半径远小于 500m。且从现状调查来看，上田镇村地下水属于第四系孔隙含水层单元，地下水主要受降水影响，与卡拉水电站地下引水发电系统所在区域没有直接水力联系。

勘察期间，沿输水线路布置了 PD08 平洞。施工过程中，洞内地下水活动较弱，沿裂隙、断层以渗、滴水为主，下坝线右岸 PD08 平洞在洞深 217m、293m、369m 等处呈线状流水，总计流量约 150~160/min，左岸 PD23、PD09 平洞内局部滴水，PD25 平洞在洞深 207m、310m 处呈线状流水，总计流量约 20~30L/min。经调查，未发现钻孔地下水位有下降现象，说明平洞的开挖并未影响该钻孔，而上田镇沟等地表冲沟内的水量也未见明显减少，已有隧洞等地下工程穿越区域地表植被未见枯萎现象，长势良好，附近上田镇村居民用水未受到影响，可见地下工程施工对陆生生态、居民点用水基本没有影响。

综合以上分析，工程拟建的地下厂房、引水发电建筑物等发生施工涌水量并对陆生生态和居民水源造成影响的可能性极小；同时根据施工地下水防治预案，工程施工期间将进行长期地下水位观测，若发生突发性涌水，将立即采取及时封堵，并加强陆生植被和居民点用水观测等措施，可及时恢复裂隙地下水位和流场，有效防止对陆生生态居民用水造成不利影响。

5.1.5.2 水库渗漏影响分析

(1) 库区渗漏影响分析

坝址以上水库区两岸山脊走向近平行雅砻江，左岸山脊高程 3693.9~4875.1m，右岸山脊高程 4715.1~5264m，两岸山体宽厚。东侧邻谷为九龙河，相应河谷谷底高程约 1800~1900m，西侧邻谷为理塘河，河谷谷底高程约 1900~2000m。河间地块山体雄厚，西侧有二叠系冈达概组（P_2g）的变基性火山岩、泥砂质岩及泥、砂岩分布，东侧有三叠系上统侏倭组（T_3zh）的变质长石石英砂岩、含砾砂岩、炭质板岩分布，两侧岩石均可视为相对隔水层。因此河间地块有巨厚的非可溶岩隔水层分隔。水库属深切狭长河道，两岸分水岭高程(3000.0m 以上)远高于卡拉水电站水库蓄水位 1987m，库区内无大的河谷支流分布，两岸支沟沟源高程均大于 3000.0m，无单薄的分水岭分布。从地形上分析，水库地形封闭条件好，不存在向邻谷永久渗漏问题。

库盆主要为三叠系上统杂谷脑组（T_3z）地层，岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩、大理岩。砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩可视为相对隔水岩层，大理岩呈夹层产出，库区内未发现溶洞，岩溶现象不发育，岩石透水性较弱，且其外侧尚有巨厚的非可溶岩隔水层分布，为此不致产生向邻谷的岩溶通道。

水库区构造以近南北向延伸为主，与库区相交的斜切断层有 16 条，但其规模较小，均未延伸至库外邻谷，不存在沿断层向邻谷渗漏的通道。前波断层在库区立尔一带穿过雅砻江边，浸泡在水库中，后从右岸延伸至下坝址下游的下马鸡店，再次穿过雅砻江，理论上存在库水顺前波断层向下游渗漏问题，但因前波断层为压扭性断层，带内为碎裂岩、碎粉岩，透水性较弱，渗漏途径很长，库水渗漏量极小。

综上所述，卡拉电站水库不存在向库外产生渗漏的地形地质条件，渗漏问题不突出。

(2) 坝基渗漏影响分析

坝基上部砂质板岩、含炭质板岩弱风化岩体较破碎，顺河向岩层节理发育，且呈薄~中层状，透水性较好。下部微风化~新鲜岩石透水性弱，可作为坝基相对隔水层。坝基

顺河向断层不发育，集中渗漏工程地质问题不明显。两岸地下水位及相对隔水层埋藏较深，存在绕坝渗漏工程地质问题，建议采用帷幕灌浆进行防渗，坝基、坝肩帷幕深度至相对隔水层顶板以下 5~10m，两岸至正常蓄水位与相对隔水层相交处。

左岸坡地下水位埋深一般为 60.30~108.40m，右岸坡地下水位埋深一般为 14.64~112.20m。按两岸岸坡开挖至弱风化下段岩体及河床开挖至微风化岩体考虑，坝基开挖后，仍存在一定厚度的弱透水性岩层，存在坝基渗漏及绕坝渗漏问题，需采取防渗处理措施。从开挖建基面起算，以 q≤3Lu 为防渗标准，两岸坝头防渗水平长度 43~63m，坝基防渗深度 15~60m；以 q≤1Lu 为防渗标准，两岸坝头防渗长度 47~86m，坝基防渗深度 36~78m。两岸防渗帷幕需延伸至相对隔水层或与地下水位线相接。

经坝区整体三维有限元模型计算（模型概况详见 5.1.5.1.2 节），采取两岸及坝基渗控处理措施后，坝区总渗漏量为 1021.5 m^3/d，折算单宽渗漏量为 4.02m^3/d，各廊道的自流渗流量都为 0，坝区防渗排水体系效果良好，较好的解决了大坝两岸绕渗问题，对下游两岸边坡地下水位影响较小。

5.1.5.3 浸没影响分析

水库建成蓄水后，库区水位最大抬升高度约 72m，随水库水位的升高，山体地下水位线将由陡变缓，水力坡度将变小，两岸一定范围内的地下水位将升高，最终形成以库水位为新的地下水排泄基准面，对库区局部区域产生浸没影响。水库浸没产生与地形地貌、岸坡物质组成、水文地质条件以及岸坡土层的毛管水上升高度和地表种植的农作物、建筑的基础形式及埋深密切相关。根据查勘结果，库区前波村、尼波村、麦地龙乡、里尼村一带范围有可能存在不同程度的浸没影响。

5.1.5.3.1 影响预测方法

在库区范围内进行了 1：10000 工程地质测绘与调查，在此基础上对初判可能存在浸没问题的立尔村-前波村周边、大坪子-尼波村一带、麦地龙乡上铺子-下铺子、里尼村一带进行了 1：2000 工程地质测绘，随后针对浸没问题突出的立尔村-前波村周边、尼波村附近、麦地龙乡、里尼村周边进行浸没专题勘察，其它可能浸没区在可行性研究阶段测绘、调查的基础上，根据立尔村-前波村周边、尼波村附近、麦地龙乡、里尼村周边的专门勘察成果进行类比，确定是否存在浸没问题，进而确定浸没影响区范围。

浸没影响预测评价采用《水利水电工程地质手册》中的分析方法。针对卡拉水电站水库具体情况，地下水位壅高值计算采用均质含水土层的卡明斯基公式(如图 5.1-37)，

方法如下：

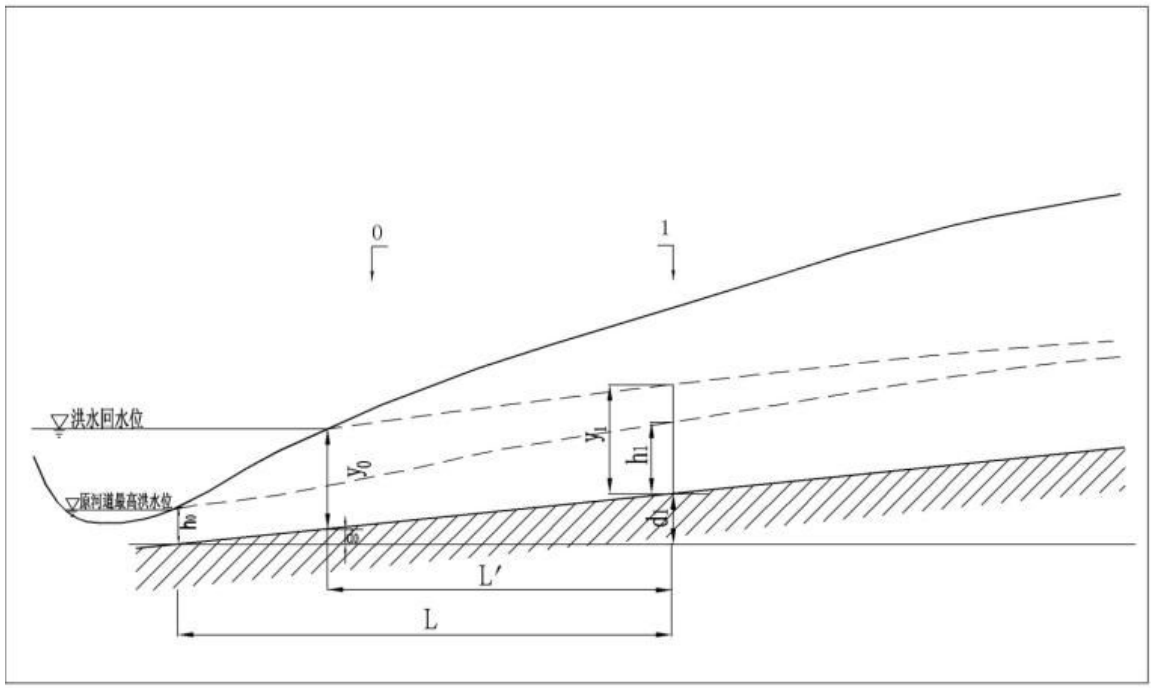


图 5.1-37 地下水壅高计算剖面示意图

$$\frac{L'}{L}(h_0+h_1)(h_1+d_1-h_0)=(y_0+y_1)(y_1+d_1-y_0-d_o)$$

式中：L、L'——蓄水前、后水边线至断面 1 的水平距离。

h_0、h_1 ——蓄水前的地下含水层厚度。

y_0、y_1 ——蓄水后的地下含水层厚度。

d_0、d_1——断面 0、1 处的隔水层高差。

蓄水前后同一断面地下水流量相等，求解时，需已知蓄水前地下水分布情况，即已知 X0、X1、h0、h1、y0、d0、d1，从 0 剖面开始(y_0 已知)，依次计算后一剖面(1 剖面)上壅高后水位 y_1，1 剖面上地下水位壅高值 $H=y_1-h_1$，依次可求出蓄水后各剖面上地下水位壅高值。

根据待判别区的土层分布情况，根据各土层毛细上升高度试验成果及工程类比，确定壅高水位以上土层的毛细管水上升带的最大高度，通过调查确定浸没区地表分布的影响对象的安全超高值，在此基础上，计算出不同类型的浸没临界地下水位埋藏深度：

$$H_{cr}=H_k+\Delta H$$

式中：H_{cr} ——地下水临界埋藏深度，m；

H_k——地下水位以上，土层毛细管水上升带的最大高度，m；

——安全超高值。对农业区，该值为植物根系层的厚度；城镇和居民区，该值取决于建筑物的基础型式和砌置深度。

根据浸没影响区的地表影响对象，利用临界地下水位埋深判定浸没范围，当预测的潜水回水埋深值小于临界地下水位埋深值的区域，则判定为浸没影响区。浸没范围内如有居民点、农田或重要建筑设施，则列入影响处理区，如为荒山、荒地，则列入影响待观区。本工程浸没影响评价区农作物根系及建筑物埋深见表 5.1-18。

农作物根系及建筑物埋置深度一览表

表 5.1-18

玉米、蔬菜根系深度（m）	柠檬树、核桃树、梨树根系深度（m）	砖混结构房屋基础埋深（m）	干砌石房基础埋深（m）
0.4~0.6	1.5~2.5	1.5～2.0	0.5～0.8、0.8～1.0

5.1.5.3.2 影响预测评价

根据上述预测方法，预测得到卡拉库区浸没库段基本地质条件和浸没影响预测评价见表 5.1-19。

(1) 前波村

前波村浸没范围主要为农田，也有部分柠檬树、核桃树及少量民房，浸没临界地下水位埋深值确定为 3.0m。前波周边地下水位埋深一般为 20.45～22.15m，变化幅度小。经计算，预计浸没最大宽度 16m，最大高程至 1992m，浸没面积 7087.8m^2（约 10.6 亩）。

(2) 大坪子一带

大坪子地表主要以农田为主，主要种植玉米，少量蔬菜及果树等，少量干砌石房。由于表层粉土质砾较薄，浸没影响深度按照粉土质砾的最大厚度 2.0m，本区浸没影响临界深度取为 3.0m。大坪子浸没区回水高程仅为 1987.44～1988.76m。大坪子周边地下水位埋深一般为 19.70～29.16m，变化幅度小，为 2.0～2.5m。计算结果表明，浸没影响至地面最大高程 1992m，最大宽度 22m。大坪子周边浸没影响面积 12426m^2（约 18.6 亩），为水库影响处理区。

(3) 尼波村一带

尼波村地表主要为干砌石民房建筑，建筑物以含砾石粘土层作为持力层，饱和后地

基承载力会大幅下降，浸没问题主要是对房屋建筑及农田的影响。本区浸没临界深度取为3.0m，浸没影响最大地面高程1993m，最大宽度25m。尼波村浸没影响总面积为9395m^2（约14.1亩），为水库影响处理区。

(4) 麦地龙乡

麦地龙乡政府周边地下水位埋深一般为17.04～20.80m。麦地龙乡政府周边地表主要为砖混结构民房建筑，少量干砌石建筑，麦地龙乡小学，麦地龙卫生所等重要建筑物在淹没范围内，浸没临界深度取3.0m。本区浸没影响最大地面高程1995m，最大宽度370.6m。麦地龙乡周边浸没影响区总面积为56879m^2，约85.3亩，为水库影响处理区。

(5) 下铺子

下铺子公路周边农田分布较多，零星分布少量民房，浸没问题主要是农田的影响，地下水位埋深临界值按2.0m确定。本区浸没影响最大地面高程1992m，最大宽度8.0m。下铺子浸没面积1039.3m^2，约1.6亩，浸没范围内为农田。

(6) 上铺子村

上铺子村地表主要为干砌石民房建筑，建筑物以粉土质砾作为持力层，饱和后地基承载力会大幅下降，浸没问题主要是对民房建筑及玉米地的影响。按地下水临界埋深为3.0m确定浸没影响范围，经计算，浸没影响最大地面高程约1997m，影响最大宽度63m，影响范围内主要为柠檬幼苗地及玉米地。上铺子村浸没总面积50271m^2，约75.4亩，浸没范围内为柠檬幼苗地及玉米地，列入影响处理区。

④ 里尼村

里尼村江边主要为农田，居民点距江边较高的台地上，浸没影响主要是农田。浸没问题主要是对玉米地的影响。按地下水临界埋深为1.50m确定浸没影响范围，经计算，浸没影响至最大地面高程约1996m，影响最大宽度26m，影响范围内主要为玉米地。浸没总面积约10.61亩（7072.11m^2），浸没范围内为玉米地，列入影响处理区。

综上，卡拉水电站库区浸没影响处理区总有7处，总面积约216.21亩，需采取护岸工程措施减缓水库蓄水壅高地下水水位造成的浸没影响。

库区各库段浸没影响评价一览表

表 5.1-19

位置		地形	地层	影响对象	浸没面积	临界深度(m)	预测浸没范围(m)	
							最大高程	最大宽度
右岸	前波村	地形坡度平缓，一般10～15°，局部为陡坎	粉土质砾：分布于地表，灰黑色，夹碎石，砾石含量30～40%，粒径0.5～6cm，次棱角状，少量次磨圆，粉土含量60～70%，据ZK217，ZK218揭示，厚度1.5～3.5m；含砂、粉土砾石层：砾石直径0.5～6cm，含量70～80%，岩性为大理岩、砂质板岩和变质砂岩，次棱角少量次磨圆，砂含量5%左右，钻孔内揭示厚度一般12.5～13.80m。在近地表出露主要的土层为①层。	农田、柠檬树、核桃树、民房	7087.8m²（10.6亩）	3	1992	16
	大坪子	地形平缓，地面坡度5～10°	粉土质砾：灰～灰黄色，砾石含量10～15%，粒径1～4cm，次棱角状，粉土含量85～90%；粘土质砾：分布于地表，钻孔内揭示厚度一般2.0～12.50m；含块石碎石混合土：中密～密实，碎石含量50～60%，粒径6～17cm，砾石含量20～30%，粒径0.2～6cm，岩性为变质砂岩、粉砂质板岩，次棱角状，各钻孔揭示层厚相差较大；漂石、卵石：灰褐～灰白色，粉砂含量60～70%，泥质含量5～10%，漂石20～30%，直径20～50cm，岩性为变质砂岩及少量粉砂质板岩；近地表出露主要的土层为①层及②层。	农田、民房	12426m²（18.6亩）	3	1992	22
	尼波村	地形平缓，地形坡度10°左右	粉土质砾：土黄色，砾石含量10～20%，粒径0.5～4cm，次棱角～棱角状，粉土含量80～90%；块石：青灰色，少量灰黄色，块石含量70～80%，直径20～48cm，次棱角状，砾石含量5～10%，粒径1～3cm；粘土含量5～15%；碎石混合土：青灰色，干燥，较密实，砾石含量60～70%，粒径1～5cm，次棱角状；碎石含量10～15%，粒径6～17cm，棱角状；块石含量5～10%，块径20～25cm；粘土含量5～15%。在近地表出露主要的土层为①。	农田、民房	9395m²（14.1亩）	3	1993	25
	里尼村	地形平缓，坡度10～20°	耕植土：地表为一层灰褐~灰黄色的耕植土，含植物根系，主要为含砾石粉土，厚0.4～1.2m。碎石混合土：灰褐色，干燥，中密，砾石含量40～50%，粒径0.2～5cm，碎石含量20～30%，粒径6～11cm，砾石、碎石呈棱角～次棱角，岩性为变质粉砂岩，厚6.4～10.5m。粉土质砾：灰～灰黑色，粗砾石含量30%，粒径2～4cm，中砾与细砾含量50～60%，砾石呈次棱角状，其余为粉土，钻孔揭示厚3.3～6.0m；粉细砂：灰黄色，稍湿，厚约1.8~3.0m；卵石混合土：稍湿，中密～密实，卵石含量20～30%，粒径6～20cm，磨圆～次圆状，主要成分变质粉砂岩、花岗岩，弱风化状；漂石含量5%左右，粒径20～25cm，棱角状，主要成分变质粉砂岩，砾石含量40～55%，粒径0.2～6cm，磨圆～次圆状，主要成分变质粉砂岩、花岗岩，粉砂含量5%左右。在近地表出露的主要土层为含砾石粉土、碎石混合土。	民房为主、农田	7072.11m²（10.61亩）	1.5	1996	26
左岸	麦地龙乡	地形平坦，地面高程1988～1990m，坡度约2°	粉细砂：分布于地表，夹少量砾石，灰黄～灰褐色，松散，干燥，一般厚0.5～3.8m（ZK206钻孔揭示）；粉土质砾：灰黄～灰褐色，较湿，较密实，细砂含量5～10%，厚约3.5m。含细砂砾石粉土：灰黄～灰褐色，较湿，较密实，细砂含量5～10%，砾石含量20～30%，钻孔内揭示厚度为3.0～3.5m。在近地表出露的主要土层为①层粉细砂。	农田、少量民房	56879m²(85.3亩)	3	1995	370.6
	下铺子	地形平坦，地面高程1985～1990m，坡度15～20°	粉土质砾：灰褐色，中密，稍湿，砾石成分为变质砂岩，直径0.5～3cm，次棱角状，含量5～10%，其中：孔深0～0.90m为耕植土，灰褐色；碎石层：夹少量粉土，碎石含量80～90%，粒径8～15cm，母岩成分为变质砂岩，弱风化状，粉土含量10～20%。在近地表出露的主要土层为含砾石粉土。	农田、民房	1039.3m²(1.6亩)	2	1992	8
	上铺子	地形平缓，坡度10～20°	粉土质砾：灰黄～灰褐色，中密，较干燥，砾石含量5～10%，粒径0.2～2cm，棱角状，主要成分砂质板岩，粉土含量90～95%，钻孔揭示厚1.0～2.0m；碎石混合土：灰褐色，干燥，中密，砾石含量40～50%，粒径0.2～5cm，碎石含量20～30%，粒径8～12cm，砾石、碎石呈棱角～次棱角，岩性为变质砂岩，厚4.0～5.0m；粉细砂：灰黄色，稍湿，厚约2.0m，仅在ZK200揭示；含漂石卵石混合土：稍湿，中密～密实，卵石含量50～60%，粒径6～8cm，磨圆～次圆状，主要成分变质砂岩、花岗岩、大理岩，弱风化状；漂石含量5%左右，粒径20～25cm，棱角状，主要成分变质砂岩，砾石含量30～40%，粒径0.2～6cm，磨圆～次圆状，主要成分变质砂岩、花岗岩，粉砂含量5%左右。在近地表出露的主要土层为含砾石粉土。	农田	50271m²(75.4亩)	3	1997	63

5.2 生态环境影响预测评价

5.2.1 水生生态环境影响

5.2.1.1 对水生生境的影响

5.2.1.1.1 对库区水生生境的影响

卡拉水电站建成运营后，库区回水长度约 32km，水面增大，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，水流趋缓。

蓄水初期，由于库底残留的有机物分解，土壤中氮、磷、有机质等进入水体，短期内营养物质含量可能会有所增加。

卡拉水库为日调节型，电站运行后，库区流速减缓，按照与两河口联合运行情况下年平均下泄流量计算（约 863m^3/s），库水约 3.2 天更换 1 次，水体滞留时间较建库前延长，库区水体营养负荷较原河流会有一定程度的增加，但库区无工业污染，生活污染和农田污染负荷小，根据前文水库富营养化预测，除支流库湾外，库区干流发生富营养化的可能性较小。

卡拉水库属于混合型水库，一般情况下，不会出现水温分层现象，也不会产生下泄低温水影响。雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划中，两河口水库下泄低温水对下游河段水温有一定的影响。两河口水库以下梯级均为日调节，对两河口水库下泄低温水有一定的缓解。两河口至卡拉坝址相距约 254km，卡拉河段受两河口水库低温水的影响有限。综上所述，库区水生生境主要的变化为从急流性河道生境转变为缓流型，水体浑浊度由于水库对泥沙的拦蓄而明显降低，生境发生较大变化，库区鱼类组成也会随之发生变化。

5.2.1.1.2 对坝下干流水生生境的影响

卡拉水电站日调节运行会导致平、枯期电站卡拉坝下至锦屏一级电站库尾 17km 的天然江段日内下泄流量将有较大变化，若出现卡拉水电站日内不发电时段，卡拉坝址与锦屏一级库尾将形成长约 17km 的减水河段。为保证下游水生态环境用水需求，需下泄不小于 146m^3/s 的生态基流。其中从半台机组到 4 台机组满发，坝下河道最大水位变幅为 4m，坝下水生生境将发生一定变化。

卡拉水电站水库库容相对较小，对径流调节能力较弱，对出库年、月径流几乎没有影响。上游规划的龙头水库两河口建成后，卡拉水库的入库径流主要受两河口水电站控

制，洪水过程弱化。卡拉库区和坝下河段丰水期总水量减少，枯水期总水量增加。

5.2.1.1.3 对库区支流水生生境的影响

卡拉水电站库区无大较大支流，以泥石流冲沟为主，坡降大、水量小，基本不适宜鱼类分布。水库淹没后，支沟流水河段长度将有所下降，支沟回水区形成小库湾。

5.2.1.2 对饵料生物的影响

5.2.1.2.1 对浮游植物的影响

(1) 干流

卡拉水库建成，库区水位提高，水面扩大，流速减缓，泥沙沉积，水体透明度增大，表层水温提高，营养负荷增加，将使得水体初级生产力提高，有利于浮游植物的生长和繁殖。

电站建成后，库区浮游植物种类、现存量会少量增加，但硅藻仍将是其主要类群。库区发生水体富营养化，出现水华的可能性较小。库区上游尾水段水环境条件变化较小，硅藻门、绿藻门、蓝藻门种类会增加，但增加的幅度有限，其它门类的浮游植物也会出现，浮游植物的群落结构将基本保持原河流状态。库中和坝前流速明显减缓，泥沙沉降加剧，透明度增大，营养盐逐渐累积，适合浮游植物生长繁殖，其种类会增加较大，特别是绿藻门、蓝藻门种类，甲藻门、裸藻门、隐藻门等其它门种类也可能出现。坝下由于是坝前水下泄，浮游植物组成与坝前较接近。

总体看卡拉电站完工后，库区江段浮游植物种类和现存量会有所增加，但由于卡拉电站按日调节运行，工程对库区的水质影响较小，水体营养负荷增加不大，浮游植物的增加幅度有限。由于卡拉电站水库为日调节性能，且该河段基本无工业企业分布，两岸人口分布较少，农牧业活动强度不大，外源性营养物质汇入较少，坝下浮游植物种类组成与电站坝前以及区间支流相似，但现存量较要较坝前低。

(2) 支流

支流九一七沟、九一三沟均在卡拉库区，其中九一七沟在库中，九一三沟在坝前。水库形成后，将对两支流河口产生顶托作用，由于电站为日调节型水库，顶托作用影响范围有限，仅在河口附近水域，九一三沟受水库顶托作用的影响范围稍大于九一七沟。因此，两支流受水位顶托的河口局部水域，浮游植物的密度和生物量将会升高，但影响范围和程度很小。

总之，卡拉水电站形成后库区浮游植物群落结构会发生一定程度的变化，浮游植物

种类和现存量均会增加，但硅藻仍将是库区河段的主要优势种类，绿藻和蓝藻种类和数量会提高，其它门种类也可能出现。浮游植物种类和数量在水库不同的区段增加的程度有一定的差异，在库尾江段增加相对较少，而在库湾和坝前生物量增加相对较大。支流回水区浮游植物种类和数量会增加，支流上游流水段仍保持原河流状态。

5.2.1.2.2 对浮游动物的影响

(1) 干流

卡拉电站建成后，形成面积 7.57km^2，回水长度 32km 的日调节水库。坝上至库尾河段由原有的急流生态将变成河道型缓流水库生态、深度增加、水面扩大、容积增加、透明度增大。被淹没区域植被、土壤内营养物质渗出，引起水中有机物质及矿物质将增加，加上水流速度减缓，泥沙沉降，导致营养物质的滞留和积累，这些条件的改变都有利于浮游动物的生长与繁殖。

根据库区浮游动物演变规律，卡拉库区浮游动物种类和生物量会有较大的增加，原生动物中纤毛虫的比例趋向增加；龟甲轮虫、多肢轮虫、疣毛轮虫等静水敞水轮虫种类将出现且成为常见种；枝角类种类明显增加，如象鼻溞、短尾秀体溞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。浮游动物种类尤其大型浮游甲壳类的增加，将引起浮游动物生物量明显增大。

卡拉坝下受电站日调节的影响，坝下水位涨落频繁，不利浮游动物的生长繁殖，坝下江段浮游生物主要依靠库区补给，因此坝下浮游动物种类与坝前水域较为相近，生物量要低于坝前。

(2) 支流

卡拉调查江段支流九一七沟位于卡拉库区，九一三沟位于卡拉坝前，河口段受库区水位的顶托，营养物质较多有利于浮游动物生长繁殖，浮游动物种类和现存量将会增加。上游流水河段，仍保持原河流生态。

总之，卡拉电站建成后，库区由急流生境变为缓流或静水生境，浮游动物种类和现存量将会增加，但是卡拉电站位于雅砻江中游，营养源输入有限，浮游动物增加幅度不会太大。

5.2.1.2.3 底栖动物

(1) 干流

雅砻江卡拉河段属峡谷型江段，底栖动物现有种类以喜流水种类为主，电站建成后，

库区江段原有的河道型急流生态变成缓流的河道型水库生态，水体流速明显减缓，水深增加，水面积扩大，泥沙沉降，底质由砾石、沙质型为主逐步向泥沙型、淤泥型发展。这些条件的改变都将对底栖动物的生长与繁殖产生影响。库区河段底栖动物种类组成将发生变化。

工程蓄水后，由于水位上升，泥沙淤积，底栖动物组成较原河流将发生较大变化。水生昆虫的蜉蝣目等的种类在库区内将发生变化，种类将由以流水型为主转为以静水型为主，其中原有流水型种类主要分布在库尾水域和其上游河段；软体动物等一些适于静缓流生境的底栖动物将会在坝前水域出现。

二滩水电站是雅砻江最后一级梯级，2002 年二滩库区有底栖动物 29 种，线形动物、环节动物、软体动物、节肢动物所占比重分别为 3.45%、3.45%、10.34%、82.76%；生物密度 49 ind./m^2、生物量 3.71g/m^2，较建坝前的 25 ind./m^2、1.22g/m^2 分别增加 1、2 倍。类比成库后二滩梯级底栖动物的变化，预计卡拉梯级蓄水后，库区底栖动物种类将大幅增加，其中节肢动物、软体动物种类增加明显。种类组成中，线形动物、软体动物、节肢动物所占比重上升，环节动物所占比重下降。底栖动物密度、生物量较建坝前将增加 1~2 倍，其中线形动物、环节动物密度较建坝前将明显增加。总之，水库形成后，对底栖动物的生长和繁殖有利，库区底栖动物种类和数量都会增加。

卡拉坝下江段的底栖动物种类和数量将基本保持原河流状态，但在近坝址江段由于下泄水的物理冲刷作用和水位的频繁涨落，不利底栖动物生长，其种类和数量会有所减少。

(2) 支流

雅砻江卡拉段底栖动物现有种类以好氧型、喜流水种类为主，生物密度较高。水库蓄水后，因支流坡降比较大，受蓄水影响范围较小，顶托作用对支流浮游植物的影响范围有限。近坝区水库无大的支流，主要为小型冲沟，库区蓄水后，底栖生物预计有少量增加。

5.2.1.3 对鱼类的影响

5.2.1.3.1 对鱼类生境的影响

5.2.1.3.1.1 大坝阻隔对鱼类的影响

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一定的阻隔效应。调查水域无长距离洄游鱼类，评价河段鱼类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。

阻隔影响主要是裂腹鱼等具有短距离洄游特性的鱼类产卵、繁殖一定影响，对其生境形成一定的压缩，但库区仍有一定的流水生境及支流生境，预计大坝建成后库区仍可以有少量裂腹鱼等短距洄游鱼类存在；此外，大坝阻隔也会使其他非洄游性鱼类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，使各种群受到不同程度的影响。

5.2.1.3.1.2 水文情势变化对鱼类的影响

(1) 库区江段

卡拉电站建成运营后，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，水流变缓；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急流逐渐向缓流转化，相应的库区江段鱼类种类组成也将逐渐发生变化。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、鮡科、沙鳅属的种类，将逐渐移向干流库尾流水江段或支流，由于库区江段流水生境萎缩，其种群数量将较现状明显减少。而库区适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤及鲤、鲫、鲇、麦穗鱼等数量将上升，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，在运行一段时间后，库区鱼类总资源量和渔获量均会增加。

(2) 坝下江段

卡拉电站坝下至锦屏一级电站库尾 17km 江段仍为流水河段，部分流水性鱼类，仍能在此江段栖息。

虽然卡拉水电站调节能力有限，但是受上游梯级水库联合运行对径流调节的影响，卡拉坝下江段洪峰过程弱化，鱼类繁殖所需水文水力学条件将受到影响，从而影响其正常繁殖。坝下江段产卵水域将萎缩，鱼类可能在下游条件适宜的江段或支流繁殖。

电站日调节运行会导致下游江段流量、水位、流速等频繁、大幅度地波动，调查江段鱼类多产粘沉性卵，散落在砾石间或粘附在石、砾石上的卵及刚孵化出来的仔鱼，可能会搁浅对其有较大影响。另外，水位的频繁涨落，不利于周丛生物、底栖生物和水生维管束植物等水生生物的生长、繁衍，影响鱼类特别是以周丛生物、底栖生物为食的流

水性鱼类的索饵肥育。因此，需要通过泄放最小生态流量和产卵季节下泄流量的生态调度来减缓其影响。

(3) 泄洪影响

卡拉电站最大坝高126m，为高坝电站，工程采取底流消能方式泄洪，对发电尾水混合等气体过饱和的影响会得到一定程度的缓解。根据流域规划，上游规划有龙头水库，随着龙头水库的建成，龙头水库的调蓄作用将使卡拉水电站泄洪的机率会减少，气体过饱和的不利影响会进一步有效缓解。因此卡拉汛期泄洪坝下发生气体过饱和现象的可能性较小，对坝下鱼类资源影响较小。

5.2.1.3.1.3 水质变化对鱼类的影响

(1) 水质

水文情势变化引起库区透明度升高，水流变缓，营养物质滞留，水体营养盐浓度会有一定程度的增加，水体生物生产力将提高，有利于浮游生物的生长，库区浮游生物会有一定程度的增加，有利于仔幼鱼和浮游生物食性鱼类的生长，库区总的渔产量会有所增加。鱼类生长期库区表层水温较原河流升高，对鱼类生长、发育有利。但由于评价区属高山峡谷区，人类活动相对较少，生产生活水平较低，外源性营养输入有限，加上水库为日调节，库区水质不会发生大的变化，因此水质变化对鱼类资源的影响有限。

卡拉水电站按日调节运行，水库调节能力较弱，库区水质虽有一定变化，但变化幅度较小；坝下至锦屏一级库尾段污染物汇入量现状很小，随着移民安置区的污水处理工程设施的增加，污染物汇入量较现状有所减少，在当地人口自然增长的情况下，污染物的汇入量将与现状基本一致，坝下江段的水质将基本与库区一致，对鱼类资源的影响较小。

(2) 水温

根据水生生态现状调查，江段分布有多种珍稀保护鱼类，水温的变化对这些保护鱼类产生一定的影响。根据相关研究资料表明，由于水温的变化对其产卵过程产生一定的刺激作用，这一作用与异性刺激、水量变化、附着物情况、光线变化等一同引导鱼类开始产卵，水温水鱼类的生长过程影响则相对小。通过对资料的调研，本工程江段主要保护鱼类的产卵季节多集中在3～7月中旬和9月份，但不同的鱼类对产卵适宜水温的要求有所不同。

根据目前的相关研究成果，江段主要保护鱼类主要繁殖期及工程江段对应实测水温

详见表 5.2-1。

江段主要保护鱼类主要繁殖期及工程江段对应实测水温一览表

表 5.2-1

序号	种　类	繁殖期*	繁殖季节对应坝址处实测天然水温/℃
1	长丝裂腹鱼	3~4 月	9.2~13.1
2	细鳞裂腹鱼	4~6 月	13.1~16.7
3	长薄鳅	3~5 月	9.2~15.1
4	鲈　鲤	4~6 月	13.1~16.7
5	青石爬鮡	5~7 月中旬、9 月	15.1~17.8
6	黄石爬鮡	6~7 月中旬、9 月	15.4~17.8
7	中华鮡	6~7 月中旬、9 月	15.4~17.8
8	松潘裸鲤	6~7 月中旬	16.7~17.8
9	裸体异鳔鳅鮀	/	/

注：*繁殖期的界定引自研究成果，包括《引水式水电站减水河段的水温、流速及水深变化对鱼类产卵的影响分析》、《裂腹鱼人工驯养繁殖技术》、《长江上游珍稀特有鱼类生态水温目标研究》、《长薄鳅研究现状及保护对策》等研究成果；表中“/”表示尚无其相关研究成果。坝址处实测水温为卡拉坝址处实测水温成果。

根据 5.1.3 节的水温预测结果，卡拉水电站建成后，库区坝前水体将形成季节性过渡型水温结构特征，水库水体将形成一定的水温差梯度，其中库表的水温较为接近天然状态的水温，随着距离库表距离的增加，水温与天然水温之间的差别将呈增加趋势。鱼类所需的产卵条件除与水温有关外，与流速、水深等因素也有关联，建库后，适宜鱼类产卵的区域将较现状有所减少，主要往库尾和支流区段退缩，库区内鱼类的种群数量可能会有所减少。

在 3～7 月中旬和 9 月份鱼类主要产卵季节，各种水温预测工况的预测均表现出下泄水温低于或等于天然水温的现象，其中联合运行工况中，两河口采用叠梁门取水方案时的下泄水温较单层取水方案时有所提升，这对鱼类完成产卵过程具有促进作用；联合运行（两河口采取叠梁门取水方案）下泄水温变化的主要贡献来自两河口水电站，其在杨房沟下泄水温变化（与天然河道水温相比）中的贡献率最大超过 96%，该过程在 4~7

月最为明显；通过卡拉水电站入库水温和下泄水温的对比，在 3~7 月中旬和 9 月份期间，卡拉水电站的下泄水温略低于入库水温，降低幅度均在 0.5℃以内，即卡拉水电站本身对鱼类主要繁殖季节的温降作用非常有限，其本身引起的温度变化幅度对鱼类来说是可以接受的，同时也表明，对卡拉水电站采取提高进水口底板高程或分层取水措施对减缓下泄水温的变化作用非常有限，同时考虑到鱼类对水温的变化有一定的适应能力，因此，卡拉水电站本身的水温变化对鱼类的影响较小；预测结果也表明，在联合运行（两河口采取叠梁门取水方案）情况下，由于两河口和卡拉两个电站联合作用，预计会出现水温时滞效应，即对鱼类的产卵过程产生一定的延时作用。由于江段鱼类的繁殖季节和适宜水温为一定的区间范围，随着夏季来临，水温得以逐渐提升，江段内的鱼类产卵过程将逐渐展开，水温时滞对鱼类繁殖过程的影响较小。

5.2.1.3.1.4 泄洪气体过饱和对鱼类资源的影响

卡拉电站坝高 126m，单独运行时水库调节性能不强，出现泄洪情况较频繁。但本工程泄洪建筑物采取底流消能设计，气体过饱和现象将得到减缓。此外，上游龙头水库建成后，调蓄作用增强，使下游的防洪标准得到明显提高，卡拉出现泄洪的机会大幅减少，出现气体过饱和不利影响几率将大大减少。

因此，本工程泄洪气体过饱和对鱼类资源影响较小。

5.2.1.3.1.5 饵料基础变化对鱼类资源的影响

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萎缩至库尾以上流水河段和支流上游，种群数量也相应减少。受饵料变化影响的鱼类主要为裂腹鱼亚科、鮈科、沙鳅属等流水生境鱼类。

5.2.1.4 对鱼类组成的影响

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流水环境产粘沉性卵的裂腹鱼类、鮡科鱼类等，对流水环境依赖程度高，将退缩至干流库尾上游或进入支流，在库区鱼类中种群数量将迅速减少。松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼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。凶猛性的鲈鲤由于库区存在其繁殖条件，饵料相对丰富，也可能在库区维持一定的种群。适应于缓流或静水环境生活的鲤、鲫、麦穗鱼等鱼类，由于库区水域能够满足其繁殖条件，饵料生物比较丰富，为其种群的发展提供了条件，其资源量将上升，甚至可能成为库区的优势种。

5.2.1.5 对鱼类“三场”的影响

(1) 产卵场

根据现状调查结果，本工程评价河段相对较集中的产卵场有卡拉库区麦地龙上游河段、麦地龙下游热水沟口河段和卡拉坝下下马鸡店段。

① 库 区

电站建成水库蓄水后，水深增加，流速变缓，库区江段，特别是库中的热水沟口原有的产卵场将会被淹没，裂腹鱼类和鮡科鱼类将主要上溯至卡拉库尾河段繁殖，但受水库淹没影响，卡拉库尾产卵场范围将缩小。水库蓄水后，库区水域由原河流生境变为静缓流生境，库区会形成一定规模的鲤、鲫等静缓流产卵鱼类产卵场。

② 坝 下

卡拉电站坝下至锦屏一级电站库尾 17km 江段仍为流水河段，仍能基本满足对水文水力学条件要求不太严格的裂腹鱼类、高原鳅类的繁殖，只是面积萎缩。

坝下江段受水库对径流调节的影响，洪峰过程弱化，鱼类繁殖所需水文水力学条件受到削弱，但电站属日调节型，日内水位和流量等水文情势会有明显的变化，根据 5.1.2 节水文情势影响分析结论，卡拉水电站日调节运行时，4 月（产卵季节）坝下水位变幅在 0.5～4m 之间。在鱼类繁殖季节，电站的调节运行不仅会影响鱼类的正常繁殖，而且会影响鱼卵及仔幼鱼的正常发育和成活率。电站日调节运行会导致卡拉坝址下游江段流量、水位、流速等频繁、大幅度地波动，调查江段鱼类多产粘沉性卵，散落在砾石间或

粘附在石、砾石上的卵及刚孵化出来的仔鱼，可能会搁浅对其有较大影响。因此，需要通过泄放最小生态流量和产卵季节进行生态调度来减缓其影响。

(2) 索饵育幼场

库区水流变缓，透明度升高，营养物质滞留，浮游生物会有较大幅度升高。由于绝大多数鱼类仔幼鱼食物为浮游动物，且需要缓流条件，水库的形成，无疑为仔幼鱼的索饵、肥育创造了良好条件，库区将成为鱼类的良好育幼场所，库区江段作为鱼类育幼重要场所的功能有所增强。同时，也为缓流或静水性鱼类及浮游生物食性鱼类索饵肥育提供了场所。库区鱼类饵料资源种类组成由河流相向湖泊相演变，作为流水性鱼类索饵场的功能相对降低。

电站日调节运行会导致下游江段流量、水位、流速等的波动，不利于周丛生物、底栖生物和水生维管束植物等水生生物的生长、繁衍，影响鱼类特别是以周丛生物、底栖生物为食的流水性鱼类的索饵肥育。

(3) 越冬场

江河鱼类冬季多进入主河道深水区越冬，工程运行后形成的库区为坝上江段鱼类提供了良好的越冬条件。

卡拉电站水库为日调节性能，且电站通过半台机组承担基荷发电下泄流量，因此，对坝下主河道深水区水位影响不大，因此对坝下鱼类越冬场影响较小。当上游龙头电站建成后，卡拉上游冬季枯期水量有所增加，将更有利于鱼类越冬。

5.2.1.6 对渔业资源的影响

水库形成后，库区水面积和库容均增加，加上水流变缓、透明度升高、营养物质滞留等，水体生物生产力提高，库区江段总渔产量会增加，渔获物组成会发生变化，流水性鱼类比例将下降，缓流或静水性鱼类比例将升高。

5.2.1.7 对珍稀保护鱼类、长江上游特有鱼类的影响

评价江段内无“国家重点保护野生动物名录”鱼类；调查江段“四川省重点保护野生动物名录”（含原名录及新增名录）种类有裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种。调查江段列入《中国濒危动物红皮书》及《中国物种红色名录》的鱼类有 6 种。其中长薄鳅在上述两个名录中均被列为易危种（VU）。其余 5 种列名于《中国物种红色名录》，青石爬鮡为极危（CR）种，长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、中华鮡为濒危种（EN），鲈鲤为易危种（VU）。其中鲈鲤、裸体异

鳔鳅鮀近年越来越少见，仅能偶尔捕获。调查江段接近上述 3 种鱼类分布上限，但与过去相比在渔获物中比例下降也能反映资源量衰退。长丝裂腹鱼在裂腹鱼类中与过去大致比例相当，但个体大小下降，细鳞裂腹鱼在裂腹鱼类渔获物中比例最低。松潘裸鲤主要分布于雅砻江上游，本调查江段不是主要分布区。中华鮡较少，青石爬鮡极为少见。

卡拉水电站建成后，库区将形成河道型水库生境，而鱼类对生境的改变有一定的适应性，加上库尾和支流存在一定的流水生境。因此，电站的建设不会使上述鱼类全部在库区河段内消失，但可能使其种群规模明显下降。对于不是主要分布区的长薄鳅、鲈鲤、裸体异鳔鳅鮀、松潘裸鲤及种群数量较少的中华鮡、青石爬鮡，则可能会在该河段进一步减少。

调查水域短体副鳅、勃氏高原鳅、宽体沙鳅、长薄鳅、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、泉水鱼、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、短身金沙鳅、中华金沙鳅、青石爬鮡、前臀鮡及中华鮡等 21 种为长江上中游特有鱼类，但目前数量已较少。其中，裂腹鱼类为急流性鱼类，在蓄水后在库区内仍可分布繁殖，裸体异鳔鳅鮀对于静水或缓流生境均具有一定的适应性。因此，卡拉水电站建设不会使河段内长江上游特有鱼类的消失，其种群数量将有不同程度的下降；软刺裸裂尻鱼等缓流性鱼类种群数量将增加。

5.2.1.8 施工期对鱼类资源的影响

大坝主体工程施工在坝址附近河段进行，施工期时间长、规模大，施工人员较多，声、光、电等物理因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移产生不利影响；围堰施工时局部河段水体混浊、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；此外，施工期施工人员对水产品的需求增加，将会对鱼类资源产生一定的影响。通过加强对施工人员的管理，认真做好各类施工污废水的处理，施工期对鱼类资源的不利影响将得到一定程度的减缓。

5.2.1.9 雅砻江下游二滩水电站建库前后水生生态变化类比

(1) 浮游植物的变化

① 种类及其组成变化特点

从鳡鱼河库区、惠民（鳡鱼河支库）、胜利（库中）及金河（库尾）四个采样点浮游植物种类的分布特点认为，金河采样点位于库尾，库区回水影响较小，仍维持原来的

流水生境，浮游植物种类较少，基本保持以硅藻门种类为主的河流浮游植物种类特点；而胜利、鳜鱼河、惠民采样点位于二滩水电站主库区或库湾，水流变缓甚至静水，浮游植物种类数量多，且蓝绿藻比例升高，硅藻比例下降，呈典型的湖泊相浮游植物种类组成的特点。

② 现存量的演变

二滩水库形成后，金河采样点位于库尾流水江段，基本上与建库前相似；其它三个采样点位于库区江段，水流变小甚至静水，透明度升高，各采样点生态环境发生了明显的变化，其浮游植物的密度表现出库区样点显著高于库尾金河流水采样点的特点，相应地，除金河样点硅藻仍占优势外，库区样点均呈现蓝藻门种类为主、蓝绿藻比例上升、硅藻的比例下降的特点。成库后，库区浮游植物生物量有较大幅度升高，浮游植物群落发生明显的变化，蓝藻门种类生物量的比例显著升高，占主要优势，硅藻门比例明显下降，呈现明显的湖泊相特点。

(2) 浮游动物的变化

① 种类组成及其变化

建库后，库尾金河流水断面与库区胜利、鳜鱼河、惠民河采样点的生态环境有明显的不同，库尾流水河段采样点的浮游动物种类明显少于库区缓流、静水环境采样点。

② 生物量变化

二滩水库形成后，库区水流变缓，透明度升高，浮游动物密度和生物量显著升高，特别是枝角类、桡足类等大型浮游动物的出现和增加，成为库区浮游动物生物量增加的主因。

(3) 底栖无脊椎动物的变化

① 种类组成及其分布的变化

二滩水电站建成后种类数有所下降，种类组成的演变可明显的分为库区和库尾河段两部分。水生态环境由河流型改变为水库型，生活其中的水生无脊椎动物，特别是底栖无脊椎动物随着环境的改变而变化，变化最大的为喜急流的种类，如蜉蝣目的蜉蝣、翅目的石蝇和毛翅目的石蚕等种类，随着水库形成流水环境变成缓流或静水环境，其种类数量减少。就底栖无脊椎动物的组成特点分析，基本上呈现水生昆虫占优势，生物量大；环节动物、软体动物种类较少的特点。

② 生物量变化

建库后底栖无脊椎动物各采样点总体平均密度有所下降，特别是惠民河采样点的密度下降显著，而其它采样点的密度有所上升，各采样点密度差异缩小；各采样点总体平均生物量有所升高，库区的三个样点生物量明显高于库尾流水河段金河采样点。二滩水电站建成以后，原有的河流生境演变成水库生境，水面变宽，水深增大，流速变缓，泥沙沉积，透明度升高，相应地，水库的底栖无脊椎动物种类组成和分布也发生了相应变化。底栖无脊椎动物种类有所下降，流水性的蜉蝣目、钩虾等密度和生物量下降，分布区缩小，主要分布于库尾以上及支流流水河段，特别是主库区深水河段，种类组成较为单一，现存量低；库区适应缓流、静水生境的米虾、龙虱等种类数量和生物量明显增加，特别是虾类，成为主库区生物量的主要贡献者。

(4) 鱼类的变化

① 种类组成的变化

二滩库区和库尾江段总计、库区江段和库尾江段分开统计结果都显示鱼类总种数下降，保护鱼类、长江上游特有鱼类种数下降，喜流水生境种类数下降，喜静水生境种类数增加，养殖引进种类增加。但是库尾江段明显好于库区江段，而产漂流性卵鱼类种类数库区江段由 1996-1998 年的 9 种下降至 2002 年和 2012 年的 0 种。

② 产卵场变化

产漂流性卵的鱼类产卵场在库区淹没后，在官地水库建成前，其在库区以上江段形成相对独立的种群。产粘沉性卵的鱼类产卵场，二滩水电站形成后，库区干支流河段被淹没，水流变缓，水深增加，原有产卵场失去了鱼类产卵繁殖的环境条件而消失，其产卵场上移至库尾以上流水河段，以金河江段产卵场分布相对较为集中，规模也较大。而鳡鱼河等支流河口或下游也被淹没形成库湾，相应产卵场也被淹没，其鱼类上溯至回水以上流水河段繁殖，其适宜产卵生境大幅度萎缩。

③ 渔产量变化

二滩水电站建成后，库区捕捞环境改善，捕捞时间延长，捕捞船只和人员明显增加。水库形成后，日均单船产量增加 1 倍，渔获量增加了约 30 倍。二滩水库形成后除库尾金河断面仍维持以裂腹鱼等流水性鱼类为主的总体格局外，主库区及支库渔获物的优势度最高的均为适应静水、缓流的麦穗鱼、子棱栉鰕虎鱼、太湖短吻银鱼、红尾副鳅等外来物种或小型鱼类，常见种类也多为鲤、鲫、鲢、鳙、草鱼等适应缓流或静水性鱼类，适应流水性的裂腹鱼、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、鲈鲤、鮡类等在库区成为少见种，甚至消

失。成库后养殖水面加大，使大量养殖鱼类，特别是国外引进种类（如罗非鱼、大口黑鲈、食蚊鱼等），对库区水生态系统带来了潜在威胁。

(5) 小结

根据二滩水电站建成后的回顾调查成果，电站建成后，二滩水库形成后雅砻江中下游鱼类区系结构总体没有发生根本性的变化，但群落结构和种群分布发生了明显的变化，库区适应静水或缓流生境的鱼类种类及种群得到发展，流水性鱼类生境萎缩。可见，卡拉水电站建成后，鱼类的群落结构和种群分布也将相应发生变化，流水性鱼类也将退缩至库尾干流河段或支流等流水河段，为保持江段流水性鱼类的长期存在，有必要开展增殖放流措施对其资源予以补偿。

5.2.2 陆生生态环境影响

5.2.2.1 对景观生态的影响

对景观生态的影响，采用《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）推荐的列表清单法和图形叠加法进行分析。

首先利用卡拉水电站施工前评价区景观生态体系图，以 ArcGIS 地理信息系统软件为平台，计算评价区施工前各类斑块或生态系统的面积与各景观指数。叠加施工前评价区施工布置图，然后用同样方法计算施工期各类斑块或生态系统的面积与各景观指数。比较施工前和施工期的各类斑块或生态系统的面积与景观指数，得到各类斑块或生态系统的面积与景观指数的变化值。以各类斑块或生态系统的面积与景观指数变化值为依据，分析施工带来的评价区各类斑块、生态系统和景观的变化。

雅砻江卡拉水电站建成后，将会造成原有景观格局的改变，包括斑块数量和类型变化、景观破碎化和异质性程度的上升、景观连通性的降低，以及生态系统功能和类型的变化，影响物质循环与能量流动等。

(1) 工程建成后对景观体系的影响

① 景观要素类型的变化

电站建成后，新增加了工程用地这一类景观要素类型，它代替了部分原有的景观斑块，使评价区各类斑块基础信息发生了变化。电站蓄水使水位大幅上升，导致景观斑块发生变化，主要表现为扩大水体斑块的面积，替代其他的一些斑块。工程建成后评价区景观要素基础信息变化情况详见表 5.2-2。

工程建成后评价区景观要素基础信息的变化

表 5.2-2

斑块类型	斑块数		面积		斑块平均面积	
	比例（%）	变化（%）	合计（km^2）	变化（km^2）	平均面积（hm^2/块）	变化（hm^2/块）
森　林	31.42	-0.36	80.74	-0.32	8.08	-0.04
灌　丛	41.24	+0.83	67.15	-5.65	5.68	-0.06
草　地	22.62	+0.61	29.25	-4.37	4.85	-0.01
农　田	2.52	-1.02	2.1	-0.55	2.35	-0.04
水　体	0.27	-1.1	15.88	7.16	33.2	+13.15
道路及住区	0.77	-0.12	1.41	0.35	8.96	+2.68
工程用地	1.16	+1.16	3.38	3.38	4.8	=
总　计	100	0	199.91	0	6.34	-0.05

可以看到，新增的工程用地斑块和扩大的水体斑块将替代一部分原有的景观斑块，造成原有的森林、灌丛、草地和农田斑块景观类型的斑块数和总面积都将发生变化。森林、农田、水体、道路及住区斑块数比例将下降，灌丛、草地和工程用地斑块数比例增加，所有斑块减少和增加的比例均小于 1.20%。森林、灌丛、草地和农田斑块的总面积都将减少，减少最多的斑块是灌丛和草地，分别将减少各自原来面积的 5.65%和 4.37%。森林、灌丛、草地和农田等斑块的平均面积相应减少，但减少比例均在 0.1%以下。水体和工程用地斑块的平均面积将增加，由于未来蓄水将形成水库，水体的平均面积增幅最大（13.15km^2/块）。

②　景观格局的变化

利用 ArcGIS 制作雅砻江卡拉水电站评价区景观生态体系图叠加施工期工程布置图，预测水电站建成前后评价区各类斑块优势度值的变化（表 5.2-3）

雅砻江卡拉水电站建成后评价区各类斑块优势度值及其变化

表 5.2-3

斑块类型	R_d (%)	R_f (%)	L_p(%)	D_o(%)	变化 D_o(%)
森　林	31.42	70.58	40.39	45.70	+0.10
灌　丛	41.24	48.32	33.59	39.19	-4.47
草　地	22.62	40.01	14.63	22.97	-3.31
农　田	2.52	1.68	1.05	1.58	-0.59
水　体	0.27	18.48	7.94	8.66	+1.81
道路及住区	0.77	12.06	0.71	3.56	+1.36
工程用地	1.16	4.23	1.69	2.19	+2.19

可见，在雅砻江卡拉水电站建成后，将不同程度地改变评价区原有的斑块类型景观优势度值，森林、水体、道路及住区和工程用地的优势度值将增加，其中，工程用地优势度值增加最大，达到 2.19%。灌丛、草地和农田的优势度值将明显下降，灌丛和草地优势度值的降幅最大，分别为 4.47%和 3.31%。

森林斑块多位于海拔较高的区域，在工程施工中优势度没有降低，甚至还有所增加，将保持其作为评价区域景观基质的地位。这说明电站建成后，作为基质的森林生态系统功能不会被削弱，仍能以其生态功能维持评价区景观格局和景观异质性不发生显著变化。而工程用地新增景观类型在景观中的优势度值仅 2.19%，变化幅度将不会超出流域景观生态体系抗干扰稳定性的耐受范围。生态格局变化情况详见附图 12。

③ 景观稳定性

评价区内的景观生态体系是由它内部各种类型的生态系统组成的。无论什么样的生态系统，其结构都由生产者、消费者、分解者和它们的非生物环境共同组成。在这些组成部分中，最活跃、并对生态系统结构和功能起决定作用的就是生产者生物量和生产力，具体地表现为植物群落生物量和生产力。另一方面，生态系统和由不同生态系统组成的景观生态体系，就像生物个体一样，也存在“内环境稳定机制”，即在一定阈值内，雅砻江卡拉水电站评价区内的生态系统和景观生态体系可以维持其功能的相对稳定。如果人类干扰的频度和强度超过阈值，即超过生物的修补调节能力时，该生态系统的相对稳定则会被打破。

景观生态体系的内环境稳定机制有两种类型，即抗干扰稳定性和恢复稳定性。前者是指生态系统抵抗干扰不离开稳定的能力，后者是指生态系统在受到干扰离开稳定后的恢复能力。对景观生态体系抗干扰稳定性，是通过景观异质性的改变程度来度量的；对景观生态体系恢复稳定性，是通过度量作为生产者的植被生产力来度量的。

景观的异质性，可以通过景观多样性指数来描述。景观多样性指数的大小取决于景观斑块类型的多少和在分布的均匀程度，景观格局结构越复杂，景观多样性指数的值就越大。

我们采用 Simpson 多样性指数和 Shannon-Weaver 多样性指数来评价项目运行后评价区景观格局的变化程度。

Simpson 多样性指数

$$H = 1 - \sum_{k=1}^{n} P_k^2$$

P_k 是斑块 k 在评价区中出现的比例，n 是景观中斑块的总数。

Shannon-Weaver 多样性指数

$$H = -\sum_{k=1}^{n} P_k \ln(P_k)$$

式中各项定义同上。

项目运行前后 Simpson 多样性指数和 Shannon-Weaver 多样性指数的变化见表 5.2-4。

雅砻江卡拉水电站运行前后景观多样性指数变化

表 5.2-4

类型	Simpson 多样性指数	Shannon-Weaver 多样性指数
运行前	0.6857	1.2826
运行后	0.6795	1.2498

在工程运行前后，景观多样性指数的变化均不大，说明施工和水库淹没不会使评价区景观格局发生大的改变，景观的复杂程度没有降低，景观的异质性没有大的变化，景观生态体系有良好的抗干扰稳定性。

在评价区内，森林是景观生态体系中具有动态调控能力的组成成分，其加权平均生物量也是最高的（表 5.2-5），达到了 148.85 t/ hm^2。灌丛和草地的加权平均生物量则分

别为 15.32t/ hm^2 和 4.28t/ hm^2。所以评价区内的景观生态体系具有较高的植被生产力，即具有较强的恢复稳定性。

雅砻江卡拉水电站评价区各植被类型生物量植物地上部分生物总质量

表 5.2-5

植被类型	加权平均生物量 (t/ hm^2)	面积 (km^2)	植物地上部分总生物量 (万 t)
（1）多变柯林	104	7.3	7.59
（2）白桦林	87.36	16.41	14.34
（3）川滇高山栎林	169.52	31.55	53.48
（4）黄背栎林	126.46	3.4	4.30
（5）云南松林	57.2	10.24	5.86
（6）高山松林	130	2.17	2.82
（7）云南松、川滇高山栎混交林	104	1.82	1.89
（8）丽江云杉林	412.1	5.09	20.98
（9）长苞冷杉林	305.24	3.08	9.40
森林合计	148.85	81.06	120.66
（10）悬钩子灌丛	12.43	8.32	1.03
（11）牡荆灌丛	7.62	4.75	0.36
（12）守宫木灌丛	9.5	2.41	0.23
（13）川滇高山栎灌丛	28.52	15.64	4.46
（14）矮高山栎灌丛	17.33	3.8	0.66
（15）腋花杜鹃灌丛	14.69	5.68	0.83
（16）香柏灌丛	7.64	3.21	0.25
（17）金合欢灌丛	36.45	4.96	1.81
（18）华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	12.55	24.03	3.02
（19）干旱河谷稀树灌草丛	7.06	18.05	1.27
灌丛合计	15.32	90.85	13.92

雅砻江卡拉水电站评价区各植被类型生物量植物地上部分生物总质量

续表 5.2-5

植被类型	加权平均生物量(t/ hm^2)	面积(km^2)	植物地上部分总生物量(万 t)
（20）蓼、黄茅草丛	6.3	6.47	0.41
（21）羊茅、糙野青茅草甸	3.24	5.76	0.19
（22）四川嵩草草甸	2.17	3.34	0.07
草地合计（生物量为加权平均值）	4.28	15.57	0.67
自然植被类型合计（森林+灌丛+草地）	72.14	187.48	135.25
（23）农田栽培植被	5.9	2.65	0.16
评价区合计	-	190.13	135.4

电站建成后，自然植被面积减少 10.34km^2，其中森林 0.32km^2，灌丛 5.65km^2，草地 4.37km^2，减少的百分比分别为 0.39%、7.76%和 12.96%，占评价区域面积的 5.17%。工程项目的实施使评价区自然景观生态体系（不含农田）的植物地上部分总质量减少 1.96 万 t（表 5.2-6），占森林、灌丛、草地 3 类自然植被植物地上部分总质量 135.24 万 t 的 1.45%，工程占地和水库淹没后自然植被生物现存量仍有施工前的 98.55%。所以评价区内自然生态系统初级生产者植物绝大多数能够保存下来，从而基本维持景观生态体系原有的初级生产力，即具有较强的恢复稳定性。

雅砻江卡拉水电站用地各类景观斑块面积及植物地上部分总质量变化预测表

表 5.2-6

斑块类型	植被类型	面积减少值(hm^2)	生物量(t/ hm^2)	植物地上部分质量减少值(t)	植物地上部分质量减少%
森林	川滇高山栎林	32	169.52	5424.64	4.5
灌丛	悬钩子灌丛	50.15	12.43	10801.39	8.54
	牡荆灌丛	28.54	7.62		
	守宫木灌丛	42.52	9.5		
	川滇高山栎灌丛	108.84	28.52		

雅砻江卡拉水电站用地各类景观斑块面积及植物地上部分总质量变化预测表

续表 5.2-6

斑块类型	植被类型	面积减少值(hm^2)	生物量(t/hm^2)	植物地上部分质量减少值(t)	植物地上部分质量减少%
灌丛	金合欢灌丛	94.3	36.45		
	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	240.26	12.55		
草地	干旱河谷稀树灌草丛	323.26	7.06	3001.11	15.45
	蓼、黄茅草丛	114.11	6.3		
农田	农田植被	54.9	5.9	323.91	20.24
合 计		1088.87	/	19551.05	1.45

由于工程占地和水库淹没基本在河谷地带，从面积减少的绝对数上看，较大的依次是灌丛、草地、农田和森林。从植物地上部分总质量减少比例上看，农田将损失 20.24%，其次是自然生态系统草地和灌丛，它们植物地上部分总质量损失比例分别为 15.45%和 8.54%。工程占地和水库淹没将造成这些植物损失，其通过光合作用制造有机物、吸收二氧化碳、释放氧气等生态功能也随之消失，从而在一定程度上减弱了自然生态系统的初级生产量，对景观生态体系对健康产生影响。由于景观生态体系中工程占地和水库淹没造成的植物地面部分总质量减少，在评价区植物地面部分总质量中所占比例仅为 1.45%，评价区自然生态系统的初级生产力仍可维持在正常水平，库区形成后库周湿度增加，有利于库周植物的生长，景观生态体系有能力从工程造成的干扰中恢复各类生态系统的健康。

综上所述，雅砻江卡拉水电站工程不会对评价区景观生态体系的稳定产生显著影响。

(2) 施工临时占地对景观体系的影响

工程施工临时占地主要涉及灌丛和农田两类斑块，临时占地对评价区景观体系的影响情况见表 5.2-7。

工程施工临时占地对景观体系的影响情况一览表

表 5.2-7

斑块类型	临时占地面积(hm^2)	评价区同类斑块的面积(km^2)	占评价区同类斑块的比例(%)
灌　丛	196.52	90.85	2.16
农　田	5.35	2.65	2.02

施工临时占地具有临时性的特点，并且在施工结束后将进行植被恢复。因此，施工临时占地从长期来看不会改变区域的景观体系特征，仅在施工期间使灌丛和农田景观有所减少，其中灌丛占用评价区同类斑块的比例为 2.16%，农田占用评价区同类斑块的比例为 2.02%，占用两类斑块的总体比例为 2.16%。可见，工程施工临时占地对评价区的景观体系的影响较小，在施工结束后，随着植被恢复措施的落实，临时占地对景观体系的影响将逐步得到恢复。

(3) 水库运行对景观体系的影响

水库蓄水至正常蓄水位后，并投入试运行后，多数施工活动均已结束，临时占地也进行了相应的恢复。根据水库运行特点，为保持合理的调节库容和发电经济性能，正常情况下，水库水位按消落 2m 左右运行；遇事故备用任务等紧急任务时，可消落 5m 至 1982m 死水位运行。可见，运行期库区景观体系处于动态变化状态，消落区每天周而复始地在水体和裸露地之间变化。由于该变化的发生是小幅、连续、反复的，与现状不同季节水位变化相比，变化幅度有所减少，从景观生态角度将使该系统更加稳定。

5.2.2.2 对陆生植被和植物的影响

对陆生植被和植物物种的影响，采用《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）推荐的列表清单法和图形叠加法进行分析。分析施工占地上的植物群落类型和植物物种，可以直接确定受影响的植被类型和植物物种。根据每种植物群落所在地的污染类型，及其中优势物种对各类污染的耐受程度，可以分析施工产生的污染影响的植物群落及影响程度。在上述两类分析基础上，再根据受影响植物群落和植物物种的分布区判断，是否可能有植物群落和植物物种从评价区消失。

(1) 施工用地影响

工程施工活动将对施工区植被造成破坏，使其失去原有的自然性和生物生产力，降低了景观的质量与稳定性。临时占地的植被类型可通过人工方式进行恢复；永久占地部

分被植被将无法恢复，其所受影响是不可逆的。

① 施工永久占地

根据施工布置，工程枢纽建设区施工永久占地（扣除只征地不破坏植被的面积）影响植被面积 192.53hm^2，占施工占地区（永久、临时占地）面积的比例为 48.82%，占评价区面积（199.91km^2）的 0.96%。施工永久占地占用植被情况见表 5.2-8。

施工永久占地占用植被情况一览表

表 5.2-8

植被类型	占用面积 (hm^2)	占施工区面积的比例%	占评价区面积的比例%	占评价区该类型面积的比例%
川滇高山栎林	9.93	2.50	0.05	0.30
悬钩子灌丛	5.39	1.36	0.03	0.61
牡荆灌丛	3.53	0.89	0.02	0.70
守宫木灌丛	11.19	2.82	0.05	4.36
川滇高山栎灌丛	16.69	4.20	0.08	1.00
金合欢灌丛	14.25	3.59	0.07	2.70
华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	42.69	10.74	0.20	1.67
干旱河谷稀树灌草丛	57.88	14.57	0.27	3.01
蓼、黄茅草丛	18.74	4.72	0.09	2.72
农田植被	12.25	3.08	0.06	4.34
合 计	192.53	48.45	0.9	——

② 施工临时占地

根据施工布置，工程施工临时用地面积 228.16hm^2，扣除卡杨公路分摊面积 26.29hm^2，卡拉临时占地约 201.87hm^2，占总施工用地面积的比例为 51.18%，占评价区面积（199.91km^2）的 1.01%。施工临时占地占用植被情况见表 5.2-9。

施工临时占地占用植被情况一览表

表 5.2-9

植被类型	面积 (hm^2)	占施工区面积的比例%	占评价区面积的比例%	占评价区该类型面积的比例%
川滇高山栎林	1.24	0.32	0.01	0.04
悬钩子灌丛	6.88	1.76	0.03	0.79
牡荆灌丛	5.10	1.30	0.02	1.02
守宫木灌丛	5.60	1.43	0.03	2.21
川滇高山栎灌丛	21.14	5.40	0.10	1.29
金合欢灌丛	19.45	4.97	0.09	3.73
华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	38.39	9.80	0.18	1.52
干旱河谷稀树灌草丛	71.25	18.19	0.34	3.76
蓼、黄茅草丛	27.48	7.02	0.13	4.04
农田植被	5.36	1.37	0.03	1.92
合　计	201.87	51.55	0.96	——

(2) 水库淹没影响

工程水库淹没植被类型详见表 5.2-10。

工程水库淹没植被类型面积及比例一览表

表 5.2-10

植被类型	面积(hm^2)	占淹没区面积%	占评价区面积%	占评价区该类型比例%
川滇高山栎林	21.51	3.00	0.11	0.68
悬钩子灌丛	38.56	5.38	0.19	4.63
牡荆灌丛	20.38	2.85	0.10	4.29
守宫木灌丛	26.70	3.73	0.13	11.07
川滇高山栎灌丛	73.08	10.20	0.37	4.67
金合欢灌丛	62.43	8.72	0.31	12.58

工程水库淹没植被类型面积及比例一览表

续表 5.2-10

植被类型	面积(hm^2)	占淹没区面积%	占评价区面积%	占评价区该类型比例%
华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	163.72	22.86	0.82	6.81
干旱河谷稀树灌草丛	201.18	28.09	1.01	11.14
蓼、黄茅草丛	70.39	9.83	0.35	10.87
农田植被	38.32	5.35	0.19	14.45
合　计	716.28	100	3.58	——

水库蓄水前，将对水库淹没区内植被进行清理，而处于淹没线 1987m 以下工程施工区内的植被已在工程施工期遭到一定程度的破坏，蓄水淹没对淹没线以下施工区的植被不存在叠加影响。工程回水到杨房沟水电站坝下，回水长度较长，水库蓄水过程中沿途河道水位的上涨将导致沿岸植物群落消失。蓄水后的水库深度从水坝到尾水逐渐减少，因此蓄水对陆生植被的影响程度，也从水坝到尾水逐渐降低。正常蓄水位在干旱河谷气候控制的海拔段内，蓄水期将有大面积的干旱河谷灌丛被淹没。

从现场调查来看，库区内的干旱河谷气候更为典型，加之人口聚居区少，库区植物群落基本为干旱河谷稀树灌草丛，其他种类极少见。因此，水库蓄水影响的主要植物群落为干旱河谷稀树灌草丛，其他有金合欢灌丛、农田植被、小马鞍叶羊蹄甲、余甘子灌丛等群落。

从影响的范围来看，水库蓄水基本不会改变整个评价区的植被的基本构成。水库蓄水后影响较大的植被类型是干旱河谷稀树灌草丛，但其在雅砻江干热河谷中较常见，淹没的该植被类型占评价区面积的比例为 1.01%，占评价区该类型的 11.14%。因此，工程蓄水淹没对干旱河谷稀树灌草丛的影响有限。

水库蓄水后，周边湿度有小幅度增大，这将有利于库区一些植物种类和植被的生长。在库区生存的一些偏中生的植物可以扩散到干旱河谷稀树灌丛和草丛群落中，随着这些植物种类的增多，原偏干的生境可能逐渐向中生生境转化，这就更有利于生境的变化，并进一步促进植物群落向山地灌丛、森林群落演替。

(3) 运行期影响

工程蓄水至正常蓄水位后，电站即进入正常的运行阶段。这个阶段，所有施工活动结束，临时占地内的植物也进入恢复期。季节不同库区水位有涨落，对库周特别是库区消落带植物将产生周期性影响。电站正常蓄水位 1987m 时，死水位 1982m，消落带约 5m，在这 5m 的消落带内，原有一年生或多年生草本植物的生活周期无法在长期淹没、暴露的反复干扰下完成，因此无法在此区域生存。少量灌木具有一定高度，可以承受水位反复涨落的影响，可以在消落带稀疏分布。

(4) 对珍稀保护植物的影响

评价区内有国家Ⅱ级重点保护植物油麦吊云杉、金铁锁和山莨菪 3 种，但均在本工程施工占地区及水库淹没区外，因此，工程施工及水库淹均不会对其造成直接影响。

5.2.2.3 对陆生动物的影响

水电站的施工、蓄水和运行都在其所在河谷地区，故其影响也就主要发生在这一区域。从工程对动物的影响区域分析，对动物构成影响的主要为施工占地区和水库淹没区。水电站建设对陆生脊椎动物的影响包括：施工占地及水库淹没使栖息地面积缩小、各类建筑物和道路等阻碍或中断动物个体日常运动（觅食、饮水、保卫巢区）和扩散（寻找新的栖息地）、偷猎威胁增加、动物传播自然疫源性疾病威胁增加。对陆生动物的影响按照不同动物种类进行分析。

(1) 对两栖类的影响

① 施工占地影响

A 影响方式

施工过程中，由于两栖动物运动能力很弱，在永久与临时占地区域、施工便道等区域两栖动物存在意外伤及的可能。施工占地也造成两栖类栖息地面积减少，造成栖息地破碎化，生境质量下降。施工人员进入后可能发生人为捕食的现象，使两栖类种群数量减少。

B 影响性质

施工占地对两栖类存在影响的主要为坝区附近的甲尔沟、上田镇沟、猪白沟周边区域，由于需要对沟水进行导排或利用，对沟口附近区域的生境造成一定的压缩和占用，影响性质属于长期影响。施工人员增加对两栖类的捕食风险影响为临时性的，当施工人员撤离后，这一影响将消失。

C 影响程度

根据施工用地布置，施工用地主要位于生态功能分区的干旱河谷区，少量位于农田区。根据调查，干旱河谷区两侧支流较为平缓的区域两栖动物种群数量相对较大，各施工项目主要位于河谷地区，故河谷区域内两栖动物受到的威胁相对较大。位于海拔较高的第二和第三级阶地的农田区域虽然也有两栖动物，因无施工项目占地，两栖动物所受影响相对较小。工程施工沟水处理涉及的甲尔沟和上田镇沟，处理段占其总沟长的比例很小，且处理后沟水仍保持有连通性，因此，对两栖类的影响不大。

D 珍稀保护动物影响类群

工程施工占地区无国家和四川省重点保护的两栖类动物，仅有双团棘胸蛙列入《中国濒危动物红皮书》。受工程施工占地影响的主要两栖类有华西蟾蜍、四川湍蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙和双团棘胸蛙。

② 水库淹没影响

A 影响方式

水库淹没后，原部分支沟沟口区域的两栖类活动场所被淹没，造成河口区栖息地生境变化。水库淹没同时也增加了库岸水域湿周，水流速度的减缓对两栖类的繁殖具有一定的促进作用。

B 影响性质

水库淹没影响的影响性质为永久性影响，水库淹没将改变库周及支流汇入口的生境特点。

C 影响程度

水库淹没区基本属于干旱河谷区，少量为农田区，不涉及海拔相对较高的高山森林-灌丛-草地区。水库淹没将使两栖类生活的原有生境从湿生生境转变为水生生境，其不得不向适宜其生存的淹没线以上海拔较高的支沟等湿生生境转移，水库淹没后扩大了库周的湿生生境面积，对库周两栖类动物的繁殖具有一定促进作用。农田区的两栖类动物也将随着水库淹没而往高海拔区域转移。水库淹没将不会对海拔较高的高山森林-灌丛-草地区两栖类造成影响。总体而言，水库淹没后，库周及支流的两栖类动物物种数量和种群规模均不会出现明显变化。

D 珍稀保护动物影响类群

水库淹没区无国家和四川省重点保护的两栖类动物；列入《中国濒危动物红皮书》的双团棘胸蛙将随着水库淹没而往正常蓄水位附近的高海拔区域转移。受水库淹没影响

区的两栖类主要包括华西蟾蜍、四川湍蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙、山溪鲵和双团棘胸蛙。

③ 运行期的影响

工程所在江段自然条件下水流湍急，不适宜两栖类动物在干流生活，水库运行后，水流速度减缓，部分支沟等区域会形成一定的库湾，这些区域适宜作为两栖动物栖息地，水库运行对两栖类动物的生存和繁衍具有一定的帮助。同时水库日调节运行时，库水位存在一定的变幅，对两栖类动物也存在一定的影响，由于其适应两栖生活，对水位的涨落具有一定的适应能力，对其生存不会造成明显影响。

(2) 对爬行类的影响

① 施工占地影响

A 影响方式

施工占地对爬行类的影响主要体现为存在意外伤及的可能；造成栖息地面积缩小，迫使外迁；食物减少，栖息地质量下降，降低生存力；人为捕杀，减少其种群。

B 影响性质

工程永久占地区域对爬行类造成的影响为永久性质，临时占地区及施工活动造成的影响为临时性质，待施工结束后可恢复。

C 影响程度

可能受工程施工影响的爬行类包括草绿攀蜥、棕网腹链蛇、黑眉锦蛇、菜花原矛头蝮、黑线乌梢蛇。由于工程施工区主要集中在低海拔河谷谷底区域，这些区域现状有一定的人为活动，其在施工区域出现的可能性也不大，因此，工程施工对其实际影响较小。

D 珍稀保护动物影响类群

工程施工占地位于河谷两岸，工程施工占地区无国家和四川省重点保护的爬行类动物，黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇列入《中国濒危动物红皮书》。

② 水库淹没影响

A 影响方式

水库淹没对爬行类的影响主要体现为造成栖息地面积缩小，迫使外迁；食物减少，栖息地质量下降，降低生存力。

B 影响性质

水库淹没对爬行类动物的影响属于永久性质，水库淹没区将不适宜爬行类生活。

C 影响程度

蓄水使爬行类位于淹没线以下的生境消失，其不得不迁移至海拔更高的区域，但水库淹没涉及的主要为坡度较大的河谷区域，植被相对稀疏，这一区域爬行类分布数量不大，加上蓄水存在一定的时间过程，对爬行类的影响也不大。

D 珍稀保护动物影响类群

水库淹没区域主要为干旱河谷区，水库淹没区无国家和四川省重点保护的爬行类动物，黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇和王锦蛇列入《中国濒危动物红皮书》。

③ 运行期的影响

工程运行期间，水库多数情况下在正常蓄水位附近运行，对爬行类基本无影响。

(3) 对鸟类的影响

① 施工占地影响

A 影响方式

鸟类运动能力强，施工开始后，施工占地区域内大多数个体能够逃离，不致被施工活动伤害，但河谷灌丛、草地中可能有鸟巢或稚鸟可能无法及时转移而受影响；工程永久或临时占地，将使栖息地面积减少及栖息地破碎化；施工期间的噪声、扬尘污染，使周边区域的鸟类生境适宜性下降，使周边鸟类远离施工区域。

B 影响性质

工程施工占地区现状属于人为活动较为频繁的区域，施工活动主要对其造成一定的惊扰，施工结束后这种影响将消除，影响性质主要为临时性。

C 影响程度

受施工占地影响的鸟类主要有戴胜、岩燕、麻雀、黄臀鹎、白鹡鸰、大嘴乌鸦、喜鹊，施工期间其种群数量将减少；一般小型鸟类种群数量较大、个体小、繁殖力强，种群受干扰后的恢复能力较强，施工结束后影响可较快消失。

在阶地农田区和高山森林-灌丛-草地区，因无施工占地或占地小，鸟类所受影响较小；运输车辆可能穿过这 2 个区域，道路两侧部分鸟类可能受噪声影响。随着施工人员的进入，大绯胸鹦鹉、红腹角雉、雉鸡、白腹锦鸡等经济价值相对较高的鸟类，有被偷猎的可能。

D 珍稀保护动物影响类群

工程施工占地区有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家Ⅱ级重点保护鸟类分布，此外，

还分布有中国特有种橙翅噪鹛。这些鸟类多为猛禽，活动能力强、活动范围大，工程施工占地使其在施工期远离施工区域，对其栖息繁殖影响较小。

② 水库淹没影响

A 影响方式

水库淹没对鸟类的影响方式主要为淹没减少鸟类的栖息地，在淹没初期减少鸟类的数量。

B 影响性质

水库淹没对区域鸟类的影响属于永久性质。

C 影响程度

水库淹没后河谷内水域面积将大幅增加，使陆生河谷植被相应减少，从而使生活在灌草丛群落的鸟类减少，但水库蓄水后，库周湿度增加，对加快库周植被恢复起到一定的促进作用，随着时间的推移，鸟类数量将逐渐恢复。同时，随着库周水面的增加和流速的减缓，为部分水鸟创造了适宜生境，如赤麻鸭、池鹭、牛背鹭等数量可能增加。

D 珍稀保护动物影响类群

工程水库淹没区有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家Ⅱ级重点保护鸟类、以及省级重点保护鸟类白喉针尾雨燕和普通夜鹰分布，此外，还分布有中国特有种橙翅噪鹛。水库淹没区使其栖息地有一定的减少，但因其活动范围大，对河谷地带的依赖性低，因此淹没影响不大。

③ 运行期的影响

运行期临时占地上植被恢复后，鸟类物种组成可以恢复。

(4) 对兽类的影响

① 施工占地影响

A 影响方式

工程施工对兽类的影响主要为施工占地减小其栖息地面积；施工人员的增加也加大了其被偷猎的风险。

B 影响性质

施工永久占地对兽类的影响为永久性质，施工临时占地和施工人员偷猎风险对兽类的影响为临时性质，随着施工的结束而恢复或消失。

C 影响程度

各施工项目主要位于江段河谷谷底区，该区域大多是小型兽类，主要为鼠类。中华姬鼠、高山姬鼠、褐家鼠、社鼠其繁殖能力强、适应性广，工程占地对其种群数量影响不大。随着施工人员的进入，原本可能出现在工程占地区的鼬獾、猪獾将不会在工程占地区活动，而转移至更加适宜的中高海拔区域。分布于中高海拔的鼬獾、猪獾、猕猴、黄鼬、水鹿、斑羚等大中型兽类的经济价值大，被偷猎的威胁增加。

D 珍稀保护动物影响类群

施工占地区不涉及国家和四川省重点保护野生兽类，不会对其造成直接影响。评价范围内的国家Ⅱ级重点保护兽类猕猴主要分布于河谷两岸海拔较高的悬崖附近，距离施工占地区均较远，工程施工不会对其生存和繁衍造成直接影响，但施工噪声可能对它们造成一定惊扰，使其远离施工区周边区域，减少了其栖息地面积。此外，中国特有的宽齿鼹、昭通绒鼠、玉龙绒鼠、高山姬鼠、藏鼠兔在施工占地区分布，因其数量多、分布广及繁殖能力强，施工过程中将逐渐往施工区以外区域迁移，工程对其影响不大。

② 水库淹没影响

水库淹没区分布的兽类较多，多数兽类的适应能力和繁殖能力强，受水库淹没影响较小。

评价区的猕猴主要分布在雅砻江两岸高山的半山腰以上区域，距离卡拉水库淹没区较远，对其不造成直接影响。国家Ⅱ级重点保护兽类水獭可能在水库淹没水域出现；据早年历史资料，该区域曾有一定数量的水獭分布，但近十多年来的科考资料显示，并未在该区域发现其在工程所在江段分布的痕迹，现场调查及对当地群众的走访过程中，也未发现有其栖息巢穴或生物个体在水库淹没区分布，水库淹没不对其造成影响。

③ 运行期的影响

电站临时占地恢复后，兽类也将逐步回到这些区域，工程建设影响逐步消减。

5.3 水土流失影响预测评价

5.3.1 水土流失预测范围及分区

2013 年 8 月，受建设单位委托，我院完成了《四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案报告书》的编制，同年 12 月，水利部以水保函[2013]450 号对本工程水土保持方案报告书予以了批复，水土流失影响预测评价内容引用水利部批复后的水土保持方案报告书中的相关成果。

工程水土流失预测范围为项目建设区中扰动地表面积，将工程分为枢纽及导流工程

区、弃渣场及表土堆存场区、交通设施区、料场区（含中转料场）、施工生产生活区、移民安置区和库岸影响区（水库淹没区）等 7 个预测分区进行水土流失预测。

工程水土流失预测范围及分区详见表 5.3-1。

工程水土流失预测范围及分区一览表

表 5.3-1

序号	预测分区	预测范围 (hm^2)	备　　注
1	枢纽及导流工程区	78.1	拦河大坝、泄洪消能建筑物、引水隧洞、地下厂房、导流隧洞、上游围堰、下游围堰、滑坡区和泥石流治理区等
2	弃渣场及表土堆存场区	73.08	左岸坝址上甲尔沟、坝下上田镇沟
3	交通设施区	87.64	上坝交通洞和业主营地道路、左岸高线交通洞、右岸过境交通洞、通风兼安全洞公路、右岸低线公路、右岸绕坝交通洞、卡拉大桥、临时交通桥等
4	料场区（含中转料场）	23.93	卡拉电站坝址上游约 33.5km 处的金波石料场，位于坝址右岸上游约 5.0km 的狗白沟中转料场
5	施工生活生产区	32.28	施工区供电、供电、供水系统、施工工厂、施工仓库、业主及承包商营地等
6	移民安置区	126.52	生产安置耕地开发区域、搬迁人口生活安置点区及相关道路等
7	水库淹没区	716.28	水库正常蓄水位淹没涉及的木里县卡拉乡和麦地龙乡范围，不含布设在淹没区内的施工场地占地
合　计		1137.83	

注：工程施工管理区面积 86.68hm2 在建设过程中未扰动，所以在水土流失预测中未列入。

5.3.2 水土流失预测时段及方法

根据电站的工程性质及可能造成水土流失情况，工程水土流失预测时段为施工准备期、施工期和自然恢复期三个时段。工程施工准备期为第-2 年 1 月～第-1 年 12 月，共计 24 个月；施工期从第 1 年 1 月开始，至第 7 年 11 月结束，工期为 83 个月；自然恢复期按工程完工后 2 年计。

工程建设可能造成的新增水土流失量拟采用《水电建设项目水土保持方案技术规范》(DL/T 5419-2009)给出的公式预测。

5.3.3 预测结果

5.3.3.1 扰动原地貌面积

工程建设扰动地表面积 1137.83hm^2(未含未扰动施工管理区 86.68hm^2)，其中金波石料场占地已含在上游杨房沟水电站征地中，其余均在工程征占地面积范围内，其中耕地 86.79hm^2，林地 209.35hm^2，草地 483.33hm^2，住宅用地 3.63hm^2，交通运输用地 18.53hm^2，水域及水利设施用地 336.2hm^2。

工程扰动地表面积详见表 5.3-2。

工程建设扰动地表面积表

表 5.3-2 单位：hm^2

序号	预测分区	占地面积	占地类型					
			耕地	林地	草地	住宅用地	交通运输用地	水域及水利设施用地
1	枢纽及导流工程区	78.1	3.08	43.24	31.73	0.05	0	0
2	弃渣场及表土堆存场区	73.08	3.68	5.74	60.65	0.37	1.29	1.35
3	交通设施区	87.64	0	19.52	64.15	0	3.62	0.35
4	料场区	23.93	4.42		19.36	0.15	0	0
5	施工生产生活区	32.28	9.39	10.94	7.36	1.98	0	2.61
6	移民安置区	126.52	0	0	126.52	0	0	0
7	水库淹没区	716.28	66.22	129.91	173.56	1.08	13.62	331.89
合 计		1141.23	1137.83	86.79	209.35	483.33	3.63	18.53

5.3.3.2 损坏水土保持设施

根据对项目区土地利用现状的调查，按照四川省物价局、省水利电力厅川价费[1995]118 号关于印发《四川省水土保持设施补偿费、水土流失防治费征收管理办法(试行)》的通知(1995 年 9 月 1 日)，工程损坏水土保持设施面积 779.47hm^2，按照用地区域划分，水库淹没区 428.23hm^2，枢纽工程建设区 224.72hm^2，移民安置区 126.52hm^2。工程损坏水土保持设施面积详见表 5.3-3。

工程建设损坏水土保持设施面积表

表 5.3-3 单位：hm^2

序号	项目	单位	水库淹没区	枢纽工程建设区	移民安置区	合计
1	总面积	hm^2	428.23	224.72	126.52	779.47
1.1	耕地	hm^2	78.53	8.26	0	86.79
1.2	林地	hm^2	139.88	69.47	0	209.35
1.3	草地	hm^2	209.82	146.99	126.52	483.33

注：①水库淹没区含枢纽工程建设区占用的库区用地 61.09hm2。

5.3.3.3 弃土、弃石、弃渣量

工程弃渣总量为 879.94 万 m^3(自然方、折合松方 1217.66 万 m^3)，弃渣主要产生于枢纽及导流工程区和交通设施区，分别占弃渣总量的 74.47%和 16.19%。弃渣量中弃土量 142.57 万 m^3，弃石量 737.37 万 m^3，分别占弃渣总量的 16.20%、83.80%。

弃渣集中堆置在设置的上田镇沟弃渣场、甲尔沟弃渣场、金波弃渣场、上铺子沟弃渣场、猪白沟沟口中转料场，其中上田镇沟弃渣场堆渣量 604.66 万 m^3（松方），甲尔沟弃渣场堆渣量 578.00 万 m^3（松方），金波弃渣场堆渣 20.00 万 m^3（松方）、上铺子沟弃渣场堆渣量 10.00 万 m^3（松方）、猪白沟沟口中转料场场地垫高 5.00 万 m^3（松方）。

工程弃渣情况详见表 5.3-4。

工程产生弃渣部位及其组成情况一览表

表 5.3-4

序号	分区	弃 土		弃 石		弃渣量		弃渣去向
		弃土量(万 m^3)	占弃土总量(%)	弃石量(万 m^3)	占弃石总量(%)	弃渣量(万 m^3)	占弃渣总量(%)	
1	枢纽及导流工程区	97.78	68.58%	525.44	71.26%	623.22	70.83%	运至上田镇和甲尔沟弃渣场
2	弃渣场及表土堆存场区	1.91	1.34%	11.49	1.56%	13.4	1.52%	运至上田镇和甲尔沟弃渣场

工程产生弃渣部位及其组成情况一览表

续表 5.3-4

序号	分区	弃 土		弃 石		弃渣量		弃渣去向
		弃土量(万 m^3)	占弃土总量(%)	弃石量(万 m^3)	占弃石总量(%)	弃渣量(万 m^3)	占弃渣总量(%)	
3	料场区	2.31	1.62%	19.29	2.62%	21.6	2.45%	运至金波和上铺子沟弃渣场
4	交通设施区	30.57	21.44%	111.88	15.17%	142.45	16.19%	运至上田镇和甲尔沟弃渣场、猪白沟沟口中转料场
5	施工生产生活区	9.3	6.52%	37.87	5.14%	47.17	5.36%	运至上田镇和甲尔沟弃渣场
6	围堰拆除	0.7	0.50%	31.4	4.25%	32.1	3.65%	运至上田镇和甲尔沟弃渣场
合 计		142.57	100.00%	737.37	100.00%	879.94	100.00%	

5.3.3.4 可能造成的水土流失量

根据预测，卡拉水电站建设可能造成的水土流失总量约 76.90 万 t，背景水土流失量 11.84 万 t，新增水土流失总量 68.59 万 t。

各预测时段可能造成的水土流失量情况详见表 5.3-5。

工程区水土流失量预测结果表

表 5.3-5

序号	预测分区	扰动地表面积(hm^2)	损坏水土保持设施面积(hm^2)	可能造成水土流失总量(t)	背景水土流失量(t)	新增水土流失量(t)	新增水土流失所占比例(%)	防治重点
1	枢纽及导流工程区	78.1	54.07	28488	8974	20517	2.99	
2	弃渣场及表土堆存场区	73.08	62.77	473740	19601	454139	66.22	▲
3	交通设施区	87.64	61.35	34932	7504	27575	4.02	▲
4	料场区	23.93	23.93	62554	5744	56810	8.28	
5	施工生产生活区	32.28	22.6	10892	1976	8916	1.30	
6	移民安置区	126.52	126.52	14405	6315	8090	1.18	
7	水库淹没区	716.28	428.23	143972	68334	109805	16.01	▲
合 计		1137.83	779.47	768983	118448	685852	100	

5.3.3.5 水土流失危害分析与评价

结合水土流失预测、当地水土流失危害调查及重点侵蚀区的地质条件、地形地貌、工程设施布置、自然资源、居民点、河（沟）道分布等情况，对项目区范围及各预测单元的水土流失危害进行预测分析，主要有以下几种表现形式：

(1) 筹建期工程

筹建期工程已完成和正在建设的场内道路、施工生产生活区等工程，开挖、填筑过程中形成大量松散堆积物，受降雨径流影响，流失泥沙进入雅砻江，影响水质及对下游区域产生影响。

(2) 枢纽工程区

枢纽工程基础施工主要集中在围堰和基坑内进行，水土流失主要危害为坝肩开挖边坡失稳，造成滑塌，增加水土流失量，影响工程施工安全。同时，大坝下游影响江段主要为下泄水流，加剧下游岸坡的冲刷侵蚀，导致岸坡土体抗滑能力降低，极易造成岸坡失稳，产生滑坡、崩塌等重力侵蚀。

(3) 交通设施区

场内道路在建设过程中，一方面开挖、填筑形成的裸露边坡，造成水土流失，流失的土石渣淤埋下坡面植被或耕地；另一方面项目区地质条件复杂，冲积、坡洪积等堆积物分布广泛，边坡开挖极易诱发边坡失稳，且道路大部分沿江两侧岸坡布展，抛洒土石渣直接进入河道，造成河道淤积，影响局部水体水质。

(4) 弃渣场区

松散弃渣为水土流失提供大量的物质源，是侵蚀程度最大的区域。弃渣受地表径流和河道水流冲刷侵蚀，将使流失的土石渣直接进入雅砻江河道，淤积河床，增加下游河道泥沙含量，影响电站的泄洪能力及电站安全建设和正常运行。

(5) 料场区

工程土石料开采规模较大，开采形成高边坡，易造成崩塌、滑坡等水土流失危害，且石料场处于沟道，流失的土石渣直接进入雅砻江河道，淤积河道影响行洪。

(6) 施工生产生活设施区

施工生产生活设施区地势较平缓，施工区的水土流失主要为面蚀和沟蚀，扰动面积大，侵蚀时间贯穿整个工程建设期，其主要危害为流失的土石渣淤埋施工场地周边土地，尤其是右岸施工区，其周边为耕地农田，且流失土石渣淤埋将造成土地生产力的下降或

丧失，影响当地农业经济的可持续发展。增加当地水土流失治理难度，对周边生态环境造成一定影响。

(7) 移民安置区

水土流失的发生和危害主要集中在房建和土地开发等环节。

房建基础开挖，对地表扰动较大，损坏地表植被；部分生产安置土地开发如实施措施不当，造成无序开垦、顺坡耕作等情况发生，加之当地土地土层较薄，生态环境脆弱，严重的水土流失将使开垦的土地表层土壤在短期内侵蚀殆尽，土地生产力丧失，直接影响安置群众的生活水平，对当地经济发展带来不利影响。

(8) 水库淹没区

清库过程中，地表植被清理消除，原有水土保持功能降低，新增水土流失面积大，如不采取有效的防治措施，遇暴雨将加剧水土流失程度，同时流失的泥沙进入下游河道，造成淤积。

水库蓄水后，部分岸坡可能会出现坡体失稳和塌岸等地质灾害，库区原有崩塌体、滑坡体、构造破碎岩体等不良地质区，可能造成水土流失危害。

综上所述，工程建设可能造成的水土流失危害主要集中在 4 个方面。第一方面为破坏当地土地资源，影响当地农业可持续发展；第二方面为影响项目区及周边地区的生态环境，加剧当地水土流失治理难度；第三方面为滑坡、泥石流等影响工程建设和运行安全；第四方面为增加雅砻江及支流相关河段的泥沙含量，造成河床淤积，影响河段局部水体水质和行洪能力。

5.4 环境地质影响

5.4.1 诱发地震

水库诱发地震是多种因素综合作用的结果，与库区的地质环境、断层规模及活动性、地应力状态、岩体导水性、岩溶发育程度及水库库容、水深等因素密切相关。

(1) 水库规模

卡拉水电站坝高约 126m，为峡谷型水库，库尾回水至里尼附近，水库全长约 32km。拟装机 1020MW，正常蓄水位 1987m。统计资料显示，大部分中等以上诱发地震坝高均高于此值，国外小于 60m 水深水库发生的诱发地震占整个诱发地震震例约 10%。中国 26 震例中有 7 个水深小于 60m，最高震级为辽宁参窝（4.8 级）。

(2) 区域应力场

卡拉水电站规模对可能诱发地震震级具有限制作用。库区所在地区，是区域地形变场转折的部位。库区西南，地形变水平运动为N-NNE向，库区东北转变为NE-NEE向。P轴方位平均257.4°，P轴俯角平均25.7°，T轴方位平均190.2°，T轴俯角平均19.3°。震源机制资料表明库区所在区域主压应力方向NE-SW向，近于水平。最大主应力平均值10.0MPa。卡拉库区处于地壳形变场的转折地区，最大主压应力NE向，近于水平，地应力强度处于一个比较高的水平。

(3) 地震活动背景

库区近场区(库区周围25km)自有地震记录至今，仅发生$M\geq4\frac{3}{4}$级地震1次，即1944年四川冕宁西$5\frac{3}{4}$级地震。近代地震活动频次和水平也很低，1970年以来仅发生$M_L\geq2.5$级地震41次，最大为M_L3.9，小震活动全部集中在近场区西南部，即雅砻江以西地区，库尾近代小震活动水平高于库首区。从区域地震活动环境和库区附近地震分布方面分析，卡拉库区处于地震活动强烈块体内部一个地震活动水平较低的地区。

(4) 断层活动性及渗透结构

库区周边近场区断层主要有前波断层、藏翁断层、航牵断层和高牛场断层组。与库水有水力联系的只有前波断层。前波断裂为中更新世活动断裂，藏翁断裂晚更新世以来没有活动，航牵断裂晚更新世以来没有活动，牛场断裂的最新活动年代是中更新世，晚更新世—全新世则没有活动。断层最后活动年代从一个方面反映了其导水性，活动断裂带导水性好，近期没有活动的断裂导水性弱，断层泥的胶结作用使得老断层成为阻水断层。从卡拉库区及其周边断层活动性判断，其活动性不利于水库诱发地震发生。

与库水水力联系密切的断层只有前波断层，该断层纵穿全库区，对卡拉水电站诱发地震起主导作用。断层由旦波延入库尾，经前波，上苦苦消失于长枪背斜。断层总体走向NW15~30°，倾向W，倾角50~70°，为高角度逆断层。在热沟附近和上田镇以北两处，伴生有北东向横断层，将主干断层切为三段。前波断裂一个显著的水文地质特征是沿线温泉出露，在库区淹没范围，有三个温泉。在淹没区范围的卡拉麻撒雅砻江右岸海拔1900m位置，出露一温泉，43℃，有H_2S气味，流量14.91L/s。库尾旦波出露40℃温泉，流量5L/s。温泉均出露于前波断层北北东向横断层错断以北。从断层展布特征、断层力学性质、断裂岩破碎特征和温泉分布情况分析，前波断裂导水性分为明显的两端，以上田镇以北为界，北部断裂带以导水为主，南段为阻水－导水复合断层。

(5) 岩性与渗透条件

库区地层主要为三叠系杂谷脑组（T_{3Z}），岩性主要为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩、大理岩。含水层类型属于构造基岩裂隙水。根据水文地质普查资料，泉水平均流量 0.885~1.171L/s，地下水径流模数 1.943~2.93L/s.km^2。

地层中发育的构造裂隙是主要的导水通道。据统计，本区导水性强的裂隙走向N50°E，倾角75~80°。本区各地层基岩裂隙率较为均一，变化不大。一般规律是沉积岩变质岩裂隙率大于火成岩，喷发岩（玄武岩）大于侵入岩。一个重要的特点是基岩中断裂影响带裂隙率和导水性大大增加。本区大部分地区裂隙率0.16~4.99%，断裂带和裂隙密集带可达6.98~10.75%。常见泉水流量0.114~1L/s，断层带泉流量可达31.85L/s。所以，对库水下渗和孔隙压扩散起决定作用的是基岩含水体中的断裂。

综合震例水库地震地质条件类比分析、多因子综合评判模型预测和多因子先验概率统计模型预测结果得出，卡拉水电站水库库区处于川西面状强隆区东部。库区西部地区与东部地区区域地应力场存在差异，主压应力从库区西南部的 NNE 向转向东北部的 NEE 向，地应力强度处于较高水平，峡谷型水库的地形特点不能排除局部应力集中的可能。纵穿库区的前波断层沿线有热泉出露，局部断盘岩体破碎，显示有一定的导水性。库区岩性为变质砂质、砂质板岩、大理岩、含炭质板岩，库区岩性有利于诱发地震发生。

卡拉水电站蓄水后，具备发生诱发地震的地质条件，水库诱发地震最高震级为 M4.5 级，对大坝最大影响烈度为Ⅵ度，低于工程区设防的地震基本烈度。

5.4.2 库岸稳定

卡拉水电站库区有滑坡体、崩坡积体及潜在不稳定岸坡分布。库区左岸岩质边坡 53.92%，土质边坡 46.08%，右岸岩质边坡 43.55%，土质边坡 56.45%，根据水库岸坡地形地貌、地层岩性、地质构造、不良物理地质现象的分布特征对库岸稳定性分段评价，见表 5.4-1。

卡拉水电站库岸稳定性评价一览表

表 5.4-1

库段	地形地貌	地层岩性	地质构造	物理地质现象	库岸稳定评价
坝址至八通(0.0~6.0km)	河谷呈北北西向，呈“V”型谷，左岸陡峻，右岸顺向坡。河水位高程 1910~ 1920m，正常蓄水位谷宽 200~240m。	大部分岸坡基岩裸露，岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩、少量大理岩，冲沟口有冲洪积漂石、砂卵石层。	分布 f_{112}~f_{113}、F_{114}~F_{116} 断层 5 条，前波断层从右岸较高高程通过，F_{114} 将前波断层错断，河流在此处急拐。	右岸发育上田镇滑坡体（H1），左岸发育崩坡积体（B1）。	库岸总体基本稳定，滑坡体及崩坡积体范围内局部存在少量塌岸。
八通至甲尔段(6.0~9.2km)	河谷呈北北西向，呈“V”型谷，河岸陡峻，中部稍缓，上部较陡。河水位高程 1920~1925m，正常蓄水位谷宽 240~360m。	大部分岸坡第四系覆盖，主要为崩坡积、滑坡堆积层，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩。岩体较破碎。	分布 f_{110}、f_{111} 断层，前波断层从右岸较高高程通过。右岸热水沟中有温泉出露。	左岸发育八通崩坡积体（B2），右岸发育八通滑坡体（H2），规模大，为大~巨型滑坡。	库岸以稳定性差为主，蓄水后滑坡体易产生塌滑。
甲尔至五处段(9.2~10.8km)	河谷呈北北西向，呈“V”型谷，左岸陡峻，右岸顺向坡。河水位高程 1925~1930m，正常蓄水位谷宽 215~310m。	左岸基岩裸露，右岸下部基岩裸露，上部第四系覆盖。基岩岩性为砂质板岩、含炭质板岩、变质砂岩、少量大理岩。	分布 F_{109} 断层 1 条，前波断层从右岸较高高程通过。	左岸 9.7~9.8km 处发育崩坡积体（B3），方量约 1~2 万 m^3。右岸上部覆盖层较厚，较松散。	库岸基本稳定。左岸崩坡积体（B3）及右岸上部覆盖层分布库岸易塌岸。
五处至周家段(10.8~14.0km)	河谷呈北北西向，呈“V”型谷，左岸下陡上缓，右岸下缓上陡。河水位高程 1930~1935m，正常蓄水位谷宽 200~270m。	左岸下部基岩裸露，上部覆盖层，右岸大部分岸坡第四系覆盖，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩、少量大理岩。	分布 F_{109} 断层，前波断层从右岸较高高程通过。	左岸发育一江滑坡体（H5），分布高程较高，在蓄水位之上。右岸发育周家滑坡体（H4），为巨型滑坡。	左岸基本稳定，一江滑坡体分布较高，蓄水对其无影响。右岸稳定性较差，周家滑坡体蓄水后前缘易产生塌滑
周家至立尔段(14.0~17.3km)	河谷呈北北西向，呈“V”型谷，左岸陡峻，右岸下缓上陡。河水位高程 1935~1938m，正常蓄水位谷宽 200~428m。	左岸基岩裸露，右岸下部第四系覆盖层，上部基岩，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩。岩体较破碎。	分布 f_{107}、F_{108} 断层，前波断层从右岸过江至左岸。	左岸立尔下游发育一塌滑体。（B4）	库岸基本稳定，蓄水后有局部塌岸现象。

卡拉水电站库岸稳定性评价一览表

续表 5.4-1

库段	地形地貌	地层岩性	地质构造	物理地质现象	库岸稳定评价
立尔至前波段(17.3~18.9km）	河谷呈近南北向，呈“V”型谷，左岸分布立尔阶地，右岸分布前波洪积扇。河水位高位 1938~1948m，正常蓄水位谷宽 250~448m。	基岩岩性前波断层以西为变基性火山岩、泥砂质岩及泥、砂岩，以东为砂质板岩、变质砂岩、大理岩，阶地、洪积扇分布粉土、漂石、砂卵石层。	分布 f_{107} 断层，前波断层从左岸过江至右岸。	左岸立尔上游发育一塌滑体（B6）。右岸立尔对面发育一塌滑体（B5）。	库岸基本稳定，发育小型崩积体。
前波至落窝沟(18.9~20.9km)	河谷呈北北东向，呈“V”型谷，两岸岸坡陡峻。河水位高程 1948~1957m，正常蓄水位谷宽 190~350m。	两岸基岩裸露，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、少量大理岩。	分布 F102~F104、f105、F106 断层 5 条，前波断层从右岸较高高程通过。	右岸有顺坡的卸荷体，规模较小。左岸落窝沟内分布二处崩坡积体（B7）。	库岸总体稳定。
落窝沟至麦地龙大桥(20.9~26.2km)	河谷由北北西转向北北东再转向北北西，呈“V”型谷，左岸陡峻，右岸较缓。河水位高程 1957~1960m，正常蓄水位谷宽 185~330m。	左岸基岩裸露，右岸尼波一带为阶地，第四系覆盖。基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩。阶地为粉土、碎石土、漂石、砂卵石层。	分布 f101 断层，前波断层从右岸较高高程通过。	左岸发育两处崩坡积体(B8、B9)，右岸为阶地，易塌岸（B10）。公路内侧边坡经常塌滑堵路。	库岸基本稳定。阶地及左右岸崩坡积体处库岸易产生塌岸。
麦地龙大桥至里尼段(26.2~29.0km)	河谷呈北北西向，呈“U”型谷，左岸平缓，为阶地，右岸较陡。河水位高程 1960~1976m，正常蓄水位谷宽 200~490m。	两岸大部分库岸第四系覆盖，基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩。阶地上为粉土、碎石土、漂石、砂卵石层。	前波断层从右岸较高高程通过。	左岸下铺子至里尼为阶地，分布崩坡积体（B12），右岸发育格给滑坡体（H6）、、巴多沟崩坡积体(B11)，里尼滑坡体(H7)。	左岸麦地龙大桥至下铺子基岩裸露，库岸稳定；下铺子至里尼库岸为阶地和崩坡积体组成，库岸稳定性差，易产生塌岸。右岸滑坡体各崩坡积体发育，库岸稳定性差。
里尼至库尾段(29.0~31.3km)	河谷呈北北西向，呈“U”型谷，左岸江岸较陡，中部平缓，上部较陡，右岸较陡。河水位高程 1976~1986m，正常蓄水位谷宽 120~190m。	左岸大部分库岸第四系覆盖，右岸基岩裸露。基岩岩性为砂质板岩、变质砂岩、含炭质板岩。阶地上为粉土、碎石土、漂石、砂卵石层。	前波断层从右岸较高高程通过。	左岸为基底阶地，蓄水位处为基岩，高高程处发育上铺子崩积体（B13）。右岸发育里尼崩坡积体（B14）。	两岸基岩裸露，阶地和（B13）不受蓄水影响，库岸基本稳定。仅里尼崩坡积体（B14）分布处易塌岸。

本工程崩坡积体处理规模属于中等，根据和国内已建、在建电站施工情况对比，在确保施工质量的情况下，能满足崩坡积体的环境地质安全。分析地下水变化对滑坡的影响

从总体上看，电站建设对岸坡稳定性影响小，岸坡基本稳定，对库周的不稳定体影响不大。

5.5 移民安置环境影响分析

5.5.1 移民安置环境合理性分析

5.5.1.1 移民安置规划合理性分析

根据移民安置规划，卡拉水电站现阶段确定以农业安置为主，以其它非农业安置为辅的生产安置方案。确定以集中安置与自主分散安置相结合的搬迁安置方式，大部分移民愿意随集镇搬迁至麦地龙集镇集中居民点，其余移民均选择了在本组、本乡、邻乡以及紧邻木里县城的项脚乡进行分散安置。麦地龙集镇迁建方案选择经过防护后原址抬高复建。

从环境角度分析，选择集中集镇安置后，生活将更加便利，安置点将配套建设污水、垃圾收集设施、文体娱乐设施及宗教文化设施，将改善卫生环境，满足文化娱乐需求，维持宗教信仰。自主分散安置的移民大部分都为后靠就近安置，可有效维持生活习惯和社会关系。选择以农业安置为主，以及集中安置的搬迁方式，更是可集中开发土地资源（麦地龙乡集镇已规划集中土地开发整理区），兴建农田水利配套设施，提高土地利用率。麦地龙新集镇选择原址抬高复建，可有效的节约了土地资源，避免因新开垦土地而带来的水土流失。因此，卡拉水电站移民安置规划从环境角度分析是合理的。

5.5.1.2 移民安置环境适宜性分析

根据移民安置规划，麦地龙乡新集镇经防护后原址抬高复建，新建集镇将在交通道路、给排水设施、环境卫生等各项基础设施配套方面有显著改善。且新集镇地理位置未发生改变，移民生产和生活方式基本不变，因此较适宜作为移民安置点。自主分散安置的移民大多靠近原居住地，村组行政区划未发生改变，搬迁后在村组中参与选举和被选举、与周边的邻里关系等社会关系未发生改变。对于移民的风俗习惯及传统文化等基本无影响，能够较好的融入当地的生活环境中。因此，卡拉水电站移民搬迁安置后新环境是适宜的。

5.5.2 移民安置环境影响

5.5.2.1 生态环境影响分析

(1) 农村移民生产安置

根据卡拉水电站移民安置规划大纲，规划水平年生产安置人口为589人，拟采取以农业安置为主，其他非农安置为辅相结合的方式，其中农业安置542人，其他安置47人。农业安置包括：集中开发土地安置、组内调剂耕地安置和自主分散流转土地安置。集中开发土地会造成水土流失和生态破坏，需采取水土保持措施，及减轻当地生态环境不利影响措施。通过组内调剂耕地和自主分散流转土地安置，由于不新开耕地，不会对生态环境造成不利影响。

(2) 农村移民搬迁安置

卡拉水电站规划水平年搬迁安置总人口计1082人。采取集中安置与自主分散安置相结合的搬迁安置方式，其中集镇安置71人，本组后靠安置468人，自主分散安置495人，自谋出路安置48人。

后靠、分散安置建房和集中安置点的建设将不可避免的破坏征地范围内的地表植被，改变土地利用类型。安置点建设过程中的开挖、筑路、弃渣、机械振动等施工活动，将在一定程度上扰动地表，使其表层土裸露，新增水土流失，但随着土地固化，四旁绿化及其他相关水保措施的实施，水土流失将得到有效控制。

(3) 集镇复建

麦地龙乡集镇安置农业人口为75人（规划水平年），机关事业单位职工人口78人（规划水平年），寄宿学生147人（规划水平年），居住半年以上外来人口167人（规划水平年）。根据集镇迁（复）建规划，需对集镇防护后在原址填高复建，用地规模为4.0hm^2，总体上占用的土地面积很小。原址填高复建的集镇由于长期受人类活动影响，无珍稀保护动植物及其重要栖息地分布，对自然植被的影响很小。集镇建成后，由于绿化措施的实施，将会使自然景观与人文景观更好地协调。

5.5.2.2 水环境影响预测

(1) 农村移民安置

农村移民安置对水环境的影响主要是分散安置和集中安置点居民排放的生活污水对周围水环境的影响。如果农村移民安置点的生活污水不采取任何措施直接排放，将会对居民点附近的环境产生影响。但考虑到工程区域有利用生活污水作为农田灌溉或用作

农家肥料的习惯，为了尽量减小影响，使污水能达到农田灌溉用水标准，应对污水采取处理措施。

同时，移民安置过程中少量的施工废水和施工人员的生活污水也会对周围水环境产生影响。其中施工废水以混凝土拌和机冲洗废水为主，废水特点是污染物 SS 浓度高、由于施工期较短，废水产生量少，不含有毒物质，初步估计混凝土搅拌机每次冲洗废水约 0.5m^3，产生方式为间歇式，沉淀后可用于场地、道路洒水等，对地表水体影响很小。

(2) 集镇迁建

麦地龙乡集镇规划人口规模为 467 人，生活污水主要来源于居民的日常生活，经计算集镇居民生活污水排放总量为 67.2m^3/d。对迁建集镇生活污水采取处理措施，以减少对附近水域水质的影响。

另外，集镇迁建移民安置过程中少量的施工废水和施工人员的生活污水，数量较少，处理后对周围水环境产生的影响不大。

5.5.2.3 环境空气影响预测

(1) 农村移民安置

农村移民搬迁安置对环境空气的影响源主要是工程开挖、回填等场地平整中产生的粉尘。对大气环境产生影响的主要污染源有：各类施工机械排放的废气，施工开挖产生的粉尘飘尘，车辆运行产生的扬尘等。影响时段为施工期，时间较短。

由于工程开挖量较小，其产生的废气量也较小，且施工场地比较分散，施工工期也不集中，因此不会对整个区域的大气环境造成污染，对施工区局部区域的大气环境影响也较小，在采取必要的降尘和防护措施情况下，实质影响将进一步降低。

(2) 集镇迁建

集镇迁建的施工活动与农村移民安置区的施工活动基本相同，污染源及影响时段也与其类似，因此集镇迁建过程中不会对整个区域的大气环境造成污染，但因相对集中，可能会对施工区局部区域的大气环境造成一定影响，尤其是对工程现场施工人员的健康有一定危害。为保护施工人员的身体健康，要采取必要的降尘和防护措施。由于集镇施工期较短，污染物产生量少，因此工程建设对环境空气影响很小。

5.5.2.4 声环境影响预测

(1) 农村移民安置

本工程农村移民安置施工轻度较小，规模有限，对周围声环境影响主要表现为施工

期各类施工机械产生的噪声。其中对环境影响较大的施工机械有推土机、装载机、压路机、挖掘机和自卸卡车等。施工噪声主要将对施工现场作业人员造成影响。

(2) 集镇迁建

本工程集镇迁建对声环境的影响与居民点建设的影响类似，只是程度和范围较大。主要影响对象仍然是施工作业人员。此外对附近现有居民点可能带来一定干扰。

5.5.2.5 生活垃圾影响分析

(1) 农村移民安置

本工程农村搬迁本组后靠安置、自主分散安置和自谋出路安置移民共计 1011 人，生活垃圾产生量按 0.64kg/d 人计，生活垃圾产生量为 0.65t/d。总体上生活垃圾产生量较少，其中有机物质多回田或饲畜，仅余少量无机成分。在做好垃圾收集与处理的工作，对周边环境卫生影响不大。

(2) 集镇迁建

集镇人均日生活垃圾产生量参照农村居民为 0.6kg/人·d，本工程集镇人口规模为 467 人，生活垃圾产生量 0.28t/d。生活垃圾产生量较少，其中有机物质多回田或饲畜，仅余少量无机垃圾。在做好垃圾收集与处理的工作，对集镇的环境卫生影响不大。

5.5.2.6 社会环境影响分析

(1) 农村移民安置

1) 移民生产生活影响

本工程根据区域资源环境特点采取了多种方式安置移民，合理的利用了区域移民环境容量，通过优化调整种植业结构，完善农业生产基础设施，农业收入可以恢复或超过原有水平；同时由于部分劳动力将由原来的农业生产中解放出来，以及各级政府对移民安置的政策扶持和移民生产的后期扶持，加强对移民技术技能培训，移民收入能恢复到当前水平。安置后期随着安置区基础设施的逐步完善，国家对移民后期扶持政策的落实，移民生活水平将逐步超过原有水平。

随着水利、交通等基础设施的建设及大量移民安置资金的投入，移民的生产生活条件将得到极大改善。无论是交通设施、生活用水、人均收入等方面均有质的变化，移民的生活质量将有较大程度的提高。

2) 人群健康

各移民安置点气候、土壤、水域及传染病流行情况与原居住地相似，传染病种类不

会有恶化的趋势，而集中安置点和迁建集镇合理的区域规划、更完善的配套设施和良好的水源、卫生条件将有利于减少传染病的发生。

(2) 集镇迁建

在集镇迁建初期，集镇居民的生活受迁建的影响会产生短期不适，集镇的工农业和第三产业的运转也会产生一定影响，居民收入可能有所下降。

集镇迁建过程中资金的投入，将为当地提供更多的劳动就业机会，有利于提高居民的收入。

集镇迁建完成后，由于完善了道路、给排水、电力、通讯等基础设施和教育、文化等公共设施，将使居民的生活环境得到改善，为集镇的快速发展创造有利的条件，有利于招商引资，促进当地工农业，尤其是第三产业的发展。

5.5.3 专项设施复建环境影响

卡拉水电站专项复建工程主要为道路、水利、电力、电信及文物古迹等。设施复建中对环境产生的影响以公路最为突出，因此本工程以公路复建为例来说明专项设施复建对环境的影响，在各项影响中以公路复建突出影响的陆生生态环境和声环境作为重点进行分析。

5.5.3.1 生态环境影响分析

公路复建施工过程中将会在一定程度上使原地表受到扰动，植被遭到破坏，表层土裸露，失去原有植被的防冲、固土能力，由此可能发生冲刷、跨塌现象，增加新的水土流失。采用侵蚀模数法进行预测，如不采取相应的水土保持措施，移民安置区将新增水土流失 8090t。此外工程开挖、回填等施工活动可能造成新增水土流失和景观破坏，随着土地固化，绿化及其他相关水保措施的实施，水土流失将得到有效控制。

5.5.3.2 声环境影响分析

(1) 施工期

公路复建对周围声环境影响主要表现为施工作业各类施工机械噪声和爆破开挖产生的噪声和运行期交通噪声对沿线居民点的影响。其中施工期间土石开挖、机械施工、车辆运输噪声一般都超过 80dBA，有的超过 90dBA，其影响范围昼间为 11m～168m，夜间为 106m～1683m，由于公路沿线居民零星分布，且施工期较为短暂，在做好声环境保护措施前提下，施工期对沿线居民影响可大大减少。

(2) 运营期

1) 预测模式

本次评价采用《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009)中推荐的公路噪声预测模式进行预测；其中部分参数参照《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03—2006)确定。

A. 车辆噪声等效声级计算

Ai 型车辆行驶于昼间或夜间，预测点接收到小时交通噪声值计算，公式详见式5.5-1。混合车流模式的等效声级是将各类车流等效声级叠加求得，如果将车流分成大、中、小三类车，那么总车流等效声级为：

$$Leq(T) = 10\lg\left[10^{0.1(LAeq)_{大}} + 10^{0.1(LAeq)_{中}} + 10^{0.1(LAeq)_{小}}\right] \quad (5.5\text{-}1)$$

B. 高路堤或低路堑两侧声影区衰减量计算

高路堤或低路堑两侧声影区衰减量 A_{bar} 为预测点在高路堤或低路堑两侧声影区内引起的附加衰减量。

当预测点处于声照区，$A_{bar}=0$

当预测点位于声影区，A_{bar} 取决于声程差δ。

由图 5.5-1 计算δ，δ=a+b+c。再由图 5.5-2 查出 A_{bar}。

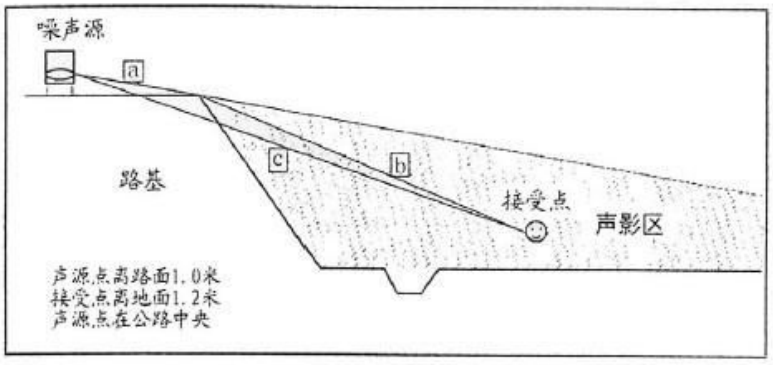


图 5.5-1 声程差δ计算示意图

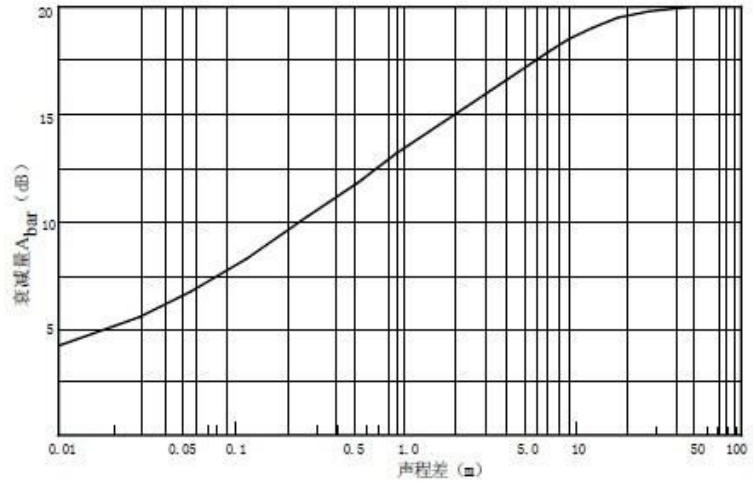


图 5.5-2 噪声衰减量 Abar 与声程差δ关系曲线(f=500Hz)

2) 预测参数

A. 交通量

根据设计资料，各道路交通量见表 5.5-1。

交通量发展预测结果表

表 5.5-1 单位：pcu/d

道路名称	建成后第 1 年	建成后第 7 年	建成后第 15 年
卡拉库区复建公路	120	200	320

B. 车型比及日昼比

根据设计成果，各预测年交通量车型比见表 5.5-2。

车型比和昼夜比

表 5.5-2

项目 / 预测年	实际车型比(%)			昼夜比
	小型车	中型车	大型车	
建成后第1年	90.3	8.8	0.9	5:1
建成后第7年	88.1	10.8	1.1	
建成后第15年	85.4	13.6	1.0	

C. 车流量

根据上述各预测年的交通量、车型比和日昼比系数，各预测年不同路段交通量预测结果见表 5.5-3。

交通量预测结果

表 5.5-3 单位：辆/h

年份		交通量		
		小型车	中型车	大型车
建成后第 1 年	昼间	93	9	1
	夜间	9	1	0
建成后第 7 年	昼间	149	18	2
	夜间	15	2	0
建成后第 15 年	昼间	228	36	3
	夜间	23	4	0

3) 预测结果

各声环境敏感对象预测结果详见表 5.5-4。

卡拉库区复建公路交通噪声预测结果表

表 5.5-4

公路名称	敏感点名称	距路中心线距离(m)	高差(m)	预测结果	执行 2 类标准区域临路第一排建筑物预测值					
					第 1 年		第 7 年		第 15 年	
					昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
卡拉库区复建公路	热水沟口 K9+200~K9+980	两侧 6	0	交通贡献值	56.3	45.0	58.8	47.5	60.8	49.7
				现状背景值	51.6	44.1	51.6	44.1	51.6	44.1
				预测值	57.6	47.6	59.6	49.1	61.3	50.8
	周家 K14+780	北侧 39	55	交通贡献值	45.9	34.6	48.4	37.1	50.4	39.3
				现状背景值	51.6	44.1	51.6	44.1	51.6	44.1
				预测值	52.6	44.6	53.3	44.9	54.1	45.3

卡拉库区复建公路交通噪声预测结果表

续表 5.5-4

公路名称	敏感点名称	距路中心线距离(m)	高差(m)	预测结果	执行 2 类标准区域临路第一排建筑物预测值					
					第 1 年		第 7 年		第 15 年	
					昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
卡拉库区复建公路	前波 K22+900~K23+000	东侧 31	-6	交通贡献值	44.6	33.3	47.1	35.8	49.2	38.0
				现状背景值	46.3	42.3	46.3	42.3	46.3	42.3
				预测值	48.6	42.8	49.7	43.2	51.0	43.7
	大坪子 K23+400~K25+820	东侧 35	-23	交通贡献值	39.2	27.9	41.7	30.4	43.7	32.6
				现状背景值	46.3	42.3	46.3	42.3	46.3	42.3
				预测值	47.1	42.5	47.6	42.6	48.2	42.7
	尼波零星住宅 K26+600~K27+350、K27+850	两侧 6	-1	交通贡献值	53.7	42.4	56.2	44.9	58.3	47.1
				现状背景值	46.3	42.3	46.3	42.3	46.3	42.3
				预测值	54.4	45.4	56.7	46.8	58.5	48.3

从以上预测结果可知，在复建公路评价范围内的热水沟口、周家、前波、大坪子、尼波民居点噪声均可达到 2 类区标准，交通噪声对沿线居民点影响较小。

5.5.3.3 其他环境影响

卡拉库区复建公路沿线分布有热水沟口、周家点、前波、大坪子、尼波 5 处居民点，工程施工粉尘排放将对上述居民点的环境空气造成一定影响；虽然工程施工期生产废水量较少，但因所在区域属Ⅱ类水域，施工期生产废水如不处理直接排放也将对区域水环境造成影响。

5.6 社会环境影响

5.6.1 对社会经济的影响

(1) 施工期对社会经济的影响

工程的兴建，将推动木里县尤其是工程所在乡镇社会经济的快速发展。在工程建设期间，需要大量的建筑物资和劳动力，将成为推动当地经济的动力源，刺激经济发展；各类临时设施的施工也将为当地居民创造大量的就业机会，有利于促进当地乡村经济、

增加群众经济收入，提高当地人民群众的生活质量。同时，本工程建设将进一步改善当地的交通、通讯、电力等基础设施条件，对开发当地资源具有较大的促进作用。

随着施工人员大量进驻，将促进当地农产品的生产和销售，消费需求的猛增将极大促进地方农业、餐饮业的发展；施工队伍的进驻也将促进当地服务业、文化娱乐等第三产业的繁荣和发展，以施工人员每人每月平均消费 200 元计，施工期间，平均每年使当地消费额增加 840 万元以上。

(2) 运行期对社会经济的影响

电站的生产运行，不仅给当地直接带来大量的财政税收，还为发展当地经济提供了交通、能源等方面的必要条件，还将带动附近地区运输业、原材料加工业等相关产业的发展；同时本工程的兴建对促进地区产业结构优化调整和社会经济可持续发展，以及当地脱贫致富具有一定的作用。

卡拉水电站建成后，大量优质清洁电能的产生，对缓解送电地区用电压力，促进区域经济的稳步增长有重要作用。

(3) 水库淹没对社会经济的影响

卡拉水电站调查年水库淹没影响人口 492 人(农业人口 409 人，非农人口 83 人)，影响各类房屋 38378.59m^2，影响各类土地 10738.33 亩(其中耕地 400.60 亩)，电站单位兆瓦淹没影响人口 0.48 人，耕地 0.39 亩，与国内已建及在建的大型水利、水电工程相比，淹没影响损失无论是绝对数还是相对数都非常小。

从人口、耕地分析，库区木里县淹没影响的人口、耕地占其人口、耕地面积的比例较小，占木里县人口比例为 0.3%，耕地比例为 0.13%，对县区农业经济影响不大。但是就对库区各乡淹没影响而言，影响则相对较大，因为淹没影响的河谷地带是库区各乡农业生产条件相对较好、经济发展相对成熟的地方，是库区各乡的主要产粮区。

从以上分析看出，卡拉水电站的建设，虽然对移民的生产生活产生了一定的影响，但在区域社会经济的发展、库区居民产业结构的调整和库周基础设施的建设等方面会带来一定的积极影响。同时由于本工程水库淹没损失相对较小，对区域社会经济影响不大，通过适当的经济补偿和合理的规划方案，移民的生产生活水平能够得到恢复和提高。

5.6.2 对当地土地利用的影响

工程水库淹没、枢纽建筑物建设及移民安置将临时和永久占用部分土地，受其影响木里县土地类型变化情况见表 5.6-1。

水库淹没、枢纽建筑物建设和移民安置影响土地利用情况

表 5.6-1 单位：hm^2

区域	项目	土地总面积	耕地	林地	草地	住宅用地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地
木里县	工程建设前面积	1325272	20618	842338	362095	1408	814	6447	91552
	工程占地	1022.64	81.43	133.31	448.71	3.63	19.15	336.39	0
	因工程占地减少后面积	1324249.36	20536.57	842204.69	361646.29	1404.37	794.85	6110.61	91552
	征地占现状比例(%)	0.08%	0.39%	0.02%	0.12%	0.26%	2.35%	5.22%	0.00%

注：由于数据统计资料原因，将草地、交通用地归到未利用土地中。

由上表可知，工程占地主要集中在木里县。各土地利用类型中，由于工程征占地引起面积减少最多的是草地，减少 448.71hm^2。而从面积变化率分析，土地利用类型面积变化率相对较小，其中最大的是水域及水利设施用地(5.22%)，由于属电站库区征用，水库建成后不仅未减少原有水面，还将大幅增加水域面积，增加的水域面积约 440.98hm^2。因此，工程建设对当地的土地利用影响较小。

5.6.3 对供水、灌溉的影响

工程所在雅砻江河段沿岸居民生活和工农业用水基本上取自海拔较高的支沟，因此，电站建设对供水基本没有影响。

卡拉水电站工程任务为发电，没有灌溉要求，因此，电站建设对灌溉基本没有影响。

5.6.4 对旅游景观的影响

(1) 工程占地对区域景观的影响

工程永久征地和临时占地范围内的各类施工活动，将破坏原有植被，改变原有自然景观。施工期占地范围大部分处于裸露状态，施工结束后即使进行人工绿化，植被恢复也需要一定时间。因此，工程建设将对占地范围内景观产生一定不利影响。

经调查，工程征占地范围内及周边没有旅游景点分布，工程占地对当地旅游不会造

成不利影响。

(2) 对河道景观的影响

工程所在河道原为高山峡谷景观，不具备划船、垂钓、游泳等水上休闲娱乐的条件，水库建成后，将形成具有一定面积和宽度的水面，为滨水、涉水旅游景观的开发创造条件。

电站建成运行后，电站发电基流不小于 146m^3/s，以满足坝下河道生态需求，因此坝下河段不会出现脱水情况，仍满足景观要求。

(3) 对景观旅游开发的有利影响

为满足施工要求，工程将兴建大量的场内及对外交通道路。交通条件的改善，为区域旅游业的兴起创造了基础条件，同时，还可连接周边各旅游区，促进周边旅游业共同发展。

工程位于木里县境内，是其旅游资源中未曾有效利用的一部分，工程的兴建和有效利用，将为区域旅游资源的开发提供了良好的机遇，为其秀美的自然风光增添新的亮点，有利于当地旅游业的发展。

5.6.5 对文物和宗教设施的影响

卡拉水电站水库淹没和工程占地区影响木里县 3 处文物古迹，分别为“尼波铁索桥”、“尼波玛尼堆群”和“大坪子石棺葬墓地”。根据四川省文物考古研究院 2011 年 12 月编制的《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》以及四川省文物管理局“关于《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》的批复”：（川文物保函〔2012〕12 号），对其中的 2 处文物点即“尼波铁索桥”和“尼波玛尼堆群”将进行提取资料性保护，对其中 1 处文物点“大坪子石棺葬墓地”进行抢救性发掘保护，以减缓工程对上述文物的影响。工程建设过程中应严格按照《中华人民共和国文物保护法》和当地文物局的有关要求做好文物保护工作。

卡拉水电站位于四川省凉山州木里藏族自治县，以藏族同胞为主，属于我国典型的少数民族地区。该地区宗教文化浓厚，多数民众信奉藏传佛教，白塔、玛尼堆、水转经等在这一区域较为常见，根据调查，电站建设将淹没一定数量的上述设施，获得经济补偿的民众根据需要进行复建，对当地宗教文化影响很小；根据移民意愿调查，除中铺子村（中铺子组和下铺子组）大部分移民愿意随集镇搬迁至麦地龙集镇居民点外，其余移民均选择了在本组、本乡、邻乡以及紧邻木里县城的项脚乡进行分散安置，所有安置人

员均在本县内安置，安置地的宗教文化与现状一致，不会对其宗教信仰产生影响。

5.6.6 对交通运输的影响

工程将兴建大量的场内及对外交通道路，使该地区交通条件得到明显改善，道路等级的提高，行车宽度、路面状况等交通条件均将有所提高，可大幅度缩短行车时间，并大大加强木里县各乡镇之间的联系，促进地区与外界的经济、信息、文化、物流等各方面的交流，有利于地方经济发展。同时，随着交通条件的改善和地方经济的发展，当地居民的物质、文化等生活条件也将进一步得到提高。

5.7 工程施工环境影响预测评价

5.7.1 对水环境的影响

工程建设期间各类污废水均进行处理并回用，不排入雅砻江，在各处理系统正常运行情况下对雅砻江水质不会造成影响，但在系统事故情况下可能对水体水质造成影响，工程建设期间废水来源于主体工程砂石加工系统冲洗废水和营地生活污水，故以此为例分析其事故情况下对水体水质的影响。

5.7.1.1 事故识别及发生可能性分析

卡拉水电站施工期污废水事故排放的可能原因主要有：①水处理设备检修或故障以及电力故障时，处理设施无法正常运行；②废水进水水质异常，而处理系统抗负荷冲击能力差；③水处理系统运行管理不善。

(1) 设备及电力原因导致的可能性

根据工程环保规划，砂石料冲洗废水处理系统主要的设备如沉淀池、清水池等均采用两池以上并联运行的方式，一般不会全部同时检修或发生故障，在单池检修或故障的情况下，其余设备仍可正常运行，不会发生设备完全瘫痪的情况；系统设有清水回用池，事故排放情况下，可作为临时短期的事故废水贮存池，由于砂石料废水中主要污染物为SS，其在清水池中停留一定时间后，出水 SS 浓度将有所降低。

(2) 进水水质原因导致的可能性

工程环保设计中采用“砂水机械分离＋沉淀池+DH 高效旋流澄清器”工艺对砂石料冲洗废水进行处理，该处理工艺效果好，且施工砂石料料源来自同一区域，砂石料加工所需的单位用水量也较为稳定，可见，生产废水中 SS 浓度变化不大，即进水水质负荷变化不大。

因此，从进水水质角度分析，在设备正常运行的情况下，其导致的事故排放可能性

不大。

(3) 运行管理原因导致的可能性

工程建设单位将成立专门的施工期环保管理部门，并设置专/兼职和专业人员，开展施工期环境监理，负责和落实环保管理工作，检查环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题。

砂石料冲洗废水处理系统和生活污水处理系统有一定的运行维护要求，故存在由于运行管理不善而导致污废水事故排放的可能性。

(4) 综合分析

根据以上分析，由于各种原因而导致砂石料冲洗废水事故排放的可能性依然存在，因此，需对其所带来的环境影响进行预测分析。

5.7.1.2 事故源强分析

根据施工规划和工程分析，上铺子沟砂石料系统高峰期废水排放量为 680m^3/h。考虑废水进入水体前污染物有一定的削减，废水中 SS 浓度为 30000mg/L。

砂石料冲洗废水事故排放去向为雅砻江中游干流河段，水功能区划为Ⅱ类水体。

5.7.1.3 事故排放对水环境的影响分析

(1) 预测因子及预测模型选择

砂石料冲洗废水事故排放对水体的影响根据水污染源特征及其所在雅砻江中游河段水环境功能，选用合适的预测因子和模式进行预测评价。

① 预测因子

根据施工水污染源分析，砂石料冲洗废水中主要污染物为 SS，故预测因子为 SS。

② 预测模型

混合过程段采用导则推荐的非持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式，即

$$c(x,y)=\exp(-K_1\frac{x}{86400u})\left\{c_h+\frac{c_pQ_p}{H\sqrt{\pi M_y xu}}\left[\exp(-\frac{uy^2}{4M_y x})+\exp(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x})\right]\right\}$$

式中：

c(x,y)——预测点污染物浓度，mg/L；

x，y——预测点 x、y 方向坐标值，m；

u——x 方向平均流速(表示河流中断面平均流速)，m/s；

C_h——河流本底污染物浓度，mg/L；

C_p——污染物排放浓度，mg/L；

Q_p——废水排放量，m^3/s；

H——河流平均水深，m；

B——河流宽度，m；

K_1——对 SS 而言为沉降系数，1/d；

M_y——横向混合系数，m^2/s；

I——为河流底坡，m/m；

g——取 $9.8m/s^2$。

(2) 计算条件及参数确定

① 计算条件

A、水文条件

工程所在雅砻江河段枯水期流量相对较小，水体稀释自净能力相对较弱，因此，分析该时期砂石料冲洗废水的事故排放对其水质的影响代表性较强。卡拉水电站由于利用杨房沟水电站的上铺子沟砂石料加工系统，水文条件同杨房沟砂石料加工废水事故排放，计算典型年选取坝址处 95％保证率枯水年的流量 $648.5m^3/s$，并计算该典型年枯水期的水文要素，作为水质预测的水文条件。

B、水质本底条件

上铺子沟砂石料加工系统废水事故排放采用杨房沟坝址处 2012 年 4 月枯水期水质监测数据作为本底值，即 SS 浓度为 91mg/L。

② 参数确定

A、沉降系数 K_1

工程所在雅砻江河段水流湍急，悬浮物不易沉降，保守考虑，SS 沉降系数 K_1 取零。

B、横向混合系数 M_y

采用导则推荐的适用于河流的泰勒法确定横向混合系数 My，即

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)\sqrt{gHI}$$

根据上式，结合施工区所在河段大断面实测结果，可得枯水期施工区横向混合系数为 $0.37m^2/s$。

(3) 计算结果分析

① 砂石料系统冲洗废水事故排放

枯水期砂石料系统冲洗废水事故排放时，工程所在雅砻江河段水体 SS 浓度预测结果见表 5.7-1 和图 5.7-1。

枯水期砂石料冲洗废水事故排放雅砻江 SS 浓度预测结果

表 5.7-1　　单位：mg/L

y(m) / x(m)	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
5	434.3	97.4	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
10	333.7	124.2	91.1	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
15	289.2	143.7	92.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
20	262.6	154.5	94.2	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
50	199.6	163.9	113.1	91.2	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
100	167.8	153.9	125.7	94.2	91.1	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
300	135.3	132.5	125.0	106.3	95.1	91.6	91.1	91.0	91.0	91.0	91.0
500	125.3	124.0	120.3	109.2	99.2	93.7	91.6	91.1	91.0	91.0	91.0
1000	115.3	114.8	113.4	108.7	102.9	97.8	94.3	92.4	91.5	91.2	91.1
2000	108.2	108.0	107.5	105.6	103.0	100.1	97.4	95.2	93.6	92.7	92.4
5000	101.9	101.9	101.8	101.4	100.7	99.9	99.0	98.2	97.6	97.1	97.0
10000	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.4	99.3	99.2	99.1	99.1	99.1

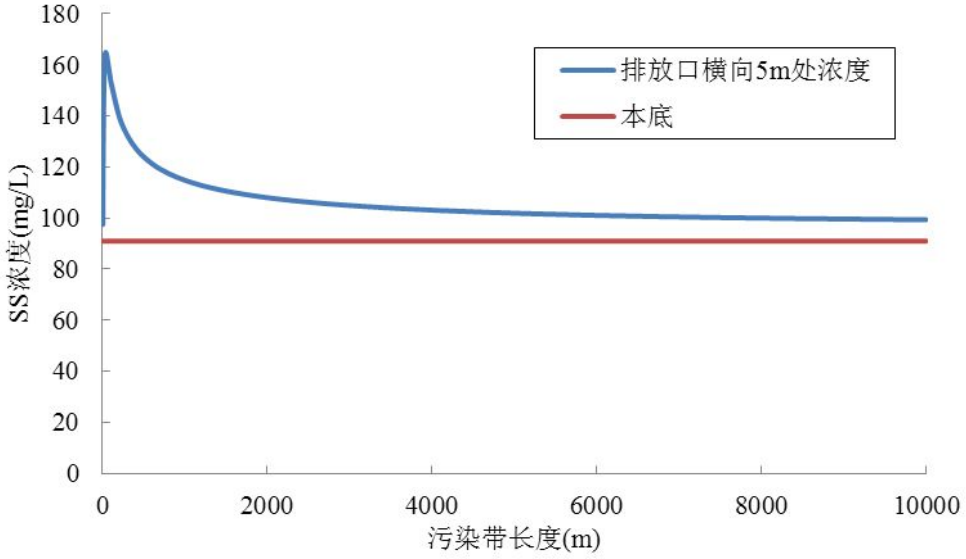


图 5.7-1　砂石料系统废水事故排放河段 SS 浓度衰减情况

从预测结果可知，在枯水期，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。距离排放口 5m 处的 SS 浓度最大为 164.8mg/L，增量为 73.8mg/L。完全混合后，与雅砻江同水期实测值比较，枯水期江水中 SS 浓度增量为 8mg/L，增幅约 8.8%，对雅砻江水体 SS 浓度仍有一定的影响。

因此，在砂石料冲洗废水事故排放的情况下，其对雅砻江局部水域影响较大，形成较明显的污染带，与雅砻江水体完全混合后影响相对减小。

5.7.2 对声环境的影响

工程区地处农村地区，区域内无大的污染源，声环境质量现状较好。根据工程分析，可能对环境敏感目标产生噪声影响的主要为右岸综合加工厂、机械修配厂、汽车保养站，左岸钢管加工及金属结构拼装厂、转轮拼装厂等的机械生产噪声，右岸辅助路(2#公路)、拓宽已有简易路、左岸蔡家坪场地路的交通噪声等。

下田镇村和岗尖村的声环境受施工工厂噪声和交通噪声的综合叠加影响，因此，考虑对各敏感目标的噪声影响进行综合预测评价。

5.7.2.1 敏感目标及噪声源强

(1) 敏感目标

根据施工总布置，本次声环境影响评价的敏感目标为下田镇村和岗尖村。主要噪声源包括施工辅助企业机械噪声和交通噪声等。

各敏感目标及噪声源情况详见表 5.7-2。

(2) 噪声源强

本工程主要噪声源包括施工工厂和交通噪声等。根据施工实际情况，施工工厂的噪声源主要为施工机械或设备生产时产生的噪声，距离敏感点有较大的距离，可按照点声源进行预测，交通噪声按照线声源进行预测。

点声源噪声情况详见表 5.7-3，各施工道路计算参数详见表 5.7-4。本工程施工道路大车型比例较高，按 80%比例进行预测；夜间施工强度较小，昼夜车流量均按照 5:1 计。

声环境敏感目标一览表

表 5.7-2

敏感目标	200m 内户数	噪声类别	产生区域	影响时段	最近居民与场界距离(m)			1m 处源强(dB)
					水平	高差	直线	
下田	约 10 户	交通噪声	右岸已有简易路	24h	6	5	7.8	/

镇村								
岗尖村	约 6 户	施工工厂噪声	左岸转轮拼装厂	6:00～22:00	193	15	193.6	70～80
			左岸金属结构拼装厂	6:00～22:00	140	14	141	80～100
		交通噪声	左岸蔡家坪场地路	24h	121	10	121.4	/

点声源噪声源强一览表

表 5.7-3

施工场地名称	噪声源位置	实测 1m 处源强(dB)	预测 1m 处源强(dB)	备　　注
左岸转轮拼装厂	加工设备	70～80	80	按场地中心位置进行预测，围墙高 2m
左岸金属结构拼装厂	加工设备	80～100	100	按场地中心位置进行预测，围墙高 2m

施工道路计算参数一览表

表 5.7-4

道路名称	等级	路宽(m)	路面材料	设计时速(km/h)		车流量(辆/h)	
				昼间	夜间	昼间	夜间
已有简易路	等外路	4	泥碎石	20	15	25	5
左岸蔡家坪场地路	水电三级	8	混凝土	20	15	50	10

5.7.2.2 预测模式

考虑对施工作业噪声、施工工厂噪声分布面积较广，且距离居民点较近，拟采用点声源模式进行预测；对交通噪声采用线声源进行预测；由于敏感目标受施工作业噪声、施工工厂噪声和交通噪声的综合叠加影响，因此，需对各类噪声贡献值、噪声背景值进行叠加预测。

采用德国 DataKustik 公司编制的声场仿真软件 Cadna/A 对其进行综合叠加影响预测。

(1) 点声源影响预测模式

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20\lg(r / r_0)$$

式中：$L_p(r)$——距离声源r处的A声级；

$L_p(r_0)$——参考位置r_0处的A声级；

r——预测点距离声源的距离，m；

r_0——参考位置距离声源的距离，m。

(2) 道路交通影响预测模式

① 交通噪声源强

车辆产生的噪声 $L_{m,E}$ 定义为：

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{stro} + D_{stg}$$

式中：$L_m^{(25)}$ —为自由声场中，距车道中心线水平距离 25m，高度 2.25m 处平均声级；

$L_m^{(25)} = 37.3 + 10 \times \lg[M \times (1 + 0.082 \times p)]$，其中：M 为单车道道路小时平均车流量，对于多车道道路，计算最外侧 2 条车道，每条车道流量为 M/2；p 为 2.8t 以上车辆占有百分比；

D_V —不同车速的声级修正；

D_{stro} —不同道路表面的声级修正；

D_{stg} —不同坡度的声级修正。

② 交通噪声影响声级

计算多车道道路声级，假定最外侧 2 条车道中心线位置、高度 0.5m 处为 2 个线声源，分别计算后叠加得到道路噪声的平均声级 L_m：

$$L_m = 10 \times \lg\left[10^{0.1\times L_{m,n}} + 10^{0.1\times L_{m,f}}\right]$$

式中 $L_{m,n}$、$L_{m,f}$ 分别为距预测点最近、最远车道的平均声级。对于单车道道路最近、最远车道的位置相同。单一车道声级用 $L_{m,i}$ 表示：

$$L_{m,i} = L_{m,E} _ D_l + D_s + D_{BM} + D_B$$

式中：$L_{m,E}$ —车辆产生的噪声；

D_l —计算中采用的声源分段长度 l 引起的声级不同，$D_l=10\times\lg(l)$；

D_s —不同距离及空气吸收引起的声级不同；

$D_s = 11.2 - 20\times\lg(s) - s/200$，s 为声源至受声点的距离；

D_{BM} —不同地面吸收和气象因素引起的声级不同；

$D_{BM} = (h_m / s)\times(34 - 600/s) - 4.8$；

D_B —不同地形，建筑物引起的声级不同。

(3) 综合叠加预测模式

对点声源和线声源的噪声贡献值、噪声背景值进行叠加，计算公式如下：

$$L_{Aeq} = 10\times\lg\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{0.1\times L_i} + 10^{0.1\times L_0}\right]$$

式中：L_{Aeq} —叠加后的综合值；

L_i —各类噪声影响贡献值；

L_0 --噪声背景值。

5.7.2.3 预测结果分析

采用德国 DataKustik 公司编制的 Cadna/A 软件对各敏感目标进行综合叠加影响预

测。下田镇村噪声背景值选取 2012 年 4 月 10 日噪声监测成果中的最大值，岗尖村位于蔡家坪村江对面，可采用蔡家坪村噪声监测成果，蔡家坪村周围无明显噪声源，由于 2012 年 4 月监测时江水声较大，导致监测值夜间超标，由于江水声不属于噪声，噪声监测背景值采用蔡家坪村 2009 年 4 月 23 日的监测值。本工程下田镇村和岗尖村均为 2 类功能区。

敏感点噪声预测背景值取值见表 5.7-5，计算结果见表 5.7-6，敏感目标等声级线见图 5.7-1。

各敏感点噪声预测背景值取值一览表

表 5.7-5 单位：dB

监测点位	功能区	评价标准		最大噪声值		备 注
		昼间	夜间	昼间	夜间	
下田镇村	2 类	60	50	51.6	44.1	
岗尖村	2 类	60	50	45.2	39.8	采用 2009 年蔡家坪村噪声监测背景值

各敏感目标噪声预测结果一览表

表 5.7-6 单位：除户数外，dB

敏感点	功能区	200m 内户数	评价标准		背景值		贡献值		预测值		超标值		超标户数
			昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	
下田镇村	2 类	10	60	50	51.6	44.1	61.2	54.2	61.65	54.60	1.65	4.60	2
岗尖村	2 类	6	60	50	45.2	39.8	52.4	45.4	53.16	46.46	-	-	0

敏感目标的噪声预测结果分析如下：

本工程共 2 处敏感目标，岗尖村昼夜均达标，下田镇村 2 户房屋距离现有简易路约 5m，高差 5m，施工车辆运输导致超标，昼间超标 1.65dB，夜间超标 4.6dB，需采取相应降噪措施，其余约 8 户居民距离现有简易路较远，昼夜噪声均达标。

5.7.3 对环境空气的影响

工程区地处农村地区，区域内无大的污染源，根据“4.5 环境质量及主要问题”，工程区域环境空气质量现状较好。从“1.6 环境保护目标”来看，工程施工区内环境保护目标为环境空气评价范围内的下田镇村和岗尖村居民点，下田镇村位于场内施工道路旁，最近距离约 2m，场内施工道路两侧 200m 内约 10 户；岗尖村位于场内施工道路两侧，最近距离约 2m，场内施工道路两侧 200m 内约 6 户。

由于水电站施工期大气污染物排放源强的不确定性和无组织排放的特点，本次评价选择同样位于雅砻江的锦屏一级和锦屏二级水电站作为类比调查对象，对施工区环境空气影响进行类比调查分析。

5.7.3.1 可比性分析

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州盐源县和木里县境内，坝址位于盐源县与木里县交界的普斯罗沟，电站装机容量为 3600MW；锦屏二级水电站工程位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界的雅砻江水能资源最为富集的卡拉至江口河段的锦屏大河湾上，闸址位于锦屏一级水电站坝址下游 7.5km 的大河湾西端猫猫滩，厂址位于雅砻江大河湾东端大水沟处，电站装机容量 4800MW。两个电站为雅砻江下游最后开发的两个梯级，其中锦屏一级水电站上游梯级为卡拉水电站，可见，锦屏一级和锦屏二级水电站施工区气候条件、地形地貌等与卡拉水电站均具有较高的一致性；本工程与锦屏一级和锦屏二级水电站的建设单位同属雅砻江流域水电开发有限公司，在建设管理等方面的要求具有相对一致性；锦屏一级和锦屏二级水电站装机规模均较卡拉水电站大，且两个电站基本同时推进，施工强度大、往来车辆多，从大气污染物排放较角度相对不利。因此，选择锦屏一级和锦屏二级水电站作为本工程环境空气影响的类比对象是合适的。

5.7.3.2 污染源类比监测及影响分析

(1) 污染源类比监测结果

锦屏一级和锦屏二级水电站建设过程中，建设单位委托凉山州环境监测站开展了施

工期的环境监测工作。监测参数为颗粒物，监测时间和频次为施工高峰年（2008 年）及正常施工年（2010~1011 年）各选一年，每年每季度监测 1 次，每次连续监测 5 天，每天至少有 12 个小时的采样时间。

施工期无组织排放颗粒物浓度监测结果

表 5.7-7

序号	监测点位	监测时间	监测结果（mg/m³）	监测日数（天）	超标率(%)
1	锦屏一级大坝施工区	2008 年 11 月~2010 年 6 月	0.33~0.904	15	0
2	西端高线混凝土系统		0.3~0.998	15	0
3	印把子砂石系统		0.756~4.01	15	80
4	东端高线混凝土系统	2009 年 3 月~2011 年 11 月	0.14~0.73	40	0
5	模萨沟砂石加工系统		0.22~16.47	35	43
6	锦屏二级闸坝施工区		0.25~1.31	30	17

根据施工期大气污染源监测结果，锦屏一级和锦屏二级水电站施工期大气污染物源强方面存在如下情况：

① 印把子沟砂石加工系统作业区无组织排放监控点颗粒物浓度值在大部分监测时段内超过《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996），最大超标量（TSP 无组织排放监控浓度限值为 1.0mg/m³，下同）为 3.01 倍，超标原因是石料在粉碎和堆放的过程中产生大量粉尘，车辆运输产生二次扬尘影响。

② 2011 年 3 月及 2009 年 3 月、5 月，模萨沟砂石加工系统作业区无组织排放监控点颗粒物浓度均超过《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996，2000 年修改），最大超标量为 26.70 倍，超标原因是模萨沟砂石料加工作业区内转运石料的皮带运输系统不适合采取封盖措施，造成作业区内转运石料产生较多扬尘。之后建设单位加大了大气污染防治管理，施工单位改变了原作业区内石料转运的方式，由汽车运输石料替换原有的无封盖皮带运输，2011 年 3 月之后，模萨沟砂石料加工作业区的无组织排放污染物颗粒物日均浓度均达到《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）标准要求。

③ 锦屏二级闸坝施工区无组织排放监控点颗粒物浓度值除 2009 年 5 月出现过超标《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）0.31 倍外，其余各时段均满足达标，

锦屏一级大坝施工区、西端高线混凝土系统作业区、东端高线混凝土系统作业区的

无组织排放监控点 TSP 日均浓度均达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准要求。

(2) 影响预测

通过大气污染源类比监测可知，砂石加工系统是产生 TSP 的主要来源，在实际施工过程中，当施工企业未能严格执行大气污染防治措施的情况下，容易出现污染源排放超标的情况。枢纽施工区的无组织排放污染源除个别时间出现少量超标外，绝大多数时间段均能满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准要求。卡拉水电站砂石料利用杨房沟水电站的上铺子沟砂石料加工系统，在落实杨房沟水电站环评报告中提出的相应环保措施基础上，加强对料源装卸、料源传送、筛分车间等重点产尘区域的环境监理，吸收锦屏一级和锦屏二级砂石加工系统实际运行过程中的除尘经验的情况下，是能够实现污染源强达标排放的；卡拉水电站枢纽施工区施工期间，在做好爆破区域洒水降尘，渣料规范堆置和遮盖的情况下，其无组织排放源强将能够满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准要求。

5.7.3.3 环境空气质量类比监测及影响预测

(1) 类比监测结果

为了解环境敏感点环境空气质量，建设单位委托凉山州环境监测站对 1#生活营地、4#生活营地、磨房沟电场生活区、周家坪居民点等 4 处开展了环境质量监测。监测参数为 TSP，监测时间和频率为施工期每年每季度监测 1 次，每次连续监测 5 天，每天至少有 12 个小时的采样时间。

类比监测点位与类比工程的位置关系一览表

表 5.7-8

序号	监测点位	与工程的位置关系
1	周家坪居民点	位于厂址~模萨沟弃渣场施工公路旁，房屋与公路最近水平距离约 10m，距离砂石料系统约 1000m。
2	磨房沟电厂生活区	东端对外交通辅助道路(江口～磨房沟～厂址)旁
3	大沱居民点	位于坝址下游约 13km

施工期环境空气质量监测结果一览表

表 5.7-9

序号	监测点位	监测时间	监测结果（mg/m³）	监测日数	超标率(%)
1	周家坪居民点	2008 年 11 月~2011 年 11 月	0.06~0.80	70	43
2	磨房沟电厂生活区		0.09~0.41	70	10
3	大沱 1#营地	2008 年 11 月~2011 年 9 月	0.05~0.25	45	0

根据施工期环境空气监测结果，锦屏一级和锦屏二级水电站施工期环境空气存在如下情况：

① 工程施工期间，周家坪居民点 2009 年 3 月~2010 年 12 月期间大部分时段环境空气质量超过《环境空气质量标准》（GB3095-1996，2000 年修改）二级标准（0.3 mg/m³），最大超标量为 0.37 倍，超标原因一方面为所在区域干风气候造成的扬尘所致，另一方面是由于周家坪居民点距离施工作业区较近，周边分布有模萨沟砂石加工系统、模萨沟弃渣场以及锦屏东端道路等，这些作业区内的石料在粉碎和堆放的过程中产生的粉尘，车辆运输产生的二次扬尘，对周家坪居民点的产生了一定影响。从 2011 年以来，建设单位对这些作业区的扬尘加强防治后，周家坪居民点环境空气质量得到了较大改善，仅 2011 年 5 月出现过超标现象，其余绝大部分时段均满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996，2000 年修改）二级标准。

② 磨房沟电厂生活区环境空气质量仅在 2008 年 11 月和 2009 年 11 月出现过超标现象，最大超标量为 1.67 倍，超标原因主要是所在区域干风气候造成扬尘所致，其余绝大部分时段均满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996，2000 年修改）二级标准。

③ 施工期大沱 1#生活营地的环境空气质量环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996，2000 年修改）二级标准。

(2) 影响预测

本工程大气环境影响评价范围内的下田镇村和岗尖村位于场内施工道路两旁，距离道路最近约 2m。根据类比分析，工程地处干旱河谷区域，在干旱大风时，大风卷起地表尘土，将增加背景 TSP 值，在这种天气时可能出现监测值超标的情况；在一般天气情况下，在做好车辆清洗、路面渣土清理、洒水降尘等措施，加强环境监理的情况下，下田镇村和岗尖村将能符合环境空气质量二级标准（0.3 mg/m³）要求。

5.7.4 固体废弃物影响

(1) 生活垃圾影响

根据工程分析，施工期日平均垃圾产生量 1.85t/d，日最大垃圾产生量 2.55t/d，施工期共产生垃圾 4607t，容重率以 0.45t/m^3 计，共产生垃圾 10237m^3。工程产生的生活垃圾若不及时进行处理，其堆放和垃圾渗滤液的排放，不仅会破坏当地土地资源和植被，还将污染当地地表水和地下水，成为流行性疾病的疫源地。

(2) 弃渣

工程弃渣总量为 879.94 万 m^3(折松方 1217.66 万 m^3，不含卡～杨公路卡拉分摊部分弃渣)，弃渣主要产生于枢纽工程区和交通设施区，分别占弃渣总量的 74.47%和 16.19%。弃渣集中堆置在设置的上田镇沟弃渣场、甲尔沟弃渣场、金波弃渣场、上铺子沟弃渣场、猪白沟沟口中转料场，其中上田镇沟弃渣场堆渣量 604.66 万 m^3，甲尔沟弃渣场堆渣量 578.00 万 m^3，金波弃渣场堆渣 20.00 万 m^3、上铺子沟弃渣场堆渣量 10.00 万 m^3、猪白沟沟口中转料场场地垫高 5.00 万 m^3。上田镇沟弃渣场容渣量 650 万 m^3，甲尔沟弃渣场容渣量 620 万 m^3，均可满足堆渣要求。

(3) 建筑垃圾

建筑垃圾主要是工程竣工阶段临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块、弃土及污废水处理后产生的污泥等。在地面清理时应注意对机修厂、停车场等地可能受油污染土壤的清除。这些建筑垃圾均统一运送至弃渣场处理，以免影响临时用地的恢复和生态重建。

(4) 生产垃圾

对于废弃物中有用的下脚料，如金属、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、蓄电池等。这些废弃的材料露天堆放锈蚀、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。特别是蓄电池禁止露天堆放，并由专门的单位处理，避免其腐蚀后造成污染影响。

5.7.5 对人群健康的影响

工程建设对人群健康的影响主要是大量外来施工人员进入施工场地，对当地居民的卫生状况带来不同程度的影响。通过对当地居民传染病发病状况的分析，结合临时生活区卫生医疗设施条件，分析大量人员的进入对当地原有人群健康的影响以及地方性疾病

可能对施工人员造成的影响。

5.7.5.1 病媒种群

(1) 蚊类：水电站涉及地域主要的病媒蚊种有中华按蚊等，其生长高峰期在 6～11 月，传播的疾病主要是脑炎等。

(2) 鼠类：工程涉及地区主要的鼠种有昭通绒鼠、大耳姬鼠、中华姬鼠、高山姬鼠等。其繁殖密度高峰期分别是每年的 5～10 月，传播的疾病主要是鼠疫。

5.7.5.2 流行病趋势预测分析

工程涉及区域历年疫情资料和相关疾病现况调查表明，相关疾病主要包括：以细菌性痢疾和甲型病毒性肝炎为主的介水传染病。

致病因子、环境、宿主是影响疾病发生与分布的重要因素，工程兴建将引起涉及区域自然环境和社会环境的改变。施工人员的聚集、移民搬迁，以及水库形成后，水域静水面扩大，周边杂草丛生，蚊虫孳生，鼠类迁徙，生活饮用水源及供水方式的改变，库区生活污染物等均是引起疾病流行的潜在危险因素。

根据木里县的疾病流行趋势分析，近年来，传染病的发病趋势正呈现逐年降低的趋势，这充分说明在政府部门、公众及卫生工作者的努力下，威胁人群健康的传染病已得到基本控制。

由于经济发展和卫生条件的持续改善，除介水传染病以外，其他传染病的发病率将持续走低。然而，施工期间外来人员的进驻，生产和生活过程中将产生大量的污废水，将加大病原传播的可能性。若采取有效饮用水净化处理、粪便集中无害化处置、食物残渣无害化处理等防治措施，介水传染病的暴发和流行的可能性可降至最低。

6 环境风险评价

6.1 评价目的

根据本工程规模、建设特点及周边环境特征，工程建设期间，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、施工危险品运输事故风险及森林火灾风险等。

根据原国家环保总局(90)环管字 057 号《关于对重大环境污染事故隐患进行风险评价的通知》和原国家环保总局环发[2005]152 号文《关于加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》的要求，依据《建设项目环境风险评价导则》技术要求，通过风险识别、风险分析和风险后果计算等开展环境风险评价，为工程设计、环境管理和环境风险防范等提供资料和依据，以达到降低危险，减少危害的目的。

6.2 风险识别和评价工作等级的确定

6.2.1 风险识别

6.2.1.1 风险源概况

(1) 油料库

施工区设油料库 1 座，位于坝址下游 8.0~9.0km 处的蔡家坪施工区，布置于蔡家坪和八通附近的场内道路旁，距离主要施工工厂较近，并适当远离生活区。油料库风险类型为泄漏、火灾和爆炸，危害因素主要为雷电、静电、电气火花、储罐腐蚀穿孔、阀门损坏、储罐冒罐等。油料库总用地面积为 7000m^2。

(2) 炸药库

炸药库布置于左岸坝前约 390m 的大碧沟右岸岸坡。周围 500m 范围内无居民点分布。本工程总占地面积 2000m^2，主要建筑物包括库房、装卸平台、防护土堤、围墙、值班室、回车场、消防水池等。

6.2.1.2 物质危险性识别

按《物质危险性标准》、《重大危险源辨别》(GBl8218-2000)、《职业性接触毒物危害程度分级》(GB50844-85)的相关规定，以及水电工程施工物资种类特点，本工程建设期间涉及的危险性物质为柴油、汽油、乳化炸药等。

6.2.1.3 危险性物质的毒理性质

(1) 柴油

柴油主要是由烷烃、烯烃、环烷烃、芳香烃、多环芳烃与少量硫(2～60g/kg)、氮(<1g/kg)及添加剂组成的混合物。相对密度(水=1)0.78～0.90；相对密度(空气=1)4.5。熔点-29.56℃。沸点 180～370℃。

毒性：属低毒类。大鼠经口 LD_{50}7500mg/kg，兔经皮 LD＞5mL/kg，因杂质及添加剂(如硫化酯类等)不同而毒性可有差异。对皮肤和粘膜有刺激作用。也可有轻度麻醉作用。用 500mg 涂兔皮肤引起中度皮肤刺激。柴油为高沸点物质，吸入蒸气而致毒害的机会较少。

危险特性：遇热、火花、明火易燃，可蓄积静电，引起电火花。

燃烧(分解)产物：CO、CO_2 和硫氧化物。

(2) 汽油

无色或淡黄色易挥发液体，具有特殊臭味；熔点＜-60℃，沸点：40～200℃；不溶于水，易溶于苯、二硫化碳、醇、脂肪；相对密度(水=1)0.70～0.79；相对密度(空气=1)3.5。

毒性：属低毒类。急性毒性：LD_{50}67000mg/kg(小鼠经口)；LC_{50}103000mg/m^3，2 小时(小鼠吸入)；刺激性：人经眼：140ppm(8h)，轻度刺激。亚急性和慢性毒性：大鼠吸入 3g/m^3,12～24h/d,78d(120 号溶剂汽油)，未见中毒症状。大鼠吸入 2500mg/m^3，130 号催化裂解汽油，4h/d，6d/周，8 周，体力活动能力降低，神经系统发生机能性改变。

危险特性：极易燃烧。其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。

燃烧(分解)产物：CO、CO_2。

(3) 乳化炸药

乳化炸药主要是借助乳化剂的作用，使氧化剂盐类水溶液的微滴，均匀分散在含有分散气泡或空心玻璃微珠等多孔物质的油相连续介质中，形成一种油包水型的乳胶状炸药，其主要成分有氧化剂、可燃剂、乳化剂、敏化剂、发泡剂和稳定剂等；其密度范围较宽；具有良好的抗水性能。

毒性：成分中不含有毒物质，基本无毒性。

危险特性：爆炸性能好，物理性能稳定，生产和贮存相对较为安全。

燃烧(分解)产物：CO_2、NO_2、N_2O_5。

(4) 物质危险性

根据以上物质特性，本工程所使用的危险品为易燃、可燃、低毒及爆炸性物品。主要危险性为爆炸和火灾带来的生命、财产损失；环境风险主要是燃烧可能造成的森林火险，溢油对水体产生的石油类污染，以及运输事故造成危险品入江等。汽油被列入《危险货物品名表》(GB12268-2005)和《危险化学品名录》(2002 版)的易燃液体名单；《建设项目环境风险评价导则》附录 A1 和《重大危险源辨识》也将汽油列为易燃物质；从燃烧后产生的环境影响而言，由于柴油的含硫量较高，燃烧后除了产生大量的 CO 和 CO_2 外，还将产生一定量的硫氧化物，所以，就燃烧后产生的“二次效应”而言，柴油对环境的影响更大。乳化炸药在火焰影响下可以爆炸。

6.2.2 评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》中环境风险评价工作等级划分的规定，考虑到本工程位于高山峡谷地区，距离加油站最近的居民点为承包商营地，相距约 130m，炸药库周围 500m 范围内无居民点；加油站和炸药库不涉及环境敏感地区；据此确定本工程环境风险评价工作等级为二级。

6.3 风险评价

6.3.1 风险评价目标

(1) 油料库泄漏或火灾事故风险分析；

(2) 炸药库火灾、爆炸事故风险分析；

(3) 施工期生产废水事故排放对下游水质影响风险分析。

6.3.2 事故可能性分析

(1) 油料库事故可能性分析

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 油品在装卸作业时，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 由于油库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。

爆破材料库设计中，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。爆破材料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) 施工污废水

本工程的砂石加工系统布置于主体工程施工区的金波石料场~卡拉坝址之间临近金波石料场，砂石料加工系统是施工区最大的污废水源，高峰产生量为 550m^3/h 和 7700m^3/d。人工砂石骨料加工系统冲洗废水处理后回用对环境影响不大，但如出现事故排放，未处理的生产废水 SS 浓度可达 50000mg/L，对卡拉下游河段水体水质将会造成较大影响。

6.3.3 事故影响分析

(1) 油料库事故影响分析

① 居民点安全风险分析

距离油料库最近的敏感点为承包商营地，相距约 130m。根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，石油库与周围居住区的防火安全距离为 100m，可见油库与承包商营地的距离符合规范对安全距离的要求。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。

② 引发森林火灾风险分析

油料库位于蔡家坪和八通附近的场内道路旁，占地区附近一定范围内（多大距离？）的植被将会被清理。因此即使万一发生火灾、爆炸事故，引发森林火灾的可能性也很小。

③ 水质污染风险分析

油料库距离雅砻江较近，在发生事故情况下油料进入水体，可能对雅砻江水质造成一定的污染，需采取一定的措施予以减免。

(2) 炸药库事故影响分析

炸药库附近无居民点分布，即使万一发生爆炸事故，危险性也较小；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也较小。

(3) 森林火灾风险分析

工程区属川西高原气候区，主要受高空西风环流和西南季风影响，干、湿季分明。每年 11 月至次年 4 月为流域的干季，降水很少，气候温暖干燥，野外用火容易引发森林火灾。工程施工期由于施工机械、燃油及施工人员增多，增加了火灾风险的概率，工程区基本上处在干旱河谷地段，植被类型组成成分较少，结构稀疏简单，一旦受火灾毁坏后，难以恢复，造成生态破坏。因此，在施工过程中，须采取有效的风险防范措施。

(4) 坝址下游用水风险分析

根据风险事故可能性分析，卡拉水库初期蓄水期间和运行期可能的不发电情况将造成坝址下游河道流量较天然情况下有所减少，可能对下游河道水质、水生生态用水带来一定的风险。

卡拉水电站坝址至下游锦屏一级水电站库尾段长度约 17km，卡拉水电站初期蓄水将造成下游河段流量减少，因此，为保证下游不同用水需求，初期蓄水卡拉水电站需不间断下泄一定的最小流量。

经调查，卡拉水电站下游至锦屏一级水电站库尾河段两岸目前基本无取用水要求，而且区域也无大的污染源，因此，最小流量主要考虑维持水生生态系统稳定的水量，取实测最小流量作为最小生态流量。卡拉水电站初期蓄水期间下泄最小流量为 146m^3/s。

工程所在雅砻江中游河段无国家重点保护鱼类分布，有四川省级重点保护鱼类有裸体异鳔鳅鮀、青石爬鮡、中华鮡、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、鲈鲤 7 种，濒危种(EN)黄石爬鮡。一旦发生断流事故，将在不同程度上对坝下河段的水质和保护鱼类造成影响。因此，需要采取工程措施下泄一定流量，保证下游生态用水需要。

根据雅砻江中游自然环境以及鱼类在该水域的分布状况，本工程和上游杨房沟水电站所处位置，拟在杨房沟水电站位于业主营地西侧、靠近雅砻江侧建设人工增殖放流站，占地面积约 20 亩，作为杨房沟水电站和卡拉水电站的鱼类保护措施，放流站主要以长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、鲈鲤等珍稀保护鱼类为主。根据《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告》，杨房沟水电站将先于卡拉水电站建成，因此，鱼类增殖放流站需与杨房沟水电站同期建设。

6.4 环境风险防范措施和事故应急预案

6.4.1 风险防范措施

6.4.1.1 油料库风险防范措施

电站本身对油库建立有严格的安全管理制度，发生事故的可能性很小，但为防止油库事故产生环境污染，在工程上采取相应的事故防范措施。如：

(1) 油库内建（构）筑物设置满足防火防爆要求；

(2) 油库设置报警器、电话和无线对讲机等通信设备；

(3) 油库区设置泡沫灭火系统、固定式水冷却系统和消防水池等；

(4) 油库内的含油污水和不含油污水分流排放。

6.4.1.2 炸药库风险防范措施

(1) 库房间均建造相应的防护土堤，形成二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。

(2) 库房的门为双层外开门，外层为防火防盗门，内层为通风门；库房窗为高窗，外层为外开钢窗安玻璃，中间为钢筋防盗栏杆，内层为内开钢窗安钢板网及不锈钢纱网；窗下设带钢板百页、钢板网及不锈钢纱网的通风口；库房的地面为不发火水泥石屑地面。

(3) 炸药(导火索)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。

(4) 库区内设一般室外照明电气设备，库房内按规范不设任何电气设备；库区内供电线路采用电缆暗敷，库区外供电线路采用架空敷设。

(5) 库房采用独立避雷针塔对库房进行一次防雷保护，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。

(6) 库区设监控报警系统，同时对库房周边进行防盗报警设备安装。

6.4.1.3 下游用水风险防范措施

水库初期蓄水和卡拉水电站正常运行期，需不间断下泄一定的生态流量，以保证下游不同用水需求。经 5.1.1 节最小下泄流量分析，本阶段主要考虑维持水生生态系统稳定的最小流量为 146m^3/s。在初期需水期间坝体无其他下泄通道时，通过在工程坝体设置生态流量泄放孔，下泄生态流量以满足坝下河道生态需求。运行期，卡拉电站通过开启半台机承担基荷发电，满足下游生态用水需求。当出现所有机组检修或不发电等极端

情况下，结合卡拉水电站工程泄水需求，坝体布置了 5 个生态泄表孔，作为运行期应急情况下的生态流量泄放设施。上述泄水建筑物工作闸门均为弧形闸门，可以局部开启闸门运行（详见 7.1.3.1 节）。

6.4.1.4 森林火灾风险防范措施

(1) 严格执行野外用火和爆破的相关报批制度；

(2) 严禁施工人员私自野外用火，并做好宣教工作；

(3) 严格控制易燃易爆器材的使用；

(4) 制定和执行严格的爆破规程，爆破时采取有效隔离措施。

6.4.2 风险事故应急预案

6.4.2.1 事故应急预案的体系定位及应急处置程序

根据国务院《国家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》确定的全国突发公共事件应急预案体系的划分原则，本工程应急预案体系为突发公共事件地方应急预案和四川省环境污染和生态破坏事故应急预案。突发公共事件的应急处理程序主要包括以下 4 个方面：

(1) 信息报告

特别重大或者重大突发公共事件发生后，要立即报告上级应急指挥机构并通报有关地区和部门，最迟不得超过 4 小时。应急处置过程中，要及时续报有关情况。

(2) 先期处置

突发公共事件发生后，在报告特别重大、重大突发公共事件信息的同时，要根据职责和规定的权限启动相关应急预案，及时、有效地进行处置，控制事态。

(3) 应急响应

对于先期处置未能有效控制事态的特别重大突发公共事件，要及时启动相关预案，由上一级应急指挥机构统一指挥或指导有关地区、部门开展处置工作。

现场应急指挥机构负责现场的应急处置工作。

需要多个相关部门共同参与处置的突发公共事件，由该类突发公共事件的业务主管部门牵头，其他部门予以协助。

(4) 应急结束

特别重大突发公共事件应急处置工作结束，或者相关危险因素消除后，现场应急指挥机构予以撤销。

6.4.2.2 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四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县，根据《国家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四川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. 油料库区；B. 炸药库区；C. 环境保护目标区，主要是工程所在雅砻江河段水体。

应急事件包括火灾、爆炸、油库溢油事故等。

(2) 应急组织机构、人员

① 应急领导机构

应急总领导机构为四川省人民政府突发公共事件应急委员会，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。

地区应急领导机构由涉及各县区的分管环保的区/县长、环保局及其它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、爆炸时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；溢油事故应急行动由安全科科长负责指挥。

③ 应急救援人员

应急救援人员包括：A. 危险源控制组，主要是负责在紧急状态下的现场抢险作业，及时控制危险源，由建设单位和承包商单位消防、安全部门组成，必要时包括地方专业防护队伍；B. 伤员抢救组，负责现场伤员的搜救和紧急处理，并护送伤员到医疗点救治，由事故责任单位和施工区医疗机构负责；C. 医疗救护组，负责对受伤人员进行紧急救治并护送重伤人员至医院作进一步治疗，由施工区医疗机构负责，当地医院协作；D. 消防组，负责现场灭火、设备容器的冷却、喷水隔爆、抢救伤员及事故后对被污染

区域的清洗工作，人员由建设单位、承包商消防人员和当地公安消防队伍组成；E. 安全疏散组，负责对现场及周围人员进行防护指导、疏散人员、现场周围物资的转移，由建设单位和承包商安全监督部门、安全保卫人员和当地政府人员组成；F. 安全警戒组，负责布置安全警戒，禁止无关人员、车辆进入危险区域，在人员疏散区域进行治安巡逻，由建设单位和承包商安全保卫人员、当地公安部门负责；H. 物资供应组，负责组织抢险物资、工器具和后勤生活物资的市场供应，组织运送抢险物资和人员，由建设单位和当地县区政府负责；I. 环境监测组，负责对大气、水质、土壤等进行环境应急监测，确定影响区域范围和危险物质浓度，对事故造成的环境影响做出正确评估，为指挥人员决策和消除事故污染提供依据，并负责对事故现场危险物质的处置，由建设单位和承包商单位环境保护管理办公室和当地环保局负责；J. 专家咨询组，负责对事故应急救援提出方案和安全措施，现场指导救援工作，参与事故的调查分析并制定防范措施，由建设单位和承包商单位安全监督部门、当地各相关部门技术专家组成，由领导机构负责组织；K. 综合协调组，负责综合协调、信息沟通、事故新闻和应急公告发布，由建设单位、当地宣传部门组成；L. 善后处理组，负责现场处置、伤亡善后工作，由建设单位、当地政府相关部门组成。应急程序见图 6.4-1。

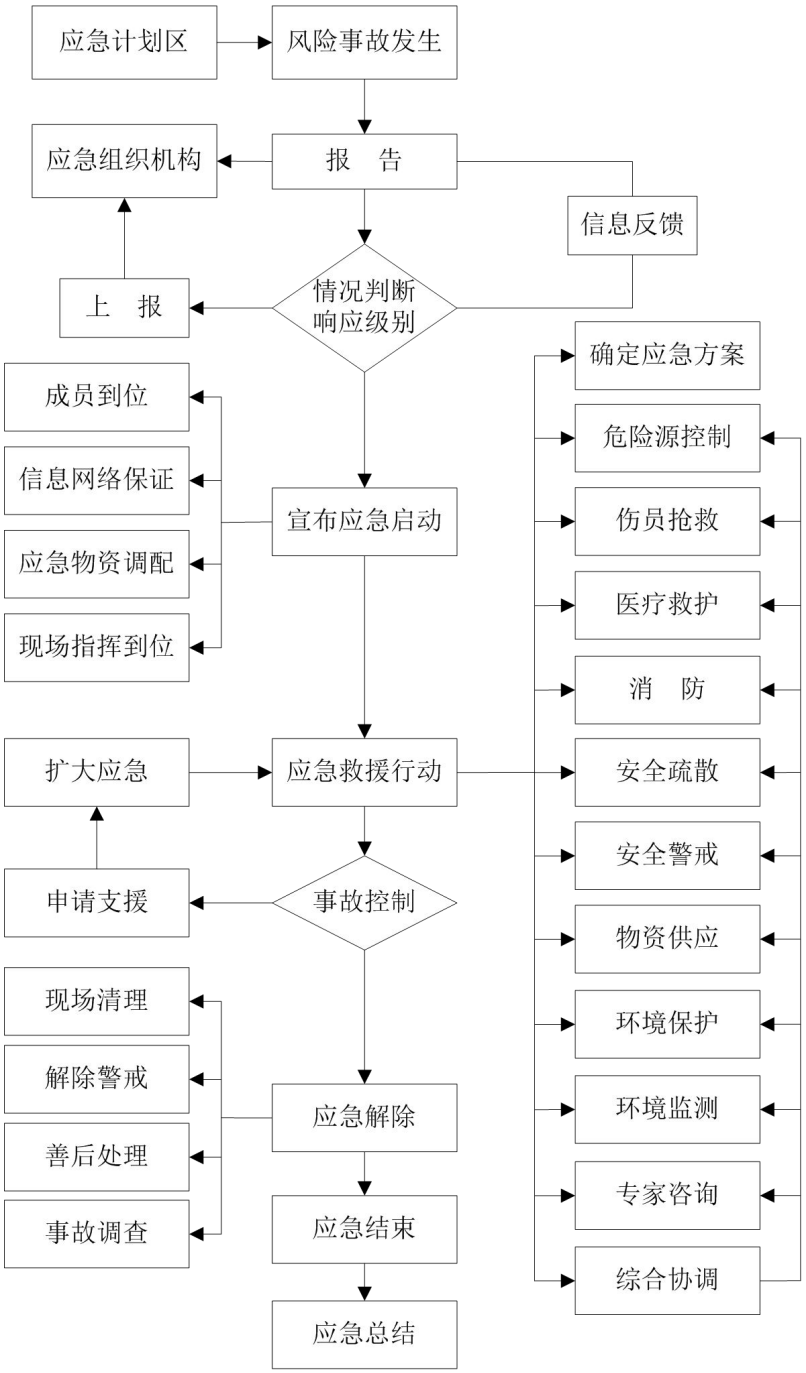


图 6.4-1 事故应急程序图

④ 预案分级响应

事故分为以下 4 个等级：特别重大(Ⅰ级)，重大(Ⅱ级)，较大(Ⅲ级)，一般(Ⅳ级)。针对不同事故等级，实行分级响应。

事故发生时，立即启动并实施本部门应急预案，Ⅰ级、Ⅱ级响应：现场指挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重、特大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故险情，对应急工

作中发生的争议采取紧急处理措施；根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、救援工作灵活开展；根据现场险情，在技术支撑下，科学组织人员和物资疏散工作；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序和伤亡人员的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。Ⅲ级、Ⅳ级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作,防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导机构通报情况。

因环境污染事故存在不可预见、作用时间较长、容易衍生发展的特点，现场指挥可根据现场实际情况随时将响应等级升级或降级。

⑤ 应急救援保障

A. 油料库火灾和爆炸应急设备

主要包括专用消防水池、消火栓、灭火器、防火堤、消防车、消防水收集系统、溢油控制应急设备和器材。

B. 炸药库火灾和爆炸应急设备

主要包括消防水池、消火栓、消防车等。

⑥ 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；现场指挥与应急救援人员通过对讲机进行联系；应急过程中对讲机均使用一频道(消防频道)；如无线通讯中断，应急领导机构和现场指挥可组织人员进行人工联络。

C. 信息报送程序：发生环境风险事故时，必须及时上报，按程序报建设单位环境保护管理办公室和安全监督部门后，报告应急领导机构和其它相关部门、上级部门，报送方式可采用电话、传真、直接派人、书面文件等。

⑦ 应急监测、救援及控制措施

环境监测组负责人带领环境监测人员及应急查询资料到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，对事故出现后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求、群众的疏散范围和路线等提供科学依据，确保

群众和救援人员的安全防护。

⑧ 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。

⑨ 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。

当事故可能危及周边地区较大范围人员安全时，现场指挥应综合专家组及有关部门的意见，及时向领导小组提出实施群体性人员紧急疏散的建议，建议应当明确疏散的范围、时间与方向。

现场指挥应当及时发布事故信息，经领导小组批准，及时发布周边地区人员紧急疏散的公告；当地政府及各有关部门，应当按照领导小组的指令，及时、有序、全面、安全地实施人员疏散，妥善解决疏散人员的临时生活保障问题。

⑩ 事故应急救援关闭程序与恢复措施

整个应急处置和救援工作完成后，即事件现场得到控制，事件条件已经消除；污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；事件所造成的危害已被彻底消除，无续发可能；事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要；采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准，由现场指挥宣布解除应急状态，并发布有关信息。

建设单位协同有关部门做好现场清洁与清理，消除危害因素。

善后处理组针对事故对人体、动植物、土壤、水体、空气造成的现实危害和可能的危害，提供处置建议等相关技术支持，并对事故现场和周边环境进行跟踪监测，直至符合国家环境保护标准。做好事故调查处理。

⑪ 应急培训计划

为了确保应急计划的有效性和可操作性，必须预先对计划中所涉及的人员、设备器

材进行训练和保养，使参加应急行动的每一个人都能做到应知应会、熟练掌握。

每年定期组织应急人员培训，使受培训人员能掌握使用和维护、保养各种应急设备和器材，并具有在指挥人员指导下完成应急反应的能力。

定期进行一次应急演习，在模拟的事故状态下，检查应急机构，应急队伍，应急设备和器材，应急通讯等各方面的实战船能力。通过演习，发现工作中薄弱环节，并修改、完善应急计划。

⑫ 公众教育和信息

对可能发生事故的附近区域居民进行宣传教育，并发布相关信息。

7 环境保护对策措施

7.1 水环境保护措施

7.1.1 施工期水环境保护措施

7.1.1.1 污废水处理总体方案

根据施工期污废水主要污染物特征，对不同的污废水采取因地制宜、分别治理的方式，在各污废水产生位置分别设置水处理设施，各种废水处理设计要求、回用去向规划及水量平衡见表 7.1-1。

7.1.1.2 砂石加工系统废水处理

(1) 废水概况

本工程在场区内不设置砂石加工系统，所需混凝土骨料及其它成品骨料均由位于杨房沟水电站场区内的上铺子沟砂石加工系统提供。根据工程分析，确定本工程砂石冲洗废水高峰小时产生量约 680m^3/h，SS 的浓度约为 50000mg/L。

(2) 处理目标

工程涉及雅砻江河段为Ⅱ类水环境功能，废水不得排入雅砻江，因此生产废水需进行处理后回用于生产。参考《水电工程施工组织设计规范》(DL/T 5397-2007)中砂石加工、混凝土生产等产生的废水回收利用的规定，结合水电工程砂石料冲洗实际用水状况，处理目标为 SS≤100mg/L。

(3) 处理工艺

由于本工程砂石料加工系统与杨房沟水电站合建，杨房沟水电站建设时序在本工程之前，根据《四川省雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书》，上铺子沟砂石加工废水处理系统选用砂水机械分离＋平流沉淀池+DH 高效旋流净化器的废水处理方案，泥渣经陶瓷过滤机机械脱水。砂石料加工系统废水处理工艺流程见图 7.1-5。废水先经砂水分离器回收部分细砂。分离后的出水经平流沉淀池处理后进入调节池，由管道混合器与投加的混凝剂充分混合反应，细小颗粒悬浮物在混凝剂的作用下，形成较大絮凝体后，进入 DH 高效旋流净化器快速沉淀，从而悬浮物得到沉降分离。DH 高效旋流净化器上清液出水自流入回用池，待回用于砂石料系统生产。砂水分离器的细砂进行回收；平流沉淀池泥渣和 DH 高效旋流净化器泥渣经陶瓷过滤机脱水后，运往弃渣场堆放，陶瓷过滤机出水流入回用水池，当陶瓷过滤机发生故障时，出水流入调节池继续处理。

砂石料加工系统废水处理工艺流程见图 7.1-1。

各种废水处理系统设计要求、回用去向规划及水量平衡表

表 7.1-1 单位：m^3/d

序号	污废水处理系统	设计高峰用水量	高峰日污废水产生量	损耗水量	绿化、洒水水量	重复用水	取新鲜水量	处理工艺	回用去向	处理标准
1	上铺子沟砂石料废水处理系统	11900	9520	3332	0	8568	3332	砂水分离器+平流沉淀池+DH 高效净化器	砂石料系统冲洗	SS≤100mg/L
2	大坝工程混凝土废水处理系统	5400	33	5370.3	0	29.7	5370.3	二级沉淀	混凝土系统拌和	
	前期及厂房工程混凝土废水	2200	18	2183.8	0	16.2	2183.8			
	小 计	7600	51	7554.1	0	45.9	7554.1			
3	修配废水处理	46	36.8	12.9	33.1	0	46	隔油+气浮	洒水、绿化	石油类≤3mg/L，SS≤20mg/L
4	洗车废水处理	23	20.7	4.4	0	18.6	4.4	隔油+絮凝沉淀	车辆冲洗	浊度≤5NTU，BOD_5≤10mg/L
5	业主营地	84	67.2	23.5	60.5	0	84	地埋式污水处理装置	洒水、绿化	浊度≤10NTU，BOD_5≤15mg/L
	承包商营地	630	504	176.4	453.6	0	630			
	加油站	15	12	4.2	10.8	0	15			
	小 计	729	583.2	204.1	524.9	0	729			
合 计		20298	10211.7	11107.5	558	8632.5	11665.5			

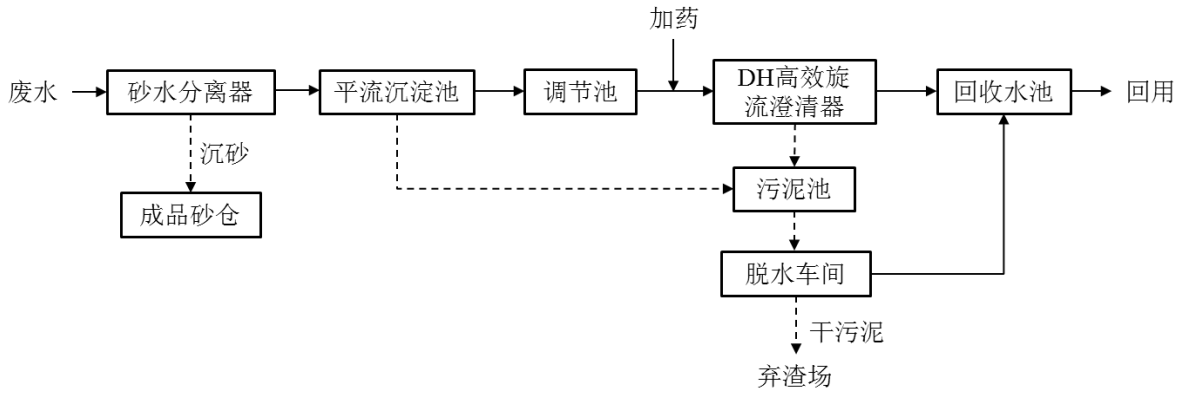


图 7.1-1 上铺子沟砂石料系统废水处理流程图

(4) 工艺设计参数

本工程上铺子沟砂石冲洗废水处理系统工艺设计参数详见表 7.1-2。

各砂石冲洗废水处理系统构筑物设计参数

表 7.1-2

构筑物名称	主要工艺参数
砂水分离器	设计去除效率为 40%
平流沉淀池	设计去除率 50%，停留时间 1h
调节池	停留时间 0.5h
DH 高效旋流净化器	设计去除效率为 99.6%，停留时间 30min
污泥池	设计进泥含水率为 70%，停留时间 1h
清水池	停留时间 0.75h

(5) 主要构筑物及设备

① 主要构筑物

杨房沟水电站可研阶段上铺子沟砂石料加工系统规划采用湿法加工，由于用水量较大，卡拉水电站可研阶段上铺子沟砂石料加工系统规划采用半干法施工，高峰小时用水量 850m^3/h，相比杨房沟可研阶段（2040m^3/h）大幅减少，因此，本报告对杨房沟水电站环评报告中砂石料废水处理系统进行了调整。调整后的上铺子沟砂石冲洗废水处理系统主要构筑物详见表 7.1-3。

上铺子沟砂石冲洗废水处理系统主要构筑物一览表

表 7.1-3

构筑物名称	数量	单池净尺寸(m)			结 构	占地面积（m^2）
	(格/间)	长	宽	高		
石粉回收车间	1	12	7.5	4	钢 砼	111
平流沉淀池	2	20	8	4.3	钢 砼	378
调节池	1	16.5	5.5	4.3	钢 砼	114
回用水池	2	10	9	3.3	钢 砼	220
污泥池	1	5	5	3.3	钢 砼	36
加压泵站	1	15	4	5	砖 混	80
渣浆泵房	1	13	5	3.3	钢 砼	84
脱水车间	1	22	7.5	5.5	框 架	196
加药间	1	7	4	3.5	砖 混	40

注：水池超高均为 0.3m。

② 主要设备

上铺子沟砂石冲洗废水处理系统主要设备详见表 7.1-4。

上铺子沟砂石冲洗废水处理系统主要设备一览表

表 7.1-4

设备名称	型号	数量	单台能力(m^3/h)	备注
砂水分离器	ZX-350B	3	350	2 用 1 备
DH 高效旋流净化器	DH-SSQ-350	2	350	
高效混凝混合器	DH-HNQ-350	2	350	
加药装置	DHJ-350	1	350	
渣浆泵	40PV-SPR	3	17.28~39.6	2 用 1 备
真空吸砂机	SHX-35	2	35	2 用 1 备
潜水泵	200QW-350-6-11	6	350	4 用 2 备
陶瓷过滤机	LH-80	3	$0.6t/m^2 \cdot h$	2 用 1 备

(6) 平面布置

废水处理系统与砂石料加工系统同布置在一块台地上，构筑物利用加工系统附近空地进行布置，上铺子沟砂石冲洗废水处理系统占地面积约为2000m^2。上铺子沟砂石冲洗废水处理系统工艺流程图见附图13，主要构筑物平剖面图见附图14。

7.1.1.3 混凝土生产系统废水处理

(1) 废水概况

本工程共设置前期及厂房工程和大坝工程2座混凝土生产系统，2个混凝土拌和系统，均为3班制，每班冲洗1次，产生的废水水量分别为18m^3/d和33m^3/d，设计水质为SS浓度5000mg/L。

(2) 处理目标

废水经处理后回用于混凝土拌和，出水SS浓度小于100mg/L。

(3) 处理方案

混凝土废水处理系统选用二级沉淀工艺，处理工艺见图见图7.1-2。

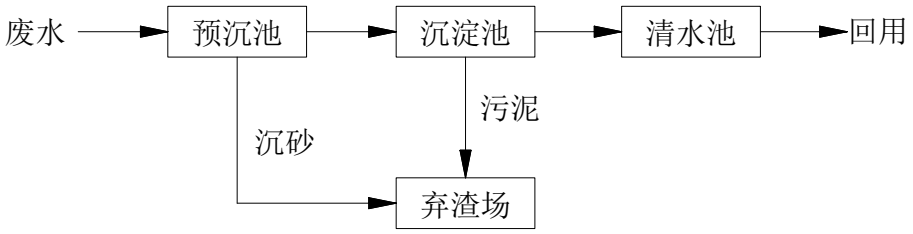


图7.1-2 混凝土废水处理系统工艺流程示意图

废水先进入预沉池，去除大部分悬浮物，再进入沉淀池进一步处理，沉淀池出水进入清水池，回用于混凝土拌和。处理设施采用一体化结构，简称二级沉淀池。预沉池与沉淀池定期人工清理，一起运至弃渣场。

(4) 工艺设计参数

工艺设计参数详见表7.1-5。

混凝土废水处理系统构筑物设计参数

表 7.1-5

构筑物名称	主要工艺参数
预沉池	设计去除率 80%，停留时间 8h，清泥周期 3d
沉淀池	设计去除效率为 90%，停留时间 8h，清泥周期 7d
清水池	停留时间 24h

(5) 主要构筑物及设备

① 主要构筑物

混凝土废水处理系统主要构筑物详见表 7.1-6。

混凝土废水处理系统主要构筑物一览表

表 7.1-6

废水处理系统	构筑物名称	数量(座)	单池净尺寸(m)			结构	占地面积(m^2)
			长	宽	高		
大坝工程混凝土废水处理系统	预沉池	1	5	2	3.3	钢砼	18
	沉淀池	1	5	2	3.3	钢砼	18
	清水池	1	3	2	3.3	钢砼	12
前期及厂房工程混凝土废水处理系统	预沉池	1	4	2	3.3	钢砼	15
	沉淀池	1	4	2	3.3	钢砼	15
	清水池	1	2	2	3.3	钢砼	9

② 主要设备

大坝工程混凝土废水处理系统主要设备为 2 台 50QW-23-15-2.2 型无堵塞潜污泵，一用一备，单台流量为 23m^3/h。前期及厂房工程混凝土废水处理系统主要设备为 2 台 50QW-18-15-1.5 型无堵塞潜污泵，一用一备，单台流量为 18m^3/h。

(6) 平面布置

混凝土废水处理处理系统与混凝土拌和系统同布置在一块台地上，混凝土废水处理系统采用一体化布置，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟规划的平面布置情况，

大坝工程混凝土生产废水处理系统占地面积约 50m^2，前期及厂房工程混凝土废水处理系统占地面积约 45m^2。

7.1.1.4 修配废水处理

本工程机械修配厂和汽车保养站距离较远，需单独设置废水处理系统。机械修配厂布置在业主营地西侧，汽车保养站布置在 1#承包商营地东北侧。机械修配厂和汽车保养站排出的废水性质相似，主要污染物为石油类和 SS，根据类似工程实测结果，其浓度分别约为 100mg/L 和 1000mg/L。

修配废水产生量一览表

表 7.1-7

序号	施工工厂	布置地点	高峰废水产生量		设计废水量 (m^3/h)
			m^3/d	m^3/h	
1	机械修配厂	八通	12.8	1.2	1.5
2	汽车保养站	蔡家坪	24	1.6	2.0
合 计			36.8	2.8	3.5

废水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)标准，用于道路和施工场地洒水或绿化。同时参考《汽车维修业水污染物排放标准》(GB 26877-2011)排放限值，出水水质需满足石油类≤3mg/L，SS≤20mg/L。

(3) 处理工艺

由于修配废水 SS 相对较少，含油较高，因此选用隔油+气浮工艺，处理工艺见图 7.1-3。废水先进入隔油池，隔除含油废水中的浮油后进入气浮池，在气浮池中进一步去除乳化油和悬浮颗粒，气浮池出水进入清水池后回用于周边场地洒水或绿化。隔油池选用较长的停留时间，以同时起到调节的作用。处理后产生的含油污泥同浮油一起交给有相关资质的单位处置。

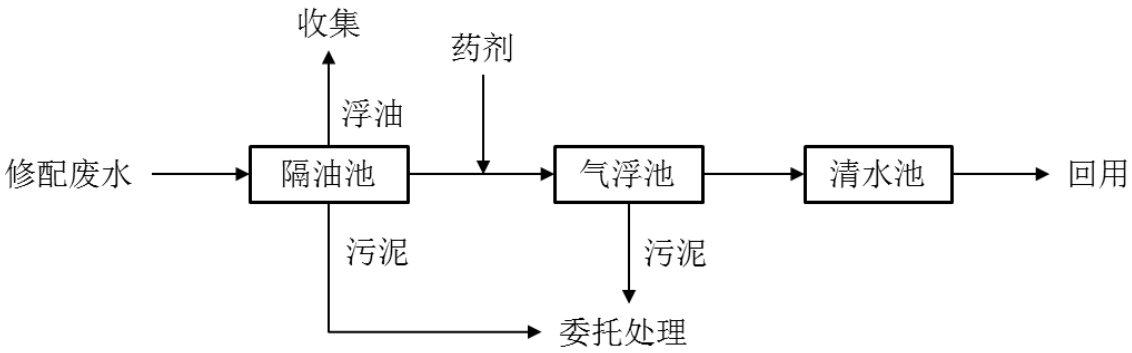


图 7.1-3 修配废水处理系统工艺流程示意图

(4) 工艺设计参数

各修配废水处理系统工艺设计参数详见表 7.1-8。

修配废水处理系统构筑物设计参数

表 7.1-8

构筑物名称	出水水质	主要工艺参数
GG 型隔油池	石油类≤40mg/L，SS≤400mg/L	设计去除率 60%，停留时间 1.5h，清掏周期 7d。
FQ 型气浮池	石油类≤2mg/L，SS≤20mg/L	设计去除率 95%，停留时间 45min，回流比 30%，污泥池出泥含水率 70%。
清水池	/	停留时间 1d

(5) 主要构筑物及设备

① 主要构筑物

修配废水处理系统主要构筑物尺寸见表 7.1-9。

各修配废水处理系统构筑物一览表

表 7.1-9

废水处理系统	构筑物名称	数量(座)	单池净尺寸(m)			结构	单池占地面积(m^2)
			长	宽	高		
机械修配厂	GG-2F 隔油池	1	2	1	2	钢砼	6
	清水池	1	2.5	2	3	钢砼	11
汽车保养站	GG-3F 隔油池	1	2.5	1	2.5	钢砼	7
	清水池	1	3	3	3	钢砼	16

注：水池超高均为 0.3m。

② 主要设备

各修配废水处理系统主要设备一览表

表 7.1-10

废水处理系统	设备名称	数量（台）	单台功率（kW）	备注
机械修配厂	FQ-3 气浮池	1	1.99	
	50WQ20-10-1.5 型潜污泵	2	1.5	1 用 1 备
汽车保养站	FQ-3 气浮池	1	1.99	
	50WQ20-10-1.5 型潜污泵	2	1.5	1 用 1 备

(6) 平面布置

修配废水处理系统布置在机械修配厂和汽车保养站同一台地上，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟设计的平面布置情况，各修配废水处理系统占地面积一览详见表 7.1-11。

各修配废水处理系统占地面积一览表

表 7.1-11

废水处理处理系统	占地面积(m^2)
机械修配厂	35
汽车保养站	50
合 计	85

7.1.1.5 洗车废水处理

(1) 污染源强

本工程施工车辆停放于施工机械停放场，各类车辆将在停放场内不定期地冲洗。施工机械停放场设计洗车用水量为 23m^3/d，高峰小时用水量约 4.8m^3/h，废水产生量按用水量的 90%计，则洗车废水量为 20.7m^3/d，高峰小时废水量约 4.5m^3/h。

洗车废水主要污染物为 SS 和石油类，其浓度分别约为 30mg/L 和 3000mg/L。

(2) 处理目标

洗车废水经处理后回用于车辆冲洗，应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）中车辆冲洗用水要求，浊度≤5NTU，BOD_5≤10mg/L。

(3) 处理工艺

相比修配废水，洗车废水含油量较低，SS 含量较高，选用标准隔油沉淀池，经隔油沉淀后投加混凝剂使其形成较大的絮凝体，后接沉淀池进一步沉淀，进入清水池，回用于汽车冲洗，浮油以及含油污泥委托有资质的单位处理，处理工艺见图 7.1-4。

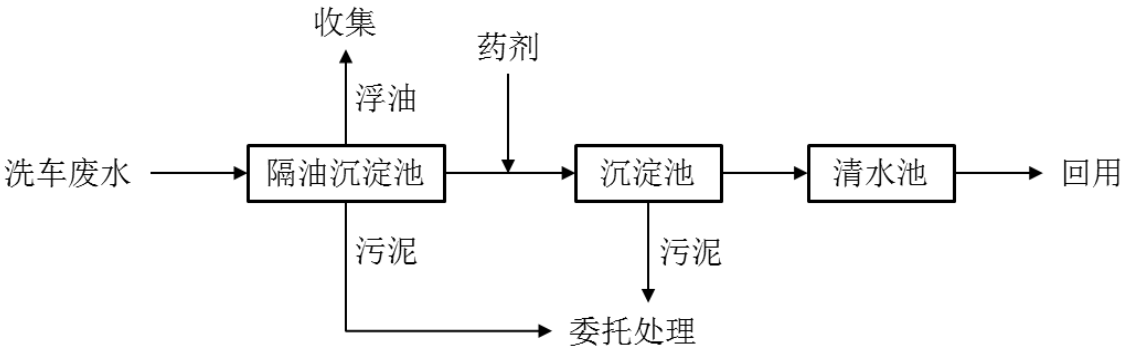


图 7.1-4 汽车冲洗废水处理工艺流程示意图

(4) 主要构筑物及设备

洗车废水处理系统的主要构筑物尺寸见表 7.1-12。洗车废水通过重力自流进行处理，清水池后可通过高压水枪自带的洗车泵进行回用。

洗车废水处理系统构筑物尺寸

表 7.1-12

构筑物名称	数量（座）	单池净尺寸（m）			结构	占地面积（m^2）
		长	宽	高		
GC-2F 隔油沉淀池	1	4.0	1.2	2.7	钢砼	11
沉淀池	1	4.0	2.0	3.3	钢砼	15
清水池	1	2.0	2.0	2.3	钢砼	9

注：水池超高均为 0.3m。

(5) 平面布置

洗车废水处理系统布置于机械停放场同一台地，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟设计的平面布置情况，洗车废水处理系统占地面积约 50m^2。

7.1.1.6 生活污水处理

(1) 生活办公区

① 污水概况

生活办公区污水主要来源于业主营地和承包商营地产生的食堂废水、洗涤污水、淋浴污水、粪便污水等。生活污水主要污染物是有机物，各种污水混合后，BOD_5浓度约200mg/L、COD_{Cr}浓度约400mg/L。考虑生活污水量日变化较大，雨天出水无法回用于绿化和洒水，设置调节池、清水池停留时间为24h。各生活办公区区规划住宿人数及污废水产生量见表7.1-13。

施工期生活办公区污水产生情况一览表

表7.1-13

序号	所在位置	规划人数		污水产生量(m^3/h)		设计污水量(m^3/h)
		平均	高峰	平均	高峰	
1	业主营地	500	600	2.3	2.8	3.0
2	1#承包商生活营地	2370	3333	11.1	15.6	16.0
3	2#承包商生活营地	474	667	2.2	3.1	3.5
4	3#承包商生活营地	356	500	1.7	2.3	2.5
合 计		3700	5100	17.3	23.8	25.0

② 处理目标

废水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，出水进入自建的清水池，用于营地内的景观绿化用水、营地内外公路两侧绿化用水。

③ 处理工艺

生活区食堂的污水排放口下游设置隔油池，用于去除部分浮油。根据施工人员宿舍楼的布置情况，设置化粪池，将每幢宿舍楼的粪便污水就近排入化粪池。利用地形高差，食堂、宿舍等各类生活污水自流至污水处理站统一处理，站内设地埋式成套生活污水处理设施，出水至清水池后回用于营地绿化。卡拉业主营地生活污水处理站工艺流程见附图15，承包商营地生活污水处理站工艺流程同业主营地，地埋式成套生活污水处理设施采用接触氧化工艺，主要包含接触氧化池、二沉池、污泥消化池和消毒池等，处理工艺流程见图7.1-5。

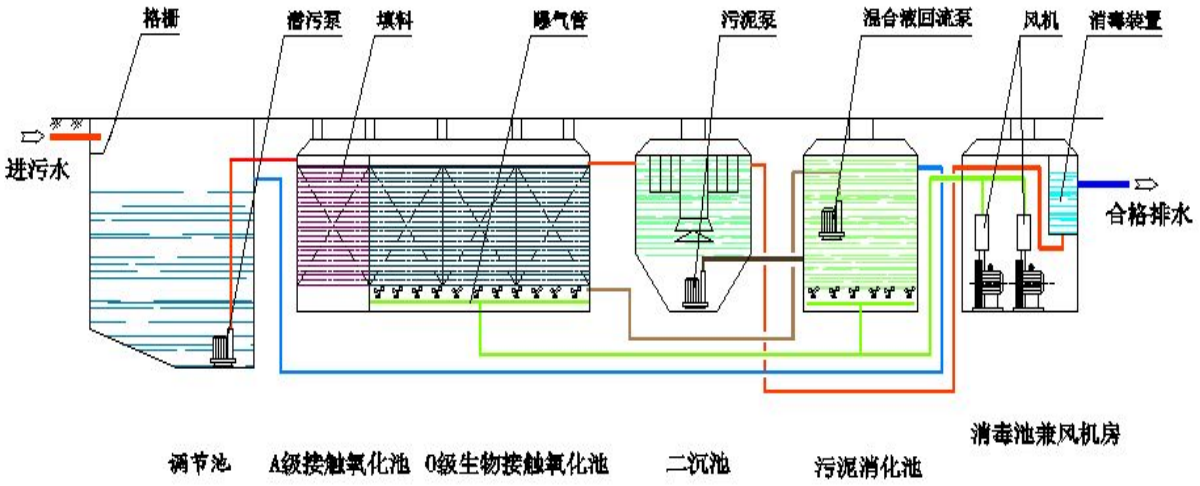


图 7.1-5 生活污水处理工艺流程图

④ 工艺设计参数

工艺设计参数详见表 7.1-14。

生活污水处理系统构筑物设计参数

表 7.1-14

构筑物名称	主要工艺参数
GG 型隔油池	停留时间 30min，清除周期 7d
标准化粪池	停留时间 24h，清掏周期 180d
调节池	停留时间 24h，进口处设置格栅
WSZ 型污水处理设备	清泥周期 180d
清水池	停留时间 24h

⑤ 主要构筑物及设备

各生活污水处理系统主要构筑物详见表 7.1-15，主要设备详见表 7.1-16。

生活污水处理系统主要构筑物一览表

表 7.1-15

构筑物名称		数量(座)	单池净尺寸(m)			结构	占地面积(m^2)
			长	宽	高		
业主营地	G5-12QF 型化粪池	7	4.8	2.1	3.5	钢砼	126
	GG-4F 型隔油池	1	3	1	2.3	钢砼	8
	调节池	1	6	4	3	钢砼	35
	清水池	1	6	4	3	钢砼	35
1#承包商营地	G7-20QF 型化粪池	24	6	3.1	3.5	钢砼	689
	GG-4F 型隔油池	6	3	1	2.3	钢砼	48
	调节池	1	12	10	3.5	钢砼	143
	清水池	1	12	10	3.5	钢砼	143
2#承包商营地	G5-12QF 型化粪池	7	4.8	2.1	3.5	钢砼	126
	GG-4F 型隔油池	1	3	1	2.3	钢砼	8
	调节池	1	6	4	3.5	钢砼	35
	清水池	1	6	4	3.5	钢砼	35
3#承包商营地	G5-12QF 型化粪池	6	4.8	2.1	3.5	钢砼	108
	GG-4F 型隔油池	1	3	1	2.3	钢砼	8
	调节池	1	5	4	3	钢砼	30
	清水池	1	5	4	3	钢砼	30

注：水池超高均为 0.3m。

生活污水处理系统主要设备一览表

表 7.1-16

生活污水处理系统	设备名称	型号	数量（台）	备注
业主营地	成套污水处理设备	WSZ-FC-3	1	
	潜水无堵塞泵	150QW-180-6-5.5	2	1 用 1 备
1#承包商营地	成套污水处理设备	WSZ-FC-20	1	
	潜水无堵塞泵	200QW-500-6-15	2	1 用 1 备
2#承包商营地	成套污水处理设备	WSZ-FC-5	1	
	潜水无堵塞泵	150QW-180-6-5.5	2	1 用 1 备
3#承包商营地	成套污水处理设备	WSZ-FC-3	1	
	潜水无堵塞泵	150QW-180-6-5.5	2	1 用 1 备

⑥ 平面布置

废水处理系统布置在生活营地地势较低的地方，构筑物采用地埋式，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟设计的平面布置情况，各生活污水处理系统占地面积详见表 7.1-17。

生活污水处理系统占地面积一览表

表 7.1-17

生活污水处理系统	占地面积(m2)
业主营地	350
1#承包商营地	1760
2#承包商营地	380
3#承包商营地	310
合 计	2800

(2) 加油站生活污水

根据加油站施工用水规划及产污分析，需在加油站内布置 G1-2QF 型化粪池 1 套，污水停留时间 24h，污泥清挖周期 180d，化粪池的平剖面图详见《03S702 钢筋混凝土

化粪池》。

由于加油站日废水产生量较小，拟选用 WZC-0.5 型地埋式污水成套设施 1 套，单套设施处理能力为 0.5m³/h，该处理设施可埋入地表以下，地表可作为绿化用地，具有不占地表面积，不需要建房、采暖、保温，对周围环境影响小等优点，出水经回用水泵（50WQ7-7-0.55）回用于站区绿化或洒水。

(3) 施工临时区粪便污水

根据施工规划，卡拉水电站施工区划分为 5 个工区（八通和甲尔沟施工区、坝址右岸施工区、坝址左岸近坝施工区、蔡家坪施工区、杨房沟水电站料源开采及砂石加工系统施工区），各施工区块设置 2 座移动厕所，本工程施工区共设置 10 座移动厕所，每座厕所配置 4 个蹲位，由专人负责定期清运至业主营地或承包商营地一体化生活污水处理设施统一处理。

7.1.1.7 基坑排水处理

在大江截留后，基坑内积水量约 21.7 万 m³，基本为河道江水，通过水泵抽排至下游河道，用于补给降水，但基坑内水量较小时，由于存在人为扰动，SS 含量较高，采用絮凝沉淀的方法沉淀后抽排至河道。

基坑采用干地施工，经常性排水为少量地下渗水，多数情况为清水，SS 含量一般较河段自然情况下要低，经收集后用潜水泵抽排；当出现强降雨时，基坑内积水 SS 浓度较高，采用絮凝沉淀后可与河段水质基本一致。

7.1.1.8 维护管理

(1) 人员编制

按工程施工规划及各污废水处理设施的运行管理要求，配备维护管理人员。其中工艺师主要担任责任范围内废水处理系统的处理工艺，日常巡视、人员调度、管理及运行状况记录等工作，操作人员主要担任机械设备的操作、清运污泥及运载药剂等工作。各废水处理系统维护管理人员编制 20 人，17 人全职，3 人兼职，上铺子沟砂石料加工系统与杨房沟水电站合建，杨房沟水电站工艺师 1 人，操作人员 5 人，卡拉水电站工艺师由杨房沟水电站工艺师兼任，操作人员 4 人，详见表 7.1-18。

施工期废水处理系统维护管理人员编制一览表

表 7.1-18 单位：人

序号	废水处理系统		工艺师(兼负责人)	操作人员	小计
1	砂石料废水处理	上铺子沟砂石料加工系统	1(兼任)	4	4 月 1 日
2	混凝土废水处理	大坝工程	/	1	1/0
		前期及厂房工程	/	1(兼任)	0/1
3	修配废水处理	机械修配厂	/	1	1/0
		汽车保养站	/	1	1/0
4	洗车废水处理	机械设备停放场	/	1	1/0
5	生活污水处理	业主营地	1	1	2/0
		1#承包商营地	1	1	2/0
		2#承包商营地	/	1	1/0
		3#承包商营地	/	1	1/0
		加油站	/	1(兼任)	0/1
6	粪便污水	移动厕所	/	3	3/0
总计			2/1	15/2	17/3

注：合计栏中“/”前后分别表示全职和兼职人员数量。

(2) 运行管理与维护

对污废水处理系统进行有效的管理，可最大程度地避免事故的发生及可能带来的各种不利影响。废水处理系统工作人员应具备一定的专业知识，在上岗前应接受设备厂家的技术管理培训。为保证各个废水处理系统正常稳定运行，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，发现问题及时向环境管理部门汇报解决。具体要求如下：

① 按照“三同时”要求，为了保证废水处理系统的有效运行，建设单位应把废水处理系统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。

② 工程环境监理部应定期对废水处理系统的管理运行进行监督检查，即时掌握废水处理系统的运行情况，对不良情况提出口头或书面的整改意见。

③ 污废水处理设施应配备常用或易损部件和材料，以便在出现故障情况下及时进

行更换，减小对污水处理系统的影响。

④ 污水处理系统工作人员，在上岗前应接受专门的技术管理培训。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，并及时发现问题，及时向监理和建设单位汇报解决。

⑤ 在正式运行前进行调试，确定药剂的最佳投加量，确保出水水质达标且运行费用最小。

⑥ 沉砂和污泥的及时清理是废水处理系统正常运行的关键，因此在运行管理中一定要特别重视。

⑦ 废水处理系统的运行、管理费应专款专用，以保证废水处理系统的正常运行。

各处理系统主要要求详见表 7.1-19。

施工期各处理系统运行管理与维护要求

表 7.1-19

处理系统	运行管理与维护要求
砂石冲洗废水	1、及时清理沉淀池中的污泥，并定期用泵将污泥池中的污泥抽至污泥压滤机进行脱水处理； 2、做好絮凝剂 PAC 和助凝剂 PAM 配比及使用量记录，并根据处理出水水质情况，适时调整药剂用量及配比； 3、加强对砂水分离器、DH 高效旋流净化器的维护； 4、发生处理事故时，处理系统负责人应及时组织相关人员针对事故原因进行应急处理，并及时上报公司领导和建设单位相关负责人。
混凝土系统废水	1、及时清理预沉池和沉淀池中的沉砂和污泥； 2、对回用水泵及管道、阀门进行日常巡检，并填写巡检记录表。
修配废水	1、及时清理隔油池、气浮池的浮油、沉砂和污泥； 2、对回用水泵及管道、阀门进行日常巡检，并填写巡检记录表。
洗车废水	1、及时隔油沉淀池的浮油、沉砂和污泥； 2、对运行设备及管道、阀门进行日常巡检，并填写巡检记录表。
生活污水	1、注意调节池的水泵正常运行，并加强成套污水处理设备的维护； 2、定期将处理达标后的出水回用于营地内的景观绿化、营地内外公路两侧绿化及施工区施工道路洒水； 3、地埋式成套生活污水处理装置的污泥应定期清掏。

7.1.1.9 污废水处理方案可行性分析

(1) 由于工程涉及雅砻江河段为Ⅱ类水环境功能，因此在进行污废水处理方案的设计时，均考虑污废水回用，禁止外排。在进行砂石冲洗废水和混凝土系统废水处理方案设计时，均考虑处理后回用于自身系统；对废水量较小的修配废水和各施工营地生活污水，考虑处理后回用于附近道路和施工场地洒水或绿化。

本工程回用于各施工营地绿化、洒水的水量为514.1m^3/d，回用于机修厂、汽车保养站绿化、洒水的水量33.1m^3/d，回用于加油站绿化、洒水的水量为10.8m^3/d，由于工程位于干热河谷，一般情况下能满足回用水的消纳要求。

(2) 在对各污废水处理工艺选择时，首先考虑技术可行、节约投资，然后再考虑施工期和运行期之间的衔接等问题；本次设计在对各污废水处理工艺选择上，根据我院多年的设计成果并结合已建和在建水电工程施工期各污水处理系统的运行调查情况进行工艺选择，提出适合本工程的工艺。

(3) 修配废水水质较简单，主要污染物为石油类和SS，经隔油+气浮法处理后水质较好，可以达到回用标准。洗车废水相比修配废水石油类更少，SS相对较高，经隔油沉淀+沉淀处理后可回用于汽车冲洗。业主营地、承包商营地及加油站等公用设施生活污水采用地埋式生活污水处理装置生化处理，出水水质可以达到回用标准，能够满足设计标准要求。

综合以上分析，本次设计对各污废水拟采取的处理措施是合理可行的。

7.1.2 运行期水环境保护区措施

7.1.2.1 水库淹没区库底清理

7.1.2.1.1 库底清理范围

工程库底清理分为一般清理和特殊清理两部分

一般清范围为：

(1) 卫生清理范围为居民迁移线以下（不含影响区）区域；

(2) 一般建（构）筑物清理范围为居民迁移线以下区域；

(3) 大体积建（构）筑物残留体清理范围为居民迁移线以下至死水位以下3m范围内区域；

(4) 林木清理范围为正常蓄水位（1987m）以下的水库淹没区。

特殊清理范围指水库淹没区理范围内选定的水产养殖场、捕捞场、游泳场、水上运

动场、航道、港口、码头、泊位、供水工程取水口、疗养区等所在地的水域。结合卡拉库区放鱼码头的分布，主要对放鱼码头周边的建（构）筑物和林木等进行特殊清理。

7.1.2.1.2 库底清理技术要求

(1) 建（构）筑物清理

① 清理范围内所有房屋及附属建筑物均应拆除，对无用且易漂浮的废旧材料应及时运出库外或尽量利用，不得堆放在库区移民迁移线以下，且需有固定措施。对库岸稳定性有利的建筑物基础、挡土墙等可不予以拆除。对确难清理的较大障碍物，应设置蓄水后可见标志，并在地形图上注明其位置与标高。

② 建筑物、构筑物清理后，残留高度不得超过地面 0.5m，拆除的线材、铁制品、木杆不得残留库区。

③ 根据库区交通条件，建（构）筑物清理均采取人工方式清理。

(2) 卫生清理

卫生清理应在地方卫生防疫部门的指导下进行。

① 一般污染源清理

a) 化粪池、粪池、牲畜栏、污水池中的粪便、污泥应彻底清掏至库外，无法清掏的残留物，应加等量生石灰或按 1kg/ m^2 撒布漂白粉混匀消毒后清除。

b) 化粪池、粪池、牲畜栏、污水池的坑穴用生石灰或漂白粉（有效氯含量大于 20%）按撒布、浇湿后，用农田土壤或建筑渣土填平、压实。

c) 生活垃圾堆放场一般可采取堆肥法、焚烧法和卫生填埋法进行无害化处理。经无害化处理的废物应化学性质稳定、病原体被杀灭，达到国家有关固体废物无害化处理卫生评价标准要求。

d) 普通坟墓应限期迁出库区，过期无人管理一律按无主坟墓处理；对埋葬 15 年以内的坟墓及周围土应摊晒，或直接用 4%漂白粉上清液按 1kg/m^2~2kg/m^2 或生石灰 0.5kg/m^2~1kg/m^2 处理后，回填压实。无主坟墓，要将尸体挖出焚烧；对埋葬 15 年以上的坟墓，是否迁移，视当地习俗处理，但应作压实处理。

② 传染性污染源清理

卡拉水电站库区暂未发现传染性污染源地，今后如果发现有传染性污染源，应在专业人员的指导下，制定实施方案与应急措施，并严格按照实施方案操作，达到国家有关规定要求。

③ 对工程施工单位在施工期间遗留在水库区的建筑物及其附属设施、污物、垃圾、油污等，由各有关单位自行负责按上述清理的要求进行清理。

(3) 林木清理

林木清理包括对库区内的园地、林地中各类林木、零星树木及其残余的易漂流物等的清理。

① 林木清理，应尽可能齐地面砍伐并清理外运，残留树（竹）桩不超过地面 0.3m，树丫不得残留库区。

② 林木砍伐残余的枝丫、枯木、灌木丛、秸秆以及柴草等易漂浮物，在水库蓄水前，应及时运出库外、就地烧毁或采取防漂措施。

③ 林木清理过程中，应按照当地有关部门的防火规定，注意防火安全。

④ 林木清理残留量不应大于清理量的千分之一。

7.1.2.1.3 库底清理环保要求

库区清理要尽可能消除污染水质的因素，保证水质良好，保障库区及其下泄水体的卫生安全，杜绝病原微生物的扩散，防止介水传染病的发生、流行或暴发。因此，清库须按照《水电水利工程水库库底清理设计规范》(DL/T 5381-2007)执行，并参考《长江三峡水库库底固体废物清理技术规范》(HJ85-2005)，合理、有效、科学地清理库区废弃物，保证库区水质。

7.1.2.2 运行期污水处理和防治

(1) 生活污水处理

业主营地将作为电站运行永久办公生活区，其住宿人员规模不会超过施工期，因此施工期修建的生活污水处理设施可以继续用来处理运行期的生活污水。

厂区生活污水主要由值班人员及运行维护人员产生，在厂区附近设置 1 座化粪池和 1 座无动力生活污水处理装置，选用 5-12A2 型化粪池 1 套和 DW2-1 型地埋式污水成套设施 1 套。生活污水处理系统出水应满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)要求，出水用于绿化。剩余污泥干化后与生活垃圾一并处理。

(2) 油污防治措施

电站机组检修、电站运行时可能产生含油废水，含油废水处理系统在电站厂房设计时统一设计，在厂房内设置含油废水收集和处理系统，含油废水经处理达标后回用或达标排放。厂房含油废水处理系统投资纳入电站主体投资。

7.1.2.3 库区环境管理

库周围目前生产和生活污染负荷较低，今后需加强库周环境管理，禁止在库周及上游地区兴建对水质可能产生严重污染的工矿企业；控制库周旅游业，禁止旅游污废水的排放，加强垃圾的收集和集中处理；保护库周植被，涵养水源，控制水土流失，保证库区水质良好，防止库区水体富营养化。

7.1.3 生态流量泄放措施

7.1.3.1 最小下泄流量的下泄方式

7.1.3.1.1 初期蓄水期生态泄放措施

卡拉坝址至下游锦屏一级库尾约有 17km 的保留河段，在卡拉水电站初期蓄水期间，为保证下游生态环境流量，需向下游泄放流量 146m^3/s。

(1) 生态泄放底孔布置

生态泄放底孔布置于右岸 10#坝段，为坝身有压孔泄水孔，进口底高程 1913.00m，控制断面尺寸 4.0m×4.5m（宽×高），进口设一扇尺寸为 5.50m×7.70m 的平板钢闸门，闸门启闭机及操作平台设置于坝顶。生态泄放孔下游采用矩形断面的无压泄洪洞段连接，断面尺寸为 4.5m×7.0m（宽×高），尾部通过圆弧向河床偏转，由消力池右岸墙进入坝下消力池。

本方案在坝体设置生态泄放孔，对坝体施工稍有影响，但对下游供水稳定、可靠，目前国内已建或在建水电站应用较多，具备较成熟的经验，技术可行性较好。

根据生态泄放孔运行的水位高程，计算其泄流能力表、曲线见下图。

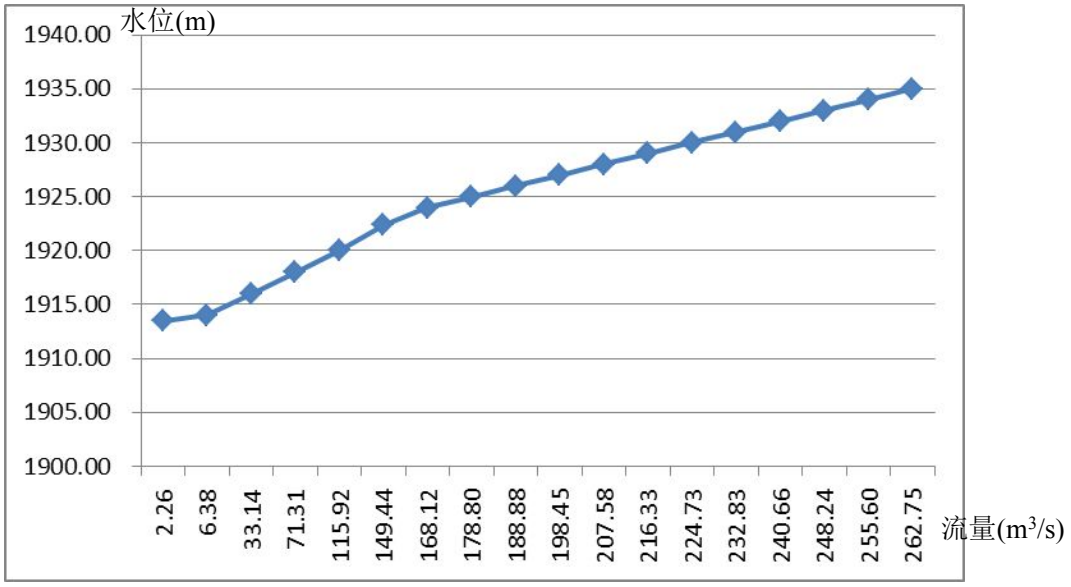


图 7.1-8 生态流量泄放底孔泄流能力曲线图

根据生态流量泄放孔泄流能力可知，当上游水位从 1913.00m 上升至 1922.13m 时，生态流量泄放底孔的泄流能力低于 146m³/s 的最小生态流量，因此，需通过调节导流洞的下闸方案来确保最小生态流量下泄。具体方案为：初期导流洞下闸封堵时，首先关闭 1#导流洞左、右闸门，以及 2#导流洞左闸门，由 2#导流洞右闸门继续向下游供水；当上游水位上升到 1922.40m 时，生态流量泄放孔的泄流能力略大于 146m³/s，届时关闭 2#导流洞右闸门，通过生态流量泄放孔向下游供水，两条导流洞下闸完成时间相隔为 4.48h。

(2) 泄洪中孔

根据泄洪中孔泄流能力可知（见下图 7.1-9 和表 7.1-20），当上游水位从 1922.40m 上升至 1934.49m 时，泄洪中孔的泄流能力低于 146m³/s 的最小生态流量，因此，此时通过推迟生态流量泄放孔的下闸时间来确保最小生态流量下泄。具体方案为：当上游库水位从 1922.40m 上升至 1934.49m 时，继续采用生态泄放孔向下游供水；当上游水位上升到 1934.49m 时，下闸生态泄放孔，此时泄洪中孔的泄流能力为 146m³/s；当上游水位上升到 1934.49m 以后，通过调节泄洪中孔闸门开度向下游供水，直至库水位上升至 1982.00m 时第一台机组发电运行。

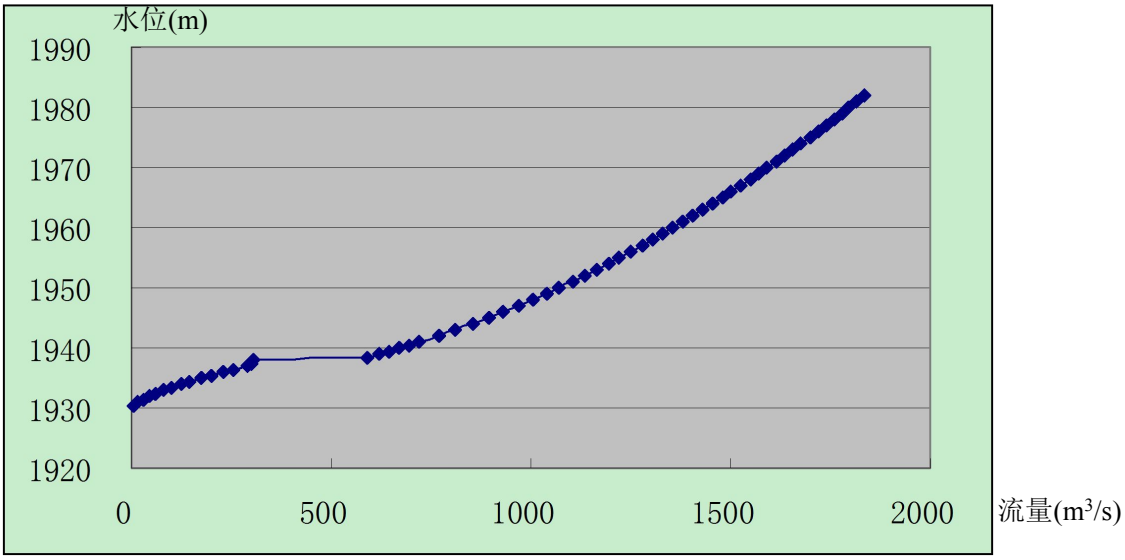


图 7.1-9 泄洪中孔泄流能力曲线图

泄洪中孔不同库水位时最小闸门开启高度计算表

表 7.1-20

2 孔-闸门宽度 (m)	闸门开启高度 (m)	水库水位 (m)	堰顶高程 (m)	2 孔-下泄流量 (m^3/s)
10	2.95	1934.50	1930	146
10	2.63	1935.00	1930	146
10	2.40	1935.50	1930	146
10	2.23	1936.00	1930	146
10	1.98	1937.00	1930	146
10	1.81	1938.00	1930	146
10	1.67	1939.00	1930	146
10	1.56	1940.00	1930	146
10	1.47	1941.00	1930	146
10	1.40	1942.00	1930	146
10	1.33	1943.00	1930	146
10	1.28	1944.00	1930	146
10	1.23	1945.00	1930	146
10	1.18	1946.00	1930	146
10	1.14	1947.00	1930	146
10	1.11	1948.00	1930	146
10	1.08	1949.00	1930	146
10	1.05	1950.00	1930	146
10	1.02	1951.00	1930	146
10	0.99	1952.00	1930	146
10	0.97	1953.00	1930	146
10	0.95	1954.00	1930	146
10	0.93	1955.00	1930	146
10	0.91	1956.00	1930	146
10	0.89	1957.00	1930	146
10	0.87	1958.00	1930	146

泄洪中孔不同库水位时最小闸门开启高度计算表

续表 7.1-20

2 孔-闸门宽度 (m)	闸门开启高度 (m)	水库水位 (m)	堰顶高程 (m)	2 孔-下泄流量 (m^3/s)
10	0.86	1959.00	1930	146
10	0.84	1960.00	1930	146
10	0.83	1961.00	1930	146
10	0.81	1962.00	1930	146
10	0.80	1963.00	1930	146
10	0.79	1964.00	1930	146
10	0.78	1965.00	1930	146
10	0.76	1966.00	1930	146
10	0.75	1967.00	1930	146
10	0.74	1968.00	1930	146
10	0.73	1969.00	1930	146
10	0.72	1970.00	1930	146
10	0.71	1971.00	1930	146
10	0.71	1972.00	1930	146
10	0.70	1973.00	1930	146
10	0.69	1974.00	1930	146
10	0.68	1975.00	1930	146
10	0.67	1976.00	1930	146
10	0.67	1977.00	1930	146
10	0.66	1978.00	1930	146
10	0.65	1979.00	1930	146
10	0.64	1980.00	1930	146
10	0.64	1981.00	1930	146
10	0.63	1982.00	1930	146

(3) 下闸顺序及蓄水过程

按照施工进度安排，1#、2#导流洞下闸时间为12月上旬，导流洞的下闸时机以满足生态泄放底孔单独过流能力146m³/s为控制节点，生态泄放底孔下闸时机以满足泄洪中孔单独过流能力146m³/s为控制节点，泄洪中孔下闸时机以发电机组满足基荷发电为控制节点。

初期蓄水过程的下闸顺序和蓄水过程如下：

① 1#导流洞下闸

按照计划，1#导流洞下闸时间为12月初，相应的上游水位为1915.58m。为确保146m³/s生态流量，生态泄放底孔需在导流洞下闸前打开，提前将坝后消力池注满。1#导流洞下闸时，上游最低水位为1915.58m，左闸门先下闸，期间1#导流洞右进口、2#导流洞左右进口的敞泄的最小过流能力为204.77m³/s；在0.04小时后，上游水位上升到1915.74m，右闸门再下闸，期间2#导流洞的敞泄的最小过流能力为146m³/s。

② 2#导流洞下闸

在0.57小时后，上游水位上升到1917.94m，2#导流洞的左闸门下闸，期间2#导流洞右进口的敞泄的最小过流能力为146m³/s；在4.52小时后，上游水位上升到1922.40m，2#导流洞的右闸门下闸，并开启生态泄放底孔，期间生态泄放底孔的敞泄的最小过流能力为149.44m³/s。

③ 生态泄放底孔下闸

在39.21小时后，上游水位上升到1934.49m，生态泄放底孔下闸，并开启泄洪中孔，通过弧门调节闸门开度，满足向下游泄放流量146m³/s的要求。

④ 蓄水至正常蓄水位

生态泄放底孔下闸后，利用泄洪中孔控制泄放146 m³/s下泄，蓄水至死水位1982.00m高程时累积时间为15.58天。

施工导流期、初期蓄水期各阶段水位、流量衔接情况详见表2.8-8。

7.1.3.1.2 运行期生态流量保障措施

为满足卡拉水电站运行期下泄不小于146m³/s的最小生态流量要求，正常情况下，生态流量通过机组发电下泄，卡拉水电站共设4台机组，单台机组额定发电流量为457.6m³/s，根据安全运行的需要，电站正常情况下开启半台机，承担基荷发电，下泄流量可满足下游生态用水需求。

当出现所有机组检修或不发电等极端情况，即卡拉发电机组停机时，采用单独设置生态流量泄放孔方案，作为运行期应急情况下的生态流量泄放设施。

生态泄放孔布置于右岸 10#坝段，为坝身有压孔泄水孔，进口底高程 1965.00m，控制断面尺寸 3.0m×3.0m（宽×高），进口设事故闸门和工作闸门两道钢闸门，尺寸为 4.0m×4.0m，闸门启闭机及操作平台设置于坝顶，生态流量泄放孔采用全开全关运行方式。生态泄放孔下游出口高程为 1933.0m，采用矩形断面的明渠连接，断面尺寸为 3.0m×7.0m（宽×高），尾部通过圆弧向河床偏转，由消力池右岸墙进入坝下消力池。

根据生态泄放孔运行的水位高程，计算其泄流能力表、曲线见下图 7.1-10。

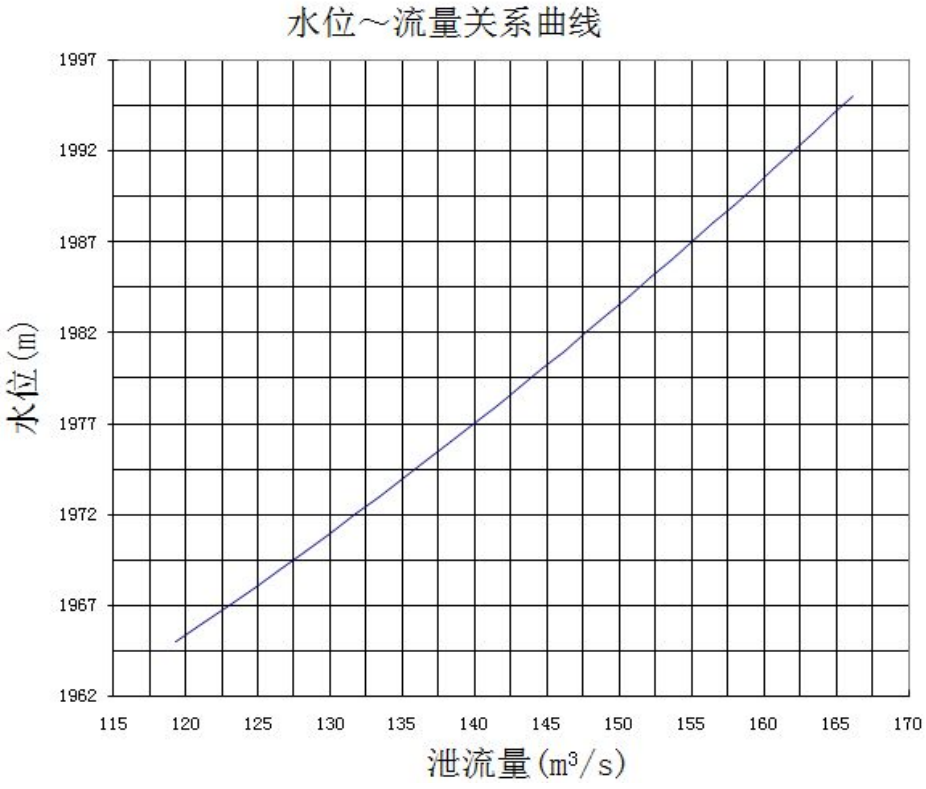


图 7.1-10 单设生态流量泄放孔泄流能力曲线图

根据生态流量泄放孔泄流能力可知，上游水位在死水位 1982.00m 高程时，生态流量泄放孔的泄流能力为 146m³/s，满足最小生态流量泄放要求。随着上游水位升高，生态流量泄放孔泄流能力相应增加。上游正常蓄水位 1987.00m 高程时，生态流量泄放孔泄流能力为 155m³/s。

生态流量泄放孔的运行水位为 1987m(正常蓄水位)～1982.00m（死水位），如上游水位高于死水位 1982.00m，而来流量为 146m³/s（枯期最小流量）时，生态流量泄放将大于 146m³/s，通过调节库容补充。

在不同水位运行时，生态流量下泄过程计算结果如表 7.1-21 所示。

生态泄放孔不同库水位时下泄流量计算成果表

表7.1-21

闸孔宽度(m)	闸门开启高度(m)	水库水位(m)	底坎高程(m)	下泄流量Q(m^3/s)
3	3	1982（死水位）	1965.0	148.0
3	3	1983		149.0
3	3	1984		151.0
3	3	1985		152.0
3	3	1986		154.0
3	3	1987（正常蓄水位）		155.0

7.1.3.2 生态流量监控

为确保工程初期蓄水期间的生态流量下泄，设计阶段已结合坝身设计，考虑在生态泄放底孔、泄洪中孔设置流量监测系统，用以了解生态流量泄放的情况。运行期间，引水发电系统也设置有流量监测系统，用以实时了解通过发电机组下泄的流量情况，为生态流量泄放要求的落实提供有力保障。

7.2 水生生态保护措施

7.2.1 水生生态环境保护原则和目标要求

7.2.2 规划环评及回顾性评价对水生生态保护的要求

(1) 建立资源增殖站，开展人工放流增殖

根据规划环评，雅砻江中游自然环境以及鱼类在该水域的分布状况，考虑下游锦屏一级、锦屏二级、官地水电站鱼类保护措施的设置情况，计划在雅砻江中游河段两河口水电站库尾的和平乡、楞古水电站减水河段各选一地点建鱼类人工增殖放流站，放流站主要以裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀鱼类为主，根据天然河道鱼类种类的分布情况，上游站侧重放流裸腹重唇鱼和青石爬鮡等，下游站侧重放流长丝裂腹鱼等。

(2) 珍稀保护鱼类研究

雅砻江流域鱼类的研究成果比较匮乏，目前仅有的鱼类研究还局限于区系组成的调查研究方面，因此，急需开展雅砻江鱼类的基础生物学研究工作：

① 开展珍稀、特有鱼类捕捞、运输、人工驯养等技术研究，为珍稀、特有鱼类人工增殖放流措施提供理论支持。

② 研究珍稀、特有鱼类幼鱼规模化养殖技术，提高放流鱼苗在天然环境下的成活

率。

③ 研究珍稀、特有鱼类生长、发育、繁殖的生物学特性。

此外，还应结合珍稀、特有鱼类增殖放流工作，开展放流效果监测与研究工作。

根据雅砻江中游珍稀、特有鱼类分布情况，本河段的鱼类研究工作重点为裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼和青石爬鮡等鱼类。

鉴于鱼类生物学研究工作周期较长，且无法准确预知某一项具体内容所需消耗的研究时间，因此，研究工作需分阶段开展。前期工程两河口、牙根梯级建成前，应完成裸腹重唇鱼、长丝裂腹鱼和青石爬鮡的人工繁殖等相关技术，为实现人工增殖放流提供指导。后期项目建设期，应深入、全面开展鱼类的生长、发育等其他相关生物学研究工作，着力于提高珍稀、特有鱼类繁殖成功率和幼鱼成活率，并尽量使其保持原有的生物学特性。

(3) 建立珍稀、特有鱼类保护区

保护珍稀、特有鱼类及其适生生境的最有效方法是划定一定的水域作为鱼类自然保护区。雅砻江中游梯级电站建成后，干流水文情势将发生显著变化，维持天然流态的水域主要分布于各级支流。根据支流生境及珍稀、特有鱼类资源调查成果，考虑在雅砻江支流曲入河、白龙河、白托河与火烧桥沟等支流建立鱼类自然保护区。

由于规划阶段的水生生态调查深度和广度尚存在不足，相关部门在划定鱼类保护区时，还需对区域鱼类资源分布情况作进一步的调查，调整或补充部分支流，充分发挥保护区的作用。

(4) 其他鱼类保护措施

① 生境保护措施

各梯级电站建设应根据初期蓄水、运行发电等工程活动对水文情势的影响，落实流量下泄措施，避免河道断流。

② 加强渔业管理

切实执行《渔业法》，加强宣传工作，在各梯级电站增设渔政工作站，增加巡逻、加强检查，划定禁渔期和禁渔区，严格执行四川省 2～4 月禁渔期，各河段根据特有鱼类、重要经济鱼类繁殖时间，可制定不同的禁渔期。严格控制捕捞强度。制定合理的渔具规格，按照雅砻江中游各水域的主要捕捞对象，按渔业法规定、制定合理的网目。严禁电捕鱼、炸鱼等各种非法的作业。

7.2.3 保护对象的确定

根据水生生态调查结果，从重要性的角度考虑，通常按照以下顺序进行选择：列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入濒危动物红皮书的鱼类、地域性特有鱼类、水域生态系统中的关键物种（如同类食性鱼类少，甚至唯一的种类）、重要经济鱼类；依鱼类资源现状考虑，可按极危种、濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受协的顺序选择；从鱼类生活史考虑，生活史复杂、洄游距离长、繁殖条件要求高、生长繁育缓慢、性成熟年龄和繁殖周期、繁殖力低的鱼类优先考虑。

调查区段青石爬鮡为极危（CR）种，长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、中华鮡为濒危种（EN），鲈鲤、长薄鳅为易危种（VU）。四川省保护鱼类有裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种。长江上游特有鱼类有骭氏高原鳅、长薄鳅、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、泉水鱼、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、短身金沙鳅、中华金沙鳅、青石爬鮡、前臀鮡及中华鮡等 19 种。主要经济鱼类有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼等。

综合考虑调查江段需要重点保护的鱼类，包括：青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、鲈鲤等共 8 种。雅砻江长薄鳅、圆口铜鱼主要生活于中下游，调查江段很少见，因此不作为本工程保护鱼类。其它长江上游特有鱼类在长江上游分布较广泛，也不作为本工程保护鱼类。

7.2.4 生境保护与修复措施

7.2.4.1 流域栖息地保护要求

(1) 流域栖息地保护总体布局

栖息地保护是水生生态保护的重点，根据回顾性评价研究成果中关于雅砻江干流中下游区域水生生态保护规划方案，雅砻江中下游区域的栖息地保护总体布局详见表 7.2-1。

流域栖息地保护总体布局

表 7.2-1

序号	措施体系具体内容	拟实施梯级
1	实施流域层面的“两区一段”栖息地保护（中游高原鱼类栖息地保护区、雅砻江汇口栖息地保护区、下游东部江河平原鱼类大河湾段）	两河口（中游高原鱼类栖息地保护区）、锦屏二级（下游东部江河平原鱼类大河湾段）、桐子林（雅砻

		江汇口栖息地保护区）
2	实施局部水域栖息地保护（曲入河、达曲河、卧龙寺沟、惠民河、永兴河流水段、鳜鱼河支库；力丘河的甲根坝以上干流河段(105.5km)、支流色乌绒沟、金顶尾水至河口3km 未开发河段；干流流水河段、干支流汇口段）。	两河口（曲入河、库尾变动回水区、达曲河）、牙根一级（卧龙寺沟）楞古（力丘河及色乌绒沟）、二滩（惠民河、永兴河流水段、鳜鱼河支库）

(2) 流域栖息地总体布局与本工程的相关性分析

根据流域栖息地保护总体布局，本工程江段未纳入流域栖息地保护范围，从栖息地保护的重要性而言，本工程江段在流域栖息地保护体系中的作用相对较小。虽然江段在流域中的栖息地保护体系中作用较小，但为了满足江段急流性鱼类的生存繁殖需要，仍有必要将江段具有一定适宜性的区域加以保护，以最大限度地为江段急流性鱼类的生存繁殖提供栖息条件，初步分析，具有保护意义的区段主要为卡拉库尾麦地龙乡河段及卡拉坝下 17km 保留河段。

(3) 流域栖息地保护方案的实施进展

根据环保部关于雅砻江中下游流域水电开发环境影响回顾性评价研究报告的批复意见，由四川省环境保护厅组织相关部门、地方政府及建设单位尽快提出雅砻江鱼类栖息地保护方案，并予以落实。雅砻江流域水电开发有限公司已按照回顾性评价的要求，正积极与四川省环保厅及有关部门、地方政府沟通，推进后续工作，截止目前，鱼类栖息地保护方案和规划工作已启动。

7.2.4.2 库区生境保护

卡拉水电站库区无大型支流，支流大多水量较小，库区支流的流量都在 $2m^3/s$ 以下，且河道比降较大、水流急，多为泥石流沟，不具备修复意义。卡拉水电站形成后，库尾河段具有一定的流水生境，仍可作为鱼类的栖息生境。因此本工程库区生境修复的重点为卡拉库尾河段生境。

(1) 库尾生境修复的目的

河流的开发，改变了河流生境的多样性，影响鱼类栖息环境，有必要结合鱼类生境的水文情势和环境需求，通过生态修复措施，在河道上构建相应的浅滩、湾、沱、潭等，使河道水体形成缓急相间的多种流态，使河道形态再自然化，达到改善河段生境条件，保护鱼类栖息环境的目的。根据本工程特点，受影响较大的主要为急流性鱼类的产卵场及其栖息生境，因此，生境修复主要针对急流性鱼类产卵场及其栖息生境进行修复。目前，国内河流生境恢复还处在理论探索和起步阶段，相关技术方法和实施效果还有待进

一步完善和证实。本工程生境修复从江段珍稀鱼类生境适宜性角度出发，提出相应的生境修复方案，作为该领域保护技术的实践和探索。

(2) 库尾生境修复的必要性

评价区鱼类中鮠类的栖息地及产卵场主要在干流的礁石激流区；高原鳅的栖息地及产卵场主要在干流的浅水岸边及支流的缓流区；裂腹鱼类的栖息地主要在宽阔的缓流区，产卵场主要在河流的卵石、砾石滩。通常河道多为缓流宽谷和急流窄谷交替出现，河流生境多样复杂，能够满足鱼类不同的生境需求。电站建成后，原急流生境急剧萎缩，库区形成了以缓流生境为主的湖库型河道，为使库区急流生境鱼类能在工程蓄水后仍有少量产卵和生存空间，配合鱼类增殖站进行江段保护鱼类的放流工作，有必要对具有一定修复价值的库尾区段采取必要的生境修复措施。

(3) 修复区域的选择

卡拉库尾的杨房沟坝下江段现状河道总体较为狭窄，河道内无大面积的河滩地集中分布区，卡拉库尾距离杨房沟坝址约 2.5km 河段现状有较多分散的河滩地分布，据水生生态现状调查有鱼类产卵场分布。

工程建成后，杨房沟电站机组满发或泄洪时，将对卡拉库尾区域（杨房沟电站坝址下游约 1km 左右范围）形成一定的冲刷和掏挖，这一区域的流量、流速及水位变幅将较为频繁，属于水文情势易变区，可见卡拉水电站库尾 1km 左右范围不太适宜作为急流性鱼类的产卵和栖息区域。因此，本次库尾生境修复的区域选择主要考虑为上游杨房沟坝下 2.5km 至麦地龙乡河段滩地区域作为本工程库区生境修复重点区域。

(4) 库尾生境修复方案

卡拉水电站调节运行，库区水位频繁涨落，影响鱼类的繁殖和鱼卵的孵化。鱼类繁殖季节可在鱼类繁殖水域建立浮动式人工鱼巢，作为产粘性卵鱼类的产卵基质，使鱼卵受精后可以黏附其上，便于孵化，不至于水位下降时，鱼卵搁浅死亡。制作人工鱼巢的材料通常有水草、树须根、棕榈皮和生麻丝等。

人工鱼巢的布置位置主要为库尾淹没前的河滩地区域，采用锚固的方式将人工鱼巢固定于岸边，避免被冲走，但可上下浮动，以适应不同运行水位。

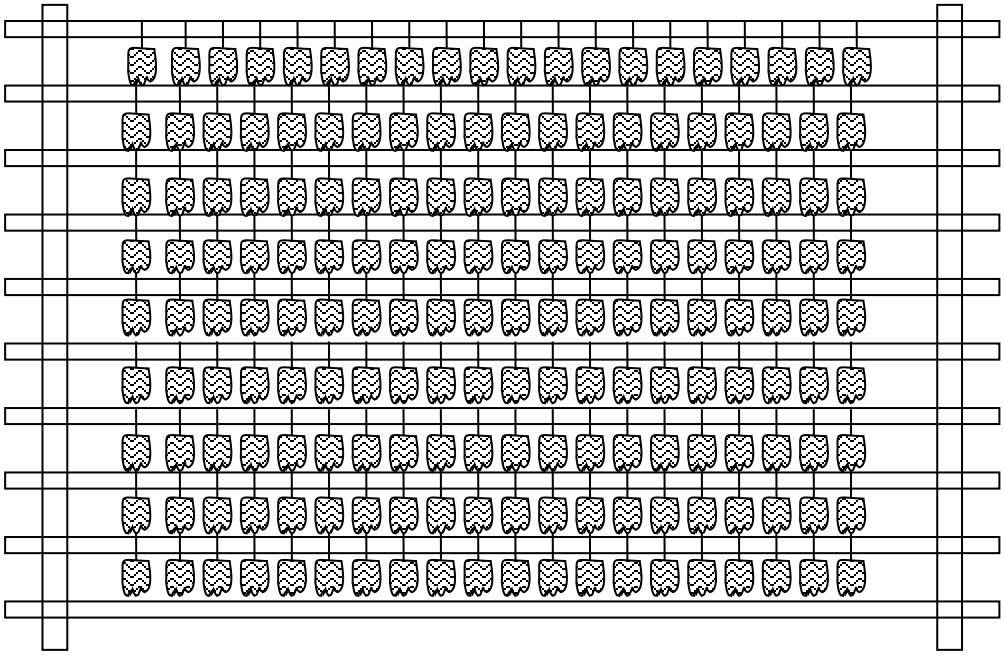


图 7.2-1 人工鱼巢制作图

(5) 库尾生境修复效果初步分析

在库尾区域实施人工鱼巢形式的生境修复，可在一定程度上为产粘沉性卵的鱼类保留相对稳定的繁殖条件，有助于保持江段鱼类自然繁殖过程的延续。由于人工鱼巢的制作工艺较为成熟，应用案例也较多，在开展库区鱼类产卵过程的监测的基础上，能够有效发挥其作用。

(6) 库尾生境修复的实施时间和管护

河道生境具有动态变化的特性，因此，生境修复工作是阶段性的，在河道水文情势发生一定的变化后需要进行维护和修缮，并根据最新的水文情势对修复方案进行动态调整，以适应不断变化的水文过程，为鱼类提供适宜的栖息繁衍生境。库尾生境修复实施的时间为卡拉水电站蓄水后，在实施后需要对实施区域进行观测，对于损坏部分进行必要的修复，对于部分区域水文情势不适宜作为修复区的，适时进行调整。

7.2.4.3 坝下生境保护

(1) 保护区段

本工程坝下水生生物保护的范围为坝下至锦屏一级库尾河段，根据雅砻江中游规划及规划环评，卡拉坝址至锦屏一级库尾河段有近 17km 的保留河段。为保证其生态用水需求，卡拉水电站需考虑下泄生态流量，保证卡拉下游 17km 河段的水生生境得以较好地存在。

(2) 保护必要性

根据雅砻江中下游梯级水电规划，在卡拉水电站至锦屏一级水电站之间存在17km的近自然江段，该近自然江段的存在对于雅砻江中下游短距离洄游鱼类、急流性鱼类的生存具有重要意义，同时对于研究水电站建设对急流性鱼类的实际影响程度也具有一定的科研意义。

(3) 生态流量保障措施

在卡拉水电站蓄水期间和运行后，为保证下游生态环境流量，需向下游泄放最小生态流量。且卡拉上游杨房沟水电站已考虑到卡拉水电站坝址至杨房沟水电站坝址区段无较大支流汇入，其调节库容有限，因此，运行过程中杨房沟水电站将与卡拉水电站进行统筹考虑，保证卡拉水电站下泄水量要求。

(4) 其他生境保护措施

与渔业主管部门协商将卡拉水电站坝址至锦屏一级水电站库尾段设为禁渔区，未经允许，不得进行渔业捕捞，保护杨房沟坝下乃至雅砻江中游河段重要的流水生境，使库区急流性鱼类生活史得以顺利完成，维持其种群的延续，减缓工程对急流性鱼类资源的影响。

7.2.5 过鱼措施

7.2.5.1 采取过鱼设施的必要性

经调查，卡拉水电站所在的雅砻江水域基本无长距离洄游鱼类，但由于大坝的阻隔影响，评价区鱼类可能分隔成坝上、坝下两个种群。评价区鱼类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，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。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逐步丧失遗传多样性，危及物种长期生存，导致种群灭绝的概率增加。

根据《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。”《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”。2006年1月9日国家环境保护总局办公厅下发了《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。”根据《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（环发[2014]65 号），关于 “充分论证过鱼方式，认真落实过鱼措施” 的要求。可见，卡拉水电站采取适当过鱼措施是非常必要的。

7.2.5.2 主要过鱼对象及特性

(1) 主要过鱼对象的选择

根据水生生态调查结果，从重要性的角度考虑，通常按照以下顺序进行选择：列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入濒危动物红皮书的鱼类、地域性特有鱼类、水域生态系统中的关键物种（如同类食性鱼类少，甚至唯一的种类）、重要经济鱼类；依鱼类资源现状考虑，可按极危种、濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受协的顺序选择；从鱼类生活史考虑，生活史复杂、洄游距离长、繁殖条件要求高、生长繁育缓慢、性成熟年龄和繁殖周期、繁殖力低的鱼类优先考虑。

调查区段青石爬鮡为极危（CR）种，长丝裂腹鱼、黄石爬鮡、中华鮡为濒危种（EN），鲈鲤、长薄鳅为易危种（VU）。四川省级保护鱼类有裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种。长江上游特有鱼类有勃氏高原鳅、长薄鳅、长鳍吻鮈、裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、泉水鱼、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、松潘裸鲤、短身金沙鳅、中华金沙鳅、青石爬鮡、前臀鮡及中华鮡等 19 种。主要经济鱼类有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼等。

卡拉水电站所在江段需要重点保护的鱼类为四川省级保护鱼类，包括：裸体异鳔鳅鮀、鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡及中华鮡等 7 种，同时兼顾其它长江上游特有鱼类和红皮书鱼类。过鱼目的主要为满足上述鱼类的短距离繁殖洄游和上下游基因交流要求。

卡拉水电站过鱼目标主要是维持大坝上下游各种鱼类种群的基因交流，避免鱼种的单一化和退化。过鱼的对象如过于广泛性，其涉及的工程量很大，投入的人力、物力、

财力也很高。有些鱼类本身资源量和驯养繁殖技术等的限制，暂时缺乏保护的现实可能性。因此，需要根据实际情况，坚持统筹兼顾、突出重点的原则，合理确定保护对象和优先保护顺序。

主要过鱼对象与保护对象一致，包括：鲈鲤、长丝裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、松潘裸鲤、青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、长薄鳅及裸体异鳔鳅鮀等 9 种。同时，兼顾区域河段分布长江上游特有鱼类等。过鱼规格方面，考虑成鱼逆流而上索饵或产卵的需要，幼鱼顺河而下孵化和索饵的需要。过鱼季节方面根据成鱼和幼鱼的生物学习性进行综合考虑，以 3~7 月份这一天然情况下的鱼类孵化或上溯时间进行重点关注；过鱼规模方面，由于河道具有连续性，过鱼规模宜根据上下游过鱼对象的种群规模而定，以满足上下游种群之间充分交流为目标。

通过采取过鱼措施，大坝下游的鱼类上溯到上游河段进行产卵和索饵，可较好地减少对工程所在河段的鱼类影响。

(2) 主要过鱼对象特性

① 鱼类上溯能力分析

与过鱼相关的游泳能力指标主要为持续游泳速度和耐久游泳速度。持续游泳速度为鱼类在该游泳模式下可以保持相当长的时间而不感到疲劳，其持续时间通常以>200min，此时鱼类通过有氧代谢提供能量推动鱼类前进。耐久游泳速度通常维持时间为 20s～200min，在该游泳模式下游速超过持续游泳速度并以疲劳结束，此时鱼类所消耗能量的获取方式既有有氧代谢也有厌氧代谢，厌氧代谢提供的能量较高，却容易积累大量乳酸使鱼类感到疲劳。

根据大渡河上某水电站工程开展的鱼类游泳能力试验，测试了重口裂腹鱼、齐口裂腹鱼、青石爬鮡、白甲鱼和裸体鳅鮀 5 种鱼类，其持续游泳速度在 0.6m/s～0.8m/s 之间，而耐久游泳速度则大于持续游泳速度，在 1.2m/s～1.5m/s 之间。

如建设鱼道或仿自然旁通道，按常规鱼类适宜流速设计，其长度将分别超过 3.7km 和 7.4km，其内部流速可达 0.6m/s 和 1.2m/s。在此情况下，鱼类的上行速度将极为缓慢，平均速度一般不超过 0.2m/s，当鱼类自行通过整个鱼道或仿自然旁通道时，最短需时也将超过 12h。

根据确定的保护对象，卡拉水电站鱼类的过鱼时间选择在鱼类的繁殖季节，重点为鱼类的产卵季节。根据上述分析，当鱼类自行通过整个鱼道或仿自然旁通道时，最短需

时将超过 12h。由于游泳时间过长，过鱼过程体力消耗大，过鱼后不利于其继续上溯产卵。同时，在过程中可能出现鱼类疲劳在中途随水流漂流到下游的情况，无法完成整个过程导致过鱼失败。

鱼闸和升鱼机在诱鱼设施部分由鱼类自行游入，过鱼部分采用人工手段进行，可节省鱼类的体力，有利于上溯产卵。但升鱼机采用全人工手段过鱼，需要有工作人员长期手工操作，设备发生故障维修较困难，施工难度也相对较大。

集运鱼系统通过集鱼平台收集鱼类，平台内设置一定的诱鱼设施，后通过水路过坝或陆路过坝的方式将鱼类转运至坝址上游，收集平台与水体互通，不影响鱼类活动和觅食，转运过程一般在数小时内完成，且转运过程鱼类均无需脱离水体，同时可通过设施对水体进行供氧和水质循环过滤，能够有效改善上溯鱼类的体力，保证过坝鱼类的成活率。同样，鱼道与运鱼系统的组合方案可缩短鱼道的长度，改善上溯鱼类的体力。

② 成鱼体长

根据工程所在江段现场调查时测量，及查阅相关的文献，9 种主要过鱼对象均小型鱼类，成鱼体长基本上在 30cm 以下。其中，长丝裂腹鱼和细鳞裂腹鱼体长约为 30cm，鲈鲤体长约为 20cm，青石爬鮡约为 15cm，中华鮡、松潘裸鲤和裸体异鳔鳅鮀约为 12cm。

7.2.5.3 主要过鱼设施类型分析

目前，主要的过鱼设施类型包括鱼道、仿自然旁通、鱼闸、集运系统和升鱼机。其主要特点和试用条件如下：

(1) 鱼道

鱼道为呈连续阶梯状的水槽式过鱼构筑物，由进口、槽身、出口和诱鱼补水系统等组成。进口多布置在水流平稳，且有一定水深的岸边或溢流坝出口附近。可适用于大部分鱼类，对鱼类洄游能力要求不高，鱼类通过鱼道上溯时，不会受到伤害。

主要缺点为高水头大坝适用性较差，一般不适用于上下游水头差超过 40m 的工程，且需结合电站枢纽布置，对主体工程和调度运行有一定的影响。

(2) 仿自然旁通道

仿自然旁通道是在岸上人工开凿的类似与自然河流的小型溪流，通过溪流底部、沿岸由石块堆积成的障碍物的摩阻起到消能减缓流速的目的。

仿自然旁通道系统要求有足够的空间，一般不适宜水头过高的大坝，也不适宜高山峡谷区，还应避开人口稠密区域、减少对鱼类的干扰。

(3) 鱼闸

鱼闸设计原理与船闸相似，由下水槽、闸室、上水槽 3 部分组成。利用上、下两座闸门调节闸室内水位变化过鱼。鱼闸一般用于上下游水位变幅较大的中高水头水电工程，鱼类通过鱼闸时费力不大，对游泳能力差的鱼类尤为适用。

主要缺点是对枢纽布置有一定的影响，过鱼不连续，需要较多的机电设备。

(4) 集运系统

分为集鱼和运鱼两部分，通过一定的诱鱼手段，将下游的鱼集中到船体或箱体当中，然后通过鱼船或者汽车运输将鱼运输到合适水域，从而达到过坝的目的。集运系统可用于于高水头大坝，对枢纽建筑物没有干扰。

主要缺点是鱼在运输途中存在受到伤害的可能，运行时有机械噪声、振动等，影响集鱼效果。

(5) 升鱼机

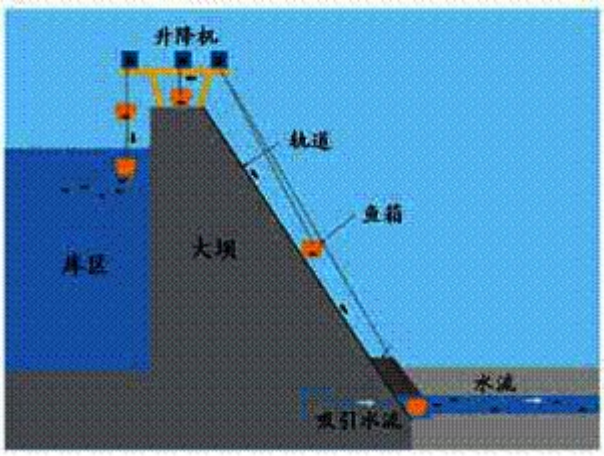
原理与电梯相似，由进鱼槽、竖井、出鱼槽三大主要部分组成。由进鱼槽口放水，将下游鱼类诱入进鱼槽，接着用赶鱼栅把鱼驱入竖井，提升竖井至上游水位，打开出鱼槽驱鱼入上游水域。升鱼机可用于于高水头大坝，对枢纽建筑物干扰很小。

主要缺点为造价与运行费用较高，并需较多管理人员。

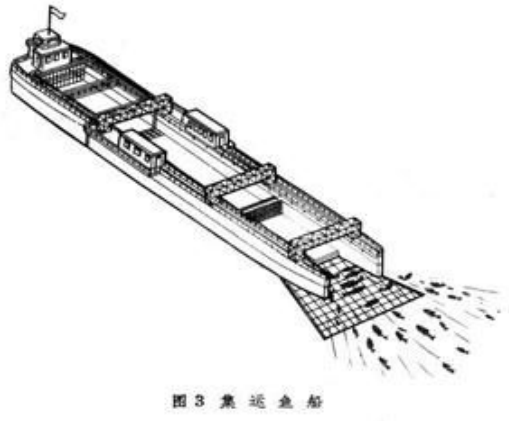
(6) 其他过鱼方式

在国外还有另外型式的过鱼设施，其集鱼采用升鱼机（竖井），运鱼采用运鱼车。

主要过鱼设施类型示意图见图 7.2-2。各种过鱼设施应用范围与效果见表 7.2-2。



升鱼机



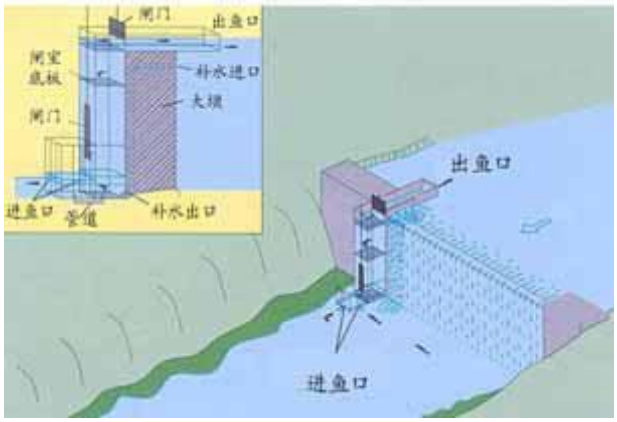
集运系统



仿自然旁通道



鱼道

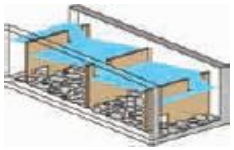
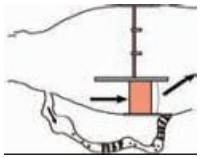
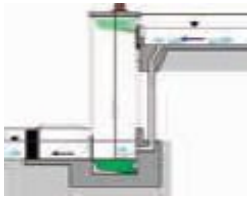


鱼闸

图 7.2-2 主要几种类型过鱼设施示意图

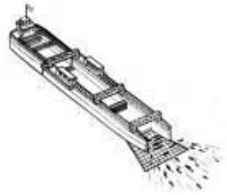
各种过鱼设施应用范围与效果

表 7.2-2

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果
鱼道		采用混凝土式通道，内部设有各式隔板、将水槽分隔成一系列互相沟通的水池。	采用型式较多，适合于中、低水头大坝，或用于大坝改造增设过鱼设施。	不适合于高坝（坝高不宜超过40m）水利水电工程。	鱼道型式多样，不适宜上游水位变化频繁的区域。
仿自然旁通式鱼道		绕过大坝并呈模仿自然外观，呈现自然形式的鱼道。	适合于所有具有足够空间的障碍，对于现存的坝堰改善特别有用，在上游设计蓄水水位变化较大时不适用。	占地面积大，枢纽区两侧以及上游具备布置空间，在地面设置深沟，需结合技术型鱼道构造。	可使所有水生动物种类通过，为流水性水生生物提供栖息空间，能够绕过大坝且能很好与当地环境结合。
鱼闸		为凹形通道，上下游两端都有可控制的闸门，通过控制闸门的开关或往通道注水来形成吸引流。	适用于中低水头，或空间、水流量有限区域。	设计和建造技术要求高，需要频繁地维护和运行，运行维护较为复杂，但对水消耗较低。	主要适用于鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用。
升鱼机		为配置有运送水槽和机械装置的升降机，通过把鱼从下游吊起送到上游。	适用于中高水头，或空间、水流量有限区域。	需要空间不大，在设计和建造上对技术要求较高，运行维护较为复杂。	对游泳能力弱的鱼类效果较好。

各种过鱼设施应用范围与效果

续表 7.2-2

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果
集运鱼系统		通过坝下集鱼设施把鱼收集后，运至库区或其它地方放流，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。	适用于高水头，或空间、水流量有限区域，如高坝，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	需要空间不大，设施布置灵活，但所需集鱼、运鱼设施要求相对较高，受诱鱼效果的制约较大，集鱼范围较小。	该类型过鱼设施应用范围较广，针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，过鱼效果较好。
组合方案（升鱼+运鱼系统）	/	通过升鱼机和运鱼系统结合，将鱼类从河道提升后平稳运输至坝址上游。	适用于各种坝高形式的坝体，尤其适用于高水头，或空间有限的坝体。	布置较为灵活，能够满足各种尺寸的鱼类过鱼需求；由于涉及转驳，运行管理相对复杂。	类似形式已在国外进行运用，过鱼效果良好。

7.2.5.4 地形和工程条件分析

(1) 地形限制条件

卡拉水电站拟布设鱼道所在河段地质条件复杂，边坡稳定性较差，物理地质现象发育，卡拉坝址右岸下游分布上田镇滑坡体，八通崩坡积体位于坝址上游。

坝址区两岸山体雄厚，谷坡陡峻，为典型中高山峡谷地貌。左岸山顶高程在 3000m 以上，相对高差千余米，大多基岩裸露，局部上覆第四系坡积层，厚 1~5.0m。左岸地形较破碎，在坝址前后均有冲沟发育，冲沟内无常年流水，切割不深，冲沟顶部岩体风化破碎，形成塌滑，冲沟内均覆盖崩坡积体，下游冲沟内覆盖层分布较广。左岸坝前边坡岩体因风化卸荷比较破碎，崩塌后在坡脚堆积形成崩坡积体，面积约 2.28 万 m^2，平均厚度约 15m，总方量约 34.2 万 m^3。左岸上游约 388m 分布大碧沟，沿山体延伸较长，沟内常年流水，水量较大。右岸山顶高程约 2500m，相对高差近 600m，右岸地形下陡上缓，下部基岩裸露，上部覆盖第四系崩坡积层，厚 2~10.0m，右岸地形较平顺，在坝址下游 40~60m 处分布一冲沟，冲沟内无常年流水，切割不深，沿冲沟有崩坡积体覆盖。

从地形、地质看，坝址及两岸山势陡峭，河谷狭窄，滑坡体、崩坡体、泥石流等不良地质条件发育，不利于布置鱼道、仿自然旁通道等长度较长的过鱼设施，运行也存在一定的安全隐患。

鱼闸和升鱼机在大坝建筑物修建过鱼构筑物，下游还需修建一定长度的诱导设施，两岸的不良地质可能会影响其运行。

集运鱼系统可利用已建成的施工道路、永久性道路，只需修建部分小型码头，受地形、地质条件干扰小。

(2) 工程限制条件

卡拉水电站为堤坝式开发，坝型采用碾压混凝土重力坝，坝顶高程为 1995.00m，最大坝高 126m，坝轴线长 258m 共 12 个坝段，1～4#为左岸挡水坝段、5#～9#为泄洪坝段、10～12#为右岸挡水坝段。坝体基本断面为三角形，顶点高程为 1991.0m，上游坝面 1914.0m 高程以上铅直，1914.0m 高程以下向上游折坡，折坡坡比 1：0.25；下游坝面坝顶至高程 1981.67m 间为铅直段，往下通过半径为 20m 的圆弧与下游坝坡 1：0.75 相接。

本工程设计洪水位 1987.00m 和校核洪水位 1988.25m 时泄量分别为 9410m^3/s 和 10600m^3/s，下泄水流落差大，单宽流量大。泄洪消能采用“坝身泄洪表孔、泄洪中孔＋坝下底流消力池”布置型式。5 个泄洪表孔（11m×17m）、2 个泄洪中孔（5m×7m）以

河床中心线为轴线对称布置，溢流表孔布置在中间，中孔布置在溢流表孔两侧，溢流坝下布置底流消力池消能。坝下消力池池长 120m，横断面型式为梯形，底板采用反弧形，两侧墙贴坡布置，池末端设重力式尾坎。

坝下消力池顺泄洪中心线平直布置，池长 120m，池末端设尾坎。消力池横断面为梯形，池底净宽 71.0m，两侧边坡比 1：0.75。尾坎为重力式结构，上游面坡比 1：0.3，下游面坡比 1：0.7，坎顶高程 1916.5m，顶宽 5m。根据水工模型试验，消力池尾坎 200～300m 之后水流流态渐趋于稳定，结合下游岸坡地形地质条件，对下游河道两岸 1930m 高程以下岸坡采用 1.0m～2.5m 厚的混凝土贴面结合坡面系统锚杆支护的方式进行衬护，右岸上田镇滑坡体前缘采用钢筋石笼护砌。

卡拉水电站坝区效果见图 7.2-3。



图 7.2-3 卡拉水电站坝区鸟瞰图

过鱼设施中，鱼道需要对内部进行消能，按常规鱼类适宜流速设计，其长度将超过 3.7km，需要较大长度和占用较大的空间。而卡拉水电站最大坝高 126m，上、下游最大水头差约 74m，坝顶长度仅为 258m，主体工程枢纽布置紧张，大坝内难以布置鱼道，也不易与主体结构相结合。

仿自然旁通道与鱼道的原理类似，同时也需进行内部消能，但其长度更长，按常规鱼类适宜流速设计，其长度将超过 7.4km。仿自然旁通道一般应用于缓丘低山地形，不

适于高山峡谷地形，而卡拉水电站两岸为山体陡峻，基岩出露，滑坡体、崩坡体、泥石流等不良地质条件发育，不适宜开挖超过 7.4km 的仿自然旁通道。

鱼闸除了在大坝建筑物上修建构筑物外，还需在进口处建设相应的诱鱼设施，抬升高度有限，一般在中低水头水电工程使用，卡拉最大坝高 126m，坝顶长度 258m 坝身没有布置鱼闸条件。同时，由于电站泄洪消能采用“坝身泄洪表孔、泄洪中孔+坝下消力池”布置型式，坝下布置有底流消力池，且流速较大。过鱼季节一般为春季和夏季，此时雅砻江为入汛期和汛期，水流量较大，卡拉水电站在泄洪期间，校核洪水工况下泄洪流量为 10600m^3/s，泄洪将不可避免对鱼闸的下游设施造成一定的损坏，运行维护代价大，也存在安全隐患。

升鱼机与鱼闸相类似，包括大坝上的构筑物和坝下诱鱼设施。本工程大坝溢流坝段右侧有 3 个挡水坝段，其中最靠近河床的 10#坝段由于布置了坝体生态泄放孔和储门槽（坝顶有门机），不具备布置升鱼机的条件；剩余的 2 个挡水坝段坝高较小且靠近岸坡，升鱼机布置条件较差。且其坝下诱鱼设施的长度较鱼闸更长，需经过尾水下游上田镇滑坡体前缘，并跨越 2 条尾水隧洞和 1 条导流隧洞才能到达坝下；由于本工程河谷狭窄，诱鱼设施与坝下底流消力池及右岸下游枢纽建筑物相互影响和干扰较大，受电站泄洪影响更大。由于发电进水口位于右岸上游近坝前，大坝上游不具备放鱼条件，鱼类到达坝顶后仍需通过岸坡运输至右岸九一三沟上游放鱼，上游跨九一三沟运鱼设施布置难度也较大。因此，升鱼机方案在坝身、坝上及坝下的布置条件均较差，其对本工程而言适用条件差。

集运鱼系统无需在大坝上修建过鱼构筑物，可用于高水头大坝，对枢纽建筑物没有干扰。可在大坝下游距离泄水建筑物较远处开展集鱼和对接转运工作，因此工程泄洪对集运鱼系统运行的影响不大。运鱼设施灵活，可通过运鱼车或者运鱼船将鱼运输到合适水域达到过坝的目的，另外，可结合上下游其它电站开展集运鱼工作，有利于流域的水生生态保护和鱼类交流。同样，鱼道与运鱼系统的组合方案受工程限制影响也不大。

(3) 坝下水位、流态分析

卡拉水电站水库正常蓄水位 1987m、死水位 1982m，调节库容 0.37 亿 m^3，具有日调节性能。一般情况下，按满足日调节运行要求，水库水位可在正常蓄水位以下 2m 范围内消落运行。卡拉水电站共设 4 台机组，装机满发流量 1830.4m^3/s，单台机组额定发电流量为 457.6m^3/s。为保证下游生态等各类用水要求，卡拉水电站可通过半台机组不间

断发电，以满足下游生态用水需求，能够满足最小下泄流量不小于 146m³/s。

① 坝下水位

卡拉水电站 4 台机满发时坝下尾水出口水位为 1919.1m，1 台机组满发时坝下尾水位为 1914.1m，半台机组发电时坝下尾水位为 1912.6m，2 台机满发 1916.2m、3 台机满发 1917.9m、4 台机满发 1919.1m。另外，电站设计洪水位为 1987.00m、校核洪水位为 1988.25m。

卡拉水电站进行了工程区的断面地形测量，其中坝下断面及电站不同运行工况水位线见图 7.2-4。

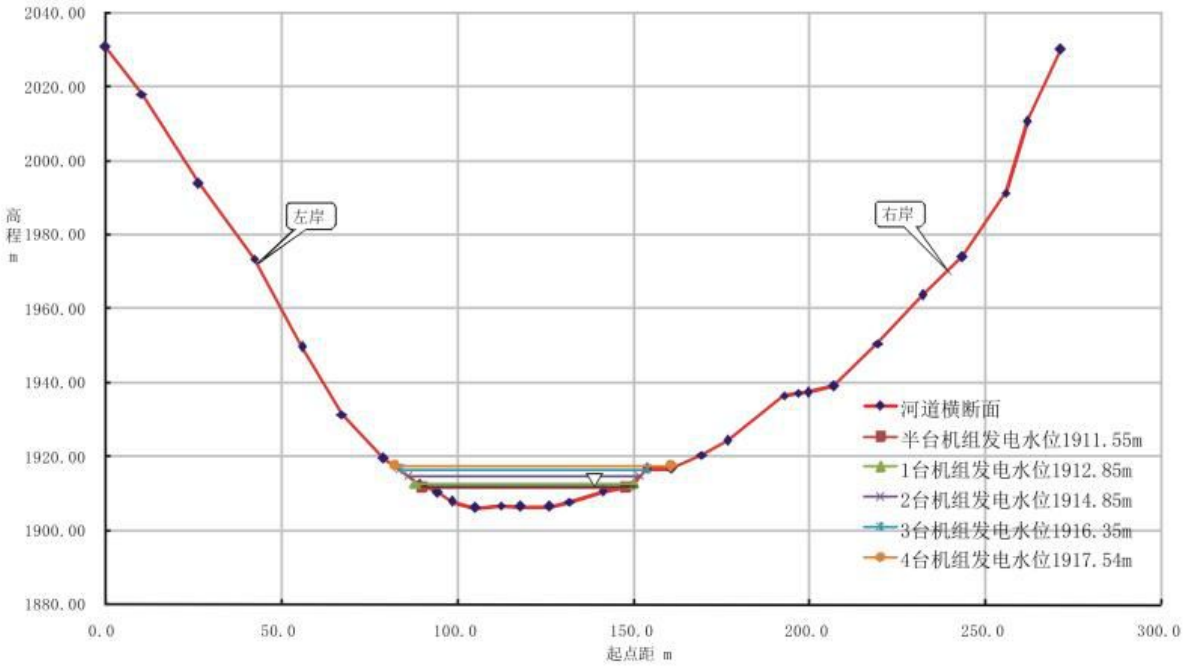


图 7.2-4 卡拉坝下测量断面及电站不同运行工况水位线图（单位 m）

② 流态分析

从卡拉水电站坝下河道地形和各实测断面分析来看，从卡拉坝址至下游纤维沟支流汇入口上游约 2km 河段，河道左岸坡度大于右岸，天然情况下，左岸流速大于右岸。

由于本方案阶段尚未开展数模以及物模计算，根据《四川省雅砻江卡拉水电站施工导流水力模型试验研究报告》物模计算成果，当 2 号导流隧洞（即 2 号尾水隧洞）流量为 2500m³/s 时（大于 4 台机组满发流量，见图 7.2-5），导流隧洞出口流速相对较低，导流洞出口部位流态衔接较为平顺，水流紊动强度较小，河道左岸的几乎无涌浪。可见，不同发电工况下，发电尾水出口水流紊动强度较小，且左岸流速大于右岸，在隧洞出口下游 300m 处左岸流速约为右岸 2 倍（见图 7.2-6）。



图 7.2-5 照片 施工导流洞出口流态(Q=2500 m^3/s)

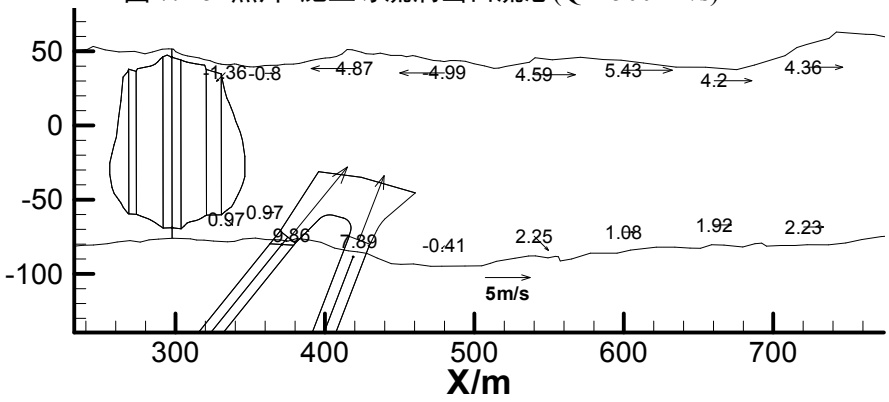


图 7.2-6 河道流速分布(Q=2500 m^3/s)

(4) 集、放鱼位置的可实现性分析

① 集鱼位置分析

鱼类上溯时一般情况下会沿岸边前行，并选择河流中向阳、避风的区域。侧线是鱼类的皮肤分布的沟状或管状的感觉器官，当水流冲击鱼类身体时，通过侧线感知方位和流速。因此，鱼类通过侧线感知水流方向和强度，在其克流能力条件下，通常是顶着水流，沿着河道主流方向游泳，水流方向改变，它们也改变方向。一般在身体状况良好的情况下，鱼类洄游时会拼劲全力上溯到其能达到的河流最上游。

电站在不同的运行方式下，下游尾水渠就有不同的流态和流速，下游鱼类的上溯和集群，受电站发电水流影响较大。一般情况下，电站发电尾水下游附近为鱼类聚集区域，鱼类感受到水流将尽其所能游至可游到的最上游区域。根据相关研究文献，径流式电站靠岸边机组运行时和靠导流墙机组运行时，下游不同的流态下鱼类呈现不同的集群情况，见图 7.2-7。

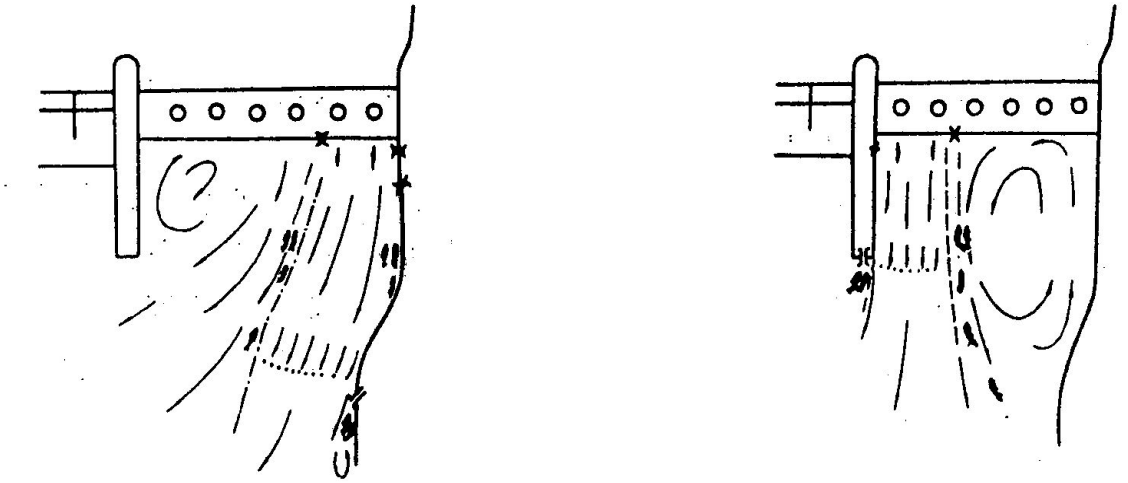


图 7.2-7 径流式电站不同工况时下游流态和鱼类集群示意图

卡拉水电站采用右岸地下厂房引水开发，发电尾水洞位于右岸，坝下左岸为发电尾水冲击区，且相对于右岸较陡，岸坡较光滑，水深较大，流速也将较右岸要快。坝下右岸较左岸坡缓，且其底质以砾石为主，更利于裂腹鱼属、鮡属等 9 种主要过鱼对象活动。结合上节的坝下水位流态分析，初步判断，坝下可能的鱼类聚集区域将以右岸为主，可能会在发电尾水出口下游约 300m 至 1.3km 处聚集。

另外，鱼类集群的位置会受电站不同位置的机组、运行工况和发电流量影响，并不固定，会呈现一片区域分布。如卡拉水电站机组发电流量较小时，鱼类集群的位置可能会比较靠近上游，而发电流量较大时，鱼类集群的位置可能会有所下移。同时，不同种类和年龄的鱼类，其聚集位置也有所区别。卡拉水电站发电时坝下可能的鱼类聚集区域示意见图 7.2-8。

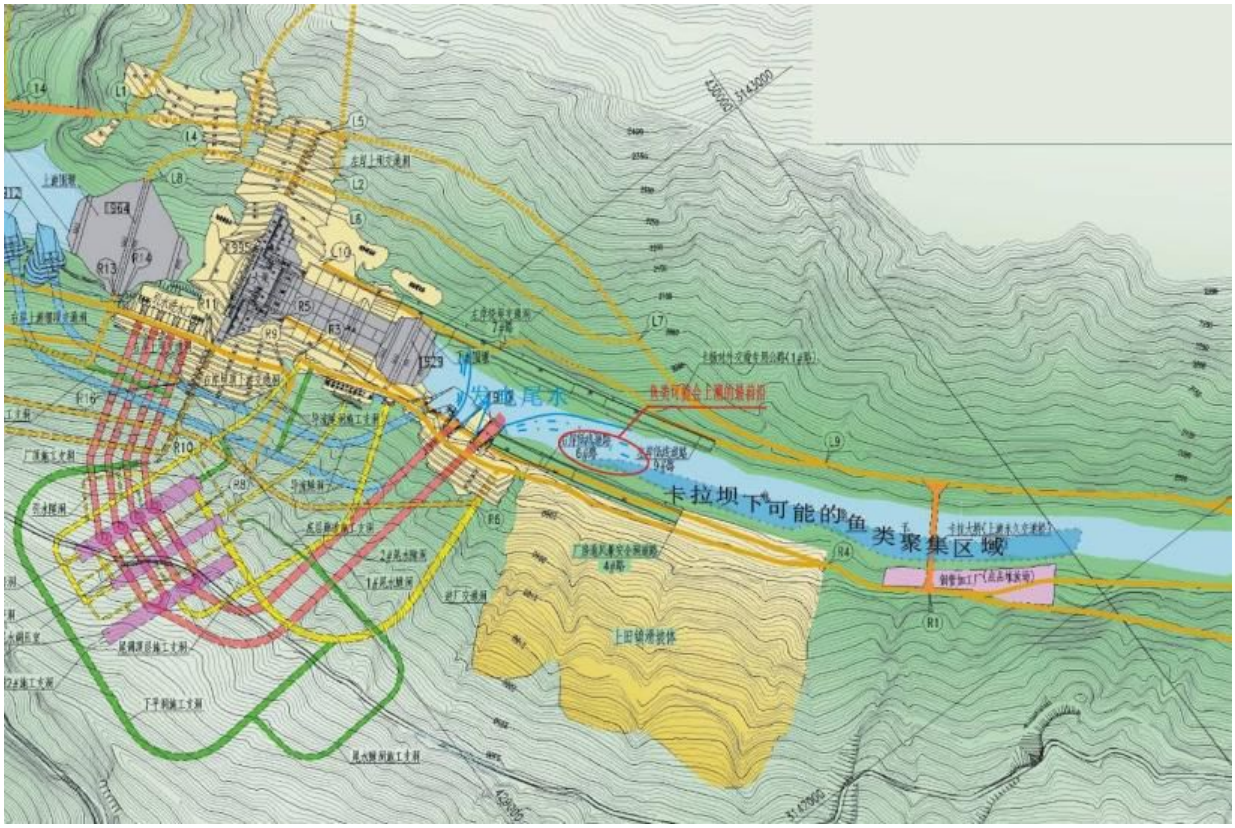


图 7.2-8 卡拉水电站发电时坝下可能的鱼类聚集区域示意图

卡拉水电站发电机组位于右岸地下厂房内，发电尾水出水对下游鱼类具有强烈的吸引效应。因此，从卡拉水电站坝下可能的鱼类聚集区域初步分析，工程较为理想的集鱼地点应当位于发电尾水下游右岸约 300m 至 1.3km 河段水域，如能尽可能靠近发电尾水则收集可能更加有效。

卡拉水电站发电尾水下游约 0.79km 至 1.1km 处避开了上田镇滑坡体，受滑坡体影响较小，且靠近岸边，与坝址有一定距离，泄洪对该处影响不大。该河道较为狭窄，有一定坡降，水流较急，位于下游鱼类上溯的通道上。且该集鱼区域下游右岸坡度较缓，该区域比较适合作为布置永久性的集鱼建筑物的区域，见图 7.2-9。

鉴于本工程下游水位变化幅度大，右岸尾水渠下游水流条件复杂，尾水渠下游流速较大，需尽快开展针对本工程鱼道进口开展物理模型、数学模拟等试验研究，以进一步优化鱼道进口布置。

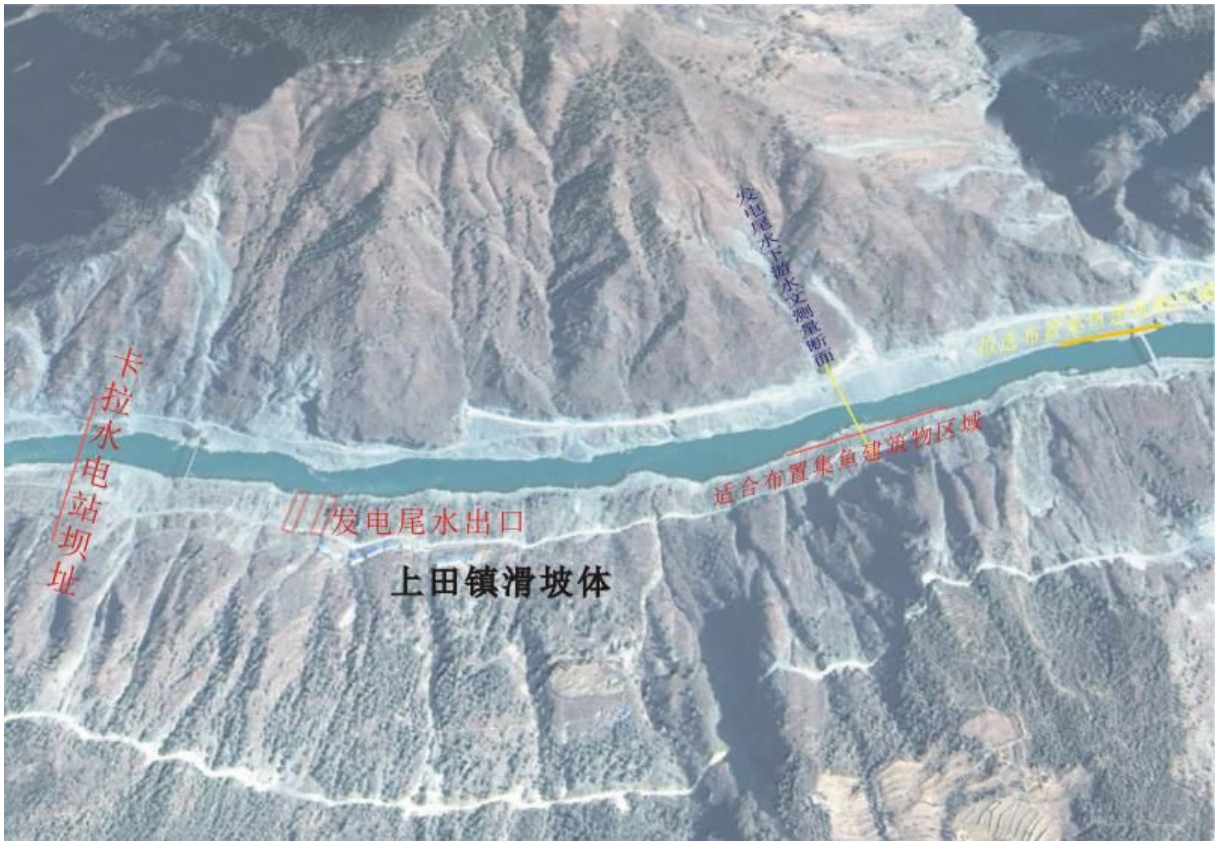


图 7.2-9 卡拉水电站坝下永久性的集鱼建筑物位置示意图

② 放鱼位置分析

放鱼位置的选择与过鱼形式有较大联系，从 9 种主要过鱼对象的习性、库区水流变化和电站运行等影响分析，工程放鱼位置宜设置于库尾、库中或者较大支流汇入处等有明显水流的区域，以减少鱼类产卵上溯的时间和节省体力，坝前区域相对适宜的位置为右岸九一三沟附近。

由于电站坝址上、下游山体陡峭，有较多的不良地质区域存在，下游低海拔区域多受电站泄洪影响，建设鱼道和仿自然旁通道的难度极大，采用这 2 种方式在工程较为理想的集、放鱼地点进行过鱼可操作性较差。

鱼闸和升鱼机均为在大坝上建设过鱼设施，受泄洪和河道狭窄等影响，也难以实现在工程较为理想的集、放鱼地点进行过鱼。

集运鱼系统在大坝上、下游的运行较为灵活，可较好地避开电站泄洪影响和滑坡体等影响，可实现在工程较为理想的集、放鱼地点进行过鱼。

7.2.5.5 方案筛选

过鱼设施中，仿自然旁通道需要开阔的地形以满足长度的需要，但本工程所在地两岸地形陡峻，两岸山体高度均在 3000m 以上，且存在泥石流沟、滑坡体等不良地质灾害

区，也不具备绕坝布置的地形条件。因此，本工程枢纽建设区没有合适的地形条件修建仿自然旁通道。同时，鱼类自行上溯所需时间较长，过鱼过程体力消耗大不利于其继续上溯产卵，在过程中也可能出现鱼类疲劳无法完成过鱼过程。

鱼闸和升鱼机均为诱鱼后通过人工辅助措施进行过鱼，在大坝建筑物需建设构筑物，在下游需设置诱鱼收集装置，过坝后在大坝上游设置放鱼设施。两者的过鱼原理类似，过鱼效果相近。从卡拉水电站工程坝高、坝顶长度等工程特性看，设置单一形式的鱼闸和升鱼机的难度大。大坝泄洪流量较大、流速快，对坝下诱鱼设施的运行将有严重影响。此外，鱼闸和升鱼机的进、出口也与理想的集、放鱼位置不符合。因此，不推荐修建鱼闸和升鱼机的单独过鱼形式。

根据“关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知”(环发[2014]65 号)：“对于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。”因此，作为 74m 的高水头的窄坝型电站，卡拉水电站过鱼方案重点就全鱼道、集运鱼系统组合方案进行重点比选。

卡拉水电站过鱼设施类型筛选比选见表 7.2-3。

卡拉水电站过鱼设施类型筛选比选表

表 7.2-3

设施类型	技术型鱼道	仿自然旁通道	鱼闸	升鱼机	集运鱼组合系统
地形、地质	拟利用上田镇滑坡体下游的局部缓坡地形集中弯折布置，同时利用隧洞型式通过上田镇滑坡体及从坝肩绕坝布置	河谷狭窄，坡度陡峭，左岸坝前坝后地质条件差，右岸坝下分布有上田镇滑坡体，两侧边坡存在发生崩塌等地质灾害的可能，不利于布置仿自然旁通道等长度较长的过鱼设施	河床狭窄，由于泄洪需要，构筑物无法布设在坝体中段，需布置于坝肩两岸，而这一区域的不良地质可能会影响其运行		受地形、地质干扰小，设施安全运行的保证率较高
工程条件	坝体过高、大坝较窄，布置鱼道困难	坝体过高、两岸山体不适宜开挖	受坝体长度制约，布置建设难度大，受电站泄洪影响，应用可行性差		受泄洪影响小
鱼类上溯体力	过鱼过程体力消耗大，过鱼后不利于其继续上溯产卵，不适合体形较大鱼类的通过		节省鱼类的体力，有利于上溯产卵		节省鱼类体力效果佳，且适合各种体形的鱼类通过
集、放鱼位置符合性	集、放鱼位置相对固定，且受地形、地质、交通、工程施工布置等因素制约，集、放鱼位置选择困难，尤其放鱼（出鱼口）位置受工程施工及引水发电的影响，出鱼位置水流相对较缓，放鱼（出鱼）的效果可能不甚理想。		集鱼位置只能位于坝后区域，这一区域属于泄洪影响区，构筑物的安全运行很难保障；放鱼位置受构筑物结构限制，只能位于坝前深水区附近，对鱼类的产卵洄游不利		集、放鱼位置选择余地相对较大，可根据鱼类相对密集的聚集位置，布设相关设施；放鱼位置选择相对灵活，可选择库尾、库中、库区支流汇入区等相对适宜的区域
比选结果	拟根据本工程施工总布置，结合各类过鱼设施的优点，提出鱼道、综合过鱼设施方案进行，从而具备鱼类上行和下行的能力。同时将目前国内已有应用的鱼道形式进行同深度比较。				

由上表比较可知，为克服卡拉水电站自然环境和工程建设条件制约，根据环境及工程特点和该河段鱼类特征，鱼道布置方案拟选择地形相对较缓的部位集中弯折爬升，在地形较陡或不良地质灾害区可采取隧洞型式避开，对于枢纽布置紧张工程，采取隧洞绕坝布置。因此，本工程拟利用局部的缓坡地形及隧洞进行鱼道布置。

集运鱼组合系统为诱导集鱼后通过车船等动力装置进行转运至大坝上游进行放鱼，与枢纽布置干扰较小，可单独运行。由于坝下附近区域不设置过鱼建筑物，工程泄洪对集运鱼系统基本上不会构成影响，可实现在工程较为理想的集、放鱼地点进行过鱼。

因此，经方案筛选，卡拉水电站拟采用鱼道、集鱼系统组合方案进行进一步深入比选，以提高鱼类的上行和下行有效性。

7.2.5.6 过鱼设施方案设计

过鱼设施根据其功能和部位，大致可分为集鱼设施、过坝设施和放鱼设施三个部分，三个部分组合后，形成一整套完整的过鱼设施方案。

根据上节的比选结论，本节拟设置右岸鱼道式集鱼系统组合方案、左岸移动式集鱼系统组合方案和右岸全鱼道方案三个方案进行比选：

方案一：右岸鱼道式集鱼系统组合方案

上行：下游右岸鱼道式集鱼系统集鱼+公路轨道过坝+上游右岸集放鱼组成

下行：上游右岸集放鱼+公路轨道过坝+右岸放鱼管道

方案二：左岸移动式集鱼系统组合方案

上行：下游左岸移动式集鱼系统集鱼+公路过坝+上游左岸集放鱼

下行：上游左岸集放鱼+公路过坝+左岸放鱼管道

方案三：右岸全鱼道方案

7.2.5.6.1 右岸集运鱼综合方案

(1) 方案布置

右岸鱼道式集鱼系统组合方案采用上行：下游右岸鱼道式集鱼系统集鱼+公路轨道过坝+上游右岸集放鱼组成；下行：上游右岸集放鱼+公路轨道过坝+右岸放鱼管道组成。

右岸鱼道式集鱼系统布置在上田镇滑坡体下游 200m~600m 处岸边，主要由诱鱼进口、休息室、观测室、出口及集鱼池等组成。雅砻江中的鱼类通过鱼道式集鱼系统由进口 1912m 高程(卡拉水电站一台机最低发电尾水位为 1913.96m)提升至出口 1920m 高程(四台机满发水位为 1918.94m)的集鱼池内，并设置专门的转驳装置实现转驳。鱼道式集鱼系统全长约 500m，最大高差 10m，纵坡坡比 2%。放鱼采用放鱼管道。

公路轨道提升过坝采用场内公路铺设轨道，牵引车牵引运鱼箱前进，运输路线为集鱼池→厂房通风兼安全洞道路轨道→进场公路轨道→上游连接道路→门式起重机下吊至上游码头，运距约 2.90km。

上游集放鱼设施布置于右岸上游九一三沟上游，主要包括放鱼码头、进港道路、综合运输船、集鱼船及管理房等。

(2) 右岸下游集放鱼设施

下游集鱼设施是通过专门的设施将鱼类从江中诱集至特定区域，以实现后续的过坝和放鱼。根据鱼类集群位置分析，右岸下游集鱼拟采用鱼道式集鱼系统。下游放鱼设施主要为满足下行过程中的放鱼的需要，采用放鱼管形式。

1) 下游鱼道式集鱼系统

鱼道式集鱼系统主要由诱鱼进口、休息室、观测室、出口及集鱼池等组成。

① 进口设计

鱼道式集鱼系统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。

A. 进口位置选择原则

根据鱼类坝下上溯规律，进口一般选择在：

a. 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；

b. 进口前水流不应有漩涡、水跃，进口下泄水流应使鱼类易于分辨和发现；

c. 选择水质良好的水域，避开泥沙易淤积区，有油污、化学性污染和漂浮物的水域；

d. 进口水流较小时，宜垂直于河流或平行大坝，以增大水流的影响宽度；进口水流较大时，进口可与河流流向平行或小角度相交，理想状态是平行于河流高流速区的边界；

e. 进口不能超过河床太高，应与河床平顺衔接；

f. 进口应能适应拟定过鱼对象对水流的要求及运行水位变化范围。

B. 进口位置拟定

结合卡拉水电站枢纽建筑物布置格局，发电尾水出口上距泄洪消能建筑物较近，紧靠下游分布有上田镇滑坡体，因此鱼道式集鱼系统进口不宜布置在发电尾水出口附近。根据进口位置选择原则，参考类似工程运行经验和本工程枢纽布置特点，综合考虑鱼道式集鱼系统进口选择在在上田镇滑坡体下游约 260m~560m 处。

C. 进口高程拟定

鱼道式集鱼系统进口高程，既要适应过鱼对象对水深的要求，还要适应下游水位可

能的变幅。通常幼鱼和中上层鱼类喜在水体表层和中上层活动，要求水体深度不大，进口高程可高些；底层鱼习惯在河道底部活动，进口高程需低些。进口高程不能超过河床太高，应与河床斜坡衔接，进口也不能低于河床，以免泥沙淤积，可用倒坡与河床衔接。

卡拉水电站共有四台机组，其中一台机最低发电尾水位为 1914.10m ，四台机满发尾水位为 1919.10m；因此，拟定卡拉鱼道式集鱼系统设 4 个进口，高程分别为 1910m、1912m、1914m、1916m，鱼道式集鱼系统进口高程变幅为 6m，可满足在不同水位条件下进行诱鱼。

② 池室设计

A. 池室形式确定

卡拉水电站过鱼对象范围较宽，过鱼对象具有不同习性，且水位变幅相对较大，鱼道式集鱼系统池室结构采用竖缝式。竖缝式池室由一系列相连的水池组成，相连的水池之间的隔壁上有一条垂直的竖缝，通过沿程摩阻、水流对冲及扩散来消能，达到改善流态和降低过鱼竖缝流速的目的。根据鱼道式集鱼系统池室功能的区别，有可分为普通池室、休息池室两部分。

B. 普通池室设计

鱼道式集鱼系统池室规格

a 净宽

净宽尺寸越大，每级槽内的平均流速就越小，利于鱼类的中间休息；但是净宽尺寸过大，槽内的流速太小，对鱼类的引导作用也将相应减弱，本工程鱼道式集鱼系统净宽取 2.0m。

b 水池水深

根据过鱼对象习性，并结合本工程特性，综合考虑本工程选定净水深 1.2m。

c 每级池室长度

根据过鱼对象的规格，综合考虑每级池长 2.4m。

C. 鱼道式集鱼系统的底坡

根据类似游泳能力试验，竖缝内设计流速为 1.00～1.20m/s，按流速 1.0m/s 控制，根据公式计算得池室纵坡度为 2.0%。

D. 垂直竖缝宽度

根据主要过鱼对象的规格，过鱼孔口的高度和宽度最小不应小于过鱼最大体长 1/2，

因此，竖缝宽度为0.3m，竖缝缝口方向宜与隔板呈45°夹角。

E. 弯道结构型式选择

由于进口部分采用连续“绕弯”方式布置，池室部分会出现180°转弯。根据这一特点，在转弯处分别采用圆弧形和矩形连接，矩形转弯结构由于利用了水流粘滞性，在休息池处消能作用明显，因此整体流速也相对较小，更利于鱼类洄游。

F. 鱼道式集鱼系统底部形式

槽底部进行加糙处理，铺以鹅卵石或砾石块，石块粒径10cm～30cm。另一方面，也对池底进行一定的加糙，对槽内流速有一定降低。

③ 休息池室设计

根据国内工程经验，休息池坡度为1.0%，每隔25个游泳池则设一个休息池，即平均1.56m水头需设一个休息池。休息长度取每级池室长度2倍，即4.8m。

④ 出口设计

鱼道式集鱼系统出口位置主要结合地形、地质条件和交通条件等因素确定。经分析鱼道式集鱼系统出口布置在右岸钢管加工厂（堆放场）1920m高程平台附近，与集鱼池相接。

⑤ 转驳池设计

鱼道式集鱼系统出口接转驳池，转驳池容量可满足运鱼车容量要求。转驳池平面采用矩形布置，池内平面尺寸为7m×3m，池高3m。在转驳池中部设置一道隔板，隔板中间开缝，宽60cm，隔板顺流向侧设置一道控制闸门，同时，在转驳池末端设置消能区和格栅，在格栅外侧设置一道细孔钢丝网，防止鱼类进入消能区。

⑥ 鱼道式集鱼系统供水

鱼道式集鱼系统正常运行期间，需保证一定的供水流量，以满足鱼道式集鱼系统内水深和流速的需要。水质要达到《渔业水质标准》(GB11607-89)相关要求，用水量约0.5m^3/s，综合考虑运行期能耗，建设成本及水质等方面，水源采用坝体上游水库内取水，在坝体内预留钢管，取水高程约1976.00m，在进水口设置拦污栅，供水管道沿坝体下弯至1950m高程附近，沿地形一直敷设至鱼道式集鱼系统顶部。供水管线总长约1.4km，管径DN500。由于取水高程位于卡拉水电站死水位以下，水质条件较好，不需要单独设置水处理设施，且至鱼道式集鱼系统为自流供水，运行期能耗较低。

⑦ 辅助设施

为了解鱼道式集鱼系统的集鱼效果，需设置 1 处管理用房，位置位于低线公路附近，强电从进场交通洞内的照明电源接入，弱电及通讯与厂房保持连接，鱼道进鱼口位置设置水流和灯光诱鱼装置，用以诱导鱼类进入相应进鱼口，各进鱼口配置拦污栅和闸门。管理用房规模考虑 200m^2，包括观测室、展示室、休息室、会议室、工具室等。

2) 下游放鱼设施

下游放鱼设施是为满足鱼类下行需要的专用设施，主要包括放鱼池、供水管、放水管等设施。

(3) 运鱼设施

本方案运鱼采用轨道运输方案，路线为：集鱼池→至集鱼池道路→厂房通风兼安全洞道路→右岸缆机平台道路→门式起重机下吊至上游码头，运距 2.9km。以上道路均采用钢轨进行改造，以满足轨道车的运行要求。由于所经过路线的道路纵坡远大于轨道牵引车的运行要求，为了不对工程区道路进行大规模的改造，运鱼设施的动力系统采用汽车进行牵引。由汽车牵引的轨道车配备运鱼箱、增氧系统、水泵等，其中运鱼箱配备 5 个。在运输过程中不换水也不加水，利用增氧系统，保持活鱼箱内鱼类不受伤害。

该方案同时兼作下行过坝通道。

(4) 上游放鱼及管理设施

上游集放鱼设施主要包括放鱼码头、进港道路、综合运输船、集鱼船及管理房等。

1) 上游放鱼码头

① 设计参数

设计考虑采用多年平均风速 0.8m/s，最大风速 24.6m/s。本工程采用场地基本烈度Ⅷ度作为设计烈度。上游码头特征水位详见表 7.2-4。

上游码头特征水位

表 7.2-4

校核洪水位	m	1988.25
设计洪水位	m	1987.00
正常蓄水位	m	1987.00
死水位	m	1982.00

② 工程等级

本工程工程等级为Ⅱ级。设计使用年限：50 年。

③ 码头布置

上游码头考虑工程车辆放鱼及收鱼功能需求，设置集鱼船及其拖船泊位共两个，同时设置公务船泊位 2 个，兼做鱼类下行时的集鱼码头。码头结构采用重力式码头，码头平台高程 1987.50m，长 100m，宽 15m，码头平台两侧设扶壁式翼墙护岸。

④ 设计船型

设计船型详见表 7.2-5。

设 计 船 型

表 7.2-5

类 型	船长	型宽	满载吃水
工作船（无动力）	20	6	1.5
拖船（动力）	20	6	1.5
快 艇	10	2	1.0
公务船	15	3	1.5

2) 进港道路

进港道路与电站场内交通道路平顺连接。进港道路宽 9m，码头平台处设回车场，路面采用 30 厚路面 C20 混凝土层，下设 15 厚 5%水泥稳定碎石层，内侧设 80cm 宽 M7.5 浆砌块石排水沟。

3) 上游综合运鱼船

本运鱼船为一条多功能综合船，其主要功能为转运鱼类、放流鱼类及进行必要的实验工作。运鱼船为平头方艏圆舭型常规艉船型，双机、双桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

本船与集鱼平台配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本运鱼船主要担负转移集鱼平台、运输和释放所集鱼类的工作。设置满足 6 位人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。本船具有绑拖功能，设计时满足相关法规、规范及标准对拖船的要求。

① 船体部分

A. 主要特征

本船为平头方艏、圆舭型常规艉船型。主甲板以上设两层钢质甲板室。本船为双机、双导管桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

综合运鱼船主尺寸表

表 7.2-6

项 目	参 数
总 长	LOA＝25m
设计水线长	LWL=25m
垂线间长	Lpp=24m
型 宽	B＝6.0m
型 深	D＝2.2m
设计吃水	d＝1.5m
肋骨间距	s＝0.5m
梁 拱	f＝0.15m

B. 主要性能

本船设计航速约 17.00km/h，其拖力满足使用要求。在设计吃水时，本船续航力≥120h。本船稳性及干舷满足《内河船舶法定检验技术规则》及其修改通报的要求。

C. 总布置

本船主甲板为连续甲板，在主甲板上设有两层甲板室。

a. 主体舱室划分

设舵机舱，左右压载水舱、清水舱、机舱、燃油舱、设备舱、运鱼舱等。

b. 主甲板

设机舱、洗手间、厨房、会议室兼餐厅各一间，船员 2 人间 2 间，船员 1 人间 2 间。

c. 驾驶甲板

设驾驶室一间。

d. 顶篷甲板

设桅杆、天线、探照灯、航行灯及信号灯等。

D. 其它

船上的生活垃圾和污水进行集中收集和处理，不能随意排放。生活污水可存入生活污水舱，由生活污水排放泵通过标准排放接头排至岸上接收设备。

② 轮机部分

本船为双机双桨推进，由二台推进柴油机（主机）输出端通过联轴节以及齿轮箱经

轴系分别驱动二个定距导管螺旋桨。

为降低船舶的振动和噪声，推进柴油机采用刚性支承，其管路连接采用弹性软管及膨胀接头。齿轮箱采用刚性联结，齿轮箱与柴油机通过弹性联轴器联结。

③ 运鱼及维生系统

为保证鱼类在长途运输中的健康，运鱼舱内设鱼类维生系统。维生系统由进出水控制系统、供氧和控温系统、水质监测系统和监视与照明系统构成。

④ 辅助系统

本船船体艏部设一个清水舱，另设有卫生水、淡水变频供水系统各一套，1t/h 微孔膜过滤净水器一台，提供全船所需的淡水和卫生用水。本船冲洗厕所采用江水。卫生水变频供水系统给水泵从江水总管吸水后，供冲洗厕所。

4) 上游放鱼平台

集鱼平台的主要功能为诱集和暂养鱼类，集鱼平台不具自航能力。为平头方艏箱型船型，单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。该平台兼做鱼类下行时的集鱼平台。

本船与综合运鱼船配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本集鱼船主要担负拦鱼、诱鱼、集鱼的工作。在集鱼完成以后，由综合运鱼船将鱼转运至目的地释放。

① 主要特征

本集鱼平台为单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。主甲板以上设一层钢质甲板室。

集鱼船主尺度见下表。

集鱼船主尺寸表

表 7.2-7

项 目	参 数
总 长	LOA＝22.50m
设计水线长	LWL=22.50m
型 宽	B＝6.00m
型 深	D＝2.20m
设计吃水	d＝1.50m
肋骨间距	s＝0.50m
梁 拱	f＝0.22m

② 主要性能

本船稳性及干舷满足《内河船舶法定检验技术规则》及其修改通报。

③ 总布置

本船主甲板为连续甲板，在主甲板上设有一层甲板室。

A. 主体舱室划分

设左右压载水舱、空舱、水泵舱、淡水舱、储鱼槽等。

B. 主甲板

设集鱼设施控制室、实验室、设备室、洗手间各一间。

C. 顶蓬甲板

设桅杆、天线、探照灯、航行灯及信号灯等。

D. 其它

船上的生活垃圾和污水进行集中收集和处理，不能随意排放。生活污水可存入生活污水舱，由生活污水排放泵通过标准排放接头排至岸上接收设备。

5) 上游管理设施

配套管理用房位于码头平台上，管理用房旁设一 16m×8m 的停车场。码头前沿的电气、给水管线通过路下埋管接入。为满足上游鱼类保护和库区管护需要，配备必要的公务管理船用于库区巡查、库面清理、库区鱼类保护等。

7.2.5.6.2 左岸集运鱼系统组合方案

(1) 方案布置

左岸移动式集运鱼系统组合方案由上行：下游移动式集鱼系统集鱼+公路运输过坝+上游集放鱼系统组成；下行：上游左岸集放鱼+公路运输过坝+右岸放鱼管道组成。

移动集鱼系统主要包括集鱼平台、综合运鱼船、左岸集鱼码头及配套管理设施等。放鱼采用放鱼管道。

公路运输过坝利用已建成的卡杨公路，运输路线为集鱼池→下游连接道路→卡杨公路运输→门式起重机下吊至上游码头，运距约 4.30km。

上游集放鱼设施布置于左岸大碧沟上游，主要包括放鱼码头、进港道路、综合运输船、集鱼船及管理房等。

(2) 左岸下游集放鱼设施

1) 下游集鱼平台

集鱼平台的主要功能为诱集和暂养鱼类，集鱼平台不具自航能力。为平头方艏箱型船型，单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

本船与综合运鱼船配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本集鱼船主要担负拦鱼、诱鱼、集鱼的工作。在集鱼完成以后，由综合运鱼船将鱼转运至目的地释放。

① 集鱼平台主体设计

左岸下游集鱼平台与右岸上游集鱼平台相同，本节不再赘述。

② 下游综合运鱼船

本运鱼船为一条多功能综合船，其主要功能为转运鱼类、放流鱼类及进行必要的实验工作。运鱼船为平头方艏圆舭型常规艉船型，双机、双桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

本船与集鱼平台配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本运鱼船主要担负转移集鱼平台、运输和释放所集鱼类的工作。设置满足 6 位人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。本船具有绑拖功能，设计时满足相关法规、规范及标准对拖船的要求。

左岸下游综合运渔船与右岸上游集鱼平台相同，本节不再赘述。

③ 下游集鱼码头

A. 设计参数

设计考虑采用多年平均风速 0.8m/s，最大风速 24.6m/s。本工程采用场地基本烈度Ⅷ度作为设计烈度。下游码头特征水位详见表 7.2-8。

下游码头特征水位

表 7.2-8

校核洪水位	m	1934.24
设计洪水位	m	1932.71
设计高水位	m	1917
设计低水位	m	1911.3

B. 工程等级

本工程工程等级为Ⅱ级。设计使用年限：50 年。

C. 码头布置

下游码头考虑工程车辆放鱼及收鱼功能需求，设置集鱼船及其拖船泊位共两个，同时设置公务船泊位 2 个，兼做鱼类上行时的集鱼码头。码头结构采用重力式码头，码头平台高程 1917.50m，长 100m，宽 15m，码头平台两侧设扶壁式翼墙护岸。

D. 设计船型

设计船型详见表 7.2-9。

设 计 船 型

表 7.2-9

类 型	船长	型宽	满载吃水
工作船（无动力）	20	6	1.5
拖船（动力）	20	6	1.5
快 艇	10	2	1.0
公务船	15	3	1.5

E. 连接道路及码头

进港道路与电站场内交通道路平顺连接。进港道路宽 9m，码头平台处设回车场，路面采用 30 厚路面 C20 混凝土层，下设 15 厚 5%水泥稳定碎石层，内侧设 80cm 宽 M7.5 浆砌块石排水沟。

④ 下游配套管理设施

配套管理用房位于码头进港道路路侧，管理用房旁设一 16m×8m 的停车场。码头前

沿的电气、给水管线通过路下埋管接入。

2) 下游放鱼设施

下游放鱼设施是为满足鱼类下行需要的专用设施，主要包括放鱼池、供水管、放水管等设施。

(3) 运鱼设施

左岸过鱼方案采用汽车运输方案，通过转运鱼车进行运输，运输路线为集鱼池→至集鱼池道路→卡扬对外交通专用公路→门式起重机下吊至上游码头，运距 4.3km。转运鱼车共配备 3 台，主要由运鱼箱、增氧系统、水泵和动力系统等组成，其中运鱼箱配备 6 个（转运鱼车 3 个，上下游各备用 1 个，维修检修备用 1 个）。转运鱼车在运输过程中不换水也不加水，利用增氧系统，保持活鱼箱内鱼类不受伤害。转运鱼车共有 3 辆，2 用 1 备。

该方案同时兼作下行过坝通道。

(4) 上游放鱼及管理设施

上游集放鱼设施主要包括放鱼码头、进港道路、综合运输船、集鱼船及管理房等。

1) 上游放鱼码头

① 设计参数

设计考虑采用多年平均风速 0.8m/s，最大风速 24.6m/s。本工程采用场地基本烈度Ⅷ度作为设计烈度。上游码头特征水位详见表 7.2-10。

上游码头特征水位

表 7.2-10

校核洪水位	m	1988.25
设计洪水位	m	1987.00
正常蓄水位	m	1987.00
死水位	m	1982.00

② 工程等级

本工程工程等级为Ⅱ级。设计使用年限：50 年。

③ 码头布置

上游码头考虑工程车辆放鱼及收鱼功能需求，设置集鱼船及其拖船泊位共两个，同

时设置公务船泊位 2 个，兼做鱼类下行时的集鱼码头。码头结构采用重力式码头，码头平台高程 1987.50m，长 100m，宽 15m，码头平台两侧设扶壁式翼墙护岸。

④ 设计船型

设计船型详见表 7.2-11。

设 计 船 型

表 7.2.5-11

类 型	船长	型宽	满载吃水
工作船（无动力）	20	6	1.5
拖船（动力）	20	6	1.5
快 艇	10	2	1.0
公务船	15	3	1.5

2) 进港道路

进港道路与电站场内交通道路平顺连接。进港道路宽 9m，码头平台处设回车场，路面采用 30 厚路面 C20 混凝土层，下设 15 厚 5%水泥稳定碎石层，内侧设 80cm 宽 M7.5 浆砌块石排水沟。

3) 上游综合运鱼船

本运鱼船为一条多功能综合船，其主要功能为转运鱼类、放流鱼类及进行必要的实验工作。运鱼船为平头方艄圆舭型常规艉船型，双机、双桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

本船与集鱼平台配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本运鱼船主要担负转移集鱼平台、运输和释放所集鱼类的工作。设置满足 6 位人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。本船具有绑拖功能，设计时满足相关法规、规范及标准对拖船的要求。

左岸上游综合运鱼船与右岸上游综合运鱼船设施相同，本节不再赘述。

4) 上游放鱼平台

集鱼平台的主要功能为诱集和暂养鱼类，集鱼平台不具自航能力。为平头方艄箱型船型，单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。该平台兼做鱼类下行时的集鱼平台。

本船与综合运鱼船配合，主要用于卡拉水电站过鱼作业。本集鱼船主要担负拦鱼、

诱鱼、集鱼的工作。在集鱼完成以后，由将鱼转运至目的地释放。

左岸上游放鱼平台与右岸上游放鱼平台设施相同，本节不再赘述。

5) 上游配套管理设施

左岸上游码头配套管理设施与右岸上游码头的配套管理设施相同，本节不再赘述。

7.2.5.6.3 全鱼道方案

(1) 全鱼道方案布置

鱼道方案布置在电站尾水出口下游约 570m~850m 右岸岸边。鱼道全长约 3687.40m，鱼道最大高差 73m，纵坡坡比 2%。根据坝址附近的地形地质条件，水库下游采用“绕弯”的明渠鱼道布置(桩号鱼道 0+000.00m~鱼道 1+850.00m)，与隧洞鱼道（桩号鱼道 1+850.00m~鱼道 3+358.40m）连接，通向水库上游，鱼道隧洞采用城门洞形，尺寸 4.5m×5.5m（宽×高），经明渠鱼道段（桩号鱼道 3+358.40m~鱼道 3+687.40m）将鱼送到水库上游 。

鱼道主要由进口、休息室、观测室、出口等建筑物组成。

鱼道共布置 4 个进口，进口 4 布置在电站尾水出口下游约 800m 处，根据卡拉水电站发电尾水位，分别在 1911m、1913m、1915m 及 1917m 高程设置，每个进口各设有一扇工作门。鱼道出口布置在大坝上游约 240m 附近，根据卡拉水电站发电死水位及正常蓄水位，分别在 1979m、1981m、1983 及 1985m 高程设置 4 个鱼道出口，每个出口各设有一扇工作门。鱼道内采用单竖缝式结构，净宽为 2.0m，单个池室长度为 2.4m，坡降为 2.0%；平均 1.5m 水头设置一个休息池，池长 4.8m，休息池坡降为 1.0%；竖缝宽 0.3m，与鱼道轴线呈 45°角。隔板厚度为 30cm，隔板型式为“L”型，隔板沿水流方向长为 50cm，并在顺水流方向隔板底部设一过鱼孔，孔口尺寸为 30cm×30cm（宽×高）。

(2) 主要建筑物设计

1) 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，因此鱼道进口设计好坏是关键。鱼道进鱼口位置和进口高程的拟定与下游鱼道式集鱼系统方案基本一致，此处不再赘述。

2) 池室设计

① 池室设计

卡拉水电站过鱼对象范围较宽，过鱼对象具有不同习性，且水位变幅相对较大，池

室结构采用竖缝式。

竖缝式池室由一系列相连的水池组成，相连的水池之间的隔壁上有一条垂直的竖缝，通过沿程摩阻、水流对冲及扩散来消能，达到改善流态和降低过鱼竖缝流速的目的。

(1) 水池规格

① 净宽

净宽尺寸越大，每级槽内的平均流速就越小，利于鱼类的中间休息；但是净宽尺寸越宽，鱼道相应造价就越高，本工程鱼道净宽取 2.0m。

② 水池水深

根据过鱼对象习性，并结合本工程特性，综合考虑本工程选定净水深 1.2m。

③ 每级池室长度

根据鱼对象的规格，综合考虑每级池长 2.4m。

(2) 底坡设计

竖缝内设计流速为 1.00～1.20m/s，按流速 1.0m/s 控制，根据公式 5.3.2-1~2 计算得池室纵坡度为 2.0%。

通过公式 5.3.2-1~2 可算的 ：

$$v = \mu\sqrt{2g\Delta h} \qquad (5.3.2\text{-}1)$$

$$i = \frac{\Delta h}{L} \qquad (5.3.2\text{-}2)$$

其中：v——流速（m/s）；

μ——流速系数；

g——重力加速度（9.81m^2/s）；

Δh——相邻鱼池落差(m)；

i——纵坡；

L——池室长度(m)。

(3) 垂直竖缝宽度

根据主要过鱼对象的规格，过鱼孔口的高度和宽度最小不应小于过鱼最大体长 1/2，因此，竖缝宽度为 0.3m，竖缝缝口方向宜与隔板呈 45°夹角。

(4) 弯道结构型式选择

由于进口采用连续“绕弯”方式布置，池室部分会出现 180°转弯。根据这一特点，在

转弯处分别采用圆弧形和矩形连接，并通过数值模拟和物理试验的方法进行比选转弯型式。

通过类比其他工程，圆弧形连接时，池入口处的最大流速能达到 1.35m/s，矩形连接时，池入口处的最大流速为 1.20m/s。由于圆弧形连接结构利于水流过流的特性，水流在槽中所受阻力较小，故水流轨迹平顺，流速也整体偏大；而矩形转弯结构由于利用了水流粘滞性，在休息池处消能作用明显，因此整体流速也相对较小，更利于鱼类洄游。

综上所述，弯道结构形式推荐为矩形连接结构。

② 休息池室设计

根据国内工程经验，休息池坡度为 1.0%，每隔 25 个游泳池则设一个休息池，即平均 1.56m 水头需设一个休息池。休息长度取每级池室长度 2 倍，即 4.8m。

槽底部进行加糙处理，铺以鹅卵石或砾石块，石块粒径 10cm～30cm。另一方面，也对池底进行一定的加糙，对槽内流速有一定降低。

3) 出口设计

① 出口位置选择原则

鱼道出口一般选择在：

① 远离电站进水口等，防止上溯成功的鱼被水流带回下游；

② 布置在水深较大和流速较小的地点，便于亲鱼上溯；

③ 能适应上游水位的变动，在过鱼期间当坝上水位变化时，能确保鱼道出口有足够的水深，且与水库水面很好的衔接；

④ 出口应远离水质有污染及对鱼类有干扰和恐吓的区域；

⑤ 鱼道也应考虑上游鱼类下行的要求，出口宜迎着上游水流方向，便于鱼类进入鱼道。

② 出口位置拟定

根据卡拉水电站枢纽建筑物布置格局，电站进水口距大坝上游较近，因此鱼道出口宜布置电站进水口上游。根据出口位置选择原则，参考类似工程运行经验和本工程枢纽布置特点，综合考虑鱼道出口选择在大坝上游约 240m 处。

③ 出口高程拟定

卡拉水电站正常蓄水位为 1987m，死水位为 1982m，水位变幅约 5m，经综合分析卡拉鱼道设有 4 个出口，高程分别为 1979m、1981m、1983m、1985m，鱼道出口高程

变幅为 6m，可满足在不同水位条件下进行出鱼。

7.2.5.6.4 方案比选

卡拉水电站过鱼设施设计从过鱼对象及特性、过鱼设施类型、集放鱼的区域、工程限值条件等均进行了较为充分的分析。根据工程河段底栖性鱼类的习性、坝型、泄洪形式、工程河段地质条件等方面进行了过鱼方案的初步筛选。在排除了仿自然旁通道、鱼闸和升鱼机等型式的适用性后，对右岸鱼道式集鱼系统组合方案、左岸移动式集鱼系统组合方案和全鱼道方案三种过鱼方式，从经济技术合理性和过鱼效果有效性等方面，进行综合比选以确定最终的推荐方案，详见表 7.2-12 和表 7.2-13。

卡拉水电站过鱼方案比较表

表 7.2-12

比选功能		比选项目	方案一	方案二	方案三
			右岸鱼道式集鱼系统组合方案	左岸移动式集鱼系统组合方案	右岸全鱼道方案
集鱼设施	上行	集鱼方式	鱼道式集鱼系统	移动式集鱼系统	鱼道
		技术可靠性	采用竖缝式鱼道形式目前在国内外均有应用，技术相对成熟	国外主要应用于带有船闸的大坝，主要采用较大船体结构，国内目前尚无运行较好的案例	采用竖缝式鱼道形式目前在国内外均有应用，技术相对成熟
		设施灵活性	设施固定，进鱼口等位置不可移动	集鱼平台和运鱼船可灵活移动	设施固定，进鱼口等位置不可移动
		技术难度	设施操作对人员的专业性等方面要求相对低，经过短时间的培训能够满足运行管理需要	设施操作人员需具备操控复杂电气设备的能力以及船舶驾驶等能力，需经过相对较长时间的培训方能满足运行管理需要	设施操作对人员的专业性等方面要求相对低，经过短时间的培训能够满足运行管理需要
		运行管理	运行管理集中、直观，利于监管，环境示范效果好	运行管理灵活，但不利于监管，环境保护示范效应相对较差	运行管理集中、直观，利于监管，环境示范效果好
		比选小结	最优	次优	最优
	下行	集鱼方式	移动集运鱼系统		鱼道
		技术可靠性	国外主要应用于带有船闸的大坝，主要采用较大船体结构，国内目前尚无运行较好的案例		高坝下行鱼道国内外目前均无先例。

卡拉水电站过鱼方案比较表

续表 7.2.5-12

比选功能		比选项目	方案一	方案二	方案三
			右岸鱼道式集鱼系统组合方案	左岸移动式集鱼系统组合方案	右岸全鱼道方案
集鱼设施	下行	技术难度	设施操作人员需具备操控复杂电气设备的能力以及船舶驾驶等能力，需经过相对较长时间的培训方能满足运行管理需要		
		运行管理	运行管理灵活，但不利于监管，环境保护示范效应相对较差		
		比选小结	最优		次优
运鱼设施	上行、下行	运鱼方式	轨道运输	汽车运输	鱼道
		技术可靠性	在其他类似运输中有较为普遍的应用，相对较为成熟。	汽车运输方案技术成熟度高，国内已有这方面类似应用，进行必要的改造可满足要求。	高坝鱼道过鱼国内外没有成功案例。
		运输舒适性	转运过程相对较少，对车内的鱼类惊扰相对较小。	运输途中可能会出现一定的颠簸，对鱼类造成一定的惊扰	高坝鱼道过长，过鱼过程体能消耗过大，部分鱼类可能无法完成过鱼。隧洞过鱼，有鱼类感光应激反应问题，也可能导致过鱼失败。

卡拉水电站过鱼方案比较表

续表 7.2.5-12

比选功能		比选项目	方案一	方案二	方案三
			右岸鱼道式集鱼系统组合方案	左岸移动式集鱼系统组合方案	右岸全鱼道方案
运鱼设施	上行、下行	技术难度	对场地的依赖性小，运输线路相对灵活，可靠性好。	对场地的依赖性小，运输路线灵活，不易受岩土可能存在的滚石、塌方等影响	受场地约束性强，在卡拉峡谷地带，布置困难。
		运输距离	运距约 4.1km，运距相对较长。	运距约 4.1km，运距较长。	3.69km
		管理与维护	主要对运鱼车和公路轨道进行维护，转运设备相对少，需要的工作人员也相对较少，管理维护相对简单。	运行管理相对便利，操作较为简单，但从环保监督角度看，存在一定的弊端。	运行管理相对便利，操作较为简单
		比选结果	最优	次优	最差
放鱼设施	上行	放鱼方式	移动集运鱼系统		鱼道
		技术可靠性	运鱼船可灵活移动		自行进入库区
		技术难度	较小		较小
		管理与维护	运行管理灵活		简单
		比选小结	最优		次优

卡拉水电站过鱼方案比较表

续表 7.2.5-12

比选功能		比选项目	方案一	方案二	方案三
			右岸鱼道式集鱼系统组合方案	左岸移动式集鱼系统组合方案	右岸全鱼道方案
放鱼设施	下行	放鱼方式	放鱼管		鱼道
		技术可靠性	借鉴国内增殖放流经验，放鱼管设施放鱼较为可靠		高坝下行鱼道国内外目前均无先例。
		技术难度	技术难度小		
		管理与维护	运行方便		
		比选小结	最优		次优
综合比选结论			最优	次优	最差

各方案投资估算比较表

表 7.2-13

编号	工程或费用名称	投资(万元)		
		方案一	方案二	方案三
		右岸鱼道式集鱼系统组合方案	左岸移动式集鱼系统组合方案	全鱼道
Ⅰ	枢纽建筑物	7469.18	6654.19	16626.14
一	施工辅助工程	850.13	875.12	1348.26
1	导流工程	596.75	743.57	566.59
2	其他施工辅助工程	253.38	131.55	781.67
二	建筑工程	4151.10	1753.55	14968.09
1	码头工程	624.44	1465.58	
2	集鱼槽工程	2910.57		14200.56
3	集鱼槽供水工程	38.04		
4	过坝设施工程	300.43	124.52	
5	下行放鱼设施	1.63	1.63	
6	房屋建筑工程	82.23	82.23	57.50
7	其他工程	193.76	79.59	710.03
三	环境保护工程	30.00	30.00	60.00
四	机电设备及安装工程	2074.63	3938.74	158.05
五	金属结构设备及安装工程	363.32	56.78	91.74
	合 计	7469.18	6654.19	16626.14

由表 7.2-12 和表 7.2-13 可见，从过鱼技术可靠性和技术难度方面看，方案一最优，方案三受工程地形、地质和工程坝高等工程特性因素制约，过鱼效果最差；从经济性角度看，方案二最优。综上，为实现有效过鱼的设计目标，拟推荐方案一右岸鱼道式集鱼系统组合方案为卡拉水电站过鱼设计推荐方案。

7.2.5.6.5 推荐方案

(1) 推荐方案说明

经比选，上行：下游右岸鱼道式集鱼系统集鱼+公路轨道提升过坝+上游右岸集放鱼；下行：上游右岸集放鱼+公路轨道提升过坝+右岸放鱼管道组合方案作为推荐方案。

下游右岸鱼道式集鱼系统进口布置在上田镇滑坡体下游约 260m~560m 处，根据卡拉水电站发电尾水位及卡拉水电站运行水位，分别在 1910m、1912m、1914m 及 1916m 高程设置 4 个进口，每个进口各设有一扇工作门。集鱼系统出口布置在右岸钢管加工厂（堆放场）1920m 高程，与集鱼池相接。鱼道式集鱼系统采用单竖缝式结构，集鱼鱼道净宽为 2.0m，单个池室长度为 2.4m，坡降为 2.0%；平均 1.5m 水头设置一个休息池，池长 4.8m，休息池坡降为 1.0%；竖缝宽 0.3m，与鱼道纵向轴线呈 45°角。隔板厚度为 30cm，隔板型式为“L”型，隔板沿水流方向长为 50cm，并在顺水流方向隔板底部设一过鱼孔，孔口尺寸为 30cm×30cm（宽×高）。下游放鱼设施是为满足鱼类下行需要的专用设施，主要包括放鱼池、供水管、放水管等设施。

公路轨道过鱼方案：集鱼池→至集鱼池道路→厂房通风兼安全洞道路→右岸缆机平台道路→门式起重机下吊至上游码头，运距 2.9km。以上道路均采用钢轨进行改造，以满足轨道车的运行要求。由于本工程场内道路的纵坡远大于轨道牵引车的运行要求，为了不对工程区道路进行大规模的改造，运鱼设施的动力系统采用汽车进行牵引，即采用汽车牵引+轨道车的方式。轨道车上配备运鱼箱、增氧系统、水泵等，其中运鱼箱配备 5 个。同时兼作下行过坝通道。

上游集放鱼设施主要包括放鱼码头、进港道路、综合运输船、集鱼船及管理房等。

(2) 主要工程量

过鱼设施主要工程量包括下游集放鱼设施、过坝设施、上游集放鱼设施三部分。主要工程量详见表 7.2-14。

过鱼设施主要工程量一览表

表 7.2-14

项　目		单位	工程量	备　注
第一部分　下游集放鱼设施				
一、鱼道式集鱼系统	**土建工程**			
	石方开挖	m^3	25315	
	土方开挖	m^3	134153	
	鱼道隔板钢筋砼 C25	m^3	718	
	进口段鱼道钢筋砼 C25	m^3	641	
	挡墙式鱼道钢筋砼 C25	m^3	8135	
	鱼道横支撑钢筋砼 C25	m^3	113	
	集鱼池闸门排架钢筋砼 C25	m^3	68	
	铜止水	m	660	
	钢筋	t	526	
	岩坡框格砼 C25	m^3	1551	
	岩坡框格钢筋	t	78	
	砂浆锚杆Φ28，L=6m	根	1615	
	砂浆锚杆Φ28，L=9m	根	1615	
	预应力锚索 2000kN,L=40m	根	201	
	挂网喷混凝土(C25,厚 15cm)	m^3	1762	
	钢筋网(φ6.5@20cm×20cm)	t	31	
	固结灌浆	m	1899	
	排水孔φ76mm,L=6m	m	4844	
	排水孔φ76mm,L=10m	m	825	
	金属结构工程			
	进鱼口工作闸门	t	12	闸门孔口尺寸 2m×3m-3m（宽×高-水头）
	出鱼口工作闸门	t	5	闸门孔口尺寸 3m×3m-3m（宽×高-水头）

过鱼设施主要工程量一览表

续表 7.2-14

项　目		单位	工程量	备　注
一、鱼道式集鱼系统	集鱼池球阀	套	1	DN500-1.0MPa
	引水管主阀	套	1	DN500-1.6MPa
	引水管减压阀	套	2	DN300-1.0MPa
	引水管球阀	套	1	DN500-1.6MPa
	电动螺杆机	台	5	200 kN - 4 m（容量-扬程）
	导流工程			
	编制袋装粘土	m^3	6000	
	钢筋石笼	m^3	5500	
	帷幕灌浆	m	3800	
二、管理房	1　建筑面积	m^2	200	1 层钢砼结构
	2　强电工程	项	1	
	3　弱电工程	项	1	
三、供水工程	支墩混凝土 C15	m^3	450	
	钢筋制作安装	t	6	
	钢管 DN500	m	1400	
四、放鱼设施	放鱼池	座	1	2m×3m×1m（长×宽×高）
	放鱼管	m	500	DN500 焊接钢管，PN1.6MPa
	土方开挖	m^3	150	
	石方开挖	m^3	100	

过鱼设施主要工程量一览表

续表 7.2-14

项　目		单位	工程量	备　注
第二部分　过坝设施				
一	**建筑工程**			
1	路面混凝土凿除	m^3	820	
二	**金属结构设备及安装工程**			
1	GB43KG 钢轨	t	250	
2	锁固锚杆φ18,L=0.5m	根	5800	
3	钢材	t	115	
三	**其他设备及安装工程**			
1	运鱼箱	个	5	
2	牵引车（载重 12t）	台	2	
3	DMQ540/30 型门式起重机	台	1	
4	电缆	m	2800	
5	上游趸船	项	1	
6	快艇（6 座）	艘	2	
7	集鱼船	艘	1	
8	运鱼船	艘	1	
第三部分　上游集放鱼设施				
1	石方开挖	m^3	11290.00	
2	C30 现浇混凝土胸墙	m^3	52.00	
3	C25 混凝土挡墙	m^3	2730.00	
4	C30 钢筋混凝土底板	m^3	500.00	
5	C10 混凝土垫层	m^3	56.00	
6	碎石垫层	m^3	243.00	
7	宕渣回填	m^3	3047.00	
8	拱形 300H 橡胶护舷	个	40.00	

过鱼设施主要工程量一览表

续表 7.2.5-14

项　目		单位	工程量	备　注
9	直径 10cmPVC 排水管	m	244.20	
10	350g/m^2 无纺土工布	m^2	800.00	
11	粗砂反滤层	m^3	287.00	
12	碎石反滤层	m^3	278.00	
13	抛石棱体	m^3	2311.00	
14	C20 路面混凝土	m^3	720.00	
15	5%水泥稳定层	m^3	360.00	
16	C20 钢筋混凝土排水沟	m^3	40.00	
17	C20 喷锚混凝土	m^3	210.00	
18	随机锚杆	根	80.00	长度 4.5m
19	150KN 系船柱	个	6.00	
20	C30 钢筋砼扶壁式翼墙	m^3	1680.37	
11	管理房建筑		0	
11.1	建筑面积	m^2	50	
11.2	管理房给排水	项	1	
11.3	管理房强电	项	1	
11.4	管理房弱电	项	1	
11.5	管理房暖通	项	1	
12	室外给排水	项	1	
13	计算机监控系统	项	1	

7.2.5.7　过鱼有效性分析

卡拉水电站组合过鱼设施方案在国内外，虽尚未有使用，但各部分形式在国内外也有一定的应用。

(1)　鱼道形式的应用

长洲水利枢纽工程位于珠江流域西江干流浔江河段，采用河床式厂房，坝高约15.6m，鱼道全长约1.4km，其中上游段约1.2km，上游段0.2km。主要设计过鱼对象为中华鲟、鲥鱼、七丝鲚、鳗鲡、花鳗鲡、白肌银鱼6种，为满足体型较大的中华鲟的通过，鱼道设计宽5m，池深3m，坡降12.55%，为加强集鱼效果，下游河道设置有拦鱼电栅。根据长洲鱼道过鱼效果的观测结果，表明鱼道发挥了较好的过鱼作用，过鱼种类以河段常见鱼类为主，鱼道过鱼以白天为主，夜间过鱼数量较少。

卡拉水电站过鱼设施中的集鱼鱼道与长洲水利枢纽工程的鱼道具有相似性，由于过鱼种类的体型相对较小，鱼道宽度和深度相应减少，为满足下游不同水位情况下的集鱼效果，设置了多个进鱼口和相应的诱鱼装置。由此可见，卡拉水电站过鱼设施系统预计也将能够发挥应有的集鱼功能，

长洲水利枢纽工程建成运行情况详见图7.2-10。



鱼道整体状况



鱼道下游进鱼口

图7.2-10 广西长洲水利枢纽工程

(2) 转运鱼系统的应用

下贝克坝位于华盛顿州贝克河上，在下贝克坝修建了长约40m的拦鱼堰进行集鱼，并将鱼驱入装鱼池，下接斗罐，装车后运到大坝上游。杨房沟水电站过鱼设施的转驳装置与该类型原理上相似，可将鱼类从集鱼设施中转驳至运鱼设施中。

公路轨道运鱼系统在国内外尚未有应用，国内专门针对鱼类的运输经验尚不足，但

类似运输形式已在矿业等领域已有应用，在参考水产运输车辆的设计对箱体进行必要的改造的情况下，经过投运初期的磨合后可逐渐成熟，不存在重大制约。

下贝克坝鱼类转驳设施见图 7.2-11，工矿领域使用的轨道运输系统详见图 7.2-12。



图 7.2-11 下贝克坝转驳系统



图 7.2-12 轨道运输形式

(3) 集运鱼系统的应用

集运鱼系统主要应用于国外，已有投产运行的集运鱼系统，可适用于各种类型和水头高度的水坝，其中以美国居多。美国集运鱼系统主要由集鱼船、运鱼船、运鱼车等组成，相关照片见图 7.2-13。前苏联开展过集运鱼船的试探，在顿河支流内马内奇河口枢纽进行的试验中，8 天就收集了鲱、鳊、梭鲈等鱼 2.5 万尾。

卡拉水电站过鱼设施上游放鱼采用放鱼船形式，由于放鱼船的技术较为成熟，运输至库尾、支流汇合口等区域均能够较好地实现。对于鱼类的下行研究，无法通过鱼道形式完成，具体形式目前尚处于探索和试验阶段，本工程对于幼鱼下行提出了采用集鱼船的形式，目前国内乌江彭水水电站建设了 1 艘集鱼船，集鱼效果还有待进一步观察，设备和技术上也有待不断改进和完善，本工程实施过程中也将充分借鉴国内外最新研究成果。



上方为集鱼船，下方为运鱼船



运鱼车与运鱼船转运

图 7.2-13 集运渔船及运鱼车

(4) 小结

鱼道形式的集鱼系统已在国内外多个水利水电工程中得到应用，实践表明，在深入开展鱼类游泳特性研究、选择合适的鱼道参数的情况下，过鱼效果将得到较好地保障；转驳和运鱼放鱼方面，通过轨道形式进行过鱼，在技术上不存在重大制约；通过放鱼船形式进行放鱼，在鱼类放流领域已较为成熟，技术上不存在制约。对于幼鱼的下行方面，目前集鱼船的设计经验尚不是很成熟，需要在实施过程中不断探索和完善。

通过以上分析，在经过后续的模型试验和进一步细化设计后，本工程过鱼设施细部结构将进一步完善，可较好地满足江段鱼类上行的需要，鱼类的下行也将在不断探索中得以实现和完善。

7.2.5.8 下阶段优化设计工作

过鱼设施的设计需要结合鱼类的生物学特性进行，下阶段应尽快开展鱼类游泳特性测试、集鱼鱼道水工模型试验、进鱼口诱鱼设施布置研究、集鱼船设计研究等方面的工作，从而为过鱼设施的实施提供有力保障。

7.2.6 鱼类增殖措施

7.2.6.1 流域水生生态保护要求

根据对鱼类的影响分析，库区淹没、大坝阻隔、径流调节导致下游水文情势改变等对鱼类种类组成和资源数量将会产生一定影响，结合今后整个雅砻江中游梯级的逐步开发，需采取一定人工手段进行人工增殖放流。根据《雅砻江中下游水电开发环境影响回顾性评价研究报告》成果，拟在杨房沟设置鱼类增殖站，统筹中游卡拉、杨房沟、孟底沟及楞古 4 个电站的增殖放流工作，根据规划，将锦屏增殖站作为雅砻江中下游鱼类保护中心站，作为增殖、科研的主体，同时承担对外宣传教育的窗口，杨房沟增殖站增殖

放流站主要承担增殖、放流任务及江段特有鱼类的研究工作。

人工增殖放流站的主要工作任务是：进行野生亲本捕捞、运输、驯养，实施人工繁殖和苗种培育，接受标志(或标记)的技术培训，进行放流苗种的标志(或标记)，建立遗传档案，建立并长期维持人工种群，提供苗种进行放流。

7.2.6.2 鱼类增殖站站址

根据2013年7月，中国水电工程顾问集团公司编制完成《四川省雅砻江中下游水电开发环境影响回顾性评价研究报告》，报告中明确了卡拉、杨房沟、孟底沟和楞古水电站合建一个鱼类增殖放流站，站址选择在杨房沟水电站业主营地。根据《四川省雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书》及批复（环审[2014]77号），卡拉、杨房沟、孟底沟和楞古合建的鱼类增殖站占地面积约2.1hm^2，命名为杨房沟鱼类增殖站，对应的增殖放流近期规模为45万尾，加上远期规模12万尾，最终增殖规模为57万尾。并考虑与鱼类增殖站相邻的下游侧施工供水水厂区块作为备用场地，场地面积约0.6hm^2。目前杨房沟鱼类增殖站正在进行初步设计，初设尚未审定，本次环评依据杨房沟水电站环评及批复意见，结合卡拉水电站水生影响对卡拉鱼类增殖放流措施进行说明。

7.2.6.3 鱼苗放流方案

(1) 放流种类

根据《四川省雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书》及批复（环审[2014]77号），杨房沟鱼类增殖站近期增殖放流对象为长丝裂腹鱼、长薄鳅、细鳞裂腹鱼、短须裂腹鱼、鲈鲤等，鱼类增殖站建成后，即开展人工驯养、繁殖和放流。青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、松潘裸鲤等鱼类的人工繁殖目前尚无成熟技术，作为远期增殖放流对象。

(2) 放流标准

放流的幼鱼必须是由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。亲鱼的获取可以结合过鱼设施收集的鱼类进行，当过鱼设施中收集的鱼类可作为繁殖亲鱼时，可将其转移至鱼类增殖站作为亲本进行人工繁育。

(3) 放流规格

放流苗种的个体大小对放流效果影响很大。放流苗种太小，抵抗风浪等自然环境影响的能力差，活动力弱，易被凶猛性鱼类捕食，因而存活率低，直接影响到放流效果。但放流苗种过大，则需要增加更多的经济投入。

放流苗种规格的确定需要考虑苗种生产的实际。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。综合考虑放流区域捕食性鱼类和敌害生物情况，苗种生产实际状况、放流成活率、放流水域饵料条件，通常放流体长 4～6cm 的当年夏花苗种和 1 冬龄鱼种。

(4) 放流数量

杨房沟鱼类增殖放流站放流规模与上下游楞古、孟底沟、卡拉水电站进行统一考虑。根据《水库渔业设施配套规范》（SL 95-94）和《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》（征求意见稿），结合对中游各梯级库区的水位、水库面积、饵料生物量、流水生境大小等分析，确定杨房沟鱼类增殖站近期放流规模为 45 万尾，以后根据评价区放流鱼类的成活率、生长情况、资源量等鱼类资源监测结果，对放流品种及数量再做适当调整。其中，卡拉水电站放流 13 万尾，杨房沟水电站放流 12 万尾，孟底沟水电站和楞古水电站各放流 10 万尾。中远期根据其他保护鱼类的繁育技术突破，各电站总放流规模在近期的基础上各增加 3 万尾。

随着江段部分鱼类人工增殖技术的突破，在中远期可考虑增加放流的种类，放流种类包括青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡、松潘裸鲤等保护鱼类。

具体见表 7.2-15 和表 7.2-16。

卡拉、杨房沟、孟底沟、楞古水电站近期放流鱼苗数量及规格

表 7.2-15

电站名称	种　类	保护级别	体长（cm/尾）	数量（万尾/年）
杨房沟水电站	长丝裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	细鳞裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	短须裂腹鱼	长江中上游特有鱼类/经济鱼类	4~6	2
			1 冬龄	1
	鲈　鲤	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	小　　计		/	12

卡拉、杨房沟、孟底沟、楞古水电站近期放流鱼苗数量及规格

续表 7.2-15

电站名称	种 类	保护级别	体长（cm/尾）	数量（万尾/年）
卡拉水电站	长薄鳅	特有鱼类	4~6	2
			1 冬龄	1
	长丝裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	细鳞裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	短须裂腹鱼	长江中上游特有鱼类/经济鱼类	4~6	1
			1 冬龄	0.5
	鲈 鲤	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	0.5
	小 计		/	13
孟底沟水电站	长丝裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	细鳞裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	短须裂腹鱼	长江中上游特有鱼类/经济鱼类	4~6	1
			1 冬龄	0.5
	鲈 鲤	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	0.5
	小 计		/	10
楞古水电站	长丝裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	细鳞裂腹鱼	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	1
	短须裂腹鱼	长江中上游特有鱼类/经济鱼类	4~6	1
			1 冬龄	0.5
	鲈 鲤	省级保护	4~6	2
			1 冬龄	0.5
	小 计		/	10
合 计			/	45

注：长薄鳅仅考虑在卡拉水电站坝下进行放流。

卡拉、杨房沟、孟底沟、楞古水电站中远期放流鱼苗数量及规格

表 7.2-16

种 类	全长 4～6cm，1 冬龄(万尾)	备 注
青石爬鮡	3	暂列，加紧人工繁育科学研究，以尽快实现放流，放流规模根据繁育研究结果调整。中远期四个电站放流规模可平均分配，即每个电站按 3 万尾的总量进行分配，各种类也照此原则进行分配。
黄石爬鮡	3	
中华鮡	3	
松潘裸鲤	3	
合 计	12	

(4) 放流周期

由于目前国内在鱼类增殖放流方面的实际经验尚不完全，鱼类增殖放流工作宜做好跟踪调查。由于工程建设周期较长，施工期增殖放流后的第 1 年进行 1 次效果评估；竣工环境保护验收后的第 1、5、10、15、20 年，分别对增殖放流效果进行评估，根据库区及下游河段鱼类种群组成、数量及生长监测结果，对放流鱼类的种类和数量做适时调整。每年进行放流，至竣工环境保护验收后的第 20 年。20 年以后，根据放流效果评估，决定继续或终止放流。

(5) 放流区域和时间

放流区域主要为卡拉库尾及卡拉坝下流水河段，采取多点、分散方式放流。小规格放流鱼类的放流地点选择浅水、缓流的河湾或库湾，大规格放流鱼类的放流地点选择较深的缓流河湾及支流汇口附近。鲈鲤由于生性凶猛，同时放流存在捕食其他放流鱼类的可能，放流应稍晚于其他鱼类。放流时间根据鱼类繁殖和培育情况确定，4~6cm 规格鱼苗育成即可放流，1 冬龄鱼则选择在第二年春季放流，此时增殖的鱼种体格较为健壮，有利于鱼类的成活。

(6) 标志与放流效果评价

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。同时，人工种群要建立遗传档案库，并每代监测遗传多样性。这部分工作应由具有相当资质的科研单位承担。其主要工作内容包括：研究鱼类的标志放流技术，建立与放流品种生物学习性相适应的高效标记技术和方法；开展标志放流技术研究，获得具有最佳生物学效果的人工放流方法，包括适宜的放流规

格、数量、地点和时机等；开展人工放流增殖效果监测，建立样本回收及监测网络，通过研究人工增殖种群的行为生态学差异、对自然种群的贡献率等，评估增殖放流效果，为物种保护决策提供科学依据。

(7) 流域鱼类增殖放流情况

目前，雅砻江流域已建有锦屏·官地鱼类增殖站，增殖放流工作已按计划开展，并已取得了一定的成效，增殖放流种类主要为雅砻江下游分布的主要保护鱼类。此外，对于部分人工繁育技术尚未突破的鱼类，目前也已委托相关专业机构开展科学研究，相关繁育技术获得突破后将可因用于雅砻江中游以及上游的其他鱼类增殖站，促进区域的水生生态保护工作的实施。

7.2.6.4 工程总布置及建筑物

(1) 工程总体布置

根据杨房沟营地总体布局，卡杨公路靠山侧为业主营地一区，临江测为业主营地二区，为便于今后的管理，提升增殖放流设施的重要性，增殖放流设施与业主营地一区采用融为一体布设，杨房沟鱼类增殖放流站各设施均布置于业主营地内，鱼类增殖放流相关设施占地面积共21280m^2，主要增殖放流设施或构筑物分别位于业主营地一区中部和业主营地二区北侧。

杨房沟业主营地一区位于2号冲沟南侧，整块场地布设为东高西低，坡降较大。仿生态鱼种培育池与业主营地一区中的景观水系融为一体，不同高程水体落差区域采用生态化跌水坎进行衔接，起到增加曝气和提升景观的作用；鱼类增殖放流的部分办公展示功能布设于业主营地一区的2#综合办公楼内。

杨房沟业主营地二区从3号沟北侧开始向北呈狭长形布设，止于1号沟南侧，场地南北向总长度约450m，东西向最大宽度约120m。业主营地二区按高程划分为4个台地，1#台地高程2076m，2#台地高程2079m，3#台地高程2082m，4#台地高程2074m，1#~3#台地由南向北依次布置，4#台地位于3#台地西侧。业主营地活动中心及篮球场布设于业主营地二区的1#台地，业主营地3#综合办公楼布设于业主营地二区的2#台地，其中的部分办公空间用于繁育中心工作人员的办公，与业主营地二区3#台地之间依据地势布置仿生态亲鱼池；业主营地二区3#台地布置鱼类增殖繁育中心，包括催产孵化及鱼苗培育车间一栋、亲鱼池座80座、蓄水池1座、饵料培育池4座、防疫隔离池2座、鱼种培育池5座；4#台地布置有鱼种培育池10座和外循环水处理系统。加压泵站布置于鱼类增

殖站南侧的施工水厂一侧，将施工水厂取水泵站后的水加压至本工程清水池，再泵送至繁育中心及仿生态鱼种培育池中。

杨房沟业主营地一区、二区分别有连接道路与卡杨公路相接，路宽 4m，营地一区、二区间通过设置行车和行人交通廊道下穿卡杨公路相接，交通方便。业主营地二区内部的 1#~3#平台采用一条南北向 4m 宽贯穿式直行路，并以纵坡 6.5%连接至 4#台地，3#综合办公楼门前空地及场内道路北端作为回车场。

(2) 建（构）筑物设计

① 蓄水池

根据工艺设计要求，场内设置一个蓄水池，蓄水池位于场地 2082m 高程北端围墙边，呈矩形布置，长为 10m，宽为 10m，壁厚 0.4m，净高 3m。蓄水池采用现浇钢筋混凝土结构，混凝土强度等级 C25。边墙与底板采用整体浇筑形式，蓄水池高出地面 3.5m。为方便蓄水池的清淤及检修，在外部及蓄水池池壁内设置钢爬梯。

② 亲鱼池

亲鱼培育池布置于 2082m 高程场地北侧，共 80 座平面净尺寸为 8m×4m 的水池组成，池壁净高 1.5m。亲鱼培育池为半埋型式，池底埋入地下 0.65m，池顶高出地面 1.1m，池体材料为 C25 钢筋混凝土，边墙与底板厚均为 0.25m，采用整体现浇形式。为利于水体排泄，池底面层采用 C10 细石混凝土找坡，池底横坡为 2%，池底面下设 100mm 厚的 C15 混凝土垫层。

③ 鱼种培育池

鱼种培育池位于 2082m 高程场地中部，由 15 座平面净尺寸 15m×5m 的水池组成，池壁净高 1.5m。鱼种培育池地面式，池顶高出地面 1.5m，池体材料为 C25 钢筋混凝土，边墙与底板厚均为 0.25m，采用整体现浇形式。为利于水体排泄，池底面层采用 C10 细石混凝土找坡，池底横坡为 2%，池底板下设 10cm 厚的 C15 混凝土垫层。

④ 饵料培育池

饵料培育池布置于 2082m 高程场地中部，由 4 座平面净尺寸 10m×5m 的水池组成，池壁净高 1.7m。饵料培育池为半埋型式，底板埋入地下 0.65m，池顶高出地面 1.1m，池体材料为 C25 钢筋混凝土，边墙与底板厚均为 0.25m，采用整体现浇形式。池底面下设 100mm 厚的 C15 混凝土垫层。

⑤ 防疫隔离池

防疫隔离池位于2082m高程场地南侧，由2座平面净尺寸16m×5m的水池组成。防疫隔离池为半埋型式，底板埋入地下0.65m，池顶高出地面1.1m，池体材料为C25钢筋混凝土，边墙与底板厚均为0.25m，采用整体现浇形式。为利于水体排泄，池底面层采用C10细石混凝土找坡，池底横坡为2%，池底面下设100mm厚的C15混凝土垫层。

⑥ 办公楼及培育车间

鱼类增殖工作人员的办公楼与业主营地其他工作人员的办公楼进行统一设计。根据鱼类增殖放流设施的总体布置，鱼类增殖放流有关的办公分别布设于2#综合办公楼和3#综合办公楼内，其中3#综合楼长32m，宽14.8m，共三层，层高均为4.2m。一楼布置有门厅、储藏室1间、实验室1间和公共卫生间1间；二楼布置有办公室6间、会议室1间和公共卫生间1间；三楼布置有办公室8间，公共卫生间1间，总建筑面积1200m^2。房屋结构采用现浇钢筋混凝土框架结构形式。为防止不均匀沉降，基础采用筏板基础，下设100mm厚的C15混凝土垫层。

催产孵化及鱼苗培育车间布置在2082m高程场地东南角，长50.6m，宽18.2m，单层布置，层高4.2m。房间内布置催产池、玻璃钢孵化槽、尤先科孵化器、孵化桶、开口苗培育缸和鱼苗培育缸。房屋结构采用现浇钢筋混凝土框架结构形式。为防止不均匀沉降，基础采用筏板基础，下设100mm厚的C15混凝土垫层。

业主营地一区内的2#综合办公楼建筑面积1000m^2，共三层，层高均为4.2m，作为业主营地一区内鱼类增殖放流及业主营地办公用，其中一楼布设增殖放流展示厅、器材室、材料室，二楼、三楼为增殖放流管理人员及业主营地其他人员的办公室。房屋结构采用现浇钢筋混凝土框架结构形式。为防止不均匀沉降，基础采用筏板基础，下设100mm厚的C15混凝土垫层。

⑦ 仿生态鱼池

本工程鱼类增殖放流站共布置2处仿生态鱼池，一处为业主营地一区结合业主营地景观水系，布置1处仿生态鱼种培育池；另一处为业主营地二区2#台地与3#台地之间依据地形布设1处仿生态亲鱼池。仿生态鱼池典型段剖面图详见附图16。

本增殖放流站需要购置的仪器设备主要有养殖设备、观测实验设备、办公设备、展示厅设备和交通设备等，具体详见表7.2-17。

鱼类增殖站主要仪器设备一览表

表 7.2-17

序号	名 称	型号	单位	数量	备注
一	养殖设备				
1	催产池	Φ4.0m，深 1.2m	个	2	催产
2	孵化槽	2m×0.8m×0.6m	个	4	孵化
3	孵化桶	Φ1m，深 1m	个	5	
4	开口苗培育缸	Φ1m，深 0.5m	个	24	开口
5	鱼苗培养缸	Φ3m，深 0.9m	个	36	鱼苗培育
6	室外循环水处理系统	/	套	1	
7	养殖辅助系统	/	套	1	管道系统材料和安装工程
8	罗茨鼓风机及配套设施	BS32-BS150	台	2	
9	增氧机	/	台	3	
10	各类网具、网箱	/	部	10	捕鱼、困鱼
二	实验设备				
1	水质测定仪	H5-HI9804	套	2	水质测定
2	便携水质检测仪	Orbeco942	台	2	水质测定
3	分析天平	FC104	台	4	药品称量
4	三目生物显微镜	CX31	台	2	病原体检测
5	解剖显微镜	SZM-45B1	台	2	检测
6	体视显微镜	YXN5-SMZ645	台	2	检测
7	冰箱	/	台	2	药品 冷藏
8	放流标志器械	/	套	2	标记
9	药品柜	/	个	2	
10	实验台面	/	m	10	
三	办公设备				
1	会议桌（椅）	/	套	1	

鱼类增殖站主要仪器设备一览表

续表 7.2-17

序号	名称	型号	单位	数量	备注
2	办公桌（椅）	/	套	4	
3	数码相机	/	台	4	
4	摄像机	/	台	2	
5	台式电脑	/	台	4	
6	投影仪	/	台	1	
7	打印机	/	台	2	
8	传真机	/	台	1	带复印
9	立式空调	/	台	5	展示厅、实验室各 2 台，会议室 1 台
10	挂式空调	/	台	12	办公室 4 台，宿舍房 8 台
四	展示厅设备				
1	鱼类标本	/	件	15	展示
2	宣传画板	/	个	15	展示
3	水族箱	/	个	3	展示
4	增殖站全景图	/	幅	1	
5	液晶电视	/	台	2	
五	交通设备				
1	客货两用汽车	/	辆	1	
2	越野车	/	辆	1	
3	运输船	/	艘	1	
4	手推车	/	辆	3	

7.2.6.5 建设时间

根据杨房沟环评及批复，杨房沟鱼类增殖站拟在杨房沟水电站蓄水前建成，并考虑长期运行。

7.2.6.6 运行管理

(1) 总体要求

鱼类增殖站建成后应纳入电站枢纽工程管理范围内，作为电站永久建筑物，由电站业主负责统一管理和运行。

(2) 人员及编制安排

根据杨房沟鱼类增殖站的规模，结合鱼类增殖放流的生产特点，确定本工程的劳动定员 10 人，另加过鱼设施工作人员 7 人，共计 17 人。增殖站设站长 1 名，负责增殖站科技攻关项目招标管理，监督各项生产任务的执行，财务管理，珍稀保护鱼类的收鱼、捕捞、运输以及放流许可的申报工作等；专业技术人员 1 名，负责亲鱼放流及苗种生产等生产操作的技术指导；常年生产工人 6 人，负责苗种生产的具体操作；辅助人员 4 人，包括保安 1 人、清洁工 1 人、船舶驾驶员 1 人、司机 1 人、电工(由业主营地电工兼职)；在鱼类繁殖季节工作量较大，季节性用工可采用临聘方式，初拟临聘人员 5 人 3 个月。

劳动定员具体见表 7.2-18。

劳动定员明细表

表 7.2-18

岗 位		定员(人)	备 注
站 长		1	增殖站科技攻关项目招标管理，监督各项生产任务的执行，财务管理，以及相关的许可申报工作等
专业技术人员		1	亲鱼放流及苗种生产等生产操作的技术指导
常年生产工人		4	苗种生产的具体操作
临聘人员		/	鱼类繁殖季节工作量较大时的生产工作，初拟 5 人 3 个月
辅助人员	保 安	1	
	清洁工	1	
	司 机	1	
	船舶驾驶员	1	
	电 工	/	由业主营地电工兼职
过鱼设施工作人员		7	杨房沟水电站过鱼设施工作人员
合 计		17	

(3) 运行管理要求

增殖放流站工作效果取决于技术操作工人掌握各技术环节的熟练程度，应重视引进、熟化增殖放流鱼类的繁养技术，结合本地自然资源和条件在站内开展相应的技术试验。同时，技术工艺流程中各环节的技术注意事项是今后技术操作工人培训的重点。

本增殖放流站规划近期放流 4 种鱼类，分别为鲈鲤、细鳞裂腹鱼、长薄鳅、长丝裂腹鱼。鉴于鱼类繁养技术属于农业技术，受环境因子影响较大，其繁养技术需要引进、熟化，技术工人也需进行岗前培训。

(4) 放流鱼类标记

为了解人工增殖放流的效果，为后续鱼类保护提供科学依据，有必要进行放流效果的评价，对人工增殖放流鱼类进行部分或全部标志或标记。同时，人工种群要建立遗传档案库，并每代监测遗传多样性。其主要工作内容包括：研究鱼类的标志放流技术，建立与放流品种生物学习性相适应的高效标记技术和方法；跟踪和借鉴锦屏鱼类增殖站已开展的标志放流技术的研究成果，获得具有最佳生物学效果的人工放流方法；开展人工放流增殖效果监测，建立样本回收及监测网络，通过研究人工增殖种群的行为生态学差异、对自然种群的贡献率等，评估增殖放流效果，为物种保护决策提供科学依据。

7.2.7 加强渔政管理

加强渔政管理是保护鱼类资源的有效手段之一，具体管理内容如下：

(1) 加强渔政队伍建设

配合当地渔政部门建立健全渔政管理机构，协助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，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

配合渔政管理部门，严格执行四川省有关的禁渔期和禁渔区的规定，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。

(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。

7.2.8 科学研究规划

(1) 雅砻江中游

根据雅砻江中游规划环评对整个中游河段的水生生态保护措施规划要求，在整个梯级电站开发中应统筹考虑以下科学研究工作：

① 干流江段和支流的生态结构功能及其鱼类资源保护的效能研究；

② 梯级联合生态调度技术研究；

③ 梯级水库生物群落结构的演替。

(2) 卡拉水电站

水电开发对水生生态有一定的影响，建议业主与有关科研院所合作，开展相关研究，以有效保护水生生境和鱼类资源，建议相关科研项目如下：

1) 特有、保护鱼类驯养繁育技术研究

在卡拉水电站工程实施前后均应该重视有关的研究工作，对于人工繁殖技术难度大、尚没有成熟的人工繁殖技术的青石爬鮡、大渡白甲鱼、四川白甲鱼、裸体鲅鮠和长鳍吻鮈等，有必要开展驯养繁育技术研究。

以杨卡鱼类增殖放流站为依托，通过特有鱼类专项捕捞获取野生亲本，进行救护和驯养，并突破相关孵化和苗种培育技术难关，建立特有鱼类苗种规模化培育技术体系，包括适宜的培育设施及建造、管理工艺，幼鱼营养需求和经济化饲料配方，病害防治技术，苗种培育技术规程及适宜的养殖生态条件参数等，最终建立各种鱼类的苗种规模化培育优化模式。

2) 鱼类增殖放流效果评估

研究鱼类的标志放流技术，建立与放流品种生物学习性相适应的高效标记技术和方法；开展标志放流技术研究，获得具有最佳生态学效果的人工放流方法，包括适宜的放流规格、数量、地点和时机等；通过研究人工增殖种群的行为生态学差异、对自然种群的贡献率等，评估增殖放流效果，为物种保护决策提供科学依据。

根据增殖放流的种类和规格，分别建立高效、高可靠性和低成本的适宜的标记技术。建立与标记方法相对应的高可靠性的标记检测技术。研究 2 种以上鱼类的适宜人工放流方法，包括适宜的放流规格、数量、地点和时机，具有较高的贡献率(成活率)、较低的生物学变异和最优的投入产出比。开展人工放流增殖效果监测，建立样本回收及监测网络。研究人工增殖放流鱼类的分布和生命史，确定有效的回捕数据采集和分析方法，建

立相应的增殖效果评估模型。

3) 建议进行梯级联合调度优化研究，以满足鱼类繁殖需求。

采用野外调查、实验生态学、生态水力学及模型分析等手段，比较不同调度方案下水文情势及相关关键环境因子的变化及其对鱼类繁殖的影响，提出电站损失较小，又能够有效地保证关键种类繁殖的水库调度方案。

4) 过鱼设施效果研究

应开展过鱼设施的相关调查与研究，评估过鱼效果和进一步提高过鱼能力，主要包括：工程上下游的鱼类资源量和生态学特征等、过鱼数量与流速和季节等关系、鱼类的定向方法及其对水流的反应、光电声及其它因素对鱼类活动的影响等。

根据以上要求，整个科学研究工作需雅砻江中游流域统筹予以考虑和实施，因此卡拉水电站主要承担涉及本工程的经费投入及有关资料提供、工作配合等工作。

7.2.9 其他鱼类保护措施

为了进一步降低工程对鱼类资源的影响，还需采取下列措施：

(1) 截流后上下围堰之间的区域内可能残留一部分鱼类，应对它们进行集中捕捞并放生。

(2) 尽管库区目前没有网箱养殖，成库后水流减缓，水体自净能力下降，同时库区浮游生物量增加，水体出现富营养化的可能性增加。应该限制在杨房沟库区发展投饵网箱养鱼及其他可能对库区水环境造成污染的产业。

(3) 雅砻江流域珍稀鱼类保护措施

为更好地保护雅砻江流域的鱼类资源，四川省人民政府于 2008 年在雅砻江设立了雅砻江鲈鲤长丝裂腹鱼省级水产种质资源保护区（川府函[2008]174 号），该保护区位于凉山州冕宁县境内，分两段，雅砻江自上而下流经健美乡松林坪-新兴乡大沱（第一段）；里庄乡经营村烂柴湾-联合乡大水沟（第二段）。其中健美乡松林坪-新兴乡大沱为核心区，长 33km；里庄乡经营村烂柴湾-联合乡大水沟为实验区，长 17km。主要保护对象为鲈鲤、长丝裂腹鱼，保护的其它物种包括四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、泉水鱼、黄石爬鮡、长薄鳅等。目前，锦屏二级水电站坝址以下河段正开展生态保护规划，规划的实施将有利于该河段水生生境的修复，对雅砻江主要珍稀鱼类的保护具有积极的促进作用。

7.2.10 措施有效性类比分析

根据工程特点，选取雅砻江下游已建的二滩水电站作为水生生态措施有效性的类比对象。2002 年 12 月，二滩公司向库区投放裂腹鱼类、中华倒刺鲃、白甲鱼、大口鲶、花鲢、白鲢、鲤鱼、鲫鱼等各种规格鱼种 420 万尾，库区鱼类资源的恢复取得良好的效果。目前，鱘鱼河库区网箱养鱼作为移民安置方案的一个组成部分，已得到一定发展。

可见在库区开展增殖放流工作，即可解决当地移民的生计问题，同时又能对江段渔业资源的保护和可持续发展提供有利保障。卡拉水电站实施人工增殖放流，也将起到相应的作用。

7.2.11 生态调度

生态调度是指兼顾生态的水库综合调度方式，需统筹防洪、兴利与生态，在实现社会发展和防洪安全的同时，减小电站运行的负面影响，逐步修复生态系统；在保障河流生态健康的条件下，合理开发利用，促进人水和谐，实现资源环境的可持续发展。电站生态调度包括水量调度、泥沙调度、水质调度、水温调度和缓解气体过饱和调度。

7.2.11.1 水量调度

水量调度是以尽量维持河流的自然水文特征为目的的水量生态调度要达到以下 2 个典型目标，一是保证最小生态流量，二是营造接近自然态的水文情势（洪水过程）。前者在汛期与非汛期都是应该保证的，后者应该在防洪和维持河流生态系统健康之间寻求一个平衡点。

最小生态流量是指在受人类活动影响的情况下，河流为保证生态稳定所需要的水量。这个水量可认为是河流的最小生态需水量。生态调度要满足河流一定的生态需水要求，维持河流生态平衡，不允许时段下泄的径流量小于最小生态径流量，更不能造成河段断流、干涸。

洪水是河道水位急剧涨落的一种自然现象，洪水有它不可替代的生态作用，适度的洪水干扰对自然环境恢复起到积极作用，能够控制河流沉积过程、物质和能量循环，促进湿地和生物栖息地的恢复。同时，在鱼类繁殖季节，洪水形成涨水过程能刺激产卵。如果洪水长期受到遏制，生态系统会变得脆弱。在汛期科学调蓄洪水资源，利用洪水冲淤，可以起到增加水面面积与改善生态环境的作用。

(1) 初期蓄水

根据蓄水计划，水库从第 6 年 12 月初开始蓄水，水库蓄水采用 12 月保证率 85%的

上游来水量 273m^3/s。根据下游供水要求，蓄水期间库水位低于 1933.30m 时由 1#导流隧洞右进口和生态泄放孔向下游供水，库水位高于 1933.30m 时由泄洪中孔向下游供水。因此，卡拉水电站初期蓄水期间不会产生河道断流现象，下泄流量能够满足生态流量需求。

(2) 运行期水量调度

鱼的产卵与河流洪水或急流刺激关系密切，一般在河流丰水期内。根据调查，工程河段的鱼类繁殖季节因种类不同而有所不同，跨度较大，在 3～9 月份之间，较为分散。如主要的生殖季节，长薄鳅为 4 月下旬～6 月上旬，青石爬鮡为 6～7 月，齐口裂腹鱼为 4～5 月。如果在鱼类生殖季节，由于河流洪水过程的减弱，会导致鱼类产卵和迁徙激发因素的中断。在这种情况下，鱼类繁殖所需的生态水文条件得不到满足，鱼类就不会进入产卵区或不进行产卵行为。

因此，卡拉水电站运行期在与上游电站联合调度的基础上，应在 3～9 月鱼类的生殖季节，通过发电和泄洪进行水量调度，尽量加大下泄流量，模拟天然洪水，以达到水流刺激鱼类，使其进入产卵区域进行产卵，以改善区域鱼类资源，详见 5.1.1.4.2 节。

由于工程河段鱼类种类较多，繁殖习性各异，针对库区、坝下和锦屏一级库区的流水水生生境和不同的鱼类，需进一步开展水库生态调度技术研究。通过采用野外调查、实验生态学、生态水力学及模型分析等手段，比较不同调度方案下水文情势及相关关键环境因子的变化及其对鱼类繁殖的影响，提出电站损失较小，又能够有效地保证关键种类繁殖的水库调度方案。主要研究内容与方法为：水库调度方式对珍稀、特有鱼类的影响程度及关键性物种的筛选；关键性物种繁殖条件(或必需生活史阶段)的生态水力学研究；水库调度的生态水力学模型及其验证。

7.2.11.2 泥沙调度

泥沙生态调度研究主要集中在三个方面，分别为泥沙对河道演变的影响、对水生物及其栖息地的影响和对水环境的影响。传统的水库泥沙调度主要运行方式是“蓄清排浑”，即汛期降低库水位泄流排沙，在入库沙量较小的非汛期蓄水，充分发挥水库的综合效益，促使库区年内泥沙冲淤平衡。另外，国外将泥沙生态调度与洪水调度结合起来，利用洪水对沉积物和泥沙的搬运作用来维持河道形态和恢复生物栖息地。

由于卡拉上游有两河口、牙根、楞古、孟底沟和杨房沟等水电站，其中两河口为多年调节，其余均为月调节，上游电站的建设和运行后，将对泥沙起到很好的拦蓄作用，

卡拉水电站库区和下游泥沙泥沙较少，淤积情况不明显，对泥沙的影响很小，因此不考虑泥沙调度。

7.2.11.3 水质调度

以改善水质为重点的生态调度是指水库在保证工程和防洪安全的前提下，控制水质因子变幅，使其落在天然状况的变化范围之内；通过湖库联合调度，为污染物稀释、自净创造有利的水文、水力条件，从而改善区域水体环境。

从卡拉水电站建成后的库区和下游水质计算结果看，建库前后的库区和下游水质变化均不大，电站对水质的影响很小，因此可不考虑水质调度。

7.2.12 施工期保护措施

施工期大量施工人员入住雅砻江沿岸，将带来鱼类消费需求量的增加，可能使施工期对鱼类的捕捞量有所增加。因此，施工期应做好宣传与引导工作，加强对施工人员水生生态保护的教育和管理。沿河设置警示牌，禁止施工人员下河捕鱼。同时加强即工期监管，严格按环保要求施工，生活污水和施工废水按环保要求处理后回用，防止水质污染事故发生。

工程施工期受影响的水生动物主要为汛期围堰漫流后滞留在围堰基坑内的鱼类，特别是省级保护鱼类和特有鱼类等。应结合工程施工特点，在施工排水期间，会同当地渔政部门进行捕捞放流，放流区域主要选择在坝下河段，对于捕捞放流的鱼类应进行登记备案；如捕捞到受伤的重点保护和特有鱼类，应联系地方渔政管理部门进行暂养与救护。

7.3 陆生生态保护

7.3.1 陆生动物保护措施

(1) 避让措施

① 优化施工布置，尽量减少对雅砻江两岸支沟的工程占地，减少支沟植被的破坏及动物生境的破坏。

② 施工道路跨越支沟区域合理修建桥涵，尽量远离动物栖息地。

(2) 管理措施

① 充分利用各种机会，采用广播、电视、墙报和黑板报、张贴标语、散发宣传单、出动宣传车、印制动物保护小册子等多种形式，向施工人员和当地居民宣传国家的《中华人民共和国野生动物保护法》、野生动物的知识及保护的意义，保护野生动物的栖息环境，禁止非法狩猎、诱捕、毒杀野生动物，有效控制其它威胁野生动物生息繁衍的活

动，使施工人员和当地的居民能够自觉地保护当地的重点保护动物。

② 加强对施工人员的管理，限制施工人员到施工无关区域随意扰动和破坏。

③ 根据施工人员活动的密集程度，加强施工期动物保护执法力度，对非法狩猎、诱捕、毒杀野生动物的行为进行大力打击。

④ 加强对施工期生产、生活废物无害化处置，防止生产和生活废水、废渣、垃圾污染环境，防止水体污染，从而减少对两栖类动物生境的破坏。

⑤ 施工过程中尽量采用低噪声爆破技术，从而减少对动物的惊吓。

⑥ 在水库清库前及施工场地场平前，采取鸣笛、敲鼓等办法驱逐野生动物，保证其顺利迁移，并不对其造成伤害。

⑦ 车辆行驶时如遇野生动物需减速缓行，以免伤及。

(3) 建设及救护措施

① 栖息地保护

对于现有野生动物栖息地，做好施工期保护，不涉及施工占地的区域，尽量减少扰动及植被砍伐。对于因施工临时占地损坏的栖息地，施工结束后应尽快进行恢复。

② 误伤救助

施工期间如误伤野生动物，应及时上报当地林业主管部门。

7.3.2 陆生植被保护措施

为尽量降低工程建设对当地生态环境的影响，工程拟采取优化施工布置的方法，提高场地的重复利用率，尽量减少施工占地面积，从源头减少植被破坏。

(1) 弃渣场场地重复利用

卡拉水电站共规划有 2 个弃渣场，上、下游各 1 个，其中表土堆存场位于下游弃渣场后部；另外在上游布置 1 个中转料场。

① 上游甲尔沟渣场

上游甲尔沟弃渣位于坝址上游约 7.0km，规划布置高程为 1930.00~2100.00m。渣顶可临时停放施工机械等。

② 上田镇弃渣场

上田镇沟渣场位于坝址下游约 1.9km 处，规划布置高程为 2010.00~2285.00m。沟内原为荒滩荒地，弃渣后形成一个约 6.5 万 m^2 的平台，可作为施工设备临时停放场，后期复耕，重复利用面积约 6.5 万 m^2。弃渣场后部作为表土堆存场。

③ 猪白沟沟口中转料场

猪白沟沟口中转料场主要位于卡拉库区淹没征地线内，后期中转料回采利用完毕后，不新增用地，不占水库死库容。

(2) 施工临建设施场地重复利用

为节约工程用地，提高场地利用效率，在进行施工场地规划时需考虑各分项工程之间场地的重复利用。

① 导流隧洞土建工程充分利用主体工程场地

导流隧洞土建工程不单独考虑设置施工场地，按主体工程所需用地规模进行场地规划，在邻近导流工程的区域，选择一块较集中的施工场地由导流工程标在前期使用，施工完成后撤让给主体工程使用。

② 金结加工拼装厂及钢管加工厂前期拟用于其他工程施工场地

金结加工拼装厂及钢管加工厂布置在下游距离坝址 8.0km 左岸下游蔡家坪台地上，由于机电设备及钢管分别从第 5 年 9 月和第 4 年 10 月开始安装，考虑钢管加工厂及机电设备库的建设周期,该场地第 4 年 6 月之前可作前期标及其它土建标的施工临时场地。

(3) 改善区域能源结构

卡拉水电站库区山多地少，坡耕地多，水田少，放牧普遍，库区低海拔区域森林植被较差，农业生产力低，农村经济较为贫困；现有农村区域及移民安置区薪柴资源缺乏，生活能源问题突出，如不能妥善解决生活能源问题，“天然林保护”工程的实施效果将难以保证。因此，建议当地政府着重改变库区附近未搬迁居民及移民安置区以林草植被为主的能源结构，大力推广建设沼气、太阳能、电能等清洁能源，较好解决农村生活的能源问题，同时，也可发挥保护人群健康，控制农村面源污染等综合环境效益。

(4) 绿化工程措施

在电站厂区、施工营地、业主营地等工作或生活区域内实施绿化工程，通过种植行道树、培育草皮的方式改善和美化区域环境，营造和谐的工作氛围和舒适的生活环境，详见 7.3.3 和 7.8 章节。

7.3.3 陆生生态修复措施

本工程对陆生生态的影响主要体现在对陆生植被覆盖率和资源量的影响上。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。

7.3.3.1 生态修复原则

① 保护原有生态系统的原则；

② 保护和改善生物多样性的原则；

③ 保护耕地资源的原则；

④ 景观优化的原则；

⑤ 水土保持的原则。

7.3.3.2 修复分区

卡拉水电站生态修复分区总体思路为：首先对工程区域的植被现状进行分析，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分类；再次根据卡拉水电站工程枢纽总布置和施工总布置确定工程建成运行后的功能要求；此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初步划分修复分区；最后根据移民复垦计划及水土保持植被措施等综合确定生态修复分区。

根据以上分区思路，卡拉水电站生态修复区分为枢纽及导流工程恢复区、弃渣场及表土堆存场恢复区、交通设施恢复区、料场恢复区、施工生产生活恢复区、移民安置恢复区和水库影响区。

卡拉水电站生态修复分区如表 7.3-1。

卡拉水电站生态修复分区一览表

表 7.3-1

序号	分区类型	修复特点及要求
1	枢纽及导流工程恢复区	该区主要包括坝肩开挖边坡及隧道洞脸边坡区域，该区域结合边坡稳定性要求，多采用硬质边坡形式，边坡土层较薄，水土保持植被措施采用的厚层基材能够有效修复上述施工区的表面。开挖边坡厚层基材生态护坡典型设计详见附图 17。
2	弃渣场及表土堆存场恢复区	甲尔沟弃渣场和上田镇沟弃渣场上部弃渣平台在堆存后相对平整，具有较好的复耕条件，采取水土保持复耕措施方案进行恢复，同时通过栽植适合当地气候条件及渣场立地条件的乔灌草营造水保林。水土保持植被恢复措施基本能够满足修复要求，重点加强后期管护，使之形成稳定的群落或恢复为满足耕种需要的土地。弃渣场植物措施典型设计详见附图 18。
3	交通设施恢复区	交通设施区域生态修复在施工期即可对道路进行绿化，公路绿化包括路肩绿化、路基边坡(含隧道洞脸边坡)绿化和后期临时道路使用完毕后的迹地恢复。水土保持植被恢复措施基本能够满足修复要求，重点加强后期管护，使之形成稳定的群落。公路绿化及下边坡植被恢复典型设计详见附图 19。

卡拉水电站生态修复分区一览表

续表 7.3-1

序号	分区类型	修复特点及要求
4	料场（含中转料场）恢复区	金波石料场为卡拉、杨房沟两个工程混凝土骨料料源，其开采后的修复工作由两个电站统一考虑，主要包括开展边坡绿化和迹地恢复工程，绿化和迹地恢复主要采用当地适生的乡土植物。水土保持植被恢复措施能够满足修复要求，重点加强后期管护，使之形成稳定的群落。
5	施工生产生活恢复区	生产生活区生态修复以园林绿化方式进行，园林景观绿化以栽植乔灌木结合片植花卉和铺植草皮的方式进行，绿化采用点、线、面相结合、乔灌木和草本结合的立体绿化方式，乔灌草均选用适宜工程区生长、具有观赏性的植物。除业主营地外，其他区域的绿化宜采用临时性质。水土保持植被恢复措施能够满足修复要求，重点加强后期管护，使之形成稳定的群落。
6	移民安置恢复区	移民安置区生态修复工程主要包括对移民安置点的绿化及对专项复建工程施工扰动区域的生态修复。移民安置区植物措施主要搬迁安置区周边空地绿化，生产安置区田埂、田间道路两侧绿化、专项设施区道路绿化，以及后期临时道路使用完毕后迹地恢复等。水土保持植被恢复措施能够满足修复要求，重点加强后期管护，使之形成稳定的群落。
7	水库影响恢复区	水库影响区主要为受水库淹没影响的滑坡体、坍岸等地质不稳定区域，水土保持植被恢复措施主要为封禁措施，采用栽植乔木并结合撒播灌草的方式进行营造防护林，以及加强管理，并做好后期的补植。后期养护过程中，应从生态系统完整性要求出发，及时对封禁区的各类植物群落进行病虫害观测，当出现大面积危害性病虫害时，及时组织防治人员实施防治，有条件的采用生物防治措施进行治理；对于局部区域的病虫害，主要采取跟踪观测，避免过度的人工干预。

7.3.3.3 苗木和草籽来源

生态修复选定植物的苗木和草籽可通过移栽、市场购买获得。

(1) 移栽

部分苗木在工程评价区内分布广、数量多，施工占地区在施工前可通过集中移栽方式保存部分苗木，用于后期修复使用。此外，对局部密度过大的区域，也可进行疏移，该部分苗木也作为生态修复用苗。

(2) 市场购买

对于无法移栽且可从市场购买的苗木，可从木里县和九龙县苗木基地购买。

7.3.3.4 供水灌溉

(1) 供水基本原则

卡拉水电站地处青藏高原东侧边缘地带，属川西高原气候区，主要受西南印度洋季风和东南太平洋季风气候影响，属暖温带湿润季风型气候。具有旱季、雨季分明，气候干燥，日照充足的特点。制约工程区域植被恢复的关键因素为气候干燥，土壤保水能力较弱，植物生长缓慢。可见，做好该区域植被恢复的关键是能够为恢复区域植被提供有效的水分供给，确保在恢复初期植物种子或根系获得充足的水分。结合本工程区域地形条件，生态修复供水以自流供水和利用回用水相结合的原则。

(2) 供水方式

生态修复中的供水方式因修复区域的情况而不同，总体上可分为固定设施供水和无固定设施供水两种方式。

① 固定设施供水

固定设施供水主要适用于区块相对集中或人工供水较为困难的区域，根据分析，本工程弃渣场及表土堆存场区域、料场区域由于高程高、坡度大，很难采用人工或洒水车的方式进行绿化灌溉。结合弃渣场区域的堆渣特性，在渣顶平台修建蓄水池，并通过配套建设一定数量的供水干管将水供至渣场内的各区块，满足渣顶平台及边坡植被恢复的用水需求；金波料场区域拟通过修建截水沟和排水沟，在每级马道平台上修建一处小型的集水池，用以收集降雨时的雨水，并配套建设一定数量的输水管网和输水槽，满足料场区域不同高程马道内的植被恢复的用水需求，从而达到加快生态修复过程的目的。

② 无固定设施供水

枢纽及导流工程施工区、中转料场、交通设施区、生产生活区等区域，通过绿化洒水车来进行不定期的补水灌溉，确保上述区域植被成活率能够保持在90%以上。

(3) 供水水源

生态修复区灌溉供水应尽可能利用工程施工工厂、生活营地等区域处理后的回用水，不足部分利用工程施工期间的供水系统；甲尔沟弃渣场和上田镇沟弃渣场的供水水源利用两条支沟的沟水，在渣场上游挡水堰前设置引水管线，自流引至渣顶平台的蓄水池；对于料场区域的马道平台，由于高程较高，且相对独立，供水水源主要依靠降雨和地表径流。

7.3.3.5 生态恢复初期养护管理

在植被恢复初期（种植初期至幼林郁闭为止），应定期对林地实施松土、除草以及施肥措施。松土可为植物吸收降水以及土壤微生物的活动创造良好的条件，加速有机质

的分解和转化，从而提高土壤的营养水平，有利于幼林的成活和生长。在植被恢复初期（林分未达到郁闭前），要严格做好封禁、防火、防病虫害等防护措施，对苗木、幼树个体及其营养器官进行调节和抑制的各种措施，包括间苗、补植以及林下植被管理。

7.3.4 珍稀动植物保护措施

7.3.4.1 珍稀动物保护措施

(1) 两栖类

在落实常规野生动物保护措施的同时，应突出列入《中国濒危动物红皮书》的双团棘胸蛙，加强宣传，禁止施工人员和当地居民捕杀。

(2) 爬行类

在落实常规野生动物保护措施的同时，应突出列入《中国濒危动物红皮书》的黑眉锦蛇、黑线乌梢蛇和王锦蛇，加强宣传，禁止施工人员和当地居民捕杀。

(3) 鸟类

工程施工占地区和水库淹没区有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家Ⅱ级重点保护鸟类以及省级重点保护鸟类白喉针尾雨燕和普通夜鹰分布。在落实常规野生动物保护措施的同时，也应对这些鸟类进行重点关注，禁止施工人员和当地居民捕杀。在水库清库前及施工场地场平前，采取鸣笛、敲鼓等办法驱逐，使其顺利迁移。

(4) 兽类

国家Ⅱ级重点保护兽类猕猴可能在施工占地区附近活动，在水库清库前及施工场地场平前，采取鸣笛、敲鼓等办法驱逐，使其顺利迁移。对于工程江段可能存在的国家Ⅱ级重点保护兽类水獭，应加强施工期间的管理，建立健全施工管理制度，加强宣传教育，禁止违法捕杀行为。

工程影响区国家和四川省重点保护野生动物保护措施一览表

表 7.3-2

种类	保护级别	分布特性	工程影响区分布及受工程建设的影响程度	保护措施
鸢	国家Ⅱ级	多栖息在平原、丘陵地区，分布海拔较宽	主要在工程库区两侧山谷分布，施工区上空偶见活动，施工区无巢穴分布。受工程建设的影响主要为工程施工过程中发出的声响，使其远离工程施工区，施工活动结束后，这种惊扰将消除，临时占地也将进行植被恢复，鸟类将可以回到临时占地区附近活动。水库淹没后将使其部分事宜活动的河谷地带被淹没，但由于其活动的范围广，淹没区以灌草和农田 为主，不属于其最适宜生境，因此，对其影响不大。水库淹没后，部分库周群众受淹没影响将进行移民，低海拔区域的人为活动将有所减少，加上建库后库周湿度增加，将对库周植被的生长起到一定的促进作用，为鸟类的栖息提供更加适宜的环境。可见，工程建设对其影响不大。	库区清理如发现其幼鸟，应采取保护措施；施工迹地及时恢复，营造栖息生境；加强施工管理，严禁捕杀。
雀鹰	国家Ⅱ级	分布海拔较宽，栖息地为阔叶林、针阔混交林、针叶林等山地森林和林缘地带		
普通鵟	国家Ⅱ级	分布海拔 400~3000m，栖息地为阔叶林、混交林和针叶林		
红隼	国家Ⅱ级	栖息在山地森林、森林苔原、低山丘陵、草原、旷野、森林平原、农田耕地和村庄附近等各类生境中		
白喉针尾雨燕	四川省级	栖息在岩壁或破庙		
普通夜鹰	四川省级	栖息地为茂密的针叶林、竹林或树丛，也在开阔的裸露地		
猕猴	国家Ⅱ级	栖息地为石山峭壁、溪旁沟谷和江河岸边的密林中或疏林岩山上	属于访问了解到，施工区早年有可能见到，近几年未出现其活动痕迹，库区可能分布。工程施工后，其将远离施工区周边区域。	加强施工期间的管理，建立健全施工管理制度，加强宣传教育，禁止违法捕杀行为。
水獭	国家Ⅱ级	栖息在江河、溪流、湖泊中	属于资料记载，在江段已多年未有人发现。工程涉水工程对其有一定的	

7.3.5 措施有效性类比分析

根据工程特点，选取雅砻江下游已建的二滩水电站作为陆生生态措施有效性的类比对象。

二滩水电站建成后，除部分用作旅游及生产外，其他施工临时营地区进行了拆除，并进行了植被恢复，取得了较好的绿化效果。

根据二滩水电站已采取的陆生生态保护措施，表明实施施工迹地恢复非常必要，

对恢复当地陆生生态环境具有积极的促进作用。卡拉水电站所采取的措施也包括施工迹地的恢复、景观恢复，预计同样将起到减缓工程建设对周边陆生生态的影响的作用。

7.4 噪声控制

7.4.1 场内交通噪声防治

本工程敏感目标超标主要是噪声背景值超标以及交通噪声影响，目前交通噪声污染治理措施一般采用声源控制、声传播途径控制及受声点的防护三种方式，声源控制公路有采用低噪声路面、设置限速标志等措施，声传播途径控制有设置声屏障、种植绿化林带等措施，受声点的防护有设置隔声窗、环保搬迁等措施。常用降噪措施对比情况见表7.4-1。

常见噪声防治措施比较一览表

表 7.4-1

措施名称	主要适用范围	效果	优点	缺点	是否采用
改性沥青路面	噪声超标 3～6dB 的敏感点，永久公路	较普通路面低约 3dB	应用于公路本身，对周围景观不会造成影响	投资较高	本工程均为施工临时道路，不采用
设置限速、禁鸣标志	噪声超标3dB以下敏感点	3～5dB	基本不增加投资，同时增加行车安全	适用于噪声超标 3dB 以下的敏感点	采用
通风隔声窗	分布分散超标较多的敏感点	10～15dB	效果较好，费用适中，适用性强	相对于声屏障，实施稍难	采用
声屏障	超标较多、距离公路近的集中敏感点	15～20dB	效果较好，易于实施，受益人口多	投资较高，对景观有影响，造成居民生活不便	采用
降噪林	超标较少，有植树条件的集中村庄	约 5dB（30m 林带）	同时可净化空气、美化路容，改善生态环境	达到预期效果周期长，投资较高，适用性受到限制	本工程用地紧张，不采用
环保拆迁	个别超标较多的居民	很好	完全消除噪声影响	费用较高，对居民生活有影响	本工程无超标严重的住户，不采用

本次评价针对在营运中期因本项目交通噪声贡献值导致环境噪声超标的下田镇村进行声环境污染综合防治设计。综合考虑经济、技术等多方面因素，对于超标敏感目标的噪声治理措施具体见表 7.4-2。

超标敏感点噪声防治措施一览表

表 7.4-2

敏感点	功能区	超标值(dB)		超标户数	推荐措施	降噪效果
		昼间	夜间			
下田镇村	2 类	1.65	4.6	2	限速，禁鸣，夜间禁止车辆通行	降噪 3～5dB

在下田镇村临路设立限速标志和禁鸣标志 2 处，超标路段为通往上田镇沟渣场的现有简易路，通过施工安排，夜间禁止或尽可能减少往上田镇沟渣场弃渣，昼间施工运输车辆经过敏感区段时要减速，不得高于各道路设计时速要求，禁止高音鸣号，通过以上措施，居民点处噪声可满足环保要求。

7.4.2 砂石料及混凝土系统噪声防治

(1) 选用低噪声机械设备和工艺，对振动大的机械设备使用减振机座或减振垫，可从根本上降低噪声源强，如采用橡胶筛网、塑料钢板、涂阻尼材料。

(2) 加强施工设备的维护和保养，保持机械润滑，减少运行噪声。

7.4.3 施工工厂噪声防治

在各施工工厂场界范围内，将噪声影响较大的机械设备尽量布置在远离施工营地的一侧，在靠近施工营地一侧用于材料设备停放。

7.4.4 坝区及料场爆破噪声防治

(1) 减少单孔最大炸药量，减少预裂或光面爆破导爆索的用量。

(2) 对于深孔台阶爆破，注意爆破投掷方向，尽量使投掷的正方向避开受影响的敏感点。

(3) 禁止夜间施工。

7.5 环境空气保护措施

(1) 防治目标

为削减施工环境空气污染物排放量，阻碍污染物扩散，改善施工现场工作条件，保护施工生活区及外环境敏感区环境空气质量。环境敏感点 TSP 控制目标为日平均浓度小于 0.30mg/L。

(2) 防治措施

施工区大气污染源众多且分散，难以采取集中末端处理，这就要求大气环境保护措

施与施工组织密切结合，从施工工艺、施工技术、施工设备、污染物削减、施工区及外环境敏感区防护等多渠道减缓大气环境污染的影响。

1) 开挖、爆破粉尘、废气的削减与控制

① 工程爆破优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等技术，凿裂、钻孔、爆破尽量采用湿法作业，降低粉尘。

② 开挖钻机选用带除尘袋的型号。

③ 开挖现场的多粉尘作业面以及堆积和中转料场，采用人工控制定期洒水，晴天每隔 2 个小时洒水一次；大坝、厂房、施工支洞开挖爆破时需注意洞内通风。

④ 施工过程中尽量减少裸露面，加强回填土方堆放场的管理，要制定土方表面压实、定期喷水、覆盖等措施；不需要的泥土，建筑材料弃渣应及时运走，不宜长时间堆积。

2) 砂石料加工系统、混凝土生产系统粉尘削减与控制

① 砂石料加工系统采用湿法或半干法破碎的低尘工艺，以减少粉尘的产生；常态砂和碾压砂采用全封闭式仓库，避免砂下落过程造成大量粉尘。采用全封闭式混凝土搅拌系统。水泥装卸作业除要求文明作业外，水泥库实行全封闭作业。

② 混凝土拌和楼采用装备有除尘装置的拌和楼。砂石料破碎与混凝土拌和楼粉尘采用袋式除尘装置去除。

③ 对各砂石料和混凝土加工系统附近进行定时洒水降尘，洒水时间为晴天每隔 2 小时一次；土、砂石料、水泥等其它可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。

3) 施工机械燃油废气及附属工厂产生的废气削减与控制

① 进场设备尾气排放必须符合环保标准。

② 施工机械推行强制更新报废制度。

③ 各机械注意保养维修，调整到最佳状态运行。

4) 道路扬尘的削减与控制

① 在交通沿线经村庄附近立限速标志，并注明时速小于 30km/h。

② 成立公路养护、清扫专业队伍，保持道路清洁、平整。

③ 杨卡水电站对外交通专用公路为混凝土路面，扬尘量相对较少，根据公路扬尘产生来源及影响特点，可通过采取洒水，配备洒水车 1 辆，在无雨日要求 1 天洒水 4~5 次，特别要加强沿线村庄、承包商营地、业主营地附近道路的洒水抑尘工作。

④ 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。

7.6 固体废弃物处理

7.6.1 生活垃圾处置

7.6.1.1 生活垃圾产生量

工程施工高峰人数 5100 人，平均人数 3700 人，施工期日平均垃圾产生量 1.85t/d，日最大垃圾产生量 2.55t/d，施工期共产生垃圾 4607t。水电站施工区生活垃圾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、织物等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。

7.6.1.2 生活垃圾处置方案比选

我国城市生活垃圾无害化处理法主要有卫生填埋法、焚烧法、堆肥法等，其中填埋法占 95%以上。由于市场有限，堆肥法一直未能成为垃圾的主要方法，采用堆肥法处理的垃圾不到 1%，此法显然不符合本工程生活垃圾处置要求。

根据本工程生活垃圾的特性，同时工程区及周边地区垃圾处置现状，对焚烧法、卫生填埋和垃圾外运三种方案进行技术经济比较，推荐适合本工程的生活垃圾处置方法。

(1) 焚烧法

焚烧法具有占地面积小、处理速度快、无害化、减量化等优点。

施工区生活垃圾与我国一般城市生活垃圾性质相似，垃圾含水率较高。由于生活垃圾采取分类收集，需要进一步处置的主要是有机垃圾，只需要添加一定的助燃剂之后，就能符合垃圾焚烧的热值要求。若在工程区建设 1 座 3t/d 高效旋转垃圾焚烧炉，不考虑热量回收。工程设备（含焚烧烟气净化设施等环保设施）及构筑物总投资费用约 600 万元；垃圾收集设施 18.85 万元，垃圾收集单价按 250 元/t，则垃圾收集费用为 115.18 万元，运行费用约 500 元/t，则处置费用约 230.35 万元，总投入费用约 964.38 万元。

(2) 卫生填埋法

工程区建设 1 座垃圾填埋场，设计最大日处置规模 6m^3，垃圾处置容量为 11773m^3（考虑覆土 15%）。垃圾收集设施 18.85 万元，垃圾收集单价按 250 元/t，则垃圾收集费用为 115.18 万元，若场地建设单位投资费用按 300 元/m^3（含渗滤液处理设施等）计，则投资费用约 307.11 万元；单位处置费用以 200 元/m^3 计，则处置费用约 204.74 万元，因此采用垃圾卫生填埋法需总投入费用约 645.88 万元。

(3) 外运处理法

卡拉水电站距离西昌市约195km，经调查，西昌市目前已建有生活垃圾卫生填埋场，场址位于西昌市太和镇小麻柳村，占地21.7万m^2，库容约200万m^3，现状剩余库容约100万m^3，日处理规模600t/d。

工程生活垃圾外运至西昌市生活垃圾填埋场，施工期日最大垃圾产生量2.55t/d，总生活垃圾量4607t。由于运距较远，考虑建设垃圾中转站的土建费用227.47万元；垃圾收集设施68.85万元，垃圾收集单价按250元/t，则垃圾收集费用为115.18万元；单位运费按照1.5元/km.t计，施工期生活垃圾清运费用为134.75万元；西昌市入场垃圾处理费用取60元/t，共27.64万元。合计为573.89万元。

(4) 比选结果

三种生活垃圾处置方案的技术经济和环境影响比较情况详见表7.6-1。

生活垃圾处置方案技术经济和环境影响比较表

表7.6-1

处置方法	焚烧（方案一）	卫生填埋（方案二）	外运处理（方案三）
总处置费用	964.38万元	645.88万元	573.89万元
占地面积	小	大	小
运行管理	较难	一般	简单
处置效果	减量化	无害化	无害化
环境风险	较高	较高	低
地下水污染	渗滤液回喷于焚烧炉，对地下水影响较小。	场底需有防渗措施，人工衬底投资较大，本工程位于干热河谷，防渗层易自燃而污染地下水，风险较大。封场后需进行长期的渗滤液收集和处理，并对地下水水质进行长期监测。	基本无影响
大气污染	小型焚烧炉的焚烧烟气较难达标排放，产生的二噁英可能对周围施工人员和居民产生影响。	需设置气体导排系统，否则容易引起爆炸；产生含甲烷的恶臭气体，应采用导气、覆盖、隔离带等措施控制，填埋场附近环境空气质量差。	若不采取密闭运输，运输途中产生恶臭

生活垃圾处置方案技术经济和环境影响比较表

续表 7.6-1

处置方法	焚烧（方案一）	卫生填埋（方案二）	外运处理（方案三）
固废污染	飞灰需经稳定化处理，与炉渣一并运至生活垃圾填埋场填埋。	垃圾不及时压实易随风飞散	基本无影响
土壤污染	飞灰若随意堆放，可能污染土壤。	对填埋场区域有影响	基本无影响
主要环保措施	烟气治理、噪声控制、炉渣与灰渣处理	场底防渗、粘土覆盖、沼气导排和渗滤液处理，最终封场	密闭运输
水电站工程是否有已实施	有	有	有
综合比选结果	/	/	推荐方案

方案一焚烧法具有占地面积小，垃圾减量化等优点，但设备费用和运行费用较高，另一方面焚烧产生的废气对大气环境存在一定的环境风险。本工程位于高山峡谷地区，不利于焚烧烟气的扩散，小型焚烧炉一般较难达标排放，因此，不推荐采用焚烧法处理本工程生活垃圾。

方案二卫生填埋法工艺成熟，但由于日垃圾处置量相对较低，要真正达到卫生填埋的要求，运行管理和处置费用均较高，另一方面垃圾填埋场封场后，还需要进一步的管理费用。同时，本工程所在区域为高山峡谷地区，较难找到合适的填埋地点。此外，本工程位于干热河谷地区，填埋采用的 HDPE 防渗膜在夏季容易发生自燃，从而导致渗滤液污染地下水，进一步影响雅砻江水质。

方案三利用地方生活垃圾处理设施，处理效果好，环境风险小，管理方便，由于运距较远，运行费相对较高，但由于施工期相对较短，总体费用最少。

从总处置费用来看，方案三最低，具有较大的优势。就占地而言，方案三利用西昌市垃圾填埋场，仅占用很小填埋库容，无需新建处理设施，占地面积最小。从运行费用和运行管理看，方案三运距较远，运行处理成本较高，主要费用为垃圾运行清运和车辆费用，管理成本低。该方法可以实现生活垃圾的无害化，环境风险低。从环境影响角度，方案三主要为垃圾运输对沿线居民的恶臭污染，但采用密闭的垃圾运输车，影响很小。

因此，将外运处理法作为本阶段的推荐方案。

7.6.1.3 方案设计

(1) 垃圾收集

施工人员生活区、建设单位管理区及施工工厂等区域放置垃圾桶，垃圾桶以颜色区分无机垃圾和有机垃圾，并派专人负责对垃圾箱区域和整个生活区场地面的清扫，以防止垃圾乱堆、乱弃。卡拉水电站共施工区内共设置环卫垃圾桶 5 个，为不锈钢垃圾桶，主要设置于营地内花园等需要美观的场所。大型垃圾桶 25 个，为两箱塑胶流动垃圾桶，采用硬塑料覆盖式，以减少臭气扩散，容积考虑市场常见的 240L，设置于施工区内道路两侧和营地内道路两侧。配置 $3m^3$ 收集车 1 辆。同时，在卡拉水电站金属结构拼装厂对面设置 1 座垃圾转运站，占地约 $600m^2$。垃圾转运站内主要设垃圾贮坑、装卸作业区、分类间、工具间等，垃圾转运站构筑物尺寸见表 7.6-2。

垃圾转运站站房尺寸

表 7.6-2

构筑物名称	数量（座）	尺寸（m）			建筑面积（m^2）	备 注
		长	宽	高		
站房总布置	1	16	8	5	192	框架结构
垃圾贮坑及装卸作业间	1	8	8	5	64	
分类间	1	5	4	5	32	
工具间	1	5	4	5	15.2	
卫生间	1	3	1.6	5	4.8	
值班室	1	4	5	5	20	

(2) 垃圾运输

垃圾外运采用 $14m^3$ 压缩运输车 1 辆，压缩运输车采用密闭设计。垃圾从各施工区收集至转运站后，通过如下路线转运：垃圾转运站——卡杨公路——锦屏二级水电站辅助洞——锦屏一级、二级水电站对外交通专用公路——G108 国道——乡道——西昌生活垃圾填埋场（西昌市太和镇小麻柳村），总运距约 195km。

7.6.2 弃渣处置

弃渣集中堆置在设置的上田镇沟弃渣场、甲尔沟弃渣场，具体见“7.8 水土保持措

施”。

7.6.3 建筑垃圾及生产废料处置

尽量实现废物减量化，不仅可以减少运输费用，简化处置工艺，而且可以降低处置成本。对于工程废弃物中有用的下脚料，如金属、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、蓄电池等，剩余一些无回收价值的固体废弃物，统一运送至弃渣场。

7.6.4 运行期垃圾处置

运行期固体废物主要为厂房、业主营地的生活垃圾。由于垃圾量较小，在厂房和业主营地内设置垃圾桶，集中收集后委托当地环卫部门负责处理。

7.7 移民安置和专项设施复建环境保护措施

7.7.1 移民安置区环境保护措施

7.7.1.1 生活污水处理

(1) 废水概况

移民安置区经济发展相对落后，农村生活用水量较小，生活污水主要来源于人畜粪便，本工程麦地龙乡集镇日生活污水排放总量为 67.2m^3/d，生活污水主要污染因子包括氨氮、COD、BOD_5等。

(2) 方案选择

根据当地实际情况，并结合移民安置规划，集中移民安置点排水规划采用雨污分流制，安置点生活污水经化粪池预处理后通过地埋式处理装置处理后满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）标准，出水用于下游农田、林地灌溉。安置点内雨水通过雨水沟汇集后就近排入冲沟。室内排水管采用 UPVC 排水塑料管，排水管采用混凝土管。

(3) 设计方案

生活污水处理工艺流程示意见图 7.7-1。

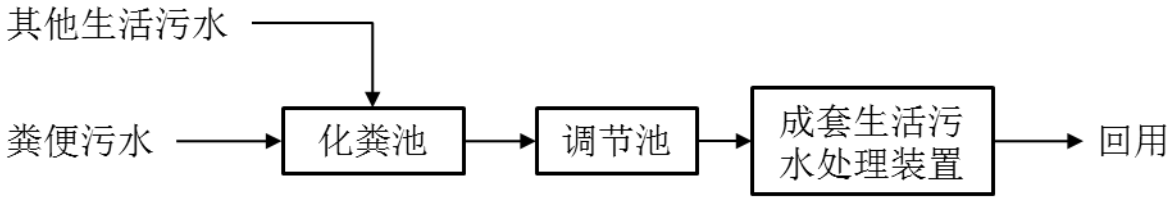


图 7.7-1 生活污水处理工艺流程图

麦地龙乡集镇规划水平年搬迁安置人口 467 人，日生活污水排放总量为 67.2m^3/d，

每户设置 1 座约 8m³ 的化粪池。成套生活污水处理装置均考虑无动力的地埋式污水处理装置。

麦地龙乡集镇的调节池尺寸均为 4m×3m×3m，砖砌结构，地埋式，超高 30cm。选用 DWT70 型无动力生活污水处理装置，尺寸为 29.4m×3.0m，地埋式，日处理能力 70m³/d。

污水处理站选址主要考虑满足生活污水自流条件以及利于处理后回用，考虑设置在集镇的东南角，为集镇海拔最低处，便于污水收集后自流入污水处理站，且周围便是农地和园地，利于污水处理后回用。

由于成套生活污水处理设备可埋入地表以下，因此该设备不占地表面积，不需盖房，更不需采暖保温。全套设备施工简单、操作容易，所有机械设备均为自动化控制，全部装置设备于地表以下。整个处理设备一般不需要专人管理，只需适时对设备进行维护和保养。安置点仅需设 1 名兼职管理人员对污水管网和末端设施进行监管，污泥定期清掏，用作有机肥，相关费用由移民安置点自行解决，当地政府可以适当给予补助。

7.7.1.2 生活垃圾处置

沿道路两侧设置公共垃圾桶，用以收集有机垃圾和不可回收垃圾，垃圾桶间隔为商业、金融业街道：50~100m，主干路、次干路、有辅道的快速路：100~200m，支路、有人行道的快速路：200~400m，共约 40 个公共垃圾桶，分可回收和不可回收两两布置在一起；在集镇内设置 2 处垃圾收集点，收集点与移民户垃圾收集相对应具有分类收集功能，垃圾收集房尺寸考虑 2m×1m×2m，垃圾的清运由乡镇组织。

7.7.1.3 生态环境保护

(1) 植被保护措施

移民安置区在土地开发整理过程中，高于 25°或沟壑中的土地如原为林地，应予以保留，如为耕地则退耕还林，以防止水土流失；建设过程中对移民安置区实施绿化与农田防护林工程，尽量减少对森林植被的影响。

积极合理利用生物能源，该地区光热条件较好，根据上述移民安置区生活污水处理规划，在安置区积极发展沼气，既能达到生活污水处理，同时利用沼气作燃料，减少因木材作燃料的需求量，进而将减少移民砍伐对植被带来的影响。

加强天然林保护工程，禁止乱砍滥伐现象出现。

移民安置区植被恢复和生态修复措施详见“7.3 陆生生态保护措施”。

(2) 陆生动物保护措施

在移民安置区大力开展生态环境保护宣传工作，重点加强野生动物保护法规、条例的宣传和执行，防止随意捕杀野生动物的行为发生。特别应重视对华西蟾蜍、黑眉锦蛇、戴胜、小云雀、鼬獾、猪獾等野生动物的保护，对出现在移民安置区附近的国家Ⅱ级重点保护野生鸟类鸢、雀鹰、普通鵟、红隼尤其应加强保护，一方面加强宣传教育，禁止人为捕杀，另一方面，控制农药化肥的使用量，减少对野生动物生境的影响。

(3) 水土保持措施

移民安置区水土保持措施详见“7.8 水土保持措施”。

7.7.1.4 大气和声环境保护

(1) 施工期

施工设备、机械做好相应的维护，减少废气和噪声的产生量；在干旱大风天气，进行洒水降尘，减少施工扬尘对周边居民和环境的影响。加强施工临时设施的土地、植被恢复。

合理布局，使高噪声设备尽量远离各安置点所在地原有居民。控制施工时间，禁止夜间施工。合理安排施工物料的运输时间。

(2) 运行期

在迁建集镇路段设置限速禁鸣标志和减速带，以控制车速，降低交通噪声对安置点的影响。加强道路管理和路面养护，加强植被养护。

7.7.1.5 人群健康保护

移民安置区人群健康保护详见“7.9 人群健康保护措施”。

7.7.1.6 移民生活质量保障

为使移民在安置后，其生活有保障，生产有出路，并能持续发展，将根据移民安置的实际情况，推广新技术，开展生产技能培训，提高移民的科学种植水平；整治农田水利设施；优化调整种植结构；积极引导二三产业就业。

7.7.2 专项设施环境保护措施

7.7.2.1 水环境保护

供水工程应加强对水源地的管理，制定定期巡查及水源地应急管理制度，对取水点及其上游区域进行巡视检查，预防水污染事件发生。

7.7.2.2 生态环境保护

加强生态环境和景观保护，禁止乱砍乱伐，不得随意损坏专项设施复建工程占地区

范围以外的植物，减少对野生动植物的影响，如发现珍稀保护植物应采取避让、移植等措施进行保护。

7.7.2.3 大气和声环境保护

(1) 施工期

施工设备、机械做好相应的维护，减少废气和噪声的产生量；在干旱大风天气，进行洒水降尘，减少施工扬尘对周边居民和环境的影响。加强施工临时设施的土地、植被恢复。

(2) 运行期

在复建公路近村段设置限速禁鸣标志和减速带，以控制车速，降低交通噪声对沿线居民点的影响。加强道路管理和路面养护，加强植被养护。

7.7.2.4 固体废弃物处置

在居民点和集镇施工区各设置环卫垃圾桶 12 个。加强施工期施工生活垃圾管理，垃圾不得随意丢弃。建筑垃圾应优先用于各专项工程需填方地段的填筑，不得随意弃置。

7.8 水土保持

2013 年 8 月，我院编制完成《四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案报告书(报批稿)》，本报告水土保持措施根据该报告书有关内容叙述。

7.8.1 水土流失防治分区

工程的水土流失防治分为 7 个防治分区，分别为枢纽及导流工程防治区、弃渣场及表土堆存场防治区、交通设施防治区、料场（含中转料场）防治区、施工生产生活防治区、移民安置防治区、库岸影响（水库淹没）防治区，防治分区详见表 7.8-1。

工程水土流失防治分区一览表

表 7.8-1 单位：hm^2

防治分区	项目组成	项目建设区	直接影响区	小计
枢纽工程区	枢纽工程区	78.1		78.1
	枢纽工程区下游影响区		15.63	15.63
	小 计	78.1	15.63	93.73
弃渣场及表土堆存场区	弃渣场及表土堆存场区	73.08		73.08
	弃渣场周边影响区		4.7	4.7
	小 计	73.08	4.7	77.78
交通设施区	交通设施区	87.64		87.64
	桥梁工程上下游影响区		13.13	13.13
	小计	87.64	13.13	100.77
料场区（含中转料场）	料场区	3.4		3.4
	中转料场区	23.93		23.93
	中转料场周边影响区		8.3	8.3
	小计	27.33	8.3	35.63
施工生产生活区	施工生产生活区	118.96		118.96
	施工生产生活区周边影响区		7.54	7.54
	小 计	118.96	7.54	126.5
移民安置区	移民安置区	126.52		126.52
库岸影响区（水库淹没区）	水库淹没区	716.28		716.28
	水库库岸影响区		51.2	51.2
	小 计	716.28	51.2	767.48
合 计		1101.39	100.5	1201.89

7.8.2 水土流失防治措施设计

本水土保持分区防治措施主要为工程措施、植物措施和管理措施。

7.8.2.1 枢纽及导流工程防治区

枢纽工程防治区水土流失防治措施包括施工前剥离表层土，施工期间施工管理要求以及施工后期的开挖边坡覆绿措施和滑坡体植被恢复措施。

(1) 工程措施

枢纽及导流工程防治区方案新增工程措施主要指表土剥离工程。

枢纽工程区占地面积 78.10hm^2。对占用耕地、林地和平缓地带的草地地块进行表土剥离，剥离平均厚度为耕地 30cm、林地和草地 15cm，共剥离表土 10.74 万 m^3。受地形条件限制，剥离的表土统一运往上田镇表土堆存场集中堆置防护。

(2) 植物措施

① 边坡绿化

边坡绿化主要指坝肩开挖边坡及各隧道洞脸边坡绿化。考虑到坝址区大部分开挖边坡采用了喷混、锚杆支护等防护手段，形成的硬质边坡与周边环境极不协调，同时考虑到上述边坡硬质边坡较为高陡，立地条件差，绿化实施难度大，直接采取目前常用的边坡绿化方法(如撒播植草、液压喷播植草、植生带等)可行性较差，故考虑采用厚层基材生态护坡。为保证绿化效果，厚层基材生态护坡一般在养护较为方便的道路沿线、隧道洞脸以及高度较低的边坡实施。

厚层基材生态护坡灌草种选用黄茅、蓼及悬钩子等，其施工工艺及要求详见 9.2.3 节。工程共需实施厚层基材生态护坡面积 59576m^2，折合投影面积约 15409m^2。

② 滑坡体植被恢复

田三滑坡体、上田镇滑坡体防护工程措施实施后，大部分坡面裸露或被浮渣覆盖，原有植被遭破坏，需进行植被恢复。考虑到滑坡体自身稳定性要求以及当地植物群落情况，植被恢复以撒播灌草为主，不考虑栽植乔木，以免增加荷载，加重滑坡的可能。考虑到滑坡体坡度均较陡，覆土难度较大，因此，撒播灌草前不进行覆土。灌草种选用适宜当地条件的黄茅、蓼、悬钩子、金合欢和刺叶栎等，共撒播灌草 54.42hm^2。

7.8.2.2 弃渣场及表土堆存场防治区

弃渣场及表土堆存场防治区水土流失防治措施包括施工前表土剥离及防护措施，施工期间沟水处理、坡面水处理及拦挡防护、场地排水、临江渣体防护措施以及施工期间

的管理要求，施工后期场地整治及迹地恢复等措施。

(1) 工程措施

① 表土剥离

弃渣场及表土堆存场区占地面积 73.08hm^2，占用的土地利用类型主要为草地、林地和耕地。为保护表土资源，根据 GB 50433-2008 相关规定，对占用的耕地、林地地块以及缓坡地的草地进行表土剥离，剥离平均厚度耕地为 30cm，林地为 15cm 共剥离表土 8.33 万 m^3，弃渣场剥离的表土运至表土堆存场集中堆置防护。

② 沟水（泥石流）处理

甲尔沟弃渣场和上田镇沟弃渣场均位于沟道内，上游来水较大，需对沟水进行处理。同时考虑泥石流因素，甲尔沟的沟水处理按照沟水处理与泥石流防护结合的原则设计；上田镇沟沟水处理按照洪水沟进行设计，并考虑适当的措施预防泥石流危害。

甲尔沟弃渣场采用特大型弃渣场防洪标准上限值，沟水处理采用 100 年一遇洪水设计，200 年一遇洪水校核；上田镇沟弃渣场沟水处理均采用 50 年一遇洪水设计，100 年一遇洪水校核。

A 甲尔沟弃渣场

甲尔沟弃渣场水处理采用“挡水坝+高低进水口排导洞+出口泄槽”的方案。挡水坝坝顶高程由高进口泄洪确定。排水隧洞布置在右岸，设高低进口，低进口排泄一般洪水，高进口以下预留一定拦蓄库容，可容下 50 年一遇标准一次泥石流固体物质总量。

挡渣坝采用 100 年一遇洪水设计，坝前水位 2060.15m(无泥石流)；50 年一遇洪水泥石流固体物淤积高程为 2068.00m，相应的洪水水位为 2074.24m，考虑一定的超高，坝顶高程取 2075.00m，坝顶宽 4.0m，坝轴线长约 42m，最大坝高约 37.5m，挡渣坝采用混凝土重力坝，坐落在基岩面上。

低进口排导洞（1#排导洞）进口底板高程 2055.00m，出口底板高程 2015.00m，洞身长 573m，纵坡 7.50%。高进口排导洞（2#排导洞）进口底板高程 2068.00m，上平段洞身长 40m，纵坡 1.0%。

排导洞出口位于卡杨公路高程以下，接泄流明槽排至江中。泄槽全长 117m，进、出口高程分别为 2015.00m、1945.00m，泄槽末端设置挑坎。考虑到泄槽能够排泄可能发生的泥石流，过流断面底宽拟定为 6.0m，采用梯形断面，两侧边坡均为 1:0.4，边墙高 4.0m。

B 上田镇沟弃渣场

结合上田镇沟的地形条件，选择采用“挡水坝+高低进水口排水洞”的方案。挡水坝坝顶高程由高进口泄洪确定。排水隧洞布置在右岸，设高低进口，低进口排泄一般洪水，高进口以下预留一定拦蓄库容，可容下 50 年一遇标准一次泥石流固体物质总量。

挡水坝采用 50 年一遇洪水设计，坝前水位 2242.66m(无泥石流)；50 年一遇洪水泥石流固体物淤积高程为 2247.00m，相应的洪水水位为 2249.66m，考虑一定的超高，挡水坝坝顶高程取 2251.00m，坝顶宽 4.0m，坝轴线长约 31m，最大坝高约 21m，挡渣坝采用混凝土重力坝，坐落在基岩面上。

低进口排水洞（1#排水洞）进口底板高程 2240.00m，出口底板高程 2182.00m，洞身长 710m，纵坡 8.16%。高进口排水洞（2#排水洞）进口底板高程 2247.00m，上平段洞身长 40m，纵坡 1.0%。2#排水洞于桩号 0+057 处采用竖井与 1#排水洞连通，连接竖井高约 8.5m，衬砌后直径 4.0m，采用 C25 钢筋混凝土全断面衬砌，衬砌厚度 0.5m。1#、2#排水洞洞身断面均为城门洞型，衬砌后尺寸均为 4.0m×5.0m。排水洞出口位于上田镇沟弃渣场下游侧沟道内，沟水经此沟排入江中。

C 拦挡工程

弃渣场拦挡工程指挡渣墙。工程设置的 2 个渣场均采用 C20 现浇砼结构，墙身高 2～5m，顶宽 1.5m，面坡直立，背坡坡比 1:0.6。挡渣墙基础采用 C15 现浇砼底板，厚度 50cm，开挖深度 0.5～1.2m 不等，基坑开挖边坡 1:1.0，坑内回填碎石。墙身设 2～3 排φ100PVC 排水管，排水管水平间距 2m，竖向间距 1.5m，梅花型布置，管身保持倾向挡渣墙外侧 3%的排水坡降；墙身每隔 10m 设一道结构缝，缝宽 2～3cm，缝间填塞沥青油毡。

D 截排水工程

甲尔沟弃渣场、上田镇沟弃渣场沟道来水已通过排水洞、排导洞和泄槽排导，渣场截排水设施主要针对上游山坡坡面及渣场自身场地汇水。2 个弃渣场截排水设施均采用 50 年一遇洪水标准设计。弃渣场排水包括渣场上游坡面汇水、堆渣体坡面汇水和渣体渗水等三部分内容。方案拟通过沿渣场外侧布设截水沟拦截、排导上游坡面汇水；沿渣场马道内侧布设马道排水沟排导堆渣体坡面汇水；沿原有沟道布设盲沟排导渣体渗水。

E 护坡工程

甲尔沟弃渣场位于库区，堆渣体坡脚位于卡拉水电站导流阶段上游水位和库区正常蓄水位以下，因此需考虑堆渣体坡脚和堆渣面的护坡措施，减少导流阶段江水对堆渣体

坡脚和堆渣面的冲刷，以及库区蓄水后水位变动对堆渣体稳定性的影响。

护坡范围根据正常蓄水位高程(1987m)确定，同时考虑到一定安全超高，护坡范围确定为 1992m 以下的渣场坡面。护坡工程采用干砌石结构，护坡厚度 50cm，下部设置厚度 20cm 的砂砾石垫层。护坡面积 22822m^2，共需干砌石 11982m^3，砂砾石垫层 4793m^3。

F 土地整治

工程弃渣堆置结束，进行堆渣面的土地整治，然后进行复耕或恢复植被。

对于弃渣场大的堆渣平台，场地平整后覆土，并对其进行全面整地，具备复耕条件后交由当地。对于弃渣场其他区域，场地平整后进行覆土，改善立体条件，为植被恢复做好准备。弃渣场土地整治工程量：场地平整共 73.08hm^2，全面整地 13.28hm^2。

(2) 植物措施

① 复耕工程

对甲尔沟弃渣场和上田镇沟弃渣场的堆渣平台场地平整后先覆一层土石渣，土石渣粒径应≤1.2cm，并适当进行压实，作为复耕的基础过渡层，然后覆土约 40cm，覆土来源为堆置在表土堆存场的表土。然后进行全面整地，具备复耕条件后交由当地。复耕工程共需覆土石渣 6.65 万 m^3，覆土 5.32 万 m^3。

② 植被恢复

A 立地条件分析及改善方案

弃渣场弃渣结束后，甲尔沟弃渣场和上田镇沟弃渣场堆渣平台恢复为耕地，坡面恢复林草。弃渣坡面以土石为主，立地条件均较差，无法直接恢复植被，需先对其进行立地改造。

工程设置的 2 个弃渣场均以石方为主，粒径较大，透水性较大，需先覆一层土石渣，土石渣粒径应≤1.2cm，并适当进行压实，作为绿化基础过渡层。过渡层铺设完毕后在进行覆土，覆土厚度约 40cm，覆土土源来自表土堆存场。项目区位于干热河谷，旱季降水量少，为提高植物措施效果，提高苗木成活率，对弃渣场恢复植被地块(堆渣边坡)进行鱼鳞坑整地，鱼鳞坑长径 0.8m，短径 0.5m，密度与乔木栽植密度一致，取 1667 个/hm^2，并在降水时积蓄坡面径流，改善植物生长条件。弃渣场植被恢复需覆土石渣 29.90 万 m^3，覆土 23.92 万 m^3，鱼鳞坑整地 99686 个。

B 绿化方案

弃渣场立地条件差，且项目区位于干热河谷，由于焚风效应，河谷气候干燥少雨，

土层薄，有机质少，缺乏养分。渣场植被恢复根据适地适树(草)原则，通过栽植适合当地气候条件及渣场立地条件的乔灌草营造水土保持林。

C 树(草)种选择

渣场植被恢复海拔高程在1920～2285m间。根据现场调查，植被类型以灌丛和草本为主，零星分布少量小乔木。根据渣场周边植物群落组成，渣场植被恢复小乔木以低矮、耐干旱的金合欢、余甘子为主，灌木以华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲和牡荆为主，草本以蓼、黄茅和狗牙根为主。

D 配置方式

乔木采用穴植，每个鱼鳞坑栽植一株，栽植密度1667株/hm^2，选用2年生壮苗，金合欢和余甘子按1:1株间混交；灌草采用撒播种子的方式，灌木和草本按1:2混交，其中各灌木种子按1:1:1混交，各草种按1:1:1混交，撒播密度80kg/hm^2。

植被恢复工程量：覆土石渣29.90万m^3，覆土23.92万m^3，鱼鳞坑整地99686个，栽植乔木99686株，撒播灌草59.80hm^2。

③ 抚育管理与封禁治理

弃渣场水土保持林造林后实施抚育管理与封禁治理相结合的生态保护和修复措施，抚育管理与封禁治理面积59.80hm^2。

A 抚育管理

植被恢复栽植苗木主要为壮苗，在栽后2~3d内浇一次水，以保幼树成活。其它灌溉的时机为早春和干旱季节(每年11月至次年4月)。

造林初年，苗木以个体状态存在，树体矮小，根系分布浅，生长比较缓慢，抵抗力弱，适应性差，因此需加强苗木的初期管理，采取松土、灌溉、施肥等措施进行管理。对于自然灾害和人为损坏的苗木应采取一定的补植措施，幼林补植需采用同一树种的大苗或同龄苗，造林一年后，在规定的抽样范围内，成活率(或出苗率)在85%以上，低于41%则重新进行造林绿化，避免“只造不管”和“重造轻管”，提高造林的实际成效，及早发挥水土保持功能。

B 封禁治理

弃渣场造林后严禁伐木、砍柴、割草、放牧、取土和打猎等人为活动，加强对病虫害的监测、防治及林区防火工作，人工促进形成以乔灌为主体、乔灌草结合、结构合理稳定和功能高效协调的人工生态林群落。

由于弃渣场周边人迹较少，封禁治理采用全年封禁的方式，在弃渣场周边路口处树立固定标牌，立牌公示，同时指定护林员进行巡护。

(3) 临时措施

临时工程主要为表土堆存场的临时拦挡和绿化工程。表土堆存场的临时排水利用弃渣场相关设施，不另行布设。

① 临时拦挡

表土堆存场位于上田镇沟弃渣场上游侧，利用弃渣场上游的高程 2235.00m 堆渣平台堆置工程剥离的表土，两侧堆置坡比 1:2.0，上游利用弃渣场沟水处理挡水坝拦挡，下游坡脚采用填土草包临时拦挡。填土草包顶宽 1.0m，高 2.0m，坡比 1:0.5。表土临时拦挡填土草包长度 120m，需填土草包 504m^3。

② 临时绿化

临时绿化为表土堆存场的堆土面绿化，采用撒播草籽的方式进行，草籽选用狗牙根、蓼以及黄茅等，撒播密度 80kg/hm^2，共需撒播草籽 1.81hm^2。

7.8.2.3 交通设施防治区

交通设施防治区水土流失防治措施包括施工前表土剥离，施工期间临时防护措施和散落浮渣清除措施以及施工期间的管理要求，施工后期公路绿化措施。

(1) 工程措施

① 表土剥离

工程交通设施占地面积 64.43hm^2，占地类型主要为林地和草地。为保护表土资源，根据 GB50433-2008 相关规定，对林地和平缓地带的草地地块进行表土剥离，剥离厚度同前，共剥离表土 9.66 万 m^3，全部运至表土堆存场集中堆置防护。

② 下边坡拦挡及浮渣清除

项目区地形条件普遍较陡，道路建设的路基开挖、填筑施工可能造成大量的土石方顺坡滚落，压埋下边坡植被，造成大量水土流失，甚至对路基下边坡的其他施工设施造成威胁。针对上述现象，工程考虑两种方案对道路下边坡进行防护，即挡渣木栅栏和被动防护网拦挡方案。

③ 土地整治工程

临时道路使用完毕后先进行场地平整，除位于坝址上游且在正常蓄水位以下的地块外，其余地块均需按原有用地类型进行迹地恢复，恢复林草的地块覆土后为恢复植被做

好准备。其中路基边坡、路肩以及压埋下边坡等地块在道路建设和运行期间已实施植物措施或进行迹地恢复，可不再重复进行土地整治。

(2) 植物措施

① 公路绿化

公路绿化包括路肩绿化、路基边坡(含隧道洞脸边坡)绿化和后期临时道路使用完毕后的迹地恢复。公路绿化地块的立地条件普遍较差，基本不具备植物生长条件，需采取措施对立地条件进行改善。针对各地块的情况，分别采用不同的绿化方案：

A. 路肩：采用挖穴，穴内培土，然后栽植灌木的方式进行绿化。

B. 路堑边坡：路堑边坡一般较陡，难以直接覆土绿化，此方案拟在坡脚设置种植槽，槽内培土，栽植灌木及攀援植物对坡面进行绿化。

C. 路堤边坡：路堤边坡拟采用液力喷播植草的方式进行绿化。

D. 后期临时道路路面：临时道路路面场地平整，可直接覆土后栽植乔木结合撒播灌草进行植被恢复。

灌木宜选用景观效果较好、耐干旱贫瘠的大灌木，如火棘、翠柏等；攀援植物宜选用耐干旱贫瘠、生长快的爬山虎、葛藤等；液力喷播植草和迹地恢复撒播灌草选择的灌草种选用同弃渣场防治区。

栽植灌木前先沿道路路肩挖穴一排，间距 2m，尺寸 50cm×50cm（直径×深），穴内培土；种植槽在修筑路堑边沟时一并开挖，槽内覆土至与边沟沟壁顶部持平。迹地恢复前先覆土 30～50cm。

路肩绿化采用火棘和翠柏间植的方式栽植，间距 2m，苗木地径≥1.5cm，H≥1m。

种植槽内栽植灌木和攀援植物，灌木配置方式和苗木规格同路肩绿化，攀援植物采用间植爬山虎和葛藤，采用 3 年生壮苗，每两株灌木间栽植 3 株攀援植物。

路堤边坡绿化采用直接液力喷播植草方式进行。

迹地恢复采用栽植乔木和撒播灌草现结合的方式营造水土保持林。乔木行间距 2m×3m，栽植密度为 1667 株/hm^2，采用 2 年生壮苗；灌草采用撒播种子的方式进行，配置方式和撒播密度同弃渣场植被恢复。

② 压埋下边坡植被恢复

道路施工和运行过程中部分浮渣压埋、损坏下边坡植被，在清除浮渣后需对上述地块进行植被恢复。植被恢复采用撒播灌草的方式，撒播灌草的树草种配置方式和撒播密

度同弃渣场植被恢复，压埋下边坡植被恢复共需撒播灌草 40.12hm^2。

③ 沉淀池迹地恢复

工程共布设桥梁 2 座，即卡拉大桥和下游临时交通桥，其桩基础采用钻孔灌注桩形式，钻渣采用沉淀池固化后清运至弃渣场。沉淀池使用完毕后需回填土方、场平后采用撒播灌草的方式进行植被恢复。撒播灌草的树草种配置方式和撒播密度同弃渣场植被恢复，沉淀池迹地恢复共需撒播灌草 0.09hm^2。

(3) 临时措施

① 临时排水、沉沙工程

为防止道路施工过程中上游坡面汇水对场地的冲刷而造成水土流失，在路基开挖、填筑施工前需提前沿截水沟和排水沟线位开挖沟槽，作为道路施工期间的临时截排水设施，工程量计入永久截排水设施。在临时截水沟和排水沟末端相对较平缓处设置沉沙池，以沉淀径流携带的泥沙。

临时道路一般采用泥碎石路面，道路运行期间受车辆碾压和雨水冲刷，路面的泥沙易随地表径流进入道路截排水设施，最终进入冲沟或河道。因此，需在边沟末端进入涵洞或当地冲沟前布设沉沙池，以沉淀径流中携带的泥沙。

沉沙池尺寸采用 4m×2m×1.5m(底长×底宽×深)，只开挖，不衬砌，池壁和池底夯实。永久道路均采用混凝土路面，道路运行期间路面因硬化而不再发生水土流失，道路修筑期间设置的沉沙池回填；临时道路在使用完毕后回填沉沙池。

② 钻渣防护

工程共设置桥梁 2 座，施工期间可产生钻渣约 0.15 万 m^3，方案设计沉淀池对其进行固化处理。

根据地形条件，沉淀池布设在桥头两侧相对平缓的地块。根据地形条件，沉淀池断面尺寸取 10m×4m×2m（底长×底宽×深），池壁开挖坡比按 1:1 控制，沉淀池布置方向平行于等高线，以减小土石方开挖量和防护工程量。

方案共设置沉淀池 4 个，单个容量约 120m^3，每座桥梁两侧桥头各布置 1 个。施工结束后，沉淀池内最后一次沉淀的钻渣逐渐固化，堆置在池内不再清运，表面用池周堆放的深层土回填、整平，并拆除填土草包，拆除的土方覆于池体表面。并对迹地采用撒播灌草籽的方式进行绿化。

(4) 雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路卡拉分摊部分

雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路为卡拉、杨房沟、孟底沟水电站共用的对外交通道路，其水土保持相关设计内容均在《雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路水土保持方案报告书》中，且已经报批，不再对其防护措施进行重复设计，仅将其涉及的分摊到卡拉水电站的工程措施纳入到本设计中。

批复的《雅砻江卡拉、杨房沟水电站交通专用公路水土保持方案报告书》将工程水土流失防治分为主线工程防治区、临时堆土场防治区、弃渣场防治区、施工便道防治区、中转料场防治区、施工临时设施防治区等 6 个防治分区。

① 主线工程防治区

考虑对路基、桥涵、隧道进出洞口等挖填施工过程中，采取临时拦挡防护措施，在下坡面、下游沟道等修筑挡墙、拦砂坝等防护措施，抛洒下坡面的浮渣及时进行清除，压埋的植被进行恢复。并对路肩、碎落台、土质或土石边坡等进行绿化。同时，结合土石方调运、施工时序等，需增加植物措施和施工临时措施，提出相应的水土保持施工管理及相关水土保持要求。

② 临时堆土场防治区

土料进行分段收集，集中堆放。大量松散堆土临时堆放，为避免临时堆土遇降雨产生水土流失，必须采取相应的临时拦挡、排水、沉沙等防护措施，迹地进行坡改梯改造梯地和植被恢复，恢复原有土地功能，提出施工管理措施和水土保持要求。

③ 弃渣场防治区

弃渣场堆渣坡脚采取拦挡设施，增设排水涵洞、盲沟、排水沟等排水设施，保证弃渣区及周边地表汇水排导。同时根据渣场堆渣后的立地条件，布设合理的植物措施，使渣体得到全面治理，有效控制潜在的水土流失及其危害。

④ 施工便道防治区

挖填施工进行边坡防护，开挖边坡上坡面设置截水沟，坡脚临路肩侧设矩形排水沟。涉及河道或沟道路段，则采用 M7.5 浆砌片石进行防冲刷衬砌。及时清除抛洒土石渣，在下坡面或下游沟道中设置拦挡措施。压埋下坡面、土质或土石边坡和施工便道迹地等，结合原有土地功能和立地条件，进行坡改梯改造梯地和林草植被恢复。

⑤ 中转料场防治区

中转料场堆存期间堆料坡脚设置临时拦挡防护，场地区设置截排水沟、沉沙等设施，排导场地及周边坡面汇水。石料利用后，堆存迹地进行场地清理，结合立地条件，进行

覆土恢复植被。

⑥ 施工临时设施防治区

施工临时设施区施工期需做好施工场地周边的拦挡、排水、沉沙等防护措施；施工结束后，及时拆除施工场地不再使用的施工设施、临时房建，清除硬化地表和建筑垃圾，根据周边环境，恢复植被。施工区剥离表层部分土方用于施工迹地绿化覆土，需考虑此部分土料的临时堆放问题。结合施工时序及施工场地利用情况，进一步落实临时堆放场地及相关临时防护措施。

7.8.2.4 料场（含中转料场）防治区

(1) 料场区

料场区水土流失防治措施包括开采前表土剥离、修建截水沟措施，施工期间开挖料和覆盖层临时拦挡措施以及施工期间的管理要求，施工后期修建马道排水沟、开挖边坡及马道平台绿化、场地整治及迹地恢复等措施。

① 工程措施

根据施工总布置规划，金波石料场作为卡拉、杨房沟两个工程混凝土骨料料源，其开采量由原 250 万 m^3 增加至 580 万 m^3 后，金波石料场总占地面积也增大至 11.0hm^2（其中卡拉工程新增占地面积 3.40hm^2），全部为林地。料场水土保持措施设计同杨房沟工程，但新增的水土保持措施工程量计入卡拉工程。

A 表土剥离

取料前，对料场占地范围内的表土进行剥离，剥离厚度平均 15cm，共剥离 1.65 万 m^3（其中卡拉工程计列剥离 0.51 万 m^3），全部运至金波弃渣场左侧缓坡地集中堆置防护。

B 截排水工程

在开采前先沿料场预计开采边界外侧设置截水沟，拦截、排导上游坡面来水。开采结束后，对坡面进行清理，在形成的马道内侧布设马道排水沟，用于拦截、排导开采边坡坡面汇水。料场截排水设施按 20 年一遇标准设置。截水沟采用浆砌片石结构，梯形断面，底宽 70cm，深 70cm，沟壁坡比 1:0.5，衬砌厚 30cm。为减少沟槽开挖对坡面的扰动范围，截水沟外侧沟壁直立。马道排水沟采用 C25 砼现浇结构，矩形断面，底宽 40cm，深 40cm，沟壁厚 25cm，沟底厚 10cm。马道排水沟布设时需预留种植槽位置。金波石料场共设置截水沟 1080m（其中卡拉 163m），马道排水沟 5653m（其中卡拉

2770m），共需开挖土方 1960m³(其中卡拉 296 m³)，浆砌片石 1414m³（其中卡拉 214 m³)，C25 砼现浇沟槽 1803m³（其中卡拉 883 m³），φ22 地下插筋 8291 根(其中卡拉 4063 根)。

C 土地整治

取料平台以土石混合料和碎石料为基础，拟通过场地平整后覆土，以改善立地条件，为植被恢复做好前期准备。工程共需新增场地平整 1.03hm²。

② 植物措施

A 边坡绿化工程

取料结束后形成高陡岩质坡面或土石混合边坡，坡比在 1:0.25~1:0.5 间，不具备植被自然恢复条件。方案拟通过在马道布置种植槽，覆土后栽植攀援植物进行坡面绿化。

种植槽布置在水库正常蓄水位以上的马道排水沟内侧，由马道排水沟内侧沟壁与边坡组成，底宽 50cm，深 50cm，槽内覆土后栽植攀援植物。攀援植物选择爬山虎，选用 3 年生壮苗，沿种植槽中心线栽植一排，间距 0.5m，共需覆土 1625m³（其中卡拉 796 m³)，栽植爬山虎 11306 株（其中卡拉 5540 株）。

B 迹地植被恢复工程

料场开采结束后至水库蓄水之间，平台以土石混合料和碎石料为基础，不具备植被自然生长的基础。方案拟对平台进行场地平整，然后覆土 30～50cm，改善立地条件后撒播灌草进行绿化，共需覆土 1.65 万 m³（其中卡拉 0.43 万 m³）。

灌草种选择及配置方式同弃渣场防治区，共撒播灌草 5.09hm²（其中卡拉 1.03 hm²)。

③ 临时措施

料场开采前剥离的表土和无用层全部清运至金波弃渣场堆置防护，临时措施主要针对开采的有用料在临时堆置过程的防护措施，主要为临时拦挡和临时排水、沉沙工程。

A 临时拦挡工程

临时堆置的有用料主要为各种块石、片石和碎石等，方案拟采用干砌石挡墙进行临时围护，石料直接利用开采料。挡墙按平均高 2m 控制，等腰梯形断面，顶宽 0.6m，坡比 1:0.5。工程共需设置干砌石挡墙 745m（其中卡拉 230m），需干砌片石 2622m³(其中卡拉 809 m³)。

B 临时排水、沉沙工程

沿干砌石挡墙外侧布置临时排水沟，防止地表径流对临时堆料冲刷。排水沟采用梯形断面，底宽 0.4m，深 0.4m，沟壁 1:1，只开挖，不衬砌，沟壁和沟底夯实。临时排水

沟末端设置沉沙池，根据 GB/T16453.4-2008，沉沙池断面尺寸采用 4m×2m×1.5m(底长×底宽×深)，只开挖，不衬砌，池壁和池底夯实，共布置 2 个。料场使用结束后，回填临时排水沟和沉沙池。工程临时排水、沉沙工程共设置临时排水沟 820m（其中卡拉新增 253m），沉沙池 2 个（卡拉不新增），共需土方开挖 864m^3，土方回填 864m^3。

(2) 中转料场区

中转料场区水土流失防治措施包括施工前表土剥离，施工期间坡面水处理及拦挡防护、场地排水措施以及施工期间的管理要求，施工后期场地整治及迹地恢复等措施。

① 工程措施

A 表土剥离工程

猪白沟沟口中转料场设置在江岸较为平缓地带，占地面积 17.97hm^2，占地类型主要为草地和耕地。为保护表土资源，根据 GB50433-2008 相关规定，对占用耕地和平缓地带的草地进行表土剥离，剥离平均厚度为耕地 30cm，草地 20cm，共剥离表土 3.36 万 m^3，全部运至表土堆存场集中堆置防护。

B 截排水工程

猪白沟沟口中转料场部分位于冲沟内，且料场顶面布置有前期砂石加工系统，综合考虑，其防洪设计标准提高至 20 年一遇。中转料场上游部分紧挨右岸辅助路，其截水工程可在道路截排水设施的基础上，在中转料场两侧和部分顶部补充修筑截水沟，并与右岸辅助路的截排水沟相接，形成完整的截排水系统。中转料场的汇水面积约 0.70km^2，截水沟采用浆砌片石结构，等腰梯形断面，底宽 0.7m，深 0.7m，衬砌厚度 0.3m，两侧沟壁坡比 1:0.5，经复核可以满足过流要求。

C 拦挡工程

由于中转料场布置在雅砻江边，底部即河滩地，为保证堆料不受江水影响，挡墙墙顶按 20 年一遇的防洪水位确定。猪白沟沟口中转料场位置 20 年一遇的防洪水位为 1929m，挡墙墙顶高程按 1930m 控制。挡墙高度较高，约 5m；中转料场挡墙采用 C20 现浇砼结构。墙身均高 5m，顶宽 1.5m，面坡直立，背坡坡比 1:0.6。挡渣墙基础根据地质条件挖至弱风化层上限，开挖深度 0.5～1.2m 不等，基坑开挖边坡 1:1.0，坑内回填碎石。墙身设 2 排φ100PVC 排水管，排水管水平间距 2m，竖向间距 1m，梅花型布置，管身保持倾向挡渣墙外侧 3%的排水坡降；墙身每隔 10m 设一道结构缝，缝宽 2～3cm，缝间填塞沥青油毡。

② 植物措施

本区植物措施主要是迹地恢复工程。

中转料场利用结束后，场地以生土以及剩余的无用料、碎石渣等为基础，植物难以在短期内自然恢复，方案拟对施工迹地进行场地平整，根据地块原有土地类型以及后期是否在库区正常蓄水位以下等条件进行迹地恢复。

中转料场占用耕地 4.42 hm^2，草地 19.36hm^2，住宅用地 0.15hm^2，后期全部位于库区正常蓄水位以下，因此仅对占用地块覆土后撒播灌草绿化，由于本工程可用的表土不富裕，因此覆土厚度 10～20cm，满足蓄水前的灌草生长要求。

中转料场植被恢复的灌草选种及配置方式同弃渣场防治区迹地植被恢复。

工程量包括覆土 3.59 万 m^3，撒播灌草 23.93hm^2。

7.8.2.5 施工生产生活防治区

施工生产生活防治区水土流失防治措施包括施工前表土剥离，施工期间边坡防护、排水沉沙以及施工期间的管理要求，施工后期场地绿化和后期迹地恢复措施。

(1) 工程措施

主体工程主要对场地拦挡进行了设计，方案补充表土剥离、截排水工程以及后期土地整治等工程措施。

① 表土剥离

施工生产生活区占地面积 118.96hm^2，其中征而不扰的施工管理区占地 86.68hm^2，各生产、生活设施占地 32.28hm^2。各生产、生活设施占地类型主要为林地、耕地和草地等。为保护表土资源，根据 GB50433-2008 相关规定，对上述占用耕地、林地和平地草地进行表土剥离，剥离平均厚度耕地 30cm，林地和草地 15cm，剥离表土 5.56 万 m^3，全部运至表土堆存场集中堆置防护。

② 截排水工程

项目区地形相对较陡，部分施工生产生活区的上游均有一定的集水面积，因此需布设截水沟拦截、导排上游坡面汇水，防止对冲刷各设施场地；其余场地利用交通设施及弃渣场截排水设施拦截、排导上游坡面汇水。同时，在永久设备库、业主营地等永久场地布置场内排水沟，以导排场内汇水，防止场地积水；临时施工生产生活区的场地排水采用临时排水沟，具体见临时措施。

施工生产生活区截排水设施按 20 年一遇标准设计。沿场地周边设置截水沟，采用

浆砌石断面，梯形断面，排水比降不小于 2%，尺寸根据洪峰流量确定，边坡 1:0.5，衬砌厚 30cm。截水沟表面要求砂浆抹面 3cm，沟身每隔 20m 设一道结构缝，缝宽 1～2cm，缝间填塞沥青油毡。比降较大时设置跌水坎消能，跌水坎的水平宽度取 40cm，高度根据实际地形坡度定。

横向排水沟主要沿各生产生活设施挡土墙墙脚外侧布设，并设置一定数量的纵向排水沟连接各横向排水沟形成完整的排水系统，将场地汇水导排至当地冲沟。各地块场地内排水沟采用浆砌片石结构，梯形断面，底宽 40cm，深 40cm，坡比 1:0.5，衬砌厚 30cm，沟底和沟壁砂浆抹面 3cm。

场地周边共设置截水沟 5020m，排水沟 1606m。

③ 土地整治工程

工程结束后，除永久施工产生生活区继续保留外，其余临时生产生活区均需按原用地类型进行迹地恢复。布设在中转料场的前期砂石料加工系统由中转料场后期一并迹地恢复，其余施工生产生活区在场地使用完毕要求进行临建设施的拆除，并进行场地平整，覆土、改善场地的立地条件，之后进行迹地恢复，共平整场地 14.90hm^2。

占用耕地的地块在场地平整、覆土后还需进行全面整地，具备复耕条件后交还当地复耕，主要为 1#承包商营地、2#承包商营地、机械设备库、综合仓库等地块，共需全面整地 7.17hm^2。

业主营地、1#承包商营地、2#承包商营地、3#承包商营地以及永久设备库对景观有一定要求，对以上地块周边空地实施园林景观绿化，绿化以栽植乔灌木结合片植花卉和铺植草皮的方式为主，绿化前需进行场地平整，共平整场地 3.81hm^2。

施工生产生活区共需场地平整 18.71hm^2，全面整地 7.17hm^2。

(2) 植物措施

① 场地绿化

施工期间场地绿化包括两部分内容：园林景观绿化和其他施工生产生活区周边空地绿化。

A 园林景观绿化

园林景观绿化区块主要有业主营地、1#承包商营地、2#承包商营地、3#承包商营地以及永久设备库等 5 处区域。

园林景观绿化以栽植乔灌木结合片植花卉和铺植草皮的方式进行，分别穴植乔木、

灌木、攀援植物、片植花卉以及铺植草皮，以防止水土流失，提高景观效果。

a 立地条件分析和绿化方案

需景观园林绿化的 4 处区域周边空地地表基本为场地开挖、填筑以及平整后形成的贫瘠土石混合料，场地平缓，立地条件相对较差，考虑覆土后进行绿化。覆土厚度 30～40cm。

绿化采用点、线、面相结合、乔灌木和草本结合的立体绿化方式，乔灌草均选用适宜工程区生长、具有观赏性的植物。

b 树(草)种选择及配置方式

乔灌木主要选择侧柏、香花槐、三角梅、火棘等树种；花卉选用蔷薇、杜鹃等；草皮选用马尼拉草皮。侧柏、香花槐要求苗高≥1.5m；三角梅和火棘要求苗高≥1m。乔灌木均采用穴植，根据景观造型，采用孤植、点植、丛植等较为灵活的栽植方式，花卉采用片植，草皮采用满铺形式。攀援植物选用爬山虎和葛藤，沿场地开挖边坡坡脚栽植一排，选用 1 年生壮苗，间植，株距 0.5m。

景观园林绿化面积共 3.81hm^2，共需覆土 1.32 万 m^3，栽植乔木 846 株，栽植灌木 4764 株，片植花卉 0.57hm^2，铺植草皮 1.52hm^2，栽植攀援植物 5022 株。

B 其他场地周边空地绿化

其他施工生产生活区除建筑物占地、硬化地表以及材料堆场和车辆、机械停放场地外，其余空地长期裸露，需通过场地绿化以减少场地运行过程中的水土流失。

a 立地条件分析和绿化方案

需绿化的位置基本为场地开挖、填筑以及平整后形成的贫瘠土石混合料，场地平缓，立地条件相对较差，考虑覆土后进行绿化。覆土厚度 30cm。由于上述地块绿化一般无景观要求，为节省投资，绿化以撒播灌草结合沿坡脚栽植攀援植物的方式为主。

b 树草种选择及配置方式

树草种选择及配置方式同交通设施迹地恢复。

其他场地周边空地绿化面积共 2.06hm^2，共需覆土 0.62 万 m^3，撒播灌草 2.06hm^2，栽植攀援植物 9168 株。

② 迹地恢复工程

工程结束后，永久生产生活区继续保留使用，其他临时生产生活区拆除临建设施，根据原有用地类型进行复耕或植被恢复。由于施工中场地多被砂石料、混凝土骨料等材料占压或硬化，占压时间较长，立地条件较差。因此，在复耕或植被恢复前需进行场地平整、覆土，需复耕的地块需进行全面整地，使上述地块具备复耕及植被恢复条件。

A 复耕：施工生产生活区需恢复耕地 7.17hm^2，场地平整后覆土 50cm，共需覆土 3.60 万 m^3，全面整地后交还当地复耕。

B 植被恢复：由于在施工生产生活区建成期间就对部分地块进行了场地绿化，各施工设施利用结束后上述植物措施继续保留，对原建筑物、硬化地表以及场地堆放场和车辆、机械停放场等地块进行植被恢复。施工迹地植被恢复方式前述的料场防治区施工迹地植被恢复。

施工生产生活区迹地植被恢复面积 14.90hm^2，共需覆土 4.47 万 m^3，栽植乔木 15310 株，撒播灌草 14.90hm^2。

(3) 临时措施

① 临时拦挡工程

临时拦挡主要针对各施工生产区堆置的各种建筑堆料进行临时围护。临时拦挡采用填料草包，草包内装填堆置的建筑材料。填料草包高度按平均 2m 控制，顶宽 0.6m，坡比 1:1，沿堆料坡脚围护。工程共设置填料草包 1432m，需填料草包 5041m^3。

② 临时排水、沉沙工程

为排导各临时施工生产生活区场地汇水，在各场地周边和内部根据场地布局布设临时排水沟。临时排水沟采用土质沟槽，梯形断面，底宽 0.4m，深 0.4m，边坡 1:1。沟槽只开挖不衬砌，沟壁和沟底夯实。

对于扰动强度较大的砂石料加工系统、混凝土系统以及地形条件较缓的营地等地块的临时排水沟末端设置沉沙池，用于沉淀径流携带的泥沙。根据 GB/T16453.4-2008，沉沙池尺寸取 4m×2m×2.5m(底长×底宽×深)，池壁坡比均取 1.1，只开挖，不衬砌，池壁和池底夯实。各永久施工生产生活区在场地平整后初期，由于植被尚不能完全发挥水土保持作用，场地汇水仍将携带部分泥沙进入永久排水沟，故在永久排水沟末端亦需设置沉沙池，以减少水土流失。临时排水沟和沉沙池在场地施工结束后全部回填。

7.8.2.6 移民安置防治区

根据移民安置区及专项设施复建工程特点，在防治区主要采取表土剥离、截排水、绿化等防护措施，以及施工管理措施。

(1) 工程措施

① 表土剥离

考虑到搬迁安置区、集镇迁建区和库周道路后期绿化的需要，上述地块施工前需剥

离表土，剥离平均厚度按耕地 30cm，林地 15cm，草地 20cm 控制，剥离表土 4.73 万 m^3，分别堆放在各工程表土堆放点。

② 截排水工程

截排水工程包括搬迁安置区和专项设施区等 2 部分，其中搬迁安置区指安置区场地上游的截水沟和场地内的排水沟，专项设施区指道路两侧的截排水沟。

A 搬迁安置区

搬迁安置区建设前先在上游设置截水沟，以截留坡面汇水。搬迁安置点排水按 20 年一遇防洪标准设计，截水沟采用浆砌片石结构，梯形断面，采用双侧排水。根据上游坡面汇水大小，断面选择底宽 40～80cm，深 40～80cm，沟壁坡比 1:0.5，衬砌厚度 30cm。经计算，截水沟过流能力 1.08～3.19m^3/s，共设置截水沟 840m。

搬迁安置区场地内沿挡墙墙脚布设排水沟，以导排场地汇水。排水沟采用砌片石结构，矩形断面，断面选择底宽 40～70cm，深 40～70cm，衬砌厚度 30cm，表面砂浆抹面 3cm。共设置排水沟 2940m。

B 专项设施区

专项设施区截排水措施主要指集镇迁建内部和库区复建公路内侧的边沟，方案将截排水设施按 20 年一遇标准设计，根据上游坡面汇水面积，集镇迁建内部边沟采用矩形断面，底宽 60cm，深 60cm，M7.5 浆砌石砌筑，壁厚 30cm，表面砂浆抹面 3cm。库区复建公路路基边沟采用梯形断面，底宽 40cm，深 40cm，沟壁坡比 1:0.5，只开挖，不衬砌，沟壁拍实。集镇迁建内部共设置边沟 660m，库区复建公路内侧共设置边沟 27878m。

(2) 植物措施

移民安置区植物措施主要指四旁绿化，包括搬迁安置区周边空地绿化、集镇迁建区周边空地绿化、库区复建公路绿化专项设施区道路绿化等。

① 绿化方式及树草种选择

搬迁安置区和集镇迁建区植物措施采用栽植乔木结合撒播灌草的方式进行绿化，乔木选择侧柏、金合欢、余甘子等，灌木以华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲和牡荆为主，草本以蓼、黄茅和狗牙根为主。绿化前需先进行覆土，以改善立地条件，提高绿化效果，覆土厚度 30～50cm。

专项设施区中的库区复建公路采用沿路基两侧各栽植一排大灌木，并对路基边坡采取撒播灌草的方式进行绿化。大灌木选择翠柏、火棘等，其他灌草选种同搬迁安置区四

旁绿化。

② 配置方式

搬迁安置区和集镇迁建区植物措施配置方式参照弃渣场防治区植被恢复。

库区复建公路植物措施沿路基两侧各栽植一排大灌木，采用火棘和翠柏间植的方式栽植，间距 2m，挖穴 50cm×50cm（直径×深），苗木地径≥1.5cm，H≥1m；撒播灌草采用混播的方式，播种密度 80kg/hm^2。

绿化前需覆土以改善立地条件，提高绿化效果，其中栽植乔木地块平均覆土 50cm，其余地块平均覆土 30cm，库区复建公路路基栽植大灌木挖穴内换填耕植土。

(3) 临时措施

移民安置防治区临时措施主要包括搬迁安置区在场地平整过程中的临时排水沉沙措施，库区复建公路在修筑过程中的临时沉沙措施，以及表土堆放时的临时防护措施。

搬迁安置区在场平过程中沿永久排水沟线位开挖土质沟槽作为施工过程中的临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池，沉沙池断面尺寸取 4m×2m×1.5m（底宽×底长×深），池壁边坡取 1:1，只开挖不衬砌，池壁和池底夯实。临时排水沟工程量计入永久排水沟，共需设置沉沙池 10 个。

库区复建公路在修筑过程中在排水沟汇入当地冲沟前设置沉沙池，断面尺寸同搬迁安置区设置的沉沙池。共需设置沉沙池 52 个。

搬迁安置区、集镇迁建区和库区复建公路区分别剥离表土 1.76 万 m^3、1.09 万 m^3 和 1.88 万 m^3，堆置在各工程区内，堆高控制在 2～3m 以内，堆土坡度为 1:1.5～1:2.0，堆放面积分别为 0.94hm^2、0.58 hm^2 和 1.00 hm^2。

为防止堆置的表层土在施工期间产生水土流失，需对其采取临时防护措施，即在坡脚采用填土草包围护。填土草包采用梯形断面，顶宽 0.5m，底宽 1.5m，高 1.0m，边坡 1:0.5，填土草包土源为剥离的表层土。防护总长度约 1202m，填土草包 1202m^3。

考虑到临时堆土场所堆置的表层土和深层土堆土结构松散，遇降水易造成局部水土流失，施工期临时堆土表面采取撒播草籽进行临时防护，共需要撒播草籽 2.52hm^2。

7.8.2.7 水库影响防治区

库岸影响（水库淹没）防治区主要采取植物措施。

对水库滑坡、坍岸影响区采取封禁治理的方式，封禁治理范围共计 514.81hm^2。

在操作方式上，实行全年封禁的模式。以各个影响区为单位确定划片封禁区域、四

至界线，在封禁区的周边明显处，如主要进山道路山口、沟口、河流交叉点等树立固定标牌，立牌公示。对稀疏幼林地块和可以恢复森林植被的地块，掌握好补植补造节令，由建设单位组织人力进行补种，尽快恢复植被。

封育期间，对根蘖萌生或天然落种生长出的幼树以及新造林地搞好抚育管护，每年至少定期进行病虫害防治 2 次等。

7.9 人群健康保护措施

传染病的预防与控制的策略是预防为主，加强监测。工程区域相关疾病必须针对传染源、传播途径和易感人群 3 个环节，采取下列综合防治措施：

(1) 传染源控制

① 开展卫生运动

工程人员进入施工区和移民迁入安置区时，对生活区和部分作业区进行卫生处理，即采取消毒、杀虫、灭鼠等卫生措施，对饮用水进行消毒。在人群中普及传染病防治知识，动员群众进行经常性的灭蚊、灭蝇和灭鼠等卫生运动，改善环境卫生，加强个人防护。

② 确保饮用水安全

施工区、移民安置区集中式供水应解决好生活饮用水净化、消毒设施，饮用水必须符合国家生活饮用水卫生标准，确保饮用水安全。分散式供水，必须做好水源的保护，保证饮水安全。移民安置区饮用水水源附近禁止设置污水池、粪堆（坑）、垃圾堆放场等污染源。

③ 对生活垃圾和污水进行无害化处置

施工区修建临时厕所、污水处理系统等设施，并对垃圾和粪便进行处置。移民安置区设置沼气池，对人畜粪便进行无害化处置。

(2) 传播途径控制

① 建立健全卫生医疗机构

建立卫生医疗机构、健全消毒隔离制度，完善消毒措施，防止医源性传播。用于预防和治疗的血液制品中不得染有致病因子。

② 健全工作安排机制

所有传染病病人、病原携带者和疑似病人不得作为本工程施工人员，一经发现应立即隔离治疗，防止传播。

(3) 移民人群健康保护

移民安置后，防疫保健工作必须纳入属地同步管理，措施必须落实。在较大的移民安置区应建立卫生室负责防保工作。工程施工期和运行期，应该设立相应的防保机构负责防保工作。

为做好工程的卫生保障工作，对与工程相关的重点疾病必须采取重点的防治措施。

7.9.1 自然疫源性疾病防治

在工程涉及区域应开展经常性灭鼠工作，蓄水前应加强灭鼠。其防治对策措施主要为采取以灭鼠、灭蚤为重点的综合性防治措施，具体方法如下：

(1) 灭鼠防鼠

灭鼠应与防鼠紧密结合。搞好环境卫生及卫生整顿，清除鼠类栖息活动的隐蔽场所，综合采用器械灭鼠法、毒饵灭鼠法等方法，在施工生活区和移民安置区开展经常性灭鼠和疫源地针对性灭鼠。

(2) 灭蚤

施工人员的床、地面等要实施灭蚤，对鼠洞、家鼠或家禽窝及其他蚤类孳生场所也分别予以灭蚤，以消灭传播媒介。一般应在蚤类繁殖高峰之前进行，经 1 次灭蚤后效果可维持 3 个月之久。药物灭蚤主要使用有机磷和拟除虫菊酯等地面滞留喷洒。野外工地、野外住宿场所，用杀虫剂喷洒，杀灭病媒昆虫。

7.9.2 虫媒传染病

施工期间对外来施工人员要做好疟疾的疫情监测，凡出现不明原因的发热病例，要认真做好疟原虫血检，阳性者给予疟疾正规根治。

采用环境防制、化学防制等有效手段，在不同场所实施相应措施：生活区采用环境改造和环境处理、化学灭蚊；野外则进行环境清理，清除地面积水，修整沟渠，去除杂草，填平坑凹，消除蚊虫孳生地；进行化学灭蚊。

7.9.3 介水传染病

工程涉及区域的介水传染病以细菌性痢疾、甲型病毒性肝炎为主，预防措施为：大力开展健康教育，普及卫生防病知识，提高自我保健意识。做到食熟食，喝开水，饭前便后洗净手；开展三管一灭(管水、管粪、管饮食、消灭苍蝇)的综合性防治措施，把好病从口入关；严格执行食品卫生法，对饮食从业人员每年进行食品卫生知识的培训，坚持持证上岗。

7.9.4 人群管理

水库蓄水淹没、运行时水位消落等将使鼠类、蚊虫等媒介生物的生境和分布范围发生改变，也将使人类与其接触的机会发生改变。工程施工期，由于居住较为集中，人口流动性较强，施工人员劳动强度大；且施工区易形成积水坑和卫生死角，利于蚊蝇滋生，加之临时生活区条件较差，容易引发各类疾病，势必对施工人员和当地居民健康产生一定影响，因此对工程涉及区域人群应予管理。移民安置区的人群管理由当地乡镇或村卫生室医务人员负责，施工区则要确立相应部门确定相关人员承担传染病预防工作。

7.9.5 食品卫生管理

工程建设将涉及原居住人口的迁移、大量外来施工和服务人员的迁入，易造成食物中毒和其他急性食源性疾病。

定期对公共餐饮场所进行卫生清理和卫生检查。发生食物中毒时应及时报告当地的卫生行政部门，对病人采取紧急处理，对中毒食品控制处理。

7.9.6 医疗卫生机构

卡拉水电站不新建医疗卫生机构，利用布置于麦地龙上铺子承包商营地的杨房沟卡拉综合门症部，对施工人员进行常见疾病的诊治、人群健康体检、预防接种和健康宣传教育，开展传染病的监测疫情报告和应急处理工作。

7.10 浸没影响防护措施

根据《雅砻江卡拉水电站可行性研究阶段水库影响区范围界定工程地质专题报告》工程拟对受水库浸没影响区域进行浸没防护。

(1) 下铺子浸没防护区

防护工程长度约 200m，防护高程为 1992.2m。采用石渣回填至 1991.7m 高程，石渣内布设土工格栅，迎水面采用 30cm 厚碎石垫层+50cm 厚浆砌石护面。

(2) 麦地龙乡浸没处理区

防护工程长度约 500m，防护高程为 1991.6m。采用石渣回填至 1991.1m 高程，石渣内布设土工格栅，迎水面采用 30cm 厚碎石垫层+50cm 厚浆砌石护面。

7.11 文物防护措施

根据四川省文物考古研究院 2011 年 12 月编制的《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》以及四川省文物管理局“关于《雅砻江卡拉水电站工程文物调查勘探评估报告》的批复”（川文物保函〔2012〕12 号），建设征地涉及影响木里县 3 处文物古

迹，对其中的 2 处文物点即“尼波铁索桥”和“尼波玛尼堆群”进行提取资料性保护，对其中 1 处文物点“大坪子石棺葬墓地”进行抢救性发掘保护。

7.11.1 资料提取

对于玛尼堆、铁索桥等清代古建筑或近现代重要史迹及代表性建筑文物点，已作为第三次全国文物普查文物点登录，应采取绘图、摄像、测绘、文字记录等方式尽可能详细地获取文物点信息资料并以数字化或纸质方式永久性保存，文物点实体留待集体所有人或使用人自行妥善处理和保护。

对于本次调查中发现的 2 处文物点，即尼波铁索桥和尼波玛尼堆群，可进行资料提取性的保护。

7.11.2 抢救性发掘清理保护

对于价值较重要的地下文物点来说，如果无法避让，同时随着基建工程的进行将受到极大甚至残底的破坏和影响，则必须进行抢救性发掘清理保护，并进行相应的室内整理、修复、制卡、发表资料、陈列、收藏保护及研究等。抢救性发掘清理能尽量减少文物价值的损失。

对于本次调查中发现的大坪子石棺葬墓地，可进行抢救性发掘清理保护。由于该墓地分布面积较大，部分墓葬处于当代村民住房之下，且墓地内部分墓葬已经受到一定的破坏，所以仅对墓地部分范围进行抢救性发掘清理保护，计划发掘面积 5000m^2。

工程建设过程中应严格按照《中华人民共和国文物保护法》和当地文物局的有关要求做好文物保护工作。

7.12 环境保护措施实施组织

7.12.1 实施条件

(1) 交通条件

环保工程实施地区公路连通较好，具备实施条件。

(2) 施工辅助企业

主体工程设有砂石骨料加工系统、混凝土拌和系统、机械修配厂、风、水、电等辅助设施，环保工程施工可借助上述施工企业场地和配套设施，满足相应施工要求。

(3) 材料供应

环保工程措施所需块石料、水泥、砂浆及水、电均可由主体工程统一提供；对外交通工程所需材料与动力可就近取用、购买。

7.12.2 环保措施实施方法

(1) 工程措施

各项措施的实施均应由专业队伍施工。

(2) 植物措施

工程所需苗木、草籽均在附近购买，并由林业专业技术人员指导种植。

(3) 其它措施

本工程其他环保措施在实施过程中，施工单位应严格按照各项环保措施技术要求和技术规范进行施工，环保措施资金到位，并加强环境管理和施工监理的力度，使各项环保措施按设计要求实施。施工期生产废水、生活污水处理设施、水土保持部分措施、声环境保护警示牌等应在施工前期投入使用；移民安置迁移集镇和集中安置点生活污水处理设施、水土保持部分措施、生活垃圾处置措施等应在移民搬迁前期开始修建，与移民搬迁工作同时开展。

7.12.3 环保措施实施进度计划

工程建设中必须根据相应单元工程的实施进度安排环保措施并落实投资，确保各类环保设施的正常运转。杨房沟水电站建设过程中不同阶段环境保护措施的主要内容、实施部位、保护对象、责任单位、监督单位、监督方式详见表 7.12-1，环境保护措施实施进度见表 7.12-2。

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

表 7.12-1

内 容	措 施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
第一阶段、筹建期开始——主体工程开工前							
1. 水环境保护措施							
1.1 上铺子沟砂石料废水处理系统建设及运行	沉淀、混凝、高效旋流净化	上铺子沟砂石料系统	回用	雅砻江水质	承包商	业主、环保局	监测、检查、验收
1.2 前期混凝土冲洗废水处理系统建设及运行	沉 淀	前期混凝土系统	回用		承包商	业主、环保局	
1.3 承包商营地生活污水处理系统建设及运行	隔油、生化	承包商营地	绿化、洒水		业主	环保局	
1.4 施工工厂废水处理系统土建工程	隔油、沉淀、气浮	施工工厂	回用		承包商	业主、环保局	
1.5 业主营地及加油站生活污水处理系统土建工程	隔油、生化	业主营地及加油站	绿化、洒水		业主	环保局	
2. 大气污染防治措施							
2.1 上铺子沟砂石料加工系统粉尘削减与控制措施建设及运行	喷雾器和除尘器安装和维护、洒水	上铺子沟砂石料系统		施工区环境空气	承包商	业主、环保局	监测、检查、验收
2.2 交通粉尘削减与控制措施建设	洗车槽建设；洒水车购买	施工区					

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
3. 噪声污染防治措施							
3.1 交通噪声控制	限速和禁鸣标志设置，交通管理制度建设	施工道路		施工区及道路声环境	业主	环保局	监测、检查、验收
4. 固体废弃物处置措施							
4.1 前期生活垃圾收集与处置	垃圾桶购买、设置，垃圾收集和清运	前期生活区	集中收集外运处置	周边环境	业主	环保局	检查、验收
4.2 施工期生活垃圾收集系统建设	垃圾桶购买，垃圾	施工生活区					
5. 水土保持措施							
5.1 前期水土保持工程措施建设和运行	拦挡及排水设施	施工区、渣场		水土流失	承包商	业主、水利局	监测、检查、验收
5.2 施工期水土保持工程措施土建工程	拦挡及排水设施建设						
6. 人群健康保护措施							
6.1 进场前卫生清理	消毒、清除鼠、蚊、蝇	施工区		施工人群	承包商	业主、卫生防疫部门	检查

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
6.2 前期施工人群卫生防疫和健康检查	卫生检疫、健康检查	筹建期施工人员			承包商	业主、卫生防疫部门	检查
6.3 建立施工区卫生防疫机构	设立施工区卫生防疫站	施工区			业主	卫生防疫部门	检查、验收
6.4 环境卫生及食品卫生管理与监督	饮用水水质监控、卫生清理和检查	施工区			承包商	业主、卫生防疫部门	检查
7. 前期移民安置环境保护措施							
7.1 安置区生活污水处理设施建设与运行	沼气池	安置区		移民	移民办	县人民政府、环保局	检查、验收
7.2 安置区生活垃圾处置设施建设和运行	沼气池、垃圾堆放场						
第二阶段、主体工程开工——水库蓄水前							
1. 水环境保护措施							
1.1 库底环保清理	清除废弃物，保证水质	库底		雅砻江水质	移民办	环保局	检查、验收
1.2 上铺子沟砂石料废水处理系统运行	沉淀、混凝、高效旋流净化	上铺子沟砂石料系统	回用	雅砻江水质	承包商	业主、环保局	检查、监测
1.3 主体工程混凝土废水处理系统运行	沉淀	主体工程混凝土系统					
1.4 施工工厂废水处理系统运行	隔油、沉淀、气浮	施工工厂					

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
1.5 承包商营地、业主营地、加油站生活污水处理系统运行	隔油、生化	各生活区及加油站	施工道路洒水		业主	环保局	
2. 大气污染防治措施							
2.1 砂石料加工系统粉尘削减与控制措施运行	喷雾器和除尘设施检查、洒水等	砂石料系统		施工区环境空气	承包商	业主、环保局	监测、检查
2.2 燃油废气削减与控制措施	车辆管理，淘汰老、旧车辆及施工机械，使用无铅燃油，定期对施工机械进行维修、保养	施工作业区					检查
2.3 交通粉尘削减与控制措施运行	对施工区出去车辆清洗；道路洒水	场内施工道路					
2.4 施工现场扬尘控制	洒水	施工区					
3. 环境噪声污染防治措施							
3.1 砂石料系统噪声控制设施运行	消声措施检查；施工设备维护和保养；控制夜间生产。	砂石料系统		施工区	承包商	业主、环保局	监测、检查
3.2 交通噪声控制措施	车辆限速和禁鸣检查；运输汽车噪声监测。	场内道路		承包商营地、业主营地、下田镇村	业主	环保局	
4. 固体废弃物处置措施							

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
4.1 施工期生活垃圾收集	分类收集情况检查；垃圾桶定期收集	承包商和业主营地	集中收集外运处置	周边环境	承包商	业主、环保局	检查
5. 最小生态流量下泄							
5.1 蓄水过程最小生态流量下泄	采用设置生态泄放底孔	布置于坝身 10#坝段	自建	下游河道生态及环境	承包商	业主、环保局	检查
6. 陆生生态保护措施							
6.1 陆生生态修复措施	临时用地退出后即进行生态修复	施工占地区		陆生生态	业主	林业局、环保局	检查、验收
6.2 动物保护措施	宣教，建立生态破坏惩罚制度，限制施工人员在施工区以外区域活动。	施工区		动物	业主		检查
7. 水生生态保护措施							
7.1 重要鱼类保护措施	修建鱼类增殖站	杨房沟业主营地附近	自建	鱼类	业主	渔业部门、环保局	检查、验收
7.2 其它鱼类保护措施	渔政管理或选择性禁捕	施工区附近江段			业主		检查
8. 水土保持措施							
8.1 工程措施	拦挡防护、排水工程运行和维护	施工占地、弃渣场		水土流失	承包商	业主、水利局	检查

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
9. 人群健康保护措施							
9.1 卫生防疫和健康检查	卫生检疫、定期健康检查、疫情监控	施工区		施工人群	承包商	业主、卫生防疫部门	检查
9.2 环境卫生及食品卫生管理与监督	饮用水水质监控，定期卫生清理和检查。	施工区			承包商		
9.3 施工区卫生防疫机构运营	施工区卫生防疫站运营	施工区			业主	卫生防疫部门	
10. 移民环境保护措施							
10.1 生活污水处理设施土建工程	化粪池/成套污水处理设备	集中安置点		移民	移民办	县人民政府、环保局	检查
10.2 生活垃圾处置设施土建工程	垃圾桶、垃圾收集房	集中安置点					
10.3 人群健康保护	饮用水水源监测；对疾病传染源和媒介进行杀灭等。	集中安置点				移民办、卫生防疫部门	
第三阶段、水库蓄水——工程竣工							
1. 水环境保护措施							
1.1 生活污水处理	隔油、生化，利用已有设施		厂区绿化、洒水	雅砻江水质	业主	环保局	监测、检查、验收
1.2 厂房内油污染防治措施土建工程	油水分离器	厂房					

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
2.生活垃圾收集和处置	集中收集外运处置	垃圾中转站	自建及外运	周边环境	业主	环保局	检查
3.最小生态流量下泄	采用机组或生态流量泄放孔下泄生态流量，流量不小于146m^3/s	厂房机组、坝身生态流量泄放孔	自建	下游生态及环境	业主	环保局	监测、检查
4. 陆生生态保护措施							
4.1 陆生生态修复措施	分区对施工迹地进行生态修复	施工占地区		陆生生态	业主	林业局、环保局	检查、验收
5. 水生生态保护措施							
5.1 生境保护	下泄生态流量及生境修复	干流		鱼类	业主	渔业部门、环保局	检查、监测
5.2 鱼类增殖放流	鱼苗增殖放流	卡拉库尾及坝下河段	自建				
5.3 过鱼设施	修建过鱼设施	过鱼设施	自建				
5.4 配套科研工作	电站开发对水生生物的生态效应研究、库区鱼类种群变动规律的研究、鱼类标志放流及效果评价技术研究、青石爬鮡等保护鱼类的驯养繁育技术研究						检查、验收
5.5 其它鱼类保护措施	加强渔政管理	库区江段					检查

卡拉水电站环境保护措施及其监督管理一览表

续表 7.12-1

内容	措施	实施部位	处置方式	保护对象	实施单位	监督机构	监督方式
6 移民环境保护措施							
6.1 生活污水处理	沼气池运行	安置区		移民	移民办	县人民政府、环保局	检查
6.2 生活垃圾处理	沼气池运行、堆放场垃圾清运情况	安置区					
6.3 人群健康保护	饮用水水源监测	安置区				卫生防疫部门	
第四阶段、工程运行后							
1 厂区及生活区生活污水处理	隔油、生化，利用已有设施		绿化、洒水	雅砻江水质	业主	环保局	监测、检查
2 运行期生活垃圾收集和处置	集中收集外运处置	垃圾中转站	自建及外运		业主	环保局	检查
3 水生生态保护措施							
3.1 生境保护	下泄生态流量及生境修复	干流		鱼类	业主	渔业部门、环保局	检查、监测
3.2 鱼类增殖放流	鱼苗增殖放流	卡拉库尾及坝下江段	自建				
3.3 过鱼设施	过鱼设施的运行	过鱼设施	自建				
3.4 配套科研工作	电站开发对水生生物的生态效应研究、库区鱼类种群变动规律的研究、鱼类标志放流及效果评价技术研究、青石爬鮡等保护鱼类的驯养繁育技术研究						检查、验收
3.5 其它鱼类保护措施	加强渔政管理	库区江段					检查

卡拉水电站环保措施实施进度计划统计表

表 7.12-2

项目	施工期								运行期		
	筹建期、准备期	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	第七年	第一年	第二年	第三年
一、枢纽建筑物部分											
1. 水环境保护工程											
2. 陆生动植物保护工程											
3.水土保持工程											
4.水生生物保护工程											
5.大气环境保护措施											
6.声环境保护工程											
7.生活垃圾处理工程											
8.人群健康保护工程											
9.环境监测工程											
二、建设征地和移民安置部分											
1.水土保持工程											
2.水环境保护工程											
3.陆生动植物保护工程											
4.人群健康保护工程											
5.环境监测工程											

8 环境管理与监测计划

8.1 环境管理计划

8.1.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。卡拉水电站环境管理目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程施工和运行产生的不利环境影响得到减免，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

8.1.2 环境管理原则

(1) 预防为主、防治结合的原则

卡拉水电站在施工和运行过程中，环境管理要预先采取防范措施，防止环境污染和生态破坏的现象发生，并把预防作为环境管理的重要原则。

(2) 分级管理原则

工程建设和运行应接受各级环境保护行政主管部门的监督，而在内部则实行分级管理制，层层负责，责任明确。

(3) 相对独立性原则

环境管理是工程管理的一部分，需要满足整个工程管理的要求。但同时环境管理又具有一定的独立性，必须依据我国的环境保护法律法规体系，从环境保护的角度对工程进行监督管理，协调工程建设与环境保护的关系。

(4) 针对性原则

工程建设的不同时期和不同区域可能会出现不同的环境问题，应通过建立合理的环境管理结构和管理制度，针对性地解决出现的问题。

8.1.3 环境管理目标

(1) 保证各项环境保护措施按照环境影响报告书及其批复、环境保护设计的要求实施，使各项环境保护设施正常、有效运行。

(2) 预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放、合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气和声环境质量达到环境功能区划要求的标准。

(3) 水土流失和生态破坏得到有效控制，并通过采取措施恢复原有的水土保持功能和生态环境质量。

(4) 做好施工区卫生防疫工作，完善疫情管理体系，控制施工人群传染病发病率，

避免传染病爆发和蔓延。

(5) 理清工程建设与环境保护的关系，保障工程建设的顺利进行，促进工区环境美化，争创环保优秀工程。

8.1.4 环境管理体系

卡拉水电站环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是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。

内部管理是指建设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，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。内部管理分施工期和运行期两个阶段。

施工期内部管理由建设单位负责，对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家建设项目环境保护要求与地方环保部门要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。

运行期由工程运行管理单位负责，对环境保护措施进行优化、组织和实施。

工程环境管理体系如下：

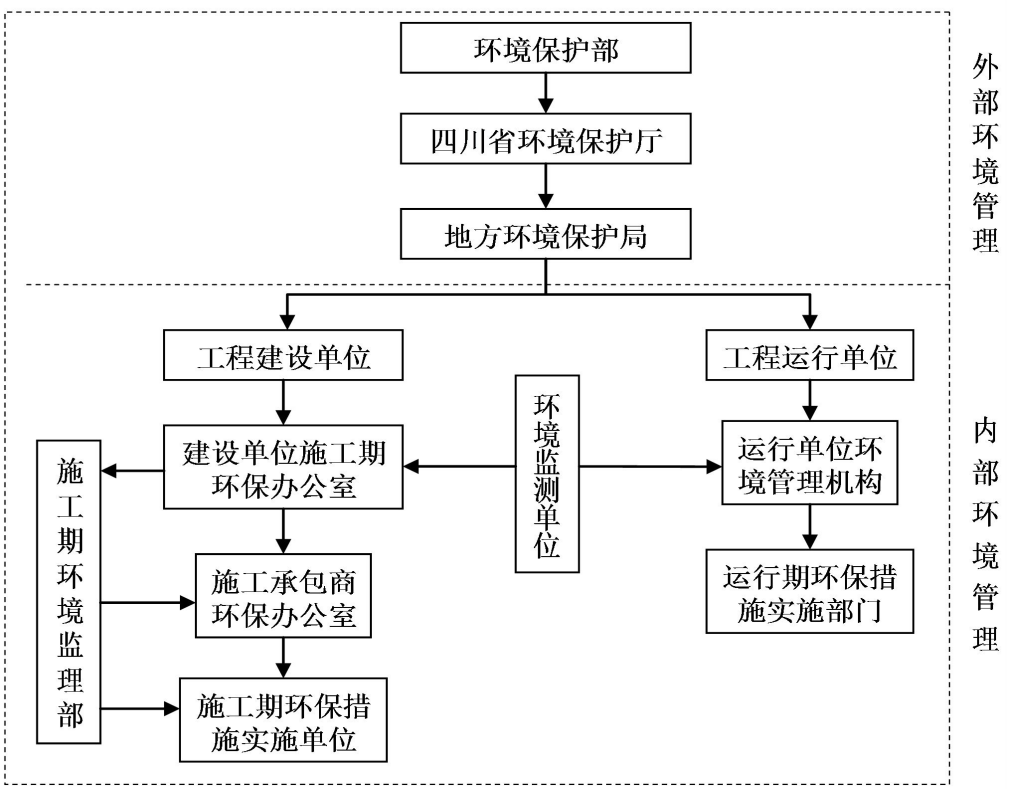


图 8.1-1 卡拉水电站环境管理体系框架图

8.1.5 环境管理机构设置及其职责

考虑施工期和运行期管理性质、范围要求的不同，环境管理机构按施工期和运行期分别设置。

8.1.5.1 施工期

(1) 建设单位

本工程由雅砻江流域水电开发有限公司（原二滩水电开发有限责任公司）负责建设管理，在公司内设置环保管理办公室，配专职人员 2～3 人及数名兼职人员，对施工期的环境保护工作进行统一领导和组织，其主要职责如下：

① 通过开展调查研究，确定适合本工程的环境保护方针和经济技术政策，确立环境保护目标，并结合工程施工方案予以分解；

② 制定、贯彻工程环境保护的有关规定、办法、细则，并处理执行过程中的有关事宜；

③ 组织编制工程环境保护总体规划和年度计划，组织规划和计划的全面实施，做好环境保护年度预决算，配合财务部门对环境保护资金进行计划管理；

④ 委托进行环保专项设计，检查设计进度，组织设计成果的验收和审查，并保证

各项环境保护措施的有效实施；

⑤ 依照法律、规定和方法，对整个工程各项环境保护措施的实施情况进行监督和管理，实施环境质量一票否决制；

⑥ 协调各有关部门之间的关系，听取和处理各环境管理机构提交的有关事宜和汇报，不定期向上级环境保护行政主管部门汇报工作；

⑦ 督促承包商环境管理机构的工作，内部处理环境违法、违规行为，表彰先进事迹；

⑧ 检查督促接受委托的环境监测部门监测工作的正常实施，加强环境信息统计，建立环境资料数据库；

⑨ 组织编写工程环境保护月报、季及年度报告，并向有关主管部门汇报。定期编写环境保护简报，及时公布环境保护动态和环境监测结果；

⑩ 组织鉴定和推广环境保护先进技术和经验，开展技术交流和研讨；

⑪ 做好环境保护宣传工作，组织必要的普及教育，提高有关人员的环境保护意识；

⑫ 完善内部规章制度，搞好环境管理的日常工作，作好档案、资料收集、整理等工作；

⑬ 组织开展工程竣工验收环境保护调查，提交环境保护验收申请。

(2) 监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立卡拉水电站环境监理部，参与工程环境管理。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“8.2 环境监理”。

(3) 施工承包商

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职或兼职人员 1～2 人，负责企业和所从事的建设生产活动中的环境保护管理工作，包括以下内容：

① 制定环境保护年度工作计划和编写环境保护工作月、季及年度工作报告；

② 检查所承担的环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题；

③ 核算年度环境保护经费的使用情况；

④ 接受环保管理办公室和环境监理单位的监督，报告承包合同中环保条款的执行情况。

8.1.5.2 运行期

工程建成运行后，运行管理单位应该设立“环境保护管理办公室”，设专职人员 1 人，具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作，其主要职责包括：

(1) 贯彻执行国家及地方环境保护法律、法规和方针政策，以及各级环保行政主管部门的要求；

(2) 落实电站运行期环境保护措施，制定电站运行期的环境管理办法和制度；

(3) 落实运行期的环境监测，并对结果进行统计分析和数据管理；

(4) 监控运行环保措施，处理电站运行期出现的各类环保问题。

(5) 建设单位根据电站实际运行情况和需要，针对电站运行中出现的问题，及时委托具有相关资质的环境影响评价机构开展环境影响后评价工作。

8.1.6 环境管理制度

(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

在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施。工程建设环保办公室负责定期检查，并将检查结果上报。环境监理单位受业主委托，在受权范围内实施环境管理，监督施工承包单位的各项环境保护工作。

(3) “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。

(4) 书面制度

日常环境管理中所有要求、通报、整改通知及评议等，均采取书面文件或函件形式来往。

(5) 报告制度

施工承包商定期向工程建设环保管理办公室和环境监理部提交环境月、半年及年报，涉及环境保护各项内容的实施执行情况及所发生问题的改正方案和处理结果，阶段性总结。环境监理部定期向工程建设环保管理办公室报告施工区环境保护状况和监理工

作进展，提交监理月、半年及年报。环境监测单位定期向工程建设环保管理办公室提交环境监测报告，环保管理办公室应委托有关技术单位对工程施工期进行环境评估，提出评估季报和年报。

8.1.7 主要管理任务

根据《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》和《四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案报告书》，本工程建设主要管理任务及其实施要求、实施时间、责任单位、业主责任等详见表 8.1-1。

施工阶段环境管理任务一览表

表 8.1-1

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
水环境	上铺子沟砂石加工系统废水处理	与杨房沟水电站合建，处理后回用	三同时	承包商	负责有关事务安排，拟定协议，支付费用，监督设施运行
	前期及厂房、大坝混凝土拌和系统废水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
	机修及洗车废水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
	生活污水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
陆生生态	陆生生态修复	按 6 类分区，进行陆生生态修复。	整个施工期	业主	根据工程进展及时实施生态修复
	珍稀植物保护	聘用专业技术人员，对施工区范围内进行珍稀植物调查，对新发现的珍稀植物进行就地保护和移植保护	施工及水库蓄水前	承包商	监督实施和管理
	野生动物保护	加强生态保护宣传教育，建立生态破坏惩罚制度，限制施工人员在施工区以外区域活动。	施工期	承包商	督促管理，制定制度
水生生态	下泄生态流量	最小生态流量为 146m^3/s，初期蓄水通过设置生态泄放孔下泄，运行期通过半台机组基荷发电下泄。	初期蓄水运行期	业主	委托专业机构进行设计，实施时拨付经费
	集过鱼设施	建设购置集过鱼设施，建设集过鱼码头	施工期	业主	委托专业机构进行设计，实施时拨付经费

施工阶段环境管理任务一览表

续表 8.1-1

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
水生生态	鱼类增殖放流	与杨房沟合建鱼类增殖站，进行鱼苗放流。	工程截流前及以后	业主	委托专业机构进行设计，实施时拨付经费
	其它鱼类保护措施	全面禁渔；控制网箱养鱼；支流生境保护；加强渔政管理。	施工期及以后	业主	委托专业机构进行设计，实施时拨付经费
环境空气	砂石料与混凝土系统粉尘削减与控制	湿法或半干法工艺、除尘设备、洒水	三同时	承包商	拟定管理要求和质量标准，监督进行情况
	交通粉尘削减与控制	施工场地出口处设置洗车槽，道路清扫、洒水	施工期	承包商	拟定管理要求和质量标准，监督进行情况
	施工现场扬尘控制	道路清洁、洒水，易起尘堆料覆盖	施工期	承包商	拟定管理要求和质量标准，监督进行情况
声环境	交通噪声控制	在交通沿线敏感区设立限速标志和禁鸣标志；在下田镇村 2 户超标房屋安装通风隔声窗。	进场时和运行中	承包商	拟定管理要求和质量标准，监督进行情况
	偶发噪声控制	控制爆破规模和爆破时间		承包商	提出控制性要求
	固定噪声源控制	选用低噪声机械设备和工艺；安装吸声、消声、隔声装置降噪；加强施工设备的维护和保养；合理安排生产时间，控制夜间生产；实行封闭施工。	施工机械设备投入运行之前/之时	承包商	拟定管理要求和质量标准，监督进行情况，监测实施效果。
固体废弃物	生活垃圾处置	外运	人员进入营地后立即实施	承包商或业主	监督检查
	施工区废弃物处置	分拣，金属、木材、纸张、塑料等回收，土石类送弃渣场	整个建设期	承包商	监督检查
人群健康	病原生物管理	消灭传播媒介，清除积污水	人员进入营地时及以后	承包商	定期检查
	饮用水管理	水源保护、消毒	施工期	业主	制定保护办法，实施水质净化，监测饮用水和水源水质
	环境卫生	设立临时厕所；生活区修建化粪池，定期清理。	人员进入营地时及以后	承包商	负责有关事务安排，支付费用，监督检查。

施工阶段环境管理任务一览表

续表 8.1-1

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
人群健康	人员健康	定期体检	同上	医疗机构	审查体检进度，监督后续医疗
	饮食卫生	营地食堂卫生定期检查	同上	卫生部门	定期向卫生部门工作人员咨询
	工伤预防与救护	爆破、高空作业	生产活动中	承包商	检查，在施工区设置一处医疗机构
移民安置	生活污水处理	化粪池、地埋式污水处理装置	三同时	移民办	监督、检查
	生活垃圾处置	垃圾桶、垃圾收集房	三同时	移民办	监督、检查
	生态保护	宣教，水保措施	安置区建设及之后	移民办	监督、检查
	人群健康保护	水源保护和消毒、杀灭传播媒介、粪便和垃圾无害化处置	安置区建设及之后	移民办	监督、检查

8.1.8 环境保护工程验收计划

根据根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》中的有关要求，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。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。结合表 7.12-1 中分阶段环境保护工程实施要求，卡拉水电站环境保护工程验收计划如下：

(1) 施工期阶段(蓄水前)环境保护工程验收

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等。

(2) 工程竣工环境保护工程验收

主要是工程竣工后的环境保护工程验收，按照《建设项目竣工环境保护验收管理办

法》有关规定实施，验收内容包括卡拉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等。

8.1.9 环境保护宣传和培训计划

对环境保护管理和专业技术人员应定期邀请环保专家进行讲学、培训，同时组织考察学习，以提高其业务水平。

为了提高广大施工人员的生态环境保护意识，利用各种机会和场合，通过报刊、广播、展览、报告会等多种舆论媒介形式，进行环境保护宣传活动。

8.2 环境监理

8.2.1 环境监理目的

在工程施工期间，应根据环境保护设计要求，开展施工期环境监理。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。

8.2.2 环境监理的作用

卡拉水电站施工期环境监理的作用主要有：

(1) 预防功能：预测工程实施过程中可能出现的环境问题，预先采取措施进行防范，以达到减少环境污染、保护生态环境的目的。

(2) 制约功能：工程建设涉及的环境保护工作受到各种因素的影响，对此需要对各单位、各环节的工作进行及时检查、牵制和调节。以保证整个过程的平衡协调。

(3) 参与功能：环境监理单位作为经济独立的、公正的第三方，参与工程建设全过程的环保工作。对与工程有关的重大环境问题参与决策。

(4) 反馈功能：监理单位在对监理对象的监督、检查过程中可以及时发现被监理单位和被监理事项中存在的问题，收集大量的信息，并随时对信息进行反馈，为有关单位提供改进工作的科学依据。

(5) 促进功能：环境监理的约束机制不仅有限制功能，而且有促进功能，可以促进环保工作向规范化方向发展，更好地完成防治环境污染和生态破坏的任务。

8.2.3 环境监理与工程管理的关系

(1) 环境监理与工程监理的关系

环境监理是工程监理的一个组成部分，但又具有相对的独立性。环境监理工作实行环境监理总工程师负责制，环境监理工程师对承包商违反环保条款的行为提出书面处理意见，经环境监理总工程师签发后下发承包商执行。具体由各标中的环保人员负责监督执行，并将结果反馈给环境监理总工程师。但对施工过程中出现的重大环境问题，特别是与工程进度有直接关系的环境事件，须与工程监理相协调。

(2) 环境监理与业主、承包商的关系

环境监理是业主和承包商之外的经济独立第三方。它严格按照合同条款独立、公正地开展工作，即在维护业主利益的同时，也必须维护承包商的合法权益。业主与环境监理的关系是经济法律关系中的委托协作关系，业主与承包商间的关系只是一种经济合同关系。业主与承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师，以保证命令依据的唯一性。环境监理与承包商的关系是一种工作关系，即工程施工环保工作中的监理与被监理关系。环境监理的存在构成业主、监理、承包商三方相互制约的环境管理格局。

(3) 环境监理与环境监测的关系

环境监理与环境监测是一种互为补充的关系，在环境管理中两者缺一不可。环境监测是工程区环境要素状况的动态反映，是环境管理与环境监理工作的重要依据。监测数据服务于监理，监理工程师可以根据施工进度提出监测方案调整意见，并通过业主反馈给环境监测单位。

8.2.4 环境监理工作依据

(1) 环境监理合同；

(2) 发包人与施工承包人签订的正式合同或协议；

(3) 工程的施工图纸与文件；

(4) 水电水利工程施工监理规范；

(5) 国家的法律、行政法规、水电工程建设监理及水电建设的部门规章和技术标准及工程所在地的地方法规；

(6) 国家或国家授权部门与机构批准的工程项目建设文件；

(7) 发包人指定使用的与本工程的有关制度、办法和规定；

(8) 环境保护部批复的《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》，水利部批复的《四川省雅砻江卡拉水电站水土保持方案报告书》。

8.2.5 环境监理的目标

(1) 进度目标：环保措施制定与执行进度保持与工程进度同步。

(2) 质量目标：环保工程措施质量满足设计要求，

(3) 投资目标：工程措施的费用控制在施工合同规定的相应额度内，环保措费的使用按业主的有关规定执行。

(4) 环境保护目标：污染治理、生态保护、环境质量达到经国家环保总局批复的《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》的相关要求。

8.2.6 环境监理的范围

环境监理范围包括卡拉水电站施工区等所有可能造出环境污染和生态破坏的区域。

8.2.7 环境监理的职能和工作内容

(1) 职能

① 监督、检查、评估职能。监督、检查承包商的环境保护工作的执行与措施落实情况，评估、评价环境保护工作。

② 发现、指导职能。发现承包商环境保护工作的不足，指导承包商进行有效改正。

③ 帮助、协助职能。对承包商环境保护工作提供必要的帮助，协助业主做好环境管理工作。

④ 沟通与反馈职能。在业主和承包商之间进行信息沟通，及时反馈工作信息。

⑤ 协调职能。协调业主与承包商之间的关系，协调环境与工程之间的关系。

(2) 工作内容

① 根据国家有关环保法律法规，依据合同开展环境保护监理工作。

② 协助业主进行有关环保专项的招标工作，向业主提供咨询服务意见。

③ 监督检查施工过程中环保设施的安装、运行情况，对不合格的设施，按业主授权进行直接处理或拿出相应意见提交业主处理。

④ 在授权范围内，以合同中环保条款作为依据，独立、公正、公平地开展工作，监督、检查、评估承包商环境保护职责的落实与环境保护措施的实施。

⑤ 为承包商环保工作提供必要的帮助。按照环境影响报告书的要求，协助业主做好环境管理工作。

⑥ 业主和承包商之间进行信息沟通与反馈，就有关环境问题协调业主和承包商之间的关系。

⑦ 处理施工过程中的有关环保违约事件。按合同程序，公正地处理环保方面的索

赔。

⑧ 按合同要求，以巡视、旁站等方式及时检查施工现场的环保工作情况，作好巡视记录，按时提交月报、季报和年报等相关资料。

⑨ 作好环保资料整理工作和建立环保资料档案。

⑩ 参与环境管理的总结工作，协助业主作好环境保护设施竣工验收工作和工程竣工验收。

8.2.8 环境监理工作方法程序

(1) 工作方法

主要有：① 进行日常的监理巡视检查；② 出现异常现象时委托环境监测单位进行必要的监测；③ 下发指令性文件，如整改通知等；④ 组织召开环境例会；⑤ 提交工程环境月报及其他报告；⑥ 审查承包商环境月报和考评承包商的环境保护工作等。

(2) 环境监理工作程序

工程环境监理是工程监理的重要组成部分，与工程监理地位相同，其工作程序如下：

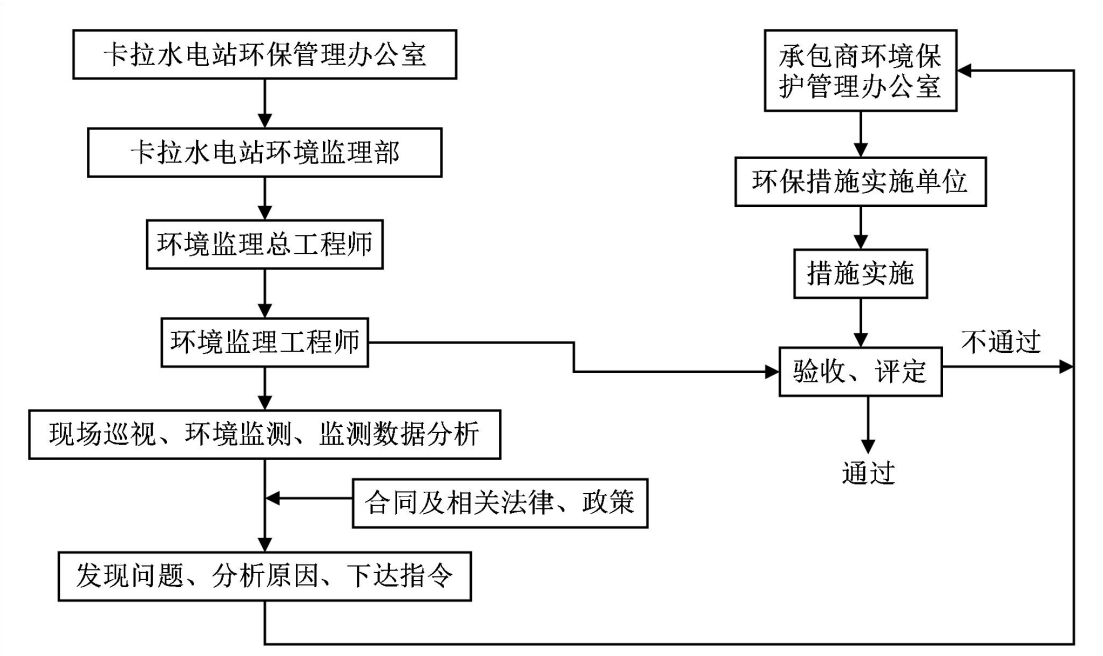


图 8.2-1 卡拉水电站环境监理工作程序图

8.2.9 环境监理工作制度

(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。每次会议都要形成会议纪要。

8.3 环境监测

8.3.1 水环境监测

(1) 监测目的

了解工程施工期水污染源强和污废水处理设施的效果，以及工程施工和建成运行对水环境的实际影响。

(2) 监测位置、项目及时间

① 施工期

工程施工期水环境监测包括雅砻江干流地表水水质监测、施工污废水水质监测和生活饮用水水源水质监测，其监测断面/点的布设、监测项目、监测周期、时段和频率如表8.3-1。

枢纽工程区施工期水环境监测位置、项目及时间一览表

表 8.3-1

监测类型	编号	监测断面/点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
雅砻江干流地表水水质监测	SS1	施工区背景断面，大坝施工区边界上游约500m 处	水温、pH、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、氟化物、镉、六价铬、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、汞、砷、铁、锰、悬浮物等 28 项	施工期 83 个月，每年丰、平、枯水期各一次，每次监测 2 天。
	SS2	施工区控制断面，下游永久交通桥处		
	SS3	施工区下游控制断面，蔡家坪施工区所在河段以下 5km 处		
污废水水质监测	SS4	上铺子沟砂石料加工系统废水处理末端	SS、废水流量	施工期 83 个月，每年监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测 1 次。监测进水、出水水质，并记录处理水量。
	SS5	前期及厂房混凝土系统废水处理末端	pH、SS、废水流量	
	SS6	机械修配厂含油废水处理末端	pH、SS、石油类、废水流量	
	SS7	汽车保养站含油废水处理末端		
	SS8	业主营地生活污水处理末端	pH、SS、动植物油、COD_{Cr}、BOD_5、TP、氨氮、粪大肠菌群	
	SS9	2#承包商营地生活污水处理末端		
饮用水水源监测	SS10	甲尔沟	《生活饮用水水源水质标准》中基本项目	施工期 83 个月，每年 1 次
	SS11	央沟		
地下水监测	SS12	上坝 PD43 平洞	地下水水位观测	水位观测施工期 83 个月，每季度观测 1 次。直至观测孔废止。
	SS13	上坝 PD18 平洞		
	SS14	上坝 ZK78 钻孔		
	SS15	上坝 PD08 平洞		
	SS16	上坝 PD09 平洞		
	SS17	上坝 PD25 平洞		
	SS18	上坝 PD23 平洞		

② 运行期

运行期水环境监测断面的布设、监测项目、监测周期、时段和频率如表 8.3-2。

运行期水环境监测位置、项目及时间一览表

表 8.3-2

编号	监测点位	监测项目	监测周期	监测时段及频率
YS1	杨房沟坝下 1km	按《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)表 1 中基本项目全项监测	运行初期监测 3 年	每年监测 3 期（丰、平、枯水期），每期连续监测 2 天
YS2	卡拉坝址			
YS3	卡拉坝下 5km			
YS4	喇嘛寺沟入库前			
YS5	业主营地生活污水处理末端	COD_{cr}、BOD_5、粪大肠菌群、总磷、总氮、阴离子表面活性剂、污水流量	竣工后监测 1 次，3 天	

(3) 采样及分析方法

各监测断面/点的采样点布设、采样及分析方法，均按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)的有关规定执行。

(4) 监测单位

枢纽工程区和移民安置区的水环境、环境空气、声环境监测，均建议采用合同管理方式，委托当地具有相应监测资质的单位承担。

8.3.2 环境空气监测

(1) 监测点位

在施工区布置 2 个监测点，分别是岗尖村和下田镇村。

(2) 监测内容

TSP。

(3) 监测频率

施工高峰期每年监测 1 期，每期连续监测 7 天，保证有效期 5 天，每天昼间 12h 连续监测。

(4) 监测时间

监测时间从工程准备期至工程完建期 6 年 11 月，共监测 21 期。

(5) 监测方法

按照《环境空气质量监测规范》（试行）和《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》（GB/T 15432-1995）的有关规定进行监测。

8.3.3 声环境监测

(1) 监测点位

在施工区周围布置 2 个监测点，分别是岗尖村和下田镇村。

(2) 监测内容

监测内容是等效声级： LAeq。

(3) 监测频率

施工高峰期每年监测 1 期，每期监测 1 天，每天昼间、夜间共监测 2 次。

(4) 监测时间

监测时间从工程准备期至工程完建期 6 年 11 月，共监测 7 期。

(5) 监测方法

监测方法按照《环境监测技术规范（噪声部分）》的要求进行。

8.3.4 陆生生态调查

(1) 调查目的

了解工程施工和建成运行对陆生生态的影响，掌握陆生生态修复及其它保护措施的实际效果，为陆生生态环境保护和流域环境管理提供依据。

(2) 技术要求

① 陆生生态调查

选择坝址附近的九一三沟沟口、纤维沟沟口、甲尔沟沟口、蔡家坪、库中九一七沟沟口及库尾下铺子沟，设置 6 个调查点，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，统计兽类、鸟类、两栖类、爬行类的物种出现率。

电站施工前、施工开始后的第 4 年各调查 1 次，竣工环境保护验收阶段调查 1 次。水库蓄水运行后的第 3 年、第 5 年和第 10 年各调查 1 次，调查时间为 5~8 月。

② 生态修复措施效果调查

A. 生态功能

工程竣工验收阶段对地表植被恢复率和物种丰富度进行调查，并对群落结构(常绿

阔叶林区形成乔、灌、草层，稀树灌丛区形成灌、草层)完整性进行调查。

B. 植被群落特征

根据各生态修复区的特点进行针对性的植被群落特征调查。渣场区域、水库淹没影响区、库周生态脆弱区在竣工环境保护验收阶段进行群落学调查，每种类型修复区选择1处样地，样地面积20m×20m，用铁丝将样地围护起来，防止人为或其它干扰，对样地中乔木和灌木进行挂牌，并进行样地调查，记录乔木和灌木个体数量、盖度、胸径、高度、冠幅等指标，并用GPS进行定位，记录每个样地的海拔高度、经纬度等。业主营地景观区、坝址景观区以及道路景观区调查主要采用样线调查的方式，每个修复区设置1～2条样线，记录乔木、灌木、草本的种类、数量（密度）、高度、盖度、株行距、长势等，用以综合评价恢复效果。

(3) 调查单位委托具有相应技术实力的科研单位承担。

8.3.5 水生生态调查

8.3.5.1 工程河段调查

(1) 调查断面布设

水生生物采样断面6处，分别为杨房沟坝址(卡拉库尾)、卡拉库区、卡拉坝址、卡拉坝下、支流九一三沟、支流九一七沟。

(2) 调查内容

① 水生生物调查

浮游动物、浮游植物、底栖动物、大型水生植物的种群（或种类）、现存量（包括生物量、数量或密度）、优势种、地区分布、生态习性、经济价值等。

② 鱼类调查

鱼类的种类组成、优势种类、分布、生活习性、年产量、饵料来源、产卵场分布位置、生态条件等，鱼类区系历史变化情况；特别是省级保护鱼类、珍稀和特有鱼类的种类、数量变化情况。

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、繁殖时间和频次。

(3) 调查频率及时间

截流前进行1期调查，蓄水前进行1期调查，工程竣工时调查1期，竣工后初拟每

2 年调查 1 期，每期分丰水期和枯水期各 1 次，其中，产卵场调查应在鱼类产卵季节进行。此后调查的时间和频次根据水库截流前调查结果、实际影响以及保护措施的进展情况确定，相应费用计入电站运行成本。

(4) 调查方法

根据《水库渔业资源调查规范》和《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》推荐的方法进行采样和鉴定，并且对鱼类采取现场撒网捕捞、附近居民和市场上的渔获物等进行访问调查。

8.3.5.2 过鱼设施效果观测

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

A. 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。

B. 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。

C. 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。

D. 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。

E. 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

A. 运鱼能力的观测。

B. 鱼类损伤情况观测。

C. 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

A. 不同放鱼地点对鱼类上溯集后续生存影响的评估。

B. 不同鱼类其最佳放流生境的观测。

4) 时间和频率

与水生常规调查监测时间和频率一致。

8.3.5.3 增殖放流效果调查

(1) 调查点位

为调查卡拉水电站与杨房沟水电站合建的增殖放流站增殖放流活动对恢复水生生态环境的效果，需对电站水库蓄水前后的水生生态环境变化进行监测，监测断面同水生调查断面包括杨房沟坝址(卡拉库尾)、卡拉库中、卡拉坝址、卡拉坝下及支流九一三沟、支流九一七沟等 6 处。

(2) 调查时间

与水生常规调查监测时间和频率一致。

(3) 调查内容

调查内容包括保护和珍稀鱼类的种类组成、鱼群结构、资源量等。包括保护和珍稀鱼类的种类组成、种群结构、种群资源量，水库蓄水前后的对比，反映增殖放流后对电站上下游的鱼类种类和资源量的改善作用。

8.3.6 人群健康监测

人群健康调查仅施工期，每年对施工人员进行抽样检疫 1 次，检疫人数取施工区总人数的 10%；每半年对食堂工作人员进行定期检查，重点检疫疾病为痢疾、肝炎和疟疾；每年定期检查和消灭疾病媒介生物，如蚊、苍蝇、蟑螂、鼠等。

8.3.7 移民安置环境监测

8.3.7.1 移民安置点环境监测

(1) 生活污水水质监测计划

① 监测目的

掌握麦地龙乡集镇污水处理站出水水质，保证饮用水水质、集中居民点污水处理设施出水水质满足相应卫生、环保要求。

② 监测点布设

在麦地龙乡集镇污水处理站出水口各布设 1 个监测点。

③ 监测频率及时间

在麦地龙乡集镇污水处理站正式投产前监测 1 次。

④ 监测方法

按《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)要求执行。监测项目为 pH、SS、COD、BOD_5、TP、TN、粪大肠菌群共 7 项。

⑤ 监测单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的环境监测单位承担。

(2) 人群健康调查计划

① 调查目的

掌握迁移人口人群的主要传染病发病情况，制定并采取及时的传染病防治计划，减免迁移人口搬迁可能带来的人群健康影响，降低集中居民点传染病发病率，提高迁移人口人群健康质量。

② 调查内容、时间

迁移人口人群健康调查分为普查和定点跟踪调查。在迁移人口搬迁安置前，对所有的迁移人口进行 1 次普查；迁移人口安置后，对本工程集中居民点迁移人口进行定点跟踪调查，人数为该集中居民点迁移人口总人数的 30%，连续调查 2 年，每年在 5 月份左右进行 1 次。

重点检疫疾病为水痘、腮腺炎、鼠疫、细菌性痢疾等。

同期调查疾病媒介生物，如苍蝇、鼠、蟑螂、螨、跳蚤和虱子等。

③ 调查单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的卫生防疫部门承担。

8.3.7.2 专项复建工程环境监测

(1) 饮用水源水质监测

① 监测目的

了解麦地龙乡集镇饮用水水源地水质情况，确保水源点水质满足集中供水水源地水质要求。

② 监测点布设

在麦地龙乡集镇饮用水源地下铺子沟各布设 1 个监测点。

③ 监测频率及时间

为确保麦地龙乡集镇饮用水水源地水质安全，应在净水站投产前进行 1 次水质监测。

④ 监测方法

按《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020-1993)要求执行。净水站出水口水质监测纳入净水系统的日常管理工作，应定期进行，确保出水水质满足《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）要求。

⑤ 监测单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的环境监测单位承担。

(2) 大气、噪声监测

① 监测目的

了解卡拉水电站库区复建道路和麦地龙集镇外部连接道路建设过程中可能存在的噪声和大气影响，核实竣工验收阶段环境敏感点的声环境和环境空气是否满足相应功能区标准要求。

② 监测布点

施工期，在卡拉水电站库区复建道路附近的热水沟口居民点设置 1 处噪声监测和大气监测点；在麦地龙集镇外部连接道路附近的现状麦地龙集镇设置 1 处噪声监测和大气监测。竣工验收阶段，点位设置同施工期。

③ 监测频率及时间

施工期和竣工验收阶段各监测 1 期。

④ 监测单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的环境监测单位承担。

8.3.8 水土保持监测

8.3.8.1 监测目的

水土保持监测的目的为及时了解工程建设对水土流失产生的实际影响，监控各部位水土保持设施的运行状况，分析验证水土保持方案实施后各项水保措施的效果，并为水土保持设施竣工验收提供监测数据。

8.3.8.2 监测时段

水土保持监测时段应从工程动工开始(电站筹建期)，至设计水平年结束。即从第-2 年 1 月至第 8 年年 11 月，共 119 个月。水土保持监测分为施工期（含筹建期）和运行初期。工程土建工程施工期为水土保持监测重点时段。

8.3.8.3 监测点位

结合各个区域的水土流失特点，按照“全面监测、典型监测、重点监测、便于监测”的原则，进行监测点位布设，总体布设相对固定的监测点位 15 个。

卡拉水电站水土保持监测点布设一览表

表 8.3-3

序号	防治区	监测区域	监测点
1	库岸影响(水库淹没)区	水库消落带、岸坡和不良地质区域	整个淹没区及其影响范围作为 1 个监测点
2	枢纽工程区	田三滑坡体治理区、上田镇滑坡体治理区	地质灾害监测点 2 个
3	弃渣场及表土堆存场区	甲尔沟弃渣场	地质灾害与弃渣共用监测点 1 个
		上田镇沟弃渣场	弃渣监测点 1 个
		上田镇沟弃渣场后表土堆存场	表土监测点 1 个
4	交通设施区	左岸永久道路路堤边坡	永久路堤边坡监测点 1 个
		左岸永久道路路堑边坡	永久路堑边坡监测点 1 个
		左岸临时道路路堤边坡	临时路堤边坡监测点 1 个
		左岸临时道路路堑边坡	临时路堑边坡监测点 1 个
5	料场（含中转料场）区	猪白沟沟口中转料场	地质灾害与共中转料共用监测点 1 个
		金波石料厂	利用杨房沟工程监测点
6	施工生产生活区	钢管加工及金属结构拼装厂	监测点 1 个
		1#承包商营地	营地监测点 1 个
		施工管理区	设一组 6 个标准径流小区监测点，作为对比点
7	移民安置区	安置点	安置点监测点 1 个。

8.3.8.4 监测内容

工程水土保持监测内容包括水土保持生态环境变化监测、水土流失动态监测、水土保持措施防治效果监测以及主体工程建设进度、水土保持工程设计、水土保持管理等方面的情况监测。

(1) 工程区水土保持生态环境变化监测

监测内容包括项目区降水情况，地形、地貌和沟道、水系的变化情况，工程占地面积，扰动原地貌和损坏水土保持设施数量，土石方挖填数量，临时堆土、弃渣数量及处

理方式，工程区林草植被覆盖度、地表径流变化情况等；同时通过监测，及时了解和掌握水土保持方案实施和工程区水土流失动态变化情况。

(2) 工程区水土流失动态监测

监测内容包括造成水土流失的面积，各区水土流失的程度，造成水土流失的数量以及各区所造成的水土流失危害情况和发展趋势。

(3) 水土保持措施防治效果监测

监测内容包括各类防治措施实施的数量及质量，林草措施的成活率、保存率、生长情况及覆盖率，工程措施的稳定性、完好程度和运行情况以及各类措施的拦渣保土效果，并验证各项水土流失防治目标（包括扰动土地整治率、水土流失总治理度、土壤流失控制比、拦渣率、林草植被恢复率和林草覆盖率）。

8.3.8.5 监测方法

卡拉水电站水土保持监测采取地面监测、调查监测和场地巡查监测相结合的方法，以定点地面观测为主，调查监测和场地巡查为辅。

(1) 地面监测

地面监测方法主要根据监测部位实际情况选择小区观测法、简易水土流失观测场法和简易坡面量测法。

(2) 调查监测

调查监测法分为普查调查、典型调查与抽样调查。

(3) 场地巡查监测

采用定期或不定期方式对工程区水土流失和水土保持情况进行检查。

8.3.8.6 监测频次

根据水利部水保[2009]187 号文，弃渣堆存、表层土堆场表土使用量、正在实施的水土保持措施建设情况等至少每 10d 监测记录 1 次；扰动原地貌、水土保持工程措施拦挡效果等至少每 1 个月监测记录 1 次；主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等至少每 3 个月监测记录 1 次；水土流失灾害事件发生后 1 周内完成监测。监测过程中发现异常情况及时反馈给相关部门，以便及时采取措施。

结合《水电建设项目水土保持方案技术规范》等规程规范要求，施工期监测频次根据工程特点和监测内容等拟定，水土流失量的定点监测次数施工前监测一次，施工期每年雨季每月一次，并结合暴雨进行加测，其他时段每季一次。

8.4 环境保护工程验收

根据根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》中的有关要求，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。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。结合表 7.12-1 中分阶段环境保护工程实施要求，卡拉水电站环境保护工程验收计划如下：

(1) 蓄水阶段环境保护验收

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。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。

(2) 工程竣工环境保护工程验收

主要是工程竣工后的环境保护工程验收，按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》有关规定实施，验收内容包括卡拉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。

“三同时”竣工环境保护一览表

表 8.4-1

阶段	环境要素		环保措施	验收内容及重点	验收要求
初期蓄水阶段	地表水	生产废水	砂石料废水处理	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，处理回用于本系统，不排放
			混凝土废水处理		
			汽车冲洗废水处理		
			基坑排水处理		处理后补充河道
		生活污水	业主营地和承包商营地生活污水处理，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	满足设计要求，能够正常投运，处理后用于绿化
	地下水	地下水监测	施工前开展地下水监测	监测报告	满足本报告提出监测内容要求
	生态环境	土壤	对施工场地的表土进行剥离	表土堆存场的使用情况	满足表土剥离要求
		陆生动植物	施工期环境管理	管理措施实施情况	对陆生动植物不产生明显影响
		水生生态	设置鱼类增殖站	鱼类增殖站建成	开展增殖放流工作。
		水生生态	设置生态流量泄放孔和生态流量泄放底孔	检查生态流量泄放孔和生态流量泄放底孔的设置情况	满足设计要求，并能够在蓄水过程中发挥作用，确保蓄水期间下游有足够的生态流量
	库底清理		按照《水电工程水库淹没处理规划设计规范》进行库底清理	清理设计以及实施情况	满足规范要求

“三同时”竣工环境保护一览表

续表 8.4-1

阶段	环境要素		环保措施	验收内容及重点	验收要求
初期蓄水阶段	噪声	施工噪声	管理和控制措施	管理措施实施情况	满足区域环境功能要求
	大气	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
	固体废物		集中收集后外运处理	垃圾集中收集装置建设及清运情况	集中外运处理
竣工验收阶段	地表水	业主营地生活污水	经一体化地埋式污水处理设备处理后用于绿化	污水处理设施、影响调查及运行情况	处理后用于绿化
	固体废物		生活垃圾进行统一收集，外运处置	垃圾集中收集装置建设及清运情况	集中外运处理
	生态环境	施工迹地植被恢复	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	满足水保方案和本报告植被恢复要求
		生境修复	人工鱼巢等库尾生境保护措施	生境修复措施的实施情况	满足生境修复要求
		过鱼措施	修建过鱼设施	过鱼设施的建设和运行效果	满足鱼类上行和下行的要求
		生态流量	机组基荷发电	机组基荷发电运行情况	满足坝下最小生态流量要求
	移民安置区	生活污水	排水干管经收集后进入一体化地埋式污水处理设备，处理后的污水用于农、林灌	污水处理设施、运行情况以及效果	排放去向落实
		生活垃圾	集中收集后外运处理	垃圾收集设施会以及外运情况	无害化处理

9 环境保护投资概算与环境影响经济损益分析

9.1 环境保护投资概算

9.1.1 编制依据

(1) 国家发展和改革委员会发改办能源[2008]5 号文公布的《水电工程设计概算编制规定(2007 年版)》和《水电工程设计概算费用标准(2007 年版)》；

(2) 水电水利规划设计总院、可再生能源定额站可再生定额[2009]22 号文颁布的《水电工程设计概算编制规定(2007 年版)》第 1 号修改单；

(3) 水电水利规划设计总院、可再生能源定额站可再生定额[2011]7 号文颁布的《水电工程设计概算费用标准(2007 年版)》第 1 号修改单；

(4) 水电水利规划设计总院可再生定额[2008]5 号文颁发的《水电建筑工程概算定额》(2007 年版)；

(5) 国家经贸委 2003 年 38 号公告颁发的《水电设备安装工程概算定额》；

(6) 水电规造价[2004]028 号文《水电工程施工机械台时费定额》；

(7) 水电水利规划设计总院水电规造价[2005]0019 号文《水电建设工程项目水土保持工程专项投资编制细则(试行)》；

(8) 国家发展计划委员会、财政部、环境保护部、国家经济贸易委员会第 31 号令《排污费征收标准管理办法》；

(9) 水电水利规划设计总院《水电工程环境保护专项投资编制细则》（NB/T35033-2014）；

(10) 其余同主体工程概算，对于绿化工程中的苗木价格等采用木里县市场价格。

9.1.2 编制原则

(1) 环境保护作为工程建设的一项重要内容，其概算依据、价格水平年与主体工程一致；

(2) 主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致。

9.1.3 基本资料

(1) 《雅砻江卡拉水电站可行性研究报告》(初稿)；

(2) 物价部门提供的各种建筑材料价格，林业部门提供的林草单价；

(3) 由我院技术人员调查采集的当地材料价格等。

9.1.4 环保总投资概算

根据相关规范要求和卡拉水电站工程的实际情况，本工程环境保护投资估算按措施内容划分，包括水土保持工程费用、水环境保护工程费用、环境空气保护工程费用、声环境保护工程费用、陆生动植物保护工程费用、水生生物保护工程、生活垃圾处理工程费用、人群健康保护费用、环境监测费用和运行费用。按照项目划分，又可分为枢纽建筑物、建设征地和移民安置、独立费用等部分。

本工程环境保护总投资为43614.41万元，约占工程静态总投资的3.66%，见表9.1-1。

工程环境保护总投资概算表

表9.1-1

序号	项　　目	费用(万元)	备注
第一部分：枢纽建筑环境保护投资		**33060.99**	
一	**水土保持**	**14515.61**	
1	工程措施	10092.15	
2	植物措施	3860.59	
3	施工辅助措施	562.87	
二	**水环境保护措施**	**4997.41**	
1	施工期水环境保护措施	4811.24	
1.1	上铺子沟砂石料冲洗废水处理	1896.12	卡拉分摊费用
1.2	前期厂房工程混凝土生产系统废水处理	74.02	
1.3	大坝工程混凝土生产系统废水处理	86.55	
1.4	机械修配厂废水处理系统	80.65	
1.5	汽车保养站废水处理系统	89.73	
1.6	施工机械停放场废水处理系统	66.84	
1.7	业主营地生活污水处理系统	357.67	
1.8	1#承包商营地生活污水处理系统	1316.09	
1.9	2#承包商营地生活污水处理系统	336.85	
1.10	3#承包商营地生活污水处理系统	284.66	
1.11	加油站生活污水处理系统	55.86	

工程环境保护总投资概算表

续表 9.1-1

序号	项　　目	费用(万元)	备注
1.12	施工区粪便污水	166.20	
2	运行期水环境保护措施	**186.17**	运行费纳入电站
2.1	厂区油污水处理系统	138.17	
2.2	厂区生活污水处理系统	48	
2.3	生态流量监测系统	/	结合主体水文监测纳入主体投资
三	**大气环境保护工程**	**578.80**	
1	砂石和混凝土系统除尘	176.00	
2	道路洒水、清扫	402.80	
四	**声环境保护工程**	**102.5**	
1	施工区施工机械减震降噪措施	100.00	
2	限速禁鸣标志	2.50	
五	**生活垃圾处理工程**	**539.47**	
1	垃圾收集设施	34.43	
2	垃圾中转站	227.47	
3	垃圾运输处置费	277.57	
3.1	垃圾收集费	115.18	
3.2	垃圾外运费	134.75	
3.3	垃圾最终处置费	27.64	
六	**生态环境保护措施**	**10084.42**	
1	陆生生态保护措施	167.1	
1.1	陆生生态修复	/	列入水土保持概算
1.2	陆生植物保护	107.1	
1.3	陆生生态保护宣传等	60	

工程环境保护总投资概算表

续表 9.1-1

序号	项　　目	费用(万元)	备注
2	水生生态保护措施	9337.32	
2.1	过鱼设施	7469.18	右岸鱼道式集鱼系统组合方案方案，运行费计入主体工程
2.2	鱼类增殖放流站	1583.14	卡拉分摊费用及施工期运行费
2.3	人工鱼巢	250	
2.4	渔政管理	35	暂列
3	特殊科学研究费	580	
3.1	特有、保护鱼类标志放流及效果评价技术研究	120	
3.2	鱼类种群变动规律的研究	110	
3.3	水电站上下游集放鱼技术的跟踪研究和技术改进	150	
3.4	在鱼类产卵季节开展人造洪峰过程的试验和研究	200	
七	**人群健康保护工程**	**119.4**	
1	卫生清理	14	
2	卫生检疫和健康检查	70.4	
3	卫生防疫站管理费	35	与杨房沟分摊
八	**环境监测和调查工程**	**1785.39**	
1	水土保持监测	653.49	
2	水环境监测	309.5	
3	大气环境监测	21.0	
4	声环境监测	1.4	
5	陆生生态调查	250	
6	水生生态调查	300	
7	社会环境调查	250	

工程环境保护总投资概算表

续表 9.1-1

序号	项　　目	费用(万元)	备注
九	**环境影响后评价费**	**300**	**类比同类工程据实计列，含移民安置区**
十	**排污费**	**38**	
第二部分：建设征地迁移人口安置		**139.12**	
一	**迁移人口安置区环保投资**	**113.82**	迁移人口安置包干费用
1	生活污水处理	60	一体化污水处理设备
2	生活垃圾处置	12	垃圾桶和垃圾池费用，不含运行费
3	生态环境保护措施	3	宣传教育、标牌、动物救护等费用，暂列
4	人群健康保护	0.95	疾病传染源和传播媒介杀灭
5	大气和声环境保护	4.8	
6	环境监测	33.07	含水土保持监测
二	**专项设施复建环保投资**	**25.3**	
1	水环境保护	5	
2	生活垃圾处理	0.6	垃圾桶及垃圾处置费用
3	大气和声环境保护	12	
4	生态环境保护措施	3	
5	环境监测	4.7	
第三部分：独立费用		7687.85	
一	**项目建设管理费**	**3537.84**	
1	建设管理费	893.48	按第一部分的 2.70%，第二部分的 0.6%
2	环境监理费	1316.35	
3	咨询服务费	830.00	按第一、二部分总和的 2.5%

工程环境保护总投资概算表

续表 9.1-1

序号	项　　目	费用(万元)	备注
4	项目技术经济评估审查费	166.00	按第一、二部分总和的 0.5%
5	项目验收	332.00	按第一、二部分总和的 1%
二	**科研勘察设计费**	**4150.01**	
1	施工科研试验费	166.00	按第一、二部分的 0.5%
2	勘察设计费	3984.01	按第一、二部分的 12%
基本预备费		**2044.40**	**按一～三部分总和的 5%**
静态总投资		**42932.36**	
静态总投资（不含水土保持工程措施费）		**32840.21**	

9.1.4.1　枢纽工程环保专项投资

(1)　水土保持工程投资

根据《四川省雅砻江卡拉水电站工程水土保持方案报告书（报批稿）》及其批复，工程水土保持方案静态总投资 25028.73 万元，其中主体工程中具有水土保持功能投资为 6617.15 万元；水土保持专项投资为 18411.58 万元，其中工程措施费为 10092.15 万元，植物措施费为 3860.59 万元，施工辅助工程费为 562.87 万元，水土保持监测费 686.16 万元，独立费用为 2333.07 万元，基本预备费 876.74 万元。

水土保持工程专项投资汇总表

表 9.1-2 单位：万元

编号	工程或费用名称	建安工程费	植物措施费		设备费	独立费	合计
			栽（种）植费	苗木、草种子费			
	第一部分 工程措施	**10092.15**					**10092.15**
一	枢纽工程防治区	178.71					178.71
二	弃渣场及表土堆存场防治区	7448.95					7448.95
三	交通设施防治区	699.79					699.79
四	料场（含中转料场）防治区	993.49					993.49
五	施工生产生活防治区	280.18					280.18
六	移民安置防治区	491.03					491.03
	第二部分 植物措施	**3002.94**	**483.68**	**373.97**			**3860.59**
一	枢纽工程防治区	902.34	4.27	21.77			928.38
二	弃渣场及表土堆存场防治区	1471.88	119.91	176.44			1768.23
三	交通设施防治区	232.53	313.93	95.06			641.52
四	料场（含中转料场）防治区	120.46	1.88	9.57			131.91
五	施工生产生活防治区	184.29	35.86	60.41			280.56
六	移民安置防治区	65.70	7.83	10.72			84.25
七	库岸影响（水库淹没）防治区	25.74					25.74
	第三部分 施工辅助措施	**560.80**	**0.34**	**1.73**			**562.87**
一	临时防护工程	138.01	0.34	1.73			140.08
二	其他临时工程	422.79					422.79
	第四部分 水土保持监测工程	**53.40**			**632.76**		**686.16**
一	监测设施	53.40			56.56		109.96
二	施工期监测费				576.20		576.20
	第五部分 独立费用					**2333.07**	**2333.07**
1	项目建设管理费					456.05	456.05

水土保持工程专项投资汇总表

续表 9.1-2 单位：万元

编号	工程或费用名称	建安工程费	植物措施费		设备费	独立费	合计
			栽（种）植费	苗木、草种子费			
2	工程建设监理费					540.00	540.00
3	咨询服务费					152.02	152.02
4	项目技术经济评估审查及验收费					100.00	100.00
二	科研勘察设计费					553.03	553.03
三	其他税费					531.97	531.97
	一至五部分合计	**13709.29**	**484.02**	**375.70**	**632.76**	**2333.07**	**17534.84**
	预备费						**876.74**
	水土保持工程专项投资（静态）						**18411.58**

(2) 水环境保护费用

水环境保护费用合计 5308.65 万元，主要包括污废水处理设施的土建工程费用、安装工程费用、设备费用和运行费用见表 9.1-3。上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统为卡拉水电站和杨房沟水电站合建，上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统总投资为 4435.89 万元，卡拉水电站共需成品料 545 万 t，杨房沟水电站共需成品料 730 万 t，上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统投资费用按比例分摊。

水环境保护措施投资费用概算表

表 9.1-3 单位：万元

污废水处理系统	土建工程费用	设备及安装费	运行费用	小计	备注
一、施工期水环境保护措施					
上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统	181.72	590.74	1123.66	1896.12	卡拉分摊部分
前期厂房工程混凝土生产系统废水处理系统	23.51	22.89	27.61	74.02	
大坝工程混凝土拌和系统废水处理系	27.66	26.38	32.51	86.55	
机械修配厂修配废水处理系统	11.59	41.1	27.97	80.65	
汽车保养站修配废水处理系统	15.63	43.96	30.14	89.73	
洗车废水处理系统	24.4	17.31	25.13	66.84	
业主营地生活污水处理系统	137.07	142.63	77.98	357.67	
1#承包商营地生活污水处理系统	608.9	581.04	126.15	1316.09	
2#承包商营地生活污水处理系统	141.35	157.73	37.77	336.85	
3#承包商营地生活污水处理系统	119.58	130.27	34.81	284.66	
加油站生活污水处理系统	4.54	35.82	15.50	55.86	
施工区粪便污水处理系统		72	94.2	166.2	
施工期合计	1295.95	1861.87	1653.43	4811.24	
二、运行期水环境保护措施					
厂区生活污水处理	0	48	0	48	运行费纳入电站运行
厂区油污水处理	37.56	100.61	0	138.17	
运行期合计	37.56	148.61	0	186.17	
总投资	1333.51	2010.48	1653.43	4997.41	

(3) 环境空气保护费用

环境空气保护费用主要包括洒水车购置、日常运行维护费用和司机的人工费，洒水车的购置和运行费用见表 9.1-4。各施工作业面配备的兼职洒水人员，其人工费计入主体，不计入环境空气保护费用。施工工厂及机械的燃油废气的处理费用列入工程投资，

则整个工程大气环境保护费用需 380.8 万元。

环境空气保护措施投资费用概算表

表 9.1-4

序号	处理措施	单位	数量	单价(元)	总计(万元)	备注
一	砂石和混凝土系统除尘	/	/	/	176.0	
1.1	设备费	套	2	600000	120	2 座混凝土拌和系统
1.2	运行费用	年	7	80000	56	
二	道路洒水、清扫				402.8	
2.1	洒水车	辆	4	300000	120	
2.2	司机人工费	人•年	28	40000	112	
2.3	车辆维护保养费	辆•年	7	50000	35	
2.4	车辆油耗	辆•年	7	50000	35	
2.5	清扫工人	人•年	28	36000	100.8	4 名清扫工
三	施工场地洒水	/	/	/	/	由承包商定期人工洒水
四	道路两侧绿化	/	/	/	/	纳入工程投资
五	合　计	/	/	/	578.8	

(4) 声环境保护费用

声环境保护投资主要包括道路交通噪声控制措施、施工区施工机械减震降噪措施等费用，共 102.5 万元，具体见表 9.1-5。

声环境保护投资费用一览表

表 9.1-5

序号	项目	单位	数量	单价(元)	小计(万元)
1	限速禁鸣标志	处	2	5000	2.5
2	施工区施工机械减震降噪措施				100
合　计					102.5

(5) 陆生生态保护费用

陆生生态保护费用主要包括植被恢复和生态修复费、宣传保护及动物救治费和珍稀植物保护费，陆生生态保护费用共计 167.1 万元。

① 植被恢复和生态修复费

根据水土保持中包含的植被恢复措施，其基本已满足区域生态修复的需要，根据本工程特点，生态修复以后期管理为主，本工程共需植被恢复和生态修复费 107.1 万元。

植被恢复和生态修复投资计算表

表 9.1-6

序号	项目	单位	数量	单价（元）	投资（万元）	备注
1	**设备费**				**22.1**	
1.1	巡护车辆	台	1	200000	20	
1.2	喷药洒水机器	套	1	5000	0.5	
1.3	修剪器具	套	2	3000	0.6	
1.4	观测设备	套	1	10000	1	
2	**材料费**				**20**	
2.1	药剂	a	5	5000	2.5	
2.2	燃料	a	5	15000	7.5	
2.3	保水剂	a	5	20000	10	
3	**人工费**				**65**	
3.1	固定人员	a	5	70000	35	2 人
3.2	季节性临聘人员	a	5	60000	30	2 人
合 计					**107.1**	

② 宣传保护及动物救治费

对施工人员进行保护野生动物和自然植被的宣传教育，费用暂列 20 万元。施工误伤的野生动物的救治费用暂列 40 万元。

(6) 水生生态保护费用

水生生态环境保护主要包括水生生境保护与修复、过鱼设施、鱼类增殖站、渔政管

理等费用，水生生态环境保护总费用为 9337.32 万元。

① 水生生境保护与修复费用

水生生境保护与修复费共计 250.00 万元，详见表 9.1-7。

水生生境保护与修复投资概算表

表 9.1-7

序号	项 目	单位	数量	单价（万元）	费用（万元）
1	**干流生境修复**				**250.00**
1.1	人工鱼巢	个	5000	0.05	250.00
2	**合 计**				**250.00**

注：人工鱼巢按每年制作 500 个，实施 10 年的规模考虑。

② 过鱼设施费用

卡拉水电站右岸鱼道式集鱼系统组合方案投资共 7469.18 万元，见表 9.1-8。

卡拉水电站右岸鱼道式集鱼系统组合方案工程量及投资表

表 9.1-8 单位：万元

编号	工程或费用名称	投资
一	施工辅助工程	850.13
1	导流工程	596.75
2	其他施工辅助工程	253.38
二	建筑工程	4151.1
1	码头工程	624.44
2	集鱼槽工程	2910.57
3	集鱼槽供水工程	38.04
4	过坝设施工程	300.43
5	下行放鱼设施	1.63
6	房屋建筑工程	82.23
7	其他工程	193.76

卡拉水电站右岸鱼道式集鱼系统组合方案工程量及投资表

续表 9.1-8 单位：万元

编号	工程或费用名称	投资
三	环境保护工程	30
四	机电设备及安装工程	2074.63
五	金属结构设备及安装工程	363.32
	合计	7469.18

注：不含竣工后运行费

③ 鱼类增殖站费用

杨房沟鱼类增殖站总建设费用估算为 11224.85 万元。根据增殖站建设和放流顺序进行分摊，杨房沟水电站分摊费用 7071.66 万元，约占总费用的 63%；卡拉水电站分摊费用 1234.73 万元，约占总费用的 11%；孟底沟水电站分摊费用 1683.73 万元，约占总费用的 15%；楞古水电站分摊费用 1234.73 万元，约占总费用的 11%。鱼类增殖站的运行费用列入电站运行费用中。

② 运行费用

卡拉水电站鱼类增殖站施工期运行费用详见表 9.1-9。卡拉水电站运行期增殖放流费用列入电站运行成本。

鱼类增殖站施工期运行费用一览表

表 9.1-9

序号	项目	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	合计
一	材料费	2.4	4.0	5.2	6.5	4.7	4.7	27.4
二	燃料动力费	5	5	5	5	5	5	30
三	交通运输费	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	15
四	放流费	6	6	6	6	6	6	36
五	工资及福利	25	25	25	25	25	25	150
六	管理费	15	15	15	15	15	15	90
	合计	55.9	57.5	58.7	60.0	58.2	58.2	348.4

③ 特殊科研费用

水电开发对水生生态有一定的影响，因此，建议业主与有关科研院所合作，开展相关研究，以有效保护水生生境和鱼类资源。建议相关科研项目见表 9.1-10，科研经费约 580 万元。本部分费用属于特殊科研项目费用，不属于本工程设计、施工等常规试验研究费用范畴，故本部分费用由业主另支。

水生生态影响特殊科研项目

表 9.1-10

序号	项目名称	研究经费（万元）	研究时间（年）	备　　注
1	特有、保护鱼类标志放流及效果评价技术研究	120	5	结合监测进行
2	鱼类种群变动规律的研究	110	5	结合监测进行
3	水电站上下游集放鱼技术的跟踪研究和技术改进	150	5	结合监测进行
4	在鱼类产卵季节开展人造洪峰过程的试验和研究	200	10	结合监测进行
合　计		580	/	/

(7) 固体废物处置费用

固废处置费用主要为生活垃圾收集设施的设置费用、运送费用和处理费用，建筑垃圾的产生伴随于整个施工过程，其收集、分拣、回收、外运等费用纳入主体工程内。

枢纽工程固体废物处置费用共 573.89 万元，见表 9.1-11。

固体废弃物处置费用

表 9.1-11

序号	项目	单位	数量	单价(元)	总价(万元)	备注
一	**垃圾收集设施**				**34.43**	
1	环卫垃圾桶	个	5	600	0.3	
2	大型垃圾桶	个	25	450	1.125	
3	14m³ 压缩运输车	辆	1	250000	25	
4	3m³ 收集车	辆	1	80000	8	
二	**垃圾中转站**				227.47	
1	征地补偿费	亩	0.7	14200	0.99	
2	场平工程				130.62	
	土方开挖	m³	1663	22.57	3.75	
	石方开挖	m³	2495	57.95	14.46	
	石渣回填	m³	1127	14.38	1.62	
	挡墙混凝土 C20	m³	531	623.29	33.12	
	护坡混凝土 C20	m³	354	629.24	22.29	
	路面混凝土 C30	m³	422	694.1	29.32	
	钢筋制作安装	t	16	6731.25	10.77	
	砂浆锚杆 φ25 L=6m	根	324	279.83	9.07	
	其他工程	%	5	1244000	6.22	
3	房屋建筑工程				46	
	房建	m²	160	2500	40	
	室外工程	%	15	400000	6	
4	设备及安装费				28.86	
	起吊及压缩设备	套	1	40000	4	
	地埋式污水处理装置	套	1	200000	20	
	通风设备	套	1	2500	0.25	
	除臭设备	套	1	3800	0.38	

固体废弃物处置费用

续表 9.1-11

序号	项目	单位	数量	单价(元)	总价(万元)	备注
	供电线路	m	50	20	0.1	
	给水管网	m	50	66	0.33	
	配套工具	套	1	20000	2	
	危废存储容器	只	10	500	0.5	
	配电箱	套	1	8000	0.8	
	消防器材	套	1	5000	0.5	
5	运行费	a	7	30000	21	
三	**垃圾运输处置费**				**277.57**	
1	垃圾收集费	t	4607	250	115.18	含收集人员工资
2	垃圾外运费	km·t	898365	1.5	134.75	距西昌195km
3	垃圾最终处置费	t	4607	60	27.64	
四	**合 计**				**539.47**	

(8) 施工期人群健康防护费用

施工期人群健康防护费用包括卫生清理、个人健康防护、卫生管理与监控、环境卫生管理等费用，合计 189.8 万元，见表 9.1-12。

施工期人群健康防护费用

表 9.1-12

序号	项 目	单位	数量	单价(元)	费用(万元)	备注
一	卫生清理				14	
1.1	场地清理和消毒	次	1	80000	8	
1.2	传播媒介杀灭	次	1	60000	6	
二	卫生检疫和健康检查				70.4	
2.1	进场前卫生检疫	人	3700	100	37	
2.2	施工人员定期健康检查	人.a	1110	200	22.2	第 2、4、6 年抽样(10%)检查一次
2.3	餐饮人员健康检查	人.a	560	200	11.2	7 年
三	卫生防疫站				105.4	
3.1	医疗设备配置	项	1	200000	20	
3.2	医护人员	人.a	14	36000	50.4	7 年
3.3	运行维护	a	7	50000	35	
合 计					189.8	

9.1.4.2 建设征地移民安置环保专项投资

工程建设征地移民安置环保专项投资见表 9.1-13。

卡拉水电站建设征地移民安置环保专项投资概算

表 9.1-13

项　目		单位	数量	单价(元)	费用(万元)	备　注
一	迁移人口安置区环保投资				114.10	
1	生活污水处理				60.00	
1.1	化粪池				0.00	纳入移民投资
1.2	调节池	座	1	100000	10.00	
1.3	污水处理设施	套	1	500000	50.00	地埋式污水处理设备
2	生活垃圾处置				12.18	不含运行费
2.1	户用垃圾桶	个	418	100	4.18	
2.2	垃圾房	座	2	40000	8.00	
3	生态环境保护措施				3.00	
3.1	预防保护措施				3.00	宣传教育、标牌、动物救护等费用，暂列
3.2	安置区生态修复				/	纳入水保投资
4	环境空气和声环境保护措施				4.80	
5	人群健康保护	人	467	200	0.95	集中安置人口的 10%
6	环境监测				33.17	
6.1	污废水水质监测	次	1	5000	0.50	
6.2	人群健康调查	/	/	/	0.00	纳入人群健康保护
6.3	水土保持监测	/	/	/	32.67	
二	专业项目处理环保投资				15.60	
1	水环境	座	5	10000	5.00	简易沉淀池
2	生活垃圾处理	个	12	500	0.60	垃圾桶
3	生态环境保护措施	项	6	5000	3	
4	环境空气和声环境保护措施				12.00	
5	环境监测				4.70	
5.1	噪声监测	点次	2	1000	0.20	
5.2	大气监测	点次	2	15000	3.00	
5.3	饮用水源水质监测	次	1	15000	1.50	
合　计					139.40	

9.1.4.3 工程环境监理费用

工程环境监理费用详见表 9.1-14。

工程环境监理费用概算表

表 9.1-14

序号	费用组成	单位	数量	单价(万元)	年数(年)	合计(万元)	备注
一	场地费					21	
	办公场地租赁费	间	3	1	7	21	
二	人工费					728	
1	技术总监人员的工资奖金津贴等	人	2	18	7	252	
2	技术监理人员的工资奖金津贴等	人	4	10	7	280	
3	辅助监理人员的工资奖金津贴等	人	4	7	7	196	
三	设备费					148	
1	车辆购置费	辆	2	20	/	40	
2	办公设备购置费	套	10	5	/	50	含电脑、空调、通讯器材等
3	监测及监测设备费用	台	3	12	/	36	
四	运行维护费					171.5	
1	车辆运行维护费	辆	2	9	7	126	含燃油费
2	办公设备维护费	套	10	0.5	7	35	
3	采样检测费	项	1	1.5	7	10.5	
五	专项开支					231.7	
1	食宿费	人	8	1.2	7	67.2	
2	通讯费	人	8	0.6	7	33.6	
3	差旅费	人	8	1.5	7	84	
4	书报资料费	项	1	2	7	14	
5	文印费	项	1	2.2	7	15.4	
6	会议费	项	/	2.5	7	17.5	
六	移民安置区监理费用	项	/	/	/	7	
七	管理费					9.15	按一至六项的0.7%取
	总 计		/	/	/	1316.35	

9.2 环境影响经济损益分析

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，按效益/费用比值大小，从环保角度评判工程建设的合理性。

9.2.1 效益

9.2.1.1 经济效益

卡拉水电站装机 1020MW，保证出力 351MW，多年平均年发电量 45.527 亿 kW·h，电站建成后接入四川电网，并参与西电东送，对改善四川电网枯期水电出力不足、优化四川电网电源结构具有较大作用。

9.2.1.2 社会效益

随着卡拉水电站的建设，工程区域对外交通条件可得到明显改善，有利于区域经济的良好发展，该部分效益难以货币化，暂不计列。

电站建设期长达 83 个月，期间大量施工人员的生活需求将主要由当地农产品及服务满足，消费需求的猛增，将极大促进地方农业、餐饮业和其它服务业的发展，有利于地方农业产业结构调整和第三产业的快速发展。采用市场调查法，以施工人员每人每月平均消费 200 元计，施工期间，平均每年使当地消费额增加 840 万元以上，整个建设期合计约 5810 万元。

9.2.1.3 环境效益

(1) 水电替代火电所带来的环境经济效益

按照等效原则，采用替代市场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，每年可减少火电发电量 45.527 亿 kW·h，使系统节省原煤约 163.68 万 t，减少 SO_2 排放量约 9.29 万 t，根据有关统计数据，我国火电厂脱硫运行费用一般为 6000 元/t，则每年可节约脱硫费用约 5.66 亿元。

由此可见，卡拉水电站替代同规模火电厂可产生较大的环境经济效益。

(2) 其他环境效益

工程陆生生态保护措施中提出拟分区进行生态修复，还可为适合于区域生长的植物的人工规模栽培、栽培技术的科学研究等提供条件。

为保证工程涉及河段内鱼类生物量，水生生态保护措施提出建设过鱼设施，与杨房

沟水电站合并建设鱼类增殖站，通过人工手段增殖鱼类资源，其建立可为部分重点保护鱼类和经济鱼类的人工繁殖技术的研究和发展提供良好的条件。

该两部分的环境效益难以货币化，暂不计列。

9.2.2 环境影响损失

为减免、恢复或补偿卡拉水电站工程建设和运行所带来的不利环境影响，拟采取的环境保护措施主要包括：施工期污废水处理及回用、大气污染防治、噪声污染防治、固体废弃物处置；运行期水环境保护和水质管理；生态保护和水土流失防治；人群健康保护；环境地质影响防治；风险对策；移民安置点环境保护等环保措施方案。在进行技术经济分析及方案比选的基础上，提出了各项环保措施推荐方案及其费用估算，主要采用“恢复费用法”对所需费用进行计算。

卡拉水电站环境保护措施效果分析见表 9.2-1。

根据以上分析，卡拉水电站工程具有较好的经济、社会及环境效益，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环境损失而造成的潜在经济损失。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。

卡拉水电站主要环境保护措施效果分析一览表

表 9.2-1

环境要素	影响分析	影响程度	主要措施	效果分析	影响程度
水环境	污废水直接排放将对大渡河水质产生影响；运行期产生生活污水和少量油污水	-3	施工区污废水处理后回用；运行期污废水进行处理后综合利用	各类污废水回用，减少对大渡河水环境的影响	0
水文情势和水生生态	水库蓄水后水文特征发生变化，对水文情势和水生生物有影响	-3	通过机组发电基荷下泄流量，保证坝下不脱水；建设过鱼设施、与杨房沟合建鱼类增殖站	减少对水生生物的影响，保护物种资源及生物多样性	-1
陆生生态	水库淹没和工程占地减少和破坏植被	-3	加强施工管理，禁止破坏占地区外的植物和捕杀动物，施工结束后进行陆生生态修复	减少对占地区动植物的影响	-1
环境空气	施工粉尘对下田镇村、岗尖、电站宿舍等产生影响	-3	合理选择设备、优化施工、采取降尘措施	较大程度上减少施工对环境空气的影响	-1
声环境	施工噪声对下田镇村、岗尖、电站宿舍等产生影响	-3	合理选择设备、优化施工时段、砂石料加工系统等采取降噪措施	较大程度上减少施工对声环境的影响	-1
固体废弃物	工程弃渣和各类垃圾对区域环境卫生、水环境、土壤及人群健康产生影响	-2	收集后进行外运处置	减少不利影响，尽量实现废物减量化、无害化	0
水土流失	施工活动造成水土流失，影响土地利用、农业生产、生态环境和工程安全	-3	采取工程措施治理水土流失	有效防治和控制水土流失	-1
人群健康	大量施工人员进驻，可能引起传染病流行	-2	卫生清理、防疫和健康检查，加强卫生管理、建立防疫机构	防止工程区传染病的流行	-1
移民安置	安置活动和专项设施复建对周边生态环境等造成影响	-2	采取化粪池、垃圾房、水保设施、卫生防疫等保护措施等	保障移民生产、生活质量和人群健康，生态环境等	-1

10 公众参与

10.1 公众参与目的

雅砻江卡拉水电站是雅砻江干流中游两河口～卡拉河段水电规划一库七级开发之第7个梯级水电站。工程主要涉及木里县卡拉乡和麦地龙乡。工程施工将对所在区域的生态环境、水环境、环境空气、声环境等带来不同程度的影响。

作为受影响地区的有关机构和个人，其对工程建设比较关心，对周围的环境更加了解，通过公众参与调查，将更恰当地了解区域环境特点和可能引起的对于环境、家庭和社会产生的影响，使公众和社会团体得以反映其对工程建设影响的意见和看法，增强公众环保意识；同时，通过向公众介绍和宣传项目的类型、规模及可能的环境影响，让公众进一步了解项目实情，让公众更加积极地参与进来，发现存在的环境问题，从而采取相应的环境保护措施，提高环境影响评价质量；通过公众参与，可以促进公众与工程建设方的交流，充分发挥公众对环境保护工作的参与和监督作用，并得到公众体谅和支持，从而在项目建设前使可能存在的矛盾得到解决和缓和。

10.2 公众参与方式及过程

10.2.1 公众参与方式

按照原国家环保总局印发的《环境影响评价公众参与暂行办法》要求，多渠道、多阶段地与公众做好双向沟通，让公众有机会、也有途径自由发表其对工程的意见和建议，充分重视公众的不同意见，请建设单位与其沟通，做好宣传工作，以确保工程的顺利进行。

公众参与方式包括是对工程涉及区域的团体和个人进行的问卷调查以及公示等。

10.2.2 公众参与过程

本次公众参与的过程如下：

(1) 受建设单位的委托（委托函详见附件），我院于2010年4月即已开展卡拉水电站工程环境影响评价的公众参与工作。根据《环境影响评价公众参与暂行办法》要求，在工程涉及县、乡(镇)进行环境影响公示和公众参与初步调查。

(2) 2015年1月，在卡拉水电站工程环境影响报告书报送环境保护主管部门(环境保护部)审批前，采用现场张贴、登报、网站等方式对本项目环境影响报告书简写本进行公示。

(3) 根据卡拉水电站移民安置工作进展情况，本工程对库区和枢纽区移民和受工程影响的个人进行了多次公众参与调查，并举办了小型座谈会，向当地群众介绍公众参与基本过程、工程的主要组成、工程建设及运行过程中产生的主要环境影响情况。

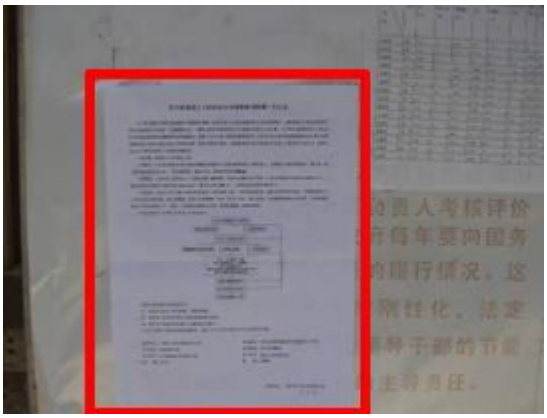
10.3 公 示

10.3.1 环境信息公示（一次公示）

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》中的有关要求，我院在工程涉及的木里县各乡镇及施工区涉及的村庄向公众张贴了关于卡拉水电站建设项目及其环境影响评价相关信息公告，内容包括工程基本情况、建设单位和环评单位名称和联系方式、环境影响评价的工作程序和主要工作内容、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要方式等。公示日期为 2010 年 4 月 19 日至 5 月 4 日。部分现场公示情况见图 10.3-1。



麦地龙乡



木里县政府

图 10.3-1 第一次公示照片

在公示期间，建设单位、环评单位和地方环保部门均未收到公众反映有关环境保护方面问题的信息。

10.3.2 环境信息公示（二次公示）

在卡拉水电站工程环境影响报告书报送环境保护行政主管部门审批前，采用现场粘贴、登报、网站等方式对本项目环境影响报告书简写本进行公示，公示内容包括工程基本情况、工程可能造成的环境影响、拟采取的对策措施、环评结论、公众查阅报告书简本(在环评单位官方网页上公布，链接（http://www.ecidi.com/cate_04_2_biao3.asp?Id=89&Id2=-10）以及索取补充信息的方式和期限、征求公众意见的范围和主要事项、征求公众意见的具体形式等。

① 现场张贴公示

在报送环境保护主管部门（环境保护部）审批前，建设单位于 2015 年 1 月 23 日~2 月 5 日在工程建设影响区域木里县现场张贴了本工程环境影响公示（二次），张贴时间为 10 个工作日。



木里县政府



卡拉乡政府　　麦地龙乡政府

图 10.3-2　第二次公示照片

② 登报公示

在报送环境保护主管部门（环境保护部）审批前，建设单位于 2015 年 1 月 23 日在工程所在地凉山州主要报纸媒体（凉山日报）上进行了工程环境影响公示（二次），刊登版面为 A8 版。


凉山日报

2015年1月23日 星期五

今日世界

我州与省烟草专卖局(公司)举行座谈会

翟占一李恩华罗凉清出席

四川省雅砻江卡拉水电站环评二次公示

海门缘即将开业 宴席预定中……

声 明

注销清算公告

注销清算公告

图 10.3-3 凉山日报上刊登本工程环境影响公示信息（二次公示）

自登报环境影响信息公示（二次）之日起 10 个工作日内，建设单位、环评单位均未收到公众对于本工程环境保护方面的意见和建议。

③ 网站公示

在报送环境保护主管部门（环境保护部）审批前，建设单位于 2015 年 1 月 27 日在雅砻江流域水电开发有限公司网站上进行了工程环境影响公示（二次），并同步在环评单位公开网站上公示了本工程环境影响报告书简本，网上环境影响信息公示（二次）及工程环境影响报告书（简写本）自公布之日起，建设单位、环评单位均未收到公众对于本工程环境保护方面的意见和建议。



图 10.3-4 雅砻江流域水电开发有限公司网站刊登本工程环境影响二次公示信息



图 10.3-5 环评单位公开网站上提供本工程环评报告书简本下载

10.3.3 全本公示

2015 年 5 月，雅砻江卡拉水电站环境影响报告书完成送环保部受理前，分别在建设单位(雅砻江流域水电开发有限公司)和我院网站进行了全本公示。



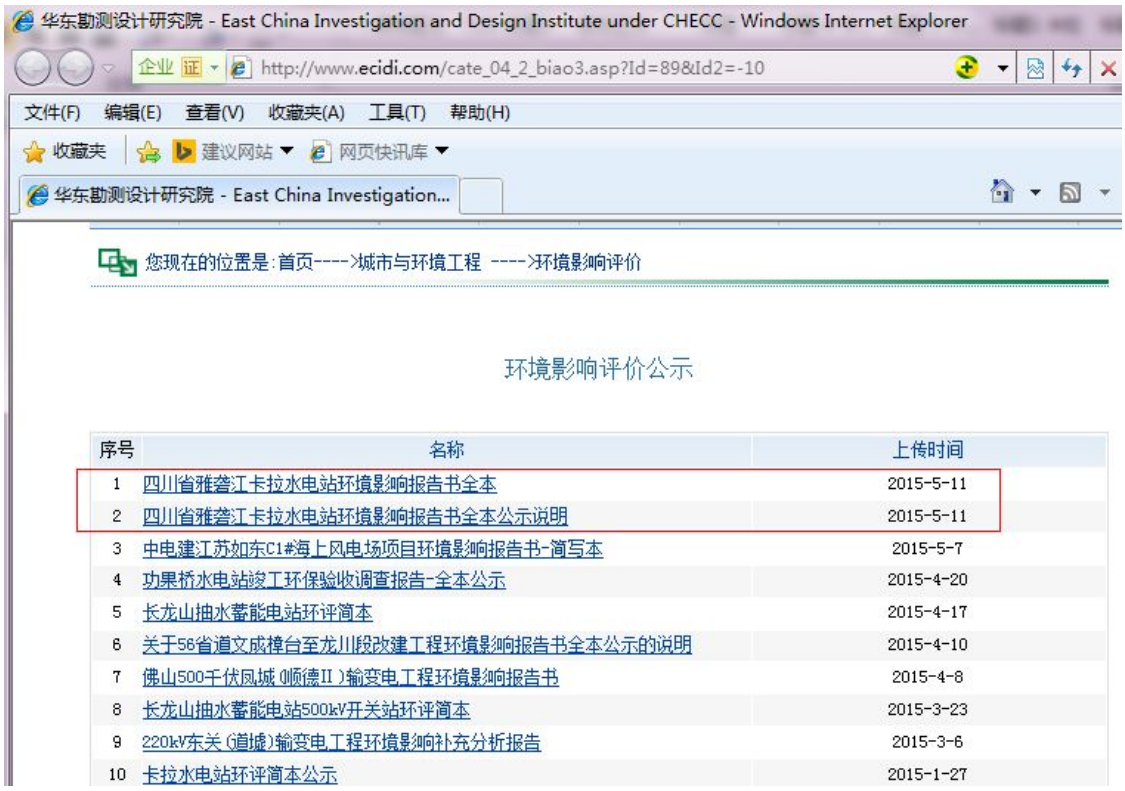


图 10.3-6 雅砻江卡拉水电站影响报告书全本公示情况

10.4 问卷调查对象及结果分析

问卷调查主要采用发放调查表或当场询问的方式进行，首先向被调查者简单介绍本工程的基本情况，然后向被调查者说明调查表的填写方式，并强调公众可以也应该如实地反映自己的真实想法和意见，承诺将充分考虑和尊重公众的意见，其目的是为了更好地做好工程的环境保护工作。最后对意见及建议、公众参与调查表进行统计整理，计算各种意见持有者所占比例，综合分析公众对工程建设的态度及其对环境保护的意见。

本工程在环评编制过程中开展了多次公众参与调查，根据工程不同时期的环境影响情况，主要分两个阶段设置了问卷调查内容。第一阶段调查时间为 2012 年 9 月~2013 年 7 月，第二阶段调查时间为 2015 年 1 月。

10.4.1 第一阶段问卷调查

10.4.1.1 调查对象

第一阶段问卷调查主要采用向有关民间团体、受影响区居民、移民、安置地原居民等公众发放调查表和当场询问的方式。共发放团体调查表 22 份、回收 21 份、回收率 95%；发放个人调查表 60 份，回收 59 份、回收率 98.33%。部分调查现场照片见图 10.4-1。




图 10.4-1 现场调查情况

个人调查表除要求被调查者填写姓名、年龄、性别、职业、文化程度、村组等个人资料外，还要求分别对 9 个问题予以选择回答，并给予自由发表意见的空间。

公众参与个人调查对象情况详见表 10.4-1。

公众参与调查对象个人情况统计表

表 10.4-1

调查项目	分类	比例(%)	调查项目	分类	比例(%)
年龄	>50	8.77	文化程度	大专及以上	8.62
	40～50 含	35.09		中专、高中	3.45
	30～40 含	38.60		初中	32.76
	<30 含	17.54		小学及以下	55.17
民族	藏族	81.36	职业	干部	13.56
	汉族	16.95		工人	0
	其它少数民族	1.69		农民	84.75
性别	男	90.74		其它	1.69
	女	9.26	/	/	/

从上表可知，本工程所涵盖的年龄分布较广，其中以 30 岁～50 岁（含）人群为主；文化程度以小学及以下文化程度为主，这与该区域教育相对落后的实际情况相符；被调查者的民族以藏族为主，符合木里藏族自治县及九龙县藏族群众居多的情况；职业以农民最多，符合区域以农牧为主的产业结构情况；在性别比例方面男性占绝大多数。

10.4.1.2 调查结果分析

在本次调查中，受调查团体和个人充分地发表了自己的意见，并提出了一些建议和想法。公众参与热情普遍较高，并且对工程表现出较大的关心和支持，同时，公众也对工程产生的环境影响非常关注。

(1) 团体

团体调查对象主要包括与工程建设有直接和间接相关的村镇及政府部门。团体调查结果统计情况详见表 10.4-2。

公众参与团体调查结果统计表

表 10.4-2

调查内容		数量	比例(%)
1.您是否知道本工程：	是	20	95.2
	否	1	4.8
2.您认为本工程建设是否有利于地区社会和经济的发展：	有利	19	90.5
	不利	0	0
	变化不大	2	9.5
3. 您认为工程建设地区目前的环境状况如何：	很好	10	47.6
	一般	9	42.9
	不好	2	9.5
4.您认为工程建设地区目前主要的环境问题是：	水污染	8	20.5
	空气污染	3	7.7
	噪声	2	5.1
	水土流失	8	20.5
	野生动植物破坏	11	28.2
	其它	7	17.9
5. 本工程建设运行对当地带来的不利影响，您最关心的是：	对雅砻江水质的影响	9	15.5
	空气污染	4	6.9
	噪声	3	5.2
	野生动植物影响	11	19.0
5. 本工程建设运行对当地带来的不利影响，您最关心的是：	水土流失	7	12.1
	河道减水对环境的影响	11	19.0
	对移民生活的影响	10	17.2
	其他	3	5.2
6.您对本工程的建设所持态度：	支持建设	19	90.5
	反对建设	0	0
	无所谓	2	3.4

从调查结果分析，各团体对工程建设了解程度较高，有95.2%的团体知道本工程；90.5%的团体认为工程建设有利于地区社会经济的发展；目前当地环境状况良好，有47.6

的团体认为很好；主要环境问题是野生动植物破坏（28.2%）、水污染（20.5%）和水土流失（20.5%）；工程建设对周边环境影响主要为野生动植物影响（19.0%）和河道减水对环境的影响（19.0%）；90.5%的团体表示支持本工程的建设，没有团体持反对意见。

(2) 个人结果分析

公众参与个人调查结果统计情况详见表 10.4-3。

公众参与个人调查结果统计表

表 10.4-3

调查内容		人数	比例(%)
1.您是否知道本工程：	是	59	100
	否	0	0
2.您认为本工程建设是否有利于地区社会和经济的发展：	有利	54	91.53
	不利	1	1.69
	变化不大	4	6.78
3.您认为工程建设地区目前的环境状况如何：	很好	22	37.29
	一般	37	62.71
	不好	0	0.00
4.您认为工程建设地区目前主要的环境问题是：	水污染	23	29.87
	空气污染	15	19.48
	噪声	1	1.30
	水土流失	20	25.97
	野生动植物破坏	11	14.29
	其它	7	9.09
5. 本工程建设运行对当地带来的不利影响，您最关心的是：	对雅砻江水质的影响	38	22.75
	空气污染	14	8.38
	噪声	12	7.19
	野生动植物影响	23	13.77
	水土流失	26	15.57
	河道减水对环境的影响	24	14.37

调查内容		人数	比例(%)
	对移民生活的影响	22	13.17
	其他	8	4.79
6.水库蓄水将淹没部分耕地、房屋、交通道路等设施，您对此有何看法：	工程效益比淹没损失大得多	52	88.14
	工程效益和淹没损失差不多	3	5.08
	淹没损失比工程效益大得多	4	6.78
7.您认为本工程建设可能给您个人或者您的家庭带来：	有利影响	53	89.83
	不利影响	3	5.08
	无影响	3	5.08
8.工程建设时的噪声对附近居民的生产生活有一定影响，您认为应采取什么方法解决：	规范施工时间	57	96.61
	建隔声墙等降低噪声	2	3.39
	其它	0	0.00
9.您对本工程的建设所持态度：	支持建设	57	96.61
	反对建设	0	0.00
	无所谓	2	3.39

由上表可知，被调查公众均位于工程涉及地区，对工程了解程度很高(100%)；大多认为工程有利于地区社会经济的发展(91.53%)；认为当前环境状况一般(62.71%)；主要问题是水污染(29.87%)和水土流失(25.97%)；工程建设对周边环境影响主要为对雅砻江水质的影响（22.75%）和水土流失（15.57%）；88.14%的居民认为工程效益比淹没损失大得多；86.4%的居民认为工程带来有利影响；89.83%的居民认为建设期间应规范施工时间；96.61%的被调查者支持本工程建设，3.39%则对此持无所谓态度，无反对者，说明工程建设对当地经济发展和居民生活水平提高有双重效益。

10.4.1.3 反对意见及处理结果

问卷调查结果表明，没有团体和个人持反对意见。

10.4.2 第二阶段问卷调查

10.4.2.1 调查对象

第二阶段问卷调查主要采用向有关民间团体、受影响区居民、移民、安置地原居民等公众发放调查表和当场询问的方式。共发放团体调查表 35 份、回收 35 份、回收率

100%；发放个人调查表 235 份，回收 229 份、回收率 97.45%；发放移民调查表 100 份，回收 96 份，回收率 96.00%。公众参与现场调查部分照片见图 10.4-2。



图 10.4-2 现场调查情况

①个人情况统计

个人调查表除要求被调查者填写姓名、年龄、性别、职业、文化程度、村组等个人资料外，还要求分别对调查表问题予以选择回答，并给予自由发表意见的空间。

公众参与调查对象个人(非移民)情况详见表 10.4-4。

公众参与调查对象个人(非移民)情况统计表

表 10.4 -4

调查项目	分类	比例(%)	调查项目	分类	比例(%)
年龄	>50	9.47	文化程度	大专及以上	10.36

调查项目	分类	比例(%)	调查项目	分类	比例(%)
	40～50 含	29.47		中专、高中	8.11
	30～40 含	40.00		初中	33.33
	<30 含	21.05		小学及以下	48.20
民族	藏族	58.90	职业	干部	14.86
	汉族	31.51		工人	3.60
	其它少数民族	9.59		农民	80.63
性别	男	87.44		其它	0.90
	女	12.56	/	/	/

本次对被调查个人的基本信息也进行了统计，详见表 10.4-4。从上表可知，本工程所涵盖的年龄分布较广，其中以 30～50 岁人群为主；文化程度以初中、小学及以下文化程度为主，这与该区域教育相对落后的实际情况相符；被调查者的民族以藏族为主，符合木里藏族自治县以藏族群众居多的情况；职业以农民最多，符合区域以农牧为主的产业结构情况；在性别比例方面男性占绝大多数。

10.4.2.2 调查结果分析

在本次调查中，受调查团体和个人、移民充分地发表了自己的意见，并提出了一些建议和想法。公众参与热情普遍较高，并且对工程表现出较大的关心和支持，同时，公众也对工程产生的环境影响非常关注。

(1) 团体

团体调查对象主要包括与工程建设有直接和间接相关的村镇及政府部门。团体调查结果统计情况详见表 10.4-5。

公众参与团体调查结果统计表

表 10.4-5

调查内容	数量	比例(%)

调查内容		数量	比例(%)
1.您是否知道本工程：	是	35	100.00
	否	0	0.00
2.您认为本工程建设是否有利于地区社会和经济的发展：	有利	35	100.00
	不利	0	0.00
	变化不大	0	0.00
3.您认为工程建设地区目前的环境状况如何：	很好	30	85.71
	一般	5	14.29
	不好	0	0.00
4.您认为工程建设地区目前主要的环境问题是：	水污染	13	28.26
	空气污染	10	21.74
	噪声	3	6.52
	水土流失	15	32.61
	野生动植物破坏	5	10.87
	其它	0	0.00
5.本工程建设运行对当地带来的不利影响，您最关心的是：	对雅砻江水质的影响	12	20.00
	空气污染	6	10.00
	噪声	3	5.00
	野生动植物影响	5	8.33
	水土流失	16	26.67
	河道减水对环境的影响	5	8.33
	对移民生活的影响	13	21.67
	其他	0	0
6.本工程施工期将采取沉淀、混凝、高效旋流澄清对砂石料系统废水处理后回用，采用沉淀法对混凝土系统冲洗废水处理后回用；施工含油废水经隔油池除油后与其它废水进一步气浮处理后回用；生活污水经隔油池和化粪池生化处理并经消毒后回用不排入雅砻江；施工完毕结合水保措施对施工迹地进行植被恢复；采取优化施工工艺、方法、洒水降尘等措施保护环境空气，采取选择	满足	21	60.00
	基本满足	14	40.00
	不满足	0	0.00

调查内容		数量	比例(%)
低噪声设备和工艺、加强设备的维护和保养、设合理安排施工时间、加强交通管制等措施保护施工区声环境，施工期生活垃圾集中收集后外运处置等环保措施。您认为能否满足对施工期环境保护的要求：			
7.本工程运行期将采取下泄生态流量、生境保护、人工增殖放流、修建过鱼设施、科学研究和加强渔政管理等措施保护水生生态；采取生活污水经处理后用于厂区和业主营地绿化用水；运行期厂房废油收集后进行专门处置，油污水经油水分离器处置后回用于厂房绿化；控制库周污染源，保护植被等环保措施。您认为能否满足对运行期环境保护的要求：	满足	20	57.14
	基本满足	15	42.86
	不满足	0	0.00
8.您对本工程拟采取的各项环保措施的总体评价是：	完善有效	17	48.57
	基本完善有效	18	51.43
	尚不完善	0	0.00
9.您对本工程的建设所持态度：	支持建设	35	100.00
	反对建设	0	0.00
	无所谓	0	0.00

从调查结果分析，各团体对工程建设了解程度较高，所有团体知道本工程；所有团体均认为工程建设有利于地区社会经济的发展；目前当地环境状况良好，有 85.71%的团体认为很好；工程建设区目前存在的主要环境问题是水土流失（32.61%）和水污染（28.26%）；本工程建设运行对当地带来的不利影响，最关心的是水土流失（26.26%）、对移民生活的影响（21.67%）和对雅砻江水质的影响（20.00%）；60.00%的团体认为施工期的各项环保措施满足要求，40.00%的团体认为基本满足要求；57.14%的团体认为运行期的各项环保措施满足要求，42.86%的团体认为基本满足要求；48.57%的团体认为工程拟采取的各项环保措施总体评价完善有效，51.43%的团体认为基本完善有效；所有团体均表示支持本工程的建设。

(2) 个人结果分析

公众参与个人调查结果统计情况详见表 10.4-6。

公众参与个人调查结果统计表

表 10.4-6

调查内容		人数	比例(%)
1.您是否知道本工程：	是	229	100.00
	否	0	0.00
2.您认为本工程建设是否有利于地区社会和经济的发展：	有利	220	96.07
	不利	2	0.87
	变化不大	7	3.06
3.您认为工程建设地区目前主要的环境问题是：	水污染	79	34.05
	空气污染	44	18.97
	噪声	5	2.16
	水土流失	56	24.14
	野生动植物破坏	34	14.66
	其它	14	6.03
4.您认为卡拉水电站施工期间可能会给您带来哪些环境影响(可多选)：	污染水质	68	23.13
	影响取用水	27	9.18
	影响交通	29	9.86
	产生扬尘	36	12.24
	对河流鱼类的影响	31	10.54
	产生噪声	17	5.78
	破坏植被	51	17.35
	产生垃圾	24	8.16
	其他	11	3.74

公众参与个人调查结果统计表

续表 10.4-6

调查内容		人数	比例(%)
5.本工程建设运行对当地带来的不利影响，您最关心的是：	对雅砻江水质的影响	58	20.79
	空气污染	23	8.24
	噪声	23	8.24
	野生动植物影响	26	9.32
	水土流失	37	13.26
	河道减水对环境的影响	52	18.64
	对移民生活的影响	47	16.85
	其他	13	4.66
6.本工程施工期将采取沉淀、混凝、高效旋流澄清对砂石料系统废水处理后回用，采用沉淀法对混凝土系统冲洗废水处理后回用；施工含油废水经隔油池除油后与其它废水进一步气浮处理后回用；生活污水经隔油池和化粪池生化处理并经消毒后回用不排入雅砻江；施工完毕结合水保措施对施工迹地进行植被恢复；采取优化施工工艺、方法、洒水降尘等措施保护环境空气，采取选择低噪声设备和工艺、加强设备的维护和保养、设合理安排施工时间、加强交通管制等措施保护施工区声环境，施工期生活垃圾集中收集后外运处置等环保措施。您认为能否满足对施工期环境保护的要求：	满足	139	60.70
	基本满足	90	39.30
	不满足	0	0.00
7.本工程运行期将采取下泄生态流量、生境保护、人工增殖放流、修建过鱼设施、科学研究和加强渔政管理等措施保护水生生态；采取生活污水经处理后用于厂区和业主营地绿化用水；运行期厂房废油收集后进行专门处置，油污水经油水分离器处置后回用于厂房绿化；控制库周污染源，保护植被等环保措施。您认为能否满足对运行期环境保护的要求：	满足	130	56.77
	基本满足	99	43.23
	不满足	0	0.00
8.您对本工程拟采取的各项环保措施的总体评价是：	完善有效	167	72.93
	基本完善有效	62	27.07
	尚不完善	0	0.00
9.您对本工程的建设所持态度：	支持建设	229	100
	反对建设	0	0
	无所谓	0	0

从调查结果分析，个人对工程建设了解程度较高，所有个人知道本工程；96.07%个人均认为工程建设有利于地区社会经济的发展；工程建设区目前存在的主要环境问题是水污染（34.05%）和水土流失（24.14%）；本工程施工期间可能带来的环境影响为污染水质（23.13%）；本工程建设运行对当地带来的不利影响，最关心的是对雅砻江水质的影响（20.79%）和河道减水对环境的影响（18.64%）；60.70%的个人认为施工期的各项环保措施满足要求，39.30%的个人认为基本满足要求；56.77%的个人认为运行期的各项环保措施满足要求，43.23%的个人认为基本满足要求；72.93%的个人认为工程拟采取的各项环保措施总体评价完善有效，27.07%的个人认为基本完善有效；所有个人均表示支持本工程的建设。

(3) 移 民

① 移民情况统计

移民调查表除要求被调查者填写姓名、年龄、性别、职业、文化程度、村组等个人资料外，还要求分别对调查表问题予以选择回答，并给予自由发表意见的空间。

公众参与调查对象移民情况统计详见表 10.4-7。

公众参与调查对象移民情况统计表

表 10.4-7

调查项目	分类	比例(%)	调查项目	分类	比例(%)
年龄	>50	10.81	文化程度	大专及以上	2.08
	40～50 含	33.78		中专、高中	5.21
	30～40 含	33.78		初中	22.92
	<30 含	21.62		小学及以下	69.79
民族	藏族	75.53	职业	干部	1.04
	汉族	20.21		工人	0.00
	其它少数民族	4.26		农民	97.92
性别	男	88.17		其它	1.04
	女	11.83	/	/	/

本次对被调查移民的基本信息也进行了统计，详见表 10.4-12。从上表可知，本工程所涵盖的年龄分布较广，其中以 30~50 岁之间的人群为主；文化程度以小学及以下文

化程度为主，这与该区域教育相对落后的实际情况相符；被调查者的民族以藏族为主，符合木里藏族自治县以藏族群众居多的情况；职业以农民最多，符合区域以农牧为主的产业结构情况；在性别比例方面男性占绝大多数。

② 结果分析

公众参与移民调查结果统计情况详见表 10.4-8。

公众参与移民调查结果统计表

表 10.4-8

调查内容		人数	比例(%)
1.您是否知道本工程：	是	96	100
	否	0	0
2.您认为本工程建设是否有利于地区社会和经济的发展：	有利	92	95.83
	不利	0	0.00
	变化不大	4	4.17
3.您是否知道本工程兴建后，自己(或全家)需要搬迁：	知道	96	100
	不知道	0	0
4.您是否愿意搬迁：	愿意	94	97.92
	不愿意	0	0.00
	无所谓	2	2.08
5.您认为目前您的居住地经济状况如何：	富裕	0	0.00
	一般	66	68.75
	贫穷	7	7.29
	很贫穷	23	23.96
6.您认为搬迁后，自己(家庭)的收入水平和生活质量将如何变化：	得到改善和提高	52	54.17
	下降	0	0.00
	不好说	44	45.83
7.您对目前的补偿标准是否满意：	满意	55	57.29
	不满意	7	7.29
	不知道	34	35.42

公众参与移民调查结果统计表

续表 10.4-8

调查内容		人数	比例(%)
8.针对移民安置区采取集中建设污水处理系统、修建沼气池、配备垃圾桶、集中清运、修建截排水沟、植被恢复及绿化等环境保护措施，您认为是否能够满足移民安置区环境保护的需要：	满足	12	12.50
	基本满足	84	87.50
	不满足	0	0
9.您对本工程拟采取的各项环保措施的总体评价是：	完善有效	10	10.42
	基本完善有效	86	89.58
	尚不完善	0	0.00
10.您对本工程的建设所持态度：	支持建设	95	98.96
	反对建设	0	0
	无所谓	1	1.04

从调查结果分析，移民对工程建设了解程度较高，所有移民知道本工程；95.83%个人均认为工程建设有利于地区社会经济的发展；所以移民知道本工程兴建后，自己(或全家)需要搬迁；97.92%移民否愿意搬迁；68.75%的移民认为目前居住地经济状况一般；搬迁后，认为自己(家庭)的收入水平和生活质量将得到改善和提高的占被调查移民的54.17%，认为不好说的占 45.83%；目前对补偿标准是否满意的占被调查移民的 57.29%，表示不知道的占 35.42%；针对移民安置区采取的环境保护措施，认为能够满足移民安置区环境保护需要的占被调查移民的 12.50%，认为基本满足的占 87.50%；对本工程拟采取的各项环保措施的总体评价认为基本完善有效的占被调查移民的 89.58%；98.96%的移民表示支持本工程的建设。

10.5 座谈会

2015 年 1 月 29 日，在凉山州政府召开卡拉水电站环境保护公众参与调查座谈会，会议由凉山州政府副秘书长铁脚此鬼主持，参会的有州发改委、交通局、水务局、农牧局、林业局、文化广电新闻出版局、环保局、旅游局、国土局等部门领导和代表。我院介绍了工程环评进展及公众参与情况，并广泛征求了工程影响范围内各团体对本工程环

境保护方面的意见。现场座谈会情况详见图 10.5-1。

2015 年 1 月份，在建设单位的协助配合下，先后在卡拉乡、麦地龙乡开展了公众参与调查座谈会。现场座谈会情况详见图 10.5-2。



图 10.5-1 在凉山州政府召开卡拉水电站公参座谈会



图 10.5-2 在卡拉乡政府召开卡拉水电站公参座谈会

10.6 公众意见与建议的采纳和落实情况

10.6.1 主要意见和建议

通过问卷、开座谈会等形式调查，绝大部分公众和团体对本工程建设的了解程度较高，支持本工程建设，认为工程建设中需重视环境保护工作，减小对环境的负面影响。部分被调查的团体和个人也提出了一些有益的意见和建议，主要有：

(1) 工程建设过程中重视生态环境和野生动物的保护工作。减少生态环境破坏，工程建设与保障生态安全和恢复同步进行。施工结束后及时进行植被恢复和施工迹地生态恢复工作，以减少水土流失，以免引起山体滑坡。加强施工方管理和督促工作，有效提高环境整治力度。

(2) 工程施工过程产生的废水、废气、噪声、生活垃圾、弃渣等对周围环境产生影响，应加强施工过程中的环境管理，采取相应的环境保护措施，确保污染物达标排放，不对周围村民生活产生影响。

(3) 合理安置移民，保障移民正常的生产生活。

10.6.2 公众意见采纳和落实情况

根据公众参与过程中的意见和建议，环评单位进行了仔细分析和研究，对于合理的意见和诉求均提出了相应的对策措施，主要如下：

(1) 生态环境保护、野生动植物保护、生态恢复、水土流失及治理

本报告书中环境保护对策措施已考虑了该建议。本报告已针对性的制定了陆生动植物保护措施，最大限度地减少工程建设对区域野生动植物的影响，详见“7.3 节”。对于工程施工扰动地表引起新的水土流失，本报告书中对水土流失等影响进行了预测分析，工程设计和环境保护对策措施中均充分考虑了该建议，对各施工区采取相应的水土保持措施，对施工影响范围内的植被进行恢复，以减少水土流失影响，对施工临时占地和可能对景观造成影响的开挖裸露面以及地面永久建筑物加强了相应的植被恢复措施。另外，工程建设需开展环境监理，要求监理单位定期编制监理报告，对建设过程中生态恢复、环境保护等工作进行监督和检查，并形成报告，报送至相关主管部门。

(2) 施工产生的废水、废气、噪声、生活垃圾、弃渣等影响措施

本报告书中环境保护对策措施已考虑了该建议。对于施工期产生的污废水，针对不

同类型的废水，本报告分别提出了不同的治理措施，同时对于废水处理措施的运行管理也提出了要求。针对施工期不同的废气产生作业面提出对应的治理措施。本报告根据噪声来源以及敏感目标受影响的程度，分别提出了噪声防治措施。对于施工期生活垃圾的处理问题，本报告提出了外运处理法的措施。对于工程施工过程中产生的弃渣，需按照水土保持方案及本报告的要求堆放至指定的弃渣场。通过采取以上措施后，可最大限度地减少施工期废水、废气、噪声和生活垃圾对周围居民的影响。

(3) 对于土地补偿和移民安置及生产生活的影响

本工程严格按照四川省的相关法律法规进行移民安置。报告书中对移民安置区开展了现状调查及环境影响分析，并提出了安置区环境保护措施，包括生态环境保护和水土保持、水环境保护和生活垃圾处理等方面。并通过前期补偿补助，后期扶持，加强移民劳动技能培训等各项政策，及时恢复甚至超过移民原有生产生活水平。

10.6.3 反对意见情况

根据对工程区域团体，移民、非移民的公众参与调查成果，本次公众调查未有反对工程建设意见。

10.7 小 结

10.7.1 公众参与的合法性

在卡拉水电站环境影响评价过程中，严格按照《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28 号)的有关规定开展了公众参与工作，及时公开项目环境影响评价的相关信息，征求了公众意见。

我院于 2010 年 4 月即在工程涉及的木里县及麦地龙乡开展卡拉水电站工程环境影响评价的公众参与工作，2010 年 4 月 19 日进行了第一次现场张贴公示；之后于 2015 年 1 月 23 日，在工程建设影响区木里县进行了现第二次场张贴公示，同期在凉山日报上进行了登报公示，和在环评单位网站上进行了网上公示，并发布了环境影响报告书简本。根据卡拉水电站移民安置工作进展情况，建设单位会同环评单位在工程开始后的多个阶段，针对工程移民、个人及团体开展了小规模座谈、当面走访、问卷调查等形式的公众参与调查工作，将工程施工过程和运行过程中可能产生的环境影响情况告知公众，征询其意见。

因此，本项目环评公众参与的程序和内容是合法的。

10.7.2 公众参与的代表性

公众意见收集范围覆盖了卡拉水电站工程涉及的木里县及麦地龙、卡拉两个乡的有关政府部门、社团组织、社会公众。共回收公众参与个人调查表份、移民调查表份和团体调查表份。根据受影响类型的不同，个人调查表又分移民、非移民，有针对性地征求了不同类型公众的意见。

因此，卡拉水电站环评工作过程中广泛邀请了当地各政府部门、社会组织、公众等相关团体和个人进行参与，调查对象具有很好代表性。

10.7.3 公众参与的真实性

本项目环评过程中的历次公众参与调查工作都是在地方政府的配合下，建设单位和评价单位现场积极参与完成的，评价单位工作人员在现场与地方群众进行了多次的、多种形式的解释和沟通工作，调查对象在填写公众参与调查表前，充分了解清楚了调查表信息，调查成果满足结果真实性的要求。环保信息公示、公众意见调查表的发放均严格按照相关要求进行，公示内容准确反应建设项目相关信息，工作过程透明有效，调查结果真实可靠。

11 环境影响评价结论

11.1 项目概况

11.1.1 流域概况

雅砻江是金沙江第一大支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，自西北向流东南，在攀枝花下游注入金沙江，干流全长1570km，流域面积约13.6万km^2，河口多年平均流量1930m^3/s，总落差4420m。

工程所在雅砻江中游河段上游起自两河口电站水库库尾，水面高程2860m，下游截止到锦屏一级水库库尾，水面高程1880m，总体流向自北向南，河段长385km，天然落差985m，平均比降2.56‰。

11.1.2 相关规划与规划环评情况

(1) 河流规划

两河口至卡拉河段长385km，天然落差985m，规划有两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉等7级开发，其中两河口梯级为雅砻江干流中下游段“龙头”水库，具有多年调节能力；卡拉至江口河段长412km，规划锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩、桐子林等5级开发，其中锦屏一级为该河段控制性水库，具有年调节能力。两河口～江口12级开发，装机容量2562.4万kW，是我国能源发展规划的“十三大”水电基地之一。其中二滩水电站已经建成，锦屏一级、锦屏二级水电站已经开工建设，官地、桐子林水电站已经完成可研阶段勘测设计工作等待核准，两河口、牙根、杨房沟、卡拉水电站正开展可研阶段勘测设计工作，楞古、孟底沟水电站正开展预可阶段勘测工作。

(2) 规划环评

根据《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》，综合评价结论为：

雅砻江中游水电开发是“西电东送”战略工程的重要组成部分，具有显著的社会经济效益和环境效益。

各规划比选方案均不涉及自然保护区、国家级保护鱼类等重大环境敏感对象，各方案的环境影响没有明显差别。方案一(组成梯级电站为两河口、牙根、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉，共6个)在地质条件和经济指标上具有明显优势，因此，规划从确保工

程安全、减轻地表扰动、节约投资的角度推荐采用该方案。规划方案实施影响相对较大的是施工期对水土流失的影响，大坝修建对河流水文情势的影响、对鱼类的影响，以及工程建设对移民的影响，其中对移民的影响涉及到安定团结的问题，必须充分考虑少数民族地区的特殊性，加以妥善解决，对水温、水文和鱼类的影响具有长期性和累积性，经采取相应的修复或补救性措施后，将得到有效控制和减缓。总体上，规划实施基本不存在重大制约性环境影响。

2007 年 1 月 25 日，四川省环境保护局以川环函[2007]162 号文下达了《关于提交“雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书”及审查意见的函》，原则同意作为规划环评推荐方案。

2013 年 6 月，中国水电工程顾问集团公司完成了中下游回顾性影响评价第一阶段成果，并于 7 月通过了环境保护部组织的专家论证。审查意见根据“在做好生态保护的前提下积极发展水电”要求，同意《研究报告》从环境敏感对象、环境限制性因素等角度综合分析提出的雅砻江中下游干流未建梯级电站开发时序意见，即：两河口、牙根一级、牙根二级、孟底沟、杨房沟和卡拉 6 个梯级环境影响较小，可适时开发；楞古梯级存在环境制约性因素，须论证环境影响可控及环境保护措施可行后再有序推进。

11.1.3 工程概况

卡拉水电站为雅砻江中游河段一库七级开发的第七级，上游连接杨房沟水电站，下游为雅砻江下游锦屏一级水电站，工程的开发任务为发电。电站工程属大(2)型工程，电站装机容量 1020MW，多年平均发电量 45.527 亿 kW·h，保证出力 351MW。电站水库正常蓄水位 1987m，死水位 1982m，水库为日调节水库，正常蓄水位对应库容 2.38 亿 m^3，死库容 2.01 亿 m^3，调节库容 0.37 亿 m^3。卡拉水电站为堤坝式开发，包括拦河大坝、泄洪消能建筑物、引水发电系统等主要建筑物。拦河大坝坝型采用碾压混凝土重力坝，坝顶高程 1995.00m，最大坝高 126.0m；枢纽泄洪消能采用坝身表、中孔加坝下跌坎底流消力池方案；引水发电采用 4 洞 4 机布置方案。

卡拉水电站建设征地影响共涉及凉山州木里县的 2 个乡 8 个行政村 17 个村民小组。工程征占地总面积为 1224.51hm^2，全部位于木里县，其中水库淹没区 777.37hm^2(含位于水库淹没区内的施工用地 61.09hm^2)，枢纽工程建设区 320.62hm^2，移民安置区 126.52hm^2。至规划水平年，工程生产安置人口为 589 人，采用以农业安置为主，其他非农安置为辅的方式；搬迁安置人口为 1082 人，采用集中安置与分散安置相结合的方式。

施工期工期为6年11个月（83个月），施工期平均人数为3200人，施工高峰年平均人数为4500人。工程总投资117.25亿元，其中环境保护工程投资42932.36万元（含水土保持工程），占工程总投资的3.66%。

11.1.4 方案合理性分析

(1) 卡拉水电站工程属于《产业结构调整指导目录(2011年本2013年修订)》(发展改革委令2013第21号令)中鼓励类的电力项目，工程建设符合国家产业政策要求。

(2) 工程建设符合国家、四川省、凉山彝族自治州以及木里藏族自治县的国民经济和社会发展"十二五"规划要求。

(3) 工程的建设及其开发任务均符合《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划报告》。

(4) 与流域综合规划的一致性分析

根据《长江流域综合规划（2012～2030年）》，雅砻江治理开发与保护的主要任务是水力发电、供水与灌溉、防洪、跨流域调水、水土保持和水资源保护。卡拉水电站是该规划中雅砻江干流规划建设的22座梯级电站之一，除了本身具有较大的发电效益外，还具有促进西部大开发和少数民族地区经济社会发展等社会效益。因此，卡拉水电站工工程建设符合该流域综合规划要求。

(5) 与生态功能区划一致性分析

① 与全国生态功能区划的符合性分析

根据《全国生态功能区划》，卡拉水电站工程所在区域属于"I生态调节功能区～04生物多样性保护功能区～20 沙鲁里山南部暗针叶林生物多样性保护三级功能区"，不属于《全国生态功能区划》中的全国重要生态功能区域。

根据生物多样性保护生态功能区生态保护要求，卡拉水电站建设不会减少区域的生物多样性，在做好防护的情况下，不会带入外来入侵物种，本工程在施工期和运行期将采取严格的动植物保护措施，避免乱砍滥伐，保护区域生态环境。因此，卡拉水电站建设与《全国生态功能区规划》的有关要求是符合的。

② 与四川省生态功能区划的符合性分析

根据《四川省生态功能区划》，本工程位于"Ⅱ川西南山地亚热带半湿润气候生态区"的"Ⅱ-1沙鲁里山南部亚高山暗针叶林生态亚区"内，分属"Ⅱ-1-1木里—九龙林牧业与水源涵养生态功能区"。卡拉水电站属于水电能源工程，符合该区建设水电能源生产

基地的发展方向。在工程建设中将采取有效措施治理环境污染和恢复自然植被，避免或减轻水土流失和对生态环境等不利影响。因此，本工程的建设符合《四川省生态功能区划》的要求。

(6) 与主体功能区划的符合性分析

① 与全国主体功能区规划的符合性分析

根据《全国主体功能区规划》，卡拉水电站工程所在区域属于“川滇森林及生物多样性生态功能区”限制开发区域中的重点生态功能区，以保护生物多样性为目。卡拉水电站的建设，属于清洁能源项目，不属于大规模高强度工业化城镇化开发项目。在施工期将对施工区范围内的生态环境造成一定不利影响，并且增加水土流失，但是此影响仅限于施工期间占地内，影响时间和影响范围较小。在本工程建设过程中，将切实贯彻“三同时”制度，及时恢复植被、加强水土流失防治，有效避免或减轻对生态环境的不利影响。因此，卡拉水电站建设与《全国主体功能区规划》的有关要求是符合的。

② 与四川省主体功能区规划的符合性分析

根据《四川省主体功能区规划》，卡拉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。卡拉水电站属于能源开发项目，是该区域允许开发的项目类别；虽然水库蓄水将淹没河谷区植被，但受影响植被以干旱河谷稀树灌木草丛、山地灌草丛和农田为主，作为区域“地带性”、“代表性”和“天然植被的顶级植物群落”的偏干性常绿阔叶林主要分布于海拔 3200m 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；同时工程通过划定鱼类栖息地保护范围并进行人工生境修复，在一定程度上可实现河流水生态一定程度的恢复。由此可见，建设卡拉水电站不会影响该区的主体功能定位，与其保护要求总体相符。

综上可见，卡拉水电站的建设与《四川省主体功能区规划》对所在区域的主体功能定位和管理要求总体相符。

(7) 从环境保护角度分析，工程的正常蓄水位方案、坝址方案、渣场选择、料场选择、施工布置等均较为合理。

(8) 工程不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等特殊保护区，不涉及珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的集中自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道等特征敏感区。

11.2 主要环境影响及保护对策措施

11.2.1 水环境

(1) 水环境现状及保护目标

工程涉及的雅砻江干流河段执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类标准。

枯水期，在所有常规监测因子中，所有 7 个监测断面的粪大肠菌群均超过Ⅱ类标准；硫化物监测因子，仅三岩龙河监测断面符合Ⅱ类标准，其余 6 个断面均超过Ⅱ类标准；其余常规监测因子、所有监测断面均符合Ⅱ类标准。平水期，所有常规监测因子、所有监测断面均符合Ⅱ类标准。粪大肠杆菌、硫化物出现超标，主要是由于工程区域所处偏远农村，两岸居民生活污水、农业污染面源对水质造成的影响。

由于雅砻江水位较低，江水难以利用，加之水质不稳定，工程所在雅砻江河段沿岸居民生活和工农业用水大基本上取自海拔相对较高的支沟。

(2) 环境影响

卡拉坝址多年平均流量为 905m^3/s，历年实测最小流量为 146m^3/s 作为最小下泄流量。卡拉水电站初期蓄水和运行期，最小下泄流量为 146m^3/s。特殊生态需水期 4～9 月份，卡拉电站制造 3～4 个不参与日调峰的 10～15 日洪水过程。

水库初期蓄水期间，蓄水期间库水位低于 1917.94m 时由 2#导流隧洞右进口下泄不小于 146 m^3/s 的生态流量水，库水位高于 1922.40m 时由生态泄放底孔泄放，库水位高于 1934.49m 时由泄洪中孔通过弧形调解闸门下泄生态流量至满足机组发电下泄基荷流量。运行期，可通过机组承担基荷发电下泄最小生态流量，满足下游用水需求，在 4 台机组全部维修或发生故障时，利用生态流量泄放孔下泄最小生态流量。

卡拉水库建成后，相比于天然情况下 P=5%的流量时，建库后库区水面面积增加约 3.96km^2，库区水体体积增加 1.85 亿 m^3，坝前水位增加 61m，库区平均水深增加 14.3m，平均水面宽度增加 135m。

(3) 保护措施

施工期，采用沉淀、混凝、高效旋流澄清对砂石料系统废水进行处理，处理后回用于砂石料系统生产用水；采用沉淀法对混凝土系统冲洗废水进行处理后回用于混凝土拌和用水；施工工厂区含油废水经隔油池进行除油处理后与其它施工工厂废水汇合进行进一步的气浮处理后，回用于道路和施工场地洒水或绿化；生活污水经隔油池和化粪池后进行生化处理，出水经消毒后回用于营地内的景观绿化用水、营地内外公路两侧绿化用

水；施工工区各类污废水处理后合理回用，不排入雅砻江。

严格按照规范进行库底清理；运行期生活污水经处理后用于厂区和业主营地绿化用水；运行期厂房废油收集后进行专门处置，油污水经油水分离器处置后回用于厂房绿化；控制库周污染源，保护植被。

11.2.2 生态环境

评价区植被属于川东盆地及川西南山地常绿阔叶林亚带——川西南山地偏干性常绿阔叶林亚带——川西南河谷山原植被地区——木里山原植被小区。评价区按照植被分成干旱河谷区、阶地农田区和高山森林-灌丛-草地区 3 个垂直分布带。雅砻江卡拉水电站评价区共有维管植物 462 种，隶属于 104 科 296 属，其中蕨类植物 9 科 13 属 19 种，裸子植物 3 科 9 属 15 种，被子植物 92 科 274 属 428 种。评价区内有国家Ⅱ级重点保护植物 3 种，分别为油麦吊云杉（*Picea brachytyla* var. *complanata*）、金铁锁（*Psammosilene tunicoides*）和山莨菪（*Anisodus tanguticus*）。无挂牌保护的古树名木分布。

水库淹没区无国家和省级重点保护两栖类和爬行类动物；有鸢、雀鹰、普通鵟、红隼 4 种国家 II 级重点保护鸟类，它们在河谷上部空中飞翔觅食，以及省级重点保护鸟类白喉针尾雨燕和普通夜鹰会在工程水库淹没区活动。

(1) 环境影响

工程不会对评价区景观生态体系的稳定产生显著影响。工程永久和临时占地对评价区各植被类型的绝对面积和相对比例的影响均较小。工程蓄水淹没对干旱河谷稀树灌草丛的影响有限。工程施工占地及水库淹没区不涉及珍稀保护植物及古树名木，因此，工程施工及水库淹均不会对其造成影响。

工程施工占地及水库淹没区有国家 II 级重点保护鸟类、以及省级重点保护鸟类鹰鹃分布，这些鸟类多为猛禽，活动能力强、活动范围大，工程施工对其栖息繁殖影响较小。国家 II 级重点保护兽类水獭可能在水库淹没水域出现；据现有资料，水獭为觅食可游 20 km，可见其活动范围大、活动能力强，工程建设对其影响较小。

由于大坝阻隔后，鱼类下行交流的通道并未完全阻断，仅卡拉水电站的阻隔影响相对较小。只要加强管理和救护，就能有效缓解施工期对鱼类资源的不利影响。

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。

(2) 保护措施

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。工程施工及水库淹没区不涉及珍稀保护野生植物，保护措施主要以预防为主。施工开始前，聘用专业技术人员，对施工区范围内进行珍稀植物调查，对新发现的珍稀植物进行就地保护和移植保护。加强施工期间的管理，建立健全施工管理制度，加强宣传教育，禁止施工人员和当地居民捕杀国家重点保护动物。

包括生境保护措施（现有生境保护及人工生境营造）、减缓阻隔效应的措施、鱼类增殖放流等措施。近期放流对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、鲈鲤，中远期放流对象为青石爬鮡和松潘裸鲤等鱼类，并开展相关人工繁殖、驯养技术研究；建议业主与有关科研院所合作，开展相关研究，以有效保护水生生境和鱼类资源；开展鱼类监测工作，每年 1~2 次。

11.2.3 环境空气和声环境

(1) 环境现状

评价区环境空气和声环境良好，TSP 指标符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996，2000 年修改）二级标准，各监测点的昼夜噪声监测结果均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）相应的 1 类和 4a 类标准。

(2) 环境影响

① 声环境

本工程共 2 处敏感目标，经预测，施工期岗尖村昼夜噪声均达标，下田镇村共 2 户房屋超标，昼间超标 4.15dB，夜间超标 7.03dB，需采取相应降噪措施。

② 环境空气

根据类比分析，各敏感点环境空气质量符合环境空气质量二级标准。

(3) 保护措施

① 声环境

在下田镇村临路设立限速标志和禁鸣标志 2 处，同时通过施工安排，减少噪声超标敏感点附近道路的夜间行车数量，对超标的 2 户房屋安装通风隔声窗。施工运输车辆经过敏感区段时要减速，不得高于各道路设计时速要求，禁止高音鸣号，尽可能减少夜间车辆行驶。

② 环境空气

工程爆破优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等技术，凿裂、钻孔、爆破尽量采用湿法作业，降低粉尘。

砂石料加工系统应采用湿法或半干法破碎的低尘工艺；对各砂石料和混凝土加工系统附近进行定时洒水降尘，洒水时间为晴天每隔 2 小时一次。

配备洒水车 1 辆，在无雨日要求 1 天洒水 4~5 次，特别要加强沿线村庄、承包商营地和业主营地附近道路的洒水抑尘工作。

11.2.4 移民安置区环境

(1) 移民安置区环境现状

麦地龙乡集中安置点为人类已经开发的区域，生态环境现状一般，占地以农田为主，占地不涉及珍稀保护植物。

(2) 移民安置环境容量和环境适宜性

根据本阶段移民安置成果，移民安置主要采用集中安置与分散安置相结合的方式进行，仅在木里县麦地龙乡集镇设置一处集中移民安置点。在进行土地开发改造、建设配套供水设施后，本工程移民安置区环境容量满足移民安置需求。

(3) 移民安置环境影响

通过耕地开垦、改善灌溉条件等，移民搬迁后的生产生活条件将好于现状。

移民安置将对安置区的生态环境、施工期间的大气环境和声环境等产生一定的影响；对于移民的风俗习惯及传统文化等基本无影响。

(4) 移民安置区环境保护措施

移民安置区生活污水通过成套生活污水处理设施处理后达标排放，生活垃圾分类处理；移民搬迁至安置点之前，对有关疾病传染源和传播媒介进行杀灭，降低虫媒传染性疾病的发病率；土地开发整理过程中，高于 25°或沟壑中的林地予以保留，耕地则退耕还林，禁止乱砍滥伐现象出现；认真落实移民后期扶持基金，制定并落实各项优惠政策和技术服务，维护移民传统文化及习俗。

11.2.5 其他环境影响

(1) 人群健康

由于经济发展和卫生条件的持续改善，除介水传染病以外，其他传染病的发病率将持续走低。然而，施工期间外来人员的进驻，生产和生活过程中将产生大量的污废水，将加大病原传播的可能性。若采取有效饮用水净化处理、粪便集中无害化处置、食物残渣无害化处理等防治措施，介水传染病的暴发和流行的可能性可降至最低。

(2) 固体废弃物

工程施工期间将产生一定的生活垃圾等固体废弃物，若不妥善处置，对周边环境会

有一定的影响。拟对施工期生活垃圾和运行期生活垃圾采取集中收集定期外运处置。

(3) 社会环境

工程建设将促进当地社会经济的发展；对当地的土地利用影响较小；对供水、灌溉基本没有影响；有利于当地旅游业的发展；工程将兴建大量的场内及对外交通道路，使该地区交通条件得到明显改善。

(4) 环境风险

工程建设期间，存在潜在的事故风险和环境风险，主要包括：加油站、炸药库事故风险、森林火灾风险及下游用水风险等，发生事故风险时会对周边环境带来一定的不利影响，须采取相应的事故防范措施和风险应急预案。

11.2.6 公众参与

雅砻江流域水电开发有限公司（原二滩公司）委托我院进行项目的环境影响评价工作后，我院即根据《环境影响评价公众参与暂行办法》相关要求，在工程涉及的木里县博窝乡、麦地龙乡、卡拉乡进行了第一次张贴公示。本次公示时间为2010年4月～5月期间，公示内容包括工程基本情况、建设单位和环评单位名称和联系方式、环境影响评价的工作程序和主要工作内容、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要方式等。在一次公示期间，建设单位、环评单位和地方环保部门均未收到公众反映有关环境保护方面问题的信息。2015年1月23日至2月5日进行了第二次公示，公示期间，建设单位、环评单位和地方环保部门均未收到公众反映有关环境保护方面问题的信息。环评编制阶段在工程涉及的凉山州、木里县及卡拉乡、麦地龙乡通过多次问卷调查，开座谈会等形式，广泛征求环境保护方面公众意见和建议。经调查，所有团体和个人从环境保护角度均支持本工程建设。

11.3 综合评价结论

综上所述，雅砻江卡拉水电站的建设符合《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划报告》，符合我国可持续发展战略和能源发展战略，有利于改善四川电力系统电源结构和生态环境保护，有利于加快雅砻江水电基地开发和带动民族地区经济发展，有利于共建和谐社会，经济效益、社会效益和环境效益显著。在落实报告书提出的各项保护措施和要求后，工程建设的不利环境影响可以消除或减缓，从环境保护角度分析，本工程的建设是可行的。

附件 关于委托编制《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》的函

二滩水电开发有限责任公司文件

二滩规〔2011〕642号

关于委托编制《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》的函

中国水电顾问集团华东勘测设计研究院：

雅砻江是金沙江第一大支流，发源于青海省巴颜喀拉山南麓，在呷衣寺附近进入四川省，于攀枝花市汇入金沙江。雅砻江干流全长1570公里，河口多年平均流量1940立方米/秒。卡拉水电站是雅砻江中游（两河口至卡拉）第七个梯级电站，装机容量98万千瓦，2008年完成预可行性研究，目前正在开展可行性研究工作。

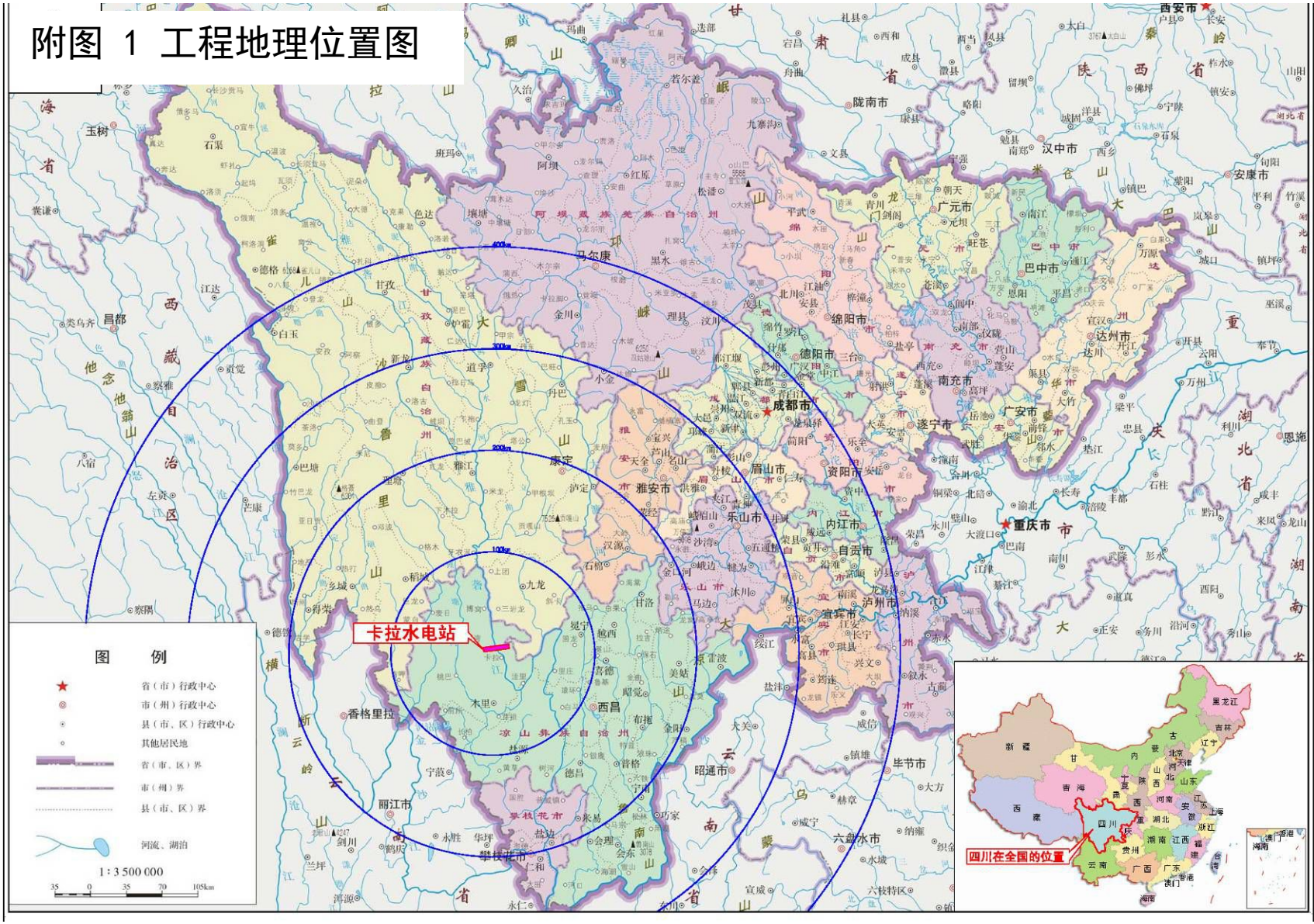
按照《中华人民共和国环境影响评价法》等有关法律、法规的要求，我公司委托你院承担四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书的编制工作。请你院接到此函后尽快开展工作。

此函。

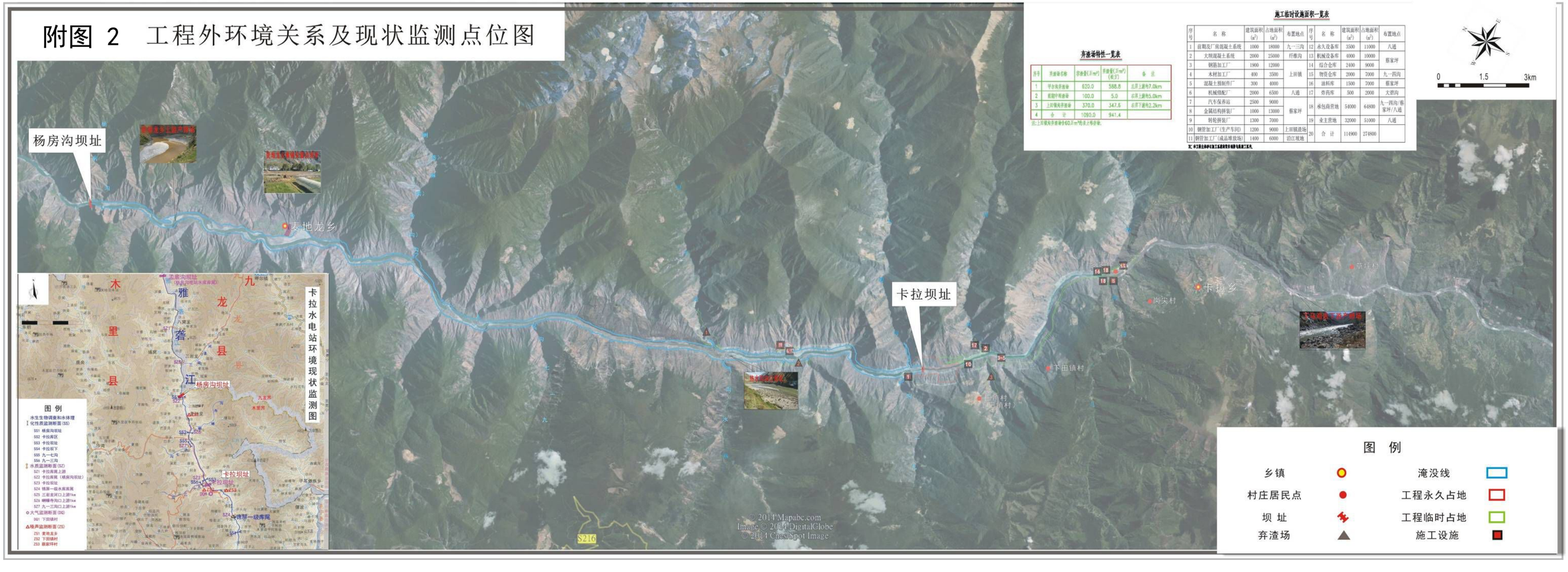
二〇一一年九月二十日

主题词：卡拉 环境影响 报告书 委托 函

附图 1 工程地理位置图


卡拉水电站
图 例
省（市）行政中心
市（州）行政中心
县（市、区）行政中心
其他居民地
省（市、区）界
市（州）界
县（市、区）界
河流、湖泊
1：3 500 000
四川在全国的位置

附图 2　工程外环境关系及现状监测点位图



弃渣场特性一览表

序号	弃渣场名称	容量(万m³)	占地面积(万m²)(亩)	备　注
1	甲尔角弃渣场	620.0	588.8	右岸上游约7.0km
2	前期中转渣场	100.0	5.0	右岸上游约5.0km
3	上坝输库弃渣场	370.0	347.6	右岸下游约2.2km
4	合　计	1090.0	941.4	

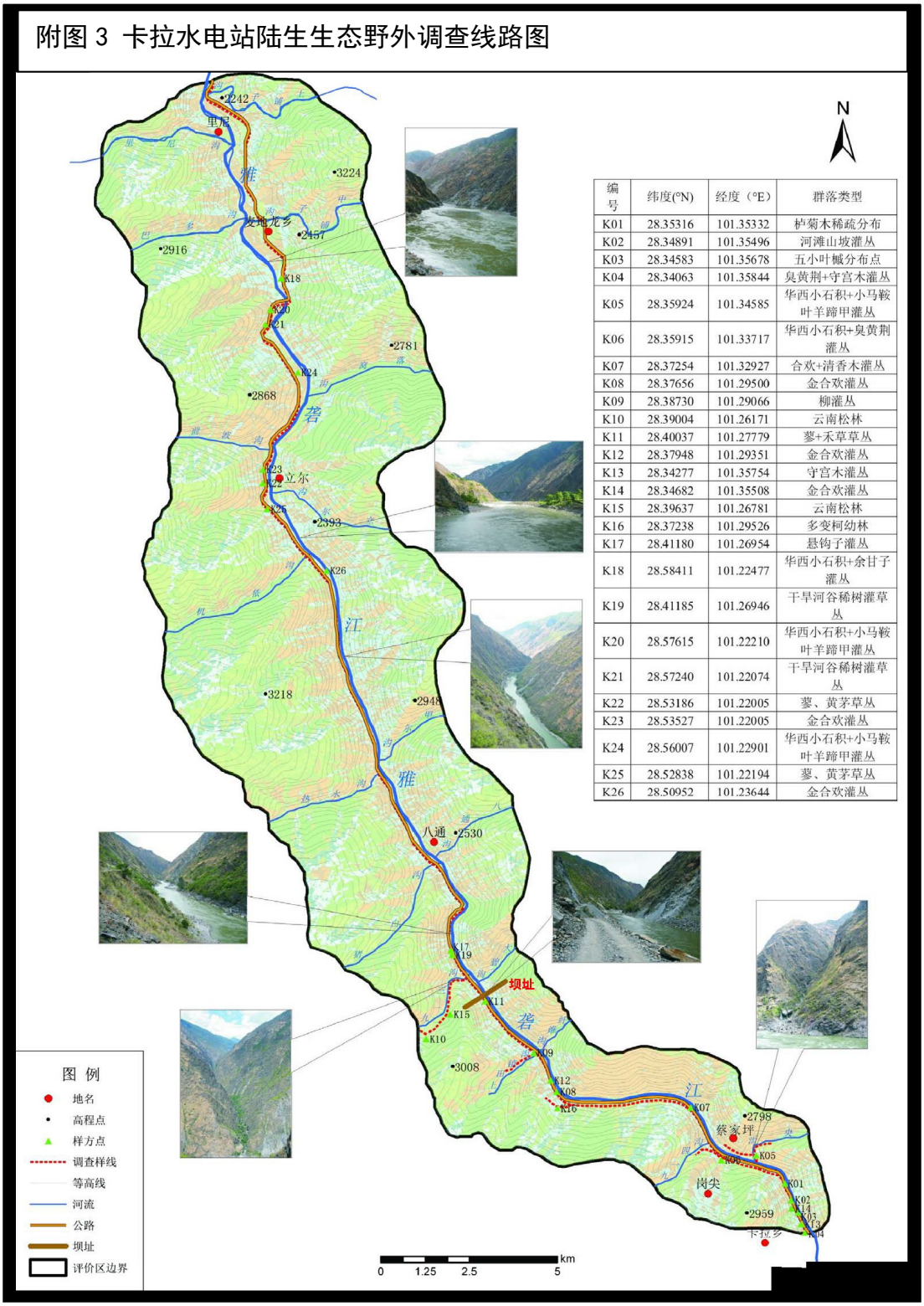
注:上坝输库弃渣容量60.3万m³的渣土等弃渣。

施工临时设施面积一览表

序号	名　称	建筑面积(m²)	占地面积(m²)	布置地点	序号	名　称	建筑面积(m²)	占地面积(m²)	布置地点
1	前期及厂房混凝土系统	1000	18000	九一三沟	12	水久设备库	3500	11000	八通
2	大坝混凝土系统	2000	25000	纤维沟	13	机械设备库	4000	10000	蔡家坪
3	钢筋加工厂	1900	12000		14	综合仓库	2400	9000	
4	木材加工厂	400	3500	上田镇	15	物资仓库	2000	2000	九一四沟
5	混凝土预制件厂	300	4000		16	油料库	1500	2000	蔡家坪
6	机械修配厂	2000	6500	八通	17	炸药库	500	2000	大碧沟
7	汽车保养站	2500	9000		18	承包商营地	54000	64800	九一四沟/蔡家坪/八通
8	金属结构拼装厂	1000	13000	蔡家坪	19	业主营地	32000	51000	八通
9	转轮拼装厂	1300	7000						
10	钢管加工厂(生产车间)	1200	9000	上田镇道坎	20	合　计	114900	274800	
11	钢管加工厂(成品堆放场)	1400	6000	沿江规地					

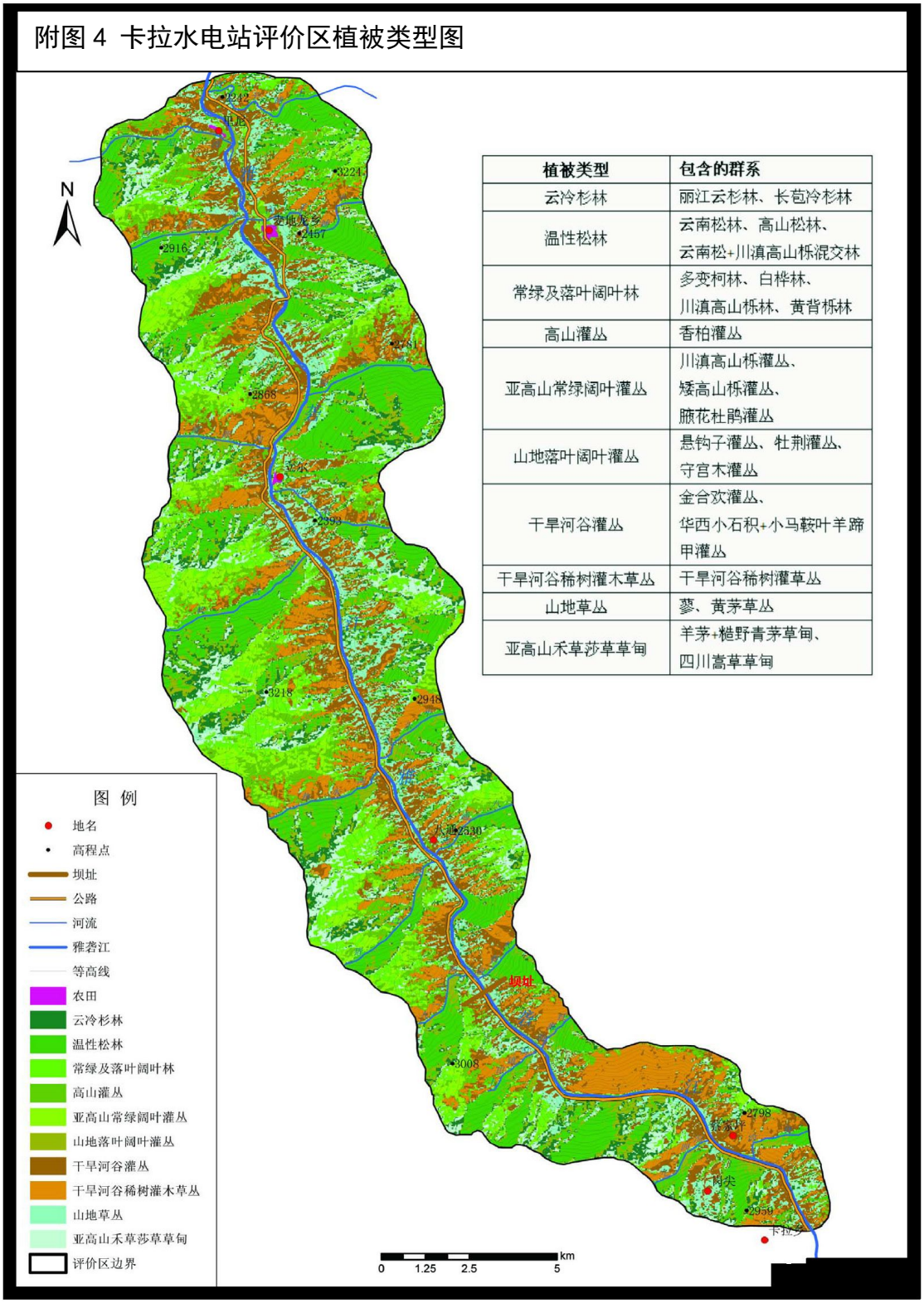
注:本表未包括砂石加工系统和骨料储存场地施工用地。

附图 3 卡拉水电站陆生生态野外调查线路图



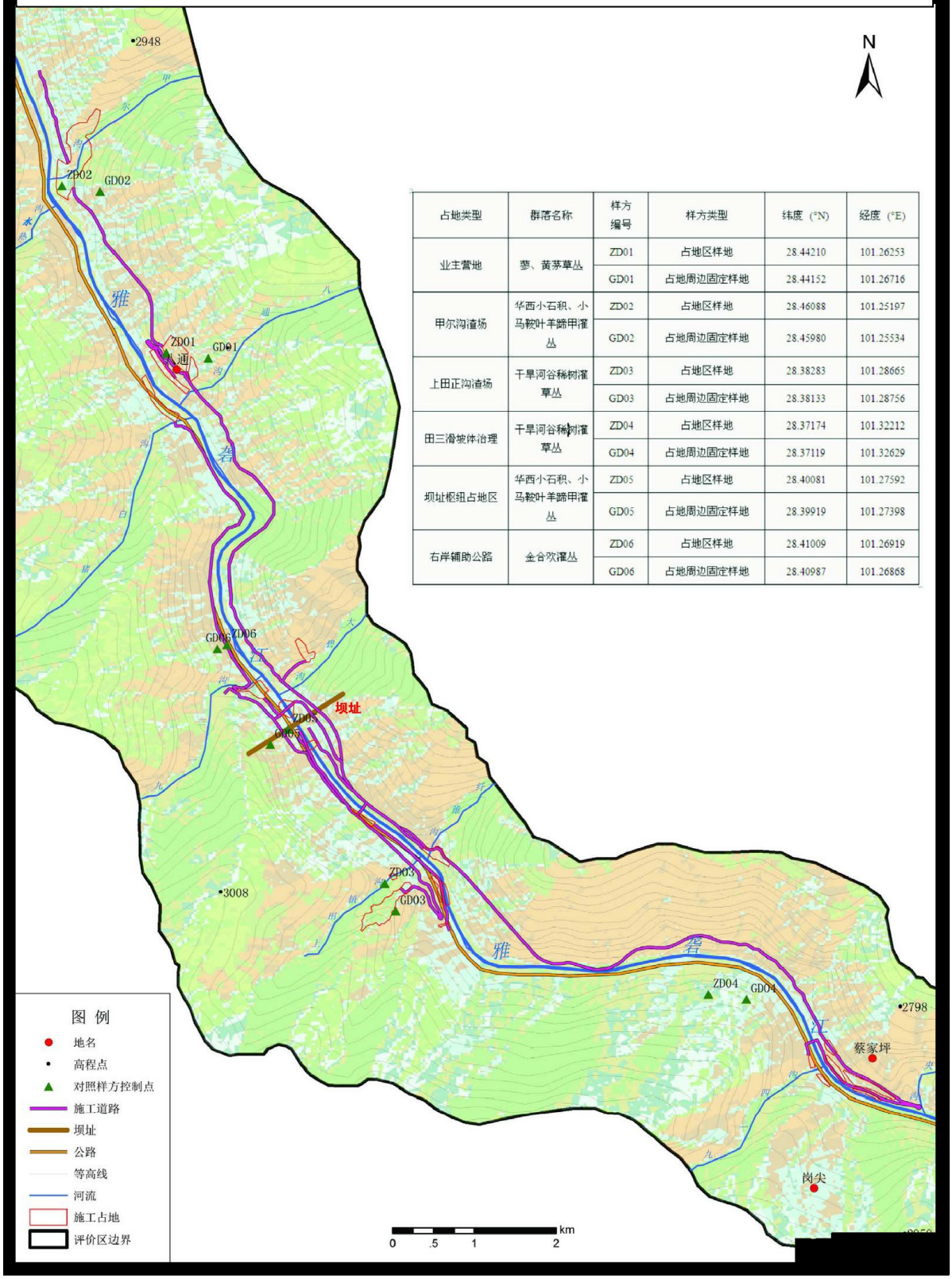
编号	纬度(°N)	经度（°E）	群落类型
K01	28.35316	101.35332	栌菊木稀疏分布
K02	28.34891	101.35496	河滩山坡灌丛
K03	28.34583	101.35678	五小叶槭分布点
K04	28.34063	101.35844	臭黄荆+守宫木灌丛
K05	28.35924	101.34585	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K06	28.35915	101.33717	华西小石积+臭黄荆灌丛
K07	28.37254	101.32927	合欢+清香木灌丛
K08	28.37656	101.29500	金合欢灌丛
K09	28.38730	101.29066	柳灌丛
K10	28.39004	101.26171	云南松林
K11	28.40037	101.27779	蓼+禾草草丛
K12	28.37948	101.29351	金合欢灌丛
K13	28.34277	101.35754	守宫木灌丛
K14	28.34682	101.35508	金合欢灌丛
K15	28.39637	101.26781	云南松林
K16	28.37238	101.29526	多变柯幼林
K17	28.41180	101.26954	悬钩子灌丛
K18	28.58411	101.22477	华西小石积+余甘子灌丛
K19	28.41185	101.26946	干旱河谷稀树灌草丛
K20	28.57615	101.22210	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K21	28.57240	101.22074	干旱河谷稀树灌草丛
K22	28.53186	101.22005	蓼、黄茅草丛
K23	28.53527	101.22005	金合欢灌丛
K24	28.56007	101.22901	华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
K25	28.52838	101.22194	蓼、黄茅草丛
K26	28.50952	101.23644	金合欢灌丛

附图 4 卡拉水电站评价区植被类型图



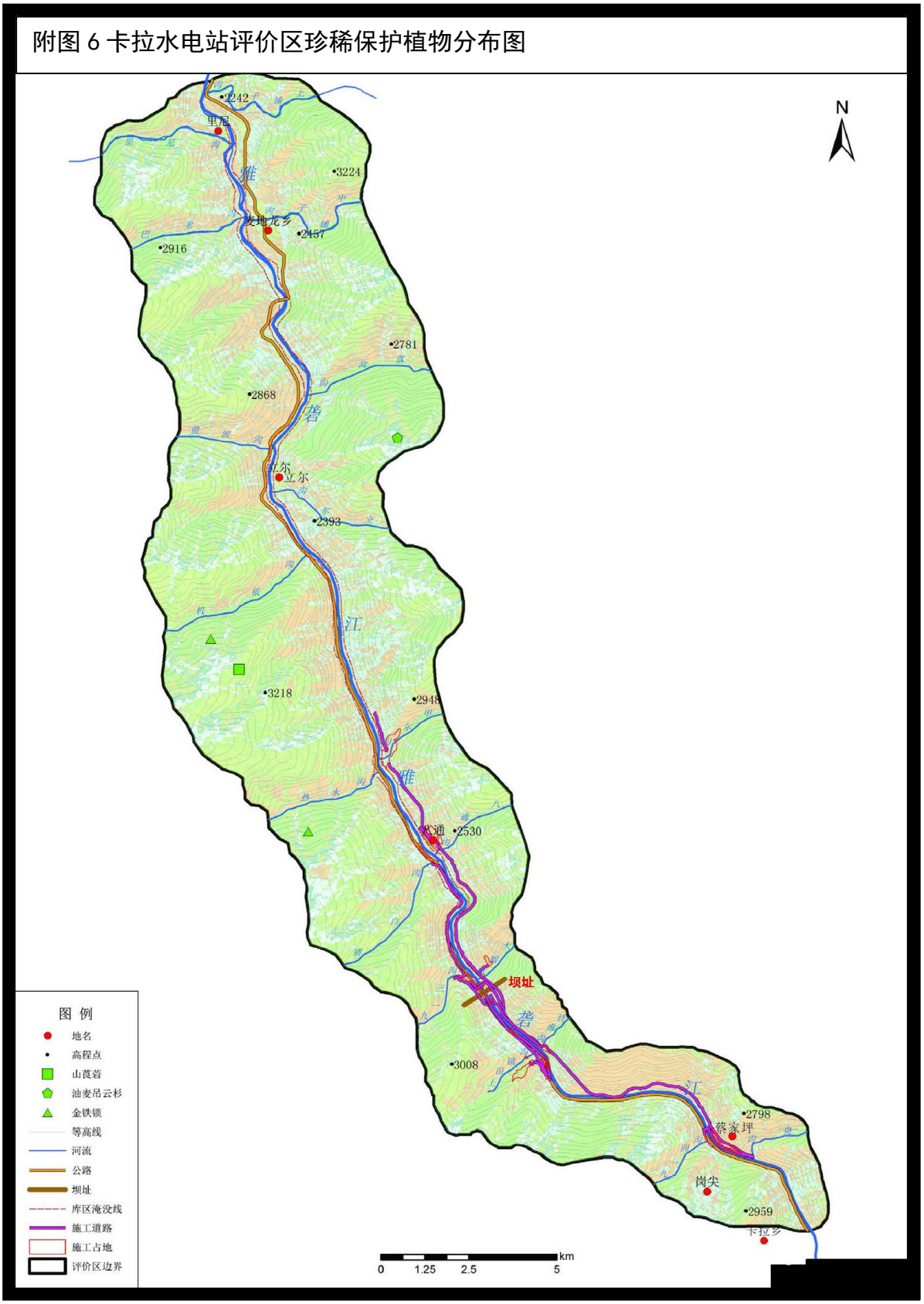
植被类型	包含的群系
云冷杉林	丽江云杉林、长苞冷杉林
温性松林	云南松林、高山松林、 云南松+川滇高山栎混交林
常绿及落叶阔叶林	多变柯林、白桦林、 川滇高山栎林、黄背栎林
高山灌丛	香柏灌丛
亚高山常绿阔叶灌丛	川滇高山栎灌丛、 矮高山栎灌丛、 腺花杜鹃灌丛
山地落叶阔叶灌丛	悬钩子灌丛、牡荆灌丛、 守宫木灌丛
干旱河谷灌丛	金合欢灌丛、 华西小石积+小马鞍叶羊蹄甲灌丛
干旱河谷稀树灌木草丛	干旱河谷稀树灌草丛
山地草丛	蓼、黄茅草丛
亚高山禾草莎草草甸	羊茅+糙野青茅草甸、 四川嵩草草甸

附图 5 卡拉水电站施工占地影响区植被类型图

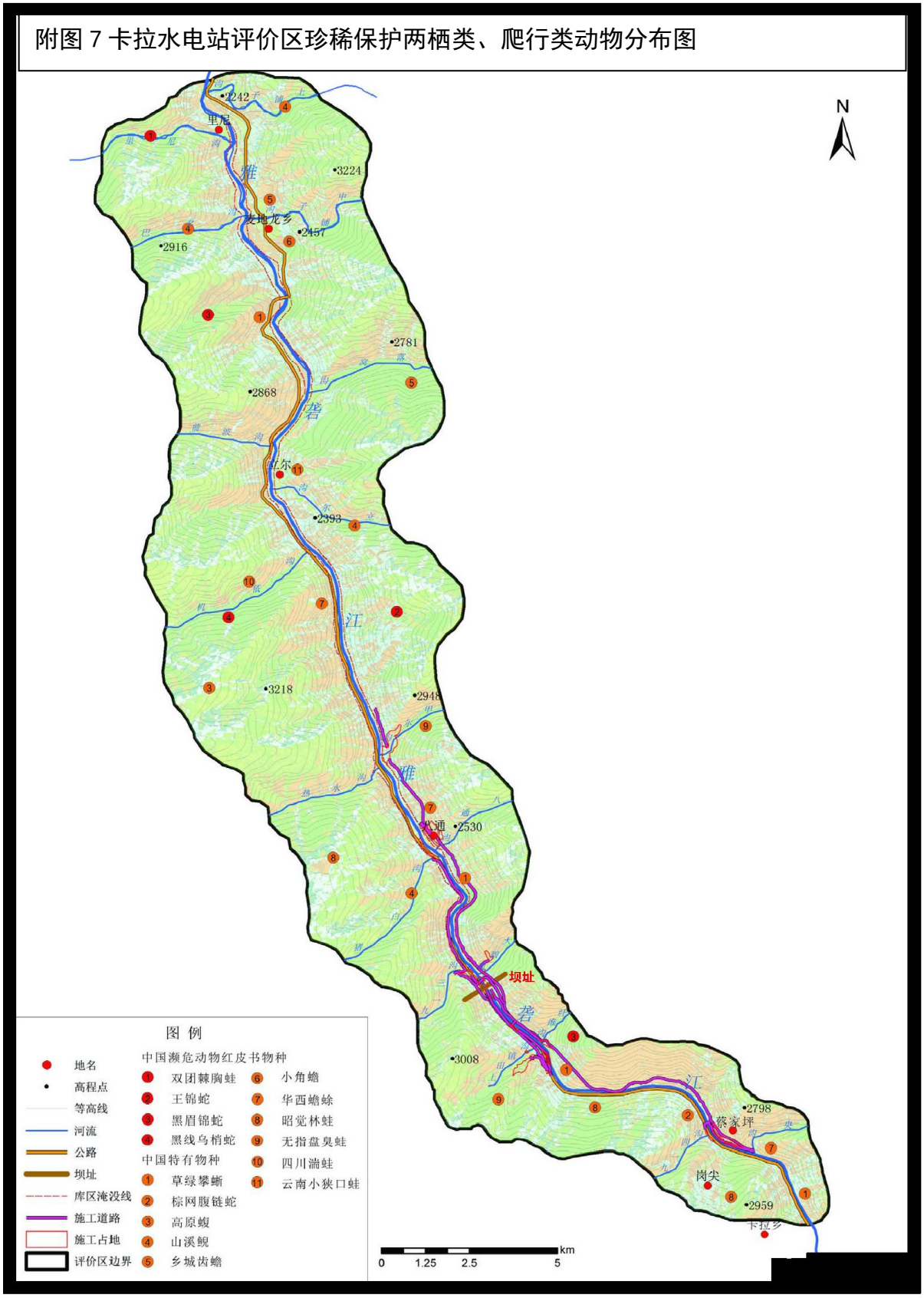


占地类型	群落名称	样方编号	样方类型	纬度（°N）	经度（°E）
业主营地	蓼、黄茅草丛	ZD01	占地区样地	28.44210	101.26253
		GD01	占地周边固定样地	28.44152	101.26716
甲尔沟渣场	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	ZD02	占地区样地	28.46088	101.25197
		GD02	占地周边固定样地	28.45980	101.25534
上田正沟渣场	干旱河谷稀树灌草丛	ZD03	占地区样地	28.38283	101.28665
		GD03	占地周边固定样地	28.38133	101.28756
田三滑坡体治理	干旱河谷稀树灌草丛	ZD04	占地区样地	28.37174	101.32212
		GD04	占地周边固定样地	28.37119	101.32629
坝址枢纽占地区	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	ZD05	占地区样地	28.40081	101.27592
		GD05	占地周边固定样地	28.39919	101.27398
右岸辅助公路	金合欢灌丛	ZD06	占地区样地	28.41009	101.26919
		GD06	占地周边固定样地	28.40987	101.26868

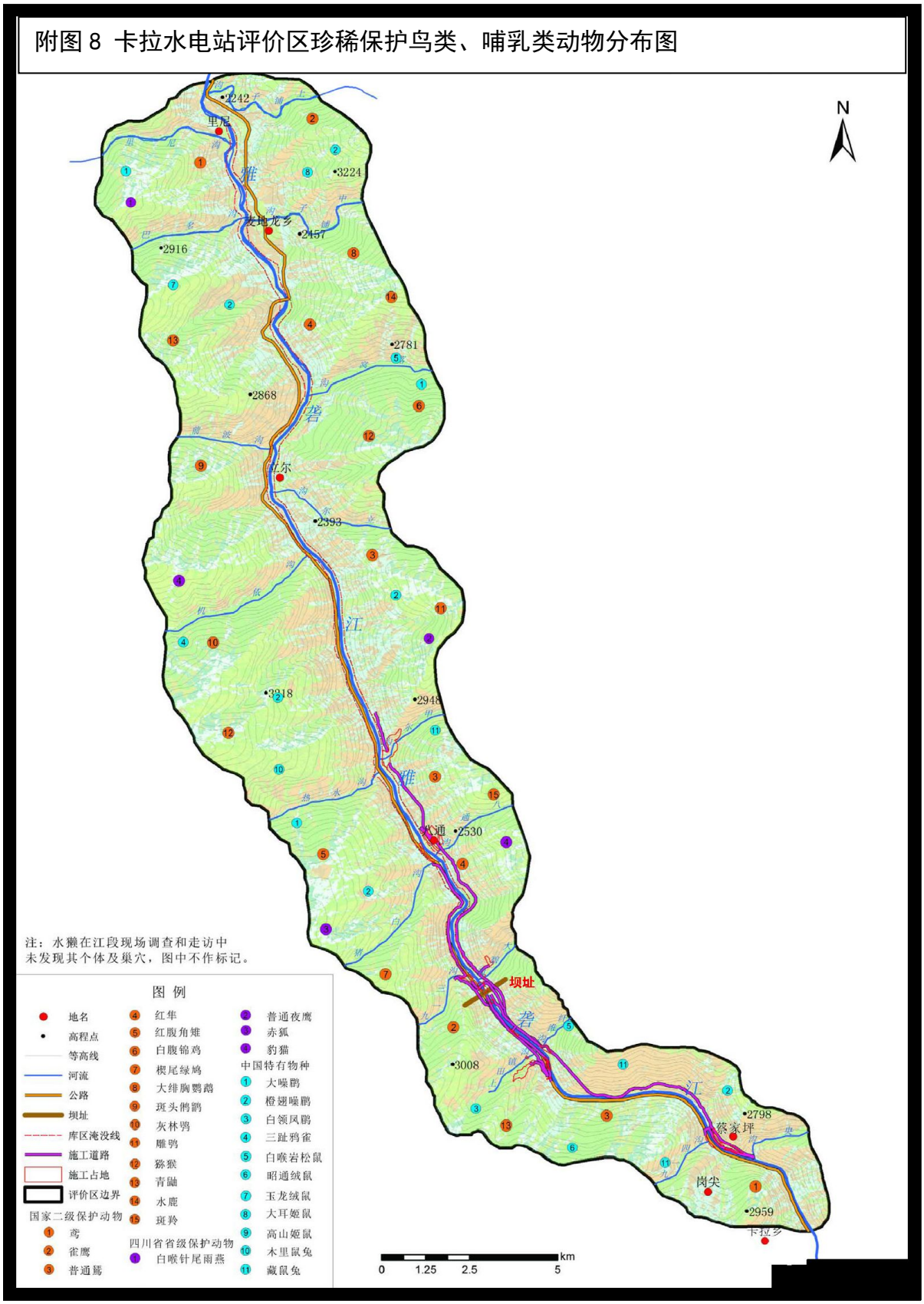
附图 6 卡拉水电站评价区珍稀保护植物分布图



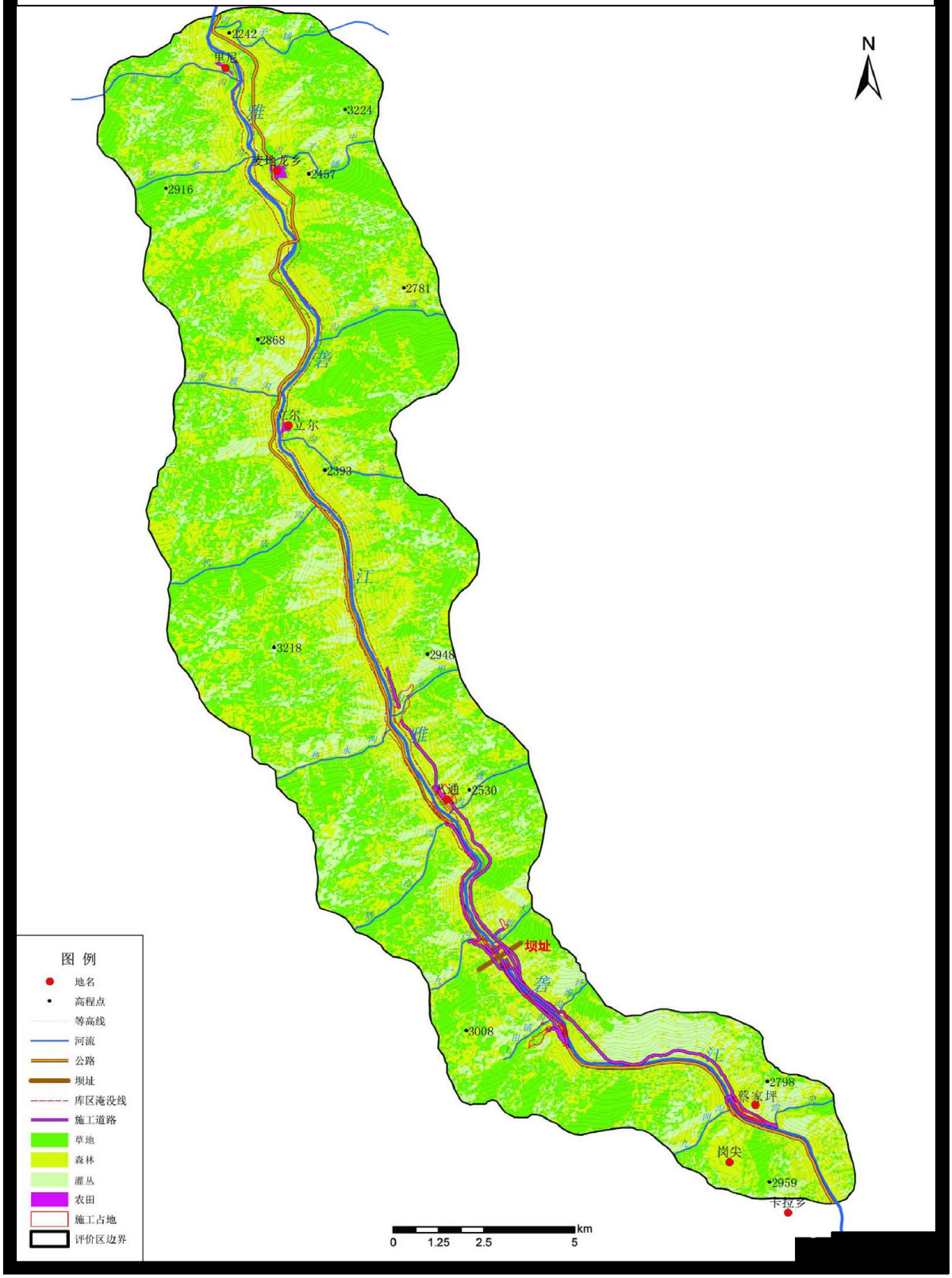
附图 7 卡拉水电站评价区珍稀保护两栖类、爬行类动物分布图

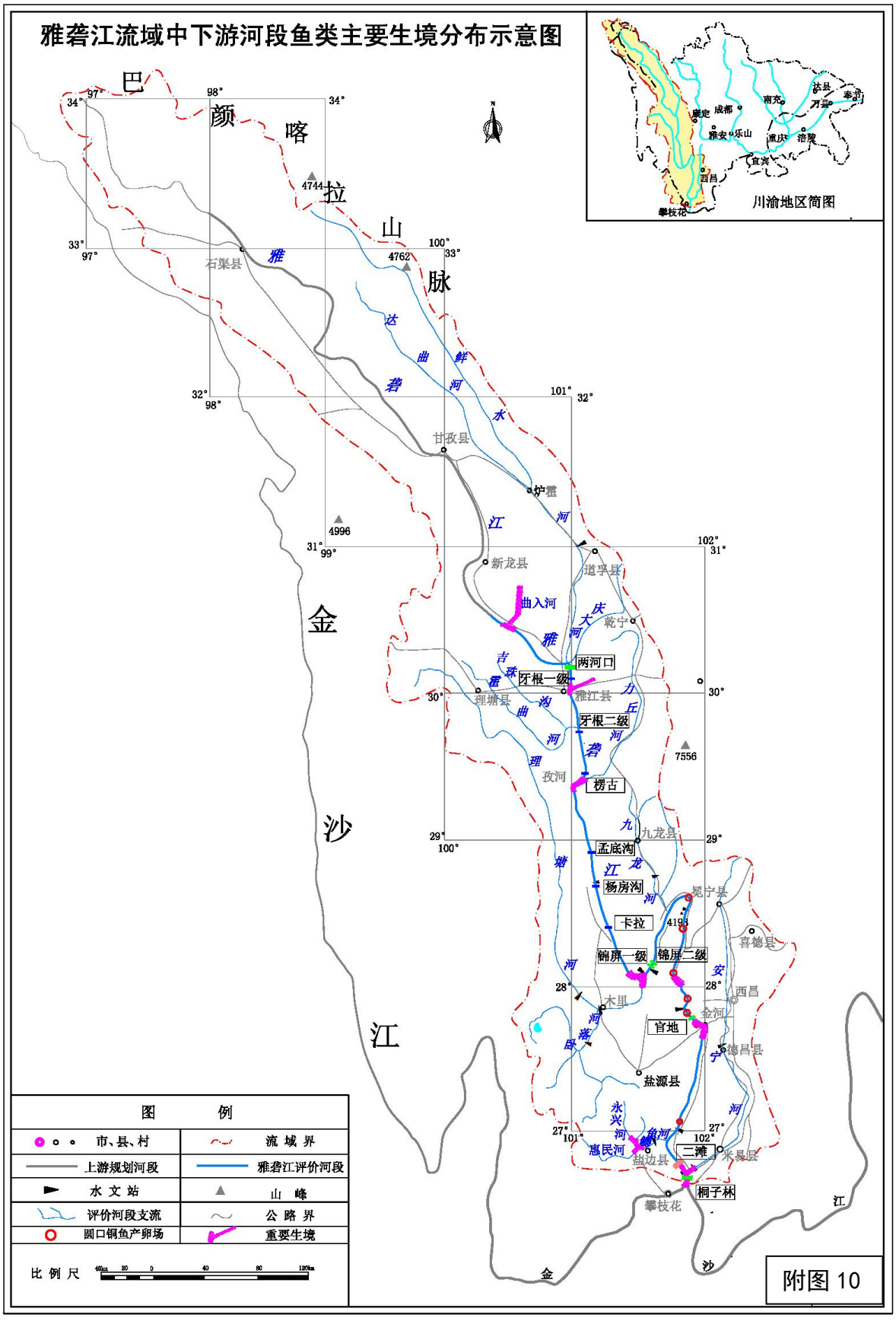


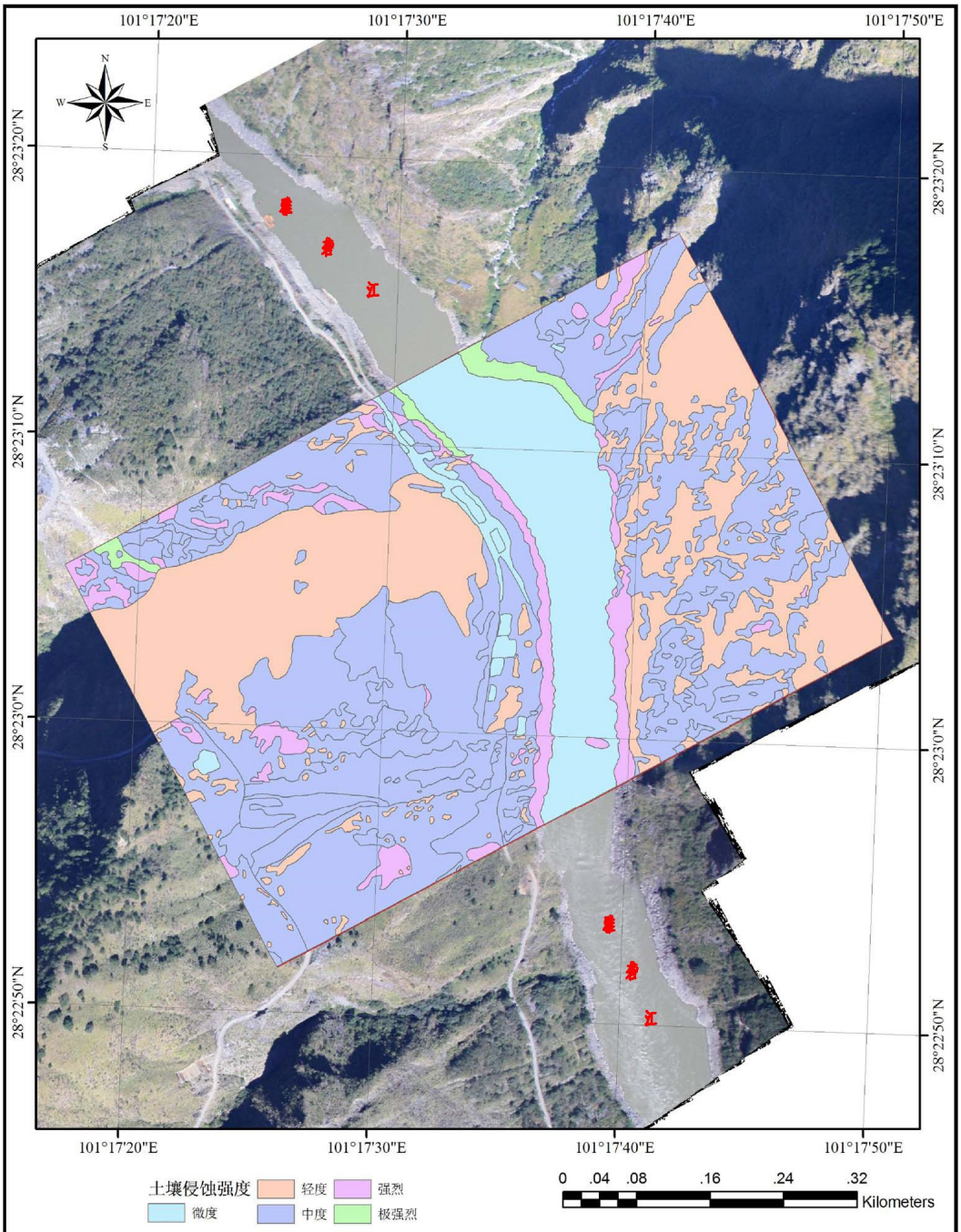
附图 8 卡拉水电站评价区珍稀保护鸟类、哺乳类动物分布图



附图 9 卡拉水电站评价区景观类型图

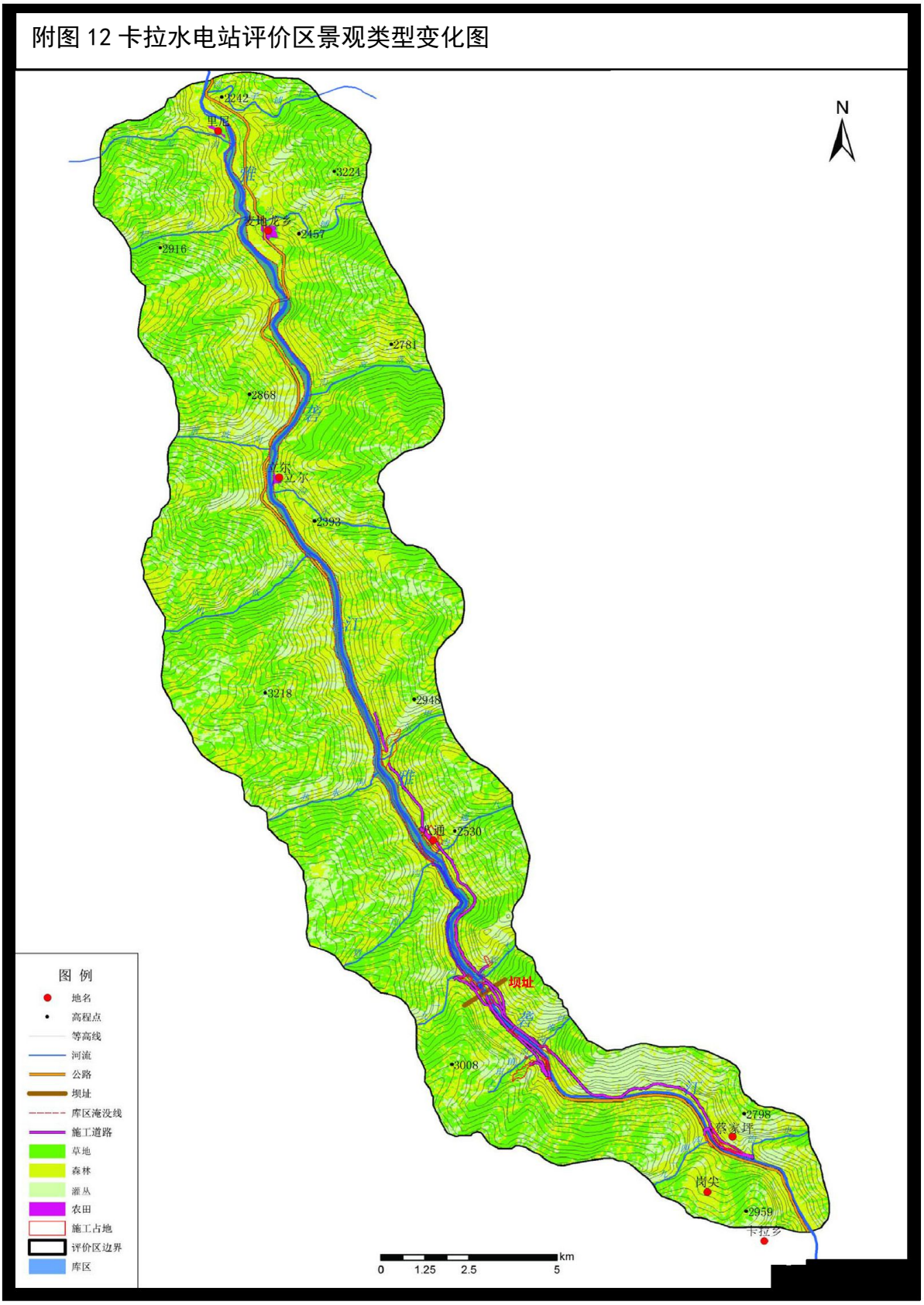


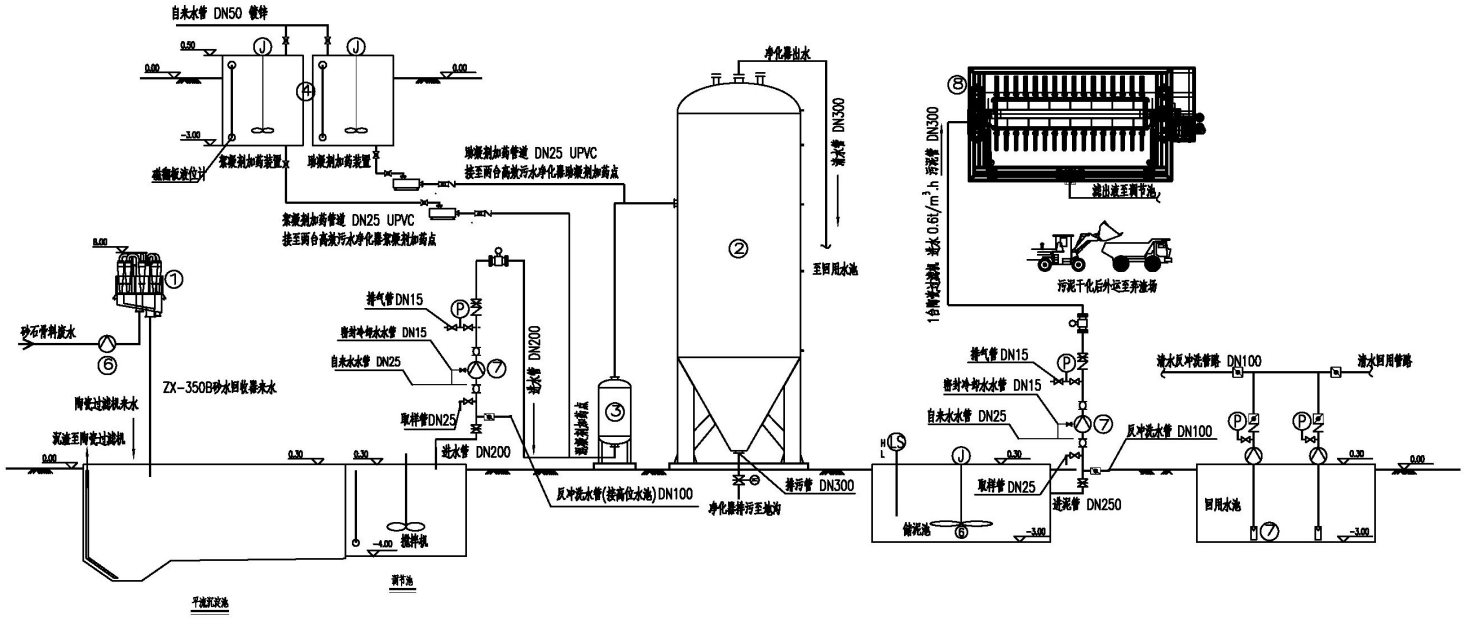

雅砻江流域中下游河段鱼类主要生境分布示意图
巴颜喀拉山脉
金沙江
雅砻江达曲鲜水河
甘孜县
炉霍
新龙县
道孚县
乾宁
雅江县
理塘县
两河口
牙根一级
牙根二级
楞古
九龙县
孟底沟
杨房沟
卡拉
锦屏一级
锦屏二级
木里
官地
盐源县
盐边县
二滩
米易县
桐子林
攀枝花
西昌
金河
喜德县
冕宁县
德昌县
惠民河
永兴河
鱼河
川渝地区简图
图 例
市、县、村
流域界
上游规划河段
雅砻江评价河段
水文站
山峰
评价河段支流
公路界
圆口铜鱼产卵场
重要生境
比例尺
附图 10



附图 11 卡拉水电站评价区水土流失现状图

附图 12 卡拉水电站评价区景观类型变化图





主体设备清单

序号	名称	规格型号	单位	数量	技术参数	备注
①	砂回收装置	ZX-350B	台	3	流量：350m³/h；	两用一备
②	DH高效污水净化器	DH-SSQ-350	台	2	处理能力：350m³/h	
③	高效污水混凝器	DH-HNQ-350	台	2		
④	加药系统	DHJ-350	台	1		
⑤	渣浆泵	40PV-SPR	台	3	流量：17.28~39.6m³/h	两用一备
⑥	真空吸砂机	SHX-35	台	2	流量：35m³/h	两用一备
⑦	潜水泵	200QW-350-6-11	台	6	流量：350m³/h	四用二备
⑧	陶瓷过滤机	LH-80	台	3	0.6t/m².h	两用一备

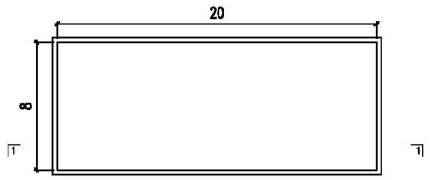
说明：

1、图中高程为相对高程，地面高程±0.00m；

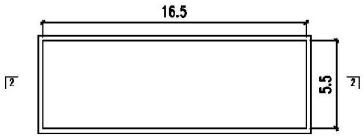
2、场地地面高程为2120m、黄海高程。

上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统工艺流程图

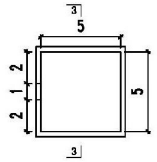
附图 13



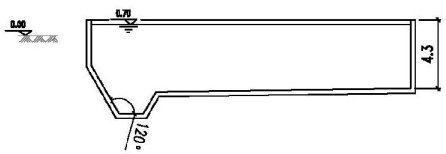
平流沉淀池平面布置图
1:250



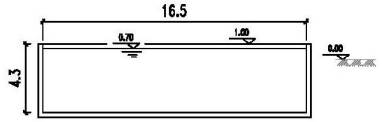
调节池平面布置图
1:250



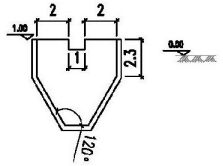
污泥池平面布置图
1:250



1-1
1:250



2-2
1:250

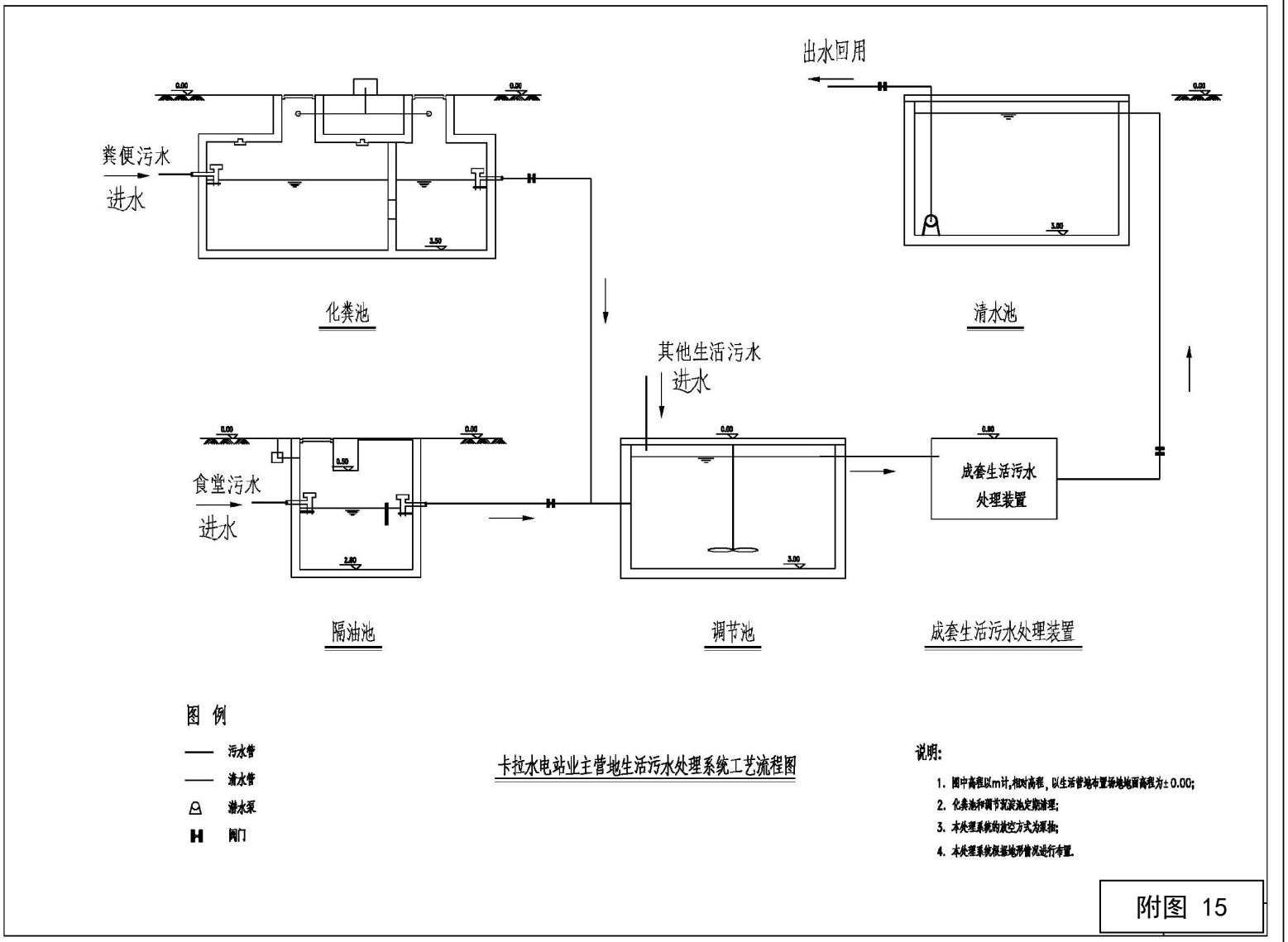


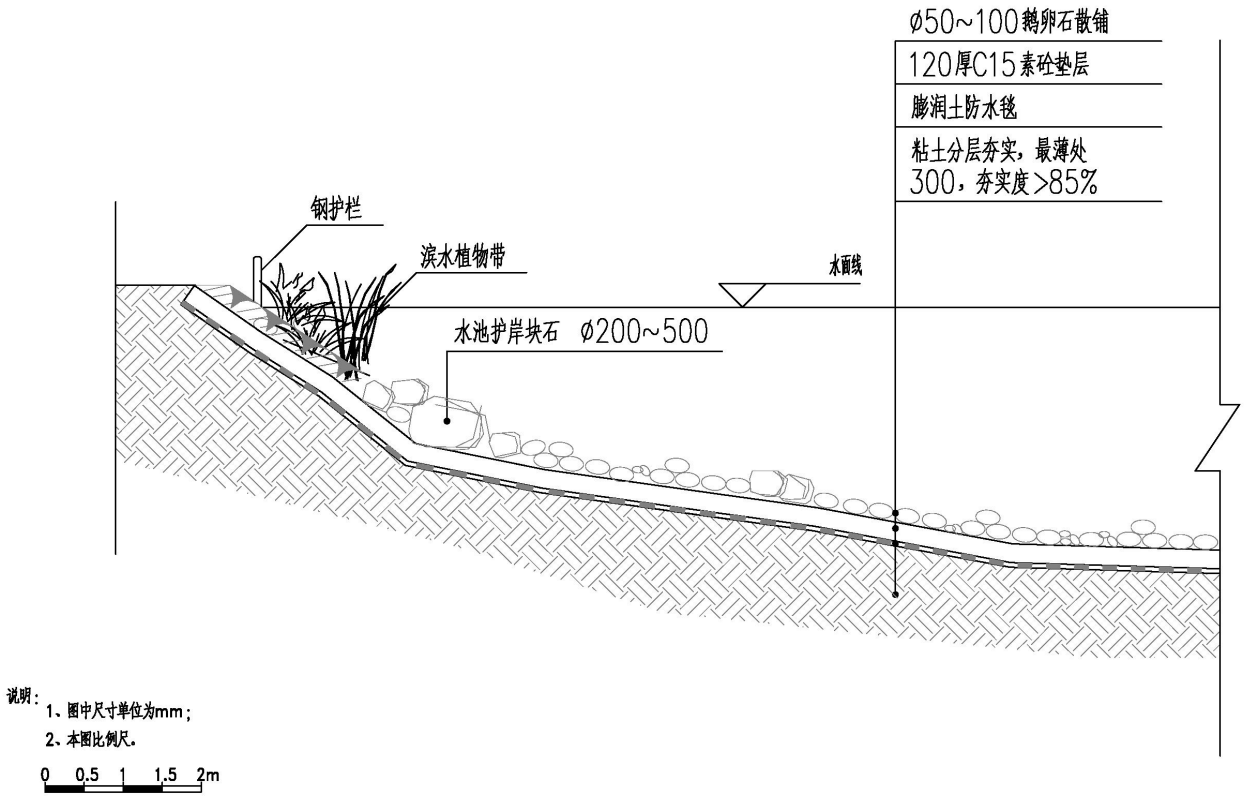
3-3
1:250

说明:
1. 本图尺寸单位以m计;
2. 图中高程以m计,砂石加工系统场地地面高程为±0.00;
3. 图中结构部分仅为示意,建筑物尺寸为工艺尺寸;
4. 本处理系统的池壁采用浆砌石结构,底板采用钢砼结构;
5. 本处理系统采用明渠进水,断面尺寸为 1.0mX0.6m;
6. 水池超高均为0.3m;
7. 本处理系统的放空方式为泵抽.
8. 本图比例尺:
1:250 0 1 2 3m

上铺子沟砂石料冲洗废水处理系统主要构筑物平剖面图

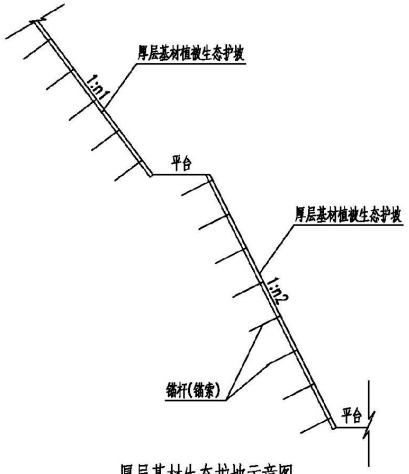
附图 14


出水回用
粪便污水
进水
化粪池
清水池
其他生活污水
进水
食堂污水
进水
成套生活污水
处理装置
隔油池
调节池
成套生活污水处理装置
图 例
污水管
清水管
潜水泵
闸门
卡拉水电站业主营地生活污水处理系统工艺流程图
说明:
1. 图中高程以m计,相对高程，以生活营地布置场地地面高程为±0.00;
2. 化粪池和调节沉淀池定期清理;
3. 本处理系统的放空方式为深抽;
4. 本处理系统根据地形情况进行布置.
附图 15

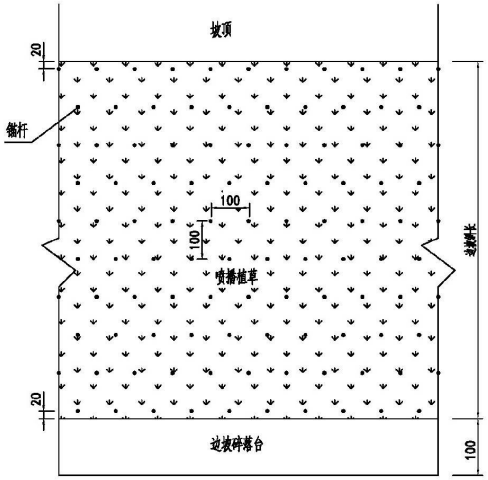


仿生态鱼池典型段剖面图

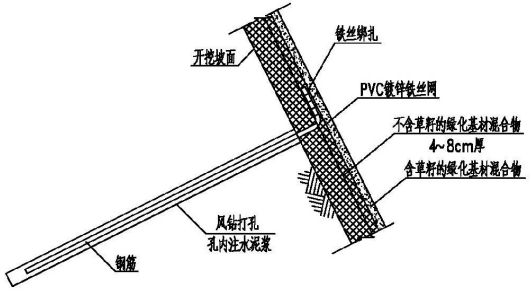
附图 16



厚层基材生态护坡示意图



厚层基材生态护坡平面示意图

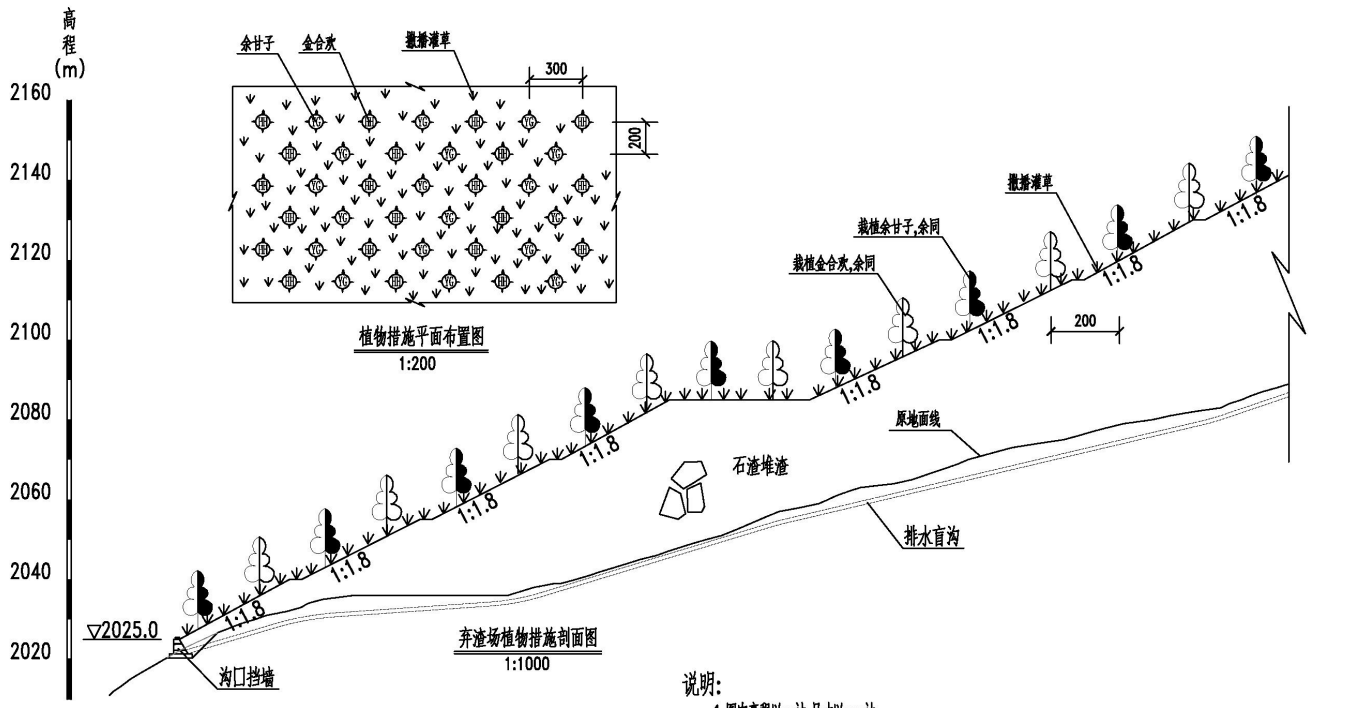


厚层基材生态护坡细部示意图

说明:

1.本图为示意图,无比例;
2.厚层基材植被护坡适用于缓坡平台及坡角陡峭,新鲜岩质开挖边坡;
3.主要施工顺序:开挖边坡 — 人工清坡 — 坡面锚杆施工— 挂镀锌铁丝网 — 砌筑边坡平台 — 施工坡面、下一级平台填土 — 喷播厚层基材 — 养护;
4.采取锚杆施工前,加固局部破碎体或不稳定岩体,确保边坡整体稳定;
5.安装锚杆,同时应保证网处于厚层基材2/3处,喷播前网应张拉紧.
6.采用客土吹附工艺,将不含草籽的绿化基材混合物吹附在边坡网体上;
7.喷播植草选用细质草、灌、基钵子等,按少量多次均匀原则均匀喷洒在工作面上,并加强养护.

附图 17 开挖边坡厚层基材生态护坡典型设计图



植物措施物种种类及配置方式表

图 例	名 称	种植方法	株行距(m)	混交密度
JHH	金合欢	鱼鳞坑整地 株间混交	2.0X3.0	1667株/hm², 1:1混交
YG	余甘子			
	撒播灌草籽,灌木以华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲和牡荆为主,草本以蔓、黄茅和狗牙根为主		灌草1:2混播	80kg/hm²

说明:

1.图中高程以m计,尺寸以cm计;

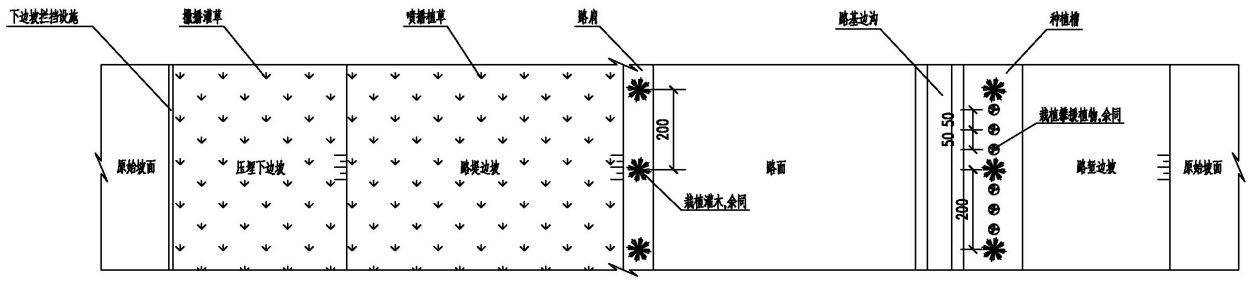
2.对于弃渣场大的堆渣平台,场地平整后覆土,并对其进行全面整地,具备复耕条件后交由当地;对于弃渣场其他区域,场地平整后进行覆土,改善立体条件,为植被恢复做好准备;

4.对采取乔灌草相结合恢复林地的弃渣场采用鱼鳞坑整地,鱼鳞坑长径80cm,短径50cm,坑深50cm,密度1667个/hm²,

5.对弃渣场复耕区块,在场地平整后先覆一层土石渣,并适当进行压实,作为复耕的基础过渡层,然后覆土50cm,然后进行全面整地,具备复耕条件后交由当地;

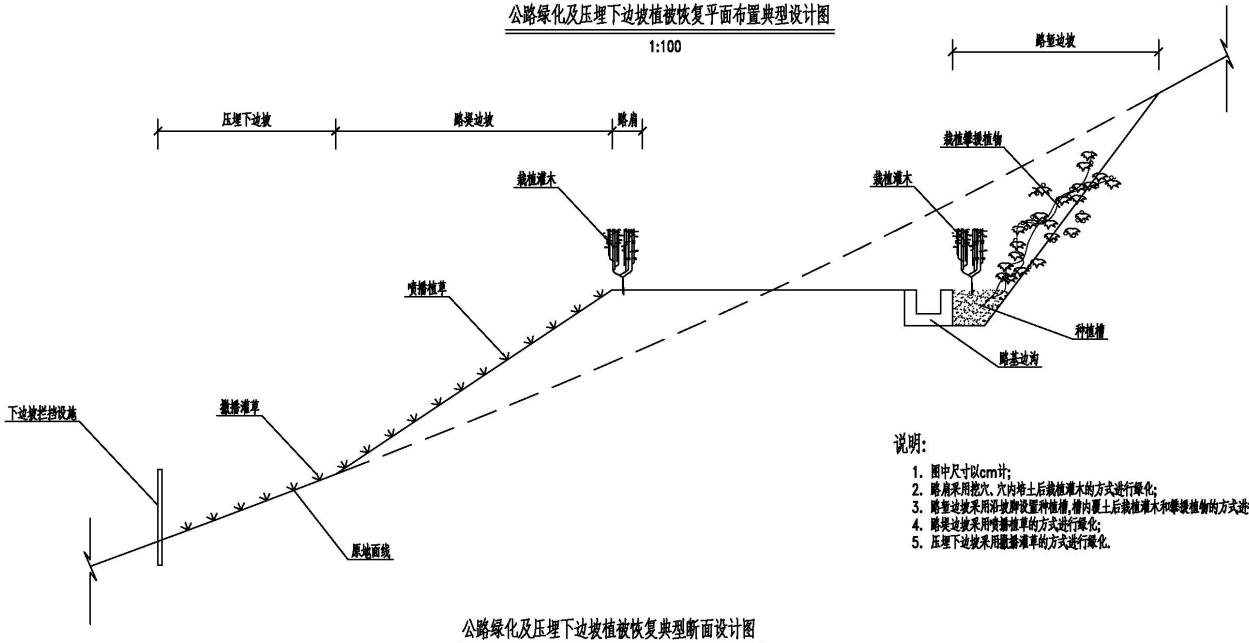
6.弃渣场水保林造林后实施抚育管理与封禁治理相结合的生态保护和修复措施.

附图 18　弃渣场植物措施典型设计图



公路绿化及压埋下边坡植被恢复平面布置典型设计图

1:100



公路绿化及压埋下边坡植被恢复典型断面设计图

1:100

附图 19 公路绿化及下边坡植被恢复典型设计图

附表 1-1 雅砻江卡拉水电站评价区植物名录

ID	科名	中名	种名	备注
	蕨类植物			
1	石松科	地刷子石松	*Diaphasiastrun complanatum*	*
2	卷柏科	伏地卷柏	*Lycopodioides nipponica*	*
3		垫伏卷柏	*Lycopodioides pulvinata*	
4	木贼科	问荆	*Equisetum arvense*	
5		披散木贼	*Equisetum diffusum*	
6	凤尾蕨科	凤尾蕨	*Pteris cretica* var. *intermedia*	
7		蜈蚣草	*Pteris vittata*	
8	中国蕨科	银粉背蕨	*Aleuritopteris cargentea*	
9		粉背蕨	*Aleuritopteris farinose*	
10		羽毛金粉蕨	*Onychium plumosum*	*
11		西南旱蕨	*Pellaea smithii*	
12	铁线蕨科	团羽铁线蕨	*Adiantum capillus-junonis*	
13		假鞭叶铁线蕨	*Adiantum malesianum*	*
14	鳞毛蕨科	齿头鳞毛蕨	*Melia azedarach*	*
15	蹄盖蕨科	冷蕨	*Cystopteris fragilis*	
16	水龙骨科	中华槲蕨	*Drynaria baronii*	
17		槲蕨	*Drynaria fortunei*	
18		友水龙骨	*Polypodium amoenum*	*
19		西南石韦	*Pyrrosia gralla*	
	裸子植物			
20	松科	川滇冷杉	*Abies forrestii*	
21		长苞冷杉	*Abies georgei*	
22		云南铁杉	*Tsuga yunnanensis*	
23		丽江云杉	*Picea likiangensis*	
24		油麦吊云杉	*Picea brachytyla* var. *complanata*	*
25		大果红杉	*Larix pataninii* var. *macrocarpa*	
26		华山松	*Pinus armandi*	
27		高山松	*Pinus densata*	
28		云南松	*Pinus yunnanensis*	
29		地盘松	*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*	
30	柏科	侧柏	*Platycladus orientalis*	
31		香柏	*Sabina sino-alpina*	
32		滇藏方枝柏	*Sabina wallichiana*	

ID	科名	中名	种名	备注
33		刺柏	*Juniperus formosana*	
34	麻黄科	丽江麻黄	*Ephedra likiangensis*	*
	被子植物			
	双子叶植物			
35	杨柳科	西南杨	*Populus schneideri*	
36		山杨	*Populus davidiana*	
37		滇杨	*Populus yunnanensis*	*
38		白杨	*Populus tomentosa*	
39		长穗柳	*Salix radinostachya*	*
40		绒毛长穗柳	*Salix radinostachya* var. *pseudo-phanera*	*
41		川滇柳	*Salix rehderiana*	*
42	胡桃科	毛叶黄杞	*Engelhardtia colebrookeana*	*
43		野核桃	*Juglans cathayensis*	
44	桦木科	川滇桤木	*Alnus ferdinandicoburgii*	
45		糙皮桦	*Betula utilis*	
46		红桦	*Betula albo-sinensis*	
47		白桦	*Betula platyphylla*	
48		滇榛	*Corylus yunnanensis*	
49	壳斗科	水青冈	*Fagus longipetiolata*	*
50		高山栲	*Castanopsis delavayi*	
51		多变柯	*Lithocarpus variolosus*	
52		槲树	*Quercus dentate*	
53		光叶山栎	*Quercus pseudosemecarpifolia*	
54		黄背栎	*Quercus pannosa*	
55		川滇高山栎	*Quercus aquifolioides*	
56		灰背栎	*Quercus senescens*	
57		矮山栎	*Quercus monimotricha*	
58		刺叶栎	*Quercus spinosa*	
59	榆科	黑弹树	*Celtis bungeana*	*
60		朴树	*Celtis sinensis*	
61		麻椰树	*Trema levigata*	
62	桑科	鸡桑	*Morus australis*	
63		蒙桑	*Morus mongoliea*	
64		构树	*Broussonetia papyrifera*	
65		地瓜	*Ficus tikoua*	
66	荨麻科	大蝎子草	*Girardinia palmate*	

ID	科名	中名	种名	备注
67		粗齿冷水花	*Pilea fasciata*	
68		红雾水葛	*Pouzolzia sanguinea*	
69		雅致雾水葛	*Pouzolzia elegans*	
70		长叶水麻	*Debregeasia longifolia*	
71		水麻	*Debregeasia edulis*	
72	檀香科	沙针	*Osyris Wightiana*	
73	桑寄生科	四川寄生	*Taxillus sutchuenensis*	*
74		槲寄生	*Viscum coloratum*	
75	蓼科	水蓼	*Polygonum hydropiper*	
76		毛脉蓼	*Polygonum multiflorum* var. *cillinerve*	
77		尼泊尔蓼	*Polygonum nepalense*	
78		赤胫散	*Polygonum runcinatum*	
79		火炭母	*Polygonum chinense*	
80		荞麦	*Fagopyrum esculentum*	
81		戟叶酸模	*Rumex hastatus*	
82		尼泊尔酸模	*Rumex nepalensis*	
83		中华山蓼	*Oxyria sinensis*	
84		肾叶山蓼	*Oxyria digyna*	
85		短毛金线草	*Antenoron neofiliforme*	*
86	藜科	藜	*Chenopodium album*	
87		菊叶香藜	*Chenopodium foetidum*	
88	苋科	尾穗苋	*Amaranthus caudatus*	
89		头花杯苋	*Cyathula capitata*	
90		牛膝	*Achyranths bidentata*	
91	商陆科	多药商陆	*Phytolacca polyandra*	
92	石竹科	繁娄	*Stellaria media*	
93		石生繁娄	*Stellaria saxatilis*	*
94		金铁锁	*Psammosilene tunicoides*	*
95	毛茛科	帚枝唐松草	*Thalictrum virgatum*	
96		康定翠雀花	*Delphinium tatsienense*	
97		毛茛	*Ranunculus japonicum*	
98		大火草	*Anemone tomentosa*	
99		草玉梅	*Anemone rivularia*	*
100		矮金莲花	*Trollius farreri*	
101		粗齿铁线莲	*Clematis argentilucida*	
102		盘柄铁线莲	*Clematis trullifera*	

ID	科名	中名	种名	备注
103	小檗科	川八角莲	*Dysosma veitchii*	*
104		川滇小檗	*Berberis jamesiana*	
105		金花小檗	*Berberis wilsonae*	
106		粉叶小檗	*Berberis pruinosa* var. *pruinosa*	
107		膏猪刺	*Berberis julianae*	
108		十大功劳	*Mahonia fortunei*	*
109	木兰科	山玉兰	*Magnolia delavayi*	
110		野八角	*Illicium Simonsii*	*
111		川滇五味子	*Schisandra neglecta*	
112		红花五味子	*Schisandra rubriflora*	
113	樟科	聚花桂	*Cinnamomum contractum*	*
114		雅砻江楠	*Phoebe Legendrei*	*
115		高山木姜子	*Litsea chenii*	*
116		四川木姜子	*Litsea moupinensis* var. *szechuanica*	
117		菱叶钓樟	*Lindera supracostata*	
118	十字花科	荠菜	*Capsella bursa-pastoris*	
119		紫花碎米荠	*Cardamine tangutorum*	
120		风花菜	*Rorippa palustris*	
121	茅膏菜科	茅膏菜	*Drosera peltata*	*
122	景天科	云南红景天	*Rhodiola yunnanensis*	
123		四裂红景天	*Rhodiola quadrifida*	
124		景天	*Sedum erythostictum*	
125	虎耳草科	云南山梅花	*Philadelphus delavayi*	*
126		川山梅花	*Philadelphus subcanus* var. *magdalenae*	
127		西南绣球	*Hydrangea davidii*	
128		小果茶藨	*Ribes vilmorinii*	
129		冰川茶藨	*Ribes glaciale*	
130		糖茶藨	*Ribes emodense*	
131		大刺茶藨	*Ribes alpestre*	*
132		西南鬼灯檠	*Rodgersia sambucifolia*	*
133		异叶虎耳草	*Saxifraga diversifolia*	
134		卵心叶虎耳草	*Saxifraga ovatocordata*	*
135	海桐花科	异叶海桐	*Pittosporum heterophyllum*	
136		海桐	*Pittosporum tobira*	
137	金缕梅科	四川腊瓣花	*Corylopsis willmottiae*	*
138	蔷薇科	狭叶绣线菊	*Spiraea japonica* var. *acuminata*	

ID	科名	中名	种名	备注
139		川滇绣线菊	*Spiraea schneideriana*	
140		高山绣线菊	*Spiraea alpina*	
141		细枝绣线菊	*Spiraea myrtilloides*	
142		毛叶绣线菊	*Spiraea mollifolia*	
143		西南樱桃	*Cerasus duclouxii*	
144		水栒子	*Cotoneaster multiflorus*	
145		小叶栒子	*Cotoneaster Microphyllus*	
146		散生栒子	*Cotoneaster divaricatus*	
147		匍匐栒子	*Cotoneaster adpressus*	
148		平枝栒子	*Cotoneaster horizontalis*	
149		钝叶栒子	*Cotoneaster hebephyllus*	
150		全缘叶火棘	*Pyracantha atalantioides*	
151		火棘	*Pyracantha fortuneana*	
152		华西小石积	*Osteomeles schwerinae*	
153		球花石楠	*Photinia glomerata*	
154		少齿花楸	*Sorbus oligodonta*	
155		华西花楸	*Sorbus wilsoniana*	
156		西南花楸	*Sorbus rehderiana*	
157		红毛花楸	*Sorbus rufopilosa*	
158		川梨	*Pyrus pashia*	
159		贴梗木瓜	*Chaenomeles speciosa*	
160		川滇蔷薇	*Rosa soulieana*	
161		红花蔷薇	*Rosa moyesii*	
162		小果蔷薇	*Rosa cymosa*	
163		峨眉蔷薇	*Rosa omeiensis*	
164		龙牙草	*Agrimonia pilosa*	
165		喜阴悬钩子	*Rubus mesogaeus*	
166		刺悬钩子	*Rubus pungens*	
167		灰毛果莓	*Rubus foliolosus*	
168		红泡刺藤	*Rubus niveus*	
169		水杨梅	*Geum aleppicum*	*
170		东方草莓	*Fragaria orientalis*	
171		钉柱委陵菜	*Potentilla saundersiana*	
172		鹅绒委陵菜	*Potentilla anserine*	
173		扁核木	*Prinsepia utilis*	
174	豆科	山合欢	*Albizia kalkora*	

ID	科名	中名	种名	备注
175		合欢	*Albizia julibrissin*	
176		金合欢	*Acacia farnesiana*	
177		银合欢（白合欢）	*Leucaena leucocphala (glauca)*	
178		白刺花	*Sophora viciifolia*	
179		马鞍叶羊蹄甲	*Bauhinia brachycarpa*	
180		小马鞍叶羊蹄甲	*Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*	
181		黄花木	*Piptanthus concolor*	
182		天蓝苜蓿	*Medicago lupulina*	
183		铁扫帚	*Indigofera bungeana*	
184		锦鸡儿	*Caragana sinica*	
185		二色锦鸡儿	*Caragana bicolor*	
186		变色锦鸡儿	*Caragana versicolor*	
187		圆锥山蚂蝗	*Desmodium esquirolii*	
188		山蚂蝗	*Desmodium racemosum*	
189		波叶山蚂蝗	*Desmodium sequax*	
190		截叶铁扫帚	*Lespedeza cuneata*	
191		含羞草叶黄檀	*Dalbergia mimosoides*	
192		毛杭子梢	*Campylotropis hirtella*	
193		西南杭子梢	*Campylotropis delavayi*	
194		小叶杭子梢	*Campylotropis wilsonii*	
195		多花杭子梢	*Campylotropis polyantha*	
196		广布野豌豆	*Vicia cracea*	
197		土圞儿	*Apios fortunei*	*
198	酢浆草科	酢浆草	*Oxalis corniculata*	
199	牻牛儿苗科	鼠掌老鹳草	*Geranium sibiricum*	*
200	芸香科	野花椒	*Zanthoxylum simulans*	
201		竹叶椒	*Zanthoxylum planispinum*	
202		臭节草	*Boenninghausenia albiflora*	
203	苦木科	臭椿	*Ailanthus altissima*	
204	楝科	地黄莲	*Munronia sinica*	*
205		苦楝子	*Melia azedarach*	
206		香椿	*Tonna sinensis*	
207	大戟科	余甘子	*Phyllanthus emblica*	
208		守宫木	*Sauropus androgynus*	
209		算盘子	*Glochidion puberum*	
210		毛果算盘子	*Glochidion eriocarpum*	

ID	科名	中名	种名	备注
211		山麻杆	*Alchornea davidii*	
212		蓖麻	*Ricinus communis*	
213		麻疯树	*Jatropha curcas*	*
214		草沉香	*Excoecaria acerifolia*	
215	黄杨科	皱叶黄杨	*Buxus rugulosa*	*
216		石生黄杨	*Buxus rugulosa* var. *rupicola*	
217		双蕊野扇花	*Sarcococca hookeriana* var. *digyna*	*
218	马桑科	马桑	*Coriaria sinica*	
219	漆树科	漆树（大木漆）	*Rhus verniciflua*	
220		黄连木	*Pistacia chinensis*	
221		清香木	*Pistacia weinmannifolia*	
222		黄栌	*Cotinus coggyria*	
223	冬青科	云南冬青	*Ilex yunnanensis*	
224		山枇杷	*Ilex franchetiana*	*
225	卫矛科	小果卫矛	*Euonymus microcarpus*	
226		荚蒾卫矛	*Euonymus viburnoides*	*
227		染用卫矛	*Euonymus tigens*	*
228	槭树科	五裂槭	*Acer oliverianum*	
229		青榨槭	*Acer davidii*	
230		五小叶槭	*Acer pentaphyllum*	
231	无患子科	川滇无患子	*Sapindus delavayi*	
232		车桑子	*Dodonaea viscose*	
233		复羽叶栾树	*Koelreuteria bipinnata*	
234	清风藤科	云南清风藤	*Sabia yunnanensis*	
235		泡花树	*Meliosma cuneifolia*	*
236	鼠李科	对节刺	*Sageretia pycnophylla*	
237		毛叶雀梅藤	*Sageretia thea* var. *tomentosa*	
238		马甲子	*Paliurus ramosissimus*	
239		铜钱树	*Paliurus hemsleyana*	
240		短柄铜钱树	*Paliurus orientalis*	*
241		川滇鼠李	*Rhamnus gilgiana*	
242		小冻绿树	*Rhamnus rosthornii*	
243		云南勾儿茶	*Berchemia yunnanensis*	
244		勾儿茶	*Berchemia sinica*	
245		薄叶鼠李	*Rhamnella leptophyllus*	
246	葡萄科	三裂叶蛇葡萄	*Ampelopsis delavayana*	

ID	科名	中名	种名	备注
247	锦葵科	圆锥苘麻	*Abutilon paniculatum*	
248		野西瓜苗	*Hibiscus trionum*	
249	山茶科	西南山茶	*Camellia pitardii*	
250	藤黄科	金丝梅	*Hypericum patulum*	
251	柽柳科	水柏枝	*Myricaria germanica*	
252		三春柳	*Myricaria squamosa*	
253	堇菜科	灰叶堇菜	*Viola delavayi*	
254		粗齿堇菜	*Viola urophylla*	
255	大风子科	山桐子	*Idesia polycarpa*	*
256	旌节花科	旌节花	*Stachyurus chinensis*	*
257		喜马拉雅旌节花	*Stachyurus himalaicus*	*
258	秋海棠科	裂叶秋海棠	*Begonia laciniata*	
259	仙人掌科	仙人掌	*Opuntia dillenii*	
260	瑞香科	橙黄瑞香	*Daphne aurantiaca*	
261		凹叶瑞香	*Daphne retusa*	
262		川西荛花	*Wikstroemia gemmata*	
263		细叶荛花	*Wikstroemia leptophylla*	
264		狼毒	*Euphorbia fischeriana*	
265	胡颓子科	木里胡颓子	*Elaeagnus bockii* var. *muliensis*	
266		星毛胡颓子	*Elaeagnus stellipila*	
267		沙棘	*Hippophae rhamnoides*	
268	使君子科	毛叶榄仁	*Terminalia franchetii*	*
269	柳叶菜科	柳兰	*Chamaenerion angustifolum*	*
270		华西柳叶菜	*Epilobium cylindricum*	
271		露珠草	*Circaea quadrisulcata*	
272	五加科	多脉鹅掌柴	*Schefflera multinervia*	*
273		常春藤	*Hedera nepalensis* var. *sinensis*	
274		罗伞	*Brassaiopsis glomerulata*	
275		红毛五加	*Acanthopanax giraldii*	
276		藤五加	*Acanthopanax leucorrhizus*	
277		五加（五叶木）	*Acanthopanax gracilistylus*	
278		吴茱萸叶五加	*Acanthopanax evodiaefolius*	*
279		楤木	*Aralia chinensis*	
280	伞形科	破子草	*Torilis japonica*	
281		竹叶柴胡	*Bupleurum marginatum*	
282		白亮独活	*Heracleum candicans*	

ID	科名	中名	种名	备注
283	山茱萸科	灯台树	*Swida controversa*	*
284		矩园叶梾木	*Swida oblonga*	*
285		梾木	*Swida macrophylla*	*
286		西藏青荚叶	*Helwingia himalaica*	
287	杜鹃花科	凝毛杜鹃	*Rhododendron agglutiantum*	
288		毛喉杜鹃	*Rhododendron cephalanthum*	
289		毛叶杜鹃	*Rhododendron spiciferum*	
290		蓝果杜鹃	*Rhododendron cyanocarpum*	
291		两色杜鹃	*Rhododendron dichroanthum*	
292		大白杜鹃	*Rhododendron decorum*	
293		假乳黄杜鹃	*Rhododendron fictolacteum*	*
294		腋花杜鹃	*Rhododendron racemosum*	
295		团叶南烛	*Lyonia doyonensis*	
296		南烛	*Lyonia ovalifolia*	
297		铜线叶白珠	*Gaultheria nummularioides*	
298		乌鸦果	*Vaccinium fragile*	
299	紫金牛科	铁仔	*Myrsine africana*	
300		齿叶铁仔	*Myrsine semiserrata*	
301	报春花科	海仙报春	*Primula poissonii*	
302		雅砻黄报春	*Primula prattii*	
303		滇北球花报春	*Primula sinodenticulata*	*
304		点腺过路黄	*Lysimachia hemaleyana*	
305	蓝雪科	小角柱花	*Ceratostigma minus*	
306	柿树科	小叶柿	*Diospyros mollifolia*	
307	山矾科	团花山矾	*Symplocos glomerata*	*
308	野茉莉科	瑞丽安息香	*Styrax perkinsiae*	*
309	木犀科	钝翅象蜡树	*Fraxinus inopinata*	
310		白蜡树	*Fraxinus chinensis*	
311		云南丁香	*Syringa yunnanensis*	
312		尖叶木犀榄	*Olea cuspidata*	
313		油橄榄	*Olea europaea*	
314		川滇蜡树	*Ligustrum delavayanum*	
315		矮探春	*Jasminum humile*	
316		垫状迎春	*Jasminum nudiflorum* var. *ulvinatum*	
317		迎春	*Jasminum nudiflorum*	
318	马钱科	皱叶醉鱼草	*Buddleja crispa*	

ID	科名	中名	种名	备注
319		大叶醉鱼草	*Buddleja davidii*	
320		密蒙花	*Buddleja officinalis*	
321	龙胆科	西藏龙胆	*Gentiana tibetica*	
322		华丽龙胆	*Gentiana sino-ornata*	
323		云南龙胆	*Gentiana yunnanensis*	
324		鳞叶龙胆	*Gentiana squarrosa*	
325	旋花科	菟丝子	*Cuscuta chinensis*	*
326		云南菟丝子	*Cuscuta reflexa*	*
327		圆叶牵牛	*Pharbitis purpurea*	
328	紫草科	西南粗糠树	*Ehretia corylifolia*	
329		空茎滇紫草	*Onosma fistulosum*	
330		细柄附地菜	*Trigonotis gracilipes*	
331		琉璃草	*Cynoglossum zeylanicum*	
332		倒提壶	*Cynoglossum amabile*	
333	马鞭草科	马鞭草	*Verbena officinalis*	
334		头序臭黄荆	*Premna subcapitata*	
335		云南豆腐柴	*Premna yunnanensis*	*
336		滇牡荆	*Vitex yunnanensis*	
337		黄荆	*Vitex negundo*	
338		牡荆	*Vitex negundo* var. *cannabifo1ia*	
339		灰毛莸	*Caryopteris forrestii*	
340	唇形科	滇黄芩	*Scutellaria amoena*	
341		欧夏枯草	*Prunella vulgaris*	
342		益母草	*Leonurus heterophyllus*	
343		牛至	*Origanum vulgare*	
344		香薷	*Elsholtzia ciliata*	
345		密花香薷	*Elsholtzia densa*	
346		野坝子	*Elsholtzia rugulosa*	
347		鸡骨柴	*Elsholtzia fruticosa*	
348		麦地龙香茶菜	*Isodon medilumgesis*	*
349		四川香茶菜	*Isodon setschwanensis*	
350		细叶香茶菜	*Isodon tenuifolia*	
351	茄科	龙葵	*Solanum nigrum*	
352		山莨菪	*Anisodus tanguticus*	*
353	玄参科	毛蕊花	*Verbascum thapsus*	
354		川泡桐	*Paulownia fargesii*	

ID	科名	中名	种名	备注
355		鞭打绣球	*Hemiphragma hetrophyllum*	
356		华丽马先蒿	*Pedicularis superba*	
357	紫葳科	毛子草	*Incarvillea arguta*	
358	苦苣苔科	石花	*Corallodiscus flabellatus*	
359		长冠苣苔	*Rhabdothamnopsis chinensis*	*
360	爵床科	地皮消	*Pararuellia delavayana*	
361		爵床	*Rostellularia procumbens*	*
362	车前草科	车前	*Plantago asiatica*	
363		平车前	*Plantago depressa*	
364	茜草科	野丁香	*Leptodermis potaninii*	
365		鸡矢藤	*Paederia scandens*	
366		茜草	*Rubia cordifol*	
367		毛叶四叶葎	*Galium bungei* var. *punduanoides*	
368		蓬子草	*Galium verum*	
369	忍冬科	西藏忍冬	*Lonicera tibetica*	
370		蓝靛果	*Lonicera caerulea* var. *edulis*	
371		越桔叶忍冬	*Lonicera myrtillus*	
372		柳叶忍冬	*Lonicera lanceloata*	
373		狭萼鬼吹萧	*Leycesteria formosa* var. *stenosepala*	
374		小叶六道木	*Abelia parvifolia*	
375		南方六道木	*Abelia dielsii*	
376		细瘦六道木	*Abelia forrestii*	
377		显脉荚蒾	*Viburnum nervosum*	
378		水红木	*Viburnum cylindricum*	*
379		甘肃荚蒾	*Viburnum kansuense*	
380		接骨木	*Sambucus williamsii*	
381		接骨草	*Sambucus chinensis*	
382	败酱科	匙叶甘松	*Nardostachys jatamansi*	*
383	桔梗科	束花蓝钟花	*Cyananthus fasciculatus*	
384		鸡蛋参	*Codonopsis convolvulacea*	
385		西南山梗菜	*Lobelia seguinii*	
386	川续断科	川续断	*Dipsacus asper*	
387		裂叶翼首花	*Pterocephalus bretschneideri*	
388	菊科	小舌紫菀	*Aster albescens*	
389		短葶飞蓬	*Erigeron breviscapus*	
390		纤枝香青	*Anaphalis gracilis*	

ID	科名	中名	种名	备注
391		粘毛香青	*Anaphalis bulleyana*	
392		鼠麴草	*Gnaphalium affine*	
393		黄帚橐吾	*Ligularia virgaurea*	
394		小金挖耳	*Carpesium minus*	
395		轮耳蟹甲草	*Cacalia cyclota*	
396		苞叶风毛菊	*Saussurea obovallata*	
397		鬼针草	*Bidens bipinnata*	
398		三叶鬼针草	*Bidens pilosa*	
399		辣子草	*Galinsoga pariflora*	
400		野菊	*Dendranthema indicum*	
401		多花亚菊	*Ajania myrianthe*	
402		臭蒿	*Artemisia hedinii*	
403		灰苞蒿	*Artemisia roxburghiana*	
404		牛尾蒿	*Artemisia subdigitata*	
405		双花千里光	*Senecio dianthus*	
406		千里光	*Senecio scandens*	
407		牛蒡	*Arctium lappa*	
408		心叶兔儿风	*Ainsliaea bonatii*	
409		云南兔儿风	*Ainsliaea yunnanensis*	
410		栌菊木	*Nouelia insignis*	
411		火绒草	*Leontopodium leontopodioides*	
412		长叶火绒草	*Leontopodium longifolium*	
413		艾叶火绒草	*Leontopodium artemisiifolium*	
414		华火绒草	*Leontopodium sinense*	
415		蒲公英	*Taraxacum mongolicum*	
416		齿缘苦荬	*Ixeris dentate*	
	单子叶植物			
417	禾本科	冷箭竹	*Sinarundinaria fangiana*	
418		旱茅	*Eremopogon delavayi*	
419		须芒草	*Andropogon yunnanensis*	
420		扁芒草	*Danthonia schneideri*	
421		羊茅	*Festuca ovina*	
422		紫羊茅	*Festuca rubra*	
423		异针茅	*Stipa aliena*	*
424		糙野青茅	*Deyeuxia scabrescens*	
425		剪股颖	*Agrostis matsumurae*	

ID	科名	中名	种名	备注
426		画眉草	*Eragrostis pilosa*	
427		野古草	*Arundinella hirta*	
428		芸香草	*Cymbopogon distans*	
429		马唐	*Digitaria sanguinalis*	
430		金色狗尾草	*Setaria glauca*	*
431		狗尾草	*Setaria viridis*	
432		白茅	*Imperata cylindrical* var. *mojor*	
433		茅叶荩草	*Arthraxon prionodes*	
434		竹枝细柄草	*Capillpedium assimile*	
435		黄茅	*Heteropogon comortus*	
436		黄背草	*Themeda japonica*	
437	莎草科	砖子苗	*mariscus umbellatus*	
438		四川莎草	*Cyperus szechuanensis*	
439		四川嵩草	*Kobresia setchwanensis*	
440		高山嵩草	*Kobresia pygmaea*	
441	天南星科	大耳南星	*Arisaema auriculatum*	*
442		天南星	*Arisaema consanguineum*	
443		黄花南星	*Arisaema flavum*	
444		滇南星	*Arisaema yunnanensis*	
445	灯心草科	葱状灯心草	*Juncus concinnus*	
446		长苞灯心草	*Juncus leucomelas*	
447	百合科	独尾草	*Eremurus chinensis*	*
448		西南萱草	*Hemerocallis forrestii*	
449		滇韭	*Allium mairei*	
450		卷叶黄精	*Polygonatum cirrhifolium*	
451		轮叶黄精	*Polygonatum verticillatum*	
452		羊齿天门冬	*Asparagus filicinus*	
453		盐源天门冬	*Asparagus yanyuanensis*	
454		沿阶草	*Ophiopogon bodinieri*	
455		麦冬	*Ophiopogon japonicus*	
456	薯蓣科	三角叶薯蓣	*Dioscorea deltoidea*	*
457	鸢尾科	蝴蝶花	*Iris japonica*	
458		鸢尾	*Iris tectorum*	
459	兰科	裂瓣角盘兰	*Herminium alaschanicum*	*
460		厚瓣玉凤花	*Habenaria delavayi*	*
461		云南鸟足兰	*Satyrium yunnanensis*	*
462		小白芨	*Bletilla yunnanensis*	

注：*表示该物种来自该地区植物物种多样性资料

附表 1-2 雅砻江卡拉水电站评价区资源植物名录

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
合 计				251	79	47	41	32	36	28	21	29	9
			蕨类植物门										
1	石松科	地刷子石松	*Diaphasiastrun complanatum*	+									
2	卷柏科	伏地卷柏	*Selaginella nipponica*	+									
3		垫伏卷柏	*Selaginella pulvinata*	+									
4	木贼科	问荆	*Equisetum arvense*	+									
5		披散木贼	*Equisetum diffusum*		+								
6	凤尾蕨科	凤尾蕨	*Pteris cretica* var. *intermedia*	+									
7		蜈蚣草	*Pteris vittata*	+									
8	中国蕨科	银粉背蕨	*Aleuritopteris cargentea*	+									
9		粉背蕨	*Aleuritopteris farinose*	+									
10		羽毛金粉蕨	*Onychium plumosum*		+								
11		西南旱蕨	*Pellaea smithii*		+								
12	铁线蕨科	团羽铁线蕨	*Adiantum capillus-junonis*		+								
13		假鞭叶铁线蕨	*Adiantum malesianum*		+								
14	鳞毛蕨科	齿头鳞毛蕨	*Melia azedarach*	+									
15	蹄盖蕨科	冷蕨	*Cystopteris fragilis*	+									
16	水龙骨科	中华槲蕨	*Drynaria sinica*	+									
17		槲蕨	*Drynaria fortunei*	+									
18		友水龙骨	*Polypodium amoenum*		+								
19		西南石韦	*Pyrrosia gralla*		+								

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
		裸子植物门											
20	松科	川滇冷杉	*Abies forrestii*			+							
21		长苞冷杉	*Abies georgei*			+							
22		云南铁杉	*Tsuga yunnanensis*			+							
23		丽江云杉	*Picea likiangensis*			+							
24		油麦吊云杉	*Picea brachytyla* var. *complanata*			+							
25		大果红杉	*Larix pataninii* var. *macrocarpa*			+							
26		华山松	*Pinus armandi*			+	+						
27		高山松（西康油松）	*Pinus densata*			+							
28		云南松	*Pinus yunnanensis*			+	+						
29	柏科	侧柏	*Platycladus orientalis*		+								
30		香柏	*Sabina sino-alpina*		+								
31		滇藏方枝柏	*Sabina wallichiana*	+									
32		刺柏	*Juniperus formosana*		+								
33	麻黄科	丽江麻黄	*Ephedra likiangensis*	+									
		被子植物门											
		双子叶植物											
34	杨柳科	西南杨	*Populus schneideri*			+							
35		山杨	*Populus davidiana*			+							
36		滇杨	*Populus yunnanensis*			+							
37		白杨	*Populus tomentosa*		+	+							
38		长穗柳	*Salix radinostachya*					+				+	

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
39		绒毛长穗柳	*Salix radinostachya* var. *pseudo-phanera*					+				+	
40		川滇柳	*Salix rehderiana*					+				+	
41	胡桃科	毛叶黄杞	*Engelhardtia colebrookeana*			+							
42		野核桃	*Juglans cathayensis*							+			
43	桦木科	川滇桤木	*Alnus ferdinandicoburgii*			+							
44		糙皮桦	*Betula utilis*			+							
45		红桦	*Betula albo-sinensis*			+	+	+					
46		白桦	*Betula platyphylla*			+	+	+					
47		滇榛	*Corylus yunnanensis*				+						
48	壳斗科	水青冈	*Fagus longipetiolata*			+							
49		高山栲	*Castanopsis delavayi*			+				+			
50		多变柯	*Lithocarpus variolosus*			+							
51		槲树	*Quercus dentate*			+						+	+
52		光叶山栎	*Quercus . pseudosemecarpifolia*			+						+	+
53		黄背栎	*Quercus pannosa*			+						+	+
54		川滇高山栎（巴郎栎）	*Quercus aquifolioides*			+						+	+
55		灰背栎	*Quercus senescens*			+						+	+
56		矮山栎	*Quercus monimotricha*			+						+	+
57		刺叶栎	*Quercus spinosa*			+						+	+
58	榆科	黑弹树	*Celtis bungeana*	+		+		+					
59		朴树	*Celtis sinensis*	+			+	+					
60		麻椰树	*Trema levigata*			+		+					

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
61	桑科	鸡桑	*Morus australis*				+	+					
62		蒙桑（岩桑）	*Morus mongolica*					+		+			
63		构树	*Broussonetia papyrifera*	+			+	+					
64		地瓜	*Ficus tikoua*	+						+			
65	荨麻科	大蝎子草	*Girardinia palmate*				+	+					
66		粗齿冷水花	*Pilea fasciata*						+				
67		红雾水葛	*Pouzolzia sanguinea*					+					
68		雅致雾水葛	*Pouzolzia elegans*					+					
69		长叶水麻	*Debregeasia longifolia*					+					
70		水麻	*Debregeasia edulis*	+				+		+			
71	檀香科	沙针（香疙瘩）	*Osyris Wightiana*								+		
72	桑寄生科	四川寄生	*Taxillus sutchuenensis*	+									
73		槲寄生	*Viscum coloratum*	+									
74	蓼科	水蓼	*Polygonum hydropiper*	+									
75		毛脉蓼	*Polygonum multiflorum* var. *cillinerve*	+									
76		尼泊尔蓼	*Polygonum nepalense*	+									
77		赤胫散	*Polygonum runcinatum*	+									
78		尼泊尔酸模	*Rumex nepalensis*	+									
79		火炭母	*Polygonum chinense*	+	+								
80		荞麦	*Fagopyrum esculentum*										+
81		中华山蓼	*Oxyria sinensis*	+									
82		肾叶山蓼	*Oxyria digyna*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
83		短毛金线草	*Antenoron neofiliforme*	+									
84	藜科	藜	*Chenopodium album*	+					+				
85		菊叶香藜	*Chenopodium foetidum*		+								
86	苋科	头花杯苋	*Cyathula capitata*	+									
87		牛膝	*Achyranths bidentata*	+									
88	苋科	尾穗苋	*Amaranthus caudatus*		+					+			
89	商陆科	多药商陆	*Phytolacca polyandra*	+									
90	石竹科	繁娄	*Stellaria media*	+					+				
91		石生繁娄	*Stellaria saxatilis*						+				
92		金铁锁	*Psammosilene tunicoides*	+									
93	毛茛科	康定翠雀花	*Delphinium tatsienense*		+								
94		毛茛	*Ranunculus japonicum*	+									
95		草玉梅	*Anemone rivularia*	+									
96	小檗科	川八角莲	*Dysosma veitchii*	+									
97		川滇小檗	*Berberis jamesiana*	+									
98		金花小檗	*Berberis wilsonae*	+									
99		豪猪刺	*Berberis julianae*	+									
100		十大功劳	*Mahonia fortunei*	+									
101		粉叶小檗	*Berberis pruinosa* var. *pruinosa*	+	+								
102	木兰科	山玉兰	*Magnolia delavayi*	+									
103		野八角	*Illicium Simonsii*	+									
104		川滇五味子	*Schisandra neglecta*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
105		红花五味子	*Schisandra rubriflora*	+									
106	樟科	聚花桂	*Cinnamomum contractum*		+								
107		雅砻江楠	*Phoebe Legendrei*			+							
108		高山木姜子	*Litsea chenii*								+		
109		四川木姜子	*Litsea moupinensis* var. *szechuanica*				+				+		
110		菱叶钓樟	*Lindera supracostata*				+				+		
111	十字花科	荠菜	*Capsella bursa-pastoris*	+					+				
112		紫花碎米荠	*Cardamine tangutorum*	+									
113		风花菜	*Rorippa palustris*				+		+				
114	茅膏菜科	茅膏菜	*Drosera peltata*	+									
115	景天科	四裂红景天	*Rhodiola quadrifida*	+									+
116		云南红景天	*Rhodiola yunnanensis*	+									
117		景天	*Sedum erythrostictum*	+									
118	虎耳草科	云南山梅花	*Philadelphus delavayi*		+								
119		川山梅花	*Philadelphus subcanus* var. *magdalenae*		+								
120		西南绣球	*Hydrangea davidii*	+	+								
121		小果茶藨	*Ribes vilmorinii*							+			
122		冰川茶藨	*Ribes glaciale*							+			
123		糖茶藨	*Ribes emodense*	+						+			
124		大刺茶藨	*Ribes alpestre*							+			
125		西南鬼灯檠	*Rodgersia sambucifolia*	+									
126		异叶虎耳草	*Saxifraga diversifolia*		+								

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
127		卵心叶虎耳草	*Saxifraga ovatocordata*		+								
128	海桐花科	异叶海桐	*Pittosporum heterophyllum*	+									
129		海桐	*Pittosporum tobira*	+	+								
130	蔷薇科	狭叶绣线菊	*Spiraea japonica* var. *acuminata*	+	+								
131		川滇绣线菊	*Spiraea schneideriana*		+								
132		高山绣线菊	*Spiraea alpina*	+									
133		细枝绣线菊	*Spiraea myrtilloides*		+								
134		毛叶绣线菊	*Spiraea mollifolia*		+								
135		水栒子	*Cotoneaster multiflorus*	+									
136		小叶栒子	*Cotoneaster Microphyllus*	+									
137		匍匐栒子	*Cotoneaster adpressus*		+								
138		平枝栒子	*Cotoneaster horizontalis*	+									
139		全缘叶火棘	*Pyracantha atalantioides*	+									
140		火棘	*Pyracantha fortuneana*	+									
141		华西小石积	*Osteomeles schwerinae*	+									
142		球花石楠	*Photinia glomerata*			+							
143		川梨	*Pyrus pashia*			+				+			
144		川滇蔷薇	*Rosa soulieana*		+								
145		红花蔷薇	*Rosa moyesii*		+								
146		小果蔷薇	*Rosa cymosa*	+									
147		峨眉蔷薇	*Rosa omeiensis*	+						+	+	+	
148		龙牙草	*Agrimonia pilosa*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
149		喜阴悬钩子	*Rubus mesogaeus*							+			
150		刺悬钩子	*Rubus pungens*							+			
151		灰毛果莓	*Rubus foliolosus*	+						+			
152		红泡刺藤	*Rubus niveus*							+			
153		水杨梅	*Geum aleppicum*	+									
154		东方草莓	*Fragaria orientalis*	+									
155		鹅绒委陵菜	*Potentilla anserine*	+					+	+			
156		扁核木	*Prinsepia utilis*	+			+			+			
157	豆科	山合欢	*Albizia kalkora*	+			+	+				+	
158		合欢	*Albizia julibrissin*	+			+	+				+	
159		金合欢	*Acacia farnesiana*		+								
160		银合欢（白合欢）	*Leucaena leucocphala (glauca)*			+							
161		马鞍叶羊蹄甲	*Bauhinia brachycarpa*	+				+					
162		小马鞍叶羊蹄甲	*Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*	+				+					
163		天蓝苜蓿	*Medicago lupulina*	+					+				
164		铁扫帚	*Indigofera bungeana*	+									
165		锦鸡儿	*Caragana sinica*	+									
166		变色锦鸡儿	*Caragana versicolor*						+				
167		圆锥山蚂蝗	*Desmodium esquirolii*					+					
168		山蚂蝗	*Desmodium racemosum*	+									
169		波叶山蚂蝗	*Desmodium sequax*	+									
170		截叶铁扫帚	*Lespedeza cuneata*	+					+				

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
171		铁扫帚	*Indigofera bungeana*	+									
172		毛杭子梢	*Campylotropis hirtella*	+									
173		西南杭子梢	*Campylotropis delavayi*	+									
174		多花杭子梢	*Campylotropis polyantha*		+								
175		广布野豌豆	*Vicia cracea*	+					+				
176		土圞儿	*Apios fortunei*	+									
177		白刺花	*Sophora davidii*	+									
178	酢浆草科	酢浆草	*Oxalis corniculata*	+									
179	牻牛儿苗科	鼠掌老鹳草	*Geranium sibiricum*	+									
180	芸香科	野花椒	*Zanthoxylum simulans*	+			+				+		
181		竹叶椒	*Zanthoxylum planispinum*	+			+				+		
182		臭节草	*Boenninghausenia albiflora*	+									
183	苦木科	臭椿	*Ailanthus altissima*	+									
184	楝科	地黄莲	*Munronia sinica*	+									
185		苦楝子	*Melia azedarach*	+		+	+				+		
186		香椿（红椿）	*Toona sinensis*	+		+	+			+			
187	大戟科	余甘子（橄榄）	*Phyllanthus emblica*	+			+			+		+	
188		守宫木	*Sauropus androgynus*	+	+								
189		算盘子	*Glochidion puberum*	+									
190		毛果算盘子	*Glochidion eriocarpum*	+									
191		山麻杆	*Alchornea davidii*	+	+								
192		蓖麻	*Ricinus communis*	+			+						

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
193		麻疯树	*Jatropha curcas*	+			+						
194		草沉香	*Excoecaria acerifolia*				+						
195	黄杨科	双蕊野扇花	*Sarcococca hookeriana* var. *digyna*		+								
196	马桑科	马桑	*Coriaria sinica*	+									
197	漆树科	漆树（大木漆）	*Rhus verniciflua*	+			+					+	
198		黄连木	*Pistacia chinensis*	+		+						+	
199		清香木	*Pistacia weinmannifolia*				+				+		
200		黄栌	*Cotinus coggyria*	+							+	+	
201	冬青科	山枇杷	*Ilex franchetiana*	+									
202	卫矛科	小果卫矛	*Euonymus microcarpus*	+									
203		染用卫矛	*Euonymus tigens*				+						
204	槭树科	五裂槭	*Acer oliverianum*			+							
205		青榨槭	*Acer davidii*			+		+				+	
206		五小叶槭	*Acer pentaphyllum*			+							
207	无患子科	川滇无患子	*Sapindus delavayi*	+			+						
208		车桑子	*Dodonaea viscose*	+			+						
209		复羽叶栾树	*Koelreuteria bipinnata*		+								
210	清风藤科	云南清风藤	*Sabia yunnanensis*	+									
211		泡花树	*Meliosma cuneifolia*	+									
212	鼠李科	对节木	*Sageretia pycnophylla*									+	
213		毛叶雀梅藤	*Sageretia thea* var. *tomentosa*	+									
214		马甲子	*Paliurus ramosissimus*	+			+						

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
215		铜钱树	*Paliurus hemsleyana*									+	
216		短柄铜钱树	*Paliurus orientalis*									+	
217		川滇鼠李	*Rhamnus gilgiana*									+	
218		云南勾儿茶	*Berchemia yunnanensis*	+						+			
219		勾儿茶	*Berchemia sinica*							+			
220	锦葵科	圆锥苘麻	*Abutilon paniculatum*					+					
221		野西瓜苗	*Hibiscus trionum*				+						
222	山茶科	西南山茶	*Camellia pitardii*		+								
223	藤黄科	金丝梅	*Hypericum patulum*	+									
224	柽柳科	水柏枝	*Myricaria germanica*	+									
225		三春柳	*Myricaria squamosa*	+									
226	堇菜科	灰叶堇菜	*Viola delavayi*	+									
227		粗齿堇菜	*Viola urophylla*		+								
228	大风子科	山桐子	*Idesia polycarpa*				+						
229	旌节花科	中国旌节花	*Stachyurus chinensis*	+									
230		喜马拉雅旌节花	*Stachyurus himalaicus*	+									
231	秋海棠科	裂叶秋海棠	*Begonia laciniata*	+									
232	仙人掌科	仙人掌	*Opuntia dillenii*	+	+					+			
233	瑞香科	橙黄瑞香	*Daphne aurantiaca*					+					
234		凹叶瑞香	*Daphne retusa*				+	+					
235		狼毒	*Stellera chamaejasmae*	+									
236		细叶莞花	*Wikstroemia leptophylla*					+					

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
237	胡颓子科	木里胡颓子	*Elaeagnus bockii* var. *muliensis*	+									
238		星毛胡颓子	*Elaeagnus stellipila*	+						+			
239		沙棘	*Hippophae rhamnoides*	+			+			+		+	
240	使君子科	毛叶榄仁	*Terminalia franchetii*									+	
241	柳叶菜科	柳兰	*Chamaenerion angustifolum*	+									
242		华西柳叶菜	*Epilobium cylindricum*	+					+				
243	五加科	多脉鹅掌柴	*Schefflera multinervia*	+									
244		常春藤	*Hedera nepalensis* var. *sinensis*	+								+	
245		罗伞	*Brassaiopsis glomerulata*	+									
246		红毛五加	*Acanthopanax giraldii*	+									
247		藤五加	*Acanthopanax leucorrhizus*	+									
248		五加（五叶木）	*Acanthopanax gracilistylus*	+									
249		吴茱萸叶五加	*Acanthopanax evodiaefolius*	+	+						+		
250		楤木	*Aralia chinensis*	+			+						
251	伞形科	破子草	*Torilis japonica*	+			+						
252		竹叶柴胡	*Bupleurum marginatum*	+									
253		白亮独活	*Heracleum candicans*	+									
254	山茱萸科	灯台树	*Swida controversa*			+	+					+	
255		矩园叶梾木	*Swida oblonga*	+			+					+	
256		梾木	*Swida macrophylla*	+		+	+					+	
257		西藏青荚叶	*Helwingia himalaica*	+									
258	杜鹃花科	凝毛杜鹃	*Rhododendron agglutiantum*		+								

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
259		毛喉杜鹃	*Rhododendron cephalanthum*		+								
260		毛叶杜鹃	*Rhododendron spiciferum*		+								
261		蓝果杜鹃	*Rhododendron cyanocarpum*		+								
262		两色杜鹃	*Rhododendron dichroanthum*		+								
263		大白杜鹃	*Rhododendron decorum*		+					+			
264		假乳黄杜鹃	*Rhododendron fictolacteum*		+								
265		腋花杜鹃	*Rhododendron racemosum*		+								
266		南烛	*Lyonia ovalifolia*	+									
267		乌鸦果	*Vaccinium fragile*	+						+			
268	紫金牛科	铁仔	*Myrsine africana*	+			+					+	
269		齿叶铁仔	*Myrsine semiserrata*	+									
270	报春花科	海仙报春	*Primula poissonii*		+								
271		雅砻黄报春	*Primula prattii*		+								
272		滇北球花报春	*Primula sinodenticulata*		+								
273		点腺过路黄	*Lysimachia hemaleyana*	+									
274	蓝雪科	小角柱花	*Ceratostigma minus*		+								
275	柿树科	小叶柿	*Diospyros mollifolia*	+									
276	野茉莉科	瑞丽安息香	*Styrax perkinsiae*		+								
277	木犀科	钝翅象蜡树	*Fraxinus inopinata*										
278		云南丁香	*Syringa yunnanensis*		+								
279		尖叶木犀榄	*Olea cuspidata*			+	+						
280		白蜡树	*Fraxinus chinensis*	+	+	+							

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
281		川滇蜡树	*Ligustrum delavayanum*	+									
282		油橄榄	*Olea europaea*				+						
283		矮探春	*Jasminum humile*		+								
284		垫状迎春	*Jasminum nudiflorum* var. *ulvinatum*		+								
285		迎春	*Jasminum nudiflorum*	+	+								
286	马钱科	大叶醉鱼草	*Buddleja davidii*	+							+		
287		密蒙花	*Buddleja officinalis*	+	+								
288	龙胆科	西藏龙胆	*Gentiana tibetica*	+									
289		华丽龙胆	*Gentiana sino-ornata*	+	+								
290		云南龙胆	*Gentiana yunnanensis*	+									
291		鳞叶龙胆	*Gentiana squarrosa*	+									
292	旋花科	菟丝子	*Cuscuta chinensis*	+									
293		圆叶牵牛	*Pharbitis purpurea*		+								
294	紫草科	琉璃草	*Cynoglossum zeylanicum*	+									
295		西南粗糠树	*Ehretia corylifolia*			+							
296		空茎滇紫草	*Onosma fistulosum*						+				
297		细柄附地菜	*Trigonotis gracilipes*	+									
298		倒提壶	*Cynoglossum amabile*	+									
299	马鞭草科	马鞭草	*Verbena officinalis*	+									
300		头序臭黄荆	*Premna subcapitata*	+							+		
301		云南豆腐柴	*Premna yunnanensis*	+					+				
302		牡荆	*Vitex negundo* var. *cannabifo1ia*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
303		滇荆	*Vitex yunnanensis*	+							+		
304		黄荆	*Vitex negundo*	+				+			+		
305		灰毛莸	*Caryopteris forrestii*								+		
306	唇形科	滇黄芩	*Scutellaria amoena*	+									
307		欧夏枯草	*Prunella vulgaris*	+									
308		益母草	*Leonurus heterophyllus*	+									
309		牛至	*Origanum vulgare*	+							+		
310		香薷	*Elsholtzia ciliata*	+									
311		密花香薷	*Elsholtzia densa*	+									
312		野坝子	*Elsholtzia rugulosa*	+							+		
313		鸡骨柴	*Elsholtzia fruticosa*	+									
314		麦地龙香茶菜	*Isodon medilumgesis*								+		
315		四川香茶菜	*Isodon setschwanensis*								+		
316		细叶香茶菜	*Isodon tenuifolia*	+							+		
317	茄科	龙葵	*Solanum nigrum*	+									
318		山莨菪	*Anisodus tanguticus*	+									
319	玄参科	毛蕊花	*Verbascum thapsus*	+	+								
320		川泡桐	*Paulownia fargesii*			+							
321		鞭打绣球	*Hemiphragma hetrophyllum*	+									
322		华丽马先蒿	*Pedicularis superba*		+								
323	紫葳科	毛子草	*Incarvillea arguta*	+									
324	苦苣苔科	石花	*Corallodiscus flabellatus*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
325	爵床科	地皮消	*Pararuellia delavayana*	+									
326		爵床	*Rostellularia procumbens*	+									
327	车前草科	车前	*Plantago asiatica*	+									
328		平车前	*Plantago depressa*	+									
329	茜草科	野丁香	*Leptodermis potaninii*		+								
330		鸡矢藤	*Paederia scandens*	+				+					
331		茜草	*Rubia cordifolia*	+									
332		毛叶四叶葎	*Galium bungei* var. *punduanoides*	+									
333		蓬子草	*Galium verum*						+				
334	忍冬科	蓝靛果	*Lonicera caerulea* var. *edulis*							+			
335		柳叶忍冬	*Lonicera lanceloata*	+									
336		狭萼鬼吹箫	*Leycesteria formosa* var. *stenosepala*	+									
337		小叶六道木	*Abelia parvifolia*	+									
338		南方六道木	*Abelia dielsii*	+									
339		水红木	*Viburnum cylindricum*	+									
340		接骨木	*Sambucus williamsii*	+									
341		显脉荚蒾	*Viburnum nervosum*	+									
342		接骨草	*Sambucus chinensis*	+									
343	败酱科	匙叶甘松	*Nardostachys jatamansi*	+									
344	桔梗科	束花蓝钟花	*Cyananthus fasciculatus*		+								
345		鸡蛋参	*Codonopsis convolvulacea*	+									
346		西南山梗菜	*Lobelia seguinii*	+					+				

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
347	川续断科	川续断	*Dipsacus asper*	+									
348		裂叶翼首花	*Pterocephalus bretschneideri*	+	+								
349	菊科	小舌紫菀	*Aster albescens*		+								
350		短葶飞蓬	*Erigeron breviscapus*		+								
351		纤枝香青	*Anaphalis gracilis*	+									
352		粘毛香青	*Anaphalis bulleyana*	+									
353		鼠麴草	*Gnaphalium affine*	+									
354		黄帚橐吾	*Ligularia virgaurea*	+									
355		小金挖耳	*Carpesium minus*	+									
356		鬼针草	*Bidens bipinnata*	+									
357		三叶鬼针草	*Bidens pilosa*	+									
358		辣子草	*Galinsoga pariflora*	+									
359		野菊	*Dendranthema indicum*	+									
360		多花亚菊	*Ajania myrianthe*		+								
361		臭蒿	*Artemisia hedinii*	+									
362		灰苞蒿	*Artemisia roxburghiana*	+									
363		牛尾蒿	*Artemisia subdigitata*	+									
364		双花千里光	*Senecio dianthus*						+				
365		千里光	*Senecio scandens*	+									
366		牛蒡	*Arctium lappa*	+									
367		心叶兔耳风	*Ainsliaea bonatii*	+									
368		云南兔耳风	*Ainsliaea yunnanensis*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
369		栌菊木	*Nouelia insignis*		+								
370		火绒草	*Leontopodium leontopodioides*	+									
371		艾叶火绒草	*Leontopodium artemisiifolium*	+	+								
372		华火绒草	*Leontopodium sinense*	+	+								
373		蒲公英	*Taraxacum mongolicum*	+									
374		齿缘苦荬	*Ixeris dentate*						+				
		单子叶植物											
375	禾本科	冷箭竹	*Bashania fangiana*					+					
376		旱茅	*Eremopogon delavayi*						+				
377		须芒草	*Andropogon yunnanensis*						+				
378		扁芒草	*Danthonia schneideri*						+				
379		羊茅	*Festuca ovina*			+			+				
380		紫羊茅	*Festuca rubra*						+				
381		异针茅	*Stipa aliena*		+				+				
382		糙野青茅	*Deyeuxia scabrescens*						+				
383		剪股颖	*Agrostis matsumurae*	+	+				+				
384		画眉草	*Eragrostis pilosa*	+					+				
385		野古草	*Arundinella hirta*					+					
386		马唐	*Digitaria sanguinalis*						+				
387		金色狗尾草	*Setaria glauca*	+					+				
388		狗尾草	*Setaria viridis*	+					+				
389		白茅	*Imperata cylindrical* var. *mojor*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
390		茅叶荩草	*Arthraxon prionodes*						+				
391		竹枝细柄草	*Capillpedium assimile*						+				
392		黄茅	*Heteropogon contortus*	+					+				
393		黄背草	*Themeda japonica*	+									
394		芸香草	*Cymbopogon distans*	+									
395	莎草科	砖子苗	*mariscus umbellatus*	+									
396		四川嵩草	*Kobresia setchwanensis*						+				
397		高山嵩草	*Kobresia pygmaea*						+				
398	天南星科	大耳南星	*Arisaema auriculatum*	+									
399		天南星	*Arisaema consanguineum*	+									
400		滇南星	*Arisaema yunnanensis*	+									
401	灯心草科	葱状灯心草	*Juncus concinnus*					+					
402		长苞灯心草	*Juncus leucomelas*	+				+					
403	百合科	独尾草	*Eremurus chinensis*		+								
404		西南萱草	*Hemerocallis forrestii*		+								
405		滇韭	*Allium mairei*						+				
406		卷叶黄精	*Polygonatum cirrhifolium*	+									
407		轮叶黄精	*Polygonatum verticillatum*	+									
408		羊齿天门冬	*Asparagus filicinus*	+									
409		盐源天门冬	*Asparagus yanyuanensis*	+									
410		沿阶草	*Ophiopogon bodinieri*	+									
411		麦冬	*Ophiopogon japonicus*	+									

No	科	种（中）	种（拉）	药用	观赏	用材	油脂	纤维	饲料	果蔬	芳香油	单宁	淀粉
412	薯蓣科	三角叶薯蓣	*Dioscorea deltoidea*	+									
413	鸢尾科	蝴蝶花	*Iris japonica*	+									
414		鸢尾	*Iris tectorum*		+								
415	兰科	裂瓣角盘兰	*Herminium alaschanicum*		+								
416		厚瓣玉凤花	*Habenaria delavayi*		+								
417		云南鸟足兰	*Satyrium yunnanensis*	+									
418		小白芨	*Bletilla yunnanensis*	+									

附表 1-3 雅砻江卡拉水电站评价区植被名录

植 被 型	群 系 组	群 系
一、阔叶林	1. 中山偏干性常绿阔叶林	（1）多变柯林（Form. *Betula platyphylla*）
	2. 桦木林	（2）白桦林（Form. *Betula platyphylla*）
	3. 高山栎类林	（3）川滇高山栎林（Form. *Quercus aquifolioides*）
		（4）黄背栎林（Form. *Quercus pannosa*）
二、针叶林	4. 松林	（5）云南松林（Form. *Pinus yunnanensis*）
		（6）高山松林（Form. *Pinus densata*）
		（7）云南松川滇高山栎混交林（Form. *Pinus yunnanensis*+ *Quercus aquifolioides*）
	5. 云杉林	（8）丽江云杉林（Form. *Picea likiangensis*）
	6. 冷杉林	（9）长苞冷杉林（Form. *Abies georgei*）
三、灌丛	7. 山地落叶阔叶灌丛	（10）悬钩子灌丛（Form. *Rubus* sp.）
		（11）牡荆灌丛（Form. *Vitex negundo var.cannabifo1ia*）
		（12）守宫木灌丛（Form. *Sauropus androgynus*）
	8. 亚高山常绿阔叶灌丛	（13）川滇高山栎灌丛（Form. *Quercus aquifolioides*）
		（14）矮高山栎灌丛（Form. *Quercus monimotricha*）
		（15）腋花杜鹃灌丛（Form. *Rhododendron racemosum*）
	9. 高山灌丛	（16）香柏灌丛（Form. *Sabina sino-alpina*）
	10. 干旱河谷灌丛	（17）金合欢灌丛（Form. *Acacia farnesiana*）
		（18）华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛（Form. *Osteomeles schwerinae*+*Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*）
四、稀树草丛	11. 干旱河谷稀树灌木草丛	（19）干旱河谷稀树灌草丛
	12. 山地草丛	（20）蓼、黄茅草丛（Form. *Polygonum* sp.+ *Heteropogon comortus*）
五、草甸	13. 亚高山禾草草甸	（21）羊茅、糙野青茅草甸（Form. *Festuca ovina*+*Deyeuxia scabrescens*）
	14. 亚高山莎草草甸	（22）四川嵩草草甸（Form. *Kobresia setchwanensis*）
六、人工植被	15. 农田人工植被	

附表 1-4 雅砻江卡拉水电站评价区两栖动物名录

物种	分布海拔（m）	生境特征	分布型	特有种
一 有尾目 CAUDATA				
（一）小鲵科 Hynobiidae				
1 山溪鲵 *Batrachuperus pinchonii*	1500~3600	中高山区流溪内。成鲵以水栖生活为主，一般不远离水域，多栖于大石下或倒木下	H	中国
二 无尾目 ANURA				
（二）锄足蟾科 Pelobatidae				
2 乡城齿蟾 *Oreolalax xiangchengensis*	2700～3400	中型山溪边或泉水石滩及其附近，白天在大石下或石缝中。夜晚蹲在水边石上。蝌蚪栖于溪边回水凼内水草丰茂处	H	中国
3 宽头短腿蟾 *Brachytarsophrys carinensis*	500～1700	植被繁茂的大小山溪。5 月中旬左右为繁殖盛期，蝌蚪多栖于山溪回水凼或缓流处碎石间或腐叶层下	S	
4 小角蟾 *Megophrys boettgeri*	1000 左右	山溪附近草丛。5～12 月均可见到蝌蚪，多栖于溪边碎石间或水草根下	S	中国
（三）蟾蜍科 Bufonidae				
5 华西蟾蜍 *Bufo andrewsi*	750～3500	各种生态系统的草丛间或石下。3～5 月产卵，卵产于山溪流水坑内或大河边回水处。成体夜间、黄昏后活动	S	中国
（四）雨蛙科 Hylidae				
6 华西雨蛙川西亚种 *Hyla annectans chuanxiensis*	900～2200	静水域及其附近草丛间树枝叶片上。善于攀登树木。5～6 月繁殖，静水水草间产卵，蝌蚪在静水塘(坑)或稻田内水草间活动	W	
（五）蛙科 Ranidae				
7 双团棘胸蛙 *Paa* (*Paa*) *yunnanensis*	1330~2400	山区林间溪流有苔藓的石头上。4～6 月产卵。蝌蚪生活在流溪水凼内，多隐于石下或腐叶中	H	
8 昭觉林蛙 *Rana chaochiaoensis*	1150～4500	阔叶林至针叶林带高山区林木杂草繁茂处、沼泽和水塘较多。繁殖盛期 4～5 月。蝌蚪栖于湖、塘、水坑浅水水草之间。	H	中国
9 无指盘臭蛙 *Rana grahami*	1720～3200	中、高山的中、小型山溪内水凼，两旁长有杂草和稀疏灌丛。成蛙白昼隐伏在岸边大石隙间或溪边草丛中。6 月繁殖	H	中国
10 四川湍蛙 *Amolops mantzorum*	1000～3800	大型山溪、河流两侧或瀑布较多的溪段内。5～10 月繁殖	H	中国
（六）姬蛙科 Microhylidae				
11 云南小狭口蛙 *Calluella yunnanensis*	1900～3100	山区，大雨后的夜晚常大量出现。5～6 月繁殖。蝌蚪集群浮游于水体表层。	Y	中国

H：喜玛拉雅-横断山区型 S：南中国型 Y：云贵高原型 X：东北-华北型

附表 1-5 雅砻江卡拉水电站评价区爬行动物名录

物种	分布海拔 (m)	生境	分布型	特有种
有鳞目 SQUAMATA				
一 蜥蜴亚目 LACERTILIA				
（一）髭蜥科 Agamidae				
1 草绿攀蜥 *Japalura flaviceps*	1200～1800	河谷地带的稀疏灌丛及岩石，以小型节肢动物为食。5～6 月产卵	H	中国
（二）石龙子科 Scincidae				
2 长肢滑蜥 *Scincella doriae*	3000 左右	向阳山坡，白天多活动于灌丛或草丛间，亦隐匿于乱石下。捕食小型昆虫	H	
二 蛇亚目 SERPENTES				
（三）游蛇科 Colubridae				
3 棕网腹链蛇 *Amphiesma johannis*	1200～2750	山区林中流溪附近。食泥鳅等	H	中国
4 王锦蛇 *Elaphe carinata*	250～2220	丘陵或山区的乱石堆及水塘边，以蛙、蜥蜴、蛇、鸟及鼠类为食，6～7 月产卵	S	
5 黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura*	100～3000	平原、丘陵或山区的河边、稻田及住宅附近，以蛙、鸟、鸟卵及鼠类为食，每年 5 月交配，7～8 月产卵	W	
6 黑线乌梢蛇 *Zaocys nigromarginatus*	1500～2650	山区耕作区或村寨附近。食蛙、鸟及鼠类。卵生，6 月产卵	H	
（四）蝰科 Viperidae				
7 菜花原矛头蝮 *Protobothrops jerdonii*	2400～3100	耕地、路边、乱石堆中、灌木丛内、溪边草丛	M	
8 福建竹叶青 *Trimeresurus stejnegeri*		山区溪边草丛、灌木、岩壁或石上、竹林、路边枯枝、田埂草丛。食蛙、蝌蚪、蜥蜴、鸟、鼠、食虫目动物	W	
9 高原蝮 *Gloydius strauchi*	3000～4300	高山高原地区的杂草乱石堆处、山坡、路边、溪流旁。食啮齿类、蜥蜴及蛙类等动物。卵胎生，繁殖期 9~10 月	H	中国

H：喜玛拉雅-横断山区型　　M：东北型　　S：南中国型　　W：东洋型

附表 1-6 雅砻江卡拉水电站评价区鸟类名录

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
一 鹳形目 CICONIFORMES					
（一）鹭科 Ardeidae					
1 池鹭 *Ardeola bacchus*	中低海拔	水田、水塘及河沟等，在村落或树林及竹林中营巢	W		
2 牛背鹭 *Bubulcus ibis*	中低海拔	水库、湖泊、江河、水田觅食，常结群活动；营巢于村寨附近的竹林和乔木树上	W		
二 雁形目 ANSERIFOMES					
（二）鸭科 Anatidae					
3 赤麻鸭 *Tadorna ferruginea*	270~4100	白天群栖于江河、湖泊、水库等，晚上飞往水田、旱地等觅食。食水草、藻类、水生昆虫、甲壳动物、软体动物。5-7 月繁殖。营巢于河岸土穴、悬崖石洞或田野沟渠	U		
三 隼形目 FALCONIFORMES					
（三）鹰科 Accipitridae					
4 鸢 *Milvus korschun*	300~4000	常单个在高空翱翔，大树顶部或悬岩上营巢。捕食鼠类、鸟、昆虫、小动物尸体	U	II	
5 雀鹰 *Accipiter nisus*	500~2500	阔叶林、针阔混交林、针叶林等山地森林和林缘地带，冬季栖息于低山丘陵、山脚平原、农田地边、以及村庄附近	U	II	
6 普通鵟 *Buteo buteo*	200~4000	阔叶林、混交林和针叶林均有分布，秋冬季多出现在低山丘陵和山脚平原。常在开阔平原、荒漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄上空盘旋翱翔。大多单独活动	U	II	
（四）隼科 Falconidae					
7 红隼 *Falco tinnunculus*	800~3900	除干旱沙漠外遍及各地	O	II	
四 鸡形目 GALLIFORMES					
（五）雉科 Phasianidae					
8 红腹角雉 *Tragopan temminckii*	1600~3400	阔叶林和混交林。食叶茎和野果，偶食昆虫。6月繁殖	H	II	
9 雉鸡 *Phasianus colchicus*	700~3700	荒坡草灌丛。食种子，偶食昆虫。4~6月繁殖	O		
10 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*	1000~2500	山地常绿阔叶林、针阔混交林、林缘灌丛、草坡和矮竹林，冬季农田觅食，杂食性	H	II	中国
五 鸽形目 COLUMBIFORMES					
（六）鸠鸽科 Columbidae					

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
11 岩鸽 *Columba rupestris*	>1500	岩石和峭壁岩缝中，常结群于山谷、平原或住宅附近觅食。喜食玉米、高粱、小麦等。繁殖期 4~7 月	O		
12 点斑林鸽 *Columba hodgsonii*	500~3500	阔叶林、针阔混交林至高山草甸。峭壁营巢，地面觅食，结群活动	H		
13 山斑鸠 *Streptopelia orientalis*	300~2600	丘陵、平原、农耕区和果园等。地面觅食植物、农作物种子	E		
14 楔尾绿鸠 *Treron sphenura*	1000~2600	阔叶树冠、山坡矮树灌丛间觅食野果	W	II	
六 鹃形目 CUCULIFORMES					
（七）杜鹃科 Cuculidae					
15 大杜鹃 *Cuculus canorus*	500~4000	阔叶林、针阔混交林及高山灌丛草甸。食昆虫	O		
七 鸮形目 STRIGIFORMES					
（八）鸱鸮科 Strigidae					
16 鵰鸮 *Bubo bubo*	450~4000	山地森林、平原、荒野、林缘灌丛、疏林、高山和峭壁等	U	II	
17 斑头鸺鹠 *Glaucidium cuculoildes*	2000左右	山地农区、森林灌丛。食蝗虫、金龟甲、姬鼠和小家鼠。3~6月繁殖	W	II	
18 灰林鸮 *Strix aluco*	<3000	落叶阔叶林和针阔叶混交林；食昆虫和野鼠	O	II	
八 夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES					
（九）夜鹰科 Caprimulgidae					
19 普通夜鹰 *Caprimulgaus indicus*	450~3500	山区森林及灌丛，白天栖于地面或树枝上	W	省级	
九 雨燕目 APODIFORMES					
（十）雨燕科 Apodidae					
20 短嘴金丝燕 *Collocalia brevirostris*	中低海拔	岩洞的石壁上营巢，巢由涎液胶结藓株砌成，呈杯状。飞行捕食小虫	W		
21 白喉针尾雨燕 *Aerodramus caudacutus*	1500~3300	岩壁或破庙。食飞虫	W	省级	
22 白腰雨燕 *Apus pacificus*	1500~3700	阔叶林、针阔混交林及高山，营巢在这些环境中的峭壁上。食昆虫	M		
十 佛法僧目 CORACIIFORMES					
（十一）翠鸟科 Alcedinidae					
23 蓝翡翠 *Halcyon Pileata*	<2000	低山和丘陵地区，常单独站在河边或湖边的电线和树上。食昆虫和鱼虾	W		
（十二）戴胜科 Upupidae					

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
24 戴胜 *Upupa epops*	300~3400	墙洞中筑巢。常单独在地面摄食，食小虫、偶食草籽	O		
十一 鴷形目 PICIFORMES					
（十三）啄木鸟科 Picidae					
25 大斑啄木鸟 *Dendrocopos major*	1800~4000	森林。食树干害虫和野果	U		
26 棕腹啄木鸟 *Dendrocopos hyperthrus*	400~3600	夏季山区针阔叶混交林，冬季盆地。食蚂蚁和甲虫，兼食野果	H		
27 星头啄木鸟 *Dendrocopos canicapillus*	1900~3800	阔叶林至高山针叶林。攀树。食蝽象、天牛等昆虫及其幼虫，偶食野果	W		
十二 雀形目 PASSERIFORMES					
（十四）燕科 Hirundinidae					
28 岩燕 *Ptyonoprogne rupestris*	500~3000	石崖及岸边崖壁上栖息和繁殖，在此环境周边飞行捕食昆虫	O		
29 金腰燕 *Hirundo Daurica*	1200~2800	平原和山区居民点附近，有时和其它燕子混飞在一起。通常在建筑物中筑巢。食昆虫	O		
30 烟腹毛脚燕 *Delichon urbica*	700~3000	自阔叶林带至高山灌丛。于飞行中捕食昆虫	U		
（十五）鹡鸰科 Motacillidae					
31 白鹡鸰 *Motacilla alba*	较宽	依水较近的洞穴、岩缝、墙壁里和茅屋脊。食昆虫	O		
32 粉红胸鹨 *Anthus Roseatus*	<3600	高山和高原草甸，越冬下至稻田。夏季在高海拔林缘和高原繁殖，冬季降至山脚、丘陵和平原。食昆虫和草籽	H		
（十六）鹎科 Pycnonotidae					
33 凤头雀嘴鹎 *Spizixos canifrons*	1200~3200	阔叶林及灌丛。食鞘翅目甲虫、鳞翅目幼虫及植物果实。繁殖期 4~7 月	W		
34 黄臀鹎 *Pycnonotus xanthorrhous*	<2800	低地、山林林缘、山坡灌丛和村落附近，常见鸟	W		
35 黑短脚鹎 *Hypsipetes madagascariensis*	<2800	常绿阔叶林或针阔混交林。食植物果实和昆虫。繁殖期 4~7 月	W		
（十七）伯劳科 Laniidae					
36 灰背伯劳 *Lanius tephronotus*	<4000	开阔平原与低山的田园、果园及树丛。性凶猛，善捕食昆虫、鸟类及其他动物	H		
（十八）卷尾科 Dicruridae					
37 灰卷尾 *Dicrurus leucophaeus*	900~2800	山区林缘或村落附近的疏林。食各种昆虫	W		
38 黑卷尾 *Dicrurus macrocercus*	<1800	多在阔叶林带，偶到针阔混交林	W		
（十九）鸦科 Corvidae					

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
39 红嘴蓝鹊 *Urocissa erythrorhyncha*	中低海拔	林缘、灌丛，树上营巢。食果实、昆虫、小型爬行动物等	W		
40 星鸦 *Nucifraga caryocatactes*	<3800	山地针叶林或阔叶林，树冠活动。以松子、坚果和鞘翅目昆虫等为食	U		
41 喜鹊 *Pica pica*	中低海拔	民宅旁的树上和耕地中，大树上巢筑。杂食性	C		
42 大嘴乌鸦 *Corvus macrorhynchus*	中低海拔	平原和山地的村落、农田，高大乔木上营巢。食昆虫、鼠类。常见留鸟	E		
43 白颈鸦 *Corvus torquatus*	<2800	平原、丘陵和低山的农耕地、河滩和村寨。食金龟甲、步行甲、锹形甲、红娘华、鳞翅目昆虫及蜗牛、泥鳅、小鸟和谷类、草籽等	S		
（二十）岩鹨科 Prunellidae					
44 栗背岩鹨 *Prunella immaculata*	2000~4000	山地灌丛草甸、针叶林。食鞘翅目、直翅目、杂草种子、悬钩子等果实	H		
（二一）鸫科 Turdidae					
45 黑喉红尾鸲 *Phoenicurus hodgsoni*	1700~4300	山地灌丛、矮树林、农耕区、阔叶林	H		
46 白喉红尾鸲 *Phoenicurus schisticeps*	2400~4300	高山森林和灌丛，冬季在中、低山。以昆虫和植物种子为食	H		
47 北红尾鸲 *Phoenicurus auroreus*	300~3000	山地阔叶林、灌丛、农区庭园	M		
48 红尾水鸲 *Rhyacornis fuliginosus*	中低海拔	溪流及河流两旁、水中砾石。食昆虫	W		
49 白腹短翅鸲 *Hodgsonius phoenicuroides*	1400~3000	灌丛或竹林。主食昆虫、杂草种子等	H		
50 黑喉石䳭 *Saxicola torquata*	中低海拔	山地灌丛、农田和村舍附近的小树或电线与农作物上	O		
51 白顶溪鸲 *Chaimarrornis leucocephalus*	<4000	河流、小溪，常立于水中或近水突出岩石上。以昆虫和植物种子为食	H		
52 栗腹矶鸫 *Monticola rufiventris*	1000~3000	森林树冠层。以各种昆虫为食	S		
53 蓝矶鸫 *Myiophoneus solitaria*	中低海拔	河流、小溪岸边岩石上，或山区公路边以及人居房顶等。	O		
54 紫啸鸫 *Myiophoneus caeruleus*	中海拔~3650	山区溪流或河流岸边	W		
55 红胁蓝尾鸲 *Tarsiger cyanurus*	中低海拔	湿润山地森林及次生林的林下低处。食昆虫、少量植物种子	M		
56 光背地鸫 *Zoothera mollissima*	中低海拔	高山林区密林或灌丛地上。以昆虫和杂草种子等为食	H		
57 长尾地鸫 *Zoothera dixoni*	1000~3000	高山密林或竹林间。以昆虫和杂草种子等为食	H		
58 灰头鸫 *Turdus rubrocanus*	500~4300	树上或田野地面，巢呈碗形。食浆果和昆虫	H		
（二二）画眉科 Timaliidae					
59 锈脸钩嘴鹛 *Pomatorhinus erythrogenys*	中低海拔	山地茂密灌丛、草丛或林缘低矮树间	S		

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
60 棕颈钩嘴鹛 *Pomatorhinus ruficollis*	800~3400	混交林、常绿林或有竹林的矮小次生林	W		
61 大噪鹛 *Garrulax maximus*	2000~4200	针阔混交林至高山灌丛。以蜗牛和昆虫等为食	H		中国
62 橙翅噪鹛 *Garrulax ellioti*	1200~4800	灌丛及竹丛	H		中国
63 斑喉希鹛 *Minla strigula*	1500~3000	阔叶林和灌丛。以昆虫和浆果、种子等为食	H		
64 白眉雀鹛 *Alcippe vinipectus*	2000~3700	常绿阔叶林、针叶林或灌丛。食昆虫、植物浆果与种子	H		
65 褐头雀鹛 *Alcippe cinereiceps*	1400~2500	山坡灌丛或溪边树林。以金龟甲、鳞翅目幼虫等昆虫和植物种子为食	S		
66 白领凤鹛 *Yuhina diademata*	1100~3600	阔叶林带。以昆虫和植物果实为食	H		中国
（二三）鸦雀科					
67 三趾鸦雀 *Paradoxornis paradoxus*	1500~3700	成小群栖于阔叶林及针叶林中的竹林密丛	H		中国
68 棕头鸦雀 *Paradoxornis webbianus*	<2200	中、低山地灌丛、草丛或矮树间，冬季降到平原或庭园中。食昆虫和植物果实与种子	S		
（二四）莺科 Sylviidae					
69 栗头地莺 *Tesia castaneocoronata*	1400~3700	阔叶林、针阔混交林林下灌丛。食昆虫	H		
70 黄腹树莺 *Cettia robustipes*	1600~3700	浓密灌丛或竹林、林下	S		
71 斑胸短翅莺 *Bradypterus lurtovenrtris*	1200~3400	桧树及杜鹃灌丛，冬季山麓和平原。食象甲、蚂蚁和鳞翅目昆虫的幼虫	O		
72 黄腹柳莺 *Phylloscopus affinis*	1500~3700	稀疏林地、林缘及灌丛。食甲虫和昆虫幼虫。	H		
73 白斑尾柳莺 *Phylloscopus davisoni*	中低海拔	阔叶林、灌丛间；多三五成群活动；主要以昆虫为食，偶吃植物果实和种子	S		
74 黄眉柳莺 *Phylloscopus inornatus*	中低海拔	森林、灌丛、果园及庭院；以鞘翅目昆虫、鳞翅目幼虫、蚂蚁等为食	U		
75 冠纹柳莺 *Phylloscopus reguloides*	1500~3600	阔叶林、针阔叶混交林及灌丛。以金龟甲、瓢甲、金花甲、象甲、毛虫、蚂蚁、蝇以及同翅目、革翅目等昆虫为食	W		
76 褐头鷦莺 *Prinia subflava*	300~2000	山地、平原的农耕地、菜园以及村舍附近的灌、草丛。食鞘翅目、膜翅目等昆虫	W		
77 山鷦莺 *Prinia Criniger*	300~2700	灌丛、草丛。以金龟甲、步行甲以及直翅目、膜翅目、鳞翅目等昆虫为食	W		
（二五）鹟科 Muscicapinae					
78 橙胸姬鹟 *Ficedula strophiata*	1000~3000	针阔混交林和针叶林繁殖，活动于林缘灌丛。以昆虫为食。	W		
79 棕腹仙鹟 *Niltava sundara*	300~3300	山区落叶阔叶、针阔叶混交林带、竹林和灌丛。食昆虫，偶食野果	H		
80 棕尾褐鹟 *Muscicapa ferruginea*	<3000	山区阔叶林，偶至针阔叶混交林带底部，林缘或孤树栖息。食飞虫	H		

物种	海拔	生 境	分布型	保护级别	特有种
81 白喉扇尾鹟 *Rhipidura albicollis*	<3500	乔木、竹林和灌丛。食虫	W		
（二六）山雀科 Paridae					
82 大山雀 *Parus major*	<3300	山区和平原的阔叶林和针叶林	O		
83 绿背山雀 *Parus monticolus*	1000~4000	中高山森林或林缘。食虫	W		
84 黑冠山雀 *Parus rubidiuentris*	<3300	针叶林或灌丛。以昆虫为食，兼吃植物嫩枝叶	H		
（二七）长尾山雀科 Aegithalidae					
85 黑眉长尾山雀 *Aegithalos bonvaloti*	1400~3200	山地针叶林、混交林、竹林或灌丛。以蝗虫、步行甲、蚂蚁、鳞翅目幼虫等昆虫为食，兼吃少量植物种子和浆果等	H		
（二八）鸸科 Sittidae					
86 白脸鸸 *Sitta leucopsis*	中低海拔	针叶林	H		
（二九）绣眼鸟科 Zosteropidae					
87 灰腹绣眼鸟 *Zosterops palpebrosa*	1500~2600	阔叶林。成群，常与暗绿锈眼鸟混群在树枝间活动。食昆虫，也吃一些植物	W		
（三十）文鸟科 Ploceidae					
88 麻雀 *Passer montanus*	<3500	人居附近，在房屋屋檐、墙洞营巢，有时会占领家燕的窝巢，野外筑巢于树洞	U		
89 山麻雀 *Passer rutilans*	<3500	阔叶林带。以植物种子和昆虫为食	S		
（三一）雀科 Fringillidae					
90 黑头金翅 *Cardulis ambigua*	1200~3200	开阔针叶林或落叶林及有稀疏林木的开阔地、农耕区。食草籽、野果、谷物和昆虫	H		
91 红眉朱雀 *Carpodacus pulcherrimus*	2000~4600	高山草甸、林缘、栎及杜鹃灌丛。食草籽、果实、作物种子	H		
92 白眉朱雀 *Carpodacus thura*	2000~4000	高山灌丛、草坡和农耕地。主食植物果实和杂草种子	H		
93 灰头灰雀 *Pyrrhula erythaca*	600~3900	针阔叶混交林、灌丛，集群活动。食禾本科、莎草科等种子及野果	H		
（三二）鹀科 Emberizidae					
94 灰眉岩鹀 *Emberiza cia*	<4000	灌丛、草坡、农田及林缘，喜干燥少植被的多岩丘陵山坡及沟壑深谷，冬季移至开阔多矮灌丛生境	O		

C: 全北型 E: 季风型 H: 喜马拉雅－横断山区型 M: 东北型 O: 广布种 S: 南中国型 P: 高地型 U: 古北型 W: 东洋型 X: 东北-华北型

附表 1-7 雅砻江卡拉水电站评价区兽类名录

物 种	分布海拔（m）	生境	分布型	保护级别	特有种
一 **食虫目 INSECTIVORA**					
（一）鼹科 Talpidae					
1 白尾鼹 *Parascaptor leucurus*	2000左右	阔叶林的灌丛。以昆虫和蠕虫为食	W		
2 宽齿鼹 *Talpa grandis*	500~2500	平原、灌丛和山地。食昆虫、蠕虫、蚯蚓为。3~4月开始繁殖	H		
（二）鼩鼱科 Soricidae					
3 小纹背鼩鼱 *Sorex bedfordiae*	2000~3300	针阔混交林的灌丛、次生林。食昆虫	H		
4 黑齿鼩鼱 *Blarinella quadraticauda*	1000~2500	高山峡谷灌丛区	H		
5 喜马拉雅水鼩 *Chimmarogale himalayicus*	400~2000	川西南山地、川西平原以及川北盆缘山地的溪沟及大小水体附近。以鱼类及其它水生小动物为食	S		
二 **灵长目 PRIMATES**					
（三）猴科 Cercopithecidae					
6 猕猴 *Macaca mulatta*	中低海拔	深丘与山地阔叶林、针阔混交林、竹林及稀树裸岩等，在悬崖洞穴、悬崖、树上过夜。	W	II	
三 **食肉目 CARNIVORA**					
（四）犬科 Canidae					
7 赤狐 *Vulpes vulpes*	2000~5000	森林、灌丛、草甸的土洞、树洞、石隙或其他动物废弃的旧洞穴内	C	省级	
（五）鼬科 Mustelidae					
8 青鼬 *Martes flavigula*	<3000	阔叶林、针阔混交林和灌丛。食小兽和鸟类，也取食蜂蜜	W	II	
9 黄鼬 *Mustela sibirica*	中低海拔	河谷、土坡、平原、丘陵和村落附近的洞穴、砌石、积木。多夜间活动，白天也可见。性凶猛，善游泳	U		
10 鼬獾 *Melogale moschata*	中低海拔	平原、丘陵和中低山的河谷、田塘、沟渠附近草灌。夜间觅食，杂食	S		
11 猪獾 *Arctonyx collaris*	中低海拔	中低山、丘陵的荒野溪边、草灌。洞居或穴居	W		

物　　种	分布海拔（m）	生境	分布型	保护级别	特有种
12 水獭 *Lutra lutra*	中低海拔	江河湖塘岸边，在堤岸筑洞，有通道通向水中。昼伏夜出。食鱼、蟹、蛙、鼠。春夏季繁殖	U	II	
（六）灵猫科 Viverridae					
13 花面狸 *Paguma larvata*	中低海拔	阔叶林、稀树林和灌丛。杂食性。	W		
（七）猫科 Felidae					
14 豹猫 *Felis bengalensis*	<3500	阔叶林和针阔混交林。夜行性。食鸟、鼠类等小型动物	W	省级	
四 **偶蹄目 ARTIODACTYLA**					
（八）鹿科 Cervidae					
15 水鹿 *Cervus unicolor*	1400~3500	阔叶林、针阔混交林或针叶林。植食性	W	II	
（九）牛科 Bovidae					
16 斑羚 *Nemorhaedus caudatus*	< 3500	山地针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林	E	II	
五 **啮齿目 RODENTIA**					
（十）松鼠科 Sciuridae					
17 隐纹花鼠 *Tamiops swinhoei*	<3500	亚高山针叶林和灌丛，树栖。食植物嫩叶和果实	W		
18 白喉岩松鼠 *Sciurotamias forresti*	中海拔	阔叶林和针阔混交林，以种子为食	H		中国
19 喜马拉雅旱獭 *Marmota himalayana*	>3000	草原。群居。以植物为食	P		
（十一）仓鼠科 Cricetidae					
20 昭通绒鼠 *Eothenomys olitor*	2000~3000	灌丛、农田，数量少	H		中国
21 玉龙绒鼠 *Eothenomys proditor*	2000~3000	林缘草地或灌丛	H		中国
（十二）鼠科 Muridae					
22 大耳姬鼠 *Apodemus latronum*	<3500	阔叶林、针阔混交林、灌丛、农田。以草籽和农作物种子为食	H		中国
23 中华姬鼠 *Apodemus draco*	800~3500	林区耕地、灌丛。以草籽和农作物种子为食	S		

物　　种	分布海拔（m）	生境	分布型	保护级别	特有种
24 高山姬鼠 *Apodemus chevrieri*	1000~2500	高原农田、灌丛。以种子类为主食。携带钩端螺旋体病原体，可传播该病	S		中国
25 褐家鼠 *Rattus norvegicus*	中低海拔	住家、下水道、阴沟、农舍。室内食物缺乏或密度过大时迁移到农田。杂食。终年繁殖。传播流行性出血热、钩端螺旋体病以及地方性斑疹伤寒	U		
26 社鼠 *Niviventer confucianus*	<3500	中山及丘陵区灌丛、林缘、农田、荒坡。食种子，夜间活动。传播钩端螺旋体病	W		
六 **兔形目 LAGOMORPHA**					
（十三）鼠兔科 Ochotonidae					
27 木里鼠兔 *Ochotona muliensis*	2200~3000	灌草丛	H		中国
28 藏鼠兔 *Ochotona thibetana*	1500~3000	亚高山林缘、草地及灌丛。食草	H		中国
（十四）兔科 Leporidae					
29 高原兔 *Lepus oiostolus*	>3000	灌丛、草地。食草	P		

C: 全北型　U: 古北型　H: 喜马拉雅－横断山区型　W: 东洋型　E: 季风型　M: 东北型　O: 广布种　S: 南中国型　P: 高地型　X: 东北-华北型

附表 2 卡拉水电站植物样方调查表

样方编号：	K-01	**地名：**	央沟下游		
调查时间：	2009.06.01	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	次生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	干流河谷		1970	5°	东
经纬度	28.35316N，101.35332 E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	20	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲、余甘子、矮探春、杭子梢		
	灌木平均高：m	0.7			
草本层	盖度：%	45	毛子草、多种蒿、戟叶酸模、旱蕨		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：	位于河谷，受一定人类活动影响				

样方编号：	K-02	**地名：**	央沟下游		
调查时间：	2009.06.01	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	干旱河谷稀树灌草丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	河滩地		1960	5°	东北
经纬度	28.34891N，101.35496E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	10	白刺花、小角柱花、胡颓子、扁核木、羊蹄甲、山蚂蝗、香茶菜		
	灌木平均高：m	1.4			
草本层	盖度：%	70	芸香草、 黄茅、旱茅、茛草、戟叶酸模		
	平均高度：m	0.6			
层外物种：					
备注：	为典型的河谷灌草丛植被				

样方编号：	K-03	**地名：**	央沟下游		
调查时间：	2009.06.01	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	华西小石积灌丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	河滩地		1954	5°	东
经纬度	28.34583N， 101.35678E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	15	华西小石积、刺悬钩子、凹叶瑞香、白刺花、五小叶槭		
	灌木平均高：m	1.6			
草本层	盖度：%	70	多种蒿、旱蕨、戟叶酸模、肾叶山蓼		
	平均高度：m	0.5			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-04	**地名：**	大碧沟下游		
调查时间：	2009.06.01	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	臭黄荆、守宫木灌丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	坡地		1960	10°	东南
经纬度	28.33753 N，101.36092E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	40	臭黄荆、守宫木、雀梅藤、黄荆、枸子、臭椿		
	灌木平均高：m	1.4			
草本层	盖度：%	15	黄茅、茅叶荩草、天南星、千里光、苦荬菜、肾叶山蓼		
	平均高度：m	0.5			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-05	**地名：**	央沟沟口		
调查时间：	2009.06.04	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲灌丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	沟口坡地		1950	15°	南
经纬度	28.35924N，101.34585E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	30	华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲、油橄榄、矮探春、小角柱花		
	灌木平均高：m	1.2			
草本层	盖度：%	50	臭蒿、竹叶子草、茅叶荩草、莎草、苜蓿、垫状卷柏		
	平均高度：m	0.4			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-06	**地名：**	央沟上游		
调查时间：	2009.06.01	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	华西小石积、臭黄荆灌丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	右岸坡地		15	20°	东
经纬度	28.35915N，101.337178E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	30	华西小石积、臭黄荆、刺悬钩子、木蓝、菱叶海桐		
	灌木平均高：m	1.0			
草本层	盖度：%	60	大火草、卷柏、旱蕨、羊胡子草、臭蒿、茅叶荩草		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-07	地名：	央沟上游		
调查时间：	2009.06.02	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	合欢、清香木灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	山体下部		1993	15°	东
经纬度	28.37254N， 101.32927E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	40	金合欢、清香木、尖叶木犀榄、蒙桑、醉鱼草		
	灌木平均高：m	3.5			
草本层	盖度：%	65	野古草、香薷、茅叶荩草、毛子草、香薷、扁芒草、野青茅		
	平均高度：m	0.5			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-08	地名：	上田正沟下游		
调查时间：	2009.06.03	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	金合欢灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	河滩地		1933	0°	无
经纬度	28.37656N，101.29500E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	50	金合欢、银合欢、尖叶木犀榄		
	灌木平均高：m	4.0			
草本层	盖度：%	60	糙野青茅、黄茅、毛叶荩草、肾叶山蓼		
	平均高度：m	0.6			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-09	地名：	纤维沟口		
调查时间：	2009.06.03	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	柳灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	沟口河滩		1965	5°	南
经纬度	28.38730N，101.29066E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	40	川滇柳、长穗柳、滇杨		
	灌木平均高：m	4.5			
草本层	盖度：%	30	多种蒿、天南星、画眉草、剪股颖、砖子苗、四川嵩草		
	平均高度：m	0.5			
层外物种：	盘柄铁线莲				
备注：	该群落分布面积极小，仅在纤维沟口等地偶见				

样方编号：	K-10	地名：	甲尔沟对岸		
调查时间：	2009.06.04	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	云南松林	植被起源	环境特征		
样方面积：	20m×20m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	甲尔沟对岸支沟内		2687	15°	东北
经纬度	28.38561N，101.23923E	生长情况	优势物种		
乔木层	郁闭度：	0.7	云南松、川滇高山栎		
	乔木平均高：m	10			
灌木层	盖度：%	20	乌鸦果、大白杜鹃、川滇高山栎幼苗、毛杭子梢、马桑、铁仔、木蓝		
	灌木平均高：m	0.3			
草本层	盖度：%	60	黄茅、野青茅、芸香草、西南委陵菜、茜草		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-11	地名：	九一三沟下游		
调查时间：	2009.06.05	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	蓼、禾草草丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	2m×2m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	路边山坡		2013	15°	南
经纬度	28.40037N，101.27779E	生长情况	优势物种		
草本层	盖度：%	40	肾叶山蓼、中华山蓼、尼泊尔蓼、黄茅、荩草		
	平均高度：m	0.4			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-12	地名：	上田正沟下游		
调查时间：	2009.06.06	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	金合欢灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	河谷		2005	5°	东南
经纬度	28.37948N，101.29351E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	40	金合欢、杭子梢、野丁香、圆柏		
	灌木平均高：m	4.5			
草本层	盖度：%	30	尼泊尔蓼、千里光、野古草、茅叶荩草、狗牙根、马唐		
	平均高度：m	0.4			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-13	地名：	坝址附近		
调查时间：	2009.06.06	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	守宫木灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	河谷		1954	15°	东南
经纬度	28.33967N，101.36002E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	40	守宫木、刺悬钩子、四川香茶菜、算盘子		
	灌木平均高：m	1.5			
草本层	盖度：%	15	茅叶荩草、槲蕨、臭蒿、肾叶山蓼、酢浆草、旱茅		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-14	地名：	坝址左岸		
调查时间：	2009.06.06	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	金合欢灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	河滩		1991	10°	东南
经纬度	28.34682N，101.35508E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	30	金合欢、尖叶木犀榄		
	灌木平均高：m	4.0			
草本层	盖度：%	15	茅叶荩草、槲蕨、臭蒿、肾叶山蓼、酢浆草、旱茅		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-15	地名：	甲尔沟		
调查时间：	2009.06.06	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	云南松林	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	山体中部		2588	15°	西北
经纬度	28.39092N，101.25623E	生长情况	优势物种		
乔木层	郁闭度：	0.4	云南松、丽江云杉、高山松		
	乔木平均高：m	10			
灌木层	盖度：%	30	高山栎、云南松幼树、黄背栎、忍冬、铁仔、木里杜鹃		
	灌木平均高：m	4.0			
草本层	盖度：%	15	野青茅、旱茅、须芒草、糙野青茅、龙胆、卵心叶虎耳草、火绒草、轮耳蟹甲草		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-16	地名：	上田正沟下游		
调查时间：	2009.06.07	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	多变柯幼林	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	原生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	山坡中部		2214	10°	东南
经纬度	28.37238N，101.29526E	生长情况	优势物种		
乔木层	郁闭度：	0.4	多变柯、川滇高山栎、黄背栎		
	乔木平均高：m	6			
灌木层	盖度：%	30	算盘子、西南绣球、绣线菊		
	灌木平均高：m	2.5			
草本层	盖度：%	15	齿头鳞毛蕨、臭蒿、心叶兔耳风、蟹甲草、川八角莲		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-17	地名：	九一三沟上游		
调查时间：	2009.06.07	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	悬钩子灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	次生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	河滩		1957	0°	无
经纬度	28.41180N，101.26954E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	60	刺悬钩子、喜阴悬钩子、黄果悬钩子、红泡刺藤、小果蔷薇		
	灌木平均高：m	1.8			
草本层	盖度：%	30	西南委陵菜、掌裂蟹甲草、四川莎草、云南兔耳风、羊茅、东方草莓、香青		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：	该群落在评价区分布极少				

样方编号：	K-18	地名：	麦地龙乡下游		
调查时间：	2009.06.07	调查人：	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	华西小石积+余甘子灌丛	植被起源	环境特征		
样方面积：	5m×5m	次生	海拔：m	坡度	坡向
地形特征：	路边山坡		2005	10°	东南
经纬度	28.58411N，101.22477E	生长情况	优势物种		
灌木层	盖度：%	30	华西小石积、余甘子、油橄榄、野丁香、白刺花		
	灌木平均高：m	0.8			
草本层	盖度：%	30	纤枝香青、鼠麴草、魁蒿、四川莎草、蒲公英		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

样方编号：	K-19	**地名：**	九一三沟上游		
调查时间：	2009.06.07	**调查人：**	唐明坤，高林峰，梁俊书		
植被类型：	干旱河谷稀树灌草丛	**植被起源**	**环境特征**		
样方面积：	5m×5m	原生	**海拔：m**	**坡度**	**坡向**
地形特征：	路边山坡		1960	15°	东南
经纬度	28.41185N，101.26946E	**生长情况**	**优势物种**		
灌木层	盖度：%	15	白刺花、小角柱花、胡颓子、扁核木、羊蹄甲、山蚂蝗、香茶菜、无患子		
	灌木平均高：m	1.2			
草本层	盖度：%	50	扁芒草、羊茅、野青茅、香青、鼠麴草、茅叶荩草、野古草		
	平均高度：m	0.3			
层外物种：					
备注：					

附表 3 重要鱼类生物学特性

(1) 长丝裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) dolichonema* Herzenstein



四川省重点保护野生动物。体延长，稍侧扁，吻钝圆。口下位，横裂或略呈弧形。下唇表面具多数小乳突，可游离；唇后沟连续。一颌前缘具锐利角质。须 2 对，颇发达，约等长。前须达眼球中后部，后须达前鳃盖骨前或稍前一点。背鳍起点至吻端距离接近或等于至尾鳍基部距离，背鳍第 3 不分枝鳍条为一粗壮而后缘有显著锯齿的硬刺，起点在腹鳍之前，腹鳍基部与背鳍第 1.2 分枝鳍条相对。尾鳍叉形。体被细鳞，排列整齐，鳃后之胸腹部具有明显细鳞。臀鳞发达，自腹后部沿肛门两侧排列达臀鳍部。下咽骨适中，弧形。咽齿尖而弯曲，咀嚼凹陷。鳔 2 室，后室约这肖的 2 倍。肠盘曲，为体长 2.5 倍以上。腹腊黑色。体上部灰褐色，腹侧银白色，各鳍青灰色，体侧或具有小褐点。新鲜标本尾鳍淡红色。

为冷水性的底层鱼类，生活于流水中，尤喜栖息在清澈的干支流的洄水处，营底栖生活，喜栖息于水质清澈的深水处。多食着生藻类，以硅藻为主，兼食少量绿藻和水生昆虫。青海玉树通天河和结古河常见。分布于我国金沙江和雅砻江水系上游。属大型经济鱼类，最大能长到 3.5kg 以上。

(2) 短须裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) wangchiachii* (Fang)



长江上游特有鱼类。身体延长，侧扁。头呈锥形，背面略宽，吻端稍钝，向前突出。口下位，呈横裂状，或近似弧形。须 2 对，较短。全身被细鳞。身体背部青蓝色或暗灰色，腹部银白色，胸鳍、腹鳍和臀鳍浅红色，尾鳍红色。

分布于长江上游的金沙江和乌江水系的峡谷河流中。为冷水性鱼类，生活于河川急

流中，常见于底质为岩石粗砂，水流较缓的浅滩或回水区。冬季集中于江河的深潭、岩洞中。产卵期在 3-4 月间，卵产于流水中。摄食植物性食物，以其下颌刮取着手在水下岩石的藻类。

(3) 四川裂腹鱼 *Schizothorax (Racoma) kozlovi* Nikolsky



长江上游特有鱼类。分布于金沙江和雅砻江水系的峡谷河段，另外偶见于高原宽谷河段，是产区的重要经济鱼类，生长缓慢，体长 460mm 的个体，体重可达 1790g，主要摄食底栖无脊椎动物。

(4) 齐口裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) prenanti* (Tchang)



长江上游特有鱼类，也是长江上游的重要经济鱼类。生长比较缓慢，常见个体重 0.5～lkg，最大个体重可达 8kg，底栖性鱼类，生活在水温较低，水流湍急，含氧量高的山区河流中。以其发达的下颌角质刮取岩石上的着生藻类为食，特别喜食硅藻，其次是蓝藻类和绿藻类以及少数的红藻类，同时也食一些水生昆虫幼虫或植物碎屑。繁殖能力较强，雌性 4 龄成熟，雄性通常 3 龄成熟。常见个体怀卵量为 2～4 万粒。IV 期卵巢的卵径约 2. 8mm。生殖季节为 3-4 月，多在急流浅滩上产卵。

(5) 细鳞裂腹鱼 *Schizothorax (Schizothorax) chongi* (Fang)



四川省重点保护野生动物，长江上游特有鱼类。身体略长而侧扁，背部隆起，头部锥形。吻端稍钝，向前突出。口下位呈弧形。须 2 对。全身被细鳞。身体背部青灰色，腹部银白色，尾鳍带红色。

分布于金沙江中下游、长江干流上游、岷江下游、雅砻江、嘉陵江，是一种冷水性鱼类，主要生活于干流中。

(6) 青石爬鮡 *Euchiloglanis davidi* (Sauvage)



四川省重点保护鱼类，长江上游特有鱼类，《中国物种红色名录》极危种（CR）。个体较小，多生活在山区河流中，以底栖动物为食，属底栖性鱼类，种群数量小，生长缓慢。繁殖季节 6-7 月，常在急流多石的河滩产卵，受精卵粘在石头上发育。

主要分布于青衣江、岷江上游、金沙江、雅砻江和大渡河上游。

(7) 黄石爬鮡 *Euchiloglanis kishinouyei* Kimura



《中国物种红色名录》濒危种（EN）。黄石爬鮡属底栖性鱼类，常生活在河流的支流，在河床多砾石、水流湍急段，多以腹部紧贴石上或在石缝中活动。主要是动物性食料，以水生昆虫成虫及其幼虫为主，如蜉蝣和蜻蜓的幼虫、石蝇、石蚕等，其次为有机腐屑以及水生植物的碎片。生殖季节在 9-10 月，生殖腺为一个，呈椭圆形，囊状。一般个体怀卵量较小，通常为 100-500 粒，呈黄色，卵径为 4-5mm。常在急流乱石滩上产卵，受精卵具粘性，粘附在石上发育孵化。

(8) 中华鮡 *Pareuchiloglanis sinensis* (Hora *et* Silas)



四川省重点保护鱼类，长江上游特有鱼类，《中国物种红色名录》濒危种（EN）。体延长，背鳍前扁平，以后逐渐侧扁，腹部平坦。头扁平，腹面平。吻短，宽阔。口下位，较小，横裂状。须 4 对。背鳍短小，外缘截形，无硬刺。胸、腹鳍基部宽厚，尾鳍截形。脂鳍稍长，起点在腹鳍末端后上方。身体裸露无鳞，体表有细小颗粒状突起。身体基色灰棕色，腹部灰白色。个体较小，多生活在山区急流河流中，以底栖动物为食。主要分布于青衣江、金沙江、和大渡河。

(9) 圆口铜鱼 *Coreius guichenoti* (Sauvage *et* Dabry)



长江上中游特有鱼类。栖息于水流湍急的江河中，喜集群活动于水域的下层。食性杂，以水生昆虫的幼虫、软体动物为主，兼食植物碎片，有时也吞食其它鱼类的鱼卵、鱼苗等（褚新洛、陈银瑞，1989）。生长速度较快，2-3 龄可达性成熟，生殖季节在 3-6 月，4 月为产卵盛期，在具有卵石河底的急流浅滩处产卵，卵浮性。受精卵随水漂流发育孵化。

(10) 长鳍吻鮈 *Rhinogobio ventralis* (Sauvage *et* Dabry)



长江上中游特有鱼类。体延长，略呈圆筒状，腹中圆。吻钝，向前突出。口小，下位，呈马蹄形。唇厚。上下颌一般具角质。眼小。口角有一对小须，长度与眼径相等或稍长。

背鳍无硬刺，起点距吻端较距尾鳍为近。胸鳍条长，末端达到或超过腹鳍。臀鳍外缘深凹，起点距腹鳍基较距尾鳍基为近。肛门距臀鳍近，侧线完全。胸部的鳞特别小。鳔小，2 室，前室较大，呈圆筒状，为较硬的膜质囊；后室细小而长。腹腔膜灰白色。

体背灰棕色，腹部灰白色。胸鳍、腹鳍和臀鳍淡黄色，其他各鳍为灰黑色。

常见于长江上游干、支流级宜昌江段。喜栖息于江河底层。主要摄食水生昆虫及摇蚊幼虫，其次为丝状藻类。本次调查采到少量样本。

(11) 长薄鳅 *Leptobotia elongate* (Bleeker)



长江上中游特有鱼类，列入《中国濒危动物红皮书　鱼类》易危种（VU）。

别名花鱼。分布于金沙江中下游干流、长江中上游干支流。长薄鳅属凶猛性底栖鱼类，生活在水流较急的河滩处，以鱼为食，如平鳍鳅、中华沙鳅、鮈类、鱵和鲿鱼皮等小型鱼类，也食虾类、水生昆虫成虫及幼虫（丁瑞华，1994）。长薄鳅是鳅科鱼类中最大的一种，常见个体重 0.5-1.0kg，最大个体 2.0-3.0kg。

长薄鳅系长江上游特有种，因为其主要产卵场位于金沙江下段。长薄鳅在长江干流、岷江和嘉陵江等地的天然渔获物中占有一定比例，是产区的经济鱼类之一。

(12) 松潘裸鲤 *Gymnocypris potanini firmispinatus*



四川省重点保护鱼类。长江上游特有鱼类。身体较长，侧扁，头部略呈锥形。吻部圆钝，口亚下位，呈弧形。无须。全身被细鳞。身体背部青灰色，腹部银白色，尾鳍带

红色。

小型鱼类，生活在宽谷河流中,主要以底栖动物为食，一般在 6-7 月繁殖。分布于金沙江水系、岷江上游的干、支流，澜沧江也有分布。

(13) 中华金沙鳅 *Jinshaia sinensis*（Sauvage et Thiersant）



长江上中游特有鱼类。小型鱼类，主要生活在长江上游干流。常生活在水流湍急的江河中。胸、腹鳍展开，可吸附在岩石上不致被冲走。杂食性，包括藻类、高等植物碎片、水生昆虫和软体动物等。藻类主要为硅藻（舟形藻、鼓藻、异极藻、直链藻、小环藻等）和绿藻（多为刚毛藻）；水生昆虫主要有摇蚊幼虫和石蚕。

(14) 鲈鲤 *Percocypris* pingi pingi



四川省重点保护鱼类，长江上游特有鱼类，《中国濒危动物红皮书 》易危种（VU）。分布于金沙江中下游、雅砻江、岷江、青衣江、长江干流。为肉食性鱼类，幼鱼以甲壳动物和昆虫幼虫为主要食物；成鱼则主要以鱼类为食。3 冬龄可达性成熟，生殖季节在 5-6 月，在急流中产卵，怀卵量一般为 3-8 万粒。

鲈鲤是长江上游特有种，目前虽有一定数量，但资源下降趋势未改。

(15) 裸体异鳔鳅鮀 *Xenophysogobionudicorpa*（Huang *et* Zhang）



四川省重点保护野生动物，长江上中游特有种。

属鲤形目，鲤科，鳅鮀亚科，鳅鮀属。地方名燕尾鱼。体近圆筒形，前部粗圆，向后渐细，且稍侧扁，胸部之前的腹面平坦；头圆钝，吻较短；口下位，弧形或马蹄形；眼侧上位，瞳孔圆形或呈垂直椭圆形；体完全裸露，仅侧线上有一列较大的鳞片，侧线完全，背鳍无硬刺，胸鳍平展，位近腹面；鳔小，2 室，前室包于骨囊或膜囊中，后室细小，游离。须仅 3 对、细小，口角须末端达眼前缘下方，颐须 2 对，尾鳍深叉。为主要生活于河流底层的小型鱼类，通常栖息于水体底层的砂石面上，以底栖无脊椎动物及藻类为食，常见体长为 60～100mm，主要产于岷江水系，雅砻江流域有少量分布。

(16) 泉水鱼 *Pseudogyrincheilus procheilus* (Sauvage *et* Dabry)



泉水鱼属底栖性鱼类，喜在山溪和有流水或泉源的岩洞和江河中生活。常以藻类和有机物质为食，也吃水生昆虫幼虫。繁殖季节一般在 3－4 月，多在石洞和缝隙中产卵。卵粒大，呈黄白色。生长较慢，常见个体不大。

调查水域不是其主要分布区。

短体副鳅、勃氏高原鳅、宽体沙鳅、软刺裸裂尻鱼、短身金沙鳅、

(17) 短体副鳅 *Paracobitis potanini* (Günther)



短体副鳅属底栖性鱼类，喜生活在江河或溪流的底层。食料主要是底栖无脊椎动物或昆虫幼虫等。第二年性成熟，第一次性成熟的体长随栖息环境不同而异，一般体长50mm，体重3.5g。成熟卵为橙黄色，卵大，呈圆形，卵径2. 0-2. 5mm.怀卵量与个体大小有关，常见个体怀卵量为150-400粒。

(18) 勃氏高原鳅 *Triplophysa bleekeri*(Sauvage *et* Dabry)



生活于石砾流水江段，主食水生昆虫的成虫及幼虫、摇蚊科幼虫、寡毛类、端足类以及植物碎屑和藻类。生长速度较快，第二年体长可达40mm。成熟年龄2-3龄，生殖期在5-7月，川东地区稍早。成熟卵较小，黄色。怀卵量不大，一般成熟个体怀卵量为300-700粒。

(19) 软刺裸裂尻鱼 *Schizopygopsis malacanthus malacanthus* Herzenstein



喜冷性鱼类，多生活在水流清澈的宽谷河流中，峡谷河流的上段或高山溪流中也可见到。食物组成主要为硅藻与蓝藻，其次是绿藻和裸藻，动物性饵料甚少。生长速度较

缓慢，川西地区的雌性个体，1 龄鱼的平均标准长度为 50mm，2 龄为 86mm，3 龄为 116mm，4 龄为 143mm，5 龄为 170mm。雄性个体 1 龄鱼平均标准长度为 49mm，2 龄为 80mm，3 龄为 111mm，4 龄为 137mm，5 龄为 168mm。雄鱼比雌鱼性成熟稍早，生殖季节雄鱼稍多，雄鱼初次性成熟年龄为 3 龄，雌鱼 4 龄。根据川西地区资料，性成熟最小型，雄鱼标准长 94mm，体重 15.1g，精巢重 2. 8g；雌鱼标准长 135mm，体重 42g，卵巢重 1. 8g。标准长在 162mm，体重 76g 的雌鱼绝对怀卵量为 3267 粒，相对怀卵量为 1g 体重 43 粒，N 期卵巢卵径为 2. 5mm 左右。

产卵期在 8-9 月，产场多在砾石底、水清澈、水流较急的河滩处。产出的鱼卵呈黄色，具微粘性，有光泽，卵膜坚韧，入水不膨胀，沉入水底或被流水冲到砾石缝隙中发育孵化。孵出的鱼苗多在浅水缓流或徊水处活动。

在调查区主要分布于孟底沟以上。

(20) 短身金沙鳅 *Jinshaia abbreviata*（Günther）



小型鱼类。生活于水流水流湍急的江河中。依靠展开的胸、腹鳍吸附于礁岩生活。主食底栖无脊椎动物，兼食藻类。

附表 4

建设项目环境保护审批登记表

填表单位（盖章）：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司　　填表人（签字）：　　项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称	四川省雅砻江卡拉水电站			建设地点	四川省凉山州木里县			
	建设内容及规模	电站装机容量 1020MW，包括混凝土重力坝（最大坝高 126m）、泄洪消能建筑物、引水发电系统和过鱼系统等组成，水库正常蓄水位 1987m，相应库容 2.38 亿 m^3。			建设性质	■新建　□改扩建　□技术改造			
	行业类别	水力发电业 D4412			环境保护管理类别	■编制报告书　□编制报告表　□填报登记表			
	总投资（万元）	1172452			环保投资（万元）	42932.36	所占比例	3.66%	
	立项部门	国家发展和改革委员会			批准文号		立项时间		
	报告书审批部门	环境保护部			批准文号		批准时间		
建设单位	单位名称	雅砻江流域水电开发有限公司	联系电话	028-82907792	评价单位	中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司	联系电话	0571-56553574	
	通讯地址	成都市双林路 98 号	邮政编码	610021		浙江省杭州潮王路 22 号	邮政编码	310014	
	法人代表	陈云华	联系人	王红梅		证书编号	国环评证甲字第 2001 号	评价经费	
建设项目所处区域环境现状	环境质量等级	环境空气：二级　地表水：Ⅱ类　地下水：三级　环境噪声：2 类　海水：—　土壤：—　其它：—							
	环境敏感特征	□ 饮用水水源保护区　□自然保护区　□风景名胜区　□森林公园　□基本农田保护区　□生态功能保护区 □ 水土流失重点防治区　□生态敏感与脆弱区　□人口密集区　□重点文物保护单位　□三河、三湖、两控区　□三峡库区							

污染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	污染物	现有工程（已建+在建）				本工程（拟建）						总体工程（已建+在建+拟建）				区域平衡替代削减量
		实际排放浓度	允许排放浓度	实际排放总量	核定排放总量	预测排放浓度	允许排放浓度	产生量	自身削减量	预测排放总量	核定排放总量	“以新带老”削减量	预测排放总量	核定排放总量	排放增减量	
	废水	——	——			——	——	0.43	0.43	0						
	化学需氧量*					400		1.72	1.72	0						
	氨氮*															
	石油类															
	废气	——	——			——	——									
	二氧化硫*															
	烟尘*															
	工业粉尘*															
	氮氧化物															
	工业固体废物*	——	——			——	——									
	污染物与项目有关的其它特征															

注：1、*为“十五”期间国家实行排放总量控制的污染物

2、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少

3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年； 水污染物排放浓度——毫克/升；大气污染物排放浓度——毫克/立方米；水污染物排放量——吨/年；大气污染物排放量——吨/年

生态环境影响与缓解措施（非工业建设项目详填）	控制项目		指标						采取措施								
			名称	级别	影响程度	影响方式	保护对象	影响位置		工程避让	保护区调整	迁地保护	监控管理	工程治理	景观设计	生态补偿	其它
	自然保护区								投资万元								
									预期效果								
	水源保护区								投资万元								
									预期效果								
	重要湿地								投资万元								
									预期效果								
	风景名胜区								投资万元								
									预期效果								
	自然、人文遗迹								投资万元								
									预期效果								
	森林公园								投资万元								
									预期效果								
	重要生态功能区								投资万元								
									预期效果								
	生物保护	珍稀动物							投资万元								
									预期效果								
		珍稀植物							投资万元								
									预期效果								
		特有生物							投资万元								
									预期效果								
		重要经济物种							投资万元								
									预期效果								
		外来物种							投资万元								
									预期效果								
										易地	后靠	其它					
	移民拆迁		工程占地迁移人口	1082		安置方式	后靠、集中		投资万元								
			环境影响迁移人口	/		安置方式	/		预期效果								
	治理水土流失面积		345.83 hm^2	工程治理		生物治理				隔声屏障	绿化降噪	搬迁	隔声窗	低噪设备	工程避让	监控管理	其它
	工程绿化面积		259.27 hm^2	绿化率 27%				噪声 运营期	投资万元								
	施工期废水 SS		沉淀	物化					预期效果								
	工程占地生物量吨（风干重）公顷		建设前	建设后				施工期	投资万元							2.5	100
	工程土石方		开挖量 1152.11 万 m^3，填筑量 552.17 万 m^3，弃方 879.94 万 m^3						预期效果								
	土地			总占地 1224.51hm^2				占用耕地					基本农田	林地	草地	鱼塘	园地
			性质	临时		永久											
			占地面积	201.87hm^2		1022.64hm^2		86.79						231.11	547.44		
			新增														
			复垦面积														