# 云南省楚雄州小石门水库工程
# 环境影响报告书

建设单位：楚雄州小石门水库工程建设管理局

评价单位：云南秀川环境工程技术有限公司

二〇二一年八月

打印编号：1629769379000

# 编制单位和编制人员情况表

| | |
|---|---|
| 项目编号 | 8itu11 |
| 建设项目名称 | 云南省楚雄州小石门水库工程 |
| 建设项目类别 | 51--124水库 |
| 环境影响评价文件类型 | 报告书 |
| **一、建设单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 楚雄州小石门水库工程前期工作办公室(楚雄州小石门水库工程建设管理局) |
| 统一社会信用代码 | 12532300MB1F852654 |
| 法定代表人（签章） | 王志成 |
| 主要负责人（签字） | 丘锋 |
| 直接负责的主管人员（签字） | 丘锋 |
| **二、编制单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 云南秀川环境工程技术有限公司 |
| 统一社会信用代码 | 91530102799863420Y |
| **三、编制人员情况** | |

1.编制主持人

| 姓名 | 职业资格证书管理号 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 曹东福 | 07355343506530361 | BH019202 | |

2.主要编制人员

| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 曹东福 | 概述、总则、评价结论、报告核定 | BH019202 | |
| 邓丽萍 | 工程概况、地表水环境现状与影响分析及措施、环保投资、报告汇总 | BH017630 | |
| 马猛 | 陆生生态现状与影响分析及措施、制图 | BH030867 | |
| 窦娟 | 水生生态现状与影响分析及措施、报告校核 | BH017627 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 段楚 | 地下水环境现状与影响分析及措施、工程分析、报告审查 | BH023661 | 段楚 |
| 罗圆 | 固体废弃物影响、自然环境现状、社会环境现状与影响分析 | BH018147 | 罗圆 |
| 李必琼 | 环境风险分析、环境监测与管理 | BH017499 | 李必琼 |
| 肖潇 | 声环境、环境空气现状及影响分析与措施 | BH028240 | 肖潇 |
| 代俊 | 土壤环境、环境敏感区、公众参与 | BH019254 | 代俊 |

# 专题承担单位

## 地表水环境影响评价专题

中国水利水电科学研究院

谭红武、诸葛亦斯、李国强、杜强、余晓

## 水生生态影响评价专题

中国科学院昆明动物研究所

陈小勇、林峰、舒树森、秦涛、杜丽娜、罗召君、李彦之

## 陆生生态影响评价专题

西南林业大学

杜凡、张庆、李娟、杨聪、茶武婧、王娟

中国科学院昆明动物研究所

蒋学龙、李学友、宋文宇、胡文豪、普昌哲、罗康、普明进

## 地下水环境影响评价专题

云南地矿工程勘察集团公司

徐世光、张艳花、张佳慧、韩松涛、杨元旭、肖义

# 概　述

## 一、项目概况

拟建小石门水库坝址位于龙川江左岸一级支流勐岗河中游，坝址以上控制径流面积 739km$^2$，水库正常蓄水位 1673m，死水位 1601.4m，水库总库容 11102 万 m$^3$，兴利调节库容 8911.1 万 m$^3$，为大（II）型水库。小石门水库工程同时也是滇中引水工程的调蓄水库之一。工程任务为以农业灌溉、乡镇供水为主，兼顾发电，承担滇中引水工程的调蓄功能，为巩固区域脱贫攻坚创造条件。小石门水库坝址以上多年平均入库径流量为 14201 万 m$^3$，滇中引水工程对小石门水库多年平均补水量为 1708 万 m$^3$，总的入库量为 15909 万 m$^3$，水库具有多年调节特性。水库多年平均供水量为 6723.5 万 m$^3$，其中灌溉供水量 6533.4 万 m$^3$、城乡生活供水 190.1 万 m$^3$。

小石门水库由枢纽工程和输水工程组成。枢纽工程由拦河坝、溢洪道、泄洪隧洞、输水放空隧洞、坝后消能电站及坝后提水泵站组成。大坝为混凝土面板堆石坝，最大坝高 163.5m。输水工程由总干线、东干线、北干线及支管组成，输水干线全长 63.3km，工程输水方式为自流+泵站。小石门水库所在河段为高山峡谷，河道比降大，水库淹没范围小，无淹没搬迁人口。

早在 2018 年 3 月 16 日水利部批复的《滇中引水工程初步设计报告》中，小石门水库列为调蓄水库之一。2019 年 2 月 15 日，楚雄州人民政府批复的《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》中提出了建设小石门水库。同时，小石门水库也列入了《长江经济带发展水利专项规划》、《全国水利发展规划（2016～2020 年）》、《云南省供水安全保障网规划》和《云南省水利发展规划（2016～2020 年）》。2020 年，小石门水库列入了国务院确定的 2020 年至 2022 年国家重点推进的 150 件重大水利工程之一。

2018 年 5 月，云南秀川环境工程技术有限公司（以下简称“我公司”）编制完成《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》。2019 年 2 月 13 日，楚雄州环境保护局下发“关于《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》的审查意见的函”（楚环函[2019]18 号）。

## 二、环境影响评价工作过程

根据环境影响评价法及相关要求，小石门水库工程需要编制环境影响报告书。受建设单位和设计单位的委托，我公司承担了小石门水库工程环境影响评价工作。接受委托后，我公司立即成立了项目组，根据相关技术导则和规范要求，在初步工程分析的基础上，分别于 2018 年 8 月、2018 年 12 月、2019 年 3 月、2019 年 7 月等开展了多次现场踏勘和调查，收集了工程区域社会经济和自然环境等基础资料。根据评价工作的需要，委托监测单位开展了地表水、土壤环境、空气环境、声环境等现状补充监测；为提高项目环评质量，我公司于 2018 年 8 月～12 月委托中国水利水电科学研究院、云南地矿工程勘察集团公司、西南林业大学和中国科学院昆明动物研究所分别开展了地表水环境影响、地下水环境影响、陆生生态影响、水生生态影响等 4 个专题的研究工作。通过前期调查和资料分析，发现库区河段分布有猕猴等保护动物，为深入调查保护动物种类和分布情况，我公司委托中国科学院昆明动物研究所分别于 2020 年 7 月、2021 年 1 月开展了两期野生保护动物调查，进行了深入的影响研究，并会同项目组制定了完整系统的野生动物保护措施体系。此外，为满足“先治污后通水”的环保要求，进一步排查水库径流区风险源，2020 年 8 月，楚雄州生态环境局委托云南省生态环境工程评估中心编制了《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）》。同年 9 月 30 日，楚雄州人民政府对该规划报告进行了批复。

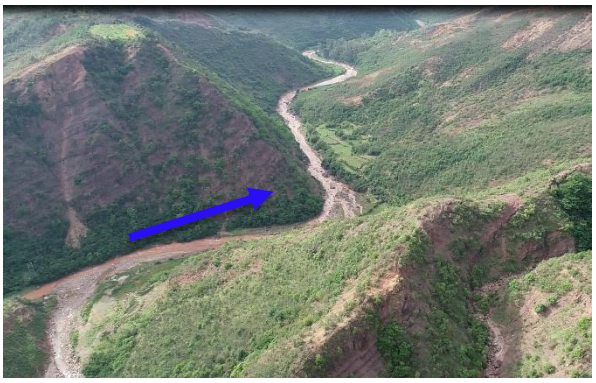
在以上工作基础上，环评单位对工程区域环境现状进行了全面分析，结合工程设计方案，进行了全面深入的工程分析与环境影响评价，提出了各项环境保护对策措施，于 2020 年 10 月编制完成《云南省楚雄州小石门水库工程环境影响报告书》（初稿）。2020 年 11 月，水利部水利水电规划设计总院在昆明主持召开小石门水库工程环境影响评价专题技术讨论会，会后我公司根据与会专家意见进行了修改完善，于 2021 年 8 月编制完成《云南省楚雄州小石门水库工程环境影响报告书》（送审稿）。

**三、致谢**

本报告的编制得到了生态环境部、生态环境部环境工程评估中心、水利部水利水电规划设计总院、云南省生态环境厅、云南省生态环境工程评估中心、云南省水利厅的指导和帮助；得到了建设单位楚雄州小石门水库工程建设管理局、设计单位云南省水利水电勘测设计研究院多方面的协助与支持，得到了楚雄州及元

谋县、牟定县、大姚县、姚安县水务局、生态环境局、林业和草原局、住房和城乡建设局、自然资源和规划局、农业农村局等单位的大力支持。在此，向以上单位及有关人员一并表示衷心的感谢！

坝轴线



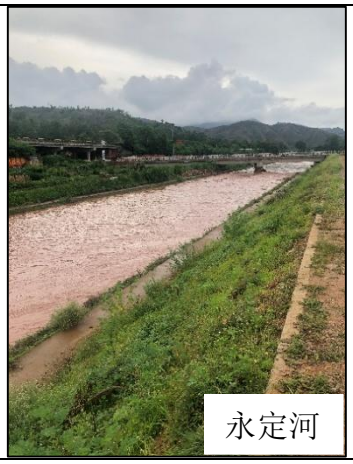
小石门水库库尾河段

鱼类增殖站位置

龙川江与金沙汇口（江边）

弯腰树水库

新河水库



永定河

蜻蛉河

半湿润常绿阔叶林（库尾）

暖温性针叶林（牟定县）

稀树灌草丛（芝麻大沟）

稀树灌草丛（北干线 2#支管起点）

灌丛（北干线 4#支管终点）

灌丛（雷老大村水库旁）

人工林

人工林

土林地貌

元谋土林

薄刀岭石料场

碗厂土料场

白土坡 1#弃渣场

水桥村 1#渣场

野外调查工作照（陆生生态）

野外调查工作照（地表水）

# 目 录

1. 总则 ..... 1
1.1 项目由来 ..... 1
1.2 编制目的 ..... 2
1.3 编制依据 ..... 2
1.4 评价原则 ..... 7
1.5 评价标准 ..... 9
1.6 评价水平年 ..... 12
1.7 评价等级 ..... 12
1.8 评价范围及时段 ..... 16
1.9 评价重点 ..... 18
1.10 环境保护目标 ..... 18
1.11 环境影响识别与评价因子筛选 ..... 25
1.12 评价方法和工作程序 ..... 28
2. 工程概况 ..... 30
2.1 流域规划概况 ..... 30
2.2 工程建设必要性 ..... 38
2.3 工程地理位置 ..... 41
2.4 工程任务、等别及规模 ..... 41
2.5 工程组成与工程特性 ..... 42
2.6 工程主要建筑物 ..... 47
2.7 工程运行调度 ..... 52
2.8 工程施工规划 ..... 53
2.9 建设征地及移民安置 ..... 65
2.10 工程投资 ..... 67
3. 工程分析 ..... 68
3.1 工程与法律法规、相关政策及规划的符合性分析 ..... 68
3.2 工程方案的环境合理性分析 ..... 86
3.3 工程施工期工程分析 ..... 115

3.4 工程运行期工程分析.....124
3.5 移民生产安置影响分析.....127
3.6 工程分析结论.....128
4. 环境现状调查与评价.....129
4.1 自然环境.....129
4.2 陆生生态.....136
4.3 水生生态.....189
4.4 地表水环境.....218
4.5 地下水环境.....261
4.6 土壤环境.....265
4.7 环境空气质量和声环境.....271
4.8 工程与环境敏感区的关系.....275
4.9 社会环境.....282
4.10 主要环境问题.....285
5 环境影响预测与评价.....287
5.1 对区域水资源利用的影响.....287
5.2 水文情势影响预测与分析.....288
5.3 生态流量确定及保障程度分析.....352
5.4 水质影响预测与分析.....364
5.5 水温影响预测与分析.....399
5.6 大坝泄水气体过饱和影响分析.....439
5.7 对地下水环境的影响.....444
5.8 对陆生生态的影响.....455
5.9 对水生生态的影响.....476
5.10 对土壤环境的影响.....489
5.11 对环境敏感区的影响.....494
5.12 对社会环境的影响.....496
5.13 施工期影响.....500
6 环境风险分析.....508

6.1 施工期环境风险评价.....508
6.2 运行期环境风险影响分析.....516
6.3 风险事故应急预案.....527
7 环境保护措施.....534
7.1 施工期水环境保护措施.....534
7.2 运行期水环境保护措施.....547
7.3 生态流量下泄措施.....553
7.4 下泄低温水影响减缓措施.....554
7.5 水污染防治措施.....555
7.6 地下水环境保护措施.....562
7.7 陆生生态保护措施.....573
7.8 水生生态保护措施.....586
7.9 环境空气保护措施.....620
7.10 声环境保护措施.....621
7.11 环境敏感区保护措施.....623
7.12 固体废物处置措施.....624
7.13 土壤环境保护措施.....626
7.14 人群健康保护措施.....627
8 环境监测与管理.....629
8.1 环境监测.....629
8.2 环境管理.....638
8.3 环境监理.....642
8.4 竣工环保验收.....646
9 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析.....648
9.1 编制依据.....648
9.2 编制原则.....648
9.3 环保投资估算.....649
9.4 环境影响经济效益分析.....653
10 评价结论.....655

10.1 工程概况.....655
10.2 工程分析结论.....656
10.3 环境现状.....657
10.4 主要环境影响分析结论.....662
10.5 主要对策措施.....671
10.6 公众参与.....676
10.7 综合评价结论.....677

**附件：**

1、关于确认楚雄州小石门水库环境影响评价单位的回函；

2、委托书；

3、云南省环境保护厅“关于确认云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价执行标准的复函”；

4、楚雄州人民政府关于同意龙川江流域水资源综合利用规划报告的批复；

5、《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查意见；

6、楚雄州人民政府《关于同意楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划等 6 个规划的批复》；

7、楚雄州生态环境局关于《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》审查意见的函；

8、楚雄州人民政府关于同意《楚雄州小石门水库工程水源区和受退水区水污染防治规划（2017~2035）》的批复；

9、楚雄州林业和草原局关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函；

10、楚雄州自然资源和规划局关于云南省楚雄州小石门水库工程用地与楚雄州生态保护红线范围比对查询的函；

11、关于云南省楚雄州小石门水库工程建设项目（淹没区、枢纽区）用地压覆矿产资源调查结果备案的函；

12、云南省建设工程文物保护意见书；

13、元谋县人民政府关于元谋县华竹水电站的处理意见；

14、姚安县人民政府关于楚雄州小石门水库水源区楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除处置方案的报告；

15、牟定县人民政府关于牟定县东运钒钛制动鼓和金康矿业有限公司环境问题处置方案的报告；

16、楚雄小石门水库工程一期环境现状监测；

17、楚雄小石门水库工程二期现状水质环境现状监测；

18、云南省楚雄州小石门水库工程土壤环境监测；

19、云南省楚雄州小石门水库工程地表水环境现状监测。

**附录：**

1、云南省楚雄州小石门水库工程评价区植被样方调查表；

2、云南省楚雄州小石门水库工程评价区陆生维管束植物名录；

3、云南省楚雄州小石门水库工程评价区陆栖脊椎动物名录；

4、云南省楚雄州小石门水库工程评价区浮游植物名录；

5、云南省楚雄州小石门水库工程评价区浮游动物名录；

6、云南省楚雄州小石门水库工程评价区底栖动物名录；

7、云南省楚雄州小石门水库工程评价区鱼类名录。

**附表：**

1、地表水环境影响评价自查表；

2、土壤环境影响评价自查表；

3、大气环境影响评价自查表；

4、环境风险评价自查表；

5、建设项目环评审批基础信息表。

# 1. 总则

## 1.1 项目由来

元谋县为干热河谷区，土地资源丰富，可开发利用的荒地较多，但由于干旱缺水，土地荒芜，水土流失严重，随着热区土地开发整理的推进，缺水问题严重制约着元谋坝区乃至元谋全县的社会经济发展，寻找新的水源已迫在眉睫。

拟建小石门水库位于元谋西南部龙川江一级支流勐岗河中游峡谷河段，该片区域周边的龙川江、班果河、蜻蛉河等水资源丰富、开发利用率高。小石门水库淹没区呈狭长型，属河谷型水库，无淹没搬迁人口；此外，根据《滇中引水二期配套工程可行性研究报告》的水资源配置方案，滇中引水工程供元谋县水量为4649 万 $m^3$。小石门水库坝址高程 1515.6m，其死水位为 1601.4m，兴利库容达9424.3 万 $m^3$，而元谋灌区西片区新开垦的耕地分布高程较高，小石门水库可作为滇中引水工程元谋片区供水的末端调节水库，通过枯水年补水以提高供水保障率。

综上所述，小石门水库的建设解决了元谋西部热区土地保护与开发的缺水问题，同时作为滇中引水工程元谋片区供水的末端调节水库，对农田灌溉、城乡供水和生态环境改善都起到了较大的作用，是一项重要的基础设施工程，该工程的建设对促进元谋县的经济发展具有重要意义，因此兴建小石门水库是非常必要的。

2018 年 6 月，受楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室委托，云南省院开展小石门水库工程前期可研工作，2018 年 10 月 30 日委托我公司承担云南省楚雄州小石门水库工程的环境影响评价工作（确认回函及委托书见附件 1、2）。接受委托后，我公司先后多次对小石门水库径流区、输水线路区、元谋灌区、龙川江干流等进行了现场踏勘，系统收集了相关资料，并与设计单位进行了多次交流，就工程规模、环境限制因素、施工布置优化等进行了深入讨论。由于环评工作的早期介入，设计单位优化了工程设计内容。报告书编制过程中，于 2018 年 11 月进行了第一次公众参与调查，于 2021 年 5 月开展了第二次公众参与调查，于 2021 年 8 月开展了报批前信息公示；2019 年 1 月云南省生态环境厅对本工程的环境影响评价标准进行了确认（见附件 3）。

## 1.2 编制目的

本工程环境影响评价旨在查清云南省楚雄州小石门水库影响范围内环境现状，结合工程特性，分析预测工程建设对区内自然环境、社会环境可能造成的影响，并针对工程自身的不利环境影响提出相应的减缓措施，为实现小石门水库工程建设与环境的协调、可持续发展，从环境保护角度论证工程建设的可行性和合理性，为主管部门决策和工程设计提供依据。

根据小石门水库工程特性、区域和流域环境特点以及国家和云南省有关法律法规要求，编制本项目环境影响报告书目的在于：

（1）调查分析工程涉及区域的自然环境、生态环境、社会环境和环境质量状况，敏感保护对象及其环境问题，明确当地的环境功能、环境质量现状及其发展趋势。

（2）预测、评价工程施工、运行等工程活动对周边环境造成的影响。分析工程建设与周边环境敏感区域的区位关系，判别工程建设的相关符合性。

（3）针对工程建设给环境带来的不利影响，制定技术经济可行的对策和减免措施，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程区生态环境的良性和可持续性发展。

（4）从环境保护角度论证工程建设的可行性，从而为工程的方案论证、环境管理和项目决策提供科学依据。

## 1.3 编制依据

### 1.3.1 法律法规

（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订）；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修正）；

（3）《中华人民共和国水土保持法》（2010 年 12 月 25 日修订）；

（4）《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日修订）；

（5）《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月 2 日修改）；

（6）《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修正）；

（7）《中华人民共和国森林法》（2019 年 12 月 28 日修订）；

（8）《基本农田保护条例》（1998 年 12 月 27 日）；

（9）《中华人民共和国河道管理条例》（2017 年 10 月 7 日修改）；

（10）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修正）；

（11）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修改）；

（12）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日修正）；

（13）《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日修正）；

（14）《中华人民共和国文物保护法》（2017 年 11 月 4 日修改）；

（15）《中华人民共和国野生动物保护法》（2018 年 10 月 26 日修改）；

（16）《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月 28 日修正）；

（17）《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月 7 日修改）；

（18）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日修订）；

（19）《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017 年 10 月 7 日修改）；

（20）《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（2016 年 2 月 6 日修订）；

（21）《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013 年 12 月 7 日）；

（22）《中华人民共和国长江保护法》（2020 年 12 月 26 日）；

（23）《云南省环境保护条例》（2004 年 9 月 17 日修订）；

（24）《云南省森林条例》（2018 年 11 月 29 日修正）；

（25）《云南省土地管理条例》（1999 年 9 月 24 日）；

（26）《云南省基本农田保护条例（修订）》（2000 年 5 月 26 日）；

（27）《云南省陆生野生动物保护条例》（1996 年 11 月 19 日）；

（28）《云南省实施<中华人民共和国水法>办法》（2005 年 5 月 27 日修订）。

### 1.3.2 部门规章及政策文件

（1）《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发[2012]3 号）；

（2）《水污染防治行动计划》（国发[2015]17 号）；

（3）《土壤污染防治行动计划》（2016 年 5 月 28 日）；

（4）《全国生态环境保护纲要》（2000 年 11 月 26 日）；

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

（6）《全国生态功能区划（修编）》（2015 年 11 月 13 日）；

（7）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年 4 月 28 日修正）；

（8）《环境影响评价公众参与办法》（2018 年 4 月 16 日）；

（9）《环境保护公众参与办法》（2015 年 7 月 13 日）；

（10）《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）；

（11）《产业结构调整指导目录（2019 年本）》；

（12）《国家重点保护野生植物名录（第一批）》（1999 年 8 月）；

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

（14）《国家重点保护野生动物名录》（2021 年 2 月）；

（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）《水利部环境保护部关于加强水利工程建设生态环境保护工作的通知》（水规计 2017 年 315 号）；

（17）《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) ；

（18）《长江经济带生态环境保护规划》（环规财[2017]88 号）；

（19）《长江经济带战略环境评价水资源开发生态环境影响研究及对策》（2018 年 11 月）；

（20）《关于发布长江经济带发展负面清单指南（试行）的通知》（推动长江经济带发展领导小组办公室文件第 89 号，2019 年 1 月）

（21）中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发的《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（2019 年 11 月 3 日）；

（22）《关于生态环境领域“放管服”改革，推动经济高质量发展的指导意见》（环规财[2018]86 号）；

（23）《云南省建设项目环境保护管理规定》（云南省政府令第 105 号）（2002 年 1 月 1 日）；

（24）《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发[2012]126 号）；

（25）《云南省水污染防治工作方案》（云政发[2016]3 号）；

（26）《云南省城市节约用水管理实施办法》（云政发[1993]122 号）；

（27）《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》（1989 年）；

（28）《云南省珍稀濒危植物保护管理暂行规定》（1995 年 6 月 5 日）；

（29）《云南省珍稀保护动物名录》（1989 年 10 月 20 日）；

（30）《云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》（第 49 号）（2017 年 8 月 30 日）；

（31）《全国重要江河湖泊水功能区划》（2011~2030 年）；

（32）《云南省水功能区划》（2014 年修订）；

（33）《云南省主体功能区规划》（2014 年）；

（34）《云南省生态功能区划》（2009 年）；

（35）《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012~2020 年）》（2013 年）。

### 1.3.3 技术规范

（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

（2）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

（3）《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)；

（4）《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；

（5）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；

（6）《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)；

（7）《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；

（8）《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；

（9）《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T 88-2003)；

（10）《生态环境状况评价技术规范（试行）》（HJ/T192-2006）；

（11）《开发建设项目水土保持方案技术规范》（GB50433-2008）；

（12）《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；

（13）《地下水监测技术规范》（HJ/T164-2004）；

（14）《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）；

（15）《水污染治理工程技术导则》（HJ 2015-2012）；

（16）《含油污水处理工程技术规范》（HJ 580-2010）；

（17）《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ 2034-2013）；

（18）《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ 2035-2014）；

（19）《农村生活污染控制技术规范》（HJ 574-2010）；

（20）《农业固体废物污染控制技术导则》（HJ588-2010）；

（21）《农药使用环境安全技术导则》（HJ 556-2010）；

（22）《化肥使用环境安全技术导则》（HJ 555-2010）；

（23）《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z712-2014）。

### 1.3.4 技术报告

（1）《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》（2018 年 12 月）；

（2）《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》（2018 年 12 月）；

（3）《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》（2017 年 9 月）；

（4）《长江经济带战略环境评价云南省楚雄州“三线一单”研究报告（征求意见稿）》（2019 年 10 月）；

（5）《楚雄州普登河“一河一策”方案（2018~2020 年）》（2018 年 12 月）；

（6）《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划报告》（2020 年 9 月）；

（7）《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》（2020 年 9 月）；

（8）《滇中引水工程环境影响报告书》（2015 年 12 月）；

（9）《滇中引水工程初步设计报告》（2018 年 1 月）；

（10）《滇中引水二期配套工程可行性研究报告》（2020 年 11 月）；

（11）《云南省楚雄州小石门水库工程水土保持方案报告书》（2021 年 5 月）；

（12）《云南省楚雄州小石门水库工程水资源论证报告书》（2020 年 8 月）；

（13）《云南省楚雄州小石门水库工程可行性研究报告》（2021 年 5 月）；

（14）《云南省楚雄州小石门水库工程文物调查报告》（2019 年 10 月）。

### 1.3.5 相关文件

（1）小石门水库工程环境影响报告书编制确认回函及委托书；

（2）云南省环境保护厅“关于确认云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价执行标准的复函”；

（3）楚雄州人民政府关于同意龙川江流域水资源综合利用规划报告的批复（楚政复[2019]2 号）；

（4）《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查意见（楚环函[2019]18 号）；

（5）楚雄州人民政府《关于同意楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划等 6 个规划的批复》（楚政复[2019]18 号）；

（6）楚雄州生态环境局关于《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》审查意见的函（楚环函[2020]11 号）；

（7）楚雄州人民政府关于同意《楚雄州小石门水库工程水源区和受退水区水污染防治规划（2017~2035）》的批复（楚政复[2020]30 号）；

（8）楚雄州林业和草原局关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函；

（9）楚雄州自然资源和规划局关于云南省楚雄州小石门水库工程用地与楚雄州生态保护红线范围比对查询的函；

（10）关于云南省楚雄州小石门水库工程建设项目（淹没区、枢纽区）用地压覆矿产资源调查结果备案的函（楚矿压备字[2020]9 号）；

（11）云南省建设工程文物保护意见书（云文物函[2019]25 号）。

## 1.4 评价原则

本工程环境影响评价遵循以下基本原则：

（1）依法评价：在项目环境影响评价工作中，严格贯彻执行国家和地方相关法律法规、标准规范、政策等要求，优化项目建设，服务环境管理。

（2）科学评价：采用规范环境影响评价方法，科学分析项目建设对环境质量的影响。

（3）突出重点：根据小石门水库工程所在区域、流域的环境特征，结合工程特点，重点分析、预测及评价工程建设对水文情势、水温、水质、水生生态、陆生生态的影响。

（4）产业政策及相关规划符合性原则：环境影响评价应论述工程建设是否符合国家产业发展政策的相关要求，与国民经济和社会发展规划、流域规划等是否协调一致。

（5）生态优先原则：在工程占地处理、生产安置、环境保护措施中认真贯彻生态优先原则，做到源头和过程控制，强化后期恢复，将生态影响降低到最低程度。

（6）符合环境功能区划原则：工程运行期基本不产生和排放污染物，但工程施工期较长，施工期“三废一噪”的污染问题也不容忽视，施工期“三废一噪”排放应符合环境功能区划要求。

（7）客观性原则：对工程建设和运行可能产生的环境影响预测和评价应客观、公平、公正。

（8）可持续发展原则：对工程环境影响的评价，其出发点是工程建设能否促进区域经济的协调、健康、可持续发展。

（9）建设与保护并重原则：工程建设应在落实切实可行的环境保护措施的条件下进行，并在工程建设时尽量降低对生态环境的不利影响，将环境保护放在与工程同等重要的地位。

（10）符合国家水资源管理“三条红线”原则：本工程需全面协调区域内水资源开发利用程度，工程将带动区域内相关产业的用水效率，并需确保区域内水域满足当地水功能要求，不突破水域的纳污能力，充分体现国家水资源开发利用控制红线、用水效率控制红线和水功能区限制纳污红线要求。

（11）不改变区域环境功能及污染物达标排放原则：本工程建设所产生的污染物必须达标排放或回用，不得因工程建设造成区域环境功能的降低。

（12）“三先三后”原则：工程建设应满足“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”原则，引水前首先做好工程区的节水、治污和环保规划。

（13）公众参与原则：环境影响评价应遵循依法、有序、公开、便利的原则，将环境影响评价全过程及时向公众公开，以便及时掌握公众对本工程建设的意见及要求，并对公众意见和要求提出相应。

## 1.5 评价标准

根据云南省生态环境厅《关于确认楚雄州小石门水库工程环境影响评价执行标准的函》（云环函[2019]57 号）（详见附件 3），确定本工程环境现状与影响评价执行以下标准：

### 1.5.1 环境质量标准

1、水环境

（1）地表水环境

①水源区：

小石门水库功能以农灌为主，兼顾集镇农村生活供水。因此，小石门水库工程水源区水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，并执行集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值。

②受退水区：

楚雄州小石门水库受退水区主要涉及龙川江干流下游河段及其支流普登河、蜻蛉河（及其支流永定河）、班果河。根据《云南省地表水环境功能区划（2010~2020年）》，龙川江（毛板桥水库~黄瓜园）水环境功能为农业用水、工业用水，保护类别为Ⅳ类；龙川江（黄瓜园~入金沙江口）水环境功能为农业用水、饮用二级，保护类别为Ⅲ类；蜻蛉河（源头~入龙川江口）水环境功能为农业用水、工业用水，保护类别为Ⅳ类；永定河（麻栗树水库~入蜻蛉河口）水环境功能为农业用水、工业用水、景观用水，保护类别为Ⅳ类。

此外，已建弯腰树水库作为小石门水库的补水水库，位于班果河，其水库功能以农灌为主，兼顾集镇农村生活供水功能，因此，弯腰树水库水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，并执行集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值。已建新河水库为小石门水库的补水水库，位于永定河支流练黄箐与柳树箐汇口以下 200m 处，水环境功能为农业用水、工业用水、

景观用水，保护类别为Ⅳ类。新河水库供水功能为农灌，水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准。

（2）地下水环境

本工程地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类标准。

2、环境空气

工程所在地区属于农村地区，大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

3、声环境

工程区处于农村区域，属于声环境功能区分类中的 1 类地区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准，道路两侧执行 4a 标准。

4、土壤环境

本工程建设征地范围内土壤环境质量执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的基本项目风险筛选值；建设征地范围外土壤环境质量执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）中的基本项目风险筛选值。

### 1.5.2 污染物排放标准

1、水污染物

云南省楚雄州小石门水库施工期间，生产生活废污水经处理后尽可能回用；执行Ⅲ类标准的河段，外排废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 第二类污染物一级标准；执行Ⅳ类标准的河段，外排废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 第二类污染物二级标准。

2、大气污染物

施工期大气污染物排放标准执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996），根据水利工程施工期的污染特性，按无组织排放浓度限值计。

3、噪声

施工期噪声参照执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）表 1 中排放限值。运行期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准，昼间 55dB，夜间 45dB。

4、固体废物

项目建设产生的一般工业固体废物参照执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)。

项目施工区和运营期若产生废机油等危险废物，应建设危险废物暂存库，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）。

小石门水库工程主要环境因子执行的环境质量标准见表 1.5.2-1 所示。

**表 1.5.2-1　小石门水库工程环境质量标准一览表**

| 标准名称 | 标准等级 | 主要指标及限值 | |
|---|---|---|---|
| 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002） | Ⅲ类 | pH | 6~9 |
| | | 高锰酸盐指数 | ≤6 |
| | | 溶解氧 | ≥5 |
| | | 化学需氧量（COD） | ≤20 |
| | | 五日生化需氧量（$BOD_5$） | ≤4 |
| | | 氨氮（$NH_3$-N） | ≤1.0 |
| | | 总磷（以 P 计） | ≤0.2（湖、库 0.05） |
| | | 总氮 | ≤1.0 |
| | Ⅳ类 | pH | 6~9 |
| | | 高锰酸盐指数 | ≤10 |
| | | 溶解氧 | ≥3 |
| | | 化学需氧量（COD） | ≤30 |
| | | 五日生化需氧量（$BOD_5$） | ≤6 |
| | | 氨氮（$NH_3$-N） | ≤1.5 |
| | | 总磷（以 P 计） | ≤0.3（湖、库 0.1） |
| | | 总氮 | ≤1.5 |
| 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017） | Ⅲ类 | pH | 6.5~8.5 |
| | | 总硬度（以 $CaCO_3$ 计） | ≤450 |
| | | 溶解性总固体 | ≤1000 |
| | | 硫酸盐 | ≤250 |
| | | 氯化物 | ≤250 |
| 《环境空气质量标准》（GB3095-2012） | 二级(日均值，$mg/m^3$ 标准状态） | $NO_2$ | 0.08 |
| | | TSP | 0.3 |
| | | CO | 4 |
| | | $PM_{10}$ | 0.15 |
| | | $SO_2$ | 0.15 |
| 《声环境质量标准》（GB3096-2008） | 1 类（dB（A）） | 昼间 | 55 |
| | | 夜间 | 45 |
| | 4a 类（dB（A）） | 昼间 | 70 |
| | | 夜间 | 55 |
| 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》 | 农用地 | 土壤污染风险筛选值 | |

| | | |
|---|---|---|
| （GB 15618-2018） | | |
| 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018） | 建设用地 | 第二类用地土壤风险筛选值 45 个基本项目 |

## 1.6 评价水平年

水资源现状水平年为 2017 年；地表水环境质量现状以地方收集到的水质监测资料（2015~2020 年）及本次环境影响评价开展的水质监测资料（2018、2019 年、2020 年）为准；陆生生态环境现状、水生生态环境现状以 2018 年~2020 年现状调查成果为准；地下水环境、环境空气、声环境质量现状以 2018 年现状监测结果为准；土壤环境质量以 2019 年现状监测结果为准。

环境影响预测水平年：施工期，预测水平年为施工高峰年；运行期，预测水平年为 2035 年。

## 1.7 评价等级

本次环评工作拟采用的评价等级是依据本项目的规模、性质，环境影响及排污特点，按照现行的水、气、声、生态环境、土壤、环境风险导则相关要求确定的。

### 1.7.1 地表水环境

（1）水质

工程施工期产生的废污水包括生产废水、基坑废水、隧洞排水和生活污水，污染物性质简单，主要为 SS、COD 和石油类等，施工期砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统废水经处理后基本回用于系统自身，不外排；基坑排水经处理后达标排放；隧洞排水经处理达标后排放；机械修配系统含油废水、生活污水经达标处理后用于场地洒水、场地绿化。

小石门水库建成后废污水主要为工程管理区工作人员的生活污水、坝后消能电站机组检修时产生的少量油污水和厂房地面冲洗废水，污水水质简单，排放量

小于 200m$^3$/d。运行期生活污水经处理后用于场区绿化。运行期间产生的各类生产生活退水进入地方污水处理设施处理达标后排放；灌区为高效节水灌溉，不产生农灌退水。

综合以上分析，施工期生产生活废污水和运行期生活污水属于间接排放，评价等级为三级。

（2）水文情势

根据《环境影响评价技术导则地面水环境》（HJ2.3-2018），本项目属水文要素影响型建设项目。小石门坝址断面多年平均天然径流量为 1.42 亿 m$^3$；考虑滇中引水二期工程多年平均补水量 0.17 亿 m$^3$，坝址断面多年平均入库径流量为 1.59 亿 m$^3$。水库总库容为 1.11 亿 m$^3$，年径流量与总库容之比 α=1.43≤10；小石门水库兴利库容为 0.8911 亿 m$^3$，兴利库容占年径流量百分比 β=56%≥20%，多年平均总取水量 6723.5 万 m$^3$，占多年平均径流量百分比 γ=42.3%≥30%。水库淹没面积 2.04km$^2$≥0.3km$^2$。由此确定本工程地表水环境影响评价等级为一级。

**表 1.7.1-1　地表水环境影响评价等级判定表**

| 评价等级 | 水温 | 径流 | | 受影响地表水域 |
|---|---|---|---|---|
| | 年径流量与总库容之比 α | 兴利库容占年径流量百分比 β% | 取水量占多年平均径流量百分比 γ（%） | 工程垂直投影面积及外扩范围 A1/km$^2$ |
| 一级 | 1.43≤10 | 56≥20 | 42.3≥30 | 2.04≥0.3 |

## 1.7.2 地下水环境

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016），小石门水库工程总库容 1.11 亿 m$^3$，属于Ⅲ类项目，评价区内分布有供水人口 1288 人的分散饮用水源，地下水环境敏感程度为敏感。此外，隧洞施工过程中可能对葫芦塘村、老厂村等多个村庄民井、机井地下水疏干。综合判定，地下水环境影响评价等级为二级。

## 1.7.3 生态环境

本工程占地面积为 8.62km$^2$，输水线路总长度约 131.2km（干线 63.3km、支线 67.9km），工程影响区域属于一般区域，占地不涉及特殊生态敏感区（如自然

保护区），也不涉及重要生态敏感区（如风景名胜区、森林公园、重要湿地等）。根据《环境影响评价技术导则　生态影响》HJ19-2011，生态环境影响评价等级划分依据如表 1.7.3-1，同时考虑到水库建坝后会明显改变河流的水文情势，因此，生态评价工作等级定为一级。

**表 1.7.3-1　生态影响评价工作等级划分表**

| 影响区域生态敏感性 | 工程占地(水域)范围 | | |
|---|---|---|---|
| | 面积≧20km$^2$<br>或长度≧100km | 面积 2km$^2$~20km$^2$<br>或长度 50km~100km | 面积≦2km$^2$<br>或长度≦50km |
| 特殊生态敏感区 | 一级 | 一级 | 一级 |
| 重要生态敏感区 | 一级 | 二级 | 三级 |
| 一般区域 | 二级 | 三级 | 三级 |

## 1.7.4 土壤环境

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018），本工程属于生态影响型建设项目。

依据导则附录 A 土壤环境影响评价项目类别划分标准，本工程属于水利工程，为新建大（2）型水库工程，水库总库容 11102 万 m$^3$，属于Ⅰ类项目。

本工程位于农村地区，工程所在区多年平均蒸发量为 1279.3mm，多年平均降雨量为 849mm，干燥度（多年平均水面蒸发量与降水量的比值）为 1.5，常年地下水位平均埋深 10~60m。区域土壤 PH 值多在 5.5~8.5 之间，土壤含盐量 0.12~1.14 g/kg 之间，土壤含盐量均小于<2g/kg，土壤评价指标见表 1.7.4-1。

**表 1.7.4-1　土壤评价指标一览表**

| 指标 | 类别 | 干燥度 | 常年地下水位平均埋深（m） | PH | 含盐量（g/kg） |
|---|---|---|---|---|---|
| 判别依据 | Ⅰ类 | 1.5 | 10~60 | 5.5~8.5（12 个监测点）<br>5.08（1 个监测点） | 0.12~1.14 |

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）生态影响型敏感程度分级表和生态影响型评价工作等级划分表规定，综合判断工程区土壤环境敏感程度属于不敏感，土壤环境评价等级为二级。

### 1.7.5 大气及声环境

依据《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ2.2-2018）的分级标准，工程建成后，运行期除管理所有少量油烟废气外，无其他污染物排放，工程实施对环境空气的影响主要集中于施工期，污染源以开挖爆破粉尘、施工交通运输扬尘等无组织排放源为主，大气污染物主要为 TSP、一氧化碳和氮氧化物。输水工程分期分段施工，作业面相对分散，具有大气污染物非连续排放，排放量较小的特点，根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），施工期大气污染物 $P_{max}$ 低于 1%，判断环境空气评价等级为三级。

工程施工区域主要集中在乡村居住环境，属《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的声环境 1 类功能区域，且工程施工期间对施工区域周边村庄噪声影响增加值＞5dB（A）。因此，按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的有关规定，确定声环境影响评价工作等级为二级。

### 1.7.6 环境风险

本工程环境风险评价等级划分依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），本工程不设置炸药库、油库，施工期可能产生的环境风险主要为施工期炸药及油品的运输风险，对照导则附录 B，本工程运营期不涉及其中的危险物质，因此本项目环境风险潜势为Ⅰ。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中评价工作级别划分原则，确定本项目环境风险评价等级为简单评价。

### 1.7.7 其他

其它环境因素如社会经济、人群健康等不设评价等级，仅作简要预测评价。

## 1.8 评价范围及时段

### 1.8.1 地表水环境评价范围

（1）水源区：

勐岗河（普登河）：勐岗河，重点为水库回水末端至入龙川江口，含入汇支流，全长 54.1km，包括回水长度 8.3km 和坝址至入龙川江口 45.8km。

（2）受退水区

本工程灌区面积为 27.3 万亩，涉及龙川江干流及其支流蜻蛉河、普登河、永定河等，各条河流评价范围依次为：

①龙川江干流：鉴于本工程受水区中元谋西部灌区与现有的元谋大型灌区存在交织，取用水及退水路由相互交织，较为复杂，而元谋大型灌区现利用东山大沟自龙川江干流取水，因此，本次受退水区中龙川江干流评价范围确定为东山大沟取水口处（牟定县八格里村附近）至入金沙江口长 62.6km 河段。

②蜻蛉河干流：根据叠图分析，本工程灌区退水受纳点位于龙街河与蜻蛉河干流汇合点以下，因此，评价范围为龙街河与蜻蛉河汇合口至入龙川江口长 25.6km 河段。

③永定河干流：根据叠图分析，本工程灌区退水最上端受纳点位于小河村附近，因此，评价范围为小河村至入蜻蛉河河口，长 9.3km 河段。新河水库库尾至汇入永定河约 5km 练黄箐河段。

④班果河：班果河中游弯腰树水库本区来水量少，设计水平年小石门水库将通过北干线 6#分水口补水至弯腰树水库。此外，根据叠图分析，本工程灌区退水最上端受纳点位于弯腰树水库库尾，因此，评价范围为弯腰树水库库尾至入勐岗河河口长 16.7km 河段。

### 1.8.2 地下水环境评价范围

地下水环境评价范围包括：小石门水库库区范围，输水工程两侧一定范围以及受水区，涵盖了与工程建设存在水力联系的区域内所有地下水环境保护目标，评价范围必要时扩大至整个水文地质单元，评价面积约为 900km$^2$。

### 1.8.3 生态环境评价范围

（1）陆生生态

陆生生态的评价范围包括以下方面：

1）水库淹没区：小石门水库坝址到水库干支流回水终点之间现状水面线以上至两岸面山（第一层山）山脊线以下的区域。

2）施工征占地区：征地范围内及征占地红线外延 500m 范围。

3）牟定县白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区、元谋风景名胜区。

重点调查范围为水库淹没区、枢纽区、输水线路区、施工生产生活区、渣场、料场、施工道路等区域。此外，陆生脊椎动物还重点调查了库区左岸山林区、坝址以下河谷区、牟定县白马山州级自然保护区。

（2）水生生态

水生生态评价范围与地表水环境影响评价范围一致，主要为：水源区小石门水库回水末端至勐岗河汇龙川江汇入口的勐岗河干流河段；受退水区龙川江干流下游河段及其支流普登河、蜻蛉河及其支流永定河、班果河。

（3）水土流失

小石门水库工程水土流失防治责任范围总面积为 863.37hm$^2$，其中永久征地面积为 124.95hm$^2$，临时占地面积为 534.38hm$^2$，淹没占地面积为 204.04hm$^2$。按工程布局划分，枢纽工程区 447.99hm$^2$，输水工程区 414.48hm$^2$，专项设施复建区 0.90hm$^2$。

### 1.8.4 土壤环境

根据工程土壤环境评价等级及导则的规定，工程土壤环境调查范围应包括全部工程永久占地、临时占地范围外 2.0km，灌区涉及的牟定县戌街乡、大姚县龙街乡及元谋西部灌区外延 2.0km 区域。

### 1.8.5 环境空气和声环境评价范围

评价范围为工程建设征地边界外 200m 范围，施工公路两侧各 200m 范围，专项设施复建区外 200m 范围内，对于周边的村庄等敏感点适当扩大评价范围，村庄包括白土坡、新房子、干海子、老衲下村、老衲村、老衲上村、洒芷村、英户村、小班果村、海岱村、建设队、岔沟头村、雷依村、小多乐村、小山村、大雷宰村、华竹（那蚌）村 17 个村庄（居民点）。

### 1.8.6 社会环境评价范围

（1）人群健康：评价范围为施工人员及施工区附近居民。

（2）社会经济：评价范围为工程涉及的大姚县、牟定县、元谋县，重点为工程建设征地所涉及的大姚县龙街乡、牟定县戌街乡。

## 1.9 评价重点

根据工程所处的地理位置、环境特点及工程施工和运行特点，确定环境影响评价的重点为生态环境和水环境。其中，生态环境评价重点为评价区内陆生生态现状调查，筑坝取水对水生生物生境带来的阻隔影响以及采取的有效减缓措施，工程建设对珍稀濒危保护动物生境损失、种群隔离带来的影响以及采取的保护措施；地表水环境评价重点为现状污染源调查，水库下泄低温水对坝下河道水生生态及农灌供水的影响，农灌退水、农村生活退水对区域水环境质量的影响，水库建设对河道水文情势的影响分析等。

## 1.10 环境保护目标

### 1.10.1 环境敏感区

根据资料收集和现场调查，小石门水库工程周边（10km 范围内）有牟定县白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区和元谋风景名胜区，工程布置

与环境敏感区位置关系见表 1.10.2-1 及附图 19~22。经环境敏感区主管部门确认和叠图分析，小石门水库工程占地区不涉及上述环境敏感区，见附件 9。

根据楚雄州自然资源和规划局核查，工程占地不涉及生态保护红线，比对查询结果见附件 10。

工程涉及国家级公益林 52.67hm$^2$，省级公益林 54.21hm$^2$；基本农田 7.09hm$^2$。

## 1.10.2 环境保护目标

（1）生态环境

根据工程特点和周边区域自然环境状况，拟定工程建设生态环境保护目标详见表 1.10.2-1。

**表 1.10.2-1　工程评价范围内生态环境保护目标一览表**

| 环境类别 | 环境保护对象 | 保护级别或性质 | 主要情况及与本工程的关系 | 主要影响时段 |
|---|---|---|---|---|
| 陆生生态 | 牟定县白马山州级自然保护区 | 特殊生态敏感区，保护区内森林生态系统及珍稀动物不受影响 | 白马山自然保护区位于本工程坝址上游，坝址距保护区边界约 3.5km；水库回水淹没线距保护区实验区边界较近，该区域保护区海拔高程 1675m~1690m，水库正常蓄水位为 1673m，海拔高差 2~17m，工程建设对自然保护区无直接影响。 | 施工期 |
| | 元谋土林州级自然保护区 | 特殊生态敏感区，保护区内森林生态系统及珍稀动物不受影响 | 水桥村 2#弃渣场距元谋土林州级自然保护区新华片区最近直线距离 1077m；北干线临时道路 14#距平田片区最近直线距离 2050m；北干线临时道路 34#距物茂片区最近直线距离 72m | 施工期 |
| | 元谋风景名胜区 | 重要生态敏感区，风景区景观和植被不受影响 | 北干线 11#支管距元谋风景名胜区位置关系最近，直线距离 420m | 施工期 |
| | 植物资源，森林植被 | 二级国家级公益林、三级国家级公益林、省级公益林，生态功能不因工程建设而显著降低 | 工程淹没、施工占地涉及国家级公益林 52.67hm$^2$，省级公益林 54.21hm$^2$ | 施工期、运行期 |
| | 基本农田 | 基本农田数量不因工程建设而减少 | 水库建设涉及基本农田 7.09hm$^2$ | 施工期 |
| | 1 种国家一级保护动物：林麝 | 国家一级保护动物 | 工程评价区内分布 | 施工期、运行期 |
| | 15 种国家二级保护动物——松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、游隼、白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、白 | 国家二级保护动物 | 工程评价区内分布 | 施工期、运行期 |

| 环境类别 | 环境保护对象 | 保护级别或性质 | 主要情况及与本工程的关系 | 主要影响时段 |
|---|---|---|---|---|
| | 胸翡翠、栗喉蜂虎、猕猴、豹猫、川西斑羚和黄喉貂 | | | |
| | 2 种 CITES 附录 I 保护物种——川西斑羚、游隼；11 种 CITES 附录 II 保护物种——松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、领角鸮、褐林鸮、树鹨、猕猴、豹猫、林麝 | CITES 附录 I、附录 II 保护物种 | 工程评价区内分布 | 施工期、运行期 |
| 水生生态 | 工程河段受影响的土著鱼类 | 勐岗河流域的条鳅科鱼类、工程影响河段的土著鱼类资源 | 施工扰动及三废排放影响水环境；水库蓄水对库区水文情势造成改变，对河段原有流水性的鱼类生存产生不利影响、大坝阻隔鱼类基因交流 | 施工期、运行期 |

（2）地表水环境

根据评价区河流水系现状，拟定本工程地表水环境保护目标见表 1.10.2-2 所示：

**表 1.10.2-2　评价区地表水环境影响保护目标一览表**

| 环境要素 | 环境保护对象 | 保护要求 | 主要影响时段 |
|---|---|---|---|
| 水质 | 库区、坝下勐岗河，受退水区涉及的蜻蛉河及其支流永定河、班果河、龙川江干流等，补水水库弯腰树水库、新河水库 | 满足地表水III/Ⅳ类水质目标，维护工程河段现有水域功能 | 施工期、运行期 |
| 水文情势 | | | |
| 水温 | 水库库区、坝下河道 | | |
| 生态流量 | 坝下水生生物及水环境 | 维持水生生物生境 | |
| 水资源利用 | 受水区水资源利用对象 | 取水得到保障，提高供水保障率。 | 运行期 |

（3）地下水环境

地下水环境保护目标为小石门水库上游汇水区范围内分布的 7 个泉点，输水线路区分布的 1 个泉点、12 口井，水库灌区内分布的 4 口井，共 24 个保护目标。地下水环境保护目标详见表 1.10.2-3。

（4）环境空气、声环境

主要保护对象为施工区及施工道路两侧 200m 范围内居民，包括白土坡村、洒芷村、小班果村等 17 个村庄。保护目的是使区域内环境空气、声环境质量不因工程施工等活动造成显著下降，环境空气质量达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准；工程建设区周围居民点声环境质量达到《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 1 类标准，各施工区边界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，控制和降低噪声对附近农村居民的影响。

本工程评价区内环境空气、声环境保护目标详见表 1.10.2-4。

（5）土壤环境

保护目标为不因水库淹没、工程施工、生产安置等活动造成建设征地范围内外土壤环境质量显著下降，建设征地范围内土壤环境质量满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018)基本项目风险筛选值，建设征地范围外土壤环境质量满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB15618-2018)基本项目风险筛选值。

（6）社会环境

保护目标为评价区内涉及的元谋县、牟定县、大姚县 7 个乡镇居民生产生活不受工程建设影响，尤其是工程征占地范围内的 190 人生产安置人口，其生产生活水平不低于工程建设前。此外，工程运行期间，提高工程受水区内生产生活供水保障率，促进社会经济发展。

**表 1.10.2-3　评价区地下水环境保护目标一览表**

| 序号 | 监测采样编号 | 纬度（N） | 经度（E） | 类型 | 流量（L/s） | 水位标高（m） | 功能 | 用水对象 | 饮用人数 | 分布 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W01 | 25°32′01″ | 101°41′23″ | 泉水 | 2.432 | 1970 | 生活饮用 | 板桥村 | 50 | 水源区 |
| 2 | W03 | 25°31′37″ | 101°40′32″ | 泉水 | 16.6 | 1879 | 生活饮用 | 铁厂 | 200 | |
| 3 | W05 | 25°30′46″ | 101°37′54″ | 泉水 | 12.03 | 1950 | 农业用水 | 小龙箐水库 | - | |
| 4 | W07 | 25°27′57″ | 101°36′05″ | 泉水 | 36.6 | 1892 | 生活饮用 | 采石场 | 30 | |
| 5 | W08 | 25°28′51″ | 101°29′32″ | 泉水 | 10.15 | 2221 | 生活饮用 | 何家村 | 100 | |
| 6 | W09 | 25°30′14″ | 101°32′59″ | 泉水 | 8.3 | 1806 | 农业用水 | 祭龙箐 | - | |
| 7 | W10 | 25°28′51″ | 101°29′32″ | 泉水 | 6.90 | 1806 | 农业用水 | 稗子田 | - | |
| 8 | W44 | 25°36′45″ | 101°38′37″ | 泉水 | - | 1611 | 生活饮用 | 葫芦塘 | 30 | 输水线路区 |
| 9 | #03 | 25°50′49″ | 101°44′1″ | 机井 | 0.2 | 1111 | 生活饮用 | 雷老村 | 137 | |
| 10 | #04 | 25°49′45″ | 101°43′59″ | 民井 | 0.4 | 1106.7 | 生活饮用 | 虎溪村 | 280 | |
| 11 | #05 | 25°51′15″ | 101°46′20″ | 民井 | 0.19 | 1106.5 | 生活饮用 | 多克村 | 1288 | |
| 12 | #07 | 25°41′26″ | 101°48′5″ | 民井 | - | 1082 | 生活饮用 | 班西立河北边 | 4 | |
| 13 | #08 | 25°40′57″ | 101°48′3″ | 民井 | - | 1088 | 生活饮用 | 大己保村 | 4 | |
| 14 | #09 | 25°53′2″ | 101°46′54″ | 民井 | - | 1088.1 | 农业用水 | 华竹村 | - | |
| 15 | #10 | 25°42′11″ | 101°47′31″ | 民井 | - | 1086.5 | 农业用水 | 金刚纂村 | - | |
| 16 | #45 | 25°36′27″ | 101°38′21″ | 民井 | 0.2 | 1607 | 生活饮用 | 老厂村 | 136 | |
| 17 | #50 | 25°38′08″ | 101°42′08″ | 机井 | 0.32 | 177 | 生活饮用 | 水桥寺 | 220 | |
| 18 | #51 | 25°37′23″ | 101°41′21″ | 民井 | 0.29 | 1675 | 生活饮用 | 海田村 | 200 | |
| 19 | #52 | 25°37′01″ | 101°40′40″ | 机井 | 1.27 | 1677 | 生活饮用 | 老纳上村 | 880 | |
| 20 | #54 | 25°36′07″ | 101°40′44″ | 机井 | 0.43 | 1627 | 生活饮用 | 老纳村 | 300 | |
| 21 | H01 | 25°45′58″ | 101°47′23″ | 民井 | - | 1098 | 农业用水 | 班恺村 | - | 灌区 |
| 22 | H02 | 25°46′50″ | 101°49′11″ | 民井 | - | 1020 | 生活饮用 | 洪告村 | 4 | |
| 23 | H03 | 25°43′41″ | 101°50′36″ | 民井 | - | 1023 | 生活饮用 | 下总括小村 | 4 | |
| 24 | H04 | 25°44′38″ | 101°50′18″ | 民井 | - | 1018 | 农业用水 | 摩诃村 | - | |

注：w：泉；#：井；H：井。

**表 1.10.2-4　小石门水库工程环境空气、声环境保护目标一览表**

| 编号 | 工程区 | 保护对象 | 与工程区位置关系 | 200m 范围内 | | 第一排 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 户数（户） | 人数（人） | 户数（户） | 人数（人） |
| 1 | 枢纽工程区 | 白土坡村 | 距白土坡弃渣场进场道路（扩建）最近直线距离 50m | 34 | 119 | 16 | 56 |
| 2 | | 新房子 | 施工道路西侧，最近直线距离 10m | 22 | 77 | 4 | 14 |
| 3 | | 干海子 | 施工道路区东侧，最近直线距离 50m | 23 | 81 | 6 | 21 |
| 4 | 总管工程区 | 下村（老衲下村） | 距水桥隧洞进场道路（扩建）最近直线距离 40m | 21 | 74 | 4 | 14 |
| 5 | | 老衲 | 距水桥隧洞进场道路（扩建）最近直线距离 135m | 30 | 105 | 10 | 35 |
| 6 | | 上村（老衲上村） | 距水桥隧洞进场道路（扩建）最近直线距离 50m | 16 | 56 | 4 | 14 |
| 7 | | 洒芷村 | 总干线终点，洒芷村生产生活区西南侧最近直线距离 65m | 3 | 11 | 1 | 4 |
| 8 | 北干渠工程区 | 英户 | 施工道路北侧，最近直线距离 81m | 18 | 63 | 5 | 18 |
| 9 | | 小班果 | 渠道施工区东侧最近直线距离 80m | 15 | 53 | 5 | 18 |
| 10 | | 海岱 | 施工道路西侧最近直线距离 10m | 29 | 102 | 8 | 28 |
| 11 | | 建设队 | 渠道工程东南侧，最近直线距离 70m | 4 | 14 | 2 | 7 |
| 12 | | 岔沟头 | 渠道工程西北侧，最近直线距离 60m | 12 | 42 | 5 | 18 |
| 13 | | 雷依 | 施工道路西侧，最近直线距离 50m | 29 | 102 | 9 | 32 |
| 14 | | 小多乐 | 施工道路从村庄穿过最近直直线就 10m | 24 | 84 | 5 | 18 |
| 15 | | 小山村 | 渠道工程东南侧，最近直线距离 50m | 18 | 63 | 3 | 11 |
| 16 | | 大雷宰 | 渠道工程东侧，最近直线距离 45m | 35 | 123 | 12 | 42 |
| 17 | 东干线工程区 | 华竹（那蚌） | 管线工程北侧，最近直线距离 40m | 17 | 60 | 6 | 21 |
| 合计 | | | | 350 | 1229 | 105 | 371 |

### 1.10.3 环境保护要求

（1）生态环境

保护评价范围内陆生生态系统完整性；公益林和基本农田面积；采取必要的手段保护工程占地范围内的重点保护动物，尽量降低工程施工和运行对陆生动物的影响；施工结束后，尽量恢复植被以降低对陆生植物的影响。保护勐岗河鱼类的水生生境，维护勐岗河水生生物的多样性。

（2）水环境

①地表水

施工期，保护评价范围内的水体水质，使其相应满足水功能区划要求的《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ、Ⅳ类水质标准，施工期间各类废污水经处理后回用或综合利用，尽可能不外排；不可回用部分处理达《污水综合排放标准》GB8978-1996 一级、二级排放标准。

运行期，加强小石门水库上游区域的污染源和污染物排放控制，保证小石门水库库区及水库下游河道水质满足水功能区划要求的地表水Ⅲ类水质标准；小石门水库合理调度运行，满足水库大坝下游河道生态、环境、社会等各项用水需求；工程受水区退水要满足退水区污染物总量控制要求。

②地下水

评价区内地下水环境质量不因工程建设而降低，满足《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类标准；保护评价区内地下水资源，不因工程建设而影响当地居民正常生产生活。

（3）环境空气

加强施工管理，对施工期大气污染源进行防治，大气污染物排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中无组织排放监控浓度限值要求，使评价范围内环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。

（4）声环境

降低交通噪声和施工噪声对工程区域声环境质量的影响，使评价范围内村庄的声环境质量达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准，道路两侧满足 4a 标准。

水库建成运行后，电站厂界声环境质量达《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

（5）土壤环境

施工期执行《土壤环境质量-农用地土壤污染风险管控标准（试行）》中农用地土壤污染风险筛选值和农用地土壤污染风险管制值。

避免工程建设运行、新增灌溉供水对区域土壤环境产生明显的碱化、酸化等不利影响。

（6）社会环境

生产安置贯彻国家开发性移民的方针，即采取“前期补偿、补助与后期扶持”相结合的办法，使工程建设征地移民的生产生活达到或超过原有水平。采取各项环境保护措施，减少生产安置和专业项目复建产生的环境影响。

## 1.11 环境影响识别与评价因子筛选

### 1.11.1 环境影响要素识别

根据工程的类型、性质、主要工程组成情况，以及评价区的环境现状，工程建设对评价区域环境的影响，对工程建设可能涉及的环境要素及影响进行初步判别。见表 1.11.1-1 所示。

## 表 1.11.1-1　工程环境影响因子识别矩阵表

| 环境要素 | | 环境因子 | 施工期 | | | | | | 运行期 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 土石方开挖填筑及弃渣 | 施工废水、粉尘和噪声 | 场内外道路施工、对外运输 | 供水管线开挖 | 施工队伍进驻 | 永久、临时占地 | 水库调节 | 受水区退水 | 水库淹没 |
| 水资源与水环境 | 水资源 | 地表水资源 | | | | | | | △ | ○ | |
| | 水环境 | 水文情势 | | | | | | | △ | | △ |
| | | 水质 | | △ | | | △ | | △ | △ | |
| | | 水温 | | | | | | | △ | | △ |
| | | 地下水 | | | | | | | △ | ○ | |
| 生态环境 | 水生生态 | 水生植物 | | △ | | | | | △○ | | |
| | | 浮游生物 | | △ | | | | | △○ | | |
| | | 鱼类 | | △ | | | | | △○ | | |
| | | 渔业资源 | | | | | | | △○ | | |
| | 陆生生态 | 植物 | △ | | △ | △ | | △ | △○ | | △ |
| | | 植被 | △ | | △ | △ | | △ | △○ | | △ |
| | | 陆生动物 | △ | | △ | △ | | △ | △○ | | △ |
| | | 土地利用 | △ | | △ | △ | | △ | △ | | △ |
| | | 生态完整性 | △ | | △ | △ | | △ | | | △ |
| 社会环境 | | | | △ | | | △ | | △○ | ○ | |
| 声环境 | | | △ | △ | △ | △ | | | | | |
| 大气环境 | | | △ | △ | △ | △ | | | | | |
| 土壤环境 | | | | | | | | | | | △ |
| 水土流失 | | | △ | | △ | △ | | △ | | | |

注：○表示有利影响，△表示不利影响。

从上表 1.11.1-1 可以看出，工程的建设对环境的影响既有有利方面也有不利方面。工程产生的不利影响多集中在施工期，主要表现为生态环境和水环境影响，有利影响多在运行期有所体现，主要表现为灌区水资源利用和社会环境影响。

## 1.11.2 评价因子筛选

对上表 1.11.1-1 受本工程影响的环境要素进行分类、识别、归纳，经初步识别和筛选，确定本项目影响涉及的环境因子见表 1.11.2-1。

**表 1.11.2-1　工程影响的环境因子识别分类**

| 环境要素 | | 环境因子 |
|---|---|---|
| 生态环境 | 陆生生态环境 | 植被及高等陆生植物物种、动物物种、重点保护动植物物种、重要动物栖息地、生态系统功能及完整性 |
| | 水生生态环境 | 高等水生动植物物种、重点保护水生动植物物种、鱼类“三场”、重要水生动物栖息地 |
| | 土地资源 | 土地利用、基本农田、公益林 |
| | 水土流失 | 土壤侵蚀强度 |
| | 景观 | 自然景观、人文景观 |
| | 重要生态问题 | 环境敏感区、生物因子、非生物因子 |
| | 生态完整性 | 生产能力、生物量、阻抗稳定性、恢复稳定性 |
| 地表水环境 | 水温 | 水温（℃） |
| | 水质 | COD、$BOD_5$、TN、TP、氨氮、石油类、叶绿素 a、透明度等 |
| | 水文情势 | 流速、流量、水位、输沙量等 |
| | 水资源 | 生活用水、河流生态用水、发电用水、农业用水、环境用水 |
| 地下水环境 | 水位、水质 | 总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、铁、锰，水位等 |
| 土壤环境 | 土壤环境质量 | 土壤盐渍化、沼泽化程度，土壤理化性质 |
| 环境空气 | | TSP、$NO_2$、CO、$SO_2$ |
| 声环境 | | dB（A） |
| 固体废弃物 | | 工程弃渣、生活垃圾、建筑垃圾、危险废物 |
| 地质、地貌 | | 库岸稳定、水库渗漏、地质灾害 |
| 社会环境 | 经济社会 | GDP、就业、产业结构 |
| | 基础设施 | 供水、供电、交通、通讯 |
| | 人民生活水平 | 生产资料、生活资料、收入水平、生活质量 |
| | 人群健康 | 疾病流行 |

## 1.12 评价方法和工作程序

### 1.12.1 评价方法

根据相关环境影响评价技术导则的要求，本报告采用以下评价技术方法：

（1）环境现状调查：采用资料收集、现场查勘与监测等方法。

（2）工程分析：采用类比分析、查询有关资料和全过程分析等技术方法。

（3）环境影响预测和评价：采用类比定性分析、数学模型、叠图法、遥感技术等定量分析方法。

### 1.12.2 工作程序

本工程的环境影响评价技术工作程序分为三个阶段：第一阶段为准备阶段，接受任务委托后，研究各种设计文件和环保法规，进行环境现状初步调查和初步的工程分析，进行环境影响因子识别和筛选，确定评价项目、评价工作等级、范围和评价重点，在此基础上编制工程环境影响评价工作方案；第二阶段为正式工作阶段，进行环境现状详查、环境现状评价、工程分析、环境影响预测和评价；第三阶段为报告书编制阶段，制定环境影响减免措施、监测计划、投资概算及管理规划，得出环境影响评价结论，并在以上基础上编制环境影响报告书。环境影响评价工作程序如图 1.12.2-1 所示。

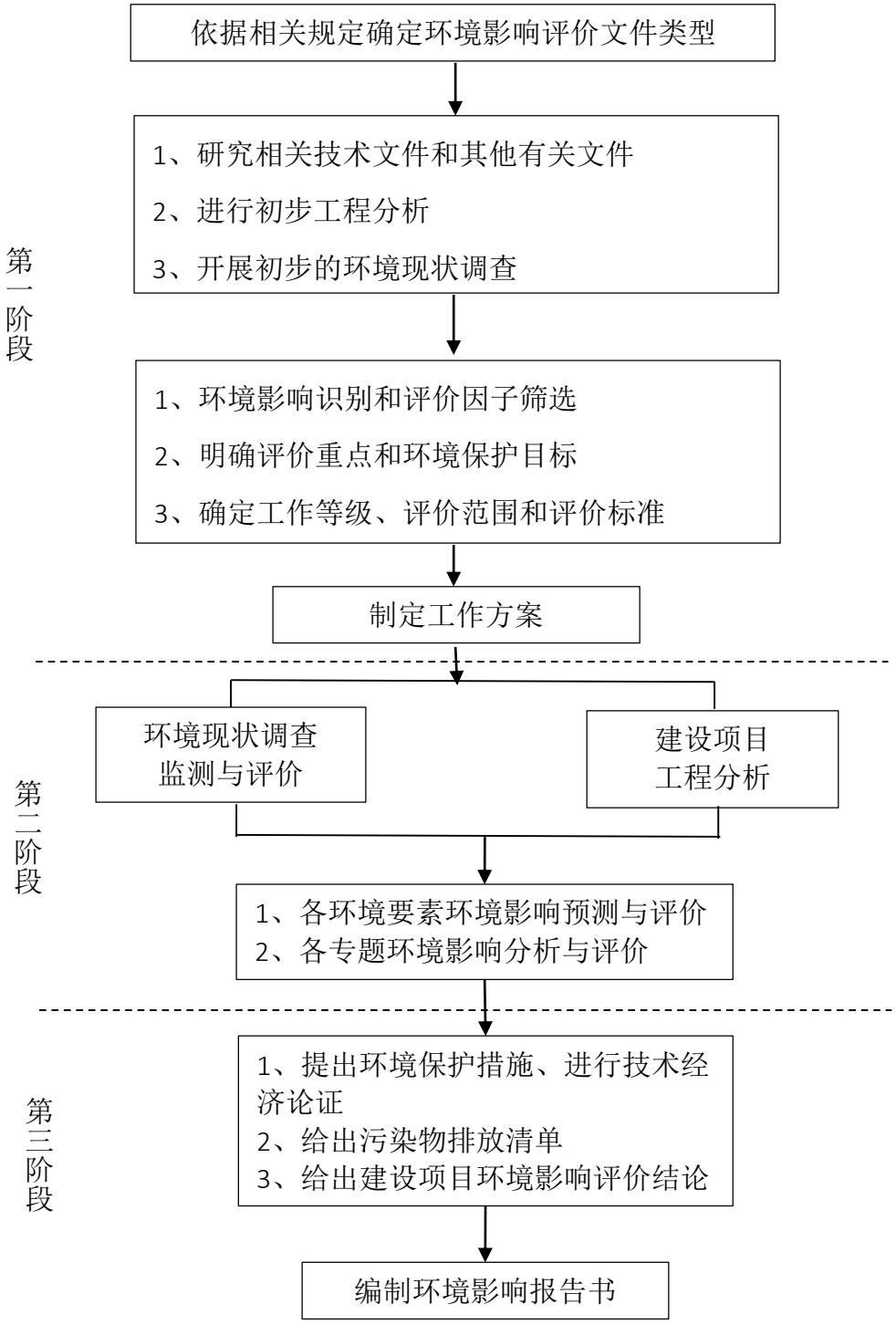



**图 1.12.2-1　云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价工作程序图**

# 2. 工程概况

## 2.1 流域规划概况

### 2.1.1 流域概况

小石门水库位于楚雄州牟定县戍街乡西南方的龙川江一级支流普登河中游段勐岗河上。普登河又名勐岗河，为金沙江二级支流，龙川江左岸一级支流，发源于姚安县前场镇新民村，发源地最高峰高程为 2677m，流经姚安县、牟定县、大姚县和元谋县，上游河源段称王朝大河，入中屯水库转向东北，流经蟠猫乡称古岩河，石者河与猫街河汇入后称勐岗河，为牟定县、姚安县和大姚县三县之界河，于元谋县黄瓜园镇龙山村汇入龙川江。普登河全长 98km，落差 1627m，流域面积 1144km$^2$，多年平均径流量 1.7 亿 m$^3$。小石门水库坝址以上径流面积 739km$^2$，河长 57.6km，河道平均比降 14.5‰。小石门水库坝址断面径流面积占普登河流域面积的 64.9%。

普登河流域属亚热带季风气候区，多年平均降雨量 840mm，5～l0 月受来自北部湾的东南季风和来自印度洋、孟加拉湾的西南季风控制，湿润多雨，全年约 89.8～91.9%的降水量都集中在这一时期，其中尤以 6～8 月降水量最为集中，3 个月的降水量即占年降水量的 58～60%左右；11～4 月受来自西部大陆干暖气流影响，干燥晴朗，降水量少，降水量仅占年降水量的 8.1～10.2%左右，而最枯的 1 月或 2 月降水量仅占 1%左右。

普登河流域径流主要来源于降水。与降水相应，径流年内分配也有明显的季节性。汛期比雨季滞后半个多月，开始于 6 月结束于 11 月，约有 80%以上的径流集中在该时期。其中 7、8、9、10 四个月为径流的最丰时期，径流量占全年径流量的 60%以上；枯期 12 月至次年 5 月径流只占年径流的 20%左右，最枯的 3、4 月径流量仅占年径流量的 1.1%。

普登河流域内已建成蓄水工程 350 件，其中，中型水库 1 座，小（1）型水库 9 座，小（2）型水库 14 座，小坝塘 326 件，合计总库容 5073.5 万 m$^3$，总供水量 3581.0 万 m$^3$；引水工程 264 件，供水量 815.0 万 m$^3$；提水工程 11 件，供

水量 27.8 万 $m^3$；地下水和集雨工程 2259 件，供水量 128.0 万 $m^3$。各类工程合计供水量 4551.8 万 $m^3$。普登河流域多年平均径流量 1.70 亿 $m^3$，流域内水资源开发利用程度为 26.8%。

## 2.1.2 相关规划概况

### 2.1.2.1 楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划

#### 2.1.2.1.1 主要规划内容

2014 年 1 月，楚雄彝族自治州水务局委托云南省院开展《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》工作。2019 年 2 月 15 日，楚雄州人民政府下发《楚雄州人民政府关于同意龙川江流域水资源综合利用规划报告的批复》（楚政复[2019]2 号）（详见附件 4），原则同意该规划。

楚雄州龙川江流域水资源综合规划范围为：龙川江全流域，流域集水面积 9327.4$km^2$，涉及楚雄州的南华县、楚雄市、牟定县、元谋县、禄丰县、武定县、姚安县、大姚县、永仁县等 9 个县级行政区。

主要规划内容包括两方面：节水规划及重要水源工程规划。其中，重要水源工程规划包含滇中引水工程、小石门水库工程、3 座在建中型水库（小箐河水库、直苴水库、桂花水库）、中石坝水库扩建工程及新建罗申河水库、定远河水库。其中，小石门水库坝址位于牟定县与大姚县交界的勐岗河中游。小石门水库是元谋西片热区土地开发的核心工程，是以农业灌溉为主，兼有下游防洪任务的综合性水库。水库主要解决大姚县沿库左岸台地的灌溉、解决水库下游元谋县西部热区土地开发用水问题，由于水库径流区 Cv 值高，特枯年来水量少，考虑滇中供元谋西片区水量进入小石门水库，多年平均补水量 432 万 $m^3$，只在枯水年补水，最大年补水量 2574 万 $m^3$，多年平均可供水量 6329 万 $m^3$。水库建成后可新增灌溉面积约 21.0 万亩。并对下游成昆铁路，永武高速公路、108 国道具有一定的防洪安全作用。

#### 2.1.2.1.2 规划环评

2018 年 5 月，楚雄彝族自治州水务局委托我公司开展《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》编制工作。

2019 年 2 月 13 日，楚雄州环境保护局下发“关于《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》的审查意见的函”（楚环函[2019]18 号）（详见附件 5）。

（一）主要评价结论

楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划与相关的法律法规及规划相符合，符合三线一单要求，同时，也与《全国主体功能区规划》、《全国生态功能区划（修编版）》、《全国重要江河湖泊水功能区划（2011-2030 年）》、《云南省主体功能区规划》、《云南省生态功能区划》、《云南省生物多样性保护战略与行动计划》相符合。

楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划范围涉及到 11 个自然保护区，5 个风景名胜区，2 个森林公园，6 个饮用水水源保护区、生态保护红线和多个文物保护单位。规划的小（一）型水库木卡拉水库位于昙华山省级风景名胜区-龙山景区外围保护地带，规划的小石门水库淹没牟定县白马山自然保护区实验区，横山水库扩建工程及奠丰闸水库两座小（一）型水库位于楚雄三峰山州级自然保护区的实验区内，小石门水库淹没区、桂花水库坝址、直苴水库坝址涉及生态保护红线，其它规划水源工程均不涉及以上环境敏感区。

规划的实施可实现水资源的优化配置和可持续利用，解决流域内缺水的问题，缓解水资源缺乏对农业、工业发展的桎梏，促进社会经济的繁荣发展。同时，节流与开源并举，节水规划的实施提高流域内的用水效率和工业用水重复利用率，减少排污，减少流域内的污染负荷，有益于流域水环境的改善。

规划水源工程实施后改变所处河流的水文情势、大中型水库调蓄运行造成水温分层，且可能造成水体富营养化，其次，农业灌溉退水回归河道可能对水质造成污染。

各水源工程建设占地及淹没对陆生生态环境造成破坏，各水源工程的建成造成河道上下游的阻隔，坝下河道流量减少均对龙川江流域内规划涉及的干支流内的水生生物资源造成影响。

龙川江流域水资源综合利用规划通过优化规划布局、调整规划规模、合理布置开发时序，从规划层面上尽可能减少了规划实施对生态环境的影响，同时通过落实流域水资源保护规划和具体的环境保护措施，并对敏感地区实施有效监测，

使龙川江流域水资源开发利用在流域生态环境可持续发展的条件下进行。从环境角度评价，推荐规划方案的实施是合理可行的。

《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》中对下阶段项目环评提出以下意见：

（1）本次规划环评中识别出规划的小（一）型水库木卡拉水库位于昙华山省级风景名胜区-龙山景区外围保护地带，不涉及一、二、三级保护区，可研阶段，仍应进一步优化木卡拉水库大坝选址及施工布置，使其淹没范围、施工布置不在风景区保护范围内，不对昙华山省级风景名胜区产生不利影响。

（2）规划的大型水库小石门水库淹没涉及牟定县白马山自然保护区实验区。下阶段应优先考虑优化设计，多方案比选，尽可能避让自然保护区，如因地质问题等其他原因发生无法避让的情况，应按自然保护区管理条例，委托开展生物多样性影响评价专题。

（3）规划的小（一）型水库横山水库扩建工程及奠丰闸水库位于楚雄三峰山州级自然保护区的实验区内。下阶段应优先考虑调整选址，合理布置施工三场和输水线路，避让自然保护区，在无法避让的情况下，应按自然保护区管理条例，委托开展生物多样性影响评价专题。

（4）小石门水库淹没区、桂花水库坝址、直苴水库坝址涉及生态保护红线，应进一步优化布置，尽量避让生态保护红线，如实在无法避让，应根据《暂行办法》要求，按相关规定进行审批。

（5）本次规划的水源工程中含有大中型水库 7 座，水库运营后水温分层的可能性较大，下阶段环评中应进行水温分层预测分析，并根据各项目的实际情况采取分层取水等消除和减缓低温水影响的措施，其中小石门水库为大型水库，且大坝较高，最大坝高为 171.4m，可能产生较明显的水温分层现象，如直接下放低温水，对农作物的冷害作用较大，还将对下游的水生生物造成影响，水温分层预测分析应作为评价重点，并应在主体中考虑相应的分层取水等设计。

（6）龙川江流域规划水域内有 17 种土著鱼类分布，其中规划的小石门水库为大型水库，水库建成后对水文情势的改变较大，对鱼类生境的影响较大，应采取鱼类增殖放流措施。

（7）因规划阶段设计深度浅，大部分水库淹没范围和工程布置还未确定，在下阶段应进一步核实各规划项目与各敏感区的位置关系，进行选址合理性分析，合理布置施工三场，科学合理的制定施工方案，尽可能避让各环境敏感区，在无法避让的情况下，应按相关法律法规办理相关手续，如涉及自然保护区还应委托开展生物多样性影响评价专题。

（二）规划环评审查意见

楚雄州环境保护局关于《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查意见的函中指出应重点关注以下几个方面：

1、进一步优化小石门水库、桂花水库、木卡拉水库和奠丰闸水库工程，工程不得占用自然保护区核心区和缓冲区，尽量避让自然保护区实验区，以减轻对生态敏感区的影响。在无法避让的情况下，应在项目环评文件中对占用区域开展专题评价，提出相应的环保对策措施，根据评价结论按程序报批后方可开工建设。

2、鉴于规划阶段一些水库淹没范围和工程布置还未确定，在可研阶段需要进一步核实各规划项目与生态敏感区的位置关系，进行选址合理性分析，合理布置施工三场，科学合理的制定施工方案，尽可能避让各类环境敏感区。

3、龙川江流域已建大型水库 1 座，中型水库 17 座，小（一）型水库 82 座，小（二）型水库 514 座，水资源开发利用率较高，河道阻隔严重，鱼类资源退化明显，各水利工程应严格落实生态流量下泄措施，减轻水利设施对河道生态的影响。

4、加大流域城镇生活污染和农业农村面源污染治理。龙川江流域目前部分断面水质超标，污染源主要为农业农村面源污染和城镇生活污染，为确保水环境质量达到水体功能要求、根据规划实施情况，适时开展环境影响跟踪评价。

**2.1.2.2 楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划**

（1）主要规划内容

元谋禄丰干热河谷片区有丰富的低热河谷土地资源优势，农业基础条件较好，土地成方连片，区域内可开垦的荒草地较多，有较大的新增耕地潜力。

根据云南地质工程第二勘察院 2017 年 9 月编制完成的《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》（以下简称《专项规划》）。《专项规划》分为 5 个片区，分别为：元谋西部片区、元谋东部片区、禄丰片区、大姚片区、牟定

片区，涉及 4 个县 10 个乡镇。规划区现状耕园地面积 15.28 万亩，本次规划实施后可新增耕地 23.13 万亩（其中后备土地资源新增 22.23 万亩、现有农用地整治新增 0.9 万亩）。规划实施后规划区总耕地面积为 37.97 万亩，其中 7.82 万亩耕地已有水源供给，30.15 万亩耕地缺乏水源供给。

2019 年 6 月 17 日，楚雄州人民政府下发《关于同意楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地整治专项规划等 6 个规划的批复》（楚政复[2019]18 号）（详见附件 6）。复中指出：项目实施后，将有效增加耕地面积，提高耕地质量，缓解耕地供需矛盾，实现耕地占补动态平衡；有效改善农业生产条件，促进农民增收、农业增效和农村发展，进一步保护和改善土地生态环境，促进土地资源的可持续利用，社会效益、生态效益和经济效益显著。

（2）专项规划环评

2020 年 3 月，云南恒成工程设计咨询有限公司编制完成《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》（以下简称“专项规划环评”）编制工作。

1）专项规划环评主要结论

楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划符合国家、云南省、楚雄州相关规划及政策，规划目标、规划功能定位基本合理。规划实施后可大幅增加区域高品质耕地的数量，元谋西部片区新增耕地灌溉用水需求量由小石门水库工程供给。规划实施后可显著提高片区的植被覆盖率，减低水土流失影响，可减轻区域内土地的石漠化现状，对生态环境产生有利影响。

2）专项规划环评审查意见

2020 年 9 月 15 日，楚雄州生态环境局下发关于《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》审查意见的函（楚环函[2020]11 号）（详见附件 7）。审查意见中指出：

土地利用整治专项规划可提升区域内的植被覆盖率，减轻区域水土流失影响，对区域的生态环境产生一定有利影响。对土地利用整治专项规划提出以下优化调整意见：

①加强规划引领，坚持绿色发展和协调发展理念。根据生态文明发展战略，坚持生态优先、因地制宜，进一步优化《专项规划》的规模、范围、开发利用方

向以及开发时序等。加强与全国主体功能区规划、云南省生态功能区划、国土空间规划、乡镇总体规划、各县土地利用规划以及云南省“三线一单”的协调衔接，明确相应的用地空间管控要求、污染排放、生态管控要求，加强土地资源的宏观控制和微观管理，做好合理有序地开发利用土地资源，节约集约用地，因地制宜，打造“高产、优质、高效、生态、安全”的特殊产业群体，带动区域社会经济持续快速健康发展。

②进一步优化土地整治规划范围，严格对环境敏感区的保护。规划项目应充分考虑周边元谋土林州级自然保护区等生态保护重点目标，采取科学有效的保护和应对措施避让红线区域，减缓对土林自然保护区生态不利影响。

③合理确定规模，综合考虑区域水资源承载能力。本规划区域位于干热河谷地带，可直接利用的水资源量较少，是水资源的缺乏区。本次规划的新增耕地为小石门水库配套的灌溉区域，新增耕地所需灌溉用水由小石门水库供给。经规划环评计算，供水量能够满足规划片区的农灌用水需求，但结余量不多。建议合理确定该区域的土地开发整治面积，保证规划的实施取得最大的生态环境效益和经济效益。

④严守环境质量底线，严格规划区域面源污染环境管理。本次规划区域属于龙川江流域，规划实施后将大幅增加片区耕地数量，耕地运行过程中由于大面积的施用化肥和农药，在雨水冲刷和农田回归水的作用下形成农田面源污染，将加重龙川江的污染负荷。本规划整治后新增的耕地要严格采用高效节水滴灌技术，降低农田退水对龙川江流域的污染负荷。同时，在耕地运行过程中需要严格控制化肥和农药施用量，进一步降低农田面源污染对地表水环境的不利影响，并积极开发生物防治技术，进一步减少化肥和农药的施用量。

⑤坚持保护优先，严格维系自然生态系统的完整和功能。在该专项规划开发建设活动的过程中，应充分考虑尽量保留原有土地和原有生态环境的可能性，不占用规划区内林地、水域等不可开发利用区域。建设生态廊道，保护物种的多样性，在有限的地域和空间实施合理的开发，最大限度地减少区域开发对生态环境造成的影响。

⑥因地制宜，合理确定整治项目、建设时序和施工方式。应坚持“生态优先、保护优先、节约优先”原则，合理确定土地综合整治目标、整治模式、整治工程，

做到土地综合整治与耕地保护、产业发展、环境治理、生态修复等有机融合，使耕地得保护、生态得改善、发展得空间、百姓得实惠。

⑦建立健全区域环境风险防范和生态安全保障体系。加强重要风险源管控，统筹考虑污染防治、生态恢复与建设、环境风险防范、环境管理等事宜；建立生态跟踪机制，强化环境风险管理，保障区域生态环境安全。

**2.1.2.3 滇中引水工程**

滇中引水工程自金沙江中游干流引水，沿途向滇中地区 6 个市（州）35 个县（市、区）供水。工程以城镇生活与工业供水为主，兼顾农业和生态用水。2016 年 8 月，生态环境部（原环保部）以环审[2016]115 号文对《滇中引水工程环境影响报告书》进行了批复。环评批复中要求：下阶段应继续做好增加受水区在线调蓄工程的可能性和可行性研究论证工作，进一步优化引水调度方案，尽量减少枯期引水量。

《滇中引水工程初步设计报告》分别对在线调蓄、充蓄调节、补偿调节三种调蓄方式进行研究。其中，新增小石门、高冲、阿白冲 3 座充蓄调节水库。调整后，滇中引水共利用充蓄调节水库 21 座，调蓄水量 1.86 亿 $m^3$。2018 年 3 月 16 月，水利部下发滇中引水工程初步设计报告准予行政许可决定书（水许可决[2018]20 号）对《滇中引水工程初步设计报告》进行了批复。《滇中引水工程初步设计报告》中小石门水库兴利库容 9609 万 $m^3$，滇中引水充蓄水量 432 万 $m^3$，供水范围为元谋元马片区。

滇中引水工程二期工程为滇中引水工程的重要组成部分，主要通过建设输水干线、支渠将滇中引水来水按 34 个受水小区输送给滇中地区各个县（市、区）。受省滇中引水办委托，云南省院技术负责并联合受水区涉及的各个州、市设计单位，共同承担滇中引水二期工程可研勘测设计工作；云南省院承担滇中引水二期工程环境影响评价工作。

根据《滇中引水二期工程配套工程可行性研究报告》，2040 年滇中引水向元谋元马片区的供水量为 4649 万 $m^3$，主要通过伍庄村分水口、龙川江分水口向片区供水：

伍庄村分水口：在牟定县南部的伍庄村设置分水口，分水口门最高水位 1945.48m，通过牟定干线向牟定共和、元谋元马两个受水区供水。其中，牟定干

线接一期工程伍庄村分水口，由南向北至龙虎水库附近，穿过牟定县境内通过管道和隧洞输水至水冬瓜村附近进入古岩河支流蟠猫河河道，通过河道输水进入小石门水库，多年平均向小石门水库补水 1708 万 $m^3$，利用小石门水库灌溉渠系向元谋西部灌区供应生活、灌溉供水。

龙川江分水口：滇中引水工程在禄丰县西南部的龙潭村附近设置龙川江分水口，分水口门最高水位 1940.28m，通过北部的元谋干线向元谋元马受水区供水，通过南部的广通分干线向禄丰金山的广通片受水区供水。元谋干线大致沿龙川江干流由南向北布置，沿途分别设置元谋羊街、元马等分水口解决区域的城镇生活和部分农业灌溉。滇中引水元谋干线随后进入挨小河水库（多年平均充蓄水量为 757 万 $m^3$），联合猛连水库、挨小河水库向元谋二水厂供水，解决元谋元马的城镇和工业供水。

根据《滇中引水二期工程配套工程可行性研究报告》，小石门水库正常蓄水位 1673m，死水位 1601.4m，兴利库容 8911 万 $m^3$，总库容 11132 万 $m^3$，滇中引水充蓄水量为 1708 万 $m^3$。

## 2.2 工程建设必要性

**（1）元谋县经济社会发展对水资源需求十分紧迫**

元谋县有“天然温室”的优势，素有“大菜园、大果园、大花园”之称。元谋坝区作为全县的经济核心区，虽然现有水利设施较多，原大型灌区经多年建设可供水量基本满足需求，但由于本区土地资源丰富，可开发利用的荒地较多。据《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》，元谋灌区西部可新增耕园地 17.51 万亩。现状为大面积荒草地，由于干旱缺水，土地荒芜，水土流失严重，随着热区土地开发整理的推进，寻找新的水源已迫在眉睫，缺水问题严重制约着元谋坝区乃至元谋全县的社会经济发展。

**（2）规划区工程性缺水严重，供需矛盾突出，严重制约当地社会经济的发展**

元谋灌区气温高、气候干燥、农作物耗水量大，虽龙川江、勐岗河等河流过境水资源较丰富，但水低田高，降水年际变化大，且枯汛期分布不均，难于利用，可利用水量十分有限；小石门水库灌区现状多为荒草地，由于干旱缺水，土地荒

芜，水土流失严重，随着热区土地开发整理的推进，水资源保障问题日益突出，如不采取措施，将严重制约当地的经济和各项事业的发展，制约着国民经济的可持续发展。

**（3）项目建设是保障元谋西片区城乡饮水安全的重要工程措施**

小石门水库灌区供水人口主要涉及元谋县新华乡、平田乡、物茂乡、黄瓜园镇等 4 个乡镇，2017 年规划区总人口 4.96 万人，2035 年总人口 8.24 万人。现有城乡供水系统以中小型水库为主，来水较小，保障率低，抵御极端气候的能力不强。2020 年以来，西片区中小型水库蓄水严重不足，抗旱保供水压力较大的问题更加突出。现有供水设施不能满足西片区的热区土地开发及产业发展对片区的供水保障提出的要求，缺水严重制约了新华乡、平田乡、物茂乡、黄瓜园镇等 4 个乡镇社会经济的发展，结合产业发展供水新需求及云南省农村饮水安全巩固提升工程“十四五”规划等要求，小石门水库工程建设是保障元谋西片区城乡饮水安全的重要工程措施。

**（4）作为滇中引水工程元谋片区供水末端调节水库，为优化滇中引水工程调度方案创造了条件**

滇中引水工程初步设计报告中将小石门水库列为元谋元马小区的充蓄调节水库。通过《滇中引水工程二期配套工程可行性研究报告》进一步分解细化，分配给元谋县的多年平均供水量为 4202 万 $m^3$。其中羊街片生活及农业 536 万 $m^3$；元谋干热河谷区的水量为 3666 万 $m^3$（其中东片区多年平均直接供水为 1958 万 $m^3$，西片区的水量为 1708 万 $m^3$）；小石门水库坝址高程 1515.6m，位置较高，兴利库容达 9424.3 万 $m^3$，具备作为滇中引水工程元谋片区供水末端调节水库的条件。

滇中引水工程通水后，小石门水库作为滇中引水工程元谋片区的反调节水库，在枯水年汛期引蓄滇中引水工程供水量进行调蓄，优化了滇中引水工程调度方案，优化了楚雄州内水量分配，保证了滇中水量的充分利用，提高了滇中引水工程元谋片区及小石门水库供水效益。

滇中引水工程于 2018 年 10 月正式开工，预计 2026 年 8 月建成通水。而小石门水库预计 2027 年建成蓄水，与滇中引水工程建成年份基本一致，可同步发挥效益。

**（5）项目建设是元谋干热河谷区土地开发整治的核心基础条件**

元谋干热河谷区现有耕园地总面积达 38.52 万亩。依据《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》，除已开发灌区外，1600m 高程以下的热区还有大量适宜耕作的低丘缓坡荒草地。通过土地整治及开发利用，元谋大型灌区周边可新增耕地 21.22 万亩。但新增耕地大多缺乏水源，小石门水库的建设将减缓灌区农灌供需矛盾。

**（6）项目建设是巩固提升“脱贫攻坚”成果的需要**

小石门水库灌区范围内的元谋县新华乡、平田乡、物茂乡和黄瓜园镇等 4 个乡镇的 25 个行政村，有 12 个贫困行政村，还有易地扶贫搬迁项目安置点 13 个。

根据《元谋县脱贫攻坚提升规划》（元谋县人民政府扶贫开发办公室 2019 年 4 月），为巩固提升脱贫攻坚成果，贫困村出列后，政府要继续实施贫困村提升工程，进一步完善基础设施和公共服务建设，全面改善人居环境和生产生活条件。小石门水库灌区项目的实施，将改善项目区贫困群众的生产生活条件，夯实农业发展基础，培植支柱产业，提高贫困群众科技文化素质，促进农村经济和社会各项事业的发展，为全县脱贫成效的巩固奠定坚实基础。

**（7）改善当地生态环境、减少水土流失，保障河流的生态环境用水**

元谋灌区地处金沙江河谷燥热地带，长期以来，由于干旱缺水，土地荒芜，水土流失严重，导致产生大面积荒草地。区内水土流失严重，严重威胁着下游人民群众的的生命和财产安全，小石门水库的修建为元谋干热河谷区土地开发整治奠定了水利基础，将提高灌区的用水保证率，大量减少水土流失面积。

此外，元谋片区现状已建水利设施较多，由于建设时间较早，各水源工程均未下泄最小河道生态基流。按“十八大”提出的生态文明建设和《全国水中长期供求规划技术大纲》、《滇中引水工程可行性研究报告》要求，为保障河流基本的生态环境用水，必须退还被挤占的河道生态基流。滇中引水工程及小石门水库工程的建设，为区域河道生态流量退还创造了条件。小石门水库坝址下游河道现状枯水年最小流量仅 0.021m³/s，水库建成后最小下放河道生态流量为 0.736m³/s，河道最小流量大幅提高，可更好地保障河流的生态环境用水。

## 2.3 工程地理位置

拟建的小石门水库坝址位于牟定县与大姚县交界的勐岗河中游，坝址坐标：东经 101 °38′04.61 " 、北纬 25 °35′22.93 " 。水库坝址距元谋县城 35km，距楚雄市 95km，距昆明市 200km。

## 2.4 工程任务、等别及规模

### 2.4.1 工程任务

小石门水库的工程任务是：以农业灌溉、乡镇供水为主，兼顾发电，承担滇中引水工程的调蓄功能，为巩固区域脱贫攻坚创造条件的综合性水利枢纽工程。

### 2.4.2 设计水平年和设计标准

#### 2.4.2.1 设计水平年

小石门水库项目区涉及楚雄州的牟定县、大姚县和元谋县，本阶段选取 2017 年为现状基准年，2035 年为设计水平年。

#### 2.4.2.2 设计标准

根据《微灌工程技术规范》（GB/T 50485-2009）、《灌溉与排水工程设计标准》（GB50288-2018），综合考虑灌区水资源条件和灌区工程措施、作物种植结构等情况，常规灌区灌溉保证率取 P=75%，高效节水灌区设计灌溉保证率采用 P=90%。根据《城市给水工程规划规范》(GB50282-2016)，城镇、农村生活设计供水保证率采用 P=95%。

小石门水库属于大（2）型工程，根据《防洪标准》（GB50201-2014），水库设计洪水标准采用 P=1%，校核洪水标准采用 P=0.05%。

### 2.4.3 供水范围及供水量

**1、供水范围：**

小石门水库工程灌溉面积 27.3 万亩，其中水库两岸牟定县戌街乡、大姚县龙街乡改善灌溉面积 1.66 万亩，元谋干热河谷区物茂乡、平田乡、新华乡新增灌区面积 17.84 万亩，改善原元谋大型灌区内物茂乡、平田乡 7.8 万亩。

**2、供水量：**

多年平均条件下，滇中引水工程向小石门水库补水 1708 万 $m^3$。水库运行后多年平均供水量为 6723.5 万 $m^3$，其中新增灌区供水 5778.9 万 $m^3$、改善灌区供水量 754.5 万 $m^3$、城乡生活供水 190.1 万 $m^3$。

由于元谋县弯腰树水库、新河水库本区来水不足，小石门水库向两座水库进行补水，年补水量共计 408 万 $m^3$：①弯腰树水库：在北干线 6#分水口向元谋县弯腰树水库补水，年补水量为 291 万 $m^3$，其中，城乡生活补水量 190.1 万 $m^3$、农灌补水量 100.9 万 $m^3$，均利用弯腰树水库现有供水管网向平田乡供水。②新河水库：在北干线 17#分水口向元谋县新河水库补水，年补水量 117 万 $m^3$，利用现有渠系向物茂乡提供农灌供水。

### 2.4.4 工程等别

小石门水库为综合利用的水利工程，水库总库容 11102 万 $m^3$，设计灌溉面积 27.3 万亩，小石门水库工程等别为Ⅱ等，工程规模为大（2）型。

## 2.5 工程组成与工程特性

小石门水库工程由水库枢纽工程和输水工程组成详见表 2.5-1。工程特性详见表 2.5-2。

**表 2.5-1　云南省楚雄州小石门水库工程项目组成表**

| 工程项目 | | 工程组成 |
|---|---|---|
| 主体工程 | 枢纽工程 | 由拦河坝、溢洪道、泄洪隧洞、输水放空隧洞和坝后消能电站及坝后提水泵站组成。大坝为混凝土面板堆石坝，最大坝高 163.5m，坝顶长 458m；溢洪道布置在大坝左岸，全长 609m，最大下泄流量为 887.93m$^3$/s；泄洪隧洞布置在溢洪道左侧山体内，设置旋流竖井与导流洞结合，全长 777m，最大下泄流量为 468.7m$^3$/s；输水放空隧洞布置于大坝右岸山体内，为压力输水隧洞，全长 720.755m，设计最大发电流量 12.3m$^3$/s，输水及生态最大流量 10.32m$^3$/s。提水泵站、坝后消能电站联合布置于坝下河道右岸，距大坝坝轴线约 400m。坝后消能电站通过右岸输水隧洞出口处设压力钢管引水，为有压引水。坝后消能电站主要由主厂房、副厂房、进出水管、尾水建筑物及主变场及泄水放空阀组成。消能电站装机容量为 2×7500KW，额定水头 149.4m，设计引用流量 12.3m$^3$/s。提水泵站自枢纽工程输水放空隧洞出口设进水管取水，泵站厂房内共布置 4 台水泵，总装机 2310KW，总提水流量 0.58 m$^3$/s，其中龙街片设计提水流量 0.17 m$^3$/s，提水扬程 252.8m；戌街片设计提水流量 0.41 m$^3$/s，提水扬程 265.4m。 |
| | 输水工程 | 由引水渠、总干线、东干线、北干线及支管组成：输水干线全长 63.3km，其中引水渠长 0.224km，总干线长 16.248km，首部设计流量 8.27m$^3$/s；东干线全长 4.216km，起点设计流量 0.83m$^3$/s，末端设计流量 0.39m$^3$/s，控制灌溉面积 2.5 万亩；北干线全长 42.569km，起点设计流量 7.2m$^3$/s，末端流量 0.4m$^3$/s，控制灌溉面积 15.3 万亩，此外，改善灌溉面积 7.8 万亩，改善元谋西片区 8.24 万人的城乡生活供水条件；东干线 1#～4#分水口共引出支管 6 条，其中控制灌片面积超过 3000 亩的支管共 4 条（总长 18.974km），计入本工程建设内容；北干线 1#～19#分水口共引出支管 23 条，其中控制灌片面积超过 3000 亩以及向弯腰树水库、新河水库补水的支管共 17 条（总长 48.933km）计入本工程建设内容。 |
| 施工辅助工程 | 施工导流 | 大坝采用全年围堰挡水，导流泄洪隧洞泄流；导流泄洪隧洞采用全年围堰挡水，原河道过流的导流方式；导流泄洪隧洞出口消力池与溢洪道出口消力池、护坦段均安排在枯期施工。施工采用基坑上下游围堰挡水，右岸明渠过流的导流方式；泵站和坝后消能电站不存在导流；输水工程拟有 6 处跨河建筑物需要进行导流，其中，东支管跨越勐岗河处、北干线跨越蜻蛉河、永定河处采取分期围堰挡水，束窄河床过流方式；北干线跨越班果河、芝麻河处采用枯期围堰挡水，导流明渠过流方式；北干线跨越雷依小河处采用一次断流，枯期围堰挡水，涵管泄流方式。 |
| | 施工分区及施工辅企 | 枢纽区：大坝上游右岸台地布置 1 个施工生产区；薄刀岭石料场上游台地布置 1 个 120t/h 砂石料加工系统、1 个 DW120 混凝土拌合站；设 4 台 0.35m 的移动式搅拌机；设置一座机修加工及修理厂。<br>输水工程区：设 17 个施工生产生活区（总干线 5 个、东干线 2 个及北干线 10 个），设 38 座移动式搅拌机（总干线 7 台、东干线 3 台、东支管 4 台、北干线 17 台、北支管 7 台）。 |

| | | |
|---|---|---|
| | 施工生活营地 | 枢纽区：大坝上游右岸台地布置 1 个施工生活区。<br>输水工程区：共设置 17 个施工生产生活区。 |
| | 施工交通 | **场外交通：**枢纽工程对外公路新建 10.5km，改扩建 5.5km，利用现有混凝土路面的乡村道路 2.0km。永久跨河桥一座；输水工程新建对外公路 36.9km，改扩建 25.1km，布置交通桥 1 座。<br>**场内交通：**枢纽工程共需修建场内临时道路 19.5km，泥结碎石路面，建设临时桥 2 座；输水工程需新建临时公路 51.8km，改扩建 15.0km，建设交通临时桥 1 座。 |
| | 渣场、料场 | 枢纽区设 1 个薄刀岭石料场、1 个碗厂土料场，5 个渣场；输水工程区设 25 个弃渣场。 |
| | 施工风、水、电供应 | 枢纽区设 11 台空压机供风；大坝左岸设 30m³水池一座，右岸设 50m³水池一座，各配置 D80-30×7 型水泵抽水。砂石料加工系统布置 100m³水池一座，加工系统北面冲沟内布置一台 D80-30×5 型水泵提水，抽取河水用作施工用水。<br>输水工程区设 46 台空压机，总最大供风量为 446m³/min；配备 159 台水泵，采取箐沟自流引水或抽水的供水方式。 |
| 建设征地处理及移民安置 | 建设征地 | 建设征地主要涉及楚雄州大姚县龙街乡，牟定县戌街乡、蟠猫乡以及元谋县新华、平田、物茂，共涉及 3 个县 7 个乡（镇）16 个村民委员会 52 个村民小组。工程建设征地总面积为 12937.1 亩，其中永久征地 4925.93 亩（含淹没面积 3060.6 亩）、临时占地 8011.17 亩。<br>工程建设征地涉及的房屋主要是牟定宜戌街乡碗厂村委会白铜厂村民小组原址上的房屋，为白铜厂小组整村外迁后，遗留下部分房屋在库区供村民耕种库底耕地季节性使用。 |
| | 移民安置 | 至规划水平年，工程农业生产安置人口 190 人，其中，水库淹没影响区 145 人、枢纽区 17 人、管道区 28 人。无搬迁安置人口。 |
| | 专项设施复建 | 对库尾影响二级公路 214 省道 3.03km，包含 5 座桥梁桥；对受影响的 2 条共 0.9km 机耕路，4 个抽水泵站，2 座取水坝进行合理补偿、复建；恢复建设 2.6km 移动光缆、通讯光缆；复建 10kV 输电线路 6.1km。 |
| 环保水保工程 | 生态流量泄放工程 | 坝后消能电站正常运行时，生态水量与元谋片区供水、弃水经电站消能利用后经电站尾水池进入尾水池左侧放空侧堰，在溢 0+495.00m 处设置 1.0×1.0m 生态放水闸进行泄放生态流量，生态放水闸底板高程 1511.75m；电站检修期间，利用压力管道 3#支管旁接的生态放水管下放生态流量，生态放水管管径 0.4m，壁厚 8mm，全长 45m，底板高程 1513.42m。 |
| | 低温水减缓措施 | 输水放空隧洞进水口采用表层取水型式，采用半井半塔式分层取水与浮筒式取水门相结合的方式。其中，分层取水塔整体高 92.7m，自上而下共设置 7 层进水口，各分层取水口底板高程分别为：1663.000m、1653.000m、1643.000m、1633.000m、1623.000m、1596.5m、1588m；浮筒式取水门整体高 14m，平面断面为半径为 2.9m 半圆。 |
| | 鱼类增殖站 | 由综合楼、催产孵化车间、鱼苗培育车间、鱼种培育车间、亲鱼池等组成。放流鱼类：短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、云南光唇鱼、红尾荷马条鳅，年放流 13.45 万尾。 |

| | | |
|---|---|---|
| | 栖息地保护 | 将古岩河伍家村~小石门库尾 23.6km、小石门水库坝下老厂村~小己保村 24.6km 勐岗河河段划定为鱼类栖息地进行保护，采取生境修复、设置宣传牌、加强渔政管理等措施。 |
| | 野生动物保护措施 | 划定一条主生态廊道（4×0.35km）、一条次生态廊道（1×0.3km）；库区及周边进行栖息地恢复；枢纽区建设动物救护站；在坝区，坝区以上（库区两侧）1km、2km、3km、4km 处选择合适的地点设置猕猴投（补）食点；库区左岸白土坡西南侧林区 10 $km^2$、坝址下游至元谋县小己保村 13.2$km^2$ 河谷区划定为动物保护地；坝址上游 2.4km 建设长 267.16m 连续刚构生态廊桥一座；在工程枢纽区及其周边区域开展野生动物动态观测。 |
| | 施工期环境保护工程 | 施工“三废一噪”防治工程，包括施工期生产废水、生活污水处理工程、环境空气保护工程、声环境保护工程、生产生活垃圾处理工程。 |
| | 水保工程 | 由挡墙、截排水沟等工程措施及植物措施组成。 |
| | 其他环保工程 | 移动隔声屏、安全警示牌等 |

**表 2.5-2　云南省楚雄州小石门水库特性表**

| 名称 | 单位 | 数量及型式 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 一、水文 | | | |
| 1.坝址以上流域面积 | $km^2$ | 739 | |
| 2.利用水文系列年限 | 年 | 58 | |
| 3.多年平均年径流量 | 亿 $m^3$ | 1.548 | |
| 4.多年平均入库径流量 | 亿 $m^3$ | 1.42 | |
| 5.多年平均滇中补水量 | 万 $m^3$ | 1708 | 最大年补水量 7170 万 $m^3$ |
| 6.代表性流量 | | | |
| 多年平均天然流量 | $m^3/s$ | 4.909 | |
| 多年平均入库流量 | $m^3/s$ | 4.503 | |
| 设计洪水标准及洪峰流量 | $m^3/s$ | 916 | P=1% |
| 校核洪水标准及洪峰流量 | $m^3/s$ | 1687 | P=0.05% |
| 二、水库 | | | |
| 1.水库水位 | | | |
| 校核洪水位 | m | 1676.3 | P=0.05% |
| 设计洪水位 | m | 1673 | P=1% |
| 正常蓄水位 | m | 1673 | |
| 死水位 | m | 1601.4 | |
| 2.水库容积 | | | |
| 总库容（校核洪水位） | 万 $m^3$ | 11102 | |
| 正常蓄水位以下库容 | 万 $m^3$ | 10368 | |
| 兴利库容 | 万 $m^3$ | 8911.1 | |
| 调洪库容 | 万 $m^3$ | 734 | |
| 死库容 | 万 $m^3$ | 1456.9 | |
| 3.库容系数 | % | 0.56 | 多年调节 |
| 4.回水长度 | km | 8.3 | |

| 名称 | 单位 | 数量及型式 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 三、工程效益指标 | | | |
| 1.供水效益 | | | |
| 新增灌区供水量 | 万 $m^3$ | 5778.9 | |
| 改善灌区供水量 | 万 $m^3$ | 754.5 | |
| 城乡生活供水量 | 万 $m^3$ | 190.1 | |
| 新增灌溉面积 | 万亩 | 17.84 | |
| 改善灌溉面积 | 万亩 | 9.46 | |
| 城乡生活供水人口 | 万人 | 8.24 | |
| 2.下游河道生态用水量 | 万 $m^3$ | 3295.6 | |
| 五、移民征占地 | | | |
| 1.淹没面积 | 亩 | 3060.6 | |
| 2.永久工程占地 | 亩 | 1865.33 | |
| 3.迁移人口（P=5%） | 人 | 0 | |
| 4.生产安置人口 | 人 | 190 | |
| 六、主要建筑物及设备 | | | |
| 1.枢纽拦河坝 | | 混凝土面板堆石坝 | |
| 坝顶高程 | m | 1677.5 | |
| 最大坝高 | m | 163.5 | |
| 坝顶长度 | m | 458 | |
| 2.溢洪道 | | 岸边开敞式正槽溢洪道 | 设闸挡水 |
| 堰顶高程 | m | 1665 | |
| 设计下泄流量（P=1%） | $m^3/s$ | 528.93 | |
| 3.泄洪隧洞 | | 竖井旋流消能无压洞 | 泄洪隧洞与导流洞结合 |
| 洞身断面尺寸 | m×m | 6.0×6.5 | 圆拱直墙形 |
| 导流洞进口底板高程 | m | 1539 | |
| 泄洪洞进口底板高程 | m | 1635 | |
| 设计下泄流量（P=1%） | $m^3/s$ | 387.07 | |
| 4.输水放空隧洞 | | 圆型有压洞 | |
| 分层取水口数量 | 层 | 5 | |
| 底层放空进水口底板高程 | m | 1588 | 平 40 年淤沙高程 |
| 底层输水进水口 | m | 1596.5 | 自上而下第四层，平 50 年淤沙高程 |
| 设计流量 | $m^3/s$ | 12.3 | |
| 5.坝后提水泵站 | | | 地面式泵站 |
| 水泵台数 | 台 | 2 | 龙街灌片 |
| 设计扬程 | m | 252.8 | |
| 设计提水流量 | $m^3/s$ | 0.17 | |
| 水泵台数 | 台 | 2 | 戌街灌片 |
| 设计扬程 | m | 259.7 | |
| 设计提水流量 | $m^3/s$ | 0.41 | |
| 6.坝后消能电站 | | | |

| 名称 | 单位 | 数量及型式 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 装机容量 | kW | 2×7500 | |
| 多年平均年发电量 | 万 kW h | 4526.1 | |
| 年利用小时数 | h | 3017 | |
| 发电引水流量 | $m^3/s$ | 12.3 | |
| 7.输水线路 | km | 63.3 | |
| （1）总干线 | km | 16.248 | 无压输水为主，压力输水结合，设计流量 $8.27m^3/s$ |
| （2）北干线 | km | 42.569 | 有压输水为主，局部无压，设计流量 $7.2m^3/s$ |
| （3）东干线 | km | 4.216 | 有压输水，设计流量 $0.83m^3/s$ |
| （4）北干线支管 | km | 48.933 | 17 条 |
| （5）东干线支管 | km | 18.974 | 4 条 |
| 七、施工 | | | |
| 1.主体工程数量 | | | |
| 明挖土石方 | 万 $m^3$ | 519.8 | |
| 填筑土石方 | 万 $m^3$ | 846.89 | |
| 砼和钢筋混凝土 | 万 $m^3$ | 58.17 | |
| 2.所需劳动力 | | | |
| 总工日 | 万工日 | 510.1 | |
| 平均施工人数 | 人 | 2625 | |
| 高峰工人数 | 人 | 3938 | |
| 3.施工导流型式 | | 全年围堰挡水、导流隧洞泄流 | |
| 4.施工总工期 | 月 | 72 | |
| 八、工程总投资 | 万元 | 466248.05 | |

## 2.6 工程主要建筑物

### 2.6.1 枢纽主要建筑物

#### 2.6.1.1 拦河大坝

小石门水库大坝为混凝土面板堆石坝，坝顶高程 1677.50m，河床段趾板建基面高程 1514.00m，最大坝高 163.50m，坝顶轴线长 458m，坝顶宽度 12.0m。上游坝坡坡比为 1:1.4，上游设置粘土料铺盖区和石渣料盖重区，盖重区顶部高程与输水放空隧洞底层放空进水口底板高程 1588.00m 一致。下游坡采用上缓下陡布置，在 1650.00m、1620.00m、1590.00m、1560.00m、1530.00m 高程分别设

置 3m 宽马道，最上台高程 1677.50m～1650.00m 下游坝坡坡比为 1：1.6，其余五级坝坡坡比均为 1：1.5。大坝为 1 级建筑物。拦河坝布置见附图 3。

**2.6.1.2 溢洪道**

溢洪道进口布置于大坝左坝肩，轴线整体呈一直线布置，为开敞式正槽溢洪道，由引渠段、控制段、泄槽段和消力池段组成，全长 609m。控制段采用 WES 实用堰，堰宽为 12m，堰顶高程为 1665.00m，堰顶低于正常蓄水位 8m，采用弧形闸门挡水。采用泄槽段阶梯消能结合出口底流消能，最大下泄流量为 887.93$m^3$/s。

**2.6.1.3 泄洪隧洞**

泄洪隧洞布置在溢洪道左侧山体内，设置旋流竖井与导流洞结合。泄洪隧洞进口布置于大坝左坝肩上游薄山脊西侧正对库区，旋流井置于薄山脊西侧山体内，泄洪隧洞在旋流井前段与导流洞连接，泄洪隧洞全长 777.0m，导流洞专用段长 207.818m，结合段长 425.516m。泄洪隧洞由进口引渠段、矩形有压洞身段、闸门竖井段、无压渐变段、旋流涡室、旋流竖井、无压退水洞段、出口泄槽段、消力池段及护坦段组成。泄洪隧洞闸门竖井前为矩形有压洞，断面尺寸为 4.5m×6.0m(宽×高)；旋流竖井直径 7.5m，竖井顶部设置直径 2.0m 通气井。旋流竖井后无压洞采用圆拱直墙形无压洞，断面尺寸为 6.0m×6.5m。泄洪隧洞最大下泄流量 468.7$m^3$/s。

**2.6.1.4 输水放空隧洞及压力管道**

（一）输水放空隧洞

输水放空隧洞布置于大坝右岸山体内，进口位于大坝上游约 300m 处山脊，隧洞自进口向北直线布置，在坝轴线下游约 200m 处向勐岗河方向弯转，在隧洞出口设置压力钢管，通过压力管道上的四通岔管分别接入坝后消能电站、龙街戌街提水泵站、生态放水阀和放空阀。

输水放空隧洞及压力钢管为 2 级建筑物，设计最大发电流量 12.3$m^3$/s，输水及生态最大流量 10.32$m^3$/s，其中供下游灌区灌溉输水流量 8.27$m^3$/s，大姚龙街片区灌溉输水流量 0.17 $m^3$/s，牟定戌街片区灌溉输水流量 0.41 $m^3$/s，下泄最大生态流量为 1.47$m^3$/s。

输水放空隧洞为压力隧洞，由进口喇叭段、方形洞身段、分层取水塔段、渐变段和圆形洞身段组成，全长 734.045m。

（二）表层取水方案布置

隧洞进水口采用分层取水塔与浮筒式取水门相结合的方式取水库表层水。分层取水塔整体高度为 92.70m，取水塔采用钢筋混凝土整体结构，衬砌为 C30W8F100 钢筋混凝土。为改善取水建筑物抗震能力，采用半井半塔式布置型式。分层取水塔共设置 7 层进水口，取水塔自上而下的各取水口的布置情况分述如下：

（1）第 1~5 层进水口：各取水口的底板高程分别为 1663.000m、1653.000m、1643.000m、1633.000m 和 1623.000m。其中，第 1 层取水口不设闸门，其孔口为 2.8m×2.8m 的矩形断面；其他各进水口均设尺寸为 2.8m×2.8m 的前止水平板隔水钢闸门。

取水塔高程 1620.000～1678.700m 段为塔式结构，在该段进水面设 1 道拦污栅，并配置机械清污机。同时在该段拦污栅和进水口之前设浮筒式取水门，浮筒式取水门整体高度 14.0m（其中，上浮筒高度为 0.54m，中拦污栅高度为 4.00m，下浮筒高度为 9.46m），水平断面为半径为 2.9m 的半圆。水体流过进水面拦污栅后，通过浮筒式取水门的拦污栅流入浮筒内，最后通过第 1～5 层进水口流入隧洞内。

（2）第 6 层进水口：取水口底板高程为 1596.500m（50 年泥沙淤积高程），进水口通过取水短洞与取水塔连接，短洞长 26.688m，断面采用 2.8m×2.8m 方形洞。短洞进口设置拦污栅。

（3）放空进水口：进水口底板高程为 1588.000m（水库 40 年泥沙淤积高程），由取水短洞连接至分层取水塔。取水短洞与第 6 层取水短洞平面错开布置，向左侧弯转取水，短洞长 31.238m，断面采用 2.8m×2.8m 方形洞，进水口设置拦污栅。

输水放空隧洞的内衬钢管出隧洞后与发电管道相接，水流通过发电管道流入发电厂房进行发电。发电管道接入发电厂房前，接入放空管道，在水库放空时水流分别从发电机组和放空管道泄出。

输水放空隧洞进口布置详见附图 5。

（三）压力管道

压力管道起始于输 0+297.454m，起始端设置止水环，至输 0+716.033m 设置变径节变径自管径 2.8m 变为 2.4m，其后至桩号输 0+734.045 出洞设置镇墩及空间弯管变更为洞外沟内包管布置方式；压力钢管主管出洞后共设置四个镇墩。

压力管道分岔管布置在输 0+844.737m 处，为四通月牙肋钢岔管，岔管公切球半径为 1.5m，1#支管接放空阀，支管直径为 1.4m；2#支管接 1#水轮发电机组，直径为 1.1m；3#支管接 2#水轮发电机组、泵站（戌街及龙街共用一条进水管）进水管及生态放水管，3#支管首端直径为 2m，泵站进水管直径为 0.8m，各泵组进水管直径为 0.4m。压力钢管总长约 212.0m，钢管管材选用 Q355C。

压力管道接输水隧洞接点轴线高程 1586.995m，末端岔管高程与电站水轮机组进水高程同高为 1509.439m。

**2.6.1.5 坝后消能电站**

1、总布置

坝后消能电站与龙街、戌街提水泵站联合布置于勐岗河原河道右岸，溢洪道消力池右侧。距大坝坝轴线下游约 400m，位于大坝下游坝脚处，站址地形高程为 1516.0m 左右。坝后消能电站平面布置详见附图 6。

坝后消能电站通过右岸输水放空隧洞出口位置设压力钢管引水，为有压引水。消能电站主要由主厂房、副厂房、进出水管、尾水建筑物、主变场及泄水放空阀组成；主厂房平行于勐岗河布置于右岸，消能电站尾水建筑物也紧靠主厂房布置于主厂房的出水侧，副厂房紧靠主厂房布置于主厂房的上游侧，主变场布置于厂房上游外侧，距副厂房边墙 10.0m，泄水放空阀布置于安装间右侧靠山体侧，距厂房边墙 13.0m。厂区平台为开挖料回填平台，厂区室外地坪高程为 1516.0m。

坝后消能电站装机容量为 2×7500KW，额定水头 149.4m，设计引用流量 12.3$m^3$/s。

2、生态放流布置

坝后消能电站尾水池下游分别设置生态、放空泄水侧堰以及元谋灌区分水闸承担向河道泄放生态水、水库放空泄水以及元谋片区输水的功能。隧洞设计输水流量 12.3 $m^3$/s，最大放空流量 20.0 $m^3$/s。

坝后消能电站正常运行期间，元谋灌区分水、生态水、水库放空泄水经坝后消能电站消能利用后进电站尾水渠进入引水渠。引水渠从坝后消能电站尾水取水，

起点底板高程 1511.751m，起点水位正常变幅 1513.56～1514.41m，引水渠顺河道右岸下行 224m 到达河道转弯处接总干线起点隧洞。引水渠为箱涵结构，底坡 1/1500，采用节制闸及侧堰控制流量，箱涵前段断面 4m×3.2m，经过 46m 连续弯道段后宽度缩窄为 2.5m，再经直线段侧堰溢流，箱涵高度降为 3m。在直线段侧堰溢 0+495.00m 处设置 1.0×1.0m 生态放水闸，生态水经闸门向下游河道进行泄放。

坝后消能电站机组检修期间，下游河道生态流量由生态放水支管补水。生态放水支管管径为 0.4m，壁厚为 8mm，从压力管道 3#支管接出，支管全长 31m，末端设置检修及消能阀，其后通过 14m 长的管道接入溢洪道消力池。

**2.6.1.6 坝后提水泵站**

泵站装机容量为（大小机）2×800 KW +2×355kw，泵站提水流量分别为：戌街 0.41$m^3$/s、龙街 0.17$m^3$/s，设计扬程分别为 265.4m、258.4m。提水泵站与坝后消能电站布置于同一位置的同一厂房内，厂房呈一字型布置，布置于坝后电站左侧靠上游侧。

泵站进水直接从输水放空隧洞末端的压力管道接入，为与电站布置地坪协调，确定水泵安装高程为小机 1513.94m（1、2#机）、大机 1514.125m（3、4#机）。

## 2.6.2 灌区输水建筑物

小石门水库输水线路由引水渠、总干线、东干线、北干线及支管组成，除引水渠、总干线上村隧洞、大坝箐隧洞及北干线级密山隧洞为无压输水外，主要采用有压方式输水。输水干线全长 63.3km，其中引水渠长 0.224km，总干线长 16.248km，首部设计流量 8.27$m^3$/s；东干线全长 4.216km，起点设计流量 0.83$m^3$/s，末端设计流量 0.39$m^3$/s，控制灌溉面积 2.5 万亩；北干线全长 42.569km，起点设计流量 7.2$m^3$/s，末端流量 0.4$m^3$/s，控制灌溉面积 15.3 万亩，此外，改善灌溉面积 7.8 万亩，改善元谋西片区 8.24 万人的城乡生活供水条件。支管总长 67.9km，其中东干线支管长 18.974km，北干线支管长 48.933km。

引水渠从坝后消能电站尾水取水，起点底板高程 1511.751m，起点水位正常变幅 1513.56～1514.41m，引水渠顺河道右岸下行 224m 到达河道转弯处接总干线起点隧洞。引水渠为箱涵结构，底坡 1/1500，采用节制闸及侧堰控制流量，箱

涵前段断面 4m×3.2m，经过 46m 连续弯道段后宽度缩窄为 2.5m，再经直线段侧堰溢流箱涵高度降为 3m。

输水干线全长 63.3km，其中引水渠长 0.224km，总干线长 16.248km，首部设计流量 8.27m$^3$/s；东干线全长 4.216km，起点设计流量 0.83m$^3$/s，末端设计流量 0.39m$^3$/s，控制灌溉面积 2.5 万亩；北干线全长 42.569km，起点设计流量 7.2m$^3$/s，末端流量 0.4m$^3$/s，控制灌溉面积 15.3 万亩，此外，改善灌溉面积 7.8 万亩，改善元谋西片区 8.24 万人的城乡生活供水条件。支管总长 67.9km，其中东干线支管长 18.974km，北干线支管长 48.933km。输水工程布置详见附图 4。

## 2.7 工程运行调度

小石门水库库容系数 0.56，具有多年调节性能。

（1）生态流量下泄原则

小石门水库首先按照河道生态流量下泄要求通过电站机组向水库下游河道下放生态用水。坝址断面生态流量丰水期 6 月～11 月按坝址断面多年平均流量的 30%下泄，即 1.47m$^3$/s；枯水期 12 月～次年 5 月按坝址处多年平均流量 15%下泄，即 0.74m$^3$/s。

（2）滇中引水工程补水充蓄调度原则

作为滇中引水向元谋西片区供水的末端调节水库，在枯水年引蓄滇中引水水量进行调蓄，根据小石门水库滇中引水充蓄调度过程及长系列兴利调节试算成果，小石门水库长系列 48 年中有 21 年需要补水，其多年平均补水量 1708 万 m$^3$，与滇中引水工程可调济分配给元谋干热河谷区西片区水量一致，其中最大年补水量 7170 万 m$^3$。小石门水库滇中引水充蓄调度原则如下：

①小石门水库正常运行最低水位为 1631m，水库水位低于拟定的滇中补水运行线时，滇中引水干渠有能力的条件下，相机补水进行充蓄，增加蓄水库容以提高灌区供水保证率。

②水库水位高于拟定的滇中引水防弃水线时，停止补水，尽量减少无效充蓄水量，以提高滇中引水工程供水效益。

（3）小石门水库兴利调度原则

小石门水库为多年调节水库，库容系数为 0.56，防洪库容和兴利库容不结合，水库从 6 月份开始蓄水，一般年份 11 月底蓄至正常蓄水位 1673.0m，12 月份以后进入主供水期，水库水位根据供水要求开始回落。

小石门水库正常蓄水位为 1673.0m，正常库容 10368 万 $m^3$，兴利库容为 8911 万 $m^3$。水库多年平均生活及农灌总供水量 6723.5 万 $m^3$，可新增灌溉面积 17.84 万亩，改善现有灌区 9.46 万亩，通过合理调度，使下游灌区灌溉设计保证率达到 90%，农业供水破坏深度不超过 40%，提高元谋西片区 8.24 万人城乡生活和工业供水保证率到 95%。同时，通过坝后消能电站，充分利用下放的下游河道生态水量、元谋干热河谷区生活及农灌水量、水库弃水量进行发电，充分利用水能资源提高水库经济效益。

（4）小石门水库防洪调度原则

洪水调节计算从正常蓄水位 1673.0m 起调，库水位超过正常蓄水位后，通过与水情自动测报系统相协调的闸门自动控制系统，根据洪水预报，首先逐步开启溢洪道闸门泄洪，溢洪道闸门全开仍不能满足要求时，再逐步开启泄洪洞闸门泄洪，控制水库最大下泄流量不超过预报的洪水入库洪峰流量，直至全开，确保水库大坝安全。

## 2.8 工程施工规划

### 2.8.1 施工条件

#### 2.8.1.1 对外交运输条件

（1）枢纽工程

小石门水库位于楚雄州牟定县戍街乡西南方，本工程附近可利用的铁路有成昆线，铁路运输可由成昆铁路运至元谋县火车站，再通过公路运输至施工区，其中昆明至元谋县铁路里程 249km。

本工程对外交通采用公路运输方式。

（2）输水工程

总干线及东干线对外公路可通过乡村道路对外连接 S214 省道，北干线局部地段附近有 108 国道、元大公路、新昌公路及虎溪公路，输水管道线路附近有连

接村庄的乡村公路经过的，现有道路局部路段需改扩建后才满足输水管道施工车辆通行要求，从乡村公路新修道路至主要生产生活区或工程区，即可满足施工需要，部分管道远离村庄的需修建公路才能到达。

至元谋县城综合公路里程：总干线为 35km、东干线为 19km、北干线为 32km。

**2.8.1.2 施工场地布置条件**

坝址区河床狭窄，两岸较陡峭，河谷多为“V”型谷，岸坡地形坡度 40°～60°，局部陡崖，库区河床宽约 20～50m，坝址处河床高程约为 1515.6m，右岸 1745m 及左岸 1740m 高程以上有平缓和台地地带。大坝右岸上游台地地势平缓带可作为枢纽生产生活区布置场地。弃渣场布置位置均位于两岸平台附近，冲沟顶附近地势较缓的地带，在坝址右岸东北方公路里程约 3.0km 处有冲沟可作为大坝枢纽施工弃渣场。薄刀岭石料场西南方向公路里程约 5.0km 处的三条冲沟可作为料场剥离料的弃渣场。薄刀岭石料场上游左岸 1730 高程以上台地可布置砂石料加工系统及混凝土生产系统。

工程区周边的元谋县、牟定县及楚雄市的交通运输业、机械加工及修配业等均具备一定规模和水平，距离工程区约 1 小时的车程，本工程规模大，初步考虑充分利用周边城镇的地方企业外，还需在枢纽区布置机械加工及修理厂。

输水工程沿线分别有平坦地形和箐沟可作为施工布置场地和弃渣场。

输水工程附近的元谋县城和乡镇的交通运输业、机械加工及修造业等均具备一定的规模和能力，可满足本工程的需求。

**2.8.1.3 施工材料**

工程所需水泥可采用楚雄奕标水泥有限公司生产的水泥；钢材可由昆明钢铁集团有限责任公司供给；木材、柴油、汽油可从当地石油企业购买；炸药等爆破器材可从当地民爆公司购买；输水工程的管材中的 Q550CFC 可采用南京钢铁股份有限公司产品，Q345C 采用攀钢集团有限公司产品。

勐岗河、蜻蛉河、永定河等沿线河水及周边水库、箐沟等可作为施工用水水源，生活用水可从附近村庄引接自来水使用。

工程区沿线电源点主要有 110kV 新桥变电站、35kV 戌街变电站及元谋变电站。

工程区移动通信全覆盖，附近村庄有程控电话线路，满足施工通信要求。

## 2.8.2 施工导截流、初期蓄水

### 2.8.2.1 施工导流

（一）导流标准

12 月～翌年 4 月为枯期施工时段。

大坝：导流标准采用全年 20 年一遇洪水（P=5%），洪峰流量 535m³/s。

导流泄洪隧洞：导流泄洪隧洞施工期跨越枯期和汛期，施工导流标准采用 10 年一遇洪水，设计洪峰流量 378m³/s。隧洞出口消力池布置于大坝下游河床，安排在枯期施工，导流标准采用枯期 10 年洪水重现期，设计洪峰流量 16.5m³/s。

溢洪道：溢洪道出口消力池安排在枯期施工，导流标准采用枯期 10 年一遇洪水标准，洪峰流量 16.5m³/s。

输水放空隧洞：隧洞进口及出口高程均远高于相应位置河道高程，不涉及施工导流。

泵站及坝后消能电站：泵站及坝后消能电站安排在枯期施工，导流标准采用枯期 5 年一遇洪水标准，枯期洪峰流量 11.8m³/s。泵站及坝后电站建筑物施工平台及尾水出口高于枯期 5 年洪水重现期的洪水位，不涉及施工导流。

（二）导流方式

大坝：全年围堰挡水，导流泄洪隧洞过流。

导流泄洪隧洞：导流泄洪隧洞中导流专用段隧洞进口高程为 1539.0m，导流隧洞进口施工跨越枯期和汛期，采用全年围堰挡水，原河道过流的导流方式。泄洪隧洞进口高程 1645.00m，高于此处河道全年 10 年一遇洪水位 1539.30m，无需导流；导流泄洪隧洞出口高程 1526.76m，高于此处河道全年 10 年一遇洪水位 1508.85m，无需导流。

导流泄洪隧洞消力池和护坦段及溢洪道出口消力池段：导流泄洪隧洞出口消力池与溢洪道出口消力池、护坦段均安排在枯期施工。施工采用基坑上下游围堰挡水，右岸明渠过流的导流方式。

泵站及坝后电站：安排在枯期施工，泵站及坝后电站施工平台及尾水出口高于枯期洪水位，不存在导流问题。

（三）导流程序

大坝施工导流程序见表 2.8.2-1。

**表 2.8.2-1　大坝施工导流程序表**

| 导流时段 | 导流标准 | 洪峰流量($m^3/s$) | 上游挡水建筑物 | 上游最高水位(m) | 挡水建筑物顶高程(m) | 拦洪库容($\times10^4m^3$) | 泄水建筑物 | 最大下泄流量($m^3/s$) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第 1 年 7 月～第 2 年 11 月 | 全年 10% | 378 | 导流隧洞进口围堰 | 1539.82 | 1540.50 | / | 原河道 | 378 | |
| 第 1 年 12 月～第 2 年 4 月 | 枯期 10% | 12.0 | 溢洪道消力池上下游围堰 | 1415.00 | 1514.70 | / | 导流明渠 | 12.0 | 导流泄洪隧洞及溢洪道消力池、护坦段施工 |
| 第 2 年 12 月初 | P=10% 12 月平均 | 4.93 | 截流戗堤 | 1539.69 | 1540.70 | 53.0 | 导流泄洪隧洞 | 4.93 | 河道截流 |
| 第 2 年 12 月～第 3 年 10 月 | 全年 5% | 535 | 上游围堰 | 1551.56 | 1552.60 | 141.8 | | 503.13 | 大坝填筑、面板施工、 护坡、坝顶细部结构等施工 |
| 第 3 年 11 月～第 7 年 2 月 | 全年 2% | 747 | 已建坝体 | 1566.66 | 1568.00～1674.50 | 344.9 | | 608.47 | |
| 第 7 年 3 月～第 7 年 4 月 | 枯期 2% | 18.6 | 已建坝体 | 1590.0 | 1674.50 | 950.56 | 输水放空隧洞 | 18.6 | 导流隧洞封堵、导流泄洪隧洞压板段施工 |
| 第 7 年 5 月～第 7 年 6 月 | 全年 1% | 631 | 已建坝体 | | 1677.5 | | 溢洪道 | | 收尾工程 |

**2.8.2.2 截流**

工程截流安排在第二年 12 月初进行，截流流量选用 12 月的 10 年一遇月平均流量 Q=4.93$m^3/s$。截流方式采用单戗立堵单向进占；在截流前开始两岸戗堤的填筑，采用 15t 自御车运输渣料直接向水中抛填；考虑到截流河床及龙口均比较狭窄，截流抛投的主要料物选择石渣料和直径为 60～100cm 及 30～60cm 中、小块石；裹头端部进占边坡为 1:1.5，合龙后在截流戗堤上游坡采用长壁挖掘机抛投混合反滤料及粘土进行闭气，抛投粘土边坡为 1:2.5。

**2.8.2.3 下闸蓄水**

大坝于第七年 3 月至 4 月进行导流洞封堵施工，同时第七年 3 月初开始下闸蓄水。下闸封堵流量采用 10 年重现期 3 月份月平均流量，设计流量 3.08$m^3/s$。

在导流隧洞封堵施工期间，采用封堵闸门挡水，导流标准采用枯期洪水 50 年一遇设计，洪峰流量为 28.1$m^3/s$。为了封堵施工安全，在导流洞堵头施工期间，开启输水放空隧洞进口闸门，利用输水放空隧洞泄流。

水库下闸蓄水标准采用保证率 80%计算，3 月及 4 月 80%保证率的设计流量分别为 0.34$m^3/s$、0.63$m^3/s$；在第七年 4 月底堵头施工完成时，库水位可达到 1560.72m。

#### 2.8.2.4 施工期生态放流

大坝截流前通过原河道泄流满足生态供水要求；截流后至下闸封堵前通过导流泄洪隧洞泄流满足下游生态供水。下闸初期蓄水至蓄水水位到达输水放空隧洞底板高程期间采用3台350S-75B型（扬程55m，流量1080m³/h，电动机功率220kW）抽水机抽取上游水库水至输水放空隧洞再自流至下游河道满足下游生态供水；蓄水位超过输水放空隧洞后，由输水放空隧洞向下游供水。

### 2.8.3 料场规划

小石门水库工程仅在枢纽工程区设置一个石料场和一个土料场，即：薄刀岭石料场、碗厂土料场。输水工程区从沿线的元谋鑫磊石业采石场、元谋鑫坤采石场两个现有料场购买。

（1）土料场

碗厂土料场位于坝址区右岸夷平面，地形平缓，局部发育冲蚀性冲沟。地表为耕地及林地。料场分布高程1770～1785m。料场中部有乡村道路分布，至坝址区有便道，交通条件便利。

枢纽工程建筑物粘土填筑量为$5.51\times10^4m^3$（压实方），土料场设计需要量为$9.17\times10^4m^3$（自然方），设计需要量的剥采比为0.23，规划开采系数取1.1，规划开采量有用料为$10.08\times10^4m^3$（自然方），规划全部土料从碗厂土料场开采。

（2）石料场

薄刀岭石料场位于水库下游左岸，直线距离约1.5km，被勐岗河与黑箐河夹持。整体呈南西～北东分布，长约500m，宽约300m，分布高程1485～1710m，地形坡度多在40°～70°，局部位置接近垂直，料场整体地形坡度陡，高差大。石料场运距较近，无道路通往上坝址，需新建道路。

枢纽区坝体填筑料、混凝土粗细骨料加工原岩及输水工程总干线Z0+000～Z12+590段所需的混凝土细骨料加工原岩均由薄刀岭石料场开采供应，总的料场设计需要量为$820.77\times10^4m^3$，设计需要量的剥采比为0.25，规划开采系数取1.1，规划开采总量为$902.85\times10^4m^3$（自然方）。

## 2.8.4 施工交通

### 2.8.4.1 枢纽工程

（1）对外交通

工程施工期间的对外交通运输方式主要为公路运输为主，铁路为辅的运输方式。

枢纽工程对外公路新建 10.5km，改扩建 5.5km，其中永久进场道路双车道新建 4.5km，改扩建 4.0km，单车道新建 4.5km；临时进场道路单车道新建 1.5km，改扩建 1.5km，利用现有混凝土路面的乡村道路 2.0km。永久跨河桥一座，宽 7m，长 10m，荷载等级为公路—Ⅱ级。

（2）场内交通

场内交通主要为上坝运输公路、料场公路、渣场公路及至生产生活区道路。

枢纽工程共需修建场内临时道路 19.5km，泥结碎石路面。其中单车道新建道路 3.5km，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，场内三等。双车道新建 4.0km，路面宽 6.5m，路基宽 7.0m，场内三等；新建 12.0km 道路为路面宽 9m，路基宽 9.5m，场内二等。

枢纽区场内交通临时桥 2 座，其中 1 座为钢架桥，净宽 4.5m，长 15m； 1 座为贝雷桥，净宽 7m，长 20m，荷载均为公路—Ⅱ级。

### 2.8.4.2 输水工程

（1）对外交通

工程施工期间的对外交通运输方式主要为公路运输。

输水工程对外进场公路利用现有乡村道路 87km，新建道路共 30km，改扩建 27km，标准均为公路四级单车道，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m。其中永久道路 4 条，混凝土路面，新建 16km，改扩建 0.7km；临时道路新建 14km，改扩建 26km，泥结石路面。进场道路每隔 200～300m 设一错车道。

输水工程进场道路共布置交通桥 1 座，为临时钢架桥，荷载为公路—Ⅱ级，布置于总干线碗厂隧洞出口进场道路上，跨度 10m，净宽 4.5m。

（2）场内交通

场内交通主要为通往施工生产区、工作点及渣场公路。

输水管道施工需修建场内道路 64 条，其中新建场内临时公路长约 51.8km，改扩建 15.0km，标准均为场内三等单车道，泥结石路面，路面宽 3.5m，路基宽 4.5m，每隔 200～300m 设一错车道。

输水工程场内交通临时桥 1 座，布置于东干线，净宽 4.5m，长 8m，荷载均为公路—Ⅱ级。

## 2.8.5 土石方平衡及渣场布置

（1）土石方平衡

工程建设过程中，工程土石方开挖量为 2060.91 万 $m^3$（自然方，下同），回填利用料 1209.10 万 $m^3$，弃渣量 851.81 万 $m^3$。

（2）表土剥离与覆土

工程建设区可剥离、收集表土面积为 579.58$hm^2$，可剥离收集厚度为 10~40cm，共剥离、收集表土 155.32 万 $m^3$，均用于工程后期绿化及复耕覆土。

（3）弃渣场布置

本工程共布置 30 个弃渣场，其中枢纽工程区 5 个，输水工程共设置 25 个弃渣场（总干线布置 5 个弃渣场，东干线布置 4 个，北干线布置 16 个弃渣场）；按类型划分，30 个弃渣场均为沟道型弃渣场；按级别划分，4 个弃渣场属于 3 级弃渣场，26 个弃渣场属于 4 级弃渣场。工程各弃渣场特性详见表 2.8.5-1、表 2.8.5-2 所示：

**表 2.8.5-1　小石门水库工程枢纽区弃渣场特性一览表**

| 弃渣场名称 | 渣场位置 | 设计堆渣量 | | 渣场容量 | 渣场面积 | 汇水面积 | 堆渣高程 | 堆渣特性 | | | 综合运距 | 渣场类型 | 渣场级别 | 弃渣来源 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 自然方 | 松方 | | | | | 堆渣最大高度 | 台阶高度 | 堆渣坡比 | | | | |
| | | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | ($hm^2$) | ($km^2$) | (m) | (m) | (m) | | (km) | | | |
| 碗厂 1#弃渣场 | 位于大坝右岸约 1.2km 处箐沟 | 325.89 | 459.51 | 521.86 | 50.21 | 1.23 | 1666~1746 | 80 | 10 | 1:4 | 6.0 | 沟道型 | 3 | 大坝、导流泄洪隧洞、电站、泵站及提水管、大坝围堰及施工道路等开挖弃渣 |
| 碗厂 2#弃渣场 | 位于大坝右岸约 1.6km 处箐沟 | 39.23 | 56.10 | 68.16 | 7.69 | 0.31 | 1676~1728 | 52 | 10 | 1:3 | 6.5 | 沟道型 | 4 | 上村隧洞进口控制段及施工道路弃渣 |
| 白土坡 1#弃渣场 | 位于大坝左岸约 1.3km 处箐沟 | 64.75 | 91.30 | 106.14 | 13.25 | 0.26 | 1686~1766 | 80 | 10 | 1:3 | 3.5 | 沟道型 | 3 | 溢洪道开挖弃渣、石料场无用层剥离料 |
| 白土坡 2#弃渣场 | 位于大坝左岸约 1.4km 处箐沟 | 76.10 | 107.30 | 114.97 | 13.62 | 0.25 | 1710~1774 | 64 | 10 | 1:4 | 3.8 | 沟道型 | 3 | 石料场无用层剥离料 |
| 白土坡 3#弃渣场 | 位于大坝左岸约 2.0km 处箐沟 | 82.11 | 115.78 | 129.63 | 14.59 | 0.29 | 1724~1774 | 50 | 10 | 1:3 | 4.5 | 沟道型 | 3 | 石料场无用层剥离料、施工道路弃渣、 |
| 合计 | | 588.08 | 829.98 | 940.76 | 99.36 | | | | | | | | | |

**表 2.8.5-2　小石门水库工程输水线路区弃渣场特性一览表**

| 输水线路 | 弃渣场名称 | 渣场位置 | 设计堆渣量 | | 渣场容量 | 渣场面积 | 汇水面积 | 堆渣高程 | 堆渣特性 | | | 综合运距 | 渣场类型 | 渣场级别 | 弃渣来源 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 自然方 | 松方 | | | | | 堆渣最大高度 | 台阶高度 | 堆渣坡比 | | | | |
| | | | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | ($hm^2$) | ($km^2$) | (m) | (m) | (m) | | (km) | | | |
| 总干线 | 老纳上村弃渣场 | 上村隧洞 1#支洞以东约 1.0km 处箐沟 | 7.40 | 10.59 | 14.45 | 3.96 | 0.06 | 1689~1728 | 39 | 10 | 1:3 | 2.5 | 沟道型 | 4 | 上村 1#支洞、支洞控制段及施工道路弃渣 |
| | 海田村弃渣场 | 上村隧洞 2#支洞以南约 0.6km 处箐沟 | 5.51 | 7.87 | 12.01 | 2.64 | 0.05 | 1653~1680 | 27 | 10 | 1:3 | 3.0 | 沟道型 | 4 | 上村 2#支洞、支洞控制段及施工道路弃渣 |
| | 水桥村 1#弃渣场 | 上村隧洞 3#支洞以西约 0.9km 处箐沟 | 10.89 | 15.35 | 20.44 | 3.21 | 0.10 | 1714~1768 | 54 | 10 | 1:3 | 4.3 | 沟道型 | 4 | 上村 3#支洞、支洞控制段、勐岗河倒虹吸及施工道路弃渣 |
| | 水桥村 2#弃渣场 | 上村隧洞 3#支洞以西南约 0.8km 处箐沟 | 5.02 | 7.08 | 11.53 | 3.40 | 0.07 | 1745~1780 | 35 | 10 | 1:3 | 4.3 | 沟道型 | 4 | 上村隧洞出口控制段、勐岗河倒虹吸及施工道路弃渣 |
| | 大坝箐弃渣场 | 大坝箐隧洞出口以西南约 0.5km 处箐沟 | 11.33 | 15.52 | 19.57 | 4.21 | 0.06 | 1530~1584 | 54 | 10 | 1:3 | 2.0 | 沟道型 | 4 | 大坝箐隧洞、总干线（Z13+901~Z14+840）及沿线施工道路弃渣 |
| | 小计 | | 40.14 | 56.41 | 78.00 | 17.42 | | | | | | | | | |
| 东干线 | 洒芷 1#弃渣场 | 东干线 D0+600 以西约 0.3km 处箐沟 | 3.58 | 4.90 | 6.29 | 1.74 | 0.08 | 1362~1406 | 44 | 10 | 1:3 | 1.0 | 沟道型 | 4 | 东干线 D0+000~D2+033 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 洒芷 2#弃渣场 | 东干线 D0+600 以东约 0.5km 处箐沟 | 18.36 | 24.42 | 29.56 | 6.08 | 0.10 | 1342~1384 | 42 | 10 | 1:3 | 3.5 | 沟道型 | 4 | 总干线 Z14+840~Z16+248 段、东干线 D0+000~D2+033 段、北干线 N0+000~N0+900 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 长山梁子弃渣场 | 东干线猛林沟隧洞进口以北约 0.1km 处箐沟 | 4.56 | 6.07 | 7.12 | 1.83 | 0.09 | 1455~1476 | 21 | 10 | 1:3 | 0.2 | 沟道型 | 4 | 猛林沟隧洞、东干线 D2+033~D4+216 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 大沙箐弃渣场 | 东 4-2#支管 K5+500 以东约 0.1km 处箐沟 | 15.33 | 20.39 | 22.52 | 3.32 | 0.03 | 1157~1196 | 39 | 10 | 1:3 | 7.0 | 沟道型 | 4 | 东 1#、东 3-1#、东 4-1#、东 4-2#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 小计 | | 41.83 | 55.78 | 65.49 | 12.97 | | | | | | | | | |
| 北干线 | 平场山弃渣场 | 北干线 B2+800 以东约 0.3km 处箐沟 | 14.26 | 18.54 | 22.26 | 4.04 | 0.13 | 1372~1420 | 48 | 10 | 1:3 | 2.0 | 沟道型 | 4 | 北干线 B0+900~B3+700 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 桂花坡弃渣场 | 北干线 B4+900 以东约 0.1km 处箐沟 | 8.54 | 11.11 | 12.49 | 3.09 | 0.12 | 1337~1390 | 53 | 10 | 1:3 | 1.5 | 沟道型 | 4 | 北干线 B3+700~B5+300 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 二台坡弃渣场 | 北干线 B5+900 以西约 0.1km 处箐沟 | 6.07 | 7.89 | 13.94 | 3.09 | 0.09 | 1422~1464 | 42 | 10 | 1:3 | 0.6 | 沟道型 | 4 | 北干线 B5+300~B6+304 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 四房箐弃渣场 | 北干线 B7+900 以东约 0.2km 处箐沟 | 15.32 | 19.91 | 26.49 | 4.19 | 0.09 | 1289~1332 | 43 | 10 | 1:3 | 2.5 | 沟道型 | 4 | 北干线 B6+304~B9+000 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 弯腰树弃渣场 | 北干线 B9+900 以西约 1.1km 处箐沟 | 8.69 | 11.30 | 15.04 | 4.08 | 0.10 | 1354~1402 | 48 | 10 | 1:3 | 3.0 | 沟道型 | 4 | 北干线 B9+000~B11+185 段、北 6#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 大石箐弃渣场 | 北干线 B12+400 以东约 0.1km 处箐沟 | 20.22 | 26.29 | 28.94 | 4.72 | 0.38 | 1338~1372 | 34 | 10 | 1:3 | 2.1 | 沟道型 | 4 | 北干线 B11+185~B15+081 段、北 8#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 白台子弃渣场 | 北干线 B15+800 以东约 0.2km 处箐沟 | 4.39 | 5.70 | 6.54 | 2.01 | 0.06 | 1314~1358 | 44 | 10 | 1:3 | 1.0 | 沟道型 | 4 | 北干线 B15+081~B16+142 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 牛角箐弃渣场 | 北干线 B18+100 以西约 0.5km 处箐沟 | 22.25 | 28.92 | 30.08 | 5.40 | 0.15 | 1199~1242 | 43 | 10 | 1:3 | 3.5 | 沟道型 | 4 | 北干线 B16+142~B22+531 段、北 10#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 塘郭弃渣场 | 北干线 B22+500 以东约 1.0km 处箐沟 | 5.25 | 6.83 | 7.38 | 1.70 | 0.10 | 1125~1156 | 31 | 10 | 1:3 | 3.0 | 沟道型 | 4 | 北干线 B22+531~B24+770 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 老洼箐弃渣场 | 北干线 B26+500 以北约 0.1km 处箐沟 | 7.48 | 9.73 | 11.41 | 2.51 | 0.33 | 1314~1358 | 44 | 10 | 1:3 | 2.5 | 沟道型 | 4 | 北干线 B24+770~B27+700 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 多竹箐弃渣场 | 北干线 B30+600 以东约 0.3km 处箐沟 | 14.94 | 19.42 | 22.51 | 5.23 | 0.35 | 1126~1178 | 52 | 10 | 1:3 | 3.8 | 沟道型 | 4 | 北干线 B27+700~B28+307 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 小多乐弃渣场 | 北干线 B31+600 以北约 0.1km 处箐沟 | 11.31 | 14.70 | 17.26 | 3.75 | 0.16 | 1198~1252 | 54 | 10 | 1:3 | 1.6 | 沟道型 | 4 | 北干线 B31+100~B33+500 段、北 14#支管及沿线施工道路弃渣 |

| 输水线路 | 弃渣场名称 | 渣场位置 | 设计堆渣量 | | 渣场容量 | 渣场面积 | 汇水面积 | 堆渣高程 | 堆渣特性 | | | 综合运距 | 渣场类型 | 渣场级别 | 弃渣来源 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 自然方 | 松方 | | | | | 堆渣最大高度 | 台阶高度 | 堆渣坡比 | | | | |
| | | | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | (万 $m^3$) | ($hm^2$) | ($km^2$) | (m) | (m) | (m) | | (km) | | | |
| | 大雷宰 1#弃渣场 | 北干线 B36+400 以东约 1.0km 处箐沟 | 18.14 | 23.58 | 25.22 | 5.88 | 0.31 | 1142~1176 | 34 | 10 | 1:4 | 5.0 | 沟道型 | 4 | 北干线 B33+500~B42+569 段及沿线施工道路弃渣 |
| | 大雷宰 2#弃渣场 | 北干线 B36+400 以东约 1.1km 处箐沟 | 10.93 | 14.20 | 18.90 | 5.47 | 0.54 | 1147~1178 | 31 | 10 | 1:3 | 6.5 | 沟道型 | 4 | 北 15#、16#、17#、18#、19#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 班者糯弃渣场 | 北 9#支管 K3+100 以北约 1.2km 处箐沟 | 7.65 | 9.95 | 13.63 | 4.20 | 0.07 | 1145~1170 | 25 | 10 | 1:3 | 2.0 | 沟道型 | 4 | 北 9#-1、11#支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 大石房弃渣场 | 北 9-2#支管 K0+600 以南约 50m 处箐沟 | 6.31 | 8.21 | 12.19 | 3.18 | 0.04 | 1354~1384 | 30 | 10 | 1:3 | 2.0 | 沟道型 | 4 | 北 9#-2 支管及沿线施工道路弃渣 |
| | 小计 | | 181.75 | 236.28 | 284.28 | 62.54 | | | | | | | | | |
| 合计 | | | 263.73 | 348.46 | 427.77 | 92.93 | | | | | | | | | |

## 2.8.6 施工总布置

### 2.8.6.1 枢纽工程

（1）施工生产生活区

大坝上游右岸台地布置 1 个生产生活区，负责枢纽区的施工。生产生活区的北面、大海田平掌村东面的冲沟布置有 2 个渣场，分别为碗厂 1#弃渣场及碗厂 2#弃渣场。围堰与大坝之间的河道还规划弃置溢洪道开挖渣料。

薄刀岭石料场位于大坝下游左岸，直线距离约 1.5km。薄刀岭石料场上游的台地上布置一座砂石料加工系统，混凝土拌和站布置于砂石加工系统附近。在勐岗河左岸张家坟平掌西南面挑水箐河左岸的冲沟布置有 3 个渣场，分别为白土坡 1#弃渣场、白土坡 2#弃渣场、白土坡 3#弃渣场，主要堆放石料场剥离弃渣及溢洪道部分弃渣。

（2）施工工厂设施

1）砂石加工系统

薄刀岭砂石加工系统负责加工枢纽区所使用的全部混凝土粗细骨料及垫层料及输水工程总干线 Z0+000.00～Z12+590.00 段的混凝土细骨料。其中枢纽工程混凝土及喷混凝土总量为 $31.14\times10^4m^3$；反滤料及垫层料 $20.51\times10^4m^3$；输水工程总干线 Z0+000.00～Z12+590.00 段混凝土及喷混凝土工程量 $7.46\times10^4m^3$。共需制备粗细骨料 $76.84\times10^4m^3$（堆方）。

大坝左岸薄刀岭石料场的上游台地地势平缓带，布置一座人工砂石料加工厂，制备工程所需的混凝土粗细骨料及垫层料。石料加工采用三班制生产，系统处理能力 120t/h，成品生产能力 100t/h，其中人工砂生产能力为 20t/h。加工工艺采用二段破碎，湿法筛分，棒磨机制砂工艺。粗碎机设一台 PEF900×1200 颚式破碎机，中细碎机设一台 PFK1600×1400 反击式破碎机，设 1 台 3Yk1535 的筛分机，制砂选用一台 MBS2100/3000 型棒磨机生产，选用一台 FC-2000 型螺旋洗砂机洗砂。加工成品料由胶带机运至堆场，按＜5mm、5～20mm、20～40mm 分级堆放。

2）混凝土生产系统

混凝土采用集中生产，布置在砂石料加工厂的东侧，枢纽区混凝土浇筑总量29.65×$10^4$m³，采用DW120拌合站生产混凝土，生产能力为120m³/h。枢纽区零星用量部位采用4台0.35m³的移动式搅拌机生产砂浆或混凝土。

3）机械修配厂

初步考虑充分利用周边城镇的地方企业及现场布置一座机械加工及修理厂，完成现场一般的机械设备修理及保养维护。

（3）风、水、电系统及通讯

1）施工供风

枢纽工程用风主要在大坝施工区、石料场开采区，根据不同施工时段供风量要求，采用就近布置供风系统。施工供风也分二区布置，大坝施工区为Ⅰ区，施工最大供风量220m³/min；石料场为Ⅱ区，施工最大供风量80m³/min。

2）施工供水

大坝左岸设30m³水池一座，右岸设50m³水池一座，各配置D80-30×7型水泵抽水。砂石料加工系统布置100m³水池一座，加工系统北面冲沟内布置一台D80-30×5型水泵提水。

生活用水可从附近村庄引接自来水使用或抽取河水，河水需经过处理满足饮水水质标准后使用。

3）施工供电

枢纽区共需架设10KV输电线路9.0km，大坝左岸、右岸、薄刀岭石料场、砂石加工系统及拌和站、生产生活区、输水隧洞进出口各配置10kV施工变一座，共计10kV施工变电所7座。

**2.8.6.2 输水工程**

（1）施工生产生活区：17个生产生活区（总干线5个、东干线2个及北干线10个）。

（2）施工工厂设施

1）砂石加工系统

输水工程不专门设置砂石加工系统，总干线进口至勐岗河倒虹吸底部（Z0+000～Z12+590）段的砂由枢纽区的薄刀岭石料场加工系统供给，碎石利用洞挖料自行生产外，分别在上村1#支洞生产生活区、上村2#支洞生产生活区、

上村 3#支洞生产生活区及上村隧洞出口生产生活区各布置 1 套处理能力为 20t/h 的颚式破碎机加工碎石，其它段的块石料及混凝土粗细骨料采用外购供应。

2）混凝土生产系统

输水线路拟设置混凝土生产系统 38 座，其中总干线 5 台 J50 及 2 台 J350 的移动式搅拌机，东干线 1 台 J50 及 2 台 J350 的移动式搅拌机，东支管布置 4 台 J350 的移动式搅拌机，北干线 3 台 J50 及 14 台 J350 的移动式搅拌机，北支管布置 7 台 J350 的移动式搅拌机。

3）机械修配厂

利用输水管道周边的地方企业，施工场地内不设机械加工及修理厂，只设置保养维护车间。

（3）风、水、电系统及通讯

1）施工供风

在各支洞口及隧洞进出口各布置一供风站，固定式空压机供风，输水干线约 2～3km 布置一台移动式空压机。输水工程共布置有 46 台空压机，总最大供风量为 446m³/min。

2）施工供水

采用箐沟自流引水或抽水的供水方式。总干线段配 4 台水泵，东干线配 2 台水泵，东支管配 3 台水泵，北干线配 10 台水泵，其它采用箐沟自流引水。

3）施工供电

输水工程共需架设 10kV 输电线路 46km、电缆 16.8km、10/0.4kV 施工变电所 27 座，布置柴油发电机 26 台。

### 2.8.7 施工进度

小石门水库工程施工总工期为 72 个月，施工关键线路为导流泄洪隧洞施工→大坝施工。工程施工准备期 17 个月，主体工程施工期 54 个月，收尾工期 1 个月。

# 2.9 建设征地及移民安置

## 2.9.1 工程建设征地

小石门水库建设征地主要涉及楚雄州大姚县龙街乡，牟定县戌街乡、蟠猫乡以及元谋县新华、平田、物茂，共涉及 3 个县 7 个乡镇 16 个村委会的 52 个村民小组。

小石门水库建设征地总面积为 12937.10 亩，其中耕地 1781.23 亩，园地 220.65 亩，林地 10602.93 亩，住宅用地 26.14 亩，交通运输用地 158.93 亩，水域及水利用地 147.22 亩；以林地为主，涉及少量耕地、园地。

小石门水库永久征地 4925.93 亩，其中耕地 386.04 亩，园地 12.19 亩，林地 4364.74 亩，住宅用地 26.14 亩，交通运输用地 9.24 亩，水域及水利用地 127.58 亩；以林地为主，耕地、园地涉及不多。

临时占地 8011.17 亩，其中耕地 1395.19 亩，园地 208.46 亩，林地 6238.19 亩，交通用地 149.69 亩，水域 19.64 亩，不涉及其它土地。

工程涉及国家级公益林 790.04 亩，省级公益林 813.18 亩；基本农田 106.38 亩。

楚雄州小石门水库工程占地情况详见表 2.9.1-1 所示。

**表 2.9.1-1　楚雄州小石门水库工程征占地情况一览表　单位：$hm^2$**

| 分区 | 项目名称 | | 项目建设区 | | | | | | | | | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 水田 | 旱地 | 园地 | 林地 | | 住宅用地 | 交通运输用地 | | 水域及水利设施用地 | |
| | | | | | 果园 | 经济林 | 乔木林 | 农村宅基地 | 公路用地 | 农村道路 | 水面 | |
| 枢纽工程区 | 枢纽区 | | | | | | 49.83 | | | | 1.15 | 50.98 |
| | 工程永久办公生活区 | | | | | | 1.51 | | | | | 1.51 |
| | 弃渣场区 | | 12.55 | 2.51 | | | 84.30 | | | | | 99.36 |
| | 料场区 | 土料场 | | 3.93 | | | 0.98 | | | | | 4.91 |
| | | 石料场 | | | | | 23.60 | | | | | 23.60 |
| | | 小计 | | 3.93 | | | 24.58 | | | | | 28.51 |
| | 交通道路区 | 永久公路 | 0.08 | 1.88 | 0.45 | | 10.87 | | | | | 13.28 |
| | | 临时道路 | | 2.69 | | | 43.50 | | | | | 46.19 |
| | | 小计 | 0.08 | 4.57 | 0.45 | | 54.37 | | | | | 59.47 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 施工生产生活区 | | | 0.41 | | | 3.72 | | | | | 4.13 |
| | 水库淹没区 | | 16.31 | 5.13 | | 0.80 | 172.60 | 1.74 | 0.22 | | 7.24 | 204.04 |
| | 小计 | | 28.94 | 16.54 | 0.45 | 0.80 | 390.91 | 1.74 | 0.22 | | 8.39 | 447.99 |
| 输水工程区 | 输水线路区 | 明管段 | 0.54 | 1.31 | 0.11 | | 38.86 | | 0.01 | 0.38 | 0.12 | 41.33 |
| | | 埋管段 | 6.24 | 35.71 | 4.73 | | 98.19 | | 0.71 | 2.28 | 0.51 | 148.37 |
| | | 隧洞 | | | | | 1.20 | | | | | 1.20 |
| | | 小计 | 6.78 | 37.02 | 4.84 | | 138.25 | | 0.72 | 2.66 | 0.63 | 190.90 |
| | 弃渣场区 | | | 7.43 | 5.31 | | 79.39 | | | 0.59 | 0.21 | 92.93 |
| | 交通道路区 | 永久公路 | | 0.49 | 0.25 | | 15.32 | | | | | 16.06 |
| | | 临时道路 | 2.11 | 14.99 | 2.55 | | 75.68 | | 0.10 | 6.24 | 0.58 | 102.25 |
| | | 小计 | 2.11 | 15.48 | 2.80 | | 91.00 | | 0.10 | 6.24 | 0.58 | 118.31 |
| | 施工生产生活区 | | 0.61 | 3.84 | 1.31 | | 6.51 | | | 0.07 | | 12.34 |
| | 小计 | | 9.50 | 63.77 | 14.26 | | 315.15 | | 0.82 | 9.56 | 1.42 | 414.48 |
| 总计 | | | 38.44 | 80.31 | 14.71 | 0.80 | 706.06 | 1.74 | 1.04 | 9.56 | 9.81 | 862.47 |

## 2.8.2 移民安置

小石门水库工程不涉及移民搬迁，不产生搬迁安置人口。

规划水平年，小石门水库工程产生农业生产安置人口为 190 人，其中水库淹没区 145 人，枢纽区 17 人，管道区 28 人。

## 2.8.3 专项设施

小石门水库工程影响的专项设施有：

（1）交通设施

影响了二级公路 214 省道 3.03km，其中包含 5 座大桥；影响混凝土路面机耕路 2 条共 0.90km。

（2）水利设施

抽水泵站 4 个，取水坝 2 座。

（3）通讯设施

库尾影响了 4 条移动通讯光缆，2 条联通光缆，1 条电信光缆，影响长度均为 2.60km。

（4）输变电设施

共影响了 5 条 10kV 输电线路，总长 6.10km。

## 2.10 工程投资

工程估算总投资 466248.05 万元，其中静态投资 387037.32 万元。

# 3. 工程分析

## 3.1 工程与法律法规、相关政策及规划的符合性分析

### 3.1.1 与法律法规的符合性分析

#### 3.1.1.1 与《中华人民共和国长江保护法》的相符性分析

《中华人民共和国长江保护法》中第三条“长江流域经济社会发展，应当坚持生态优先、绿色发展，共抓大保护、不搞大开发；……”第二十一条“国务院水行政主管部门统筹长江流域水资源合理配置、统一调度和高效利用，组织实施取用水总量控制和消耗强度控制管理制度。国务院生态环境主管部门根据水环境质量改善目标和水污染防治要求，确定长江流域各省级行政区域重点污染物排放总量控制指标。长江流域水质超标的水功能区，应当实施更严格的污染物排放总量削减要求。企业事业单位应当按照要求，采取污染物排放总量控制措施。”第二十九条“长江流域水资源保护与利用，应当根据流域综合规划，优先满足城乡居民生活用水，保障基本生态用水，并统筹农业、工业用水以及航运等需要。”

小石门水库工程任务为以农业灌溉、乡镇供水为主，兼顾发电，承担滇中引水工程的调蓄功能，为巩固区域脱贫攻坚创造条件的综合性水利工程。水库总库容 11102 万 $m^3$，年供水量 6723.5 万 $m^3$，其中灌溉供水 6533.4 万 $m^3$，生活供水 190.1 万 $m^3$。本工程为水利开发项目，是区域内水资源配置工程，工程施工及运行期间不会对区域环境产生大的不利影响，不属于大开发项目。

综合以上分析，小石门水库工程与《中华人民共和国长江保护法》是相符的。

#### 3.1.1.2 与《云南省楚雄彝族自治州龙川江保护管理条例》的相符性分析

《云南省楚雄彝族自治州龙川江保护管理条例》中第十四条规定，在河道保护范围内禁止下列行为：（一）建设可能污染环境、破坏生态平衡和自然景观的工业项目以及其他项目；（二）堆放、弃置矿渣等有毒有害物质；（三）爆破、打井等影响河势稳定的行为；（四）开挖地下工程等危害河岸堤防安全的行为；（五）法律法规禁止的其他行为。第十五条规定，在河道管理范围内，除遵守本条例第

十四条规定外，还禁止下列行为：（一）修建围堤、阻水渠道、阻水道路；（二）新建住宅、商业用房等与河道保护和水工程运行管理无关的建筑物、构筑物；（三）在河道内堆放和弃置石渣、煤灰、泥土、泥浆、垃圾等废弃物；（四）种植阻碍行洪的林木或者高秆作物；（五）清洗装贮过油类或者有毒污染物的车辆、容器等；（六）设置拦河渔具，或者从事炸鱼、电鱼、毒鱼等活动；（七）破坏河堤、界桩标志等设施；（八）法律法规禁止的其他行为。第三十二条规定：青山嘴水库库区上游的龙川江干流水质按照国家《地表水环境质量标准》III类水质标准进行保护，龙川江其他干流的水质按照Ⅳ类水质标准进行保护。

本工程位于龙川江左岸一级支流勐岗河中游，工程不在河道管理范围内设置采砂场、弃渣场、施工生产生活区等生产生活设施，不涉及龙川江保护管理条例中的禁止行为。

本工程符合《云南省楚雄彝族自治州龙川江保护管理条例》。

**3.1.1.3 与公益林管理办法的符合性分析**

《建设项目使用林地审核审批管理办法》（国家林业局第 35 号令）相关规定：

1）各类建设项目不得使用Ⅰ级保护林地。

2）国务院批准、同意的建设项目，国务院有关部门和省级人民政府及其有关部门批准的基础设施、公共事业、民生建设项目，可以使用Ⅱ级及其以下保护林地。

3）符合自然保护区、森林公园、湿地公园、风景名胜区等规划的建设项目，可以使用自然保护区、森林公园、湿地公园、风景名胜区范围内Ⅱ级及其以下保护林地。

4）公路、铁路、通讯、电力、油气管线等线性工程和水利水电、航道工程等建设项目配套的采石（沙）场、取土场使用林地按照主体建设项目使用林地范围执行，但不得使用Ⅱ级保护林地中的有林地。

国家林业局、财政部《国家级公益林管理办法》（林资发〔2013〕71 号）明确：

严格控制勘查、开采矿藏和工程建设使用国家级公益林地。确需使用的，严格按照《建设项目使用林地审核审批管理办法》有关规定办理使用林地手续；涉及林木采伐的，按相关规定依法办理林木采伐手续。

《云南省地方公益林管理办法》第十五条指出：因建设工程需要占用征用公益林林地的，县级以上林业行政主管部门应当进行核查，确需占用征用公益林林地的，必须依法办理用地审核、林木采伐审批手续。县级以上林业行政主管部门核财政部门根据占用征用情况适时调整公益林林地面积和补偿金。第十七条规定：未经批准，不得在地方公益林内进行开垦、采矿、采石、采砂、取土、筑坟等破坏森林资源的活动。

小石门水库工程属国务院有关部门和省级人民政府及其有关部门批准的基础设施、公共事业、民生建设项目，可以使用II级及其以下保护林地、国家二级公益林。小石门水库工程涉及国家级二级公益林 52.67hm$^2$（永久占用 37.35hm$^2$、临时占用 15.32hm$^2$），省级公益林 54.212hm$^2$（永久占用 30.67hm$^2$、临时占用 23.54hm$^2$）。此外，本工程施工期间设置的“三场”均不占用公益林，施工布置中对有林地进行了避让。目前，建设单位已委托云南省林业调查规划院编制了使用林地报告，并按相关规定办理手续。

因此，小石门水库工程符合国家、云南省关于公益林管理的相关条例、管理办法。

**3.1.1.2 与基本农田保护条例的符合性分析**

《基本农田保护条例》中**第十四条**“地方各级人民政府应当采取措施，确保土地利用总体规划确定的本行政区域内基本农田的数量不减少。” **第十五条**“基本农田保护区经依法划定后，任何单位和个人不得改变或者占用。国家能源、交通、水利、军事设施等重点建设项目选址确实无法避开基本农田保护区，需要占用基本农田，涉及农用地转用或者征收土地的，必须经国务院批准。” **第十六条**“经国务院批准占用基本农田的，当地人民政府应当按照国务院的批准文件修改土地利用总体规划，并补充划入数量和质量相当的基本农田。占用单位应当按照占多少、垦多少的原则，负责开垦与所占基本农田的数量与质量相当的耕地；没有条件开垦或者开垦的耕地不符合要求的，应当按照省、自治区、直辖市的规定缴纳耕地开垦费，专款用于开垦新的耕地。占用基本农田的单位应当按照县级以上地方人民政府的要求，将所占用基本农田耕作层的土壤用于新开垦耕地、劣质地或者其他耕地的土壤改良。”

《云南省基本农田保护条例》第十三条“非农建设经批准占用基本农田的，除依照《中华人民共和国土地管理法》和有关行政法规的规定缴纳税费外，并应当按照占多少，垦多少的原则，由用地单位或者个人负责开垦与所占基本农田的数量和质量相当的耕地；没有条件开垦或者开垦的耕地不符合要求的，由用地单位或个人，按征地费中土地补偿费 3~5 倍的标准，向所占基本农田的县（市）土地管理部门缴纳耕地造地费。”

本工程占地范围内不涉及基本农田保护区，工程占用基本农田 106.38 亩，其中永久占用 75.68 亩（含淹没占用 46.14 亩）、临时占用 30.7 亩。目前，建设单位已委托云南省有色地质局楚雄勘查院编制设用地预审报告，并按相关规定办理手续。本工程将按照相关规定缴纳征地补偿费，并且按照占多少、垦多少的原则，确保开垦与所占基本农田数量与质量相当的耕地。此外，对于临时占地将在施工结束后对其进行复垦复耕。在采取以上措施后，工程建设征占地不会使区域内基本农田数量与质量减少，对区域内基本农田不会产生不利影响。因此，本工程与基本农田保护条例相符。

### 3.1.2 与相关政策符合性分析

#### 3.1.2.1 与产业政策的符合性分析

小石门水库以农业灌溉、乡镇供水为主，兼顾发电，承担滇中引水工程的调蓄功能，为巩固区域脱贫攻坚创造条件的综合性水利工程。根据国家发改委第 21 号令《产业结构调整指导目录》（2019 年本），小石门水库属于鼓励类水利项目中第 11 项“综合利用水利枢纽工程”，工程建设符合国家产业政策。

#### 3.1.2.2 与水资源管理“三条红线”的符合性分析

国务院以国发〔2012〕3 号印发的《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》指出：确立水资源开发利用控制红线，到 2030 年全国用水总量控制在 7000 亿 $m^3$ 以内；确立用水效率控制红线，到 2030 年用水效率达到或接近世界先进水平，万元工业增加值用水量降低到 40$m^3$ 以下，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上；确立水功能区限制纳污红线，到 2030 年主要污染物入河湖总量控制在水功能区纳污能力范围之内，水功能区水质达标率提高到 95%以上。

根据《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发〔2012〕126 号）和《楚雄州人民政府办公厅关于实行最严格水资源管理制度的意见》（楚政发〔2013〕28 号），到 2030 年：楚雄州用水总量控制在 17.03 亿 $m^3$，其中龙川江流域用水总量控制在 9.79 亿 $m^3$ 以下，元谋县用水总量控制在 2.54 亿 $m^3$ 以下；用水效率不低于全国平均水平，万元工业增加值用水量降低到 40$m^3$ 以下，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上；牟定县、元谋县共 13 个水功能区水质达标率 100%。

（1）水资源开发利用红线

元谋县 2030 年总供水量约 2.66 亿 $m^3$，滇中引水工程实施后回归水可利用量为 0.30 亿 $m^3$，回归水利用率为 45%。扣除回归水利用量 0.30 亿 $m^3$ 后用水量为 2.36 亿 $m^3$，用水量比元谋县用水总量指标 2.54 亿 $m^3$ 少 0.18 亿 $m^3$，符合 2030 年用水总量管理要求。到小石门水库设计水平年 2035 年，元谋县多年平均总供水量 2.95 亿 $m^3$，扣除回归水利用量 0.30 亿 $m^3$ 后，用水量比 2030 年元谋县用水总量指标 2.54 亿 $m^3$ 多 0.11 亿 $m^3$，随着水平年延后及耕园地总量增加，用水总量有所增长是合理的。

（2）用水效率控制红线

根据小石门水库工程水资源配置方案，现状 38.52 万亩耕地中，常规灌片的灌溉水利用系数为 0.6，高效节水灌片的灌溉水利用系数为 0.78，现状灌区内灌溉水利用系数已经达到 2030 年控制目标。2035 年本工程实施后，区域内总耕地面积 59.04 万亩中，常规灌溉面积 12.86 万亩，占 21.8%；高效节水灌溉面积 46.18 万亩，占 78.2%，大部分耕地将转变为高效节水灌溉方式。目前元谋县 20 万亩高效节水灌溉项目已经开始实施，已采用了多种切合实际、行之有效的农业节水措施。考虑节水灌溉实施进度，渠系基本配套完成，干、斗、农渠全面衬砌，节水农业的推广，土地平整等一系列措施实施以及未来管理水平等因素，2035 年常规灌片的灌溉水利用系数将提高到 0.68，高效节水灌片区的灌溉水利用系数将提高至 0.78，远超 2030 年农业用水效率控制目标。

元谋工业园区重点发展特色农产品加工、太阳能、风能、机电装备制造、生物质、新材料、冶金、化工、建材等产业。规划水平年元谋西片区将规划建设 12 个规模以上农产品加工企业，改建及新建共 4 个有机农产品物流科技园。元谋县工业增加值毛需水量现状年为 77$m^3$/万元，2035 年为 35 $m^3$/万元，较现状年

减少了 54.5%，年均递减 4.5%，基本符合万元工业增加值用水量 2030 年降低到 40m³以下的目标要求。

（3）水功能区限制纳污红线

根据水质监测结果，勐岗河牟定-元谋保留区（中屯水库库区~入龙川江口）、龙川江元谋过渡区（小黄瓜园水文站~入金沙江口）现状水质基本上达到III类。到 2035 年元谋干热河谷区内常规灌溉面积占比将减少到 21.8%，高效节水灌溉面积占比将增加到 78.2%。高效节水灌溉与常规灌溉相比，基本上不产生退水，到设计水平年区域的农业退水量将大大减少。根据楚雄州人民政府批准的《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》，对本工程水源区勐岗河、退水区龙川江提出了饮用水水源保护、工业污染治理、城镇生活污染治理、农业农村污染治理、养殖污染控制生态环境监管能力建设 6 大项工程措施，在切实落实规划提出的各项措施后，2035 年规划区内入河 COD、$NH_3$-N、TP 量分别为 5684.46t/a、404.70t/a、80.19t/a，与 2017 年相比分别降低 51.63%、32.98%、52.35%。在全面落实“一河一策”、河湖长制、水污染防治规划等提出的治污措施后，设计水平年勐岗河牟定-元谋保留区（中屯水库库区~入龙川江口）、龙川江元谋过渡区（小黄瓜园水文站~入金沙江口）入河污染物总量控制在纳污能力范围内，水质可达Ⅱ类。

**3.1.2.3 与供用水管理“三先三后”原则的符合性分析**

本工程在前期规划设计工作中，全面贯彻落实跨流域调水工程“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”的原则，统筹考虑工程引水与节水、治污、生态环境保护的关系。

（1）“先节水后调水”原则

滇中引水工程供元谋元马受水区的水量进入小石门水库后，经水库调节调度，提高了水库供水效益，平水年和丰水年可以多利用本区水源供水，滇中引水工程只需在枯水年补水，充分体现了先本区后调水的水资源配置原则。

1）农业节水

小石门水库灌区近年来大量发展高效节水灌溉，作物种植结构从 2005 年以水稻为主发展为现状以蔬菜、水果为主。元谋县现状常规灌溉水利用系数为 0.6，高效节水灌溉水利用系数为 0.78，满足最严格水资源管理制度提出的用水效率控制指标。本工程灌区面积 27.3 万亩，其中 24.38 万亩为高效节水灌溉，1.73 万亩

为常规灌溉，高效节水灌溉面积占 89.3%。到 2035 年，元谋干热河谷区内常规灌溉面积占 21.8%，高效节水灌溉面积占 78.2%。随着节水农业的推广、配套渠道的完善以及管理水平的提高，设计水平年区内常规灌溉水利用系数将提高至 0.68，高效节水灌溉水利用系数为 0.78，节水灌溉技术总体上在我国西南地区接近先进水平。

2）工业节水

元谋县现状年工业用水量 630 万 $m^3$，万元增加值用水量 77$m^3$/万元，高于云南省平均水平 55$m^3$/万元，也明显高于我国西南区平均水平 51.6$m^3$/万元，总体上看，元谋县工业用水水平处于较落后水平。根据《元谋产业发展规划》，通过工业节水技术发展，促进工业园区产业转型，提升工业用水效率，到 2035 年工业用水量将增加至 982 万 $m^3$，万元增加值用水量下降至 35$m^3$/万元，满足最严格水资源管理制度提出的用水效率控制指标。

3）生活节水

元谋县为干热河谷地区，气温较高，现状县城居民生活用水量为 100L/人·d，集镇居民用水量为 90L/人·d，农村居民用水量为 70L/人·d。到 2035 年随着管网改造及节水设施的普及，管网损失减低为 10%，与现状年相比每年可节约生活用水 134.3 万 $m^3$。

综合以上，小石门水库受水区在设计水平年农业、工业和生活节水措施实施后，节水水平满足最严格水资源管理制度提出的用水效率红线的要求，符合“先节水后调水”的原则。

（2）“先治污后通水”原则

《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》中提出了到 2025 年小石门水库供水之前，水源区、受退水区内需实施饮用水水源保护、工业污染治理、城镇生活污染治理、农业农村污染治理、养殖污染控制、生态环境监管能力 6 大项共计 201 项治污工程措施，在切实落实一系列治污措施后，2025 年规划区内 COD、$NH_3$-N、TP 入河量与 2017 年相比分别降低 24.1%、23.7%、21.7%，水源区勐岗河、退水区龙川江江边断面均能达Ⅱ类水质。

小石门水库工程建成运行前，通过一系列水污染防治措施的实行，加强水源区、受水区点源和面源的控制，可实现区域水环境状况的改善，符合“先治污后通水”的原则。

（3）关于“先环保后用水”原则

1）保障生态用水

水库初期蓄水阶段，采用 3 台 350S-75B 型水泵（扬程 55m，流量 1080m³/h，电动机功率 220kW），抽水流量 0.74m³/s，保障了坝下勐岗河的河道生态用水需求。小石门水库工程设计了生态流量设施，在电站尾水池下游设生态放水闸，并在坝后消能电站压力管道 3#支管旁接生态放水支管，保障电站发电和停机检修时均能下放生态流量。运行期间，利用生态放流支管或生态放水闸下泄生态流量，枯期（11 月～次年 5 月）最小下泄生态流量按断面多年平均天然径流量的 15%下泄，不小于 0.74m³/s；汛期（6 月～10 月）最小下泄生态流量按断面多年平均天然径流量的 30%下泄，不小于 1.47m³/s。采取以上生态流量下放措施后，小石门水库建设运行期间，坝下河道不断流，可有效降低对坝下水生态的影响。

《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》提出了要有效保障河道生态基本用水，退还被经济社会用水挤占的河流生态环境用水，维护龙川江等主要河流健康，改善生态环境状况，逐步恢复河湖水和地下水系统的生态功能的要求。元谋片区现状已建水利设施较多，由于建设时间较早，各水源工程均未下泄最小河道生态基流。最小下泄河道生态基流汛期按多年平均天然径流量的 30%、枯期按 10%计算，以保障河道生态环境“良好”的目标。元谋灌区现状水利工程设施必须退还被挤占的河道生态基流 3117 万 m³，小石门水库工程的建设，为区域河道生态流量退还创造了条件。

2）水生态保护

小石门水库坝高 163.5m，为分层型水库，低温水影响显著。因此，主体设计中输水放空隧洞进水口采取浮筒门结合分层取水口的形式进行表层取水。采取表层取水后，可有效降低下泄低温水对坝下河段鱼类的影响。

本工程在勐岗河干流划定鱼类栖息地保护河段，在保护维持好现存鱼类生境的基础上，通过一定的工程措施，修复河段内已被破坏的生境，并在局部区域营造一定面积的原有生境，达到维护、修复、补偿该河道生态功能。

为缓解小石门水库建设对鱼类资源的不利影响，恢复流域内鱼类种群数量，本工程在位于坝址右岸水库管理所东南侧缓坡地带建设鱼类增殖站，增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、云南光唇鱼、红尾荷马条鳅 4 种鱼类，年均增殖放流 13.45 万尾。

综合以上，本工程已经充分考虑了环境保护措施，与“先环保后用水”原则是相符的。

**3.1.2.4 与“三线一单”的符合性分析**

（1）生态保护红线

根据云南省人民政府发布的《云南省生态保护红线》，楚雄州共划定生态保护红线面积约 7444.76km$^2$，约占全州国土面积的 26.18%。本工程征占地涉及的大姚县、牟定县、元谋县中，大姚县划定生态保护红线 1280.50km$^2$，牟定县 287.24km$^2$，元谋县 482.76km$^2$。

根据楚雄州自然资源与规划局《关于小石门水库工程用地与楚雄州生态保护红线范围比对查询的函》（[2020]-7）（见附件 10），小石门水库工程用地范围不在楚雄州生态保护红线范围内。

（2）环境质量底线

根据《楚雄州“三线一单”生态环境分区管控实施方案》，到 2025 年，国控、省控地表水监测断面水质优良率高于全国全省平均水平，重点区域、流域水环境质量进一步改善，全面消除劣Ⅴ类水体，集中式饮用水水源水质巩固改善。到 2035 年，地表水体水质优良率全面提升，各监测断面水质达到水环境功能要求，全面消除Ⅴ类及以下水体，集中式饮用水水源水质稳定达标。

根据监测数据，龙川江江边断面现状水质基本满足III类，勐岗河现状水质较好为III类，现状水质基本满足水功能区划要求。根据《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》，在切实落实一系列治污措施后，2025 年规划区内 COD、$NH_3$-N、TP 入河量与 2017 年相比分别降低 24.1%、23.7%、21.7%，水源区勐岗河、退水区龙川江江边断面水质能达Ⅱ类水质；到 2035 年 COD、$NH_3$-N、TP 入河量与 2017 年相比分别降低 51.6%、33.8%、52.4%，水源区勐岗河、退水区龙川江江边断面水质为Ⅱ类，在与 2025 年相比进一步改善。工程建成后满足水环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

小石门水库坝址断面多年平均天然径流量为 15482 万 m$^3$，工程建成运行后，多年平均总供水量 6723.5 万 m$^3$，其中滇中引水工程供水 1708 万 m$^3$，小石门水库本区供水 501.5 万 m$^3$，上游水库合计多年平均供水量 1153 万 m$^3$，加上小石门

水库供水量本区水资源开发利用率为 39.8%，符合水资源开发利用率不超过 40%的要求。

根据《云南省人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》（云政发〔2012〕126 号）和《楚雄州人民政府办公厅关于实行最严格水资源管理制度的意见》（楚政发〔2013〕28 号），到 2030 年元谋县用水总量控制在 2.54 亿 $m^3$ 以下。根据本工程可研报告，元谋县 2030 年用水量为 2.36 亿 $m^3$，符合 2030 年用水总量管理要求。2035 年元谋县用水量 2.65 亿 $m^3$，比 2030 年元谋县用水总量 2.54 亿 $m^3$ 多 0.11 亿 $m^3$，随着水平年延后及耕园地总量增加，用水总量有所增长是合理的。工程建设符合水资源利用上线的要求。

（4）生态环境准入清单

根据《楚雄州“三线一单”生态环境分区管控实施方案》，小石门水库淹没及工程占地涉及到楚雄州生态环境管控单元中的优先保护单元、重点管控单元、一般管控单元。其中优先管控单元分为生态保护红线、一般生态空间和饮用水源地，工程涉及的优先管控单元属于一般生态空间。一般生态空间原则上按照限制开发区进行管理，严格限制大规模开发建设活动。以保护和修复生态环境、提供生态产品为首要任务，因地制宜地发展不影响主体功能定位的产业。工程涉及的重点管控单元包括工业集中区、城镇生活污染、矿产资源和大气环境敏感重点管控单元，包含开发强度高、污染物排放强度大、环境问题相对集中的区域和大气环境布局敏感、弱扩散区等。一般管控单元管控要求为落实生态环境保护基本要求，项目建设和运行应满足产业准入、总量控制、排放标准等管理规定和国家法律法规要求。

小石门水库工程不占用生态保护红线，也不涉及各类环境敏感区，水利工程不属于污染类项目，工程运行后按照非汛期多年平均流量 15%，汛期 30%下放河道生态用水。工程运行供水后，在严格落实《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》后，可以实现受水区内“增水减污”的环保要求。工程建设符合楚雄州生态环境管控单元的各项管控要求，工程定位也不属于生态环境准入清单中禁止或限制建设的项目。综合以上，工程建设与生态环境准入清单是相符的。

#### 3.1.2.5 与“生物多样性保护战略与行动计划”的符合性分析

《中国生物多样性保护战略与行动计划（2011~2030 年）》提出了云南省生物多样性保护的 6 个一级优先区域和 18 个二级优先区域，涉及 16 个州、市 101 个县、市、区，总面积约 9.5 万 $km^2$，占云南国土面积的 23.8%。

《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012~2030 年）》提出云南是我国物种最丰富的省份，种类组成丰富，新类群比重大，生态系统类型多样。云南物种特有现象十分突出，植物区系地理成分构成复杂，形成了众多的地区特有属和特有种。同时，云南地理条件复杂多样，同一区域不同生境类型之间差异很大，不利于物种种群的增长和扩散，有利于物种的分化和新种的形成，但种群小而且数量少，物种容易出现濒危或灭绝。

小石门水库不涉及划定的生物多样性保护优先区域。本工程为非污染生态类建设项目，项目建设过程中以保护生态环境及生物多样性为前提，施工期及营运期不能避免的则应采取具有针对性的、切实可行的环境保护措施，尽量避免和减少工程建设对生态环境造成的破坏和影响。

因此，小石门水库的建设与“生物多样性保护战略与行动计划”是相符的。

### 3.1.3 与相关功能区划的符合性分析

#### 3.1.3.1 与《全国主体功能区规划》的符合性分析

《全国主体功能区规划》（国发[2010]46 号）按开发方式，将我国国土空间分为：（1）优化开发区域；（2）重点开发区域；（3）限制开发区域（农产品主产区）；（4）禁止开发区域。

小石门水库工程区不涉及全国主体功能区中的禁止开发区、限制开发区，属于全国主体功能区中的重点开发区域，即滇中地区，该区的功能定位是：我国连接东南亚、南亚国家的陆路交通枢纽，面向东南亚、南亚对外开放的重要门户，全国重要的烟草、旅游、文化、能源和商贸物流基地，以化工、冶金、生物为重点的区域性资源精深加工基地。

小石门水库工程建成后，主要向元谋县西部灌区供水，可解决元谋西部热区土地保护与开发的缺水问题，积极推进元谋县、牟定县、大姚县，乃至楚雄州的社会经济发展。同时，本工程作为滇中引水工程元谋受水区供水的末端调节水库，

对受水区内农田、工业、生活供水条件的改善和退还被挤占的生态用水都起到了较大的作用，是一项重要的水利基础设施工程。

综合以上分析，本工程的建设将与全国主体功能中滇中地区的发展定位相符，与《全国主体功能区规划》相符。

**3.1.3.2 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》（2015 年 11 月），工程区属于生态调节一级功能区、土壤保持二级功能区、川滇干热河谷土壤保持重要区三级功能区。其生态服务功能、主要生态问题、生态保护主要措施见表 3.1.3-1。

**表 3.1.3-1　工程区全国陆地生态功能区划类型**

| 生态服务功能 | 土壤保持 |
|---|---|
| 主要生态环境问题 | 河谷区植被破坏严重，生态系统保水保土功能弱，地表干旱缺水问题突出、土壤坡面侵蚀和沟蚀严重、崩塌和滑坡及泥石流灾害频发、侵蚀产沙量大 |
| 生态保护主要措施 | 继续实施退耕还林还草；对已遭受破坏的生态系统，实施生态恢复与建设工程；在立地条件差的干热河谷区，坚持自然恢复，采取先草灌后林木的修复模式；改变落后粗放的生产经营方式，大力发展具有地方特色和优势资源的开发，合理布局和发展草地畜牧业和林果业，以此带动区域经济的增长 |

工程建设对区域环境影响主要表现为工程淹没及占地将造成部分天然林草地资源损失，对土壤保持功能造成一定不利影响。小石门水库工程建设任务主要为灌溉，水库控制灌区种植作物有柑橘、葡萄等林果业作物，工程建成后有利于区域发展林果业，与全国生态功能区划提出的土壤保持区生态保护主要措施相一致。

综上所述，本工程符合《全国生态功能区划》的相关要求。

**3.1.3.3 与《云南省主体功能区规划》的符合性分析**

根据《云南省主体功能区规划》，云南省国土空间划分为以下三类：①重点开发区域；②限制开发区域；③禁止开发区域。

小石门水库工程评价区范围内的牟定县（不含蟠猫乡）为国家重点开发区，元谋县为国家农产品主产区，大姚县、牟定县蟠猫乡为省级重点生态功能区（属限制开发区），牟定县白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区及元谋风景名胜区为州市级禁止开发区。

小石门水库属水利项目，对环境带来的不利影响主要集中在施工期。施工期间将不可避免的占压土地、植物植被资源，产生一定量的废污水、垃圾、废气粉

尘等“三废”，但在严格执行环评报告的各项环境影响减缓措施、植被恢复措施后，加强施工期环境监理，本工程施工期间带来的不利影响可以得到有效减缓。工程占地范围内永久占用省级公益林 460.08 亩、国家级公益林 560.29 亩，永久占用基本农田 75.68 亩；临时占用省级公益林 353.1 亩、国家级公益林 229.75 亩，临时占用基本农田 30.7 亩。对于永久占用的基本农田、公益林将按照基本农田、公益林的相关管理规定，采取“占一补一”、缴纳林木补偿费等措施降低不利影响；对于临时占用的公益林、基本农田将采取植被恢复措施、复耕复垦等措施降低不利影响。工程建成运行后，对环境的不利影响主要表现为灌区农灌退水，本工程灌区主要是元谋干热河谷区，绝大部分灌片均采用高效节水方式，经过渠道渗漏、作物吸收、田间损失后农灌回归水汇入龙川江的量很小，对河道的水质影响不大。此外，本工程在坝址选址、输水线路布线阶段已充分考虑避让环境敏感区，工程占地范围内不涉及牟定县白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区及元谋风景名胜区等主体功能区划中的禁止开发区域。

小石门水库主要灌区元谋县是全国重要的高原特色农业产业基地，尤其以“冬早蔬菜之乡”而闻名，其冬早蔬菜规模大、品种多、产量高、品质优，深受全国消费者青睐。水库建设将提高农业用水供水保障率，保障了粮食安全，彻底解决制约受水区社会经济发展的缺水问题。

综合以上分析，小石门水库工程与《云南省主体功能区规划》中各主体功能区的定位一致。

**3.1.3.4 与《云南省生态功能区规划》的符合性分析**

在《云南省生态功能区划》（2009）中，将全省生态功能区共分一级区（生态区）5 个，二级区（生态亚区）19 个，三级区（生态功能区）65 个。其中，小石门水库工程涉及III2-4 元谋龙川江干热河谷农业生态功能区。该区以河谷地貌为主，年降雨量 700~800mm，主要植被类型是稀树灌木草丛，土壤以燥红土和紫色土为主，该区的主要生态环境问题是：森林覆盖率低、土地退化严重，保护措施及发展方向为：调整产业结构、增加沿江河谷面山的森林覆盖率，发展热带经济林木，改善区域的水环境条件，发展庭院经济，防止生态环境荒漠化。

小石门水库淹没影响的植被类型主要为干热河谷灌丛、暖温性针叶林和干热性稀树灌木草丛，评价区受人为活动影响较大，植被次生化现象突出；因工程建

设受损的植物植被可采取人工抚育、异地恢复等措施补偿生态影响，不会对本生态功能区的生态环境与功能发挥造成明显不利影响，不存在工程建设导致土地退化问题；水库建成后，库区面山的水库管理范围内因人工管理因素，还可实现封山育林、提高森林覆盖的目的。小石门水库工程灌区主要涉及元谋西部的新华乡、平田乡、物茂乡，工程建成后，有利于调整灌区种植结构、保护农田生态环境及改善灌区森林覆盖率，因此本工程符合所在生态功能区的保护措施及发展方向要求，与《云南省生态功能区划》（2009）对项目所在生态功能区的保护与建设要求是相符的。

### 3.1.4 与相关规划符合性分析

#### 3.1.4.1 与《长江经济带生态环境保护规划》的符合性分析

《长江经济带生态环境保护规划》在分区保护重点中提出：上游包括重庆、四川、贵州、云南等省市，区域水土流失、荒漠化严重，矿产资源开发等带来的环境污染和生态破坏问题突出，大城市及周边污染形势严峻。应重点加强水源涵养、水土保持、生物多样性维护和高原湖泊湿地保护，强化自然保护区建设和管护，合理开发利用水资源，禁止煤炭、有色金属、磷矿等资源的无序开发，加大湖库、湿地等敏感区的保护力度，加强云贵川喀斯特地区、金沙江中下游、嘉陵江流域、沱江流域、乌江中上游、三峡库区等区域水土流失治理与生态恢复，推进成渝城市群环境质量持续改善。确立水资源利用上线，严格总量指标管理。严守生态保护红线，生态保护红线原则上按禁止开发区域的要求进行管理，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途。

小石门水库评价区涉及的牟定县、大姚县、元谋县为国家级水土流失重点治理区、云南省水土流失重点治理区，区域内水土流失较为严重。工程建设期间将不可避免的扰动地表，工程实施阶段将根据水土保持方案提出的措施，对各个水土流失防治区采取工程防治措施和植被恢复措施。小石门水库建成后本区水资源开发利用率为 39.8%，符合水资源开发利用率不超过 40%的要求。2035 年受水区元谋县用水量 2.65 亿 $m^3$，比 2030 年元谋县用水总量指标 2.54 亿 $m^3$ 增加 0.11 亿 $m^3$，随着水平年延后及耕园地总量增加，用水总量有所增长是合理的。小石

门水库工程用地范围不在楚雄州生态保护红线范围内，符合生态保护红线空间管控要求。

综合以上分析，小石门水库工程建设与《长江经济带生态环境保护规划》是相符的。

#### 3.1.4.2 与《云南省国民经济与社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标纲要》的符合性分析

《云南省国民经济与社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标纲要》中提出：构建以滇中引水为骨干、以大中小型水源工程为支撑、以大中型水电站综合利用及水系连通工程为补充、以重大农业节水工程为先导的云南供水安全保障网，“十四五”期间，力争全面完成我省列入国家 150 项重大水利工程中的小石门水库等 8 件水利工程建设任务；聚焦农业、工业、城乡居民生活用水等重点领域，实施重大节水工程，提高用水效率；加强野生动植物保护，开展生物多样性保护廊道、珍稀濒危物种重要栖息地和迁地保护体系建设，推进珍稀濒危物种保护小区建设，开展珍稀濒危特有物种以及极小种群物种的拯救、保护和人工繁育。

小石门水库是列入云南省“十四五”规划纲要的重点水库工程，灌区中 89.3%为高效节水灌溉，灌溉水利用系数为 0.78，用水效率高，符合用水方式由粗放型向节约集约型转变的要求。为最大程度减小工程建设对野生动物的影响，本工程采取了恢复栖息地、建设生态廊道（桥）、划定保护地、建立猕猴种群补（投）食点、建立野生动物长期监测点等多项保护措施。因此，小石门水库工程符合云南省“十四五”规划纲要。

#### 3.1.4.3 与流域水资源综合利用规划的符合性分析

小石门水库工程是《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》中提出的骨干水源工程。

本工程可研阶段，小石门水库工程任务在规划基础上增加了生活供水任务；工程布置方面，坝址位置和坝型不变，增加坝后消能电站，输水线路、提水泵站的布置及取水方式有所调整；工程规模方面，正常蓄水位降低了 2m，正常库容相应减少 441m$^3$，多年平均供水量 6723.5 万 m$^3$，比规划阶段略有增加。

**表 3.1.4-1　小石门水库工程规划阶段与可研阶段工程规模变化对比一览表**

| 项目 | 规划阶段 | 可研阶段 | 差值 |
|---|---|---|---|
| 最大坝高 | 171.4 | 163.5 | -7.9 |
| 正常蓄水位（m） | 1675 | 1673 | -2 |
| 正常库容（万 $m^3$） | 10809 | 10368 | -441 |
| 死水位 | 1596.1 | 1601.4 | 5.3 |
| 死库容 | 1199.4 | 1456.9 | 257.5 |
| 兴利库容 | 9609 | 8911.1 | -697.9 |
| 总库容 | 11679 | 11102 | -577 |
| 调节特性 | 多年调节 | 多年调节 | \ |
| 坝后消能电站装机容量（MW） | 0 | 15 | 15 |
| 灌溉面积 | 21.0 | 27.3 | 6.3 |
| 农灌供水量 | 6392 | 6533.4 | 141.4 |
| 生活供水量 | 0 | 190.1 | 190.1 |
| 输水线路总长（km） | 55.54 | 63.3 | 7.76 |

总体而言，小石门水库的工程规模、工程组成、工程任务等均与《规划》基本一致，仅由于阶段不同，设计深度的增加对部分指标有所优化调整，工程符合龙川江流域水资源综合利用规划。

**3.1.4.4 与流域水资源综合利用规划环评要求的符合性分析**

本工程可行性研究阶段，按照规划环评及审查意见要求（详见 2.1.2.1.3 节），环评专业早期便参与到工程方案设计中，工程方案进行了以下优化调整：

（1）对正常蓄水位、输水线路、施工布置进行了比选，避让了区域内分布的自然保护区、风景名胜区和生态保护红线。根据楚雄州林业和草原局、自然资源与规划局出具的情况说明，本工程用地范围不在牟定县白马山州级自然保护区和楚雄州生态保护红线内。

（2）初期蓄水阶段，采用 3 台 350S-75B 型水泵（扬程 55m，流量 1080m³/h，电动机功率 220kW），抽水流量 0.74$m^3$/s，保障了坝下勐岗河的河道生态用水需求。运行期，利用生态放流支管或生态放水闸下泄生态流量，枯期（11 月～次年 5 月）最小下泄生态流量按断面多年平均天然径流量的 15%下泄，不小于 0.74$m^3$/s；汛期（6 月～10 月）最小下泄生态流量按断面多年平均天然径流量的 30%下泄，不小于 1.47$m^3$/s。

（3）为改善龙川江水环境，切实落实“先环保后用水”、“增产不增污”的原则，楚雄州生态环境局委托云南省生态环境工程评估中心编制完成《楚雄州小石

门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）》，并得到了楚雄州人民政府的批准。在落实规划提出的一系列治污措施后，到 2035 年污染物入河量相比现状将大大降低，勐岗河、龙川江江边断面水质将改善到Ⅱ类。

（4）主体设计中输水放空隧洞进水口采取半井半塔式分层取水塔与浮筒式取水门相结合的形式取 1~4m 表层水。在采取表层取水措施后，可有效降低低温水下泄对坝下河段鱼类的影响。

（5）本工程在位于坝址右岸水库管理所东南侧缓坡地带建设鱼类增殖站，增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、云南光唇鱼、红尾荷马条鳅 4 种鱼类，年增殖放流 13.45 万尾。

因此，小石门水库符合规划环评及审查意见的要求。

**3.1.4.5 与土地整治规划的协调性分析**

2017 年 9 月，云南地质工程第二勘察院编制完成《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》。2019 年 6 月 17 日，楚雄州人民政府下发“关于同意楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划等 6 个规划的批复（楚政复[2019]18 号）”（详见附件 6），批复同意了《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》。

根据《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》，规划区可新增耕地 23.13 万亩。为了合理确定小石门水库工程供水范围，云南省院编制了《云南省元谋干热河谷区水资源配置专题》，对元谋干热河谷区的水资源供需配置进行了详细研究，并根据研究成果确定小石门水库的供水范围。水资源配置分析认为，元谋干热河谷片区现状水资源开发利用程度高，进一步开发的难度很大，随着热区土地资源的开发利用，供需水矛盾将更加突出。发展高效节水灌溉农业、开发规划区周边水源工程和外流域调水是解决该区水资源供需矛盾的根本出路。而区域周边水源工程主要为小石门水库、坛罐窑水库以及挨小河水库，外流域调水为滇中引水工程。元谋干热河谷片区水资源配置成果详见图 3.1.4-1 所示。

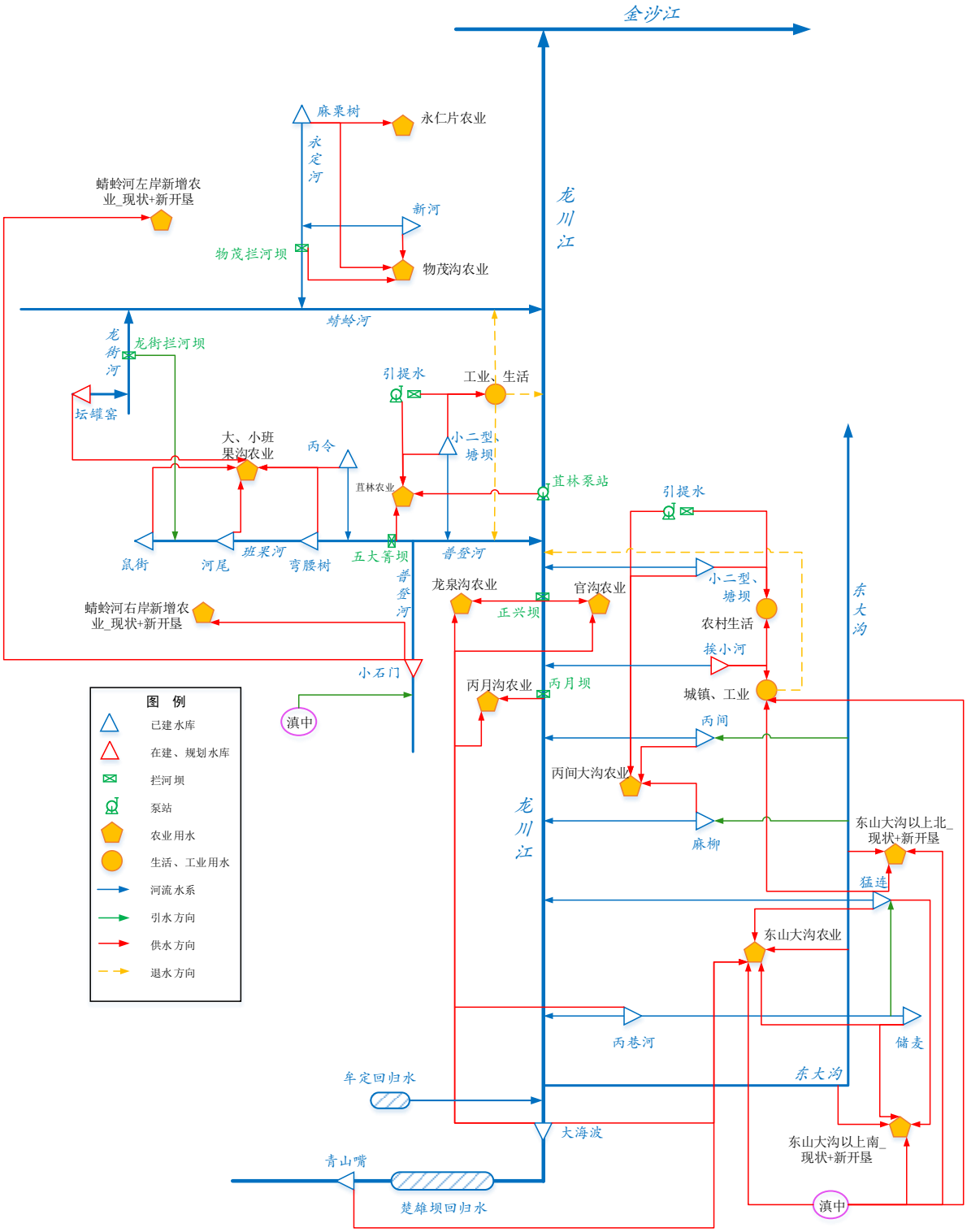



**图 3.1.4-1　元谋干热河谷区水资源配置模型概化图**

根据水资源配置成果最终确定小石门水库农灌供水范围为元谋干热河谷区西片区新华乡、平田乡、物茂乡、黄瓜园镇及水库左侧大姚县龙街乡、右侧牟定县戌街乡等 6 个乡镇。其中，元谋西部片区中的物茂沟、大小班果沟为改善灌片，共计 7.8 万亩；蜻蛉河左、右岸 17.84 万亩耕地为《楚雄州元谋禄丰干热河谷片

区土地利用整治专项规划》中新增的元谋西部片区耕地。小石门水库建成供水后，可使片区内供需水平衡，满足当地生产生活、农灌供水需求。因此，工程建设与《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》是相协调的。

#### 3.1.4.6 与土地整治规划环评要求的符合性分析

2020 年 9 月 15 日，楚雄州生态环境局以《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》审查意见的函（楚环函[2020]11 号）批复同意了《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》。

小石门水库灌区面积 27.3 万亩，其中新增灌区 17.84 万亩位于元谋干热河谷片区土地利用整治范围内，根据本阶段核实，灌区不涉及环境敏感区，也不涉及生态保护红线。小石门水库新增 17.84 万亩灌区全部高效节水灌溉，灌溉水利用系数达到 0.78。小石门水库建成供水后，本区水资源开发利用率为 39.8%，满足生态环境对水资源开发利用率不大于 40%的要求。为改善龙川江水环境，楚雄州生态环境局委托云南省生态环境工程评估中心编制完成《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）》，并得到了楚雄州人民政府的批准。规划提出在本工程灌区内实施农业面源污染治理建设项目，项目内容主要包括农田有机污染物绿色生物及物理联合修复，坡耕地径流集蓄与再利用，农药包装废弃物回收，畜禽养殖污染减量与高效生态处理，新型标准地膜与农田高强度地膜回收。随着规划治污措施得到落实，灌区灌溉对地表水环境的影响将得到减小。

根据以上分析，本工程与土地整治规划环评审查意见的要求是符合的。

## 3.2 工程方案的环境合理性分析

### 3.2.1 水资源配置的环境合理性分析

（1）取水规模的合理性

元谋县具有得天独厚的光热资源优势，是全国“南菜北运”的重要基地。但区内为干热河谷区域，具有气温高、气候干燥，水资源量少、年际年内变化大的特点。现状年，元谋干热河谷区内已建成的水利工程较多，现状本区水资源开发利用程度较高，已达 66%，超过了本区合理的水资源开发利用上限，进一步开发的

难度很大。随着热区土地资源的开发利用，供需水矛盾将更加突出，发展高效节水灌溉农业，开发规划区周边水源工程和外流域调水是解决该区水资源供需矛盾的根本出路。

小石门水库坝址以上径流面积 739km$^2$，坝址多年平均入库径流量为 14201 万 m$^3$。小石门水库建成运行后，多年平均总供水量 6723.5 万 m$^3$，其中滇中引水工程供水 1708 万 m$^3$，小石门水库本区供水 5015.5 万 m$^3$，本区水资源开发利用率为 39.8%，符合水资源开发利用率不超过 40%的要求。本区水利工程、滇中引水工程、小石门水库合计供水量 10499 万 m$^3$，规划区内供需基本平衡。

本工程生态流量按枯季不少于多年平均天然径流量的 15%，汛期不少于 30%下泄，若枯水年本区来水量小于月平均生态需水量，优先补足下放下游河道生态需水量。本工程多年平均下放生态用水为 3295.6 万 m$^3$，汛、枯期下游河道生态流量分别为 1.47m$^3$/s、0.74m$^3$/s。

综合以上，小石门水库取水规模满足环境保护、水资源管理相关要求。

（2）用水结构和规模的合理性

元谋干热河谷区现状有效灌溉面积 38.51 万亩，其中常规灌溉面积 29.36 万亩，高效节水灌溉面积 9.15 万亩。现状缺水量 6468 万 m$^3$，其中城市生活缺水 541 万 m$^3$、工业缺水 589 万 m$^3$、农村生活缺水 22 万 m$^3$、农业缺水 5316 万 m$^3$。到 2035 年，土地利用整治专项规划实施后，元谋干热河谷区耕地总面积 59.04 万亩，其中常规灌溉面积 12.86 万亩，高效节水灌溉面积 46.18 万亩，缺水量 6919 万 m$^3$，缺水主要集中在农业灌溉，尤其是新开垦的耕地缺水问题尤为严重。建设小石门水库后，可改善水库两岸 1.66 万亩，解决元谋西部灌区 17.84 万亩新增耕地、改善原元谋大型灌区内物茂乡、平田乡 7.8 万亩耕地农灌需水问题，使规划区内农灌用水供需基本平衡。

在用水定额方面，设计水平年 2035 年，灌区常规灌片（P=75%）大春作物用水定额在 90~285 m$^3$/亩、小春作物用水定额在 170~345 m$^3$/亩、葡萄等常年作物用水定额在 160~440m$^3$/亩、花卉用水定额为 420 m$^3$/亩；高效节水灌片（P=90%）大春蔬菜用水定额为 285m$^3$/亩、小春蔬菜用水定额为 345 m$^3$/亩、葡萄等常年作物用水定额在 100~320m$^3$/亩、花卉用水定额为 336 m$^3$/亩，均低于《云南省用水定额》（2019 版)相应用水定额标准。

从种植比例看，设计水平年 2035 年，灌区内耗水量大的作物种植比例减少，而耗水小且经济效益好的作物如水果等的比例增大，灌区主要以耗水较少的大春蔬菜、小春蔬菜及葡萄等经果林为主，不但优化了种植结构，而且使得单位面积供水量有所降低。此外，常规灌片灌溉复种指数由现在的 176.0%提高到规划水平年 2035 年的 193.0%，高效灌片由现在的 174.0%提高到规划水平年 2035 年的 188.0%。

此外，区内大力发展高效节水灌溉，同时通过灌区渠系改造提高常规灌溉水利用系数 0.68、高效节水灌溉片区的灌溉水利用系数为 0.78，提高城乡生活供水保证率至 95%，提高高效节水灌区农业供水保证率至 90%，农业灌溉用水毛定额大幅下降，基本满足元谋片区经济社会发展需水要求。小石门水库灌区面积 27.3 万亩，其中 24.38 万亩为高效节水灌溉，占 89.3%，灌溉水利用系数 0.78，符合最严格水资源管理制度要求，具有环境合理性。

综合以上分析，小石门水库供水水资源配置具有环境合理性。

### 3.2.2 坝址选择的环境合理性分析

小石门水库工程可研阶段进行了上、下两个坝址的比选。其中，上坝址位于白土坡村东侧，坝址高程 1516m，控制径流面积 739km$^2$；下坝址位于老厂村南侧约 1km 处，距上坝址约 1.5km，坝址高程 1480m，控制径流面积 743km$^2$。两坝址相对位置如图 3.2.2-1。

根据上、下坝址位置和兴利调节成果，上坝址兴利库容 8911.1 万 m$^3$，下坝址兴利库容 8896.2 万 m$^3$，两坝址兴利库容仅相差 14.9 万 m$^3$，按照等效益原则进行坝址比选。

根据可研报告，从地质条件上看，上坝址明显优于下坝址。

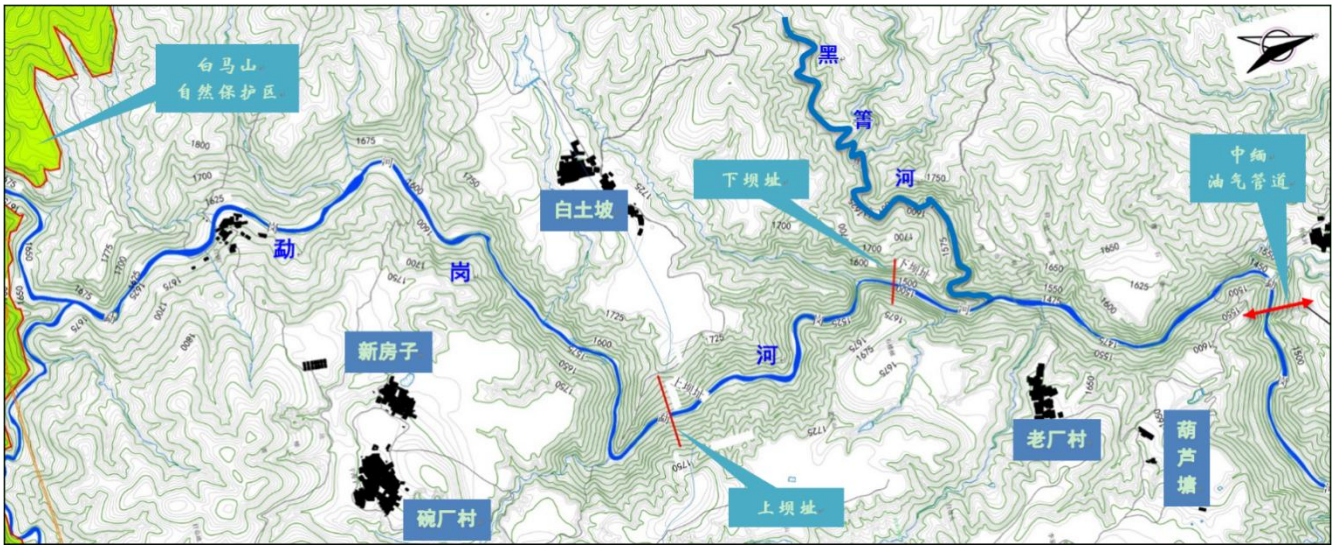



**图 3.2.2-1　上下坝址相对位置关系图**

从环境影响上看，本工程比选两个坝址以及淹没区均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，也不涉及生态保护红线，工程建设不存在重大环境制约因素。上坝址淹没土地面积 3060.60 亩，下坝址淹没土地面积 3165.62 亩，影响的植被主要是暖温性针叶林、稀树灌木草丛、干热性灌丛，次生性显著，总体上淹没对评价区自然植被影响有限，而下坝址淹没面积相对较少，对区域陆生植物植被影响相对较小。上、下坝址均为混凝土面板堆石高坝方案，上坝址方案最大坝高 163.5m，下坝址方案最大坝高 173.4m，经初步分析两方案库区水温结构均为稳定分层型，下泄低温水对下游河道水生态有一定影响，其中下坝址方案坝高更高，与上坝址方案相比低温水影响将更加显著，为减缓下泄水温对河道水生态影响，可研报告推荐的上坝址方案采用表层取水，因此上坝址方案对水生态的影响相对较小。从其它环境要素上进行比选，上、下坝址方案没有明显差异。环境比选详见表 3.2.2-1。

综合以上分析，经环境影响比选，本次评价认为可研报告推荐的上坝址为环境较优方案。

**表 3.2.2-1　上、下坝址方案环境影响比选表**

| 项目 | 上坝址 | 下坝址 |
|---|---|---|
| 坝型 | 混凝土面板堆石坝 | |
| 多年平均入库径流量(万 $m^3$) | 14201 | |
| 正常蓄水位（m） | 1673 | 1644 |
| 正常库容（万 $m^3$） | 10368 | 10474 |
| 最大坝高（m） | 163.50 | 173.40 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 多年平均供水量（万 m³） | | 6723.5 | |
| 灌溉面积（万亩） | | 26.11 | |
| 供水人口（万人） | | 8.24 | |
| 下游生态水量（万 m³） | | 3295.6 | |
| 淹没土地面积（亩） | | 3060.60 | 3165.62 |
| 搬迁人口（人） | | 0 | |
| 环境影响比较 | 水环境 | 两个方案水位、库容、坝高有一定差异，但从水资源、水质、水文情势等角度分析，两方案没有明显差异 | |
| | 陆生生态 | 两方案均不涉及生态保护红线等环境敏感区，淹没影响植被次生性显著，下坝址方案淹没较上坝址方案多 105.02 亩，上坝址较优 | |
| | 水生生态 | 下坝址方案最大坝高增加了近 10m，库区水温分层现象更显著，对泄水对下游河道水生态影响更明显，因此上坝址方案较优 | |
| | 大气、声环境 | 两方案坝址周边影响范围内均没有居民点分布 | |
| | 社会环境 | 两方案均没有移民搬迁，下坝址方案淹没土地面积多 105.02 亩，对当地土地利用影响更显著，上坝址方案较优 | |
| | 环境敏感目标 | 两方案均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区 | |
| | 生态保护红线 | 两方案均不占用生态保护红线 | |
| | 地质环境 | 下坝址方案河谷地形狭窄；左岸山体单薄，存在邻谷渗漏问题；右坝肩地基强度低、透水性强、边坡不稳定；两岸地下水位低缓，相对隔水层埋藏深，库盆渗漏风险大。上坝址方案较优 | |

### 3.2.3 正常蓄水位选择的环境合理性分析

可研阶段分别选取了正常蓄水位 1673m、1675m、1677m 三个方案进行比选。不同正常蓄水位方案环境影响比较详见表 3.2.3-1。

**表 3.2.3-1　小石门水库工程不同正常蓄水位环境影响对比一览表**

| 项目 | 不同正常蓄水位方案 | | |
|---|---|---|---|
| | 1673m | 1675m | 1677m |
| 最大坝高（m） | 163.5 | 165.3 | 169.5 |
| 正常库容（万 m³） | 10368 | 10808.9 | 11263.5 |
| 兴利库容（万 m³） | 8911.1 | 9424.3 | 9878.9 |
| 总库容（万 m³） | 11102 | 11554.5 | 11993.9 |
| 多年平均供水量（万 m³） | 6723.5 | 6559 | 6650.6 |
| 灌溉面积（万亩） | 27.3 | 21.64 | 21.94 |
| 本区水量利用系数 | 0.385 | 0.394 | 0.4 |
| 水环境 | 各方案水库建成后对水质、水温、水文情势影响基本相同 | | |
| 陆生生态环境 | 随着正常蓄水位增加，淹没占地面积增加，淹没林地面积逐步增加 | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 水生生态环境 | 均对勐岗河造成阻隔影响，且影响相当 | | |
| 社会环境 | 随着正常蓄水位增加，淹没耕园地面积逐步增加，但均不涉及搬迁安置人口。 | | |
| 环境敏感区 | 不淹没占用牟定县白马山州级自然保护区 | 淹没占用 10.41m² 牟定县白马山州级自然保护区实验区 | 淹没占用 32.17m² 牟定县白马山州级自然保护区实验区 |

根据水库长系列径流调节计算成果，三组方案均能满足评价区工农业生产生活供水要求，但 1677m 方案可供水量超过灌区需水要求，产生余水。因此，1675m、1673m 方案更为合理。

从水环境影响、水生生态环境影响量方面看，1673m、1675m 方案影响相当。但 1675m 方案淹没占地面积更大，对林地占用、耕园地占用面积更大，影响更大。

从涉及的环境敏感区方面看，1675m、1677m 方案分别淹没占用牟定县白马山州级自然保护区实验区 10.41m²、32.17m²，1673m 方案水库淹没不涉及牟定县白马山州级自然保护区。2020 年 11 月 25 日，楚雄州林业和草原局出具“关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函”（楚林函[2020]45 号），小石门水库工程项目用地范围不在牟定县白马山州级自然保护区内。

综合以上分析，小石门水库正常蓄水位 1673m 方案为环境最优方案。

## 3.2.4 输水线路的环境合理性分析

### 3.2.4.1 输水方式的比选

小石门水库正常蓄水位 1673.0m，死水位 1601.4m，灌区高程主要在 1050～1550m 之间，从可利用落差来看，基本具备有压输水和无压输水的条件。可研阶段对工程输水方式进行了有压管道输水、无压渠道输水的比选。

无压输水方式存在输水线路长、建筑物开挖量大，对地表扰动大，破坏的植被面积大；有压输水方式可在坡度较缓的高程沿等高线布置，也可顺山脊及宽缓阶地布置，因管道布置灵活能有效避开植被较好和环境敏感的区域，输水线路较短，大幅减少了因开挖而对地表植被产生的扰动。输水线路沿线大部分区域植被较差，荒坡裸露，生态环境脆弱，水土流失较严重。有压管道线路较无压渠道线路短，开挖量小，产生的弃渣量相对较小，可以大大减少施工道路、弃渣场的规模，有效减少征占地面积，且埋管段均为临时占地，施工结束后覆土进行植被恢

复，对植被影响相对较小。本工程灌区大部分属于干热河谷地区，蒸发量大，渠道输水方式导致渗漏及蒸发损失远远大于管道输水，同时渠道输水沿线水质易受污染，本工程承担这 8.24 万人的生活供水任务，从输水水质保护的角度有压管道输水优于无压渠道输水。根据一般运行情况，无压渠道灌溉水利用系在 0.6 左右，管道灌溉水利用系数可达 0.9，从与最严格水资源管理制度符合性上看，采用有压管道输水也更加合理。

综合以上分析，本工程输水方式选取有压管道输水为最优方案，具有环境合理性。

**3.2.4.2 输水线路比选**

（1）总干线

小石门水库输水线路总干线总体上为西南-东北走向，可研报告对勐岗河左、右岸两条输水线路进行了比选。总干线左、右岸线路走向详见图 3.2.4-1 所示。

左岸线路方案共有隧洞 1 条，管道 1 段，线路总长 18790m，其中隧洞 16493m，管道 2297m；右岸线路方案共布置隧洞 2 条、管道 2 段，隧洞总长 12741m，管道长 3508m，线路总长 16248m。

从环境影响上看，左岸方案线路总长度比右岸方案长 2542m，但左岸方案以隧洞为主，管道长度比右岸方案短 1211m，右岸方案对地表植被的扰动相对较少。左岸方案 1140m 线路穿越了元谋省级风景名胜区的浪巴铺土林景区，右岸方案不涉及环境敏感区和生态保护红线，而从其他环境要素分析左右岸方案环境影响差异不大。

综合以上分析，经环境影响比选，左岸方案影响到风景名胜区，本评价认为可研报告推荐的右岸方案为环境较优方案。

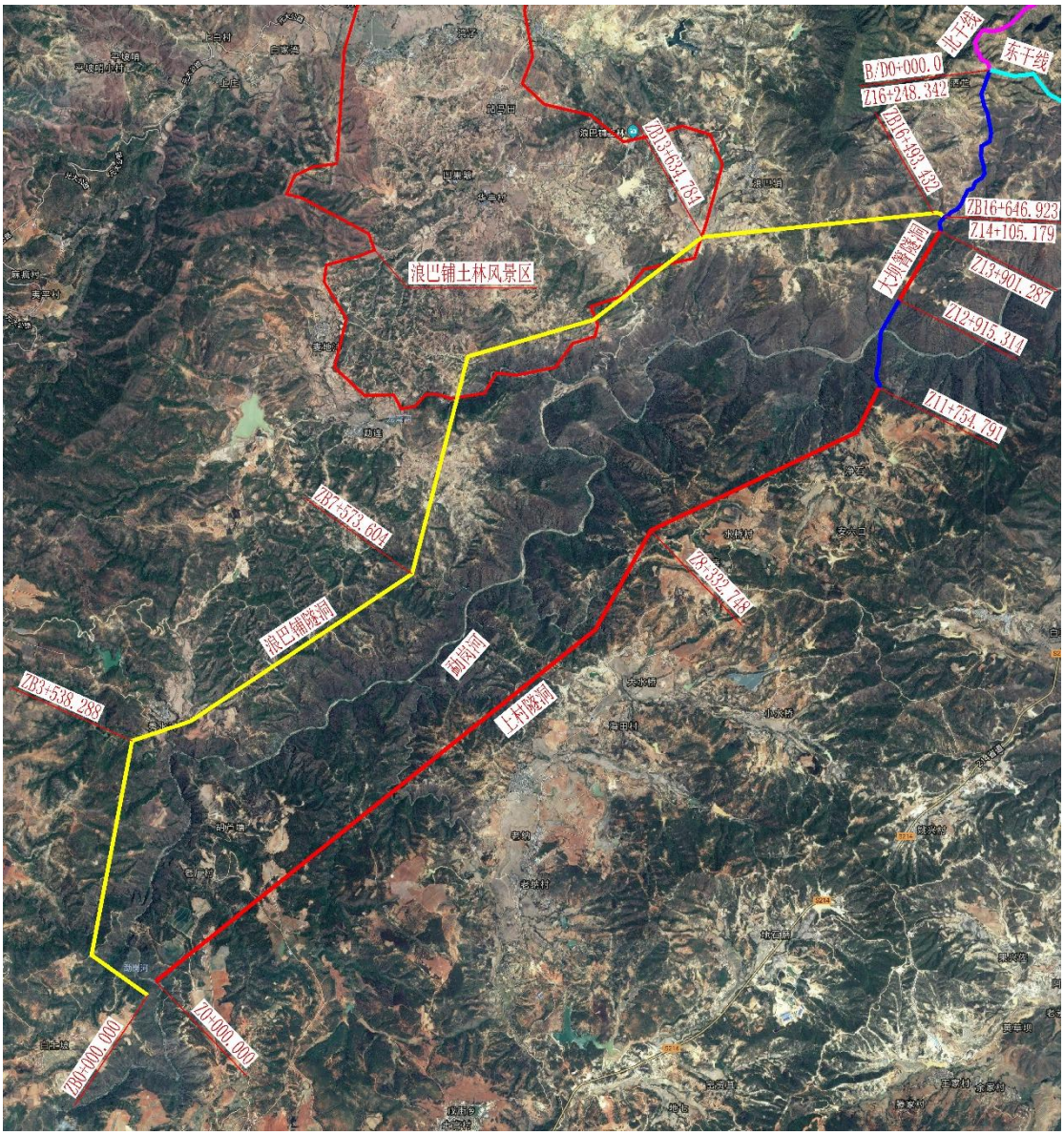



**图 3.2.4-1　小石门水库总干线左、右岸线路布置示意图**

（2）东干线

小石门水库输水线路东干线长 4216m。东干线前段绕开了勐令沟选矿区，从其北侧向东布线，经小己保、班西立转向东南到达 214 省道附近。东干线输水线路沿线不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，沿线经过的村庄少，施工期间大气粉尘、机械噪声对环境影响较小。干线占用的植被类型主要为暖温性针叶林，多为次生植被，输水线路主要为埋地管道，占地多为临时占地，施工结束后可通过植被恢复措施减缓不利影响。因此，东干线选线在环境上是合理的。

（3）北干线

小石门水库输水线路北干线线路较长，可研报告中分别对五哨村至土林段（B3+744.5~B22+531.3）、土林至芝麻村段（B17+365.1～B42+569）、跨蜻蛉河段（B13+029.9~B24+770.6）、跨永定河段（B28+340.9~B42+569）进行了比选。北干线局部线路比选平面布置示意图见图 3.2.4-2~3.2.4-5 所示。线路环境比选情况详见表 3.2.4-1 所示。

**表 3.2.4-1　北干线局部线路环境合理性比选情况一览表**

| 线路 | 方案一 | 方案二 | 环境比选 |
|---|---|---|---|
| 五哨村至土林段 | 管道，长度 18786.788m，主要在盆地边缘山梁或半山坡开挖平台铺设，地形起伏较大，镇墩较多，管线主要穿越灌区中上部，布置支线较方便 | 管道，长度 16483.339m，主要在盆地内铺设，地势平缓，管道起伏较小，镇墩较少，部分管线位于灌区边缘或离灌区较远，支管长度较长 | 两方案均为管道，施工开挖对地表均有一定的扰动；方案一位于灌区中上部，影响的自然植被主要是干热性稀树灌草丛和干热性灌丛；方案二位于盆地内，分布有大量的耕地和房屋，主要影响为人工植被；两方案均不涉及环境敏感区和生态保护红线；总体上看，方案一对生态环境影响较大，但方案二穿越坝区人口密集、房屋较多，施工对居民干扰较大，还要占用大量的耕地，总体上看方案一较优 |
| 土林至芝麻村段 | 隧洞+管道，长度 25203.895m，主要在盆地边缘山梁或半山坡开挖平台铺设，地形起伏较大，采用隧洞绕过土林，管线主要穿越灌区中部，向左右两侧布置支线较方便 | 管道，长度 24599.128m，部分在盆地内铺设，地势较缓，顺蜻蛉河布置的 2.2km 管线存在地下水问题，部分管线位于灌区边缘或离灌区较远，支管长度较长 | 方案一为隧洞+管道方案，隧洞施工相对于管道对地表的扰动要小；两方案均避让了风景名胜区，也不涉及生态保护红线；从生态影响上看，占用的的自然植被均以次生性较强的干热性稀树灌草丛为主；方案二穿越了物茂乡集镇所在的坝区，人口相对密集，施工对居民生产生活影响较大；总体上看，方案一为环境较优方案 |
| 跨蜻蛉河段 | 管道，长度 11740.777m，线路沿现有道路布置，地形较缓，交通较方便，主要穿越灌区中部，向左右两侧布置支线较方便 | 管道，长度 16715.239m，管道顺等高线布置，弯道较多，镇墩平均间距约 40m，需沿等高线开挖施工平台，并新修、扩建道路，部分管线位于灌区边缘或离灌区较远，支管长度较长 | 两方案均为管道，均不涉及环境敏感区和生态保护红线；施工开挖过程中对地表有扰动，方案二线路较长，且地形较陡、交通条件差，需要开挖施工平台和施工道路较多；综合来看方案一线路短、施工扰动小，为环境较优方案 |
| 跨永定河段 | 管道，长度 14228.145m，线路沿现有道路布置，地形较缓，交通较方便，主要穿越灌区中部，向左右两侧布置支线较方便 | 管道，长度 14010.807m，管道顺等高线布置，弯道较多，镇墩平均间距约 40m，需沿等高线开挖施工平台，并新修、扩建道路，部分管线位于灌区边缘或离灌区较远，支管长度较长 | 两方案均为管道；方案二地形较陡、交通条件差，需要开挖施工平台和施工道路较多；管道跨越永定河河段涉及到国家级文物保护单位元谋小河-竹棚古猿化石地点，对文物影响大；综合来看方案一为环境较优方案 |

综合以上分析，本次环评认为可研报告中推荐的方案一为环境较优方案，线路布置具有环境合理性。

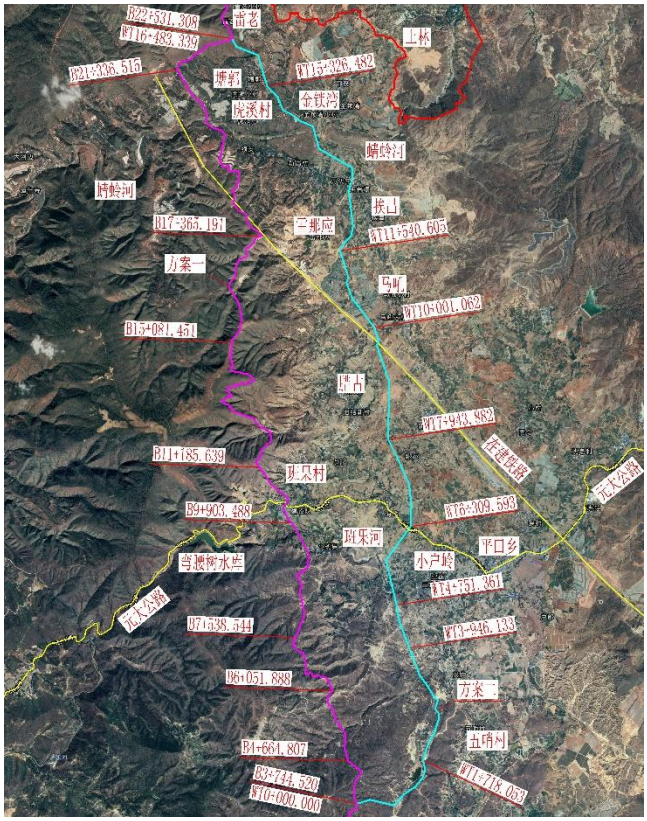



图 3.2-3 五哨村至土林段线路比较图

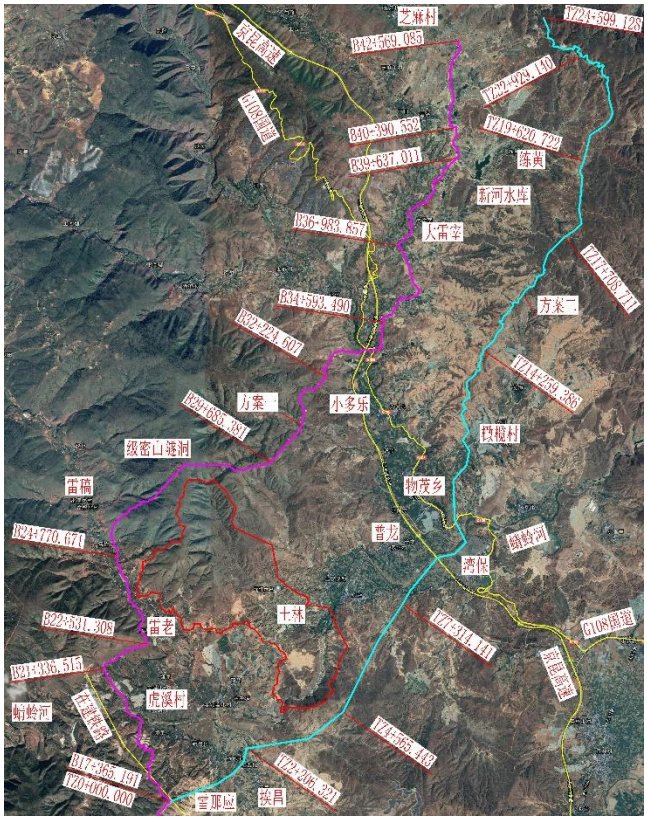



图 3.2-4 土林至芝麻村段线路比较图

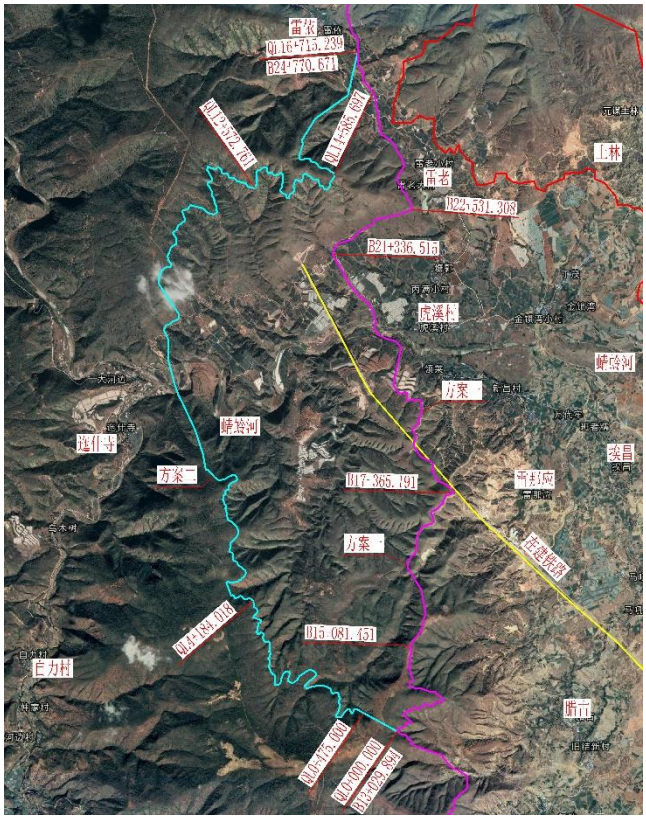



图 3.2-5 跨蜻蛉河段线路比较图

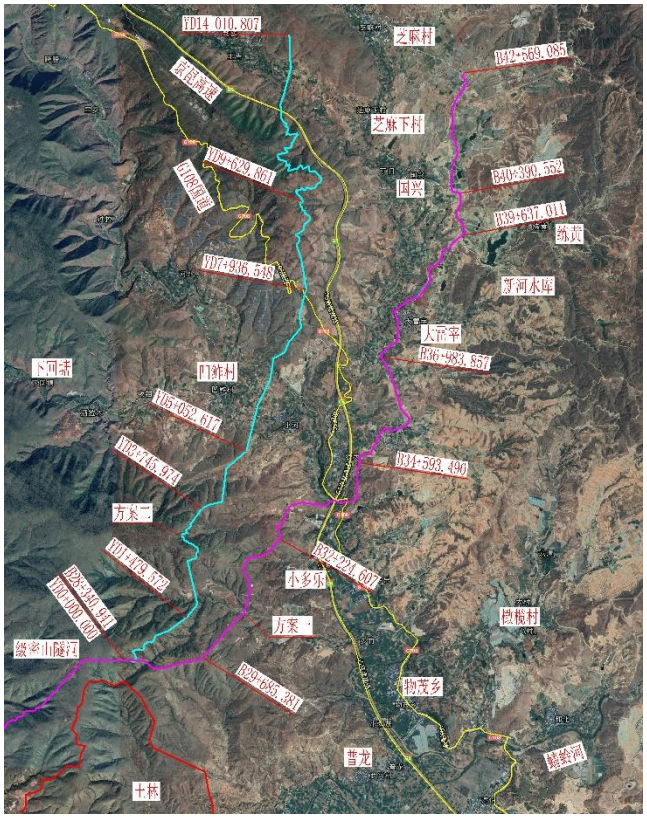



图 3.2-6 跨永定河段线路比较图

### 3.2.5 工程取水方式的环境合理性分析

小石门水库工程最大坝高 163.5m，库区平均水深 47.9m、最大水深 76.5m，为了减缓高坝大库带来的下泄低温水影响，可研阶段主体设计对小石门水库取水方案进行了底孔取水、五层分层取水及表层取水方案，其中五层分层取水方案取水方式为在输水放空隧洞进水口采取半井半塔式分层取水塔，自上而下共设置 5 层取水口，高程分别为 1657.8m、1640.6m、1623.4m、1596.5m、1588m；表层取水方案采取分层取水塔与浮筒式取水门相结合的方式，其中，分层取水塔共设置 7 层进水口，自上而下高程分别为 1663.000m、1653.000m、1643.000m、1633.000m、1623.000m、1596.500m、1588.000m。取水塔高程 1620.000～1678.700m 段为塔式结构，在该段进水面设 1 道拦污栅，并配置机械清污机。同时在该段拦污栅和进水口之前设浮筒式取水门，浮筒式取水门整体高度 14.0m，水平断面为半径为 2.9m 的半圆。水体流过进水面拦污栅后，通过浮筒式取水门的拦污栅流入浮筒内，最后通过第 1～5 层进水口流入隧洞内。

小石门水库运行水深较深，库区内水温分层明显，采取底层取水，库表底温差较大，对坝下河道水生生态环境、影响较大。而分层取水方式可有效解除坝址下泄低温水的影响，各月水温更贴近现状河流天然水温，尤其是鱼类繁殖季的 4~8 月。其中，表层取水情况下，4 月份水温较现状升高 0.3~1.1℃之间，5 月份升高 0.3~1.2℃之间，6 月份升高 0~2.7℃之间，7 月份升高-0.5~2.8℃之间，8 月份升高 1.0~2.7℃之间。采用表层取水对小石门坝址以下河段鱼类 4~8 月繁殖期水温恢复具有较好的效果。

综合以上分析，采取表层取水方式（分层取水塔+浮筒式取水门）具有环境合理性。

### 3.2.6 施工方案的环境合理性分析

（1）料场

本工程枢纽区布设了 1 个石料场、1 个土料场。其中，薄刀岭石料场位于大坝下游左岸，规划总开采有用料为 902.85 万 $m^3$（自然方）；碗厂土料场位于大坝右岸，规划总开采有用料为 10.08 万 $m^3$（自然方）。输水线路区所需砂石料从鑫

坤石料场、鑫磊石料场外购，不设开采料场。薄刀岭石料场、碗厂土料场工程布置情况详见表 3.2.5-1。

小石门水库大坝为混凝土面板堆石坝，坝高 163.5m，工程设计用料为坝壳堆石料和混凝土粗、细骨料，由于坝体较高，堆石料用量巨大，对石料质量要求相对较高。项目可研勘察前期，首先在坝址周围 20km 范围内，对坚硬岩地层出露区域进行调查筛选，本着便于开采运输、避让自然保护区、生态保护红线、公益林和基本农田等敏感区的原则，由远至近进行石料场普查。普查结果如下：

枢纽工程区西、南西及南部大面积分布“滇中红层”砂泥岩，软岩为主，土官坟、八道河一带偶有厚层砂岩夹泥岩分布，储量有限，质量难以满足堆石料技术要求；工程区北东老凹塘、大已堡一带，东南部长箐河、小力石一带有元古界昆阳群大理岩分布，但大理岩分布位置距离工程区较远，直线运距均大于 30km，投资增加近十亿，从工程投资角度分析，不适宜选用，且以上料源现状均有矿权登记，协调难度极大；工程枢纽区北部班果、新华一带及东部水桥寺一带有华力西期花岗岩分布，根据现场调查结果，花岗岩体风化深且不均匀，质量难以控制，开采剥离量大、运距大于 50km。因此，花岗岩作为本工程石料的适宜性较差；而坝址下游左岸薄刀岭基岩露头较好，大面积出露的元古界上昆阳群角闪片麻岩及斜长角闪岩，岩体强度高、风化弱，岩性单一，储量充足，且不受公益林及基本农田等影响，属于工程区附近唯一储量、质量均可满足工程建设需求且呈集中连片分布的石料场。因此，最终选定薄刀岭石料场为工程唯一料场。

本工程两个料场周边无居民点分布，料场进场道路周边也无村庄分布；两个料场占地类型主要为耕地、林地，占地 427.63 亩，为临时占地，占用的林地主要为暖温性针叶林和干热性灌木草丛，次生性较强；两个料场选址均不涉及环境敏感区和生态保护红线，也不涉及基本农田、公益林。

根据陆生生态调查，碗厂土料场受人为扰动较大，区域内无保护动植物分布；薄刀岭石料场周边发现国家二级保护动物川西斑羚、猕猴、黄喉貂。其中，川西斑羚、黄喉貂出现位点较低，仅为偶见；猕猴出现位点相对较高。石料场开采期间会对三种保护动物产生惊扰，但动物有趋避性，施工前期，施工机械及施工人员进驻后，动物将自动远离施工区域，工程建设不会导致个体数量减少。工程施工结束后，对其进行动物栖息地恢复。

综合以上分析认为，本工程料场选址环境基本合理。

（2）弃渣场

小石门水库共布设了 30 个渣场，其中，枢纽区共布设 5 个渣场，输水线路区布设 25 个渣场。各渣场布置情况详见表 3.2.5-2 所示。

**表 3.2.5-1　小石门水库工程料场布置情况一览表**

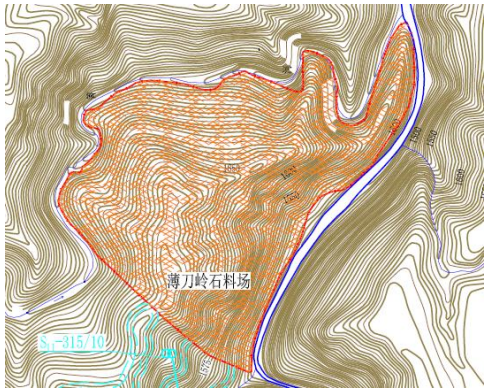
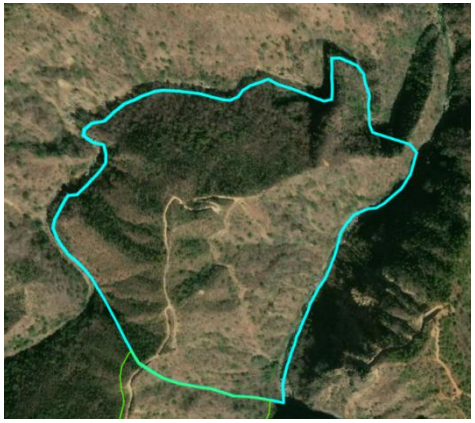
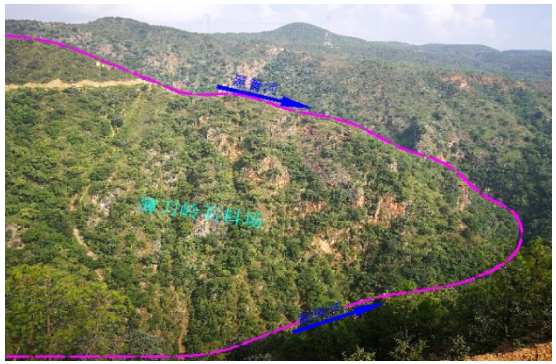
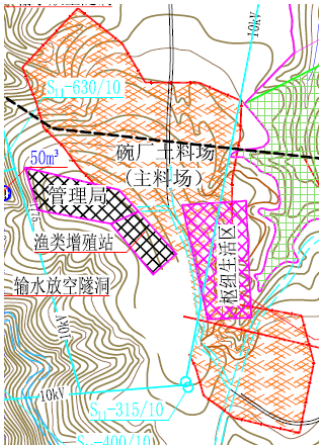
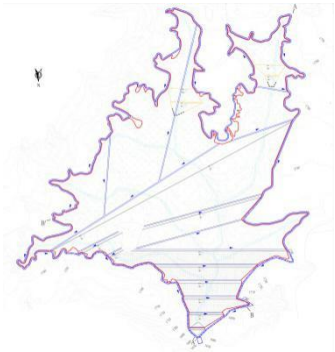
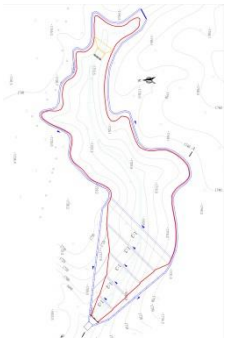
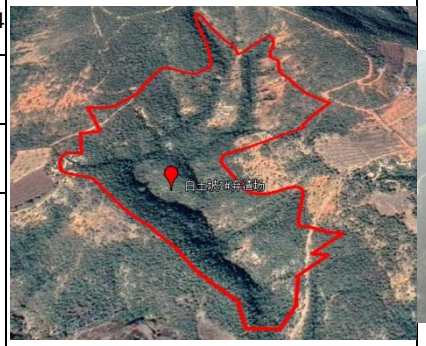
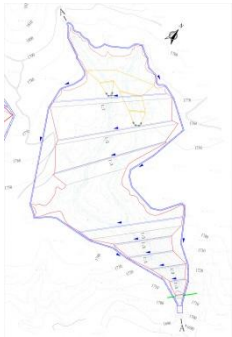
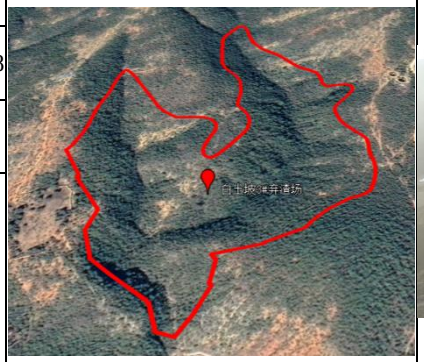
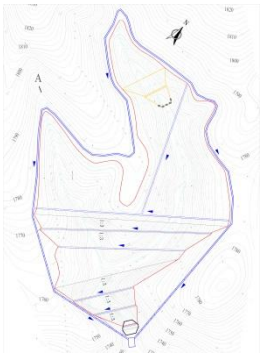
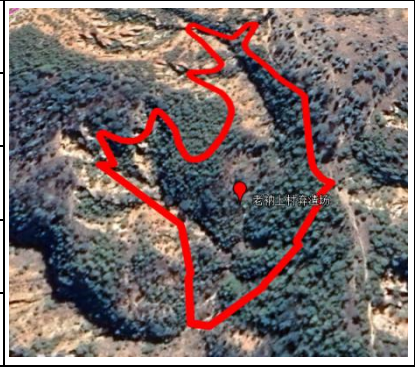
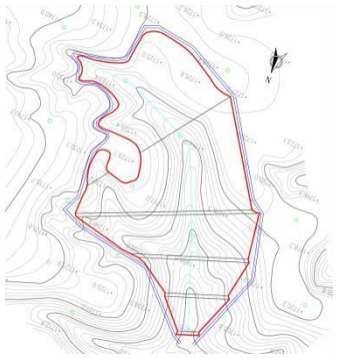
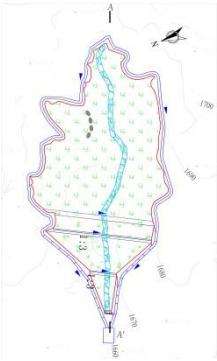
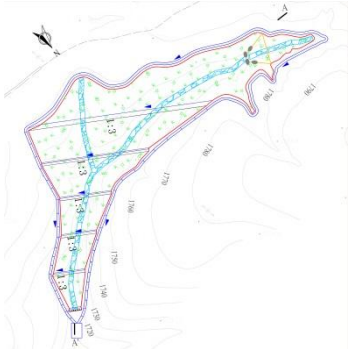
| 料场名称 | 平面布置图 | 卫星影像 | 现场照片 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|
| 薄刀岭石料场 |  |  |  | 干热性灌丛 |
| 碗厂土料场 |  | | | 暖温性针叶林、旱地 |

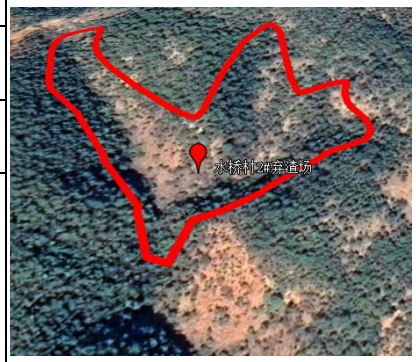
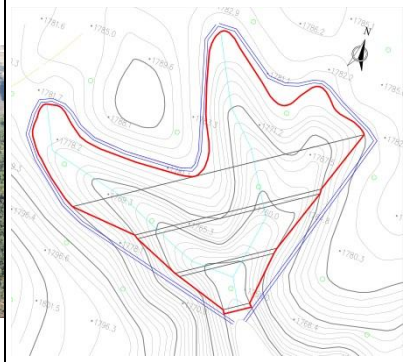
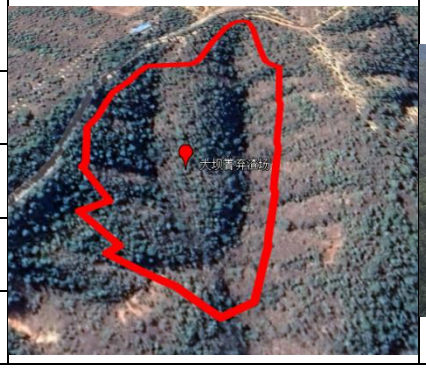
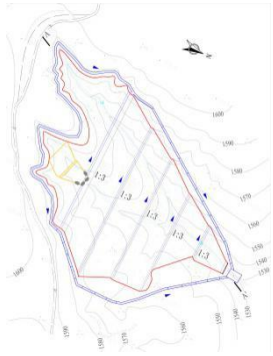
**表 3.2.5-2　楚雄州小石门水库工程渣场布置情况一览表**

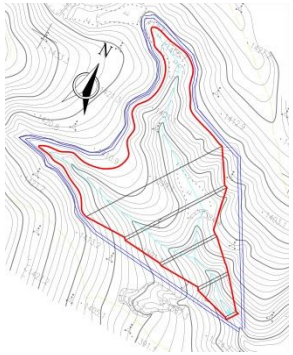
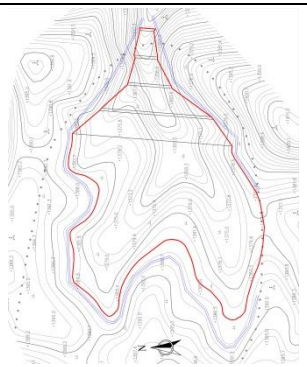
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 枢纽区 | 碗厂 1#弃渣场 | 位于大坝右岸约 1.2km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 50.21 | | |  | 暖温性针叶林、旱地 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 521.86 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 459.51 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 80 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 1.23 | | | | |
| 2 | 枢纽区 | 碗厂 2#弃渣场 | 位于大坝右岸约 1.6km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 7.69 | | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 68.16 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 56.10 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 52 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.313 | | | | |

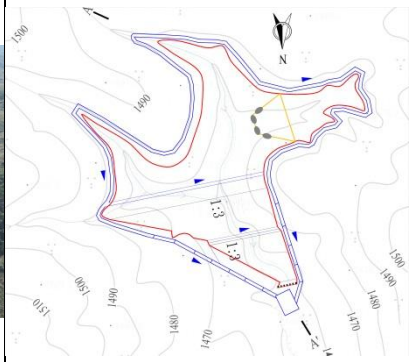
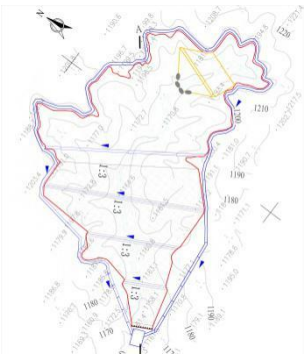
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 枢纽区 | 白土坡 1#弃渣场 | 位于大坝左岸约 1.3km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 13.25 |  | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 106.14 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 91.30 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 80 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.256 | | | | |
| 4 | 枢纽区 | 白土坡 2#弃渣场 | 位于大坝左岸约 1.4km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 13.62 | | | | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 114.97 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 107.30 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 64 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.25 | | | | |

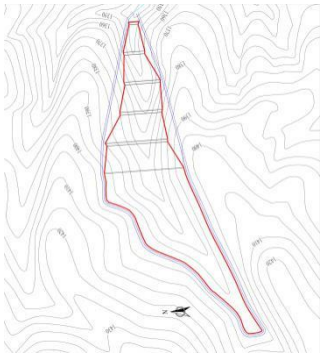
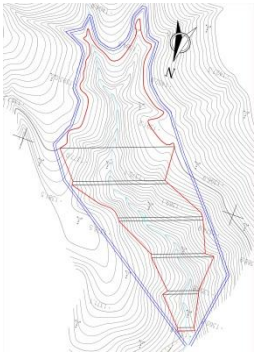
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 枢纽区 | 白土坡 3#弃渣场 | 位于大坝左岸约 2.0km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 14.59 |  | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 129.63 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 115.78 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 50 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.294 | | | | |
| 6 | 总干线 | 老纳上村弃渣场 | 上村隧洞 1#支洞以东约 1.0km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 3.96 |  | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 14.45 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 10.59 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 39 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.064 | | | | |

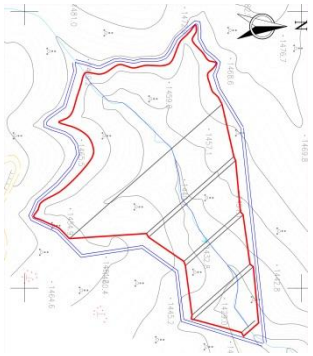
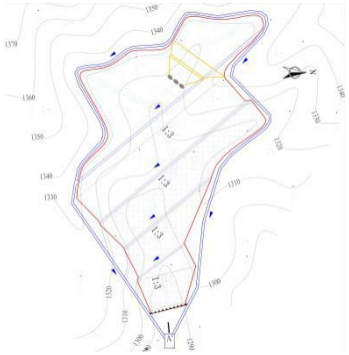
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 总干线 | 海田村弃渣场 | 上村隧洞 2#支洞以南约 0.6km 处箐沟 | 面积(hm²) | 2.64 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 12.01 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 7.87 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 27 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.05 | | | | |
| 8 | 总干线 | 水桥村 1#弃渣场 | 上村隧洞 3#支洞以西约 0.9km 处箐沟 | 面积(hm²) | 3.21 | | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 m³） | 20.44 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 15.35 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 54 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.101 | | | | |

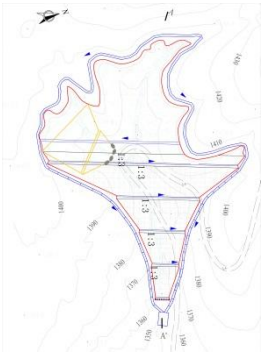
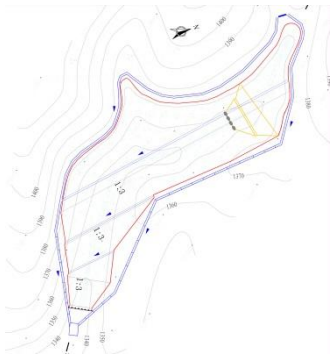
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 总干线 | 水桥村 2#弃渣场 | 上村隧洞 3#支洞以西南约 0.8km 处箐沟 | 面积(hm²) | 3.4 |  | |  | 暖温性针叶林 |
| | | | | 容量（万 m³） | 11.53 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 7.08 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 35 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.065 | | | | |
| 10 | 总干线 | 大坝箐弃渣场 | 大坝箐隧洞出口以西南约 0.5km 处箐沟 | 面积(hm²) | 4.21 |  | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 19.57 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 15.52 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 54 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.056 | | | | |

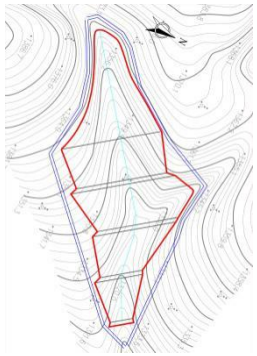
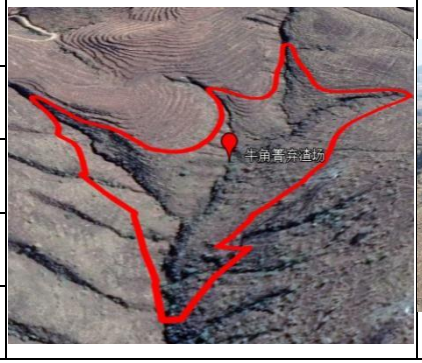
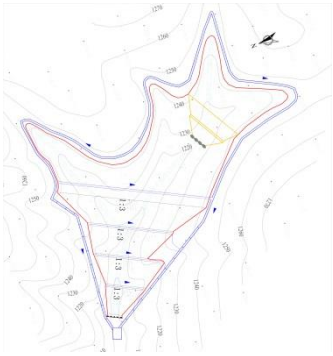
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 东干线 | 洒芷 1#弃渣场 | 东干线 D0+600 以西约 0.3km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 1.74 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 6.29 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 4.90 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 44 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.077 | | | | |
| 12 | 东干线 | 洒芷 2#弃渣场 | 东干线 D0+600 以东约 0.5km 处箐沟 | 面积($hm^2$) | 6.08 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 $m^3$） | 29.56 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 $m^3$） | 24.42 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 42 | | | | |
| | | | | 汇水面积（$km^2$） | 0.101 | | | | |

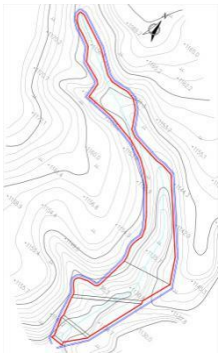
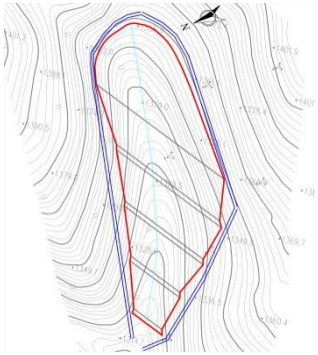
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 东干线 | 长山梁子弃渣场 | 东干线猛林沟隧洞进口以北约 0.1km 处箐沟 | 面积(hm²) | 1.83 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 7.12 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 6.07 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 21 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.094 | | | | |
| 14 | 东干线 | 大沙箐弃渣场 | 东 4-2#支管 K5+500 以东约 0.1km 处箐沟 | 面积(hm²) | 3.32 | | |  | 干热性稀树灌草丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 22.52 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 20.39 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 39 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.031 | | | | |

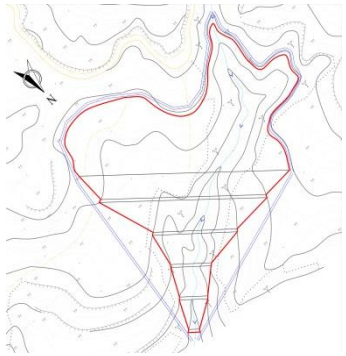
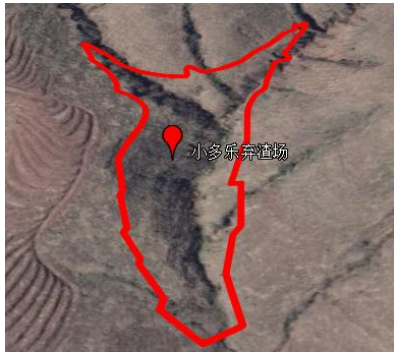
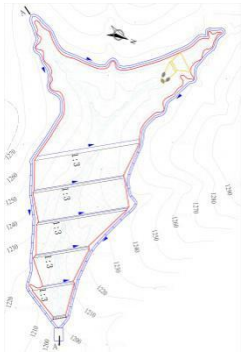
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 北干线 | 平场山弃渣场 | 北干线B2+800以东约0.3km处箐沟 | 面积(hm²) | 4.04 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 22.26 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 18.54 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 48 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.127 | | | | |
| 16 | 北干线 | 桂花坡弃渣场 | 北干线B4+900以东约0.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 3.09 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 12.49 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 11.11 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 53 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.119 | | | | |

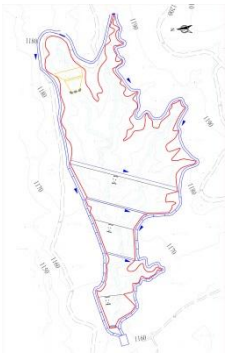
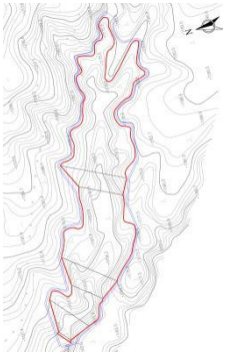
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 北干线 | 二台坡弃渣场 | 北干线B5+900以西约0.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 3.09 | | |  | 干热河谷灌丛、旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 13.94 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 7.89 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 42 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.093 | | | | |
| 18 | 北干线 | 四房箐弃渣场 | 北干线B7+900以东约0.2km处箐沟 | 面积(hm²) | 4.19 | | |  | 旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 26.49 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 19.91 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 43 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.085 | | | | |

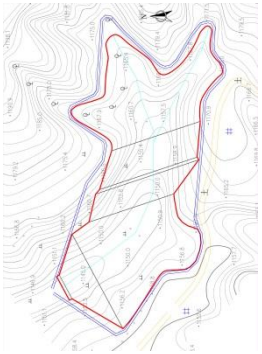
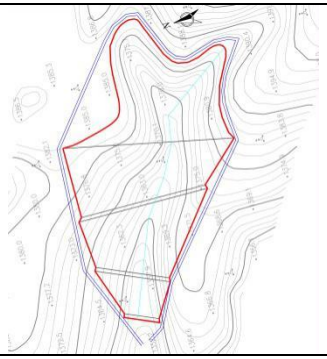
| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 北干线 | 弯腰树弃渣场 | 北干线B9+900以西约1.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 4.08 | | |  | 干热性稀树灌草丛、旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 15.04 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 11.30 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 48 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.095 | | | | |
| 20 | 北干线 | 大石箐弃渣场 | 北干线B12+400以东约0.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 4.72 | | |  | 旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 28.94 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 26.29 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 34 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.377 | | | | |

| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 北干线 | 白台子弃渣场 | 北干线B15+800以东约0.2km处箐沟 | 面积(hm²) | 2.01 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 6.54 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 5.70 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 44 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.062 | | | | |
| 22 | 北干线 | 牛角箐弃渣场 | 北干线B18+100以西约0.5km处箐沟 | 面积(hm²) | 5.4 |  | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 30.08 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 28.92 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 43 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.149 | | | | |

| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 北干线 | 塘郭弃渣场 | 北干线B22+500以东约1.0km处箐沟 | 面积(hm²) | 1.7 | | |  | 干热性稀树灌草丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 7.38 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 6.83 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 31 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.103 | | | | |
| 24 | 北干线 | 老洼箐弃渣场 | 北干线B26+500以北约0.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 2.51 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 11.41 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 9.73 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 44 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.325 | | | | |

| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 北干线 | 多竹箐弃渣场 | 北干线B30+600以东约0.3km处箐沟 | 面积(hm²) | 5.23 | | |  | 旱地、干热性稀树灌草丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 22.51 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 19.42 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 52 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.345 | | | | |
| 26 | 北干线 | 小多乐弃渣场 | 北干线B31+600以北约0.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 3.75 |  | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 17.26 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 14.70 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 54 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.163 | | | | |

| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 北干线 | 大雷宰 1#弃渣场 | 北干线B36+400以东约1.0km处箐沟 | 面积(hm²) | 5.88 | | |  | 干热性稀树灌草丛、旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 25.22 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 23.58 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 34 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.31 | | | | |
| 28 | 北干线 | 大雷宰 2#弃渣场 | 北干线B36+400以东约1.1km处箐沟 | 面积(hm²) | 5.47 | | |  | 干热性稀树灌草丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 18.9 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万m³） | 14.20 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 31 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.544 | | | | |

| 序号 | 分区 | 弃渣场名称 | 位置 | 弃渣场特性 | | 卫星影像 | 无人机影像 | 平面布置图 | 占用植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 北干线 | 班者糯弃渣场 | 北 9#支管 K3+100 以北约 1.2km 处箐沟 | 面积(hm²) | 4.2 | | |  | 干热河谷灌丛 |
| | | | | 容量（万 m³） | 13.63 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 9.95 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 25 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.07 | | | | |
| 30 | 北干线 | 大石房弃渣场 | 北 9-2#支管 K0+600 以南约 50m 处箐沟 | 面积(hm²) | 3.18 | | |  | 干热性稀树灌草丛、旱地 |
| | | | | 容量（万 m³） | 12.19 | | | | |
| | | | | 堆渣量（松方，万 m³） | 8.21 | | | | |
| | | | | 堆渣最大高度（m） | 30 | | | | |
| | | | | 汇水面积（km²） | 0.04 | | | | |

本工程 30 个渣场均为沟道型，渣场的选址均不涉及自然保护区、风景名胜区、生态保护红线等环境敏感区，渣场选址过程中充分考虑避让了省级、国家级公益林及基本农田，避让植被良好的地段。弃渣场主要占地类型为旱地、林地，弃渣场占用的林地类型主要为暖温性针叶林及少许干热性稀树灌木草丛，林地生物多样性不高，植被的损失不会造成生物多样性的变化。弃渣场生态结构及层次都相对简单，弃渣场占地范围内不涉及保护植物。其中，碗厂 2#渣场占地范围内植被较为茂密，占用的植被类型为暖温性针叶林。由于碗厂 2#渣场堆渣量较小，建议优先选用碗厂 1#渣场，碗厂 1#渣场容量不能满足堆渣要求后再启用碗厂 2#渣场；水桥村 1#渣场、老衲上村弃渣场占地范围内的植被长势较好，占用的植被类型为暖温性针叶林，以上三个渣场应在弃渣结束后应做好植被恢复措施。

综上所述，从环境的角度出发，本工程的渣场选址是合理的。

（3）施工生产生活区

小石门水库工程共布设了 18 个生产生活区，其中，枢纽区共布设 1 个、输水线路区布设 17 个。

经核实，本工程生产生活区不涉及风景名胜区、自然保护区、生态保护红线等环境敏感区，周围也无居民点分布，施工活动对当地居民生活无影响。生产生活区地势相对平缓，主要占地类型为旱地和有林地。由于生产生活区属临时占地，工程结束后采取复垦措施进行绿化，对环境的损失是可以接受的。

综上所述，本工程的生产生活区选址环境合理。

## 3.3 工程施工期工程分析

### 3.3.1 水环境

#### 3.3.1.1 地表水环境

（1）施工导流、截流及初期蓄水

①枢纽区施工导流、截流

小石门水库大坝建设期间需要进行施工导流，大坝为混凝土面板堆石坝，施工导流采用一次断流、枯期围堰挡水、汛期临时坝体挡水度汛、隧洞泄流的导流方式。

河道截流安排在第二年 12 月初进行，截流后通过导流泄洪隧洞泄流。在主河道截流期间，通过导流泄洪隧洞泄放生态流量，截流期间坝下河道不断流。

②输水线路施工导流

本工程输水线路分为总干线、北干线、东干线三部分，其中主干线跨越勐岗河，采用倒虹吸方式，无需施工导流；东干线沿线不跨越河流，无施工导流；北干线分别跨越班果河、蜻蛉河、雷依小河、永定河、芝麻河，跨越方式均为埋管，在最枯时段进行施工导流。

③初期蓄水

根据施工组织设计，水库下闸蓄水时间定为第 7 年 3 月初，下闸流量采用 80%保证率下的月平均流量 Q=2.43$m^3$/s。水库起蓄水位为 1539m（相应库容万 50.9$m^3$），从 1539m 蓄水至输水隧洞 1596.5m（相应库容 1218 万 $m^3$）期间，利用抽水泵抽水至输水隧洞，经输水隧洞向下游河道下放生态流量；输水隧洞蓄水至死水位 1601.4m（死库容 1456.9 万 $m^3$）、正常蓄水位 1673m（正常库容 10368 万 $m^3$）期间，利用输水隧洞向下游泄放生态流量。

初期蓄水期间，水库调度优先保证坝下河道生态用水量，当来水不能满足下游用水需水量时，水库调度采用来多少泄放多少的原则，优先满足生态用水。经计算，在保障生态流量泄放的前提下，需 128 天蓄水至输水隧洞 1596.5m，期间用 3 台 350S-75B（Q=1080$m^3$/h、H=55m、220kw）水泵抽水至输水隧洞向下游泄放生态流量；135 天蓄水至死水位 1601.4m，期间利用输水隧洞泄放生态流量；1108 天蓄水至正常蓄水位 1673m，期间利用输水隧洞下放生态流量。

通过以上分析，水库初期蓄水期间坝下河道不会发生断流。

（2）施工期废水源强

①混凝土冲洗、养护废水

本工程施工期间共需混凝土总量约 58.02 万 $m^3$。其中，枢纽区混凝土总量为 29.65 万 $m^3$，总干线混凝土使用总量为 8.81 万 $m^3$，东干线和东支线混凝土使用总量为 3.85 万 $m^3$，北干线和北支线混凝土使用总量为 15.71 万 $m^3$。

混凝土拌和浇筑的施工用水绝大部分被混凝土成品带走，产生废水的主要是混凝土养护及混凝土冲洗废水。按照枢纽区拌合站每天冲洗 2 次，每次冲洗用 5$m^3$ 水，移动式搅拌机每天冲洗 2 次，每次冲洗用 0.5$m^3$ 水，排放系数取 0.8 计

算，本工程主体施工期为 54 个月，则施工期间共计产生混凝土拌合废水 5.96 万 $m^3$，总排放强度达 36.8$m^3$/d，其中枢纽区排放强度 6.4$m^3$/d，总干线排放强度为 5.6$m^3$/d，东干线排放强度为 5.6$m^3$/d，北干线排放强度为 19.2$m^3$/d。各片区混凝土拌合废水产生量详见表 3.3.1-1 所示。

**表 3.3.1-1　小石门水库施工期间混凝土拌合废水产生量一览表**

| 序号 | 区域 | 日均排放强度（$m^3$/d） | 施工期间污水量（万 $m^3$） |
|---|---|---|---|
| 1 | 枢纽区 | 6.4 | 1.04 |
| 2 | 总干线 | 5.6 | 0.91 |
| 3 | 东干线 | 5.6 | 0.91 |
| 4 | 北干线 | 19.2 | 3.11 |
| 合计 | | 36.8 | 5.96 |

混凝土拌合废水主要来源于转筒和料罐的冲洗废水，含有较高的悬浮物，浓度可达 5000mg/L；混凝土养护将产生养护碱性废水；混凝土冲洗养护废水 pH 值一般大于 10，并含有较高悬浮物。

②砂石料冲洗废水

本工程在枢纽区、总干线前段设置了 1 套砂石料加工系统，位于石料场西北面。其中枢纽工程共需制备砂石骨料约 61.87 万 $m^3$，总干线前段共需制备砂石骨料 12.55 万 $m^3$。砂石骨料经过筛分后进行冲洗，悬浮物浓度较高，一般在 30000～50000mg/L。总干线后段及东干线、北干线所需的 50.34 万 $m^3$ 砂石料均从鑫坤石料场、鑫磊石料场外购，不在施工区产生砂石料冲洗废水。

砂石料冲洗用水量按照 1$m^3$ 砂石料用水 2$m^3$ 估算，排放系数取 0.8，则枢纽区和总干线前段共产生砂石料冲洗废水 119.07 万 $m^3$，最大排放强度 160$m^3$/h。砂石料冲洗废水需处理后回用于生产或用于施工道路洒水降尘等。

③机修含油废水

本工程施工期间，各类施工机械维修主要依托当地乡镇机械修理厂，仅在枢纽区布设一座机械修配厂，在各个生产生活区内配备设备维护车间，进行简单的机械日常保养。施工机械、汽车在冲洗、保养过程中将产生一定的含油废水，主要污染物成分为石油类、COD 和悬浮物。石油类浓度约 10~30mg/L，COD 约 25~200mg/L，悬浮物约 500~4000mg/L。参照《环境影响评价技术手册：水利水电工程》，汽车冲洗设计用水量为 400L/辆•次，冲洗时间为 15min/辆•次，1h 可

冲洗 4 辆汽车，一天高峰冲洗时间 4h 计，产污率以 90%计，则高峰日废水量为 5.4m$^3$/d。

④生活污水

本工程共设置 18 个施工人员生活区，其中枢纽区共布设 1 个、总干线布设 5 个、东干线布设 2 个、北干线布设 10 个。生活废水包括施工人员洗涤、食堂排水和卫生用水。施工期平均人数 2625 人，最高峰人数 3938 人。按人均生活用水量 120L/d/人、废水排放系数 0.8 估算，施工期共排放生活污水 54.43 万 m$^3$。生活废水主要污染物为 COD、$BOD_5$ 和 $NH_3$-N 分别按 400mg/l、200mg/l 和 40mg/l 计算，则各区生活污水产生量、排放强度及污染物排放量详见表 3.3.1-2 所示。

**表 3.3.1-2　小石门水库工程施工期间生活污水排放量情况一览表**

| 区域 | 施工人数（人） | 污水排放量（万 m$^3$） | 污水排放强度（m$^3$/d） | 污染物排放量（t） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | COD | $NH_3$-N | $BOD_5$ |
| 枢纽区 | 1021 | 21.17 | 98.00 | 84.67 | 8.47 | 42.34 |
| 总干管 | 438 | 9.07 | 42.00 | 36.29 | 3.63 | 18.14 |
| 北干管 | 992 | 20.56 | 95.20 | 82.25 | 8.23 | 41.13 |
| 东干管 | 175 | 3.63 | 16.80 | 14.52 | 1.45 | 7.26 |
| 合计 | 2625 | 54.43 | 252.00 | 217.73 | 21.77 | 108.86 |

⑤基坑废水

水库坝区施工时，施工围堰内将产生初期排水和经常性排水。初期排水主要包括基坑积水、基坑渗水两部分，类比国内类似水利水电工程初期排水的监测结果，初期排水与河流水质基本相同，可直接排放，对河流水质影响很小；经常性排水主要考虑围堰及基岩渗水、天然降水、施工弃水，结合国内其它工程经验来看，在防渗措施完善的情况下，基坑内的经常性排水有限，经一定时段集水后由水泵抽排，主要污染物为 SS，同时可能含有少量的油类。

**3.3.1.2 隧洞涌水**

本工程输水工程共布置 4 个隧洞，分别为上村隧洞（长 11754.791m）、大坝箐隧洞（长 985.973m）、猛林沟隧洞（长 252.35m）、级密山隧洞（长 1449m），其中，上村隧洞布置施工支洞三条。猛林沟隧洞位于地下水位线以上，施工过程中没有涌突水问题。隧洞施工废水中主要污染物为 SS，SS 浓度约 2000mg/l。

根据本阶段地质专业研究成果，结合隧洞施工中超前预报、灌浆及封堵等措施设计，本工程共计 9 个隧洞排水排放口，各条隧洞及施工支洞隧洞涌水量详见

表 3.3.1-3 所示：

**表 3.3.1-3　隧洞涌水量及排水受纳水体情况一览表**

| 序号 | 隧洞名称 | 施工工作面 | 隧洞涌水强度（$m^3/d$) | 下游水体 | 水环境功能 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 上村隧洞 | 隧洞进口 | 975 | 勐岗河 | 农业用水，Ⅲ类 |
| 2 | | 1#支洞 | 2896.5 | | |
| 3 | | 2#支洞 | 1586.3 | | |
| 4 | | 3#支洞 | 1730.4 | | |
| 5 | | 隧洞出口 | 178.8 | | |
| 6 | 大坝箐隧洞 | 隧洞进口 | 515.93 | | |
| 7 | | 隧洞出口 | 386.43 | | |
| 8 | 级密山隧洞 | 隧洞进口 | 269.36 | 蜻蛉河 | 农业用水，Ⅳ类 |
| 9 | | 隧洞出口 | 306.08 | 永定河 | 农业用水，Ⅳ类 |

参考同类工程隧洞施工废水水质监测结果，隧洞施工废水在施工初期、中期和末期的水质差别较大，隧洞施工废水污染因子及其含量主要为 SS：100~5000 mg/L，pH=8~10。

## 3.3.2 环境空气

工程对环境空气的影响主要集中于工程施工期，运行期基本无大气污染物排放。工程施工期大气污染物质主要是土石方开挖、砂石料加工、混凝土拌合、施工交通运输过程中产生的粉尘、扬尘，以及施工机械、车辆运行过程中产生废气的排放。

（1）施工扬尘

工程土石方开挖量 2060.91 万 $m^3$，粉尘产生量根据有关工程类别约为 0.7t/万 $m^3$，估算在未采取降尘措施的情况下土石方开挖粉尘产生量约为 1442.64t。通过及时的场区清理、采取洒水降尘等措施，可有效减少起尘量，以降尘效果达到 95%计，则施工期土石方开挖作业粉尘排放量约为 72.13t。

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘、扬尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分和运输过程中均会产生粉尘污染。据国内有关工程实际监测资料分析，砂石加工系统粉尘排放系数在无措施情况下，一般为 0.77kg/t 产品（含破碎、筛选、场内堆存等）。本工程砂石加工系统生产成品料 120.32 万 t，系统设有除尘措施（洒

水降尘、除尘器等），估算除尘后系统粉尘综合排放系数为 0.015kg/t 产品，则施工期砂石料加工粉尘排放总量约为 18.05t。

混凝土拌合系统生产过程中排放的大气污染物主要是粉尘，根据国内有关工程实测资料分析，在无防尘措施的情况下，粉尘排放系数约为 0.91kg/t，本工程混凝土浇筑总量 139.61 万 t，考虑工程采用除尘、降尘措施后粉尘综合排放系数可降至 0.005kg/t，则施工期混凝土拌合粉尘排放总量约为 6.98t。

（2）交通运输扬尘

施工交通扬尘主要集中于施工进场道路和场内道路，在干燥天气情况下，车辆行驶容易产生扬尘。车辆行驶产生的扬尘，在完全干燥情况下，可按下列经验公式计算：

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

式中：$Q$——车辆行驶的扬尘，kg/km 辆；

$V$——车辆速度，km/h；

$W$——车辆载重，t；

$P$——道路表面粉尘量，kg/m$^2$。

施工区载重汽车主要为 8~15t，本次源强预测按载重量 15t 计算，车辆行驶速度 20km/h 计，计算不同工况下车辆扬尘情况见下表 3.3.2-1。

**表 3.3.2-1　不同工况下车辆扬尘情况　单位：kg/辆·km**

| P（kg/m$^2$）<br>车速（km/h） | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0.07 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.41 |
| 10 | 0.14 | 0.24 | 0.33 | 0.41 | 0.48 | 0.81 |
| 15 | 0.22 | 0.36 | 0.49 | 0.61 | 0.72 | 1.22 |
| 20 | 0.29 | 0.48 | 0.66 | 0.82 | 0.96 | 1.62 |

（3）施工燃油及爆破废气

工程废气主要来源于施工爆破、施工机械和交通运输等方面。柴油在燃烧过程中将产生 CO、$NO_2$、$SO_2$、$C_mH_n$ 等污染物质。炸药在爆炸过程中产生高温高压膨胀气体（炮烟），其中除含有大量粉尘外，还含有 CO、$NO_2$、$C_mH_n$ 等污染物。据相关资料介绍，柴油燃烧、炸药爆炸过程中污染物产生量见下表 3.3.2-2。

**表 3.3.2-2　单位油料燃烧、炸药爆炸污染物产生量**

| 有害物质 | TSP | CO | $NO_2$ | $SO_2$ | $C_mH_n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 燃烧 1t 柴油排放量（kg） | 0.31 | 29.349 | 48.263 | 3.522 | 4.826 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 爆炸 1t 炸药排放量（kg） | - | 44.66 | 3.518 | - | 0.0368 |

工程施工期汽柴油使用量为 3.19 万 t，炸药使用量为 8799t，由此推算工程施工期环境空气污染物产生量，见下表 3.3.2-3。

**表 3.3.2-3　工程油料燃烧、炸药爆炸污染物产生量　　单位：t**

| 有害物质 | TSP | CO | $NO_2$ | $SO_2$ | $C_mH_n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 燃油排放 | 9.89 | 936.23 | 1539.59 | 112.35 | 153.95 |
| 炸药使用 | 0.00 | 392.96 | 30.95 | 0.00 | 0.32 |
| 合计 | 9.89 | 1329.20 | 1570.54 | 112.35 | 154.27 |

### 3.3.3 声环境

小石门水库工程施工期间的噪声源主要为施工机械、砂石料加工系统、混凝土拌和系统、交通运输、爆破和施工活动产生的噪声。

小石门水库施工过程中需要使用的施工机械包括土石方机械、起重运输设备、混凝土设备、砂石加工设备、加工修理设备、灌浆设备等，其种类主要有气腿式风钻、手持式风钻、挖掘机、推土机、自卸汽车、装载机、混凝土搅拌机、载重汽车、扒渣机、振捣器等。

施工期主要施工机械噪声源见表 3.3.3-1。

**表 3.3.3-1　　施工期主要施工机械噪声源一览表**

| 噪声源 | 参照基准点的 Leq(dB) | 参照基准点到噪声源的距离（m） |
|---|---|---|
| 挖掘机 | 79 | 1 |
| 推土机 | 78 | 1 |
| 自卸汽车 | 90 | 1 |
| 装载机 | 83 | 3 |
| 混凝土搅拌机 | 82 | 1 |
| 砂石料加工系统 | 94 | 5 |

除以上施工机械噪声外，交通运输、施工爆破等施工活动中将产生不同类型的噪声。

施工场内道路主要来往车辆为载重量 5~25t 级自卸汽车，车辆运输会产生交通噪声。交通噪声声源呈线形分布，属流动声源，源强与行车速度和车流量密切相关，一般在 70~90dB（A）之间。

### 3.3.4 固体废弃物

小石门水库施工期间产生的固体废物主要包括生活垃圾、弃渣、建筑垃圾等。

（1）生活垃圾

工程施工期高峰施工人数 3938 人，平均施工人数 2625 人，按人均产生垃圾量 1kg 计，高峰期每日垃圾产生量为 3.94t，日均产生生活垃圾 2.63t，本工程总工期为 72 个月，施工期垃圾总产量约 5680.8t。

（2）弃渣

工程建设期土石方开挖总量 2060.91 万 $m^3$，回填利用 1209.1 万 $m^3$，产生永久弃渣 851.81 万 $m^3$，堆放于主体工程布设的 30 个弃渣场内（枢纽工程区 5 个，输水线路工程区 25 个）；表土 155.32 万 $m^3$，堆存于各区临时堆存场，用于后期绿化覆土。

（3）建筑垃圾

小石门水库工程修建过程中将产生大量的建筑垃圾，主要包括废弃、残次的建筑材料，房屋拆除及拆卸临时或不合格的建筑废料等。根据同类工程经验，施工建筑垃圾产生量按 20~50kg/$m^2$ 计，本工程取 50kg/$m^2$，根据主体设计，本工程施工期拆迁建筑 640$m^2$，按拆除面积每平方米产生建筑垃圾 35kg 计，则建筑垃圾产生量约 22.4t。

（4）危险废物

工程施工期，车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油为《国家危险废物名录》（环境保护部令第 39 号）规定的危险废物。废油若处理不当，渗入地面会对土壤造成污染，进入水体会对水体造成污染。

### 3.3.5 生态环境

#### 3.3.5.1 陆生生态

施工期对陆生生态的影响主要为永久占地和临时占地造成植被的破坏，永久占地导致不可逆影响，直接破坏植被和动物生境；临时占地为可逆影响，施工期将暂时破坏地表植被和动物生境，扰动原地表、土壤裸露、局部地貌改变。

工程施工过程中输水线路开挖、库区淹没、料场开采、施工道路修筑、渣场堆渣等施工活动，不可避免地使工程施工区范围内的植被受到破坏、动植物资源个体受损，施工行为还会造成地表裸露，加大区域内土壤侵蚀强度，造成新增水土流失危害，影响工程区土质和河流水质，破坏区域生态环境。

本工程建设将永久和临时占用部分土地，总占地面积 862.48hm$^2$，其中永久占地 328.40hm$^2$ 将造成植被的永久消失，涉及的植被类型主要为暖温性针叶林、干热性稀树灌草丛、干热性灌丛等自然植被，此类植被在施工区周边有大量分布，均带有次生特点，工程建设不会导致评价区内植被类型的减少；临时占地 534.08hm$^2$，临时占用的植被在施工结束后，可依靠人工恢复还原到现有的质量水平，施工占地及施工行为不会造成植被类型在该区域内的消失、也不会对评价区内的植物及动物资源造成显著影响。总体来说工程建设永久及临时占用的土地资源对评价区植被、植物和动物资源会产生一定的不利影响，但影响范围和程度有限，不会使评价区的物种在空间分布格局和遗传结构发生明显的改变，不会改变评价区的植被类型及造成某一种物种在该评价区的消失。

施工队伍进驻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生存、繁殖产生惊扰，使该区域的栖息适宜度降低。

**3.3.5.2 水生生态**

工程施工区对水生生物的影响主要表现为：砂石料加工冲洗废水、施工机械冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、隧洞涌水、施工人员生活污水对水生生物的影响。施工废污水采取措施后回用，基本不会影响勐岗河水体水质，对水体中水生生物影响亦很小。

## 3.3.6 社会环境

工程施工期，高峰人数预计达 3938 人，大量施工人员入驻，带来外来疾病传染源，而且进场人员集中居住，施工营地居住条件简陋，易造成传染疾病的暴发和流行，不利于施工人员和当地居民的人群健康。

工程施工需要大量建筑材料，其中大部分将就近在楚雄市内采购，将促进当地建材行业的兴旺和发展；工程开挖产生的土石方、弃渣和建筑材料等运输需要

新、扩建进场公路，可改善当地的交通条件，有利于当地社会经济的发展。小石门水库为大型水库工程，其建设需要大量的人力资源，为当地提供就业机会，工程建设队伍的进驻，以及对日用消费品的需求，将促进当地服务业的发展，对改善当地居民的生活水平，促进当地经济发展起到积极的作用。

## 3.4 工程运行期工程分析

### 3.4.1 水环境

#### 3.4.1.1 地表水环境

（1）水文情势

小石门水库正常蓄水位 1673m，死水位 1601.4m，水库总库容 11102 万 $m^3$，兴利库容 8911.1 万 $m^3$，死库容 1456.9 万 $m^3$；正常蓄水位时，库区勐岗河干流回水长度 8.3km。

水库蓄水后，库区水域面积、水体体积、水体深度均有不同程度的增加，库区原河流流水生境变成水库静水生境，水流减缓，泥沙在库内淤积。水库初期蓄水及运行阶段，坝址下游水量减少，对下游生态环境可能造成一定影响，需下泄生态流量等措施减缓影响。

（2）水质

水库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，需采取库底清理措施等减缓影响。运行期库区由河道变为库区，水面将大幅增加，流速将明显放缓，库区水体富营养化风险增加。

（3）水温

小石门水库正常蓄水以下库容为 10368 万 $m^3$，水库具有多年调节能力。水库的形成将改变原有天然河道水温的时空分布，产生水温分层现象，进而对水生生态系统等产生影响。

（4）退水影响

小石门水库工程任务主要为农业灌溉，兼有城乡生产生活供水及下游防洪作用的综合性水利枢纽工程。水库主要解决大姚县、牟定县水库沿库两岸台地的灌

溉，解决水库下游元谋县西部热区土地开发及元谋县城镇生活用水问题。水库建成后，多年平均农业灌溉供水量为 6533.4 万 $m^3$。小石门水库主要灌区为元谋西部片区，该片区主要为高效节水灌片，主要通过滴灌技术进行灌溉，几乎不产生农灌退水。小石门水库城镇生活供水量为 190.1 万 $m^3$，其中，农村人畜饮水供水量 108 万 $m^3$，农村生活供水量 82.1 万 $m^3$，主要通过北干线 6#分水口支管向弯腰树水库补水，利用弯腰树水库现有供水管线向元谋县平田乡 8.26 万人供应城镇农村生活供水。按照城镇生活用水退水系数 0.57 计，则产生城镇生活退水 46.8 万 $m^3$，生活退水将进入乡镇污水处理系统集中收集处理设施，经处理达标后外排。经计算得出，运行期间小石门水库城镇生活退水污染负荷为 COD11.2t/a、氨氮 0.8t/a。

（5）水库管理所

水库管理环境问题主要是生产、管理人员产生的生活污水、生活垃圾产生的环境影响。

小石门水库建成后，根据水库工程管理规划，小石门水库工程管理机构由楚雄州水务局领导，成立工程建设管理局，管理局拟设在楚雄市，编制管理人员 20 人；下设水库管理处，位于坝址右岸，编制管理人员 38 人；灌区管理处分别设在元谋县、牟定县，编制管理人员 30 人。

根据《云南省用水定额标准》（DB53/T 168-2019），按每人每天生活用水量 100L 计，排水系数取 0.8，工程建设管理局、水库管理处、灌区管理处每日生活污水排放量分别为 1.6$m^3$、3.0$m^3$、2.4$m^3$；按每人每天产生生活垃圾 1kg 计，每月生活垃圾产生量分别为 0.6t、1.1t、0.9t。

工程建设管理局、灌区管理处分别位于楚雄市、元谋县、牟定县，产生的生活污水由城区现有污水管网收集后经城市污水处理厂处理达标后外排；生活垃圾由城区环卫部门统一收集清运。拟在水库管理所内设置生活污水处理设施，水库管理人员日常生活产生的生活污水经过成品玻璃钢化粪池、一体化生活污水处理设施处理达标后回用于场地内绿化浇洒及周边农田灌溉。

水库管理所东南侧将新建鱼类增值放流站，拟在增殖站南侧设置一座一体化污水处理设备，增殖站养殖、生活废水通过一体化污水处理系统进行处理，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2018）一级 A 标后排

入生态处理池，可用于增殖站厂区内道路清扫、园区绿化用水，多余的处理水可用于大坝右岸农田灌溉。

（6）其他

水库蓄水运行，将扩大水面面积，有利于改善局地小气候，也有利于两栖动物、水鸟的栖息繁衍。

此外，水库蓄水可能引起滑坡、浸没等环境地质问题。

**3.4.1.2 地下水环境**

本工程灌区中 89.3%均为高效节水灌溉，采用滴灌的方式，灌区内日灌溉时间按 10h 计，设计灌水周期为 6 天/周，设计净灌水率 0.228$m^3$/s·万亩。灌区受水后，将使各受水区耕地一定厚度的松散层包气带饱水，同时还有一部分则通过地表蒸发等方式损耗。根据本工程灌区情况，农田面源污染源强系数为 COD10kg/亩·年，氨氮 2kg/亩·年。采用解析法来预测灌溉对灌区地下水水质的影响，正常情况下不出现大范围污染。

## 3.4.2 固体废弃物

小石门水库管理所定员编制为 38 人，生活垃圾产生量按 1kg/人·d 考虑，垃圾容重 0.6$m^3$/t 计算，预计运行期日产生活垃圾 38kg/d，容重 0.023$m^3$，其产生特点为点多量少、零星分散。生活垃圾如果不进行适当处置，将会孳生蚊蝇和鼠类，对人群健康带来潜在威胁，对大气环境和景观产生不利影响，而且其渗滤液可能会污染周边地表水和地下水。

## 3.4.3 生态环境

**3.4.4.1 陆生生态**

随着水库蓄水淹没，库区生态景观也随之发生变化，水体景观将增加。水库蓄水后将造成淹没范围的陆生植物、植被损失，同时也导致动物栖息地的损失，水库工程占地和输水干渠占地也会导致植被植物的损失。区域生态系统生物生产力、恢复稳定性、阻抗稳定性会发生相应的变化，从而对区域生态完整性产生一定影响。

工程建成后，评价区工程性缺水问题可得到缓解，有利于生态环境的良性发展和演替。此外，工程临时占用的 534.08hm$^2$（总占地的 61.92%）土地也将逐步恢复，施工期影响逐步消失；水源工程周边动物资源在生态廊道（桥）等措施基础上，对动物的阻隔影响有限。输水工程布置以隧洞、倒虹吸、明渠、箱涵等形式相结合的方式布设，因此，不会对陆生脊椎动物产生明显的阻隔影响。

本工程灌溉面积总计 27.3 万亩，其中水库两岸牟定县戌街乡、大姚县龙街乡改善灌溉面积 1.66 万亩，元谋干热河谷区物茂乡、平田乡、新华乡新增灌区面积 17.84 万亩，改善原大型灌区内物茂乡、平田乡 7.8 万亩。本工程建设提供农业灌溉用水，灌区内农业生态系统将更加稳定，水热关系更为协调。总体而言，工程运行不会对区域陆生生态环境造成持续不利影响。

#### 3.4.4.2 水生生态

工程运行期，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将发生变化。水库库容较大，库区水温将出现分层现象。水文情势和水温的变化可能对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物产生影响。由于大坝的阻隔，水生生境的片段化和破碎化，可能对鱼类交流、迁移等产生阻隔影响。

## 3.5 移民生产安置影响分析

小石门水库工程建设征地包括水库淹没区、枢纽区、泵站区、干线区、支管区；建设征地点多面广，共涉及楚雄州 3 个县 7 个乡镇 16 个村委会的 52 个村民小组。小石门水库建设征地总面积 12937.10 亩，至规划水平年共产生生产安置人口 190 人，无搬迁安置人口。

对于生产安置人口，采取在本村组内调剂现有耕地进行安置。小石门水库涉及的专项实施主要有二级公路、水利设施、通讯设施等。对于生产安置专项设施改复建，包括二级公路桥墩加固处理、电力工程改建、通讯工程改建等，对影响到的省道 214 仅需对 5 座桥墩进行防护加固处理，不进行复建、改线，不会对当地交通运输产生影响；施工过程中土石方开挖、弃渣等，会造成新增水土流失；电力、通信工程改复建的施工中，仅有少量的基础开挖对环境的影响较小；在原勐岗河泵站下游 300m 处新建戌街泵站替代白铜泵站、勐岗河泵站供水功能。

## 3.6 工程分析结论

通过工程分析，结合工程区的环境现状特征，可以认为：小石门水库工程建设符合国家产业政策要求，符合国家与地方相关规划。工程建设是十分必要的，工程选择的水资源配置方案、坝址选址、正常蓄水位设定、取水方式选择、输水线路布线等设计方案是环境合理的。

工程施工期的环境影响主要有：工程占地对地表植被、陆生动植物等生态环境的影响；工程开挖与弃渣堆放产生的水土流失问题；施工“三废一噪”对环境的影响。施工期环境影响是暂时的、局部的。

工程运行期基本不产生污染物，但对流域水资源利用产生影响，水库蓄水和供水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态等将产生影响，这些环境影响将是工程环境影响评价的重点，也是应予采取环境保护措施的重点。

# 4. 环境现状调查与评价

## 4.1 自然环境

### 4.1.1 地形地貌

小石门水库工程位于云南高原中北部，属龙川江流域下游区域。区内山脉、水系受地质构造控制，大致呈北北东～南南西或近南北向排列，整体地势南高北低，呈阶梯状变化。区内最高点是姚安县三峰山，海拔 2897m，最低点为北部的金沙江河谷，汇口处金沙江水面海拔 945m。流域内大部分属中山山原地貌，山区、半山区占总国土面积的 80%以上，主要分布在流域的上中游地区；河谷盆地和浅丘占区域总面积不到 20%，主要分布在下游地区。下游地区也是元谋干热河谷区，分布有元谋盆地等，坝区内土地平整、土壤肥沃，热量充分，是区域内的主要耕作区，其中 30 万亩以上大型灌区有 2 个，分别为元谋灌区、蜻蛉河灌区。小石门水库的供水区即主要分布在元谋干热河谷区的西片区内。

小石门水库所处的勐岗河为龙川江一级支流，流域上游河谷宽缓、河曲蜿蜒，下游谷窄坡陡、水流湍急，呈现北部高山峡谷而南部为中山、低中山的地貌景观，勐岗河两岸自然山坡坡度一般为 40°～60°。流域内地势总体为西南高、东北低。库区内最高点为西部老尖山，海拔高程 2381.9m；最低点为东北部勐岗河下游，高程 1395.7m，相对高差 986.2m。流域内山地面积占总面积的 80%以上，以高、中山和低山丘陵为主要地貌类型，一般海拔 1800～2500m；盆地及江河沿岸的平坝所占面积不到 20%。

小石门水库库区主要为构造剥蚀中低山地貌及山间河谷地貌，夹侵蚀堆积阶地地貌。坝址区为侵蚀构造地形与构造剥蚀地形叠加区。输水线路区则包括侵蚀构造地貌、构造剥蚀地貌和构造侵蚀堆积地貌等。

### 4.1.2 地质

工程研究区内广泛分布变质岩、沉积岩，岩浆岩零星分布。出露地层岩性由新

到老依次为：

第四系主要为全新统（Q*h*）及更新统（Q*p*）松散层，以粘土、砂卵砾石为主。主要分布在山间盆地、沟谷两岸及河床地带；第三系主要为上新统（$N_2$）粘土、砂砾石等；白垩系（K）主要为泥岩、钙质泥岩、粉砂岩及长石石英砂岩；侏罗系(J)主要为泥岩、粉细砂岩、长石石英砂岩、页岩等；三叠、二叠、石炭、泥盆、志留、奥陶、寒武系大量缺失，多数侏罗系地层直接覆盖于元古界昆阳群地层上；震旦系（$Z_b$）主要为灰岩、页岩、石英砂岩、细砂岩等；昆阳群（$Pt_1kn_2$）地层为千枚岩、片岩、大理岩、石英岩、花岗片麻岩、角闪岩、角闪片麻岩、云母片岩等；

此外，区域内零星分布有基性岩（*n*）、超基性岩脉（*Σ*）、石英脉（*q*）及伟晶岩脉（*ρ*）、花岗岩脉（γ）等。

### 4.1.3 气候气象

工程所在的普登河流域位于云贵高原中部，属亚热带季风气候区。每年 11 月至次年 4 月，晴朗少云，日照充足，气候温暖干燥，这期间的总降水量仅为年降水量的 11%左右。5～10 月为雨季，云量多，日照相对较少，普遍降水，特别是 6～8 月雨量最多，其降水量占年降水量的近 60%。最大月降水量约占年降水量的 20%，最小月降水量仅占 1%。流域形成了春暖旱重、风高物燥、蒸发旺盛、夏无酷暑、水汽充沛、雨量集中、秋凉雨少、土壤湿润、冬无严寒、雨水稀少、日照充足、干雨季分明、四季之分不明显、气温年较差小、日较差大的气候特点。受地形及海拔的影响，立体气候较为明显。流域附近各县气象站的实测气象资料统计的有关气候特征值见表 4.1.3-1。

小石门水库流域内 5～l0 月，湿润多雨，降水量为全年约 89.8%～91.9%，其中以 6～8 月降水量最为集中，3 个月的降水量占年降水量的 58%～60%左右；11～4 月，干燥晴朗，降水量少，降水量仅占年降水量的 8.1%～10.2%左右，而最枯的 1 月或 2 月降水量仅占 1%左右。小石门水库流域内降水量空间分布不均，上游多下游少、山地多河谷盆地少、迎风坡多背风坡少。普登河上游段年平均降水量为 800～1000mm，中游和下游段为 800mm 左右。

**表 4.1.3-1　流域附近各气象站气候特征值表**

| 站名 | 测站高程（m） | 降水量（mm） | | 气温（℃） | | | 多年平均蒸发量 E601（mm） | 多年平均风速（m/s） | 最多风向 | 多年平均日照时数（h） | 相对湿度（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 多年平均 | 最大一日 | 多年平均 | 极端最高 | 极端最低 | | | | | |
| 牟定 | 1768.5 | 851.5 | 122.0 | 15.7 | 34.3 | -7.8 | 1279.3 | 2.8 | SW | 2447.8 | 70 |
| 元谋 | 1118.4 | 640.0 | 102.9 | 21.7 | 42.0 | -0.8 | 2072.4 | 2.3 | S | 2630.3 | 55 |
| 姚安 | 1869.5 | 767.9 | 115.6 | 15.3 | 34.0 | -8.4 | 1464.5 | 2.7 | SW | 2445.2 | 68 |
| 大姚 | 1878.1 | 804.1 | 109.3 | 15.7 | 33.0 | -6.1 | 1646.2 | 3.5 | SW | 2499.5 | 64 |

## 4.1.4 河流水系

（1）龙川江

龙川江为金沙江右岸一级支流，发源于楚雄彝族自治州南华县五街乡天子庙坡东侧鱼肚拉的蒲藻塘，河源高程 2665m，干流由西向东流经沙桥镇、南华县城、楚雄市区，又折向北进禄丰县黑井镇、元谋县城，横穿元谋坝区，最终在元谋北部的江边乡汇入金沙江，汇口处高程 935m，干流全长 254km，河道平均比降 4.8‰，流域径流面积 9327.4km$^2$。龙川江在南华县内河长 67.4km，楚雄市内长 63.5km，禄丰与牟定界河 7.2km，禄丰县内长 43.1km，元谋与牟定界河 16.6km，元谋县内长 56.2km。龙川江流域水系较为发达，且左岸较右岸更为发育。干流上段汇入的支流主要有双殿河、西静河、紫甸河等，中游段汇入的支流主要有广通河、牟定大河（又为龙川河）、盐柴河、依壁河、羊街河、丙项河及老城河等，下游段汇入的支流主要有蜻蛉河及普登河（又为勐岗河）等。

（2）普登河

普登河属金沙江水系，为龙川江左岸较大的一级支流。主流文龙河发源于姚安县石梁子的大黑么，河源海拔高程 2780m，自河源起以西北～东南，流至中屯村转为西南～东北向流经新村、朵苴等村后纳入右岸支流蟠猫河，至古岩改称古岩河，往下纳入右岸支流双尾河后与左岸另一较大支流石者河交汇后称勐岗河，再往下仍以西南～东北向流经碗厂、华竹，在于龙山附近汇入龙川江。勐岗河下段称普登河，普登河全河长 95km，河道平均比降 15.5‰，径流面积 1138km$^2$，占龙川江流域径流面积的 12.3%。小石门水库坝址以上径流面积 739km$^2$，河长 57.6km，河道平均比降 14.5‰。小石门水库流域径流面积占普登河流域面积的 64.9%。

流域内水系较为发育，左右岸基本对称，右岸较大支流有蟠猫河、双尾河、猫街河等，左岸主要为石者河。蟠猫河发源于牟定县新村南部一无名山脉，河源海拔高程 2080m，河长 15.3km，集水面积 53.9km$^2$，河道平均比降 17.7‰；双尾河发源于牟定县海资冲北部一无名山脉，河源海拔约 2089m，河长 15.6km，集水面积 51.3km$^2$，河道平均比降 19.5‰；猫街河发源于牟定县红土坡村北部一无名山脉，河源海拔约 2086m，河长 22.4km，集水面积 125km$^2$，河道平均比降 20.7‰；左岸较大支流石者河发源于牟定县九顶山南麓，河源海拔约 2500m，河长 43.0km，集水面积 281km$^2$，河道平均比降 19.2‰。

**表 4.1.4-1　普登河流域主要河流基本情况**

| 位置 | 支流名称 | 径流面积（km$^2$） | 河长（km） | 河源海拔（m） | 比降（‰） |
|---|---|---|---|---|---|
| 右岸 | 蟠猫河 | 53.9 | 15.3 | 2080 | 17.7 |
| | 双尾河 | 51.3 | 15.6 | 2089 | 19.5 |
| | 猫街河 | 125 | 22.4 | 2086 | 20.7 |
| 左岸 | 石者河 | 281 | 43.0 | 2500 | 19.2 |

（3）蜻蛉河

蜻蛉河为龙川江最大的一级支流，发源于姚安县太平乡海拔 2525m 的黎梅山，河长 143.6km，落差 1817m，平均比降 9.0‰，集水面积 3548km$^2$。自河源起由东向西经各苴、老街至太平，往下转为南北向，过下口坝水库到达仁和，穿过姚安坝子后在席坝附近进入大姚县境。以南西北东向经七街、仓街后沿大姚县城东过苏海冲至大龙潭转向东过永仁，自新华乡白沙地进入元谋县境转向东，纵贯虎溪坝子，出虎跳滩转向北，过多克、物茂坝子在黑泥坡汇入龙川江，汇口地高程 950m。主要支流左岸有姚安县境内的洋派河、大康朗河，大姚县境的七街河、陆林河、西河、江底河，永仁县境内的羊蹄江、永定河等；右岸支流有妙峰河、利皮乍河及龙街河。蜻蛉河在姚安县内河长 42.9km，大姚县内 50.3km，大姚县与永仁县界河 4.2km，永仁县内 12.6km，元谋县内 33.6km。蜻蛉河较大的支流有羊蹄江、河底河、永定河等。

## 4.1.5 水文泥沙

### 4.1.5.1 径流

（1）径流特征

勐岗河流域径流主要来源于降水。与降水相应，径流年内分配也有明显的季节性。汛期比雨季滞后半个多月，开始于 6 月结束于 11 月，约有 80%以上的径流集中在该时期。其中 7、8、9、10 四个月为径流的最丰时期，径流量占全年径流量的 60%以上；枯期 12 月至次年 5 月径流只占年径流的 20%左右，最枯的 3、4 月径流量仅占年径流量的 1.1%。

径流最丰的 2002 年为 10192 万 $m^3$，最枯的 2011 年仅 1286 万 $m^3$，极值相差近 8 倍，一般年份在 3000～7000 万 $m^3$ 之间，年径流变差系数为 0.52，多年平均产水模数为 25.9 万 $m^3/km^2$。小石门水库流域产水模数为 21.6 万 $m^3/km^2$，由于受降水、下垫面条件等因素的影响，勐岗河流域年径流 Cv 值（0.55）较大，此外，龙川江流域年径流 Cv 具有随产水模数增大而减小的规律。

（2）径流年际、年内分配

受降水、下垫面条件等因素的影响，龙川江流域径流年际变化较大，多年平均径流 Cv 在 0.45～0.50 之间，且具有随产水模数增大而减小的规律。普登河流域内则降水量的年际变化不大，年降水量的变差系数 Cv 值在 0.15～0.20 之间。

受降雨的年内分配不均影响，龙川江流域及普登河流域内径流年内分配极不均匀。其中，龙川江干流上游凤屯站及下游站小河口站的实测多年平均径流年内分配百分比看，上下游间径流年内分配差异不大。6～11 月（比降水滞后约半月）半年径流量约占年径流量的 81%～85%，枯季 12～5 月约占年径流量的 15%～19%，最枯的 3、4 月径流量仅占年径流量的 1.18%～2.58%。而普登河流域则全年约 89～92%的降水量都集中在 5～l0 月，其中 6～8 月三个月的降水量即占年降水量的 58～60%；11～4 月降水量少，仅占年降水量的 8～11%，最枯的 1 月或 2 月降水量仅占 1%左右。根据 1969~2014 共 46 年的径流系列结果，坝址处多年平均径流量为 1.40 亿 $m^3$，年均流量为 4.45$m^3/s$。其年内分配不均，径流主要集中在雨季 5~10 月，其中， 7~10 月径流量占全年径流量的 71.3%。龙川江干流凤屯、小河口站以及坝址处多年平均径流年内分配见表 4.1.5-1 及图 4.1.5-1。小石门水库坝址丰平枯和特枯年（典型年）

年内径流过程见表 4.1.5-2、表 4.1.5-3。

**表 4.1.5-1　小河口、凤屯站多年平均月径流年内分配百分比成果表**

| 站名 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 凤屯 | 6.2 | 12.9 | 22.5 | 18.5 | 13.2 | 7.31 | 4.80 | 3.66 | 2.83 | 2.94 | 2.58 | 2.65 | 龙川江干流上游 |
| 小河口 | 10.1 | 16.3 | 24.3 | 17.6 | 11.3 | 5.95 | 2.56 | 2.10 | 1.70 | 1.18 | 1.79 | 5.23 | 龙川江干流下游 |
| 小石门 | 7.5 | 15.5 | 23.7 | 19.4 | 12.8 | 7.0 | 4.0 | 2.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 2.0 | 普登河中下游 |

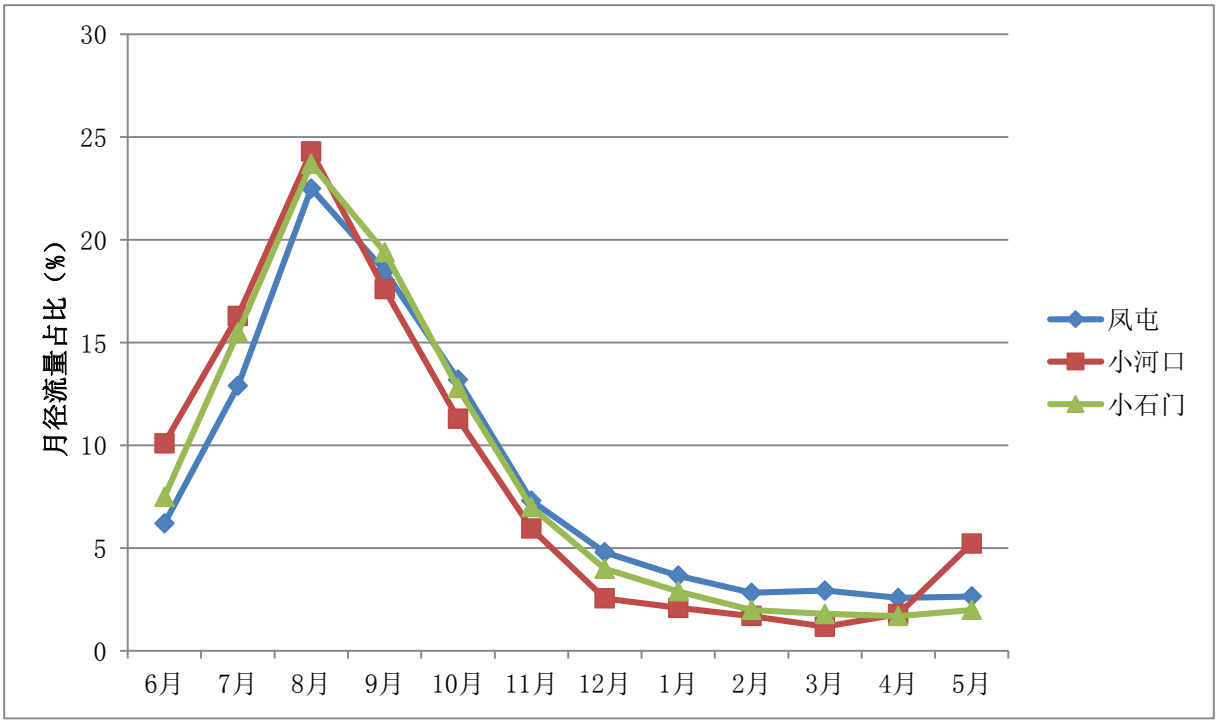



**图 4.1.5-1　龙川江干流及普登河干流各月径流量占比**

**表 4.1.5-2　小石门水库坝址径流量统计参数成果表**

| 断面 | 径流面积（km²） | 多年平均径流量（万 m³） | Cv | Cs/Cv | 各频率设计值（m³/s） | | | | 产水模数（万 m³/km²） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | P=25% | P=50% | P=75% | P=95% | |
| 小石门水库坝址 | 739 | 15482 | 0.52 | 2 | 19900 | 14111 | 9580 | 4998 | 20.9 |

**表 4.1.5-3　小石门水库坝址设计年径流年内分配成果表**

| 频率/月份 | 径流量（万 m³） | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 全年 |
| 25% | 1009 | 3375 | 5064 | 3263 | 1347 | 1540 | 1001 | 885 | 679 | 606 | 581 | 551 | 19900 |
| 50% | 708 | 3296 | 3504 | 1776 | 1073 | 532 | 406 | 761 | 543 | 585 | 424 | 503 | 14111 |
| 75% | 532 | 2332 | 3189 | 1587 | 381 | 225 | 206 | 525 | 173 | 98.4 | 181 | 150 | 9580 |

#### 4.1.5.2 泥沙

小石门水库坝址以上径流面积 739km$^2$，河长 57.6km，河道平均比降 14.5‰，中上游较陡，下游平缓。流域内上部植被覆盖较好，河谷及缓坡段大部分被开垦为田地，部分地表基岩裸露，由于基础地层岩性为砂泥岩，岩石易风化，水土流失较明显，流域内冲沟和滑坡发育较多。

根据小石门专用站 2008~2017 年实测泥沙资料，多年平均悬移质含沙量为 1.73kg/m$^3$，为少沙河流。各年输沙量基本上集中在汛期 5～10 月，6 个月的输沙量占年输沙量 97.6%，其中 6～8 月更为集中，3 个月的输沙量占年输沙量 78.0%，枯水期 11～4 月 6 个月的输沙量仅占年输沙量 2.4%；多年平均输沙率为 14.4kg/s，中屯～小石门水库区间总输沙量 54.4 万 t，其中悬移质 45.4 万 t，推移质 9.07 万 t。

#### 4.1.5.3 洪水

洪水由暴雨产生，暴雨主要发生在 5～11 月，其中尤以 6～9 月最为集中。与暴雨相应年最大洪水主要出现在 5～10 月，其中尤以 8、9 月的次数最多。

流域上游山高坡陡，洪水涨落较快，具有山区性中小河流的一般洪水特性。中、下游段受到坝区调蓄作用，洪水峰型较为矮胖，且多呈单峰型，洪水历时增长，一般为 6～8 天。小石门水库坝址以上洪水多发生在 6～9 月份。洪水过程呈现相对峰小量大的特性，一次洪水过程约 3 天。在小石门水文专用站十年的实测资料中，最大洪水发生在 2015 年 8 月 26 日，实测最大洪峰为 133m$^3$/s，最大 24 小时洪量为 676 万 m$^3$，72 小时洪量为 1489 万 m$^3$。

**表 4.1.5-4　小石门水库设计洪水峰量计算成果表**

| 项目 | 面积（km$^2$） | 设计成果 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.05% | 0.1% | 0.5% | 1% | 2% | 3.33% | 5% | 10% | 20% |
| 洪峰流量（m$^3$/s） | 739 | 1687 | 1504 | 1089 | 916 | 747 | 628 | 535 | 387 | 255 |
| 24h 洪量（万 m$^3$） | | 9590 | 8520 | 6090 | 5080 | 4100 | 3410 | 2880 | 2030 | 1300 |
| 3 日洪量（万 m$^3$） | | 18700 | 16610 | 11870 | 9900 | 7990 | 6650 | 5610 | 3960 | 2530 |
| 7 日洪量（万 m$^3$） | | 27570 | 24480 | 17500 | 14590 | 11780 | 9800 | 8270 | 5850 | 3740 |

### 4.1.6 水土流失现状

工程所在区域涉及牟定县、大姚县和元谋县。根据《云南省土壤侵蚀调查公告》

（云南省水利厅，2015 年），牟定县土地总面积 1441.56km$^2$，微度侵蚀面积 1036.69km$^2$，占土地总面积的 71.91%；水土流失面积 404.87km$^2$，占土地总面积的 28.09%。大姚县土地总面积 4045.69km$^2$，微度侵蚀面积 2421.91km$^2$，占土地总面积的 59.86%；水土流失面积 1623.78km$^2$，占土地总面积的 40.14%。元谋县土地总面积 2026.33km$^2$，微度侵蚀面积 1294.99km$^2$，占土地总面积的 63.91%；水土流失面积 731.34km$^2$，占土地总面积的 36.09%。各县水土流失现状统计详见表 4.1.6-1。

**表 4.1.6-1　工程涉及县水土流失现状统计表　单位：km$^2$**

| 涉及县 | 土地总面积 | 微度侵蚀 | | 土壤侵蚀 | | 强度分级 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 轻度 | | 中度 | | 强烈 | | 极强烈 | | 剧烈 | |
| | | 面积 | 占土地面积% | 面积 | 占土地面积% | 面积 | 占侵蚀% | 面积 | 占侵蚀% | 面积 | 占侵蚀% | 面积 | 占侵蚀% | 面积 | 占侵蚀% |
| 元谋县 | 2026.33 | 1294.99 | 63.91 | 731.34 | 36.09 | 504.57 | 68.98 | 177.10 | 24.22 | 18.34 | 2.51 | 17.23 | 2.36 | 14.10 | 1.93 |
| 大姚县 | 4045.69 | 2421.91 | 59.86 | 1623.78 | 40.14 | 1182.10 | 72.79 | 249.90 | 15.39 | 88.55 | 5.45 | 56.30 | 3.47 | 46.93 | 2.89 |
| 牟定县 | 1441.56 | 1036.69 | 71.91 | 404.87 | 28.09 | 273.05 | 67.44 | 75.60 | 18.67 | 23.73 | 5.86 | 18.28 | 4.52 | 14.21 | 3.51 |
| 合计 | 7513.58 | 4753.59 | 63.27 | 2759.99 | 36.73 | 1959.72 | 71.00 | 502.60 | 18.21 | 130.62 | 4.73 | 91.81 | 3.33 | 75.24 | 2.73 |

小石门水库工程项目建设区占地面积为 862.47hm$^2$，其土地利用类型主要为有林地（占项目建设区总面积的 83.20%，下同）、水田（8.41%）、旱地（4.36%）、园地（1.65%）、交通运输用地（1.09%）、水域及水利设施用地（1.08%）、住宅用地（0.20%）。小石门水库工程区沿线地势较陡，土壤侵蚀程度为轻度，背景土壤侵蚀模数为 704t/km$^2$.a。

## 4.2 陆生生态

我公司委托西南林业大学开展陆生生态调查与影响评价专题，专题单位于 2018 年 10 月 23 日~10 月 30 日、2020 年 9 月 1 日~9 月 5 日等多次对评价区开展现场调查，植被调查共设置样方 50 余个，调查线路累计超过 170km，采集植物标本 350 余号；设置动物调查样线 16 条，调查显示评价区分布有以猕猴为主的国家重点保护动物。为进一步掌握评价区猕猴种群数量资源现状，我公司委托中国科学院昆明动物研究所开展猕猴观测调查，观测时间为 2020 年 8 月 19 日~2020 年 12 月 1 日（以下称为第一期调查），布设红外相机 41 台，累计 3138 个相机日。第一期调查结果表明评价区分布有国家一级保护动物林麝（4 个相机位点有记录）。为全面掌握项目区保护兽类资源本底情况并客观地开展预测评价，我公司再次委托中国科学院昆

明动物研究所开展珍稀濒危保护兽类现状观测，观测时间为 2021 年 1 月 24 日~2021 年 4 月 25 日（以下称为第二期调查），布设红外相机 109 台，累积 7800 个相机日，获得独立有效照片数 20977 张。

## 4.2.1 调查方法

### 4.2.1.1 资料收集

系统收集生态环境相关的各类资料，如工程所在地森林资源历史调查、动植物、土壤、土地利用、生态工程建设等调查成果，并收集当地环评关于陆生生态的调查和评价成果，以及其他有关的调查和评价资料。

### 4.2.1.2 现场调查

（1）植物及植被调查方法

植物、植被采用样方调查和线路调查相结合的方法进行实地调查。

样方调查：根据评价区各工程区的地形、海拔等环境因子，以及现存植物群落的类型、结构等特征，采取典型选样的方式设置方形样方。重点调查将要受到工程直接影响的植被类型。分别记录群落的乔木层、灌木层、草本层和层间植物的物种组成、数量等因子，并尽量采集植物标本。

线路调查：目的是为了覆盖和增加样方调查中没涉及的区域，以全面查明评价区的植物物种资源。调查中，对现场能确定到种的调查对象，记录其种类、数量、分布点等；对于野外未能准确定到种的物种则采集标本，压制后带回实验室进行鉴定。植物资源的调查重点是工程影响区自然分布的植物物种；尤其关注保护植物、狭域特有植物的种类和数量和分布地点，是否会受到工程建设影响等。

（2）动物调查方法

**路线调查：**以工程评价区域及附近地区的小路、便道作为调查路线，采用不定宽路线调查法观察调查路线两侧的动物实体及其活动痕迹，观察记录调查路线两侧及周边直接看到的动物，动物的栖息环境、活动痕迹（足迹、抓痕）、脱落发毛、羽毛及残骸、粪便等，分析判断种类。

**访问调查及文献查阅：**访问对象主要是熟悉评价区及周边动物情况的当地村民、自然保护区管理人员及林业站人员。查阅文献包括《中国哺乳动物分布》（1997）、

《中国哺乳动物物种及亚种分类名录与分布大全》（2003）、《楚雄州陆生野生动物调查报告》（全国第二次陆生脊椎动物调查）（2017）等。

**红外观测调查：**在调查区域按海拔、栖息地类型与分布，布设红外相机进行观测调查。

第一期：对小石门水库库区、大坝建设区、大坝下游勐岗河 5km 范围内及碗厂隧洞进口与出口、水桥村隧洞进口与出口、水桥村隧洞施工支洞口 1km 范围内进行实地调查(后期主体设计通过优化布置,将水桥村隧洞与碗厂隧洞合并为上村隧洞)，共布设调查样线 13 条，累积长度 70.6km，安放红外相机 41 台，对工程枢纽区及其相关区域开展红外相机观测。同时对区域内村民进行访问调查，并对调查区域内猕猴已有肇事情况进行实地勘查、取证。在进入实地进行调查前，在牟定县林业局收集工程评价区猕猴肇事补偿信息和数据。

第二期：对库尾南侧白马山自然保护区 12.8km$^2$ 范围（白马山片区）；库区左岸北至河底村附近的山林区域，面积 13.7km$^2$（库区左岸山林区）；水库淹没 8.3km 勐岗河河谷及周边区域，面积 3.50km$^2$（水库淹没区）；水库大坝、枢纽区进场道路、渣、料场及施工生产生活区等区域，面积 5.69km$^2$（枢纽工程区）；水库枢纽区至坝下元谋县小己保村长约 29.3km 勐岗河河谷两侧，面积 30.4km$^2$（坝下河谷区）进行红外相机观测，共安放红外相机 109 台。其中，白马山片区布设 29 台，库区左岸山林区布设 23 台、水库淹没区布设 12 台、枢纽工程区布设 11 台坝下河谷区布设 34 台。观测范围见图 4.2.1-1，红外相机布点见 4.2.1-2。

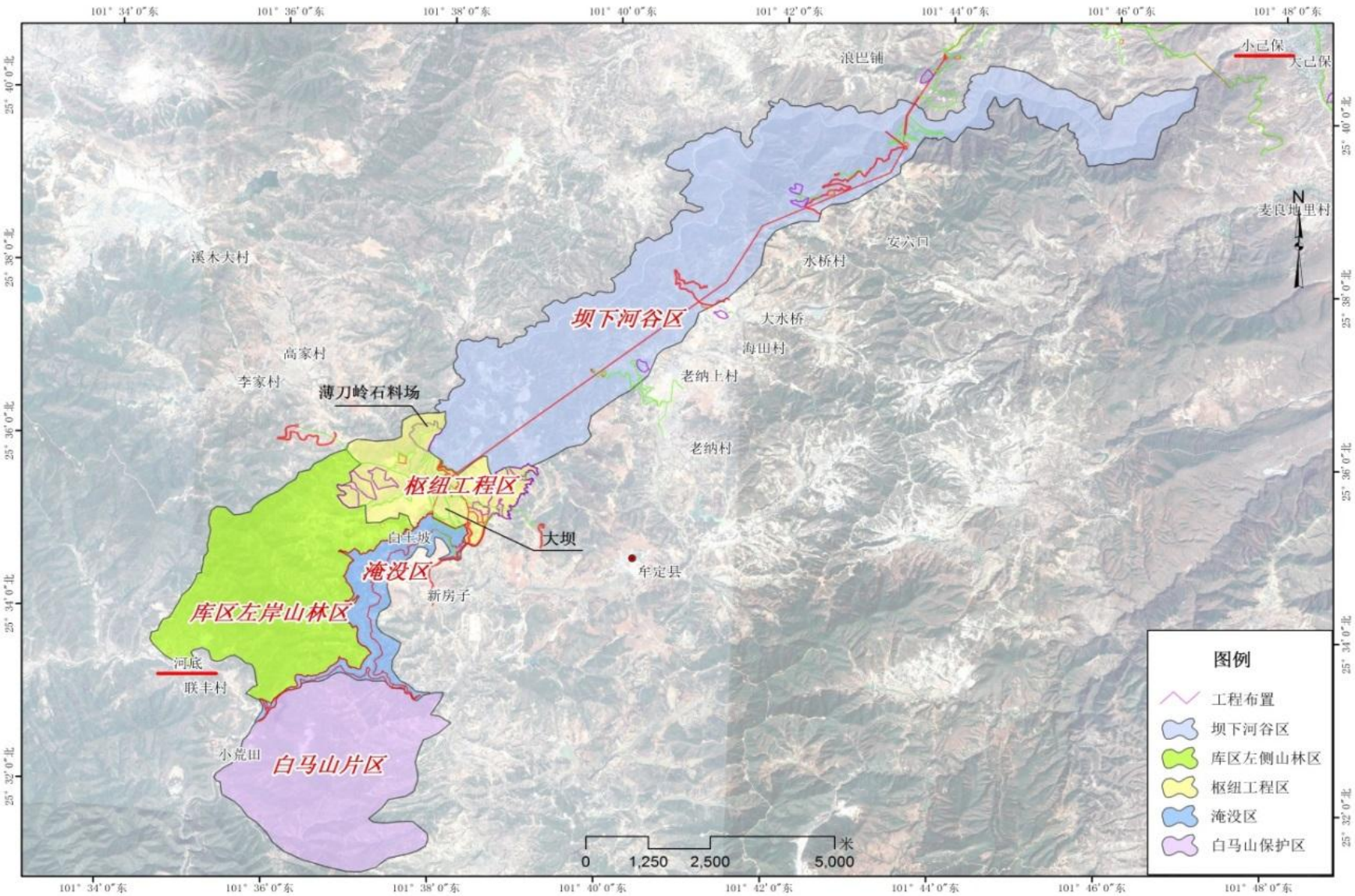



**图 4.2.1-1　　珍稀濒危保护兽类现状调查范围示意图**

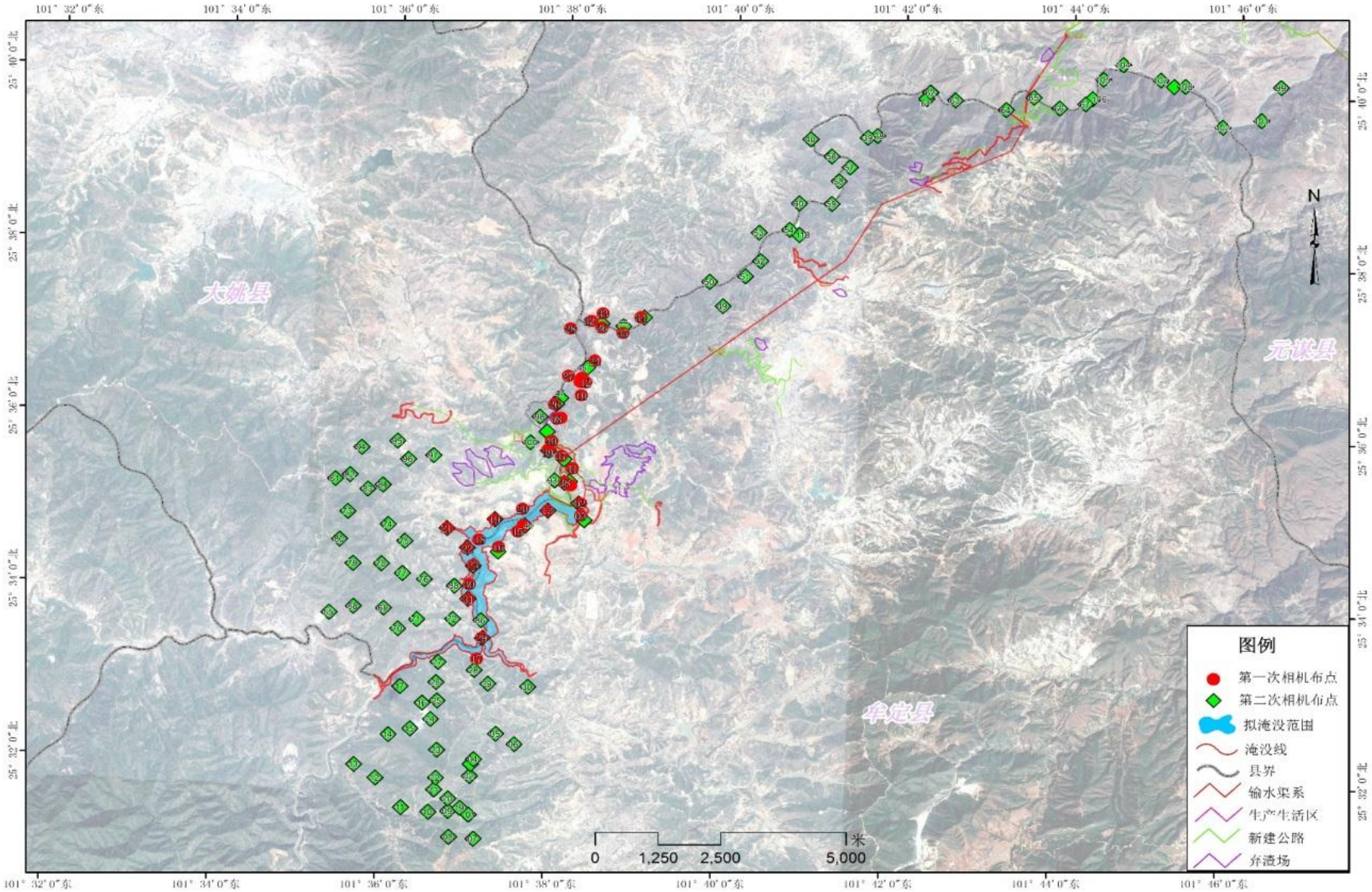



**图 4.2.1-2　　珍稀濒危保护兽类红外相机布点位置图**

**栖息地调查：**利用数字高程模型提取珍稀、濒危野生动物出现位点的坡位、坡度、坡向、地面起伏度、地表粗糙度等地形指数，利用 Landsat 系列卫星影像提取森林覆盖百分比、郁闭度等植被指数。

#### 4.2.1.3 面积求算和制图方法

利用评价区域最新的卫星影像图片，根据野外植被调查、植物资源调查和动物资源调查的资料，对卫星影像图片进行植被解译。采用 GIS 方法，求算评价区和直接影响区内的各种植被类型的面积。根据现场调查的数据、收集到的土地利用资料，最终完成评价区的植被图、土地利用现状图、保护动植物物种分布图等材料。

#### 4.2.1.4 模拟预测方法

基于珍稀、濒危脊椎动物出现点数据和周边生境信息，利用随机森林模型预测各珍稀、濒危脊椎动物的适宜栖息地，叠加各物种的适宜栖息地。

### 4.2.2 土地利用现状

评价区面积 16741.78hm$^2$，以林地面积最大，达 12281.53hm$^2$，占评价区面积的 73.36%。评价区的林地包括乔木林地、灌木林地和疏林地 3 类。其中，以疏林地面积最大，达 6986.48hm$^2$，占评价区面积的 41.73%；其次是灌木林地 2653.23hm$^2$，占评价区面积的 15.85%；乔木林地 2614.82hm$^2$，占评价区面积的 15.78%。

评价区的耕地面积达到 3840.90hm$^2$，占评价区面积的 22.94%，主要是旱地，在靠近河边沟箐等有供水来源处，也有部分水田。由于农业生产的需要，以及市场调节等因素，评价区的水田和旱地时常在变化。

评价区园地面积约 43.43hm$^2$，仅占评价区面积的 0.26%；这些园地主要集中在村寨边的平缓坡地，通常交通方便并具备灌溉条件，评价区此类生境有限。

评价区的交通运输用地包括县乡公路和乡村公路。面积约 133.83hm$^2$，占评价区面积的 0.80%。反映了评价区村寨较多、社区生活及农业生产活动程度较大的特点。

评价区住宅用地（村寨用地）面积 169.37hm$^2$，占评价区面积的 1.01%。

评价区特殊用地面积约 107.81hm$^2$，占评价区面积的 0.64%，主要是风景名胜设施用地（土林），土林地貌是元谋县干热生境下的特殊地貌，是当地主要的自然遗迹。

评价区还有部分工矿仓储用地（工业用地）以及太阳能光伏电场，面积约82.51hm$^2$，占评价区面积的0.50%。

评价区水域面积约110.92hm$^2$，占评价区面积的0.66%。包括自然河流和人工库塘。前者主要见于牟定县和大姚县范围的库区干流部分以及支流；后者主要见于元谋县干热生境修建的，多数库塘是村寨村民的生产用水，用于农灌兼养鱼。

**表4.2.2-1　评价区土地利用类型一览表**

| 土地 | 利用类型 | | 面积（hm$^2$） | 占比（%） |
|---|---|---|---|---|
| 林地 | 乔木林地 | 常绿阔叶林 | 10.80 | 0.06 |
| | | 针叶林 | 2371.46 | 14.16 |
| | | 人工林（人工桉树林、人工圣诞树林） | 259.56 | 1.55 |
| | | 乔木林地小计 | 2641.82 | 15.78 |
| | 灌木林地 | 锥连栎-清香木灌丛、高山栲-锥连栎灌丛、滇榄仁-毛叶柿灌丛、地盘松-锥连栎灌丛等 | 2653.23 | 15.85 |
| | 疏林地 | 干热性稀树灌草丛 | 1725.22 | 10.30 |
| | | 退耕地 | 5261.26 | 31.43 |
| | | 疏林地小计 | 6986.48 | 41.73 |
| | 林地合计 | | 12281.53 | 73.36 |
| 园地 | 果园 | 葡萄园、番荔枝园等 | 43.43 | 0.26 |
| 耕地 | 旱地 | | 3593.40 | 21.46 |
| | 荒地 | | 204.06 | 1.22 |
| | 耕地小计 | | 3840.90 | 22.94 |
| 交通运输用地（城镇村道路用地） | | | 133.83 | 0.80 |
| 住宅用地（农村宅基地） | | | 169.37 | 1.01 |
| 工矿仓储用地 | 工矿用地 | | 56.25 | 0.34 |
| | 光伏电站 | | 26.26 | 0.16 |
| | 工矿仓储用地小计 | | 82.51 | 0.50 |
| 特殊用地（风景名胜设施用地：土林） | | | 107.81 | 0.64 |
| 水域 | 河流 | | 46.63 | 0.28 |
| | 库塘 | | 64.29 | 0.38 |
| | 水域小计 | | 110.92 | 0.66 |
| 其他土地（裸岩石砾地） | | | 14.91 | 0.09 |
| 合计 | | | 16741.78 | 100.00 |

## 4.2.3 植被现状

### 4.2.3.1 评价区植被类型

按照《云南植被》的植被分类原则及系统，根据野外调查资料，将小石门水库评价区范围的自然植被划分为4个植被型、4个植被亚型和11个群系（表4.2.3-1）。

**表 4.2.3-1　小石门水库评价区植被类型一览表**

| 属性 | 植被型 | 植被亚型 | 群系 | 面积（$hm^2$） | 占比（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| 自然植被 | 常绿阔叶林 | 半湿润常绿阔叶林 | 高山栲-滇青冈林 | 10.80 | 0.06 |
| | 暖性针叶林 | 暖温性针叶林 | 云南松林 | 1349.54 | 14.53 |
| | | | 云南松-栓皮栎林 | | |
| | | | 云南油杉-云南松林 | | |
| | 稀树灌草丛 | 干热性稀树灌草丛 | 含余甘子-车桑子的稀树灌木草丛 | 2653.23 | 15.85 |
| | | | 含华西小石积-清香木的稀树灌木草丛 | | |
| | | | 桉树+扭黄茅稀树灌草丛 | | |
| | 灌丛 | 干热性灌丛 | 锥连栎-清香木灌丛 | 1725.22 | 10.30 |
| | | | 高山栲-锥连栎灌丛 | | |
| | | | 滇榄仁-毛叶柿灌丛 | | |
| | | | 地盘松-锥连栎灌丛 | | |
| | 自然植被小计 | | | 6760.71 | 40.38 |
| 人工植被 | 人工林 | 人工桉树林 | | 259.56 | 1.55 |
| | | 人工圣诞树林 | | | |
| | | 退耕林 | | 5261.26 | 31.43 |
| | | 人工林小计 | | 5520.82 | 32.98 |
| | 果园 | 葡萄园、番荔枝园等 | | 43.43 | 0.26 |
| | 耕地 | 耕地 | | 3593.40 | 21.46 |
| | | 荒地 | | 204.06 | 1.22 |
| | | 耕地小计 | | 3797.47 | 22.68 |
| | 人工植被小计 | | | 9361.72 | 55.92 |
| 其他 | 土林 | | | 107.81 | 0.64 |
| | 裸地 | | | 14.91 | 0.09 |
| | 村庄 | | | 169.37 | 1.01 |
| | 工矿用地 | | | 56.25 | 0.34 |
| | 光伏电站 | | | 26.26 | 0.16 |
| | 河流 | | | 46.63 | 0.28 |
| | 水域 | | | 64.29 | 0.38 |
| | 道路 | | | 133.83 | 0.8 |
| | 小计 | | | 400.23 | 2.67 |
| 总计 | | | | 16741.78 | 100.00 |

**（1）自然植被**

小石门水库陆生生态评价区范围，自拟建库区河谷海拔 1350m 至山脊海拔

2000m，面积 16741.78hm$^2$。评价区自然植被包括半湿润常绿阔叶林、暖温性针叶林、干热性稀树灌木草丛、干热性灌丛，自然植被面积 6760.71hm$^2$，占评价区面积的 40.38%。

Ⅰ.半湿润常绿阔叶林

评价区域的半湿润常绿阔叶林仅有高山栲-滇青冈林一个群系，主要分布于拟建小石门水库库尾白马自然保护区山地上，分布于阴坡海拔 1850~2000m 范围。评价区此类植被受人为干扰较突出，面积小，约 10.80hm$^2$，占评价区面积的 0.06%。群落由乔木层、灌木层、草本层和层间植物构成。

乔木层盖度约 60%，高 6~13m，局部可达 20m，最大胸径约 60cm。以高山栲 *Castanopsis delavayi*、滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides* 为优势，伴生毛枝青冈 *Cyclobalanopsis helferiana*、锥连栎 *Quercus franchetii*、新樟 *Neocinnamomum delavayi*、厚壳树 *Ehretia acuminata* var. *obovata*、滇石栎 *Lithocarpus dealbatus* 等常绿树种。部分区域与云南松 *Pinus yunnanensis* 混交。

灌木层高 1~3m，盖度 20%~30%。以青刺尖 *Prinsepia utilis*、蔷薇 *Rosa soulieana*、厚皮香 *Temstriemia gymnanthera*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、水麻 *Debregeasia orientalis*、小梾木 *Cornus paucinervis*、卵叶南烛 *Lyonia ovalifolia*、红棕杜鹃 *Rhododendron rubiginosum*、炮仗杜鹃 *Rhododendron spinuliferum*、乌饭 *Vaccinium bracteatum*、山合欢 *Albizia kalkora*、矮杨梅 *Luzula multiflora*、清香桂 *Sarcococca ruscifolia* 等为常见。

草木层高 0.1~1m，盖度 20%~30%。常见紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、金发草 *Pogonatherum paniceum*、羊耳菊 *Inula cappa*、荩草 *Arthraxon hispidus*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、南莎草 *Cyperus niveus*、宽穗兔耳风 *Ainsliaea latifolia* var. *platyphylla*、沿阶草 *Ophiopogon bodinieri* 等。

层间植物较少，大型木质藤本有巴豆藤 *Craspedolobium schochii*，另外还有三角叶薯蓣 *Dioscorea deltoidea*、飞蛾藤 *Porana racemosa*、轮环藤 *Cyclea wattii*、钝萼铁线莲 *Clematis peterae*、毛木通 *Clematis buchananiana* 等；附生植物少，有石韦 *Pyrrosia lingua*、瓦韦 *Lepisorus loriformis*、石仙桃 *Pholidota chinensis* 等，数量也少。

评价区半湿润常绿阔叶林分布海拔明显高于拟建水库正常蓄水位，而且仅分布于库尾，不受水库蓄水淹没及工程建设施工所影响。

Ⅱ.暖温性针叶林

暖温性针叶林是评价区面积较大的植被类型，约 2371.46hm$^2$，占评价区面积的 14.16%。划分为 3 个群系：云南松林、云南松-栓皮栎林、云南油杉-云南松林。分布海拔 1620~1850m，生境地势相对较缓，被周边耕地包围，受人为砍伐、采挖、放牧等影响显著。

1）云南松林

评价区的云南松林分布于评价区海拔 1620~1800m 的范围，主要分布于输水干渠附近。

乔木层高 5~10m，胸径 5~20cm，盖度 25%~40%，以云南松 *Pinus yunnanensis* 为绝对优势，伴生珠仔树 *Symplocos racemosa*、锥连栎 *Quercus franchetii*、茶梨 *Anneslea fragrans*、云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、漆 *Toxicodendron vernicifluum*。

灌木层高 5m 以下，盖度 30%~40%，包括乔木幼树，如云南松 *Pinus yunnanensis* 等。真正的灌木有车桑子 *Dodonaea viscosa*、、余甘子 *Phyllanthus emblica*、艾胶算盘子 *Glochidion lanceolarium*、深紫木蓝 *Indigofera atropurpurea*、栌菊木 *Nouelia insignis*、云南越桔 *Vaccinium duclouxii*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、七里香 *Buddleja asiatica* 等。

草本层盖度 20%~30%，高 0.1~0.8m。主要有黄茅 *Heteropogon contortus*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、野古草 *Arundinella anomala*、黄背草 *Themeda triandra*、臭灵丹 *Laggera pterodonta*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、滇紫草 *Onosma paniculatum*、南莎草 *Cyperus niveus*、假香附子 *Cyperus tuberosus*、芸香草 *Cymbopogon distans*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、火石花 *Gerbera delavayi* 等。

层间植物种类和数量少，只 1 种，即铁线莲 *Clematis florida*。

2）云南松-栓皮栎林

评价区的云南松-栓皮栎林主要分布于库区及输水干渠周边，海拔 1700~1900m。

乔木层高 5~9m，胸径 6~18cm，盖度 30%~50%，以云南松 *Pinus yunnanensis*、栓皮栎 *Quercus* var*iabilis* 为主，伴生云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、锥连栎 *Quercus franchetii*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、川梨 *Pyrus pashia*、合欢 *Albizia julibrissin*、茶梨 *Anneslea fragrans* 等。受人为利用，群落中也常见人工栽培的银荆树 *Acacia dealata*、桉树 *Eucalyptus robusta* 等。

灌木层高 5m 以下，层盖度 10%~40%，除乔木幼树外，主要灌木有亮毛杜鹃 *Rhododendron microphyton*、厚皮香 *Temstriemia gymnanthera*、云南含笑 *Michelia yunnanensis*、短梗菝葜 *Smilax scobinicaulis*、卵叶南烛 *Lyonia ovalifolia*、火棘 *Pyracantha fortuneana*、长苞十大功劳 *Mahonia longibracteata*、小铁仔 *Myrsine africana*、柄果海桐 *Pittosporum podocarpum*、乌鸦泡 *Accinium fragile*、小叶女贞 *Ligustrum quihoui*、小漆树 *Toxicodendron delavayi*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、隐距越桔 *Vaccinium exaristatum*、艾胶算盘子 *Glochidion lanceolarium*、毛枝绣线菊 *Spiraea martini*、长冠越桔 *Vaccinium harmandianum* 等。

草本层盖度 10%~30%，高 0.1~1.2m。以刺芒野古草 *Arundinella setose*、香青 *Anaphalis sinica*、耳草 *Hedyotis auricularia* 为主。伴生云南兔耳风 *Ainsliaea yunnanensis*、沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*、节肢蕨 *Arthromeris le*hm*annii*、硬秆子草 *Capillipedium assimile*、白叶蒿 *Artemisia leucophylla*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、羊耳菊 *Inula cappa*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、黑蒴 *Alectra avensis*、倒提壶 *Cynoglossum amabile*、三点金 *Desmodium triflorum*、六棱菊 *Laggera alata*、野茼蒿 *Crassocephalum crepidioides*、一点红 *Emilia sonchifolia*、竹叶柴胡 *Bupleurum marginatum*、野百合 *Crotalaria sessiliflora*、万丈深 *Crepis phoenix* 等。

层间植物有巴豆藤 *Craspedolobium schochii*、粉叶南蛇藤 *Celastrus glaucophyllus*、含羞草叶黄檀 *Dalbergia mimosoides*、昆明山海棠 *Tripterygium hypoglaucum*、裂叶铁线莲 *Clematis parviloba*、青羊参 *Cynanchum otophyllum* 等藤本植物。

3）云南油杉-云南松林

评价区的云南油杉-云南松林分布于海拔 1650~1850m 的范围。主要分布于输水干渠和大姚县范围的枢纽区附近。

乔木层高 6~15m，胸径 6~25cm，盖度 30%~55%，以云南油杉 *Keteleeria evelyniana* 和云南松 *Pinus yunnanensis* 为优势。伴生锥连栎 *Quercus franchetii*、茶梨 *Anneslea fragrans*、高山栲 *Castanopsis delavayi*、栓皮栎 *Quercus* var*iabilis*、盐肤木 *Rhus chinensis*、滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides*、山合欢 *Albizia kalkora* 等。

灌木层高 1~5m，盖度 20%~40%，包括部分乔木幼树，如云南松 *Pinus yunnanensis*、云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、锥连栎 *Quercus franchetii* 等。灌木成分有隐距越桔 *Vaccinium exaristatum*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、大白花杜鹃 *Rhododendron decorum*、

白莲蒿 *Artemisia sacrorum*、沙针 *Osyris wightiana*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、七里香 *Buddleja asiatica*、栌菊木 *Nouelia insignis*、薄叶鼠李 *Rhamnus leptophylla*、乌鸦果 *Vaccinium fragile*、地果 *Ficus tikoua*、滑竹 *Yushania polytricha* 等。

草本层盖度 5%~20%，高 0.1~1.5m。主要有黄茅 *Heteropogon contortus*、黄背草 *Themeda triandra*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、剪股颖 *Agrostis clavata*、鬼针草 *Bidens pilosa*、金茅 *Eulalia speciosa*、中南蒿 *Artemisia simulans*、六棱菊 *Laggera alata*、倒提壶 *Cynoglossum amabile*、穗莎草 *Cyperus eleusinoides*、长蕊珍珠菜 *Lysimachia lobelioides*、羽裂白酒草 *Conyza stricta* var. *pinnatifida*、野茼蒿 *Crassocephalum crepidioides*、墨江耳叶马蓝 *Perilepta edgeworthiana*、羊耳菊 *Inula cappa* 等。

层间植物仅有二色薯蓣 *Dioscorea bicolor*、鸡矢藤 *Paederia scandens*、毛胶薯蓣 *Dioscorea subcalva* 等藤本植物，未发现附生或寄生植物。

III. 干热性灌丛

评价区干热河谷灌分布广，见于库区、枢纽区、干渠附近，是当地原生植被不断遭到种地、开荒、砍柴、砍伐、火烧、放牧等影响后，乔木树种消失或灌木化，灌木、草本种类和数量增多后形成的次生植被。由于长期持续利用和影响，最终形成了次生而相对稳定的灌丛群落。

评价区灌丛面积 1725.22hm$^2$，占评价区面积的 10.30%。这种状况反映了当地植被显著的次生性质。评价区的干热性灌丛分成 4 个群系，分别是锥连栎-清香木灌丛、高山栲-锥连栎灌丛、滇榄仁-毛叶柿灌丛和地盘松-锥连栎灌丛。

1）锥连栎-清香木灌丛

锥连栎-清香木灌丛分布于评价区海拔 1550~1750m 范围。分布广，主要分布在库区、干渠及大姚枢纽区附近。

乔木层高 5~6m，盖度不足 5%，零星分布云南松 *Pinus yunnanensis*、云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、锥连栎 *Quercus franchetii*。

灌木层高度一般 5m 以下，盖度 30%~65%。包括较多乔木幼树，如云南松 *Pinus yunnanensis*、云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、高山栲 *Castanopsis delavayi*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides*、锥连栎 *Quercus franchetii* 等。真正的灌木有车桑子 *Dodonaea viscosa*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、沙针 *Osyris wightiana*、七里香 *Buddleja asiatica*、栌菊木 *Nouelia insignis*、假地豆

*Desmodium heterocarpon*、截叶铁扫帚 *Lespedeza cuneata*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、帚枝鼠李 *Rhamnus virgata*、密花树 *Rapanea neriifolia*、薄叶鼠李 *Rhamnus leptophylla* 等。

组成草本层的种类和数量较多，盖度 10%~70%，高 0.1~2m，主要有黄茅 *Heteropogon contortus*、野古草 *Arundinella anomala*、香薷 *Elsholtzia ciliata*、鬼针草 *Bidens pilosa*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、臭灵丹 *Laggera pterodonta*、青蒿 *Artemisia carvifolia*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、镰稃草 *Harpachne harpachnoides*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、羊耳菊 *Inula cappa*、一点红 *Emilia sonchifolia*、六棱菊 *Laggera alata*、孩儿草 *Rungia pectinata*、羽裂白酒草 *Conyza stricta* var. *pinnatifida*、绣球防风 *Leucas ciliata*、黄背草 *Themeda triandra*、高山大戟 *Euphorbia stracheyi*、野百合 *Crotalaria sessiliflora*、南莎草 *Cyperus niveus*、金茅 *Eulalia speciosa*、小叶三点金 *Desmodium microphyllum*、芸香草 *Cymbopogon distans*、白背苇谷草 *Pentanema indicum* var. *hypoleucum*、伞房花耳草 *Hedyotis corymbosa*、土丁桂 *Evolvulus alsinoides*、大籽蒿 *Artemisia sieversiana*、荨麻 *Urtica fissa*、水蓼 *Polygonum hydropiper* 等。

层间植物不发达。零星分布铁线莲 *Clematis florida*、菝葜 *Smilax china*、黑面防己 *Aristolochia tagala*、滇素馨 *Jasminum subhumile*、巴豆藤 *Craspedolobium schochii*、鸡矢藤 *Paederia scandens*、蜀葵叶薯蓣 *Dioscorea althaeoides*、粘山药 *Dioscorea hemsleyi*、天门冬 *Asparagus cochinchinensis*、粉枝莓 *Rubus biflorus*、昆明山海棠 *Tripterygium hypoglaucum* 等藤本植物。

2）高山栲-锥连栎灌丛

高山栲-锥连栎灌丛分布于拟建库区附近，海拔 1600~1700m 的范围，面积小。

群落中未发现高度超过 5m 的乔木个体，均以较低矮的萌生灌木状态存在。灌木层高 1~3m，盖度约 70%。常有较多乔木幼树，如高山栲 *Castanopsis delavayi*、锥连栎 *Quercus franchetii*、滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides*、毛叶柿 *Diospyros mollifolia*、黄檀 *Dalbergia hupeana*、栓皮栎 *Quercus variabilis*、茶梨 *Anneslea fragrans*、川梨 *Pyrus pashia*、米饭花 *Lyonia ovalifolia*。真正的灌木有华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、密花树 *Rapanea neriifolia*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、盐肤木 *Rhus chinensis*、美丽胡枝子 *Lespedeza formosa*、野丁香 *Leptodermis potanini*。

草本层盖度约 20%，高 0.1~1.5m，主要有紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、羊耳菊 *Inula cappa*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、千里光 *Senecio scandens*、还阳参 *Crepis rigescens*、腺花香茶菜 *Rabdosia adenantha*、细柄草 *Capillipedium parviflorum*、火石花 *Gerbera delavayi*、小柴胡 *Bupleurum hamiltonii*、杏叶茴芹 *Pimpinella candolleana*、柄花茜草 *Rubia podantha*、野百合 *Crotalaria sessiliflora*、牡蒿 *Artemisia japonica*、硬秆子草 *Capillipedium assimile*。

3）滇榄仁-毛叶柿灌丛

滇榄仁-毛叶柿灌丛分布于库区坝址附近，海拔 1600~1680m。面积较小。

灌木层盖度约 40%，高度小于 5m，主要有滇榄仁 *Terminalia franchetii*、毛叶柿 *Diospyros mollifolia*，伴生车桑子 *Dodonaea viscosa*、沙针 *Osyris wightiana*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、栌菊木 *Nouelia insignis*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha*、滇瑞香 *Daphne feddei*、深紫木蓝 *Indigofera atropurpurea*、毛枝绣线菊 *Spiraea martini*、截叶铁扫帚 *Lespedeza cuneata*、地果 *Ficus tikoua*、七里香 *Buddleja asiatica*、羽脉山黄麻 *Trema levigata*、锥连栎 *Quercus franchetii*、清香木 *Pistacia weinmannifolia* 等。

草本层盖度约 40%，高 0.1~1.5m，常见红枝卷柏 *Selaginella sanguinolenta*、丛毛羊胡子草 *Eriophorum comosum*、黄茅 *Heteropogon contortus*、百日菊 *Zinnia elegans*、戟叶酸模 *Rumex hastatus*、黄背草 *Themeda triandra*、芸香草 *Cymbopogon distans*、香薷 *Elsholtzia ciliata*、羊耳菊 *Inula cappa*、羽芒菊 *Tridax procumbens*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata* 等。

群落的藤本植物较少，仅雀梅藤 *Sageretia thea*；未见附生、寄生植物。

4）地盘松-锥连栎灌丛

地盘松-锥连栎灌丛主要分布于大坝右岸山顶及大姚枢纽区附近，海拔 1650~1850m。

灌木层高度不超过 5m，盖度 35%~70%。有少量乔木幼树如锥连栎 *Quercus franchetii*、云南油杉 *Keteleeria evelyniana*、川梨 *Pyrus pashia*、高山栲 *Castanopsis delavayi*、厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*、毛杨梅 *Myrica esculenta*、茶梨 *Anneslea fragrans* 等，真正的灌木有云南越桔 *Vaccinium duclouxii*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、乌鸦果 *Vaccinium fragile*、地盘松 *Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*、余甘子 *Phyllanthus*

*emblica*、密花树 *Rapanea neriifolia*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、小漆树 *Toxicodendron delavayi*、疏序黄荆 *Vitex negundo f. laxipaniculata*、小铁仔 *Myrsine africana*、沙针 *Osyris wightiana*、算盘子 *Glochidion puberum*、西南山茶 *Camellia pitardii*、紫毛香茶菜 *Rabdosia enanderiana*、帚枝鼠李 *Rhamnus virgata* 等。

草本层盖度 10%~50%，高 0.1~1.5m，以芸香草 *Cymbopogon distans*、野古草 *Arundinella anomala* 为优势，其他还有羊耳菊 *Inula cappa*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、黄茅 *Heteropogon contortus*、黄背草 *Themeda triandra*、野拔子 *Elsholtzia rugulosa*、细柄草 *Capillipedium parviflorum*、拉拉藤 *Galium aparine* var. *echinospermum*、小叶三点金 *Desmodium microphyllum*、大丁草 *Leibnitzia anandria*、高山大戟 *Euphorbia stracheyi*、红背耳叶马蓝 *Perilepta dyeriana*、一点红 *Emilia sonchifolia* 等。

群落的藤本植物少，除粘山药 *Dioscorea hemsleyi* 外，未发现其他种；也没有发现附生或寄生植物。

Ⅵ. 干热性稀树灌木草丛

评价区的干热性稀树灌木草丛主要分布于元谋县范围的输水干渠、支渠附近，是本工程评价区分布面积最大的植被类型，面积达 2653.23hm$^2$，占评价区面积的 15.85%。包括含余甘子-车桑子的稀树灌木草丛、含华西小石积-清香木的稀树灌木草丛和桉树-扭黄茅稀树灌草丛三个群系。

1）含余甘子-车桑子的稀树灌木草丛

含余甘子-车桑子的稀树灌木草丛主要分布于干渠附近和库区半山坡上附近，海拔 1350~1700m 范围。

群落中零星分布少量高度超过 5m 的乔木植株，盖通常不足 5%，高 5~6m，胸径 5~6cm。主要有人工种植的桉树 *Eucalyptus robusta*、台湾相思 *Acacia confusa*，偶见合欢 *Albizia julibrissin*，表明此类群落深受人为利用所影响。

灌木层盖度较低，约 10%~20%，高度不超过 5m，通常 1~3m。以余甘子和车桑子 *Dodonaea viscosa* 为绝对优势。伴生少量乔木幼树如毛叶黄杞 *Engelhardtia colebrookiana*、铜钱树 *Paliurus hemsleyanus*、云南松 *Pinus yunnanensis*、珠仔树 *Symplocos racemosa*、锥连栎 *Quercus franchetii* 等。群落中真正的灌木还有薄叶鼠李 *Rhamnus leptophylla*、地果 *Ficus tikoua*、滇木蓝 *Indigofera delavayi*、黄花稔 *Sida acuta*、火把花 *Colquhounia coccinea* var. *mollis*、假地豆 *Desmodium heterocarpon*、

截叶铁扫帚 *Lespedeza cuneata*、喀西茄 *Solanum khasianum*、马桑 *Coriaria nepalensis*、美花山蚂蝗 *Desmodium callianthum*、茸毛木蓝 *Indigofera stachyodes*、沙针 *Osyris wightiana*、蛇婆子 *Waltheria americana*、小叶六道木 *Abelia parvifolia* 等。在局部湿润小生境，由于湿度稍大，灌木盖度增加到 30%以上甚至 50%，群落成为灌木状。但是此类以余甘子-车桑子为特征的群落，绝大多数其灌木层盖度均很低，不足 20%，总体属于含余甘子-车桑子的稀树灌木草丛。

草本层盖度大，达 60%~90%，高 0.1~1.5m，组成种类较多，以黄背草 *Themeda triandra*、扭黄茅 *Heteropogon contortus*、芸香草为优势，其盖度可超过 50%。其他还有白酒草 *Conyza japonica*、白叶蒿 *Artemisia leucophylla*、百日菊 *Zinnia elegans*、臭灵丹 *Laggera pterodonta*、刺苞果 *Acanthospermum australe*、耳草 *Hedyotis auricularia*、狗尾草 *Setaria viridis*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、鬼针草 *Bidens pilosa*、戟叶酸模 *Rumex hastatus*、假香附子 *Cyperus tuberosus*、两头毛 *Incarvillea arguta*、伞房花耳草 *Hedyotis corymbosa*、束尾草 *Phacelurus latifolius*、通奶草 *Euphorbia hypericifolia*、土丁桂 *Evolvulus alsinoides*、歪头菜 *Vicia unijuga*、纤花耳草 *Hedyotis tenelliflora*、香薷 *Elsholtzia ciliata*、小叶三点金 *Desmodium microphyllum*、羊耳菊 *Inula cappa* 等。

群落的藤本植物很少，除毛木通 *Clematis buchananiana*、虫豆 *Cajanus crassus* 外，未发现其他种，也没有发现附生或寄生植物。

2）含华西小石积-清香木的稀树灌木草丛

含华西小石积-清香木的稀树灌木草丛主要分布于评价区元谋县输水干渠附近，海拔 1550~1650m 范围。

灌木层高度不超过 5m，盖度 10%~20%。以华西小石积 *Osteomeles schwerinae* 和清香木 *Pistacia weinmannifolia* 为优势，其它灌木有阿达子 *Maytenus royleana*、白饭树 *Flueggea virosa*、薄叶鼠李 *Rhamnus leptophylla*、扁担杆 *Grewia biloba*、大叶千斤拔 *Flemingia macrophylla*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha*、鸡骨柴 *Elsholtzia fruticosa*、栌菊木 *Nouelia insignis*、毛刺花椒 *Zanthoxylum acanthopodium* var. *timbor*、密花树 *Rapanea neriifolia*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、荛花 *Wikstroemia canescens*、桑 *Morus alba* 等，相比主要物种而言，其盖度较小。

草本层盖度大，达盖度 70%~80%，高 0.2~1.6m，组成种类较多，主要有黄背草 *Themeda triandra*、扭黄茅 *Heteropogon contortus*，其它有穆穗莎草 *Cyperus*

*eleusinoides*、地胆草 *Elephantopus scaber*、狗尾草 *Setaria viridis*、鬼针草 *Bidens pilosa*、剪股颖 *Agrostis clavata*、柳叶菜 *Epilobium hirsutum*、石海椒 *Reinwardtia indica*、束尾草 *Phacelurus latifolius*、万寿菊 *Tagetes erecta*、细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*、野古草 *Arundinella anomala*、野雉尾金粉蕨 *Onychium japonicum*、地胆草 *Elephantopus scaber* 等。

群落中，层间层植物较少，藤本植物有菝葜 *Smilax china*、白粉藤 *Cissus repens*、多花素馨 *Jasminum polyanthum*、马利筋 *Asclepias curassavica*、毛鸡矢藤 *Paederia scandens*、毛木防己 *Cocculus orbiculatus* var. *mollis*、铁线莲 *Clematis florida*，未发现其他种，也没有发现附生或寄生植物。

3）桉树+扭黄茅稀树灌草丛

桉树+黄茅稀树灌草丛主要分布于评价区元谋县输水干渠的村寨附近，零星分布，海拔 1100~1250m 范围。群落中，桉树是当地社区村边常见的栽培树种，其林下自然生长了较多当地常见的杂草灌木。

乔木层以人工种植的桉树 *Eucalyptus robusta* 为主，盖度约 5%，高 7~13m，胸径 7~15cm，因疏于管理，加上缺水干燥，甚至采摘桉树枝叶提炼桉叶油，桉树生长不良。

灌木层盖度约 15%。高度 1~5m，常见滇刺枣 *Zizphus mauritiana*、余甘子 *Phyllanthus emblica*、合欢 *Albizia julibrissin*、麻风树 *Jatropha curcas*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、台湾相思 *Acacia confusa*、金合欢 *Acacia farnesiana*、黄檀 *Dalbergia hupeana*。

草本层盖度约 80%，高达 1.5m，以黄茅 *Heteropogon contortus* 为优势，单种盖度甚至达到 60%，高约 1m；其它野古草 *Arundinella anomala*、芸香草 *Cymbopogon distans*、金茅 *Eulalia speciosa*、剑麻 *Agave sisalana*、鬼针草 *Bidens pilosa* 等。

**（2）人工植被**

评价区的人工植被面积 9361.72hm$^2$，占评价区面积的 55.92%。包括人工林、经济林和荒地、耕地植被。

1）人工林

人工林主要有人工桉树林、人工圣诞树林、退耕还林林，主要以退耕林为主，面积较大且成片分布。人工桉树林及人工圣诞树林分布于距村寨不远的山坡上，耕地边，面积很小，零星分布。人工林累计面积 5520.82hm$^2$，占评价区面积的 32.98%。

2）经济林

评价区人工经济林主要有人工板栗林、火龙果园、猕猴桃园，主要分布于村寨边，其分布面积小，为 43.43hm$^2$，占评价区面积的 0.26%，零星分布。

3）荒地

评价区荒地主要为丢荒的耕地和河边荒草地，以草本植物为优势，主要有白车轴草 *Trifolium repens*、具芒碎米莎草 *Cyperus microiria*、钻叶紫菀 *Aster subulatus*、荩草 *Arthraxon hispidus*、水蓼 *Polygonum hydropiper*、水芹 *Oenanthe javanica*、横断马唐 *Digitaria hengduanensis*、砖子苗 *Mariscus sumatrensis*、束尾草 *Phacelurus latifolius*、喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides*、鬼针草 *Bidens pilosa*、水香薷 *Elsholtzia kachinensis*、柳叶菜 *Epilobium hirsutum*、狗尾草 *Setaria viridis*、具芒碎米莎草 *Cyperus microiria*。

4）评价区耕地植被

评价区以农业生产为主，耕地为评价区最主要的土地面积，共 3593.40hm$^2$，占评价区面积的 21.46%。以旱地植被。

评价区耕地植被主要分布于村寨边及距村寨不远的山坡上，主要种植蔬菜、玉米等农作物。

上述各种人工植被中，耕地植被为单优人工群落，缺乏生物多样性。

#### 4.2.3.2 评价区植被分布规律及演替规律

（1）评价区植被分布规律

拟建小石门水库工程评价区地带性植被类型是半湿润常绿阔叶林。但是，评价区是农业生产历史悠久的农耕区，也是村寨、城镇较发达的地区。在人类长期干扰影响下，评价区的原生植被类型——半湿润常绿阔叶林基本消失，多被云南松林、灌丛、人工林、耕地等所替代。

从地域上看，拟建小石门水库大坝及库区，生境较为干燥。在陡峻、河谷区域，存在少量半湿润常绿阔叶林次生灌丛。在山坡、阳坡分布有较多的暖温性针叶林和干热性灌丛，人工林分布较少，自然植被的面积和比例较高。输水线路区人为活动程度提高，现状植被主要以云南松林为主，同时人工林、经济林和耕地的面积和比例明显增加。

2）垂直分布规律

评价区海拔介于 1350~2000m 之间，垂直海拔高度 650m。根据调查，海拔 1350~1700m 段，植被主要为干热性稀树灌木草丛，海拔 1550~1750m 段，植被以干热性灌丛为主，随着海拔上升，海拔 1620~2000m 段，植被主要为暖温性针叶林。

总之，评价区自然植被的面积自西而东逐渐减少，各种人工植被和耕地的自西而东面积逐渐增加，正好反映了自西而东人口密度增加，城镇化程度持续增加的特点。

（2）评价区植被演替规律

评价区的地带性植被类型是半湿润常绿阔叶林，其优势种、建群种主要是壳斗科的滇青冈、黄毛青冈、白穗石栎、滇石栎、高山栲，茶科的银木荷、厚皮香，蔷薇科的石楠等。在人为长期砍伐、采蕉、火烧、放牧等影响下，半湿润常绿阔叶林主要向两个方向演变。

其一，在生境较干燥的区域，如阳坡、山脊等生境，半湿润常绿阔叶林遭到破坏后往往演变为云南松林，或栎类+云南松混交林：在人为影响程度较轻的情况下，往往演变为松栎混交林；在人为影响强度较大的情况下，往往演变为优势度较高的云南松林。此类次生植被，在停止人为干扰后，经过较长时间，如 20 年、30 年等，其中残存的壳斗科等常绿阔叶成分逐渐增多、进入群落上层，优势度逐渐提高，可缓慢地恢复为半湿润常绿阔叶林，但是这个过程较为漫长。

其二，在生境较湿润的区域，如阴坡、沟箐等生境，在强度砍伐情况下，半湿润常绿阔叶林高度降低到 5m 以下，胸径降低，多成为萌生状，成为次生的栎类萌生灌丛。此类栎类萌生灌丛，在停止人为干预情况下，萌生状的栎类成分能在几年内长高到 5m 以上而逐渐恢复成为半湿润常绿阔叶林的次生林。

#### 4.2.3.3 评价区植被现状小结

综上所述，评价区各种植被类型中，面积最大的是退耕林，其面积达到 5261.26hm$^2$，占评价区面积的 31.43%；评价区自然植被面积较小的是半湿润常绿阔叶林，面积为 10.80hm$^2$，仅占评价区面积的 0.06%。

评价区的自然植被类型虽然有半湿润常绿阔叶林、暖温性针叶林、干热性稀树灌草丛、干热性灌丛 4 种类型，但由于评价区大部分位于村寨附近，长期以来受农业生产生活的影响严重，自然植被受到严重破坏，目前成为十分次生的植物群落类型，表现在组成群落的物种减少，尤其是群落中的原生成分减少，外来成分增加；

此外，群落乔木层的高度降低，胸径变小，植株多为萌生状，高质量的乔木树种资源枯竭，密度和盖度下降，林分质量显著下降。

由于人口增加和经济林木产品价格的不断上涨，评价区人工植被的面积还会缓慢增加，自然植被的面积还会逐渐缩小，并且其自然植被的次生化程度可能会进一步加剧。

## 4.2.4 植物资源

### 4.2.4.1 评价区维管植物科属种构成

调查表明，小石门水库项目评价区记录到野生维管植物 394 种，隶属于 97 科、273 属。其中，蕨类植物 15 科 22 属 29 种；裸子植物 1 科 2 属 3 种；被子植物 81 科 249 属 362 种。被子植物中，双子叶植物 73 科 213 属 308 种，单子叶植物 8 科 36 属 54 种。

总的来看，评价区气候干燥、环境条件相对单一，海拔高差不大，农业生产历史悠久，耕地、园地和人工林所占比例较大，自然植被保存不多，植物资源的种类相对较少。

**表 4.2.4-1　评价区维管植物科属种数量统计表**

| 植物类群 | | | 科数 | 属数 | 种数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 蕨类植物 | | | 15 | 22 | 29 |
| 种子植物 | 裸子植物 | | 1 | 2 | 3 |
| | 被子植物 | 双子叶植物 | 73 | 213 | 308 |
| | | 单子叶植物 | 8 | 36 | 54 |
| | | 被子植物小计 | 81 | 249 | 362 |
| | 种子植物小计 | | 82 | 251 | 365 |
| 维管植物合计 | | | 97 | 273 | 394 |

### 4.2.4.2 评价区种子植物属的区系特征

评价区有野生种子植物 251 属。其中，有热带类型的属 132 属（分布区类型 2 至 7.3），占 251 属的 52.59%；温带类型的属 92 属（分布区类型 8 至 15），占 251 属的 36.65%。该数字表明，评价区温带植物区系和热带植物区系均较为明显。所有这些属中，以泛热带分布的属（分布区类型 2、2.1、2.2）最为突出，计 69 属，占评价区野生种子植物总属数的 27.49%；其次为北温带带分布的属（分布区类型 8、

8.4、8.6），计 45 属，占评价区总属数的 17.93%，表明本区植物区系与北温带亚洲植物区系和泛热带植物区系的密切联系。

**表 4.2.4-2　评价区野生种子植物属的分布区类型统计表**

| 编号 | 分布区类型 | 属数 | 占比（%） |
|---|---|---|---|
| 1 | 世界分布 | 27 | 10.76 |
| 2 | 泛热带分布 | 60 | 23.90 |
| 2.1 | 热带亚洲、大洋洲（至新西兰）和中、南美洲（或墨西哥）间断分布 | 3 | 1.20 |
| 2.2 | 热带亚洲、非洲和中、南美洲间断分布。 | 6 | 2.39 |
| 3 | 热带亚洲和热带美洲间断分布 | 9 | 3.59 |
| 4 | 旧世界热带分布 | 15 | 5.98 |
| 4.1 | 热带亚洲、非洲（或东非、马达加斯加）和大洋洲间断分布 | 1 | 0.40 |
| 5 | 热带亚洲至热带大洋洲分布 | 2 | 0.80 |
| 6 | 热带亚洲至热带非洲分布 | 21 | 8.37 |
| 7 | 热带亚洲( 印度-马来西亚）分布 | 11 | 4.38 |
| 7.1 | 爪哇（或苏门答腊）、喜马拉雅间断或星散分布到华南、西南 | 2 | 0.80 |
| 7.2 | 热带印度至华南（尤其云南南部）分布 | 1 | 0.40 |
| 7.3 | 缅甸、泰国至华西南分布。 | 1 | 0.40 |
| 热带属合计（2-7） | | 132 | 52.59 |
| 8 | 北温带分布 | 34 | 13.55 |
| 8.4 | 北温带和南温带间断分布“全温带” | 10 | 3.98 |
| 8.6 | 地中海、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断分布 | 1 | 0.40 |
| 9 | 东亚和北美洲间断分布 | 8 | 3.19 |
| 9.1 | 东亚和墨西哥间断分布 | 1 | 0.40 |
| 10 | 旧世界温带分布 | 9 | 3.59 |
| 10.1 | 地中海区、西亚（或中亚）和东亚间断分布 | 4 | 1.59 |
| 10.2 | 地中海区和喜马拉雅间断分布。 | 3 | 1.20 |
| 11 | 温带亚洲分布 | 2 | 0.80 |
| 12.3 | 地中海区至温带-热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布 | 2 | 0.80 |
| 13.2 | 中亚至喜马拉雅和我国西南分布 | 1 | 0.40 |
| 14 | 东亚分布 | 8 | 3.19 |
| 14.1 | 中国-喜马拉雅分布 | 5 | 1.99 |
| 14.2 | 中国-日本分布 | 1 | 0.40 |
| 15 | 中国特有分布 | 3 | 1.20 |
| 温带属合计（8~15） | | 92 | 36.65 |
| 合计 | | 251 | 100.00 |

#### 4.2.4.3 评价区保护植物及名木古树

按照《国家重点保护野生植物名录》（第一批，1999）、《云南省重点保护野生植物名录》（第一批，1989），评价区未发现国家重点保护野生植物，未发现云南省重点保护野生植物；未发现名木古树。

#### 4.2.4.4 评价区特有植物

特有植物指分布范围局限于特定地理区域的植物。在云南，通常将特有植物分为狭域特有植物、云南特有植物、中国特有植物三类。总的说来，拟建小石门水库评价区农耕历史悠久，人为生产生活较发达，生态环境包括植物植被的自然性受到显著影响，原生自然植被残存不多，因而特有植物的比列较低。

（1）狭域特有植物

狭域特有植物指仅分布于该项目区，或该项目涉及的牟定、大姚或元谋三县，其分布区域很狭窄的物种。外业现场调查中，没有发现狭域特有植物。

（2）云南特有植物

云南特有植物指自然分布区域不超出云南省范围的物种。评价区记录到云南特有植物 10 种，占评价区植物种类的 2.54%。如小叶栒子、三叶悬钩子、毛宿苞豆、宽穗兔儿风、万丈深、翅茎草、二色薯蓣、大陆剪股颖、滑竹、地盘松。评价区云南特有植物的比列很低。

（3）中国特有植物

中国特有植物指自然分布区域不超出中国的物种。评价区记录到中国特有植物 94 种，占评价区植物种类的 23.86%，如西南山茶、云南松、云南樱桃、滇青冈等。从云南各地看，在人为影响小、自然植被保存较好的区域，如自然保护区、国有林、公益林等区域，中国特有植物的比例一般超过该区植物种类的 30%。评价区中国特有植物的比列为 23.86%，就云南省横向比较而言，处于低水平。

### 4.2.5 评价区生态完整性现状评价

#### 4.2.5.1 生态系统的生物量和生产力

（1）评价区生态系统的生物量

参照“我国森林植被的生物量和净生产量”（方精云、刘国华、徐嵩林，1996，

生态学报，16（5）），“中国不同气候带各类型森林的生物量和净第一性生产力”（李高飞，任海，2004，热带地理，24（4）），以及《生物圈第一性生产力》（H.里思，R.H.惠特克，2001）的相关文献，计算本评价区各植被类型（生态系统）的生物生产量和生产力。

计算表明，在评价区 16741.78hm$^2$ 面积范围内，目前累积的植物生物量是1355648.08t（干重），平均每公顷约 80.97t（干重）。这在云南省各地的生物量水平中属于中偏下水平。其中灌丛及稀树灌草丛、人工林、暖性针叶林的生物量处于最高的前三位，反映了评价区的植被以灌丛及稀树灌草丛、人工林、暖性针叶林为优势的现状。

**表 4.2.5-1　评价区不同生态系统的生物量**

| 生态系统 | 面积(hm$^2$) | 生物量(t/hm$^2$) | 总生物量(t) | 占评价区比例(%) |
|---|---|---|---|---|
| 常绿阔叶林 | 10.80 | 125.22 | 1352.38 | 0.10 |
| 暖温性针叶林 | 2371.46 | 98.02 | 232450.23 | 17.15 |
| 灌丛及稀树灌草丛 | 4378.45 | 75 | 328383.75 | 24.22 |
| 人工林（含退耕林） | 5520.82 | 120 | 662498.40 | 48.87 |
| 人工经济林 | 43.43 | 60 | 2605.80 | 0.19 |
| 土林 | 107.81 | 30 | 3234.40 | 0.24 |
| 耕地 | 3593.40 | 30 | 107802.07 | 7.95 |
| 未利用地（荒地、裸地） | 218.97 | 30 | 6569.10 | 0.48 |
| 河流、坑塘、水库 | 110.92 | 10 | 1109.20 | 0.08 |
| 其他(公路、建设用地) | 385.71 | 25 | 9642.75 | 0.71 |
| 合计 | 16741.78 | 80.97 | 1355648.08 | 100.00 |

（2）评价区生态系统的生产力

在评价区面积 16741.78hm$^2$ 范围内，每年的生物生产力约 136677.60（干重 t/a），平均每年每公顷约 8.16（干重 t/a.hm$^2$）。这在云南省各地植被中属于中偏下水平。其中，年生物生产量最高的前三位依然是灌丛及稀树灌草丛、人工林及暖温性针叶林。

**表 4.2.5-2　评价区每年生态系统生产量表**

| 生态系统 | 面积(hm$^2$) | 净生产力(t/a.hm$^2$) | 生产力(t/a) | 占评价区比例(%) |
|---|---|---|---|---|
| 常绿阔叶林 | 10.80 | 16.81 | 181.55 | 0.13 |
| 暖温性针叶林 | 2371.46 | 9.74 | 23097.99 | 16.90 |
| 灌丛及稀树灌草丛 | 4378.45 | 8.85 | 38749.28 | 28.35 |
| 人工林（含退耕林） | 5520.82 | 8.41 | 46430.10 | 33.97 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 人工经济林 | 43.43 | 8.41 | 365.25 | 0.27 |
| 土林 | 107.81 | 6.5 | 700.79 | 0.51 |
| 耕地 | 3593.40 | 6.5 | 23357.11 | 17.09 |
| 未利用地（荒地、裸地） | 218.97 | 6.5 | 1423.31 | 1.04 |
| 河流、坑塘、水库 | 110.92 | 4 | 443.68 | 0.32 |
| 其他(公路、建设用地、光伏电站) | 385.71 | 5 | 1928.55 | 1.41 |
| 合计 | 16741.78 | 8.16 | 136677.60 | 100.00 |

（3）评价区理论（标准）生态系统的生产力

理论生态系统的生产力是一个地区生态系统的最大植被生物生产力主要是由该区的多年平均降水量和该区的多年平均温度决定的。采用 Miami 模型计算评价区的植被生产力，其计算的公式如下：

$$Y_1 = 3000 / (1 + e^{(1.315-0.119t)}) \qquad Y_2 = 3000(1-e^{-0.000664p})$$

式中：$Y_1$—按年均温度（t）估算的热量生产力[g/(m$^2$.a)]；

$Y_2$—按年降水量（p）估算的水分生产力[g/(m$^2$.a)]。

拟建小石门水库位于楚雄州牟定县西南方的龙川江一级支流普登河中游段勐岗河上，属亚热带季风气候区，5～10 月为雨季，每年 11 月至次年 4 月为旱季。据附近元谋县气象站资料推算，多年平均气温 21.9℃，极端高温 42℃（1963 年 5 月），极端低温-0.8℃（1982 年 12 月 26 日），全年大于 10℃的积温 360 天，积温 7986℃；大于 18℃的积温 283 天，积温 5777.2℃，属光能较高的地区；多年平均日照达 2677 小时，日照率 60%以上；霜期短，多年平均霜期仅两天。境内旱季和雨季界限分明，季风气候显著，气温随海拔增加而递减，降雨随海拔增加而递增，“立体气候”明显。多年平均降雨量为 672.8mm，多年平均蒸发量 3729mm。

根据 Miami 模型计算小石门水库工程评价区的理论生态系统生产力为：

按年均温度（t）估算的热量生产力为 $Y_1$2353 [g /(m$^2$.a)]；

按年降水量（p）估算的水分生产力为 $Y_2$1080.87 [g /(m$^2$.a)]。

**表 4.2.5-3　小石门水库工程评价区理论植被生物生产力估算表**

| 区域 | 年平均气温℃ | 平均降雨量 mm | $Y_1$ (t/hm$^2$.a) | $Y_2$ (t/hm$^2$.a) |
|---|---|---|---|---|
| 评价区 | 21.9 | 672.8 | 23.53 | 10.81 |

从表中可看出，根据年平均温度估算的平均生产力明显高于根据年平均降雨量估算的平均生产力。小石门水库评价区年平均温度是制约本区生态系统生产力的主

要因子，因此依据年平均降雨估算的理论生产力 23.53（干重 t/a.hm$^2$）更接近实际。

按照前面计算的数据，拟建小石门水库评价区每年产生的实际生物生产量约 136677.6（干重 t/a），平均每年每 hm$^2$ 实际生产力约 8.16（干重 t/a.hm$^2$）。与上述每年每公顷理论生产力 23.53（干重 t/a.hm$^2$）进行比较（8.16/23.53*100%），则目前评价区生态系统的生产力水平仅是理论生产力水平的约 34.68%。可见，评价区目前生态系统的生产力水平处于较低的水平。

#### 4.2.5.2 评价区景观生态体系

（1）景观面积

根据景观生态系统类型的特征和稳定性，将评价区的景观生态系统类型划分为自然景观和人工景观 2 个大类、10 种景观类型，如下表。

**表 4.2.5-4　评价区景观斑块数与面积**

| 景观类型 | | 景观面积(hm$^2$) | 百分比(%) | 斑块数 | 比例(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 自然景观 | 天然森林景观 | 2382.26 | 14.23 | 64 | 5.57 |
| | 灌丛景观 | 4378.45 | 26.15 | 259 | 22.54 |
| | 河流（水域）景观 | 110.92 | 0.66 | 111 | 9.66 |
| | 土林景观 | 107.81 | 0.64 | 9 | 0.78 |
| | 小计 | 6979.44 | 41.69 | 443 | 38.56 |
| 人工景观 | 人工林景观 | 5520.82 | 32.98 | 117 | 10.18 |
| | 旱地景观 | 3636.84 | 21.72 | 273 | 23.76 |
| | 道路景观 | 133.83 | 0.80 | 103 | 8.96 |
| | 建筑(村镇)景观 | 251.88 | 1.50 | 114 | 9.92 |
| | 荒草地景观 | 204.06 | 1.22 | 79 | 6.88 |
| | 裸地景观 | 14.91 | 0.09 | 20 | 1.74 |
| | 小计 | 9762.34 | 58.31 | 706 | 61.44 |
| 合计 | | 16741.78 | 100.00 | 1149 | 100.00 |

评价区上述景观体系的组成与特点为：

1）自然景观

评价区的自然景观包括 4 类，即天然森林景观、灌丛景观、河流景观及土林景观，累计面积 6979.44hm$^2$，占评价区面积的 41.69%。评价区人工景观累计面积 9762.34hm$^2$，占评价区景观面积的 58.31%。评价区人工景观面积明显偏大，表明人为利用程度大。

天然森林景观：为评价区的地带性植被景观，但受砍伐垦殖等干扰，现存面积小，约 2382.26hm$^2$，占评价区面积的 14.23%，以云南松林为主，分布于评价区各地。

灌丛景观：这是评价区天然森林不断退化后形成的植被景观。现存面积较大，约 4378.45hm$^2$，占评价区面积的 26.15%，多呈灌木状，集中在小石门水库工程区。

河流景观：评价区分布几条中小型河流，以及坑塘、水库，构成评价区的河流（水域）景观，累计面积约 110.92hm$^2$，占评价区面积的 0.66%。所占比例极小，反映了评价区是缺水的区域。

土林景观：累计面积约 107.81hm$^2$，占评价区面积的 0.64%，比例极小。

2）人工景观

评价区人工景观类型较多，表明评价区人为活动影响强烈。评价区的人工景观包括人工林景观、旱地景观、道路景观、建设用地景观、荒草地景观、裸地景观。

人工林景观：包括人工用材林和人工经济林及退耕林，面积较大，达 5520.82hm$^2$，占评价区面积的 32.98%，反映了评价区土地利用程度高，主要分布于村寨和耕地周边，与耕地交错分布。

旱地景观：面积大，达 3636.84hm$^2$，占评价区面积的 21.72%。主要集中分布于周边坝平地或村庄周围。

道路景观：评价区村寨较多，因而道路也较多。评价区的道路主要是乡村公路，累计面积 133.83hm$^2$，占评价区面积的 0.80%。

建设用地景观：评价区的建设用地景观主要是村寨、乡镇，及部分工矿区，呈斑块状散嵌于评价区内，累计面积 251.88hm$^2$，占评价区面积的 1.50%。

荒草地景观：面积 204.06hm$^2$，占评价区面积的 1.22%。

裸地景观：面积为 14.91hm$^2$，占评价区面积的 0.09%。

（2）景观斑块

从上表可见，评价区各类景观斑块数共计 1149 块。按照斑块数量大小排列，依次是旱地景观、灌丛景观、人工林景观、建筑(村镇)景观、河流（水域）景观、道路景观、荒草地景观、天然森林景观、裸地景观、土林景观，其斑块比例分别为 23.76%、22.54%、10.18%、9.92%、9.66%、8.96%、6.88%、5.57%、1.74%、0.78%。

通过对景观优势度的计算，评价区没有绝对的基质景观类型，人工林景观、灌丛景观、旱地景观、天然森林的优势度较高，是主要的景观。这 4 类景观共同构成了评价区的基底景观。其他景观的优势度较低，是次要景观。

（3）景观生态体系质量评价

景观结构包括 3 种基本组分，即斑块、廊道和基底。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。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、道路等。基底是指景观中分布最广、连续性最大的背景结构。基底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。

基底的判定有 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。采用植被生态学中确定植被重要值的方法来确定斑块在景观中的优势度。具体由 3 个参数计算而来，即密度(Rd)、频率(Rf)和景观比例(Lp)。前两个参数比较明确时，可认为相对面积较大、连通程度较高的斑块类型即控制着景观质量的基底。

景观优势度的计算公式如下：

$$\text{密度}R_d = \frac{\text{斑块}i\text{数目}}{\text{斑块总数}} \times 100\%$$

$$\text{频率}R_f = \frac{\text{斑块}i\text{出现的样方数}}{\text{总样方数}} \times 100\%$$

$$\text{景观比例}L_p = \frac{\text{斑块}i\text{的面积}}{\text{样地总面积}} \times 100\%$$

$$\text{优势度}D_o = \frac{(R_d + R_f)/2 + L_p}{2} \times 100\%$$

注：公式“频率 Rf”中“总样方数”即总网格数，“斑块 i 出现的样方数”即斑块 i 出现的网格数。

内各类斑块的密度(Rd)、频率(Rf)和景观比例(Lp)，以及优势度的计算值见表 4.2.5-5。

**表 4.2.5-5　评价区各类斑块优势度值现状**

| 景观类型 | | 密度 Rd | 频率 Rf | 景观比例 Lp | 优势度 Do |
|---|---|---|---|---|---|
| 自然景观 | 天然森林景观 | 5.57 | 9.90 | 14.23 | 10.98 |
| | 灌丛景观 | 22.54 | 24.35 | 26.15 | 24.80 |
| | 河流（水域）景观 | 9.66 | 5.16 | 0.66 | 4.04 |
| | 土林景观 | 0.78 | 0.71 | 0.64 | 0.70 |
| 人工景观 | 人工林景观 | 10.18 | 21.58 | 32.98 | 24.43 |
| | 旱地景观 | 23.76 | 22.74 | 21.72 | 22.49 |
| | 道路景观 | 8.96 | 4.88 | 0.80 | 3.86 |
| | 建筑(村镇)景观 | 9.92 | 5.71 | 1.50 | 4.66 |
| | 荒草地景观 | 6.88 | 4.05 | 1.22 | 3.34 |
| | 裸地景观 | 1.74 | 0.91 | 0.09 | 0.71 |

| 景观类型 | 密度 Rd | 频率 Rf | 景观比例 Lp | 优势度 Do |
|---|---|---|---|---|
| 合计 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

从表中各景观类型优势度值可知，评价区各类景观中，灌丛景观、人工林景观、旱地景观和天然森林景观的优势度较高，超过 10，是评价区的主要景观类型。这 4 类景观共同构成了评价区的基底景观。其他景观的优势度较低，是次要景观。

#### 4.2.5.3 评价区生态系统完整性评价

评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量，这充分表明评价区的生态系统都受到一定程度的干扰，是不完整的生态系统。由于评价区的生态系统的生量总体上都是以低生物量为特征，因此其生态系统也是脆弱的，在外界的干扰下易处于不稳定状态，容易进一步退化。

### 4.2.6 动物资源

根据《中国动物地理》以及云南省动物地理区划，评价区属于西南区西南山地亚区云南高原省的滇中川南高原湖盆。经现场调查、资料收集整理，确定影响评价区分布的陆生脊椎动物共有 4 纲、23 目、68 科、116 属、159 种，表 4.2.6-1。

**表 4.2.6-1　评价区陆生脊椎动物种类统计表**

| 类群 | 目 | 科 | 属 | 种 |
|---|---|---|---|---|
| 两栖类 | 1 | 6 | 6 | 10 |
| 爬行类 | 1 | 4 | 10 | 14 |
| 鸟类 | 14 | 42 | 75 | 106 |
| 兽类 | 7 | 16 | 25 | 29 |
| 合计 | 23 | 68 | 116 | 159 |

#### 4.2.6.1 两栖类

（1）种类及数量

评价区记录到两栖动物 10 种，分属 1 目 6 科 6 属。其中蛙科 1 属 4 种，占录总种数的 40%；蟾蜍科 1 属 2 种，占 20%；盘舌蟾科、角蟾科、雨蛙科和姬蛙科各有 1 属 1 种，各占 10%。

两栖动物主要分布于水环境周边。小石门水库工程区位于元谋西南部龙川江一级支流勐岗河中游峡谷河段，区内海拔 1600～1900m，山坡较陡，山坡坡度多为 40°～60°。评价区除勐岗河外，山地较为干燥，缺少适宜多数两栖动物的生存的环境。在

评价区的河流生境，主要有小角蟾 *Megophrys minor*、无指盘臭蛙 *Rana grahami* 和双团棘胸蛙 *R.yunnanensis* 为分布，为较少见物种；在农田生境，则以蟾蜍和滇蛙较常见。其他的种类较少见。

（2）区系特征

评价区记录的两栖动物全部属于东洋界物种，其中西南区-华南区-华中区广泛分布的有小角蟾和黑眶蟾蜍 *Bufo melanostictus*，其余均主要分布在西南区。

（3）珍稀保护物种与特有物种

①国家重点保护物种

评价区未记录到国家重点保护物种。

②云南省重点保护物种

评价区未记录到云南省重点保护物种。

③CITES 保护物种

评价区未记录到 CITES 附录物种。

④IUCN 受威胁物种

评价区未记录到 IUCN 受威胁物种。

⑤特有物种

评价区记录到 3 种中国特有物种：大蹼铃蟾 *Bombina maxima*、昭觉林蛙 *R. chaochiaoensis* 和滇蛙 *R. pleuraden*。

●大蹼铃蟾 *Bombina maxima*

大蹼铃蟾常活动在海拔 1800~2400m 的农耕地、林间草丛、水塘或水坑等环境中。在评价区属少见种。

●昭觉林蛙 *Rana chaochiaoensis*

昭觉林蛙栖息于 1150~3600m 山岭地带近水的农地、草间、树林和沼泽。在评价区属少见种。

●滇蛙 *Rana pleuraden*

滇蛙主要栖息在稻田或池塘中。在评价区分布广泛，属常见种。

#### 4.2.6.2 爬行类

（1）种类及数量

评价区记录到爬行动物 14 种，分属 1 目 4 科 10 属。其中，有鳞目游蛇科占绝

对优势，有 5 属 8 种，占总种数的 57.14%；蝰科 3 属 3 种，占 21.43%；鬣蜥科 1 属 2 种，占 14.29%；石龙子科 1 属 1 种，占 7.14%。

在评价区的农田和村落，铜蜓蜥 *Sphenomorphus indicum* 为常见种。而棕网腹链蛇 *Amphiesma johannis*、八线腹链蛇 *A.octolineata*、颈槽蛇 *Rhabdophis nuchalis* 和红脖颈槽蛇 *R.subminiatus* 主要栖息在静水或流水附近的草灌丛、农田，属较少见物种。其他物种均少见。

（2）区系特征

评价区记录的爬行动物全部为东洋界物种。在东洋界物种中，铜蜓蜥、黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura*、颈槽蛇、红脖颈槽蛇和山烙铁头 *Ovophis monticola* 广泛分布于西南区-华中区-华南区；绿锦蛇 *E. prasina* 主要分布于华中区-华南区；斜鳞蛇 *Pseudoxenodon macrops* 分布于西南区-华中区；其余均分布于西南区。

（3）珍稀保护物种与特有物种

①国家重点保护物种

评价区未记录到国家保护物种。

②云南省级重点保护野生物种

评价区未记录到云南省重点保护物种。

③CITES 保护物种

评价区未记录到 CITES 附录物种。

④IUCN 受威胁物种

评价区未记录到 IUCN 受威胁物种。

⑤特有物种

评价区记录到 4 种中国特有物种：昆明攀蜥 *Japalura varcoae*、云南攀蜥 *J. yunnanensis*、棕网腹链蛇、八线腹链蛇。

●昆明攀蜥 *Japalura varcoae*

昆明攀蜥栖息于海拔 1630~2730m 的山区，常见于草坡、玉米地、灌木丛及麦田等处。在评价区属少见种。

●云南攀蜥 *Japalura yunnanensis*

栖息于海拔 1400~2600m 的山区，多在林缘、灌丛或农田边的草丛中活动。在评价区属少见种。

●棕网腹链蛇 *Amphiesma johannis*

棕网腹链蛇栖息于山区林中流溪附近，食泥鳅等。在评价区属少见种。

●八线腹链 *Amphiesma octolineata*

八线腹链主要在稻田、山坡、草地、静水沟、池塘或水域附近活动。在评价区属少见种。

#### 4.2.6.3 鸟类

（1）种类及数量

评价区记录到 106 种鸟类，隶属于 14 目 42 科 75 属。其中雀形目最多，有 24 科 45 属 71 种，占记录总种数的 66.98%；非雀形目有 13 目 18 科 30 属 35 种，占记录总种数的 33.02%。鸟类各分类阶元的数量统计见表。

**表 4.2.6-2　鸟类各分类等级的数量统计表**

| 目 | 科 | 属 | 种 | 科(%) | 目(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 一.鹳形目 CICONIFORMES | 1.鹭科 Ardeidae | 3 | 3 | 2.83 | 2.83 |
| 二.隼形目 FALCONIFORMES | 2.鹰科 Accipitridae | 2 | 4 | 3.77 | 5.66 |
| | 3.隼科 Falconidae | 1 | 2 | 1.89 | |
| 三.鸡形目 GALLIFORMES | 4.雉科 Pheasianidae | 4 | 4 | 3.77 | 3.77 |
| 四.鹤形目 GRUIFORMES | 5.三趾鹑科 Turnicidae | 1 | 1 | 0.94 | 1.89 |
| | 6.秧鸡科 Rallidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| 五.鸻形目 CHARADRIIFORMES | 7.鹬科 Scolopacidae | 2 | 2 | 1.89 | 1.89 |
| 六.鸽形目 COLUMBIFORMES | 8.鸠鸽科 Columbidae | 2 | 3 | 2.83 | 2.83 |
| 七.鹃形目 CUCULIFORMES | 9.杜鹃科 Cuculidae | 2 | 2 | 1.89 | 1.89 |
| 八.鸮形目 STRIGIFORMES | 10.鸱鸮科 Strigidae | 2 | 2 | 1.89 | 1.89 |
| 九.夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES | 11.夜鹰科 Caprimulgidae | 1 | 1 | 0.94 | 0.94 |
| 十.雨燕目 APODIFORMES | 12.雨燕科 Apodidae | 1 | 1 | 0.94 | 0.94 |
| 十一.佛法僧目 CORACIIFORMES | 13.翠鸟科 Alcedinidae | 2 | 2 | 1.89 | 3.77 |
| | 14.蜂虎科 Meropidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 15.佛法僧科 Coraciidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| 十二.戴胜目 UPUPIFORMES | 16.戴胜科 Upupidae | 1 | 1 | 0.94 | 0.94 |
| 十三.䴕形目 PICIFORMES | 17.须䴕科 Capitonidae | 1 | 1 | 0.94 | 3.77 |
| | 18.啄木鸟科 Picidae | 2 | 3 | 2.83 | |
| 十四.雀形目 PASSERIFORMES | 19.百灵科 Alaudidae | 1 | 1 | 0.94 | 66.98 |
| | 20.燕科 Hirundinidae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 21.鹡鸰科 Motacillidae | 2 | 3 | 2.83 | |
| | 22.山椒鸟科 Campephagidae | 2 | 3 | 2.83 | |
| | 23.鹎科 Pycnontidae | 3 | 7 | 6.60 | |
| | 24.伯劳科 Laniidae | 1 | 1 | 0.94 | |

| 目 | 科 | 属 | 种 | 科(%) | 目(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25.卷尾科 Dicruridae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 26.椋鸟科 Sturnidae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 27.鸦科 Corvidae | 3 | 3 | 2.83 | |
| | 28.鸫科 Turdinae | 7 | 9 | 8.49 | |
| | 29.鹟科 Muscicapinae | 4 | 4 | 3.77 | |
| | 30.扇尾鹟科 Rhipiduridae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 31.画眉科 Timaliinae | 6 | 10 | 9.43 | |
| | 32.鸦雀科 Paradoxornithidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 33.扇尾莺科 Cisticolidae | 1 | 3 | 2.83 | |
| | 34.莺科 Sylviinae | 1 | 5 | 4.72 | |
| | 35.长尾山雀科 Aegithalidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 36.山雀科 Paridae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 37.䴓科 Sittidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 38.花蜜鸟科 Nectariniidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 39.绣眼鸟科 Zosteropidae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 40.雀科 Passeridae | 1 | 2 | 1.89 | |
| | 41.燕雀科 Fringillidae | 1 | 1 | 0.94 | |
| | 42.鹀科 Emberizidae | 2 | 4 | 3.77 | |
| 合　　计 | | 75 | 106 | 10 | 10 |

评价区记录鸟类中，有 87 种留鸟，8 种夏候鸟，10 种冬候鸟，1 种旅鸟，分别占记录总种数的 82.08%、7.55%、9.43%和 0.94%。繁殖鸟（留鸟和夏候鸟）有 95 种，占 89.62%；非繁殖鸟 11 种，占 10.38%。

在记录的 106 种鸟中，以在农耕地、村落栖息的鸠鸽科、燕科、鸦科、文鸟科和雀科鸟类最常见；在水环境及其附近栖息的鹭科、鹬科和翠鸟科鸟类较常见；在灌丛、林地栖息的杜鹃科、鹟科和䴓科鸟类少见。

（2）区系特征

区系分析表明，评价区 95 种繁殖鸟类（留鸟与夏候鸟）中，东洋界物种 65 种，占繁殖鸟类的 68.42%；古北界物种 3 种，占 3.16%；广布于东洋界与古北界物种 27 种，占繁殖鸟类的 28.42%。

（3）鸟类迁徙通道

评价区位于滇东-滇中高原通道的金沙江河谷滇中高原模糊通道与滇东北滇东岩溶地区模糊通道之间，不在鸟类通道上。这一点从评价区鸟类居留情况也可以看出，冬候鸟和旅鸟大约只占评价区鸟类组成的 10%。

（4）珍稀保护物种与特有种

①国家重点保护物种

评价区记录到国家二级重点保护鸟类有 11 种：松雀鹰 *Accipiter virgatus*、雀鹰 *A. nisus*、苍鹰 *A. gentilis*、普通鵟 *Buteo buteo*、红隼 *Falco tinnunculus*、游隼 *F. peregrinus*、白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*、领角鸮 *Otus bakkamoena*、褐林鸮 *Strix leptogrammica*、白胸翡翠 *Halcyon smyrnensis* 和栗喉蜂虎 *Merops philippinus* 等。

●松雀鹰 *Accipiter virgatus*

松雀鹰栖息于海拔 600~3850m 的各种森林中。在评价区属少见种。

●雀鹰 *Accipiter nisus*

雀鹰栖息于山地、农田、林缘和居民区，常见单个栖息于树木顶端或电杆顶部等突出物上，或长时间飞翔于空中。在评价区属少见种。

●苍鹰 *Accipiter gentilis*

苍鹰栖息于针叶林、混交林和阔叶林等森林地带，也见于山施平原和丘陵地带的疏林和小块林内。在评价区属偶见种。

●普通鵟 *Buteo buteo*

普通鵟主要栖息于海拔 400~4000m 的山地森林和林缘地带，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。在评价区属少见种。

●红隼 *Falco tinnunculus*

红隼栖息于山地森林、森林苔原、低山丘陵、旷野、森林平原、山区植物稀疏的混合林、开垦耕地、旷野灌丛草地、林缘、林间空地、疏林和有稀疏树木生长的旷野、河谷和农田地区。在评价区属少见种。

●游隼 *Falco peregrinus*

游隼栖息于山地、丘陵、荒漠、半荒漠、海岸、旷野、草原、河流、沼泽与湖泊沿岸地带，也到开阔的农田、耕地和村屯附近活动。在评价区属偶见种。

●白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*

白腹锦鸡栖息于山地，活动于多岩的荒芜山地、灌丛及矮竹间。以农作物、草籽、竹笋等为食，兼食昆虫。有时可能会在评价区的库区边缘活动，属少见种。

●领角鸮 *Otus bakkamoena*

领角鸮栖息于山地阔叶林和混交林中，也出现于山麓林缘和村寨附近树林内。在评价区属少见种。

●褐林鸮 *Strix leptogrammica*

褐林鸮栖息于山地森林、热带森林沿岸地区、平原和低山地区。在评价区属偶见种。

●白胸翡翠 *Halcyon smyrnensis*

白胸翡翠栖息于山地森林和山脚平原河流、湖泊岸边，也在池塘、水库、沼泽和稻田等水域岸边活动。在评价区属少见种。

●栗喉蜂虎 *Merops philippinus*

栗喉蜂虎主要栖息于林缘疏林、稀树草坡等开阔地区，以及耕地旁山坡上。在评价区属少见种。

②云南省重点保护物种

评价区未记录到云南省重点保护物种。

③CITES 保护物种

记录到 CITES 附录 I 保护物种游隼 1 种，附录 II 保护物种松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、领角鸮和褐林鸮等 7 种。其物种情况如前所述。

④IUCN 受威胁物种

评价区未记录到 IUCN 受威胁物种。

⑤特有物种

评价区未记录到中国特有鸟类。

#### 4.2.6.4 兽类

##### 4.2.6.4.1 种类及数量

评价区分布哺乳动物 29 种，分属 7 目 16 科 25 属。其中，啮齿目 5 科 11 属 14 种，占记录总种数的 48.3%；食肉目有 3 科 5 属 6 种，占 20.7%；食虫目有 1 科 2 属 2 种，占 6.7%；偶蹄目 4 科 4 属 4 种，占 13.8%；攀鼩目、灵长目和兔形目各有 1 科 1 属 1 种，各占 3.5%。

总的说来，小石门水库坝址位于牟定县与大姚县交界的勐岗河中游，在“V”型河谷的两岸保存有栎类灌丛和云南松林等植被，周边多为农耕地。在农耕地和村落周边活动的鼩鼱科、鼠科，以及在云南松、栎类灌丛活动的云南兔、树鼩、猕猴和松鼠科的种类较常见。其余在评价区均属少见物种。

#### 4.2.6.4.2 区系特征

在评价区 29 种哺乳动物中，东洋界物种有 24 种，占总种数的 82.76%；广泛分布于古北界和东洋界的物种有 5 种，占 17.24%。

#### 4.2.6.4.3 珍稀保护物种与特有种

1）国家级重点保护野生物种

评价区内记录到 1 种国家一级保护兽类，即林麝 *Moschus berezovskii*；4 种国家二级保护兽类，即猕猴 *Macaca mulatta*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、黄喉貂 *Martes flavigula* 和川西斑羚 *Naemorhedus griseus*。

●林麝 *Moschus berezovskii*

林麝在麝属中体型相对较小，主要栖于海拔 3200m 以上的阔叶林、针阔混交林或稀树灌丛。林麝性情孤独、胆小懦怯，独栖，白天休息，早晨和黄昏才出来活动，视觉和听觉灵敏，善跳跃，可攀爬，以树叶、苔藓、嫩芽、地衣及各种野果为食。林麝在我国宁夏、青海、甘肃、陕西、西藏、四川、重庆、云南、贵州、湖南、湖北、广东及广西北部等地有分布。林麝在评价区牟定县白马山州级自然保护区、淹没区、坝址区域、库区左岸山林区、坝下河谷区域有分布，属少见种。

●猕猴 *Macaca mulatta*

猕猴在灵长目猴科在体型中等，是国内分布范围最广的一种灵长类动物，北至太行山，南至海南岛及邻近大陆的岛屿，东至皖南浙西山区与武夷山区，西至西藏南部，见于山西、河南、陕西、甘肃、青海、西藏、四川、重庆、云南、贵州、湖南、湖北、安徽、浙江、福建、广东、广西、海南等。国外见于阿富汗、巴基斯坦、印度、尼泊尔、孟加拉、不丹、老挝、缅甸、泰国和越南。栖息于从海平面至海拔 4300 米的阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌丛、裸岩、农地等多种生境，昼行性，群居。猕猴在评价区白马山州级自然保护区、淹没区中段至坝下元谋县境内小己保村河段陡崖生境中、库区左岸山林区内均有分布，属常见种。

●黄喉貂 *Martes flavigula*

黄喉貂在食肉目鼬科中体型中等，肉食性。黄喉貂在我国从东北黑龙江至西南云南一线以南有林地分布的大部分地区有分布，包括黑龙江、吉林、辽宁、河北、河南、山西、陕西、甘肃、青海、西藏、四川、重庆、贵州、云南、湖北、湖南、

安徽、浙江、福建、江西、台湾、广西、广东、海南、等地。国外见于俄罗斯、韩国、朝鲜、印度、巴基斯坦、孟加拉、尼泊尔、不丹、缅甸、越南、泰国、老挝、柬埔寨、马来西亚、文莱、印度尼西亚联邦。黄喉貂栖息于各种类型的林区，巢穴多建筑于树洞或石洞中。在评价区附近的白马山自然保护区、水库枢纽区、淹没区及库区左岸山林区有分布，属少见种。

●川西斑羚 *Naemorhedus griseus*

川西斑羚属偶蹄目牛科，体型中等，草食性。川西斑羚在国内分布于内蒙古、河北、河南、山西、陕西、甘肃、宁夏、西藏、四川、重庆、云南、贵州、湖北、湖南、安徽、江西、福建、浙江、江苏、广西、广东；国外见于印度、缅甸、泰国、越南。川西斑羚在评价区分布于白马山州级自然保护区、小石门水库库区中部、坝下至元谋县小己保村区间距村寨公路较远，受人为影响（放牧除外）较小的森林和灌丛区域，在评价区属于少见种。

●豹猫 *Prionailurus bengalensis*

豹猫隶属于食肉目猫科，肉食性。在国内分布广泛，除青藏高原、西北荒漠区外，其他各省区均有分布。主要栖息于近海平面至海拔 3000m 的山地林区、林缘灌丛、村寨附近豹猫的窝穴多在树洞、土洞、石块下或石缝中。主要为地栖，但攀爬能力强，在树上活动灵敏自如。夜行性，晨昏活动较多。独栖或成对活动。善游水，喜在水塘边、溪沟边、稻田边等近水之处活动和觅食。主要以鼠类、松鼠类、兔类、蛙类、蜥蜴、蛇类、小型鸟类、昆虫等为食，有时潜入村寨盗食鸡、鸭等家禽。豹猫在白马山自然保护区、淹没区、枢纽区及坝下河段均有分布，属少见种。

2）云南省重点保护物种

评价区内未记录到云南省重点保护物种。

3）CITES 保护物种

评价区记录到 CITES 附录 I 保护物种有川西斑羚，附录 II 保护物种树鼩、猕猴、豹猫和林麝。

●树鼩 *Tupaia belangeri*

树鼩隶属于攀鼩目树鼩科，在国内分布西藏东南部、四川西南部云南、贵州、广西、海南。栖息于热带和亚热带的山地、丘陵和平原谷地的森林或林缘灌丛，也常见于村寨附近的稀树灌丛。在评价区，常见在云南松林中活动，也会在石灰岩灌丛中活动，在本布局区分布广泛，属常见种，但是数量不多。

4）IUCN 受威胁物种

影响评价区记录到 IUCN“濒危”保护物种林麝。

5）特有物种

记录到中国特有兽类 3 种：侧纹岩松鼠 *Sciurotamias forresti*、大绒鼠 *Eothenomys miletus* 和高山姬鼠 *Apodemus chevrieri*。

●侧纹岩松鼠 *Sciurotamias forresti*

侧纹岩松鼠隶属于啮齿目松鼠科，中国特有种，分布于云南、贵州、四川、广西，主要栖于山地树林、丘陵、岩石多的地方。昼性，多在地面活动，善于攀爬树木，行动敏捷，筑巢于岩缝中。以坚果及种籽为食。侧纹岩松鼠在评价区活动于云南松林、常绿阔叶林和石灰岩灌丛中，取食松子和其他坚果，数量较多，属常见种。

●大绒鼠 *Eothenomys miletus*

大绒鼠隶属于啮齿目仓鼠科，中国特有种，分布于云南、贵州、四川、重庆。栖息于海拔 1330~3100m 的森林、灌丛、林缘灌草丛、农耕作区。在评价区属较少见种。

●高山姬鼠 *Apodemus chevrieri*

高山姬鼠隶属于啮齿目鼠科，中国特有种，分布于云南、贵州、四川、重庆、湖南，栖息于海拔 800~3000m 的森林、林缘灌草丛、农耕区。在评价区属较常见种。

#### 4.2.6.4.4 重要保护兽类现状

1、多样性与分布

工程调查区域内红外相机观测到野生动物 19 种，包括国家一级重点保护野生兽类 1 种，即林麝（*Moschus berezovskii*）；国家二级保护野生兽类 4 种：猕猴（*Macaca mulatta*）、川西斑羚（*Naemorhedus griseus*）、豹猫（*Prionailurus bengalensis*）、黄喉貂（*Martes flavigula*）。

从分布区域看，坝下河谷区、白马山片区、库区左岸山林区、淹没区和枢纽工程区均记录到 5 种国家级重点保护兽类。其中，坝下河谷区记录物种数最多，计 15 种；其次是白马山片区记录到 14 种，库区左岸山林区记录到 13 种，淹没区与枢纽工程区物种数最少，分别记录到 11 种。淹没区内两次均调查到猕猴、豹猫、黄喉貂，林麝、川西斑羚仅在第一期调查中出现，且分别仅一个出现位点。

2、评价区栖息地特征与人类活动强度

提取工程区及周边片区抽样调查位点地形及植被指数，并计算各调查片区相关环境因子的平均值及标准差。水库淹没区及渣场料场森林覆被条件较差，平均森林覆盖百分比仅为 18%（表 4.2.6-3）。各环境因子在各片区的 Bonferroni 校正多重检验结果显示，水库淹没区森林覆盖度显著低于白马山片区（p=0.0012）。其余环境因子在各片区没有显著差异（图 4.2.6-1），表明工程区生境特异性不高，而与其周边片区之间的生境同质性较高。

人类活动频繁出现在工程区内及周边区域，最频繁的人类活动类型为放牧。其中，放牧干扰最高的片区为枢纽区下游河道两侧，此外，水库淹没区放牧干扰也较为频繁。

**表 4.2.6-3　小石门工程区及周边片区植被及地形指数**

| 调查片区 | 森林覆盖度 | | 海拔 | | 坡度 | | 粗糙度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均值 | 方差 | 平均值 | 方差 | 平均值 | 方差 | 平均值 | 方差 |
| 白马山片区 | 30 | 9 | 1938 | 83 | 17 | 7 | 26 | 11 |
| 库区左岸山林区 | 30 | 11 | 1900 | 109 | 17 | 10 | 26 | 13 |
| 坝下河谷区 | 23 | 8 | 1325 | 109 | 26 | 14 | 41 | 22 |
| 枢纽工程区 | 18 | 9 | 1574 | 64 | 23 | 15 | 39 | 23 |
| 水库淹没区 | 18 | 7 | 1684 | 55 | 28 | 8 | 42 | 15 |

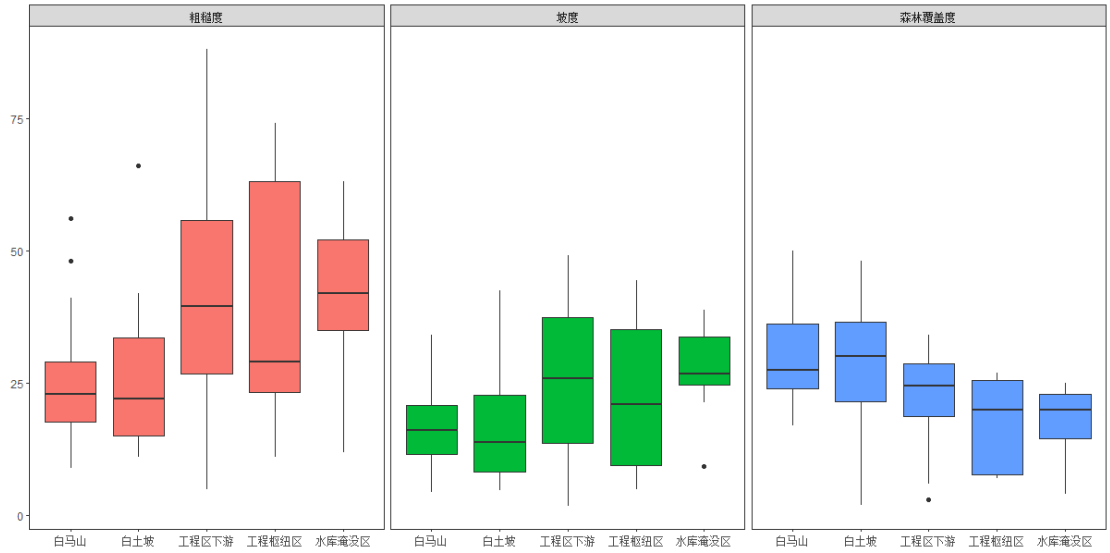



**图 4.2.6-1　小石门工程区及周边区域环境因子箱线图**

3、国家重点保护物种种群现状

（1）林麝

林麝在工程区及周边出现的位点数及频次均较低，且呈零星分布。一期调查中仅 4 个相机位点有记录，位点发生率（物种出现相机位点数占有效相机位点数的比例）0.11；独立有效照片 4 张，相对丰富度 0.13。其中 2 个位点在工程建设区（坝址、坝下 1km），2 个位点在淹没区（坝址上游约 1 km、大姚县龙街乡白土村右侧山地近河谷地带）;二期调查中林麝在小石门水库工程建设区及周边影响区出现的位点数及频次均较低，并呈零星分布。调查区内仅在 6 个位点记录到 13 次，位点占域率 0.06，百日拍照频率 0.17。林麝在各出现点的时间间隔也较长，如利用次数最多的白马山片区“xsm04”号相机在 3 个月的监测时序内仅记录到 4 次，分别为 2021 年 2 月 6 日、2021 年 3 月 4 日、2021 年 3 月 13 日和 2021 年 4 月 4 日，连续两次出现在该位点的最短时间间隔为 9 天，其次是 22 天、26 天。而在白马山自然保护区安放的 27 个红外相机位点中仅有 1 个位点有记录。总体而言，两次调查结果显示：林麝在小石门水库建设工程影响评价区种群密度极为稀少。

分片区看，水库淹没区记录到 2 次，均为一期调查所记录。枢纽工程区记录频次最高，两期均有 3 个位点记录到，其中一期每台相机仅记录到 1 次，8~12 月的调查期间出现在 11 月末 12 月初；二期有 7 次记录到，其中 6 次出现在 3 月。通过对二期调查中出现的 3 个位点距离、出现时间、拍摄到的影像资料等综合分析认为，枢纽区三个位点出现的林麝可能为同一个体。此外，白马山片区 1 个位点记录到 4 次，相机位点占域率 0.04，百日拍照率 0.18；在库区左岸山林区 1 个位点记录到 1 次，相机位点占域率 0.05，百日拍照率 0.06；在坝下河谷区 1 个位点记录到 1 次，相机位点占域率 0.03，百日拍照率 0.04。两期调查过程林麝出现位点详见图 4.2.6-2。

林麝与人为干扰活动的关系：两次调查结果均显示小石门水库工程建设影响区内林麝种群极为稀少，仅在少数几个邻近的相机位点（小于 300m）有相对较多的记录，且百日相机捕获率很低。基于现有相机位点，林麝独立探测次数与人类干扰活动（放牧）出现频次关联性分析，结果显示：二者呈现出负相关性，放牧活动对林麝的活动有影响，但是没有显著性（$df$=4，$r$=-0.472，$p$=0.345）。目前记录到的林麝独立探测次数明显偏低，缺乏统计学意义。

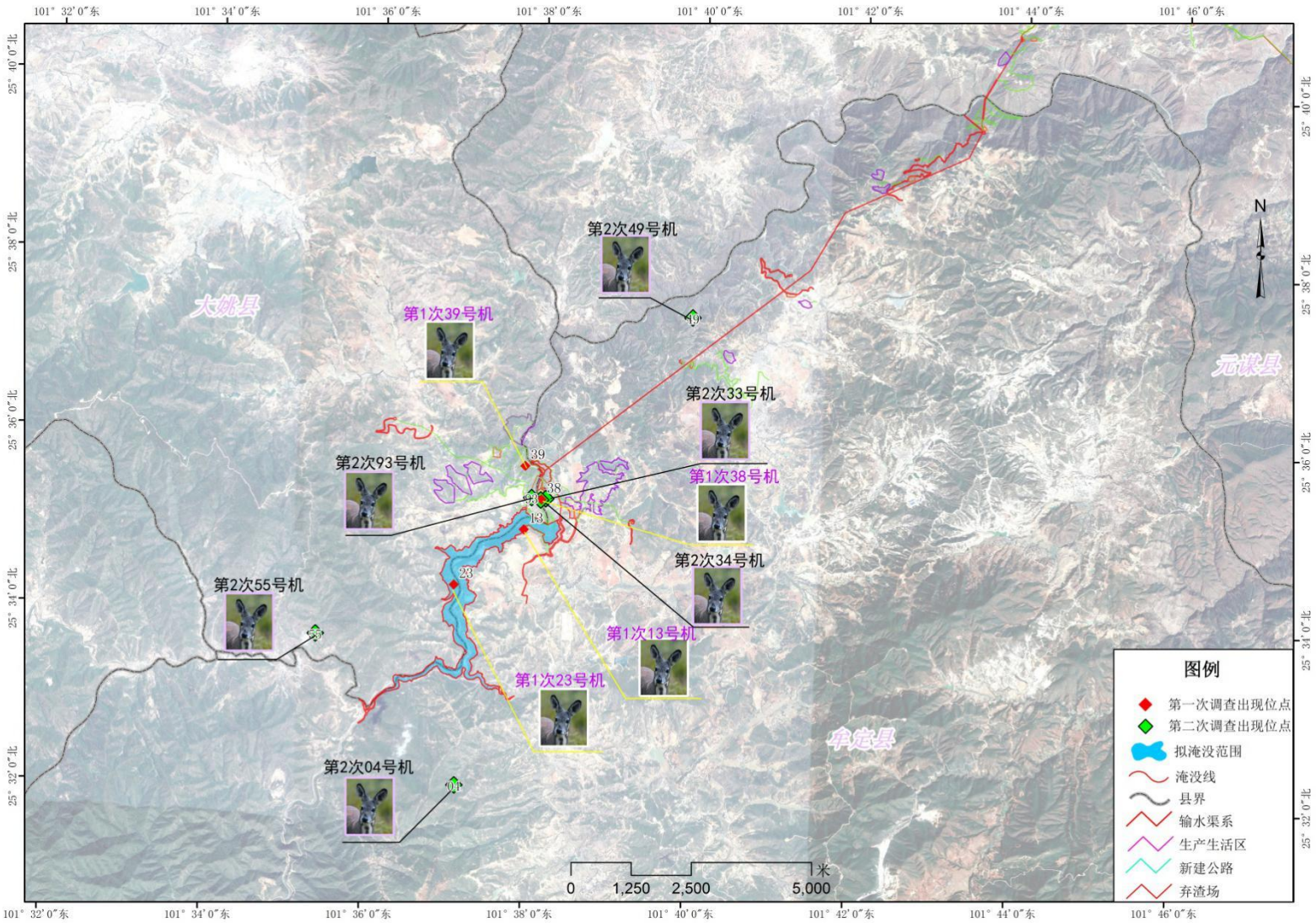



**图 4.2.6-2　工程区及周边区域林麝出现位点**

两期调查结果对比分析：一期调查仅在水库淹没区及工程枢纽区两个片区各有 2 个位点拍摄到林麝，且每个相机位点均只记录到一次，其中工程淹没区两个相机位点记录时间间隔 9 天，工程枢纽区两个相机位点记录时间间隔 53 天。第二次调查在除水库淹没区外的片区均有记录。与一期调查相比，林麝在项目整体评价区的相对丰富度（百日拍照率）基本稳定（0.17 *v.s.* 0.13）。前后两次调查均在工程枢纽区记录到林麝，表明工程枢纽区是林麝活动相对较多的区域，但林麝对该片区生境的利用频率均较低、且时间间隔长。从两次调查红外相机记录的时序看，林麝在工程枢纽区红外相机安放后和回收前均有 30 天以上时间未记录到林麝活动，且记录频次较低。综合以上分析认为，林麝在工程枢纽区的密度很低。

林麝广泛分布于中国中部和南部，多见于阔叶林、针阔混交林，亦见于次生灌草丛，但栖息地选择偏好覆被条件较好、郁闭度适中（50~70%）的森林（Yang et al., 2013）。林麝具有领域性，性格孤僻机警、独栖，雌性个体家域分离，雄性个体与雌性个体家域有一定程度的重叠；每年 10~11 月交配，次年 4~5 月产仔；在一地点活动 4~5 日后迁至它地，隔一段时间又再次返回（吴家炎、王伟等，2006），家域面积 5~10 $hm^2$，其栖息环境气温在 30℃以下（盛和林、刘志宵，2007）。而小石门水库工程建设影响评价区的植被类型主要为干热河谷稀树灌草丛，其环境温度在夏季特别是旱季末，在河谷区的气温甚至高达 40℃以上，远高于林麝适宜的环境温度。有研究表明：在受保护的原生林中林麝的种群密度是未受保护的次生林中的 26 倍（盛和林、刘志宵，2007）。而据昆明动物研究所在楚雄州森林覆被完好的哀牢山国家级自然保护区双柏片区的调查，林麝的相机位点占域率是小石门建设工程影响评价区的 7 倍（0.06 *v.s.* 0.42），且相对丰富度（百日拍照率）是工程评价区的 45 倍（0.17 *v.s.* 7.77）。在连续两次野外调查过程中，从未有村民反映有林麝活动，但均表示见

过赤麂、川西斑羚等其他偶蹄类动物，显示小石门建设工程影响评价区虽有林麝活动，但即便是记录频次相对较高的枢纽区，林麝的种群也极为稀少。

现状调查结论：

1）两次调查结果表明林麝工程枢纽区、淹没区、左岸山林区、坝下河谷区、白马山保护区均有分布，但红外相机拍照率、位点占有率均很低，工程评价区内林麝种群稀少、密度很低，且林麝对工程建设影响区生境利用率不高；

2）两次调查均在工程枢纽区观测到林麝，且是记录频次较高的区域。根据对林麝出现位点、时间等进行分析判断，工程枢纽区附近拍摄到的林麝可能为同一个体。

3）林麝广泛分布于中国中部和南部，栖息于覆被较为完整的森林生境，而小石门水库工程建设影响区森林植被主要为干热河谷稀树灌草丛，环境温度在夏季尤其是旱季末，河谷温度高达 40℃以上，不是林麝理想的栖息环境，因此物种相对丰富度很低。

4）林麝具有在一地点活动 4~5 日后即迁至它地，隔一段时间又再次返回的特点。后期工程建设过程中可以利用这一特点选择恰当的施工时间，以最大限度减少工程建设对林麝的干扰影响。

5）工程枢纽区、淹没区不具有独特的生境异质性，周边片区保存有相似的栖息生境。

（2）猕猴

两期调查结果均表明，猕猴是小石门水库工程建设影响区内分布最广（占域率最高）、记录频次最高（独立有效拍照数最多）的物种。其中，一期有 20 个相机位点记录到 99 次，位点占域率 0.54、平均百日拍照率 3.15；二期有 36 个相机位点记录到 276 次，位点占域率 0.36、平均百日拍照率 3.54。

从分区看，一期调查中见于淹没区库中及其以下区域、枢纽工程区。二期调查中主要在坝下河谷区出现频率最高，有 27 个相机位点记录到 248 次，位点占域率 0.90，百日拍照率 10.67；在枢纽工程区 4 个位点记录到 14 次，相机位点占域率 0.40，百日拍照率 2.12；在水库淹没区 3 个位点记录到 8 次，相机位点占域率 0.27，百日拍照率 0.96；在白马山片区 1 个位点记录到 5 次，相机位点占域率 0.04，百日拍照率 0.23；在白土坡 1 个位点记录到 1 次，相机位点占域率 0.05，百日拍照率 0.06。评价区猕猴出现位点详见图 4.2.6-3。

种群数量判定：猕猴在小石门水库工程建设影响区内主要活动于勐岗河河谷区。通过统计分析判定，工程评价区内分布有 5 个猴群，每个群体数量约为 40 只。1）G1 群：位于白马山自然保护区；2）G2 群：位于白土坡河谷至薄刀岭石料场一带；3）G3 群：位于秀水河村一带上下；4）G4 群：位于小石门水库坝下 14.3km 华竹电站一带上下；5）G5 群：位于坝下 29.3km 元谋县小己保村以上区域。

猴群与人类活动的关系判定：相机位点猕猴独立照片数与人类活动出现频次关联性分析结果显示，猕猴独立探测次数随相机位点人类活动出现频次的增加而显著增加（$df$=34，$r$=0.472，$p$=0.004，图 4.2.6-4）。一方面表明工程调查区范围内猕猴种群与人类活动（主要为放牧）空间重叠度高，另一方面表明该区域内猕猴对人类活动（主要为放牧）高度适应，人类活动对猕猴空间利用的影响较小。

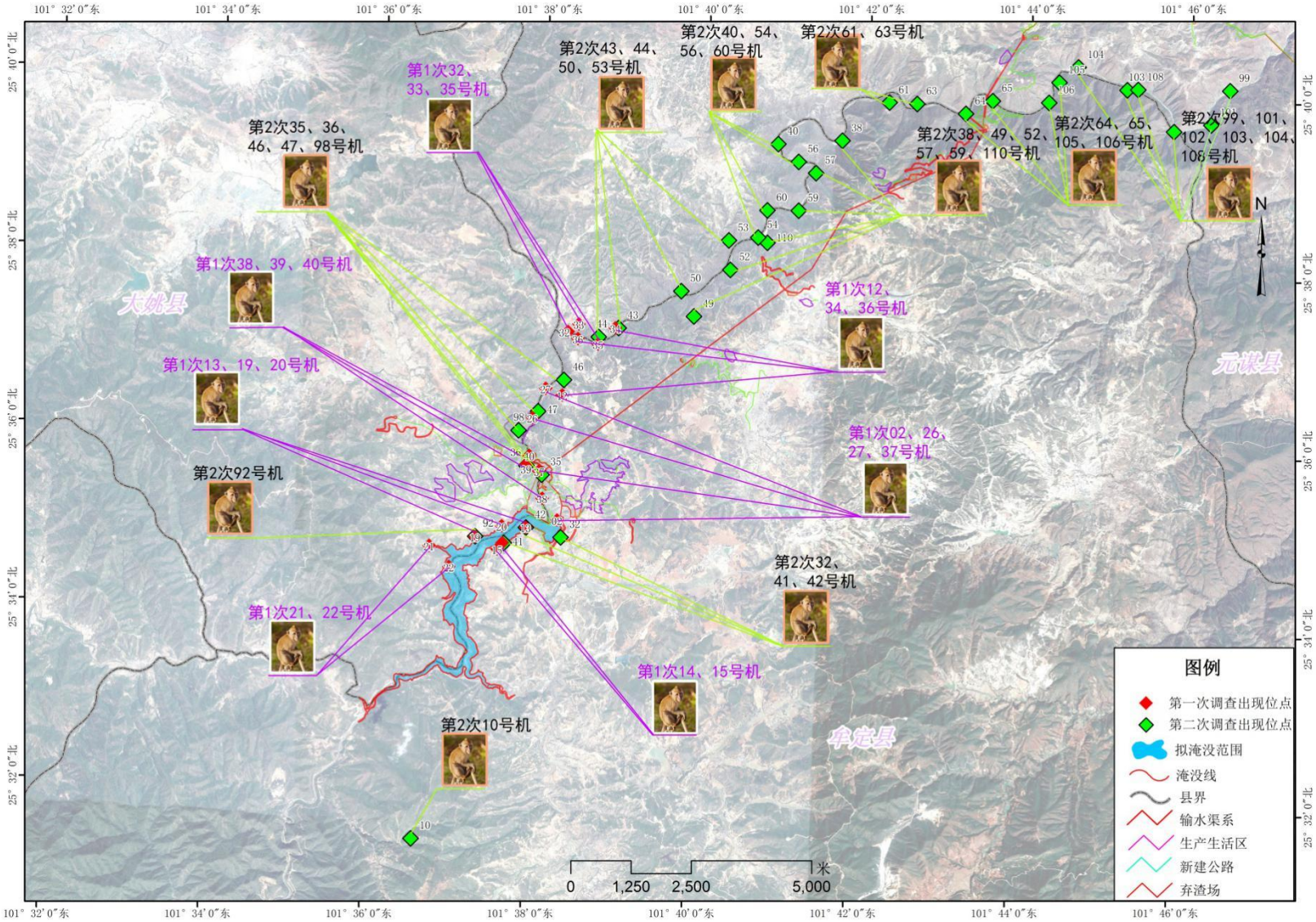



**图 4.2.6-3　工程区及周边区域猕猴出现位点**

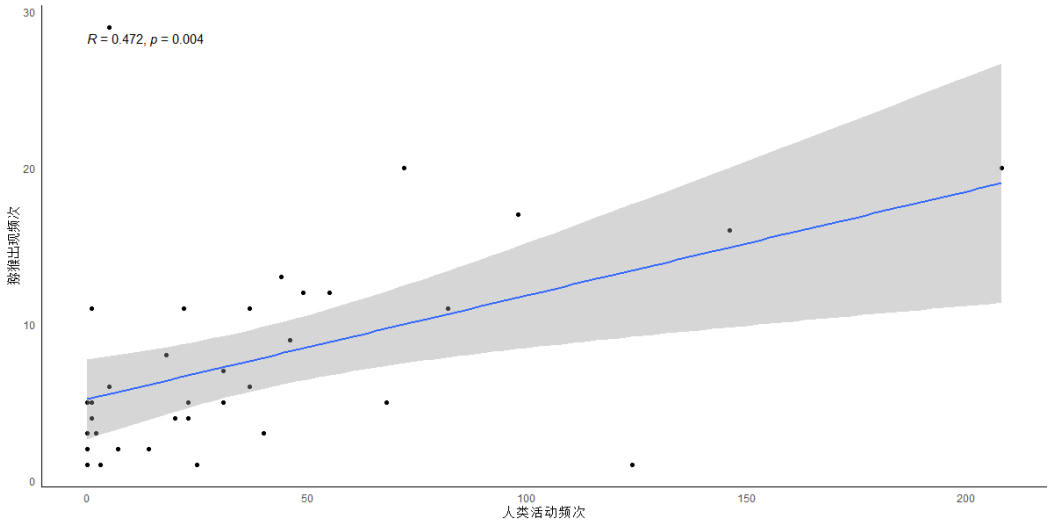



**图 4.2.6-4　小石门水库工程评价区猕猴与人类活动频次关联分析**

两期调查结果对比分析：两期调查相比，猕猴在项目整体评价区的相对丰富度（百日拍照率）趋于稳定（3.15 *v.s.* 3.54），但水库淹没区的相对丰富度从一期调查时的 2.94 下降到 0.96，该波动可能与前后两次调查水库淹没区周边耕地农作物的可获得性有关。第一次调查期间正值周边耕地包谷成熟季节，而基于前期的访问调查也证实猕猴是项目区周边侵袭包谷等农作物的主要肇事动物。第二次调查期间，耕地里的苞谷等农作物已全部收割，猕猴的食物可获得性下降，从而导致该片区活动的猕猴猴群减少，红外相机捕获率也随之降低。相反，猕猴在工程区外下游河道的相对丰富度则从第一次调查时的 3.36 激增至 10.67，表明猕猴猴群对工程枢纽建设区上下（尤其是水库淹没区）的栖息地存在季节性利用。

此外，据从牟定县林业局获取的 2019 年“野生动物公众责任保险肇事损失赔偿情况明细表”，在水库建设影响区牟定县戌街乡碗厂、老厂、新房子等村寨有 38 个农户的玉米受到猕猴盗食、糟塌的损失，肇事损失勘查面积 41.9 亩。

现状调查结论：

1）猕猴在工程枢纽区、淹没区、左岸山林区、坝下河谷区、白马山保护区均有分布，且是评价区内记录位点数最多、频次最高、覆盖范围最高的一个物种，在每一个片区的记录频次均较高。

2）工程调查区内可识别出 5 个群体，每个群体数量约 40 只，区域内猕猴种群数量约为 200 只。

3）猕猴对坝址下游河道的利用程度最高，且不受季节影响，但对水库枢纽区、淹没区则表现为季节性利用，主要与周边农作物成熟周期存在关联。

4）猕猴活动区域与人类活动空间利用高度重叠，人类活动（放牧）对猕猴空间利用的影响较小。

（3）川西斑羚

一期调查中有10个相机位点记录到17次，位点占域率0.27，百日拍照频率0.54，主要见于淹没区（3个位点）、枢纽工程区（2个位点）及坝下河谷区（5个位点）；二期调查中有13个位点记录到36次，位点占域率0.13，百日拍照频率0.46。除水库淹没区以外的其他区域均有分布，其中坝址下游河谷区记录频次最高，有10个位点记录到28次，位点占域率0.33，百日拍照率1.21；在白马山片区1个位点记录到5次，相机位点占域率0.04，百日拍照率0.23；在枢纽工程区1个位点记录到2次，相机位点占域率0.10，百日拍照率0.30；在白土坡1个位点记录到1次，相机位点占域率0.05，百日拍照率0.06。川西斑羚出现位点详见图4.2.6-5。

与人类活动关系：川西斑羚相机位点独立探测次数与人类活动出现频次关联性分析结果显示，二者无显著相关性（$df$=11，$r$=0.132，$p$=0.667），说明工程评价区范围内，人类活动与川西斑羚空间利用无显著关联。

两次调查结果对比：与第一次调查相比，川西斑羚在项目整体评价区的相对丰富度（百日拍照率）略减少（0.46 *v.s.* 0.54）。虽然第一次调查在水库淹没区记录到8次川西斑羚（相对丰富度0.49），但第二次调查在该区域没有记录到川西斑羚，则表明该物种仅在部分季节利用工程淹没区或利用强度低。

现状调查结论：

1）川西斑羚在工程建设影响区及周边区域内均有分布，但位点占有率低；

2）人类活动（主要为放牧）对川西斑羚空间利用无显著影响；

3）工程枢纽区、淹没区不具有独特的生境异质性，周边片区保存有相似的栖息生境。

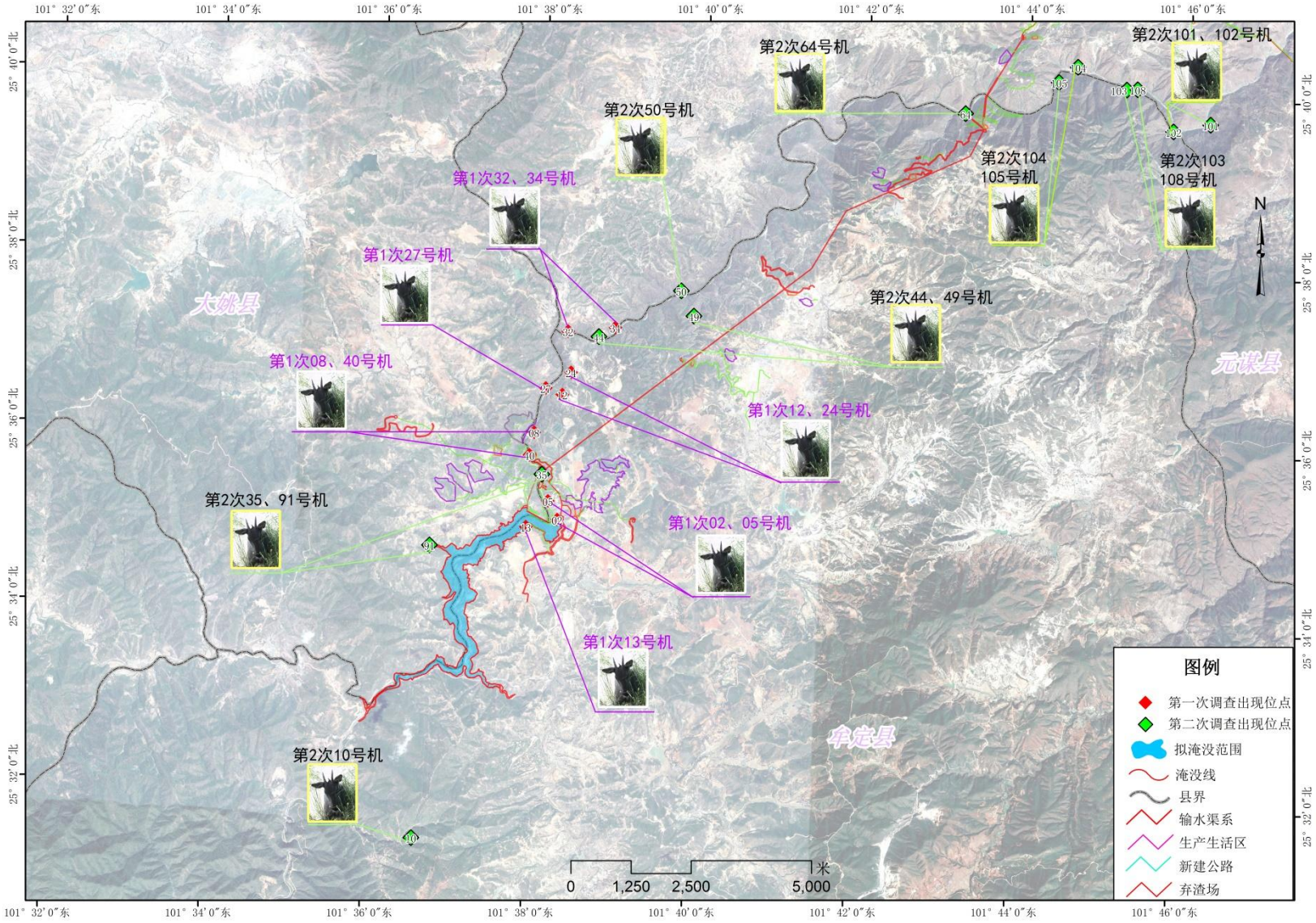



**图 4.2.6-5　工程区及周边区域川西斑羚出现位点**

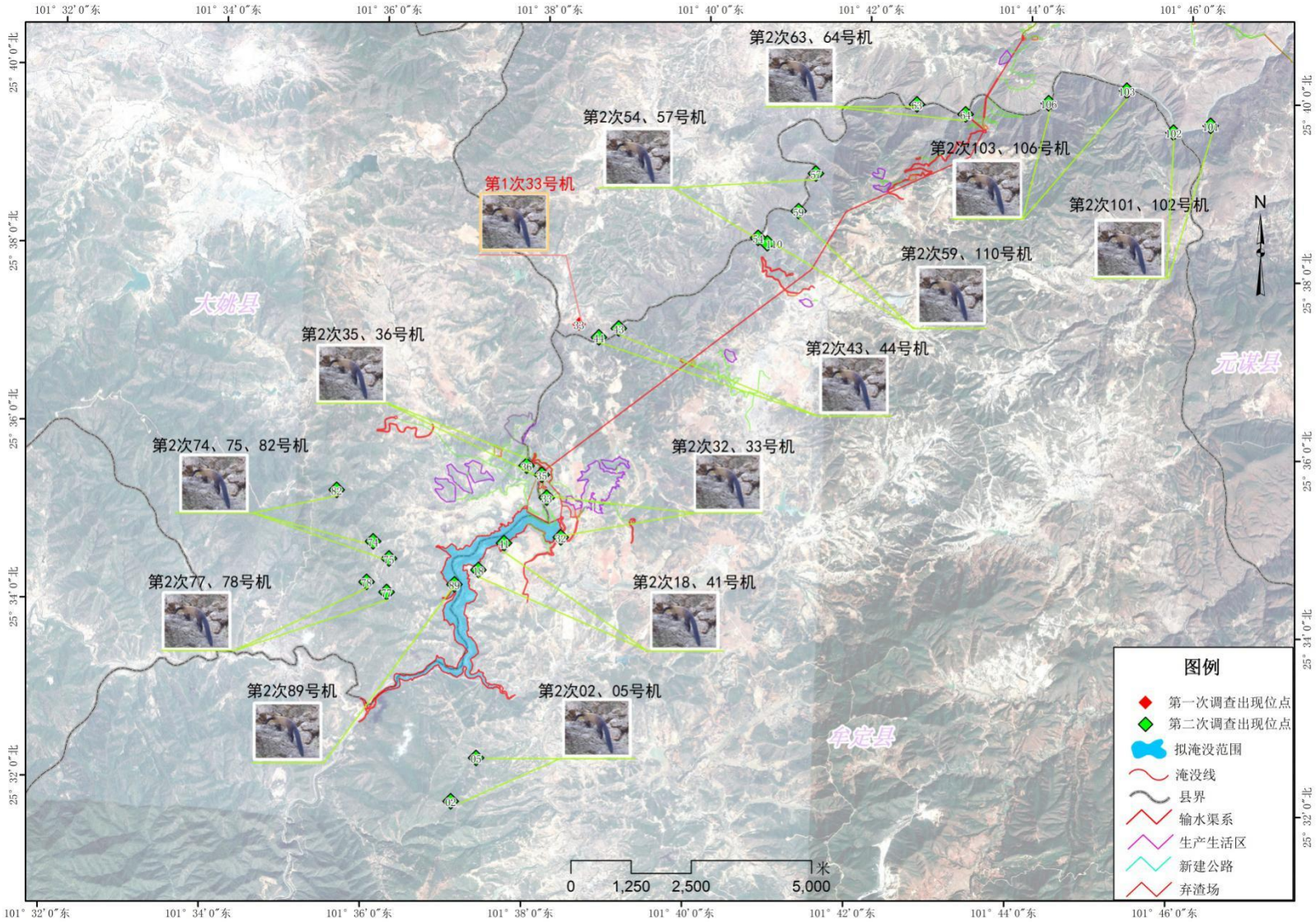



**图 4.2.6-6　工程区及周边区域黄喉貂出现位点**

（4）黄喉貂

一期调查中仅在坝下河谷区 1 个相机位点记录到 2 次，位点发生率 0.03，百日拍照频率 0.06；二期调查中有 26 个相机位记录到 54 次，全域有分布，位点占域率 0.26，百日拍照频率 0.69。

分片区看，黄喉貂在坝下河谷区两侧记录频次最高，在 13 个位点记录到 36 次，位点占域率 0.43，百日拍照率 1.55；库区左岸山林区次之，在 5 个位点记录到 7 次，位点占域率 0.23，百日拍照率 0.40；在水库淹没区 3 个位点记录到 5 次，相机位点占域率 0.27，百日拍照率 0.60；在枢纽工程区 3 个位点记录到 4 次，相机位点占域率 0.30，百日拍照率 0.60。黄喉貂出现位点详见图 4.2.6-6。

与人类活动关系：黄喉貂相机位点独立照片数与人类活动出现频次关联性分析结果显示，黄喉貂独立探测次数随相机位点人类活出现频次的增加而显著增加（$df$=24，$r$=0.730，$p$<0.001，图 4.2.6-7）。一方面表明工程调查范围内黄喉貂种群与人类活动（主要为山羊）空间重叠度高，另一方面表明该区域内黄喉貂对人类活动（主要为放牧）高度适应，人类活动与黄喉貂空间利用呈现出显著正关联。

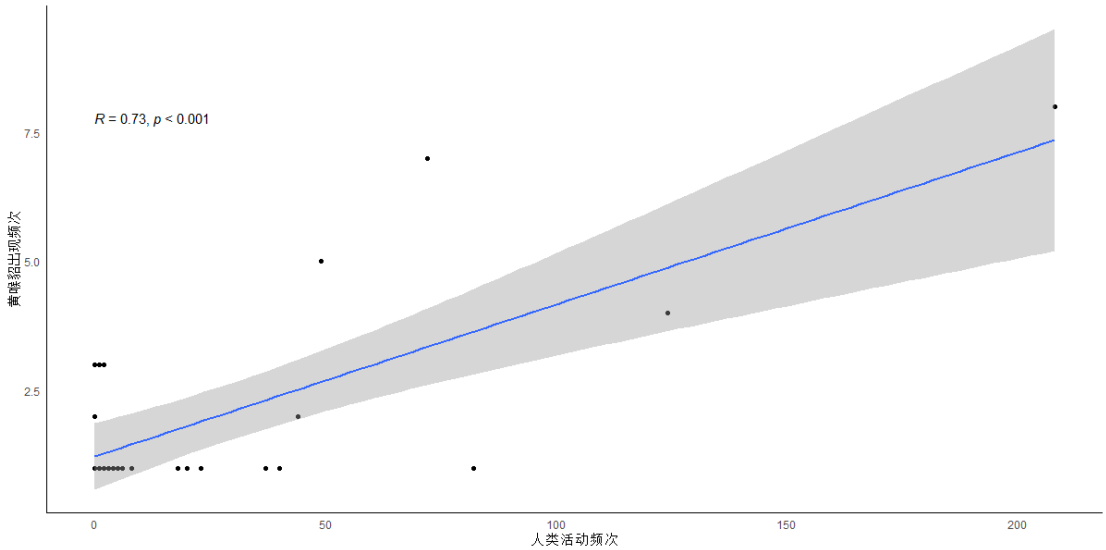



**图 4.2.6-7　小石门水库工程评价区黄喉貂与人类活动频次关联分析**

两次调查结果对比：第一次调查中，仅在工程枢纽区 1 个相机位点 2 次记录到黄喉貂，第二次调查则在所有片区记录到该物种，表明该物种在工程评价区广泛分布。

现状调查结论：

1）黄喉貂在工程建设影响区及周边区域内均有分布；

2）黄喉貂对坝址下游河谷区域生境利用强度最高，对工程枢纽区利用程度最低；

3）人类活动强度（主要为放牧）与黄喉貂空间利用呈现显著的正相关人类活动，对黄喉貂空间利用无显著影响。

4）工程枢纽区、淹没区不具有独特的生境异质性，周边片区保存有相似的栖息生境。

（5）豹猫

两期调查均有记录到豹猫，其中一期调查中有 8 个相机位点（淹没区 3 个、坝址下游河谷区 5 个）记录到 14 次，位点发生率 0.22，百日拍照频率 0.45；二期调查中有 17 个位点有记录到 32 次，位点占域率 0.17，百日拍照频率 0.41。

分片区看，豹猫在坝下河谷区记录频次最高，在 6 个位点记录到 12 次，位点占域率 0.20，百日拍照率 0.52；水库淹没区次之，在 3 个位点记录到 10 次，位点占域率 0.27，百日拍照率 1.21；在马山片区 4 个位点记录到 5 次，相机位点占域率 0.15，百日拍照率 0.23；在库区左岸山林区 3 个位点记录到 3 次，相机位点占域率 0.14，百日拍照率 0.17；在枢纽工程区 1 个位点记录到 2 次，相机位点占域率 0.10，百日拍照率 0.30。豹猫出现位点详见图 4.2.6-8。

与人类活动关系：相机位点豹猫独立探测次数与人类活动出现频次关联性分析结果显示，二者无显著相关性（$df$=15，$r$=0.052，$p$=0.840），说明工程调查范围内人

类活动与豹猫空间利用没有显著相关性。

两次调查结果对比：两期调查相比，豹猫在项目整体评价区的相对丰富度（百日拍照率）趋于稳定（0.41 *v.s.* 0.45），且两次调查结果都显示豹猫对坝下河谷区的利用程度最高。

现状调查结论：

1）豹猫分布广泛，工程建设影响区及周边区域内均有有分布，表明其具有较强的生境适应性。

2）豹猫在坝下河谷区记录位点最多，工程枢纽区及淹没区不是豹猫的主要栖息地；

3）工程枢纽区、淹没区不具有独特的生境异质性，周边片区保存有相似的栖息生境。

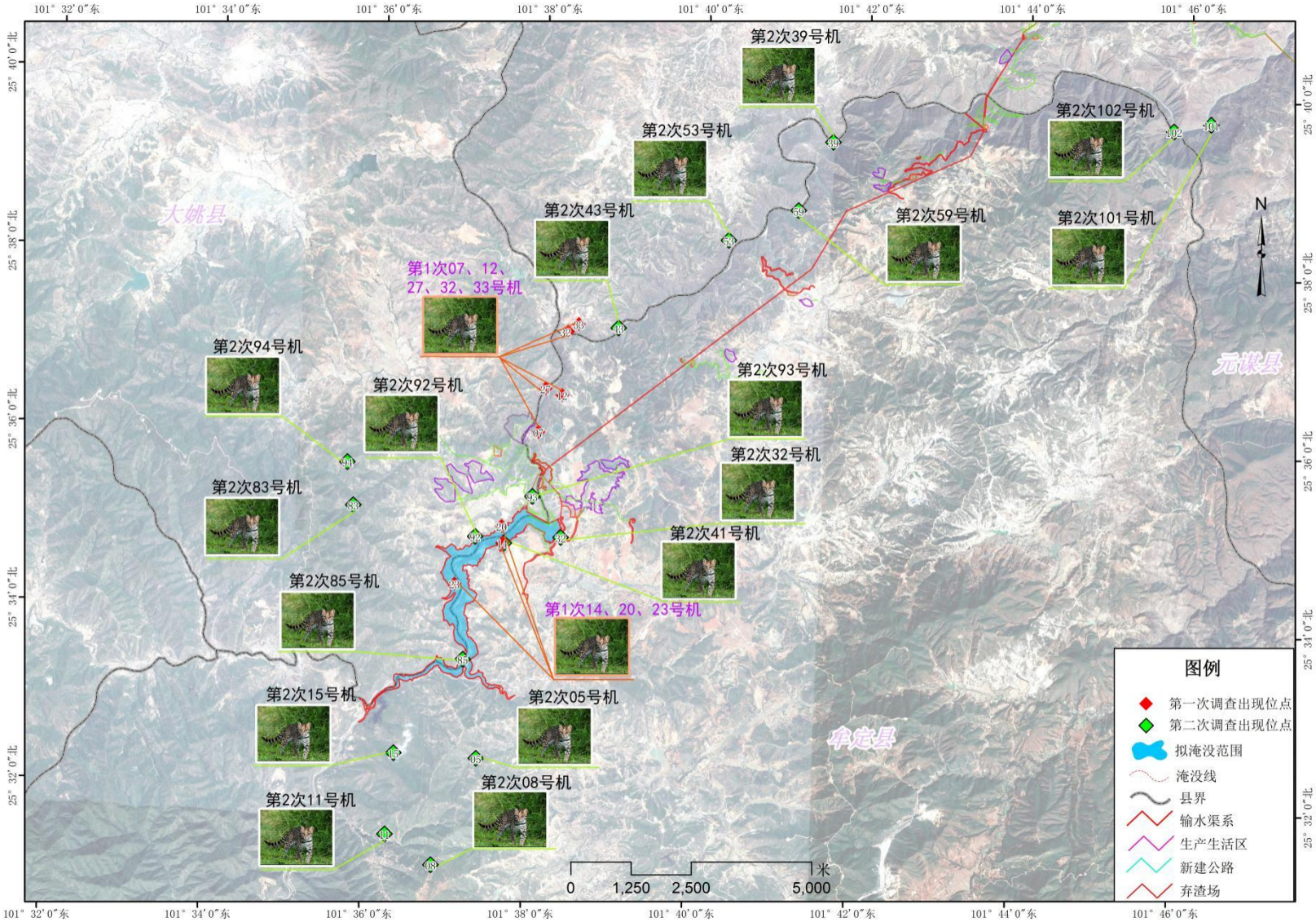



**图 4.2.6-8　工程区及周边区域豹猫出现位点**

#### 4.2.6.5 评价区动物资源小结及评价

（1）动物资源情况及其评价

①种类较丰富，但分布不均匀：评价区内的陆栖脊椎动物种类丰富程度较高，但分布相对集中于河谷地区，主要原因是河谷段地形深切，交通不便利，直接的人为干扰较小（放牧除外），残存有自然植被，为动物提供了觅食和藏身场所。评价区内坝区范围林地少，呈片段化分布。农耕地与村镇散落其中，人类生产生活对生态环境干扰比较明显，动物分布较少。

②种群数量不大：水库评价区范围内目前共记录陆栖脊椎动物 159 种。可供直接经济利用的动物资源，如人们所熟悉的食用、观赏用和药用等种类少，而且绝大多数物种的种群大小低下。这主要与评价区的生境以灌丛、草丛生境和农耕生境为主有关。

③保护种类以鸟类和兽类为主：本次评价范围内的两栖类和爬行类动物中无国家重点保护野生动物和云南省重点保护野生动物。评价区记录到国家Ⅰ级重点保护野生动物 1 种，即林麝，评价区记录到国家 II 级重点保护野生动物 15 种：松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、游隼、白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、白胸翡翠、栗喉蜂虎、猕猴、黄喉貂、豹猫和川西斑羚等，其中有 11 种属于鸟类，5 种为哺乳类。野外监测数据显示，除猕猴数量较多外，其他保护动物的数量均较少。

④特有种类较缺乏

评价区两栖类中有 3 种中国特有种，爬行类有 4 种中国特有种，兽类有 3 种中国特有种，而鸟类均为广泛分布的物种，未见辖域特有种。

（2）评价区保护动物情况及其评价

评价区记录到 1 种国家一级重点保护动物，即林麝，15 种国家二级重点保护野生动物，即松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、游隼、白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、白胸翡翠、栗喉蜂虎、猕猴、豹猫、川西斑羚和黄喉貂等。其中，林麝主要分布在工程枢纽区，但生境利用率较低，且利用时间间隔长，该区域内分布的个体数量少。其余的国家重点保护野生物种因活动范围大，在觅食活动中可出现在评价区范围之内，但主要集中分布在坝址以下河谷区域。

**表 4.2.6-4　评价区保护动物及其数量状况**

| 序号 | 物种名 | 保护类别 | 多度 | 数据来源 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 林麝 *Moschus berezovskii* | Ⅰ | + | 红外相机观测 |
| 2 | 猕猴 *Macaca mulatta* | Ⅱ | +++ | 红外相机观测 |
| 3 | 川西斑羚 *Naemorhedus griseus* | Ⅱ | ++ | 红外相机观测 |
| 4 | 豹猫 *Prionailurus bengalensis* | Ⅱ | ++ | 红外相机观测 |
| 5 | 黄喉貂 *Martes flavigula* | Ⅱ | ++ | 红外相机观测 |
| 6 | 松雀鹰 *Accipiter virgatus* | Ⅱ | ++ | 访问、资料 |
| 7 | 雀鹰 *Accipiter nisus* | Ⅱ | ++ | 目击 |
| 8 | 苍鹰 *Accipiter gentilis* | Ⅱ | ++ | 资料 |
| 9 | 普通鵟 *Buteo buteo* | Ⅱ | ++ | 目击 |
| 10 | 红隼 *Falco tinnunculus* | Ⅱ | ++ | 目击 |
| 11 | 游隼 *Falco peregrinus* | Ⅱ | + | 资料 |
| 12 | 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae* | Ⅱ | ++ | 红外相机观测 |
| 13 | 领角鸮 *Otus bakkamoena* | Ⅱ | ++ | 访问、资料 |
| 14 | 褐林鸮 *Strix leptogrammica* | Ⅱ | + | 资料 |
| 15 | 白胸翡翠 *Halcyon smyrnensis* | Ⅱ | ++ | 调查 |
| 16 | 栗喉蜂虎 *Merops philippinus* | Ⅱ | ++ | 资料 |

注：1.保护类别：“Ⅰ”——国家Ⅰ级重点保护野生动物；“Ⅱ”——国家Ⅱ级重点保护野生动物。

2.多度：“+”——偶见；“++”——少见；“+++”——常见

# 4.3 水生生态

## 4.3.1 调查概况

（1）调查范围

小石门水库工程水生生态现状调查范围包括小石门水库涉及的勐岗河（上游段称古岩河、中游段称勐岗河、下游段称普登河），勐岗河一级支流潘猫河、双尾河、猫街河、石者河等及下属的二级河流；灌区河流蜻蛉河及支流永定河和龙街河；受退水影响龙川江流域水体。

（2）调查时间

中国科学院昆明动物研究所先后于 2018 年 9 月 11 日~18 日，11 月 7 日~10 日和 2019 年 4 月（旱季补充调查）对小石门水库评价区河段进行了水生生物采样，并查阅相关文献资料，走访了当地渔业部门和渔民、鱼市。

（3）调查方法

水生生物的调查方法，依据《水库渔业资源调查规范》（SL167－96）、《水环境监测规范》（SL219－98）、《河流水生生物调查指南》、《淡水浮游生物研究方法》和《内陆水域渔业资源调查手册》进行采样和检测。

①浮游生物

浮游植物和浮游动物的定性样品分别用浮游生物网采集，用鲁哥氏液和甲醛溶液固定保存，室内用体视显微镜和显微镜分别检测浮游植物、原生动物、轮虫、枝角类和桡足类种类。

②着生藻类

主要是刮取或剥离水中浸没物诸如石块、木桩、树枝、水草等或硬质底泥等表层藻膜、丝状藻和粘稠状生长物，用鲁哥氏液固定后保存待检。

③水生维管束植物

依据断面长度布设采样点。水生高等植物定量采用 $1m^2$ 的采样框或 $0.1m^2$ 的定量采样器采集，现场称取湿重。定性样品整株采集，包括植株的根、茎、叶、花和果实，样品力求完整，按自然状态固定在压榨纸中，压干保存待检。

④大型底栖动物

大型底栖动物分软体动物、水生昆虫和寡毛类三大类。依据断面长度布设采样点，用 Petersen 氏底泥采集器采集定量样品，每个采样点采泥样 2～3 个。将采集的泥样，用 60 目分样筛筛洗，然后装入封口塑料袋中，室内进行挑拣，把底栖动物标本拣入标本瓶中，用 7%的福尔马林溶液保存待检。软体动物定性样品用 D 形踢网（kick-net）进行采集，水生昆虫、寡毛类定性样品采集同定量样品。

⑤鱼类

采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法，采集鱼类标本用福尔马林固定保存。通过对标本的分类鉴定，资料的分析整理，编制出鱼类种类组成名录。

鱼类资源量的调查采取社会捕捞渔获物统计分析，结合现场调查取样进行。采用访问调查和统计表调查方法，调查资源量和渔获量。对渔获物资料进行整理分析，得出各工作站点主要捕捞对象及其在渔获物中所占比重，不同捕捞渔具渔获物的长度和重量组成，以判断鱼类资源状况。

（4）断面设置

中国科学院昆明动物研究所先后于 2018 年 9 月 11 日~18 日，11 月 7 日~10 日和 2019 年 4 月对小石门水库评价区河段进行了水生生物采样。根据控制性、代表性原则，在干、支流共布设 22 个断面，包括勐岗河（古岩河、普登河）干流（小石门水库坝下、华竹水电站坝上、华竹乡、普登乡和勐岗河-班果河汇口、蟠猫乡和联丰大桥下）；石者河前场镇、适中乡、蟠猫河、双尾河、猫街河、龙丰水库下游；样点还包括小石门水库灌区蜻蛉河、龙街河、永定河和龙川江下游的凤仪村、河西村、黑泥坡、黄瓜园镇和江边乡。各断面情况见表 4.3.1-1，调查断面分布见图 4.3.1-1。

**表 4.3.1-1　云南省楚雄州小石门水库项目水生生态调查断面**

| 编号 | 调查地点 | 水系 | 所属水系 | 纬度 | 经度 | 海拔（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 牟定县蟠猫乡朵基村 | 古岩河 | 龙川江支流 | N 25°28.164’ | E 101°33.104’ | 1816 |
| 2 | 牟定县蟠猫乡西南 1 公里外 | | | N 25°28.760’ | E 101°33.180’ | 1821 |
| 3 | 牟定县 214 省道边联丰大桥下 | | | N 25°32.433’ | E 101°35.916’ | 1787 |
| 4 | 元谋县小石门水库坝址处 | 勐岗河 | | N 25°36.179’ | E 101°38.128' | 1496 |
| 5 | 元谋县华丰村附近华竹水电站上游 | 普登河 | | N 25°39.148’ | E 101°41.016' | 1321 |
| 6 | 元谋县华竹乡金刚纂附近 | | | N 25°41.771’ | E 101°47.819' | 1103 |
| 7 | 元谋县普登乡附近（南灌区） | | | N 25°43.191’ | E 101°48.861' | 1092 |
| 8 | 元谋县五福村（普登河与班果河汇口） | | | N 25°46.811’ | E 101°49.819' | 1068 |
| 9 | 牟定县蟠猫村 | 蟠猫河 | 勐岗河支流 | N 25°27.496’ | E 101°33.305’ | 1816 |
| 10 | 牟定县双尾村 | 双尾河 | | N 25°28.323’ | E 101°34.495’ | 1825 |
| 11 | 牟定县安乐乡 | 猫街河 | | N 25°27.645’ | E 101°40.476’ | 1854 |
| 12 | 牟定县龙丰水库 | | | N 25°32.332’ | E 101°39.643’ | 1910 |
| 13 | 姚安县适中乡金家村 | 石者河 | | N 25°33.181’ | E 101°28.144' | 1903 |
| 14 | 牟定县大平地村 | | | N 25°33.453’ | E 101°32.458' | 1801 |
| 15 | 元谋县金锁湾小村附近（北灌区） | 蜻蛉河 | 龙川江支流 | N 25°49.484’ | E 101°44.944' | 1086 |
| 16 | 大姚县龙街乡邮政下大桥 | 龙街河 | 蜻蛉河支流 | N 25°39.864’ | E 101°31.874' | 1715 |
| 17 | 永仁县羊圈坝附近 | 永定河 | 蜻蛉河支流 | N 26°03.801’ | E 101°40.059' | 1531 |
| 18 | 元谋县凤仪村 | 龙川江 | 金沙江支流 | N 25°41.368′ | E 101°51.177′ | 1102 |
| 19 | 元谋县河西村 | | | N 25°45.825’ | E 101°50.231' | 1061 |
| 20 | 黄瓜园镇 | | | N 25°49.490′ | E 101°51.547′ | 1846 |
| 21 | 牟定县黑泥坡 | | | N 25°54.055′ | E 101°51.582′ | 957 |
| 22 | 元谋县乌东德镇江边乡大桥下 | | | N 25°56.980’ | E 101°52.760' | 922 |

注：三波浪表示小石门水库拟建设点

**图 4.3.1-1　小石门水库工程水生生物调查断面分布图**

## 4.3.2 调查结果

本次调查对小石门水库及影响的 11 条河流（其中古岩河、勐岗河、普登河分 3 段统计，结合调查断面考虑，共计 11 条河流），22 个监测断面进行了水质监测，基本水环境特征见表 4.3.2-1。

## 表 4.3.2-1 小石门水库工程影响流域水环境要素调查结果

| 编号 | 调查地点 | 水系 | 溶氧量 DO（mg/L） | | pH | | 水温 WT（℃） | | 电导率 COND (us/cm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 1 | 牟定朵基村 | 古岩河 | 6.7 | 7.52 | 8.2 | 8.5 | 24.1 | 21.8 | 420 | 310 |
| 2 | 牟定县蟠猫乡西南 1 公里外 | | 7.87 | 8.43 | 7.95 | 7.64 | 24.7 | 18.3 | 400 | 230 |
| 3 | 牟定县 214 蟠猫乡联丰大桥下 | | 9.2 | 8.7 | 8.56 | 7.9 | 26.2 | 20.6 | 476 | 270 |
| 4 | 元谋县小石门水库坝址处 | 勐岗河 | 6.21 | 8.03 | 8.66 | 8.3 | 24.5 | 18.8 | 400 | 270 |
| 5 | 元谋华丰村附近华竹水电站上游 | | 9.6 | 9.51 | 8.6 | 8.7 | 24.1 | 18.6 | 480 | 235 |
| 6 | 元谋华竹乡金刚纂附近 | | 8.7 | 6.5 | 6.7 | 8.3 | 23.5 | 21.3 | 460 | 320 |
| 7 | 普登乡附近（南灌区） | 普登河 | 5.16 | 6.26 | 8.1 | 8.2 | 23.7 | 21.3 | 450 | 375 |
| 8 | 元谋县五福村（普登河与班果河汇口） | | 8.6 | 7.3 | 8.2 | 7.4 | 30.8 | 22.2 | 530 | 580 |
| 9 | 牟定县蟠猫村 | 蟠猫河 | 4.7 | 7.7 | 8.9 | 7.7 | 17.7 | 14.8 | 403 | 390 |
| 10 | 牟定双尾村 | 双尾河 | 6.35 | 7.15 | 8.26 | 7.8 | 25.5 | 22.8 | 510 | 380 |
| 11 | 牟定龙丰水库 | 猫街河 | 5.63 | 6.5 | 7.82 | 7.7 | 24.7 | 18.6 | 318 | 283 |
| 12 | 牟定安乐乡 | | 8.64 | 7.8 | 8.1 | 7.7 | 24.8 | 20.1 | 840 | 380 |
| 13 | 姚安县适中乡金家村 | 石者河 | 3.6 | 6.5 | 7.2 | 7.6 | 21.3 | 19.6 | 360 | 330 |
| 14 | 牟定县大平地村 | | 6.4 | 6.44 | 8 | 8.2 | 22.4 | 17.7 | 390 | 320 |
| 15 | 元谋金锁湾小村附近（北灌渠区） | 蜻蛉河 | 8.6 | 7.8 | 8.2 | 7.9 | 28.1 | 20.5 | 570 | 410 |
| 16 | 大姚龙街乡邮政下大桥 | 龙街河 | 8.6 | 8.8 | 8.4 | 8.2 | 24.1 | 19.6 | 550 | 480 |
| 17 | 永仁县羊圈坝附近 | 永定河 | 6.5 | 7.2 | 7.7 | 7.9 | 21.1 | 18.3 | 350 | 300 |
| 编号 | 补充调查地点 | 水系 | 溶氧量 DO（mg/L） | | pH | | 水温 WT（℃） | | 电导率 COND (us/cm) | |
| | | | 4 月 | 11 月 | 4 月 | 11 月 | 4 月 | 11 月 | 4 月 | 11 月 |
| 18 | 元谋县凤仪村 | 龙川江 | 6.4 | 9.1 | 8.8 | 7.6 | 25.2 | 26.7 | 1148 | 973 |
| 19 | 元谋县河西村 | | 4.2 | 7.6 | 9.7 | 7.7 | 28.3 | 26.1 | 1464 | 860 |
| 20 | 黄瓜园镇 | | 4.4 | 5.6 | 9.9 | 8.6 | 28.3 | 20.6 | 1104 | 895 |
| 21 | 牟定县黑泥坡 | | 9.1 | 8.7 | 8.5 | 7.7 | 25.5 | 25.6 | 940 | 550 |
| 22 | 元谋县乌东德镇江边乡大桥下 | | 5.7 | 8.3 | 8.3 | 7.3 | 24.1 | 25.4 | 1190 | 720 |

备注：勐岗河、普登河、古岩河为同一条河流，不同段有不同称谓。

### 4.3.3 浮游植物

（1）调查结果

根据我们实地调查采样和显微鉴定的结果，小石门水库及影响的 11 条河流中，共观察到浮游植物 57 属 84 种，分别隶属于蓝藻门、裸藻门、甲藻门、硅藻门和绿藻门 5 个门，其中绿藻门的种类最多，有 38 种，分别占全部藻类种类的 45.23%；其次是硅藻门，有 30 种，占全部藻类种类 35.71%，再次为蓝藻门，有 11 种，占全部藻类种类的 13.09%；裸藻门有 3 种，占全部藻类种类的 3.57%；甲藻门有 2 种，占全部藻类种类的 2.38%。调查区域浮游植物组成见图 4.3.3-1，调查区域浮游植物名录见附录 4。

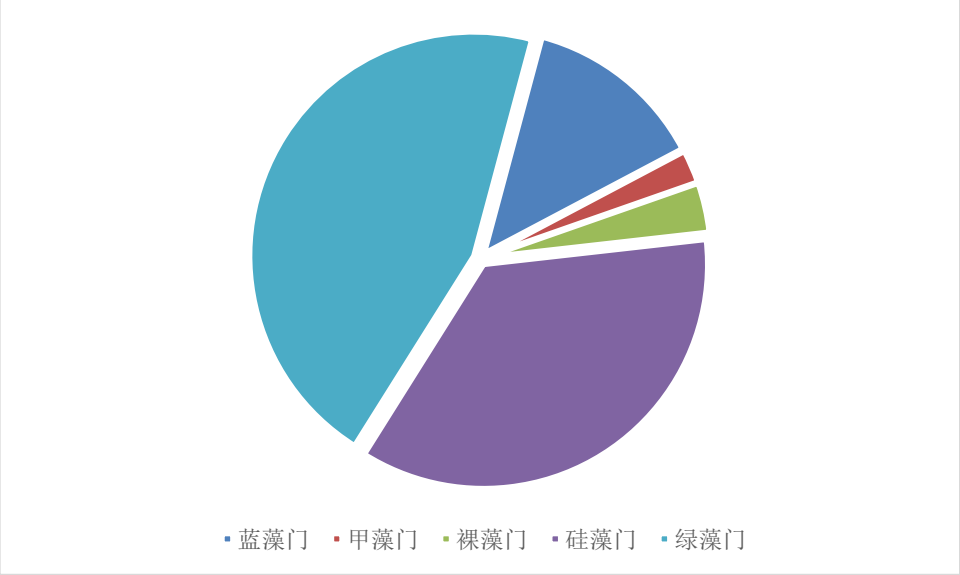



**图 4.3.3-1　调查区域浮游植物组成**

（2）数量和生物量

根据调查，小石门水库水生生态现状调查中，11 条河流的浮游植物平均密度是 12886.6 个/L，各样点浮游植物密度见表 4.3.3-1，其中密度最高的是永定河，平均密度为 23140 个/L，密度最低为龙街河，平均密度仅为 6616.5 个/L。

**表 4.3.3-1　调查区域各样点浮游植物密度（个/L）**

| 样点 | 古岩河 | | 勐岗河 | | 普登河 | | 蟠猫河 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 蓝藻门 | 6392 | 1935 | 18439 | 4943 | 13957 | 6492 | 12849 | 6731 |
| 硅藻门 | 2734 | 4286 | 4702 | 6392 | 3285 | 6367 | 2640 | 4289 |
| 甲藻门 | 41 | 294 | 839 | 192 | 273 | 177 | 104 | 261 |
| 裸藻门 | 0 | 0 | 264 | 0 | 141 | 0 | 391 | 166 |
| 绿藻门 | 1847 | 2583 | 1529 | 3864 | 1973 | 3751 | 1173 | 3282 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 合计 | 11014 | 9098 | 25773 | 15391 | 19629 | 16787 | 17157 | 14729 |
| 样点 | 双尾河 | | 猫街河 | | 石者河 | | 蜻蛉河 | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 蓝藻门 | 3798 | 2548 | 1839 | 2194 | 1385 | 1074 | 1845 | 2849 |
| 硅藻门 | 1843 | 1760 | 2854 | 4291 | 4846 | 6928 | 2765 | 3869 |
| 甲藻门 | 164 | 392 | 0 | 0 | 0 | 217 | 0 | 125 |
| 裸藻门 | 0 | 0 | 218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 绿藻门 | 2175 | 4283 | 2953 | 3825 | 1042 | 2964 | 846 | 2749 |
| 合计 | 7980 | 8983 | 7864 | 10310 | 7273 | 11183 | 5456 | 9592 |
| 样点 | 龙街河 | | 永定河 | | 龙川江 | | | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | | |
| 蓝藻门 | 1038 | 1375 | 20418 | 12074 | 1523 | 2681 | | |
| 硅藻门 | 4282 | 3954 | 2186 | 3975 | 4922 | 5361 | | |
| 甲藻门 | 0 | 0 | 1480 | 591 | 291 | 593 | | |
| 裸藻门 | 0 | 0 | 283 | 45 | 0 | 0 | | |
| 绿藻门 | 419 | 2165 | 2274 | 2954 | 1062 | 2433 | | |
| 合计 | 5739 | 7494 | 26641 | 19639 | 7798 | 11068 | | |

11 条河流的浮游植物平均生物量是 0.0364mg/L，各样点浮游植物生物量见表 4.3.3-2，其中生物量最高的是永定河，平均生物量为 0.0841 mg/L，生物量最低的是龙街河，平均生物量仅为 0.0161mg/L。

**表 4.3.3-2　调查区域各样点浮游植物生物量（mg/L）**

| 样点 | 古岩河 | | 勐岗河 | | 普登河 | | 蟠猫河 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 蓝藻门 | 0.0064 | 0.0019 | 0.0184 | 0.0049 | 0.0140 | 0.0065 | 0.0128 | 0.0067 |
| 硅藻门 | 0.0082 | 0.0129 | 0.0141 | 0.0192 | 0.0099 | 0.0191 | 0.0079 | 0.0129 |
| 甲藻门 | 0.0021 | 0.0147 | 0.0420 | 0.0096 | 0.0137 | 0.0089 | 0.0052 | 0.0131 |
| 裸藻门 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0014 | 0.0000 | 0.0039 | 0.0017 |
| 绿藻门 | 0.0037 | 0.0052 | 0.0031 | 0.0077 | 0.0039 | 0.0075 | 0.0023 | 0.0066 |
| 合计 | 0.0203 | 0.0347 | 0.0802 | 0.0414 | 0.0428 | 0.0419 | 0.0322 | 0.0409 |
| 样点 | 双尾河 | | 猫街河 | | 石者河 | | 蜻蛉河 | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 蓝藻门 | 0.0038 | 0.0025 | 0.0018 | 0.0022 | 0.0014 | 0.0011 | 0.0018 | 0.0028 |
| 硅藻门 | 0.0055 | 0.0053 | 0.0086 | 0.0129 | 0.0145 | 0.0208 | 0.0083 | 0.0116 |
| 甲藻门 | 0.0082 | 0.0196 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0109 | 0.0000 | 0.0063 |
| 裸藻门 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 绿藻门 | 0.0044 | 0.0086 | 0.0059 | 0.0077 | 0.0021 | 0.0059 | 0.0017 | 0.0055 |
| 合计 | 0.0219 | 0.0360 | 0.0185 | 0.0227 | 0.0180 | 0.0386 | 0.0118 | 0.0262 |
| 样点 | 龙街河 | | 永定河 | | 龙川江 | | | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | | |
| 蓝藻门 | 0.0010 | 0.0014 | 0.0204 | 0.0121 | 0.0015 | 0.0027 | | |
| 硅藻门 | 0.0128 | 0.0119 | 0.0066 | 0.0119 | 0.0148 | 0.0161 | | |
| 甲藻门 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0740 | 0.0296 | 0.0146 | 0.0297 | | |
| 裸藻门 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| 绿藻门 | 0.0008 | 0.0043 | 0.0045 | 0.0059 | 0.0021 | 0.0049 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 合计 | 0.0147 | 0.0176 | 0.1084 | 0.0599 | 0.0330 | 0.0533 |

（3）评价

本次调查中所观察到的浮游植物中组成有以下显著的特点：其一，河流中浮游植物以硅藻门植物种类为主，表现为典型的河流相。其二，调查中的藻类基本为广布种。其三，小石门所在勐岗河及调查河流流域已建设水库，河道中也有一些喜静水的藻类存在，可能是库区中的藻类随下泄水进入河道，并在河道中生存。

### 4.3.4 浮游动物

（1）调查结果

通过对楚雄州小石门水生生态现状评价涉及的 11 条河流浮游动物进行调查监测，共检出浮游动物 36 科 54 属 70 种。其中原生动物 20 科 24 属 35 种，占总种数的 50.00%；轮虫 7 科 12 属 17 种，占总种数的 24.28 %；枝角类 5 科 9 属 14 种，占总种数的 20.00%；桡足类 2 科 4 属 4 种，占总种数的 5.71%。调查区域浮游动物组成见图 4.3.4-1，调查区域浮游动物名录详见附录 5。

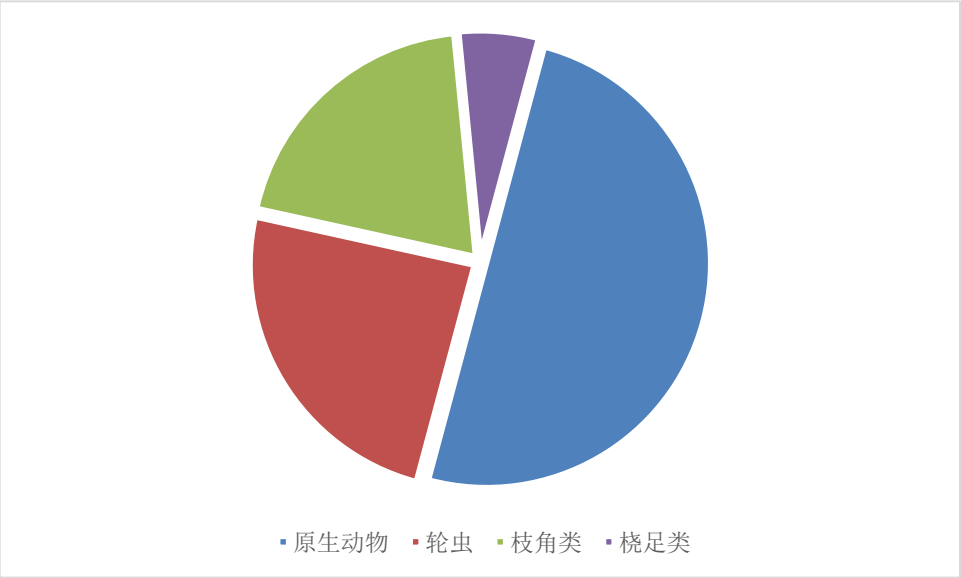



**图 4.3.4-1　　调查水域浮游动物种类组成表**

在调查的 11 条河流中，浮游动物种类组成有如下特点：（1）河流中以表壳虫、沙壳虫和臂尾轮虫等喜流水的种类为主；（3）蟠猫等河流在元谋县境内河流平直，水流较缓，一些喜静水的种类也出现在河道中；（4）调查河流的上游建有水库，导致河道浮游动物受上游水库影响较大，一些水库中的枝角类和桡足类也会出现在河道中。

（2）数量和生物量

调查区域采集到的各断面浮游动物密度见表 4.3.4-1。浮游动物密度平均为188ind./L，其中永定河浮游动物平均密度最高，为 421 ind./L，龙川江平均密度最低，仅为 49 ind./L。

**表 4.3.4-1　调查区域采集到的各断面浮游动物密度（ind./L）**

| 样点 | 古岩河 | | 勐岗河 | | 普登河 | | 蟠猫河 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 原生动物 | 29 | 21 | 227 | 129 | 302 | 53 | 64 | 37 |
| 轮虫 | 57 | 20 | 105 | 27 | 104 | 22 | 153 | 26 |
| 枝角类 | 0 | 0 | 4 | 2 | 28 | 1 | 12 | 1 |
| 桡足类 | 0 | 0 | 5 | 4 | 11 | 2 | 17 | 0 |
| 合计 | 86 | 41 | 341 | 162 | 445 | 78 | 246 | 64 |
| 样点 | 双尾河 | | 猫街河 | | 石者河 | | 蜻蛉河 | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 原生动物 | 183 | 42 | 207 | 25 | 145 | 27 | 75 | 36 |
| 轮虫 | 27 | 31 | 63 | 12 | 262 | 54 | 55 | 22 |
| 枝角类 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 8 | 2 |
| 桡足类 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 | 3 |
| 合计 | 211 | 73 | 272 | 37 | 408 | 84 | 149 | 63 |
| 样点 | 龙街河 | | 永定河 | | 龙川江 | | | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | | |
| 原生动物 | 43 | 73 | 204 | 183 | 25 | 31 | | |
| 轮虫 | 12 | 22 | 153 | 273 | 12 | 25 | | |
| 枝角类 | 0 | 0 | 8 | 4 | 1 | 3 | | |
| 桡足类 | 1 | 0 | 11 | 5 | 0 | 1 | | |
| 合计 | 56 | 95 | 376 | 465 | 38 | 60 | | |

调查水域浮游动物的生物量见表 4.3.4-2。浮游动物生物量为 0.1471mg/L，其中，永定河生物量最高，为 0.2813mg/L，龙川江生物量最低，为 0.0007mg/L。这与龙川江水流湍急，不适合浮游动物生存有关。

**表 4.3.4-2　调查区域采集到的各断面浮游动物生物量（mg/L）**

| 样点 | 古岩河 | | 勐岗河 | | 普登河 | | 蟠猫河 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 原生动物 | 0.0058 | 0.0042 | 0.0454 | 0.0258 | 0.0604 | 0.0106 | 0.0128 | 0.0074 |
| 轮虫 | 0.0114 | 0.0040 | 0.0210 | 0.0054 | 0.0208 | 0.0044 | 0.0306 | 0.0052 |
| 枝角类 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0800 | 0.0400 | 0.5600 | 0.0200 | 0.2400 | 0.0200 |
| 桡足类 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0500 | 0.0400 | 0.1100 | 0.0200 | 0.1700 | 0.0000 |
| 合计 | 0.0172 | 0.0082 | 0.1964 | 0.1112 | 0.7512 | 0.0550 | 0.4534 | 0.0326 |
| 样点 | 双尾河 | | 猫街河 | | 石者河 | | 蜻蛉河 | |
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 原生动物 | 0.0366 | 0.0084 | 0.0414 | 0.0050 | 0.0290 | 0.0054 | 0.0150 | 0.0072 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 轮虫 | 0.0054 | 0.0062 | 0.0126 | 0.0024 | 0.0524 | 0.0108 | 0.0110 | 0.0044 |
| 枝角类 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0400 | 0.0000 | 0.0200 | 0.0400 | 0.1600 | 0.0400 |
| 桡足类 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0100 | 0.1100 | 0.0300 |
| 合计 | 0.0520 | 0.0146 | 0.0940 | 0.0074 | 0.1014 | 0.0662 | 0.2960 | 0.0816 |

| 样点 | 龙街河 | | 永定河 | | 龙川江 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 时间 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 原生动物 | 0.0086 | 0.0146 | 0.0408 | 0.0366 | 0.0000 | 0.0000 |
| 轮虫 | 0.0024 | 0.0044 | 0.0306 | 0.0546 | 0.0000 | 0.0000 |
| 枝角类 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1600 | 0.0800 | 0.0004 | 0.0008 |
| 桡足类 | 0.0100 | 0.0000 | 0.1100 | 0.0500 | 0.0000 | 0.0001 |
| 合计 | 0.0210 | 0.0190 | 0.3414 | 0.2212 | 0.0004 | 0.0009 |

（3）评价

通过 2018 年 9 月和 11 月对小石门水库及涉及的河流水生生态现状评价的浮游动物进行调查，共检出浮游动物 36 科 54 属 70 种。其中原生动物 20 科 24 属 35 种，轮虫 7 科 12 属 17 种，枝角类 5 科 9 属 14 种，桡足类 2 科 4 属 4 种。

在调查的 11 条河流中，浮游动物种类组成有如下特点：（1）河流中以表壳虫、沙壳虫和臂尾轮虫等喜流水的种类为主，表现为典型的河流型；（2）蟠猫河等河流在元谋县境内河流平直，水流较缓，一些喜静水的种类也出现在河道中，且原生动物和轮虫数量较多，主要与江段江水流动缓慢，营养程度高，适合原生动物和轮虫生长有关；（3）调查区域的上游多建有水库，导致河道浮游动物受上游水库影响较大，一些水库中的枝角类和桡足类也会出现在河道中，如永定河。

## 4.3.5 水生维管束植物

（1）调查结果

调查 11 条河流共发现到水生植物 6 种，各分布点名录详见表 4.3.5-1，主要为挺水植物，真水生植物仅有 2 种，其中水花生和凤眼莲为外来物种。自然河段水生植物较少，仅在岸边生长辣蓼和茭草等挺水植物，仅在一些缓流河段如，金锁湾附近，蜻蛉河有沉水植物生长。

**表 4.3.5-1　调查区域水生植物分布表**

| 科　名 | 中文名 | 拉丁名 | 古岩河 | 勐岗河 | 普登河 | 蟠猫河 | 双尾河 | 猫街河 | 石者河 | 蜻蛉河 | 龙街河 | 永定河 | 龙川江 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 禾本科 Gramineae | 茭草 | *Zizania caduciflora* | | | + | | | | | | | + | |
| 苋科 Amaranthacae | 水花生 | *Alternanthera philoxeroides* | | + | + | + | + | + | | + | | + | + |
| 莎草科 Cyperaceae | 莎草 | *Cyperus microiria* | + | | + | + | + | + | | | | + | + |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 蓼科 Polygonaceae | 辣蓼 | *Polygonum flaccidum* | + | | | | + | | + | + | + | | + |
| 眼子菜科 Potamogeton aceae | 菹草 | *Potamogeton crispus* | | + | | | + | | | | | | |
| | 红线草 | *P. pectinatus* | | + | | | | | | | | | |
| 雨久花科 Pontederiaceae | 凤眼莲 | *Eichhornia crassipes* | | + | + | | | | | | | | |

（2）评价

1）调查 11 条河流共发现到水生植物 7 种，多为云南高原湖泊和湿地中广泛分布的物种。

2）水库建设将导致淹没区和坝址附近水生植被消亡，但调查中的水生植物均为广布种，项目实施对不会对这些物种的分布和生存构成较大影响。

### 4.3.6 底栖动物

（1）调查结果

在调查过程中，在 11 条河流中共采集到大型底栖动物 27 种，隶属于 3 门、6 纲、13 目、21 科、23 属。其中种类最多的是节肢动物门，共有 14 种，占总种数的 51.8%，其次，是软体动物门，共有 9 种，占总种数的 33.3%；环节动物门仅采集到 4 种，占总种数的 14.8%。调查区域底栖动物组成见图 4.3.6-1，调查区域底栖动物名录见附录 6。

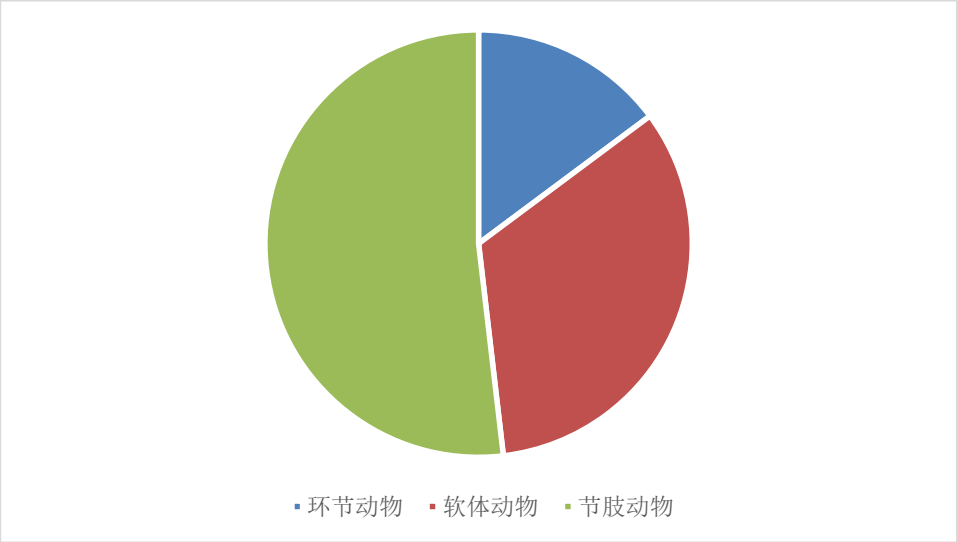



**图 4.3.6-1　调查区域底栖动物组成**

密度：调查水域各断面底栖动物密度见表 4.3.6-1，各断面平均密度为 17.05

个/L，其中密度最高的是石者河下游（姚安县适中乡金家村断面），为 35 和 44 个/L，主要为钩虾和扁蜉等节肢动物较多，在蜻蛉河断面未采集到底栖动物。

**表 4.3.6-1　调查水域底栖动物密度表**

| **样点** | 古岩河 | | 勐岗河 | | 普登河 | | 蟠猫河 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **时间** | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 软体动物 | 5 | 4 | 6 | 2 | 16 | 5 | 2 | 3 |
| 节肢动物 | 17 | 6 | 19 | 8 | 23 | 6 | 17 | 6 |
| 环节动物 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 | 2 | 2 | 0 |
| 合计 | 22 | 10 | 26 | 10 | 47 | 13 | 21 | 9 |
| **样点** | 双尾河 | | 猫街河 | | 石者河 | | 蜻蛉河 | |
| **时间** | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 |
| 软体动物 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 节肢动物 | 13 | 5 | 3 | 5 | 34 | 42 | 0 | 2 |
| 环节动物 | 2 | 2 | 15 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 合计 | 16 | 9 | 18 | 9 | 35 | 44 | 0 | 3 |
| **样点** | 龙街河 | | 永定河 | | 龙川江 | | | |
| **时间** | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | 9 月 | 11 月 | | |
| 软体动物 | 0 | 1 | 6 | 4 | 1 | 3 | | |
| 节肢动物 | 18 | 6 | 7 | 5 | 12 | 5 | | |
| 环节动物 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | | |
| 合计 | 18 | 8 | 14 | 9 | 15 | 10 | | |

（2）评价

本次调查中发现的大型底栖动物均为广布物种，其中金苹果螺和克氏原螯虾为外来入侵物种，无珍稀和保护物种。

大型底栖动物是重要的水质监测类群。一些河流种，如蜉蝣目、毛翅目幼虫、及短沟蜷和球蚬类均为清水指示种；膀胱螺、扁蜷螺、蜻蜓幼虫一般喜欢静水环境，且有水草分布的地方。在本次调查过程中，采集到毛翅目幼虫及球蚬，可以初步说明部分河段水质较好。但也发现外来入侵种金苹果螺，金苹果螺会啃食水生植物，繁殖较快，将与其它土著螺类竞争食物及生存空间，对该调查区域的水生生态系统形成破坏。

## 4.3.7 鱼类

### 4.3.7.1 鱼类组成及特点

（1）鱼类组成

勐岗河（普登河）及其支流的鱼类资源过去并没有系统、详细的调查，此次为该流域首次调查。

2018 年 9 月和 11 月、2019 年 4 月的现场调查，分别在小石门库区的上游几大支流、库区下坝址、库区下游汇口、灌渠以及影响区域龙川江下游等 22 个河段设置调查点。通过收集整理有关历史资料，采用电捕、手抄网等渔具进行野外现场调查及走访当地捕鱼人和渔业管理部门等方法，对勐岗河等水域的鱼类资源进行了调查。鱼类历史记录主要参考《云南鱼类名录》（陈小勇，2013）、《楚雄彝族自治州水域环境和渔业资源》(徐伟毅主编，1995)及中国科学院昆明动物研究所鱼类标本库的标本记录，楚雄州勐岗河（普登河）流域及相关流域共记录有鱼类 5 目 10 科 23 属 24 种，详见表 4.3.7-1。

此次调查中在勐岗河（古岩河）采集到的侧纹云南鳅 *Yunnanilus plenrotaenia* 和前鳍高原鳅 *Triplophysa anterodorsalis*，为勐岗河（古岩河）流域的物种分布新纪录；前鳍高原鳅为龙川江流域鱼类分布新记录；鳞副泥鳅 *Paramisgurnus dabryanus* 为楚雄州外来种的新记录。土著鱼类有 12 种，外来鱼类 12 种。高体鳑鲏 *Rhodeus ocellatus* 可能不是原产，此报告暂定为土著种；麦穗鱼 *Pseudorasbora parva* 在金沙江干流及其支流为天然分布，在水库和池塘为引入种，此报告大部分采自天然河道，为土著种；鲦*Hemiculter leucisculus* 在金沙江干流及支流为天然分布，在水库和池塘为引入种，暂定为土著种；鲦 *Hemiculter leucisculus*、青鱼 *Mylopharyngodon piceus*、草鱼 *Ctenopharyngodon idellus*、鲢 *Aristichthys nobilis* 和鳙 *Hypophthalmichthys molitrix* 等为楚雄州库区常见引入养殖经济鱼类；尼罗罗非鱼 *Oreochromis nilotica*、棒花鱼 *Abbotina rivularis*、食蚊鱼 *Gambusia affinis* 和子陵吻鰕虎鱼 *Rhinogobius giurinus* 等为引种养殖带入的外来种鱼类，在自然河道为逃逸扩散个体。土著种鱼类中，除鲤 *Cyprinus carpio* 、鲫 *Carassius auratus auratus*、南方大口鲇 *Silurus meridionalis*、黄鳝 *Micropercops swinhonis* 外，其余均为小型鱼类。

调查记录到的所有鱼类中没有国家级和省级保护鱼类，也没有列入《中国濒危动物红皮书鱼类》、《中国物种红色名录》和《中国生物多样性红色名录》的濒危物种。此外，本评价区的 12 种土著鱼类中无洄游习性，不作长距离繁殖、索饵或越冬洄游，目前分布种类可分别在其所在江河、溪流内完成其生活史。

在各调查断面所采集的鱼类组成分别为：古岩河 10 种，其中土著种 8 种；勐岗河（普登河）干流 9 种，其中土著鱼类 6 种；勐岗河支流（包括石者河、蟠猫河、猫街河和双尾河）共 8 种，其中土著鱼类 5 种；灌区相关河流（蜻蛉河、永定河和龙街河）共 5 种，土著鱼类 2 种；影响河流龙川江下游 11 种鱼类，其中土著鱼类 6 种。调查区内勐岗河流域上游优势种为前鳍高原鳅，下游普登河优势种为鲃虎鱼类。

**表 4.3.7-1　云南省楚雄州勐岗河（古岩河、普登河）流域及相关流域鱼类名录**

| 物种名 / 流域及采集地 | | 勐岗河（古岩河、普登河）及相关流域 | | 蜻蛉河及相关流域 | | 龙川江下游 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中文名 | 拉丁文 | 本次调查 | 历史记录 | 本次调查 | 历史记录 | 本次调查 | 历史记录 |
| **I 鲤形目** | **CYPRINIFORMES** | | | | | | |
| **i 鳅科** | **Cobitidae** | | | | | | |
| 1 泥鳅 | *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) | ● | √ | ● | √ | ● | √ |
| 2 大鳞副泥鳅* | *Paramisgurnus dabryanus* (Sauvage) | ● | √ | □ | | □ | √ |
| **ii 条鳅科** | **Nemacheilidae** | | | | | | |
| 3 侧纹云南鳅 | *Yunnanilus plenrotaenia*（Regan） | ● | | | | □ | √ |
| 4 红尾荷马条鳅 | *Homatula variegata* (Dabry de Thiersant) | ● | √ | □ | √ | □ | √ |
| 5 横纹南鳅 | *Schistura fasciolata* (Nichols et Pope) | ● | √ | □ | √ | □ | √ |
| 6 前鳍高原鳅 | *Triplophysa anterodorsalis* (Zhu *et* Cao) | ● | | ● | √ | □ | |
| **iii 鲤科** | **Cyprinidae** | | | | | | |
| **鱊亚科** | **Acheilognathinae** | | | | | | |
| 7 高体鳑鲏 | *Rhodeus ocellatus* (Kner) | ● | √ | ● | √ | ● | √ |
| **鲌亚科** | **Cultrinae** | | | | | | |
| 8 䱗 | *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky) | ● | √ | □ | √ | ● | √ |
| **鮈亚科** | **Gobioninae** | | | | | | |
| 9 麦穗鱼 | *Pseudorasbora parva* (Temminck *et* Schlegel) | ● | √ | □ | √ | ● | √ |
| 10 棒花鱼* | *Abbotina rivularis* (Basilewsky) | ● | √ | ● | √ | ● | √ |
| **雅罗鱼亚科** | **Leuciscinae** | | | | | | |
| 11 青鱼* | *Mylopharyngodon piceus* (Richardson) | ○ | √ | ○ | √ | | √ |
| 12 草鱼* | *Ctenopharyngodon idellus* (Valenciennes) | ○ | √ | ○ | √ | | √ |
| **鲢亚科** | **Hypophthalmichthyinae** | | | | | | |
| 13 鳙* | *Aristichthys nobilis* (Richardson) | ○ | √ | ○ | √ | | √ |
| 14 鲢* | *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) | ○ | √ | ○ | √ | | √ |
| **鲤亚科** | **Cyprininae** | | | | | | |
| 15 鲤 | *Cyprinus carpio* (Linnaeus) | ○ | √ | ● | √ | ● | √ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 鲫 | *Carassius auratus auratus* (Linnaeus) | ● | √ | ● | √ | ● | √ |
| **II 鲇形目** | **SILURIFORMES** | | | | | | |
| **iv 鲿科** | **Bagridae** | | | | | | |
| 17 瓦氏黄颡鱼 | *Pelteobagrus vachelii* (Richardson) | ○ | √ | ○ | √ | ○ | √ |
| **v 鲇科** | **Siluridae** | | | | | | |
| 18 南方大口鲇 | *Silurus meridionalis* Chen | ● | √ | □ | √ | ● | √ |
| **III 鳉形目** | **CYPRINODONTIFORMES** | | | | | | |
| **vi 胎鳉科** | **Poeciliidae** | | | | | | |
| 19 食蚊鱼* | *Gambusia affinis* (Barird *et* Girard) | ● | √ | ● | √ | ● | √ |
| **IV 合鳃鱼目** | **SYNBRANCHIFORMES** | | | | | | |
| **vii 合鳃鱼科** | **Synbranchidae** | | | | | | |
| 20 黄鳝 | *Monopterus alb*us (Zuiew) | ○ | √ | □ | √ | □ | √ |
| **V 鲈形目** | **PERCIFORMES** | | | | | | |
| **viii 沙塘鳢科** | **Odontobutidae** | | | | | | |
| 21 黄黝* | *Micropercops swinhonis* (Günther) | ● | √ | ● | √ | | |
| **ix 鰕虎鱼科** | **Gobiidae** | | | | | | |
| 22 褐吻鰕虎鱼* | *Rhinogobius brunneus* (Temminck *et* Schlegel) | ● | √ | □ | √ | □ | √ |
| 23 子陵吻鰕虎鱼* | *Rhinogobius giurinus* (Rutter) | ● | √ | ● | √ | ● | |
| **xi 丽鱼科** | **Cichlidae** | | | | | | |
| 24 尼罗罗非鱼* | *Oreochromis nilotica (Linnaeus)* | | | | | ● | √ |

注：*表示外来种；●表示本次调查采集到的种类；○表示该鱼类访问记录到物种，并未采集标本；□表示该流域可能有分布，但未采集到样本；√表示具有馆藏标本记录或者历史文献记录。

（2）鱼类组成特点

结合野外调查结果和馆藏标本记录，小石门水库所在楚雄州勐岗河（古岩河、普登河）流域及评价区相关流域的江河干流、支流及水库共记录有鱼类 24 种，其中外来种鱼类 12 种。土著鱼以鲤形目鱼类为主，共 16 种，占鱼类总数的 66.7%；鲈形目鱼类共 4 种，占总数 16.7%；鲇形目鱼类共 2 种，占鱼类总数 8.3%；鳉形目鱼类和合鳃鱼目各 1 种，各占鱼类总数 4.2%。鱼类组成见表 4.3.7-2。

调查区的鱼类区系组成简单，主要原因，一是流域内部分断面的土地开发程度较高，山区水土流失严重，水源涵养不足，导致普登河成为季节性河流，旱季河水很浅，大部分河段只有 10cm 至 50cm 深，有的河段甚至干涸断流，影响鱼类的生存。二是流域内水资源开发利用程度高，干流及其支流上修建了多道水库大坝、水电站拦河坝和滚水坝，阻断了河流通道，使得大中型土著鱼类不能上溯到调查区河段。调查区内鱼类数量少且形不成产量。三是部分断面人类活动频繁，农业、工业及生活污水的排放影响了水质，破坏了鱼类的生境。

**表 4.3.7-2　云南省楚雄州勐岗河（普登河）流域及评价区相关流域鱼类组成**

| 目 | 科 | 种数 | 比例（%） |
|---|---|---|---|
| **鲤形目 CYPRINIFORMES** | 鲤科 Cyprinidae | 10 | 41.7% |
| | 鳅科 Cobitidae | 2 | 8.3% |
| | 条鳅科 Nemacheilidae | 4 | 16.7% |
| **鲇形目 SILURIFORMES** | 鲿科 Bagridae | 1 | 4.2% |
| | 鲇科 Siluridae | 1 | 4.2% |
| **鳉形目 CYPRINODONTIFORMES** | 胎鳉科 Poeciliidae | 1 | 4.2% |
| **合鳃鱼目 SYNBRANCHIFORMES** | 合鳃鱼科 Synbranchidae | 1 | 4.2% |
| **鲈形目 PERCIFORMES** | 沙塘鳢科 Odontobutidae | 1 | 4.2% |
| | 鰕虎鱼科 Gobiidae | 2 | 8.3% |
| | 丽鱼科 Cichlidae | 1 | 4.2% |
| **合计:　5 目** | 10 科 | 24 | |

### 4.3.7.2 鱼类区系特征

楚雄州内勐岗河（古岩河、普登河）流域及相关支流的鱼类区系组成相对简单，结合历史文献记录及实际调查情况共记录了鱼类 5 目 10 科 23 属 24 种，其中土著种 12 种，主要以鲤科、鳅科、条鳅科和鲇科鱼类为主。

依据陈宜瑜等（1998）将中国鲤科鱼类所划分的 5 个类群：老第三纪原始类群、北方冷水性类群、东亚类群、南方类群和青藏高原类群。楚雄州勐岗河（古岩河、普登河）流域及相关流域鱼类区系其区系的特点可简要归结为以下几点：

（1）鲤科鱼类为该区系鱼类的主要组成部分，以鲃亚科、鲤亚科、鱊亚科为代表的“老第三纪类群”是主要区系成分；但“老第三纪类群”缺失了鲃亚科和鲃亚科物种，其中宽鳍鱲等都是金沙江流域常见的溪流性鱼类，但是在勐岗河流域已经缺失，龙川江下游也很少见，但在姚安县、大姚县和永仁县的山区小溪中会有分布。

（2）缺乏以雅罗鱼亚科为代表的“北方冷水性类群”和青藏高原类群（裂腹鱼亚科）物种。裂腹鱼类在金沙江及其支流本属常见，阻隔和环境改变导致其无法自金沙江上溯到其二级支流勐岗河上游或者支流产卵，导致多数勐岗河上游即使具备裂腹鱼类生存的条件，也仅有定居性的条鳅科鱼类生存；

（3）缺乏以鲤科鲌亚科、鲴亚科、鮈亚科、鲢亚科和雅罗鱼亚科东亚类群

为代表的“东亚类群”。“东亚类群”只有鱲和麦穗鱼，其他本地出现的棒花鱼、鲢、鳙等均为外来种；

（4）缺乏以野鲮亚科为代表的“南方类群”。

除鲤科外，“老第三纪类群”还包含鲤形目的鳅科、条鳅科、鲇形目鲇科、合鳃鱼目合鳃鱼科。勐岗河流域“老第三纪类群”总数达到 13 种，约占总种数的 54.2%。因此，老第三纪原始类群是勐岗河（古岩河、普登河）流域鱼类区系的主体。

**4.3.7.3 生态类型**

从不同鱼类的栖息水层和喜好生境来看，小石门水库评价区鱼类的生态型划分为以下 4 类。

（1）河（湖泊）底栖缓流型，如：南方大口鲇、侧纹云南鳅、泥鳅等。

（2）河底栖激流型，这些种类常生活在溪流的石砾缝中，如：南鳅和荷马条鳅等，高原鳅也多生活在激流处。

（3）河湖泊缓流型，这些类群具有更强的适应能力和扩散能力，包括大多数外来物种。如：鱲、食蚊鱼、吻鰕鮕鱼、麦穗鱼、鲫鱼等。

（4）调查区内没有喜冷水性鱼类和喜热水性鱼类。除条鳅科种类（不包括侧纹云南鳅）为喜急流性生活鱼类，该区域分布的鱼类均属广温性喜静水或较平缓流水性生活的鱼类，如棒花鱼、鲤鱼、鲫鱼、泥鳅、麦穗鱼、食蚊鱼等，其占鱼类种类数的 87.5%。这与调查区处亚热带季风气候，勐岗河（古岩河、普登河）的河床较为平坦，大部分地区水流较平缓的环境特征相关。

**4.3.7.4 食性**

根据该河段鱼类的口唇结构和食性组成分析上来看，调查区域的 24 种鱼类可划分为 3 类，其中杂食性鱼类占优势地位，共 18 种。

（1）滤食性鱼类，主要通过发达的鳃耙和鳃上器滤食水体中的浮游生物，如鲢、鳙、草鱼、青鱼，共 4 种，占 16.7%。

（2）肉食性鱼类，主要捕食鱼虾、昆虫和底栖无脊椎动物，如大口鲇、瓦氏黄颡鱼共 2 种，占 8.3%。

（3）杂食性鱼类，这些种类既摄食水生昆虫、虾类、软体动物等动物性饵料，也摄食植物的碎片、种子、水草茎叶、丝状藻等，有时还吞食其它鱼类的卵

和幼苗，如泥鳅、麦穗鱼、棒花鱼、鰕虎鱼、鲤、鲫、前鳍高原鳅、横纹南鳅和侧纹云南鳅等，占 75%。

**4.3.7.5 繁殖特性**

调查区域分布的 24 种鱼类的繁殖类型可归纳为 4 种：

（1）产漂流性卵类型

调查区域水库内的青鱼、草鱼、鳙、鲢 4 种属于产漂流性卵的种类，占调查鱼类总数的 16.7%。

（2）产沉性卵类型

产沉性卵的鱼类包括前鳍高原鳅、横纹南鳅、侧纹云南鳅及鰕虎鱼类等 5 种，占调查鱼类总数的 20.8%。这些鱼类通常选择激流水体产卵，其卵比重较大，无粘性或粘性很弱小，产出的鱼卵沉积在石砾缝隙或砂石中孵化。调查到的条鳅类为分批次产卵，繁殖季节主要在 4 至 8 月份，低龄即可达到性成熟，属于 r 选择者。

（3）产粘性卵类型

本地区鱼类中产粘性卵的鱼类包括鲤鱼、鲫鱼、泥鳅、鱊、麦穗鱼、棒花鱼等 12 种，占调查鱼类种类数的 50%。这些鱼类通常选择在浅水草滩或静水河浅湾水域产卵，所产卵的比重大于水，卵膜外层具有粘性物，产出后能粘附在水草等物体上。这类产卵时间较为集中，一般集中在 3 月中旬至 5 月上旬，有的为分批产卵，6~8 月仍可产卵。

（4）其它类型

包括高体鳑鲏、食蚊鱼和尼罗罗非鱼 3 种，占调查鱼类总数的 12.5%。其中鳑鲏亚科鱼类产卵于软体动物外套膜；食蚊鱼为卵胎生，卵在体内受精和孵化；尼罗罗非鱼具有筑巢行为，体外受精后口内进行孵化。这些鱼类产卵环境通常为水流相对缓慢、水温较高的水体如稻田外侧沟渠，城镇周边的河道或水草茂盛的河道等。

因此从鱼类繁殖类型来看，调查流域内产粘性卵的种类占绝大部分，其次是产沉性卵和漂流性卵的鱼类，而其他繁殖类型相对较少，只有 3 种，高体鳑鲏、食蚊鱼和尼罗罗非鱼。鱼类生活史特点见表 4.3.7-3。

**表 4.3.7-3　勐岗河流域及灌区相关流域鱼类生活史特点及物种丰富度一览表**

| 编号 | 物种名 | 生态类型 | 食性 | 鱼卵类型 | 物种丰富度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 泥鳅 | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ |
| 2 | 大鳞副泥鳅* | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | + |
| 3 | 侧纹云南鳅 | 江河底栖缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | + |
| 4 | 红尾荷马条鳅 | 江河底栖激流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ |
| 5 | 横纹南鳅 | 江河底栖缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | ++ |
| 6 | 前鳍高原鳅 | 江河底栖激流型 | 杂食性 | 沉性卵 | +++ |
| 7 | 高体鳑鲏 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 其他类型 | +++ |
| 8 | 鱊 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ |
| 9 | 麦穗鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ |
| 10 | 棒花鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ |
| 11 | 青鱼* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | + |
| 12 | 草鱼* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ |
| 13 | 鳙* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ |
| 14 | 鲢* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ |
| 15 | 鲤 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ |
| 16 | 鲫 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ |
| 17 | 瓦氏黄颡鱼* | 江河湖泊缓流型 | 肉食性 | 粘性卵 | ++ |
| 18 | 南方大口鲇 | 江河湖泊底栖缓流型 | 肉食性 | 粘性卵 | ++ |
| 19 | 食蚊鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 其他类型 | +++ |
| 20 | 黄鳝 | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | + |
| 21 | 黄黝* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ |
| 22 | 褐吻鰕虎鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | ++ |
| 23 | 子陵吻鰕虎鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | +++ |
| 24 | 尼罗罗非鱼 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 其他类型 | ++ |

注：　*表示外来种

#### 4.3.7.6 渔获物情况

由于勐岗河（古岩河、普登河）流域干流、支流以及灌区相关流域调查水域的水体属性各不相同，主要包括：自然河段、灌区自然河段、库区和城市河道，所以使用的采样工具也有所不同。本次调查采用了小型电鱼机、手抄网和访问调查的方式相结合，共采集到鱼类 961 尾，总重量为 4805.93g。各调查断面河流渔获物情况具体见表 4.3.7-4、渔获物的组成见图 4.3.7-1。

## 表 4.3.7-4　云南省楚雄州小石门水库影响区渔获物

| 河段 | 采集样点 | 物种 | 尾数 | 体长（mm） | 规格（g） | 均重（g/尾） | 重量（g） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 古岩河 | 1-3 | 棒花鱼 | 28 | 45.7-91.21 | 0.64-16.37 | 4.38 | 122.76 |
| | | 麦穗鱼 | 4 | 30-64.2 | 0.24-5.27 | 2.24 | 8.94 |
| | | 黄黝 | 1 | 48.3 | 2.32 | | 2.32 |
| | | 红尾荷马条鳅 | 56 | 31-82 | 0.4-4.86 | 1.74 | 97.26 |
| | | 前鳍高原鳅 | 25 | 36-61 | 0.9-4.8 | 2.51 | 62.78 |
| | | 横纹南鳅 | 1 | 69 | 4.74 | | 4.74 |
| | | 侧纹云南鳅 | 10 | 35-63 | 0.7-2.84 | 1..49 | 14.89 |
| | | 泥鳅 | 8 | 34-99 | 0.4-10.97 | 3.48 | 27.82 |
| | | 鲫鱼 | 2 | 100-146 | 127.51-170.11 | 148.81 | 297.62 |
| | | 大鳞副泥鳅 | 1 | 101 | 16.21 | | 16.21 |
| | | 小计 | 136 | | | | 655.34 |
| 勐岗河（普登河） | 4-8 | 红尾荷马条鳅 | 23 | 35-63.1 | 0.5-2.6 | 1.32 | 30.36 |
| | | 侧纹云南鳅 | 10 | 34.2-59.6 | 0.65-2.73 | 1.66 | 16.58 |
| | | 前鳍高原鳅 | 306 | 22-66.4 | 0.14-6.09 | 1.79 | 486.74 |
| | | 棒花鱼 | 16 | 35.3-82.9 | 0.56-11.82 | 3.66 | 31.71 |
| | | 南方大口鲇 | 1 | 128.99 | 16.57 | | 16.57 |
| | | 子陵吻鰕虎鱼 | 10 | 25.6-64.9 | 0.3-4.37 | 1.49 | 14.88 |
| | | 褐吻鰕虎鱼 | 13 | 21-44.7 | 0.29-2.34 | 0.90 | 11.69 |
| | | 高体鳑鲏 | 2 | 33-33.7 | 0.82-0.85 | 0.84 | 1.67 |
| | | 鱊 | 1 | 114.59 | 17.09 | | 17.09 |
| | | 小计 | 382 | | | | 627.29 |
| 蟠猫河 | 9 | 麦穗鱼 | 3 | 45-58.85 | 1.92-3.27 | 3.29 | 9.86 |
| | | 前鳍高原鳅 | 4 | 51-57 | 2.59-3.43 | 2.86 | 11.44 |
| | | 棒花鱼 | 8 | 30-79 | 0.6-18.4 | 4.76 | 38.11 |
| | | 泥鳅 | 3 | 34-82 | 468-7.6 | 5.61 | 16.82 |
| | | 小计 | 18 | | | | 76.23 |
| 双尾河 | 10 | 泥鳅 | 4 | 44-90 | 0.77-7.37 | 2.87 | 11.47 |
| | | 黄黝 | 2 | 30.9-34.76 | 0.38-0.8 | 0.63 | 1.26 |
| | | 小计 | 6 | | | | 12.73 |
| 猫街河 | 11-12 | 泥鳅 | 7 | 50-106 | 1.12-8.69 | 3.70 | 25.87 |
| | | 食蚊鱼 | 20 | 17-36 | 0.13-1.56 | 0.49 | 9.72 |
| | | 鲫鱼 | 3 | 40-42 | 1.82-2.11 | 1.97 | 5.92 |
| | | 小计 | 30 | | | | 41.51 |
| 石者河 | 13-14 | 泥鳅 | 1 | 34 | 0.35 | | 0.35 |
| | | 前鳍高原鳅 | 75 | 47-67 | 1.97-5.97 | 2.59 | 194.12 |
| | | 小计 | 76 | | | | 194.47 |
| 蜻蛉河 | 15 | 棒花鱼 | 5 | 44-72 | 1.31-7.38 | 3.20 | 16 |
| | | 泥鳅 | 3 | 44-71 | 0.82-2.1 | 1.65 | 4.95 |
| | | 小计 | 8 | | | | 20.95 |
| 龙街河 | 16 | 食蚊鱼 | 10 | 14-37 | 0.04-1.51 | 0.45 | 4.5 |
| | | 小计 | | | | | 4.5 |
| 永定河 | 17 | 高体鳑鲏 | 10 | 14-23 | 0.06-0.29 | 0.22 | 2.16 |
| | | 子陵吻鰕虎鱼 | 5 | 28-69 | 0.51-3.45 | 1.23 | 6.15 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 小计 | 15 | | | | 8.31 |
| 龙川江 | 18-22 | 南方大口鲇 | 2 | 166-193 | 40.86-58.44 | 49.65 | 99.3 |
| | | 泥鳅 | 43 | 21.9-121 | 0.36-15.36 | 0.50 | 222.02 |
| | | 鲫鱼 | 26 | 24-162 | 1.03-61.29 | 34.47 | 896.09 |
| | | 高体鳑鲏 | 21 | 28-44 | 0.1-1.86 | 0.33 | 6.92 |
| | | 鲤 | 2 | 61.29-138 | 46.32-69.69 | 9.34 | 112.07 |
| | | 尼罗罗非鱼 | 12 | 140-146 | 40.56-153.96 | 101.97 | 1223.6 |
| | | 食蚊鱼 | 1 | 35 | | | 0.8 |
| | | 子陵吻鰕虎鱼 | 103 | 36-62 | 0.85-2.58 | 1.26 | 129.28 |
| | | 棒花鱼 | 59 | 34-68 | 0.92-5.09 | 3.34 | 197.1 |
| | | 麦穗鱼 | 15 | 25-39.46 | 0.33-1.44 | 0.73 | 10.98 |
| | | 鱊 | 1 | 90.62 | | | 10.71 |
| | | 小计 | 285 | | | | 2908.77 |
| | | 总计 | 961 | | | | 4805.93 |

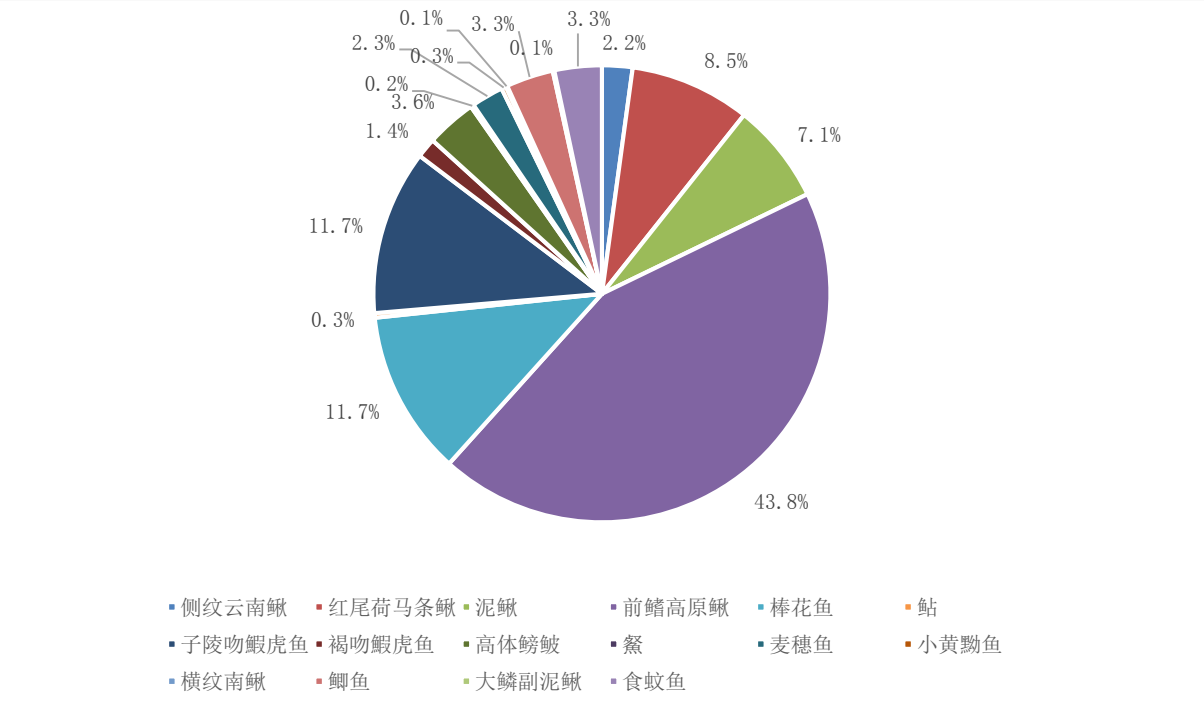



**图 4.3.7-1　　云南省楚雄州小石门水库工程影响区渔获物物种组成**

从影响区域流域调查的渔获物数量结果表明，前鳍高原鳅为优势种，红尾荷马条鳅和泥鳅为常见土著种，棒花鱼，食蚊鱼和子陵吻鰕虎鱼为常见外来种，但在各河段鱼类优势类群有所差异。在山区激流河道，以条鳅科鱼类为主，水流稍缓区域则出现了鲤科鱼类如鲫鱼，棒花鱼和麦穗鱼等；水库区主要以鲢、鳙、鲫、鱊和鰕虎鱼等为主，这类鱼类都是水产养殖或者为净化水质人为投放或带入的；泥鳅、鲫、高体鳑鲏、食蚊鱼、麦穗鱼等常出现于灌溉河道中。城市河道由于有梯级堤坝修建，河道去弯取直、硬化处理的情况，以及生活污水或工业废水排放即面源污染，造成部分断面无鱼或者只有食蚊鱼和泥鳅这类抗污性很强的小型鱼类。

从土著种和外来种在渔获物中的相对比例（种类占比 12:12）可知土著鱼类在评价流域中占据一定的比重。勐岗河（古岩河、普登河）的干流及部分主要一二级支流如双尾河和猫街河靠近村庄农田，农药及生活污水造成这些河流生境不再适宜于大多数土著鱼类的生存。另外猫街河兴建了灌溉供水需求的水库，小水坝等，库区内鱼类主要为人工引种养殖经济鱼类，大部分为外来种，造成部分库区土著物种相对较少或已绝迹。总体可见勐岗河水域内鱼类资源匮乏，勐岗河未来灌溉区域（南灌区普登河及北灌区蜻蛉河金锁湾等）鱼类种类更为稀少且大多数为外来种。龙川江下游主要鱼类为常见广布鱼类，未发现珍稀特有土著鱼类分布。

**古岩河鱼类样本采集**

**12 月小石门坝址勐岗河鱼类采集**

**野外样本拍摄及勐岗河渔获物**

**4.3.7.7 鱼类重要生境**

（1）产卵场

鱼类产卵场是特指鱼类产卵繁殖的区域，是其生存和繁衍的重要场所，对渔业资源补充具有重要作用。不同的鱼类根据其自然进化历史和生态习性的不同，

对产卵场的条件要求也各不相同。我们一般所说的产卵场，是指适合大多数鱼类产卵繁殖的生境。本次调查研究主要针对鱼类比较集中的产卵场，评价主要根据多年鱼类生态学资料的积累、近期相关地区调查资料及查阅文献等，结合各流域生境的特点，推测其主要鱼类产卵场的分布。

① 勐岗河（古岩河、普登河）干流

勐岗河（古岩河、普登河）干流大部分断面处于山谷中，水流湍急，水质较为清澈，水流量相对较大，底质为砾石，自然状态保护良好，适合急流型小型鱼类产卵，如条鳅科鱼类。中下游水质浑浊，底质多数为泥沙，粗砾，靠近农田灌溉区和城乡生活区，不具备典型产卵场，但可能流域弯道缓水处或者河道较深处适合一些耐污性较强的小型鱼类繁殖，如食蚊鱼，棒花鱼等。鲚、鲤、鲫、麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、鲬虎鱼等下游常见种类产卵地点较为广泛，在水库沿岸坡度较缓的浅水区和水库区支流以及水库入库河流缓流区均可产卵，产卵于砂石、水生植物、树枝上，产卵地点分散，一般不会形成集中的产卵场。

② 勐岗河（古岩河、普登河）一级、二级支流

勐岗河较大的一级右岸支流猫街河干流上已建有三个小型水库，红豆树水库、龙丰水库和新民水库，使得猫街河水流平缓，水流量小，常有截坝灌溉，周边村庄农田常有废、污水排放现象，生境条件已经不适合大多数土著鱼类的繁殖，仅这类耐受性较高的鱼类可在此繁殖生存。蟠猫河、双尾河和猫街河类似，皆水量较小，且靠近村庄，有农业污染。左岸支流石者河只有中段的适中乡金家村断面土著鱼类资源较为丰富，上游城区段及生活污水排放，河道已经建成水泥渠道，改变了原有自然河道，而下游段周边的农田在雨季会由地表径流将残留农药汇入河道，使得部分断面出现无鱼状态，不适合作为产卵场。

③蜻蛉河及支流

项目灌区所涉及的河流段包括蜻蛉河及其支流永定河，龙街河等，该涉及区域河流鱼类区系较为简单，与普登河情况相似，常见的鱼类绝大部分为外来种，其繁殖场地分散，不会形成集中的产卵场，只要生境条件合适就能够繁殖。

④龙川江下游

项目影响区域龙川江下游水位较高，水流量较大，水质浑浊，底质多数为泥沙，处于农田灌溉区，酷鱼滥捕现象较为严重，不具备典型产卵场。流域弯道缓

水处、靠近金沙江-龙川江汇口河段适为江河缓流型鱼类的繁殖场所，但非典型产卵场。

（2）索饵场

索饵场，是指鱼类和虾类等群集摄食的水域。根据最适索饵理论（派克，1984），鱼类总是选择饵料相对丰富的水域进行索饵摄食，一般主要位于交汇口附近。在本工程影响区内，由于鱼类习性、环境条件不同，索饵场也有很大变化。

①勐岗河（古岩河、普登河）

古岩河调查断面相对处于自然状态，水流富有变化，既有平缓的河湾，也有急流河道，河滩发育良好，河岸植被茂密，适合鱼类索饵。古岩河中游虽处于农田灌溉渠和乡村生活区，但在调查中发现了大量勾虾，说明该河段污染较小，非常适合鱼类索饵。

勐岗河底质多为卵石、粗砾，水较深。干流部分河段沿岸、浅滩常有不同厚度的淤泥沉积，饵料生物丰富，既有浮游生物、又有沉水植物，还有一些昆虫幼虫在漫滩卵石间生活，是鱼类理想的觅食场所。该类型索饵场在该河段较少，因河流大部分处于深切峡谷，谷深幽暗，水流湍急，阳光不能直射、光合作用弱，水体初级生产力较低，不能形成较大规模的索饵场。而支流与干流汇合处河面宽阔，水流变缓，由于常年的流水冲击，带来支流上游丰富的饵料，会成为相对集中的索饵场。

普登河干流的农业面源污染、水坝截流灌溉及生活污水乱排放现象较为严重，大部分不可能成为理想的索饵场，只适合如食蚊鱼，棒花鱼、麦穗鱼、泥鳅等小型鱼类生存。

②支流猫街河、蟠猫河和石者河

猫街河建设了三座小型水库，干流中段多处于农田灌溉区域，农业面源污染、截流灌溉，使得该流域的水流量减少。由于水流量相对较小，仅零星河段适合泥鳅等小型鱼类索饵，水库区域则适合鱲、鲤、鲫、麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、鰕虎鱼等进行觅食活动。石者河由于农业面源污染、截流灌溉及建设造成泥沙冲击，较典型的索饵场基本已不复存在，只有中段生境相对较好，存在一定的索饵场。蟠猫河大部分处于农田灌区，周边植物较多，比较适合泥鳅、麦穗鱼、鲫鱼等中小型鱼类摄食。

③蜻蛉河及其支流

蜻蛉河及其支流多处大坝的拦截，上中游段原本自然流动的河水汇聚，形成库区，食物资源丰富，是典型的索饵场。而下游河段处于灌溉区，虽周边水草茂密，却由于人类活动的影响造成只有零星河段适合小型鱼类索饵，无集中的索饵场。

④龙川江下游

龙川江下游干流底质多为卵石、粗砾，水相对较深，其中干流部分河段常有不同厚度的淤泥沉积，饵料生物丰富，既有浮游生物、又有沉水植物，还有一些昆虫幼虫在漫滩卵石间生活，是鱼类理想的觅食场所。

（3）越冬场

11 月调查中发现调查河段最小水深为 0.1m，小型鱼类如鰕虎鱼类、食蚊鱼仍在活动，因此调查区域河流的干支流都适合现有的中小型鱼类长年活动。大部分河道在冬季（干季）过浅的话，反而无法形成典型的越冬场，因此本流域绝大多数干支流都不具备典型意义上的越冬场。鲢、鳙等大型鱼类冬季会进入较深的水域越冬，水库是这些鱼类理想的越冬场。

**4.3.7.8 流域重要鱼类简介**

**（1）前鳍高原鳅，*Triplophysa anterodorsalis* (Zhu *et* Cao, 1989)**

**分类地位**：鲤形目（Cypriniformes），条鳅科（Nemacheilidae），高原鳅属（*Triplophysa*）

鉴别特征：背鳍 iii-8~9；胸鳍 ii-9~10;腹鳍 ii-6~8；臀鳍 iii-5。体延长，后部逐渐变扁平。尾炳高度几乎不变。头部，前端短，稍压外。吻长等于或稍长于眼后头长。口下位，上唇有乳突，下唇薄，有浅皱纹。下颌铲形，露与唇外。具三

对须，口角须末端后伸达眼中心或眼后缘之间下方。背鳍较长，外缘截形，其起点至吻端的距离为至尾鳍基部距离的 0.8~0.9 倍。胸鳍较长，后伸接近或达到腹鳍起点，其起点与背部第 1~2 根分枝鳍条基部相对。尾鳍后缘凹入。肛门靠近臀鳍起点。体裸露无磷，侧线完全。

**地理分布：**仅分布于金沙江中下游。

**生境及习性：**底栖性鱼类，生活在水浅及水草丛生的河汊、沟渠和湖沼中，以水生昆虫及其幼虫、藻类和植物碎屑为食。产卵期为 4 月初至 7 月。

**（2）侧纹云南鳅 *Yunnanilus plenrotaenia* (Regan,1904)**

**分类地位：**鲤形目（Cypriniformes），条鳅科（Nemacheilidae），云南鳅属（*Yunnanilus* ）

**鉴别特征：**背鳍 iii，8；胸鳍 ii，12~13;腹鳍 ii，6~8；臀鳍 iii，5。体中等长，呈小纺锤形，侧扁。背、腹轮廓线弧度约相等，腹部圆。头侧扁。吻稍钝。前后鼻孔分离，前鼻孔短管状，口角须不伸达前鳃骨后缘，须 3 对，均较长。除头部外，全身被细密鳞片。侧线直，不完全，后伸可至背鳍起点的垂直线，头部具侧线管孔，背鳍分枝鳍条 8 根。生活时体背和体侧淡绿色，腹部灰白色，沿体侧中轴有一列近椭圆形黑斑，其上、下侧也有不规则黑色斑纹。各鳍灰白色，背鳍基黑色。

**地理分布：**云南滇池、洱海、抚仙湖、金沙江流域。

**生境及习性：**栖息于湖岸浅水区或入湖的河溪缓流处，集群于水底。

**（3）红尾荷马条鳅 *Homatula variegata* (Dabry de Thiersant,1874)**

**分类地位：**鲤形目（Cypriniformes），条鳅科（Nemacheilidae），荷马条鳅属（*Homatula*）

**鉴别特征：**同种异名为红尾副鳅。背鳍 ii，8～9；臀鳍 iii，5；腹鳍 i，6~7；胸鳍 i，9~10。体细长，前段呈圆形，尾柄侧扁。吻锥形。眼小，侧上位。口下位，口裂弧形。须 3 对，中等长。鳃孔小。侧线完全。尾柄的上、下缘有发达的皮褶棱。背鳍小，胸鳍位置低，椭圆形，腹鳍起点在背鳍起点稍后，臀鳍小，尾鳍圆形，中央微凹入。背部呈灰褐色，杂有一规则的斑纹，体侧黄褐色，有 16～20 条深褐色条纹，在体后段的较前段的条纹更明显，腹面浅黄色，尾鳍鲜红色，其它各鳍浅黄色。体前半部裸露无鳞，后半部具细鳞。上颌中央具一齿状突起。背鳍位于体的前半部，背鳍前距为体长的 43.5～47%。腹鳍起点与背鳍起点相对或位于背鳍第一根。

**地理分布：**黄河支流渭河，长江中上游等。

**生境及习性：**红尾副鳅平时喜栖息在岩缝、石隙或多巨石的洄水湾。常以下颌发达的角质边缘在岩石上刮取食物。但肠管里食物出现较多的仍是昆虫幼虫（蜉蝣目、襀翅目、鞘翅目等幼虫）。

**（4）云南省楚雄州勐岗河及相关流域土著鱼类***

泥鳅 *Misgurnus anguillicaudatus*

前鳍高原鳅 *Triplophysa anterodorsalis*

鳡 *Hemiculter leucisculus*

横纹南鳅 *Schistura fasciolata*

侧纹云南鳅 *Yunnanilus plenrotaenia*

红尾荷马条鳅 *Homatula variegata*

鲫 *Carassius auratus auratus*

高体鳑鲏 *Rhodeus ocellatus*

麦穗鱼 *Pseudorasbora parva*

**（5）云南省楚雄州勐岗河及相关流域外来鱼类***

大鳞副泥鳅 *Paramisgurnus dabryanus*

鳙 *Aristichthys nobilis*

褐吻鰕虎鱼 *Rhinogobius brunneus*

鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*

棒花鱼 *Abbotina rivularis*

瓦氏黄颡鱼 *Pelteobagrus vachelii*

青鱼* *Mylopharyngodon piceus*

食蚊鱼 *Gambusia affinis*

草鱼* *Ctenopharyngodon idellus*

黄黝 *Micropercops swinhonis*

子陵吻鰕虎鱼 *Rhinogobius giurinus*

**4.3.7.9 其他水生生物**

本次野外调查期间，9 月份调查中在古岩河朵基村断面中发现有水生哺乳动

物—喜马拉雅水鼩 *Chimarrogale himalayica*，隶属哺乳纲、食虫目、鼩鼱科，不是保护动物，但比较稀少。

云南地区主要分布于丽江、剑川、盈江、绿春、昆明等县市。生活于小溪及河流岸边，善于游水，动作十分敏捷，营水陆两栖生活，主要以水生昆虫及幼虫为食，兼食小鱼和蝌蚪等，会捕食鱼苗，对养鱼业有一定危害。

## 4.4 地表水环境

### 4.4.1 现状污染负荷调查

小石门水库供水任务为以农灌、乡镇供水为主，并兼顾发电。小石门水库水源区及受退水区涉及普登河、蜻蛉河以及龙川江流域。为了落实“三先三后”原则，在《滇中引水工程受退水区水污染防治规划》基础上，楚雄州生态环境局委托云南省生态环境工程评估中心等单位于 2020 年 9 月编制完成了《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》（以下简称《水污染防治规划》）。2020 年 9 月 30 日，楚雄州人民政府下发“关于同意楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）的批复”（楚政复[2020]30 号）（详见附件 8）。

《水污染防治规划》主要依据小石门水库所在地进行了规划控制单元的划分。水源区为小石门水库坝址以上控制径流区域，面积约为 739.42km$^2$；受退水区主要为小石门水库的灌溉区域，即元谋西部灌区以及水库两岸大姚、姚安灌区。考虑到小石门水库受退水区为经济发展重点区域，经济发展将带来除灌溉以外更多的污染源，将龙川江流域以江边断面以上，黑井断面以下流域作为规划区。受退水区控制单元的划分以现有或拟建的马中（团塘）、那化桥（多克）、小黄瓜园、江边控制断面以及河流汇流口勐岗河汇流口作为控制点，将控制点以上控制径流

区域划分为控制单元，共计 5 个受退水区控制单元，约为 5392.07km$^2$。水源区和受退水区范围涉及：元谋县、大姚县、姚安县、牟定县、永仁县、禄丰县和武定县七个县的 35 个镇（乡），具体涉及范围及控制单元划分详见表 4.4.1-1 所示。

**表 4.4.1-1　小石门水库工程水源区、受退水区范围及控制单元**

| 类型 | 流域 | 控制单元 | 县 | 乡镇 | 面积（km$^2$） |
|---|---|---|---|---|---|
| 水源区 | 勐岗河 | 小石门水库汇水区 | 牟定县 | 安乐乡、新桥镇、共和镇、蟠猫乡、戌街乡 | 739.42 |
| | | | 姚安县 | 适中乡、前场镇； | |
| | | | 大姚县 | 龙街镇 | |
| 受退水区 | 蜻蛉河 | 马中（团塘） | 大姚县 | 新街镇、赵家店镇、龙街镇、六苴镇和金碧镇 | 1070.61 |
| | | | 姚安县 | 太平镇、左门乡、官屯镇、前场镇、栋川镇和光禄镇 | |
| | | 那化桥（多克） | 大姚县 | 昙华乡、新街镇、赵家店镇、龙街镇、六苴镇和金碧镇 | 2546.02 |
| | | | 姚安县 | 前场镇、适中乡 | |
| | | | 永仁县 | 永定镇、莲池乡、猛虎镇、维的乡和宜就镇 | |
| | | | 元谋县 | 物茂乡、江边乡、黄瓜园镇、平田乡、新华乡 | |
| | 勐岗河 | 勐岗河 | 大姚县 | 龙街镇 | 241.40 |
| | | | 牟定县 | 戌街乡 | |
| | | | 姚安县 | 适中乡 | |
| | | | 元谋县 | 元马镇、黄瓜园镇、平田乡、新华乡、老城乡 | |
| | 龙川江 | 小黄瓜园 | 禄丰县 | 高峰乡、黑井镇 | 1375.15 |
| | | | 牟定县 | 安乐乡、戌街乡 | |
| | | | 武定县 | 白路镇 | |
| | | | 元谋县 | 元马镇、物茂乡、羊街镇、黄瓜园镇、平田乡、新华乡、老城乡、凉山乡 | |
| | | 江边 | 元谋 | 物茂乡、江边乡、黄瓜园镇 | 158.89 |

本评价污染源调查范围、调查结果与《水污染防治规划》一致，本节现状污染负荷引用其主要结论。

#### 4.4.1.1 生活污染

##### 4.4.1.1.1 城镇生活污染源

根据楚雄州生态环境、农业农村局等相关单位 2017 年统计数据，对小石门水库水源区、受退水区涉及到的区域内人口按照控制单元进行统计计算。调查范围内城镇人口共涉及元谋、大姚、姚安、牟定、武定、永仁和禄丰七个县市的 30 个乡镇。城镇人口统计见表 4.4.1-2。

**表 4.4.1-2　小石门水库水源区及受退水区城镇人口统计**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 乡镇/街道数（个） | 2017 年城镇人口数（人） | 人口合计（人） |
|---|---|---|---|---|---|
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 4 | 7673 | 7673 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 1 | 1045 | 162107 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 马中（团塘） | 6 | 86065 | |
| | 4 | 那化桥（多克） | 11 | 25839 | |
| | 5 | 小黄瓜园 | 8 | 50179 | |

2017 年规划区城镇人口总数 169780 人，其中水源区总城镇人口数为 7673 人，受退水区城镇人口数为 162107 人。

**一、水源区城镇生活污染源**

采用系数法估算城镇综合生活污水量。

根据楚雄州各县市的气候特征，取牟定和姚安的城镇生活用水定额为 170L/人 d，参考生态环境部华南环境科学研究所 2019 年 4 月发布的《生活污染源产排污系数手册（试用版）》，根据规划区用水量，取水量折污系数为 0.9。根据《全国水环境容量技术核定指南》和各县市的污水治理规划，城镇人均产污系数为 COD72g/人 d，$NH_3$-N8g/人 d，TP0.7g/人 d。根据楚雄州各县市的环境统计现状，取城镇生活污水收集处理率为 75%。

此外，由于楚雄州生活污水管网主要是合流制，还有雨水和其他用水汇入，根据 2017 年城镇污水厂进水数据，居民生活用水部分约占城镇生活污水处理厂进水的 43.5%。对于进入生活污水处理厂的污水，根据现有污水处理厂的工艺和地区相关规定，水源区达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918－2002 规定的一级 A 标准，受退水区的污水处理厂排水浓度达到一级 B 标准。对于未收集处理的部分，认为是直接排放到环境中，参考《全国水环境容量技术核定指南》，采用 GIS 分析技术确定各城镇排放口到河流的距离，按照排污口到河流的距离进行取值。参考值如下表所示：

**表 4.4.1-3　入河系数取值**

| 距离 L(km) | L≤1km | 1＜L≤10km | 10＜L≤20km | 20＜L≤40km | L＞40km |
|---|---|---|---|---|---|
| 入河系数取值 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |

根据 2017 年水源区城镇人口数据、用水定额以及人均产污系数，核算出水源区内城镇人口的污水与污染物产生量，进而估算出污染物入河量。

经计算，小石门水库水源区产生的城镇生活污水量为 40.33 万 t，COD 产生量为 201.65t，$NH_3$-N 产生量为 22.41t，TP 产生量为 1.96t。

根据 2017 年污染物排放量和污水处理厂收集率，未收集的污水采用入河系数计算，计算得到现状年的污水和污染物入河量。根据核算结果可以看出，现状

年 2017 年小石门水库水源区城镇综合生活污水入河总量为 79.57 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 84.95t、9.05t 和 0.84t。

**二、受退水区城镇生活污染源**

根据《室外给水设计标准》（GB50013-2018）和楚雄州各县市的气候特征确定人均用水量。楚雄州为二区Ⅱ型大城市，平均日综合生活用水定额为 90~170L/人 d。元谋县为干热河谷地区，天气较热，其城镇生活定额高于其他县城，取元谋县的城镇生活用水定额为 170L/人 d，其他县市的城镇生活用水定额为 160L/人 d。根据核算结果，现状年 2017 年，受退水区产生的污水和污染物量按控制断面统计结果见表 4.4.1-4。

根据核算结果，现状年 2017 年，小石门水库受退水区城镇生活产生的污水量为 873.31 万 t，COD 产生量为 4287.00t、$NH_3$-N 产生量为 476.33t、TP 产生量为 41.679t。

根据 2017 年污染物排放量和污水处理收集率，未收集部分污水采用入河系数计算，计算得到水源区现状年的污水和污染物入河量，计算结果见表 4.4.1-5。根据核算结果，现状年 2017 年，小石门水库受退水区城镇生活污水入河量为 1722.42 万 t、COD 入河量为 1967.25t、$NH_3$-N 入河量为 238.66t、TP 入河量为 25.40t。

**表 4.4.1-4　　水源区及受退水区 2017 年城镇生活污水和污染物产生量、排放量及入河量**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 城镇人口数 | 污水产生量(万 t/a) | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 7673 | 40.33 | 201.65 | 22.41 | 1.960 | 79.62 | 85.18 | 9.08 | 0.838 | 79.57 | 84.95 | 9.05 | 0.84 |
| | 水源区总计 | | 7673 | 40.33 | 201.65 | 22.41 | 1.960 | 79.62 | 85.18 | 9.08 | 0.838 | 79.57 | 84.95 | 9.05 | 0.84 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 1045 | 5.49 | 27.46 | 3.05 | 0.267 | 10.84 | 12.55 | 1.52 | 0.161 | 10.71 | 11.86 | 1.44 | 0.15 |
| | 3 | 马中（团塘） | 86065 | 452.36 | 2261.79 | 251.31 | 21.990 | 893.02 | 1033.40 | 125.22 | 13.297 | 893.02 | 1033.40 | 125.22 | 13.30 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 25839 | 135.95 | 679.05 | 75.45 | 6.602 | 268.39 | 310.40 | 37.61 | 3.995 | 267.55 | 306.21 | 37.15 | 3.95 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 50179 | 279.51 | 1318.70 | 146.52 | 12.821 | 551.79 | 618.82 | 75.18 | 8.024 | 551.14 | 615.78 | 74.85 | 7.99 |
| | 受退水区总计 | | 162107 | 873.31 | 4287.00 | 476.33 | 41.679 | 1724.04 | 1975.18 | 239.54 | 25.477 | 1722.42 | 1967.25 | 238.66 | 25.4 |

**表 4.4.1-5　　水源区及受退水区 2017 年农村生活污水和污染物产生量、排放量及入河量**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 农村人口数 | 污水产生量(万 t/a) | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 47875 | 79.51 | 401.91 | 18.35 | 2.10 | 79.51 | 348.78 | 16.55 | 1.90 | 78.62 | 344.31 | 16.35 | 1.88 |
| | 水源区总计 | | 47875 | 79.51 | 401.91 | 18.35 | 2.10 | 79.51 | 348.78 | 16.55 | 1.90 | 78.62 | 344.31 | 16.35 | 1.88 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 11074 | 18.90 | 92.97 | 4.24 | 0.49 | 18.90 | 80.72 | 3.83 | 0.44 | 18.06 | 76.69 | 3.65 | 0.42 |
| | 3 | 马中（团塘） | 157497 | 261.56 | 1322.19 | 60.36 | 6.90 | 261.56 | 1147.40 | 54.45 | 6.26 | 252.90 | 1103.63 | 52.45 | 6.03 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 130552 | 219.97 | 1095.98 | 50.03 | 5.72 | 219.97 | 951.38 | 45.17 | 5.19 | 214.52 | 923.96 | 43.92 | 5.05 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 137635 | 241.47 | 1155.45 | 52.75 | 6.03 | 241.47 | 1003.86 | 47.73 | 5.49 | 231.44 | 955.83 | 45.54 | 5.24 |
| | 6 | 江边 | 7062 | 12.63 | 59.29 | 2.71 | 0.31 | 12.63 | 51.53 | 2.45 | 0.28 | 12.44 | 50.65 | 2.41 | 0.28 |
| | 受退水区总计 | | 443820 | 754.54 | 3725.87 | 170.09 | 19.44 | 754.54 | 3234.90 | 153.63 | 17.66 | 729.37 | 3110.76 | 147.97 | 17.01 |

#### 4.4.1.1.2 农村生活污染源

根据楚雄州生态环境、农业农村局等相关单位 2017 年统计数据，对小石门水库受退水区流域人口按照控制单元划分后进行统计计算。水源区及受退水区农村人口共涉及元谋、大姚、姚安、牟定、武定、永仁 7 个县，35 个乡镇的 224 个行政村，农村人口按控制单元统计见表 4.4.1-6。

根据统计结果，小石门水库水源区的农村人口总数为 47875 人，受退水区的农村人口总数为 443820 人，规划区域总的农村人口数为 491695 人。

**表 4.4.1-6　小石门水库水源区及受退水区农村人口统计**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 行政村数（个） | 农村人口户数（户） | 2017 年农村人口数（人） | 合计人口数（人） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 30 | 17456 | 47875 | 47875 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 4 | 1594 | 11074 | 443820 |
| | 3 | 那化桥（多克） | 72 | 31572 | 130552 | |
| | 4 | 马中（团塘） | 54 | 24877 | 157497 | |
| | 5 | 江边 | 4 | 1811 | 7062 | |
| | 6 | 小黄瓜园 | 60 | 35601 | 137635 | |

**一、水源区农村生活污染源**

与城镇污染源类似，采用系数法估算农村生活污水量。根据《云南省用水定额》（DB53/T-168-2019），根据楚雄州各县市的气候特征以及现状用水情况，取牟定县和姚安县的农村生活用水定额为 65L/人 d，参考《云南省农村生活污水治理模式及技术指南（试行）》，经济发达、管网完善，污水收集治理率较高的地区污水量产污系数 K 取值 0.6~0.8；经济落后、管网不健全，污水收集治理率较低的地区 K 取值 0.4~0.6。结合楚雄州各县市的农村生活污水的收集设施，选择 0.7 作为生活污水量的折污系数。参考《全国水环境容量技术核定指南》和各县市的污水治理规划，农村人均产污系数为 COD23g/人 d，$NH_3$-N1.05g/人 d，TP0.12g/人 d。

根据楚雄州各县市的环境规划统计现状，流域内各县市的农村污水收集设施不够健全，大部分农村地区生活污水没有被收集，根据调查数据，只有 33 个村具有污水收集处理设施。根据收集处理的污水量，结合各县市的“十三五”农村生活污水治理规划，综合取值现状年 2017 年收集率为 15%。

对于进入生活污水处理设施的，执行云南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB53/T953-2019），水源区执行一级 A 标准，受退水区执行一级 B 标。对于未收集处理的，认为是直接排放到环境中，参考《全国水环境容量技术核定指南》，采用 GIS 分析技术确定村庄到河流的距离，根据村庄到河流的距离取入河系数。

根据 2017 年水源区农村人口统计数据，用水定额以及人均产污系数，核算出水源区内农村生活的污水与污染物产生量、排放量和入河量，结果见表 4.4.1-5。

根据核算结果，现状年 2017 年小石门水库水源区农村生活用水量为 113.58 万 t，污水产生量为 79.51 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的产生量分别为 401.91t、18.35t 和 2.10t。

根据核算结果，现状年 2017 年小石门水库水源区农村生活入河量为 78.62 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 344.31t、16.35t 和 1.88t。

**二、受退水区农村生活污染源**

受退水区涉及到 6 个县的 194 个行政村。根据《云南省用水定额》（DB53/T-168-2019），结合楚雄州各县市的气候特征以及现状用水情况，取元谋的农村生活用水定额为 70L/人 d，其余各县如牟定县、大姚县、姚安县、永仁县和武定县的农村生活用水定额为 65L/人 d。受退水区的农村生活污水处理设施排水执行一级 B 标准。

根据核算结果可以看出，在受退水区流域范围内，农村生活产生的总污水量为 754.54 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的产生量分别为 3725.87t、170.09t 和 19.44t。其中马中（团塘）断面控制单元农村人口数最多，污水和污染物的产生量也是最多的，江边控制单元所产生的污水和污染物量是最少的。

由 2017 年工程区内农村生活污水入河量估算可知，受退水区农村生活污水入河量为 729.37 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 3110.76t、147.97t 和 17.01t。

#### 4.4.1.2 畜禽养殖污染

根据 2017 年楚雄州第二次污染源普查数据，畜禽养殖分为规模化养殖和养殖户及散养养殖来计算污水和污染物产生量与排放量，根据入河系数计算污染物的入河量。对于养殖污染物排放负荷，参考《全国水环境容量核定技术指南》和

《畜禽养殖业污染物排放标准》（二次征求意见稿），采用单位系数法估算畜禽养殖污染物排放量。对不同养殖类型的养殖场和养殖区，其规模可将养殖量换算成标准猪的养殖量，具体换算比例为 30 只蛋鸡折合为 1 头猪，60 只肉鸡折合为 1 头猪，30 只鸭折合为一头猪，15 只鹅折合为一头猪，3 只羊折合为 1 头猪，5 头猪折合为 1 头肉牛，10 头猪折合为 1 头奶牛。每头出栏标准猪的饲养周期取 199 天，存栏标准猪的饲养周期取 365 天。

#### 4.4.1.2.1 规模化养殖

2017 年规模化畜禽养殖根据第二次污染源普查的结果计算污染物产生量和排放量，根据入河系数计算污染物入河量。污水的排放量和入河量根据《畜禽养殖业污染物排放标准》（二次征求意见稿）计算。

（1）水源区规模化养殖

根据全国第二次污染普查楚雄州规模化畜禽养殖场调查结果，小石门水库水源区内属于勐岗河牟定-元谋保留区水功能区，共有 7 家规模化养殖场，都采用的是人工干清粪的清粪方式。第二次全国污染源普查数据显示：2017 年，水源区的 7 家规模化畜禽养殖场年污染物 COD、$NH_3$-N 和 TP 的产生量分别为：563.94t，2.09t 和 3.93t。据核算，污水入河量为 1.35 万 t/a，污染物 COD、$NH_3$-N 和 TP 的的入河量分别为 33.84t，0.13t 和 0.24t。

（2）受退水区规模化畜禽养殖

根据对受退水区的规模化畜禽养殖厂的统计，共有 104 家规模化畜禽养殖场，只有 1 家采用的是水冲清粪的方式。

根据第二次全国污染源普查数据核算得到，2017 年受退水区规模化畜禽养殖场年污染物 COD、$NH_3$-N 和 TP 的产生量分别为 10723.22t、65.88t 和 117.85t。2017 年受退水区的 104 家规模化畜禽养殖场主要分布在 3 个控制单元范围内，其中污染物入河量最多的是马中（团塘）控制单元，有存栏标准猪的数量为 33089 头，年污水入河量为 19.32 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 190.90t、1.88t 和 2.35t；其次是那化桥（多克）控制单元，有存栏标准猪的数量为 24669 头，年污水入河量为 14.41 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 62.70t、0.73t 和 0.66t；最少的是小黄瓜园控制单元，有存栏标准猪的数量为 2729 头，年污水入河量为 1.59 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 19.48t、0.07t 和 0.15t。

#### 4.4.1.2.2 养殖户和散养畜禽养殖污染

根据楚雄州各县市统计年报，统计出各乡镇的散养畜禽养殖数量，全部折合为存栏标准猪，计算污染物的产生量、排放量和入河量。

根据云南省污染源普查办公室提供的资料，楚雄州畜禽粪便产排系数按标准猪计为 COD 折纯值 90g/头·天，$NH_3$-N 折纯值 3.42g/头·天，TP 折纯值 2g/头·天。

采用单位系数法估算畜禽养殖污染物排放量，对不同的养殖户及散养畜禽污染物的产生量进行统计与核算。根据楚雄州的普查数据，现状年 2017 年粪便综合利用率为 88%，未利用部分按直接排放环境处理，排放于环境中的畜禽粪便随降雨径流进入水体。

（1）水源区养殖户和散养畜禽养殖

小石门水库水源区涉及到牟定的 5 个乡镇和姚安的 2 个乡镇。据统计，水源区涉及到的地区，共有存栏标准猪的数量为 433898 头。

根据核算结果，2017 年现状年，水源区涉及到的 2 个县的 5 个乡每年的养殖户和散养畜禽养殖污染物产生量分别为 COD14253.54t、$NH_3$-N541.63t 和 TP316.75t。污染物入河量分别为 COD855.21t、$NH_3$-N32.50t 和 TP19.00t。详见表 4.4.1-7。

（2）受退水区养殖户和散养畜禽养殖

根据统计结果，受退水区主要涉及的 5 个控制单元的养殖户和散养畜禽养殖共有存栏标准猪数量为 2041961 头。

根据核算结果，2017 年现状年，受退水区主要涉及的 5 个控制单元的受退水区养殖户和散养畜禽养殖污染物产生量分别为 COD67078.42t、$NH_3$-N2548.98t 和 TP1490.63t。污染物入河量分别为 COD4024.71t、$NH_3$-N152.94t 和 TP89.44t。详见表 4.4.1-8。

**表 4.4.1-7　水源区及受退水区 2017 年规模化畜禽养殖污水和污染物产生量、排放量及入河量**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 标准猪存栏 | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染负荷入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 2317 | 563.94 | 2.09 | 3.93 | 1.35 | 56.39 | 0.21 | 0.39 | 1.35 | 33.84 | 0.13 | 0.24 |
| | 水源区总计 | | 2317 | 563.94 | 2.09 | 3.93 | 1.35 | 56.39 | 0.21 | 0.39 | 1.35 | 33.84 | 0.13 | 0.24 |
| 受退水区 | 2 | 马中（团塘） | 33089 | 6920.31 | 36.41 | 77.70 | 19.32 | 318.16 | 3.13 | 3.92 | 19.32 | 190.90 | 1.88 | 2.35 |
| | 3 | 那化桥（多克） | 24669 | 3019.96 | 27.22 | 35.23 | 14.41 | 104.50 | 1.21 | 1.09 | 14.41 | 62.70 | 0.73 | 0.66 |
| | 4 | 小黄瓜园 | 2729 | 782.95 | 2.25 | 4.92 | 1.59 | 32.47 | 0.12 | 0.25 | 1.59 | 19.48 | 0.07 | 0.15 |
| | 受退水区总计 | | 60487 | 10723.22 | 65.88 | 117.85 | 35.32 | 455.13 | 4.46 | 5.26 | 35.32 | 273.08 | 2.68 | 3.16 |

**表 4.4.1-8　水源区及受退水区 2017 年养殖户和散养畜禽养殖污水和污染物产生量、排放量及入河量**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 标准猪存栏 | 污染物产生量（t/a） | | | 污染物排放量（t/a） | | | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 433898 | 14253.54 | 541.63 | 316.75 | 1710.42 | 65.00 | 38.01 | 855.21 | 32.50 | 19.00 |
| | 水源区总计 | | 433898 | 14253.54 | 541.63 | 316.75 | 1710.42 | 65.00 | 38.01 | 855.21 | 32.50 | 19.00 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 39447 | 1295.84 | 49.24 | 28.80 | 155.50 | 5.91 | 3.46 | 77.75 | 2.95 | 1.73 |
| | 3 | 马中（团塘） | 604180 | 19847.30 | 754.20 | 441.05 | 2381.68 | 90.50 | 52.93 | 1190.84 | 45.25 | 26.46 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 732842 | 24073.85 | 914.81 | 534.97 | 2888.86 | 109.78 | 64.20 | 1444.43 | 54.89 | 32.10 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 595192 | 19552.05 | 742.98 | 434.49 | 2346.25 | 89.16 | 52.14 | 1173.12 | 44.58 | 26.07 |
| | 6 | 江边 | 70301 | 2309.38 | 87.76 | 51.32 | 277.13 | 10.53 | 6.16 | 138.56 | 5.27 | 3.08 |
| | 受退水区总计 | | 2041961 | 67078.42 | 2548.98 | 1490.63 | 8049.41 | 305.88 | 178.88 | 4024.71 | 152.94 | 89.44 |

#### 4.4.1.3 工业污染

龙川江流域矿产、能源、农产品和旅游资源丰富，主要流域内工业类型主要以食品及农副产品加工和制造业、白酒制造业、医药制造业、金属冶炼及采矿业等工业企业。

根据实际调查并结合 2017 年楚雄州的工业企业统计结果，在小石门水库水源区控制单元范围内共有工业企业 20 家，其中涉水企业（产生工业废水）有 13 家。受退水区共有 4 个控制单元范围内有工业企业，共有 140 家，其中涉水企业有 90 家。将不同的企业按照其地理位置所属水环境功能区范围，分别分配到不同控制单元。根据楚雄州第二次污染源普查数据，对不同控制单元的企业污水产生量与污染负荷产生量进行统计与核算，取工业统计结果的排放量为入河量。

水源区涉及到的控制单元共有 13 家涉水企业，2017 年水源区工业企业污水入河量为 0.070 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 1.6754t、0.009t 和 0.007t。

受退水区共有涉水企业 90 家，2017 年的污水入河数量为 107.123 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 191.737t、3.364t 和 2.005t。其中马中（团塘）控制单元的污水入河量最多，为 59.338 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 151.936t、2.580t 和 1.484t。

小石门水库工程水源区、受退水区工业污染源入河量详见表 4.4.1-9。

**表 4.4.1-9　水源区及受退水区的工业企业污水及污染物入河量**

| 是否受退水区 | 序号 | 水功能区 | 涉水企业数量 | 污水入河（万 t/a） | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 13 | 0.070 | 1.675 | 0.009 | 0.007 |
| | 水源区总计 | | 13 | 0.070 | 1.675 | 0.009 | 0.007 |
| 受退水区 | 2 | 马中（团塘） | 32 | 59.338 | 151.936 | 2.580 | 1.484 |
| | 3 | 那化桥（多克） | 15 | 41.055 | 2.455 | 0.084 | 0.097 |
| | 4 | 小黄瓜园 | 39 | 6.646 | 36.407 | 0.697 | 0.422 |
| | 5 | 江边 | 4 | 0.084 | 0.939 | 0.002 | 0.002 |
| | 总计 | | 90 | 107.123 | 191.737 | 3.364 | 2.005 |

#### 4.4.1.4 非点源污染

非点源污染包括城市径流、农村径流以及农田径流。

$$L = R * C * A * 10^{-6}$$

式中：L 为年负荷量（kg）；R 为年径流量（mm）；C 为事件平均浓度 (EventMeanConcentration，EMC)（mg/L）；A 为集水区面积（$m^2$）。

参考《楚雄州水资源保护规划》提供的 EMC，并根据非点源污染负荷推导适用于该流域的 EMC 值，得到不同种类的土地利用类型的 EMC 值后，再应用于控制流域范围，使模型在规划区结果符合现状控制断面的监测数据。

其中耕地及园地 TN 和 TP 的流失按照《第一次全国污染源普查—农业污染源肥料流失系数手册》模式 46 和 32 分别计旱地和水田流失量，流失量的计算同时考虑了各区县高效农业的比例，再分别以控制单元的径流量计算出耕地和园地的 EMC 值。$NH_3$-N 的流失量按照 TN 流失量的 10%进行估算。

**表 4.4.1-10　　不同土地利用类型的事件平均浓度　单位：mg/L**

| 土地利用类型 | 耕地及园地 | 城镇居民区 | 农村居民区 | 道路 |
|---|---|---|---|---|
| TN | 0.26 | 2.2 | 2.4 | 2.5 |
| TP | 0.02 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| CODcr | -- | 40 | 50 | 124 |

小石门水库污染物年径流入河量见表 4.4.1-11。小石门水库汇水区范围地表径流产生的 COD、TN、TP 分别为 77.07t/a、7.04t/a 和 0.82t/a，主要的 COD 来源为牟定县蟠猫乡集镇以及周边村落，TN 和 TP 的来源为古岩河周边农田产生的径流污染。小石门水库受退水区中地表径流产生的 COD、TN、TP 分别为 787.47t/a、71.21t/a 和 8.57t/a，COD 径流入河量最大的控制单元为那化桥（多克）控制单元以及马中（团塘）控制单元，污染物主要来自于永仁县城、大姚县城、以及姚安县城。TN 和 TP 的主要径流入河量来自于那化桥（多克）控制单元、马中（团塘）控制单元和小黄瓜园控制单元，三个控制单元均为耕地的主要分布区域。

**表 4.4.1-11　　小石门水库各控制单元全年污染物径流入河量**

| 序号 | 控制单元 | COD（t/a) | TN（t/a) | TP（t/a) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 江边 | 10.11 | 1.05 | 0.12 |
| 2 | 那化桥（多克） | 392.74 | 37.07 | 4.35 |
| 3 | 勐岗河 | 13.90 | 1.28 | 0.15 |
| 4 | 马中（团塘） | 222.23 | 17.13 | 2.26 |
| 5 | 小黄瓜园 | 148.49 | 14.68 | 1.69 |
| 6 | 小石门水库汇水区 | 77.07 | 7.04 | 0.82 |
| 合计 | | 864.53 | 78.25 | 9.40 |

#### 4.4.1.5 水污染源现状统计分析

现状年 2017 年各个控制单元的污染物入河总量统计分析见表 4.4.1-12。

**表 4.4.1-12　2017 年各控制断面污染物入河量及组成统计一览表　单位：t/a**

| 污染控制单元 | 污染物 | 城镇生活污染源 | 乡村生活污染源 | 规模化畜禽养殖 | 养殖户和散养畜禽养殖 | 工业企业污染源 | 面源径流污染 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 小石门水库汇水区 | COD | 84.95 | 344.31 | 33.84 | 855.21 | 1.68 | 77.07 | 1397.06 |
| | $NH_3$-N | 9.05 | 16.35 | 0.13 | 32.50 | 0.01 | | 58.04 |
| | TP | 0.84 | 1.88 | 0.24 | 19.00 | 0.01 | 0.82 | 22.79 |
| 勐岗河 | COD | 11.86 | 76.69 | | 77.75 | | 13.90 | 180.20 |
| | $NH_3$-N | 1.44 | 3.65 | | 2.95 | | | 8.04 |
| | TP | 0.15 | 0.42 | | 1.73 | | 0.15 | 2.45 |
| 马中（团塘） | COD | 1033.40 | 1103.63 | 190.90 | 1190.84 | 151.94 | 222.23 | 3892.94 |
| | $NH_3$-N | 125.22 | 52.45 | 1.88 | 45.25 | 2.58 | | 227.38 |
| | TP | 13.30 | 6.03 | 2.35 | 26.46 | 1.48 | 2.26 | 51.88 |
| 那化桥（多克） | COD | 306.21 | 923.96 | 62.70 | 1444.43 | 2.46 | 392.74 | 3132.50 |
| | $NH_3$-N | 37.15 | 43.92 | 0.73 | 54.89 | 0.08 | | 136.77 |
| | TP | 3.95 | 5.05 | 0.66 | 32.10 | 0.10 | 4.35 | 46.21 |
| 小黄瓜园 | COD | 615.78 | 955.83 | 19.48 | 1173.12 | 36.41 | 148.49 | 2949.11 |
| | $NH_3$-N | 74.85 | 45.54 | 0.07 | 44.58 | 0.70 | | 165.74 |
| | TP | 7.99 | 5.24 | 0.15 | 26.07 | 0.42 | 1.69 | 41.56 |
| 江边 | COD | | 50.65 | | 138.56 | 0.94 | 10.11 | 200.26 |
| | $NH_3$-N | | 2.41 | | 5.27 | 0.00 | | 7.68 |
| | TP | | 0.28 | | 3.08 | 0.00 | 0.12 | 3.48 |
| 合计 | COD | 2052.20 | 3455.07 | 306.92 | 4879.91 | 193.41 | 864.54 | 11752.05 |
| | $NH_3$-N | 247.71 | 164.32 | 2.81 | 185.44 | 3.37 | 0.00 | 603.65 |
| | TP | 26.23 | 18.90 | 3.40 | 108.44 | 2.01 | 9.39 | 168.37 |

**表 4.4.1-13　2017 年各控制断面各类污染源占污染物入河总量百分比统计**

**单位：%**

| 污染控制单元 | 污染物 | 城镇生活污染源 | 乡村生活污染源 | 规模化畜禽养殖 | 养殖户和散养畜禽养殖 | 工业企业污染源 | 面源径流污染 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 小石门水库汇水区 | COD | 6.1 | 24.6 | 2.4 | 61.2 | 0.1 | 5.5 |
| | $NH_3$-N | 15.6 | 28.2 | 0.2 | 56.0 | 0.0 | 0.0 |
| | TP | 3.7 | 8.3 | 1.1 | 83.4 | 0.0 | 3.6 |
| 勐岗河 | COD | 6.6 | 42.6 | 0.0 | 43.1 | 0.0 | 7.7 |
| | $NH_3$-N | 17.9 | 45.4 | 0.0 | 36.7 | 0.0 | 0.0 |
| | TP | 6.1 | 17.1 | 0.0 | 70.6 | 0.0 | 6.1 |
| 马中（团塘） | COD | 26.5 | 28.3 | 4.9 | 30.6 | 3.9 | 5.7 |
| | $NH_3$-N | 55.1 | 23.1 | 0.8 | 19.9 | 1.1 | 0.0 |
| | TP | 25.6 | 11.6 | 4.5 | 51.0 | 2.9 | 4.4 |
| 那化桥（多克） | COD | 9.8 | 29.5 | 2.0 | 46.1 | 0.1 | 12.5 |
| | $NH_3$-N | 27.2 | 32.1 | 0.5 | 40.1 | 0.1 | 0.0 |
| | TP | 8.5 | 10.9 | 1.4 | 69.5 | 0.2 | 9.4 |
| 小黄瓜园 | COD | 20.9 | 32.4 | 0.7 | 39.8 | 1.2 | 5.0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$-N | 45.2 | 27.5 | 0.0 | 26.9 | 0.4 | 0.0 |
| | TP | 19.2 | 12.6 | 0.4 | 62.7 | 1.0 | 4.1 |
| 江边 | COD | 0.0 | 25.3 | 0.0 | 69.2 | 0.5 | 5.0 |
| | $NH_3$-N | 0.0 | 31.4 | 0.0 | 68.6 | 0.0 | 0.0 |
| | TP | 0.0 | 8.0 | 0.0 | 88.5 | 0.1 | 3.4 |
| 合计 | COD | 17.5 | 29.4 | 2.6 | 41.5 | 1.6 | 7.4 |
| | $NH_3$-N | 41.0 | 27.2 | 0.5 | 30.7 | 0.6 | 0.0 |
| | TP | 15.6 | 11.2 | 2.0 | 64.4 | 1.2 | 5.6 |

通过对 2017 年各污染物在各个控制单元的入河量占比可以看出（见表 4.4.1-13）：COD 的贡献最大的污染源是养殖户及散养畜禽养殖，其次是农村生活源和城镇生活源，规模化养殖和工业源占比较小。农村生活源和养殖户及散养畜禽养殖在 COD 削减方面有较大的压力。

养殖户及散养畜禽养殖 COD 在江边断面占比为 69.2%，小石门水库水源区占比为 61.2%，那化桥（多克）断面占比为 46.1%，勐岗河断面 43.1%，小黄瓜园为 39.8%，马中（团塘）为 30.6%。农村生活源 COD 在勐岗河断面占比为 42.6%，小黄瓜园为 32.4%，那化桥（多克）断面占比为 29.5%，马中（团塘）占比为 28.3%，小石门水库水源区占比为 24.6%。

$NH_3$-N 的贡献较大的污染源是养殖户及散养畜禽养殖、农村生活污染源和城镇生活污染源。养殖户及散养畜禽养殖 $NH_3$-N 在江边控制单元占比高达 68.6%，小石门水库汇水区占 56.0%，那化桥（多克）控制单元占比为 40.1%，勐岗河占比为 36.7%。农村生活源 $NH_3$-N 在勐岗河、那化桥（多克）和江边分别占比 45.4%、32.1%、31.4%。

除农村生活污染源以外，马中（团塘）、小黄瓜园、那化桥（多克）$NH_3$-N 的贡献较大的是城镇生活污水，分别占比达 55.1%、45.2%、27.2%。工业污染源的 $NH_3$-N 贡献率是最小的。

TP 的贡献最大的污染源是养殖户及散养畜禽养殖，在江边控制单元占比为 88.5%，小石门水库水源区占比为 83.4%，勐岗河控制单元占比为 70.6%，，那化桥（多克）控制单元占比为 69.5%，小黄瓜园占比为 62.7%，马中（团塘）占比为 51.0%。

小石门水库汇水区、江边、那化桥（多克）和小黄瓜园 TP 的贡献较大的是农村生活源。马中（团塘）控制单元贡献较大的是城镇生活源，占比为 25.6%。工业污染源的 TP 贡献率是最小的。

除农村生活污染源以外，勐岗河、小黄瓜园、马中（团塘）、那化桥（多克）小石门水库汇水区、江边 TP 的贡献较大的是农村生活源，占比分别为 17.1%、12.6%、11.6%、10.9%、8.3%、8.0%。马中（团塘）控制单元贡献较大的是城镇生活源。工业污染源的 TP 贡献率是最小的。

## 4.4.2 水污染治理现状

### 4.4.2.1 城镇污水处理厂

区内城乡污水管网、处理设施等公共基础设施还不完善，老城区污水设施配套不齐全，截污治污覆盖率低，部分生活污水没有经过任何处理直接排入环境，导致生活污水的处理效率低下。近年来，楚雄州加大城镇污水处理厂配套管网建设和运营管理工作的现场检查和督查，发现问题及时督促整改落实，确保污水处理厂全年正常稳定运行及出水水质达标。城镇污水处理厂收集率较高，城镇污水处理厂污水均达标排放，出水水质完全满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918－2002 一级 A 标准。

区内涉及到的污水处理厂主要有元谋，大姚，姚安，永仁县城的 4 座污水处理厂。目前，根据在线监测数据，4 座县城污水处理厂的污水处理量，COD 和氨氮削减量见表 4.4.2-1。

**表 4.4.2-1　　2017 年各县城污水处理厂污水处理量和污染物削减量**

| 污水处理厂 | 污水处理量（$m^3/d$） | COD 年削减量(t/a) | $NH_3$-N 年削减量(t/a) |
|---|---|---|---|
| 大姚县污水处理厂 | 12123 | 696 | 105.74 |
| 姚安县污水处理厂 | 8269 | 571.7 | 79.3 |
| 元谋县污水处理厂 | 9247 | 648.3 | 87.54 |
| 永仁县污水处理厂 | 4500 | 182.7 | 35.2 |

除去县城污水处理厂，只有部分乡镇具有污水处理厂，如赵家店镇、猛虎乡、羊街、黄瓜园镇、龙街镇等，流域内整体乡镇污水收集处理率较低。

### 4.4.2.2 农村污水治理

农村生活和农业生产污染呈加重趋势，农村生活污水收集率低，农村生活污水处理设施较少，村庄大多数距离河道较近，未收集部分入河排放系数高。

根据对农村生活污染源的调查统计，在规划区的 224 个行政村中，只有 35 个行政村具有污水处理设施，据统计，农村污水的收集率仅为 15%。

排水系统均为合流制，且就近排入水体，污水收集率低，污水未经处理就直接排放到附近河流，对水环境的污染日益加重。根据污染源核算情况，农村生活污染物在各个控制单元的污水入河量占比都比较大，农村生活污水的治理任务比较艰巨。

根据调研情况，部分已建农村污水处理设施由于经费不足、运营能力等原因，未有效运行处于闲置状态。

**4.4.2.3 工业企业污水治理**

近年来楚雄州生态环境部门致力于严格水污染项目环保审批及验收，对污染源实施源头控制。对未按环评和审批意见要求建设污染治理设施，未落实环保“三同时”制度的企业一律不允许试生产和通过环保验收，从源头上预防新建项目带来的环境污染。

在企业水污染防治设施运行监管方面，严厉打击偷排、漏排环境违法行为。自 2011 年开始组织重点企业强制性清洁生产审核工作,严格排污许可证管理，确保企业按证排污。开展了省级工业园区污水处理设施整治专项行动，联合有关部门开展加油站地下油罐防渗改造专项监查，持续开展农村环境综合整治试点示范，开展入河排污口排查整治。

**4.4.2.4 畜禽养殖污染治理**

现阶段规模化养殖场基本实行干清粪的处理方式，综合利用率达到 85%及以上，畜禽粪尿资源化利用率高，污染物排放量较少。但是大部分的畜禽养殖还采用的是养殖户及散养的养殖方式，对于养殖户及散养畜禽，没有规模的污水和污染物的处理方式，排放到环境甚至河流中的量比较大，容易对环境造成污染。据统计，2017 年规划区养殖户及散养畜禽养殖排放到河流的 COD、$NH_3$-N 和 TP 的量分别为：4879.91t、185.44t 和 108.44t，在总入河量中占有很大比重，占比分别达 41.5%、30.7%、64.4%。

### 4.4.3 水环境影响回顾性评价

小石门水库所在勐岗河流域范围内已建蓄水工程 350 件，现状水资源开发利用率为 26.8%。流域范围内水资源开发利用主要以小坝塘为主，且多集中在支流，干流上已建水利水电工程为：源头文龙河建有中屯水库，小石门水库坝下 14.3km

建有华竹电站。

#### 4.4.3.1 普登河流域水资源开发利用现状

小石门水库坝址位于龙川江左岸一级支流普登河中游段勐岗河上。

普登河流域内水资源开发主要分为蓄水工程、引水工程、提水工程，在普登河干流修建有 1 座电站（华竹电站）。现状普登河流域内已建成中型水库 2 座，分别为普登河干流上游的中屯水库以及支流大小班果河流域内的河尾水库；小一型水库 7 座，其中普登河上游 4 座，分别为龙丰水库、空心树水库、新民水库、红豆树水库，大小班果河流域内 3 座，分别为鼠街水库、弯腰树水库、丙令水库。目前，普登河流域内中型及小一型水库总库容 3789.7 万 $m^3$，兴利库容 2281.4 万 $m^3$。其中中型水库总库容 2714.4 万 $m^3$，兴利库容 1625.6 万 $m^3$，小一型水库总库容 1075.3 万 $m^3$，兴利库容 655.9 万 $m^3$。中型及小一型水库现状总供水量 3464.2 万 $m^3$，其中中型水库供水 1805 万 $m^3$，小一型水库供水 1659.2 万 $m^3$。由上可见，普登河流域内供水以蓄水工程为主，其中中型水库与小一型水库供水量基本相当。

在普登河干流下游修建有华竹电站，位于小石门水库坝下 14.3km，为引水式开发，取水坝坐标：E 101°41′28.87″、N25°39′26.00″，取水坝拦蓄上游来水后经左岸引水渠向厂房输水，发电尾水经厂房下泄到下游河道。其电站厂房位于平田乡华竹村委会大已保村，坝址以上径流面积 971.2$km^2$，多年平均径流量 1.7 亿 $m^3$，电站于 2009 年 4 月建成发电，设计引水流量 8.0$m^3$/s，工作水头 46.6m，装机容量 2720kW（1×320kW+1×800kW +1×1600kW），保证出力 1320 kW，多年平均发电量 1305.9 万 kW.h，年利用小时 4801.2h。华竹电站迄今已运行十余年，引水发电导致取水坝下 1.48km 河段断流。根据《楚雄州小水电清理整改综合评估报告》，目前，华竹电站利用泄流闸下放 0.43$m^3$/s 生态流量。

#### 4.4.3.2 小石门水库补水水库现状

小石门水库在北干线 6#分水口设支管，向弯腰树水库补水，利用弯腰树水库现有供水管线向平田乡供应农村生活供水及农灌供水，在 17#分水口设支管向新河水库补水，利用新河水库现有供水管线向物茂乡供应农灌供水。

（1） 弯腰树水库

弯腰树水库

弯腰树水库位于元谋县平田乡境内小班果村西，属长江流域金沙江水系龙川江支流班果河中段，坝址地理坐标为东经 101º43´45″，北纬 25º45´40″。工程规模为小（1）型，是一座以灌溉为主，兼有下游农村生活、防洪、发电等综合利用的小（1）型水库，其本身灌溉面积 2100 亩，建有坝后电站一座，安装 3 台机组，总装机 680kw。弯腰树水库控制径流面积 92.1km$^2$，多年平均径流量 182 万 m$^3$（0.06m$^3$/s），本区来水较少，主要依靠引取龙街河来水。水库运行多年，坝下农田、村庄分布密集，仅在汛期泄洪下放至下游河道，枯期坝下河道断流。2018 年 9 月、2019 年 1 月监测单位在坝下班皂利村取水，河道均无水断流。

新河水库

（2）新河水库

新河水库位于元谋县物茂乡练黄村西侧 1km、练黄箐与柳树箐汇口以下 200m 处，始建于 1958 年，2009 年进行除险加固。该水库主要承担物茂村委会、罗兴村委会的农灌供水任务。水库坝址以上径流面积 21km$^2$（本区径流面积 13km$^2$），多年平均来水量 25.3 万 m$^3$（0.008m$^3$/s），本区来水较少，主要依靠引蓄芝麻大沟尾水、芝麻小河来水。水库运行多年，坝下河道已被农田、村庄侵占。

**4.4.3.3 水文情势影响回顾性评价**

（一）中屯水库

中屯水库位于牟定县与姚安县交界，在共和镇中屯村委会的牟姚公路 21km 处，水库属龙川江左岸支流普登河源头古岩河，坝址坐标：东经 101°21′、北纬 25°28′.坝址以上控制径流面积 64.1km$^2$，主河道长 17.7km，河床平均坡降 29‰。

中屯水库于 1988 年 2 月开工，1990 年完工蓄水，1998 年竣工验收，于 2009 年进行除险加固。水库规模为中型，水库正常蓄水位 1991.6m、总库容 1100 万 $m^3$，兴利库容 845 万 $m^3$，调洪库容 345 万 $m^3$，死库容 110 万 $m^3$。水库坝高 47.5m，坝顶高程 1994.5m，坝顶长 221m，坝顶宽 6m，为粘土心墙石碴料坝，水库枢纽建筑物由粘土心墙石碴坝壳料坝、溢洪道、输水隧洞组成，水库供水任务以牟定县军屯乡、青龙乡、新甸乡及共和镇 4 个乡镇 23 个村委会农灌供水为主，兼顾牟定县生产生活用水。中屯水库现状年实际平均供水量为 500~600 万 $m^3$，水库坝址处多年平均径流量为 1670 万 $m^3$，供水量占坝址处多年平均径流量的 29.9%~35.9%。

中屯水库出流有高涵、低涵、溢洪道三个出口，高涵是向牟定坝区进行生产生活供水，低涵是向下游约 1000 亩农田进行农灌供水。根据 2008~2015 年中屯水库坝下出流观测资料，2008 年中屯水库向下游文龙河（普登河源头河流）排水 700 万 $m^3$；2009 年以后云南进入连续枯水年，2012 年中屯水库通过低涵向文龙河放水 9.22 万 $m^3$；2013 至 2015 年中屯水库通过低涵向文龙河放水 10～30 万 $m^3$。总体而言，中屯水库在 2008~2015 年向下游文龙河的排水量不大，且近年来因进入连续枯水年呈减少趋势。

从月均下泄流量看，根据收集到的中屯水库实时信息报送报文编码本（2018 年）（2019 年），中屯水库坝址断面 5~12 月入库流量为 0~1.6 $m^3/s$，出库流量为 0~1.74 $m^3/s$。其中 2018 年出库水量主要集中在 7 月、8 月下旬至 9 月中旬，枯水期除 11 月上旬有 1.49 $m^3/s$ 水量下泄外，其余各时段出库水量均为 0。2019 年出库水量主要集中在 5、6 月，除 12 月下旬出库流量为 1.63 $m^3/s$ 外，其余各时段出库水量为 0。

中屯水库 2018 年、2019 年坝址断面水量过程详见表 4.4.3-1、4.4.3-2 所示：

**表 4.4.3-1　中屯水库坝址断面 2018 年水量过程一览表**

| 月份 | | 降雨量（mm） | 入库流量（$m^3/s$） | 出库流量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|---|
| 5 月 | 上旬 | 15.2 | 0.06 | 0 |
| | 中旬 | 30.3 | 0.05 | 0 |
| | 下旬 | 1.5 | 0 | 1.74 |
| 6 月 | 上旬 | 80.2 | 0.26 | 1.74 |
| | 中旬 | 103.4 | 0.36 | 0 |
| | 下旬 | 59.4 | 0.69 | 0 |
| 7 月 | 上旬 | 50.8 | 0 | 1.32 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 中旬 | 41.8 | 0 | 1.32 |
| | 下旬 | 18.6 | 0.38 | 1.32 |
| 8 月 | 上旬 | 125.4 | 0.6 | 0 |
| | 中旬 | 107.7 | 1.6 | 0 |
| | 下旬 | 19.4 | 0.43 | 1.07 |
| 9 月 | 上旬 | 34.8 | 0.28 | 0.81 |
| | 中旬 | 16.3 | 0 | 0.81 |
| | 下旬 | 26.4 | 0.37 | 0 |
| 10 月 | 上旬 | 30.7 | 0.36 | 0 |
| | 中旬 | 15.6 | 0.23 | 0 |
| | 下旬 | 12.5 | 0.21 | 0 |
| 11 月 | 上旬 | 2.5 | 0.17 | 1.49 |
| | 中旬 | 0 | 0.14 | 0 |
| | 下旬 | 0 | 0.11 | 0 |
| 12 月 | 上旬 | 0 | 0.09 | 0 |
| | 中旬 | 4.9 | 0.09 | 0 |
| | 下旬 | 9.5 | 0.16 | 0 |

**表 4.4.3-2　中屯水库坝址断面 2019 年水量过程一览表**

| 月份 | | 降雨量（mm） | 入库流量（$m^3/s$） | 出库流量（$m^3/s$） |
|---|---|---|---|---|
| 5 月 | 上旬 | 0 | 0.05 | 1.41 |
| | 中旬 | 0 | 0 | 1.52 |
| | 下旬 | 0 | 0 | 1.21 |
| 6 月 | 上旬 | 17.5 | 0 | 1.57 |
| | 中旬 | 0.5 | 0.01 | 1.61 |
| | 下旬 | 24 | 0 | 1.63 |
| 7 月 | 上旬 | 102.5 | 0.39 | 1.63 |
| | 中旬 | 98 | 0.25 | 0 |
| | 下旬 | 114.5 | 0.38 | 0 |
| 8 月 | 上旬 | 103 | 0.85 | 0 |
| | 中旬 | 115 | 1.25 | 0 |
| | 下旬 | 9 | 0.46 | 0 |
| 9 月 | 上旬 | 50.5 | 0.22 | 0 |
| | 中旬 | 100.7 | 0.6 | 0 |
| | 下旬 | 24.5 | 0.73 | 0 |
| 10 月 | 上旬 | 10.5 | 0.7 | 0 |
| | 中旬 | 6 | 0.21 | 0 |
| | 下旬 | 39 | 0.16 | 0 |
| 11 月 | 上旬 | 2.5 | 0.14 | 0 |
| | 中旬 | 5.5 | 0.12 | 0 |
| | 下旬 | 0.5 | 0.11 | 0 |
| 12 月 | 上旬 | 0 | 0.08 | 0 |
| | 中旬 | 4.5 | 0.07 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 下旬 | 0 | 0.07 | 1.63 |

由于中屯水库建设时间较早，建成运行已二十多年，水库未设置生态放流设施，坝下仅泄洪期间有少量水向下游河道泄放，日常运行期间仅坝体渗水。水库运行导致坝下 2.6km 河段减脱水明显，下游支流汇入后减水情况有所减缓。

在滇中引水二期工程中，中屯水库将作为滇中引水二期工程的补偿调节水库发挥水量调节功能。根据滇中引水二期工程的要求，所有调节水库均按枯水期下泄多年平均流量的 10%、丰水期下泄多年平均流量的 30%设置生态流量下泄要求。中屯水库需下泄的生态流量要求为：丰水期（6~11 月）0.180m$^3$/s，枯水期（12 月至 5 月）0.061m$^3$/s，年下泄生态水量 379.74 万 m$^3$。

**中屯水库**

**中屯水库坝下现状**

（二）华竹电站

华竹电站位于小石门水库坝下 14.3km，为引水式开发。取水坝坐标：E 101°41′28.87″、N25°39′26.00″，取水坝拦蓄上游来水后经左岸引水渠向厂房输水，发电尾水经厂房下泄到下游河道。根据《楚雄州小水电清理整改综合评估报告》，目前，华竹电站利用泄流闸下放 0.43m$^3$/s 生态流量。根据现场踏勘，华竹电站取水坝下泄水量较小，取水坝至厂房区间 1.48km 河段几乎呈断流状态。

华竹电站取水坝下游河段（2020.11）

#### 4.4.3.4 水质影响回顾性评价

小石门水库位于龙川江一级支流勐岗河中游，坝址上游 34.1km 建有中屯水库。本阶段收集到中屯水库 2014~2020 年各季度水质监测资料，选取 2014~2020 年中屯水库溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷水质监测结果对勐岗河水质进行回顾性评价。

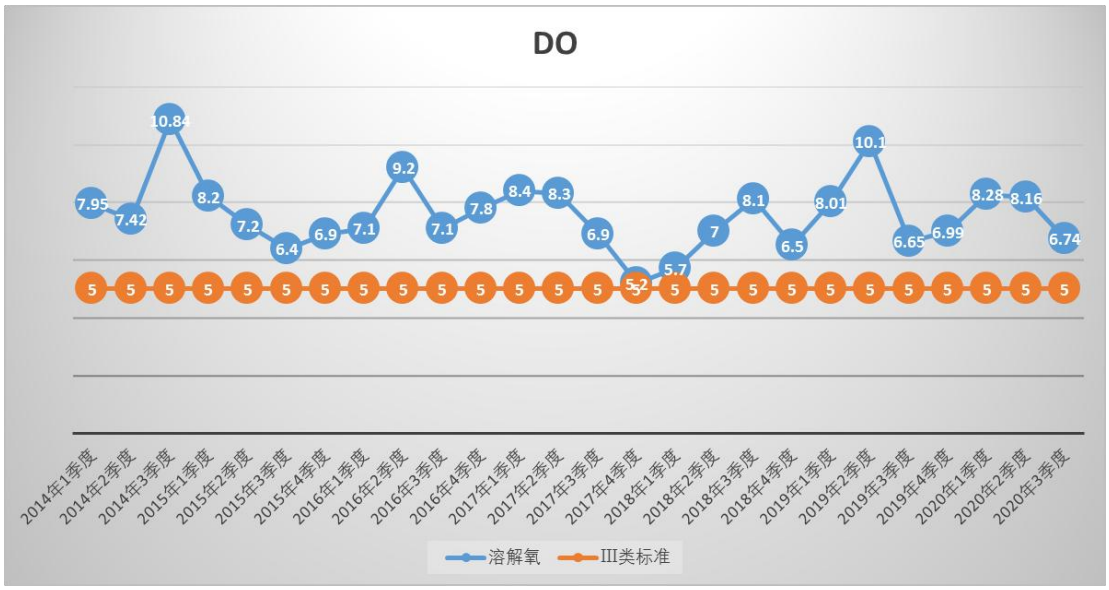



**图 4.4.3-1　　中屯水库 2014~2020 年逐月 DO 浓度变化**

**图 4.4.3-2　　中屯水库 2014~2020 年逐月 $COD_{Mn}$ 浓度变化**

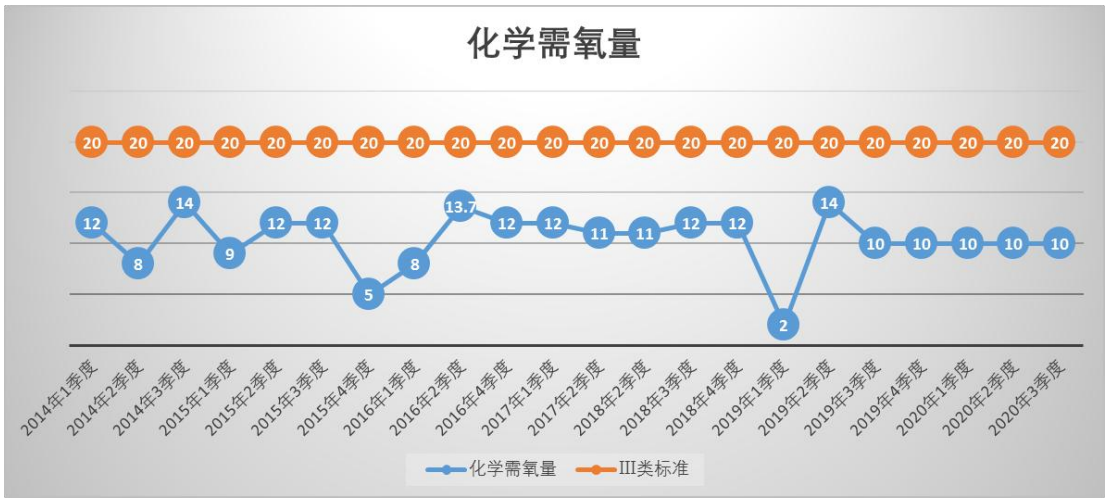



**图 4.4.3-3　　中屯水库 2014~2020 年逐月 COD 浓度变化**

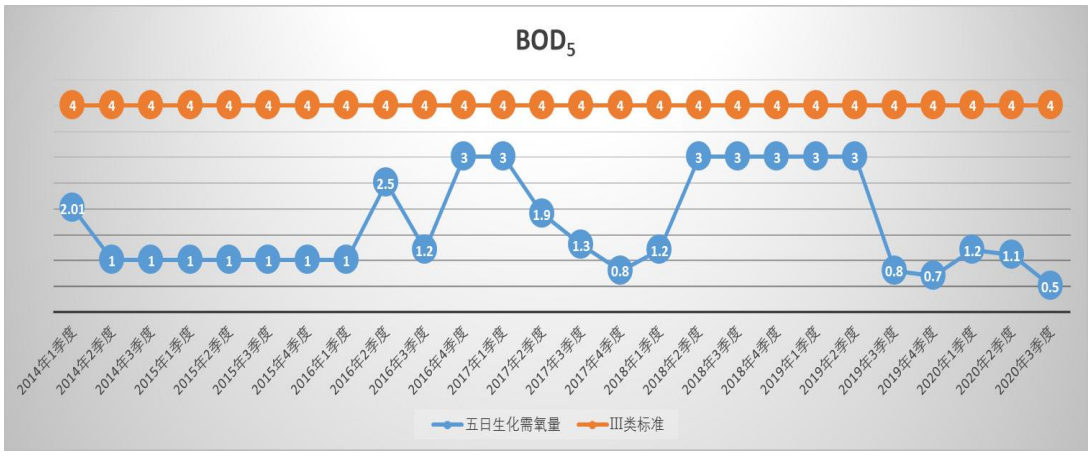



**图 4.4.3-4　　中屯水库 2014~2020 年逐月 $BOD_5$ 浓度变化**

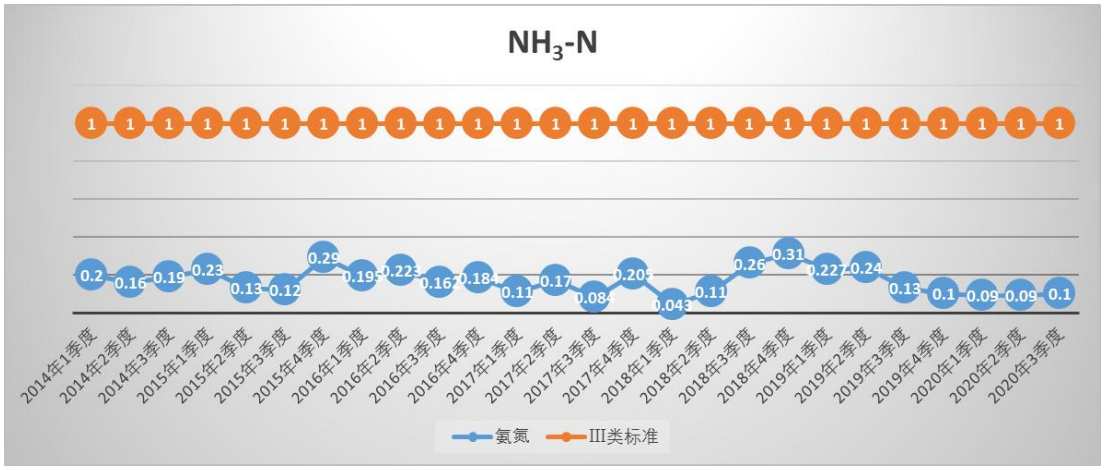



**图 4.4.3-5　　中屯水库 2014~2020 年逐月 $NH_3$-N 浓度变化**

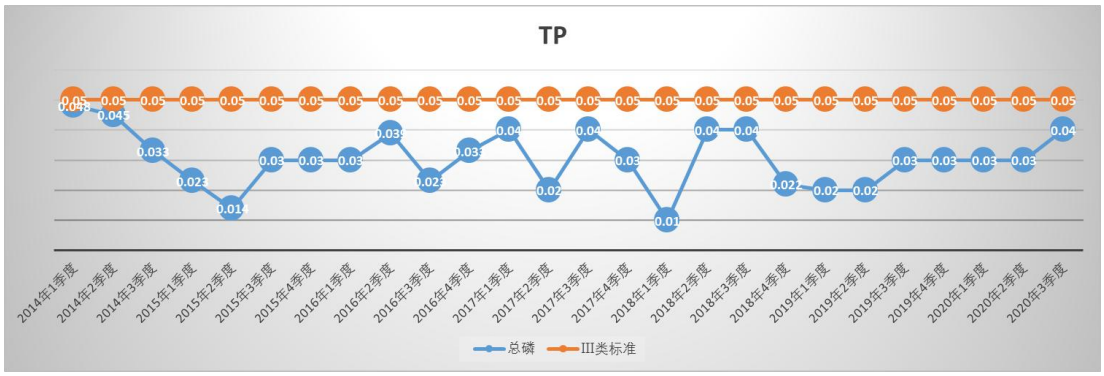



**图 4.4.3-6　　中屯水库 2014~2020 年逐月 TP 浓度变化**

由图可知，中屯水库逐月 DO 浓度较好，除 2017 年第四季度、2018 年 1 季度满足III类水质标准外，其余时段均符合 II 类水质标准。

中屯水库逐月 $COD_{Mn}$ 水质较好，除 2016 年 4 季度水质出现轻微波动外（但仍能满足III类水质标准），各时段均能满足 II 类水质标准。

COD 浓度值方面，在 2016 年 2 季度、2019 年 2 季度出现轻微波动，略有上升，但总的而言自 2014 年至今各时段均能满足Ⅱ类水质标准。

$BOD_5$ 浓度值在 2018 年、2019 年上半年出现上升趋势，随后逐渐下降，全时段均能满足Ⅱ类水质标准。

氨氮浓度值除 2018 年下半年微有上升外，基本呈逐年下降趋势，全时段均能满足Ⅱ类水质标准。

总磷浓度值较为稳定，基本维持在 0.03mg/L，自 2014 年以来均能满足Ⅲ类水质标准。

根据以上水质回顾性分析，总的而言小石门水库所在勐岗河上游无重大污染源，水质较好。

## 4.4.4 地表水环境质量

### 4.4.4.1 水质断面

拟建的小石门水库坝址位于牟定县与大姚县交界的勐岗河中游，勐岗河为龙川江的一级支流；工程受退水区主要涉及龙川江干流下游河段及其支流普登河、蜻蛉河（及其支流永定河）、班果河。

根据调查了解，龙川江流域内有国控、省控监测断面毛板桥水库、小天城、青山嘴、西观桥、江边、赵家店乡、大河波西、吴海王家桥、古岩河一号桥等。本阶段收集到楚雄州环境监测站干流各断面 2015~2020 年 8 月逐月水质现状监测资料，收集到古岩河一号桥 2019~2020 年 8 月逐月水质现状监测资料。

此外，在收集地方环保部门常规监测资料的基础上，本阶段我公司委托云南坤发环境科技有限公司分别于 2018 年 8 月末、10 月末，2019 年 1 月末对小石门水库水源区、受退水区共计 21 个断面进行了水质监测。

随着可研深度的水资源配置优化调整，主体设计中在北干线 6#分水口补水至弯腰树水库，在北干线 17#分水口向元谋县新河水库补水，因此，我公司委托云南坤发环境科技有限公司于 2020 年 11 月对两座水库开展了水质现状监测。

小石门水库工程评价区各点位水质监测及资料收集整理情况详见表 4.4.4-1。委托监测断面见附图 12。

**表 4.4.4-1　小石门水库地表水环境质量现状监测断面基本情况一览表**

<table>
<tr><th>水系</th><th>序号</th><th>监测点位</th><th>监测时段</th><th>监测因子</th><th>数据来源</th></tr>
<tr><td rowspan="11">普登河（勐岗河）11 个点位</td><td>1</td><td>库尾 1#：勐岗河干流</td><td rowspan="5">2018 年 8 月、2019 年 1 月</td><td rowspan="7">pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、氯化物、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、铁、锰、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硝酸盐、硫酸盐、硫化物，29 项</td><td rowspan="5">补充监测</td></tr>
<tr><td>2</td><td>库尾 2#：象鼻箐（坝址上游右支）与普登河交汇口上游 500m 处</td></tr>
<tr><td>3</td><td>库中</td></tr>
<tr><td>4</td><td>坝址</td></tr>
<tr><td>5</td><td>石者河汇入口上游 500m 处</td></tr>
<tr><td>6</td><td>碗厂村下游 1km 处</td><td rowspan="2">2018 年 10 月</td><td rowspan="2">补充监测</td></tr>
<tr><td>7</td><td>红豆树水库下游</td></tr>
<tr><td>8</td><td>龙山村（勐岗河入龙川江汇口前）</td><td>2018 年 10 月、2019 年 1 月</td><td>pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项</td><td>补充监测</td></tr>
<tr><td>9</td><td>古岩河一号桥</td><td>2019~2020 年 8 月</td><td>水温、流量、pH 值、电导率、溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮、石油类、挥发酚、汞、铅、化学需氧量、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、镉、六价铬、氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物，28 项</td><td>常规监测</td></tr>
<tr><td>10</td><td>班皂利村</td><td>2018 年 10 月、2019 年 1 月</td><td>pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项</td><td>补充监测</td></tr>
<tr><td>11</td><td>弯腰树水库</td><td>2020 年 11 月</td><td>pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰、透明度、叶绿素 a，31 项</td><td>补充监测</td></tr>
<tr><td rowspan="2">蜻蛉河 4 个点位</td><td>1</td><td>龙街河汇入口下游 500m 处</td><td rowspan="2">2018 年 10 月、2019 年 1 月</td><td rowspan="2">pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项</td><td rowspan="2">补充监测</td></tr>
<tr><td>2</td><td>黑泥坡村：蜻蛉河入龙川江汇口上游 1km 处</td></tr>
</table>

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 王家桥 | 2016~2017 逐月，2019~2020 年 8 月逐月 | 水温、流量、pH、电导率、溶解氧、高锰酸盐指数、生化需氧量、氨氮、石油类、挥发酚、汞、铅、化学需氧量、总氮、总磷、铜、锌、氟化物、硒、砷、镉、六价铬、氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群等 26 项 | 常规监测 |
| | 4 | 赵家店 | | | 常规监测 |
| 永定河 5 个点位 | 1 | 麻栗树水库下游 | 2019 年 1 月 | pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项 | 补充监测 |
| | 2 | 永仁县城下游 1km 处 | | | |
| | 3 | 小河村 | 2018 年 10 月、2019 年 1 月 | | |
| | 4 | 永定河入蜻蛉河汇口上游 1km | | | |
| | 5 | 新河水库 | 2020 年 11 月 | pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰、透明度、叶绿素 a，31 项 | 补充监测 |
| 龙川江干流 4 个点位 | 1 | 龙山大沟自龙川江干流取水口（牟定县八格里村） | 2018 年 10 月、2019 年 1 月 | pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项 | 补充监测 |
| | 2 | 正兴坝 | | | |
| | 3 | 小黄瓜大桥 | | | |
| | 4 | 江边 | 2015~2020 年 8 月 | 水温、流量、pH 值、电导率、溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮、石油类、挥发酚、汞、铅、化学需氧量、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、镉、六价铬、氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物，28 项 | 常规监测 |
| 其他 4 个点位 | 1 | 老城河入龙川江汇口前 200m（丙间河） | 2018 年 10 月、2019 年 1 月 | pH、溶解氧、水温、石油类、化学需氧量、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、铜、铅、锌、镉、硒、汞、砷、粪大肠杆菌、六价铬、氟化物、氰化物、挥发酚、氨氮、总磷、高锰酸钾指数、总氮、硫化物，24 项 | 补充监测 |
| | 2 | 那蚌河入龙川江汇口前 200m（挨小河） | | | |
| | 3 | 金江（金沙江干流） | 2016~2017 逐月 | 水温、流量、pH、电导率、溶解氧、高锰酸盐指数、生化需氧量、氨氮、石油类、挥发酚、汞、铅、化学需氧量、总氮、总磷、铜、锌、氟化物、硒、砷、镉、六价铬、氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群等 26 项 | 常规监测 |
| | 4 | 大湾子（金沙江干流） | | | 常规监测 |

#### 4.4.4.2 监测结果

（1）水源区水质监测结果

本次地表水环境质量现状监测共在水库径流区内布设了 7 个监测断面，其中，红豆树水库下游监测点位主要用于了解已废弃的牟定县东运钒钛制动鼓有限公司是否存在遗留环境问题，是否对现状水质产生不利影响，选在汛期进行了一期水质现状监测；碗厂村下游 1km 处监测点位用于调查了解戌街乡集镇生活污染对库区水质影响，选在汛期进行了一期水质现状监测。各个断面水质现状监测结果见表 4.4.4-2 所示。

此外，收集到的古岩河一号桥 2019 年 1 月~2020 年 8 月逐月水质监测数据。其中，2019 年丰、平、枯水期水质成果见表 4.4.4-3 所示。

（2）受退水区水质监测结果

小石门水库受退水区主要涉及河流有：龙川江干流及其支流蜻蛉河、永定河、班果河、普登河。本阶段，委托云南坤发环境科技有限公司对小石门水库受退水区的龙川江干流、蜻蛉河、永定河、班果河、普登河等进行了现状水质监测，共设监测断面 13 个，各监测断面现状水质情况详见表 4.4.4-4 所示。

**表 4.4.4-2　小石门水库径流区现状水质监测结果一览表（1）　　单位：mg/L**

| 项目 | 坝址 | | | 库中 | | | 库尾 1# | | | 库尾 2# | | | 石者河入勐岗河汇口上游 500m 处 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 丰水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 丰水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 丰水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 丰水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 丰水期 | 枯水期 | 超达标情况 |
| pH（无量纲） | 7.83 | 7.52 | 达标\达标 | 7.31 | 7.37 | 达标\达标 | 7.61 | 7.34 | 达标\达标 | 7.56 | 7.48 | 达标\达标 | 7.96 | 7.67 | 达标\达标 |
| 溶解氧 | 7.44 | 6.44 | 达标\达标 | 6.83 | 6.34 | 达标\达标 | 7.14 | 6.84 | 达标\达标 | 8.46 | 6.26 | 达标\达标 | 8.04 | 6.37 | 达标\达标 |
| 水温（℃） | 14.9 | 15.8 | \ | 16.5 | 15.6 | \ | 15.8 | 13.6 | \ | 17.2 | 14.8 | \ | 17.1 | 15.8 | \ |
| 石油类 | 0.029 | 0.042 | 达标\达标 | 0.023 | 0.032 | 达标\达标 | 0.027 | 0.04 | 达标\达标 | 0.02 | 0.029 | 达标\达标 | 0.022 | 0.044 | 达标\达标 |
| 化学需氧量 | 11.63 | 6.08 | 达标\达标 | 7.56 | 7.85 | 达标\达标 | 12.73 | 8.69 | 达标\达标 | 11.33 | 7.24 | 达标\达标 | 10.9 | 9.17 | 达标\达标 |
| 五日生化需氧量 | 3.68 | 2.55 | 达标\达标 | 2.39 | 2.68 | 达标\达标 | 3.75 | 2.75 | 达标\达标 | 3.87 | 2.46 | 达标\达标 | 3.41 | 2.75 | 达标\达标 |
| 阴离子表面活性剂 | 0.086 | ＜0.05 | 达标\达标 | 0.113 | 0.051 | 达标\达标 | 0.114 | ＜0.05 | 达标\达标 | 0.098 | ＜0.05 | 达标\达标 | 0.083 | ＜0.05 | 达标\达标 |
| 氯化物 | 5.13 | \ | 达标 | 5.95 | \ | 达标 | 6.88 | \ | 达标 | 7.04 | \ | 达标 | 6.29 | \ | 达标 |
| 铜 | 0.012 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.025 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.027 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.02 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.019 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 铅 | ＜0.01 | 0.001 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | 0.002 | 达标\达标 | ＜0.01 | 0.001 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 |
| 锌 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 镉 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.002 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.002 | 达标\达标 |
| 硒 | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | ＜ $4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 汞 | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | ＜ $4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 |
| 砷 | $5.63\times10^{-5}$ | $6.40\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $3.86\times10^{-4}$ | $9.67\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $5.98\times10^{-4}$ | $5.70\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $3.0\times10^{-4}$ | $5.59\times10^{-4}$ | 达标\达标 | ＜ $3.0\times10^{-4}$ | $5.27\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 粪大肠菌群 | $1.2\times10^{4}$ | 41 | \ | $1.8\times10^{4}$ | 620 | \ | $1.4\times10^{4}$ | 480 | \ | $4.3\times10^{3}$ | 810 | \ | $1.0\times10^{4}$ | 4200 | \ |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| （个/L） | | | | | | | | | | | | | | | |
| 六价铬 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 氟化物 | 0.246 | 0.885 | 达标\达标 | 0.152 | 0.874 | 达标\达标 | 0.184 | 0.46 | 达标\达标 | 0.325 | 0.612 | 达标\达标 | 0.198 | 0.568 | 达标\达标 |
| 铁 | 0.081 | \ | 达标 | 0.083 | \ | 达标 | 0.079 | \ | 达标 | 0.043 | \ | 达标 | 0.062 | \ | 达标 |
| 锰 | ＜0.01 | \ | 达标 | ＜0.01 | \ | 达标 | ＜0.01 | \ | 达标 | ＜0.01 | \ | 达标 | ＜0.01 | \ | 达标 |
| 氰化物 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 挥发酚 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 |
| 氨氮 | 0.231 | 0.297 | 达标\达标 | 0.22 | 0.232 | 达标\达标 | 0.211 | 0.123 | 达标\达标 | 0.174 | 0.094 | 达标\达标 | 0.151 | 0.167 | 达标\达标 |
| 总磷 | 0.153 | 0.061 | 达标\达标 | 0.162 | 0.056 | 达标\达标 | 0.146 | 0.178 | 达标\达标 | 0.062 | 0.048 | 达标\达标 | 0.153 | 0.06 | 达标\达标 |
| 高锰酸盐指数 | 3.05 | 2.69 | 达标\达标 | 2.66 | 2.83 | 达标\达标 | 3.34 | 1.96 | 达标\达标 | 2.95 | 1.46 | 达标\达标 | 2.54 | 2.03 | 达标\达标 |
| 总氮 | 0.849 | 0.612 | 达标\达标 | 0.88 | 0.587 | 达标\达标 | 0.581 | 0.427 | 达标\达标 | 0.368 | 0.282 | 达标\达标 | 0.953 | 0.402 | 达标\达标 |
| 硝酸盐（以N计） | 0.224 | \ | 达标 | 0.093 | \ | 达标 | ＜0.016 | \ | 达标 | ＜0.016 | \ | 达标 | 0.385 | \ | 达标 |
| 硫酸盐 | 5.73 | \ | 达标 | 7.55 | \ | 达标 | 4.01 | \ | 达标 | 7.43 | \ | 达标 | 8.23 | \ | 达标 |
| 硫化物 | 0.011 | 0.008 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.007 | ＜0.005 | 达标\达标 |

注：1、小石门水库径流区水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准要求；

2、监测水期：丰水期为 2018 年 8 月，枯水期为 2019 年 1 月；

3、粪大肠菌群、总氮作为河流现状水质评价参评指标。

**表 4.4.4-2　小石门水库径流区现状水质监测结果一览表（2）　　单位：mg/L**

| 监测断面 | 项目 | pH（无量纲） | 溶解氧 | 水温（℃） | 石油类 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 阴离子表面活性剂 | 氯化物 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 硒 | 汞 | 砷 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 红豆树水库下游 | 监测值 | 7.21 | 4.23 | 18.6 | 0.034 | 10.8 | 2.77 | ＜0.05 | 10.2 | 0.022 | ＜0.01 | ＜0.005 | ＜0.005 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<3.0\times10^{-4}$ |
| | 标准值 | 6~9 | ≥5 | \ | 0.05 | 20 | 4 | 0.2 | 250 | 1 | 0.05 | 1 | 0.005 | 0.05 | 0.0001 | 0.05 |
| | 超达标情况 | 达标 | **超标** | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |
| 碗厂村下游1km处 | 监测值 | 7.16 | 3.85 | 19.3 | 0.033 | 12.4 | 2.83 | ＜0.05 | 7.68 | 0.019 | ＜0.01 | ＜0.005 | ＜0.005 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<3.0\times10^{-4}$ |
| | 标准值 | 6~9 | ≥5 | \ | 0.05 | 20 | 4 | 0.2 | 250 | 1 | 0.05 | 1 | 0.005 | 0.05 | 0.0001 | 0.05 |
| | 超达标情况 | 达标 | **超标** | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |

| 监测断面 | 项目 | 粪大肠菌群（个/L） | 六价铬 | 氟化物 | 铁 | 锰 | 氰化物 | 挥发酚 | 氨氮 | 总磷 | 高锰酸盐指数 | 总氮 | 硝酸盐（以N计） | 硫酸盐 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 红豆树水库下游 | 监测值 | 未检出 | ＜0.004 | 0.202 | 0.064 | ＜0.01 | ＜0.004 | ＜0.0003 | 0.208 | 0.02 | 1.3 | 0.926 | 0.146 | 38.3 | ＜0.005 |
| | 标准值 | 10000 | 0.05 | 1 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.005 | 1 | 0.2 | 6 | 1 | 10 | 250 | 0.2 |
| | 超达标情况 | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |
| 碗厂村下游1km处 | 监测值 | $7.2\times10^{2}$ | ＜0.004 | 0.175 | 0.034 | ＜0.01 | ＜0.004 | ＜0.0003 | 0.212 | 0.022 | 1.58 | 0.923 | 0.172 | 34.6 | ＜0.005 |
| | 标准值 | 10000 | 0.05 | 1 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.005 | 1 | 0.2 | 6 | 1 | 10 | 250 | 0.2 |
| | 超达标情况 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |

注：1、水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准要求；

2、监测水期：2018 年 10 月；

3、粪大肠菌群、总氮作为河流现状水质评价参评指标。

**表 4.4.4-3　古岩河常规监测断面水质监测结果一览表　　单位：mg/L**

| 断面 | 监测指标 | 水温 | 流量 | pH 值 | 电导率 | 溶解氧 | 高锰酸盐指数 | 五日生化需氧量 | 氨氮 | 石油类 | 挥发酚 | 汞 | 铅 | 化学需氧量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 古岩河 | 丰水期（2019 年 9 月） | 22.0 | 0.719 | 8.27 | 46.6 | 6.97 | 2.3 | 2.0 | 0.25 | 0.005 | 0.00015 | 0.00002 | 0.003 | 11 |
| | 平水期（2019 年 11 月） | 0.398 | 8.23 | 49.1 | 8.81 | 2.4 | 0.9 | 0.19 | 0.04 | 0.0004 | 0.00002 | 0.0005 | 13 | 0.05 |
| | 枯水期（2019 年 12 月） | 12.1 | 0.213 | 8.33 | 67.1 | 9.63 | 3.3 | 0.25 | 0.20 | 0.01 | 0.0003 | 0.00002 | 0.003 | 15 |
| | 超达标情况 | \ | \ | 达标\达标\达标 | \ | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 |
| | 监测指标 | 总磷 | 总氮 | 铜 | 锌 | 氟化物 | 硒 | 砷 | 镉 | 六价铬 | 氰化物 | 阴离子表面活性剂 | 硫化物 | 粪大肠菌群 |
| | 丰水期（2019 年 9 月） | 0.07 | 0.51 | 0.002 | 0.025 | 0.194 | 0.0002 | 0.0030 | 0.00005 | 0.002 | 0.002 | 0.06 | 0.0025 | 9200 |
| | 平水期（2019 年 11 月） | 0.48 | 0.004 | 0.32 | 0.222 | 0.0002 | 0.0038 | \ | 0.00005 | 0.002 | 0.002 | 0.05 | 0.0025 | 350 |
| | 枯水期（2019 年 12 月） | 0.04 | 0.54 | 0.002 | 0.08 | 0.125 | 0.0002 | 0.0047 | 0.00005 | 0.002 | 0.002 | 0.06 | 0.0025 | 130 |
| | 超达标情况 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | 达标\达标\达标 | \ |

注：1、水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准要求；2、监测断面为元双路联丰村路口旁边古岩河大桥处，为省控监测断面；3、粪大肠菌群、总氮作为河流现状水质评价参评指标。

**表 4.4.4-4　小石门水库受退水区现状水质监测结果一览表（1）　　单位：mg/L**

| 监测断面<br>监测项目 | 龙山村（Ⅲ类） | | | 龙街河汇入口下游（Ⅳ类） | | | 黑泥坡村（Ⅳ类） | | | 麻栗树水库下游（Ⅳ类） | | 永仁县城下游（Ⅳ类） | | 小河村（Ⅳ类） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 超达标情况 | 平水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 |
| pH（无量纲） | 7.03 | 7.86 | 达标\达标 | 6.85 | 7.52 | 达标\达标 | 7.12 | 7.89 | 达标\达标 | 6.68 | 达标 | 7.09 | 达标 | 7.11 | 7.56 | 达标\达标 |
| 溶解氧 | 4.83 | 4.83 | **超标\超标** | 4.62 | 5.26 | 达标\达标 | 4.74 | 5.34 | 达标\达标 | 4.69 | 达标 | 4.33 | 达标 | 4.52 | 5.46 | 达标\达标 |
| 水温（℃） | 17.8 | 16.4 | \ | 18.4 | 15.8 | \ | 16.9 | 15.9 | \ | 15.8 | \ | 17.3 | \ | 18.8 | 16.8 | \ |
| 石油类 | 0.025 | 0.039 | 达标\达标 | 0.036 | 0.023 | 达标\达标 | 0.028 | 0.043 | 达标\达标 | 0.027 | 达标 | 0.038 | 达标 | 0.029 | 0.037 | 达标\达标 |
| 化学需氧量 | 7.34 | 16.4 | 达标\达标 | 9.15 | 14.1 | 达标\达标 | 9.52 | 8.61 | 达标\达标 | 16.1 | 达标 | 11.6 | 达标 | 8.8 | 5.51 | 达标\达标 |
| 五日生化需氧量 | 1.68 | 3.49 | 达标\达标 | 2.43 | 2.39 | 达标\达标 | 2.1 | 2.75 | 达标\达标 | 2.78 | 达标 | 2.32 | 达标 | 2.31 | 2.61 | 达标\达标 |
| 阴离子表面活性剂 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | 达标 | ＜0.05 | 达标 | ＜0.05 | 0.051 | 达标\达标 |
| 铜 | 0.026 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.011 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.01 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.012 | 达标 | 0.011 | 达标 | 0.009 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 铅 | ＜0.01 | 0.001 | 达标\达标 | ＜0.01 | 0.001 | 达标\达标 | ＜0.01 | 0.002 | 达标\达标 | ＜0.01 | 达标 | ＜0.01 | 达标 | ＜0.01 | 0.001 | 达标\达标 |
| 锌 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 镉 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 |
| 硒 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 汞 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $9.09\times10^{-5}$ | 达标\达标 |
| 砷 | $<3.0\times10^{-4}$ | $4.86\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $6.30\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $4.66\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | 达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | 达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $3.81\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 粪大肠菌群（个/L） | $4.9\times10^{3}$ | 7900 | \ | $1.1\times10^{3}$ | 1500 | \ | $1.5\times10^{2}$ | 2200 | \ | 73 | \ | $1.1\times10^{2}$ | \ | $4.4\times10^{2}$ | 1800 | \ |
| 六价铬 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | 达标 | ＜0.004 | 达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 氟化物 | 0.166 | 0.903 | 达标\达标 | 0.302 | 0.642 | 达标\达标 | 0.15 | 0.689 | 达标\达标 | 0.127 | 达标 | 0.213 | 达标 | 0.184 | 0.945 | 达标\达标 |
| 氰化物 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | 达标 | ＜0.004 | 达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 挥发酚 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | 达标 | ＜0.0003 | 达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 |
| 氨氮 | 0.09 | 0.46 | 达标\达标 | 0.531 | 0.138 | 达标\达标 | 0.285 | 0.253 | 达标\达标 | 0.555 | 达标 | 0.447 | 达标 | 0.649 | 0.27 | 达标\达标 |
| 总磷 | 0.188 | 0.058 | 达标\达标 | 0.022 | 0.02 | 达标\达标 | 0.052 | 0.032 | 达标\达标 | 0.048 | 达标 | 0.072 | 达标 | 0.124 | 0.024 | 达标\达标 |
| 高锰酸盐指数 | 1.15 | 1.53 | 达标\达标 | 1.77 | 1.48 | 达标\达标 | 1.6 | 1.41 | 达标\达标 | 1.66 | 达标 | 1.41 | 达标 | 1.33 | 1.05 | 达标\达标 |
| 总氮 | 0.585 | 0.876 | 达标\达标 | 0.931 | 0.382 | 达标\达标 | 0.715 | 0.572 | 达标\达标 | 0.826 | 达标 | 0.848 | 达标 | 0.888 | 0.788 | 达标\达标 |
| 硫化物 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.008 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | 达标 | ＜0.005 | 0.006 | 达标\达标 |

**表 4.4.4-4　小石门水库受退水区现状水质监测结果一览表（2）　　单位：mg/L**

| 监测断面<br>监测项目 | 物茂乡桥（Ⅳ类） | | | 龙山大沟自龙川江干流取水口（龙川江干流牟定县八格里村附近）（Ⅳ类） | | | 正兴坝（Ⅳ类） | | | 小黄瓜大桥（Ⅲ类） | | | 老城河入龙川江汇口前 200m（Ⅳ类） | | | 那蚌河入龙川江汇口前 200m（Ⅳ类） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 | 平水期 | 枯水期 | 超达标情况 |
| pH（无量纲） | 6.94 | 7.86 | 达标\达标 | 7.21 | 7.86 | 达标\达标 | 6.98 | 7.54 | 达标\达标 | 7.05 | 7.38 | 达标\达标 | 7.03 | 7.86 | 达标\达标 | 7.14 | 7.77 | 达标\达标 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶解氧 | 4.71 | 5.12 | 达标\达标 | 4.56 | 5.26 | 达标\达标 | 4.47 | 5.49 | 达标\达标 | 4.58 | 5.34 | 超标\达标 | 4.32 | 3.86 | 达标\达标 | 4.47 | 3.94 | 达标\达标 |
| 水温（℃） | 19.5 | 17.4 | \ | 14.9 | 16.2 | \ | 20.3 | 17.4 | \ | 16.2 | 16.8 | \ | 17.8 | 17.8 | \ | 18.2 | 18.9 | \ |
| 石油类 | 0.033 | 0.023 | 达标\达标 | 0.029 | 0.045 | 达标\达标 | 0.026 | 0.041 | 达标\达标 | 0.027 | 0.032 | 达标\达标 | 0.036 | 0.037 | 达标\达标 | 0.038 | 0.032 | 达标\达标 |
| 化学需氧量 | 16.8 | 19.3 | 达标\达标 | 12.6 | 10.1 | 达标\达标 | 15.7 | 8.21 | 达标\达标 | 10.6 | 13.1 | 达标\达标 | 19.2 | 19.6 | 达标\达标 | 8.3 | 17.4 | 达标\达标 |
| 五日生化需氧量 | 1.92 | 2.89 | 达标\达标 | 2.61 | 2.85 | 达标\达标 | 1.88 | 2.88 | 达标\达标 | 1.75 | 2.44 | 达标\达标 | 2.14 | 2.18 | 达标\达标 | 1.96 | 2.52 | 达标\达标 |
| 阴离子表面活性剂 | ＜0.05 | 0.057 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 | ＜0.05 | ＜0.05 | 达标\达标 |
| 铜 | 0.011 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.014 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.014 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.016 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.015 | ＜0.005 | 达标\达标 | 0.017 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 铅 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 | ＜0.01 | ＜0.0009 | 达标\达标 |
| 锌 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 |
| 镉 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.0006 | 达标\达标 |
| 硒 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 汞 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | 达标\达标 |
| 砷 | $<3.0\times10^{-4}$ | $3.78\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $6.74\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $5.29\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $5.78\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 | $<1.92\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | 达标\达标 |
| 粪大肠菌群（个/L） | $1.3\times10^{2}$ | 6500 | \ | $2.0\times10^{2}$ | 2900 | \ | $1.1\times10^{3}$ | 1700 | \ | $3.8\times10^{2}$ | 370 | \ | $1.0\times10^{3}$ | 660 | \ | $5.0\times10^{2}$ | 590 | \ |
| 六价铬 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 氟化物 | 0.208 | 0.96 | 达标\达标 | 0.294 | 0.937 | 达标\达标 | 0.163 | 0.949 | 达标\达标 | 0.133 | 0.956 | 达标\达标 | 0.145 | 0.996 | 达标\达标 | 0.127 | 0.935 | 达标\达标 |
| 氰化物 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 | ＜0.004 | ＜0.004 | 达标\达标 |
| 挥发酚 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 | ＜0.0003 | ＜0.0003 | 达标\达标 |
| 氨氮 | 0.266 | 0.497 | 达标\达标 | 0.109 | 0.285 | 达标\达标 | 0.063 | 0.232 | 达标\达标 | 0.42 | 0.235 | 达标\达标 | 0.476 | 0.947 | 达标\达标 | 0.128 | 0.5 | 达标\达标 |
| 总磷 | 0.067 | 0.068 | 达标\达标 | 0.05 | 0.026 | 达标\达标 | 0.031 | 0.031 | 达标\达标 | 0.065 | 0.03 | 达标\达标 | 0.169 | 0.089 | 达标\达标 | 0.078 | 0.055 | 达标\达标 |
| 高锰酸盐指数 | 1.71 | 3.74 | 达标\达标 | 1.71 | 2.55 | 达标\达标 | 1.08 | 2.59 | 达标\达标 | 0.975 | 2.28 | 达标\达标 | 1.43 | 3.87 | 达标\达标 | 1.15 | 2.76 | 达标\达标 |
| 总氮 | 0.852 | 0.926 | 达标\达标 | 0.673 | 0.749 | 达标\达标 | 0.59 | 0.708 | 达标\达标 | 0.805 | 0.641 | 达标\达标 | 0.927 | 1.03 | 达标\达标 | 0.653 | 0.786 | 达标\达标 |
| 硫化物 | ＜0.005 | 0.013 | 达标\达标 | ＜0.005 | ＜0.005 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.006 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.017 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.006 | 达标\达标 | ＜0.005 | 0.01 | 达标\达标 |

注：1、监测时期：2018 年 10 月、2019 年 1 月；2、粪大肠菌群、总氮作为河流现状水质评价参评指标。

**表 4.4.4-5　小石门水库工程补水水库水质监测结果一览表　　单位：mg/L**

| 检测点位 | 采样时间 | pH（无量纲） | 水温（℃） | 溶解氧 | 高锰酸盐指数 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 氨氮 | 总氮 | 总磷 | 氟化物 | 氰化物 | 六价铬 | 挥发酚 | 石油类 | 阴离子表面活性剂 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 弯腰树水库 | 2020.11.28 | 7.89 | 20.12 | 5.12 | 3.6 | 17 | 3.2 | 0.526 | 0.61 | 0.04 | 0.614 | ＜0.004 | 0.013 | ＜0.0003 | 0.02 | ＜0.05 | ＜0.005 |
| | 2020.11.29 | 7.78 | 20.08 | 5.08 | 3.5 | 19 | 3.3 | 0.498 | 0.65 | 0.03 | 0.631 | ＜0.004 | 0.013 | ＜0.0003 | 0.02 | ＜0.05 | ＜0.005 |
| | 2020.11.30 | 7.74 | 20.53 | 5.03 | 3.3 | 16 | 3.7 | 0.465 | 0.71 | 0.05 | 0.616 | ＜0.004 | 0.013 | ＜0.0003 | 0.02 | ＜0.05 | ＜0.005 |
| | 水质标准（Ⅲ类） | 6~9 | \ | 5 | 6 | 20 | 4 | 1 | 1 | 0.05 | 1 | 0.2 | 0.05 | 0.005 | 0.05 | 0.2 | 0.2 |
| | 超达标情况 | 达标 | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |
| | 采样时间 | 粪大肠菌群（MPN/L） | 铜 | 锌 | 硒 | 砷 | 汞 | 镉 | 铅 | 叶绿素 a | 透明度（cm） | 硫酸盐 | 氯化物 | 硝酸盐（以 N 计） | 铁 | 锰 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2020.11.28 | $8.2\times10^{3}$ | ＜0.006 | 0.052 | $<4.0\times10^{-4}$ | $9.4\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.002 | 95 | 14.8 | ＜10 | ＜0.08 | ＜0.03 | 0.01 | |
| | 2020.11.29 | $6.5\times10^{3}$ | ＜0.006 | 0.048 | $<4.0\times10^{-4}$ | $8.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.003 | 89 | 18.1 | ＜10 | ＜0.08 | ＜0.03 | ＜0.01 | |
| | 2020.11.30 | $6.9\times10^{3}$ | ＜0.006 | 0.044 | $<4.0\times10^{-4}$ | $7.4\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.004 | 93 | 14.2 | ＜10 | ＜0.08 | ＜0.03 | ＜0.01 | |
| | 水质标准（Ⅲ类） | 10000 | 1 | 1 | 0.01 | 0.05 | 0.0001 | 0.005 | 0.05 | \ | \ | 250 | 250 | 10 | 0.3 | 0.1 | |
| | 超达标情况 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | \ | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | |
| 检测点位 | 采样时间 | pH（无量纲） | 水温（℃） | 溶解氧 | 高锰酸盐指数 | 化学需氧量 | 五日生化需氧量 | 氨氮 | 总氮 | 总磷 | 氟化物 | 氰化物 | 六价铬 | 挥发酚 | 石油类 | 阴离子表面活性剂 | |
| 新河水库 | 2020.11.28 | 7.23 | 20.25 | 5.42 | 5.2 | 22 | 3.8 | 0.267 | 0.89 | 0.09 | 0.736 | ＜0.004 | 0.012 | ＜0.0003 | 0.01 | 0.067 | |
| | 2020.11.29 | 7.14 | 20.18 | 5.33 | 5.5 | 25 | 3.9 | 0.29 | 0.96 | 0.07 | 0.75 | ＜0.004 | 0.01 | ＜0.0003 | ＜0.01 | 0.061 | |
| | 2020.11.30 | 7.11 | 20.05 | 5.45 | 5.6 | 19 | 3.5 | 0.222 | 0.93 | 0.08 | 0.765 | ＜0.004 | 0.011 | ＜0.0003 | 0.01 | 0.051 | |
| | 水质标准（Ⅳ类） | 6~9 | \ | 3 | 10 | 30 | 6 | 1.5 | 1.5 | 0.1 | 1.5 | 0.2 | 0.05 | 0.01 | 0.5 | 0.3 | |
| | 超达标情况 | 达标 | \ | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | |
| | 采样时间 | 硫化物 | 粪大肠菌群（MPN/L） | 铜 | 锌 | 硒 | 砷 | 汞 | 镉 | 铅 | 叶绿素a | 透明度（cm） | | | | | |
| | 2020.11.28 | ＜0.005 | $9.3\times10^{3}$ | ＜0.006 | 0.04 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.01 | 120 | | | | | |
| | 2020.11.29 | ＜0.005 | $1.2\times10^{4}$ | ＜0.006 | 0.038 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.008 | 117 | | | | | |
| | 2020.11.30 | ＜0.005 | $1.2\times10^{4}$ | ＜0.006 | 0.038 | $<4.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | ＜0.001 | 0.011 | 123 | | | | | |
| | 水质标准（Ⅳ类） | 0.5 | 20000 | 1 | 2 | 0.02 | 0.1 | 0.001 | 0.005 | 0.05 | \ | \ | | | | | |
| | 超达标情况 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | \ | \ | | | | | |

（3）补水水库水质监测结果

小石门水库受退水区有两个补水水库：新河水库、弯腰树水库，设计水平年2035年，小石门水库在北干线6#分水口设支管，向弯腰树水库补水，利用弯腰树水库现有供水管线向平田乡供应农村生活供水及农灌供水，在17#分水口设支管向新河水库补水，利用新河水库现有供水管线向物茂乡供应农灌供水。两座补水水库2020年11月现状水质监测结果见表4.4.4-5所示：

根据表 4.4.4-5，弯腰树水库现状水质均能满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准及《集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值》标准要求；新河水库满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准要求。

**4.4.4.3 评价方法**

地表水环境质量评价方法采用单因子标准指数法，根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的有关规定，按Ⅲ类、Ⅳ类标准值计算。标准指数计算方法如下：

（1）采用单项标准指数计算公式：

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$ （pH、DO 除外）

式中：Pi—为 i 污染物的标准指数；

Ci—为 i 污染物的实测浓度(mg/l)；

Si—为 i 污染物的标准浓度(mg/l)；

（2）pH 的标准指数计算方法：

$$P_i = \frac{7.0 - pH_i}{7.0 - pH_{sd}} \left(pH_i < 7.0\right)$$

$$P_i = \frac{pH_i - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \left(pH_i \geq 7.0\right)$$

式中：Pi—某监测点 pH 的标准指数；

pHi—某监测点 pH 的实测值；

pHsd—pH 标准值的下限；

pHsu—pH 标准值的上限；

DO 标准指数计算方法：

$$P_{\mathrm{DO,j}} = \frac{\left|DO_{\mathrm{f}} - DO_{\mathrm{j}}\right|}{DO_{\mathrm{f}} - DO_{\mathrm{s}}} \quad (\mathrm{DOj} \geq \mathrm{DOs})$$

$$P_{\mathrm{DO,j}} = 10 - 9\frac{DO_{\mathrm{j}}}{DO_{\mathrm{s}}} \quad (\mathrm{DOj} < \mathrm{DOs})$$

式中：PDO(j)—DO 在 j 点的标准指数；

DO—溶解氧浓度，mg/L；

DOf—饱和溶解氧浓度，mg/L；

DOf=468/(T+31.6)，式中 T 为水温，℃

DOj—j 点的溶解氧监测浓度；mg/L；

DOs—地表水溶解氧评价标准；mg/L。

（3）污染情况按以下原则判别：

水质参数的标准指数 Pi>1 时，表明该水质参数超过了规定的水质标准，不能满足水域功能的要求。

标准指数越小，表示该污染物浓度水平越低，污染越小；标准指数越大，表示该污染物浓度水平越高，污染越严重。

#### 4.4.4.4 水质评价结果

评价区内各断面现状监测水质评价结果详见表 4.4.4-6，评价区相关区域常规监测断面现状水质评价结果见表 4.4.4-7 所示。

## 表 4.4.4-6　小石门水库工程评价区现状监测水质评价结果一览表

| 监测点位 | 石者河汇入口上游 500m 处 | 红豆树水库下游 | 库尾 1# | 库尾 2# | 库中 | 坝址 | 碗厂村下游 1km 处（下坝址） | 龙山村 | 龙山大沟自龙川江干流取水口 | 正兴坝 | 小黄瓜大桥 | 龙街河汇入口下游 | 黑泥坡村 | 麻栗树水库 | 永仁县城 | 小河村 | 物茂乡 | 老城河入龙川江汇口前 200m | 那蚌河入龙川江汇口前 200m | 新河水库 | 弯腰树水库 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 河流 | | | 普登河 | | | | | | 龙川江干流 | | | 蜻蛉河 | | 永定河 | | | | 老城河 | 那蚌河 | 练黄箐 | 班果河 |
| 评价标准 | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅲ |
| 采样日期 | 2018 年 9 月 | 2018 年 10 月 | 2018 年 9 月 | | | | 2018 年 10 月 | | | | | | | | | | | | | 2020 年 11 月 | |
| 溶解氧 | | 0.15 | | | | | 0.23 | 0.03 | | | 0.08 | | | | | | | | | | |
| 总磷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 氨氮 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 粪大肠菌群 | | | 0.4 | | 0.8 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 采样日期 | 2019 年 1 月 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 溶解氧 | | | | | | | | 0.3 | | | | | | | | | | | | | |

## 表 4.4.4-7　小石门水库工程评价区相关区域常规监测断面水质评价结果一览表

| 断面 | 金江 | 大湾子 | 江边 | 联丰村路口旁 | 王家桥 | 赵家店 | 大河波西 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 代表河流 | 金沙江 | 金沙江 | 龙川江 | 普登河 | 蜻蛉河 | 蜻蛉河 | 羊蹄江 |
| 评价标准 | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ |
| 监测时间 | | | | | | | |
| 2016 年 1 月 | | 粪大肠菌群，0.6 | 达标 | | | | |

| 断面 | 金江 | 大湾子 | 江边 | 联丰村路口旁 | 王家桥 | 赵家店 | 大河波西 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016 年 2 月 | | 达标 | 达标 | | | | |
| 2016 年 3 月 | | 达标 | 达标 | | | | |
| 2016 年 4 月 | | 达标 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 5 月 | | 达标 | 达标 | | | | |
| 2016 年 6 月 | | 粪大肠菌群，0.6 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 7 月 | 粪大肠菌群，0.25 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，0.6 | | | | |
| 2016 年 8 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 9 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，0.6 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 10 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 11 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2016 年 12 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，0.6 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2017 年 1 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，1.4 | | | | |
| 2017 年 2 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，0.6 | 达标 | | | | |
| 2017 年 3 月 | 达标 | 达标 | 达标 | | | | |
| 2017 年 4 月 | 达标 | 达标 | 达标 | | 氨氮 0.33；总磷 0.8 | | |
| 2017 年 5 月 | 粪大肠菌群，0.6 | 达标 | 粪大肠菌群，2.5 | | 总磷 5.5；粪大肠菌群 0.4 | | |
| 2017 年 6 月 | 粪大肠菌群，0.8 | 粪大肠菌群，0.1 | 达标 | | | | |
| 2017 年 7 月 | 粪大肠菌群，5.2 | 粪大肠菌群，4.4 | 粪大肠菌群，4.4 | | | | |
| 2017 年 8 月 | 粪大肠菌群，0.8 | 粪大肠菌群，0.7 | 粪大肠菌群，15.0 | | | | |
| 2017 年 9 月 | 粪大肠菌群，1.4 | 粪大肠菌群，2.5 | 粪大肠菌群，0.3 | | | | |
| 2017 年 10 月 | | | 粪大肠菌群，0.3 | | | | |
| 2017 年 11 月 | | | 达标 | | | | |
| 2017 年 12 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 1 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 2 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 3 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 4 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 5 月 | | | 达标 | | 氨氮 0.01；COD 0.10；总磷 0.23 | | |

| 断面 | 金江 | 大湾子 | 江边 | 联丰村路口旁 | 王家桥 | 赵家店 | 大河波西 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018 年 6 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 7 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 8 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 9 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 10 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 11 月 | | | 达标 | | | | |
| 2018 年 12 月 | | | 达标 | | | | |
| 2019 年 1 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 2 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 3 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 4 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 5 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 6 月 | | | COD0.35 | 达标 | COD0.13 | | |
| 2019 年 7 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2019 年 8 月 | | | COD0.20；总磷 0.3 | 达标 | 总磷 0.17 | | |
| 2019 年 9 月 | | | COD，0.10 | 达标 | 总磷 1.50 | | |
| 2019 年 10 月 | | | 达标 | 达标 | 总磷 0.07 | | |
| 2019 年 11 月 | | | 达标 | 达标 | 总磷 0.17 | | |
| 2019 年 12 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2020 年 1 月 | | | 达标 | 达标 | 总磷 1.17 | | |
| 2020 年 2 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2020 年 3 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2020 年 4 月 | | | COD，0.25 | 达标 | | $BOD_5$0.03 | |
| 2020 年 5 月 | | | COD，0.60 | 达标 | | 总磷 0.13 | |
| 2020 年 6 月 | | | 达标 | 达标 | | | |
| 2020 年 7 月 | | | 达标 | 达标 | 氨氮 0.07 | | |
| 2020 年 8 月 | | | | 粪大肠菌群，2.5 | | | |

经评价，普登河水质基本良好，总体满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质要求。其中，2018 年 10 月红豆树水库下游、碗厂村下游 1km 处溶解氧超标（超标 0.15 倍、0.23 倍），2018 年 10 月、2019 年 1 月龙山村溶解氧超标（超标 0.03 倍）。龙川江干流龙山大沟引水断面至正兴坝河段均满足Ⅳ类水质要求，小黄瓜大桥断面除 2018 年 10 月溶解氧（超标 0.08 倍）外，均满足Ⅲ类水质要求；龙川江右岸元谋灌区内的老城河及那蚌河水质均满足Ⅳ类水质要求；蜻蛉河干流及永定河干流各断面均满足Ⅳ类水质要求。元谋灌区内已建水库新河水库、弯腰树水库分别满足Ⅳ类、Ⅲ类水质要求。详见表 4.4.4-6。

根据收集到的 2016 年 1 月~2020 年 8 月楚雄州常规水质监测结果评价，龙川江干流江边断面除总磷一次超标（2019 年 8 月）、粪大肠菌群及 COD 部分时段超标外，其余指标均满足Ⅲ类水质要求，但在 2019 年 6、8、9 月间以及 2020 年 4~5 月期间，COD 有轻微超标，超标倍数为 0.1~0.6 倍之间；蜻蛉河干流王家桥断面总磷部分时段（2017 年 4、5 月，2018 年 5 月，2019 年 8~11 月，2020 年 1 月）超标，超标倍数在 0.07~5.5 倍之间，个别时段（2017 年 4 月、2018 年 5 月、2020 年 7 月）氨氮超标，超标倍数在 0.01~0.33 倍之间，极个别时段（2018 年 5 月、2019 年 6 月）COD 超标，超标倍数 0.1~0.13 倍，粪大肠菌群一次超标（2017 年 5 月）。赵家店断面除极个别时段 $BOD_5$（2020 年 4 月，超标 0.03 倍）、总磷（2020 年 5 月，超标 0.1 倍）超标外，基本满足Ⅳ类水质要求。支流羊蹄江大河波西断面满足Ⅳ类水质要求。金沙江干流金江、大湾子断面除粪大肠菌群外，其余指标均满足Ⅲ类水质要求。根据收集到的 2019 年 1 月至 2020 年 8 月的普登河小石门水库库尾以上的联丰村路口旁的常规水质监测结果，除 2020 年 7 月粪大肠菌群超标 2.5 倍外，满足Ⅲ类水质要求。详见表 4.4.4-7。

**4.4.4.5 超标原因分析**

根据现状水质现状评价结果，区域内龙川江干流江边断面以上干支流部分断面、部分时段存在溶解氧超标，龙川江江边断面及金沙江干流断面存在粪大肠菌群、COD 超标，普登河库尾至坝址断面部分时段存在粪大肠菌群超标。

（一）溶解氧超标原因分析

根据现状监测结果，2018 年 10 月碗厂村下游 1km 处、红豆树水库下游处溶解氧超标。以上两个监测点位水流极小，河道近乎断流，水体流动性差，加之周边农业面源污染，导致溶解氧超标。

2018 年 10 月、2019 年 1 月龙山村断面溶解氧超标，2018 年 10 月小黄瓜大桥断面溶解氧超标。龙山村监测断面位于弯腰树水库下游约 13.5km 处，该断面周边均为耕地，水流较小；小黄瓜大桥位于元谋县黄瓜园，主要受农业农村面源污染影响，导致溶解氧超标。

（二）粪大肠菌群超标原因分析

普登河小石门水库库尾 1#断面及坝址河段 2018 年 9 月粪大肠菌群超标 0.2~0.8 倍，且呈库尾向坝址超标程度沿程递减的趋势。结合污染源估算结果，其超标原因来自于小石门水库库尾上游汇水区内农业面源污染，尤其是距离干流河道的乡镇生活污水及畜禽粪便未经处理直接排放等的影响。

龙川江入金沙江入口处江边断面粪大肠菌群超标可能系受小黄瓜园以下的居民生活排污或受金沙江干流上游来流影响所致。

（三）COD 超标原因分析

由常规水质监测断面 2015~2020 年 8 月水质监测结果，蜻蛉河干流上游的王家桥断面总磷、氨氮、COD 部分时段较Ⅳ类水质要求有超标，超标时段主要出现在 4~5 月及丰水期 8~11 月，中游的赵家店断面极个别时段 $BOD_5$（2020 年 4 月，超标 0.03 倍）、总磷（2020 年 5 月，超标 0.1 倍）较Ⅳ类水质要求有轻微超标。蜻蛉河干流两断面的总磷部分时段超标可能主要系干流两岸的农田的面源污染所致，氨氮、COD、$BOD_5$ 在部分时段的超标可能主要系沿途县城、乡镇的生活污水排放所致。

由常规水质监测断面 2015~2020 年 8 月水质监测结果，龙川江干流江边断面 2019 年 6、8、9 月间以及 2020 年 4~5 月期间 COD 较Ⅲ类水质要求有轻微超标。结合同时期的龙川江干支流的水质监测结果，2019 年 6、8、9 月期间的江边断面 COD 较Ⅲ类水质要求有轻微超标的原因可能来自于同期支流蜻蛉河的 COD 丰水期浓度偏高所致，而 2020 年 4~5 月期间 COD 浓度较Ⅲ类水质要求有轻微超标的原因可能来自于龙川江口下约 105.5km 处的乌东德水库的初期蓄水、同期

蜻蛉河上游来流 COD 浓度较高以及初期蓄水期间江边乡乌东德水库淹没区土壤中污染负荷浸出影响所致。

**4.4.4.6 小结**

（1）水源区水质：

根据 2018 年 10 月及 2019 年 1 月水质现状监测结果，普登河水质基本良好，基本满Ⅲ类水质要求。2018 年 10 月除支流两个点位溶解氧（超标 0.31~2.07 倍）、2019 年 1 月龙山村断面溶解氧超标 0.3 倍外，水质满足Ⅲ类水质目标要求。

此外，根据收集到的 2019 年月至 2020 年 8 月的普登河小石门水库库尾以上的联丰村路口旁的常规水质监测结果，除 2020 年 7 月粪大肠菌群超标 2.5 倍外，满足Ⅲ类水质目标要求。

（2）受退水区水质：

1）龙川江干流

龙川江干流龙山大沟引水断面至正兴坝河段均满足Ⅳ类水质要求，小黄瓜大桥断面除 2018 年 10 月溶解氧（超标 0.76 倍）外，均满足Ⅲ类水质要求。

根据收集到的 2016 年 1 月~2020 年 7 月楚雄州常规水质监测结果评价，龙川江干流江边断面除粪大肠菌群及 COD 部分时段超标外，其余指标均满足Ⅲ类水质要求，其中 2016-2018 年间 COD 不超标，但在 2019 年 6、8、9 月间以及 2020 年 4-5 月期间，COD 有轻微超标，超标倍数为 0.1~0.6 倍之间。

金沙江干流金江、大湾子断面除粪大肠菌群外，其余指标均满足Ⅲ类水质要求。

龙川江右岸元谋灌区内的老城河及那蚌河水质及蜻蛉河干流及永定河干流各断面均满足Ⅳ类水质要求。

2）蜻蛉河

蜻蛉河干流王家桥断面总磷部分时段（2017 年 4、5 月，2018 年 5 月，2019 年 8-11 月，2020 年 1 月）超标，超标倍数在 0.07~5.5 倍之间，个别时段（2017 年 4 月、2018 年 5 月、2020 年 7 月）氨氮超标，超标倍数在 0.01~0.33 倍之间，极个别时段（2018 年 5 月、2019 年 6 月）COD 超标，超标倍数 0.1~0.13 倍。赵家店断面除极个别时段 $BOD_5$（2020 年 4 月，超标 0.03 倍）、总磷（2020 年 5 月，

超标 0.1 倍）超标外，基本满足Ⅳ类水质要求。支流羊蹄江大河波西断面满足Ⅳ类水质要求。

（3）灌区补水水库水质

元谋灌区已建弯腰树水库、新河水库现状水质分别能够满足Ⅲ类、Ⅳ类水质要求。

## 4.5 地下水环境

根据区域内地下水赋存条件、水理性质和水力特征，将区内地下水划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水三大类；碳酸盐岩裂隙溶洞水、碎屑岩类裂隙水、变质岩类裂隙水、火成岩类裂隙水、新近系及第四系松散堆积物孔隙水五个亚类。

区域内地下水补给、径流、排泄和赋存条件受大气降水、地形地貌、植被、岩性与构造等众多因素的影响。大气降水是区域地下水的主要补给来源。在碎屑岩区，大气降水通过风化的裂隙、孔隙等下渗流入地下含水层，深度越大，裂隙发育程度越低；在地表裸露的碳酸盐岩区，大气降水通过岩溶裂隙、溶管等垂直岩溶形态下渗流入地下含水层；在松散岩区，大气降水通过孔隙、部分裂隙下渗对地下含水层进行垂向及侧向补给。研究区处于丘陵山区，山脊到沟谷的斜坡地带常为径流区，地下水沿裂隙、孔隙或者岩溶裂隙进行运移，径流迅速，当地溪流天然情况下都构成地下水的排泄基准。研究区地表水系较为发育，地下水先由山脊向地下水排泄基准如古岩河、石者河、勐岗河、小班果河、普登河、蜻蛉河、龙川江汇集径流，再总体由南向北径流至金沙江。

区域内大致分成戍街-营盘山-九鼎山-老尖山（Ⅰ）、白土坡-浪巴铺（Ⅱ）、洒芷-拱洞山（Ⅲ）、大龙潭梁子-新华-洪告（Ⅳ）、腊古-虎溪-班三界（Ⅴ）、物茂-独田-大坡头梁子（Ⅵ）、江边-多克-摩诃-大麦地-大尖山-洒交泥-鸡冠山（Ⅶ）七个具有相对补给、径流、排泄的水文地质单元。

## 4.5.1 地下水环境质量

### 4.5.1.1 监测点位

我公司委托云南地矿工程勘察集团公司开展了地下水环境现状与影响专题研究。为掌握评价区内地下水环境质量状况，云南地矿工程勘察集团公司委托云南浩辰环保科技有限公司于2018年9月对评价区内18个点位的水样进行了水质监测，其中小石门水库上游汇水范围内 7 件泉水点水样：W01、W03、W05、W07、W08、W09、W10；水库下游输水线路区7件供水井水样：#03、#04、#05、#07、#08、#09、#10；灌区4件供水井水样：H01、H02、H03、H04。监测点位信息见表4.5.1-1，监测点位示意图附图12。

**表 4.5.1-1　小石门水库地下水水质监测点一览表**

| 序号 | 上游水样编号 | 经度 | 纬度 | 取样地点 | 水位标高（m） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W01 | 101°41′23″ | 25°32′0.69″ | 板桥村西侧 | 1970 |
| 2 | W03 | 101°40′32″ | 25°31′37″ | 铁厂 | 1879 |
| 3 | W05 | 101°37′54″ | 25°30′46″ | 小龙箐水库 | 1950 |
| 4 | W07 | 101°36′5″ | 25°27′57″ | 洗澡河村 | 1892 |
| 5 | W08 | 101°29′32″ | 25°28′51″ | 螃蟹箐 | |
| 6 | W09 | 101°32′59.23″ | 25°30′14.34″ | 祭龙箐 | 1806 |
| 7 | W10 | 101°24′19″ | 25°33′10″ | 稗子田 | |
| 8 | #03 | 101°44′0.81″ | 25°50′49″ | 雷老村 | 1111 |
| 9 | #04 | 101°43′59″ | 25°49′45″ | 虎溪村 | 1106.7 |
| 10 | #05 | 101°46′20″ | 25°51′15″ | 多克村 | 1106.5 |
| 11 | #07 | 101°48′5″ | 25°41′26″ | 班西立河北边 | 1082 |
| 12 | #08 | 101°48′3″ | 25°40′57″ | 大己保村 | 1088 |
| 13 | #09 | 101°46′54″ | 25°53′1.84″ | 华竹村（那蚌）田边 | 1088.1 |
| 14 | #10 | 101°47′31″ | 25°42′11″ | 金刚纂村 | 1086.5 |
| 15 | H01 | 101°47′23″ | 25°45′58″ | 班恺村 | 1098 |
| 16 | H02 | 101°49′11″ | 25°46′50″ | 洪告村 | 1020 |
| 17 | H03 | 101°50′36″ | 25°43′41″ | 下总括小村 | 1023 |
| 18 | H04 | 101°50′18″ | 25°44′38″ | 摩诃村 | 1018 |

### 4.5.1.2 监测结果

评价区内地下水水质监测结果见表4.5.1-2。

**表 4.5.1-2　评价区地下水水质监测结果表**

| 序号 | 水样编号 | pH（无量纲） | 总硬度 | 溶解性总固体 | 硫酸盐 | 氟化物 | 挥发酚类 | 阴离子合成洗涤剂 | 铜 | 铁 | 锰 | 高锰酸盐指数 | 氨氮 | 钠 | 菌落总数(个/mL） | 亚硝酸盐氮 | 硝酸盐 | 氰化物 | 氯化物 | 砷 | 铅 | 铬（六价） | 汞 | 镉 | 硒 | 六六六（μg/L） | 滴滴涕（μg/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 标准限值 | 6.5~8.5 | 450 | 1000 | 250 | 1 | 0.002 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.1 | 3 | 0.5 | 200 | 100 | 1 | 20 | 0.05 | 250 | 0.01 | 0.2 | 0.05 | 0.001 | 0.005 | 0.01 | 5 | 1 |
| 1 | W01 | 7.45 | 126 | 244 | 26.4 | 0.4 | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.28 | 0.09 | 7.27 | 26 | 0.001 | 0.4 | 0.004L | 15.2 | $5.1\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 2 | W03 | 7.04 | 196 | 248 | 45.3 | 0.2 | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.34 | 0.11 | 5.3 | 21 | 0.001 | 0.2L | 0.004L | 7.8 | $3.6\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 3 | W05 | 7.1 | 19.9 | 52 | 5 | 0.2L | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.86 | 0.32 | 7.08 | 40 | 0.003 | 0.2 | 0.004L | 1.3 | $9.9\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 4 | W07 | 6.91 | 178 | 276 | 15.3 | 0.2L | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.49 | 0.05 | 7.72 | 52 | 0.001L | 0.2L | 0.004L | 1.3 | $4.8\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 5 | W08 | 7.03 | 111 | 180 | 34.5 | 0.2L | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.24 | 0.05 | 6.95 | 26 | 0.001L | 0.2L | 0.004L | 2.3 | $1.2\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 6 | W09 | 7.44 | 277 | 386 | 25.7 | 0.2L | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.73 | 0.09 | 7.35 | 31 | 0.003 | 0.4 | 0.004L | 5.5 | $4.5\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 7 | W10 | 7.52 | 170 | 216 | 26.8 | 0.2L | 0.002L | 0.050L | 0.005L | 0.3L | 0.1L | 0.4 | 0.05 | 3.9 | 12 | 0.002 | 0.3 | 0.004L | 8.6 | $3.9\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4\times10^{-4}$L | | |
| 8 | #03 | 7 | **558** | 706 | 198 | 0.5 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.74 | 0.13 | 12.6 | 75 | 0.001 | 1.3 | 0.002L | 7.2 | $3.1\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.3\times10^{-4}$ | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 9 | #04 | 6.83 | 422 | 563 | 97.1 | 0.2 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.56 | 0.22 | 6.69 | 71 | 0.006 | 1.9 | 0.002L | 30.3 | $1.2\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $8.7\times10^{-4}$ | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 10 | #05 | 6.91 | 391 | 492 | 44.3 | 0.2 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.72 | 0.23 | 7.95 | 87 | 0.002 | 0.2 | 0.002L | 13 | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 11 | #07 | 6.83 | **508** | 636 | 15.4 | 0.6 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.82 | 0.19 | 5.57 | 72 | 0.017 | 6.1 | 0.002L | 34.4 | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $8.8\times10^{-4}$ | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 12 | #08 | 6.92 | 338 | 355 | 20.6 | 0.4 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.68 | 0.14 | 5.67 | 80 | 0.001 | 2.6 | 0.002L | 31.4 | $1.2\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $8.2\times10^{-4}$ | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 13 | #09 | 7.05 | 215 | 318 | 6 | 0.4 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.59 | 0.15 | 4.62 | 83 | 0.001 | 0.3 | 0.002L | 8.8 | $5.5\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 14 | #10 | 6.72 | 420 | 580 | 20.5 | 0.9 | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.3 | 0.78 | 0.28 | 4.42 | 73 | 0.029 | 2 | 0.002L | 46 | $2.4\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $9.3\times10^{-4}$ | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | $1\times10^{-5}$L | $2\times10^{-5}$L |
| 15 | H01 | 6.82 | **497** | 858 | 215 | 0.2L | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 1.08 | 0.05 | 30.3 | 46 | 0.016 | 3.8 | 0.002L | 25 | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | | |
| 16 | H02 | 6.72 | **912** | **1408** | **534** | 0.2L | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | **0.3** | 1.74 | 0.28 | 30.6 | 41 | 0.022 | 3.3 | 0.002L | 62.5 | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | | |
| 17 | H03 | 6.79 | **1025** | **2548** | **522** | 0.2L | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | **0.3** | 1.02 | 0.06 | 31.8 | 36 | 0.023 | 4.2 | 0.002L | **325** | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | | |
| 18 | H04 | 6.61 | **1269** | **3046** | **458** | 0.2L | 0.002L | 0.05L | $5\times10^{-3}$L | 0.3L | 0.1L | 0.88 | 0.04 | 30.8 | **480** | 0.015 | 4.2 | 0.002L | **390** | $1.0\times10^{-3}$L | $2.5\times10^{-3}$L | 0.004L | $1.0\times10^{-4}$L | $5\times10^{-4}$L | $4.0\times10^{-4}$L | | |

#### 4.5.1.3 评价方法

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）对地下水水质现状评价的要求，采用标准指数法进行评价。标准指数>1，表明该水质因子已经超过了规定的水质标准，指数越大，超标越严重。

#### 4.5.1.4 评价结果

根据表 4.5.1-2，小石门水库水源区和输水线路区内地下水水质较好，除输水线路区#03、#07 两口水井的水样总硬度略微超标外，其他监测点均能达到《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类标准；灌区内地下水水质不能满足Ⅲ类标准，4 个监测点位中总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、锰及菌落总数均出现不同程度的超标。

初步分析，本次灌区内采样的 4 口供水井周边均为农田，已经进行农业种植活动多年，矿化度、硫酸盐、氯化物的超标是长时间富集所产生的结果。本工程灌区位于云南“滇中红层”区，虽以砂岩、泥质岩为主，但局部夹膏盐，降雨以及长期的农业活动导致被盐分稀释后通过水力搬运迁移至地下水及土壤中，从而造成灌区地下水含盐量增高，故灌区矿化度超标可能与背景值本身偏高有关。灌区位于冲洪积堆积层，元谋属南亚热带干热季风气候，灌区灌水后蒸发作用强烈，若加之径流条件差情况下，极易引起盐份富集，长时间的富集积累，导致灌区高盐情况愈发严重。因此，灌区内气候条件的特点加上长期的农业活动，是造成地下水水质下降的主要原因。

### 4.5.2 地下水开发利用现状

评价区内地下水开发利用较为普遍，当地居民一般取用地下水作为农业和生活用水。本次评价区内共调查到被利用的地下水水源点 24 处，包括 8 处泉眼、16 口井。其中，作为生活用水水源的为 16 个，农业用水水源 8 个。从分布情况与本工程的位置关系看，水源区内 7 个、输水线路区 13 个、灌区内 4 个。具体开发利用情况见表 4.5.2-1。

**表 4.5.2-1　地下水开发利用现状情况表**

| 序号 | 编号 | 经度 | 纬度 | 用水对象 | 流量（L/s） | 用水人数 | 用水类型 | 与工程位置关系 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W01 | 101°41′23″ | 25°32′0.69″ | 板桥村 | 2.432 | 50 | 生活 | 水源区 |
| 2 | W03 | 101°40′32″ | 25°31′37″ | 铁厂 | 16.6 | 200 | 生活 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | W05 | 101°37′54″ | 25°30′46″ | 小龙箐水库 | 12.03 | - | 农业 | |
| 4 | W07 | 101°36′5″ | 25°27′57″ | 洗澡河村采石厂 | 36.6 | 30 | 生活 | |
| 5 | W08 | 101°29′32″ | 25°28′51″ | 何家村 | 10.15 | - | 农业 | |
| 6 | W09 | 101°32′59″ | 25°30′14″ | 祭龙箐 | 8.3 | - | 农业 | |
| 7 | W10 | 101°29′32″ | 25°28′51″ | 稗子田 | 6.90 | - | 农业 | |
| 8 | W44 | 101°38′37″ | 25°36′45″ | 葫芦塘 | - | 30 | 生活 | 输水线路区 |
| 9 | #03 | 101°44′0.81″ | 25°50′49″ | 雷老村 | 0.2 | 137 | 生活 | |
| 10 | #04 | 101°43′59″ | 25°49′45″ | 虎溪村 | 0.4 | 280 | 生活 | |
| 11 | #05 | 101°46′20″ | 25°51′15″ | 多克村 | 0.19 | 1288 | 生活 | |
| 12 | #07 | 101°48′5″ | 25°41′26″ | 班西立河北边 1 户 | - | 4 | 生活 | |
| 13 | #08 | 101°48′3″ | 25°40′57″ | 大己保村 | - | 4 | 生活 | |
| 14 | #09 | 101°46′54″ | 25°53′1.84″ | 华竹村 | - | - | 农业 | |
| 15 | #10 | 101°47′31″ | 25°42′11″ | 金刚纂村 | - | - | 农业 | |
| 16 | #45 | 101°38′21″ | 25°36′27″ | 老厂村 | 0.2 | 136 | 生活 | |
| 17 | #50 | 101°42′08″ | 25°38′08″ | 水桥寺 | 0.32 | 220 | 生活 | |
| 18 | #51 | 101°41′21″ | 25°37′23″ | 海田村 | 0.29 | 200 | 生活 | |
| 19 | #52 | 101°40′40″ | 25°37′01″ | 老纳上村 | 1.27 | 880 | 生活 | |
| 20 | #54 | 101°40′44″ | 25°36′07″ | 老纳村 | 0.43 | 300 | 生活 | |
| 21 | H01 | 101°47′23″ | 25°45′58″ | 班恺村 | - | - | 农业 | 灌区 |
| 22 | H02 | 101°49′11″ | 25°46′50″ | 洪告村 | - | 4 | 生活 | |
| 23 | H03 | 101°50′36″ | 25°43′41″ | 下总括小村 | - | 4 | 生活 | |
| 24 | H04 | 101°50′18″ | 25°44′38″ | 摩诃村 | - | - | 农业 | |

## 4.6 土壤环境

项目区土壤主要由中生代白垩纪和侏罗纪地层为母质发育而成，主要土类有紫色土、黄棕壤、棕壤、红壤及水稻土。土壤地域性分布明显，随海拔、植被、地貌变化有一定的规律性。

为了解工程区土壤环境质量现状，2019 年 8 月我公司委托云南高科环境保护科技有限公司对工程评价区土壤理化特性调查和土壤环境质量现状监测，共设置了 12 个监测点，监测点位见表 4.6-1。

**表 4.6-1　土壤环境质量现状监测点位表**

| 编号 | 采样地点 | 位置 | 点位位置类型 |
|---|---|---|---|
| 1# | 水库拟淹没范围内库尾左支 | E：101°36′09.96″　N：25°32′45.50″ | 占地范围内 |
| 2# | 水库拟淹没范围内库尾右支 | E：101°38′01.47″　N：25°32′54.60″ | |
| 3# | 水库拟淹没范围内坝址 | E：101°38′10.00″　N：25°35′13.43″ | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4# | 水库拟淹没范围内库中 | E：101°37′57.58"　N：25°35′03.01" | |
| 5# | 物茂乡小山村（多竹村）附近水田 | E：101°47′14.87"　N：25°52′45.84" | 占地范围外（评价灌区范围内） |
| 6# | 物茂乡小山村（多竹村）附近旱地 | E：101°47′12.88"　N：25°52′46.74" | |
| 7# | 平田乡小半坡村（小班果村）附近水田 | E：101°44′50.51"　N：25°45′38.26" | |
| 8# | 平田乡小半坡村（小班果村）附近旱地 | E：101°44′53.90"　N：25°45′38.10" | |
| 9# | 平田乡小已保村附近水田 | E：101°47′50.21"　N：25°41′12.17" | |
| 10# | 平田乡小已保村附近旱地 | E：101°47′57.44"　N：25°40′56.88" | |
| 11# | 现状元谋大型灌区（龙川江右岸）内足水灌区水田 | E：101°51′29.01"　N：25°41′41.22" | 类比点位（足水灌溉） |
| 12# | 现状元谋大型灌区（龙川江右岸）内足水灌区旱地 | E：101°51′26.43"　N：25°41′39.01" | |

（1）土壤理化特性

小石门水库工程土壤理化特性调查结果见表 4.6-2，根据调查结果初步判定评价范围内主要分布有 2 种土壤，分别为壤土和砂土。

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）附录 D 中 D.1，土壤含盐量 SSC＜1g/kg 表明土壤未盐化、1g/kg≤SSC＜2g/kg 表明土壤轻度盐化。理化特性调查结果表明工程占地范围内和范围外土壤水溶性盐 SSC 为 0.12~1.14g/kg，9 个监测点 SSC 均小于 1 g/kg，表明工程区土壤未盐化，有 3 个监测点 1g/kg≤SSC＜2g/kg，工程区有轻度盐化。

根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）附录 D 中表 D.2，土壤 5.5≤pH＜8.5 无酸化或碱化，4.5≤pH＜5.5 轻度酸化，监测结果表明工程区 11 个监测点土壤 pH 在 6.11~8.02 范围，工程区土壤无酸化或碱化，仅 1 个监测点土壤 PH 为 5.08，为轻度酸化。

根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）附录 C 中表 C.1，对生态影响型建设项目对地下水溶解性总固体进行了监测，共设置了 4 个监测点，溶解性总固体监测值在 0.528g/L~1.34 g/L 之间，见表 4.6-3。

（2）土壤环境质量现状

小石门水库工程评价区土壤环境质量现状监测结果见表 4.6-4，对照《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018），小石门水库径流区、灌区及元谋灌区现有耕地共计 12 个监测点土壤环境质量现状监测值

均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》（试行）（GB15618-2018）中农用地土壤污染风险筛选制标准要求。

评价区土壤中镉、汞、砷、铅、铬等重金属因子的监测值均小于农用地土壤污染风险筛选值，根据该标准的定义可知，农用地土壤中污染物含量等于或者低于农用地土壤污染风险筛选值的，对农产品质量安全、农作物生长或土壤生态环境的风险低，一般情况下可以忽略。

综上可以看出，工程评价区土壤环境质量总体较好。

**表 4.6-2　工程区土壤理化特性调查结果统计表**

| 点号 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# | 7# | 8# | 9# | 10# | 11# | 12# |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 层次 | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） | 表层（0-0.2m） |
| 颜色 | 红棕色 | 红棕色 | 红棕色 | 红色 | 红棕色 | 红棕色 | 棕色 | 红棕色 | 棕色 | 红棕色 | 暗栗色 | 红棕色 |
| 结构 | 团粒状 | 块状 | 团粒状 | 团粒状 | 团粒状 | 块状 | 团粒状 | 块状 | 团粒状 | 团粒状 | 团粒状 | 块状 |
| 质地 | 壤土 | 壤土 | 砂土 | 砂土 | 砂土 | 壤土 | 砂土 | 壤土 | 壤土 | 壤土 | 壤土 | 壤土 |
| 砂砾含量 | 少量 | 微量 | 大量 | 大量 | 大量 | 少量 | 大量 | 少量 | 少量 | 少量 | 少量 | 微量 |
| 其他异物 | 植物根茎 | 植物根茎 | 植物根茎、石子 | 植物根茎、石子 | 植物根茎、石子 | 植物根茎 | 植物根茎、石子 | 植物根茎 | 植物根茎 | 植物根茎 | 植物根茎 | 植物根茎 |
| PH | 6.11 | 7.40 | 6.21 | 5.08 | 8.02 | 7.56 | 7.20 | 7.48 | 6.82 | 7.50 | 7.83 | 7.52 |
| 阳离子交换量(cmol/Kg) | 19.70 | 8.91 | 6.90 | 13.55 | 16.06 | 35.26 | 13.30 | 23.59 | 11.92 | 16.31 | 12.17 | 22.46 |
| 氧化还原电位（mV） | 39 | 101 | 187 | 166 | -89 | 84 | -164 | 76 | -123 | 31 | -101 | 66 |
| 饱和导水率($\times10^{-3}$cm/s) | 1.98 | 1.89 | 2.05 | 2.05 | 1.74 | 2.16 | 1.86 | 2.35 | 1.88 | 2.05 | 1.85 | 2.06 |
| 容重（kg/m$^3$） | 1.06 | 1.45 | 2.02 | 1.94 | 1.13 | 1.55 | 1.02 | 1.26 | 1.18 | 1.06 | 1.03 | 1.56 |
| 水溶性盐（g/kg） | 0.76 | 0.66 | 0.42 | 0.34 | 0.76 | 0.76 | 0.48 | 1.12 | 0.12 | 0.70 | 1.14 | 1.02 |

**表 4.6-3　评价区地下水溶解性总固体**

| 序号 | 采样地点 | 溶解性总固体（g/L） |
|---|---|---|
| 1 | 物茂乡小山村（多竹村）附近地下水 | 0.916 |
| 2 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近地下水 | 1.15 |
| 3 | 平田乡小已保村附近地下水 | 0.528 |
| 4 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区地下水 | 1.34 |
| 样品状态及特征：物茂乡小山村（多竹村）附近地下水、平田乡小已保村附近地下水、现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区地下水水样无色无异味、无明显漂浮物、无浮油；平田乡小半坡村（小班果村）附近地下水水样无色无异味、有微量漂浮物、无浮油。 | | |

**表 4.6-4　小石门水库工程评价区土壤环境质量现状监测结果一览表**

| 采样点位 | 1#：库尾左支 | | | 2#：库尾右支 | | | 3#：坝址 | | | 4#：库中 | | | 5#：物茂乡小山村（多竹村）附近水田 | | | 6#：物茂乡小山村（多竹村）附近旱地 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 |
| 镉（mg/kg） | 0.28 | 0.3 | 达标 | 0.05 | 0.3 | 达标 | 0.29 | 0.3 | 达标 | 0.05 | 0.3 | 达标 | 0.29 | 0.8 | 达标 | 0.07 | 0.6 | 达标 |
| 砷（mg/kg） | 14.2 | 40 | 达标 | 5.86 | 30 | 达标 | 16.2 | 40 | 达标 | 11.9 | 40 | 达标 | 3.19 | 20 | 达标 | 3.56 | 25 | 达标 |
| 汞（mg/kg） | 0.085 | 1.8 | 达标 | 0.094 | 2.4 | 达标 | 0.054 | 1.8 | 达标 | 0.092 | 1.3 | 达标 | 0.045 | 1 | 达标 | 0.05 | 3.4 | 达标 |
| 铜（mg/kg） | 29.2 | 50 | 达标 | 17.6 | 100 | 达标 | 21.9 | 50 | 达标 | 30.4 | 50 | 达标 | 24.5 | 100 | 达标 | 28.4 | 100 | 达标 |
| 铅（mg/kg） | 28.2 | 90 | 达标 | 18.5 | 120 | 达标 | 81 | 90 | 达标 | 37.2 | 70 | 达标 | 15.3 | 240 | 达标 | 19 | 170 | 达标 |
| 镍（mg/kg） | 43.9 | 70 | 达标 | 30.4 | 100 | 达标 | 18 | 70 | 达标 | 54.4 | 60 | 达标 | 26.5 | 190 | 达标 | 39.2 | 190 | 达标 |
| 锌（mg/kg） | 125 | 200 | 达标 | 75.7 | 250 | 达标 | 159 | 200 | 达标 | 131 | 200 | 达标 | 81 | 300 | 达标 | 97.3 | 300 | 达标 |
| 铬（mg/kg） | 148 | 150 | 达标 | 101 | 200 | 达标 | 72.1 | 150 | 达标 | 105 | 150 | 达标 | 98.6 | 350 | 达标 | 134 | 250 | 达标 |

## 续表 4.6-4　小石门水库工程评价区土壤环境质量现状监测结果一览表

| 采样点位 | 7#：平田乡小半坡村（小班果村）附近水田 | | | 8#：平田乡小半坡村（小班果村）附近旱地 | | | 9#：平田乡小已保村附近水田 | | | 10#：平田乡小已保村附近旱地 | | | 11#：现状元谋大型灌区（龙川江右岸）内足水灌区水田 | | | 12#：现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区旱地 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 | 监测值 | 标准值 | 超达标情况 |
| 镉（mg/kg） | 0.05 | 0.6 | 达标 | 0.08 | 0.3 | 达标 | 0.27 | 0.6 | 达标 | 0.27 | 0.3 | 达标 | 0.11 | 0.8 | 达标 | 0.1 | 0.6 | 达标 |
| 砷（mg/kg） | 3.18 | 25 | 达标 | 11.4 | 30 | 达标 | 7.22 | 25 | 达标 | 8.81 | 30 | 达标 | 3.59 | 20 | 达标 | 6.55 | 25 | 达标 |
| 汞（mg/kg） | 0.043 | 0.6 | 达标 | 0.054 | 2.4 | 达标 | 0.063 | 0.6 | 达标 | 0.066 | 2.4 | 达标 | 0.049 | 1 | 达标 | 0.077 | 3.4 | 达标 |
| 铜（mg/kg） | 9.8 | 100 | 达标 | 22.7 | 100 | 达标 | 37 | 100 | 达标 | 39.2 | 100 | 达标 | 22.1 | 100 | 达标 | 26.7 | 100 | 达标 |
| 铅（mg/kg） | 23.2 | 140 | 达标 | 39.2 | 120 | 达标 | 37 | 140 | 达标 | 36.5 | 120 | 达标 | 16.6 | 240 | 达标 | 24.2 | 170 | 达标 |
| 镍（mg/kg） | 14.1 | 100 | 达标 | 38.9 | 100 | 达标 | 30 | 100 | 达标 | 38 | 100 | 达标 | 21.4 | 190 | 达标 | 31.2 | 190 | 达标 |
| 锌（mg/kg） | 101 | 250 | 达标 | 110 | 250 | 达标 | 115 | 250 | 达标 | 100 | 250 | 达标 | 63.6 | 300 | 达标 | 115 | 300 | 达标 |
| 铬（mg/kg） | 78.9 | 300 | 达标 | 106 | 200 | 达标 | 122 | 300 | 达标 | 115 | 200 | 达标 | 71.7 | 350 | 达标 | 126 | 250 | 达标 |

# 4.7 环境空气质量和声环境

## 4.7.1 环境空气质量

1、常规监测

目前楚雄州已建成了覆盖 10 县市城区的环境空气自动监测网，并通过了国家、省级、州级验收投入运行，共设 12 个监测点位，其中国控监测点位 2 个（楚雄州环境监测站和楚雄市经济开发区），省控监测点位 9 个南华县环保局、姚安县档案馆、大姚县平安医院、永仁县人事局、武定县环保局、牟定县环保局、禄丰县环保局、双柏县环保局、元谋县环保局）、州控监测点位 1 个（州文化馆），监测频次为 24 小时连续自动监测，监测项目为常规 6 项（$SO_2$、$NO_X$、$NO_2$、NO、$PM_{10}$、$PM_{2.5}$、CO、$O_3$）、气象五参数（温度、湿度、气压、风向、风速）、能见度，并实时上传和发布数据。

2019 年全州环境空气质量总体优良率为 99.7%，其中牟定县监测有效天数 363 天，其中“优”为 253 天，“良”为 110 天，优良率为 100%；元谋县监测有效天数 356 天，其中“优”为 238 天，“良”为 118 天，优良率为 100%；大姚县监测有效天数 357 天，其中“优”为 245 天，“良”为 111 天，“轻度污染”为 1 天，优良率为 99.7%。

2019 年全州环境空气质量主要监测指标均值均达到一级标准。按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）进行评价（CO 和 $O_{3\text{-}8h}$ 无相应年均值标准限值，不作年均值分级评价，下同），全州 2019 年 $PM_{10}$ 年均值为 31μg/m$^3$（一级）、$PM_{2.5}$ 为 15μg/m$^3$（一级）、$SO_2$ 为 11μg/m$^3$（一级）、$NO_2$ 为 12μg/m$^3$（一级）、CO 为 0.8mg/m$^3$、$O_{3\text{-}8h}$ 为 88μg/m$^3$。其中牟定县 $PM_{10}$ 年均值为 35μg/m$^3$（一级）、$PM_{2.5}$ 为 16μg/m$^3$（二级）、$SO_2$ 为 12μg/m$^3$（一级）、$NO_2$ 为 7μg/m$^3$（一级）、CO 为 0.9mg/m$^3$、$O_{3\text{-}8h}$ 为 87μg/m$^3$；元谋县 $PM_{10}$ 年均值为 38μg/m$^3$（一级）、$PM_{2.5}$ 为 15μg/m$^3$（一级）、$SO_2$ 为 14μg/m$^3$（一级）、$NO_2$ 为 10μg/m$^3$（一级）、CO 为 0.8mg/m$^3$、$O_{3\text{-}8h}$ 为 86μg/m$^3$；大姚县 $PM_{10}$ 年均值为 26μg/m$^3$（一级）、$PM_{2.5}$ 为 11μg/m$^3$（一级）、$SO_2$ 为 5μg/m$^3$（一级）、$NO_2$ 为 12μg/m$^3$（一级）、CO 为 0.8mg/m$^3$、$O_{3\text{-}8h}$ 为 92μg/m$^3$。

2、环境空气质量现状监测

为进一步掌握工程区环境空气质量现状，我公司在评价区选取了丽芷村、班西立、岔沟头村共 3 个具有代表性的监测点，委托云南坤发环境科技有限公司进行了连续采样 7 天（时段为 2018 年 10 月 29 日至 2018 年 11 月 11 日）的采样监测，监测项目包括 TSP、$PM_{10}$、$NO_2$、$SO_2$、$PM_{2.5}$ 的 24h 平均浓度和 $NO_2$、$SO_2$ 的 1h 平均浓度。监测点布置见表 4.7.1-1。24h 均值监测结果详见表 4.7.1-2，1h 均值监测结果见表 4.7.1-3，由表可知，评价区内以 TSP、$PM_{10}$、$PM_{2.5}$、$SO_2$ 和 $NO_2$ 为指标的环境空气质量总体较好，评价区环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求。

**表 4.7.1-1　环境空气现状监测点设置情况一览表**

| 序号 | 监测点位 | 经纬度 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 1 | 丽芷村 | E：101°44′1.47″、N：25°41′25.86″ | 总干线工程区 |
| 2 | 班西立 | E：101°48′12.83″、N：25°41′13.99″ | 东干线工程区 |
| 3 | 岔沟头村 | E：101°44′20.74、N：25°45′49.81″ | 北干线工程区 |

**表 4.7.1-2　环境空气质量现状监测结果统计表（24h 均值）　单位：μg/m³**

| 监测点位 | 连续天 | 监测结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TSP | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 丽芷村 | 1 | 237 | 60 | 29 | 11 | 13 |
| | 2 | 253 | 52 | 21 | 12 | 12 |
| | 3 | 201 | 69 | 28 | 11 | 12 |
| | 4 | 249 | 58 | 22 | 11 | 11 |
| | 5 | 204 | 63 | 33 | 10 | 12 |
| | 6 | 225 | 55 | 23 | 10 | 13 |
| | 7 | 255 | 62 | 27 | 11 | 12 |
| | 评价标准 | 300 | 150 | 75 | 150 | 80 |
| | 超达标情况 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 |
| 班西立 | 1 | 208 | 51 | 32 | 11 | 14 |
| | 2 | 246 | 67 | 34 | 12 | 12 |
| | 3 | 274 | 56 | 26 | 12 | 12 |
| | 4 | 258 | 64 | 31 | 10 | 12 |
| | 5 | 243 | 59 | 26 | 11 | 12 |
| | 6 | 209 | 51 | 29 | 12 | 11 |
| | 7 | 223 | 64 | 34 | 12 | 11 |
| | 评价标准 | 300 | 150 | 75 | 150 | 80 |
| | 超达标情况 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 |
| 岔沟头村 | 1 | 206 | 53 | 26 | 12 | 13 |
| | 2 | 267 | 63 | 30 | 11 | 13 |
| | 3 | 240 | 55 | 27 | 11 | 13 |
| | 4 | 256 | 57 | 31 | 10 | 11 |
| | 5 | 262 | 67 | 20 | 12 | 11 |

| 监测点位 | 连续天 | 监测结果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TSP | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| | 6 | 246 | 59 | 32 | 10 | 11 |
| | 7 | 269 | 61 | 25 | 12 | 10 |
| | 评价标准 | 300 | 150 | 75 | 150 | 80 |
| | 超达标情况 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 | 均达标 |

注：TSP、$PM_{10}$、$NO_2$、$SO_2$ 的采样时间为 2018.10.29~2018.11.4；$PM_{2.5}$ 采样时间为 2018.11.5~2018.11.11，下同。

**表 4.7.1-3　　环境空气质量现状监测结果统计表（1h 均值）　　单位：μg/m³**

| 监测点位 | 时段 | 11 月 5 日 | | | 11 月 6 日 | | | 11 月 7 日 | | | 11 月 8 日 | | | 11 月 9 日 | | | 11 月 10 日 | | | 11 月 11 日 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 | $SO_2$ | $NO_2$ | 达标分析 |
| 丽芷村 | 02:00~03:00 | 11 | 11 | 达标 | 12 | 8 | 达标 | 9 | 9 | 达标 | 10 | 10 | 达标 | 9 | 9 | 达标 | 9 | 9 | 达标 | 11 | 9 | 达标 |
| | 08:00~09:00 | 11 | 12 | 达标 | 13 | 10 | 达标 | 11 | 12 | 达标 | 11 | 12 | 达标 | 11 | 11 | 达标 | 11 | 10 | 达标 | 12 | 10 | 达标 |
| | 14:00~15:00 | 13 | 15 | 达标 | 13 | 14 | 达标 | 13 | 14 | 达标 | 14 | 13 | 达标 | 14 | 12 | 达标 | 13 | 12 | 达标 | 14 | 13 | 达标 |
| | 20:00~21:00 | 12 | 13 | 达标 | 12 | 11 | 达标 | 12 | 8 | 达标 | 12 | 8 | 达标 | 13 | 8 | 达标 | 11 | 10 | 达标 | 12 | 8 | 达标 |
| 班西立 | 02:00~03:00 | 10 | 11 | 达标 | 11 | 9 | 达标 | 10 | 9 | 达标 | 9 | 7 | 达标 | 10 | 7 | 达标 | 9 | 7 | 达标 | 11 | 8 | 达标 |
| | 08:00~09:00 | 11 | 12 | 达标 | 12 | 11 | 达标 | 12 | 10 | 达标 | 10 | 9 | 达标 | 12 | 9 | 达标 | 10 | 10 | 达标 | 12 | 11 | 达标 |
| | 14:00~15:00 | 13 | 15 | 达标 | 13 | 14 | 达标 | 13 | 14 | 达标 | 13 | 13 | 达标 | 13 | 12 | 达标 | 12 | 12 | 达标 | 13 | 12 | 达标 |
| | 20:00~21:00 | 11 | 13 | 达标 | 11 | 12 | 达标 | 11 | 11 | 达标 | 11 | 11 | 达标 | 10 | 11 | 达标 | 11 | 9 | 达标 | 11 | 10 | 达标 |
| 岔沟头村 | 02:00~03:00 | 10 | 9 | 达标 | 11 | 8 | 达标 | 11 | 8 | 达标 | 8 | 8 | 达标 | 11 | 8 | 达标 | 9 | 9 | 达标 | 10 | 9 | 达标 |
| | 08:00~09:00 | 12 | 11 | 达标 | 12 | 10 | 达标 | 12 | 10 | 达标 | 10 | 10 | 达标 | 12 | 9 | 达标 | 11 | 10 | 达标 | 11 | 11 | 达标 |
| | 14:00~15:00 | 13 | 13 | 达标 | 14 | 13 | 达标 | 13 | 13 | 达标 | 12 | 13 | 达标 | 13 | 13 | 达标 | 12 | 13 | 达标 | 13 | 13 | 达标 |
| | 20:00~21:00 | 10 | 12 | 达标 | 12 | 10 | 达标 | 10 | 9 | 达标 | 10 | 11 | 达标 | 11 | 11 | 达标 | 10 | 11 | 达标 | 10 | 8 | 达标 |

### 4.7.2 声环境质量

小石门水库工程位于农村区域，评价区内无大型工矿企业分布，区内噪声源主要来自于农村生活噪声及交通噪声。总体而言，区内声环境质量良好。

为进一步掌握工程区声环境质量现状，我公司委托云南坤发环境科技有限公司于 2018 年 10 月 30~10 月 31 日对小石门水库工程评价区内岔沟头村、班西立、小山村进行了声环境质量监测，噪声监测结果见表 4.7.2-1。

**表 4.7.2-1　　小石门水库噪声检测结果一览表**

| 检测点位 | 检测日期 | 昼间 | 夜间 |
|---|---|---|---|
| 岔沟头村 | 2018.10.30 | 43.6 | 36.7 |
| | 2018.10.31 | 42.8 | 35.3 |
| 班西立 | 2018.10.30 | 42.5 | 35.8 |
| | 2018.10.31 | 43.1 | 36.4 |
| 小山村 | 2018.10.30 | 43.1 | 37.3 |
| | 2018.10.31 | 41.9 | 35.9 |

根据监测结果，小石门水库评价区内的岔沟头村、班西立、小山村三个居民点昼、夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准，工程区声环境质量良好。

## 4.8 工程与环境敏感区的关系

### 4.8.1 牟定县白马山州级自然保护区

1、保护区概况

牟定白马山州级自然保护区是 2003 年 4 月 10 日经楚雄彝族自治州人民政府批准成立的州级自然保护区。牟定县林业局委托云南省林业调查规划院昆明分院编制《牟定白马山州级自然保护区总体规划》，2020 年 1 月 14 日，《牟定白马山州级自然保护区总体规划报告（2018~2025 年）》获得楚雄州人民政府批复。

根据《牟定县白马山州级自然保护区总体规划报告（2018~2025 年）》，白马山自然保护区位于牟定县东北面，地理坐标介于东经 101°27′39″～101°39′27″，北纬 25°23′14″～25°33′25″之间，东西宽 19.3km，南北长 19.3km，保护区面积

15857.0hm$^2$。

牟定白马山州级自然保护区保护对象是“具有较强的生态防护功能和较高生物多样性的天然起源的森林生态系统；丰富的物种多样性，保护区内有丰富的珍稀野生动物资源和植物资源，以国家Ⅱ级保护的动物白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*、猕猴 *Macaca mulatta*、白鹇 *Lophura nythemera* 等为主的珍稀濒危野生动物资源；以国家Ⅱ级重点保护野生植物龙棕 *Trachycarpus nana* 为代表的重点保护野生植物资源”。

自然保护区植被现状以暖温性针叶林为主，半湿润常绿阔叶林仅有小面积残存。

2、工程与保护区位置关系

白马山自然保护区位于本工程坝址上游，枢纽工程距保护区实验区边界约3.5km，水库淹没区（库尾段）周边的保护区边界高程 1675m~1690m，水库正常蓄水位 1673m，海拔高差 2~17m，水库淹没及工程占地不涉及白马山州级自然保护区。根据调查，库尾段周边区域的自然保护区植被现状以暖温性针叶林为主，半湿润常绿阔叶林仅有小面积残存（10.80hm$^2$），通过现状调查，该区域无保护植物分布，调查期间记录到国家二级保护鸟类两种，即领角鸮 *Otus bakkamoena* 和褐林鸮 *Strix leptogrammica*，国家一级保护动物林麝，国家二级保护动物猕猴、川西斑羚、黄喉貂、豹猫。

2020 年 11 月 25 日，楚雄州林业和草原局出具“关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函”（楚林函[2020]45 号）（详见附件 9），明确楚雄州小石门水库工程项目用地范围不在牟定县白马山州级自然保护区内。位置关系如下图：

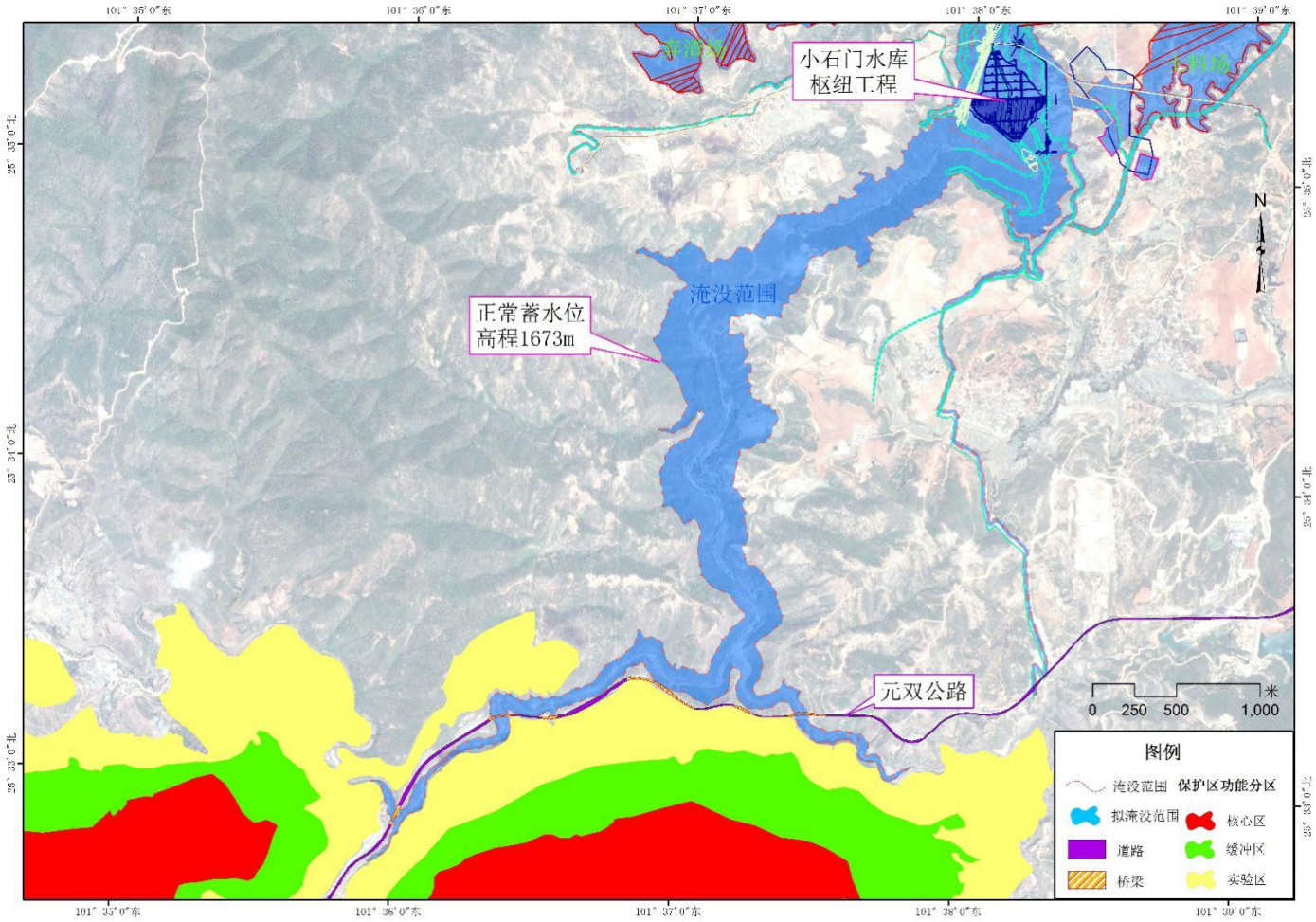



**图 4.8.1-1　　小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系图**

## 4.8.2 元谋土林州级自然保护区

1、保护区概况

元谋土林州级自然保护区位于元谋县，保护区面积 1992hm$^2$，于 2000 年 5 月经元谋县人民政府建立，2001 年 1 月由楚雄州人民政府批准。于 2016 年进行过一次范围调整，调整后保护区总面积变为 1995.51hm$^2$，其中核心区面积 1098.68hm$^2$，实验区面积 896.83hm$^2$，涉及平田、新华和物茂 3 个乡。

元谋土林州级自然保护区属自然遗迹类自然保护区，地处金沙江一级支流-龙川江河谷下段，地理坐标介于 25°39'51"~25°52'30"N，101°40'11"~101°47'57"E 之间，由物茂片区、平田片区和新华片区组成。

元谋土林州级自然保护区主要保护对象是古人类和古生物化石等古生物遗迹及土林地貌景观、地层剖面和构造剖面等地质遗迹。

2、工程与保护区位置关系

根据施工布置和自然保护区范围叠图分析，水桥村 2#渣场距元谋土林州级自然保护区——新华片区最近，直线距离 1077m；北干线临时道路 14#距元谋土林州级自然保护区——平田片区最近，直线距离 2050km；北干线临时道路 34#距元谋土林州级自然保护区——物茂片区最近，直线距离 72m，如表 4.8.2-1、图 4.8.2-1。

**表 4.8.2-1　小石门工程布置与元谋土林州级自然保护区位置关系一览表**

| 环境敏感区名称 | | 位置关系 | 保护对象 |
|---|---|---|---|
| 元谋土林州级自然保护区 | 新华片区 | 水桥村 2#渣场距新华片区最近，直线距离 1077m | 土林地貌景观；地层剖面 |
| | 平田片区 | 北干线临时道路 14#距平田片区最近，直线距离 2050m | 土林地貌景观；地层剖面；植物化石 |
| | 物茂片区 | 北干线临时道路 34#距物茂片区最近，直线距离 72m | 土林地貌景观；上新世晚期的古猿牙齿化石及脊椎动物化石；地层剖面及丰富的上新世~早更新世的植物化石；新石器时代的石棺墓和陶片 |

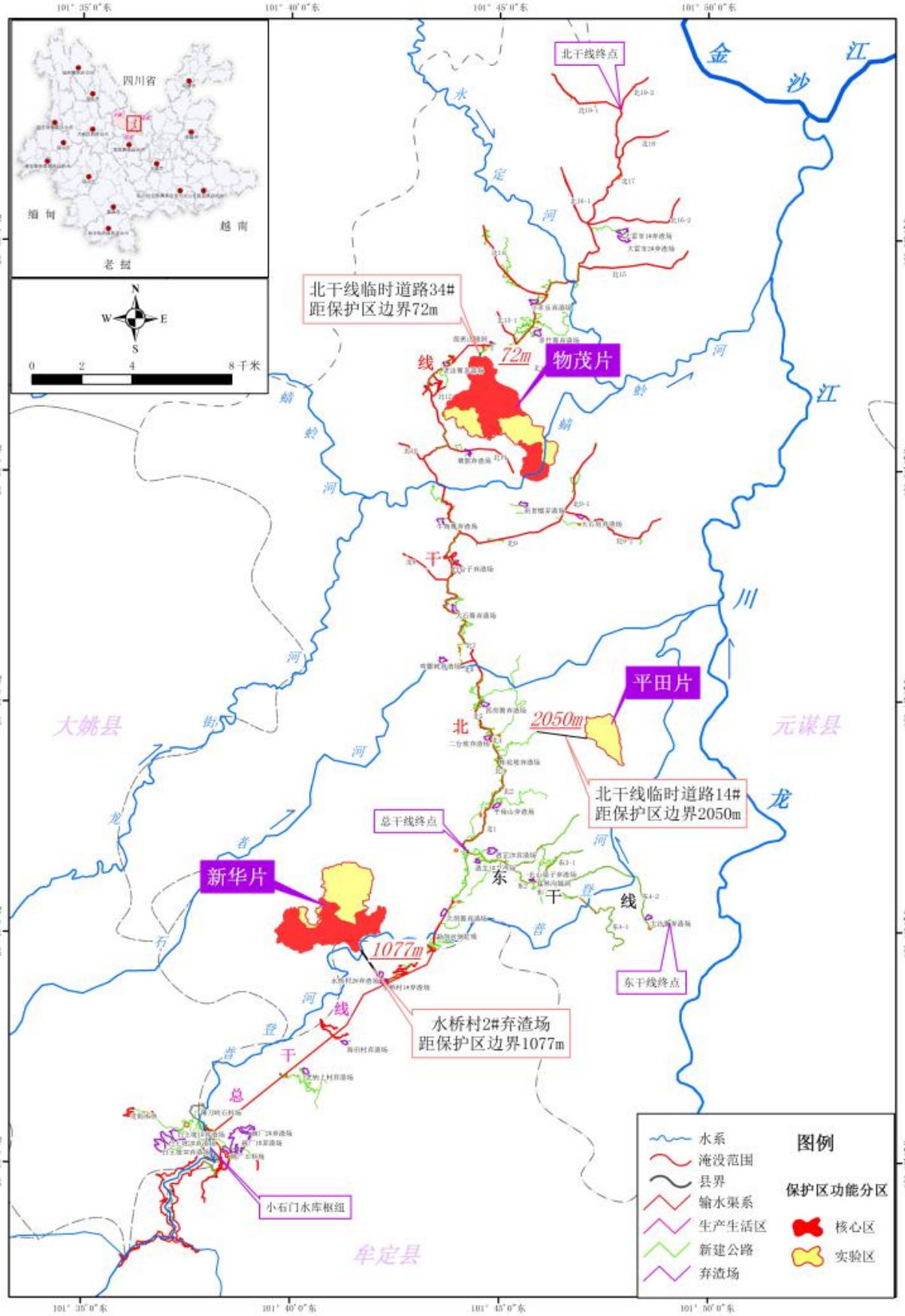



**图 4.8.2-1　小石门水库工程与元谋土林州级自然保护区位置关系图**

### 4.8.3 元谋风景名胜区

（1）风景区概况

元谋风景名胜区总体规划于 1992 年被省政府批准列为省级风景名胜区，根据《元谋风景名胜区总体规划（2013－2030）》，元谋风景名胜区分为四个景区：物茂土林景区、浪巴铺土林景区、班果土林景区、金沙江景区。风景区管辖范围为 161.2km$^2$。其中，元谋风景区的核心景区是景区内的典型土林地貌景观区、金沙江峡谷的景观区域，核心景区面积 25.7km$^2$；一般景区是指元谋风景区除核心景区外的其它区域，主要由土林景观外围保护区域、乌东德水库面山保护区域，一般景区总面积 135.2km$^2$。

（2）风景区性质及资源保护目标

元谋风景名胜区以数量众多、景观奇特的土林地貌景观为主要特征，结合独特的元谋古人、古猿遗址文化特征及热坝气候背景，主要功能包括观光游览、科普科考、休闲避寒。

保护目标为：保护土林景观的独特地貌特征、保护元谋古人、古猿等遗址遗迹、保护和保存其它非物质资源的特色及完整性和保护自然水系。

（3）工程与风景区位置关系

水桥村 2#渣场距元谋风景名胜区——浪巴铺土林最近，直线距离 2166m；北干线临时道路 14#距元谋风景名胜区——班果土林最近，直线距离 760m；北干线 11#支管距元谋风景名胜区——物茂土林最近，直线距离 420m；北干线 15#支管距元谋风景名胜区——金沙江景区最近，直线距离 2780m。如表 4.8.3-1、图 4.8.3-1。

**表 4.8.3-1　小石门工程布置与元谋风景名胜区位置关系一览表**

| 环境敏感区名称 | | 位置关系 |
|---|---|---|
| 元谋风景名胜区 | 浪巴铺土林景区 | 水桥村 2#渣场距浪巴铺土林最近，直线距离 2166m |
| | 班果土林景区 | 北干线临时道路 14#距元班果土林最近，直线距离 760m |
| | 物茂土林景区 | 北干线 11#支管距物茂土林最近，直线距离 420m |
| | 金沙江景区 | 北干线 15#支管距金沙江景区最近，直线距离 2780m |

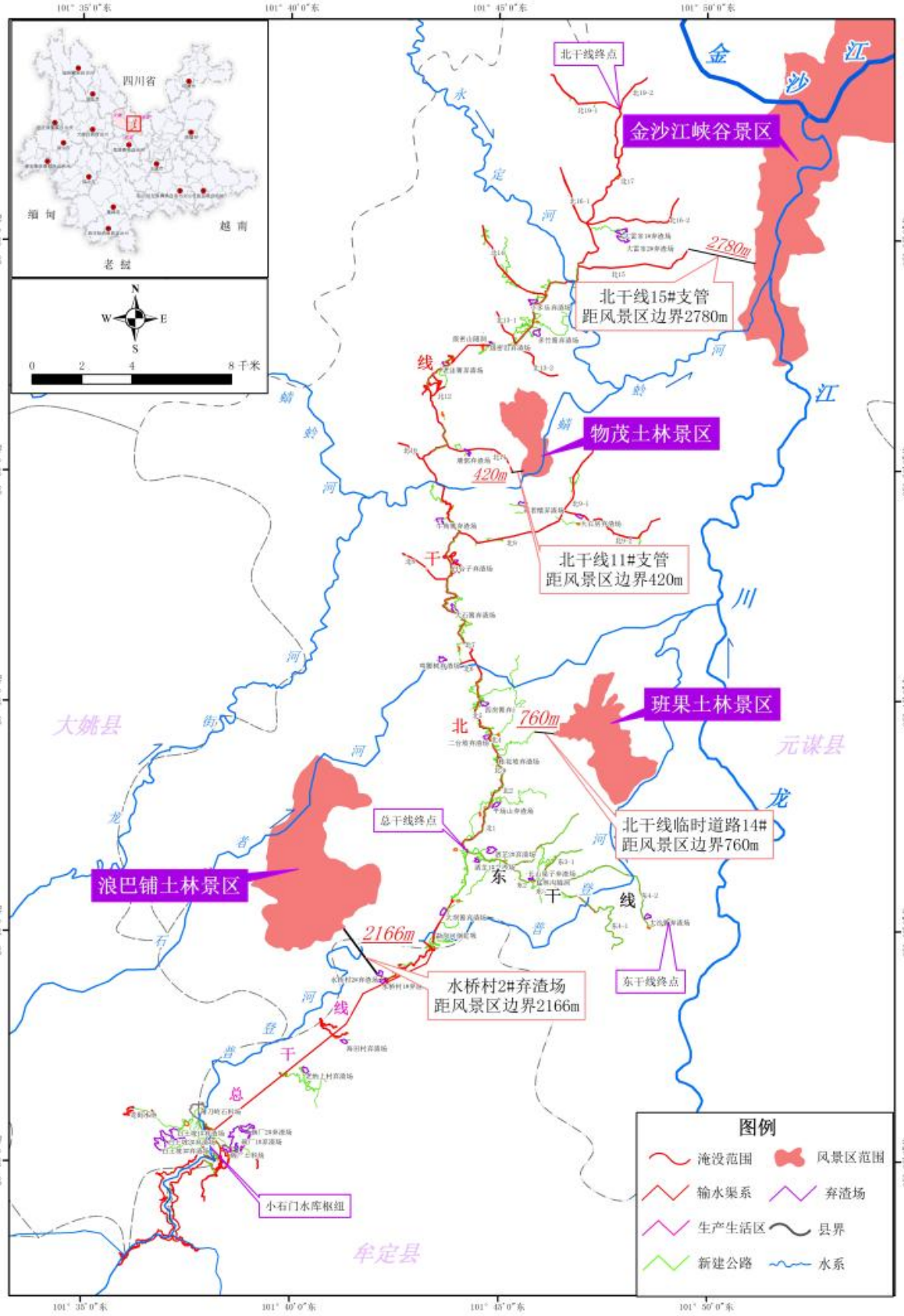



**图 4.8.3-1　小石门水库工程与元谋风景名胜区位置关系图**

### 4.8.4 与生态保护红线的关系

2020 年 11 月 26 日，楚雄州自然资源和规划局出具“关于云南省楚雄州小石门水库工程用地与楚雄州生态保护红线范围比对查询的函（[2020]-7）（详见附件 10）”。经查询，小石门水库工程用地不在楚雄州生态保护红线范围内。

### 4.8.5 与生态公益林的关系

根据公益林调查结果，小石门水库涉及国家级公益林 790.04 亩。其中，淹没国家级公益林 108.82 亩，枢纽区、泵站区及输水管线永久占用国家级公益林 451.47 亩，枢纽区、泵站及输水管线临时占用国家级公益林 229.75 亩。

水库工程占用省级公益林 813.18 亩。其中，淹没省级公益林 178.46 亩、永久占用省级公益林 281.62 亩、临时占用省级公益林 353.1 亩。

### 4.8.6 与基本农田的关系

根据基本农田调查结果，小石门水库工程占用基本农田 106.38 亩，其中淹没基本农田 46.14 亩，枢纽区、泵站及输水管线区永久占用 29.54 亩，枢纽区、泵站及输水管线临时占用 30.70 亩。

## 4.9 社会环境

### 4.9.1 行政区划及社会经济发展概况

工程建设主要涉及楚雄州大姚县、牟定县和元谋县。

（1）大姚县

大姚县位于楚雄州西北部，东邻元谋，南连姚安，西接大理州祥云、宾川两县，北与丽江市永胜、华坪两县隔金沙江相望，下辖 8 个镇、4 个乡（其中 1 个民族乡），即金碧镇、石羊镇、六苴镇、龙街镇、赵家店镇、新街镇、三岔河镇、桂花镇、湾碧傣族傈僳族乡、铁锁乡、三台乡、昙华乡。全县总面积 4146km$^2$，2018 年年末总人口 28.02 万人，其中乡村人口 20.58 万人，城镇化率 26.55%。全

年实现地区生产总值 80.77 亿元，其中第一产业总产值 20.33 亿元，第二产业总产值 31.28 亿元，第三产业总产值 29.16 亿元，人均地区生产总值 28845 元，粮食总产量 12.88 万 t。

（2）牟定县

牟定县位于楚雄州中部，东邻禄丰县，东北毗邻元谋县，南连楚雄市，西南与南华县、姚安县交界、西北与大姚县接壤，下辖共和镇、新桥镇、凤屯镇、江坡镇、戌街乡、安乐乡、蟠猫乡，4 镇 3 乡。全县总面积 1464km$^2$，2018 年年末总人口 21.28 万人，其中乡村人口 18.45 万人，城镇化率 13.30%。全年实现地区生产总值 54.38 亿元，其中第一产业总产值 12.92 亿元，第二产业总产值 22.30 亿元，第三产业总产值 19.61 亿元，人均地区生产总 25777 值元，粮食总产量 10.28 万 t。

（3）元谋县

元谋县位于滇中高原北部，东倚武定，南接禄丰，西邻大姚，北连四川会理，西南与牟定接壤，西北与永仁毗邻，下辖元马镇、黄瓜园镇、羊街镇、老城乡、新华乡、平田乡、物茂乡、江边乡、姜驿乡、凉山乡 3 镇 7 乡。全县总面积 2021.69km$^2$，2018 年年末总人口 22.13 万人，其中乡村人口 16.45 万人，城镇化率 25.67%。全年实现地区生产总值 66.87 亿元，其中第一产业总产值 17.11 亿元，第二产业总产值 20.62 亿元，第三产业总产值 29.14 亿元，人均地区生产总 30232 值元，粮食总产量 8.96 万 t。

### 4.9.2 文物古迹

小石门水库工程涉及的大姚县、牟定县、元谋县主要文物古迹情况为：大姚县主要分布有国家级文物保护单位白塔，省级文物保护单位妙峰山德云寺、石羊文庙、赵祚传烈士故居及烈士陵园，县级文物文物保护单位昙花佛面石刻等；牟定县主要分布有省级保护文物 1 项，县级保护文物 3 项；元谋县为元谋人遗址所在地，该县多处均有元谋人遗址分布。

2019 年 1 月，楚雄州文物管理所编制完成《楚雄州小石门水库工程建设文物考古调堪技术服务评估报告》。2019 年 4 月 19 日，云南省文物局出具“云南省建设工程文物保护意见书（云文物函[2019]25 号）”，指出“前期的线路勘察已

考虑了文物点的分布情况，遵循了避开文物名胜古迹等要求；此次考古调查、勘探基本摸清了小石门水库工程建设区域及输水管道沿途经过的文物及古生物化石点分布情况；调查发现工程所涉及文物点不多，且离文物点也较远，工程建设对文物保护造成的负面影响较小。建议对所涉文物点不做进一步环保处理，可采取就地保护方式。”

## 4.9.3 环卫基础设施现状

### 4.9.3.1 生活污水处理现状

小石门水库坝址以上径流区主要涉及姚安县适中乡，大姚县龙街乡，牟定县安乐乡、蟠猫乡和戌街乡五个乡镇，其中大姚县龙街乡集镇所在地不在小石门水库汇水区范围内。根据调查了解，径流区内四个乡镇均未建设污水处理设施，乡镇居民生活污水以倾倒在自家房屋的房前屋后为主，无集中的污水排放口。目前，四个乡镇均规划了集镇污水处理设施，采用以 $A^2O$+MBBR 一体化污水处理设备为主的集镇生活污水处理设备，出水排放标准达《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标。各乡镇污水处理设备预计于 2030 年投入使用。

### 4.9.3.2 生活垃圾处理现状

牟定县戌街乡 74 个村委会均实现了垃圾统一定点处理，现已建成戌街乡垃圾填埋场一个，将续建垃圾填埋场渗漏等配套设施；村村实现垃圾桶覆盖回收生活垃圾。全乡发放垃圾桶 977 只，已建垃圾池 84 个，焚烧炉 37 个，配有垃圾清运车 1 辆，建成公厕 65 个。戌街乡集镇生活垃圾处理率较高，达 90%。

工程区内蟠猫乡设有 13 个垃圾焚烧炉、78 个垃圾池、655 个垃圾桶、1 张垃圾压缩车，集镇内有 30 个铁皮垃圾桶，集镇生活垃圾收集处理率达 85%。安乐乡目前设有 100 余个垃圾焚烧炉、垃圾桶 1400 余个、80 余个垃圾池、垃圾清运车 3 辆、公厕 30 个，集镇生活垃圾收集处理率达 85%。

大姚县龙街乡设有 100 余个垃圾焚烧炉、20 余个垃圾池、二类公厕 10 座，在仓屯村委会永胜村民小组新建日处理垃圾 5~8 吨热解厂 1 座，用于处理集镇及元大公路沿线村庄的生活垃圾，目前还未投入使用。龙街乡集镇生活垃圾收集处理率达 80%。

姚安县适中乡现设有垃圾焚烧池 2 座、壁挂式垃圾桶 165 个。工程涉及的适中乡集镇生活垃圾处理率达 80%

### 4.9.4 人群健康

根据向当地县、区防疫部门收集到的调查资料，项目涉及区没有特有的传染病、流行病、地方病及自然疫源性疾病等病症。据最近三年疫情传染病资料统计，对当地人群健康影响较大的传染性疾病主要为肝炎、乙肝、痢疾、肺结核、手足口病、梅毒等常见病种，且发病率均不高。

## 4.10 主要环境问题

（1）项目区天然植被次生化、破碎化现象明显。项目区地处农业较为发达的滇中地区，农业生产对土地资源开发利用程度较高，人类活动对生态系统及自然植被的干扰较强，导致项目区植被具有明显的次生化、破碎化特征，形成以次生自然植被与农田、人工林等人工植被为主的植被分布格局。元谋坝区现状多为荒草地，植被覆盖率低，水土流失量大。雨季表土经雨水冲刷后，大量泥沙入河。

（2）生活生产用水挤占河道生态环境用水，城镇挤占农业用水严重。由于龙川江流域水资源开发利用程度较高，生活、生产需水得不到满足，不得不大量占用生态用水，导致河道生态环境用水减少，大多数河流生态环境用水不足，直接导致水环境纳污能力下降，污染加剧。随着城镇化的快速发展，近年来城镇及工业需水比重逐渐提高，现有工程的总供水能力没有增加的情况下，势必挤占原农业灌溉水量。

（3）流域范围内农业农村污水管网及污水处理设施不配套，农业农村面源污染较为突出；流域内各县城污水处理厂配套管网不完善，存在空白区及错接乱接情况严重，部分生活污水未经过任何处理直接排入环境，导致城镇下游断面水质压力较重。

（4）工程受退水区污染物浓度值波动较大，特别是雨季有浓度升高或超标现象，近两年整体污染物浓度呈上升趋势，主要超标因子有 COD、总氮、总磷。

（5）评价区内尤其是元谋灌区水资源开发利用程度高，已建水利工程众多，但大多数水利工程建设年代久远，无生态流量下放设施，水利工程坝下无生态流

量下泄导致流域范围内河道断流情况突出。

# 5 环境影响预测与评价

## 5.1 对区域水资源利用的影响

### 5.1.1 水资源影响分析

根据可研报告，现状年规划区内总需水量为 7760 万 $m^3$，其中集镇生活需水 35 万 $m^3$，农村生活需水 263 万 $m^3$，工业需水 42 万 $m^3$，农业需水 7421 万 $m^3$。现状工程总供水量 4242 万 $m^3$，缺水量 3518 万 $m^3$，全部为农业灌溉缺水量。2035 年规划区总需水量为 10885 万 $m^3$，其中集镇生活需水 333 万 $m^3$，农村生活需水 395 万 $m^3$，工业需水 118 万 $m^3$，农业需水 10039 万 $m^3$。

2035 年，在不考虑滇中引水及新建小石门水库，仅考虑现有水利工程及在建水利工程的情景下，元谋干热河谷区规划水平年有效灌溉面积 59.04 万亩，其中常规灌溉 12.86 万亩、高效节水灌溉 46.18 万亩。现状水利工程+在建水利工程多年平均供水量为 3781 万 $m^3$，缺水量为 7104 万 $m^3$，缺水率为 71%，缺水主要集中在农业灌溉和部分生活用水。

2035 年，在考虑了滇中引水及新建小石门水库后，规划区生活、工业、农业多年平均总需水量 10885 万 $m^3$，本区水利工程+在建水利工程+滇中引水+小石门水库共计可供水 10499 万 $m^3$，供需基本平衡。

小石门水库建成后，向灌区供水 6533.4 万 $m^3$，可有效保障灌区农灌供水保障率。此外，向元谋县提供 190.1 万 $m^3$ 城乡生活及现有灌区供水，以提高灌区现有生活供水保障率。小石门水库灌区现状多为荒草地，由于干旱缺水，土地荒芜，水土流失严重，小石门水库的兴建是元谋热区土地开发和发展高效农业的核心基础条件。

综合以上分析，小石门水库的兴建可基本满足水库周边、下游灌区 27.3 万亩耕园地的灌溉需水要求以及元谋县平田乡生活用水需求，基本解决了规划区缺水问题。

### 5.1.2 对坝下河道取水口的影响

小石门水库坝下约 400m 处右岸建有勐岗河泵站。该泵站建成于 2012 年，供水对象为勐岗河右岸的碗厂台地农业灌溉，由取水坝、泵站厂房等组成，装机 220kw，配 DN200 输水钢管，设计扬程 266.79m，设计流量 0.052$m^3$/s（每小时供水约 190$m^3$）。小石门水库工程建成运行后，受上游拦蓄影响，勐岗河泵站将无法正常取水，其供水对象由小石门水库供给。但在小石门水库工程建设期间，需保障供水对象的正常取水，因此对其选址复建。经主体设计复核，勐岗河泵站复建选址位于小石门水库坝址下游 720m 勐岗河右岸。采取复建、水源替换措施后，小石门水库建设对碗厂村农灌取水无影响。

水库坝下至元谋县平田乡小己保村 29.3km 的勐岗河河段内人烟稀少，零星分布少量耕地，该河段内村庄、耕地均处于“田高水低”，当地村民生活用水、农灌用水多取自当地山涧、箐沟水，未从勐岗河取水，坝下 29.3km 河段无取水口；坝下 14.3km 处建有华竹电站，为恢复河道连通性，元谋县人民政府拟在 2022 年 10 月底前将华竹电站收归国有并将其拆除。因此，工程建设对其无影响；元谋县平田乡小己保村至入金沙江汇口 17.2km 勐岗河河段位于小石门水库受水区范围内，属元谋西部灌区。在小石门水库工程建设完成后，将提高片区的供水保障率。

## 5.2 水文情势影响预测与分析

### 5.2.1 施工期水文情势影响分析

（1）枢纽区施工导流、截流

小石门水库大坝建设期间需要进行施工导流，大坝为混凝土面板堆石坝，大坝施工导流采用一次断流、枯期围堰挡水、汛期临时坝体挡水度汛、隧洞泄流的导流方式。第一年 7 月至第二年 11 月，原河道过流，进行导流泄洪隧洞施工；第二年 12 月初，河道截流，围堰挡水，导流泄洪隧洞泄流；第二年 12 月初~第七年 2 月，进行Ⅰ期~Ⅳ期坝体填筑，此期间通过导流泄洪隧洞下放河道上游来水，河道来水全部下泄，对下游水文情势无影响，但导流期间由于坝基开挖，下

泄水流会携带松散的泥沙，会造成下游河段泥沙含量升高，但泥沙会随着水流逐渐沉降，因此影响范围不大，仅存在坝下不长的一段河段内。

河道截流安排在第二年 12 月初进行，截流后通过导流泄洪隧洞泄流。在主河道截流期间，由于导流泄洪隧洞进口底板高程为 1539m，河床高程为 1538m。施工专业考虑在导流泄洪隧洞进口段原河道修建子围堰，堰高 1.5m，水位涌高后上游来水通过导流泄洪隧洞泄放生态流量，截流期间坝下河道不断流，对下游河道不会产生不利影响。

（2）输水线路施工导流

本工程输水线路分为总干线、北干线、东干线三部分，其中主干线跨越勐岗河，采用倒虹吸方式，无需施工导流；东干线沿线不跨越河流，无施工导流；北干线分别分别跨越班果河、蜻蛉河、雷依小河、永定河、芝麻河，跨越方式均为埋管，在最枯时段进行施工导流。北干线五处跨河施工导流情况如下：

班果河、雷依小河、芝麻河：导流建筑为一期围堰及导流涵管。导流涵管采用 D800PE 螺纹管，布置双排，涵管直接安放在河床上。导流施工期间，上游来水利用导流涵洞全部下泄，坝下河段不断流，对下游水文情势无影响。

蜻蛉河、永定河：导流建筑为一期围堰、二期围堰。一期围堰保护右岸基坑，左岸河床过流；二期围堰保护左岸基坑，右岸河床过流。施工导流期间，上游来水全部通过河床下泄，坝下河段不断流，对下游水文情势无影响。

（3）初期蓄水

根据施工组织设计，水库初期下闸蓄水时间定为第 7 年 3 月初，下闸流量采用 80%保证率下的月平均流量 Q=2.43$m^3$/s。主体设计中考虑在第 7 年 3 月至 4 月导流隧洞堵头施工。水库起蓄水位为 1539m（相应库容万 50.9$m^3$），从 1539m 蓄水至输水隧洞 1596.5m（相应库容 1218 万 $m^3$）期间，利用抽水泵抽水至输水隧洞，经输水隧洞向下游河道下放生态流量；输水隧洞蓄水至死水位 1601.4m（死库容 1456.9 万 $m^3$）、正常蓄水位 1673m（正常库容 10368 万 $m^3$）期间，利用输水隧洞向下游泄放生态流量。

初期蓄水期间，水库调度优先保证坝下河生态用水量，当来水不能满足下游用水需水量时，水库调度采用来多少泄放多少的原则，优先满足生态用水。经计算，在保障生态流量泄放的前提下，需 128 天蓄水至输水放空隧洞 1596.5m，期

间用 3 台 350S-75B（Q=1080m$^3$/h、H=55m、220kw）水泵抽水至输水放空隧洞向下游泄放生态流量；135 天蓄水至死水位 1601.4m，期间利用输水放空隧洞泄放生态流量；1108 天蓄水至正常蓄水位 1673m，期间利用输水放空隧洞下放生态流量。

通过以上分析，水库初期蓄水期间，在采取保障措施保障了坝下勐岗河的河道生态用水需求，可有效缓解对下游河道水文情势影响。

## 5.2.2 运行期水文情势影响分析

### 5.2.2.1 水文情势预测分析方法

河流水文情势变化分析是本项目水环境影响分析、水温影响分析、地下水影响分析、陆生生态和水生态影响分析的基础。小石门水库多年调节水库，工程建成后评价河段水文情势将有较大变化。

在分析评价河段河道、径流特征及小石门水库工程特性的基础上，采用数值模拟的方法构建了普登河、蜻蛉河、永定河及龙川江干流一维水动力学模型，对工程建设前后不同来水频率条件下，不同典型断面年内流量、水位、水深、河宽、流速的变化进行分析。模拟的范围为小石门水库回水末端（坝址以上 8.3km）至龙川江入河口，共计 159km 河段，其中普登河干流 54.1km，蜻蛉河干流 25.6km，永定河干流 16.72km，龙川江干流 62.57km。模拟范围见图 5.2.2-1。

此外，根据工程主体设计，为了改善平田乡城乡生活供水，自北干线里程 N9+903 处的 B6 分水口设置输水支管向弯腰树水库补水，多年平均补水量 289 万 m$^3$，年最大补水量 1780 万 m$^3$，设计输水流量 1.09m$^3$/s；为了改善物茂乡农业灌溉用水，在北干线里程 N39+637 处的 B17 分水口设置输水支管向新河水库补水，多年平均补水量 115 万 m$^3$，年最大补水量 597 万 m$^3$，设计输水流量 0.79m$^3$/s。为此，针对这两个小（1）型水库，根据入出库径流及库容变化情况，对水库的水文情势变化进行了对比分析。

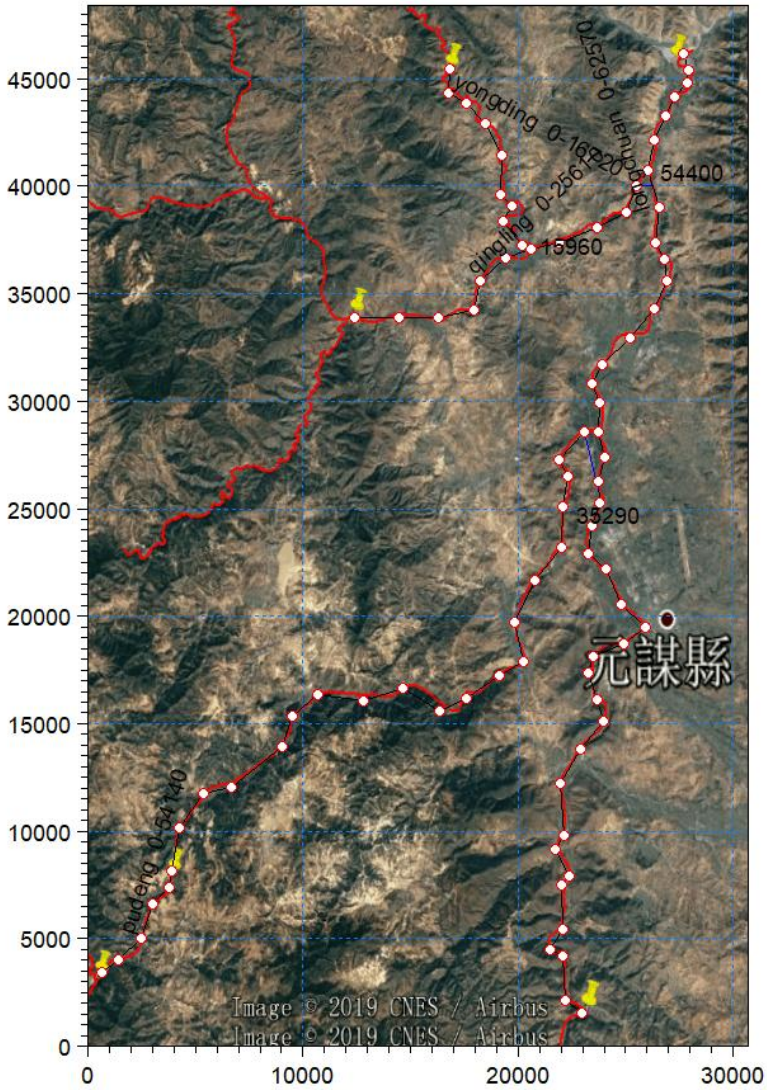



**图 5.2.2-1　水文情势预测范围图**

（一）河道地形

勐岗河属山区河道，河谷、沟谷多为“V”形谷，河道弯曲。库区总体属中山峡谷地形，岸坡地形陡峭，地形坡度 20°～60°，局部形成陡崖。

普登河纵向剖面见图 5.2.2-2，普登河、龙川江、蜻蛉河、永定河沿程河道横断面见图 5.2.2-3~图 5.2.2-6。

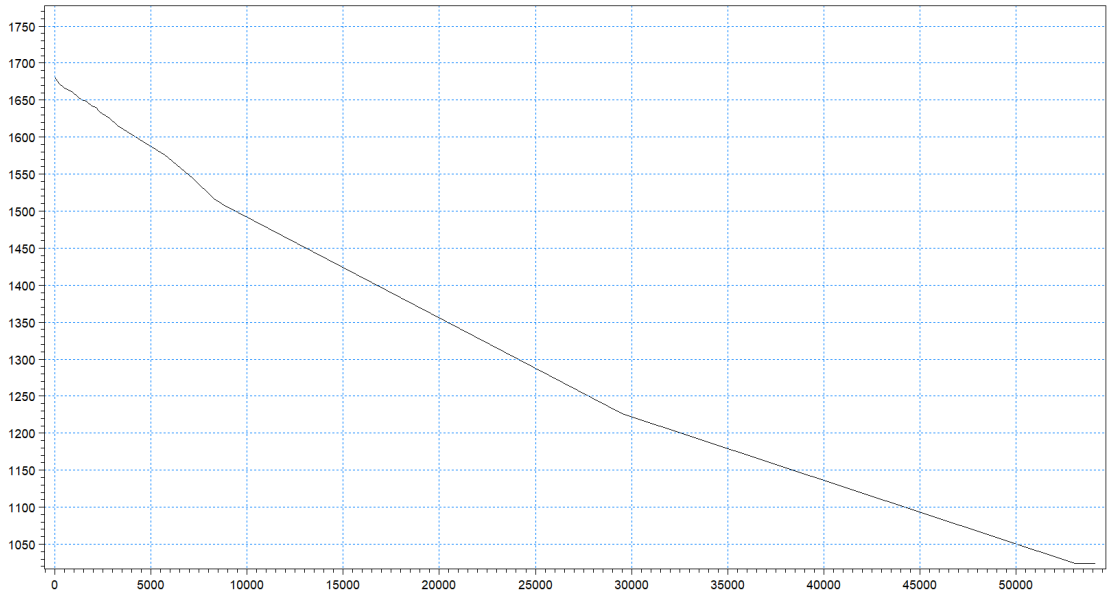



**图 5.2.2-2　普登河纵剖面图**

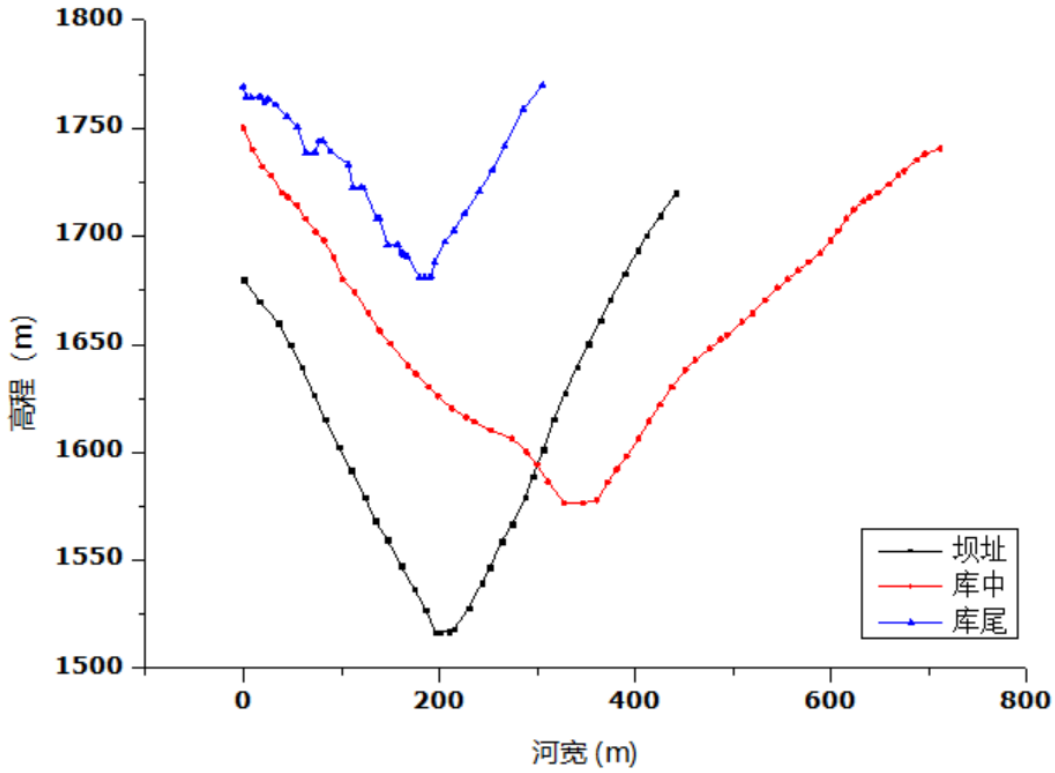



**图 5.2.2-3a　小石门水库库区（勐岗河）河道横断面**

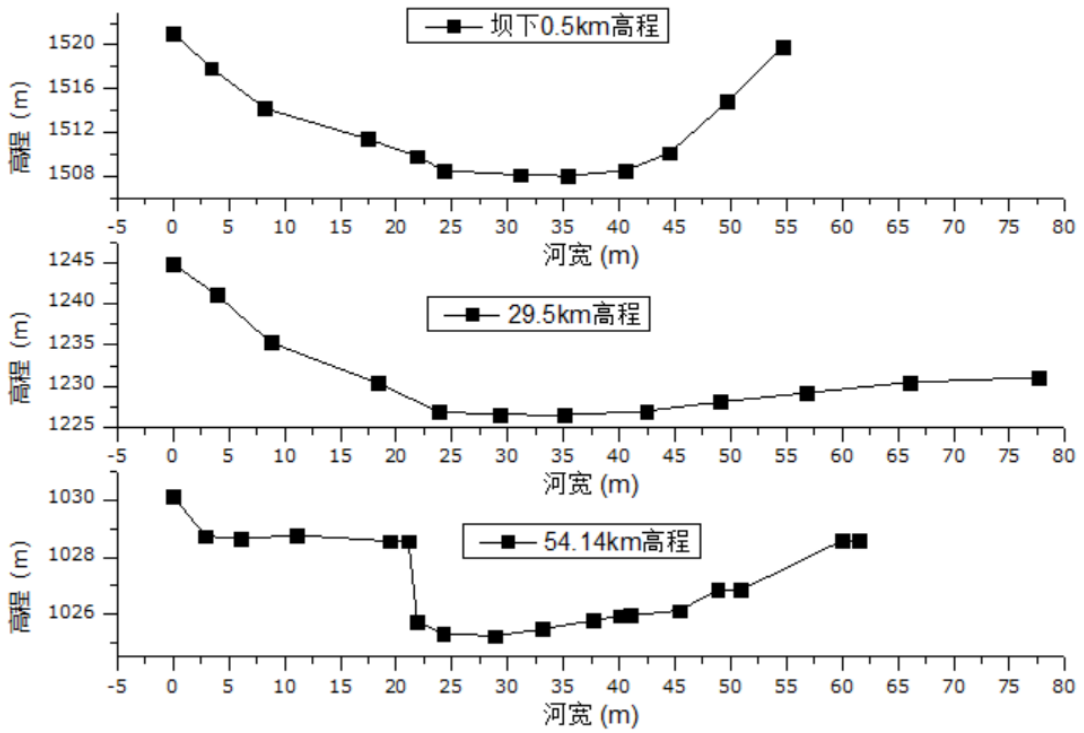



**图 5.2.2-3b　普登河坝下不同断面河道横断面**

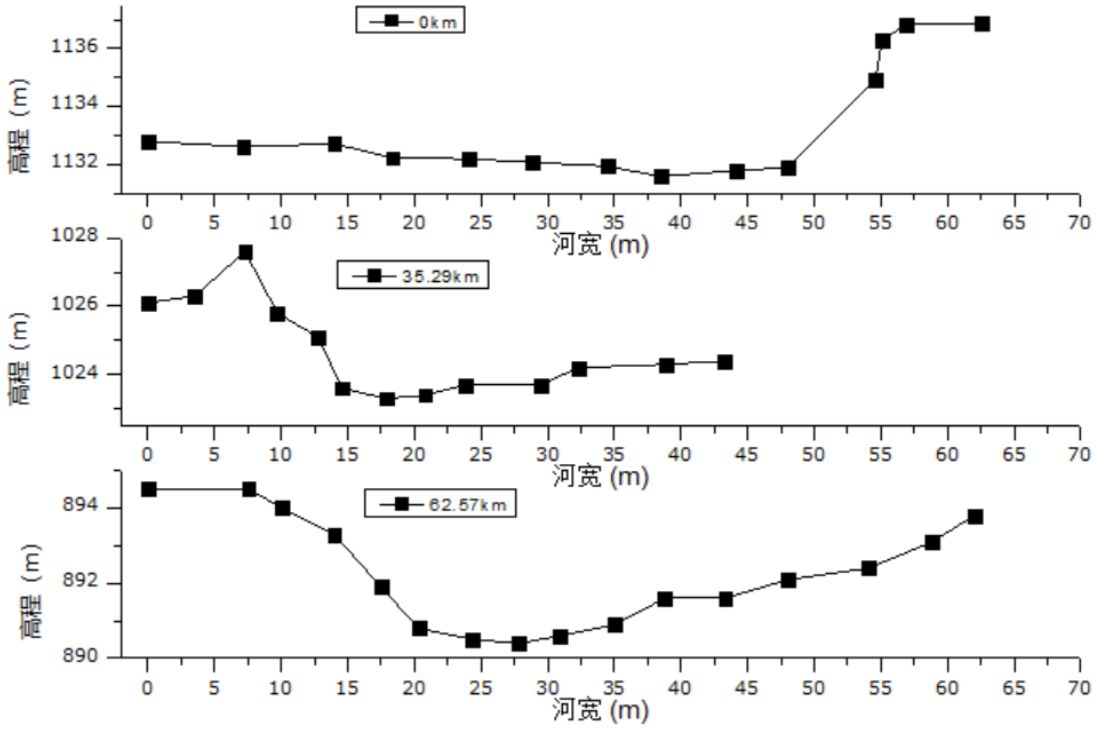



**图 5.2.2-4　龙川江河道横断面**

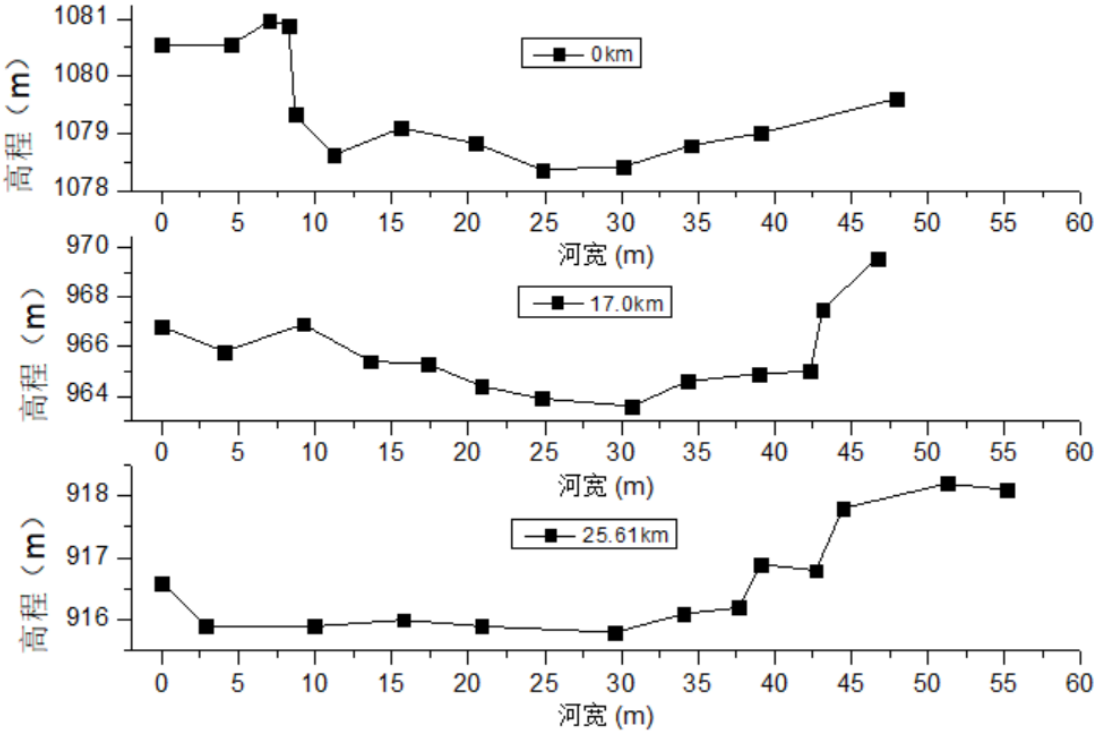



**图 5.2.2-5　蜻蛉河河道横断面**

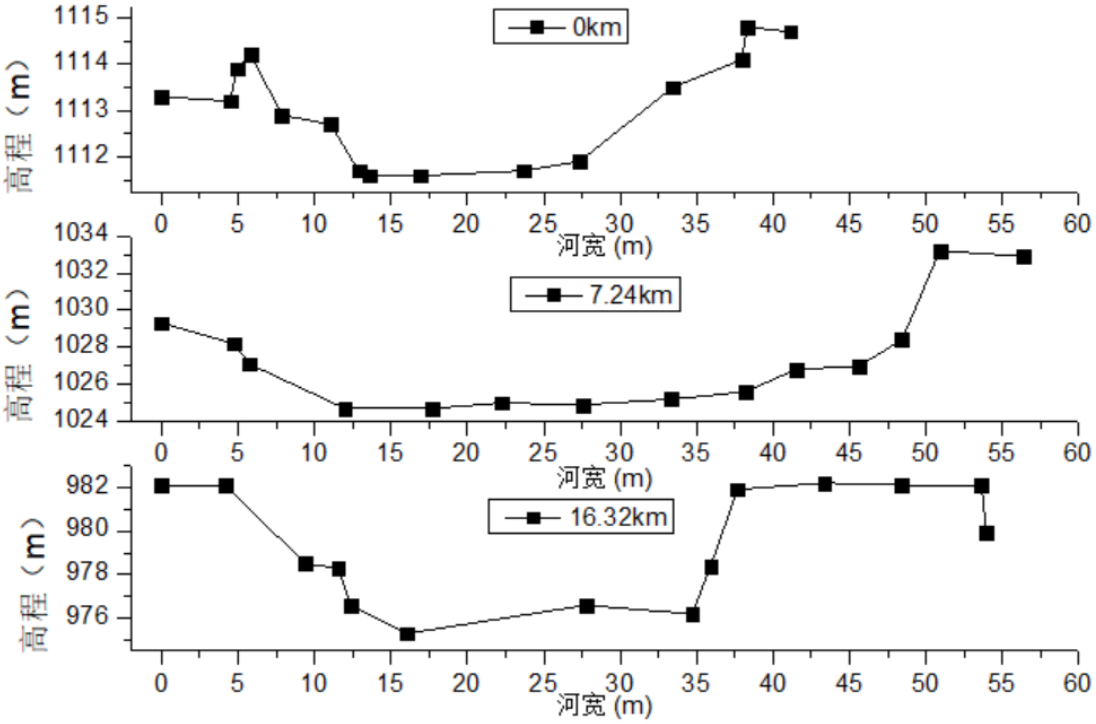



**图 5.2.2-6　永定河河道横断面**

（二）模型概化

普登河为山区河道，河道深切，沿程地下水补给地表水，河道基本无渗漏。为此，根据实测河水漏失率，按照线源方式考虑沿程地表水的损失，不考虑灌溉回归水及地下水对河水的补给。

评价区处于丘陵山区，山脊到沟谷的斜坡地带常为径流区，地下水沿倾斜的裂隙、孔隙或者岩溶裂隙进行运移，径流迅速，当地溪流天然情况下都构成地下水的排泄基准。

评价区地表水系较为发育，地下水先由山脊向地下水排泄基准如古岩河、石者河、勐岗河、小班果河、普登河、蜻蛉河、龙川江汇集径流，再总体由南向北径流至金沙江。

评价区各河段中，普登河为山区河道，河道深切，沿程地下水补给地表水，河道基本无渗漏。元谋灌区东山大沟龙川江取水口至入金沙江口间龙川江干流河段流经元谋坝子，总体上地势平缓，至黄瓜园后河道重趋陡峻；龙街河汇入口至入龙川江口蜻蛉河干流河段及小河村至入蜻蛉河口永定河干流河段均处于蜻蛉河、永定河的下游河段，地势平缓。以上河段总体为地下水补给地表水，地下水在东、西两侧第四系冲洪积地层平缓地带及高山山坡区接受大气降水补给，同时也有部分人工灌溉补给；在南部接受山区山涧水侧向补给和地表水的渗漏混合。孔隙水由东西两侧向北部及中部径流，最终排泄至龙川江及蜻蛉河。

在对评价河段河流水文水动力条件分析的基础上，对模拟河段各类条件进行概化，其中，区间支流及污水处理厂汇入作为源项，引水口处理为汇项，水库作为建筑物，根据运行方式控制水位和流量。模型上边界为流量边界，下边界为水位边界。

（三）水流数学模型及数值求解

在模型概化的基础上，构建了评价区河段描述水流的数学模型，描述河道水流运动的一维非恒定流数学模型为：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial Q}{\partial x}+\dfrac{\partial A}{\partial t}=q \\ \dfrac{\partial Q}{\partial t}+\dfrac{\partial(\alpha\dfrac{Q^2}{A})}{\partial x}+gA\dfrac{\partial h}{\partial x}+\dfrac{gQ|Q|}{C^2AR}=0 \\ h(x)\big|_{\zeta}=h_1 \\ Q(x)\big|_{\zeta}=q_1 \\ h(t),Q(t)\big|_{t=0}=h_0,Q_0 \end{cases} \tag{5.2-1}$$

式中：Q—流量($m^3/s$)；

A—断面面积($m^2$)；

q—源汇项($m^2/s$)；

α—流速垂向分布修正系数；

h—水位(m)；

C—谢才系数；

R—水力半径(m)；

g—重力加速度($m/s^2$)；

h1、q1—边界水位(m)和流量($m^3/s$)；

h0、q0—初始水位(m)和流量($m^3/s$)；

ζ—边界。

谢才系数 C 与过水断面形状、壁面粗糙度以及雷诺数等因素有关，常用曼宁公式来表示：

$$C=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}} \tag{5.2-2}$$

n 为糙率，是度量壁面粗糙对水流影响的无量纲系数，天然河道的糙率取值一般在 0.01~0.1 之间。糙率 n 是一维水动力数学模型中唯一需要确定的参数。

模型的求解采用丹麦 DHI 公司开发的成熟环境水力学数值模拟商业软件 MIKE11，能够较好的模拟急流和缓流，并自动进行流态判别，采用相应的数值处理方法，以保证获得较好的模拟精度。MIKE11 采用有限差分法来离散水动力学数学方程，进行河道离散时把计算节点分为流量和水位两类，并且流量和水位节点交错分布。其中，河道上水工建筑物被指定为流量节点，有河流断面数据的点被设定为水位节点。

最终得到的离散形式方程表达式为：

$$\alpha_j Z_{j-1}^{n+1} + \beta_j Z_j^{n=1} + \gamma_j Z_{j+1}^{n+1} = \delta_j \qquad (5.2\text{-}3)$$

式中，Z 为 h 或 Q；各系数表达式为：

$$\begin{cases} \alpha_j = f(A) \\ \beta_j = f(Q_j^n, \Delta t, \Delta x, C, A, R) \\ \gamma_j = f(A) \\ \delta_j = f\left(A, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v, \phi, h_{j-1}^n, Q_{j-1}^{n+\frac{1}{2}}, Q_j^n, h_{j+1}^n, Q_{j+1}^{n+\frac{1}{2}}\right) \end{cases} \qquad (5.2\text{-}4)$$

利用龙川江干流黄瓜园水文站及蜻蛉河多克水文站的实测流量及水位数据，对模型进行了率定和验证。模型的率定和验证结果表明，建立的一维水动力学模型精度满足水文情势预测计算的要求。

**5.2.2.2 预测情景**

预测情景考虑了现状水平年和设计水平年两种工况，其中，设计水平年为考虑了滇中来水、区域水资源综合利用情境下流量过程。来水条件考虑了丰水年（P=25%，1995-1996 年）、平水年（P=50%，1996-1997 年）、枯水年（P=90%，2010-2011），共计 6 个情景。就弯腰树水库及新河水库两个补水水库而言，其平水年（P=50%）与普登河-蜻蛉河-龙川江水系一致，均为 1996~1997 年，丰水年、枯水年与普登河-蜻蛉河-龙川江水系略有差异，其中弯腰树水库丰水年（P=25%）为 2002~2003 年，枯水年（P=90%）为 1988~1989 年；新河水库丰水年（P=25%）为 1985~1986 年，枯水年（P=90%）为 1988~1989 年。现状及设计水平年各断面不同典型年年径流量及变化见表 5.2.2-1，各断面不同典型年月流量过程见表 5.2.2-2~5.2.2-20。

普登河径流过程年内、年际间变化较大，坝址断面丰水年（P=25%）径流量约 2.28 亿 $m^3$；平水年（P=50%）径流量约 1.24 亿 $m^3$，枯水年（P=90%）径流量约 0.49 亿 $m^3$；多年平均径流量约 1.42 亿 $m^3$。现状工程条件下无引水量。工程建成后由滇中引水补水量丰水年约 0.05 亿 $m^3$，平水年无补水，枯水年约 0.54 亿 $m^3$；多年平均补水量 0.17 亿 $m^3$。工程建成后丰水年灌区引水量 0.72 亿 $m^3$；平水年引水量 0.63 亿 $m^3$，枯水年引水量 0.59 亿 $m^3$；多年平均引水量 0.67 亿 $m^3$。

相比现状，各典型年引水量变化量为 0.72 亿 $m^3$、0.63 亿 $m^3$、0.59 亿 $m^3$，坝址下泄水量减少了 1.09 亿 $m^3$、0.52 亿 $m^3$、0.16 亿 $m^3$。

蜻蛉河支流永定河而言，现状条件下上游来流丰水年为 0.09 亿 $m^3$，平水年 0.04 亿 $m^3$，枯水年 0.02 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 0.04 亿 $m^3$，平水年为 0.04 亿 $m^3$，枯水年为 0.04 亿 $m^3$，分别变化-0.04 亿 $m^3$、0.009 亿 $m^3$、0.02 亿 $m^3$。现状条件下永定河入蜻蛉河口丰水年为 1.02 亿 $m^3$，平水年 0.50 亿 $m^3$，枯水年 0.30 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 0.95 亿 $m^3$，平水年 0.50 亿 $m^3$，枯水年 0.30 亿 $m^3$，分别变化-0.07 亿 $m^3$、-0.002 亿 $m^3$、0.004 亿 $m^3$。

而就蜻蛉河干流而言，现状条件下其上游来流丰水年为 6.60 亿 $m^3$，平水年 3.43 亿 $m^3$，枯水年 1.89 亿 $m^3$，设计水平年与现状条件无变化。现状条件下龙街河入汇丰水年为 0.53 亿 $m^3$，平水年 0.29 亿 $m^3$，枯水年 0.19 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 0.61 亿 $m^3$，平水年 0.33 亿 $m^3$，枯水年 0.22 亿 $m^3$，分别增加 0.08 亿 $m^3$；、0.04 亿 $m^3$；、0.03 亿 $m^3$；现状条件下蜻蛉河入龙川江丰水年为 8.15 亿 $m^3$，平水年 4.21 亿 $m^3$，枯水年 2.37 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 8.19 亿 $m^3$，平水年 4.29 亿 $m^3$，枯水年 2.47 亿 $m^3$，分别增加 0.03 亿 $m^3$、0.07 亿 $m^3$、0.09 亿 $m^3$。

对龙川江干流而言，现状条件下东山大沟取水点上游来流丰水年为 6.88 亿 $m^3$，平水年 4.08 亿 $m^3$，枯水年 1.69 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 7.35 亿 $m^3$，平水年为 4.51 亿 $m^3$，枯水年为 2.20 亿 $m^3$，分别增加 0.46 亿 $m^3$、0.43 亿 $m^3$、0.51 亿 $m^3$。东山大沟取水量现状条件下丰水年 1.25 亿 $m^3$，平水年 0.98 亿 $m^3$，枯水年 0.69 亿 $m^3$，设计水平年丰水年 1.38 亿 $m^3$，平水年 1.16 亿 $m^3$，枯水年 0.95 亿 $m^3$，分别增加 0.12 亿 $m^3$、0.17 亿 $m^3$、0.27 亿 $m^3$。东山大沟取水后下泄流量现状条件下丰水年为 5.63 亿 $m^3$，平水年 3.09 亿 $m^3$，枯水年 1.00 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 5.97 亿 $m^3$，平水年为 3.35 亿 $m^3$，枯水年为 1.25 亿 $m^3$，分别增加 0.34 亿 $m^3$、0.26 亿 $m^3$、0.25 亿 $m^3$。至普登河汇合口下，由于小石门水库下泄量的减少，规划水平年较现状水平年丰、平、枯水年分别减少 0.59 亿 $m^3$、0.10 亿 $m^3$、0.19 亿 $m^3$；区间取水或入流现状条件下丰水年为-0.35 亿 $m^3$，平水年-0.11 亿 $m^3$，枯水年-0.44 亿 $m^3$，设计水平年丰水年为 1.82 亿 $m^3$，平水年为 1.25 亿 $m^3$，枯水年为 0.25 亿 $m^3$，分别增加 2.17 亿 $m^3$、1.36 亿 $m^3$、0.69 亿 $m^3$。龙川江入汇金沙江现状条件下丰水年为 16.94 亿 $m^3$，平水年 9.17 亿 $m^3$，枯水年 3.77 亿

$m^3$，设计水平年丰水年为 18.32 亿 $m^3$，平水年为 10.32 亿 $m^3$，枯水年为 4.65 亿 $m^3$，分别增加 1.38 亿 $m^3$、1.14 亿 $m^3$、0.88 亿 $m^3$。

对弯腰树水库而言，现状水平年入库丰水年 2133 万 $m^3$，平水年 299.47 万 $m^3$，枯水年 208.52 万 $m^3$，设计水平年入库丰水年 4088.87 万 $m^3$，平水年 1479.86 万 $m^3$，枯水年 1542.5 万 $m^3$，分别增加 1955.87 万 $m^3$、1180.39 万 $m^3$、1333.98 万 $m^3$；现状水平年出库丰水年 2023.38 万 $m^3$，平水年 232.43 万 $m^3$，枯水年 169.98 万 $m^3$，设计水平年出库丰水年 4011.58 万 $m^3$，平水年 1396.04 万 $m^3$，枯水年 1506.25 万 $m^3$，分别增加 1988.2 万 $m^3$、1163.61 万 $m^3$、1336.27 万 $m^3$。

对新河水库而言，现状水平年入库丰水年 641.71 万 $m^3$，平水年 359.93 万 $m^3$，枯水年 163.73 万 $m^3$，设计水平年入库丰水年 647.71 万 $m^3$，平水年 359.93 万 $m^3$，枯水年 446.23 万 $m^3$，分别增加 6.0 万 $m^3$、0.0 万 $m^3$、282.5 万 $m^3$；现状水平年出库丰水年 588.75 万 $m^3$，平水年 321.29 万 $m^3$，枯水年 129.86 万 $m^3$，设计水平年出库丰水年 482.91 万 $m^3$，平水年 361.43 万 $m^3$，枯水年 413.91 万 $m^3$，分别增加-105.84 万 $m^3$、40.14 万 $m^3$、284.05 万 $m^3$。

总体而言，在滇中引水二期工程及小石门水库工程的共同作用下，龙川江东山大沟取水点以上来流、东山大沟取水量以及取水后下泄流量均较现状有增加，其中东山大沟取水后径流量丰、平、枯水年分别增加 0.34 亿 $m^3$、0.26 亿 $m^3$、0.25 亿 $m^3$，而小石门水库取水后普登河口来流有所减少，丰、平、枯水年分别减少 1.09 亿 $m^3$、0.52 亿 $m^3$、0.16 亿 $m^3$；由于滇中引水二期工程，对元谋河段原有河道引水的替代作用，使得区间汇水由现状的引水状态改为汇水状态，设计水平年较之现状水平年，丰平枯水年区间入汇变化量分别为：2.17 亿 $m^3$、1.36 亿 $m^3$、0.69 亿 $m^3$。而就下游的蜻蛉河干流而言，其变化量较小，蜻蛉河入龙川江年径流量规划水平年较现状水平年略有增加，丰平枯水年分别增加 0.03 亿 $m^3$、0.07 亿 $m^3$、0.09 亿 $m^3$。而对两个接受小石门水库补水的小（1）型水库而言，弯腰树水库丰、平、枯水年入库水量分别增加 1955.87 万 $m^3$、1180.39 万 $m^3$、1333.98 万 $m^3$，新河水库入库水量丰、平、枯水年增加 6.0 万 $m^3$、0.0 万 $m^3$、282.5 万 $m^3$，出库水量弯腰树水库丰、平、枯水年分别增加 1988.2 万 $m^3$、1163.61 万 $m^3$、1336.27 万 $m^3$，新河水库丰、平、枯水年分别增加-105.84 万 $m^3$、40.14 万 $m^3$、

284.05 万 $m^3$。对区域水文情势影响较大的因素主要为上游龙川江来流、小石门水库取水以及因东山大沟取水量增大所导致的区间汇流由引水变换为汇水。

**表 5.2.2-1　评价区各河段各典型年径流量变化对比一览表　　单位：万 $m^3$**

| 水系 | 断面 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | | 变化量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 普登河 | 小石门入库（含滇中引水补水） | 22844.60 | 12439.30 | 4938.90 | 23344.60 | 12439.30 | 10308.90 | 500.0 | 0.0 | 5370.0 |
| | 小石门取水 | 0 | 0 | 0 | 7183.3 | 6335.71 | 5935.66 | 7183.3 | 6335.71 | 5935.66 |
| | 小石门下泄 | 22844.60 | 12439.30 | 4938.90 | 11908.48 | 7191.15 | 3295.60 | -10936.1 | -5248.2 | -1643.3 |
| | 班果河入汇 | 2865.27 | 920.79 | 482.71 | 3830.69 | 1838.03 | 804.82 | 965.4 | 917.2 | 322.1 |
| | 普登河入汇口 | 25709.87 | 13360.09 | 5421.61 | 15739.17 | 9029.18 | 4100.42 | -9970.7 | -4330.9 | -1321.2 |
| 永定河 | 永定河上游来流 | 863.8 | 358.6 | 216.0 | 448.4 | 448.4 | 422.4 | -415.4 | 89.8 | 206.4 |
| | 芝麻河来流 | 1092.0 | 537.3 | 322.8 | 360.99 | 223.64 | 79.03 | -731.0 | -313.7 | -243.7 |
| | 区间汇流 | 8232.7 | 4117.6 | 2472.6 | 8701.94 | 4324.96 | 2548.30 | 469.3 | 207.3 | 75.7 |
| | 入蜻蛉河口 | 10188.4 | 5013.6 | 3011.4 | 9511.36 | 4997.02 | 3049.76 | -677.1 | -16.5 | 38.4 |
| 蜻蛉河 | 蜻蛉河上游来流 | 66033.2 | 34259.2 | 18851.5 | 66033.2 | 34259.2 | 18851.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 龙街河入汇 | 5324.6 | 2856.1 | 1874.9 | 6146.0 | 3263.1 | 2170.3 | 821.5 | 407.0 | 295.4 |
| | 蜻蛉河入龙川江 | 81546.2 | 42128.9 | 23737.8 | 81892.35 | 42881.87 | 24655.78 | 346.2 | 753.0 | 917.9 |
| 龙川江干流 | 龙川江上游来流 | 68825.18 | 40779.22 | 16900.91 | 73457.39 | 45055.56 | 22008.82 | 4632.2 | 4276.3 | 5107.9 |
| | 东山大沟取水 | 12530.50 | 9842.78 | 6861.32 | 13777.01 | 11562.56 | 9515.02 | 1246.5 | 1719.8 | 2653.7 |
| | 东山大沟下泄 | 56294.68 | 30936.43 | 10039.59 | 59680.37 | 33493.00 | 12493.81 | 3385.7 | 2556.6 | 2454.2 |
| | 元谋污水处理厂 | 412.0 | 412.0 | 412.0 | 1138.8 | 1138.8 | 1138.8 | 726.8 | 726.8 | 726.8 |
| | 小水库打包 | 1507.3 | 812.6 | 538.7 | 1507.3 | 812.6 | 538.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 普登河入汇 | 25709.87 | 13360.09 | 5421.61 | 15739.17 | 9029.18 | 4100.42 | -9970.7 | -4330.9 | -1321.2 |
| | 普登河汇合口下 | 83923.84 | 45521.16 | 16411.86 | 78065.63 | 44473.61 | 18271.68 | -5858.2 | -1047.5 | 1859.8 |
| | 区间入汇 | -3504.60 | -1085.16 | -4425.43 | 18215.07 | 12490.93 | 2468.09 | 21719.7 | 13576.1 | 6893.5 |
| | 蜻蛉河入汇 | 81546.2 | 42128.9 | 23737.8 | 81892.35 | 42881.87 | 24655.78 | 346.2 | 753.0 | 917.9 |
| | 蜻蛉河汇合口下 | 161965.42 | 86564.90 | 35724.28 | 178173.05 | 99846.41 | 45395.55 | 16207.6 | 13281.5 | 9671.3 |
| | 龙川江入汇金沙江 | 169395.71 | 91723.74 | 37685.88 | 183233.33 | 103178.44 | 46488.31 | 13837.6 | 11454.7 | 8802.4 |
| 补 | 弯腰树水库入库 | 2133.0 | 299.47 | 208.52 | 4088.87 | 1479.86 | 1542.50 | 1955.87 | 1180.39 | 1333.98 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水水库 | 弯腰树水库出库 | 2023.38 | 232.43 | 169.98 | 4011.58 | 1396.04 | 1506.25 | 1988.2 | 1163.61 | 1336.27 |
| | 新河水库入库 | 641.71 | 359.93 | 163.73 | 647.71 | 359.93 | 446.23 | 6 | 0 | 282.5 |
| | 新河水库出库 | 588.75 | 321.29 | 129.86 | 482.91 | 361.43 | 413.91 | -105.84 | 40.14 | 284.05 |

**表 5.2.2-2　不同典型年小石门水库入库、出库流量过程　　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年入库 | | | 设计水平年入库 | | | 设计水平年出库 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 6 月 | 2.44 | 2.37 | 1.13 | 4.37 | 2.37 | 6.58 | 3.60 | 2.98 | 3.52 |
| 7 月 | 11.06 | 6.68 | 2.54 | 11.06 | 6.68 | 8.23 | 2.98 | 2.62 | 2.82 |
| 8 月 | 15.79 | 15.14 | 2.90 | 15.79 | 15.14 | 6.43 | 5.57 | 12.91 | 2.87 |
| 9 月 | 20.90 | 6.64 | 3.15 | 20.90 | 6.64 | 5.59 | 20.90 | 6.64 | 2.93 |
| 10 月 | 14.36 | 3.60 | 5.33 | 14.36 | 3.60 | 8.54 | 14.36 | 3.66 | 3.85 |
| 11 月 | 6.81 | 4.23 | 1.43 | 6.81 | 4.23 | 1.43 | 6.81 | 4.17 | 3.70 |
| 12 月 | 4.67 | 2.15 | 0.70 | 4.67 | 2.15 | 0.70 | 4.67 | 3.26 | 3.62 |
| 1 月 | 3.50 | 1.84 | 0.45 | 3.50 | 1.84 | 0.45 | 3.50 | 3.58 | 3.13 |
| 2 月 | 2.43 | 1.53 | 0.24 | 2.43 | 1.53 | 0.24 | 3.54 | 3.88 | 3.38 |
| 3 月 | 2.11 | 1.31 | 0.31 | 2.11 | 1.31 | 0.31 | 3.27 | 3.58 | 3.15 |
| 4 月 | 1.55 | 1.25 | 0.28 | 1.55 | 1.25 | 0.28 | 3.07 | 3.33 | 3.26 |
| 5 月 | 0.93 | 0.32 | 0.19 | 0.93 | 0.32 | 0.19 | 2.98 | 3.36 | 3.68 |
| 年均流量 | 7.24 | 3.94 | 1.57 | 7.40 | 3.94 | 3.27 | 6.27 | 4.51 | 3.33 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 22844.60 | 12439.30 | 4938.90 | 23344.6 | 12439.3 | 10308.9 | 19766.41 | 14209.01 | 10487.16 |

**表 5.2.2-3　不同典型年小石门灌区取水量　　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0 | 0 | 0 | 1.87 | 1.31 | 1.47 |
| 7 月 | 0 | 0 | 0 | 1.36 | 0.95 | 1.06 |
| 8 月 | 0 | 0 | 0 | 1.61 | 1.13 | 1.25 |
| 9 月 | 0 | 0 | 0 | 1.66 | 1.17 | 1.29 |
| 10 月 | 0 | 0 | 0 | 2.81 | 1.97 | 2.19 |
| 11 月 | 0 | 0 | 0 | 3.41 | 2.39 | 2.66 |
| 12 月 | 0 | 0 | 0 | 3.30 | 2.32 | 2.58 |
| 1 月 | 0 | 0 | 0 | 2.32 | 2.64 | 2.06 |
| 2 月 | 0 | 0 | 0 | 2.56 | 2.92 | 2.28 |
| 3 月 | 0 | 0 | 0 | 2.32 | 2.64 | 2.06 |
| 4 月 | 0 | 0 | 0 | 2.10 | 2.40 | 1.88 |
| 5 月 | 0 | 0 | 0 | 2.04 | 2.32 | 1.82 |
| 年均流量（$m^3/s$） | 0 | 0 | 0 | 2.28 | 2.01 | 1.88 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 0 | 0 | 0 | 7183.3 | 6335.71 | 5935.66 |

**表 5.2.2-4　不同典型年小石门坝址下泄流量过程　　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 2.44 | 2.37 | 1.13 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 7 月 | 11.06 | 6.68 | 2.54 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 8 月 | 15.79 | 15.14 | 2.90 | 3.77 | 11.57 | 1.47 |
| 9 月 | 20.90 | 6.64 | 3.15 | 19.01 | 5.25 | 1.47 |
| 10 月 | 14.36 | 3.60 | 5.33 | 11.34 | 1.47 | 1.47 |
| 11 月 | 6.81 | 4.23 | 1.43 | 3.18 | 1.56 | 0.74 |
| 12 月 | 4.67 | 2.15 | 0.70 | 1.16 | 0.74 | 0.74 |
| 1 月 | 3.50 | 1.84 | 0.45 | 0.97 | 0.74 | 0.74 |
| 2 月 | 2.43 | 1.53 | 0.24 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 3 月 | 2.11 | 1.31 | 0.31 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 4 月 | 1.55 | 1.25 | 0.28 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 5 月 | 0.93 | 0.32 | 0.19 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 年均流量 | 7.24 | 3.94 | 1.57 | 3.78 | 2.28 | 1.05 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 22844.60 | 12439.30 | 4938.90 | 11908.48 | 7191.15 | 3295.60 |

**表 5.2.2-5　不同典型年普登河与龙川江汇合口前普登河来流过程对比一览表**

**单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 2.64 | 2.57 | 1.24 | 1.81 | 1.78 | 1.64 |
| 7 月 | 11.77 | 7.07 | 2.74 | 2.37 | 2.05 | 1.78 |
| 8 月 | 17.16 | 16.41 | 3.22 | 6.23 | 14.56 | 1.98 |
| 9 月 | 24.98 | 7.15 | 3.40 | 23.56 | 6.45 | 1.91 |
| 10 月 | 17.14 | 3.88 | 5.68 | 14.55 | 1.86 | 2.01 |
| 11 月 | 7.45 | 4.56 | 1.63 | 4.44 | 2.16 | 1.05 |
| 12 月 | 5.12 | 2.29 | 0.79 | 1.86 | 0.93 | 0.92 |
| 1 月 | 3.76 | 1.94 | 0.51 | 1.39 | 0.91 | 0.89 |
| 2 月 | 2.57 | 1.60 | 0.31 | 0.96 | 0.89 | 0.89 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 月 | 2.22 | 1.37 | 0.38 | 0.93 | 0.88 | 0.88 |
| 4 月 | 1.62 | 1.31 | 0.34 | 0.90 | 0.87 | 0.83 |
| 5 月 | 0.99 | 0.38 | 0.25 | 0.86 | 0.80 | 0.79 |
| 年均流量 | 8.15 | 4.24 | 1.72 | 4.99 | 2.86 | 1.30 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 25709.87 | 13360.09 | 5421.61 | 15739.17 | 9029.18 | 4100.42 |

**表 5.2.2-6　不同典型年蜻蛉河来流流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 7.62 | 7.06 | 4.52 | 7.62 | 7.06 | 4.52 |
| 7 月 | 20.22 | 14.01 | 6.53 | 20.22 | 14.01 | 6.53 |
| 8 月 | 43.41 | 41.28 | 10.20 | 43.41 | 41.28 | 10.20 |
| 9 月 | 68.72 | 19.15 | 8.58 | 68.72 | 19.15 | 8.58 |
| 10 月 | 48.08 | 10.24 | 12.30 | 48.08 | 10.24 | 12.30 |
| 11 月 | 21.30 | 12.37 | 5.75 | 21.30 | 12.37 | 5.75 |
| 12 月 | 12.22 | 5.23 | 4.91 | 12.22 | 5.23 | 4.91 |
| 1 月 | 9.29 | 5.16 | 4.93 | 9.29 | 5.16 | 4.93 |
| 2 月 | 6.32 | 4.80 | 4.64 | 6.32 | 4.80 | 4.64 |
| 3 月 | 5.45 | 4.31 | 4.37 | 5.45 | 4.31 | 4.37 |
| 4 月 | 4.07 | 3.58 | 2.47 | 4.07 | 3.58 | 2.47 |
| 5 月 | 3.73 | 2.55 | 2.30 | 3.73 | 2.55 | 2.30 |
| 年均流量 | 20.94 | 10.86 | 5.98 | 20.94 | 10.86 | 5.98 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 66033.2 | 34259.2 | 18851.5 | 66033.2 | 34259.2 | 18851.5 |

**表 5.2.2-7　不同典型年永定河来流流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.14 |
| 7 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 8 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 9 月 | 1.13 | 0.59 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 10 月 | 1.42 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 11 月 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 12 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 1 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 2 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 3 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 4 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 5 月 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.07 | 0.04 |
| 年均流量 | 0.27 | 0.11 | 0.07 | 0.14 | 0.14 | 0.13 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 863.8 | 358.6 | 216.0 | 448.4 | 448.4 | 422.4 |

**表 5.2.2-8　不同典型年永定河区间汇流流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.79 | 0.72 | 0.41 | 0.89 | 0.81 | 0.45 |
| 7 月 | 4.56 | 2.55 | 0.69 | 4.83 | 2.72 | 0.79 |
| 8 月 | 6.11 | 5.40 | 2.19 | 6.64 | 5.88 | 2.29 |
| 9 月 | 7.27 | 2.30 | 1.69 | 8.03 | 2.44 | 1.77 |
| 10 月 | 5.19 | 1.36 | 2.16 | 5.54 | 1.22 | 2.23 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 月 | 2.61 | 1.34 | 0.68 | 2.40 | 1.38 | 0.61 |
| 12 月 | 1.80 | 0.61 | 0.44 | 1.70 | 0.61 | 0.42 |
| 1 月 | 1.18 | 0.46 | 0.32 | 1.20 | 0.45 | 0.30 |
| 2 月 | 0.71 | 0.25 | 0.22 | 0.72 | 0.23 | 0.20 |
| 3 月 | 0.56 | 0.18 | 0.20 | 0.57 | 0.20 | 0.20 |
| 4 月 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 5 月 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.19 |
| 年均流量 | 2.61 | 1.31 | 0.78 | 2.76 | 1.37 | 0.81 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 8232.7 | 4117.6 | 2472.6 | 8701.94 | 4324.96 | 2548.30 |

**表 5.2.2-9　不同典型年永定河汇入蜻蛉河流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.97 | 0.89 | 0.54 | 1.14 | 1.06 | 0.62 |
| 7 月 | 5.19 | 2.94 | 0.86 | 5.09 | 2.98 | 1.05 |
| 8 月 | 6.92 | 6.13 | 2.54 | 6.89 | 6.45 | 2.54 |
| 9 月 | 9.41 | 3.24 | 1.97 | 8.72 | 2.80 | 2.02 |
| 10 月 | 7.41 | 1.60 | 2.50 | 6.12 | 1.51 | 2.48 |
| 11 月 | 3.02 | 1.58 | 0.84 | 2.78 | 1.68 | 0.86 |
| 12 月 | 2.10 | 0.76 | 0.57 | 1.89 | 0.71 | 0.50 |
| 1 月 | 1.40 | 0.60 | 0.44 | 1.34 | 0.53 | 0.38 |
| 2 月 | 0.88 | 0.36 | 0.33 | 0.81 | 0.31 | 0.28 |
| 3 月 | 0.71 | 0.28 | 0.30 | 0.66 | 0.28 | 0.28 |
| 4 月 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 |
| 5 月 | 0.28 | 0.28 | 0.23 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| 年均流量 | 3.23 | 1.59 | 0.95 | 3.02 | 1.58 | 0.97 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 10188.43 | 5013.56 | 3011.40 | 9511.36 | 4997.02 | 3049.76 |

**表 5.2.2-10　不同典型年龙街河汇入蜻蛉河流量过程　单位：$m^3/s$**

| | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 月份 | 0.25 | 0.50 | 0.90 | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.71 | 0.62 | 0.25 | 0.86 | 0.77 | 0.36 |
| 7 月 | 2.86 | 1.66 | 0.62 | 3.01 | 1.81 | 0.76 |
| 8 月 | 3.81 | 3.37 | 1.38 | 3.96 | 3.57 | 1.53 |
| 9 月 | 4.61 | 1.47 | 1.12 | 5.75 | 1.94 | 1.26 |
| 10 月 | 3.33 | 0.88 | 1.48 | 4.44 | 1.02 | 1.63 |
| 11 月 | 1.38 | 0.85 | 0.53 | 1.53 | 1.00 | 0.68 |
| 12 月 | 1.04 | 0.48 | 0.44 | 1.09 | 0.53 | 0.48 |
| 1 月 | 0.76 | 0.42 | 0.35 | 0.81 | 0.47 | 0.40 |
| 2 月 | 0.56 | 0.35 | 0.34 | 0.61 | 0.40 | 0.39 |
| 3 月 | 0.48 | 0.30 | 0.32 | 0.53 | 0.35 | 0.36 |
| 4 月 | 0.36 | 0.29 | 0.18 | 0.41 | 0.34 | 0.23 |
| 5 月 | 0.25 | 0.10 | 0.09 | 0.30 | 0.15 | 0.13 |
| 年均流量 | 1.69 | 0.91 | 0.59 | 1.95 | 1.03 | 0.69 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 5324.58 | 2856.11 | 1874.90 | 6146.05 | 3263.06 | 2170.29 |

**表 5.2.2-11　不同典型年蜻蛉河汇入龙川江下泄流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 月 | 9.30 | 8.57 | 5.31 | 9.62 | 8.88 | 5.92 |
| 7 月 | 28.28 | 18.61 | 8.01 | 28.32 | 18.79 | 8.35 |
| 8 月 | 54.14 | 50.77 | 14.12 | 54.25 | 51.30 | 14.26 |
| 9 月 | 82.74 | 23.85 | 11.67 | 83.20 | 23.89 | 11.86 |
| 10 月 | 58.82 | 12.72 | 16.29 | 58.65 | 12.78 | 16.42 |
| 11 月 | 25.70 | 14.81 | 7.12 | 25.61 | 15.05 | 7.36 |
| 12 月 | 15.36 | 6.48 | 5.91 | 15.20 | 6.48 | 5.90 |
| 1 月 | 11.45 | 6.18 | 5.73 | 11.43 | 6.16 | 5.71 |
| 2 月 | 7.75 | 5.52 | 5.31 | 7.74 | 5.51 | 5.31 |
| 3 月 | 6.64 | 4.89 | 4.99 | 6.64 | 4.96 | 5.02 |
| 4 月 | 4.72 | 4.15 | 2.94 | 5.16 | 4.82 | 3.93 |
| 5 月 | 4.26 | 2.94 | 2.62 | 4.66 | 3.72 | 3.47 |
| 年均流量 | 25.86 | 13.36 | 7.53 | 25.97 | 13.60 | 7.82 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 81546.2 | 42128.9 | 23737.8 | 81892.35 | 42881.87 | 24655.78 |

**表 5.2.2-12　不同典型年东山大沟取水口处龙川江上游来流过程对比一览表**

**单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 22.10 | 16.69 | 2.92 | 24.08 | 18.71 | 5.73 |
| 7 月 | 29.08 | 22.90 | 9.89 | 30.64 | 24.57 | 12.92 |
| 8 月 | 49.16 | 51.96 | 10.12 | 50.68 | 53.55 | 11.76 |
| 9 月 | 62.77 | 24.63 | 9.21 | 64.28 | 26.12 | 10.73 |
| 10 月 | 42.51 | 8.46 | 4.79 | 43.96 | 9.91 | 6.26 |
| 11 月 | 24.32 | 10.91 | 3.16 | 25.77 | 12.37 | 5.52 |
| 12 月 | 8.18 | 3.39 | 2.18 | 9.63 | 4.84 | 2.31 |
| 1 月 | 4.69 | 2.15 | 2.62 | 6.15 | 2.28 | 2.50 |
| 2 月 | 4.25 | 2.54 | 2.34 | 5.70 | 3.30 | 2.95 |
| 3 月 | 2.04 | 1.88 | 4.09 | 2.17 | 2.37 | 5.87 |
| 4 月 | 3.20 | 2.75 | 3.17 | 5.01 | 4.37 | 5.44 |
| 5 月 | 8.71 | 6.02 | 9.44 | 10.57 | 8.14 | 11.34 |
| 年均流量 | 21.82 | 12.93 | 5.36 | 23.29 | 14.29 | 6.98 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 68825.18 | 40779.22 | 16900.91 | 73457.39 | 45055.56 | 22008.82 |

**表 5.2.2-13　不同典型年东山大沟取水流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 5.00 | 5.00 | 0.57 | 5.00 | 5.00 | 3.38 |
| 7 月 | 5.00 | 5.00 | 4.93 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 8 月 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 9 月 | 5.00 | 5.00 | 4.26 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 10 月 | 5.00 | 3.50 | 0.00 | 5.00 | 4.96 | 1.30 |
| 11 月 | 5.00 | 5.00 | 0.00 | 5.00 | 5.00 | 0.56 |
| 12 月 | 5.00 | 1.74 | 0.53 | 5.00 | 3.19 | 0.66 |
| 1 月 | 3.04 | 0.50 | 0.96 | 4.49 | 0.63 | 0.85 |
| 2 月 | 2.60 | 0.88 | 0.69 | 4.05 | 1.65 | 1.30 |
| 3 月 | 0.38 | 0.28 | 2.44 | 0.52 | 0.77 | 4.22 |
| 4 月 | 1.55 | 1.10 | 1.52 | 3.35 | 2.71 | 3.79 |
| 5 月 | 5.00 | 4.36 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 年均流量 | 3.97 | 3.12 | 2.18 | 4.37 | 3.67 | 3.02 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 12530.50 | 9842.78 | 6861.32 | 13777.01 | 11562.56 | 9515.02 |

**表 5.2.2-14　不同典型年东山大沟取水断面龙川江下泄流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 17.10 | 11.69 | 2.35 | 19.08 | 13.71 | 2.35 |
| 7 月 | 24.08 | 17.90 | 4.96 | 25.64 | 19.57 | 7.92 |
| 8 月 | 44.16 | 46.96 | 5.12 | 45.68 | 48.55 | 6.76 |
| 9 月 | 57.77 | 19.63 | 4.96 | 59.28 | 21.12 | 5.73 |
| 10 月 | 37.51 | 4.96 | 4.81 | 38.96 | 4.96 | 4.96 |
| 11 月 | 19.32 | 5.91 | 3.14 | 20.77 | 7.37 | 4.96 |
| 12 月 | 3.18 | 1.65 | 1.65 | 4.63 | 1.65 | 1.65 |
| 1 月 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 |
| 2 月 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 |
| 3 月 | 1.65 | 1.60 | 1.65 | 1.65 | 1.60 | 1.65 |
| 4 月 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.65 |
| 5 月 | 3.71 | 1.65 | 4.23 | 5.57 | 3.14 | 6.34 |
| 年均流量 | 17.85 | 9.81 | 3.17 | 18.92 | 10.62 | 3.96 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 56294.7 | 30936.4 | 9982.8 | 59680.4 | 33493.0 | 12493.8 |

**表 5.2.2-15　不同典型年元谋污水处理厂出水流量过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| 7 月 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 8 月 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 9 月 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| 10 月 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 11 月 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| 12 月 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 1 月 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 2 月 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.39 | 0.39 | 0.39 |
| 3 月 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 4 月 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| 5 月 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 年均流量 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 412.0 | 412.0 | 412.0 | 1138.8 | 1138.8 | 1138.8 |

**表 5.2.2-16　不同典型年龙川江汇入金沙江下泄过程　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 35.28 | 28.70 | 8.04 | 38.21 | 32.33 | 10.35 |
| 7 月 | 67.74 | 49.75 | 16.05 | 70.45 | 53.74 | 21.81 |
| 8 月 | 122.64 | 122.97 | 23.76 | 126.54 | 138.24 | 28.37 |
| 9 月 | 168.38 | 56.46 | 20.54 | 189.57 | 63.76 | 24.53 |
| 10 月 | 116.76 | 22.25 | 23.10 | 128.01 | 24.61 | 25.11 |
| 11 月 | 56.83 | 27.10 | 11.37 | 59.96 | 29.38 | 15.49 |
| 12 月 | 23.92 | 8.57 | 7.72 | 24.03 | 9.82 | 8.41 |
| 1 月 | 14.92 | 8.10 | 7.61 | 15.89 | 8.81 | 8.34 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 月 | 10.59 | 7.27 | 7.06 | 11.64 | 8.01 | 7.70 |
| 3 月 | 8.53 | 6.53 | 6.77 | 9.31 | 7.35 | 7.56 |
| 4 月 | 5.64 | 4.99 | 3.63 | 7.21 | 6.77 | 5.73 |
| 5 月 | 10.83 | 4.26 | 7.15 | 13.93 | 7.43 | 12.72 |
| 年均流量 | 53.72 | 29.09 | 11.95 | 58.21 | 32.81 | 14.77 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 169395.71 | 91723.74 | 37685.88 | 183563.50 | 103457.77 | 46577.75 |

**表 5.2.2-17　弯腰树水库入库流量过程 单位 $m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.15 | 0.08 | 0.06 | 1.28 | 0.16 | 0.23 |
| 7 月 | 0.23 | 0.14 | 0.06 | 2.51 | 0.59 | 0.24 |
| 8 月 | 3.78 | 0.23 | 0.10 | 6.08 | 2.54 | 0.21 |
| 9 月 | 2.28 | 0.12 | 0.11 | 2.33 | 0.98 | 0.20 |
| 10 月 | 1.03 | 0.09 | 0.08 | 1.66 | 0.32 | 0.29 |
| 11 月 | 0.16 | 0.10 | 0.07 | 0.91 | 0.50 | 0.34 |
| 12 月 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.32 | 0.07 | 0.25 |
| 1 月 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.07 | 0.35 |
| 2 月 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 1.07 |
| 3 月 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 1.05 |
| 4 月 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.87 |
| 5 月 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.80 |
| 年均流量 | 0.67 | 0.09 | 0.07 | 1.29 | 0.47 | 0.49 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 2133.30 | 299.47 | 208.52 | 4088.87 | 1479.86 | 1542.50 |

**表 5.2.2-18　弯腰树水库出库流量过程　　单位 $m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.80 | 0.15 | 0.22 |
| 7 月 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 2.46 | 0.27 | 0.23 |
| 8 月 | 3.44 | 0.05 | 0.05 | 6.04 | 2.25 | 0.20 |
| 9 月 | 2.25 | 0.05 | 0.05 | 2.29 | 0.95 | 0.19 |
| 10 月 | 0.99 | 0.05 | 0.15 | 1.63 | 0.29 | 0.29 |
| 11 月 | 0.13 | 0.05 | 0.06 | 0.87 | 0.47 | 0.33 |
| 12 月 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.28 | 0.18 | 0.24 |
| 1 月 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.18 | 0.18 | 0.34 |
| 2 月 | 0.05 | 0.39 | 0.04 | 0.18 | 0.18 | 1.06 |
| 3 月 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.18 | 0.17 | 1.04 |
| 4 月 | 0.50 | 0.04 | 0.03 | 0.17 | 0.05 | 0.85 |
| 5 月 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.79 |
| 年均流量 | 0.64 | 0.08 | 0.05 | 1.26 | 0.44 | 0.48 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 2023.38 | 232.43 | 169.98 | 4011.58 | 1396.04 | 1506.25 |

**表 5.2.2-19　新河水库入库流量过程　　单位 $m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.19 | 0.08 | 0.03 | 0.19 | 0.08 | 0.07 |
| 7 月 | 0.57 | 0.20 | 0.03 | 0.57 | 0.20 | 0.08 |
| 8 月 | 0.38 | 0.41 | 0.12 | 0.38 | 0.41 | 0.12 |
| 9 月 | 0.59 | 0.18 | 0.15 | 0.59 | 0.18 | 0.15 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 月 | 0.24 | 0.11 | 0.07 | 0.24 | 0.11 | 0.07 |
| 11 月 | 0.14 | 0.12 | 0.06 | 0.14 | 0.12 | 0.06 |
| 12 月 | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.04 |
| 1 月 | 0.08 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.06 | 0.03 |
| 2 月 | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.15 |
| 3 月 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.21 |
| 4 月 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.49 |
| 5 月 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.23 |
| 年均流量 | 0.20 | 0.11 | 0.05 | 0.20 | 0.11 | 0.14 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 647.71 | 359.93 | 163.73 | 647.71 | 359.93 | 446.23 |

**表 5.2.2-20　新河水库出库流量过程　单位 $m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 90% | 25% | 50% | 90% |
| 6 月 | 0.16 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.08 |
| 7 月 | 0.29 | 0.19 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.07 |
| 8 月 | 0.16 | 0.16 | 0.09 | 0.24 | 0.35 | 0.04 |
| 9 月 | 0.28 | 0.21 | 0.14 | 0.55 | 0.14 | 0.04 |
| 10 月 | 0.36 | 0.28 | 0.06 | 0.20 | 0.07 | 0.04 |
| 11 月 | 0.41 | 0.11 | 0.05 | 0.11 | 0.09 | 0.21 |
| 12 月 | 0.38 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.04 |
| 1 月 | 0.07 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| 2 月 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| 3 月 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.20 |
| 4 月 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.23 | 0.23 | 0.47 |
| 5 月 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.30 | 0.32 | 0.22 |
| 年均流量 | 0.19 | 0.10 | 0.04 | 0.15 | 0.11 | 0.13 |
| 年径流量（万 $m^3$） | 588.75 | 321.29 | 129.86 | 482.91 | 361.43 | 413.91 |

对工程不同来水条件水文情势预测考虑了 16 个有代表性的断面，详细见表 5.2.2-21，包括库区、坝下、取水口、支流汇入口下等断面。

**表 5.2.2-21　典型断面及代表性说明**

| 序号 | 断面 | 河流 | 距库尾或上边界里程（km） | 代表性说明 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 小石门库尾 | 普登河 | 0 | |
| 2 | 小石门库中断面 | | 4.9 | 库区水文要素变化 |
| 3 | 小石门水库坝前 | | | |
| 4 | 小石门水库坝下 | | 8.54 | 坝下减水河段水文要素变化 |
| 5 | 普等河与龙川江汇合口前 | | 53.1 | 班果河入汇对坝下减水河段影响 |
| 6 | 东山大沟取水口龙川江来流断面 | 龙川江 | 0 | 龙川江入流 |
| 7 | 普登河与龙川江汇合口下 0.5km 断面 | | 36.5 | 龙川江干流（普登河口） |
| 8 | 小黄瓜园 | | 44.0 | 水环境功能区交界断面 |
| 9 | 蜻蛉河与龙川江汇合口下 0.5km | | 55.2 | 龙川江干流（蜻蛉河口） |
| 10 | 龙川江入金沙江口断面 | | 62.6 | 龙川江干流（入金沙江口） |
| 11 | 蜻蛉河入流 | 蜻蛉河 | 0 | 蜻蛉河干流 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 永定河口下 0.5km | 干流 | 16.5 | 蜻蛉河干流（永定河口） |
| 13 | 入龙川江汇合口前 0.5km | | 25.1 | 蜻蛉河干流（蜻蛉河口） |
| 14 | 永定河入流 | 永定河干流 | 0 | 永定河入流 |
| 15 | 永定河中段 | | 9.96 | 芝麻河汇合口下 0.5km，永定河干流 |
| 16 | 入蜻蛉河汇合口前 0.5km | | 16.3 | 永定河干流（永定河口） |

### 5.2.2.3 库区与河流水文情势影响预测与分析

#### 5.2.2.3.1 流量变化分析

各典型年工程前后的流量对比见表 5.2.2-22~表 5.2.2-30。以下以 P=50%典型年为例，详细说明沿程各断面流量变化情况：

受小石门水库调节作用影响，普登河坝址断面处除 5 月份增加外（增加 131.25%，因下泄生态流量 0.74m$^3$/s），其余各月份均呈减少，流量减少率在 -21.0%~-77.9%，其中最大减水月份在 7 月份，减少幅度为 77.9%。至班果河汇入后，水量减少幅度呈减轻，最大减水月份仍为 7 月份，减水幅度降低至 71.0%。

永定河干流各断面，相比现状，入口断面设计水平年 6-8 月、10-11 月流量增加 2 倍，9 月份减少 64%，其余月份维持不变，至芝麻河口下，除 3-5 月未变化、10~11 月份增加 5.3%~15.3%外，其余月份减少率在 5.8%~43.5%。

蜻蛉河干流各断面，相比现状，入口断面设计水平年各月流量均呈增加，增加率在 0.5%~2.4%；至永定河口下，1~2 月呈减少，减少率为 0.1%~0.3%，其余月份呈增加，增加率在 1.6%~18.7%；

龙川江干流各断面，相比现状，设计水平年流量总体呈增加，其中东山大沟 5~9 月及 11 月增加率在 3.4%~90.3%，5 月份增加幅度最大，其余月份不变；普登河口下断面除 1 月不变外，其余各月增加率在 1.5%~128.6%；黄瓜园及以下断面各月均呈增加，黄瓜园断面增加率在 5.3%~143.1%，蜻蛉河口下断面增加率在 6.9%~72.6%，入金沙江断面增加率在 8.0%~74.4%。

**表 5.2.2-22　工程建设前后（P=25%）普登河不同断面流量变化**

**单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | | 变化量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | | | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 3.5 | 3.5 | 3.77 | 3.5 | 0.97 | 1.39 | 0 | -2.53 | -2.38 |
| 2 月 | 2.43 | 2.43 | 2.57 | 2.43 | 0.74 | 0.96 | 0 | -1.69 | -1.61 |
| 3 月 | 2.11 | 2.11 | 2.22 | 2.11 | 0.74 | 0.93 | 0 | -1.37 | -1.29 |
| 4 月 | 1.55 | 1.55 | 1.62 | 1.55 | 0.74 | 0.9 | 0 | -0.81 | -0.72 |
| 5 月 | 0.93 | 0.93 | 0.99 | 0.93 | 0.74 | 0.86 | 0 | -0.19 | -0.13 |
| 6 月 | 2.44 | 2.44 | 2.64 | 4.37 | 1.47 | 1.81 | 1.93 | -0.97 | -0.83 |
| 7 月 | 11.06 | 11.06 | 11.77 | 11.06 | 1.47 | 2.37 | 0 | -9.59 | -9.4 |
| 8 月 | 15.79 | 15.79 | 17.16 | 15.79 | 3.77 | 6.23 | 0 | -12.02 | -10.93 |
| 9 月 | 20.9 | 20.9 | 24.98 | 20.9 | 19.01 | 23.56 | 0 | -1.89 | -1.42 |
| 10 月 | 14.36 | 14.36 | 17.14 | 14.36 | 11.34 | 14.55 | 0 | -3.02 | -2.59 |
| 11 月 | 6.81 | 6.81 | 7.45 | 6.81 | 3.18 | 4.44 | 0 | -3.63 | -3.01 |
| 12 月 | 4.67 | 4.67 | 5.12 | 4.67 | 1.16 | 1.87 | 0 | -3.51 | -3.25 |
| 均值 | 7.21 | 7.21 | 8.12 | 7.37 | 3.78 | 4.99 | 0.16 | -3.43 | -3.13 |

**表 5.2.2-23　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面流量变化**

**单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | | 变化量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | | | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 1.84 | 1.84 | 1.94 | 1.84 | 0.74 | 0.91 | 0 | -1.1 | -1.03 |
| 2 月 | 1.53 | 1.53 | 1.6 | 1.53 | 0.74 | 0.89 | 0 | -0.79 | -0.71 |
| 3 月 | 1.31 | 1.31 | 1.37 | 1.31 | 0.74 | 0.88 | 0 | -0.57 | -0.49 |
| 4 月 | 1.25 | 1.25 | 1.31 | 1.25 | 0.74 | 0.87 | 0 | -0.51 | -0.44 |
| 5 月 | 0.32 | 0.32 | 0.38 | 0.32 | 0.74 | 0.8 | 0 | 0.42 | 0.42 |
| 6 月 | 2.37 | 2.37 | 2.57 | 2.37 | 1.47 | 1.78 | 0 | -0.9 | -0.79 |
| 7 月 | 6.68 | 6.68 | 7.07 | 6.68 | 1.47 | 2.05 | 0 | -5.21 | -5.02 |
| 8 月 | 15.14 | 15.14 | 16.41 | 15.14 | 11.57 | 14.56 | 0 | -3.57 | -1.85 |
| 9 月 | 6.64 | 6.64 | 7.15 | 6.64 | 5.25 | 6.45 | 0 | -1.39 | -0.7 |
| 10 月 | 3.6 | 3.6 | 3.88 | 3.6 | 1.47 | 1.86 | 0 | -2.13 | -2.02 |
| 11 月 | 4.23 | 4.23 | 4.56 | 4.23 | 1.56 | 2.16 | 0 | -2.67 | -2.4 |
| 12 月 | 2.15 | 2.15 | 2.29 | 2.15 | 0.74 | 0.93 | 0 | -1.41 | -1.36 |
| 均值 | 3.92 | 3.92 | 4.21 | 3.92 | 2.27 | 2.85 | 0 | -1.65 | -1.36 |

**表 5.2.2-24　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面流量变化**

**单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | | 变化量 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | | | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 0.45 | 0.45 | 0.51 | 0.45 | 0.74 | 0.89 | 0 | 0.29 | 0.38 |
| 2 月 | 0.24 | 0.24 | 0.31 | 0.24 | 0.74 | 0.89 | 0 | 0.5 | 0.58 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 月 | 0.31 | 0.31 | 0.38 | 0.31 | 0.74 | 0.88 | 0 | 0.43 | 0.5 |
| 4 月 | 0.28 | 0.28 | 0.34 | 0.28 | 0.74 | 0.83 | 0 | 0.46 | 0.49 |
| 5 月 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.19 | 0.74 | 0.79 | 0 | 0.55 | 0.54 |
| 6 月 | 1.13 | 1.13 | 1.24 | 6.58 | 1.47 | 1.64 | 5.45 | 0.34 | 0.4 |
| 7 月 | 2.54 | 2.54 | 2.74 | 8.23 | 1.47 | 1.78 | 5.69 | -1.07 | -0.96 |
| 8 月 | 2.9 | 2.9 | 3.22 | 6.43 | 1.47 | 1.98 | 3.53 | -1.43 | -1.24 |
| 9 月 | 3.15 | 3.15 | 3.4 | 5.59 | 1.47 | 1.91 | 2.44 | -1.68 | -1.49 |
| 10 月 | 5.33 | 5.33 | 5.68 | 8.54 | 1.47 | 2.01 | 3.21 | -3.86 | -3.67 |
| 11 月 | 1.43 | 1.43 | 1.63 | 1.43 | 0.74 | 1.05 | 0 | -0.69 | -0.58 |
| 12 月 | 0.7 | 0.7 | 0.79 | 0.7 | 0.74 | 0.92 | 0 | 0.04 | 0.13 |
| 均值 | 1.55 | 1.55 | 1.71 | 3.25 | 1.04 | 1.3 | 1.7 | -0.51 | -0.41 |

**表 5.2.2-25　工程建设前后（P=25%）蜻蛉河、永定河不同断面流量变化　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.07 | 0.40 | 1.40 | 10.05 | 11.45 | 11.45 | 0.07 | 0.32 | 1.34 | 10.10 | 11.44 | 11.47 |
| 2 月 | 0.07 | 0.27 | 0.88 | 6.88 | 7.75 | 7.75 | 0.07 | 0.20 | 0.81 | 6.93 | 7.74 | 7.75 |
| 3 月 | 0.07 | 0.23 | 0.71 | 5.93 | 6.64 | 6.64 | 0.07 | 0.17 | 0.66 | 5.98 | 6.64 | 6.65 |
| 4 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 4.44 | 4.72 | 4.72 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 4.49 | 5.04 | 5.17 |
| 5 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 3.98 | 4.26 | 4.26 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 4.03 | 4.55 | 4.66 |
| 6 月 | 0.07 | 0.30 | 1.00 | 8.33 | 9.33 | 9.33 | 0.22 | 0.40 | 1.18 | 8.49 | 9.86 | 9.95 |
| 7 月 | 0.07 | 1.32 | 5.19 | 23.08 | 28.28 | 28.28 | 0.21 | 0.99 | 5.09 | 23.23 | 28.32 | 28.32 |
| 8 月 | 0.07 | 1.74 | 6.92 | 47.22 | 54.14 | 54.14 | 0.21 | 1.26 | 6.89 | 47.36 | 54.25 | 54.25 |
| 9 月 | 1.13 | 3.24 | 9.41 | 73.33 | 82.74 | 82.74 | 0.21 | 1.91 | 8.72 | 74.47 | 83.20 | 83.20 |
| 10 月 | 1.42 | 3.00 | 7.41 | 51.41 | 58.82 | 58.82 | 0.21 | 1.42 | 6.13 | 52.52 | 58.65 | 58.65 |
| 11 月 | 0.09 | 0.81 | 3.02 | 22.69 | 25.70 | 25.70 | 0.21 | 0.74 | 2.78 | 22.83 | 25.61 | 25.61 |
| 12 月 | 0.07 | 0.57 | 2.10 | 13.26 | 15.36 | 15.36 | 0.07 | 0.45 | 1.89 | 13.31 | 15.20 | 15.20 |
| 均值 | 0.27 | 1.01 | 3.22 | 22.55 | 25.77 | 25.77 | 0.14 | 0.67 | 3.00 | 22.81 | 25.87 | 25.91 |

**表 5.2.2-26　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河、永定河不同断面流量变化　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.07 | 0.21 | 0.60 | 5.58 | 6.18 | 6.18 | 0.07 | 0.16 | 0.53 | 5.63 | 6.16 | 6.17 |
| 2 月 | 0.07 | 0.15 | 0.36 | 5.15 | 5.52 | 5.52 | 0.07 | 0.12 | 0.31 | 5.20 | 5.51 | 5.51 |
| 3 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 4.61 | 4.89 | 4.89 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 4.66 | 4.95 | 4.96 |
| 4 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 3.87 | 4.15 | 4.15 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 3.93 | 4.63 | 4.82 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 2.66 | 2.94 | 2.94 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 2.72 | 3.49 | 3.72 |
| 6 月 | 0.07 | 0.28 | 0.89 | 7.68 | 8.57 | 8.57 | 0.22 | 0.39 | 1.09 | 7.83 | 9.10 | 9.18 |
| 7 月 | 0.07 | 0.77 | 2.94 | 15.67 | 18.61 | 18.61 | 0.21 | 0.67 | 2.98 | 15.81 | 18.79 | 18.79 |
| 8 月 | 0.07 | 1.55 | 6.13 | 44.64 | 50.77 | 50.77 | 0.21 | 1.46 | 6.45 | 44.85 | 51.30 | 51.30 |
| 9 月 | 0.59 | 1.29 | 3.24 | 20.62 | 23.85 | 23.85 | 0.21 | 0.73 | 2.80 | 21.09 | 23.89 | 23.89 |
| 10 月 | 0.07 | 0.45 | 1.60 | 11.12 | 12.72 | 12.72 | 0.21 | 0.47 | 1.51 | 11.26 | 12.78 | 12.78 |
| 11 月 | 0.07 | 0.44 | 1.58 | 13.22 | 14.81 | 14.81 | 0.21 | 0.51 | 1.68 | 13.37 | 15.05 | 15.05 |
| 12 月 | 0.07 | 0.24 | 0.76 | 5.72 | 6.48 | 6.48 | 0.07 | 0.20 | 0.71 | 5.76 | 6.48 | 6.48 |
| 均值 | 0.11 | 0.48 | 1.58 | 11.71 | 13.29 | 13.29 | 0.14 | 0.42 | 1.58 | 11.84 | 13.51 | 13.55 |

**表 5.2.2-27　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面流量变化　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.07 | 0.17 | 0.44 | 5.28 | 5.73 | 5.73 | 0.07 | 0.13 | 0.38 | 5.33 | 5.71 | 5.71 |
| 2 月 | 0.07 | 0.14 | 0.33 | 4.98 | 5.31 | 5.31 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 5.03 | 5.31 | 5.31 |
| 3 月 | 0.07 | 0.13 | 0.30 | 4.69 | 4.99 | 4.99 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 4.74 | 5.02 | 5.02 |
| 4 月 | 0.07 | 0.13 | 0.28 | 2.66 | 2.94 | 2.94 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 2.72 | 3.63 | 3.93 |
| 5 月 | 0.04 | 0.09 | 0.23 | 2.39 | 2.62 | 2.62 | 0.04 | 0.08 | 0.24 | 2.45 | 3.22 | 3.47 |
| 6 月 | 0.07 | 0.19 | 0.54 | 4.78 | 5.31 | 5.31 | 0.14 | 0.24 | 0.64 | 4.90 | 5.93 | 6.12 |
| 7 月 | 0.07 | 0.27 | 0.86 | 7.16 | 8.01 | 8.01 | 0.21 | 0.37 | 1.05 | 7.30 | 8.35 | 8.35 |
| 8 月 | 0.07 | 0.68 | 2.54 | 11.58 | 14.12 | 14.12 | 0.21 | 0.60 | 2.54 | 11.73 | 14.26 | 14.27 |
| 9 月 | 0.07 | 0.54 | 1.97 | 9.70 | 11.67 | 11.67 | 0.21 | 0.52 | 2.02 | 9.84 | 11.86 | 11.86 |
| 10 月 | 0.07 | 0.67 | 2.50 | 13.79 | 16.29 | 16.29 | 0.21 | 0.59 | 2.48 | 13.93 | 16.42 | 16.42 |
| 11 月 | 0.07 | 0.27 | 0.84 | 6.28 | 7.12 | 7.12 | 0.21 | 0.35 | 0.86 | 6.43 | 7.33 | 7.38 |
| 12 月 | 0.07 | 0.20 | 0.57 | 5.35 | 5.91 | 5.91 | 0.07 | 0.15 | 0.50 | 5.39 | 5.90 | 5.90 |
| 均值 | 0.07 | 0.29 | 0.95 | 6.55 | 7.50 | 7.50 | 0.13 | 0.28 | 0.96 | 6.65 | 7.75 | 7.81 |

**表 5.2.2-28　工程建设前后（P=25%）龙川江不同断面流量变化　　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 1.65 | 4.58 | 4.21 | 15.13 | 14.92 | 1.65 | 4.06 | 4.19 | 27.41 | 15.97 |
| 2 月 | 1.65 | 3.63 | 3.36 | 10.73 | 10.59 | 1.65 | 3.55 | 3.67 | 19.59 | 11.60 |
| 3 月 | 1.65 | 2.97 | 2.61 | 8.73 | 8.53 | 1.65 | 2.87 | 2.80 | 15.08 | 9.43 |
| 4 月 | 1.65 | 2.17 | 1.76 | 5.87 | 5.64 | 1.65 | 2.53 | 2.37 | 11.40 | 6.71 |
| 5 月 | 3.71 | 5.77 | 6.04 | 10.69 | 10.83 | 5.58 | 8.10 | 8.49 | 13.81 | 24.53 |
| 6 月 | 17.10 | 23.13 | 24.08 | 34.79 | 35.31 | 19.08 | 25.61 | 26.92 | 38.77 | 41.84 |
| 7 月 | 24.08 | 38.15 | 38.59 | 67.50 | 67.73 | 25.64 | 35.82 | 37.93 | 69.29 | 62.19 |
| 8 月 | 44.16 | 65.60 | 66.56 | 122.10 | 122.63 | 45.68 | 63.07 | 66.15 | 124.37 | 119.68 |
| 9 月 | 57.77 | 84.92 | 85.16 | 168.25 | 168.39 | 59.28 | 95.73 | 99.28 | 187.90 | 190.18 |
| 10 月 | 37.51 | 56.86 | 57.22 | 116.57 | 116.77 | 38.96 | 62.28 | 64.64 | 126.81 | 128.00 |
| 11 月 | 19.32 | 29.30 | 29.91 | 56.49 | 56.83 | 20.77 | 30.31 | 31.66 | 59.25 | 60.46 |
| 12 月 | 3.18 | 8.66 | 8.63 | 23.94 | 23.92 | 4.64 | 8.03 | 8.30 | 23.90 | 0.57 |
| 均值 | 17.79 | 27.14 | 27.34 | 53.40 | 53.51 | 18.85 | 28.50 | 29.70 | 59.80 | 55.93 |

**表 5.2.2-29　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面流量变化　　单位：m³/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 1.65 | 2.85 | 2.54 | 8.27 | 8.10 | 1.65 | 2.85 | 2.78 | 10.76 | 8.81 |
| 2 月 | 1.65 | 2.57 | 2.29 | 7.42 | 7.27 | 1.65 | 2.77 | 2.68 | 8.12 | 8.01 |
| 3 月 | 1.60 | 2.38 | 2.13 | 6.67 | 6.53 | 1.60 | 2.65 | 2.57 | 7.31 | 7.35 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 月 | 1.65 | 1.96 | 1.59 | 5.19 | 4.99 | 1.65 | 2.45 | 2.28 | 6.86 | 6.77 |
| 5 月 | 1.65 | 1.76 | 1.61 | 4.34 | 4.26 | 3.14 | 4.02 | 3.92 | 7.49 | 7.43 |
| 6 月 | 11.69 | 17.45 | 18.34 | 28.21 | 28.70 | 13.71 | 20.25 | 21.58 | 32.68 | 32.33 |
| 7 月 | 17.90 | 28.44 | 29.34 | 49.26 | 49.75 | 19.57 | 28.87 | 30.90 | 52.63 | 53.74 |
| 8 月 | 46.96 | 68.44 | 69.69 | 122.28 | 122.97 | 48.55 | 75.99 | 79.64 | 136.18 | 138.24 |
| 9 月 | 19.63 | 30.04 | 30.90 | 55.99 | 56.46 | 21.12 | 34.27 | 36.14 | 61.42 | 63.76 |
| 10 月 | 4.96 | 9.38 | 9.43 | 22.22 | 22.25 | 4.96 | 9.69 | 10.41 | 24.32 | 24.61 |
| 11 月 | 5.91 | 11.61 | 11.84 | 26.98 | 27.10 | 7.37 | 12.31 | 12.98 | 28.99 | 29.38 |
| 12 月 | 1.65 | 3.14 | 2.79 | 8.76 | 8.57 | 1.65 | 3.22 | 3.26 | 14.53 | 9.82 |
| 均值 | 9.74 | 15.00 | 15.21 | 28.80 | 28.91 | 10.55 | 16.61 | 17.43 | 32.61 | 32.81 |

**表 5.2.2-30　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面流量变化　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 1.65 | 2.13 | 2.05 | 7.66 | 7.62 | 1.65 | 2.81 | 2.75 | 8.60 | 12.37 |
| 2 月 | 1.65 | 1.94 | 1.87 | 7.09 | 7.06 | 1.65 | 2.70 | 2.60 | 7.76 | 13.37 |
| 3 月 | 1.65 | 1.99 | 1.92 | 6.81 | 6.77 | 1.65 | 2.76 | 2.69 | 7.60 | 10.63 |
| 4 月 | 1.65 | 1.40 | 1.17 | 3.76 | 3.63 | 1.65 | 2.34 | 2.16 | 5.83 | 5.43 |
| 5 月 | 4.44 | 4.69 | 4.64 | 7.18 | 7.15 | 6.34 | 8.40 | 8.68 | 12.57 | 11.08 |
| 6 月 | 2.35 | 3.27 | 3.09 | 8.15 | 8.05 | 2.35 | 4.50 | 4.53 | 10.68 | 12.99 |
| 7 月 | 4.96 | 8.03 | 8.03 | 16.05 | 16.05 | 7.92 | 11.90 | 12.42 | 21.53 | 18.52 |
| 8 月 | 5.12 | 9.27 | 9.39 | 23.69 | 23.76 | 6.76 | 11.86 | 12.61 | 27.87 | 18.92 |
| 9 月 | 4.96 | 8.85 | 8.86 | 20.54 | 20.54 | 5.73 | 10.55 | 11.26 | 23.75 | 24.61 |
| 10 月 | 4.79 | 8.86 | 8.18 | 23.47 | 23.10 | 4.96 | 8.22 | 8.38 | 24.99 | 24.73 |
| 11 月 | 3.16 | 4.66 | 4.52 | 11.44 | 11.37 | 4.96 | 7.36 | 7.62 | 25.96 | 16.06 |
| 12 月 | 1.65 | 2.25 | 2.10 | 7.80 | 7.72 | 1.65 | 2.78 | 2.69 | 8.48 | 10.14 |
| 均值 | 3.17 | 4.78 | 4.65 | 11.97 | 11.90 | 3.94 | 6.35 | 6.53 | 15.47 | 14.90 |

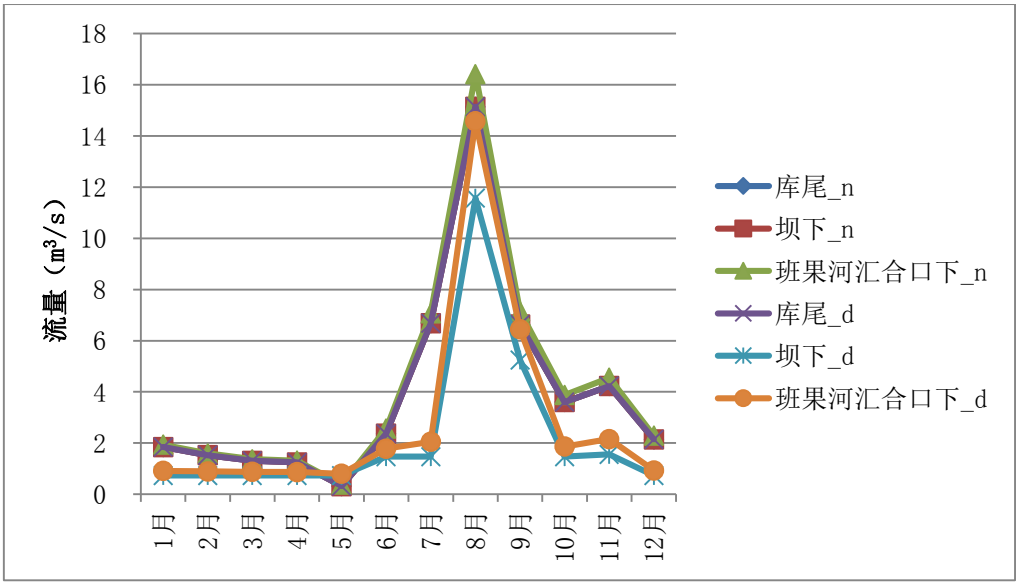



**图 5.2.2-7　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面流量过程对比图**

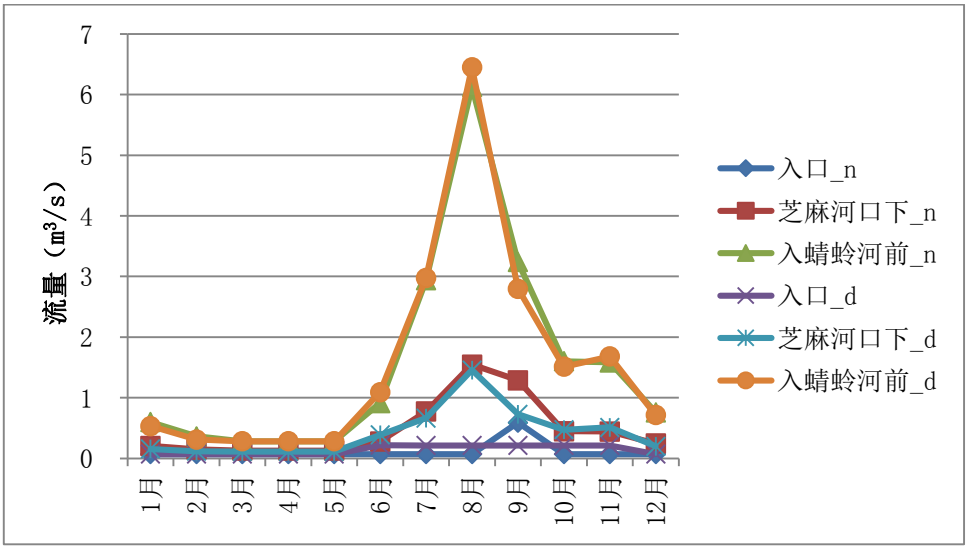



**图 5.2.2-8　工程建设前后（P=50%）永定河不同断面流量过程对比图**

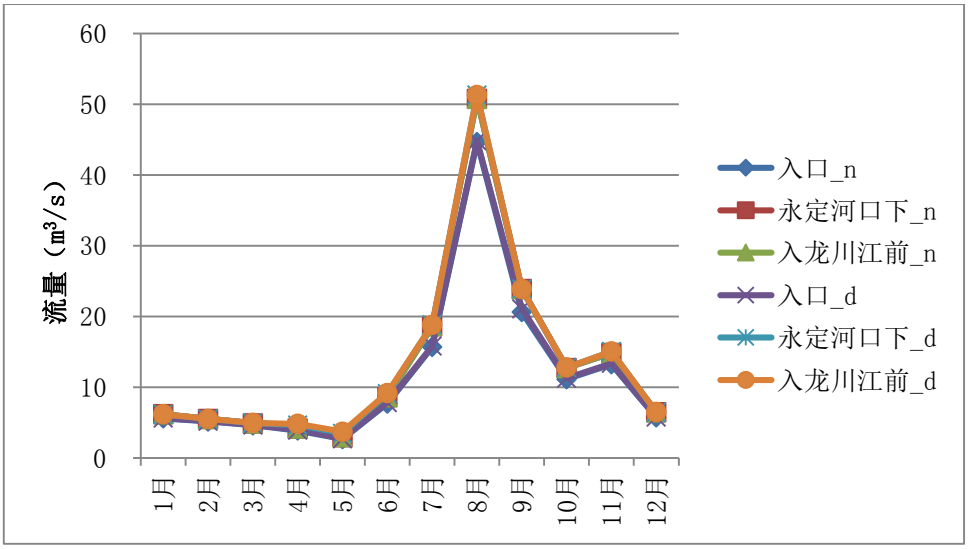



**图 5.2.2-9　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河不同断面流量过程对比图**

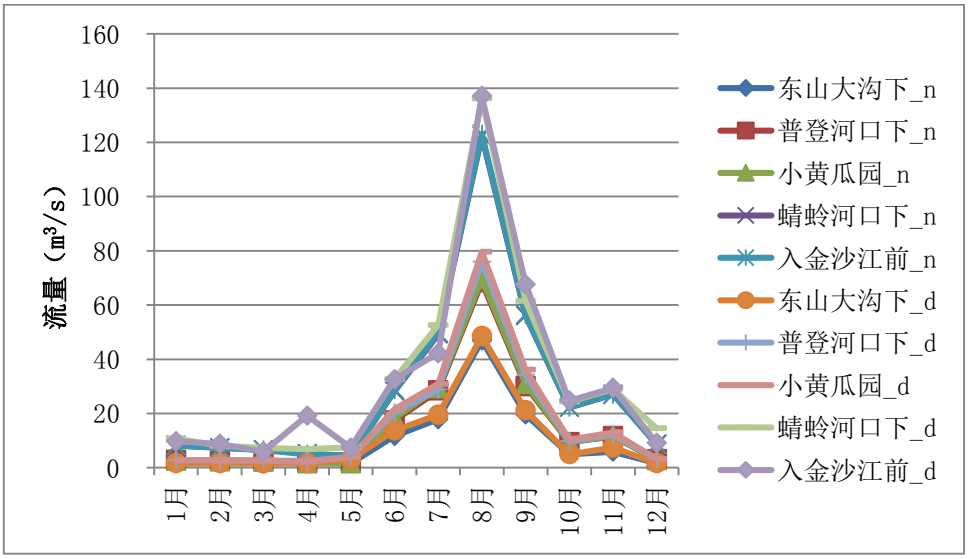



**图 5.2.2-10　工程建设前后（P=50%）龙川江干流不同断面流量过程对比图**

#### 5.2.2.3.2 水深变化分析

（1）普登河干流水深变化分析

在 p=50%来水条件下，对普登河各个断面水深变化分析表明，小石门坝下除 5 月份水深增加（增幅 38.5%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 9%~36%；班果河汇合口下水深减小幅度大幅缩小，除 5 月份增加（增幅 27%）外，其余月份减小幅度在 1%~24%。P=50%典型年普登河干流各断面水深变化见图 5.2.2-11，各典型年水深变化见表 5.2.2-31~5.2.2-33。

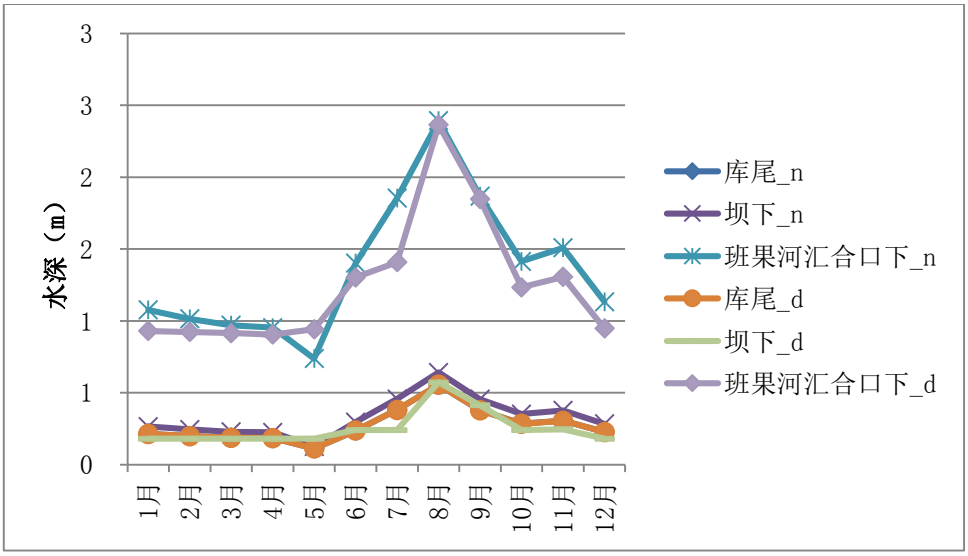



**图 5.2.2-11　工程建设前后（P=50%）普登河断面水深过程对比图**

**表 5.2.2-31　工程建设前后（P=25%）普登河各断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 0.28 | 0.35 | 1.32 | 0.28 | 0.20 | 1.03 |
| 2 月 | 0.24 | 0.30 | 1.18 | 0.24 | 0.18 | 0.96 |
| 3 月 | 0.23 | 0.28 | 1.12 | 0.23 | 0.18 | 0.93 |
| 4 月 | 0.20 | 0.25 | 1.01 | 0.20 | 0.18 | 0.91 |
| 5 月 | 0.17 | 0.20 | 1.02 | 0.17 | 0.18 | 1.00 |
| 6 月 | 0.24 | 0.30 | 1.45 | 0.34 | 0.24 | 1.35 |
| 7 月 | 0.48 | 0.56 | 2.11 | 0.48 | 0.24 | 1.50 |
| 8 月 | 0.57 | 0.65 | 2.41 | 0.57 | 0.36 | 1.96 |
| 9 月 | 0.65 | 0.74 | 2.65 | 0.65 | 0.71 | 2.67 |
| 10 月 | 0.54 | 0.63 | 2.35 | 0.54 | 0.57 | 2.31 |
| 11 月 | 0.38 | 0.46 | 1.88 | 0.38 | 0.33 | 1.68 |
| 12 月 | 0.32 | 0.39 | 1.48 | 0.32 | 0.22 | 1.20 |
| 均值 | 0.36 | 0.43 | 1.66 | 0.37 | 0.30 | 1.46 |

**表 5.2.2-32　工程建设前后（P=50%）普登河各断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 0.21 | 0.26 | 1.08 | 0.21 | 0.18 | 0.93 |
| 2 月 | 0.20 | 0.24 | 1.01 | 0.20 | 0.18 | 0.92 |
| 3 月 | 0.19 | 0.23 | 0.97 | 0.19 | 0.18 | 0.92 |
| 4 月 | 0.18 | 0.22 | 0.95 | 0.18 | 0.18 | 0.91 |
| 5 月 | 0.11 | 0.13 | 0.74 | 0.11 | 0.18 | 0.94 |
| 6 月 | 0.24 | 0.30 | 1.40 | 0.24 | 0.24 | 1.30 |
| 7 月 | 0.38 | 0.46 | 1.85 | 0.38 | 0.24 | 1.41 |
| 8 月 | 0.56 | 0.64 | 2.39 | 0.56 | 0.57 | 2.36 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 月 | 0.38 | 0.46 | 1.87 | 0.38 | 0.41 | 1.85 |
| 10 月 | 0.29 | 0.35 | 1.41 | 0.28 | 0.24 | 1.23 |
| 11 月 | 0.31 | 0.38 | 1.51 | 0.31 | 0.25 | 1.31 |
| 12 月 | 0.23 | 0.28 | 1.13 | 0.23 | 0.18 | 0.95 |
| 均值 | 0.27 | 0.33 | 1.36 | 0.27 | 0.25 | 1.25 |

**表 5.2.2-33　工程建设前后（P=90%）普登河各断面水深变化　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 0.13 | 0.14 | 0.80 | 0.13 | 0.18 | 0.93 |
| 2 月 | 0.10 | 0.11 | 0.70 | 0.10 | 0.18 | 0.92 |
| 3 月 | 0.11 | 0.12 | 0.74 | 0.11 | 0.18 | 0.92 |
| 4 月 | 0.11 | 0.12 | 0.71 | 0.11 | 0.18 | 0.90 |
| 5 月 | 0.01 | 0.10 | 0.71 | 0.01 | 0.18 | 0.98 |
| 6 月 | 0.18 | 0.22 | 1.01 | 0.38 | 0.24 | 1.10 |
| 7 月 | 0.25 | 0.30 | 1.32 | 0.42 | 0.24 | 1.24 |
| 8 月 | 0.26 | 0.32 | 1.38 | 0.39 | 0.24 | 1.28 |
| 9 月 | 0.27 | 0.33 | 1.38 | 0.36 | 0.24 | 1.25 |
| 10 月 | 0.34 | 0.42 | 1.53 | 0.37 | 0.24 | 1.23 |
| 11 月 | 0.19 | 0.24 | 1.11 | 0.19 | 0.18 | 1.05 |
| 12 月 | 0.15 | 0.18 | 0.88 | 0.15 | 0.18 | 0.93 |
| 均值 | 0.17 | 0.22 | 1.02 | 0.23 | 0.21 | 1.06 |

（2）永定河干流水深变化分析

在 p=50%来水条件下，对永定河各个断面水深变化分析表明，入口断面 1~5 月及 12 月水深无变化，6~8 月及 10~11 月水深增加 50%，9 月降低 97.32%；芝麻河口下断面 6、10、11 月增加 13.33%、5.56%、5.56%外，3~5 月水深无变化，其余各月降低 3.3%~24.14%；入蜻蛉河口前 3~8 月、11 月增加 0.54%~5.4%。P=50%典型年永定河干流各断面水深变化见图 5.2.2-12，永定河干流各典型年水深变化见表 5.2.2-34~表 5.2.2-36。

**表 5.2.2-34　工程建设前后（P=25%）蜻蛉河、永定河不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.002 | 0.17 | 0.90 | 0.62 | 0.84 | 1.39 | 0.002 | 0.16 | 0.90 | 0.62 | 0.84 | 1.39 |
| 2 月 | 0.002 | 0.15 | 0.77 | 0.53 | 0.72 | 1.26 | 0.002 | 0.13 | 0.76 | 0.53 | 0.72 | 1.26 |
| 3 月 | 0.002 | 0.14 | 0.72 | 0.49 | 0.67 | 1.22 | 0.002 | 0.12 | 0.72 | 0.50 | 0.67 | 1.21 |
| 4 月 | 0.002 | 0.11 | 0.60 | 0.43 | 0.58 | 1.11 | 0.002 | 0.11 | 0.61 | 0.44 | 0.60 | 1.13 |
| 5 月 | 0.002 | 0.11 | 0.58 | 0.41 | 0.56 | 1.11 | 0.002 | 0.11 | 0.59 | 0.42 | 0.57 | 1.13 |
| 6 月 | 0.002 | 0.16 | 0.82 | 0.57 | 0.78 | 1.37 | 0.004 | 0.17 | 0.85 | 0.58 | 0.79 | 1.40 |
| 7 月 | 0.002 | 0.28 | 1.32 | 0.86 | 1.24 | 1.82 | 0.003 | 0.25 | 1.32 | 0.86 | 1.24 | 1.82 |
| 8 月 | 0.002 | 0.32 | 1.63 | 1.13 | 1.60 | 2.20 | 0.003 | 0.27 | 1.64 | 1.13 | 1.60 | 2.16 |
| 9 月 | 0.152 | 0.43 | 1.91 | 1.36 | 1.89 | 2.51 | 0.003 | 0.33 | 1.91 | 1.36 | 1.90 | 2.50 |
| 10 月 | 0.170 | 0.42 | 1.69 | 1.17 | 1.66 | 2.24 | 0.003 | 0.29 | 1.67 | 1.18 | 1.65 | 2.22 |
| 11 月 | 0.002 | 0.23 | 1.22 | 0.85 | 1.19 | 1.76 | 0.003 | 0.22 | 1.22 | 0.85 | 1.19 | 1.73 |
| 12 月 | 0.002 | 0.20 | 1.02 | 0.69 | 0.96 | 1.51 | 0.002 | 0.18 | 1.01 | 0.69 | 0.95 | 1.48 |
| 均值 | 0.029 | 0.23 | 1.10 | 0.76 | 1.06 | 1.62 | 0.003 | 0.20 | 1.10 | 0.76 | 1.06 | 1.62 |

**表 5.2.2-35　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河、永定河不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.002 | 0.14 | 0.69 | 0.48 | 0.66 | 1.20 | 0.002 | 0.12 | 0.69 | 0.48 | 0.65 | 1.18 |
| 2 月 | 0.002 | 0.12 | 0.64 | 0.46 | 0.63 | 1.16 | 0.002 | 0.11 | 0.64 | 0.47 | 0.62 | 1.14 |
| 3 月 | 0.002 | 0.11 | 0.60 | 0.44 | 0.60 | 1.13 | 0.002 | 0.11 | 0.61 | 0.44 | 0.59 | 1.11 |
| 4 月 | 0.002 | 0.11 | 0.57 | 0.41 | 0.56 | 1.08 | 0.002 | 0.11 | 0.59 | 0.41 | 0.58 | 1.12 |
| 5 月 | 0.002 | 0.11 | 0.53 | 0.34 | 0.49 | 0.97 | 0.002 | 0.11 | 0.55 | 0.35 | 0.52 | 1.06 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 月 | 0.002 | 0.15 | 0.80 | 0.55 | 0.76 | 1.36 | 0.004 | 0.17 | 0.83 | 0.56 | 0.77 | 1.36 |
| 7 月 | 0.002 | 0.23 | 1.11 | 0.74 | 1.05 | 1.63 | 0.003 | 0.21 | 1.12 | 0.74 | 1.04 | 1.63 |
| 8 月 | 0.002 | 0.30 | 1.59 | 1.11 | 1.57 | 2.19 | 0.003 | 0.29 | 1.60 | 1.11 | 1.57 | 2.14 |
| 9 月 | 0.112 | 0.29 | 1.20 | 0.82 | 1.16 | 1.74 | 0.003 | 0.22 | 1.19 | 0.83 | 1.15 | 1.71 |
| 10 月 | 0.002 | 0.18 | 0.94 | 0.64 | 0.89 | 1.44 | 0.003 | 0.19 | 0.94 | 0.65 | 0.88 | 1.42 |
| 11 月 | 0.002 | 0.18 | 0.98 | 0.69 | 0.95 | 1.51 | 0.003 | 0.19 | 0.99 | 0.69 | 0.95 | 1.48 |
| 12 月 | 0.002 | 0.14 | 0.72 | 0.49 | 0.67 | 1.21 | 0.002 | 0.13 | 0.72 | 0.49 | 0.67 | 1.20 |
| 均值 | 0.011 | 0.17 | 0.86 | 0.60 | 0.83 | 1.39 | 0.003 | 0.16 | 0.87 | 0.60 | 0.83 | 1.38 |

**表 5.2.2-36　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.002 | 0.13 | 0.66 | 0.47 | 0.63 | 1.17 | 0.002 | 0.11 | 0.65 | 0.47 | 0.63 | 1.15 |
| 2 月 | 0.002 | 0.12 | 0.63 | 0.46 | 0.61 | 1.15 | 0.002 | 0.11 | 0.62 | 0.46 | 0.61 | 1.15 |
| 3 月 | 0.002 | 0.12 | 0.61 | 0.45 | 0.60 | 1.13 | 0.002 | 0.11 | 0.61 | 0.45 | 0.60 | 1.13 |
| 4 月 | 0.002 | 0.11 | 0.53 | 0.34 | 0.48 | 0.96 | 0.002 | 0.11 | 0.55 | 0.35 | 0.52 | 1.06 |
| 5 月 | 0.001 | 0.06 | 0.50 | 0.33 | 0.46 | 0.96 | 0.001 | 0.01 | 0.53 | 0.33 | 0.50 | 1.09 |
| 6 月 | 0.002 | 0.13 | 0.66 | 0.45 | 0.61 | 1.15 | 0.003 | 0.14 | 0.69 | 0.45 | 0.64 | 1.20 |
| 7 月 | 0.002 | 0.15 | 0.78 | 0.54 | 0.73 | 1.29 | 0.003 | 0.17 | 0.81 | 0.54 | 0.74 | 1.31 |
| 8 月 | 0.002 | 0.21 | 1.03 | 0.65 | 0.92 | 1.48 | 0.003 | 0.20 | 1.03 | 0.66 | 0.92 | 1.48 |
| 9 月 | 0.002 | 0.19 | 0.95 | 0.61 | 0.85 | 1.41 | 0.003 | 0.19 | 0.96 | 0.61 | 0.86 | 1.40 |
| 10 月 | 0.002 | 0.21 | 1.06 | 0.70 | 0.98 | 1.52 | 0.003 | 0.20 | 1.06 | 0.70 | 0.98 | 1.51 |
| 11 月 | 0.002 | 0.15 | 0.75 | 0.51 | 0.69 | 1.24 | 0.003 | 0.17 | 0.76 | 0.51 | 0.70 | 1.26 |
| 12 月 | 0.002 | 0.13 | 0.68 | 0.47 | 0.64 | 1.18 | 0.002 | 0.12 | 0.67 | 0.47 | 0.64 | 1.16 |
| 均值 | 0.002 | 0.14 | 0.74 | 0.50 | 0.68 | 1.22 | 0.002 | 0.14 | 0.75 | 0.50 | 0.70 | 1.24 |

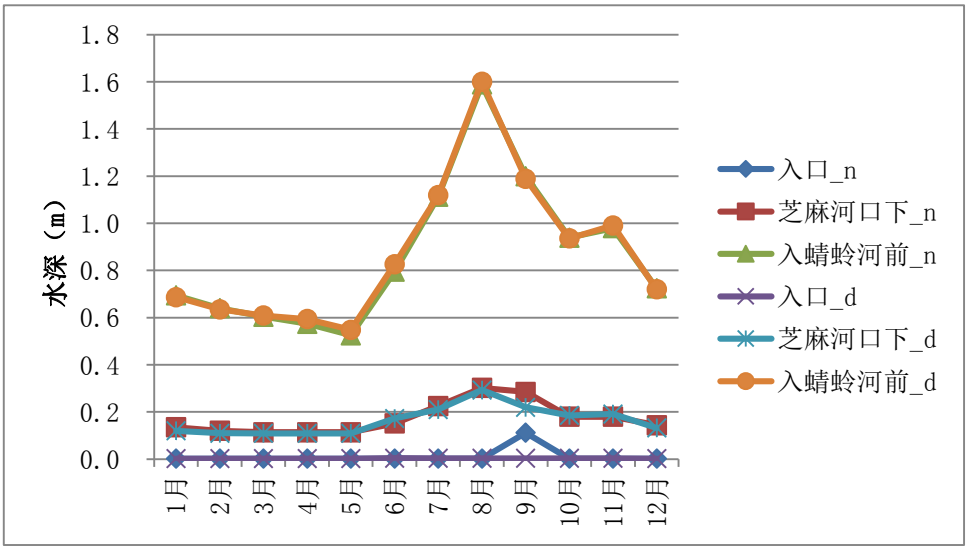



**图 5.2.2-12　工程建设前后（P=50%）永定河断面水深过程对比图**

（3）蜻蛉河干流水深变化分析

在 p=50%来水条件下，对蜻蛉河各个断面水深变化分析表明，入口断面除 1、3、4、11、12 月无变化外，其余各月水深均略有增加，增幅在 1.22%~2.94%；永定河口下断面除 4~6 月略有增加（增幅为 1.3%~6.12%）外，8、11、12 月无变化，其余各月均略有降低，降幅在 0.86~1.67%之间；入龙川江河口前除 4、5 月略有增加（增幅分别为 3.7%、9.28%），6、7 月无变化，其余各月均有所降低，降幅在 0.83%~2.28%。P=50%典型年蜻蛉河干流各断面水深变化见图 5.2.2-13，蜻蛉河干流各典型年水深变化见表 5.2.2-34~表 5.2.2-36。

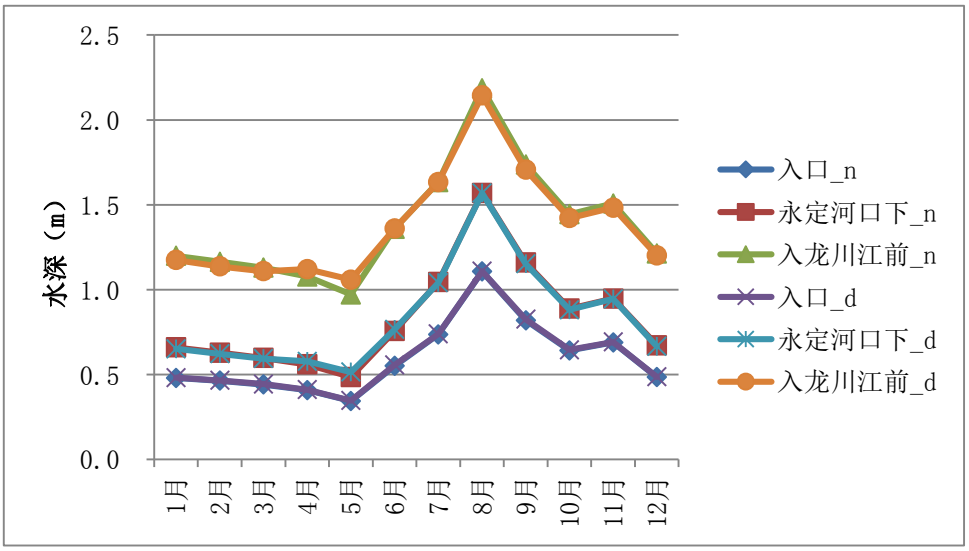



**图 5.2.2-13　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河断面水深过程对比图**

（4）龙川江干流水深变化分析

在 P=50%来水条件下，对龙川江各个断面水深变化分析表明，东山大沟 1~4 月及 10 月、12 月水深不变，5~9 月及 11 月水深增大，增大幅度在 1.55%~27.03%之间；普登河口下断面除 3 月、12 月无变化外，其余各月水深均有增加，增加幅度在 8.33%~47.06%；小黄瓜园断面各月水深均呈增加，增加幅度在 1.82%~40 %；蜻蛉河口下断面水深各月均呈增加，增加幅度在 4.4%~1152.94%。入金沙江前各月水深均有增加，增幅在 818.52%~6190.24%之间。蜻蛉河口下及入金沙江前断面水深显著增加是因受到乌东德水库蓄水的影响所致。

P=50%典型年龙川江干流各断面水深变化见图 5.2.2-14，龙川江干流各典型年水深变化见表 5.2.2-37~表 5.2.2-39。

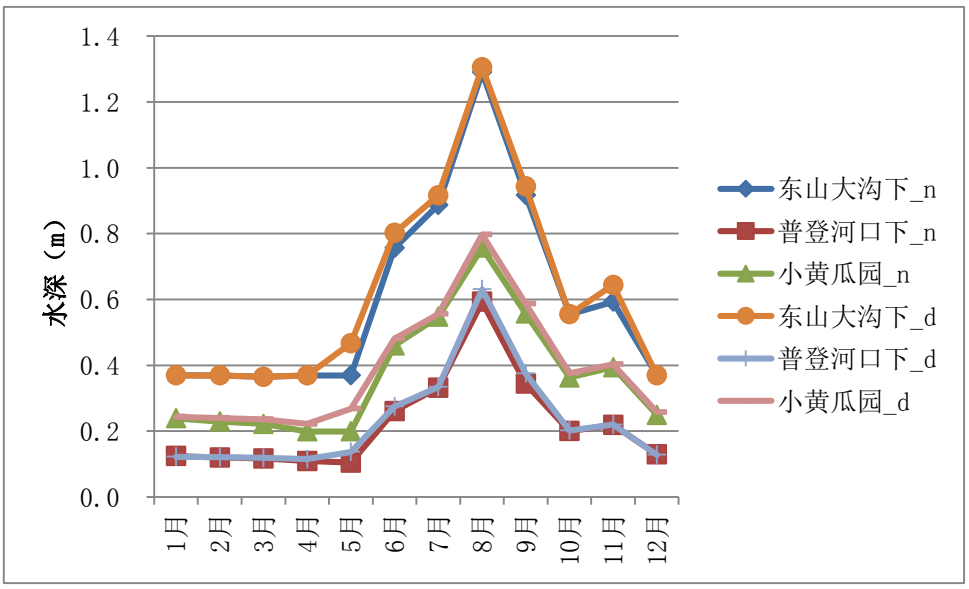



**图 5.2.2-14a　工程建设前后（P=50%）龙川江断面水深过程对比图**

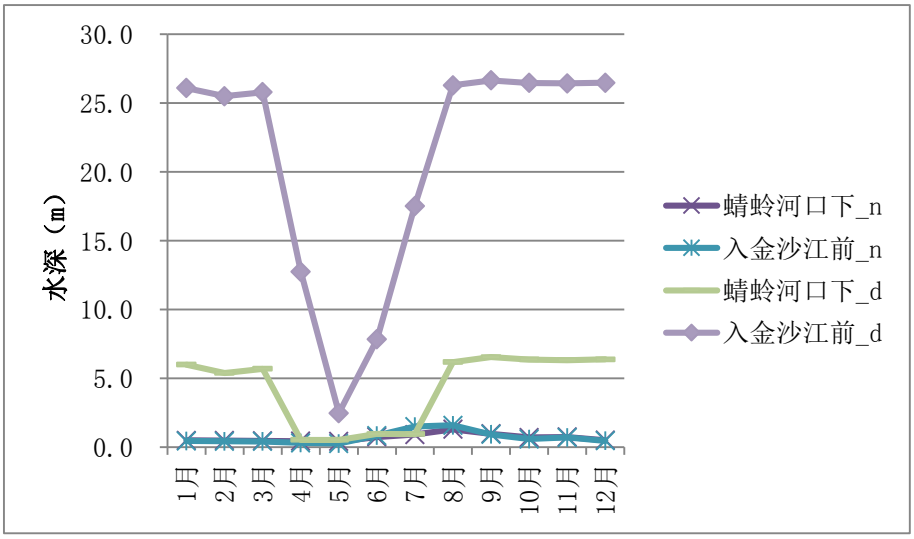



**图 5.2.2-14b　工程建设前后（P=50%）龙川江断面水深过程对比图**

**表 5.2.2-37　工程建设前后（P=25%）龙川江不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.37 | 0.15 | 0.29 | 0.71 | 0.75 | 0.37 | 0.14 | 0.28 | 6.45 | 26.55 |
| 2 月 | 0.37 | 0.14 | 0.27 | 0.63 | 0.61 | 0.37 | 0.14 | 0.27 | 6.43 | 26.53 |
| 3 月 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 0.58 | 0.52 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 6.42 | 26.52 |
| 4 月 | 0.37 | 0.12 | 0.21 | 0.51 | 0.38 | 0.37 | 0.12 | 0.24 | 6.43 | 26.53 |
| 5 月 | 0.50 | 0.17 | 0.32 | 0.63 | 0.50 | 0.58 | 0.21 | 0.36 | 0.81 | 20.88 |
| 6 月 | 0.87 | 0.39 | 0.52 | 0.98 | 1.02 | 0.91 | 0.41 | 0.54 | 1.06 | 9.55 |
| 7 月 | 0.99 | 0.53 | 0.61 | 1.28 | 1.30 | 1.02 | 0.51 | 0.61 | 1.31 | 12.90 |
| 8 月 | 1.26 | 0.73 | 0.76 | 1.60 | 1.86 | 1.28 | 0.71 | 0.75 | 4.66 | 24.76 |
| 9 月 | 1.39 | 0.83 | 0.84 | 1.79 | 2.00 | 1.41 | 0.87 | 0.89 | 7.07 | 27.17 |
| 10 月 | 1.18 | 0.67 | 0.71 | 1.58 | 1.77 | 1.20 | 0.71 | 0.75 | 6.56 | 26.66 |
| 11 月 | 0.91 | 0.45 | 0.56 | 1.20 | 1.33 | 0.94 | 0.46 | 0.57 | 6.43 | 26.53 |
| 12 月 | 0.47 | 0.22 | 0.36 | 0.84 | 1.00 | 0.54 | 0.21 | 0.35 | 6.42 | 26.54 |
| 均值 | 0.76 | 0.38 | 0.47 | 1.03 | 1.09 | 0.78 | 0.38 | 0.49 | 5.00 | 23.43 |

**表 5.2.2-38　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.37 | 0.12 | 0.24 | 0.50 | 0.45 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 6.00 | 26.10 |
| 2 月 | 0.37 | 0.12 | 0.23 | 0.48 | 0.43 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 5.40 | 25.50 |
| 3 月 | 0.37 | 0.12 | 0.22 | 0.47 | 0.41 | 0.37 | 0.12 | 0.24 | 5.69 | 25.79 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 月 | 0.37 | 0.11 | 0.20 | 0.44 | 0.32 | 0.37 | 0.12 | 0.23 | 0.53 | 12.76 |
| 5 月 | 0.37 | 0.10 | 0.20 | 0.42 | 0.27 | 0.47 | 0.14 | 0.28 | 0.54 | 2.48 |
| 6 月 | 0.76 | 0.26 | 0.46 | 0.75 | 0.85 | 0.80 | 0.35 | 0.49 | 0.97 | 7.84 |
| 7 月 | 0.89 | 0.33 | 0.55 | 0.91 | 1.50 | 0.92 | 0.44 | 0.56 | 0.95 | 17.52 |
| 8 月 | 1.29 | 0.59 | 0.76 | 1.30 | 1.59 | 1.31 | 0.79 | 0.81 | 6.19 | 26.29 |
| 9 月 | 0.92 | 0.34 | 0.56 | 0.98 | 0.93 | 0.94 | 0.50 | 0.60 | 6.55 | 26.65 |
| 10 月 | 0.56 | 0.20 | 0.36 | 0.71 | 0.60 | 0.56 | 0.23 | 0.38 | 6.37 | 26.47 |
| 11 月 | 0.59 | 0.22 | 0.39 | 0.75 | 0.71 | 0.64 | 0.27 | 0.41 | 6.33 | 26.43 |
| 12 月 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 0.51 | 0.46 | 0.37 | 0.13 | 0.26 | 6.39 | 26.49 |
| 均值 | 0.60 | 0.22 | 0.37 | 0.69 | 0.71 | 0.62 | 0.28 | 0.40 | 4.33 | 20.86 |

**表 5.2.2-39　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面水深变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.37 | 0.11 | 0.22 | 0.55 | 0.57 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 3.28 | 23.38 |
| 2 月 | 0.37 | 0.11 | 0.21 | 0.53 | 0.54 | 0.37 | 0.12 | 0.25 | 0.37 | 19.10 |
| 3 月 | 0.37 | 0.11 | 0.22 | 0.52 | 0.53 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 0.57 | 13.64 |
| 4 月 | 0.37 | 0.02 | 0.18 | 0.41 | 0.31 | 0.37 | 0.12 | 0.23 | 0.51 | 10.72 |
| 5 月 | 0.53 | 0.15 | 0.30 | 0.54 | 0.41 | 0.61 | 0.21 | 0.36 | 0.67 | 12.51 |
| 6 月 | 0.42 | 0.13 | 0.26 | 0.57 | 0.42 | 0.42 | 0.15 | 0.29 | 0.65 | 9.11 |
| 7 月 | 0.56 | 0.21 | 0.35 | 0.73 | 0.64 | 0.66 | 0.26 | 0.41 | 0.83 | 9.89 |
| 8 月 | 0.56 | 0.23 | 0.37 | 0.84 | 0.80 | 0.62 | 0.26 | 0.41 | 1.07 | 21.12 |
| 9 月 | 0.56 | 0.22 | 0.36 | 0.79 | 0.75 | 0.59 | 0.24 | 0.39 | 6.42 | 26.52 |
| 10 月 | 0.55 | 0.22 | 0.35 | 0.84 | 0.85 | 0.56 | 0.21 | 0.35 | 6.49 | 26.59 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 月 | 0.47 | 0.15 | 0.29 | 0.65 | 0.60 | 0.56 | 0.20 | 0.34 | 6.37 | 26.47 |
| 12 月 | 0.37 | 0.12 | 0.22 | 0.55 | 0.57 | 0.37 | 0.13 | 0.25 | 5.63 | 25.73 |
| 均值 | 0.46 | 0.15 | 0.28 | 0.63 | 0.58 | 0.49 | 0.18 | 0.31 | 2.74 | 18.73 |

（5）弯腰树水库、新河水库坝前水位变化分析

对于本工程涉及到的补水水库：弯腰树水库、新河水库，利用调节计算结果分析了水库水位的变化情况，结果见表 5.2.2-40 及表 5.2.2-41。

**表 5.2.2-40　工程建设前后弯腰树水库坝前水位变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 规划水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 6 月 | 1454.88 | 1454.8 | 1454.8 | 1456.60 | 1454.87 | 1454.80 |
| 7 月 | 1456.283 | 1454.88 | 1454.8 | 1459.56 | 1454.81 | 1454.80 |
| 8 月 | 1457.77 | 1456.216 | 1454.8 | 1459.56 | 1458.14 | 1454.80 |
| 9 月 | 1459.556 | 1457.736 | 1455.631 | 1459.56 | 1459.56 | 1454.81 |
| 10 月 | 1459.556 | 1458.12 | 1456.297 | 1459.56 | 1459.56 | 1454.81 |
| 11 月 | 1459.556 | 1458.221 | 1454.88 | 1459.56 | 1459.56 | 1454.80 |
| 12 月 | 1459.556 | 1458.36 | 1454.88 | 1459.56 | 1459.56 | 1454.80 |
| 1 月 | 1459.556 | 1458.369 | 1454.88 | 1459.56 | 1458.82 | 1454.80 |
| 2 月 | 1459.484 | 1458.317 | 1454.811 | 1458.78 | 1458.05 | 1454.80 |
| 3 月 | 1459.336 | 1454.88 | 1454.8 | 1458.04 | 1456.84 | 1454.80 |
| 4 月 | 1459.141 | 1454.82 | 1454.8 | 1456.71 | 1454.93 | 1454.80 |
| 5 月 | 1454.88 | 1454.8 | 1454.8 | 1454.87 | 1454.80 | 1454.80 |

**表 5.2.2-41　工程建设前后新河水库坝前水位变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 规划水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 6 月 | 1484.83 | 1485.00 | 1484.80 | 1484.84 | 1489.98 | 1485.28 |
| 7 月 | 1485.28 | 1485.28 | 1484.87 | 1486.78 | 1489.91 | 1484.89 |
| 8 月 | 1488.12 | 1485.28 | 1484.93 | 1490.05 | 1490.39 | 1484.80 |
| 9 月 | 1489.17 | 1487.89 | 1485.28 | 1490.45 | 1490.45 | 1486.12 |
| 10 月 | 1490.45 | 1487.44 | 1485.28 | 1490.45 | 1490.45 | 1486.99 |
| 11 月 | 1489.85 | 1485.28 | 1485.28 | 1490.45 | 1490.45 | 1487.16 |
| 12 月 | 1488.26 | 1485.28 | 1485.28 | 1490.45 | 1490.45 | 1485.28 |
| 1 月 | 1485.28 | 1485.28 | 1485.18 | 1490.45 | 1490.45 | 1485.18 |
| 2 月 | 1485.28 | 1485.28 | 1485.01 | 1490.45 | 1490.45 | 1485.01 |
| 3 月 | 1485.23 | 1485.17 | 1484.87 | 1490.40 | 1490.37 | 1484.87 |
| 4 月 | 1485.15 | 1485.05 | 1484.80 | 1490.26 | 1490.18 | 1484.80 |
| 5 月 | 1485.05 | 1484.99 | 1484.80 | 1489.04 | 1488.93 | 1484.80 |

P=50%来水条件下，设计水平年弯腰树水库、新河水库运行水位均较现状有所升高，其中弯腰树水库年均升高 0.83m，新河水库年均升高 4.60m。详见图 5.2.2-15 及图 5.2.2-16。

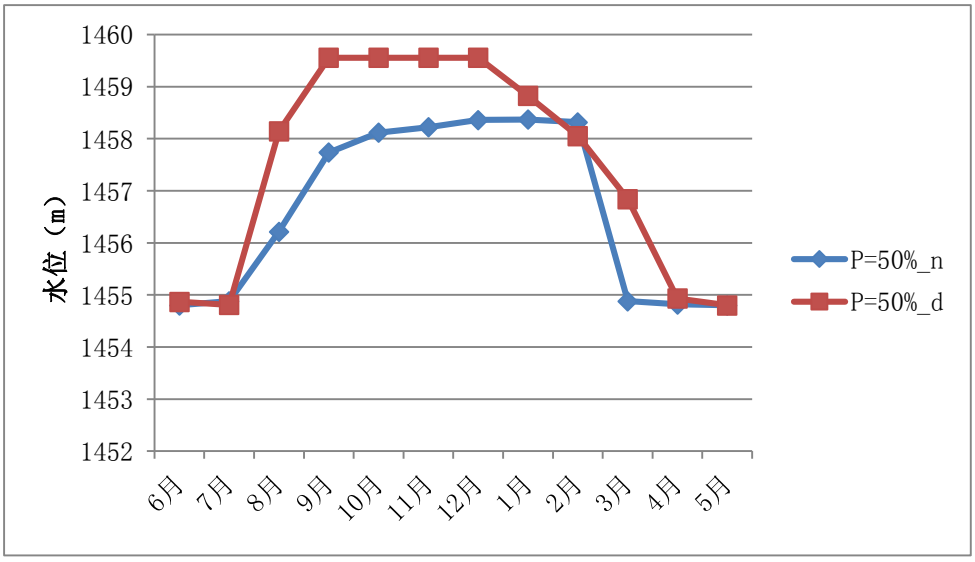



**图 5.2.2-15　工程建设前后平水年（P=50%）弯腰树水库水位过程对比图**

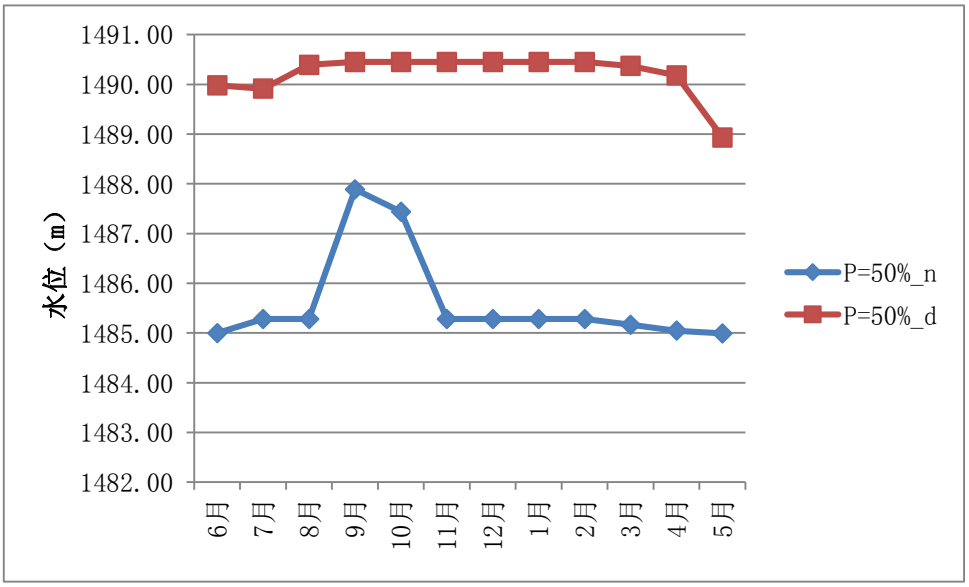



**图 5.2.2-16　工程建设前后平水年（P=50%）新河水库水位过程对比图**

#### 5.2.2.3.3 流速变化分析

（1）普登河干流流速变化分析

在 p=50%来水条件下，对各个断面流速变化分析表明，库尾断面流速 2~4 月、9~12 月略有增加（增幅 0.53~0.99%），其余各月均无变化；坝下断面流速除 5 月份增加（增幅 30.88%）外，其余各月均减小，减小幅度在 5.99%~34.73%；班果河汇合口下断面除 5 月份增加（增幅 28.57%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 7.27%~43.64%。P=50%典型年下普登河各断面流速变化过程详细见图 5.2.2-17。各典型年各个断面流速变化见表 5.2.2-42~5.2.2-44。

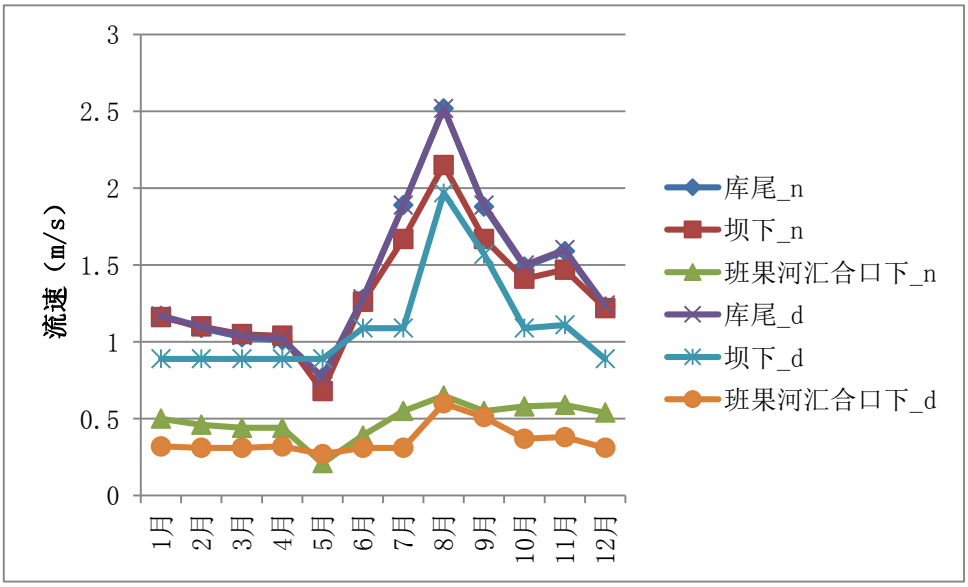



**图 5.2.2-17　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面流速过程对比图**

**表 5.2.2-42　工程建设前后（P=25%）普登河不同断面流速变化　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 1.48 | 1.40 | 0.65 | 1.48 | 0.97 | 0.39 |
| 2 月 | 1.29 | 1.26 | 0.56 | 1.29 | 0.89 | 0.31 |
| 3 月 | 1.22 | 1.21 | 0.53 | 1.22 | 0.89 | 0.32 |
| 4 月 | 1.10 | 1.10 | 0.47 | 1.10 | 0.89 | 0.32 |
| 5 月 | 0.91 | 0.95 | 0.29 | 0.91 | 0.89 | 0.26 |
| 6 月 | 1.29 | 1.27 | 0.38 | 1.69 | 1.09 | 0.30 |
| 7 月 | 2.25 | 1.94 | 0.65 | 2.25 | 1.09 | 0.31 |
| 8 月 | 2.55 | 2.18 | 0.67 | 2.55 | 1.43 | 0.42 |
| 9 月 | 2.82 | 2.39 | 0.78 | 2.82 | 2.32 | 0.73 |
| 10 月 | 2.47 | 2.11 | 0.71 | 2.47 | 1.96 | 0.63 |
| 11 月 | 1.90 | 1.68 | 0.56 | 1.90 | 1.36 | 0.45 |
| 12 月 | 1.65 | 1.52 | 0.70 | 1.65 | 1.01 | 0.39 |
| 均值 | 1.75 | 1.58 | 0.58 | 1.78 | 1.23 | 0.40 |

**表 5.2.2-43　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面流速变化　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 1.17 | 1.16 | 0.50 | 1.17 | 0.89 | 0.32 |
| 2 月 | 1.09 | 1.10 | 0.46 | 1.10 | 0.89 | 0.31 |
| 3 月 | 1.03 | 1.05 | 0.44 | 1.04 | 0.89 | 0.31 |
| 4 月 | 1.01 | 1.04 | 0.44 | 1.02 | 0.89 | 0.32 |
| 5 月 | 0.77 | 0.68 | 0.21 | 0.77 | 0.89 | 0.27 |
| 6 月 | 1.28 | 1.26 | 0.39 | 1.28 | 1.09 | 0.31 |
| 7 月 | 1.89 | 1.67 | 0.55 | 1.89 | 1.09 | 0.31 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 月 | 2.52 | 2.15 | 0.65 | 2.52 | 1.97 | 0.60 |
| 9 月 | 1.88 | 1.67 | 0.55 | 1.89 | 1.57 | 0.51 |
| 10 月 | 1.49 | 1.41 | 0.58 | 1.50 | 1.09 | 0.37 |
| 11 月 | 1.59 | 1.47 | 0.59 | 1.60 | 1.11 | 0.38 |
| 12 月 | 1.23 | 1.22 | 0.54 | 1.24 | 0.89 | 0.31 |
| 均值 | 1.41 | 1.32 | 0.49 | 1.42 | 1.10 | 0.36 |

**表 5.2.2-44　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面流速变化　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 0.77 | 0.75 | 0.24 | 0.77 | 0.89 | 0.31 |
| 2 月 | 0.77 | 0.63 | 0.19 | 0.77 | 0.89 | 0.31 |
| 3 月 | 0.77 | 0.67 | 0.20 | 0.77 | 0.89 | 0.31 |
| 4 月 | 0.77 | 0.65 | 0.20 | 0.77 | 0.89 | 0.31 |
| 5 月 | 0.68 | 0.59 | 0.15 | 0.68 | 0.89 | 0.25 |
| 6 月 | 0.98 | 1.01 | 0.37 | 1.88 | 1.09 | 0.41 |
| 7 月 | 1.31 | 1.28 | 0.47 | 2.05 | 1.09 | 0.35 |
| 8 月 | 1.38 | 1.33 | 0.51 | 1.77 | 1.09 | 0.37 |
| 9 月 | 1.42 | 1.36 | 0.54 | 1.68 | 1.09 | 0.37 |
| 10 月 | 1.73 | 1.57 | 0.72 | 2.49 | 1.09 | 0.40 |
| 11 月 | 1.06 | 1.08 | 0.40 | 1.06 | 0.89 | 0.29 |
| 12 月 | 0.83 | 0.87 | 0.30 | 0.83 | 0.89 | 0.32 |
| 均值 | 1.04 | 0.98 | 0.36 | 1.29 | 0.97 | 0.33 |

（2）永定河干流流速变化分析

在 p=50%来水条件下，对永定河各个断面流速变化分析表明，入口断面流速 6~8 月及 10、11 月增加近 2 倍，9 月减小 58.21%，其余各月无变化。芝麻河口下断面 1~5 月、7~9 月、12 月减小 1.09%~14.29%，6、10、11 月增加 1.64%~7.55%；入蜻蛉河口前断面 3、7、11 月无变化，6 月、8 月增加 3.45%、10%，其余各月减小 4.17%~15.38%。P=50%典型年下永定河各断面流速变化过程详细见图 5.2.2-18。各典型年各个断面流速变化见表 5.2.2-45~5.2.2-47。

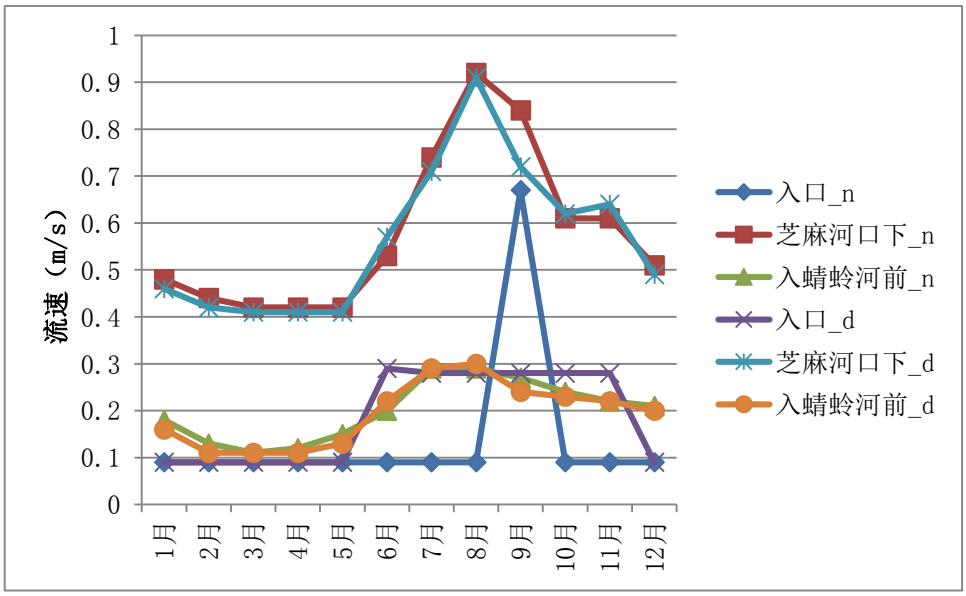



**图 5.2.2-18　工程建设前后（P=50%）永定河不同断面流速过程对比图**

**表 5.2.2-45　工程建设前后（P=25%）蜻蛉河、永定河不同断面流速变化　　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.09 | 0.59 | 0.23 | 1.39 | 1.72 | 0.62 | 0.09 | 0.56 | 0.23 | 1.39 | 1.72 | 0.62 |
| 2 月 | 0.09 | 0.52 | 0.21 | 1.28 | 1.54 | 0.55 | 0.09 | 0.50 | 0.20 | 1.28 | 1.54 | 0.56 |
| 3 月 | 0.09 | 0.50 | 0.19 | 1.24 | 1.47 | 0.54 | 0.09 | 0.48 | 0.18 | 1.24 | 1.47 | 0.55 |
| 4 月 | 0.09 | 0.42 | 0.11 | 1.15 | 1.33 | 0.52 | 0.09 | 0.41 | 0.11 | 1.16 | 1.35 | 0.54 |
| 5 月 | 0.09 | 0.42 | 0.12 | 1.12 | 1.29 | 0.48 | 0.09 | 0.41 | 0.12 | 1.12 | 1.31 | 0.48 |
| 6 月 | 0.09 | 0.54 | 0.21 | 1.33 | 1.62 | 0.52 | 0.29 | 0.58 | 0.23 | 1.34 | 1.65 | 0.52 |
| 7 月 | 0.09 | 0.88 | 0.35 | 1.66 | 2.21 | 0.82 | 0.28 | 0.82 | 0.35 | 1.66 | 2.21 | 0.82 |
| 8 月 | 0.09 | 0.96 | 0.32 | 2.04 | 2.54 | 1.09 | 0.28 | 0.88 | 0.31 | 2.04 | 2.55 | 1.13 |
| 9 月 | 0.83 | 1.09 | 0.33 | 2.35 | 2.83 | 1.34 | 0.28 | 1.00 | 0.31 | 2.36 | 2.84 | 1.36 |
| 10 月 | 0.89 | 1.06 | 0.32 | 2.09 | 2.60 | 1.15 | 0.28 | 0.90 | 0.27 | 2.11 | 2.60 | 1.17 |
| 11 月 | 0.12 | 0.75 | 0.24 | 1.65 | 2.16 | 0.79 | 0.28 | 0.73 | 0.22 | 1.66 | 2.16 | 0.82 |
| 12 月 | 0.09 | 0.67 | 0.26 | 1.47 | 1.88 | 0.67 | 0.09 | 0.62 | 0.24 | 1.47 | 1.88 | 0.69 |
| 均值 | 0.22 | 0.70 | 0.24 | 1.56 | 1.93 | 0.76 | 0.19 | 0.66 | 0.23 | 1.57 | 1.94 | 0.77 |

**表 5.2.2-46　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河、永定河不同断面流速变化　　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.09 | 0.48 | 0.18 | 1.22 | 1.41 | 0.52 | 0.09 | 0.46 | 0.16 | 1.22 | 1.44 | 0.55 |
| 2 月 | 0.09 | 0.44 | 0.13 | 1.20 | 1.36 | 0.51 | 0.09 | 0.42 | 0.11 | 1.20 | 1.39 | 0.56 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 月 | 0.09 | 0.42 | 0.11 | 1.16 | 1.31 | 0.50 | 0.09 | 0.41 | 0.11 | 1.17 | 1.35 | 0.55 |
| 4 月 | 0.09 | 0.42 | 0.12 | 1.11 | 1.25 | 0.51 | 0.09 | 0.41 | 0.11 | 1.12 | 1.32 | 0.51 |
| 5 月 | 0.09 | 0.42 | 0.15 | 1.00 | 1.12 | 0.50 | 0.09 | 0.41 | 0.13 | 1.01 | 1.21 | 0.49 |
| 6 月 | 0.09 | 0.53 | 0.20 | 1.31 | 1.56 | 0.49 | 0.29 | 0.57 | 0.22 | 1.32 | 1.61 | 0.53 |
| 7 月 | 0.09 | 0.74 | 0.29 | 1.52 | 1.97 | 0.67 | 0.28 | 0.71 | 0.29 | 1.52 | 2.00 | 0.68 |
| 8 月 | 0.09 | 0.92 | 0.29 | 2.00 | 2.48 | 1.03 | 0.28 | 0.91 | 0.30 | 2.01 | 2.51 | 1.08 |
| 9 月 | 0.67 | 0.84 | 0.27 | 1.62 | 2.10 | 0.75 | 0.28 | 0.72 | 0.24 | 1.63 | 2.12 | 0.78 |
| 10 月 | 0.09 | 0.61 | 0.24 | 1.42 | 1.75 | 0.62 | 0.28 | 0.62 | 0.23 | 1.42 | 1.78 | 0.65 |
| 11 月 | 0.09 | 0.61 | 0.22 | 1.47 | 1.84 | 0.65 | 0.28 | 0.64 | 0.22 | 1.47 | 1.87 | 0.68 |
| 12 月 | 0.09 | 0.51 | 0.21 | 1.23 | 1.43 | 0.52 | 0.09 | 0.49 | 0.20 | 1.23 | 1.46 | 0.54 |
| 均值 | 0.14 | 0.58 | 0.20 | 1.35 | 1.63 | 0.61 | 0.19 | 0.57 | 0.19 | 1.36 | 1.67 | 0.63 |

**表 5.2.2-47　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面流速变化　　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.09 | 0.46 | 0.15 | 1.20 | 1.41 | 0.52 | 0.09 | 0.43 | 0.13 | 1.21 | 1.40 | 0.55 |
| 2 月 | 0.09 | 0.43 | 0.12 | 1.19 | 1.37 | 0.52 | 0.09 | 0.41 | 0.10 | 1.19 | 1.37 | 0.51 |
| 3 月 | 0.09 | 0.42 | 0.11 | 1.17 | 1.35 | 0.51 | 0.09 | 0.41 | 0.11 | 1.17 | 1.35 | 0.51 |
| 4 月 | 0.09 | 0.42 | 0.15 | 1.00 | 1.15 | 0.51 | 0.09 | 0.41 | 0.13 | 1.02 | 1.23 | 0.51 |
| 5 月 | 0.06 | 0.39 | 0.13 | 0.97 | 1.11 | 0.46 | 0.06 | 0.35 | 0.13 | 0.98 | 1.18 | 0.41 |
| 6 月 | 0.09 | 0.48 | 0.18 | 1.17 | 1.37 | 0.51 | 0.20 | 0.50 | 0.19 | 1.18 | 1.42 | 0.52 |
| 7 月 | 0.09 | 0.52 | 0.20 | 1.29 | 1.55 | 0.54 | 0.28 | 0.57 | 0.23 | 1.30 | 1.57 | 0.53 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 月 | 0.09 | 0.71 | 0.31 | 1.43 | 1.84 | 0.65 | 0.28 | 0.68 | 0.30 | 1.43 | 1.84 | 0.65 |
| 9 月 | 0.09 | 0.65 | 0.29 | 1.38 | 1.73 | 0.61 | 0.28 | 0.65 | 0.29 | 1.38 | 1.74 | 0.63 |
| 10 月 | 0.09 | 0.70 | 0.28 | 1.48 | 1.92 | 0.69 | 0.28 | 0.68 | 0.28 | 1.48 | 1.92 | 0.72 |
| 11 月 | 0.09 | 0.52 | 0.21 | 1.26 | 1.50 | 0.54 | 0.28 | 0.55 | 0.21 | 1.26 | 1.51 | 0.54 |
| 12 月 | 0.09 | 0.48 | 0.18 | 1.21 | 1.42 | 0.52 | 0.09 | 0.45 | 0.16 | 1.21 | 1.42 | 0.56 |
| 均值 | 0.09 | 0.51 | 0.19 | 1.23 | 1.48 | 0.55 | 0.18 | 0.51 | 0.19 | 1.23 | 1.50 | 0.55 |

（3）蜻蛉河干流流速变化分析

在 p=50%来水条件下，对蜻蛉河各个断面流速变化分析表明，入口断面 1、2、7 月、10~12 月流速无变化，其余均略有增加，增幅在 0.5%~1.0%；永定河口下断面各月均略有增加，增幅在 0.95~8.04 %之间；入龙川江河口前除 5 月略有减少（降幅 2.0%）、4 月无变化外，其余各月均呈增加，增加幅度在 1.49%~10%。P=50%典型年蜻蛉河干流各断面水深变化见图 5.2.2-19，蜻蛉河干流各典型年水深变化见表 5.2.2-45~5.2.2-47。

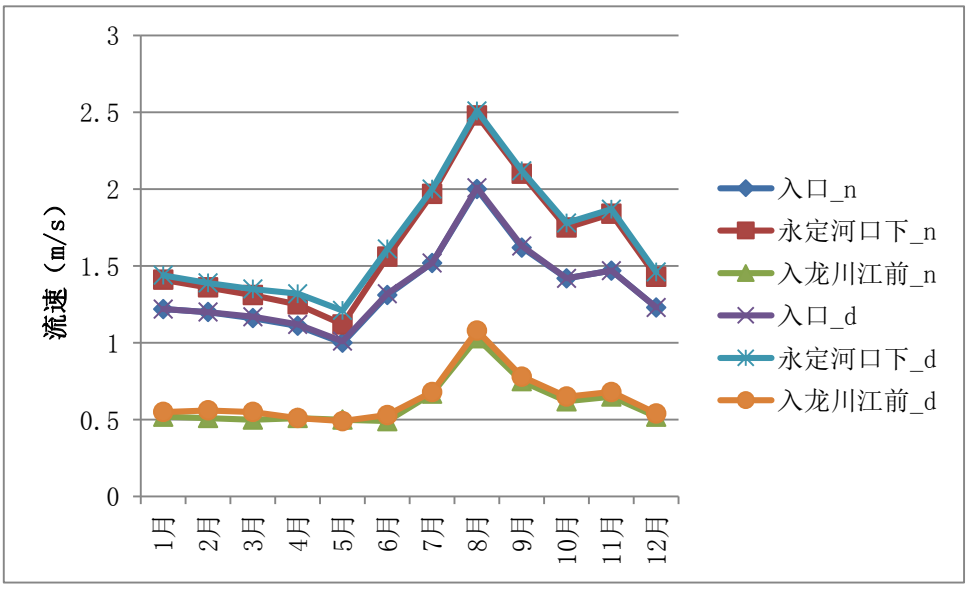



**图 5.2.2-19　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河不同断面流速过程对比图**

（4）龙川江干流流速变化分析

在 P=50%来水条件下，对龙川江各个断面流速变化分析表明，东山大沟 1~4 月及 10 月、12 月流速不变，其余各月流速均有增大，增大幅度在 1.34%~17.46%之间；普登河口下断面 1 月略有减少，减少幅度为 2.38%，2、3、12 月无变化，其余各月流速均有增加，增加幅度在 2.63%~24.32%；小黄瓜园断面 2、3 月，10~12 月无变化，1 月、7 月略有减少（减幅分别为 1.67%、0.89%），其余各月流速均呈增加，增加幅度在 1.75%~16.36%；蜻蛉河口下断面除 4~7 月增加（增幅 31.07%~85.95%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 92.31%~98.63%。入金沙江断面各月流速均呈减小，减小幅度在 89.47%~100.0%。蜻蛉河口下及入金沙江前断面流速大幅减小系受到乌东德水库水库蓄水影响所致。P=50%典型年龙川江干流各断面流速变化见图 5.2.2-20，龙川江干流各典型年流速变化见表 5.2.2-48~5.2.2-50。

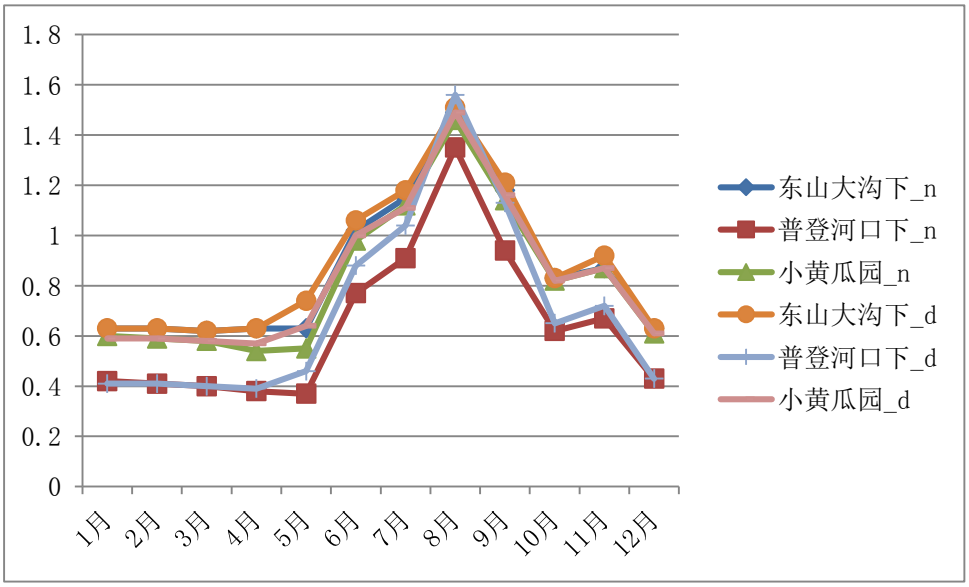



**图 5.2.2-20a　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面流速过程对比图**

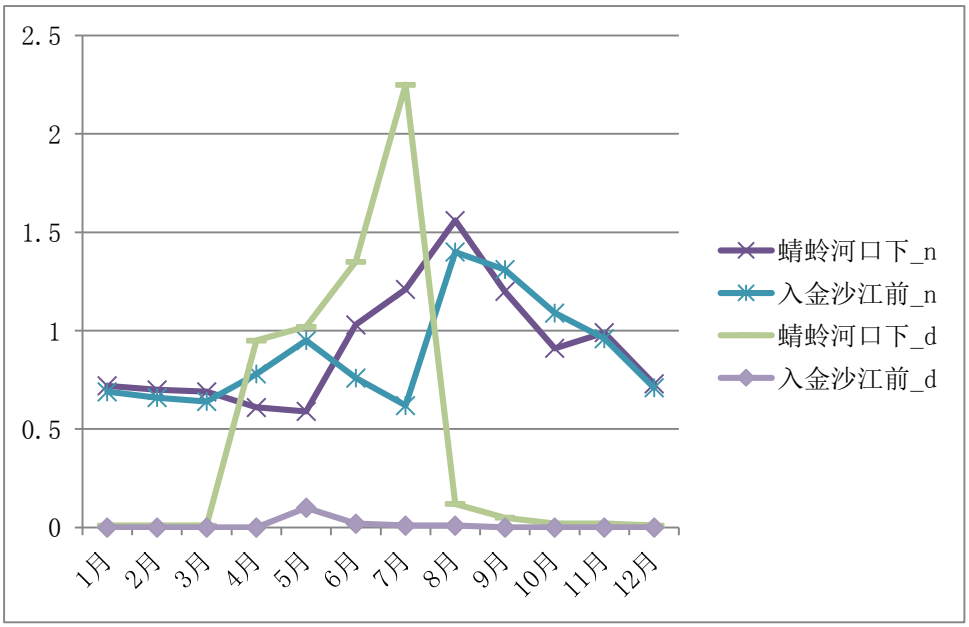



**图 5.2.2-20b　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面流速过程对比图**

**表 5.2.2-48　工程建设前后（P=25%）龙川江不同断面流速变化　　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.63 | 0.48 | 0.64 | 1.12 | 1.49 | 0.63 | 0.46 | 0.65 | 0.02 | 0.001 |
| 2 月 | 0.63 | 0.44 | 0.61 | 1.03 | 1.33 | 0.63 | 0.44 | 0.63 | 0.02 | 0.001 |
| 3 月 | 0.63 | 0.41 | 0.58 | 0.99 | 1.28 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.01 | 0.001 |
| 4 月 | 0.63 | 0.37 | 0.53 | 0.93 | 1.24 | 0.63 | 0.40 | 0.57 | 0.01 | 0.000 |
| 5 月 | 0.78 | 0.52 | 0.71 | 1.03 | 1.69 | 0.86 | 0.61 | 0.77 | 0.78 | 0.002 |
| 6 月 | 1.13 | 0.94 | 1.03 | 1.40 | 2.52 | 1.17 | 0.99 | 1.06 | 1.39 | 0.014 |
| 7 月 | 1.26 | 1.18 | 1.18 | 1.68 | 2.77 | 1.28 | 1.15 | 1.18 | 1.64 | 0.012 |
| 8 月 | 1.47 | 1.49 | 1.40 | 1.94 | 2.65 | 1.48 | 1.47 | 1.40 | 0.19 | 0.008 |
| 9 月 | 1.58 | 1.59 | 1.52 | 2.07 | 3.22 | 1.59 | 1.63 | 1.60 | 0.12 | 0.010 |
| 10 月 | 1.41 | 1.40 | 1.33 | 1.91 | 2.73 | 1.43 | 1.46 | 1.39 | 0.10 | 0.007 |
| 11 月 | 1.17 | 1.05 | 1.10 | 1.61 | 2.22 | 1.20 | 1.07 | 1.11 | 0.05 | 0.003 |
| 12 月 | 0.74 | 0.62 | 0.77 | 1.26 | 1.74 | 0.82 | 0.60 | 0.77 | 0.02 | 0.000 |
| 均值 | 1.00 | 0.88 | 0.95 | 1.42 | 2.07 | 1.03 | 0.89 | 0.98 | 0.36 | 0.005 |

**表 5.2.2-49　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面流速变化　　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.63 | 0.42 | 0.60 | 0.72 | 0.69 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.01 | 0.00 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 月 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.70 | 0.66 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.01 | 0.00 |
| 3 月 | 0.62 | 0.40 | 0.58 | 0.69 | 0.64 | 0.62 | 0.40 | 0.58 | 0.01 | 0.00 |
| 4 月 | 0.63 | 0.38 | 0.54 | 0.61 | 0.78 | 0.63 | 0.39 | 0.57 | 0.95 | 0.00 |
| 5 月 | 0.63 | 0.37 | 0.55 | 0.59 | 0.95 | 0.74 | 0.46 | 0.64 | 1.02 | 0.10 |
| 6 月 | 1.02 | 0.77 | 0.98 | 1.03 | 0.76 | 1.06 | 0.88 | 1.00 | 1.35 | 0.02 |
| 7 月 | 1.15 | 0.91 | 1.12 | 1.21 | 0.62 | 1.18 | 1.04 | 1.11 | 2.25 | 0.01 |
| 8 月 | 1.49 | 1.35 | 1.46 | 1.56 | 1.40 | 1.51 | 1.56 | 1.49 | 0.12 | 0.01 |
| 9 月 | 1.18 | 0.94 | 1.14 | 1.20 | 1.31 | 1.21 | 1.13 | 1.16 | 0.05 | 0.00 |
| 10 月 | 0.83 | 0.62 | 0.82 | 0.91 | 1.09 | 0.83 | 0.65 | 0.82 | 0.02 | 0.00 |
| 11 月 | 0.87 | 0.67 | 0.87 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.72 | 0.87 | 0.02 | 0.00 |
| 12 月 | 0.63 | 0.43 | 0.61 | 0.73 | 0.71 | 0.63 | 0.43 | 0.61 | 0.01 | 0.00 |
| 均值 | 0.86 | 0.64 | 0.82 | 0.91 | 0.88 | 0.88 | 0.71 | 0.83 | 0.48 | 0.01 |

**表 5.2.2-50　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面流速变化　单位：m/s**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.63 | 0.38 | 0.56 | 1.00 | 1.04 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.03 | 0.001 |
| 2 月 | 0.63 | 0.37 | 0.55 | 0.99 | 1.01 | 0.63 | 0.40 | 0.58 | 1.87 | 0.001 |
| 3 月 | 0.63 | 0.37 | 0.55 | 0.99 | 1.00 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.92 | 0.002 |
| 4 月 | 0.63 | 0.32 | 0.50 | 0.82 | 1.03 | 0.63 | 0.39 | 0.56 | 0.93 | 0.001 |
| 5 月 | 0.81 | 0.48 | 0.66 | 0.96 | 1.44 | 0.89 | 0.62 | 0.78 | 1.05 | 0.002 |
| 6 月 | 0.69 | 0.43 | 0.60 | 0.98 | 1.55 | 0.69 | 0.48 | 0.66 | 0.98 | 0.005 |
| 7 月 | 0.83 | 0.60 | 0.76 | 1.13 | 1.91 | 0.93 | 0.71 | 0.86 | 1.17 | 0.006 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 月 | 0.84 | 0.64 | 0.79 | 1.26 | 2.20 | 0.90 | 0.71 | 0.86 | 0.98 | 0.002 |
| 9 月 | 0.83 | 0.63 | 0.78 | 1.21 | 2.04 | 0.86 | 0.68 | 0.83 | 0.02 | 0.001 |
| 10 月 | 0.82 | 0.63 | 0.76 | 1.25 | 2.01 | 0.83 | 0.61 | 0.77 | 0.02 | 0.001 |
| 11 月 | 0.74 | 0.48 | 0.66 | 1.04 | 1.45 | 0.83 | 0.58 | 0.75 | 0.02 | 0.001 |
| 12 月 | 0.63 | 0.38 | 0.56 | 1.00 | 1.05 | 0.63 | 0.41 | 0.59 | 0.01 | 0.001 |
| 均值 | 0.73 | 0.47 | 0.64 | 1.05 | 1.48 | 0.76 | 0.53 | 0.70 | 0.67 | 0.002 |

#### 5.2.2.3.4 水面宽变化分析

（1）普登河干流水面宽度变化分析

在 p=50%来水条件下，对普登河各个断面水面宽度变化分析表明，小石门坝下除 5 月份水面宽度增加（增幅 23.75%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 1.77%~38.69%；班果河汇合口下水面宽度除 5 月份增加（增幅 27.7%）外，其余月份减小幅度在 0.55%~45.83%。P=50%典型年普登河干流各断面水面宽度变化见图 5.2.2-21，各典型年水面宽变化见表 5.2.2-51~5.2.2-53。

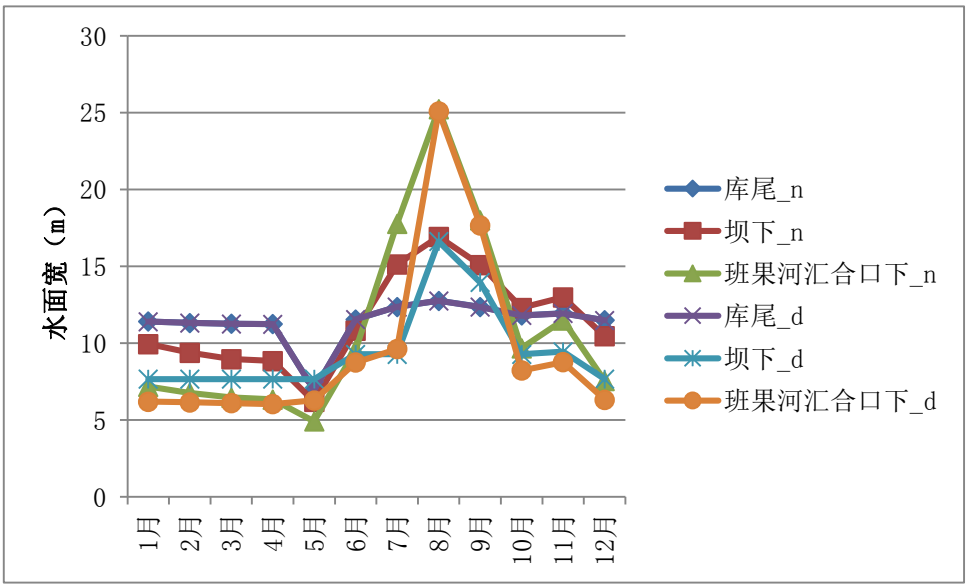



**图 5.2.2-21　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面水面宽过程对比图**

**表 5.2.2-51　工程建设前后（P=25%）普登河不同断面水面宽过程　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 11.79 | 12.17 | 8.89 | 11.79 | 8.27 | 6.88 |
| 2 月 | 11.56 | 10.87 | 7.83 | 11.56 | 7.66 | 6.41 |
| 3 月 | 11.48 | 10.38 | 7.46 | 11.48 | 7.66 | 6.21 |
| 4 月 | 11.33 | 9.42 | 6.75 | 11.33 | 7.66 | 6.07 |
| 5 月 | 11.13 | 8.17 | 6.77 | 11.13 | 7.66 | 6.67 |
| 6 月 | 11.56 | 10.89 | 10.27 | 12.02 | 9.27 | 9.13 |
| 7 月 | 12.61 | 16.57 | 23.79 | 12.61 | 9.27 | 11.34 |
| 8 月 | 12.76 | 16.97 | 25.29 | 12.76 | 12.48 | 20.74 |
| 9 月 | 12.91 | 17.35 | 26.53 | 12.91 | 17.21 | 26.60 |
| 10 月 | 12.72 | 16.85 | 25.01 | 12.72 | 16.59 | 24.83 |
| 11 月 | 12.38 | 15.23 | 18.29 | 12.38 | 11.79 | 14.94 |
| 12 月 | 12.02 | 13.44 | 10.96 | 12.02 | 8.66 | 8.02 |
| 均值 | 12.02 | 13.19 | 14.82 | 12.06 | 10.35 | 12.32 |

**表 5.2.2-52　工程建设前后（P=50%）普登河不同断面水面宽过程　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 11.41 | 9.94 | 7.17 | 11.40 | 7.66 | 6.19 |
| 2 月 | 11.32 | 9.38 | 6.76 | 11.32 | 7.66 | 6.15 |
| 3 月 | 11.26 | 8.96 | 6.46 | 11.25 | 7.66 | 6.10 |
| 4 月 | 11.24 | 8.84 | 6.34 | 11.23 | 7.66 | 6.03 |
| 5 月 | 6.94 | 6.19 | 4.91 | 6.94 | 7.66 | 6.27 |
| 6 月 | 11.54 | 10.80 | 9.57 | 11.54 | 9.27 | 8.74 |
| 7 月 | 12.36 | 15.12 | 17.76 | 12.36 | 9.27 | 9.62 |
| 8 月 | 12.75 | 16.92 | 25.23 | 12.75 | 16.62 | 25.09 |
| 9 月 | 12.36 | 15.09 | 17.99 | 12.35 | 13.95 | 17.67 |
| 10 月 | 11.81 | 12.29 | 9.67 | 11.81 | 9.27 | 8.22 |
| 11 月 | 11.94 | 12.98 | 11.48 | 11.93 | 9.44 | 8.76 |
| 12 月 | 11.49 | 10.45 | 7.54 | 11.48 | 7.66 | 6.31 |
| 均值 | 11.37 | 11.41 | 10.91 | 11.36 | 9.48 | 9.59 |

**表 5.2.2-53　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面水面宽过程　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | 设计水平年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | 普登河 | | |
| | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 | 库尾 | 坝下 | 班果河汇合口下 |
| 1 月 | 8.56 | 6.69 | 5.36 | 8.56 | 7.66 | 6.16 |
| 2 月 | 5.96 | 5.84 | 4.66 | 5.96 | 7.66 | 6.13 |
| 3 月 | 6.84 | 6.15 | 4.93 | 6.84 | 7.66 | 6.14 |
| 4 月 | 6.41 | 6.00 | 4.69 | 6.41 | 7.66 | 5.96 |
| 5 月 | 5.19 | 5.60 | 4.73 | 5.19 | 7.66 | 6.55 |
| 6 月 | 11.20 | 8.61 | 6.71 | 12.34 | 9.27 | 7.33 |
| 7 月 | 11.58 | 11.02 | 8.84 | 12.51 | 9.27 | 8.27 |
| 8 月 | 11.66 | 11.46 | 9.35 | 12.41 | 9.27 | 8.50 |
| 9 月 | 11.72 | 11.77 | 9.37 | 12.26 | 9.27 | 8.33 |
| 10 月 | 12.14 | 14.02 | 11.87 | 12.31 | 9.27 | 8.21 |
| 11 月 | 11.29 | 9.20 | 7.37 | 11.29 | 7.66 | 6.97 |
| 12 月 | 11.05 | 7.55 | 5.88 | 11.05 | 7.66 | 6.17 |
| 均值 | 9.47 | 8.66 | 6.98 | 9.76 | 8.33 | 7.06 |

（2）永定河干流水面宽度变化分析

在 P=50%来水条件下，对永定河各个断面水面宽度变化分析表明，入口断面 1~5 月及 12 月水面宽度无变化，6~8 月及 10~11 月水面宽度增加 0.11~0.23%，9 月降低 10.58%；芝麻河口下断面除 6、10-11 月增加（增幅 9.82%-57.14%）外，其余各月减小 1.98%~13.54%；入蜻蛉河口前 3~8 月、11 月增加 0.04%~7.89%，其余各月降低 0.04%~1.34%。P=50%典型年永定河干流各断面水面宽度变化见图 5.2.2-22，永定河干流各典型年水面宽度变化见表 5.2.2-54~5.2.2-56。

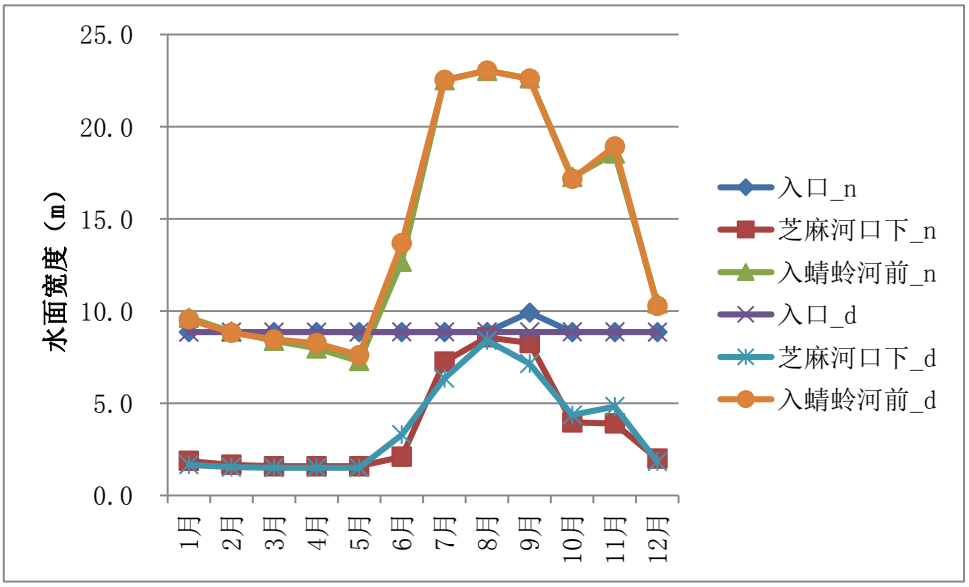



**图 5.2.2-22　工程建设前后（P=50%）永定河不同断面水面宽过程对比图**

**表 5.2.2-54　工程建设前后（P=25%）蜻蛉河、永定河不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 8.86 | 3.33 | 16.08 | 22.87 | 13.09 | 36.56 | 8.86 | 2.18 | 15.92 | 22.92 | 13.09 | 36.54 |
| 2 月 | 8.86 | 2.08 | 11.95 | 18.35 | 11.86 | 34.56 | 8.86 | 1.83 | 11.70 | 18.43 | 11.85 | 34.32 |
| 3 月 | 8.86 | 1.96 | 10.39 | 16.85 | 11.35 | 32.59 | 8.86 | 1.72 | 10.19 | 16.92 | 11.35 | 32.26 |
| 4 月 | 8.86 | 1.59 | 8.33 | 14.73 | 10.32 | 31.31 | 8.86 | 1.51 | 8.50 | 14.80 | 10.50 | 31.43 |
| 5 月 | 8.86 | 1.59 | 8.06 | 14.06 | 10.05 | 31.26 | 8.86 | 1.51 | 8.23 | 14.13 | 10.22 | 31.45 |
| 6 月 | 8.86 | 2.15 | 13.57 | 20.64 | 12.54 | 36.47 | 8.88 | 3.46 | 14.47 | 20.86 | 12.71 | 36.64 |
| 7 月 | 8.86 | 8.22 | 22.75 | 31.61 | 19.22 | 38.68 | 8.87 | 7.59 | 22.75 | 31.65 | 19.23 | 38.69 |
| 8 月 | 8.86 | 8.86 | 23.08 | 35.85 | 24.83 | 39.05 | 8.87 | 8.04 | 23.08 | 35.87 | 24.84 | 39.05 |
| 9 月 | 10.75 | 14.14 | 23.38 | 38.31 | 29.27 | 39.05 | 8.87 | 9.05 | 23.38 | 38.40 | 29.29 | 39.05 |
| 10 月 | 11.11 | 13.51 | 23.14 | 36.34 | 25.09 | 39.05 | 8.87 | 8.36 | 23.12 | 36.46 | 25.08 | 39.05 |
| 11 月 | 8.86 | 7.33 | 22.65 | 31.52 | 18.27 | 38.57 | 8.87 | 7.20 | 22.64 | 31.55 | 18.24 | 38.51 |
| 12 月 | 8.86 | 5.43 | 19.86 | 26.09 | 13.95 | 37.27 | 8.86 | 3.80 | 19.40 | 26.13 | 13.92 | 37.11 |
| 均值 | 9.20 | 5.85 | 16.94 | 25.60 | 16.65 | 36.20 | 8.87 | 4.69 | 16.95 | 25.68 | 16.69 | 36.18 |

**表 5.2.2-55　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河、永定河不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 8.86 | 1.88 | 9.65 | 16.32 | 11.21 | 32.00 | 8.86 | 1.67 | 9.55 | 16.39 | 11.12 | 31.80 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 月 | 8.86 | 1.67 | 8.89 | 15.71 | 10.85 | 31.72 | 8.86 | 1.53 | 8.83 | 15.77 | 10.77 | 31.51 |
| 3 月 | 8.86 | 1.59 | 8.40 | 14.98 | 10.50 | 31.45 | 8.86 | 1.51 | 8.46 | 15.04 | 10.45 | 31.29 |
| 4 月 | 8.86 | 1.59 | 7.98 | 13.89 | 10.06 | 28.70 | 8.86 | 1.51 | 8.26 | 13.97 | 10.26 | 31.38 |
| 5 月 | 8.86 | 1.59 | 7.29 | 11.79 | 9.20 | 12.11 | 8.86 | 1.51 | 7.61 | 11.89 | 9.53 | 26.41 |
| 6 月 | 8.86 | 2.10 | 12.68 | 19.66 | 12.32 | 36.37 | 8.88 | 3.30 | 13.68 | 19.89 | 12.44 | 36.38 |
| 7 月 | 8.86 | 7.26 | 22.53 | 28.18 | 15.45 | 38.05 | 8.87 | 6.35 | 22.54 | 28.30 | 15.37 | 38.05 |
| 8 月 | 8.86 | 8.58 | 23.03 | 35.51 | 24.68 | 39.05 | 8.87 | 8.41 | 23.05 | 35.54 | 24.68 | 39.05 |
| 9 月 | 9.92 | 8.27 | 22.62 | 31.03 | 17.70 | 38.53 | 8.87 | 7.15 | 22.61 | 31.14 | 17.56 | 38.46 |
| 10 月 | 8.86 | 3.97 | 17.28 | 24.02 | 13.44 | 36.90 | 8.87 | 4.36 | 17.17 | 24.17 | 13.39 | 36.76 |
| 11 月 | 8.86 | 3.91 | 18.55 | 26.05 | 13.90 | 37.28 | 8.87 | 4.82 | 18.93 | 26.18 | 13.89 | 37.13 |
| 12 月 | 8.86 | 2.00 | 10.43 | 16.52 | 11.36 | 32.54 | 8.86 | 1.84 | 10.29 | 16.60 | 11.28 | 32.04 |
| 均值 | 8.95 | 3.70 | 14.11 | 21.14 | 13.39 | 32.89 | 8.87 | 3.67 | 14.25 | 21.24 | 13.40 | 34.19 |

**表 5.2.2-56　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 8.86 | 1.74 | 9.17 | 15.88 | 10.88 | 31.77 | 8.86 | 1.57 | 9.06 | 15.94 | 10.88 | 31.60 |
| 2 月 | 8.86 | 1.64 | 8.75 | 15.48 | 10.66 | 31.59 | 8.86 | 1.51 | 8.67 | 15.54 | 10.66 | 31.62 |
| 3 月 | 8.86 | 1.61 | 8.51 | 15.08 | 10.47 | 31.45 | 8.86 | 1.51 | 8.50 | 15.15 | 10.49 | 31.48 |
| 4 月 | 8.86 | 1.59 | 7.31 | 11.79 | 9.13 | 12.00 | 8.86 | 1.51 | 7.69 | 11.89 | 9.64 | 26.78 |
| 5 月 | 8.86 | 1.34 | 6.93 | 11.32 | 8.88 | 11.93 | 8.86 | 1.29 | 7.32 | 11.41 | 9.34 | 29.93 |
| 6 月 | 8.86 | 1.84 | 9.21 | 15.20 | 10.66 | 31.63 | 8.87 | 2.01 | 9.65 | 15.36 | 10.99 | 31.99 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 月 | 8.86 | 2.06 | 12.09 | 18.81 | 11.98 | 35.49 | 8.87 | 3.11 | 13.00 | 19.05 | 12.12 | 36.07 |
| 8 月 | 8.86 | 6.63 | 20.10 | 24.49 | 13.69 | 37.09 | 8.87 | 5.66 | 20.16 | 24.63 | 13.72 | 37.11 |
| 9 月 | 8.86 | 5.06 | 17.64 | 22.49 | 13.14 | 36.67 | 8.87 | 4.80 | 17.86 | 22.65 | 13.19 | 36.62 |
| 10 月 | 8.86 | 6.52 | 21.04 | 26.57 | 14.16 | 37.38 | 8.87 | 5.57 | 21.08 | 26.70 | 14.23 | 37.29 |
| 11 月 | 8.86 | 2.05 | 11.33 | 17.36 | 11.58 | 33.70 | 8.87 | 2.77 | 11.57 | 17.58 | 11.67 | 34.20 |
| 12 月 | 8.86 | 1.86 | 9.50 | 15.96 | 10.98 | 31.84 | 8.86 | 1.64 | 9.36 | 16.04 | 10.97 | 31.67 |
| 均值 | 8.86 | 2.83 | 11.80 | 17.54 | 11.35 | 30.21 | 8.87 | 2.75 | 11.99 | 17.66 | 11.49 | 33.03 |

（3）蜻蛉河干流水面宽度变化分析

在 p=50%来水条件下，对蜻蛉河各个断面水面宽度变化分析表明，入口断面各月水面宽度均略有增加，增幅在0.08%~1.17%；永定河口下断面8月无变化、除4~6月略有增加（增幅0.97%~3.59%）外，其余各月均略有减小，减幅在0.1~0.8%之间；入龙川江河口前除4~6月增加（增幅在0.03%~118.08%），7、8月不变，其余各月略有减小，降幅在0.2%~1.5%。P=50%典型年蜻蛉河干流各断面水面宽变化见图5.2.2-23，蜻蛉河干流各典型年水面宽变化见表5.2.2-54~5.2.2-56。

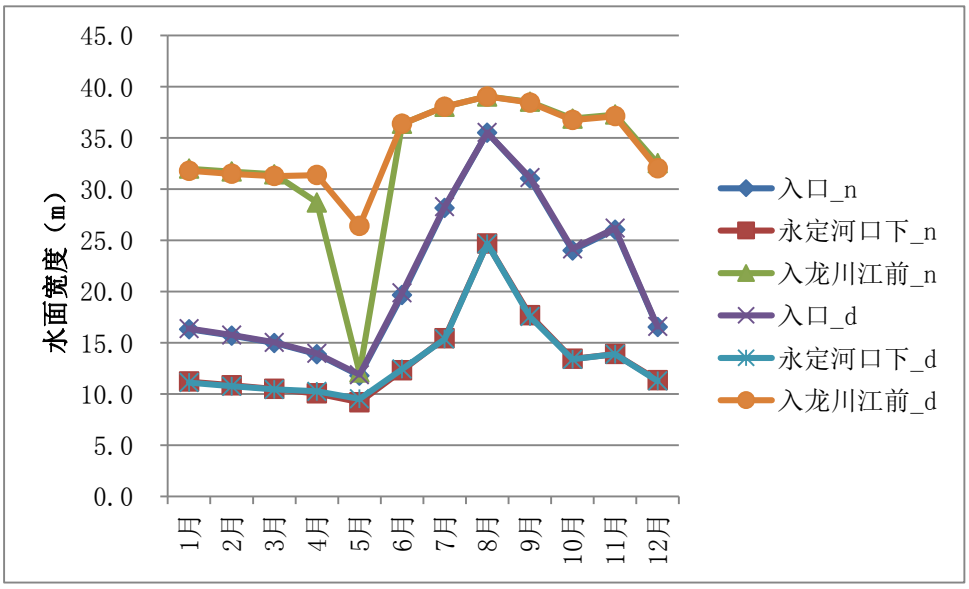



**图 5.2.2-21　工程建设前后（P=50%）蜻蛉河不同断面水面宽过程对比图**

（4）龙川江干流水面宽度变化分析

在 p=50%来水条件下，对龙川江各个断面水面宽度变化分析表明，东山大沟2、12月水面宽度不变，1、3、4、10月水面宽略有减少，减少幅度为0.05~0.07%，5~9月、11月水面宽增大，增大幅度在0.06%~30.84%之间；普登河口各月水面宽度增加，增加幅度在0.5%~31.1%；小黄瓜园断面则各月水面宽度均呈增加，增加幅度在1.4%~64.5%；蜻蛉河口下断面宽度除4~7月不变外，其余各月均呈增加，增加幅度在228.2%~522.5%。入金沙江前断面各月断面均呈增加，增加幅度在160.8%~3453.9%。P=50%典型年龙川江干流各断面水面宽度变化见图5.2.2-24，龙川江干流各典型年水面宽度变化见表5.2.2-57~5.2.2-59。

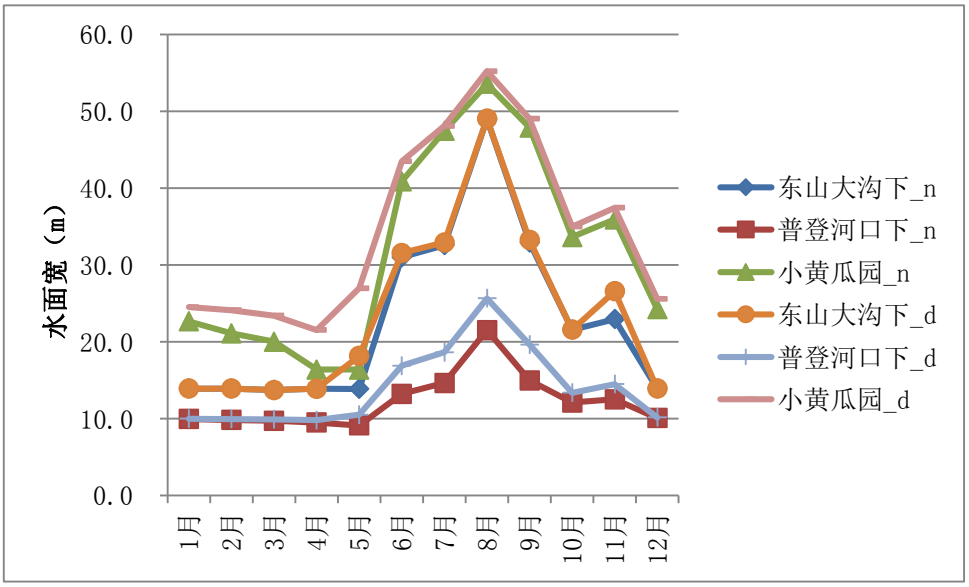



**图 5.2.2-24a　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面水面宽过程对比图**

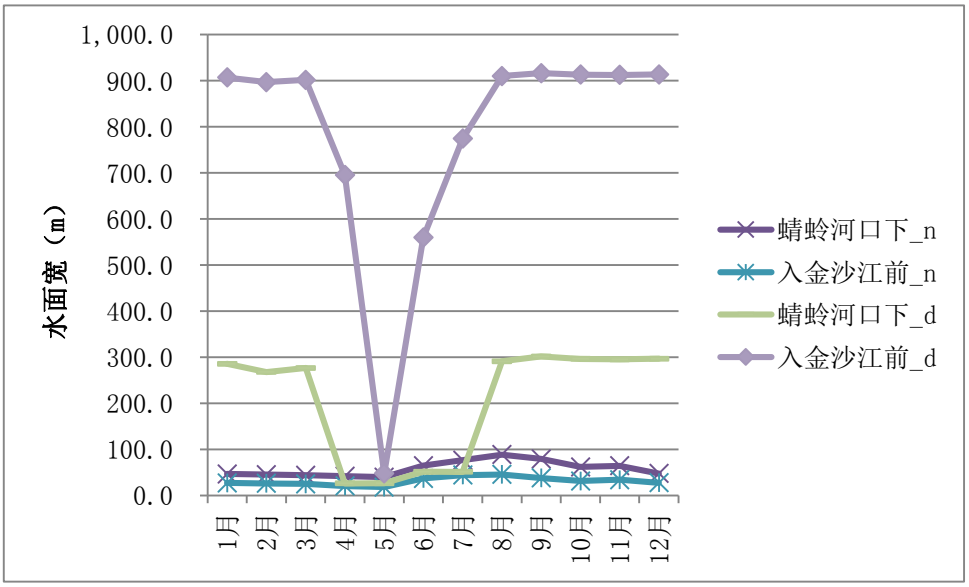



**图 5.2.2-24b　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面水面宽过程对比图**

**表 5.2.2-57　工程建设前后（P=25%）龙川江不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 13.94 | 10.75 | 27.63 | 45.63 | 15.34 | 13.94 | 10.52 | 27.49 | 298.88 | 914.67 |
| 2 月 | 13.93 | 10.35 | 25.85 | 41.28 | 12.95 | 13.92 | 10.31 | 26.43 | 298.28 | 914.32 |
| 3 月 | 13.93 | 10.07 | 23.81 | 33.73 | 11.43 | 13.92 | 10.01 | 24.57 | 297.99 | 914.16 |
| 4 月 | 13.92 | 9.69 | 18.12 | 21.97 | 9.00 | 13.91 | 9.85 | 22.10 | 298.26 | 914.32 |
| 5 月 | 19.47 | 11.30 | 30.29 | 41.13 | 11.14 | 22.47 | 12.60 | 33.06 | 48.08 | 826.05 |
| 6 月 | 32.41 | 17.51 | 45.06 | 52.06 | 19.90 | 32.83 | 18.01 | 46.75 | 53.86 | 612.07 |
| 7 月 | 33.82 | 20.31 | 49.46 | 63.23 | 32.86 | 34.11 | 19.90 | 49.33 | 64.97 | 697.85 |
| 8 月 | 48.94 | 23.58 | 53.56 | 84.77 | 39.80 | 48.98 | 23.35 | 53.50 | 243.44 | 884.58 |
| 9 月 | 49.24 | 29.05 | 55.94 | 100.04 | 41.68 | 49.27 | 31.37 | 57.60 | 316.52 | 925.19 |
| 10 月 | 46.75 | 22.81 | 52.28 | 82.54 | 38.67 | 47.36 | 23.28 | 53.30 | 301.92 | 916.48 |
| 11 月 | 32.88 | 18.74 | 47.96 | 58.72 | 33.23 | 33.17 | 18.92 | 48.27 | 298.25 | 914.32 |
| 12 月 | 18.31 | 12.90 | 33.21 | 48.72 | 19.58 | 21.08 | 12.57 | 32.85 | 298.09 | 914.43 |
| 均值 | 28.13 | 16.42 | 38.60 | 56.15 | 23.80 | 28.75 | 16.72 | 39.60 | 234.88 | 862.37 |

**表 5.2.2-58　工程建设前后（P=50%）龙川江不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 13.92 | 9.95 | 22.66 | 46.93 | 27.20 | 13.91 | 10.00 | 24.52 | 285.65 | 907.07 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 月 | 13.91 | 9.82 | 21.10 | 45.35 | 26.33 | 13.91 | 9.96 | 24.13 | 268.09 | 897.05 |
| 3 月 | 13.74 | 9.73 | 20.02 | 43.95 | 25.38 | 13.73 | 9.91 | 23.42 | 276.75 | 901.97 |
| 4 月 | 13.91 | 9.50 | 16.39 | 41.93 | 20.87 | 13.90 | 9.81 | 21.55 | 41.93 | 695.44 |
| 5 月 | 13.88 | 9.13 | 16.40 | 39.92 | 18.28 | 18.16 | 10.51 | 26.98 | 39.92 | 47.68 |
| 6 月 | 31.02 | 13.22 | 40.89 | 64.75 | 37.06 | 31.57 | 16.89 | 43.49 | 64.75 | 559.84 |
| 7 月 | 32.58 | 14.64 | 47.46 | 76.62 | 44.51 | 32.93 | 18.64 | 48.12 | 76.62 | 774.46 |
| 8 月 | 49.01 | 21.53 | 53.59 | 88.77 | 45.60 | 49.04 | 25.67 | 55.24 | 291.31 | 910.31 |
| 9 月 | 32.94 | 14.98 | 47.91 | 79.60 | 38.05 | 33.24 | 19.64 | 49.05 | 301.68 | 916.33 |
| 10 月 | 21.59 | 12.10 | 33.65 | 61.98 | 31.39 | 21.58 | 13.38 | 35.01 | 296.49 | 913.28 |
| 11 月 | 22.96 | 12.53 | 35.95 | 64.63 | 34.20 | 26.57 | 14.50 | 37.46 | 295.37 | 912.64 |
| 12 月 | 13.92 | 10.08 | 24.24 | 47.71 | 27.66 | 13.92 | 10.17 | 25.58 | 296.99 | 913.57 |
| 均值 | 22.78 | 12.27 | 31.69 | 58.51 | 31.38 | 23.54 | 14.09 | 34.54 | 205.71 | 779.14 |

**表 5.2.2-59　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面水面宽变化　　单位：m**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 13.91 | 9.65 | 19.91 | 28.32 | 12.21 | 13.91 | 9.98 | 24.47 | 191.59 | 863.28 |
| 2 月 | 13.91 | 9.54 | 18.68 | 25.96 | 11.83 | 13.90 | 9.93 | 23.57 | 13.89 | 798.72 |
| 3 月 | 13.91 | 9.57 | 19.04 | 24.82 | 11.57 | 13.90 | 9.96 | 24.12 | 31.37 | 710.52 |
| 4 月 | 13.89 | 8.14 | 13.53 | 15.36 | 7.83 | 13.89 | 9.76 | 20.72 | 21.95 | 647.53 |
| 5 月 | 20.71 | 10.78 | 28.41 | 27.38 | 9.49 | 23.51 | 12.76 | 33.27 | 44.73 | 691.32 |
| 6 月 | 16.12 | 10.19 | 25.23 | 31.35 | 9.74 | 16.11 | 10.70 | 28.17 | 43.46 | 598.64 |
| 7 月 | 21.58 | 12.58 | 32.57 | 46.01 | 13.47 | 29.29 | 14.37 | 36.93 | 48.38 | 622.44 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 月 | 21.85 | 13.20 | 34.00 | 48.68 | 16.21 | 24.11 | 14.35 | 37.08 | 54.09 | 829.61 |
| 9 月 | 21.59 | 13.00 | 33.45 | 47.63 | 15.38 | 22.71 | 13.80 | 35.86 | 297.96 | 914.15 |
| 10 月 | 21.34 | 13.03 | 32.79 | 48.65 | 16.99 | 21.60 | 12.67 | 32.94 | 299.83 | 915.25 |
| 11 月 | 18.24 | 10.77 | 28.19 | 44.05 | 12.81 | 21.58 | 12.21 | 32.13 | 296.43 | 913.23 |
| 12 月 | 13.92 | 9.71 | 20.32 | 28.95 | 12.24 | 13.91 | 9.97 | 24.17 | 274.89 | 900.92 |
| 均值 | 17.58 | 10.85 | 25.51 | 34.76 | 12.48 | 19.04 | 11.70 | 29.45 | 134.88 | 783.80 |

## 5.3 生态流量确定及保障程度分析

生态流量由生态基流和敏感生态流量两部分构成。

小石门水库坝址以下普登河干流为山区河流，没有分布有河滩林和湿地。为此，不需要考虑河谷林及湿地生态需水。对普登河来说，河流中分布有侧纹云南鳅、横纹南鳅、红尾荷马条鳅、前鳍高原鳅、泥鳅、鲇、黄鳝、高体鳑鲏、麦穗鱼、鲤、鲫等土著鱼类，其产卵、索饵、越冬、洄游等对流量、水位和水深有一定的要求。

基于所确定的普登河生态敏感目标，本次评价按照以下总体思路进行普登河小石门水库坝下河段生态流量估算和保障程度分析。生态流量的估算技术路线具体为：（1）首先采用多种方法分别估算生态基流，外包取其最大值；（2）结合普登河鱼类分布特征及其生态特征，分析鱼类完成生活史对流量的要求，与生态基流外包后，取最大值作为初始生态流量；（3）对以上方法取得的生态流量组分，分时段取其外包值，得到生态流量需求过程，用于生态流量保障程度考核。

生态流量的计算公式为：**生态流量=max（生态基流，鱼类对流量的要求）**；

生态流量保障考核的总体思路具体为：（1）首先根据普登河小石门水库坝下河段生态敏感目标、取水口的空间位置，确定本次评价的生态流量考核断面；（2）将考核断面取水后流量与生态流量进行比较，取水后流量大于或等于生态流量，该断面生态流量视为满足。

### 5.3.1 生态流量考核方法

（1）考核断面布设

生态流量考核断面设置参考有关工程或规划环评已布设的生态流量考核断面，并综合考虑取水口、敏感生态目标的空间分布。在《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》中未明确普登河干流的生态流量考核断面。

小石门坝下至普登河口间普登河干流绝大部分处于深切峡谷内，属山区河道，沿程无取水断面，无河岸林、沼泽湿地分布。小石门坝下至普登河口间普登河干流位于元谋干热河谷区内，下游区间汇流量较小，仅在入龙川江河口前 1.5km 处

有班果河汇入。班果河现状汇流量仅为 1563 万 $m^3$，而小石门坝址来流量为 14201 万 $m^3$，班果河来流量仅占普登河口入龙川江径流量的 9.9%。

综合上述各因素，小石门坝址处的下泄流量决定了普登河下游的自然流量，加之班果河口距普登河入龙川江河口仅 1.5km，且班果河入流量仅占入普登河入龙川江径流量的 9.9%，班果河设计水平年多年平均入流量将增至 2306 万 $m^3$，考虑考核的方便及对生态流量保障程度的影响，选定本工程的生态流量考核断面为小石门水库坝下。

（2）生态流量估算方法

1）生态基流估算方法

根据普登河水文特征以及水生生态、陆生生态的特点，本次评价生态基流估算选取 Tennant 法、90%保证率最枯月流量法进行估算，将两种方法估算成果比较，取其最大值作为普登河生态基流。

Tennant 法、90%保证率最枯月流量法的计算方法概述如下：

①Tennant 法：Tennant 法是目前世界上最广为使用的水文学方法，该方法是以预先确定的年平均流量的百分数作为河流推荐流量。该方法是将年均流量的 10%、30%分别作为非汛期和汛期生态基流。

②90%保证率最枯月流量法：采用 90%保证率最枯连续 7d 的平均流量作为河流最小流量设计值。该方法于 20 世纪 70 年代传入我国，在许多大型水利工程建设的环境影响评价中得到应用。实际应用中一般采用 90%保证率最枯月平均流量法进行计算。

另外，根据《长江保护修复攻坚战行动计划》（环水体〔2018〕181 号），其第七项主要任务“优化水资源配置，有效保障生态用水需求”中，要求“切实保障生态流量”，要求“2020 年年底前，长江干流及主要支流主要控制节点生态基流占多年平均流量比例在 15％左右”。本次环评也基于这一要求估算了非汛期生态基流，并与前述两方法确定的生态基流进行了对比。

2）水力学法

根据《河湖生态需水评估导则》和《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）》，水力学法是以栖息地保护类型的标准设定的模型，主要有基于水力学参数提出的湿周法、$R_2$-CROSS 法。在能够

明确受影响河段的指示性生态保护对象（如特定种类的鱼类）的关键约束性生境因子的情况下，如产卵水深、产卵流速等条件下，可直接构建受影响河段的水动力模型，模拟分析下泄流量与相关水力学生态因子（如水深或流速等）之间的对应关系，从而根据受影响物种对特定生境因子的需求而确定相应情况下的流量，即为指示性物种所需的最小生态流量。

### 5.3.2 普登河生态流量估算

1）Tennant 法计算生态基流

本次评价收集了普登河小石门坝址 1969~2017 年逐月径流推算资料（见图 5.3.2-1、5.3.2-2），普登河非汛期为 12 月~5 月，汛期为 6~11 月。按照 Tennant 法确定小石门坝址断面生态基流为非汛期（11 月~次年 5 月）0.49m³/s、汛期（6 月~10 月）为 1.47m³/s。

2）历史流量曲线法计算生态基流

小石门坝址月均流量频率计算成果见表 5.3.2-1 所示，小石门坝址 P=90%最枯月平均流量为 0.42m³/s，因此根据此方法确定小石门坝址断面生态基流控制值为 0.42m³/s。

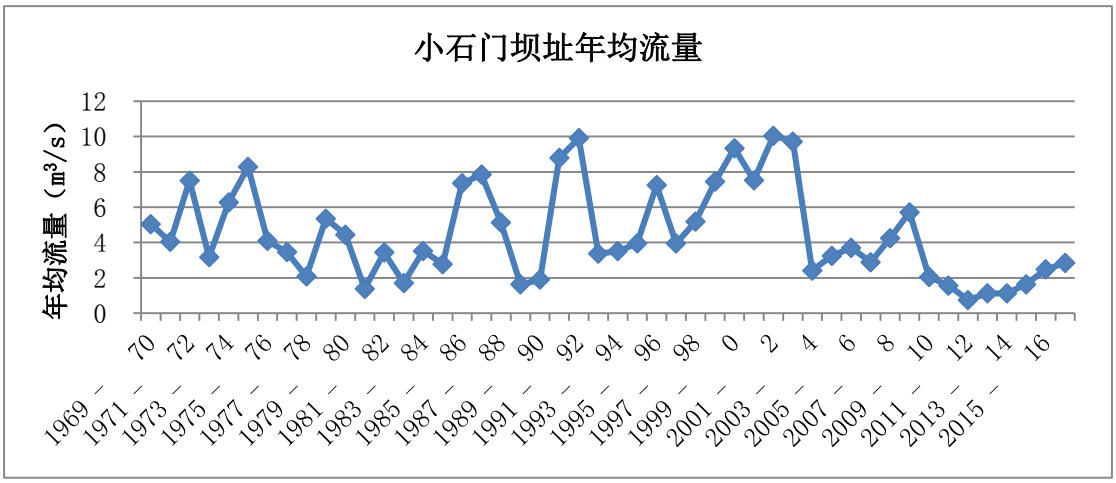



**图 5.3.2-1　1969 年~2017 年小石门坝址逐月流量过程图**

**表 5.3.2-1　小石门坝址月均流量频率计算成果表**

| 频率（%） | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
|---|---|---|---|---|---|
| 小石门 | 5.34 | 1.95 | 0.89 | 0.42 | 0.23 |

3）水力学法

普登河干流具有显著的山区河道特征。其绝大部分河道位于深切峡谷之中，底质以砾石为主，水流湍急，水质较为清澈，水流量相对较大，自然状态保护良好。

根据水生生态专题现状调查，普登河干支流浮游植物以硅藻门为主，自上而下以硅藻门占绝对优势向绿藻门等其他藻类逐渐增多转变，浮游动物种类自上而下呈增加趋势；底栖动物物种数则上、下游差别不大。详见图 5.3.2-2~图 5.3.2-5。

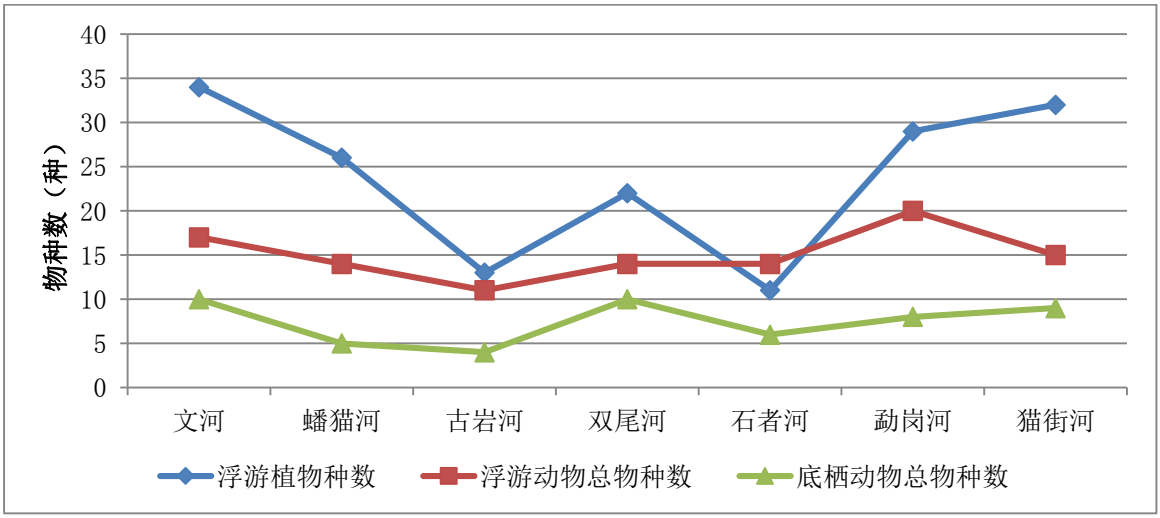



**图 5.3.2-2　普登河流域内干支流浮游生物及底栖动物物种数分布**

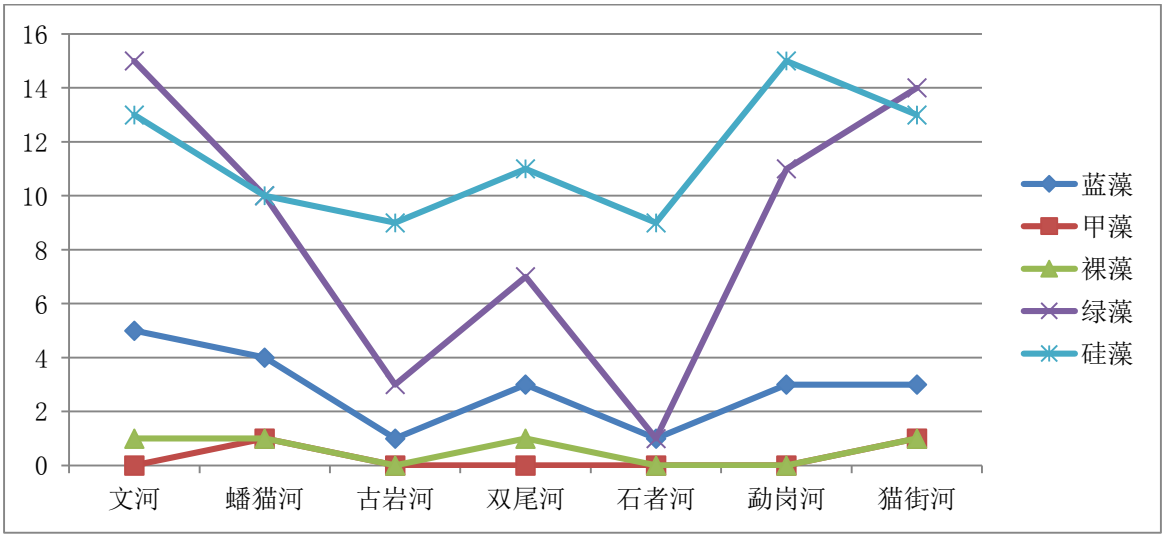



**图 5.3.2-3　普登河流域内干支流浮游植物物种数分布**

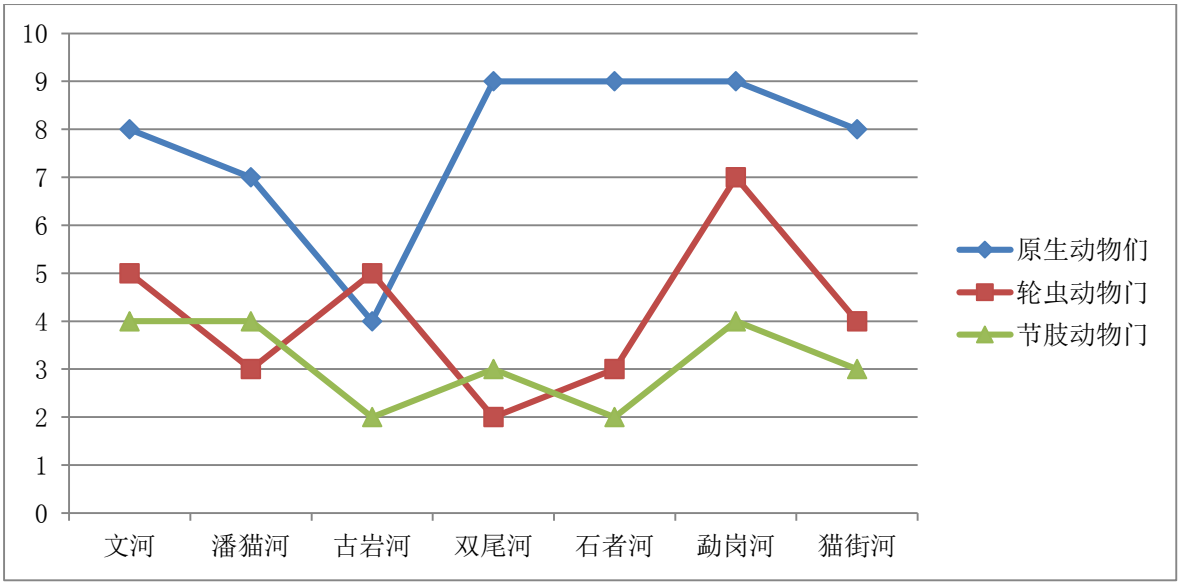



**图 5.3.2-4　普登河流域内干支流浮游动物物种数分布**

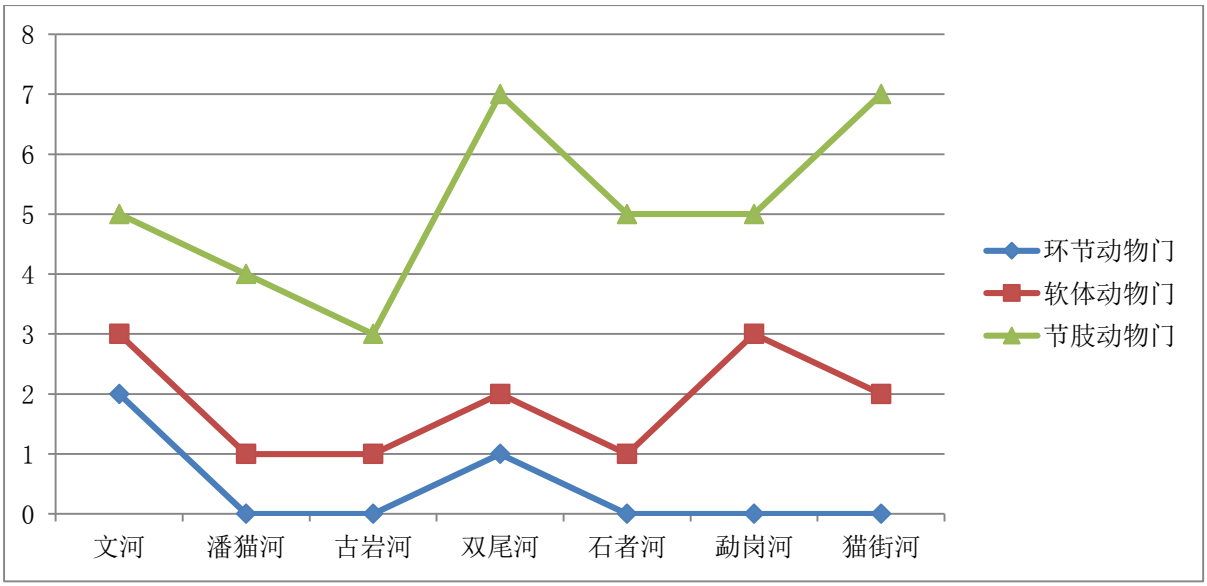



**图 5.3.2-5　普登河流域内干支流底栖动物物种数分布**

小石门水库评价区内鱼类区系组成相对简单，结合历史文献记录及实际调查情况共记录鱼类 5 目 10 科 23 属 24 种，其中土著种 12 种，主要以鲤科、鳅科、条鳅科和鲇科鱼类为主。详见表 5.3.2-2。

从土著种和外来种在渔获物中的相对比例（种类数比 12:12）（详见表 5.3.2-3、表 5.3.2-4），外来物种数和土著物种数对半，说明在普登河流域内外来物种已经对流域内的鱼类物种组成及群落结构造成影响。但从渔获物情况看，土著鱼类条数占流域内捕获鱼类的 83.18%，重量占 82.23%，说明流域内鱼类群落结构仍以土著鱼类为主。从优势种情况看，勐岗河流域上游优势种为以条鳅科的前鳍高原

鳅为优势种，而下游普登河优势种为鲬虎鱼类（外来物种）。说明本地物种在普登河的上中游以及支流仍占据优势。

勐岗河（普登河）干流共调查到鱼类 16 种，其中土著鱼类 8 种，分别为：红尾荷马条鳅、前鳍高原鳅、横纹南鳅、侧纹云南鳅、泥鳅、鲫鱼、南方大口鲇、鱊；外来物种 8 种，分别为：棒花鱼、麦穗鱼、黄黝、大鳞副泥鳅、子陵吻鰕虎鱼、褐吻鰕虎鱼、高体鳑鲏、食蚊鱼。根据现状调查及相关资料，在普登河干流分布的土著鱼类主要为前鳍高原鳅等小型鱼类，平均体长 44mm 左右。一般来说，水深达到鱼类体长的 3 倍可满足鱼类的基本需要，小石门水库坝下至入龙川江河口区间最小水深要求为 13.2cm。而根据水生生态现状调查专题，普登河干流鳅科产卵的最小水深要求为 15cm，因此，小石门水库坝下至入龙川江河口区间最小水深要求为 15cm。

利用普登河干流水流模型，采用水力学法计算不同流量下坝下断面的水深~流量关系（见表 5.3.2-5），以确定鱼类产卵所需最小生态流量。

**表 5.3.2-2　普登河流域干支流鱼类物种及生态型一览表**

| 编号 | 物种名 | 生态类型 | 食性 | 鱼卵类型 | 物种丰富度 | 本地/外来种 | 科/亚科 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 侧纹云南鳅 | 江河底栖缓流型 | 肉食性 | 沉性卵 | + | 本地 | 条鳅科 |
| 2 | 横纹南鳅 | 江河底栖缓流型 | 肉食性 | 沉性卵 | ++ | 本地 | 条鳅科 |
| 3 | 红尾荷马条鳅 | 江河底栖激流型 | 肉食性 | 粘性卵 | ++ | 本地 | 条鳅科 |
| 4 | 前鳍高原鳅 | 江河底栖激流型 | 肉食性 | 沉性卵 | +++ | 本地 | 条鳅科 |
| 5 | 泥鳅 | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ | 本地 | 鳅科 |
| 6 | 鲇 | 江河湖泊底栖缓流型 | 肉食性 | 粘性卵 | ++ | 本地 | 鲇科 |
| 7 | 黄鳝 | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | + | 本地 | 合鳃鱼科 |
| 8 | 高体鳑鲏 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 其他类型 | +++ | 本地 | 鱊亚科 |
| 9 | 麦穗鱼 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ | 本地 | 鮈亚科 |
| 10 | 鲤 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ | 本地 | 鲤亚科 |
| 11 | 鲫 | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ | 本地 | 鲤亚科 |
| 12 | 大鳞副泥鳅* | 江河湖泊底栖缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | + | 外来 | 鳅科 |
| 13 | 鲚* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ | 外来 | 鲌亚科 |
| 14 | 棒花鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | ++ | 外来 | 鮈亚科 |
| 15 | 青鱼* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | + | 外来 | 雅罗鱼亚科 |
| 16 | 草鱼* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ | 外来 | 雅罗鱼亚科 |
| 17 | 鳙* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ | 外来 | 鲢亚科 |
| 18 | 鲢* | 江河湖泊缓流型 | 滤食性 | 漂流性卵 | ++ | 外来 | 鲢亚科 |
| 19 | 黄颡鱼* | 江河湖泊缓流型 | 肉食性 | 粘性卵 | ++ | 外来 | 鲿科 |
| 20 | 食蚊鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 其他类型 | +++ | 外来 | 胎鳉科 |
| 21 | 小黄黝鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 粘性卵 | +++ | 外来 | 沙塘鳢科 |
| 22 | 褐吻鰕虎鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | ++ | 外来 | 鰕虎鱼科 |
| 23 | 子陵吻鰕虎鱼* | 江河湖泊缓流型 | 杂食性 | 沉性卵 | +++ | 外来 | 鰕虎鱼科 |

**表 5.3.2-3　普登河流域渔获物组成表**

| | 鱼类条数(条) | 鱼类重量（g） |
|---|---|---|
| 本地鱼类 | 540 | 1338.44 |
| 总渔获量 | 648 | 1607.57 |
| 本地占比 | 83.33 | 83.26 |

**表 5.3.2-4　普登河干流渔获物组成表**

| 物种 | 尾数 | 体长（mm） | 规格（g） | 均重（g/尾） | 重量（g） | 比例% | 比重% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 棒花鱼* | 52 | 30~91.21 | 0.56~16.37 | 4.27 | 192.58 | 8.02 | 11.98 |
| 麦穗鱼* | 7 | 30~64.2 | 0.24-5.27 | 2.77 | 18.8 | 1.08 | 1.17 |
| 黄黝* | 3 | 30.9~48.3 | 0.38~2.32 | 0.32 | 3.58 | 0.46 | 0.22 |
| 红尾荷马条鳅 | 79 | 31-82 | 0.4-4.86 | 1.53 | 127.62 | 12.19 | 7.94 |
| 前鳍高原鳅 | 410 | 22~67 | 0.14-6.09 | 2.44 | 755.08 | 63.27 | 46.97 |
| 横纹南鳅 | 1 | 69 | 4.74 | | 4.74 | 0.15 | 0.29 |
| 侧纹云南鳅 | 20 | 34.2~63 | 0.65~2.84 | 1.58 | 31.47 | 3.09 | 1.96 |
| 泥鳅 | 23 | 34~106 | 0.35~10.97 | 3.13 | 82.33 | 3.55 | 5.12 |
| 鲫鱼 | 5 | 40~146 | 1.82~170.11 | 75.39 | 303.54 | 0.77 | 18.88 |
| 大鳞副泥鳅* | 1 | 101 | 16.21 | | 16.21 | 0.15 | 1.01 |
| 南方大口鲇 | 1 | 128.99 | 16.57 | | 16.57 | 0.15 | 1.03 |
| 子陵吻鰕虎鱼* | 10 | 25.6-64.9 | 0.3-4.37 | 1.49 | 14.88 | 1.54 | 0.93 |
| 褐吻鰕虎鱼* | 13 | 21-44.7 | 0.29-2.34 | 0.9 | 11.69 | 2.01 | 0.73 |
| 高体鳑鲏* | 2 | 33-33.7 | 0.82-0.85 | 0.84 | 1.67 | 0.31 | 0.10 |
| 鲺 | 1 | 114.59 | 17.09 | | 17.09 | 0.15 | 1.06 |
| 食蚊鱼* | 20 | 17-36 | 0.13-1.56 | 0.49 | 9.72 | 3.09 | 0.60 |
| | 648 | | | | 1607.57 | | |

*为外来物种。

**表 5.3.2-5　小石门水库坝下河段水深流量关系一览表**

| 坝下流量($m^3/s$) | 水深（m） |
|---|---|
| 0.1 | 0.003 |
| 0.2 | 0.106 |
| 0.3 | 0.122 |
| 0.4 | 0.137 |
| 0.5 | 0.151 |
| 0.74 | 0.18 |
| 1 | 0.205 |
| 1.47 | 0.24 |
| 1.5 | 0.242 |
| 2 | 0.274 |

由表可见，水深 15cm 下对应的流量为 $0.5m^3/s$，确定小石门水库坝址下游至入龙川江河口区间鱼类需要的最小生态流量为 $0.5m^3/s$。当工程在枯水期下泄生

态基流 0.74m$^3$/s 时，坝下水深为 18cm；丰水期下泄生态基流 1.47m$^3$/s 时，坝下水深为 24cm，均大于产卵最小水深 15cm 要求。

此外，对小石门坝址断面的 4~5 月天然流量过程进行排频，详见表 5.3.2-6。

**表 5.3.2-6　小石门水库坝址断面 4~5 月天然来流量排频表**

| 4 月份 | | | 5 月份 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 年份 | 流量(m$^3$/s) | 频率 | 年份 | 流量（m$^3$/s） | 频率 |
| 2001 | 2.06 | 2.1% | 2000 | 4.65 | 2.1% |
| 2002 | 1.99 | 4.3% | 2001 | 4.08 | 4.3% |
| 1999 | 1.99 | 6.4% | 1973 | 3.22 | 6.4% |
| 2009 | 1.78 | 8.5% | 1974 | 2.36 | 8.5% |
| 2008 | 1.64 | 10.6% | 1975 | 2.28 | 10.6% |
| 1995 | 1.57 | 12.8% | 1999 | 2.25 | 12.8% |
| 1991 | 1.54 | 14.9% | 1989 | 2.18 | 14.9% |
| 1997 | 1.39 | 17.0% | 1969 | 1.76 | 17.0% |
| 2005 | 1.39 | 19.1% | 2006 | 1.71 | 19.1% |
| 1973 | 1.37 | 21.3% | 2007 | 1.61 | 21.3% |
| 1985 | 1.24 | 23.4% | 2002 | 1.54 | 23.4% |
| 1996 | 1.21 | 25.5% | 1976 | 1.40 | 25.5% |
| 2000 | 1.15 | 27.7% | 1998 | 1.24 | 27.7% |
| 2004 | 1.14 | 29.8% | 2005 | 1.21 | 29.8% |
| 2007 | 1.13 | 31.9% | 1991 | 1.18 | 31.9% |
| 1971 | 1.07 | 34.0% | 2008 | 1.17 | 34.0% |
| 1993 | 1.06 | 36.2% | 1970 | 1.15 | 36.2% |
| 2003 | 1.04 | 38.3% | 1971 | 1.05 | 38.3% |
| 1998 | 1.03 | 40.4% | 1995 | 1.03 | 40.4% |
| 1987 | 1.00 | 42.6% | 1977 | 0.88 | 42.6% |
| 1992 | 0.94 | 44.7% | 1984 | 0.85 | 44.7% |
| 1990 | 0.94 | 46.8% | 1992 | 0.85 | 46.8% |
| 1986 | 0.91 | 48.9% | 2003 | 0.82 | 48.9% |
| 1984 | 0.89 | 51.1% | 1988 | 0.64 | 51.1% |
| 1979 | 0.81 | 53.2% | 2004 | 0.63 | 53.2% |
| 1977 | 0.73 | 55.3% | 2012 | 0.57 | 55.3% |
| 1983 | 0.71 | 57.4% | 2009 | 0.48 | 57.4% |
| 1994 | 0.70 | 59.6% | 1980 | 0.47 | 59.6% |
| 1970 | 0.69 | 61.7% | 1979 | 0.46 | 61.7% |
| 1978 | 0.69 | 63.8% | 1985 | 0.37 | 63.8% |
| 1982 | 0.67 | 66.0% | 1993 | 0.37 | 66.0% |
| 2006 | 0.63 | 68.1% | 1990 | 0.33 | 68.1% |
| 1980 | 0.61 | 70.2% | 2010 | 0.33 | 70.2% |
| 1981 | 0.59 | 72.3% | 1983 | 0.33 | 72.3% |
| 1975 | 0.59 | 74.5% | 1994 | 0.30 | 74.5% |
| 1989 | 0.46 | 76.6% | 1997 | 0.30 | 76.6% |
| 1988 | 0.46 | 78.7% | 1978 | 0.30 | 78.7% |
| 1976 | 0.35 | 80.9% | 1987 | 0.27 | 80.9% |
| 2010 | 0.34 | 83.0% | 1996 | 0.27 | 83.0% |
| 2014 | 0.27 | 85.1% | 1972 | 0.26 | 85.1% |
| 1969 | 0.24 | 87.2% | 1986 | 0.12 | 87.2% |
| 2011 | 0.15 | 89.4% | 2014 | 0.11 | 89.4% |
| 2012 | 0.13 | 91.5% | 2013 | 0.06 | 91.5% |
| 1974 | 0.13 | 93.6% | 1981 | 0.03 | 93.6% |
| 1972 | 0.11 | 95.7% | 1982 | 0.02 | 95.7% |

| 4 月份 | | | 5 月份 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 年份 | 流量($m^3/s$) | 频率 | 年份 | 流量（$m^3/s$） | 频率 |
| 2013 | 0.10 | 97.9% | 2011 | 0.01 | 97.9% |
| 均值 | 0.90 | | 均值 | 1.03 | |
| 最小值 | 0.10 | | 最小值 | 0.01 | |
| 最大值 | 2.06 | | 最大值 | 4.65 | |

根据排频结果，小石门坝址断面现状水平年 4 月天然流量最小值为 0.10$m^3/s$，最大值为 2.06$m^3/s$，均值为 0.90$m^3/s$，枯水期生态基流 0.74$m^3/s$ 的频率为 54%左右。小石门坝址断面 5 月天然流量最小值为 0.01$m^3/s$，最大值为 4.65$m^3/s$，平均值为 1.03$m^3/s$，枯水期生态基流 0.74$m^3/s$ 对应的频率为 50%左右。

结合枯水期生态基流 0.74$m^3/s$ 对应的水深大于鱼类产卵水深要求，以及所对应的 4、5 月份的来水频率在 50%左右，可以说明本阶段确定的枯水期、丰水期生态基流下的水深均能满足鱼类产卵的水文需求。

4）生态流量的确定

普登河小石门水库坝下河段生态流量估算采用外包法计算，计算过程详见表 5.3.2-7。根据表 5.3.2-7，最终确定小石门水库坝下河段生态流量非汛期（11 月~翌年 5 月）0.74$m^3/s$，汛期（6~10 月）1.47$m^3/s$。

**表 5.3.2-7　小石门坝下断面生态基流　　单位：$m^3/s$**

| 月份 | Tennant 法 | 历史流量曲线法 | 水力学法 | 生态流量 |
|---|---|---|---|---|
| 1 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 2 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 3 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 4 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 5 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 6 月 | 1.47 | 0.42 | 0.74 | 1.47 |
| 7 月 | 1.47 | 0.42 | 0.74 | 1.47 |
| 8 月 | 1.47 | 0.42 | 0.74 | 1.47 |
| 9 月 | 1.47 | 0.42 | 0.74 | 1.47 |
| 10 月 | 1.47 | 0.42 | 0.74 | 1.47 |
| 11 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |
| 12 月 | 0.49 | 0.42 | 0.74 | 0.74 |

## 5.3.3 生态流量保障程度分析

根据考核断面生态流量计算公式，小石门水库坝下断面生态流量为：6~10 月为 1.47$m^3/s$，11 月~翌年 5 月为 0.74$m^3/s$，详见表 5.3.2-8。

**表 5.3.2-8　各考核断面生态流量表　　单位：$m^3/s$**

| 月份 | 小石门水库坝下 |
|---|---|
| 1 | 0.74 |
| 2 | 0.74 |
| 3 | 0.74 |
| 4 | 0.74 |
| 5 | 0.74 |
| 6 | 1.47 |
| 7 | 1.47 |
| 8 | 1.47 |
| 9 | 1.47 |
| 10 | 1.47 |
| 11 | 0.74 |
| 12 | 0.74 |

根据表 5.3.2-8 确定的考核断面生态流量，现状年小石门水库坝下断面丰水年（P=25%）全年流量能满足断面生态流量的要求，但平水年（P=50%）枯水期 5 月、枯水年（P=90%）枯水期 12~5 月流量不满足断面生态流量 0.74m³/s 的要求，枯水年丰水期 6 月份、11 月份流量也不满足丰水期 1.47$m^3/s$ 的要求。具体如图 5.2.2-7 和表 5.2.2-9 所示。

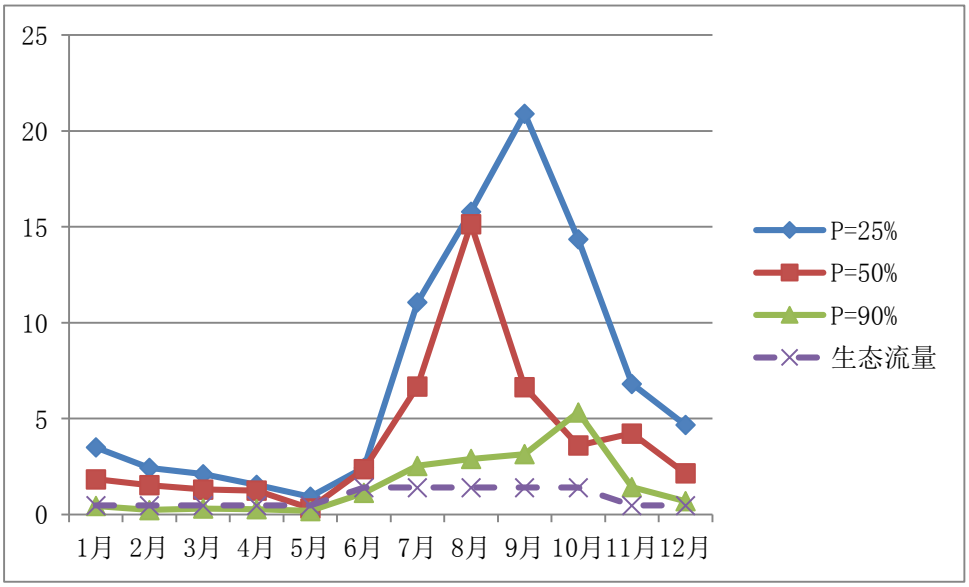



**图 5.3.2-6　现状年小石门水库坝下断面流量与各月最小生态流量过程对比图**

**表 5.3.2-9　现状年小石门水库坝下断面流量过程表　　单位：m³/s**

| 月份 | 小石门水库坝下断面 | | | 生态流量 |
|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | |
| 1 月 | 3.5 | 1.84 | 0.45 | 0.74 |
| 2 月 | 2.43 | 1.53 | 0.24 | 0.74 |
| 3 月 | 2.11 | 1.31 | 0.31 | 0.74 |
| 4 月 | 1.55 | 1.25 | 0.28 | 0.74 |
| 5 月 | 0.93 | 0.32 | 0.19 | 0.74 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 月 | 2.44 | 2.37 | 1.13 | 1.47 |
| 7 月 | 11.06 | 6.68 | 2.54 | 1.47 |
| 8 月 | 15.79 | 15.14 | 2.9 | 1.47 |
| 9 月 | 20.9 | 6.64 | 3.15 | 1.47 |
| 10 月 | 14.36 | 3.6 | 5.33 | 1.47 |
| 11 月 | 6.81 | 4.23 | 1.43 | 1.47 |
| 12 月 | 4.67 | 2.15 | 0.7 | 0.74 |

小石门水库工程建成后，对小石门坝下断面丰水年（P=25%）、平水年（P=50%）、枯水年（P=90%）三个典型年流量分析表明，工程运行后坝下断面各典型年流量均能满足断面生态流量的要求。具体过程如图 5.3.2-7、表 5.3.2-10 所示。

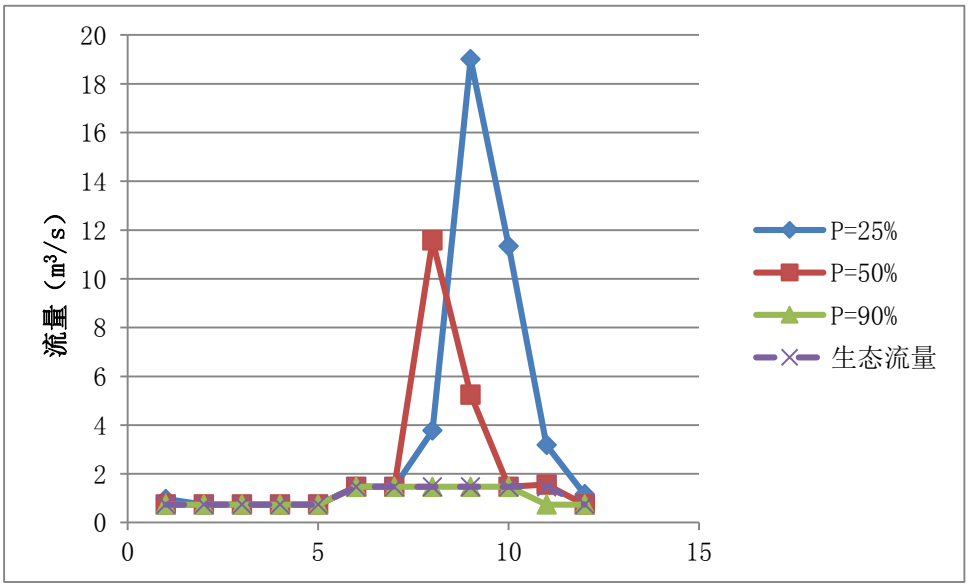



**图 5.3.2-7　设计水平年小石门水库坝下断面流量与各月最小生态流量过程对比图**

**表 5.3.2-10　设计水平年小石门水库坝下断面流量过程表　单位：m³/s**

| 月份 | 小石门水库坝下断面 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | 生态流量 |
| 1 月 | 0.97 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 2 月 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 3 月 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 4 月 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 5 月 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 6 月 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 7 月 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 8 月 | 3.77 | 11.57 | 1.47 | 1.47 |
| 9 月 | 19.01 | 5.25 | 1.47 | 1.47 |
| 10 月 | 11.34 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 11 月 | 3.18 | 1.56 | 0.74 | 0.74 |
| 12 月 | 1.16 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |

根据小石门水库调节计算结果，在 1969~2017 年所有调算系列中，均足额下放了生态流量，小石门水库生态流量保证率达到 100%。

## 5.4 水质影响预测与分析

### 5.4.1 施工期水质影响分析

（1）混凝土冲洗、养护废水

根据工程分析，工程施工期间共计产生混凝土拌合废水 5.96 万 $m^3$，总排放强度达 36.8$m^3$/d，其中枢纽区排放强度 6.4$m^3$/d，总干线排放强度为 5.6$m^3$/d，东干线排放强度为 5.6$m^3$/d，北干线排放强度为 19.2$m^3$/d。

混凝土拌合废水主要来源于转筒和料罐的冲洗废水，含有较高的悬浮物，浓度可达 5000mg/L；混凝土养护将产生养护碱性废水；混凝土冲洗养护废水 pH 值一般大于 10，并含有较高悬浮物。大部分混凝土冲洗养护废水经沉淀、中和处理后回用，或者用于施工场地降尘，剩余废水处理后达标排放，对水环境影响较小。

（2）砂石料冲洗废水

根据工程分析，枢纽区和总干线前段共产生砂石料冲洗废水 119.07 万 $m^3$，最大排放强度 160$m^3$/h，主要污染物质为悬浮物，浓度高达 20000mg/L 以上。砂石加工系统废水处理后达标排放或回用，不会对地表水环境功能产生不利影响，在发生事故排放情形下，可能造成勐岗河岸边局部水域悬浮物浓度增大，对排放口周围局部范围的勐岗河水质产生一定影响。

采用导则推荐的持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式，对砂石加工系统废水事故排放影响为例进行预测。

预测公式如下：

$$c(x,y)=c_h+\frac{c_pQ_p}{H\sqrt{\pi M_y xu}}\left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_yx}\right)+\exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_yx}\right)\right] \quad (5.4\text{-}1)$$

式中：

$x$——预测点离排放点的距离，m；

*y*——预测点离排放口的横向距离（不是离岸距离），m；

*c*——预测点（x,y）处污染物的浓度，mg/L；

*a*——污水排放口离河岸（）距离（0≤a≤B），m；

*Cp*——污水中污染物的浓度，mg/L；

$Q_p$——污水流量，$m^3/s$；

$C_h$——河流上游污染物的浓度（本底浓度），mg/L；

*H*——河流平均水深，m；

$M_y$——河流横向混合(弥散)系数，$m^2/s$；

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)\sqrt{gHI} \qquad (5.4\text{-}2)$$

*B*——河流平均宽度，m；

*u*——河流流速，m/s；

*I*——河流平均坡降。

考虑最不利情况，即高峰排放值对勐岗河枯期水质进行预测，计算结果见表5.4.1-1。

**表 5.4.1-1　砂石加工系统废水事故排放近岸水域 SS 浓度　单位：mg/L**

| x（m）<br>y（m） | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 10000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3607.25 | 2556.57 | 1624.31 | 1160.30 | 880.03 | 704.58 | 590.77 |
| 1 | 2565.59 | 2156.78 | 1518.12 | 1129.49 | 895.51 | 732.50 | 607.55 |
| 2 | 929.63 | 1297.32 | 1240.25 | 1037.11 | 895.33 | 755.83 | 621.72 |
| 3 | 183.68 | 561.83 | 889.05 | 908.54 | 884.77 | 774.35 | 633.09 |
| 4 | 34.83 | 183.12 | 568.22 | 777.24 | 870.16 | 787.94 | 641.50 |
| 5 | 20.68 | 55.06 | 346.91 | 676.34 | 857.61 | 796.50 | 646.84 |
| 6 | 20.02 | 27.64 | 254.01 | 630.74 | 851.68 | 800.00 | 649.03 |

根据预测可知，由于勐岗河为山区河流，水量丰枯期差别大，枯期水量小，事故排放工况下薄刀岭砂石加工系统废水对勐岗河水质的影响较大。下游 1km 以后河段横向 SS 浓度趋于混合，但在下游 10km 处仍然维持 600mg/L 以上。因此，砂石料加工废水对下游河道水质影响显著，需采取严格的水处理措施。

（3）机修含油废水

工程施工过程中主要施工机械有装载机、推土机、凿岩机、钻机、自卸汽车等，施工机械在冲洗、保养过程中将产生一定的含油废水，主要污染物成分为石油类和悬浮物，石油类浓度一般约为 50～80mg/L，悬浮物浓度约为 1000 mg/L。

废水排放方式为间歇性排放。如果冲洗废水进入地表水体，将影响河流水质；含油废水若就地散排，还将会改变土壤结构，不利于施工迹地恢复。本工程拟对机修保养废水进行隔油处理，油污统一收集清运，交由有资质的单位统一处置，上层清水回用不外排，对周围水体影响较小。

（4）生活污水

根据工程分析，施工期共排放生活污水 54.43 万 $m^3$，COD、$BOD_5$ 和 $NH_3$-N 排放量分别为 217.73t、108.86t、21.77t。

生活污水中主要污染物及其浓度一般为：SS150 mg/L、COD 250mg/L、$BOD_5$150 mg/L、$NH_3$-N20 mg/L、TP4.5mg/L。生活污水排放量较小，污染物浓度不高，但若直接排放将对排放口下游地表水质产生不利影响。工程对生活污水处理后回用，不会对周边地表水环境功能产生不利影响。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，以枢纽区施工生产生活区为例对生活污水事故排放对下游地表水质的影响进行预测，公式为：

$$c(x,y)=\exp\left(-K_1\frac{x}{86400u}\right)\left\{c_h+\frac{c_pQ_p}{H\sqrt{\pi M_y xu}}\left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_yx}\right)+\exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_yx}\right)\right]\right\}$$

（5.4-3）

式中，$K_1$ 为河流中污染物降解系数（1/d），其中 COD 为 0.1、$NH_3$-N 为 1.2；其余参数含义与前文持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式中含义相同。

考虑不利情况，选取勐岗河河流多年平均枯水期月平均流量（0.32$m^3/s$）对应水文参数，本底浓度按枯期（2019 年 1 月）水质监测现状的最大值（COD 6.08mg/L、$NH_3$-N 0.297mg/L）进行预测，计算结果见表 5.4.1-2、表 5.4.1-3。

**表 5.4.1-2　枢纽区生活区生活污水事故排放 COD 浓度（单位：mg/L）**

| x（m）<br>y（m） | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 11.20 | 9.70 | 8.64 | 7.70 | 7.22 | 6.89 | 6.59 |
| 1 | 6.09 | 6.20 | 6.54 | 6.89 | 6.89 | 6.76 | 6.55 |
| 2 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.18 | 6.37 | 6.49 | 6.46 |
| 3 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.13 | 6.25 | 6.35 |
| 4 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.13 | 6.25 |
| 5 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.09 | 6.18 |
| 6 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 6.15 |

**表 5.4.1-3　枢纽区生活区生活污水事故排放 $NH_3$-N 浓度（单位：mg/L）**

| x（m）<br>y（m） | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.71 | 0.59 | 0.50 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.34 |
| 1 | 0.30 | 0.31 | 0.33 | 0.36 | 0.36 | 0.35 | 0.33 |
| 2 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.32 | 0.33 | 0.33 |
| 3 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.32 |
| 4 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.31 |
| 5 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.31 |
| 6 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |

由表可见，由于勐岗河 COD、$NH_3$-N 本底浓度低，本工程生活污水产生量较小，枢纽区施工营地生活污水在枯期发生事故排放工况下，水体中 COD、$NH_3$-N 浓度显著增高，但仍然可以满足Ⅲ类标准。污染物浓度随河流纵向降低明显，横向扩散上则不明显。

类比而言，其他营地规模更小，生活污水排放量也较小，发生事故排放情形其污染影响程度小于枢纽区施工营地。总体而言，本工程施工期生活污水对区域水环境的影响较为有限，在采取污水收集处理措施后，其影响可以得到有效控制。

（5）基坑废水

水库坝区施工时，施工围堰内将产生初期排水和经常性排水。初期排水主要包括基坑积水、基坑渗水两部分，类比国内类似水利水电工程初期排水的监测结果，初期排水与河流水质基本相同，可直接排放，对河流水质影响很小；经常性排水主要考虑围堰及基岩渗水、天然降水、施工弃水，结合国内其它工程经验来看，在防渗措施完善的情况下，基坑内的经常性排水有限，经一定时段集水后由水泵抽排，主要污染物为 SS，同时可能含有少量的油类。

根据施工组织设计，本工程初期基坑排水选用 3 台 IS65-50-125 型水泵抽水（扬程 20m，流量 25m³/h，电动机功率 5.5kW），排水强度 75m³/h；经常性排水选用 1 台 IS65-50-125 型水泵抽水，基坑经常性排水采取基坑内静置沉淀后优先用于降尘、浇灌附近耕地林地或作为水保植物措施用水等，对河道水体影响有限。

## 5.4.2 运行期水质影响分析

### 5.4.2.1 水质模型

（1）小石门水库及坝下河道水质模型

在认识和掌握评价河段水质特征的基础上，对影响水质的要素进行了合理概化，对于各种物理化学和生物作用过程对水质的影响，统一概化为综合衰减，并由综合衰减系数 K 表征。通过一系列合理的概化，建立了描述河道河段水质的一维非恒定流数学模型。

描述水质输移扩散的一维非恒定模型为：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial C}{\partial t} = D\dfrac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v\dfrac{\partial C}{\partial x} - KC + S \\ C(x)\big|_{\zeta} = c_1 \\ C(t)\big|_{t=0} = c_0 \end{cases} \qquad (5.4\text{-}4)$$

式中，C 为污染物浓度；D 为扩散系数；v 为断面平均流速；K 为综合衰减系数；S 为源汇项；$c_1$、$c_0$ 分别为边界和初始浓度。

模型求解借助 MIKE11 软件系统，采用完全时间和空间中心隐式差分格式进行离散，线性方程组的求解采用双重扫描算法，在流量节点和水位节点上都求解模拟变量。对流扩散方程采用了无条件稳定差分格式，同时为了减少三阶截断误差，引入一个校正项，使得带有梯度较大浓度前锋面的对流扩散问题得以求解。

目前入河污染物常规指标为 COD 和氨氮。污染源预测同样为 COD 和氨氮，因此本报告中一维水质模型模拟指标为 COD、氨氮。

参考相关研究报告，确定普登河、龙川江、蜻蛉河、永定河干流段的污染物衰减系数。确定的模型参数取值为：扩散系数 $D=10V_2$、COD 衰减系数 K=0.1/d、氨氮衰减系数 K=0.12/d。水库蓄水后，库区河段 COD 衰减系数 K=0.001/d、氨氮衰减系数 K=0.0012/d。

（2）弯腰树水库、新河水库水质模型

根据可研报告，本工程中设计水平年小石门水库向弯腰树水库、新河水库多年平均分别补水 289 万 $m^3$、115 万 $m^3$。现状水平年弯腰树水库、新河水库入库径流量分别为 783.88 万 $m^3$、418.66 万 $m^3$，现状水平年两个水库调节系数分别为 0.19、0.49，分别属不完全年调节、多年调节特性；设计水平年两个水库入库径流量分别达到 1948.17 万 $m^3$(含拟建坛罐窑水库补水量)、535.94 万 $m^3$，增加 116 4.29 万 $m^3$、117.28 万 $m^3$，调节系数分别降至 0.08、0.38，分别属季调节、多年调节特性（详见表 5.4.2-1）。

**表 5.4.2-1 弯腰树水库、新河水库基本特性表**

| 水库名称 | 弯腰树水库 | 新河水库 |
|---|---|---|
| 功能 | 以农业灌溉为主，兼有发电和下游防洪等综合利用 | 以农田灌溉为主，兼顾下游防洪保护 |
| 水库等级 | 小（1）型水库 | 小（1）型水库 |
| 坝址以上流域面积（$km^2$） | 112.6 | 21 |
| 多年平均径流量（万 $m^3$） | 246 | 25.3 |
| 现状年来水量 | 783.88 | 418.66 |
| 设计年来水量 | 1948.17 | 535.94 |
| 正常蓄水位（m） | 1351.1 | 1168.1 |
| 正常库容（万 $m^3$） | 193 | 230.1 |
| 兴利库容（万 $m^3$） | 151.27 | 205.98 |
| 防洪库容（万 $m^3$） | 23.1 | 85.1 |
| 校核洪水位(m) | 1352.25（P=0.5%） | 1170.21（P=0.33%） |
| 校核洪水位库容（万 $m^3$） | 216.1 | 315.2 |
| 坝顶高程（m） | 1352.3 | 1171.4 |
| 最大坝高（m） | 28.8 | 25.4 |
| 总库容（万 $m^3$） | 216.1 | 315.2 |
| 死水位（m） | 1340.3 | 1157.5 |
| 死库容（万 $m^3$） | 41.73 | 24.12 |
| 现状水平年调节系数 | 0.19（不完全年调节） | 0.49（多年调节） |
| 设计水平年调节系数 | 0.08（季调节） | 0.38（多年调节） |

由于弯腰树水库设计水平年有生活供水及农业供水任务，调节特性降低至季调节，而新河水库仍为多年调节水库，但仅有农业供水任务，且两个水库均为小（1）型水库，为此在分析工程补水对弯腰树水库及新河水库的水质影响时，采用湖库均匀混合模型对两个水库的水质进行预测分析。湖库均匀混合模型的基本方程为：

$$V\frac{dC}{dt} = W - QC + f(C)V \qquad (5.4\text{-}5)$$

式中：V-水体体积，$m^3$；

t-时间，s；

W-单位时间污染物排放量，g/s;

Q-水量平衡时流入与流出湖（库）的流量，$m^3/s$；

f(C)-生化反应项，$g/(m^3\ s)$

如果生化过程可以用一级动力学反应表示，f(C)=-kC，上式存在解析解，当稳定时：

$$C = \frac{W}{Q+kV} \qquad (5.4\text{-}6)$$

式中：k-污染物综合衰减系数，$s^{-1}$；

其它符号说明同前。

弯腰树水库、新河水库库区污染物衰减系数参照小石门水库的衰减系数：COD 衰减系数 K=0.001/d、氨氮衰减系数 K=0.0012/d。

#### 5.4.2.2 水质影响预测与评价

##### 5.4.2.2.1 污染源预测

本节预测年 2035 年污染源预测结果主要引自《水污染防治规划》。

1、生活污染负荷预测

根据楚雄州统计年鉴分析，分析规划范围内的人口变化。根据统计资料，楚雄州人口自然增长率为 3～8‰，本次拟定城镇人口自然增长率为 6‰，农村人口的增长率为 4.75‰。

（1）城镇生活污染源预测

通过系数法估算各控制单元污染物的产生量。2035 年元谋县城镇生活人均用水定额为 220L/人 d，其余县市为 200L/人 d；城镇人均生活产污系数为 COD72g/人 d，$NH_3$-N8g/人 d，TP0.7g/人 d。

考虑废水收集处理率及回用情况（未收集的就直接排放，有回用的，就不统计在最终排水）。城镇生活污水和污染物入河量预测原则如下：

1）按照“实施最严格的水资源管理政策”、《水污染防治行动计划》以及《云南省水污染防治工作方案》的要求，确定废水收集处理率及回用率：2035 年城镇生活污水收集处理率达 95%，所有受水区城镇生活污水处理厂处理工艺经改造后，出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标，即： COD 出水水质为 50mg/L，$NH_3$-N 为 5.0mg/L，TP 为 0.5mg/L。

2）对于收集处理部分，小石门水库水源区及受退水区规划目标年的城镇污水处理厂的中水回用率指标 2035 年不低于 30%。

3）对于无法收集无法集中处理的污水和污染物，通过流失系数计算入河量。流失系数通过《全国水环境容量核算技术指南》中排污口到河流的距离进行取值。

经估算：2035 年水源区城镇生活污水产生量为 56.14 万 t，COD 产生量为 224.57t、$NH_3$-N 产生量为 24.59t、TP 产生量为 2.18t。

2035 年水源区城镇生活污水入河量为 100.34 万 t，COD 入河量为 79.51t、$NH_3$-N 入河量为 8.32t、TP 入河量为 0.78t。

2035 年受退水区城镇生活污水产生量为 1229.04 万 t，COD 产生量为 4774.38t，$NH_3$-N 产生量为 530.49t、TP 产生量为 46.42t。

2035 年受退水区城镇生活污水入河量为 1939.87 万 t，COD 入河量为 1176.39t、$NH_3$-N 入河量为 120.27t、TP 入河量为 11.698t。详见表 5.4.2-2。

（2）农村生活污染源预测

参考预测得到的 2035 年水源区及受退水区的农村人口数量，通过系数法估算各控制单元污染物的产生量。相关系数取值如下：

2035 年元谋县农村生活用水定额为 90L/人 d，其余各县的农村生活用水定额为 85L/人 d。2035 年农村生活用水污水量产污系数为 0.8。参考《全国水环境容量技术核定指南》和各县市的污水治理规划，农村人均产污系数为 COD23g/人 d，$NH_3$-N1.05g/人 d，TP0.12g/人 d。

污水和污染物的入河量遵循以下原则：

1）收集到集中式污水处理设施中集中处理的部分，执行云南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB53/T953-2019）达标排放，经处理后全部外排进入河流。考虑楚雄州各县市农村生活污水治理规划中提出的污水收集处理设施建设规划，取 2035 年农村生活污水收集率为 85%。

2）未收集部分，根据到河流的距离采取入河系数取值计算。

经估算：2035 年水源区农村生活污水产生量为 129.41 万 t，COD 产生量为 437.70t，$NH_3$-N 产生量为 19.98t，TP 产生量为 2.28t。

2035 年水源区农村生活污水入河量为 129.15 万 t，COD 入河量为 130.79t，$NH_3$-N 入河量为 11.76t，TP 入河量为 1.44t。

2035 年受退水区农村生活污水产生量为 1221.38 万 t，COD 产生量为 4057.62t，$NH_3$-N 产生量为 185.24t，TP 产生量为 21.17t。

2035 年受退水区农村生活污水入河量为 1214.20 万 t，COD 入河量为 1207.69t，$NH_3$-N 入河量为 109.75t，TP 入河量为 13.43t。

详见表 5.4.2-3。

**表 5.4.2-2　水源区及受退水区 2035 年城镇生活污水和污染物产生量、排放量及入河量一览表**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 2035 年城镇人口数（人） | 污水产生量(万 t/a) | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 8545 | 56.14 | 224.57 | 24.95 | 2.18 | 56.14 | 224.57 | 24.95 | 2.18 | 100.34 | 79.51 | 8.32 | 0.7858 |
| | 水源区总计 | | 8545 | 56.14 | 224.57 | 24.95 | 2.18 | 56.14 | 224.57 | 24.95 | 2.18 | 100.34 | 79.51 | 8.32 | 0.7858 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 1164 | 7.64 | 30.58 | 3.40 | 0.30 | 12.07 | 7.37 | 0.75 | 0.073 | 12.03 | 7.22 | 0.74 | 0.072 |
| | 3 | 马中（团塘） | 95850 | 629.73 | 2518.93 | 279.88 | 24.49 | 994.18 | 607.29 | 62.13 | 6.038 | 994.18 | 607.29 | 62.13 | 6.038 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 28777 | 189.38 | 756.25 | 84.03 | 7.35 | 298.99 | 182.57 | 18.68 | 1.815 | 298.75 | 181.64 | 18.57 | 1.806 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 55884 | 402.28 | 1468.63 | 163.18 | 14.28 | 635.09 | 380.92 | 38.91 | 3.789 | 634.90 | 380.24 | 38.83 | 3.782 |
| | 受退水区总计 | | 180537 | 1229.04 | 4774.38 | 530.49 | 46.42 | 1940.32 | 1178.16 | 120.47 | 11.715 | 1939.87 | 1176.39 | 120.27 | 11.698 |

**表 5.4.2-3　水源区及受退水区 2035 年农村生活污水和污染物产生量、排放量及入河量一览表**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 2035 年农村人口数（人） | 污水产生量(万 t/a) | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 52138 | 129.41 | 437.70 | 19.98 | 2.28 | 129.41 | 131.65 | 11.80 | 1.44 | 129.15 | 130.79 | 11.76 | 1.44 |
| | 水源区总计 | | 52138 | 129.41 | 437.70 | 19.98 | 2.28 | 129.41 | 131.65 | 11.80 | 1.44 | 129.15 | 130.79 | 11.76 | 1.44 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 12060 | 30.57 | 101.24 | 4.62 | 0.53 | 30.57 | 30.78 | 2.77 | 0.34 | 30.33 | 30.00 | 2.74 | 0.34 |
| | 3 | 马中（团塘） | 171521 | 425.71 | 1439.92 | 65.74 | 7.51 | 425.71 | 433.10 | 38.81 | 4.75 | 423.23 | 424.69 | 38.42 | 4.70 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 142176 | 356.81 | 1193.57 | 54.49 | 6.23 | 356.81 | 361.01 | 32.44 | 3.97 | 355.25 | 355.74 | 32.20 | 3.94 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 149890 | 388.08 | 1258.33 | 57.45 | 6.57 | 388.08 | 386.67 | 35.01 | 4.28 | 385.23 | 377.44 | 34.58 | 4.24 |
| | 6 | 江边 | 7691 | 20.21 | 64.56 | 2.95 | 0.34 | 20.21 | 19.99 | 1.82 | 0.22 | 20.16 | 19.82 | 1.81 | 0.22 |
| | 受退水区总计 | | 483338 | 1221.38 | 4057.62 | 185.24 | 21.17 | 1221.38 | 1231.55 | 110.84 | 13.56 | 1214.20 | 1207.69 | 109.75 | 13.43 |

2、畜禽养殖污染负荷预测

根据楚雄州各县市近几年的农业统计年报，分析预测楚雄州畜禽养殖业的发展趋势，将各种养殖的畜禽数量转换为标准猪数量来计算畜禽养殖业的污水和污染物产生量。

根据各县市近三年的畜牧业发展规划，结合龙川江水资源利用规划，评价区内总的畜禽养殖发展在 10‰~15‰之间。考虑到设计水平年内水源区规模化畜禽养殖限制发展，数量不再增加，受退水区规模化养殖将大规模发展，而养殖户及散养畜禽养殖发展将减缓，因此，选取受退水区规模化畜禽养殖的增长率为 15%，养殖户及散养畜禽养殖的增长率为取-10‰。

（1）规模化畜禽养殖污染源预测

参考《全国水环境容量核定技术指南》和《畜禽养殖业污染物排放标准》（二次征求意见稿），将不同种类的畜禽养殖数量折合成标准猪来计算。采用单位系数法估算畜禽养殖污染物产生量。标准猪污染负荷 COD 产生量为 403.67g/头·天，$NH_3$-N 产生量为 7.24g/头·天，TP 产生量为 4.84g/头·天。

根据畜禽养殖业规划以及卫生圈和畜禽养殖污水处理设施建设规划建设情况，设计水平年畜禽养殖业清粪方式主要为干清粪方式，畜禽粪便和尿液的综合处理比例升高。

根据《畜禽养殖业污染物排放标准》（二次征求意见稿），2035 年执行相应的养殖场排放标准，猪的单位基准排水量为：1.2$m^3$/百头·天。预测年规模化养殖的部分，污水全部收集处理后入河，污染物按照综合利用剩余的部分作为排放量，排放量的 0.4 作为入河量。

经估算：2035 年水源区规模化畜禽养殖 COD 产生量为 341.40t，$NH_3$-N 产生量为 6.12t，TP 产生量为 4.09t。

2035 年水源区规模化畜禽养殖污水入河量为 1.01 万 t，COD 入河量为 2.05t，$NH_3$-N 入河量为 0.04t，TP 入河量为 0.02t。

2035 年受退水区规模化畜禽养殖 COD 产生量为 110291.49t，$NH_3$-N 产生量为 1978.13t，TP 产生量为 1322.39t。

2035 年水源区规模化畜禽养殖污水入河量为 327.87 万 t，COD 入河量为 66 1.75t，$NH_3$-N 入河量为 11.87t，TP 入河量为 7.93t。

（2）养殖户及散养畜禽养殖污染物预测

养殖户及散养污染物的产生量与规模化畜禽养殖的产生量预测方法一致，预测年畜禽养殖的污水全部收集处理后入河。

2035 年，畜禽粪便和尿液的综合利用比例升高。根据总体规划目标，取 2035 年养殖户及散养畜禽的畜禽粪便和尿液的综合利用比例为 95%。根据楚雄州未来的农村污水治理设施规划，农村污水集中处理效率提高，2035 年污染物入河系数为 0.5。

经估算：2035 年水源区养殖户及散养畜禽养殖 COD 产生量为 11894.77t，$NH_3$-N 产生量为 452.00t，TP 产生量为 264.33t。

2035 年水源区养殖户及散养畜禽养殖 COD 入河量为 297.37t，$NH_3$-N 入河量为 11.30t，TP 入河量为 6.61t。

2035 年受退水区养殖户及散养畜禽养殖 COD 产生量为 55977.87t，$NH_3$-N 产生量为 2127.16t，TP 产生量为 1243.95t。

2035 年受退水区养殖户及散养畜禽养殖 COD 入河量为 1399.45t，$NH_3$-N 入河量为 53.18t，TP 入河量为 31.10t。

**表 5.4.2-4　水源区及受退水区 2035 年规模化畜禽养殖污水和污染物产生量、排放量及入河量一览表**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 2035 年标准猪存栏（头） | 污染物产生量（t/a） | | | 污水排放量(万 t/a) | 污染物排放量（t/a） | | | 污水入河量(万 t/a) | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 2317 | 341.40 | 6.12 | 4.09 | 1.01 | 6.83 | 0.12 | 0.08 | 1.01 | 2.05 | 0.04 | 0.02 |
| | 水源区总计 | | 2317 | 341.40 | 6.12 | 4.09 | 1.01 | 6.83 | 0.12 | 0.08 | 1.01 | 2.05 | 0.04 | 0.02 |
| 受退水区 | 2 | 马中（团塘） | 409488 | 60333.77 | 1082.11 | 723.40 | 179.36 | 1206.68 | 21.64 | 14.47 | 179.36 | 362.00 | 6.49 | 4.34 |
| | 3 | 那化桥（多克） | 305296 | 44982.14 | 806.77 | 539.34 | 133.72 | 899.64 | 16.14 | 10.79 | 133.72 | 269.89 | 4.84 | 3.24 |
| | 4 | 小黄瓜园 | 33770 | 4975.59 | 89.24 | 59.66 | 14.79 | 99.51 | 1.78 | 1.19 | 14.79 | 29.85 | 0.54 | 0.36 |
| | 受退水区总计 | | 748553 | 110291.49 | 1978.13 | 1322.39 | 327.87 | 2205.83 | 39.56 | 26.45 | 327.87 | 661.75 | 11.87 | 7.93 |

**表 5.4.2-5　水源区及受退水区 2035 年养殖户及散养畜禽养殖污水和污染物产生量、排放量及入河量一览表**

| 区域 | 序号 | 控制单元 | 2035 年标准猪存栏 | 污染物产生量（t/a） | | | 污染物排放量（t/a） | | | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 362094 | 11894.77 | 452.00 | 264.33 | 594.74 | 22.60 | 13.22 | 297.37 | 11.30 | 6.61 |
| | 水源区总计 | | 362094 | 11894.77 | 452.00 | 264.33 | 594.74 | 22.60 | 13.22 | 297.37 | 11.30 | 6.61 |
| 受退水区 | 2 | 勐岗河 | 32919 | 1081.40 | 41.09 | 24.03 | 54.07 | 2.05 | 1.20 | 27.03 | 1.03 | 0.60 |
| | 3 | 马中（团塘） | 504196 | 16562.84 | 629.39 | 368.06 | 828.14 | 31.47 | 18.40 | 414.07 | 15.73 | 9.20 |
| | 4 | 那化桥（多克） | 611566 | 20089.96 | 763.42 | 446.44 | 1004.50 | 38.17 | 22.32 | 502.25 | 19.09 | 11.16 |
| | 5 | 小黄瓜园 | 496696 | 16316.45 | 620.03 | 362.59 | 815.82 | 31.00 | 18.13 | 407.91 | 15.50 | 9.06 |
| | 6 | 江边 | 58667 | 1927.21 | 73.23 | 42.83 | 96.36 | 3.66 | 2.14 | 48.18 | 1.83 | 1.07 |
| | 受退水区总计 | | 1704045 | 55977.87 | 2127.16 | 1243.95 | 2798.89 | 106.36 | 62.20 | 1399.45 | 53.18 | 31.10 |

3、工业污染源预测

结合楚雄州各县市的工业发展规划，受退水区 2017~2025 年工业增加值的年增长率为 9%，2025~2035 年工业增加值的年增长率为 8%。由于水源区涉及到饮用水水源地，工业在一定程度上限制发展，所以取水源区的工业总产值年增长率为 3%。

根据对规划区内现有的工业企业的统计以及楚雄州各县市的工业园区规划，综合采用规划区内的工业企业的污水排口直接进入河流水体的计算方法。

参照楚雄州水资源公报及云南省最严格水资源管理制度，本次拟定 2035 年万元工业需水定额为 30m³。

根据典型工业企业用水调查分析，流域内工业类型主要以食品及农副产品加工和制造业、白酒制造业、医药制造业、金属冶炼及采矿业等为主。根据对规划区内工业行业的调查以及区域规划的工业园区行业的情况，确定综合排放系数。各行业排水系数见表 5.4.2-6。根据各行业的占比，综合取 2035 年的排水系数为 0.4。

**表 5.4.2-6　规划区各行业的排水系数**

| 序号 | 行业类别 | 排水系数 |
|---|---|---|
| 1 | 金属冶炼及压延加工业 | 0.1 |
| 2 | 采矿业 | 0.3 |
| 3 | 食品及农副产品加工和制造业 | 0.7 |
| 4 | 医药制造业（包括生物制药产业） | 0.2 |
| 5 | 造纸及纸制品业 | 0.7 |

2035 年工业废水各污水处理厂出水水质按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标核算，即 COD50mg/L、$NH_3$-N5mg/L 和 TP0.5mg/L。

经估算，2035 年水源区工业增加值为 176 万元，工业污水入河量为 0.21 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 0.11、0.01 和 0.0011t。2035 年小石门水库受退水区工业增加值为 313681 万元，工业污水入河量为 376.42 万 t，COD、$NH_3$-N 和 TP 的入河量分别为 188.21t/a、18.82t/a 和 1.8821t/a。详见表 5.4.2-7。

**表 5.4.2-7　2035 年水源区及受退水区的工业企业污水及污染物入河量**

| 区域 | 序号 | 水功能区 | 工业增加值（万元） | 污水入河（万 t/a） | 污染物入河量（t/a） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 水源区 | 1 | 小石门水库汇水区 | 176 | 0.21 | 0.11 | 0.01 | 0.0011 |
| | 水源区总计 | | 176 | 0.21 | 0.11 | 0.01 | 0.0011 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 受退水区 | 2 | 马中（团塘） | 151936 | 182.32 | 91.16 | 9.12 | 0.9116 |
| | 3 | 那化桥（多克） | 120901 | 145.08 | 72.54 | 7.25 | 0.7254 |
| | 4 | 小黄瓜园 | 40388 | 48.47 | 24.23 | 2.42 | 0.2423 |
| | 5 | 江边 | 456 | 0.55 | 0.27 | 0.03 | 0.0027 |
| | 总计 | | 313681 | 376.42 | 188.21 | 18.82 | 1.8821 |

4、地表径流污染预测

根据《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》，各片区土地整治实施前后利用方式统计情况详见表 5.4.2-8。

**表 5.4.2-8　土地整治前后土地利用方式统计表**

| 土地变更状态 | 土地利用 | 江边 | 那化桥（多克） | 勐岗河 | 马中（团塘） | 小黄瓜园 | 小石门水库汇水区 | 合计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 土地整治实施前 | 设施农用地 | 0.03 | 0.64 | 0.08 | 0.86 | 0.54 | 0.09 | 2.24 |
| | 园地 | 1.69 | 70.01 | 1.77 | 22.00 | 15.55 | 6.18 | 117.21 |
| | 耕地 | 24.88 | 373.20 | 31.41 | 241.79 | 317.83 | 119.82 | 1108.92 |
| | 草地 | 75.27 | 369.58 | 64.03 | 99.51 | 210.00 | 47.74 | 866.13 |
| | 林地 | 51.12 | 1623.71 | 135.26 | 634.84 | 765.88 | 546.83 | 3757.64 |
| | 道路用地 | 0.15 | 4.44 | 0.42 | 1.91 | 5.24 | 1.05 | 13.21 |
| | 水体 | 2.61 | 34.70 | 3.87 | 16.88 | 16.15 | 4.09 | 78.30 |
| | 村庄 | 2.03 | 29.19 | 2.52 | 33.71 | 25.47 | 9.28 | 102.20 |
| | 建制镇 | 0.11 | 4.79 | 0.11 | 9.75 | 7.05 | 0.17 | 21.98 |
| | 其他用地 | 1.01 | 35.76 | 1.93 | 9.35 | 11.44 | 4.17 | 63.67 |
| 土地整治实施后 | 设施农用地 | 0.03 | 0.64 | 0.08 | 0.86 | 0.54 | 0.09 | 2.24 |
| | 园地 | 1.96 | 93.55 | 16.66 | 22.00 | 48.72 | 7.48 | 190.36 |
| | 耕地 | 30.08 | 446.77 | 45.26 | 241.79 | 350.98 | 120.05 | 1234.92 |
| | 草地 | 69.99 | 278.94 | 42.33 | 99.51 | 160.50 | 47.56 | 698.83 |
| | 林地 | 50.92 | 1617.24 | 128.22 | 634.84 | 749.07 | 545.49 | 3725.78 |
| | 道路用地 | 0.15 | 4.44 | 0.42 | 1.91 | 5.24 | 1.05 | 13.21 |
| | 水体 | 2.61 | 34.70 | 3.87 | 16.88 | 16.15 | 4.09 | 78.30 |
| | 村庄 | 2.03 | 29.19 | 2.52 | 33.71 | 25.47 | 9.28 | 102.20 |
| | 建制镇 | 0.11 | 4.79 | 0.11 | 9.75 | 7.05 | 0.17 | 21.98 |
| | 其他用地 | 1.01 | 35.76 | 1.93 | 9.35 | 11.44 | 4.17 | 63.67 |

土地整治实施后按照实施前的径流过程以及平均事件浓度计算土地整治实施后污染物径流入河量，则土地整治后各控制单元 COD 入河量基本保持不变。小石门水库汇水区 TN 略有增加，TP 基本保持变更前的量；勐岗河控制单元 TN 增加 0.40t/a，TP 增加 0.03t/a；马中（团塘）控制单元 TN 减少 0.08t/a，TP 减少 0.01t/a；那化桥（多克）控制单元 TN 增加 2.68t/a，TP 增加 0.21t/a；小黄瓜园控制单元 TN 增加 1.48t/a，TP 增加 0.11t/a；江边断面 TN 增加 0.11t/a，TP 增加 0.01t/a。

**表 5.4.2-9　土地整治前后污染物径流入河量计算**

| 序号 | 控制单元 | COD(t/a) | | TN(t/a) | | TP(t/a) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 整治前 | 整治后 | 整治前 | 整治后 | 整治前 | 整治后 |
| 1 | 小石门水库汇水区 | 77.07 | 77.63 | 7.04 | 7.13 | 0.82 | 0.83 |
| 2 | 勐岗河 | 13.90 | 13.69 | 1.28 | 1.68 | 0.15 | 0.18 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 马中（团塘） | 222.23 | 221.33 | 17.13 | 17.05 | 2.26 | 2.25 |
| 4 | 那化桥（多克） | 392.74 | 392.26 | 37.07 | 39.75 | 4.35 | 4.56 |
| 5 | 小黄瓜园 | 148.49 | 148.31 | 14.68 | 16.16 | 1.69 | 1.80 |
| 6 | 江边 | 10.11 | 10.39 | 1.05 | 1.16 | 0.12 | 0.13 |
| 总计 | | 864.53 | 863.61 | 78.25 | 82.92 | 9.40 | 9.75 |

从预测结果看，土地整治实施后地表径流带来的 COD 减少 0.11%，TN 增加 5.97%，TP 增加 3.72%，土地整治后 TN、TP 主要的径流污染增加发生那化桥（多克）控制单元和小黄瓜园控制单元，其中那化桥（多克）控制单元 TN 增加 2.68 t/a（折算 $NH_3$-N 为 0.268t/a），TP 增加 0.21t/a；小黄瓜园控制单元 TN 增加 1.48 t/a（折算 $NH_3$-N 为 0.148t/a），TP 增加 0.11t/a。土地整治后农田径流对各控制单元的影响不大。

5、污染负荷入河总量预测

（1）污染负荷入河总量预测结果

汇总以上各类污染负荷预测量，得到污染负荷入河总量预测结果：

**表 5.4.2-10　2035 年各控制单元污染物入河量预测（t/a）**

| 序号 | 控制单元 | 2035 年 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 1 | 小石门水库汇水区 | 509.99 | 31.45 | 8.86 |
| 2 | 勐岗河 | 67.42 | 4.85 | 1.04 |
| 3 | 马中（团塘） | 2185.49 | 163.31 | 27.98 |
| 4 | 那化桥（多克） | 1466.15 | 91.18 | 21.7 |
| 5 | 小黄瓜园 | 1387.14 | 110.24 | 19.32 |
| 6 | 江边 | 68.27 | 3.67 | 1.29 |
| 合计 | | 5684.46 | 404.7 | 80.19 |

2035 年预计入河 COD 的量为 5684.46t/a，仅为 2017 年的 48.37%； 2035 年预计入河 $NH_3$-N 的量为 404.7t/a，为 2017 年的 66.18%；2035 年预计入河 TP 的量为 80.19t/a，为 2017 年的 47.65%。

**表 5.4.2-11　2035 年各控制单元污染物入河量相比 2017 年入河量百分比**

| 序号 | 控制单元 | 2035 年/2017 年（%） | | |
|---|---|---|---|---|
| | | COD | $NH_3$-N | TP |
| 1 | 小石门水库汇水区 | 36.50 | 53.54 | 38.89 |
| 2 | 勐岗河 | 37.41 | 59.36 | 42.45 |
| 3 | 马中（团塘） | 56.14 | 71.29 | 53.93 |
| 4 | 那化桥（多克） | 46.80 | 64.91 | 46.96 |
| 5 | 小黄瓜园 | 47.04 | 65.93 | 46.49 |
| 6 | 江边 | 34.09 | 47.11 | 37.07 |
| 合计 | | 48.37 | 66.18 | 47.65 |

就各控制单元看，2035 年预计 COD 入河量与 2017 年 COD 入河量相比，仅为其 34.09%~56.14%，其中江边控制单元仅为 34.09%。小石门水库汇水区、勐岗河、小黄瓜园控制单元在 36.5%~47.04%，马中（团塘）、那华桥（多克）控制单元为 56.14%、46.8%；2035 年预计 $NH_3$-N 入河量与 2017 年 $NH_3$-N 入河量相比，为其 47.11%~71.29%，其中，小石门汇水区、江边、小黄瓜园、马中（团塘）控制单元为 47.11%~71.29%，勐岗河控制单元为 59.36%，那华桥（多克）控制单元为 64.91%；2035 年预计 TP 入河量与 2017 年 TP 入河量相比，仅为其 37.07%~53.93%，其中江边、小石门水库汇水区分别为 37.07%38.89%，小黄瓜园、勐岗河控制单元分别为 46.49%、42.45%，马中（团塘）、那华桥（多克）控制单元分别为 53.93%、46.96%。

（2）2035 年各控制单元污染负荷入河量占比

通过对 2035 年各污染物在各个控制断面的入河量预测占比可以看出。小石门水库汇水区，马中（团塘），那化桥（多克）和小黄瓜园断面的 COD 主要有农村生活源，养殖户及散养畜禽养殖和城镇生活源构成。

其中农村生活源在勐岗河控制单元的占比为 44.50%，养殖户及散养畜禽养殖在各个控制单元占比分别为：小石门水库汇水区 58.31%，勐岗河 40.09%，马中（团塘）18.95%，那化桥(多克)34.26%，小黄瓜园 29.41%，江边 70.57%。勐岗河和江边断面主要由农村生活污水和养殖户及散养畜禽养殖构成。马中（团塘）和小黄瓜园的城镇生活源占比也较大，分别为 40.89%和 39.48%。

$NH_3$-N 的入河占比中，小石门水库汇水区、勐岗河、那化桥（多克）控制单元农村生活源最多，分别为 37.39%，56.49%和 35.31%。马中（团塘）和小黄瓜园控制单元城镇生活源占比较大，分别为 57.28%和 51.89%。江边控制单元养殖户及散养畜禽养殖占比最多，为 49.86%。

TP 的入河占比可以看出，各个控制单元占比最多的都是养殖户及散养畜禽养殖，分别为小石门水库汇水区 74.62%，勐岗河 57.69%，马中（团塘）32.88%，那化桥（多克）51.44%，小黄瓜园 46.89%，江边 82.77%。其次，小石门水库汇水区，勐岗河，那化桥（多克）和江边控制单元的农村生活源 TP 占比较大，马中（团塘）和小黄瓜园控制单元的城镇生活源 TP 占比较大。

#### 5.4.2.2.2 水质边界分析

根据可研的研究成果，设计水平年小石门水库总净供水量 6723.5 万 $m^3$，其中农业灌溉供水量 6533.4 万 $m^3$，城镇供水量 190.1 万 $m^3$。由于灌区 89.3%均采用高效节水灌溉方式，基本不产生退水。而元谋灌区东片区内现状由青山嘴水库通过龙川江河道输水为其补水，现状水平年城镇生活用水 541 万 $m^3$，工业用水 589 万 $m^3$，设计水平年增加滇中二期工程为其补水，东片区城镇生活用水量达到 1371 万 $m^3$，工业用水 864 万 $m^3$。按照城镇生活用水退水系数 0.7，工业用水退水系数 0.2 估算，东片区现状水平年及设计水平年退水量分别约 496.8 万 $m^3$、1132.5 万 $m^3$，分别合 1.4 万 t/d、3.1 万 t/d。

**表 5.4.2-12　元谋灌区现状及设计水平年城镇生活及工业用水及退水量估算**

**单位：万 $m^3$**

| 分区名称 | 水平年 | 城镇生活用水 | 工业用水 | 农村生活用水 | 农业灌溉用水 | 合计 | 城镇生活及工业用水退水量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 东片区 | 2017 年 | 541 | 589 | 540 | 11486 | 13156 | 496.8 |
| | 2035 年 | 1371 | 864 | 786 | 11302 | 14323 | 1132.5 |
| 西片区 | 2017 年 | 35 | 41 | 275 | 11176 | 11527 | 32.5 |
| | 2035 年 | 336 | 118 | 402 | 14862 | 15718 | 259.0 |
| 合计 | 2017 年 | 576 | 630 | 815 | 22662 | 24683 | 529.3 |
| | 2035 年 | 1707 | 982 | 1188 | 26164 | 30041 | 1391.5 |

根据现状调查，元谋灌区东片区现状已经建有元谋污水处理厂一期工程，处理能力为 1.5 万 t/d，2018 年处理废水量已经达到 1.15 万 t/d，基本接近 1.4 万 t/d 的废水估算量。设计水平年完成元谋污水处理厂二期工程，达到设计处理能力 3.0 万 t/d。另外，在小黄瓜园建设小黄瓜园污水处理厂，处理能力 0.12 万 t/d。合计处理能力为 3.12 万 t/d，与规划水平年元谋灌区东片的污水产生量相当。设计水平年元谋灌区东西片均采用高效节水灌溉，基本不产生退水。

对于水源区设计水平年来水水质过程而言，根据小石门水库调节计算结果，设计水平年小石门水库由滇中引水二期工程补水 1708 万 $m^3$，小石门天然来流 14201 万 $m^3$，设计水平年滇中二期来水量占设计入库水量的 10.7%。同时，根据污染源预测结果，设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 59.8%、氨氮减少 38.4%；为此，按照各类污染源的排放入河特点，将污染负荷分摊至各月，再计算本地径

流入河后水质浓度，同时考虑滇中二期来水的水量及浓度过程进行加权平均估算后得到小石门水库设计水平年来水浓度过程。

对于设计水平年小石门水库坝下的区间来流的来水浓度过程，主要取决于小石门坝下的勐岗河控制单元的污染负荷及来流过程。根据污染源预测结果，该控制单元设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 56.7%、氨氮减少 33.0%。为此，采用与小石门水库水源区来流水质浓度过程类似的计算方法，获取设计水平年的来水水质过程。

根据滇中二期分水方案，元谋元马受水小区 2030 年分水量为 5354 万 $m^3$，其中补充小石门库区 1708 万 $m^3$，经管道输水补充元谋灌区东片区 1957.6 万 $m^3$，其中农业用水 887.8 万 $m^3$，城镇生活用水 622.9 万 $m^3$，工业用水 446.9 万 $m^3$。而原来由青山嘴水库补水的数量仍维持原来的输水方式，即经龙川江河道输水至东山大沟取水口，由河道取水。因此，东山大沟设计水平年来水水质过程按上游实测水质过程估算。

对于龙川江右岸的滇中二期受退水区（即治污规划的小黄瓜园控制单元），设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 53.6%、氨氮减少 34.8%；按照《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》，设计水平年前元谋污水处理厂完成提标改造，设计水平年元谋污水处理厂出水水质取《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标，即：COD 为 50mg/L，$NH_3$-N 为 5.0mg/L，TP 为 0.5mg/L 计算。

为了确定龙川江区间来流水质，在水环境现状监测时特别设置了丙间河（老城河）、挨小河（那蚌河）两个监测断面，以反映龙川江右岸支流及元谋灌区区间退水受纳河流水质。根据 2018 年 10 月及 2019 年 1 月现状实测水质，并参考丙间水库、麻柳水库常规监测水质结果，设定龙川江区间现状来水水质。龙川江右岸滇中二期受退水区内区间地表径流的设计水平年入河浓度过程的计算过程为：首先利用小黄瓜园控制单元的总污染负荷预测量减去污水处理厂污染负荷量后获得该受退水区的区间地表径流入河污染负荷量；再按照其污染负荷的不同污染源的组成及排放入河特点，将污染负荷分摊在各月过程；最后将各月污染负荷除以该月区间径流量得到小黄瓜园控制单元的的区间径流设计水平年入河浓度过程。

对于龙川江右岸小黄瓜园控制单元以下的江边控制单元，根据污染源预测结果，设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 60.7%、氨氮减少 37.1%。其设计水平年来水浓度过程采用与以上计算方法相似的方法进行计算获取。

蜻蛉河来水水质取决于蜻蛉河干流及支流羊蹄江来水水质，为此，收集了蜻蛉河干流上的赵家店及羊蹄江干流上的大河波西常规水质监测断面的监测结果。根据赵家店、大河波西水质监测站的 2016~2020 年水质监测结果，同时结合 2018 年 10 月及 2019 年 1 月现状实测水质，设定蜻蛉河干流现状来水水质过程。永定河干流上由于缺乏常规监测水质断面，根据现状实测水质并与蜻蛉河实测水质相比较，加之永定河来水量相比蜻蛉河干流所占比例较小，设定永定河现状来流水质与蜻蛉河来流现状水质相等。

设计水平年蜻蛉河来水水质过程取决于上游的污染物入河量及来水水量过程，其中污染负荷取决于治污规划中的马中（团塘）、那化桥（多克）控制单元的污染负荷量。根据污染源预测结果，马中（团塘）控制单元设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 45.5%、氨氮减少 34.5%，那化桥（多克）控制单元设计水平年较现状 COD 污染负荷减少 33.6%、氨氮减少 11.0%。设计水平年蜻蛉河来流水质过程与永定河来流水质过程按照以上类似方法进行计算获取。

对于弯腰树水库及新河水库的水质，我公司于 2020 年 11 月对库区水质进行了取样监测。另外经收集在该区域近期开展的环评及其它工作的监测结果，同时结合对该区域河流水质特征的认识，类比拟建小石门水库库尾入库各月水质的监测结果，设定了弯腰树水库及新河水库的现状水质过程。

基于对水质现状、污染源现状及水资源配置现状及预测结果的分析，拟定的水质边界条件如下表所示：

**表 5.4.2-13　水质边界条件表　　单位：mg/L**

| 水源 | 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 现状库尾来流 | COD | 12.5 | 12.7 | 12.4 | 11 | 10 | 8.69 | 10.5 | 12 | 12.75 | 11.75 | 13 | 14.5 |
| | 氨氮 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.19 | 0.28 | 0.27 | 0.28 | 0.22 | 0.2 | 0.22 |
| 龙川江现状来流 | COD | 13 | 14 | 14 | 13 | 19.5 | 18 | 18.5 | 18.7 | 19 | 17 | 12 | 13 |
| | 氨氮 | 0.29 | 0.55 | 0.35 | 0.45 | 0.23 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.25 | 0.23 | 0.1 | 0.15 |
| 滇中二期来水水质 | CODCr | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 氨氮 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.5 | 0.5 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 |
| 设计库尾来流 | COD | 5.57 | 5.11 | 4.99 | 4.43 | 4.02 | 3.50 | 4.22 | 4.83 | 5.13 | 4.73 | 5.23 | 5.83 |
| | 氨氮 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.17 | 0.16 | 0.17 |
| 龙川江设计来流 | CODCr | 13.00 | 14.00 | 14.00 | 13.00 | 19.50 | 18.00 | 18.50 | 18.70 | 19.00 | 17.00 | 12.00 | 13.00 |
| | 氨氮 | 0.29 | 0.55 | 0.35 | 0.45 | 0.23 | 0.20 | 0.40 | 0.70 | 0.25 | 0.23 | 0.10 | 0.15 |
| 永定河现状来流 | COD | 18 | 12.05 | 10.5 | 13.67 | 15.33 | 18.17 | 16.67 | 18.83 | 19.75 | 19 | 9 | 11.25 |
| | 氨氮 | 0.45 | 0.15 | 0.24 | 0.27 | 0.25 | 0.15 | 0.33 | 0.33 | 0.25 | 0.18 | 0.26 | 0.16 |
| 永定河设计来流 | COD | 10.20 | 6.83 | 5.95 | 7.74 | 8.68 | 10.29 | 9.44 | 10.67 | 11.19 | 10.76 | 5.10 | 6.37 |
| | 氨氮 | 0.40 | 0.13 | 0.21 | 0.24 | 0.22 | 0.13 | 0.29 | 0.29 | 0.22 | 0.16 | 0.23 | 0.14 |
| 蜻蛉河现状来流 | COD | 16.67 | 10.7 | 10.23 | 12.89 | 16 | 16.67 | 15.44 | 17.56 | 17.83 | 18 | 8.17 | 10 |
| | 氨氮 | 0.34 | 0.12 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 0.13 | 0.29 | 0.3 | 0.21 | 0.15 | 0.21 | 0.15 |
| 蜻蛉河设计来流 | COD | 9.08 | 5.83 | 5.57 | 7.02 | 8.72 | 9.08 | 8.41 | 9.57 | 9.71 | 9.80 | 4.45 | 5.45 |
| | 氨氮 | 0.22 | 0.08 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.09 | 0.19 | 0.20 | 0.14 | 0.10 | 0.14 | 0.10 |
| 元谋污水处理厂现状出水 | COD | 20.2 | 18.88 | 19.15 | 26.96 | 25.75 | 25.7 | 25.35 | 23.9 | 24.25 | 24.45 | 23.65 | 22.85 |
| | 氨氮 | 1.83 | 1.8 | 1.72 | 1.76 | 1.84 | 2.01 | 2.04 | 1.99 | 1.89 | 1.79 | 1.78 | 1.83 |
| 元谋污水处理厂设计出水 | COD | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | 氨氮 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 龙川江区间现状来流 | COD | 18.5 | 19 | 19 | 19 | 20 | 19 | 18 | 16.5 | 15 | 13.75 | 15 | 17 |
| | 氨氮 | 0.72 | 0.7 | 0.65 | 0.6 | 0.5 | 0.45 | 0.35 | 0.33 | 0.31 | 0.3 | 0.45 | 0.65 |
| 龙川江设计区间来流 | COD | 15.73 | 16.15 | 16.15 | 16.15 | 17.00 | 16.15 | 15.30 | 14.03 | 12.75 | 11.69 | 12.75 | 14.45 |
| | 氨氮 | 0.65 | 0.63 | 0.59 | 0.54 | 0.45 | 0.41 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.27 | 0.41 | 0.59 |
| 弯腰树水库 | COD | 16.5 | 16.3 | 16 | 15 | 14.5 | 13 | 14 | 15 | 16 | 16.7 | 17.3 | 18 |
| | 氨氮 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.5 | 0.45 | 0.5 | 0.6 | 0.63 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.55 |
| 新河水库 | COD | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 17 | 18 | 18.8 | 19 | 21 | 22 | 22.5 |
| | 氨氮 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.2 | 0.2 | 0.27 | 0.35 | 0.4 | 0.5 | 0.35 | 0.28 | 0.27 |

#### 5.4.2.2.3 库区及坝下河流水质预测与评价

基于《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》，本次对工程运行前后枯水年（P=90%）评价河段水质进行预测计算，分析小石门水库建设后区域河流水质的变化。

采用建立的一维水质模型，对枯水年（P=90%）水库和河流水质进行预测，P=90%各断面 COD 水质变化见表 5.4.2-14~表 5.4.2-16，P=90%典型年各断面氨氮水质变化见表 5.4.2-17~表 5.4.2-19。

**表 5.4.2-14　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面 COD 变化　　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | 设计水平年 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | | 普登河 | | | |
| | 库尾_n | 坝前_n | 坝下_n | 班果河汇合口下_n | 库尾_d | 坝前_d | 坝下_d | 班果河汇合口下_d |
| 1 月 | 12.50 | 12.30 | 12.27 | 11.70 | 5.57 | 2.52 | 2.49 | 4.98 |
| 2 月 | 12.70 | 12.33 | 12.28 | 11.74 | 5.11 | 2.34 | 2.26 | 4.85 |
| 3 月 | 12.40 | 12.11 | 12.08 | 11.60 | 4.99 | 2.46 | 2.37 | 4.87 |
| 4 月 | 11.00 | 10.72 | 10.68 | 10.36 | 4.43 | 2.54 | 2.48 | 4.43 |
| 5 月 | 10.00 | 9.63 | 9.59 | 10.14 | 4.02 | 2.58 | 2.52 | 4.82 |
| 6 月 | 8.69 | 8.61 | 8.60 | 8.90 | 3.50 | 3.75 | 3.75 | 5.25 |
| 7 月 | 10.50 | 10.43 | 10.42 | 10.63 | 4.22 | 3.38 | 3.38 | 5.66 |
| 8 月 | 12.00 | 11.92 | 11.91 | 11.99 | 4.83 | 3.12 | 3.11 | 6.00 |
| 9 月 | 12.75 | 12.67 | 12.65 | 12.63 | 5.13 | 3.01 | 2.99 | 5.84 |
| 10 月 | 11.75 | 11.69 | 11.67 | 11.51 | 4.73 | 2.93 | 2.92 | 5.68 |
| 11 月 | 13.00 | 12.89 | 12.87 | 12.32 | 5.23 | 2.82 | 2.81 | 5.82 |
| 12 月 | 14.50 | 14.33 | 14.30 | 13.56 | 5.83 | 3.02 | 2.96 | 5.70 |
| 均值 | 11.82 | 11.64 | 11.61 | 11.42 | 4.80 | 2.87 | 2.84 | 5.32 |

**表 5.4.2-15　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面 COD 变化　　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 17.81 | 16.72 | 17.26 | 16.66 | 16.50 | 16.25 | 10.09 | 11.04 | 13.49 | 9.07 | 9.29 | 9.36 |
| 2 月 | 11.93 | 12.34 | 15.18 | 10.69 | 10.87 | 10.81 | 6.76 | 8.30 | 12.07 | 5.82 | 6.13 | 6.30 |
| 3 月 | 10.39 | 11.42 | 14.91 | 10.22 | 10.41 | 10.36 | 5.89 | 7.75 | 11.87 | 5.57 | 5.90 | 6.10 |
| 4 月 | 13.53 | 13.60 | 16.01 | 12.88 | 13.03 | 12.86 | 7.66 | 8.98 | 12.69 | 7.06 | 9.00 | 9.59 |
| 5 月 | 15.06 | 15.29 | 17.76 | 15.98 | 15.91 | 15.87 | 8.53 | 10.26 | 14.15 | 8.75 | 10.42 | 11.33 |
| 6 月 | 17.98 | 17.42 | 18.70 | 16.65 | 16.69 | 16.44 | 10.24 | 11.25 | 13.74 | 9.09 | 10.00 | 10.27 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 月 | 16.50 | 17.10 | 19.24 | 15.43 | 15.72 | 15.55 | 9.41 | 10.70 | 13.10 | 8.40 | 8.97 | 9.26 |
| 8 月 | 18.64 | 18.45 | 19.33 | 17.55 | 17.74 | 17.55 | 10.63 | 12.02 | 13.17 | 9.56 | 10.18 | 10.34 |
| 9 月 | 19.55 | 18.25 | 18.60 | 17.82 | 17.80 | 17.58 | 11.15 | 11.52 | 12.13 | 9.70 | 10.07 | 10.22 |
| 10 月 | 18.80 | 17.03 | 16.31 | 17.99 | 17.54 | 17.30 | 10.73 | 10.94 | 11.30 | 9.80 | 9.96 | 10.03 |
| 11 月 | 8.91 | 10.36 | 12.97 | 8.16 | 8.71 | 8.74 | 5.08 | 6.63 | 9.70 | 4.45 | 5.14 | 5.45 |
| 12 月 | 11.13 | 11.99 | 14.63 | 9.99 | 10.37 | 10.33 | 6.31 | 8.81 | 11.99 | 5.44 | 6.01 | 6.19 |
| 均值 | 15.02 | 15.00 | 16.74 | 14.17 | 14.27 | 14.14 | 8.54 | 9.85 | 12.45 | 7.73 | 8.42 | 8.70 |

**表 5.4.2-16　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面 COD 变化　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 12.96 | 12.61 | 12.39 | 15.23 | 16.22 | 12.96 | 14.85 | 14.61 | 10.91 | 10.03 |
| 2 月 | 13.95 | 13.30 | 13.06 | 11.25 | 12.69 | 13.95 | 15.28 | 15.02 | 8.83 | 12.87 |
| 3 月 | 13.95 | 13.26 | 13.02 | 10.95 | 12.45 | 13.95 | 15.32 | 15.07 | 8.95 | 11.15 |
| 4 月 | 12.96 | 12.63 | 12.38 | 12.65 | 14.15 | 12.96 | 14.76 | 14.50 | 11.08 | 13.23 |
| 5 月 | 19.45 | 18.27 | 18.00 | 16.97 | 17.87 | 19.45 | 18.46 | 18.19 | 15.95 | 17.97 |
| 6 月 | 17.94 | 14.17 | 13.94 | 15.49 | 16.49 | 17.94 | 15.18 | 14.97 | 12.10 | 14.26 |
| 7 月 | 18.45 | 15.24 | 15.05 | 15.18 | 16.18 | 18.46 | 16.45 | 16.23 | 13.25 | 14.52 |
| 8 月 | 18.65 | 15.87 | 15.74 | 16.77 | 17.47 | 18.66 | 15.96 | 15.67 | 12.69 | 13.68 |
| 9 月 | 18.95 | 15.95 | 15.76 | 16.72 | 17.58 | 18.95 | 15.68 | 15.33 | 12.51 | 13.79 |
| 10 月 | 16.96 | 13.26 | 13.10 | 15.97 | 16.98 | 16.96 | 14.65 | 14.41 | 11.36 | 13.61 |
| 11 月 | 11.97 | 12.14 | 11.96 | 9.81 | 11.61 | 11.97 | 12.86 | 12.70 | 8.95 | 12.53 |
| 12 月 | 12.96 | 13.38 | 13.15 | 10.90 | 12.50 | 12.96 | 15.00 | 14.75 | 8.60 | 10.62 |
| 均值 | 15.76 | 14.17 | 13.96 | 13.99 | 15.18 | 15.76 | 15.37 | 15.12 | 11.26 | 13.19 |

**表 5.4.2-17　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面氨氮浓度变化　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | 设计水平年 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 普登河 | | | | 普登河 | | | |
| | 库尾_n | 坝前_n | 坝下_n | 班果河汇合口下_n | 库尾_d | 坝前_d | 坝下_d | 班果河汇合口下_d |
| 1 月 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.16 | 0.12 | 0.12 | 0.21 |
| 2 月 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.23 | 0.17 | 0.11 | 0.11 | 0.22 |
| 3 月 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.11 | 0.11 | 0.21 |
| 4 月 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.21 | 0.16 | 0.11 | 0.11 | 0.21 |
| 5 月 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.11 | 0.10 | 0.15 |
| 6 月 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.14 | 0.19 |
| 7 月 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.21 | 0.14 | 0.13 | 0.19 |
| 8 月 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.29 | 0.20 | 0.13 | 0.13 | 0.21 |
| 9 月 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.21 | 0.13 | 0.13 | 0.18 |
| 10 月 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.13 | 0.18 |
| 11 月 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.13 | 0.13 | 0.17 |
| 12 月 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.14 | 0.22 |
| 均值 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.17 | 0.12 | 0.12 | 0.20 |

**表 5.4.2-18　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河、永定河不同断面氨氮变化　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | | 设计水平年 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | | 永定河 | | | 蜻蛉河 | | |
| | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 | 入口 | 芝麻河口下 | 入蜻蛉河前 | 入口 | 永定河口下 | 入龙川江前 |
| 1 月 | 0.45 | 0.38 | 0.38 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.40 | 0.43 | 0.53 | 0.22 | 0.24 | 0.26 |
| 2 月 | 0.15 | 0.23 | 0.40 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.23 | 0.42 | 0.08 | 0.10 | 0.12 |
| 3 月 | 0.24 | 0.27 | 0.38 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.21 | 0.27 | 0.42 | 0.15 | 0.17 | 0.19 |
| 4 月 | 0.27 | 0.31 | 0.44 | 0.25 | 0.27 | 0.27 | 0.24 | 0.28 | 0.41 | 0.17 | 0.25 | 0.29 |
| 5 月 | 0.25 | 0.28 | 0.39 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.22 | 0.26 | 0.36 | 0.16 | 0.22 | 0.25 |
| 6 月 | 0.15 | 0.22 | 0.35 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.13 | 0.19 | 0.30 | 0.09 | 0.13 | 0.16 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 月 | 0.33 | 0.36 | 0.44 | 0.29 | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.28 | 0.29 | 0.19 | 0.20 | 0.21 |
| 8 月 | 0.33 | 0.42 | 0.53 | 0.30 | 0.34 | 0.35 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.20 | 0.21 | 0.23 |
| 9 月 | 0.25 | 0.25 | 0.29 | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.14 | 0.16 | 0.17 |
| 10 月 | 0.18 | 0.19 | 0.23 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.21 | 0.24 | 0.10 | 0.12 | 0.13 |
| 11 月 | 0.26 | 0.25 | 0.27 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.32 | 0.14 | 0.16 | 0.17 |
| 12 月 | 0.16 | 0.20 | 0.28 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.29 | 0.46 | 0.10 | 0.13 | 0.15 |
| 均值 | 0.25 | 0.28 | 0.37 | 0.22 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.27 | 0.36 | 0.14 | 0.17 | 0.19 |

**表 5.4.2-19　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面氨氮变化　　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | | | | 设计水平年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 龙川江 | | | | | 龙川江 | | | | |
| | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 | 东山大沟下 | 普登河口下 | 小黄瓜园 | 蜻蛉河口下 | 入金沙江前 |
| 1 月 | 0.29 | 0.32 | 0.32 | 0.33 | 0.35 | 0.29 | 0.87 | 0.86 | 0.44 | 0.25 |
| 2 月 | 0.55 | 0.51 | 0.50 | 0.23 | 0.26 | 0.55 | 1.00 | 0.99 | 0.38 | 0.38 |
| 3 月 | 0.35 | 0.37 | 0.36 | 0.27 | 0.29 | 0.35 | 0.90 | 0.89 | 0.41 | 0.39 |
| 4 月 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.30 | 0.33 | 0.45 | 0.99 | 0.97 | 0.50 | 0.49 |
| 5 月 | 0.23 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.28 | 0.23 | 0.46 | 0.46 | 0.39 | 0.38 |
| 6 月 | 0.20 | 0.27 | 0.27 | 0.19 | 0.23 | 0.20 | 0.60 | 0.59 | 0.33 | 0.35 |
| 7 月 | 0.40 | 0.38 | 0.37 | 0.33 | 0.35 | 0.40 | 0.49 | 0.48 | 0.36 | 0.37 |
| 8 月 | 0.70 | 0.54 | 0.54 | 0.42 | 0.42 | 0.70 | 0.65 | 0.62 | 0.40 | 0.38 |
| 9 月 | 0.25 | 0.28 | 0.28 | 0.24 | 0.27 | 0.25 | 0.42 | 0.40 | 0.27 | 0.34 |
| 10 月 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.18 | 0.22 | 0.23 | 0.44 | 0.43 | 0.22 | 0.25 |
| 11 月 | 0.10 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.24 | 0.10 | 0.41 | 0.40 | 0.28 | 0.21 |
| 12 月 | 0.15 | 0.26 | 0.26 | 0.18 | 0.22 | 0.15 | 0.81 | 0.79 | 0.33 | 0.23 |
| 均值 | 0.32 | 0.34 | 0.33 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.67 | 0.66 | 0.36 | 0.34 |

河段预测结果详细如下：

（1）对于 COD、氨氮而言，各水平年小石门水库坝上及坝下普登河干流各个断面水质均满足III类水质目标的要求。库尾断面建设前后 COD、氨氮浓度过程基本一致，坝下断面及班果河汇合口下断面建设后较现状 COD、氨氮浓度下降。P=90%典型年普登河干流各断面 COD、氨氮水质变化见图 5.4.2-1、5.4.2-2。

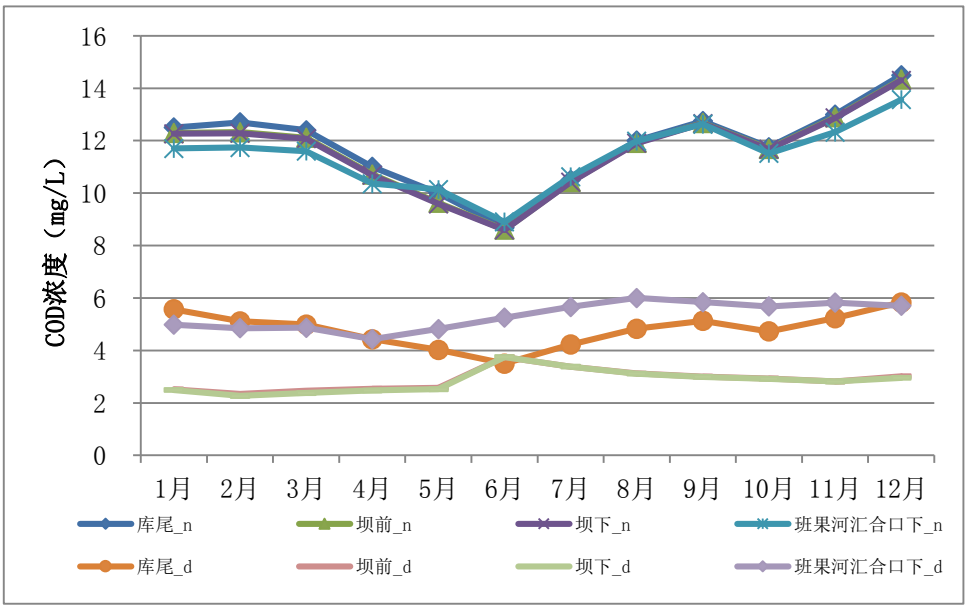



**图 5.4.2-1　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面 COD 浓度变化**

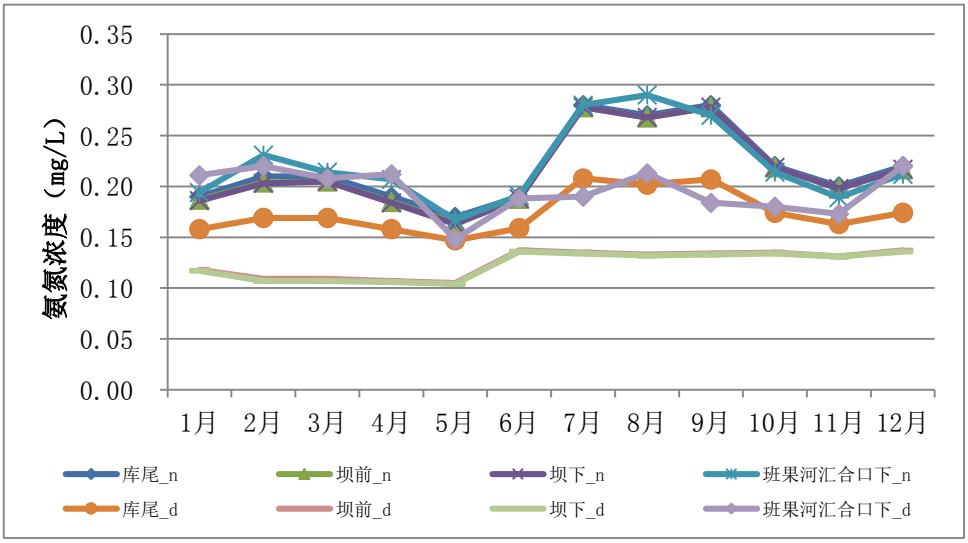



**图 5.4.2-2　工程建设前后（P=90%）普登河不同断面氨氮浓度变化**

由以上图表可见，设计水平年库区坝前水质（COD、氨氮）在不同典型年均能全年达到II类水质要求，满足饮用水水源地的水质保护要求。

（2）永定河干流上各断面水质均满足Ⅳ类水质目标的要求。P=90%水平年各断面浓度过程建设前后基本一致。P=50%水平年 COD 浓度过程建设前后基本一致，芝麻河口下、入蜻蛉河前断面氨氮浓度在水库建设后较现状有所增加。

P=90%典型年各断面 COD、氨氮水质变化见图 5.4.2-3、5.4.2-4。

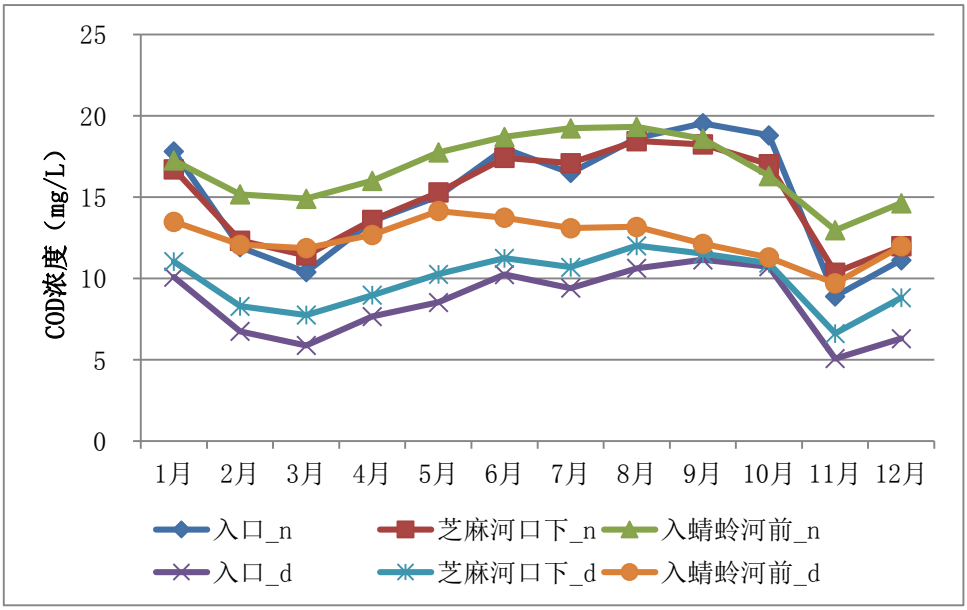



**图 5.4.2-3　工程建设前后（P=90%）永定河不同断面 COD 浓度变化**

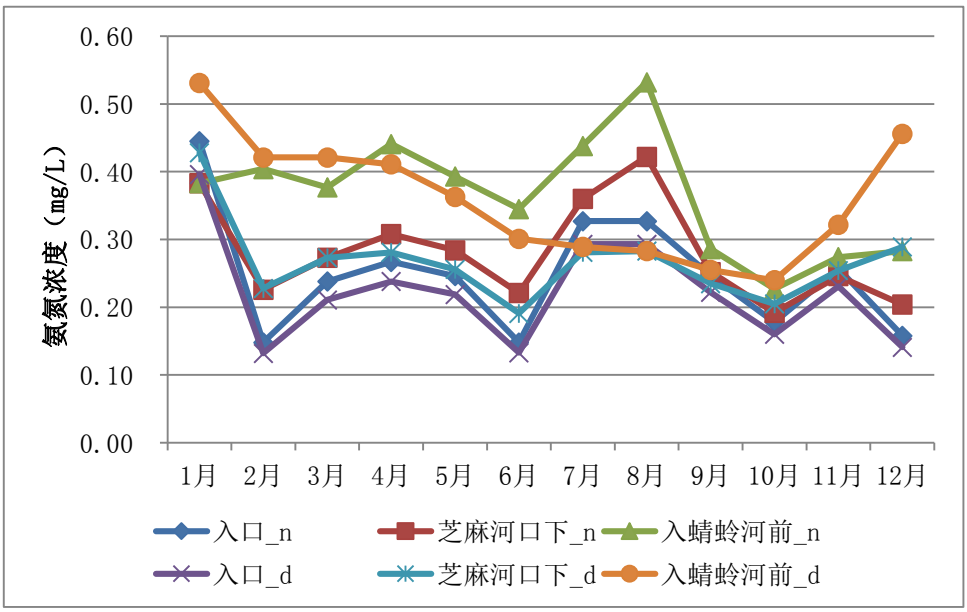



**图 5.4.2-4　工程建设前后（P=90%）永定河不同断面氨氮浓度变化**

（3）蜻蛉河干流上各断面水质均满足Ⅳ类水质目标的要求。各水平年下各断面 COD 浓度过程建设前后基本一致，氨氮浓度过程建设后较现状有所增加。P=90%典型年各断面 COD、氨氮水质变化见图 5.4.2-5、5.4.2-6。

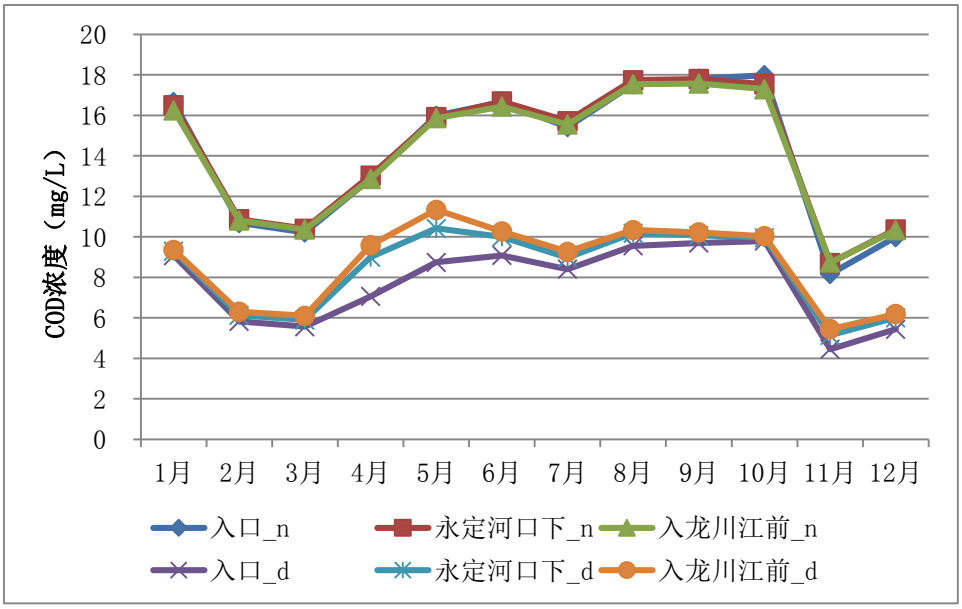



**图 5.4.2-5　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河不同断面 COD 浓度变化**

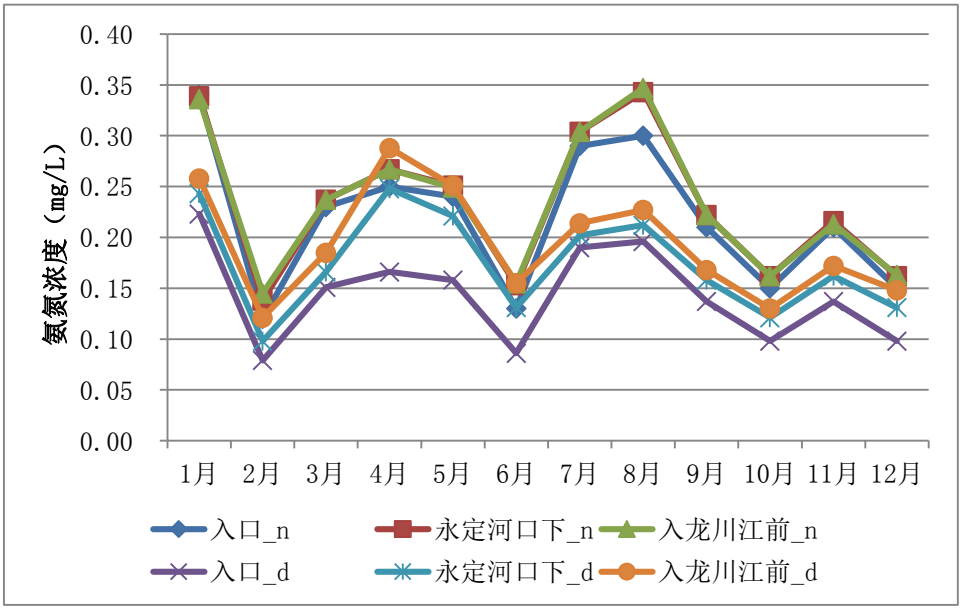



**图 5.4.2-6　工程建设前后（P=90%）蜻蛉河不同断面氨氮浓度变化**

（4）龙川江干流东山大沟及普登河口下断面水质满足Ⅳ类水质目标的要求，小黄瓜园至江边断面河段水质满足III类水质目标的要求。江边断面设计水平年由于受到乌东德水库蓄水的影响，COD、氨氮浓度建成后大部分月份均较现状有所增加。P=90%典型年各断面 COD、氨氮水质变化见图 5.4.2-7、5.4.2-8。

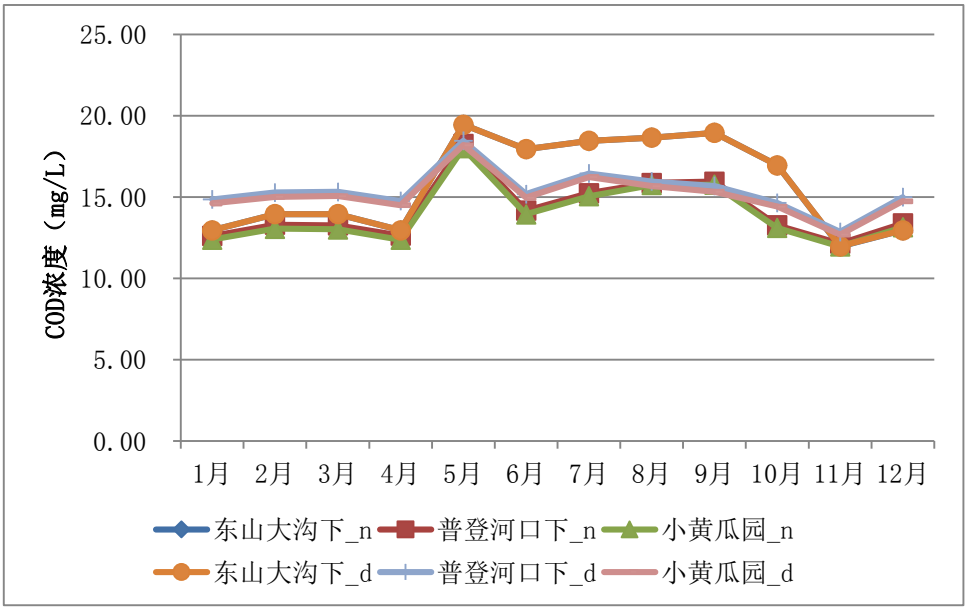



**图 5.4.2-7a　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面 COD 浓度变化**

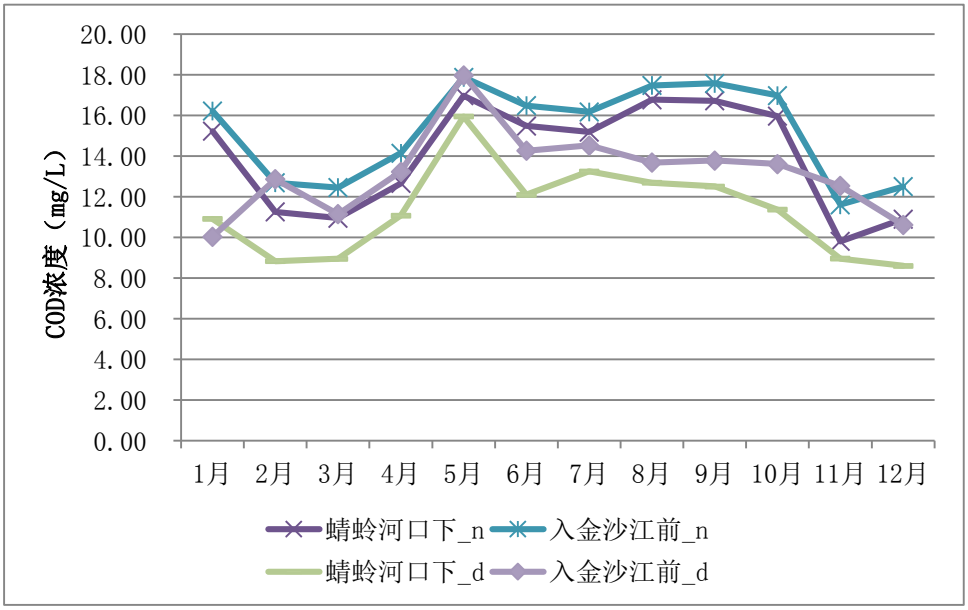



**图 5.4.2-7b　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面 COD 浓度变化**

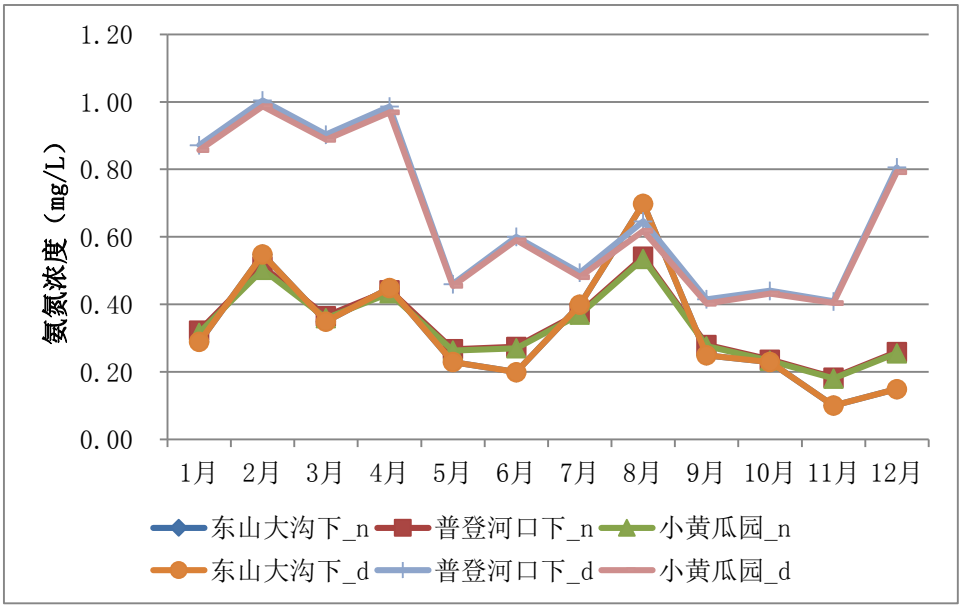



**图 5.4.2-8a　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面氨氮浓度变化**

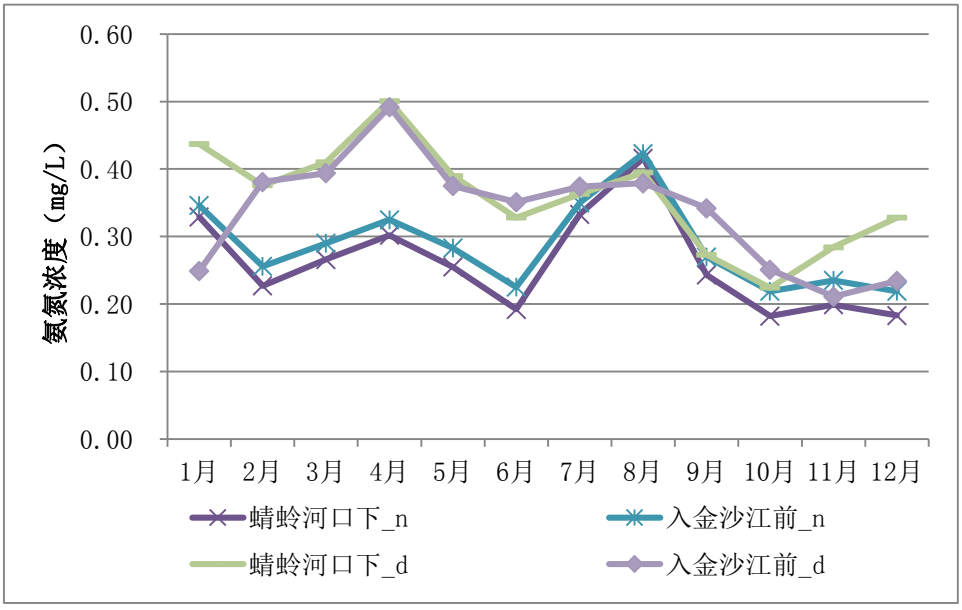



**图 5.4.2-8b　工程建设前后（P=90%）龙川江不同断面氨氮浓度变化**

#### 5.4.2.2.4 补水水库水质预测与评价

采用湖库均匀混合模型，以月为时段，基于弯腰树水库设计水平年的入出库流量过程以及库容变化过程，以及小石门水库水质预测结果，计算了设计水平年弯腰树水库、新河水库水质变化过程，详见表 5.4.2-20~表 5.4.2-23。

**表 5.4.2-20　工程运行前后弯腰树水库 COD 水质变化一览表　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | |
|---|---|---|---|---|
| | P=50% | P=90% | P=50% | P=90% |
| 1 月 | 16.50 | 16.50 | 17.85 | 7.04 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 月 | 16.30 | 16.30 | 16.48 | 3.93 |
| 3 月 | 16.00 | 16.00 | 16.26 | 3.91 |
| 4 月 | 15.00 | 15.00 | 15.79 | 4.25 |
| 5 月 | 14.50 | 14.50 | 8.40 | 4.30 |
| 6 月 | 13.00 | 13.00 | 13.82 | 9.92 |
| 7 月 | 14.00 | 14.00 | 13.88 | 9.83 |
| 8 月 | 15.00 | 15.00 | 14.97 | 13.55 |
| 9 月 | 16.00 | 16.00 | 15.72 | 15.72 |
| 10 月 | 16.70 | 16.70 | 16.24 | 11.56 |
| 11 月 | 17.30 | 17.30 | 16.96 | 10.65 |
| 12 月 | 18.00 | 18.00 | 17.37 | 9.15 |

**表 5.4.2-21　工程运行前后弯腰树水库氨氮水质变化一览表　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | |
|---|---|---|---|---|
| | P=50% | P=90% | P=50% | P=90% |
| 1 月 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.25 |
| 2 月 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.16 |
| 3 月 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.16 |
| 4 月 | 0.50 | 0.50 | 0.54 | 0.17 |
| 5 月 | 0.45 | 0.45 | 0.28 | 0.16 |
| 6 月 | 0.50 | 0.50 | 0.47 | 0.35 |
| 7 月 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.40 |
| 8 月 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.57 |
| 9 月 | 0.70 | 0.70 | 0.68 | 0.68 |
| 10 月 | 0.50 | 0.50 | 0.63 | 0.41 |
| 11 月 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.33 |
| 12 月 | 0.55 | 0.55 | 0.51 | 0.30 |

**表 5.4.2-22　工程运行前后新河水库 COD 水质变化一览表　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | |
|---|---|---|---|---|
| | P=50% | P=90% | P=50% | P=90% |
| 1 月 | 23 | 23 | 22.53 | 24.19 |
| 2 月 | 22 | 22 | 22.95 | 13.19 |
| 3 月 | 21 | 21 | 21.95 | 11.29 |
| 4 月 | 20 | 20 | 20.95 | 4.60 |
| 5 月 | 19 | 19 | 19.98 | 6.36 |
| 6 月 | 17 | 17 | 18.83 | 17.29 |
| 7 月 | 18 | 18 | 17.22 | 12.94 |
| 8 月 | 18.8 | 18.8 | 18.29 | 18.48 |
| 9 月 | 19 | 19 | 18.83 | 18.93 |
| 10 月 | 21 | 21 | 19.22 | 19.67 |
| 11 月 | 22 | 22 | 21.12 | 21.19 |
| 12 月 | 22.5 | 22.5 | 22.04 | 22.11 |

**表 5.4.2-23　工程运行前后新河水库氨氮水质变化一览表　单位：mg/L**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | |
|---|---|---|---|---|
| | P=50% | P=90% | P=50% | P=90% |
| 1 月 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.27 |
| 2 月 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.22 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 月 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.26 |
| 4 月 | 0.2 | 0.2 | 0.25 | 0.08 |
| 5 月 | 0.2 | 0.2 | 0.20 | 0.06 |
| 6 月 | 0.27 | 0.27 | 0.21 | 0.20 |
| 7 月 | 0.35 | 0.35 | 0.29 | 0.22 |
| 8 月 | 0.4 | 0.4 | 0.37 | 0.38 |
| 9 月 | 0.5 | 0.5 | 0.42 | 0.47 |
| 10 月 | 0.35 | 0.35 | 0.48 | 0.45 |
| 11 月 | 0.28 | 0.28 | 0.34 | 0.34 |
| 12 月 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.28 |

由以上表可见，设计水平年小石门水库向弯腰树水库、新河水库补水对弯腰树水库、新河水库水质平水年基本无变化，枯水年有明显改善作用，其原因与枯水年小石门水库补水较多有关。设计水平年弯腰树水库及新河水库水质类别与现状维持一致，其中弯腰树水库水质可以满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质目标要求，新河水库水质满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准要求。

**5.4.2.2.5 库区富营养化预测与评价**

1、富营养化限制因子分析

湖库富营养化发展过程是湖库水力特性、营养盐、光照、气温等多种因素的综合作用形成的。营养盐中氮、磷含量是藻类生长的限制性营养物质。研究表明，氮磷浓度比（N/P）超过 15 时，磷为关键性限制元素，氮磷浓度比（N/P）在 10 以下时，氮为关键性限制元素。根据地方环保部门对小石门坝址以上的普登河干流上古岩河一号桥断面的现状年的 TN、TP 监测数据分析，其年均 TN 浓度为 0.67mg/L，总磷浓度为 0.054mg/L，小石门水库坝址氮磷浓度比约为 12.6，可以判断氮磷均为小石门水库富营养化的限制因子。

2、富营养化预测方法

从营养盐角度出发，以 TN、TP 指标为预测因子，采用迪隆模型（Dillon），预测分析小石门水库的富营养化变化趋势。

稳定状态迪隆模型估算水库营养盐浓度计算模型为：

$$P = \frac{L（1 - R）}{Z\rho}$$

（5.4-7）

式中：

P 为水库营养盐平均浓度（mg/L）；

L 为水体年度单位面积营养盐负荷，为年输入磷总量除以水库面积（$g/m^2$•a）；

Z 为水库平均深度（m）；

R 为磷滞留系数，为年度磷累积量和输入总量之比；

ρ 为水力冲刷系数，为年度输出水量除以水库库容之商。

预测得到营养盐平均浓度之后，依据《地表水资源质量评价技术规范》（SL395-2007）中的湖库营养状态评价方法，进行湖库富营养化程度判断。湖库营养状态评价标准及分级方法见表 5.2.3-32。

湖库营养状态评价项目应包括总磷、总氮、叶绿素 α、高锰酸盐指数和透明度。其中，叶绿素 a 为必评项目。湖库营养状态评价采用指数法。营养状态评价方法为：

（1）采用线性插值法将水质项目浓度值转换为赋分值（百分制）。

（2）将多个评价项目的赋分值取平均值，计算营养状态指数（EI）。

$$\mathrm{EI} = \sum_{n=1}^{N} E_n / N \qquad (5.4\text{-}8)$$

（3）参照表 5.2.3-32，根据营养状态指数查表确定营养状态分级。

营养状态等级判别方法：0≤指数≤20，贫营养；20<指数≤50，中营养；50<指数≤60，轻度富营养；60<指数≤80，中度富营养；80<指数≤100，重度富营养。

对于待建水库，其高锰酸盐指数参照坝址现状实测浓度值，叶绿素 a 和透明度则类比区域内已建水库的实测值参与评价。

**表 5.4.2-24　我国湖泊富营养化评分与分级标准　单位：mg/L**

| 营养状态 | | 指数 | 总磷<br>(以 P 计) | 总氮<br>(以 N 计) | 叶绿素(α) | 高锰酸盐指数 | 透明度(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 贫 | | 10<br>20 | 0.001<br>0.004 | 0.020<br>0.050 | 0.0005<br>0.0010 | 0.15<br>0.4 | 10<br>5.0 |
| 中 | | 30<br>40<br>50 | 0.010<br>0.025<br>0.050 | 0.10<br>0.30<br>0.50 | 0.0020<br>0.0040<br>0.010 | 1.0<br>2.0<br>4.0 | 3.0<br>1.5<br>1.0 |
| 富 | 轻度 | 60 | 0.1 | 1.0 | 0.026 | 8.0 | 0.5 |
| | 中度 | 70 | 0.2 | 2.0 | 0.064 | 10 | 0.4 |
| | | 80 | 0.6 | 6.0 | 0.16 | 25 | 0.3 |
| | 重度 | 90 | 0.9 | 9.0 | 0.40 | 40 | 0.2 |
| | | 100 | 1.3 | 16 | 1.0 | 60 | 0.12 |

3、小石门水库富营养化预测分析

（1）氮磷浓度预测

根据水库污染负荷、工程特性以及运行调度，确定迪隆模型的各参数如下：

1）小石门水库正常蓄水位 1673m，对应的库容为 1.04 亿 $m^3$，相应的库面面积为 2.17$km^2$，平均水深 Z=47.9m；

2）设计水平年坝址多年平均来水量为 1.59 亿 $m^3$，出库水量为 1.59 亿 $m^3$，水力冲刷系数为 1.53；

3）小石门水库坝址所在河段 2018 年 10 月及 2019 年 1 月监测总磷分别为 0.022、0.061mg/l，总氮为 0.923、0.612mg/L。而坝址上游侧的普登河元双路联丰村路口旁边断面 2019~2020 年的总磷平均浓度为 0.0535mg/L，总氮平均浓度为 0.6735mg/L。为此，按照 2019 年 1 月监测到的最不利值进行分析。经估算，进入小石门水库 TN、TP 的年污染负荷量分别为 146.8t/a、9.70t/a，单位面积 TN、TP 的负荷量分别为 67.6g/$m^2$▪a、4.5g/$m^2$.a。

4）根据水质预测成果分析，出库污染物浓度为入库浓度的 70%左右，推算氮、磷滞留系数 R=0.33。

将以上各参数代入迪隆模型，计算得到小石门水库稳定状态时总氮浓度为 0.62mg/L，总磷浓度为 0.041mg/L。根据表 5.2.3-32，小石门水库总磷富营养化指数为 46.3、总氮富营养化指数为 52.4。

（2）其它指标的预测

根据收集到的普登河上游的中屯水库的 2016~2019 年水质监测资料，其 2016~2019 年平均叶绿素 a 浓度为 0.003mg/L，透明度为 1.425m，分别对应的富营养化指数为 35.2 和 41.5。坝址现状监测中 2018 年 9~10 月及 2019 年月高锰酸盐指数分别为 3.05mg/L、2.69mg/L，平均为 2.87mg/L；而收集到的小石门水库上游的普登河元双路联丰村路口旁边断面 2019~2020 年的平均高锰酸盐指数为 2.83mg/L，二者浓度相近。采用坝址实测高锰酸盐指数的均值计算富营养化指数，对应的富营养化指数为 44.35。

对总氮、总磷、叶绿素 a、透明度及高锰酸盐指数对应的富营养化指数取平均，小石门水库的富营养化指数为 43.95。根据表 5.4.2-24，总体而言，小石门水库属于中营养水平。

# 5.5 水温影响预测与分析

## 5.5.1 水库水温结构判别

1、α-β 指数法

小石门水库坝高 165.3m，库容系数 0.56，为多年调节特性。采用《水利水电工程水文计算规范（SL278-2002）》中推荐的 α-β 法来初步判定水库水温结构，结果为：

α 值计算式为：

$$\alpha = \frac{\text{多年平均年径流量}}{\text{水库总库容}}$$

当 α<10 时，水库水温为分层型；

当 10<α<20 时，水库水温为过渡型；

当 α>20 时，水库水温为混合型。

小石门坝址断面多年平均天然径流量为 1.42 亿 $m^3$；考虑滇中引水二期工程多年平均补水量 0.17 亿 $m^3$，坝址断面多年平均年径流量为 1.59 亿 $m^3$。水库总库容为 1.11 亿 $m^3$，α=1.43<10；

$$\beta = \frac{\text{一次洪水量}}{\text{水库总库容}}$$

对于分层型的水库，如果遇到 β＞1 的洪水，将出现临时混合现象；但如果 β＜0.5 时，洪水对水库水温的分布结构没有影响。

**表 5.5.1-1　小石门水库设计洪水峰量下对应的 β 值表**

| | 来水频率 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.05% | 1% | 2% | 5% | 10% | 20% |
| 24h 洪量 | 0.86 | 0.37 | 0.30 | 0.21 | 0.15 | 0.09 |
| 3 日洪量 | 1.68 | 0.73 | 0.59 | 0.41 | 0.29 | 0.18 |
| 7 日洪量 | 2.48 | 1.10 | 0.89 | 0.63 | 0.44 | 0.29 |

由表可见，1 日洪量下不发生临时混合现象；3 日洪量下，两千年一遇级别洪水可能产生临时混合现象；7 日洪量下，百年一遇及以上洪水可能产生临时混合现象。

由此，可初步判定建库后水库水温结构为稳定分层型。

（2）密度弗劳德数法

密度弗劳德数法计算公式为：

$$F_r = 320\frac{LQ}{HV} \qquad (5.5\text{-}1)$$

式中：Fr-密度弗劳德数；

L-水库长度（m）；

Q-入流量（$m^3/s$）；

H-平均水深（m）；

V-蓄水体的体积（$m^3$）。

当 Fr<0.1，水库为分层型；

0.1<Fr<1.0，水库为过渡性；

Fr>1.0，水库为混合型。

小石门水库总库容 1.11 亿 $m^3$，正常蓄水位时回水长度为 8.04km，水面面积 2.17$km^2$，平均水深为 47.9m。坝址处多年平均流量为 4.50$m^3/s$。经计算，Fr=0.0024<0.1；由此判断小石门水库水温结构为分层型。

（3）水库宽深比判断法

$$R=B/H \qquad (5.5\text{-}2)$$

式中：B 为水库水面平均宽度；H 为水库平均水深；

当 H>15m、R>30 时，水库为混合型；R<30 时，水库为分层型。

根据库区地形图量算，自库尾至坝址沿程取 11 个代表性断面，其在正常蓄水位 1673m 下的水面宽见表 5.5.1-2。

**表 5.5.1-2　小石门水库水面宽**

| 断面号 | cs3 | cs5 | cs6 | cs7 | cs8 | cs10 | cs13 | cs17 | cs19 | cs22 | cs24 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 河宽 | 373.9 | 344.4 | 255.1 | 432.3 | 462 | 247.9 | 162.5 | 90.5 | 72.4 | 74.4 | 16.6 | 230. 2 |
| 水深 | 156.4 | 128.4 | 117.5 | 96.5 | 83.9 | 57.7 | 42.1 | 25.8 | 23.6 | 8.8 | 2.8 | 67.6 |

由表 5.5.1-2，水库水面平均宽度为 230.2m。按照库容与水面面积之比计算水库平均水深为 47.9m，按照典型断面水深平均值计算水库平均水深 H 为 67.6m。按两种方法计算的水库宽深比 R 分别为 4.82 和 3.31，均<30。由此判断，水库水温结构为分层型。

综合以上三种方法，判断小石门水库水温结构为分层型。

## 5.5.2 水温现场测量及分析

将本项目水环境监测（2018 年 10 月、2019 年 1 月）、水生态监测（2018 年 9 月、11 月两期）以及水温补充监测（2019 年 8 月 7~8 日）收集的普登河流域的河道水温资料汇总，详见表 5.5.2-1。其中，包括了普登河干流（含文龙河、古岩河、勐岗河、普登河各河段）、主要支流（双尾河、蟠猫河、石者河、猫街河等）。

由表 5.5.2-1 及图 5.5.2-1 可见，普登河流域内河流 9 月、11 月水温与高程基本呈负相关关系，其中 9 月份各监测点水温分布更为分散，水温范围在 21.3~26.2℃之间，11 月份各监测点水温分布较为集中，水温范围在 17.7~24.1℃之间。由于水温观测非同时开展，以及水流状态（部分断面为非流水状态），存在基本处于同一高程范围的各断面水温不一致的情况，如 2018 年 11 月的大平地村、蟠猫乡政府、朵基村、双尾村水温不一致。

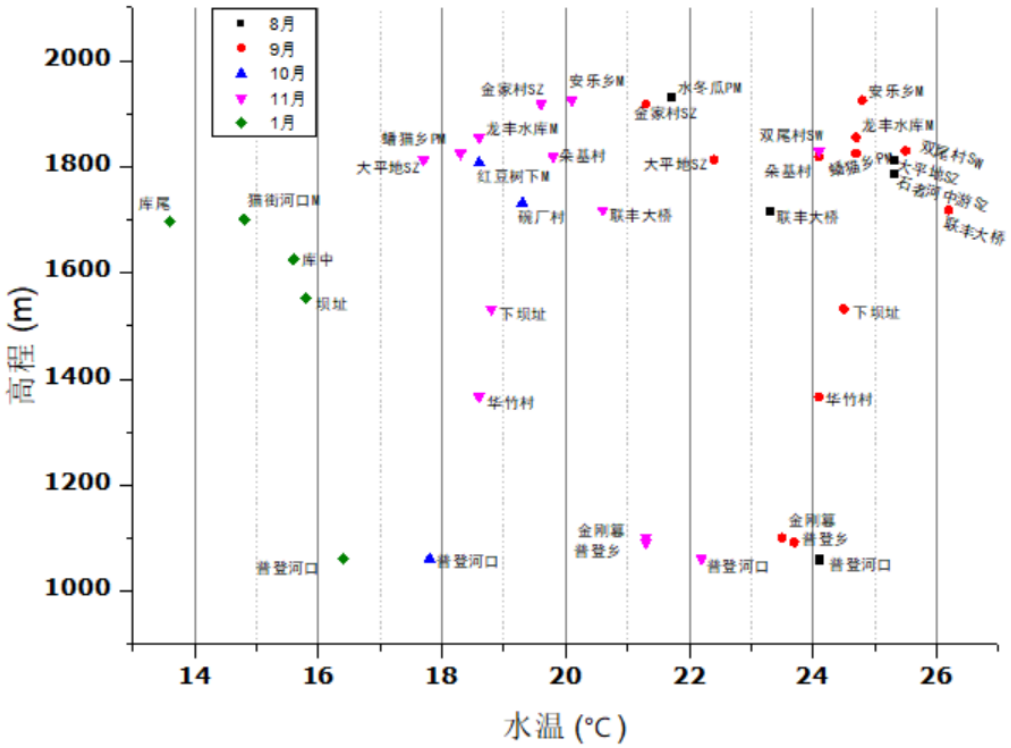



**图 5.5.2-1　普登河流域 2018 年 9 月、11 月实测水温-高程关系图**

**表 5.5.2-1　普登河流域内水环境监测断面及历史水温资料**

| 水系 | 监测点位 | 纬度 | 经度 | 高程（m） | 2018.9 | 2018.10 | 2018.11 | 2019.1 | 2019.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 蟠猫河 | 水冬瓜（滇中投入点） | 25°32.333’ | 101°49.488’ | 1933 | | | | | 21.7 |
| 蟠猫河 | 牟定县蟠猫乡西南 1 公里外 | 25°28.959’ | 101°33.125’ | 1825 | 24.7 | | 18.3 | | |
| 双尾河 | 牟定县双尾村 | 25°28.323’ | 101°34.495’ | 1830 | 25.5 | | 24.1 | | |
| 石者河 | 姚安县适中乡金家村 | 25°33.181’ | 101°28.144' | 1918 | 21.3 | | 19.6 | | |
| 石者河 | 牟定县大平地村 | 25°33.453’ | 101°32.458' | 1813 | 22.4 | | 17.7 | | 25.3 |
| 石者河 | 中游 | 25.554615 | 101.553032 | 1789 | | | | | 25.3 |
| 文龙河 | 牟定县朵基村 | 25°28.157’ | 101°33.107’ | 1819 | 24.1 | | 19.8 | | |
| 古岩河 | 牟定县潘猫乡联丰大桥下 | 25°32.433’ | 101°35.916’ | 1718 | 26.2 | | 20.6 | | 23.3 |
| 勐岗河 | 小石门水库库尾 1#：勐岗河 | 25°32'52.42" | 101°36'2.58" | 1697 | | | | 13.6 | |
| 勐岗河 | 勐岗河 5#：库中 | 25°33'54.91" | 101°37'7.65" | 1625 | | | | 15.6 | |
| 勐岗河 | 小石门水库坝址处 | 25°35'15.50" | 101°38'7.44" | 1553 | | | | 15.8 | |
| 勐岗河 | 下坝址处 | 25°36.179’ | 101°38.128' | 1532 | 24.5 | | 18.8 | | |
| 勐岗河 | 元谋县华丰村附近勐岗河水电站下游 | 25°39.148’ | 101°41.016' | 1366 | 24.1 | | 18.6 | | |
| 普登河 | 元谋县华竹乡金刚纂附近 | 25°41.771’ | 101°47.819' | 1101 | 23.5 | | 21.3 | | |
| 普登河 | 元谋县普登乡附近（南灌区） | 25°43.191’ | 101°48.861' | 1092 | 23.7 | | 21.3 | | |
| 普登河 | 元谋县五福村（龙山村） | 25°46.811’ | 101°49.819' | 1061 | | 17.8 | 22.2 | 16.4 | 24.1 |
| 猫街河 | 牟定县安乐乡 | 25°27.645’ | 101°40.476’ | 1925 | 24.8 | | 20.1 | | |
| 猫街河 | 牟定县龙丰水库 | 25°32.332’ | 101°39.643’ | 1855 | 24.7 | | 18.6 | | |
| 猫街河 | 红豆树水库下游 | 25°33'32.87" | 101°38'44.93" | 1807 | | 18.6 | | | |
| 猫街河 | 库尾 2#：与普登河交汇口上游 500 米处 | 25°33'5.95" | 101°37'43.37" | 1701 | | | | 14.8 | |
| 坝址上游右侧支流 | 碗厂村下游 1km 处 | 25°34'39.47" | 101°38'16.16" | 1732 | | 19.3 | | | |

本次收集到的龙川江流域内中屯水库、丙间水库、尼白租水库、青山嘴水库等（基本情况见表 5.5.2-2，位置见图 5.5.2-2）多年表层水温监测资料。

**表 5.5.2-2　龙川江流域内水库概况表**

| 水库名称 | 水系 | 高程 | 类型 |
|---|---|---|---|
| 青山嘴水库 | 龙川江干流 | 1800 | 大Ⅱ型 |
| 中屯水库 | 蟠猫河 | 2008 | 中型 |
| 丙间水库 | | 1242 | 中型 |
| 尼白租水库 | 羊蹄江 | 1680 | 中型 |

**图 5.5.2-2　龙川江流域内典型水库位置示意图**

经对比分析各水库逐月水温过程及水库海拔高程，确定各水库多年平均年内水温过程，见表 5.5.2-3。

**表 5.5.2-3　各水库年内库表水温过程**

| 月份 | 丙间水库 | 尼白租水库 | 青山嘴水库 | 中屯水库 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 14.0 | 11.9 | 13 | 10.6 |
| 2 | 17.0 | 14.5 | 14 | 13 |
| 3 | 20.0 | 16.5 | 15.7 | 15.5 |
| 4 | 21.2 | 19.3 | 18.6 | 16.5 |
| 5 | 22.9 | 20.0 | 21.7 | 18.8 |
| 6 | 24.5 | 22.0 | 23 | 20.5 |
| 7 | 26.6 | 24.5 | 24.7 | 23.7 |
| 8 | 25.5 | 24.0 | 25.2 | 24 |
| 9 | 24.5 | 23.5 | 24.7 | 21 |
| 10 | 23.0 | 22.0 | 23.2 | 18.7 |
| 11 | 18.5 | 17.5 | 21.4 | 15 |
| 12 | 15.5 | 13.5 | 16.2 | 11 |

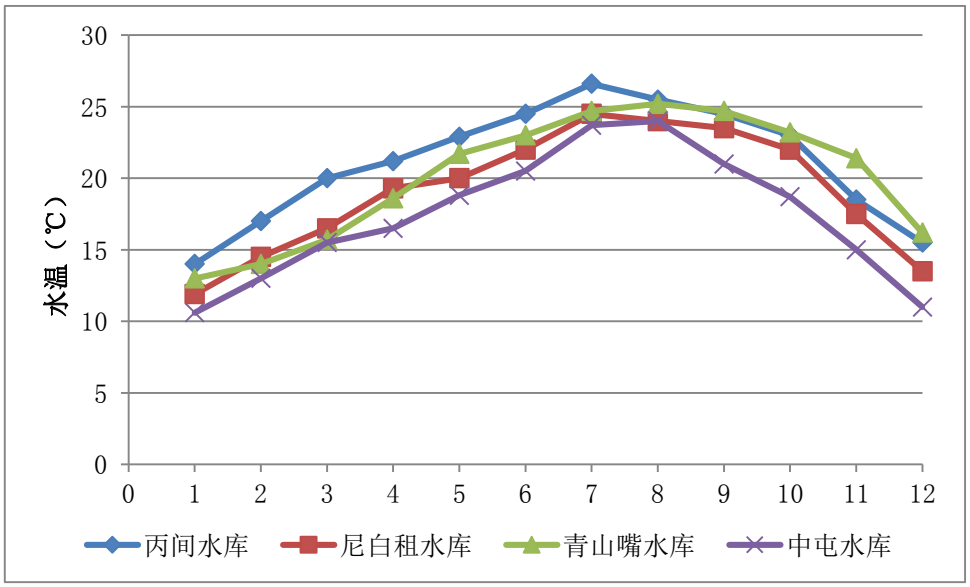



**图 5.5.2-3　龙川江流域内各水库水温过程**

2018 年 9 月 12 日及 2019 年 8 月 1 日，对青山嘴水库的水温结构进行了现场观测，观测断面分别共 3 个，2018 年 9 月分别为库尾、库中和坝前断面，2019 年 8 月分别为坝前左、中、右断面。断面位置及水温观测结果详见表 5.5.2-4 及图 5.5.2-4。青山嘴水库坝前垂向水温观测结果见图 5.5.2-5。

**表 5.5.2-4　青山嘴水库水温现场观测断面表**

| 序号 | 断面名称 | 经、纬度 | 库表水温（℃） | 库底水温（℃） | 表底温差（℃） | 水深（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 坝前 | 25°7'3.67"北<br>101°29'11.82"东 | 24.51 | 15.30 | 9.2 | 20.72 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 库中 | 25°7'21.91"北<br>101°28'3.32"东 | 24.99 | 21.64 | 3.4 | 13.06 |
| 3 | 库尾 | 25°7'38.90"北<br>101°26'45.52"东 | 24.75 | 22.59 | 2.2 | 11.68 |
| 4 | 坝前 | 25°7'8.28"北<br>101°29'7.82"东 | 24.4 | 15.8 | 8.6 | 20.3 |

**图 5.5.2-4　青山嘴水库实测水温监测断面布置示意图**

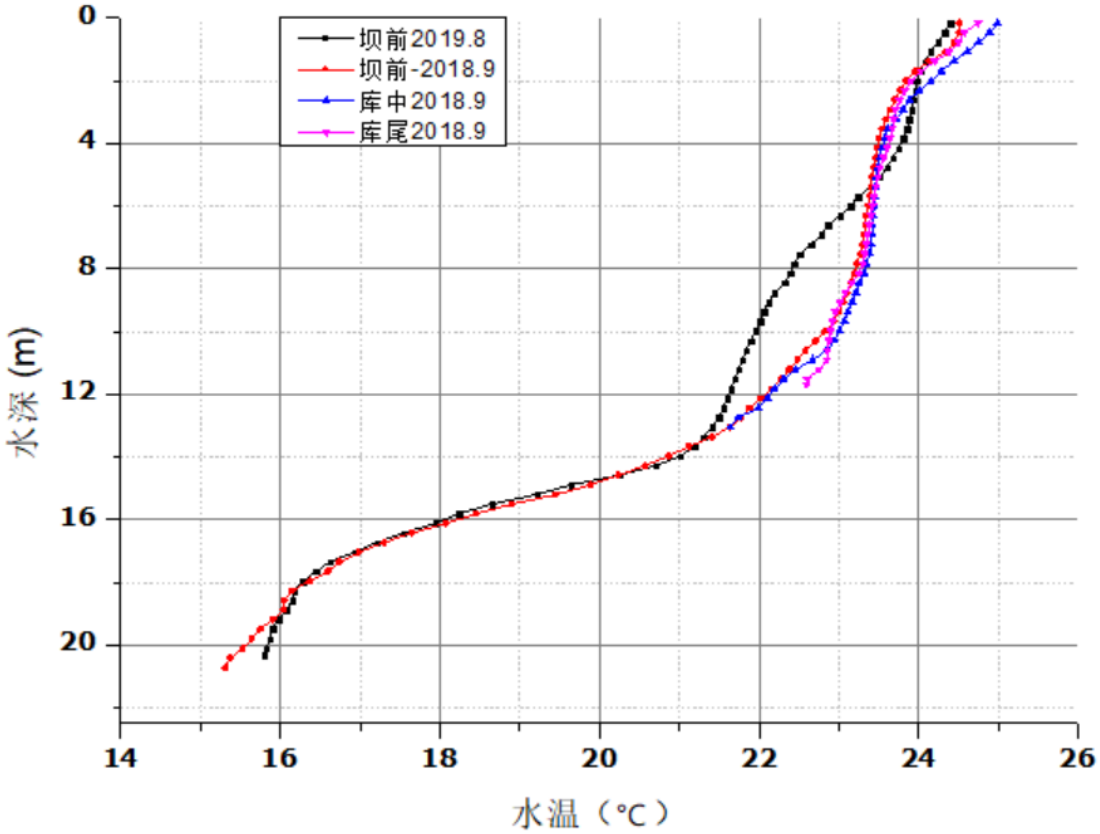



**图 5.5.2-5　青山嘴水库实测水温（2019 年 8 月 1 日及 2018 年 9 月）**

由图 5.5.2-5 可见，2018 年 9 月 12 日观测期间，青山嘴水库库表温度为 24.4~25.0℃之间，库底水温在 15.3~22.6℃之间，表底温差为 2.2~9.2℃，其中：坝前水深约 20.7m，库底水温为 15.3℃，表底温差为 9.2℃；库中水深为 13.1m，库底水温为 21.6℃，表底温差约 3.4℃；库尾水深为 11.7m，库底水温为 22.6℃，表底温差约 2.2℃。2019 年 8 月 1 日观测期间，青山嘴水库坝前水深约 20.3m，库表水温为 24.4℃，库底水温为 15.8℃，表底温差为 8.6℃。

## 5.5.3 小石门水库水温结构预测与分析

### 5.5.3.1 基本条件

（1）气候条件

普登河流域位于云贵高原中部，属亚热带季风气候区。其气候特征主要表现为，5～10 月由于受带有大量水汽的西南季风的影响而为雨季，每年 11 月至次年 4 月，主要受热带大陆气团控制，晴朗少云，降水少，日照充足，气候温暖干燥。流域内无气象站，距离坝址较近的气象站有元谋县气象站和姚安县气象站，海拔高程分别为 1120.6m、1873.5m，其多年平均气象要素分别见表 5.5.3-1、表 5.5.3-2。

其中，元谋县气象站多年平均气温为 21.5℃，多年平均降水量 642.2mm，多年平均蒸发量 3094.1mm（φ20 蒸发皿），多年平均风速 2.1m/s，多年平均湿度 57%，多年平均日照时数 2593.1h；姚安县气象站多年平均气温为 15.3℃，多年平均降水量 812.5mm，多年平均蒸发量 2546.1mm（φ20 蒸发皿），多年平均风速 3.3m/s，多年平均湿度 69%，多年平均日照时数 2400.4h。

**表 5.5.3-1　元谋县气象站多年平均气象要素统计表**

| 项　　目 | | 单位 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 气温 | 多年月平均气温 | ℃ | 14.5 | 17.5 | 21.3 | 24.6 | 26.4 | 26.4 | 25.8 | 25.2 | 23.7 | 21.3 | 17.2 | 13.8 | 21.5 |
| 降水量 | 多年平均降水量 | mm | 5.2 | 4 | 8 | 10.1 | 48.8 | 113.8 | 147.4 | 117.8 | 102 | 54.4 | 26.1 | 4.7 | 642.3 |
| 蒸发量 | 多年平均蒸发量 | mm | 200.7 | 267.5 | 385.7 | 423.4 | 406.9 | 293.9 | 238.2 | 207.8 | 184.7 | 178.4 | 152.4 | 154.4 | 3094 |
| 湿度 | 多年平均相对湿度 | % | 50 | 40 | 35 | 37 | 48 | 63 | 70 | 73 | 72 | 69 | 66 | 61 | 57 |
| 日照 | 多年平均日照时数 | h | 253.3 | 243.4 | 265.8 | 253.1 | 241.9 | 184.5 | 169 | 187.4 | 159 | 185.5 | 211.6 | 238.6 | 2593.1 |
| 风速 | 多年平均风速 | m/s | 2.3 | 3 | 3.1 | 3 | 2.8 | 2.3 | 1.7 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 21 |
| | 风向 | | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE | SSE |

**表 5.5.3-2　姚安县气象站多年平均气象要素统计表**

| 项　　目 | | 单位 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 气温 | 多年月平均气温 | ℃ | 8 | 10.1 | 13.4 | 17.1 | 20 | 20.8 | 20.3 | 19.6 | 18.2 | 15.9 | 11.6 | 8.1 | 15.7 |
| 降水量 | 多年平均降水量 | mm | 10.2 | 9.9 | 15.4 | 14.1 | 53.5 | 125.2 | 165.5 | 158.3 | 112.9 | 73.9 | 30.1 | 6.9 | 812.5 |
| 蒸发量 | 多年平均蒸发量 | mm | 153.8 | 185.7 | 266.7 | 302.4 | 295.2 | 191.7 | 149.2 | 139.7 | 126.7 | 131.6 | 118.9 | 121.7 | 2546.1 |
| 湿度 | 多年平均相对湿度 | % | 61 | 56 | 53 | 52 | 60 | 74 | 81 | 84 | 82 | 78 | 74 | 69 | 65 |
| 日照 | 多年平均日照时数 | h | 248 | 231.7 | 263.3 | 252.9 | 238.9 | 164.2 | 125.3 | 141.3 | 134 | 170.7 | 200.2 | 229.9 | 2445 |
| 风速 | 多年平均风速 | m/s | 2.9 | 3.6 | 3.9 | 3.9 | 3 | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 2 | 3.3 |
| | 风向 | | SW | SW | SW | WSW | SW | SW | SW | S | S | S | SW | SW | SW |

小石门坝址介于元谋站与姚安站之间，根据小石门水库坝址处高程与元谋站、姚安站高程关系，插值得到小石门坝址处的气温、相对湿度、日照时数等，如表5.5.3-3所示。

**表 5.5.3-3　小石门坝址处气温、相对湿度、日照时数年内过程**

| 月份 | 坝址气温（℃） | 坝址相对湿度（%） | 坝址日照时数（h/月） |
|---|---|---|---|
| 1 | 11.2 | 58.1 | 249.4 |
| 2 | 14.2 | 51.8 | 234.8 |
| 3 | 18.0 | 48.2 | 264.0 |
| 4 | 21.3 | 48.0 | 253.0 |
| 5 | 23.1 | 56.8 | 239.7 |
| 6 | 23.1 | 71.1 | 169.6 |
| 7 | 22.5 | 78.1 | 136.8 |
| 8 | 21.9 | 81.1 | 153.5 |
| 9 | 20.4 | 79.4 | 140.6 |
| 10 | 18.0 | 75.6 | 174.6 |
| 11 | 13.9 | 71.9 | 203.2 |
| 12 | 10.5 | 66.9 | 232.2 |
| 平均 | 18.1 | 62.9 | 2484.1 |

（2）现状河道水温

普登河流域无水文测站。对收集到的小石门坝址上游的中屯水库库表水温过程，并结合2018年9月、11月和2019年1月现状监测水温以及水库库表水温与入流水温的经验关系，确定小石门库尾入流水温过程。另外，根据《滇中引水工程环境影响报告书》，得到滇中引水工程万家分水口来水水温过程。如表5.5.3-4所示。

**表 5.5.3-4　坝址气温与库尾入流水温**

| 月份 | 坝址气温 | 坝址天然入流水温 | 滇中二期来水水温 |
|---|---|---|---|
| 1 | 11.2 | 11.0 | 5.2 |
| 2 | 14.2 | 12.5 | 7 |
| 3 | 18.0 | 14.0 | 9.6 |
| 4 | 21.3 | 17.0 | 12.5 |
| 5 | 23.1 | 20.0 | 14.8 |
| 6 | 24.0 | 21.5 | 16.5 |
| 7 | 22.9 | 20.0 | 17.3 |
| 8 | 21.9 | 19.0 | 17.4 |
| 9 | 20.4 | 17.0 | 15.6 |
| 10 | 18.0 | 15.0 | 12.5 |
| 11 | 13.9 | 12.0 | 8.6 |
| 12 | 10.5 | 10.4 | 5.8 |

**5.5.3.2 库区水温模型**

1、水库水温数学模型

小石门水库库区为典型峡谷河道，平均宽度为 230.2m，河道地形狭长。考虑到小石门库区地形狭长的特征，采用立面二维水温数学模型对水库水温进行模拟。

立面二维水温模型基本方程组由宽度平均的连续方程、动量方程（包括纵向 x 和垂向 z 两个方向）和温度传输方程组成。

1）动力学方程组

$$\frac{\partial(Bu)}{\partial x}+\frac{\partial(Bw)}{\partial z}=\frac{q_0}{dz} \qquad (5.5\text{-}3)$$

$$\frac{\partial(Bu)}{dt}+u\frac{\partial(Bu)}{\partial x}+w\frac{\partial(Bu)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(2B\nu_T\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\nu_T(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x})\right)-\frac{B}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}-\frac{\tau_B}{\rho}\frac{dR}{dz} \qquad (5.5\text{-}4)$$

$$\frac{\partial(Bw)}{dt}+u\frac{\partial(Bw)}{\partial x}+w\frac{\partial(Bw)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}\left(2B\nu_T\frac{\partial w}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(B\nu_T(\frac{\partial w}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial z})\right)-\frac{B}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}-g\beta\Delta T \qquad (5.5\text{-}5)$$

$$\frac{\partial(BT)}{\partial t}+u\frac{\partial(BT)}{\partial x}+w\frac{\partial(BT)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(BD_{Tx}\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(BD_{Tz}\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{B}{\rho C_p}Q_H \qquad (5.5\text{-}6)$$

$$\frac{\partial(Bk)}{\partial t}+u\frac{\partial(Bk)}{\partial x}+w\frac{\partial(Bk)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(B\frac{\nu_T}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\frac{\nu_T}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial z}\right)-g\beta B\frac{\nu_T}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial z}-B\varepsilon$$
$$+\nu_T B\left(2(\frac{\partial u}{\partial x})^2+2(\frac{\partial w}{\partial z})^2+(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x})^2\right) \qquad (5.5\text{-}7)$$

$$\frac{\partial(B\varepsilon)}{\partial t}+u\frac{\partial(B\varepsilon)}{\partial x}+w\frac{\partial(B\varepsilon)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(B\frac{\nu_T}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial\varepsilon}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B\frac{\nu_T}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial\varepsilon}{\partial z}\right)-c_{1\varepsilon}B\frac{\varepsilon}{k}c_{3\varepsilon}g\beta\frac{\nu_T}{\sigma_T}\frac{\partial T}{\partial z}$$
$$-c_{2\varepsilon}B\frac{\varepsilon^2}{k}+c_{1\varepsilon}B\frac{\varepsilon}{k}\left(2(\frac{\partial u}{\partial x})^2+2(\frac{\partial w}{\partial z})^2+(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x})^2\right) \qquad (5.5\text{-}8)$$

式中：B-河宽，单位 m；

u 和 w-纵向 x、垂向 z 方向的流速，单位 m/s；

q0-旁侧入流，单位 $m^3/s/m$；

ρ-水密度，单位 $kg/m^3$；

$\nu_T$-紊流粘滞系数，单位 $m^2/s$；

p-压力，单位 $N/m^2$；

τB-河床剪切力，单位 N/m$^2$；

R-湿周，单位 m；

β-等压膨胀系数；

$\Delta T$-相对于参照温度的温差；

g-重力加速度；

T-温度，单位℃；

DT-温度扩散系数，单位 m$^2$/s，DTx、DTz 分别为温度纵向扩散系数、垂向扩散系数；

Cp-水的等压比热；

QH-热交换反应式。κ 为紊动动能；ε 为紊动动能耗散率；σk、σε、σT 分别是紊动动能、紊动动能耗散率和温度的普朗特数，分别取值为 1、1.3、0.9；c1ε、c2ε、c3ε 为模型常数，分别取值为 1.44、1.92、0。

紊流粘滞系数 $\nu_T$ 由紊流模型来计算得到，采用 $k \sim \varepsilon$ 紊流模型时，$\nu_T$ 表达式为：

$$\nu_T = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \tag{5.5-9}$$

式中，cμ 为模型常数，值为 0.09。

河床阻力可用下式表示：

$$\frac{\tau_B}{\rho_0} \cdot \frac{dR}{dz} \approx \left( \frac{d}{D} \frac{g}{C_{xz}^2} |u| u \right) \cdot \left( 2\sqrt{1 + \left( \frac{1}{2} \frac{dB}{dz} \right)^2} \right) \tag{5.5-10}$$

式中，d 为水深，D 为最大水深，Cxz 为边界层谢才数，按照边界层理论，边界层谢才数可以采用下式计算：

$$\mathrm{C_{xz}} = \mathrm{C} + \frac{\sqrt{\mathrm{g}}}{\kappa} \left( 1 + \ln(\frac{\mathrm{z}}{\mathrm{D}}) \right) \tag{5.5-11}$$

式中，C 为正常谢才数，是 Kármán's 常数。

水温不同水密度不同，垂向上的温度差异引起水体的密度差，导致水体在垂向上出现浮力流，改变了流场结构，反过来又影响水温分布。水体温度与密度的关系可表示为：

$$\frac{\rho-\rho_s}{\rho_s}=-\beta(T-T_s)=-\beta\Delta T \qquad (5.5\text{-}12)$$

式中，β 为等压膨胀系数，ρ 为密度，T 为温度，ρs、Ts 为参考状态的密度和温度，天然水体的密度表达式为：

ρ=(0.102027692×10-2+0.677737262×10-7×T-0.905315843×10-8×T2+0.864372185×10-10×T3-0.642266188×10-12×T4+0.105164434×10-17×T7-0.104868827×10-19×T8)×9.8×105 （5.5-13）

根据 Boussinesq 假定，在密度变化不大的浮力流问题中，只在重力项中考虑密度的变化，水流控制方程的其他项中不考虑浮力作用。

温度扩散系数 DT 表达式为：

$$D_T=\frac{\nu_T}{\sigma_T} \qquad (5.5\text{-}14)$$

温度扩散包括三部分扩散作用：分子扩散 υm、离散 υD 和紊动扩散 $D_{\nu_T}$，所以温度扩散系数是三部分扩散系数的和：DT=υm+υD+ $D_{\nu_T}$

分子扩散作用很小，可以忽略不计，而水库中由流速分布不均引起的离散相对于紊流引起的扩散也是很小的。

2）热交换反应方程

水气界面的热交换是水体的主要热量来源，也是引起水库温度分层的主要原因。水温水面边界条件反映水面与大气之间的热交换，QH 是水体净吸收的热量，主要包括辐射、蒸发和传导三部分，通过水面而进入水体的热量为：

QH=qsr，net+qlr，net-qv-qc （5.5-15）

式中：qsr，net 为吸收的太阳短波辐射；

qlr，net 为净吸收的大气长波辐射，需根据气温及云量观测间接计算；

qv 为水面蒸发热损失；

qc 为热传导通量。

①太阳短波辐射

太阳短波辐射强度决定于距太阳距离、方位角、纬度、宇宙(除太阳外)的太阳辐射、云量和大气中水汽量。

到达地球表面的太阳短波辐射 $H_0$ 由下式计算：

$$H_0 = \frac{24}{\pi} q_{sc} E_0 \cos(\Phi) \cos(\delta) (\sin(w_{sr}) - w_{sr} \cos(w_{sr})) \qquad (5.5\text{-}16)$$

式中：$H_0$ 为地面太阳短波辐射；

qsc 为太阳常数，取 4.9212MJ/m$^2$/h；

$E_0$ 为太阳轨道的偏心距；

Φ 为纬度，需要在模型中根据计算区域实际的纬度确定；

δ 为太阳方位角；

wsr 为日出角度。

有云条件下的太阳短波辐射 H 由下式计算得到：

$$\frac{H}{H_0} = A + B\frac{n}{n_d} \qquad (5.5\text{-}17)$$

式中：n 为日照时数；

nd 为日长；

A 和 B 为待定参数；

到达水面的太阳辐射，部分将被水面反射，其反射程度与入射角和折射角有关。反射率 α 可表达为：

$$\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)}\right) \qquad (5.5\text{-}18)$$

式中：i 为入射角；

r 为折射角；

α 为反射率，一般取 5—40%。

因此，水面的净短辐射 qsr，net 为：

$$q_{sr,\ net} = (1-\alpha) q_s \frac{10^6}{3600} \qquad (5.5\text{-}19)$$

到达水面的净太阳短波辐射进入水体后遵从比尔定律，部分被表层水面吸收，其余部分进入深层水体，并沿水深衰减。不同深度的太阳辐射由下式计算：

$$I(d) = (1-\beta) I_0 e^{-\lambda d} \qquad (5.5\text{-}20)$$

式中，I(d)是水面以下 d 深处的太阳光强度，I0 为水表面处的光强，β 为水体表层吸收的光能的比例系数，一般取值 0.2~0.6；λ 为光能在水中的衰减系数，一般取值 0.5~1.4m$^{-1}$。热能在水中衰减变化 Beer 公式中的水表面吸热系数 β 和水中衰减系数 λ 需要率定。

②长波辐射

长波辐射包含水面向大气辐射和大气向水面的长波辐射，两者之差为净长波辐射。其计算公式为：

$$q_{lr,\ net} = -\sigma_{sb}(T_{air} + T_k)^4\left(a - b\sqrt{e_d}\right)\left(c + d\frac{n}{n_d}\right) \qquad (5.5\text{-}21)$$

式中：ed 为露点温度下的蒸汽压力；

n 为日照时数；

$n_d$ 为日长；

$\sigma_{sb}$ 为斯蒂芬 波尔兹曼常数；

$T_{air}$ 为气温；

a=0.56；b=0.77mb-1/2；c=0.10；d=0.90。

③水面蒸发

根据道尔定律，蒸发热损失(潜热通量)qv 由下式计算：

$$q_v = LC_e(A + BW_2)(Q_w - Q_a) \qquad (5.5\text{-}22)$$

式中：L=2.5×106J/kg 为蒸发潜热；

$C_e$=1.32×103 为湿度系数；

$W_2$ 为水面 2 米高空风速；

$Q_w$ 为水表面水汽密度；

$Q_a$ 为空气中水汽密度；

A 和 B 为待定参数。

④热传导

热传导经引起的显热通量 qc，由下式计算：

$$q_c = \begin{cases} \rho_{air}c_{air}c_cW_{10}(T_{water} - T_{air}), & T_{air} \geq T \\ \rho_{air}c_{water}c_cW_{10}(T_{water} - T_{air}), & T_{air} < T \end{cases} \qquad (5.5\text{-}23)$$

式中：$\rho_{air}$ 为空气密度；

$c_{air}$=1007J/(kg·K)为空气比热；

$c_{water}$=4186 J/(kg·K)为水的比热；

$c_c$=1.41×$10^{-3}$ 为显传导系数；

$W_{10}$ 为水面 10 米高空风速；

$T_{water}$ 为水表面温度；

$T_{air}$ 为空气温度。

方程离散：采用西格玛坐标系统对垂向坐标进行变换，坐标变换式为：

$$\sigma = \frac{z-\eta}{D} = \frac{z-\eta}{\eta - z_B} \qquad (5.5\text{-}24)$$

式中，D 为最大水深，z 为原坐标中的水位，η 为西格玛坐标中 z 方向坐标，zB 为河床高程。对西格玛坐标系下的控制方程采用了差分法进行离散数值求解。

2、模拟范围及模型参数选择与验证

（1）模型模拟范围

模型模拟范围为坝址以上 8.3km 库区范围，计算网格纵向剖分尺寸为 500m，垂向分为 40 层，计算时间步长为 300s。模型上边界采用流量边界，下边界为大坝固壁水位边界，水库泄水考虑两种组合方式，分别为：1）底孔取水（1588.0m）；2）水库采用分层取水（4 层取水口底板高程分别为 1657.80m、1640.60m、1623.40m、1596.50m）。

（2）模型参数选择及验证

采用同处于龙川江流域青山嘴水库作为类比水库，移用青山嘴水库水温模型的率定参数，作为小石门水库水温模型的参数。

1）两座类比水库工程特性对比

青山嘴水库与小石门水库工程特性对比见表 5.5.3-5。青山嘴水库与小石门水库都属于高山峡谷河道型水库，同位于龙川江流域内，工程任务相似，两座枢纽相距 54.4km，地理纬度相差 28°，坝址处河床高程相差 265m，水库都具有季以上调节能力。总体分析，小石门水库规模略大于青山嘴水库，调节性能也要强于青山嘴水库，但两库的地理位置接近，气候气象类似，而且水库的形状、水深、水位变幅等都类似，两个水库具有一定的类似性，可以类比移用青山嘴水库水温模型参数，作为小石门水库水温模型的参数。

**表 5.5.3-5　青山嘴水库与小石门水库工程特性对比表**

| | 青山嘴 | 小石门 |
|---|---|---|
| 工程任务 | 防洪、农业供水、城镇及工业供水 | 农业供水、乡镇生活供水 |
| 所在流域 | 龙川江 | 龙川江 |
| 所在水系 | 龙川江 | 龙川江 |
| 所在河流 | 龙川江干流 | 普登河 |
| 坝址坐标 | 25°7'2.05"北、101°29'13.97"东 | 25°35'22.93"北、101°39'04.61"东 |
| 坝址处高程 | 1779.0 | 1514.0 |
| 多年平均入库径流量(亿 $m^3$) | 1.8 | 1.42 |
| 调节能力 | 不完全年调节 | 多年调节 |
| 最大坝高(m) | 41.5 | 163.5 |

| | | |
|---|---|---|
| 回水长度(km) | 18.95 | 8.3 |
| 总库容(亿 $m^3$) | 1.09 | 1.11 |
| 正常蓄水位 | 1814 | 1673 |
| 死水位 | 1800.6 | 1601.4 |

2）青山嘴水库水温模型

2018 年 9 月 12 日及 2019 年 8 月 1 日对青山嘴水库水温进行了原体观测，其中 2018 年 9 月 12 日对库尾、库中和坝前断面的垂向水温进行观测，2019 年 8 月 1 日对坝前断面进行了垂向水温观测，获得了第一手的水库垂向水温数据。同时收集了青山嘴水库 2018 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 15 日逐日的入库流量、库水位、出库流量等数据以及同期邻近气象站的气温数据，以及同期青山嘴水库月均水温数据。在对青山嘴建库前后水温变化趋势的调查分析基础上，利用 MIKE11 软件建立青山嘴水库立面二维水温模型，模拟范围为坝址以上回水长度 18.95km 库区范围，库区地形根据 1：1 万地形图数字化处理得到。

计算网格剖分纵向最大网格为 500m，垂向分为 40 层，实际计算单元约 1400 个，计算时间步长为 180s。模型上边界采用水位边界，下边界为大坝固壁边界，水库泄水从进水口出流，进水口底板高程为 1794.5m。

模拟计算 2018 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 15 日的青山嘴水库水温结构，模型输入的入库水温和气象数据采用实测日均序列值，水库运行数据采用实测日均数据。

利用 2018 年 9 月 12 日及 2019 年 8 月 1 日水库垂向水温观测数据来调试模型参数，通过试算使模型计算值与实测值拟合，见图 5.5.3-1。根据实测数据分析，2018 年 9 月 12 日及 2019 年 8 月 1 日青山嘴水库运行水位分别为 1813.17m、1811.46m，进水口淹没水深分别为 18.67m、16.96m，模型模拟结果基本反映了青山嘴水库 8、9 月份垂向水温分布结构。

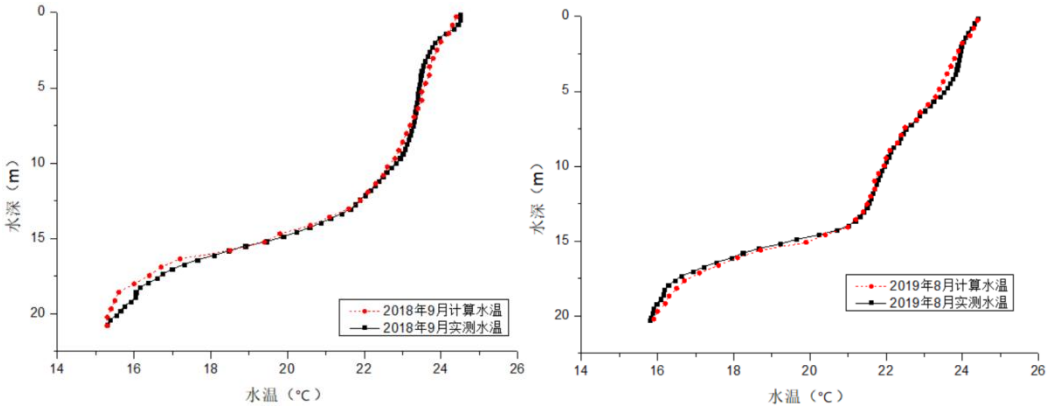



**图 5.5.3-1　　青山嘴水库水温率定成果图**

经率定的模型热平衡参数取值见表 5.5.3-1。

**表 5.5.3-1　青山嘴水库热平衡参数率定数值**

| 项目 | 衰减系数α | 表面吸热系数β | 太阳辐射运量影响系数A | 太阳辐射运量影响系数B | 蒸发系数 A | 蒸发系数 B |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 热平衡参数值 | 2 | 0.2 | 0.45 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |

小石门水库水温模型参数包括水气界面热交换参数、温度紊动扩散系数等，移用类比水库青山嘴水库水温模型的参数。两个水库的地理位置、高程、气象条件等都接近，主要差别是水库来水条件、水库规模和调节能力等存在差异，小石门水库库容与青山嘴水库接近，调节能力为年调节，比青山嘴水库（不完全年调节）的调节能力强。综合分析，小石门水库的水温调节能力要强于青山嘴水库，小石门水库的吸热和放热过程要缓于青山嘴水库，水库蓄热量要大于青山嘴水库。

基于以上分析，小石门水库库区水温结构预测采用的热平衡参数值见表 5.5.3-2，垂向热扩散比例系数为 0.01，水平热扩散比例系数为 0.1。

**表 5.5.3-2　　热平衡参数率定数值**

| 项目 | 衰减系数α | 表面吸热系数β | 太阳辐射运量影响系数A | 太阳辐射运量影响系数B | 蒸发系数 A | 蒸发系数 B |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 热平衡参数值 | 2 | 0.2 | 0.45 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |

**5.5.3.3 小石门水库水温结构预测成果**

1、边界条件

基于前面所构建的水库立面二维水温模型，预测分析了 p=25%、p=50%和 p=90%来水条件下水库坝前水温结构。

气象要素采用坝址处多年平均统计值。以小石门水库典型年的逐月入库流量作为水库水温模型的入流边界条件。入流流量如表 5.5.3-3 所示，入库水温上边界条件为考虑了滇中二期来水水温影响后的小石门水库库尾入流水温，其中枯水年由于滇中二期补水较多而入流水温偏低。

**表 5.5.3-3　　小石门水库典型年入库流量**

| | 入库流量（$m^3/s$） | | | 入流水温（℃） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 月份 | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 6 月 | 2.45 | 2.38 | 3.50 | 20.8 | 21.5 | 20.3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 月 | 11.09 | 6.71 | 4.86 | 20.0 | 20.0 | 19.5 |
| 8 月 | 15.80 | 15.16 | 5.22 | 19.0 | 19.0 | 18.9 |
| 9 月 | 21.02 | 6.76 | 5.64 | 17.0 | 17.0 | 16.8 |
| 10 月 | 14.54 | 3.78 | 7.80 | 15.0 | 15.0 | 14.6 |
| 11 月 | 6.81 | 4.23 | 3.76 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| 12 月 | 4.68 | 2.15 | 0.72 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| 1 月 | 3.50 | 1.85 | 0.46 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| 2 月 | 2.43 | 1.53 | 0.26 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| 3 月 | 2.11 | 1.31 | 0.33 | 14.0 | 14.0 | 14.0 |
| 4 月 | 1.55 | 1.25 | 0.30 | 17.0 | 17.0 | 17.0 |
| 5 月 | 0.93 | 0.32 | 0.21 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

2、水库运行调度

按照可行性研究报告，丰水年（P=25%）、平水年（P=50%）和枯水年（P=90%）水库的运行特性和下泄过程如表 5.5.3-4。

**表 5.5.3-4　小石门水库典型年出库流量及运行水位**

| 月份 | 水库水位（m） | | | 出库流量（$m^3/s$） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P=25% | P=50% | P=90% | P=25% | P=50% | P=90% |
| 6 月 | 1645.19 | 1664.78 | 1642.21 | 3.6 | 2.98 | 3.52 |
| 7 月 | 1659.05 | 1670.2 | 1652.32 | 2.98 | 2.62 | 2.82 |
| 8 月 | 1673 | 1673 | 1658.11 | 5.57 | 12.91 | 2.87 |
| 9 月 | 1673 | 1673 | 1661.96 | 20.9 | 6.64 | 2.93 |
| 10 月 | 1673 | 1672.93 | 1668.45 | 14.36 | 3.66 | 3.85 |
| 11 月 | 1673 | 1673 | 1665.49 | 6.81 | 4.17 | 3.7 |
| 12 月 | 1673 | 1671.62 | 1661.34 | 4.67 | 3.26 | 3.62 |
| 1 月 | 1673 | 1669.4 | 1657.25 | 3.5 | 3.58 | 3.13 |
| 2 月 | 1671.76 | 1666.58 | 1652.61 | 3.54 | 3.88 | 3.38 |
| 3 月 | 1670.28 | 1663.44 | 1647.57 | 3.27 | 3.58 | 3.15 |
| 4 月 | 1668.37 | 1660.5 | 1641.94 | 3.07 | 3.33 | 3.26 |
| 5 月 | 1665.6 | 1655.79 | 1634.23 | 2.98 | 3.36 | 3.68 |

3、取水方式

小石门水库水位变幅较大，最高月末水位为 1673m，最低月末水位 1601.85m，变幅达 71.15m。对小石门水库 48 年序列共 576 月次的月末水位进行统计，得到小石门水库月末水位的分布状况，详见图 5.5.3-2 及表 5.5.3-5。

**表 5.5.3-5　小石门水库月末水位频率分布**

| 水位 | 次数 | 频率 | 累积频率 |
|---|---|---|---|
| ≥1665 | 294 | 51.04% | 51.04% |
| 1665~1655 | 135 | 23.44% | 74.48% |
| 1655~1645 | 85 | 14.76% | 89.24% |
| 1645~1635 | 41 | 7.12% | 96.35% |
| 1635~1625 | 10 | 1.74% | 98.09% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1625~1615 | 5 | 0.87% | 98.96% |
| 1615~1605 | 5 | 0.87% | 99.83% |
| 1605~1595 | 1 | 0.17% | 100.00% |
| 合计 | 576 | | |

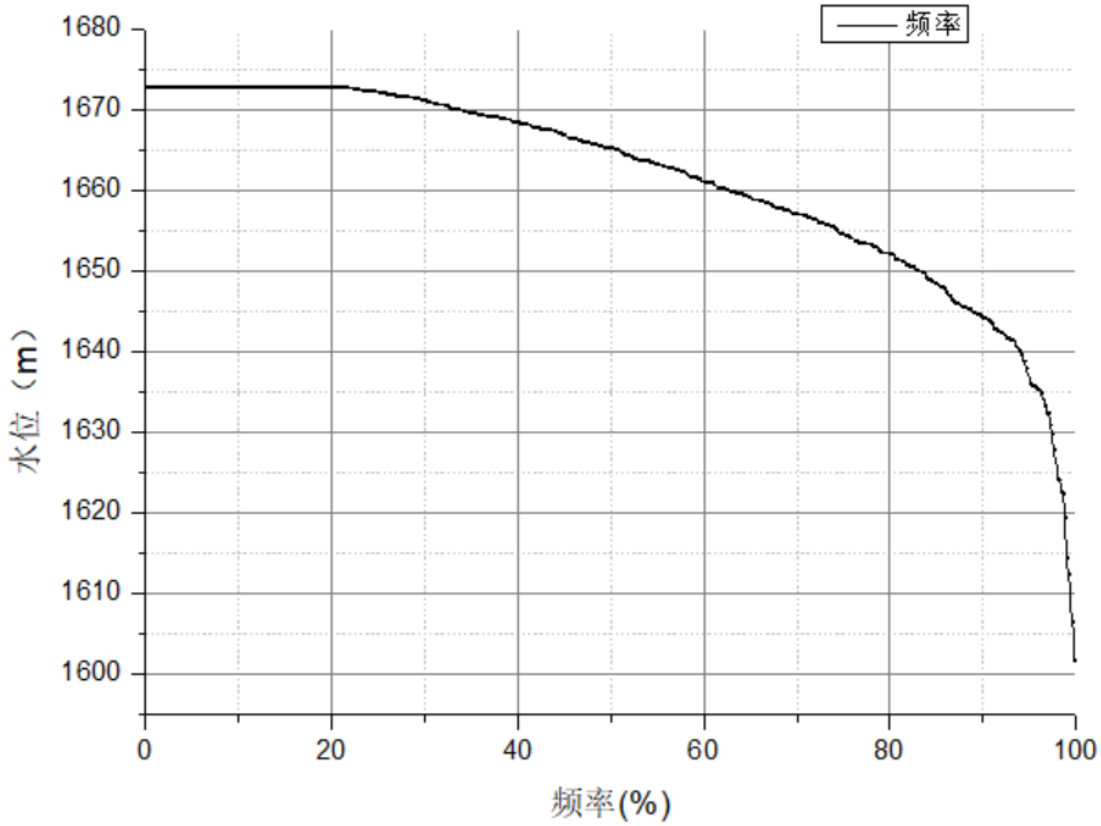



**图 5.5.3-2　小石门水库各月水位频率分布图**

由表 5.5.3-5 可见，水库运行期间，绝大多数月份的月末水位在 1625m 以上，占所有月次的 98.09%，其中，≥1665m 占 51.04%，1665~1655m 占 23.44%，1655~1645m 占 14.76%，1645~1635m 占 7.12%，1635~1625m 占 1.74%，1625m 以下仅占 1.91%。

为了改善取水建筑物抗震能力，最大程度减轻水库取水对农业灌溉供水及下游河道水温的影响，同时考虑到取水建筑物的运行便利，根据小石门水库的水位变化特点，本项目中考虑了分层取水和表层取水方式进行取水。

其中，分层取水隧洞取水口采用半井半塔型式，共设置 5 层取水口，上部 3 层取水口为塔式分层取水口，进水口底板高程分别为 1657.80m 、1640.60m 、1623.40m；下部 2 层取水口自取水塔下竖井设置短洞取水，取水底板高程分别为 1596.50m（50 年泥沙淤积高程）、1588.00m（40 年泥沙淤积高程），其中第五层取水口为放空进水口，仅在水库放空时进水，在正常输水工况时均由闸门控制为

关闭状态。五层进水口均设置尺寸为 2.8m×2.8m 的平板隔水钢闸门，下游设置尺寸为 2.8m×2.8m 的平板事故检修闸门。为防止产生贯通式漏斗旋涡，进水口最小淹没深度取为 1.73m。

表层取水采用浮筒门结合分层取水口取水方案，其中分层取水塔整体高度为 92.70m，采用半井半塔式布置型式，共设置 7 层进水口，取水塔自上而下第 1~5 层取水口的底板高程分别为 1663.000m、1653.000m、1643.000m、1633.000m 和 1623.000m，第 6 层进水口取水口底板高程为 1596.500m，可确保水库在死水位工况时（水库死水位为 1601.400m）满足最大取水流量 13.20$m^3$/s 的要求，第 7 层取水口进水口底板高程为 1588.000m（水库 40 年泥沙淤积高程），仅在水库放空时进水。取水塔高程 1620.000～1678.700m 段为塔式结构，在该段进水面设 1 道拦污栅，并配置机械清污机。同时在该段拦污栅和进水口之前设浮筒式取水门，浮筒式取水门整体高度 14.0m（其中，上浮筒高度为 0.54m，中拦污栅高度为 4.00m，下浮筒高度为 9.46m），水平断面为半径为 2.9m 的半圆。水体流过进水面拦污栅后，通过浮筒式取水门的拦污栅流入浮筒内，最后通过第 1～5 层进水口流入隧洞内。

本评价对 5 层取水方式及表层取水方式下所有月次的取水水深进行了统计，分别见表 5.5.3-6 及表 5.5.3-7。

**表 5.5.3-6　5 层取水方式下的取水水深分布情况**

| 取水口层号 | 底板高程水位(m) | 层高(m) | 最低启用水位(m) | 启用次数 | 启用频率 | 平均水深(m) | 最大水深(m) | 最小水深（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1# | 1657.8 | 17.2 | 1659.53 | 348 | 60.4% | 11.93 | 15.2 | 3.47 |
| 2# | 1640.6 | 17.2 | 1642.33 | 175 | 30.4% | 13.25 | 20.65 | 3.52 |
| 3# | 1623.4 | 17.2 | 1625.13 | 41 | 7.1% | 14.77 | 20.6 | 3.5 |
| 4# | 1596.5 | 26.9 | 1598.23 | 12 | 2.1% | 19.72 | 29.52 | 5.35 |
| 5# | 1588 | 8.5 | 1589.73 | 0 | 0% | | | |

**表 5.5.3-7　表层取水方式下的取水水深分布情况**

| 取水口层号 | 底板高程水位(m) | 最低启用水位(m) | 启用次数 | 启用频率 | 平均水深(m) | 最大水深(m) | 最小水深（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1# | 1663 | 1667 | 260 | 45.1% | 4 | 4 | 4 |
| 2# | 1653 | 1657 | 149 | 25.9% | 4 | 4 | 4 |
| 3# | 1643 | 1647 | 90 | 15.6% | 4 | 4 | 4 |
| 4# | 1633 | 1637 | 48 | 8.3% | 4 | 4 | 4 |
| 5# | 1623 | 1625.126 | 18 | 3.1% | 4.2 | 8.1 | 2.53 |
| 6# | 1596.5 | 1598.23 | 11 | 1.9% | 18.8 | 27.8 | 5.35 |
| 7# | 1588 | 1588 | 0 | 0 | | | |

由表 5.5.3-6 可见，5 层分层取水方式下，各层的层高分别为 17.2m、17.2m、17.2m、26.9m 及 8.5m，而相应的启用频率分别为 60.4%、30.4%、7.1%、2.1%及 0%，前 4 层的平均取水水深分别为 11.93m、13.25m、14.77m、19.72m，而各层中最大取水水深分别为 15.2m、20.65m、20.6m、29.52m。可见，第一、第二层取水口运用几率最大，两者启用频率合计达到了 90.8%，而这两层平均取水水深分别为 11.93m、13.25m，其取水水深较为合理；相对而言，第三层、第四层平均取水水深略有增加，分别为 14.77m、19.72m，但启用频率较小，分别仅为 7.1%、2.1%。

由表 5.5.3-7 可见，表层取水方式下，在使用 1#~4#取水口的情况下，取水水深均为 4m，相应启用频率分别为 45.1%、25.9%、15.6%、8.3%；第 5#取水口的启用频率为 3.1%，平均取水水深为 4.2m；第 6#取水口的启用频率仅为 1.9%，平均水深为 18.8m。

可见，5 层分层取水及表层取水均较好地适应了小石门水库水位的年内变化，但相对而言，5 层分层取水的取水平均水深仍偏高，而表层取水水深显著较小，其取表层水的能力更强。

为分析分层取水对下游水生生物及农业灌溉水温影响的效果，按照底孔取水、5 层分层取水和表层取水设置三种取水情景，其中底孔取水底板高程取 1596.50m。三种取水方式不同典型年内的实际取水情形见表 5.5.3-8~表 5.5.3-10。

**表 5.5.3-8　不同取水方式实际取水底板高程及取水水深表（丰水年）**

**单位：m**

| 月份 | P=25% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水位 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
| | | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 |
| 6 月 | 1645.19 | 1596.5 | 48.69 | 1640.6 | 4.59 | 1633 | 4 |
| 7 月 | 1659.05 | 1596.5 | 62.55 | 1640.6 | 18.45 | 1653 | 4 |
| 8 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 9 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 10 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 11 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 12 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 1 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 2 月 | 1671.76 | 1596.5 | 75.26 | 1657.8 | 13.96 | 1663 | 4 |
| 3 月 | 1670.28 | 1596.5 | 73.78 | 1657.8 | 12.48 | 1663 | 4 |
| 4 月 | 1668.37 | 1596.5 | 71.87 | 1657.8 | 10.57 | 1663 | 4 |
| 5 月 | 1665.6 | 1596.5 | 69.1 | 1657.8 | 7.8 | 1663 | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Min | 1645.19 | | 48.69 | | 4.59 | | 4 |
| max | 1673 | | 76.5 | | 18.45 | | 4 |

**表 5.5.3-9　不同取水方式实际取水底板高程及取水水深表（平水年）**

**单位：m**

| 月份 | P=50% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水位 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
| | | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 |
| 6 月 | 1664.78 | 1596.5 | 68.28 | 1657.8 | 6.98 | 1653 | 4 |
| 7 月 | 1670.2 | 1596.5 | 73.7 | 1657.8 | 12.4 | 1663 | 4 |
| 8 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 9 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 10 月 | 1672.93 | 1596.5 | 76.43 | 1657.8 | 15.13 | 1663 | 4 |
| 11 月 | 1673 | 1596.5 | 76.5 | 1657.8 | 15.2 | 1663 | 4 |
| 12 月 | 1671.62 | 1596.5 | 75.12 | 1657.8 | 13.82 | 1663 | 4 |
| 1 月 | 1669.4 | 1596.5 | 72.9 | 1657.8 | 11.6 | 1663 | 4 |
| 2 月 | 1666.58 | 1596.5 | 70.08 | 1657.8 | 8.78 | 1653 | 4 |
| 3 月 | 1663.44 | 1596.5 | 66.94 | 1657.8 | 5.64 | 1653 | 4 |
| 4 月 | 1660.5 | 1596.5 | 64 | 1657.8 | 2.7 | 1653 | 4 |
| 5 月 | 1655.79 | 1596.5 | 59.29 | 1640.6 | 15.19 | 1643 | 4 |
| Min | 1655.79 | | 59.29 | | 2.7 | | 4 |
| max | 1673 | | 76.5 | | 15.2 | | 4 |

**表 5.5.3-10　不同取水方式实际取水底板高程及取水水深表（枯水年）**

**单位：m**

| 月份 | P=90% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水位 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
| | | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 | 底板高程 | 取水水深 |
| 6 月 | 1642.21 | 1596.5 | 45.71 | 1623.4 | 18.81 | 1633 | 4 |
| 7 月 | 1652.32 | 1596.5 | 55.82 | 1640.6 | 11.72 | 1643 | 4 |
| 8 月 | 1658.11 | 1596.5 | 61.61 | 1640.6 | 17.51 | 1653 | 4 |
| 9 月 | 1661.96 | 1596.5 | 65.46 | 1657.8 | 4.16 | 1653 | 4 |
| 10 月 | 1668.45 | 1596.5 | 71.95 | 1657.8 | 10.65 | 1663 | 4 |
| 11 月 | 1665.49 | 1596.5 | 68.99 | 1657.8 | 7.69 | 1653 | 4 |
| 12 月 | 1661.34 | 1596.5 | 64.84 | 1657.8 | 3.54 | 1653 | 4 |
| 1 月 | 1657.25 | 1596.5 | 60.75 | 1640.6 | 16.65 | 1653 | 4 |
| 2 月 | 1652.61 | 1596.5 | 56.11 | 1640.6 | 12.01 | 1643 | 4 |
| 3 月 | 1647.57 | 1596.5 | 51.07 | 1640.6 | 6.97 | 1643 | 4 |
| 4 月 | 1641.94 | 1596.5 | 45.44 | 1623.4 | 18.54 | 1633 | 4 |
| 5 月 | 1634.23 | 1596.5 | 37.73 | 1623.4 | 10.83 | 1623 | 4 |
| Min | 1634.23 | | 37.73 | | 3.54 | | 4 |
| max | 1668.45 | | 71.95 | | 18.81 | | 4 |

由以上三表可见：运行期间，平水年小石门水库年内水位变幅在 1655.79~1673m 之间，底孔取水底板高程以上取水水深在 59.29~76.5m 之间； 5 层分层取水口底板高程以上实际取水水深为 2.7~15.2m 之间；丰水年水库年内水

位变幅在 1645.19~1673m 之间，底孔取水、5 层分层取水水深分别在：48.69~76.5m、4.59~18.45m 之间；枯水年水库年内水位变幅在 1634.23~1668.45m 之间，底孔取水、5 层分层取水水深分别在：37.73~71.95m、3.54~18.81m 之间。平水年、丰水年、枯水年小石门水库年内各种水位变幅下，取水水深均为 4m。

综合以上分析，5 层分层取水及表层取水方式较好地适应了小石门水库水位变幅较大的特点，可以有效地降低取水水深。其中，表层取水降低取水水深的效果最好。

4、坝前水温结构预测结果

依据构建的水库立面二维水温模型，本节预测分析了 P=25%、P=50%和 P=90%来水条件下水库坝前水温结构。计算结果显示，小石门水库水温结构属于稳定分层型，10 至 2 月垂向水温几乎均匀分布，3~9 月水温呈现分层结构。

本节对水库的底孔取水方式、分层取水方式分别进行了小石门水库水温结构计算。预测结果如下：

各保证率下，底孔取水方式的水库库底水温在 10.8~18.0℃之间，5 层取水则在 10.9~15.7℃之间，表层取水则在 9.2~15.0℃之间；底层取水方式的水库库表水温在 10.9~25.5℃之间，5 层取水为 10.8~25.4℃之间，表层取水则在 10.7~25.4℃之间。

各保证率下，底层取水方式下水库的表底温差在 0.0~12.9℃，最大温差为 12.9℃，出现在丰水年 6 月份；5 层取水为-0.1~13.7℃之间，最大温差为 13.7℃，出现在丰水年 6 月份；表层取水为-0.1~14.0℃之间，最大温差为 14.0℃，出现在枯水年 6 月份。

不同典型年坝前水温结构详细如下：

**1）P=25%丰水年**

P=25%丰水年下，不同情景下库表库底水温及温差见表 5.5.3-11 及图 5.5.3-3、5.5.3-4、5.5.3-5。

**表 5.5.3-11　丰水年电站不同取水方式库表、库底水温及温差**

| 月份 | 底孔取水 | | | 分层取水 | | | 表层取水 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） |
| 1 月 | 10.9 | 10.9 | 0.0 | 10.8 | 10.9 | 0.1 | 10.7 | 10.8 | 0.1 |
| 2 月 | 11.7 | 11.0 | -0.8 | 11.7 | 10.9 | -0.8 | 11.9 | 10.8 | -1.0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 月 | 14.5 | 11.0 | -3.5 | 14.5 | 10.9 | -3.6 | 14.5 | 10.8 | -3.7 |
| 4 月 | 18.1 | 11.1 | -7.0 | 18.1 | 11.0 | -7.1 | 18.1 | 10.9 | -7.2 |
| 5 月 | 21.6 | 11.5 | -10.2 | 21.7 | 11.2 | -10.5 | 21.7 | 11.1 | -10.6 |
| 6 月 | 25.1 | 12.3 | -12.9 | 25.1 | 11.3 | -13.7 | 24.9 | 11.3 | -13.7 |
| 7 月 | 25.5 | 13.6 | -11.9 | 25.4 | 11.9 | -13.5 | 24.7 | 12.1 | -12.6 |
| 8 月 | 22.1 | 15.8 | -6.3 | 22.6 | 13.4 | -9.3 | 20.8 | 13.3 | -7.4 |
| 9 月 | 19.1 | 17.2 | -1.9 | 19.3 | 14.7 | -4.7 | 19.3 | 14.0 | -5.3 |
| 10 月 | 17.0 | 15.2 | -1.7 | 17.2 | 15.3 | -1.9 | 17.0 | 14.9 | -2.1 |
| 11 月 | 14.2 | 12.5 | -1.7 | 14.5 | 12.6 | -2.0 | 14.3 | 12.4 | -1.9 |
| 12 月 | 11.8 | 10.8 | -0.9 | 11.8 | 10.9 | -0.9 | 11.5 | 10.8 | -0.8 |
| 最大 | 25.5 | 17.2 | 0.0 | 25.4 | 15.3 | 0.1 | 24.9 | 14.9 | 0.1 |
| 最小 | 10.9 | 10.8 | -12.9 | 10.8 | 10.9 | -13.7 | 10.7 | 10.8 | -13.7 |

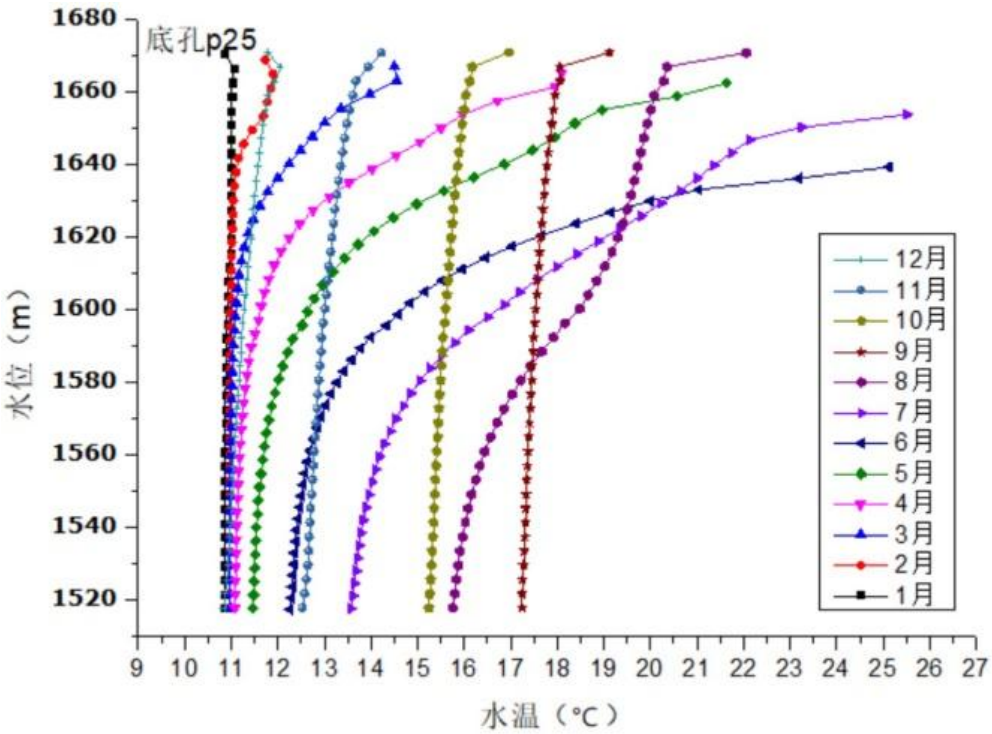



**图 5.5.3-3　底孔取水丰水年（P=25%）坝前水温结构**

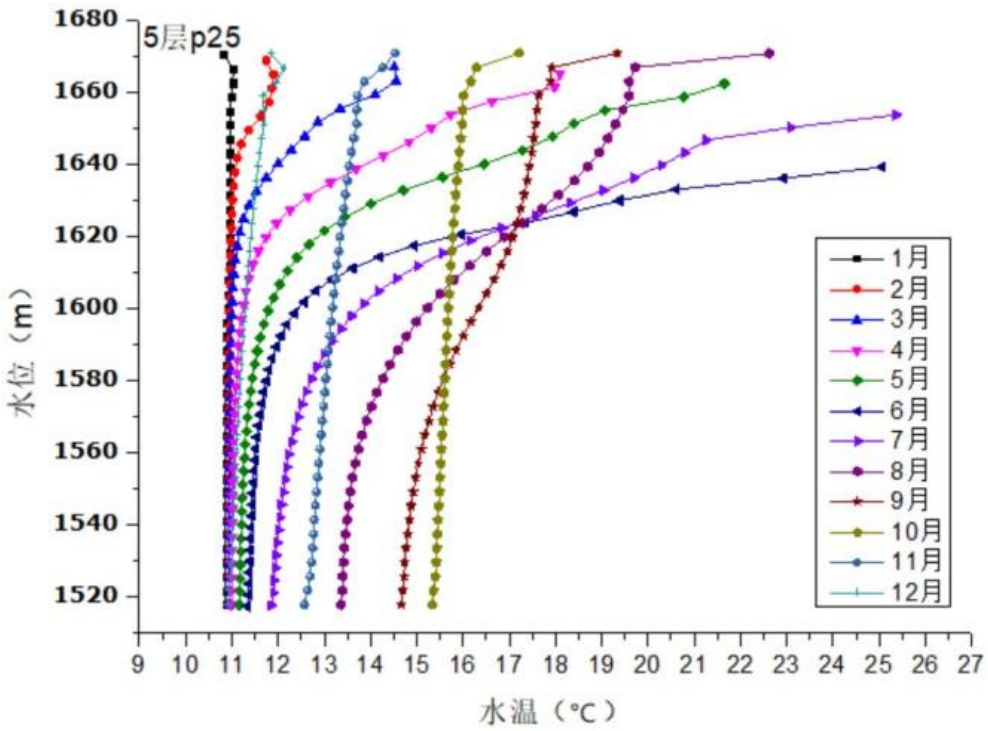



**图 5.5.3-4　5 层取水丰水年（P=25%）坝前水温结构**

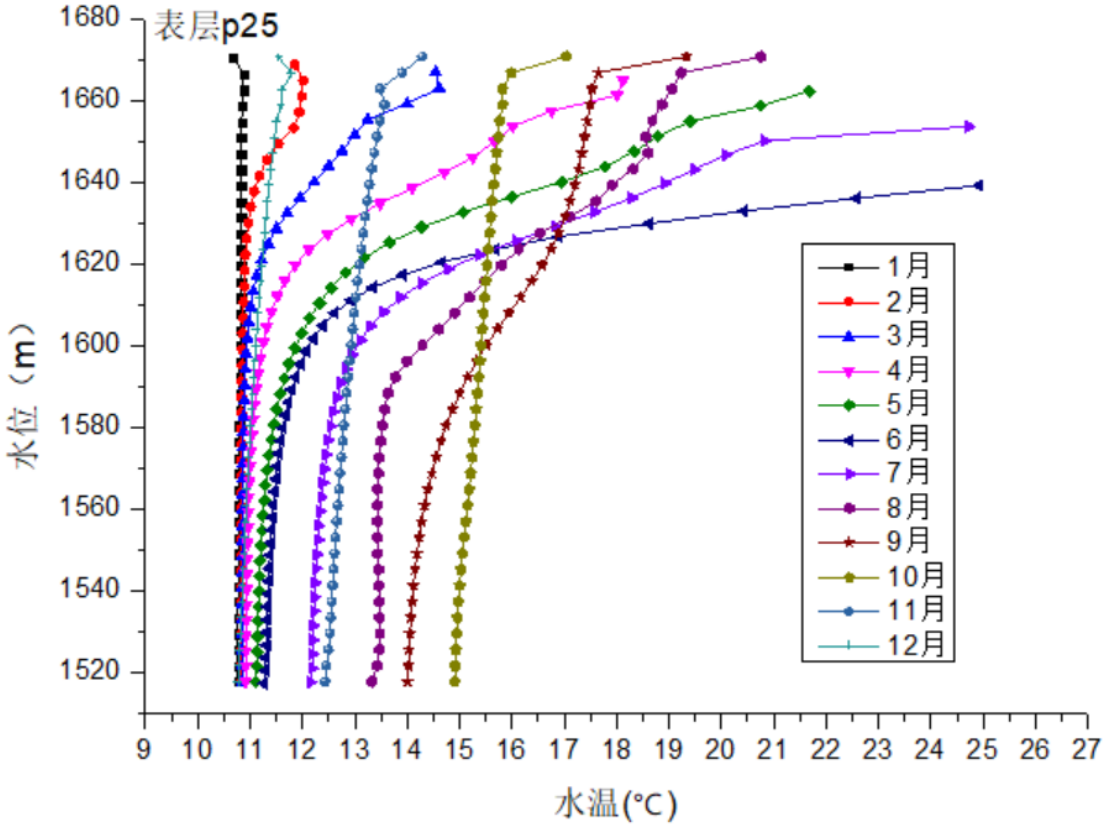



**图 5.5.3-5　表层取水丰水年（P=25%）坝前水温结构**

**2）P=50%平水年**

P=50%平水年下，不同取水情景下的水库水温结构见图 5.5.3-6~图 5.5.3-8。不同情景下库表库底水温及温差见表 5.5.3-12。

**表 5.5.3-12　平水年水库不同取水方式库表、库底水温及温差**

| 月份 | 底孔取水 | | | 5 层分层取水 | | | 表层取水 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） | 库表（℃） | 库底（℃） | 温差（℃） |
| 1 月 | 11.1 | 11.1 | 0.0 | 10.8 | 10.9 | 0.1 | 10.8 | 10.9 | 0.1 |
| 2 月 | 11.6 | 11.2 | -0.4 | 11.6 | 11.0 | -0.7 | 11.7 | 10.9 | -0.8 |
| 3 月 | 14.4 | 11.2 | -3.2 | 14.5 | 11.0 | -3.5 | 14.5 | 10.9 | -3.5 |
| 4 月 | 17.9 | 11.3 | -6.7 | 18.0 | 11.0 | -7.1 | 18.1 | 11.0 | -7.1 |
| 5 月 | 21.5 | 11.5 | -10.0 | 21.5 | 11.1 | -10.4 | 21.5 | 11.1 | -10.4 |
| 6 月 | 23.6 | 12.2 | -11.4 | 23.9 | 11.5 | -12.4 | 23.7 | 11.4 | -12.3 |
| 7 月 | 22.9 | 13.4 | -9.6 | 23.3 | 12.1 | -11.1 | 23.2 | 12.1 | -11.1 |
| 8 月 | 21.4 | 15.2 | -6.2 | 21.9 | 13.1 | -8.8 | 22.2 | 13.2 | -8.9 |
| 9 月 | 19.4 | 17.0 | -2.4 | 19.2 | 14.0 | -5.2 | 19.3 | 14.3 | -5.1 |
| 10 月 | 17.4 | 15.5 | -1.9 | 17.1 | 14.8 | -2.4 | 17.2 | 15.0 | -2.2 |
| 11 月 | 14.8 | 12.8 | -2.0 | 14.5 | 12.6 | -1.9 | 14.4 | 12.6 | -1.8 |
| 12 月 | 12.1 | 11.1 | -1.1 | 11.8 | 10.9 | -1.0 | 11.7 | 10.9 | -0.8 |
| 最大 | 23.6 | 17.0 | 0.0 | 23.9 | 14.8 | 0.1 | 23.7 | 15.0 | 0.1 |
| 最小 | 11.1 | 11.1 | -11.4 | 10.8 | 10.9 | -12.4 | 10.8 | 10.9 | -12.3 |

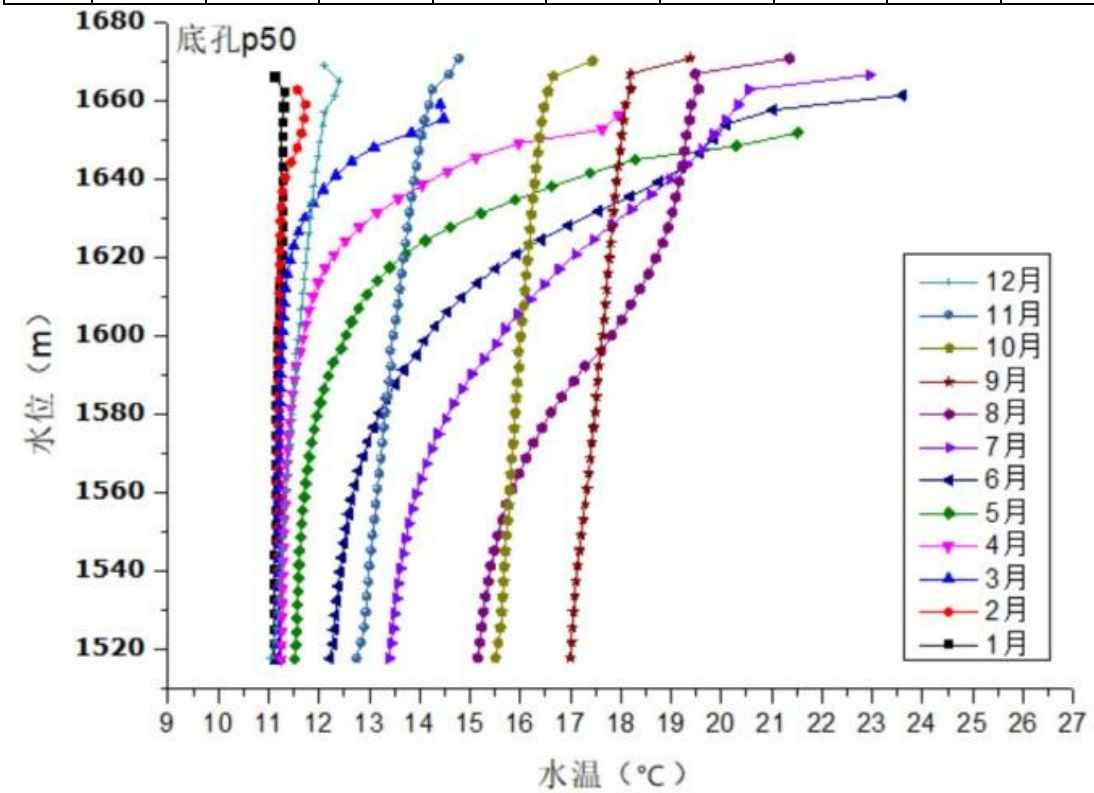



**图 5.5.3-6　底孔取水平水年（P=50%）坝前水温结构**

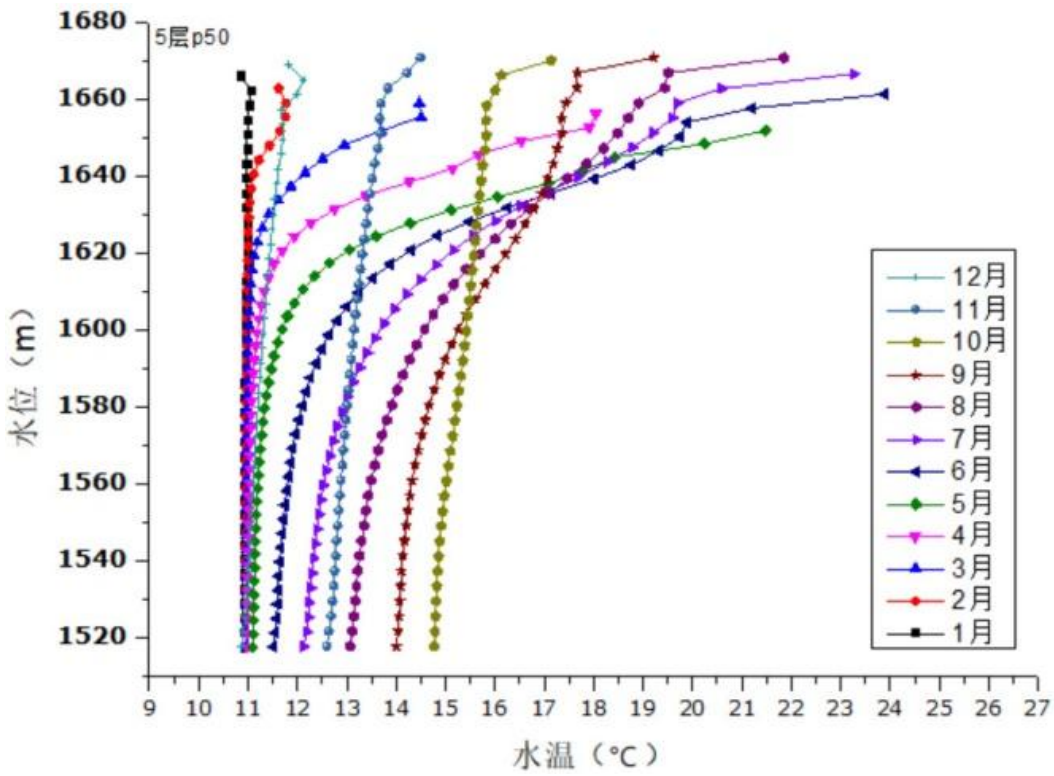



**图 5.5.3-7　5 层取水平水年（P=50%）坝前水温结构**

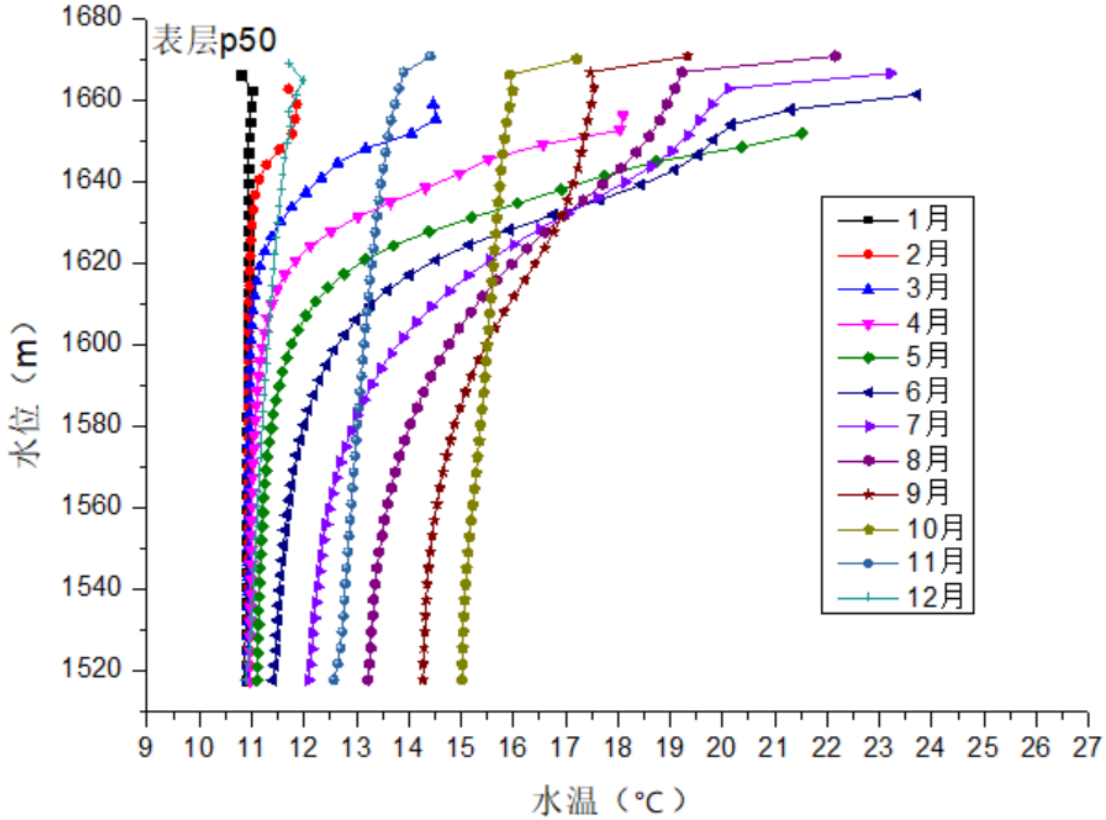



**图 5.5.3-8　表层取水平水年（P=50%）坝前水温结构**

**3）P=90%枯水年**

P=90%枯水年下，不同取水情景下的水库水温结构见图 5.5.3-9~图 5.5.3-11。不同情景下库表库底水温及温差见表 5.5.3-13。

**表 5.5.3-13　枯水年电站不同取水方式库表、库底水温及温差**

| 月份 | 底孔取水 | | | 5 层分层 | | | 表层取水 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 库表 | 库底 | 温差 | 库表 | 库底 | 温差 | 库表 | 库底 | 温差 |
| 1 月 | 11.7 | 11.4 | -0.3 | 11.9 | 11.5 | -0.4 | 11.8 | 11.5 | -0.3 |
| 2 月 | 11.8 | 11.6 | -0.1 | 11.9 | 11.8 | -0.1 | 11.8 | 11.7 | -0.1 |
| 3 月 | 14.2 | 11.6 | -2.6 | 14.3 | 11.8 | -2.5 | 14.3 | 11.7 | -2.6 |
| 4 月 | 17.8 | 11.7 | -6.1 | 17.9 | 11.8 | -6.0 | 17.8 | 11.7 | -6.0 |
| 5 月 | 21.5 | 11.8 | -9.7 | 21.6 | 11.9 | -9.7 | 21.3 | 11.8 | -9.5 |
| 6 月 | 25.0 | 12.7 | -12.3 | 24.9 | 11.9 | -13.0 | 23.2 | 9.2 | -14.0 |
| 7 月 | 25.3 | 14.4 | -10.9 | 23.9 | 13.1 | -10.8 | 20.0 | 9.9 | -10.0 |
| 8 月 | 24.7 | 16.5 | -8.3 | 24.4 | 13.9 | -10.4 | 19.1 | 11.2 | -7.9 |
| 9 月 | 21.8 | 18.0 | -3.8 | 21.6 | 15.0 | -6.6 | 19.6 | 11.8 | -7.8 |
| 10 月 | 18.6 | 16.0 | -2.6 | 18.4 | 15.7 | -2.7 | 17.2 | 12.9 | -4.3 |
| 11 月 | 14.5 | 12.7 | -1.8 | 15.3 | 13.1 | -2.2 | 14.5 | 12.9 | -1.6 |
| 12 月 | 12.5 | 11.6 | -0.9 | 13.0 | 11.8 | -1.2 | 12.6 | 11.6 | -1.0 |
| 最大 | 25.3 | 18.0 | -0.1 | 24.9 | 15.7 | -0.1 | 23.2 | 12.9 | -0.1 |
| 最小 | 11.7 | 11.4 | -12.3 | 11.9 | 11.5 | -13.0 | 11.8 | 9.2 | -14.0 |

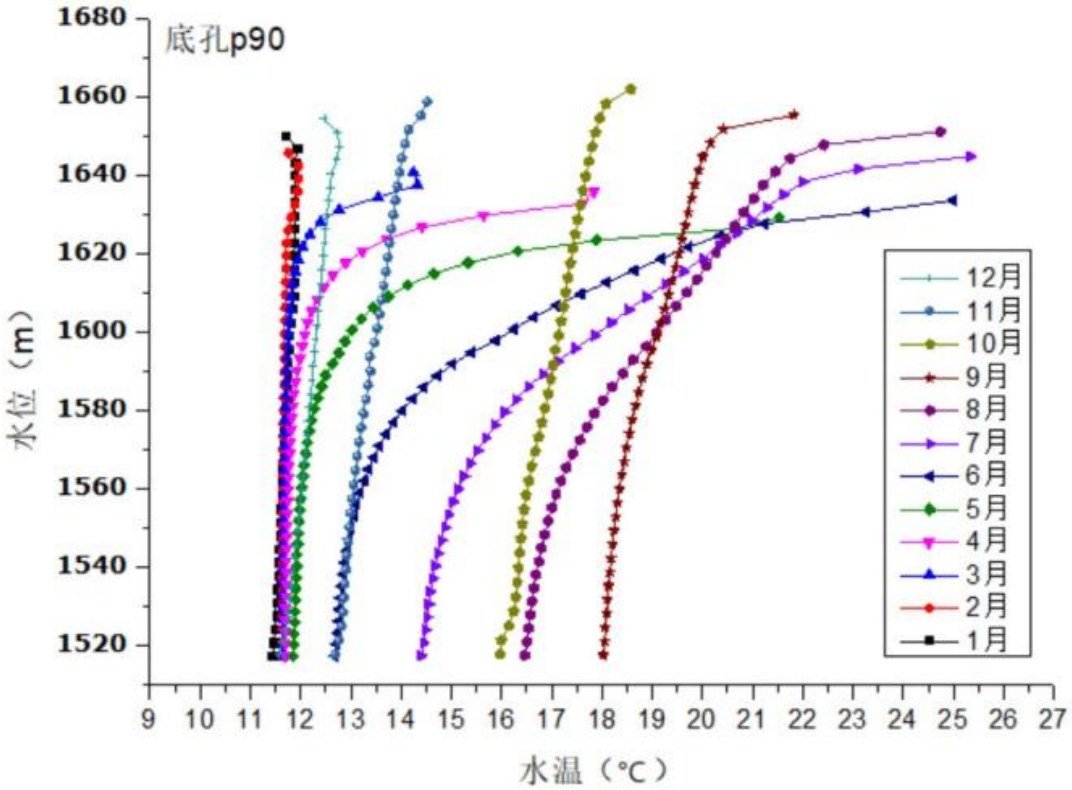



**图 5.5.3-9　底孔取水枯水年（P=90%）坝前水温结构**

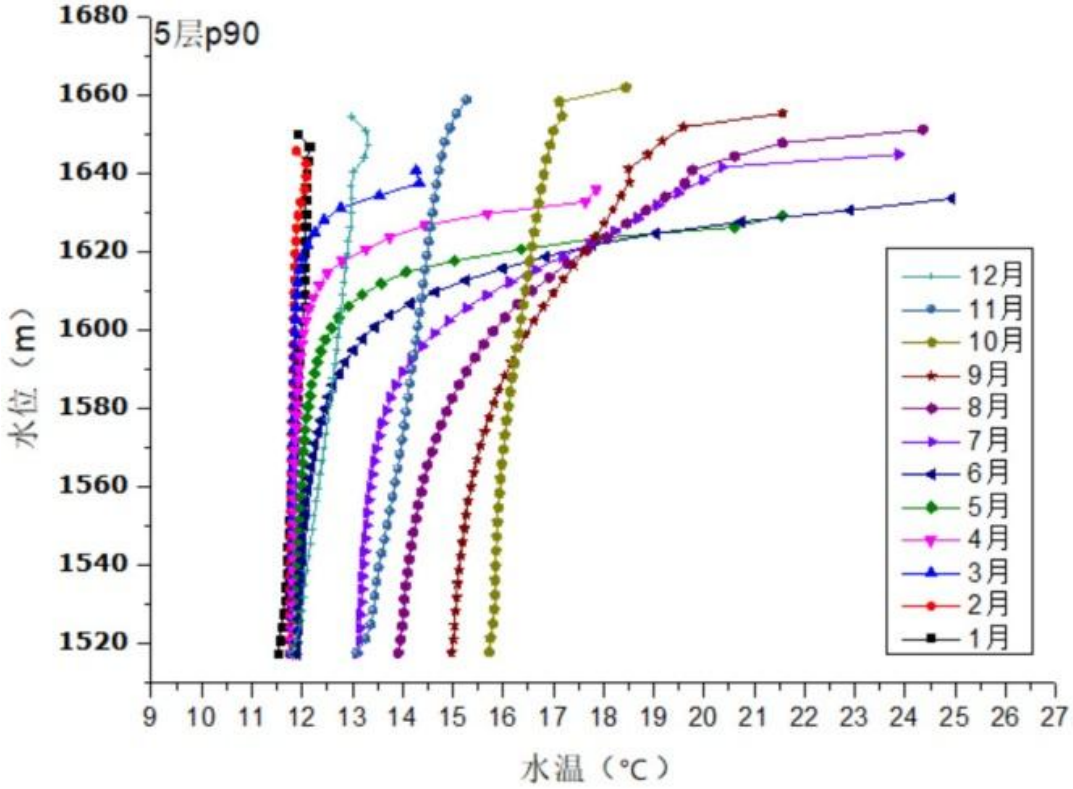



**图 5.5.3-10　5 层取水枯水年（P=90%）坝前水温结构**

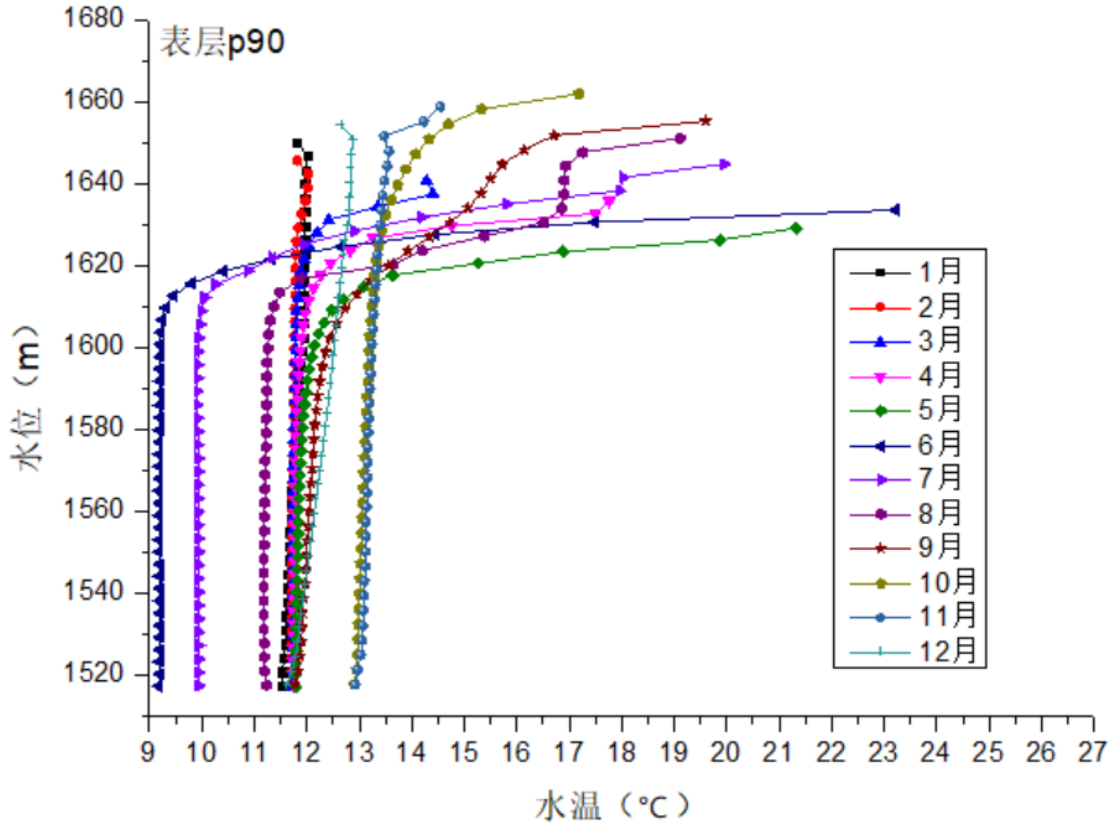



**图 5.5.3-11　表层取水枯水年（P=90%）坝前水温结构**

#### 5.5.3.4 水库下泄水温变化

各保证率下，不同水库取水情景下的水库下泄水温为：底孔取水方式为10.9~19.1℃之间，5 层分层取水在 11.1~21.0℃之间，表层取水在 10.8~23.7℃之间。

不同取水方式下水库下泄水温过程与河道天然水温的比较如下（见表5.5.3-14~5.5.3-16）。

不同来水条件下，水库采用底孔取水方式取水时下泄水温与坝址河道天然水温比较，底孔取水方式下 2 月至 8 月坝址处水库下泄水温低于天然河道水温；9 月与天然水温接近，10~1 月坝址处水库下泄水温总体上高于天然河道水温，旬最大水温下降幅度出现在平水年 5 月下旬，最大降幅为 7.8℃，旬最大水温升幅为 2.6℃，出现在枯水年的 10 月上旬。。

在采取 5 层分层取水方式下，旬水温最大降幅为 4.9℃，出现在枯水年 5 月下旬，最大水温升幅为 2.1℃，发生在枯水年的 12 月中旬。

在采取表层取水方式下，旬水温最大降幅为 0.8℃，出现在平水年的 2 月上旬和枯水年的 2 月下旬，旬最大水温升幅为 2.8℃，发生在丰水水年的 7 月中、下旬。

**表 5.5.3-14　P=25%丰水年水库不同取水方式下坝址下泄水温变化**

| 旬 | 天然水温 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 |
| 1 月上旬 | 10.8 | 10.9 | 0.1 | 11.3 | 0.5 | 10.9 | 0.1 |
| 1 月中旬 | 11.0 | 10.9 | -0.1 | 11.2 | 0.2 | 10.8 | -0.2 |
| 1 月下旬 | 11.5 | 10.9 | -0.6 | 11.1 | -0.4 | 10.9 | -0.6 |
| 2 月上旬 | 12.0 | 11.0 | -1.0 | 11.3 | -0.7 | 11.3 | -0.7 |
| 2 月中旬 | 12.5 | 11.0 | -1.5 | 11.8 | -0.7 | 11.9 | -0.6 |
| 2 月下旬 | 13.0 | 11.0 | -2.0 | 12.4 | -0.6 | 12.5 | -0.5 |
| 3 月上旬 | 13.5 | 11.0 | -2.5 | 13.2 | -0.3 | 13.4 | -0.1 |
| 3 月中旬 | 14.0 | 11.1 | -2.9 | 14.2 | 0.2 | 14.6 | 0.6 |
| 3 月下旬 | 15.0 | 11.2 | -3.8 | 15.1 | 0.1 | 15.4 | 0.4 |
| 4 月上旬 | 16.0 | 11.4 | -4.6 | 16.0 | -0.0 | 16.7 | 0.7 |
| 4 月中旬 | 17.0 | 11.6 | -5.4 | 16.5 | -0.5 | 18.1 | 1.1 |
| 4 月下旬 | 18.0 | 11.8 | -6.2 | 17.6 | -0.4 | 19.0 | 1.0 |
| 5 月上旬 | 19.0 | 12.1 | -6.9 | 19.7 | 0.7 | 20.2 | 1.2 |
| 5 月中旬 | 20.0 | 12.5 | -7.5 | 20.6 | 0.6 | 21.2 | 1.2 |
| 5 月下旬 | 20.5 | 12.9 | -7.6 | 19.8 | -0.7 | 21.4 | 0.9 |
| 6 月上旬 | 21.0 | 13.7 | -7.3 | 16.3 | -4.7 | 23.0 | 2.0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 月中旬 | 21.5 | 14.3 | -7.2 | 17.2 | -4.3 | 23.7 | 2.2 |
| 6 月下旬 | 21.0 | 15.1 | -5.9 | 16.9 | -4.1 | 23.7 | 2.7 |
| 7 月上旬 | 20.5 | 15.1 | -5.4 | 17.7 | -2.8 | 21.8 | 1.3 |
| 7 月中旬 | 20.0 | 16.1 | -3.9 | 18.4 | -1.6 | 22.8 | 2.8 |
| 7 月下旬 | 19.7 | 17.1 | -2.5 | 18.9 | -0.7 | 22.5 | 2.8 |
| 8 月上旬 | 19.3 | 17.4 | -1.9 | 18.9 | -0.4 | 21.6 | 2.3 |
| 8 月中旬 | 19.0 | 18.2 | -0.8 | 18.8 | -0.2 | 20.0 | 1.0 |
| 8 月下旬 | 18.3 | 18.5 | 0.2 | 18.3 | -0.0 | 19.9 | 1.5 |
| 9 月上旬 | 17.7 | 18.1 | 0.5 | 17.9 | 0.3 | 19.1 | 1.4 |
| 9 月中旬 | 17.0 | 17.5 | 0.5 | 17.4 | 0.4 | 18.5 | 1.5 |
| 9 月下旬 | 16.3 | 16.9 | 0.5 | 16.9 | 0.5 | 17.9 | 1.5 |
| 10 月上旬 | 15.7 | 16.2 | 0.5 | 16.3 | 0.7 | 17.1 | 1.5 |
| 10 月中旬 | 15.0 | 15.6 | 0.6 | 15.8 | 0.8 | 16.5 | 1.5 |
| 10 月下旬 | 14.0 | 14.8 | 0.8 | 15.2 | 1.2 | 15.9 | 1.9 |
| 11 月上旬 | 13.0 | 13.8 | 0.8 | 14.4 | 1.4 | 14.9 | 1.9 |
| 11 月中旬 | 12.0 | 13.0 | 1.0 | 13.6 | 1.6 | 14.1 | 2.1 |
| 11 月下旬 | 11.5 | 12.3 | 0.9 | 12.8 | 1.4 | 13.3 | 1.8 |
| 12 月上旬 | 10.9 | 11.8 | 0.9 | 12.4 | 1.4 | 12.3 | 1.4 |
| 12 月中旬 | 10.4 | 11.2 | 0.8 | 11.9 | 1.5 | 11.7 | 1.3 |
| 12 月下旬 | 10.6 | 11.0 | 0.4 | 11.6 | 1.0 | 11.2 | 0.6 |
| 最小值 | 10.4 | 10.9 | -7.6 | 11.1 | -4.7 | 10.8 | -0.7 |
| 最大值 | 21.5 | 18.5 | 1.0 | 20.6 | 1.6 | 23.7 | 2.8 |

**表 5.5.3-15　P=50%平水年水库不同取水方式下坝址下泄水温变化**

| 旬 | 天然水温 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 |
| 1 月上旬 | 10.8 | 11.2 | 0.4 | 11.3 | 0.5 | 11.0 | 0.2 |
| 1 月中旬 | 11.0 | 11.2 | 0.2 | 11.2 | 0.2 | 10.9 | -0.1 |
| 1 月下旬 | 11.5 | 11.2 | -0.3 | 11.1 | -0.4 | 10.9 | -0.6 |
| 2 月上旬 | 12.0 | 11.2 | -0.8 | 11.2 | -0.8 | 11.2 | -0.8 |
| 2 月中旬 | 12.5 | 11.2 | -1.3 | 11.7 | -0.8 | 11.8 | -0.7 |
| 2 月下旬 | 13.0 | 11.2 | -1.8 | 12.3 | -0.7 | 12.3 | -0.7 |
| 3 月上旬 | 13.5 | 11.2 | -2.3 | 11.8 | -1.7 | 13.3 | -0.2 |
| 3 月中旬 | 14.0 | 11.3 | -2.7 | 12.2 | -1.8 | 14.5 | 0.5 |
| 3 月下旬 | 15.0 | 11.4 | -3.6 | 12.8 | -2.2 | 15.4 | 0.4 |
| 4 月上旬 | 16.0 | 11.5 | -4.5 | 14.1 | -1.9 | 16.7 | 0.7 |
| 4 月中旬 | 17.0 | 11.6 | -5.4 | 14.6 | -2.4 | 18.1 | 1.1 |
| 4 月下旬 | 18.0 | 11.8 | -6.2 | 15.1 | -2.9 | 19.0 | 1.0 |
| 5 月上旬 | 19.0 | 12.2 | -6.8 | 16.4 | -2.6 | 20.2 | 1.2 |
| 5 月中旬 | 20.0 | 12.4 | -7.6 | 17.0 | -3.0 | 20.9 | 0.9 |
| 5 月下旬 | 20.5 | 12.7 | -7.8 | 17.6 | -2.9 | 21.5 | 1.0 |
| 6 月上旬 | 21.0 | 13.4 | -7.6 | 20.7 | -0.3 | 22.1 | 1.1 |
| 6 月中旬 | 21.5 | 13.9 | -7.6 | 20.9 | -0.6 | 22.5 | 1.0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 月下旬 | 21.0 | 14.4 | -6.6 | 20.3 | -0.7 | 21.8 | 0.8 |
| 7 月上旬 | 20.5 | 15.0 | -5.5 | 19.8 | -0.7 | 21.4 | 0.9 |
| 7 月中旬 | 20.0 | 15.5 | -4.5 | 19.7 | -0.3 | 21.7 | 1.7 |
| 7 月下旬 | 19.7 | 16.5 | -3.2 | 19.4 | -0.2 | 21.3 | 1.7 |
| 8 月上旬 | 19.3 | 17.0 | -2.3 | 19.1 | -0.2 | 21.1 | 1.7 |
| 8 月中旬 | 19.0 | 17.6 | -1.4 | 18.8 | -0.2 | 20.7 | 1.7 |
| 8 月下旬 | 18.3 | 18.1 | -0.2 | 18.5 | 0.2 | 20.0 | 1.7 |
| 9 月上旬 | 17.7 | 18.0 | 0.4 | 17.9 | 0.2 | 19.0 | 1.4 |
| 9 月中旬 | 17.0 | 17.6 | 0.6 | 17.4 | 0.4 | 18.4 | 1.4 |
| 9 月下旬 | 16.3 | 17.2 | 0.8 | 16.9 | 0.5 | 17.9 | 1.5 |
| 10 月上旬 | 15.7 | 16.6 | 0.9 | 16.3 | 0.7 | 17.2 | 1.5 |
| 10 月中旬 | 15.0 | 16.0 | 1.0 | 15.8 | 0.8 | 16.6 | 1.6 |
| 10 月下旬 | 14.0 | 15.3 | 1.3 | 15.2 | 1.2 | 15.9 | 1.9 |
| 11 月上旬 | 13.0 | 14.3 | 1.3 | 14.3 | 1.3 | 15.0 | 2.0 |
| 11 月中旬 | 12.0 | 13.4 | 1.4 | 13.3 | 1.3 | 14.2 | 2.2 |
| 11 月下旬 | 11.5 | 12.7 | 1.2 | 12.5 | 1.1 | 13.4 | 1.9 |
| 12 月上旬 | 10.9 | 12.1 | 1.1 | 12.2 | 1.3 | 12.6 | 1.6 |
| 12 月中旬 | 10.4 | 11.5 | 1.1 | 11.8 | 1.4 | 11.8 | 1.4 |
| 12 月下旬 | 10.6 | 11.3 | 0.7 | 11.5 | 0.9 | 11.4 | 0.8 |
| 最小值 | 10.4 | 11.2 | -7.8 | 11.1 | -3.0 | 10.9 | -0.8 |
| 最大值 | 21.5 | 18.1 | 1.4 | 20.9 | 1.4 | 22.5 | 2.2 |

**表 5.5.3-16　P=90%枯水年水库不同取水方式下坝址下泄水温变化**

| 旬 | 天然水温 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 | 下泄水 | 温差 |
| 1 月上旬 | 10.8 | 11.9 | 1.1 | 11.9 | 1.1 | 12.1 | 1.3 |
| 1 月中旬 | 11.0 | 11.8 | 0.8 | 11.7 | 0.7 | 11.9 | 0.9 |
| 1 月下旬 | 11.5 | 11.7 | 0.2 | 11.5 | 0.0 | 11.8 | 0.3 |
| 2 月上旬 | 12.0 | 11.7 | -0.3 | 11.6 | -0.4 | 11.8 | -0.2 |
| 2 月中旬 | 12.5 | 11.7 | -0.8 | 11.7 | -0.8 | 11.9 | -0.6 |
| 2 月下旬 | 13.0 | 11.7 | -1.3 | 12.1 | -0.9 | 12.2 | -0.8 |
| 3 月上旬 | 13.5 | 11.7 | -1.8 | 11.8 | -1.7 | 13.1 | -0.4 |
| 3 月中旬 | 14.0 | 11.7 | -2.3 | 11.9 | -2.1 | 14.3 | 0.3 |
| 3 月下旬 | 15.0 | 11.8 | -3.2 | 12.2 | -2.8 | 15.1 | 0.1 |
| 4 月上旬 | 16.0 | 11.9 | -4.1 | 13.3 | -2.7 | 16.3 | 0.3 |
| 4 月中旬 | 17.0 | 12.0 | -5.0 | 13.7 | -3.3 | 17.6 | 0.6 |
| 4 月下旬 | 18.0 | 12.2 | -5.8 | 14.1 | -3.9 | 18.3 | 0.3 |
| 5 月上旬 | 19.0 | 12.6 | -6.4 | 16.6 | -2.4 | 19.3 | 0.3 |
| 5 月中旬 | 20.0 | 12.9 | -7.1 | 15.2 | -4.8 | 20.6 | 0.6 |
| 5 月下旬 | 20.5 | 13.2 | -7.3 | 15.6 | -4.9 | 21.4 | 0.9 |
| 6 月上旬 | 21.0 | 14.4 | -6.6 | 16.5 | -4.5 | 21.2 | 0.2 |
| 6 月中旬 | 21.5 | 15.4 | -6.1 | 16.8 | -4.7 | 23.2 | 1.7 |
| 6 月下旬 | 21.0 | 16.5 | -4.5 | 17.0 | -4.0 | 21.0 | 0.0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 月上旬 | 20.5 | 16.6 | -3.9 | 20.8 | 0.3 | 20.0 | -0.5 |
| 7 月中旬 | 20.0 | 17.5 | -2.5 | 20.9 | 0.9 | 20.0 | -0.0 |
| 7 月下旬 | 19.7 | 18.2 | -1.5 | 21.0 | 1.3 | 20.7 | 1.0 |
| 8 月上旬 | 19.3 | 18.5 | -0.9 | 19.2 | -0.1 | 22.0 | 2.7 |
| 8 月中旬 | 19.0 | 18.9 | -0.1 | 18.9 | -0.1 | 21.4 | 2.4 |
| 8 月下旬 | 18.3 | 19.1 | 0.8 | 18.7 | 0.4 | 20.5 | 2.2 |
| 9 月上旬 | 17.7 | 19.1 | 1.4 | 18.0 | 0.3 | 18.6 | 1.0 |
| 9 月中旬 | 17.0 | 19.0 | 2.0 | 17.5 | 0.5 | 18.2 | 1.2 |
| 9 月下旬 | 16.3 | 18.7 | 2.4 | 17.0 | 0.7 | 18.4 | 2.0 |
| 10 月上旬 | 15.7 | 18.3 | 2.6 | 16.3 | 0.6 | 15.5 | -0.1 |
| 10 月中旬 | 15.0 | 17.1 | 2.1 | 15.5 | 0.5 | 16.3 | 1.3 |
| 10 月下旬 | 14.0 | 15.1 | 1.1 | 15.1 | 1.1 | 15.8 | 1.8 |
| 11 月上旬 | 13.0 | 14.4 | 1.4 | 14.2 | 1.2 | 15.1 | 2.1 |
| 11 月中旬 | 12.0 | 13.5 | 1.5 | 13.5 | 1.5 | 14.4 | 2.4 |
| 11 月下旬 | 11.5 | 12.9 | 1.4 | 13.2 | 1.7 | 13.9 | 2.4 |
| 12 月上旬 | 10.9 | 12.6 | 1.6 | 12.9 | 2.0 | 13.2 | 2.3 |
| 12 月中旬 | 10.4 | 12.3 | 1.9 | 12.5 | 2.1 | 12.8 | 2.4 |
| 12 月下旬 | 10.6 | 12.1 | 1.5 | 12.2 | 1.6 | 12.5 | 1.9 |
| 最小值 | 10.4 | 11.7 | -7.3 | 11.5 | -4.9 | 11.8 | -0.8 |
| 最大值 | 21.5 | 19.1 | 2.6 | 21.0 | 2.1 | 23.2 | 2.7 |

与河流天然水温过程相比较，将两种取水方式、不同典型年下鱼类繁殖季的取水水温及恢复效果列表（见表 5.5.3-17）：

**表 5.5.3-17　鱼类繁殖季（4~8 月）取水水温及恢复效果一览表**

| 典型年 | 旬 | 天然水温 | 底孔取水 | | 5 层分层取水 | | 表层取水 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 下泄水温 | 温差 | 下泄水温 | 温差 | 下泄水温 | 温差 |
| P=25%丰水年 | 4 月上旬 | 16.0 | 11.4 | -4.6 | 16.0 | -0.0 | 16.7 | 0.7 |
| | 4 月中旬 | 17.0 | 11.6 | -5.4 | 16.5 | -0.5 | 18.1 | 1.1 |
| | 4 月下旬 | 18.0 | 11.8 | -6.2 | 17.6 | -0.4 | 19.0 | 1.0 |
| | 5 月上旬 | 19.0 | 12.1 | -6.9 | 19.7 | 0.7 | 20.2 | 1.2 |
| | 5 月中旬 | 20.0 | 12.5 | -7.5 | 20.6 | 0.6 | 21.2 | 1.2 |
| | 5 月下旬 | 20.5 | 12.9 | -7.6 | 19.8 | -0.7 | 21.4 | 0.9 |
| | 6 月上旬 | 21.0 | 13.7 | -7.3 | 16.3 | -4.7 | 23.0 | 2.0 |
| | 6 月中旬 | 21.5 | 14.3 | -7.2 | 17.2 | -4.3 | 23.7 | 2.2 |
| | 6 月下旬 | 21.0 | 15.1 | -5.9 | 16.9 | -4.1 | 23.7 | 2.7 |
| | 7 月上旬 | 20.5 | 15.1 | -5.4 | 17.7 | -2.8 | 21.8 | 1.3 |
| | 7 月中旬 | 20.0 | 16.1 | -3.9 | 18.4 | -1.6 | 22.8 | 2.8 |
| | 7 月下旬 | 19.7 | 17.1 | -2.5 | 18.9 | -0.7 | 22.5 | 2.8 |
| | 8 月上旬 | 19.3 | 17.4 | -1.9 | 18.9 | -0.4 | 21.6 | 2.3 |
| | 8 月中旬 | 19.0 | 18.2 | -0.8 | 18.8 | -0.2 | 20.0 | 1.0 |
| | 8 月下旬 | 18.3 | 18.5 | 0.2 | 18.3 | -0.0 | 19.9 | 1.5 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 月上旬 | 16.0 | 11.4 | -4.6 | 16.0 | -0.0 | 16.7 | 0.7 |
| | 4 月中旬 | 17.0 | 11.6 | -5.4 | 16.5 | -0.5 | 18.1 | 1.1 |
| P=50%<br>平水年 | 4 月上旬 | 16.0 | 11.5 | -4.5 | 14.1 | -1.9 | 16.7 | 0.7 |
| | 4 月中旬 | 17.0 | 11.6 | -5.4 | 14.6 | -2.4 | 18.1 | 1.1 |
| | 4 月下旬 | 18.0 | 11.8 | -6.2 | 15.1 | -2.9 | 19.0 | 1.0 |
| | 5 月上旬 | 19.0 | 12.2 | -6.8 | 16.4 | -2.6 | 20.2 | 1.2 |
| | 5 月中旬 | 20.0 | 12.4 | -7.6 | 17.0 | -3.0 | 20.9 | 0.9 |
| | 5 月下旬 | 20.5 | 12.7 | -7.8 | 17.6 | -2.9 | 21.5 | 1.0 |
| | 6 月上旬 | 21.0 | 13.4 | -7.6 | 20.7 | -0.3 | 22.1 | 1.1 |
| | 6 月中旬 | 21.5 | 13.9 | -7.6 | 20.9 | -0.6 | 22.5 | 1.0 |
| | 6 月下旬 | 21.0 | 14.4 | -6.6 | 20.3 | -0.7 | 21.8 | 0.8 |
| | 7 月上旬 | 20.5 | 15.0 | -5.5 | 19.8 | -0.7 | 21.4 | 0.9 |
| | 7 月中旬 | 20.0 | 15.5 | -4.5 | 19.7 | -0.3 | 21.7 | 1.7 |
| | 7 月下旬 | 19.7 | 16.5 | -3.2 | 19.4 | -0.2 | 21.3 | 1.7 |
| | 8 月上旬 | 19.3 | 17.0 | -2.3 | 19.1 | -0.2 | 21.1 | 1.7 |
| | 8 月中旬 | 19.0 | 17.6 | -1.4 | 18.8 | -0.2 | 20.7 | 1.7 |
| | 8 月下旬 | 18.3 | 18.1 | -0.2 | 18.5 | 0.2 | 20.0 | 1.7 |
| P=90%<br>枯水年 | 4 月上旬 | 16.0 | 11.9 | -4.1 | 13.3 | -2.7 | 16.3 | 0.3 |
| | 4 月中旬 | 17.0 | 12.0 | -5.0 | 13.7 | -3.3 | 17.6 | 0.6 |
| | 4 月下旬 | 18.0 | 12.2 | -5.8 | 14.1 | -3.9 | 18.3 | 0.3 |
| | 5 月上旬 | 19.0 | 12.6 | -6.4 | 16.6 | -2.4 | 19.3 | 0.3 |
| | 5 月中旬 | 20.0 | 12.9 | -7.1 | 15.2 | -4.8 | 20.6 | 0.6 |
| | 5 月下旬 | 20.5 | 13.2 | -7.3 | 15.6 | -4.9 | 21.4 | 0.9 |
| | 6 月上旬 | 21.0 | 14.4 | -6.6 | 16.5 | -4.5 | 21.2 | 0.2 |
| | 6 月中旬 | 21.5 | 15.4 | -6.1 | 16.8 | -4.7 | 23.2 | 1.7 |
| | 6 月下旬 | 21.0 | 16.5 | -4.5 | 17.0 | -4.0 | 21.0 | 0.0 |
| | 7 月上旬 | 20.5 | 16.6 | -3.9 | 20.8 | 0.3 | 20.0 | -0.5 |
| | 7 月中旬 | 20.0 | 17.5 | -2.5 | 20.9 | 0.9 | 20.0 | -0.0 |
| | 7 月下旬 | 19.7 | 18.2 | -1.5 | 21.0 | 1.3 | 20.7 | 1.0 |
| | 8 月上旬 | 19.3 | 18.5 | -0.9 | 19.2 | -0.1 | 22.0 | 2.7 |
| | 8 月中旬 | 19.0 | 18.9 | -0.1 | 18.9 | -0.1 | 21.4 | 2.4 |
| | 8 月下旬 | 18.3 | 19.1 | 0.8 | 18.7 | 0.4 | 20.5 | 2.2 |

由上表可见：

1）底孔取水水温的低温水下泄问题最严重。各典型年中 4 月份与天然水温温差范围在-6.2 ~ -4.1℃之间，5 月份与天然水温温差范围在-7.8 ~ -6.4℃之间，6 月份温差范围在-7.6 ~ -4.5℃，7 月份温差范围在-5.5 ~ -1.5℃之间，8 月份温差范围在-2.3 ~ 0.8℃之间。

2）5 层分层取水恢复效果好于底孔取水。各典型年中 4 月份温差范围-3.9 ~ 0℃之间，5 月份温差范围-4.9 ~ 0.7℃之间，6 月份温差范围在-4.7 ~ -0.3℃之间，7 月份温差范围在-2.8~ 1.3℃之间，8 月份温差范围在-0.4 ~ 0.4℃之间。

3）表层取水恢复效果最好。各典型年中 4 月份温差范围 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份温差范围 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份温差范围在 0 ~ 2.7℃之间，7 月份温差范围在-0.5~ 2.8℃之间，8 月份温差范围在 1.0 ~ 2.7℃之间。

**5.5.3.5 取水水温对鱼类及作物的影响**

本项目中取水方式最终选用了浮筒门结合分层取水口的表层取水方式，其中分层取水口共布置 7 层，进水口底板高程分别为 1663.0m、1653.0m、1643.0m、1633.0m、1623.0m、1596.5m、1588.0m，自上而下前五层取水口与浮筒式取水门相连，取表层水。根据前文预测，采取表层取水后，水库下泄低温水影响基本得到解决。

（1）对鱼类繁殖的影响

相比底孔取水方式，表层取水方式各月水温更贴近现状河流天然水温，尤其是鱼类繁殖季的 4~8 月，其中：4 月份温差范围 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份温差范围 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份温差范围在 0 ~ 2.7℃之间，7 月份温差范围在-0.5~ 2.8℃之间，8 月份温差范围在 1.0 ~ 2.7℃之间。采用表层取水对小石门坝址以下河段鱼类 4~8 月繁殖期水温恢复具有较好的效果。

（2）对作物的影响

小石门水库灌区位于元谋干热河谷内，根据气象资料，元谋县气象站多年平均气温为 12.3℃，多年平均湿度 57%，多年平均日照时数 2593.1h；在 5-7 月的平均气温分别为 26.4℃、26.4℃、25.8℃，恰好是一年内气温最高的几个月。

根据元谋灌区井灌区的观测资料，其 5~7 月井水水温为 18~20℃之间。根据预测结果，工程所采用的表层取水方式使得小石门水库 5~7 月的取水水温在 19.3~23.7℃之间，高于 5~7 月的井水水温范围。根据对元谋灌区井灌区的调查，直接用井水进行灌溉对作物生长无不利影响。因此可以预计，采用分层取水后，水库取水水温不会对对灌区作物生长造成不利影响。

## 5.5.4 坝下河流水温预测与分析

### 5.5.4.1 一维水温模型

1、河流一维水温模型

天然河流的水深一般不大，温度分层型水库的泄水进入下游河道后，由于水流湍动使上下层水体掺混剧烈，热量能够迅速传至河底，河流水温在断面上分布基本是均匀的，而在纵向水流方向存在温度差异。河道内水温变化过程可采用纵向一维水温模型来进行模拟计算和预测分析，利用 MIKE 11 软件来建立河流域一维水温模型。

水温数学模型基本方程式与水质输运方程形式类似，为对流扩散方程：

$$\frac{\partial AT}{\partial t}+\frac{\partial QT}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}\left(AD_L\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{B}{\rho C_p}Q_H \qquad (5.5\text{-}25)$$

式中，A 为断面面积，Q 为流量，DL 为纵向离散系数，B 为河宽，ρ 为水密度，Cp 为水的比热，QH 为热交换反应式。

描述水温变化的数学模型中，水体与外界的热量交换项为 QH，水体内部热量交换主要是通过对流（以流量 Q 来表征）和扩散（以纵向离散系数 DL 来描述）作用。

2、模型律定和验证

利用同处于龙川江流域的龙川江干流 2006~2008 年 3 年实测水流水温数据率定模型参数和进行模型验证。两河地理位置接近，气候气象类似，而且山区河段形状、坡降变幅等都类似，两个河段具有一定的类似性。

模型率定和验证结果表明，建立的普登河一维水温模型能够较好地模拟出普登河水温的实际变化过程，模型可用于河流的水温模拟计算。

本次计算使用的普登河一维水温模型热平衡参数数值见表 5.5.4-1。

**表 5.5.4-1　热平衡参数率定数值**

| 衰减系数 α | 衰减系数 β | 辐射系数 A | 辐射系数 B | 蒸发系数 A | 蒸发系数 B |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.35 | 0.55 | 0.2 | 0.25 | 0.5 | 0.5 |

#### 5.5.4.2 河道水温预测结果

采用分层取水后的平水年、枯水年小石门水库坝下各断面下泄水温与河流天然水温温差对比情况如表 5.5.4-2 及表 5.5.4-3 所示。平水年坝址处及入龙川江河口前断面的水温过程如图 5.5.4-1、5.5.4-2 所示。

**表 5.5.4-2　平水年小石门水库坝下普登河干流水温　单位：℃**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | | 温差 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 坝址 | 河口 | 坝址 | 河口 | 坝址 | 河口 |
| 1 月 | 11.0 | 10.4 | 10.9 | 9.8 | -0.1 | -0.6 |
| 2 月 | 12.5 | 12.5 | 11.8 | 12.1 | -0.7 | -0.4 |
| 3 月 | 14.0 | 15.4 | 14.5 | 16.1 | 0.5 | 0.7 |
| 4 月 | 17.0 | 19.3 | 18.1 | 20.4 | 1.1 | 1.1 |
| 5 月 | 20.0 | 24.5 | 21.0 | 24.7 | 0.9 | 0.2 |
| 6 月 | 21.5 | 24.4 | 22.5 | 25.8 | 1.0 | 1.3 |
| 7 月 | 20.0 | 22.0 | 21.7 | 25.4 | 1.7 | 3.4 |
| 8 月 | 19.0 | 20.1 | 20.7 | 21.9 | 1.7 | 1.8 |
| 9 月 | 17.0 | 18.4 | 18.4 | 19.8 | 1.4 | 1.4 |
| 10 月 | 15.0 | 15.9 | 16.6 | 17.6 | 1.6 | 1.7 |
| 11 月 | 12.0 | 12.0 | 14.2 | 13.2 | 2.2 | 1.2 |
| 12 月 | 10.4 | 9.8 | 11.9 | 10.0 | 1.5 | 0.2 |
| 平均 | 15.8 | 17.1 | 16.8 | 18.1 | 1.1 | 1.0 |
| Min | 10.4 | 9.8 | 10.9 | 9.8 | -0.7 | -0.6 |
| max | 21.5 | 24.5 | 22.5 | 25.8 | 2.2 | 3.4 |

**表 5.5.4-3　枯水年小石门水库坝下普登河干流水温　单位：℃**

| 月份 | 现状水平年 | | 设计水平年 | | 温差 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 坝址 | 河口 | 坝址 | 河口 | 坝址 | 河口 |
| 1 月 | 11.0 | 9.8 | 11.8 | 10.1 | 0.8 | 0.4 |
| 2 月 | 12.5 | 12.4 | 11.8 | 12.2 | -0.7 | -0.2 |
| 3 月 | 14.0 | 16.2 | 14.3 | 16.2 | 0.3 | 0.1 |
| 4 月 | 17.0 | 20.5 | 17.8 | 20.6 | 0.8 | 0.1 |
| 5 月 | 20.0 | 25.2 | 21.3 | 25.3 | 1.3 | 0.1 |
| 6 月 | 21.5 | 25.6 | 23.2 | 26.5 | 1.7 | 0.9 |
| 7 月 | 20.0 | 23.2 | 20.0 | 24.2 | -0.0 | 1.0 |
| 8 月 | 19.0 | 21.7 | 19.1 | 22.9 | 0.1 | 1.2 |
| 9 月 | 17.0 | 19.0 | 19.6 | 21.9 | 2.6 | 2.9 |
| 10 月 | 15.0 | 15.7 | 17.2 | 18.1 | 2.2 | 2.3 |
| 11 月 | 12.0 | 12.0 | 14.5 | 13.4 | 2.5 | 1.5 |
| 12 月 | 10.4 | 9.4 | 12.7 | 10.4 | 2.3 | 1.1 |
| 平均 | 15.8 | 17.5 | 16.9 | 18.5 | 1.2 | 1.0 |
| Min | 10.4 | 9.4 | 11.8 | 10.1 | -0.7 | -0.2 |
| max | 21.5 | 25.6 | 23.2 | 26.5 | 2.6 | 2.9 |

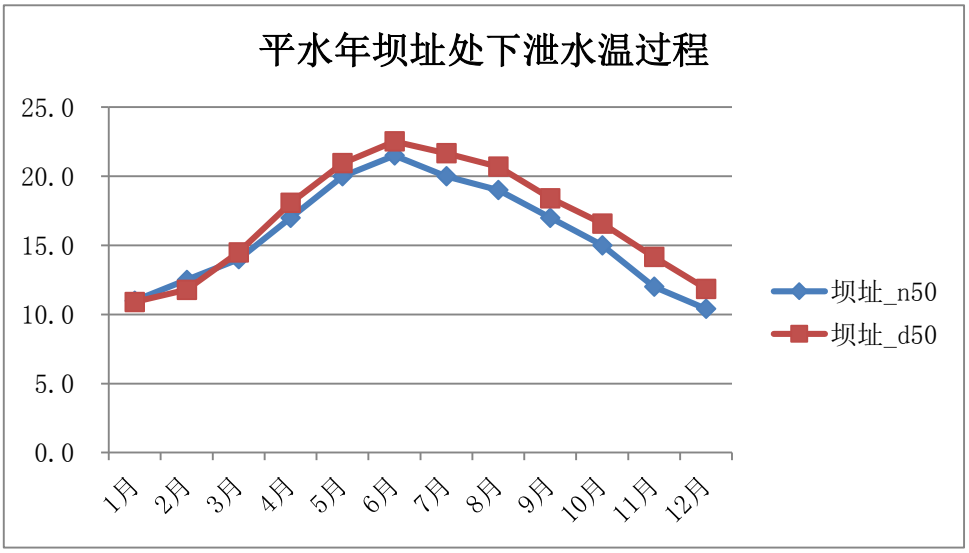



**图 5.5.4-1　平水年坝址断面水温与天然水温对比**

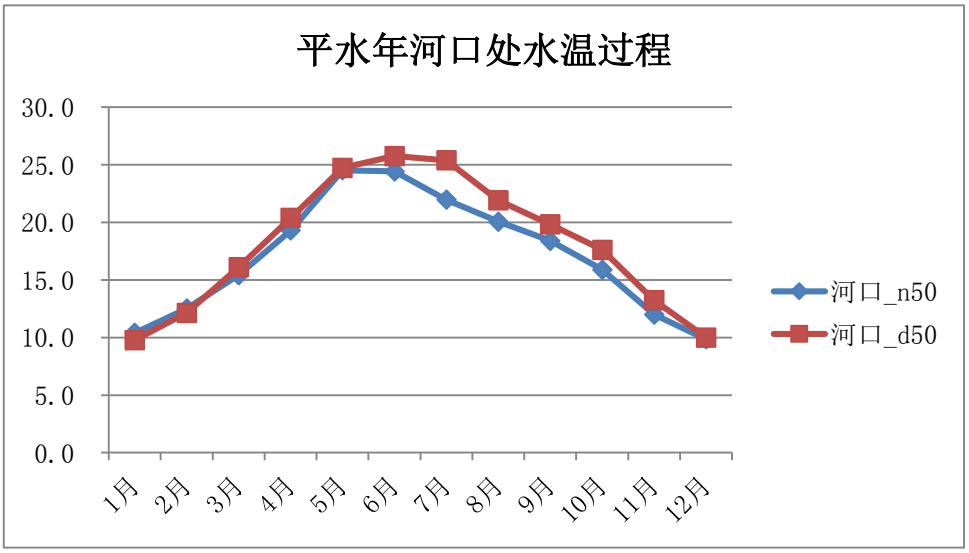



**图 5.5.4-2　平水年普登河口前水温与天然水温对比**

由图 5.5.4-1~5.5.4-2 及表 5.5.4-2 及表 5.5.4-3 可见，设计水平年由坝址至河口处，河流沿程水温与天然水温过程基本一致，其中 1~6 月基本一致，7~12 月水温差略有增加。

## 5.5.5 水温影响预测小结

小石门水库建成后，水库水温呈稳定分层型结构，10 月至 2 月垂向水温几乎均匀分布，3~9 月水温呈现分层结构。

底孔取水情况下，水库库底水温在 10.8~18.0℃之间，5 层取水则在 10.9~15.7℃

之间，表层取水则在 9.2~15.0℃之间；各保证率下，底层取水方式的水库库表水温在 10.9~25.5℃之间， 5 层分层取水为 10.8~25.4℃之间，表层取水则在 10.7~25.4℃之间。各保证率下，底层取水方式下水库的表底温差在 0.0~12.9℃，最大温差为 12.9℃，出现在丰水年 6 月份；5 层分层取水为-0.1~13.7℃之间，最大温差为 13.7℃，出现在丰水年 6 月份；表层取水为-0.1~14.0℃之间，最大温差为 14.0℃，出现在枯水年 6 月份。

坝址下泄水温在底孔取水方式下，各典型年下泄水温在 10.9~19.1℃之间，年内最大温降为 7.8℃，出现在平水年 5 月下旬；各典型年中 4 月份与天然水温温差范围在-6.2 ~ -4.1℃之间，5 月份与天然水温温差范围在-7.8 ~ -6.4℃之间，6 月份温差范围在-7.6 ~ -4.5℃，7 月份温差范围在-5.5 ~ -1.5℃之间，8 月份温差范围在-2.3 ~ 0.8℃之间。

在分层取水方式下，各典型年中坝址下泄水温在 11.1~21.0℃之间。水温最大降幅为 4.9℃，出现在枯水年 5 月下旬。各典型年中 4 月份温差范围-3.9 ~ 0℃之间，5 月份温差范围-4.9 ~ 0.7℃之间，6 月份温差范围在-4.7 ~ -0.3℃之间，7 月份温差范围在-2.8~ 1.3℃之间，8 月份温差范围在-0.4 ~ 0.4℃之间。

在表层取水方式下，各典型年中坝址下泄水温在 10.8~23.7℃之间。水温最大降幅为 0.8℃，出现在平水年 2 月上旬和枯水年的 2 月下旬。各典型年中 4 月份温差范围 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份温差范围 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份温差范围在 0 ~ 2.7℃之间，7 月份温差范围在-0.5~ 2.8℃之间，8 月份温差范围在 1.0 ~ 2.7℃之间。

相比底孔取水方式，表层取水方式有效解除坝址下泄低温水的影响，各月水温更贴近现状河流天然水温，尤其是鱼类繁殖季的 4~8 月，其中：4 月份水温较现状升高 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份升高 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份升高 0 ~ 2.7℃之间，7 月份升高-0.5~ 2.8℃之间，8 月份升高 1.0 ~ 2.7℃之间。采用表层取水对小石门坝址以下河段鱼类 4~8 月繁殖期水温恢复具有较好的效果。

采取表层取水措施后，坝址下泄水经河道水温自然恢复，河流沿程水温与天然水温过程基本一致。

# 5.6 大坝泄水气体过饱和影响分析

## 5.6.1 预测模型

水体中总溶解气体（Total Dissolved Gas，简称 TDG）过饱和可能致使鱼类患气泡病甚至死亡。高坝泄流时高速下泄的水流将空气以气泡的形式带入至水体深处，水体深处的气泡在水压作用下释放气体到水中，引起水体总溶解气体浓度不断升高，进而出现过饱和情况。大坝泄水的过饱和气体沿下游河道行进过程中，气体释放速率往往非常缓慢，溶解气体可能对下游鱼类生存产生危害。现有研究表明，自然河流中鱼类能短期承受的总溶解气体饱和度安全阈值为 120%，不同鱼类的耐受的最大饱和度略有不同，其中胭脂鱼、重口裂腹鱼约为 125%，草鱼、鲫鱼为 130%、岩原鲤、鲢、鳙等约为 120%。美国环保局规定，为了避免鱼类患气泡病，河流 TDG 饱和度不能超过 110%。

国外对过饱和气体的关注以美国为最早（起始于 20 世纪 60 年代），成果也最丰富。研究结果表明：大坝泄水时，总溶解气体的迅速生成过程通常发生在水垫塘内。这主要是由于水垫塘内水流深度（即水压）、气体浓度、流速和紊流强度都很高。而当水流流出水垫塘后，质量传输过程则相反，气体开始从水体释放到大气中。

高坝泄洪水流消能通常采用冲坑消能或水垫塘消能。针对冲坑消能，高坝下游过饱和总溶解气体的生成可概化为两个过程：第一个过程为冲坑内高压掺气水流中气体的过溶过程，TDG 平均饱和度为 $G_1$，过饱和度为 $\Delta G_1$；第二个过程为水流流经冲坑出口时，由于压力和水深突然减小导致的过溶 TDG 的瞬间快速释放过程，过程末 TDG 饱和度为 $G_d$，过饱和度为 $\Delta G_d$。

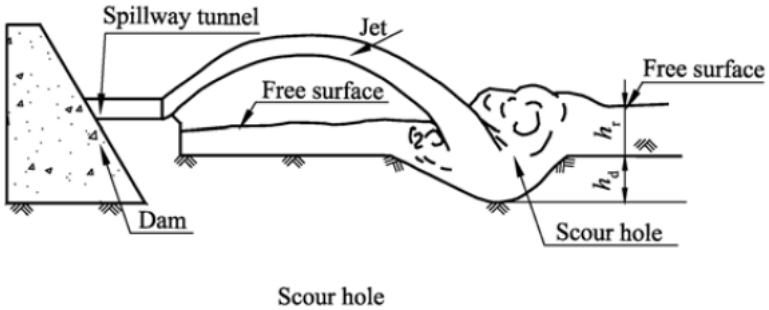



**图 5.6.1-1　高坝冲刷坑挑流消能示意图**

在第一个概化过程中，可假定冲坑内 TDG 过饱和度 ΔG1 与冲坑内平均相对压力 ΔP 成正比，即：

$$\Delta G_1 = \frac{1}{2}\frac{\Delta \overline{P}_d}{P_0}\phi_1 G_{eq} \qquad \text{（式 5.6-1）}$$

式中：△G1 为冲坑内 TDG 过饱和度（%）

△$P_d$ 为冲坑底部平均相对压强（KPa）

$P_0$ 为当地大气压强（KPa）

$\varphi_1$ 为修正系数，取值范围为 0.40~0.55 之间

$G_{eq}$ 为当地大气压强对应的平衡饱和度（%）

第二个概化过程最终的 TDG 过饱和度 ΔGd 与冲坑内平均过饱和度 ΔG1、冲坑内平均水深 $h_d$ 和出口水深 $h_r$ 相关，冲坑下游过饱和 TDG 的预测模型为：

$$G_d = G_{eq} + \frac{1}{2}\frac{\Delta \overline{P}_d}{P_0}\phi_1 G_{eq}\exp\left[-k_d\left(\frac{h_d}{h_r}\right)^{3/2}\right] \qquad \text{（式 5.6-2）}$$

式中：$G_d$ 为 TDG 过饱和度(%)

$G_{eq}$ 为当地大气压强对应的平衡饱和度（%）

△$P_d$ 为冲坑底部平均相对压强（KPa）

$P_0$ 为当地大气压强（KPa）

$\varphi_1$ 为修正系数，取值范围为 0.40~0.55 之间。

$K_d$ 为释放系数，取值范围为 0.1~0.2。

$h_d$ 为冲坑内平均水深

$H_r$ 为出口水深

与冲坑内 TDG 生成过程相似，水垫塘内 TDG 生成过程也可概化为水垫塘内高压掺气水流中气体的过溶过程以及水流流经水垫塘二道坝出口时，由于压力和水深突然减小导致的过饱和 TDG 的瞬间快速释放过程。采用与冲坑相似的分析方法，可建立得到水垫塘内 TDG 预测模型:

$$G_k = G_{eq} + \frac{1}{2}\frac{\Delta \overline{P}_k}{P_0}\phi_2 G_{eq}\exp\left[-k_k\left(\frac{h_k}{h_t}\right)^{3/2}\right], \qquad \text{（式 5.6-3）}$$

式中：

Gk 为水垫塘出口下游 TDG 饱和度；

ΔPk 为水垫塘底板平均相对压强(kPa)；

$\varphi_2$ 为修正系数；

$k_k$ 为水流流经二道坝时的 TDG 释放系数；

$h_k$ 为二道坝高(m)；

$h_t$ 为二道坝上水深(m)。

近年来，出现了针对复杂地形地质条件、高水头大流量、布置灵活、效能率高的旋流式竖井消能方式，其 TDG 预测公式可借用水垫塘预测公式。

而在高坝下游河道中，过饱和 TDG 的释放过程服从于一阶动力学过程。

$$\frac{d(G-G_0)}{dt} = k_T(G_0 - G_{eq}) \qquad \text{（式 5.6-4）}$$

式中：G 为计算时刻的 TDG 饱和度（%）；

$G_0$ 为 TDG 的初始饱和度（%）；

$G_{eq}$ 为 TDG 的平衡饱和度（%）；

t 为滞留时间（h）；

$k_T$ 为释放系数（$h^{-1}$），其估算公式为：

$$k_T = 3600\sqrt{\frac{D_m U}{H}} \qquad \text{（式 5.6-5）}$$

式中：U 为断面平均流速（m/s）,H 为断面平均水深（m），Dm 为 TDG 分子扩散系数（$m^2/s$）。

四川大学等对国内已建高坝开展了挑流消能总溶解气体过饱和原型观测研究。通过原型观测，率定了以上模型中的关键参数的取值范围，其中：冲坑模型中修正系数 $\varphi_1$ 取值范围为 0.40~0.55，冲坑出口区域的 TDG 释放系数 $K_d$ 取值范围为 0.1~0.2。水垫塘模型中修正系数 φ2 取值范围在 0.43~0.56 之间，水垫塘出口区域的 TDG 释放系数 $k_k$ 取值范围在 0.09~0.12 之间。

泄水总溶解气体过饱和原型观测数据等表明，总溶解气体饱和度与消能方式、水深、水体动水压强等直接相关。同时，鉴于我国西部山区河流坡降大、流速快、水深浅、紊动作用强，根据高坝工程下游原型观测结果，坝下河道的 TDG 释放系数 $k_T$ 的估算公式修正为：

$$k_T = 3600\sqrt{\frac{\Phi_T U}{H}} \qquad \text{（式 5.6-6）}$$

式中：φT 为考虑分子扩散、紊动扩散作用等的综合系数，量纲为[$T^{-1}$]。根据对雅砻江、金沙江、长江、闽江、澜沧江等大坝下游河道的原型观测结果，$\varphi_T$ 取值范围在 $1.43\times10^{-10}$~$8.62\times10^{-8}s^{-1}$ 之间。

## 5.6.2 大坝泄水气体过饱和影响预测与评价

小石门水库为多年调节水库，其洪水峰高量大，根据水库坝址处地形地质条件，水库泄洪采用泄洪隧洞与溢洪道联合泄洪的方式。小石门水库溢洪道为开敞式有闸控制正槽溢洪道。控制段溢流堰型为 WES 实用堰，堰顶高程 1664.00m，低于正常蓄水位 8m，堰宽 12m，设置弧形工作闸门控制泄流量。溢洪道由引渠段、控制段、泄槽Ⅰ段、抛物线段、泄槽Ⅱ段、扩散段、消力池段、护坦段组成，总长 609.00m。溢洪道最大下泄流量 887.93$m^3$/s。溢洪道消力池布置在“溢 0+394.438m～溢 0+471.438m”段，长 77.00m，池宽 16.00m，池深 9.00m，池底高程为 1499.00m。消力池结构布置示意图见图 5.6.2-1。

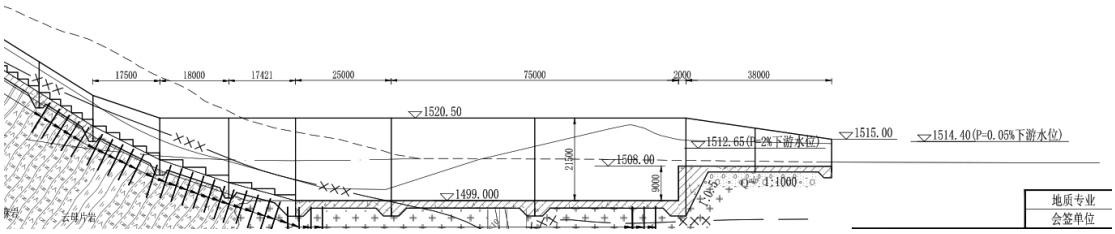



**图 5.6.2-1　小石门水库工程消力池结构图**

小石门水库泄洪隧洞由进口引渠段、矩形有压洞身段、闸门竖井段、无压渐变段、旋流涡室、旋流竖井、无压退水洞段、出口泄槽段、消力池段及护坦段组成。泄洪隧洞闸门竖井前为矩形有压洞，断面尺寸为 4.5m×6.0m(宽×高)；旋流竖井直径 7.5m，竖井顶部设置直径 2.0m 通气井。旋流竖井后无压洞采用圆拱直墙形无压洞，断面尺寸为 6.0m×6.5m。泄洪隧洞最大下泄流量 468.7$m^3$/s。里程“XH0+574.266m～XH0+624.266m”为消力池段，为底流式消能，池长 50.00m，池深 4.0m，池底高程为 1504.0m，底坡 i=0，边墙高 16.5m。消力池右边墙与溢洪道消力池左边墙结合。

根据主体设计，本工程洪水调节计算从正常蓄水位起调，不设汛期限制水位，库水位超过正常蓄水位后根据水情自动测报系统洪水预报，一般首先逐步开启溢

洪道闸门泄洪，溢洪道闸门全开仍不能满足要求时，再逐步开启泄洪洞闸门泄洪，控制水库最大下泄流量不超过预报的洪水入库洪峰流量，直至全开。若水库后期运行中需要冲沙，也可首先逐步开启泄洪洞闸门泄洪冲沙，泄洪洞闸门全开仍不能满足要求时，再逐步开启溢洪道闸门泄洪，控制水库最大下泄流量不超过预报的洪水入库洪峰流量，直至全开。小石门水库泄洪方式详见表 5.6.2-1。

**表 5.6.2-1　小石门水库泄洪方式表**

| | P=20% | P=10% | P=5% | P=1% | P=0.05% |
|---|---|---|---|---|---|
| 最大洪峰流量（$m^3/s$） | 255 | 387 | 535 | 916 | 1687 |
| 洪水位（m） | 1673 | 1673 | 1673 | 1673 | 1673.3 |
| 最大下泄流量（$m^3/s$） | 255 | 387 | 535 | 916 | 1356.5 |
| 其中：溢洪道（$m^3/s$） | 255 | 387 | 535 | 887.93 | 887.93 |
| 泄洪洞（$m^3/s$） | \ | \ | \ | 28.07 | 468.67 |

根据以上分析，小石门水库泄洪时主要采用溢洪道泄洪。为此，本节分析了溢洪道达到最大泄洪流量时的溶解气体过饱和情况。

根据《水工建筑物荷载设计规范 DL5077-1997》，计算溢洪道最大下泄流量下对消力池内水体的动水压力△Pd 为 76.7KPa。

φ2 取为 0.40。

kk （TDG 释放系数）取为 0.12。

经计算，消力池内 TDG 过饱和度△G1=113%。根据水工结构计算结果，消力池内水深 hd= 20.8m，消力池出口水深 hr=6.4m，则出口 TDG 过饱和度△Gd 为 106%。

由此可见，小石门水库大坝泄洪期消力池出口处 TDG 过饱和度低于 120%的阈值，处于相对安全的范围内，对鱼类的影响相对较小。

取 φT 为原型观测中的最小值 $1.43\times10^{-10}s^{-1}$，则利用式（5.6-6）计算得出清水过饱和 TDG 释放系数 $k_{Tf}=0.096h^{-1}$。经计算，在消力池出口 TDG 过饱和度△Gd 为 106%的情况下，在坝下 6.2km 处，河流中 TDG 饱和度即可恢复至自然状态。

# 5.7 对地下水环境的影响

## 5.7.1 施工期地下水环境影响

### 5.7.1.1 隧洞涌水的影响

（1）涌水量预测方法

根据《铁路工程水文地质勘察规程（TB10049-2004）》，隧洞涌水量预测计算分为正常涌水量和最大涌水量的计算，通常采用狭长水平坑道法、裘布依理论式、佐藤邦明经验式、落合敏郎法、柯斯嘉科夫法计算正常涌水量，采用狭长水平坑道法、佐藤邦明非稳定流式、古德曼经验式、大岛洋志公式计算最大涌水量，各种方法均有其优缺点。在诸多方法中，当隧洞过潜水含水体时用裘布依理论式计算隧洞的正常涌水量。

工程施工隧洞富含基岩裂隙水，地下水主要富存在风化裂隙中。本次涌水量预测区域风化强度高，工程开挖处多为全风化至强风化，呈土状，地下水渗流介质以风化裂隙、孔隙为主，满足裘布依理论式的使用要求，通过区域钻孔资料的收集，得出含水体渗透系数等所需计算参数，本次仅对隧洞工程建设进行平水期正常涌水量预测。

裘布依理论式：

$$Q = LK\frac{{H_1}^2-h^2}{Ry-r} \qquad (5.7\text{-}1)$$

式中：Q——隧道通过含水体地段的正常涌水量（$m^3/d$）；

$H_1$——洞底以上潜水含水体厚度（m）；

h——洞内排水沟假设水深，一般考虑水越值，此处水越值为 1m；

Ry——隧道涌水地段的引用补给半径（m）；

L——隧道通过含水体的长度（m）。

（2）隧洞涌水量预测结果

小石门水库输水工程共有 4 条隧洞，分别为上村隧洞、大坝箐隧洞、级密山隧洞、猛林沟隧洞。

1）上村隧洞

上村隧洞长度 11754.791m，共布置 3 条施工支洞，穿元古界上昆阳群片麻岩弱风化带，除出口段 254m 以外均位于地下水位线以下，隧洞施工会对地下水

环境产生影响，需对隧洞涌水量进行预测。本次预测将分 5 段进行预测，分别为：进口段、1#支洞控制段、2#支洞控制段、3#支洞控制段、出口段。渗透系数取值范围 0.008~0.02m/d，洞底距离地下水面线最大距离 110.5m。正常涌水量分别为：进口 975m³/d，单位长度涌水量为 0.6m³/(d·m)；1#支洞 2896.5m³/d，单位长度涌水量为 0.77m³/(d·m)；2#支洞 1586.3m³/d，单位长度涌水量为 0.48m³/(d·m)；3#支洞 1730.4m³/d，单位长度涌水量为 0.73m³/(d·m)；出口 178.8m³/d，单位长度涌水量为 0.39m³/(d·m)。

2）大坝箐隧洞

大坝箐隧洞长度 985.973m，穿三叠系页岩弱风化带，大部分洞段位于地下水位以下，隧洞施工会对地下水环境产生影响，需对隧洞涌水量进行预测。渗透系数 K 为 0.016m/d，洞底距离地下水面线最大距离 30m，单位长度涌水量为 0.88m³/(d·m)，进口正常涌水量为 515.93m³/d，出口正常涌水量为 386.43m³/d。

3）级密山隧洞

级密山隧洞长度 1449m，隧洞穿白垩系赵家店组（$K_2z$）地层，岩性主要为砂岩，富含碎屑岩裂隙水。大部分洞段位于地下水位线之下，隧洞施工会对地下水环境产生影响，需对隧洞涌水量进行预测，渗透系数 K 为 0.03m/d，洞底距离地下水面线最大距离 70m，单位长度涌水量为 0.36m³/(d·m)，进口正常涌水量为 269.36m³/d，出口正常涌水量为 306.08m³/d。

4）猛林沟隧洞

猛林沟隧洞长度为 252.34m，穿元生界上昆阳群片麻岩片岩段，隧洞全线均位于地下水位线以上，施工过程中没有涌突水问题。

本工程隧洞涌水量及排水受纳水体情况见表 5.7.1-1。

**表 5.7.1-1　隧洞涌水量及排水受纳水体情况表**

| 序号 | 隧洞名称 | 施工工作面 | 隧洞涌水强度（$m^3/d$） | 下游水体 | 水环境功能 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 上村隧洞 | 隧洞进口 | 975 | 勐岗河 | 农业用水，III类 |
| 2 | | 1#支洞 | 2896.5 | | |
| 3 | | 2#支洞 | 1586.3 | | |
| 4 | | 3#支洞 | 1730.4 | | |
| 5 | | 隧洞出口 | 178.8 | | |
| 6 | 大坝箐隧洞 | 隧洞进口 | 515.93 | | |
| 7 | | 隧洞出口 | 386.43 | | |

| 序号 | 隧洞名称 | 施工工作面 | 隧洞涌水强度（$m^3/d$) | 下游水体 | 水环境功能 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 级密山隧洞 | 隧洞进口 | 269.36 | 蜻蛉河 | 农业用水，Ⅳ类 |
| 9 | | 隧洞出口 | 306.08 | 永定河 | 农业用水，Ⅳ类 |

（3）隧洞涌水对水环境的影响

本工程隧洞施工工作面较为分散，隧洞施工涌水量不大，隧洞涌水的主要污染物质为悬浮物，浓度为 100～5000mg/L。隧洞涌水如果直接排放，会造成地表水体岸边局部水域悬浮物浓度增大，对隧洞口下游局部范围的水体水质产生一定影响。本工程隧洞口下游水体水环境功能为农业用水，不涉及具有饮用功能的水库等。在隧洞施工过程中，采取了预灌浆固结、边开挖边衬砌等施工措施，隧洞排水的强度会进一步减少。因此，采取处理措施降低隧洞涌水中悬浮物浓度，隧洞涌水排放不会对下游水环境造成明显影响。

**5.7.1.2 对地下水水资源利用的影响**

根据调查，评价区内分布的地下水用水户中，葫芦塘等 7 个村庄的地下水水源会受到上村隧洞施工的影响，除此以外工程施工不会对评价区内其他泉点、水井造成影响。

（1）葫芦塘、老厂村

葫芦塘、老厂村位于上村隧洞进口段。葫芦塘 W44 号泉位于上村隧洞西侧，距隧洞直线距离约 1040m，为该村的唯一饮用水源，被圈围起来并用泵抽水引向各家各户。老厂村有一口民井，位于上村隧洞西侧，距离隧洞直线距离约 820m。隧洞位于地下水位线之下，与 W44、老厂村民井为同一风化裂隙含水层，隧洞区地下水主要接受大气降水补给，由南向北径流至区域最低侵蚀基准面勐岗河排泄。位置关系见图 5.7.1-1。

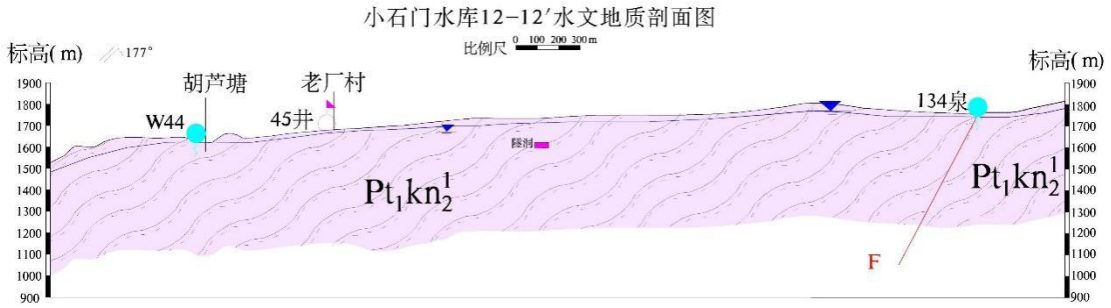



**图 5.7.1-1　上村隧洞区 12 号水文地质剖面图**

**葫芦塘村泉点**

经现场勘查，W44 地表泉水出露，老厂村井水埋深较浅，上村隧洞与泉点、民井距离较近，尤其距离老厂村民井直线距离仅 1000m，因此上村隧洞的施工导致老厂村民井地下水位降低甚至被疏干的可能性很大，而葫芦塘村 W44 泉点被疏干的风险也较为显著。葫芦塘村共 6 户 30 人，W44 号泉为该村唯一饮用水源，若被疏干葫芦塘村将无饮用水源，居民生产生活将受到极大影响，需采取水源替代措施。老厂村现有居民 56 户 236 人，大黑箐水库为老厂村的主要饮用水源，但部分居民仍然用该村的民井作为饮用水源，隧洞施工会对老厂村部分居民取用井水造成较大影响，但地下水不是该村的唯一水源，采取一定的保障措施后，这部分居民的生产生活不会受到较大影响。

（2）老纳上村、老纳村饮用水点

老纳上村、老纳村饮用水点均为机井，均位于上村隧洞东侧，老纳上村距隧洞直线距离约 850m，老纳村距隧洞直线距离约 1440m。机井与隧洞均为上昆阳群花岗片麻岩风化裂隙含水层，老纳上村机井距隧洞位置较近，机井与隧洞之间无相对隔水层，且隧洞位于地下水位线之下。位置关系见图 5.7.1-2。

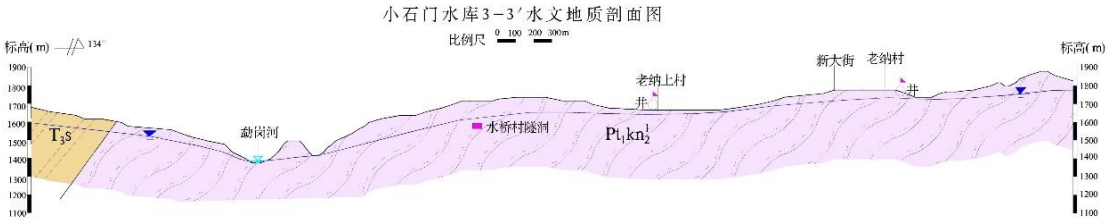



**图 5.7.1-2　上村隧洞区 3 号水文地质剖面图**

**老纳上村机井**

**老纳村机井**

老纳上村井位高程 1677m，井深 43m，地下水位埋深 28m；老纳村井位高程 1735m，井深 150m，地下水位埋深 40m。本段隧洞底板高程 1563m，计算所得老纳上村井至隧洞水力梯度为 10.2%，老纳村至隧洞水力梯度为 5.56%，因此上村隧洞的施工导致老纳上村机井被疏干的可能性很大，老纳村机井水位会有一定程度的降低。

根据现场调查，老纳上村 200 多户，共约 880 人饮用村中机井水，该机井是村里唯一的生活水源，上村隧洞施工开挖导致该机井疏干的风险较高，对该村居民生活产生的影响较大。老纳村约 70 多户，约 300 人饮用村机井水，部分居民家中也打民井，井深 13～50m 不等，上村隧洞施工会造成老衲村机井、民井的水位降低，部分时段可能取水困难，对居民正常生活产生影响。对于老衲上村、老衲村施工期应制定水源替代方案，一旦居民生活用水产生影响应该立即采取措施。

（3）海田村

海田村饮用水为井水，位于海田村东边约 700～1000m 处干河边，位于上村隧洞东侧，距隧洞直线距离约 2500m。水井与隧洞均为上昆阳群花岗片麻岩风化裂隙含水层，基井与隧洞之间无相对隔水层，且隧洞位于地下水位线之下，见图 5.6.1-3。

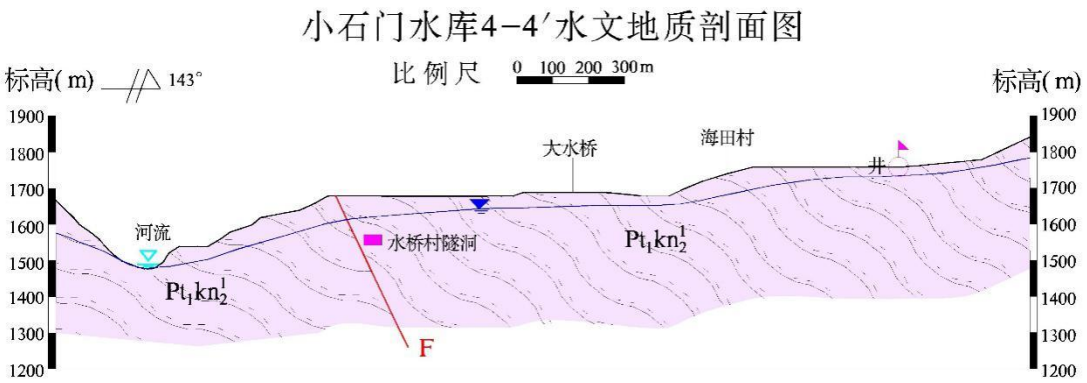



**图 5.7.1-3　上村隧洞区 4 号水文地质剖面图**

海田村井位高程 1675m，井深 10m，地下水位埋深约 8m，隧洞高程 1460m，计算得海田村饮用水井至隧洞水力梯度为 8.15%，因此上村隧洞的施工导致海田村唯一饮用水井被疏干的可能性很大。根据现场调查，海田村 40 多户，约 200 人生活用水主要依靠该水井，施工期应制定水源替代方案。

（4）水桥寺村、大水桥

水桥寺村机井位于上村隧洞东侧，机井与隧洞均为上昆阳群花岗片麻岩风化裂隙含水层，机井与隧洞直线距离约 780m，无相对隔水层，且隧洞位于地下水位线之下，上村隧洞的施工导致水桥寺村机井被疏干的可能性较大。位置关系见图 5.7.1-4。

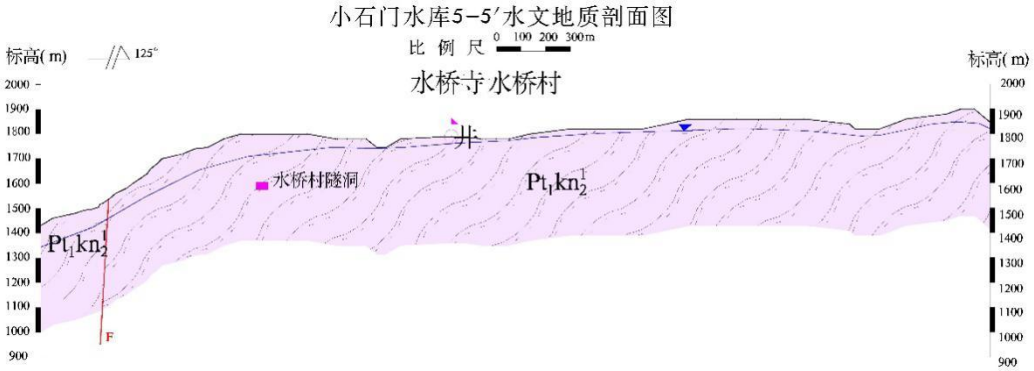



**图 5.7.1-4　上村隧洞区 5 号水文地质剖面图**

**水桥寺生活饮用水点**

根据现场调查，水桥寺村机井主要供水桥寺村和大水桥村居民的生活用水，水桥寺 44 户 150 人，大水桥村 18 户 70 人，除该机井供水外居民也自行打民井取水，民井深一般 12m 左右。上村隧洞施工开挖对机井影响较大，造成机井疏干的可能性较高，对于其他居民自行开挖的民井，也可能造成水量减少的影响，应采取供水保障措施。

## 5.7.2 运行期地下水环境影响

### 5.7.2.1 蓄水后对库区周边地下水位的影响

水库运行期对地下水水位环境影响主要是库水渗漏造成水库周边地下水水位的抬升。因此，本次预测内容为工程运行期正常工况下水库库水渗漏对地下水水位影响范围进行预测。

本次采用《环境影响评价技术导则－地下水环境》（HJ 610-2010）附录 C 中 C.14 公式计算水库影响半径 R，计算公式如下：

$$R = H\sqrt{\frac{K}{2W}\left[1-\exp\left(\frac{-6Wt}{\mu H}\right)\right]}$$

（5.7-2）

式中：R 为影响半径，m；H 为潜水含水层厚度，m；K 为含水层渗透系数，m/d；W 为降水补给强度，m/d；μ 为重力给水度，无量纲；t 为周期蓄水时间，d；长期蓄水，取 365 天。

据小石门库区基础地质资料及实地野外调查显示，库区下游主要发育的是下古生界上昆阳群片麻岩，裂隙弱发育，富水性较弱；第四系砂砾石，颗粒粒径较大，孔隙比较大；本次评价渗透系数参数选区间值分别为 0.04m/d、2m/d，降水补给强度按照各区域年均降雨量及降雨入渗系数统计所求。

根据上述公式，影响半径计算成果见表 5.7.2-1。小石门水库不同地层影响半径分别为 180.6～233.1m、453.6～487.9m。根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2010），本此评价结果地下水水位变化区域范围等级均小于 500m，故水库对区域地下水水位影响范围较小。

**表 5.7.2-1　影响半径计算成果一览表**

| 地层名称 | 含水层厚度 H（m） | 含水层渗透系数 K（m/d） | 降水补给强度 W（m/d） | 给水度 μ | 计算时间 t（d） | 影响半径 R（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 昆阳群（$Pt_1kn$） | 78~118 | 0.04 | 0.00041 | 0.1 | 365 | 180.6～233.1 |
| 第四系（Q） | 9~53 | 2 | 0.00054 | 0.2 | 365 | 453.6～487.9 |

**5.7.2.2 对灌区地下水环境的影响**

本工程灌区绝大部分采用高效节水灌溉方式，设计净灌水率 0.228$m^3$/s·万亩，设计灌水周期 6d/周，灌溉时间按 10h/d。灌区受水后，将使耕地一定厚度的松散层包气带饱水，同时还有一部分则通过地表蒸发等方式损耗，由于采用滴灌方式基本不会汇入地表河流。

（1）对灌区地下水位、水量的影响

本次评价采用数值模拟模型，选取东干管控制的大己保-金刚纂（2.86 万亩）、北干管控制的虎溪-新地（13.52 万亩）两个典型灌区进行现状天然流场与灌溉后流场对比分析。灌溉虽然以点源灌溉，但灌溉水由点源向面源扩散再向地下入渗补给，因此将灌溉过程视为面源向地下水入渗补给，进而将灌溉量加至入渗补给量中，灌溉量为 0.0013662$m^3$/d，总入渗补给量（降雨入渗量与灌溉入渗量）为 0.0015919$m^3$/d。

1）大己保-金刚纂灌区

对灌区地下水天然流场与灌区受水后流场水位线进行仔细对比，运行期预测模型比灌溉前水位上升约 1.5m，灌溉前模型计算水量为 1948m$^3$/d，灌溉后模型计算水量为 5805m$^3$/d，增加了 3857m$^3$/d，水量均衡，说明按照 0.228m$^3$/s 每万亩，日灌溉工作时间 10h 合理，不会产生淹水及盐渍化现象。

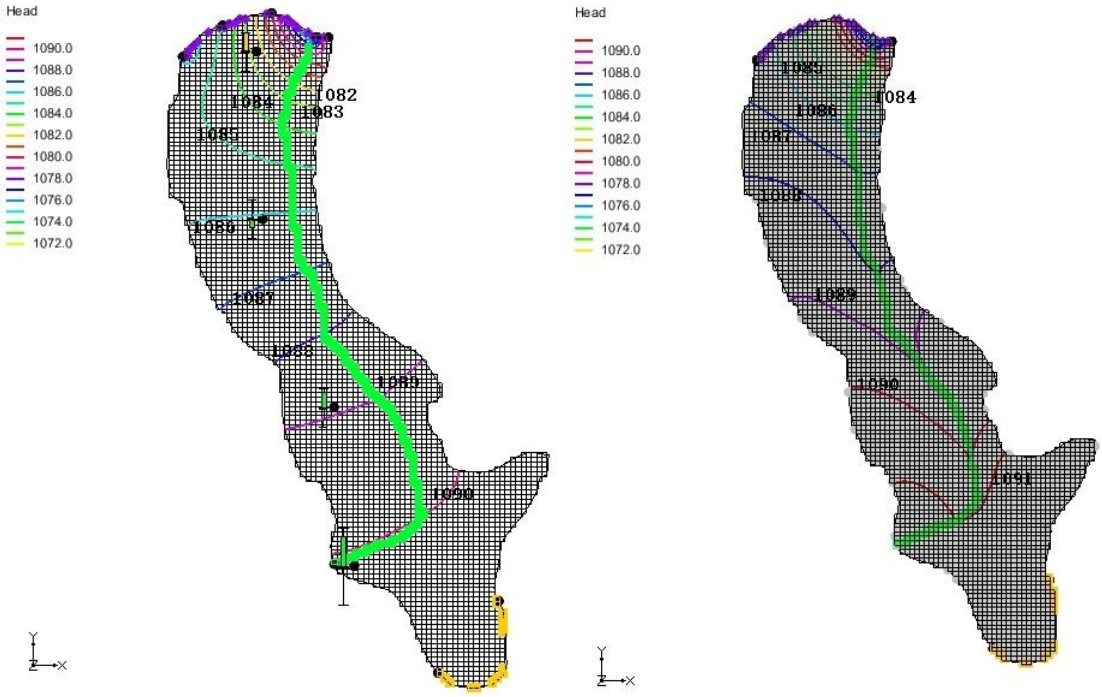



**图 5.7.2-1　大已保-金刚纂灌区受水前后地下水流场模拟图**

2）虎溪-新地灌区

对灌区地下水天然流场与灌区受水后流场水位线进行仔细对比，运行期预测模型比灌溉前水位上升约 4.5m，灌溉前模型计算水量为 2744m$^3$/d，灌溉后模型计算水量为 19299m$^3$/d，增加了 16555m$^3$/d，水量均衡，说明按照 0.228m$^3$/s 每万亩，日灌溉工作时间 10h 合理，不会产生淹水及盐渍化现象。

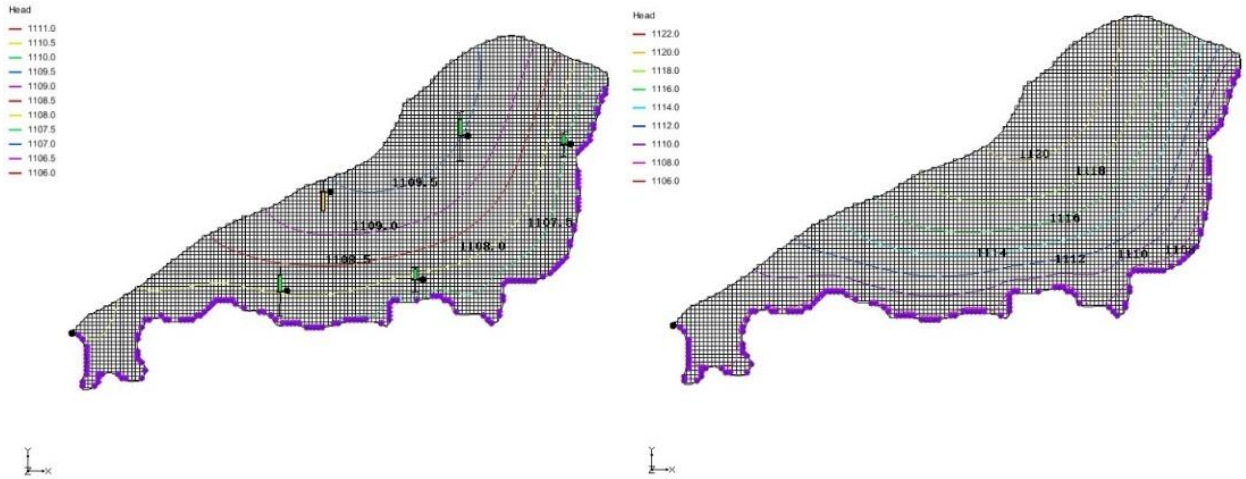



**图 5.7.2-2　虎溪-新地灌区受水前后地下水流场模拟图**

（2）对灌区地下水水质的影响

根据《全国水环境容量核定技术指南》，标准农田指的是平原、种植作物为小麦、土壤类型为壤土、化肥施用量为 25～35 公斤/亩 年，降水量在 400～800mm 范围内的农田。标准农田源强系数：COD10kg/亩 年，氨氮 2kg/亩 年。对于其他农田，对应的源强系数需要根据不同区域的坡度、农作物类型、土壤类型、化肥施用量、降水量进行修正，修正后代入源强系数求得其污染物排放量。根据本工程灌区情况，农田源强系数为 COD10kg/亩 年，氨氮 2kg/亩 年。本次采用解析法来预测水库供水对灌区地下水水质的影响。

1）预测模型概化

根据灌区水文地质调查，灌区主要含水层为第四系松散岩类孔隙水含水层，主要为粉砂、细沙，偶夹砾石、卵石，厚度约为 6m。灌区地下水主要向河流排泄，污染羽运移至勐岗河等地表水系时，污染物将随河水排出灌区。

灌区地下水流向呈一维流动，地下水水位动态稳定，因此污染物在含水中的迁移，可概化为瞬时注入示踪剂（平面瞬时点源）的一维稳定流动二维水动力弥散问题，污染物浓度分布模式如下：

$$C(x,\ y,\ t)=\frac{m_M/M}{4\pi nt\sqrt{D_L D_T}}e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t}+\frac{y^2}{4D_T t}\right]}$$

（5.7-3）

式中：x，y——计算点处的位置坐标；

t——时间，d；

C（x，y，t）——t 时刻点 x，y 处的示踪剂浓度，g/L；

M——承压含水层的厚度，m；

$m_M$——长度为 M 的线源瞬时注入的示踪剂质量，kg；

u——水流速度，m/d；

$n_e$——有效孔隙度，无量纲；

$D_L$——纵向弥散系数，$m^2/d$；

$D_T$——横向 y 方向的弥散系数，$m^2/d$；

π——圆周率。

2）模型参数选取

①含水层的厚度 M：含水层组为第四系松散岩类孔隙水，岩性以粉砂、细沙夹砾石、卵石为主，含水层厚度根据本次野外水文地质调查情况和以往水文地质资料确定为 6m。

②含水层的平均有效孔隙度 $n_e$：根据相关经验，有效孔隙度取 0.46。

③水流速度 u：灌区地下水含水层渗透系数为 1.5m/d，水力梯度 0.0016。根据达西定律，地下水的渗流速度：V=KI=1.5m/d×0.0016=0.0024m/d，水流速度 u 取为实际流速 u=V/n=0.0052m/d。

④纵向 x 方向的弥散系数 $D_L$：参考经验理论，根据本次研究情况，模型中计算中纵向弥散度选用 5.0m。由此计算研究区含水层中的纵向弥散系数 $D_L=\alpha L\times u=0.026m^2/d$。

⑤横向 y 方向的弥散系数 $D_T$：根据经验一般 $D_T/D_L=0.1$，因此 $D_T$ 取 $0.0026m^2/d$。

3）地下水环境影响评价预测及结果

根据上述预测模式及参数，COD 预测结果见表 5.7.2-2，氨氮预测结果见表 5.7.2-3。

**表 5.7.2-2　地下水中 COD 污染预测结果**

| 距离（m） | | 浓度（mg/L） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | y | 1d | 10d | 15d | 20d | 25d | 30d |
| 0 | 0 | 91.17 | 28.80 | 23.51 | 20.35 | 18.19 | 16.60 |
| 0.1 | 0.1 | 5.89 | 22.10 | 19.77 | 17.91 | 16.46 | 15.30 |
| 0.2 | 0.2 | 0 | 9.78 | 11.52 | 11.98 | 11.95 | 11.73 |
| 0.3 | 0.3 | | 2.50 | 4.65 | 6.08 | 6.96 | 7.49 |
| 0.4 | 0.4 | | | 1.30 | 2.35 | 3.26 | 3.98 |
| 0.5 | 0.5 | | | | | 1.22 | 1.76 |
| 注：《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017），Ⅲ类标准 COD≤3mg/L | | | | | | | |

根据上述农田源强 COD 的预测结果，在第 10 天时，最远超标点离污染源点约 0.3m；在第 15 天时，最远超标点离污染源约 0.4m；20 天时，最远超标点离污染源约 0.4m；25 天时，最远超标点离污染源约 0.5m；30 天时，最远超标点离污染源约 0.5m。污染源下渗后污染羽范围较小，正常情况下不出现大范围污染。

**表 5.7.2-3　地下水中氨氮污染预测结果**

| 距离（m） | | 浓度（mg/L） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | y | 1d | 10d | 20d | 30d | 40d | 50d | 60d | 70d |
| 0 | 0 | 18.23 | 5.76 | 4.07 | 3.32 | 2.87 | 2.57 | 2.34 | 2.16 |
| 0.1 | 0.1 | 1.18 | 4.42 | 3.58 | 3.06 | 2.71 | 2.45 | 2.26 | 2.10 |
| 0.2 | 0.2 | | 1.96 | 2.40 | 2.35 | 2.23 | 2.10 | 1.99 | 1.89 |
| 0.3 | 0.3 | | 0.50 | 1.22 | 1.50 | 1.59 | 1.61 | 1.60 | 1.57 |
| 0.4 | 0.4 | | | 0.47 | 0.80 | 0.99 | 1.11 | 1.17 | 1.20 |
| 0.5 | 0.5 | | | | 0.35 | 0.54 | 0.68 | 0.78 | 0.85 |
| 0.6 | 0.6 | | | | | 0.26 | 0.38 | 0.48 | 0.56 |
| 0.7 | 0.7 | | | | | | | | 0.34 |
| 注：《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017），III类标准氨氮≤0.50mg/L | | | | | | | | | |

根据上述农田源强氨氮的预测结果：10 天时，最远超标点离污染源约 0.3m；20 天时，最远超标点离污染源约 0.4m；30 天时，最远超标点离污染源约 0.5m；40 天时，最远超标点离污染源约 0.6m；50 天时，最远超标点离污染源约 0.6m；70 天时，最远超标点离污染源约 0.7m。污染源下渗后污染羽范围较小，正常情况下不出现大范围污染。

水库供水后，灌区地下水水位整体抬升，水量较灌溉之前整体增加。水库灌溉水水质较好，可以满足地表水质量III类标准，灌区污染物主要是化肥施用，当灌溉后污染物浓度被稀释，溶质运移速率增大。因此，在径流条件好、蒸发作用强的情况下，水库供水对灌区地下水水质不会造成明显的不利影响。灌区内蒸发作用较强，还是可能会出现盐渍化现象，需布置地下水水质、水位监测点，并加强监测，充分掌握灌区盐渍化发展趋势。

## 5.8 对陆生生态的影响

### 5.8.1 工程建设对植被的影响预测评价

#### 5.8.1.1 施工期对植被的影响

施工期的影响主要是各类工程的占地影响，其影响相对短暂和集中，是负面

影响。

小石门水库工程建设占地包括水库淹没区占地、主体工程枢纽区占地和输水管线工程区占地三部分。工程建设占用的植被类型包括自然植被和人工植被。

#### 5.8.1.1.1 水库淹没对植被的影响

小石门水库淹没面积 204.04hm$^2$。结合现场调查、工程资料及植被叠图，拟建小石门水库淹没影响区的植被包括自然植被和人工植被两部分，累计面积 194.85hm$^2$，淹没非植被面积 9.19hm$^2$。

小石门水库淹没影响的自然植被包括暖温性针叶林、干热性稀树灌草丛、干热性灌丛 3 种类型，累计面积 152.54hm$^2$，占评价区自然植被面积的 2.26%。其中，被淹没的暖温性针叶林面积为 73.14hm$^2$，占评价区暖温性针叶林的 3.08%；被淹没的干热性灌丛面积为 76.23hm$^2$，占评价区干热性灌丛的 4.42%；被淹没的干热性稀树灌草丛面积为 3.17hm$^2$，占评价区干热性稀树灌木草丛面积的 0.12%。这部分植被在水库蓄水后将永久消失，使评价区自然植被的面积减少。

被淹没的人工植被面积 42.31hm$^2$，占评价区同类型植被面积的 0.45%。其中，淹没人工林 20.07hm$^2$，占评价区人工林的 0.36%，淹没园地 0.80hm$^2$，占评价区园地的 1.84%；淹没耕地植被 21.44hm$^2$，占评价区同类植被面积的 0.56%。这对评价区周边社区的农业生产造成一定影响。

此外，工程淹没住宅用地 1.74hm$^2$，交通运输用地 0.22hm$^2$、水域 7.23hm$^2$。水库淹没影响区情况详见表 5.8.1-1。

**表 5.8.1-1　小石门水库工程库区淹没对植被的影响　　单位：hm$^2$**

| 属性 | 植被类型 | 水库淹没面积(hm$^2$) | 评价区同类植被面积(hm$^2$) | 占评价区同类植被面积比（%） |
|---|---|---|---|---|
| 自然植被 | 半湿润常绿阔叶林 | / | 10.80 | 0.00 |
| | 暖温性针叶林 | 73.14 | 2371.46 | 3.08 |
| | 干热性稀树灌草丛 | 3.17 | 2653.23 | 0.12 |
| | 干热性灌丛 | 76.23 | 1725.22 | 4.42 |
| | 自然植被小计 | 152.54 | 6760.71 | 2.26 |
| 人工植被 | 人工林 | 20.07 | 5520.82 | 0.36 |
| | 园地（经济林） | 0.80 | 43.43 | 1.84 |
| | 耕地 | 21.44 | 3797.47 | 0.56 |
| | 人工植被小计 | 42.31 | 9361.72 | 0.45 |
| 其 | 住宅用地 | 1.74 | 169.37 | 1.03 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 他 | 交通用地 | 0.22 | 133.83 | 0.16 |
| | 水域（水面） | 7.23 | 110.92 | 6.52 |
| | 裸地、工矿用地 | / | 97.42 | 0.00 |
| | 土林 | / | 107.81 | 0.00 |
| | 小计 | 9.19 | 619.35 | 1.48 |
| 合计 | | 204.04 | 16741.78 | 1.22 |

水库蓄水后，由于水面蒸发量较大，库周区域湿度会有所变大：由于水体的热容量大于陆地，局地年温度变化将变小，对极端气温的出现有一定减缓作用，有利于区域植被的生长和农业生产活动，植被特别是森林植被也会为栖息于其中的野生动物提供更好的生境。

#### 5.8.1.1.2 工程永久占地对植被的影响

评价区内分布半湿润常绿阔叶林、暖性针叶林、干热性稀树灌草丛和干热性灌丛 4 类自然植被类型。其中，常绿阔叶林仅分布于库尾海拔 1850~2000m 范围，不受本工程建设和水库淹没所影响；暖性针叶林、干热性稀树灌草丛和干热性灌丛分布于工程建设区，将不同程度受到工程建设所影响。

小石门水库工程永久占地面积 124.36hm$^2$ 中，占用自然植被面积 113.43hm$^2$，占评价区自然植被面积的 1.68%。包括大坝枢纽工程永久占用自然植被 58.16hm$^2$、泵站区工程永久占用自然植被面积 4.49hm$^2$、管道区工程永久占用自然植被面积 50.78hm$^2$。因拟建小石门水库工程建设永久减少的自然植被面积 113.43hm$^2$ 中，包括暖温性针叶林 21.65hm$^2$、干热性稀树灌草丛 27.33hm$^2$、干热性灌丛 64.45hm$^2$。小石门水库工程施工后，这部分自然植被在评价区将会永久消失，使评价区的自然植被的面积有所减少，因而对评价区的陆生生态造成一定的负面影响。

工程永久占地面积 124.36hm$^2$ 中，占用人工植被面积 9.28hm$^2$，占评价区人工植被面积的 0.10%。包括占用人工林面积 3.82hm$^2$，占用耕地面积 4.28hm$^2$，占用园地（经济林）1.17hm$^2$。占用非植被区域面积 1.66hm$^2$，包括占用水域 1.27hm$^2$、占用交通用地 0.39hm$^2$。如表 5.8.1-2。

**表 5.8.1-2　小石门水库工程永久占地对植被的影响一览表　单位：hm$^2$**

| 属性 | 植被类型 | 枢纽区 | 泵站区 | 管线区 | | | 合计 | 评价区同类植被面积 | 评价区同比% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 干线区 | 支线区 | 小计 | | | |
| 自然植 | 半湿润常绿阔叶林 | / | / | / | / | / | / | 10.80 | / |
| | 暖温性针叶林 | 15.02 | 0.96 | 5.67 | 0 | 5.67 | 21.65 | 2371.46 | 0.91 |

| 属性 | 植被类型 | 枢纽区 | 泵站区 | 管线区 | | | 合计 | 评价区同类植被面积 | 评价区同比% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 干线区 | 支线区 | 小计 | | | |
| 被 | 干热性稀树灌草丛 | / | 0.47 | 20.04 | 6.82 | 26.86 | 27.33 | 2653.23 | 1.03 |
| | 干热性灌丛 | 43.14 | 3.06 | 17.26 | 0.99 | 18.25 | 64.45 | 1725.22 | 3.74 |
| | 小计 | 58.16 | 4.49 | 42.97 | 7.81 | 50.78 | 113.43 | 6760.71 | 1.68 |
| 人工植被 | 人工林 | / | / | 3.41 | 0.41 | 3.82 | 3.82 | 5520.82 | 0.07 |
| | 园地（经济林） | / | 0.45 | 0.65 | 0.07 | 0.72 | 1.17 | 43.43 | 2.69 |
| | 耕地 | 1.95 | / | 1.89 | 0.44 | 2.33 | 4.28 | 3797.47 | 0.11 |
| | 小计 | 1.95 | 0.45 | 5.95 | 0.93 | 6.88 | 9.28 | 9361.72 | 0.10 |
| 其他 | 住宅用地 | / | / | / | / | / | / | 169.37 | 0.00 |
| | 交通用地 | / | / | 0.33 | 0.06 | 0.39 | 0.39 | 133.83 | 0.29 |
| | 水域（水面） | 1.15 | / | 0.12 | / | 0.12 | 1.27 | 110.92 | 1.14 |
| | 裸地、工矿用地、光伏电站 | / | / | / | / | / | / | 97.42 | / |
| | 土林 | / | / | / | / | / | / | 107.81 | / |
| | 小计 | 1.15 | / | 0.45 | 0.06 | 0.51 | 1.66 | 619.35 | 0.27 |
| 合计 | | 61.26 | 4.94 | 49.37 | 8.79 | 58.16 | 124.36 | 16741.78 | 0.74 |

（1）主体工程枢纽区永久占地影响

小石门水库主体工程枢纽区永久征地工程涉及大坝区、永久路、管理用地。工程枢纽区永久占地面积 61.26hm$^2$，其中大坝区占地 48.44hm$^2$、永久路占地 8.78hm$^2$、管理用地面积 4.04hm$^2$。大坝枢纽工程建设永久征地面积中，占用自然植被 58.16hm$^2$，涉及暖温性针叶林 15.02hm$^2$、干热性灌丛 43.14hm$^2$；占用人工植被（耕地植被）1.95hm$^2$；占用水域及水利设施用地 1.15hm$^2$。

（2）泵站区永久占地影响

泵站区永久占地面积约 4.94hm$^2$，从工程内容上看，泵站区工程永久占地工程包括泵站水池工程和泵站公路工程。泵站水池工程永久占地面积较小，约 0.44hm$^2$。泵站公路工程永久占地面积约 4.50hm$^2$，其中占用暖温性针叶林 0.96hm$^2$，占用干热性稀树灌草丛 0.47hm$^2$，占用干热性灌丛 3.06hm$^2$。此外，占用果园（经济林）面积 0.45hm$^2$。

（3）干线区工程永久占地

小石门水库工程输水干管工程包括主干管（占地 20.56hm$^2$）、东干管（占地 0.79hm$^2$）和北干管（占地 28.02hm$^2$），累计占地面积 49.37hm$^2$。

干管区工程占用自然植被面积 42.97hm$^2$；其中占用暖温性针叶林 5.67hm$^2$，占用干热性稀树灌草丛 20.04hm$^2$，占用干热性灌丛 17.26hm$^2$。干管区工程占用

人工植被面积 5.95hm$^2$；其中，占用人工林 3.41hm$^2$，占用耕地 1.89hm$^2$，占用果园 0.65hm$^2$。此外，干管区工程还占用交通用地 0.33hm$^2$，占用水域水面 0.12hm$^2$。

（4）支线工程永久占地

小石门水库工程输水支管工程均位于元谋县境内，支管工程包括东支管占地 2.31hm$^2$、北支管占地 6.48hm$^2$，累计占地面积 8.79hm$^2$。东支管工程占地 2.31hm$^2$，均为自然植被，包括占用干热性稀树灌草丛 2.16hm$^2$，占用干热性灌丛 0.15hm$^2$；北支管工程占地面积 6.48hm$^2$，占用自然植被面积 5.5hm$^2$，其中占用干热性稀树灌草丛面积 4.66hm$^2$，占用干热性灌丛 0.84hm$^2$；占用人工植被面积 0.93hm$^2$，其中，占用人工林 0.41hm$^2$，占用果园 0.07hm$^2$，占用耕地 0.45hm$^2$。此外，支管工程还占用现有乡村公路 0.06hm$^2$。

总体而言，工程永久占地面积较小，受工程影响植被类型占评价区同类型植被面积比例较低，永久占地对评价区植被的影响较小。

**5.8.1.1.3 工程临时占地对植被的影响**

小石门水库工程临时占地面积 534.08hm$^2$ 中，占用自然植被面积 415.04hm$^2$，占评价区自然植被面积的 6.14%。包括大坝枢纽工程临时占用自然植被 156.10hm$^2$、泵站区工程临时占用自然植被面积 2.83hm$^2$、管道区工程临时占用自然植被面积 256.11hm$^2$。因拟建小石门水库工程建设临时减少的自然植被面积 415.04hm$^2$ 中，包括暖温性针叶林 110.35hm$^2$、干热性稀树灌草丛 165.57hm$^2$、干热性灌丛 139.12hm$^2$，分别占评价区同类型植被面积的 4.65%、6.24%和 8.06%。小石门水库工程施工后，这部份自然植被在评价区将会受到不同程度的影响，而对评价区的陆生生态造成一定的负面影响。但是工程竣工后，这部分临时影响的自然植被，通过人工植被恢复及自然恢复等途径，会逐渐向施工前的自然植被逐渐演变。

工程临时占地面积 534.08hm$^2$ 中，占用人工植被面积 107.73hm$^2$，占评价区人工植被面积的 1.15%；占用人工林面积 0.83hm$^2$，占用耕地面积 93.01hm$^2$，占用园地（经济林）面积 13.89hm$^2$。

工程临时占地面积 534.08hm$^2$ 中，占用非植被区域面积 11.29hm$^2$，占评价区非植被类型面积的 1.82%。包括占用水域（水面）1.31hm$^2$、交通用地 9.98hm$^2$，如表 5.8.1-3。

总体而言，工程临时占地对评价区植被造成一定负面影响，但其影响是短期的、可逆的，对评价区植被影响较小。

**表 5.8.1-3　小石门水库项目临时占地影响植被一览表　　单位：$hm^2$**

| 属性 | 植被类型 | 枢纽区 | 泵站区 | 管线区 | | | 临时合计 | 评价区同类植被面积 | 评价区同比% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 干线区 | 支线区 | 小计 | | | |
| 自然植被 | 半湿润常绿阔叶林 | / | / | / | / | / | / | 10.80 | / |
| | 暖温性针叶林 | 55.07 | / | 55.28 | / | 55.28 | 110.35 | 2371.46 | 4.65 |
| | 干热性稀树灌草丛 | 8.71 | 1.37 | 84.31 | 71.18 | 155.49 | 165.57 | 2653.23 | 6.24 |
| | 干热性灌丛 | 92.32 | 1.46 | 43.87 | 1.47 | 45.34 | 139.12 | 1725.22 | 8.06 |
| | 小计 | 156.10 | 2.83 | 183.46 | 72.65 | 256.11 | 415.04 | 6760.71 | 6.14 |
| 人工植被 | 人工林 | / | / | / | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 5520.82 | 0.02 |
| | 园地（经济林） | / | 0.34 | 10.04 | 3.51 | 13.55 | 13.89 | 43.43 | 31.98 |
| | 耕地小计 | 22.08 | 0.54 | 45.73 | 24.66 | 70.39 | 93.01 | 3797.47 | 2.45 |
| | 小计 | 22.08 | 0.88 | 55.77 | 29 | 84.77 | 107.73 | 9361.72 | 1.15 |
| 其他 | 住宅用地 | / | / | / | / | / | / | 169.37 | / |
| | 交通用地 | / | / | 8.59 | 1.39 | 9.98 | 9.98 | 133.83 | 7.46 |
| | 水域（水面） | / | / | 1.14 | 0.17 | 1.31 | 1.31 | 110.92 | 1.18 |
| | 裸地、工矿用地、光伏电站 | | | / | / | / | / | 97.42 | / |
| | 土林 | / | / | / | / | / | / | 107.81 | / |
| | 小计 | / | / | 9.73 | 1.56 | 11.29 | 11.29 | 619.35 | 1.82 |
| 合计 | | 178.18 | 3.71 | 248.97 | 103.21 | 352.18 | 534.08 | 16741.78 | 3.19 |

**5.8.1.2 运行期对植被的影响**

水库运行期不会对评价区植被产生不利影响，此外，工程临时占地范围的植被恢复和库区条件改善，有利于评价区植被向良好方向发展，更多体现为有益影响。

（1）临时占用的植被将被恢复

小石门水库工程临时占用自然植被面积 415.04$hm^2$，主要是干热性稀树灌草丛、干热性灌丛和暖温性针叶林。这部分被临时占用的自然植被，工程结束后通过植被恢复措施和生境自然恢复过程，其群落特征及其中的生物多样性可以逐渐得到恢复。

工程临时占用的人工植被面积为 107.73$hm^2$，主要是人工林、经济林和耕地。工程结束后通过恢复措施，这部分临时占用的旱地可以再次进行耕种，施工期对

当地社区的农业生产产生的影响将逐步减轻至消失。

（2）工程竣工蓄水后，库区的次生灌丛会逐渐向良好方向恢复

小石门水库蓄水后库区湿度将比建库前明显增加，加之成库后，库区内人为干扰显著降低，库区内次生灌丛将会向良性方向演变——在停止人为砍伐和湿润增加等影响下，经过较长时期（如 10 年、20 年）的自然恢复，此类次生性的石灰岩灌丛会向着原有的常绿阔叶林演变，对当地的生态环境及视觉景观产生有益的影响。

**5.8.1.3 工程建设对植被的总体影响**

小石门水库工程建设对植被的影响包括永久占用影响和临时占用影响两方面。永久占用影响又包括水库淹没影响、主体工程施工永久占地和输水管线工程永久影响。根据小石门水库工程设计方案，结合现场调查和卫星影像数据分析，本工程总占地面积为 862.48hm$^2$。其中，工程永久占地面积 328.40hm$^2$，工程临时占地面积 534.08hm$^2$。

总的来看，小石门水库建设所影响自然植被面积 681.01hm$^2$，总的影响面积较大。其中，临时占地影响自然植被面积 415.04hm$^2$，占受影响自然植被面积的 6.14%；永久占地影响自然植被 265.97hm$^2$，占受影响自然植被面积的 3.93%。工程建设不影响半湿润常绿阔叶林；影响干热性灌丛 279.80hm$^2$、影响干热性稀树灌草丛 196.07hm$^2$、影响暖温性针叶林 205.14hm$^2$。受影响的自然植被是本区乃至云南大部分地区分布较广的植被，属于次生植被类型，其中的生物多样性明显降低，缺乏国家和云南省保护植物，也缺乏狭域特有植物。而且，受影响的自然植被中，约 61%的面积属于临时占地，属短期影响；工程竣工后，这部分临时影响的自然植被，通过植被恢复、自然恢复等途径，可以得到逐渐恢复。因此，小石门水库建设对评价区自然植被的影响不大。

**表 5.8.1-4　小石门水库工程总占地影响植被一览表　　单位：hm$^2$**

| 属性 | 植被类型 | 评价区同类植被面积 | 永久占地 | | 临时占地 | | 总合计 | 评价区同比% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 面积 | 评价区同比% | 面积 | 评价区同比% | | |
| 自然植被 | 半湿润常绿阔叶林 | 10.80 | / | / | / | / | / | / |
| | 暖温性针叶林 | 2371.46 | 94.79 | 4.00 | 110.35 | 4.65 | 205.14 | 8.65 |
| | 干热性稀树灌草丛 | 2653.23 | 30.5 | 1.15 | 165.57 | 6.24 | 196.07 | 7.39 |
| | 干热性灌丛 | 1725.22 | 140.68 | 8.15 | 139.12 | 8.06 | 279.80 | 16.22 |
| | 小计 | 6760.71 | 265.97 | 3.93 | 415.04 | 6.14 | 681.01 | 10.07 |

| 属性 | 植被类型 | 评价区同类植被面积 | 永久占地 | | 临时占地 | | 总合计 | 评价区同比% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 面积 | 评价区同比% | 面积 | 评价区同比% | | |
| 人工植被 | 人工林 | 5520.82 | 23.89 | 0.43 | 0.83 | 0.02 | 24.72 | 0.45 |
| | 园地（经济林） | 43.43 | 1.97 | 4.54 | 13.89 | 31.98 | 15.86 | 36.52 |
| | 耕地 | 3797.47 | 25.72 | 0.68 | 93.01 | 2.45 | 118.73 | 3.13 |
| | 小计 | 9361.72 | 51.59 | 0.55 | 107.73 | 1.15 | 159.32 | 1.70 |
| 其他 | 住宅用地 | 169.37 | 1.74 | 1.03 | / | / | 1.74 | 1.03 |
| | 交通用地 | 133.83 | 0.61 | 0.46 | 9.98 | 7.46 | 10.59 | 7.91 |
| | 水域（水面） | 110.92 | 8.50 | 7.66 | 1.31 | 1.18 | 9.81 | 8.84 |
| | 裸地、工矿用地、光伏电站 | 97.42 | / | / | / | / | / | / |
| | 土林 | 107.81 | / | / | / | / | / | / |
| | 小计 | 619.35 | 10.85 | 1.75 | 11.29 | 1.82 | 22.14 | 3.57 |
| 合计 | | 16741.78 | 328.40 | 1.96 | 534.08 | 3.19 | 862.48 | 5.15 |

## 5.8.2 工程建设对土地利用的影响

工程评价区总面积 16741.78hm$^2$，工程占用面积 862.48hm$^2$，占评价区总面积 5.15%。占用面积最大的是灌木林地，占地面积 279.80hm$^2$，占评价区灌木林地面积的 10.55%；其次为乔木林地，占用面积 229.86m$^2$，占评价区乔木林地面积的 8.70%；然后为疏林地，占用面积 196.07hm$^2$，占评价区疏林地面积的 2.81%，工程占用旱地面积为 118.73hm$^2$，占评价区同类土地面积的 3.13%。占用面积比例最大的是果园，占用面积 15.86hm$^2$，占评价区同类型植被面积的 36.52%；其他土地利用类型占用的面积和比例均不大，如下表。

工程运行后，灌区范围开发将以经济果林为主，因此，工程占地对园地的影响将有所缓解，工程占用林地，将对区域林业生产和生态效益造成一定影响。

**表 5.8.2-1　工程占地对土地利用的影响　　单位：hm$^2$**

| 土地 | 利用类型 | 评价区面积 | 工程占用面积 | 占比（%） |
|---|---|---|---|---|
| 林地 | 乔木林地 | 2641.82 | 229.86 | 8.70 |
| | 灌木林地 | 2653.23 | 279.80 | 10.55 |
| | 疏林地 | 6986.48 | 196.07 | 2.81 |
| 园地 | 果园 | 43.43 | 15.86 | 36.52 |
| 耕地 | 旱地 | 3797.47 | 118.73 | 3.13 |
| 交通运输用地 | 城镇村道路用地 | 133.83 | 10.59 | 7.91 |
| 住宅用地 | 农村宅基地 | 169.37 | 1.74 | 1.03 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 工矿仓储用地 | 工业用地 | 82.51 | / | / |
| 特殊用地 | 风景名胜设施用地 | 107.81 | / | / |
| 水域 | 水面 | 110.92 | 9.81 | 8.84 |
| 其他土地 | 裸岩石砾地 | 14.91 | / | / |
| 合计 | | 16741.78 | 862.48 | 5.15 |

## 5.8.3 工程建设对陆生植物资源的影响预测评价

### 5.8.3.1 对保护植物的影响预测评价

现场调查，小石门水库评价区，包括主体工程施工区、水库淹没区未发现名木古树，未发现狭域特有植物，未发现国家和云南省重点保护野生植物，工程建设对此类植物没有影响。

### 5.8.3.2 对一般植物资源的影响预测评价

小石门水库建设将要占用土地中，约分布 355 种维管植物，包括一些栽培植物，其中的一些植物个体将要随着水库建设而消失。

（1）水库淹没的影响预测评价

水库淹没将影响到植物种类近 280 种，其中包括较多的阳性次生种类及外来入侵植物。库区的植株将随着工程的竣工蓄水而永久消失，如云南松 *Pinus yunnanensis*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、栓皮栎 *Quercus variabilis*、山合欢 *Albizia kalkora* 等物种。由于评价区这些物种的数量较多，而且繁殖正常，因此这些物种的部份个体在淹没区消失，不会导致这些物种的灭绝。

（2）施工区的影响预测评价

本水库工程施工区分布约 210 种自然分布的植物种类，这部分植株有的会随工程的施工而永久消失，有的在工程结束后通过植被恢复措施和自然恢复过程，其群落特征及其中的生物多样性可以逐渐得到恢复。由于位于居民点附近，原生群落中的物种已经大部分消失，残存的主要是次生种类如白酒草 *Conyza japonica*、黄毛青冈 *Cyclobalanopsis delavayi*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、鬼针草 *Bidens pilosa* 等。分布于永久占地区的植株有的会随着工程施工永久消失，但是受影响种群数量极小，不会影响到它们的种群生存。而且分布于临时占区的物种，在工程竣工后多相当部分的种数量可以逐步更新和恢复，所以工程临时用地对生物多样性不造成很大影响。

上述施工区中出现的植物种类个体主要是次生物种，在云南分布很广，不属

于保护植物，也没有狭域分布的植物。这些个体在施工区极小范围内的消失不会影响到这些物种在云南的种群数量，更不会影响到它们的种群生存。而且，其中施工中永久占用的自然植被面积 265.97hm$^2$，临时占用的自然植被面积约 415.04hm$^2$。虽然分布于永久占用自然植被中的植物个体将要永久消失，但是分布于临时占用自然植被内的植物个体，在工程竣工后，将可以逐步更新和恢复，即一半左右的物种数量可以逐步更新和恢复。因此，本工程施工区的施工对本区植物多样性的影响不大。

## 5.8.4 工程建设对动物的影响预测评价

小石门水库工程建设占地包括淹没区占地和施工区占地两部分。施工区占地又包括永久占地和临时占地。项目的实施对各类脊椎动物的影响最大的是淹没区占地和永久占地，这部分占地改变和减少了各类动物的生存生境，在这些区域生活的动物只能通过迁移来避免这种不可逆的影响。

临时占地范围包括生产生活区、输水线路埋管区、弃渣场、料场（土料场、石料场和砂石料加工系统）以及施工临时道路。施工结束后，会逐渐恢复原有的生态环境，陆生脊椎动物还可能逐渐迁回。

### 5.8.4.1 工程施工期对陆生脊椎动物的影响

小石门水库建设区包括大坝枢纽区、淹没区、输水线路区等。水库淹没及工程永久占地总面积 328.40hm$^2$，受影响的生境主要是农耕地、园地以及林地。这些生境是部分陆生脊椎动物的栖息地和活动区域。

#### 5.8.4.1.1 对两栖爬行类的影响

两栖动物活动能力有限，对水和湿地的依赖性大，分布仅限于有水的湿地环境。而爬行动物（蛇类）主要以两栖动物和鼠类为食，其分布也常常与它们的捕食对象重叠。

评价区的水环境（湿地环境）基本上只有小石门水库干流及较大支流，适宜两栖动物的生存空间较小，评价区记录到两栖动物 10 种、爬行动物 14 种。其中，蟾蜍、滇蛙、雨蛙、铜蜓蜥和黑眉锦蛇较常见。其他的种类较少见。

小石门水库工程的实施，会占据两栖爬行动物的部分生境和栖息地，造成它们活动领域与捕食生境的丧失。但工程区水环境（湿地环境）不多，两栖爬行动

物较少。

施工期对两栖爬行动物的影响主要表现在工程将会占用部分低凹的沟箐生境，影响少数两栖爬行动物的活动空间；同时，施工机械噪声将对两栖和爬行类造成驱赶影响，导致施工区及其周边两栖爬行动物的减少。此外，施工人员对两栖爬行动物的捕捉，以及他们的生活活动对两栖爬行动物栖息地生境的干扰和破坏，特别是对两栖动物繁殖活动的影响，如对产卵与卵的孵化，蝌蚪的生长等影响更大。

总之，小石门水库工程施工建设对活动范围相对狭小和有限的两栖动物，特别是对进入繁殖期的两栖动物有一定影响。

#### 5.8.4.1.2 对鸟类的影响

评价区记录到鸟类 106 种。其中，在农耕地、村落栖息的鸠鸽科、燕科、鸦科、文鸟科和雀科鸟类最常见；在水环境及其附近栖息的鹭科、秧鸡科、鹬科和翠鸟科鸟类较常见；在灌丛、林地栖息的杜鹃科、鸫科、鹟科、画眉科、鸲科和雀鸟科鸟类少见。

鸟类是运动能力最强的动物，对环境的变化非常敏感，它们可以通过飞行，及时逃离不利环境，寻找适于栖息的生境。因此，项目的实施对鸟类的影响相对较小。

水库建设对鸟类的影响主要是库区淹没和施工区占地造成部分鸟类栖息生境、活动领域、捕食生境的丧失。这种影响只能通过鸟类自身的迁移来避免。

施工活动对鸟类原生境的干扰和破坏是明显的，如大坝枢纽施工，会影响在水边活动的鸭科、鹭科、翠鸟科和鹡鸰科鸟类。而新挖管道，修建道路，会干扰在农田和灌丛活动的鸠鸽科、燕科、鹟科和雀科鸟类。此外，施工机械噪声会对鸟类栖息地造成声环境破坏，对鸟类产生驱赶效应，特别是对处于繁殖期的鸟类，噪声可能影响到鸟类繁殖；施工中砍伐树木会对鸟类巢穴造成破坏，施工人员对鸟类的捕捉等会导致评价区现有鸟类的种类和数量将减少。

总之，小石门水库建设对评价区多数鸟类而言，将使其生境和栖息地有所减少，由此影响到它们在评价区的种群数量有所降低，但是由于鸟类的活动范围很广，这种影响相对有限。

#### 5.8.4.1.3 对兽类的影响

评价区记录到哺乳动物 29 种，在河谷区域，有川西斑羚、林麝、野猪、猕猴、赤麂等兽类活动，在农耕地、村落周边及云南松等次生林地区域，鼩鼱科、鼠科和松鼠科等动物活动迹象明显。

大中型兽类运动能力较强，能够及时逃离不利环境，寻找适于栖息的生境。项目的实施对兽类的影响主要是水库淹没及工程占地造成部分兽类生存生境、活动区域、捕食生境的丧失。施工活动对兽类栖息地生境的干扰和破坏，主要表现在大坝工程占地及永久性和临时性道路的施工等，这些区域的施工将不可避免地对动物的生境造成破坏，施工机械噪声对兽类的栖息地声环境的破坏和机械噪声对兽类的驱赶，施工人员对兽类的捕杀。

总的来看，工程建设会对兽类产生一定不利影响，但在野生动物保护措施的落实的基础上，不利影响可以得到减缓。

### 5.8.4.2 工程运行期对陆生脊椎动物的影响

小石门水库工程运行期对动物的影响包括两个方面，其一，水库淹没影响；其二，水库灌溉区对动物的影响。

小石门水库工程主要解决下游元谋县西片新华乡、平田乡，苴林乡、黄瓜园镇四个乡镇热区土地开发缺水问题，新增灌溉面积约 17.84 万亩。生态影响主要是积极的、有益的影响。

#### 5.8.4.2.1 对两栖爬行类的影响

库区的影响：原有的生境消失，形成新的湿地生境。

随着小石门水库建设完成，进入运行阶段，灌溉区的水源丰富，能够充分保障农作物的生长，同时也为惠及灌溉区内其他植被，为两栖爬行动物营造了更好的水环境，捕食环境和隐蔽条件。能够吸引以农田为主要栖息地的蛙类、蛇类。因此，可能会使该区域的两栖爬行动物的种群数量有所增加。

#### 5.8.4.2.2 对鸟类的影响

农田生态环境的好转，农作物丰产，以及周边植被改善，将会吸引一些在农地活动的鸟类，如鸠鸽科、鹡鸰科、文鸟科和雀科鸟类；一些喜欢在农田与林缘活动的鸟类，如山椒鸟科、鹎科、伯劳科、卷尾科和鹟科鸟类也可能会有所增加；

同样，一些常在农田、水渠活动的鸟类，如鹭科、秧鸡科、翠鸟科、鹡鸰科和鹟科鸟类种群数量可能也会增加。此外，位于食物链上端的猛禽有可能会增加。

#### 5.8.4.2.3 对兽类的影响

生态环境的变化，会导致以农田害虫为食的鼩鼱科兽类，如云南缺齿鼩鼱和白尾梢麝鼩数量上升；而以农作物为食的鼠类，如大绒鼠、姬鼠、北社鼠和黄胸鼠的种群数量可能也会增加。相应位于食物链上端的肉食类动物也可能会增加。

### 5.8.4.3 工程建设对珍稀保护动物的影响

#### 5.8.4.3.1 对林麝的影响

根据两次观测调查结果分析并结合工程建设特点，工程建设对林麝产生以下影响：

（1）侵占栖息地：两次调查均在工程枢纽区发现林麝，但记录频次很低、位点很少（3 个），且位点间距离很近（100~300m），根据位点位置、拍摄时间及拍摄影像初步判断，工程枢纽区拍摄到的林麝可能为同一个体。工程建设后工程枢纽区的林麝栖息地将永久消失。通过对工程建设影响区及其周边区域的地形、植被指数等进行分析，工程枢纽区、淹没区与库区左岸山林区、坝下河谷区、白马山自然保护区等周边区域生境同质性高，均可为林麝的潜在栖息地。工程枢纽区占地 80.52hm$^2$，潜在栖息地面积为 6610 hm$^2$，因此枢纽区林麝栖息地面积损失约占潜在栖息地的 1.22%。此外，第一期调查中在水库淹没区记录有林麝活动，但出现频率极低（仅在第一次调查中两个位点各记录到一次），水库淹没区占地面积 204.04hm$^2$，约占潜在栖息地的 3.09%。总体而言，工程枢纽区、淹没区内林麝种群密度低、数量少，且两个区域与周边环境同质性高，工程建设造成的林麝栖息地损失影响小，仅占潜在栖息地面积的 4.31%。

（2）造成种群隔离：现状调查结果表明，工程区内林麝通过河谷区上下游迁移以进行种群交流。工程建设后，拦河坝的修建将导致区域环境发生根本改变，从而导致林麝不能再进行上下迁移通道，导致坝址上下游种群隔离。此外，水库蓄水将导致坝址左右岸的种群隔离。

（3）施工扰动：随着工程开工建设，施工人员进入，各类施工机械进场，高强度、高密度人为干扰将驱使野生动物主动回避并远离施工区。由于林麝生性孤僻机警，对人类活动敏感，会主动回避并远离工程建设区，工程建设不会造成其

直接死亡。雄性林麝的分泌物麝香是一种名贵的中药，使其常常作为偷猎的对象。施工期间，大量外来务工人员进驻，若监管不严，盗猎等行为可能对林麝产生较大威胁。

（4）运行期影响：施工结束后，随着枢纽区植物植被的恢复、动物栖息地恢复、生态廊道、生态廊桥的建设等措施落实后，区域内植物植被覆盖率将逐渐升高，但水库工程枢纽区的永久性人工建筑对林麝仍将产生一定影响。而水库运行期间将建设水源保护区，除日常管护人员外，少有外人进入，整个区域内将逐渐恢复为人类活动干扰小的区域，且由于生态廊道（廊桥）的建设，工程对林麝的影响逐渐得以减缓。

**5.8.4.3.2 对猕猴的影响**

基于两次现状调查成果并结合工程建设特点，工程建设对猕猴产生以下环境影响：

（1）栖息地损失：根据现状调查结果，猕猴在工程枢纽区、淹没区及周边区域均有分布。工程建设将对猕猴造成一定栖息地损失影响，主要集中在水库枢纽工程区 80.52m$^2$、水库淹没区 204.04 hm$^2$，共计 284.56hm$^2$。其中，薄刀岭石料场区为临时用地，工程结束后可通过栖息地恢复措施得以恢复。

（2）种群隔离：工程枢纽区建设将导致猕猴种群上下游的隔离。此外，工程施工建设期间，施工人员的入驻、各类施工机械进场，高强度、高密度的人为干扰将驱使猕猴主动回避并远离施工区，根据区域地形和生境特点，猕猴将沿勐岗河河谷向上游或下游移动，从而产生猕猴种群上下游的隔离。勐岗河为山区河流，枯季河流水深仅 0.1m，左右岸猕猴可过河进行种群交流，而水库蓄水后，随着水位逐渐抬升，库区将形成静水区域，局部水面宽约 500m、平均水深约 47.9m，将对猕猴造成库区左右岸的种群隔离。但坝下河道仍可作为左右岸猕猴种群交流的通道。

工程施工结束后，将以薄刀岭石料场为起点，建设一条长 4km 主生态廊道，库中左岸建设一条长 1km 次生态廊道，在坝址上游 2.4km 建设生态廊桥一座，通过生态廊道、生态廊桥的建设可逐渐减缓因工程建设对猕猴种群带来的隔离影响。

（3）施工期影响：两次观测结果表明，猕猴对人类活动具有较强的适应性，

人类活动对猕猴空间利用的影响较小，工程建设对猕猴的影响主要体现在工程施工期间。工程施工期间猕猴将主动离开施工区域，由于工程区周边还有大量猕猴相似栖息地生境，猕猴将退避到库区左岸白土坡村后侧山林或坝下河谷区域，工程建设不会导致猕猴数量减少。随着施工时间的逐渐延长，猕猴有可能对施工活动产生一定的适应性。此外，现状调查表明猕猴对工程枢纽区及淹没区为季节性利用，主要是因为工程枢纽区和淹没区周边分布有耕地，农作物成熟期间猕猴来到田间盗食农作物，而非收获期则向下游迁移，在坝址下游河谷区域活动。通过合理规划施工期，开工期选择在非农作物采收期可有效减缓施工建设对猕猴的惊扰。

施工结束后，随着施工机械、施工人员的撤离，施工干扰将被解除，代之为猕猴对水库大坝及其附属建筑等固定设施的适应，且随着施工区植被的逐渐恢复，猕猴对坝区适应性将进一步加强。

（4）水库蓄水淹没使猕猴栖息地减少，将迫使猕猴群体不断侵袭周边农地，可能进一步加剧周边农作物被盗食、糟蹋。

#### 5.8.4.3.3 对川西斑羚的影响

工程建设、蓄水淹没将对川西斑羚造成坝址上下游、左右岸的种群隔离。工程建设征占地、水库蓄水淹没将造成 284.56hm$^2$ 川西斑羚生境损失。现状调查结果表明，川西斑羚虽在全域均有分布，但仅部分季节利用工程枢纽区，对坝址下游河谷区域的生境利用程度最高。因此，工程建设对川西斑羚的影响较小。工程施工建设期间，开山挖土、施工机械和运输车辆噪声、大量施工人员活动等，将使对人类直接干扰活动敏感的川西斑羚会主动回避，工程建设不会造成其数量减少。工程建设对其不利影响随着施工结束、栖息地恢复措施、生态廊道（桥）建设等措施落实后逐渐减小。

#### 5.8.4.3.4 对黄喉貂的影响

黄喉貂主要出现在坝址下游河道两侧，枢纽工程区与淹没区并非黄喉貂的主要栖息地，该物种对放牧等人类活动不敏感。黄喉貂是大中型鼬科动物，活动能力强，会主动回避，工程建设不会导致黄貂数量减少，工程建设对黄喉貂的影响较小且可控。

#### 5.8.4.3.5 对豹猫的影响

豹猫活动范围较大，主要出现在白马山及坝址下游河谷区域，在工程区呈现出季节性利用，该物种对放牧等人类活动不敏感。工程区不具有独特的生境异质性，周边区域仍有大量相似栖息生境。豹猫为小型猫科动物，分布较广，工程建设期会主动回避，工程建设对其影响较小且可控。

#### 5.8.4.3.6 对特有兽类的影响

评价区记录有 CITES 附录Ⅱ保护物种树鼩、猕猴和豹猫；中国特有物种侧纹岩松鼠、大绒鼠和高山姬鼠。对以上保护兽类的影响分述如下：

1、树鼩

树鼩为常见物种，主要在评价区的村落和树林中活动。但它们也能及时逃离施工区，因此影响较小。

2、特有物种

侧纹岩松鼠、大绒鼠、高山姬鼠主要在评价区的山地有树木和岩石以及农耕地活动，是属于对外界环境变化反应灵敏的动物，能及时逃离施工现场，避开人为干扰。因此影响较小。

#### 5.8.4.3.7 对保护鸟类的影响

评价区内记录到的国家 II 级重点保护野生鸟类有松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、游隼、白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、白胸翡翠、栗喉蜂虎 11 种。

松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、红隼、游隼主要在评价区的空中活动，它们的飞行能力极强，工程建设这种人为干扰会减少它们在评价区空中出现的频率，因此影响有限。

白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮和栗喉蜂虎可能在评价区边缘的阔叶林、混交林、次生林和林缘灌丛中活动，也在农田附近的疏林和树上活动，白胸翡翠在评价区河流两岸活动。水库工程建设可能会占据其一定的觅食区域与活动地，对其生境有一定干扰。

白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、栗喉蜂虎和白胸翡翠移动能力较强，且在评价区内分布范围较广。水库工程建设可能会占据其一定的觅食区域与活动地，对其生境有一定干扰。

上述国家级重点保护野生鸟类反应灵敏，运动能力强，活动范围广，可及时逃避不良环境；工程建设占地范围仅是他们活动、觅食、栖息的部分区域，对它们的栖息生境的影响有限；小石门水库工程将建设及运行对其生存影响不大。

#### 5.8.4.3.8 对特有两栖爬行类的影响

评价区内有中国特有物种有大蹼铃蟾、昭觉林蛙、滇蛙、昆明攀蜥、云南攀蜥、棕网腹链蛇、八线腹链蛇 7 种。蛙类和蛇类的活动半径小，活动能力不强。但它们的分布范围及其有限，仅仅在水源附近，工程将会涉及一些这样的生境，因此，水库工程建设对其有一定的影响。

#### 5.8.4.4 工程建设对动物影响的小结

（1）根据前文分析，工程建设对动物的不利影响主要体现在施工期。项目施工期间，鸟类会通过飞翔来避免项目施工所造成的影响，工程施工一般不会造成鸟类个体的死亡，对评价区多数鸟类而言，工程建设将使其生境和栖息地有所减少，影响到其种群数量；兽类会通过迁移来避免项目施工所造成的影响，但工程建设不可避免的造成部分兽类生存生境、活动区域、捕食生境的丧失。对兽类产生一定不利影响。在项目的施工期间，多数爬行类也会通过迁移来避免项目施工所造成的影响，因此对爬行类的影响有限。但是，两栖动物由于活动范围狭小，不能有效地避免项目施工所造成的影响，因此施工期间对两栖动物所造成的影响相对较大。

（2）结合工程特点及保护动物种类及习性，小石门水库工程建设对评价区内 5 种保护兽类有一定影响，从整体上说，工程建设将使枢纽区、淹没区共计 295.42$hm^2$ 栖息地损失；对坝址上下游、左右岸动物的种群交流带来隔离影响。动物的栖息和活动场所缩小，少数动物的繁殖短期内将有可能受到一定影响。结果迫使原栖息在这一带的动物迁往其他生境适宜的地区，但不会导致任何物种的消失和密度大幅下降。

通过栖息地恢复、生态廊道建设、保护地划定等措施的落实，能够将工程建设的不利影响降至最小，而当项目施工期结束后，迁移出评价区的动物中的一部分会返回原来的栖息地（如果栖息地未被破坏），大部分会在评价区周围的临近区域重新分布。总体而言，工程建设对动物的影响是可以接受的。

## 5.8.5 工程建设对评价区生态系统稳定性影响

### 5.8.5.1 对评价区生态系统生物量和生产力的影响

（1）对评价区生态系统生物量的影响

计算表明，拟建小石门水库项目评价区总面积 16741.78hm$^2$ 范围内，其生态系统累积的生物量约是 1355648.08t（干重），平均每公顷约 80.97t（干重），处于较低水平。由于水库建设的各种工程占地，会减少评价区生态系统的生物量，对当地生态系统的物质循环和能量流动产生一定程度的负面影响，这种影响主要是永久损失影响，临时损失影响很小。

拟建小石门水库工程建设将要占用土地面积 862.48hm$^2$。因工程建设使评价区植被（绿地）面积有所减少，导致评价区生态系统永久损失的生物量约是 63684.32t（干重）。减少的生物量是评价区生物量的 4.70%。这部分生物量将会永久损失，对评价区的生态系统造成一定的不利影响。

**表 5.8.5-1　小石门水库项目建设后评价区生态系统生物量的损失　单位：hm$^2$**

| 生态系统 | 评价区面积 | 生物量(t/hm$^2$) | 评价区生物量(t) | 因工程减少面积 | 减少生物量(t) | 减少率(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 常绿阔叶林 | 10.80 | 125.22 | 1352.38 | / | / | / |
| 暖温性针叶林 | 2371.46 | 98.02 | 232450.23 | 205.14 | 20107.82 | 8.65 |
| 灌丛及稀树灌草丛 | 4378.45 | 75 | 328383.75 | 475.87 | 35690.25 | 10.87 |
| 人工林 | 5520.82 | 120 | 662498.4 | 24.72 | 2966.4 | 0.45 |
| 人工经济林 | 43.43 | 60 | 2605.8 | 15.86 | 951.6 | 36.52 |
| 土林 | 107.81 | 30 | 3234.4 | / | / | / |
| 耕地 | 3593.4 | 30 | 107802.07 | 118.73 | 3561.9 | 3.30 |
| 未利用地（荒地、裸地） | 218.97 | 30 | 6569.1 | / | / | / |
| 河流、坑塘、水库 | 110.92 | 10 | 1109.2 | 9.81 | 98.1 | 8.84 |
| 其他(公路、建设用地、光伏电站) | 385.71 | 25 | 9642.75 | 12.33 | 308.25 | 3.20 |
| 合计 | 16741.78 | 80.97 | 1355648.08 | 862.48 | 63684.32 | 4.70 |

（2）对评价区生态系统生产力的影响

小石门水库建设总占地面积 862.48hm$^2$。由此减少的生物生产力约是 7423.43(t/a)（干重），导致评价区生态系统平均每年每公顷将减少生物生产力约 0.44t/a.hm$^2$，即评价区生态系统生物生产力由建设前的 8.16t/a.hm$^2$，降低为建设后的 7.72t/a.hm$^2$。评价区生态系统生物生产力的损失率是 5.43%。可见，由于拟建小石门水库的建设，将使项目评价区生态系统生物生产力水平下降 5.43%，一

定程度上影响评价区生态系统的稳定性，但是评价区生态系统生物生产力减少的幅度有限，通过完善、提高该区域的生态保护，由小石门水库工程建设导致这种生态系统生产力水平的降低能够得到显著的弥补。

**表 5.8.5-2　小石门水库建设后评价区生态系统生物生产力损失情况 单位：$hm^2$**

| 生态系统 | 评价区面积 | 净生产力(t/a.$hm^2$) | 评价区生产力(t/a) | 因工程减少面积 | 减少生产力(t/a) | 减少率(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 常绿阔叶林 | 10.80 | 16.81 | 181.55 | / | / | / |
| 暖温性针叶林 | 2371.46 | 9.74 | 23098.02 | 205.14 | 1998.06 | 8.65 |
| 灌丛及稀树灌草丛 | 4378.45 | 8.85 | 38749.28 | 475.87 | 4211.45 | 10.87 |
| 人工林 | 5520.82 | 8.41 | 46430.1 | 24.72 | 207.9 | 0.45 |
| 人工经济林 | 43.43 | 8.41 | 365.25 | 15.86 | 133.38 | 36.52 |
| 土林 | 107.81 | 6.5 | 700.77 | / | / | / |
| 耕地 | 3593.4 | 6.5 | 23357.1 | 118.73 | 771.75 | 3.30 |
| 未利用地（荒地、裸地） | 218.97 | 6.5 | 1423.31 | / | / | / |
| 河流、坑塘、水库 | 110.92 | 4 | 443.68 | 9.81 | 39.24 | 8.84 |
| 其他(公路、建设用地、光伏电站) | 385.71 | 5 | 1928.55 | 12.33 | 61.65 | 3.20 |
| 合计 | 16741.78 | 8.16 | 136677.60 | 862.48 | 7423.43 | 5.43 |

**5.8.5.2 对评价区景观生态体系的影响**

评价区自然景观包括天然森林景观、灌丛景观、水域景观。计算表明，拟建小石门水库建设前评价区自然景观面积累计 6979.44$hm^2$，占评价区总面积的41.69%。项目建设后，评价区部分天然森林景观和灌丛及稀树灌草丛景观因工程占用，转变为小石门输水工程景观；而评价区原来的自然河流，基本变为小石门水库库区，由自然景观转变为人工景观。小石门水库项目建设后，评价区自然景观的面积由建设前的 6979.44$hm^2$，减少到 6288.62$hm^2$，减少率为-9.90%。而评价区人工景观，明显增加，由建设前的 9762.34$hm^2$，增加到建设后 10453.18$hm^2$，工程建设前后评价区人工景观的比率上升了 7.08%。其中，变化最显著的集中在小石门水库的淹没区部分。因此，由于小石门水库的建设，评价区的景观结发生较明显的变化。

**表 5.8.5-3　小石门水库项目建设前后评价区景观生态体系变化　单位：$hm^2$**

| 属性 | 生态系统 | 工程前面积(A) | % | 工程后面积(B) | % | 面积变化(B-A) | 变化率(B-A)/A(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 自然景观 | 天然森林景观 | 2382.26 | 14.23 | 2177.12 | 13.00 | -205.14 | -8.61 |
| | 灌丛景观 | 4378.45 | 26.15 | 3902.58 | 23.31 | -475.87 | -10.87 |
| | 河流（水域）景观 | 110.92 | 0.66 | 101.11 | 0.60 | -9.81 | -8.84 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 土林景观 | 107.81 | 0.64 | 107.81 | 0.64 | / | / |
| | 小计 | 6979.44 | 41.69 | 6288.62 | 37.56 | -690.82 | -9.90 |
| 人工景观 | 人工林（含退耕林）景观 | 5520.82 | 32.98 | 5480.24 | 32.73 | -40.58 | -0.74 |
| | 旱地景观 | 3636.84 | 21.72 | 3518.11 | 21.01 | -118.73 | -3.26 |
| | 道路景观 | 133.83 | 0.8 | 123.24 | 0.74 | -10.59 | -7.91 |
| | 建筑(村镇)景观 | 251.88 | 1.5 | 250.14 | 1.49 | -1.74 | -0.69 |
| | 荒草地景观 | 204.06 | 1.22 | 204.06 | 1.22 | / | / |
| | 裸地景观 | 14.91 | 0.09 | 14.91 | 0.09 | / | / |
| | 水库景观(新建) | / | / | 204.04 | 1.22 | 204.04 | / |
| | 输水工程景观(新建) | / | / | 658.44 | 3.93 | 658.44 | / |
| | 小计 | 9762.34 | 58.31 | 10453.18 | 62.44 | 690.84 | 7.08 |
| 合计 | | 16741.78 | 100.00 | 16741.78 | 100.00 | / | / |

**5.8.5.3 对评价区生态系统完整性影响评价**

如前所述，拟建小石门水库建设前，评价区每年产生的实际生物生产量约136677.60（干重 t/a），平均每年每公顷实际生产力约 8.16（干重 t/a.hm$^2$）。与按照当地热量和降雨量水平计算的理论生产力 23.53（干重 t/a.hm$^2$）进行比较（8.16/23.53×100%），项目建设前评价区生态系统的生产力水平仅是理论生产力水平的约 34.68%，评价区目前生态系统的生产力水平处于较低的水平。

小石门水库项目建设，将占用土地面积 862.48hm$^2$。由此减少的生物生产力约是 7423.43(t/a)（干重），评价区生态系统平均每年每公顷将减少生物生产力约 0.44t/a.hm$^2$，即评价区生态系统生物生产力由建设前的 8.16t/a.hm$^2$，降低为建设后的 7.72t/a.hm$^2$。评价区生态系统生物生产力的损失率是 5.43%。一定程度上影响评价区生态系统的稳定性。

拟建小石门水库建设后，景观结构也发生一定变化，最显著的变化是小石门水库库区，评价区的自然景观面积明显减少，而人工景观面积明显增加，库区之外的其他地区，基本没有影响。

总的来看，拟建小石门水库项目评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量，评价区的生态系统都受到一定程度的干扰，是不完整的生态系统，评价区的生态系统的生量总体上都是以低生物量为特征，其生态系统也是脆弱的。由于小石门水库的建设，评价区的生态系统的生物量、生物生产力将有所降低，评价区的景观机构也将发生一定变化，使评价区较为脆弱的生态系统进一步增加，对评价区生态系统的稳定性产生不利影响。但是，由于工程

建设前后评价区的生物量、生物生产力和景观结构的变化幅度平均约 5%左右，变化幅度不是很大，由小石门水库建设所引起的、对评价区生态系统稳定性的影响程度有限，通过工程的环保措施，以及林业。农业、环保、水利等多部门生态环境建设的不断加强和完善，评价区生态系统的生物生产量、生物生产力将向良性循环方向改善。

### 5.8.6 对水土流失的影响

小石门水库工程建设中可能造成的原地貌改变，占压、损坏土地和植被的面积主要来自施工中的开挖、弃渣以及料场开采，面积总共为 679.04hm$^2$（不包括淹没区）。

工程建设过程中损毁植被主要为经济林和乔木林，面积共计 561.29hm$^2$（不包括淹没区内的植被面积）。

根据主体工程土石方平衡分析，工程建设期土石方开挖总量 2060.91 万 m$^3$，回填利用 1209.10 万 m$^3$，弃渣量 851.81 万 m$^3$。

工程建设开挖扰动可能产生的水土流失量为 31.10 万 t，新增水土流失量 27.32 万 t。

工程建设过程中，征地范围内的地表将遭受不同程度的破坏，局部地貌发生较大的变化，如不采取水土保持措施，将产生严重的水土流失，影响区域土地生产力、区域生态环境及河道行洪能力等。

（1）影响本工程的施工建设和运行

水土流失将影响本工程的施工建设和运行。工程施工区产生的弃土如不能及时有效地处理，流失的水土将进入施工现场，影响施工进度，以及生产期的安全运行，也对人员的人身安全构成威胁。

（2）淤塞河道

工程建设过程中产生的水土流失将随地表径流进入下游河道并淤积，抬高河床，直接影响了河道的行洪能力，且土石渣的流入将直接影响下游的水质，给下游人民的生活带来一定的负面影响。

（3）降低土壤肥力

由于工程施工扰动了原地貌，引起地表植被损坏，使裸地在雨水的冲刷下引发水土流失，从而带走土壤表层的营养元素，降低土壤肥力，影响农作物及林木的生长，对土地资源带来不利影响。

（4）影响生态环境

若工程因施工所造成的水土流失不加以治理，会降低土地生产力，给周边植被的生长带来一定的影响。水库会淹没一定数量的水田、林地，使自然景观遭到破坏，在一定程度上影响了当地的生态环境。

## 5.9 对水生生态的影响

### 5.9.1 对浮游植物的影响预测

通过对小石门水库及 11 条河流水生生态现状调查结果显示，共观察到浮游植物 57 属 86 种，分别隶属于蓝藻门、裸藻门、甲藻门、硅藻门和绿藻门等 5 个门。这些藻类都是广布种，无保护和特有种类。小石门水库建设，不会对流域内的浮游植物形成威胁。水库和灌区属同一流域，不会形成新的外来物种入侵。

（1）施工期

施工期进行涉水施工时，直接扰动河道及其边坡，导致河流水体悬浮物增加，水体透明度下降，光照强度下降，溶解氧降低。光照强度下降会抑制浮游植物的细胞分裂和生长，降低浮游植物的生物量和库区的初级生产力。施工期内，工程施工影响水域的浮游植物的密度和生物量会有一定程度的降低。

（2）运行期

①库区河段

水库建设过程后，回水长度约 8.3km，水库水位在 1631m~正常蓄水位（1673m）之间运行，水位变幅 42m，水生生态系统不可避免地发生改变，与建库前相比河流在库区就变得较为平缓，库区水面宽将明显增大，在天然情况下，库区河段枯水期水面宽仅 9.47m 左右，水库建成后，坝前河面宽增加至 400m 左右；建库以后水深、面积增加，当正常蓄水位 1673m 时，坝前水深由现状年不足 1m 增加至 145m，水面面积由现状年的 0.08km$^2$ 增加至 2.04km$^2$；库区内流速将减缓，库区河段水域环境从急流河道型向静水湖库型转变，天然状态下，库区河段枯水期和

丰水期流速分别为 0.68~1.73m/s 和 0.91~2.82m/s，水库运行后库区坝前流速在 0.01m/s 左右。库区形成后，水流速度减缓，水中的泥沙会沉积于库底，营养物质滞留，泥沙沉降，库区水体的透明度会慢慢提高，上层水温也会升高，同时，水中的营养盐类也会渐渐增加。这些环境条件的改变，都利于光合自养的藻类植物生长，藻类植物的种类和生物量将会增加，藻类植物的群落结构也会发生改变，然后，随着环境逐步趋于的相对稳定，而重建一种新的群落结构，该群落结构将随着环境的变化而改变。

大坝建成蓄水后，浮游植物群落将会从现有的河流型向水库型群落转化，一些真性浮游的种类将会逐渐大量生长。随着库区水质营养水平的提高，一些喜肥耐污种类的种群将会得到较大的发展。这一变化趋势从现状调查结果就可以看出。目前数量不多的绿藻以及甲藻，将会大量生长繁殖，耐污的蓝藻门颤藻属、鱼腥藻属等也会大量生长，藻类植物的群落结构也会由目前的硅藻占优势的硅藻型改变为硅藻—绿藻型或硅藻—绿藻—蓝藻型。

②坝下河段

小石门水库坝址以下河段浮游植物受小石门水库运行调度影响，根据水文情势计算成果，小石门水库运行后，不同来水保证率下，丰水期流量减少幅度在-0.19$m^3$/s~5-12.02$m^3$/s 之间，水面宽减少幅度在-0.14m~-7.3m 之间。

由于水库供水后下泄水量减少，相比现状丰平枯典型年坝址下泄水量减少了 1.09 亿 $m^3$、0.52 亿 $m^3$、0.16 亿 $m^3$，相应地浮游生物总量会有明显下降，特别是 6~11 月减水量大，浮游生物有效栖息面积大面积萎缩，浮游生物总量会显著减少。

### 5.9.2 对浮游动物的影响预测

根据对小石门水库及涉及的河流水生生态现状的调查，浮游动物种类均是广布种，并未发现有特有、珍稀的浮游动物种类，预测将来在该流域建设水库，对浮游动物多样性的影响较小。

（1）施工期

施工期进行涉水施工时，导致河流水体悬浮物增加，水体透明度下降，光照强度下降，降低浮游植物的生物量和库区的初级生产力，悬浮物含量增多会使浮

游动物食物过滤系统和消化器官堵塞，干扰其正常的生理功能。施工期内，工程施工影响水域的浮游动物的密度和生物量会有一定程度的降低。

（2）运行期

小石门水库建库以后水深、面积增加，库区流速变缓，坝下减水，对浮游动物的影响分析总体与浮游植物一致。

①库区河段

水库建设后，库区营养增加，浮游动物由原来的河道型转变为湖库型，且枝角类、桡足类等大型浮游动物的密度和生物量将会增加。

因为项目所在流域人工密集，气候炎热，水库建设后，随着营养物质的积累，有可能在将来会在一些水库产生藻类水华，导致浮游动物也出现小型物种大量繁殖的现象，需要在将来水库建设后采取一系列的监测和防控措施。

水库和灌区属同一流域，不会形成新的外来物种入侵。

②坝下河段

水库建成运行后，坝下河段水量减少，浮游生物总量也相对减少，但浮游生物的种类不会有太大的变化，原生动物可能依然是浮游生物的优势群体。

### 5.9.3 对水生维管束植物的影响预测

调查 11 条河流共发现水生植物 6 种，多为云南高原湖泊和湿地中广泛分布的物种，项目实施不会对水生植物形成较大影响。

（1）施工期

施工活动可能对沿岸植被造成破坏，主要集中在坝址附近；工程影响以施工点最严重，并由中心向四周辐射。受影响的水生维管束植物主要有水花生、莎草、菹草等。施工时如能加强保护与管理，就可能降低对水生植物的影响。

（2）运行期

小石门水库建成后，工程所在河段将由流水的生境变成库区生境，库区水面变宽，流速变缓，水深增加，河流的水动力学形态总体上将发生较大变化。库区水体流速自坝前逐渐增加。坝前水域水深、面阔、水流缓慢，呈现湖泊水动力特征；库中水域水动力学特征间于河流段和湖泊段之间，属于过渡段；库尾及以上河段依然保持河流水文水力学特征。

虽然水库的蓄水将短时间内淹没正常蓄水位以下的水生植被，但是随着一段时期后新的生态平衡的重新建立，水域面积的扩大，将增加水生植物的生境面积，水体透明度的提升，将改善生境的质量，对水生植物也有正面影响。因此水库运行后，随着水环境的改变，水生植被的分布区域和种类构成将发生变化，主要是分布面积将增加，种类将多样化。

坝下河段水位下降，原有水生植物可能会死亡，下游河段水生植物生物量相应减少，虽然在下游河段水位稳定后，在新的浅水河滩会形成新的水生植物群落，但水生植物总的生物量会下降。

### 5.9.4 对底栖动物的影响预测

（1）施工期

工程施工时，会直接占压河床底质，坝址附近河道将被施工完全破坏，导致施工区域底栖动物损失。同时涉水施工会导致水质混浊，施工点下游局部底质沉积物增加，影响到附近水域底栖动物的呼吸、摄食等生命活动，不利于底栖动物的繁衍，现存量会下降。

（2）运行期

小石门水库建成后库区水体流速明显减缓，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。底栖动物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，适应于静缓流生境的软体动物将增多，密度和生物量将增大。深水区由于库底部溶氧含量低，光照不足等原因。将没有或很少有底栖动物生存。

水库建设，水质得到改善，在保证生态流量的情况下，底栖动物群落将在下游得到恢复。且调查中发现的大型底栖动物均为广布物种，水库建设不会对这些物种的生存构成威胁。水库和灌区属同一流域，不会形成新的外来物种入侵。

### 5.9.5 对鱼类的影响预测

此次小石门水库鱼类资源调查，共记录有鱼类 5 目 10 科 23 属 24 种，调查

到的大部份土著种在龙川江流域广泛分布，且调查记录到的所有鱼类中没有国家级和省级保护鱼类，也没有列入《中国濒危动物红皮书鱼类》、《中国物种红色名录》和《中国生物多样性红色名录》的濒危物种。水库工程建设和运行期间对当地鱼类会产生一定的影响，具体情况如下：

**5.9.5.1 工程建设期对鱼类的影响**

（1）对鱼类生境和生长的影响

水库大坝建设期间，人为活动增加，工程建设所产生的工程弃渣、废水、生活污水以及生产垃圾，势必会影响到勐岗河的水质，导致鱼类所生存的环境受到一定影响；各种机械在水中作业，将搅动水体河床底泥，局部范围内破坏了鱼类的栖息地，对鱼类有驱赶作用；生活污水包含有机物因子，若直接外排，将对鱼类胚胎发育产生影响，使得鱼类仔鱼的畸形率大幅度提高；生产废水直接外排会造成坝址局部河段水体浑浊，透明度降低，影响浮游植物光合作用产氧量，导致水质下降，影响鱼类生长。施工道路的建设，不可避免地会破坏沿线地表植被，影响农业生态系统和森林生态系统的稳定性和完整性，造成水土流失，当遇到暴雨季节或洪水，水土流失物中营养物质氮、磷及有毒有害物质会伴随泥沙进入水体，加剧对河流水体水质的破坏，对鱼类生长造成影响；工程泥沙冲击河道使得河道水体含氧量下降，会造成鱼类大量窒息而死，另外泥沙淤积会造成一定区域的生境发生改变，而在繁殖季节则会使得鱼卵无法正常孵化，从而使得渔业资源下降。施工期间的爆破噪声将驱赶鱼远离施工区，此外发生爆炸产生的冲击波可能会对鱼类体内的器官产生损伤，如鳔。此外，在运输原材料过程中，如在运输水泥、砂石、粉煤灰等原材料过程中粉尘飞扬，同时在运输开挖出来的土方时，使道路上到处都是尘土等颗粒物，造成环境污染，经雨水冲刷一些污染物进河道，将引起河水悬浮物偏高。

上述这些都会造成河流水质发生变化，影响浮游生物生物量，从而影响了鱼类索饵场以及适宜生境，甚至造成大量水生动植物死亡。

（2）对鱼类繁殖影响

施工期间，地表基础开挖、天然料场建立等造成鱼类产卵场的破坏，同时所

产生的悬浮泥沙可能粘附在鱼卵上而导致鱼类胚胎发育窒息死亡。施工过程中产生的振动、机械噪声可能对鱼类产生生理干扰，若在繁殖季节，则将导致鱼类产卵受到一定程度抑制。筑坝引水将导致坝下河段大幅度减水，如果减水处于鱼类繁殖期，会影响下游江段的鱼类繁殖，或使受精卵、仔幼鱼搁浅死亡等；将导致局部河段鱼类时段性的影响物种数量和种群密度的下降。配套道路工程有过河桥梁建设，虽不会阻断鱼类通道，但施工期间的各种干扰将对鱼类产生驱离效应，工程河段鱼类的正常活动将受到一定程度负面影响，如果在繁殖季节，鱼类会无法进行繁殖活动，从而导致施工影响河道鱼类大幅度减少。随着施工结束，生境逐渐恢复，鱼类会扩散到工程影响河道并寻找适应的生境繁殖。

**5.9.5.2 工程运行期对鱼类的影响**

（1）环境承载力下降

勐岗河的水量减少，下游普登河河段营养物质输入也有所减少，水体总的生物承载量相对减少；水位下降后，原来淹没于水下的部分底质裸露，鱼类的生境必然有所缩小，且底栖动物、附着性藻类等饵料生物减少，造成鱼类资源量下降，并可能导致鱼类个体小型化；引水工程可能还会导致一定的鱼卵、鱼苗进入输水管线从而造成资源损失，另外一些外来种通过引水管道进入其他地区。但工程生态流量的下泄将缓解坝下减水影响，根据水库坝址断面系列水平年流量过程分析，尤其是枯季，水库运行后下放的生态流量大于现状水平年枯水年来水量，可有效缓解水库工程建设带来的减水影响。此外，作为滇中引水工程的调蓄水库，随着滇中引水工程补水将缓解小石门水库工程带来的减水效应，增加枯水年河道内水量，从而对鱼类的生存产生正效应。

（2）水库蓄水淹没影响

水库建成后，将不同程度淹没所在支流的天然河段，坝上河段水文情势变化对鱼类的影响主要集中在库区的回水河道范围内，即原流水河道上的湾潭石滩被淹没。河道断面将由复式变为单一断面，原来地形复杂的河道地形将简单化，回水区的水头差和河道的弯曲度将降低，天然河流复杂多变的水流流态将趋于稳定，水域自然环境的单一化将造成鱼类栖息环境的单一化，特别对适应河道底层石隙

中穿行觅食的种类，如条鳅科产生较大影响，另外一些流水性种类的种群在失去栖息地之后将向库尾的上游方向或者入河支流迁徙，其分布范围被压缩或分布海拔相应上移，其种群的繁衍和扩张也将受到限制，从而降低鱼类群落物种的多样性和资源量。此外，库区蓄水，致使流速减缓、泥沙沉积、水体透明度增大、溶解氧降低，也导致流水性耗氧量高的鱼类明显减少。目前在勐岗河流域上游溪流中主要土著鱼类为小型条鳅科鱼类，该类群鱼类为定居型，生存能力较强，水库会造成这些鱼类资源量损失，分布区压缩，但总体影响有限，不会造成物种灭绝。

另一方面，库区河段由于淹没，导致营养盐类增加，初级生产力提高形成一个良好的渔业基地，适宜于静水、摄食浮游生物、喜栖居于水体中上层的鱼类如鲤科、鲢科，以及鲇科等的鱼类将得到不同程度的发展，成为库区优势种群。整体而言，库区形成后，原开放型水生生态系统将转变为峡谷型水库生态系统。流水河段减少了，静水面积却大大增加，原分布于支流的激流型鱼类通过自游能力寻找适宜的生活条件而进行短距离的迁移，对于小型鱼类，如条鳅科等，它们活动范围较小，且有较强的适应性，物种较容易得到延续。

（3）大坝阻隔对鱼类的影响

勐岗河为龙川江左岸较大的一级支流，发源于姚安县石梁子的大黑么，自河源起以西北～东南流，河流自上而下至古岩村称古岩河、与石者河交汇后称勐岗河、勐岗河下段称普登河，全长 95km。勐岗河干流从上游至下游依次建有中屯水库（距小石门水库坝址上游 34.1km）、华竹电站（距小石门水库坝址下游 14.3km），华竹电站下游河段建有农灌取水坝，已对勐岗河形成了人工阻隔。

根据现场水生调查结果，在小石门未建设前，已建成的中屯水库、华竹电站未建有过鱼设施，大坝的建设同时也阻断了坝上、坝下游鱼类种群之间的基因交流。小石门水库建设后，筑坝截流将阻隔水库坝上与坝下河流及其水生生物的连通性，导致鱼类生境的片断化。生境可分为坝前的静水区、库尾和库区支流的急流区以及连接坝前和库尾的微流水区。小石门水库大坝的建设将加剧对勐岗河河段鱼类的阻隔影响，尤其是影响鱼类种群之间的基因交流，即将原有河流中同种鱼类较大的基因库分隔为小基因库，导致鱼类遗传多样性的下降；同时片断化会

限制鱼类的索饵游动范围，使其难觅充足食物，进而影响物种生存和繁殖。

由于勐岗河无保护及洄游性鱼类分布，鱼类资源匮乏，现存土著鱼类多为小型定居型鱼类，且为金沙江水系广布种，因此大坝阻隔对土著鱼类的总体影响较小。

（4）水文情势变化对鱼类的影响

①库区水文情势变化对鱼类的影响

天然情况下，勐岗河河道水深较浅，在非汛期水深一般不超过 1m，小石门水库建成后，水库水深自库尾至坝前逐渐增加。建库前小石门坝址枯水期月均流量在 0.19$m^3$/s~5.33$m^3$/s 之间，多年平均流量为 1.55$m^3$/s；丰水期月均流量最大可达 20.90$m^3$/s，多年平均流量为 7.21$m^3$/s。建库后库区水流速度自库尾至坝前逐渐减小，库尾流速接近于天然河道，坝前流速很小，基本接近于零，使原有河道流水生境变为静水生境。

小石门水库建成后，回水长度约 8.3km，水库调蓄运行改变了原有河流自然的水文特征，如水位、流速、流量等以及这些特征的周期性变化，从而使鱼类生活生长、繁殖发育所需的特殊生境受到影响。大坝建成后库区水深增大、水体流速变缓，底质泥沙增多，使得原有生境变为半静止或静止的水库生境，将造成一些喜在岩石砂砾基底产卵的鱼类无法产卵或无法孵化。条鳅科鱼类一般将卵产于激流的石缝中或石块下，水库建成蓄水后水位加深、底层水温低、溶氧量低的环境将导致其卵无法孵化。库区内的静水环境将使漂浮性的鱼卵下沉而导致鱼卵死亡，但是在本工程流域内无产漂流性卵的土著鱼类分布。鱼类的产卵期多集中在每年 4~8 月份，而水库 3~5 月份为蓄水期，也是灌区的用水高峰期，因水交换量小，水位低，可能导致部分鱼类所需繁殖水流量和流速达不到产卵要求，繁殖活动终止或延迟。

②坝下水文情势变化对鱼类的影响

根据水文情势影响分析结果，建库后在有生态流量泄放的情况下，坝下断面的断面流量、平均流速、平均水深和水面宽等水文要素均发生变化，变化情况见表 5.9.5-1。

**表 5.9.5-1　小石门水库工程建库后坝下断面的水文要素变化情况**

| 月 \ 水文要素 | | 断面流量变化范围（$m^3/s$） | 平均流速变化范围（m/s） | 平均水深变化范围（m） | 水面宽变化范围（m） |
|---|---|---|---|---|---|
| 丰水年 | 1 月~12 月 | -0.19 ~ -12.02 | -0.06~-0.85 | -0.02~-0.32 | -0.14~-7.3 |
| 平水年 | 1 月~4 月<br>6 月~12 月 | -0.9 ~ -5.21 | -0.1~-0.58 | -0.04~-0.22 | -0.3~-5.85 |
| | 5 月 | 0.42 | 0.21 | 0.05 | 1.47 |
| 枯水年 | 7 月~11 月 | -0.69~-3.86 | -0.01~-0.48 | -0.06~-0.18 | -1.54~-4.75 |
| | 1 月~6 月<br>12 月 | 0.04~0.5 | 0.02~0.26 | 0~0.08 | 0.66~1.82 |

以坝下断面为例，从该断面水文情势变化分析对鱼类的影响，从表 5.9.5-1 可看出，在平水年 5 月，枯水年 1 月~6 月、12 月，断面流量、平均流速、平均水深、水面等水文要素均有不同程度地增加，相比建库前对水生生境有所改善，在该时段对鱼类的栖息会产生有益的影响；而在丰水年全年，平水年和枯水年其余月份，断面流量、平均流速、平均水深和水面宽均有不同程度减少，如丰水年和平水年断面流量最大减少量分别为 12.02$m^3/s$（8 月）和 5.21$m^3/s$（7 月），减幅变化率分别为 76.12%和 77.99%，对应的平均流速为 1.43m/s、1.09m/s，平均水深为 0.36m、0.24m，平均水面宽 12.48m、9.27m，从断面流量减少量来看，河道流量的大幅降低，会导致鱼类栖息生境缩减，从而导致鱼类资源量下降，另外从断面流量减少后的平均水深、水面宽和平均流速来看，断面流量减少后的水生生境可维持鱼类最低生存限度并维持一定量的种群规模。整体来看，建库后水文情势变化会导致鱼类资源量下降，但仍可维持少量规模鱼类种群生存。

对比坝下断面下游的班果河汇合口下断面水文情势变化情况，由于河道沿程有水流汇入，断面流量的下降情况逐渐缓解，如丰水年班果河汇合口下断面流量变化在-0.13$m^3/s$ ~-10.93$m^3/s$、平水年班果河汇合口下断面流量变幅在-5.21 $m^3/s$ ~0.42$m^3/s$，坝下支流的沿程汇入在一定程度上缓解了水文情势变化对鱼类资源的不利影响。

建库后坝址下游河道内水量减少，将会导致河道水面宽度变窄、水深变浅，水生生境面积将减少。该河道内鱼类繁殖期在 4~8 月左右，由于电站尾水、弃水及生态流量的下泄，小石门水库枯水期坝下河段流量 0.74~1.47$m^3/s$，水深 0.18~0.36m 之间；班果河汇口下河段流量 0.79~2.01$^3$m/s，水深 0.90~1.28m 之间，

均大于鱼类产卵水深 15cm 要求，基本可满足鱼类产卵对流速和水深的要求；但由于水生生境面积的减少，可供鱼类产卵的浅滩、洲滩等鱼类产卵场数量将减少和更加分散，而且可供鱼类摄食的饵料生物总量也将减少，因此坝下河段的鱼类资源量将相应较少。但目前勐岗河上下游（普登河）鱼类区系区分明显，下游鱼类绝大多数为外来种，广泛分布于各流域，水库建设运行导致的坝下水量减少和水位下降对坝下土著鱼类的影响有限。

（5）下泄水温变化对鱼类的影响

在勐岗河流域，鱼类产卵时期一般为 4~8 月份，在底孔取水时，各典型年下泄水温在 10.9~19.0℃之间，年内最大温降为 7.6℃，出现在平水年 5、6 月份；各典型年中 4 月份与天然水温温差范围在-5~-5.5℃之间，5 月份与天然水温温差范围在-7.2~-7.6℃之间，6 月份温差范围在-6.1~-7.6℃，7 月份温差范围在-2.5~-4.7℃之间，8 月份与天然水温温差范围在-0.8~2.6℃之间。从水温变化程度来讲，若未采取分层或表层取水措施，下泄的低温水将导致坝下河段鱼类延迟产卵，并导致当年幼鱼的生长周期缩短，生长速度减缓等问题，从而导致鱼类性早熟和小型化；如果产卵期延迟过长，刚孵化的卵在汛期将被水流破坏死亡。而集中泄洪又将使流量过大、流速过快，对下游河道和水生生物形成较大的冲刷力，使下游河段的生境受到损害，这将对下游河段的鱼类和其它水生生物，特别是喜流水性鱼类的栖息造成不利的影响。

本工程采取表层取水措施，输水隧洞进口采用浮筒式取水门与分层取水塔相结合的库表取水方式。采取表层取水后各月水温更贴近现状河道天然水温，尤其是鱼类繁殖期间，其中：4 月份温差范围 0.8 ~ 1.1℃之间，5 月份温差范围 0.9 ~ 1.3℃之间，6 月份温差范围在 1.0 ~ 2.3℃之间，7 月份温差范围在 0.0~ 2.8℃之间，8 月份温差范围在 0.1 ~ 1.7℃之间。水库的下泄水温均不存在低温水现象，不会对鱼类的繁殖或生长发育产生影响。

（6）饵料生物变化对鱼类的影响

小石门水库工程蓄水运行后，随着水库生态系统的发育，库区水生生物种类组成、群落结构也将相应发生演变。建坝后库区内营养物质积累，有机质和无机盐含量增加，有利于饵料生物的生长，鱼类的初级生产力将大幅度提高，给鱼类

资源的增殖提供了有利条件。库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，透明度升高，有利于浮游生物的繁衍，浮游植物、动物种类和现存量均会明显增加，水体生物生产力提高；库区水位提高，水深加大，库区深水区的底栖动物种类组成发生变化，多以适宜静水和耐低氧的寡毛类、摇蚊幼虫，虽然现存量会增高，但深水区的底栖动物鱼类利用率低。可见，库区鱼类的饵料生物基础从原江河激流生境的以底栖动物、着生藻类为主，演变为以浮游动、植物为主，库区饵料生物资源的群落结构，有利于仔幼鱼的育幼和以浮游生物食性的缓流或静水性鱼类的生长、繁衍。

因此，由于库区饵料生物的增加，库区植食性或杂食性的鱼类，如鲤、鲫和外来鱼类鲢、鳙等的数量将有明显增加。坝下河段由于饵料生物的生物量随河流流量的减少有所降低，鱼类资源量有所下降。

（7）水体理化性质变化的影响

水库形成后，库区水动力学特征发生显著变化，相应水体理化性质也会发生一系列变化。库区水流变缓，泥沙沉积，透明度升高，有利于浮游藻类对光能的利用；水体中溶解氧的变幅增大，水生生物生产与消费对水体溶解氧的贡献率显著升高；营养物质滞留和淹没区营养物质的释放，水体中滞留的营养物质总量增加，作为库区限制性营养元素的有效磷会迅速通过食物链网关系进入水生生物的物质循环。因此，库区浮游藻类的现存量会有较大幅度的升高，作为水体初级生产力的生产者，浮游藻类现存量的升高，会提高水体生物生产力，相应地库区渔产量会升高。

（8）小结

总体来看，水库工程运行后，下游河段鱼类资源势必会有所减少，但目前勐岗河上下游（普登河）鱼类区系区分明显，下游鱼类绝大多数为外来种，广泛分布于各流域，水库建设运行后导致的水量减少和水位下降对坝上土著鱼类有一定不利影响，对坝下土著鱼类的影响有限。此外，水库运行期滇中引水工程来水如果能够维持或者增加现状流量有望改善鱼类生存状况。引水工程运行可能会产生外来种入侵风险，影响原本鱼类区系，造成土著种鱼类资源量进一步减少。但从

调查结果来看，坝址下游的鱼类大多为江河湖泊缓流性的小型鱼类，并无洄游鱼类，大多数为外来种，广布于我国各个流域。原分布于干流的土著条鳅科鱼类可向库尾及上游支流等自然河段迁移，而大多数外来种并不适应这种相对低温、贫营养的流水环境，无法在这些生境生存繁衍，因此外来种对土著种所造成的影响并不明显。

**5.9.5.3 灌溉工程引水、输水管线对鱼类的影响**

通过小石门大坝右岸的输水隧洞取水后，接输水管道输水至下游元谋灌溉受水区，灌区输水线由总干线、东干线和北干线组成，总干线末端分两支即：东干线和北干线。施工期将产生大量的废污水和固体废弃物，如果处理不当，可能对下游甚至附近的干流造成一定的不利影响，影响当地鱼类生长。引水工程建设将扩大库区内河流的河宽和水深，原天然河道形态将被建设成钢筋混凝土结构，会对河道产生一定的影响，原有河流发生变化，对原河道内分布的鱼类产生一定的不良影响；另外，工程规模较大，引水后，势必会造成坝下河段减水或者脱水现象，河流生境会发生一定的变化。勐岗河流域上游或支流土著种主要是条鳅科这类小型急流性鱼类，有弱粘性，一般沉入砾石缝等处孵化，刚孵出的鱼苗无主动游泳能力，部分滞留在浅滩或回水中，部分可能顺着管道水而下，因此引水可能将部分鱼苗、鱼卵，甚至一些游泳能力较弱的幼鱼和小型鱼类带到灌溉区，造成鱼类资源的损失。随着大坝的建成运行稳定，当地的适应急流生活的土著鱼类会上溯至库尾及上游支流，而引水干渠从大坝中上层取水，降低了土著鱼类的卵苗进入取水口的几率。

此外，水库建成后，可能会促进适宜于水库环境的一些外来种大量繁殖并通过引水管道进入其他地区，增加外来种入侵风险，但本工程为同流域供水工程，且目前下游的鱼类大多数为外来种，在不引入新的外来种情况下，将不影响下游的鱼类组成。

**5.9.5.4 水库泄水气体过饱和对鱼类的影响**

本工程最大坝高 163.5m，采用泄洪隧洞与溢洪道联合泄洪，末端设置消力池。根据地表水环境影响预测结果，小石门水库消力池出口处 TDG 过饱和度△Gd 为 106%。根据相关研究，河流 TDG 饱和度在 110%以下，鱼类患气泡病的

概率较低。因此，工程泄洪期间产生的泄水气体过饱和对勐岗河河道内鱼类影响较小。而在坝下 6.2km 处，河流中 TDG 饱和度即可恢复至自然状态，水库泄洪产生的气体过饱和影响随河道沿程逐渐减弱。综合以上分析，工程建设运行期间泄洪产生的气体过饱和对鱼类影响较小。

**5.9.5.5 对鱼类“三场”的影响**

（1）对产卵场影响

小石门水库工程建设及运行主要影响坝址以上河段产卵场，前期工程建设、工程挖掘、抽水等都会较大程度地破坏产卵场的生境；施工所产生的施工废水，将会改变产卵场的水质，条鳅类土著鱼类受精卵孵化需要含氧量高、清澈的水质。水库建设运行，水库蓄水后将淹没原有的一些产卵场，由于水位的抬升，土著鱼类的产卵场将会上移，可能在支流河段形成新的产卵场所。本工程影响区的大多数土著鱼类产沉性卵。产沉性卵鱼类的产卵场一般处于浅滩、岸边较多水草处或流速较慢、水流平缓的洄水处，底质为沙砾或砾石，以便于鱼卵附着或沉入石缝中，同时周边又有一定的深水区，供亲鱼活动和藏身，在产卵场附近一般都会有索饵场。水库水量稳定后，随着水深增加，深水的水温，含氧量不足以提供孵化条件，此外水库的石砾环境慢慢转变为泥质，这种环境的改变将不适应原有的土著鱼类的繁殖，但仍然可能会有一些种类在浅滩繁殖。下游鱼类受水流量影响相对较大，而且变幅越大，变化越频繁，其影响越大，如果水文情势变化不大，则对产卵场影响不大，鳅类能在不低于 15cm 的水深中繁殖，繁殖季节在 4~8 月份，分批次产卵。

（2）对索饵场影响

根据评价河段的渔获物组成，以及水生生物的数量情况，分析认为勐岗河（古岩河、普登河）干流、支流及灌区相关流域基本满足鱼类的索饵需求。随着水库的建设，库区水位上升，水面变宽，水流减缓，短期内浮游动、植物和底栖生物总量增加，使基础饵料生物资源量显著增加，索饵场面积增大，会为鱼类的天然生物饵料资源提供保证，并随着浮游动植物生物量逐渐达到新的平衡，鱼类索饵场也将达到稳定状态。

小石门水库投入运行后，将会造成坝址以下河道水量减少、水位下降，对可能存在小片可供鱼类索饵水域会有一定影响，但水库坝址有生态用水下泄，区间有支流的汇入，因此影响有限。

（3）对越冬场的影响

根据水生现状调查，本流域绝大多数干支流都不具备典型意义上的越冬场。

水库的建设，使库区原有的生态环境发生较大的变化，水域面积增大，水流变缓，水位加深，岸边水温在日照条件下上升较快，冬季饵料生物资源会增大，且不易受到外界干扰，为江河缓流型鱼类提供了理想的越冬场所。坝下越冬场所水文情势不会发生明显变化，对现有鱼类越冬没有太大影响。

## 5.10 对土壤环境的影响

### 5.10.1 施工活动对土壤的影响

工程建设对土壤环境的影响范围包括永久占地区、临时占地区以及施工活动的所有区域。其影响体现在：工程施工活动从根本上改变了地表覆盖物的类型和性质，改变了表层土壤的结构和物理性质。

（1）工程淹没及永久建筑物占压对土壤的影响

工程建设淹没、永久占地区，地表土壤在施工过程中将彻底被破坏，永久不可恢复。淹没和永久占地区内包括耕地和少部分林地等表层土壤养分相对丰富土地，这些占地区域内的土壤将被水域或永久建筑取代，土壤的生产能力完全丧失，土壤的结构和理化性质完全改变。

考虑到工程区土壤较好，应将各占地区表层土剥离并单独存放，用于各临时占地区土地复耕用土或植被恢复覆土。

（2）临时占地及工程施工活动对土壤影响

临时占地区及其余施工活动区域占地类型包括耕地和少部分林地，由于施工人员的践踏和施工机械的碾压，将造成如下影响：一是原来适宜于草本植物生长的表层土壤结构破坏，土壤变得紧实，表土温度升高，土壤中的有机质的分解作用增强，微生物数量及营养元素流失；二是原有的土壤物质循环与养分富集的途径阻断，土壤的成土过程丧失；三是一旦植被和表层土壤原有结构被破坏后，表

层土壤在暴雨洪水或其它地表径流和风力的作用下，很容易发生水土流失，并对周边环境产生影响；四是施工生产废水、生活污水、生活垃圾处置不当，也会对土壤环境造成污染。

临时占用的耕地在施工前剥离表层腐殖土，单独存放防护，施工结束后回填至占地区，很快即可复垦，降低了对土壤的破坏；临时占用的林地施工结束后结合水保措施通过采取一定的土地整治，地表会逐渐恢复，土壤结构和功能逐步恢复到自然状态，恢复期和能够恢复的程度与扰动强度和采取的恢复措施等有关。

### 5.10.2 施工废水对土壤的影响

由于施工工期长，施工期的生产废水和生活污水如不进行处理直接排放将会对环境造成污染影响，使耕作的土地资源减少。

施工期生产物料流失、生产生活污水处理设施渗漏、机械设备跑冒漏滴等导致 pH、COD、氨氮、总磷、石油类进入土壤表层，主要发生在施工生产生活区局部，通过场地硬化、加强物料的防流失和污水处理池防渗，以及机械设备的检修和正确使用，上述因施工生产导致浅层地表土壤污染可以得到减免。

### 5.10.3 对土壤的盐化影响

运行期水库蓄水后可能造成周边土壤的盐化现象，对水库蓄水可能引起的盐化影响采用《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

（1）土壤盐化综合评价法

根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018），采用公式计算土壤盐化综合评分值（Sa），具体如下：

$$\mathrm{Sa}=\sum_{i=1}^{n} Wx_i \times Ix_i \qquad (5.10\text{-}1)$$

式中：$n$ ——表示影响因素指标数目；

$I_{xi}$ ——表示影响因素 i 指标评分；

$W_{xi}$ ——表示影响因素 i 指标权重。

（2）土壤盐化影响因素赋值

根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018），土壤盐化影响因素赋值情况见表 5.10.3-1。

**表 5.10.3-1　土壤盐化因素赋值表**

| 影响因素 | 分值 | | | | 权重 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 分 | 2 分 | 4 分 | 6 分 | |
| 地下水位埋深 （GWD）/(m) | GWD≥2.5 | 1.5≤GWD＜2.5 | 1.0≤GWD＜2.5 | GWD＜1 | 0.35 |
| 干燥度（蒸降比值）/(EPR) | EPR＜1.2 | 1.2≤EPR＜2.5 | 2.5≤EPR＜6 | EPR≥6 | 0.25 |
| 土壤本底含盐量（SSC） /(g/Kg) | SSC＜1 | 1≤SSC＜2 | 2≤SSC＜4 | SSC≥4 | 0.15 |
| 地下水溶解性总固体（TDS）/(g/L) | TDS＜1 | 1≤TDS＜2 | 2≤TDS＜5 | TDS≥5 | 0.15 |
| 土壤质地 | 黏土 | 砂土 | 壤土 | 砂壤、粉土、砂粉土 | 0.1 |

（3）土壤盐化影响预测

根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018），土壤盐化预测表 5.10.3-2。

**表 5.10.3-2　土壤盐化预测表**

| 土壤盐化综合评分值（Sa） | Sa＜1 | 1≤Sa＜2 | 2≤Sa＜3 | 3≤Sa＜4.5 | Sa≥4.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 土壤盐化综合评分预测结果 | 未盐化 | 轻度盐化 | 中度盐化 | 重度盐化 | 极重度盐化 |

①对小石门水库库区土壤环境影响

根据土壤环境质量监测，小石门水库库区有 1#~4#断面 4 个监测点，分别为水库拟淹没范围内库尾左支、水库拟淹没范围内库尾右支、水库拟淹没范围内坝址和水库拟淹没范围内库中。

库区地下水位埋深较大，常年地下水位平均埋深一般为 10~60m，水库运行以后，不会造成工程区地下水埋深降低，因此土壤盐化影响赋值为 0 分。工程区多年平均降水量为 849mm，多年平均蒸发量为 1279.3mm，干燥度（多年平均水面蒸发量与降水量的比值）为 1.5，土壤盐化影响赋值为 2 分。根据土壤环境质量监测结果，库区 4 个监测点土壤含盐量 SSC 在 0.34~0.76g/Kg 范围，SSC＜1g/Kg，土壤盐化影响赋值为 0 分。根据土壤理化特性调查结果，工程区土壤类型主要为壤土（2 个监测点）和砂土（2 个监测点），土壤盐化赋值为 3 分。

**表 5.10.3-3　小石门水库库区土壤盐化因素赋值表**

| 影响因素 | 分值（分） | 权重 | 土壤盐化综合评分值（Sa） |
|---|---|---|---|
| 地下水位埋深 （GWD）/(m) | 0 | 0.35 | 0.8 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 干燥度（蒸降比值）/(EPR) | 2 | 0.25 | |
| 土壤本底含盐量（SSC）/(g/Kg) | 0 | 0.15 | |
| 土壤质地 | 3 | 0.1 | |

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重，小石门水库库区的土壤盐化综合评分值 Sa=0.8＜1。根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）中的土壤盐化预测表，本项目建成后库区周边土壤不会发生盐化现象。

②对小石门水库灌区土壤环境影响

根据土壤环境质量监测，小石门水库库区有 5#~12#断面 8 个监测点，分别为物茂乡小山村（多竹村）附近水田/旱地、平田乡小半坡村（小班果村）附近水田/旱地、平田乡小已保村附近水田/旱地、现状元谋大型灌区（龙川江右岸）内足水灌区水田/旱地。

灌区地下水位埋深较大，常年地下水位平均埋深一般为 10~40m，水库运行以后，不会造成工程区地下水埋深降低，因此土壤盐化影响赋值为 0 分。工程区多年平均降水量为 849mm，多年平均蒸发量为 1279.3mm，干燥度（多年平均水面蒸发量与降水量的比值）为 1.5，土壤盐化影响赋值为 2 分。根据土壤环境质量监测结果，灌区 8 个监测点中有 5 个监测点土壤含盐量 SSC 在 0.12~0.76g/Kg 范围，SSC＜1g/Kg，3 个监测点土壤含盐量在 SSC 在 1.02~1.14g/Kg 范围，1 g/Kg≤SSC＜2g/Kg，土壤盐化影响赋值为 0.75 分。根据土壤环境质量监测结果，灌区 4 个地下水溶解性总固体监测点，其中 2 个监测点为 0.916g/L、0.528g/L，TDS＜1g/L，另 2 个监测点 1.15g/L、1.34g/L，1g/L≤TDS＜2 g/L 土壤盐化影响赋值为 1 分。根据土壤理化特性调查结果，工程区土壤类型主要为壤土（6 个监测点）和砂土（2 个监测点），土壤盐化赋值为 3.5 分。

**表 5.10.3-4　小石门水库灌区土壤盐化因素赋值表**

| 影响因素 | 分值（分） | 权重 | 土壤盐化综合评分值（Sa） |
|---|---|---|---|
| 地下水位埋深 （GWD）/(m) | 0 | 0.35 | 1.1125 |
| 干燥度（蒸降比值）/(EPR) | 2 | 0.25 | |
| 土壤本底含盐量（SSC）/(g/Kg) | 0.75 | 0.15 | |
| 地下水溶解性总固体（TDS）/(g/L) | 1 | 0.15 | |
| 土壤质地 | 3.5 | 0.1 | |

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重，小石门水库灌区的土壤盐化综合评分值 Sa=1.1125。根据《环境影响评价技术导致 土壤环境（试行）》（HJ1964-2018）中的土壤盐化预测表，本项目建成后灌区土壤会有轻度盐化的现象。

### 5.10.4 对土壤的潜育化影响

土壤潜育化是指土壤长期滞水，严重缺氧，产生较多还原物质，使高价铁、锰化合物转化为低价状态，使土壤变成蓝灰色或青灰色的现象。潜育化土壤较非潜育化土壤还原性有害物质较多；土性冷；土壤的生物活动较弱，有机物矿化作用受抑制，易导致稻田僵苗不发，迟熟低产。而云南省楚雄州小石门水库所在区地形高差使其灌溉时间短而排水快，因此不存在对土壤潜育化影响。

### 5.10.5 对土壤的沼泽化影响

土壤沼泽化是指地下水接近地表，土壤长期为水分所饱和，在湿生植物作用和厌氧条件下进行着有机质的生物积累与矿质元素的还原过程。

小石门水库径流区河谷多为“V”型谷，岸坡地形坡度 40°～60°，局部陡崖，淹没区内两岸基本为陡坡，少有农田分布。淹没区主要为壤土、砂土，没有沼泽土的分布，也没有沼泽植被分布，因此不存在土壤沼泽化的影响。

### 5.10.6 对土壤环境质量的影响

云南省楚雄州小石门水库工程区土壤以红壤、棕壤等为主。土壤是一种多孔体，土壤水分和土壤空气共存于土壤孔隙中，土壤中的水分，直接制约着通气状况。水分过多及由之引起的地下水位抬升，土壤渍涝和沼泽化均可恶化土壤的通气状况。灌溉后将促进作物对土壤养分的吸收能力，对土壤微生物活动有提高作用。但灌水过多，将导致有效养分流失，同时土壤在腐殖质化的同时，积累大量的有机酸、硫化氢、甲烷等物质，对作物和微生物产生毒害作用。在通气不良的土壤中，速效性的硝态氮也容易收到反硝化细菌的作用变成游离氨消失在大气中。

本工程实施后，将实现灌溉面积 27.3 万亩，灌溉面积较工程建设前有较大面积的增加。在农业生产中，化肥、农药的使用量也将有一定程度的增加，如耕种、灌溉的方式不科学，将增加灌区内的农业面源污染物的残留，对土壤的质量有一定的不利影响。工程区土壤中有机质和氮、磷含量在水稻土中属于中等偏上和中等水平。因此从灌区化肥、农药作物的种类和施用量、灌区灌溉方式等方面进行优化，可减少对灌区土壤的影响。

# 5.11 对环境敏感区的影响

## 5.11.1 对自然保护区的影响

（1）对牟定县白马山州级自然保护区的影响

牟定白马山州级自然保护区保护对象主要是森林生态系统；以国家Ⅱ级保护的动物白腹锦鸡、猕猴、白鹇等为主的珍稀濒危野生动物资源；以国家Ⅱ级重点保护野生植物龙棕为代表的重点保护野生植物资源”。

根据现状分析，白马山自然保护区位于本工程坝址上游，枢纽工程距保护区实验区边界约 3.5km，水库正常蓄水位与保护区边界高程差约 2~17m。2020 年 11 月 25 日，楚雄州林业和草原局出具“关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函”（楚林函[2020]45 号）（详见附件 8），明确楚雄州小石门水库工程项目用地范围不在牟定县白马山州级自然保护区内。

工程建设不会对自然保护区造成直接影响。水库淹没区和自然保护区之间已建有元双公路，该区域由于长期受交通运输及人类生产活动干扰，详见图 5.11.1-1。根据陆生脊椎动物生态观测结果，库尾段分布的保护动物较少，但库盆清理时产生的噪声可能会对保护区内的动物造成一定干扰。

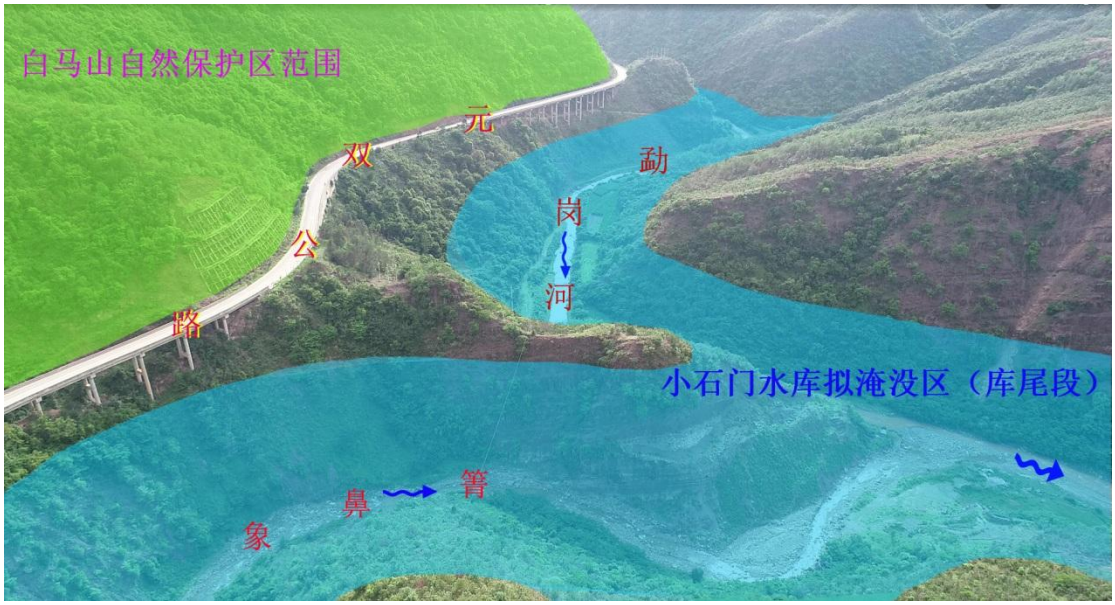



**图 5.11.1-1　水库淹没区与元双公路及自然保护区位置关系图**

由于淹没区局部范围距自然保护区较近，库盆清理时仍有施工人员进入保护区而破坏自然植物、植被的风险，因此，需采取保护措施，避免自然保护区遭到

破坏。

（2）对元谋土林州级自然保护区的影响

元谋土林州级自然保护区主要保护对象是古人类和古生物化石等古生物遗迹及土林地貌景观、地层剖面和构造剖面等地质遗迹。

由现状分析可知，元谋土林州级自然保护区分为三个片区，其中工程与物茂片区最近距离有 72m，临时道路工程建设无爆破工程，也不会产生强烈震动，因此，工程建设不会对自然保护区的主要保护对象——古生物遗迹、地貌景观和地质遗迹造成影响。但临时道路建可能会短时间内产生扬尘，在大风天气，可能会对物茂片区空气环境质量造成不利影响，不过，其影响可通过施工区洒水降尘、禁止大风天气作业等措施下消除。工程与新华片区最近距离有 1077m、与平田片区最近距离 2055km，由于距离较远，施工行为不会对这两个片区造成不利影响，详见表 5.11.1-1。

**表 5.11.1-1　工程与保护区位置关系及影响方式**

| 自然保护区-分片区 | 与工程位置关系 | 影响行为及方式 |
|---|---|---|
| 新华片区 | 水桥村 2#渣场距新华片区最近，直线距离 1077m | 无影响 |
| 平田片区 | 北干线临时道路 14#距平田片区最近，直线距离 2050m | 无影响 |
| 物茂片区 | 北干线临时道路 34#距物茂片区最近，直线距离 72m | 施工行为，扬尘 |

## 5.11.2 对风景名胜区的影响

元谋风景区的核心景区是景区内的典型土林地貌景观区、金沙江峡谷的景观区域；一般景区是指元谋风景区除核心景区外的其它区域，主要由土林景观外围保护区域、乌东德水库面山保护区域。由现状分析可知，元谋风景名胜区分为四个片区，其中与工程最近的片区为物茂土林景区，北干线 11#支管距其最近，直线距离 420m，工程距其他三个片区均较远，因此工程建设不会对风景名胜区造成影响。

## 5.11.3 对生态保护红线的影响

根据楚雄州自然资源局出具的说明材料，楚雄州小石门水库工程占地范围不涉及生态保护红线，因此，工程建设不会对区域生态保护红线结构及功能造影响。

### 5.11.4 对生态公益林的影响

小石门水库占用国家级公益林 790.04 亩，省级公益林 813.18 亩。工程占用生态公益林将造成部分生态公益林生态功能丧失，公益林面积减少。但只要业主依法办理用地审核、林地征占审批手续，按照《中央财政森林生态效益补偿基金管理办法》的规定进行补偿基础上，不会对林业生产及生态造成严重影响。

### 5.11.5 对基本农田的影响

小石门水库工程占用基本农田 106.38 亩，工程施工前将对工程占用的基本农田进行调规，按照相关规定进行“占补平衡”和补偿。

## 5.12 对社会环境的影响

### 5.12.1 施工期

#### 5.12.1.1 工程建设征占地

小石门水库工程建设征地包括水库淹没区、枢纽区、泵站区、干线区、支管区；建设征地点多面广，共涉及楚雄州 3 个县 7 个乡镇 16 个村委会的 52 个村民小组。

小石门水库建设征地总面积为 12937.10 亩，其中耕地 1781.23 亩，园地 220.65 亩，林地 10602.93 亩，住宅用地 26.14 亩，交通运输用地 158.93 亩，水域及水利用地 147.22 亩；以林地为主，涉及少量耕地、园地。

小石门水库永久征地 4925.93 亩，其中耕地 386.04 亩，园地 12.19 亩，林地 4364.74 亩，住宅用地 26.14 亩，交通运输用地 9.24 亩，水域及水利用地 127.58 亩；以林地为主，耕地、园地涉及不多。

临时占地 8011.17 亩，其中耕地 1395.19 亩，园地 208.46 亩，林地 6238.19 亩，交通用地 149.69 亩，水域 19.64 亩，不涉及其它土地。

水库淹没及工程建设征占地将使区内耕地资源减少，在受建设征地影响的各小组中，受水库库区集中征地面积较大的仅有牟定县戌街乡碗厂村委会的白铜厂小组，征地比例为 56.04%，根据现状调查由于交通不便、生存条件恶劣、地质

灾害等原因，村小组已于 2002 年整体搬出库区，现状耕地长期无人耕种，居民搬迁后主要依靠外出务工、经商为生不依赖土地种植、不接受土地配置，建设征地对其影响较小，工程拟通过直接补偿，并考虑依据村小组内少量提出申请、愿意配置土地的农户，将由牟定县人民政府从相邻小组解决土地配置问题，做好库区稳定和发展工作。

其它小组为扩建永久公路线性征地、以及在勐岗河峡谷底部零星分布的少量耕地，征地数量不大，影响较小，各小组剩余耕地可以安置本小组的生产安置人口。通过直接补偿和村小组内生产安置，可减免工程建设征占地对居民生产生活的影响。

**5.12.1.2 对社会经济的影响**

小石门水库为大型水库，工程所需的水泥、钢材木材等大量建筑材料拟从云南省楚雄市、元谋县、牟定县、大姚县等地就近采购，工程建设过程中可促进当地建筑业、建材行业和第三产业的发展。

工程总工期 72 个月，工程建设期间需从当地雇用一定劳动力，增加地方就业机会，同时工程建设期间，大量施工及管理人员在工地，需要为他们提供运输、商贸、餐饮等服务，可为当地的村民带来一定的经济收入和就业机会。

**5.12.1.3 对基础设施的影响**

（1）214 省道路段及桥梁

水库建设影响二级公路 214 省道 3.03km，其中库尾段 5 座桥梁桥墩在水库蓄水后将部分被淹没（最大淹没深度 16m），部分路基离正常水位较近（最近点约 13m），部分高挡墙路基会受正常水位浸泡，蓄水后可能存在桥墩浸蚀沉降、路基滑坡失稳等风险。由于该段均为高山深谷、地质条件差，没有合适的改复建线路，且改线复建影响大、程序复杂、代价太高，且经分析水库蓄水及百年一遇洪水并未淹没公路路面，不影响行车安全、不影响行洪安全，工程拟采取加固措施对 214 省道涉及路段及桥墩进行原线防护加固处理。

由于二级道路及桥梁属国家重要基础设施，云南省院委托具有相应设计资质和能力的中铁城际规划建设有限公司承担该项工作。2019 年 5 月，中铁城际公司编制完成了《楚雄州小石门水库工程可行性研究 214 省道受影响段原线防护可行性研究报告》。2019 年 9 月 20 日，楚雄公路局在昆明组织召开《楚雄州小石

门水库工程 214 省道受影响段原线防护可行性研究报告》技术评审会议。2020 年 1 月 21 日，楚雄公路局出具了《楚雄公路局关于楚雄州小石门水库蓄水回水影响省道 S214 线部分路段安全运营的函》（楚路办[2020]1 号），批复了《楚雄州小石门水库工程 214 省道受影响段原线防护可行性研究报告》。

原线防护加固处理方案为对桥梁墩台进行坡面修整后，以锚杆、锚索框格梁防护，框格梁内设置浆砌片石封面；路基边坡以抗滑桩、土钉墙、护面墙、锚索框格梁防护，框格梁内设置浆砌片石封面等防护措施；原线防护后，无需抬高、或改线复建，小石门水库蓄水淹没对 214 省道及桥梁的潜在不利影响得到有效控制。

（2）库区机耕路

经本阶段调查水库蓄水后，耕地征用线以下泵站、耕地将全部被淹没，受影响的机耕路将会失去服务对象，因此不再进行复建，拟予以合理补偿。

（3）水利设施

受小石门水库淹没影响的水利设施有小型取水坝 2 座、小型提水泵站 4 座。水库蓄水后由于库区耕地淹没，受影响的取水坝是其服务对象，故不再进行复建，给予合理补偿。

4 座小型提水泵站分别为戌街乡政府建造的勐岗河泵站、白铜厂泵站、宇曦农业公司太阳能泵站和宇曦农业公司电力泵站，其中宇曦农业公司太阳能泵站、宇曦农业公司电力泵站 2 座泵站位于库区内，水库蓄水后失去服务对象，不再复建。白铜厂泵站位于库区，水库蓄水淹没后，拟新建泵站替代其供水功能，小石门水库枢纽工程施工将对勐岗河泵站运行产生影响，拟新建泵站替代其供水功能，综合考虑后工程拟在原勐岗河泵站下游 720m 处新建戌街泵站替代白铜泵厂泵站、勐岗河泵站供水功能。通过水利设施的复建可有效减免工程施工、蓄水淹没对下游农业生产的影响。

（4）电力及通讯设施

小石门水库淹没影响通讯设施包括移动光缆 4 条、联通光缆 2 条、电信光缆 1 条，长度均为 2.60km，工程拟沿右岸边 214 省道进行复建。

工程建设征占地影响 10kV 输电线路 5 条，共 6.10km，大姚县 1 条 10kV 白土坡线；牟定县 3 条： 10KV 联丰线、10KV 联丰 T 抽水站线、10kV 勐岗河泵

站线；元谋县 1 条 10kV 矿山线，其中 10KV 联丰 T 抽水站线、10kV 勐岗河泵站线因失去服务对象，不再进行复建，拟进行补偿，其他输电线路均进行复建，通过复建可减免水库建设对电力和通讯的影响。

### 5.12.2 运行期

（1）对农业发展的影响

近年来，云南省在“高原牌”和“特色路”中找到农业由传统向现代转型的的出路。一批批云菜、云花和云药品牌走出大山，走向五湖四海。利用独特自然气候条件，楚雄彝族自治州已经发展成为我国著名的“冬早蔬菜基地”，其中元谋县有肥沃的土地和温暖的气候，素有“天然温室”之称，近年来一直在发展冬春反季节无公害蔬菜，如今种植面积已超过 14 万亩，是云南省的蔬菜大县。2001 年，元谋县被列为全国首批无公害农产品生产示范基地县；2004 年被列为云南省“无公害蔬菜行动计划”首批示范基地县；2007 年启动绿色蔬菜（A 级）生产示范县建设；2008 年成为云南省第一个出口蔬菜基地区域化备案县，截至目前，全县累计获得无公害农产品认证 27 个，绿色食品（A 级）认证 21 个，有机食品认证 1 个，涉农注册商标 18 个。

小石门水库以农灌供水为主要任务，水库建设将在元谋县新增灌溉面积 17.84 万亩，水库建设为当地无公害农产品的推广种植提供了有利的供水保障，有力响应了十八大报告中提出的“加快发展现代农业，促进农民增收”的号召；其次，小石门水库建设将加快元谋县绿色蔬菜产业的发展，进而促进云南高原特色农业做强、做大，走出去、创品牌，助力云岭“菜篮子”工程发展，为当地的农民找到致富道路，增加农民收益。

（2）防洪

小石门水库工程任务为农业灌溉，兼有下游防洪作用的综合性水利枢纽工程，根据《防洪标准》（GB50201-2014），水库设计洪水标准采用 P=1%，校核洪水标准采用 P=0.05%。水库建成后，对下游成昆铁路，永武高速公路、108 国道具有一定的防洪安全作用，对下游的交通基础设施和下游沿河两岸的村庄的安全起着较好的保护作用。

# 5.13 施工期影响

## 5.13.1 对声环境影响

### 5.13.1.1 敏感目标

根据工程布置及评价区内声环境敏感目标分布情况，工程区内 17 个声环境敏感目标根据受影响程度，可分为施工作业噪声影响型和施工交通运输噪声影响型两类。声环境敏感目标情况见下表 5.13.1-1。

**表 5.13.1-1　声环境敏感保护目标一览表**

| 编号 | 类型 | 敏感目标 | 最近直线距离（m） | 影响时段 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 施工噪声 | 洒芷村 | 65 | 6:00~22:00 | 夜间禁止施工作业 |
| 2 | | 小班果 | 80 | 6:00~22:00 | |
| 3 | | 建设队 | 70 | 6:00~22:00 | |
| 4 | | 岔头沟 | 60 | 6:00~22:00 | |
| 5 | | 小山村 | 50 | 6:00~22:00 | |
| 6 | | 大雷宰 | 45 | 6:00~22:00 | |
| 7 | | 华竹（那蚌） | 40 | 6:00~22:00 | |
| 8 | 施工交通运输噪声 | 白土坡 | 50 | 24h | 夜间减速慢行车流量减少 |
| 9 | | 新房子 | 10 | 24h | |
| 10 | | 干海子 | 50 | 24h | |
| 11 | | 下村 | 40 | 24h | |
| 12 | | 老衲 | 135 | 24h | |
| 13 | | 上村 | 50 | 24h | |
| 14 | | 英户 | 81 | 24h | |
| 15 | | 海岱 | 10 | 24h | |
| 16 | | 雷依 | 50 | 24h | |
| 17 | | 小多乐 | 10 | 24h | |

注：因上述目标距离工程区较近，为减免噪声对临近工程区居民生产生活的影响，环评要求夜间禁止施工。

### 5.13.1.2 噪声源强及预测模式

（1）固定声源

工程对区域声环境的影响主要集中在施工期，工程运行期对声环境基本无影响。施工期固定声源为施工机械作业，噪声源强详见表 3.3.3-1。施工机械噪声预测采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）中推荐的无指向性点源户外声传播衰减模式，公式如下：

$$L_i = L_1 - 20\lg(r_i / r_1) \qquad (5.13\text{-}1)$$

式中：$L_i$——与声源相距 $r_i$（m）处的施工机械噪声级（dB）；

$L_1$——与声源相距 $r_1$（m）处的施工机械噪声级（dB）。

与测试噪声源强取中值，通过计算，各施工机械不同距离噪声影响范围见下表 5.10-2。联合作业噪声叠加采用声能叠加求出预测点的综合噪声级，公式如下：

$$L_{总} = 10\lg(\sum_{i=1}^{n} 10^{0.1Li}) \qquad (5.13\text{-}2)$$

式中：$L_{总}$——预测声级，dB；

Li ——各叠加声级，dB；

n ——n 个声压级。

为预测噪声对周围环境的影响，考虑最不利情况，即忽略建筑物墙体和植被等遮挡物对噪声的衰减、空气吸收引起的衰减、地面效应引起的附加衰减。

由下表可知砂石料加工系统作业噪声预测值较大，结合实地查勘砂石料加工系统距最近的居民点直线距离约 450m，因此砂石料加工系统作业噪声不会对居民生活造成影响；考虑夜间禁止施工作业后，混凝土拌合系统作业噪声影响范围昼间在外围 30m 范围内，受影响的主要是东干线施工生产生活区附近的班西立村；施工机械作业噪声对周边环境的影响依据源强各不相同，其中自卸车辆运行的噪声影响较为突出，且施工机械联合噪声的影响较大。

**表 5.13.1-2　施工期机械作业噪声预测值一览表**

| 声源 | 离声源不同距离噪声预测值（dB（A）） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20m | 30m | 50m | 80m | 100m | 150m | 200m | 250m |
| 挖掘机 | 53.0 | 49.5 | 45.0 | 40.9 | 39.0 | 35.5 | 33.0 | 31.0 |
| 推土机 | 52.0 | 48.5 | 44.0 | 39.9 | 38.0 | 34.5 | 32.0 | 30.0 |
| 自卸汽车 | 64.0 | 60.5 | 56.0 | 51.9 | 50.0 | 46.5 | 44.0 | 42.0 |
| 装载机 | 58.4 | 54.4 | 49.6 | 45.3 | 43.3 | 39.7 | 37.1 | 35.1 |
| **施工机械联合作业噪声** | **65.5** | **61.9** | **57.4** | **53.2** | **46.6** | **47.8** | **45.3** | **43.3** |
| 砂石料加工系统 | 70.5 | 66.0 | 60.9 | 56.5 | 54.4 | 50.8 | 48.2 | 46.2 |
| 混凝土拌合系统 | 56.0 | 52.5 | 48.0 | 43.9 | 42.0 | 38.5 | 36.0 | 34.0 |

（2）交通噪声

施工交通噪声预测采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）中推荐的公路（道路）交通运输噪声预测模式。

施工过程中物料运输涉及到各种型号的载重汽车，其产生的噪声可视为流动声源，噪声的大小与车流量、车型、车速及路况等因素有关，机动车辆产生的噪声，距行驶路面中心 7.5m 处的平均辐射噪声级，可按下列各式计算：

小型车（3.5t 以下）：LS=12.60+34.73 lgVL

中型车（3.5-12.0t）：LM=8.80+40.48lgVM

大型车（12.0t 以上）：LH=22.0+36.32lgVH

根据导则相关内容，拟采用下列模型进行预测。

流动声源预测模式：

$$L_{eq}(\mathrm{h})_i=\left(\overline{\mathrm{L_{OE}}}\right)_i+10\lg\left(\frac{N_i}{v_iT}\right)+10\lg\left(\frac{7.5}{\mathrm{r}}\right)+10\lg\left(\frac{\psi_1+\psi_2}{\pi}\right)+\Delta\mathrm{L}-16 \qquad (5.13\text{-}3)$$

式中：

$L_{eq}$（h）$_i$——第 i 类车的小时等效声级，dB（A）；

$\left(\overline{\mathrm{L_{OE}}}\right)_i$——第 i 型车速度为 $V_i$，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB（A）；

$N_i$——昼间，夜间通过某个预测点的第 i 型车辆的平均小时交通量，辆/h；

$v_i$——第 i 型车的平均行驶速度，km/h；

$T$——计算等效升级的时间，1h；

$\Psi_1$，$\Psi_2$---预测点到有线长段两端的张角，弧度；

$\Delta L$——由其他因素引起的修正量，dB（A）。

根据施工组织设计，工程内部施工道路交通的运输车辆一般为 5~15t 的载重汽车和 5~25t 的自卸汽车，根据工程施工报告，工程场内施工道路为三等路，泥结石路面，综合考虑昼间车流量为 40 辆/h，车速 30km/h；夜间施工强度较小，昼夜车流量暂按照 5:1 计，夜间车流量为 8 辆/h，车速 20km/h。根据该交通运输情况，预测距施工道路不同距离处的交通噪声值，交通噪声预测结果见表 5.13.1-3。由表可知施工交通噪声对道路中心线外延 100m 内的声换保护目标均会产生一定影响。

**表 5.13.1-3　施工交通运输噪声预测值一览表**

| 时段 | 距公路中心线不同距离处的噪声值 dB（A） | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
| 昼间 | 65.54 | 62.57 | 60.84 | 59.63 | 58.69 | 57.93 | 57.3 | 56.75 | 56.28 | 55.85 |
| 夜间 | 52.18 | 49.88 | 48.73 | 48.02 | 47.53 | 47.17 | 46.89 | 46.67 | 46.49 | 46.34 |

**5.13.1.3 对声环境保护目标的影响**

根据工程敏感目标分布情况，结合噪声影响类型，对施工期噪声影响进行预测分析，预测值详见下表 5.13.1-4。

由下表可知，距离工程施工区较近的华竹（那蚌）、大雷宰、小山村、岔头沟、洒芷村 5 个村庄（居民点）受工程施工影响，存在昼间噪声超标的问题，在施工机械联合作业情况下，超标值分别为 4.4dB（A）、3.4 dB（A）、2.5 dB（A）、1 dB（A）、0.3 dB（A）。5 个居民点主要分布于输水线路工程区，工程输水线路分期、分段施工，每个标段工程实际作业时间较短，且施工结束后噪声影响即消失。针对这一影响，通过合理安排施工时序，避免机械联合作业，可一定程度上降低作业噪声的叠加影响，但针对超标值较高的班西立村，应采取隔声措施减免影响。

距离施工道路较近的新房子、海岱、小多乐村、下村、干海子、白土坡、上村、英户 8 个村庄（居民点）存在噪声超标问题，昼间超标值在 1.7B（A）~10.5 dB（A），夜间超标值在 2.9dB（A）~7.3dB（A），应综合考虑降噪、隔声措施减免交通运输噪声对居民生活的影响。

**表 5.13.1-4　施工期声环境敏感保护目标噪声预测值一览表　单位：dB（A）**

| 编号 | 类型 | 敏感目标 | 最近直线距离（m） | 背景值 | | 施工期噪声贡献值 | | 噪声预测值 | | 标准值 | | 达标分析 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 | 昼间 | 夜间 |
| 1 | 施工噪声 | 洒芷村 | 65 | 43.6 | 37.3 | 55 | 0 | 55.3 | 37.3 | 55 | 45 | **超 0.3** | 达标 |
| 2 | | 小班果 | 80 | 43.6 | 37.3 | 53.2 | 0 | 53.7 | 37.3 | 55 | 45 | 达标 | 达标 |
| 3 | | 建设队 | 70 | 43.6 | 37.3 | 54.4 | 0 | 54.8 | 37.3 | 55 | 45 | 达标 | 达标 |
| 4 | | 岔头沟 | 60 | 43.6 | 36.7 | 55.7 | 0 | 56 | 36.7 | 55 | 45 | **超 1** | 达标 |
| 5 | | 小山村 | 50 | 43.1 | 37.3 | 57.3 | 0 | 57.5 | 37.3 | 55 | 45 | **超 2.5** | 达标 |
| 6 | | 大雷宰 | 45 | 43.6 | 37.3 | 58.2 | 0 | 58.4 | 37.3 | 55 | 45 | **超 3.4** | 达标 |
| 7 | | 华竹（那蚌） | 40 | 43.6 | 37.3 | 59.3 | 0 | 59.4 | 37.3 | 55 | 45 | **超 4.4** | 达标 |
| 8 | 施工交通运输噪声 | 白土坡 | 50 | 43.6 | 37.3 | 58.7 | 47.5 | 58.8 | 47.9 | 55 | 45 | **超 3.8** | **超 2.9** |
| 9 | | 新房子 | 10 | 43.6 | 37.3 | 65.5 | 52.2 | 65.5 | 52.3 | 55 | 45 | **超 10.5** | **超 7.3** |
| 10 | | 干海子 | 50 | 43.6 | 37.3 | 58.7 | 47.5 | 58.8 | 47.9 | 55 | 45 | **超 3.8** | **超 2.9** |
| 11 | | 下村 | 40 | 43.6 | 37.3 | 59.6 | 48.0 | 59.7 | 48.4 | 55 | 45 | **超 4.7** | **超 3.4** |
| 12 | | 老衲 | 135 | 43.6 | 37.3 | 54.2 | 40.1 | 54.6 | 41.9 | 55 | 45 | 达标 | 达标 |
| 13 | | 上村 | 50 | 43.6 | 37.3 | 58.7 | 47.5 | 58.8 | 47.9 | 55 | 45 | **超 3.8** | **超 2.9** |
| 14 | | 英户 | 81 | 43.6 | 37.3 | 56.5 | 43.1 | 56.7 | 44.1 | 55 | 45 | **超 1.7** | 达标 |
| 15 | | 海岱 | 10 | 43.6 | 37.3 | 65.5 | 52.2 | 65.5 | 52.3 | 55 | 45 | **超 10.5** | **超 7.3** |
| 16 | | 雷依 | 50 | 43.6 | 37.3 | 58.7 | 47.5 | 58.8 | 47.9 | 55 | 45 | **超 3.8** | **超 2.9** |
| 17 | | 小多乐 | 10 | 43.6 | 37.3 | 65.5 | 52.2 | 65.5 | 52.3 | 55 | 45 | **超 10.5** | **超 7.3** |

注：背景值有现状监测值的取对应监测值中高值，没有监测值的根据与工程位置的关系类比得出；施工区噪声考虑施工机械联合作业噪声预测值。

## 5.13.2 对环境空气的影响

（1）施工扬尘

根据类似施工现场及周边的 TSP 监测，距施工场地不同距离空气中 TSP 浓度变化见下表 5.13.2-1 和图 5.13.2-1。

**表 5.13.2-1　施工近场空气中 TSP 浓度监测值**

| 项目 | 监测点位置 | 场地不洒水 | 场地洒水 |
|---|---|---|---|
| 距场地不同距离处 TSP 的浓度值（mg/m³） | 10m | 1.75 | 0.437 |
| | 20m | 1.30 | 0.350 |
| | 30m | 0.78 | 0.310 |
| | 40m | 0.365 | 0.265 |
| | 50m | 0.345 | 0.250 |
| | 100m | 0.330 | 0.238 |

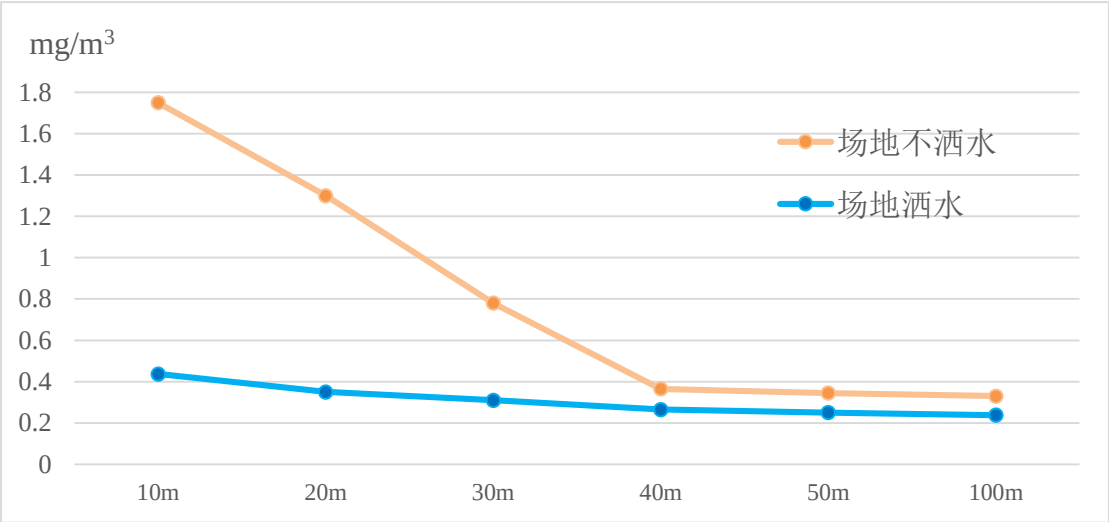



**表 5.13.2-1　距施工场地不同距离处空气中的 TSP 浓度变化图**

由图表可知，施工场地周边 TSP 浓度在 40m 范围内呈明显下降趋势，40m 范围以外，TSP 浓度变化基本稳定。通过场地洒水降尘，可有效的降低 TSP 浓度，在施工场地外 40m 处 TSP 浓度已降至《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准值以下。

（2）交通运输扬尘

由前文工程分析交通运输扬尘产生量与车辆载重、行驶速度和路面清洁程度有关，在同样路面清洁程度条件下，车速越快，扬尘量越大，控制车速可有效降低交通运输扬尘量；在同样车速情况下，道路表面粉尘量越大，车辆通行扬尘量

越大，因此需对施工运输道路进行定期清洁。据相关工程经验，施工阶段对行驶路面进行洒水降尘（旱季 4~5 次），可以使道路扬尘量减少 70~90%，扬尘造成的 TSP 浓度升高影响范围缩小至 20~50m 范围内。

（3）施工燃油、爆破废气

由于灌区工程分区分段实施，工程建设内容以渠道工程为主，因此工程布置相对分散，施工机械联合作业的工况较少，施工过程中燃油、爆破废气排放强度较小，废气排放对环境空气的影响仅限于施工现场及临近区域。工程区周边大气扩散条件较好，因此工程施工期燃油、爆破废气排放对工程区环境空气质量影响较小。

（4）环境空气保护目标影响

工程施工期粉尘、废气排放对评价区内环境空气质量会产生一定影响，各施工生产生活区、作业断面、施工路段均应采取防尘、降尘措施。

结合工程施工布置和工程区敏感目标分布情况，距施工区较近（50m）范围内的敏感目标影响较为明显，因此在华竹（那蚌）、大雷宰、小山村 3 个村庄（居民点）附近的施工场地和作业断面落实各项防尘、降尘措施外，应增加场区清理和洒水降尘的频次。施工交通运输粉尘排放对白土坡、新房子、干海子、下村、上村、海岱、雷依、小多乐 8 个村庄（居民点）的影响较为明显，应加强施工管理，通过覆盖运输、限速、定期清理、洒水降尘等措施减免不利影响。

### 5.13.3 固体废弃物

（1）弃渣影响

工程共设 30 处弃渣场，弃渣总量约 851.81 万 $m^3$，弃渣将按设计要求堆放于指定的渣场。弃渣对环境的影响主要表现为对景观的影响和新增水土流失。各渣场将按照水土保持要求采取相应的工程措施和植物措施，经采取措施后，弃渣对景观基本上没有大的影响，也不会产生大的水土流失问题。

（2）建筑垃圾影响

小石门水库及配套的渠道工程修建过程中将产生大量的建筑垃圾，主要包括废弃、残次的建筑材料，房屋拆除及拆卸临时或不合格的建筑废料等。建筑垃圾主要由钢筋混凝土块、钢筋、木料和少量废弃建材，在堆放的过程中经过雨水淋

溶、浸泡形成的污水，如渗入地下或进入地表水体，将对地下水和周边水体的水质造成污染；建筑垃圾中有大量的粒状物料，在振动和风力影响的情况下，将产生扬尘对环境空气造成影响。

（3）生活垃圾影响

施工期生活垃圾高峰日产量约为 3.94t，整个施工期共产生垃圾 5680.8t。生活垃圾成分较为复杂，主要为有机物质，容易腐烂，特别在高温季节，乱堆乱放的生活垃圾为蚊子、苍蝇及鼠类的孳生提供了良好的场所，有的还可能含有某种病原菌，加大了疾病的传播机率，故其危害较大。因此，对生活垃圾应进行妥善处置。

（4）危险废物

工程施工期，车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油为《国家危险废物名录》（环境保护部令第 39 号）规定的危险废物。废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废油若处理不当，渗入地面会对土壤造成污染，进入水体会对水体造成污染。建设单位应按照有 关法律法规要求妥善收集、贮存、运输、处置项目产生的危险废物，避免对周围环境或者人体健康造成有害影响。

# 6 环境风险分析

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度。环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目建设和运行期间可能发生的突发性事件或事故，引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

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》、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》、原国家环保部环发[2012]77 号文《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》和《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）的要求，依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）和《外来物种环境风险评估技术导则》（HJ624-2011）技术要求，通过风险调查、风险识别、环境风险分析和风险防范和应急措施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。

## 6.1 施工期环境风险评价

### 6.1.1 废污水事故排放风险

#### 6.1.1.1 风险识别

小石门水库工程水源区所涉及的勐岗河河段、受退水区龙川江（黄瓜园~入金沙江口）水质目标为Ⅲ类，受退水区涉及的龙川江（毛板桥水库~黄瓜园）、蜻蛉河、永定河、班果河河段水质目标为Ⅳ类。施工期主要废污水为砂石料加工系统废水、混凝土拌和废水、机修含油废水、生活污水，主要污染物为 SS、石油类、$COD_{Cr}$、$BOD_5$、细菌等。

从节约水资源和降低处理难度的角度考虑，工程生产废水经处理后回用生产、自然蒸发或洒水降尘，生活污水处理后用于周围林草地浇灌。正常工况下，施工

废污水处理后自然蒸发或浇洒不会对周边水体水质产生影响。但施工过程中可能因各废污水处理设施故障或措施不到位等造成废污水事故排放，从而影响施工工区周围的地表水体水质。

**6.1.1.2 环境风险分析**

（1）废水排放

从工程施工布置来看，事故排放下枢纽工程区施工布置距离地表水体较近，存在废污水入河的可能性，输水线路区施工布置距离地表水体较远。事故状态下，对小石门水库枢纽区产生的入勐岗河废水进行风险分析。事故状态下，施工废水排放可能入河废污水情况见表 6.1.1-1。

**表 6.1.1-1　枢纽工程区施工废（污）水排放情况表**

| 污染源 | 排放量（$m^3/d$） | 主要污染物及排放浓度（mg/L） | 附近水体及目标水质 |
|---|---|---|---|
| 砂石料加工废水 | 735 | SS：>5000mg/L | 勐岗河，III类 |
| 混凝土拌和废水 | 36.8 | SS：5000mg/L | |
| 机修含油废水 | 5.4 | SS：1000mg/L<br>石油类：50～80mg/L | |
| 生活污水 | 98 | $BOD_5$：500mg/l<br>$COD_{Cr}$：600mg/L | |
| 合计 | 875.2 | | |

（2）预测因子

施工废水包括生产废水和生活污水，其中生产废水包括砂石料加工废水、混凝土拌合废水和机修含油废水。

砂石料加工废水：主要污染物为 SS，预测因子选择 SS

混凝土拌合废水：主要污染物为 SS，预测因子选择 SS

机修含油废水：主要污染物为 SS、石油类，预测因子选择 SS、石油类

生活污水：主要污染物为 COD、$DOD_5$，预测因子选择 COD、$DOD_5$

（3）预测工况

预测工况为生产废水、生活污水发生事故排放。

（4）预测模式

按照完全混合模式进行估算：

$$c=\left(c_pQ_p+c_hQ_h\right)/\left(Q_p+Q_h\right) \qquad (6.1\text{-}1)$$

式中：c——完全混合后的污染物浓度，mg/L；

$c_p$——废水污染物浓度，mg/L；

$Q_p$——废水排放量，$m^3/s$；

$c_h$——河水污染物浓度，mg/L；

$Q_h$——河水流量，$m^3/s$。

（5）参数选取及预测

采取枯水年最枯月水流量，小石门水库坝址断面河水流量为 0.24$m^3/s$，根据 2019 年 1 月枯水期对小石门水库坝址断面水质监测结果，石油类浓度 0.042mg/L、COD 浓度为 6.08mg/L、$BOD_5$ 浓度为 2.55mg/L、SS 浓度为 15mg/L。

本次按最不利情况考虑，事故排放石油类浓度 80mg/L、COD 浓度为 600 mg/L、$BOD_5$ 浓度为 500mg/L、SS 浓度为 5000mg/L，根据生产废水、生活污水的事故排放量，按照完全混合模式计算，见表 6.1.1-2。

**表 6.1.1-2　事故排放完全混合后主要污染物浓度**

| 预测因子 | 河水 | | 废污水 | | | 完全混合后污染物浓度（mg/L） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 污染物浓度（mg/L） | 流量（$m^3/s$） | 污染物浓度（mg/L） | 废水量（$m^3/d$） | 流量（$m^3/s$） | |
| 石油类 | 0.042 | 0.24 | 80 | 5.4 | 0.0000625 | 0.063 |
| COD | 6.08 | 0.24 | 600 | 98 | 0.0011343 | 8.874 |
| $BOD_5$ | 2.55 | 0.24 | 500 | 98 | 0.0011343 | 4.890 |
| SS | 15 | 0.24 | 5000 | 777.2 | 0.0089954 | 195.091 |

经计算，生产废水和生活污水事故排放全部入河，河道完全混合后石油类浓度为 0.063mg/L、COD 浓度为 8.874mg/L、$BOD_5$ 浓度为 4.890mg/L、SS 浓度为 195.091mg/L。

（6）风险评价

砂石料加工系统废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机修含油废水事故排放的原因主要包括：水处理设备检修或故障致使设备无法运行而混凝土拌和系统正常运行；废水进水水质异常，系统处理负荷能力差；水处理系统运行管理不善或闲置等。事故情况下生产废水若未经处理排至河道，完全混合后 SS 浓度为 195.091mg/L，超标 1.78 倍，石油类浓度为 0.063mg/L，超标 0.26 倍，将会对其水质产生一定影响，局部河段悬浮物显著增加，形成污染带，对景观和水质产生不利影响。但砂石料加工系统、混凝土拌和系统和机修含油均考虑了废水处理措施，也有专人进行管理与定期维护。因此，工程施工期废污水事故排放对污染勐岗河道水质风险比计算值偏小。

施工期生活污水事故排放的原因主要是生活污水处理设施运行故障，或处理设施运行管理不善、闲置等，导致生活污水不经处理直排入河道。事故情况下生活污水若未经处理排至河道，完全混合后 COD 浓度为 8.874mg/L、$BOD_5$ 浓度为 4.890mg/L，COD 浓度值增加了 2.794mg/L、$BOD_5$ 浓度值增加了 2.34mg/L。$BOD_5$ 和 $COD_{Cr}$ 浓度的增加不会对整个水体造成较大影响，但可能会使局部河段 $BOD_5$ 和 $COD_{Cr}$ 浓度增加，对河流水质和景观有一定影响。但施工期生活污水产生量小，生活污水收集处理后回用于场地绿化及周边农田灌溉，因此，工程施工期生活污水事故排放对污染勐岗河水质风险较小。

#### 6.1.1.3 废污水事故排放风险措施

针对废污水事故排放，要求相关部门做好应急计划，通过加强监控管理，并制定合理的危机应急处理机制体系，使污染风险降为最低。

①为防范生产废水、生活污水事故排放，按照“三同时”原则，在各施工生产设施开始施工前、施工人员进场前，按照环境保护措施设计，严格执行废污水处理措施，并保障生产过程、废污水产生量与废污水处理能力合理匹配；

②加强对废污水处理设备设施及管道的维护、管理、保证水处理系统正常运行，发现故障及时修复；

③废污水处理系统的运行管理人员应加强对处理系统的巡视和水质监控，定期检查，确保各处理设施能够正常蓄水，并及时清理各设施，确保有足够容积处理来水；保证各类废水的处理设施都能正常运转发挥作用；

④落实环境监测，一旦发现监测因子异常及时处理；

⑤定期清理污水池的污泥，并妥善存放、转运；

⑥定期清理隔油池的废油和油泥，委托有资质的单位进行处置。

### 6.1.2 隧洞突水事故风险

#### 6.1.2.1 风险识别

云南省楚雄州小石门水库工程中流泄洪隧洞、输水隧洞、上村隧洞、大坝箐隧洞、级密山隧洞、猛林沟隧洞大部份坝顶高程位于地下水位以下，隧洞施工过程中，在不同的施工段，隧洞顶板会有不同程度的地下水渗透量。隧洞基本采用

直线布置，隧洞建设可能涉及断层和可溶岩等地质结构，因此在施工过程中输水隧洞可能发生隧洞突水事故。

#### 6.1.2.2 环境风险分析

泄洪隧洞、输水隧洞地下水类型为基岩裂隙水，地下水赋存于风化裂隙中，含水层富水性较弱，无大的地质构造发育，开挖中受地下水影响小，以滴水、渗水为主。隧道顶板在施工地下水渗透量相对不大，对区域地下水流场改变较小。但雨季降水入渗将导致区域地下水水位抬升，则可能面临地下水位上涨、涌水量增大的问题，亦应做好相应的输排水工作。

上村隧洞地下水类型以基岩裂隙水为主，隧洞大部分位于地下水位线以下，又处于地下水径流排泄地段，因此隧洞开挖会使得地下水水位下降，隧洞顶板会有一定的地下水渗透量，隧道在雨季施工时，可能会面临裂隙含水层涌水问题。

大坝箐隧洞地下水类型为碎屑岩类裂隙水，富水性较弱，位于地下水位线以下，隧洞开挖会有一定的地下水渗透量，雨季降水入渗将导致区域地下水水位明显抬升，由于水压差的增大，因此隧道在雨季施工时，可能会面临裂隙含水层涌水问题。

猛林沟隧洞地下水类型以基岩裂隙水为主，隧洞动线位于地下水以上，施工过程中不会产生涌突水问题。

级密山隧洞地下水类型为碎屑岩类裂隙水，隧洞略低于地下水位线，旱季进行隧洞的开挖，地下水对工程的施工影响不大；由于地层整体富水性中等，地下水主要赋存于上部风化裂隙带，雨季降水入渗将导致区域地下水水位明显抬升，因此隧道在雨季施工时，可能会面临裂隙含水层涌水问题。

输水隧洞工程中，地下水与隧洞有着复杂的联系，尤其在施工期，由于隧洞开挖，隧洞形成新的集水廊道，破坏了原有的地下水平衡系统，大量的涌水会出现突水突泥事故，同时，地下水环境也发生改变，会造成地下水疏干、井水干枯、地表蓄水量减少，甚至引起河水断流。根据国内外水利工程隧洞的施工期安全生产情况，发生重大隧洞突水、突泥及涌水事故的几率较小。少量的隧洞突水、突泥情况，只要及时发现、趁早修补，造成的损失较小。

#### 6.1.2.3 隧洞突水事故风险措施

隧洞施工在不同的施工段，隧洞顶板会有不同程度的地下水渗透量，应严格执行风险防范措施，防止重大的隧洞突水事故发生，具体措施如下：

①合理选用超前地质预测预报技术，及时做好地质预报工作，提前了解隧洞面前方及周边围岩状况。

②根据地质预报确定合理的超前支护措施、开挖方法和循环进尺并及时进行优化，尽量减少对周边围岩的扰动和破坏，确保掌子面围岩稳定。

③开挖后及时进行初期支护，初期支护紧跟开挖掌子面；选用强有力的柔性支护体系，先柔后刚、先让后抗。

④加强变形监测，及时掌握围岩的变形和支护的稳定情况，合理确定开挖的预留变形量并提供调整和修正支护参数的依据，以确定二次衬砌的合理衬砌时间并及时封闭。

⑤在岩溶区施工前，应加强超前探放水工作，做好应急预案。在施工过程中，做好相应输排水工作。

⑥若在施工中通过超前地质预报查明前方存在突水、突泥不良地质段时应及时加强初期支护并及时处理地下水，防止重大事故发生。

### 6.1.3 施工期炸药、燃油风险

1、风险识别

工程建设共需燃油 3.19 万 t、炸药 8799t，工程炸药和油料耗用高峰年和施工高峰年相对应，基本为施工期的第 1 年~第 2 年。

2、环境风险分析

本工程施工过程中未设置炸药库和油库，但炸药和油料的运输和临时储存均存在一定的环境风险。受外部的冲击波、静电、明火及雷击等自然灾害均可能引起爆炸或燃烧，运输车辆发生意外、撞击摩擦导致运输爆炸或燃烧。

3、风险防范措施

运输过程中须严格遵守危险货物运输的有关规定，炸药运输不得将炸药和雷管混装运输；运送油料的运输车辆须采用密闭性能优越的储油罐，确保不造成环境危害。

在工程施工期由于施工机械、燃油、电器以及施工人员增多，增加火灾风险，将会对工程区内植被构成潜在威胁。因此，在施工过程中，必须采取有效的防范措施。根据施工规划，施工期将在施工区内建立防火及火灾警报系统，严格执行野外用火和爆破的相关报批制度。除此之外，还需要对施工人员进行防火宣传教育，并严格规范和限制施工人员的野外活动，严禁施工人员私自野外用火，做好吸烟和生活用火等火源管理，严格控制易燃易爆器材的使用。

### 6.1.4 危险品运输风险分析

1、风险识别

本工程危险品运输主要涉及油料及炸药运输，涉及的场地涵盖公路以及场内施工道路。危险品运输可能出现的环境危害的风险类型是交通事故、火灾和爆炸。

2、环境风险分析

本工程位于楚雄州牟定县戍街乡西南方，涉及牟定、元谋和大姚三县，对外交通昆明—元谋县为 G5 高速公路，元谋县—戍街乡—牟定—楚雄市为 S214 省道，楚雄市—昆明为 G56 高速公路，均为云南省内重要的交通道路，沿线分布许多村镇。工程所利用的部分施工道路布置在勐岗河及其支流附近，在危险品运输过程中如发生交通事故，导致危险品泄露，将对沿线村镇、水体造成影响。

运输罐车发生倾覆事故导致罐体破损，物质散逸，进而污染周围环境空气及水体，直接影响到附近生物生存的环境及周围村庄人员身体健康和人身安全。当危险品运输车辆在所经桥梁上出现事故，使运送的固态危险品或液态危险品泄漏，将流入地表水体，污染河流水质。

随着施工开工建设，区内机动车辆将迅速增加。一般来说，发生的交通事故中，一般性事故比重最大，重大事故较少，特大事故发生几率最小。尽管危险品运输事故中重大事故发生概率很小，但此类事故一旦发生后果严重，将引起危险品泄露，应引起高度重视。

3、风险防范措施

针对危险品运输事故，要求公路管理部门做好应急计划，通过加强监控管理，并制定合理的危机应急处理机制体系，使污染风险降为最低。

①加强交通运输安全管理，在路口等交通事故高发地段设置警示标志；

②危险品运输采用全封闭运输，防治散落；

③加强安全教育、宣传；

④制定事故应急预案，在事故发生时将影响降至最低。

### 6.1.5 森林火灾风险

1、风险识别

小石门水库工程施工区附近有林地分布，在非雨季节，遇到雷电、静电、电气火花、自燃、人为因素等很容易引发火灾。

2、环境风险分析

引起森林火灾的最主要危害因素为雷电和人为因素，其中人为因素主要是在林区吸烟、野外生活等。另外，工程施工区爆破器材的使用，也是引起森林火灾的危害因素之一。

根据工程区以往实际情况，自然因素发生森林火灾的可能性较小；工程施工期间，不允许施工人员进入施工占地范围外的林区，爆破器材管理严格，事故防范措施严密，易燃易爆器材使用时也规定了一定的安全防火范围，因此，工程施工的人为行为引起森林火灾的概率也较小。

3、风险防范措施

虽然发生森林火灾的概率较小，但若一旦引发火灾，将造成不可估量的损失，因此在工程施工过程中，必须采取有效的防范措施，警钟长鸣，防患于未然。

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；

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。

# 6.2 运行期环境风险影响分析

## 6.2.1 库区水质风险分析

### 6.2.1.1 风险识别

风险源是指可能向饮用水水源地释放有毒有害物质造成饮用水水源水质恶化的污染源，包括但不限于工矿企事业单位及运输，石化化工产品的管线等污染源；运输危险化学品，危险废物及其他影响饮用水源安全物质的车辆、船舶等流动源。

云南省楚雄州小石门水库工程具有农业灌溉和城乡供水的功能，水源区水质需达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准的要求。小石门水库水源区范围内包含牟定县安乐乡、新桥镇、共和镇、蟠猫乡、戌街乡，大姚县龙街乡，姚安县适中乡、前场镇。根据楚雄州“三线一单”环境统计资料、楚雄州第二次污染源普查资料并结合现场调查，小石门水库径流区内分布有 3 家工矿企业，分别为楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂、牟定金康矿业开发有限公司及东运制动鼓有限公司。厂矿企业事故废水排放将威胁到水库蓄水安全。

此外，水库坝下建有坝后消能电站，电站废水、油污一旦发生污染事故将对下游水质产生不利影响。

### 6.2.1.2 环境风险分析

#### 6.2.1.2.1 楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂

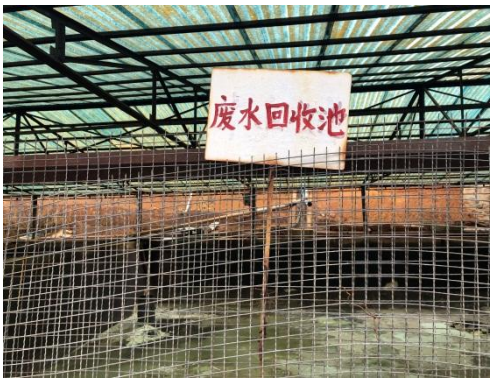
（1）概况和现状

楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂位于姚安县适中乡三木村，地理位置：东经 101°31′49″、北纬 25°33′45″，距离石者河口约 11.63km，距离小石门水库库尾约 9.6km，厂区占地面积约 65 亩。该厂始建于 2004 年，全厂共有电解铜生产线、氧化锌生产线、粗镉生产线、烟化炉系统、烟气脱硫系统 5 个生产系统，具有年产阴极铜 300t、工业级粗镉 400t、工业级活性氧化锌 1000t、一水硫酸锌 3000t 的生产规模，年产镉 103t、阴极铜 271t。2006 年 10 月份获得楚雄州环保局行政许可。

项目采用雨污分流制，设置雨水沟和雨水收集槽收集全场雨水，雨水进入1500m$^3$废液池中，在生产中逐步返回厂区废水处理系统进行处理后回用于生产；生产车间内设置了废水回收池，生产过程中产生的废水经收集后循环利用，无污染废水产生和外排；厂区生活污水主要来源于食堂、淋浴、洗涤，生活污水产生量约20m$^3$/d，使用旱厕进行处理，回用于厂区内浇洒、农灌、牲畜养殖等。此外，车间内烟化炉设置了布袋除尘器，收集的烟尘定期收集返回用作锌工段原料。

楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂内有关生产及废水处理设施见图6.2.1-1。

楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂




源泰矿业废水回收池

源泰矿业废渣堆存场

源泰矿业生活污水沉淀池

**图6.2.1-1　楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂生产生活废污水处理设施**

（2）地表水环境质量现状

楚雄彝族自治州生态环境局委托云南高科环境保护科技有限公司每月对楚雄州境内金沙江流域进行水质监测。根据《楚雄州金沙江横向流域生态补偿机制水质监测》报告，2019年9月至2020年5月对楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂下游3km的石者河-培龙村断面的地表水采样监测数据表明：石者河-培龙村断面监测的各因子均能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准限值要求。

（3）主要环境问题

根据现场调查，并与地方环保部门调查了解，楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂存在以下环境问题：

1）该厂被列入云南省疑似污染地块名单，已经在开展重点行业企业用地调查，目前调查报告还未完成，场地环境现状不清；

2）该厂涉及重金属和危险废弃物，生产区域和堆场防护措施简陋，管理粗放，厂区及周边环境受污染的风险较大。

**6.2.1.2.2 牟定金康矿业开发有限公司**

1、工程概况及污染物产排情况

牟定金康矿业开发有限公司位于牟定县蟠猫乡龙泉村委会，地理位置：东经101°34'44.62”、北纬25"30°15.16"，距离古岩河0.7km，距离小石门水库库尾约7.17km。

该厂始建于1988年，生产规模为年产754吨铜精矿，尾矿库库容为17.3万$m^3$。2006年扩建为日处理150吨铜矿石规模，2006年7月楚雄州环境保护局对《安宁市金康有限公司复产牟定蟠猫铜矿采选厂日处理150吨铜矿石项目环境影响报告书》给出行政许可决定书（楚环准许［2006］7号），2007年更名为牟定金康矿业开发有限公司，2007年楚雄州环保局以楚环准许［2007］18号同意通过项目竣工环境保护验收，批复和验收的项目内容为处理规模为150t/d铜选厂和开采规模为4.5万t/a矿山。2008年，因矿山深部铜矿石逐渐氧化，牟定金康矿业开发有限公司在办公区北面空地建设电解铜生产车间，进行湿法电积铜生产，建有电积区、堆浸区及相应的配套设施，矿石来源于矿山氧化铜矿，生产规模为处理氧化铜矿石100t/d，3万t/a，产出阴极铜300t/a。但电解铜生产车间建设至今，未办理过相关环保手续。后由于市场低落，2013年至今选厂处于停产状态。2016年蟠猫选厂拟将4.5万t/a的选矿生产规模扩建至9.0万t/a。2017年8月建设单位委托编制了《牟定金康矿业开发有限公司9万t/a浮选厂改扩建项目可行性研究报告》，2017年12月委托四川润邦建设工程设计有限公司编制了《云南牟定金康矿业开发有限公司选矿厂尾矿库整改扩容设计》。2017年11月，建设单位委托湖南绿鸿环境科技有限责任公司承担牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿9万吨浮选厂及尾矿库改扩建项目的环境影响评价工作，2019年9月

30 日取得云南省生态环境厅关于牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿 9 万吨浮选厂及尾矿库改扩建项目环境影响报告书的批复（云环审[2019]1-70 号）。

该厂生产废水包括选矿废水、初期雨水、尾矿库渗水、尾矿库废水、机修废水五部分，其中选矿废水产生于铜精矿和尾矿脱水等工艺过程中，产生量 35.6m³/d，均经废水收集池沉淀处理后通过回水泵将水运送至选厂高位回水池，全部回用于浮选车间，不外排；尾矿废水主要来源于选厂尾矿带入水及库区雨水，库内回水系统将澄清后的尾矿废水泵至选厂高位水池用作工艺补水，不外排；尾矿库初期坝前设置集水池收集尾矿库渗水泵至选厂回用于生产，不外排；选厂厂区采用清污分流，初期雨水经雨水收集池后回用于生产；机修废水产生量为 0.8 $m^3$/d，经隔油池预处理后泵至选厂高位水池回用于生产，不外排。

生活污水主要是员工食宿产生的食堂废水和员工生活污水，产生量约为 3.02$m^3$/d，经隔油池、化粪池、一体化污水处理设备处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）及《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T 18921)规定中的城市绿化水水质标准，水回用于道路洒水降尘、绿化，不外排。污水处理站占地面积约 200$m^2$，污水处理为 1 套 WSZ-1.0 型地埋式污水处理系统，处理规模 5$m^3$/d。

根据改扩建项目环境影响报告书，2017 年 10 月，原有选厂已经进行了拆除。至今改扩建选厂生产线已基本建设完成，属于未批先建。另外，原违规建设的电解铜生产车间已作报废处置，但尚未拆除。改扩建项目建成后，将对现有电解铜车间拆除，并制定残留污染物清理和安全处置方案，防范拆除活动污染土壤。该厂存在的主要环境问题如下：

1）铜选厂及尾矿库：①原矿堆场淋滤水、初期雨水、生活污水均未收集处理、直接外排；②运输道路、原矿堆场洒水降尘频率低，尾矿库干滩未采取洒水降尘措施。③选厂未设置废机油暂存间。

2）原有电解铜生产车间：①现状该车间遗留有 421.2$m^3$ 的料液未进行处置，其中对露天的 420$m^3$ 废液监测结果显示废液中 pH 和 Cu 均超过《铜、镍、钴工业污染物排放标准》（GB25467-2010）限值要求，但均低于《危险废物鉴别标准——腐蚀性鉴别》（GB5057.1-2007）和《危险废物鉴别标准——浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）标准。另外，富液缓冲池、萃取余液缓冲池、电积废液缓冲

池内剩余 1.2m$^3$ 废液；②堆浸渣场遗留有 960m$^3$ 堆浸渣未处置，属第Ⅰ类一般工业固体废物。

改扩建主要“以新带老”措施如下：

1）铜选厂及尾矿库：①原矿堆场修建顶棚，堆场三边设挡墙；设置一个 1m$^3$ 的隔油池对食堂废水进行隔油处理，处理后和其他生活污水经拟设置的 5m$^3$ 一体化生活污水处理设施处理达标后回用于厂区绿化；尾矿废水经沉淀处理后全部回用，不外排；全厂进行雨污分流，设置 50m$^3$ 初期雨水收集池，沉淀处理后全部回用于生产不外排；②加大对原矿堆场、运输道路、尾矿库干滩的洒水次数，破碎筛分粉尘采用除尘风机集中收集，出风口设置旋流、水雾除尘后无组织排放；③对废机油进行收集，并收集废机油暂存间；④尾矿库整改扩建：包括尾矿坝整治、修建坝肩雨水沟、增加尾矿库排洪系统、整改尾矿输送、放矿方式、尾矿库回水方式、尾矿库监测设施等。

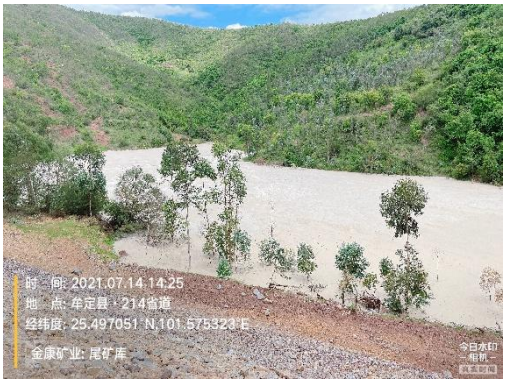
2）原有电解铜生产车间：①堆浸渣场下放堆浸池内剩余废液委托有处理能力的第三方企业回收处置，池体进行报废并拆除处理；②富液缓冲池、萃取余液缓冲池、电积废液缓冲池内剩余废液经鉴定后合理确定第三方企业回收处置，若为危险废物则委托有危废处理资质的企业进行回收处置。③堆浸渣为第Ⅰ类一般工业固体废物且含有一定铜，对堆浸渣进行前期处理后重新用于选厂浮选。④改扩建项目投产前对原有电解铜车间进行拆除，拆除后对场地进行平整作为厂区建设用地待用。

截止 2021 年 7 月，该厂已完成铜选厂及尾矿库的“以新带老”环保整治，原有电解铜生产车间内遗留的环保问题仍未解决。

牟定金康矿业开发有限公司

废水处理池

尾矿库（改扩建前）




尾矿库（改扩建后）

尾矿库初期坝（改扩建后）

废弃电解铜车间堆浸液

厂区生活污水处理设备

**图 6.2.1-2　牟定金康矿业开发有限公司厂区内情况**

2、尾矿库

（1）原尾矿库概况

该厂尾矿库为选厂配套尾矿库，始建于 1988 年，离选厂约 500m，于 2006 年进行整改扩容，尾矿库总库容为 17.3 万 $m^3$，有效库容 12.06 万 $m^3$，尾矿库等别为五等库。2012 年后处于停产状态。

尾矿库坝体为土石坝，坝顶标高 1812.5m、坝顶长度为 60m、宽度为 5.7m，坝体高度 14.2m，坝体外坡综合坡比 1:3.06，内外坡坡比 1:1.58。坝体外坡坡脚为堆积平台和现有乡村道路，坡面有少量草木。尾矿库边坡稳定系数为 1.261，处于稳定状态。

尾矿库主要堆置方向呈西向东沿原有沟谷堆放，库区为三座山体交汇形成的平缓沟谷地形，库区南北长 178m、东西宽 31~172m。尾矿库内无排水井和排水管，仅在右岸边坡设置 571m 截洪沟，坝体内未设置排渗盲沟或排渗管网。原尾矿库设置了回水泵站和回水管道，尾矿库水大部分泵回至选厂回水池回用于生产，其余部分外排。

（2）尾矿库改扩建情况

尾矿库整改扩建后总库容为 61.41 万 $m^3$，总有效库容为 52.20 万 $m^3$，继续服务年限为 7.43 年。考虑到尾矿库下游侧有 S214 省道、古岩河等重要设施，将该库设计等级提高至四等库，确保下游侧重要设施的安全。截止 2021 年 7 月，尾矿库已完成以下整改扩容建设内容：

扩建内容：1）在现有尾矿库原址基础上进行尾矿库整改扩容，采用堆石加高加固方式，初期坝坝高 1822m、坝顶宽 3.5m、坝高 24m，下游坡比 1:2.50，上游坡比 1:1.8。在原坝体顶部以下 3m 即 1809.5m 高程马道处设置 0.8m×0.8m 的排渗盲沟。2）初期坝两侧坝肩和两岸山坡结合处设置坝肩雨水沟，断面规格为宽×高＝0.2m×0.2m。3）库尾新增设置排水斜槽+排水管排泄。在尾矿坝左岸两山之间修建 1#副坝、在库尾平台上修建 2#副坝用于挡渣。4）下游设置渗滤液收集池，向选厂内高位水池供水。回水管道直径 100cm，材料为 PE 管。

防渗方案：根据《云南牟定金康矿业开发有限公司尾矿库工程改扩建项目岩土工程勘察报告》，尾矿库库区岩层自上而下分别包括人工填土层、尾粉土粉砂层、卵石层、强风化砂岩层及中风化砂岩层。库区岩土层中浅表部卵石层为中等

透水层，强风化砂岩层为弱透水层，中等风化砂岩层为微透水层。库底现有堆积层较厚且底部为不透水的砂岩层，库区渗漏的地下水在达弱~微透水层后，转为以水平及侧向渗漏，库区不会形成深部渗漏，深入库区地层中的地下水由东向西方向径流。该项目尾矿库经鉴别属第Ⅰ类一般工业固体废物，尾矿库按一般防渗区进行防渗，结合工勘报告，因此，该尾矿库不进行库底防渗，初期坝上游坡与尾矿接触位置设置反滤层用以防渗，反滤层由土工布、碎石、砂等组成，由内至外分别为：300mm 厚粒径 2～30mm 细砂→500g/m$^2$ 土工布→300mm 厚粒径 5～20mm 砾石→300mm 厚粒径 20～60mm 砾石→初期坝体。此外，该尾矿库在下游及库尾侧分别设置 1 口监控井。

（3）尾矿属性

该厂委托云南中科检测技术有限公司对原有项目生产产生的尾矿进行了浸出毒性实验。根据浸出毒性监测结果，尾矿浸出液中任何一种污染物的浓度均未超过《危险废物鉴别标准——浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）标准，不属于危险废物，且任何一种污染物的浓度均未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。本项目生产尾矿属于第Ⅰ类一般工业固体废物。

（4）尾矿库环境风险评估

2020 年 5 月该厂委托云南省有色地质局楚雄勘查院编制了《牟定金康矿业开发有限公司选矿厂尾矿库环境风险评估报告》，报告结论如下：

金康尾矿库环境风险等级为一般环境风险，即“一般(H2S3R3)”。在环境风险防范方面具备可靠、高效的预防与处置能力。在尾矿库的安全生产管理工作中，本企业将坚持落实风险评价报告提出的各项措施和建议，全面落实尾矿库各项安全管理制度，强化尾矿库日常隐患排查治理，提高本企业预防和处理突发性事故的能力。本企业在做好风险管理和防范措施的前提下，可将尾矿库环境风险事件影响控制在最低限度，对区域造成的影响可控制在局部范围内。

同期建设单位委托云南省有色地质局楚雄勘查院编制完成了《牟定金康矿业开发有限公司选厂尾矿库突发环境事故专项应急预案》。

3、环境质量现状

根据《牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿 9 万 t 浮选厂及尾矿库改扩建项目环境影响报告书》环境质量现状监测结果如下：

1）地表水

共布设监测点 4 个，项目所在区（选厂）地表水汇入小古岩河上游 500m 处设一个监测点；项目所在区（选厂）地表水汇入小古岩河下游 100m 处设一个监测点；小古岩河与大古岩河交汇处上游 500m 处设一个监测点；小古岩河与大古岩河交汇处下游 1000m 处设一个监测点，于 2017 年 12 月 7~9 日对四个点位分别进行采样监测。根据监测结果，小古岩河和大古岩河断面监测的各因子均能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准限值要求。

2）地下水

该厂委托云南中科监测技术有限公司于 2018 年 7 月 24~26 日，2018 年 8 月 17 日~19 日对项目区地下水 6 个监测井进行了采样监测。根据监测结果，各监测因子浓度均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的III类标准。区域地下水水质较好。

3）河道底泥

在小古岩河上游 200m 处、小古岩河与大古岩河交汇处上游 10m 处各设一个河道底泥监测点。根据监测数据，河流底泥均低于《农用污泥中污染物控制标准》（GB4284-84）。

**6.2.1.2.3 牟定县东运钒钛制动鼓有限公司**

牟定县东运钒钛制动鼓有限公司位于戌街乡碗厂村委会竹园村，地理位置：东经 101°39′0.29″、北纬 25°33′50.65″。该厂 2012 年 4 月建成炼铁生产线一条、冶炼废渣磁选车间一个，于 2013 年年底全面停产至今，期间共生产铁 3 万余吨，未生产制动鼓产品。该厂停产近十年，原厂房已成危房，机械设备已锈蚀，目前场内仅有留守厂区工作人员 1 人。经地方生态环境部门多次现场检查，未发现堆场堆存的铁精矿有外溢情况。

**图 6.2.1-3　牟定县东运钒钛制动鼓有限公司现状**

**6.2.1.2.4 其他**

小石门坝后消能电站机组检修时产生的少量油污水和厂房地面冲洗废水，故事排放也会对坝下河道水质带来不利影响。

此外，小石门水库径流区内还存在面源污染，包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染，分布面积广、管理难度大、治理成本高，水库运行期库区水质依然有一定的污染风险。

**6.2.1.3 风险防范措施**

（1）楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂、牟定东运制动鼓有限公司应按照《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》的相关要求，在 2025 年前完成拆除搬迁，并对场地进行修复治理。

根据姚安县人民政府关于楚雄州小石门水库水源区楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除处置方案的报告（详见附件 14）、牟定县人民政府关于牟定县东运钒钛制动鼓和金康矿业有限公司环境问题处置方案的报告（详见附件 15），地方政府针对两个厂矿企业的处置已成立以地方人民政府副县长为组长的工作

领导小组，按照“谁污染谁治理”原则，楚雄源泰矿业有限公司、东运钒钛制动鼓有限公司最迟在水库蓄水前完成两个厂矿企业的拆除及场地修复工作。

（2）牟定金康矿业有限公司要严格按照环评报告及环评批复的相关要求，落实污水处理措施、固废处置措施，并加强管理，废水经处理回用，禁止外排；固废进行综合利用，不外排；加强对尾矿库渗滤液的定期监测，确保尾矿废水、尾矿库渗滤液全部回用，不外排；地方环保部门应在厂区下游小古岩河设置常规监测断面，定期开展水质监测并对厂区进行环保监察，杜绝出现影响水库水质安全的环境风险事故发生；尽快完成厂区内原有电解铜生产车间遗留环保问题整改工作，尽快组织完成竣工环保验收工作。

牟定县人民政府关于牟定县东运钒钛制动鼓和金康矿业有限公司环境问题处置方案的报告（详见附件 15）中已明确金康矿业有限公司为该厂环保问题整治的责任主体，各项环保整改方案需在小石门水库工程下闸蓄水前完成整改工作。

（3）依照《产业结构调整指导目录》的规定，对流域内的企业实施产业升级、节能降耗和清洁生产审核，淘汰落后产能、关停不符合环保政策的企业。

（4）加强废污水处理设施运行的管理和监督，保障污水处理设施的正常运行。

（5）各工业企业、生活污水处理厂应设置满足处理标准的事故收集水池，避免事故排放对地表水体的直接污染，并制定全面的应急预案。

（6）消能电站机组设置事故水池和废油桶对废水、废油进行收集，禁止外排。

（7）加强运行期小石门水库上游入库断面及库区水质监测，当发现严重水质污染事件时（特别是重金属污染事件），应立即上报上级生态环境主管部门，配合和协助查找污染源头、堵截污染源，对灌溉和城乡生活用水安全性进行评估，必要时在确保水库安全运行的前提下，采取措施停止向灌区和城乡供水。

（8）工程运行后，应加强统一调度管理，建立健全水质污染应急预案。

### 6.2.2 交通运输事故风险

1、风险识别

载有危险化学品的运输车辆在库周交通公路发生交通事故会造成有毒有害物质的泄漏，易发生污染水库水质的污染事故。

2、环境风险分析

小石门水库库区周边有 214 省道，车流量较大。在车辆运输途中，存在化学品、燃油等在运输过程中因交通事故倾斜入库区造成水体污染的环境风险。危险品运输事故发生概率很低，由于小石门水库上游存在污染源，且库周道路可能运输危险品，因此运行期库区水质存在一定风险。

3、风险防范措施

（1）强化区域内危险品运输管理，由地方交通局建立本地区危险货物运输调度和货运代理网络，对货运代理和承运单位实施资格认证。危险运输品的运输应实行“准运证”、“驾驶证”和“押运员”三位一体的制度，并为承运车辆进行统一标识，定点检测。

（2）强化有关危险品运输的法规教育、培训，从事危险品运输的驾驶员和管理人员，应严格遵守有关危险品运输安全技术规定和相关规程，学习并掌握国家有关部门颁布的法律法规。

## 6.3 风险事故应急预案

### 6.3.1 应急预案体系

根据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，通过对污染事故的风险评价，各有关企业单位应制定防止重大环境污染事故发生的工作计划，消除事故隐患的实施及突发性事故应急处理办法等。根据本项目特点，制定如下应急预案措施体系，详见表 6.3.1-1。

**表 6.3.1-1　本工程应急预案体系**

| 序号 | 项目 | 内容及要求 |
|---|---|---|
| 1 | 应急计划区 | 库区、灌区 |
| 2 | 应急组织机构、人员 | 专业救援队伍-负责事故控制、救援和善后处理 |
| 3 | 预案分级响应条件 | 规定环境风险事故的级别及相应的应急状态分类，以此制定相应的 |
| 4 | 应急救援保障 | 应急水质监控监测设备、溢油应急设备和材料 |
| 5 | 报警、通讯联络方式 | 规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式和交通保障、管制 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 应急环境监测、抢险、救援及控制措施 | 由专业队伍负责对事故现场进行侦察监测，对事故性质、参数与后果进行评估，为指挥部门提供决策依据。 |
| 7 | 应急检测、防护措施、清除泄露措施和器材 | 控制事故发展，防止扩大、蔓延及连锁反应；消除现场泄漏物，降低危害；具备相应的设施器材设备；控制防火区域，控制和消除环境污染的措施及相应的设备配备。 |
| 8 | 人员紧急撤离、疏散，应急剂量控制、撤离组织计划 | 事故处理人员制定毒物的应急剂量、现场及邻近装置人员的撤离组织计划和紧急救护方案；制定受事故影响的邻近地区内人员对毒物的应急剂量、公众的疏散组织计划和紧急救护方案 |
| 9 | 事故应急救援关闭程序与恢复措施 | 规定应急状态终止程序；事故现场善后处理，恢复生产措施；解除事故警戒、公众返回和善后恢复措施 |
| 10 | 应急培训计划 | 应急计划制定后，平时安排事故处理人员进行相关知识培训，并进行事故应急处理演习；对工人进行安全卫生教育 |
| 11 | 公众教育和信息 | 对监控地区公众开展环境风险事故预防措施、应急知识培训并定期发布相关信息 |

### 6.3.2 风险事故应急预案

根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本工程事故应急应纳入云南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.库区取水口；B.工程水源区；C.环境保护目标区，主要是勐岗河水域；D.输水沿线干渠；E.炸药、燃油使用及运输。

应急事件包括火灾、爆炸、溢油事故、事故排水、库区、引水水源及输水沿线干渠等。

2、应急组织机构、人员

（1）应急领导机构

应急总领导机构为云南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楚雄州分管环保的副州长、生态环境局及其它相关各协作部门负责人组成。

施工现场成立安全风险应急领导小组，由建设单位分管环保的正职领导作为小组长，小组成员由环境保护管理办公室负责人、各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，一般由公安局、安监局或环保局负责。

（3）应急救援人员及应急程序

应急救援人员包括：

1）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；

2）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；

3）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；

4）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；

6）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；

7）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；

8）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；

9）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生态环境局负责；

10）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；

11）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；

12）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 6.3.2-1。

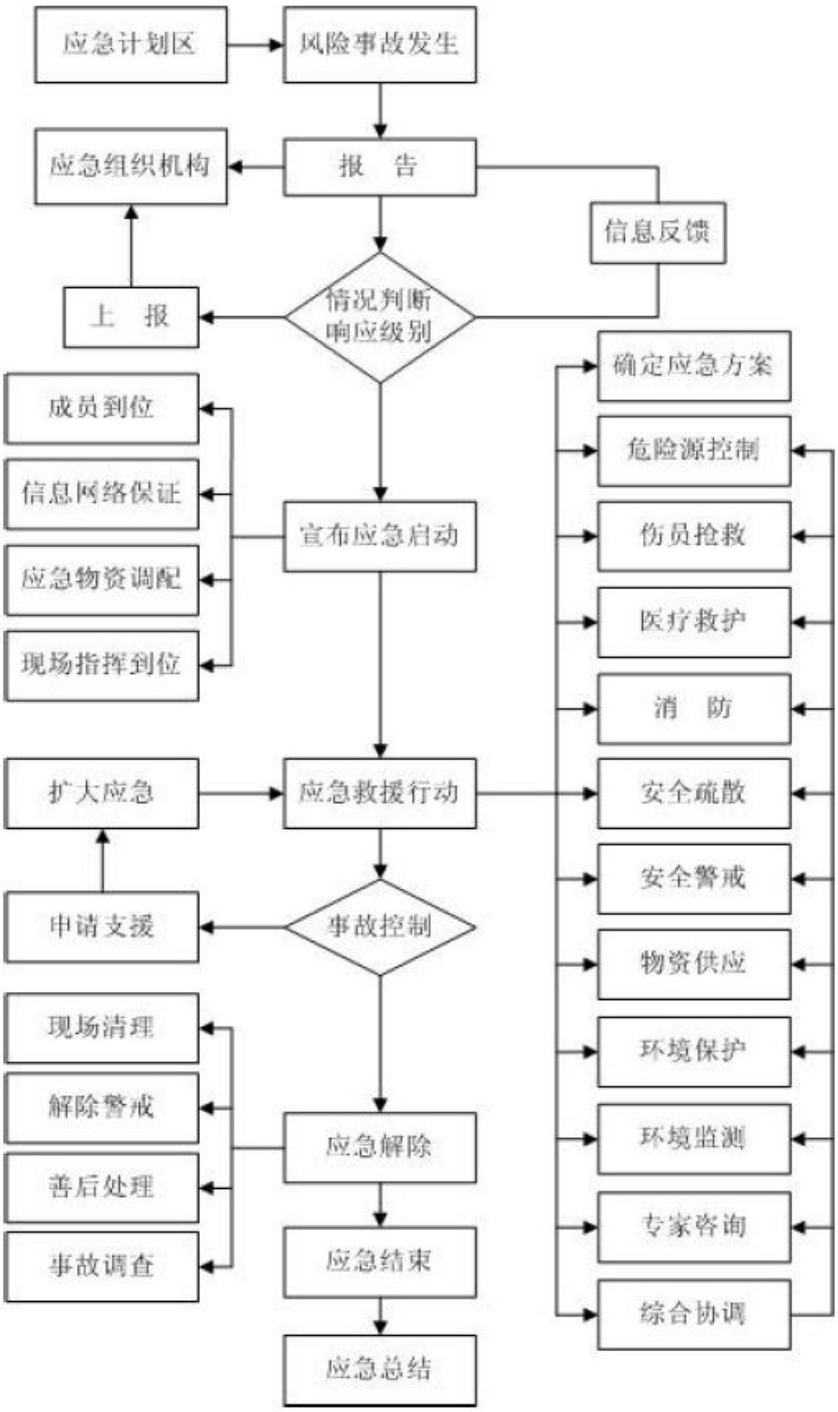



**图 6.3.2-1　事故应急程序图**

（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，其中：

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

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。

（6）报警、通讯联络方式

1）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。

2）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统一频道（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。

3）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和施工人员进行宣传教育，并即时发布相关信息。

### 6.3.3 小结

通过对云南省楚雄州小石门水库工程各类风险的分析，工程建设和运行的风险均较小。

# 7 环境保护措施

## 7.1 施工期水环境保护措施

施工期水环境保护措施主要是施工期间生产生活废污水的处理措施。根据施工分区布置及施工区附近地表水功能、施工废污水主要污染物特征，对各区不同的废污水采取因地制宜、分别处理的方式，在各废污水排放口分别设置水处理系统，废污水处理系统设置情况见表 7.1-1。

**表 7.1-1　施工期废污水处理系统设置情况**

| 项目 | | 废污水来源 | 废污水处理系统 位置 | 废污水处理后去向 |
|---|---|---|---|---|
| 生产废水 | 砂石加工系统废水 | 砂石加工系统 | 系统占地区内 | 回用于砂石加工系统自身 |
| | 混凝土拌和系统废水 | 混凝土拌和系统 | 系统占地区内 | 回用于混凝土拌和系统自身 |
| | 机械修配系统废水 | 机械修配系统 | 系统占地区内 | 回用于修配系统自身 |
| | 隧洞施工废水 | 引水隧洞施工废水 | 隧洞施工区 | 用于降尘或回用于生产等，不可回用部分处理达一级标准后排放。 |
| | 基坑排水 | 初期基坑排水 | 基坑积水、围堰渗水、降水汇水 | 经排水沟静置后排至附近河流 |
| | | 经常性基坑排水 | 围堰及基坑渗水、降水汇水、施工弃水 | 用于降尘或回用于生产等，剩余部分在满足排放标准后排放。 |
| 生活污水 | | 施工生活营地 | 生活区占地区 | 用于降尘或回用于生产 |

### 7.1.1 砂石料加工系统废水

（1）废水概况

本工程共设置 1 套砂石料加工系统，枢纽区和总干线前段共用一套砂石料加工系统，总干线后段及北干线、东干线所需砂石料均外购。枢纽区和总干线前段

共产生砂石料冲洗废水 119.07 万 $m^3$，最大排放强度 $160m^3/h$。废水中主要污染物为 SS，类比同类工程 SS 浓度值约为 30000～50000mg/L。

（2）处理目标

砂石料加工系统布置在薄刀岭石料场西南侧，勐岗河干流水质目标为 III 类，废水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，即 SS≤70mg/L，满足此排放标准的废水完全可以回用，既可减少施工用新水量，又可避免施工废水排放对河道水体的影响，因此，处理后的水质以满足回用要求为原则。

（3）处理工艺

砂石料加工系统冲洗废水设计处理量约为 $200m^3/h$。

根据本工程砂石加工系统废水特点及处理目标，结合国内同类工程砂石加工废水处理经验，拟采用 DH 高效污水净化器对废水进行处理。废水处理工艺流程如图 7.1.1-1。

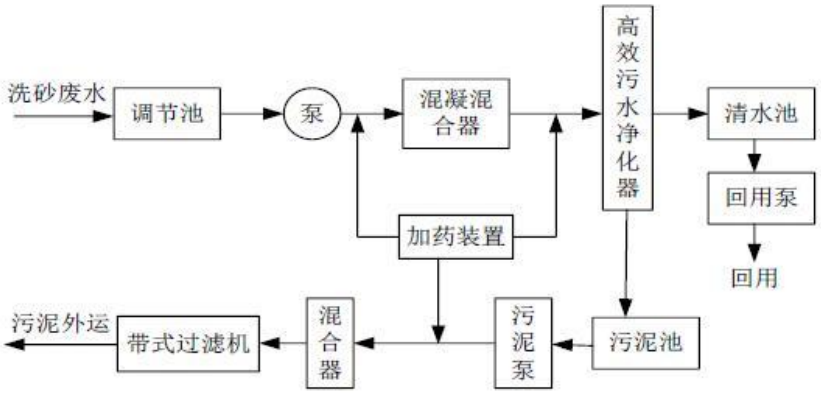



**图 7.1.1-1　DH 高效(旋流)污水净化法处理工艺流程图**

砂石料冲洗废水进入调节池，经泵抽至净化器，同时利用负压原理将药剂与废水一并吸入管道中初步混合后进入 DH 高效（旋流）污水净化器，在净化器内经混凝反应、离心分离、重力分离、动态过滤及泥浆浓缩等过程，从净化器顶端将净化后的清水排出送入清水池，接着对清水进行回用或利用其进行反冲洗，从而实现废水的循环利用，不向外排放。而浓缩后的泥浆从底部定时或连续排出流至泥浆池，再用一台渣浆泵抽至压滤机脱水，脱水后的泥渣就近外运至渣场堆放。经过一段时间的运行，要开启反冲洗泵进行反冲洗。在废水处理系统出现故障时或废水短时间内超过系统处理能力时，可将废水暂时排放至事故蓄水池，在废水处理系统恢复正常运行前，应暂停砂石料系统的运行。该处理系统处理后的出水

中 SS 浓度为 10~50mg/L。

（4）污水处理构筑物设计

调节池：有效停留时间设计为 1h，设计池体尺寸 8.0m×5.0m×5.3m，其中有效水深为 5.0m。建筑结构为钢筋混凝土结构。

废水提升泵房：其地上部分平面尺寸为 15.0m×10.0m×4.0m，地下部分尺寸为 10.0m×10.0m×4.3m，选用废水提升泵 3 台，2 用 1 备；地上部分为砖混结构，地下部分为钢筋混凝土结构。

高效混凝混合器：选用高效混凝混合器 2 台，混合处理能力 200$m^3$/h。

DH 高效净化器：选用高效（旋流）污水净化器 2 台，处理能力 20 混合 0$m^3$/h。

清水池：有效停留时间设计为 1h，设计池体尺寸 8.0m×5.0m×5.3m，其中有效水深为 5.0m，建筑结构为钢筋混凝土结构。

清水泵房：其地上部分平面尺寸为 15.0m×10.0m×4.0m，地下部分尺寸为 10.0m×10.0m×4.3m，选用中水回用泵 2 台，1 用 1 备。

污泥池：按照进入污泥池悬浮物最高浓度 50000mg/L，含水率 80%，出水悬浮物浓度 100mg/L 计算，污泥产生量约为 35602.5t。设计池体尺寸 6.0m×2.0m×5.3m，建筑结构为钢筋混凝土结构。

污泥泵房：其地上部分平面尺寸为 10.0m×10.0m×5.0m，地下部分尺寸为 10m×10.0m×4.3m，选用污泥提升泵 2 台，1 用 1 备；地上部分为砖混结构，地下部分为钢筋混凝土结构。

污泥混合器：选用污泥混合器 2 台，污泥混合处理能力 100$m^3$/h。

带式过滤机：选用真空带式过滤机 2 台，配真空泵 2 台。

污泥脱水车间：平面尺寸为 30.0m×20.0m，总高 4.3m，建筑结构为轻钢结构，内设 2 台带式过滤机，滤布冲洗水泵 2 台。

絮凝剂溶解池：混凝剂选用 PAC，加药量按照 40mg/L 计，絮凝剂用量为 47.6t，修建絮凝剂溶解池 1 座，配搅拌器 1 套，加药泵 3 台，2 用 1 备。

助凝剂溶解池：助凝剂选用 PAM，加药量按照 4mg/L 计，则助凝剂用量为 4.8t，修建助凝剂溶解池 1 座，配搅拌器 1 套，加药泵 6 台，4 用 2 备。

加药间：其地上部分平面尺寸为 10.0m×10.0m×5.0m，地下部分尺寸为

10.0m×10.0m×4.3m，内设絮凝剂、助凝剂溶解池各 1 个，并留有一定储药的空间。地上部分建筑结构为砖混结构，地下部分建筑结构为钢筋混凝土结构。

（5）主要工程量

本工程砂石料废水处理系统主要工程量详表 7.1.1-1 所示：

**表 7.1.1-1　小石门水库工程砂石料加工系统废水处理构筑物工程量**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| 1 | 土建工程 | | |
| 1.1 | 总平工程 | 项 | 1 |
| 1.2 | 调节池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 751.5 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 187.9 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 664.8 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 5.1 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 66.5 |
| | 钢筋 | t | 8 |
| 1.3 | 废水提升泵房 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 846.4 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 211.59 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 533.1 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 18.2 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 141.5 |
| | 钢筋 | t | 17 |
| | 砖砌体 | $m^3$ | 153.8 |
| 1.4 | 清水池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 751.5 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 187.9 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 664.8 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 5.1 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 66.5 |
| | 钢筋 | t | 8.0 |
| 1.5 | 清水回用泵房 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 846.4 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 211.59 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 533.1 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 62.2 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 314.3 |
| | 钢筋 | t | 37.7 |
| | 砖砌体 | $m^3$ | 153.3 |
| 1.6 | 污泥池 | 个 | 1 |

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| | 土方开挖 | $m^3$ | 532.2 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 133 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 559.9 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 2.0 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 36.7 |
| | 钢筋 | t | 4.4 |
| 1.7 | 污泥泵房 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 846.4 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 211.59 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 533.1 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 18.2 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 141.5 |
| | 钢筋 | t | 17 |
| | 砖砌体 | $m^3$ | 17.5 |
| 1.8 | 加药系统车间 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 846.4 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 211.59 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 533.1 |
| | 垫层混凝土（C10） | $m^3$ | 18.2 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 141.5 |
| | 钢筋 | t | 17 |
| | 砖砌体 | $m^3$ | 101.3 |
| 1.9 | 污泥脱水车间 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 2859.3 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 714.83 |
| | 轻钢厂房 | $m^2$ | 600 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 497.6 |
| | 钢筋 | t | 52 |
| 2 | 主要设备 | | |
| | DH 型高效污水净化器 | 台 | 1 |
| | 污水混合器 | 台 | 1 |
| | 污泥混合器 | 台 | 1 |
| | 真空带式过滤机 | 台 | 1 |
| | 废水提升泵 | 台 | 3 |
| | 污泥提升泵 | 台 | 2 |
| | 清水回用泵 | 台 | 2 |
| | 滤布冲洗泵 | 台 | 2 |
| | 真空泵 | 台 | 2 |
| | 搅拌器 | 套 | 2 |
| | 絮凝剂加药泵 | 台 | 3 |

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| | 助凝剂加药泵 | 台 | 6 |
| | 电气控制系统 | 套 | 1 |
| | 电缆 | 批 | 1 |
| | 管道及连接件 | 批 | 1 |
| | 安装附件 | 批 | 1 |
| 3 | 安装运输调试费 | % | 20 |
| 4 | 运行维护 | | |
| | 维护人员 | 人/年 | 2 |
| | 用电量 | 万 kW·h | 17.9 |
| | 泥砂外运 | $m^3$ | 22251.6 |
| | 絮凝剂 | t | 47.6 |
| | 助凝剂 | t | 4.8 |
| | 维护材料 | 批 | 1 |
| | 管理费 | 项 | 1 |
| | 大修理基金 | 项 | 1 |

（6）运行管理与维护

该废水处理系统运行管理的主要内容包括：废水处理系统中水泵等相关设备的检修；及时清理调节池内沉淀物以及泥浆池中的泥渣，清理出来的泥渣等就近运至渣场堆放。

组织处理设备管理维护人员上岗前接受专项技术操作培训，以便对电器仪表设备进行正确、规范的操作与维护，并严格制订操作规程，保证废水处理设备的良好运行。

### 7.1.2 混凝土养护、冲洗废水

（1）废水概况

工程共布置 1 座混凝土拌合站，布置在大坝下游左岸，枢纽区及输水线路沿线共布置 0.35m³移动式搅拌机 33 台、0.5m³移动式搅拌机 9 台。枢纽区、总干线、东干线、北干线施工区混凝土生产系统高峰废水产生量分别为 11.2$m^3$/d、5.6$m^3$/d、5.6$m^3$/d、19.2$m^3$/d，废水总量分别为 1.81 万 $m^3$、0.91 万 $m^3$、0.91 万 $m^3$、3.11 万 $m^3$，废水 SS 浓度一般为 5000mg/L，pH 一般大于 10。

（2）处理目标

本工程混凝土拌和系统布置区附近地表水水质目标为III类，综合考虑混凝土

拌和系统布置位置和水环境功能要求，混凝土拌和废水拟处理后达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准后全部回用于自身系统。

（3）处理工艺

混凝土养护废水由于施工场地及施工工艺的限制，无法做到集中收集处理，但可以采取措施控制污染源的源强排放。本报告推荐采取加膜防护，稻草覆盖的方式，截流废水，让废水慢慢蒸发，这一措施不但可以节约养护水对水资源的消耗，还能大大减少进入水环境的废水量。枢纽区混凝土拌合站的混凝土冲洗废水采用中和沉淀法进行处理，废水统一收集后进入沉淀池进行沉淀加酸处理，清水处理后回用于本系统，原沉淀池的污泥进行自然干化，干化后可用抓斗机抓取装运载斗车运输至渣场；移动式拌合机废水采用与拌合站相同的处置方式，但设置沉淀桶即可。

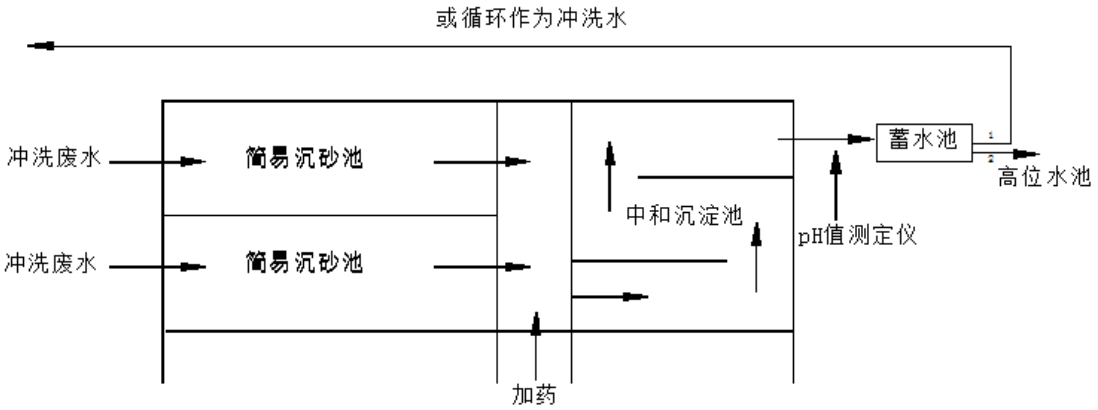



**图 7.1.2-1　混凝土拌和系统废水处理工艺流程图**

（4）主要构筑物工程量

本工程在枢纽区混凝土拌合站设置 1 座沉淀，设计处理量约 10m$^3$/d。

简易沉砂池：设计停留时间 12h，1 座 2 格间歇使用，单格尺寸为 2.0m×2.0m×1.8m，有效水深 1.5m；

中和沉淀池：设计停留时间 24h，池体尺寸为 3.5m×2.0m×1.8m，有效水深 1.5m；

蓄水池：设计停留时间 24h，池体尺寸为 3.5m×2.0m×1.8m，有效水深 1.5m；

加药廊道：其平面尺寸为 3.0m×1.0m×1.8m，采用人工加药。

主要工程量详见表 7.1.2-1：

**表 7.1.2-1　小石门水库枢纽区混凝土拌和站废水工程量**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| 1 | 土建工程费 | | |
| 1.1 | 简易沉砂池 | 个 | 2 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 71.01 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 17.75 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 59.02 |
| | 垫层混凝土（C15） | $m^3$ | 1.57 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 15.34 |
| | 钢筋 | t | 1.84 |
| 1.2 | 中和沉淀池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 45.62 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 11.41 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 33.57 |
| | 垫层混凝土（C15） | $m^3$ | 1.20 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 10.85 |
| | 钢筋 | t | 1.30 |
| 1.3 | 蓄水池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 55.0 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 13.75 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 36.28 |
| | 垫层混凝土（C15） | $m^3$ | 1.63 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 13.57 |
| | 钢筋 | t | 1.63 |
| 1.4 | 加药廊道 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 33.75 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 8.44 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 29.51 |
| | 垫层混凝土（C15） | $m^3$ | 0.68 |
| | 池体混凝土（C25） | $m^3$ | 7.27 |
| | 钢筋 | t | 0.87 |
| 2 | 主要设备费 | | |
| | 加药桶 | 个 | 2 |
| | 搅拌器 | 个 | 2 |
| | 管件及阀门 | 批 | 1 |
| | 循环冲洗水泵 | 个 | 2 |
| 3 | 运行与维护 | | |
| | 泥砂清掏及外运费 | $m^3$ | 8.1 |
| | 絮凝剂 | t | 0.52 |
| | 助凝剂 | t | 0.005 |

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| | 用电量 | 万 kw·h | 0.19 |

（4）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：及时清理沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

### 7.1.3 机修和冲洗废水处理措施

（1）废水概况

本项目在枢纽区设置一座机修厂，其余各个生产生活区内设置设备维护车间，对施工机械进行简单的日常保养。机械保养维护过程中会产生一定量的机修和冲洗废水，高峰日废水量为 5.4m$^3$/d，机修和冲洗废水主要污染因子为 SS 和石油类，污染物浓度：SS 约 2000mg/L，石油类 120mg/L。

（2）处理工艺

针对修配系统废水产生量及其污染成分、处理目标，考虑经济适用的原则，枢纽区机修厂产生的机修含油废水处理选用沉淀池+小型隔油池，见流程图 7.1.3-1。

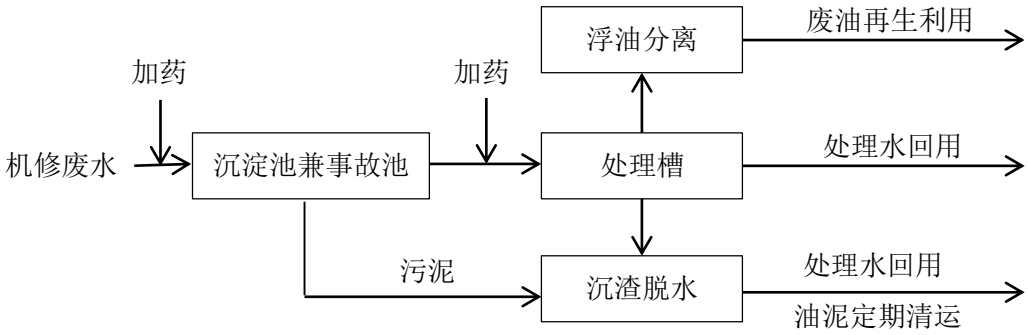



**图 7.1.3-1　含油废水处理工艺流程图**

（3）工艺特点及处理效果：沉淀池采用平流式，考虑到事故储存功能，停留时间 3h，油水分离器选择 SYF-Q 型成套处理设备。先利用自然上浮法进行油水分离，再利用焦炭过滤器进行过滤处理，处理效果好，构造简单，管理方便，除油效果稳定。对含汽油、柴油、煤油污水有较好的处理效果。油污废水经处理后完全回用于机械车辆的冲洗用水，不外排；每周清理一次油污及油泥，废油和

油泥应委托有资质的单位进行处置。

修配系统废水主要参数及设备详见表 7.1.3-1 所示：

**表 7.1.3-1　小石门水库工程机修废水处理系统主要参数及设备一览表**

| 名称 | | | 单位 | 参数值 |
|---|---|---|---|---|
| 机修含油废水 | 沉淀池 | 停留时间 | h | 3 |
| | | 有效容积 | $m^3$ | 2 |
| | | 尺寸 | m×m×m | 2×1×1.3 |
| | SYF-Q 型成套处理设备 | 处理能力 | $m^3/h$ | 0.7 |

（4）运行管理

该废水处理系统管理的主要内容包括：废水处理系统中过滤器的使用寿命，要及时更换；及时清理处理的油污及油泥，妥善储存并委托有资质的单位进行处置。

## 7.1.4 基坑废水处理措施

（1）废水概况

在大坝基坑开挖时，将产生基坑渗水和降水、施工弃水等组成基坑经常性排水，主要污染物为 SS，浓度一般在 500mg/l 左右，产生量较少。

（2）处理方案

工程所在勐岗河河段为III类水体，从国内类似工程实际施工经验来看，基坑排水可直接向施工围堰内投加絮凝剂，静置 2h 后抽出用于降尘或回用于生产，多余部分排入坝址下游河道。

（3）运行管理

及时清理基坑沉淀池内沉淀物，并将清理出来的沉渣就近运至渣场堆放。

## 7.1.5 生活污水处理措施

（1）生活污水概况

本工程在枢纽区、总干线、东干线、北干线分别布设 1 个、5 个、2 个、10 个生产生活区，共 18 个生产生活区，施工期间共产生生活污水 40.82 万 $m^3$。各

片区生活污水排放强度分别为 98m$^3$/d、42m$^3$/d、16.8m$^3$/d、95.2m$^3$/d。生活污水中污染物主要为 $BOD_5$、COD、$NH_3$-N 等，其中 $BOD_5$ 约 200mg/L，COD 约 400mg/L，$NH_3$-N 约 40mg/L。

（2）处理目标

本工程施工生活区生活污水处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，实现就近浇灌耕地、林地等综合利用。

（3）处理方案

本工程生活区主要分布在枢纽区和输水工程区两个区域，其中，枢纽工程区的施工人数较多，生活区规模相对较大，容纳的施工人员也较多，拟在枢纽工程生活区选用一套成套生活污水处理设备（A/O 工艺）进行处理。

总干线、东干线、北干线沿线各施工生活区规模较小，拟采用在每个生活区配备水冲厕所 1 座、隔油池 1 座、成品玻璃钢化粪池 2 座进行处理。生活污水经收集处理后回用于场地绿化及周边农田灌溉，隔油池产生的废油和油泥应委托有资质的单位进行处置。

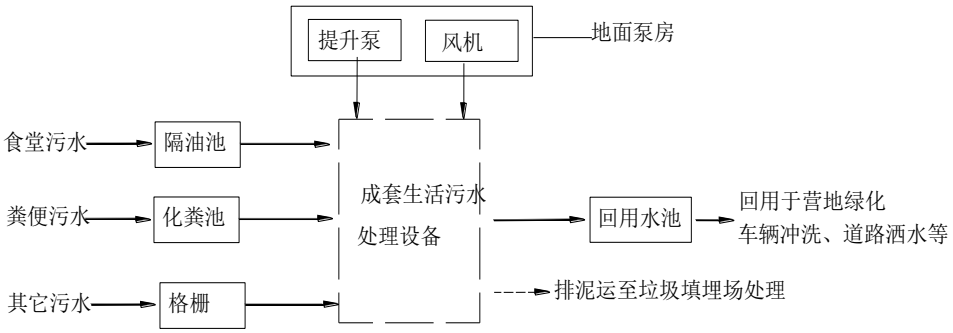



**图 7.1.5-1　枢纽区生活污水处理工艺流程图**

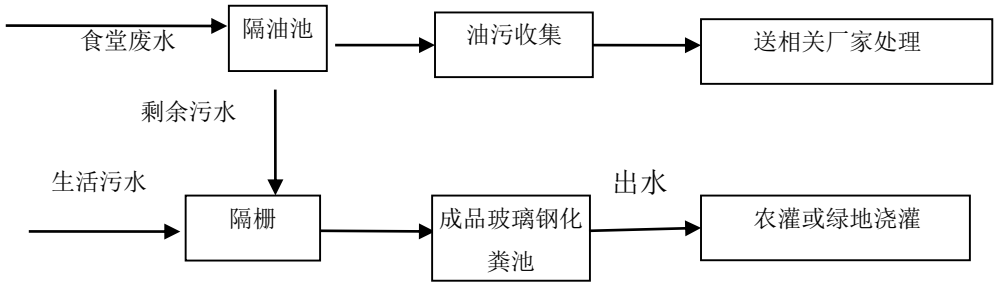



**图 7.1.5-2　输水线路区生活污水处理工艺流程图**

（4）主要工艺参数

生活污水处理系统的建设，将通过招投标的方式进行委托承包，中标的承包人负责污水处理系统建设。输水线路区生产生活区较为分散，本阶段选取枢纽区生产生活区生活污水处理设施作为典型设计。枢纽区生活污水处理系统主要参数及设备见表 7.1.5-1 所，主要工程量见表 7.1.5-2 所示。

**表 7.1.5-1　小石门水库工程枢纽区生活污水处理系统主要参数一览表**

| 序号 | 项目名称 | 尺寸（m） |
|---|---|---|
| 规模（100m$^3$/d） | | |
| 1 | 格栅渠 | 5.0×1.5×4.1 |
| 2 | 隔油池 | 3.8×2.5×8.8 |
| 3 | 化粪池 | 7.5×3.5×10.3 |
| 4 | 调节池 | 2.0×2.0×2.0 |
| 5 | 成套污水处理设备 | A/O 处理工艺 |
| 6 | 污泥池 | 4.2×3.0×1.5 |
| 7 | 污泥干化池 | 5.0×3.0×1.5 |
| 8 | 回用水池 | 5.0×4.0×3.0 |

**表 7.1.5-2　小石门水库工程枢纽区生活污水处理设施工程量一览表**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 工程量 |
|---|---|---|---|
| 1 | 土建工程 | | |
| 1.1 | 隔油池 | 个 | 1 |
| | 土石方开挖 | m$^3$ | 1722.3 |
| | 土石方回填 | m$^3$ | 2028.8 |
| | C10 混凝土 | m$^3$ | 1.5 |
| | C25 混凝土 | m$^3$ | 42.5 |
| | 钢筋 | t | 5.1 |
| | 通气管 | m | 5 |
| | 管罩 | 个 | 1 |
| | 90°三通 | 个 | 2 |
| | 井盖及支座 | 套 | 1 |
| | 踏步重量 | t | 0.018 |
| 1.2 | 化粪池 | 个 | 1 |
| | 土石方开挖 | m$^3$ | 3100.8 |
| | 土石方回填 | m$^3$ | 3520.6 |
| | C10 混凝土 | m$^3$ | 3.6 |
| | C25 混凝土 | m$^3$ | 87.6 |
| | 钢筋 | t | 10.5 |
| | 通气管（DN100） | m | 5 |
| | 管套 | 个 | 1 |

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 工程量 |
|---|---|---|---|
| | 90°三通 | 个 | 2 |
| | 双层加锁井盖及盖座 | 套 | 2 |
| | 管道支架 | 付 | 2 |
| 1.3 | 格栅渠 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 250.1 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 62.5 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 260.3 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 1.3 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 22.7 |
| | 钢筋 | t | 2.7 |
| 1.4 | 调节池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 93.1 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 23.3 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 54.6 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 2.8 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 23.8 |
| | 钢筋 | t | 2.9 |
| 1.5 | 回用水池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 182.5 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 45.6 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 140.5 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 2.8 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 29.6 |
| | 钢筋 | t | 3.6 |
| 1.6 | 污泥池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 46.3 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 11.6 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 25.3 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 1.9 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 15.1 |
| | 钢筋 | t | 1.8 |
| 1.7 | 污泥干化池 | 个 | 1 |
| | 土方开挖 | $m^3$ | 52.1 |
| | 石方开挖 | $m^3$ | 13.0 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 26.9 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 2.2 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 17.3 |
| | 钢筋 | t | 2.1 |
| 2 | 主要设备费 | | |
| | 人工格栅 | 套 | 1 |

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 工程量 |
|---|---|---|---|
| | 成套污水处理设备 | 套 | 1 |
| | 管件及阀门 | 批 | 1 |
| | 运输安装调试费 | % | 20 |
| 3 | 运行 | | |
| | 处理水量 | $m^3$ | 544320 |

## 7.2 运行期水环境保护措施

### 7.2.1 库底清理

为保证水库运行安全及水库蓄水水质，要在水库蓄水前进行库底清理，清理范围为水库正常蓄水位 1673m 以下淹没区范围。

小石门水库淹没涉及姚安县适中乡，大姚县龙街乡，牟定县安乐乡、蟠猫乡和戌街乡五个乡镇，卫生清理应在地方卫生防疫部门的指导下进行。成品玻璃钢化粪池、沼气池、粪池、公共厕所、牲畜栏、污水池中的粪便、污泥应彻底清掏至库外，并用生石灰或漂白粉消毒，清理现场表面用土或建筑渣土填平压实，粪便处理后应达到《粪便无害化卫生标准》（GB7959-87）的要求。

零星果木应尽可能齐地砍伐并清理外运，残留树桩不得高出地面 0.3m；迹地及林木（含竹木）砍伐残余的枝桠、枯木、灌木丛以及秸秆、泥炭等易飘浮的物质，在水库蓄水之前，应就地烧毁或采取防漂措施；清理区内陆地凡可能对水库运行和安全产生影响的残留物均应运到库外，或者采取妥当的防漂措施。

### 7.2.2 划定饮用水源保护区

《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划报告》中按照《饮用水水源地保护区划分技术规范》（HJ338-2018），并结合库区的污染负荷，初步制定小石门水库水源地饮用水功能区划分方案。本节引用其主要结论。

#### 7.2.2.1 饮用水水源保护区划定方案

**1、一级保护区**

（1）水域范围

取坝址以上 500m 范围内小石门设计正常蓄水水位 1673m 以下水域，以及入库河流碗厂河由汇口上溯 2000m 的河面（河面较窄，并入陆域范围），面积为 0.302km$^2$。

（2）陆域范围

一级保护区陆域范围取一级保护区水域外 200m 范围并将东侧（库区右岸牟定县戌街乡）边界外延约 100m 包覆近水源区农田，同时入库河流碗厂河河道两侧外延 50m 的范围纳入一级保护区陆域范围，最后以边界处道路优化一级保护区陆域边界，面积为 0.640km$^2$。

一级保护区面积合计 0.942km$^2$。

**2、二级保护区**

（1）水域范围

二级保护区水域范围取小石门水库正常蓄水水位 1673m 以下除一级保护区水域以及红豆树水库多年平均蓄水水位以下水域，以及范围内河道（河道较窄，并入陆域），面积为 1.630km$^2$。

（2）陆域范围

二级保护区陆域范围取一级保护区陆域边界外延 3000m 的范围，并沿边界附近道路、山脊优化保护区边界，面积为 51.012km$^2$。

二级保护区面积合计 52.642km$^2$。

**3、准保护区**

（1）水域范围

准保护区水域包括龙丰水库等水库多年平均蓄水水位以下水域以及范围内河道（河道较窄，并入陆域），面积为 0.170km$^2$。

（2）陆域范围

准保护区陆域取二级保护区陆域边界外延 3000m 的范围，并沿边界附近道路、山脊优化保护区边界，面积为 67.602km$^2$。

准保护区面积合计 67.772km$^2$。

小石门水库饮用水水源保护区划定范围详见附图 27。

**表 7.2.2-1　小石门水库饮用水水源保护区组成**

| 区划 | | 依据 HJ338-2018 | 控制范围 | 面积（$km^2$） |
|---|---|---|---|---|
| 一级保护区 | 水域 | 5.2.1.3 大中型湖泊、大型水库保护区范围为取水口半径不小于 500m 范围内的区域。 | 取坝址以上 500m 范围内小石门设计正常蓄水水位 1673m 以下水域，以及入库河流碗厂河由入库点上溯 2000m 的河面（河面较窄，并入陆域范围）。 | 0.302 |
| | 陆域 | 5.2.2.2 大中型湖泊、大型水库为一级保护区水域外不小于 200m 范围内的陆域，但不超过流域分水岭范围。 | 一级保护区陆域范围取一级保护区水域外 200m 范围并将东侧边界外延约 100m 包覆近水源区农田，同时入库河流碗厂河河道两侧外延 50m 的范围纳入一级保护区陆域范围，最后以边界处道路优化一级保护区陆域边界。 | 0.640 |
| 小计 | | | | 0.942 |
| 二级保护区 | 水域 | 5.3.1.1 满足条件的水源地，可采用类比经验法确定二级保护区水域范围。大中型湖泊、大型水库以一级保护区外径向距离不小于 2000m 区域为二级保护区水域面积，但不超过水域范围。 | 二级保护区水域范围取小石门水库正常蓄水水位 1673m 以下除一级保护区水域以及红豆树水库多年平均蓄水水位以下水域，以及范围内河道（河道较窄，并入陆域）。 | 1.630 |
| | 陆域 | 5.3.2.2 大中型湖泊、大型水库可以划分一级保护区外径向距离不小于 3000m 的区域为二级保护区范围。二级保护区陆域边界不超过相应的流域分水岭。 | 二级保护区陆域范围取一级保护区陆域边界外延 3000m 的范围，并沿边界附近道路、山脊优化保护区边界。 | 51.012 |
| 小计 | | | | 52.642 |
| 准保护区 | 水域 | 参照二级保护区的划分方法划分准保护区。 | 准保护区水域包括龙丰水库等水库多年平均蓄水水位以下水域以及范围内河道（河道较窄，并入陆域）。 | 0.170 |
| | 陆域 | | 准保护区陆域取二级保护区陆域边界外延 3000m 的范围，并沿边界附近道路、山脊优化保护区边界。 | 67.602 |
| 小计 | | | | 67.772 |
| 合计 | | | | 121.356 |

### 7.2.2.2 饮用水水源保护措施

（一）饮用水水源地规范化建设

根据保护区范围，结合《饮用水水源保护区标志技术要求》(HJ/T433-2008)的要求，完善保护区的护栏网、界牌、标示等，有条件的区域护栏网实现100%封闭隔离，设置隔离、防撞墙等措施，并设置明显的警示标志。

根据初步划定的小石门水库饮用水源地保护区方案，二级保护区及准保护区内有省道穿越，需做好风险事故的防范和防治措施：

（1）限制各种容易泄露、散装、超载车辆上路，在公路两侧设置警示牌或限速牌；

（2）对存在危险品运输的路段设置安全隔离防护设施，并且设置防撞墩；

（3）建立快速有效的应急反应队伍，建立的环境风险设施定期检查与维护制度，在小石门水库径流区路段附近设置针对性的应急物资和器材，定期开展环境风险应急培训和应急演练，以减免风险事故发生时对水源保护区的不利影响。

在库周24.04km范围内拉设隔离封闭网；库周每200m设置水源地界桩1个；在水库坝址、库中、库尾左右岸各设置一个饮用水水源地标识牌。

在水库管理所及周边设置宣传栏，注明水源地管护边界及管护要求。

水库的日常安全运行管理和饮用水水源地保护工作由水库管理局直接负责，应设立专门的水源保护区管理部门，并配备专职水源保护区管理人员，工作人员应培训合格后才可上岗，主要负责水库的日常安全运行和水源地保护工作。

（二）强化饮用水水源地环境整治

依法拆除或关闭饮用水水源一级保护区已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目；依法拆除或关闭饮用水水源二级保护区内排放污染物的建设项目；准保护区禁止在饮用水水源准保护区内新建、扩建对水体污染严重的建设项目，改建建设项目不得增加排污量。加强汇水区工业企业、尾矿库、矿山开发、规模化养殖和危险品运输等风险源污染防治力度，优先对饮用水源地保护区及汇水区内农业农村面源污染进行治理，恢复和改善水库周围陆地生态环境。保护区及汇水区内重点涉污企业名单详见下表。

**表 7.2.2-1　保护区及汇水区内重点涉污企业名单**

| 序号 | 区县 | 乡镇 | 单位详细名称 | 行业名称 | 企业规模 | 保护区 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 牟定 | 戌街乡 | 牟定县东运钒钛制动鼓有限公司 | 炼铁 | 微型 | 二级保护区 |
| 2 | 牟定 | 蟠猫乡 | 顺安酒厂 | 白酒制造 | 微型 | 二级保护区 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 牟定 | 戌街乡 | 牟定县顺丰养殖有限公司 | 规模化畜禽养殖 | 生猪 | 准保护区 |
| 4 | 牟定 | 戌街乡 | 牟定县华农种养殖专业合作社 | 规模化畜禽养殖 | 生猪 | 准保护区 |
| 5 | 牟定 | 戌街乡 | 云南省牟定县宏鑫种养殖有限公司 | 规模化畜禽养殖 | 肉牛 | 准保护区 |
| 6 | 牟定 | 戌街乡 | 牟定县戌街金晓龙养殖场 | 规模化畜禽养殖 | 肉牛 | 准保护区 |
| 7 | 牟定 | 戌街乡 | 牟定县顺兴养殖有限公司 | 规模化畜禽养殖 | 生猪 | 准保护区 |
| 8 | 牟定 | 蟠猫乡 | 牟定金康矿业开发有限公司 | 铜矿采选 | 微型 | 汇水区 |
| 9 | 姚安县 | 适中乡 | 楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂 | 其他常用有色金属冶炼 | 小型 | 汇水区 |

根据小石门水库建设进度及水源地划定方案，各级政府和有关部门应提前制定饮用水水源地环境整治实施方案，并在汇水区内实施限制人口机械式增长，限制工业园区的规划，限制涉水工业企业的新建及扩建，限制新建扩建规模化养殖厂等以提前限制水源区环境污染。

做到提前规划、提前整治，控制污染物进入库区，保证水库建成后水质满足《国家地表水环境质量标准（GB3838-2002）》相关要求，保证饮用水安全。

（三）健全饮用水水源监控体系及管理能力

完善水源地水质监测、视频监控基础设施建设：根据《全国饮用水源地安全保障达标建设要求》加快水源地视频监控设施建设，在水库大坝、取水口处建立视频监控点，将监控图像实时传输至监控中心，实现实时监控、远程监控、远程现场指挥、录像查询等功能，保证水源地管理部门及时直观地了解和掌握监控区域的动态情况，及时发现各类突发污染水环境、水位变化及接近水域人员等异常事（案）件。建立完善水源地常规监测能力，实现水温、pH、溶解氧、氨氮、总磷、高锰酸盐指数等指标的常规监测。

提升水源保护及管理能力：健全辖区水源地管理保护机构，定期对在编人员进行水源地管理职能及技术知识培训，切实加强辖区水源地的管理保护工作，补充必要的办公、日常巡查装备，落实水源地管理机构工作经费。建立健全监督管理机制，加强环境保护执法队伍建设。制定水源地管理办法，制定出台水源地监督巡查制度、综合执法制度、应急保障制度等系列文件。每年举行 1~2 次水源地保护宣传活动、向居民发放宣传手册，增加水源地保护宣传布告栏。进一步完善巡查体系，巡查监管内容应涵盖水质污染行为、水量水位异常、管网安全状况、大坝安全状况、大坝坝基坝区渗漏、水泵闸门运行、各安全配套设施情况、标志

标牌围栏情况、防汛道路、监测监控设施运行等情况。加强水源地保护区的日常巡查监督管理，确定重点巡查区域和范围。

应急能力建设：定期或不定期组织开展对饮用水源地周边环境安全隐患排查和环境风险评估，加强紧邻保护区道路的流动源风险防控。制定保护区内相应的应急管理措施，对应急监测人员进行应急监测仪器的理论知识和操作培训，使应急监测人员具备熟练掌握应急监测流程、应急仪器操作和应急监测实战的能力；采取“部门联动、实兵推演”等方式每年开展 1 次应急监测演练，建立健全应急预警制度。对威胁饮用水水源安全的重点污染源要逐一建立应急预案，建立饮用水水源污染来源预警、水质安全应急处理和水厂应急处理“三位一体”的饮用水水源应急保障体系。县级及以上地方人民政府要制定饮用水水源污染应急预案，加强应急能力建设，提高环境应急能力保障水平。

### 7.2.3 水资源保护措施

（1）优化水资源配置方案

加强水资源的统一管理，遵循“先节水后调水，先治污后通水，先环保后用水”的“三先三后”原则和实行最严格水资源管理制度的原则，合理配置生活、生产、生态用水。

加大受水区经济结构的调整力度，促进经济结构优化升级和区域经济协调发展，加大低耗水产业比重，提高循环经济水平，限制高耗水产业发展，实现经济增长方式由“高消耗、高污染、低效益”向“低消耗、低污染、高效益”转变，从根本上扭转对水资源的高度依赖，减轻水资源利用的压力。

（2）提高节水水平

在农业生产中提高灌溉水利用系数、扩大节水灌溉面积；在工业方面调整水价、限制高耗水企业的发展和推行节水工艺和技术、工业废水回用；在城市生活方面普及节水器具和减少城市管网漏损率等措施。不断提高水资源利用效率，大力建设节水型社会，缓解水资源供需矛盾，建立并完善总量控制和定额管理相结合制度、取水许可与水资源有偿使用制度、科学的水价形成机制等。

（3）灌溉节水

元谋灌区水资源相对紧缺，现有灌区部分为高效节水灌溉，但是传统灌溉方式的灌区仍大面积存在，仍需逐步提高节水水平。

农业节水措施是在加强节水管理，结合调整作物结构及农艺措施节水的基础上，主要通过以渠道衬砌为主的防渗措施提高水利用系数，局部条件较好的地区可推广先进的节水灌溉技术。

应落实节约资源和保护环境的基本国策，逐步建立与水资源和水环境承载能力相适应的国民经济体系。建立自律式发展的节水机制，在产业布局和城镇发展中充分考虑水资源条件；控制用水总量，转变用水方式，提高用水效率，减少废污水排放，降低经济社会发展对水资源的过度消耗和对水环境与生态的破坏。实行严格的总量控制，控制需求的过快增长，通过节约用水和提高水的循环利用，满足经济社会发展的需要。现状水资源开发利用挤占生态环境用水的地区，要通过节约使用和优化配置水资源，逐步退减经济发展挤占生态环境的水量，修复和保护河流生态和地下水生态；按照提高水资源利用效益的要求，严格用水定额，控制不合理的需求，通过节水减少排污量，保护水环境；在生态环境脆弱地区，要按照保护优先、有限开发、有序开发的原则，加强对生态环境的保护。

### 7.2.4 水库管理所生活污水处理措施

小石门水库管理所生活区污水排放量约为 3.04$m^3$/d，排水均采用雨污分流制。生活污水经成品玻璃钢化粪池的沉淀和降解后排入一体化生活污水处理设施进行处理，处理后出水回用于管理所内绿化浇洒及周边农田灌溉，不外排。

## 7.3 生态流量下泄措施

（1）生态流量下泄原则

①小石门水库调度运行应在确保工程安全的前提下，首先下泄下游河道生态基流，水库下游河道生态用水。枯期（11 月～次年 5 月）最小下泄生态流量不小于 0.74$m^3$/s；汛期（6 月～10 月）最小下泄生态流量不小于 1.47$m^3$/s。

②遇特殊干旱年份（频率超过 95%），由于来水较小，部分月份实际来水量

小于需要下泄的生态基流，则优先补足下放下游河道生态需水量。

（2）主河道截流期生态流量下泄措施

本工程大坝施工导流采用一次断流、导流泄洪隧洞方式，主河道截流期，在导流泄洪隧洞进口段原河道修建子围堰，堰高 1.5m，水位涌高后上游来水通过导流泄洪隧洞泄放生态流量。

（3）初期蓄水期生态流量下泄措施

小石门水库初期下闸蓄水时间定为第 7 年 3 月。生态用水下泄量为：汛期 6~10 月为 1.47m3/s、枯期 11 月~次年 5 月为 0.74m3/s。自起蓄水位 1539m 蓄水至输水隧洞 1596.5m 共需 128 天。期间，利用 3 台抽水机抽水至输水隧洞下放生态流量。从输水隧洞至水库死水位期间利用输水隧洞内下放生态流量。

（4）运行期生态流量下泄措施

小石门水库运行期间，坝后消能电站正常运行时，弃水、生态水量、元谋片区供水经电站机组消能利用后经尾水渠进入电站尾水池，生态水量经尾水池左侧的生态放空侧堰溢 0+495.00m 处生态放水闸（1.0×1.0m）泄放至勐岗河。坝后消能电站正常尾水位变幅 1513.56~1514.41m，生态放水闸底板高程 1511.75m。

电站机组检修期间，下游河道生态流量由生态放水管进行下泄。主体设计在右岸输水隧洞出口压力管道设四通岔管，其中 3#支管接生态放水支管，生态放水支管管径为 0.4m、壁厚为 8mm，支管全长 31m，末端设置检修及消能阀，其后通过 14m 长的管道接入溢洪道消力池。

此外，应在生态放水闸下游 100m 河道安装生态流量在线监测系统，以监控生态流量的下放。

生态流量泄放设施布置详见附图 6。

## 7.4 下泄低温水影响减缓措施

水库需采取表层取水措施，隧洞进水口采取分层取水塔与浮筒式取水门相结合的方式取水库表层水。分层取水塔整体高度 92.7m，采用半井半塔式布置，共设 7 个进水口，1#~5#进水口高程分别为 1663.000m、1653.000m、1643.000m、

1633.000m 和 1623.000m。6#进水口为 50 年泥沙淤积高程，底板高程为 1596.5m；底层进水口为放空进水口，底板高程 1588m。

取水塔高程 1620.000～1678.700m 段为塔式结构，在该段进水面设 1 道拦污栅，并配置机械清污机。同时在该段拦污栅和进水口之前设浮筒式取水门，浮筒式取水门整体高度 14m，水平断面为半径为 2.9m 的半圆。水体流过进水面拦污栅后，通过浮筒式取水门的拦污栅流入浮筒内，最后通过第 1～5 层进水口流入隧洞内。

输水放空隧洞进口布置详见附图 5。

## 7.5 水污染防治措施

2020 年 9 月，云南省环境工程技术评估中心编制完成《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）》（以下简称《水污染防治规划》）。2020 年 9 月 30 日，楚雄州人民政府下发“同意楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）的批复（楚政复[2020]30 号）”（详见附件 7）。《水污染防治规划》中从饮用水水源保护、工业污染治理、城镇生活污染治理、农业农村污染治理、养殖污染控制、生态环境监管能力建设六方面，按照水源区及受退水区涉及的各县分别开展水污染防治措施，计列总投资 89676 万元，其中近期投资 144727 万元、远期投资 75249 万元。小石门水库水源区、受退水区涉及的大姚县、禄丰县、牟定县、武定县、姚安县、永仁县、元谋县应严格按照《水污染防治规划》及州人民政府的批复文件，落实区域水污染防治措施，保障水环境功能达标。

《水污染防治规划》水污染防治措施具体如表 7.5-1 所示。

### 7.5.1 饮用水水源地保护

详见 7.2.2。

### 7.5.2 工业污染治理

（1）实施生态环境准入清单制度，不断推动工业产业结构优化。加快工业园区环境基础设施建设。

（2）加快流域产业结构转型升级，调整和优化能源结构。

（3）加强工业园区的环境管理，深入推进工业污染治理。

（4）加强环境基础管理，加大环境执法力度。

（5）着力防范环境风险，确保流域水质安全。

至 2025 年，单位工业增加值需水定额小于 45m$^3$/万元、工业污染废水处理率 100%；至 2035 年，单位工业增加值需水定额小于 30m$^3$/万元、工业污染废水处理率 100%。

《水污染防治规划》中针对小石门水库径流区内**楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂**提出以下措施：①2025 年前完成厂区拆除搬迁；②对企业用地进行调查，根据调查结论进行污染土壤修复治理、场地植被修复等下一步工作（坚持“谁污染水治理”的原则，本部分内容不纳入水污染防治方案）。针对**牟定县东运钒钛制动鼓有限公司**提出以下措施：①2025 年前完成厂区拆除搬迁；②对企业用地进行调查，根据调查结论进行污染土壤修复治理、场地植被修复等下一步工作（坚持“谁污染水治理”的原则，本部分内容不纳入水污染防治方案）。针对**牟定金康矿业开发有限公司**提出以下措施：严格按照《牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿 9 万 t 浮选厂及尾矿库改扩建项目环境影响报告书》及环评批复的要求，完善相关污染治理设施建设，并做好建设期和运营期的生态环境保护工作。主要污染防治措施如下：（1）设置厂前回水系统，选矿废水经分级沉淀后回用于选矿生产；（2）修建容积为 132.8m$^3$ 的事故池，杜绝废水非正常排放；（3）设置排水系统，实现了选矿厂的雨污分流，污水收集处理后回用于生产，不外排；雨水经雨水沟收集后排入小古岩河；生活污水经一体化污水处理站处理后回用与厂区绿化、降尘，不外排。（4）对厂区采取分区防渗措施。（5）设置监测井，定时进行监测，一旦水质发生变化，立即检查防渗系统，进行及时补修。（6）项目产生的尾矿全部输送到尾矿库堆存；（7）严格按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）运行管理要求加强对尾矿库的管理，建立检查维护和档案制度；（8）废机油等应用专用收集桶进行收集，并在机修间内设置 2m$^2$

危废暂存间进行暂存，后交由有资质的单位进行处理，禁止随意丢弃或与生活垃圾混堆。危废暂存间按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）标准要求设置。（9）服务期满后须对尾矿库进行复垦、绿化，以减轻尾矿库的生态环境的影响，为防止水土流失和恢复植被景观，须有计划地对库区进行复垦。

### 7.5.3 城镇生活污染治理

（1）至规划水平年 2035 年，水源区及受水区各乡镇均应配套建设完成集中式生活污水处理厂。污水处理厂处理规模应满足 2035 年生活污水排放的要求。所有城镇污水处理厂应达到一级 A 排放标准（GB18918-2002）；

（2）进一步加强城镇污水处理厂配套管网建设，因地制宜推进雨污分流和现有合流管网系统的改造，提高城镇污水收集能力和处理效率。

（3）统筹考虑污泥处理处置设施建设，加强污泥安全处理处置。

（4）所有建设污水处理厂的城镇应按照保本微利的原则，制定污水处理收费政策，并按标准足额征收。

（5）污水处理设施建设要注重政府引导和市场运作相结合，推行特许经营，带动相关产业发展，重点加快县城所在中心镇污水处理设施建设。

（6）把城镇水污染防治列入当地政府目标考核，实行责任追究；建立有效的城镇水污染防治投资机制、运营机制和价格机制，拓宽资金投入渠道，引导治理资金投入。

至 2025 年，城镇生活污水收集率大于 85%、城镇生活污水中水回用率大于 25%、水环境质量达到功能区标准；至 2035 年，城镇生活污水收集率大于 95%、城镇生活污水中水回用率大于 30%、水环境质量达到功能区标准。

### 7.5.4 农业农村污染治理

（1）推进农村污水治理设施建设，将农村水环境治理纳入河长制管理。对水源区的村落的生活污水处理设施需要执行高标准（一级 A 标准）的工艺；对那些偏远的村落要积极推广低成本、低能耗、易维护、高效率的污水处理技术；严格落实各县编制的《县域农村生活污水治理专项规划》。

（2）农业农村面源污染整治：①以发展滴灌、微灌、管灌等高效节水灌溉

方式作为农业用水结构调整重点，转变农业生产发展方式，促进农业节约用水；清捡残膜，推广可降解农膜，加大对农膜的回收利用，控制白色污染，积极采取工程措施，生物措施，提高农村废物污染综合利用率；②大力推广农村循环经济模式，建设生态农户，发展庭院经济；开展农村环境综合整治工作，推进生活垃圾的定点存放，统一收集，定时清理，集中处理，因地制宜推进乡镇生活污水处理。③推广农业清洁生产技术，加强沼气、秸秆还田和测土配方施肥技术的推广应用，减少农药、化肥不合理施用量，严禁高毒和高残留农药的使用。农田施肥要无机肥、有机肥相结合，避免过多单一施用无机肥造成的土壤和水体污染；积极削减化肥用量，切实推广平衡施肥，择土施肥。④推动有机食品基地建设，发展节水农业和生态农业，推广农业资源节约和综合利用。大力应用生物防治技术，积极引进和培育农作物病虫害天敌，削减农药用量；推广使用生物农药和高效低毒低残留农药,发展生态农业和有机农业，促进农药化肥的合理施用。⑤积极开展农村环境保护和生态环境知识教育宣传。

至 2025 年，农村生活污水收集率大于 60%、农业灌溉水有效利用系数大于 0.67$m^3$/万元、农业面源污染防治率大于 95%；至 2035 年，农村生活污水收集率大于 85%、农业灌溉水有效利用系数大于 0.67$m^3$/万元、农业面源污染防治率大于 98%。

### 7.5.5 养殖污染控制

（1）统筹规划，科学划分畜禽禁养区、控制养殖区和适度养殖区，优化畜禽养殖业布局，合理确定养殖规模。布局万头猪场项目必须配有 300 亩以上的耕地以落实废物资源化利用条件。

（2）加强规模化畜禽养殖场的污染治理，提高畜禽粪便综合利用率；加快养殖企业污染综合治理，确保实现达标排放。合理确定水产养殖规模，限制投饵式网箱养殖和施肥养殖等不合理的养殖模式，对严重污染水体的水产养殖场所要进行全面清理、整顿。

（3）加大污染防治设施建设力度，提高养殖废物综合利用率。加强污水收集系统的建设，完善雨污分离收集系统；落实配套建设规模化畜禽养殖沼气工程和粪便资源化利用工程。大力推进粪肥还田、制取沼气、制造有机肥、种植和养

殖相结合等措施促进畜禽养殖污染物减排。

（4）提倡生态养殖，注重源头控制。采取先进的养殖技术，大力推行清洁养殖。推进集中规模化发展，畜禽养殖污染物集中收集、集中处理。

（5）加大执法力度，强化环境监督。严格执行畜禽养殖业污染物排放标准及相关技术规范，到 2035 年，水源区及受水区畜禽养殖水污染物实现零排放。

至 2025 年，规模化畜禽养殖场粪便综合利用率大于 95%；至 2035 年，规模化畜禽养殖场粪便综合利用率 98%。

### 7.5.6 生态环境监管能力建设

（1）近期建立流域水环境监测网络及信息平台，在整个水源区及受退水区建立水环境风险防控能力建设，实现水环境风险三级监测和应急响应网络建设，建设起“一库一网一平台”及环境质量预警预报系统，为生态环境保护决策、管理和执法提供数据支持。远期对各受退水区建设健全城镇及工业排水在线监控系统平台。

（2）近期开展楚雄州生态水环境质量监测能力建设、受退水区水环境风险防控能力建设和饮用水水源地环境风险防控等。应用无人机开展无人机监测技术，提升饮用水源有机分析能力，应急监测能力建设、土壤能力建设和重点污染源监督性监测能力。开展小石门水库饮用水水源地环境风险防控和径流区重点水源保护工程，在各级水源保护区隔离设施（如围网等物理隔离设施与生态隔离设施）建设、标识与警告设施建设。

**表 7.5-1　小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治重点工程及投资估算汇总表**

| 所属县 | 时序 | 重点工程措施（项） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 饮用水水源地保护 | 工业污染治理 | 城镇生活污染治理 | 农业农村污染治理 | 养殖污染控制 | 生态环境监管能力建设 | 投资估算（万元） | 责任主体 |
| 大姚县 | 近期（2020~2025 年） | 2 | | 1 | | | | 5670 | 楚雄州人民政府、楚雄州生态环境局、大姚县人民政府、楚雄州生态环境局大姚分局、县住建局、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | | 46 | | | 14811 | |
| 禄丰县 | 近期（2020~2025 年） | | | | | | | | 楚雄州生态环境局禄丰分局、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | | 9 | | | 2098 | |
| 牟定县 | 近期（2020~2025 年） | 2 | 2 | | 14 | | | 3910 | 楚雄州人民政府、楚雄州生态环境局、楚雄州生态环境局牟定分局、牟定金康矿业开发有限公司、牟定县东运钒钛制动鼓有限公司、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | | 10 | | | 2600 | |
| 武定县 | 近期（2020~2025 年） | | | | | | | | 楚雄州生态环境局武定分局、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | | 6 | | | 1396 | |
| 姚安县 | 近期（2020~2025 年） | | 1 | | 7 | | | 4247 | 姚安县人民政府、楚雄州生态环境局姚安分局、县住建局、 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 远期（2025~2035 年） | | | 1 | 25 | | | 16498 | 各乡镇人民政府 |
| 永仁县 | 近期（2020~2025 年） | | | | | | | | 永仁县人民政府、楚雄州生态环境局永仁分局、县住建局、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | 1 | 31 | | | 17584 | |
| 元谋县 | 近期（2020~2025 年） | | 1 | | | | | 600 | 元谋县人民政府、楚雄州生态环境局元谋分局、县住建局、县工业信息化商务科学技术局、各乡镇人民政府 |
| | 远期（2025~2035 年） | | | 1 | 10 | 31 | | 20262 | |
| 合计 | 近期（2020~2025 年） | 4 | 4 | 1 | 21 | 0 | 0 | 14427 | \ |
| | 远期（2025~2035 年） | 0 | 0 | 3 | 137 | 31 | 0 | 75249 | |

## 7.6 地下水环境保护措施

### 7.6.1 施工期隧洞涌水处理措施

（1）涌水特性

输水隧洞施工过程中，隧洞底板高程低于地下水位线时，会产生涌水。隧洞开挖初期，需使用混凝土浇注衬砌支护围岩洞室，此时混凝土砂浆与喷涌的地下水相互混杂。隧洞涌水具间断性和分散性特点，水中不含有毒物质，主要污染物SS 浓度可达 100～5000mg/L，pH 值呈碱性。

（2）处理规模及目标

小石门水库输水隧洞施工期涌水产生强度 178.8~2896.5 $m^3/d$，共有 9 个产生排水的工作面，下游河流分别为勐岗河、蜻蛉河、永定河，水环境功能均为农业用水，水质保护类别Ⅲ~Ⅳ类，水环境相对不敏感。由于《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中未对 SS 浓度提出标准，因此隧洞涌水处理目标为 pH 达到 6~9，SS 浓度《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级要求的 70mg/L 后排放。

（3）处理工艺

针对隧洞涌水不均匀，SS 含量高、pH 值高、无毒害等特点，充分考虑工程经济型及稳定性，结合同类工程实际经验，通常使用沉淀法处理。本次隧洞涌水处理方案选择平流式自然沉淀法、辐流式混凝沉淀法、平流式混凝沉淀法三种进行比选。

方案一：平流式自然沉淀法

高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入预沉池，以除去大颗粒悬浮物，然后进入两级平流式沉淀池进行自然沉淀，上清液排放，泥沙外运至附近渣场。该处理方案的特点是工艺流程简单，建基技术要求不高，运行操作简单，运行费用少，但为达到较好的处理效果，沉淀池的规模需较大，占地大。工艺流程见图 7.6.1-1。

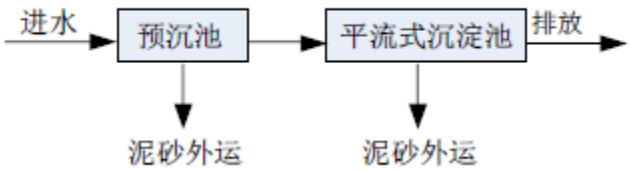



**图 7.6.1-1　平流式自然沉淀法工艺流程图**

方案二：辐流式混凝沉淀法

高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入预沉池，以除去大颗粒悬浮物，然后进入加药间加入混凝剂、助凝剂的反应池，进行絮凝反应，再进入一级辐流式沉淀池进行沉淀出水排放，泥沙外运至附近渣场。该处理方案的特点是添加了加药环节，处理效果较自然沉淀法好，但工艺流程稍复杂，施工难度大，且耐负荷冲击能力差。工艺流程见图 7.6.1-2。

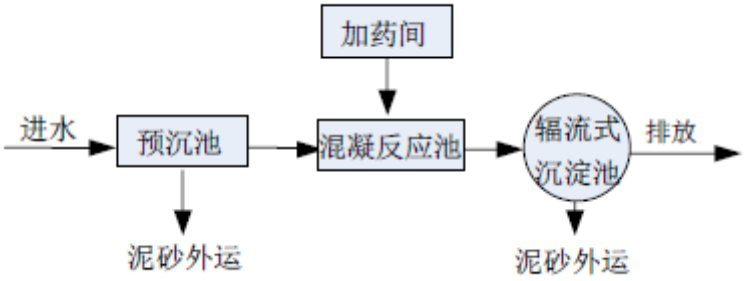



**图 7.6.1-2　辐流式混凝沉淀法工艺流程图**

方案三：平流式混凝沉淀法

高悬浮物的隧洞排水经隧洞口提升泵进入预沉池，以除去大颗粒悬浮物，然后进入由加药间加入混凝剂、助凝剂的反应池，进行絮凝反应，再进入一级平流式沉淀池进行沉淀出水排放，泥沙外运至附近渣场。该处理方案的特点是与辐流絮凝沉淀工艺处理效果类似，但施工难度低，耐负荷冲击能力提高，而占地面积较辐流絮凝沉淀工艺稍高。工艺流程见图 7.6.1-3。

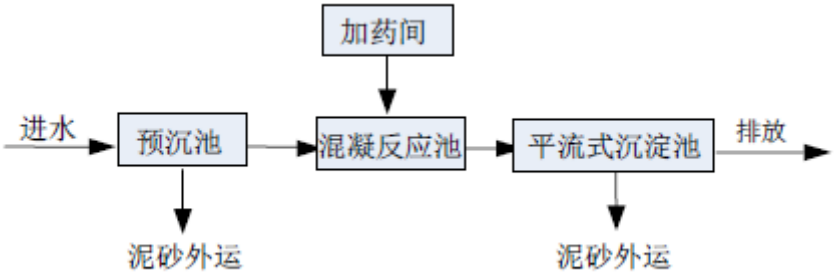



**图 7.6.1-3　平流式混凝沉淀法工艺流程图**

对于上述三种处理方案，各有优缺点，从技术角度均可满足废水达标排放要求，本次设计对其进行技术比较见表 7.6.1-1。

**表 7.6.1-1　隧洞涌水处理工艺技术比较**

| 序号 | 项目 | 平流式自然沉淀法 | 辐流式混凝沉淀法 | 平流式混凝沉淀法 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 工作原理 | 单纯运用重力沉淀原理，废水沉淀停留时间较长，设备体积较大，处理效率略低 | 运用重力沉淀及絮凝原理，加药絮凝废水沉淀时间大大缩小，设备体积较小，处理效率较高 | 运用重力沉淀及絮凝原理，加药絮凝废水沉淀时间大大缩小，设备体积居中，处理效率较高 |
| 2 | 处理负荷 | 再沉淀池面积足够大时，进水 SS 适应性强，浓度较高时处理效率高，对细颗粒 SS 处理率较低。处理负荷水量大，水质浓度较高时较经济 | 对高浓度高悬浮物废水处理浓度可高达 170000mg/L，对细颗粒 SS 处理效率较高，但对处理负荷波动性适应能力相对较差。 | 对细颗粒 SS 处理效率高，且处理负荷波动性适应能力较辐流式高 |
| 3 | 排泥 | 所排污泥浓度较低，污泥含水量<90%，排泥量较大 | 所排污泥浓度较高，污泥含水量<85% | 所排污泥浓度较高，污泥含水量<85% |
| 4 | 运行稳定性 | 运行较稳定，运行操作简单，处理效果受沉淀物的粒径、浓度等影响 | 运行稳定性较差，影响因素多，如体积庞大，进、出水难均匀，易发生短流，影响沉淀效率 | 运行较稳定，具有一定的抗冲击负荷能力 |
| 5 | 日常维护保养 | 需人工或机械刮泥 | 刮泥机械故障多，排泥管易堵，辐流池较深，人工清理难度大 | 需人工或机械刮泥 |
| 6 | 占地面积 | 场地条件要求较高，占地面积较大 | 场地条件要求较低，占地面积较小，但开挖深度深，施工难度大 | 场地条件要求适中，占地面积适中 |
| 7 | 效果 | 可满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准要求 | | |

由于隧洞排水初期 SS 含量高，而中后期含量可能较低，处理负荷变幅大，且大部分隧洞出口均位于沟箐、山脊，生产用地紧张，施工难度大，综合考虑处

理效果、场地条件、施工简便性等方面，本次隧洞排水处理推荐采取平流式混凝沉淀法工艺。

（4）典型构筑物设计

本工程共有 9 个隧洞排水点，由于输水线路长、较为分散，各个排水点水量大小不一样，本次选取上村隧洞 1#施工支洞涌水处理建筑物进行典型设计。

上村隧洞 1#施工支洞排水强度按 120.7m$^3$/h 计，采取平流式混凝沉淀法工艺，处理达标后上清液最终排放至勐岗河，泥沙运至老纳上村弃渣场堆放。

预沉池：有效停留时间按 1h 设计，则预沉池总有效容积应不小于 130m$^3$，分 2 格，单格尺寸设计为 6.0m×5.0m×2.5m，其中有效水深为 2.2m。建筑结构为钢筋混凝土结构。

絮凝反应池：反应时间按 0.5h 设计，则反应池有效容积应不小于 65m$^3$，池体尺寸设计为 10.0m×3.0m×2.5m，其中有效水深为 2.2m。建筑结构为钢筋混凝土结构。

沉淀池：有效停留时间按 2h 设计，则沉淀池总有效容积应不小于 260m$^3$，分 2 格，单格尺寸设计为 12.0m×5.0m×2.5m，其中有效水深为 2.2m。建筑结构为钢筋混凝土结构。

排水处理构筑物设计参数见表 7.6.1-2。

**表 7.6.1-2　上村隧洞 1#施工支洞排水处理构筑物设计表**

| 构筑物 | 停留时间（h） | 数量（座） | 单座尺寸（m） | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 预沉池 | 1 | 2 | 6.0×5.0×2.5 | 1 个系统分 2 格 |
| 絮凝反应池 | 0.5 | 1 | 10.0×3.0×2.5 | |
| 沉淀池 | 2 | 2 | 12.0×5.0×2.5 | 1 个系统分 2 格 |

隧洞涌水处理池为临时建筑物，根据本工程施工期设计使用年限 10 年，设施为半地埋式，结合场地内建筑物的具体情况，建议地基开挖至碎、砾石粉质粘土层，水池基础采用筏板式现浇钢筋混凝土基础，以适应局部土地承载力相对较弱的情况，根据地勘资料，不再单独进行基础处理。

构筑物均为存储水结构，对结构防水性能有较高要求，水池主体采用现浇一体式 C25 钢筋混凝土结构，池体池壁厚 300mm，底板厚度 300mm，基础垫层采用 100mm 厚 C15 混凝土垫层。

排水处理构筑物主要工程量见表 7.6.1-3。

**表 7.6.1-3　上村隧洞 1#施工支洞排水处理构筑物工程量表**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| 一 | 土建工程 | | |
| 1 | 预沉池 | 座 | 2 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 343.75 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 151.56 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 7.89 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 42.19 |
| | 钢筋 | t | 8.44 |
| 2 | 絮凝反应池 | 座 | 1 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 182.93 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 83.71 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 4.10 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 24.22 |
| | 钢筋 | t | 4.84 |
| 3 | 沉淀池 | 座 | 2 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 566.08 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 199.17 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 14.85 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 66.91 |
| | 钢筋 | t | 13.38 |
| 二 | 主要设备 | | |
| 1 | 搅拌系统 | 套 | 1 |
| 2 | 加药泵 | 台 | 1 |
| 三 | 运行管理 | | |
| 1 | 泥沙运输 | $m^3$ | 3339.8 |
| 2 | 用电量 | 万 kW·h | 7.47 |
| 3 | 混凝剂 | t | 149.5 |
| 4 | 助凝剂 | t | 1.49 |
| 5 | 柠檬酸 | t | 24.29 |

（5）运行管理

1)加药浓度按照絮凝剂PAC 40mg/L、助凝剂PAM 0.4mg/L、柠檬酸6.5 mg/L，加药前要先进行溶药，溶药周期24h，加药后采用设备进行搅拌。

2）根据涌水 SS 浓度变化，在泥沙淤积超过处理池有效容积 50%后，要进行清淤，清淤可采用人工和机械结合的方式，清淤的泥沙进行必要的干化、脱水后，运至就近的弃渣场堆放。

（6）特性表及主要工程量

隧洞涌水处理构筑物特性见表 7.6.1-4，主要工程量汇总见表 7.6.1-5。

## 表 7.6.1-4　隧洞涌水处理构筑物特性表

| 工程名称 | | 涌水量 ($m^3$/h) | 处理规模 ($m^3$/h) | 预沉池 | | | | | | 絮凝反应池 | | | | | | 沉淀池 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 停留时间 (h) | 数量 (个) | 单池容积 ($m^3$) | 长 (m) | 宽 (m) | 总高 (m) | 反应时间 (h) | 数量 (个) | 单池容积 ($m^3$) | 长 (m) | 宽 (m) | 总高 (m) | 停留时间 (h) | 数量 (个) | 单池容积 ($m^3$) | 长 (m) | 宽 (m) | 总高 (m) |
| 上村隧洞 | 进口 | 40.6 | 50 | 1.0 | 2 | 25 | 4.0 | 2.5 | 2.5 | 0.5 | 1 | 25 | 2.5 | 2.0 | 2.5 | 2.0 | 2 | 50 | 8.0 | 2.5 | 2.5 |
| | 1#施工支洞 | 120.7 | 130 | 1.0 | 2 | 75 | 6.5 | 5.0 | 2.5 | 0.5 | 1 | 75 | 10.0 | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 2 | 150 | 12.0 | 5.0 | 2.5 |
| | 2#施工支洞 | 66.1 | 70 | 1.0 | 2 | 35 | 7.0 | 2.0 | 2.5 | 0.5 | 1 | 35 | 4.0 | 3.5 | 2.5 | 2.0 | 2 | 70 | 14.0 | 2.0 | 2.5 |
| | 3#施工支洞 | 72.1 | 80 | 1.0 | 2 | 40 | 6.4 | 2.5 | 2.5 | 0.5 | 1 | 40 | 5.0 | 3.2 | 2.5 | 2.0 | 2 | 80 | 12.8 | 2.5 | 2.5 |
| | 出口 | 7.5 | 10 | 1.0 | 2 | 5 | 2.5 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 1 | 5 | 4.0 | 1.25 | 1.0 | 2.0 | 2 | 10 | 5.0 | 2.0 | 1.0 |
| 大坝箐隧洞 | 进口 | 21.5 | 30 | 1.0 | 2 | 15 | 4.0 | 1.5 | 2.5 | 0.5 | 1 | 15 | 3.0 | 2.0 | 2.5 | 2.0 | 2 | 30 | 8.0 | 1.5 | 2.5 |
| | 出口 | 16.1 | 20 | 1.0 | 2 | 10 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 1 | 10 | 4.0 | 2.5 | 1.0 | 2.0 | 2 | 20 | 10.0 | 2.0 | 1.0 |
| 级密山隧洞 | 进口 | 11.2 | 20 | 1.0 | 2 | 10 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 1 | 10 | 4.0 | 2.5 | 1.0 | 2.0 | 2 | 20 | 10.0 | 2.0 | 1.0 |
| | 出口 | 12.8 | 20 | 1.0 | 2 | 10 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 1 | 10 | 4.0 | 2.5 | 1.0 | 2.0 | 2 | 20 | 10.0 | 2.0 | 1.0 |

**表 7.6.1-5　隧洞涌水处理主要工程量汇总表**

| 序号 | 项目名称 | 单位 | 数量 |
|---|---|---|---|
| 一 | 土建工程 | | |
| 1 | 预沉池 | 座 | 18 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 1137.02 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 501.31 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 26.10 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 139.55 |
| | 钢筋 | t | 27.92 |
| 2 | 絮凝反应池 | 座 | 9.00 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 605.08 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 276.89 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 13.56 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 80.11 |
| | 钢筋 | t | 16.01 |
| 3 | 沉淀池 | 座 | 18.00 |
| | 土石方开挖 | $m^3$ | 1872.42 |
| | 土石方回填 | $m^3$ | 658.79 |
| | 混凝土（C15） | $m^3$ | 49.12 |
| | 混凝土（C25） | $m^3$ | 221.32 |
| | 钢筋 | t | 44.26 |
| 二 | 主要设备 | | |
| 1 | 搅拌系统 | 套 | 9.00 |
| 2 | 加药泵 | 台 | 9.00 |
| 三 | 运行管理 | | |
| 1 | 泥沙运输 | $m^3$ | 11047.03 |
| 2 | 用电量 | 万 kW·h | 24.71 |
| 3 | 混凝剂 | t | 494.50 |
| 4 | 助凝剂 | t | 4.93 |
| 5 | 柠檬酸 | t | 80.36 |

## 7.6.2 水源替代措施

### 7.6.2.1 应急性供水措施

根据以往工程经验，一般在两种情况下采取应急性供水措施：一是在地下水源点受工程施工影响大，已经造成泉点或水井疏干，需要采取长期性的供水替代

方案，由于供水替代方案施工需要一定周期，为保障这段时间内当地居民基本生活，采取应急供水措施；二是地下水水源点与工程存在一定水力联系，工程施工会造成泉点或水井水量有所减少但不会疏干，该情况下雨季工程建设对水源点水量影响不显著，不影响居民正常生活，但旱季短期内可能造成居民取水困难，从而影响居民正常生活，这种情况下可采用应急供水措施。

在水资源出现短缺、供水紧急状态下，坚持遵循“先生活，后生产”的原则，应首先保证人民生活需要，维护社会安定为基本原则，保障人民生活供水；其次是保证生活必需品的生产供水；最后是保证支柱产业的重点工业用水。

应急供水措施一般采用水车送水的方式。水车送水不仅方便居民就近取水，而且由于水车为相对封闭的环境，因此便于水的卫生防护，还可以在水车中进行饮水消毒。因此，这种应急性供水方式一般能符合卫生需求。一辆 8 吨的水车，日供水 4~6 次时，按每人每日供水 80 升计算，可供 400~600 人饮用。本工程可能需要应急供水的有 7 个村组，涉及的人口数量约为 1786 人，因此这些村组出现取水困难问题时，可用 3 辆 8 吨的水车，日供水 6 次，可以满足受影响村组的正常饮水需求。

**表 7.6.2-1　应急性供水措施一览表**

| 序号 | 居民点 | 受影响人口 | 用水量（m³/d） | 应急供水水源 | 运距（km） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 葫芦塘村 | 30 | 2.4 | 戍街乡自来水厂 | 7.3 |
| 2 | 老厂村 | 236 | 18.9 | | 7.6 |
| 3 | 老纳上村 | 800 | 64 | | 6.6 |
| 4 | 老纳村 | 300 | 24 | | 5.5 |
| 5 | 海田村 | 200 | 16 | | 8.2 |
| 6 | 水桥寺村 | 150 | 12 | | 11.1 |
| 7 | 大水桥村 | 70 | 5.6 | | 8.2 |
| 合计 | | 1786 | 142.9 | - | - |

**7.6.2.2 替代供水措施**

（1）供水替代方案比选

根据以往工程经验，替代供水措施主要分为以下几种类型：

1）隧洞开挖之后，可能导致地下水用水户现状水源点疏干及影响大，周边可以找到泉眼、水库、小溪等稳定的替代水源的地区，对此类解决措施为在泉眼、水库、小溪引水至每个村落，在每个村落设置一个高位水池，在高位水池进行消毒处理之后，再由高位水池输水至各用水户。

2）隧洞开挖之后，可能导致村落现状水源点疏干及影响大，周边找不到水库、河流等稳定的替代水源，但可以开采利用地下水的区域，采取打机井抽水的措施解决人畜饮水问题。

3）隧洞开挖之后，对地下水用水户现状水源点可能造成水量减少（影响程度中等、弱），影响程度不严重，针对此类的解决措施主要为修筑水窖，加大储水量，必要时采取水车运水的供水措施，以保证居民正常生活用水。

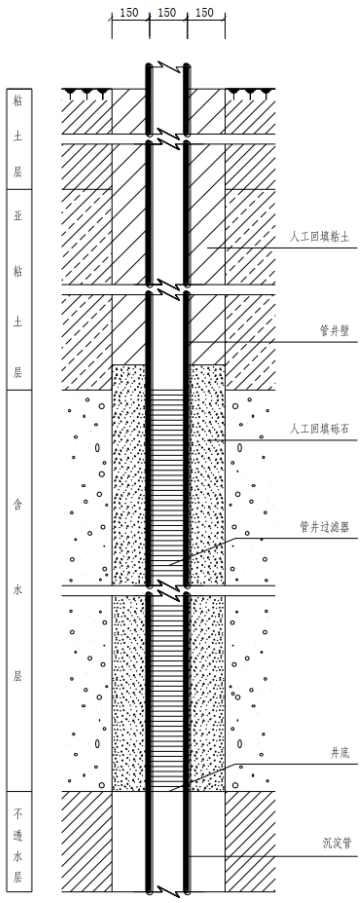
根据工程区特殊的雨水、地表水及地下水的转化规律、水资源形成机理和过程，以及土地资源分布及社会经济情况，当地地表水季节性变化较大，枯水期流量很小，且水质容易受人为活动影响，受影响的 7 个村庄周边没有水量稳定、水质优良的地表水源，故不建议采用地表水作为替代水源。按照“因地制宜、因土制宜、因水制宜及因需制宜”的原则，选择机井方案较为合理可行。

（2）机井工程

机井位置选择应根据区内水文地质条件和需水量，结合与居民点的距离、高程分布等情况综合确定，除要避开地下水源污染外，也要避开机井附近的面源污染。本工程采取的机井特性见表 7.6.2-2。机井典型设计见图 7.6.2-1。

**表 7.6.2-2　机井特性表**

| 序号 | 实施地点 | 井口高程（m） | 井深（m） | 井口直径（mm） | 抽水量（L/h） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 葫芦塘村 | 1611 | 98 | 150 | 100 |
| 2 | 老厂村 | 1607 | 127 | 150 | 788 |
| 3 | 老纳上村 | 1677 | 75 | 150 | 2667 |
| 4 | 老纳村 | 1627 | 80 | 150 | 1000 |
| 5 | 海田村 | 1675 | 91 | 150 | 667 |
| 6 | 水桥寺村 | 1677 | 187 | 150 | 500 |
| 7 | 大水桥村 | 1650 | 170 | 150 | 233 |




150mm直径管井结构图

1:20

150mm直径管井在各种含水层渗透系数条件下相应的供水规模

| d=150mm | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 渗透系数（m/d） | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 供水规模（$m^3$/d） | 310 | 620 | 930 | 1110 | 1270 | 1450 | 1870 | 2280 |

150mm直径管井各种供水条件下选用的水泵类型及台数

| 供水规模（$m^3$/d） | 310～620 | 620～1200 |
|---|---|---|
| 水泵类型 | 150JC/K30-9.5×8 | 150JC/K50-8.5×9 |
| 单机流量（$m^3$/h） | 30 | 50 |
| 扬程（m） | 76 | 76 |
| 台数（台） | 1 | 1 |

骨料级配及填砾粒径

单位：mm

| 含水层特征（颗粒粒径） | 填砾粒径 | 过滤器骨料粒径 | |
|---|---|---|---|
| | | 过滤器壁厚小于50 | 过滤器壁厚大于50 |
| 细砂（0.1～0.25为主） | 1～2 | 4～6 | |
| 中砂（0.25～0.5为主） | 2～4 | 6～10 | |
| 粗砂（0.5～1.0为主） | 4～8 | 10～16 | |
| 砾砂（1.0～2.0为主） | 8～16 | | 10～18 |

说明：

1、图中除指定单位外，其余以毫米计。

2、管井采用潜水完整井井壁进水方式。

3、150mm直径管井最小供水规模为310$m^3$/d，供水规模随含水层渗透系数的增大而增大，建管井前需进行抽水试验确定含水层渗透系数。

4、管井提水采用深井泵，其扬程需大于70m，水泵的类型及台数详见水泵选型表格。

5、人工填砾要求详见骨料级配及填砾粒径表。

6、管井过滤器采用填砾过滤器，井孔直径大于井管外径300mm。

7、管井材料采用钢管，管壁厚度不小于8mm，沉淀管长度取2～4m。

8、管井下泵段深度应根据干旱年枯水期动水位埋深确定。

9、管井泵房采用井上式，其布置图详见150mm直径管井泵房施工图。

**图 7.6.2-1　　机井典型设计图**

#### 7.6.2.3 受退水区地下水保护措施

受退水区的工业、农业和生活用水的回灌亦会影响区域地下水水质。对受退水可能带来的受纳水体污染问题，提出以下控制对策与建议：

（1）严格控制受退水区的居民生活用水及工业用水的直接回灌，建立相应处理能力的污水处理厂，配套建设污水管网，使得污水处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标要求后一部分用作中水回用，部分排放。

（2）灌区生产源头控制措施。加强科学技术指导，大力宣传科学施肥知识，并采取措施。通过提高化肥、农药的使用效率来减少其使用量；鼓励施用有机肥；通过采用平衡施肥、测土施肥、肥料深施等措施来改良施肥方法，避免在作物生长的早期大量使用氮肥。

（3）大力发展生态农业，合理施用农药、化肥。深入开展无公害农产品、绿色食品和有机食品生产基地建设土作，加强绿色、有机食品管理体系建设，组织绿色、有机食品认证土作。结合楚雄地区实际，主要发展以山林为基地、种养结合的生态农业园和种养殖和沼气池配套组合的生态农业园。及时回收和贮存旧农膜，提高残留地膜回收及循环利用率，大力推广适期揭膜技术，减少白色污染，促进农业发展。同时大力推广测土配方施肥技术，注重氮、磷、钾之间的合理比例，改善肥料结构，做到平衡、科学施肥，提高化肥利用率，以减少农业面源污染。实行农作物病虫害综合防治，积极控制和削减农药施用量，禁止高毒高残留农药的使用，大力推广高效低毒低残留的生物农药，这样，有利十促进生态农业的快速发展，改善受水区生态环境，提高人民的生活质量。

（4）提高对农村人居环境改造的资金投入。加大对农村生态环境保护基础设施建设的资金投入力度，加快农村由化肥、农药、畜禽导致的水污染处理设施的建设步伐。

（5）提高基层组织、群众、农民的环保意识。在受退水区地下水环境保护过程中，提高基层组织、群众、农民特别是农民的环境意识。首先，应通过广播、电视、报纸等新闻媒体向农民宣传环境保护知识，宣传获得经济、生态效益的典型事例，并让他们参观一些生态农业示范区，调动农民保护环境的积极性。其次，发挥农村社区、非政府组织的作用，提高农民的环境意识和参与环境保护的积极

性。受退水区地下水环境保护，需要基层组织、农民的广泛参与，应建立健全农民的公众参与制度；发挥非政府组织在环境保护中的积极作用。

（6）加强农村新能源建设。大力发展以沼气为纽带的“畜（禽）-沼-果（粮、菜、茶、药）”生态养殖-沼气-有机肥料-高效种植的循环农业模式，减少畜禽养殖污染。进行秸秆气化，推广应用秸秆气化炉等。把沼气池与厕所、鸡舍、猪圈等畜禽设施相配套，使畜禽产生的废弃物与秸秆进入沼气池，将沼液、沼渣的综合利用与种养业的高效开发同步进行，既解了各种秸秆、畜禽的废弃物利用难题，又大大改善了农民的居住环境和卫生条件，能有效减少受退水区地下水污染。

（7）加强对受退水区灌溉退水的水质监测，特别是水质的 CODcr、氨氮、总氮、总磷、亚硝酸盐氮等指标的监测。

## 7.7 陆生生态保护措施

### 7.7.1 植物植被保护措施

#### 7.7.1.1 避让措施

（1）要综合考虑区域的植被覆盖情况，合理进行工程用地布置，以减少对区域植被的破坏。工程布置要尽量减少高质量植被区域的占用，以保持区域的生物生产力，同时避开恢复力较差的植被，以避免后期植被恢复措施难以实施或者实施的效果较差。

（2）优化工程布置，减少临时占地，临时占地尽量避免占用保存较好的群落片断，如次生常绿阔叶林片断。

（3）加强宣传教育和施工管理，减少施工影响。工程施工期间，加强施工人员的教育和管理，要让施工人员明确知道生物多样性是受国家法律保护的，破坏生物多样性将要承担相应的法律责任。

（4）加强施工监理，规范施工。在施工过程中，不随意破坏植被或进行施工占地；在人员活动较多和较集中的施工营地，设置自然保护、环境保护的警示牌，提醒人们依法保护自然环境和生物多样性。

（5）严格控制薪柴使用，严禁乱砍滥伐，减少工程施工对植被和植物的影响。

（6）加强防火防传，预防森林火灾。在工程建设期，应加强防护，如在施

工区、临时居住区及周围山上竖立防火警示牌，开展巡回检查、做好消防队伍及设施的建设工作等，以预防和杜绝森林火灾发生。在项目施工期严格管理，避免可能引起林火的施工作业，对施工人员加强管理，严禁一切野外用火。

#### 7.7.1.2 减缓措施

（1）结合水土保持工程，加强植被保护和景观维持。采用等高线施工作业，严禁弃渣、弃土直接倒入水体中。避免雨天施工，减少水土流失量。

（2）及时进行临时占地生态恢复和永久占地区的绿化美化，减少水土流失，提高生态环境质量。

#### 7.7.1.3 补偿措施

工程建设要永久性的和临时性占用一部分耕地、森林等，使这些资源受到损失，因此必须按照国家相关土地补偿标准予以补偿。

（1）林地补偿

工程占用的林地。应根据国家关于林地补偿相关规定，业主向地方缴纳森林植被恢复费，专款用于异地造林和养护。

（2）耕地补偿

工程占用的耕地，应根据有关政策对占用的耕地和农田进行补偿，缴纳耕地开垦费，并根据“占数量多少，垦数量多少”的原则开垦与所占耕地数量质量相当的耕地，确保评价区农田的动态平衡。

#### 7.7.1.4 修复措施

（1）生态修复原则

1）保护原有生态系统的原则

在植被恢复中，应优先种植当地原生植物，杜绝种植如桉树、银合欢、金合欢、圣诞树等外来种，以免造成生物入侵的新危害。应该依照“适地适树”、原生性、特有性、实用性的基本科学原则，种植当地生态系统中原有的重要的各种植物种类，乔、灌、草、层间植物有机搭配，从而恢复当地原有的植被。

2）保护生物多样性的原则

植被修复措施不仅考虑植被覆盖率，而且需要在利用当地原有物种的情况下，尽量使物种多样化，避免单一。

3）保护耕地资源的原则

评价区耕地资源珍贵。可利用的土地范围较狭小，因此，应尽量恢复原有耕

地资源。

4）与其它相关措施协调

生态恢复措施是在考虑水土保护植物措施和土地复垦措施的基础上，有针对性的拟定评价区植被恢复方案。

（2）生态修复方案

1）根据工程区的植被现状进行分析，确定工程区域现有的主要植物群落类型及其主要特征。

2）根据本工程施工迹地生境条件特征及各工程区域植被恢复、植物绿化及景观美化等多方面生态功能要求，拟定需要恢复的植被类型。

3）在水保植物措施，逐步向地带性植被修复。

4）结合工程施工迹地等工程在空间上布设情况，从整体上把握本工程生态修复的总体目标，进而拟定生态修复区的划分。

根据以上生态修复的分区思路，本工程的生态修复区分为临时施工迹地恢复区、业主营地景观美化区两大类，初拟各修复区域的生态恢复目标，见表 7.7.1-1。

**表 7.7.1-1　工程生态修复目标及分区修复一览表**

| 序号 | 生态修复区 | 施工区域 | 恢复目标 |
|---|---|---|---|
| 1 | 临时施工迹地恢复区 | 工程区临时占用旱地及荒地的施工迹地 | 耕地、园地及经济林 |
| 2 | | 工程区临时占用暖温性针叶林的施工迹地 | 云南松林、松栎混交林 |
| 3 | | 工程区占用灌丛和稀树灌木草丛的施工迹地 | 灌丛 |
| 4 | 业主营地景观绿化区 | 永久建设用地 | 乡土物种绿化景观 |

根据施工区立地条件特征，枢纽区水气条件相对较好，结合保护动物生境恢复措施要求，植被恢复时，宜采用乔、灌、草结合的方式，详见 7.7.2.4 章节。

输水线路区由于生境较为干燥，宜采用灌木层和草本层结合的方式，灌木层可选择车桑子、清香木、余甘子、地果等，草本种类可选择扭黄茅、黄背草、野古草、金茅等。

## 7.7.2 对陆生脊椎动物的保护措施

### 7.7.2.1 避让措施

（1）对项目划定占用区域范围以外的生境，尽量保持原状，不得人为进行破坏，尽量减少对动物栖息地生境的破坏。

（2）工程施工期间，严格控制在规划用地范围内施工，不干扰周围动物，对相关施工装备安装隔声设备，减少工程施工及爆破噪声对野生动物的惊扰，并力求避免在晨昏和夜间施工。避免影响一些夜行性动物和趋光性动物的夜间活动。

（3）评价区中的有林地是动物的重要小生境，一定要坚持“先防护，后施工”的原则；施工中要杜绝对溪流水体的污染，以保证两栖动物的栖息地不受或少受影响，在加强水域质量监测的同时，要求施工建设单位或个人及时发现、上报污染源，预防和减少机械用油、施工耗材、生活污水对水体的污染。此外，对施工、生活垃圾实行定点堆放，科学处理。

（4）施工前期对施工人员进行野生动物保护宣传教育，施工期加强施工管理，避免对野生动物个体及栖息生境造成不必要的破坏，具体如下：

1）加强施工人员对野生动物和生态环境的保护意识教育，对在施工中遇到的幼兽，一定要交给林业局的专业人员，不得擅自处理；对施工中遇到的鸟窝（因砍伐树木）一定要移到非施工区的其他树上；对在施工中遇到的幼鸟和鸟卵（蛋）一定要交林草局的专业人员妥善处置。

2）施工中要有保护动物的专门规定，禁止捕捉保护动物，在枢纽区、石料场等动物的重要生境地设置保护动物的告示牌，警告牌等，并安排专门人员负责评价区施工中的动物多样性保护的监督和管理工作。

#### 7.7.2.2 减缓措施

##### 7.7.2.2.1 设立动物救护站

在枢纽工程区设立动物救护站，对于工程影响范围内受伤的动物进行救治，并实施动物种群分布、数量监测，加强保护力度。无论是在建设期，还是在运行期，均需加强对评价区内野生动物分布及数量的监测，以此为保护措施的制定及执行提供科学合理的参考数据。此外，特别要加强重点保护及濒危野生动物的重要越冬地、繁殖地、觅食地的保护，防治和控制生态环境污染，严禁在此类型地域开展施工干扰性、破坏性活动，以最大程度上减少人为干扰因素对珍稀濒危保护动物的影响，实现就地保护。

##### 7.7.2.2.2 保护地建设

现有调查表明，虽然勐岗河谷区植被类型主要为干热河谷稀树灌草丛，但小石门水库工程区，尤其是坝址下游勐岗河谷区有较为丰富的动物多样性，并有多

种国家一、二级重点保护野生动物，在滇中干热河谷地区是非常难得的。为充分保护好区域动物多样性，实现区域开发与生态环境保护的双赢，拟将坝址下游勐岗河谷野生动物较为丰富的区域、白土坡林区划为保护地，中间通过生态廊道相连，详见图 7.7.2-1。

**建设期限：**9 年。从工程开工建设开始，至大坝建成并运行后 3 年，即：建设期 6 年，运营期 3 年。

**建设地点：**白土坡西南侧林区（约 10km$^2$）、水库工程枢纽区-石料场至小己保村区间河谷区域（约 13.2km$^2$）。详见图 7.7.2-1。

**建设方案：**

①委托专业机构对区域内开展生物多样性资源本底调查与评价，编制自然保护小区规划；

②由地方政府部门划定自然保护小区，确定保护边界；

③设立保护小区管理部门，加强对保护小区的管护。

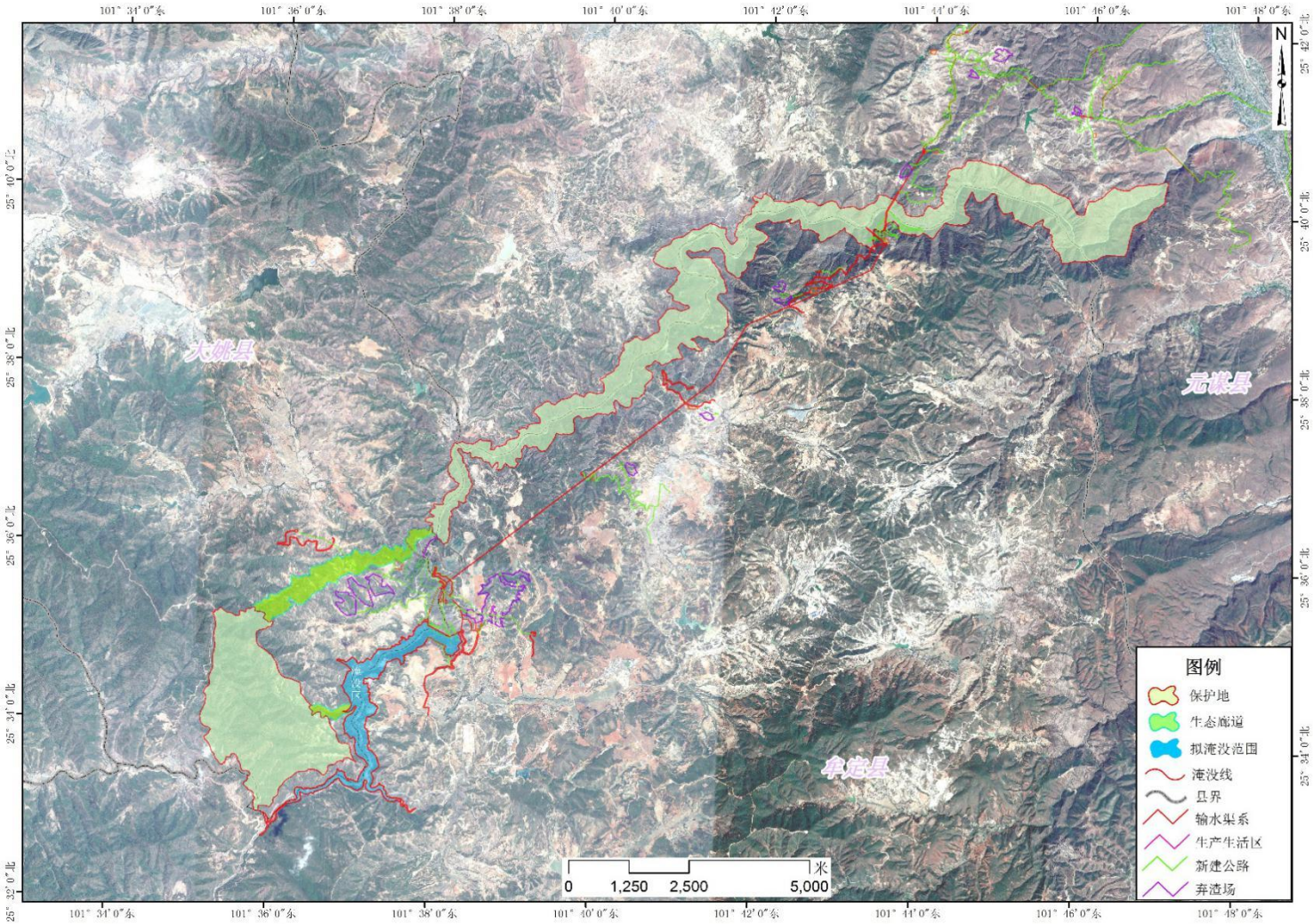



**图 7.7.2-1　小石门水库工程评价区生态廊道及保护地位置示意图**

#### 7.7.2.2.3 生态廊道建设

水库工程的建设，特别是枢纽工程区与水库淹没区，将导致野生动物沿勐岗河谷上下游、库区左右岸的种群隔离，为减缓工程建设带来的隔离影响，促进区域野生动物种群交流，拟在评价区内建设生态廊道。由于评价区内保护动物生境特异性不高，与周边区域生境同质性较高，无法利用生态模型进行模拟预测。本节主要根据现场踏勘结果、红外相机观测结果、区域人为干扰因素等方面进行分析判定拟建生态廊道。

小石门水库坝址区右岸为牟定县戌街乡，右岸除河谷区域外受人为干扰影响较大，基本开垦为耕地，库尾植被覆盖率较低，大多为裸露地表，不具备保护动物潜在生境的条件；库区左岸分布有大姚县龙街乡白土坡村，但库中至库尾区间人为扰动小，为成片山林，红外相机观测结果也表明评价区内分布的保护动物林麝、猕猴、白腹锦鸡、黄喉貂、川西斑羚等在该区域内均有分布。而白土坡村西北方向 3km 处为龙街乡塔底村，白土坡村后侧箐沟成为唯一连接坝址上下游的动物生态廊道，起点为薄刀岭石料场、终点为白土坡西南侧山林，可使坝址上下游野生动物通过该廊道得以进行种群交流。

此外，小石门水库库尾受元双公路的交通车流、人为活动干扰，两次红外相机观测中未见保护动物，而库中白铜厂附近左岸有一条保存较好的林带，红外相机观测结果显示该林带为评价区内保护动物出现频率较高的区域，拟将其划定为次生态廊道。可通过该廊道将坝址上下游、白土坡西南侧山林、白马山自然保护区连接在一起，确保坝址上下游、左右岸物种得以进行种群交流。

综合以上分析，本工程拟建设两条生态廊道：

①工程薄刀岭石料场至白土坡西南侧沿箐沟建设一条主生态廊道，根据箐沟内残存林带最大边界确定廊道宽度，该廊道长 4km、宽 0.35km；

②在白土坡村西南侧至淹没区回水带建设一条次生态廊道，根据箐沟内残存林带最大边界确定廊道宽度，该廊道长 1km、宽 0.3km。详见图 7.7.2-1 所示：

两条生态廊道拟在工程施工结束后第一年开始建设，建设周期为 3 年。主要建设方案为：

①委托专业机构编制生态廊道建设规划方案，并对拟建生态廊道区进行勘界定标，设立标识牌。

②根据勘界成果，对廊道内植被覆盖率较低的区域进行栖息地恢复，可栽植云南松、栓皮栎、云南油杉等乔木，株行距 2m×3m；灌木植物混种大白花杜鹃、沙针、山合欢、余甘子幼苗（苗木高≥5cm，株行距 2m×2m）；草本植物播撒地果、硬秆子草、沿阶草、黄背草、戟叶酸模、小叶三点金、滇素馨等种子（撒播密度为 40kg/hm$^2$）。

③安排巡护员对生态廊道区域内进行巡护，禁止周边村民进入，禁止盗猎、捕杀野生动物。

此外，薄刀岭石料场作为主生态廊道的起点，开采过程中应采取以下措施，为后续野生动物栖息地恢复创造地形条件：

（1）优化开采方式，沿勐岗河主河道一侧开采剥离，尽量避让黑石箐河一侧；

（2）开采边界不得超出划定的采区范围，开采过程中必须遵循“采剥并举，剥离先行”；

（3）剥离表土应集中堆存，后期用于栖息地恢复；

（4）沿山坡地形等高线进行开采，采取组合台阶开采法进行顺序开采。

#### 7.7.2.2.4 生态廊桥建设

为减缓水库蓄水淹没对库区左右岸野生动物种群隔离影响，拟在库区设置一座生态廊桥。

（1）廊桥基础：根据现场观测结果，勐岗河河谷区内保护兽类主要分布在小石门水库库中以下河谷区域，考虑到坝址区人为干扰影响，拟建生态廊桥应远离水库坝址区。同时，结合地质勘查结果，通过对不同桥型、不同桥位进行比选，最终确定在小石门水库坝址上游 2.4km 处新建一座生态廊桥，主桥为 68+125+68m 连续刚构桥，为减缓施工建设对生态环境扰动，两端无引桥，桥长 267.16m，桥宽 7m，桥面标高 1687m，设两个水中墩。

上部结构主跨径采用（66+125+66）米的变截面连续箱形梁，边中跨比为 0.55；下部结构主桥墩采用空心薄壁墩，通过固结梁与墩形成超静定刚构体系。上部结构梁体为单箱单室、变高度、变截面结构。梁高在跨中支点处 6.5m，边支点和跨中处 2.5m，梁底按 1.8 次幂抛物线变化。箱梁顶宽 7m，底宽 4.5m，顶板厚度

25~50cm，腹板厚度 50~100cm，底板厚度 25~50cm。主跨径两端设置 QMSF-160 型伸缩缝。

下部结构 0 号桥台及 3 号桥台均采用桩柱式桥台，台帽宽 7m，高 1.4m，基础采用钻孔灌注桩基础，桩基直径为 1.6m。主桥桥墩采用薄壁墩，墩与主梁固结，最大墩高 66.5m，薄壁墩下端接承台桩基础，承台尺寸为 10.1×10.1×4.5m，桩基直径为 2.5m。本方案桥墩采用滑膜或翻模进行浇筑，上部结构变截面连续箱梁采用悬臂浇筑法施工。主梁段除 0 号梁段、边支段在支梁上施工外，其余梁段均采用挂篮悬臂浇筑。

生态廊桥布置图详见附图 9，生态廊桥效果图见图 7.7.2-2。

（2）生境模拟建设：为了使生态廊桥与周边环境衔接过渡自然，在生态廊道桥面进行模拟动物生境建设以促进两岸动物进行种群交流。桥面生境模拟建设选用的植物物种为当地乡土物种，采取灌草结合的形式，灌木植物混种大白花杜鹃、沙针、山合欢、余甘子幼苗，灌木植物苗木高≥5cm，株行距 2m×2m，覆土厚度 60cm；草本植物播撒地果、硬秆子草、沿阶草、黄背草、戟叶酸模、小叶三点金、滇素馨等种子，草本植物撒播密度为 40kg/hm$^2$，覆土厚度 35cm。

（3）附属设施：为保障桥面植物植被的成活率，拟在桥面设置自动喷淋系统。由于小石门水库具有城镇生活供水功能，为避免雨季降雨冲刷导致大量泥沙入库，拟在生态廊桥设置截排水沟，并在廊桥两端各设置一座集水池。

此外，为了避免库区左右岸人为干扰，也便于验证记录生态廊桥建设的有效性，拟在廊桥两端设置视频监控设施，用以实时监测生态廊道内野生动物来往情况。

小石门水库生态廊桥效果图

**图 7.2.2-2　楚雄州小石门水库工程生态廊桥效果图**

**7.7.2.3 补偿措施**

1、建立猕猴种群补（投）食点。现状调查结果表明，工程建设区内猕猴主要是在农作物成熟期来到农地盗食农民种植的玉米、豌豆等农作物。由于工程建设将导致评价区内保护动物部分生境丧失，动物生活空间受到明显挤压，其食物来源受到极大影响，需要适时补充食物。考虑到猕猴是一种适应性较强的动物，大坝建成后人为干扰显著减少的情况下，猴群将逐渐适应区域环境。因此，拟在评价区内设置补（投）食点以适时补充猕猴食物来源。

**补（投）食期限：**9 年。从工程开工建设第一年开始，至大坝建成并运行后 3 年，即施工期 6 年、运行期 3 年。

**补（投）食地点：**在建设前期猴群调查与监测的基础上，根据可能的种群数量，设置补食点。

补食点：现初步设置为坝区以上 1km、2km、3km、4km 库区左右两岸分别设置补食点。

投食点：在坝址区增设 1 个投食点，以吸引猴群并对坝区新环境产生适应，促进猴群沿河谷交流。

**补（投）食方案：**在每一个拟定补食区，通过前期监测数据，选择猕猴经常活动的区域作为补食点，根据猕猴具体活动情况，于每天下午 3~4 点之间进行补食。考虑到水库蓄水后可能导致该群体左右岸的隔离，在水库蓄水期间，根据种群监测结果，有计划地在勐岗河一侧（如：白土坡）增加补食点。

2、建立猕猴肇事补偿基金

随着水库施工建设及水库蓄水后栖息地丧失与生存空间的压缩，猕猴对农地的侵扰与盗食农作物的程度将进一步加大。目前，勐岗河两岸均存在猕猴盗食玉米、豌豆等现象，为真正缓解“人-猴冲突”矛盾，需要对当地百姓给予充分经济补偿。

**补偿期限：**9 年。从工程开工建设第一年开始，至大坝建成并运行后 3 年，即施工期 6 年、运行 3 年。

**补偿区域与地点：**在小石门水库工程建设影响区的村寨，包括牟定县戌街乡碗厂、老厂、新房子和大姚县龙街乡白土地、秀水河村的受损农户。

**补偿方案：**按保险公司“野生动物公众责任保险肇事损失赔偿方案”的定损方法，对每一肇事损失地块进行实地勘查，确定损失面积和数量，核定损失量，按

当年市场价折算损失金额，按保险公司相关方案进行补偿。

#### 7.7.2.4 恢复措施

根据现场调查结果，小石门水库所在勐岗河呈深切峡谷型河段，两岸山顶已被人为开发为耕地，尤其是右岸，人为活动扰动较大。水库蓄水运行后，随着水面逐渐抬升，动物适生生境将会减少。其中，猕猴对环境变化有较强的适应能力，水库蓄水过程缓慢，蓄水期间，猕猴将寻找新的适生生境；而林麝、川西斑羚等保护动物对人为干扰较为敏感，活动区域遭到人为干扰后，将自动退避到远离人为干扰区域。为了减缓工程建设对保护动物栖息地的影响，根据区域立地条件、受影响前生境状况，结合评价区记录的保护动物分布特征以及食性、隐蔽条件等生物学特点，本阶段主要考虑对枢纽施工区及坝下采取植被恢复措施以减缓水库建设对动物种群隔离的影响。

本工程水土保持方案对工程枢纽施工区域及坝下扰动区采取的植物措施包括：边坡区的喷播植草护坡和工程占地区及水土防治责任范围区的植被恢复，见表 7.7.2-1。此措施虽可有效防治水土流失，但达不到动物的生境要求。因此，本阶段在结合水土保持植被恢复措施基础上，提出增加枢纽施工区及坝下扰动区植物物种多样性与种植密度，以减轻因工程造成的野生保护动物生境影响。

本着因地制宜，尽可能选用乡土、原生物种的原则，工程各影响区生境恢复措施如下：

①弃渣场区：在水保植物措施方案基础上，在白土坡 1#、2#、3#弃渣场栽植云南松幼苗，按与云南松 1:4 比例，随机穿插种植栓皮栎、云南油杉两种乔木植物；灌木植物混种大白花杜鹃、沙针、山合欢、余甘子幼苗；草本植物播撒地果、硬秆子草、沿阶草、黄背草、戟叶酸模、小叶三点金、滇素馨等种子。

②石料场区：薄刀岭石料场在水保植物措施方案基础上，灌木植物混种清香木、山合欢、余甘子、栌菊木幼苗；草本植物播撒地果、沿阶草、小叶三点金等种子。

③道路区：永久道路在水保植物措施方案基础上，在云南樟之间种植合欢；改扩建临时道路、新建临时道路在水保植物措施方案基础上，栽植云南松幼苗；大白花杜鹃、山合欢植于乔木间；草本植物播撒沿阶草种子。

④砂石料加工场：在水保植物措施方案基础上，栽植云南松幼苗；清香木、沙针、余甘子植于乔木间；草本植物播撒地果、黄背草、小叶三点金、黄背草种

子。

工程枢纽区野生保护动物生境修复工程量及种植技术详见下表：

**表 7.7.2-1　小石门水库工程水土保持方案植被恢复措施及环保新增措施一览表**

| 工程扰动分区 | 水土保持方案措施 | 环保新增措施 |
|---|---|---|
| 白土坡弃渣场区 | 种植旱冬瓜、车桑子、羽脉山黄麻和狗牙根，乔木采用植苗造林，行间混交，“品”字形配置，乔木株行距 2m×2m；车桑子和羽脉山黄麻按照 1:1 比例穴播于乔木行间，株行距 2m×2m。渣场坡面穴播车桑子和羽脉山黄麻，狗牙根采用撒播种草，撒播密度为 80kg/hm$^2$。 | 栽植云南松幼苗（地径≥0.5cm，株行距 2m×3m），按与云南松 1:4 比例，随机穿插种植栓皮栎、云南油杉两种乔木植物；灌木植物混种大白花杜鹃、沙针、山合欢、余甘子幼苗（苗木高≥5cm，株行距 2m×2m）；草本植物播撒地果、硬秆子草、沿阶草、黄背草、戟叶酸模、小叶三点金、滇素馨等种子（撒播密度为 40kg/hm$^2$）。栽植面积 621.85 亩。 |
| 薄刀岭石料场 | 石料场植被恢复采用车桑子和羽脉山黄麻混播，正方形配置，株行距 2.0m×2.0m，撒播 20kg/hm$^2$。狗牙根采用撒播种草，撒播密度为 80kg/hm$^2$。 | 石料场：灌木植物混种清香木、山合欢、余甘子、栌菊木幼苗（苗木高≥5cm，株行距 2m×2m）；草本植物播撒地果、沿阶草、小叶三点金等种子（撒播密度为 40kg/hm$^2$）。栽植面积 354.03 亩。 |
| 道路区 | 永久道路行道树造林方式为植苗造林，树种选用云南樟，胸径 4~6cm，株距 5m。开挖边坡采用喷播植草护坡，边缘处栽植攀援植物，株距 0.5m；<br>改扩建临时道路在道路两侧平缓空旷地段栽植行道树，方式为植苗造林，旱冬瓜苗木地径 1.2cm，株距 2m；在道路两侧开挖及回填区域撒播狗牙根；<br>新建临时道路植被恢复采用乡土树（草）种旱冬瓜、车桑子、羽脉山黄麻和狗牙根，乔木采用植苗造林，行间混交，“品”字形配置，乔木株行距 2m×2m；车桑子和羽脉山黄麻穴播于乔木行间，株行距 2m×2m；狗牙根采用撒播种草，撒播密度为 80kg/hm$^2$。 | 永久道路：在云南樟之间种植合欢（胸径 4~6cm，株距 5m）；<br>改扩建临时道路、新建临时道路：栽植云南松幼苗（地径≥0.5cm，株行距 2m×2m）；大白花杜鹃、山合欢植于乔木间；草本植物播撒沿阶草种子（撒播密度为 40kg/hm$^2$）。栽植面积 652.51 亩。 |
| 砂石料加工场 | 植被恢复采用乡土树（草）种旱冬瓜、车桑子、羽脉山黄麻和狗牙根，乔木采用植苗造林，造林为行间混交，“品”字形配置，乔木株行距 2m×2m；车桑子和羽脉山黄麻穴播于乔木行间，株行距 2m×2m；狗牙根采用撒播种草，撒播密度为 80kg/hm$^2$。 | 栽植云南松幼苗（地径≥0.5cm，株行距 2m×3m）；清香木、沙针、余甘子植于乔木间；草本植物播撒地果、黄背草、小叶三点金、黄背草种子（撒播密度为 40kg/hm$^2$）。栽植面积 37.50 亩。 |

### 7.7.2.5 开展动态观测

为充分掌握小石门水库工程建设对勐岗河谷地区野生动物种群的影响及其

种群动态（包括分布、种群数量与结构），有效保护野生动物，并在小石门水库建设和运行期间对野生动物特别是珍稀保护动物进行有效保护与管理提供指导，需要水库建设对勐岗河谷影响区与野生动物潜在分布区开展长期观测。观测计划详见 8.1.3.6。

#### 7.7.2.6 开展种群与行为生态研究

需对该地区野生动物开展种群生态学、行为生态学研究，通过对野生动物的种群结构与组成、繁殖、食性、活动范围、栖息地利用、活动节律、行为适应等进行观察研究，分析水库建设对野生动物的影响及野生动物对这些影响的适应性，提出区域野生动物种群因水库建设的长期保护措施。

## 7.8 水生生态保护措施

### 7.8.1 保护目标与主要保护对象

理论上而言，所有受工程影响的鱼类均应作为保护对象，但其涉及的工程量较大，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。从重要性的角度考虑，通常按照一定顺序进行选择：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、重要经济鱼类；从受工程影响程度考虑，分布区域狭窄、抗逆能力差、生境受损程度高、与工程影响水域生态环境适应性强的鱼类优先选择；依鱼类资源现状考虑，可按濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受胁的顺序选择；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。

从现状调查结果看，勐岗河流域中的鱼类主要以适应急流生活的条鳅科鱼类（高原鳅、荷马条鳅、云南鳅）为主，下游普登河流域内这类土著种的资源量非常小，鱼类组成主要以适应生活在静水缓流的鲤科鱼类（如高体鳑鲏、鲫、棒花鱼等）以及食蚊鱼、鳜虎鱼等为主，而且多为外来种，上下游鱼类组成具有显著的差异。从现状调查结果看，本项目影响区现有土著鱼类中没有符合上述标准的物种，因此无法建议明确的保护对象。但基于鱼类群落整体保护的理念，对勐岗河土著鱼类进行保护。

## 7.8.2 水生生物及鱼类措施保护体系

为减缓小石门水库工程建设对工程影响水域鱼类及水生生物的影响，维护和恢复水生生物多样性，长期保持一定的鱼类种群规模，需建立完善的、系统的鱼类及水生生物保护措施体系。

根据小石门水库工程特性、水库建设对鱼类及水生生物的影响，结合小石门水库工程影响河段鱼类生物学及生态学特征，提出包括栖息地保护、恢复河道连通、增殖放流、过鱼设施、渔政管理等鱼类保护措施体系，见表 7.8.2-1。

**表 7.8.2-1　小石门水库鱼类保护措施体系**

| 时期 | 序号 | 措施名称 | 保护对象 | 主要作用 |
|---|---|---|---|---|
| 施工期 | 1 | 加强宣传及监管，建设鱼类保护应急机制 | 施工区河段鱼类 | 1、制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌；<br>2、监理和完善鱼类资源保护的规章；<br>3、加强监管；<br>4、建立鱼类保护应急机制。 |
| | 2 | 水质保护 | 施工区河段鱼类 | 减轻水库建设期间机械作业、建筑物料清洗、坑基排水、施工人员人为破坏等因素对施工河段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响。 |
| 运行期 | 1 | 栖息地保护 | 土著鱼类<br>条鳅科鱼类 | 为受影响鱼类提供一定的替代生境，使鱼类在其内可以完成产卵、育幼等生活史过程。 |
| | 2 | 拆除华竹电站，恢复河道连通性 | 土著鱼类<br>条鳅科鱼类 | 减轻阻隔影响，促进鱼类种群基因交流，恢复河道连通性。 |
| | 3 | 鱼类增殖放流站 | 短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、云南光唇鱼、红尾荷马条鳅 | 通过补充鱼类种群数量，恢复鱼类资源，维护和恢复鱼类生物多样性 |
| | 4 | 加强宣传、教育<br>加强渔政管理 | 工程影响河段鱼类资源 | 加强管理，保护鱼类资源及鱼类重要栖息生境；加强渔政能力建设 |

## 7.8.3 施工期保护措施

小石门水库工程施工时，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施工河段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；建设期进行建筑材料的清洗和基坑排水会造成坝址局部河段水体混浊，透明度下降，水质下降，对鱼类，特别是仔幼鱼的栖息不利。因此提出以下管理措施：

（1）加强施工人员鱼类保护宣传

在工程建设期间应对入驻的施工人员进行鱼类保护的宣传，避免鱼类资源的

人为破坏和损失。制定生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识。

（2）水质保护

加强工程区域的环境管理，严格按环保要求施工，施工生产废水和生活污水按环保要求进行处理，防止影响水生生物生境的污染事故发生。

（3）建立和完善鱼类资源保护的规定，严禁施工人员下河捕捞。

（4）建立鱼类保护应急机制

对施工围堰内的鱼类及时进行捕捞、暂养或放归；需要进行水下爆破的，事先需对影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免鱼类受到爆破的波及；在初期蓄水时，坝下河段水量明显减少，出现减水情况，鱼类会集中搁浅，应事先安排人员巡查，禁止初期蓄水期坝下减水河段捕鱼，对搁浅的鱼类及时采取救护措施，运行至库尾及坝下河段内适宜生境放流，以保护鱼类资源。

## 7.8.4 运行期保护措施

### 7.8.4.1 栖息地保护措施

栖息地保护是保护鱼类自然资源的主要且非常有效措施之一。保护栖息地应以能够为工程影响范围内所有鱼类提供完成生活史、维持一定种群数量为基本原则，依据鱼类资源的现状及其分布特点，结合影响区流域干支流鱼类资源严重程度进行综合考虑。

本工程所在勐岗河主要优势鱼类为小型条鳅科鱼类，产沉性卵，对繁殖条件要求不严苛。小石门水库形成后，流水生境萎缩，南鳅、荷马条鳅、高原鳅等急流性鱼类可能在水库库尾流水河段、坝下流水河段找到其适宜的栖息、繁殖水域，其中勐岗河上游段古岩河是急流型鱼类重要的栖息、繁殖水域。

#### 7.8.4.1.1 栖息地保护河段选择

将勐岗河上游古岩河何家村~至小石门水库库尾，约 23.6km；小石门水库坝下老厂村至小己保村河段，约 26.4km 两段划定为重点栖息地保护河段。

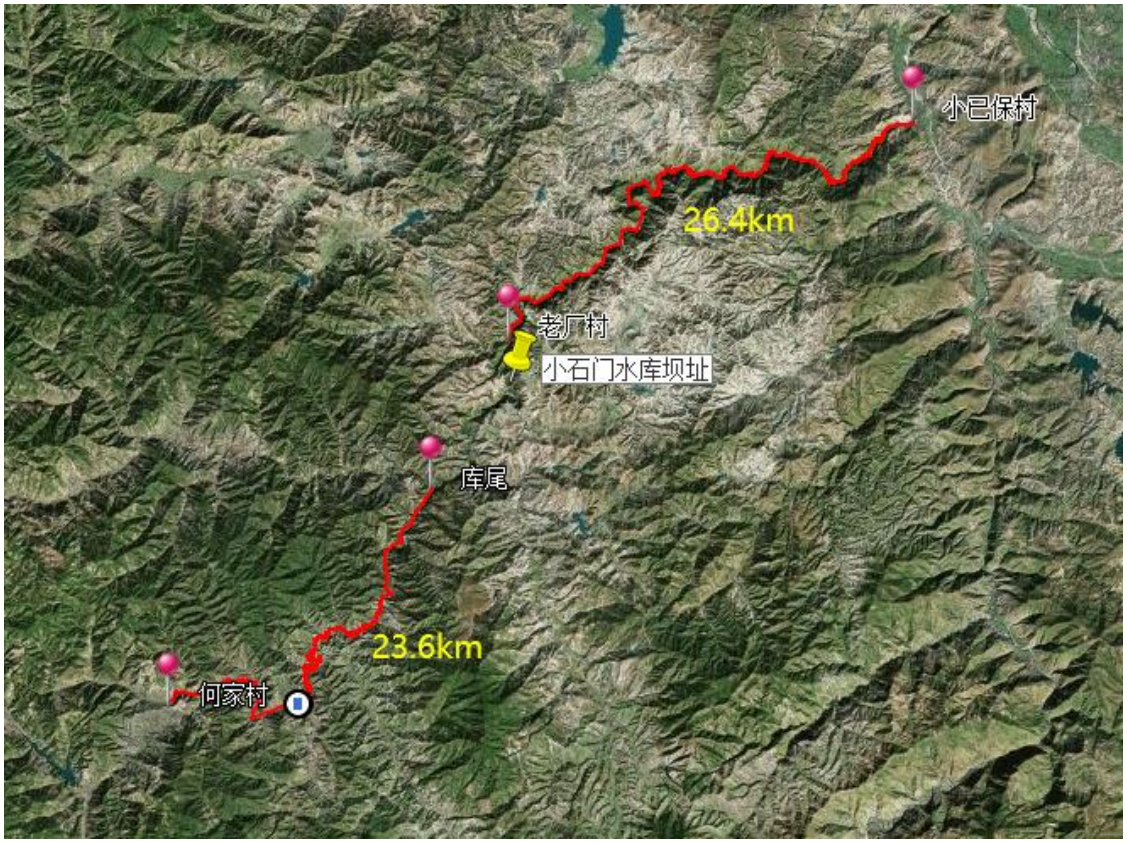



**图7.8.4-1　小石门水库鱼类栖息地保护河段示意图**

（1）第 1 段为勐岗河上游古岩河何家村~小石门水库库尾，约 23.6km，该河段鱼类资源相对丰富，是急流型鱼类重要的栖息、繁殖水域，且为当前条鳅科鱼类重要的栖息地，应作为该工程项目的重点栖息地保护河段。

（2）第 2 段为小石门水库坝下老厂村至小己保村河段，约 26.4km。选择该河段为保护河段主要原因有四点：一是华竹电站拆除后，可通过生境修复措施一定程度上恢复下游河段鱼类生境；二是该河段相比勐岗河其他河段自然生境、水质情况较好；三是为原有土著鱼类提供较好的栖息地，同时为后续的增殖放流鱼类提供天然生存环境；四是该河段主要分布在山区内，人为干扰较少，不需要过多的人为管理，只要维持原有天然生态环境即可。

#### 7.8.4.1.2 保护目标

将何家村至小石门水库库尾河段、小石门水库坝下老厂村至小己保村勐岗河段作为栖息地保护河段，为受影响鱼类和增殖放流鱼类提供繁殖、育幼和越冬场所，使受影响鱼类维持一定的种群规模。

#### 7.8.4.1.3 栖息地保护措施

（1）划定保留的天然河段

对鱼类栖息地进行本地调查，通过栖息地评估，为鱼类栖息地保护提供基本的信息基础和依据。根据对鱼类栖息地本底调查及评估结果，判断鱼类栖息地所处的状态，确定所采取的鱼类栖息地保护模式。根据对鱼类栖息地本底调查及评估结果，在保证河流经济价值与生态价值均衡的前提下，进行合理规划。

当地农业部门应结合区域鱼类资源，开展南鳅、荷马条鳅、高原鳅栖息生境保护研究，对南鳅、荷马条鳅、高原鳅栖息生境的水体形态特征、水文条件、水质条件等进行研究，将其产卵繁殖、幼鱼生长、索饵肥育和越冬洄游季节所划定的禁止或限制捕捞活动的水域，划为禁渔区和禁渔期，并实施禁渔区和禁渔期制度，禁止不合理捕捞。

（2）生境修复措施

在保护、维持好现存鱼类生境的基础上，通过一定的工程措施，修复河段内曾被破坏的生境，并在局部区域营造一定面积的原有生境，达到维护、修复、补偿该河道生态功能。水位下降导致河岸的不稳定，对陡峭、松软等易塌方河岸带进行护坡修复，铺设卵石、砾石营造适宜的产卵环境，形成的水深 0.3~0.5m 左右的浅滩进行生境修复。

（3）设置宣传牌、界碑

对鱼类栖息地保护河段做规划，地方政府应加强鱼类栖息地的管理，并在栖息地沿线设置鱼类栖息地宣传牌和界碑，开展鱼类保护日常巡查及栖息地环境调查，并进行鱼类保护法律法规宣传，提高民众的环境保护意识。

（4）加强渔政管理

工程建成后，地方有关部门加强对栖息地保护河段的渔政管理，扩大宣传力度，严格执法，应禁止在该区域进行渔业捕捞，特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为，禁止任何破坏河道及沿岸带生境的行为。

对于栖息地保护范围内的河段，禁渔区和禁渔期严禁一切捕捞行为，取缔迷魂阵、布围子等有害渔具。

（5）进行长期维护和巡视

工程建成后，建议地方有关部门应形成长期、有效的维护和巡视制度，加强

对该干支流的巡视和维护，及时发现栖息地内可能有阻塞、损坏的河段并加以维护和修复。

（6）科研和监测

工程建成后，应对栖息地保护河段进行长期的水质、鱼类和水生生物、重要生境等生态环境监测，从鱼类种类组成与资源数量上验证鱼类栖息地保护的效果。通过开展鱼类、环境等长期的监测工作，全方位、全过程了解栖息地的保护情况，为加强鱼类资源保护的适应性管理，为栖息地及鱼类保护提供数据依据。

（7）限制开发

对栖息地保护河段应尽量禁止相关水资源、水能资源开发的工程建设。若需建设项目，则必须在充分论证工程对鱼类资源的影响基础上，提出切实可行的减缓措施，并获得相关环保部门、渔业部分的同意，方可开展工作。

**7.8.4.2 恢复水系连通措施**

小石门水库坝下 14.3km 处建有华竹电站，该电站为引水式电站，于 2007 年动工建设，2009 年 4 月底建成投入试运行，2018 年 7 月 10 日取得竣工验收批复。电站装机 2720kW，设计引用流量 8m$^3$/s，年发电量 1305.9KW h，发电利用小时 4801.2h，保证处理 1320kW。在云南省中小水电清理整改工作中，按照《元谋县小水电清理整改“一站一策”实施方案》，华竹电站列为整改类。

华竹电站建设年代较早，管理粗放，生态流量下放措施落实情况较差，导致取水坝至厂房区间 1.48km 河段断流明显，对勐岗河干流水生生态环境影响较大，为了使华竹电站取水坝上、下游恢复连通性，应拆除华竹电站，恢复河道功能。

2020 年 11 月 27 日，元谋县人民政府出具“关于元谋县华竹电站的处理意见”（详见附件 13），对华竹电站采取以下处理措施：（1）由地方人民政府按比例出资将华竹电站收归国有；（2）华竹电站收归国有后，将电站厂区、大坝、发电机组、压力管道等设施及构筑物彻底拆除，恢复河流通畅，厂区土地进行植被恢复。同时，将电站列为小水电清理整改的限期退出类电站，于 2022 年 10 月底前全部退出完成。

华竹电站拆除后，后期对其取水坝下游河段进行生态修复以恢复河道连通性、恢复水生生境。

### 7.8.4.3 过鱼设施

#### 7.8.4.3.1 过鱼设施建设的必要性

根据《中华人民共和国水法》第三章二十七条规定“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施或者采取其他补救措施”。2016 年 1 月 9 日原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究讨论会会议纪要的函》（环办函[2006]11 号），会议纪要要求“在珍稀保护、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝的措施。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。”2016 年 7 月修订的新《中国人民共和国水法》中规定“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”。《云南省渔业条例》（2011 年 5 月）第五十条“在渔业水域建闸、筑坝或者建设其他工程，对水生生物资源有影响并未按要求建造过鱼设施、水生生物资源增殖放流站，或者未采取其他补救措施的，责令采取补救措施”由此可见除了栖息地保护及增殖放流措施外，过鱼措施减少大坝阻隔影响，维持坝址上下鱼类种群之间的基因交流，维持一定的鱼类种群规模的作用性无法被替代。

根据小石门水库工程影响河段现状调查，水库工程影响河段内无长距离洄游鱼类，无产漂流性卵鱼类，分布的土著鱼类主要为小型条鳅科鱼类，这些鱼类为定居型鱼类，对流水环境有偏好，对水质要求较高，目前种群数量较多，但考虑到项目建成后小石门坝址对勐岗河上下游鱼类基因交流的阻隔作用，因此从鱼类资源保护角度出发，在落实栖息地保护的相关措施和开展鱼类增殖放流的前提下，对过鱼措施的选择进行比选。

#### 7.8.4.3.2 过鱼设施的选择

小石门水库总库容 11102 万 $m^3$，正常蓄水位为 1673m，死水位为 1601.4m，最大坝高 163.5m。正常蓄水位和坝下水位差值超过 90m。过鱼设施是使鱼群顺利通过拦河闸坝，抵达产卵地点或培育场而设置的水工建筑物。过鱼设施主要分为上行过鱼设施和下行过鱼设施。国内外主要水利工程过鱼设施包括鱼道、鱼闸、升鱼机和集运鱼船、网捕过坝等。过鱼设施需根据工程条件、过鱼种类习性和布置条件选择合适的过鱼设施。各种过鱼设施的特点比较见表 7.8.4-1。

**表 7.8.4-1　　常见过鱼设施优缺点及适用范围比较**

| 设施 | 优点 | 缺点 | 主要应用领域 |
|---|---|---|---|
| 鱼道 | 消能效果好<br>结构稳定<br>连续过鱼 | 设计难度较大<br>不易改造<br>工程量较大，投资较高 | 中低水头大坝 |
| 鱼闸、升鱼机 | 鱼类体力消耗小<br>过鱼实现自动化<br>人为因素小 | 过鱼不连续，有限<br>操作复杂<br>运行、维护费用高 | 高水头大坝 |
| 集运鱼系统 | 工作地点灵活<br>对主体工程影响小<br>方案操作性强 | 操作复杂<br>对鱼类存在伤害<br>需要组织专门运鱼队伍<br>运行费用高 | 中高水头大坝 |
| 网捕过坝 | 工作地点灵活<br>对主体工程影响小 | 捕捞对鱼类存在伤害<br>设施相对简陋、人为因素大<br>无相关规范要求<br>专业性强 | 无相关规范要求 |

（1）鱼道

鱼道是由于人类兴建水坝等活动，破坏了鱼类洄游的通道而建造，是供鱼类洄游的通道。国内鱼道的主要过鱼对象一般为珍贵鱼类、鲤科鱼类和虾蟹等幼苗，它的设计主要考虑鱼类的上溯习性，适用于游泳能力较高鱼类。在闸坝的下游，鱼类常依靠水流的吸引进入鱼道。进口的布置大多在有一定水深的岸边、电站或是溢流坝出口附近，水流平稳。根据其设计型式可分为三大类：技术型鱼道（如池堰式、竖缝式、丹尼尔式、组合式等）、仿自然鱼道等。但鱼道运行时受上游水位和流量的影响，流速、流态都不稳定，且鱼上溯过程中需要耗费很大能量，使过鱼效果难以保证。因此，鱼道一般只适用坝高在 40m 以下的中低水头水利枢纽。

鱼道需要开阔的地形以满足长度的需要，但本工程上下游水头差超过 90m，所在地两岸地形陡峻、狭窄，不具备绕坝布置的地形条件。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，且该区域鱼类大部分为底层鱼类，土著鱼类不具有洄游特性。综合来说，本工程不适合布置鱼道。

（2）升鱼机和鱼闸

升鱼机和鱼闸优点是节省占地，投资小，一般运用在中高水头的大坝上，但缺点是不能实现连续过鱼，下游鱼类较难找到入口，大大降低了过鱼效率且运行维护费用较高。本工程属于高水头大坝，鱼闸比较适合中上层鱼类，并不适合目前底栖土著鱼类。一般认为，从成本效益考虑，升鱼机是解决高坝过鱼问题的最佳方案。因为升鱼机可用于特别高的水坝，其设计与建设成本基本上与水坝高度无关 (Clay, 1995) ，且过鱼种类范围较广(Croze et al, 2008)，对鱼类的行为和游泳能力要求也较低，但过鱼率只有 10~16%，且运行成本、技术要求比较高，机器容易发生故障，定期的维护也比较高，小石门所选地址的河道平水期水面宽 2-4m，吸引流量比较小，升鱼机并不适合。另外升鱼机需要采用机械提升，大拦河坝为混凝土面板堆石坝，溢洪道布置在大坝左坝肩，不宜布置斜坡式和垂直式升鱼滑道。本工程不适合布置升鱼机。

（3）集运鱼系统

通过一定的诱鱼手段，将下游的鱼集中到船体或箱体当中，然后通过船闸或者汽车运输将鱼运输到坝上，从而达到翻坝的目的。适合于高水头的大坝，与枢纽布置干扰较小，可单独运行，也可以长距离转运鱼类。集运鱼设施一是集鱼方式较灵活，但具有操作不连续的问题；二是运行管理费用较高，且存在一定的人为干扰，鱼在运输途中受到一定伤害等缺点。

集运鱼系统主要集鱼设施分为集运鱼船和固定集鱼平台，小石门水库引水和下游灌区农田的减水效应，水位会有所下降，且现状普登河河道平、枯水期平均水深不到 1m，河道不具备运行集运鱼船的条件，而且集运鱼船对小型条鳅科鱼类的集鱼效果缺乏研究和成功的范例，不予推荐。对于勐岗河现有分布的鱼类来说，个体偏小，多为中小型底栖鱼类，没有能够长距离逆流游泳的能力，坝下河段鱼类资源量有限，采用集运鱼系统效果差，运行成本也高，不是理想的过鱼措

施。

（4）网捕过坝

网捕过坝主要是在鱼类自然繁殖期前，采用地笼等对鱼类个体没有机械性损伤的网具在坝址下游（上游）土著鱼类较为集中的水域捕捞，采用充氧鱼苗袋或多功能运鱼车将捕捞鱼类转运至坝址以上（下）河流，选取水生生境较为合适的放流点放流，进而使坝上与坝下土著鱼类自然群体间通过自然繁衍的过程达到基因交流的目的。集中捕捞之前，可以使用鱼探仪探知鱼类的集中分布区域，然后集中布置地笼捕捞。近年来，通过网捕过坝来缓解在水利水电工程建设中由于阻隔造成鱼类等水生生物基因交流影响的措施被广泛运用。

本工程所在河段鱼类资源量少，网捕过坝设施相对简陋、捕捞人为因素大，对鱼类存在伤害。网捕鱼类均为底栖鱼类，只适合前期鱼类资源保护辅助措施，后期水库运行期其效果不佳，且鱼类增殖站在初期下闸蓄水前建成运行，鱼类资源措施主要依靠栖息地保护和增殖放流。因此，网捕过坝严格来说只能为辅助措施，不予推荐。

（5）小结

小石门水库工程为高水头大坝，不适宜建设鱼道；坝址所在河道平水期水面宽 2~4m，吸引流量比较小，升鱼机并不适合，工程坝址结构形式也不宜布置斜坡式和垂直式升鱼机。本工程所在河段鱼类资源量少，普登河水深不足 1m 不具备运行集运鱼船的条件。网捕鱼类对鱼类有伤害，人为因素大，只适合前期鱼类资源保护辅助措施，不适合做过鱼措施。本工程主要依靠栖息地保护和增殖放流保护河段鱼类资源、恢复河流的生物多样性，因此本工程不设置过鱼措施。

#### 7.8.4.4 增殖放流

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，结合整个勐岗河流域的开发，鱼类增殖放流可在一定程度上缓解水利水电工程对鱼类资源的不利影响，是水利水电工程保护鱼类资源重要措施之一，对鱼类种群数量恢复有一定积极作用。

##### 7.8.4.4.1 放流对象选择及理由

根据《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》（NB/T35037-2014）的相关规定，在工程鱼类综合保护方案的总体要求下，应根据鱼类亲本的可获得性、人工驯养

繁殖技术基础以及放流水域生境条件，合理确定放流对象。

根据放流对象的选择应遵循“统筹兼顾”“突出重点”的原则，结合流域鱼类资源保护以及相关放流工作基础，优先选择珍稀濒危、特有鱼类以及受影响程度大且难以形成自然种群的鱼类。放流对象的确定需从流域内原本土著鱼类物种及放流的选择原则等因素综合考虑。勐岗河现存土著鱼类以条鳅科鱼类为主，虽具有一定经济价值，但目前条鳅科人工繁殖技术尚不成熟。前鳍高原鳅在勐岗河的野外种群量较大，云南省境内分布较广，水库的建立对其种群发展长远影响较小；侧纹云南鳅目前尚未人工繁殖，因此主要通过栖息地保护、保障河流生态流量等措施让其在自然状态下完成繁殖，更有助于保证这两种鱼类种群存续。而红尾荷马条鳅 Homatula variegata 在该河流种群数量相对较少，栖息地环境条件相对较高，小石门水库建设运行一定程度上会影响到红尾荷马条鳅种群量，可考虑将其作为增殖放流对象，补充其种群数量，减缓工程建设对其带来的影响。

此外，勐岗河无大中型土著经济鱼类的历史记录，放流对象的选择范围应扩大至龙川江流域乃至金沙江流域，同时结合勐岗河的生境现状，选择能够适应现有生境且能完成整个生活史的鱼类物种作为放流对象。因此拟选定短须裂腹鱼 *Schizothorax wangchiachii*、四川裂腹鱼 *Schizothorax kozlovi*、云南光唇鱼 *Acrossocheilus yunnanensis* 3 种鱼类作为放流种类。这三种鱼类分布于金沙江流域，在龙川江流域亦曾有分布，此次作为增殖放流对象，对龙川江流域来说其性质属于土著种的再引入，该措施有利于弥补龙川江流域缺失大中型鱼类的现状，优化鱼类群落结构，从而恢复和提升龙川江流域的河流健康。

（1）短须裂腹鱼 *Schizothorax wangchiachii*

经调查，勐岗河流域的生境环境基本满足短须裂腹鱼的生存和繁殖条件。短须裂腹鱼是植食性鱼类，主要利用口部角质部分刮食藻类，目前勐岗河流域河道中丝状藻类资源较为丰富，可以为短须裂腹鱼提供充足的饵料。短须裂腹鱼肉质鲜美，经济价值较高，通过该种的增殖放流和种群恢复，即可以促进生物多样性保护，减缓工程建设对鱼类带来的影响，也可以促进当地休闲渔业的发展。

另外，短须裂腹鱼为金沙江其所属支流主要经济鱼类，被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》（IUCN），属近危种，云南主要分布在丽江、会泽、富民、宁蒗、宜良等地。楚雄洲龙川江作为金沙江一级较大支流，由于层层水电

站和水坝的阻隔导致短须裂腹鱼无法上溯洄游产卵，在楚雄州龙川江流域的短须裂腹鱼消失踪迹。此次将短须裂腹鱼作为土著鱼类再引入龙川江流域，作为小石门水库的增殖放流对象，有利于保护该物种。

成熟增养殖技术是开展大规模增殖放流的前提，短须裂腹鱼喜清新流水，易驯化，可摄食人工配合全价颗粒饲料，人工繁殖技术成熟。从 2001 年云南省水产研究所开始在云南省鹤庆县水产技术推广站流水养鱼基地进行短须裂腹鱼池塘人工驯养，2005 年开展人工繁殖试验后期取得了突破；2012 年雅砻江流域水电开发有限公司对短须裂腹鱼进行人工繁殖，孵化率为 80%；2013 年云南省渔业科学研究院为提高短须裂腹鱼人工繁育能力，以刚涌出的清澈无致病菌和虫的地下泉水为水源，采用水流培育亲鱼、流水孵化受精卵、活体饵料培育鱼苗等关键技术，进行短须裂腹鱼规模化人工繁育技术研究，受精卵孵化率高达 91.2%；2015 年雅砻江流域水电开发有限公司将孵化率提高到了 92.8%。为了快速培育又符合绿色养殖概念，鲁地拉鱼类增殖放流站全程采用循环水养殖模式完成短须裂腹鱼从亲鱼培育直至增殖放流各环节。云南宜良已经实现了大规模人工繁殖产业链。目前金沙江鲁地拉水电站、阿海水电站、雅砻江锦屏一级、锦屏二级、官地水电站都将短须裂腹鱼列为增殖放流对象。

**短须裂腹鱼 *Schizothorax wangchiachii***

（2）四川裂腹鱼 *Schizothorax kozlovi*

四川裂腹鱼与短须裂腹鱼同属一个类群，通常选择在底质多为沙和砾石的急流河川内掘坑产卵，产出的卵大部分聚集在小坑，进行胚胎发育。四川裂腹鱼繁

殖旺季在 3~5 月份，主要在 4 月中下旬，产沉性、微粘性卵。而短须裂腹鱼野外繁殖季节为 12 月份至次年的 3 月份，人工繁殖可在 3~4 月份。目前关于四川裂腹鱼的人工驯养繁殖也相当成熟，自从 2011 年四川裂腹鱼的人工繁殖初步成功之后，毕节水产推广站的技术人员开展并攻克了四川裂腹鱼人工繁殖的各技术难关，提高了鱼卵的孵化率和鱼苗的成活率。至今在我国西南地区四川裂腹鱼养殖发展迅猛，仅贵州全省养殖面积高达 5 万余平方米，年产量 6000 余吨。2018 年，鲁地拉水电站鱼类增殖站全部采取水循环系统养殖方式培育四川裂腹鱼，效果良好。自此四川裂腹鱼和短须裂腹鱼逐渐成为增殖放流的新宠。2019 年雅砻江公司分别在两河口水电站、二滩水电站、桐子林水电站和锦屏一级水电站、锦屏二级水电站、官地水电站放流四川裂腹鱼和短须裂腹鱼。玉龙县农业农村局向金沙江投放了细鳞裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼 4 个土著品种的裂腹鱼 35000 多尾。2020 年 8 月阿海水电站向金沙江增殖放流了齐口裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、鲈鲤、圆口铜鱼、长鳍吻鮈、长薄鳅及软刺裸裂尻鱼等 9 种鱼类，共计 18.4 万尾。

**四川裂腹鱼 *Schizothorax kozlovi***

经调查金沙江及龙川江流域的生境环境基本满足四川裂腹鱼的生存和繁殖条件，饵料足充。通过该种的增殖放流和种群恢复，可以促进生物多样性保护。

（3）云南光唇鱼 *Acrossocheilus yunnanensis*

云南光唇鱼是山溪流水中生活的中小型鱼类，也适应江河、水库中生活。常栖息在底质多沙砾的缓流水域中下层，喜居清水环境。以植物性饵料为主的杂食性鱼类，主要以丝状藻及水生植物的茎叶为食，兼食少量的小鱼，小虾等动物性饵料。一般 2~3 龄性成熟，繁殖期为 5~7 月，产沉性卵，属于一次性产卵鱼类。

关于云南光唇鱼的繁殖研究最早见于 1982 年云南光唇鱼的胚胎和胚后发育初步观察，2014 年贵州省毕节市水产技术推广站的詹会祥和周礼敬分别发表了云南光唇鱼的驯化养殖技术和人工繁殖和苗种培育初步研究，当时鱼苗培育成活率达 67%左右。2010 年至今，云南省水技术推广产站组织专业技术人员开展云南光唇鱼人工驯养繁育技术研究工作，经过多年努力，解决了云南光唇鱼野生鱼类驯养、繁殖、苗种培育、仔鱼开口饵料选择等多项技术难题，2013 年繁殖出子一代苗种，2016 年繁殖出子二代苗种，2017 年首次为滇池增殖放流提供苗种 10 万余尾，随后每年向滇池投放 10 万余尾。成果先后在昆明、曲靖、昭通等地推广，取得了良好的经济、社会和生态效益，形成了一套稳定、成熟的技术成果。2018 年云南省水产技术推广站独立完成的“云南光唇鱼全人工繁育技术”专利成果进行标准化评价，已达到了国内领先水平，该水产推广站全年可提供鱼苗 12 万余尾，鱼苗成活率达 95%以上。中国科学院昆明动物研究所也已经突破了云南光唇鱼的人工繁殖技术。此次，随着技术的成熟，一些水库开始增殖放流云南光唇鱼，2020 年 7 月牛街河水库大坝上游放流了 6000 尾云南光唇鱼。

**云南光唇鱼 Acrossocheilus yunnanensis**

云南光唇鱼曾经为楚雄州的经济鱼类之一，目前野外资源量急剧减少，属濒危物种。云南光唇鱼天然生活水质条件为：水体 pH 值 8.3，水温 8~20℃，溶氧量 8.2mg/L，勐岗河及龙川江流域能满足其基本生存和繁殖条件。

（4）红尾荷马条鳅 *Homatula variegata*

雌性红尾副鳅初次性成熟年龄为 2 龄，雄性为 1+~2 龄，繁殖旺季为 4～6

月。雌性红尾副鳅的绝对怀卵量为 162～756 粒，平均怀卵量为(437.3 ±31.27)粒（唐勇等 2012）。在人工驯养条件下，红尾副鳅能摄食人工配合饲料，且生长速度较快。2014 年宜昌市水产技术推广站成功总结了红尾荷马条鳅的人工繁殖技术，填补了其技术空白；2015 年神农架林区佳园科技养殖有限公司又对红尾荷马条鳅鱼苗的繁殖方法及用于其受精卵孵化进行了深入研究，并取得良好效果，大大提高了其孵化成功率。目前有些个体养殖户采用野外亲本进行自然繁殖培育鱼苗，但成功繁殖效果欠佳。

**红尾荷马条鳅 *Homatula variegata***

（6）放流对象

综上所述，预期通过增殖放流减少小石门水库工程所造成的渔业资源损失，同时为恢复金沙江水系土著鱼类资源做出贡献。**红尾荷马条鳅、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼和云南光唇鱼**，这四种鱼类的经济价值较高，其中短须裂腹鱼、四川裂腹鱼和云南光唇鱼人工繁殖技术较成熟，皆可在池塘人工养殖，可做为本工程放流对象；红尾荷马条鳅人工繁殖技术有限但也取得了成功繁殖技术。在本工程运行期，根据放流的实际效果，也可考虑对这 4 种增殖放流鱼类的物种进行调整，如果条件允许也可以考虑增加人工繁殖技术成熟的其他放流品种，如中华倒刺鲃。

**7.8.4.4.2 放流数量**

为了合理利用放流水域饵料生物资源，结合工程建设规模和对产卵场的影响程度以及全流域生态影响对鱼类资源减少的程度等方面综合考虑，拟定在项目运行期间每年向适宜流域区域投放上述四种鱼类苗种至少 13.45 万尾。确定适宜的鱼类放流数量需要根据饵料生物计算鱼产力，通过评价区域浮游植物的 P /B 系数取值为 60，饵料利用率取值为 20%，饵料系数取值为 40；浮游动物的 P /B 系数取值为 20，饵料利用率取值为 25%，饵料系数取为 10。小石门水库的浮游动

植物生物量按照现有生物量的 100 倍计算。

（1）浮游植物产鱼力为：

库区体积 10368m$^3$×生物量 6.08 ml/L×p/B 系数 60×饵料利用率 0.2/饵料系数 40=18911（kg）

（2）浮游动物产鱼力为：

库区体积 10368m$^3$×生物量 15.13 ml/L×p/B 系数 20×饵料利用率 0.25/饵料系数 10=78433（kg）

（3）库区合计产鱼力为：

18911（kg）+78433（kg）=97.34（吨）

库区合计产鱼力为 97.34 吨。目前计划水库放流至少 6 万尾各类鱼苗，按照每尾成鱼 1.5 公斤计算，合计每年约增殖 9 吨鱼类，仅为库区饵料产鱼力的十分之一，满足放流要求。河道产鱼力目前尚无标准方法，但一般河流的环境容纳量比水库大，小石门水库能满足建议的 6 万尾增殖放流量，则放流河段蜻蛉河、龙川江也基本能满足每年 7 万尾放流鱼类的容纳量。

考虑放流对象生态习性和受本工程建设运行影响的程度，确定短须裂腹鱼放流 6 万尾/年，放流规格为全长 5~8cm 之间；四川裂腹鱼放流 2 万尾/年，放流规格为 5~8cm 之间；云南光唇鱼放流 5 万尾/年，放流规格为 5~7cm 之间；而红尾荷马条鳅由于目前人工繁殖技术有限，放流数量采用逐年增加，第一年为 2000 尾，第二年为 3000 尾，第三年为 5000 尾，第四年后每年稳定放流 5000 尾，放流规格为 4~5cm 之间。随着增殖放流工作开展和渔业资源恢复，可根据鱼类增殖放流效果评价对放流规模和种类进行优化调整。鱼类增殖放流种类、数量和规格见表 7.8.4-2。

**表 7.8.4-2　小石门水库工程鱼类增殖站放流种类、数量和规格**

| 序号 | 放流种类 | 放流规格（cm） | 平均放流数量（万尾/年） |
|---|---|---|---|
| 1 | 短须裂腹鱼 | 5-8 | 6 |
| 2 | 四川裂腹鱼 | 5-8 | 2 |
| 3 | 云南光唇鱼 | 5-7 | 5 |
| 4 | 红尾荷马条鳅 | 4-6 | 0.45 |
| 合计 | | | 13.45 |

#### 7.8.4.4.3 站址的选择

（1）站址选择原则

鱼类增殖放流站站址应从水源、水文气象、地质、用地规模和交通条件等方面进行比选。

①场址处地质条件良好，满足建设养殖车间、养殖水池的基础要求，鱼类增殖放流站站址应与主体工程施工或其他建设用地相协调。

②站址宜选择在抗渗性能良好的基地上，避开山洪、滑坡、泥石流等自然灾害影响的地段。鱼类增殖放流站必须具有可靠的防洪、排水措施。

③取水方便，水量充沛。当单一水源不能满足要求时，可采取多水源或调蓄等措施。

④场地规则、平整，便于养殖车间等设施的布置。

⑤为便于管理和明确管理责任，鱼类增殖放流站原则上应在业主管理用地范围内。

⑥场地不与施工布置冲突。

⑦交通方便，便于运输车辆进出。

（2）站址比选

小石门水库鱼类增殖放流站站址的选址，应结合工程附近的地形条件、水源条件、用地条件、日后增殖站运行管理条件等综合考虑。由于水库坝址附近及坝下河道地形为深切河谷，地势较陡，河道两岸不具备鱼类增殖站建设的条件。经现场查勘，在水库右坝肩有平缓山地，并结合上坝道路、供水水源等条件，也便于日后增殖站的管理运行，将鱼类增殖站选择在小石门水库坝址右岸、水库管理所旁是比较合适的。本工程初拟了两个增殖站的布置进行比选，见图 7.8.4-2、图 7.8.4-3。

方案 1：增殖站紧邻水库管理所，结合地形采用长条型方案布置。

方案 2：增殖站紧邻水库管理所，采用矩形方案布置，根据地形分为两层布置。

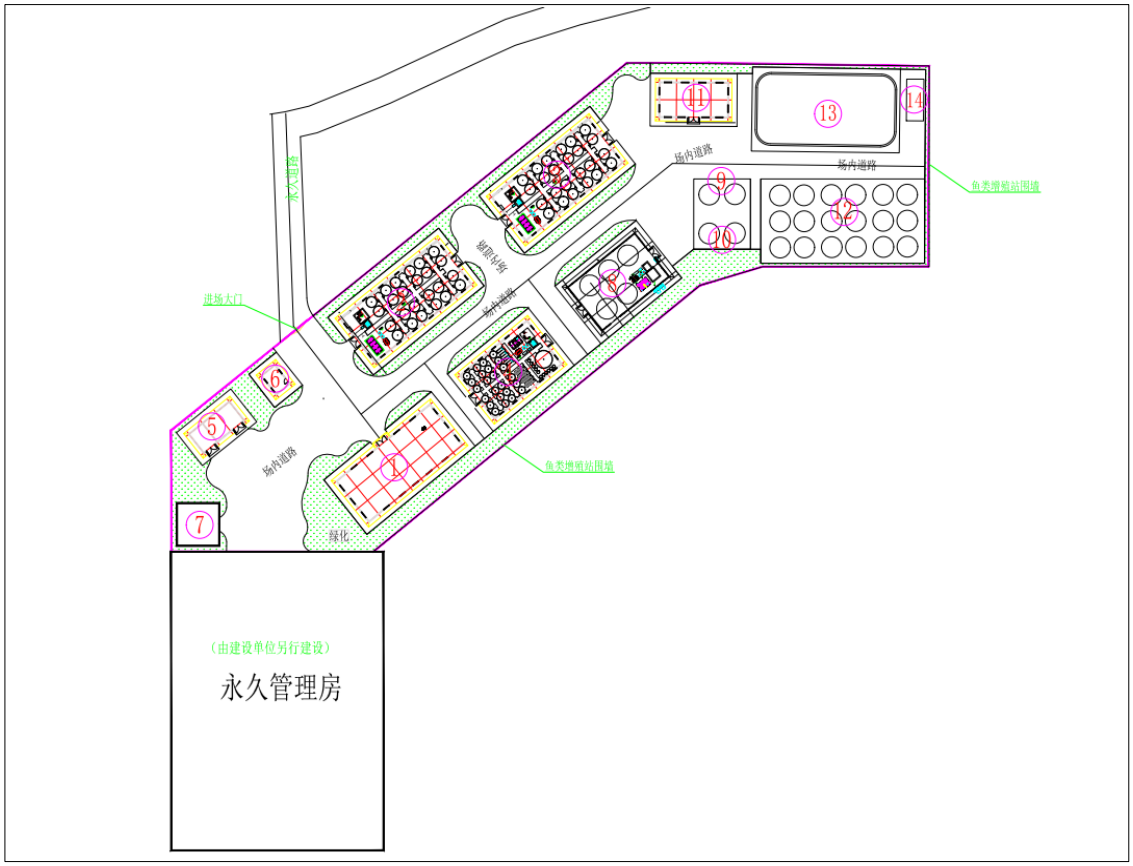
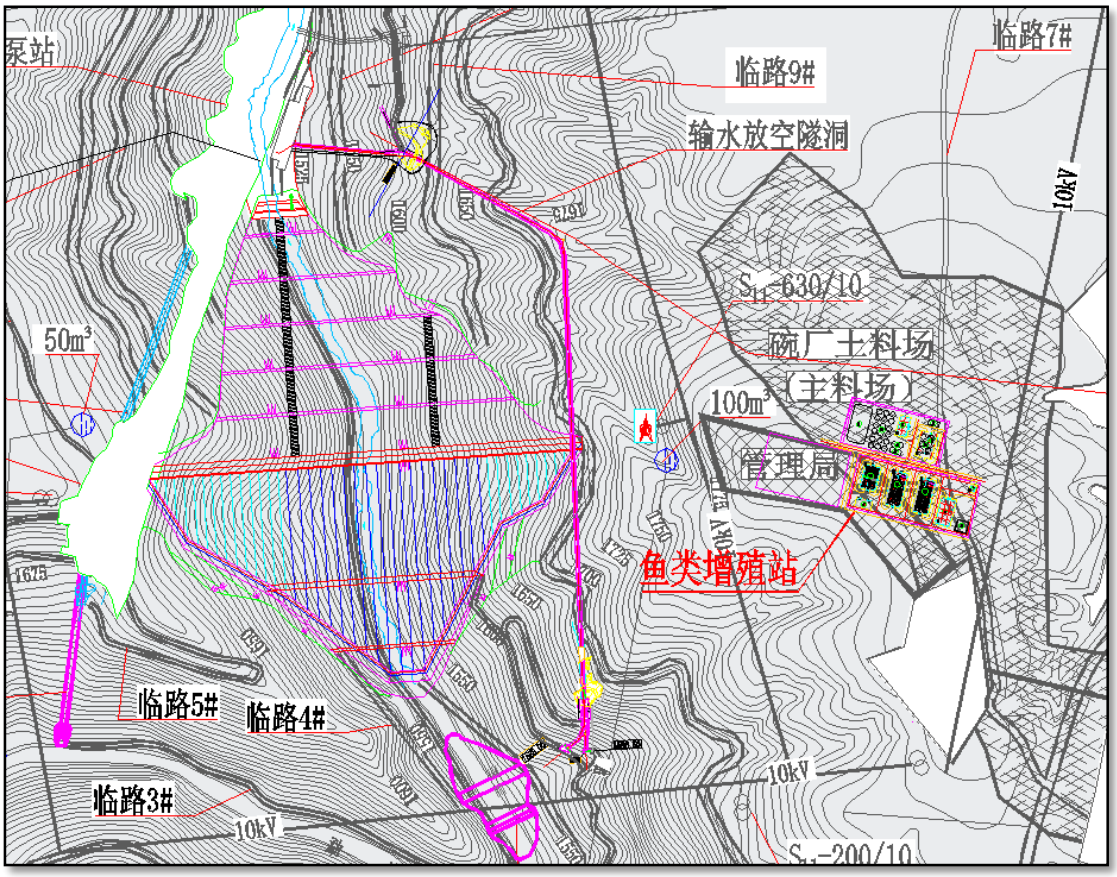



**图 7.8.4-2　增殖站选址及场内布置示意图（方案 1）**



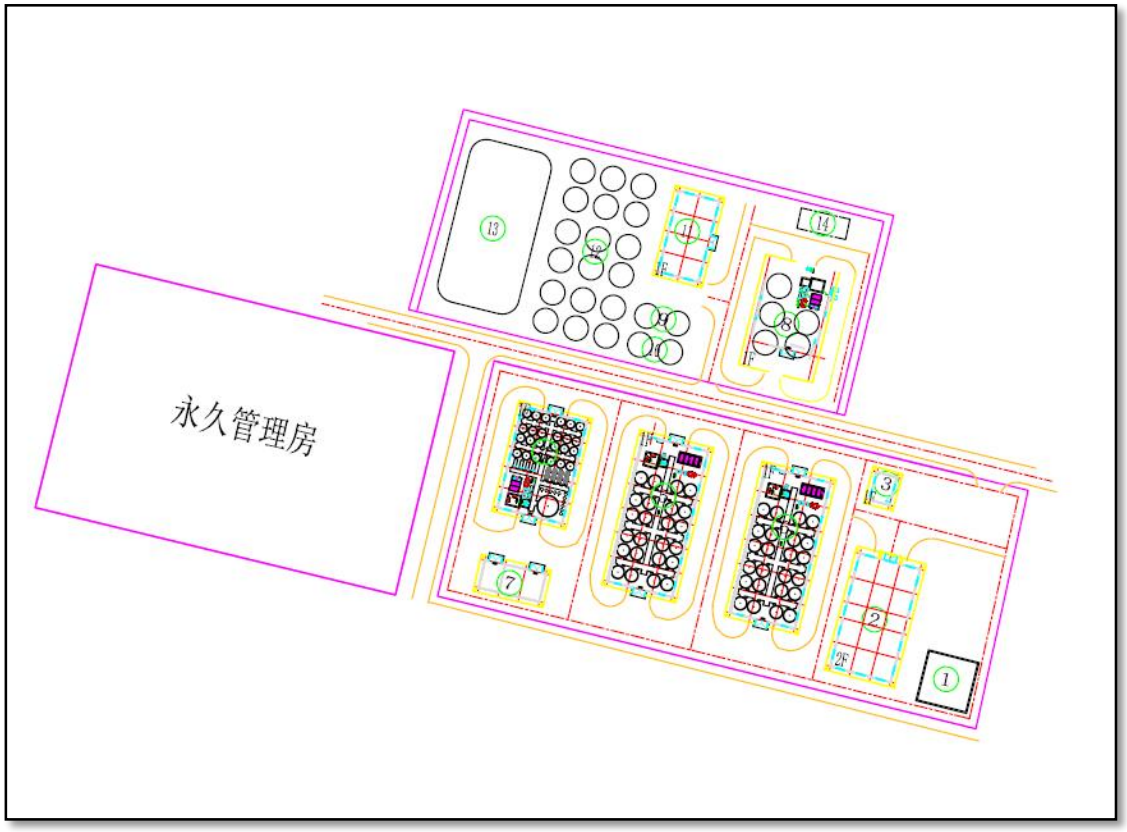




**图 7.8.4-3　增殖站选址及场内布置示意图（方案 2）**

从可用占地面积比较：本工程增殖放流站初步确定的放流规模为 13.45 万尾/年，保守估算增殖站用地面积为 18~25 亩。方案 1 可提供面积为 22.35 亩，方案 2 可提供面积为 25 亩，从满足增殖站用地条件来讲，两者均可满足现阶段增殖站用地要求，但方案 1 占地面积更小相对更优。

从水源条件比较：①鱼类增殖站在小石门水库下闸蓄水前建成运行，从水库起蓄水位为 1539m（相应库容万 50.9$m^3$）蓄水至输水隧洞 1596.5m（相应库容 1218 万 $m^3$）约 128 天，采用临时抽水泵，从库内抽水至鱼类增殖站，临时抽水泵 2 台，DP46-30×7 自平衡多级离心泵，水泵设计流量 46$m^3$/h，提水扬程约 210m。增殖站开始运行时两台泵同时开启运行；待所有水池装满后，每天补水量仅一台水泵运行即可满足循环用水量，每天约工作 10h，泵组可轮换运行。②水库蓄水至输水隧洞底板高程后，可通过水库坝下右岸溢洪道岸边设置戌街提水泵站从库区取水，由戌街泵站提水管提水，提水流量 0.41$m^3$/s，提水扬程 265.4m。③水库正常运行期间，在提水管分支管供管理所和鱼类增殖站用水，增殖站用水量 60$m^3$/h。根据水质监测资料，小石门水库坝址断面现状水质满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准，满足养殖用水要求。从水源条件来比较，用水量、水质均满足要求，两个方案取水条件一样。

从地形和建设条件比较：方案 1 沿地形布置，地形平缓，场平处理相对容易；方案 2 地形为坡地，场地内高差接近 20m，增殖站内四周要做高挡墙，土石方挖填工程量大，场平处理相对较难，且与土料场和弃渣场相互影响。方案 1 建设条件相对较易。

从交通条件比较：方案 1 沿上坝道路单侧布置，交通方便，公路也可直达水库管理所；方案 2 站址布置占用已有道路，增殖站内高差大、坡度大，上坝道路不易布置，且增殖站被上坝道路从中间分隔为上、下两块区域。方案 1 道路建设、交通条件优。

从设备布置条件比较：方案 1 设备都布置在同一平地上，设置安装、运行相对方便；方案 2 布置在台地上，被道路划分为上、下两层布置，高差接近 20m。由于道路的分隔，增殖站内给排水系统、循环系统布置有难度。方案 1 设备布置条件优。

从管理运行条件比较：方案 1 增殖站与管理所相结合布置，利于业主对增殖站共同管理；方案 2 虽紧邻水库管理所，但被道路分隔成上、下两台，且两台之

间高差大，不便于管理，且工作人员频繁往返于道路两侧，也存在一定安全风险。从管理便利性来讲，方案 1 管理相对较便利。

综合以上条件比较（见表 7.8.4-3），推荐方案 1 作为本工程鱼类增殖放流站的站址。

**表 7.8.4-3　小石门鱼类增殖放流站方案 1 和方案 2 条件比较**

| 项目 | 鱼类增殖站方案 1 | 鱼类增殖站方案 2 | 比较 |
|---|---|---|---|
| 地理位置 | 水库右岸紧邻水库管理所 | 水库右岸紧邻水库管理所 | 相当 |
| 用地面积 | 22.35 亩，可满足增殖站用地 | 25 亩，可满足增殖站用地 | 方案 2 优 |
| 水源 | 水库下闸蓄水至输水隧洞底板高程区间，采用库内设置临时抽水泵供水；<br>蓄水至输水隧洞底板高程后以及水库运行期间，通过戌街泵站提水，在提水管分支管供增殖站用水。 | 水库下闸蓄水至输水隧洞底板高程区间，采用库内设置临时抽水泵供水；<br>蓄水至输水隧洞底板高程后以及水库运行期间，，通过戌街泵站提水，在提水管分支管供增殖站用水。 | 相当 |
| 地形、建设条件 | 地势平缓，场平处理相对容易，建设较易 | 坡地，场地内高差接近 20m，四周需要做高挡墙，土石方开挖回填量大，场平处理相对较难，且与土料场和弃渣场相互影响，建设相对较难 | 方案 1 优 |
| 交通 | 沿上坝道路单侧布置，交通方便，公路也可直达水库管理所 | 占用已有道路，增殖站内高差大、坡度大，上坝道路不易布置，且增殖站被上坝道路从中间分隔为上、下两块区域 | 方案 1 优 |
| 设备布置 | 布置在同一平地上，设置安装、运行相对方便 | 布置在台地上，被道路划分为上、下两层布置，高差接近 20m。由于道路的分隔，增殖站内给排水系统、循环系统布置有难度 | 方案 1 优 |
| 管理运行 | 增殖站与管理所相结合布置，利于业主对增殖站共同管理 | 虽紧邻水库管理所，但被道路分隔成上、下两台，且两台之间高差大，不便于管理，且工作人员频繁往返于道路两侧，也存在一定安全风险 | 方案 1 优 |
| 综合推荐 | 推荐方案 1 作为本工程鱼类增殖放流站的站址 | | |

根据小石门水库所在地形、增殖站养殖规模，再考虑交通条件、建设条件、取水条件、设备布置条件等，选择在小石门水库坝址右岸、水库管理所旁修建，可依托主体泵站抽水一同解决水库管理所和增殖站的供水水源。该地块东面、北面建有永久道路，交通方便，便于亲鱼、苗种等运输放流；该位置地形相对其他位置较平整，也有利于本增殖站建设；而且该地块在紧挨水库管理所，在工程管理范围内，便于管理。因此，将该地块作为本增殖站建设位置。

#### 7.8.4.4.4 生产工艺设计

鱼类增殖放流站生产工艺流程包括苗种生产和放流。苗种生产包括亲鱼收集、亲鱼驯养培育、催产、开口苗培育、鱼苗培育和鱼种培育；苗种放流包括苗种放流前过渡培育、放流前检验检疫、放流标记和放流。

鱼类增殖放流站苗种生产流程图见 8.4.4-4、放流流程图见 8.4.4-5。

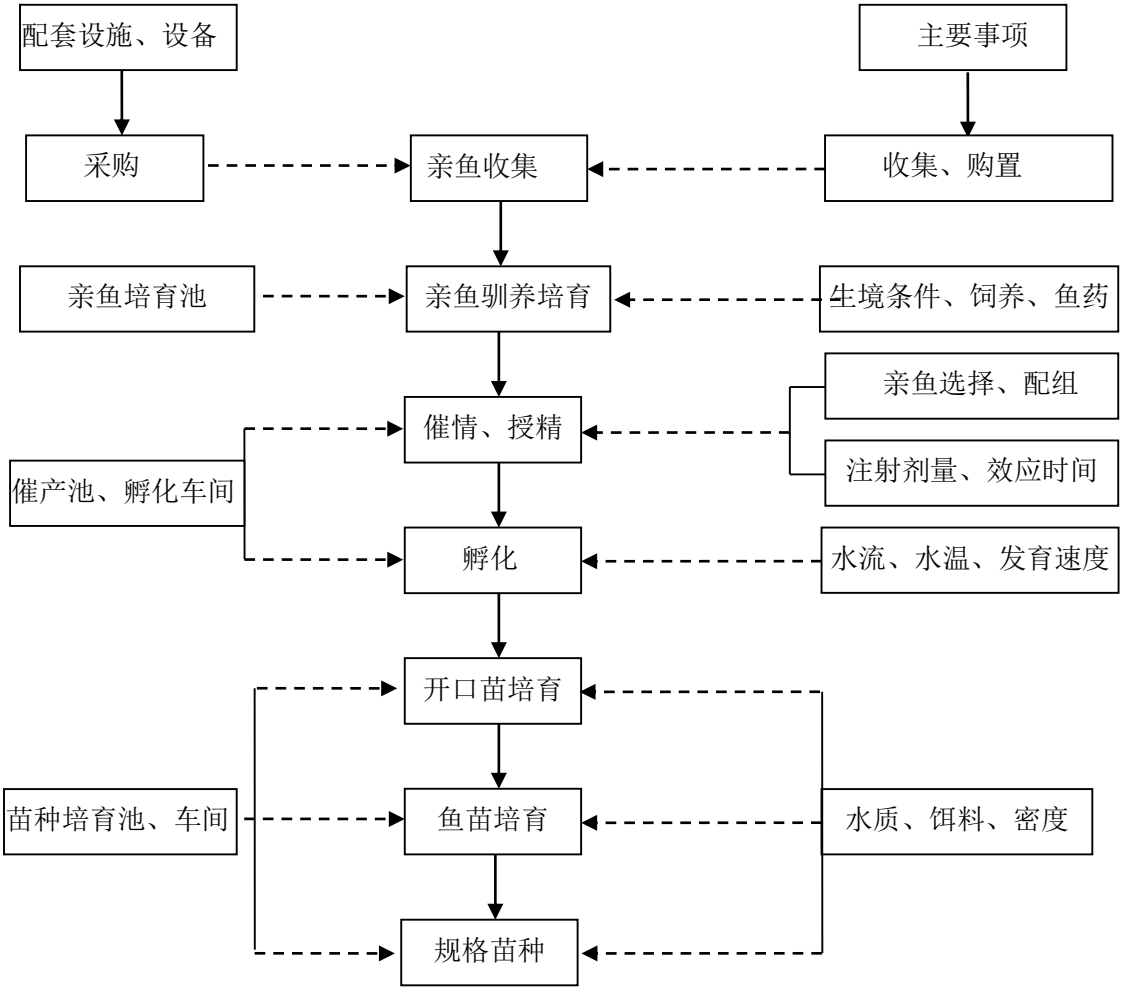



**图 7.8.4-4　增殖放流站工艺流程图**

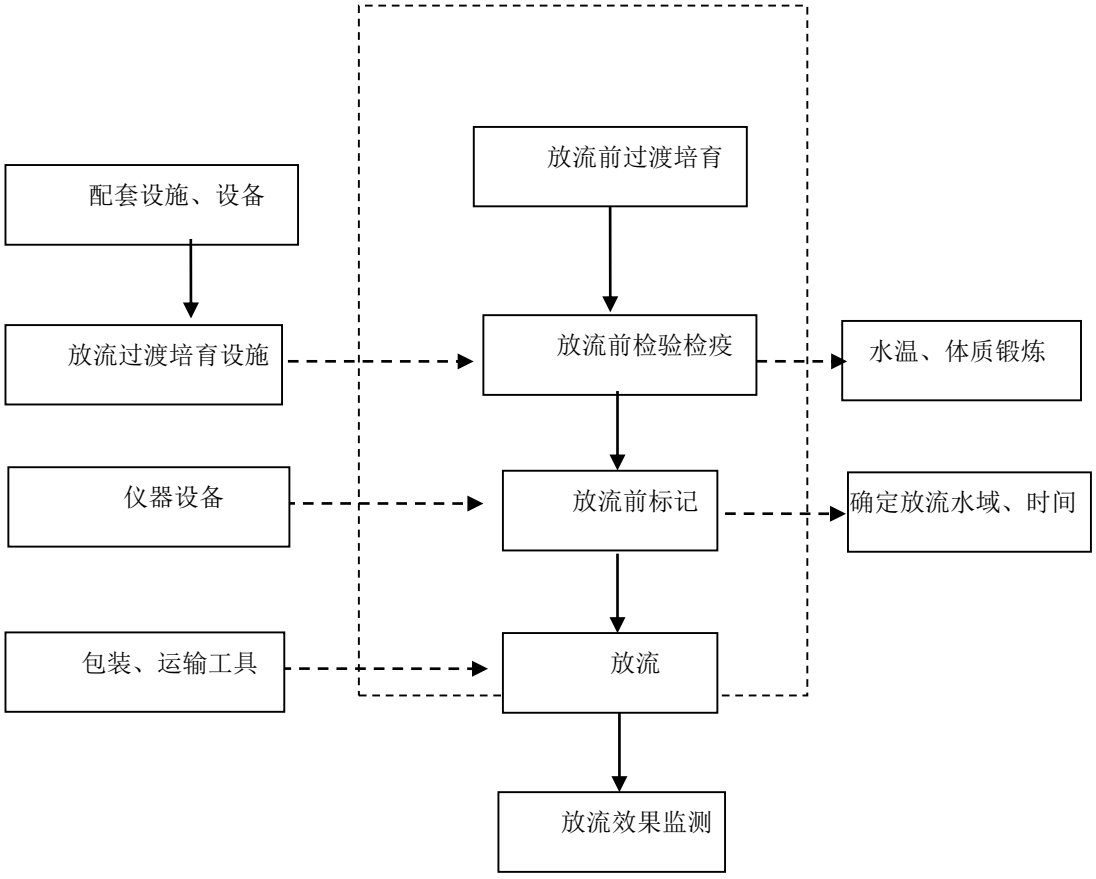



**图 7.8.4-5　增殖放流工艺流程图**

（1）养殖模式

养殖生产工艺可根据需要采用循环水养殖、流水养殖或静水养殖模式。一般根据放流对象的生态习性，并综合考虑水源和场地条件、用水量以及工程所在区域水环境功能区划等来确定。各养殖模式特点及本站养殖生产工艺比选见表7.8.4-4。

**表 7.8.4-4　鱼类增殖放流站养殖模式表**

| 养殖模式 | 水源要求 | 控制能力 | 水质可控性 | 弃水产生量 | 占地 | 造价 | 适用性 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 循环水养殖 | 适用于对水质要求高及流水性或静水性种类；水量需求较小 | 温控、溶氧 | 可控制，水质良好 | 少 | 较少 | 高 | 适用 |
| 流水养殖 | 适用于对水质要求较高及流水性或静水性种类；水量需求较大 | 无 | 不可调节 | 多 | 一般 | 较高 | 适用 |
| 静水养殖 | 适用于对水质要求较低及静水性种类；水量需求不大 | 无 | 不可调节 | 少 | 大 | 低 | 不适用 |

由上表可知，静水养殖适用于用地宽裕、取水方便且放流对象适应静水养殖的鱼类，废水产生量少；流水养殖中也包括微流水养殖，可用于适缓流或急流鱼

类的养殖，养殖密度大、废水产生量多；循环水养殖在用地较少的情况下适用，废水产生量少。

在鱼类养殖过程中，会混有鱼类粪便、饲料残饵的养殖废水排出，按当地环保部门要求，小石门水库所在勐岗河水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水标准要求，考虑到小石门水库供水均需水泵抽水，并结合以上三种养殖模式的弃水量、工艺特点及鱼类生态习性，本增殖站催产孵化和鱼苗、鱼种、亲本培育均采用循环水养殖模式，用水量少，对水的利用率高，废水产生量少；后备亲鱼采用为微流水养殖模式，废水再经增殖站内生态处理池处理后用于绿化、洒水等综合利用。

（2）养殖建（构）筑物和设施

本增殖站建筑物包括综合楼、催产孵化车间、鱼苗培育车间、鱼种培育车间、亲鱼车间等，根据鱼类生态习性、养殖技术条件和养殖规模等，估算各建筑物数量及规格见表 7.8.4-5。养殖设施包括催产池、孵化槽、孵化桶、尤先科孵化器、开口苗培育缸、苗种培育缸等，其规格和数量可见表 7.8.4-6。

**表 7.8.4-5　增殖站建（构）筑物一览表**

| 项目 | 单位 | 数量 | 规格 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 长（m） | 宽（m） | 高（m） | 面积（$m^2$） |
| 综合楼（二层） | 座 | 1 | 36 | 16 | 8 | 1152 |
| 鱼种培育车间 | 座 | 1 | 36 | 16 | 5 | 576 |
| 鱼苗培育车间 | 座 | 1 | 36 | 16 | 5 | 576 |
| 催产孵化车间 | 座 | 1 | 25 | 16 | 5 | 400 |
| 变配电间 | 座 | 1 | 15 | 7 | - | 105 |
| 值班室 | 座 | 1 | 7 | 5 | - | 35 |
| 蓄水池 | 座 | 1 | 12 | 12 | 4.0 | 144 |
| 亲鱼车间 | 座 | 1 | 25 | 16 | 5 | 400 |
| 仓库 | 座 | 1 | 15 | 10 | 5 | 150 |
| 生态处理池 | 座 | 1 | 40 | 20 | - | 800 |

**表 7.8.4-6　增殖站养殖设施一览表**

| 项目 | 单位 | 单位 | 数量 | 规格 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 长（m） | 宽（m） | 高（m） |
| 催产孵化车间 | 催产池 | 个 | 1 | D=5.0 | | 1.5 |
| | 孵化桶 | 个 | 10 | D=0.86 | | 1.5 |
| | 孵化槽 | 个 | 4 | 2.0 | 0.8 | 0.6 |
| | 尤先科孵化器 | 个 | 4 | 3.2 | 0.85 | 0.89 |
| | 开口苗培育缸 | 个 | 24 | D =2.0 | | 1.0 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 养殖循环水系统 | 套 | 1 | - | - | - |
| 鱼苗培育车间 | 鱼苗培育缸 | 个 | 24 | D =3.0 | | 1.0 |
| | 养殖循环水系统 | 套 | 1 | - | - | - |
| 鱼种培育车间 | 鱼种培育缸 | 个 | 24 | D =3.0 | | 1.0 |
| | 养殖循环水系统 | 套 | 1 | - | - | - |
| 亲鱼车间 | 亲鱼养殖池 | 个 | 5 | D =6.0 | | 1.5 |
| | 养殖循环水系统 | 套 | 1 | - | - | - |
| 后备亲鱼池 | 室外 | 个 | 18 | D =6.0 | | 1.5 |
| 防疫隔离池 | | 个 | 2 | D =6.0 | | 1.5 |
| 饵料生物池 | | 个 | 2 | D =6.0 | | 1.5 |

①综合楼

综合楼一座，长36m，宽16m，用于站内人员办公、住宿以及增殖站实验、科研、展示、宣传用。其中实验室内配置显微镜、解剖镜、天平、分光广度计、测水体理化指标的相关试剂、药品与仪器等，所配仪器与药品、试剂需满足水质理化指标的日常测定、亲鱼和苗种的发育观察、鱼病的鉴定等。

②鱼种培育车间

鱼种培育车间一座，用于鱼种培育，其规格为36m×16m。其内设置有鱼种培育缸24个，规格为直径3.0m、高1.0m、水深0.8m。

车间内配备有循环水系统一套，用于向鱼种培育缸供水。

③鱼苗培育车间

鱼苗培育车间一座，用于鱼苗培育，其规格为36m×16m。其内设置有鱼苗培育缸24个，规格为直径3.0m、高1.0m、水深0.8m。

车间内配备有循环水系统一套，用于向鱼苗培育缸供水。

④催产孵化车间

催产孵化车间一座，其规格为25m×16m，用于亲鱼催产、受精卵孵化和开口苗培育。车间内安装有催产池1个，规格为直径5.0m，高1.5m；孵化桶10个，规格为直径0.86m，高1.5m；孵化槽4个，规格为2.0m×0.8m×0.6m；尤先科孵化器4个，规格为3.2m×0.85m×0.89m；开口苗培育缸24个，规格为直径2.0m、高1.0m、水深0.8m。

车间内配备有循环水系统一套。

⑤亲鱼车间

亲鱼车间一座，用于亲鱼的培养，其规格为25m×16m。其内设置有亲鱼养殖池5个，规格为直径6.0m、高1.5m、水深1.2m。

车间内配备有循环水系统一套。

⑥仓库、变配电间、值班室

仓库一座，长15m，宽10m，用于增殖站内鱼类饲料存储。

变配电间一座，长15m，宽7m，用于增殖站内供配电系统、电气控制系统。

值班室一座，长7m，宽5m，用于增殖站内的安保工作。

⑦后备亲鱼池、防疫隔离池、饵料生物池

后备亲鱼池用于后备亲鱼的培育，数量共有18个，其规格为直径6.0m、高1.5m、水深1.2m，放于室外。

防疫隔离池用于收集或者采购亲鱼的消毒和隔离，数量共有2个，其规格为直径6.0m、高1.5m、水深1.2m，放于室外。

饵料培育池用于开口鱼苗的活饵料培育，数量共有2个，其规格为直径6.0m、高1.5m、水深1.2m，放于室外。

室外鱼池设置轻钢结构顶棚遮雨防晒，面积约1700$m^2$。

⑧生态处理池

用于养殖废水的生态净化处理，长40m，宽20m，经处理的养殖废水可以用于厂区内绿化及综合利用。

（3）水源及循环水系统

本项目用水由养殖用水和生活用水两部分组成，用水水源来自小石门水库库区，与水库管理所一同接引库泵站抽水。小石门水库由于地形原因，主体工程供水均通过水泵提水，结合环保要求及考虑到供水水源运行成本等因素，增殖站厂房采用循环水+适量补充工艺，室外水池采用微循环工艺。考虑到极端情况下应保证水源具备在一天时间内将所有养殖水体更换一遍的能力，增殖站用水量按照60$m^3$/h设计，设计室内循环水补水水量为养殖水体体积的10%，主要用于满足蒸发补水及水净化设备-微滤机清洗用水。

（4）增殖站排水

场区内排水采用“雨污分流”，场地内排水沟采用钢筋混凝土浇筑，雨水排水由布置于场内道路两侧的明沟雨水篦子收集，由场地排水沟汇集至放坡下游侧主管道，再通过主管道排导至豌豆厂1#弃渣场排洪沟。

增殖站养殖、生活废水通过一体化污水处理系统进行处理，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2018）一级A标后排入生态处理池，

可用于增殖站厂区内道路清扫、园区绿化用水，多余的处理水可接管至农灌渠，用于大坝右岸农田灌溉。

**7.8.4.4.5 放流方案**

**1、放流时间**

增殖放流活动应严格按照农业部《水生生物增殖放流管理规定》执行，根据相关文献报道，短须裂腹鱼鱼苗从鱼卵至初孵仔鱼需144~237h，平均全长达1~1.1cm，55日龄仔稚鱼平均全长约2.1cm左右，65天后成幼鱼形态；四川裂腹鱼鱼苗从鱼卵至出膜124~165h，平均全长达0.8~1cm，仔鱼62天后成幼鱼形态，平均全长可达3.3cm，适宜环境下1龄体长可达12.5cm；云南光唇鱼从鱼卵孵化在15.5℃条件下30培育后天，鱼苗平均体长1.8cm，1龄云南光唇鱼体长平均可达9.4cm；红尾荷马条鳅1龄体长可达4cm~6cm。

因此从放流规格和鱼苗发育生长时间方面考虑，放流时间建议为每年9-10月的秋季。

**2、放流地点**

放流地点的选择应满足以下要求：①交通方便；②水流平缓，水质清澈，河床底质为砾石和卵石，水域较开阔的库湾或河道中回水湾；③水深5m以内，凶猛性鱼类少；④饵料生物相对丰富。

因此满足上述要求并根据工程建设规模和对产卵场的影响程度以及全流域生态影响等方面综合考虑，拟定在项目建设和运行期间每年向库尾、库区上、下游勐岗河干流水域及龙川江适宜流域区域投放上述四种鱼类苗种至少13.45万。放流点位根据多次对楚雄州流域调查情况、鱼类生活习性、环境适宜度和交通便利等综合考虑。楚雄州内河流水质情况一般，急流环境河道较少，而龙川江干流人为干扰较大。鉴于项目主要影响河流为勐岗河，故主要放流地应为勐岗河适合区域，但考虑全流域生态影响效应，建议在龙川江的江边乡江段和龙川江主要支流蜻蛉河适合地点放流一定量的放流对象。由于不同鱼类生活生境、习性有所不同，放流地所放流的对象也有所不同。后续可根据实际调查情况和第一年放流鱼类存活率情况进行重新调整，如若龙川江流域水质改善或发现其他更适宜放流地点，应进行点位调整或加大放流量。放流年限建议暂定十年，以保证放流群体能在自然水体中繁衍形成种群，并可以根据放流效果监测结果进行调整，即监测发

现自然水体中某种放流鱼类数量太多，可以相应减少放流数量。鱼类增殖放流地点和数量见表7.8.4-7，表7.8.4-8，增殖放流点位示意图见图7.8.4-6。

**表 7.8.4-7　鱼类增殖放流地点和数量**

| 序号 | 放流种类 | 放流年限 | 放流地点 | 放流规格（cm） | 放流数量（万尾/年） | 放流总数（万尾） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 短须裂腹鱼 | 10 | 库尾、蜻蛉河 | 5-8 | 5 | 50 |
| 2 | 四川裂腹鱼 | 10 | 龙川江 | 5-8 | 2 | 20 |
| 3 | 云南光唇鱼 | 10 | 库区、龙川江 | 5-7 | 6 | 60 |
| 4 | 红尾荷马条鳅 | 10 | 库尾、坝下 | 4-6 | 0.45 | 4.5 |
| 合计 | | | | | 13.45 | 134.5 |

**表 7.8.4-8　鱼类增殖放流具体地点及各地年放流数量情况表**

| 放流地点 | 种类 | 放流数量（万尾/年） | 小计（万尾） |
|---|---|---|---|
| 库尾-联丰大桥下 | 短须裂腹鱼 | 1 | 3.2 |
| | 云南光唇鱼 | 2 | |
| | 红尾荷马条鳅 | 0.2 | |
| 库区-小石门库区右岸 | 短须裂腹鱼 | 1 | 3 |
| | 云南光唇鱼 | 2 | |
| 坝下-黑石箐河汇口下游 500m 处 | 红尾荷马条鳅 | 0.25 | 0.25 |
| 蜻蛉河-姚安三潭瀑布下游（具体根据实际情况调整） | 短须裂腹鱼 | 2 | 3 |
| | 云南光唇鱼 | 1 | |
| 龙川江与金沙江汇口-江边乡 | 短须裂腹鱼 | 1 | 4 |
| | 四川裂腹鱼 | 2 | |
| | 云南光唇鱼 | 1 | |
| 总计 | | | 13.45 |

**图 7.8.4-6a　　小石门水库库尾、库区、坝下放流点位示意图**

**图 7.8.4-6b　　蜻蛉河放流点位示意图**

**图 7.8.4-6c　龙川江放流点位示意图**

**3、鱼苗的选择**

根据《水产苗种管理办法》，放流的幼鱼必须是由野生亲本人工繁殖的子一代。放流苗种必须无伤残、无病害，体格健壮。放流数量主要从物种保护的角度出发，在经济合理的基础上，以增加鱼类种群数量，遏制鱼类资源衰退为目的。苗种的规格通常是越大成活率越高，但培育大规格的苗种成本高，需要的养殖场地大，从经济合理性出发，综合考虑养殖场地、苗种成本、成活率及放流最低需求等多种因素，初步确定放流规格应为全长4~8cm以上的鱼苗。

（1）购买鱼苗放流

小石门水库增殖站建成初步运行但技术未成熟前，需购买鱼苗进行放流，鱼苗购买及放流时间从小石门水库下闸蓄水开始至小石门增殖站土著鱼类人工繁殖技术突破且成熟，能够自行运行放流工作截止，约3年。放流苗种可以从其他增流站、养殖场购买，在小石门增殖站放流鱼类人工繁殖技术突破之后，则主要放流增殖站培育的鱼苗。

放流的苗种包括短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、云南光唇鱼和红尾荷马条鳅，其中短须裂腹鱼和四川裂腹鱼的规格5-8cm，云南光唇鱼规格5~7cm，红尾荷马条鳅规格4~6cm。

苗种来源：在小石门增殖站土著鱼类人工繁殖技术突破且成熟之前，放流苗种可以从其他增流站、养殖场购买，目前中国科学院昆明动物所珍稀特有鱼类繁育基地（短须裂腹鱼、云南光唇鱼）、云南省水技术推广产站（云南光唇鱼）和贵州毕节水产技术推广站或雅砻江公司（四川裂腹鱼）都具有土著鱼类人工繁殖鱼苗。红尾荷马条鳅鱼苗可通过向个体养殖户进行购买。

**表7.8.4-9　增殖站自行运行前鱼苗购买规矩、数量**

| 序号 | 放流种类 | 放流年限 | 放流规格（cm） | 放流数量（万尾/年） | 放流总数（万尾） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 短须裂腹鱼 | 3 | 5-8 | 5 | 15 |
| 2 | 四川裂腹鱼 | 3 | 5-8 | 2 | 6 |
| 3 | 云南光唇鱼 | 3 | 5-7 | 6 | 18 |
| 4 | 红尾荷马条鳅 | 3 | 4-6 | 0.2~0.5 | 1.0 |
| 合计 | | | | 13.3 | 40.0 |

备注：红尾荷马条鳅第一年放流2000尾，第二年放流3000尾，第三年放流5000尾。

（2）购买或采集亲本繁育

增殖站建成运行，可通过购买或采集亲本，人工繁殖培养，具备增殖放流条件后不再购买鱼苗放流，采用繁育的鱼苗进行人工放流。

裂腹鱼亲本建议选取年龄5+性成熟个体，云南光唇鱼选择3~5龄全长达20~30cm的成熟个体作为亲鱼，红尾荷马条鳅选择3+龄的成熟个体作为亲鱼。短须裂腹鱼和云南光唇鱼亲本采集地可为大姚县三岔河、永仁县万马河、武定县掌鸠河和元谋县江北乡；四川裂腹鱼亲本采集地为元谋县金沙江干流。由于野外资源较少可以向苗种供货的各水产推广站购买他们的亲本。红尾荷马条鳅可在勐岗河采集亲本。

**表 7.8.4-10　增殖站自行运行后鱼类增殖放流地点和数量**

| 序号 | 放流种类 | 放流年限 | 放流地点 | 放流规格（cm） | 放流数量（万尾/年） | 放流总数（万尾） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 短须裂腹鱼 | 7 | 库尾、蜻蛉河 | 5~8 | 5 | 35 |
| 2 | 四川裂腹鱼 | 7 | 龙川江 | 5~8 | 2 | 14 |
| 3 | 云南光唇鱼 | 7 | 库区、龙川江 | 5~7 | 6 | 42 |
| 4 | 红尾荷马条鳅 | 7 | 库尾、坝下 | 4~6 | 0.5 | 3.5 |
| 合计 | | | | | 13.5 | 94.5 |

### 7.8.4.4.6 放流标记与放流效果评价

国外现今广泛用的标记技术主要有编码金属标（CWT）、荧光标记（VIE）、微卫星标记及耳石标记。CWT标记的优点是不易脱落，VIE标记可适用于不同体型大小的水生生物个体且价格便宜、保留率高、肉眼可识别，微卫生标记可靠、

识别率高且不会对鱼体造成任何伤害、适合放流量大的水生生物群体，耳石标记是采用溶液浸泡，对鱼类耳石进行标记，一次性可标记的鱼类数量多，且有较好的标记效果。结合本站放流鱼类规格、生物学特性、放流数量等，建议可选择CWT标记、VIE标记和耳石标记。

承担增殖放流苗种供货的中标单位应出具由省、市水产技术部门或有资质的水生动物疫病预防控制中心开具的药残检验和疫病检疫合格证。按照第三方监管的原则聘请监理公司或公证单位负责放流监督工作，监理公司或公证单位负责苗种起塘、称重、运输、放流等环节的监管工作，按要求做好放流验收工作，收集、保存并及时上报增殖放流相关影像和文档资料。为了保障放流的有效性，应开展放流鱼类标记及鱼类放流效果评估，放流标记比例建议不少于10%。

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，这部分工作应由具有能力的科研单位承担。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。

#### 7.8.4.4.7 运行管理要求

鱼类增殖站建成后应纳入枢纽工程管理范围，作为水库枢纽永久建筑物，由业主负责统一管理和运行。

增殖放流站的运行管理专业性极强，建议委托专业研究机构承担，并在当地渔政部门的监督下实施，确保达到土著鱼类保育的目标。

（1）运行管理技术要求

掌握无病防治、有病早治和防重于治的基本原则，尽量避免鱼病的发生。禁止使用国家禁用渔药，尽可能采用生态防治鱼病的方法。

坚持巡塘，观察鱼类动态、池水变化情况等；定期加注新水，改善水质，促进亲鱼更好的生长；加强日常管理，注意细心操作，以防鱼体受伤。

（2）技术管理、人员培训

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。

（3）科学研究

为保证增殖放流任务顺利完成，并达到物种增殖目的，需进行相应技术的科技攻关研究。

①土著鱼类生物学与生态学研究

针对评价流域内主要土著鱼类如条鳅类的生境偏好、食性、繁殖习性、种群结构变化等方面进行研究，这部分研究是土著鱼类人工繁殖技术研究的基础及保护土著鱼类的生物学基础。由于土著鱼类生物学与生态学研究的专业性极强，需要单独委托专业研究机构来承担。

②放流鱼类的适应性研究

为保证增殖放流物种苗种在自然环境中的存活和繁衍，后续需进行相应长期监测并研究其在放流河段的适应性，对苗种放流技术进行研究。

包括标志方法选择、适宜放流规格、地点、时间等。该项目主要是为了评估增殖放流的效果。放流技术研究中还必须制定规范的放流程序，如放流前在库区中暂养的时间、位置等。由于放流物所需的生物学与生态学研究的专业性较强，需要单独委托专业研究机构来承担。

**7.8.4.5 库区生态渔业**

由于水库环境有利于家鱼和野杂鱼的繁衍和生长，一些适应能力强的外来鱼类如鳙、鲢、鲤、棒花鱼、鲬虎鱼、麦穗鱼等，极其容易在库区迅速繁衍起来。鳙、鲢和鲤鱼适应能力强，极易成为库区优势物种。鲬虎鱼、麦穗鱼等鱼类虽然体型小，但会吞噬食土著鱼类产在砾石和水草上的卵子，极易导致土著鱼类的种群数量急剧下降，这一现象已在云南滇池、洱海等高原湖泊中多次重复出现。水库建成后使得原有的自然水体的净化能力减弱，建设期所遗留的废水、泥浆水，乡村及农田区域的支流所携带的污水、农药水沉积，造成水体透明度不高或富营养化，滋养了大量的藻类，因此从净化水体，保证水质角度出发，可根据实际情况放流一定规模的产漂流性鱼卵且在水库不能繁殖的种类，如花白鲢等，但不宜放养银鱼、间下鱵鱼等以浮游动物为主食的种类。水生植物对净化水体具有十分重要的作用，而草鱼会摄食水生植物，过量放养草鱼会导致水生植物消亡，异龙湖中的水生植物完全消失和滇池湖体海菜花消亡皆是由过量引进草鱼所致，同理草鱼、鲤鱼和鲫鱼等主要以水生植物为食的鱼类也不宜放养。

为保护土著鱼类，应采取严格的保护措施，严禁以经济为目的的苗种放养和网箱养殖，对于引入库区养殖鱼类物种要经过当地渔业部门组织的专家论证，制

定因引种养殖可能带来的外来种入侵应急预案，增强当地渔业监管部门在该流域鱼类资源的保护意识和监管能力。

小石门水库库区可以放养一些鲢、鳙，这些鱼类主要滤食浮游生物，通过捕捞可以将水中的一部分氮磷移出，从而产生净化水体的作用。

为保证花白鲢苗种质量，放养之前，苗种必须通过省级或以上水产种质鉴定机构、检验检疫机构的品种及种质鉴定和检验检验，并将放流方案报送至当地渔业部门备案。放流过程也应规范，应邀请当地公证处对放流品种、数量，放流活动与放流方案的符合性等进行公证，并通过宣传，邀请当地群众参加和见证放流活动，增加公众参与度，以此保障放流活动的公益性和科学性。应加强宣传教育，普及外来入侵种的入侵会给人们的生活、生产带来的不利影响，杜绝因人无意识的携带或各种放生活动将该流域原本没有的外来种鱼类如罗非鱼、银鱼扩散到其它的地方。

**7.8.4.6 渔政管理**

（1）加强渔政队伍建设

水库管理部门应积极支持和配合当地渔政部门，提高政府渔政部门的执法能力和力度，依法管理。进一步落实河长制，形成鱼类资源保护的长效机制。做好水生资源保护和宣传，禁止在禁渔区内进行任何渔业生产活动，特别是电鱼、炸鱼、毒鱼等违法行为需要严格禁止并依法查处。同时应加强水污染防治工作，杜绝水污染事件的发生，保证鱼类良好的生活环境，水库的渔业管理尤须加强。按照谁受益谁补偿的原则，业主应给予适当的资金支持。

（2）严格执行禁渔期与禁渔区制度

为了自然资源的稳定发展和可持续利用，须对相关水域制度禁渔期和禁渔区，在鱼类集群产卵容易捕捞的时段和河段禁止捕鱼，以维护库区正常的渔业秩序，将鱼类重要栖息地划定为禁渔区，禁渔期间整个库区、库尾或坝下水域等周边5km均可设为禁渔区。

（3）加强环保宣传

加强环保意识的宣传和教育力度，制定水库管理的规章制度，在水库周边设置水生生物保护警示牌，同时增强施工人员的环保意识，严禁施工人员下河捕捞鱼类。

## 7.9 环境空气保护措施

### 7.9.1 施工场地粉尘控制

（1）砂石加工系统应采用湿法破碎的低尘工艺，安装除尘设施，以减少粉尘 的产生，并在现场及系统附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

（2）混凝土生产系统应尽量采用全封闭混凝土生产系统，选用自动化拌和楼以减少粉尘的飞扬，水泥输送选用螺旋输送机，管道接口密封，在袋装水泥（粉煤灰）仓库和贮罐顶部装设脉冲袋式除尘器作为除尘设备，以降低现场粉尘，并在现 场及附近洒水降尘，降低粉尘影响时间和范围。

### 7.9.2 施工开挖、爆破粉尘消减与控制

（1）选用低尘工艺，工程爆破方式应优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆 破和缓冲爆破技术等，以减少粉尘产生量。

（2）凿裂、钻孔、爆破应采用湿法作业，以降低粉尘。

（3）隧洞开挖爆破时需注意洞内通风，保持空气流畅；并在各工作面现场洒 水降尘。

（4）爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时应尽量采用草袋覆盖爆破 面，减少粉尘的排放量。

（5）工程配置洒水车 4 辆，其中，枢纽区与总干线一辆、东干线一辆，北干线两辆。根据工程区施工时序安排，对施工开挖、爆破粉尘的区域，如大坝、隧洞口等多粉尘作业面实施洒水降尘。非雨日每日进行不低于三次的洒水降尘，以加速粉尘沉降、减小粉尘影响时间与范围。

（6）施工弃土弃渣等及时清运至弃渣场堆放处理。

### 7.9.3 交通扬尘控制

（1）对于交通粉尘而言，最有效的方法是提高公路路面等级、及时清扫路面 粉尘，定时进行洒水降尘工作。在公路附近居民点分布较近路段增加洒水频率。

（2）降低车速，在施工道路居民点附近路段设置一定的限速标志，以减轻交通扬尘对附近居民点的影响。

（3）在运输水泥、粉煤灰等材料时采取储罐、密封运输方式，运送渣土等应 遮盖运输，防止沿程遗撒；严禁超载。

（4）做好公路绿化，依不同路段情况，可绿化区段栽植乔木、灌木等。

### 7.9.4 燃油废气防治措施

（1）施工现场的机械及运输车辆使用国家规定的标准燃油。

（2）执行《在用汽车报废标准》，推行强制更新报废制度，对于发动机耗油多、效率低、排放尾气超标的老、旧车辆，及时更新。

（3）机械及运输车辆要定时保养，调整到最佳状态运行。

### 7.9.5 敏感目标保护措施

针对距离施工区较近的华竹（那蚌）、大雷宰、小山村 3 个村庄（居民），除落实上述粉尘、废气防治措施外，应适当增加附近施工作业场地的清理和洒水降尘频次，减免施工期粉尘排放对居民生活的影响。针对距施工道路较近的白土坡、新房子、干海子、下村、上村、海岱、雷依、小多乐 8 个村庄（居民点），除落实上述粉尘、废气防治措施外，应在途经村庄路段前后各设置一个减速慢行标识（可和噪声防治措施合并设置，共 17 个），限制车速低于 20km/h，并安排专人定期清扫路面，并在旱季及大风天气适当增加洒水降尘频次。

## 7.10 声环境保护措施

### 7.10.1 噪声源控制

（1）选用低噪声机械设备，同时加强施工设备的维护和保养，对振动大的机械设备使用减振基座或减振垫，从根本上降低噪声源强。

（2）施工单位必须选用符合国家有关环保标准的施工车辆，如运输车辆噪声应符合《汽车定置噪声限值》（GB16170-1996）和《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》（GB1495-2002）等。

（3）优化施工布置，施工强噪声源如砂石料加工系统、混凝土拌和系统尽量远离居民点布置。

（4）合理安排施工时间，避免夜间爆破，通过控制一次起爆的总导爆索量、总炸药量和起爆方式降低振动及噪声，控制爆破抛头方向，避免正面爆破噪声指向敏感点。

（5）加强道路维护，及时清理路面坠物，保持路面平整干净。在村庄路段应设置禁止鸣笛和减速慢行的标示牌，提示运输车辆从村舍中穿过时限速禁鸣，避免夜间大量运输。

### 7.10.2 传播途径控制

（1）优化施工布置，合理布置砂石料加工系统、混凝土拌和系统等，远离居民点。

（2）空压机等噪声值较高的施工机械尽量设置在室内或洞内作业，并尽可能采用多孔性吸声材料建立隔声间。

（3）在距离村庄较近临近施工道路一侧设置隔声屏，隔声屏可采用金属材料或复合材料结构，高度 5m，倒 L 型声屏障结构，根据道路工程使用效果反馈减噪效果约 8~10dB，可一定程度上削弱施工交通噪声对居民日常生活的影响。施工结束后为方便居民出行和恢复原有景观及视野，应及时拆隔声屏。

（4）加强道路的养护、维修工作，同时做好运输车辆的维修保养，降低车辆行驶速度，可有效降低交通噪声，做好公路绿化。

### 7.10.3 敏感目标保护措施

施工期除落实上述噪声源、传播途径控制措施外，针对班西立、华竹（那蚌）、大雷宰、小山村附近的施工作业活动应加强管理，除夜间禁止施工外，中午 12:00~下午 2:00 期间暂停高噪声施工作业活动，并且避免施工机械联合作业，降低施工噪声影响。

针对距施工道路较近的小多乐村、雷那英、领莱村、老衲下村、白土坡村、雷依村 6 个村庄（居民点），应在途经途经村庄路段前后各设置一个减速禁鸣标识（可和大气防治措施合并设置，共 12 个）限制车速低于 20km/h，并安排专人定期维护路面，保障道路通行；合理安排作业时，降低施工车辆夜间通行频次；在距离施工道路较近的新房子、海岱、小多乐村道路两侧设置移动隔声屏，长度分别为 230m（两侧合计，下同）、680m、360m。

## 7.11 环境敏感区保护措施

### 7.11.1 牟定县白马山州级自然保护区保护措施

（1）库盆清理前，加强宣传教育，增强施工人员生态保护意识，库盆清理时，加强施工管理，严格按照征地红线范围砍伐作业，设置保护区警示牌或警戒线，严禁超范围砍伐。建议聘请自然保护区主管部门专业人员，在其指挥下进行砍伐作业。

（2）合理选择施工时间，保护区保护目标有白腹锦鸡、白鹇和猕猴等保护动物，施工单位应该合理选择施工时间，避开保护动物活动高峰时段，比如清晨和黄昏是鸟类活动、繁殖和觅食的高峰时段，因此，应尽可能减少在清晨和黄昏开展施工作业。如施工过程中，发现工程区周边有保护动物出现，应立即停止施工，待保护动物自行离开后再行施工。

（3）禁止施工人员随意进入自然保护区，避免对保护区动植物、植被造成破坏。

### 7.11.2 元谋土林州级自然保护区保护措施

（1）加强施工监管，禁止施工人员无故进入保护区，在物茂片区设置自然保护区边界警示牌。

（2）在土林自然保护区物茂片区附近施工时，严格执行洒水降尘，严禁大风天气施工。

### 7.11.3 公益林保护措施

优化方案，调整工程布置，尽量避让生态效益较高的公益林，加强施工管理，科学合理施工，主动并配合做好森林“三防”工作——即防止森林火灾、防止盗伐滥伐林木、防止森林病虫害，保护好野生动植物及其栖息环境。对项目占用的各级公益林依法办理用地审核、林木采伐审批手续。并报林业主管部门进行审核。未经批准，不得开工建设。

同时按照《中央财政森林生态效益补偿基金管理办法》的规定进行补偿，并由地方林业部门做好生态公益林的“占补平衡”工作。

### 7.11.4 基本农田保护措施

按国家、地方规定依法办理相关手续并获得批准。工程建设前做好土地调规，做到农田、耕地占补平衡和区域耕地数量、质量不降低，并按照相关规定进行补偿。

## 7.12 固体废物处置措施

### 7.12.1 弃渣处置

工程布置了 30 个弃渣场，施工弃渣必须堆放至规定的渣场，施工中严禁随意弃渣。为避免堆渣滑塌产生新增水土流失，针对各渣场的特点，采取工程措施与植物措施相结合的方法，对各渣场进行防护。渣场各项水库措施以水土保持设计报告为准。

### 7.12.2 生活垃圾处置

工程共布置 18 个施工生产生活区，其中枢纽工程施工期布置施工生产生活区 1 个，输水线路工程区布置施工生产生活区 17 个，为对生活垃圾进行有效收集，在枢纽工程施工生产生活区内设置垃圾桶 5 个，设臂挂式垃圾箱 1 座，在管线工程施工生产生活区内分别设置垃圾桶可回收、不可回收垃圾桶各 2 个（共

72 个）。水库运行期在管理所设臂挂式垃圾箱 1 座，垃圾桶 5 个对生活垃圾进行收集。施工期、运行期均应派专人负责垃圾的收集和分选工作，对可回收的垃圾回收利用，不可回收的进行外运处置。

工程日均产生生活垃圾量相对较小，且相对分散，采用填埋方式处理需增加征地面积，因此不宜另设垃圾填埋场集中处置。小石门水库工程各施工生产生活区与周边乡镇距离较近，交通便利，因此，小石门水库施工期间生活垃圾及运行期水库管理所日常活动产生的生活垃圾均外运至戌街乡等乡镇，依托各个乡镇现有生活垃圾处置设施进行统一处置。

### 7.12.3 危险废物处置措施

工程施工期车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动 变速器油、齿轮油等废润滑油为危险废物。

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，产生危险废物的单位，必 须按照国家有关规定制定危险废物管理计划，并向所在地县级以上地方人民政府 环境保护行政主管部门申报。

（1）危险废物的收集与贮存

工程车辆、机械维修产生的废润滑油应统一及时收集、妥善贮存。在枢纽工程施工生产区附近选取一处场地修建危险废物暂存库用来贮存废润滑油。危险废物暂存库应选在地质结构稳定、底部高于地下水最高水位、避免建在易遭受严重自然灾害如洪水等影响的地区，并对地面进行防渗处理。

废润滑油应装入容器内、禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。装载危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。并在盛装危险废物的容器上，粘贴符合《危险废物贮存污染控制标准》 附录 A 所示的标签。

（2）危险废物的运输与处置

危险废物的运输与处置应委托具有危险废物处置资质的机构统一处置。定期由有危险废物处置资质的机构将工程区收集、贮存的危险废物运往处置场。运输、处置费用由建设单位承担。

## 7.13 土壤环境保护措施

为了维持云南省楚雄州小石门水库工程的土壤和农业生态环境，提高区域的农业生产水平，针对本工程实施后对土壤和农业生态可能带来的不利影响，应对土壤提出源头控制措施和过程防控措施。

### 7.13.1 源头控制措施

（1）施工期和运行期各类废污水、固体废弃物按照本方案“地表水环境保护措施”和“固体废弃物处理措施”进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

（2）对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用于后期植被恢复。

（3）加强施工机械设备的维护保养，减少油类跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

（4）运行期加强库周水环境管理，确保水库库区水质良好，避免水质污染进而造成土壤酸化、碱化和盐化现象。

（5）减少化肥施用，化肥的施用必须根据地力条件进行，尽量做到“测土施肥”；科学施用化肥，尽可能使用高效低残留的生畜厮肥、家禽粪、堆肥、土杂肥、农作物秸秆等有机肥料，增加土壤有机质、丰富土壤氮素，改善土壤物理性质，尽量减少化肥施用过量或不当造成土壤板结和肥力退化，降低农业面源污染危害。

（6）合理耕作制度，采取间作、套作、轮作可有效降低病虫害发生几率，抑制杂草生长，并合理使用杀虫剂和除草剂等农药的使用量，有条件的应采取生物防治，即“生物防治为主，化学防治为辅”，以降低农药施用对土壤环境的影响。

（7）科学施用农药，尽量施用生物农药或高效、低毒、低残留农药，推广作物病、虫、草害综合防治和生物防治，减少农药对农业生态系统的不利影响以及污染危害。

（8）加大农业塑料薄膜的回收和综合利用，推广使用可降解的农业塑料薄膜制品，降低对土壤理化性能的破坏及农业生态环境的污染影响。

（9）加强评价区范围内沟谷低洼地带地下水位的排水，防止地下水位上升

和滞洪等导致低洼区出现渍涝现象，进而引发土壤次生浅育化等问题。

（10）采用先进的灌溉技术，国内外关于灌溉技术对土壤盐渍化的影响已做了大量研究，土壤盐分累积一般以漫灌、串灌最重，畦灌、沟灌等次之，喷、滴灌最低。膜下滴灌技术由于生育期灌溉用水较常规灌溉节省 20%~30%，并且有良好的压盐效果，可有效避免土壤盐滞化。

（11）制定灌溉用水计划，实现优化管理，科学调度。保持水利工程完好，及时维修保养灌溉设施，提高用水效率，节水灌溉。

### 7.13.2 过程防控措施

加强运行期库区周边土壤含盐量和地下水位的监测，若出现因本工程项目建设造成土壤盐化现象，应采取排水排盐或降低地下水位的措施。

对于排水排盐措施，可通过设置暗管进行排水排盐，配合种植盐分吸收植物改良土壤；对于降低地下水位措施，可适当抽取地下水降低地下水水位。

## 7.14 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，并进行监测。小石门水库针对传染疾病防治应从传染源、传播途径和易感人群 3 个环节着手，采取下列综合防治措施：

（1）卫生清理

施工人员进驻施工场地前，应对生产生活区进行卫生处理，填平小水塘、小水坑，清除垃圾等堆积物，消除蚊虫滋生环境，采取消毒、杀虫、灭鼠等卫生措施，对饮用水进行消毒。施工期间，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、灭蝇和灭鼠等爱国卫生运动，改善环境卫生，加强个人防护。

（2）卫生检疫

施工人员入驻应先提供个人体检报告，传染病患者不得入场。对施工人员建立健康档案，定期进行抽检，抽检比例为 20%，检查内容主要为：疟疾、乙肝和传染性肝炎等专项检查。若检出有传染病患者，应扩大抽检比例，并对患者及时隔离治疗，切断传播途径。对于在施工区危害较大且易流行的疾病，可采用预防

性服药，免疫接种等方法进行防治，以提高施工人员对该种疾病的抵抗力，预防疾病蔓延。

（3）医疗点设置

由于本工程为大型水库工程，施工人员较多，施工周期较长，应在施工区内设置驻场医疗点，配备专业医护人员，配备常用的治疗药品，开展简单治疗和工伤事故紧急处理，负责施工期卫生防疫工作。

（4）饮用水安全卫生防护措施

加强施工区卫生宣传与管理工作，提高施工人员卫生知识水平和健康保护意识，对饮用水源及储、供水设施定期进行消毒和清洗，定期监测饮用水水质，供水水质需符合《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）。设集中供水设备集中供应开水，保证施工人员饮用水卫生安全。

（5）餐饮服务人员持证上岗

工程施工期间，服务于本工程餐饮服务的人员应定期全体进行健康检查，获得卫生许可证和“健康证”方可上岗作业。

施工区集中式供水应使用生活饮用水净化、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。

# 8 环境监测与管理

## 8.1 环境监测

### 8.1.1 监测目的

结合工程建设和运行特点，环境监测拟实现以下目的：

（1）掌握工程施工期及运行期间环境的动态变化过程，为工程施工期和运行期环境污染控制和环境管理提供科学依据。

（2）在工程施工期间，对施工区水质、环境空气、噪声和人群健康以及生态影响进行监测，及时掌握各施工段的环境污染程度和范围，消除环境污染隐患。

（3）及时了解施工人员的人群健康状况，以便及时进行疫病预防和治疗，确保施工顺利进行。

（4）及时掌握环保措施的实施效果，预防突发事故对环境的危害，为工程竣工环境保护验收提供依据。

（5）验证环境影响预测评价结果。

（6）为环境举证提供依据。

### 8.1.2 监测机构

由建设单位委托具有相应资质的监测单位，承担本工程的环境监测任务。

### 8.1.3 监测计划

#### 8.1.3.1 地表水环境监测

##### 8.1.3.1.1 施工期

（1）地表水水质监测

**监测断面：**小石门水库坝址上游 1km、坝址下游 2km，北干线跨蜻蛉河、班果河、永定河处下游 200m，共计 5 个断面。

**监测项目：**水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、$BOD_5$、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群，共 12 项。

**监测时间：**工程施工期间，每年按丰（8 月）、平（11 月）、枯（2 月）三个水期，各采样分析化验一次，每次连续取样三天。

（2）施工生产废水

**监测断面：**①砂石料加工废水处理系统：枢纽区砂石料加工废水处理系统的进、出口，2 个监测点；②混凝土拌合废水处理系统：选择 5 个混凝土拌合废水处理系统的进、出口，共 10 个监测点；③机修厂含油废水处理系统：枢纽区机修厂含油废水处理系统进、出水口，共 2 个监测点；④隧洞排水处理系统：上村隧洞、级密山隧洞、大坝箐隧洞进、出口及上村隧洞 1#、2#、3#施工支洞，共 9 个监测点。

**监测项目：**PH、悬浮物、石油类、$BOD_5$。

**监测频次：**工程施工期间每季度监测一次，每次一天。

（3）施工生活污水

**监测断面：**枢纽区及各干线生活区各选择 1 个施工生产生活区进、出口进行监测，共 8 个监测点。

**监测项目：**PH、悬浮物、石油类、COD、$BOD_5$、氨氮、粪大肠菌群，共 7 项。

**监测频次：**工程施工期间每半年监测一次，每次一天。

（4）生活饮用水监测

为保证施工生活饮用水符合卫生标准，保障施工人员的身体健康，有必要进行饮用水水质监测。生活饮用水监测技术要求见表 8.1.3-1。

**表 8.1.3-1　施工期生活饮用水水质监测技术要求**

| 监测对象 | 监测点 | 监测项目 | 监测时段 | 监测频次 |
|---|---|---|---|---|
| 生活饮用水水质 | 大坝箐生产生活区、东 2#生产生活区、岔沟头生产生活区、多竹箐生产生活区 4 个施工生活区用 | 色度、混浊度、pH、铝、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、耗氧量、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、砷、镉、六价铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、总大肠菌群、菌落总数共 26 项指标 | 施工生活区使用时段 | 每半年测一次 |

| 监测对象 | 监测点 | 监测项目 | 监测时段 | 监测频次 |
|---|---|---|---|---|
| | 水供水处 | | | |

生活饮用水的分析方法执行《生活饮用水标准检验方法》（GB/T 5750-2006）中的相关规定。

**8.1.3.1.2 试运行期**

（1）水库水质监测

1）水源区：运行期对库区、下游河道进行地表水水质监测，另外，在坝前结合水文专业设置的水位、流量站，增设水质自动监测设备 1 套；在库尾上游石者河汇入口处设置水质自动监测设备 1 套。

水库运行前三年，应对坝址下游 1km 河道进行水质监测，以掌握水库运行对坝下河道水质的影响。

此外，水库径流区内有牟定县金康矿业开发有限公司，该厂下游 500m 设有一尾矿库。为了确保水库蓄水水质安全，地方环保部门应在该厂下游小古岩河设置一个水质常规监测断面，定期对水质进行检测。

**监测项目：**

①库区：水温、pH、SS、透明度、总硬度、叶绿素 a、DO、高锰酸盐指数、BOD5、氨氮、总磷、总氮、氟化物、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等共 28 项。

②坝下河道：水温、pH、DO、高锰酸盐指数、$BOD_5$、氨氮、总磷，共 7 项

**监测时间：**库区，每月监测 1 次；坝下河道水库运行后前 3 年，每年丰、平、枯水期各 1 次。

2）受水区：①普登河：普登河入龙川江汇口前 1km 处；②蜻蛉河：龙街河入蜻蛉河口汇下游 500m 处、蜻蛉河入龙川江汇口上游 1km 处；③永定河：永定河入蜻蛉河汇口上游 1km；④班果河：弯腰树水库；⑤龙川江干流：小黄瓜大桥。共计 6 个监测断面。

**监测项目：**

①河流：水温、pH、DO、高锰酸盐指数、$BOD_5$、氨氮、总磷，共 7 项；

②弯腰树水库：水温、pH、SS、透明度、总硬度、叶绿素 a、DO、高锰酸盐指数、$BOD_5$、氨氮、总磷、总氮、氟化物、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等共 28 项。

**监测时间：**各条河流，按地表水常规监测要求，每年分丰、平、枯三期（3 次）进行监测分析，连续监测三年；弯腰树水库，每月 1 次。

（2）生态流量在线监测

**监测断面：**在生态放水闸下游 100m 处河道布置生态流量在线监控装置，并与相关监管部门联网，以加强对工程生态流量下泄的监管。

**监测方案与技术要求：**综合目前常用的流量测量方法，初拟采用生态流量监测系——超声波流量计进行在线监测。

**监测时间：**为满足水库初期蓄水阶段的生态流量下泄要求，生态流量在线监测系统需在水库初期蓄水前安装完毕，并确保能够正常运行。

（3）水温监测

1）库区水温观测

采取在线连续观测的方式，在小石门水库坝前布设 1 个水温观测断面。

2）取水措施水温恢复效果观测

天然来流水温和坝前库表水温可直接采用库区水温观测结果，无需另行观测；取水口水温结合坝前水温在线观测系统，根据表层取水方案的各运行取水高程，对坝前右岸水温观测垂线的垂向水温观测布点提出相关要求，两者相结合进行观测；下泄水温则单独布设在线观测点位，布设在电站厂房尾水出口处，共计布设 1 个下泄水温观测点。

3）观测技术要求：下泄水温在线观测从水库蓄水后开始观测，水温观测设备的观测精度应达到 0.1℃。数据采集为实时采集，通过建设单位和主管部门的数据接收终端收集观测数据。

**①坝前水温在线连续观测技术要求：**拟在水面下 0.5m 处测表层水温，距底 0.5m 处测库底水温；温跃层每隔 2～5 m 水深测 1 个水温值，等温层每隔 5~10m 水深测 1 个水温值。坝前水温在线观测从水库蓄水后开始观测，各观测点的数据采集为实时数据采集。

**②水温恢复效果观测技术要求：**在发电厂房尾水出口处和取水口各布设一个在线水温监测点，测点的数据采集为实时数据采集。

**8.1.3.2 地下水环境监测**

**8.1.3.2.1 施工期**

**监测断面：**对可能施工受影响的泉点、水井进行监测，监测点有 6 个，分别是：葫芦塘（W44 号泉）、老厂村（#45）、水桥寺（#50）、海田村（#51）、老纳上村（#52）、老纳村（#54）。

**监测项目：**

①水质监测：pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、挥发酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量（CODMn）、氨氮、钠、总大肠菌群、亚硝酸盐氮、硝酸银、氰化物、氟化物、砷、汞、硒、铬（六价）、铅、镉、钙、镁、钾、碳酸根、碳酸氢根、六六六、滴滴涕、总磷，共 32 项评价因子。

②水量监测：地下水水量（水位）。

**监测频次：**

①水质监测：施工期每年在丰、平、枯水期各进行 1 次取样监测。

②水量监测：施工期每月进行 1 次监测。

**8.1.3.2.2 运行期**

**监测断面：**

①对灌区水质进行定期监测，监测点有 7 个，分别是：雷老村（#23-2）、虎溪村（#23-1）、多克村（#24）、班西立河北边（#28）、大己保村（#292）、华竹村那蚌交界处（#29-1）、金刚纂（#30）；

②现有元谋灌区已出现盐渍化现象，因此要掌握该灌区盐渍化发展趋势，需对灌区地下水进行监测，监测点有 4 个，分别是：班恺村（#46）、洪告村（#47）、下总括小村（#48）、摩诃村（#49）。

**监测项目：**pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、挥发酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量（$COD_{Mn}$）、氨氮、钠、总大肠菌群、亚硝酸盐氮、硝酸银、氰化物、氟化物、砷、汞、硒、铬（六价）、铅、镉、钙、镁、钾、碳酸根、碳酸氢根、六六六、滴滴涕、总磷，共 32 项评价因子。

**监测周期：**连续三年，每年在丰、平、枯水期于每个取样点进行一次取样监

测。

**8.1.3.3 环境空气质量监测**

**监测点位：**白土坡村、洒芷村、那蚌、海岱、小多乐，共布置 5 个监测点。

**监测项目：**TSP、$PM_{10}$、PM2.5。

**监测频次：**每半年监测 1 次，施工高峰区进行监测。

**8.1.3.4 声环境质量监测**

**监测点位：**白土坡村、洒芷村、那蚌、海岱、小多乐，共布置 5 个监测点。

**监测项目：**等效连续 A 声级。

**监测频次：**施工期噪声监测按每半年监测 1 次，每次 1 天。

**8.1.3.5 土壤环境质量监测**

土壤环境质量的监测点位、监测项目、监测平次见表 8.1.3-2。

**表 8.1.3-2　施工期土壤环境监测计划一览表**

| 监测对象 | 监测点 | 监测项目 | 监测频次 |
|---|---|---|---|
| 工程区土壤环境质量 | 小石门水库坝址 | PH、SSC、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌、地下水位埋深、地下水溶解性总固体，共 12 项 | 施工高峰期监测一次，农作物收割后进行；验收后 3～5 年监测一次，农作物收割后进行 |
| | 库周乾海子村附近农用地 | | |
| | 物茂乡小山村附近农用地 | | |
| | 平田乡小已保村附近农用地 | | |

工程施工期及运行期各点位土壤取样均取表层样点，在 0~0.2m 取样，表层样。

**8.1.3.6 陆生生态环境监测**

**8.1.3.6.1 施工期**

（1）植物植被监测

**监测断面：**于小石门水库淹没区、工程枢纽区选取有代表性的点位进行监测。

**监测项目：**植物及植被。

**监测频次：**施工监测 1 次。

**监测内容：**

①生态系统的整体性和稳定性

以遥感和 GIS 技术支撑，监测区域生态系统的构成、生物生产力及水土流失变化状况。

②重要植被类型及植物资源

监测小石门水库工程淹没区、枢纽区、输水线路区、施工临时占地区植被类型，物种组成结构，植物种类、盖度、多度等。

（2）野生动物分布与种群动态观测

**监测期限及监测目的：**

**①工程建设前期：**1 年，掌握观测区（白马山片区、库区左岸山林区、水库淹没区、枢纽工程区、坝下河谷区）内野生动物分布与种群现状（包括数量、种群结构等），为工程建设和运营开展野生动物保护与管理提供指导，并作为工程建设期、运行期野生动物特别是重点保护野生动物观测与评价的基础数据。

**②工程建设期：**6 年，观测工程建设过程对野生动物分布和种群动态的影响（包括分布范围、种群数量变化等）及人工投食措施的效果评价。

**观测区域与地点：**包括白马山片区（约 12.8km$^2$）、库区左岸山林区（约 13.7km$^2$）、水库淹没区（约 3.50km$^2$）、枢纽工程区（大坝及其附属工程、石料场周边区域，约 5.69km$^2$）、坝下河谷区（约 30.4km$^2$）、生态廊道区（约 1.7 km$^2$）。

**监测方法与方案：**主要利用红外相机（照片+视频的方式）进行观测，按每平方公里安放红外相机 1~3 台，进行长期观测（每四个月更换一次电池与存储卡）。其中，施工期间，工程枢纽区、生态廊道区不做观测。

#### 8.1.3.6.2 试运行期

（1）植物植被监测

**监测断面：**于普登河库尾、坝址上游 1km、工程枢纽区、大坝箐隧洞出口附近选取有代表性的点位进行监测。

**监测项目：**植物及植被。

**监测频次：**试运行期监测 1 次。

**监测内容：**

①生态系统的整体性和稳定性

以遥感和 GIS 技术支撑，监测区域生态系统的构成、生物生产力及水土流失变化状况，分析区域生态系统的整体性和稳定性及其变化趋势。

②重要植被类型及重要保护植物

监测小石门水库工程重要植被类型的面积、结构及其的分布格局变化，物种组成结构，植物种类、盖度、多度等。

（2）野生动物分布与种群动态观测

**监测目的：**小石门水库建成并蓄水后，除了对白马山保护区、库区左岸山林区、坝下河谷区继续进行观测外，还需要重点对水库淹没区、生态廊道区、枢纽工程区进行观测，进一步评价工程建设对野生动物的影响及生态廊道建设的效果。

**监测点位：**包括白马山片区（约 12.8km$^2$）、库区左岸山林区（约 13.7km$^2$）、水库淹没区（约 3.50km$^2$）、工程枢纽区（大坝及其附属工程、石料场周边区域，约 5.50km$^2$）、坝下河谷区（约 30.4km$^2$）。生态廊道区（约 1.7km$^2$）。

**监测方法：**利用红外相机（照片+视频的方式）进行观测，按每平方公里安放红外相机 1~3 台，进行常年观测（每四个月更换一次电池与存储卡）。

**监测频次：**施工结束后三年，进行长期观测。

**8.1.3.7 水生生态环境监测**

**8.1.3.7.1 施工期**

主要对评价区内各河段水生生物开展监测。

**监测断面：**共 19 个监测断面，其中干流监测点（5 个，两段栖息地各设置 1 个点，分别位于朵基村、勐岗河中游（华竹电站），此外古岩河中游、普登河下游以及普登河与班果河汇口各设置 1 个点）、一级支流监测点（4 个，中屯水库下游、蟠猫河、猫街河、石者河）、输水线路监测点（3 个，蜻蛉河下游、龙街河下游和永定河下游）、水库区监测点（3 个，坝上、坝下和库尾）以及龙川江影响区域监测点（4 个，黑井镇、黄瓜园镇、黑泥坡和江边乡）。

**监测项目：**水生生物监测、鱼类种群动态监测。

**监测频次：**施工高峰期开展一期，分别在丰水期、枯水期各开展 1 次。

**监测内容：**

①水质：透明度、pH、悬浮物、COD、$BOD_5$、叶绿素、溶氧、电导等项目。

②饵料生物：浮游植物、浮游动物、着生藻类、底栖动物的种类组成、生物量、分布密度、优势种等。水生高等植物的种类组成、生物量、优势种及其季节变化等。

③鱼类：土著鱼类、主要经济鱼类的种类组成、资源量、优势种、种群动态、鱼类群落构成的变化趋势以及主要经济鱼类的年龄、生长、食性、繁殖习性、鱼类“三场”变化等。鱼类产卵场的分布、繁殖时间和繁殖种群的规模变化。

统计各河段渔获物的种类组成、数量组成、长度组成、重量组成，以及专业和副业渔民人数、渔具渔法及其数量、经济效益。

#### 8.1.3.7.2 试运行期

（1）水生生物监测

**监测断面：**与施工期监测断面一致。

**监测项目：**水生生物监测、鱼类种群动态监测。

**监测年限：**运行期在水库蓄水后第 1 年、第 3 年进行监测，每年丰水期、枯水期各 1 次。

（2）增殖放流效果监测

**监测断面：**水库库区、库尾上游河段、下游勐岗河

**监测项目：**通过标志放流，建立回捕数据库并进行模型分析，然后用于评估种群动态变化，进而评价增殖放流效果。

**监测内容：**放流的短须裂腹鱼、四川裂腹鱼和云南光唇鱼等建议采用外部标记或茜素红耳石标记，通过在放流区域捕捞收集放流鱼类种类，统计回捕放流鱼类个体数量（回捕率），根据标记比例估算现存资源量及存活率，并通过对比前期监测数据和增殖站增殖放流数据，综合评估放流效果和对水质的净化效果；并对现有增殖放流方案的放流种类、规格和数量的合理性进行评价和建议。

由于勐岗河流域暂无这三种鱼类，还建议采集捕捞统计数量及测量体长、体重的方法，该方法简单有效，通过定期捕捞统计数量了解种群变化并测量所捕捞的放流物种的体长体重，统计期间体长、体重是否增加来判断放流对象的生长情况，后续统计分析可了解其是否在该流域生长良好。

**监测年限：**运行期前 3 年，每年监测 1 次，第 4 年后 2~3 年监测 1 次。

#### 8.1.3.8 人群健康

施工期，大量施工人员进入，增加爆发群体性传染病传播可能性。应委托当地县卫生防疫部门对施工区开展人群健康监测。

## 8.2 环境管理

### 8.2.1 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。楚雄州小石门水库工程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。

### 8.2.2 环境管理原则

（1）预防为主、防治结合的原则

工程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，有针对性地解决出现的问题。

### 8.2.3 环境管理目标

（1）保证工程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）理顺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。

## 8.2.4 环境管理体系

（1）工程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，依法对工程各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。

（2）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。

## 8.2.5 环境管理职责

### 8.2.5.1 施工期

（1）建设单位

工程开工前建设单位应设置“环境保护领导小组”和“环境保护办公室”。

“环境保护领导小组”成员由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位等各有关单位的主要领导组成，其中建设单位主要领导任主要负责人，负责确定工程环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批

环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

“环境保护办公室”为工程施工期“环境保护领导小组”的常设办事机构，设专职人员 1 人。具体负责和落实工程建设过程中环境保护管理工作，其主要职责包括：

①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；

②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；

③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；

④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；

⑤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；

（2）施工单位

施工期的环境保护措施由施工单位实施，并在招标文件中进行明确。施工单位应确保措施到位，落实相关费用。

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职人员 1~2 人。主要包括以下内容工作：

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。

（3）监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立工程环境监理部，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本报告“环境监理”一节。

（4）设计单位

根据国家法律法规、环境保护主管部门要求、环境影响报告书和批复等有关文件，从环境保护角度优化工程设计，选用对环境影响小的设计方案，反馈于建设单位和施工单位。

#### 8.2.5.2 运行期

工程建成运行后，在工程管理部门中设置“环境保护办公室”，设兼职人员 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）根据相关的环境保护法律、法规及技术标准，确定工程运行期环境保护方针和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

（2）负责落实环保经费及环境监测工作的正常实施，做好环境信息统计；

（3）协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题。

### 8.2.6 环境管理制度

#### 8.2.6.1 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。

#### 8.2.6.2 分级管理制度

建立环境保护责任制，将环境保护列入施工招标，在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治设施与环境保护措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，由环境监理部门负责定期检查，并将检查结果上报建设单位环境保护办公室及环境保护领导小组，并对检查中所发现的问题督促施工单位整改。

#### 8.2.6.3 监测制度

环境监测是环境管理部门获取施工区环境质量信息的重要手段，是进行环境管理的主要依据。从节约经费开支和保证成果质量的角度出发，建议采用合同管理的方式，委托当地具备相应监测资质的单位，对工程施工区及周围的环境质量按环境监测计划要求进行定期监测。并对监测成果实行月报、年报和定期编制环境质量报告书以及年审的制度。同时，应根据环境监测成果，对环保措施进行相

应调整，以确保环境质量符合国家标准和地方确定的功能区划要求。

**8.2.6.4“三同时”制度**

工程建设过程中的污染防治设施必须与主体工程同时设计、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。

**8.2.6.5 突发事故处理制度**

工程施工期间，如发生污染事故及其它突发性环境事件，除应立即启动应急预案，采取补救措施外，施工单位还要及时通报可能受到影响的地区和居民，并报建设单位环保部门与地方环境保护行政主管部门，接受调查处理。同时，要调查事故原因、责任单位和责任人，对有关单位和个人给予行政或经济处罚，触犯国家有关法律者，移交司法部门处理。并防止以后类似事故的发生。

**8.2.6.6 报告制度**

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。施工承包商定期向工程建设环境保护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境保护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境保护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。

## 8.3 环境监理

工程施工期应实施环境监理制度，以便对各项环保措施的实施进度、质量及实施效果等进行监督控制，及时处理和解决可能出现的环境污染和生态破坏事件。

### 8.3.1 监理目的与任务

环境监理单位应依照批复的工程环境影响报告书、国家相关环境保护法律法规和政策要求，根据环境监测数据及巡查结果，监督、审查和评估施工单位各项环保措施执行情况，及时发现、纠正违反合同环保条款及国家环保要求的施工行为。主要目的是落实工程环境影响报告书中所提出的各项环保措施，将工程施工不利影响降低到可接受程度。

## 8.3.2 环境监理范围及工作内容

### 8.3.2.1 环境监理范围

工程环境监理范围包括：小石门水库枢纽工程、输水线路工程，及各承包商及其分包商施工作业区域、生活营地、生产企业、施工区场内交通道路、渣料场等施工区域，小石门水库取水设施、生态流量下放措施、鱼类保护等环保措施。

### 8.3.2.2 环境监理组织方式

（1）工作记录制度

环境监理工程师根据工作情况记录①监理日记。重点记录涉及变更设计、会议往来、往来信息、现场状况、环境事故、存在问题及相应处理等情况；②现场巡视和旁站记录。重要记录施工现场状况、巡视和旁站过程中发生的环保问题等；③会议记录。主要记录环境监理主持的会议召开情况和会议成果，报送相关单位作为工作依据；④气象和灾害记录。主要记录每天气温变化、风力、雨雪情况和其他特殊天气情况及地质灾害等，还应记录因天气变化对工程的影响；⑤工程建设大事记录。记录工程建设的重要节点和重要事件，包括与工程环境保护相关的工程建设重要事件；⑥监测记录。以文字结合影像资料的形式对其开展的监督性生产监测进行详细记录。

（2）报告制度

环境监理通过工作报告定期向建设单位全面系统反映工程环保状态，根据工作需要对突出的环境问题以及建设单位要求，不定期的编制专题工作报告。监理工作报告包括环境监理定期报告、环境监理专题报告、环境监理阶段报告、环境监理总结报告。

（3）函件往来制度

监理工程师在现场检查过程中发现的环境问题，应下发问题通知单，通知承包商及时纠正或处理。监理工程师对承包商某些方面的规定或要求，一定要通过书面的形式通知对方。有时因情况紧急需口头通知，随后必须以书面函件形式予以确认。

（4）环境监理会议制度

在环境例会期间，承包商对本合同段的环境保护工作进行回顾总结，监理工程师对该月各标段的环境保护工作进行全面评议，会后编写会议纪要并抄送与会各方，并督促有关单位遵照执行。

重大环境污染及环境影响事故发生后，由环境总监理工程师组织环保事故的调查，会同建设单位、地方环境保护部门共同研究处理方案下发给承包商实施。

（5）奖惩制度

结合施工承包合同和建设单位相关管理制度和要求，建立工程环境保护奖惩制度以推动环境保护工作、提升环境保护工作成效。对认真履行施工合同环境保护条款和执行环境监理工作指令、环境保护效果突出的承包商，提请建设单位予以奖励；对不能严格按合同要求落实环境保护措施和要求、对环境监理工作指令执行不到位的承包商，提请建设单位予以相应惩罚。

（6）环保措施竣工自查、初验制度

在项目的环保措施的部分单项工程或单位工程结束时，环境监理应在申请验收前要求施工单位自查，然后及时组织建设单位、工程监理对单项工程或标段开展内部的环保初验工作，目的是提前发现问题，并督促施工单位及时整改问题。

（7）事故应急体系及环境污染事故处理制度

环境监理协助建设单位，指导和监督承包商等参建单位制定相对应突发性环境事件应急预案，建立应急系统，配备应急设备、器材，并督促各责任单位组织开展日常演练。

突发环境事故后，事故现场有关人员严格执行《中华人民共和国环境保护法》及突发环境污染事件应急管理制度，立即进行现场救护处置及事故上报。

（8）人员培训和宣传教育制度

对工程建设单位及承包单位人员宣传和培训的内容要包括环境保护法规政策、建设项目环境常识、本工程环境特点和环境保护要求等。

（9）档案管理制度

环境监理单位应结合工程实际监理环境保护信息管理体系，制定文件管理制度，重点就文件分类、编码、处理流程、归档等方面予以规定，对环境保护信息及时梳理、分析，将信息转化为决策依据，指导和规范现场监理工作。

（10）质量保证制度

环境监理从业人员，应按规定持证上岗。环境监理应严格按照监理方案及实施细则进行，并对期间发生的各种情况进行详细记录。

**8.3.2.3 环境监理工作内容**

遵循国家及当地政府关于环境保护的方针、政策、法令、法规，监督承包商落实工程承包合同中有关环保条款。具体包括：

（1）编制环境监理计划，拟定环境监理项目和内容；

（2）监督承包商对承包合同中有关环保条款的执行情况，并负责解释环保条款，对重大环境问题提出处理意见和报告，责成有关单位限期纠正；

（3）全面监督和检查各施工单位环境保护措施实施情况和实际效果，及时处理和解决临时出现的环境污染事件；对承包商进行监理，防止和减轻施工作业引起的环境污染和对植被、野生动植物的破坏行为和火灾发生；

（4）全面检查施工单位负责的渣场、施工迹地的处理、恢复情况，主要包括边坡稳定、迹地恢复及效果等；

（5）负责落实环境监测的实施，审核有关环境报表，根据水质监测结果，对施工及管理提出相应要求，尽量减少工程施工给环境带来的不利影响；

（6）在日常工作中作好监理记录及监理报告，组织质量评定，参与竣工验收；

（7）参加承包商提出的环保设施设计和实施进度计划的审查会，提出改进意见；

（8）协调业主和承包商之间的关系，处理合同中有关环保部门的违约事件。

## 8.3.3 监理机构

建设单位应当在建设项目开工建设前，委托具有相应资质的机构开展环境监理。根据工程规模和施工规划，施工期环境保护监理部门拟设专职监理人员 2 人、兼职人员 1~2 人。环境监理人员常驻工地，对施工区环境保护工作进行动态管理。

## 8.4 竣工环保验收

建设单位应严格遵循环保“三同时”原则，落实环评文件拟定的各项环保措施。根据现行建设项目竣工环境保护验收要求，在工程完工后，编制竣工环保验收调查报告，由建设单位组织开展自主验收，验收意见及竣工环保验收调查报告等相关文件应依据有关要求报环保行政主管部门备案。竣工环保验收重点内容见表8.4-1。

**表 8.4-1　竣工环保验收重点内容一览表**

| 阶段 | 重点位置 | 重点内容 |
|---|---|---|
| 筹建期 | 生产生活区 | 各类废污水处理设施是否建成；<br>是否配备生活垃圾收集措施；<br>是否剥离表土并运至指定地点堆放。 |
| | 场内交通、通水、通电工程建设 | 是否是否洒水降尘；<br>道路限速禁鸣标志是否建成。 |
| | 弃渣场 | “三通一平”产生弃渣是否按照水保要求防护。 |
| | 枢纽区、坝下河谷区域、白土坡西南侧山林 | 是否开展陆生野生保护动物监测 |
| 施工期 | 砂石料加工系统废水处理设施 | 废水处理回用，进出口处主要污染物浓度，废水处理率。 |
| | 混凝土拌和系统废水处理设施 | 废水处理回用设施运行状况，进出口处主要污染物浓度，废水处理率。 |
| | 机修含油废水处理设施 | 废水处理回用设施运行状况，废水处理率，油污处置情况。 |
| | 隧洞废水 | 是否收集处理，处理去向，实际影响 |
| | 生产生活区 | 生活污水处理设施运行状况，进出口处主要污染物浓度，污水处理率；<br>生活垃圾是否分选、集中运输次数、费用；<br>危废暂存及处置是否符合管理要求；<br>施工结束后是否及时进行迹地清理及植被恢复。 |
| | 勐岗河（坝址、下游）等 | 是否按要求开展水质监测，以及河流水环境质量状况。 |
| | 占地区植物 | 是否对临时占地区进行植被恢复。 |
| | 敏感点（周边居民点） | 洒水降尘频率；大气环境和声环境质量；噪声治理措施是否落实。 |
| | 渣场 | 洒水降尘频率；大气环境和声环境质量；堆渣前是否剥离表土；水土保持监测；是否采取防护措施；施工结束后是否立即进行植被恢复。 |
| | 专项设施复建 | 是否对涉及的 214 省道 5 座大桥进行加固，是否对涉及的水利设施、通讯设施等进行复建、赔偿。 |
| | 浮筒式取水门与分层取水设施 | 是否同步建设。 |
| | 鱼类增殖站、栖息地保护、生态廊桥、生态廊道 | 是否同步建设、是否设立警示标志。 |

| | | |
|---|---|---|
| | 动物保护地 | 是否委托专业机构对拟划定为动物保护地的白土坡西南侧林区、坝下河谷区域开展生物多样性本地调查，编制自然保护小区规划等。 |
| | 其它 | 猕猴投（补）食点是否设立；是否设立动物救护站；是否设立环境保护管理机构，相关管理、监理、监测人员、制度、报告是否完备。 |
| 试运行期 | 小石门水库 | 浮筒式取水门+分层取水塔取水设施运行效果、生态流量监控措施是否落实；水质自动在线监测设备是否安装；在线水温监测点是否安装；生态廊道是否建设；动物保护小区是否划定；猕猴投（补）食点是否设立；动物栖息地是否恢复。 |
| | 勐岗河等 | 水质、水温（库区和下泄）状况。 |
| | 工程影响区 | 陆生、水生等监测方案落实情况 |
| | 渣料场 | 植被恢复状况。 |

# 9 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析

## 9.1 编制依据

（1）《水利水电工程环境保护概估算编制规程》（359-2006）。

（2）关于发布《水利建筑工程预算定额》、《水利建筑工程概算定额》、《水利工程施工机械台时费定额》及《水利工程设计概（估）算编制规定》的通知（水利部文件水总[2002]116 号）。

（3）国家计委、建设部关于发布《工程勘察设计收费管理规定》的通知（计价格[2002]10 号）。

（4）国家计委、国家环境保护总局《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》（计价格[2002]125 号）。

（5）环保设备采用市场现行价。

（6）环境保护设计资料：本阶段的设计工程量、设计图纸、施工方法、施工总进度等资料。

## 9.2 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，为 2017 年第一季度；

（2）建筑工程基础单价，包括人工单价、主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致；

（3）植物工程概算参照地方市场价格调整计算；

（4）建设管理费、技术培训费、监理费和基本预备费等项目采用投资×费率的方法计算；

（5）本概算仅包括建设期及试运行期环保费用，运行期环境管理、环境监测及环境研究等费用列入工程运行成本，不在此计列；

（6）水利部水总[2014]429 号文《水利工程设计概（估）算编制规定》。

## 9.3 环保投资估算

小石门水库工程环保总投资 20413.58 万元，详见表 9.3-1。

**表 9.3-1　小石门水库工程环保投资估算汇总表**

| 编号及费用名称 | 投资（万元） | 占总投资比例（%） |
|---|---|---|
| 第Ⅰ部分环境保护措施 | 9661.80 | 47.3 |
| 第Ⅱ部分环境监测措施 | 1047.30 | 5.1 |
| 第Ⅲ部分环保仪器设备及安装 | 1303.46 | 6.4 |
| 第Ⅳ部分环境保护临时措施 | 1466.27 | 7.2 |
| **Ⅰ~Ⅳ部分合计** | **13478.83** | |
| 第Ⅴ部分环境保护独立费用 | 4747.59 | 23.3 |
| **Ⅰ～Ⅴ部分合计** | **18226.41** | |
| 第 VI 部分预备费 | 2187.17 | 10.7 |
| **环境保护总投资** | **20413.58** | 100 |

**表 9.3-2　小石门水库工程环境保护措施投资一览表**

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价（万元） | 投资（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **第Ⅰ部分 环境保护措施** | | | | | **9661.80** | |
| 一 | 陆生生态保护措施 | | | | 4790.22 | |
| 1 | 警示牌 | 个 | 21 | 0.5 | 10.50 | 枢纽区、输水干线周边，平均 5km 一个；库尾白马山州级自然保护区段，设置 4 个警示牌；北干线 34#临时道路靠近元谋土林州级自然保护区一侧设置 1 个。 |
| 2 | 宣传保护教育费 | 年 | 6 | 5 | 30.00 | |
| 3 | 保护区的划定与建设 | 年 | 6 | 100 | 600.00 | |
| 4 | 野生动物救护站 | 项 | 1 | 20 | 20.00 | |
| 5 | 猕猴补/投食点 | 年 | 9 | 7.5 | 67.50 | 在坝址及上游 1km、2km、3km、4km 左右两岸各设 1 个投食点，水库建设期间及运行后 3 年计列 |
| 6 | 野生动物生境修复 | 亩 | 1665.89 | 0.8 | 1332.71 | 枢纽区临时占用林地 1665.89 亩，进行生境修复，单价：15 元/$m^2$ |
| 7 | 猕猴肇事补偿基金 | 年 | 9 | 10 | 90.00 | 水库建设期间及运行后 3 年计列 |
| 8 | 生态廊道建设 | 项 | 1 | 300 | 300 | 工程建设完成第一年开始建设，按 3 年计列 |
| 9 | 生态廊桥建设 | 项 | 1 | 2339.51 | 2339.51 | |
| 二 | 水生生态保护措施 | | | | 4091.34 | |
| 1 | 鱼类增殖站建设与运行费 | 项 | 1 | 3891.34 | 3891.34 | 按 2 年计列 |
| 2 | 鱼类栖息地保护与修复 | 项 | 1 | 200 | 200.00 | |
| 三 | 水库管理局环保措施 | | | | 57.25 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 地埋式生活污水处理设施土建费 | 座 | 1 | 40 | 40.00 | |
| 2 | 环保厕所 | 座 | 1 | 6 | 6.00 | |
| 3 | 隔油池 | 座 | 1 | 6 | 6.00 | |
| 4 | 垃圾桶 | 个 | 5 | 0.05 | 0.25 | |
| 5 | 垃圾房 | 座 | 1 | 5 | 5.00 | |
| 四 | 地下水保护措施 | | | | 508.06 | |
| 1 | 应急供水措施 | 项 | 1 | 277.76 | 277.76 | 葫芦塘、老厂村、水桥寺、大水桥、海田村、老衲上村、老衲村 7 个村庄，受影响人口 1786 人，3 辆水车，日供水 6 次。 |
| 2 | 地下水替代水源工程 | 项 | 1 | 230.3 | 230.30 | 葫芦塘、老厂村、水桥寺、大水桥、海田村、老衲上村、老衲村 7 个村庄，受影响人口 1786 人。井深 98~187m |
| 五 | 水温恢复 | | | | | |
| | 分层取水措施 | | | | \ | 主体已计列 |
| 六 | 生态流量泄放设施 | | | | \ | 设置生态放水闸、埋设生态放水管，主体已计列 |
| 七 | 水源地措施费 | | | | 214.93 | |
| 1 | 水源地保护区界桩、标识、隔离栏设置 | 项 | 1 | 204.93 | 204.93 | 库周长度 24.04km，单价：80 元/m；每 200m 设置界桩 1 个，单价：80 元/个；标识牌 6 个。 |
| 2 | 水源保护宣传栏 | 项 | 1 | 10 | 10.00 | |

## 表 9.3-3　小石门水库工程环境监测投资一览表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价（万元） | 投资（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **第Ⅱ部分 环境监测措施** | | | | | **1047.30** | |
| 一 | 水环境监测 | | | | 346.30 | |
| （一） | 地表水监测 | | | | 256.00 | |
| 1 | 施工期废污水监测 | | | | 140.40 | |
| 1.1 | 混凝土拌和冲洗废水处理系统进出口水质监测 | 组 | 180 | 0.2 | 36.00 | 10 个点位，监测 18 次 |
| 1.2 | 砂石料加工系统水质监测 | 组 | 36 | 0.2 | 7.20 | 2 个点位，监测 18 次 |
| 1.3 | 机修厂含油废水处理系统进出水口水质监测 | 组 | 36 | 0.2 | 7.20 | 2 个点位，监测 18 次 |
| 1.4 | 隧洞施工废水处理系统进出口水质监测 | 组 | 162 | 0.2 | 32.40 | 9 个点位，监测 18 次 |
| 1.5 | 生活污水处理系统进出口水质监测 | 组 | 192 | 0.3 | 57.60 | 8 个点位，监测 24 次 |
| 2 | 施工期地表水监测 | 组 | 90 | 0.3 | 27.00 | 5 个断面，每年丰、平、枯水期各 1 次，监测 18 次 |
| 3 | 施工期生活饮用水监测 | 组 | 96 | 0.5 | 48.00 | 4 个点位，监测 24 次 |
| 4 | 试运行期水库管理所生活污水监测 | 项 | 1 | 1 | 1.00 | 以试运行 1 年计列 |
| 5 | 试运行期水环境质量监测 | | | | 39.60 | |
| 5.1 | 坝下河道水质监测 | 组 | 9 | 0.5 | 4.50 | 坝址下游 1km 处，每年丰、平、枯水期各测 1 次，计列 3 年 |
| 5.2 | 受水区地表水水质监测 | 组 | 45 | 0.3 | 13.50 | 5 个点位，每年丰、平、枯水期各 1 次， |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 计列三年 |
| 5.3 | 弯腰树水库水质监测 | 组 | 36 | 0.6 | 21.60 | 每月 1 次，计列三年 |
| （二） | 地下水环境监测 | | | | 90.30 | |
| 3.1 | 施工期地下水水位监测 | 组 | 258 | 0.05 | 12.90 | 6 个点位，每月测一次。隧洞施工工期 43 个月，测 43 次。 |
| 3.2 | 施工期地下水水质监测 | 组 | 66 | 0.6 | 39.60 | 6 个点位，每年丰、平、枯各测一次。隧洞施工工期 43 个月，测 11 次。 |
| 3.3 | 运行期地下水水质监测 | 组 | 63 | 0.6 | 37.8 | 7 个点位，每年丰、平、枯水期各 1 次，计列 3 年 |
| 二 | 土壤环境监测 | | | | 2.40 | |
| 1 | 施工期土壤环境监测 | 组 | 4 | 0.3 | 1.20 | 4 个点位，施工高峰期监测 1 次 |
| 2 | 运行期土壤环境监测 | 组 | 4 | 0.3 | 1.20 | 4 个点位，水库运行后 3~5 年监测一次 |
| 三 | 环境空气监测 | 点·次 | 5×9 | 0.6 | 27.00 | 5 个点位，监测 9 次 |
| 四 | 声环境监测 | 点·次 | 5×9 | 0.2 | 9.00 | 5 个点位，监测 9 次 |
| 五 | 人群健康监测 | 项 | 1 | 5 | 5.00 | |
| 六 | 水生生态监测 | | | | 300.00 | |
| 1 | 施工期水生生物监测 | 次 | 2 | 25 | 50.00 | 施工高峰期开展 1 期（丰、枯各一次） |
| 2 | 试运行期水生生物监测 | 次 | 4 | 25 | 100.00 | 蓄水后第 1、第 3 年丰水期、枯水期各监测一次 |
| 3 | 增殖放流效果监测 | 次 | 6 | 25 | 150.00 | 蓄水后每年监测 1 次，按 3 年计列 |
| 六 | 陆生生态调查 | | | | 360.00 | |
| 1 | 施工期陆生植物植被调查 | 项 | 1 | 30 | 30.00 | 坝址及库区选取代表性点位，施工高峰期调查 1 次 |
| 2 | 施工期野生保护动物观测 | 年 | 7 | 30 | 210.00 | 开工前 1 年至施工结束，共 7 年。 |
| 3 | 试运行期陆生植物植被调查 | 项 | 1 | 30 | 30.00 | 坝址及库区选取代表性点位，试运行期开展一次 |
| 4 | 运行期野生保护动物观测 | 年 | 3 | 30 | 90.00 | 施工结束后三年 |

## 表 9.3-4　小石门水库工程环境保护仪器设备及安装投资一览表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价（万元） | 投资（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **第Ⅲ部分 环保仪器设备及安装** | | | | | **1303.46** | |
| 1 | 施工废污水处理设备 | | | | 760.00 | |
| 1.1 | 砂石料加工系统废水处理设备 | 套 | 1 | 500 | 500.00 | 高效污水净化器、泵、过滤机等 |
| 1.2 | 混凝土拌合系统废水处理设备 | 套 | 39 | 1.5 | 58.50 | 混凝土拌合站一座；移动拌合机 38 台。泵、过滤机等 |
| 1.3 | 机修保养厂废水处理设备 | 套 | 1 | 30 | 30.00 | 枢纽区机修厂，油水分离器、泵 |
| 1.4 | 隧洞涌水处理设备 | 套 | 9 | 3.5 | 31.50 | 泵、过滤机等 |
| 1.5 | 成套污水处理设备、泵 | 套 | 1 | 50 | 50.00 | 枢纽区生产生活区 |
| 1.6 | 环保厕所 | 套 | 18 | 3 | 54.00 | 18 个施工生产生活区，泵、环保厕所及设备安装等 |
| 1.7 | 隔油池 | 套 | 18 | 2 | 36.00 | 18 个施工生产生活区，泵及设备安装等 |
| 2 | 初期蓄水抽水泵 | 个 | 3 | | \ | 主体已计列 |
| 3 | 生活垃圾处理 | | | | 3.46 | 18 个施工生产生活区，每个区设 4 个垃圾桶 |
| 3.1 | 垃圾池 | 座 | 1 | 2 | 2.00 | 枢纽区生产生活区设置 1 座砖砌垃圾池 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.2 | 垃圾桶 | 个 | 73 | 0.02 | 1.46 | 枢纽区生产生活区设置 5 个垃圾桶；输水线路区生产生活区各设置 4 各。 |
| 4 | 粉尘防治 | | | | 150.00 | |
| 4.1 | 洒水车 | 辆 | 4 | 30 | 120 | 枢纽区、东干管各设一辆，北干管设两辆 |
| 4.2 | 除尘器 | 台 | 1 | 30 | 30 | 混凝土拌合站 |
| 5 | 运行期生活污水处理设备 | 套 | 1 | 60 | 60.00 | 管理所内一体化污水处理设备、泵等 |
| 6 | 环境监测仪器设备 | | | | 330.00 | |
| 6.1 | 水质在线监控设备 | 套 | 1 | 200 | 200.00 | 库区设 1 个 |
| 6.2 | 生态流量在线监控设备 | 套 | 1 | 50 | 50.00 | 电站尾水口下游 100m 处设 1 个 |
| 6.3 | 水温监测设备 | 套 | 2 | 40 | 80.00 | 坝前、电站厂房尾水口处各设 1 个 |

## 表 9.3-5　小石门水库工程环境保护临时措施投资一览表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价（万元） | 投资（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **第Ⅳ部分 环境保护临时措施** | | | | | **1466.27** | |
| 一 | 废污水处理 | | | | 1104.83 | |
| 1 | 砂石料加工系统废水处理 | | | | 524.00 | |
| 1.1 | 砂石料加工系统废水土建工程费 | 项 | 1 | 200 | 200.00 | |
| 1.2 | 砂石料加工系统废水运行费 | 月 | 54 | 6 | 324.00 | 1 个砂石料加工系统，使用期至大坝封顶 |
| 2 | 混凝土生产废水处理 | | | | 29.00 | |
| 2.1 | 混凝土生产废水土建工程费 | 个 | 1 | 2 | 2.00 | 1 个混凝土拌合站 |
| 2.2 | 混凝土生产废水运行费 | 月 | 54 | 0.5 | 27.00 | |
| 3 | 机械保养含油废水处理 | | | | 57.00 | |
| 3.1 | 机修保养废水设备工程费 | 项 | 1 | 30 | 30.00 | 枢纽区机械保养站 |
| 3.2 | 机修保养废水运行费 | 月 | 54 | 0.5 | 27.00 | |
| 4 | 基坑排水处理 | 项 | 1 | 20 | 20.00 | |
| 5 | 隧洞施工废水处理 | | | | 155.63 | |
| 5.1 | 隧洞排水处理土建工程费 | 项 | 1 | 82.93 | 82.93 | 4 个隧洞，3 条施工支洞 |
| 5.2 | 隧洞排水处理运行管理费 | 项 | 1 | 72.7 | 72.70 | 隧洞施工工期为 43 个月 |
| 6 | 生活污水处理 | | | | 319.20 | |
| 6.1 | 生活污水土建工程费 | 个 | 19 | 6 | 114.00 | |
| 6.2 | 生活污水运行费 | 月 | 54 | 0.2*19 | 205.20 | |
| 二 | 大气环境保护措施 | | | | 57.50 | |
| 1 | 洒水降尘 | 月 | 54 | 1 | 54.00 | |
| 2 | 交通标志牌 | 块 | 35 | 0.1 | 3.50 | 18 个生产生活区及 17 个环境敏感点周边各设 1 块 |
| 三 | 噪声防护 | | | | 63.50 | |
| 1 | 隔声屏 | m | 1270 | 0.05 | 63.50 | 新房子、海岱、小多乐村两侧 |
| 四 | 固体废弃物 | | | | 220.44 | |
| 1 | 生活垃圾清扫 | 月 | 72 | 0.5 | 36.00 | |
| 2 | 生活垃圾外运处理 | t | 3688.74 | 0.05 | 184.44 | |
| 五 | 人群健康保护 | 项 | 1 | 20 | 20.00 | |

**表 9.3-6　小石门水库工程环境保护独立费用投资一览表**

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量 | 单价（万元） | 投资（万元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **第Ⅴ部分 环境保护独立费用** | | | | | **4747.59** | |
| 一 | 建设管理费 | | | | 739.15 | |
| 1 | 建设管理经费 | | | | 269.58 | 按一～四部分和的 2%计 |
| 2 | 环境保护设施竣工验收费 | 项 | 1 | 200 | 200.00 | 按实际工作量计列 |
| 3 | 环境保护宣传及技术培训费 | | | | 269.58 | 按一～四部分和的 2%计 |
| 二 | 环境监理费 | 年 | 6 | 120 | 720.00 | 按实际工作量计列 |
| 三 | 科研勘测设计咨询费 | | | | 3288.43 | |
| 1 | 环境保护科学研究试验费 | | | | 250.00 | |
| 1.1 | 鱼类增殖放流效果研究 | 项 | 1 | 50 | 50.00 | |
| 1.2 | 鱼类栖息地保护相关技术研究 | 项 | 1 | 40 | 40.00 | |
| 1.3 | 保护动物种群与行为生态研究 | 项 | 1 | 80 | 80.00 | |
| 1.4 | 野生保护动物保护措施专题研究 | 项 | 1 | 80 | 80.00 | |
| 2 | 其他专项设计费 | | | | 400.00 | |
| 2.1 | 鱼类栖息地保护专题 | 项 | 1 | 50 | 50.00 | |
| 2.2 | 保护地本底调查与划定 | 项 | 1 | 200 | 200.00 | |
| 2.3 | 饮用水源区规划及实施方案编制 | 项 | 1 | 100 | 100.00 | |
| 2.4 | 环境应急预案编制 | 项 | 1 | 50 | 50.00 | |
| 3 | 环境影响评价费 | 项 | 1 | 1100 | 1100.00 | 按实际工作量计列 |
| 4 | 环境保护工程勘察设计费 | | | | 1538.43 | |
| 4.1 | 可行性研究环境保护勘察设计费 | 项 | 1 | 174.29 | 174.29 | 根据发改价格[2006]1352 号文 |
| 4.2 | 设计阶段环境保护勘察设计费 | 项 | 1 | 579.84 | 579.84 | 按一～四部分和（除鱼类增殖站、生态廊桥）的 8%计 |
| 4.2（a） | 设计阶段勘测费 | 项 | 1 | 193.28 | 193.28 | |
| 4.2（b） | 设计阶段设计费 | 项 | 1 | 386.56 | 386.56 | |
| 4.3 | 鱼类增殖放流站勘察设计费 | 项 | 1 | 583.701 | 583.70 | |
| 4.3（a） | 鱼类增殖放流站勘测费 | 项 | 1 | 194.567 | 194.57 | |
| 4.3（b） | 鱼类增殖放流站设计费 | 项 | 1 | 389.13 | 389.13 | |
| 4.4 | 生态廊桥勘察设计费 | 项 | 1 | 200.60 | 200.60 | |
| 4.4（a） | 生态廊桥勘测费 | 项 | 1 | 31.24 | 31.24 | |
| 4.4（b） | 生态廊桥设计费 | 项 | 1 | 169.36 | 169.36 | |

## 9.4 环境影响经济效益分析

工程建设由于水库淹没、工程占地和工程施工污染物质排放等方面对工程区域环境质量和环境资源造成一定程度的损失和影响。在工程建设过程中，实施了相应的减免和改善措施，使不利影响可在很大程度上得到减小和避免。

工程建成后，多年平均供水量为 6723.5 万 $m^3$，其中农灌供水 6533.4 万 $m^3$、城乡生活供水 190.1 万 $m^3$，为地方经济发展提供保障，工程建设具有较好的社会效益和经济效益。

本工程为非污染生态工程，具有运行年限长、环境损失补偿大多为一次性投入的特点，建成后，在环境损失方面的补偿随时间的增加基本不需追加投资，随着工程的运行，环境效益将不断增大。因此，在环境费用——效益方面，工程具有较优越的经济指标。

# 10 评价结论

## 10.1 工程概况

小石门水库坝址位于牟定县与大姚县交界的勐岗河中游，坝址坐标：东经101°38′04.61"、北纬25°35′22.93"。勐岗河为龙川江的一级支流，主河道平均比降1.38‰，坝址以上控制径流面积739km$^2$。

小石门水库的工程任务是：以农业灌溉、乡镇供水为主，兼顾发电，承担滇中引水工程的调蓄功能，为巩固区域脱贫攻坚创造条件的综合性水利枢纽工程。

小石门水库为综合利用的水利工程，工程等别为Ⅱ等，工程规模为大（2）型。坝址断面多年平均天然来水量为14201万m$^3$、多年平均滇中来水量1708万m$^3$，水库正常蓄水位1673m、相应库容10368万m$^3$，死水位1601.4m、死库容1456.9万m$^3$，水库总库容11102万m$^3$。设计灌溉面积27.3万亩， 其中新增灌溉面积17.84万亩、改善现有灌溉面积9.46万亩。水库多年平均总供水量6723.5万m$^3$，其中农灌供水6533.4万m$^3$、城乡供水190.1万m$^3$。运行期间，水库向下游泄放3295.6万m$^3$生态流量，下放标准为：枯期（11月～次年5月）最小下泄生态流量不小于0.74m$^3$/s；汛期（6月～10月）最小下泄生态流量不小于1.47m$^3$/s。

工程由水库枢纽工程和输水线路工程组成。水库枢纽位于龙街乡白土坡村以东约1km处，拦河坝最大坝高163.5m。枢纽区提水泵站设龙街提水管和戌街提水管分别承担水库左岸大姚龙街片灌区4875亩耕地和水库右岸牟定戌街灌区11700亩耕地的灌溉用水。坝后设消能电站，安装发电装机三台，总装机容量15MW；输水线路由引水渠、总干线、东干线、北干线及支管组成，除引水渠、总干线上村隧洞、大坝箐隧洞及北干线级密山隧洞为无压输水外，主要采用有压方式输水。输水干线全长63.257km，其中引水渠长0.224km，总干线长16.248km，首部设计流量8.27m$^3$/s；东干线全长4.216km，起点设计流量0.83m$^3$/s，末端设计流量0.39m$^3$/s，控制灌溉面积2.5万亩；北干线全长42.569km，起点设计流量7.2m$^3$/s，末端流量0.41m$^3$/s，控制灌溉面积15.3万亩。

工程施工期间仅在枢纽区布置一个石料场和一个土料场，即：薄刀岭石料场、碗厂土料场；共布设18个生产生活区，其中枢纽区1个、输水线路区17个。

工程建设过程中，工程土石方开挖量为 2060.91 万 $m^3$（自然方，下同），回填利用料 1209.10 万 $m^3$，弃渣量 851.81 万 $m^3$，共设置 30 个弃渣场（枢纽区 5 个、输水工程区 25 个）。

工程建设征占地总面积 12937.10 亩，共涉及楚雄州大姚县、牟定县、元谋县 3 个县的 7 个乡镇，其中水库永久征地 4925.93 亩、临时占地 8011.17 亩。受工程建设影响，规划水平年，小石门水库工程产生农业生产安置人口为 190 人，其中水库淹没区 145 人，枢纽区 17 人，管道区 28 人。

工程施工总工期为 72 个月，其中施工准备期 17 个月、主体工程施工期 54 个月。

工程总投资 466248.05 万元，其中环保投资 20413.58 万元，占总投资的 4.38%。

## 10.2 工程分析结论

通过工程分析，结合工程区的环境现状特征，可以认为：楚雄州小石门水库工程建设符合国家产业政策要求，符合国家与地方相关规划。工程建设是十分必要的，工程选择的水资源配置方案、坝址选址、输水线路布置等设计方案是环境合理的。

工程施工期的环境影响主要有：工程占地对地表植被、陆生动植物等生态环境的影响；工程开挖与弃渣堆放产生的水土流失问题；施工“三废一噪”对环境的影响。施工期环境影响是暂时的、局部的。

工程运行基本不产生污染物，但水库供水对流域水资源利用产生影响，水库蓄水和供水对水库库区、坝下河道的水文泥沙情势、水温、水质、水生生态等将产生影响，这些环境影响将是工程环境影响评价的重点，也是应予采取环境保护措施的重点。

# 10.3 环境现状

## 10.3.1 地表水环境现状

### 10.3.1.1 现状污染负荷

小石门水库坝址以上径流区内污染负荷包括点源污染和农业农村面源污染。由于小石门水库径流区内工矿企业数量较少，楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂、牟定金康矿业开发有限公司两家工矿企业生产期间产生的各类生产生活废污水均处理后循环使用，污水不外排。因此，本工程点源污染包括集镇生活污染和规模化畜禽养污染；农业农村面源污染包括农村生活污染、人畜粪便污染、农田化肥污染和农田固废污染。小石门水库径流区及受退水区内主要污染物最终入河量分别为：COD11752.05t/a、TP168.37t/a、$NH_3$-N 603.65t/a。

### 10.3.1.2 环境质量现状

根据 2018 年 10 月及 2019 年 1 月水质现状监测结果，普登河水质基本良好，基本满Ⅲ类水质要求。2018 年 10 月除支流两个点位溶解氧（超标 0.31~2.07 倍）、2019 年 1 月龙山村断面溶解氧超标 0.3 倍外，水质满足Ⅲ类水质目标要求。

龙川江干流龙山大沟引水断面至正兴坝河段均满足Ⅳ类水质要求，小黄瓜大桥断面除 2018 年 10 月溶解氧（超标 0.76 倍）外，均满足Ⅲ类水质要求；龙川江右岸元谋灌区内的老城河及那蚌河水质及蜻蛉河干流及永定河干流各断面均满足Ⅳ类水质要求。

根据收集到的 2016 年 1 月~2020 年 7 月楚雄州常规水质监测结果评价，龙川江干流江边断面除粪大肠菌群及 COD 部分时段超标外，其余指标均满足Ⅲ类水质要求。经对比分析龙川江干支流、金沙江上游断面水质监测数据，龙川江河口江边断面粪大肠菌群超标并非系黄瓜园以上龙川江干支流、蜻蛉河干流直接所致，而可能系受小黄瓜园以下的居民生活排污或受金沙江干流上游来流影响所致。

元谋灌区已建弯腰树水库、新河水库现状水质分别能够满足Ⅲ类、Ⅳ类水质要求。

## 10.3.2 地下水环境现状

### 10.3.2.1 环境质量现状

根据 2018 年对评价区 18 个点位的水样监测结果显示，小石门水库水源区和输水线路区内地下水水质较好，除两口水井的水样总硬度略微超标外，其他监测点均能达到《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类标准；灌区内地下水水质不能满足Ⅲ类标准，4 个监测点位中总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、锰及菌落总数均出现不同程度的超标。

### 10.3.2.2 地下水开发利用现状

评价区内地下水开发利用较为普遍，当地居民一般取用地下水作为农业和生活用水。本次评价区内共调查到被利用的地下水水源点 24 处，包括 8 处泉眼、16 口井。

## 10.3.3 陆生生态环境现状

### 10.3.3.1 土地利用现状

评价区土地利用现状以林地面积最大，有 12281.53hm$^2$，占评价区面积的 73.36%；评价区耕地面积 3840.90hm$^2$，占评价区面积的 22.94%；评价区园地面积约 43.43hm$^2$，占评价区面积的 0.26%；评价区的交通运输用地面积约 133.83hm$^2$，占评价区面积的 0.80%；评价区住宅用地（村寨用地）面积 169.37hm$^2$，占评价区面积的 1.01%；评价区特殊用地面积较大，主要是风景名胜设施用地（土林），面积约 107.81hm$^2$，占评价区面积的 0.64%；评价区还有部分工矿仓储用地（工业用地）以及太阳能光伏电场，面积约 82.51hm$^2$，占评价区面积的 0.50%；评价区水域面积约 110.92hm$^2$，占评价区面积的 0.66%。包括自然河流和人工库塘。

### 10.3.3.2 植被现状

按照《云南植被》的植被分类原则及系统，根据野外调查资料，将小石门水库评价区范围的自然植被划分为 4 个植被型、4 个植被亚型和 11 个群系。评价区各种植被类型中，面积最大的是稀树灌木草丛，其面积达到 2653.23hm$^2$，占评价区面积的 15.85%；评价区自然植被面积最小的是半湿润常绿阔叶林，为 10.80hm$^2$，占评价区面积的 0.06%。

评价区的自然植被类型虽然有半湿润常绿阔叶林、暖温性针叶林、干热性稀树灌草丛、干热性灌丛 4 种类型，但由于评价区大部分位于村寨附近，长期以来受农业生产生活的影响严重，自然植被受到严重破坏，目前成为十分次生的植物群落类型，表现在组成群落的物种减少，尤其是群落中的原生成分减少，外来成分增加；此外，群落乔木层的高度降低，胸径变小，植株多为萌生状，高质量的乔木树种资源枯竭，密度和盖度下降，林分质量显著下降。

由于人口增加和经济林木产品价格的不断上涨，评价区人工植被的面积还会缓慢增加，自然植被的面积还会逐渐缩小，并且其自然植被的次生化程度可能会进一步加剧。

**10.3.3.3 植物资源**

评价区记录到野生维管植物 394 种，隶属于 97 科、273 属。总的来看，评价区气候干燥、环境条件相对单一，海拔高差不大，农业生产历史悠久，而耕地、园地和人工林所占比例较大，自然植被保存不多，植物资源的种类相对较少。评价区温带植物区系和热带植物区系均较为明显，表明评价区的植物区系与北温带亚洲植物区系和泛热带植物区系的密切联系。

评价区未发现国家重点保护野生植物，未发现云南省重点保护野生植物；评价区也未发现名木古树。

**10.3.3.4 生态完整性现状评价**

评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量，这充分表明评价区的生态系统都受到一定程度的干扰，是不完整的生态系统。由于评价区的生态系统的生量总体上都是以低生物量为特征，因此其生态系统也是脆弱的，在外界的干扰下易处于不稳定状态，容易进一步退化。

**10.3.3.5 动物资源现状**

评价区记录有陆生脊椎动物 159 种，隶属于 115 属，68 科，评价区内的陆栖脊椎动物种类较为丰富，但分布不均匀。

评价区的两栖类、爬行类中，没有记录和访问到国家重点保护野生动物，也没有记录到云南省重点保护野生动物。

本次评价范围内的两栖类和爬行类动物中无国家重点保护野生动物和云南省重点保护野生动物。评价区记录到国家Ⅰ级重点保护野生动物 1 种，即林麝，评价区记录到国家 II 级重点保护野生动物 15 种：松雀鹰、雀鹰、苍鹰、普通鵟、

红隼、游隼、白腹锦鸡、领角鸮、褐林鸮、白胸翡翠、栗喉蜂虎、猕猴、黄喉貂、豹猫和川西斑羚等，其中有 11 种属于鸟类，5 种为哺乳类。野外监测数据显示，除猕猴数量较多外，其他保护动物的数量均较少。

## 10.3.4 水生生态环境现状

### 10.3.4.1 浮游植物

小石门水库及相关影响区的 11 条河流中，共观察到浮游植物 57 属 86 种，分别隶属于蓝藻门、裸藻门、甲藻门、硅藻门和绿藻门 5 个门，其中绿藻门的种类最多，占比 45.23%。

小石门水库及相关影响区的 11 条河流中，浮游植物平均密度、生物量最高的是永定河、最低的是龙街河。

### 10.3.4.2 浮游动物

小石门水库及相关影响区的11条河流中，共检出浮游动物36科54属70种，其中原生动物 20 科 24 属 35 种，占比 50.00%。

小石门水库及相关影响区的 11 条河流中，浮游动物平均密度、生物量最高的是永定河、最低的是龙川江。

### 10.3.4.3 水生维管束植物

小石门水库及相关影响区的 11 条河流中，共发现到水生植物 6 种，主要为挺水植物，真水生植物仅有 2 种，其中水花生和凤眼莲为外来物种。自然河段水生植物较少，仅在岸边生长辣蓼和茭草等挺水植物，仅在一些缓流河段如，金锁湾附近，蜻蛉河有沉水植物生长。

### 10.3.4.4 底栖动物

小石门水库及相关影响区的 11 条河流中，共采集到大型底栖动物 27 种，隶属于 3 门、6 纲、13 目、21 科、23 属。其中种类最多的是节肢动物门，共有 14 种，占比 51.8%。

### 10.3.4.5 鱼类

楚雄州勐岗河（普登河）流域及相关流域共记录有鱼类 5 目 10 科 23 属 24 种，其中土著鱼类有 12 种，外来鱼类 12 种。土著种鱼类中，除鲤 *Cyprinus carpio* 、鲫 *Carassius auratus auratus*、南方大口鲇 *Silurus meridionalis*、黄鳝 *Micropercops*

*swinhonis* 外，其余均为小型鱼类。

调查记录到的所有鱼类中没有国家级和省级保护鱼类，也没有列入《中国濒危动物红皮书鱼类》、《中国物种红色名录》和《中国生物多样性红色名录》的濒危物种。此外，本评价区的 12 种土著鱼类中无洄游习性，不作长距离繁殖、索饵或越冬洄游，目前分布种类可分别在其所在江河、河段内完成其生活史。

### 10.3.5 土壤环境现状

根据 2019 年 8 月对工程评价区 12 个监测点位土壤理化特性调查和土壤环境质量现状监测结果，工程占地范围内和范围外土壤水溶性盐 SSC 为 0.12~1.14g/kg，9 个监测点 SSC 均小于 1 g/kg，表明工程区土壤未盐化，有 3 个监测点 1g/kg≤SSC＜2g/kg，工程区有轻度盐化；工程区 11 个监测点土壤 pH 在 6.11~8.02 范围，工程区土壤无酸化或碱化，仅 1 个监测点土壤 PH 为 5.08，为轻度酸化；评价区内 12 个监测点土壤环境质量现状监测值均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》（试行）（GB15618-2018）中农用地土壤污染风险筛选制标准要求。

### 10.3.6 环境空气和声环境现状

根据 2018 年环境空气、声环境质量现状监测结果表明：评价区环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求；工程区声环境质量良好，昼、夜间噪声值均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准。

### 10.3.7 生态敏感区现状

工程评价区内有牟定白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区、元谋风景名胜区，工程占地不涉及上述敏感区，但小石门水库淹没区距白马山州级自然保护区较近，施工临时道路距元谋土林州级自然保护区物茂片较近，施工行为可能带来一定间接影响。

# 10.4 主要环境影响分析结论

## 10.4.1 地表水影响分析结论

### 10.4.1.1 水文情势影响分析

施工导流期间，上游来水通过原河道或导流泄洪隧道、导流涵洞全部下泄，不会对坝下河道水文情势带来不利影响；初期蓄水期间，利用抽水泵和输水隧洞下放生态流量，可有效缓解对下游河道水文情势的影响。

小石门水库工程运行期间，水库工程所在的勐岗河及受退水区涉及的永定河、蜻蛉河、龙川江的流量、水位、流速等均发生了变化：

（一）流量

1、勐岗河：受小石门水库调节作用影响，勐岗河坝址断面处除 5 月份增加外（增加 130.7%，因下泄生态流量 0.74$m^3/s$），其余各月份均呈减少，流量减少率在 21.0%~-77.9%。

2、永定河：相比现状，入口断面设计水平年 6~8 月、10~11 月流量增加 2 倍，9 月份减少 64%，其余月份维持不变，至芝麻河口下，除 3~5 月未变化、10~11 月份增加 5.3%~15.3%外，其余月份减少率在 5.8%~43.5%。

3、蜻蛉河：相比现状，入口断面设计水平年各月流量均呈增加，增加率在 0.5%~2.4%；至永定河口下，1~2 月呈减少，减少率为 0.1%~0.3%，其余月份呈增加，增加率在 1.6%~18.7%。

4、龙川江：相比现状，设计水平年流量总体呈增加，其中东山大沟 5~9 月及 11 月增加率在 3.4%~90.3%，5 月份增加幅度最大，其余月份不变；普登河口下断面除 1 月不变外，其余各月增加率在 1.5%~128.6%；黄瓜园及以下断面各月均呈增加，黄瓜园断面增加率在 5.3%~143.1%，蜻蛉河口下断面增加率在 6.9%~72.6%，入金沙江断面增加率在 8.0%~74.4%。

（二）水深

（1）普登河：p=50%来水条件下，小石门坝下除 5 月份水深增加（增幅 38.5%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 9%~36%。

（2）永定河：p=50%来水条件下，入口断面 1~5 月及 12 月水深无变化，6~8 月及 10~11 月水深增加 50%，9 月降低 97.32%；芝麻河口下断面 6、10、11 月

增加 13.33%、5.56%、5.56%外，3~5 月水深无变化，其余各月降低 3.3%~24.14%；入蜻蛉河口前 3~8 月、11 月增加 0.54%~5.4%。

（3）蜻蛉河：p=50%来水条件下，入口断面除 1、3、4、11、12 月无变化外，其余各月水深均略有增加，增幅在 1.22%~2.94%；永定河口下断面除 4~6 月略有增加（增幅为 1.3%~6.12%）外，8、11、12 月无变化，其余各月均略有降低，降幅在 0.86~1.67%之间；入龙川江河口前除 4、5 月略有增加（增幅分别为 3.7%、9.28%），6、7 月无变化，其余各月均有所降低，降幅在 0.83%~2.28%。

（4）龙川江：p=50%来水条件下，东山大沟 1~4 月及 10 月、12 月水深不变， 5~9 月及 11 月水深增大，增大幅度在 1.55%~27.03%之间；普登河口下断面除 3 月、12 月无变化外，其余各月水深均有增加，增加幅度在 8.33%~47.06%；小黄瓜园断面各月水深均呈增加，增加幅度在 1.82%~40 %；蜻蛉河口下断面水深各月均呈增加，增加幅度在 4.4%~1152.94%。入金沙江前各月水深均有增加，增幅在 818.52%~6190.24%之间。蜻蛉河口下及入金沙江前断面水深显著增加是因受到乌东德水库蓄水的影响所致。

（三）流速

（1）普登河：p=50%来水条件下，库尾断面流速 2~4 月、9~12 月略有增加（增幅 0.53~0.99%），其余各月均无变化；坝下断面流速除 5 月份增加（增幅 30.88%）外，其余各月均减小，减小幅度在 5.99%~34.73%；班果河汇合口下断面除 5 月份增加（增幅 28.57%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 7.27%~43.64%。

（2）永定河：p=50%来水条件下，入口断面流速 6~8 月及 10、11 月增加近 2 倍，9 月减小 58.21%，其余各月无变化。芝麻河口下断面 1~5 月、7~9 月、12 月减小 1.09%~14.29%，6、10、11 月增加 1.64%~7.55%；入蜻蛉河口前断面 3、7、11 月无变化，6 月、8 月增加 3.45%、10%，其余各月减小 4.17%~15.38%。

（3）蜻蛉河：p=50%来水条件下，入口断面 1、2、7 月、10~12 月流速无变化，其余均略有增加，增幅在 0.5%~1.0%；永定河口下断面各月均略有增加，增幅在 0.95~8.04 %之间；入龙川江河口前除 5 月略有减少（降幅 2.0%）、4 月无变化外，其余各月均呈增加，增加幅度在 1.49%~10%。

（4）龙川江：东山大沟 1~4 月及 10 月、12 月流速不变，其余各月流速均有增大，增大幅度在 1.34%~17.46%之间；普登河口下断面 1 月略有减少，减少

幅度为 2.38%，2、3、12 月无变化，其余各月流速均有增加，增加幅度在 2.63%~24.32%；小黄瓜园断面 2、3 月，10~12 月无变化，1 月、7 月略有减少（减幅分别为 1.67%、0.89%），其余各月流速均呈增加，增加幅度在 1.75%~16.36%；蜻蛉河口下断面除 4~7 月增加（增幅 31.07%~85.95%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 92.31%~98.63%。入金沙江断面各月流速均呈减小，减小幅度在 89.47%~100.0%。蜻蛉河口下及入金沙江前断面流速大幅减小系受到乌东德水库水库蓄水影响所致。

（四）水面宽

（1）普登河：p=50%来水条件下，小石门坝下除 5 月份水面宽度增加（增幅 23.75%）外，其余各月均呈减小，减小幅度在 1.77%~38.69%；班果河汇合口下水面宽度除 5 月份增加（增幅 27.7%）外，其余月份减小幅度在 0.55%~45.83%。

（2）永定河：p=50%来水条件下，入口断面 1~5 月及 12 月水面宽度无变化，6~8 月及 10~11 月水面宽度增加 0.11~0.23%，9 月降低 10.58%；芝麻河口下断面除 6、10-11 月增加（增幅 9.82%-57.14%）外，其余各月减小 1.98%~13.54%；入蜻蛉河口前 3~8 月、11 月增加 0.04%~7.89%，其余各月降低 0.04%~1.34%。

（3）蜻蛉河：p=50%来水条件下，入口断面各月水面宽度均略有增加，增幅在 0.08%~1.17%；永定河口下断面 8 月无变化、除 4~6 月略有增加（增幅 0.97%~3.59%）外，其余各月均略有减小，减幅在 0.1~0.8%之间；入龙川江河口前除 4~6 月增加（增幅在 0.03%~118.08%），7、8 月不变，其余各月略有减小，降幅在 0.2%~1.5%。

（4）龙川江：p=50%来水条件下，东山大沟 2、12 月水面宽度不变，1、3、4、10 月水深略有减少，减少幅度为 0.05~0.07%，5~9 月、11 月水深增大，增大幅度在 0.06%~30.84%之间；普登河口各月水面宽度增加，增加幅度在 0.5%~31.1%；小黄瓜园断面则各月水面宽度均呈增加，增加幅度在 1.4%~64.5%；蜻蛉河口下断面宽度除 4~7 月不变外，其余各月均呈增加，增加幅度在 228.2%~522.5%。入金沙江前断面各月断面均呈增加，增加幅度在 160.8%~3453.9%。

对于工程的补水水库弯腰树水库、新河水库，P=50%来水条件下，设计水平年弯腰树水库、新河水库运行水位均较现状有所升高，其中弯腰树水库年均升高0.83m，新河水库年均升高4.60m。

**10.4.1.2 水质影响分析**

（一）施工期

工程施工期共产生5.96万$m^3$混凝土拌合废水、119.07万$m^3$砂石料冲洗废水、54.43万$m^3$生活污水以及一定量的机修含油废水、基坑废水。各类生产生活废污水经处理后回用、不外排，对区域水环境影响较小。

（二）运行期

（1）普登河：水库建成运行后，库尾、坝下、班果河汇口下游断面各水平年COD、氨氮浓度均满足Ⅲ类水质目标的要求；

（2）永定河：水库建成运行后，小石门水库灌区退水点入口处、芝麻河汇口下游、入蜻蛉河汇口前断面COD、氨氮浓度均满足Ⅳ类水质目标的要求；

（3）蜻蛉河：水库建成运行后，龙街河汇口处、永定河汇口处、蜻蛉河入龙川江汇口前，COD、氨氮浓度均满足Ⅳ类水质目标的要求；

（4）龙川江：水库建成运行后，东山大沟下游、普登河汇口下游COD、氨氮浓度均满足Ⅳ类水质目标的要求，小黄瓜园处COD、氨氮浓度均满足Ⅲ类水质目标的要求。

（5）弯腰树水库、新河水库：设计水平年小石门水库向弯腰树水库、新河水库补水对弯腰树水库、新河水库水质平水年基本无变化，枯水年有明显改善作用，其原因与枯水年小石门水库补水较多有关。设计水平年弯腰树水库及新河水库水质类别与现状维持一致，其中弯腰树水库水质可以满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质目标要求，新河水库水质满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）Ⅳ类水质标准要求。

**10.4.1.3 水温影响分析**

小石门水库建成后，水库水温呈稳定分层型结构，10月至2月垂向水温几乎均匀分布，3~9月水温呈现分层结构。

底孔取水情况下，水库库底水温在10.8~18.0℃之间，5层取水则在10.9~15.7℃之间，表层取水则在9.2~15.0℃之间；各保证率下，底层取水方式的水库库表水

温在 10.9~25.5℃之间， 5 层分层取水为 10.8~25.4℃之间，表层取水则在 10.7~25.4℃之间。各保证率下，底层取水方式下水库的表底温差在 0.0~12.9℃，最大温差为 12.9℃，出现在丰水年 6 月份；5 层分层取水为-0.1~13.7℃之间，最大温差为 13.7℃，出现在丰水年 6 月份；表层取水为-0.1~14.0℃之间，最大温差为 14.0℃，出现在枯水年 6 月份。

坝址下泄水温在底孔取水方式下，各典型年下泄水温在 10.9~19.1℃之间，年内最大温降为 7.8℃，出现在平水年 5 月下旬；各典型年中 4 月份与天然水温温差范围在-6.2 ~ -4.1℃之间，5 月份与天然水温温差范围在-7.8 ~ -6.4℃之间，6 月份温差范围在-7.6 ~ -4.5℃，7 月份温差范围在-5.5 ~ -1.5℃之间，8 月份温差范围在-2.3 ~ 0.8℃之间。

在分层取水方式下，各典型年中坝址下泄水温在 11.1~21.0℃之间。水温最大降幅为 4.9℃，出现在枯水年 5 月下旬。各典型年中 4 月份温差范围-3.9 ~ 0℃之间，5 月份温差范围-4.9 ~ 0.7℃之间，6 月份温差范围在-4.7 ~ -0.3℃之间，7 月份温差范围在-2.8~ 1.3℃之间，8 月份温差范围在-0.4 ~ 0.4℃之间。

在表层取水方式下，各典型年中坝址下泄水温在 10.8~23.7℃之间。水温最大降幅为 0.8℃，出现在平水年得月上旬和枯水年的 2 月下旬。各典型年中 4 月份温差范围 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份温差范围 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份温差范围在 0 ~ 2.7℃之间，7 月份温差范围在-0.5~ 2.8℃之间，8 月份温差范围在 1.0 ~ 2.7℃之间。

相比底孔取水方式，表层取水方式有效解除坝址下泄低温水的影响，各月水温更贴近现状河流天然水温，尤其是鱼类繁殖季的 4~8 月，其中：4 月份水温较现状升高 0.3 ~ 1.1℃之间，5 月份升高 0.3 ~ 1.2℃之间，6 月份升高 0 ~ 2.7℃之间，7 月份升高-0.5~ 2.8℃之间，8 月份升高 1.0 ~ 2.7℃之间。采用表层取水对小石门坝址以下河段鱼类 4~8 月繁殖期水温恢复具有较好的效果。

采取表层取水措施后，坝址下泄水经河道水温自然恢复，河流沿程水温与天然水温过程基本一致。

**10.4.1.4 气体过饱和影响分析**

小石门水库为多年调节水库，其洪水峰高量大，根据水库坝址处地形地质条件，水库泄洪采用泄洪隧洞与溢洪道联合泄洪的方式。通过对水库泄洪方式进行

分析，小石门水库泄洪时主要采用溢洪道泄洪。通过预测分析，小石门水库大坝泄洪期消力池出口处 TDG 过饱和度△Gd 为 106%，低于 120%的阈值，处于相对安全的范围内，对鱼类的影响相对较小。此外，在消力池出口 TDG 过饱和度△Gd 为 106%的情况下，在坝下 6.2km 处，河流中 TDG 饱和度即可恢复至自然状态。

### 10.4.2 地下水影响分析结论

（一）施工期

小石门水库输水工程共设 4 条隧洞：上村隧洞、大坝箐隧洞、猛林沟隧洞、级密山隧洞，其中，上村隧洞布置 3 条施工支洞。除猛林沟隧洞位于地下水位线以上，施工过程中没有涌突水问题外，其余隧洞及施工支洞均会产生隧洞涌水，各条隧洞涌水量在 178.8~2896.5$m^3$/d 之间，主要污染物为悬浮物。采取处理措施降低隧洞涌水中悬浮物浓度后，隧洞涌水排放不会对下游水环境造成明显影响。

上村隧洞施工将导致葫芦塘 W44 号泉、老厂村民井、老衲上村机井、海田村民井、水桥寺机井地下水位降低甚至被疏干的可能性较大，将对居民生产生活用水产生不利影响。

（二）运行期

经过预测分析，小石门水库蓄水后不同地层影响半径分别为 180.6～233.1m、453.6～487.9m，地下水水位变化区域范围等级均小于 500m，因此水库蓄水对区域地下水水位影响范围较小。

本次评价采用数值模型，选取大己保-金刚纂、虎溪-新地两个典型灌区进行预测分析。根据预测结果，由于小石门水库灌区绝大部分采用高效节水灌溉方式，，且元谋西部灌区属于干热河谷地区、蒸发量较大，灌区受水后，灌溉水将使耕地一定厚度的松散层包气带饱水，同时还有一部分则通过地表蒸发等方式损耗，由于采用滴灌方式基本不会汇入地表河流，水库供水灌溉后不会产生淹水及盐渍化现象。

水库供水后，灌区地下水水位整体抬升，小石门水库来水水质较好，在径流条件好、蒸发作用强的情况下，水库供水对灌区地下水水质不会造成明显的不利

影响。灌区内蒸发作用较强，还是可能会出现盐渍化现象，需布置地下水水质、水位监测点，并加强监测，充分掌握灌区盐渍化发展趋势。

## 10.4.3 陆生生态影响分析结论

### 10.4.3.1 对土地利用现状的影响结论

小石门水库工程建设占用土地面积 862.48hm$^2$，仅为评价区总面积的 5.15%，工程建设不会改变评价区土地利用现状组成，但工程占用林地会将对区域林业生产和生态效益造成一定影响。但总体而言，影响有限。

### 10.4.3.2 对植被的影响结论

小石门水库建设所影响自然植被面积 681.01hm$^2$。其中，临时占地影响自然植被面积 415.04hm$^2$，占受影响自然植被面积的 6.14%；永久占地影响自然植被 265.97hm$^2$，占受影响自然植被面积的 3.93%。工程建设不影响半湿润常绿阔叶林；影响干热性灌丛 279.80hm$^2$、影响干热性稀树灌草丛 196.07hm$^2$、影响暖温性针叶林 205.14hm$^2$。受影响的自然植被是本区乃至云南大部分地区分布较广的植被，属于次生植被类型，其中的生物多样性明显降低，缺乏国家和云南省保护植物，也缺乏狭域特有植物。而且，受影响的自然植被中，约 61%的面积属于临时占地，属短期影响；工程竣工后，这部分临时影响的自然植被，通过植被恢复、自然恢复等途径，可以得到逐渐恢复。因此，小石门水库建设对评价区自然植被的影响不大。

### 10.4.3.3 对植物资源的影响结论

水库淹没和施工区内出现的植物种类个体主要是次生物种，在云南分布很广，不属于保护植物，也没有狭域分布的植物。这些个体在施工区极小范围内的消失不会影响到这些物种在云南的种群数量，更不会影响到它们的种群生存。分布于临时占用自然植被内的植物个体，在工程竣工后，将可以逐步更新和恢复，即一半左右的物种数量可以逐步更新和恢复。因此，本工程施工区的施工对本区植物多样性的影响不大。

### 10.4.3.4 对陆栖脊椎动物的影响结论

工程建设对动物的不利影响主要体现在施工期。项目施工期间，鸟类会通过飞翔来避免项目施工所造成的影响，工程施工一般不会造成鸟类个体的死亡，对

评价区多数鸟类而言，工程建设将使其生境和栖息地有所减少，影响到其种群数量；兽类会通过迁移来避免项目施工所造成的影响，但工程建设不可避免的造成部分兽类生存生境、活动区域、捕食生境的丧失。对兽类产生一定不利影响。在项目的施工期间，多数爬行类也会通过迁移来避免项目施工所造成的影响，因此对爬行类的影响有限。但是，两栖动物由于活动范围狭小，不能有效地避免项目施工所造成的影响，因此施工期间对两栖动物所造成的影响相对较大。

结合工程特点和保护动物种类及习性，工程建设对评价区内的五种保护兽类产生一定不利影响，从整体上说，工程建设将使枢纽区、淹没区共计 295.42$hm^2$ 栖息地损失；对坝址上下游、左右岸动物的种群交流带来隔离影响。动物的栖息和活动场所缩小，少数动物的繁殖短期内将有可能受到一定影响。迫使原栖息在这一带的动物迁往其他生境适宜的地区，但通常不会导致任何物种的消失和密度大幅下降。

通过栖息地恢复、建设生态廊道及生态廊桥、划定保护地等措施的落实，能够将工程建设的不利影响降至最小，而当项目施工期结束后，迁移出评价区的动物中的一部分会返回原来的栖息地（如果栖息地未被破坏），大部分会在评价区周围的临近区域重新分布。总体而言，工程建设对动物的影响是可以接受的。

#### 10.4.3.5 对生态系统完整性的影响结论

拟建小石门水库项目评价区各类生态系统的生物量都低于相应地带性植被生态系统的生物量，评价区的生态系统都受到一定程度的干扰，是不完整的生态系统，评价区的生态系统的生量总体上都是以低生物量为特征，其生态系统也是脆弱的。由于小石门水库的建设，评价区的生态系统的生物量、生物生产力将有所降低，评价区的景观机构也将发生一定变化，使评价区较为脆弱的生态系统进一步增加，对评价区生态系统的稳定性产生不利影响。但是，由于工程建设前后评价区的生物量、生物生产力和景观结构的变化幅度平均约 5%左右，变化幅度不是很大，由小石门水库建设所引起的、对评价区生态系统稳定性的影响程度有限，通过工程的环保措施，以及林业。农业、环保、水利等多部门生态环境建设的不断加强和完善，评价区生态系统的生物生产量、生物生产力将向良性循环方向改善。

### 10.4.4 水生生态影响分析结论

水库工程施工期间，由于对水体的扰动，施工生产生活废污水、生活垃圾的外排，将局部范围内破坏鱼类栖息地，改变鱼类生境，但这不利影响随着施工结束，生境逐渐恢复，鱼类会扩散到工程影响河道并寻找适应的生境繁殖。

水库的建设运行，改变了鱼类生境，压缩鱼类生存空间。目前在勐岗河流域上游溪流中主要土著鱼类为小型条鳅科鱼类，该类群鱼类为定居型，生存能力较强，水库会造成这些鱼类资源量损失，分布区压缩，但总体影响有限，不会造成物种灭绝。

普登河上游建有中屯水库，下游建有华竹电站，中下游河段建有农灌取水坝，已对勐岗河形成了人工阻隔。水库运行期间，水库坝址~班果河汇口下河段的平均流速在 0.74~1.47m/s 之间，平均水深在 0.18~0.36m 之间，大于鱼类产卵水深 15cm，基本可满足鱼类产卵对流速和水深的要求，但该河段的鱼类种类和种群数量将相应较少。

### 10.4.5 土壤环境影响分析结论

工程建设淹没、永久占地区，地表土壤在施工过程中将彻底被破坏，永久不可恢复；临时占用地的土壤结构和功能在采取恢复措施以后将逐步恢复到自然状态。

根据预测分析，工程建设后库区周边土壤不会发生盐化现象，灌区土壤会有轻度盐化现象，但不存在潜育化、沼泽化影响。

### 10.4.6 施工期环境影响分析结论

工程区内有 17 个环境空气、声环境敏感保护目标，经过预测分析，受混凝土拌合系统作业噪声影响较大的是班西立村；距离工程施工区较近的华竹（那蚌）、大雷宰、小山村、岔头沟、洒芷村 5 个村庄（居民点）受工程施工影响，存在昼间噪声超标的问题；距离施工道路较近的新房子、海岱、小多乐村、下村、干海子、白土坡、上村、英户 8 个村庄（居民点）存在噪声超标问题；在施工粉尘、

废气对敏感保护目标影响方面，华竹（那蚌）、大雷宰、小山村 3 个村庄（居民点）与施工期较近，需采取防尘降尘措施；施工交通运输粉尘排放对白土坡、新房子、干海子、下村、上村、海岱、雷依、小多乐 8 个村庄（居民点）的影响较为明显。

工程弃渣总量约 851.91 万 $m^3$，共设 30 处弃渣场；整个施工期共产生垃圾 5680.8t，此外，工程施工期间，车辆、机械维修和拆解过程中会产生一些废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油。

### 10.4.7 对生态敏感区的影响结论

小石门水库淹没区局部范围距牟定白马山州级自然保护区较近，库盆清理时具有施工人员进入保护区而破坏自然植物、植被的风险，因此，需采取保护措施，避免自然保护区遭到破坏；工程临时道路建可能会短时间内产生扬尘，在大风天气，可能会对元谋土林州级自然保护区物茂片区空气环境质量造成不利影响，不过，其影响可通过施工区洒水降尘、禁止大风天气作业等措施下消除。

## 10.5 主要对策措施

### 10.5.1 地表水环境保护措施结论

#### 10.5.1.1 施工期环境保护措施

（1）砂石料加工系统废水：采用 DH 高效（旋流）污水净化法对废水进行处理，处理后的清水全部回用、不外排。

（2）混凝土养护冲洗废水：枢纽区混凝土拌合站的混凝土冲洗废水统一收集后进入沉淀池简易沉淀加酸处理，清水处理后回用于本系统；移动式拌合机废水采用与拌合站相同的处置方式，但设置沉淀桶即可，处理后清水回用，不外排。

（3）机修和冲洗废水：在枢纽区机修厂设置沉淀池+小型隔油池，机修含油废水经处理后完全回用于机械车辆的冲洗用水，不外排；每周清理一次油污及油泥，废油和油泥应委托有资质的单位进行处置。

（4）基坑废水：基坑排水可直接向施工围堰内投加絮凝剂，静置 2h 后抽出用于降尘、浇灌附近耕地或作为水保植物措施用水，多余部分排入坝址下游河道。

（5）施工区生活污水：在枢纽工程生活区选用一套成套生活污水处理设备进行处理，并配置水冲厕所 2 座；总干线、东干线、北干线沿线各施工生活区配备水冲厕所 1 座、隔油池 1 座、成品玻璃钢化粪池 2 座。生活污水经收集处理后回用于场地绿化及周边农田灌溉，隔油池产生的废油和油泥应委托有资质的单位进行处置。

**10.5.1.2 运行期环境保护措施**

（1）库底清理：在水库蓄水前进行库底清理，清理范围为水库正常蓄水位 1673m 以下淹没区范围。

（2）划定饮用水源保护区：按照饮用水地表水源保护区划分原则以及《饮用水水源地保护区划分技术规范》（HJ/T338-2007）的要求，并结合库区的污染负荷，制定出小石门水库水源地饮用水功能区划分方案。

（3）下泄低温水减缓措施：水库取水进水口采取浮筒式取水门+分层取水的方式，分层取水塔整体高度 92.7m，设 7 个进水口，高程分别为：1663.000m、1653.000m、1643.000m、1633.000m、1623.000m、1596.500m、1588.000m。隧洞进水口前设置浮筒式取水门，浮筒式取水门整体高度 14m，水平断面为半径为 2.9m 的半圆。

（4）在小石门水库管理所设一体化生活污水处理设施对管理人员生活污水进行处理，处理后出水回用于管理所内绿化浇洒及周边农田灌溉，不外排。

（5）生态流量下泄措施：

1）生态流量下泄原则

①小石门水库调度运行应在确保工程安全的前提下，首先下泄下游河道生态基流，水库下游河道生态用水。枯期（11 月～次年 5 月）最小下泄生态流量不小于 0.74$m^3$/s；汛期（6 月～10 月）最小下泄生态流量不小于 1.47$m^3$/s。

②遇特殊干旱年份（频率超过 95%），由于来水较小，部分月份实际来水量小于需要下泄的生态基流，若最小下泄生态基流仍不低于枯期 0.74m3/s、汛期 1.47m3/s 的标准，就需要水库调蓄补充不足部分，对水库供水影响较大。因此，特殊干旱年，若水库实际来水量小于下泄生态基流标准时，来水量全部作为生态水量下泄，水库不拦蓄来水；水库实际来水量大于下泄生态基流标准时，按枯期 0.74m3/s、汛期 1.47m3/s 的标准下泄生态基流。

2）主河道截流期生态流量下泄措施

截流期采取抽水泵抽水的方式解决生态流量问题，抽水流量为 0.74m3/s。

3）初期蓄水期生态流量下泄措施

自起蓄水位 1539m 蓄水至输水隧洞 1596.5m 共需 128 天。期间，利用 3 台抽水机抽水至输水隧洞下放生态流量。从输水隧洞至水库死水位期间利用输水隧洞内生态放水管下放生态流量。

4）运行期生态流量下泄措施

小石门水库运行期间，生态水量经电站尾水池左侧的生态放空侧堰溢 0+495.00m 处生态放水闸（1.0×1.0m）泄放至勐岗河；坝后消能电站停止发电或电站机组检修时，生态流量由压力管道出口处 3#支管旁接生态放水管下放生态流量。此外，应在生态放水闸下游 100m 河道安装生态流量在线监测系统，以监控生态流量的下放。

**10.5.1.3 水污染防治措施**

楚雄州人民政府已批复了《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017~2035）》，饮用水水源保护、工业污染治理、城镇生活污染治理、农业农村污染治理、加强节水措施实施等五方面，计列总投资 89676 万元。小石门水库水源区、受退水区涉及的大姚县、禄丰县、牟定县、武定县、姚安县、永仁县、元谋县应严格按照《水污染防治规划》落实区域水污染防治措施，保障水环境功能达标。

其中，水库径流区的楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂、牟定县东运钒钛制动鼓有限公司在 2025 年前完成厂区拆除搬迁，并对场地进行修复；牟定金康矿业开发有限公司需严格按照《牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿 9 万 t 浮选厂及尾矿库改扩建项目环境影响报告书》及环评批复的要求，完善相关污染治理设施建设，并做好建设期和运营期的生态环境保护工作。

## 10.5.2 地下水环境保护措施结论

（1）采取平流式混凝沉淀法工艺处理隧洞涌水，排水处理后达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级排放标准。

（2）工程施工期间，采用水车送水的方式向葫芦塘村、老厂村、老衲上村、老衲村、海田村、水桥寺村、大水桥村 7 个受影响村庄进行应急供水；

（3）葫芦塘村、老厂村、老衲上村、老衲村、海田村、水桥寺村、大水桥村 7 个受影响村庄打机井作为替代供水方案。

### 10.5.3 陆生生态环境保护措施结论

（1）合理进行施工布置，减少临时占地；及时进行临时占地生态恢复和永久占地区的绿化美化；按照国家相关土地补偿标准对占用的耕地、林地进行补偿；

（2）在水土保持植被恢复措施的基础上，对库区及周边区域进行栖息地恢复；

（3）枢纽区设立动物救护站，对于工程影响范围内受伤的动物进行救治，并实施动物种群分布、数量监测，加强保护力度。

（4）薄刀岭石料场开采过程中应开采勐岗河主河道一侧，保留黑石箐河一侧，并且应分台开采，为后续野生动物栖息地恢复创造地形条件；剥离表土应集中堆存，后期用于栖息地恢复。

（5）工程薄刀岭石料场至白土坡右后侧沿箐沟建设一条主生态廊道（4×0.35km），白土坡村西南侧至淹没区回水带建设一条次生态廊道（1×0.3km）。

（6）坝址上游 2.4km 建设一座长 267.16m 连续刚构生态廊桥，以促进库区左右岸动物种群交流。

（7）白土坡西南侧林区（约 10km$^2$）、水库工程枢纽区-石料场至小己保村区间河谷区域（约 13.2km$^2$）划定为保护小区；

（8）在坝区以上（库区两侧）1km、2km、3km、4km 处分别设置猕猴补食点，坝址区设立 1 个猕猴投食点。

（9）建立野生动物分布与种群动态监测。

（10）建立猕猴肇事补偿基金，缓解人-猴冲突矛盾。

### 10.5.4 水生生态环境保护措施结论

（1）勐岗河上游古岩河何家村~至小石门水库库尾，约 23.6km；小石门水库坝下老厂村至小己保村河段，约 26.4km 普登河河段划为鱼类栖息地保护河段。

（2）拟在小石门水库坝址右岸、水库管理所东南侧新建鱼类增殖放流站一座，增殖放流种类为：短须裂腹鱼 *Schizothorax wangchiachii*、四川裂腹鱼 *Schizothorax kozlovi*、云南光唇鱼 *Acrossocheilus yunnanensis*、红尾荷马条鳅 *Homatula variegata*。每年增殖放流 13.45 万尾，其中短须裂腹鱼增殖放流 6 万尾、四川裂腹鱼增殖放流 2 万尾、云南光唇鱼增殖放流 5 万尾、红尾荷马条鳅增殖放流 0.45 万尾。放流地点为库尾-联丰大桥下、库区右岸，坝下黑石箐河汇口下游 500m 处，姚安三潭瀑布下游蜻蛉河河段，江边乡龙川江河段。

（3）为了恢复勐岗河的水系连通，拟在 2022 年前拆除坝下 14.3km 华竹电站。

### 10.5.5 施工期环境保护措施结论

（一）环境空气

（1）砂石加工系统应采用湿法破碎的低尘工艺，安装除尘设施；混凝土生产系统应尽量采用全封闭混凝土生产系统，选用自动化拌和楼；

（2）在总干线、东干线各布设一辆洒水车，北干线布设两辆洒水车用以施工区洒水降尘；

（3）华竹（那蚌）、大雷宰、小山村 3 个村庄附近施工期间应适当增加场地清理和洒水降尘频次；在 17 个环境敏感目标附近设置减速慢行标识；

（二）声环境

（1）选用低噪设备，优化施工布置，合理安排施工时间；

（2）在环境敏感目标附近设置减速禁鸣标识牌，新房子、海岱、小多乐村道路两侧设置移动隔声屏，长度分别为 230m（两侧合计，下同）、680m、360m。

（三）固体废弃物

（1）施工弃渣必须堆放至规定的 30 个渣场内，并做好各渣场防护、植物恢复措施等工作；

（2）在枢纽工程施工生产生活区内设置垃圾桶 5 个，修建砖砌垃圾池 1 座，在管线工程施工生产生活区内分别设置垃圾桶可回收、不可回收垃圾桶各 2 个（共 72 个），集中收集各类生活垃圾，派专人负责垃圾的收集和分选工作，对可回收的垃圾回收利用，不可回收的进行外运处置。

（3）工程车辆、机械维修产生的废润滑油应统一及时收集、妥善贮存。

### 10.5.6 环境敏感区保护措施结论

（1）设置保护区警示牌或警戒线，严禁超范围砍伐；

（2）合理选择施工时间，避开动物活动时间；

（3）严格执行洒水降尘，严禁大风天气施工。

## 10.6 公众参与

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）的相关要求，建设单位对小石门水库工程开展了以下公众参与工作：

2018 年 11 月 7 日~11 月 20 日，建设单位在工程建设区所属行政区楚雄彝族自治州人民政府网站上进行了本工程环境影响评价首次网上公示。首次公示期间收到一条公众意见，内容为“认为修建小石门大型水库对于楚雄州本地方经济社会发展是极为重要的工程，一定要考虑好环境影响方面的情况。建议：在修建水库的同时，考虑改善库区道路，使大姚、元谋、牟定三县交界处交通畅通，不再是死角。”此外，在 2018 年 11 月~12 月期间，建设单位向工程评价区内的牟定县、大姚县、元谋县等发放了公众参与调查问卷，在工程征占地涉及的各个乡镇进行了第一次信息张贴公示，并对调查问卷进行了收集统计，将公众意见进行收集整理。

2021 年 5 月，环境影响报告书征求意见稿编制完成后，建设单位于 2021 年 5 月 21 日~6 月 3 日在楚雄州人民政府网站上进行了第二次网上公示，公示周期为 10 个工作日。与此同时，分别于 2021 年 5 月 25 日、6 月 1 日在《楚雄日报》上进行了两次的登报公示，征求与本工程环境影响评价有关的公众意见。此外，还于 2021 年 5 月 20 日~6 月 3 日分别在牟定县、大姚县、元谋县涉及的 7 个乡镇进行了第二次信息张贴公示。第二次公示期间未收到任何公众意见及反馈。

报告书编制完成后，建设单位在拟上报生态环境部之前，于 2021 年 8 月 20 日在楚雄州人民政府网站上进行了第三次信息公示。第三次公示期间未收到任何公众意见及反馈。

建设单位对两次公众参与调查过程中公众反馈的意见和建议进行了认真梳理，公众反馈的 7 条意见均予以采纳。

## 10.7 综合评价结论

小石门水库的建设符合国家产业政策，符合《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划》及规划环评的要求。工程区总体开发利用程度高，天然植被次生化、破碎化明显。库区所在的勐岗河中游河段河谷深切，人为干扰少，植被相对较好，分布有林麝、猕猴等国家级保护动物，工程河段鱼类资源较少。工程建设和运行将对水环境、水温，陆生水生动物等带来不利影响。将采取泄放生态流量、表层取水、划定水源保护区、落实水污染防治规划、建设生态廊道及生态廊桥、动物栖息地恢复建设、划定动物保护地、建立猕猴种群补（投）食点、拆除下游华竹电站、建设鱼类增殖站、划定鱼类栖息地保护等措施予以减缓。

综上所述，在落实本报告书提出的各项环保对策措施后，工程建设带来的不利环境影响得以减缓和控制。工程建设不涉及生态环境敏感区，不涉及生态保护红线，不存在重大环境制约因素。从环境保护角度分析，工程建设可行。

# 地表水环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="3">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="5">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="3">水污染影响型 口；水文要素影响型 ☑</td></tr>
<tr><td>水环境保护目标</td><td colspan="3">饮用水水源保护区 口；饮用水取水口 ；涉水的自然保护区 口；重要湿地 口；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 口；重要水生生物的自然产卵地及索耳场、越冬场和洄游通道、天然渔场等水体；涉水的风景名胜区 口；其他 口</td></tr>
<tr><td rowspan="2">影响途径</td><td colspan="2">水污染影响型</td><td>水文要素影响型</td></tr>
<tr><td colspan="2">直接排放 口；间接排放口；其他 口</td><td>水温 ☑；径流 ☑；水域面积 ☑</td></tr>
<tr><td>影响因子</td><td colspan="2">持久性污染物 口;有毒有害污染物 口；非持久性污染物口；pH 值 口；热污染口；富营养化 口；其他 ☑</td><td>水温 ☑；水位(水深) ☑；流速☑；流量☑；其他 口</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">评价等级</td><td colspan="2">水污染影响型</td><td>水文要素影响型</td></tr>
<tr><td colspan="2">一级 口;二级 口;三级 A 口;三级 B ☑</td><td>一级 ☑；二级 口；三级口</td></tr>
<tr><td rowspan="8">现状调查</td><td rowspan="2">区域污染源</td><td colspan="2">调查项目</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td>已建 口；在建 口；拟建 口；其他 口；</td><td>拟替代的污染源 口</td><td>排污许可证 ☑；环评☑；环保验收 口；即有实测☑；现场监测☑；入河排放口数据☑；其他 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">受影响水体水环境质量</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期☑；平水期口；枯水期 ☑；冰封期 口；<br>春季 口；夏季 ☑；秋季 口；冬季☑</td><td>生态环境保护主管部门 ☑；补充监测☑；其他☑</td></tr>
<tr><td>区域水资源开发利用状况</td><td colspan="3">未开发 口；开发量 40%以下 ☑；发量 40%以上 口</td></tr>
<tr><td rowspan="2">水文情势调查</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期 ☑；平水期 口；枯水期 ☑；冰封期 口；<br>春季 口；夏季 ☑；秋季 口；冬季 ☑</td><td>水行政主管部门 口；补充监测☑；其他☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">补充监测</td><td>监测时期</td><td>监测因子</td><td>监测断面或点位</td></tr>
<tr><td>丰水期☑；平水期 口；枯水期 ☑；冰封期 口；<br>春季 口；夏季 ☑；秋季 口；冬季 ☑</td><td>(常规 24 项和 集中饮用地表水 5 项 )</td><td>监测断面或点位个数( 20 )个</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现状评价</td><td>评价范围</td><td colspan="3">河流：勐岗河 54.1km、龙川江干流 62.6km、蜻蛉河干流 25.6km、永定河 9.3km、班果河 16.7kmkm</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="3">水源区：基本项目 24 项+补充项目 5 项；受退水区：基本项目 24 项。</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="3">河流、湖库、河口：Ⅰ类 口；Ⅱ类口；Ⅲ类 ☑；Ⅳ类☑；Ⅴ类 口；<br>近岸海域：第一类 口；第二类 口；第三类 口；第四类 口<br>规划年评价标准( )</td></tr>
<tr><td>评价时期</td><td colspan="3">丰水期 ☑；平水期口；枯水期 ☑；冰封期 口；<br>春季 口；夏季 ☑；秋季 口；冬季 ☑</td></tr>
<tr><td>评价结论</td><td colspan="2">水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况：达标☑；不达标口<br>水环境控制单元或断面水质达标状况：达标☑；不达标口<br>水环境保护目标质量状况口：达标 ☑；不达标口<br>对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况：达标 ☑；不达标口<br>底泥污染评价 口<br>水资源与开发利用程度及其水文情势评价☑<br>水环境质量回顾评价 ☑<br>流域(区域)水资源(包括水能资源)与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况 ☑</td><td>达标区☑不达标区 口</td></tr>
<tr><td rowspan="2">影响预</td><td>预测范围</td><td colspan="3">河流：勐岗河 54.1km、龙川江干流 62.6km、蜻蛉河干流 25.6km、永定河 9.3km、班果河 16.7kmkm</td></tr>
<tr><td>预测因子</td><td colspan="3">(COD、$BOD_5$、TN、TP、氨氮、流量、水温、流速、水位等 )</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="5">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="3">测</td><td>预测时期</td><td colspan="5">丰水期 ☑；平水期 口；枯水期 ☑；冰封期 口；<br>春季 口；夏季 ☑；秋季 口；冬季☑<br>设计水文条件口</td></tr>
<tr><td>预测情景</td><td colspan="5">建设期 ☑；生产运行期 ☑；服务期满后口<br>正常工况 口；非正常工况 口<br>污染控制可减缓措施方案☑<br>区(流)域环境质量改善目标要求情景口</td></tr>
<tr><td>预测方法</td><td colspan="5">数值解口；解析解 口；其他 口<br>导则推荐模式 ☑；其他 口</td></tr>
<tr><td rowspan="6">影响评价</td><td>水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价</td><td colspan="5">区(流)域环境质量改善目标 ☑； 替代消减源口</td></tr>
<tr><td>水环境影响评价</td><td colspan="5">排放口混合去外满足水环境保护要求 口<br>水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标 ☑<br>满足水环境保护目标水域水环境质量要求 ☑<br>水环境控制单元或断面水质达标 ☑<br>满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求 口<br>满足区(流)域环境质量改善目标要求☑<br>水文要素影响型建设项目同时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价 ☑<br>对于新设或调整入河(湖库、近岸海域)排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价 口<br>满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">污染源排放量核算</td><td>污染物名称</td><td colspan="2">排放量/(t/a)</td><td colspan="2">排放浓度/(mg/L)</td></tr>
<tr><td>( / )</td><td colspan="2">( / )</td><td colspan="2">( / )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">替代源排放量情况</td><td>污染源名称</td><td>排污许可证编号</td><td>污染物名称</td><td>排放量</td><td>排放浓度/(mg/L)</td></tr>
<tr><td>( / )</td><td>( / )</td><td>( / )</td><td>( / )</td><td>( / )</td></tr>
<tr><td>生态流量确定</td><td colspan="5">生态流量：枯期 0.74m³/s、汛期 1.47m³/s<br>生态水位：鱼类产卵期 18cm</td></tr>
<tr><td rowspan="6">防治措施</td><td>环保措施</td><td colspan="5">污水处理设施 ☑；水文减缓设施口；生态流量保障设施 ☑；区域消减依托其他工程措施☑；其他 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="4">监测计划</td><td></td><td colspan="2">环境质量</td><td colspan="2">污染源</td></tr>
<tr><td>监测方法</td><td colspan="2">手动 ☑；自动☑；无检测 口</td><td colspan="2">手动 口；自动 口；无检测 口</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td colspan="2">库区：2 个水质自动监测点；<br>坝下设 1 个；受退水区：6 个</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td colspan="2">库区、弯腰树水库：29 项；<br>其他：7 项</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td>污染物排放清单</td><td colspan="5">口</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="5">可以接受 ☑；不可以接受 口；</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：“口”为勾选项，可 √；“( )”为内容填写项：“备注”为其他补充内容。</td></tr>
</table>

# 土壤环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="4">完成情况</td><td>备注</td></tr>
<tr><td rowspan="9">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="4">污染影响型□；生态影响型√；两种兼有□</td><td></td></tr>
<tr><td>土地利用类型</td><td colspan="4">建设用地□；农用地√；未利用地□</td><td>土地利用类型图</td></tr>
<tr><td>占地规模</td><td colspan="4">（862.47）$hm^2$</td><td></td></tr>
<tr><td>敏感目标信息</td><td colspan="4">敏感目标（　　无　　）、方位（　　无　　）、距离（　　无　　）</td><td></td></tr>
<tr><td>影响途径</td><td colspan="4">大气沉降□；地面漫流□；垂直入渗□；地下水位□；其他（√）</td><td></td></tr>
<tr><td>全部污染物</td><td colspan="4"></td><td></td></tr>
<tr><td>特征因子</td><td colspan="4">pH</td><td></td></tr>
<tr><td>所属土壤环境影响评价项目类别</td><td colspan="4">Ⅰ类√；Ⅱ类□；Ⅲ类□；Ⅳ类□</td><td></td></tr>
<tr><td>敏感程度</td><td colspan="4">敏感□；较敏感□；不敏感√</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">评价工作等级</td><td colspan="4">一级□；二级√；三级□</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">现状调查内容</td><td>资料收集</td><td colspan="4">a）□；b）□；c）□；d）√</td><td></td></tr>
<tr><td>理化特性</td><td colspan="4">颜色、结构、质地、砂砾含量、其他异物、pH 值、土壤容重/($kg/m^3$)</td><td>同附录 C</td></tr>
<tr><td rowspan="3">现状监测点位</td><td></td><td>占地范围内</td><td>占地范围外</td><td>深度</td><td rowspan="3">点位布置图</td></tr>
<tr><td>表层样点数</td><td>4</td><td>5</td><td>0.2m</td></tr>
<tr><td>柱状样点数</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>现状监测因子</td><td colspan="4">pH 值、土壤含盐量、镉、砷、汞、铜、铅、镍、锌、铬</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">现状评价</td><td>评价因子</td><td colspan="4">pH 值、土壤含盐量、镉、砷、汞、铜、铅、镍、锌、铬</td><td></td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="4">GB 15618√；GB 36600□；表 D.1√；表 D.2√；其他（　　）</td><td></td></tr>
<tr><td>现状评价结论</td><td colspan="4">占地范围内土壤未盐化，占地范围外及两个类比监测点（元谋大型灌区现状足水灌片）出现轻度盐化；占地范围内土壤未酸化，占地范围外有一个点位土壤轻度酸化。12 个监测点位土壤环境质量现状均满足农用地土壤污染风险筛选制。评价区土壤环境质量总体较好。</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">影响预测</td><td>预测因子</td><td colspan="4">土壤盐分含量、pH 值</td><td></td></tr>
<tr><td>预测方法</td><td colspan="4">附录 E□；附录 F（√）；其他</td><td></td></tr>
<tr><td>预测分析内容</td><td colspan="4">影响范围（工程占地区、工程供水灌区）<br>影响程度（水库建成后，库区周边土壤不会发生盐化现象，灌区会有轻度盐化；不会造成评价区土壤潜育化、沼泽化现象。）</td><td></td></tr>
<tr><td>预测结论</td><td colspan="4">达标结论：a）□；b）□；c）□<br>不达标结论：a）□；b）□</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">防治措施</td><td>防控措施</td><td colspan="4">土壤环境质量现状保障□；源头控制√；过程防控√；其他</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">跟踪监测</td><td>监测点数</td><td>监测指标</td><td colspan="2">监测频次</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>PH、SSC、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌、地下水位埋深、地下水溶解性总固体</td><td colspan="2">工程验收后 3~5 年监测一次</td><td></td></tr>
<tr><td>信息公开指标</td><td colspan="4"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="4">从工程建设对土壤环境影响的角度，本工程建设是可行的。</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">注 1：“□”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。<br>注 2：需要分别开展土壤环境影响评级工作的，分别填写自查表。</td></tr>
</table>

# 大气环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="7">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价等级与范围</td><td>评价等级</td><td colspan="2">一级□</td><td colspan="2">二级□</td><td colspan="3">三级☑</td></tr>
<tr><td>评价范围</td><td colspan="2">边长=50km□</td><td colspan="2">边长 5～50km□</td><td colspan="3">边长=5km☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价因子</td><td>$SO_2$+$NO_X$ 排放量</td><td colspan="2">≥2000t/a□</td><td colspan="2">500～2000t/a□</td><td colspan="3">＜500t/a□</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="4">基本污染物($SO_2$、$NO_2$)<br>其他污染物(TSP)</td><td colspan="3">包括二次 PM2.5□<br>不包括二次 PM2.5☑</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td>评价标准</td><td colspan="2">国家标准☑</td><td colspan="2">地方标准□</td><td colspan="2">附录 D□</td><td>其他标准□</td></tr>
<tr><td rowspan="4">现状评价</td><td>环境功能区</td><td colspan="2">一类区□</td><td colspan="2">二类区☑</td><td colspan="3">一类区和二类区□</td></tr>
<tr><td>评价基准年</td><td colspan="7">(2018)年</td></tr>
<tr><td>环境空气质量现状调查数据来源</td><td colspan="2">长期例行监测数据□</td><td colspan="2">主管部门发布的数据</td><td colspan="3">现状补充监测☑</td></tr>
<tr><td>现状评价</td><td colspan="4">达标区☑</td><td colspan="3">不达标区□</td></tr>
<tr><td>污染源调查</td><td>调查内容</td><td colspan="2">本项目正常排放源☑<br>本项目非正常排放源□<br>现有污染源√</td><td colspan="2">拟替代的污染源□</td><td colspan="2">其他在建、拟建项目污染源□</td><td>区域污染源√</td></tr>
<tr><td rowspan="9">大气环境影响预测与评价</td><td>预测模型</td><td>AERMOD□</td><td>ADMS□</td><td>AUSTAL2000□</td><td>EDMS/AEDT□</td><td>CALPUFF□</td><td>网格模型□</td><td>其他☑</td></tr>
<tr><td>预测范围</td><td colspan="2">边长≥50km□</td><td colspan="3">边长 5～50km□</td><td colspan="2">边长=5km☑</td></tr>
<tr><td>预测因子</td><td colspan="4">预测因子($SO_2$、$NO_2$、TSP)</td><td colspan="3">包括二次 PM2.5□<br>不包括二次 PM2.5☑</td></tr>
<tr><td>正常排放短期浓度贡献值</td><td colspan="4">$C_{本项目}$最大占标率≤100%√</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率＞100%□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">正常排放年均浓度贡献值</td><td>一类区</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率≤10%□</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率＞10%□</td></tr>
<tr><td>二类区</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率≤30%√</td><td colspan="3">$C_{本项目}$最大占标率＞30%□</td></tr>
<tr><td>非正常排放 1h 浓度贡献值</td><td colspan="2">非正常持续时长(　/ )h</td><td colspan="3">$C_{本正常}$占标率≤100%□</td><td colspan="2">$C_{本正常}$占标率＞100%□</td></tr>
<tr><td>保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值</td><td colspan="4">$C_{叠加}$达标 √</td><td colspan="3">$C_{叠加}$不达标 □</td></tr>
<tr><td>区域环境质量的整体变化情况</td><td colspan="4">K≤-20% √</td><td colspan="3">K＞-20% □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">环境监测计划</td><td>污染源监测</td><td colspan="4">监测因子：　( / )</td><td colspan="2">有组织废气监测□<br>无组织废气监测□</td><td>无监测□</td></tr>
<tr><td>环境质量监测</td><td colspan="4">监测因子：(TSP、$PM_{10}$、PM2.5)</td><td colspan="2">监测点位数(5)</td><td>无监测□</td></tr>
<tr><td rowspan="3">评价结论</td><td>环境影响</td><td colspan="7">可以接受☑　　不可以接受□</td></tr>
<tr><td>大气环境防护距离</td><td colspan="7">距(　　)厂界最远(　　)m</td></tr>
<tr><td>污染源年排放量</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="9">注：“□”为勾选项，填“√”；“()”为内容填写项</td></tr>
</table>

# 环境风险评价自查表

<table>
<tr><td colspan="3">工作内容</td><td colspan="8">完成情况</td></tr>
<tr><td rowspan="12">风险调查</td><td rowspan="2">危险物质</td><td>名称</td><td>汽柴油</td><td>炸药</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>存在总量/t</td><td>3.19 万 t</td><td>8799t</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">环境敏感性</td><td rowspan="3">大气</td><td colspan="4">500m 范围内人口数_____人</td><td colspan="4">5km 范围内人口数_____人</td></tr>
<tr><td colspan="7">每公里管段周边 200m 范围内人口数（最大）</td><td colspan="2">____123___人</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地表水</td><td colspan="2">地表水功能敏感性</td><td colspan="3">F1 ☐</td><td colspan="3">F2 √</td><td>F3 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">环境敏感目标分级</td><td colspan="3">S1 ☐</td><td colspan="3">S2 ☐</td><td>S3 √</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地下水</td><td colspan="2">地下水功能敏感性</td><td colspan="3">G1 ☐</td><td colspan="3">G2 √</td><td>G3 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">包气带防污性能</td><td colspan="3">D1 ☐</td><td colspan="3">D2 √</td><td>D3 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">物质及工艺系统危险性</td><td>Q 值</td><td colspan="2">Q<1 ☐</td><td colspan="3">1≤Q<10 ☐</td><td colspan="3">10≤Q<100 ☐</td><td>Q>100 ☐</td></tr>
<tr><td>M 值</td><td colspan="2">M1 ☐</td><td colspan="3">M2 ☐</td><td colspan="3">M3 ☐</td><td>M4 ☐</td></tr>
<tr><td>P 值</td><td colspan="2">P1 ☐</td><td colspan="3">P2 ☐</td><td colspan="3">P3 ☐</td><td>P4 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">环境敏感程度</td><td>大气</td><td colspan="2">E1 ☐</td><td colspan="4">E2 ☐</td><td colspan="3">E3 √</td></tr>
<tr><td>地表水</td><td colspan="2">E1 ☐</td><td colspan="4">E2 √</td><td colspan="3">E3 ☐</td></tr>
<tr><td>地下水</td><td colspan="2">E1 ☐</td><td colspan="4">E2 √</td><td colspan="3">E3 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">环境风险潜势</td><td>Ⅳ+ ☐</td><td colspan="2">Ⅳ ☐</td><td colspan="3">Ⅲ ☐</td><td colspan="3">Ⅱ ☐</td><td>Ⅰ √</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价等级</td><td colspan="3">一级 ☐</td><td colspan="3">二级☐</td><td colspan="3">三级☐</td><td>简单分析 √</td></tr>
<tr><td rowspan="3">风险识别</td><td>物质危险性</td><td colspan="4">有毒有害 ☐</td><td colspan="6">易燃易爆√</td></tr>
<tr><td>环境风险类型</td><td colspan="4">泄露 ☐</td><td colspan="6">火灾、爆炸引发伴生/次生污染物排放 √</td></tr>
<tr><td>影响途径</td><td colspan="4">大气 √</td><td colspan="3">地表水 √</td><td colspan="3">地下水 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">事故情形分析</td><td>源强设定方法</td><td colspan="2">计算法 ☐</td><td colspan="3">经验估算法 ☐</td><td colspan="3">其他估算法 √</td></tr>
<tr><td rowspan="4">风险预测与评价</td><td rowspan="3">大气</td><td>预测模型</td><td colspan="2">SLAB ☐</td><td colspan="3">AFTOX ☐</td><td colspan="3">其他 √</td></tr>
<tr><td rowspan="2">预测结果</td><td colspan="8">大气毒性终点浓度-1 最大影响范围_____m</td></tr>
<tr><td colspan="8">大气毒性终点浓度-2 最大影响范围_____m</td></tr>
<tr><td>地表水</td><td colspan="9">最近环境敏感目标___勐岗河_____，到达时间_____h</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地下水</td><td colspan="9">下游厂区边界到达时间_____d</td></tr>
<tr><td colspan="9">最近环境敏感目标_____，到达时间_____d</td></tr>
<tr><td colspan="2">重点风险防范措施</td><td colspan="9">（1）水库径流区内的楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂、牟定县东运制动鼓有限公司在 2025 年前完成拆除搬迁，并对场地进行修复治理；牟定蟠猫铜选厂要严格落实环评报告及环评批复提出的污水处理措施、固废处置措施，并加强管理，废水经处理回用，禁止外排；固废进行综合利用，不外排。<br>（2）径流区内各工业企业、生活污水处理厂应设置满足处理标准的事故收集水池，避免事故排放对地表水体的直接污染，并制定全面的应急预案。<br>（3）消能电站机组设置事故水池和废油桶对废水、废油进行收集，禁止外排。<br>（4）加强运行期小石门水库上游入库断面及库区水质监测。<br>（5）强化区域内炸药、汽柴油的运输管理。</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论与建议</td><td colspan="9">结合项目实际情况，本评价提出了相关防护措施，在加强管理及积极落实有关防范措施后，本项目环境事故发生的可能性很低，风险可以规避。</td></tr>
<tr><td colspan="12">注：“☐”为勾选项，“_____”为填写项。</td></tr>
</table>

# 建设项目环境影响报告书审批基础信息表

| 填表单位（盖章）： | 楚雄州小石门水库工程建设管理局 | 填表人（签字）： | 王志成 | 项目经办人（签字）： | 丘锋 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 建设项目 | 项目名称 | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | | 建设内容 | 水库总库容11102万$m^3$，设计灌溉面积27.3万亩，小石门水库工程等别为Ⅱ等，工程规模为大（2）型。工程建设内容包含：（1）枢纽工程：栏河坝为混凝土面板堆石坝，最大坝高163.5m；溢洪道布置在大坝左岸，全长609m；泄洪隧洞布置在溢洪道左侧山体内，全长777m；输水放空隧洞布置在大坝右岸山体，全长521.477m；坝后消能电站与龙街、戌街提水泵站联合布置于勐岗河原河道右岸，坝后消能电站装机容量为2×7500KW，额定水头149.4m。（2）输水工程：由引水渠、总干线、东干线、北干线及支管组成，干线全长63.3km，支线全长67.9km。 | | |
| | 项目代码 | 2019-532323-76-01-015408 | | | | | | | |
| | 环评信用平台项目编号 | 8itu11 | | | | | | | |
| | 建设地点 | 云南省楚雄州牟定县、大姚县、元谋县 | | | 建设规模 | 大型水库 | | | |
| | 项目建设周期（月） | 72.0 | | | 计划开工时间 | 2021年12月 | | | |
| | 环境影响评价行业类别 | 农林水利 | | | 预计投产时间 | 2027年12月 | | | |
| | 建设性质 | 新建（迁建） | | | 国民经济行业类型及代码 | 水利、环境和公共设施管理业 | | | |
| | 现有工程排污许可证或排污登记表编号（改、扩建项目） | | 现有工程排污许可管理类别（改、扩建项目） | | 项目申请类别 | 新申报项目 | | | |
| | 规划环评开展情况 | 有 | | | 规划环评文件名 | 楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书 | | | |
| | 规划环评审查机关 | 楚雄州生态环境局 | | | 规划环评审查意见文号 | 楚环函2019[18]号 | | | |
| | 建设地点中心坐标（非线性工程） | 经度 101.636844 | 纬度 | 25.583967 | 占地面积（平方米） | 8624776.46 | 环评文件类别 | 环境影响报告书 | |
| | 建设地点坐标（线性工程） | 起点经度 | 起点纬度 | | 终点经度 | | 终点纬度 | | 工程长度（千米） |
| | 总投资（万元） | 466248.05 | | | 环保投资（万元） | 20603.63 | | 所占比例（%） | 4.42 |
| 建设单位 | 单位名称 | 楚雄州小石门水库工程建设管理局 | 法定代表人 | 王志成 | 环评编制单位 | 单位名称 | 云南秀川环境工程技术有限公司 | 统一社会信用代码 | 91530102799863420Y |
| | | | 主要负责人 | 丘锋 | | 编制主持人 | 姓名 曹东福 | 联系电话 | 13577189490 |
| | 统一社会信用代码（组织机构代码） | 12532300MB1F852654 | 联系电话 | 13987819929 | | | 信用编号 BH019202 | | |
| | | | | | | | 职业资格证书管理号 0007871 | | |
| | 通讯地址 | 云南省楚雄彝族自治州楚雄市鹿城西路225号 | | | | 通讯地址 | 云南省昆明市青年路376号 | | |

| 污染物排放量 | 污染物 | | 现有工程（已建+在建）①排放量（吨/年） | 现有工程（已建+在建）②许可排放量（吨/年） | 本工程（拟建或调整变更）③预测排放量（吨/年） | 总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）④“以新带老”削减量（吨/年） | 总体工程⑤区域平衡替代本工程削减量（吨/年） | 总体工程⑥预测排放总量（吨/年） | 总体工程⑦排放增减量（吨/年） | 区域削减量来源（国家、省级审批项目） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 废水 | 废水量(万吨/年) | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | COD | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 氨氮 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 总磷 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 总氮 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 铅 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 汞 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 镉 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 铬 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 类金属砷 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 其他特征污染物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | 废气 | 废气量（万标立方 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 二氧化硫 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 氮氧化物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 颗粒物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 挥发性有机物 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 铅 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 汞 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 镉 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |
| | | 铬 | | | | | | 0.000 | 0.000 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 类金属砷 | | | | | | | | 0.000 | 0.000 | | |
| | | 其他特征污染物 | | | | | | | | 0.000 | 0.000 | | |

**项目涉及法律法规规定的保护区情况**

| 影响及主要措施 / 生态保护目标 | 名称 | 级别 | 主要保护对象（目标） | 工程影响情况 | 是否占用 | 占用面积（公顷） | 生态防护措施 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 生态保护红线 | 楚雄州生态保护红线 | 省级 | | | 否 | | ☑避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |
| 自然保护区 | 牟定县白马山州级自然保护区、元谋土林州级自然保护区 | 州级 | | | 否 | | ☑避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |
| 饮用水水源保护区（地表） | \ | | | | \ | | □避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |
| 饮用水水源保护区（地下） | \ | | | | \ | | □避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |
| 风景名胜区 | 元谋风景名胜区 | 省级 | | | 否 | | ☑避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |
| 其他 | \ | | | | \ | | □避让 □减缓 □补偿 □重建（可多选） |

**主要原料及燃料信息**

| 主要原料 | | | | | 主要燃料 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 名称 | 年最大使用量 | 计量单位 | 有毒有害物质及含量（%） | 序号 | 名称 | 灰分(%) | 硫分(%) | 年最大使用量 | 计量单位 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

**大气污染治理与排放信息**

有组织排放（主要排放口）

| 序号（编号） | 排放口名称 | 排气筒高度（米） | 污染防治设施工艺 | | | 生产设施 | | 污染物排放 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 序号（编号） | 名称 | 污染防治设施处理效率 | 序号（编号） | 名称 | 污染物种类 | 排放浓度（毫克/立方米） | 排放速率(千克/小时) | 排放量（吨/年） | 排放标准名称 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

无组织排放

| 序号 | 无组织排放源名称 | 污染物排放 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 污染物种类 | 排放浓度（毫克/立方米） | 排放标准名称 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**水污染治理与排放信息（主要排放口）**

车间或生产设施排放口

| 序号（编号） | 排放口名称 | 废水类别 | 污染防治设施工艺 | | | 排放去向 | 污染物排放 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 序号（编号） | 名称 | 污染治理设施处理水量(吨/小时) | | 污染物种类 | 排放浓度（毫克/升） | 排放量（吨/年） | 排放标准名称 |
| | | | | | | | | | | |

总排放口（间接排放）

| 序号（编号） | 排放口名称 | 污染防治设施工艺 | 污染防治设施处理水量（吨/小时） | 受纳污水处理厂 | | 受纳污水处理厂排放标准名称 | 污染物排放 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 名称 | 编号 | | 污染物种类 | 排放浓度（毫克/升） | 排放量（吨/年） | 排放标准名称 |
| | | | | | | | | | | |

总排放口（直接排放）

| 序号（编号） | 排放口名称 | 污染防治设施工艺 | 污染防治设施处理水量（吨/小时） | 受纳水体 | | 污染物排放 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 名称 | 功能类别 | 污染物种类 | 排放浓度（毫克/升） | 排放量（吨/年） | 排放标准名称 |
| | | | | | | | | | |

**固体废物信息**

| 废物类型 | 序号 | 名称 | 产生环节及装置 | 危险废物特性 | 危险废物代码 | 产生量（吨/年） | 贮存设施名称 | 贮存能力(吨/年) | 自行利用工艺 | 自行处置工艺 | 是否外委处置 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般工业固体废物 | | | | / | / | | / | / | / | / | |
| 危险废物 | | | | | | | | | | | |

# 关于确认楚雄州小石门水库工程环境影响评价单位的回函

云南省水利水电勘测设计研究院：

你院《关于确认云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价工作单位的函》已收悉。根据《中华人民共和国招投标法》《楚雄州小石门水库工程可行性研究报告及部分专项报告编制项目勘测设计合同》，经研究同意你院委托云南秀川环境工程技术有限公司为楚雄州小石门水库工程环境影响评价单位。

楚雄州小石门水库工程前期工作
领导小组办公室
2018年10月26日

# 委 托 书

云南秀川环境工程技术有限公司：

经与楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室研究决定，委托你司承担云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价工作。你司应根据国家及地方环境保护相关法律、法规、技术导则要求，尽快编制完成该项目环境影响评价文件，供业主单位上报审批。

特此委托！

云南省水利水电勘测设计研究院

2018 年 10 月 30 日

# 云南省生态环境厅

云环函〔2019〕57号

## 云南省生态环境厅关于确认楚雄州小石门水库工程环境影响评价执行标准的函

云南秀川环境工程技术有限公司：

你公司《关于请求确认云南省楚雄州小石门水库工程环境影响评价执行标准的请示》（云秀环技〔2018〕4号）收悉。经研究，函复如下：

**一、环境质量标准**

（一）水环境

龙川江干流（毛板桥水库~黄瓜园）河段、支流蜻蛉河（源头~入龙川江口）和永定河（源头~入蜻蛉河口）执行《地表水环境质量标准》（GB3838—2002）Ⅳ类标准；龙川江干流（黄瓜园~入金沙江口）河段和支流普登河（源头~入龙川江口）执行III类标准。

地下水执行《地下水环境质量标准》（GB/T14848—2017）III类标准。

（二）大气环境

执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（三）声环境

执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的1类标准。道路两侧执行4a标准。

**二、污染物排放标准**

（一）水污染物

施工期废水处理后尽可能回用；执行III类标准河段，外排废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准；执行Ⅳ类标准河段，外排废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准。

（二）大气污染物

施工期无组织排放废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297—1996）无组织监控浓度限值。

（三）噪声

施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523—2011）标准，运行期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）1类标准。

（四）固体废物

项目施工期和运营期若产生废机油等危险废物，应建设危险废物暂存库，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）。

云南省生态环境厅

2019年1月18日

# 楚雄彝族自治州人民政府文件

楚政复〔2019〕2号

## 楚雄州人民政府关于同意龙川江流域水资源综合利用规划报告的批复

州水务局：

《楚雄州水务局关于审批楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划报告的请示》（楚水办字〔2019〕5号）收悉。经研究，现批复如下：

一、原则同意《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划报告》（以下简称规划），请认真组织实施。

二、《规划》实施要坚持共抓大保护、不搞大开发，牢固树立“生态优先、绿色发展”理念，按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”新时代水利工作方针，以完善流域防洪减灾、

水资源综合利用、水资源与水生态环境保护、流域综合管理体系为目标，注重科学治水、依法治水，处理好兴利与除害、开发与保护、上下游、左右岸、干支流等关系，充分发挥龙川江综合利用效益，为实现全流域经济持续健康发展和社会和谐稳定提供有力支撑。

三、依据《中华人民共和国水法》，《规划》是龙川江流域开发、利用、节约、保护水资源和防治水害的重要依据。流域内各县市人民政府及有关部门和单位要加强领导，密切配合，依法依规，有序落实《规划》提出的各项任务措施。加快实施小石门大型水库等重大工程，切实保障流域防洪安全、供水安全、粮食安全和生态安全。

2019年2月15日

楚雄州人民政府办公室　　2019年2月18日印发

# 楚雄州环境保护局

楚环函〔2019〕18号

## 楚雄州环境保护局关于《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》的审查意见的函

楚雄州水务局：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《规划环境影响评价条例》、《专项规划环境影响报告书审查办法》（国家环保总局令第18号）和《关于进一步做好规划环境影响评价工作的通知》（环办〔2006〕109号）的有关规定，2019年1月22日，我局会同你局召集有关部门代表和专家组成审查小组，对《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》（以下简称《报告书》）进行了审查。编制单位根据审查小组的意见对《报告书》进行了修改完善。现将审查小组提出的审查意见（见附件）和修改后的《报告书》提交你局，作为规划的审批依据。针对区域存在的环境制约条件，应重点关注以下几个方面：

一、进一步优化小石门水库、桂花水库、木卡拉水库和莫丰闸水库工程，工程不得占用自然保护区核心区和缓冲区，尽量避让自然保护实验区，以减轻对生态敏感区的影响。在无法避让的情况下，应在项目环评文件中对占用区域开展专题评价，提出相应的环保对策措施，根据评价结论按程序报批后方可开

工建设。

二、鉴于规划阶段一些水库淹没范围和工程布置还未确定，在可研阶段需要进一步核实各规划项目与生态敏感区的位置关系，进行选址合理性分析，合理布置施工三场，科学合理的制定施工方案，尽可能避让各类环境敏感区。

三、龙川江流域已建有大型水库1座，中型水库17座，小（一）型水库82座，小（二）型水库514座，水资源开发利用率较高，河道阻隔严重，鱼类资源退化明显，各水利工程应严格落实生态流量下泄措施，减轻水利设施对河道生态的影响。

四、加大流域城镇生活污染和农业农村面源污染治理。龙川江流域目前部分断面水质超标，污染源主要为农业农村面源污染和城镇生活污，为确保水环境质量达到水体功能要求，应加大污染源源头治理力度，确保水库达到相应功能。根据规划实施情况，适时开展环境影响跟踪评价。

附件：《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查意见

楚雄州环境保护局

2019年2月13日

抄送：各县市人民政府。

楚雄州环境保护局办公室　　2019年2月13日印发

# 《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查意见

受楚雄州环境保护局的委托，2019 年 1 月 22 日，楚雄州环境工程评估中心在楚雄市主持召开了《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》（以下简称《报告书》）审查会。楚雄州水务局、楚雄州环境保护局、楚雄州发改委、楚雄州林业局和云南秀川环境工程技术有限公司等单位代表及五名特邀专家参加了会议。会议由有关部门代表和专家 5 人组成审查小组（名单附后）对报告书进行了审查。根据审查小组的评审结论，提出审查意见如下：

## 一、规划概述

### （一）规划背景

龙川江流域位于横断山脉与云贵高原的过渡地带，是流经楚雄州境内中心地带的一条重要河流，规划范围为龙川江全流域，流域集水面积 9327.4km$^2$，干流长 254km，河道平均比降 4.8‰，涉及楚雄州的南华县、楚雄市、牟定县、元谋县、禄丰县、武定县、姚安县、大姚县、永仁县等 9 个县级行政区，主要支流有牟定河、普登河、蜻蛉河等，主要灌区有元谋灌区、蜻蛉河灌区。规划的总体目标重点是解决今后一段时期龙川江流域水资源配置能力空间布局问题。

### （二）规划内容

规划水平年：近期水平年为 2030 年，远期水平年为 2040 年。规划任务为对龙川江流域水资源及开发利用现状

进行调查评价，分析水资源现状开发中存在的问题，根据区域国民经济发展规划，遵循自然和经济规律，结合水资源供求态势，进行规划水平年需水预测，对规划区内不同水平年进行供需平衡分析，制定保障供水安全的水资源供求调节总体规划方案，提出龙川江流域节约用水、增加供水和保障生态环境用水的工程措施和非工程措施。重点分析龙川江流域内重要经济区的水资源配置方案，提出工程配置措施。

规划包括节水规划、重要水源工程规划，其中节水规划包括农业节水、工业节水、生活节水3个方面；重点水源工程规划包括滇中引水工程及小石门水库、小箐河水库、直苴水库、桂花水库、罗申河水库、定远河水库、中石坝水库扩建等 7 座大中型水库的新扩建，在重点水源工程之外，规划还包括有 24 座小（一）型水库，66 座小（二）型水库及一批小型蓄水、引提水工程。

审查组意见:《报告书》对规划概述介绍基本清楚，规划内容较为全面。

## 二、规划流域环境质量现状及主要资源环境问题

（一）规划流域环境现状

1、地表水环境质量现状

龙川江干流龙山大沟自龙川江干流取水口（龙川江干流牟定县八格里村附近）、江边、正兴坝均达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002）Ⅲ类水质标准；毛板桥水库、小黄瓜大桥断面水质超过《地表水环境质量标准》

（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，毛板桥水库断面超标项目为总磷，小黄瓜大桥超标项目为溶解氧。小天城达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准，青山嘴、西观桥 2 个断面均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准，青山嘴的超标项目为总磷，最大超标倍数为 7.3，西观桥的超标项目为氨氮、总磷，最大超标倍数分别为 1.65、4。

蜻蛉河的王家桥、蜻蛉河的赵家店断面、羊蹄江的大河波西断面、蜻蛉河-龙街河汇入口下游、蜻蛉河-黑泥坡村、永定河-麻栗树水库下游、永定河-小河村均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类水质标准，水环境质量良好。

普登河的古岩河 1 号桥断面、万马河的昔丙村断面、勐岗河-小石门水库坝址、勐岗河-小石门水库库中、勐岗河-小石门水库库尾 1#、勐岗河-小石门水库库尾 2#、石者河入勐岗河汇口上游 500m 处水质均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，水环境质量良好。勐岗河红豆树水库下游、碗厂村下游 1km 处水质均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，超标项目均为溶解氧，超标倍数分别为 0.154、0.23。普登河-入龙川江汇口前龙山村断面超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准，超标项目为溶解氧，超标倍数分别为 0.034。

由中屯水库水质评价结果可知，2015~2017 年中屯水库

各项指标均能满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水质标准及集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值要求。

2、生态环境现状

（1）植被现状

龙川江流域（评价区）面积 9327.4km$^2$，评价区位于“亚热带常绿阔叶林区（II）、西部（半湿润）常绿阔叶林亚区域（IIA）、高原亚热带北部常绿阔叶林地带（IIAii），滇中、东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林区（IIAii－1）”。评价范围内主要自然植被可大致划分为8个植被型、14个植被亚型、23个群系。评价区属高原亚热带北部常绿阔叶林地带，现有植被大部分受人类干扰和破坏较为明显。整个流域自然植被以暖温性针叶林分布最为广泛。半湿润常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林主要分布地均划入自然保护区或风景名胜区范围内，使上述两种植被得以保留，山顶苔藓矮林、寒温山地硬叶常绿栎林、温凉性针叶林、寒温性针叶林、寒温性草甸，主要分布在流域北部高海拔区域，因人口较少，开发程度较低，植被破坏程度也相对较轻，平坝区和城市建设区，自然植被基本破坏殆尽，以人工植被为主。

（2）植物资源现状

评价区共有维管植物 1495 种，隶属于 180 科，640 属；其中，蕨类植物共有 27 科 53 属 116 种；裸子植物共有 6 科 12 属 18 种；被子植物共有 147 科 575 属 1361 种；其中，记录有国家级野生保护植物 20 种，云南省级野生保护植物 9

种。根据云南省林业厅文件云林保护字（1996）第65号《关于印发云南古树名木名录的通知》，流域内记录在册的名树古木100株。环评现场调查到古树群，初步统计，古树数量超过160株。

（3）土地利用现状

龙川江流域内的土地利用类型划分为有林地、灌木林地、其他草地、旱地、水田、园地、水域及水利设施用地、建筑用地、其他用地9类。评价区土地利用以有林地为主，有林地景观斑块最高，同时人工植被旱地、水田、园地、人工林也占有一定比例，说明评价区土地现状开发受到人为影响，体现在低海拔区域，尤其是河边，土地逐步被开垦和改造，并且这种趋势随着人口增长而逐渐加大，土地资源将越发珍贵，土地开发力度也将不断加强，由低海拔地区向高海拔地区扩展。

（4）陆生脊椎动物

评价区约有陆生野生脊椎动物320种，其中两栖类16种，隶属2目7科；爬行类23种，隶属1目6科；鸟类244种，隶属于16目53科；哺乳类37种，隶属9目16科。320种野生动物中属国家重点保护的动物有22种，属云南省级重点保护动物1种，列入环境保护部和中国科学院（2015）发布的《中国生物多样性红色名录·脊椎动物卷》评估报告中的极危动物1种，濒危动物4种，易危动物6种。

（5）水生生态

①鱼类

龙川江流域规划水域的鱼类物种资源有6目12科29属31种。其中，土著鱼类有17种，外来鱼类14种。调查记录到的所有鱼类中没有国家级和省级保护鱼类，也没有列入《中国濒危动物红皮书鱼类》、《中国物种红色名录》和《中国生物多样性红色名录》的濒危物种。

②浮游植物

规划河段中共有浮游植物64属106种，分别隶属于蓝藻门、隐藻门、黄藻门、金藻门、裸藻门、甲藻门、硅藻门和绿藻门等8个门。

③浮游动物

规划河段中有浮游动物47科84属122种。其中原生动物种类60种，轮虫28种，枝角类23种，桡足类11种。

④水生维管束植物

评价区共监测到水生植物12种，主要为挺水植物，真水生植物仅有7种，其中水花生和凤眼莲（水葫芦）为外来物种。自然河段水生植物较少，仅在岸边生长辣蓼和茭草等挺水植物，仅在一些缓流河段如，蜻蛉河姚安县城附近，支流紫甸河上有沉水植物生长。

⑤底栖动物

楚雄龙川江流域共采集到大型底栖动物27种，隶属于3门、6纲、13目、21科、23属。其中种类最多的是节肢动物门，共有14种，占总种数的51.8%，其次，是软体动物门，共有9种，占总种数的33.3%；环节动物门仅采集到4种，占总种数的14.8%。

（二）主要资源环境问题

1、河道阻隔，使鱼类资源退化明显

龙川江流域内已建有大型水库1座，中型水库17座，小（一）型水库82座，小（二）型水库514座，跨流域调水工程2件，开发河流包括龙川江干流及牟定河、普登河、蜻蛉河、龙街河、永定河、羊蹄江等支流，各水利工程对所处河道造成阻隔，使河流上下游鱼类等水生生物不能进行正常的基因交流，同时，因坝址上下游河流流量流速流态的变化，改变了水生生境，使原有的鱼类资源量和生物多样性均有一定程度的下降，尤以龙川江干流因开发水利工程较多，下降程度较明显。

2、水资源匮乏，水资源开发利用率较高

规划区属水资源匮乏地区，流域范围内除武定县龙川江干流区外，总体的水资源开发利用程度高于云南省同期平均水平，人均水资源量为1082$m^3$/人，还不到全省平均水平的1/3，特别是楚雄市的人均水资源量仅374$m^3$/人。规划区水资源总量为15.95亿$m^3$，现状总供水量为5.73亿$m^3$，现状水资源开发利用程度为37%，各片区中楚雄市为108%，元谋县为51%，牟定县为35%，姚安县为27%，南华县和永仁县为26%，流域内现状开发利用率均已较高。

3、龙川江干流水质超标

根据现阶段收集的水质监测资料，龙川江干流水质有超标现象，毛板桥水库、小黄瓜大桥、青山嘴、西观桥等断面均水质超标，毛板桥水库断面超标项目为总磷，小黄瓜大桥

超标项目为溶解氧，山嘴的超标项目为总磷，西观桥的超标项目为氨氮、总磷。龙川江各支流中，普登河除普登河-入龙川江汇口前龙山村断面、勐岗河红豆树水库下游断面、勐岗河碗厂村下游1km断面外，其余断面水质均达标，蜻蛉河所有监测断面水质均达标，永定河所有监测断面水质均达标，万马河所有监测断面水质均达标，羊蹄江所有监测断面水质均达标，石者河所有监测断面水质均达标。

4、龙川江干流流量明显减少

龙川江干流已开发建设有老厂河水库、毛板桥水库、青山嘴水库、大海波水库等4个水库，其中青山嘴水库为大型水库，老厂河水库、毛板桥水库、大海波水库等4个水库为中型水库，青山嘴水库控制径流面积1228 $km^2$，老厂河水库控制径流面积65.4 $km^2$，毛板桥水库控制径流面积217$km^2$，大海波水库控制径流面积2200$km^2$，其次，在干流上还开发有17座水电站，其中虎跳滩电站、麻柳电站、虎跳滩二级电站、凤凰箐水电站、小河口电站、那化电站、骂额电站、竹棚（小河）电站、那能电站、湾云电站、妥安电站、大海波电站等12座电站还在正常运行，各水库、电站蓄水调度使下游龙川江干流流量明显减少。

5、流域内大部分范围森林植被破坏严重

龙川江流域范围人类活动历史悠久，长期以来，出于经济发展的需要，沿河区域原始植被被大量开垦为人工植被，流域内人工林（人工经济林、人工用材林）、果园（桃、李、核桃）、旱地、水田等人工植被类型最为常见。坝区、丘陵

地区自然植被主要为次生的暖温性针叶林、杂木灌木和稀树灌木草丛杂草等类型，流域内森林植被遭受持续性破坏。根据现场调查和资料收集，流域内除自然保护区、风景名胜区和高山地区森林植被保护较好外，大部分区域自然植被次生化程度显著。

审查组意见:《报告书》全面、客观的反映了区域地表水、生态环境现状，对现状主要资源环境问题描述准确。

## 三、环境影响分析、预测与评价

（一）对水环境的影响

1、对水资源利用的影响

流域水资源综合利用规划对区域内水资源利用带来有利影响的同时，也将带来一定不利影响，主要是规划水库在截流、初期下闸蓄水阶段都可能导致坝下河段减脱水，对坝下减水河段的水资源利用对象的取水量造成影响，在考虑了生态流量及弃水下放措施后，规划工程建设对坝下水资源利用影响可得到减缓。本次规划中的节水规划实施后，可有效的提高工业、农业和生活用水的节水，可大幅提高水资源的利用效率，减少水资源的消耗量，有利于流域内水资源的保护。

2、对水文情势的影响

规划实施后龙川江干流斗把石断面虽然受支流罗申河、牟定河、龙桥河上规划建设的各水库的调节影响，但因该断面上游龙川江干流上无水库工程，龙川江干流斗把石断面在各水库工程规划建设前后的水文情势变化不明显。斗把石断

面至江边断面虽然受支流勐岗河上规划建设的小石门大（1）型水库的调节影响，但该龙川江干流段上无规划水库工程，小石门水库工程规划建设前后的水文情势变化不明显。小石门水库断面上游勐岗河流域内将新建小石门水库，小石门水库具有多年调节性能，其次，因小石门水库供水，对勐岗河下游流量影响较大，小石门水库下游流量明显较规划实施前要小。至规划2030年，多年平均情况下，1月~12月流量较建设前均明显减少，全年流量减少加0.764亿$m^3$。规划2040年，小石门水库断面上游勐岗河流域内无规划新建水库，勐岗河流域小石门水库断面水文情势较2030年无明显变化。

3、对水温的影响

规划实施后小石门水库及桂花水库等大、中型水库的建设，将导致水库库区内水温出现分层现象，出库水温较天然状态也发生一定的变化，春夏季的出库水温较天然情况下有所降低，秋冬季出库水温略有升高，且河道的年内水温过程有一定滞后性；规划的大部分水库均有农灌供水的功能，并首先考虑生态流量的下放，根据取水口设置位置和取水方式的不同，农灌供水和生态下泄用水的温度受到不同程度的影响，将对流域内低温水影响造成一定的加剧。因流域内各水库的运行，在联合叠加影响作用下，将使流域内水温时空分布将发生改变，从而对流域内的鱼类等水生生物及农业造成一定的影响。

4、对水质的影响

龙川江流域主要涉及楚雄州的楚雄市、南华县、牟定

县、大姚县、永仁县、元谋县、武定县、姚安县和禄丰县 9 个县市。流域内工农业生产水平较低，水污染负荷也较低。流域内经济相对发达的县市有楚雄州的楚雄市、元谋县以及武定县等。对流域内城市城镇、集镇、农村人畜污染，工业、农业等方面的污染源预测结果表明：规划水平年 2030 年，流域内城镇、农村生活与工业废污水排放量约为 19919.25 万 $m^3/a$，COD、氨氮排放量分别为 37091.70t/a 和 5687.40t/a。规划水平年龙川江流域城镇生活污水和工业废水产生的 COD、氨氮主要集中在中下游区域的元谋县、牟定县等地。至 2030 年，流域内涉及县市废污水入河总量约为 17737.50 万 $m^3$，COD、氨氮入河总量分别达 33946.38t、5116.44t。

5、对地下水的影响

规划实施后，受水区内工业退水对地下水水质和水量基本无影响。城镇生活污水进入污水处理厂达标排放进入各条支流最终汇入龙川江、金沙江，对受水区地下水水质和水量基本无影响。受水区生活用水有少部分为集镇、农村生活用水，存在分散排放的情况，对地下水有一定的影响，随着国家乡村振兴战略、农村人居环境整治行动计划的实施，农村生活污水收集处理系统的逐步建立，农村生活污水对地下水环境的影响将越来越小。农田残留化肥、农药由大气降水和灌溉回归水溶解后进入地下水，对地下水水质造成影响，需要施行多种措施缓解农灌区的地下水环境的影响。

（二）对陆生生态环境的影响

1、对土地资源的影响

规划工程占地15.39km$^2$，其中占用有林地约3.46km$^2$，灌木林地面积约2.87km$^2$，其他草地面积约0.25km$^2$，旱地面积约2.82km$^2$，水田面积约4.91km$^2$、园地面积约0.15km$^2$，水域及水利设施用地面积约0.73km$^2$、建筑及交通用地面积约0.20km$^2$。规划工程虽占用一定面积的土地，造成土地性质改变，但从占地面积和比例可以看出，工程占地对土地利用的影响十分微弱，不会对土地利用类型造成显著影响。流域水资源综合利用规划的各工程的实施将对地表土壤有一定破坏作用，同时水库淹没河谷地区，对流域土壤影响较大，影响的土壤类型主要是红壤和赤红壤。

2、对陆生植被的影响

规划实施后，流域生态系统类型仍然由自然生态系统和人工生态系统两2个大类、15种类型组成，受规划影响的生态系统类型集中于中低海拔区域和河谷区域，中低海拔区域生态系统结构简单，生态修复能力一般，低海拔区域水热条件较好，生态系统的恢复能力较好，受规划影响的生态系统面积有限，而且恢复能力较高海拔区域强，因此，受规划影响的生态系统能够较快的恢复，并达到新的生态平衡。

规划实施对景观的影响体现在工程造成景观面积和斑块数发生变化，规划不会造成流域景观类型的增加和减少。流域内的景观除了湖泊及河流景观有所增加外，其余景观类型均有不同程度的减少，其中，面积变化率相对最大的为灌丛景观和水田景观，变化率分别为0.83%和0.61%，斑块变化率相对较大的为园地景观和灌草地景观，变化率分别为

6.86%和5.26%，景观类型变化率均较低，规划造成的景观面积变化，相对于整个流域而言非常微弱。

3、对陆生动物的影响

龙川江流域规划的水库工程运行后，随着施工人员撤离，施工噪音消失，水库蓄水，植被逐渐恢复，库区形成宽阔的水面，伴随生境的恢复与变化，迁飞（移）的动物又会逐渐迁回，评价区内的动物种类及数量都会逐渐增加。由于库区水面的扩大，鱼类及浮游生物的增多，为各种水禽、涉禽提供了更加广阔的栖息活动场所及食源。伴随生境的改善，不仅为候鸟栖息提供生境而且还可吸引鹤形目、鹳形目、雁形目、鸥形目等迁徒性鸟类来此繁殖，增加了区内鸟类生物的多样性。

（三）对水生生态环境的影响

1、对鱼类的影响

规划工程施工期造成鱼类生境破坏，影响鱼类生长和繁殖，工程运行期将使鱼类的生境片段化，造成了种群基因交流的阻隔，降低物种的活力，增加鱼类近亲繁殖机率，可能降低物种的遗传多样性。大坝建成后，改变原河流生态环境，影响鱼类种类分布，缩小了流水性鱼类的栖息地，水库运行的同时，库区内鱼类的食物来源发生改变，影响土著鱼类的生存。水库建设将造成坝下水文情势和下泄水温发生一定变化，一定程度上影响鱼类的生长和繁殖。

2、对浮游植物的影响

流域内的藻类均为广布种，无保护和特有种类，项目规

划中的水库建设，不会对流域内的浮游植物形成威胁。各水库建设过程后，水生生态系统不可避免地发生改变，河流在库区就变得较为平缓，水位上升，水中的泥沙会沉积于库底，库区水体的透明度会慢慢提高，上层水温也会升高，同时，水中的营养盐类也会渐渐增加。这些环境条件的改变，都利于光合自养的藻类植物生长，藻类植物的种类和生物量将会增加，藻类植物的群落结构也会发生改变，然后，随着环境逐步趋于的相对稳定，而重建一种新的群落结构，该群落结构将随着环境的变化而改变。

3、对浮游动物的影响

浮游动物种类均是广布种，并未发现有特有、珍稀的浮游动物种类，规划中水库工程的建设，对浮游动物多样性的影响较小。水库建设后，库区营养增加，浮游动物由原来的河道型转变为湖库型，且枝角类、桡足类等大型浮游动物的密度和生物量将会增加。

4、对底栖动物的影响

规划调查中发现的大型底栖动物均为广布物种，项目建设的几个水库不会对这些物种的生存构成威胁。但在项目建设过程中，坝址附近河道将被施工完全破坏，原有的底栖动物群落也将消失，但由于水库建设，水质得到改善，在保证生态流量的情况下，底栖动物群落将在下游得到恢复。

（四）对环境敏感区的影响

1、对自然保护区的影响

规划工程小石门水库附近有元谋土林州级自然保护区

和白马山州级自然保护区。小石门水库淹没白马山州级自然保护区实验区面积约 12.60hm$^2$，将会造成保护区部分植被面积减少和小数量植物资源个体的损失，但不会对其生物多样性和完整性造成严重影响。淹没区域处于保护区边缘，且长期受公路运行的影响，区内未见国家、省重点保护野生动物分布。总体来说，小石门水库淹没将对白马山州级自然保护区造成一定不利影响，但影响较为有限。

2、对风景名胜区的影响

规划工程桂花水库坝址位于昙华山省级风景名胜区-昙华山景区的外围保护地带，限于规划深度，暂不明确淹没范围是否会涉及风景名胜区，如涉及将对风景名胜区的自然景观造成一定影响，桂花水库目前处于可研阶段，可研阶段应进一步优化桂花水库大坝选址及施工布置，使其淹没范围、施工布置不在风景区保护范围内。

3、对森林公园的影响

规划工程与流域内国家级森林公园较远，规划实施不会对森林公园产生不利影响。

4、对水源保护区的影响

规划工程均不在饮用水源保护区范围内，因此，规划工程不会对流域内饮用水水源保护区造成影响。

5、对生态保护红线的影响

规划实施工程征占地将造成流域内生态保护红线面积减少，生态功能降低，性质发生改变。

审查组意见:《报告书》客观、准确的评价了规划实施

对资源、环境造成的影响，环境影响预测和分析结论明确。

## 四、预防或者减轻不良环境影响的对策及措施的可行性、有效性

（一）水环境对策及措施

在流域内积极推广应用滴灌等节水技术，发展节水农业，加强工业企业取用水和废污水的处理回用管理，采用先进技术、设备和工艺，淘汰落后工艺和设备。全面落实最严格水资源管理制度，强化水资源消耗总量和强度双控，强化取水许可管理，加强水资源费征收工作，推广安装取用水计量设施和节水设施器具，定额管理。各规划水库工程均应按要求下放生态基游，维护河流生态健康。在全流域范围内制定切实可行的植树造林、封山育林和幼林抚育规划，以涵养水源。

加快推广乡镇及农村的生活污水收集处理设施的建设，实施清污分流，减少排污量，并提高城市污水处理覆盖率和处理效率，降低流域内居民生活污水的污染排放负荷。加强对规划区内工业企业的监管，工业废水应全部要求纳管排入污水处理厂处理或者自建污水处理设施处理达标后尽可能进行回用，不能全部回用的应达标排放。对流域内的中小型排污工矿企业进行整合，淘汰高耗能排污量大的工矿企业，现有企业应进行技术改造、改革生产工艺、资源综合利用、节水等措施，逐步采用清洁生产工艺和技术。各级水利、环境保护等行政主管部门应加强取水许可管理和建设项目环境保护管理，从严控制新、扩建项

目污染物排放。

逐步调整农业产业结构，积极发展节水灌溉农业，加大测土配方施肥和绿色防控力度，降低化肥、农药使用量，加强面污染源的治理。取缔龙川江流域规划范围内的非法排污口，所有排污口均应取得排污许可证，严格管理，排污单位排放的污水应达到排污许可证要求的标准，并不得超量排放。在工程设计时，各规划的大中型水库应考虑采用分层取水设计。汛期利用放空洞排出库底低温水体，改善水温的垂向结构。加强天然林、水土保持林建设，对水土流失严重地区进行水土保护综合治理，控制水土流失，改善生态环境，减少洪水、泥石流等自然灾害，减少流域内污染物入河量，改善水质。

严格控制受退水区的居民生活用水及工业用水的直接回灌，配套建设污水处理厂和污水管网。加强科学技术指导，大力宣传科学施肥，通过采用平衡施肥、测土施肥、肥料深施等措施来改良施肥方法。通过生态拦截和湿地自然净化系统建设对灌区农田退水污染进行控制。大力发展生态农业，合理施用农药、化肥。加大对农村生态环境保护基础设施建设的资金投入力度，加快农村由化肥、农药、畜禽导致的水污染处理设施的建设步伐。通过广播、电视、报纸等新闻媒体向农民宣传环境保护知识，提高基层组织、群众、农民的环保意识。加强农村新能源建设。

（二）生态环境预防及减缓对策措施

在各单项规划实施前，对规划范围内的珍稀和其它需保

护动、植物种进行调查，对规划实施可能受到影响的保护植物采取迁地保护、采种育苗等措施加以保护；规划实施过程中，进一步研究相关工程占地的选址合理性和相关工程布置方案，尽量避免对现有植被和植物资源的破坏；封山育林，营造人工林应以针阔叶混交林或乔灌草结合为主。施工结束后对施工区进行绿化，植被恢复选用当地物种。落实“三同时”政策，防治水土流失；加强宣传教育与监督管理。

建议对江底河及其支流作为该规划的重点栖息地保护河段，主要保护范围为江底河主干流从刘苴镇东南 3km 处起至与蜻蛉河汇口（全长约 22km）河段，支流 1 从在金簸村西北 500m 处起至双河村（全长约 15km）河段，支流 2 从大村东南 1km 处起至外普拉村（全长约 8km）河段。对鱼类繁殖时期新形成的水深在 0.5m 左右的浅滩进行生境修复，可铺设直径不等的石块、砾石、卵石等，为鱼类营造适宜的产卵环境。鱼类增殖站建设，鱼类增殖放流可在一定程度上缓解水利工程对鱼类资源的不利影响，是水利工程保护鱼类资源重要措施之一，对鱼类种群数量恢复有一定的积极作用。拟将四川裂腹鱼 Schizothorax kozlovi、短须裂腹鱼 Schizothorax wangchiachii、中华倒刺鲃 Spinibarbus sinensis、鲢 Hypophthalmichthys molitrix 等种类作为增殖放流对象，其中鲢主要用于净化水质。水库生态调度-合理运行大坝设施，部分恢复自然水文情势，修复大坝上下游河流的生态系统结构和功能。在鱼类集中产卵季节，通过加大下泄流量，满足鱼类产卵时水力条件需求，或是营造人

造洪峰，刺激鱼类产卵。净化水质并预防外来物种的影响，增强当地渔业监管部门在龙川江流域及相关流域的鱼类资源保护意识和监管能力。拦鱼设施，取水口需要采用一定的拦鱼措施阻止鱼类进入引水管线，造成鱼类个体死亡。从净化水体、保证水质角度出发，可根据实际情况放流一定规模在水库不能繁殖的产漂流性鱼卵。重要水源地禁止开展集约化养殖和有可能破坏水质的养殖繁殖，严禁以经济为目的的苗种放养。加强渔政队伍建设，完善工程影响区域内渔政管理措施；严格执行禁渔期与禁渔区制度，禁止酷渔滥捕，禁止人为引入外来物种放入天然水体，加强监管和环保宣传，引导当地群众保护当地的鱼类资源。加强河流常规生态监测，开展鱼类生物学与生态学及人工繁殖技术研究。

（三）环境敏感区预防及减缓措施

规划涉及或可能涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区的工程，通过规划方案的调整，避免对这些生态敏感区的占用。

恢复或补偿措施：施工过程中增强在施工人员的环保意识，严禁在敏感区范围内或附近捕猎野生动物及破坏植被，特别是重点保护动植物。采取有效的施工废水处置措施、噪声和大气污染防治措施等，避免或减缓对生态敏感区内重点保护对象的污染影响。施工结束后及时恢复生态敏感区原有植被，无法恢复的采取异地补偿的方式进行恢复。植被恢复过程中，加强生态防护和美化设计的配合协

调，根据地形、地质条件及坡面植被覆盖情况，有条件的尽可能放缓而直接种植树木、草坪及灌木防护绿化，尽可能恢复自然植被、掩盖施工痕迹，保护生态环境，使之与自然环境和风景相协调。

审查组意见：《报告书》提出的环境保护措施基本可行，能够解决规划区域存在的主要环境问题。

## 五、对规划的优化调整及建议

（一）规划的优化调整

1、规划涉及的风景名胜区及优化调整意见

规划涉及的风景名胜区：经过叠图分析，楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划区范围与昙华山省级风景名胜区部分范围重叠，其中，规划的小（一）型水库木卡拉水库位于昙华山省级风景名胜区-龙山景区外围保护地带。

优化调整意见：进一步优化木卡拉水库大坝选址及施工布置，使其淹没范围、施工布置不在风景区保护范围内，不对昙华山省级风景名胜区产生不利影响。

2、规划涉及的自然保护区及优化调整意见

规划的小（一）型水库横山水库扩建工程及奠丰闸水库位于楚雄三峰州级自然保护区的实验区内。

优化调整意见：优化横山水库扩建工程施工布置，将临时设施设置在保护区范围外，优化奠丰闸水库大坝选址及施工布置，使其淹没范围、施工布置不在楚雄三峰州级自然保护区保护范围内，不对楚雄三峰州级自然保护区产生不利影响。

3、规划涉及的生态保护红线及优化调整意见

规划工程小石门水库淹没区、桂花水库坝址、直苴水库坝址涉及生态保护红线。

优化调整意见：进一步优化小石门水库，减少淹没生态保护红线面积，优化桂花水库、直苴水库施工布置及淹没范围，避让生态保护红线。

（二）对下阶段环评的指导建议

1、规划环评中识别出规划的小（一）型水库木卡拉水库位于昙华山省级风景名胜区-龙山景区外围保护地带，不涉及一、二、三级保护区，可研阶段，仍应进一步优化木卡拉水库大坝选址及施工布置，使其淹没范围、施工布置不在风景区保护范围内，不对昙华山省级风景名胜区产生不利影响。

2、规划的小（一）型水库横山水库扩建工程及奠丰闸水库位于楚雄三峰州级自然保护区的实验区内。下阶段应优先考虑调整选址，合理布置施工三场和输水线路，避让自然保护区，在无法避让的情况下，应按自然保护区管理条例，委托开展生物多样性影响评价专题。

3、小石门水库淹没区、桂花水库坝址、直苴水库坝址涉及生态保护红线，应进一步优化布置，尽量避让生态保护红线，如实在无法避让，应根据《暂行办法》要求，按相关规定进行审批。

4、规划的水源工程中含有大中型水库 7 座，水库运营后水温分层的可能性较大，下阶段环评中应进行水温分层预测分析，并根据各项目的实际情况采取分层取水等消除

和减缓低温水影响的措施，其中小石门水库为大型水库，且大坝较高，最大坝高为 171.4m，可能产生较明显的水温分层现象，如直接下放低温水，对农作物的冷害作用较大，还将对下游的水生生物造成影响，水温分层预测分析应作为评价重点，并应在主体中考虑相应的分层取水等设计。

5、龙川江流域规划水域内有17种土著鱼类分布，其中规划的小石门水库为大型水库，水库建成后对水文情势的改变较大，对鱼类生境的影响较大，应采取鱼类增殖放流措施。

6、因规划阶段设计深度浅，大部分水库淹没范围和工程布置还未确定，在下阶段应进一步核实各规划项目与各敏感区的位置关系，进行选址合理性分析，合理布置施工三场，科学合理的制定施工方案，尽可能避让各环境敏感区，在无法避让的情况下，应按相关法律法规办理相关手续，如涉及自然保护区还应委托开展生物多样性影响评价专题。

审查组意见:《报告书》提出的规划优化调整建议基本合理可行。进一步核实完善规划工程与生态保护红线的位置关系和调整措施要求。

## 六、公众参与

采取发放调差问卷的方式开展了龙川江流域水资源综合利用规划环境影响评价的公众参与工作。同时在规划涉及的各个县（市）乡、镇、村委会张贴了公示信息。本次云南省龙川江流域水资源综合利用规划公众参与共发放问卷 315

份：社会团体部分发放89份，回收问卷89份，回收率100%；个人部分发放226份，回收问卷226份，回收率100%。

根据公众调查，龙川江流域内相关部门单位、个人对综合规划实施表示了积极支持的态度，针对流域出现的一些环境问题，被调查单位、个人认为可通过流域水资源综合利用规划的实施改善流域的生态环境、水质、提高流域防洪标准及供水保障。广大群众对规划中的水力发电规划、供水及灌溉、防洪等规划内容较为关注，对于规划对环境产生的影响，群众认为需加强流域水质的保护，并在规划实施过程中提高防洪标准、改善流域生态环境、改善水质等。

审查组意见：《报告书》对社会团体及居民公众参与意见进行了统计分析，并对公众意见采纳情况进行了说明。公众参与调查基本符合《环境影响评价公众参与暂行办法》要求。

## 七、审查总结论

《报告书》编制基本规范，内容完整，环境现状评价基本反映了规划流域的生态环境特征，主要环境问题论述基本清楚，采用的技术路线与方法基本适当，采用的评价方法符合规划环评技术导则要求。预防减轻不良环境影响的对策、措施及规划的优化调整建议合理、可行。环境影响评价结论基本可信。

审查小组原则同意《报告书》上报行政审批部门作为规划附件。

附件：《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查会审查组名单

二〇一九年一月二十二日

# 《楚雄州龙川江流域水资源综合利用规划环境影响报告书》审查会审查组名单

| | 姓名 | 单位 | 职务/职称 | 电　话 |
|---|---|---|---|---|
| 组长 | 张德江 | 中国电建集团昆明院有限公司 | 教高 | 13888972957 |
| 成员 | 罗涛 | 中电建集团昆明院 | 教高 | 13700648913 |
| 成员 | 欧晓昆 | 云南大学 | 教授 | 13888953188 |
| 成员 | 陈银瑞 | 中科院昆明动物研究所 | 研究员 | 13678797780 |
| 成员 | 王彩彦 | 楚雄州环保局 | 科长 | 13577815289 |
| 成员 | 李立林 | 楚雄州林业局 | 主任 | 13987867168 |
| 成员 | 姜世平 | 楚雄州水务局 | 高工 | 13887860917 |
| 成员 | 黄丽 | 州发改委 | 总经济师 | 13908781501 |
| 成员 | 周宇晖 | 州环境监测站 | 高工 | 13987887206 |
| 成员 | | | | |
| 成员 | | | | |
| 成员 | | | | |

2019 年 1 月 22 日

# 楚雄彝族自治州人民政府文件

楚政复〔2019〕18号

## 楚雄州人民政府关于同意楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划等6个规划的批复

州自然资源规划局：

《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》等6个土地利用整治专项规划收悉。《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》等6个规划的编制和实施是强化农业基础、发展现代农业、提高农业综合生产能力、确保粮食安全和农业可持续发展的需要。是土地资源整治的需要，是保持耕地总量的动态平衡的需要和改善农业生产条件及生态环境的需要，符合土地利用总体规划。项目实施后，将有效增加耕地面积，提高耕

地质量，缓解耕地供需矛盾，实现耕地占补动态平衡；有效改善农业生产条件，促进农民增收、农业增效和农村发展。进一步保护和改善土地生态环境，促进土地资源的可持续利用，社会效益、生态效益和经济效益显著。

经研究，同意《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》等6个土地利用整治专项规划。6个土地利用整治专项规划项目实施后预计可新增耕地24.19万亩，其中社会经济效益显著的《元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》预计可新增耕地23.13万亩（元谋西部片区新增耕地面积17.51万亩，元谋东部片区新增耕地面积3.72万亩，大姚片区新增耕地面积0.031万亩，牟定片区新增耕地面积0.097万亩，禄丰片区新增耕地面积1.78万亩）。

请你局抓紧编制“十三五”规划中计划实施的土地整治项目的实施方案，抓紧项目立项，积极争取上级财政支持，多渠道筹集资金，待资金到位，分批分年度实施。

你局和元谋县要重点针对《元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》加强指导和管理，尽早发挥效益。元谋禄丰干热河谷规划项目区内已组织实施的物茂、平田乡14个土地整治项目，完成土地整治规模5.69万亩，新增耕地3.68万亩（其中：物茂乡完成土地整治规模4.06万亩，新增耕地2.56万亩，平田乡完成土地整治1.63万亩，新增耕地1.12万亩），要做好后续产业引导和监督管理工作，确保充分发挥效益。要加快物茂、平田乡2个土地整治项目（计划完成土地整治1.66万亩，新增耕地1.02万亩）

的申报工作并及时实施。请你局和元谋县、大姚县、牟定县、禄丰县等涉及县市按照土地利用整治有关规程要求，依法依规组织实施。州人民政府将对元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划实施完成后形成的23.13万亩耕地统筹安排。

2019年6月17日

楚雄州人民政府办公室　　2019年6月17日印发

# 楚雄州生态环境局

楚环函〔2020〕11号

## 楚雄州生态环境局关于《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》审查意见的函

楚雄州自然资源和规划局:

依据《中华人民共和国环境影响评价法》、《规划环境影响评价条例》规定以及其它相关要求，我局召集有关部门代表和专家组成审查小组，对《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》进行了审查。根据修改完善后的报告书，现将审查小组提出的审查意见函送你单位。

附件:楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书审查意见

楚雄州生态环境局

2020年9月15日

附件

# 楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书审查意见

2020年9月10日，由楚雄州生态环境局主持在楚雄市召开了《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书》（以下简称“报告书”）审查会。有关单位代表和专家总计14人组成了审查小组(名单附后)对《报告书》进行了审查，形成如下审查意见。

一、根据《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划》（以下简称“规划”），其规划范围为元谋禄丰干热河谷区域，分为5个片区，规划土地总面积34108.153公顷。其中，元谋西部片区位于元谋县大型灌区西部，土地面积18802.1907公顷；元谋东部片区位于元谋县大型灌区东部，土地面积7379.3503公顷；禄丰片区位于禄丰县境内的龙川江两侧，土地面积6146.704公顷；大姚片区位于大姚县境内的龙街镇勐岗河西北侧，土地面积1412.9137公顷；牟定片区位于牟定县境内的勐岗河东南侧，土地面积366.9943公顷。

规划的工程内容：本次规划总面积34108.1530公顷，适宜土地整治的建设规模为31250.7804公顷。其中，宜耕后备土地整治建设规模为20354.6032公顷，农用地整治建设规模为10896.1772

公顷，土地整理过程中同步配套建设相应的灌溉及排水工程、道路工程等。

《报告书》在区域环境现状调查的基础上，开展了《规划》与相关规划的协调性分析，识别了《规划》实施的主要资源环境制约因素，分析了《规划》实施对环境的影响，开展了公众参与工作，论证了规划目标与发展定位、规划规模与建设时序、规划用地、资源等的环境合理性和环境目标的可达性，提出了《规划》优化调整建议、减缓环境影响的对策措施。《报告书》基础资料、数据基本可信，评价方法选择基本得当，对不良环境影响的分析、预测和评估可行，预防或减轻不良环境影响的对策和措施基本合理，环境影响评价结论总体可信。

二、规划对可开发的荒地和散乱的耕地进行平整、提高肥力，规划实施后可提升区域内的植被覆盖率，减轻区域水土流失影响，对区域的生态环境产生一定的有利影响。但规划实施过程中会对原有的地表植被造成破坏，造成生物量的损失，同时施工过程中也将产生扬尘、噪声、施工废水、固体废物等环境污染，对区域的生态环境质量产生一定的负面影响。因此，应根据《报告书》和审查意见进一步优化《规划》方案，强化各项环境保护对策措施的落实，有效预防或减缓《规划》实施可能带来的不良环境影响。

三、《规划》优化调整和实施过程中的意见

（一）加强规划引领，坚持绿色发展和协调发展理念。根据生态文明发展战略，坚持生态优先、因地制宜，进一步优化《规划》的规模、范围、开发利用方向以及开发时序等。加强与全国主体功能区规划、云南省生态功能区划、国土空间规划、乡镇总体规划、各县土地利用规划以及云南省“三线一单”的协调衔接，明确相应的用地空间管控要求、污染排放、生态管控要求，加强土地资源的宏观控制和微观管理，做到合理有序地开发利用土地资源，节约集约用地，因地制宜，打造“高产、优质、高效、生态、安全”的特殊产业群体，带动区域社会经济持续快速健康发展。

（二）进一步优化土地整治规划范围，严格对环境敏感区的保护。规划项目区应充分考虑周边元谋土林州级自然保护区等生态保护重点目标，采取科学有效的保护和应对措施避让红线区域，减缓对土林自然保护区生态不利影响。

（三）合理确定规模，综合考虑区域水资源承载能力。本规划区域位于干热河谷地带，可直接利用的水资源量较少，是水资源的缺乏区。本次规划的新增耕地为小石门水库配套的灌溉区域，新增耕地所需的灌溉用水由小石门水库供给，经环评计算，供水量能够满足规划片区的农灌用水需求，但节余量不多。建议合理确定该区域的土地开发整治面积，保证规划的实施取得最大的生态环境效益和经济效益。

（四）严守环境质量底线，严格规划区域面源污染环境管理。

本次规划区域属于龙川江流域，规划实施后将大幅的增加片区的耕地数量，耕地运行过程中由于大面积的施用化肥和农药，在雨水冲刷和农田回归水的作用下形成农田面源污染，将加重龙川江的污染负荷。本规划整治后新增的耕地要严格采用高效节水滴灌技术，降低农田退水对龙川江流域的污染负荷。同时，在耕地运行过程中需要严格控制化肥和农药的施用量，进一步的降低农田面源污染对地表水环境的不利影响，并积极的开发生物防治技术，进一步减少化肥和农药的施用量。

（五）坚持保护优先，严格维系自然生态系统的完整和功能。在该专项规划开发建设活动的过程中，应充分考虑尽量保留原有土地和原有生态环境的可能性，不占用规划区内的林地、水域等不可开发利用区域。建设生态廊道，保护物种的多样性，在有限的地域和空间实施合理的开发，最大限度地减少区域开发对生态环境造成的影响。

（六）因地制宜，合理确定整治项目、建设时序和施工方式。应坚持“生态优先、保护优先、节约优先”原则，合理确定土地综合整治目标、整治模式、整治工程，做到土地综合整治与耕地保护、产业发展、环境治理、生态修复等有机融合，使耕地得保护、生态得改善、发展得空间、百姓得实惠。

（七）建立健全区域环境风险防范和生态安全保障体系。加强重要风险源管控，统筹考虑污染防治、生态恢复与建设、环境

风险防范、环境管理等事宜；建立生态跟踪机制，强化环境风险管理，保障区域生态环境安全。

（八）在《规划》实施过程中，适时开展环境影响跟踪评价。

审查小组

2020 年 9 月 15 日

《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书 》审查小组签字表

| 姓　名 | 工作单位 | 职称/职称 | 签　字 | 电　话 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 祝燕梅 | 州生态环境局 | 副局长 | | 15368782381 |
| 王锋 | 州水务局 | 主任.高工 | | 13987819929 |
| 徐恩杰 | 州农业农村局 | 工程师 | | 15891824192 |
| 郑世清 | 州林草局 | 副调 | | 13878841835 |
| [illegible] | 州[illegible]局 | 副局长 | | |
| 李[illegible] | 元谋县政府 | 副县长 | | |
| 李[illegible] | 州生态环境局环评科 | 副局长 | | 13648786587 |
| 谭江 | 大地公司 | 副局长 | | 18987824569 |
| 程飞 | 州环评院 | 高工 | 程飞 | 13700637046 |
| 胡[illegible] | 省生态环境科学研究院 | 正高 | 胡[illegible] | 13708161714 |
| 李[illegible] | 云南省生态环境厅环评中心 | 高工 | 李[illegible] | 13714563531 |
| 罗乐 | 中国电建集团昆明勘测设计院 | 高工 | 罗乐 | 18087159926 |
| 胡[illegible] | 州林草[illegible]测站 | 高工. | 胡[illegible] | 15891834399. |
| 谭[illegible] | 楚雄州[illegible]干河 | 工程 | 谭[illegible] | |
| 向伦 | 云南地质工程第二勘察院 | 高工. | 向伦 | 13987849943 |
| | | | | |

《楚雄州元谋禄丰干热河谷片区土地利用整治专项规划环境影响报告书 》技术评审专家签字表

| 姓　名 | 工作单位 | 职称 | 签　字 | 电　话 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 程　卫 | 云南省生态环境科学研究院 | 高　工 | 程卫 | 13700657046 |
| 胡玉洪 | 云南省生态环境科学研究院 | 高　工 | 胡玉洪 | 13708761712 |
| 李鹏菊 | 云南省生态环境工程评估中心 | 高　工 | 李鹏菊 | 18788563531 |
| 罗　乐 | 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司 | 高　工 | 罗乐 | 13087159926 |
| 谭毅源 | 楚雄欣源水利电力勘察设计有限责任公司 | 高　工 | 谭毅源 | 13987077523 |
| 汤　俊 | 云南地质工程第二勘察院 | 高　工 | 汤俊 | 13987849943 |
| 胡建军 | 楚雄州森林和草原资源监测站 | 高　工 | 胡建军 | 15881834399 |

# 楚雄彝族自治州人民政府文件

楚政复〔2020〕30号

## 楚雄州人民政府关于同意楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）的批复

州水务局：

《楚雄州生态环境局 楚雄州水务局关于审批并印发〈楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）〉的请示》（楚环请〔2020〕38号）收悉。经研究，现批复如下：

一、原则同意《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）》（以下简称规划），请认真组织实施。

二、规划实施要紧紧围绕水资源保护、水环境治理、先环保

后用水的原则，以水环境质量稳定达标为核心，按照“增产不增污”的要求，确保小石门水库工程水源区及受退水区主要控制断面水质目标达到或优于水环境功能要求，工业、城镇、农业农村污染收集处理能力明显增强，清洁生产水平、节水率和水资源重复利用率显著提高，主要污染物排放量不超过水环境容量，实现水源区及受退水区经济社会与环境协调发展。

三、元谋县、大姚县、姚安县、牟定县、永仁县、武定县、禄丰县人民政府是规划实施的责任主体，要加强小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治工作的组织领导，层层分解规划任务，确保规划目标落到实处。

四、州发展改革委、州财政局、州自然资源规划局、州生态环境局、州水务局、州住房城乡建设局、州农村农业局、州林草局、州移民局等部门要按照职能分工，加强工作支持和指导协调，确保规划顺利实施。

2020年9月30日

楚雄州人民政府办公室　　2020年9月30日印发

# 楚雄彝族自治州人民政府文件

楚政复〔2020〕30号

## 楚雄州人民政府关于同意楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）的批复

州生态环境局：

《楚雄州生态环境局 楚雄州水务局关于审批并印发〈楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）〉的请示》（楚环请〔2020〕38号）收悉。经研究，现批复如下：

一、原则同意《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划（2017—2035）》（以下简称规划），请认真组织实施。

二、规划实施要紧紧围绕水资源保护、水环境治理、先环保

后用水的原则，以水环境质量稳定达标为核心，按照“增产不增污”的要求，确保小石门水库工程水源区及受退水区主要控制断面水质目标达到或优于水环境功能要求，工业、城镇、农业农村污染收集处理能力明显增强，清洁生产水平、节水率和水资源重复利用率显著提高，主要污染物排放量不超过水环境容量，实现水源区及受退水区经济社会与环境协调发展。

三、元谋县、大姚县、姚安县、牟定县、永仁县、武定县、禄丰县人民政府是规划实施的责任主体，要加强小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治工作的组织领导，层层分解规划任务，确保规划目标落到实处。

四、州发展改革委、州财政局、州自然资源规划局、州生态环境局、州水务局、州住房城乡建设局、州农村农业局、州林草局、州移民局等部门要按照职能分工，加强工作支持和指导协调，确保规划顺利实施。

楚雄州人民政府办公室

2020年9月30日

楚雄州人民政府办公室　　2020年9月30日印发

# 楚雄彝族自治州林业和草原局

楚林函〔2020〕45号

## 楚雄州林业和草原局关于小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系的函

楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室：

根据你办提供的云南省楚雄州小石门水库工程可行性研究阶段工程项目用地范围数据，经与牟定县白马山州级自然保护区保护边界进行比对，结果如下：

根据《楚雄州人民政府关于同意牟定县白马山等6个自然保护区总体规划的批复》（楚政复[2020]5号），楚雄州小石门水库工程项目用地范围不在牟定县白马山州级自然保护区内。

楚雄州林业和草原局

2020年11月25日

# 楚雄州自然资源和规划局

[2020]-7

## 楚雄州自然资源和规划局关于云南省楚雄州小石门水库工程用地与楚雄州生态保护红线范围比对查询的函

楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室：

根据你办提供的云南省楚雄州小石门水库工程可行性研究阶段工程用地，经查询，云南省楚雄州小石门水库工程用地不在楚雄州生态保护红线范围内。

楚雄州自然资源和规划局

2020 年 11 月 26 日

# 楚雄州自然资源和规划局

## 关于云南省楚雄州小石门水库工程建设项目(淹没区、枢纽区）用地压覆矿产资源调查结果备案的函

楚矿压备字〔2020〕9号

拟建的云南省楚雄州小石门水库工程建设项目(淹没区、枢纽区），经云南省人民政府（云政办[2017]25号）批准，行政区划涉及楚雄州牟定县。

2020年9月，楚雄州小石门水库工程前期领导小组办公室提交了《关于云南省楚雄州小石门水库工程建设项目(淹没区、枢纽区）用地压覆矿产资源调查结果的备案申请》，并提供了拟建项目用地范围及建设项目用地压覆矿产资源调查范围坐标（调查区面积5.7591平方千米，拐点坐标见附件）。经云南省自然资源厅、楚雄州自然资源和规划局、牟定县自然资源局三级查询，拟建项目三级查询未压覆国家探明地、矿业权。压覆国家规划区域：1、云南省牟定县白土坡地区铀多金属矿预查（部受理项目）（53000207）；2、3年找矿行动的云南省牟定安益钪铁多金属矿整装勘查区（国家整装勘查区）（53000928）；3、云

南省大姚县黄果树铁多金属矿预查（云南整装勘查首批设置矿业权）（53000960）；4、云南省牟定县伏龙基铁多金属矿预查（云南整装勘查首批设置矿业权）（53000962）；5、牟定安益铁多金属矿整装勘查区（地勘基金中心2012-7-24提供）（53001637）。

经核实，项目建设单位向云南省自然资源厅矿产资源储量评审中心查询，结果如下：省自然资源厅矿产资源储量评审中心未受理、未评审（审查）过上述查询项目提交的地质勘查报告。项目建设单位对压覆云南省牟定县白土坡地区铀多金属矿预查到省厅的咨询做了情况说明及承诺。

经楚雄州自然资源和规划局合规性审查，符合《国土资源部关于进一步做好建设项目压覆重要矿产资源审批管理工作的通知》（国土资发【2010】137号）、《云南省国土资源厅关于进一步规范建设项目压覆矿产资源审批工作的通知》（云国土资〔2010〕399号）和《关于进一步加强建设项目压覆重要矿产资源审批备案管理工作的通知》（云国土资办〔2013〕25号）文件要求，建设单位在工程项目施工中要注意保护好矿产资源，不得因施工造成矿产资源破坏，不得借施工之机无证开采矿产资源。如发现重要矿产资源，应保护好并及时向自然资源主管部门报告。同意备案。

楚雄州自然资源和规划局

2020年9月18日

附件：

# 云南省楚雄州小石门水库工程建设项目(淹没区、枢纽区）用地压覆矿产资源调查范围坐标表

| 1980 西安坐标系 | | | 1954 北京坐标系 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | X 坐标 | Y 坐标 | 序号 | X 坐标 | Y 坐标 |
| P1 | 2830333.124 | 34463274.328 | P1 | 2830393.43 | 34463360.57 |
| P2 | 2830283.584 | 34463372.687 | P2 | 2830343.89 | 34463458.93 |
| P3 | 2830227.384 | 34463358.257 | P3 | 2830287.69 | 34463444.50 |
| P4 | 2830145.225 | 34463094.839 | P4 | 2830205.53 | 34463181.09 |
| P5 | 2829937.827 | 34462810.390 | P5 | 2829998.15 | 34462896.65 |
| P6 | 2829703.628 | 34462818.419 | P6 | 2829763.95 | 34462904.68 |
| P7 | 2829489.610 | 34462873.858 | P7 | 2829549.93 | 34462960.11 |
| P8 | 2829249.031 | 34462807.298 | P8 | 2829309.35 | 34462893.55 |
| P9 | 2829199.831 | 34462917.198 | P9 | 2829260.15 | 34463003.45 |
| P10 | 2829057.922 | 34462920.517 | P10 | 2829118.24 | 34463006.77 |
| P11 | 2828964.682 | 34463065.496 | P11 | 2829025.00 | 34463151.74 |
| P12 | 2828566.764 | 34463156.385 | P12 | 2828627.08 | 34463242.63 |
| P13 | 2828458.025 | 34463359.063 | P13 | 2828518.34 | 34463445.31 |
| P14 | 2827488.680 | 34463465.321 | P14 | 2827549.01 | 34463551.57 |
| P15 | 2827488.680 | 34463643.919 | P15 | 2827549.01 | 34463730.17 |
| P16 | 2827838.728 | 34463643.920 | P16 | 2827899.06 | 34463730.17 |
| P17 | 2828492.234 | 34463511.972 | P17 | 2828552.55 | 34463598.22 |
| P18 | 2828706.433 | 34463310.944 | P18 | 2828766.75 | 34463397.19 |
| P19 | 2829073.731 | 34463176.066 | P19 | 2829134.05 | 34463262.31 |
| P20 | 2829148.241 | 34463051.787 | P20 | 2829208.56 | 34463138.04 |
| P21 | 2829272.900 | 34463060.337 | P21 | 2829333.22 | 34463146.59 |
| P22 | 2829530.839 | 34463038.348 | P22 | 2829591.16 | 34463124.60 |
| P23 | 2829767.508 | 34462946.899 | P23 | 2829827.83 | 34463033.15 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P24 | 2829881.067 | 34462972.619 | P24 | 2829941.39 | 34463058.87 |
| P25 | 2830074.975 | 34463363.897 | P25 | 2830135.29 | 34463450.14 |
| P26 | 2830035.345 | 34463459.296 | P26 | 2830095.66 | 34463545.54 |
| P27 | 2830068.545 | 34463563.286 | P27 | 2830128.86 | 34463649.53 |
| P28 | 2830211.664 | 34463506.996 | P28 | 2830271.97 | 34463593.24 |
| P29 | 2830386.153 | 34463643.876 | P29 | 2830446.46 | 34463730.12 |
| P30 | 2830340.203 | 34463780.715 | P30 | 2830400.51 | 34463866.96 |
| P31 | 2830356.562 | 34463854.545 | P31 | 2830416.87 | 34463940.79 |
| P32 | 2830539.941 | 34463998.144 | P32 | 2830600.25 | 34464084.39 |
| P33 | 2830862.239 | 34464064.264 | P33 | 2830922.55 | 34464150.51 |
| P34 | 2830897.229 | 34464026.065 | P34 | 2830957.54 | 34464112.31 |
| P35 | 2831034.518 | 34464100.265 | P35 | 2831094.83 | 34464186.51 |
| P36 | 2831139.576 | 34464445.063 | P36 | 2831199.88 | 34464531.31 |
| P37 | 2831130.976 | 34464678.681 | P37 | 2831191.28 | 34464764.93 |
| P38 | 2831066.326 | 34464729.521 | P38 | 2831126.63 | 34464815.77 |
| P39 | 2830959.907 | 34464746.931 | P39 | 2831020.21 | 34464833.18 |
| P40 | 2830847.337 | 34464825.490 | P40 | 2830907.65 | 34464911.74 |
| P41 | 2830930.466 | 34464932.930 | P41 | 2830990.77 | 34465019.18 |
| P42 | 2831038.416 | 34464854.370 | P42 | 2831098.72 | 34464940.62 |
| P43 | 2831157.905 | 34464824.331 | P43 | 2831218.21 | 34464910.58 |
| P44 | 2831238.425 | 34464734.751 | P44 | 2831298.73 | 34464821.00 |
| P45 | 2831290.955 | 34464599.592 | P45 | 2831351.26 | 34464685.84 |
| P46 | 2831362.667 | 34463695.838 | P46 | 2831422.97 | 34463782.08 |
| P48 | 2831629.585 | 34463764.798 | P48 | 2831689.89 | 34463851.04 |
| P505 | 2831731.874 | 34463720.308 | P505 | 2831792.18 | 34463806.55 |
| P506 | 2831701.345 | 34463492.770 | P506 | 2831761.65 | 34463579.02 |
| P507 | 2831824.535 | 34463441.480 | P507 | 2831884.84 | 34463527.73 |
| P508 | 2831925.334 | 34463454.060 | P508 | 2831985.64 | 34463540.31 |
| P509 | 2832053.364 | 34463271.452 | P509 | 2832113.67 | 34463357.71 |
| P510 | 2832057.564 | 34463190.082 | P510 | 2832117.87 | 34463276.34 |
| P511 | 2832093.784 | 34463164.712 | P511 | 2832154.09 | 34463250.97 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P512 | 2832113.444 | 34463117.183 | P512 | 2832173.75 | 34463203.44 |
| P513 | 2832109.464 | 34463090.003 | P513 | 2832169.77 | 34463176.26 |
| P514 | 2832209.793 | 34463109.573 | P514 | 2832270.09 | 34463195.83 |
| P515 | 2832263.913 | 34463074.033 | P515 | 2832324.21 | 34463160.29 |
| P516 | 2832271.513 | 34463006.624 | P516 | 2832331.81 | 34463092.88 |
| P517 | 2832230.903 | 34462945.944 | P517 | 2832291.20 | 34463032.20 |
| P518 | 2832124.344 | 34462934.604 | P518 | 2832184.65 | 34463020.86 |
| P519 | 2832016.945 | 34462901.544 | P519 | 2832077.25 | 34462987.80 |
| P520 | 2831966.545 | 34462934.004 | P520 | 2832026.85 | 34463020.26 |
| P521 | 2831931.735 | 34462988.753 | P521 | 2831992.04 | 34463075.01 |
| P522 | 2831938.115 | 34463084.943 | P522 | 2831998.42 | 34463171.20 |
| P523 | 2831851.815 | 34463205.282 | P523 | 2831912.12 | 34463291.54 |
| P524 | 2831802.455 | 34463187.142 | P524 | 2831862.76 | 34463273.40 |
| P525 | 2831839.125 | 34463091.232 | P525 | 2831899.43 | 34463177.49 |
| P526 | 2831574.647 | 34462991.252 | P526 | 2831634.95 | 34463077.51 |
| P527 | 2831532.178 | 34462851.063 | P527 | 2831592.49 | 34462937.32 |
| P528 | 2831341.130 | 34462440.395 | P528 | 2831401.44 | 34462526.65 |
| P529 | 2831332.301 | 34462048.907 | P529 | 2831392.61 | 34462135.16 |
| P530 | 2831217.672 | 34461811.009 | P530 | 2831277.98 | 34461897.26 |
| P531 | 2831299.751 | 34461767.099 | P531 | 2831360.06 | 34461853.36 |
| P532 | 2831115.783 | 34461522.110 | P532 | 2831176.09 | 34461608.37 |
| P533 | 2831029.244 | 34461332.061 | P533 | 2831089.55 | 34461418.32 |
| P534 | 2831015.096 | 34460573.035 | P534 | 2831075.40 | 34460659.30 |
| P535 | 2830593.368 | 34460568.784 | P535 | 2830653.68 | 34460655.05 |
| P536 | 2830590.538 | 34460768.453 | P536 | 2830650.85 | 34460854.72 |
| P537 | 2830816.976 | 34460880.323 | P537 | 2830877.28 | 34460966.59 |
| P538 | 2830833.956 | 34461112.562 | P538 | 2830894.26 | 34461198.83 |
| P539 | 2830917.454 | 34461472.250 | P539 | 2830977.76 | 34461558.51 |
| P540 | 2831202.001 | 34462085.957 | P540 | 2831262.31 | 34462172.21 |
| P541 | 2831217.560 | 34462486.715 | P541 | 2831277.87 | 34462572.97 |
| P542 | 2831452.498 | 34462957.212 | P542 | 2831512.81 | 34463043.47 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P543 | 2831216.010 | 34462813.603 | P543 | 2831276.32 | 34462899.86 |
| P544 | 2831018.521 | 34462644.993 | P544 | 2831078.83 | 34462731.25 |
| P545 | 2830827.982 | 34462516.183 | P545 | 2830888.29 | 34462602.44 |
| P546 | 2830781.433 | 34462312.375 | P546 | 2830841.74 | 34462398.63 |
| P547 | 2830650.114 | 34462273.265 | P547 | 2830710.42 | 34462359.52 |
| P548 | 2830535.045 | 34462027.446 | P548 | 2830595.35 | 34462113.70 |
| P549 | 2830488.666 | 34461814.967 | P549 | 2830548.97 | 34461901.22 |
| P550 | 2830328.677 | 34461701.807 | P550 | 2830388.99 | 34461788.06 |
| P551 | 2830259.308 | 34461532.358 | P551 | 2830319.62 | 34461618.61 |
| P552 | 2830351.118 | 34461345.219 | P552 | 2830411.43 | 34461431.48 |
| P553 | 2830255.809 | 34461236.050 | P553 | 2830316.12 | 34461322.31 |
| P554 | 2830300.009 | 34461047.551 | P554 | 2830360.32 | 34461133.82 |
| P555 | 2830219.089 | 34460978.141 | P555 | 2830279.41 | 34461064.41 |
| P556 | 2830125.920 | 34461011.491 | P556 | 2830186.24 | 34461097.76 |
| P557 | 2830029.350 | 34461240.809 | P557 | 2830089.67 | 34461327.07 |
| P558 | 2829675.902 | 34461090.439 | P558 | 2829736.22 | 34461176.71 |
| P559 | 2829291.574 | 34461300.547 | P559 | 2829351.89 | 34461386.80 |
| P560 | 2829226.915 | 34461238.517 | P560 | 2829287.23 | 34461324.77 |
| P561 | 2829185.685 | 34461141.608 | P561 | 2829246.00 | 34461227.86 |
| P562 | 2828654.178 | 34461187.266 | P562 | 2828714.50 | 34461273.52 |
| P563 | 2828502.439 | 34461394.865 | P563 | 2828562.76 | 34461481.12 |
| P564 | 2828214.170 | 34461452.974 | P564 | 2828274.50 | 34461539.23 |
| P565 | 2828063.851 | 34461665.012 | P565 | 2828124.18 | 34461751.27 |
| P566 | 2827794.713 | 34461471.133 | P566 | 2827855.04 | 34461557.39 |
| P567 | 2827858.792 | 34461362.504 | P567 | 2827919.12 | 34461448.76 |
| P568 | 2827959.812 | 34461308.944 | P568 | 2828020.14 | 34461395.20 |
| P569 | 2828027.772 | 34461096.726 | P569 | 2828088.10 | 34461182.98 |
| P570 | 2827875.933 | 34461016.576 | P570 | 2827936.26 | 34461102.83 |
| P571 | 2827633.715 | 34460712.487 | P571 | 2827694.04 | 34460798.75 |
| P572 | 2827597.597 | 34460200.050 | P572 | 2827657.92 | 34460286.32 |
| P573 | 2827356.578 | 34460192.549 | P573 | 2827416.91 | 34460278.82 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P574 | 2827102.490 | 34459843.591 | P574 | 2827162.82 | 34459929.86 |
| P575 | 2827028.320 | 34459969.740 | P575 | 2827088.65 | 34460056.01 |
| P576 | 2827153.169 | 34460163.029 | P576 | 2827213.50 | 34460249.30 |
| P577 | 2827217.318 | 34460392.548 | P577 | 2827277.65 | 34460478.81 |
| P578 | 2827269.858 | 34460434.788 | P578 | 2827330.19 | 34460521.05 |
| P579 | 2827356.087 | 34460439.008 | P579 | 2827416.42 | 34460525.27 |
| P580 | 2827360.307 | 34460651.467 | P580 | 2827420.64 | 34460737.73 |
| P581 | 2827519.645 | 34460966.035 | P581 | 2827579.97 | 34461052.29 |
| P582 | 2827682.804 | 34461136.995 | P582 | 2827743.13 | 34461223.25 |
| P583 | 2827610.484 | 34461189.234 | P583 | 2827670.81 | 34461275.49 |
| P584 | 2827536.874 | 34461306.423 | P584 | 2827597.20 | 34461392.68 |
| P585 | 2827453.644 | 34461564.092 | P585 | 2827513.97 | 34461650.35 |
| P586 | 2827438.833 | 34462022.629 | P586 | 2827499.16 | 34462108.89 |
| P587 | 2827269.314 | 34462128.288 | P587 | 2827329.64 | 34462214.54 |
| P588 | 2827237.754 | 34462350.767 | P588 | 2827298.08 | 34462437.02 |
| P589 | 2827260.123 | 34462523.996 | P589 | 2827320.45 | 34462610.25 |
| P590 | 2827360.803 | 34462543.176 | P590 | 2827421.13 | 34462629.43 |
| P591 | 2827443.502 | 34462468.506 | P591 | 2827503.83 | 34462554.76 |
| P592 | 2827464.813 | 34462245.178 | P592 | 2827525.14 | 34462331.43 |
| P593 | 2827680.292 | 34462149.689 | P593 | 2827740.62 | 34462235.95 |
| P594 | 2827763.002 | 34461967.840 | P594 | 2827823.33 | 34462054.10 |
| P595 | 2827875.181 | 34461916.100 | P595 | 2827935.51 | 34462002.36 |
| P596 | 2828015.920 | 34462081.380 | P596 | 2828076.25 | 34462167.64 |
| P597 | 2828284.639 | 34461995.581 | P597 | 2828344.96 | 34462081.84 |
| P598 | 2828444.108 | 34461840.342 | P598 | 2828504.43 | 34461926.60 |
| P599 | 2828980.185 | 34461781.304 | P599 | 2829040.50 | 34461867.56 |
| P600 | 2829087.834 | 34461954.933 | P600 | 2829148.15 | 34462041.19 |
| P601 | 2829287.243 | 34462008.173 | P601 | 2829347.56 | 34462094.43 |
| P602 | 2829429.842 | 34461839.974 | P602 | 2829490.16 | 34461926.23 |
| P603 | 2829735.230 | 34461798.365 | P603 | 2829795.55 | 34461884.62 |
| P604 | 2829782.440 | 34461989.244 | P604 | 2829842.76 | 34462075.50 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P605 | 2830138.997 | 34462169.864 | P605 | 2830199.32 | 34462256.12 |
| P606 | 2830180.557 | 34462286.093 | P606 | 2830240.86 | 34462372.35 |
| P607 | 2830081.397 | 34462353.183 | P607 | 2830141.72 | 34462439.44 |
| P608 | 2830122.267 | 34462501.862 | P608 | 2830182.58 | 34462588.12 |
| P609 | 2830304.805 | 34462548.282 | P609 | 2830365.11 | 34462634.54 |
| P610 | 2830424.724 | 34462790.191 | P610 | 2830485.03 | 34462876.45 |
| P611 | 2830539.933 | 34462912.091 | P611 | 2830600.24 | 34462998.35 |
| P612 | 2830641.923 | 34462984.850 | P612 | 2830702.23 | 34463071.11 |
| P613 | 2830515.373 | 34463205.349 | P613 | 2830575.68 | 34463291.59 |
| 调查区面积:5.7591 平方千米 | | | | | |

# 云 南 省 文 物 局

云文物函〔2019〕25 号

## 云南省建设工程文物保护意见书

根据《中华人民共和国文物保护法》和《云南省建设工程文物保护规定》的规定，特制定本建设项目文物保护意见书，以作为审批基本建设工程的附件。

| | | |
|---|---|---|
| 建设工程及文物调勘基本情况 | 建设工程名称 | 楚雄州小石门水库工程 |
| | 建设单位名称 | 楚雄州小石门前期工作领导小组办公室 |
| | 考古发掘单位 | 楚雄州文物管理所 |
| | 文物考古调查勘探结果 | 前期的线路勘察已考虑了文物点的分布情况，遵循了避开文物名胜古迹等要求；此次考古调查、勘探基本摸清了小石门水库工程建设区域及输水管道沿途经过的文物及古生物化石点分布情况；调查发现工程所涉文物点不多，且离文物点也较远，工程建设对文物保护造成的负面影响较小。建议对所涉文物点不做进一步保护处理，可采取就地保护方式。 |
| | 是否需要进行文物保护工作 | 否 |

| | |
|---|---|
| 云南省文物行政管理部门意见 | 根据国家《文物保护法》和《云南省建设工程文物保护规定》，我局对楚雄州文物管理所提交的《楚雄州小石门水库工程建设文物考古调勘技术服务评估报告》进行了审查。现提出如下审查意见如下：<br>一、同意楚雄州文物管理所所做《楚雄州小石门水库工程建设文物考古调勘技术服务评估报告》提出的文物保护意见，同意楚雄州小石门水库工程进行建设。<br>二、施工建设中应尽量避免对工程周边存的在重要文物点和新发现文物遗存的安全造成影响。<br>三、工程施工中如有其它文物发现，应采取必要的保护措施并第一时间报告当地文物部门。<br><br>云南省文物局<br>2019 年 4 月 19 日 |

云南省文化和旅游厅办公室　　2019 年 4 月 19 日印发

# 元谋县人民政府

## 关于元谋县华竹电站的处理意见

州小石门办:

根据小石门水库前期实物指标调查情况，水库建成后，勐岗河下游流量减少，同时在小水电清理整改过程中，对中小型电站生态泄放措施提出了较高要求，将导致华竹电站发电量急剧减少，不具有再开发利用价值。根据电站实际情况综合分析，该电站已无保留的必要性。处理方式意见如下:

一、由地方人民政府按比例出资将华竹电站收归国有;

二、华竹电站收归国有后，将电站厂区、大坝、发电机组、压力管等设施及构筑物彻底拆除，恢复河流通畅，厂区土地进行植被恢复。同时，将电站列为小水电清理整改的限期退出类电站，于2022年10月底前全部退出完成。

元谋县人民政府

2020年11月27日

# 姚安县人民政府文件

姚政报〔2021〕5号　　签发人：徐勇

## 姚安县人民政府关于楚雄州小石门水库水源区楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除处置方案的报告

州小石门水库工程前期工作领导小组办公室：

根据《楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室关于制定楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除处置方案的通知》，姚安县高度重视，组织相关部门深入楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂了解企业的生产情况，结合企业实际专题研究后，制定了以下处置方案。

**一、概况**

楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂位开姚安县适中乡三木村，距离小石门水库库尾约9.6km，生产规模为年产阴极铜300吨、工业级粗镉400吨、工业级活性氧化锌1000吨、一水硫酸锌3000

吨。

**二、工作目标**

根据《楚雄州生态环境局关于楚雄州小石门水库水源区三个厂矿企业处置的初步意见》《楚雄州小石门水库工程水源区及受退水区水污染防治规划》的调查分析，楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂涉及重金属和危险废弃物，生产区域和堆场防护措施简陋，管理粗放，厂区及周边环境受污染的风险较大。对小石门水库蓄水后水质达标和保持《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准影响大，污染风险高，为彻底整治及消除小石门水库污染风险，按照楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室研究决定，对楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂进行搬迁拆除。在小石门水库蓄水前完成厂区拆除搬迁，并开展土壤污染调查，对调查确认的污染场地进行土壤修复治理、场地植被修复等工作。

**三、成立机构**

经县人民政府研究，决定成立姚安县楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除工作领导小组，组成人员名单如下：

组　长：徐　勇　县人民政府副县长

副组长：王　鑫　县人民政府办公室副主任

刘　赋　县水务局局长

李忠林　州生态环境局姚安分局局长

马朝辉　县工业信化商务科技局局长

成　员：杨　浤　县发展改革局局长

骆　宁　县财政局局长

周银兵　县自然资源局局长

马　驰　县交通运输局局长

李绍祥　县林草局局长

吴子萍　县住房城乡建设局局长

杨春兵　县搬迁安置办主任

张家云　县市场监管局局长

梁朝军　县农业农村局局长

申光著　适中乡人民政府乡长

领导小组下设办公室在县水务局，办公室主任由县水务局局长刘赋同志兼任，人员从相关部门抽调，负责处理日常工作。领导小组成员若有变动，由接任者自行递补，不再另行发文。

**四、处置方案**

（一）厂区内现有物料和有价金属的含金属液体的回收。

责任主体：楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂

责任单位：适中乡人民政府，县工业信息化商务科技局、楚雄州生态环境局姚安分局、县水务局

完成时限：2021 年 5 月 31 日前

（二）厂区内所有库存液体处理，恢复可恢复植被，对部分设备、设施进行调整。

责任主体：楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂

责任单位：适中乡人民政府，县工业信息化商务科技局、楚雄州生态环境局姚安分局、县水务局

完成时限：2021 年 12 月 31 日前

（三）制定 2022 年楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂搬迁拆除方案。

责任主体：楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂

责任单位：适中乡人民政府，县工业信息化商务科技局、楚雄州生态环境局姚安分局、县水务局

完成时限：2022 年 1 月底前

（四）按照要求拆除生产厂房和设备。

责任主体：楚雄源泰矿业有限公司姚安分厂

责任单位：适中乡人民政府，县工业信息化商务科技局、楚雄州生态环境局姚安分局、县水务局

完成时限：小石门水库建成蓄水前

姚安县人民政府

2021 年 3 月 10 日

（联系人及电话：刘赋　0878—6042055）

姚安县人民政府办公室　　2021 年 3 月 10 日印发

# 牟定县人民政府文件

牟政发〔2021〕52号　　签发人：李永军

## 牟定县人民政府关于牟定县东运钒钛制动鼓和金康矿业有限公司环境问题处置方案的报告

楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室：

按照《楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室关于制定牟定县东运钒钛制动鼓有限公司进行拆除、牟定金康矿业开发有限公司加强整治处置方案的通知》的要求，现提出如下处置意见：

**一、企业基本情况**

（一）牟定县东运钒钛制动鼓有限公司情况

该公司位于戌街乡碗厂村委会竹园村，位于《楚雄州小石门水库工程水源区及受退让水区水污染防治规划》初步划定的小石门水库饮用水水源保护区二级保护区内，营业执照注册号：532323100003098，其年产3万吨汽车制动鼓生产线建设项目于2013年12月19日经牟定县发展和改革局牟发改投资备案〔2013〕25号备案，总投资1980万元，设计生产工艺为利用生铁块生产汽车制动鼓。该项目于2010年11月动工建设，至2012年4月实际建成炼铁生产线一条、冶炼废渣磁选车间一个，主要生产设施包括：3个球团竖炉（8平方米/个）、1个炼铁高炉（规模为80立方米）、3个热风炉、1座风机房、1个重力除尘器、10个布袋除尘设施、1套磁选机。同时，对原料车间进行了混凝土硬化。炼铁生产线于2012年5月6日点火试产，至2013年年底全面停产至今。期间共生产生铁3万余吨，未生产过制动鼓产品。项目由于炼铁高炉生产线属于《产业结构调整指导目录》中的限制类项目，不符合国家和云南省相关产业政策，且提交的建设项目环境影响报告表规避了球团焙烧的重要工艺环节，降低了环评等级，经督促仍未完成整改，未完成项目环评审批。牟定县东运钒钛制动鼓有限公司因欠贷款及账务纠纷，公司含土地、办公用房、车间、设备以及冶炼废渣和还未出售的铁精矿等资产已于

2014年10月23日、2015年7月7日两次全部被牟定县人民法院查封至今，公司法定代表人也因债务问题，被限制出四川省。该公司已停产近10年，原有厂房已成危房，机械设备已锈蚀，停产以来，留有守厂工作人员1人，对厂区进行安全环保管理。经县生态环保部门多次现场检查，未发现堆场堆存的铁精矿有外溢情况。

（二）牟定金康矿业开发有限公司情况

该公司位于牟定县蟠猫乡龙泉村委会，距离小石门水库库尾7.17千米，成立于2006年9月，统一社会信用代码为91532323792884587C，由于铜价市场低迷、于2012年9月全线停产。2018年3月拆除原日处理铜矿石150吨生产线后，于2020年年初建成年处理铜原矿90000吨新产能扩改工程项目，目前正在按照项目环评及审批文件要求，进一步建设完善有关环保设施，准备组织建设项目竣工环境保护验收工作。

## 二、处置意见方案

楚雄州小石门水库工程是云南省进入2020年—2022年国家重点推进的150项重大水利工程，要求今年开工。为抓好《楚雄州小石门水库工程前期工作领导小组办公室关于制定牟定县东运钒钛制动鼓有限公司进行拆除、牟定金康矿业开发有限公司加强整治处置方案的通知》的落实，确保小石门水库水源安全。

（一）牟定县东运钒钛制动鼓有限公司拆除及污染治理

**1.厂房、设备等拆除。**

牟定县东运钒钛制动鼓有限公司因欠贷款及账务纠纷，公司土地、办公用房、车间、设备以及还未出售的铁精矿等资产已全部被牟定县人民法院查封，公司法定代表人也因债务问题，被限制出四川省，经多方联系仍未联系到公司法定代表人。但鉴于企业属有主企业，又存在债务纠纷，资产等设备被法院查封的实际，应由企业协调和申请牟定县人民法院完结有关事项后按照要求拆除有关生产实施和厂房。

责任主体：牟定县东运钒钛制动鼓有限公司。

牵头单位：州生态环境局牟定分局。

责任单位：县水务局、县工业信息化商务科技局，戌街乡人民政府。

完成时限：小石门水库建成下闸蓄水前。

**2.污染治理工作。**

牟定县东运钒钛制动鼓有限公司运行期间，产生的固体废物主要有炉渣、重力除尘灰、布袋除尘灰、废耐火材料、化粪池污泥和生活垃圾。目前，周边生态环境未发现异常，场区已无炉渣、重力除尘灰、布袋除尘灰、废耐火材料等生产废物堆存和贮存，仅在入厂门口堆存有铁矿粉一堆。按照“谁污染、谁治理”

的原则，牟定县东运钒钛制动鼓有限公司应组织开展土壤污染调查，若调查确认污染，则应开展污染场地的土壤修复治理工作。同时，对场地开展植被修复。

责任主体：牟定县东运钒钛制动鼓有限公司。

牵头单位：州生态环境局牟定分局。

责任单位：县水务局、县自然资源局、县林草局，戌街乡人民政府。

完成时限：小石门水库建成下闸蓄水前。

**（二）牟定金康矿业开发有限公司环境隐患问题整治**

牟定金康矿业开发有限公司年处理铜原矿 90000 吨新产能扩改工程项目，目前正在按照项目环评及审批文件要求，进一步建设完善有关环保设施，准备组织建设项目竣工环境保护验收工作。要求企业对照项目环评及审批文件要求尽快完善项目配套环保设施，完成建设项目竣工环境保护验收；落实污染防治工作主体责任，切实加强生态环境保护工作；定期开展有关水环境自行监测，加强尾矿库环境管理和尾矿水的回用。确保下游水环境安全。

责任主体：牟定金康矿业开发有限公司。

牵头单位：州生态环境局牟定分局。

责任单位：县水务局，蟠猫乡人民政府。

完成时限：小石门水库建成下闸蓄水前。

牟定县人民政府

2021年6月8日

（联系人及电话：刘　诚　13769273366）

牟定县人民政府办公室　　2021年6月8日印发

CMA
172512050187

正本

# 检　测　报　告

坤发环检字[2018]-920 号

项目名称：楚雄州小石门水库工程一期环境现状监测

委托单位：云南秀川环境工程技术有限公司

检测类别：委托检测

报告日期：2018 年 9 月 19 日

云南坤发环境科技有限公司

# 声　明

1、 报告无“MA章”、“云南坤发环境科技有限公司检验检测专用章”、“骑缝章”和“正本”章无效。

2、 复制报告未加盖上述章无效。

3、 报告内容涂改无效；无编制、校核、审核和批准人（授权签字人）签字无效。

4、检测委托方如对本报告有异议，请于收到报告之日起或在指定领取检测报告终止之日起三日内，向本公司申请复验，逾期不申请的，视为认可本检测报告。

5、由委托单位自行采集的样品，本公司仅对送检样品的测试数据负责，不对样品来源负责；测试条件和工况变化大的样品、无法保存和复现的样品，本公司仅对本次所采样品的检测数据负责。

6、未经本公司书面批准，本报告及数据不得用于商业宣传，违者必究。

## 本机构通讯资料


监测业务联系电话及传真：（0871）63339220　63339221

质量投诉电话及传真：（0871）63339221

行风监督举报电话及传真：63339220

邮政编码：650034

地址：昆明市高新区海源中路 30 号创新大厦 A 段 4 楼

## 1、检测分析方法、检测分析仪器检出限及分析人员

检测方法、方法来源、使用仪器、检出限及分析人员见表 1-1。

**表 1-1 检测分析方法、主要仪器、检出限及分析人员一览表**

| 检测类别 | 检测项目 | 检测方法及来源 | 主要仪器型号 | 最低检出限或范围 | 分析人员 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水质 | pH | 便携式 pH 计法 《水和废水监测分析方法》(第四版) | FG2 便携式 pH 计 /KF027-05 | / | 李天林 张椿明 李本梓 |
| | 溶解氧 | 水质 溶解氧的测定 电化学探头法 HJ506-2009 | FG4 便携式溶氧仪 /KF002-01 | 0.01 mg/L | |
| | 水温 | 水质 水温的测定 温度计法 GB13195-1991 | 水银温度计 /KFW-05 | / | |
| | 石油类 | 水质 石油类和动植物油类的测定 红外分光光度法 HJ637-2012 | OIL460 红外测油仪 / KF024 | 0.01mg/L | 杨孝霞 |
| | 化学需氧量 | 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ828-2017 | 50ml 酸式滴定管 /KFD-06 | 4 mg/L | 涂雄 |
| | 五日生化需氧量 | 水质 五日生化需氧量的测定 稀释与接种法 HJ505-2009 | 50mL 酸式滴定管 /KFD-07 | 0.5mg/L | 邢亚杰 |
| | 阴离子表面活性剂 | 水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法 GB7494-87 | 723N 分光光度计 /KF013 | 0.05 mg/L | |
| | 氯化物 | 水质 无机阴离子（$F^-$、$Cl^-$、$NO_2^-$、$Br^-$、$NO_3^-$、$PO_4^{3-}$、$SO_3^{2-}$、$SO_4^{2-}$）的测定 离子色谱法 HJ84-2016 | IC-8618 离子色谱仪/KF078 | 0.007 mg/L | 金鑫 |
| | 氟化物 | | | 0.006 mg/L | |
| | 硫化物 | 水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法 GB/T16489-1996 | 723N 分光光度计 /KF013 | 0.005 mg/L | 邢亚杰 |
| | 铜 | 水质铜、 锌、铅、镉的测定原子吸收分光光度法 GB/T7475-1987 | AA-6300C 型原子吸收分光光度计 /KF062 | 0.005 mg/L | 杨孝霞 |
| | 铅 | | | 0.01 mg/L | |
| | 锌 | | | 0.005 mg/L | |
| | 镉 | | | 0.005 mg/L | |
| | 硒 | 水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定原子荧光法 HJ694-2014 | AFS-230E 型原子荧光光度计/KF037 | $4.0\times10^{-4}$mg/L | 邢亚杰 |
| | 汞 | | | $4.0\times10^{-5}$mg/L | |
| | 砷 | | | $3.0\times10^{-4}$mg/L | |
| | 粪大肠菌群 | 粪大肠菌群 酶底物法 KF-GC-077A | DHP-360 型电热恒温培养箱/KF001-1 | / | 涂雄 |
| | 六价铬 | 水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB7467-87 | 723N 分光光度计 /KF013 | 0.004 mg/L | 李王丽 |
| | 铁 | 水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T11911-1989 | AA-6300C 型原子吸收分光光度计 /KF062 | 0.03 mg/L | 杨孝霞 |
| | 锰 | | | 0.01mg/L | |

**（续）表 1-1 检测分析方法、主要仪器、检出限及分析人员一览表**

| 检测类别 | 检测项目 | 检测方法及来源 | 主要仪器型号 | 最低检出限或范围 | 分析人员 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水质 | 氰化物 | 水质 氰化物的测定 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法 HJ484-2009 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.004 mg/L | 邢亚杰 |
| | 挥发酚 | 水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法 HJ503-2009 | | 0.0003 mg/L | 李玉丽 |
| | 氨氮 | 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ535-2009 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.025mg/L | |
| | 总磷 | 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB11893-89 | | 0.01 mg/L | 海克英 |
| | 高锰酸盐指数 | 水质 高锰酸盐指数的测定 GB11892-1989 | 50ml 酸式滴定管/KFD-04 | 0.5 mg/L | 涂雄 |
| | 总氮 | 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 HJ636-2012 | UV765 紫外可见分光光度计/ KF023 | 0.05 mg/L | 海克英 |
| | 硝酸盐 | 水质 无机阴离子（$F^-$、$Cl^-$、$NO_2^-$、$Br^-$、$NO_3^-$、$PO_4^{3-}$、$SO_3^{2-}$、$SO_4^{2-}$）的测定 离子色谱法 HJ84-2016 | IC-8618 离子色谱仪/KF078 | 0.016mg/L | 金鑫 |
| | 硫酸盐 | | | 0.018 mg/L | |
| 现场采样人员：李天林、张椿明、李本梓 | | | | | |
| 检测日期：2018.08.31~2018.09.08 | | | | | |

## 2、水质检测结果

水质检测结果见表 2-1、表 2-2、表 2-3、表 2-4、表 2-5。

**表 2-1　水质检测结果一览表**

| 检测点位 | 小石门水库坝址处 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W180831W01-1 | W180901W01-1 | W180902W01-1 |
| 样品状态 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2018.08.31/2018.09.01 | 2018.09.01/2018.09.02 | 2018.09.02/2018.09.03 |
| pH（无量纲） | 7.87 | 7.82 | 7.79 |
| 溶解氧（mg/L） | 7.24 | 7.47 | 7.62 |
| 水温（℃） | 16.8 | 13.4 | 14.6 |
| 石油类（mg/L） | 0.025 | 0.035 | 0.028 |
| 化学需氧量（mg/L） | 12.6 | 10.5 | 11.8 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.65 | 3.68 | 3.71 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.084 | 0.089 | 0.085 |
| 氯化物（mg/L） | 5.22 | 5.11 | 5.07 |
| 铜（mg/L） | 0.010 | 0.013 | 0.012 |
| 铅（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $4.68\times10^{-5}$ |
| 砷（mg/L） | $6.01\times10^{-4}$ | $5.73\times10^{-4}$ | $5.14\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $1.2\times10^{4}$ | $1.2\times10^{4}$ | $1.2\times10^{4}$ |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.261 | 0.224 | 0.252 |
| 铁（mg/L） | 0.082 | 0.075 | 0.085 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 氨氮（mg/L） | 0.256 | 0.206 | 0.231 |
| 总磷（mg/L） | 0.158 | 0.147 | 0.154 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 3.10 | 2.78 | 3.27 |
| 总氮（mg/L） | 0.874 | 0.892 | 0.780 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | 0.215 | 0.234 | 0.222 |
| 硫酸盐（mg/L） | 5.73 | 5.64 | 5.82 |
| 硫化物（mg/L） | 0.010 | 0.013 | 0.010 |

**表 2-2　水质检测结果一览表**

| 检测点位 | 小石门水库库尾 1#：勐岗河 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W180831W02-1 | W180901W02-1 | W180902W02-1 |
| 样品状态 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2018.08.31/2018.09.01 | 2018.09.01/2018.09.02 | 2018.09.02/2018.09.03 |
| pH（无量纲） | 7.62 | 7.57 | 7.64 |
| 溶解氧（mg/L） | 7.18 | 7.34 | 6.89 |
| 水温（℃） | 15.4 | 16.2 | 15.8 |
| 石油类（mg/L） | 0.026 | 0.030 | 0.024 |
| 化学需氧量（mg/L） | 13.4 | 11.9 | 12.9 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.74 | 3.71 | 3.79 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.113 | 0.110 | 0.119 |
| 氯化物（mg/L） | 6.89 | 7.01 | 6.74 |
| 铜（mg/L） | 0.026 | 0.026 | 0.029 |
| 铅（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 砷（mg/L） | $6.05\times10^{-4}$ | $5.50\times10^{-4}$ | $6.39\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $1.4\times10^{4}$ | $1.4\times10^{4}$ | $1.4\times10^{4}$ |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.178 | 0.192 | 0.183 |
| 铁（mg/L） | 0.070 | 0.085 | 0.082 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 氨氮（mg/L） | 0.229 | 0.215 | 0.190 |
| 总磷（mg/L） | 0.144 | 0.142 | 0.151 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 3.38 | 3.43 | 3.20 |
| 总氮（mg/L） | 0.584 | 0.589 | 0.571 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | <0.016 | <0.016 | <0.016 |
| 硫酸盐（mg/L） | 4.02 | 3.89 | 4.11 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | 0.006 | <0.005 |

**表 2-3　水质检测结果一览表**

| 检测点位 | 石者河（坝址上游左支）与普登河交汇口上游 500 米处 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W180831W03-1 | W180901W03-1 | W180902W03-1 |
| 样品状态 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 |
| 项目 \ 采样日期/接样日期 | 2018.08.31/2018.09.01 | 2018.09.01/2018.09.02 | 2018.09.02/2018.09.03 |
| pH（无量纲） | 7.94 | 8.02 | 7.91 |
| 溶解氧（mg/L） | 8.12 | 8.14 | 7.87 |
| 水温（℃） | 16.2 | 17.6 | 17.4 |
| 石油类（mg/L） | 0.025 | 0.019 | 0.021 |
| 化学需氧量（mg/L） | 11.8 | 10.1 | 10.8 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.43 | 3.29 | 3.51 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.089 | 0.081 | 0.078 |
| 氯化物（mg/L） | 6.24 | 6.28 | 6.35 |
| 铜（mg/L） | 0.020 | 0.018 | 0.018 |
| 铅（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 砷（mg/L） | $3.25\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $9.6\times10^{3}$ | $1.0\times10^{4}$ | $1.0\times10^{4}$ |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.202 | 0.194 | 0.198 |
| 铁（mg/L） | 0.066 | 0.061 | 0.060 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 氨氮（mg/L） | 0.124 | 0.174 | 0.154 |
| 总磷（mg/L） | 0.116 | 0.173 | 0.169 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 2.75 | 2.59 | 2.29 |
| 总氮（mg/L） | 0.9583 | 0.930 | 0.972 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | 0.387 | 0.376 | 0.391 |
| 硫酸盐（mg/L） | 8.24 | 8.15 | 8.30 |
| 硫化物（mg/L） | 0.008 | 0.006 | 0.006 |

**表 2-4　水质检测结果一览表**

| 检测点位 | 小石门水库库尾 2#：象鼻箐（坝址上游右支）与普登河交汇口上游 500 米处 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W180831W04-1 | W180901W04-1 | W180902W04-1 |
| 样品状态 | 清澈、无色、无味 | 清澈、无色、无味 | 清澈、无色、无味 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2018.08.31/2018.09.01 | 2018.09.01/2018.09.02 | 2018.09.02/2018.09.03 |
| pH（无量纲） | 7.68 | 7.42 | 7.57 |
| 溶解氧（mg/L） | 8.47 | 8.56 | 8.34 |
| 水温（℃） | 16.8 | 17.2 | 17.6 |
| 石油类（mg/L） | 0.022 | 0.019 | 0.020 |
| 化学需氧量（mg/L） | 11.4 | 11.0 | 11.6 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.90 | 3.84 | 3.87 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.107 | 0.098 | 0.089 |
| 氯化物（mg/L） | 7.15 | 6.94 | 7.02 |
| 铜（mg/L） | 0.017 | 0.021 | 0.021 |
| 铅（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 砷（mg/L） | $<3.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $4.3\times10^{3}$ | $4.3\times10^{3}$ | $4.3\times10^{3}$ |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.331 | 0.315 | 0.328 |
| 铁（mg/L） | 0.038 | 0.053 | 0.039 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 氨氮（mg/L） | 0.168 | 0.154 | 0.201 |
| 总磷（mg/L） | 0.061 | 0.068 | 0.057 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 2.91 | 3.11 | 2.84 |
| 总氮（mg/L） | 0.366 | 0.373 | 0.364 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | <0.016 | <0.016 | <0.016 |
| 硫酸盐（mg/L） | 7.62 | 7.33 | 7.35 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |

**表 2-5　水质检测结果一览表**

| 检测点位 | 勐岗河 5#：象鼻箐与勐岗河汇口下游 1km 处 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W180831W05-1 | W180901W05-1 | W180902W05-1 |
| 样品状态 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 | 微黄、无味、浑浊 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2018.08.31/2018.09.01 | 2018.09.01/2018.09.02 | 2018.09.02/2018.09.03 |
| pH（无量纲） | 7.22 | 7.31 | 7.41 |
| 溶解氧（mg/L） | 6.47 | 7.21 | 6.81 |
| 水温（℃） | 17.2 | 16.4 | 15.8 |
| 石油类（mg/L） | 0.024 | 0.023 | 0.021 |
| 化学需氧量（mg/L） | 7.04 | 8.28 | 7.36 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 2.36 | 2.39 | 2.41 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.107 | 0.110 | 0.122 |
| 氯化物（mg/L） | 5.85 | 5.97 | 6.02 |
| 铜（mg/L） | 0.025 | 0.026 | 0.023 |
| 铅（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 砷（mg/L） | $3.55\times10^{-4}$ | $3.78\times10^{-4}$ | $4.25\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $2.0\times10^{4}$ | $1.7\times10^{4}$ | $1.7\times10^{4}$ |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.156 | 0.148 | 0.151 |
| 铁（mg/L） | 0.082 | 0.092 | 0.074 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 氨氮（mg/L） | 0.252 | 0.224 | 0.185 |
| 总磷（mg/L） | 0.161 | 0.163 | 0.162 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 2.78 | 2.59 | 2.60 |
| 总氮（mg/L） | 0.864 | 0.900 | 0.875 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | 0.087 | 0.094 | 0.098 |
| 硫酸盐（mg/L） | 7.54 | 7.63 | 7.48 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |

编制：李萧翔　　日期：2018 年 9 月 19 日

校核：李萧翔　　日期：2018 年 9 月 19 日

审核：姚媛婷　　日期：2018 年 09 月 19 日

批准：刘江萍　　日期：2018 年 9 月 19 日

CMA
172512050187

正本

# 检　测　报　告

坤发环检字[2019]-01115 号

项目名称：小石门水库第二期现状水质环境现状监测

委托单位：云南秀川环境工程技术有限公司

检测类别：委托检测

报告日期：2019 年 3 月 2 日

云南坤发环境科技有限公司

云南坤发环境科技有限公司 检验检测专用章

# 声　明

1、 报告无“MA章”、“云南坤发环境科技有限公司检验检测专用章”、“骑缝章”和“正本”章无效。

2、 复制报告未加盖上述章无效。

3、 报告内容涂改无效；无编制、校核、审核和批准人（授权签字人）签字无效。

4、检测委托方如对本报告有异议，请于收到报告之日起或在指定领取检测报告终止之日起三日内，向本公司申请复验，逾期不申请的，视为认可本检测报告。

5、由委托单位自行采集的样品，本公司仅对送检样品的测试数据负责，不对样品来源负责；测试条件和工况变化大的样品、无法保存和复现的样品，本公司仅对本次所采样品的检测数据负责。

6、未经本公司书面批准，本报告及数据不得用于商业宣传，违者必究。

## 本机构通讯资料


监测业务联系电话及传真：（0871）63339220　63339221

质量投诉电话及传真：（0871）63339221

行风监督举报电话及传真：63339220

邮政编码：650034

地址：昆明市环城南路书林街书林花园五栋

## 1、检测分析方法、检测分析仪器检出限及分析人员

检测方法、方法来源、使用仪器、检出限及分析人员见表 1-1。

**表 1-1 检测分析方法、主要仪器、检出限及分析人员一览表**

| 检测类别 | 检测项目 | 检测方法及来源 | 主要仪器 | 最低检出限或范围 | 分析人员 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水质 | pH | 便携式 pH 计法 《水和废水监测分析方法》(第四版) | FG2 便携式 pH 计/KF027-01 | / | 黎志超 张富生 刘超 |
| | 水温 | 水质 水温的测定 温度计法 GB13195-1991 | 水银温度计/KFW-03 | / | |
| | 溶解氧 | 水质 溶解氧的测定 电化学探头法 HJ506-2009 | FG4 便携式溶氧仪/KF002-01 | 0.01 mg/L | |
| | 氨氮 | 水质 氨氮的测定 纳氏试剂比色法 HJ535-2009 | 723N 分光光度计/KF013 | 0.025mg/L | 魏正梅 李王丽 |
| | 总磷 | 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB11893-89 | | 0.01 mg/L | 海克英 李师文 |
| | 总氮 | 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法 HJ636-2012 | UV765 紫外可见分光光度计/ KF023 | 0.05 mg/L | |
| | 阴离子表面活性剂 | 水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法 GB7494-87 | 723N 分光光度计/KF013 | 0.05 mg/L | 邢亚杰 |
| | 高锰酸盐指数 | 水质 高锰酸盐指数的测定 GB11892-1989 | 50mL 酸式滴定管/KFD-04 | 0.5 mg/L | 海克英 |
| | 五日生化需氧量 | 水质 五日生化需氧量的测定 稀释与接种法 HJ505-2009 | 50mL 酸式滴定管/KFD-07 | 0.5mg/L | 邢亚杰 |
| | 化学需氧量 | 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ828-2017 | 50ml 酸式滴定管/KFD-05 | 4mg/L | 尹元金 |
| | 六价铬 | 水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB7467-87 | 723N 分光光度计/KF013 | 0.004 mg/L | 李王丽 魏正梅 |
| | 挥发酚 | 水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法 HJ503-2009 | | 0.0003 mg/L | |
| | 硫化物 | 水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法 GB/T16489-1996 | | 0.005 mg/L | 邢亚杰 |
| | 氰化物 | 水质 氰化物的测定 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法 HJ484-2009 | | 0.004 mg/L | |
| | 氟化物 | 水质 氟化物的测定 离子选择电极法 GB 7484-87 | WL-15B 微处理离子计/KF032 | 0.05mg/L | 海克英 |
| | 粪大肠菌群 | 粪大肠菌群 酶底物法 KF-GC-077A | DHP-360 型电热恒温培养箱/KF001-01 | / | 尹元金 |
| | 石油类 | 水质 石油类的测定 紫外分光光度法（试行）HJ970-2018 | UV765 紫外可见分光光度计/ KF023 | 0.01mg/L | 李师文 |
| | 铜 | 水质铜、 锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法 GB/T7475-1987 | AA-6300C 型原子吸收分光光度计/KF062 | 0.006mg/L | 李王丽 |
| | 锌 | | | 0.005 mg/L | |
| | 铅 | 水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ776-2015 | Aivo200 电感耦合等离子体发射光谱/KF099 | 0.0009 mg/L | 邢亚杰 |
| | 镉 | | | 0.0006mg/L | |
| | 汞 | 水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定原子荧光法 HJ694-2014 | AFS-230E 型原子荧光光度计/KF037 | $4.0\times10^{-5}$mg/L | |
| | 硒 | | | $4.0\times10^{-4}$mg/L | |
| | 砷 | | | $3.0\times10^{-4}$mg/L | |
| 现场采样人员：黎志超、张富生、刘超 | | | | | |
| 检测日期：2019.01.25~2019.01.31 | | | | | |

## 2、水质检测结果

水质检测结果见表 2-1、表 2-2、表 2-3。

**表 2-1　地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 库尾 1# | 库尾 2# | 库中 | 坝址 | 石者河汇入口上游 500m 处 | 龙山村 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 样品编号 | W190125C01-1 | W190125C02-1 | W190125C03-1 | W190125C04-1 | W190125C05-1 | W190125C06-1 |
| 样品状态 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 黄色、浑浊、无味 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2019.01.25/2019.01.26 | | | | | |
| pH（无量纲） | 7.34 | 7.48 | 7.37 | 7.52 | 7.67 | 7.86 |
| 水温（℃） | 13.6 | 14.8 | 15.6 | 15.8 | 15.8 | 16.4 |
| 溶解氧（mg/L） | 6.84 | 6.26 | 6.34 | 6.44 | 6.37 | 4.83 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 1.96 | 1.46 | 2.83 | 2.69 | 2.03 | 1.53 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 2.75 | 2.46 | 2.68 | 2.55 | 2.75 | 3.49 |
| 化学需氧量（mg/L） | 8.69 | 7.24 | 7.85 | 6.08 | 9.17 | 16.4 |
| 氨氮（mg/L） | 0.123 | 0.094 | 0.232 | 0.297 | 0.167 | 0.460 |
| 总磷（mg/L） | 0.178 | 0.048 | 0.056 | 0.061 | 0.060 | 0.058 |
| 总氮（mg/L） | 0.427 | 0.282 | 0.587 | 0.612 | 0.402 | 0.876 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | <0.05 | <0.05 | 0.051 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 硫化物（mg/L） | 0.006 | <0.005 | <0.005 | 0.008 | <0.005 | <0.005 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.460 | 0.612 | 0.874 | 0.885 | 0.568 | 0.903 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 铜（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 铅（mg/L） | 0.002 | 0.001 | <0.0009 | 0.001 | <0.0009 | 0.001 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | 0.002 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 | 0.002 | <0.0006 |
| 砷（mg/L） | $5.70\times10^{-4}$ | $5.59\times10^{-4}$ | $9.67\times10^{-4}$ | $6.40\times10^{-4}$ | $5.27\times10^{-4}$ | $4.86\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $4.8\times10^{2}$ | $8.1\times10^{2}$ | $6.2\times10^{2}$ | 41 | $4.2\times10^{3}$ | $7.9\times10^{3}$ |
| 石油类（mg/L） | 0.040 | 0.029 | 0.032 | 0.042 | 0.044 | 0.039 |

**表 2-2　地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 龙街河汇入口下游500m 处 | 黑泥坡村 | 小河村 | 物茂乡 | 龙山大沟自龙川江干流取水口 | 正兴坝 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 样品编号 | W190125C07-1 | W190125C08-1 | W190125C09-1 | W190125C10-1 | W190125C11-1 | W190125C12-1 |
| 样品状态 | 无色、无味、清澈 | 淡黄、无味、微浑 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 | 无色、无味、清澈 |
| 采样日期/接样日期<br>项目 | 2019.01.25/2019.01.26 | | | | | |
| pH（无量纲） | 7.52 | 7.89 | 7.56 | 7.86 | 7.86 | 7.54 |
| 水温（℃） | 15.8 | 15.9 | 16.8 | 17.4 | 16.2 | 17.4 |
| 溶解氧（mg/L） | 5.26 | 5.34 | 5.46 | 5.12 | 5.26 | 5.49 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 1.48 | 1.41 | 1.05 | 3.74 | 2.55 | 2.59 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 2.39 | 2.75 | 2.61 | 2.89 | 2.85 | 2.88 |
| 化学需氧量（mg/L） | 14.1 | 8.61 | 5.51 | 19.3 | 10.1 | 8.21 |
| 氨氮（mg/L） | 0.138 | 0.253 | 0.270 | 0.497 | 0.285 | 0.232 |
| 总磷（mg/L） | 0.020 | 0.032 | 0.024 | 0.068 | 0.026 | 0.031 |
| 总氮（mg/L） | 0.382 | 0.572 | 0.788 | 0.926 | 0.749 | 0.708 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | <0.05 | <0.05 | 0.051 | 0.057 | <0.05 | <0.05 |
| 硫化物（mg/L） | 0.008 | <0.005 | 0.006 | 0.013 | <0.005 | 0.006 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.642 | 0.689 | 0.945 | 0.960 | 0.937 | 0.949 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 铜（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 铅（mg/L） | 0.001 | 0.002 | 0.001 | <0.0009 | <0.0009 | <0.0009 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| 砷（mg/L） | $6.30\times10^{-4}$ | $4.66\times10^{-4}$ | $3.81\times10^{-4}$ | $3.78\times10^{-4}$ | $6.74\times10^{-4}$ | $5.29\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $9.09\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $1.5\times10^{3}$ | $2.2\times10^{3}$ | $1.8\times10^{3}$ | $6.5\times10^{3}$ | $2.9\times10^{3}$ | $1.7\times10^{3}$ |
| 石油类（mg/L） | 0.023 | 0.043 | 0.037 | 0.023 | 0.045 | 0.041 |

**表 2-3　　地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 小黄瓜大桥 | 老城河入龙川江汇口前 200m | 那蚌河入龙川江汇口前 200m |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W190125C13-1 | W190125C15-1 | W190125C16-1 |
| 样品状态 | 无色、无味、清澈 | 黄色、浑浊、无味 | 淡黄、微浑、无味 |
| 采样日期/接样日期 / 项目 | 2019.01.25/2019.01.26 | | |
| pH（无量纲） | 7.38 | 7.96 | 7.77 |
| 水温（℃） | 16.8 | 17.8 | 18.9 |
| 溶解氧（mg/L） | 5.34 | 3.86 | 3.94 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 2.28 | 3.87 | 2.76 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 2.44 | 2.18 | 2.52 |
| 化学需氧量（mg/L） | 13.1 | 19.6 | 17.4 |
| 氨氮（mg/L） | 0.235 | 0.947 | 0.500 |
| 总磷（mg/L） | 0.030 | 0.089 | 0.055 |
| 总氮（mg/L） | 0.641 | 1.03 | 0.786 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 硫化物（mg/L） | 0.017 | 0.006 | 0.010 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 氟化物（mg/L） | 0.956 | 0.996 | 0.935 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 六价铬（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 铜（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 铅（mg/L） | <0.0009 | <0.0009 | <0.0009 |
| 锌（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 镉（mg/L） | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| 砷（mg/L） | $5.78\times10^{-4}$ | $4.00\times10^{-4}$ | $5.72\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 粪大肠菌群（个/L） | $3.7\times10^{2}$ | $6.6\times10^{2}$ | $5.9\times10^{2}$ |
| 石油类（mg/L） | 0.032 | 0.037 | 0.032 |
| 备注：班皂利村下游 500m 处无水。 | | | |

编制：_____　　日期：2019 年 3 月 2 日

校核：_____　　日期：2019 年 3 月 2 日

审核：_____　　日期：2019 年 3 月 2 日

批准：_____　　日期：2019 年 3 月 2 日

162512340248

正本

# 检 验 检 测 报 告

YNGK-[2019]-0518 号

| | |
|---|---|
| 委托单位： | 云南秀川环境工程技术有限公司 |
| 项目名称： | 云南省楚雄州小石门水库工程土壤环境监测 |
| 检测类型： | 土壤、地下水 |
| 报告日期： | 2019 年 8 月 10 日 |

云南高科环境保护科技有限公司

云南高科环境保护科技有限公司 检验检测专用章

# 检验检测报告说明及声明

一、报告无“实验室资质认定 CMA”章、“云南高科环境保护科技有限公司检验检测专用章”及“该章骑缝”和“正本”章无效。

二、报告内容涂改无效；无编制、校核、审核和批准人签字无效。

三、客户送检的样品，其检验检测数据、结果仅证明所检测样品的符合性情况；系受客户委托，由检测方负责采样分析的样品，仅对当次检测有效。

四、未经本公司批准，不得复制检验检测报告。

五、未经本公司书面批准，本报告、数据及公司名称不得用于商业宣传及其它非研究类用途，违者必究。

六、对本检验检测报告若有异议，应于收到报告之日起，十五日内向本公司书面提出。

七、本报告正本交客户，副本由公司存档。

## 本公司通讯资料

检测业务联系电话：（0871）64170658

传　真：（0871）64170658

网　址：www.yngkep.com

E-mail：yngk2014@163.com

质量投诉电话及传真：（0871）64184585

邮政编码：　650032

地　　址：昆明市新闻南路 23 号

# 检验检测机构
# 资质认定证书

证书编号：162512340248

名称：云南高科环境保护科技有限公司

地址：云南省昆明市新闻南路23号（650032）

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由云南高科环境保护科技有限公司承担。仅限于 YNGK-[2019]-0518 号

许可使用标志

CMA

162512340248

发证日期：2016 年 09 月 21 日

有效期至：2022 年 09 月 20 日

发证机关：

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

编制及校核：王梅花　　日期：2019.08.10

审　　核：[illegible]　　日期：2019.08.10

批　　准：[illegible]　　日期：2019.08.10

1、项目基本情况

表 1 项目基本情况

| | |
|---|---|
| 委托单位名称：云南秀川环境工程技术有限公司 | |
| 委托单位地址：昆明市青年路 374 号 | |
| 项目名称：云南省楚雄州小石门水库工程土壤环境监测 | |
| 项目地址：云南省楚雄州小石门水库 | |
| 检测类型：土壤、地下水 | |
| 样品采集方式：现场采样 | |
| 联系人：邓工 | 联系电话：13888749196 |

2、检测依据和检测设备

表 2 检测依据和检测设备

| 检测项目 | 分析方法及标准号 | 检出限 | 分析仪器 | 仪器编号 |
|---|---|---|---|---|
| 水和废水采样方法 | 《地下水监测技术规范》HJ/T164-2004 | | | |
| 溶解性总固体 | 生活饮用水标准检验方法 感官性状和物理指标 8.1 称量法 GB/T5750.4-2006 | 4mg/L | AB204-N 电子天平 | YNGK-YQ-163 |
| 土壤采样方法 | 《土壤环境监测技术规范》HJ/T166-2004 | | | |
| pH | 土壤检测第二部分 土壤 pH 的测定 NY/T1121.2-2006 | / | pHS-3C 型 pH 计 | YNGK-YQ-039 |
| 容重 | 土壤检测第四部分 土壤容重的测定 NY/T1121.4-2006 | / | JD2000-2G 型电子天平 | YNGK-YQ-004 |
| 氧化还原电位 | 土壤氧化还原电位的测定 电位法 HJ746-2015 | / | ORP-412 型 ORP 测定仪 | YNGK-YQ-038 |
| 镉 | 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T17141-1997 | 0.01mg/kg | AA-6300C 原子吸收分光光度计 | YNGK-YQ-096 |

续表 2

| 检测项目 | 分析方法及标准号 | 检出限 | 分析仪器 | 仪器编号 |
|---|---|---|---|---|
| 砷 | 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法第 2 部分：土壤中总砷的测定 GB/T22105.2-2008 | 0.01mg/kg | AFS-230E 双道原子荧光光度计 | YNGK-YQ-142 |
| 汞 | 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法第 1 部分：土壤中总汞的测定 GB/T22105.1-2008 | 0.002mg/kg | AFS-230E 双道原子荧光光度计 | YNGK-YQ-142 |
| 铜 | 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016 | 0.4mg/kg | ICP-5000 电感耦合等离子体发射光谱仪 | YNGK-YQ-337 |
| 铅 | 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016 | 1.4mg/kg | ICP-5000 电感耦合等离子体发射光谱仪 | YNGK-YQ-337 |
| 镍 | 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016 | 0.4mg/kg | ICP-5000 电感耦合等离子体发射光谱仪 | YNGK-YQ-337 |
| 锌 | 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016 | 1.2mg/kg | ICP-5000 电感耦合等离子体发射光谱仪 | YNGK-YQ-337 |
| 铬 | 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016 | 0.5mg/kg | ICP-5000 电感耦合等离子体发射光谱仪 | YNGK-YQ-337 |
| *水溶性总盐 | 土壤 水溶性盐总量的测定 NY/T1121.16-2006 | / | / | / |
| *阳离子交换总量 | 中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定 NY/T295-1995 | / | / | / |
| *饱和导水率 | 森林土壤渗透率的测定 LY/T1218-1999 | / | / | / |

备注：“*”表示此方法不在本公司认证范围内，为对外分包项目、分包报告见附录。

3、检测结果

表 3-1　水质检测结果

| 样品编号：190518 | 样品种类：地下水 | 采样日期：2019.07.25 | 采样人员：普天超、邵恒 |
|---|---|---|---|
| 样品状态及特征：物茂乡小山村（多竹村）附近地下水、平田乡小已保村附近地下水、现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区地下水水样无色无异味、无明显漂浮物、无浮油；平田乡小半坡村（小班果村）附近地下水水样无色无异味、有微量漂浮物、无浮油。 | | | |

| 序号 | 样品编号 | 采样地点 | 采样时间 | 溶解性总固体（mg/L） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | M101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近地下水 | 09:58 | 916 |
| 2 | N101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近地下水 | 11:47 | $1.15\times10^{3}$ |
| 3 | O101 | 平田乡小已保村附近地下水 | 14:21 | 528 |
| 4 | P101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区地下水 | 08:42 | $1.34\times10^{3}$ |

表 3-2　土壤检测结果

| 样品编号：190518 | | | 样品种类：土壤 | | | 采样日期：2019.07.24～07.25 | | | 采样人员：普天超、邵恒 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 样品编号 | 采样地点 | pH(无量纲) | 容重 (g/cm³) | 氧化还原电位 (mV) | 镉 (mg/kg) | 砷 (mg/kg) | 汞 (mg/kg) | 铜 (mg/kg) | 铅 (mg/kg) | 镍 (mg/kg) | 锌 (mg/kg) | 铬 (mg/kg) |
| A101 | 水库拟淹没范围内库尾左支 | 6.11 | 1.06 | 39 | 0.28 | 14.2 | 0.085 | 29.2 | 28.2 | 43.9 | 125 | 148 |
| B101 | 水库拟淹没范围内库尾右支 | 7.40 | 1.45 | 101 | 0.05 | 5.86 | 0.094 | 17.6 | 18.5 | 30.4 | 75.7 | 101 |
| C101 | 水库拟淹没范围内坝址 | 6.21 | 2.02 | 187 | 0.29 | 16.2 | 0.054 | 21.9 | 81 | 18.0 | 159 | 72.1 |
| D101 | 水库拟淹没范围内库中 | 5.08 | 1.94 | 166 | 0.05 | 11.9 | 0.092 | 30.4 | 37.2 | 54.4 | 131 | 105 |
| E101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近水田 | 8.02 | 1.13 | -89 | 0.29 | 3.19 | 0.045 | 24.5 | 15.3 | 26.5 | 81 | 98.6 |
| F101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近水田 | 7.20 | 1.02 | -164 | 0.05 | 3.18 | 0.043 | 9.8 | 23.2 | 14.1 | 101 | 78.9 |
| 分析日期 | | 08.02 | 07.26 | 07.26 | 08.07 | 08.06 | 08.06 | 08.07 | 08.07 | 08.07 | 08.07 | 08.07 |
| 分析人员 | | 杨润 | | | | 王美 | | | | | | |

续表 3-2

| 样品编号：190518 | | | 样品种类：土壤 | | | 采样日期：2019.07.24～07.25 | | | 采样人员：普天超、邵恒 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 样品编号 | 采样地点 | pH(无量纲) | 容重 (g/cm³) | 氧化还原电位(mV) | 镉（mg/kg） | 砷（mg/kg） | 汞（mg/kg） | 铜（mg/kg） | 铅（mg/kg） | 镍（mg/kg） | 锌（mg/kg） | 铬（mg/kg） |
| G101 | 平田乡小已保村附近水田 | 6.82 | 1.18 | -123 | 0.27 | 7.22 | 0.063 | 37.0 | 37.0 | 30.0 | 115 | 122 |
| H101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区水田 | 7.83 | 1.03 | -101 | 0.11 | 3.59 | 0.049 | 22.1 | 16.6 | 21.4 | 63.6 | 71.7 |
| I101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近旱地 | 7.56 | 1.55 | 84 | 0.07 | 3.56 | 0.050 | 28.4 | 19.0 | 39.2 | 97.3 | 134 |
| J101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近旱地 | 7.48 | 1.26 | 76 | 0.08 | 11.4 | 0.054 | 22.7 | 39.2 | 38.9 | 110 | 106 |
| K101 | 平田乡小已保村附近旱地 | 7.50 | 1.06 | 31 | 0.27 | 8.81 | 0.066 | 39.2 | 36.5 | 38.0 | 100 | 115 |
| L101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区旱地 | 7.52 | 1.56 | 66 | 0.10 | 6.55 | 0.077 | 26.7 | 24.2 | 31.2 | 115 | 126 |
| 分析日期 | | 08.02 | 07.26 | 07.26 | 08.07 | 08.06 | 08.06 | 08.07 | 08.07 | 08.07 | 08.07 | 08.07 |
| 分析人员 | | 杨润 | | | | 王美 | | | | | | |

续表 3-2

| 样 品 编 号 | 采样地点 | *水溶性总盐（g/Kg） | *阳离子交换总量（cmol/Kg） | *饱和导水率（$\times 10^{-3}$cm/s） |
|---|---|---|---|---|
| A101 | 水库拟淹没范围内库尾左支 | 0.76 | 19.70 | 1.98 |
| B101 | 水库拟淹没范围内库尾右支 | 0.66 | 8.91 | 1.89 |
| C101 | 水库拟淹没范围内坝址 | 0.42 | 6.90 | 2.05 |
| D101 | 水库拟淹没范围内库中 | 0.34 | 13.55 | 2.05 |
| E101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近水田 | 0.76 | 16.06 | 1.74 |
| F101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近水田 | 0.48 | 13.30 | 1.86 |
| G101 | 平田乡小已保村附近水田 | 0.12 | 11.92 | 1.88 |
| H101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区水田 | 1.14 | 12.17 | 1.85 |
| I101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近旱地 | 0.76 | 35.26 | 2.16 |
| J101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近旱地 | 1.12 | 23.59 | 2.35 |
| K101 | 平田乡小已保村附近旱地 | 0.70 | 16.31 | 2.05 |
| L101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区旱地 | 1.02 | 22.46 | 2.06 |
| 备注：“*”表示此方法不在本公司认证范围内，为对外分包项目、分包报告见附录。 | | | | |

附录 1 水位检测结果(不在本公司认证范围）

| 序号 | 样品编号 | 采样地点 | 检测项目 | 结果（m） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | M101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近地下水 | 水位 | 1038 |
| 2 | N101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近地下水 | 水位 | 1245 |
| 3 | O101 | 平田乡小已保村附近地下水 | 水位 | 1114 |
| 4 | P101 | 现状元谋大型灌区(陇川江右岸）内足水灌区地下水 | 水位 | 1073 |

附录 2 土壤理化性质调查表(不在本公司认证范围）

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">水库拟淹没范围内库尾左支</td><td>时间</td><td>2019.07.24</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 36′09.96″E</td><td>纬度</td><td>25° 32′45.50″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">水库拟淹没范围内库尾右支</td><td>时间</td><td>2019.07.24</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 38′01.47″E</td><td>纬度</td><td>25° 32′54.60″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">块状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">微量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">水库拟淹没范围内坝址</td><td>时间</td><td>2019.07.24</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 38′10.00″E</td><td>纬度</td><td>25° 35′13.43″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">砂土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">大量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎、石子</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">水库拟淹没范围内库中</td><td>时间</td><td>2019.07.24</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 37′57.58″E</td><td>纬度</td><td>25° 35′03.01″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">砂土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">大量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎、石子</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">物茂乡小山村（多竹村）水田</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 47′14.87″E</td><td>纬度</td><td>25° 52′45.84″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">砂土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">大量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎、石子</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">物茂乡小山村（多竹村）旱地</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 47′12.88″E</td><td>纬度</td><td>25° 52′46.74″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">块状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">平田乡小半坡村（小班果村）水田</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 44′50.51″E</td><td>纬度</td><td>25° 45′38.26″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">砂土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">大量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎、石子</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">平田乡小半坡村（小班果村）旱地</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 44′53.90″E</td><td>纬度</td><td>25° 45′38.10″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">块状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">平田乡小已保村水田</td><td>时间</td><td>2019.07.24</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 47′50.21″E</td><td>纬度</td><td>25° 41′12.17″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">平田乡小已保村旱地</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 47′57.44E</td><td>纬度</td><td>25° 40′56.88″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">现状元谋大型灌区（陇川江右岸）汉禄村水田</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 51′29.01″E</td><td>纬度</td><td>25° 41′41.22″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">暗栗色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">团粒状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">少量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>点号</td><td colspan="2">现状元谋大型灌区（陇川江右岸）汉禄村旱地</td><td>时间</td><td>2019.07.25</td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">101° 51′26.43″E</td><td>纬度</td><td>25° 41′39.01″N</td></tr>
<tr><td>层次</td><td colspan="4">表层（0-0.2m）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">现场记录</td><td>颜色</td><td colspan="3">红棕色</td></tr>
<tr><td>结构</td><td colspan="3">块状</td></tr>
<tr><td>质地</td><td colspan="3">壤土</td></tr>
<tr><td>砂砾含量</td><td colspan="3">微量</td></tr>
<tr><td>其他异物</td><td colspan="3">植物根茎</td></tr>
</table>

报告编号：YNSB-398-2019

# 检 测 报 告

样品类别：土壤

委托单位：云南秀川环境工程技术有限公司

工程名称：云南省楚雄州小石门水库工程土壤环境监测

检验类别：委托检验

云南三标农林科技有限公司

# 注意事项

1、报告无“检验检测专用章” 无效。

2、报告内容涂改无效；无审核人、批准人（授权签字人）、制表人签字无效。

3、复制报告未重新加盖检验检测专用章无效。

4、对检测报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内以书面形式向检验单位提出，逾期不予受理。

5、送检样品仅对检测数据负责；带“*”为非认证项目。

6、委托方执正本，本中心执副本。

7、样品自报告发出之日起负责保存壹个月（其中液体样或鲜样不保存）。

8、未经本中心同意，本报告及数据不得用于商业宣传。

公司通讯资料

联系电话：0871-63816209
E-mail：ynsbnl@163.com
邮政编码：650224
地　　址：昆明市盘龙区白龙寺300号西南林学院工学楼

# 云南三标农林科技有限公司检测报告

No:YNSB-398-2019



| | | | |
|---|---|---|---|
| 样品类型 | 土壤 | 型号规格 | 500g |
| 委托单位 | 云南秀川环境工程技术有限公司 | 样品状态 | 固体 |
| 样品数量 | 12 个 | 送样日期 | 2019-08-09 |
| 送样人 | ------ | 报告日期 | 2019-08-20 |
| 检验依据 | 土壤水溶性盐总量的测定（NY/T 1121.16-2006）；中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定（NY/T 295-1995）；森林土壤渗透率的测定（LY/T 1218-1999）。 | | |
| 检验项目 | 水溶性盐总量、阳离子交换总量、饱和导水率。 | | |
| 使用主要仪器 | 电子天平、离心机、凯氏定氮仪、环刀。 | | |
| 检验结论 | 只对参数进行检验，不对样品作判定。<br><br>签发日期：2019 年 08 月 20 日 | | |
| 备 注 | ------。 | | |

批准人：王[illegible]　　审核人：[illegible]　　制表人：[illegible]

# 云南三标农林科技有限公司检验结果报表

送检单位：云南秀川环境工程技术有限公司



| 分析编号 | 样品编号 | 检测指标 | 水溶性盐总量 | 阳离子交换总量 | 饱和导水率 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 计量单位 | g/kg | cmol/kg | $\times 10^{-3}$cm /s |
| | | 采样地点 | 实测数据 | | |
| 2019-11440 | 109518A101 | 水库拟淹没范围内库尾左支 | 0.76 | 19.70 | 1.98 |
| 2019-11441 | 109518B101 | 水库拟淹没范围内库尾右支 | 0.66 | 8.91 | 1.89 |
| 2019-11442 | 109518C101 | 水库拟淹没范围坝址 | 0.42 | 6.90 | 2.05 |
| 2019-11443 | 109518D101 | 水库拟淹没范围库中 | 0.34 | 13.55 | 2.05 |
| 2019-11444 | 109518E101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近水田 | 0.76 | 16.06 | 1.74 |
| 2019-11445 | 109518F101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近水田 | 0.48 | 13.30 | 1.86 |
| 2019-11446 | 109518G101 | 平田乡小己保村附近水田 | 0.12 | 11.92 | 1.88 |
| 2019-11447 | 109518H101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区水田 | 1.14 | 12.17 | 1.85 |
| 2019-11448 | 109518I101 | 物茂乡小山村（多竹村）附近旱地 | 0.76 | 35.26 | 2.16 |
| 2019-11449 | 109518J101 | 平田乡小半坡村（小班果村）附近旱地 | 1.12 | 23.59 | 2.35 |
| 2019-11450 | 109518K101 | 平田乡小己保村附近旱地 | 0.70 | 16.31 | 2.05 |
| 2019-11451 | 109518L101 | 现状元谋大型灌区（陇川江右岸）内足水灌区旱地 | 1.02 | 22.46 | 2.06 |

备注：结果以风干样重计。

MA
172512050187

正本

# 检　测　报　告

坤发环检字[2020]-11135 号

项目名称：云南省楚雄州小石门水库工程地表水环境现状监测

委托单位：云南秀川环境工程技术有限公司

检测类别：委托检测

报告日期：2020 年 12 月 8 日

云南坤发环境科技有限公司

云南坤发环境科技有限公司 检验检测专用章

# 声　明

1、 报告无“MA章”、“云南坤发环境科技有限公司检验检测专用章”、“骑缝章”和“正（副）本”章无效。

2、 复制报告未加盖上述章无效。

3、 报告内容涂改无效；无编制、校核、审核和批准人（授权签字人）签字无效。

4、检测委托方如对本报告有异议，请于收到报告之日起或在指定领取检测报告终止之日起三日内，向本公司申请复验，逾期不申请的，视为认可本检测报告。

5、由委托单位自行采集的样品，本公司仅对送检样品的测试数据负责，不对样品来源负责；测试条件和工况变化大的样品、无法保存和复现的样品，本公司仅对本次所采样品的检测数据负责。

6、未经本公司书面批准，本报告及数据不得用于商业宣传，违者必究。

7、检验检测机构应做出未经本机构批准，不得复制（全文复制除外）报告或证书的声明。

## 本机构通讯资料

监测业务联系电话及传真：（0871）63339220　63339221

质量投诉电话及传真：（0871）63339221

行风监督举报电话及传真：63339220

邮政编码：650034

地址：昆明市高新区海源中路 30 号创新大厦 A 段 4 楼

## 1、委托单位信息

**表 1-1　委托单位信息一览表**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 委托单位名称 | 云南秀川环境工程技术有限公司 | | |
| 通讯地址 | 昆明市 | | |
| 联系人 | 邓丽萍 | 联系电话 | 13888749196 |

## 2、检测分析方法、检测分析仪器检出限及分析人员

检测方法、方法来源、使用仪器、检出限及分析人员见表 2-1。

**表 2-1　检测分析方法、主要仪器、检出限及分析人员一览表**

| 检测类型 | 检测项目 | 检测方法及来源 | 主要仪器型号 | 最低检出限或范围 | 分析人员 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水质 | pH | 便携式 pH 计法《水和废水监测分析方法》(第四版) | F2 便携式 pH 计/KF027-12 | （0~14）无量纲 | 李桂芳 叶广达 |
| | 透明度 | 塞氏盘法《水和废水监测分析方法》（第四版） | 塞式盘 | / | |
| | 水温 | 水质 水温的测定 温度计法 GB13195-1991 | 水银温度计/KFW-02 | 最小分度值：0.1℃ | |
| | 溶解氧 | 水质 溶解氧的测定 电化学探头法 HJ506-2009 | F4 便携式溶解氧测定仪/KF002-05 | 0.01 mg/L | |
| | 氨氮 | 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ535-2009 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.025mg/L | 杨发红 |
| | 硝酸盐 | 水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法（试行） HJ/T 346-2007 | UV8000 紫外可见分光光度计/ KF023-01 | 0.08 mg/L | 李泽艳 |
| | 硫酸盐 | 水质 硫酸盐的测定铬酸钡分光光度法（试行）HJ/T342-2007 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 8mg/L | |
| | 粪大肠菌群 | 水质 总大肠菌群、粪大肠菌群和大肠埃希氏菌的测定 酶底物法 HJ1001-2018 | DHP-360 型电热恒温培养箱/KF001-01 | 10 MPN/L | 杨发红 |
| | 石油类 | 水质 石油类的测定 紫外分光光度法（试行）HJ970-2018 | UV8000 紫外可见分光光度计/ KF023-01 | 0.01mg/L | 朱梅 |
| | 五日生化需氧量 | 水质 五日生化需氧量的测定 稀释与接种法 HJ505-2009 | 50mL 酸式滴定管/KFD-07 | 0.5mg/L | 杨杏开 |
| | 总磷 | 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB11893-89 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.01 mg/L | 李泽艳 |
| | 总氮 | 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法 HJ636-2012 | UV8000 紫外可见分光光度计/ KF023-01 | 0.05 mg/L | |
| | 氟化物 | 水质 氟化物的测定 离子选择电极法 GB 7484-87 | WL-15B 微处理机离子计/KF032 | 0.05mg/L | 杨学梅 |
| | 化学需氧量 | 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ828-2017 | 50ml 酸式滴定管/KFD-05 | 4 mg/L | 杨旺瑜 |
| | 高锰酸盐指数 | 水质 高锰酸盐指数的测定 GB11892-1989 | 50mL 酸式滴定管/KFD-04 | 0.5 mg/L | 海克英 |
| | 叶绿素 a | 水质 叶绿素 a 的测定 分光光度法 HJ897-2017 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.002 mg/L | |
| | 阴离子表面活性剂 | 水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法 GB7494-87 | 723N 可见分光光度计/KF013-02 | 0.05 mg/L | 杨杏开 |
| | 硫化物 | 水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法 GB/T16489-1996 | | 0.005mg/L | 杨旺瑜 |

**（续）表 2-1 检测分析方法、主要仪器、检出限及分析人员一览表**

| 检测类型 | 检测项目 | 检测方法及来源 | 主要仪器型号 | 最低检出限或范围 | 分析人员 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水质 | 氰化物 | 水质 氰化物的测定 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法 HJ 484-2009 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.004 mg/L | 杨发红 |
| | 六价铬 | 水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB7467-87 | | 0.004mg/L | 朱梅 |
| | 挥发酚 | 水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法 HJ503-2009 | 723N 可见分光光度计/KF013 | 0.0003 mg/L | 朱梅 |
| | 氯化物 | 水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法 GB11896-89 | 50ml 酸式滴定管/KFD-08 | 10mg/L | 杨学梅 |
| | 锌 | 水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ776-2015 | Avio200 电感耦合等离子体发射光谱仪/KF099 | 0.004mg/L | 邢亚杰 |
| | 铜 | | | 0.006mg/L | |
| | 镉 | 《水和废水监测分析方法》（第四版）国家环保总局（2002 年）石墨炉原子吸收法 | AA-6300C 型原子吸收分光光度计/KF062 | $1.0\times10^{-4}$mg/L | 陈宇琳 |
| | 铅 | | | 0.001mg/L | |
| | 汞 | 水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定原子荧光法 HJ694-2014 | AFS-230E 型原子荧光光度计/KF037 | $4.0\times10^{-5}$mg/L | 邢亚杰 |
| | 硒 | | | $4.0\times10^{-4}$mg/L | |
| | 砷 | | | $3.0\times10^{-4}$mg/L | |
| | 铁 | 水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T11911-1989 | AA-6300C 型原子吸收分光光度计/KF062 | 0.03 mg/L | 陈宇琳 |
| | 锰 | | | 0.01 mg/L | |

现场采样人员：李桂芳、叶广达

检测日期：2020.11.28~2020.12.06

## 3、水质检测结果

水质检测结果见表 3-1、表 3-2、表 3-3。

**表 3-1 地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 弯腰树水库 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W201128D01-1 | W201129D01-1 | W201130D01-1 |
| 采样日期/接样日期 | 2020.11.28/2020.11.29 | 2020.11.29/2020.11.30 | 2020.11.30/2020.12.01 |
| 样品状态 / 项目 | 淡黄、无味、透明 | 淡黄、无味、透明 | 淡黄、无味、透明 |
| pH（无量纲） | 7.89 | 7.78 | 7.74 |
| 水温（℃） | 20.12 | 20.08 | 20.53 |
| 透明度（cm） | 95 | 89 | 93 |
| 溶解氧（mg/L） | 5.12 | 5.08 | 5.03 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 3.6 | 3.5 | 3.3 |
| 化学需氧量（mg/L） | 17 | 19 | 16 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.2 | 3.3 | 3.7 |
| 氨氮（mg/L） | 0.526 | 0.498 | 0.465 |
| 总氮（mg/L） | 0.61 | 0.65 | 0.71 |
| 总磷（mg/L） | 0.04 | 0.03 | 0.05 |
| 氟化物（mg/L） | 0.614 | 0.631 | 0.616 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 六价铬（mg/L） | 0.013 | 0.013 | 0.013 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 石油类（mg/L） | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 粪大肠菌群（MPN/L） | $8.2\times10^{3}$ | $6.5\times10^{3}$ | $6.9\times10^{3}$ |
| 铜（mg/L） | <0.006 | <0.006 | <0.006 |
| 锌（mg/L） | 0.052 | 0.048 | 0.044 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 砷（mg/L） | $9.4\times10^{-4}$ | $8.0\times10^{-4}$ | $7.4\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 镉（mg/L） | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ |
| 铅（mg/L） | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| 硫酸盐（mg/L） | 14.8 | 18.1 | 14.2 |
| 氯化物（mg/L） | <10 | <10 | <10 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | <0.08 | <0.08 | <0.08 |
| 铁（mg/L） | <0.03 | <0.03 | <0.03 |
| 锰（mg/L） | 0.010 | <0.01 | <0.01 |
| 叶绿素 a（mg/L） | 0.002 | 0.003 | 0.004 |

**表 3-2　地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 新河水库 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W201128D02-1 | W201129D02-1 | W201130D02-1 |
| 采样日期/接样日期 | 2020.11.28/2020.11.29 | 2020.11.29/2020.11.30 | 2020.11.30/2020.12.01 |
| 项目 \ 样品状态 | 淡黄绿色、鱼腥味、透明 | 淡黄绿色、鱼腥味、透明 | 淡黄绿色、鱼腥味、透明 |
| pH（无量纲） | 7.23 | 7.14 | 7.11 |
| 水温（℃） | 20.25 | 20.18 | 20.05 |
| 透明度（cm） | 120 | 117 | 123 |
| 溶解氧（mg/L） | 5.42 | 5.33 | 5.45 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 5.2 | 5.5 | 5.6 |
| 化学需氧量（mg/L） | 22 | 25 | 19 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 3.8 | 3.9 | 3.5 |
| 氨氮（mg/L） | 0.267 | 0.290 | 0.222 |
| 总氮（mg/L） | 0.89 | 0.96 | 0.93 |
| 总磷（mg/L） | 0.09 | 0.07 | 0.08 |
| 氟化物（mg/L） | 0.736 | 0.750 | 0.765 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 六价铬（mg/L） | 0.012 | 0.010 | 0.011 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 石油类（mg/L） | 0.01 | <0.01 | 0.01 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | 0.067 | 0.061 | 0.051 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 粪大肠菌群（MPN/L） | $9.3\times10^{3}$ | $1.2\times10^{4}$ | $1.2\times10^{4}$ |
| 铜（mg/L） | <0.006 | <0.006 | <0.006 |
| 锌（mg/L） | 0.040 | 0.038 | 0.038 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 砷（mg/L） | $<3.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ | $<3.0\times10^{-4}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 镉（mg/L） | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ |
| 铅（mg/L） | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| 叶绿素 a（mg/L） | 0.010 | 0.008 | 0.011 |

**表 3-3　地表水检测结果一览表**

| 检测点位 | 普登河 | | |
|---|---|---|---|
| 样品编号 | W201128D03-1 | W201129D03-1 | W201130D03-1 |
| 采样日期/接样日期 | 2020.11.28/2020.11.29 | 2020.11.29/2020.11.30 | 2020.11.30/2020.12.01 |
| 样品状态 / 项目 | 淡黄、无味、微浑 | 淡黄、无味、微浑 | 淡黄、无味、微浑 |
| pH（无量纲） | 7.32 | 7.28 | 7.36 |
| 水温（℃） | 15.15 | 14.63 | 14.85 |
| 溶解氧（mg/L） | 5.35 | 5.38 | 5.44 |
| 高锰酸盐指数（mg/L） | 2.7 | 2.8 | 2.6 |
| 化学需氧量（mg/L） | 18 | 15 | 12 |
| 五日生化需氧量（mg/L） | 2.6 | 2.9 | 2.8 |
| 氨氮（mg/L） | 0.234 | 0.184 | 0.239 |
| 总氮（mg/L） | 0.44 | 0.49 | 0.44 |
| 总磷（mg/L） | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 氟化物（mg/L） | 0.483 | 0.473 | 0.492 |
| 氰化物（mg/L） | <0.004 | <0.004 | <0.004 |
| 六价铬（mg/L） | 0.010 | 0.008 | 0.009 |
| 挥发酚（mg/L） | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| 石油类（mg/L） | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 阴离子表面活性剂（mg/L） | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 硫化物（mg/L） | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| 粪大肠菌群（MPN/L） | $9.8\times10^{3}$ | $8.7\times10^{3}$ | $7.9\times10^{3}$ |
| 铜（mg/L） | <0.006 | <0.006 | <0.006 |
| 锌（mg/L） | 0.034 | 0.036 | 0.034 |
| 硒（mg/L） | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ | $<4.0\times10^{-4}$ |
| 砷（mg/L） | $5.3\times10^{-3}$ | $5.2\times10^{-3}$ | $5.4\times10^{-3}$ |
| 汞（mg/L） | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ | $<4.0\times10^{-5}$ |
| 镉（mg/L） | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ | $<1.0\times10^{-4}$ |
| 铅（mg/L） | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| 硫酸盐（mg/L） | 13.4 | 11.1 | 12.4 |
| 氯化物（mg/L） | <10 | <10 | <10 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | 0.129 | 0.112 | 0.126 |
| 铁（mg/L） | <0.03 | 0.042 | <0.03 |
| 锰（mg/L） | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

编制：_____　　日期：2020 年 12 月 8 日

校核：_____　　日期：2020年 12月 8 日

审核：_____　　日期：20 20 年 12 月 8 日

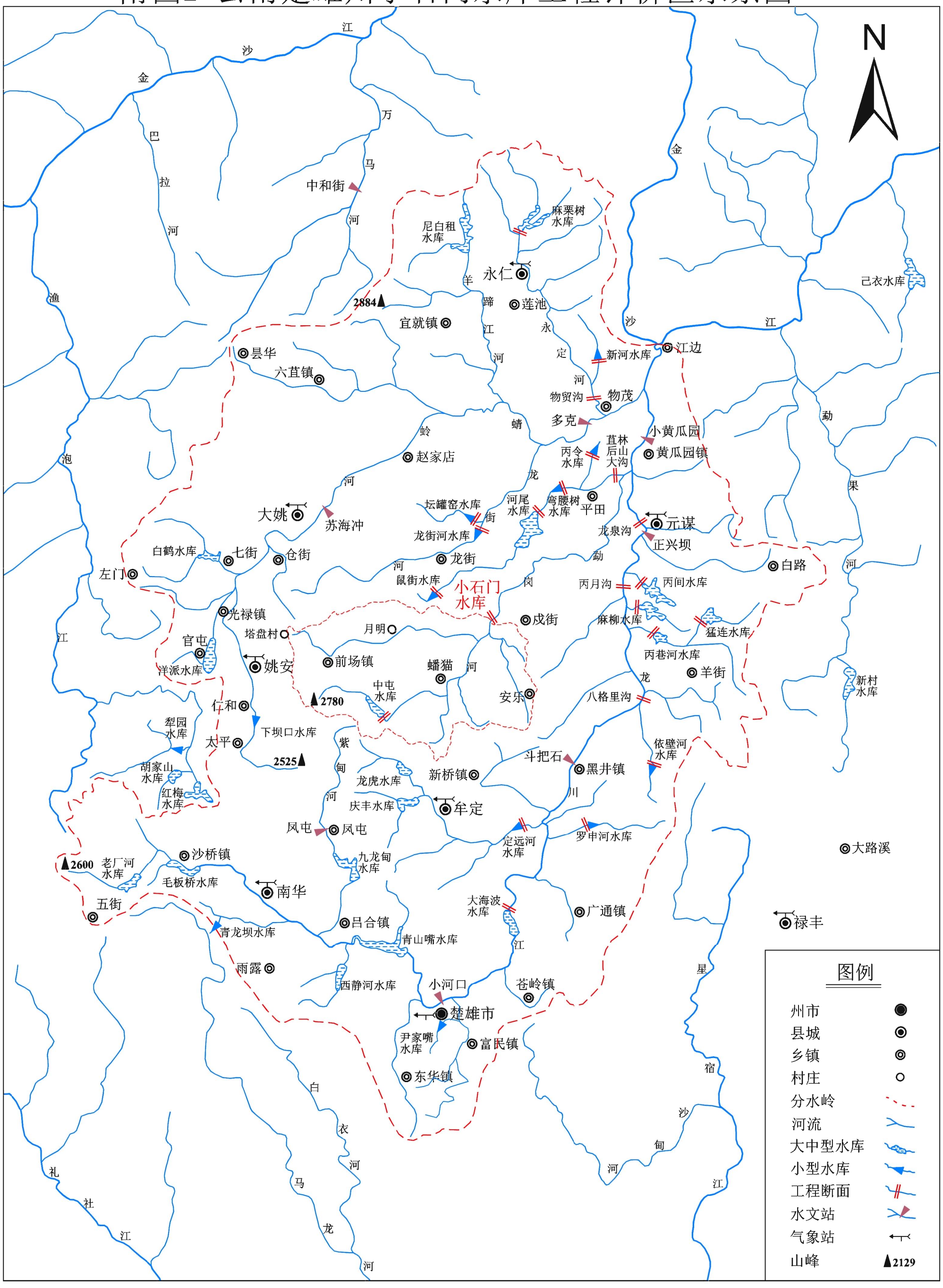
批准：_____　　日期：2020年12月8 日

# 附图1 云南省楚雄州小石门水库工程地理位置图

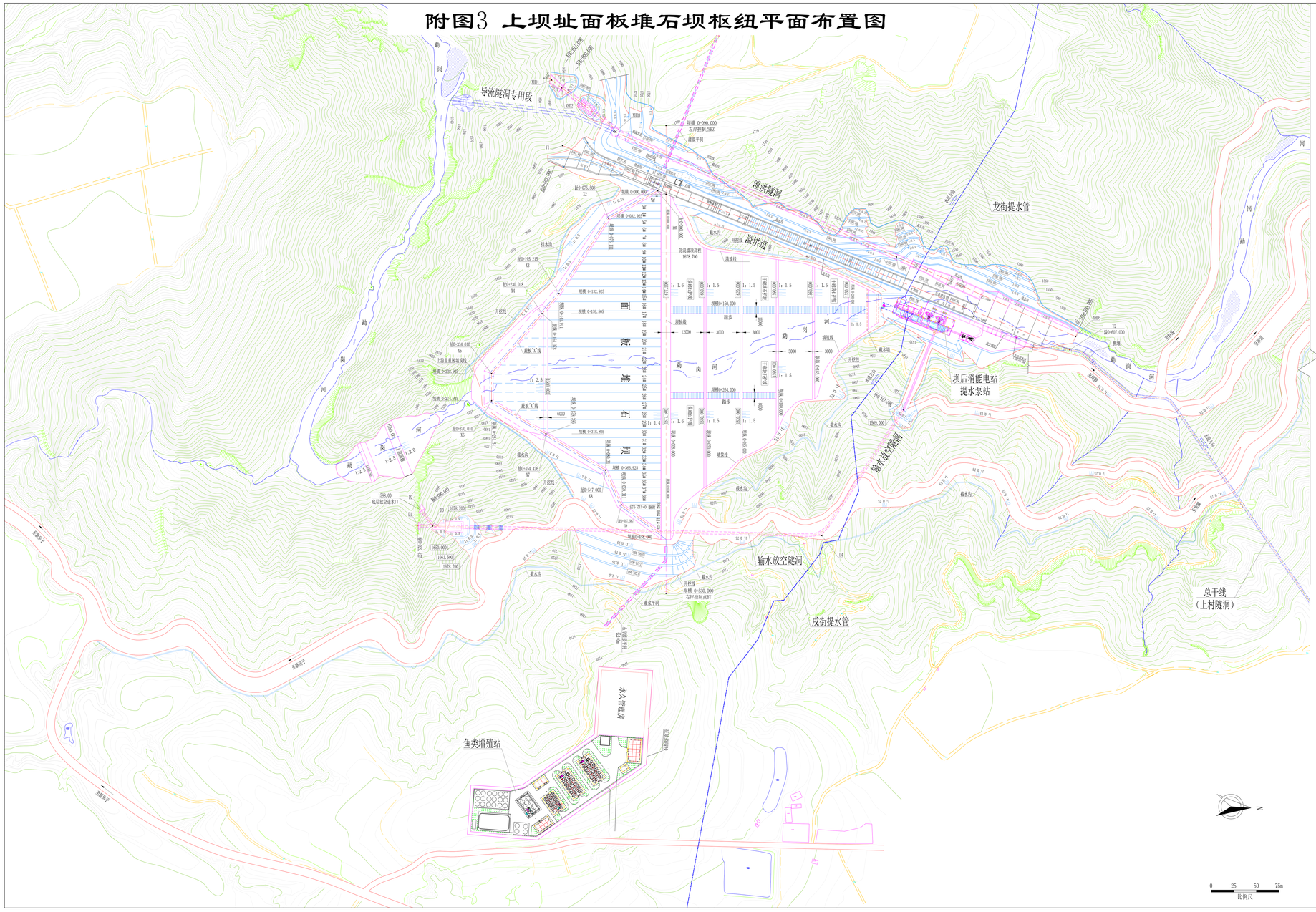
审图号：云S（2019）052号

云南省自然资源厅 监制
云 南 省 地 图 院 编制

# 附图2 云南楚雄州小石门水库工程评价区水系图



# 附图3 上坝址面板堆石坝枢纽平面布置图




## 工 程 特 性 表

| 项　目 | 单位 | 数　量 | 备　注 |
|---|---|---|---|
| 一. 水库 | | | |
| 1. 水　文 | | | |
| 坝址以上流域面积 | km² | 739 | |
| 多年平均入库径流量 | 万m³ | 14201 | |
| 2. 水库水位 | | | |
| 校核洪水位 | m | 1676.30 | P=0.05% |
| 设计洪水位 | m | 1673.00 | P=1% |
| 正常蓄水位 | m | 1673.00 | |
| 死水位 | m | 1601.40 | |
| 3. 水库容积 | | | |
| 总库容 | 万m³ | 11102.0 | |
| 兴利库容 | 万m³ | 8911.1 | |
| 正常库容 | 万m³ | 10368.0 | |
| 死库容 | 万m³ | 1456.9 | |
| 4. 调节特性 | | 多年调节 | |
| 5. 效　益 | | | |
| 新增灌溉面积 | 万亩 | 17.84 | |
| 改善灌溉面积 | 万亩 | 9.46 | |
| 供水人口 | 万人 | 8.24 | |
| 多年平均总供水量 | 万m³ | 6723.5 | |
| 二. 主要建筑物 | | | |
| 地震基本烈度 | 度 | Ⅶ | |
| 大坝设防烈度 | 度 | Ⅷ | |
| 其他主要建筑物设防烈度 | 度 | Ⅶ | |
| 1. 大坝 | | | |
| 型　式 | | 混凝土面板堆石坝 | |
| 坝顶高程 | m | 1677.5 | |
| 最大坝高 | m | 163.5 | |
| 坝顶长度 | m | 458 | |
| 坝顶宽度 | m | 12 | |
| 2. 溢洪道 | | | |
| 型　式 | | 岸边开敞正槽式溢洪道 | |
| 控制堰型 | | 有闸控制WES实用堰 | |
| 堰顶高程 | m | 1665 | |
| 堰　宽 | m | 12 | |

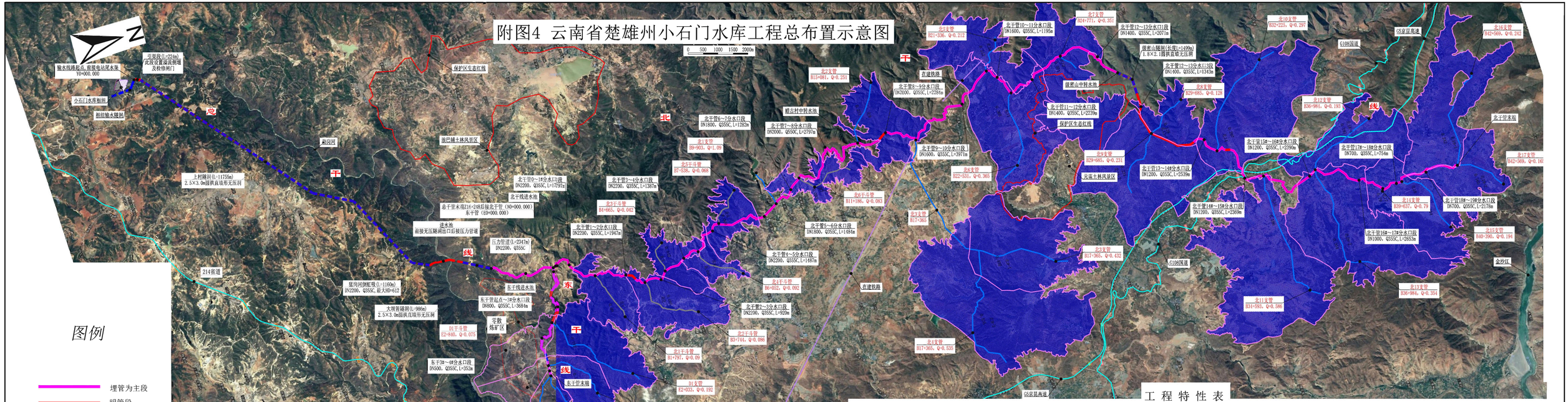
| 项　目 | 单位 | 数　量 | 备　注 |
|---|---|---|---|
| 闸门尺寸 | m×m | 12m×8m | |
| 全　长 | m | 609.00 | |
| 消能方式 | | 阶梯消能结合底流消能 | |
| 消力池尺寸（长×宽×深） | m | 75×16×9 | |
| 校核下泄流量 | m³/s | 887.93 | P=0.05% |
| 设计下泄流量 | m³/s | 528.93 | P=1% |
| 50年一遇下泄流量 | m³/s | 528.93 | P=2% |
| 3. 泄洪隧洞 | | 前段有压后段无压，竖井旋流泄洪洞 | |
| 进口底板高程 | m | 1635.000 | |
| 出口底板高程 | m | 1513.667 | |
| 进口有压洞断面尺寸 | m×m | 4.5×6.0 | |
| 出口无压洞断面尺寸 | m×m | 6.0×6.5 | |
| 旋流竖井直径 | m | 7.5 | |
| 隧洞全长（洞身长） | m | 777.00(522.3) | |
| 校核下泄流量 | m³/s | 468.67 | P=0.05% |
| 设计下泄流量 | m³/s | 387.07 | P=1% |
| 消能防冲流量 | m³/s | 218.07 | P=2% |
| 4、输水隧洞 | | 圆形有压洞 | |
| 进口底板高程 | m | 1588.000 | |
| 出口底板高程 | m | 1581.264 | |
| 全长(洞身长) | m | 734.045（720.755） | |
| 洞　径 | m | 2.8 | |
| 设计输水流量 | m³/s | 12.3 | |
| 5、提水泵站 | | | |
| 龙街提水流量 | m³/s | 0.17 | |
| 龙街设计扬程 | m | 252.8 | |
| 龙街提水管道长度 | km | 3.76 | |
| 戌街提水流量 | m³/s | 0.41 | |
| 戌街设计扬程 | m | 265.4 | |
| 戌街提水管道长度 | m | 2.33 | |
| 装机容量 | kW | 2×355+2×800 | |
| 6、坝后消能电站 | | | |
| 额定水头 | m | 149.4 | |
| 额定流量 | m³/s | 12.3 | |
| 额定出力 | kW | 2×7500 | |

1、图中里程以米计，其余尺寸以毫米计。
2、图中坐标为1980西安坐标系，高程为1985国家高程基准。

**云南省水利水电勘测设计研究院**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 批　准 | | 云南省 楚雄州<br>小石门水库工程 | 可　研　设计<br>水　工　部分 | |
| 核　定 | 曹庆明 | | | |
| 审　查 | 杨超林 | 上坝址混凝土面板堆石坝<br>枢纽平面布置图<br>（推荐方案） | | |
| 校　核 | 马学礼 | | | |
| 设　计 | 杨　霖 | | | |
| 制　图 | 杨　霖 | | | |
| 描　图 | | 比　例 | 见　图 | 日　期　2020.11 |
| 设计证号 | A153000347 | 图　号 | 附图3 | 二　级图纸 |

# 附图4 云南省楚雄州小石门水库工程总布置示意图




## 图例

- 埋管为主段
- 明管段
- 隧洞段
- 公路
- 铁路
- 计入投资支管
- 不计入投资支管
- 分水口
- 灌区

## 工程特性表

| 项目 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 一、水库 | | | |
| 1. 水文 | | | |
| 坝址以上流域面积 | km² | 739 | |
| 多年平均入库径流量 | 万m³ | 14201 | |
| 2. 水库水位 | | | |
| 校核洪水位 | m | 1676.30 | P=0.05% |
| 设计洪水位 | m | 1673.00 | P=1% |
| 正常蓄水位 | m | 1673.00 | |
| 死水位 | m | 1601.40 | |
| 3. 水库容积 | | | |
| 总库容 | 万m³ | 11102.0 | |
| 兴利库容 | 万m³ | 8911.1 | |
| 正常库容 | 万m³ | 10368.0 | |
| 死库容 | 万m³ | 1456.9 | |
| 4. 调节特性 | 多年调节 | | |
| 5. 效益 | | | |

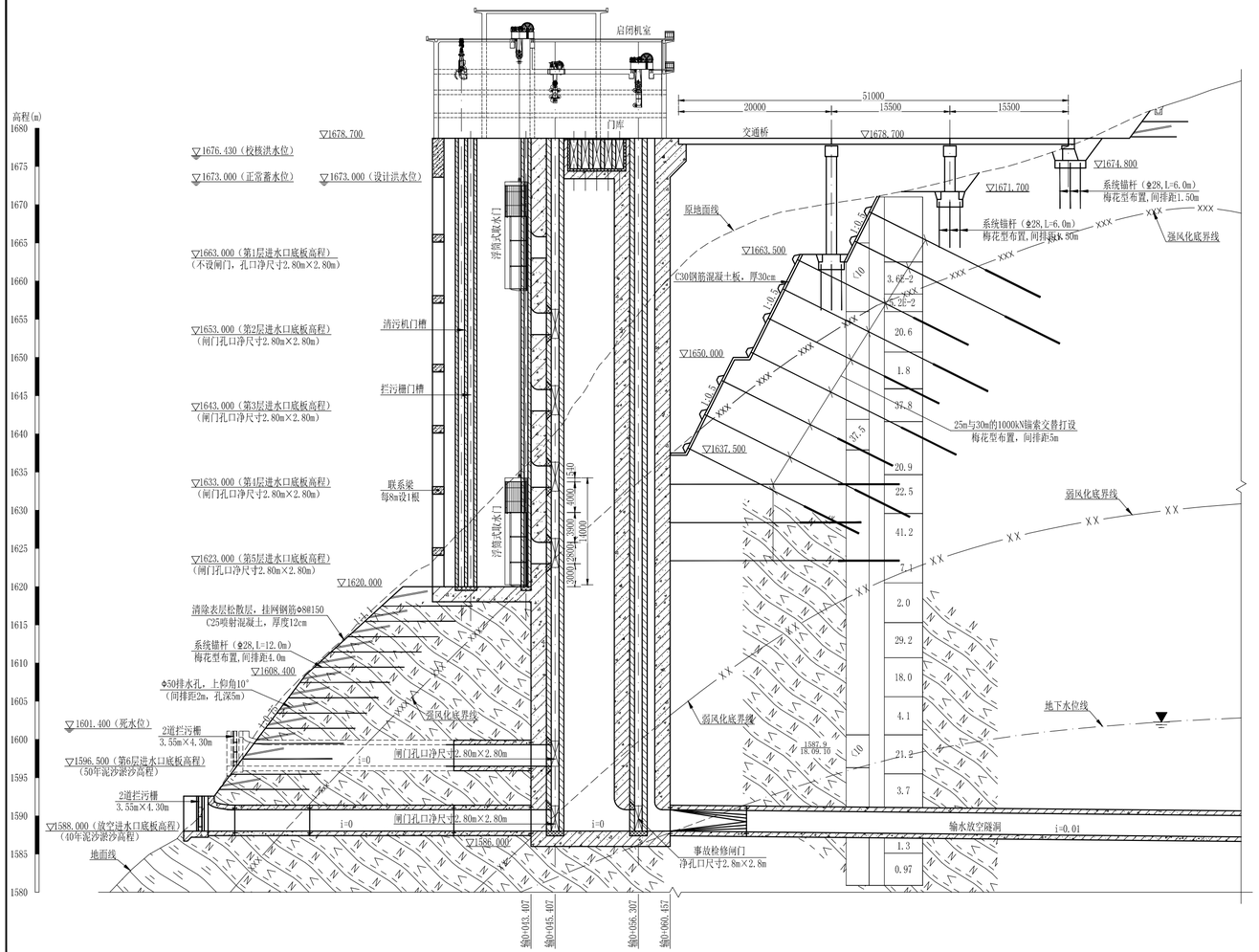
| 项目 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 新增灌溉面积 | 万亩 | 17.84 | |
| 改善灌溉面积 | 万亩 | 9.46 | |
| 供水人口 | 万人 | 8.24 | |
| 多年平均总供水量 | 万m³ | 6723.5 | |
| 二、主要建筑物 | | | |
| 地震基本烈度 | 度 | Ⅶ | |
| 大坝设防烈度 | 度 | Ⅷ | |
| 其他主要建筑物设防烈度 | 度 | Ⅶ | |
| 1. 大坝 | | | |
| 型式 | 混凝土面板堆石坝 | | |
| 坝顶高程 | m | 1677.5 | |
| 最大坝高 | m | 163.5 | |
| 坝顶长度 | m | 458 | |
| 坝顶宽度 | m | 12 | |
| 2. 溢洪道 | | | |
| 型式 | 岸边开敞正槽式溢洪道 | | |

| 项目 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 控制堰型 | 有闸控制WES实用堰 | | |
| 堰顶高程 | m | 1665 | |
| 堰宽 | m | 12 | |
| 闸门尺寸 | m×m | 12m×8m | |
| 全长 | m | 609.00 | |
| 消能方式 | 阶梯消能结合底流消能 | | |
| 消力池尺寸（长×宽×深） | m | 75×16×9 | |
| 校核下泄流量 | m³/s | 887.93 | P=0.05% |
| 设计下泄流量 | m³/s | 528.93 | P=1% |
| 50年一遇下泄流量 | m³/s | 528.93 | P=2% |
| 3. 泄洪隧洞 | 前段有压后段无压，竖井装流泄洪洞 | | |
| 进口底板高程 | m | 1635.000 | |
| 出口底板高程 | m | 1513.667 | |
| 进口有压洞断面尺寸 | m×m | 4.5×6.0 | |
| 出口无压洞断面尺寸 | m×m | 6.0×6.5 | |
| 旋流竖井直径 | m | 7.5 | |

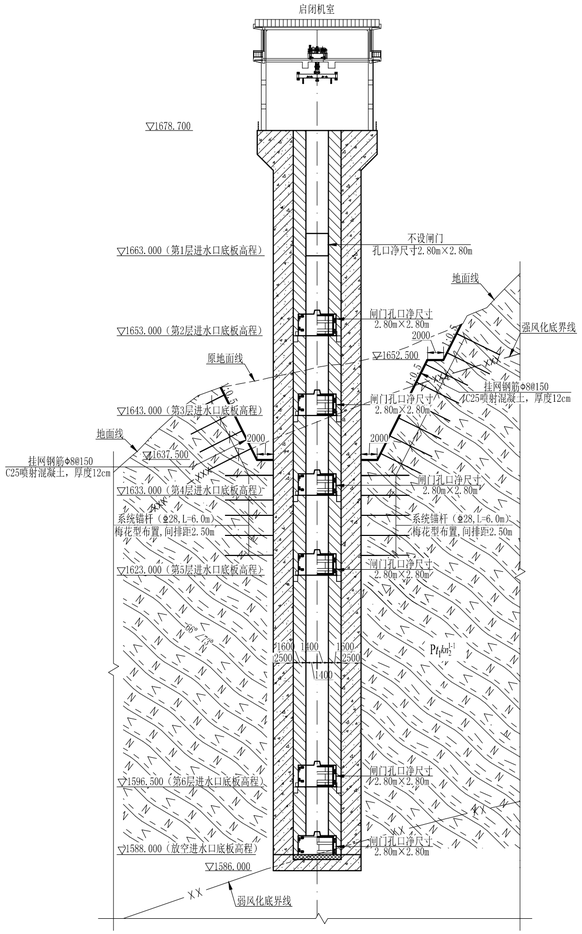
| 项目 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 隧洞全长（洞身长） | m | 777.00(522.3) | |
| 校核下泄流量 | m³/s | 468.67 | P=0.05% |
| 设计下泄流量 | m³/s | 387.07 | P=1% |
| 消能防冲流量 | m³/s | 218.07 | P=2% |
| 4、输水隧洞 | 圆形有压洞 | | |
| 进口底板高程 | m | 1588.000 | |
| 出口底板高程 | m | 1581.264 | |
| 全长（洞身长） | m | 734.045 (720.755) | |
| 洞径 | m | 2.8 | |
| 设计输水流量 | m³/s | 12.3 | |
| 5、提水泵站 | | | |
| 龙街提水流量 | m³/s | 0.17 | |
| 龙街设计扬程 | m | 252.8 | |
| 龙街提水管道长度 | km | 3.76 | |
| 戌街提水流量 | m³/s | 0.41 | |
| 戌街设计扬程 | m | 265.4 | |

| 项目 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 戌街提水管道长度 | km | 2.33 | |
| 装机容量 | kW | 2×355+2×800 | |
| 6、坝后消能电站 | | | |
| 额定水头 | m | 149.4 | |
| 额定流量 | m³/s | 12.3 | |
| 额定出力 | kW | 2×7500 | |
| 7、输水线路 | 有压输水 | | |
| 输水干线总长 | m | 63257 | |
| 其中隧洞长 | m | 14492 | |
| 管径 | m | 2.2~0.5 | |
| 设计流量 | m | 8.27~0.37 | |
| 管材 | 钢管 | | |
| 设计最大HD | m | 612 | |
| 支线长 | m | 67904 | |
| 三、工程总投资 | 万元 | 471674.64 | |

## 分层取水塔纵剖面图 1:500




## 桩号输0+045.407剖面图 1:500




图例：

- 一期C30钢筋混凝土剖面图
- 二期C35混凝土剖视图
- 二期C35混凝土剖面图

说明：

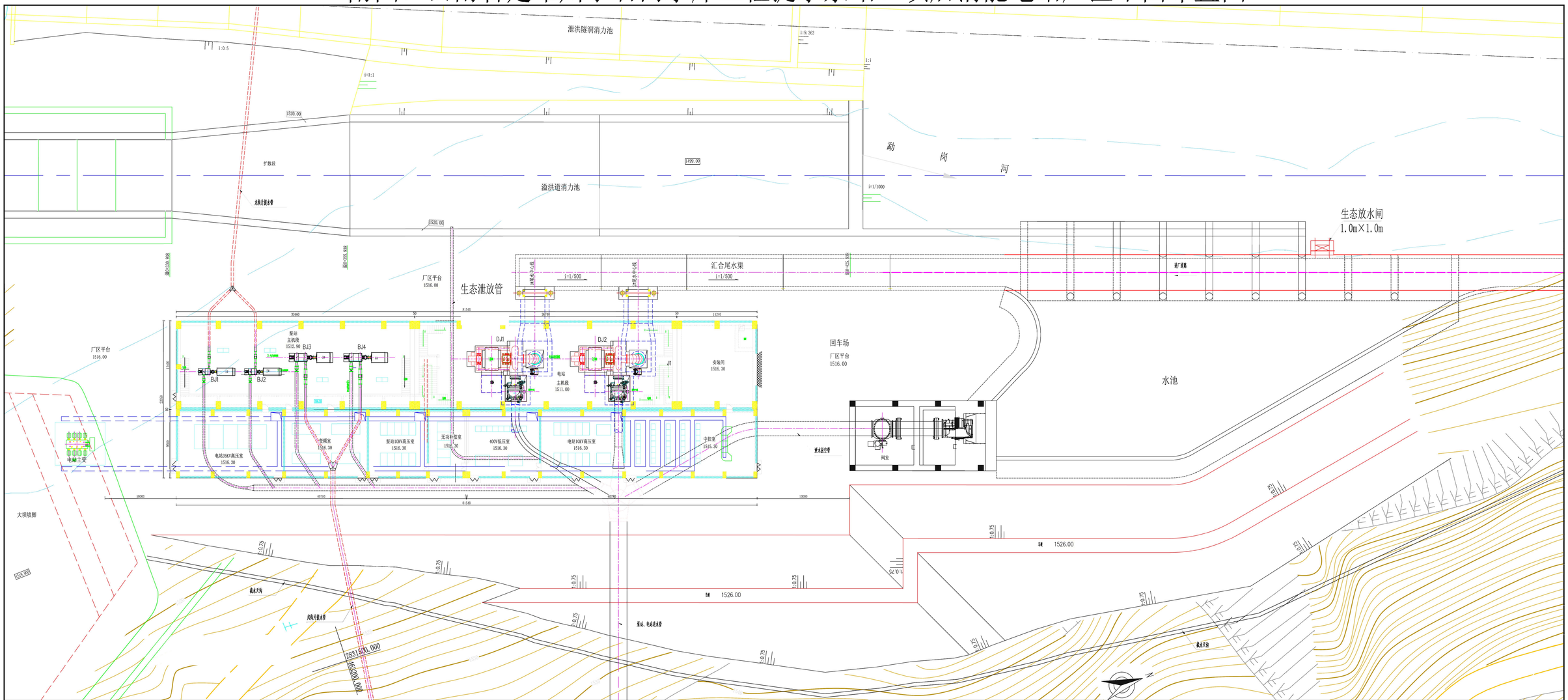
1、本图中，高程、桩号单位以m计外，其余尺寸单位均以mm计；
2、本套上坝址混凝土面板堆石坝方案输水放空隧洞布置图（推荐方案）共3张，本图为第3张，其余说明见第1张。

| 金结 | 李六彩 | 2021.07 |
|---|---|---|
| 地质 | 林志勇 | 2021.07 |
| 会签专业 | 会签者 | 日期 |

**云南省水利水电勘测设计研究院**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 批准 | | 云南省 楚雄州<br>小石门水库工程 | 可研 设计 | |
| 核定 | 曹庆明 | | 水工 部分 | |
| 审查 | 杨超林 | 上坝址混凝土面板堆石坝方案 | | |
| 校核 | 马学礼 | 输水放空隧洞布置图（3/4） | | |
| 设计 | 钱云 左艳波 | （推荐方案） | | |
| 制图 | 钱云 左艳波 | | | |
| 描图 | | 比例 | 见图 | 日期 2021.07 |
| 设计证号 | A153000347 | 图号 | XSMSK-KY-SG-SN-23 | 二级图纸 |

# 附图6 云南省楚雄州小石门水库工程提水泵站、坝后消能电站厂区平面布置图




## 泵站工程特性表

| 名 称 | 单位 | 数 量 | 名 称 | 单位 | 数 量 | 名 称 | 单位 | 数 量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一、水位及流量 | | | 供水方式 | | 一管四机 | 五、装机规模 | | |
| 1、最高水位 | m | 1673.00 | 出水主管（大小） | m | 0.35、0.3 | 单台水泵容量（大小） | kW | 2×710+2×315 |
| 2、设计水位 | m | 1673.00 | 出水管中心高程（大小） | m | 1513.85、1513.62 | 水泵台数 | | 4 |
| 2、最低水位 | m | 1601.40 | 四、厂房 | | | 设计扬程（大小） | m | 265.4、258.4 |
| 4、设计引用流量 | m³/s | 0.17、0.41 | 型式 | | 地面式厂房 | | | |
| 二、进水管 | | | 地基特性 | | 砂卵砾石层 | | | |
| 进水管型式 | | 压力钢管 | 主机段尺寸（长×宽×高） | m | 33.46×12.4×15.62 | | | |
| 设计引用流量 | m³/s | 0.58 | 安装间尺寸（长×宽×高） | m | 11.24×12.4×17.12 | | | |
| 进水管 | m | 0.85 | 副厂房尺寸（长×宽×高） | m | 81.54×9.6×7.45 | | | |
| 进水管中心高程（大小） | m | 1513.80、1513.60 | 水泵安装高程 | m | 1514.125、1513.94 | | | |
| 三、出水管 | | | 厂区平台高程 | m | 1516.000 | | | |

## 电站工程特性表

| 序号及名称 | 单位 | 数量 | 备注 | 序号及名称 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主厂房型式 | | 地面式 | | 最小工作水头 | m | 101.0 | |
| 尺寸（长×宽×高） | m | 36.74×12.4×21.62 | | 额定水头 | m | 149.4 | |
| 水轮机安装高程 | m | 1511.850 | | 额定流量 | m³/s | 12.3 | |
| 副厂房型式 | | 地面式 | | 发电机型号 | | SFW7500-8/2150 | |
| 尺寸（长×宽×高） | m | 81.54×9.6×7.45 | 与泵站共用 | 台数 | 台 | 2 | |
| 主变型号 | | SF13-20000/35 | | 最低尾水位 | m | 1514.41 | |
| 水轮机型号 | | HLA936-WJ-102 | | 正常尾水位 | m | 1513.56 | |
| 台数 | 台 | 2 | | 厂内起重机型式 | | 桥式起重机 | |
| 额定出力 | KW | 2×7500 | | 跨度 | m | 10.0 | |
| 额定转速 | r/min | 750 | | 起重量 | t | 32/5 | |
| 最大工作水头 | m | 159.44 | | 轨顶高程 | m | 1523.30 | |

说明:

1、图中尺寸单位除高程以米计外，其余均以毫米计；

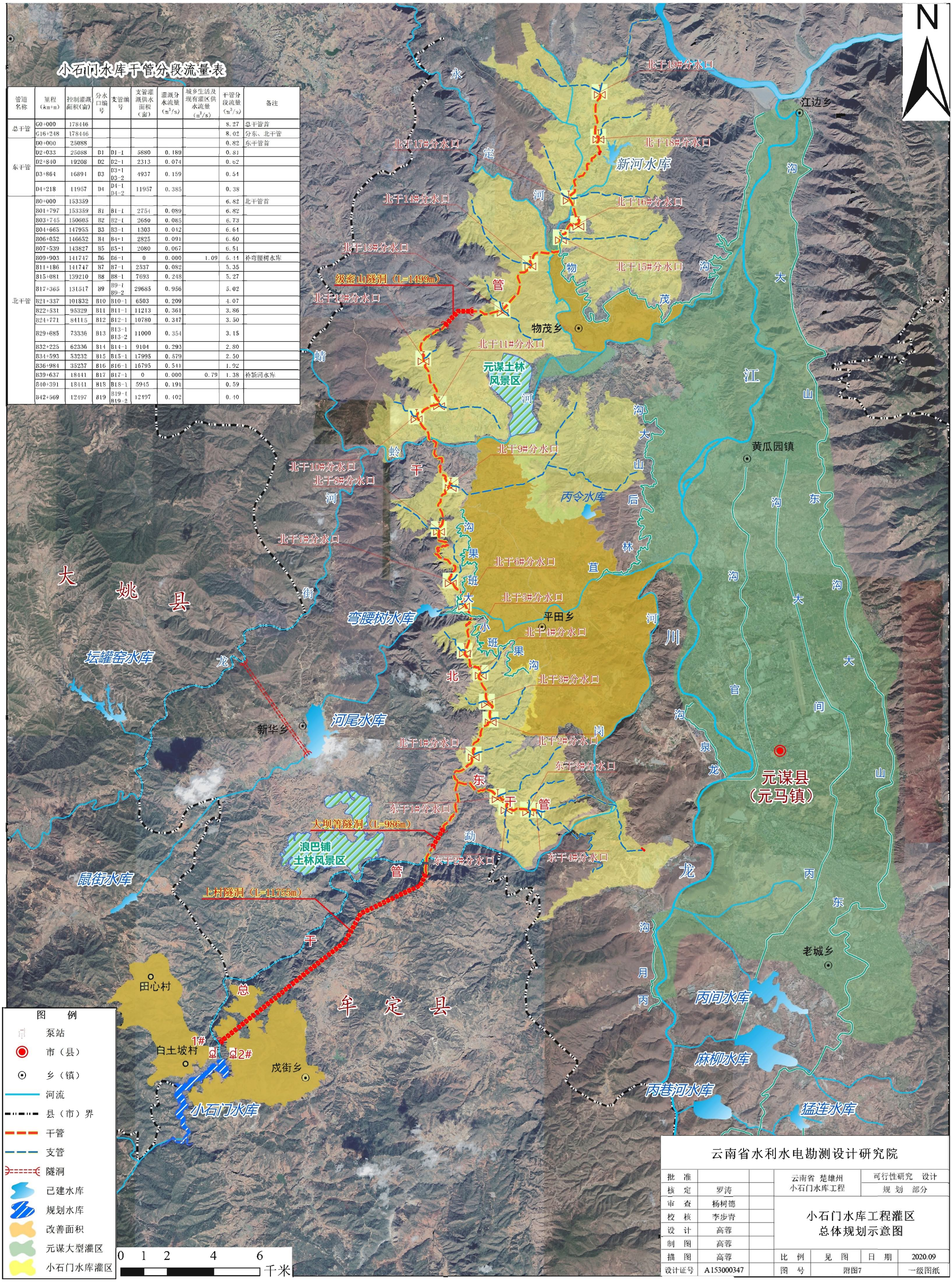
| | | | |
|---|---|---|---|
| 电气专业 | 杨贵防 | 2020.10 | 制 图 |
| 水机专业 | 个方方 | 2020.10 | 描 图 |
| 会签单位 | 会签者 | 日期 | 设计证号 |

云南省水利水电勘测设计研究院

| | | | |
|---|---|---|---|
| 批 准 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 |
| 核 定 | 曹庆明 | | 可研 设计 水工 部分 |
| 审 查 | 阮璐 | | 上坝址推荐方案 |
| 校 核 | 刘俊华 | | |
| 设 计 | 保杰龙 | | 提水泵站、坝后消能电站厂区平面布置图 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 比 例 | 1:200 | 日 期 | 2020.10 |
| 图 号 | 附图6 | | 二级图纸 |

# 附图7 小石门水库工程灌区规划示意图



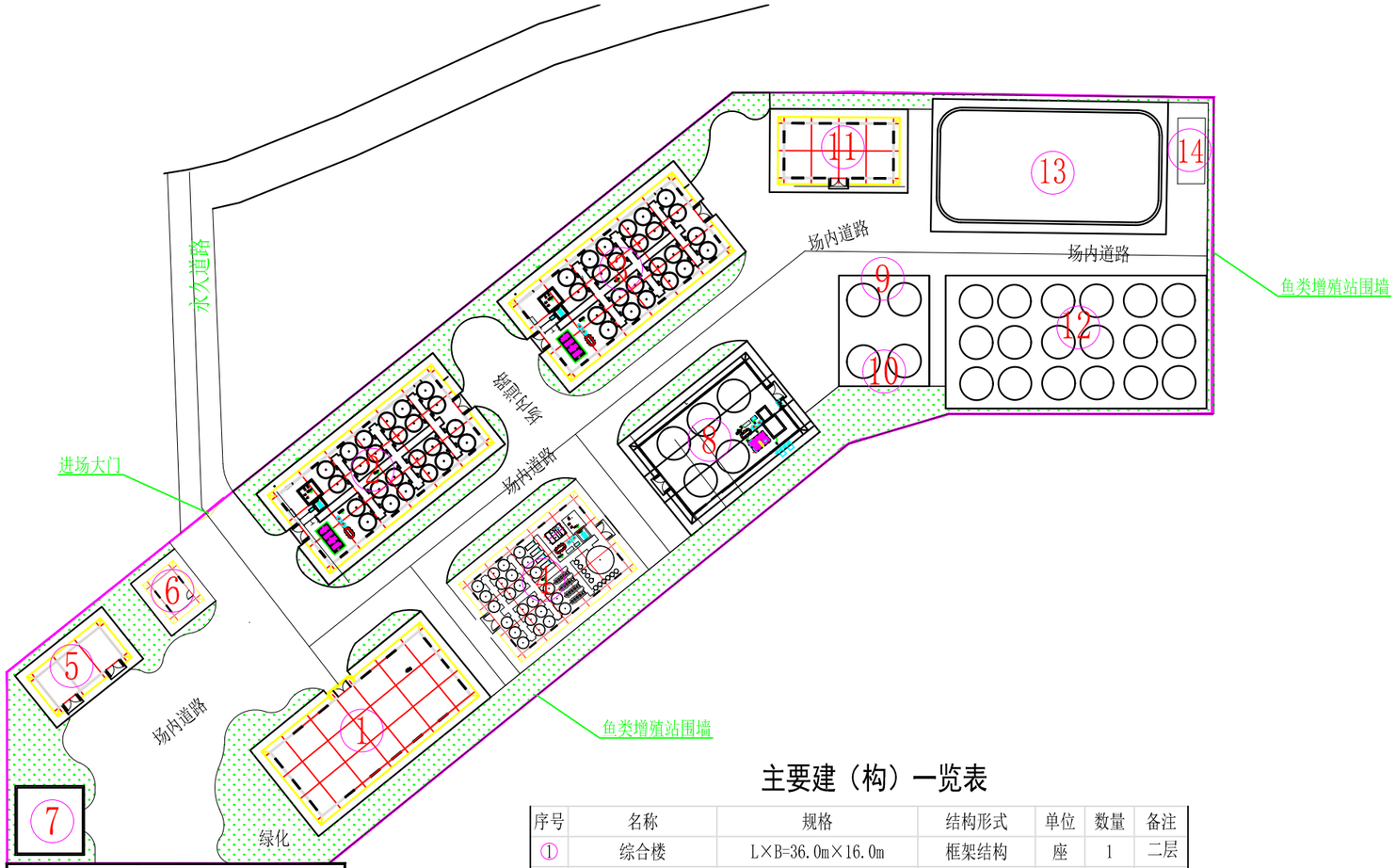

小石门水库干管分段流量表

| 管道名称 | 里程（km+m） | 控制灌溉面积(亩) | 分水口编号 | 支管编号 | 支管灌溉供水面积（亩） | 灌溉分水流量（$m^3/s$） | 城乡生活及现有灌区供水流量（$m^3/s$） | 干管分段流量（$m^3/s$） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 总干管 | G0+000 | 178446 | | | | | | 8.27 | 总干管首 |
| | G16+248 | 178446 | | | | | | 8.02 | 分东、北干管 |
| 东干管 | D0+000 | 25088 | | | | | | 0.82 | 东干管首 |
| | D2+033 | 25088 | D1 | D1-1 | 5880 | 0.189 | | 0.81 | |
| | D2+840 | 19208 | D2 | D2-1 | 2313 | 0.074 | | 0.62 | |
| | D3+864 | 16894 | D3 | D3-1<br>D3-2 | 4937 | 0.159 | | 0.54 | |
| | D4+218 | 11957 | D4 | D4-1<br>D4-2 | 11957 | 0.385 | | 0.38 | |
| 北干管 | B0+000 | 153359 | | | | | | 6.82 | 北干管首 |
| | B01+797 | 153359 | B1 | B1-1 | 2754 | 0.089 | | 6.82 | |
| | B03+745 | 150605 | B2 | B2-1 | 2650 | 0.085 | | 6.73 | |
| | B04+665 | 147955 | B3 | B3-1 | 1303 | 0.042 | | 6.64 | |
| | B06+052 | 146652 | B4 | B4-1 | 2825 | 0.091 | | 6.60 | |
| | B07+539 | 143827 | B5 | B5-1 | 2080 | 0.067 | | 6.51 | |
| | B09+903 | 141747 | B6 | B6-1 | 0 | 0.000 | 1.09 | 6.44 | 补弯腰树水库 |
| | B11+186 | 141747 | B7 | B7-1 | 2537 | 0.082 | | 5.35 | |
| | B15+081 | 139210 | B8 | B8-1 | 7693 | 0.248 | | 5.27 | |
| | B17+365 | 131517 | B9 | B9-1<br>B9-2 | 29685 | 0.956 | | 5.02 | |
| | B21+337 | 101832 | B10 | B10-1 | 6503 | 0.209 | | 4.07 | |
| | B22+531 | 95329 | B11 | B11-1 | 11213 | 0.361 | | 3.86 | |
| | B24+771 | 84115 | B12 | B12-1 | 10780 | 0.347 | | 3.50 | |
| | B29+685 | 73336 | B13 | B13-1<br>B13-2 | 11000 | 0.354 | | 3.15 | |
| | B32+225 | 62336 | B14 | B14-1 | 9104 | 0.293 | | 2.80 | |
| | B34+593 | 53232 | B15 | B15-1 | 17995 | 0.579 | | 2.50 | |
| | B36+984 | 35237 | B16 | B16-1 | 16795 | 0.541 | | 1.92 | |
| | B39+637 | 18441 | B17 | B17-1 | 0 | 0.000 | 0.79 | 1.38 | 补新河水库 |
| | B40+391 | 18441 | B18 | B18-1 | 5945 | 0.191 | | 0.59 | |
| | B42+569 | 12497 | B19 | B19-1<br>B19-2 | 12497 | 0.402 | | 0.40 | |

云南省水利水电勘测设计研究院

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 批 准 | | | 云南省 楚雄州<br>小石门水库工程 | 可行性研究 设计<br>规 划 部分 | | |
| 核 定 | 罗涛 | | | | | |
| 审 查 | 杨树德 | | 小石门水库工程灌区<br>总体规划示意图 | | | |
| 校 核 | 李步青 | | | | | |
| 设 计 | 高蓉 | | | | | |
| 制 图 | 高蓉 | | | | | |
| 描 图 | 高蓉 | | 比 例 | 见 图 | 日 期 | 2020.09 |
| 设计证号 | A153000347 | | 图 号 | 附图7 | | 一级图纸 |

# 附图8　云南省楚雄州小石门水库工程鱼类增殖站平面总布置图




（由建设单位另行建设）

永久管理房

图例：

- 征地红线
- 地上建筑物
- 鱼池(构筑物)
- 新建道路
- 绿化

## 主要建（构）一览表

| 序号 | 名称 | 规格 | 结构形式 | 单位 | 数量 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 综合楼 | L×B=36.0m×16.0m | 框架结构 | 座 | 1 | 二层 |
| ② | 鱼种培育车间 | L×B=36.0m×16.0m | 门式钢架 | 座 | 1 | 一层 |
| ③ | 鱼苗培育车间 | L×B=36.0m×16.0m | 门式钢架 | 座 | 1 | 一层 |
| ④ | 催产孵化车间 | L×B=25.0m×16.0m | 门式钢架 | 座 | 1 | 一层 |
| ⑤ | 变配电间 | L×B=15.0m×7.0m | 框架结构 | 座 | 1 | 一层 |
| ⑥ | 值班室 | L×B=7.0m×5.0m | 框架结构 | 座 | 1 | |
| ⑦ | 蓄水池 | L×B×H=12.0m×12.0m×4.0m | 钢筋混凝土 | 座 | 1 | 一层 |
| ⑧ | 亲鱼车间 | L×B=25.0m×16.0m | 门式钢架 | 座 | 1 | 一层 |
| ⑨ | 防疫隔离池 | D×H=6.0m×1.5m | 模块化养殖池 | 座 | 2 | |
| ⑩ | 生物饵料池 | D×H=6.0m×1.5m | 模块化养殖池 | 座 | 2 | |
| ⑪ | 仓库 | L×B=15.0m×10.0m | 框架结构 | 座 | 1 | |
| ⑫ | 后备亲鱼池 | D×H=6.0m×1.5m | 模块化养殖池 | 座 | 18 | |
| ⑬ | 生态处理池 | L×B=40.0m×20.0m | | 套 | 1 | |
| ⑭ | 一体化污水处理系统 | L×B=12.0m×5.0m | | 套 | 1 | |

## 主要技术经济指标表

| 序号 | 指标名称 | 单位 | 数量 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 总用地面积 | $hm^2$ | 1.49 | |
| 2 | 建筑总占地面积 | $m^2$ | 7460 | |
| 3 | 绿地面积 | $m^2$ | 2739 | |
| 4 | 站内道路面积 | $m^2$ | 4701 | |
| 5 | 总建筑面积 | $m^2$ | 3395 | |

说明：

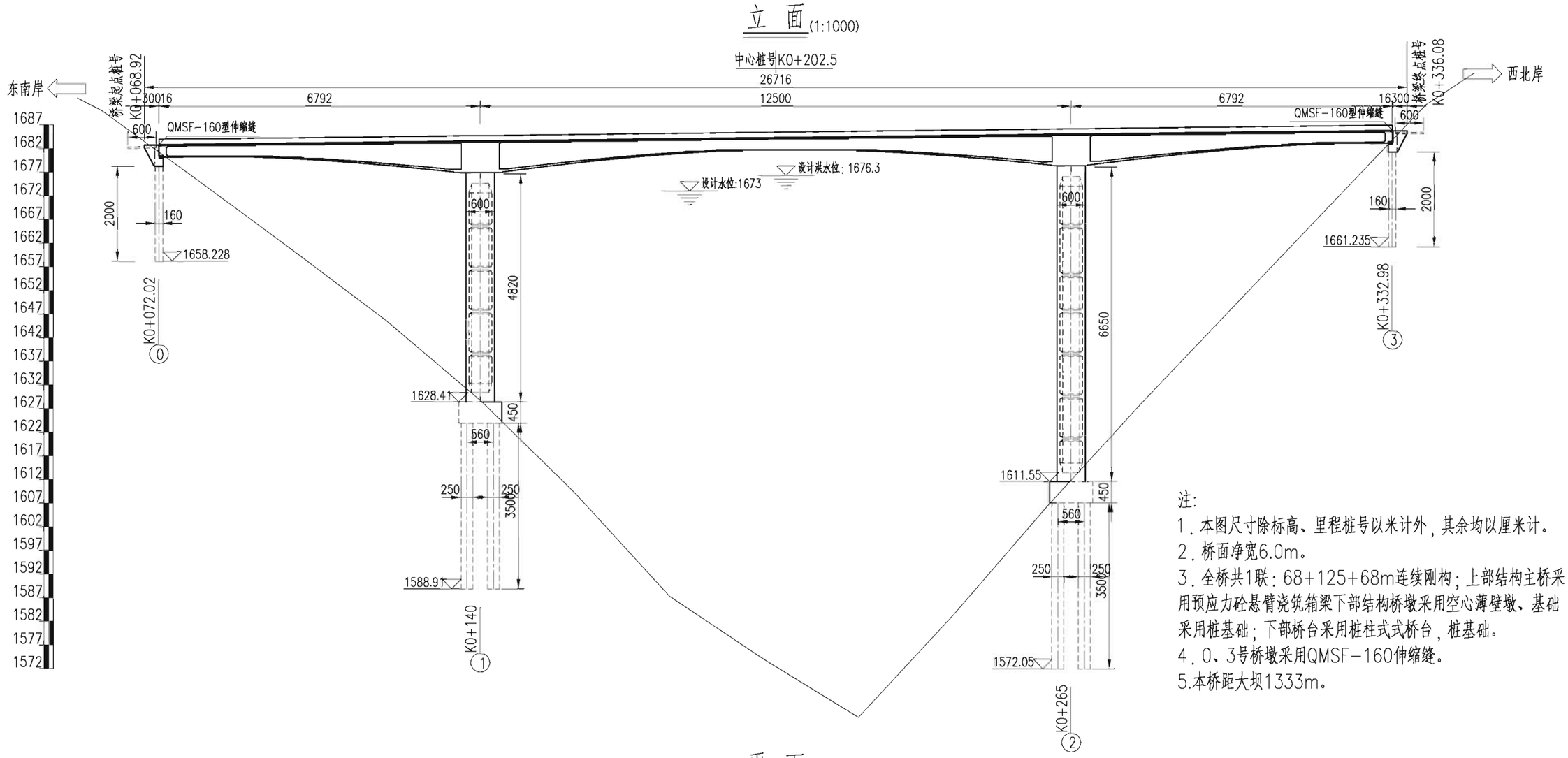
1、图中尺寸以毫米计，标高以米计；

2、增殖放流站建在山顶上，四周采用挡墙围护形成平台，挡墙上部修建围墙；

3、尾水处理系统采用一体化污水处理设备。

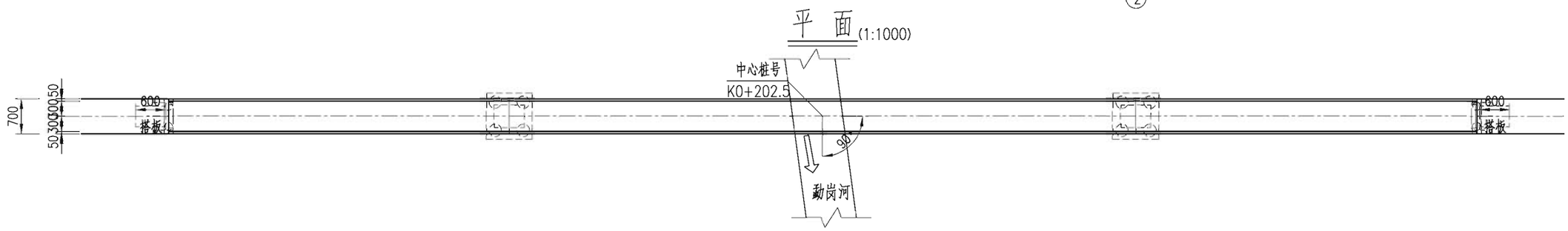
| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 可研专题　阶段 | |
| 审查 | | | 环　保　部分 | |
| 校核 | | | 云南省楚雄州<br>小石门水库工程 | |
| 设计 | | | | |
| 制图 | | 刘思汛 | 鱼类增殖站<br>总平面布置图 | |
| 比例 | 1:100 | | | |
| 设计证号 | | | 日期 | 2021.08 |
| 资质证号 | | | 图号 | 附图8 |

# 附图9-1 云南省楚雄州小石门水库工程生态廊桥布置图



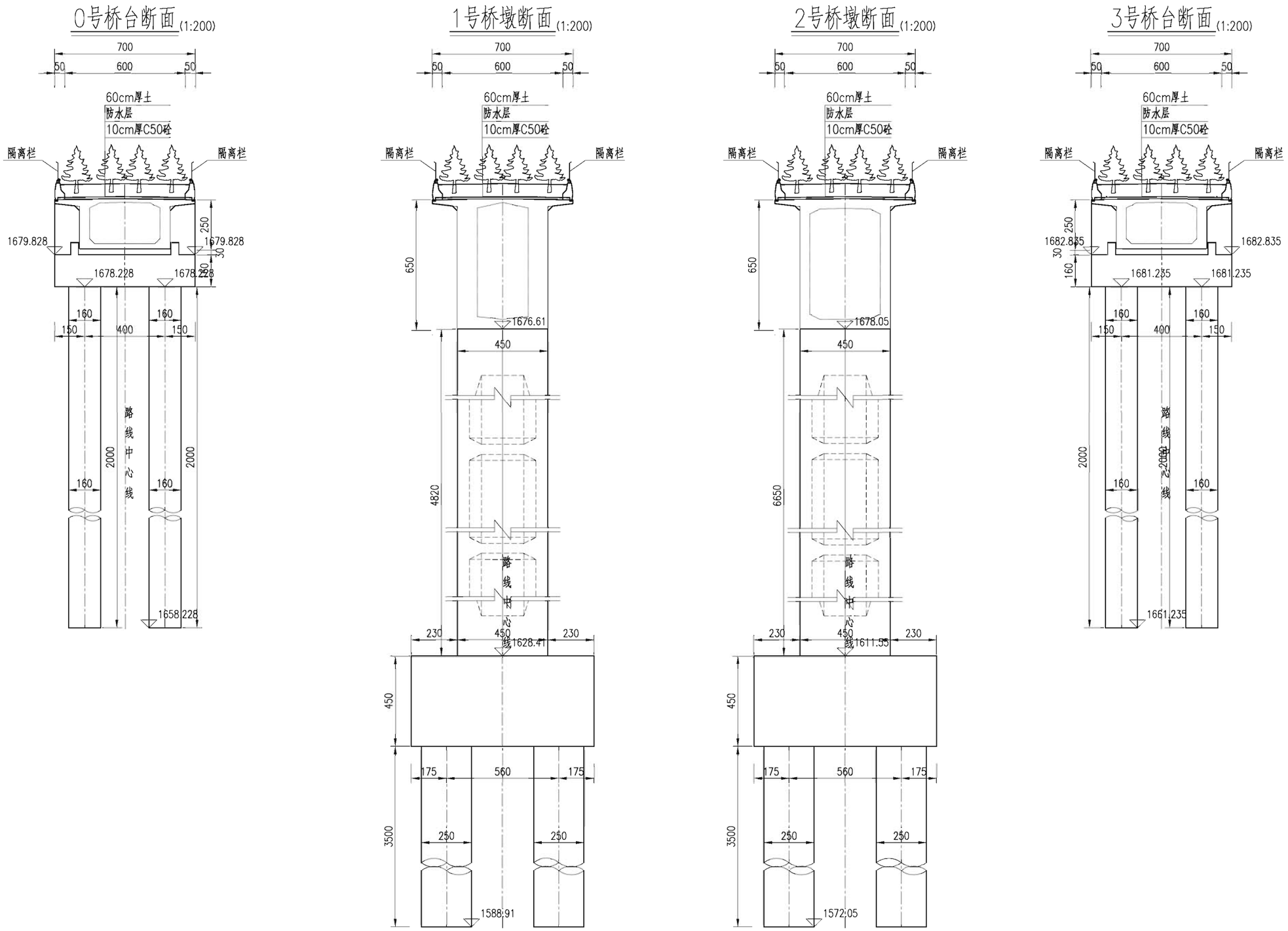

注:

1. 本图尺寸除标高、里程桩号以米计外，其余均以厘米计。
2. 桥面净宽6.0m。
3. 全桥共1联：68+125+68m连续刚构；上部结构主桥采用预应力砼悬臂浇筑箱梁下部结构桥墩采用空心薄壁墩、基础采用桩基础；下部桥台采用桩柱式式桥台，桩基础。
4. 0、3号桥墩采用QMSF-160伸缩缝。
5.本桥距大坝1333m。



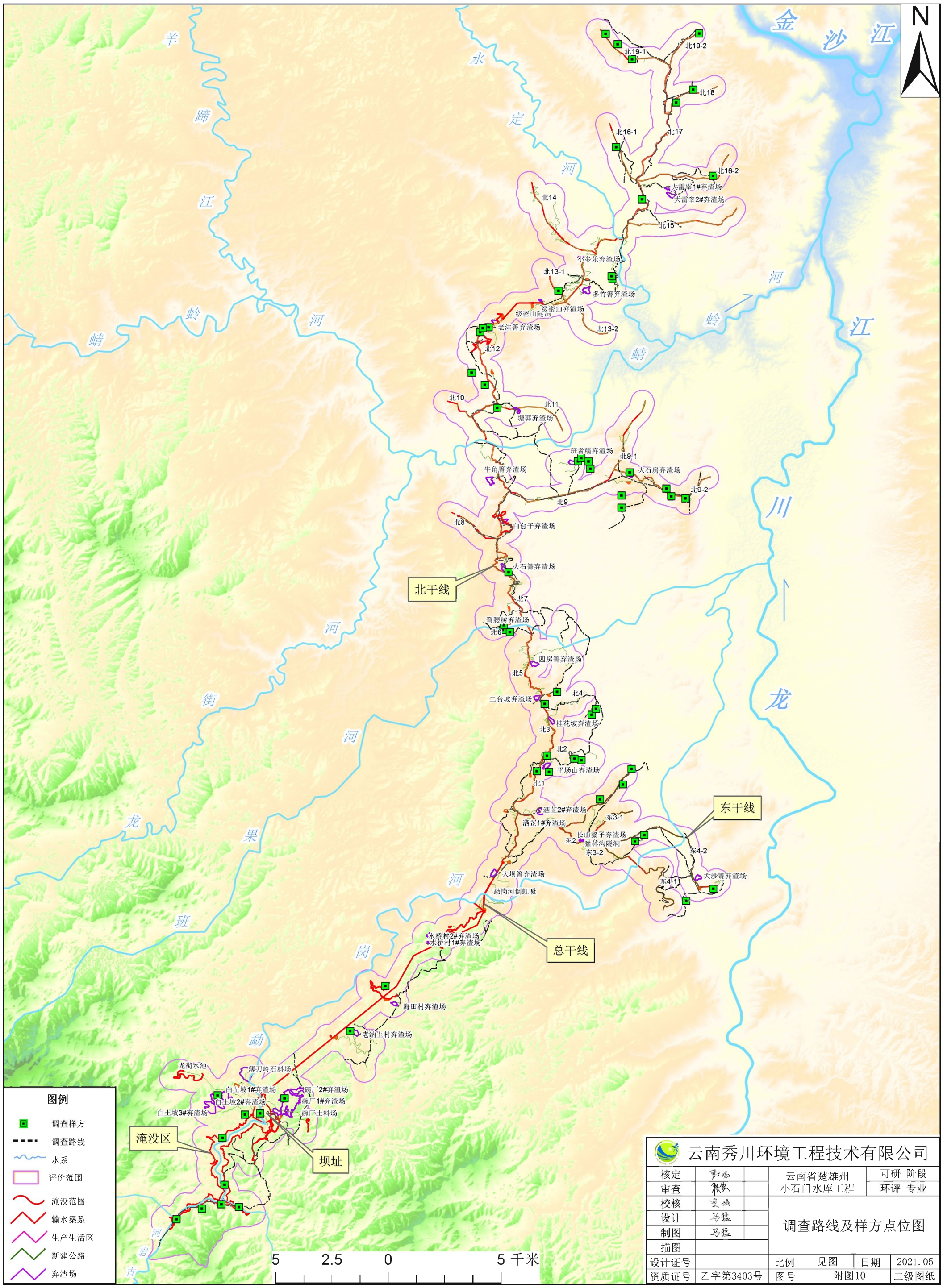

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 云南省交通勘察设计研究院 | 云南省楚雄州小石门水库工程生态廊桥 | K0+202.5 68+125+68m连续刚构 | 桥型布置图 | 设 计 | | 复 核 | | 审 核 | | 审 定 | | 图 号 | K6-02 | 日 期 | 2021.07 |

# 附图9-2 云南省楚雄州小石门水库工程生态廊桥布置图

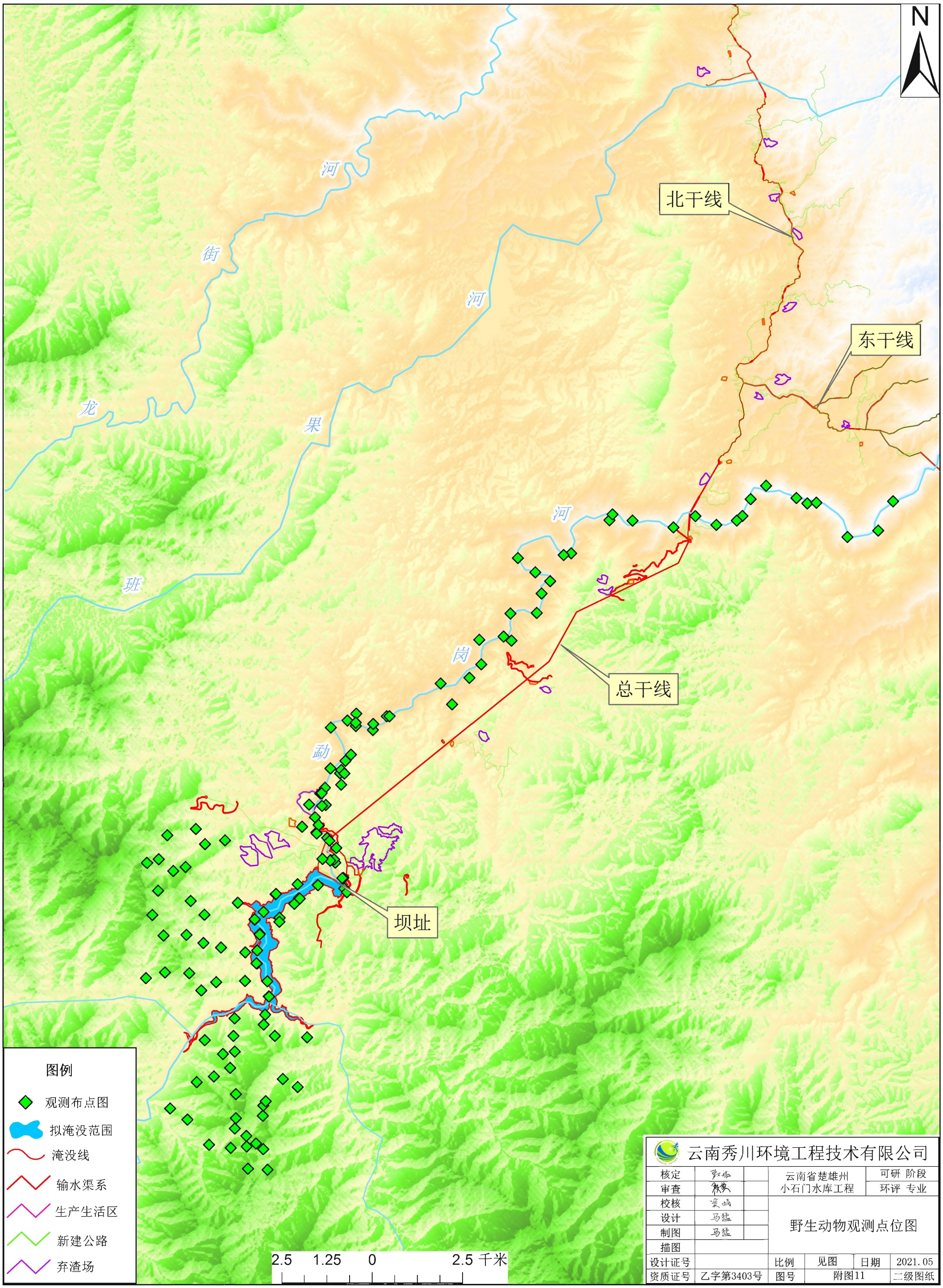



| 云南省交通勘察设计研究院 | 云南省楚雄州小石门水库工程生态廊桥 | K0+202.5 / 68+125+68m连续刚构 桥型布置图 | 设 计 | | 复 核 | | 审 核 | | 审 定 | | 图 号 | K6-02 | 日 期 | 2021.07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

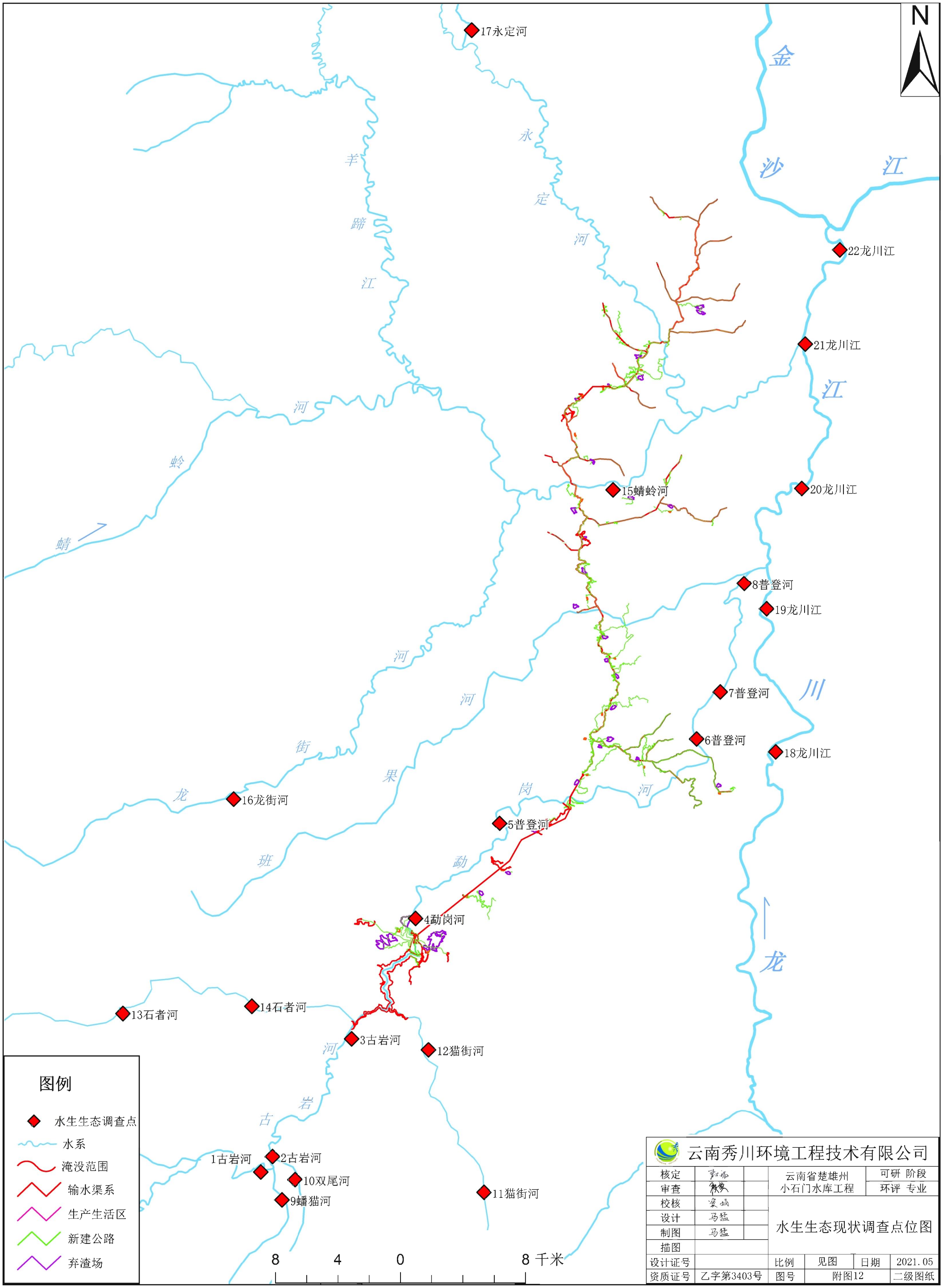
# 附图10云南省楚雄州小石门水库工程陆生生态现状调查线路及样方点位图



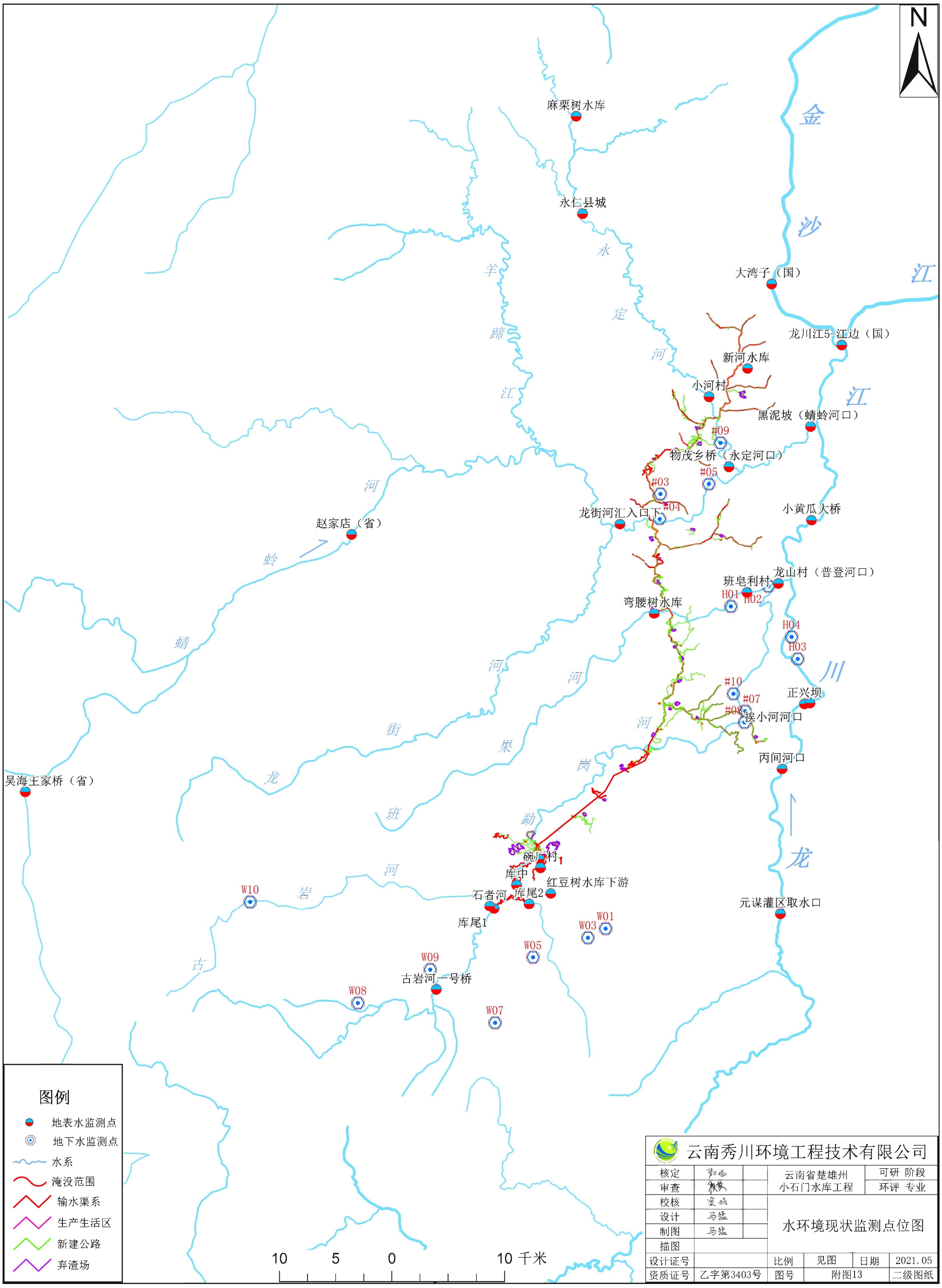
# 附图11 云南省楚雄州小石门水库工程野生动物观测点位图



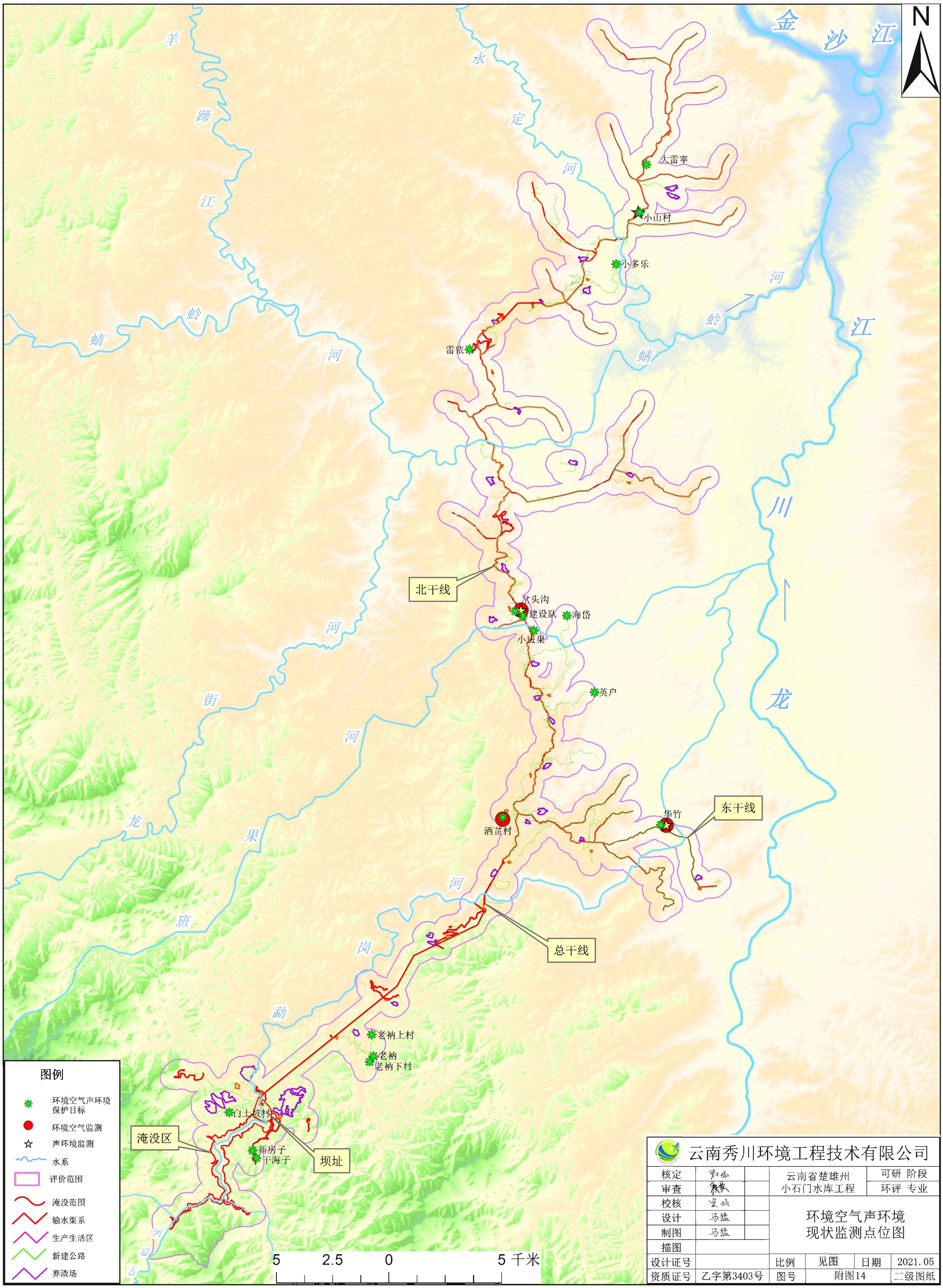
# 附图12 云南省楚雄州小石门水库工程水生生态现状调查点位图



# 附图13 云南省楚雄州小石门水库工程水环境现状监测点位图

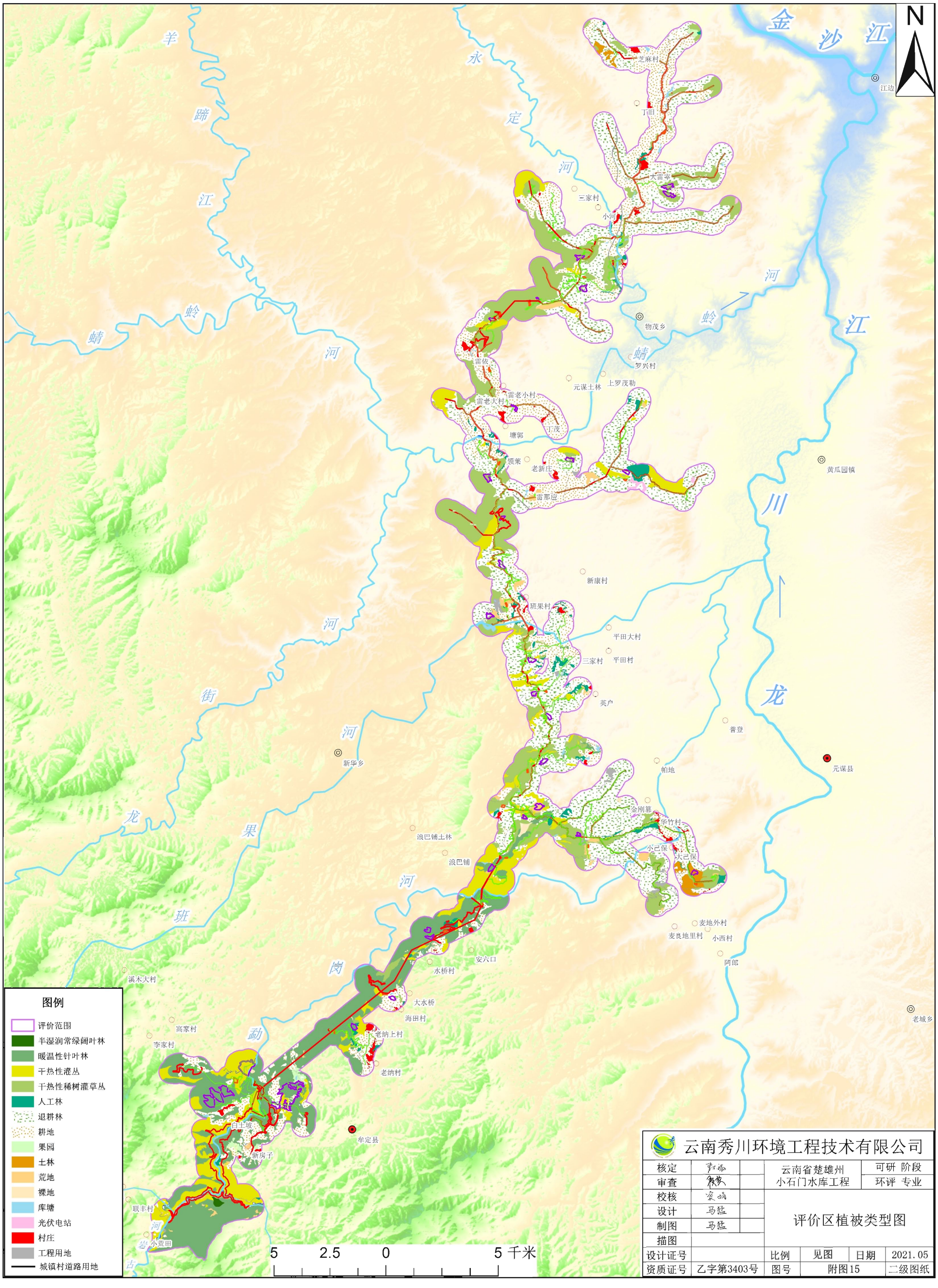


# 附图14 云南省楚雄州小石门水库工程环境空气声环境现状监测点位图



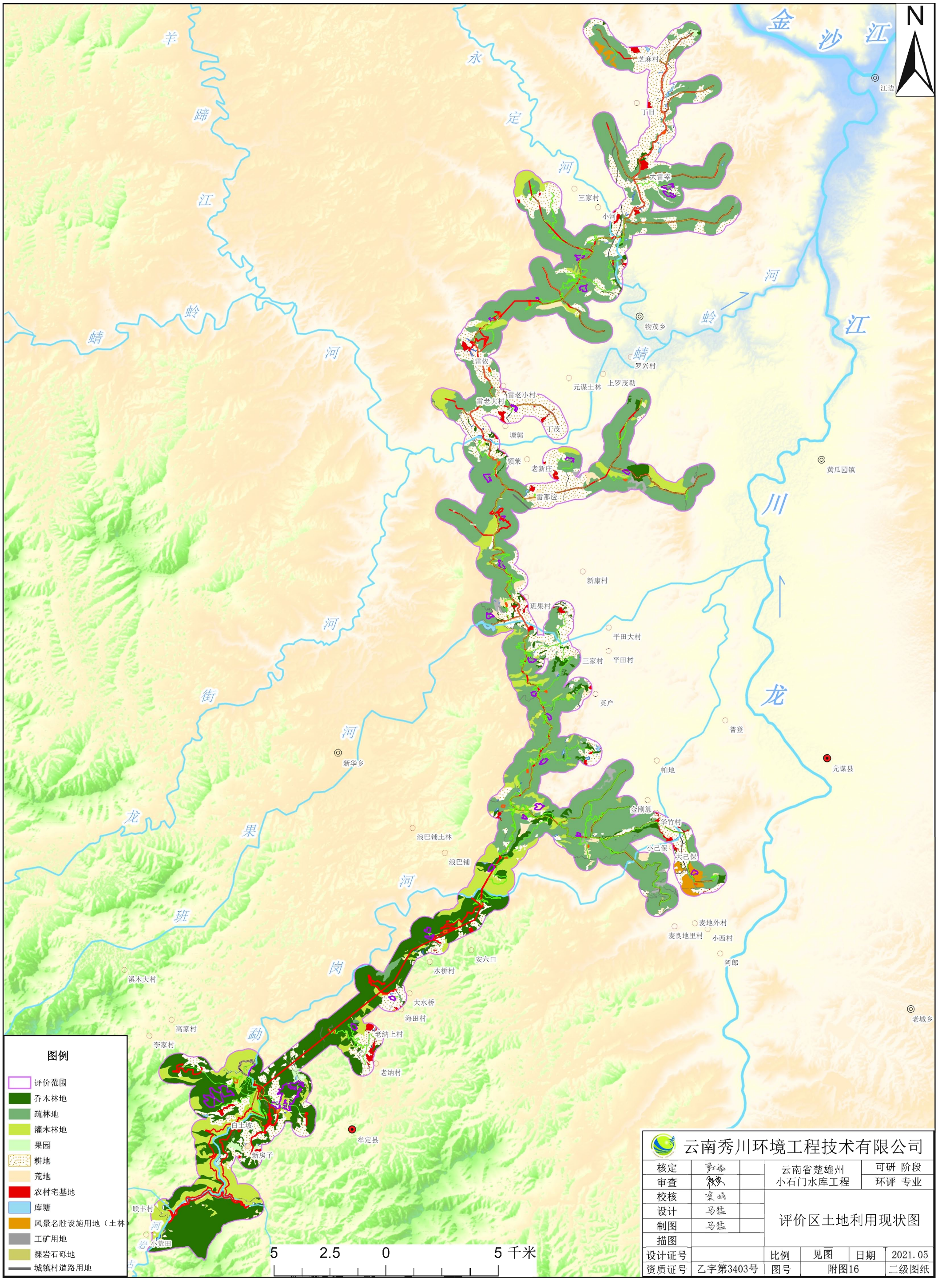

| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 环境空气声环境现状监测点位图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图14 | | 二级图纸 |

# 附图15 云南省楚雄州小石门水库工程评价区植被现状图



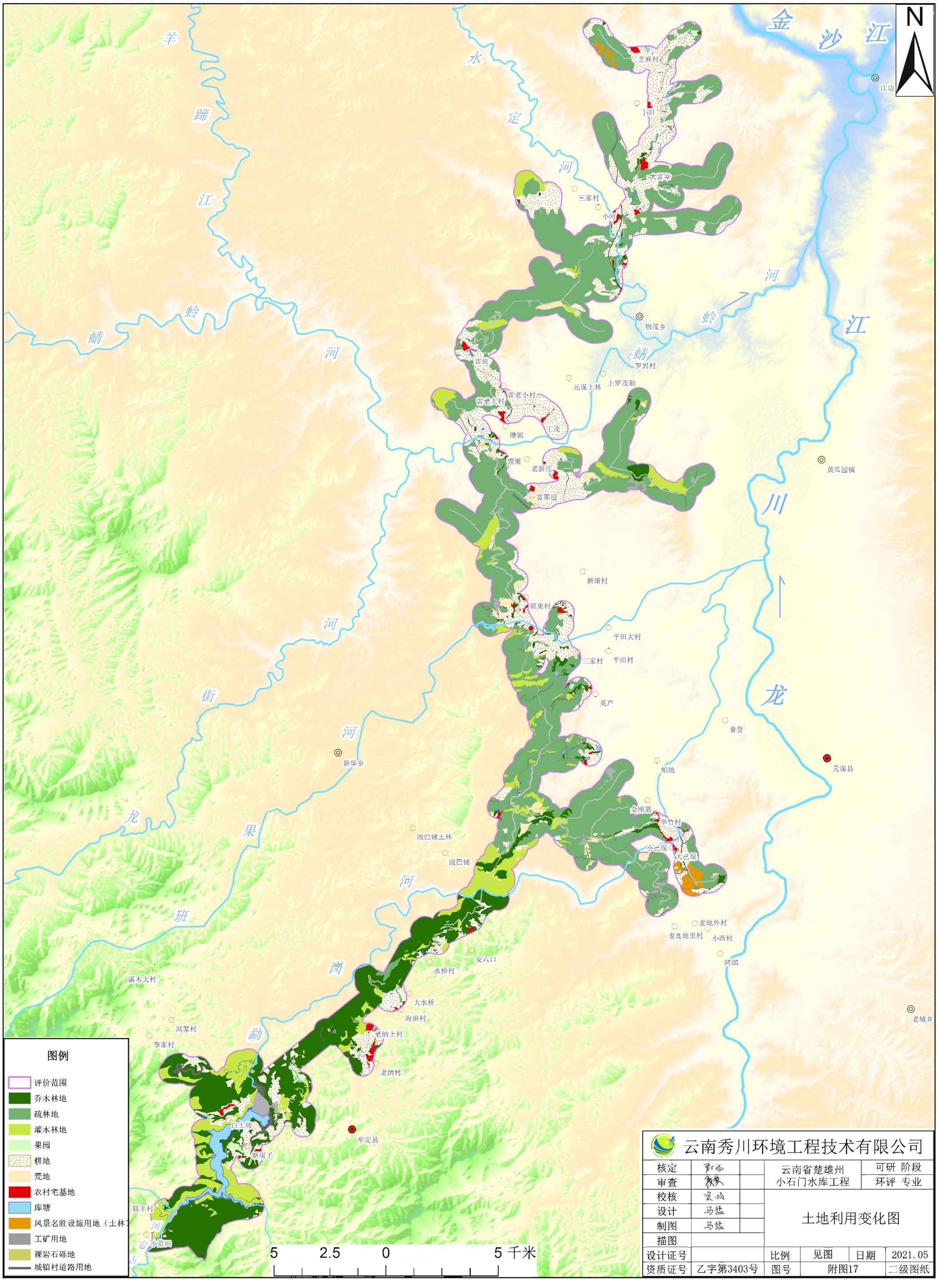

| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 评价区植被类型图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图15 | | 二级图纸 |

# 附图16 云南省楚雄州小石门水库工程评价区土地利用现状图

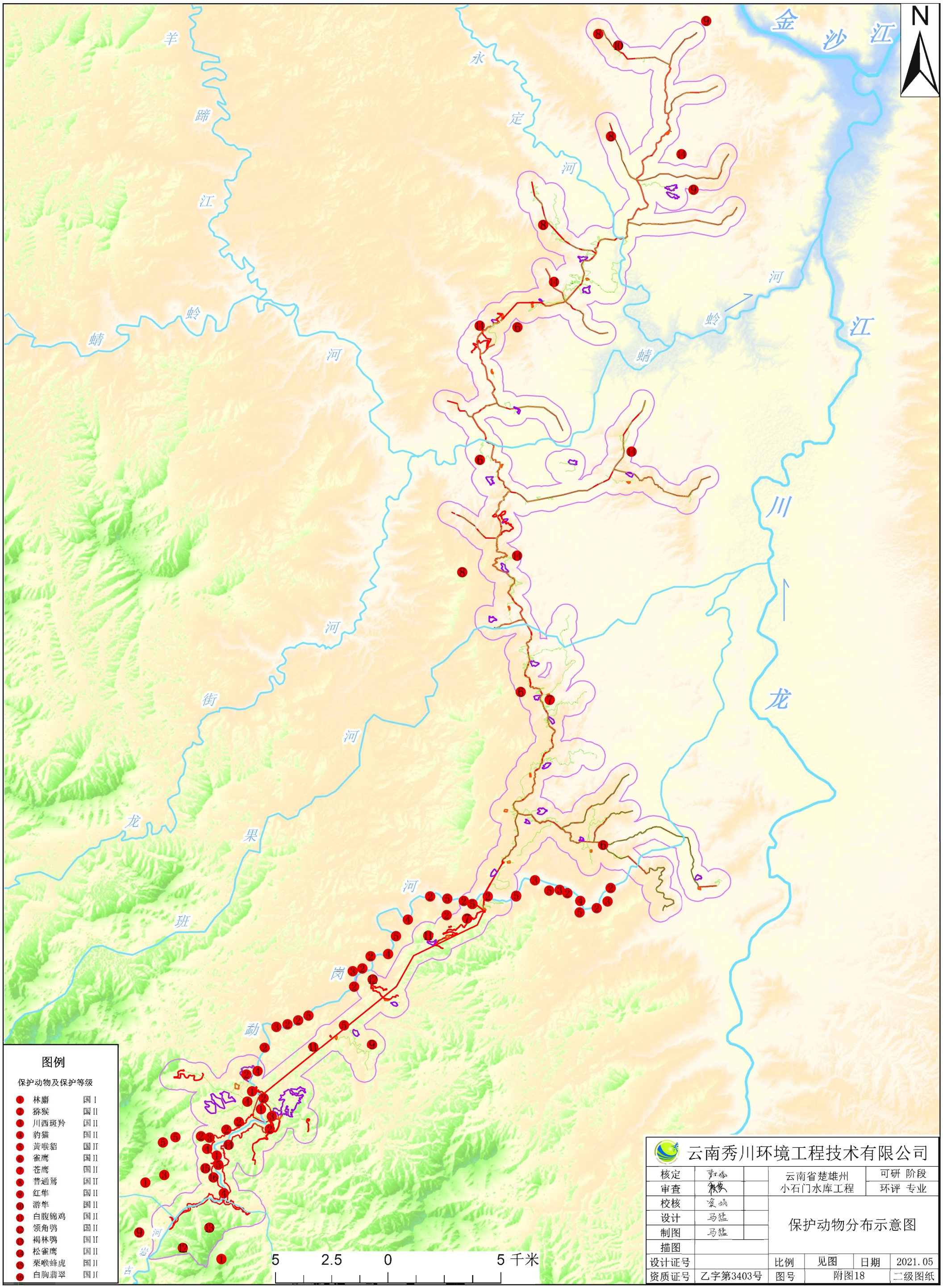



| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 评价区土地利用现状图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图16 | | 二级图纸 |

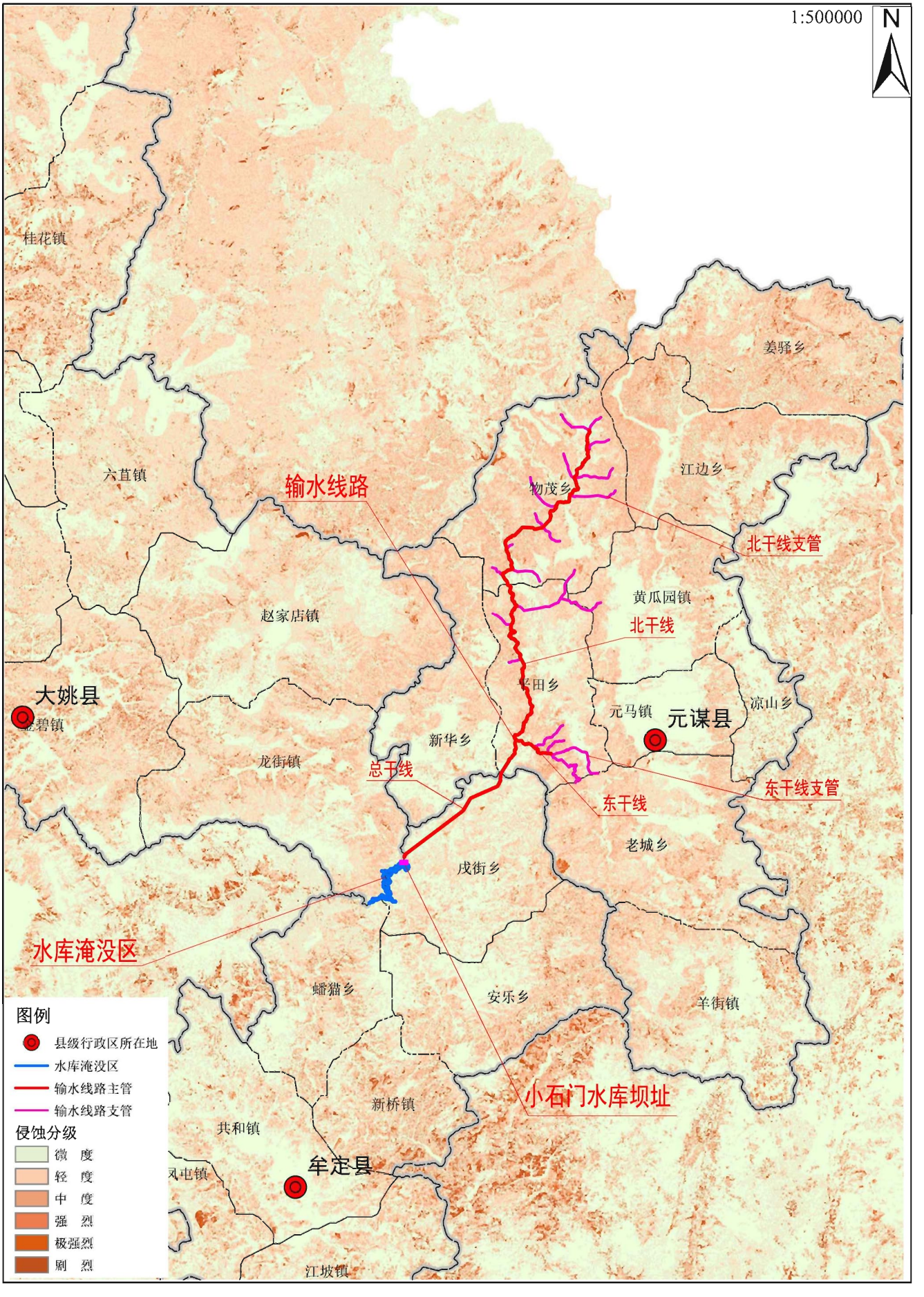
# 附图17 云南省楚雄州小石门水库工程区土地利用变化图



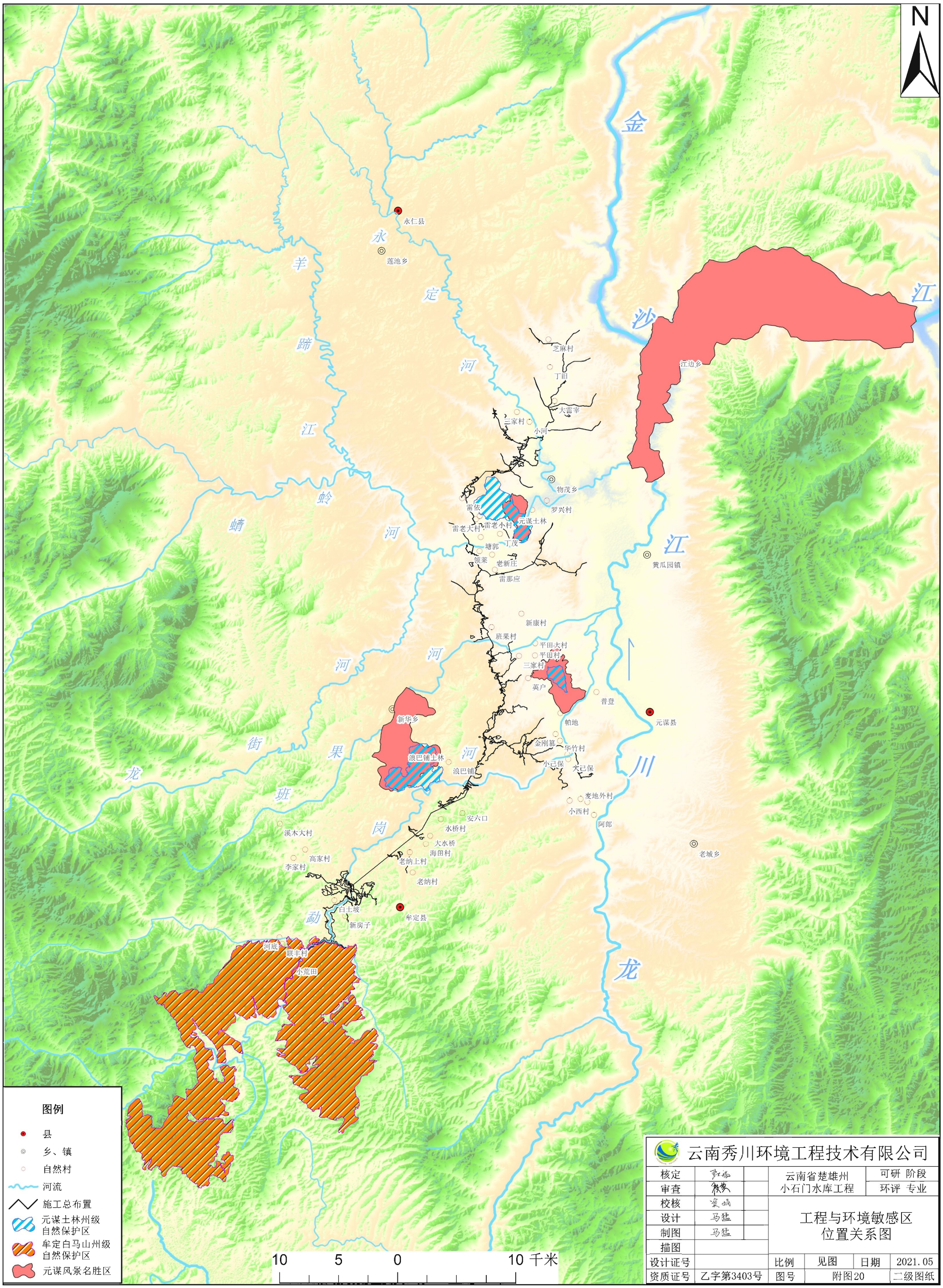
# 附图18 云南省楚雄州小石门水库工程保护动物分布示意图



# 附图19 云南省楚雄州小石门水库工程土壤侵蚀强度分布图

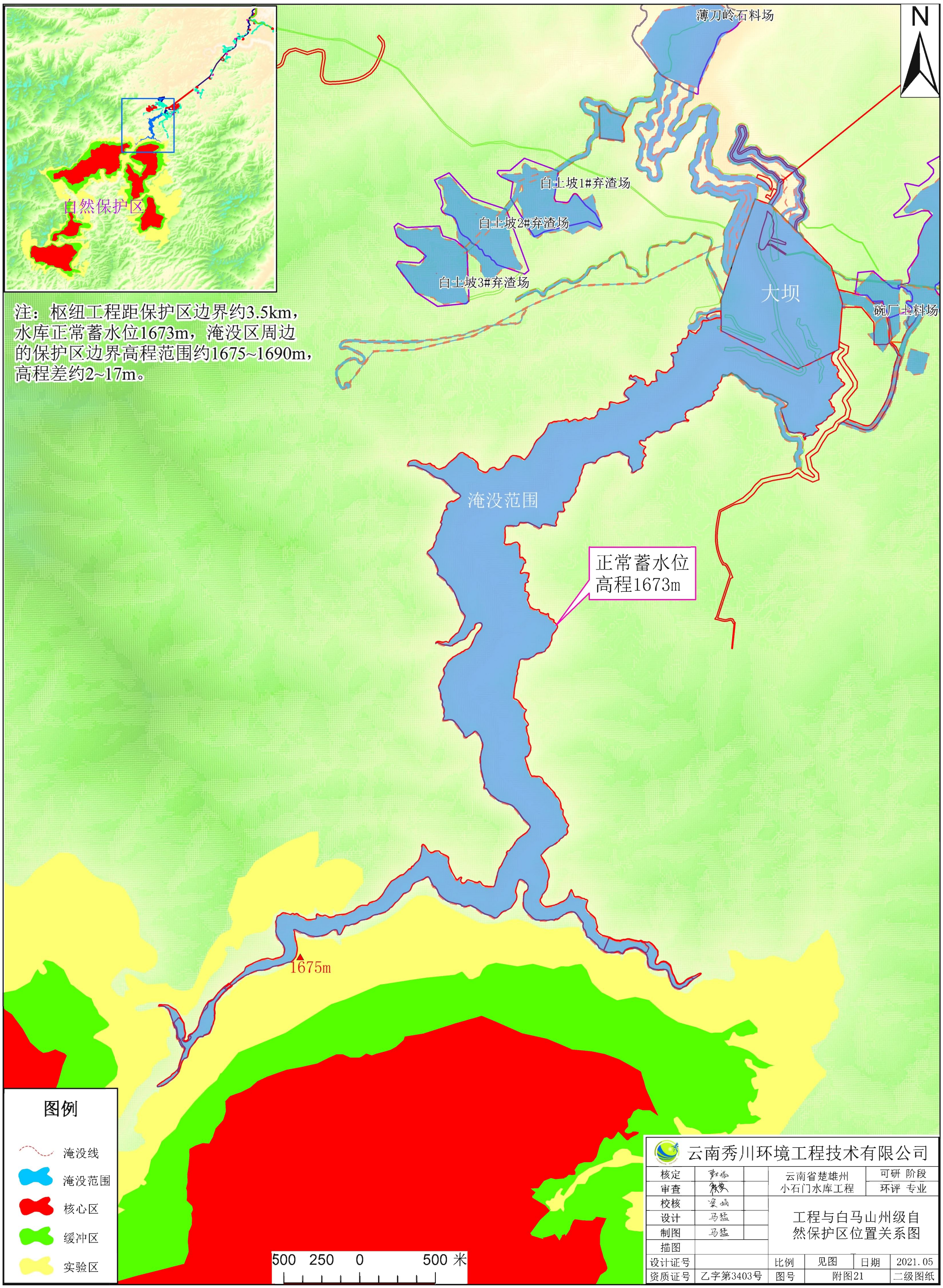


# 附图20 云南省楚雄州小石门水库工程与环境敏感区位置关系图

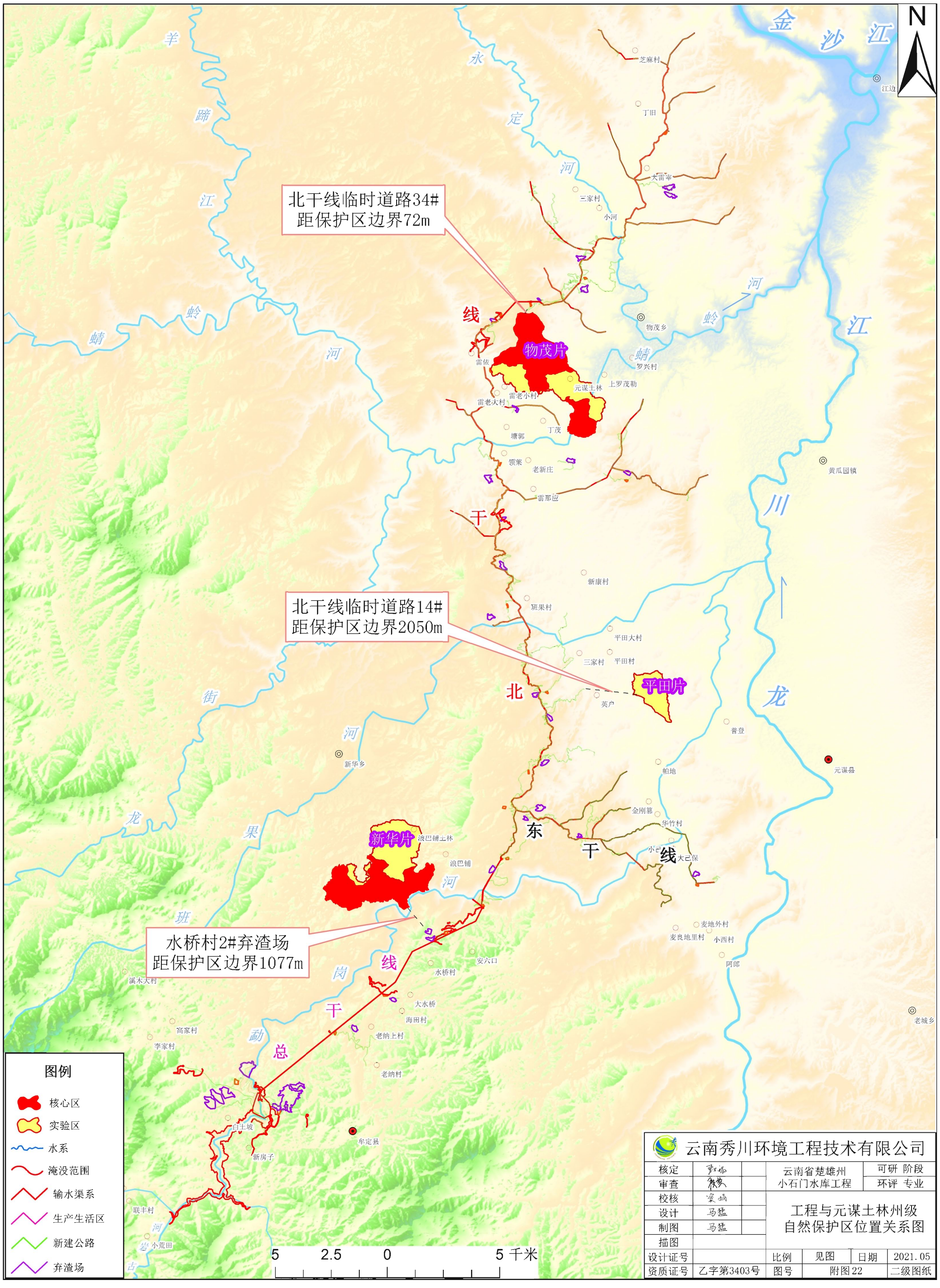



| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | 可研 阶段 | |
| 审查 | | | | 环评 专业 | |
| 校核 | | | 工程与环境敏感区位置关系图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图20 | | 二级图纸 |

# 附图21 小石门水库工程与牟定县白马山州级自然保护区位置关系图

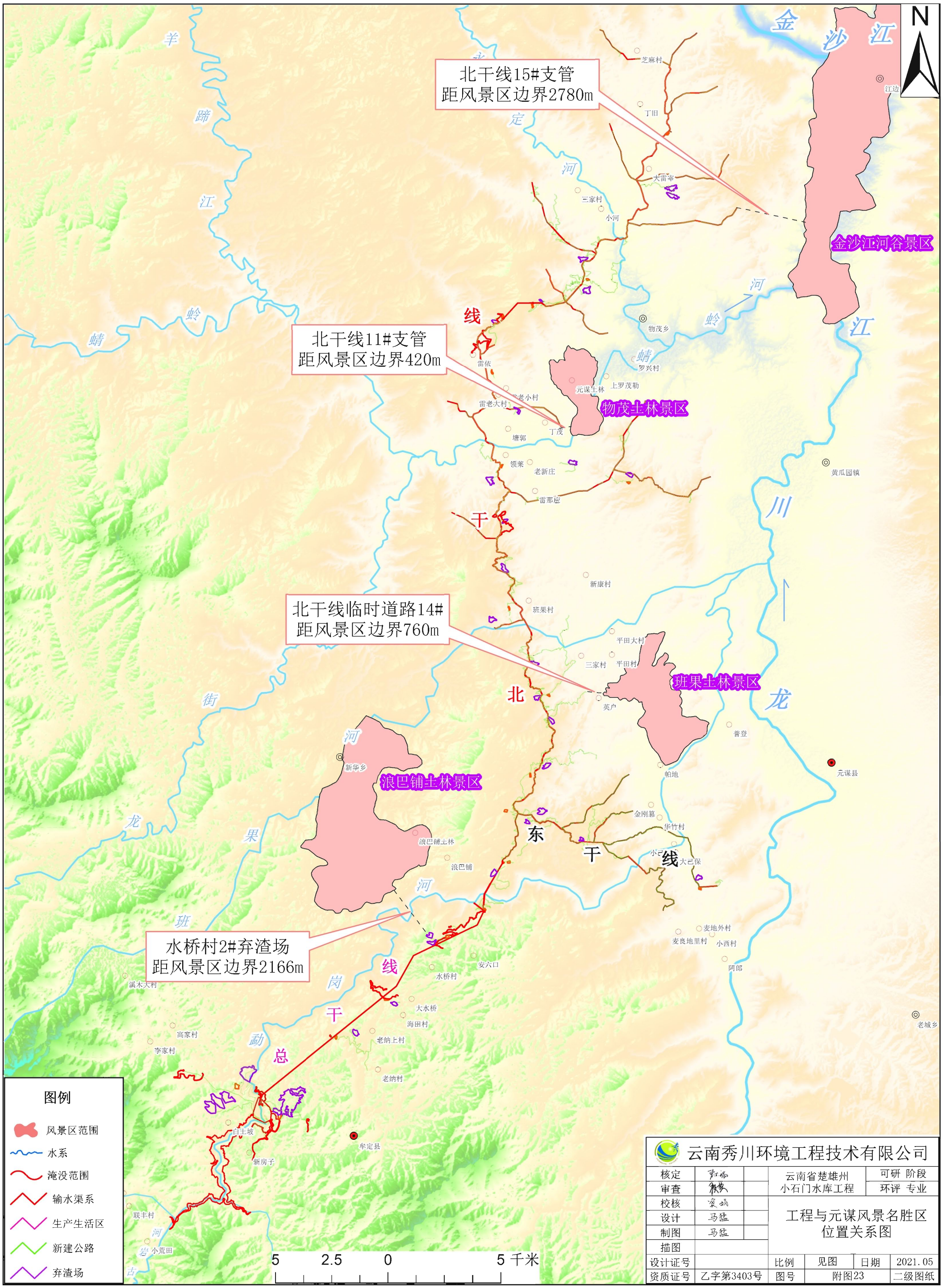


# 附图22 小石门水库工程与元谋土林州级自然保护区位置关系图




| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州<br>小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 工程与元谋土林州级<br>自然保护区位置关系图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图22 | | 二级图纸 |

# 附图23 小石门水库工程与元谋风景名胜区位置关系图

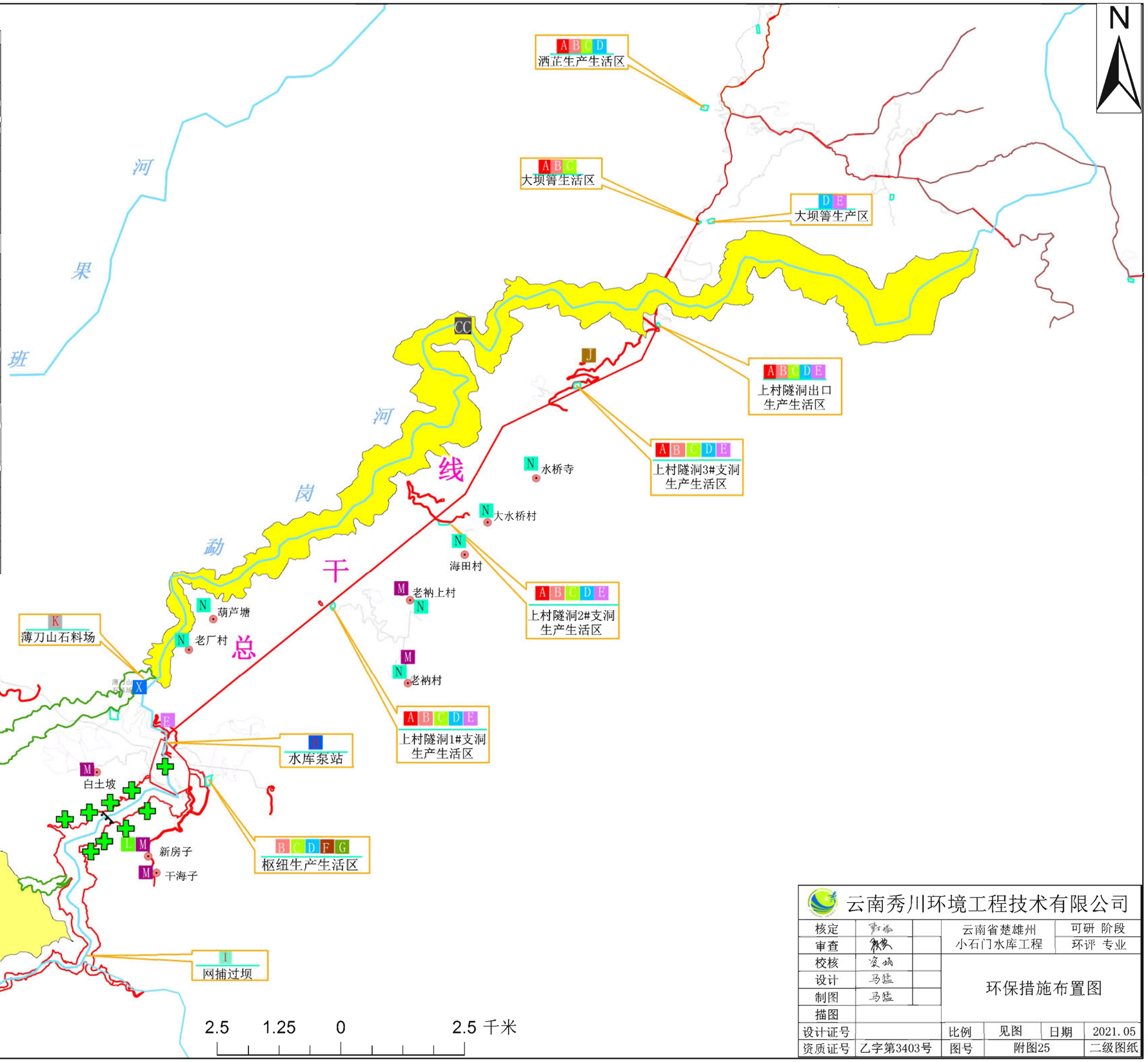


# 附图25-1 云南省楚雄州小石门水库工程环保措施布置图

## ——枢纽区及总干线

表 1　小石门水库工程环保措施表

| 标志 | 处理措施 | | 数量 |
|---|---|---|---|
| A | 生活污水处理措施 | 枢纽区：一体化污水处理设备；输水线路区：水冲厕所、成品玻璃钢化粪池、隔油池 | 枢纽区：1 座一体化污水处理设备；输水线路区：每个生产生活区设置水冲厕所、隔油池各 1 座，成品玻璃钢化粪池 2 座 |
| B | 生活垃圾处理措施 | 枢纽区：垃圾池、垃圾桶；管线工程区：垃圾桶；运行期管理所：垃圾池、垃圾桶 | 枢纽工程施工生产生活区设置垃圾桶 5 个，修建砖砌垃圾池 1 座；管线工程施工生产生活区内分别设置垃圾桶可回收、不可回收垃圾桶各 2 个；水库运行期在管理所设砖砌垃圾池 1 座，垃圾桶 5 个 |
| C | 机修含油废水处理措施 | 沉淀池+小型隔油池 | 机修厂、设备维护车间 |
| D | 混凝土拌和系统处理措施 | 枢纽区：沉淀池；输水线路区：沉淀桶 | 枢纽区：沉淀池 1 座；输水线路区：每个拌合系统各设置沉淀桶 2 个 |
| E | 隧洞涌水处理措施 | 隧洞涌水沉淀池 | 7 座 |
| F | 鱼类增殖站 | | 1 处 |
| G | 水库管理所生活废水处理措施 | 成套生活污水处理设备 1 套、水冲厕所 2 座 | 1 处 |
| H | 危险废物储存措施 | 修建危险废物暂存库 | 1 处 |
| I | 网捕过坝 | | |
| CC | 华竹电站拆除 | | |
| J | 洒水车 | 洒水降尘 | 1 辆（枢纽区、总干线共用） |
| K | 砂石料加工系统废水处理措施 | DH 高效（旋流）污水净化法 | 1 处 薄刀山石料场 |
| L | 噪声防治措施 | 隔声屏 | 新房子村道路两侧 |
| M | 敏感点标志牌 | 每个村庄路段前后各设置一个减速禁鸣标识，每个村 2 个警示牌 | 白土坡、新房子、干海子、下村、上村 5 个村庄 |
| N | 应急、替代供水措施 | 戌街乡自来水厂应急供水水源、机井工程 | 葫芦塘村、老厂村、老纳村、老纳上村、海田村、水桥寺村、大水桥村 7 个村 |
| ✚ | 动物保护措施 | 猕猴投（补）食点 | 9 处（坝址、坝址上游 1km、2km、3kn、4km 库区两岸） |
| ═ | | 生态廊道建设 | |
| ▭ | | 划定保护地 | |
| X | | 枢纽区临时占地区栖息地恢复 | |
| ▥ | | 生态廊桥 | |



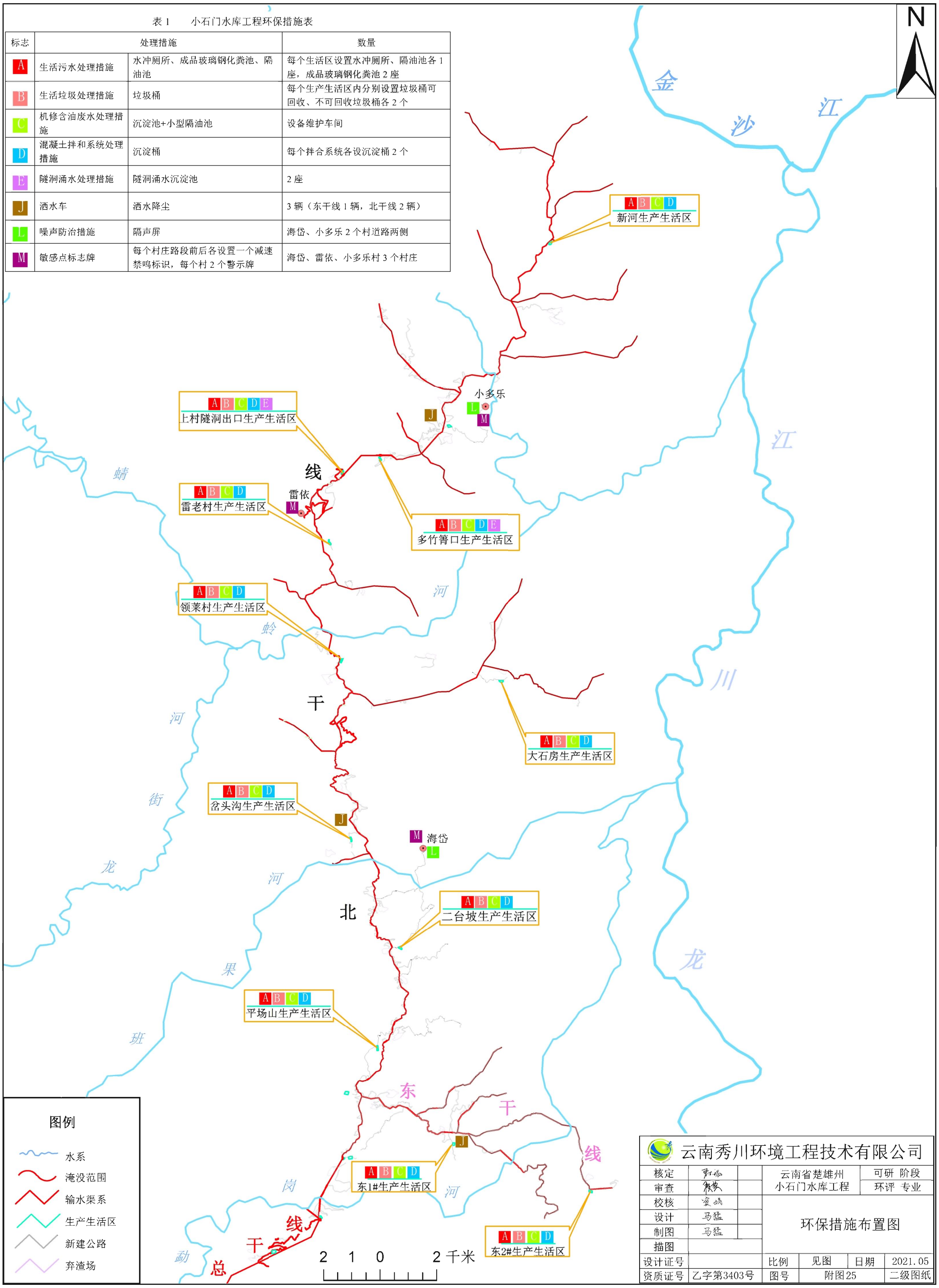

| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 环保措施布置图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图25 | | 二级图纸 |

# 附图25-2 云南省楚雄州小石门水库工程环保措施布置图

## ——东干线及北干线

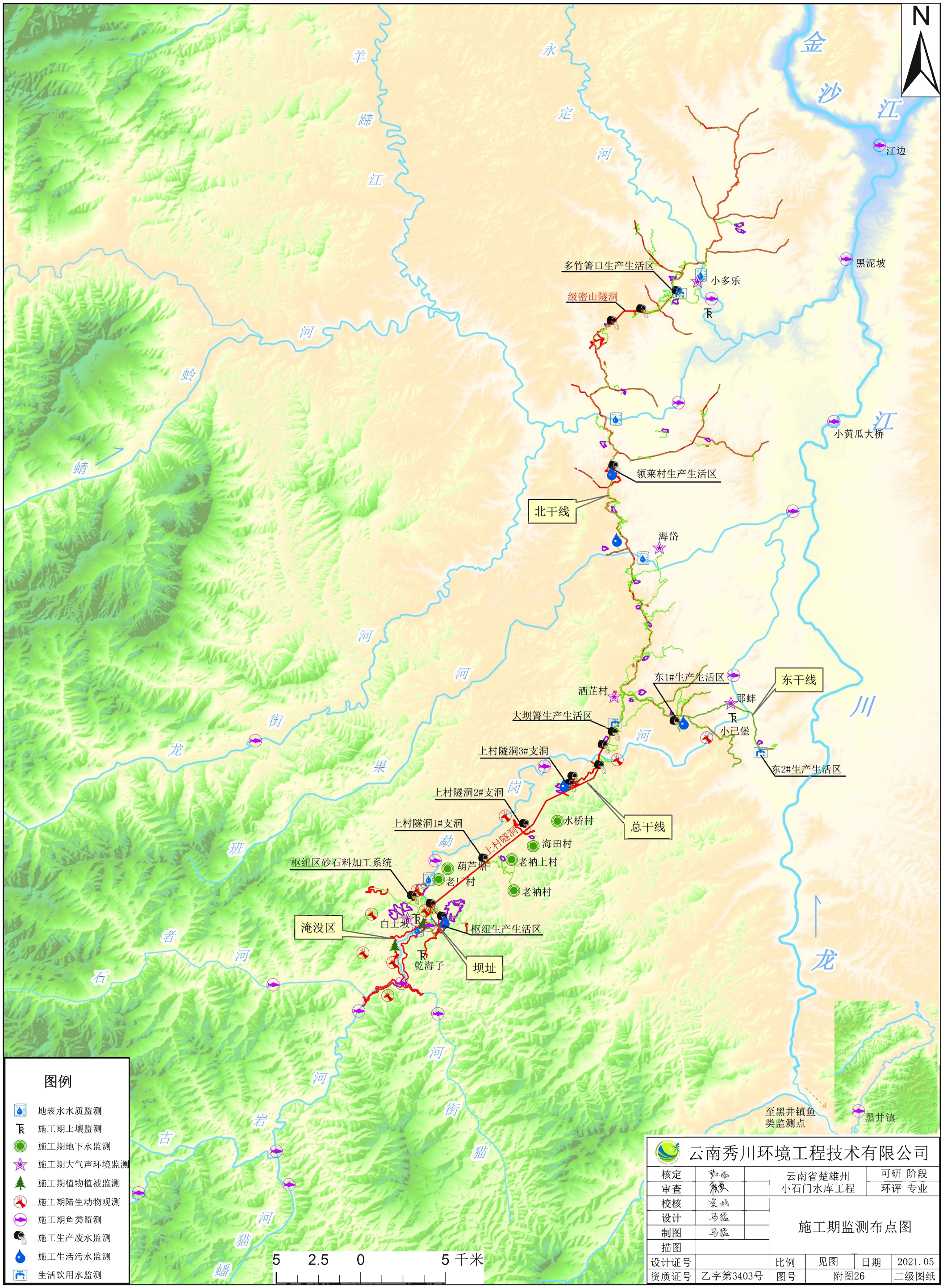
表 1　　小石门水库工程环保措施表

| 标志 | 处理措施 | | 数量 |
|---|---|---|---|
| A | 生活污水处理措施 | 水冲厕所、成品玻璃钢化粪池、隔油池 | 每个生活区设置水冲厕所、隔油池各 1 座，成品玻璃钢化粪池 2 座 |
| B | 生活垃圾处理措施 | 垃圾桶 | 每个生产生活区内分别设置垃圾桶可回收、不可回收垃圾桶各 2 个 |
| C | 机修含油废水处理措施 | 沉淀池+小型隔油池 | 设备维护车间 |
| D | 混凝土拌和系统处理措施 | 沉淀桶 | 每个拌合系统各设沉淀桶 2 个 |
| E | 隧洞涌水处理措施 | 隧洞涌水沉淀池 | 2 座 |
| J | 洒水车 | 洒水降尘 | 3 辆（东干线 1 辆，北干线 2 辆） |
| L | 噪声防治措施 | 隔声屏 | 海岱、小多乐 2 个村道路两侧 |
| M | 敏感点标志牌 | 每个村庄路段前后各设置一个减速禁鸣标识，每个村 2 个警示牌 | 海岱、雷依、小多乐村 3 个村庄 |

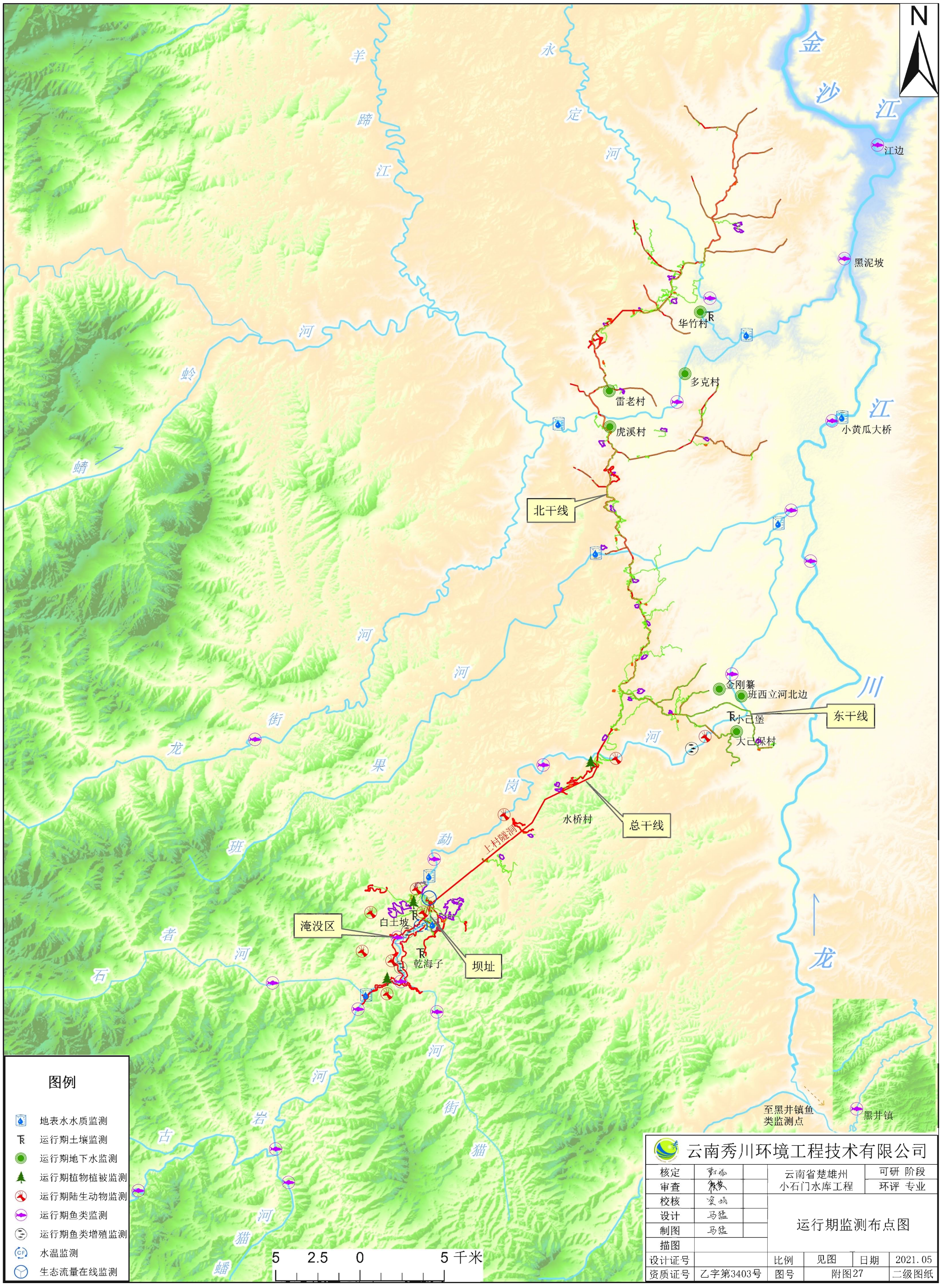



| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | 可研 阶段 | |
| 审查 | | | | 环评 专业 | |
| 校核 | | | 环保措施布置图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图25 | | 二级图纸 |

# 附图26 云南省楚雄州小石门水库工程施工期监测布点图

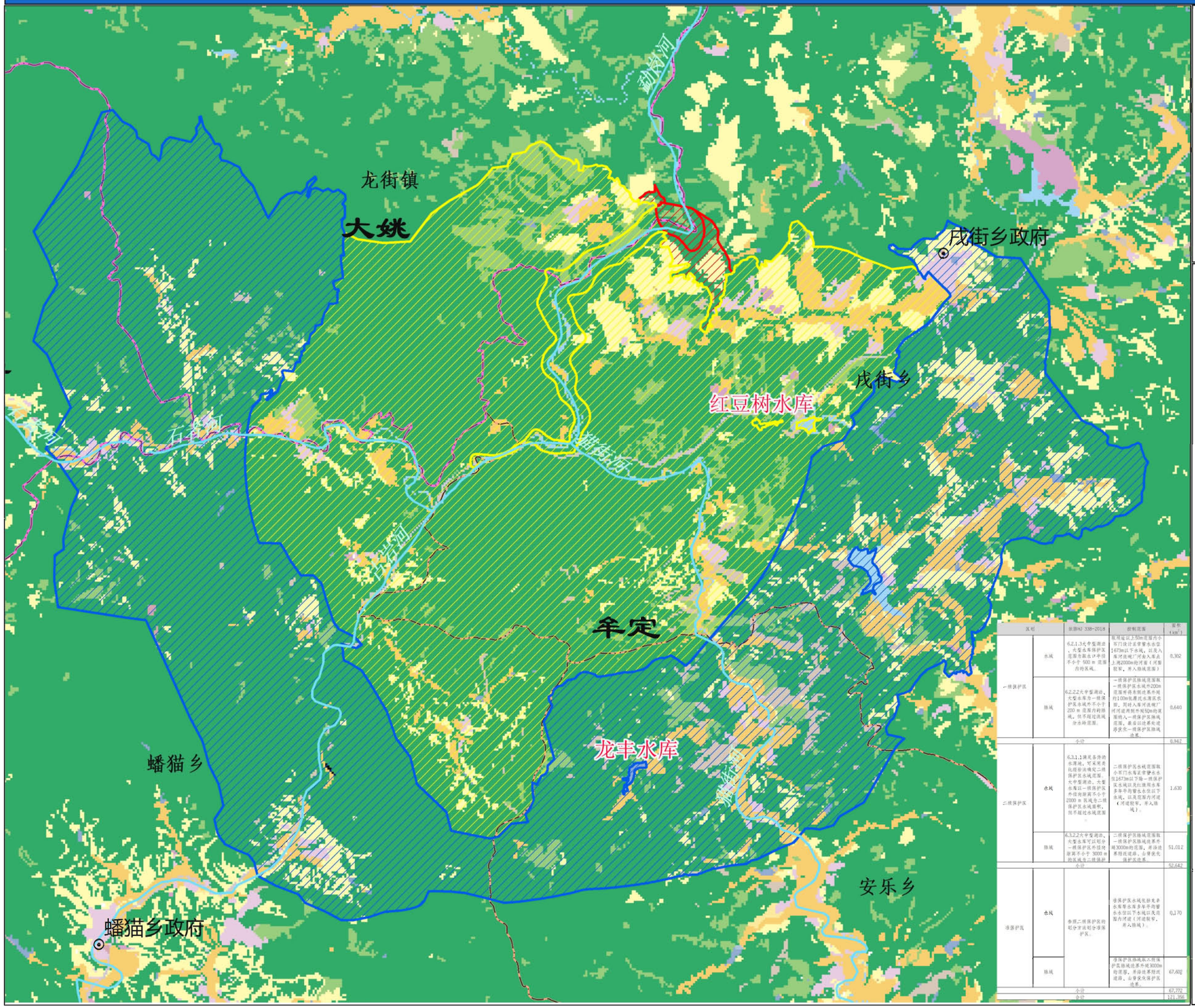


# 附图27 云南省楚雄州小石门水库工程运行期监测布点图




| 云南秀川环境工程技术有限公司 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 核定 | | | 云南省楚雄州小石门水库工程 | | 可研 阶段 |
| 审查 | | | | | 环评 专业 |
| 校核 | | | 运行期监测布点图 | | |
| 设计 | 马猛 | | | | |
| 制图 | 马猛 | | | | |
| 描图 | | | | | |
| 设计证号 | | 比例 | 见图 | 日期 | 2021.05 |
| 资质证号 | 乙字第3403号 | 图号 | 附图27 | | 二级图纸 |

# 附图28 云南省楚雄州小石门水库饮用水水源地保护区初步划定方案




| 区划 | | 依据HJ 338-2018 | 控制范围 | 面积（km²） |
|---|---|---|---|---|
| 一级保护区 | 水域 | 6.2.1.3大中型湖泊，大型水库保护区范围为取水口半径不小于 500 m 范围内的区域。 | 取用超过1.5倍设计容量水位（1673m）以下水域，以及入库河流或广河由入库点上溯2000m的河道（河型较窄，库入陆域范围） | 0.302 |
| | 陆域 | 6.2.2.2大中型湖泊，大型水库为一级保护区水域外不小于 200 m 范围内的陆域，但不超过流域分水岭范围。 | 一级保护区陆域范围取一级保护区水域外200m范围修将其到达基外延约100m处最近水源区收窄，同时入库河流或广河河道两侧外延50m的区域纳入一级保护区陆域范围，最后以边界处道路划定一级保护区陆域边界。 | 0.640 |
| 小计 | | | | 0.942 |
| 二级保护区 | 水域 | 6.3.1.1调见各降的水源地，可采用类比经验法确定二级保护区水域范围。大中型湖泊、大型水库以一级保护区外侵向距离不小于 2000 m 区域为二级保护区水域范围，但不超过水域范围 | 二级保护区水域范围取小石门水库正常蓄水水位1673m以下除一级保护区水域以及红豆树水库多年平均蓄水水位以下水域，以及范围内河道（河道较窄，库入陆域）。 | 1.630 |
| | 陆域 | 6.3.2.2大中型湖泊、大型水库可以划分一级保护区外侵向距离不小于 3000 m 的区域为二级保护区。 | 二级保护区陆域范围取一级保护区陆域边界外延3000m的范围，并涉及界限道路、山脊优化保护区边界。 | 51.012 |
| 小计 | | | | 52.642 |
| 准保护区 | 水域 | 参照二级保护区的划分方法划分准保护区。 | 准保护区水域包括龙丰水库蓄水库多年平均蓄水水位以下水域以及范围内河道（河道较窄，库入陆域）。 | 0.170 |
| | 陆域 | | 准保护区陆域取二级保护区陆域边界外延3000m的范围，并涉及界限道路、山脊优化保护区边界。 | 67.602 |
| 小计 | | | | 67.772 |
| 合计 | | | | 121.356 |

N

0 0.75 1.5 3 千米

## 图例

- 楚雄州水系

保护区

- 一级保护区
- 二级保护区
- 准保护区
- 区县界
- 乡镇界

土地利用类型

- 水田
- 水浇地
- 旱地
- 果园
- 茶园
- 其他园地
- 有林地
- 灌木林地
- 其他林地
- 人工牧草地
- 其他草地
- 铁路用地
- 公路用地
- 农村道路
- 机场用地
- 河流水面
- 水库水面
- 坑塘水面
- 内陆滩涂
- 沟渠
- 水工建筑用地
- 设施农用地
- 沙地
- 裸地
- 城市
- 建制镇
- 村庄
- 采矿用地
- 风景名胜及特殊用地