

湖北姚家平水利枢纽工程

# 环境影响报告书

建设单位：恩施市水利局

评价单位：长江水资源保护科学研究所

二〇二二年四月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	axn6mg		
建设项目名称	湖北姚家平水利枢纽工程		
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）	恩施市水利局		
统一社会信用代码	11422801011468135J		
法定代表人（签章）	王强		
主要负责人（签字）	李在寅		
直接负责的主管人员（签字）	黄兴华		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	长江水资源保护科学研究所		
统一社会信用代码	121000004413542507		
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
王晓媛	06354243506420165	BH009877	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
郝好鑫	地下水环境、土壤环境、移民环境	BH047567	
柳雅纯	环保投资	BH009786	
朱秀迪	回顾性评价、环境管理、制图	BH047566	
杨寅群	地表水环境	BH013544	

陈晓娟	地表水环境、水文情势	BH014711	陈晓娟
田志福	水生生态	BH014097	田志福
杨梦斐	总则、工程分析、水文情势、评价结论	BH014096	杨梦斐
潘婷婷	水生生态、回顾性评价	BH031771	潘婷婷
杨龔	工程概况、声环境、大气环境	BH014170	杨龔
成波	陆生生态、生态敏感区	BH014169	成波
王俊洲	地表水环境	BH030908	王俊洲

# 概 述

## 一、项目背景

清江是长江出三峡以后的第一条大支流，发源于湖北省恩施自治州利川市西部，于宜都市注入长江，河口位于长江干流宜昌以下 40km，荆江河段枝城以上 20km。清江干流全长 423km，流域面积 1.67 万 km<sup>2</sup>，多年平均径流量 141 亿 m<sup>3</sup>，其中恩施州境内干流长度约 275km，流域面积约 1.17 万 km<sup>2</sup>。

2012 年国务院批复的《长江流域综合规划（2012—2030 年）》对清江流域提出的治理开发与保护任务主要是发电、防洪、供水与灌溉、水土保持、水资源保护和航运。

几十年来，清江中下游在国家及湖北省政府推动下，已经完成了水布垭、隔河岩及高坝洲等大型水利枢纽建设，为清江流域及长江中游的防洪和经济发展发挥了重要作用。清江上游山高坡陡，降雨集中，洪水湍急，极易形成洪水灾害。清江干流穿恩施城区而过，由于上游缺乏防洪控制性工程，城区现状防洪能力不足二十年一遇，沿岸地区人民生命财产经常遭受洪水威胁。作为清江上游干流重要枢纽的姚家平工程，一直未能建设。

湖北姚家平水利枢纽工程是《长江流域综合规划（2012—2030 年）》和《长江流域防洪规划》确定的清江流域防洪控制性枢纽工程，同时也是国务院确定 2020—2022 年拟开工建设的 150 项重大水利工程建设项目之一，并被列入《湖北省人民政府办公厅关于印发城市、水利和高标准农田补短板强功能工程三年行动方案（2020—2022 年）的通知》（鄂政办发〔2020〕45 号）和《省水利厅关于印发〈水利补短板强功能三年建设任务责任分解方案〉的通知》（鄂水利函〔2020〕391 号）中提出的重大水利补短板项目。



姚家平水利枢纽工程作为清江干流上游重要枢纽，是完善清江流域和长江中游防洪体系，缓解长江荆江河段防洪压力必不可少的工程，是解决恩施城区防洪问题的关键性工程，也是推动清江流域及区域经济社会发展的重要举措。

受建设单位委托，湖北省水利水电规划勘测设计院（以下简称“湖北省水院”）承担了湖北姚家平水利枢纽工程可行性研究阶段的勘测设计工作，湖北省水院于 2021 年 4 月编制完成了《湖北姚家平水利枢纽工程可行性研究报告（送审稿）》。2021 年 4 月，水利部水利水电规划设计总院（以下简称“水规总院”）在恩施组织召开了《可研报告》审查会；2021 年 7 月~10 月，水规总院组织召开了可研阶段多个重要专题的技术讨论会；2021 年 12 月，水规总院在北京组织召开了《可研报告》的复审会。湖北省水院根据相关专题成果咨询意见以及《可研报告》复审意见，对《可研报告》进行了修改完善，于 2022 年 2 月形成了《湖北姚家平水利枢纽工程可行性研究报告》（审定本）。

本项目为水库工程，总库容 3.219 亿  $m^3$ ，涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园和生态保护红线。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，项目应当编制环境影响报告书。

在工程建设单位恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）委托我所承担湖北姚家平水利枢纽工程环境影响评价工作后，我所随即成立了评价项目组，对工程设计方案进行了初步研究，分析工程布置、规模、性质与国家和湖北省、恩施州有关环境保护法律法规、标准、相关规划的符合性，开展了项目区现场调查及相关调研工作，收集了项目区的自然环境、生态环境、地方环境保护相关规划与功能区划、流域背景等相关资料，识别环境功能保护目标和环境敏感目标。结合工程特点、环境背景和敏感目标分布情况，对评价区的地表水、地下水、大气环境、声

环境、土壤环境等生态与环境质量进行了补充调查与监测。在上述环境现状调查、工程分析、环境影响分析与评价的基础上，于 2022 年 4 月编制完成《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书》。

我所在开展环境影响评价工作期间，得到了湖北省生态环境厅、湖北省水利厅、湖北省自然资源厅、湖北省林业局、恩施州及流域内各市（县）生态环境局、自然资源局、水利和湖泊局、林业局，工程建设单位恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）、设计单位湖北省水利水电规划勘测设计院，以及中国水利水电科学研究院、华中农业大学、武汉市伊美净科技发展有限公司、流域相关工程业主等单位的大力支持和帮助。

## 二、项目概况

姚家平水利枢纽工程坝址位于湖北省恩施土家族苗族自治州恩施市屯堡乡，建设征地和水库淹没涉及恩施市和利川市的 3 个乡镇（管理处），分别为恩施市屯堡乡、大峡谷风景管理处及利川市团堡镇。

姚家平水利枢纽的工程任务为防洪、发电，并为巩固该地区脱贫攻坚成果创造条件。工程主要的防洪保护对象为恩施市城区，保护面积 308km<sup>2</sup>，保护人口约 60 万人（2030 年）；工程装机容量 184MW（含生态机组 24MW），多年平均发电量 5.241 亿 kW·h（含生态机组 1.194 亿 kW·h）。工程总征地 11773.98 亩，涉及农村搬迁安置人口 2047 人，生产安置人口 1336 人；施工总工期为 96 个月；工程静态总投资为 657502.31 万元。

姚家平水利枢纽的工程规模为大（2）型，枢纽工程由拦河坝、发电引水隧洞、生态电站、主电站厂房、过鱼设施等组成。坝址控制流域面积 1927.6km<sup>2</sup>，多年平均年径流量 16.4 亿 m<sup>3</sup>。水库正常蓄水位 745m，死水位 715m，汛限水位 735m，防洪高水位 748.2m。水库总库容 3.219

亿 m<sup>3</sup>，防洪库容 0.80 亿 m<sup>3</sup>，调节库容 1.511 亿 m<sup>3</sup>，属年调节水库。拦河坝为碾压混凝土拱坝，坝顶总长度 485.52m，最大坝高 175.00m。发电引水隧洞长度 1180m，主电站装机 2×80MW，生态电站装机 2×12MW。

### 三、评价工作过程

受恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）委托，长江水环境保护科学研究所承担了湖北姚家平水利枢纽工程环境影响评价工作。按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》的要求，本工程环境影响评价工作过程分为三个阶段。

#### 1、制定工作方案

评价单位自承担本工程环境影响评价任务后，在认真研究工程可行性研究报告及相关设计文件的基础上，依据《建设项目环境影响分类管理名录》（2021 版）、《生态环境部审批环境影响评价文件的建设项目目录》和省级生态环境行政主管部门发布的《审批目录》确定环境影响评价文件类型及审批层级，向生态环境部、湖北省生态环境厅、恩施州生态环境局及恩施市生态环境分局汇报沟通本项目环评文件编报审批相关事宜；开展初步的工程分析和环境现状调查；进行环境影响识别和评价因子筛选，明确评价重点及环境保护目标；按照环境要素环境影响评价技术导则，确定地表水环境、地下水环境、大气环境、声环境、生态影响、土壤环境评价等级，明确评价范围和评价标准；编制环境影响评价工作方案。

#### 2、环境影响预测和评价

2020 年 11 月~2022 年 4 月，评价单位及专题单位多次对姚家平水利枢纽工程评价范围及清江流域重要区域进行了实地查勘，对评价区自然环境、环境保护目标、环境质量现状等进行了调查，收集了评价区生

态环境背景资料。委托监测单位对评价区的地表水环境、地下水环境、大气环境、声环境、土壤环境进行了监测；委托华中农业大学开展评价区水生生态专题调查；委托武汉市伊美净科技发展有限公司开展评价区陆生生态专题调查；由设计单位委托中国水利水电科学研究院开展了工程过鱼设施布置方案的流场数值模拟研究。

针对姚家平水利枢纽工程涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的情况，委托中国地质大学（武汉）开展了工程对地质公园的影响调查评估工作，并编制了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》。

结合姚家平水利枢纽工程的特点和区域生态环境特征，按工程建设和运行 2 个时段，分析工程建设及运行对环境的作用因素与影响源、影响方式，预测与评价项目建设对水文情势、地表水环境、地下水环境、生态环境、大气环境、声环境、土壤环境、环境敏感区等环境要素的影响。

### 3、编制环境影响报告书

针对姚家平水利枢纽工程建设运行对环境的影响，提出环境保护措施、环境管理与监测计划，根据拟采取的环境保护措施，估算环境保护投资并进行环境经济损益分析。在此基础上，按概述、总则、工程分析、环境现状、环境影响预测评价、环境保护措施、环保投资及环境影响经济损益分析、环境管理与监测、环境影响评价结论等编制了《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书》。

## 四、关注的主要环境问题及环境影响

### 1、工程与相关政策、法律法规及规划的符合性

根据国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），综合利用水利枢纽工程属于鼓励类项目，姚家

平水利枢纽工程已列入了国家印发的《长江流域综合规划（2012—2030年）》《长江流域防洪规划》。因此，姚家平水利枢纽工程建设符合国家产业政策，工程选址、规模、任务符合规划方案。

## 2、工程与“三线一单”管控要求的符合性

生态保护红线：姚家平水利枢纽工程涉及湖北省生态保护红线。本工程是以防洪为主要任务的建设项目，工程建设符合中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《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）中关于生态保护红线的管控要求，符合《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（鄂政发〔2020〕21号）以及《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》（恩施州政发〔2021〕5号）提出的生态环境分区管控要求以及准入要求。湖北省人民政府就本工程不可避免让生态保护红线论证出具了意见。

环境质量底线：姚家平水利枢纽工程所在河段现状水质总体处于良好状态。经预测，施工期废水、废气、废渣在采取相应环保措施后对环境的影响较小，运行期库区及下游水质能够满足水质目标要求。姚家平水利枢纽工程建设符合环境质量底线要求。

资源利用上线：姚家平水利枢纽工程引水发电后将返回河道内，不消耗水资源，因此符合水资源利用上线要求。水能资源开发利用方面，工程符合国家产业政策和湖北省、恩施州生态环境分区管控要求，并且工程建设运行过程中有保障生态流量下泄的相关措施。在保障生态流量下泄的前提下，是符合资源利用上线要求的。

生态环境准入清单：根据《省人民政府关于加快实施三线一单生态环境分区管控的意见》，姚家平工程涉及恩施州的优先保护单元（生态保护红线）和一般管控单元（屯堡乡、团堡镇）。优先保护单元严格按



照国家生态保护红线和自然保护区等管理规定进行管控，一般管控单元，主要落实生态环境保护基本要求，建设项目严格执行产业政策、环保政策及相关负面清单要求。姚家平水利枢纽工程性质为防洪基础设施建设与运行，工程施工期和运行期严格按照相关法律法规要求开展相关活动，符合环境准入条件。

### 3、工程建设对环境敏感区的影响

姚家平水利枢纽工程涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。工程共占用地质公园 456.52 公顷，其中永久占地占用地质公园 453.82 公顷，临时占地占用地质公园 2.70 公顷。水库淹没范围占用地质公园 434.36 公顷；枢纽工程及库区滑坡治理工程占用地质公园 22.16 公顷。

评价单位委托中国地质大学（武汉）开展了工程对湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园影响评估报告的编制工作。2021 年 9 月，湖北省林业局组织对该报告进行了论证，专家组一致通过该评估报告。

根据该报告，工程对地质公园的影响评估因素及影响类别划分参考地质灾害评估标准，与水库淹没和工程施工区域距离较近的地质公园地质遗迹景观观点（区）主要有 8 个，经评估影响均较小或无影响，工程对地质公园影响程度综合评估为小。2021 年 11 月，湖北省林业局复函恩施州人民政府，同意湖北姚家平水利枢纽工程占用湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。

## 五、评价结论

湖北姚家平水利枢纽工程是清江流域和长江中游防洪体系的重要组成部分，是解决恩施城区防洪问题的关键工程举措。项目选址、规模、任务等符合《长江流域综合规划（2012—2030 年）》及《长江流域防洪规划》。

工程部分永久用地和临时用地涉及湖北省生态保护红线，工程属于

防洪基础设施建设与运行，是中办、国办印发的《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》中允许对生态功能不造成破坏的 8 类有限人为活动之一。

工程建设不可避免对环境产生一些不利影响，主要表现在：施工期间“三废”排放将对水质、环境空气质量及周围环境产生不利影响；工程占地及拆迁安置活动将对土地资源产生影响。除工程占地外，在采取相应环境保护措施后，大多不利影响可以得到消除或减缓。工程运行过程中可能产生的不利环境影响主要包括：水库调节和发电造成的水文情势改变、低温水下泄、大坝阻隔对水生生态的影响，工程占地、水库淹没等对陆生生态的影响等。为减轻以上影响，环评报告书提出了下泄生态流量、分层取水、鱼类栖息地保护、建设过鱼设施、开展鱼类增殖放流、施工结束后进行植被恢复等环境保护措施。在采取上述措施后，工程建设对生态环境的不利影响可以得到有效控制。因此，在落实环评报告书提出的各项环境保护措施后，本工程建设在环境上是可行的。

# 目 录

<b>1 总则 .....</b>	<b>1</b>
1.1 编制目的 .....	1
1.2 编制依据 .....	2
1.3 环境与生态功能区划 .....	7
1.4 评价标准 .....	10
1.5 评价等级 .....	15
1.6 评价范围 .....	17
1.7 环境保护目标 .....	19
1.8 评价程序 .....	24
<b>2 工程概况 .....</b>	<b>26</b>
2.1 流域概况及流域规划 .....	26
2.2 工程地理位置 .....	30
2.3 工程建设的必要性 .....	32
2.4 工程任务与规模 .....	36
2.5 工程布置与主要建筑物 .....	38
2.6 施工组织设计 .....	41
2.7 建设征地及移民安置规划 .....	55
2.8 工程运行调度方式 .....	59
2.9 工程投资 .....	61
<b>3 环境现状 .....</b>	<b>62</b>
3.1 流域环境概况 .....	62
3.2 项目区环境概况 .....	65
3.3 生态环境现状 .....	69
3.4 环境质量现状评价 .....	107

3.5 环境影响回顾性评价 .....	120
3.6 流域主要环境问题 .....	184
<b>4 工程分析 .....</b>	<b>186</b>
4.1 与相关法律法规、政策、规划的符合性分析 .....	186
4.2 与“三线一单”的符合性分析 .....	191
4.3 工程环境合理性分析 .....	199
4.4 工程作用因素分析 .....	210
4.5 污染物源强分析 .....	215
4.6 环境影响要素识别 .....	224
<b>5 环境影响预测与评价 .....</b>	<b>227</b>
5.1 水文情势 .....	227
5.2 地表水环境 .....	284
5.3 陆生生态 .....	330
5.4 水生生态 .....	347
5.5 生态敏感区 .....	365
5.6 地下水环境 .....	374
5.7 土壤环境 .....	382
5.8 固体废物 .....	385
5.9 大气环境 .....	386
5.10 声环境 .....	389
5.11 人群健康 .....	393
5.12 移民安置区 .....	394
<b>6 环境保护措施及其可行性论证 .....</b>	<b>401</b>
6.1 地表水环境保护 .....	401
6.2 陆生生态 .....	416

6.3 水生生态 .....	420
6.4 生态敏感区 .....	497
6.5 地下水环境 .....	498
6.6 土壤环境 .....	499
6.7 固体废物 .....	500
6.8 大气环境 .....	502
6.9 声环境 .....	504
6.10 人群健康 .....	508
6.11 移民安置区 .....	509
6.12 环境保护措施汇总及竣工环保验收“三同时”一览表 .....	514
<b>7 环境风险评价 .....</b>	<b>523</b>
7.1 风险调查 .....	523
7.2 环境风险潜势初判 .....	524
7.3 评价等级 .....	525
7.4 风险识别 .....	525
7.5 环境风险分析 .....	525
7.6 环境风险防范措施及应急要求 .....	526
<b>8 环境管理、监理与监测 .....</b>	<b>531</b>
8.1 环境管理 .....	531
8.2 环境监理 .....	537
8.3 环境监测 .....	546
<b>9 环境保护投资及环境影响经济损益性分析 .....</b>	<b>556</b>
9.1 环境保护投资 .....	556
9.2 环境影响经济损益性分析 .....	564
<b>10 评价结论 .....</b>	<b>568</b>



10.1 建设项目概况 .....	568
10.2 项目环境合理性分析 .....	568
10.3 环境影响回顾性评价 .....	569
10.4 环境影响及环保措施 .....	571
10.5 公众参与 .....	585
10.6 综合评价结论 .....	586

# 1 总则

## 1.1 编制目的

根据姚家平水利枢纽工程特性，结合项目所在区域环境背景特征，依据国家现行相关法律法规要求，编制本工程环境影响报告书，旨在：

（1）通过实地踏勘、生态与环境质量现状调查监测、背景资料的收集与调查，分析评价工程涉及区水文水资源、水环境、环境空气、声环境、土壤环境和生态环境现状，识别区域环境功能要求、生态环境敏感目标及区域存在的主要环境问题。

（2）根据工程建设内容、施工工艺、施工方式、工程运行特点，预测和评价工程建设、运行对生态环境的影响。

（3）根据环境影响预测评价结论，提出减免不利影响的对策措施，使区域环境质量不因工程建设和运行下降，生态系统、生物多样性得到有效保护，充分发挥工程社会效益、经济效益和环境效益，促进工程区域社会、经济、环境可持续发展。

（4）制定工程施工期和运行期环境监测计划，便于及时掌握工程对环境的实际影响程度，为工程环境管理提供科学依据。

（5）制定工程环境管理计划，明确项目建设单位、施工单位的环境保护任务和职责，为环境保护措施的实施提供制度保证。

（6）分析工程区及周边地区生态与环境整体变化趋势，论证工程兴建的环境可行性，为工程方案论证、可行性研究和主管部门决策提供科学依据，为工程环境保护设计和工程建设环境管理提供依据。

## 1.2 编制依据

### 1.2.1 法律法规

《中华人民共和国环境保护法》（2014.4 修订）；  
《中华人民共和国长江保护法》（2020.12）；  
《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12 修订）；  
《中华人民共和国水法》（2016.7 修订）；  
《中华人民共和国防洪法》（2016.7 修订）；  
《中华人民共和国水污染防治法》（2017.6 修订）；  
《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10 修正）；  
《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018.12 修正）；  
《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020.4 修订）；  
《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019.1）；  
《中华人民共和国野生动物保护法》（2018.10 修订）；  
《中华人民共和国水土保持法》（2010.12 修订）；  
《中华人民共和国森林法》（2019.12 修订）；  
《中华人民共和国土地管理法》（2004.8 修订）；  
《中华人民共和国渔业法》（2013.12 修订）；  
《中华人民共和国河道管理条例》（2017.10 修订）  
《中华人民共和国自然保护区条例》（2017.10 修订）；  
《中华人民共和国森林法实施条例》（2018.3 修订）；  
《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（2016.2 修订）；  
《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013.12 修订）；  
《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017.10 修订）；

《风景名胜区条例》(2016.2 修订);  
《基本农田保护条例》(2011.1 修订);  
《建设项目环境保护管理条例》(2017.7);  
《湖北省生态公益林管理办法》(2013.4 修订);  
《湖北省基本农田保护条例》(2004.6);  
《湖北省古树名木保护管理办法》(2010.8);  
《湖北省清江流域水生态环境保护条例》(2019.9);  
《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》(2002.9) 等。

### 1.2.2 政策性文件

《中共中央 国务院关于加快推进生态文明建设的意见》(2015 年);  
《中共中央办公厅 国务院办公厅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》(2019.11);  
《国务院关于印发全国主体功能区规划的通知》(国发〔2010〕46 号);  
《国务院关于全国重要江河湖泊水功能区划(2011—2030 年)的批复》(国函〔2011〕167 号);  
《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17 号);  
《国务院关于长江流域综合规划(2012—2030 年)的批复》(国函〔2012〕220 号);  
《国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》(国办发〔2013〕2 号);  
《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修改) 等。

### 1.2.3 规章与规范性文件

《水功能区监督管理办法》（水资源〔2017〕101号）；

《地质遗迹保护管理规定》（1995.5）；

《国家重点保护野生动物名录》（2021.2）；

《国家重点保护野生植物名录》（2021.9）；

《关于加强资源环境生态红线管控的指导意见》（发改环资〔2016〕1162号）；

《自然资源部、国家林业和草原局关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函》（自然资函〔2020〕71号）；

《自然资源部关于规范临时用地管理的通知》（自然资规〔2021〕2号）；

《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150号）；

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

《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（鄂政发〔2020〕21号）；

《湖北省人民政府关于发布湖北省生态保护红线的通知》（鄂政发〔2018〕30号）；

《省环保厅 省发改委关于印发湖北省生态保护红线划定方案的通知》（鄂环发〔2018〕8号）；

《湖北省人民政府办公厅关于印发湖北省实行最严格水资源管理制度考核办法（试行）的通知》（鄂政办发〔2013〕69号）；

《湖北省自然资源厅关于生态保护红线评估过渡时期重大项目占用生态保护红线有关意见的通知》（鄂自然资函〔2019〕646号）；



《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》（恩施州政发〔2021〕5号）；

《恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园管理办法（试行）》（恩施州政规〔2018〕6号）；

《恩施州小水电清理整改工作实施方案》等。

#### 1.2.4 技术规范与标准

《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；

《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；

《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

《环境影响评价技术导则 土壤环境》（试行）（HJ964-2018）；

《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T 88-2003）；

《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2018）；

《水利建设项目环境影响后评价导则》（SL/Z 705-2015）；

《河湖生态环境需水计算规范》（SL/T 712-2021）；

《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）；

《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；

《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）；

《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单；

《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；

《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);  
《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);  
《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020);  
《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单;  
《地表水环境质量评价办法(试行)》(环办〔2011〕22号);

《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)》(环评函〔2006〕4号)等。

### 1.2.5 规划与区划

《全国主体功能区规划》(2010.12);  
《全国生态功能区划(修编版)》(2015.11);  
《全国重要江河湖泊水功能区划(2011—2030年)》(国函〔2011〕

167号);

《长江流域综合规划(2012—2030年)》(国函〔2012〕220号);  
《长江流域防洪规划》(国函〔2008〕62号);  
《长江经济带生态环境保护规划》(环规财〔2017〕88号);  
《长江经济带发展负面清单指南(试行)》(2019.1);  
《长江保护修复攻坚战行动计划》(2018.12);  
《湖北省生态环境保护“十四五”规划》(鄂政发〔2021〕31号);  
《湖北省主体功能区规划》(2012.12);  
《湖北省水功能区划》(2003.8);  
《湖北省生态功能区划(简写本)》(2004年);  
《湖北省长江经济带发展负面清单实施细则(试行)》(2019.9)等。

## 1.2.6 相关技术文件

《湖北姚家平水利枢纽工程可行性研究报告》(2022.03);

《湖北姚家平水利枢纽工程建设项目占用生态保护红线不可避免让性论证报告》及批复意见;

《湖北姚家平水利枢纽工程临时用地占用生态保护红线不可避免让论证报告》(2022.3);

《恩施土家族苗族自治州自然保护地整合优化预案》(2020.11);

《清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及审查意见;

《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》(2021.09)等。

## 1.3 环境与生态功能区划

### 1.3.1 环境功能区划

#### (1) 水功能区

根据《全国重要江河湖泊水功能区划(2011—2030年)》及《湖北省水功能区划》，评价范围清江干流主要涉及清江利川、恩施保留区；根据恩施市和利川市水功能区划，评价范围清江支流云龙河涉及云龙河保留区，小溪河涉及小溪河保留区。水功能区划分情况及水质目标详见表 1.3-1 和附图 3。

表 1.3-1 评价范围水功能区划表

序号	水功能区		河流/ 湖库	起始断面	终止断面	长度 (km)	水质 目标
	一级	二级					
1	清江利川、恩施保留区		清江	利川城关镇	恩施市峡口大桥	105	II
2	云龙河保留区		云龙河	源头	河口	26.9	II
3	小溪河保留区		小溪河	团堡集镇	团堡镇朝东岩	16	II

#### (2) 声环境功能区划

评价区未开展声环境功能区划划分。根据《声环境质量标准》(GB3096-2008),评价区内农村居民点、学校等区域应执行1类区要求,居住、商业、工业混杂区应执行2类区要求,交通干线两侧一定距离内执行4a类区要求。

### (3) 环境空气功能区划

评价区未开展环境空气功能区划划分。根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012),一类区为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域,二类区为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。本项目所在地为农村地区,应执行二类区要求。

## 1.3.2 生态功能区划

### (1) 主体功能区规划

根据《全国主体功能区规划》和《湖北省主体功能区规划》,评价范围主要涉及省级层面重点开发区域、国家层面限制开发区域(重点生态功能区)、国家层面和省级层面禁止开发区域,详见表1.3-2。

表 1.3-2 评价范围涉及主体功能区规划

主体功能类型	级别	涉及区域	功能定位	发展方向	开发管制原则
重点开发区域	省级层面	恩施市	武陵山区重要的经济增长极、综合交通枢纽和人口集聚区,全省重要的绿色产业基地、民俗文化生态旅游基地,中国“硒都”	重点发展水电、矿产、建材、富硒绿色食品加工、医药化工、机械制造等。引导市域内清江流域经济向城区和重点镇集聚,吸引州域其他县(市)人口和经济向恩施市适度聚集。加强自然生态建设与保护,推进天然林保护、退耕还林、生态公益林建设、水土流失治理工程,加强石漠化治理,有效保护生物多样性,构筑生态屏障,促进生态修复。	

主体功能类型	级别	涉及区域	功能定位	发展方向	开发管制原则
限制开发区域（重点生态功能区）	国家层面	武陵山区生物多样性及水土保持生态功能区	国家重要的生态屏障建设区，全省重要的生物多样性维护区和森林生态保护区	以生物多样性维护和森林生态保护为主要任务；调整农业结构，发展优势特色农业；稳步发展地方特色工业；大力发展服务业	对各类开发活动进行严格管制，尽可能减少对自然生态系统的干扰，不得损害生态系统的稳定和完整性。开发矿产资源、发展适宜产业和建设基础设施，都要控制在尽可能小的空间范围之内。
禁止开发区域	国家层面	湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园	保护自然文化资源的重要区域，保护珍稀动植物基因资源		禁止进行工业化城镇化开发。依据《中华人民共和国自然保护区条例》《全国主体功能区规划》确定的原则和自然保护区规划、地质公园规划进行管理。

## （2）生态功能区划

根据《全国生态功能区划》（2015年修编版）和《湖北省生态功能区划》，评价范围主要涉及国家层面重要生态功能区——武陵山区生物多样性保护与水源涵养重要区，省级层面位于武陵山地中亚热带常绿阔叶林生态区。详见表 1.3-3 和表 1.3-4。

表 1.3-3 评价范围涉及全国重要生态功能区

生态功能大类	生态功能类型	全国重要生态功能区	生态功能区	主要生态问题	生态保护主要措施
生态调节	水源涵养生物多样性保护、	I-02 武陵山区生物多样性保护与水源涵养重要区	I-02-13 鄂西南生物多样性保护功能区 I-02-14 武陵山区生物多样性保护功能区	森林资源不合理开发利用带来生态功能退化问题较为突出，主要表现为水土流失加重、石漠化问题突出、地质灾害增多、野生动物栖息地破坏较严重。	加强自然保护区群建设，扩大保护范围；坚持自然恢复，恢复常绿阔叶林的乔、灌、草植被体系，优化森林生态系统结构；继续实施退耕还林、还草工程，以及石漠化治理工程；加强地质灾害的监督与预防。



表 1.3-4

评价范围涉及湖北省生态功能区情况

生态功能分区单元			所在区域	主要生态服务功能	主要生态环境问题	生态保护与建设重点
生态区	生态亚区	生态功能区				
III 武陵山地中亚热带常绿阔叶林生态区	III 1 鄂西山地常绿阔叶林生态亚区	III1-1 清江流域水土保持与生态农业功能区	恩施市	水土保持、农业生态	人口增长过快，宜耕作土地少，森林蓄积量大幅减少，水土流失严重。	保护缓坡地，控制非农建设占用平坝地，退耕还林；采取生物、工程和农艺相结合的方法，综合治理水土流失；建设生态农业，发展多种经营与生产基地。
		III1-2 恩施南部生物多样性保护生态功能区	利川市	生物多样性保护	受人口增长带来的压力，植被破坏较为严重，陡坡垦殖有禁难止。	加强自然保护区建设和管理；严禁毁林开荒，控制非农建设占用平坝地；提高农业生产条件，改善耕地质量，发展多种经营以及有机和绿色食品。

## 1.4 评价标准

根据恩施州生态环境局《关于湖北姚家平水利枢纽工程环境影响评价执行标准的函》，本工程环境影响评价执行以下标准：

### 1.4.1 环境质量标准

#### (1) 地表水环境

清江干流雪照河至恩施市峡口大桥河段及支流云龙河、小溪河地表水环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准，地表水环境评价标准值见表 1.4-1。

表 1.4-1 地表水环境质量评价标准（摘录） 单位：mg/L

序号	项目	II 类	标准来源
1	pH 值（无量纲）	6~9	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)
2	溶解氧	6	
3	高锰酸盐指数	4	
4	化学需氧量（COD）	15	
5	五日生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	3	
6	氨氮(NH <sub>3</sub> -N)	0.5	
7	总磷（以 P 计）	0.1 (湖、库 0.025)	
8	铜	1.0	
9	锌	1.0	
10	氟化物（以 F <sup>-</sup> 计）	1.0	

序号	项目	II类	标准来源
11	硒	0.01	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)
12	砷	0.05	
13	汞	0.00005	
14	镉	0.005	
15	铬(六价)	0.05	
16	铅	0.01	
17	氟化物	0.05	
18	挥发酚	0.002	
19	石油类	0.05	
20	阴离子表面活性剂	0.2	
21	硫化物	0.1	

## (2) 地下水环境

工程涉及区域地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)

III类标准，标准限值见表 1.4-2。

表 1.4-2 地下水质量评价标准 (III类标准摘录)

监测项目	标准限值	监测项目	标准限值
pH, 无量纲	6.5-8.5	氨氮 (mg/L)	0.5
钠 (mg/L)	200	氯化物 (mg/L)	250
砷 (mg/L)	0.01	硫酸盐 (mg/L)	250
汞 (mg/L)	0.001	硝酸盐 (以 N 计) (mg/L)	20
铁 (mg/L)	0.3	亚硝酸盐 (以 N 计) (mg/L)	1
锰 (mg/L)	0.1	氟化物 (mg/L)	1
铅 (mg/L)	0.01	挥发性酚类 (mg/L)	0.002
镉 (mg/L)	0.005	氟化物 (mg/L)	0.05
六价铬 (mg/L)	0.05	总硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计) (mg/L)	450
总大肠菌群, MPN/100mL	3	溶解性总固体 (mg/L)	1000
菌落总数, CFU/L	100	高锰酸盐指数 (mg/L)	3

## (3) 环境空气

评价区域执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准，见表 1.4-3。

表 1.4-3 姚家平水利枢纽工程环境空气质量评价标准一览表

序号	污染物项目	平均时间	单位	二级标准浓度限值
1	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	60
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	150
2	二氧化氮 (NO <sub>2</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	40
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	80
3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	mg/m <sup>3</sup>	4
4	臭氧 (O <sub>3</sub> )	日最大 8 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	160
5	颗粒物 (PM <sub>10</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	70
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	150
6	颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	35
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	75
7	总悬浮颗粒物 (TSP)	24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	300

#### (4) 声环境

评价范围内的农村居民点、学校等区域执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准, 居住、商业、工业混杂区执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准, 交通干线两侧一定距离的区域执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 4a 类标准, 见表 1.4-4。

表 1.4-4 姚家平水利枢纽工程声环境质量评价标准一览表

序号	单位	时段	
		昼间	夜间
1 类	dB(A)	55	45
2 类		60	50
4a 类		70	55

#### (5) 土壤环境

工程占地 2km 范围内农用地土壤环境质量执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB15618-2018) (标准值见表 1.4-5), 建设用地土壤环境质量执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) (标准值见表 1.4-6)。

表 1.4-5 农用地土壤污染风险筛选值 (mg/kg)

项目		pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
	其他	0.3	0.3	0.3	0.6
汞	水田	0.5	0.5	0.6	1
	其他	1.3	1.8	2.4	3.4
砷	水田	30	30	25	20
	其他	40	40	30	25
铅	水田	80	100	140	240
	其他	70	90	120	170
铬	水田	250	250	300	350
	其他	150	152	200	250
铜	水田	150	152	200	200
	其他	50	50	100	100
镍		60	70	100	190
锌		200	200	250	300

表 1.4-6 建设用地土壤污染风险管控第二类用地筛选值 (mg/kg)

监测项目	标准限值		监测项目	标准限值	
	第一类用地	第二类用地		第一类用地	第二类用地
砷	20	60	1,2,3-三氯丙烷	0.05	0.5
镉	20	65	氯乙烯	0.12	0.43
铬(六价)	30	5.7	苯	1	4
铜	2000	18000	氯苯	68	270
铅	400	800	1,2-二氯苯	560	560
汞	8	38	1,4-二氯苯	5.6	20
镍	150	900	乙苯	7.2	28
四氯化碳	0.9	2.8	苯乙烯	1290	1290
氯仿	0.3	0.9	甲苯	1200	1200
氯甲烷	12	37	间(对)二甲苯	163	570
1,1-二氯乙烷	3	9	邻二甲苯	222	640
1,2-二氯乙烷	0.52	5	硝基苯	34	76
1,1-二氯乙烯	12	66	苯胺	92	260
顺-1,2-二氯乙烯	66	596	2-氯酚	250	2256
反-1,2-二氯乙烯	10	54	苯并[a]蒽	5.5	15
二氯甲烷	94	616	苯并[a]芘	0.55	1.5
1,2-二氯丙烷	1	5	苯并[b]荧蒽	5.5	15
1,1,1,2-四氯乙烷	2.6	10	苯并[k]荧蒽	5.5	151
1,1,2,2-四氯乙烷	1.6	6.8	蒽	490	1293
四氯乙烯	11	53	二苯并[a、h]蒽	0.55	1.5

监测项目	标准限值		监测项目	标准限值	
	第一类用地	第二类用地		第一类用地	第二类用地
1,1,1-三氯乙烷	701	840	茚并[1,2,3-cd]芘	5.5	15
1,1,2-三氯乙烷	0.6	2.8	萘	25	70
三氯乙烯	0.7	2.8			

## 1.4.2 污染控制标准

### (1) 废（污）水排放标准

施工废污水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准。经处理后用作农灌的水执行《农田灌溉水质质量标准》(GB5084-2005)。

### (2) 大气污染物排放标准

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中无组织排放监控浓度限值，其排放要求见表 1.4-7。

表 1.4-7 姚家平水利枢纽工程大气污染物排放浓度限值一览表

污染物	无组织排放监控浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )
颗粒物	1.0
二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	0.40
氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	0.12

### (3) 环境噪声排放标准

施工期建筑施工场界环境噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，运行期厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的相应类别标准，见表 1.4-8。

表 1.4-8 姚家平水利枢纽工程环境噪声排放标准一览表

时段	厂界外声环境功能区类别	单位	排放限值	
			昼间	夜间
施工期	建筑施工场界	dB(A)	70	55
运行期	1 类		55	45

### (4) 固体废物排放标准

一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》

(GB18599-2020), 危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单标准。

## 1.5 评价等级

### (1) 地表水环境

姚家平水利枢纽总体为水文要素影响型建设项目, 姚家平水利枢纽坝址处年径流量为 16.4 亿  $\text{m}^3$ , 总库容为 3.219 亿  $\text{m}^3$ , 年径流量与总库容百分比 $\alpha$ 为  $5.08 < 10$ , 按照水温要素影响判定等级为一级; 本工程兴利库容为 1.511 亿  $\text{m}^3$ , 兴利库容与年径流量百分比 $\beta$ 为 10.3, 按照径流要素影响判定等级为二级。根据工程平面布置图, 工程垂直投影面积及外扩范围约  $7.49\text{km}^2$ ,  $A1 \geq 0.3$ , 按照受影响地表水域判定等级为一级。综上, 姚家平水利枢纽工程地表水环境影响评价工作等级确定为一级。

### (2) 地下水环境

姚家平水利枢纽为大(2)型工程, 工程包含碾压混凝土拱坝、地下发电厂房及引水隧洞等, 根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610—2016)标准, 隧洞工程、水库建设工程均属于III类建设项目。工程影响区域内地下水饮用水水源地与工程相距甚远, 无热水、矿泉水和温泉等保护区, 存在分散式饮用水水源(主要为泉), 根据地下水导则中地下水敏感程度分级表, 地下水敏感程度为较敏感。根据地下水环境影响评价工作分级原则, 姚家平水利枢纽工程地下水环境影响评价工作等级确定为三级。

### (3) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018), “5.3 评价等级判定 5.3.1 选择项目污染源正常排放的主要污染物及排放参数

计算项目污染源最大环境影响”。本工程主要环境空气影响发生在施工期，大气污染物主要为扬尘，来源于土方开挖和回填，其排放有无组织、间歇性面源的特点。此外，工程施工期还有施工机械、运输车辆产生的废气等，但排放量均不大，且较为分散。因此，姚家平水利枢纽工程大气环境影响评价工作等级确定为三级。

#### （4）声环境

姚家平水利枢纽工程对声环境的影响主要集中在枢纽工程施工区和移民安置点。枢纽工程施工区和移民安置点产生的噪声主要来源于施工机械，影响时段集中在施工期间，施工结束后影响消失。枢纽工程施工区位于农村区域，属于声环境功能区 1 类区，施工区为山区，周边零星分散有少量农村居民点，受影响人口较少，且项目建成后施工区周边基本不受噪声影响；移民安置点位于交通干线两侧，适用《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准，安置点建成后对周边声环境影响较小，因此按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的评价分级原则，姚家平水利枢纽工程声环境评价工作等级确定为二级。

#### （5）生态环境

姚家平水利枢纽工程征占地范围包括枢纽工程区和水库淹没区，工程占地总面积为 799.48hm<sup>2</sup>，其中永久占地面积为 758.60hm<sup>2</sup>，临时占地面积为 40.88hm<sup>2</sup>，工程征占地面积大于 2km<sup>2</sup> 小于 20km<sup>2</sup>；干流回水长度 15.7km，工程线路总长小于 50km；同时，本工程涉及重要生态敏感区 1 处，为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。本工程为拦河筑坝工程，工程建设将改变库区以及坝下河段水文情势。

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2011）有关规定，依据项目性质、工程占地面积、线路长度及涉及生态敏感区等情况，姚

家平水利枢纽工程生态影响评价工作等级确定为一级。

#### (6) 土壤环境

根据本工程影响特征，工程建设对土壤环境的影响属于生态影响型。根据行业和项目类别，库容 1 亿  $\text{m}^3$  及以上水库属于 I 类建设项目。根据本次环评土壤现状监测结果和恩施市土壤酸碱度图，评价区土壤含盐量  $< 2\text{g/kg}$ ，土壤 pH 为 4.5~8.5。经判别，建设项目所在地土壤环境敏感程度为酸化“较敏感”。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018），姚家平水利枢纽工程土壤环境影响评价工作等级确定为二级。

#### (7) 环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）环境风险评价工作等级判定表，项目环境风险潜势为 I，则项目环境风险评价工作等级为“简单分析”。

### 1.6 评价范围

#### (1) 地表水环境

地表水环境评价范围为清江干流长偏河汇口至龙王塘坝址约 30km 江段，以及入库支流云龙河、小溪河的回水河段。

#### (2) 地下水环境

本工程所处区域为高山峡谷区，水库和坝址区域的清江河谷呈“V”形、箱形深切，下切深度 300~1000m，两岸为地形较陡的岩质岸坡，岩溶地貌强烈发育，仅库区和坝址下游区左岸分布有斜坡阶地（由第四系松散堆积物含砾石黏土覆盖），水库和坝址区域地下水由两岸向清江排泄。



根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610—2016)要求,结合本项目工程特点和区域水文地质特征,库区和坝址右岸评价边界为水库淹没线和坝址施工占地右侧,坝址左岸陡峭岩石岸坡段评价范围为水库淹没线和坝址施工占地左侧,库区和坝址下游左岸斜坡阶地评价范围由公式计算确定:

$$L=\alpha\times K\times I\times T/n_e$$

式中, $L$ 为地下水影响的下游迁移距离, $\alpha$ 为变化系数,一般取2; $K$ 为渗透系数,m/d; $I$ 为水力坡度; $T$ 为质点迁移天数,取值不小于5000d; $n_e$ 为有效孔隙度。

根据工程地勘资料,库区和坝址下游左岸斜坡阶地第四系松散堆积物主要为黏土和含砾石黏土(砾石含量10%~20%),水力坡度取0.0699,根据地下水导则附录B,黏土的渗透系数经验性取值为0.05~0.25m/d,考虑砾石含量影响,取0.05m/d。根据王小燕等对鄂西含砾石黏土孔隙研究,10%~20%含砾石黏土平均有效孔隙度可取0.035。各计算参数取值见表1.6-1,经计算 $L=998\text{m}$ ,实际评价范围取1km。

表 1.6-1 调查评价范围计算表

参数	$\alpha$	$K(\text{m/d})$	$I$	$T(\text{d})$	$n_e$	$L(\text{m})$
取值	2	0.05	0.0699	5000	0.035	998

综上,地下水环境影响评价范围为库区淹没线和坝址施工占地右岸及坝址左岸陡峭石岸坡段范围内,以及库区和坝址下游左岸斜坡阶地外扩1km。

### (3) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018),三级评价不需要设置大气环境影响评价范围。本次重点对枢纽施工占地红线外200m的范围和安置点占地红线外200m的范围开展评价。

#### (4) 声环境

声环境影响评价范围为枢纽施工占地红线外 200m 的范围和安置点占地红线外 200m 的范围。

#### (5) 生态环境

陆生生态评价范围为干流回水末端向上游延伸 2km 到茅坡料场下游 300m 及支流的两岸第一道山脊为界的范围，其中水库淹没区、生态敏感区影响范围为重点评价区域。

水生生态评价范围为清江干流全河段及马水河、忠建河、野三河、长偏河、云龙河、小溪河等支流，重点评价干流雪照河坝址至龙王塘坝址之间约 37.7km 河段和长偏河、云龙河、小溪河等支流。

#### (6) 土壤环境

土壤环境影响评价范围为施工占地、水库淹没线及其占地和淹没线范围外 2km。

### 1.7 环境保护目标

#### 1.7.1 环境功能保护目标

##### (1) 地表水环境

清江干流雪照河至龙王塘坝址河段及支流云龙河、小溪河水质维持 II 类水质，不因工程建设及运行导致水环境质量下降。

##### (2) 地下水环境

保护区域地下水环境，确保地下水水位和水质不因工程建设运行发生明显变化。

##### (3) 大气环境和声环境

保护姚家平水利枢纽工程环境影响评价区域环境空气质量和声环

境质量，使环境空气质量和声环境质量不低于现状环境质量。

#### (4) 生态环境

维护评价区生态系统结构和功能完整，维持区域生物多样性；保护珍稀濒危野生动植物种群及其栖息地、重要水生生物及其生境；保护湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的结构、功能和主要保护对象。

#### (5) 土壤环境

保护评价范围内土壤生态环境，使其生态功能不因工程建设运行发生较大变化。

### 1.7.2 环境敏感目标

#### 1.7.2.1 地表水环境敏感目标

地表水环境评价范围内不涉及集中式地表水饮用水水源保护区等水环境敏感目标。

#### 1.7.2.2 地下水环境敏感目标

本工程不涉及地下水相关饮用水水源保护区。地下水环境敏感目标为评价范围内供村民生产生活取用水的泉，见表 1.7-1。

表 1.7-1 姚家平水利枢纽工程地下水环境敏感目标一览表

区域	名称	类型	位置	泉点高程 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	与工程位置关系	供水情况
坝址及下游区	凉水井	泉	马者村	1000	2~3	泉点位于坝址下游左岸 1300 米，供水管线和泵房等设施在滑坡体削坡剪裁工程附近。	马者村约 250 户
	烂湾	泉	马者村	750	<1	泉点位于坝址下游左岸 2000 米，施工营地坡上（东北侧 400m）	烂湾和姚家平组约 10 户
库区	余家包	泉	高台村	788.3	0.01	水库左岸约 500m，正常蓄水位以上，紧邻六房安置点。	余家包 5 户

### 1.7.2.3 大气环境和声环境敏感目标

姚家平水利枢纽工程评价范围内共有大气环境敏感目标和声环境敏感目标共 28 处，包括居民约 289 户和酒店 1 处，详见表 1.7-2。

表 1.7-2 姚家平水利枢纽工程大气环境和声环境敏感目标统计表

序号	敏感目标名称	规模	主要影响来源	与影响源的位置关系	
				方位	最近距离(m)
1	姚家平村居民点	9 户	砂石加工系统	SE	80
2	施工营地东侧居民点	12 户	2#洞渣料缓存	E	60
3	茅坡南侧居民点	13 户	茅坡石料场	S	65
4	茅坡西侧居民点	19 户	3#洞渣料缓存	W	54
5	仓坪村居民点	37 户	1#施工道路	两侧	25
6	向家坝村居民点	12 户	2#施工道路	两侧	36
7	老沟弃渣场东北侧居民点	3 户	老沟弃渣场	NE	182
8	复垦土缓存区两侧居民点	8 户	复垦土缓存区	两侧	150
9	滑坡治理施工区 1 东北侧居民点	5 户	滑坡治理 施工区 1	NE	67
10	滑坡治理施工区 2 南北侧居民点	8 户	滑坡治理 施工区 2	两侧	45
11	峡谷风情酒店	—	滑坡治理 施工区 3	NE	85
12	三营丈安置点西北侧居民点	11 户	安置点建设	NW	40
13	六房安置点东北侧居民点	25 户	安置点建设	NE	30
14	六房安置点东侧居民点东	16 户	安置点建设	E	60
15	六房安置点西侧居民点	6 户	安置点建设	W	130
16	高台仟安置点北侧居民点	18 户	安置点建设	N	50
17	高台仟安置点东南侧居民点	9 户	安置点建设	SE	20
18	高台仟安置点南侧居民点	7 户	安置点建设	S	20
19	专班安置点南侧居民点	3 户	安置点建设	S	45
20	专班安置点西北侧居民点	6 户	安置点建设	NW	185
21	岩上安置点东南侧居民点	7 户	安置点建设	SE	45
22	岩上安置点西侧居民点	4 户	安置点建设	SW	120
23	窝塘安置点东南侧居民点	3 户	安置点建设	SE	135
24	窝塘安置点西北侧居民点	6 户	安置点建设	NW	45
25	龙山坪安置点北侧居民点	5 户	安置点建设	N	40
26	龙山坪安置点西南侧居民点	5 户	安置点建设	SW	45
27	龙神转安置点南侧居民点	26 户	安置点建设	N	70
28	小谷槽安置点东侧居民点	6 户	安置点建设	E	20

#### 1.7.2.4 生态敏感区

本项目涉及的生态敏感区有 1 处，为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。工程与地质公园的位置关系见表 1.7-3。

表 1.7-3 姚家平水利枢纽工程与地质公园的位置关系

敏感目标	级别	保护类别/对象	公园面积	与工程区位置关系	影响方式	影响因素
湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园	国家级	立体喀斯特地貌景观	103.8km <sup>2</sup>	水库淹没及永久工程占用地质公园约 453.82hm <sup>2</sup> ，临时用地占用地质公园约 2.70hm <sup>2</sup>	直接影响	施工活动、水库淹没等

#### 1.7.2.5 重点保护物种

##### (1) 陆生生态

工程区域分布有国家一级重点保护野生植物 1 种，国家二级重点保护野生植物 2 种，国家二级重点保护野生动物 9 种，湖北省级重点保护野生动物 61 种。工程影响区附近分布有古树名木 7 种 10 株。保护对象与工程的位置关系见表 1.7-4。

##### (2) 水生生态

水生生态主要保护目标为流域内分布的国家级和省级重点保护水生野生动物和长江上游特有鱼类。根据资料记载和现状调查结果，清江流域记录分布有国家重点保护水生野生动物 5 种；有湖北省重点保护水生野生动物 6 种（含国家级保护动物 2 种）；有长江上游特有鱼类 11 种（含国家级保护动物 3 种）。其中，现状调查采集到国家二级重点保护动物青石爬鮡 1 种，以及长江上游特有鱼类齐口裂腹鱼、短体副鳅 2 种。保护对象与工程的位置关系见表 1.7-5。

表 1.7-4 姚家平水利枢纽工程与陆生生态重点保护物种的位置关系

敏感目标		级别	保护类别/对象	种类/数量	与工程位置关系	影响方式	影响因素
国家重点保护 野生植物		国家一级	银杏	2 株古树, 2 株栽培	均位于淹没线以上, 不在工程直接影响范围。 其中 2 株古树距离最近工程 600m 以上	间接影响	施工活动、人为干扰等
		国家二级	金荞麦	1 处	位于淹没线以上, 直线距离约 50m		
			闽楠	1 株古树	位于库区搬木村村落, 位于淹没线以上, 直线距离约 215m		
古树名木		国家一级	半枫荷	1 株	位于坝下村落中, 距离马者村道路直线距离 650m, 不在工程直接影响范围内	间接影响	施工活动等
		国家二级	黄心夜合	1 株	位于库区村村通道路旁, 在淹没线以上, 直线距离约 500m	间接影响	施工活动等
		国家二级	闽楠	1 株	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 215m		
		国家三级	金桂	3 株	均位于淹没线以上, 距离最近工程 130m 以上	间接影响	施工活动等
			银杏	2 株	均位于库区淹没线以上, 距离最近工程 600m 以上		
			珊瑚朴	1 株	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m		
			构树	1 株	位于施工布置区东侧的村落中, 距离最近工程为 2#老沟弃渣场附近永久道路 500m		
重点保护 野生动物	国家重点保护 野生动物	国家二级	虎纹蛙、乌龟、红腹锦鸡、黑鸢、红隼、斑头鸕鹚、画眉、豹猫和毛冠鹿	9 种	主要分布于清江干支流沿岸林地、草地、灌丛及地质公园等开阔区域	间接影响	工程占地、施工活动等
	湖北省级重点保护 野生动物	省级	利川齿蟾、黑斑侧褶蛙、棘腹蛙、尖吻蝾、银环蛇、灰胸竹鸡、环颈雉、绿头鸭、大杜鹃、灰头绿啄木鸟、黑枕黄鹂、大山雀、黄鼬、花面狸和华南兔等	61 种	主要分布于评价区近水的林地、草地、灌丛中	间接影响	

表 1.7-5 姚家平水利枢纽工程水生生态保护目标

敏感目标		级别	保护对象	种类
水生生态保护目标	国家重点保护野生动物	国家级	鲸、圆口铜鱼、金沙鲈鲤、多鳞白甲鱼、青石爬鮡	5 种
	湖北省级重点保护水生野生动物	省级	鲸、鳢、光唇蛇鮡、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、长阳鮡	6 种
	长江上游特有鱼类		圆口铜鱼、圆筒吻鮡、金沙鲈鲤、宽口光唇鱼、齐口裂腹鱼、短体副鳅、昆明高原鳅、西昌华吸鳅、四川华吸鳅、青石爬鮡、黄石爬鮡	11 种

## 1.8 评价程序

按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》的要求，本工程环境影响评价工作过程分为制定工作方案、环境影响预测和评价、编制环境影响报告书三个阶段。环境影响评价工作程序如图 1.8-1。

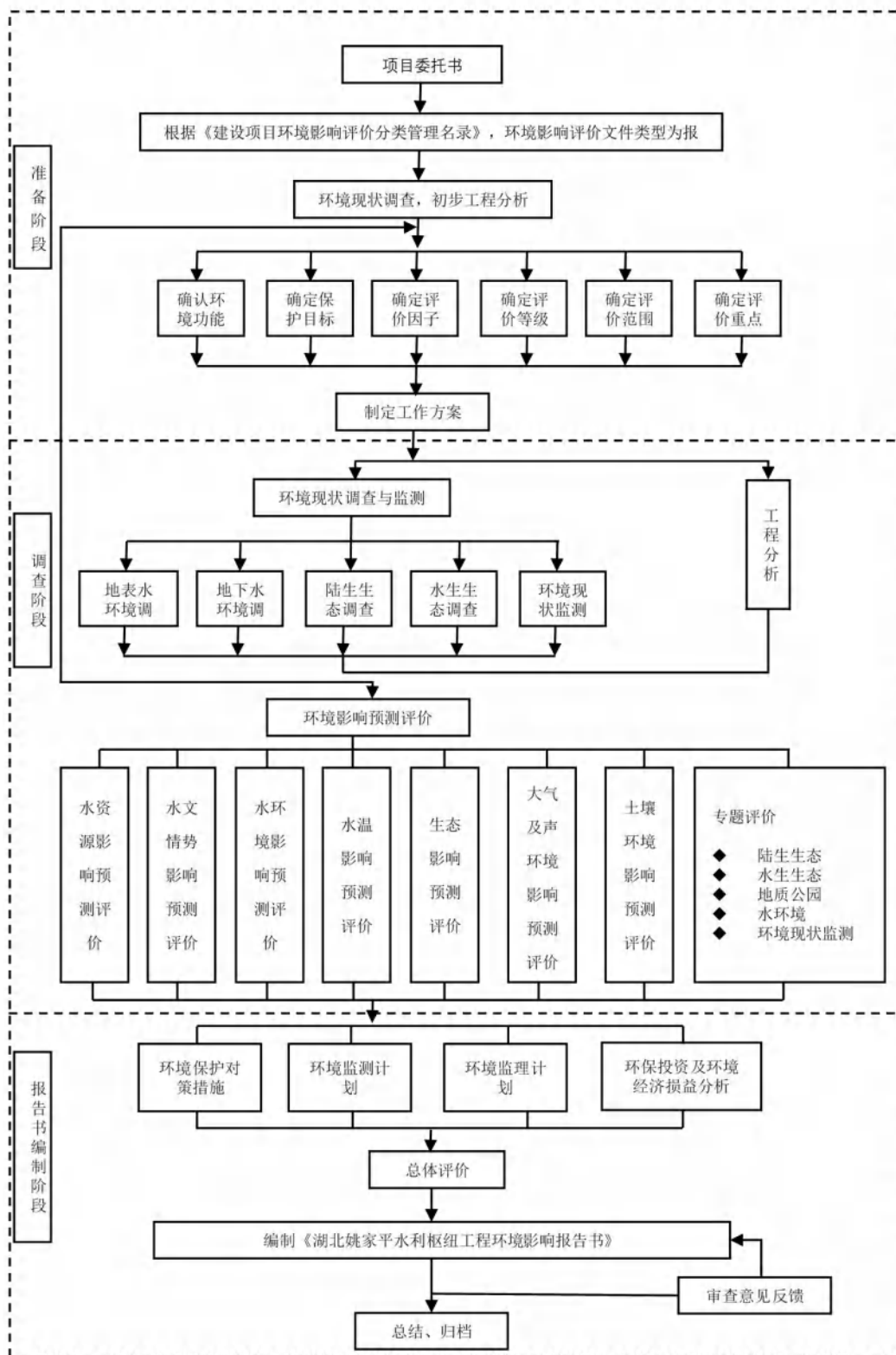


图 1.8-1 姚家平水利枢纽工程环境影响评价工作程序



## 2 工程概况

### 2.1 流域概况及流域规划

#### 2.1.1 流域概况

清江为长江右岸一级支流，流域地处湖北省西南部，位于东经  $108^{\circ}35' \sim 111^{\circ}35'$ ，北纬  $29^{\circ}33' \sim 30^{\circ}50'$ 。东邻江汉平原，南与澧水流域相接，西与乌江流域接界，北与长江三峡地区相邻，流域形状南北窄而东西长，干流全长 423km，流域面积 1.67 万  $\text{km}^2$ ，多年平均径流量 140 亿  $\text{m}^3$ （高坝洲站），其中恩施州境内干流长度约 275km，流域面积约 1.17 万  $\text{km}^2$ 。

清江发源于湖北利川市西部都亭山西麓，自上而下流经利川、恩施、咸丰、宣恩、建始、鹤峰、巴东、长阳、五峰和宜都等县市，于宜都市陆城街道注入长江，汇口位于葛洲坝坝址下游约 44km。清江干流全长 423km，总落差 1430m，按河谷地形及河道特性划分为上、中、下游三段。上游段从河源至恩施城，长约 153km，属高山河型，总落差 1070m，占干流总落差的 75%，平均比降 6.5‰，集水面积约 0.37 万  $\text{km}^2$ ；中游段从恩施城至长阳县资丘镇，长约 160km，总落差约 280m，平均比降 1.8‰，河道绝大部分流经深山峡谷，属山地河型，集水面积约 0.98 万  $\text{km}^2$ ；下游段从资丘镇至宜都市入长江，长约 110km，属半山地河型，总落差约 80m，河床平均比降 0.73‰，集水面积 0.35 万  $\text{km}^2$ 。

清江流域支流众多，左岸各级支流有 49 条，右岸有 56 条，其中一级支流有 25 条，流域面积在 500 $\text{km}^2$  以上的有忠建河、马水河、野三河、龙王河、泗渡河、丹水、渔阳河 7 条，1000 $\text{km}^2$  以上的有忠建河、马水

河、野三河、渔洋河 4 条。流域水系见附图 1。

## 2.1.2 流域规划概况

### 2.1.2.1 长江流域相关规划对清江流域的规划意见

#### (1) 《长江流域综合规划（2012—2030 年）》

《长江流域综合规划（2012—2030 年）》对清江提出的主要治理开发与保护规划意见为：清江治理开发与保护的主要任务是发电、防洪、供水与灌溉、水土保持、水资源保护和航运；兴建干流上游姚家坪<sup>[注]</sup>水利枢纽，设置防洪库容 0.80 亿  $\text{m}^3$ ；姚家坪水库与已建的隔河岩、水布垭、大龙潭等水库联合调度，提高下游地区的防洪安全；配合三峡水库调度，缓解长江荆江河段防洪压力；合理开发干流上游姚家坪、武胜官及支流水能资源。

#### (2) 《长江流域防洪规划》

《长江流域防洪规划》提出：清江洪水是三峡至荆江区间洪水的主要来源，对其进行有效控制，可进一步提高荆江防洪能力，并有利于三峡工程的防洪实时调度运用；清江入长江洪水直接影响荆江河段，规划姚家坪、大龙潭、水布垭、隔河岩 4 座水库共预留防洪库容 11.1 亿  $\text{m}^3$ ；姚家坪、大龙潭、水布垭、隔河岩 4 梯级分别预留防洪库容 0.85 亿  $\text{m}^3$ 、0.27 亿  $\text{m}^3$ 、5 亿  $\text{m}^3$ 、5 亿  $\text{m}^3$ ；恩施市（地级市）防洪在现有堤防基础上，兴建姚家坪、大龙潭两水库。

### 2.1.2.2 清江流域相关规划

从上世纪五十年代起，水利部长江水利委员会、湖北省水利水电勘测设计院、原地质部水文地质研究所等部门就相继开展了清江水力资源

---

注：姚家平工程早期名称为“姚家坪”，后更名为“姚家平”。本报告书在引用的早期规划设计中有关内容采用“姚家坪”命名的，仍采用原名称，下同。

普查、查勘和相应的水文、地质研究工作，先后完成了《清江流域规划要点报告》（1958 年）、《清江流域规划报告》（1964 年）、《清江流域规划补充报告》（1986 年）、《清江上游干流补充规划报告》（1992 年）、《清江流域规划报告（1993 年修订）》等流域规划报告。根据以上规划，确定了清江流域综合利用开发的主要任务是发电、防洪和航运。根据《长江流域综合规划（2012-2030）》，清江流域治理开发与保护的主要任务是发电、防洪、供水与灌溉、水土保持、水资源保护和航运。

上世纪七十年代有关部门为加速鄂西水电开发，按照“以发电为主，减少淹没损失，降低投资强度”的原则，以多梯级代替集中开发，提出了清江上游干流的 10 级开发方案，即：三渡峡（1083.5m，正常蓄水位，下同）—腾龙洞（1060m）—雪照河（908.2m）—大河片（785.6m）—七渡河（705.2m）—姚家平（642m）—天楼地枕（571.5m）—龙王塘（478m）—大龙潭（454.5m）—红庙（425m），除大龙潭为坝式开发外，其它均为低坝引水式开发。

1992 年，《清江上游干流补充规划报告》对 10 级开发方案作了调整：抬高姚家平正常蓄水位至 707m，取消七渡河梯级，抬高大龙潭正常蓄水位至 485m，淹没已建的龙王塘梯级，即上游干流河段自上而下分八级开发：利川市境内为三渡峡（1083.5m）—腾龙洞（1060m）—雪照河（908.2m）—大河片（785.6m）4 级，恩施市境内为姚家平（707m）—天楼地枕（571.5m）—大龙潭（485m）—红庙（425m）4 级。1993 年 7 月，湖北省水利厅以鄂水电〔93〕490 号文批复了该报告，同意了报告提出的八级开发方案，并提出姚家平枢纽具有较大的发电效益，且淹没损失小，与大龙潭枢纽配合能有效解决恩施市的防洪问题，下阶段应进一步研究提高姚家平正常蓄水位淹没大河片电站、增大电站装机容量

量的经济合理性。

1993 年长江水利委员会在以往工作成果的基础上，提出了《清江流域规划报告（1993 年修订）》，该报告维持上游干流河段 8 级开发方案，对中下游河段提出水布垭/半峡、隔河岩、高坝洲 3 级开发方案。1994 年 1 月 20 日湖北省人民政府办公厅以鄂政办发〔1994〕12 号文同意了《清江流域规划报告（1993 年修订）》提出的规划方案。

1995 年，在《清江大龙潭水利枢纽工程可行性研究报告》中，由于正常蓄水位 485m 方案淹没损失大、移民安置困难，经分析将其正常蓄水位调整为 460m，初步设计阶段经进一步论证，最终选定正常蓄水位为 461m，保留了已建的龙王塘电站，即大河片以下的清江上游干流变为姚家平—天楼地枕—龙王塘—大龙潭—红庙 5 级开发。

2010 年，由于上游姚家平工程规模未确定，原恩施州水利水产局组织编制了《湖北恩施清江上游姚家平河段整体开发方案专题报告》（以下简称《姚家平河段开发方案》）。《姚家平河段开发方案》提出了姚家平水库 731.2m、745.60m、760.0m 三个正常蓄水位比选方案，三个方案均将淹没大河片电站厂房，在大河片电站已淹没的情况下，计划结合雪照河电站的增容，对现有雪照河电站进行改造，并在考虑姚家平调峰运行对下游发电影响较大的情况下，对天楼地枕电站进行增容改造。《姚家平河段开发方案》推荐的姚家平规模为正常蓄水位 745.6m，装机容量 180MW，电站厂房位于坝下游右岸，距坝脚 1500m 左右。湖北省水利厅以鄂水利电函〔2010〕719 号印发了《专题报告》审查意见，审查意见提出：“同意清江上游姚家平河段开发任务仍以防洪与发电为主，兼顾其它。姚家平水库作为清江上游有较好调节库容的水库，承担恩施市城区的防洪任务，其开发任务以防洪和发电为主，兼顾旅游和供

水。……基本同意以雪照河（908.2m）—姚家平（745.6m）—天楼地枕（575.0m）正常蓄水位方案为本河段开发的代表方案。下阶段工程设计中应就正常蓄水位和装机规模做进一步论证。”

基于以上历次规划，清江干流形成了三渡峡（1083.5m）—腾龙洞（1060m）—雪照河（908.2m）—大河片（785.6m）—姚家平（745.6m）—天楼地枕（575.0m）—龙王塘（478m）—大龙潭（461m）—红庙（425m）—水布垭（400m）—隔河岩（200m）—高坝洲（80m）12级开发方案。规划梯级中，三渡峡、雪照河、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙、水布垭、隔河岩、高坝洲均已建成，目前红庙电站已退出运行，尚未实施的规划内容包括腾龙洞电站、姚家平水利枢纽以及雪照河、天楼地枕电站增容改造。

由于清江流域梯级规划和开发工作年代较早，在上世纪开展的有关规划工作中未编制规划环评报告书和环评篇章；2010年在姚家平河段整体开发方案工作中，编写了环境保护章节，未编制规划环评报告书。基于以上历史原因，在清江干、支流梯级已基本开发完成的情况下，为系统梳理总结流域梯级开发环境保护经验，根据现行的生态环境保护要求指导后续工程的环境保护工作，恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）委托我所开展了清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价工作。我所于2021年4月编制完成了《清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，湖北省生态环境厅组织对该报告进行了审查，并于2021年6月印发了《湖北省生态环境厅关于清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》（鄂环函〔2021〕243号）。

## 2.2 工程地理位置

湖北姚家平水利枢纽工程位于清江上游湖北省恩施土家族苗族自治州（以下简称“恩施州”）恩施市境内，坝址在屯堡乡马者村，距恩

施城区约 38km，坝址控制流域面积 1927.6km<sup>2</sup>，坝址多年平均流量 51.9m<sup>3</sup>/s。工程地理位置见附图 2。

## 2.3 工程建设的必要性

姚家平水利枢纽作为清江干流上游重要枢纽，是缓解长江荆江河段防洪压力，完善清江流域和长江中游防洪体系必不可少的工程，是解决恩施城区防洪问题的关键性工程，也是推动清江流域及区域经济社会发展的重要举措。

几十年来，清江中下游在国家及省级政府层面推动下，已经完成了水布垭、隔河岩及高坝洲等大型水利枢纽建设，为清江流域及中下游地区经济发展发挥了重要作用，也对长江中游的防洪起到了应有的作用。而作为清江上游重要枢纽工程的姚家平水利枢纽，一直未能建设。随着经济社会的发展，地方及区域经济实力增强，为了保障恩施州城人民生命财产安全以及经济社会的安全发展，姚家平水利枢纽工程的建设显得尤为必要。

姚家平水利枢纽工程已被列入 2020—2022 年重点推进 150 项重大水利工程之一和 2020—2022 年湖北省疫后重振补短板强功能“十大工程”中水利补短板防洪提升工程之一，是恩施州八届人民政府第 61 次常务会议确定的以州城防洪为主的恩施州重大民生工程。完善清江流域乃至长江中游的防洪布局，建设姚家平水利枢纽工程十分必要。

### （1）是恩施防洪保安的迫切需要

恩施市地处清江上游末端，常受暴雨洪水威胁。据历史资料考证，恩施市发生严重洪水灾害年份有：1896 年、1912 年、1935 年、1954 年、1956 年、1963 年、1969 年、1980 年、1982 年、1989 年、1997 年、1998 年、2008 年、2020 年，且以 1969 年、1980 年、1989 年、2020 年洪灾损失最严重。2020 年 7 月 16 日至 18 日，恩施市城区上游遭受入梅以来最强降水袭击，普降大暴雨，局地特大暴雨，致使州城清江、带水河、

高桥河、巴公溪、龙洞河等发生不同程度洪水，其中城区恩施水文站于2020年7月17日发生近50年一遇大洪水。“20200717”洪灾损失惨重，恩施市受灾人口116349人，紧急转移安置人口31297人，农作物受灾面积155公顷，倒塌房屋80间，严重损坏房屋108间，直接经济损失129343万元。

根据恩施城区防洪工程部署，其防洪主要措施为“上蓄、中防、下泄”。经过实测地形和实际洪水复核，“中防”、“下泄”举措基本完成之后，恩施城区河段目前安全泄量只能达到 $2500\text{m}^3/\text{s}$ ，超过 $2500\text{m}^3/\text{s}$ 有较多堤段超高不足。按照恩施城区河段安全泄量 $2500\text{m}^3/\text{s}$ ，对一库一区间（大龙潭水库和下区间）进行洪水调算，单纯依靠大龙潭水库和“中防”堤防，可以抵御10年一遇洪水，仍不足以抵御20年一遇洪水，现状防洪能力在15年一遇左右。

姚家平是恩施城市防洪的骨干控制性工程，是解决恩施城区防洪问题的根本和关键，是恩施城市防洪体系必不可少的重要一环。兴建姚家平水利枢纽是恩施城区防洪保安的迫切需求。

## （2）符合湖北省、恩施州电力发展要求

根据湖北省能源“十四五”规划，随着陕北直流、金上直流两大直流的投产，2025年湖北省电力基本达到平衡，在“十四五”后期湖北省电量亏损状态能够得到缓解。但十四五期间新能源大规模投产，常规电源的利用小时数将逐步下降，考虑到新能源的出力不确定性，系统层面仍有缺电风险。

恩施州水能资源理论蕴藏量509万kW，可开发水能资源高达450万kW，是湖北省除宜昌外水能资源最丰富的地区。恩施州是华中地区重要的水电能源调峰基地和“西电东送”的重要电源点。目前，恩施州



电网以水电为主，部分风电、光伏以及少量火电，而水电受丰枯水期影响较大，风电受冰冻天气影响，冬季风电停机，光伏装机规模较小且只有白天供电。从恩施州电网用电负荷看，枯期必须从外网送入。

《长江流域综合规划（2012—2030 年）》在清江的治理开发意见中明确提出“合理开发干流上姚家坪、武胜宫及支流水能资源”。姚家平水利枢纽工程位于恩施市屯堡乡，距恩施城区约 38km，开发条件较好。姚家平水利枢纽投入运行后，作为恩施电网的必需容量，在电网中担任调峰任务，可增强恩施电网的调峰能力，缓解恩施电网的能源短缺问题。

### **（3）助推国家实现“碳达峰、碳中和”目标**

2020 年我国提出，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。2021 年 10 月 24 日，国务院印发了《2030 年前碳达峰行动方案》（以下简称“行动方案”）。行动方案提出了碳达峰的主要目标和“碳达峰十大行动”。行动方案肯定了水电对碳达峰的贡献，提出“积极推进水电基地建设，推动金沙江上游、澜沧江上游、雅砻江中游、黄河上游等已纳入规划、符合生态保护要求的水电项目开工建设，推进雅鲁藏布江下游水电开发，推动小水电绿色发展。推动西南地区水电与风电、太阳能发电协同互补。统筹水电开发和生态保护，探索建立水能资源开发生态保护补偿机制。”

考虑到中国水、风、光能源的规模差异性，以及水电能源灵活性强、开发潜能大、技术成熟等特点，利用好水电能源有利条件，实现化石能源清洁替代，是助推中国碳达峰、碳中和的重要途径，也是完善国家新型能源战略布局，保障国家能源安全的重要抓手。

姚家平水利枢纽工程投产后，可替代化石能源消耗，每年可减少标煤消耗 16.77 万吨，减少二氧化碳排放 42.93 万吨，减排效益显著，有

助于改善恩施州能源消费结构，提高能源利用效率，有利于恩施州形成清洁能源产业集群，建成华中地区重要的洁净能源基地。姚家平水利枢纽工程建成后，将为国家实现“碳达峰、碳中和”目标提供助力。

#### **（4）是巩固周边地区脱贫攻坚成果、助力乡村振兴的需要**

姚家平水利枢纽地处鄂、湘、渝三省（市）交汇处，周边恩施市、利川市、建始县、宣恩县、咸丰县、来凤县、鹤峰县等原属国家级贫困县。脱贫攻坚战打响以来，恩施州聚焦精准综合施策，脱贫攻坚取得重大进展，2020年4月实现全面脱贫。然而，该地区因洪灾致贫返贫的情况仍有发生。姚家平水利枢纽的建设，可以改善对外交通条件，移民及工程开发资金的投入和对建材、劳动力等的大量需求，将带动相关行业发展，拉动当地经济增长，增加就业机会，对区域基础设施建设、优化产业结构、繁荣经济等都具有很大的作用，有利于巩固该地区脱贫攻坚成果。

“乡村振兴”战略是精准扶贫方略的延续。“乡村振兴”战略对“水、电、路、网、气”等基础设施建设提出了更高的要求，姚家平水利枢纽的建设，将补齐恩施州基础设施短板，加快乡村集镇建设步伐，利于打造美丽宜居村庄建设；库区对外交通条件的改善，为乡村“田园综合体”创造良好的外部条件；库周特有的山水风光和库区高峡平湖的壮观景象，将带动周边地区乡村旅游，助力乡村振兴。

因此，姚家平水利枢纽的建设，有利于推动区域经济发展，增强区域经济发展带动扶贫后劲，巩固脱贫攻坚成果，助力乡村振兴。

#### **（5）是抢抓机遇补短板的必然要求**

2020年7月水利部提出2020—2022年重点推进150项重大水利工程建设，姚家平被列入其中。此外，湖北省疫后重振补短板强功能“十

大工程”三年行动方案（2020—2022 年）、湖北省水利补短板强功能工程三年行动实施方案（2020—2022 年）明确将姚家平列入重要防洪能力提升工程。这些支撑政策为姚家平水利枢纽工程建设提供了有力的机遇条件，抢抓机遇补短板、强功能，完成历史的夙愿，造福恩施人民，势在必行。

综上所述，姚家平水利枢纽工程的建设是解决恩施城区防洪问题的根本和关键，是恩施防洪保安的迫切需求。工程建设符合湖北省、恩施州电力发展要求，可减少二氧化碳排放，为国家实现“碳达峰、碳中和”目标提供助力。同时，工程建设有利于巩固拓展少数民族地区脱贫攻坚成果，助力乡村振兴战略的实施。因此，姚家平水利枢纽工程的建设是十分必要和紧迫的。

## 2.4 工程任务与规模

### 2.4.1 工程任务

根据清江流域开发任务和社会经济发展及工程开发需要，确定姚家平水利枢纽工程开发任务为防洪、发电，并为巩固该地区脱贫攻坚成果创造条件。

### 2.4.2 工程规模

姚家平水利枢纽工程规模为大（2）型，水库死水位 715m，汛限水位 735m，正常蓄水位 745m，防洪高水位 748.2m，500 年一遇设计洪水位 748.3m，2000 年一遇校核洪水位 749.02m。

水库总库容 3.219 亿  $\text{m}^3$ ，防洪库容 0.8 亿  $\text{m}^3$ ，调节库容 1.511 亿  $\text{m}^3$ ，死库容 1.446 亿  $\text{m}^3$ ；正常蓄水位 745m 时水库水面面积 6.34 $\text{km}^2$ ，

回水长度 15.7km；库容系数 9.21%，属年调节水库。

拦河坝包括碾压混凝土拱坝，坝顶总长度 485.52m，最大坝高 175.00m。坝身上设有 2 个表孔，尺寸 12m×16m；2 个中孔，尺寸 5m×6m；1 个底孔，尺寸 3m×4m。

发电引水隧洞长度 1180m。设计引水流量 124m<sup>3</sup>/s，主管内径 7.2m，支管内径 3.6m。

主电站装机 160MW，保证出力 14MW，多年平均发电量 4.047 亿 kW·h，年利用小时数 2524h。

生态电站装机 24MW，多年平均发电量 1.194 亿 kW·h，年利用小时数 4974h。

### 2.4.3 工程建设内容

坝区建筑物主要有：拦河坝、生态电站。

厂区建筑物主要有：发电引水隧洞、主电站厂房。

库区建设内容为：至规划水平年，农村搬迁安置人口 2047 人，其中 1850 人集中安置，197 人分散安置；生产安置人口共 1336 人，均采取一次性货币补偿安置方式，同时对符合被征地农民参加基本养老保险的对象给予一次性养老保险补偿。水库蓄水后可能对库区滑坡体稳定产生一定的影响，结合库岸防护，对高台、木贡、搬木水滑坡等采取工程措施进行治理。

环境保护工程主要包括：叠梁门分层取水、生态流量泄放设施、过鱼建筑物、鱼类增殖放流站等。

## 2.5 工程布置与主要建筑物

### 2.5.1 工程等别

水库正常蓄水位 745.00m，总库容 3.219 亿  $\text{m}^3$ ，装机容量 160MW+24MW（生态机组）。根据《防洪标准》（GB50201-2014）和《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017）规定，水库总库容在  $1\sim 10\times 10^8\text{m}^3$  之间，工程等别为 II 等，规模为大（2）型；按发电装机容量，介于 50~300MW 之间，工程等别为 III 等，规模为中型。综合利用的水利水电工程，工程等别应按其中最高等别确定，姚家平水利枢纽工程等别为 II 等，规模为大（2）型。

### 2.5.2 工程总布置

姚家平水利枢纽工程碾压混凝土拱坝布置在清江与小溪河河口下游 220m 处，坝身设 2 表孔 2 中孔 1 底孔，坝下游设人工水垫塘，坝体、泄水建筑物和消能防冲建筑物均布置在顺直峡谷段内；发电洞进口布置在大坝右坝头上游岸边，由进水口、压力隧洞、岔洞及支洞等 4 部分组成，引水线路全长 1180m；地下电站厂房位于右岸山体，布置在输水系统的尾部，总装机容量 160MW，单机容量 80MW，装机高程 568.00m；生态电站位于大坝下游右岸岸边，为地面厂房。过鱼建筑物布置于坝址右岸，采用升鱼机过鱼。

### 2.5.3 主要建筑物

#### （1）挡水建筑物

挡水建筑物为碾压混凝土双曲拱坝，河床建基面高程 575.0m，坝顶高程 750.0m，最大坝高 175m。拱坝坝型采用对数螺旋线形双曲拱坝，

上游坝顶弧长 482.52m,拱冠处坝顶宽度 10m、坝底宽 40m,厚高比 0.229,中曲面面积 57766m<sup>2</sup>,基本体形总方量 1530732m<sup>3</sup>,应力水平系数 2180,单位坝高柔度系数 12.46。大坝从左到右被 2 道全径向横缝及 11 道诱导缝划分为 14 个坝段。拱冠梁处最大坝厚为 40m,坝体不设纵缝。

## (2) 泄洪建筑物

根据规划防洪要求在汛限水位 735.00m 时枢纽能通过 1550m<sup>3</sup>/s 左右流量,同时在满足泄流能力和灵活调度的条件下,设置了 2 个表孔、2 个中孔和 1 个底孔的泄洪建筑物。表孔堰顶高程为 734m,堰面曲线为 WES 堰面,堰宽 12m;中孔进口底板高程为 690.0m,孔口尺寸为 5×6m;底孔进口底板高程为 665.0m,孔口尺寸为 3×4m。

## (3) 消能建筑物

为了便于消能,在坝后设置长度为 210m 的人工水垫塘。水垫塘尾坎(二道坝)采用重力坝,坝顶部高程为 604m,最大坝高 28m,水垫塘底板以上的高度为 21m,坝顶长 99.45m,宽 3m。水垫塘后校核尾水位 610.16m,塘内校核洪水位 612.16m,考虑塘内水垫壅高和激浪等因素,确定水垫塘两岸边坡护顶高程为 618m,塘底板高程 580m~583m。

## (4) 主电站建筑物

发电引水系统布置在右岸,由进水口、压力隧洞、岔洞及支洞等 4 部分组成,引水线路全长 1180m,隧洞洞径 7.2m。

尾部式地下厂房位于右岸朝东岩下姚家平对岸的山体里,总装机容量 160MW,采用 2 台单机容量为 80MW 的 HL-LJ-280 型水轮机和 SF80-20/6200 型发电机,安装高程 568.0m。

厂房的主列布置从左至右依次为:副厂房(长 19m)、主变室(长 35m)、主厂房(长 41m)、安装间(长 24m),主副厂房及安装间宽 22.9m,

洞高 51.7m 左右、城门洞型。

#### （5）生态电站建筑物

生态电站厂房布置在大坝下游右岸，距离水垫塘尾坎 100 米。厂房安装 2 台立式机组，总装机容量 24MW。主厂房长度为 23.5m；安装场布置在主厂房左侧，长 11.5m；副厂房布置于主厂房右侧，长 11.5m，共分三层；尾水闸位于主机间下游侧，总长 15.5m；变电站布置于副厂房右侧紧临边右边墙布置，受厂区限制采用 GIS 室。

#### （6）过鱼建筑物

姚家平水利枢纽工程过鱼建筑物由集鱼系统、升鱼机和放流系统组成。集鱼系统布置在生态电站厂房尾水下游，集鱼系统集鱼后通过运鱼轨道运输至姚家平 10#坝段下游处，然后通过升鱼机过坝，过坝后通过运鱼船送至上游约 10.5km 处大峡谷大桥处的放流码头放流。同时在姚家平坝址下游约 2.5km 的天楼地枕坝址处修建竖缝式鱼道。

#### （7）边坡工程

边坡工程包括主要建筑物边坡和坝下游堆积体边坡。其中主要建筑物边坡工程包括：左、右坝肩开挖后形成的边坡；水垫塘两岸开挖边坡；发电洞进口开挖边坡；地下厂房尾水洞出口开挖边坡；生态电站厂房开挖后边坡。坝下游堆积体边坡工程包括：太阳堆积体边坡；凉水井堆积体边坡；剪刀岩堆积体边坡及危岩体边坡。

#### （8）库区防护工程

库区防护工程包括高台、木贡、搬木水三处滑坡体治理和实景剧场附近的岸坡治理。

## 2.6 施工组织设计

### 2.6.1 施工条件

姚家平水利枢纽工程位于清江干流恩施市上游的马者村，坝址距上游利川市约 53km，距下游恩施市约 48km（S233 线路）、62km（G318 线路）。大宗外购物资和重大件运输从恩施到工地均由公路运输，恩施以外采用铁路或公路方式运输。目前 G318 从恩施北经过，G209 贯穿恩施城南北，沪蓉高速（G50）宜（昌）恩（施）段从恩施东部经过，安来高速（G6911）、恩黔高速（S79）在恩施城西共线。其中 G318 从姚家平枢纽右岸经过，从武汉、宜昌及恩施市乘车可直达坝址；宜（昌）万（州）铁路从恩施通过，在恩施城北龙凤坝镇设有客货运输站。

姚家平水利枢纽工程施工具有以下主要特点：建筑物的分布高差大，地下建筑物布置集中、施工干扰大，可利用场地、料场距建筑物较远，场内施工道路布置难度大；大坝通仓面积大，碾压混凝土施工强度高；地下厂房施工交通布置场地狭窄，通风条件差。枢纽工程弃渣量大，附近岸坡容渣能力有限。

坝址下段左岸地形较平缓，其中距坝址下游较近的老沟可布置弃渣场，截流后的大坝下游二道坝附近河道经平整后可就近作为坝区利用料的存料场。杨柳湾、姚家平可布置砂石加工系统、金结安装场、混凝土拌和系统、汽车停放场、施工营地等施工辅助企业。

工程所需普通硅酸盐水泥可从当地水泥厂购买。大坝所需的中热硅酸盐水泥、发热量较低的普通硅酸盐水泥、抗剪洞、导流洞等洞室封堵所需的微膨胀水泥通过相应水泥厂生产线改造后获取。

工程所需 II 级及以上质量粉煤灰可从荆门、襄樊、汉川、阳逻等热



电厂购买，钢筋和钢材从恩施市和利川市购买。

通过对茅坡、龙神堂、盛埡、上太阳湾、剪刀岩（下太阳湾）等石料场进行综合比选，推荐茅坡石料场为主选料场。茅坡料场作为工程的主要石料开采场，开采区的表面覆盖层需提前进行剥离，剥离层中有满足工程施工围堰所需的防渗土料，本着料物尽量利用的基本原则，茅坡表面覆盖层中的粘土料作为本工程施工围堰的首选料源。

## 2.6.2 施工导流

### 2.6.2.1 导流方案

大坝施工导流采用一次拦断河床，土石围堰挡水、隧洞导流的方式；坝下水垫塘及坝下防护区、生态电站厂房均在大坝围堰基坑范围内；主厂房为地下厂房，主体结构位于山体内，受围岩保护，主厂房尾水出口项目采用枯水期一次拦断河床，左岸隧洞导流的方式。

结合建筑物开挖弃渣，大坝施工导流采用全年土石不过水围堰挡水、左岸 1#隧洞导清江上游来水，右岸 2#导流隧洞导小溪河来水；大坝升至上游围堰顶部高程以上后，坝体挡水，坝身孔口、左岸 1#导流隧洞、右岸 2#导流隧洞联合泄洪度汛。

### 2.6.2.2 导流建筑物

#### （1）大坝导流系统

姚家平水利枢纽大坝导流建筑物主要包括 1#、2#导流隧洞、大坝全年土石不过水围堰、导流隧洞进出口围堰等。大坝左、右岸分别布置有 1#导流隧洞和 2#导流隧洞，1#导流隧洞洞身净断面为  $2 \times 4.5\text{m} \times 11.0\text{m}$ ，2#导流隧洞孔口净断面为  $2 \times 4.5\text{m} \times 9.0\text{m}$ 。清江干流分别布置大坝上、下游全年土石不过水围堰，保证混凝土大坝能全年施工；2#导流隧洞进

洞口下游布置有全年挡水围堰，将小溪河来水撇向大坝下游。

大坝坝身 EL665.00m 高程布置有 1 个底孔，EL690.00m 高程并行布置有 2 个中孔，EL734.00m 高程并行布置有 2 个表孔。在不同的施工阶段，上述孔口（或临时缺口）均可参与导流与度汛。

## （2）主厂房尾水建筑物导流系统

在厂房尾水洞对岸姚家平布置有厂房无压 3#导流隧洞，城门洞型，导流洞长 265m，进口底部高程 578.00m，出口底部高程 575.00m，洞身断面为 7.0m×7.0m。

在导流隧洞的进出口，布置有厂房尾水出口项目施工的枯水期土石施工围堰，上游围堰布置在进厂交通桥上游，下游围堰布置在尾水洞出口下游约 170m。

## 2.6.3 主体工程施工

主体工程包括导流工程、大坝、水垫塘及二道坝、主引水发电系统和生态引水发电系统等。主体工程施工以机械施工为主，人工施工为辅。各主要建筑物施工方法如下。

### 2.6.3.1 隧洞工程施工

#### （1）隧洞工程施工

##### 1) 导流隧洞

左右岸导流隧洞均采用进出口两个工作面凿进，又根据地质条件宜采用上导洞的开挖方式。

隧洞进出口石方明挖采用先预裂后松动，由上而下、由外至内分层分段进行开挖，预裂孔和松动爆破孔采用 YQ-100 型潜孔钻钻孔，毫秒微差爆破，3m<sup>3</sup>装载机装 15~20t 自卸汽车运往下游左岸杨柳湾弃渣场。

导流隧洞采用三臂台车钻孔，光面爆破，全断面开挖方式。出渣采用  $3\text{m}^3$  的装载机转  $15\sim 20\text{t}$  的自卸汽车出渣到洞渣料缓存和弃渣场。

导流隧洞混凝土可采用临时混凝土搅拌站拌制混凝土，采用人工立模， $6\text{m}^3$  混凝土搅拌运输车运混凝土到洞口，然后由 HBT-60 混凝土泵输送混凝土入仓，插入式振捣器振实。

## 2) 其它隧洞工程

引水隧洞及其它洞室可采用全断面一次开挖。

### 2.6.3.2 大坝施工

EL710m 高程以下全部碾压混凝土，EL710~EL749m 右岸碾压混凝土采用 T20 自卸汽车+满管（或负压）溜槽入仓，仓内设自卸汽车转料；EL710~EL749m 左岸碾压混凝土（约 13 万  $\text{m}^3$ ）采用 T20 自卸汽车+满管（或负压）溜槽入右仓，仓内设自卸汽车转料后，再用胎带机转料跨表孔缺口至左仓，仓内再采用自卸汽车转料运输。

大坝帷幕钻孔和灌浆采用分序加密的原则进行，先施工上游排，再施工下游排。施工方法：采用小口径地质钻机钻孔， $2\text{m}^3$  立式灰浆搅拌机制浆，BW-200 灌浆泵分段灌浆，孔口封闭、自上而下分段、孔内循环的灌浆方法。

固结灌浆采用小口径地质钻机钻孔，孔内循环分段灌浆。

### 2.6.3.3 主引水发电系统施工

#### (1) 系统土石方开挖

##### ① 进水口和引水隧洞开挖

石方明挖采用从上至下分层梯段爆破，边坡采用预裂爆破，底板基础预留保护层，采用一次爆破法开挖。上平段支洞口以上洞段采用三臂凿岩台车钻孔，全断面开挖，光面爆破。下平段由下层施工支洞进入开

挖，开挖方法同上平段。在上平段相应洞段开挖完成后，进行闸门竖井开挖。

## ②地下厂房系统开挖

主洞室开挖从上至下分层开挖与支护。拱顶层采用中导洞超前，全断面扩挖跟进，及时进行支护。二层以下采用梯段开挖，两侧预留保护层，中间梯段爆破；或边墙预裂，中间梯段爆破。

主变室开挖从上至下分层开挖与支护，计划分 4 层开挖。主变室拱顶层开挖采用边导洞超前，全断面扩挖跟进，及时进行支护。二层以下采用梯段开挖，两侧预留保护层，中间梯段爆破；或边墙预裂，中间梯段爆破。

风机室开挖运输方式与主变室基本相同。

## (2) 系统混凝土浇筑

主厂房系统混凝土一般施工工序：基岩或仓面清理，模板或钢衬板安装，钢筋及金结安装，混凝土浇筑，养护等。

## (3) 灌浆工程

回填灌浆：采用在隧洞顶部和压力钢管底部顺压力管道方向预埋回填灌浆管进行灌浆。

接触灌浆：按预埋专用（FUKO）灌浆管的无钻孔方式进行。

### 2.6.3.4 生态引水发电系统施工

#### (1) 土石方开挖

##### 1) 进水口和引水洞开挖

上平段支洞口以上洞段采用潜孔钻钻孔，全断面开挖，光面爆破。下平段无施工支洞布置条件，由出口岔支洞扩大开挖，再进行岔、主管施工。

压力竖井在上下弯段进行超挖及相应支护后，采用 LM120 反井钻机开挖导井，导井打通后从上向下逐层开挖。

## 2) 生态地面厂房开挖

厂房覆盖层开挖采用  $2.0\text{m}^3$  液压挖掘机配 10~15t 自卸汽车运输；石方开挖采用 YQ-100 型潜孔钻机钻孔，保护层用手风钻钻孔，小药量梯段爆破。

## (2) 系统混凝土浇筑

生态厂房系统混凝土一般施工工序：基岩或仓面清理，模板或钢衬板安装，钢筋及金结安装，混凝土浇筑，养护等。

### 2.6.3.5 库区滑坡治理工程施工

#### (1) 土方开挖

排水沟开挖宽度  $0.8\text{m}\sim 1.5\text{m}$ ，采用  $1\text{m}^3$  挖机开挖，开挖土料可利用方就近堆放在排水沟两侧，堆高约  $2\text{m}$ 。

#### (2) 土方回填

排水沟土方待排水沟混凝土达到设计强度 75% 以上再进行回填，自卸汽车或推土机入仓，两边同时均匀下料，小型机械分层压实。

#### (3) 混凝土浇筑

排水沟混凝土采用自拌混凝土，由  $0.8\text{m}^3$  移动式拌合站供料，机动翻斗车运  $500\text{m}$  至现场浇筑，插入式振捣器振捣。

#### (4) 灌注桩施工

施工工序如下：平整场地→泥浆制备→埋设护筒→铺设工作平台→安装钻机并定位→钻进成孔→清孔并检查成孔质量→下放钢筋笼→灌注水下混凝土→拔出护筒→检查质量。

## 2.6.4 施工交通运输

### 2.6.4.1 对外交通

#### (1) 对外交通方式

公路运输方案有 318 国道线方案和沪蓉及恩施高速线方案。铁路运输方案方面，由万州至宜昌的万宜铁路已于 2010 年底通车，万宜铁路途经恩施市，并设有客运及货运站，武汉至恩施站的铁路距离为 597km。

#### (2) 重大件运输

重大件主要有主变压器、桥机梁及转轮。由于 318 国道巴东段坡陡、弯急，不利于从宜昌起运重大件，沪蓉高速宜恩段、宜万铁路可以满足重大件运输的要求。本阶段重大件运输推荐单一的公路运输方案。即重大件采用高速公路运至恩施，然后转 G318 国道至坝址。

#### (3) 大宗物资运输

大宗物资主要有水泥、粉煤灰、木材、钢筋钢材、爆破材料、油料、生活物资等，主要由公路运输。

#### (4) 对外交通线路选择

主体工程施工期及以后，到达左岸布置区的主要对外交通线路为：恩施市区（华新水泥厂）→沿旗峰大道（S233）→龙凤镇后垭村（大龙潭水库大坝右坝肩向上游约 0.3km）→罗针田（G318）→田风坪村 G318 分岔口→右岸进场道路（R01）→右岸场内主要交通干线（R02、RT01）→跨 1#清江大桥→杨柳湾布置区，全程 64km。

上述线路交通等级均为三级公路及以上等级，可以满足施工期对外物资运输和设备进场要求。

### 2.6.4.2 场内交通

左、右岸共设置 5 条永久道路（1#~5#道路），在主厂房附近，自上

游向下游设置了 3 座永久交通桥沟通清江两岸（6#桥、4#桥和 1#桥）。为方便永久交通和各主要建筑物施工，在永久交通的基础上，规划了 15 条主要施工道路（6#~20#道路）、2 座跨清江临时交通桥（1#~2#临时交通桥）、2 条临时交通洞和 15 条施工支洞，规划主要施工道路（6#~20#）长 9.82km，地下工程设置临时交通洞、施工支洞连接各工作面和施工道路，临时洞室交通总长 4.9km。2 座施工交通桥总长（跨度）170m。

## 2.6.5 施工总布置

### 2.6.5.1 主体工程施工布置

工程区布置人工砂石加工系统、混凝土生产系统、施工机械修理及停放保养场、机电设备及金属结构拼装场、综合加工厂、预制件加工场、风水电供应系统等。

本工程区不设炸药仓库，由当地民爆公司采用专用炸药车当天配送炸药到施工现场，当天清理并将多余炸药回运至公司。

#### （1）人工砂石骨料加工系统

人工砂石骨料加工系统包括主砂石加工系统和临时砂石加工系统两部分，前期临时砂石加工系统主要负责临时工程和部分永久交通的各类混凝土的砂石骨料加工，主体砂石加工系统负责大坝、两套引水发电系统、导流隧洞封堵等各类混凝土的砂石骨料加工。

临时砂石加工系统位于主厂房对岸缓坡地，占地面积 1.07 万  $\text{m}^2$ ，地面高程 590m。该系统主要承担临时工程和主体交通工程约 25.95 万  $\text{m}^3$  各类混凝土施工所需砂石骨料的生产供应任务，砂石骨料生产总量约 34.51 万 t，按满足混凝土月高峰浇筑强度 1.2 万  $\text{m}^3/\text{月}$  进行设计，成品骨料生产能力为 100t/h，粗破能力为 120t/h。

规划一个主砂石料加工系统，设于左岸坝址下游约 2km 的杨柳湾缓坡地 1#弃渣场内。系统主要承担主体工程 210.12 万  $\text{m}^3$  各类混凝土施工所需砂石骨料的生产供应任务，砂石骨料生产总量约 450 万 t，按满足混凝土月高峰浇筑强度 13 万  $\text{m}^3/\text{月}$  进行设计，成品骨料生产能力为 1000t/h，粗破能力为 1200t/h。

## (2) 混凝土拌和系统

规划设置两个拌和系统，系统自上而下设置二级平台，平台间有道路连接。

1) 左岸临时工程混凝土系统(地下厂房对岸 EL592 系统): 该系统主要服务与导流隧洞、场内交通(含交通隧洞)等工程用混凝土，系统位于厂房对岸滩地。拌和站出料地面高程 590m；水泥罐、粉煤灰罐、外加剂房、实验室、值班室集中布置在 EL595m 平台；该拌和系统混凝土高峰月浇筑强度约 1.2 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ，占地面积约 0.60 万  $\text{m}^2$ 。河床截流后，该场地作为地下厂房混凝土拌和系统，混凝土运输距离 0.5km。

2) 右岸主体工程混凝土系统(EL690 系统): 设于清江左岸姚家平，L01#道路旁，两侧设高架支线连接，距大坝运输距离 3.0km。拌和站地面高程 690~695m，主要承担大坝各类混凝土的生产任务，占地面积约 2.5 万  $\text{m}^2$ 。

## (3) 施工机械修理及停放保养

机械修配厂承担施工机械的修理、部分零部件制造及非标件的加工制造任务，设有机修、铸造、机加工、锻铆、热处理及焊接等车间。汽车修理保养厂承担施工车辆的小修、保养、零部件维修更换任务，大、中修送恩施市或利川市。施工机械停放场承担施工机械的装拆，停放。分成两个分系统，保养厂布置于 3#弃渣场顶部，占地 1.30 万  $\text{m}^2$ ，其余



布置于 2#弃渣场（可用面积 4 万 m<sup>2</sup>，不另算占地）。

#### （4）机电设备及金属结构拼装场

本工程金结拼装场设置在姚家平布置区，占地约 0.63 万 m<sup>2</sup>，前期可用作施工机械临时停放场。

#### （5）综合加工厂

钢筋加工厂占地面积约 0.40 万 m<sup>2</sup>。木材加工厂占地面积约 0.28 万 m<sup>2</sup>。

#### （6）混凝土预制件场

预制件场地布置于 3#弃渣场顶部，占地面积 1.07 万 m<sup>2</sup>。

表 2.6-1 临时生活设施及辅助工厂占地面积表

序号	项 目		规 模	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	占地面积 (m <sup>2</sup> )	备 注
1	施工辅助 企业	砂石加工系统	1000t/h	500	87000	位于 1#弃渣场内
2		混凝土拌合站	800m <sup>3</sup> /h	500	25000	
3		临时砂混系统		200	10700	
4		机修保养厂		200	13000	位于 3#弃渣场内
5		钢筋加工厂	30t/班	400	4000	
6		木材加工厂		200	2800	
7		混凝土预制场		200	10700	位于 3#弃渣场内
8		供水系统	1200m <sup>3</sup> /h	80	2000	
9		供电系统	15000kVA	300	3000	
10		供风系统	1500m <sup>3</sup> /min	700	3000	
11	综合仓库系统		1300t	3200	6400	
12	拼装厂			300	8000	
13	弃渣场	1#弃渣场（杨柳湾弃渣场）			86920	
		2#弃渣场（老沟弃渣场）			95940	
		3#弃渣场（堰前弃渣场）			122764	位于库区内
14	茅坡料场（田凤坪）				121204	采石场
15	料场剥离料堆放场				35220	
16	1#洞渣料缓存区				17500	

序号	项 目	规 模	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	占地面积 (m <sup>2</sup> )	备 注
17	2#洞渣料缓存区			50900	
18	3#洞渣料缓存区			21513	
19	施工临时道路	13.52km		234400	
20	施工营地		9000	26000	
21	复垦土缓存区			19124	
	合 计		12980	896385	

### 2.6.5.2 库区滑坡治理工程施工布置

库区滑坡治理工程设置 3 个主要布置区，施工布置区内主要有混凝土拌合系统、钢筋和模板加工系统、仓库、机械设备停放场，面积见表 2.6-2。工程施工临时占地合计 13.71 万 m<sup>2</sup>，见表 2.6-3。

表 2.6-2 库区滑坡治理工程施工布置区表 单位：m<sup>2</sup>

项目	仓库建筑 面积	施工工厂设施占地面积					高峰人数
		仓库	钢筋加工厂	机械设备停放 场	混凝土拌合 站	小计	
布置区 1	200	600	600	500	2000	3700	100
布置区 2	400	1200	1100	1200	2700	6200	200
布置区 3	100	300	300	700	800	2100	100
	<b>700</b>	<b>2100</b>	<b>2000</b>	<b>2400</b>	<b>5500</b>	<b>12000</b>	<b>400</b>

表 2.6-3 库区滑坡治理工程施工临时占地表 单位：m<sup>2</sup>

项目	施工布置区			施工道路	存渣场	合计
	施工工厂设施	施工营地	小计			
布置区 1	3700	1600	5300	23600	9700	38600
布置区 2	6200	3200	9400	37000	39500	59300
布置区 3	2100	1600	3700	17000	18500	39200
合计	<b>12000</b>	<b>6400</b>	<b>18400</b>	<b>77600</b>	<b>67700</b>	<b>137100</b>

### 2.6.6 土石方平衡与弃渣、存料规划

#### (1) 土石方平衡

本工程土方开挖 279.80 万  $\text{m}^3$  (自然方, 下同), 砂砾石开挖 21.99 万  $\text{m}^3$ , 石方明挖 283.87 万  $\text{m}^3$ , 石方洞挖 109.38 万  $\text{m}^3$ , 充分利用后, 经土石方平衡规划, 弃渣 537.95 万  $\text{m}^3$  (松方), 其中杨柳湾 (1#渣场) 容渣 52.49 万  $\text{m}^3$ , 老沟 (2#渣场) 容渣 148.34 万  $\text{m}^3$ , 3#弃渣场容渣量 337.11 万  $\text{m}^3$ 。

此外, 库区滑坡治理工程合计开挖土方 19.40 万  $\text{m}^3$ , 开挖石方 1.44 万  $\text{m}^3$ , 回填 14.25 万  $\text{m}^3$ , 多余土石方 4.08 万  $\text{m}^3$ 。工程开挖土料量大于回填量, 且开挖土料均为壤土、碎石土等, 可直接用于回填, 工程无需另外取土, 多余土方主要为截排水沟开挖土方, 可用于施工道路路基填筑和征地范围内场地平整, 不另找弃渣场。

## (2) 缓存料规划

1) 截流前临时存料场。截流前临时存料场主要堆存 1#、2#导流隧洞、各施工交通洞、施工支洞、引水洞上游部分洞段等洞挖石碴料, 相应总方量约 89.77 万  $\text{m}^3$  (自然方, 下同), 考虑 70% 利用, 利用量为 58.75 万  $\text{m}^3$ , 其中用于临时工程混凝土用量 19.07 万  $\text{m}^3$  (折算成松方 29.18 万  $\text{m}^3$ )。

用于加工骨料的洞碴料可缓存于大坝下游左岸 L03#道路以下, 出线交通桥上游约 300m 处的 1#洞碴料缓存料场, 占地面积 1.8 万  $\text{m}^2$ ; 截流前可利用的缓存料还有 14.5 万  $\text{m}^3$  洞碴料, 折算为松方 22.2 万  $\text{m}^3$ , 临时缓存于姚家平 2#碴料缓存区, 占地面积 4.60 万  $\text{m}^2$ 。

2) 截流后缓存料场。河床截流后缓存料场主要位于大坝下游基坑河床。本工程坝肩开挖石方 153.55 万  $\text{m}^3$ , 其中 46.04 万  $\text{m}^3$  (自然方) 作为碾压混凝土骨料加工原料临时缓存于大坝下游与大坝下游全年围堰之间, 占地面积 2.0 万  $\text{m}^2$ 。

3) 石料场开挖料缓存。茅坡石料场表层剥离料 (72.60 万 m<sup>3</sup>, 自然方) 该部分剥离料就近缓存于料场上游缓坡地, 缓存地原始地面高程 EL840~EL870m, 缓存区占地约 6.0 万 m<sup>2</sup>, 平均堆高约 15.0m。临时堆渣料应充分做好安全挡护及水土保持措施。

### (3) 弃渣场规划

根据姚家平枢纽工程可能的弃渣量, 按就近堆弃、兼顾布置的原则, 工程共设置 3 座弃渣场, 分别为 1#弃渣场 (杨柳湾弃渣场)、2#弃渣场 (老沟弃渣场)、3#弃渣场 (堰前弃渣场)。弃渣场特性见表 2.6-4。

表 2.6-4 姚家平水利枢纽工程弃渣场特性表

渣场编号	渣场名称	容渣量 (万 m <sup>3</sup> )	堆渣量 (万 m <sup>3</sup> )			最大堆高 (m)	平均堆高 (m)	占地面积 (hm <sup>2</sup> )	弃渣场等级	渣料成分
			自然方	压实方	松散方					
1#	杨柳湾弃渣场	60	37.50	48.75	52.49	55.0	6.0	8.69	4	弃石为主, 土石比例约 2:8
2#	老沟弃渣场	160	125.11	114.39	148.34	95.0	15.7	9.43	3	土石混合, 土石比例约 4:6
3#	堰前弃渣场	500	268.92	297.18	337.11	57.5	27.5	12.28	3	土石混合, 土石比例约 3:7
小计		720	431.53	460.32	537.94			18.12		

## 2.6.7 施工机械及施工强度

### (1) 施工机械

姚家平水利枢纽工程主要施工机械设备见表 2.6-5。

表 2.6-5 主要施工机械设备表

设备名称	型号及性能	单位	数量
潜孔钻	YQ100/YQ150	台	26/20
手风钻	YT28	台	30
凿岩台车	CM-351	台	6
反铲挖掘机	1.0m <sup>3</sup> /2.0m <sup>3</sup>	台	6/16

设 备 名 称	型号及性能	单 位	数 量
推土机		台	10
装载机	2.0~3.0m <sup>3</sup>	台	8
振动碾	BW202AD	台	12
小型振动碾	BW75S-2	台	3
平仓机	D31P	台	3
核子密度仪	MC-3	台	3
仓面喷雾机		台	4
满管溜槽	800×800	座	2
建筑塔吊		座	1
空压站	120 m <sup>3</sup> /min /240 m <sup>3</sup> /min	座	2/2
空压机	12m <sup>3</sup> /min	台	6
地质钻机	150 型	台	16
混凝土拌和站	HZS240/HZS150	座	2/2
混凝土拌和站	HZS90/HZS60	台	1/1
砂浆搅拌机	0.4m <sup>3</sup>	台	3
混凝土喷射机		台	2
灌浆泵	BW250/50 型	台	2
高喷台车		套	1
液压抓斗		套	1
混凝土搅拌运输车	3~6m <sup>3</sup>	台	6
混凝土泵车	60m <sup>3</sup> /h	台	3
履带起重机	20t/10t	台	2/2
汽车吊	50t	台	2
卷扬机	5~10t	台	6
载重汽车	5t	辆	10
自卸汽车	20~25t	辆	30
自卸汽车	8~15t	辆	10
主砂石加工系统	1000t/h	套	1
临时砂石加工系统	100t/h	套	1

## (2) 施工强度

本工程施工强度指标见表 2.6-6, 工程所需主要建筑材料见表 2.6-7。

表 2.6-6 分年度完成工程量表

序号	项目	单位	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	合计
1	土石方明挖	万 m <sup>3</sup>	8.5	122.5	163.3	163.55	74.46	81.25			614.99
2	石方洞挖	万 m <sup>3</sup>		26.66	9.16	13.63	13.58	0.63			63.66
3	土石回填	万 m <sup>3</sup>		4.36	45.39	47.06		1.53			98.33
4	碾压混凝土	万 m <sup>3</sup>				16.68	83.59	49.91			157.28
5	常态混凝土	万 m <sup>3</sup>		5.62	17.61	3.68	16.67	18.55	5.63		74.73
6	钢筋	万 t		0.29	0.89	0.17	0.86	1.23	0.31		3.21
7	固结灌浆	m			2.16	1.87	4.63	5.02			13.18
8	帷幕灌浆	m					1.95	1.50			4.83

表 2.6-7 主要建筑材料需用量表

水泥 (万 t)	粉煤灰 (万 t)	钢筋 (万 t)	块石 (万 m <sup>3</sup> )	碎石 (万 m <sup>3</sup> )	砂 (m <sup>3</sup> )
57.36	16.22	6.76	11.25	245.08	145.83
钢材 (t)	板枋材 (m <sup>3</sup> )	汽油 (t)	柴油 (t)	总工时 (万工时)	
2456	2283	846	21573	3289	

## 2.6.8 施工总进度

本工程施工总工期为 96 个月, 首台机发电工期 84 个月 (姚家平水库可发挥防洪社会效益工期 84 个月), 其中施工准备期 30 个月, 主体工程施工工期 54 个月, 工程完建期 12 个月。

## 2.7 建设征地及移民安置规划

### 2.7.1 水库淹没和工程占地

姚家平水利枢纽工程建设占地和水库淹没影响处理范围涉及湖北省恩施州的恩施市和利川市共 3 个乡镇 7 个村。具体为恩施市: 屯堡乡

马者村、田凤坪村，大峡谷风景管理处营上村、木贡村、高台村及利川市团堡镇小谷槽村、牛栏坪村。

工程总征地 11773.98 亩。按征地属性分：永久征收土地 10926.36 亩，临时征用土地 847.62 亩。按功能区分：库区征地面积 9653.87 亩，枢纽工程建设区征地面积 2120.11 亩。

## 2.7.2 移民安置规划

工程征地及淹没影响范围涉及 563 户 1955 人，其中搬迁户 493 户 1955 人，财产户 70 户，不计列人口。拆迁各类房屋 14.18 万 m<sup>2</sup>。工业企业 5 家，包括 1 家矿泉水厂，1 家砖沙厂，3 家水电站。专业项目主要包括四级公路 14.47km，交通桥 4 座，渡口 2 对；110kV 高压线路 0.27km，35kV 输电线路 1.16km，10kV 输电线路 12.77km；电信线路 27.64km，广播电视线路 17.5km，自来水管 10.42km，天然气管道 1.6km，文物古迹 5 处等。

### 2.7.2.1 生产安置规划

姚家平水利枢纽工程农村移民生产安置人口涉及恩施市高台村、木贡村、营上村、马者村、田凤坪村及利川市小谷槽村共 6 个行政村，至规划水平年农村生产安置人口共计 1336 人，均采取一次性货币补偿安置方式，同时对符合被征地农民参加基本养老保险的对象给予一次性养老保险补偿。

### 2.7.2.2 移民搬迁安置规划

规划水平年搬迁安置人口 2047 人。安置去向主要为集中居民区，剩余少量人口就近后靠分散。规划 4 个安置区，其中恩施市 3 个（马者安置区、六房安置区、龙山坪安置区），利川市 1 个（小谷槽安置区）。

具体搬迁安置方案如下：

(1) 恩施市屯堡乡

马者村 31 户 108 人，规划进入马者安置区（马者安置点）进行安置。

田凤坪村 18 户 67 人，规划本村就近后靠分散安置。

(2) 恩施大峡谷风景管理处

高台村 322 户 1316 人，规划进入六房安置区 5 个集中居民点，集中安置 288 户 1145 人，本村就近后靠分散安置 19 户 86 人，剩余 15 户 85 人进入龙山坪安置区神龙转安置点。

木贡村 64 户 289 人，规划进入龙山坪安置区窝塘安置点 40 户 180 人。本村就近后靠分散安置 9 户 44 人，剩余 15 户 65 人进入龙山坪安置区神龙转安置点。

营上村 31 户 156 人，规划进入龙山坪安置区龙山坪安置点 23 户 115 人，剩余 8 户 41 人进入龙山坪安置区神龙转安置点。

(3) 利川市团堡镇

小谷槽村 13 组 27 户 111 人，规划进入小谷槽安置区小谷槽安置点进行安置。

综上所述，移民安置规划 4 个安置区 10 个集中安置点，共集中安置 447 户 1850 人，其余 46 户 197 人规划分散安置。

### 2.7.2.3 集中安置点选址

(1) 马者安置区

马者安置点位于姚家平水库下游 1 公里处的马者村姚家坪组，面积 16.19 亩。

(2) 六房安置区



1) 三营仗安置点位于高台村土家小院对面，贴临屯渝公路北侧，整个场地成三角形，面积 22.49 亩。

2) 六房安置点位于高台村村委会东南侧 100m 处，贴临屯渝公路南侧，地势相对平缓，面积 29.24 亩。

3) 高台仟安置点位于梨树村与石板沟村之间，距离梨树小学 500m。地形总体较陡，面积 80.96 亩。

4) 专班安置点位于木贡集镇东南侧的竹基坝，位于屯渝公路与复建道路之间，面积 19.49 亩。

5) 岩上安置点位于木贡集镇南侧 100m 处的岩上村，面积 19.49 亩。

#### (3) 龙山坪安置区

1) 窝塘安置点紧邻大峡谷龙船调剧场东侧，地势相对平缓，面积 26.99 亩。

2) 龙山坪安置点位于大峡谷龙船调剧场东侧，地势起伏较大，面积 17.25 亩。

3) 神农转安置点位于沐抚集镇南侧，面积 28.64 亩。

#### (4) 小谷槽安置区

小谷槽安置点位于利川市团堡镇小谷槽村，面积 16.64 亩。

### 2.7.2.4 工业企业处理

影响工业企业 5 家，对淹没的谷晒泉饮品有限公司拟定异地搬迁复建；淹没的七渡河砖沙厂、大河片水电站、卡门水电站等 3 家企业，给予一次性货币补偿；影响的越峰水力发电厂（云龙河三级水电站），进行防护工程处理。

### 2.7.2.5 专业项目处理

按照原规模、原标准或者恢复原功能的原则进行处理。

恢复库区左岸主要交通干线，双向车道长度 6.733km；新建安置点对外连接道路、恢复库区及工程建设区公路总长度 9.89km；复建渡口 2 对、新建渡口 1 对。

复建 110kV 单回线路 5.2km、35kV 单回线路 5.6km，并完善相应的二次设备；新建及改造 10kV 线路共 6.856km。

复建通信线路 51.37km，复建广播电视架空线路 10.16km。

复建自来水管长度 14.79km，加固处理天然气管道 1.6km。

淹没木贡村水电站、排水沟、排水渠、涵管、河道管理宣传牌等设施丧失功能，进行合理补偿。

#### **2.7.2.6 其他**

根据湖北省文化和旅游厅以《省文化和旅游厅关于湖北姚家平水利枢纽工程文物保护工作的意见》（鄂文旅函〔2021〕283 号）文件同意的《湖北姚家平水利枢纽工程文物保护方案》报告相关内容，枢纽工程建设区及淹没区涉及文物古迹 5 处。考古发掘工作由具备资格单位实施，地方文物部门予以配合，考古发掘由发掘单位另行按照程序报国家文物局同意后开展，所需文物保护经费列入工程预算。

本工程平面保护范围内无查明资源储量的矿产地、未设置矿业权、与 3 个已实施省地勘基金项目交叉重叠。无需进行矿产资源压覆处理。

## **2.8 工程运行调度方式**

### **2.8.1 水库防洪调度运用**

姚家平水库承担下游恩施城区防洪任务。防洪高水位线以上至校核洪水位线的水库防洪调度区，应按保证大坝安全的调度方式运行；防洪高水位线以下至防洪限制水位线之间的下游防洪调度区，应按满足下游

要求的防洪调度方式运用。姚家平水库洪水拟按下游防洪调度区、水库防洪调度区分区运行。

姚家平水库主汛期为 5 月下旬~8 月下旬，汛限水位 735m，防洪高水位 748.2m。

#### (1) 下游防洪调度方式

1) 当恩施流量小于  $1550\text{m}^3/\text{s}$ ，姚家平、大龙潭两水库均按照来流下泄。

2) 恩施流量位于  $1550\text{m}^3/\text{s}$  与  $2000\text{m}^3/\text{s}$  之间，姚家平来流不超过  $1550\text{m}^3/\text{s}$ ，按来流下泄，若来流超过  $1550\text{m}^3/\text{s}$ ，则按照第一级控泄流量  $1550\text{m}^3/\text{s}$  控泄。大龙潭按照来流下泄，库水位不超过 454m。

3) 当恩施流量超过  $2000\text{m}^3/\text{s}$ ，姚家平仍按照  $1550\text{m}^3/\text{s}$  控泄。大龙潭对下区间实施补偿泄，直到大龙潭库水位上涨至 454m。当大龙潭水位达到 454m 及以上，姚家平按照第二级控泄流量  $550\text{m}^3/\text{s}$  控泄，大龙潭对下区间实施补偿调度，共同控制恩施站洪峰不超过  $2500\text{m}^3/\text{s}$ 。

#### (2) 大坝安全防洪调度

当恩施站洪水超过恩施城区防洪标准 (2%)，姚家平水库不再承担下游防洪任务，转为保坝安全防洪调度方式运用。从防洪高水位起调，当洪水来量小于泄洪设施泄洪能力时按洪水来量下泄；当洪水来量大于泄洪设施泄洪能力时按泄洪能力下泄，落洪段控制最大泄洪流量不超过坝址洪峰流量。

### 2.8.2 发电调度运用

姚家平水利枢纽工程主要任务是防洪和发电，为恩施市城市防洪需要，5 月下旬~8 月下旬设置防洪限制水位 735m。汛前视来水情况逐步降至汛限水位，汛后逐步蓄至正常蓄水位。

姚家平水库调度图见图 2.8-1。防洪区根据恩施城市防洪要求确定；出力限制线和死水位之间为降低出力区，按保证出力的 50%发电，并以时段末库水位不小于死水位为控制；出力限制线和防破坏线之间为保证出力区，按保证出力发电；出力限制线与防洪调度线之间为加大出力区，按水流出力发电（不应大于装机出力，也不小于保证出力）；5 月中旬，应尽量加大出力，将库水位由旬初的 745m 逐步降低到旬末的 735m。

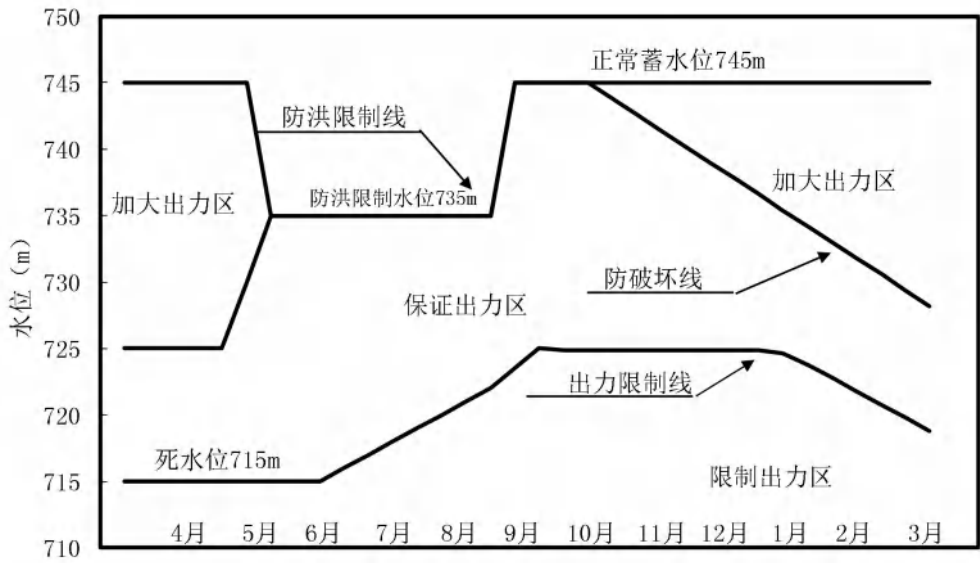


图 2.8-1 姚家平水库调度图

### 2.8.3 生态流量泄放调度运用

11 月~翌年 3 月坝址处最小下泄流量不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 16.3%）泄放，4~10 月坝址处最小下泄流量不应低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 30.0%）泄放。

## 2.9 工程投资

按 2021 年第四季度价格水平计算，姚家平水利枢纽工程静态总投资为 657502.31 万元，其中环境保护工程投资 26442.92 万元。

## 3 环境现状

### 3.1 流域环境概况

#### (1) 地理位置

清江流域位于湖北省西南部，东经  $108^{\circ}35'$ ~ $111^{\circ}35'$ ，北纬  $29^{\circ}33'$ ~ $30^{\circ}50'$ 之间，东邻江汉平原、南与澧水、西与乌江水系毗连，在自然地理区划上位于云贵高原的东北端，巫山山脉的南部，系中低山区。

清江发源于恩施州利川市都亭山西麓，干支流自西向东流经利川、恩施、咸丰、宣恩、建始、鹤峰、巴东、长阳、五峰、宜都等县市，在宜都市注入长江。自河源至河口，干流全长 423km，总落差 1430m，流域面积 1.67 万  $\text{km}^2$ 。

#### (2) 地形地貌

清江流域呈羽状分布，地势西高东低，在利川、恩施、建始附近有三个盆地，河口附近有部分丘陵平原，其余均为山区，约占流域面积的 80%。流域山势陡峻，河谷深切，河道狭窄，比降大，具有山区河流特征。清江支流较多，左岸各级支流有 49 条，右岸有 56 条，河长一般较短。一级支流有 25 条，流域面积大于  $1000\text{km}^2$  支流有忠建河、马水河、野三河、渔洋河 4 条，流域面积大于  $500\text{km}^2$  支流有忠建河、马水河、野三河、渔洋河、招徕河、龙王河、丹水 7 条。流域除上游利川、恩施、建始三个小盆地及河口附近有少数的低山丘陵外，80%以上均为山地。南部与澧水的分水岭海拔 1000~1500m，北部与长江干流的分水岭海拔 1000~1900m，西部齐岳山为清江与乌江分水岭，海拔 1500~2000m；恩施、咸丰一带因受断层陷落影响，海拔较低，为 500~1000m，构成

鄂黔之间天然通道；下游靠近长江干流一带地势低平，一般海拔在 200m 以下。清江两岸石灰岩广布，虽岩性坚硬，但易受溶蚀，因而沿江河谷陡峭，深者可达 1000 余米，多形成悬崖绝壁，奇峰峻岭，景色壮丽。

按河谷形态与水流特性，清江干流河道大致分为上、中、下三段。河源至恩施为上游，长 153km，落差 1070m，河床比降 7.0‰，一般枯水面宽 50~70m。上游段流经利川盆地低山丘陵区，河谷较为开阔，山势平稳，流入黑洞长 9.7km 为伏流，成为地下河。出黑洞后至恩施，河道穿行于高山峡谷中，其中有著名的恩施大峡谷。峭壁直立，奇峻幽深。恩施至长阳的资丘为中游，长 160km，落差 280m，河床比降 1.8‰，清江的主要支流大多在此河段汇入。资丘至河口为下游，长 110km，落差 80m，河床比降 0.73‰，进入丘陵地区。

### （3）地质

清江流域大地构造属扬子准地台上扬子台褶带。流域内全部为沉积岩，除缺失志留系上统、泥盆系下统、石炭系上统外，其余地层均有出露，大部分为古生界和三叠系碳酸盐岩和碎屑岩。主要构造线方向为北东向，褶皱及断裂构造发育，褶皱具有向斜宽展，背斜狭窄的特点。碳酸盐岩分布区岩溶极为发育，各类形态均可见及，有峰丛、洼地、天坑、落水洞，暗河大多发育于高程 800m 以上的剥夷面，河谷两岸多为溶洞、岩溶大泉和暗河出口。在高程上具有发育程度差异成层性的特点，岩溶含水层或透水层与厚层碎屑岩隔水层相间分布时又形成各自独立的岩溶系统，岩溶水文地质条件复杂。根据 2015 年《中国地震动参数区划图》，流域内地震动峰值加速度 $\leq 0.05g$ ，相应地震基本烈度 $\leq VI$ 度。

### （4）气候气象

清江流域属亚热带季风气候，其特点是冬暖夏凉，云多风小，气温

年差较小，秋雨显著较多。夏季受海洋季风影响，气候温湿多雨，冬季受西伯利亚气候控制，气候干燥寒冷。河谷气候温和，无霜期较长，而在山顶及高山区，冬冷夏凉，降水量增多，夏多雷暴，冬多降雪。流域内多年平均气温  $12\sim 17^{\circ}\text{C}$ ，以 7、8 月份气温最高，极端最高气温  $41.2^{\circ}\text{C}$ （恩施站 1959 年 8 月 22 日），极端最低气温  $-15.4^{\circ}\text{C}$ （利川站 1972 年 2 月 8 日），流域多年平均相对湿度  $78\%\sim 84\%$ ，多年平均蒸发量分别为  $1075.0\text{mm}$ （恩施）、 $1079.4\text{mm}$ （利川）、 $1262.4\text{mm}$ （长阳）和  $1226.8\text{mm}$ （宜都）。

#### （5）水文泥沙

清江多年平均径流深  $876\text{mm}$ ，多年平均流量  $444\text{m}^3/\text{s}$ （高坝洲站）。雨量分布上游略大于中下游，恩施水文站以上流域多年平均降雨量  $1517\text{mm}$ ，而恩施以上的上游河段又是下游略大于上游。根据恩施水文站 1959～2004 年的实测泥沙统计资料，恩施站最大年输沙量是 1980 年的 626.4 万 t，最大含沙量为  $23.96\text{kg}/\text{m}^3$ 。多年平均悬移质输沙量为 130.5 万 t，多年平均输沙率为  $41.4\text{kg}/\text{s}$ ，多年平均含沙量为  $0.49\text{kg}/\text{m}^3$ ，多年平均输沙模数为  $446\text{t}/\text{km}^2$ 。

#### （6）土壤

恩施州境内土壤成土母质以灰岩为主，其次为页岩、石英砂岩和少量的紫色页岩、第四纪红色黏土及近代河流冲积物等。州境成土母质复杂，加上山地气候的垂直变化，发育成的土壤种类较多，共 11 个土类，并多呈垂直分布。主要土类有：红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、山地草甸土、山地沼泽土等地带性土壤和紫色土、石灰（岩）土、潮土、水稻土等非地带性土壤共 11 个土类。黄壤、黄棕壤、棕壤所占比例较高，占全区比例分别为 16.89%、56.19%、16.68%，随海拔高度变化分

带明显，从低到高依次由黄壤—黄棕壤—棕壤过渡，分界线分别是海拔 800m 和海拔 1500m 左右。恩施州土壤大多偏酸性，土壤的有机质、含氮量随海拔升高而增加，耕层有机质一般占 2%~4%。

## 3.2 项目区环境概况

### 3.2.1 自然环境

#### 3.2.1.1 地形地貌

姚家平水利枢纽工程区地处鄂西南褶皱山地，山脉走向、地形地貌特征严格受区域构造线控制。以恩施、建始两盆地一带为中心，呈北北东——南南西方向展布的地带，海拔高度为 450~700m，带内山峦低平，清江及其支流蜿蜒曲折穿行其间，为波状起伏的台原地貌。盆地东西两侧地势逐渐增高，由 750m 逐渐抬升到 2000m 左右，山脉展布方向为北东——南西向。宏大的山体间遍布着“V”形、箱形深切峡谷，其下切深度 300~1000m，陡崖群峰巍峨参差。各级夷平面被深沟峡谷纵横切割，形成支离破碎，残缺不全倾向江河的河间地块及深切的刀锋脊岭，构成中山峡谷地貌景观。其显著特征是成层性，如多级夷平面、成层的喀斯特溶洞及河流两岸多级阶地等。

#### 3.2.1.2 气候气象

清江流域内地形复杂，有高山、河谷和盆地，气候差异明显，河谷气候温和，无霜期较长，而在山顶及高山区，冬冷夏凉，降水量增多，夏多雷暴，冬多降雪。流域内多年平均气温 12~17℃，以 7、8 月份气温最高，极端最高温 41.2℃（恩施市 1959 年 8 月 22 日），极端最低气温 -15.4℃（利川市 1972 年 2 月 8 日），相对湿度 80%~84%，多年平均



蒸发量分别为 1106.0mm（恩施市）和 1079.4mm（利川市），多年平均降水量分别为 1403.0mm（恩施市）和 1300mm（利川市）。各气象站特征值详见表 3.2-1。

表 3.2-1 工程区各气象站气象特征值表

序号	项目	单位	数值		发生日期	
			利川	恩施	利川	恩施
1	多年平均降水量	mm	1300	1403		
2	多年平均蒸发量 (Φ20cm 蒸发皿)	mm	1079.4	1106.0		
3	多年平均气温	℃	12.7	17.3		
4	历年极端最高气温	℃	34.8	41.2	1971.7.26	1959.8.22
5	历年极端最低气温	℃	-15.4	-12.3	1972.2.8	1977.1.30
6	多年平均相对湿度	%	84	81		
7	多年平均年最大风速	m/s	7.9	9.2		
8	历年最大风速	m/s	11.7	16.0	1995.8.1	1985.9.2
9	历年盛行风向		E	N		
10	多年平均日照时数	h	1249.7	1267.2		
11	多年平均无霜期	d	257	250		

### 3.2.1.3 水水泥沙

#### (1) 径流

清江流域径流由降雨产生，其年内分配与降雨年内分配基本一致，水文年度为 4 月～次年 3 月，汛期为 4～10 月，枯水期为 11～3 月。根据恩施水文站资料统计分析，年际间丰、枯年径流比值为 2.8。多年平均 4～10 月径流量为 21.3 亿 m<sup>3</sup>，约占多年平均年径流量的 82.4%。

姚家平坝址径流分析选择恩施水文站作为依据站，采用水文比拟法推求，得到姚家平坝址 1958.4～2019.3 长系列逐旬径流系列成果。经统计，姚家平坝址多年平均流量 51.9m<sup>3</sup>/s，枯期 11～3 月平均流量 21.1m<sup>3</sup>/s，最枯月平均流量 9.58 m<sup>3</sup>/s，最枯旬平均流量 7.50 m<sup>3</sup>/s。

分别对坝址年径流、枯水期（11 月～次年 3 月）、最枯月平均流量

和最枯旬平均流量径流系列进行频率分析,采用 P—III型曲线进行适线,坝址设计径流成果见表 3.2-2。

表 3.2-2 姚家平坝址径流设计成果表（1958.4~2019.3） 单位：m<sup>3</sup>/s

时 段	均值	Cv	Cs/ Cv	P (%)				
				15	25	50	75	85
多年平均流量	51.9	0.22	2.0	63.6	59.0	51.0	43.8	40.2
11~3 月流量	21.1	0.35	2.0	28.6	25.5	20.2	15.8	13.7
最枯月平均流量	9.58	0.37	2.0	13.2	11.7	9.2	7.0	6.0
最枯旬平均流量	7.50	0.34	2.0	10.1	9.0	7.2	5.7	4.9

姚家平坝址年径流变差系数为 0.22，径流年际变化相对较小。按水文年统计的径流系列中，1989 年最大，年平均流量 80.0m<sup>3</sup>/ s ，相应年径流量 25.2 亿 m<sup>3</sup>；2006 年最小，年平均流量仅 27.4m<sup>3</sup>/ s ，相应年径流量 8.6 亿 m<sup>3</sup>。丰枯年径流比值为 2.9。

通过对坝址多年平均年月径流及年内分配进行统计分析可知，坝址处径流在年内分配极不均匀，多年平均 4~10 月经流量为 13.7 亿 m<sup>3</sup>，约占多年平均年径流量的 83.2%。多年平均月经流量最大值出现在 7 月份，占多年平均径流量的 17.6%；多年平均月经流量最小值出现在 1 月份，占多年平均径流量的 1.8%。姚家平坝址径流和降雨年内分配成果详见表 3.2-3。

表 3.2-3 姚家平坝址降水量及径流年内分配表

月份	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	年
流域平均月降水量 (mm)	132	193	214	224	176	157	118	64.5	28.4	25.6	34.9	68.6	1436
比例 (%)	9.2	13.4	14.9	15.6	12.2	10.9	8.2	4.5	2.0	1.8	2.4	4.8	100
月平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	57.2	86.4	92.8	108.1	59.7	63.1	49.5	32.6	15.3	11.3	17.1	29.1	51.9
比例 (%)	9.0	14.1	14.7	17.6	9.7	10.0	8.1	5.2	2.5	1.8	2.5	4.8	100

## （2）洪水

清江流域洪水主要由暴雨形成，洪水发生频繁，陡涨陡落，反映了

山溪型河流特点，年最大洪水 5 月~8 月份发生较多，尤其 7 月较多，恩施和利川（二）站分别占 38.7%和 34.4%；两站同时发生最大洪水的年份占 57.3%，包括 1969 年和 1989 年等大水年，说明上下游同时发生洪水机会较大。恩施洪水陡涨陡落，洪水峰型单双峰均有，但以单峰居多，总历时一般为 3~4d。姚家平坝址设计洪水成果见表 3.2-4。

表 3.2-4 姚家平坝址设计洪水成果

项目	设计频率 (%)									
	0.01	0.02	0.1	0.2	1	2	3.33	5	10	20
$Q_m$ (m <sup>3</sup> /s)	5670	5360	4630	4310	3540	3200	2940	2729	2350	1950
$W_{24}$ (亿 m <sup>3</sup> )	2.91	2.75	2.38	2.22	1.83	1.66	1.52	1.42	1.22	1.02
$W_{72}$ (亿 m <sup>3</sup> )	5.75	5.42	4.67	4.33	3.54	3.19	2.92	2.70	2.32	1.90

### （3）泥沙

姚家平河段无实测泥沙资料，姚家平水库入库泥沙采用下游恩施站实测泥沙特征值进行分析。

采用恩施站 1959~2004 年系列实测泥沙统计资料进行分析。姚家平坝址以上流域面积为 1927.6km<sup>2</sup>，按恩施站输沙模数 452t/km<sup>2</sup> 计算，姚家平坝址多年平均悬移质输沙量为 87.1 万 t。

水库的推移质考虑上游雪照河水库和支流云龙河水库的拦截，按区间面积的悬移质输沙量的 15%计，则姚家平坝址多年平均推移质输沙量为 4.3 万 t，姚家平水库 20 年、30 年、50 年的入库沙量分别为 1828 万 t、2742 万 t、4571 万 t。

按悬移质干容重 1.3t/ m<sup>3</sup>、推移质干容重 1.4t/ m<sup>3</sup> 计，姚家平水库 20 年、30 年、50 年的入库沙量分别为 1402 万 m<sup>3</sup>、2103 万 m<sup>3</sup>、3504 万 m<sup>3</sup>。水库入库泥沙计算成果见表 3.2-5。

表 3.2-5

姚家平水库泥沙计算成果表

水库名称	入库沙量 (万 t)			入库沙量 (万 m <sup>3</sup> )		
	20 年	30 年	50 年	20 年	30 年	50 年
姚家平水库	1828	2742	4571	1402	2103	3504

### 3.2.1 社会环境

湖北姚家平水利枢纽工程位于恩施土家族苗族自治州境内。恩施土家族苗族自治州（以下简称恩施州）位于湖北省西南部山区，地处鄂、湘、渝三省（市）交汇处，西连重庆市黔江区，北邻重庆市万州区，南面与湖南省湘西土家族苗族自治州接壤，东连湖北省神农架林区。境内高山峡谷、沟壑纵横，森林覆盖率近 70%，素有“鄂西林海”、“华中药库”、“世界硒都”之称号。

恩施州现辖恩施市、利川市 2 个县级市和建始、巴东、宣恩、咸丰、来凤、鹤峰 6 个县，州首府驻恩施市。恩施州 2020 年末常住人口 345.61 万人，其中城镇人口 160.93 万人，城镇化率 46.56%。2020 年恩施州地区生产总值 1117.7 亿元，三产业结构比为 18.1:22.6:59.3。

## 3.3 生态环境现状

### 3.3.1 陆生生态

#### 3.3.1.1 调查时间、范围及方法

##### （1）调查时间

为全面调查评价区陆生生态现状，在收集分析评价区历史资料的基础上，评价单位委托武汉市伊美净科技发展有限公司于 2021 年 1 月和 2021 年 4 月对评价区陆生生态现状进行了调查，每次调查 10~15 天。

##### （2）调查范围

陆生生态现状调查范围涵盖姚家平水利枢纽工程评价区,综合考虑工程特性和影响因素,重点调查枢纽工程区、水库淹没区、移民安置区、施工道路和施工营地等区域,涵盖了不同的植被类型。调查路线及样方点位见附图 4。

### (3) 调查方法

#### 1) 资料收集

收集整理评价区涉及县市的陆生生物资料,在综合分析资料的基础上,确定实地考察的重点区域及考察路线。

#### 2) GPS 地面类型及植被调查取样

GPS 样点是卫星遥感影像判读各种景观类型的基础,根据室内判读的植被与土地利用类型图,现场核实判读的正误率,并对每个 GPS 取样点作如下记录:

①海拔表读出测点的海拔值和经纬度;

②记录样点植被类型,以群系为单位,同时记录坡向、坡度、土壤类型;

③记录样点优势植物以及观察动物活动的情况;

④拍摄典型植被外貌与结构特征。

#### 2) 陆生植物调查

在对评价区陆生生物资源历年资料检索分析的基础上,根据调查方案确定路线走向及考察时间,进行现场调查。

现场调查采取样带调查与样方调查相结合的方法,对没有原生植被的区域采取样带调查,在重点施工区域以及植被状况良好的区域实行样方重点调查,样方调查采用样地记录法,乔木群落样方面积为  $20\text{m} \times 20\text{m}$ ,灌木样方面积为  $5\text{m} \times 5\text{m}$ ,草本样方面积为  $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。陆生植物群落样

方共 37 个，涵盖了枢纽工程区、水库淹没区、土料场区、移民安置区等。对珍稀濒危植物调查采取野外调查、民间访问相结合的方法进行，对有疑问植物、经济植物和珍稀濒危植物，还拍摄了凭证标本照片。

### 3) 陆生动物调查

在调查过程中，确定评价区内动物的种类、资源状况及生存状况，尤其是重点保护种类。调查方法主要有样线法、样点法、访问和资料查询。兽类主要采用现场环境调查，野外踪迹调查，包括：足迹链、窝迹、粪便，再结合访问调查确定种类及数量等。鸟类主要采用样线法与样点法，根据生境类型及其面积的大小设计样线或样点，抽样强度高于 2%。两栖类、爬行类主要以样线法为主，辅以样方法对区域内两栖、爬行类动物类群进行调查。

此外，在重点施工区域（如坝址施工区等）、淹没线以下区域以及特殊区域（如植被良好的区域、地质公园）实行重点调查。

### 4) 生物量测定与估算

评价区内植被类型生物量数据主要参考中国科学院生态环境研究中心专家建立的我国森林生物量的基本参数，并以其对湖北森林推算的平均生物量作为本次森林生物量估算的基础，参考湖北省森林资源连续调查报告及《我国森林植被的生物量和净生产量》（方精云，刘国华，徐蒿龄，1996 年）《中国森林生态系统的生物量和生产力》（冯宗炜等，1999 年）《中国森林生物量与生产力的研究》（肖兴威，2005 年）《中国森林植被净生产量及平均生产力动态变化分析》（林业科学研究，2014 年）《中国不同植被类型净初级生产力变化特征》（陈雅敏等，2012 年）等资料，并根据当地的实际情况作适当调整，估算出评价区各植被类型的平均生物量。

### 5) 基于空间信息技术的生态制图

采用 GPS、RS、GIS 相结合的空间信息技术, 进行地面类型的数字化判读, 完成数字化的植被图和土地利用类型图, 进行景观质量和生态环境质量的定性和定量评价。

从遥感信息获取的地面覆盖类型, 在地面调查和历史植被基础上进行综合判读, 采用监督分类的方法最终赋予生态学的含义。选用 2019 年 4 月的数据, 地面精度为 15m, 以反映地面植被特征的 6、5、4 波段合成卫星遥感影像, 其中植被影像主要反映为绿色。植被类型不同, 色彩和色调发生相应变化, 因此可区分出植被亚型以上的植被类型以及农田、居民地等地面类型。此外, 植被类型的确定需结合不同植被类型分布的生态学特征, 不单纯依靠色彩进行划分, 对监督分类产生的植被初图, 结合地面的 GPS 样点和等高线、坡度、坡向等信息, 对植被图进行目视解译校正, 得到符合精度要求的植被图。在植被图的基础上, 进一步合并有关地面类型, 得到土地利用类型图。

遥感处理分析的软件采用 ERDAS Imagine 9.1。制图、空间分析软件采用 ArcGIS 10.5。

#### 3.3.1.2 生态系统

根据对建群种生活型、群落外貌、土地利用现状的分析, 结合动植物分布和生物量的调查, 以《中国植被》提出的植物群落分类系统为基础, 参考《中国生态系统》的分类原则及方法, 将评价区生态系统分为森林生态系统、灌丛生态系统、湿地生态系统、农田生态系统和城镇生态系统。评价范围内各生态系统面积见表 3.3-1。

表 3.3-1 姚家平水利枢纽工程评价区各生态系统面积

生态系统类型	森林生态系统	灌丛生态系统	湿地生态系统	农田生态系统	城镇生态系统	总计
面积 (hm <sup>2</sup> )	6092.76	2238.38	111.61	1434.89	937.39	10815.03
所占百分比 (%)	56.33	20.70	1.03	13.27	8.67	100.00

### (1) 森林生态系统

根据现场踏勘并结合遥感影像解译，评价区森林生态系统面积为 6092.76hm<sup>2</sup>，占评价区总面积的 56.33%。

根据现场调查，森林生态系统在评价区清江右岸及小溪河、云龙河等支流山地覆盖较多，主要以针叶林、阔叶林、竹林为主，针叶林主要包括柏木林、马尾松林、杉木林；阔叶林主要包括青冈林、麻栎林、枫香树林、枫杨林等；竹林主要包括毛竹林、桂竹林、水竹林等。

评价区森林生态系统中分布的动物有树栖型两栖类如中国雨蛙、无斑雨蛙、斑腿泛树蛙和华西雨蛙等；林栖傍水型爬行类如王锦蛇、翠青蛇、黑眉晨蛇和虎斑颈槽蛇等；鸟类中的猛禽如黑鸢、红隼、斑头鸺鹠等，陆禽如灰胸竹鸡、红腹锦鸡、山斑鸠、珠颈斑鸠等，攀禽如大杜鹃、四声杜鹃、大斑啄木鸟以及大多数鸣禽等；兽类中的多种重点保护兽类，如毛冠鹿、小鹿、豹猫等主要活动于森林生态系统内，除此之外，半地下生活型种类如猪獾、亚洲狗獾、黄鼬等，树栖型种类如隐纹花松鼠、赤腹松鼠、岩松鼠等也主要在森林生态系统中活动。

### (2) 灌丛生态系统

根据现场踏勘并结合遥感影像解译，评价区灌丛生态系统面积为 2238.38hm<sup>2</sup>，占评价区总面积的 20.70%。

根据现场调查，评价区灌丛生态系统主要分布于清江流域两岸的低山丘陵、平缓阶地及陡峭岩石壁和路边等，主要植被类型有插田泡灌丛、小果蔷薇灌丛、水麻灌丛、灰白毛莓灌丛、芒麻灌丛、毛黄栌灌丛、华



中樱桃灌丛、三脉紫菀灌草丛、早熟禾灌草丛、风轮菜灌草丛、野艾蒿灌草丛、蕨灌草丛、蝴蝶花灌草丛、渐尖毛蕨灌草丛、水芹灌草丛、接骨草灌草丛、五节芒灌草丛、节节草灌丛等。

评价区灌丛生态系统内常见的动物有灌丛石隙型爬行类如中国石龙子、铜蜓蜥、尖吻蝾和舟山眼睛蛇等；鸟类中的陆禽如环颈雉、灰胸竹鸡等，鸣禽类如白头鹎、画眉、白颊噪鹛、棕头鸦雀、小鸊等；兽类中常见的有东北刺猬、黄鼬、褐家鼠、黑线姬鼠等。

### **(3) 湿地生态系统**

根据现场踏勘并结合遥感影像解译，评价区湿地生态系统面积为111.61hm<sup>2</sup>，占评价区总面积的1.03%。

根据现场调查，评价区湿地生态系统主要是清江及小溪河、云龙河等河流湿地，该区域属于恩施大峡谷山地河流区段，常见的湿生植物主要包括头花蓼、蝴蝶花、薹草、莎草等湿生植物，通常分布于石壁、近河滩等相对潮湿区域。

湿地生态系统为野生动物提供栖息、繁衍、迁徙、越冬场所等，是多种两栖类、爬行类和鸟类的栖息地。评价区内湿地生态系统中分布的两栖类和爬行类主要有静水型和溪流型两栖类如棘胸蛙、棘腹蛙、黑斑侧褶蛙、华南湍蛙、利川齿蟾等；水栖型爬行类如乌龟、中华鳖等。

分布的鸟类主要有游禽和涉禽，如小鸊鹆、斑嘴鸭、绿头鸭、白鹭、苍鹭、池鹭、鹤鹑和白腰草鹑、白胸苦恶鸟、黑水鸡、普通鸬鹚等，还有一些傍水型鸟类如冠鱼狗、普通翠鸟、褐河乌、小燕尾等。

### **(4) 农田生态系统**

根据现场踏勘并结合遥感影像解译，评价区农田生态系统面积为1434.89hm<sup>2</sup>，主要分在淹没区，占评价区总面积的比例为13.27%。

根据现场调查，评价区处于清江流域恩施大峡谷的中低山区域，农田主要分布在清江干流左侧的相对平缓阶地，主要种植农作物包括阳芋、玉蜀黍、豆类及薯类等为代表的粮食作物；还有以油菜、苎麻等为主的经济作物。农田生态系统内植被类型单一，群系结构简单，区域分布的野生动物种类较少，多以与人类伴居的动物为主，两栖类中常见的如中华蟾蜍、泽陆蛙、无斑雨蛙等；爬行类中的虎斑颈槽蛇和红纹滞卵蛇等也偶尔出现在农田中；鸟类中的常见鸣禽如麻雀、八哥、丝光椋鸟、喜鹊、乌鸫等；兽类中的部分半地下生活型种类，主要为家野两栖的小型啮齿动物如小家鼠、黄胸鼠等。

### **(5) 城镇生态系统**

根据现场踏勘并结合遥感影像解译，评价区城镇生态系统面积为 937.39hm<sup>2</sup>，占评价区总面积的比例为 8.67%。

根据现场调查，评价区内的城镇生态系统主要集中在清江两岸山坡零散分布，包括向家坝村、河塘村、梨树村、堰塘村、麦李村等村镇，常见的植物主要有水杉、樟、木犀、红花檫木、石楠等园林绿化和防护种类。由于城镇/村落生态系统中人类活动频繁，野生动物种类少，主要为喜与人类伴居的鸟类，如家燕、金腰燕、白鹡鸰、喜鹊、大山雀、麻雀以及常出现于住宅区的多疣壁虎、蹼趾壁虎和各种鼠类等。

#### **3.3.1.3 植被现状**

根据《湖北植被区划（上、下）》，评价区植被在我国植被区划中属亚热带常绿阔叶林区域—湖北南部中亚热带常绿阔叶林地带—鄂西南山地植被区—清江流域山地植被小区。本植被区位于武陵山脉北缘，以低山地貌为主。评价区主要自然植被类型划分为 3 个植被型组、7 个植被型、28 个群系，详见表 3.3-2。

根据评价区植被类型分布图，并结合现场调查，评价区植被分布的水平和垂直规律不甚明显。清江干流的两侧，左岸山地相对平缓，有支流云龙河等汇入，平缓阶地多被开垦进行种植，以阳芋、玉米、茶叶等为主。右岸山体较为陡峭，自然植被覆盖率较高，主要以针叶林、阔叶林、灌丛植被为主。

表 3.3-2 姚家平水利枢纽工程评价区主要植被类型及其分布表

植被型组	植被型	群系	群系拉丁名	分布
一、针叶林	I、温性针叶林	1.柏木林	Form. <i>Cupressus funebris</i>	库区河段山坡零散分布
	II、暖性针叶林	2.马尾松林	Form. <i>Pinus massoniana</i>	零星分布
		3.杉木林	Form. <i>Cunninghamia lanceolata</i>	山坡、路旁常见、成片或零星分布
二、阔叶林	III、常绿阔叶林	4.青冈林	Form. <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	库区小溪河~库尾河段右岸山地常见
	IV、落叶阔叶林	5.麻栎林	Form. <i>Quercus acutissima</i>	库区山坡林地片状分布
		6.枫香树林	Form. <i>Liquidambar formosana</i>	山坡、路旁常见分布
		7.枫杨林	Form. <i>Pterocarya stenoptera</i>	库区左岸近河岸带或村落、河滩常见
	V、竹林	8.毛竹林	Form. <i>Phyllostachys edulis</i>	坝下施工布置区常见
		9.桂竹林	Form. <i>Phyllostachys reticulata</i>	村落周边路旁常见
		10.水竹林	Form. <i>Phyllostachys heteroclada</i>	施工布置区零散分布
三、灌丛和灌草丛	VI、灌丛	11.插田泡灌丛	Form. <i>Rubus coreanus</i>	施工布置区、移民安置区撂荒地广泛分布
		12.小果蔷薇灌丛	Form. <i>Rosa cymosa</i>	林缘、路旁常见
		13.水麻灌丛	Form. <i>Debregeasia orientalis</i>	河岸、路旁广泛分布
		14.灰白毛莓灌丛	Form. <i>Rubus tephrodes</i>	林缘、路旁常见
		15.苕麻灌丛	Form. <i>Boehmeria nivea</i>	林缘、路旁常见
		16.毛黄栌灌	Form. <i>Cotinus coggygria</i>	库区移民安置点

植被型组	植被型	群系	群系拉丁名	分布
		丛	var. <i>pubescens</i>	常见
		17.华中樱桃灌丛	Form. <i>Cerasus conradinae</i>	库区龙洞河、河塘村等
	VII、灌草丛	18.三脉紫菀灌草丛	Form. <i>Aster ageratoides</i>	林缘、路旁常见
		19.早熟禾灌草丛	Form. <i>Poa annua</i>	田边、撂荒地
		20.风轮菜灌草丛	Form. <i>Clinopodium chinense</i>	田边、撂荒地常见
		21.野艾蒿灌草丛	Form. <i>Artemisia lavandulifolia</i>	林缘、路旁、河滩广泛分布
		22.蕨灌草丛	Form. <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	林缘、坡地常见
		23.蝴蝶花灌草丛	Form. <i>Iris japonica</i>	库区潮湿路旁、岩石山坡常见分布
		24.渐尖毛蕨灌草丛	Form. <i>Cyclosorus acuminatus</i>	林缘、林下、撂荒地常见
		25.水芹灌草丛	Form. <i>Oenanthe javanica</i>	潮湿路旁、坝下河滩等处
		26.接骨草灌草丛	Form. <i>Sambucus chinensis</i>	撂荒地、移民安置区、村落周边常见
		27.五节芒灌草丛	Form. <i>Miscanthus floridulus</i>	广泛分布
		28.节节草灌草丛	Form. <i>Equisetum ramosissimum</i>	田边、撂荒地常见

#### 3.3.1.4 植物多样性

根据《中国种子植物区系地理》(吴征镒, 2011), 评价区属于东亚植物区—华中地区—川、湘、鄂亚地区, 靠近秦岭-巴山亚地区, 区域内山脊一般在 500-1000m 之间, 主要植被为常绿阔叶林—常绿与落叶阔叶混交林—落叶阔叶林—亚高山针叶林等。

通过对姚家平水利枢纽工程评价区所涉及的清江流域植物资源的实地调查, 结合对历年积累的植物区系资料的系统整理, 得出评价区主要维管束植物共有 142 科 470 属 797 种, 其中蕨类植物 16 科 23 属 34

种；裸子植物 8 科 18 属 20 种；被子植物 118 科 429 属 743 种。评价区维管束植物总科数、总属数和总种数占湖北省维管束植物总科数、总属数和总种数的 57.69%、32.10%和 12.89%，占全国维管植物总科数、总属数和总种数 33.81%、13.63%和 2.54%。

表 3.3-3 姚家平水利枢纽工程评价区维管束植物统计表

项目	蕨类植物			种子植物						合计		
				裸子植物			被子植物					
	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种
评价区	16	23	34	8	18	20	118	429	743	142	470	797
湖北省	45	112	533	9	31	100	191	1324	5550	245	1467	6183
评价区占湖北省 (%)	35.56	20.54	6.38	88.89	58.06	20.00	61.78	32.40	13.39	57.96	32.04	12.89
全国	63	224	2600	11	41	283	346	3184	28500	420	3449	31383
评价区占全国 (%)	25.40	10.27	1.31	72.73	43.90	7.07	34.10	13.47	2.61	33.81	13.63	2.54

### 3.3.1.5 重点保护野生植物

#### (1) 国家重点保护野生植物

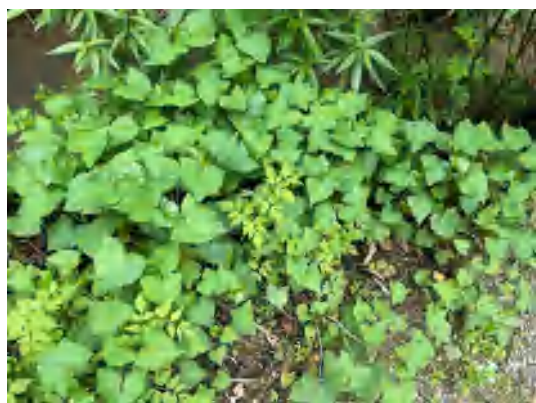
通过现场实地调查，评价区内分布有国家一级保护植物 1 种，为银杏，共 4 株，其中 2 株为古树，2 株为栽培种。国家二级重点保护野生植物 2 种：金荞麦 1 株；闽楠 1 株，为古树。



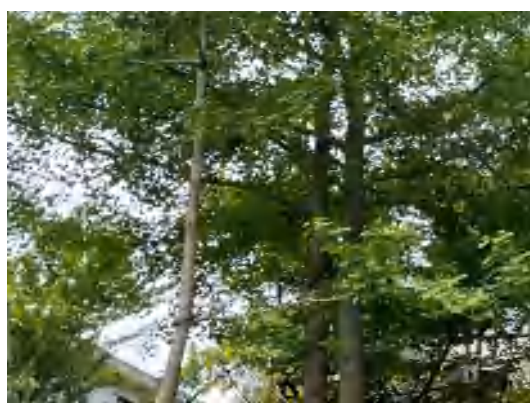
1、银杏（挂牌古树 42280100125，梨树坪）



2、闽楠（挂牌古树 42280100119，库区搬木村）



3、金荞麦（田坝村附近）



4、银杏（栽培，库区河塘村）

图 3.3-1 重点保护野生植物现场调查照片

## （2）古树名木

根据恩施州林业局提供的古树名木资料，并结合现场调查，评价区内共有古树名木 10 株，分别为一级古树半枫荷 1 株；二级古树黄心夜合 1 株；三级古树 8 株，包括闽楠 1 株、金桂 3 株、银杏 2 株、珊瑚朴 1 株、构树 1 株，详见表 3.3-4。





42280100123 珊瑚朴



42280100120 金桂



42280100122 黄心夜合



42280100119 闽楠



42280100121 金桂



42280100125 银杏

图 3.3-2 姚家平水利枢纽工程评价区内古大树资源现场调查照片



表 3.3-4

姚家平水利枢纽工程评价区古树名木一览表

古树编号	树种名	保护级别	基本情况	与工程的位置关系
42280100131	半枫荷 <i>Semiliquidambar cathayensis</i>	一级	树龄 500 年, 树高 10m, 胸径 184cm, 冠幅 8m*8m	位于坝下村落中, 距离马者村道路直线距离 650m, 不在工程直接影响范围内
42280100122	黄心夜合 <i>Michelia martinii</i>	二级	树龄 434 年, 树高 38m, 胸径 567cm, 冠幅 15m*16m	位于库区村村通道路旁, 在淹没线以上, 直线距离约 500m
42280100119	闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	三级	树龄 116 年, 树高 24m, 胸径 160cm, 冠幅 8m*12m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 215m
42280100120	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	树龄 265 年, 树高 18.5m, 胸径 239cm, 冠幅 15m*15m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100121	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	树龄 265 年, 树高 20m, 胸径 240cm, 冠幅 10m*5m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100123	珊瑚朴 <i>Celtis julianae</i>	三级	树龄 160 年, 树高 26.5m, 胸径 240cm, 冠幅 10m*15m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100124	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	树龄 196 年, 树高 18m, 胸径 232cm, 冠幅 13m*14m	位于库区淹没线以上, 距离最近工程为高台仟安置点, 直线距离约 1.4km
42280100125	银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L	三级	树龄 214 年, 树高 22.5m, 胸径 170cm, 冠幅 16m*10m	位于库区淹没线以上, 距离最近工程为专班安置点, 直线距离约 1.2km
42280100126	银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	三级	树龄 214 年, 树高 21m, 胸径 220cm, 冠幅 9m*15m	位于库区淹没线以上, 距离最近工程为六房安置点, 直线距离约 600m
42280100134	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	三级	树龄 294 年, 树高 25m, 胸径 446cm, 冠幅 25m*13m	位于施工布置区东侧的村落中, 距离最近工程为 2#老沟弃渣场附近永久道路 500m

### 3.3.1.6 动物多样性

#### (1) 动物区系

根据《中国动物地理》(张荣祖, 科学出版社, 2011 年), 评价区内动物区划属于东洋界—中印亚界—华中区—西部山地高原亚区, 涉及 1 个动物地理省, 即秦巴-武当省—亚热带落叶、常绿阔叶林动物群。该区域地形复杂, 海拔跨度较大, 动物种类组成丰富, 区系成分较复杂。

#### (2) 动物种类

根据实地调查及对相关资料进行综合分析, 评价区共有陆生野生脊椎动物 4 纲 27 目 73 科 176 种, 其中, 两栖类 2 目 8 科 23 种, 爬行类 2 目 8 科 20 种, 鸟类 17 目 45 科 107 种, 哺乳类 6 目 12 科 26 种。

表 3.3-5 姚家平水利枢纽工程评价区野生动物多样性组成

种类组成				动物区系			保护动物		
纲	目	科	种	东洋种	古北种	广布种	国家一级	国家二级	湖北省级
两栖纲	2	8	23	19	1	3	0	1	13
爬行纲	2	8	20	12	0	8	0	1	6
鸟纲	17	45	107	55	22	30	0	5	34
哺乳纲	6	12	26	16	0	10	0	2	8
合计	27	73	176	102	23	51	0	9	61

#### 1) 两栖类

评价区两栖动物有 2 目 8 科 23 种。优势种为中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙、斑腿泛树蛙和泽陆蛙等, 它们适应能力强, 分布较广泛。根据生活习性的不同, 将评价区内的两栖类分为 4 种生态类型:

**静水型:** 有黑斑侧褶蛙、沼蛙和虎纹蛙, 共 3 种, 主要分布于评价区内水流较缓的水域, 如池塘、水洼、稻田等。

**溪流型:** 有巫山北鲵、小角蟾、绿臭蛙、花臭蛙、华南湍蛙、棘腹蛙、棘胸蛙, 共 7 种, 主要分布在评价区内山涧溪流段。

**陆栖型：**有利川齿蟾、中华蟾蜍、泽陆蛙、粗皮姬蛙、小弧斑姬蛙、饰纹姬蛙和花姬蛙，共 7 种，它们主要栖息于相对较为干燥的草地或林下，对海拔和湿度等没有太大的限制性因素，在评价区分布相对广泛。

**树栖型：**有中国雨蛙、华西雨蛙、无斑雨蛙、中国林蛙、斑腿泛树蛙和大树蛙，共 6 种，它们主要在评价区内临近溪流的灌丛、水田及水域附近的高杆作物上活动。

## 2) 爬行类

评价区爬行类有 2 目 8 科 20 种。其中游蛇科种类最多，共有 8 种，占爬行类种数的 40.00%。剧毒蛇类 5 种，分别是尖吻蝮、短尾蝮、白唇竹叶青蛇、银环蛇和舟山眼镜蛇。优势种为多疣壁虎、北草蜥、中国石龙子、王锦蛇、黑眉晨蛇、乌梢蛇等，分布较广泛。根据生活习性的不同，评价区内的爬行类分为 4 种生态类型：

**住宅型：**包括多疣壁虎和蹼趾壁虎 2 种，主要在评价区内的建筑物如居民区附近活动，白天常隐蔽于墙缝或阴暗处，夜间出来活动，主要食物为蚊虫。

**灌丛石隙型：**包括铜蜓蜥、中国石龙子、北草蜥、尖吻蝮、短尾蝮和舟山眼镜蛇等 6 种。它们在评价区内主要栖息环境为阳光比较充足的道路两侧灌草丛、石堆或开阔的环境地带，其对生境要求严格，适应人为干扰能力较弱。

**林栖傍水型：**包括白唇竹叶青蛇、银环蛇、锈链腹链蛇、翠青蛇、赤链蛇、王锦蛇、黑眉晨蛇、红纹滞卵蛇、虎斑颈槽蛇和乌梢蛇等 10 种。它们主要在评价区内水域附近的山间林地、灌丛及灌草丛中活动。评价区中林栖傍水型爬行类种类数量最多，此种生态类型构成了评价区爬行类的主体。

**水栖型：**包括乌龟和中华鳖 2 种。主要在评价区内池塘、河流、水库中活动，在稻田泥塘中也偶有发现，属于静水类型种类，食物主要以水中的鱼虾、蟹、螺、水草等为食物。

### 3) 鸟类

评价区内鸟类有 17 目 45 科 107 种。其中，以雀形目鸟类最多，共 65 种，占评价区内鸟类总数的 60.75%。优势种为珠颈斑鸠、四声杜鹃、白头鹎、大山雀、白颊噪鹛、白鹡鸰、喜鹊、红嘴蓝鹊等，分布较广泛。根据生活习性的不同，将评价区鸟类分为 6 种生态类型：

**游禽：**包括斑嘴鸭、绿头鸭、小鸕鶿、凤头鸕鶿、红嘴鸥和普通鸕鶿等 6 种，它们在评价区内主要在河岸边活动、捕食，主要分布于水流较缓水深较深的水域中，如河面、鱼塘等。

**涉禽：**包括白胸苦恶鸟、黑水鸡、白骨顶、大麻鳎、黄斑苇鳎、夜鹭、绿鹭、池鹭、白鹭、牛背鹭、灰头麦鸡、鹤鹑、红脚鹑和白腰草鹑等 14 种，它们在评价区内主要分布于河流两岸、水库岸边的滩涂、沼泽和水田等。

**陆禽：**包括灰胸竹鸡、环颈雉、红腹锦鸡、山斑鸠、火斑鸠和珠颈斑鸠等 6 种。红腹锦鸡主要栖息于常绿阔叶林、针阔叶混交林和针叶林中，活动范围较为隐秘，性机警，一般不常见；灰胸竹鸡和环颈雉主要分布于路边农田及灌丛中，偶尔也会到居民区附近活动，对人为干扰适应能力相对较强；珠颈斑鸠则常见于居民区，山斑鸠和火斑鸠在林地、灌丛、以及农田区均可见，适应人为干扰能力较强，在现场调查中多次目击到这三种斑鸠。

**猛禽：**包括黑鸢、斑头鸕鶿和红隼等 3 种，它们多分布于评价区内的针叶林或阔叶林，活动范围较广，偶尔在评价区上空游荡。

**攀禽：**包括普通夜鹰、白腰雨燕、小杜鹃、大杜鹃、四声杜鹃、噪鹛、戴胜、普通翠鸟、冠鱼狗、星头啄木鸟、灰头绿啄木鸟、大班啄木鸟和斑姬啄木鸟等 13 种。其中鹛形目和啄木鸟目种类主要分布于高大乔木林间，戴胜主要分布于居民区与农田区域，在评价区内较常见，普通翠鸟和冠鱼狗等主要在鱼塘、河流等地水域附近活动。

**鸣禽：**评价区内分布的 65 种雀形目鸟类均为鸣禽，为典型的森林鸟类，它们在评价区内广泛分布，主要生境为林地、农田、居民区或灌丛。经实地调查，丝光椋鸟、八哥、麻雀、喜鹊、乌鸫、黑卷尾等为评价区内优势种。

#### 4) 兽类

评价区内兽类共有 6 目 12 科 26 种。其中，以啮齿目最多，共有 12 种，占评价区内兽类总数的 46.15%。优势种为黄鼬、小家鼠、黄毛鼠、褐家鼠等，数量较多。根据生活习性的不同，将评价区兽类分为 4 种生态类型：

**半地下生活型：**包括东北刺猬、黄鼬、鼬獾、猪獾、亚洲狗獾、巢鼠、黑线姬鼠、黄胸鼠、大足鼠、褐家鼠、小家鼠、针毛鼠、社鼠、豪猪和华南兔等 15 种。亚洲狗獾、猪獾等为杂食性动物，喜欢穴居，在夜间活动，有冬眠习性，主要栖息于评价区人为干扰较小的阔叶林和灌草丛中；黄鼬、鼬獾、华南兔等主要以啮齿类动物为食，性机警，在评价区主要分布于农田草丛及村庄附近；小家鼠、黄胸鼠、褐家鼠等鼠类对人为干扰适应能力较强，伴人而居的类群；豪猪栖息于森林和开阔田野，在堤岸和岩石下挖大的洞穴，食性较杂，在评价区数量很少。

**地面生活型：**包括野猪、小鹿和毛冠鹿等 3 种，在评价区内较少见。小鹿和毛冠鹿等中大型兽类对生境要求高，主要栖息于林地资源丰富的

区域；野猪栖息环境多样，杂食性，一般在早晨和黄昏时分活动觅食，主要评价区的林间。

**岩洞栖息型：**包括皮氏菊头蝠、普通伏翼和东方蝙蝠等 3 种，它们在清晨和黄昏活动频繁，食物为空中飞翔的昆虫等，多栖息于乔木树冠或村落具有洞穴处，适应人为干扰能力较强。

**树栖型：**包括花面狸、豹猫、隐纹花松鼠、赤腹松鼠和岩松鼠等 5 种。花面狸和豹猫等性机警，一般很少出没于人类活动的区域，主要分布在丘陵、山地等；隐纹花松鼠、赤腹松鼠等松鼠科兽类主要活动于评价区内人为干扰较小的林中，抗人为干扰能力较弱。

### 3.3.1.7 重点保护野生动物

#### （1）国家重点保护野生动物

评价区分布有国家二级重点保护野生动物 9 种，分别是虎纹蛙、乌龟、红腹锦鸡、黑鸢、红隼、斑头鸫鹛、画眉、豹猫和毛冠鹿。

表 3.3-6 姚家平水利枢纽工程评价区国家级重点保护野生动物名录

中文名、拉丁名	生境、习性	保护等级	分布区域
1. 虎纹蛙 <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	生活于山区、平原、丘陵地带的稻田、鱼塘、水坑和沟渠内。	国家二级	发现在评价区坝址上游约 5km 的池塘、稻田内有分布。
2. 乌龟 <i>Chinemys reevesii</i>	栖息在湖泊、池沼和溪流中或岸边潮湿草丛中	国家二级	发现在评价区清江两岸的水塘内有分布，位于淹没线以上。
3. 红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	单独或成小群活动，喜有矮树的山坡及次生的亚热带阔叶林及落叶阔叶林。	国家二级	发现在评价区清江左岸的常绿阔叶林、针阔叶混交林和针叶林中有分布，位于淹没线以上。
4. 黑鸢 <i>Milvus migrans</i>	喜开阔的乡村、城镇及村庄。优雅盘旋或作缓慢振翅飞行。栖于柱子、电线、建筑物或地面，在垃圾堆找食腐物。	国家二级	活动范围较广，偶尔在评价区上空游荡
5. 斑头鸫鹛 <i>Glaucidium cuculoides</i>	常光顾庭园、村庄、原始林及次生林。主为夜行性，但有时白天也活动。多在夜间和清晨作叫。	国家二级	

中文名、拉丁名	生境、习性	保护等级	分布区域
6. 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	猛扑猎物，常从地面捕捉猎物。停栖在柱子或枯树上。喜开阔原野。	国家二级	
7. 画眉 <i>Garrulax canorus</i>	多见地低山灌丛及村落附近的竹林等处	国家二级	发现在评价区清江左岸的灌草林地有分布，偶尔也到居民区附近活动，位于淹没线以上。
8. 豹猫 <i>Felis bengalensis</i>	栖息于山地林区，亦见于沿河灌丛和林区居民点附近	国家二级	发现在评价区清江左岸的丘陵、山地区域有分布，位于淹没线以上。
9. 毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	栖居在山区的丘陵地带，繁茂的竹林、竹阔混交林及茅草坡等处。	国家二级	发现在评价区坝址上游约 2km 的支流段林地资源丰富的区域有分布，位于淹没线以上。

## (2) 省级重点保护野生动物

评价区内分布有湖北省级重点保护野生动物 61 种，包括利川齿蟾、中华蟾蜍、中国林蛙、黑斑侧褶蛙、沼蛙、泽陆蛙、棘腹蛙、棘胸蛙、斑腿泛树蛙、大树蛙、粗皮姬蛙、饰纹姬蛙、花姬蛙、尖吻蝾、银环蛇、舟山眼镜蛇、乌梢蛇、黑眉晨蛇、王锦蛇、灰胸竹鸡、环颈雉、绿头鸭、凤头鸊鷉、珠颈斑鸠、普通夜鹰、白腰雨燕、小杜鹃、四声杜鹃、大杜鹃、黑水鸡、普通鸬鹚、白鹭、戴胜、星头啄木鸟、灰头绿啄木鸟、斑姬啄木鸟、黑枕黄鹂、黑卷尾、棕背伯劳、红尾伯劳、松鸦、红嘴蓝鹊、灰喜鹊、喜鹊、白颈鸦、大嘴乌鸦、大山雀、家燕、金腰燕、八哥、丝光椋鸟、乌鸫、蓝喉太阳鸟、鼯猴、亚洲狗獾、猪獾、花面狸、小鹿、赤腹松鼠、豪猪和华南兔等。

### 3.3.1.8 区域生态完整性

#### (1) 景观结构

根据景观生态学中常用的景观优势度计算方法（如下式），评价区林地的优势度最高，其次为草地。林地和草地是评价区主要的景观类型，

对评价区景观具有控制作用，且稳定性较高。此外，评价区建设用地及未利用地等干扰斑块优势度达到 10.39，表明评价区环境受到的人为干扰程度较高。

$$\text{优势度值 (Do)} = \{(\text{Rd} + \text{Rf}) / 2 + \text{Lp}\} / 2 \times 100$$

$$\text{密度 (Rd)} = \text{嵌块 i 的数目} / \text{嵌块总数} \times 100$$

$$\text{频度 (Rf)} = \text{嵌块 i 出现的样方数} / \text{总样方数} \times 100$$

$$\text{景观比例 (Lp)} = \text{嵌块 i 的面积} / \text{样地总面积} \times 100$$

表 3.3-7 姚家平水利枢纽工程评价区景观优势度值表

景观类型	密度 Rd (%)	频率 Rf (%)	景观比例 Lp (%)	优势度 Do (%)
林地	19.61	53.24	56.34	46.38
草地	53.95	24.33	20.70	29.92
耕地	11.30	14.12	13.27	12.99
水域	0.13	1.01	1.03	0.80
建设用地及未利用地	15.00	9.22	8.67	10.39

### (2) 生物生产力和生物量现状

根据现状调查，结合相关研究资料，评价区总生物量为  $4.39 \times 10^5 \text{t}$ ，平均每公顷生物量为 40.60t。阔叶林生物量最大，其生物量占评价区总生物量的 71.94%；其次为针叶林，占评价区总生物量的 16.62%；其它植被生物量所占比例较小。

表 3.3-8 姚家平水利枢纽工程评价区各生态类型的生物量

生态类型	面积 (hm <sup>2</sup> )	占评价区总面积 (%)	平均生物量 (t/hm <sup>2</sup> )	总生物量 (t)	占评价区总生物量 (%)
针叶林	2519.72	23.30	456	28.96	72971.09
阔叶林	3573.03	33.04	758	88.42	315927.31
灌丛和灌草丛	2238.38	20.70	295	18.54	41499.57
农作物	1434.89	13.27	560	6	8609.34
河流水域	111.61	1.03	230	1.2	133.93
合计	9877.63	91.33	678	/	439141.24

注：1) 表中未包括建设用地和其他用地面积 937.39hm<sup>2</sup>，占评价区总面积的 8.67%。  
2) 各植被类型查阅蓄积量资料参考：方精云，刘国华，徐蒿龄，我国森林植被的生物量和净生产量[J]，生态学报，1996，16 (5)：497~508。



### 3.3.2 水生生态

为系统掌握清江流域水生生态现状及历史情况，重点掌握评价区域的水生生态现状，评价单位在收集历史资料的基础上，委托华中农业大学开展了以姚家平工程河段为主、兼顾清江全流域的水生生态专题调查与评价工作。专题单位于 2020 年 12 月、2021 年 4 月对清江流域进行了 2 次饵料生物调查；于 2020 年 12 月，2021 年 4 月、5 月经渔业主管部门许可后，在清江干流和主要支流开展了 3 次鱼类资源现状调查。

依据控制性、代表性以及可操作性原则，水生生态调查范围重点考虑姚家平工程影响河段并兼顾流域其他重要水域。现状调查在清江流域共设置水生生物采样断面 36 个，其中清江上游（河源至恩施）18 个断面，中游（恩施至资丘）11 个断面，下游（资丘至河口）7 个断面。鱼类资源调查以区域性调查为主，不设固定断面，主要调查水域为三渡峡坝下、雪照河、姚家平、三岔镇、水布垭库区等干流河段以及带水河、长偏河、小溪河、石梁河、三步街河、甘名溪、细沙河、忠建河、马水河、野三河等支流及其汇口水域。水生生态采样断面布设示意图附图 5，部分调查水域生境现状见图 3.3-3。

水生生态调查在重点评价河段共设置 6 个调查点位，其中干流设长偏河汇口、云龙河汇口、姚家平、甘名溪汇口 4 个调查断面，支流有长偏河、云龙河 2 个断面，采样点布设见图 3.3-4。结合区域生境特点和水系分布情况，将清江流域恩施境内分为工程河段上游（清江源至雪照河段）、工程河段（雪照河至龙王塘段）、工程河段下游（龙王塘至水布垭段）3 个河段分别统计鱼类资源分布。

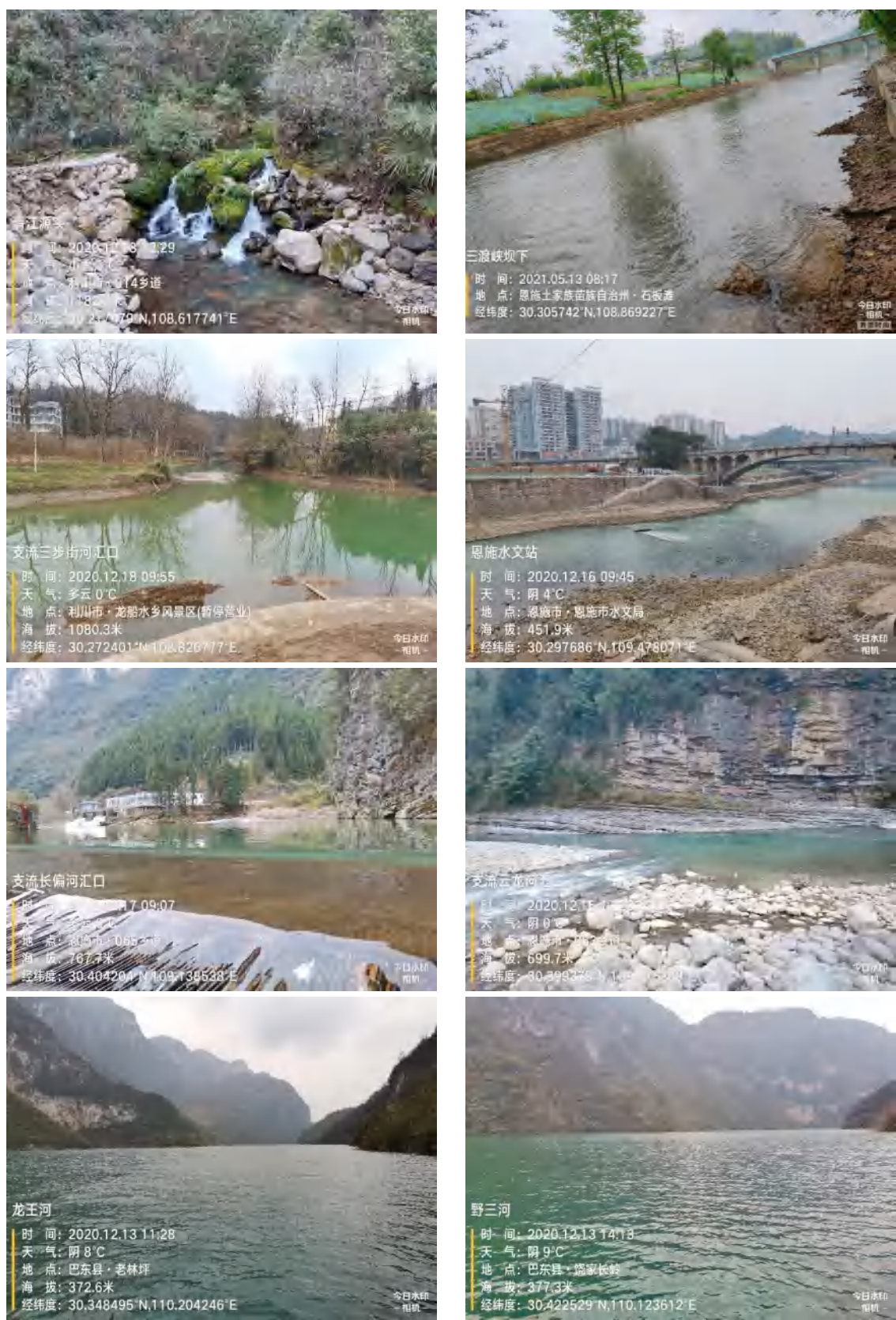


图 3.3-3 清江流域水生生态现状调查部分点位生境

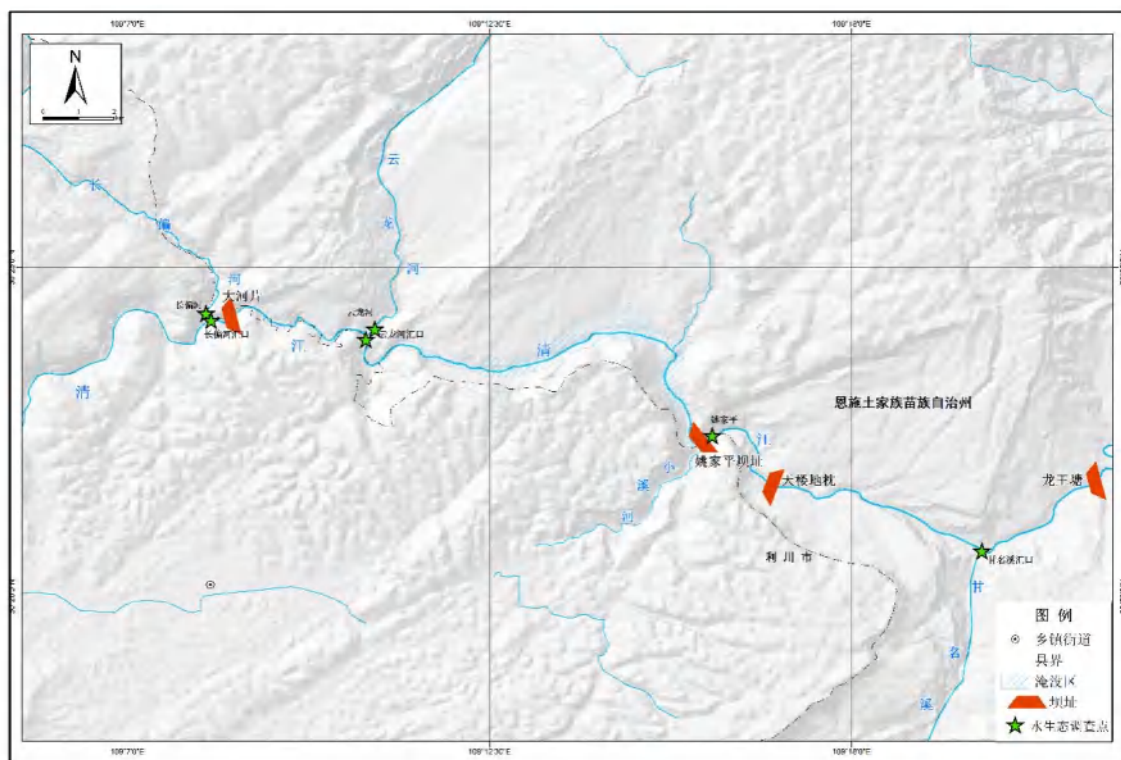


图 3.3-4 工程河段水生生态现状调查点位示意图

### 3.3.2.1 浮游植物

#### (1) 种类组成

清江流域共检出浮游植物 8 门 157 种（包括变种）。浮游植物主要由硅藻门、绿藻门、蓝藻门种类组成，流域上游浮游植物种类数高于中下游，各样点均以硅藻门种类为主。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段共检出浮游植物 8 门 60 种。其中，干流水域共采集到浮游植物 58 种，支流长偏河、云龙河共采集到浮游植物 18 种。

#### (2) 现存量

##### 1) 密度

清江流域浮游植物密度变幅在  $2.35 \sim 263.65 \times 10^4 \text{ ind./L}$  范围内，平均密度为  $25.89 \times 10^4 \text{ ind./L}$ ，流域中上游浮游植物密度普遍较低，近清江河口处相对较高。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段浮游植物平均密度为  $20.65 \times 10^4 \text{ind./L}$ 。其中，干流河段平均密度为  $25.20 \times 10^4 \text{ind./L}$ ，支流长偏河密度为  $19.62 \times 10^4 \text{ind./L}$ ，云龙河密度为  $3.47 \times 10^4 \text{ind./L}$ 。

## 2) 生物量

清江流域浮游植物生物量变幅在  $0.097 \sim 4.596 \text{mg/L}$  范围内，平均生物量为  $0.854 \text{mg/L}$ ，全流域浮游植物生物量相近，支流汇口及下游长江汇口处相对较高。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段浮游植物平均生物量为  $0.87 \text{mg/L}$ 。其中，干流河段平均生物量为  $1.086 \text{mg/L}$ ，支流长偏河生物量为  $0.3 \text{mg/L}$ ，云龙河生物量为  $0.6 \text{mg/L}$ 。

## (3) 多样性指数

清江流域浮游植物 Shannon-wiener 多样性指数变幅在  $0.35 \sim 4.05$  范围内，其中上游平均值为  $3.40$ ，中游为  $2.64$ ，下游为  $1.82$ ，上游至下游多样性均值逐渐降低。重点评价河段雪照河至龙王塘坝址间水域多样性指数干流河段平均值为  $3.63$ ，支流河段为  $2.48$ ，干流浮游植物多样性高于支流。

### 3.3.2.2 浮游动物

#### (1) 种类组成

清江流域共检出浮游动物 4 类 80 种。其中，原生动物种类数最多，有 25 属 34 种；其次为轮虫，有 20 属 25 种；另有枝角类 7 属 14 种，桡足类 5 属 7 种。流域浮游动物种类数从上游至下游有普遍增高的趋势，上游以原生动物为主，下游枝角类、桡足类比重较高。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段共采集到浮游动物 12 种。其中，干流河段共采集到浮游动物 11 种，支流长偏河、云龙河各采集到浮游

动物 2 种，共 4 种。

## **(2) 现存量**

### **1) 密度**

清江流域浮游动物密度变幅在 0.33~957.13ind./L 范围内，平均密度为 176.21ind./L，流域中下游干流密度高于上游，且干流密度普遍高于支流。

雪照河至龙王塘坝址干支流间河段浮游动物平均密度为 105.35ind./L。其中，干流河段平均密度为 107.77ind./L，支流长偏河密度为 1ind./L，云龙河密度为 200ind./L。

### **2) 生物量**

清江流域浮游动物生物量变幅在 0.0019~15.2938mg/L 范围内，平均生物量为 0.9927mg/L，流域上游浮游动物生物量较低，中下游相对较高，且以桡足类占比最重。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段浮游动物平均生物量为 0.1545mg/L。其中，干流河段平均生物量为 0.2148mg/L，支流长偏河生物量为 0.0075mg/L，云龙河生物量为 0.06mg/L。

## **(3) 多样性指数**

清江流域浮游动物 Shannon-wiener 多样性指数变幅在 0~2.46 范围内，其中上游平均值为 1.00，中游为 1.43，下游为 1.27，中下游生物多样性高于上游。重点评价河段雪照河至龙王塘坝址间水域浮游动物多样性指数干流平均值为 1.28，支流为 0.82，干流浮游动物多样性高于支流。

### **3.3.2.3 底栖动物**

#### **(1) 种类组成**

清江流域共检出底栖动物 59 种（属）。流域中上游底栖动物种类数



普遍高于下游，中上游节肢动物、环节动物种类数占比较高，下游软体动物占比较高。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段共采集到底栖动物 21 种。其中，干流河段共采集到底栖动物 14 种，支流长偏河、云龙河各采集到底栖动物 3 种，共 6 种。

## (2) 现存量

### 1) 密度

清江流域底栖动物密度变幅在  $8\sim 960\text{ind./m}^2$  范围内，平均密度为  $120\text{ind./m}^2$ 。流域中上游底栖动物密度普遍高于下游，中上游组成中节肢动物、环节动物密度占比较高，下游软体动物占比相对较高。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段底栖动物平均密度为  $136\text{ind./m}^2$ 。其中，干流河段平均密度为  $164\text{ind./m}^2$ ，支流长偏河密度为  $40\text{ind./m}^2$ ，云龙河密度为  $120\text{ind./m}^2$ 。

### 2) 生物量

清江流域底栖动物生物量变幅在  $0.008\sim 565.959\text{g/m}^2$  范围内，平均生物量为  $22.346\text{g/m}^2$ 。

雪照河至龙王塘坝址间干支流河段底栖动物平均生物量为  $4.960\text{g/m}^2$ 。其中，干流河段平均生物量为  $3.315\text{g/m}^2$ ，支流长偏河生物量为  $16.218\text{g/m}^2$ ，云龙河为  $0.278\text{g/m}^2$ 。

## (3) 多样性指数

清江流域底栖动物 Shannon-wiener 多样性指数变幅在  $0\sim 2.15$  范围内。重点评价河段雪照河至龙王塘坝址间水域底栖动物多样性指数干流平均值为 1.12，支流为 0.89。

### 3.3.2.4 鱼类

#### (1) 种类组成

根据资料记载,历史上清江流域鱼类种类丰富,多样性高。根据《湖北省鱼类志》《中国动物志 硬骨鱼纲》以及《中国鲤科鱼类志》等参考资料,并大量查阅、整理文献资料和收集整理清江已建梯级工程环评、竣工环境保护验收报告,结合鱼类资源现状调查结果统计分析,清江流域共有鱼类 5 目 12 科 114 种;其中鲤形目 85 种,占总种类数的比例为 74.56%;鲇形目 18 种,占比 15.78%;鲟形目 1 种,占比 0.88%;合鳃目 1 种,占比 0.88%;鲈形目 9 种,占比 7.89%。

清江流域鱼类按科分类统计,其中鲤形目有鲤科 70 种、鳅科 10 种、平鳍鳅科 5 种;鲇形目有鲇科 2 种、鲰科 9 种、钝头鮠科 2 种、鮡科 5 种;鲟形目有鲟科 1 种;合鳃目有合鳃科 1 种;鲈形目有鮠科 2 种、塘鳢科 2 种、鰕虎鱼科 5 种。

根据鱼类资源现状调查结果,清江流域现场调查共采集到鱼类 44 种,隶属于 3 目 9 科 28 属。其中,有鲤形目鱼类 3 科 20 属 34 种,鲇形目 3 科 5 属 6 种,鲈形目 3 科 3 属 4 种。

#### (2) 渔获物组成

根据鱼类资源调查结果,工程河段上游水域中华鲮数量较多,其它种类数量相对较低;工程河段水域以小型的拉氏鲮数量居多,其它种类捕获量较少,有少量经济鱼类;工程河段下游水域以马口鱼、鲮、中华鲮数量占比较高,其它种类数量较少,鲤科鱼类种类多、资源量高,此外鲈形目种类也有一定资源量,经济鱼类种类相对较多;支流长偏河、小溪河均以拉氏鲮为渔获物主要组成,鳅科鱼类有一定数量,其它种类数量较少。

### (3) 珍稀保护鱼类

根据历史资料与现状调查结果,清江流域记录分布有国家重点保护水生野生动物 5 种,为鯨、圆口铜鱼、金沙鲈鲤、多鳞白甲鱼、青石爬鮡;有湖北省重点保护水生野生动物 6 种,为鯨、鲢、光唇蛇鮡、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、长阳鮡,其中含国家级保护动物鯨、多鳞白甲鱼 2 种;有长江上游特有鱼类 11 种,分别为圆口铜鱼、圆筒吻鮡、金沙鲈鲤、宽口光唇鱼、齐口裂腹鱼、短体副鳅、昆明高原鳅、西昌华吸鳅、四川华吸鳅、青石爬鮡、黄石爬鮡。

### (4) 重要鱼类生物学

#### 1) 青石爬鮡 *Euchiloglanis davidi* (Sauvage,1874)

青石爬鮡为鲇形目鮡科石爬鮡属的一种鱼类。体延长,前躯扁平,后部逐渐侧扁,胸腹部平坦。头宽阔,背面弧形,腹面平坦。吻较长,前端圆,向前突出。口下位,横裂状,周围有许多小乳突。眼小,位于头背面。体表裸露无鳞。身体青灰色,背部色深,腹部黄白色。繁殖季节为 6~7 月,怀卵量 150~500 粒,成熟卵呈黄色,卵径 3~4mm。喜流水多石河段,常附于石上,主要以水生昆虫及底栖动物为食。自然种群数量稀少。

#### 2) 齐口裂腹鱼 *Schizothorax prenanti*

齐口裂腹鱼为鲤形目鲤科裂腹鱼亚科裂腹鱼属的一种鱼类。体延长,稍侧扁;吻钝圆;口下位,横裂或略呈弧形;下颌前缘有锐利的角质;下颌完整,表面有乳突;唇后沟连续;须 2 对。体被细鳞,胸部自鳃峡以后具有明显鳞片,腹鳍基具稍长的腋鳞。体背青蓝或暗灰,胸鳍和腹鳍青灰色,尾鳍红色,体背及两侧具黑褐色小斑点。为底层鱼类,要求较低的水温环境,喜欢生活于急缓流交界处,产卵季节有短距离的生殖



洄游现象。繁殖季节为 3~6 月，繁殖群体通常上溯至支流产卵，产沉性卵，具微粘性，受精卵沉于水底，易被流水带入砾石间继续发育。产卵后的亲鱼到秋季（9~10 月）回到江河深水处或水下岩洞中越冬。生长缓慢，性成熟晚，雌性需 4 龄达性成熟，雄性一般在 3 龄达性成熟，自然种群数量较少。

### 3) 短体副鳅 *Paracobitis potanini* (Gunther), 1986

短体副鳅为鲤形目鳅科条鳅亚科副鳅属的一种鱼类。体长形，前段呈圆筒状，后段侧扁，尾柄短而侧扁，上下具发达皮质棱，尾柄上部皮质棱前段达到背鳍基部后端。口下位，横裂状。须 3 对。眼小，侧上位。头部灰褐色，具褐色斑点。背部及体侧上方为褐色，有许多深褐色横带。繁殖期在 4~5 月，繁殖盛期为 4 月上旬，产粘性卵，绝对怀卵量为 102~574 粒。成熟卵橙黄色，圆形，强粘性。呈异速生长，生长峰值出现在性成熟后 1~2 年内。为底栖鱼类，喜生活在江河或溪流底层，主要摄食水生昆虫幼虫等底栖无脊椎动物。

## (5) 生态特性

### 1) 栖息类型

根据水域流态特征、鱼类的生活习性及其主要生活环境和生活水层的不同，清江流域鱼类大致可分为以下 3 个类群：

①上层生活鱼类：体型纺锤形，游泳能力强，游动迅速。有许多种类是捕食性鱼类，包括鮡亚科部分种属、雅罗鱼亚科鱮属、马口鱼属等种类。

②中层生活鱼类：生活于潭、沱等水体中层或中上层水域的鱼类，多生活于支流水体，包括鲤亚科、鮡亚科、鲴亚科、雅罗鱼亚科等种类。

③底栖性鱼类：可分为以下 4 个类群：

a.急流浅滩类群：生活于干流及支流上游水流较为湍急的河段浅滩处，包括平鳍鳅科、鮡科、钝头鮠科、鲿科、鲃亚科、鮠亚科、鲴亚科、鳅鲇亚科等种类。

b.深水河槽类群：生活于干流深水沱或河槽中，部分鱼类也生活于支流湾、沱当中，包括圆口铜鱼、铜鱼、圆筒吻鮠、南方鲇等种类。

c.急流底栖类群：生活于支流上游急流底部，包括裂腹鱼属、白甲鱼属、光唇鱼属等种类。

d.静水或缓流水底栖类群：生活在静水或缓流水底部，包括鲿科、鳅科等部分种类。

## 2) 食性

根据评价区域成鱼的摄食对象，可将清江流域鱼类划分为以下 3 种摄食类型：

①植食性鱼类：摄食浮游植物、高等水生植物碎屑等植物性饵料的类群。包括主要摄食高等水生植物的草鱼、鳊、大鳍鱮等种类，主要摄食浮游植物的鲢、高体鳊、云南盘鮠等种类，以及主要摄食着生藻类的多鳞白甲鱼、白甲鱼等种类。

②肉食性鱼类：主要摄食鱼、虾、水生昆虫、底栖动物等动物性饵料。包括青鱼、鲟、鳢、红鳍原鲃、鲇、鳊等种类。

③杂食性鱼类：既摄食水生昆虫、虾类、软体动物等动物性饵料，也摄食藻类及植物的碎片、种子，有时还吞食其它鱼类的鱼卵、鱼苗，主要包括鲤、鲫、拉氏鲮、鳊、麦穗鱼、蛇鮈、黄颡鱼以及鳅科等部分种类。

## 3) 产卵类型

评价区域分布的鱼类依靠其繁殖习性，可将清江流域鱼类划分以下

### 3 种产卵类群：

#### ① 产粘沉性卵类群

清江流域绝大多数鱼类为产粘沉性卵类群。这一类群主要包括鲇形目的黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、光泽黄颡鱼、鲇等，鲤科的宽鳍鱲、马口鱼、鲤、鲫等以及鳅科的泥鳅等种类。其产卵季节多为春夏间，也有部分种类晚至秋季，且对产卵水域流态底质有不同的适应性，多数种类都需要一定的流水刺激，产出的卵或黏附于石砾、水草发育，或落于石缝间在激流冲击下发育。少数鱼类产卵时不需要水流刺激，可在静缓流水环境下繁殖，其卵有的粘附于水草发育，如鲤、鲫、泥鳅等；有的粘附于砾石，如拉氏鱮、瓣结鱼等。

#### ② 产漂流性卵类群

产漂流性卵鱼类产卵需要湍急的水流条件，通常在汛期洪峰发生后产卵。这一类鱼卵比重略大于水，产出后卵膜吸水膨胀，在水流的外力作用下，鱼卵悬浮在水层中顺水漂流。孵化出的早期仔鱼，仍然要顺水漂流，待身体发育到具备较强的溯游能力后，才能游到浅水或缓流处停歇。该类群主要有草鱼、青鱼、鲢、鳙、鳊、鲮、蛇鮈、铜鱼等种类。

#### ③ 特异性产卵类群

该类群鱼类产卵形式各异，如鮠属、鲢属多产卵于蚌类的鳃瓣或外套腔中发育。

### 4) 洄游类型

根据鱼类是否具有洄游特征和洄游类型，可将清江流域鱼类划分为以下 2 种类型：

① 洄游型鱼类：该类群鱼类包括在江河中进行产卵洄游的鱼类，以

及从湖泊进入河流进行产卵洄游的鱼类。主要有草鱼、青鱼、鲢、鳙、铜鱼、圆口铜鱼、黄尾鲴等产漂流性卵的鱼类，以及白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃、齐口裂腹鱼等产粘沉性卵的鱼类。

②定居型鱼类：该类群鱼类能够在相对狭窄水域内完成全部生活史的种类。该类群通常产粘沉性卵，产卵时对水文条件要求不严格。在流水中，定居型鱼类倾向选择流速较缓的河段，常呈现区域性分布的特点。主要有鲤、鲫、鲇、麦穗鱼、黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、子陵吻鮡虎鱼等种类。

## **(6) 鱼类重要生境**

清江流域河道底质多为沙石、砾石，两岸峰林发育，石壁陡峭，水文情况复杂，河道由形态各异的急流险滩小生境和缓流构成，生态环境良好，是鱼类繁殖、索饵、越冬良好的栖息地。

### **1) 产卵场**

清江流域由于河道阻隔现象已普遍存在，流水生境萎缩，已无成规模的集中性产漂流性卵鱼类产卵场存在，且已基本不具备漂流性卵漂流、孵化所需的漂流距离和流水条件；现状分布的银鮡、蛇鮡为适应微流水中生活的广适型小型鱼类，产卵类型为微粘性的漂流性卵，对水文条件要求不高。

产粘沉性卵鱼类的繁殖需要砾石、沙石底质或水草环境，鱼类产卵后，受精卵或入砾石缝中，或粘附于沙砾上，或埋藏于沙砾中，或粘附于水生高等植物体上，在水中孵化。一般来讲，产粘沉性卵鱼类对产卵场的要求并不严格，只要达到水温要求，具备必要的附着基质便可形成其产卵场，产卵场较为分散，产卵规模不大且不稳定。产粘沉性卵的产卵场可分为 2 种：一种是适应缓流和静水中繁殖的种类，其粘附基质主

要为淹没的植物、漂浮物、岩石等，这些鱼类产卵场多为平静的浅水库湾、沿岸浅水区；另一类繁殖需要一定的流水条件，支流汇口、支流、流水河段的砾石滩是繁殖的主要场所。鮡科、黑尾鮡等种类喜流水多石有浅滩的河段，卵常粘附于砾石上；短体副鳅、西昌华吸鳅、昆明高原鳅等鳅类一般在石缝或石洞内产卵，或在流水的石滩上砾石间产卵；鲃亚科的白甲鱼属、倒刺鲃属的种类在 5~7 月间集群至流水河段，在底质为礁岩的河床上产卵；常见的经济鱼类如鲃亚科的红鳍原鲃、团头鲂等的卵粘附于水草之上，在静水或缓流水区域都能产卵。

清江现状分布的鱼类大多产粘沉性卵，清江伏流暗河、滩沱交替的生境为产粘沉性卵鱼类提供了良好的产卵环境。清江流域鱼类产卵季节多为春夏间，也有部分种类晚至秋季，主要产卵时间在 3~10 月，产卵高峰期 4~7 月。根据现场调查，重点评价江段产粘沉性卵鱼类的产卵场主要分布在姚家平库尾流水河段的湾沱处、云龙河与清江汇口处、长偏河、天楼地枕电站厂房下游等河段。这些产卵场多在支流与干流交汇处或缓流与急流交界处，存在河湾回水或者砾石浅滩区域，饵料资源丰富，是鱼类良好的产卵场。

## 2) 索饵场

清江流域的鱼类多以着生藻类、有机碎屑、底栖无脊椎动物等为食。索饵场的环境基本特征是缓流或静水，其间有砾石、礁石、沙质岸边，形成较深的水坑、凹凸浅水区、静水缓流区。白甲鱼、云南光唇鱼、中华倒刺鲃、鲴类、马口鱼等多在水浅流急的砾石滩或上溯至支流索饵；鲇、鲃类、鳅、鳊、鮰类多在水流平缓的曲流、回水湾、深水河道及深潭索饵；裂腹鱼亚科、鮡类、鳅类主要在水位较浅而水流较缓的干、支流砾石滩或上溯至支流索饵。



图 3.3-5 姚家平水利枢纽工程影响区部分鱼类重要生境

清江适宜鱼类觅食的索饵场一般分布在浅水区砾石浅滩或支流汇口，这些场所底质为砾石、卵石，浅水区光照条件好，砾石底质适宜着生藻类生长，流水砾石间水生昆虫数量较多，往往是鱼类索饵的场所，同时也是小型鱼类栖息场所；河道汇口处河面宽阔，水流变缓，具常年流水，有较为丰富的营养物质，往往是鱼类索饵的场所；同时，梯级水库形成的库区可为适应缓流或静水环境索饵肥育的鱼类提供空间大、饵料丰富的索饵条件。

### 3) 越冬场

每年入秋以后，天气转冷，水温随之下降，来水量渐次减少，水位降低，饵料资源减少，鱼类的活动能力降低，活动空间减小，鱼类将从支流或干流浅水区进入深水区越冬。清江流域多具石质河床，或为砾石、卵石，或为石缝、石洞，为越冬鱼类提供了良好的栖息隐蔽条件。越冬场一般位于河槽、深潭、湾沱、坑穴、岩洞、回水湾等水域，底质多为

乱石或礁石；同时梯级水库库区为鱼类提供较为广阔的越冬水域，是喜静缓流水鱼类的主要越冬场。

#### 4) 洄游通道

清江流域梯级开发程度高，已建工程均未修建过鱼设施，使得鱼类长距离洄游通道被阻断，尤其是下游梯级的建设隔断了清江与长江干流的洄游通道，现状调查未调查到长距离的洄游性鱼类。流域内短距离的繁殖、索饵、越冬等需求的洄游通道仍然存在，部分鱼类的亲本需上溯至上游江段产卵繁殖；部分完成繁殖活动的亲本及孵化产生的幼鱼下行索饵、越冬。评价江段有洄游习性的主要有铜鱼、吻鮠、中华倒刺鲃、白甲鱼、齐口裂腹鱼、泉水鱼等种类。

### 3.3.3 环境敏感区

工程涉及的环境敏感区为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。

#### (1) 地质公园概况

湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园位于利川市和恩施市境内，2014年1月获得第七批国家地质公园资格，2019年9月正式获得国家林业和草原局批复命名。湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园范围西南起于利川市腾龙大桥1.6km处，东南位于朝东岩隧道东出口2km处，北部主要以乡道、村村通公路为界，南部边界距离G318以北1~5km处。公园主体范围以清江为轴线由东南向东北展布，地理坐标范围北纬30°19'23"~30°27'6"，东经108°57'45"~109°17'36"。

湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园分为腾龙洞大峡谷园区和朝东岩园区。公园内地质遗迹以清江河谷为轴线，从西南向北东方向分布共40处，其中世界级地质遗迹3处，国家级地质遗迹6处。拥有清江伏流、腾龙洞洞穴系统、恩施大峡谷和石柱式峰林等立体喀斯特地貌景

观，是集科考科普、观光览胜、休闲度假、养生健身、民族文化为一体的自然公园。

根据地质遗迹的典型性、稀有性和保护难度，并结合地质公园当前保护和开发建设的实际情况，湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园划分为一级保护区、二级保护区。其中，一级保护区为地质遗迹保护难度大、易损性强且地质遗迹典型独特、为国家级及以上的地质遗迹点和点群，面积为  $42.96\text{km}^2$ ；二级保护区为地质遗迹保护难度较大、易损性较强的省级及以上地质遗迹分布区域，面积为  $60.84\text{km}^2$ 。湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园地质遗迹保护规划情况见图 3.3-6。

## （2）与工程位置关系

姚家平水利枢纽工程共占用地质公园  $456.52\text{hm}^2$ 。按工程占地类型划分，工程永久占地占用地质公园  $453.82\text{hm}^2$ ，工程临时占地占用地质公园  $2.70\text{hm}^2$ ；按占用地质遗迹保护区级别划分，工程占用地质公园一级保护区  $425.95\text{hm}^2$ ，占用地质公园二级保护区  $30.57\text{hm}^2$ 。

与工程影响范围距离较近的地质遗迹景观有朝东岩园区的小溪河峡谷、恩施大峡谷（清江段）及腾龙洞大峡谷园区的云龙河地缝嶂谷。

为评价工程建设对地质公园的影响，我所委托中国地质大学（武汉）开展了工程对地质公园的影响调查评估工作，并编制了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》。湖北省林业局于 2021 年 9 月组织对该评估报告进行了论证，并于 2021 年 11 月复函恩施州人民政府，原则同意湖北姚家平水利枢纽工程占用湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。





## 3.4 环境质量现状评价

### 3.4.1 地表水环境

#### 3.4.1.1 污染源

##### (1) 点源

根据恩施州及恩施市环境统计数据,以及《恩施市长江经济带入河排污口现场排查清单》《长江流域(片)规模以上入河排污口名录》《恩施州清江一河一策方案》《恩施州云龙河一河一策方案》《恩施州小溪河一河一策方案》等资料,经统计,评价范围内清江支流云龙河分布有1处入河排污口。具体信息见表3.4-1。

表 3.4-1 评价范围内入河排污口分布

名称	排污方式	排入水体	排污口类型	排放标准	年排污量(万 m <sup>3</sup> )
恩施市沐抚办事处污水处理厂排口	明排连续	云龙河	城镇(农村)生活排口	一级 A	7.62

##### (2) 面源

评价区域面污染源主要包括化肥流失、农村生活污水、畜禽养殖等。

##### ① 农业污染源

农业污染源主要是指农业生产施用的化肥进入农田,营养盐不能完全被农作物吸收,残留部分随着地表径流进入水体。

据估算,2019年姚家平库区约施用氮肥3489.83t、磷肥1064.55t、复合肥1961t。参考长江三峡工程生态与环境监测公报,氮元素的流失率为10%,磷元素的流失率为5%,农业面源污染入河系数取0.1,则姚家平库周农业面源总氮、总磷入河量分别约为167.28t/a、23.95t/a。

##### ② 农村生活污染源

农村生活污染的产生途径主要是生活中产生的污水、垃圾、人畜粪

便排放到周围农田、沟渠，一部分污染物经地表径流进入水体。根据《第二次全国污染源普查农村生活污染源产排污系数手册》，选取农村生活污水量排放系数为 32.1L/人·天；农村生活污染物排放系数为 COD：17.2g/人·天；NH<sub>3</sub>-N：0.14g/人·天；TN：0.7g/人·天；TP：0.12g/人·天。据统计，姚家平库周涉及恩施市屯堡乡马者村、田凤坪村，大峡谷风景管理处营山村、木贡村、高台村及利川市团堡镇小谷槽村、牛栏坪村，农村人口约为 29395 人。据此估算，农村生活污水排放量约为 34.44 万 t/a，COD 排放量约为 184.54t/a，NH<sub>3</sub>-N 排放量约为 1.50 t/a，总氮排放量约为 7.51t/a，总磷排放量约为 1.28 t/a。农村生活污染入河系数取 0.1，则农村生活污染物入河量约为 COD18.54t/a，NH<sub>3</sub>-N 0.15 t/a，总氮 0.75 t/a，总磷 0.12 t/a。

### ③分散式畜禽养殖污染

根据 2019 年恩施市统计年鉴、恩施市 2019 年国民经济和社会发展的统计公报以及《全国水资源综合规划地表水资源保护培训讲义》提供的参数对姚家平库区畜禽养殖污染进行估算，生猪、牛、羊和家禽粪便排放量分别为 3.5kg/只·天、25kg/只·天、2kg/只·天和 0.1kg/只·天，粪便中污染物含量见表 3.4-2。

表 3.4-2 畜禽粪便污染物含量表

项目	猪	牛	羊	鸡 / 鸭
总氮 (%)	0.56	0.35	1.22	1.6
总磷 (%)	1.68	0.44	0.26	0.54
COD (%)	3.90	2.40	3.90	3.90
NH <sub>3</sub> -N (%)	0.021	0.014	0.046	0.015

经计算，姚家平库周畜禽养殖污染物排放量为 COD4700t/a，NH<sub>3</sub>-N 27.56 t/a，总氮 825.8t/a，总磷 1450t/a。畜禽养殖污染物入河系数取 0.1，则畜禽养殖污染物入河量为 COD 470t/a，NH<sub>3</sub>-N 2.75 t/a，总氮 82.5t/a，总磷 145t/a。

### 3.4.1.2 地表水水质

#### (1) 常规监测断面水质

结合评价河段及清江干、支流常规监测断面分布情况，本次收集了雪照河断面（国控断面）和大龙潭水库（饮用水水源地断面）2020 年~2021 年水质监测资料。其中雪照河断面位于姚家平水利枢纽坝址上游约 17.5km。大龙潭饮用水水源地断面位于大龙潭水库库区内，姚家平坝址下游约 22km。常规水质监测站点基本情况见表 3.4-3 和附图 6。

表 3.4-3 评价范围内常规水质监测站点基本情况

所属河流	监测站点	断面级别	断面属性	水质目标
清江	雪照河	国控	县界（利川-恩施）	II
清江	大龙潭水库		水源地	II

对常规监测断面 2020 年~2021 年逐月水质进行评价，评价指标主要包括：pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、总磷、铜、锌、铅、镉、五日生化需氧量、砷、硒、汞、铬、氟、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物等，评价方法采用单因子法。

根据雪照河断面 2021 年 1~12 月和大龙潭水库 2020 年 8 月~2021 年 7 月逐月水质指标监测评价结果，雪照河断面 2021 年 1 月~12 月水质均满足 II 类水质目标要求；大龙潭断面除 2021 年 6 月水质为 III 类外

(BOD<sub>5</sub> 超标 0.27 倍), 其余月份水质均满足 II 类水质目标要求。

## (2) 补充水质监测

为进一步掌握姚家平水利枢纽工程评价区清江干支流的水质背景情况, 评价单位委托武汉中地检测技术有限公司于 2020 年 12 月、2021 年 4 月和 2021 年 6 月对评价区域水环境质量进行了补充监测。监测因子包括水温、pH、溶解氧、透明度、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物(以 F<sup>-</sup>计)、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、叶绿素 a 等。补充监测断面分布在拟建姚家平库区、坝址下游和主要支流的入江水域, 监测断面位置见表 3.4-4 和附图 6。

表 3.4-4 姚家平水利枢纽地表水现状补充监测断面

序号	监测点位	属性
1	库尾	坝址上游断面
2	云龙河	支流云龙河汇口
3	小溪河	支流小溪河汇口
4	姚家平坝址	姚家平坝址处
5	姚家平厂房	姚家平坝址下游

根据监测结果, 2021 年 4 月和 2021 年 6 月, 各补充监测断面水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准。2020 年 12 月, 清江干流姚家平库尾、姚家平坝址、姚家平厂房断面总磷超标, 支流云龙河、小溪河汇口断面总磷超标, 超标倍数为 0.5~0.9, 其余指标满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准。

从总氮浓度来看, 2020 年 12 月、2021 年 4 月、2021 年 6 月, 清江干流姚家平库尾、姚家平坝址、姚家平厂房断面, 支流云龙河、小溪河汇口断面总氮监测值为 1.22~3.54mg/L, 超 II 类标准(0.5mg/L) 1.56~5.92 倍, 超 III 类标准(1.0mg/L) 0.28~2.46 倍。

### (3) 流域总氮情况分析

为进一步分析流域总氮浓度偏高的情况，评价单位收集了清江流域恩施境内其他国控及省、市控断面 2019 年~2020 年的监测资料进行评价。

从总氮浓度情况来看，清江干流主要控制断面总氮平均浓度大于 2mg/L，支流忠建河和马水河主要控制断面总氮平均浓度也基本大于 1.5mg/L。可以看出，清江流域干流、主要支流重点断面的总氮浓度均偏高。

### 3.4.2 地下水环境

#### 3.4.2.1 水文地质条件

评价区志留系—三叠系地层为碳酸盐岩及碎屑岩，栖霞组、茅口组、大冶组、嘉陵江组为岩溶含水岩组，其余为弱岩溶化岩组和非岩溶化岩组，含水岩组与相对隔水岩组交替出现，加之受 NNE、NE 向褶皱的控制，含水层与隔水层大多相间分布，构成区内多层水文地质结构体。

评价区地下水类型主要有孔隙水、裂隙水、溶隙水和岩溶洞穴水。松散岩类孔隙水赋存于第四系冲、残、坡、崩积物及滑坡堆积物中，其岩性为砂质粘土、砾石、砂卵石、块石等，以孔隙泉出露，流量一般小于 0.5L/s。碎屑岩基岩裂隙水赋存于志留系、泥盆系等砂页岩或粘土岩中，以裂隙泉出露，泉点分布普遍，流量一般 0.1~1L/s。碳酸盐岩岩溶裂隙水及岩溶洞穴水赋存于灰岩类或白云岩类的岩石中，以溶隙泉或岩溶泉出露，溶隙泉流量一般不超过 1L/s，溶洞泉流量与岩溶管道的发育规模相适应，一般流量 5~100L/s。

地下水的补给主要为大气降水。坝址附近的地下水径流以岩溶管道为主，辅以岩溶裂隙、构造裂隙、孔隙中运移，地下水排泄的主要途径

为暗河排泄，辅以泉排，最终排向清江。库区和坝址下游区左岸斜坡阶地（由第四系松散堆积物含砾石黏土覆盖）范围内地下水主要为第四系孔隙性潜水，赋存于上部土层中，受地表降水补给，向清江干流排泄，水位变化幅度较大。

### 3.4.2.2 地下水环境质量

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）要求，结合工程特点、评价区内地下水埋藏特征和地下水敏感目标，采用控制性布点和功能性布点相结合的原则，布设地下水水质监测点 3 个，水位监测点 6 个，委托武汉中地检测技术有限公司于 2021 年 3 月进行了地下水水质监测，各监测点位置见附图 8。水质监测点分别为凉水井（马者村）、烂湾（马者村）和高台村。监测项目包含《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）中的 8 项环境因子  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $CO_3^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ ，及基本水质因子 pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬（六价）、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物等。

工程区域是碳酸盐岩高山峡谷地貌，清江两岸地势陡峻，岩溶剧烈发育，地下水埋深普遍较大。评价范围内坝址下游地下水位高程基本低于正常蓄水位 745.0m，坝址和上游库区评价范围内地下水位高于正常蓄水位，其中库区及坝址下游左岸斜坡阶地地下水埋深约在 9.5~39m 之间，坝址、下游及库区两岸山体地下水位向两岸抬升均较快，地下水位埋深受地面起伏影响较大。

本项目地下水水质评价标准执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。根据本次地下水水质现状监测结果，评价范围内地下水环境质量较好，监测项目均优于III类标准，并且大部分

优于Ⅱ类标准。

### 3.4.3 大气环境

#### (1) 达标区判定

本项目涉及恩施市和利川市。根据恩施州人民政府网站公开的 2021 年 1~12 月全州各县市城区环境空气质量状况，2021 年恩施市二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、二氧化氮（NO<sub>2</sub>）、可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）年平均质量浓度分别为 7 μg/m<sup>3</sup>、14 μg/m<sup>3</sup>、48 μg/m<sup>3</sup> 和 24 μg/m<sup>3</sup>，臭氧（O<sub>3</sub>）日最大 8 小时第 90 百分位浓度为 98 μg/m<sup>3</sup>，一氧化碳（CO）日均值第 95 百分位浓度为 1.2 mg/m<sup>3</sup>，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值要求；2021 年利川市二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、二氧化氮（NO<sub>2</sub>）、可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）年平均质量浓度分别为 6 μg/m<sup>3</sup>、10 μg/m<sup>3</sup>、30 μg/m<sup>3</sup> 和 17 μg/m<sup>3</sup>，臭氧（O<sub>3</sub>）日最大 8 小时第 90 百分位浓度为 104 μg/m<sup>3</sup>，一氧化碳（CO）日均值第 95 百分位浓度为 1.2 mg/m<sup>3</sup>，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值要求。因此，项目涉及的恩施市和利川市均属于环境空气质量达标区。

#### (2) 其他污染物环境质量现状

环评单位委托武汉中地检测技术有限公司于 2020 年 4 月 6 日~12 日对坝址所在区域开展了环境空气质量补充监测工作，监测因子为 TSP<sub>24h</sub> 平均质量浓度。监测数据评价结果表明：坝址所在区域 TSP<sub>24h</sub> 平均质量浓度范围为 95~116 μg/m<sup>3</sup>，最大浓度占标率为 38.7%，超标率为 0。



### 3.4.4 声环境

据调查，本项目评价范围内现状主要噪声源为交通噪声和生活噪声，其中交通噪声主要来源于村镇道路、等级公路等，其他远离道路的区域主要以生活噪声为主。

环评单位委托武汉中地检测技术有限公司于2021年4月6日~4月9日对本项目评价范围内的9个具有代表性的点位开展了声环境现状监测，监测项目为昼、夜间等效A声级。监测结果表明，9处点位昼、夜间等效A声级均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）对应标准限值要求。

### 3.4.5 土壤环境

工程评价范围内土壤类型主要黄棕壤、黄壤、棕壤，其中水库淹没范围和库区左岸主要为黄棕壤。棕壤分布在海拔1300~1900m相对较高的山区，年均气温相对较低，黄棕壤分布在海拔1100~1300m左右的山区，黄壤分布在海拔600~1100m的清江两岸。棕壤主要为石灰岩棕壤和页岩棕壤，质地多为壤土至壤粘土，具有明显的淋溶过程，碳酸盐及可溶盐被淋失，原生矿物进一步风化分解，土层薄、砾石多，夹硅质粗石屑，土体松散，易产生水力侵蚀，林地枯枝落叶层较薄，且腐殖质化熟度低，pH5.4~6.5。黄棕壤为石英质岩山地黄棕壤，由石英岩、石英砂岩、石英片岩风化的坡积物发育而成，耕层土壤质地为轻壤—重壤，夹砾石，土壤微酸—中性，速效磷、钾缺乏，全磷含量低，全钾含量中等偏高，土壤质地粗，石块多。黄壤为石英质岩黄壤性土，成土母质为石英质岩风化物，主要为石英砂岩和石英粉砂岩，成土母质较硬，难于风化成土，位于陡坡易产生侵蚀，土壤砾石含量高，质地偏砂，粗骨性

强，阳离子代换量低。

为了解工程所在区域土壤环境质量现状，评价单位委托武汉中地检测技术有限公司于 2021 年 3 月对工程区进行了监测。评价范围内共布设 7 个监测点，其中施工占地及移民安置区内布置 3 个监测点，占地范围外布设 4 个监测点，土壤类型包含黄棕壤、棕壤和黄壤，监测点取样均在土壤表层 0~0.2m。监测点信息见表 3.4-5，分布见附图 8。

表 3.4-5 姚家平水利枢纽工程土壤环境质量监测点位信息

序号	点位名称	土壤类型	与工程位置关系	用地类型
1	施工营地	暗黄棕壤	施工占地内	建设用地
2	机修保养站	暗黄棕壤	施工占地内	建设用地
3	六房安置点	棕壤	移民安置区占地内	建设用地
4	砂石加工系统	黄壤	施工占地外	农用地
5	堆料场下	黄壤	施工占地外	农用地
6	岩上安置点	棕壤	移民安置区外	农用地
7	竹基坝	棕壤	淹没范围外	农用地

施工营地、机修保养站和六房安置点监测项目包括《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 45 个基本项目以及土壤 pH 和土壤含盐量等特征因子。监测结果表明，工程占地范围内土壤未发生酸化或碱化，作为第一类建设用地（居住用地），六房安置点镉超过一类建设用地风险管控标准筛选值 1.21 倍，未超过管控值。

砂石加工系统、堆料场下、岩上和竹基坝监测点监测项目包括《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的 8 个基本项目以及土壤 pH 和土壤含盐量等特征因子。监测结果表明，工程占地范围外土壤未发生酸化或碱化，作为农用地的基质，除镉因子外，其 6 项污染物项目均没有超过《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）所规定的风险筛选值，6 个监测点镉均出现超标。

评价范围内土壤环境质量总体较好，未出现酸化、盐化和碱化，除镉外，土壤污染物因子均不超标。镉在评价范围普遍超标，并且部分超过管制值，和评价区土壤镉本底含量较高有关。

根据李泽威等对恩施市土壤镉元素地球化学特征研究，恩施市属于高镉高硒地区，土壤中硒、镉呈伴生关系。根据唐世琪等在恩施开展的1:25万土地地球化学调查研究结果，恩施地区镉有风险区占比高达79.49%，镉含量高主要受控于该地区二叠系发育的黑色岩系成土母质，在土壤中主要以有机质和硫化物吸附状态存在，不易溶解，活性低。

### 3.4.6 移民安置区环境

#### 3.4.6.1 移民安置区概况

姚家平水利枢纽工程农村移民安置人口涉及恩施市高台村、木贡村、营上村、马者村及利川市小谷槽村共5个行政村。移民安置方式主要为本村集中安置，少量人口就近后靠分散安置。规划4个安置区10个集中安置点，共集中安置1850人，其中恩施市3个集中安置区，分别为：马者安置区、六房安置区、龙山坪安置区，利川市1个安置区，为小谷槽安置区。其余197人分散安置，详见表3.4-6。

安置点的选址本着地质条件良好，适宜居住，集中安置，交通便利等原则。其中马者安置点位于姚家平水库下游1km处的马者村姚家坪组，高程在687~696m范围内；三营丈安置点位于高台村土家小院对面，靠近屯渝公路北侧，场地高程在903~926m范围内；六房安置点位于高台村村委会东南侧100m处，靠近屯渝公路南侧，地势相对平缓，高程在878~905m范围内；高台仟安置点位于梨树村与石板沟村之间，高程在890~916m范围内；专班安置点位于木贡集镇东南侧的竹基坝，位于屯渝公路与复建道路之间，高程在835~866m范围内；岩上安置点位于

木贡集镇南侧 100m 处的岩上村，高程在 847~869m 范围内；窝塘安置点靠近大峡谷龙船调剧场东侧，高程在 807~826m 范围内；龙山坪安置点位于安置点大峡谷龙船调剧场东侧，地面高程在 890~940m；小谷槽安置点位于利川市团堡镇小谷槽村；神农转安置点位于沐抚集镇南侧，高程在 1029~1047m 范围内。典型移民安置点现状照片见图 3.4-1。



图 3.4-1 各移民安置点现状情况

3.4.6.2 移民安置区环境现状

(1) 陆生生态

移民安置区土地利用以旱地为主，主要种植茶叶和蔬菜等作物，其次为灌木地、草地和林地等。安置区主要植被类型为水麻灌丛、灰白毛莓灌丛、插田泡灌丛、毛黄栌灌丛、五节芒灌草丛、蕨灌草丛、渐尖毛蕨灌草丛、水芹灌草丛、节节草灌草丛和接骨草灌草丛等，总体上安置区植被受人为干扰较大，多为已开垦的农田或未开垦的撂荒地，植被较为简单，植被覆盖率较低，植物较不丰富。

安置区主要两栖类动物为陆栖型，主要爬行类为灌丛石隙型，包括

中华蟾蜍、泽陆蛙和爬行类的多疣壁虎、蹼趾壁虎、中国石龙子、铜蜓蜥等种类，这些种类喜在人类活动频繁的耕园地活动；主要兽类为半地下生活型种类，包括东北刺猬、黄鼬和黄胸鼠、大足鼠、褐家鼠、小家鼠等鼠类；安置区域未发现国家重点保护野生动物。

表 3.4-6

姚家平工程建设征地移民农村搬迁安置规划表

市	位置	乡镇	村	组	安置任务		分散安置			安置区	集中安置				新址征地 面积合计 (亩)	
					户数	人数	户数	人数	新址征地 面积 (亩)		安置点	户数	人数	安置点面积 (亩)		
恩施	枢纽工程 建设区	屯堡乡	马者	姚家坪组	24	84				马者安置区	马者 安置点	31	108	16.19	16.19	
				中村组	1	2										
				后坝组	6	22										
				合计	31	108										
			田凤坪	青树脚组	9	34	9	34	5.10						10.04	
				苍坪组	9	33	9	33	4.95							
				合计	18	67	18	67	10.04							
	库区	大峡谷 风景区 管理处	高台	大布垅组	55	233	7	33	4.95	六房安置区	三营仗安置点	40	150	22.49	184.56	
				河塘组	129	517	12	53	7.95		六房安置点	50	195	29.24		
				方家院子组	130	537					高台仟安置点	132	540	80.96		
				田坝组	8	29					专班安置点	33	130	19.49		
											岩上安置点	33	130	19.49		
				合计	322	1316	19	86	12.89		合计	288	1145	171.66		
			木贡	瓦子坪组	19	99	3	16	2.40	龙山坪安置区	窝塘 安置点	40	180	26.99	33.58	
				堰塘组	45	190	6	28	4.20		合计	40	180	26.99		
				合计	64	289	9	44	6.60							
			营上	搬木组	19	96					龙山坪安置点	龙山坪 安置点	23	115	17.25	17.24
				下村组	8	42						合计	23	115	17.24	
				岩上组	4	18						神龙转安置点	38	191	28.64	
				合计	31	156						小谷槽安置点	27	111	16.64	
			沐抚集镇													
利川		团堡镇	小谷槽	13 组	27	111		0		小谷槽安置区	小谷槽安置点	27	111	16.64	16.64	
总计					493	2047	46	197	29.54			447	1850	277.36	306.90	

## （2）地下水环境

本次评价在安置区设置 1 个地下水监测点位（高台村），根据地下水质量现状监测结果，移民安置区地下水质量满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。

## （3）大气环境

根据《恩施自治州环境质量状况(2020 年)》，评价区二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)和细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)年平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准限值要求，属于环境空气质量达标区。

## （4）声环境

根据本次评价对姚家平组等安置区声环境现状监测结果，安置区声环境质量满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准限值要求。

## （5）土壤环境

移民安置区土壤类型以黄壤和黄棕壤为主。根据本次评价对安置区的土壤环境质量现状监测，六房安置点土壤镉超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018)一类建设用地风险管控筛选值 1.21 倍，未超过管控值；岩上安置点土壤镉超过《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB15618-2018)风险筛选值的 17.3 倍。除镉外，其他土壤污染物因子均不超标。评价区镉超标和恩施地区高镉高硒的地球化学背景有关，镉主要以有机质和硫化物吸附状态存在，不易溶解，活性低。

## 3.5 环境影响回顾性评价

经过多年治理和开发，清江干流恩施段已建成三渡峡、雪照河、大

河片、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙、水布垭 8 座梯级，宜昌段建成隔河岩、高坝洲 2 座梯级，各支流也有不同程度开发。由于清江流域规划编制时间较早，均未编制规划环境影响报告书。

为系统梳理流域开发现状、生态环境问题、各梯级采取的环境保护措施及有效性，总结流域梯级开发环境保护经验，根据现行的生态环境保护要求指导后续开发保护活动，为姚家平水利枢纽环评提供借鉴和指导，恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）委托我所开展了清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价工作。我所于 2021 年 4 月编制完成了《清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，湖北省生态环境厅组织对该报告进行了审查，并于 2021 年 6 月印发了《湖北省生态环境厅关于清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》。

### 3.5.1 清江流域梯级开发情况

#### 3.5.1.1 清江干流梯级开发情况

姚家平水利枢纽工程位于清江干流。清江干流目前从上至下已建成三渡峡、雪照河、大河片、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙、水布垭、隔河岩、高坝洲 10 座梯级，总装机容量 3384.24MW。其中红庙水电站已于 2018 年退出运行。已建梯级的各项特征指标见表 3.5-1，已建梯级纵剖面图见图 3.5-1。



表 3.5-1

清江干流已建梯级特征指标

序号	梯级名称	建设地点	坝址控制流域面积(km <sup>2</sup> )	多年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	正常蓄水位 (m)	开发方式	水库调节能力	装机容量 (MW)	投产时间
1	三渡峡	利川市	420	10.65	1083.5 (吴淞)	混合式	年调节	0.64	1964
2	雪照河	利川市	1028	24.91	908.2	引水式	日调节	10.4	1983
3	大河片	利川市	1188	28.9	785.6	引水式	无	8.5	1987
4	天楼地枕	恩施市	1968.6	56	571.5	引水式	无	25.2	1993
5	龙王塘	恩施市	2200	61.7	485	引水式	日调节	14.1	1978
6	大龙潭	恩施市	2396	70	461	混合式	季调节	30	2005
7	红庙	恩施市	3100	84.7	425	引水式	日调节	3.75	1986
8	水布垭	巴东县	10860	298	400 (吴淞)	坝后式	多年调节	1840	2008
9	隔河岩	长阳县	14430	403	200 (吴淞)	河床式	年调节	1200	1993
10	高坝洲	宜都市	15650	444	80 (吴淞)	河床式	日调节	252	1999

注：除特别标准外，其它均为黄海高程。

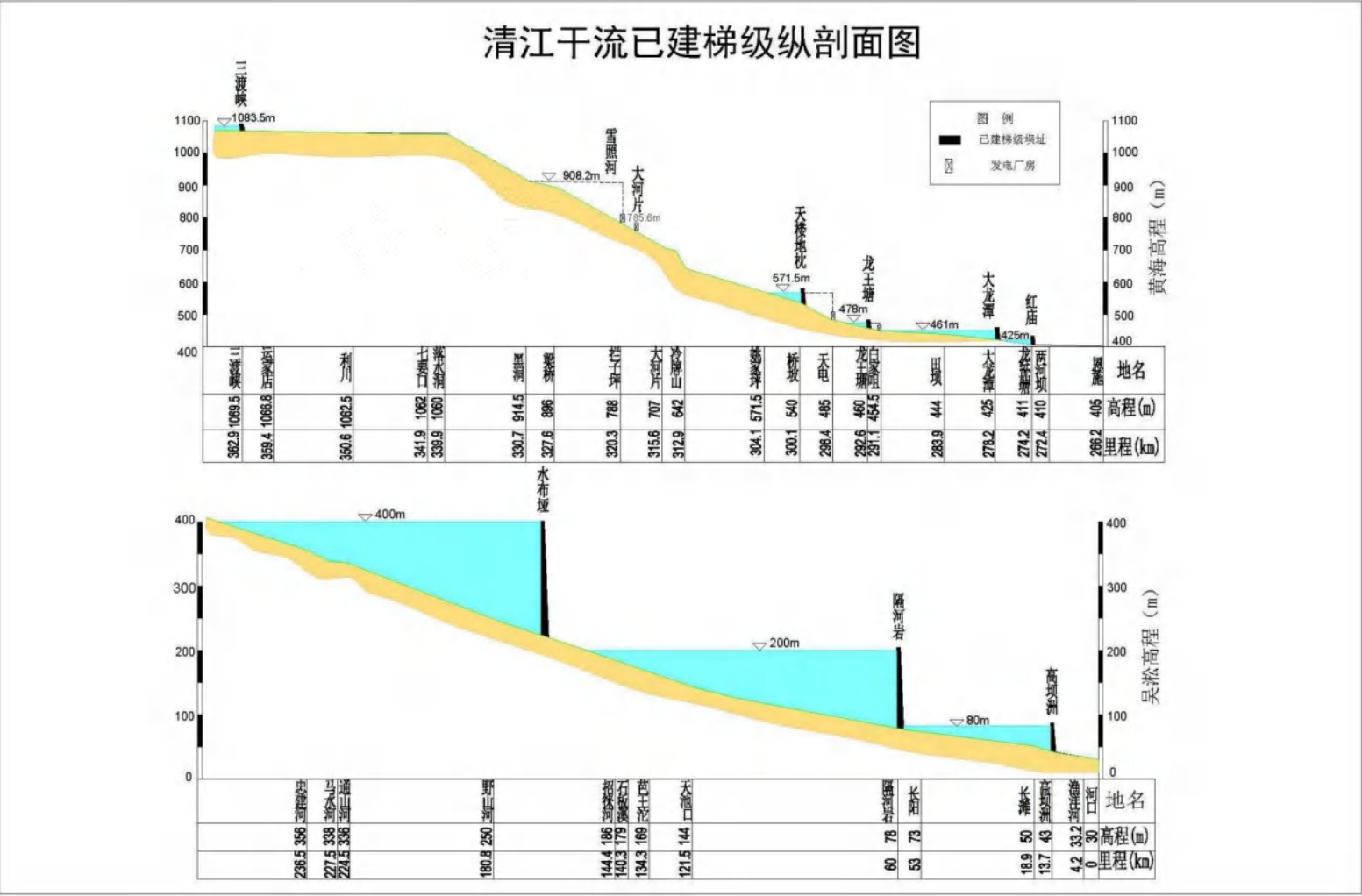


图 3.5-1 清江干流已建梯级纵剖面图

### （1）三渡峡水库

三渡峡水库坝址距利川市西城区 6km，工程于 1964 年 5 月建成，是一座以灌溉为主，兼有发电、防洪、养殖等综合利用效益的小（1）型水库。坝址控制流域面积 420km<sup>2</sup>，多年平均流量 10.65m<sup>3</sup>/s，大坝为浆砌石重力拱坝，总库容 316 万 m<sup>3</sup>，设计灌溉面积 1.2 万亩。水库正常蓄水位 1083.5m，死水位 1080m，电站装机容量 0.64MW，为混合式电站。

### （2）雪照河水电站

雪照河水电站位于利川市团堡镇朝南村境内，利川市区以东 37km，地处清江干流上游。雪照河水电站于 1983 年竣工投产，为引水式电站。坝址以上控制流域面积 982km<sup>2</sup>，正常蓄水位 908.2m，多年平均流量 24.9m<sup>3</sup>/s，总库容约 54 万 m<sup>3</sup>，拦河坝为浆砌石重力坝，坝高 11.4m，左岸布置引水明渠，引水系统长 7km，电站尾水位 787m，电站工作水头 105m，雪照河电站厂房下游紧邻长偏河汇入清江的河口。雪照河水电站装机容量 10.4MW，年均发电量 0.53 亿 kW·h，装机年利用小时数达 4789h，是利川电力的骨干电站。

### （3）大河片水电站

大河片电站位于利川市团堡镇，距利川城区 39km，坝址位于清江支流长偏河河口下游 30m。大河片水电站于 1987 年 10 月建成投产，为引水式电站，坝址控制流域面积 1188km<sup>2</sup>，多年平均流量 28.97m<sup>3</sup>/s，正常蓄水位 785.6m。大坝为底拦栅坝，坝高 5.4m，右岸布置引水隧洞，引水系统长 4.2km，电站尾水位 707m，工作水头 70m。大河片电站装机容量 8.5MW，年发电量 0.4 亿 kW·h。姚家平水利枢纽建成后，大河片水电站厂房将被淹没。

#### （4）天楼地枕水电站

天楼地枕水电站位于恩施市屯堡乡，坝址位于姚家平坝址下游约 2.5km。电站于 1987 年 12 月动工兴建，1993 年 8 月正式投产发电，为引水式电站。坝址控制流域面积 1906km<sup>2</sup>，电站由底栏栅取水坝、左岸引水系统以及岸边式地面厂房等组成。电站挡水建筑物为重力坝，坝高约 15.5m，引水建筑物为引水明渠，全长 6336m；设计引用流量 42m<sup>3</sup>/s；设计水头 80.2m；厂房为地面式厂房，共安装 4 台立轴混流式水轮发电机组，电站装机容量 25.2MW，电站多年平均发电量 1.34 亿 kW·h。

#### （5）龙王塘水电站

龙王塘坝址位于恩施市屯堡乡，下距恩施市 27km。龙王塘电站于 1978 年建成，挡水建筑物为重力坝，为引水式电站，坝址控制流域面积 2200km<sup>2</sup>，多年平均流量 61.7m<sup>3</sup>/s。坝高 8m，水库正常蓄水位为 478m，总库容 551 万 m<sup>3</sup>。电站原装机容量 3.75MW，年发电量 0.23 亿 kW·h，发电厂房为地面式厂房，位于龙王塘清江干流河段左岸，共安装 4 台水轮发电机组。2008 年龙王塘电站完成技术改造，提高正常蓄水位至 485m，将电站装机容量增容到 14.1MW，设计水头 21.4m，多年平均发电量 0.4724 亿 kW·h。

#### （6）大龙潭水利枢纽

大龙潭水利枢纽位于清江大龙潭峡谷中段，下距恩施市 11km，是一座以发电为主，兼有防洪和供水功能的中型综合水利枢纽，工程于 2005 年 12 月底建成。大龙潭水利枢纽由拦河大坝、引水式电站组成。坝址控制流域面积 2396km<sup>2</sup>，多年平均径流量 22.2 亿 m<sup>3</sup>。拦河大坝为弧行重力坝，最大坝高 54m。水库正常蓄水位 461m，防洪限制水位 450m，总库容 5200 万 m<sup>3</sup>，其中防洪库容 0.27 亿 m<sup>3</sup>。引水式电站布置于右岸，

包括引水系统和厂房部分，总装机 30MW，保证出力 3.6MW，多年平均发电量 1.3 亿 kW·h，年利用小时 4317h。大龙潭水库还承担向恩施市城区供水的任务，年均供水量约 3120 万 m<sup>3</sup>。由于大龙潭水利枢纽建成时间较早，建设时未考虑生态流量下泄。为保证下游城市景观和清江生态流量的需求，大龙潭电站在 2008 年专门设置了一台生态机组，装机容量 1.6MW。在大机组不发电的情况下，通过生态机组发电下泄生态流量不小于 6.8m<sup>3</sup>/s。根据 2019 年 1 月水利部公布的 2018 年度绿色小水电站名单，大龙潭水电站为湖北省第一座绿色小水电站。

#### （7）红庙水电站

红庙水电站坝址位于大龙潭电站尾水下游约 150m 处恩施市枫香坪村，电站装机容量 3.75MW，利用大龙潭电站发电尾水和支流带水河水量发电，于 1986 年 9 月建成投产。红庙拦河坝坝高 10m，引水道长 3km。由于是低坝引水发电，红庙电站发电时下游出现严重脱水段，且脱水段在恩施市主城区。根据恩施市小水电清理整改“一站一策”工作方案，红庙水电站归为退出类，要求限期退出。红庙电站已于 2018 年 7 月 31 日正式退出运行。

#### （8）水布垭水利枢纽

水布垭水利枢纽位于清江中游恩施州巴东县境内，上距恩施市 117km，下距隔河岩水利枢纽 92km，是清江梯级开发的龙头枢纽。水布垭水利枢纽于 2002 年开工建设，2008 年建成发电，以发电、防洪、航运为主，并兼顾其他综合利用。工程为 I 等大型水利水电工程，控制流域面积为 10860 km<sup>2</sup>，多年平均流量 298m<sup>3</sup>/s，电站装机容量 1840MW(4×460MW)，多年平均发电量 39.84 亿 kW·h。水库正常蓄水位 400m，死水位 350m，总库容 45.8 亿 m<sup>3</sup>，其中防洪库容 5 亿 m<sup>3</sup>，具有多年调

节性能。电站主要建筑物由混凝土面板堆石坝、地下厂房、左岸溢洪道和右岸放空洞组成,混凝土面板堆石坝坝顶高程 409m,最大坝高 233.3m。

#### (9) 隔河岩水利枢纽

隔河岩水利枢纽位于湖北长阳县清江干流上,下距清江河口 62km,距长阳县城 9km,工程主要任务是发电,兼有防洪、航运等效益。水库正常蓄水位 200m,总库容 31.2 亿  $\text{m}^3$ ,兴利库容 19.75 亿  $\text{m}^3$ 。水电站装机容量 1200MW,单机最大引水流量  $328 \text{ m}^3/\text{s}$ ,多年平均发电量 30.4 亿  $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。工程于 1987 年开工建设,1993 年 6 月第一台机组发电。

#### (10) 高坝洲水利枢纽

高坝洲水利枢纽位于湖北省宜都市境内的清江干流上,是清江最下游的一个梯级,也是隔河岩梯级的航运反调节梯级,主要任务是发电和航运。高坝洲水利枢纽上距隔河岩水利枢纽 50km,下距清江河口 12km。水库正常蓄水位 80m,总库容 4.3 亿  $\text{m}^3$ ,调节库容 0.54 亿  $\text{m}^3$ 。电站装机容量 252MW,多年平均发电量 8.98 亿  $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

### 3.5.1.2 主要支流梯级开发情况

清江流域支流众多,左岸各级支流有 49 条,右岸有 56 条,其中一级支流有 25 条,流域面积在  $500\text{km}^2$  以上的有忠建河、马水河、野三河、龙王河、泗渡河、丹水、渔阳河 7 条,  $1000\text{km}^2$  以上的有忠建河、马水河、野三河、渔洋河 4 条。本次主要对恩施境内主要支流忠建河、马水河、野三河和姚家平库区支流云龙河的梯级开发情况进行介绍。

#### (1) 忠建河

忠建河是清江中游右岸支流,地处东经  $109^\circ 3' \sim 109^\circ 50'$ ,北纬  $29^\circ 37' \sim 30^\circ 13''$ 。河流发源于咸丰县柿子坪,于两河口注入清江,其中宣恩县境内河段长约 72km。干流全长 120km,流域面积  $1656\text{km}^2$ ,总落

差 424m，主河道平均比降 3.123‰，多年平均径流量约 8 亿 m<sup>3</sup>。忠建河干流已建成三座梯级，从上至下依次为桐子营、龙洞和洞坪。忠建河梯级建设情况见图 3.5-2 和表 3.5-2。

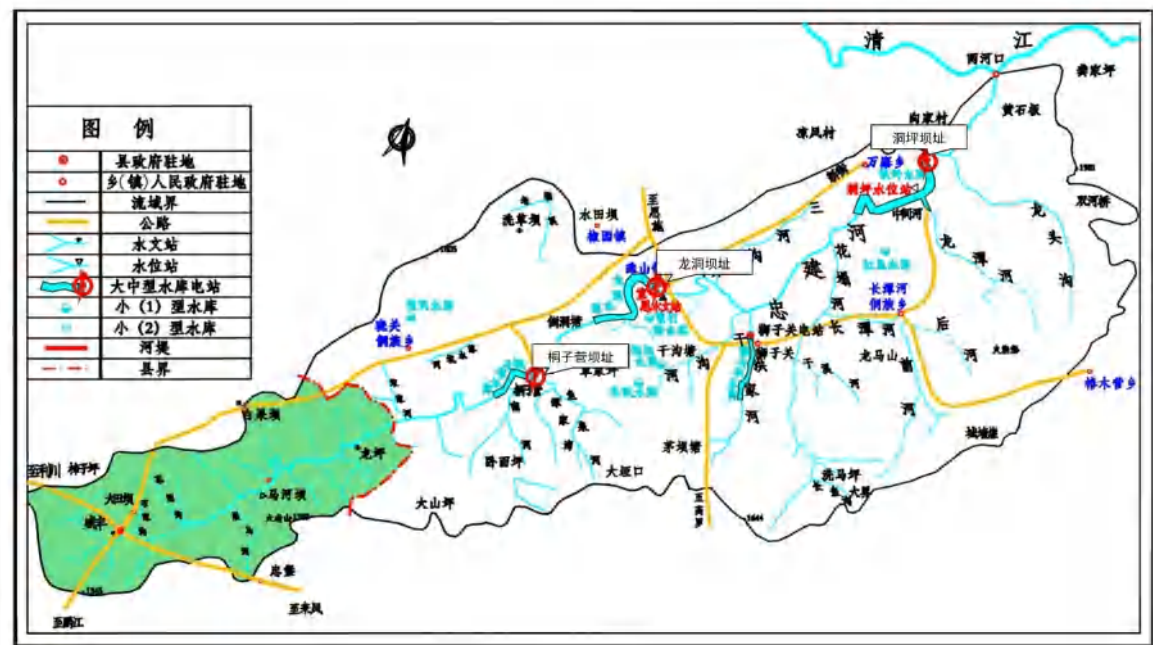


图 3.5-2 忠建河干流已建梯级示意图

表 3.5-2 忠建河已建梯级特征指标

梯级名称	桐子营	龙洞	洞坪
建设地点	宣恩县	宣恩县	宣恩县
坝址控制流域面积(km <sup>2</sup> )	503	735	1420.5
多年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	17.1	26.6	46.4
正常蓄水位 (m)	618	550	490
总库容 (亿 m <sup>3</sup> )	0.77	0.52	3.43
水库调节能力	年调节	不完全年调节	年调节
装机容量(MW)	24	28	110
建设情况	已建	已建	已建
建成时间	2012	1993	2006

(2) 马水河

马水河系清江左岸支流，发源于建始县长梁乡铁厂坪，在沙地乡汇入清江。马水河河长 102km，流域面积 1709km<sup>2</sup>，多年平均流量 56.9 m<sup>3</sup>/s。上游河道蜿蜒曲折，水流湍急，河床多卵石，河宽 30~50m，河道平均坡降 5.1‰，沿河分布有多处河谷阶地，两岸支流众多。目前，马水河

干流已建成两座梯级，分别为小溪口和老渡口，各梯级位置见图 3.5-3。

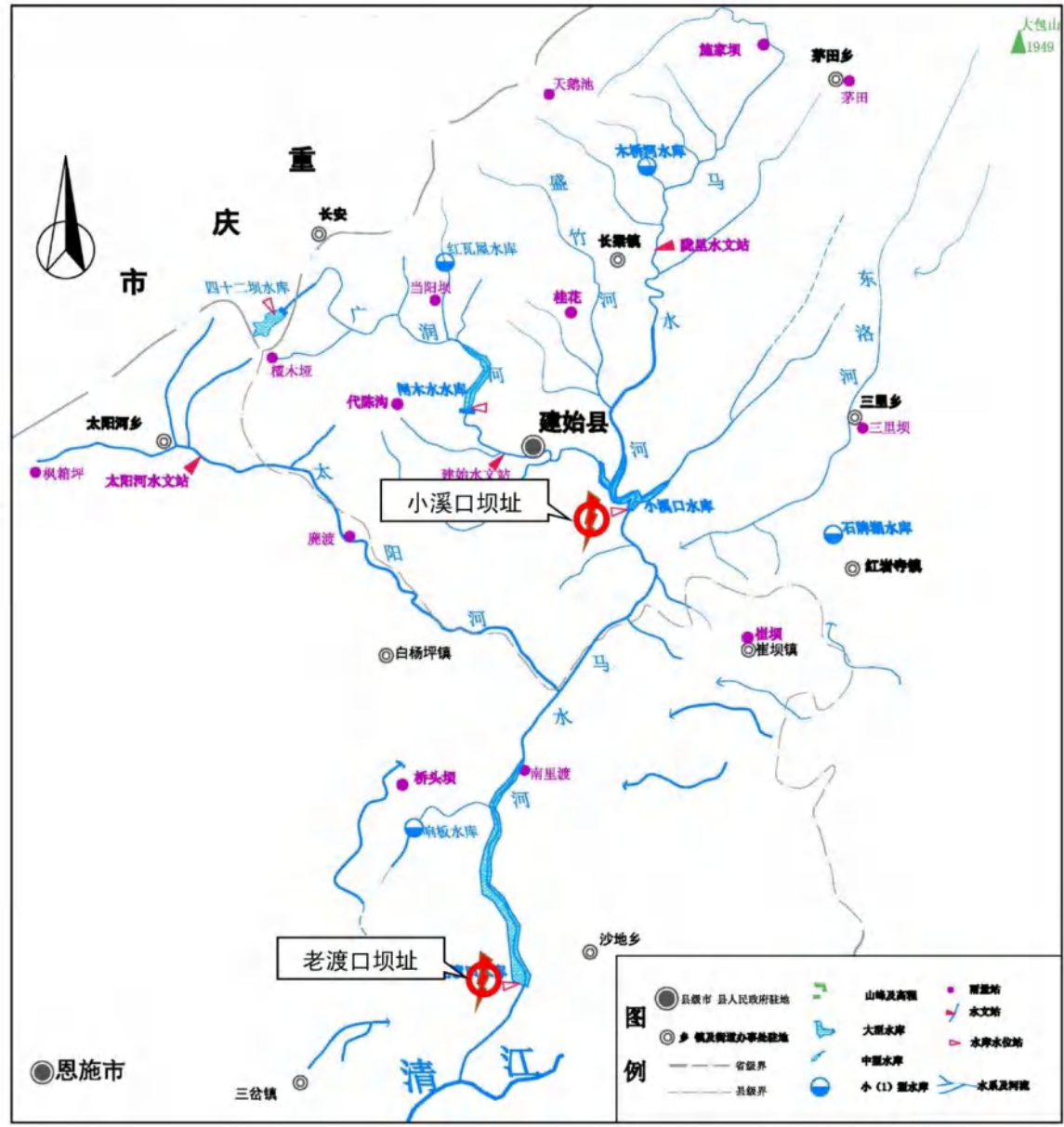


图 3.5-3 马水河干流已建梯级示意图



表 3.5-3

马水河已建梯级特征指标

梯级名称	小溪口	老渡口
建设地点	建始县	恩施市
坝址控制流域面积(km <sup>2</sup> )	766	1650
多年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	19.4	50.5
正常蓄水位 (m)	538	480
总库容 (亿 m <sup>3</sup> )	0.66	2.25
水库调节能力	年调节	季调节
装机容量(MW)	30	90
建设情况	已建	已建
建成时间	1996	2009

### (3) 野三河

野三河系清江左岸一级支流，位于北纬 30°23′~30°49′，东经 109°53′~110°20′之间。野三河发源于巴东县绿葱坡袁家荒，西南流经至鹰窝岩后为巴东、建始两县界河，南流至花坪乡野三口入清江。干流河长 59.8km，流域面积 1092km<sup>2</sup>，从河源至河口总落差 1467m，河道平均比降为 25‰。流域多年平均降水量 1322mm，多年平均流量 26.12m<sup>3</sup>/s，多年平均径流总量 8.19 亿 m<sup>3</sup>。目前，野三河干流已建成一座电站，为野三河水电站，野三河水电站位置见图 3.5-4。

野三河水电站位于建始县高坪镇，坝址以上控制流域面积 453.6km<sup>2</sup>，水库正常蓄水位为 664.00m，总库容 1.933 亿 m<sup>3</sup>，电站装机容量为 2×25MW，多年平均发电量为 1.6424 亿 kW·h。野三河水电站为长引水式电站，坝下减水河段长度约 8.8km。



图 3.5-4 野三河干流已建梯级示意图

#### (4) 云龙河

云龙河是清江上游左岸支流，干流流经板桥横店，沐抚大庙，云龙、沙子坝至两河口注入清江。流域面积 258.2km<sup>2</sup>。干流流水河段长 26.9km，河床平均比降 25.8‰，落差 740m，多年平均径流量 3.02 亿 m<sup>3</sup>。目前，云龙河干流已建成四座水电站，分别为板桥水电站、热水河水电站、云

龙河一级水电站和云龙河三级水电站，其中板桥水电站和热水河水电站是利用山体中暗河水量发电，云龙河一级水电站由云龙河一级水库引水发电，云龙河三级水电站由云龙河水库引水发电，各电站位置见图 3.5-5。



### 3.5.2 梯级开发环境保护工作回顾

#### 3.5.2.1 流域规划环评开展情况

从上世纪五十年代起，相关单位为清江干流先后编制完成了《清江

流域规划要点报告》(1958 年)、《清江流域规划报告》(1964 年)、《清江流域规划补充报告》(1986 年)、《清江上游干流补充规划报告》(1993 年)、《清江流域规划报告(1993 年修订)》等流域规划报告。由于上述规划编制时间较早,均未编制相应的规划环评报告。

在清江的主要支流中,野三河、伍家河和鸡笼洞河开展了规划环评或回顾性影响评价工作。

### **3.5.2.2 项目环评开展情况及环保验收执行情况**

清江干流已建 10 座梯级,自上而下分别为:三渡峡—雪照河—大河片—天楼地枕—龙王塘—大龙潭—红庙—水布垭—隔河岩—高坝洲。其中,三渡峡、雪照河、大河片、天楼地枕、龙王塘、红庙、隔河岩等梯级建成运行时间较早,均在上世纪 60~90 年代建成投产,未开展建设项目环境影响评价工作。大龙潭、水布垭、隔河岩、高坝洲项目前期均编制了环境影响报告书,项目竣工亦开展了竣工环境保护验收,并通过了主管部门的审批。此外,2008 年龙王塘电站完成技术改造,项目技术改造前期编制了环境影响报告书,技术改造竣工开展了竣工环境保护验收,也均取得了主管部门的审查意见。上述梯级环评文件和竣工环保验收审批情况统计见表 3.5-4。

表 3.5-4 清江干流已建梯级环评文件和竣工环保验收审批情况表

梯级名称	环评审批部门	环评审批时间	环评审批文号	环保验收审批部门	环保验收时间	环保验收审批文号
龙王塘(技改)	原恩施州环保局	2005	恩州环函〔2005〕50号	原恩施州环保局	2010	恩州环函〔2010〕113号
大龙潭	原湖北省环保局	1996	鄂环函〔1996〕93号	原湖北省环保局	2007	
水布垭	原国家环保总局	1999	环函〔1999〕102号	原湖北省环保厅	2017	鄂环函〔2017〕173号
隔河岩	原湖北省环保局	1986	鄂环管字〔86〕第19号		1996	

### 3.5.2.3 已建工程环保措施实施情况回顾

#### (1) 生态流量保障措施

清江流域大量梯级电站修建年代较早,受限于当时生态环境保护认知水平,均未对坝下泄放生态流量提出要求,工程设计未预留生态用水量,未建设生态流量泄放设施。河湖生态流量是维持和保障河湖健康的基础,随着生态环境保护认识的不断提升,水利部开展了重点河湖生态流量(水量)研究及保障工作方案的编制工作;湖北省水利厅先后印发《全省水工程生态基流重点监管名录表(第一批)》(鄂水利函〔2019〕318号)、《清江流域水量分配方案》(鄂水利函〔2019〕398号)、《第一批重点河湖生态流量(水位)保障目标》(鄂水利函〔2020〕596号);根据2018年12月水利部、国家发展改革委、生态环境部、国家能源局(以下简称:四部委)联合发布《关于开展长江经济带小水电清理整改工作的意见》(水电〔2018〕312号),恩施州各县市印发了《小水电清理整改“一站一策”工作方案》。目前各电站生态流量泄放设施及监控设施均已整改。

根据《利川市清理整改“一站一策”工作方案》,三渡峡、雪照河、大河片电站生态流量分别为 $1.13\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.51\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.97\text{m}^3/\text{s}$ 。根据《恩施市清理整改“一站一策”工作方案》,天楼地枕、龙王塘电站生态流量

分别为 5.38m<sup>3</sup>/s、6.17m<sup>3</sup>/s。根据《恩施市清理整改“一站一策”工作方案》（恩市水发〔2019〕20 号），大龙潭水电站生态流量核定值为 6.95m<sup>3</sup>/s，《省水利厅关于印发第一批重点河湖生态流量（水位）保障目标的函》提出水布垭生态基流为 35 m<sup>3</sup>/s，大龙潭电站最小下泄流量建议值为 6.8m<sup>3</sup>/s。各梯级核定的生态流量值见表 3.5-5。

表 3.5-5 清江恩施段干流已建梯级生态流量指标及泄放措施

河流	梯级名称	投产时间	生态流量 (m <sup>3</sup> /s)	占坝址多年平均流量 (%)	泄放措施	指标来源
清江干流	三渡峡	1964	1.13	10.6	生态泄水管	《利川市小水电清理整改“一站一策”工作方案》
	雪照河	1983	2.51	10.1	泄流闸	
	大河片	1987	2.97	10.3	泄流槽	
	天楼地枕	1993	5.38	10.0	闸门泄流	《恩施市小水电清理整改“一站一策”工作方案》
	龙王塘	1978	6.17	10.0	生态泄水管	
	大龙潭	2005	6.95	10.0	生态机组	《省水利厅关于印发第一批重点河湖生态流量（水位）保障目标的函》
			6.8	9.8		
	水布垭	2008	35.0	11.7	生态机组	
	隔河岩	1993	46	11.4		
	高坝洲	1999	46	10.4		

## （2）水生生态保护措施

### 1) 栖息地保护

洞坪水利水电枢纽在环评阶段提出将库区的龙潭河、干沟河和三河沟三条支流作为水生生态保护河段，三条支流不再规划建设水电梯级。根据《关于湖北宣恩洞坪水利水电枢纽工程竣工环境保护验收意见的函》（环验〔2009〕234 号），为减小工程对水生生物的不利影响，宣恩县忠建河流域龙潭河、干沟河、三黄（河）沟三条支流划定为鱼类等水生生物保护河段。除洞坪水利水电枢纽外，其他工程均未要求开展鱼类栖息地保护或相关措施。





三渡峡水库生态流量泄放



雪照河电站生态流量泄放



大河片电站生态流量泄放



天楼地枕电站生态流量泄放



龙王塘电站生态流量泄放



大龙潭水利枢纽生态流量泄放



红庙水电站（已退出）



水布垭水利枢纽生态流量泄放

图 3.5-6 清江干流各梯级生态流量泄放情况

## 2) 鱼类增殖放流

清江流域恩施段已建梯级均未建设增殖放流站，鱼类增殖放流主要由地方渔政管理部门负责开展。为保护水布垭库区的水环境和水生生态环境，恩施州政府已禁止在水布垭库区进行非法捕捞和网箱养鱼等行为。根据《恩施州“十二五”渔业发展规划》要求，恩施州相关单位每年在水布垭库区内增殖放流 1000 万尾鲤、黄颡鱼等经济鱼类。

## 3) 河流连通性修复

流域内已建梯级均未采取河流连通性修复措施，各已建工程均未修建过鱼设施，流域河流连通性修复措施存在较大短板。

## 4) 梯级生态调度

目前流域内各梯级生态流量核定值多为多年平均流量的 10%，未考虑主要鱼类繁殖所需的水文条件；流域内梯级水库的调度仍然以防洪、发电调度为主，对生态调度方面考虑较少，且缺少流域范围内的联合生态调度设计。

# (3) 长江经济带小水电清理整顿落实情况

## 1) 恩施州小水电清理整改方案

2018 年 12 月四部委联合发布《关于开展长江经济带小水电清理整改工作的意见》（水电〔2018〕312 号），开展长江经济带小水电生态环境突出问题清理整改工作。

2019 年 1 月，湖北省水利厅、湖北省发展和改革委员会、湖北省生态环境厅和湖北省能源局关于印发《湖北省长江经济带小水电清理整改工作实施方案》的通知（鄂水利函〔2019〕134 号）。湖北省省级实施方案明确提出了整改时限：“一站一策”退出方案 2019 年 10 月底完成，需退出的电站原则上在 2020 年底前退出并部分或全部进行拆除。



按照以上要求，恩施州各县市印发了“小水电清理整改‘一站一策’工作方案”，对全州范围内小水电（指装机容量 5 万 kW 及以下的水电站）梳理排查，重点核查小水电的合法合规性手续完善、生态流量核定、生态流量泄放设施、监测设施建设、水环境与水生态修复、安全隐患消除等方面，逐站制定相应的整改措施。

恩施州清江流域共有小水电 139 座，其中列为整改类 130 座，退出类 6 座，分别为红庙电站、喻家河电站、四十二坝水库小电站、大里水电站、贯头咀（陈家河）一级电站和风车口水电站；保留类 3 座，分别为大龙潭水电站、野三河水电站和龙洞水电站。

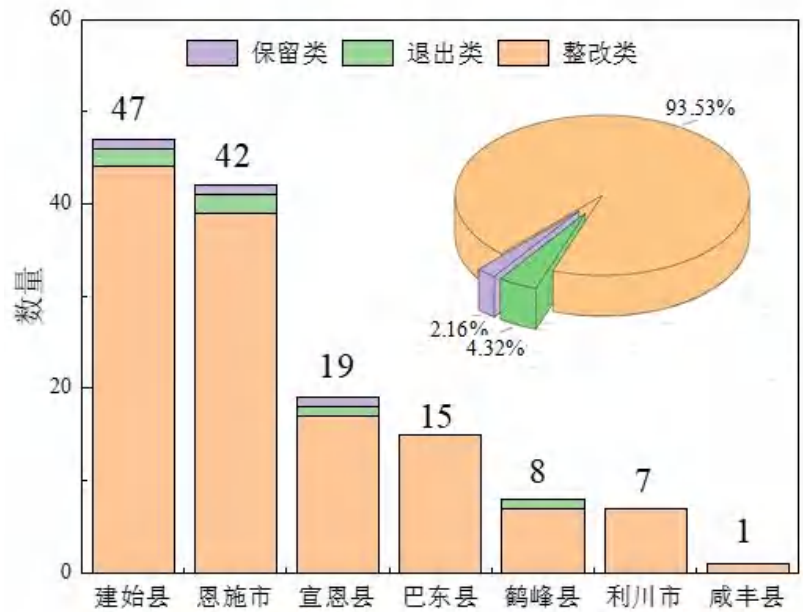


图 3.5-7 清江流域恩施段小水电清理整改“一站一策”分类图

## 2) 恩施州小水电清理整改验收销号情况

根据《关于长江经济带小水电清理整改工作验收销号备案的报告》（恩施州水利文〔2020〕59 号），恩施州纳入长江经济带小水电清理整改范围的水电站共计 294 座，其中列入整改类电站 268 座，退出类电站 17 座，保留类电站 9 座。整改类电站 268 座已经全部整改销号，退出类电站 17 座，已经完全退出 7 座，其余 10 座涉及自然保护区的电站已完

成调规方案，生态流量泄放设施和在线监控已安装到位。

恩施州清江流域纳入长江经济带小水电清理整改范围的水电站共 139 座，其中列为整改类 130 座，退出类 6 座，保留类 3 座。整改类电站中已经全部整改销号，并完成生态流量泄放方案编制审批、设施改造和在线监测设施安装。6 座退出类电站中，四十二坝小电站、红庙、喻家河、大里电站 4 座已完全退出，风车口和贯头咀（陈家河）一级由退出类调整为整改类，已完成整改。

#### （4）地方政府及有关部门采取的环境保护措施

近年来，清江流域生态环境保护工作逐步得到重视，地方政府通过完善制度建设和治理能力建设的方式，加强了清江的保护与开发综合管理，加大了清江保护执法力度，保障了清江流域环境保护措施的落实。为防治清江污染，保护和改善清江生态环境，地方政府先后通过并实施了《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》与《湖北省清江流域水生态环境保护条例》；同时，恩施州各级政府为落实关于河长制工作部署和要求，全面建立了州、县、乡镇、村四级河长制体系，并针对重点河流开展“一河一策”的编制工作。

##### 1) 实施《湖北省清江流域水生态环境保护条例》

为了保护和改善清江流域水生态环境，防治水污染，保障饮用水安全和公众健康，推进生态文明建设，促进绿色发展和高质量发展，湖北省第十三届人民代表大会常务委员会第十一次会议于 2019 年 9 月 26 日通过了《湖北省清江流域水生态环境保护条例》。该条例于 2020 年 1 月 1 日起实施。该条例共 7 章 63 条，就清江流域水生态环境标准与规划、水污染防治、生态保护与修复、保障与监督管理等作出严格规定。

该条例规定，清江流域禁止新建装机 5 万千瓦以下的小水电站；严

格限制新建拦水坝，因供水、防洪、灌溉等确需建设的，应当依法进行环境影响评价；流域内现有的水电站应配套建设生态流量泄放设施，保证最小下泄生态流量不低于本河段多年平均径流量的 10%；水电站应当依法履行工程控制流域内水生生物保护义务，对渔业资源有影响的，应当建设渔业资源增殖放流站、洄游通道或者采取其他补救措施。

根据《恩施自治州人民政府关于〈湖北省清江流域水生态环境保护条例〉贯彻落实情况的报告》，恩施州地方人民政府从建立健全工作机制、完善规划体系、加强污染防治、强化生态修复、强化保障与监督等方面开展了清江流域水生态环境保护工作。

## 2) 实施《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》

为了防治清江污染，保护和改善清江生态环境，促进经济社会可持续发展，恩施州第四届人民代表大会第五次会议于 2002 年 5 月 24 日通过了《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》。该条例共 27 条，于 2003 年 1 月 1 日起施行。

该条例实施以来，地方政府加强了清江的保护与开发综合管理，同时也加大了清江保护执法力度。2009 年 4 月，恩施州人大常委会对该条例的实施情况进行了检查，检查组将汇总全州六年来实施清江保护条例所取得的主要成效及存在的不足，并针对存在的主要问题提出相关意见和建议。

## 3) 全面推行河（湖）长制

根据《湖北省清江流域水生态环境保护条例》规定，清江流域实行河（湖）长制，各级河（湖）长组织领导本行政区域内水资源保护、水域岸线管理、水污染防治、水环境治理等工作。

2017 年 3 月恩施州委办、州政府办联合印发《恩施州全面推行河长

制实施方案》，要求恩施州全面建成州、县、乡镇、村四级河长制体系，覆盖全州长度 5km 以上的 382 条河流，分段落实河道管理员和信息员。通过州、县、乡镇、村设立河长，全州上下形成横向到边、纵向到底的河长制责任体系。

恩施州各级河湖长制办公室开展了清江流域主要河流的“一河一策”编制工作，找出河流存在的主要问题，形成河流问题清单，并结合河流治理与保护的迫切需求，合理确定河流治理保护总目标和分年度目标，从治理和管控两方面入手，提出河流（段）治理与保护的相关措施，形成措施清单和工作计划，因河施策形成“一河一策”。

#### 4) 开展鱼类人工增殖放流及禁渔期制度

##### ①增殖放流

2015 年，恩施州放流濒危物种大鲵 2749 尾，放流经济鱼类鲢鱼、草鱼、鲤、鲫、鳙共 184.3 万尾；2016 年，恩施州放流濒危物种大鲵 800 尾，放流经济鱼类鲢、草鱼、鳙共 100 万尾；2017 年，恩施州放流濒危物种大鲵 1050 尾，放流经济鱼类鲢、草鱼、鳙共 42.85 万尾；2018 年，恩施州放流濒危物种大鲵 4752 尾，鲢、鳙、草鱼、鳊鲴类共 230 万尾。

2019~2020 年放流经济鱼类苗种鲢、鳙、草鱼、鳊等共 3742 万尾；放流濒危物种大鲵 20215 尾。

2020 年，恩施州陆续在 8 县市开展增殖流放，放流鱼苗达 59000kg、大鲵 20202 尾。据不完全统计，在巴东县城、水布垭镇、沿渡河镇等地放流成鱼、鱼苗 7500kg，包括 1100 尾成鱼；在恩施城区、大龙潭水库、喻家河水库等水域放流鱼苗 19000kg；在清江河凉雾段、长滩河柏杨坝段、毛坝唐崖河、三湾河放流草鱼、鲢、鳙、鳊鱼 7500kg；在毛坝镇放流大鲵 1002 尾；在咸丰县唐崖河放流鲢、鳙等鱼苗 5000kg 和 10000 尾

大鲵。

## ②禁渔期制度

清江流域的水生敏感区如湖北咸丰忠建河大鲵国家级自然保护区、清江白甲鱼国家级水产种质资源保护区等水域已由地方政府和原农业部发布禁捕公告，于 2018 年开始实施了全面禁捕。

2020 年 10 月 10 日，恩施州政府发布《关于恩施州长江流域重点水域禁捕退捕工作的通告》，恩施境内清江水域，自 2021 年 1 月 1 日 0 时起，实施为期 10 年的全面禁捕。同时，为依法严厉打击非法捕捞违法犯罪，州人民政府下发了《关于进一步严厉打击非法捕捞行为的通告》。目前恩施长江段、清江段 195 条有证渔船已全部退捕上岸。

### 3.5.3 环境影响回顾性评价

#### 3.5.3.1 水文情势影响

##### (1) 水域形态变化

河流梯级开发会导致河流水域形态发生较大变化。水库回水区范围内的江段水面变宽，水位升高，从库尾至坝前水深沿程逐渐增大；若采取引水式开发，坝下还会出现一定减（脱）水河段。评价范围内清江干流、忠建河、马水河和野三河已建水电梯级水域形态变化情况统计见表 3.5-6。

表 3.5-6 清江流域恩施段已建梯级造成的水域形态变化

河流名称	河段	库区河段长度 (km)	减水河段长度 (km)	流水河段长度 (km)
清江 干流	流水河段			57.5
	三渡峡	1.7		
	流水河段			34.1
	雪照河	2.8	7.8	
	大河片	0.3	5.5	
	流水河段			13.4

河流名称	河段	库区河段长度(km)	减水河段长度(km)	流水河段长度(km)
	天楼地枕	0.5	6.3	
	流水河段			1
	龙王塘	2.9	1.6	
	大龙潭	13.4	0.9	
	红庙	0.3		3.0
	流水河段			9.4
	水布垭	108.9		
	水布垭~市界	3.7		
	合计	134.5	22.1	118.4
		48.9%	8.0%	43.1%
马水河	流水河段			48
	小溪口	12.5		
	老渡口	34.1		
	老渡口~河口 (水布垭回水)	7.4		
	合计	54		48
		52.9%		47.1%
忠建河	流水河段			40.3
	桐子营	17.5	0.5	
	流水河段			3.6
	龙洞	15.5	0.5	
	洞坪	31.5		
	洞坪~河口 (水布垭回水)	10.6		
	合计	75.1	1.0	43.9
		62.6%	0.8%	36.6%
野三河	流水河段			17.2
	野三河	8.0	8.8	
	野三河~河口 (水布垭回水)	25.8		
	合计	33.8	8.8	17.2
		56.5%	14.7%	28.8%

清江干流恩施段总长为 275km，已建 8 座梯级主要为引水式电站，除大龙潭和水布垭电站回水距离较长，形成了大面积的水库水域，其余 6 座电站库区范围较小。清江干流恩施段库区水域总长为 134.5km，占评价范围总河长的 48.9%；雪照河、大河片、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙水电站均为引水式发电，红庙电站目前已被关停，清江干流现

存 5 处减水河段,减水河段总长度为 22.1km,占评价范围总河长的 8.0%。  
清江干流恩施段减水河段分布见图 3.5-8。



图 3.5-8 清江干流恩施段减水河段分布示意图

支流马水河干流全长 102km,已建梯级小溪口和老渡口水电站,均采用坝后式开发。马水河干流库区水域总长度为 54km,占评价范围总河长的 52.9%。

支流忠建河干流全长 120km,已建梯级桐子营、龙洞和洞坪水电站,其中桐子营和龙洞为引水式电站,洞坪为坝后式电站。忠建河干流库区水域总长度为 75.1km,占评价范围总河长的 62.6%,忠建河干流桐子营、龙洞均为引水式发电,形成了 2 处减水河段,引水管洞距离较短,减水河段长度约 1.0km。忠建河减水河段分布见图 3.5-9。





图 3.5-9 忠建河干流减水河段分布示意图

支流野三河长度为 59.8km，已建野三河电站，为引水式电站，野三河干流库区水域总长度为 33.8km，占总河长的 56.5%。其中野三河电站库区水域长度为 8km，占野三河总河长的 13.4%；野三河发电厂房至河口为水布垭正常蓄水位回水范围，长度为 25.8km。野三河电站减水河段长约 8.8km，占野三河干流河长的 14.7%。野三河减水河段分布见图 3.5-10。



图 3.5-10 野三河干流减水河段分布示意图



评价范围内清江干流恩施段已建梯级除大龙潭、水布垭以外都属于低水头、径流式开发，仅具备日调节性能或不具有调节性能。清江干流大龙潭、水布垭、忠建河桐子营、龙洞、洞坪、马水河小溪口、老渡口、野三河等水电梯级建成运行后，由于大坝阻隔、水库蓄水，天然河道变成由数个规模和调节性能不一的水库、减水河段和未开发河段组成的不连续水体，库区水面变宽，增加了水面面积，水流变缓，河道流动形态发生变化。清江干流恩施段、忠建河、马水河和野三河干流各梯级坝前水深、最大抬升水位、正常蓄水位等相关指标调查结果见表 3.5-7。

表 3.5-7 清江流域恩施段已建梯级水位水深变化

河流	梯级名称	开发方式	正常蓄水位 (m)	坝前水深 (m)	最大水位抬升 (m)
清江干流	三渡峡	坝后	1083.5	11	10
	雪照河	引水	908.2	20	19
	大河片	引水	785.6	5.4	4.3
	天楼地枕	混合	567	3.5	2.3
	龙王塘	引水	478	17	15
	大龙潭	混合	460	50	48
	红庙（退出）	混合	425	9	7
	水布垭	坝后	400	200	198
马水河	小溪口	坝后	538	65	63
	老渡口	坝后	480	80	78
忠建河	桐子营	引水	618	63	62
	龙洞	引水	550	67	65
	洞坪	坝后	490	130	128
野三河	野三河	引水	664	72	70

## （2）水文过程变化

### 1) 恩施水文站径流特征

恩施水文站位于恩施城关镇，集水面积为 2928km<sup>2</sup>，站址距离清江河口 269km，多年平均径流量为 25.89 亿 m<sup>3</sup>。恩施站洪水多出现在 5~7 月，月最大流量为 454.27m<sup>3</sup>/s，出现在 1982 年 7 月；月最小流量为 6.62m<sup>3</sup>/s，出现在 2001 年 9 月。恩施站径流主要集中于汛期 4~10 月，

占全年比例为 83.0%，5~7 月三个月径流量占全年径流量的 46.3%，枯季 11~次年 3 月经流量只占全年的 25.2%。

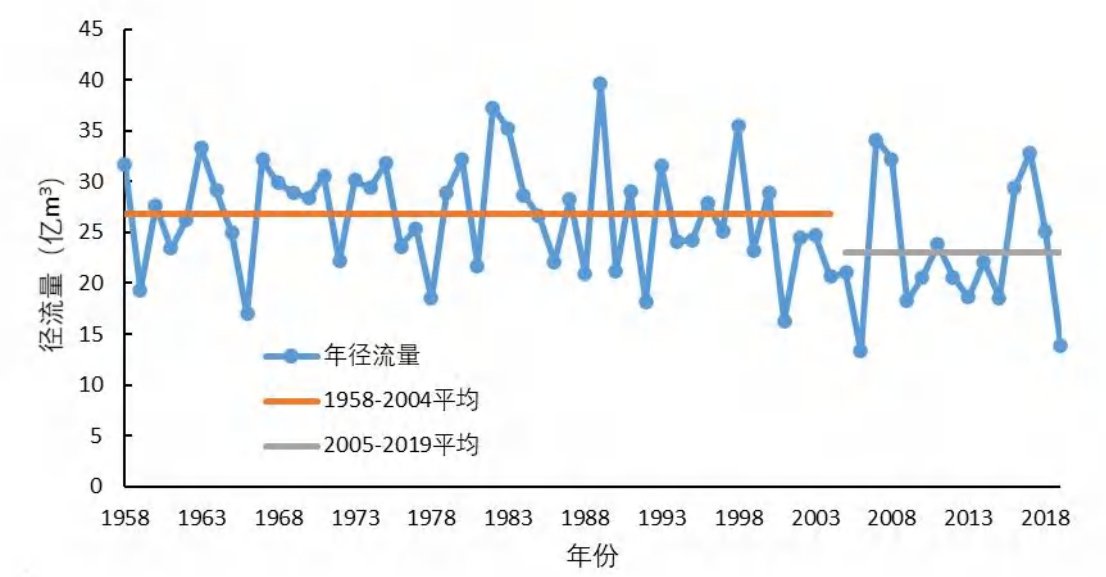


图 3.5-11 恩施水文站径流量年际变化

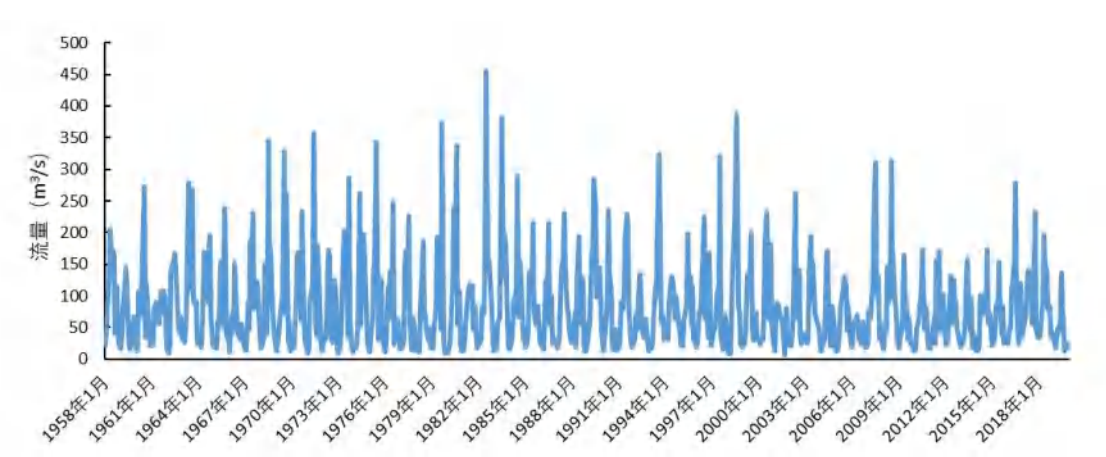


图 3.5-12 恩施水文站月均流量年际变化

表 3.5-8

1958~2004 年恩施站径流年内分配表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
月平均流量 (m³/s)	19.7	27.8	47.4	88.4	140	152	176	99.5	104	82.4	53.4	26.0	84.7
月径流比例 (%)	1.97	2.52	4.75	8.57	14.1	14.8	17.6	9.97	10.09	8.25	5.18	2.61	100

2) 已建水利工程对年内径流的影响分析

清江干流除大龙潭、水布垭水库以外梯级均为日调节或无调节能力，不改变河道年月径流过程。大龙潭水库为季调节水库，位于恩施站上游 9.1km；水布垭水库为多年调节水库，位于水布垭水文站上游 4.6km。

以恩施站和水布垭站为代表断面，分析已建水利工程运行对径流过程的影响。

### ① 大龙潭

大龙潭水库 2005 年建成蓄水，以 2005 年为分界点，对比建库前 1958~2004 年和建库后 2005~2019 年恩施站月均流量过程变化，如图 3.5-13 所示。由图可知大龙潭建库后汛期 4 月~10 月，恩施站月均流量均有所减小，枯水期 12 月至次年 3 月，恩施站月均流量有所增加。

月径流量占年径流量比例如图 3.5-14 所示，建库后恩施站 4~10 月径流量占全年径流量的比例为 79.0%，较建库前减小了 4.0%，11 月~次年 3 月径流量占全年径流量的 21.0%，较建库前增加了 4.0%。



图 3.5-13 清江干流大龙潭建库前后恩施站逐月径流过程变化

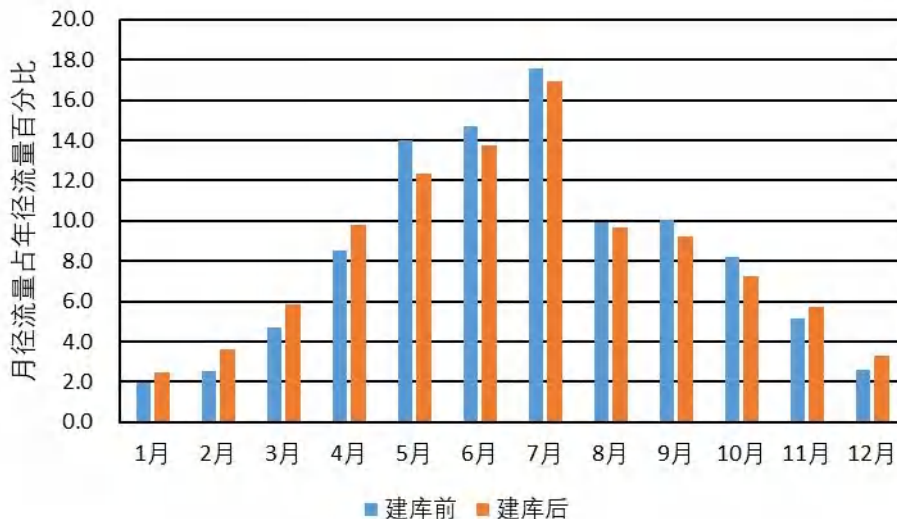


图 3.5-14 清江干流大龙潭建库前后恩施站逐月径流过程变化

## ② 水布垭

水布垭站径流变化主要受水布垭水库的调蓄影响，水库对年内径流分配具有一定的调节作用。水布垭水库 2008~2014 年逐月入库和出库流量统计和对比见表 3.5-9 和图 3.5-15。

水布垭水利枢纽具有多年调节能力，从 2008~2014 年进出库年平均流量对比来看，入库、出库年平均流量存在一定差别，出库流量减幅最大出现在 2013 年，减小幅度为 13.5%，出库流量增幅最大出现在 2009 年，增加幅度为 9.7%。综合 7 年的运行情况，水布垭多年入库和出库流量总和基本持平。

通过水库的调蓄作用，水布垭下游年内月流量变得更加均匀。5 月~10 月出库流量小于入库流量，坝下河段流量较天然状态下减少，天然状态下的洪峰得到削减。出库流量较入库流量最大减小了  $103.6\text{m}^3/\text{s}$ ，减幅为 23.3%，出现在 7 月；出库流量最大减幅为 26.2%，出现在 8 月。11 月~次年 3 月出库流量基本大于入库流量，坝下河段流量较天然状态下增加，出库流量较入库流量最大增加了  $106\text{m}^3/\text{s}$ ，增幅为 179.2%，出现在 1 月。

表 3.5-9 水布垭水库 2008~2014 年入库流量和出库流量统计 单位: m<sup>3</sup>/s

月份	2008 年		2009 年		2010 年		2011 年		2012 年		2013 年		2014 年		平均	
	入库	出库	入库	出库	入库	出库	入库	出库	入库	出库	入库	出库	入库	出库	入库	出库
1	89	218	53	301	28	88	80	158	85	183	52	82	27	126	59.1	165.1
2	101	163	88	153	60	134	97	140	122	155	62	58	56	163	83.7	138.0
3	148	273	157	262	147	62	78	119	153	145	104	114	77	81	123.4	150.9
4	533	346	311	352	299	396	176	326	309	318	115	101	381	259	303.4	299.7
5	318	512	563	326	331	348	97	159	517	481	387	225	312	411	360.7	351.7
6	252	289	502	540	357	358	430	147	277	448	544	547	257	176	374.1	357.9
7	1005	473	299	438	591	324	306	334	332	202	222	304	353	308	444.0	340.4
8	693	566	103	161	492	320	421	192	161	93	170	257	254	105	327.7	242.0
9	337	436	165	17	304	385	172	213	327	87	384	12	714	630	343.3	254.3
10	290	142	68	33	285	222	317	196	180	231	65	80	179	137	197.7	148.7
11	309	362	67	28	100	157	322	342	186	462	91	85	179	163	179.1	228.4
12	51	93	86	89	54	193	217	398	113	178	71	89	139	96	104.4	162.3
平均	345.0	323.2	205.5	225.5	255.5	249.0	226.6	227.4	230.3	248.2	188.9	163.4	244.0	220.8	242.4	236.9

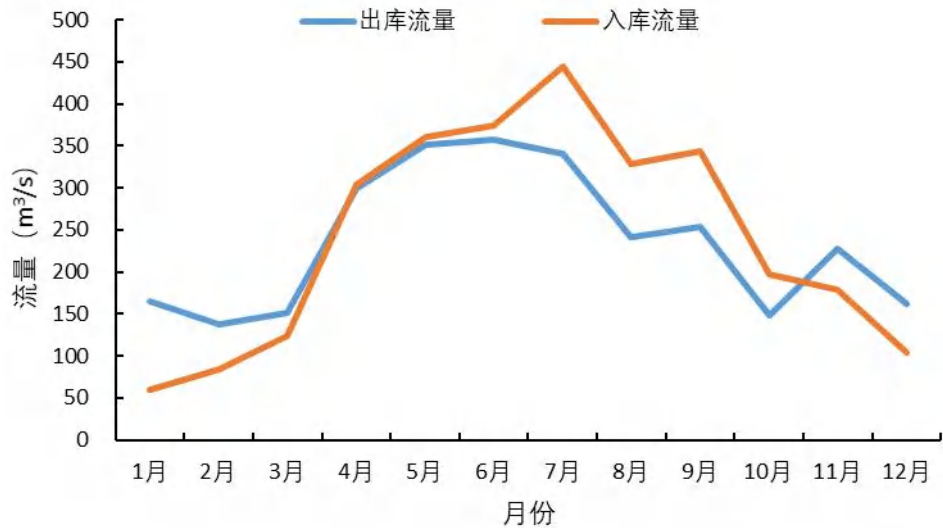


图 3.5-15 水布垭水库 2008~2014 年出入库流量对比曲线

3.5.3.2 水温影响

清江干流已建工程中，大龙潭具有季调节能力，水布垭具有多年调节能力，根据 $\alpha$ 、 $\beta$ 法判断，大龙潭水库年平均径流量为 22.39 亿 m<sup>3</sup>，正常蓄水位 461m 时库容为 5200 万 m<sup>3</sup>，因此其 $\alpha$ 值为 43，大于 20。由此说明大龙潭水库属于混合型，水温不发生分层现象。下面主要以水布垭水库为代表，分析已建工程的水温影响。

湖北清江水电开发有限责任公司于 2013 年 7 月、8 月、10 月、11 月，2014 年 6 月、9 月、12 月，2015 年 3 月、5 月共开展了 9 次水温监测。监测内容包括库区水体水温监测及坝下水温监测。监测范围从水布垭水库库尾红旗大桥处往下直至桃山，河道全长约 157.5km，共设置 6 个水温监测断面，分别是库尾恩施州红旗大桥处(距离坝址约 119.3km)、库中景阳大桥处(距离坝址约 39.5km)、坝前 700m 处断面(左、中和右 3 条垂线)、坝下 1.27km 处、坝下渔峡口镇(距坝址约 17.7km)、坝下桃山(距坝址约 38.2km)，监测断面分布见图 3.5-16。



图 3.5-16 水布垭水库水温监测断面

### (1) 库区垂向水温分布

库区垂向水温分布根据水温监测数据，水布垭水库坝前（水库大坝前约 700m 处）垂向水温监测结果见图 3.5-17。

根据水布垭水库坝前垂向水温监测结果显示，水布垭水库在春季、夏季和秋季水温分层现象明显，尤以夏季水库水温分层最为突出，水库呈现出显著的双温跃层结构，第一温跃层在表层 15m 左右，表层 15m 温度梯度为 0.41~0.65℃/m，第二温跃层水温深度变化在 40~50m 之间，



温跃层梯度为  $0.22\sim0.57^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ；底层水温为  $10.9\sim11.7^{\circ}\text{C}$ ；夏季垂向温差  $11.0\sim18.8^{\circ}\text{C}$ ，春秋季节  $7.6\sim11.1^{\circ}\text{C}$ 。5~9 月实测下泄水温比天然河道水温低  $0.6\sim4.4^{\circ}\text{C}$ ，比实测坝前表层水温低  $4.2\sim11.6^{\circ}\text{C}$ 。

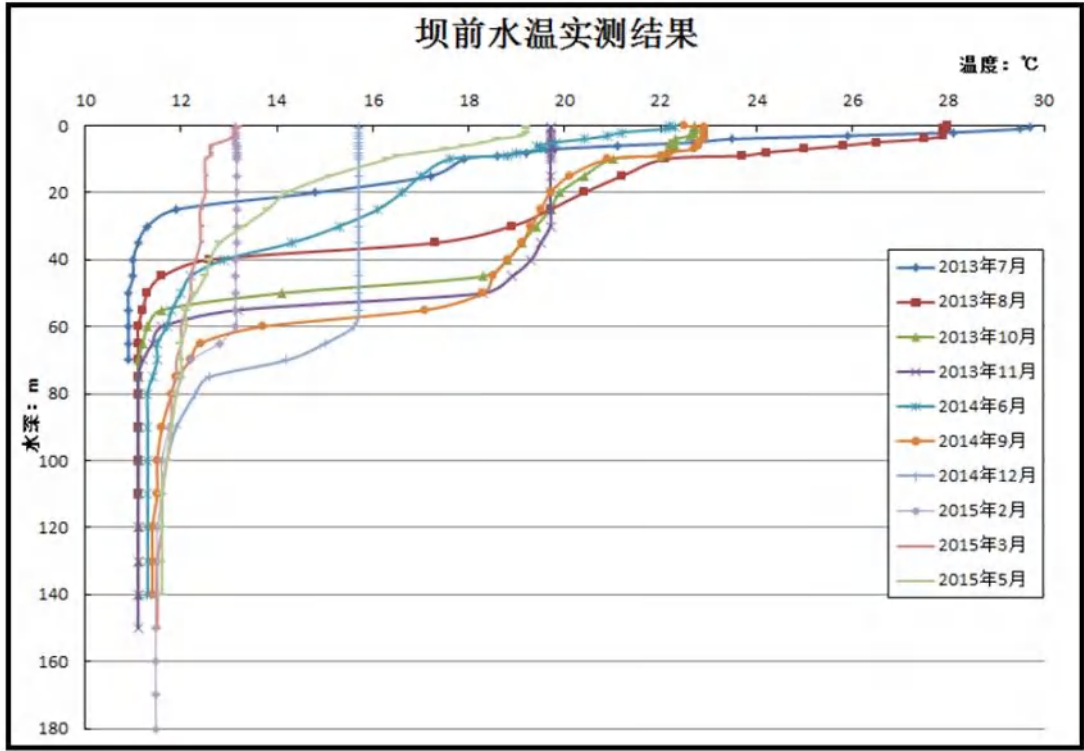


图 3.5-17 水布垭水库坝前垂向水温分布情况

## （2）坝下水温

通过与天然河道水温比较得知，5~9 月实测下泄水温比天然河道水温低  $0.6\sim4.4^{\circ}\text{C}$ ，10 月实测下泄水温比天然河道水温高  $3.0^{\circ}\text{C}$ ；通过比较坝下与坝前表层水温得知，5~10 月实测下泄水温比实测坝前表层水温低  $4.2\sim11.6^{\circ}\text{C}$ ，11 月~3 月实测下泄水温比实测坝前表层水温低  $0.1\sim0.8^{\circ}\text{C}$ 。水布垭电站进水口底板高程为 330m，取水深度在 44.7m(8 月)至 67.4m(12 月)之间变化。

表 3.5-10 坝址天然河流水温与建库后坝下实测水温对比 单位: °C

月份	5	6	7	8	9	10	11	12	2	3
天然水温	17.2	19.7	21.4	22.9	19.3	15.5				
建库后坝下实测	13.5	15.3	18.1	20.8	18.7	18.5	18.5	15.6	13.1	12.5
温差	-3.7	-4.4	-3.3	-2.1	-0.6	3.0				
坝前水位	377.7	377.7	375.2	374.7	394.3	388.5	386.5	397.4	386.2	379.0
取水深度	47.7	47.7	45.2	44.7	64.3	58.5	56.5	67.4	56.2	49

### (3) 水温沿程变化

2013 年 7 月~2015 年 5 月各断面实测表层水温如图 3.5-18 所示。坝下温度变幅显示, 5~10 月渔峡口断面表层水温比坝下断面水温高 0.3~11.5°C, 桃山断面表层水温比坝下断面水温高 4.5~12.3°C, 表明此间水布垭水利枢纽发电尾水流至隔河岩库区后, 经过长时间的热交换和太阳辐射, 使表层水温得到一定恢复。从水温沿程恢复来看, 5~10 月份下泄低温水至渔峡口断面, 表层水温基本能够恢复至原有水平, 水温提升速率 0.02~0.70°C/km, 桃山断面表层处水温基本呈现隔河岩水库水温分布特征。夏季坝下至渔峡口表层水温变化速率 0.35~0.58°C/km, 10 月变幅为 0.23°C/km, 其他月份变幅均小于 0.08°C/km, 表明气温对于表层水温的恢复起到重要作用。根据上述分析可知, 大坝下泄的低温水经过沿程的混合热交换和太阳辐射等作用, 水温得到一定的恢复, 由于水布垭坝下与下游隔河岩水电站库区相衔接, 低温水下泄后进入隔河岩水库, 隔河岩水库总库容达 34.54 亿 m<sup>3</sup>, 热交换作用明显, 水温恢复速度较快, 夏季的水温变化速率达 0.35~0.58°C/km, 至渔峡口处(坝下 17.7km) 水温基本能够恢复到原有水平, 因此, 水布垭下泄低温水的影响范围有限。



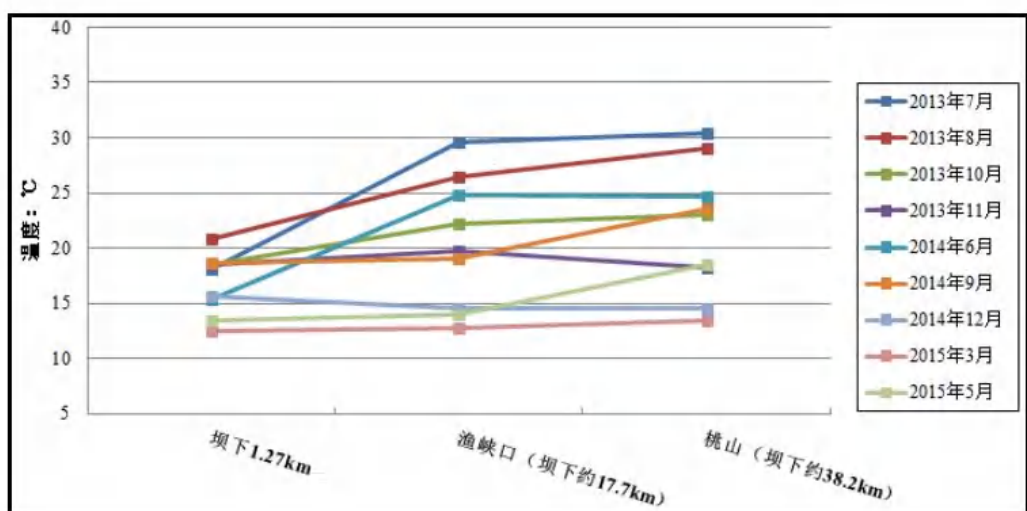


图 3.5-18 水布垭坝下河段水温沿程变化

### 3.5.3.3 水环境影响

#### (1) 流域水质变化趋势分析

基于 2008 年~2019 年恩施州环境质量状况年报、恩施州地表水环境质量月报等资料，对流域总体水质情况进行统计分析，见表 3.5-11。

表 3.5-11 清江流域恩施段总体水质变化情况统计表

年份	断面数 (个)	各水质类别断面数 (个)						水质状况
		I	II	III	IV	V	劣 V	
2008	2	-		2	-	-	-	良好
2009	2	-	1	-	1	-	-	轻度污染
2010	2	-	1	1	-	-	-	良好
2011	2	-	1	1	-	-	-	优
2012	7	-	4	3	-	-	-	优
2013	7	-	4	3	-	-	-	优
2014	7	-	3	4	-	-	-	优
2015	7	-	4	3	-	-	-	优
2016	11	-	9	2	-	-	-	优
2017	11	-	10	1	-	-	-	优
2018	11	-	9	2	-	-	-	优
2019	11	-	9	2	-	-	-	优

由表 3.5-11 可知，清江恩施段流域整体水质较好。除 2009 年两个监测断面中有一个水质类别为 IV 类外，其余年份均满足 I~III 类水质标准，按照《地表水环境质量评价办法（试行）》对清江恩施段水质状况

进行评价，清江流域恩施段水质状况总体为优或良好。

**(2) 已建水库水质影响回顾分析**

结合流域已建梯级情况，考虑工程开发任务和工程规模，选择大龙潭、水布垭水库作为代表性工程进行水库水质影响回顾评价。其中大龙潭水库是恩施市集中式饮用水水源地，水布垭水利枢纽为流域控制性梯级。

**1) 大龙潭水库**

位于清江干流的大龙潭水库是恩施州城集中式饮用水水源地，服务人口为 22.1 万人。选择恩施市大龙潭库区饮用水水源地作为代表性水源地，分析水源地水质变化趋势。

根据 1995 年原湖北省环境保护研究所编写的《清江大龙潭水利枢纽环境影响报告书》，环评阶段于 1994 年 1 月和 9 月开展了大龙潭库区及坝下的水质监测，在大坝上下游共布设 4 个监测断面，其中 1#监测断面布设于水库回水末端上游 50m，2#监测断面布设于坝址上游 500m 处，3#监测断面布设于坝址下游红庙电站坝上 200m 处，4#监测断面布设于坝址下游支流带水河上，距与清江汇合口约 300m 处。大龙潭水库环评阶段的水质状况见表 3.5-12 和表 3.5-13。

**表 3.5-12 大龙潭水库环评阶段水质监测结果（1994 年 1 月） 单位：mg/L**

监测点 位	高锰酸盐指 数	III 类水 标准	氨氮	III 类水 标准	总氮	III 类水 标准	总磷	III 类 水标准
1#	1.14-1.30	6	0.0125-0.06	1.0	0.85-0.87	1.0	0.005	0.05
2#	1.22-1.30	6	0.0125-0.06	1.0	0.84-0.85	1.0	0.005	0.05
3#	1.22-1.34	6	0.0125-0.07	1.0	0.82-0.97	1.0	0.005	0.05
4#	1.56-1.98	6	1.68-2.3	1.0	<b>3.35-8.23</b>	1.0	0.005-0.082	0.05

表 3.5-13 大龙潭水库环评阶段水质监测结果（1994 年 9 月） 单位：mg/L

监测点 位	高锰酸盐指 数	III 类水 标准	氨氮	III 类水 标准	总氮	III 类水 标准	总磷	III 类 水标准
1#	1.49-2.03	6	0.05	1.0	<b>1.66-1.68</b>	1.0	0.04	0.05
2#	2.12-2.30	6	0.08	1.0	<b>1.36-1.43</b>	1.0	<b>0.112</b>	0.05
3#	1.94-2.30	6	-	1.0	<b>8.55-12.25</b>	1.0	0.005	0.05
4#	1.85-4.54	6	0.90	1.0	<b>2.06-2.37</b>	1.0	0.005	0.05

由上表可知,大龙潭水库环评阶段坝址上游 500m 处总磷不满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准。根据监测结果可以看出,丰水期大龙潭坝址附近总氮浓度较高。

根据 2007 年《大龙潭水利枢纽工程竣工环境保护验收验收组意见》,库区除氨氮指标达 III 类标准外,其余水质指标均符合 II 类标准,水质监测历史资料相比较,清江大龙潭江段没有因水库的修建使水质发生恶化。

依据 2012-2019 年《恩施自治州环境质量状况年报》,恩施市大龙潭库区饮用水水源地水质达标率均为 100%,大龙潭库区饮用水水源地水质稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III 类标准。

采用大龙潭库区饮用水水源地水质实测资料对《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 表 1 中的 24 项基本项目和表 2 中的 5 项补充项目开展水质评价,2010-2019 年,按照河流标准评价,大龙潭库区饮用水水源地水质能够稳定达到地表水 III 类标准;按照湖库标准评价,2010-2019 年大龙潭库区饮用水水源地总磷、总氮浓度不满足 III 类水质标准要求,其中总磷共 113 测次,超标 41 测次,占比 36.2%;总氮共 118 测次,超标 115 测次,占比 97.5%。2010 年 1 月~2019 年 12 月大龙潭库区高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮逐月浓度变化情况见图 3.5-19~图 3.5-22。

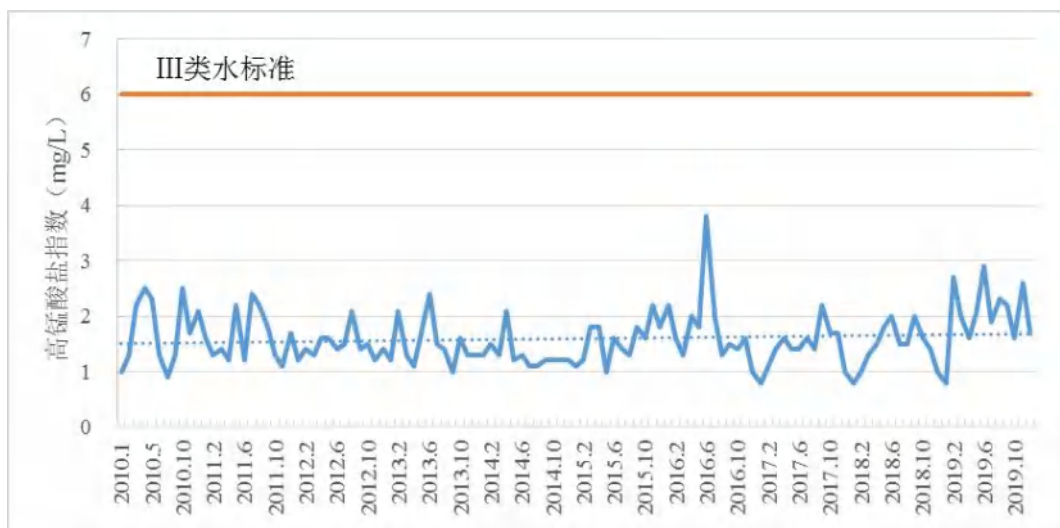


图 3.5-19 大龙潭库区高锰酸盐指数浓度变化

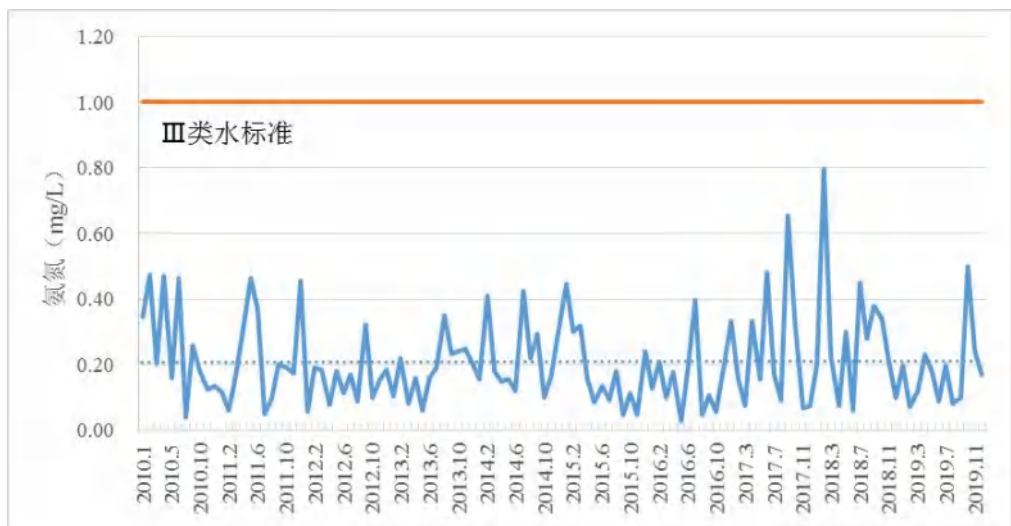


图 3.5-20 大龙潭库区氨氮浓度变化

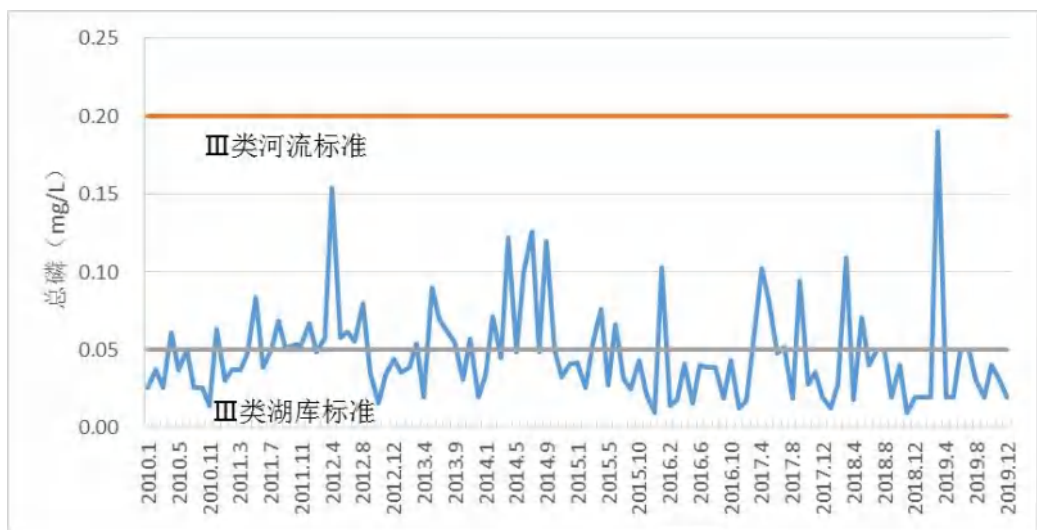


图 3.5-21 大龙潭库区总磷浓度变化

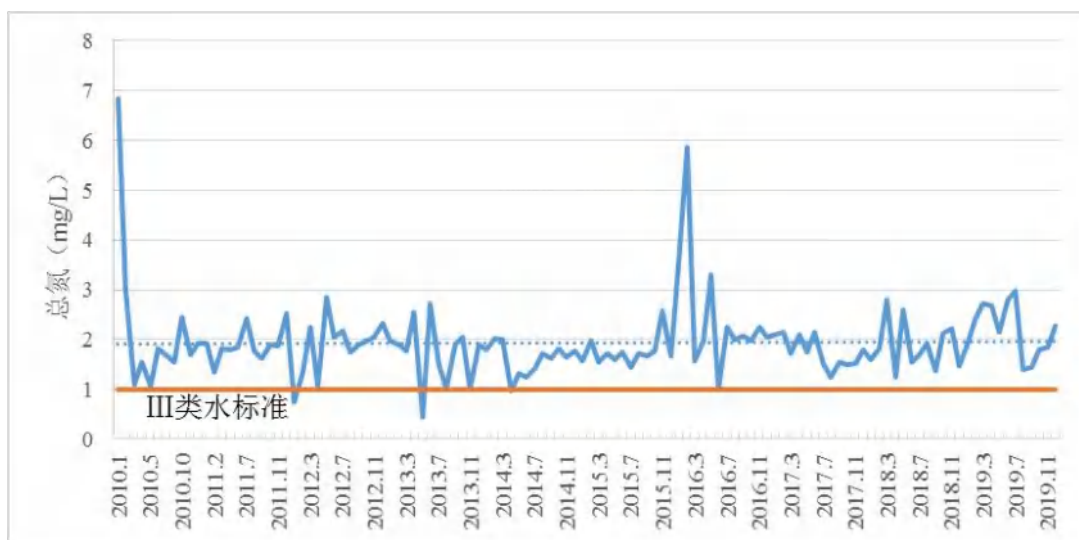


图 3.5-22 大龙潭库区总氮浓度变化

从库区污染源分布来看，库区内有屯堡乡集镇，屯堡乡生活污水、雨水及农业面源等全部排入清江大龙潭库区。由于屯堡乡基础设施建设较差，污水处理、生活垃圾收集处置措施不到位，影响库区水质。同时由于库区水土流失，农业生产使用的化肥、农药等残留物随之进入河流，造成库区总氮超标。

从上游来水分析，大龙潭库区上游来水总氮浓度较高也是库区总氮超标的重要原因。根据大龙潭上游七要口和雪照河断面水质监测资料，七要口、雪照河断面水质目标分别为Ⅲ类、Ⅱ类，其总氮逐月浓度变化情况见图 3.5-23~图 3.5-24。可以看出，按湖库标准进行评价，七要口、雪照河断面总氮浓度均不满足Ⅲ类水质标准要求。

因此，大龙潭库区总氮超标主要由上游来水总氮浓度偏高和库区污染源排放共同作用造成。



图 3.5-23 七要口断面总氮浓度变化



图 3.5-24 雪照河断面总氮浓度变化

根据恩施州水资源公报，大龙潭水库 2008~2018 年库区营养状况评价结果均为中营养。

根据大龙潭库区 2020 年枯水期水质补充监测数据，结合叶绿素 a、透明度、高锰酸盐指数、总磷、总氮监测结果平均值，采用综合营养状态指数法对大龙潭库区富营养化状态进行分级评价。结果表明，大龙潭水库库区营养状况评价结果为中营养。

大龙潭水库于 2006 年正式启用，为恩施城区主要饮用水水源地。根据《恩施大龙潭水库浮游藻类成因分析、治理及水源地保护方案》

(2020 年)，自 2006 年开始，大龙潭库区经常发生浮游藻类富集现象。大龙潭水库水华暴发过程为：2 月份水华开始出现，3 月份水华最为严重，到 4 月份，甲藻水华开始逐渐消退。大龙潭水库春季暴发水华藻类为倪氏拟多甲藻。大龙潭水库拟多甲藻水华暴发的主要原因是水库的建成使水流变缓，水动力条件变差，平缓的风浪、水流使不同区域低密度的甲藻聚集，有利于形成局部水华。通过水流与甲藻的运动，进而形成更大规模的水华。根据在库区春季甲藻水华发生期间对周边污染源的排查情况，库区范围内污染源主要来自周边集镇公路边的餐饮业污水的零星排放，库区周边居民生产生活所造成的污染以及库区范围内农田作物的生产所用的农药化肥等污染物。

## 2) 水布垭水库

根据 1994 年环评阶段水布垭坝址处的水质监测资料，水布垭坝址处平水期总磷不满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类水标准，坝址处总氮监测浓度较高。

表 3.5-14 水布垭水库环评阶段(1994 年)水质监测结果 单位：mg/L

项目	高锰酸盐指数	II 类水标准	氨氮	II 类水标准	总氮	II 类水标准	总磷	II 类水标准
丰水期(8 月)	3.4	4	0.14	0.5	4.22	0.5	0.09	0.1
平水期(9 月)	0.8	4	0.08	0.5	1.81	0.5	0.23	0.1
枯水期(12 月)	3.3	4	0.28	0.5	0.81	0.5	0.01	0.1

依据《湖北省清江水布垭水电站竣工环境保护验收调查报告》，恩施州环境监测站于 2015 年 6 月 9 日~11 日开展了工程竣工环保验收阶段的地表水环境质量监测。不同时期水布垭水库主要水质指标对比详见表 3.5-15。

《省环保厅关于湖北省清江水布垭水电站竣工环境保护验收意见的函》(鄂环审〔2017〕173 号)指出：部分监测断面 COD、总磷和粪大肠菌群略有超标，超标原因主要是背景浓度高，对比环评阶段的监测



数据，水质未出现明显恶化。

表 3.5-15 不同时期水布垭水质监测结果表 单位：mg/L

因子	时期	水布垭坝址	水布垭坝址上游 1km	建始景阳河大桥	忠建河河口上游 1km	恩施大沙坝	Ⅱ类 (2002)	Ⅱ类 (1988)
COD	建设前	-	-	-	-	-	≤15	≤15
	试运行期	-	12~15	12~15	15~19	14~18		
	竣工环保验收	-	8~16	8~16	12~16	12~16		
氨氮	建设前	0.08~0.28	-	-	-	-	≤0.5	-
	试运行期	-	-	-	-	-		
	竣工环保验收	-	0.057~0.159	0.148~0.506	0.212~0.22	0.197~0.227		
总磷	建设前	0.01~0.23					≤0.1 (湖库 0.025)	≤0.1 (湖库 0.025)
	试运行期	-	0.03~0.039	0.022~0.038	0.048~0.075	0.04~0.059		
	竣工环保验收	-	0.01~0.026	0.014~0.046	0.018~0.026	0.05~0.058		

清江干流景阳河断面位于水布垭库中，为省控断面，水质目标为Ⅱ类。采用景阳河断面 2018~2019 年水质监测资料进行分析。可以看出，除 2019 年 1 月氨氮超标 0.22 倍外，景阳河断面高锰酸盐指数、氨氮、总磷指标总体满足Ⅱ类水质标准。



图 3.5-25 景阳河断面高锰酸盐指数变化



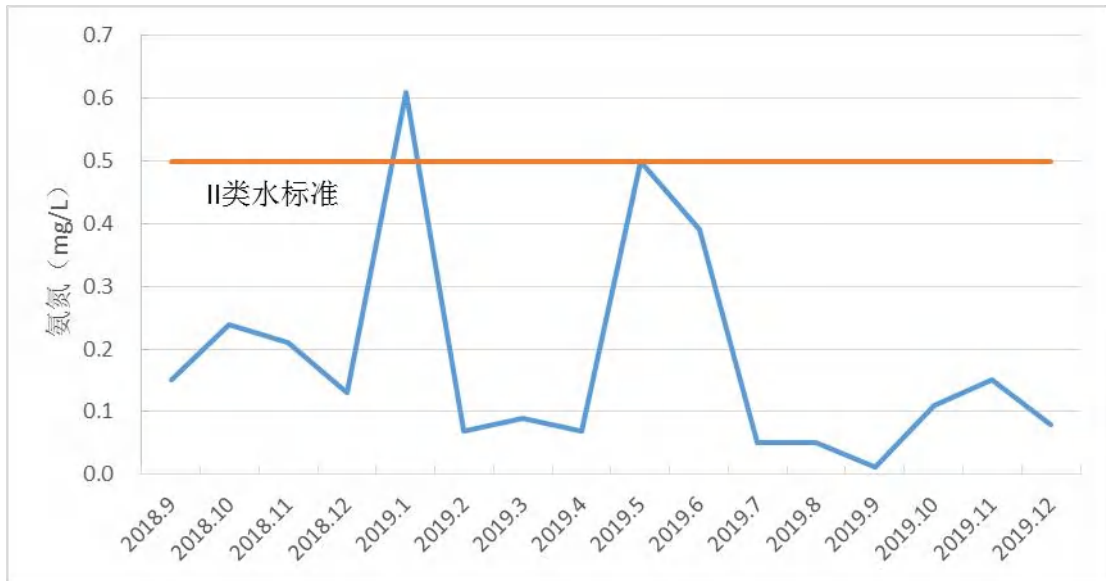


图 3.5-26 景阳河断面氨氮浓度变化



图 3.5-27 景阳河断面总磷浓度变化

根据水布垭库区 2020 年枯水期水质补充监测数据，结合叶绿素 a、透明度、高锰酸盐指数、总磷、总氮监测结果平均值，采用综合营养状态指数法（TLI ( $\Sigma$ )) 对水布垭库区富营养化状态进行分级评价。结果表明，水布垭水库库区营养状况评价结果为贫营养。

#### 3.5.3.4 陆生生态影响

##### (1) 生态系统变化分析

利用流域范围内 1989 年、2005 年和 2019 年三个时段的 LandSAT 影像数据，对比分析水利水电开发建设前后不同土地利用类型面积的变化，具体结果如下表 3.5-16 和图 3.5-28。

表 3.5-16 清江流域 1989 年、2005 年和 2019 年土地利用情况比较表

拼块类型	1989		2005		2019	
	数目	面积	数目	面积	数目	面积
	(块)	(hm <sup>2</sup> )	(块)	(hm <sup>2</sup> )	(块)	(hm <sup>2</sup> )
林地	20986	1481870.43	33413	1467755.64	108418	1469019.75
灌草地	24012	356280.39	63685	362755.51	159432	363330.87
耕地	34202	287260.20	6131	266129.00	40892	257897.76
水域	256	6618.60	576	24071.93	1711	23552.01
建设用地	258	879.48	486	12197.01	2519	19108.71
合计	79714	2132909.10	104291	2132909.10	312972	2132909.10

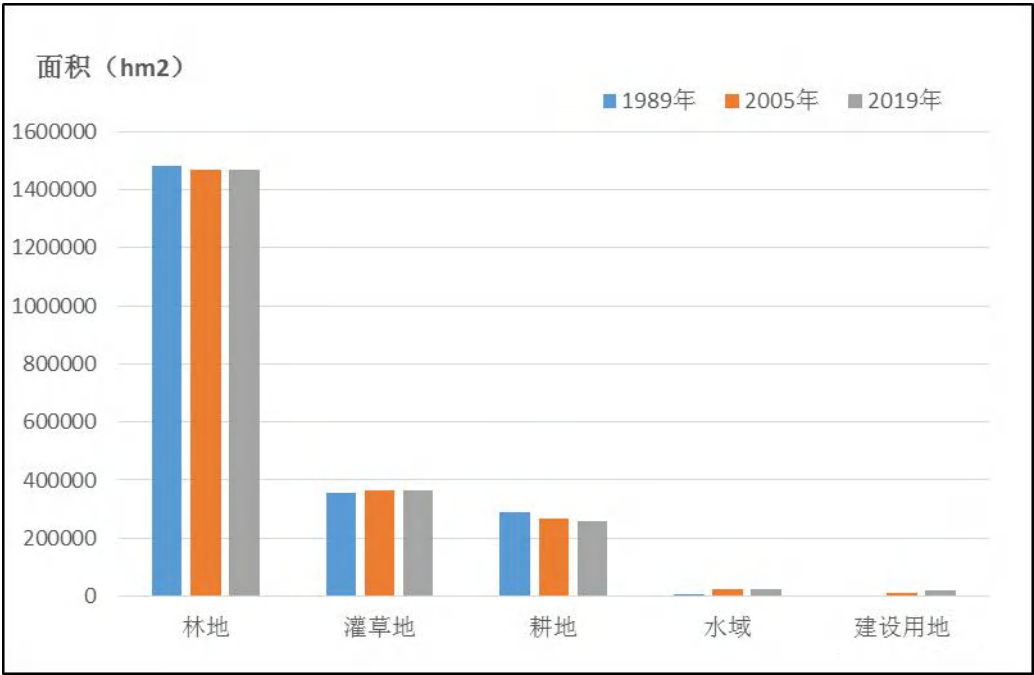


图 3.5-28 清江流域 1989 年、2005 年和 2019 年土地利用情况比较图

根据统计结果，从 1989 年、2005 年至 2019 年，林地面积先减少后增加，耕地面积减少，灌草地面积增加，水域面积增加，建设用地面积增加。清江流域水利水电开发前期到开发中期、再到近期，区域各土地利用类型发生变化，主要是由于区域内水电梯级开发形成的库区蓄水导

致水域面积增加，但电站建设造成的水库淹没、工程占地等会损毁一定面积的林地；随着近年来退耕还林、封山育林、植树造林等政策的实施，区域内林地面积略有恢复，耕地面积些许减少；此外，城镇化建设导致建设用地面积增加。

总体来看，1989 年、2005 年至 2019 年，在清江流域由于城镇建设和水能开发，建设用地面积显著增加，水域面积也有所增加，其他土地利用类型略有减少，但面积变化不大。

清江流域是由森林生态系统、灌丛与灌草丛生态系统、湿地生态系统、农业生态系统、城镇/村落生态系统等多种景观类型组成的复合生态系统。各景观类型相互交织，按自有规律组合形成整个区域的景观生态体系。

根据 1989 年、2005 年和 2019 年卫星影像解译数据，采用密度、频度、景观比例等参数计算各景观类型优势度值，对清江流域的景观生态体系进行回顾性评价，其结果见表 3.5-17 和图 3.5-29。

表 3.5-17 清江流域各时期景观类型优势度变化表

景观类型	密度 Rd (%)			频率 Rf (%)			景观比例 Lp (%)			景观优势度 Do (%)		
	1989	2005	2019	1989	2005	2019	1989	2005	2019	1989	2005	2019
森林	26.33	32.04	34.64	68.32	70.22	70.41	69.48	68.81	68.87	58.40	59.97	60.70
灌草地	30.12	61.06	50.94	18.94	14.27	14.29	16.70	17.01	17.03	20.62	27.34	24.82
农田	42.91	5.88	13.07	15.66	15.43	16.23	13.47	12.48	12.09	31.38	11.57	13.37
水域	0.32	0.55	0.55	0.28	4.16	3.21	0.31	1.13	1.10	0.31	1.74	1.49
城镇及其他景观	0.32	0.47	0.80	0.13	0.66	0.11	0.04	0.57	0.90	0.13	0.57	0.68

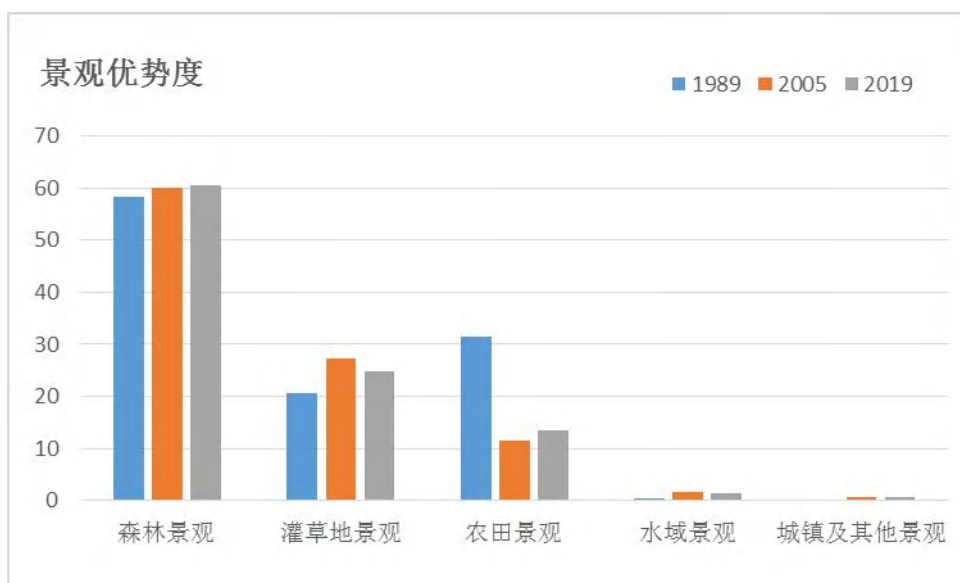


图 3.5-29 清江流域各时期景观类型优势度变化对比图

根据统计结果，对比分析 1989 年、2005 年和 2019 年评价范围内景观生态体系变化：森林景观的优势度始终是流域范围内最高的，总体呈上升趋势，但变化幅度很小，主要是由于区域内退耕还林、植树造林等政策的实施，但退耕还林政策的实施和人类开发利用活动同时导致了区域农田优势度值呈现下降趋势。1989 年~2005 年由于梯级开发，水库蓄水使得水域面积增加，水域景观优势度呈上升趋势；2005 年以后水域面积几乎不变，水域景观优势度值基本持平；而城镇景观的优势度值增加主要是由于修建道路、城镇建设等原因。

生态系统面积变化与土地利用面积变化趋势一致，具体结果如下表 3.5-18 和图 3.5-30。

表 3.5-18 清江流域 1989 年、2005 年和 2019 年生态系统面积比较表

类型	1989		2005		2019	
	面积 (hm <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	比例 (%)
森林生态系统	1481870.43	69.48	1467755.64	68.81	1469019.75	68.87
灌丛和灌草丛生态系统	356280.39	16.70	362755.51	17.01	363330.87	17.03
农田生态系统	287260.2	13.47	266129	12.48	257897.76	12.09
湿地生态系统	6618.6	0.31	24071.93	1.13	23552.01	1.10
城镇/村落生态系统	879.48	0.04	12197.01	0.57	19108.71	0.90
合计	2132909.1	100.00	2132909.1	100.00	2132909.1	100.00

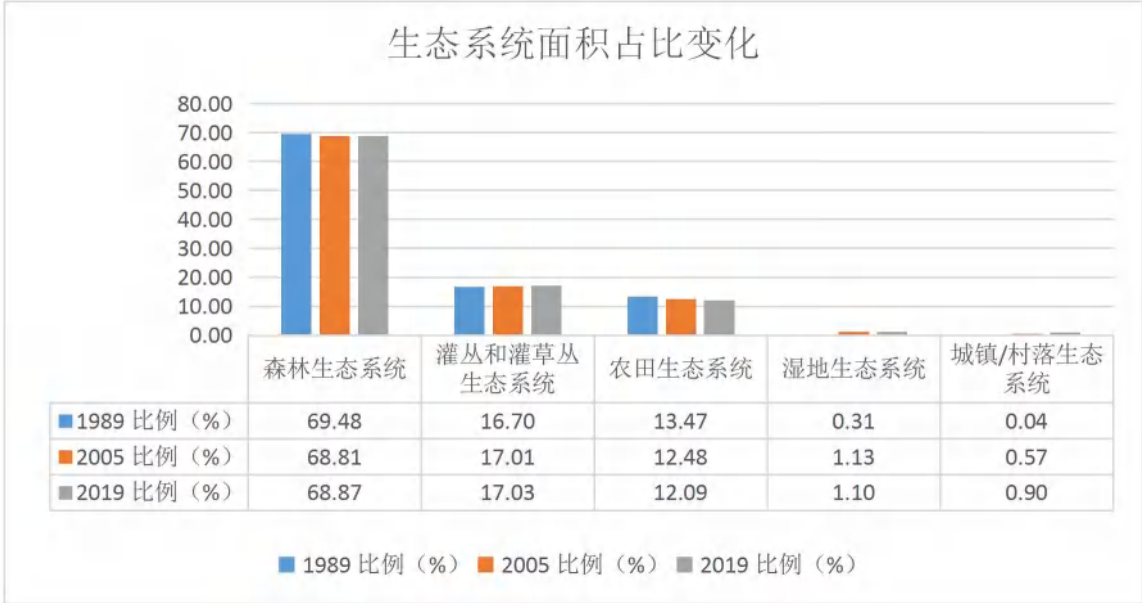


图 3.5-30 清江流域 1989 年、2005 年和 2019 年生态系统面积占比比较图

根据统计结果，从 1989 年、2005 年至 2019 年，森林生态系统面积先减少后增加，总体来讲有少量减少，同时农田生态系统面积也有小幅度的减少，这是由于梯级开发造成的水库淹没、工程占地等会损毁一定面积的森林及农作物。随着近年来封山育林、植树造林等政策的实施，区域内森林生态系统面积略有恢复，农田生态系统逐渐减少；灌丛和灌草丛生态系统、湿地生态系统、城镇/村落生态系统面积均有所增加，这是由于区域内梯级开发形成的库区蓄水导致水域面积增加，此外，梯级工程建设及城镇化建设导致建设用地面积增加。

总体来看，1989 年、2005 年至 2019 年，区域内生态系统占比最大

的仍然是森林生态系统，其他生态系统占比仍保持原有状态，流域梯级建设对区域内生态系统的结构和功能影响较小。

## （2）陆生植物变化

根据历史资料记载，清江流域位于四川盆地与江汉平原间的隆起部，自然植被以次生杉木林为主，分布广泛。海拔 1000m 以下向阳瘠薄低山丘陵有马尾松-芒萁群落，常有青冈、落叶栎类渗入，还有柏木林分布。高海拔地区还有以巴山松、华山松、柳杉、日本落叶松、华北落叶松林为单优势的群落，局部有珙桐林分布。栽培植被以稻、玉米、油菜、苕麻为主，还有薯类、麦类、豆类、甜菜等。

根据清江干流及主要支流两岸植被现场调查来看，流域范围以樟林、栲林、毛竹林、青冈林、马尾松林等为主，与历史资料记载的植被类型无变化。其中，阔叶林与历史资料记载的以栲、楠、竹等为主相比，流域范围内阔叶林类型基本未变化；竹林目前仍然主要为毛竹林和慈竹林，变化不大；灌丛及灌草丛与历史资料相比变化较小；沼泽及水生植被与历史资料相比较为丰富，这是由于梯级电站开发使得水域增多，有利于沼泽及水生植被的发育。

根据 1989 年、2005 年和 2019 年卫星影像解译数据，流域范围各时期植被面积变化结果如下图 3.5-31。



图 3.5-31 流域范围 1989 年、2005 年、2019 年植被面积比较图

从图 3.5-31 来看，清江流域水利水电开发前期、开发中期、近期，区域植被均以阔叶林为主，其次是针叶林、灌丛和灌草丛、农作物，其它植被类型面积相对较少。

从 1989 年到 2005 年，植被总面积减少 11317.53hm<sup>2</sup>，总占比减少 0.53%，其中：森林植被、农作物分别减少了 0.67%、0.99%，灌丛和灌草丛、湿地植被分别增加了 0.41%、0.82%。主要变化原因是梯级开发会占用部分林地及耕地，导致森林植被植被逐渐向灌丛和灌草丛演替，从而使得森林植被、农作物减少，灌丛和灌草丛面积增加；清江梯级水库蓄水使水域面积增加，从而湿地植被有所增加。

从 2005 到 2020 年，植被总面积减少 6911.70 hm<sup>2</sup>，总占比减少 0.53%，

其中：森林植被、灌丛和灌草丛面积分别增加了 0.06%、0.02%，农作物、湿地植被分别减少了 0.39%、0.23%。主要变化原因是区域退耕还林、坡耕地整治、封山育林、林地抚育等政策的实施使森林植被、灌丛和灌草丛增加，人类开发建设使农作物、湿地植被进一步减少。

总的来说，从 1989 年至 2019 年，植被总面积有所减少，其中森林植被、农作物有所减少；灌丛和灌草丛、湿地植被有所增加，但变化幅度都不大。清江流域各梯级建设占地、库区淹没在一定程度上影响了流域范围各植被类型面积的变化，同时区域内人为活动及发展建设也是导致植被面积减少的成因。工程占地区、淹没区多位于清江及其支流沿岸村落附近，村落较多，人为活动频繁，植被多以次生性植被、栽培植被为主，流域范围各植被类型面积的变化主要受人类活动影响导致。流域内梯级工程建设前后植被变化主要表现在水库淹没、工程占地对植物的影响，以及生态恢复过程中人工植被的种植。

### **（3）陆生动物的变化**

#### **1) 动物种类和数量变化**

梯级建设会局部改变流域内植被覆盖情况，同时流域内水文情势变化也会使陆生生态环境发生相应的变化，从而导致陆生动物的栖息环境改变，陆生动物的种类和数量也会发生相应的变化。

从两栖类变化来看，由于流域梯级开发建设，区域流水生境会因为水库蓄水而减少，适应流水生境的花臭蛙、绿臭蛙、棘腹蛙等两栖类会迁往水库周边支溪沟生活；而由于水域面积增加，水库周边环境改善，库区及周边浅滩成为两栖类新的栖息地，库区及周边环境中静水型和陆栖型两栖类种群中个体数量会有所增加。

爬行类的迁移能力较两栖类强，梯级建设对其影响相对较小，此外，



梯级建成后，采取的植被恢复措施和水库蓄水促进水库周边植被生长，周边生境变好，其种群和个体数量也会有所增加。

水库蓄水使区域内水域面积增加，适合宽阔水面及岸边滩涂区域生活的鸟类种数增多，如绿翅鸭、斑嘴鸭、绿头鸭、小鸕鹚、凤头麦鸡、彩鹬、白腰草鹬等；适合流水生境的水鸟可能迁往水库周边支溪沟生活，如白额燕尾、小燕尾、红尾水鸕、褐河乌等，这种改变仅使区域内鸟类分布及种群数量发生了变化，不改变其区系组成，更不会造成鸟类物种的消失。水域面积的增加为区域内的鸟类提供了良好的栖息生境。因此，流域内鸟类种类和数量总体呈现上升趋势。

小型兽类由于水库淹没，其分布区会上移，但因为多样化的食物来源和较强的迁徙能力，以及人为活动的干扰，其数量有所增加，如啮齿目、劳亚食虫目等的物种；大型兽类会因为区域内人为活动和环境改变而发生较大变化。根据清江流域野生动物调查情况，已建梯级多位于清江及其支流沿岸村落附近，人为活动频繁，几乎无大型兽类，主要为小型兽类，如鼠类、兔类、松鼠类等，其数量多、分布广，工程对其产生影响较小。

## 2) 重点保护动物的变化分析

流域范围内有 15 种国家 I 级重点保护野生动物：中国小鲵、白颈长尾雉、白冠长尾雉、青头潜鸭、金雕、黄胸鹀、穿山甲、豺、林麝、金猫、云豹、金钱豹、小灵猫、大灵猫和喜马拉雅斑羚；有 64 种国家 II 级重点保护野生动物：大鲵、虎纹蛙、红腹角雉、勺鸡、红腹锦鸡、小天鹅、鸳鸯、红翅绿鸠、小鸦鹃、白琵鹭、凤头蜂鹰、凤头鹰、黑鸢、苍鹰、红隼、斑头鸕鹚、红嘴相思鸟、山噪鹛、猕猴、短尾猴、黑熊、黄喉貂、水獭和中华鬣羚等；有 98 种湖北省级重点保护野生动物，包

括微蹼铃蟾、利川齿蟾、黑斑侧褶蛙、棘腹蛙、草绿攀蜥、尖吻蝾、银环蛇、舟山眼镜蛇、玉斑蛇、尖吻蝾、灰胸竹鸡、环颈雉、豆雁、灰雁、赤麻鸭、绿头鸭、四声杜鹃、大杜鹃、星头啄木鸟、灰头绿啄木鸟、黑枕黄鹂、大山雀、黄鼬、花面狸和华南兔等。

流域梯级开发会占用部分动物生境，从而对区域重点保护野生动物产生一定的影响。黑鸢、苍鹰、红隼、斑头鸺鹠等猛禽类国家级重点保护野生动物，其活动范围都很大，而且飞翔能力很强，种群数量较少，流域的开发对其影响较小；大鲵、虎纹蛙和水獭主要分布于流域范围各保护区内生境较好的保护区及支流河段，其与水利水电工程距离较远，基本不受影响；国家重点保护的野生兽类如黑熊、大灵猫、猕猴、短尾猴和林麝等，它们一般在河谷两岸和密林中活动，由于其分布海拔一般较高，且喜在远离人类的密林中生活，流域水利水电开发一般不会对其造成较大影响。总体来说，清江流域内的国家重点保护野生动物多栖息于各自然保护区的山林和溪谷中，由于这些保护区位于干支流的源头区，流域范围内保护动物与各梯级距离均较远，流域水利水电开发对其影响有限。

总体上，清江流域梯级建设会对重点保护动物产生影响，但随着工程施工的结束，临时占地区域进行植被恢复等措施，梯级电站的建设对这些重点保护动物的影响较小。

#### **3.5.3.5 水生生态影响**

清江流域内部分梯级由于建设年代久远，工程建设前未开展水生生态调查或调查不够全面，仅少数梯级开展了较为系统的水生生态本底调查。本次评价主要以为水布垭、大龙潭、老渡口、桐子营、龙洞、洞坪、野三河等已建工程为代表，通过梳理评价范围内已开展的水生生态监测、

调查与研究成果（见表 3.5-19），结合历史资料总结流域水生生态变化情况，综合分析已建工程对清江流域水生生态的影响。

表 3.5-19 清江流域已有水生生态调查工作开展情况

序号	报告名称	建设单位	评价单位	调查河段
1	《清江大龙潭水利枢纽环境影响报告书》（1995 年）	恩施市水电局	湖北省环境保护科学研究所	清江干流（大龙潭坝址至水库回水端以及坝下至恩施市城区）
2	《湖北省清江水布垭水利枢纽环境影响报告书》（1998 年）	湖北省清江水电开发有限责任公司	长江水资源保护科学研究所	清江干流（水布垭坝址至水库回水区段以及坝下至河口）
3	《湖北宣恩洞坪水利水电枢纽工程环境影响复核报告书》（2002 年）	湖北宣恩洞坪水电有限责任公司	湖北省环境科学研究院	支流忠建河（洞坪水电站坝址附近）
4	《湖北宣恩桐子营水利水电枢纽工程项环境影响报告书》（2003 年）	宣恩县桐子营水电开发有限公司	中国地质大学环境评价研究所	支流忠建河干流上游（桐子营水电站坝址至忠建河干流上游 17.7km 回水区域，以及坝下至下游 1km 河段）
5	《湖北省恩施市老渡口水电站工程环境影响报告书》（2005 年）	恩施老渡口水电开发有限公司	湖北省环境科学研究院	支流马水河（从坝上到小溪口坝下河段全长约 34.1km，坝下至马水河入清江河口 7.6km 河段）
6	《国电长源老渡口水电站竣工环境保护验收调查报告》（2012 年）	国电长源老渡口水电有限公司	中国地质大学	支流马水河（老渡口水电站大坝上游 32km 至水库回水区、坝下 1.8km）
7	《湖北省清江水布垭水电站竣工环境保护验收调查报告》（2016 年）	湖北省清江水电开发有限责任公司	中南电建勘测研究院有限责任公司	清江干流（水布垭坝址至水库末端、坝址下游至隔河岩水电站）
8	《野三河流域水电梯级开发环境影响回顾性评价》（2018 年）	巴东县敬源水电开发有限公司	湖北睿龙工程技术有限责任公司	支流野三河（野三河长约 62.9km 河段，包括区间汇入的支流河段，评价重点区域为水库淹没区和减水河段）
9	《宣恩县龙洞水库电站增效扩容改造工程环境保护验收调查报告》（2018 年）	宣恩卧龙水电有限公司	四川省国环环境工程咨询有限公司	支流忠建河干流中游（龙洞水库电站大坝上游 13km 至水库回水区、坝下 1km）
10	《清江支流忠建河洞坪库区航道整治工程项目环境影响评价报告书》（2020 年）	宣恩县交通运输局	湖北楚天煥鑫环境工程有限公司	支流忠建河（洞坪大坝至三河沟桥 27.8km 河段和支流花塌河河口至大坨村 6.9km 河段，全长 34.7km）

### （1）对水生生境的影响

清江流域梯级水库的建设使天然河道变成由数个规模和调节性能不一的水库、减水河段和未开发河段组成的不连续水体，库区原为峡谷急流生境的河道流动形态、流速、水位、水面面积等生境要素发生变化。水库库区河段水面变宽，水位升高，增加了水面面积，水库水深从坝前

至库尾有不同程度增加，水流速度自坝前向库尾逐渐增加，回水区营养盐滞留、累积，原开放型河流生态系统变为河道型水库生态系统。流域内主要干支流已建梯级多为引水式电站，坝下河段因电站引水发电造成河道内水量减小、水位下降、水域面积减少，形成一定长度的减水河段。

清江恩施段干流形成的库区河段长约 134.5km，占恩施段干流河长的 48.9%；由于红庙电站已退出，清江干流现存 5 处减水河段，减水河段总长度为 22.1km，占评价范围总河长的 8.0%；干流恩施段保留的流水河段长约 118.4km，占比 43.1%，流水河段主要集中在三渡峡以上源头河段、利川腾龙洞伏流河段以及大河片至天楼地枕河段。支流马水河干流库区河段占总河长的 52.9%，流水河段占总河长的 47.1%；忠建河干流水库库区河段占总河长的 62.6%，流水河段占总河长的 36.6%，减水河段占总河长的 0.8%；野三河干流水库库区河段占总河长的 56.5%，流水河段占总河长的 28.8%，减水河段占总河长的 14.7%。

清江干流恩施段除大龙潭和水布垭梯级外，其它 6 个梯级都属于低水头、低水位河道型水库，对河道径流的调节能力较弱，水位雍高较小，库区流速变化也相对较小。库尾河段的平均流速较天然状态下略有减小，根据不同水库坝前水位抬升的幅度，坝前河段平均流速约为天然时的 1/10~1/100。洞坪水电站、野三河电站、老渡口水库的运行基本不影响坝下游的年径流量，主要对年内径流分配进行调节均化，汛期水库下泄流量较天然情况减小，非汛期的 10~2 月下泄流量比天然状态有所增加。洞坪水库、老渡口水库坝下游位于水布垭水库回水范围，坝下水位的变化受水库下泄流量及水布垭水库回水的影响。水布垭水库建成后库区水体温跃层出现，春、夏、秋季节水温分层现象明显，尤以夏季水库水温分层最为突出，低温水下泄后进入下游库区，水温能在较短距离恢复到

原有水平。

## **(2) 对浮游植物影响**

从上世纪 90 年代至今，清江流域调查到的浮游植物种类数有所增加，以硅藻门、绿藻门种类增加较多，浮游植物群落仍以硅藻、绿藻、蓝藻为主要优势类群，其它类群种类数增加幅度较小；浮游植物平均密度由  $10^3\text{ind./L}$  增加到  $10^5\text{ind./L}$ ，生物量也逐渐增加。

清江流域梯级电站建成后形成大小和调节性能不同的多级水库，建库前由于清江为急流生境，浮游植物主要以硅藻为主；梯级建成后库区水文情势发生变化，流速减缓，透明度增加，水体营养盐滞留时间延长，水体交换慢。这些变化有利于浮游植物的生长和繁殖，库区水体初级生产力增加，浮游植物种类和现存量均有所增加，库区河段浮游植物由建库前的急流型种类过渡到适应缓静水生活、富营养水质的种类，硅藻、绿藻、蓝藻种类数均有增加，且为主要组成类群。流域内除梯级水库库区外，各流水生境河段浮游植物种类数和生物量也均有增加。但清江流域整体上仍有较多河段保持良好的流水生境，河道多位于高山峡谷间的山溪性河流，受人为活动影响较小，水质条件较好，水温相对较低，浮游植物组成仍为硅-绿藻型，各类群中硅藻、绿藻种类增加较多，蓝藻增加幅度较小。

## **(3) 对浮游动物影响**

自 1990 年代至今，清江流域浮游动物种类数有一定幅度增长，种类组成未发生较大变化，仍以原生动物和轮虫为主要类群，其中原生动物种类数增加较多；枝角类、桡足类种类数变化较小，占种类总数的比例相对较小；浮游动物密度和生物量有一定增长，但增加幅度不大，其中水布垭库区浮游动物种类数变化不大，但密度和生物量水平相对较高。

清江流域为典型的山区河流，大多河道纵坡陡，水流急、流量小、水浅，水体清澈，且砾石底质，营养物质匮乏，不适合浮游动物的生长和繁殖。清江流域梯级水库建成后，库区原先低温急流的自然河道水流变缓，对浮游动物的生长有利，各类群的种类数和生物量有所增加，其中水布垭库区浮游动物现存量相对较高；浮游动物仍以原生动物、轮虫为主要类群，且资源增加幅度较大，其它类群增长幅度相对较小；流域内除梯级水库库区外，各流水生境物种数和现存量变化较小，较蓄水前略有增加。清江流域整体上仍有较多河段保持良好的流水生境，浮游动物类群以原生动物和轮虫为主要组成的结构未变；生物个体较大的枝角类、桡足类增加幅度较小，在组成中占比也相对较小。

#### **（4）对底栖动物影响**

自 1990 年代至今，清江流域底栖动物种类和数量均有一定幅度增加，仍以节肢动物为主要类群，该类群种类数增加幅度较大；软体动物、环节动物种类数有一定增加，但幅度相对较小；底栖动物密度和生物量均有增加，但整体增加幅度不大。

清江流域底栖动物大多喜栖息于流急，含氧丰富，底质为鹅卵石或沙石的区域，组成以水生昆虫为主要类群。梯级水库建成后，库区水体变深，底栖动物种类组成发生一定变化，适应深水和缺氧的摇蚊幼虫和大型水蚯蚓等种类和数量有一定增加；库区水流速度减缓，原有块石底质被淹没，对需要岩石等附着或掩蔽，需高氧或急流生境的水生昆虫因丧失原有栖息生境，在深水区种类和生物量减少或消失；库尾及支流等水域受影响较小，种类数和生物量有所上升。清江流域整体上仍有较多河段保持良好的流水生境，底栖动物种类组成仍以喜水流湍急、水质清澈、含氧丰富生境的水生昆虫为主，底栖动物密度增加幅度较小，且主

要增加的为节肢动物类群，因其个体相对较小，生物量变化幅度也相应较小。

### **(5) 对鱼类的影响**

#### **1) 种类组成变化**

根据《湖北省清江水布垭水利枢纽环境影响报告书》(1998 年)统计，清江流域共有鱼类 103 种，隶属于 6 目 13 科 70 属，环评阶段 1996 年调查到 40 种。清江上游分布有鱼类 42 种；清江中游约有鱼类 58 种；清江下游鱼类种类明显多于上游和中游。清江鱼类组成以鲤形目 81 种最多，是当地的经济鱼类，为清江流域重要的渔业资源。鱼类组成中，小型鱼类占了较大比例，主要经济鱼类有鲤、鲫、泉水鱼、白甲鱼、吻鮰、齐口裂腹鱼、切尾拟鲮、大鳍鱮、黄颡鱼、斑鳅等。水布垭库区未发现重要的产卵场，清江下游梯级水库建设将清江阻隔，清江中游不存在长距离洄游鱼类通道。

根据《湖北省恩施市老渡口水电站工程环境影响报告书》(2005 年)，马水河有鱼类 34 种，隶属于 5 目 9 科 31 属，其中有鲤形目鳅科 2 属 2 种、鲤科 20 属 20 种，鲇形目鲇科 1 属 2 种、鲢科 3 属 5 种、鳊科 1 属 1 种，鲴形目青鲂科 1 属 1 种，合鳃鱼目合鳃鱼科 1 属 1 种，鲈形目鮠科 1 属 1 种、鰕虎鱼科 1 属 1 种。有适应高海拔山区生活和流水生活的鱼类，如白甲鱼、泉水鱼、瓣结鱼、中华纹胸鮡等，也有一些广布性种类。

根据《湖北省清江水布垭水电站竣工环境保护验收调查报告》(2016 年)，清江中游有鱼类 6 目 10 科 74 种，2015 年资源调查采集到鱼类 25 种，渔获物以鳊、子陵吻鰕虎鱼、贝氏鳊、波氏吻鰕虎鱼、鲤等适宜静水缓流的鱼类为主，也有马口鱼、宽鳍鱲等适宜在流水中生存鱼类。

根据《野三河流域水电梯级开发环境影响回顾性评价》(2018年),野三河分布有鱼类25种,隶属于4目5科,其中鲤科14种最多。鱼类多为喜山溪河流型生境,总的资源量较小,常见的经济鱼类有红尾副鳅、马口鱼、拉氏鲮3种。未发现国家及省级重点保护种类,未发现鱼类固定产卵场和长距离洄游鱼类。

根据《宣恩县龙洞水库电站增效扩容改造工程环境保护验收调查报告》(2018年),忠建河中游有鱼类10种,为草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、泥鳅、短体副鳅、白缘鳅、黄鳝、鳊,未发现鱼类“三场”及洄游通道,未发现国家级和省级重点保护野生鱼类。根据《湖北宣恩洞坪水利水电枢纽工程环境影响复核报告书》(2002年),忠建河流域有鱼类2目7科39种,其中种类最多的是鲤科鱼类,有22种,未发现鱼类固定产卵场、索饵场和越冬场,未发现长距离洄游鱼类。忠建河鱼类生态类型为河流栖居型和湖泊、缓流栖居型,其中河流栖居型鱼类有32种,湖泊、缓流栖居型鱼类有10种;多数鱼类栖居于水体的中下层,生活于水体中上层的仅2种。

根据历史资料和鱼类资源调查结果,清江流域共有鱼类5目12科114种,其中有鲤形目85种,鲇形目18种,鲟形目、合鳃目各1种,鲈形目9种。现状调查采集到鱼类44种,隶属于3目9科28属,有鲤形目3科20属34种,鲇形目3科5属6种,鲈形目3科3属4种,其中鱼类在清江上游采集到31种,中下游采集到21种。现状调查采集到国家二级重点保护动物青石爬鮡1种,以及长江上游特有鱼类齐口裂腹鱼、短体副鳅2种。

## 2) 流域开发对种类组成的影响综合分析

清江流域的鱼类多适应山区性河流生境,大多为底栖习性,主要摄



食底栖动物和着生藻类，喜爱水温较低且高溶氧的生境，清江下游鱼类与长江宜昌段鱼类组成密切相关。从上世纪 90 年代至今，由于梯级开发、水环境污染、过度捕捞等多种人为活动的综合影响，清江流域鱼类资源有较大幅度下降，种群结构也发生了较大变化。清江流域干流已建成 8 个梯级，连续梯级形成的阻隔影响及累积影响已显现。

历史上清江流域鱼类多样性高、资源丰富，但鱼类的种群结构和资源量均已发生变化，现状调查到的鱼类种类和资源量有较大降低，常见种类中小型鱼类占较大比例，渔获物现以适宜静水缓流的小型鱼类为主，但仍有马口鱼等部分适宜在流水中生存的鱼类，近年调查均未发现较为集中的规模性产卵场、索饵场和越冬场，未发现长距离洄游鱼类。清江下游梯级开发阻隔了清江与长江干流的联系，切断了鱼类的交流、洄游通道，流域内的珍稀保护鱼类和长江上游特有鱼类资源现状较少，物种丰富度和多样性较低。以水布垭水利枢纽为例，根据《湖北省清江水布垭水利枢纽环境影响报告书》，水布垭建设前清江流域有鱼类 103 种，清江中游有鱼类 58 种，1996 年环评阶段调查到鱼类 40 种，中小型鱼类占了较大比例；水布垭竣工验收阶段，根据《湖北省清江水布垭水电站竣工环境保护验收调查报告》，清江中游有鱼类 74 种，2015 年调查到鱼类 25 种，渔获物多为喜静缓流水生境的小型鱼类，喜流水生境鱼类规模减少；调查到的种类和数量有所减少，清江中游鱼类种群结构发生改变。

梯级水库建设导致流域内水温、流量、流速和水位等水文情势发生变化，原含氧量高的溪流变成静水和深水水域，水生生境的变化从而影响原有喜流水生境鱼类的生存、繁衍。建库后，库区水体流速变缓，水深增加，水域环境从急流型河道向缓流型转变，坝前至库尾流速逐渐增

加，坝前河段平均流速约为天然时的 1/10~1/100；库尾河段的平均流速较天然状态有所减小。原来分布于库区江段的部分喜急流生境的鱼类生存空间被压缩，从而迁移至库尾或支流上端的流水或间歇性流水河段，库区原先适应溪流性生活的鱼类种类和数量减少；库区由于水深增加，营养物质滞留，饵料生物资源量增加，喜静缓流生境的鱼类种类和数量增加。库尾和支流保留流水生境的河段可为喜流水性鱼类提供生存条件，但喜流水生境的鱼类种群和适宜生境仍有一定萎缩。清江流域干流现阶段仍有 22.1km 的减水河段，减水河段由于来水量较天然状态减少较多，水域面积减少，水生生境萎缩，鱼类种类数和现存量均较历史有一定幅度降低，目前流域内各梯级均设置了生态流量泄放设施，对减水河段鱼类资源的减少起到一定缓解作用。

### 3) 对珍稀保护鱼类的影响

清江流域近年开展的调查中，忠建河流域有国家二级保护动物多鳞白甲鱼的捕获记录；本次现状调查在清江上游河段采集到国家二级保护动物青石爬鮡 1 种，以及长江上游特有鱼类齐口裂腹鱼、短体副鳅 2 种，其它珍稀保护鱼类近年少有捕获记录，评价区未发现长距离洄游性鱼类。根据《湖北省清江水布垭水利枢纽环境影响评价报告》（1998 年），清江中上游鱼类大多是长江上游及其附近水系的特有鱼类，也是极待保护和增殖的重要物种，但近年调查显示珍稀保护鱼类种类和数量相对较少，其资源量的减少与清江流域禁捕前过度捕捞、水环境污染以及梯级开发等人为活动影响有关。

## （6）对鱼类重要生境的影响

### 1) 对产卵场的影响

清江流域梯级水库的建设对分布于各水库淹没区和坝下河段的鱼

类产卵场影响较大，库区原有的浅水产卵场现成为深水区，原有的产卵基质消失，部分激流浅滩产卵场被淹没，残存的产卵场规模和功能下降。部分河段产漂流性卵鱼类产卵场在库区淹没后消失或种群上移至库尾和支流产卵，其卵孵化出鱼苗需要较长漂流距离，梯级开发后产漂流性卵因漂程不够无法满足孵化要求，流域内已不具备对水文条件要求严格的产漂流性卵鱼类完成生活史的条件。喜流水生境鱼类的产卵场可能在支流与干流交汇处或急流区仍有零散分布，但水库的形成导致底质异质性减小，流向单一，紊流减少，残存的产卵繁殖规模下降。梯级水库坝下河段，由于水库调度运行导致坝下水位变化，影响粘沉性卵的孵化率，水位频繁变动使坝下粘沉性卵出露水面而损失。已建梯级工程建设和运行改变河道原有生境和水文情势，使流域内部分鱼类的产卵生境萎缩或消失，鱼类产卵繁殖功能降低，流域内现无规模较大的集中产卵场。

## 2) 对索饵场的影响

梯级水库的回水区和水流平缓的深潭、河湾、开阔河段及支流河口水域，是浮游生物食性和杂食性静缓流生境鱼类的索饵场，水深 2m 以下的浅水区均是多种鱼类、苗种的良好索饵场。梯级水库的建成使库区水流变缓，透明度升高，营养物质滞留，浮游生物种类和生物量增加，大多数鱼类仔幼鱼以浮游生物为食，且需要缓流条件，水库的形成为仔幼鱼的索饵、肥育创造了广阔的空间和良好的条件。清江干流恩施段因梯级建设，形成的库区水域总长度为 134.5km，库区水位抬升使水面变宽，水域面积增加使鱼类活动范围增大，库区成为了鱼类的良好肥育场所，适应静缓流水生境的鱼类特别是滤食性、杂食性鱼类资源增加，库区也为定居性鱼类索饵肥育提供了宽阔的场所。但由于流水生境的萎缩，适应流水生境鱼类的索饵场萎缩，该类群鱼类资源下降。

### 3) 对越冬场的影响

清江流域鱼类随着冬季来水量减少，水位降低，温度下降，多进入主河道深水区越冬。梯级水库的建设使清江干流恩施段库区水体加深，深水区生境面积增大，库区水位均有所抬高，各水库坝前最大抬升水位分别为大龙潭 15m、水布垭 198m、桐子营 62m、龙洞 65m、洞坪 128m、小溪口 63m，老渡口 78m、野三河 70m，库区水域空间有较大幅度增加。梯级水库的形成成为库区河段鱼类提供了较好的越冬条件，较流域开发前越冬场空间增大，越冬条件有所改善。

### 4) 对洄游通道的影响

清江流域梯级水库的建设使原有连续的河流生态系统被分隔成不连续的单元，阻隔了鱼类的洄游通道以及上下游、干支流间鱼类的交流通道，使需要短距离洄游的鱼类因通道受阻无法洄游产卵而资源量下降，同时阻隔导致鱼类种群间基因交流受阻，种群的遗传多样性降低，危及部分鱼类在流域内的生存。根据历史资料和现状调查结果，清江下游水库的建设将清江与长江干流阻隔，清江流域内无长距离洄游鱼类。

## (7) 对水生生态系统的累积影响

清江流域内干流已建成 8 个梯级，支流大多已开发，梯级水库的建设加剧了对清江干支流的阻隔影响，河流连通性下降，河流生境破碎化片段化严重，流水生境进一步萎缩。全流域范围内累积的阻隔影响对鱼类群落影响明显，从上世纪 90 年代至今清江流域鱼类结构和资源已发生较大改变。历史上清江流域鱼类多样性高、资源丰富；根据现状调查结果，鱼类种类和资源量有较大程度降低，喜流水性鱼类和产漂流性卵鱼类资源量减少，渔获物现以适宜静水缓流的小型鱼类为主。清江下游梯级开发阻隔了清江与长江干流的联系，切断了鱼类的交流、洄游通道，

流域内的珍稀保护鱼类和长江上游特有鱼类资源现状较少，物种丰富度和多样性较低。

总体而言，梯级水库的建设导致流域水文情势改变较大，库区流速减缓，出现大面积缓流或静水区域，水生生态系统由急流河流生境变为静水水库生境。清江流域鱼类种类和数量呈下降趋势，喜流水生境的鱼类种群数量下降，而喜缓流生境的鱼类种群数量增加，激流底栖性鱼类以及产漂流性卵鱼类减少，鱼类以静水、敞水性鱼类为主，繁殖类型以产粘性卵的鱼类为主。

### 3.5.4 区域环保措施的效果评价

通过对流域水文情势、水环境、陆生生态、水生生态等方面进行的回顾性评价结果表明：梯级开发使清江干流水域形态发生了较大变化，清江干流恩施段形成的库区河段和减水河段长度的比例超过 50%，由于水布垭和大龙潭水库的调节作用，河段径流过程较天然情况有所改变；清江恩施段流域整体水质较好，各断面水质近年来均维持在 II~III 类，可满足相关水质目标管理要求，大龙潭库区近年来经常发生浮游藻类富集现象，水体发生水华的风险较高；已建工程未改变区域生态系统结构和稳定性；大坝阻隔效应使河流水生生境破碎化和片段化，流水生境大幅萎缩，对生物资源及基因的交流产生不利影响，原河流态水生生态系统和水生生物群落结构和组成发生变化。

在流域梯级开发过程中，工程建设单位和地方政府及有关部门均采取了多种环境保护措施：通过对工程生态流量下泄措施进行整改，核定工程生态流量下泄要求，有效缓解了由于梯级建设引起的水文情势变化或河道减脱水现象；已建工程在施工期和运行期均落实了环评报告及环评批复提出的水环境保护要求，湖北省及恩施州地方政府通过完善制度

建设和治理能力建设的方式，加强了清江的保护与开发综合管理，对流域水质保护起到了有效的作用，流域水质总体优良，但大龙潭水库局部浮游藻类富集问题较突出，需进一步加强治理措施；已建工程的植被恢复措施及林地保护政策取得了一定成效，流域范围林地面积在逐渐增加，水土流失问题得到缓解，陆生生态保护措施效果相对较好；已开展的水生生态保护措施对水生生物资源保护起到了一定的作用，但由于流水生境存在较大幅度萎缩，已采取各项措施未从全流域角度统筹考虑，大部分为补救性措施，缺乏统一规划，总体上对清江流域水生生态保护效果有限。清江流域恩施段的库区水环境治理和水生生态保护措施有待进一步加强。

总体来说，清江流域梯级开发与当时的相关法律法规的要求、环境管理要求以及国家产业政策、上位流域规划是基本符合的。受限于早期环境保护理念和技术水平等原因，梯级开发对流域生态环境产生了一定影响，后期通过小水电清理整改、保障工程生态流量下泄、完善制度建设和治理能力建设等方式加强对清江的综合管理，流域梯级开发产生的不利影响得到了一定缓解。但水生生态保护和库区水环境治理措施方面存在一定短板，在后续保护、治理与开发过程中应进一步加强。

### 3.5.6 地方政府落实回顾性评价审查意见的情况

根据《湖北省生态环境厅关于清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》针对清江流域恩施段生态环境保护工作的要求，恩施州人民政府出具了《关于承诺落实清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》，对腾龙洞电站建设规划、雪照河电站和天楼地枕电站增容改造项目中新建拦河构筑物、拆除大河片电站和红庙电站拦河坝、组织编制栖息地保护规划、组织开展流域增殖

放流等工作进行了有关承诺。

### 3.6 流域主要环境问题

(1) 河流总氮背景浓度偏高，流域内大龙潭水库浮游藻类富集问题突出

流域总体水质状况较好，但从流域总氮浓度分析情况来看，清江干、支流总氮的背景浓度偏高，七要口、恩施大沙坝断面氨氮也出现过超标。

大龙潭水库形成后，库区水动力条件较天然河流发生较大的变化，库区河段水面加宽、流速减缓，部分库湾附近形成半封闭水域。同时由于其库区周边居民较为密集，且存在较多餐饮业，在合适的水温和营养盐条件下，很容易发生富营养化现象，进而导致浮游藻类富集甚至水华的发生。目前，经过系统治理，大龙潭水库藻类富集问题已经得到改善，但仍应警惕在适宜条件下可能出现的水华现象。

(2) 梯级开发程度较高，流水生境萎缩

清江流域恩施段已建成大中型水利水电工程 4 座（水布垭、老渡口、洞坪、野三河）以及小水电站 139 座，拦河建筑物的修建使清江干支流阻隔情况加剧，区域水生生境片段化和破碎化显著。梯级开发使清江干、支流水域形态发生了较大变化，根据恩施段目前的开发情况，干流形成水库库区河段长占约 134.5km，约占清江干流恩施段总河长的近 50%。绝大多数小水电站均采用引水式发电，造成干、支流形成众多减水河段，其中干流减水河段长度 22.1km。引水式开发对坝下河道水文情势影响显著，河道内水量减小、水位下降、水域面积减少，导致减水河段水生生境变化显著，流水生境大幅萎缩。

(3) 梯级开发阻隔影响，水生生物多样性降低

清江流域已不具备对水文要求严格的产漂流性卵鱼类产卵繁殖条件，鱼类产卵繁殖功能降低。受历史过度捕捞以及梯级开发等人为活动

综合影响，清江流域鱼类栖息生境、鱼类多样性和资源量、珍稀特有鱼类资源均有所萎缩。由于清江流域开发较早，受制于当时的生态环境保护认识，流域内已建梯级均未设置过鱼设施。经过多年开发建设，已建梯级阻隔形成的累积影响显著，喜流水生境的鱼类资源量下降，繁殖功能萎缩，对水生生物资源及基因交流产生影响，水生生境和水生生物群落结构发生变化。



## 4 工程分析

### 4.1 与相关法律法规、政策、规划的符合性分析

#### 4.1.1 与法律法规的符合性

##### (1) 与《中华人民共和国长江保护法》的符合性

《中华人民共和国长江保护法》第二十三条指出“国家加强对长江流域水能资源开发利用的管理。因国家发展战略和国计民生需要，在长江流域新建大中型水电工程，应当经科学论证，并报国务院或国务院授权的部门批准。”第三十二条指出“国务院有关部门和长江流域地方各级人民政府应当采取措施，加快病险水库除险加固，推进堤防和蓄滞洪区建设，提升洪涝灾害防御工程标准，加强水工程联合调度，开展河道泥沙观测和河势调查，建立与经济社会发展相适应的防洪减灾工程和非工程体系，提高防御水旱灾害的整体能力。”第五十九条指出“对鱼类等水生生物洄游产生阻隔的涉水工程应当结合实际采取建设过鱼设施、河湖连通、生态调度、灌江纳苗、基因保存、增殖放流、人工繁育等多种措施，充分满足水生生物的生态需求。”

姚家平工程作为清江干流上游重要水利枢纽，是长江中下游防洪体系的重要组成部分，是解决恩施城区防洪问题的关键性工程，与《长江保护法》的要求是符合的。姚家平工程设计中根据区域水生态特点和保护对象，考虑了过鱼设施和鱼类增殖放流等保护措施，符合《中华人民共和国长江保护法》。

##### (2) 与《湖北省清江流域水生态环境保护条例》的符合性

《湖北省清江流域水生态环境保护条例》第三十九条提出“清江流

域县级以上人民政府及其水行政、生态环境等有关主管部门应当核定本行政区域内每个水电站的生态流量，建立生态流量监控平台，实现对流域内水电站生态流量泄放情况的实时监控。清江流域内的水电站应当配套建设生态流量泄放设施，合理安排闸坝下泄水量，保证最小下泄生态流量不低于本河段多年平均径流流量的 10%。”第四十一条提出“严格限制在清江流域新建拦水坝。因供水、防洪、灌溉等确需建设的，应当依法进行环境影响评价。已经建成的，县级以上人民政府及其有关主管部门应当组织论证，对生态影响较大的拦水坝限期拆除。”

姚家平水利枢纽工程的主要任务为防洪、发电，符合《湖北省清江流域水生态环境保护条例》的要求。姚家平水利枢纽工程生态流量 11 月至翌年 3 月为  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 16.3%），4~10 月为  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 30.0%），符合《湖北省清江流域水生态环境保护条例》的要求。

### **（3）与《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》的符合性**

《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》第二十一条提出“清江沿岸两侧到第一层山脊划为清江保护区。在保护区内禁止下列行为：（一）开山炸石、取土、挖沙、采矿，砍伐林木、采挖树蔸（桩），狩猎以及烧山开荒等一切破坏河床、河岸、库岸、自然景观的行为；（二）向清江直接排放工业废水、生活污水；（三）向清江倾倒废石、废渣、废土、动物尸体、包装物及其他废弃物。”

恩施州人大常委会对《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》实施中的有关问题进行了说明。姚家平水利枢纽为防洪工程，符合条例的管理要求。工程设计中采取了污染源治理以及生态环境保护措施，减缓了工程建设和运行过程中产生的不利影响。

#### **(4) 与《水功能区监督管理办法》的符合性**

姚家平水利枢纽工程位于清江利川、恩施保留区。《水功能区监督管理办法》第九条规定“保留区是为未来开发利用水资源预留和保护的水域。保留区应当控制经济社会活动对水的影响，严格限制可能对其水量、水质、水生态造成重大影响的活动。”姚家平水利枢纽工程为水利水电工程，工程任务为防洪和发电，与《水功能区监督管理办法》确定的保留区管理要求是符合的。

#### **(5) 与《地质遗迹保护管理规定》的符合性**

《地质遗迹保护管理规定》由原地质矿产部于 1995 年发布，第十八条提出“不得在保护区内修建与地质遗迹保护无关的厂房或其他建筑设施”。

姚家平水利枢纽工程库区回水、部分枢纽工程和施工布置涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。评价单位委托中国地质大学（武汉）开展了工程对湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园影响评估报告的编制工作。经调查评估，工程对地质遗迹保护点的影响小，对地质公园影响程度综合评估为小。湖北省林业局于 2021 年 9 月 3 日组织对《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》（以下简称《评估报告》）进行了审查，评审意见认为《评估报告》关于姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园内地质遗迹影响程度的评估结论可信，所提出的地质遗迹保护对策与建议合理，专家组一致通过该《评估报告》。湖北省林业局就工程占用地质公园问题复函恩施州人民政府，同意工程占用湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。

## 4.1.2 与国家产业政策的符合性

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），拟建项目属于该目录中鼓励类“二、水利”中的“11、综合利用水利枢纽工程”。因此，姚家平水利枢纽工程建设符合国家产业政策要求。

## 4.1.3 与相关规划的符合性

### （1）与主体功能区规划的符合性

根据《全国主体功能区规划》和《湖北省主体功能区规划》，评价范围主要涉及省级层面重点开发区域、国家层面限制开发区域（重点生态功能区）、国家层面和省级层面禁止开发区域，详见表 1.3-2。

姚家平水利枢纽工程建设的主要目的是保障恩施市防洪安全，为区域提供清洁能源，并为巩固拓展少数民族地区脱贫攻坚成果创造条件。工程建设与重点开发区域和限制开发区域的功能定位无冲突。根据姚家平水利枢纽工程总体布置，工程枢纽区及淹没区涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园，工程建设不是工业化城镇化开发，总体对地质公园影响较小，在采取保护措施的前提下，与禁止开发区管控要求无明显冲突。因此，姚家平水利枢纽工程符合《全国主体功能区规划》的功能定位及管控要求。

### （2）与生态功能区划的符合性

根据《全国生态功能区划》（2015 年修编版）和《湖北省生态功能区划》，评价范围主要涉及国家层面重要生态功能区——武陵山区生物多样性保护与水源涵养重要区，省级层面位于武陵山地中亚热带常绿阔叶林生态区。详见表 1.3-3 和表 1.3-4。

姚家平水利枢纽将防洪列为首要任务，工程运行后，可保障下游防

洪安全，减少由于洪涝灾害对区域生态环境造成的破坏。水库形成后，水面面积增加，将有利于区域植被恢复。与生态功能区划的定位不冲突。

### **(3) 与长江流域综合规划的符合性**

《长江流域综合规划（2012-2030 年）》对清江提出的治理开发与保护的主要任务是发电、防洪、供水与灌溉、水土保持、水资源保护和航运。提出“兴建干流上游姚家坪水利枢纽，设置防洪库容 0.80 亿  $\text{m}^3$ ，续建完成恩施、长阳、利川、宜都等城市堤防工程，使恩施市城区达到 50 年一遇防洪标准，其他城市城区达到 20 年一遇防洪标准；姚家坪水库与已建的隔河岩、水布垭、大龙潭等水库（分别设置防洪库容 5 亿  $\text{m}^3$ 、5 亿  $\text{m}^3$  和 0.27 亿  $\text{m}^3$ ）联合调度，提高下游地区的防洪安全；配合三峡水库调度，缓解长江荆江河段防洪压力”。

姚家平水利枢纽工程主要任务为防洪、发电，设计防洪库容 0.80 亿  $\text{m}^3$ ，与《长江流域综合规划（2012-2030 年）》提出的选址、规模和工程任务是符合的。

### **(4) 与长江流域防洪规划的符合性**

《长江流域防洪规划》对评价区域提出的防洪布局为：“清江流域主要防护对象是沿江城镇及成片农田，其中干流的防护对象为恩施市、利川市、长阳县城、宜都市等。恩施市（地级市）防洪在现有堤防基础上，兴建姚家坪、大龙潭两水库……”。在水库工程规划中提出：“清江入长江洪水直接影响荆江河段，规划姚家平、大龙潭、水布垭、隔河岩共预留防洪库容 11.1 亿  $\text{m}^3$ 。”

姚家平水利枢纽工程是长江中下游防洪体系的重要组成部分，工程符合长江流域防洪规划。

## 4.2 与“三线一单”的符合性分析

### 4.2.1 与生态保护红线的符合性

工程涉及湖北省生态保护红线，根据《湖北姚家平水利枢纽建设项目占用生态保护红线不可避让性论证报告》和《湖北姚家平水利枢纽工程临时用地占用生态保护红线不可避让论证报告》，工程永久占地范围共占用生态保护红线 440.7602hm<sup>2</sup>，其中枢纽工程占用 47.3298hm<sup>2</sup>，淹没区占用 393.4304hm<sup>2</sup>；临时用地占用生态保护红线 23.4210hm<sup>2</sup>。工程涉及的生态保护红线类型为鄂西南武陵山区生物多样性维护、水土保持生态保护红线，自然保护地为恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。

根据中共中央办公厅国务院办公厅 2019 年 11 月印发的《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》：生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括：零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖；因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查；自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动；经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动；不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设；必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护；重要生态修复工程。

根据《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管

控的意见》(鄂政发〔2020〕21号)以及《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》(恩施州政发〔2021〕5号),生态保护红线内禁止城镇化和工业化活动,严禁不符合主体功能定位的各类开发活动,对生态保护红线内自然保护区、国家公园、风景名胜區、森林公园、地质公园、世界自然遗产、湿地公园、饮用水水源保护区等各类保护地的管理,法律法规和规章另有规定的,从其规定。在不违背法律法规和规章发前提下,生态保护红线内允许开展以下人类活动:(一)生态保护修复和环境治理活动;(二)原住民正常生产生活设施建设、修缮和改造;(三)符合法律法规规定的林业活动;(四)国防、军事等特殊用途设施建设、修缮和改造;(五)生态环境保护监测、公益性的自然资源监测或勘探以及地质勘查活动;经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动;(六)必要的河道、堤防、岸线整治活动,以及防洪设施和供水设施建设、修缮和改造活动。列入省级以上规划且涉及公益、民生和生态保护的线性基础设施、防洪水利工程,在不影响主导生态功能的前提下,可严格按照主管部门批复的项目选址和规模等进行建设,并在建设工程结束后对造成影响的区域进行生态修复。

姚家平水利枢纽是长江中下游防洪体系的重要组成部分,是确保恩施市防洪安全,减轻洪水灾害的防洪工程,工程选址和规模符合《长江流域综合规划(2012—2030)》和《长江流域防洪规划》。因此,姚家平水利枢纽工程符合生态保护红线的管控要求。

2021年9月,湖北省人民政府就本工程不可避让生态保护红线论证出具了意见;2022年3月,恩施州自然资源和规划局就工程临时用地占用生态保护红线出具了同意意见。

对于涉及生态保护红线的部分临时占地,建设单位应在用地前按照自然资源部《自然资源部关于规范临时用地管理的通知》(自然资规

〔2021〕2号)相关规定以及生态保护红线有关管理要求履行审批手续,取得自然资源部门审批手续后再用地,并严格落实水土保持措施,在施工结束后对占用区域进行生态修复。



#### 4.2.2 与环境质量底线的符合性

根据《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（鄂政发〔2020〕21号）以及《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》（恩施州政发〔2021〕5号），姚家平工程涉及恩施州的优先保护单元（生态保护红线）和一般管控单元（屯堡乡、团堡镇）。

污染控制要求为：新建城镇污水处理设施出水浓度全面执行一级A排放标准；屯堡乡、团堡镇污水处理率达到75%。

项目区水环境现状良好，工程施工区各项废水经处理后回用或达标排放，对周边地表水环境影响较小。经预测，工程施工期和运行期各水质监测断面能够满足水质目标要求。姚家平水利枢纽工程施工区位于大气环境一般管控区，环境空气质量现状良好，施工期污染源主要为扬尘和燃油废气，采取环保措施后对环境空气质量影响很小。综上，姚家平水利枢纽工程建设符合环境质量底线要求。

#### 4.2.3 与资源利用上线的符合性

根据清江流域恩施段治理开发实际情况，资源利用上线应主要包括水资源利用和水能资源利用两个方面。姚家平水利工程引水发电后将返回河道内，不消耗水资源，因此符合水资源利用上线要求。水能资源开发利用方面，工程符合国家产业政策和湖北省生态环境分区总管控要求，并且工程建设运行过程中有保障生态流量下泄的相关措施。在保障生态流量下泄的前提下，是符合资源利用上线要求的。

#### 4.2.4 与生态环境准入清单的符合性

##### （1）与湖北省生态环境分区总管控要求的符合性

根据《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管

控的意见》（鄂政发〔2020〕21号），姚家平工程涉及恩施州的优先保护单元（生态保护红线）和一般管控单元（屯堡乡、团堡镇）。

表 4.2-1 姚家平水利枢纽工程涉及的环境管控单元情况

序号	管控单元类型	具体管控单元
1	优先保护单元	恩施市生态保护红线、利川市生态保护红线
2	重点管控单元	—
3	一般管控单元	屯堡乡、团堡镇

对于优先保护单元，严格按照国家生态保护红线和自然保护地等管理规定进行管控，依法禁止或限制大规模、高强度的工作和城镇建设，优先开展生态功能受损区域生态修复活动，恢复生态系统服务功能。

对于一般管控单元，主要落实生态环境保护基本要求，建设项目严格执行产业政策、环保政策及相关负面清单要求，加强生活污染和农业面源污染治理，推动区域环境质量持续改善。

姚家平水利枢纽工程符合生态保护红线管理规定；符合产业政策；工程涉及恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园，按照地质遗迹管理要求编制了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园影响评估报告》，经综合评估，姚家平水利枢纽工程建设对地质公园的影响程度较小，湖北省林业局组织对该报告进行了评审并同意工程占用地质公园；工程设计中采取了污染源治理以及生态环境保护措施，符合湖北省生态环境分区总体管控要求。

（2）与湖北省及恩施州准入要求的符合性

根据《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》（恩施州政发〔2021〕5号），工程主要涉及的准入要求和符合性分析见表 4.2-2。

根据表 4.2-2 的分析可知，姚家平水利枢纽工程是符合湖北省及恩施州生态环境准入要求的。

表 4.2-2

工程与湖北省及恩施州准入要求的符合性分析

层次	维度	清单编制要求	序号	准入要求	符合性分析
湖北省准入要求	空间布局约束	禁止开发活动	9	禁止在《全国重要江河湖泊水功能区划》中划定的河段保护区、保留区建设不利于水资源及生态保护的项目。禁止在河道堤防和护堤范围内进行垦地种植、放牧和畜禽养殖。禁止在河道管理范围内围湖造田，已经围垦的要限时退田还湖。	工程位于清江利川、恩施保留区，工程主要任务为防洪、发电，工程建设可以有效缓解洪水灾害对河流沿岸生态环境及社会经济的破坏，不属于不利于水资源及自然生态保护的项目，且采取了相应措施缓解工程建设及运行过程中对生态环境的不利影响，符合准入要求。
	法定保护地管控	生态保护红线	36	生态保护红线内禁止城镇化和工业化活动，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动。对生态保护红线内的自然保护区、国家公园、风景名胜区、森林公园、地质公园、世界自然遗产、湿地公园、饮用水水源保护区等各类保护地的管理，法律法规和规章另有规定的，从其规定。	姚家平水利枢纽工程为防洪基础设施建设，不属于城镇化和工业化活动。工程建设对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园地质遗迹及地质景观影响程度相对较小，已取得地质公园主管部门的同意意见。符合准入要求。
	法定保护地管控	生态保护红线	37	在不违背法律法规和规章的前提下，生态保护红线内禁止开展以下人类活动：（一）矿产资源开发活动；（二）围填海、采砂等破坏海河湖岸线等活动；（三）大规模农业开发活动，包括大面积开荒，规模化养殖、捕捞活动；（四）纺织印染、制革、造纸印刷、石化、化工、医药、非金属、黑色金属、有色金属等制造业活动；（五）房地产开发活动；（六）客(货)运车站、港口、机场建设活动，火力发电、核力发电活动，以及危险品仓储活动等；（七）生产《环境保护综合名录(2017年版)》所列“高污染、高环境风险”产品的活动；（八）《环境污染强制责任保险管理办法》所指的环境高风险生产经营活动；（九）法律法规禁止的其他活动。	姚家平水利枢纽工程不属于以上提出的禁止类活动。符合准入要求。

层次	维度	清单编制要求	序号	准入要求	符合性分析
湖北省准入要求	法定保护地管控	生态保护红线	38	在不违背法律法规和规章的前提下，生态保护红线内允许开展以下人类活动：（一）生态保护修复和环境治理活动；（二）原住民正常生产生活设施建设、修缮和改造；（三）符合法律法规规定的林业活动；（四）国防、军事等特殊用途设施建设、修缮和改造；（五）生态环境保护监测、公益性的自然资源监测或勘探以及地质勘查活动；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动；（六）必要的河道、堤防、岸线整治等活动，以及防洪设施和供水设施建设、修缮和改造活动。	姚家平水利枢纽工程为防洪基础设施建设，属于生态保护红线内允许开展的活动类型。符合准入要求。
	法定保护地管控	生态保护红线	39	生态保护红线内已有的交通、通信、能源管道、输电线路等线性基础设施，风电、光伏设施，以及防洪水利等设施，按照法律法规规定进行管理、运行和维护，严禁擅自扩大规模。列入省级以上规划且涉及公益、民生和生态保护的线性基础设施、防洪水利工程，以及已经获得批准的风电、光伏建设项目，在不影响主导生态功能的前提下，可严格按照主管部门批复的项目选址和规模等进行建设，并在建设工程结束后对造成影响的区域进行生态修复。	姚家平水利枢纽工程是列入了省级以上规划的防洪水利工程，工程符合《长江流域综合规划（2012-2030年）》提出的选址、规模和工程任务，工程拟定了水土保持方案和生态环境保护措施。符合准入要求。
	法定保护地管控	地质公园	53	任何单位和个人不得在保护区内及可能对地质遗迹造成影响的一定范围内进行采石、取土、开矿、放牧、砍伐以及其它对保护对象有损害的活动。未经管理机构批准，不得在保护区范围内采集标本和化石。不得在保护区内修建与地质遗迹保护无关的厂房或其他建筑设施；对已建成并可能对地质遗迹造成污染或破坏的设施，应限期治理或停业外迁。 管理机构可根据地质遗迹的保护程度，批准单位或个人在保护工区范围内从事科研、教学及旅游活动。所取得的科研成果应向地质遗迹保护管理机构提交副本存档。	工程建设对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园地质遗迹及地质景观影响程度相对较小，已取得地质公园主管部门的同意意见。符合准入要求。

层次	维度	清单编制要求	序号	准入要求	符合性分析
恩施州准入要求	法定保护地管控	清江	34	在饮用水水源一级保护区内禁止下列行为： （一）新建、改建、扩建与供水和保护水源无关的建设项目；（二）排放和倾倒各种污染水体的废弃物；（三）设置码头、趸船等设施；（四）其他污染饮用水水源水质的行为。	工程不涉及饮用水水源保护区，符合准入要求
			35	在清江干流及一级支流的河床及两岸河堤 20 米范围内不得修建工业、商业、民用建筑和其他与清江水污染防治无关的设施，已经建成并对清江水质造成污染的建筑、设施必须限期治理，逐步拆迁。	工程为以防洪为主要任务的民生工程，不属于能对清江造成污染的建筑和设施，符合准入要求。
			36	清江沿岸两侧到第一层山脊划为清江保护区。在保护区内禁止下列行为：（一）开山炸石、取土、挖沙、采矿，砍伐林木、采挖树桩（桩），狩猎以及烧山开荒等一切破坏河床、河岸、库岸、自然景观的行为；（二）向清江直接排放工业废水、生活污水；（三）向清江倾倒废石、废渣、废土、动物尸体、包装物及其他废弃物；（四）在清江及库区炸、电、毒杀鱼类及其水生动物。	根据恩施州人大常委会对《恩施土家族苗族自治州清江保护条例》实施中的有关问题的说明，该条款是防止破坏清江生态环境的保护性规定，是为了防治清江污染，促进清江流域资源合理开发利用。姚家平水利枢纽工程的建设符合条款要求，工程设计中采取了污染源治理以及生态环境保护措施，符合准入要求。
			37	超过本行政区域污染物排放总量控制指标的县、市，不得新建有污染清江的项目；不得改建、扩建增加污染负荷的项目。	工程不属于污染类项目，符合准入要求
			38	严格控制新污染源。新建、改建、扩建直接或者间接向清江排放污染物的建设项目和其他水上设施的，必须严格执行环境保护行政主管部门的预审制度和环境影响评价制度；必须将防治污染的设施与建设项目的主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。	

## 4.3 工程环境合理性分析

### 4.3.1 工程建设方案的环境合理性分析

#### 4.3.1.1 坝址选址的环境合理性分析

工程可研阶段基于前期工作成果，拟定了建坝河段，对小溪河与清江汇合处上游 1.5km（上坝址）和下游 0.8km（下坝址）两个坝址方案进行了比选，最终确定推荐下坝址为姚家平水利枢纽工程坝址。由于工程的特殊性和受自然条件的限制，两个坝址方案均无法避让生态保护红线和恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。

上坝址方案和下坝址方案的有关指标见表 4.3-1。从两个方案的工程布置上看，上坝址方案需分别在清江干流和小溪河支流修建两座拦河坝，坝高分别为 166m 和 143m，其中主坝为混凝土面板堆石坝，副坝为混凝土双曲拱坝；下坝址方案为在清江干流河床布置 175m 高的碾压混凝土拱坝；从工程量来看，上坝址方案开挖量共 452.35 万  $\text{m}^3$ ，下坝址方案开挖量共 180.56 万  $\text{m}^3$ ；从施工组织来看，上坝址方案施工导流程序、施工道路、施工场地布置均较下坝址复杂。从两方案对环境影响程度来看，上坝址方案由于增加一座 143m 高坝，且工程量、工程占地均大于下坝址方案。

因此，从生态环境保护角度分析，下坝址方案优于上坝址方案，工程推荐下坝址方案是环境合理的。

表 4.3-1

上、下坝址布置方案对比表

项目	上坝址	下坝址
工程布置	需在清江干流和小溪河建两座拦河坝，其中清江干流拦河坝高 166m，小溪河拦河坝高 143m。	在清江干流布置 1 座 175m 高的碾压混凝土拱坝
工程量	开挖量 452.35 万 m <sup>3</sup> 土石方回填量 752.53 万 m <sup>3</sup>	开挖量 180.56 万 m <sup>3</sup> 土石方回填量为 0
施工组织比较	多一套拱坝和连通洞的施工，导流建筑物、施工道路、施工场地布置相对复杂。	相对上坝址方案更为简单
生态环境影响	对生态环境的扰动范围和程度相对较大，拦河建筑物多	可减少扰动范围，节约占地，减少一座拦河建筑物

#### 4.3.1.2 工程布局的环境合理性分析

姚家平水利枢纽工程的主要任务为防洪、发电，工程推荐的枢纽布置为：碾压混凝土拱坝布置在清江与小溪河河口下游 220m 处，坝身设 2 表孔 2 中孔 1 底孔，坝下游设人工水垫塘，坝体、泄水建筑物和消能防冲建筑物均布置在顺直峡谷段内；发电洞进口布置在大坝右坝头上游岸边，引水线路全长 1180m；地下电站厂房位于右岸山体内，总装机容量  $2 \times 80\text{MW}$ ，装机高程 568.00m；生态电站位于大坝下游右岸岸边，为地面厂房，装机  $2 \times 12\text{MW}$ 。

##### (1) 工程防洪布局的合理性

姚家平水利枢纽的防洪保护对象为下游约 38km 处的恩施市城区，姚家平水库与已建的大龙潭水库为串联式防洪水库。洪水地区组成按照同频率法，经姚家平、大龙潭两水库拦蓄后，为满足不同典型洪水和不同洪水组合时，恩施站 50 年一遇洪水均不超过其安全泄量  $2500\text{m}^3/\text{s}$  的要求，姚家平最大蓄水量为 6900 万 m<sup>3</sup>，大龙潭最大蓄水量 2660 万 m<sup>3</sup>，大龙潭得以充分利用、同时姚家平蓄水量相对较小。工程的防洪布局是合理的。

##### (2) 工程发电布局的合理性

工程发电采用混合式开发方案，布置有两座电站，分别为生态电站和主电站。其中主电站采用地下厂房方案，地下厂房位于右岸朝东岩下山体内部，装机高程 568.00m；生态电站位于大坝下游右岸岸边，为地面厂房，装机  $2 \times 12\text{MW}$ 。

根据工程可研报告，枢纽坝址所在的峡谷段长度约 1000m，由于大坝下游左岸 1.1km 范围内分布有太阳湾、凉水沟、剪刀岩等 3 个堆积体，地质条件较差，为保证发电建筑物的安全，宜将厂房布置在右岸。河道右岸为朝东岩，山顶高程为 1571m，山顶高程高达 1571m，河床高程约 575m，相对高差将近 1000m，750m 高程以下，植被发育，岸坡呈台坎状，坡角为  $52^\circ \sim 66^\circ$ ；750~960m 高程，岸坡笔陡直立，坡角达  $82^\circ$ 。由于坝脚右岸位于泄洪雾化区，同时坝后式厂房尾水出口距下游老房子堆积体及太阳湾堆积体较近，大流量尾水冲刷对堆积体稳定性的不利影响较为突出。采用混合式开发一是避免泄洪雾化区对电站厂房的影响，其次减少大流量尾水对堆积体的冲刷影响其稳定性，同时能增加约 25m 左右的水头。因此工程推荐混合式两站开发。

根据该布置方案，主电站厂房与坝址间减水河段长度约 1.6km，减水河段生态流量通过生态机组发电下泄，流量首先通过生态机组发电，保障 11 月至翌年 3 月不低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ 、4~10 月不低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$  的生态流量下泄。在保障生态流量的条件下，工程发电布局基本合理。

#### **4.3.1.3 工程调度运行方案的环境合理性**

工程运行调度在保证防洪安全和生态用水的前提下，贯彻了“生态优先”理念，发电服从防洪和生态的需要。从环境角度分析，工程调度运行方案是合理的。



## 4.3.2 工程建设规模的环境合理性分析

### 4.3.2.1 水库正常蓄水位的环境合理性

可研阶段在前期工作基础上，考虑恩施市防洪要求、对大峡谷景观的影响、生态环境影响以及工程综合效益，拟定了 722m、731m、740m、745m、750m 五个正常蓄水位方案进行比选分析，其中 722m 方案为防洪基准方案，各方案基本情况见表 4.3-2。

表 4.3-2 姚家平水利枢纽不同正常蓄水位方案基本情况

项 目	单位	方 案				
正常蓄水位	m	722 (防洪基准方案)	731	740	745	750
死水位	m	705	708	710	715	720
防洪限制水位	m	705	718	729.1	735	740.7
总库容	万 m <sup>3</sup>	19801	24241	29212	32193	35494
调节库容	万 m <sup>3</sup>	6259	9569	13849	15108	16373
防洪库容	万 m <sup>3</sup>	8000	8000	8000	8000	8000
结合库容	万 m <sup>3</sup>	6259	6000	5885	5885	5885
装机容量	MW	125	151	177	184	191

不同正常蓄水位方案环境影响比较见表 4.3-3。从表中可以看出，5 个正常蓄水位方案在水环境、生态、水淹没与移民方面均有一定影响。不同方案下，水库总体水质变化不大；各方案对水温的影响均存在，通过分层取水措施影响可有一定缓解；对库区水文情势的影响来看，鱼类产卵期 4~7 月，722m、731m、740m 和 745m 方案对大河片坝下适宜生境及云龙河地缝景区下游的影响不大，750m 方案对以上两个断面有一定影响，对库区其他断面的影响各方案差别不大；对坝下水文情势的影响来看，722m 方案下泄流量变幅较天然情况有所增加，其他方案下泄流量变幅较天然情况减小，年内变幅随蓄水位的升高而减小，日内变幅最大的方案为 750m 蓄水方案；对陆生生态的影响总体随着正常蓄水位

的增加而增大；722m、731m、740m 和 745m 对地质公园和云龙河地缝的影响差别不大，750m 蓄水位时，云龙河地缝景区下游水位有一定抬高；722m、731m、740m 和 745m 方案对水生生境的影响差异不显著，750m 方案对库尾大河片坝下适宜流水生境断面的水深和流速有一定影响，影响程度较其他方案大。

总体来说，750m 方案对环境的影响总体大于其它 4 个方案，722m、731m、740m、745m 方案不存在重大的环境制约因素，环境影响总体差异不大，在切实落实拟定的环境保护措施的前提下，上述 4 个正常蓄水位方案均是可行的。从社会经济指标分析来看，745m 方案最经济。因此，经过综合比选，工程推荐正常蓄水位 745m 方案是环境合理的。

#### **4.3.2.2 装机规模的环境合理性**

可研阶段从姚家平水库调节性能、电力系统需求等方面综合考虑，拟定主装机容量 140MW、160MW、180MW 三个方案（均不含生态机组）进行比较分析。

从三个主电站装机容量方案来看，随着装机容量增大，姚家平水利枢纽工程的多年平均发电量增加（全部为汛期电量），但也引起工程投资相应增加。采用差额投资内部收益率进行比较，160MW（不含生态机组）方案的方案经济指标较好。

生态机组采用两台单机 12MW 的机组，单机引用流量 11.0 m<sup>3</sup>/s，单机可以满足枯期生态流量泄放要求，两台机可以满足汛期生态流量泄放要求。生态机组在出口尾水渠道设置生态流量自动监测系统，采用多声道时空法流量计进行生态流量在线监控，数据传输与终端接收入水情自动测报系统。

总体来说，姚家平水利枢纽工程装机规模合理，可以满足下游生态用水需求。

表 4.3-3 不同正常蓄水位的环境影响对比分析

正常蓄水位 环境要素		722m 方案	731m 方案	740m 方案	745m 方案	750m 方案
水环境	水文情势	该方案回水长度 13.89km。典型平水年下泄流量年内变幅 190m³/s，日内最大变幅 97.55m³/s，坝下水位日内最大变幅 1.33m。	该方案回水长度 14.84km。典型平水年下泄流量年内变幅 147.1m³/s，日内最大变幅 107.35m³/s，坝下水位日内最大变幅 1.39m。	该方案回水长度 15.43km。典型平水年下泄流量年内变幅 127.8m³/s，日内最大变幅 116.77m³/s，坝下水位日内最大变幅 1.45m。	该方案回水长度 15.66km。典型平水年下泄流量年内变幅 116.0m³/s，日内最大变幅 116.91m³/s，坝下水位日内最大变幅 1.45m。	该方案回水长度 16.47km，。典型平水年下泄流量年内变幅 115.2m³/s，日内变幅 117.18m³/s，坝下水位日内最大变幅 1.45m。
	水温	稳定分层型	稳定分层型	稳定分层型	稳定分层型	稳定分层型
	水库总体水质	建库后总体水质将略优于建库前水质，各水质指标浓度有所降低，水质类别总体和建库前保持一致。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。
生态	生态系统类型	建库后，水库淹没区面积为 422.51hm²，对评价区生态系统类型的影响均不大。	建库后，水库淹没区面积为 505.82hm²，对评价区生态系统类型的影响均不大。	建库后，水库淹没区面积为 593.36hm²，对评价区生态系统类型的影响均不大。	建库后，水库淹没区面积为 640.34hm²，对评价区生态系统类型的影响均不大。	建库后，水库淹没区面积为 685.51hm²，对评价区生态系统类型的影响均不大。
	自然体系生物量	建库后，损失的植被总生物量为 13000.04t，占评价区总生物量的 2.96%，降低比重很小，对评价区自然生态体系生物量影响不大。	建库后，损失的植被总生物量为 15635.30t，占评价区总生物量的 3.56%，降低比重很小，对评价区自然生态体系生物量影响不大。	建库后，损失的植被总生物量为 18281.70t，占评价区总生物量的 4.16%，降低比重很小，对评价区自然生态体系生物量影响不大。	建库后，损失的植被总生物量为 19313.18t，占评价区总生物量的 4.40%，降低比重很小，对评价区自然生态体系生物量影响不大。	建库后，损失的植被总生物量为 20610.34t，占评价区总生物量的 4.69%，降低比重很小，对评价区自然生态体系生物量影响不大。
	重点保护植物	建库后，不淹没重点保护植物	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。
	古树名木	不淹没古树名木	不淹没古树名木	不淹没古树名木	不淹没古树名木	不淹没古树名木

续表 4.3-3

不同正常蓄水位的环境影响对比分析

<div>正常蓄水位</div> <div>环境要素</div>		722m 方案	731m 方案	740m 方案	745m 方案	750m 方案
生态	重点保护和珍稀濒危动物	水库蓄水使重点保护鸟类栖息地受到一定面积的损失，鸟类善于飞翔，容易找到其它适宜栖息的生境，影响较小。对于虎纹蛙和乌龟，水库蓄水后将形成更广阔的静水或缓流栖息生境，对其种群发展带来有利影响；对于豹猫和毛冠鹿，水库蓄水使其活动范围缩小，栖息地受到一定面积的损失，迫使其外迁至未被淹没的高海拔区域。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。
	水生生物	大坝阻隔，将鱼类分割成坝上、坝下两个群体，其基因交流机会减少；水流变缓，喜急流的鱼类将向上游和支流转移，喜缓流的鱼类成为优势种群。	影响方式与 722m 方案基本相当，影响范围和程度较 722m 方案要大。	影响方式与 722m 方案基本相当，影响范围和程度较 722m 方案要大。	影响方式与 722m 方案基本相当，影响范围和程度较 722m 方案要大。	影响方式与 722m 方案基本相当，影响范围和程度较 722m 方案要大。
	生态敏感区	淹没范围占地质公园面积为 327.48 hm <sup>2</sup> ，水库蓄水对地质遗迹影响较小，对清江、云龙河和小溪河峡谷景观将产生一定影响，峡感视觉将减弱，减弱程度随着正常蓄水位的增加而有所增大。	淹没范围占地质公园面积为 368.16hm <sup>2</sup> ，影响与 722m 方案基本相当。	淹没范围占地质公园面积为 411.21 hm <sup>2</sup> ，影响与 722m 方案基本相当。	淹没范围占地质公园面积为 434.36 hm <sup>2</sup> ，影响与 722m 方案基本相当。	淹没范围占地质公园面积为 453.65 hm <sup>2</sup> ，云龙河地缝景区水位有一定抬高。
	重要水生 生境	云龙河河口将被淹没，大河片坝下适宜流水生境将保留	云龙河河口将被淹没，大河片坝下适宜流水生境将保留	云龙河河口将被淹没，大河片坝下适宜流水生境将保留	云龙河河口将被淹没，大河片坝下适宜流水生境将保留	将淹没云龙河河口和大河片坝下适宜流水生境。

续表 4.3-3

不同正常蓄水位的环境影响对比分析

<div>正常蓄水位</div> <div>环境要素</div>	722m 方案	731m 方案	740m 方案	745m 方案	750m 方案
淹没与移民	水库淹没影响人口 1196 人, 淹没耕地 1157 亩, 林地 4992.10 亩。整体移民安置规模较小, 对区域环境影响不大。	水库淹没影响人口 1546 人, 淹没耕地 1549.65 亩, 林地 5671.11 亩。整体移民安置规模较小, 对区域环境影响不大。	水库淹没影响人口 1823 人, 淹没耕地 2065.88 亩, 林地 6339.75 亩。整体移民安置规模较小, 对区域环境影响不大。	水库淹没影响人口 1942 人, 淹没耕地 2338.56 亩, 林地 6652.06 亩。整体移民安置规模较小, 对区域环境影响不大。	水库淹没影响人口 2113 人, 淹没耕地 2529.58 亩, 林地 7028.50 亩。整体移民安置规模较小, 对区域环境影响不大。
	对水环境、环境空气、声环境、固体废物影响不大。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。
	移民安置主要采取村组内安置和就地后靠的方式, 这些区域受人类活动干扰频繁, 植被类型主要为农业植被及山坡灌丛和草丛, 对陆生植物造成的影响很小。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。	影响与 722m 方案基本相当。

### 4.3.3 施工布置的环境合理性分析

#### (1) 料场布置环境合理性

工程规划 1 个石料场，为茅坡石料场。茅坡料场表面覆盖层中的粘土料作为本工程土料来源。

茅坡料场位于清江右岸，坝址下游直线 5.2~5.7km（至主砂石加工系统运输距离 7.0km），马铁路临江侧的缓坡地段，坡角 14°左右，地面高程 850~970m，岸坡由茅口组灰岩形成坡角达 70~80°陡壁。在圈定的范围内地表全为第四系残坡积覆盖层，覆盖层厚 8~12m。料场所在台地后缘可延伸至 1100m 高程左右，有 G318 国道通过。石料场不涉及自然保护区、风景名胜区、地质公园、生态保护红线等环境敏感区，占地范围内无保护动植物分布，以农用地为主，料场开采对植被资源影响较小。石料场南侧与西侧分布有居民点，料场开挖时的施工扬尘和施工噪声对敏感目标产生一定影响，在严格落实水保措施和大气噪声防治措施的前提下，料场对于周围环境敏感目标的影响较小。

因此，从环境角度分析，本工程料场布置是合理的。

#### (2) 弃渣场布置环境合理性

本工程共设置三处弃渣场，分别为杨柳湾弃渣场、老沟弃渣场和堰前弃渣场。其中，杨柳湾（1#弃渣场）容渣 52.49 万 m<sup>3</sup>，先期弃渣，场平后作为主要施工布置区，平整后场地地面高程 680~660m，该渣场占地面积 8.69 万 m<sup>2</sup>；老沟（2#弃渣场）容渣 148.34 万 m<sup>3</sup>；堰前弃渣场（3#弃渣场）容渣 337.11 万 m<sup>3</sup>，位于水库死水位以下，堆渣主要位于上游围堰以上清江河道，渣面顶部高程 660.00m，相应面积 12.28 万 m<sup>2</sup>，高于围堰顶部高程 653.00m。

经调查，3 处弃渣场均不涉及自然保护区、饮用水水源保护区、地

质公园等环境敏感区，占地范围内无保护动植物分布。1#弃渣场和 3#弃渣场占用生态保护红线，1#弃渣场为临时用地，3#弃渣场位于库区永久占地范围内。本工程为防洪工程，符合中共中央办公厅国务院办公厅 2019 年 11 月印发的《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》规定的允许人为活动。根据《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》，湖北省生态环境总体准入要求规定：“列入省级以上规划且涉及公益、民生和生态保护的线性基础设施、防洪水利工程，在不影响主导生态功能的前提下，可严格按照主管部门批复的项目选址和规模等进行建设，并在建设工程结束后对造成影响的区域进行生态修复。”湖北省人民政府就本工程不可避让生态保护红线论证出具了意见，恩施州自然资源和规划局就工程临时用地占用生态保护红线出具了同意意见。

在严格遵守临时用地管理要求，落实水土保持措施，施工完成后及时进行植被恢复的前提下，工程弃渣场布置总体符合生态保护红线要求。

根据设计资料，水库死水位以下弃渣场为方便渣场施工期安全，按《水土保持工程设计规范》（GB51018）对渣场进行防护及排洪措施处理，符合规范要求，不会对河道行洪及河道水环境产生明显不利影响。老沟弃渣场东北侧、杨柳湾东南侧分布有零星居民点，堆渣过程中施工扬尘和施工噪声对敏感目标产生一定影响，经预测，在严格落实大气噪声防治措施的前提下，弃渣场对于周围环境敏感目标的影响较小。在严格落实水保措施前提下，弃渣场水土流失将得到有效控制。

因此，本工程弃渣场选址从环境保护角度分析是基本合理的。

### （3）施工区布置环境合理性

本工程在设计过程中尽量选择开阔区域内布置仓库、混凝土拌和系

统、砂石料加工系统、拼装厂和施工营地等设施，场地面积可满足工程施工布置需要，布置较紧凑，且尽量选择了平缓地形，减少了场地平整和土石开挖量，降低了对原地表的扰动，减少了对环境的不利影响。主砂石料加工系统布置结合了杨柳湾先期弃渣场用地，混凝土预制厂和保养厂结合了 3#弃渣场用地，减少了施工临时占地面积，从而减少了对土地资源和地表植被的破坏。占地范围内分布的植物以当地常见种为主，无国家重点保护野生植物分布，占地对区域植被和生物多样性影响较小，且不涉及自然保护区、地质公园等环境敏感区。工程施工工区结合工程布置，交通便利。除姚家平村居民点、施工营地东侧、南侧居民点以及库区滑坡施工区周围居民点等敏感目标距离施工布置较近外，其他居民点均距施工布置区较远，在严格落实大气、噪声污染防治控制措施的前提下，总体来看施工区的生产、生活活动对周围居民点的环境影响较小。

整体而言，施工区布置从环境保护角度分析是基本合理的。

#### （4）施工道路布置环境合理性

左、右岸共设置 5 条永久道路（1#~5#道路），在主厂房附近，自上游向下游设置了 3 座永久交通桥沟通清江两岸（6#桥、4#桥和 1#桥），施工临时交通从上述永久交通分支，辐射各附属企业、料场、渣场、施工营地、临时堆料场、导流工程，及其他各主要施工点，场内交通尽量构成回路，道路间构成局部网络便于缩短道路长度和运距，且相互灵活沟通，满足场内各工作面物流、人员交通的需求。为方便永久交通和各主要建筑物施工，在永久交通的基础上，规划了 15 条主要施工道路和 2 座跨清江临时交通桥。这种永临结合并充分考虑现有道路的设计方式缩短道路长度和运距，减少了施工道路占地，从而降低了水土流失量。新建的施工道路占地类型主要为荒草地，植被稀疏，损失的植被生物量较



小，对生物多样性影响较小。

因此，从环境保护角度分析，施工道路的布置基本合理。

#### 4.3.4 移民安置的环境合理性分析

姚家平水利枢纽工程农村移民搬迁涉及 3 个乡镇（管理处）7 村，移民安置规划 10 个集中安置点共 1850 人。移民规划建设用地总面积 306.90 亩，移民用地分散，单个安置点占地较小，土地利用现状多为旱地和撂荒地，人为扰动大。经调查，移民安置点选址占地不涉及地质公园、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区，占地范围内无珍稀保护动植物分布。安置工程污（废）水、噪声和固体废物产生量总体较小，且较为分散，各类工程施工废水经处理后回用，对地表水环境影响较小；移民安置点建成后生活污水经污水管网收集至化粪池，经一体化污水处理设备处理达标后排放，对地表水环境无明显影响；各类工程在采取洒水降尘措施后，对周边居民点的环境空气质量影响较小；各类工程在采取噪声控制和夜间禁止施工措施后，影响较小。施工期固体废物经收集处理后由环卫部门统一清运，10 个移民安置点推行生活垃圾分类收集，纳入本村管理，由村委会统一收集、运输和处理，不会对周围环境产生不利影响。因此，本工程移民安置点选址从环境角度分析是合理的。

### 4.4 工程作用因素分析

#### 4.4.1 工程施工分析

##### （1）土石料场开采的环境影响

土石料场开采带来的环境影响包括植被破坏、新增水土流失以及施工噪声、扬尘等；土石料开采过程中推、挖、装、铲机械及车辆的运行

噪声将对声环境产生影响；汽车运输扬尘影响大气环境；料场占地的征用也会带来一些社会环境影响；土石料开采作业会破坏土石料场的地表植被和动物分布。

## （2）主体工程施工的环境影响

大坝枢纽区施工包括大坝基础开挖、坝基灌浆防渗、填筑、隧洞洞挖等内容，其中大坝基础开挖及隧洞施工中有大量的石方开挖工程，需要进行爆破施工。大坝枢纽施工过程中的开挖作业将破坏地表植物分布，其产生的弃渣也将破坏弃渣场地表植被和动物分布。爆破施工可能对周围动物产生惊扰影响。同时，各类土石方开挖、运输、填筑，混凝土制备浇筑养护，灌浆等施工活动，将对环境产生一定影响。

防渗工程主要包括坝基防渗和大坝两岸防渗。灌浆对环境的影响主要包括钻孔、制浆、灌浆等环节的影响。钻孔时地质钻机等会产生施工噪声，制浆及灌浆环节可能会产生一定的施工废水，制浆时水泥的运输、开包可能会产生一定的扬尘。

隧洞开挖中，可能会有一定量的地下水渗出。隧洞内施工空间相对狭小，隧洞衬砌会产生碱性废水，这些施工废水与隧洞地下水渗水混合，在隧洞进出口会产生一定量的弱碱性且浑浊度较高的施工废水。在大坝混凝土浇筑养护期间，会产生较大量的混凝土浇筑养护的碱性废水。在灌浆施工中，制浆、灌浆过程中可能产生一定量的漏浆、堵塞，从而会产生水泥浆液漏入周边环境，形成碱性废水。

爆破施工以及机械运行会产生一定量的施工废气，主要污染物包括TSP、NO<sub>x</sub>等。大坝枢纽区的土石方作业、混凝土拌合系统、砂石料加工系统也会产生扬尘、粉尘，对坝址区环境空气质量造成短期不利影响。风钻、混凝土搅拌机、振捣器、振动碾等施工机械运行及爆破等会产生

机械噪声及爆破噪声，运输物料的汽车及装载机会产生交通噪声，进而影响大坝枢纽区的声环境。爆破施工以及机械运行产生的噪声可能会对周围动物产生干扰影响，使其施工期分布发生改变。

### （3）生产、生活营地环境影响

生产生活营地由生活区、人工砂石加工系统、混凝土生产系统、施工机械修理及停放保养场、机电设备及金属结构拼装场、综合加工厂、预制件加工场等组成。生活营地的主要环境影响为施工人员生产的生活污水、生活垃圾等；砂石加工系统主要环境影响为砂石料生产过程中产生的粉尘污染、噪声以及 SS 浓度较高的冲洗废水；混凝土生产系统主要环境影响为混凝土生产过程中产生的粉尘污染、噪声以及 SS 浓度较高的碱性废水；施工机械修理及停放保养场主要环境影响噪声和产生的含油冲洗废水；机电设备及金属结构拼装场、综合加工厂、预制件加工场等主要环境影响为工作过程中产生的噪声、扬尘污染等。

### （4）施工交通运输影响分析

工程施工对外及对内交通主要通过现有国道和乡村级公路，在坝址区新建永久道路和临时道路、交通桥主要为各施工点之间的联系线。临时道路布设将占用土地资源，施工区域植被损失，新增水土流失，并将产生扬尘、噪声等污染。建筑材料运输过程中运输道路车流量增大，产生的噪声和扬尘将对运输道路沿线居民产生不利影响；产生的扬尘和排放的尾气对环境空气将产生不利影响；汽车运输行驶过程中将产生噪声污染，对沿线声环境敏感目标产生不利影响。

## 4.4.2 移民安置分析

### （1）移民搬迁安置

姚家平水利枢纽工程移民安置点共规划 10 个，除 46 户迁分散安置

外，其余 447 户 1850 人集中安置，分别为马者安置点、三营丈安置点、龙山坪安置点、窝塘安置点、岩上安置点、专班安置点、高台仟安置点、六房安置点、小谷槽安置点等，移民规划建设用地总面积 306.90 亩，移民用地分散，单个安置点规模较小。本村分散安置点和集镇安置点建设对环境影响主要表现为：

地表水环境：安置点建设施工期施工废水和施工人员生活污水会对地表水环境造成影响；安置点居民生活污水排放对地表水环境有不利影响。

大气环境：安置点建设施工期会产生排放扬尘，对周围环境空气质量有一定影响。

声环境：安置点建设施工噪声对周边声环境质量将产生不利影响。

生态环境：安置点占地或场地平整会破坏地表植被，影响动物分布，改变土地利用类型。

## （2）专业项目复建

专业项目复建的环境影响因子主要为生态环境，道路、通讯、供电等专业项目建设过程中的土方开挖将破坏部分地表植被，影响动物分布。

### 4.4.3 工程运行分析

#### （1）水文情势

##### 1) 库区及坝下河段

姚家平水利枢纽位于清江上游河段，水库正常蓄水位为 745m。姚家平水利枢纽蓄水后，水库回水长度约 15.7km，库区水深将较天然状态下显著增加，且自上而下水深逐渐加深。库区水流将由流水河流转变为静水水库水体，将形成的 6.29km<sup>2</sup>的库区水面，库区水面面积增大，水深增加，流速变缓。库区流速整体上将呈自上而下流速逐渐减小的趋

势。姚家平水利枢纽属于年调节水库。水库内水位年内将具有一定的变化幅度，使得在库尾处一定范围的河段内将出现一定长度的消落区。

水库引水发电将造成坝下约 1.6km 减水河段，同时由于水库的调节作用，将使坝下河段径流过程较天然情况发生改变。

## （2）地表水环境

### 1) 库区水环境

水库运行后，河流流动水体转变为流速缓慢的静水水体。由于水库的年调节特性，水库水温会呈现分层。根据 $\alpha$ - $\beta$ 指数法对水库水温结构的判别结果，水库总库容 3.219 亿  $\text{m}^3$ ，坝址处多年平均径流量 16.4 亿  $\text{m}^3$ ， $\alpha$ 值为 5.1，小于 10，水库水温结构属稳定分层型，低温水下泄对下游河流生态将造成一定不利影响。

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。运行期库区由原流水性河道变为流水性库区，水面将大幅增加，流速将明显放缓，库区水体营养物质将增加。下游河段由于水文情势的变化，对下游水库水质有一定影响。

## （3）生态环境

姚家平水利枢纽建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，河流的水动力学过程将发生较大的变化，水库库尾区域接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域水深、面广，水流缓，呈现湖泊水动力学特征；水库中间河段水域介于河流和湖泊之间，属于过渡段。水文情势的变化将对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物带来影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，鱼类种群间基因交流受阻，各水生生物种群将受到不同程度的影响。

水库蓄水运行后，将扩大水面面积有利于改善局地小气候，也有利于两栖动物和鸟类的栖息繁殖。

#### （4）社会经济

姚家平水利枢纽建成后，电站总装机容量为 184MW，多年平均年发电量 5.241 亿 kW·h。电站的生产运行，可增强电网调峰能力，提高电网运行的灵活性、可靠性和稳定性，为经济社会的可持续发展提供清洁能源。

#### （5）占地和移民

本工程规划水平年一次性补偿安置 1336 人，农村搬迁安置人口 2047 人。移民安置规划 10 个集中安置点，共集中安置 447 户 1850 人，其余 46 户 197 人规划分散安置。

工程占地和移民安置将改变评价范围内局部区域的土地利用方式，对生物量和陆生动植物生境产生影响，生产安置及搬迁安置可能使移民生产生活水平发生变化。

### 4.5 污染物源强分析

#### 4.5.1 废（污）水

姚家平水利枢纽工程施工期废（污）水主要来源于砂石料加工系统、混凝土拌和系统、基坑排水、机械车辆冲洗废水、办公生活营地产生的生活污水等。各类废（污）水产生情况如下：

##### （1）砂石料加工系统冲洗废水

砂石骨料加工系统包括主砂石系统和临时砂石加工系统两部分。

临时砂石加工系统位于主厂房对岸缓坡地，占地面积 1.07 万 m<sup>2</sup>，地面高程 590m。该系统主要承担主体工程 25.95 万 m<sup>3</sup> 各类混凝土施工

所需砂石骨料的生产供应任务，砂石骨料生产总量约 34.51 万 t，按满足混凝土月高峰浇筑强度 1.2 万 m<sup>3</sup>/月进行设计，成品骨料生产能力为 100t/h。该系统满负荷运行工况下生产用水量约 85m<sup>3</sup>/h，废水产生量约 76.5m<sup>3</sup>/h，918m<sup>3</sup>/d。

主砂石料加工系统设于左岸坝址下游约 2km 的杨柳湾缓坡地，场地高程为 680~660m，占地面积 8.0 万 m<sup>2</sup>。系统主要承担主体工程 210.12 万 m<sup>3</sup> 各类混凝土施工所需砂石骨料的生产供应任务，砂石骨料生产总量约 450 万 t，按满足混凝土月高峰浇筑强度 13 万 m<sup>3</sup>/月进行设计，成品骨料生产能力为 1000t/h。该系统满负荷运行工况下生产用水量约 850m<sup>3</sup>/h，废水产生量约 765m<sup>3</sup>/h，9180m<sup>3</sup>/d。

根据已建水电项目砂石料加工系统冲洗废水实测资料分析，冲洗废水中的主要污染物为 SS，浓度较高，约 20000mg/L。

## （2）混凝土拌和系统冲洗废水

混凝土拌和系统废水来自混凝土拌和机料罐冲洗过程。厂房混凝土系统拟采用 1 台型号为 HZS150 的立轴强制式混凝土搅拌机拌制混凝土，该搅拌机单机铭牌生产能力为 150m<sup>3</sup>/h，大坝混凝土系统配备 1 台型号为 HZS150 的立轴强制式混凝土搅拌机拌制混凝土，2 台搅拌机互为备用。另外为满足大坝碾压混凝土施工强度需要，大坝混凝土系统需配备 2 台型号为 HZS240 的立轴强制式混凝土搅拌机拌制碾压混凝土，高峰时 HZS150 也可辅助拌制碾压混凝土，以满足大坝碾压混凝土生产强度需求。此外，库区滑坡治理工程 3 个施工区均采用 0.8m<sup>3</sup> 移动式拌合站供料。

HZS150 和 HZS240 混凝土拌和机单次冲洗废水量约 5m<sup>3</sup>，每天冲洗 3 次。则厂房混凝土系统混凝土料罐冲洗废水产生量约 15m<sup>3</sup>/d；大坝

混凝土系统料罐冲洗废水产生量约 45m<sup>3</sup>/d。0.8m<sup>3</sup>移动式拌合站单次冲洗废水量约 2m<sup>3</sup>，每天冲洗 3 次。则库区滑坡治理工程 3 个施工区混凝土系统料罐冲洗废水产生量各约 6m<sup>3</sup>/d，共 18 m<sup>3</sup>/d。

料罐冲洗废水 SS 浓度约为 5000mg/L，pH 在 9~11 之间，略呈碱性。混凝土拌和系统冲洗废水产生情况见表 4.5-1。

表 4.5-1 姚家平水利枢纽工程混凝土拌和系统冲洗废水产生量一览表

混凝土拌和系统	规格	数量	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)
厂房混凝土系统	HZS150 搅拌站	1 座	15
大坝混凝土系统	HZS150 搅拌站	1 座	15
	HZS240 搅拌站	2 座	30
库区滑坡治理工程施工区混凝土系统	0.8m <sup>3</sup> 移动式拌合站	3 座	18
合 计		7 座	78

### (3) 隧洞施工废水

隧洞施工主要包括各导流隧洞、厂房引水洞、交通洞和支洞的施工，具体包括开挖、喷锚支护、混凝土浇筑和灌浆等过程。在施工过程中，混凝土养护和灌浆过程会产生少量废水，在与隧洞地下水渗水混合后形成隧洞施工废水，废水呈弱碱性，pH 值为 9~11，废水中主要污染物为悬浮物，浓度约 5000mg/L。根据地质专业与施工专业提供的资料，估算隧洞施工废水高峰期产生强度如表 4.5-2 所示。

表 4.5-2 姚家平水利枢纽工程隧洞施工废水产生量一览表

序号	废水产生位置	废水产生量(m <sup>3</sup> /d)
1	左岸 1#导流隧洞出口	98
2	1#支洞口	223
3	右岸 2#导流隧洞进口	244
4	右岸 2#导流隧洞出口	244
5	3#导流洞出口	92
6	主厂房引水洞进口	583
7	2#支洞口	114
8	3#支洞口	181
9	6#支洞口	42



序号	废水产生位置	废水产生量(m <sup>3</sup> /d)
10	7#支洞口	53
11	8#支洞口	41
12	9#支洞口	23
13	10#支洞口	58
14	11#支洞口	31
15	12#支洞口	53
16	13#支洞口	48
17	14#支洞口	43
18	15#支洞口	13
19	1#永久交通洞进口	225
20	3#永久交通洞进口	53
21	4#永久交通洞进口	431
22	1#临时交通洞进口	105
23	2#临时交通洞进口	59
24	3#临时交通洞进口	114
合计		3171

#### (4) 基坑排水

本工程基坑排水主要包括初期排水、经常性排水和汛后基坑排水。

##### 1) 初期排水

第3年10月中旬截流后,进行上游围堰闭气和围堰上部防渗体施工,基坑水绝大部分通过河床砂卵石层自排到下游,剩余部分在11月下旬围堰闭气进行基坑抽水,基坑积水计划1~2天排完。

基坑初期排水为原河道内水体,初期排水水质与河道水质基本相同。

##### 2) 经常性排水

经常性基坑排水由降水、渗水和施工用水组成。施工用水主要包括混凝土养护碱性废水、帷幕灌浆和固结灌浆废水等,其中以混凝土养护碱性废水为主。混凝土养护废水来源于混凝土浇筑过程中,平均养护1m<sup>3</sup>混凝土,约产生0.35m<sup>3</sup>碱性废水,预计工程施工过程中共产生养护废水约81.2万m<sup>3</sup>,施工高峰期混凝土月浇筑强度为13万m<sup>3</sup>/月,高峰期养护废水产生量为1517m<sup>3</sup>/d。混凝土防渗墙、固结灌浆和帷幕灌浆施

工过程中，会产生少量泥浆水。基坑经常性排水的主要污染物是 SS 和 pH，SS 浓度约 2000mg/L，pH 值为 9~11。

### 3) 汛后基坑排水

超标准洪水过后的基坑积水，积水面高程按 610m 计，计算积水量约 25.03 万 m<sup>3</sup>。汛后基坑排水与河道水质基本相同。

### (5) 机械汽车停放场冲洗废水

枢纽施工区设机械汽车停放场地 1 处，布置于 2#弃渣场。施工期间机械汽车停放场主要产生机械冲洗废水，废水中主要污染物为石油类。施工期间共需使用各类车辆、机械约 150 台，用水量计 0.1m<sup>3</sup>/天·辆，按 80%污水排放系数计算，每天产生冲洗废水 12m<sup>3</sup>。此外，库区滑坡治理工程 3 个施工区各设置一处机械设备停放场，每处停放场机械车辆按各 20 台计，用水量计 0.1m<sup>3</sup>/天·辆，按 80%污水排放系数计算，则滑坡治理工程每处停放场每天产生冲洗废水 1.6m<sup>3</sup>，共 4.8m<sup>3</sup>。类比同类工程，废水中石油类浓度约为 10mg/L。

### (6) 生活污水

生活污水主要来源于施工期生活区食堂废水、施工人员生活污水等。枢纽工程施工营地位于清江左岸，施工高峰期人数约 2500 人。施工期间用水量按 120L/（人·d）计，污水排放量按用水量的 80%计，则施工高峰期日产生污水量为 240.0m<sup>3</sup>/d。库区滑坡治理工程 1#~3#施工区中，施工高峰期人数分别为 100、200、100 人，则施工高峰期日产生污水量分别为 9.6 m<sup>3</sup>/d、19.2m<sup>3</sup>/d 和 9.6 m<sup>3</sup>/d。施工人员排放的生活污水中，主要污染物为 COD、BOD<sub>5</sub> 等，浓度值分别为 250mg/L 和 150mg/L。

### (7) 施工期水污染源汇总

姚家平水利枢纽工程施工期废水排放量和特征污染物详见表 4.5-3。

表 4.5-3

姚家平水利枢纽工程工程施工期水污染源统计表

序号	废水	施工高峰期废水产生量	特征污染物
1	砂石料加工系统冲洗废水	842m <sup>3</sup> /h	SS
2	混凝土拌和系统冲洗废水	78m <sup>3</sup> /d	SS、pH
3	隧洞施工废水	高峰期 3171m <sup>3</sup> /d	SS、pH
4	基坑经常性排水	高峰期 1517m <sup>3</sup> /d	SS、pH
5	机械汽车停放场冲洗废水	16.8m <sup>3</sup> /d	石油类
6	生活污水	高峰期 278.4m <sup>3</sup> /d	COD、BOD <sub>5</sub>

### 4.5.2 废气

工程施工期废气主要为爆破扬尘、砂石料加工系统粉尘、道路扬尘和燃油废气等。扬尘中的主要污染物为颗粒物，燃油废气中的主要污染物为 PM<sub>10</sub>、HC、NO<sub>x</sub> 和 CO，上述污染物均呈无组织排放。

#### (1) 爆破过程扬尘产生量

导流工程和主体工程施工过程中将采用爆破工艺，爆破过程中会产生扬尘。参考相关文献，每吨炸药的扬尘产生量约为 54.2kg。参考同类项目，工程共需消耗炸药约 1 万 t，则施工期共产生扬尘 542t。

#### (2) 砂石料加工粉尘产生量

砂石料加工过程中的破碎、筛分和制砂工艺会产生粉尘。根据《三废处理工程技术手册（废气卷）》，砂石料加工系统湿法生产系统粉尘排放强度为 0.05kg（扬尘/t 砂子）。工程共设两处砂石料加工系统。临时砂石加工系统位于主厂房对岸缓坡地，砂石骨料生产总量约 34.51 万 t，成品骨料生产能力为 100t/h，则施工期临时砂石加工系统共产生粉尘 17.26t，满负荷运行工况下粉尘产生量为 5kg/h；主砂石料加工系统，设于左岸坝址下游约 2km 的杨柳湾缓坡地，砂石骨料生产总量约 450 万 t，成品骨料生产能力为 1000t/h，则施工期临时砂石加工系统共产生粉尘 225t，满负荷运行工况下粉尘产生量为 50kg/h。

#### (3) 施工作业面扬尘

施工作业面扬尘主要产生于裸露地面如渣场、堆场等，其总排放量估算参考《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南（试行）》中的施工扬尘源排放量总体计算方法。本工程施工作业面扬尘排放量参照建筑工地施工粉尘排放速率为  $0.002\text{mg/s}\cdot\text{m}^2$ ，除工程完建期外总工期 84 个月，主要施工产尘作业面面积约为 60.68 万  $\text{m}^2$ ，则工程施工作业面扬尘产生量为 213t，约 30.4t/a。

#### （4）道路扬尘

主体工程与库区防护工程施工道路合计约 42.69km，其中混凝土道路 18.67km，泥结碎石道路 24.02km。道路扬尘总排放量估算参考《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南（试行）》中的道路扬尘源排放量计算方法，采取洒水措施后，工程施工区的混凝土道路扬尘排放系数为  $131.62\text{g/km}\cdot\text{d}$ ，泥结碎石道路扬尘排放系数为  $324.41\text{g/km}\cdot\text{d}$ ，则施工期混凝土道路和泥结碎石道路扬尘产生量分别为 0.90t/a 和 2.84t/a。

#### （5）机械燃油废气

工程施工过程中需使用大量的大型燃油机械设备及运输车辆，机械燃油废气为无组织排放源，在使用过程中会产生  $\text{NO}_x$ 、CO、HC 和颗粒物等污染物。施工期约消耗油料 2.24 万 t，以柴油为主。

工程机械大气污染物排放量估算参照《非道路移动源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》中的计算方法。经计算，施工期工程机械大气污染物排放量计算结果见表 4.5-4。

表 4.5-4 姚家平水利枢纽工程施工机械燃油废气排放量统计表

燃油种类	油料数量(万 t)	污染物名称	平均排放系数(g/kg 燃料)	排放量(t)
柴油	2.24	$\text{PM}_{10}$	2.09	46.82
		HC	3.39	75.94
		$\text{NO}_x$	32.79	734.50
		CO	10.72	240.13

### 4.5.3 噪声

工程施工期噪声主要在爆破、土石方开挖、主体工程施工、混凝土拌和、混凝土浇筑、施工工厂企业加工、金属结构安装过程和场内物料运输等施工活动中施工机械或车辆运行时产生，各噪声源主要分布在主体工程施工区、弃渣场、施工工厂企业内部、混凝土拌和系统、运输道路沿线等区域。

#### 1) 爆破噪声

爆破噪声与爆破方式、单响装药量等有关。爆破噪声具有间歇性，相对于连续作业的噪声值一般在 90~140dB(A)之间。施工爆破噪声源强较大、影响范围广。

#### 2) 交通噪声

施工区交通噪声主要源自运输汽车，声源呈线性分布，源强与行车速度、车流量密切相关。本次工程主要采用 8~15t 和 20~25t 自卸汽车，其交通噪声源强约为 82 dB(A)。

#### 3) 砂石料加工系统噪声

砂石系统初步采用三段破碎，四级筛分，棒磨机和破碎机制砂进行工艺流程设计，系统由粗碎、预筛分、中碎、筛分、细碎、制砂、半成品堆场、成品堆场、调节料仓、供电、供水和废水处理设施等部分组成，类比同类项目，其噪声源强约为 100 dB(A)。

#### 4) 混凝土拌合系统噪声

本工程主要采用 HZS150 型号搅拌站和 HZS240 型号搅拌站各两座，其噪声源强约为 88 dB(A)。

#### 5) 施工工厂噪声

施工工厂噪声主要来源于金结拼装厂、综合加工厂和预制件加工场

等的工作运行，类比同类项目，其噪声源强约为 90 dB(A)。

#### 6) 施工机械噪声

参考《水电水利工程施工环境保护技术规程》(DL/T 5260-2010)，并类比同类项目，本项目主要施工机械噪声源强如表 4.5-5 所示。

表 4.5-5 工程主要施工机械噪声源强

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	噪声源强 (dB(A))
1	潜孔钻	YQ100/YQ150	台	26/20	90~120
2	手风钻		台	30	90~130
3	凿岩台车	CM-351	台	6	100~120
4	反铲挖掘机	1.0m <sup>3</sup> /2.0m <sup>3</sup>	台	6/16	82~90
5	推土机		台	10	85
6	装载机	2.0~3.0m <sup>3</sup>	台	8	75~98
7	振动碾	BW202AD	台	12	90
8	小型振动碾	BW75S-2	台	3	87
9	平仓机	D31P	台	3	82
10	空压机	12m <sup>3</sup> /min	台	6	75~85
11	建筑塔吊		座	1	90
12	地质钻机	150 型	台	16	90~120
13	灌浆泵	BW250/50 型	台	2	88
14	高喷台车		套	1	85~95
15	混凝土搅拌运输车	3~6m <sup>3</sup>	台	6	85~90
16	混凝土泵车	60m <sup>3</sup> /h	台	3	80~85
17	履带起重机	20t/10t	台	2/2	75~80
18	汽车吊	50t	台	2	80~85
19	卷扬机	5~10t	台	6	90~105
20	载重汽车	5t	辆	10	80
21	自卸汽车	8~25t	辆	40	82

### 4.5.4 固体废物

#### (1) 弃渣

本工程土方开挖 279.80 万 m<sup>3</sup> (自然方，下同)，砂砾石开挖 21.99 万 m<sup>3</sup>，石方明挖 283.87 万 m<sup>3</sup>，石方洞挖 109.38 万 m<sup>3</sup>，充分利用后，

经土石方平衡规划，弃渣 537.95 万  $\text{m}^3$ （压实方）。

## （2）生活垃圾

施工区生活垃圾以有机厨余为主，此外草木、塑料包装袋、纸类相对含量较高。枢纽区施工高峰期人数 2500 人，按人均日产生生活垃圾 1.0kg 计，高峰期生活垃圾产生量约为 2.5t/d；库区滑坡治理工程 1#~3# 施工区施工高峰期人数共 400 人，高峰期生活垃圾产生量约为 0.4t/d。

运行期产生的固体废弃物主要为枢纽管理人员的生活垃圾。工程劳动定员编制为 124 人，其中管理人员 34 人，运行及辅助人员 90 人。按每人每天产生生活垃圾 1.0kg 计，则生活垃圾产生量为 0.124t/d。

## （3）危险废物

工程运行期间，发电厂房内机组维护将产生废润滑油等，根据主电站和生态电站润滑油用油量，估算产生量约为  $20\text{m}^3/\text{a}$ 。上述废油属于《国家危险废物名录》中确定的危险废物（HW08 废矿物油与含矿物油废物）。

# 4.6 环境影响识别

## 4.6.1 环境影响因素识别

姚家平水利枢纽是国家 2020—2022 年重点推进的 150 项重大水利工程之一，是以防洪、发电为主，并为巩固该地区脱贫攻坚成果创造条件的综合利用工程。根据对本工程施工及运行期间的特性分析可知，工程建设对环境的影响主要为：

姚家平水利枢纽大坝建成后改变了原天然河道水文特性，使库区流速变缓、水位加深、水温分层，并影响坝下水温和水质。

大坝的阻隔作用将影响水生生态和鱼类活动，水库调节作用对河道水生生态系统产生一定的影响。枢纽水库淹没影响林地等资源，将对库

区及周围的生态环境带来一定影响。土石方开挖和填筑，枢纽建筑物和工程附属建筑物及临时建筑物的施工将破坏原地表状况，带来水土流失。工程砂石料和混凝土生产等施工活动产生施工污废水和噪声、废气等。

#### 4.6.2 评价因子筛选

根据工程的特点，结合评价区域环境现状特征对工程环境影响因子进行筛选。经识别，工程重点评价的环境要素是水文情势、水环境、水生生态、陆生生态，一般评价的环境要素为大气环境、声环境、固体废物、人群健康、移民安置等。本工程环境影响评价要素识别矩阵详见表4.6-1。



表 4.6-1

姚家平水利枢纽工程环境影响评价要素识别矩阵表

环境因子		水文情势			地表水		地下水		生态环境		声环境	大气环境	固体废物	人群健康	土壤环境	移民
		流量	水位	流速	水温	水质	水质	水位	陆生生态	水生生态						
施工期	枢纽工程施工					◎	○		◎	◎	○	○	○	○	○	
	施工人员活动					○			○		○		○	○		
	施工交通								○		○	○				
	施工机械					○			○		○	○				
	料场开挖与弃渣								◎		○	○	○		○	
运行期	水库蓄水	●	●	●	◎	○		○	◎	◎						
	水文情势变化	●	●	●		○		○		●						
	大坝阻隔									●						
移民安置													○	○	○	○
影响范围	库区淹没	◎	◎	◎	◎	○		○	○	◎			○		○	○
	坝下影响区	◎	◎	◎	◎	○			○	◎						
	移民安置					○										
	施工区					○	○				○	○	○			

注：○表示影响较小，◎表示影响中等，●表示影响大

## 5 环境影响预测与评价

### 5.1 水文情势

#### 5.1.1 生态流量

##### 5.1.1.1 生态用水需求分析

姚家平水利枢纽的蓄水运行，将在一定程度上改变坝下河段的水文情势，为维护下游河段生态系统稳定，应下泄一定的生态流量，将其纳入工程调度中统筹考虑。根据原国家环保总局发布的《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》（环评函〔2006〕4号）和水利部发布的《河湖生态环境需水计算规范》（SL/T 712-2021），河流生态需水一般包括河道内生态需水和河道外生态需水，河道内生态需水一般包括：①维持水生生态系统稳定所需要的水量；②维持河流水环境质量的最小稀释净化水量；③河道蒸发需水量；④维持地下水位动态平衡所需要的补给水量；⑤河道内输沙需水量；⑥河道外需水，一般指河道外植被需水等水量。

##### （1）维持水生生态系统稳定所需水量

据水生生态调查成果，清江上游河段共采集到鱼类 31 种，包括青石爬鮡等 1 种国家二级重点保护野生动物。姚家平河段无长距离洄游性鱼类分布。为确保河道内的鱼类迁徙和生存，保持水生生态系统稳定，需要考虑提供一定的水量。

##### （2）维持河道水质的最小稀释净化水量

工程所在区域河道现状水质总体良好。根据现状调查，评价范围内河段两岸基本无工业污染源分布，沿河村庄较为分散，生活污水排

放量较小。评价河段水环境需水主要考虑维持河道自净功能的水量。

### （3）河道蒸发需水量

清江干流河道相对狭窄，水面蒸发消耗的水量对于河道内流量来说很小，因此，由水面蒸发引起的水量消耗本次不考虑。

### （4）维持地下水位动态平衡所需要的补给水量

当河道水位高于两岸地下水位时，河水将通过渗漏补给地下水；地下水位高于河道水位，地下水补给地表水。工程区地下水类型为第四系松散堆积层孔隙水与基岩裂隙水，主要由降水与地表水补给，地下水位和流量随季节而变化，向河谷排泄。因两岸谷坡地形陡峭，地表径流通畅，基岩谷坡地表径流迅速泄于河中。两岸第四系堆积层透水性强，雨季有孔隙水渗出。地下水与地表水的关系为地下水单向补给地表水，因此，也不存在维持地下水位动态平衡所需要的补给水量。

### （5）河道内输沙需水量

根据泥沙资料分析，姚家平水利枢纽运行期内水库不排沙，不需维持河口冲淤平衡。因此，本次不考虑河道内输沙需水量。

### （6）河道外生态需水量

工程区域两岸植被主要为灌丛及农田，两岸植被生长所需水分主要来自地下孔隙水，而河段地下孔隙水为单向补给河道，因此下游无河道外生态需水的需求。

### （7）用水需求综合分析

综上所述，工程评价河段生态环境需水量主要考虑维持水生生态系统稳定所需要的生态流量和维持河道水质的最小稀释净化水量。

#### 5.1.1.2 敏感保护对象及生境需求条件的确定

根据相关文献资料记载和现场调查结果，清江上游水域内仍分布有

齐口裂腹鱼、青石爬鮡、短体副鳅等珍稀保护鱼类。其中齐口裂腹鱼个体较大，对水深、流速的需求相对较高；青石爬鮡为国家二级保护动物，且在区域有一定资源分布。生态流量的下泄应满足坝下游河段维持敏感保护对象的生态需水，因此评价区以齐口裂腹鱼为代表的裂腹鱼类和以青石爬鮡为代表的鮡类为主要保护对象，开展生态流量计算。

齐口裂腹鱼是长江上游特有鱼类，是我国特有的重要冷水性经济鱼类，底层生活，生境要求水温较低，并喜于生活于急缓流交界处。齐口裂腹鱼生长缓慢，性成熟晚。产卵季节有短距离洄游，其繁殖季节为 3~6 月，产沉性卵，具弱粘性，受精卵沉于水底，易被流水带入砾石间而继续发育，产后亲鱼于 9~10 月回到江河深水处或水下岩洞中越冬。其产卵繁殖活动对生境要求较高，一般选择在河床底质砾石相对粗大、水流缓急交错的地方进行，产卵时需要一定的水流刺激，并伴随着短距离的生殖洄游。文献资料显示，齐口裂腹鱼天然产卵期的水深阈值为 0.5~1.5m；适宜流速范围为 0.5~2.5m/s，偏好流速为 0.5~1.8m/s。

青石爬鮡为国家二级重点保护野生动物，是长江上游特有鱼类，个体较小，多生活在山区河流中，喜流水多石河段，常贴附于石上，营底栖生活，生长缓慢。繁殖季节为 6~7 月，8~10 月为育幼期，11-次年 5 月为成长期，常在急流多石的河滩上产卵，产卵场主要在流水的石缝中，受精卵粘性，粘附在砾石上发育孵化。石爬鮡属鱼类的绝对怀卵量较少，常见的在 200-400 粒，产卵时对生境具有一定要求。青石爬鮡栖息地流速变幅大，适宜流速范围在 0.45~1.74m/s，最大水深一般为 0.25~0.6m。

### 5.1.1.3 研究河段及断面选取

#### (1) 研究河段

清江干流恩施段河长约 275km，干流目前已建成 8 座梯级，从上游

至下游依次为三渡峡、雪照河、大河片、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙、水布垭，其中红庙水电站已经退出运行。姚家平水利枢纽坝址位于天楼地枕坝址上游约 2.5km，库区回水长度约 15.7km，坝下已建工程天楼地枕和龙王塘均不具备调节能力，大龙潭水库具有季调节能力，库区回水至龙王塘坝下。

结合区域水生态环境现状及已建工程情况，确定生态流量研究河段为姚家平坝址至龙王塘坝址间约 12.6km 河段。研究河段情况见图 5.1-1。



图 5.1-1 姚家平工程生态流量计算河段范围

(2) 研究断面

为了分析计算河段鱼类生长发育适宜情况以及典型断面处水文情势变化情况，对计算河段进行了大断面测量，在坝址处、厂址处、鱼类重要生境处、河道弯曲处、急流段、滩地段、支流汇入处等典型位置均布设断面。

为了计算姚家平水利枢纽下游河段水生生态需水量，根据区域鱼类

的生境条件和生活特点，以及河流形态特点，分别选取 D004（坝下减水河段）、D007（坝下减水河段）、D018（天电坝下宽浅断面）、D027（天电坝下宽浅断面）、D045（甘名溪汇口附近宽浅断面）、D046（甘名溪汇口附近宽浅断面）作为特征研究断面。各断面形状如图 5.1-2 所示。

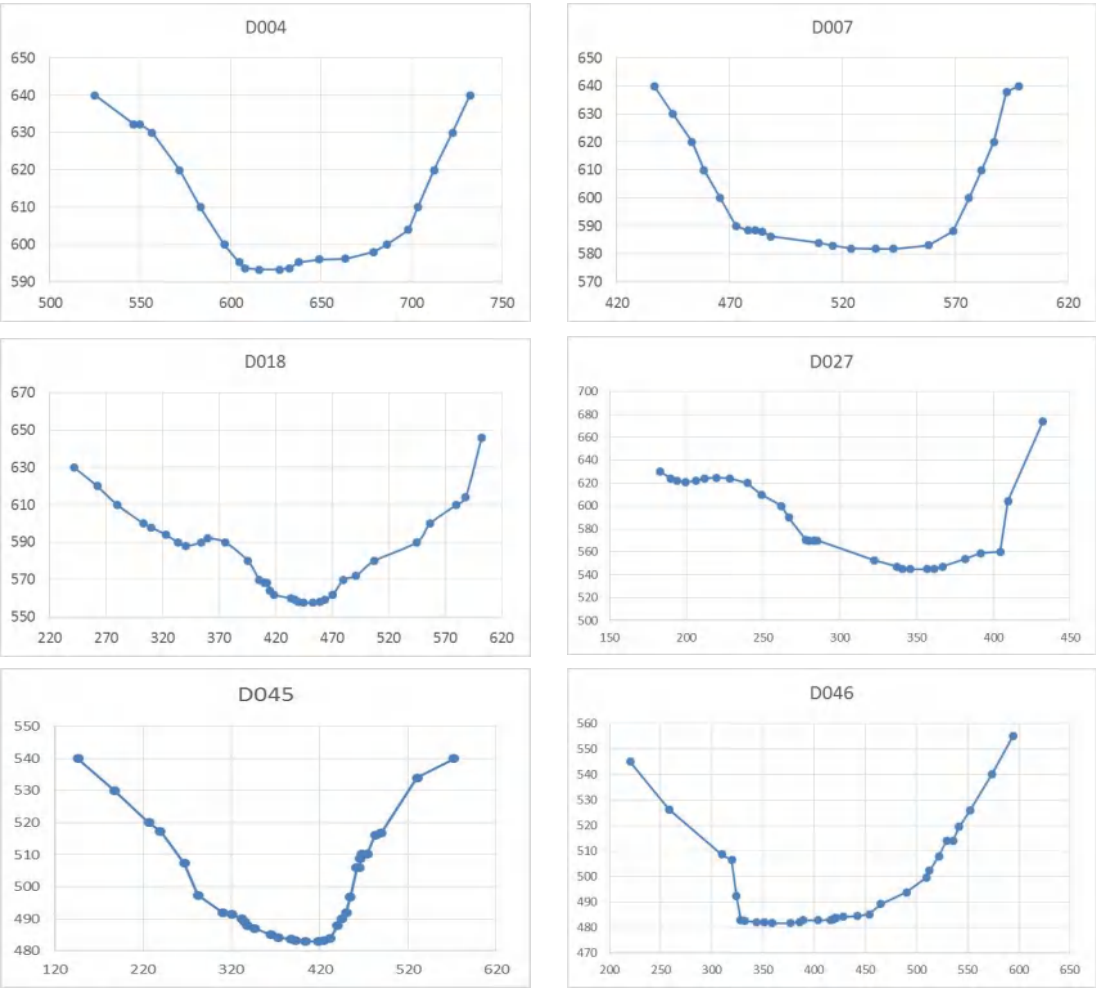


图 5.1-2 坝下河段特征断面形状

#### 5.1.1.4 水生生态需水量计算

《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）明确水生生态需水计算中，应采用水力学法、生态水力学法、水文学法等方法计算水生生态流量。

##### （1）水文学法

水文学法，又称历史流量法，是以河道的历史流量为基础，采用简单的水文指标对河流流量进行设定，最常用的代表性方法是 Tennant 法。

Tennant 法也叫蒙大拿（Montana）法，是在对美国东部、西部和中西部 11 条河流的生境和用途参数进行广泛现场调查的基础上于 1976 年提出的。Tennant 法根据水文资料和现场调查结果，以年平均径流量百分数来描述河道内流量状态，其推荐的流量标准见表 5.1-1。

表 5.1-1 保护鱼类、野生动物、娱乐和有关环境资源的河流状况

流量状况描述	枯水期推荐的基流 (%年平均流量)	汛期推荐的基流 (%年平均流量)
泛滥或最大	200	200 (48-72/小时)
最佳范围	60-100	60-100
非常好	40	60
很好	30	50
好	20	40
一般或退化	10	30
差或最小	10	10
严重退化	0-10	0-10

目前清江干流已建成的 9 座梯级（不含已退出运行的红庙水电站），生态流量核定值在 9.8~11.7%之间。《湖北省清江流域水生态环境保护条例》规定“清江流域内的水电站应当配套建设生态流量泄放设施，合理安排闸坝下泄水量，保证最小下泄生态流量不低于本河段多年平均径流量的 10%”。根据《长江经济带生态环境保护规划》和《长江保护修复攻坚战行动计划》要求，长江干支流主要控制断面生态基流占多年平均流量的 15%左右。

考虑流域梯级开发程度和有关规定要求，依据《河湖生态环境需水计算规范》（SL/T 712-2021），综合考虑姚家平坝下河段水资源和生态环境状况，坝址断面生态流量按照非汛期、汛期分别取多年平均流量的 15%和 30%进行控制。

姚家平水利枢纽坝址断面多年平均流量为  $51.9\text{m}^3/\text{s}$ ，结合 Tennant 法标准，分别以该断面处多年平均流量的 15% ( $7.79\text{m}^3/\text{s}$ ) 和 30% ( $15.57\text{m}^3/\text{s}$ ) 作为非汛期（11 月～次年 3 月）和汛期（4～10 月）Tennant 法推荐的生态流量。

## （2）水力学法

水力学法认为一定流量下河流断面的水力参数可以来指示鱼类栖息地的情况，这些参数包括：湿周、水位、流速、水面宽度等，并以这些参数来设定栖息地的保护标准。水力学法主要有湿周法和 R2-Cross 法。

### 1) 湿周法

湿周法是以湿周（河床底质被水流淹没的部分，见图 5.1-3）作为衡量栖息地质量的指标，利用湿周与流量的关系曲线来估算河道内流量的最小值。该法的基本假设是湿周和水生生物栖息地的有效性有直接的联系，确保一定水生生物栖息地的湿周，就能满足水生生物正常生存的要求。通过建立河道断面湿周与流量的关系曲线，确定该曲线的拐点，该拐点对应的流量值就是河道最小生态需水值，由此流量值即可估算出最小需水量的推荐值，见图 5.1-3。

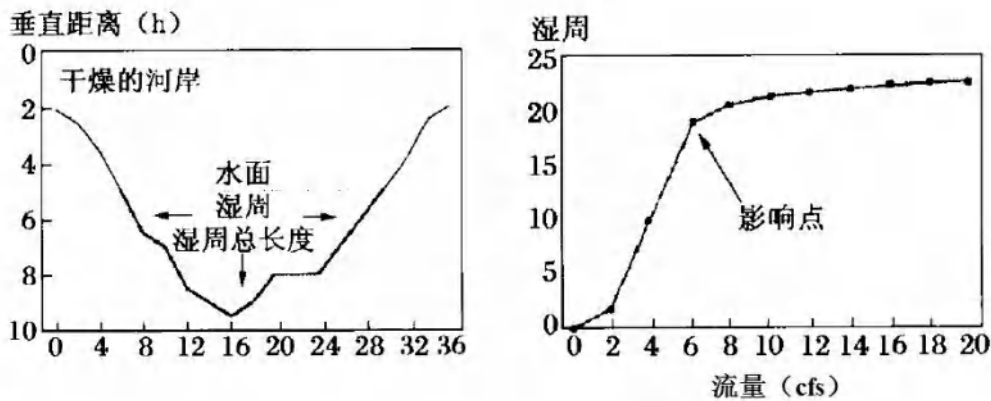


图 5.1-3 湿周的定义及湿周流量关系

湿周法受到河道形状的影响较大，比较适用于宽浅型和抛物线型河



道，同时要求河床形状稳定，否则没有稳定的湿周一流量关系曲线，也就没有固定的增长变化点。

根据谢才公式，可以导出湿周-流量关系式：

$$Q = \frac{1}{n} A^{5/3} \chi^{-2/3} j^{-1/2}$$

式中： $Q$  为河道流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ； $A$  为过水面积， $\text{m}^2$ ； $\chi$  为河流断面的湿周， $\text{m}$ ； $j$  为水力坡度； $n$  为糙率。

采用湿周法分析时，湿周、流量一般采用相对于多年平均流量下的相对值表示，即：

相对流量  $x = \text{流量} / \text{多年平均流量} (\%)$

相对湿周长  $y = \text{湿周长} / \text{多年平均流量下的湿周长} (\%)$

湿周法以浅滩断面湿周-流量曲线上的拐点所对应的流量作为水生生态需水量建议值，但由于河流实际断面的湿周-流量曲线往往很少只有一个拐点，多数是有多个拐点或者没有明显的拐点，人为确定拐点往往会有较大的偏差。Gippel 等（1998）对湿周法作了改进，采用数学方法来确定流量拐点并提出了两种方式来确定拐点：设定斜率对应点（斜率法）或最大曲率对应点（曲率法），认为采用斜率法较为合适，可选择斜率为 1 的点作为拐点。一般情况下，采用幂函数或对数函数来拟合湿周-流量关系。

幂函数形式如下：

$$y = ax^b$$

式中， $a$ 、 $b$  为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y = abx^{b-1}$$

当  $y=1$  时， $x = \left( \frac{a}{ab} \right)^{1/b-1}$

对数函数形式如下：

$$y = a \ln(x) + b$$

式中， $a$ 、 $b$  为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y' = \frac{a}{x}$$

当  $y'=1$  时， $x=a$

根据 D004、D007、D018、D027、D045、D046 的断面作为湿周法计算的控制断面，采用对数函数作为湿周流量关系曲线的拟合函数。各断面湿周-流量关系曲线见图 5.1-4 所示。

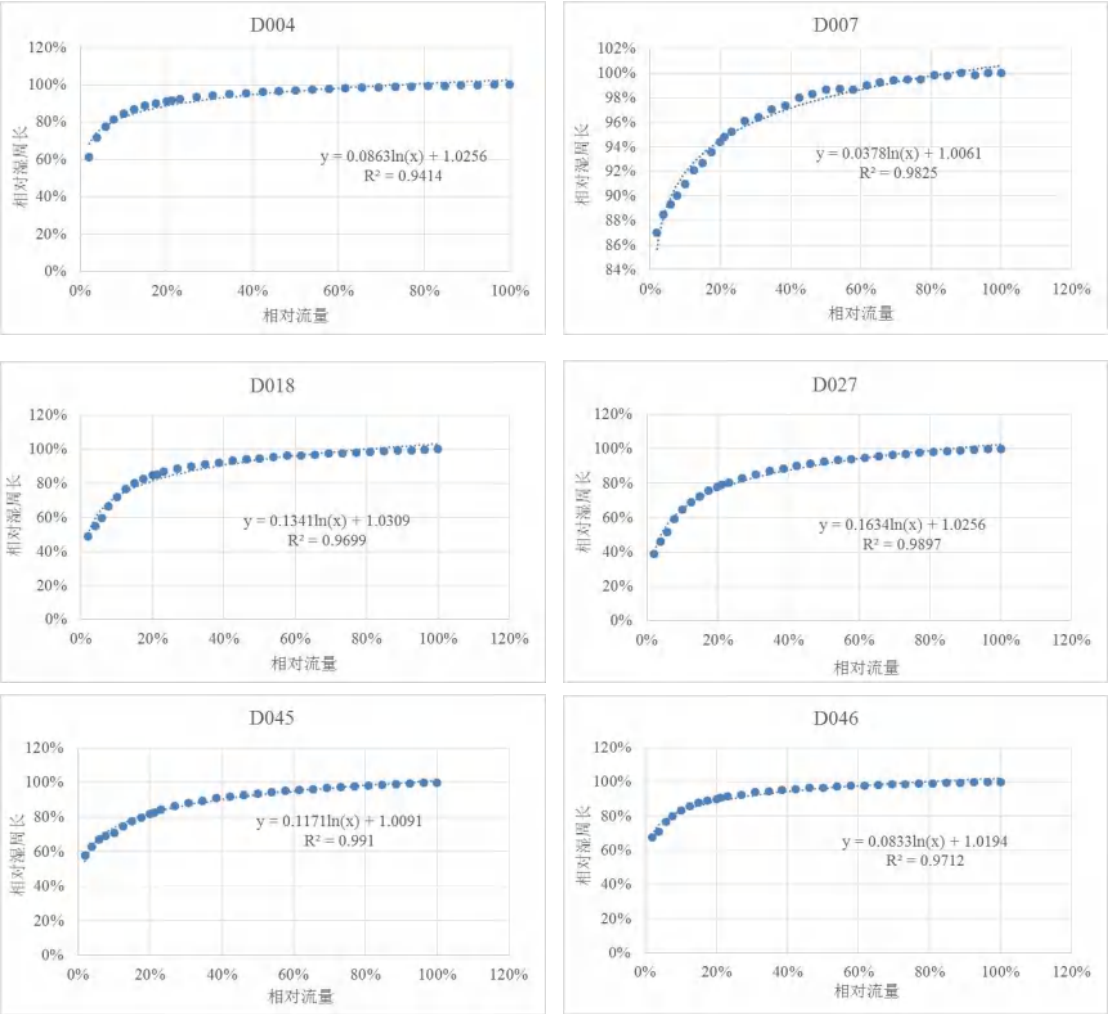


图 5.1-4 坝下河段特征断面的湿周-流量曲线

根据各断面的湿周-流量曲线，采用曲线斜率为 1 的方法拟定各断面的拐点，由拐点处流量估算最小生态流量，并计算各断面生态流量下的水深等水力要素，计算结果见表 5.1-2。

表 5.1-2 各断面湿周法估算结果

断面名称	距姚家平坝址距离 (m)	拐点对应的流量		湿周率 (%)	外包 (m³/s)
		占多年平均流量的比例 (%)	流量 (m³/s)		
D004	611	8.63	4.48	81.4	8.48
D007	1229	3.78	1.96	88.5	
D018	3352	13.41	6.96	76.8	
D027	5083	16.34	8.48	72.5	
D045	8950	11.71	6.08	74.6	
D0046	9221	8.33	4.32	81.0	

## 2) R2-Cross 法

R2-Cross 法认为河流流量的主要生态功能是维持河流栖息地，尤其是浅滩栖息地。该方法采用河流宽度、平均水位、平均流速以及平滩湿周率（湿周长与平滩水位对应的湿周长的百分比）等指标来评估河流栖息地的保护水平，从而确定河流目标流量。

R2-Cross 法确定了平均深度、平均流速以及平滩湿周率作为冷水鱼栖息地指数，认为如能在浅滩类栖息地保持这些参数在足够的水平，将足以维护鱼类和水生无脊椎动物在深潭和正常河道处的水生生境。

R2-Cross 法适用于浅滩栖息地类型的河流，其原始的水力参数标准适合冷水鱼类。但不同河流，水生生物不同，各种不同的生物有着不同的流速、水位偏好度，应该根据研究水域的水生生物的特点对水力参数标准值进行修正。R2-Cross 法主要用于中小型河流的分析，其仅对河宽 30.5 米以下的河流提出了水力参数标准。R2-Cross 法的最小流量设定标准见表 5.1-3。

表 5.1-3 R2-Cross 法确定最小流量的标准

河宽	平均水深 (m)	平均湿周率 (%)	平均流速 (m/s)
0.3-6.3	0.06	50	0.3
6.3-12.3	0.06-0.12	50	0.3
12.3-18.3	0.12-0.18	50-60	0.3
18.3-30.5	0.18-0.3	70	0.3

根据《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影

响评价技术指南（试行）》，R2-Cross 法主要适用于河宽 30.5m 以下的小型河流。姚家平坝址处多年平均流量 51.9 m<sup>3</sup>/s，为中型河流，但由于清江干流大多为峡谷河段，河道相对较为狭窄，本次采用 R2-Cross 法计算的结果可作为参考。同时结合评价河段生境特点，针对鱼类繁殖的敏感时期用水需求，对 R2-Cross 法的水力参数标准进行修订，见表 5.1-4。

表 5.1-4 姚家平坝下河段鱼类生存的水力参数标准

河宽	一般用水期（11 月~3 月）			鱼类繁殖期（4~6 月） 及丰水期（7~10 月）		
	平均水深 (m)	平均湿周率 (%)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	平均湿周率 (%)	平均流速 (m/s)
≤18.3	0.12-0.18	50	0.3	0.3	60	0.5
18.3-30.5	0.18-0.3	60	0.3	0.3	70	0.5

R2-Cross 法的控制断面与湿周法一致，选取 D004、D007、D018、D027、D045、D046 等 6 个浅滩特征明显的断面。根据河道水力计算成果，结合表 5.1-4 中的水力标准，确定不同时段满足鱼类生存的水力参数标准所需的流量，见表 5.1-5。

表 5.1-5 不同时期满足各水力参数标准所需流量结果表

断面	水期	流量大小 (m <sup>3</sup> /s)	对应参数				外包值
			河宽 (m)	平均水深 (m)	湿周率 (%)	流速(m/s)	
D004	11~3 月	5.19	15.3	0.23	84	0.86	6.49
D007		5.19	19.0	0.2	91	1.83	
D018		5.19	9.8	0.18	72	0.96	
D027		6.49	12.5	0.18	69	0.91	
D045		5.19	21.1	0.2	71	0.34	
D046		6.49	26.6	0.2	86	0.84	
D004	4~10 月	14.27	17.4	0.39	93	1.26	14.27
D007		12.98	24.1	0.41	96	2.6	
D018		14.27	10.4	0.31	88	1.2	
D027		14.27	12.8	0.3	83	1.1	
D045		14.27	21.8	0.31	86	0.54	
D046		14.27	30.5	0.31	92	1.1	

表 5.1-5 给出了不同时期 R2-Cross 法的计算成果。从中可以看出，一般用水期取各断面计算成果的最大值 6.49m<sup>3</sup>/s 作为一般用水期 11 月~

次年 3 月 R2-Cross 法推荐的生态流量；鱼类繁殖期和丰水期取各断面计算成果的最大值 14.27m<sup>3</sup>/s 作为 4~10 月 R2-Cross 法推荐的生态流量。

### (3) 生态水力学法

生态水力学法以鱼类对河流水深、流速等水力生境参数及急流、缓流、浅滩、深潭等水力形态指标的要求评估河流生境状况，假设水深、流速、湿周、水面面积等是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数。

生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准见表 5.1-6。

表 5.1-6 “生态水力学法” 确定大型河流最小流量的水力生境参数标准

参数指标	最低标准参数值	累计河段长度的百分比
最大水深	鱼类体长的 2~3 倍	95%
平均水深	≥0.3m	95%
平均流速	≥0.3m/s	95%
水面宽度	≥30m	95%
湿周率	≥50%	95%
过水断面面积	≥30m <sup>2</sup>	95%
水域水面面积	≥70%	
水温	适合鱼类生存、繁殖	

根据《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》的要求，生态水力学法主要适用于大中型河流内的水生生物所需的生态流量计算，对于中型河流，表 5.1-6 中标准可适当降低。姚家平坝址处多年平均流量为 51.9m<sup>3</sup>/s，为中型河流，本报告结合研究河段的实际情况以及鱼类资源调查结果，鱼类平均体长为 20~30cm（重点关注的齐口裂腹鱼和青石爬鮡，本次调查的平均体长分别为 15.9cm 和 12.4cm），鱼类体长按照最大水深为鱼类体长的 2~3 倍的要求，最大水深至少为 25~32cm。对于一般用水期（11 月至翌年 3 月）最大水深不小于 0.25m，对于鱼类特别保护期（4~6 月）和丰水期（7~10 月）最大水

深不小于 0.32m。修订后的水力生境参数见表 5.1-7。

表 5.1-7 姚家平坝下河段的水力生境参数标准

项 目	生态水力学法推荐水力参数		
生态参数指标	最低标准参数值		累计河段长度的百分比
	一般用水期（11 月至翌年 3 月）	鱼类繁殖期（4~6 月）、丰水期（7~10 月）	
1.最大水深	≥0.25	≥0.32m	95%
2.平均水深	≥0.2m	≥0.25m	95%
3.平均流速	≥0.3m/s	≥0.5m/s	95%
4.水面宽度	≥10m	≥12m	95%
5.湿周率	≥50%	≥60%	95%
6.水面面积	≥70%	≥70%	

为较全面了解姚家平下游河段的水力生境参数分布特点，以坝址多年平均流量的 10%为计算工况的最小流量，初步拟定多年平均流量的 10%、12.5%、15%、17.5%、20%、25%、30%共 7 个模拟工况，对各工况下河段内的水力生境参数进行试算，进而确定不同时段生态流量。

经多次试算，结果表明：同时满足上述一般用水期要求的最小流量为 7.79m<sup>3</sup>/s，占坝址处多年平均流量比例为 15%。该流量状态下姚家平坝址~龙王塘河段的生境情况见表 5.1-8。

表 5.1-8 7.79m<sup>3</sup>/s 流量对应生境参数（11~次年 3 月）

序号	生境参数指标	7.79m <sup>3</sup> /s 对应的参数值
1	最大水深	≥0.25m 的累计河段长度比例为 95.3%，大于标准要求的 ≥95%
2	平均水深	≥0.2m 的累计河段长度比例为 100%，大于标准要求的“≥0.2m 的累计河段长度比例 ≥95%”
3	平均流速	≥0.3m/s 的累计河段长度比例为 100%，大于标准要求的 ≥95%
4	水面宽	≥10m 的累计河段长度比例为 97%，大于标准要求的底限值
5	湿周率	≥50%的累计河段长度比例为 97%，大于标准要求的 ≥95%
6	水面面积	占枯期多年平均流量对应水面面积的 72%，大于标准要求的 ≥70%

同时满足上述鱼类繁殖期及丰水期（4~10 月）要求的最小流量为 15.57m<sup>3</sup>/s，占坝址处多年平均流量比例为 30%。该流量状态下姚家平坝

址~龙王塘河段的生境情况见表 5.1-9。

表 5.1-9 15.57m<sup>3</sup>/s 流量对应生境参数（11~次年 3 月）

序号	生境参数指标	15.57m <sup>3</sup> /s 对应的参数值
1	最大水深	≥0.32m 的累计河段长度比例为 96.1%，大于标准要求的≥95%
2	平均水深	≥0.25m 的累计河段长度比例为 95%，大于标准要求的“≥0.2m 的累计河段长度比例≥95%”
3	平均流速	≥0.5m/s 的累计河段长度比例为 100%，大于标准要求的≥95%
4	水面宽	≥12m 的累计河段长度比例为 97%，大于标准要求的底限值
5	湿周率	≥60%的累计河段长度比例为 97%，大于标准要求的≥95%
6	水面面积	占枯期多年平均流量对应水面面积的 79%，大于标准要求的≥70%

对于研究河段而言，最大水深和平均水深是约束最小流量值的敏感参数，其余参数均相对较容易达到标准要求。达到标准提出的“最大水深≥0.25m 的累计河段长度比例为 95%”这一要求的最小流量为 7.79m<sup>3</sup>/s，而此流量状态下，其余参数均大于标准要求的限值。结合研究河段特点，“最大水深≥0.25m 的累计河段长度比例为 95%”成为约束最小流量值的敏感参数是合理的。

#### 5.1.1.5 水环境需水

《河湖生态环境需水计算规范》（SL/Z712-2021），维持水功能区纳污能力是保护水域使用功能水质的基本要求，可将水功能区纳污能力设计水文条件作为维持河道自净功能的最小流量。

依据《水域纳污能力计算规程》（GB25713-2010），采用 90%保证率最枯月平均流量作为姚家平坝下维持河道水环境所需的最小流量。基于姚家平坝址断面 1958~2018 年逐月经流系列，求得到断面维持河道水环境所需的最小流量为 5.28m<sup>3</sup>/s。

5.1.1.6 生态流量综合确定

根据 Tennant 法、湿周法、R2-Cross 法、生态水力学法以及  $Q_{90}$  计算结果（见表 5.1-10），将各方法计算结果取外包值，推荐姚家平水利枢纽坝下游生态流量在 11 月至翌年 3 月不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 16.3%），在 4~10 月不应低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 30.0%）。

表 5.1-10 姚家平水利枢纽生态流量

计算方法	一般用水期（11 月至翌年 3 月）	鱼类繁殖期（4~6 月） 丰水期（7~10 月）
Tennant 法	7.79	15.57
湿周法	8.48	
R2-Cross 法	6.49	14.07
生态水力学法	7.79	15.57
$Q_{90}$	5.28	
外包值	8.48	15.57

5.1.2 施工期水文情势影响

（1）施工导流期

根据坝址河段的水文特性、地形、地质条件和枢纽工程总体布置以及碾压混凝土拱坝的施工特点，姚家平水利枢纽工程采用两套导流系统，包括碾压混凝土大坝导流系统和主厂房尾水建筑物导流系统。碾压混凝土大坝施工导流采用一次拦断河床，全年围堰挡水、隧洞导流的方式。主厂房尾水建筑物导流采用隧洞导流的方式。

碾压混凝土大坝导流系统设两条导流隧洞，左岸 1#隧洞导清江上游来水，大坝升至上游围堰高程以上后，坝体挡水，坝身放空底孔与左岸 1#导流隧洞联合泄洪度汛。右岸 2#导流隧洞将小溪河支流来水导向主厂房下游。上游围堰轴线位于拱坝上游约 210m，大坝下游围堰位于导流洞出口上游约 60m。



主厂房尾水建筑物导流系统在左岸设一条导流隧洞(3#导流隧洞)。上游围堰布置在进厂交通桥上游,下游围堰布置在尾水洞出口下游约170m。

导流洞导流能力满足施工期导流要求,对坝下游水文情势影响仅局限于近坝区河段,在导流洞出口区域产生流速较大的急流段,但影响范围有限,因此,工程施工导流期间对坝下游水文情势影响不大。

## (2) 初期蓄水期

根据施工总进度安排,第8年10月1#导流隧洞和2#导流隧洞依次下闸封堵,初期蓄水期间,通过左岸生态补水临时隧洞下泄生态流量。当水位达到665m后,生态补水隧洞封堵,生态流量通过坝身底、中孔控泄;当水位达到死水位715m后,生态机组可运行发电,生态流量通过生态机组下泄。

初期蓄水在枯水期进行,坝下河段流量较天然流量总体减小,但该时期下游河段流量可以满足枯水期生态流量的要求。

## 5.1.3 运行期库区水文情势影响

### 5.1.3.1 模型构建

#### (1) 计算模型

姚家平水库为典型的河道型水库,库区水动力计算采用纵向一维数学模型。利用 MIKE11 构建姚家平库区纵向一维水动力模型。

#### (2) 边界条件

采用设计水平年,姚家平水利枢纽建成运行后,典型丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)的逐月入库流量作为水库模型的入流边界条件,库区月末水位作为水位边界条件。

5.1.3.2 库区水文情势影响预测结果

(1) 代表断面的选择

选取姚家平库区清江干流上的云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前断面，以及云龙河上的云龙地缝景区下游断面、小溪河上的小溪河断面等 6 个断面，分析新建姚家平水利枢纽工程运行对库区水文情势的影响，断面情况见表 5.1-11 和图 5.1-5。

表 5.1-11 库区水文情势影响分析断面

序号	断面名称	所在水体	距姚家平坝址（河口）距离（km）
1	云龙河汇口下	清江干流	12.8
2	大峡谷大桥	清江干流	10.87
3	高台村	清江干流	4.15
4	坝前	清江干流	0.15
5	云龙地缝景区下游	云龙河	(2.58)
6	小溪河	小溪河	(0.20)



图 5.1-5 库区水文情势影响分析断面示意图

(2) 水位变化

现状情况下,坝址断面各典型年河道水位在 595.92m-599.18m 之间;姚家平水库建成后,各典型年坝前月均水位基本在 716.8m 以上,较建库前水位抬升约 121~145m,坝址断面各典型年逐月水位变化如表 5.1-12 和图 5.1-6 所示。坝址断面丰水年平均水位较建库前抬高 136.54m,平水年平均水位较建库前抬高 136.77m,枯水年平均水位较建库前抬高 135.33m。

表 5.1-12 新建姚家平水库坝前水位变化 单位: m

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
1	597.14	725.08	127.94	597.74	725.00	127.26	596.82	723.67	126.85
2	598.08	730.57	132.49	598.16	730.08	131.92	597.85	729.94	132.09
3	598.18	735.00	136.82	597.60	735.00	137.40	597.92	735.00	137.08
4	598.35	735.00	136.65	597.84	735.00	137.16	597.28	735.00	137.72
5	597.36	735.33	137.96	597.35	735.34	137.99	596.95	734.24	137.29
6	597.59	743.24	145.65	597.24	740.49	143.25	597.40	742.95	145.55
7	597.64	743.44	145.80	597.21	743.16	145.95	596.16	739.42	143.26
8	597.53	740.01	142.48	596.99	739.91	142.91	596.86	738.88	142.02
9	596.57	736.27	139.69	596.56	736.33	139.76	596.31	736.26	139.95
10	596.14	731.20	135.06	596.70	732.64	135.94	595.95	729.92	133.97
11	596.21	726.11	129.90	596.55	729.14	132.59	596.08	722.97	126.89
12	597.52	725.62	128.10	596.51	725.61	129.10	596.42	717.67	121.25
平均	597.36	733.91	136.54	597.20	733.97	136.77	596.83	732.16	135.33

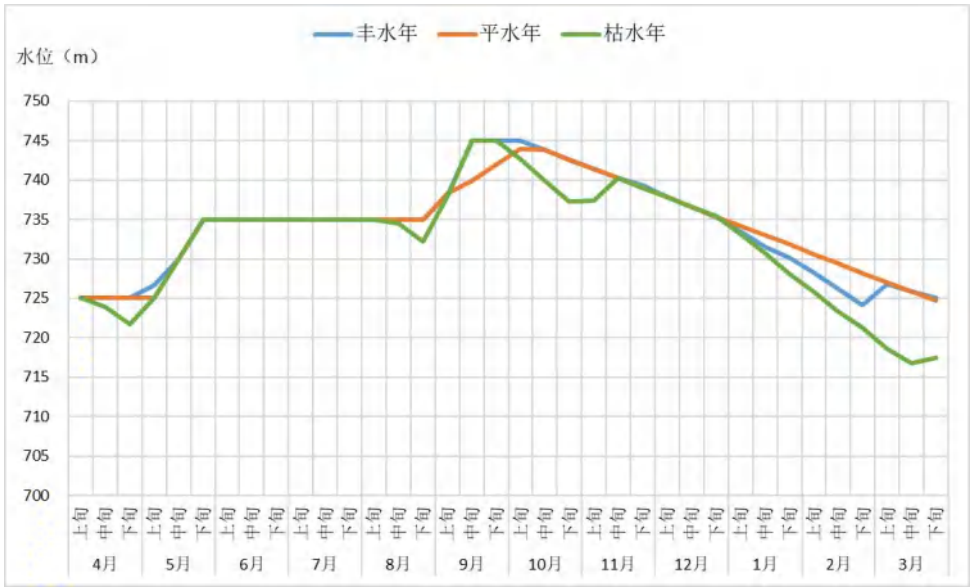


图 5.1-6 姚家平水库建成后坝前水位变化图

### (3) 流速变化

由于水库水深增加，库区内流速减缓，各典型年库区代表断面流速变化见表 5.1-13~表 5.1-15。

丰水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 1.598m/s、2.039m/s、2.598m/s、2.323m/s、1.134m/s、2.459m/s；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 0.015m/s、0.011m/s、0.002m/s、0.002m/s、0.617m/s、0.05m/s，分别降低 1.583m/s、2.028m/s、2.595m/s、2.321m/s、0.517m/s、2.409m/s。

平水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 1.494m/s、1.881m/s、2.433m/s、2.393m/s、1.057m/s、2.351m/s；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 0.012m/s、0.009m/s、0.002m/s、0.002m/s、0.584m/s、0.043m/s，分别降低 1.481m/s、1.872m/s、2.431m/s、2.392m/s、0.472m/s、2.308m/s。

枯水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 1.257m/s、1.566m/s、2.035m/s、2.148m/s、0.906m/s、1.992m/s；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均流速分别为 0.009m/s、0.006m/s、0.001m/s、0.001m/s、0.498m/s、0.039m/s，分别降低 1.248m/s、1.56m/s、2.034m/s、2.147m/s、0.408m/s、1.953m/s。

表 5.1-13

丰水年姚家平库区流速变化

单位: m/s

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口 下	建库前	1.438	2.073	2.093	2.184	1.581	1.823	1.787	1.726	1.056	0.827	0.882	1.706	1.598	2.184	0.827
	建库后	0.015	0.030	0.028	0.028	0.010	0.010	0.010	0.011	0.003	0.002	0.004	0.025	0.015	0.030	0.002
	变化	-1.423	-2.042	-2.066	-2.157	-1.571	-1.813	-1.777	-1.715	-1.052	-0.824	-0.878	-1.681	-1.583	-2.154	-0.824
大峡谷大桥	建库前	1.784	2.723	2.812	2.941	1.957	2.266	2.271	2.174	1.298	1.006	1.076	2.161	2.039	2.941	1.006
	建库后	0.010	0.022	0.021	0.021	0.007	0.008	0.008	0.008	0.003	0.002	0.003	0.017	0.011	0.022	0.002
	变化	-1.774	-2.701	-2.791	-2.920	-1.949	-2.258	-2.263	-2.165	-1.296	-1.004	-1.073	-2.145	-2.028	-2.919	-1.004
高台村	建库前	2.343	3.395	3.339	3.562	2.581	2.993	2.936	2.829	1.698	1.310	1.402	2.788	2.598	3.562	1.310
	建库后	0.002	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.005	0.001
	变化	-2.342	-3.390	-3.334	-3.557	-2.579	-2.991	-2.933	-2.826	-1.697	-1.309	-1.401	-2.785	-2.595	-3.557	-1.309
坝前	建库前	2.374	2.445	2.569	2.469	2.475	2.475	2.460	2.467	2.107	1.742	1.847	2.448	2.323	2.569	1.742
	建库后	0.001	0.004	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001
	变化	-2.372	-2.441	-2.564	-2.465	-2.473	-2.473	-2.458	-2.465	-2.106	-1.741	-1.846	-2.448	-2.321	-2.564	-1.741
云龙地缝景 区下游	建库前	1.051	1.412	1.480	1.518	1.066	1.205	1.207	1.163	0.753	0.763	0.783	1.205	1.134	1.518	0.753
	建库后	0.990	1.261	0.967	1.021	0.429	0.050	0.049	0.081	0.137	0.612	0.647	1.159	0.617	1.261	0.049
	变化	-0.061	-0.151	-0.513	-0.497	-0.637	-1.155	-1.158	-1.083	-0.616	-0.151	-0.136	-0.046	-0.517	-0.046	-1.158
小溪河	建库前	2.332	3.047	3.162	3.224	2.487	2.709	2.714	2.637	1.742	1.354	1.451	2.645	2.459	3.224	1.354
	建库后	0.069	0.117	0.082	0.082	0.029	0.021	0.022	0.026	0.010	0.008	0.018	0.115	0.050	0.117	0.008
	变化	-2.263	-2.930	-3.080	-3.143	-2.459	-2.689	-2.692	-2.611	-1.733	-1.345	-1.433	-2.530	-2.409	-1.345	-3.143

表 5.1-14

平水年姚家平库区流速变化

单位: m/s

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口 下	建库前	1.932	2.113	1.776	1.915	1.584	1.481	1.477	1.304	1.069	1.143	1.084	1.046	1.494	2.113	1.046
	建库后	0.034	0.032	0.014	0.018	0.010	0.006	0.006	0.005	0.003	0.005	0.005	0.006	0.012	0.034	0.003
	变化	-1.898	-2.081	-1.762	-1.897	-1.574	-1.475	-1.471	-1.299	-1.065	-1.138	-1.079	-1.040	-1.481	-2.079	-1.042
大峡谷大桥	建库前	2.474	2.797	2.250	2.461	1.967	1.832	1.827	1.612	1.318	1.411	1.337	1.289	1.881	2.797	1.289
	建库后	0.023	0.023	0.011	0.013	0.008	0.005	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.009	0.023	0.003
	变化	-2.452	-2.775	-2.239	-2.448	-1.959	-1.827	-1.822	-1.608	-1.315	-1.407	-1.333	-1.285	-1.872	-2.775	-1.286
高台村	建库前	3.162	3.462	2.913	3.142	2.590	2.413	2.406	2.116	1.721	1.845	1.746	1.682	2.433	3.462	1.682
	建库后	0.004	0.005	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001
	变化	-3.158	-3.457	-2.910	-3.139	-2.588	-2.412	-2.404	-2.115	-1.720	-1.844	-1.745	-1.681	-2.431	-3.457	-1.681
坝前	建库前	2.462	2.446	2.494	2.457	2.457	2.539	2.488	2.429	2.225	2.269	2.261	2.194	2.393	2.539	2.194
	建库后	0.003	0.004	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.001
	变化	-2.459	-2.442	-2.491	-2.454	-2.455	-2.538	-2.486	-2.428	-2.224	-2.268	-2.260	-2.193	-2.392	-2.535	-2.193
云龙地缝景 区下游	建库前	1.331	1.446	1.198	1.293	1.071	1.009	1.007	0.908	0.764	0.850	0.908	0.897	1.057	1.446	0.764
	建库后	1.299	1.298	0.659	0.769	0.435	0.044	0.029	0.034	0.113	0.810	0.774	0.749	0.584	1.299	0.029
	变化	-0.032	-0.149	-0.539	-0.524	-0.636	-0.965	-0.978	-0.874	-0.651	-0.040	-0.134	-0.148	-0.472	-0.032	-0.978
小溪河	建库前	2.864	3.104	2.705	2.855	2.490	2.414	2.372	2.168	1.780	1.910	1.808	1.739	2.351	3.104	1.739
	建库后	0.156	0.120	0.043	0.053	0.030	0.015	0.013	0.012	0.010	0.017	0.022	0.028	0.043	0.156	0.010
	变化	-2.707	-2.984	-2.663	-2.802	-2.460	-2.399	-2.359	-2.157	-1.770	-1.893	-1.785	-1.711	-2.308	-1.711	-2.984

表 5.1-15

枯水年姚家平库区流速变化

单位: m/s

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口 下	建库前	1.217	1.964	1.985	1.523	1.310	1.630	0.840	1.237	0.930	0.673	0.784	0.990	1.257	1.985	0.673
	建库后	0.011	0.024	0.019	0.009	0.007	0.008	0.001	0.004	0.003	0.001	0.004	0.016	0.009	0.024	0.001
	变化	-1.206	-1.939	-1.966	-1.514	-1.304	-1.622	-0.839	-1.232	-0.928	-0.672	-0.780	-0.974	-1.248	-1.960	-0.672
大峡谷大桥	建库前	1.504	2.541	2.548	1.884	1.620	2.038	1.023	1.529	1.141	0.804	0.950	1.214	1.566	2.548	0.804
	建库后	0.007	0.017	0.014	0.007	0.005	0.007	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.007	0.006	0.017	0.001
	变化	-1.497	-2.523	-2.534	-1.877	-1.615	-2.032	-1.022	-1.525	-1.139	-0.803	-0.947	-1.207	-1.560	-2.531	-0.803
高台村	建库前	1.970	3.209	3.268	2.483	2.126	2.674	1.332	2.004	1.486	1.047	1.237	1.585	2.035	3.268	1.047
	建库后	0.001	0.004	0.004	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001
	变化	-1.969	-3.205	-3.264	-2.481	-2.125	-2.672	-1.332	-2.003	-1.485	-1.046	-1.236	-1.584	-2.034	-3.264	-1.046
坝前	建库前	2.367	2.476	2.446	2.521	2.414	2.419	1.771	2.371	1.988	1.357	1.637	2.009	2.148	2.521	1.357
	建库后	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001
	变化	-2.366	-2.473	-2.442	-2.519	-2.413	-2.417	-1.770	-2.370	-1.987	-1.356	-1.636	-2.008	-2.147	-2.517	-1.356
云龙地缝景 区下游	建库前	0.929	1.330	1.332	1.033	0.908	1.099	0.620	0.867	0.675	0.628	0.681	0.772	0.906	1.332	0.620
	建库后	0.857	1.198	0.813	0.468	0.618	0.048	0.016	0.037	0.129	0.496	0.583	0.715	0.498	1.198	0.016
	变化	-0.072	-0.132	-0.519	-0.564	-0.290	-1.052	-0.604	-0.831	-0.547	-0.132	-0.098	-0.057	-0.408	-0.057	-1.052
小溪河	建库前	2.016	2.916	2.915	2.449	2.141	2.490	1.377	2.061	1.536	1.081	1.278	1.641	1.992	2.916	1.081
	建库后	0.055	0.089	0.056	0.026	0.020	0.019	0.004	0.011	0.007	0.006	0.022	0.152	0.039	0.152	0.004
	变化	-1.961	-2.826	-2.859	-2.423	-2.122	-2.471	-1.373	-2.050	-1.529	-1.075	-1.256	-1.489	-1.953	-1.075	-2.859

#### (4) 水面宽变化

各典型年库区代表断面水面宽变化见表 5.1-16~表 5.1-18。

丰水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 32.14m、20.10m、18.61m、26.11m、11.09m、8.08m，水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 159.95m、236.72m、361.63m、307.26m、66.27m、422.49m，分别增加 127.82m、216.62m、343.02m、281.15m、55.18m、414.40m。

平水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 29.56m、18.79m、17.02m、20.90m、9.68m、7.38m，水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 160.13m、236.86m、362.74m、308.30m、65.92m、422.53m，分别增加 130.57m、218.07m、345.72m、287.41m、56.24m、415.15m。

枯水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 24.93m、16.49m、15.02m、14.08m、7.54m、6.10m；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均水面宽分别为 155.32m、227.06m、355.22m、304.41m、62.84m、421.31m，分别增加 130.39m、210.56m、340.20m、290.33m、55.30m、415.33m。



表 5.1-16

丰水年姚家平库区水面宽变化

单位: m

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	27.38	44.56	41.54	46.67	29.39	35.40	37.23	34.61	20.36	16.73	17.59	34.20	32.14	46.67	16.73
	建库后	137.05	152.03	162.80	162.80	163.86	184.92	184.50	175.55	165.73	152.46	139.41	138.33	159.95	184.92	137.05
	变化	109.67	107.48	121.26	116.13	134.47	149.52	147.27	140.94	145.38	135.73	121.82	104.12	127.82	138.25	120.32
大峡谷大桥	建库前	17.81	25.91	25.51	27.54	19.18	21.75	21.92	21.07	14.30	12.37	12.82	21.00	20.10	27.54	12.37
	建库后	194.60	222.27	240.54	240.54	242.30	285.16	287.72	261.98	245.41	223.35	199.47	197.25	236.72	287.72	194.60
	变化	176.79	196.36	215.03	213.00	223.12	263.40	265.80	240.91	231.11	210.98	186.65	176.24	216.62	260.19	182.23
高台村	建库前	15.81	24.34	26.01	27.66	16.82	18.80	19.61	18.70	13.10	11.62	11.96	18.92	18.61	27.66	11.62
	建库后	292.60	324.67	370.75	370.75	381.26	436.50	436.14	428.27	397.93	311.84	294.96	293.88	361.63	436.50	292.60
	变化	276.79	300.34	344.74	343.09	364.44	417.70	416.53	409.57	384.83	300.22	283.00	274.96	343.02	408.84	280.98
坝前	建库前	20.57	42.01	44.97	46.77	25.51	33.04	32.11	29.99	6.34	0.83	1.72	29.46	26.11	46.77	0.83
	建库后	281.41	300.41	315.68	315.68	316.13	325.07	324.89	321.09	316.93	304.94	282.73	282.13	307.26	325.07	281.41
	变化	260.84	258.39	270.71	268.91	290.62	292.03	292.78	291.10	310.59	304.11	281.01	252.66	281.15	278.30	280.58
云龙地缝景区下游	建库前	8.76	16.31	17.81	18.39	10.01	12.41	12.57	11.78	5.50	3.72	4.14	11.74	11.09	18.39	3.72
	建库后	46.43	57.17	65.91	65.91	66.81	95.66	95.04	81.54	68.59	57.49	47.75	46.96	66.27	95.66	46.43
	变化	37.66	40.86	48.09	47.51	56.80	83.25	82.47	69.76	63.10	53.77	43.61	35.22	55.18	77.27	42.71
小溪河	建库前	6.89	11.17	11.11	11.94	7.66	9.08	9.15	8.68	4.90	3.79	4.05	8.61	8.08	11.94	3.79
	建库后	417.27	420.68	423.14	423.14	423.38	428.18	428.09	426.04	423.81	420.78	417.80	417.56	422.49	428.18	417.27
	变化	410.38	409.51	412.03	411.19	415.72	419.10	418.94	417.37	418.90	416.99	413.76	408.94	414.40	416.24	413.48

表 5.1-17

平水年姚家平库区水面宽变化

单位: m

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	39.40	46.07	36.28	40.39	30.39	27.47	27.47	24.37	20.46	21.68	20.70	20.09	29.56	46.07	20.09
	建库后	136.75	150.83	162.80	162.80	163.92	177.61	183.89	175.28	165.95	156.36	147.24	138.19	160.13	183.89	136.75
	变化	97.35	104.76	126.52	122.41	133.52	150.14	156.41	150.92	145.48	134.68	126.54	118.10	130.57	137.81	116.67
大峡谷大桥	建库前	23.66	26.54	21.71	23.57	19.29	18.13	18.14	16.45	14.35	15.00	14.47	14.14	18.79	26.54	14.14
	建库后	193.99	219.84	240.54	240.53	242.39	269.22	287.13	261.53	245.77	229.82	214.57	196.96	236.86	287.13	193.99
	变化	170.33	193.30	218.83	216.96	223.10	251.09	268.99	245.08	231.42	214.82	200.10	182.82	218.07	260.59	179.84
高台村	建库前	21.46	25.30	19.37	21.39	16.93	16.01	16.02	14.73	13.13	13.63	13.23	12.98	17.02	25.30	12.98
	建库后	292.30	323.46	370.75	370.72	381.55	430.08	435.59	428.03	399.68	324.17	302.81	293.74	362.74	435.59	292.30
	变化	270.84	298.16	351.37	349.33	364.61	414.06	419.57	413.30	386.55	310.54	289.58	280.76	345.72	410.29	279.32
坝前	建库前	37.24	43.51	31.70	36.55	25.20	21.92	21.33	13.22	4.31	7.63	4.32	3.82	20.90	43.51	3.82
	建库后	281.25	299.74	315.68	315.68	316.16	321.97	324.63	320.98	317.02	312.95	291.55	282.05	308.30	324.63	281.25
	变化	244.01	256.23	283.98	279.13	290.96	300.05	303.29	307.76	312.71	305.32	287.22	278.23	287.41	281.12	277.43
云龙地缝景区下游	建库前	14.19	16.97	12.38	14.10	10.13	9.05	9.05	7.49	5.55	6.16	5.67	5.36	9.68	16.97	5.36
	建库后	46.31	56.47	65.91	65.90	66.88	84.64	94.11	81.14	68.76	60.66	53.23	46.98	65.92	94.11	46.31
	变化	32.12	39.50	53.53	51.81	56.75	75.60	85.05	73.64	63.21	54.50	47.56	41.62	56.24	77.13	40.95
小溪河	建库前	10.05	11.47	9.03	10.02	7.72	7.08	7.07	6.13	4.93	5.30	5.00	4.81	7.38	11.47	4.81
	建库后	417.20	420.41	423.14	423.14	423.39	426.51	427.95	425.98	423.85	421.67	419.59	417.53	422.53	427.95	417.20
	变化	407.15	408.94	414.10	413.12	415.67	419.44	420.87	419.86	418.93	416.36	414.59	412.71	415.15	416.48	412.39

表 5.1-18

枯水年姚家平库区水面宽变化

单位: m

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	22.89	39.97	42.32	28.26	24.58	32.71	16.95	23.25	18.28	14.60	16.12	19.29	24.93	42.32	14.60
	建库后	132.81	150.58	162.80	162.80	160.97	184.05	173.83	172.99	165.71	148.96	130.86	117.52	155.32	184.05	117.52
	变化	109.92	110.61	120.48	134.55	136.39	151.34	156.88	149.74	147.42	134.36	114.74	98.23	130.39	141.72	102.92
大峡谷大桥	建库前	15.65	24.30	24.31	18.56	16.57	20.00	12.49	15.85	13.19	11.26	12.05	13.73	16.49	24.31	11.26
	建库后	185.80	219.32	240.54	240.54	237.49	284.17	260.87	257.48	245.37	217.22	181.77	154.10	227.06	284.17	154.10
	变化	170.15	195.02	216.23	221.98	220.92	264.17	248.38	241.63	232.18	205.96	169.72	140.37	210.56	259.86	142.84
高台村	建库前	14.13	22.46	21.90	16.34	14.82	17.61	11.70	14.28	12.24	10.75	11.37	12.65	15.02	22.46	10.75
	建库后	288.34	323.21	370.75	370.75	357.15	435.73	426.76	426.02	397.94	306.60	286.39	273.01	355.22	435.73	273.01
	变化	274.22	300.75	348.85	354.40	342.33	418.13	415.05	411.74	385.69	295.85	275.02	260.35	340.20	413.28	262.25
坝前	建库前	9.60	38.46	38.54	24.07	14.28	25.53	0.89	10.83	1.86	0.14	0.46	4.29	14.08	38.54	0.14
	建库后	279.04	299.60	315.68	315.68	314.91	324.70	320.36	320.01	316.91	297.55	277.96	270.51	304.41	324.70	270.51
	变化	269.44	261.14	277.14	291.62	300.63	299.17	319.47	309.17	315.05	297.42	277.50	266.22	290.33	286.15	270.37
云龙地缝景区下游	建库前	6.76	14.80	14.78	9.44	7.60	10.78	3.83	6.94	4.47	2.69	3.42	4.98	7.54	14.80	2.69
	建库后	44.74	56.37	65.91	65.91	64.41	94.35	78.95	77.68	68.57	54.64	43.96	38.65	62.84	94.35	38.65
	变化	37.98	41.57	51.12	56.46	56.81	83.57	75.12	70.74	64.09	51.95	40.55	33.67	55.30	79.55	35.96
小溪河	建库前	5.67	10.28	10.40	7.32	6.19	8.10	3.86	5.78	4.26	3.14	3.60	4.57	6.10	10.40	3.14
	建库后	416.30	420.35	423.14	423.14	422.72	427.98	425.65	425.46	423.80	419.98	415.85	412.81	421.43	427.98	412.81
	变化	410.62	410.07	412.74	415.82	416.53	419.88	421.80	419.68	419.54	416.84	412.25	408.24	415.33	417.59	409.67

### (5) 过水面积变化

各典型年库区代表断面过水面积变化见表 5.1-19~表 5.1-21。

丰水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $31.6\text{m}^2$ 、 $15.5\text{m}^2$ 、 $16.6\text{m}^2$ 、 $23.7\text{m}^2$ 、 $11.1\text{m}^2$ 、 $70.2\text{m}^2$ ；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $5397.4\text{m}^2$ 、 $6003.9\text{m}^2$ 、 $19748.3\text{m}^2$ 、 $26019.5\text{m}^2$ 、 $946.1\text{m}^2$ 、 $39769.4\text{m}^2$ ，分别增加  $5365.9\text{m}^2$ 、 $5988.4\text{m}^2$ 、 $19731.7\text{m}^2$ 、 $25995.8\text{m}^2$ 、 $935.0\text{m}^2$ 、 $39699.3\text{m}^2$ 。

平水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $26.9\text{m}^2$ 、 $13.3\text{m}^2$ 、 $14.1\text{m}^2$ 、 $15.7\text{m}^2$ 、 $9.7\text{m}^2$ 、 $64.1\text{m}^2$ ；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $5415.3\text{m}^2$ 、 $5996.7\text{m}^2$ 、 $19687.5\text{m}^2$ 、 $25988.3\text{m}^2$ 、 $939.6\text{m}^2$ 、 $39798.8\text{m}^2$ ，分别增加  $5388.4\text{m}^2$ 、 $5983.4\text{m}^2$ 、 $19673.4\text{m}^2$ 、 $25972.7\text{m}^2$ 、 $929.9\text{m}^2$ 、 $39734.8\text{m}^2$ 。

枯水年，建库前云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $20.7\text{m}^2$ 、 $10.3\text{m}^2$ 、 $10.9\text{m}^2$ 、 $10.3\text{m}^2$ 、 $7.5\text{m}^2$ 、 $52.9\text{m}^2$ ；水库运行后，云龙河汇口下、大峡谷大桥、高台村、坝前、云龙地缝景区下游、小溪河断面平均过水面积分别为  $4936.7\text{m}^2$ 、 $5635.4\text{m}^2$ 、 $19281.5\text{m}^2$ 、 $25503.7\text{m}^2$ 、 $844.3\text{m}^2$ 、 $39009.9\text{m}^2$ ，分别增加  $4916.0\text{m}^2$ 、 $5625.1\text{m}^2$ 、 $19270.6\text{m}^2$ 、 $25493.4\text{m}^2$ 、 $836.8\text{m}^2$ 、 $38957.0\text{m}^2$ 。

表 5.1-19

丰水年姚家平库区代表断面过水面积变化

单位: m<sup>2</sup>

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	23.7	47.7	54.9	55.7	27.1	33.6	35.2	32.6	14.8	9.8	11.0	32.8	31.6	55.7	9.8
	建库后	3119.2	4609.6	5680.7	5680.7	5786.0	7880.6	7839.3	6948.9	5972.1	4652.4	3353.7	3246.2	5397.4	7880.6	3119.2
	变化	3095.4	4561.8	5625.9	5625.0	5759.0	7847.0	7804.1	6916.3	5957.4	4642.5	3342.7	3213.3	5365.9	7824.9	3109.3
大峡谷大桥	建库前	12.0	22.7	26.1	26.0	13.8	17.2	17.4	16.3	7.4	4.9	5.5	16.2	15.5	26.1	4.9
	建库后	4013.2	5229.8	6197.4	6197.4	6294.6	8428.0	8326.9	7368.4	6466.3	5248.6	4175.3	4100.3	6003.9	8428.0	4013.2
	变化	4001.2	5207.1	6171.4	6171.4	6280.8	8410.8	8309.5	7352.1	6458.9	5243.7	4169.8	4084.0	5988.4	8402.0	4008.3
高台村	建库前	12.5	24.8	29.3	28.9	14.3	17.7	18.4	17.1	7.8	5.3	5.9	17.1	16.6	29.3	5.3
	建库后	17402.2	18545.2	19563.4	19563.4	19727.4	23476.9	23400.7	21757.1	20033.2	18461.0	17561.0	17488.2	19748.3	23476.9	17402.2
	变化	17389.8	18520.4	19534.1	19534.4	19713.1	23459.3	23382.4	21740.0	20025.4	18455.7	17555.1	17471.0	19731.7	23447.6	17397.0
坝前	建库前	9.9	46.7	54.8	59.2	13.0	23.7	26.5	22.2	2.8	1.2	1.4	22.9	23.7	59.2	1.2
	建库后	22772.7	24455.2	26185.9	26185.9	26389.2	30432.8	30353.1	28634.1	26748.5	24268.8	22943.3	22865.2	26019.5	30432.8	22772.7
	变化	22762.8	24408.5	26131.1	26126.7	26376.1	30409.1	30326.5	28611.8	26745.7	24267.5	22941.9	22842.3	25995.8	30373.6	22771.5
云龙地缝景区下游	建库前	8.8	16.3	17.8	18.4	10.0	12.4	12.6	11.8	5.5	3.7	4.1	11.7	11.1	18.4	3.7
	建库后	423.5	724.1	952.3	952.3	975.7	1670.8	1655.9	1334.3	1020.9	732.9	466.4	444.5	946.1	1670.8	423.5
	变化	414.7	707.8	934.5	933.9	965.7	1658.4	1643.3	1322.5	1015.4	729.2	462.2	432.7	935.0	1652.4	419.8
小溪河	建库前	59.8	96.9	96.4	103.6	66.4	78.8	79.4	75.3	42.5	32.9	35.1	74.7	70.2	103.6	32.9
	建库后	36015.1	38471.0	40236.0	40236.0	40409.5	43861.7	43793.6	42326.1	40716.3	38541.5	36401.7	36224.4	39769.4	43861.7	36015.1
	变化	35955.4	38374.1	40139.6	40132.3	40343.1	43782.9	43714.3	42250.8	40673.8	38508.6	36366.5	36149.7	39699.3	43758.1	35982.2

表 5.1-20

平水年姚家平库区代表断面过水面积变化

单位: m<sup>2</sup>

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	40.3	50.2	34.5	40.1	27.5	24.4	24.4	20.2	14.9	16.6	15.2	14.4	26.9	50.2	14.4
	建库后	3089.7	4489.7	5680.7	5680.4	5791.6	7153.5	7777.9	6922.4	5993.4	5039.8	4132.3	3232.4	5415.3	7777.9	3089.7
	变化	3049.4	4439.5	5646.2	5640.3	5764.2	7129.0	7753.5	6902.2	5978.5	5023.2	4117.1	3218.0	5388.4	7727.7	3075.3
大峡谷大桥	建库前	19.7	23.7	17.2	19.6	14.0	12.5	12.5	10.2	7.5	8.3	7.6	7.2	13.3	23.7	7.2
	建库后	3993.0	5143.8	6197.4	6197.1	6299.8	7581.4	8247.7	7344.0	6486.0	5606.0	4773.6	4090.9	5996.7	8247.7	3993.0
	变化	3973.3	5120.1	6180.3	6177.5	6285.8	7568.9	8235.2	7333.7	6478.5	5597.7	4765.9	4083.6	5983.4	8224.0	3985.8
高台村	建库前	21.0	26.0	18.0	20.9	14.4	12.9	12.9	10.7	7.9	8.8	8.1	7.6	14.1	26.0	7.6
	建库后	17382.3	18464.0	19563.4	19563.0	19737.2	22134.7	23287.4	21708.2	20061.7	18780.8	18088.0	17478.9	19687.5	23287.4	17382.3
	变化	17361.3	18438.0	19545.4	19542.1	19722.7	22121.9	23274.5	21697.5	20053.8	18772.1	18079.9	17471.3	19673.4	23261.4	17374.6
坝前	建库前	34.2	50.6	24.7	34.3	14.3	7.9	9.2	4.8	1.8	2.9	1.8	1.7	15.7	50.6	1.7
	建库后	22751.3	24368.1	26185.9	26185.3	26400.0	29029.0	30234.5	28582.9	26789.5	24948.7	23530.0	22854.9	25988.3	30234.5	22751.3
	变化	22717.1	24317.5	26161.1	26151.0	26385.7	29021.1	30225.4	28578.1	26787.7	24945.7	23528.2	22853.2	25972.7	30183.9	22749.6
云龙地缝景区下游	建库前	14.2	17.0	12.4	14.1	10.1	9.0	9.1	7.5	5.6	6.2	5.7	5.4	9.7	17.0	5.4
	建库后	418.7	701.9	952.3	952.2	977.4	1408.2	1633.7	1324.7	1025.4	815.5	621.9	443.2	939.6	1633.7	418.7
	变化	404.5	684.9	939.9	938.1	967.3	1399.1	1624.6	1317.2	1019.8	809.4	616.2	437.8	929.9	1616.7	413.3
小溪河	建库前	87.2	99.5	78.4	87.0	67.0	61.4	61.4	53.2	42.8	46.0	43.4	41.8	64.1	99.5	41.8
	建库后	35966.5	38273.4	40236.0	40235.5	40418.8	42663.3	43692.4	42282.4	40751.4	39179.7	37684.8	36201.8	39798.8	43692.4	35966.5
	变化	35879.3	38173.9	40157.6	40148.5	40351.8	42601.9	43631.1	42229.2	40708.6	39133.7	37641.4	36160.0	39734.8	43592.9	35924.8

表 5.1-21

枯水年姚家平库区代表断面过水面积变化

单位: m<sup>2</sup>

断面		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均	最大	最小
云龙河汇口	建库前	18.2	42.6	42.0	25.5	20.5	29.5	10.1	18.7	11.9	6.9	9.0	13.3	20.7	42.6	6.9
	建库后	2697.1	4464.7	5680.7	5680.7	5498.4	7793.9	6777.9	6694.0	5969.5	4303.6	2503.4	1176.0	4936.7	7793.9	1176.0
	变化	2678.9	4422.1	5638.7	5655.2	5477.9	7764.4	6767.7	6675.3	5957.5	4296.7	2494.4	1162.7	4916.0	7751.3	1169.1
大峡谷大桥	建库前	9.2	20.6	20.6	13.0	10.4	14.9	5.0	9.5	6.0	3.4	4.5	6.7	10.3	20.6	3.4
	建库后	3723.8	5126.6	6197.4	6197.4	6029.2	8320.3	7218.4	7132.4	6463.9	4944.1	3590.9	2680.8	5635.4	8320.3	2680.8
	变化	3714.6	5106.1	6176.8	6184.4	6018.8	8305.4	7213.4	7122.9	6457.9	4940.7	3586.5	2674.2	5625.1	8299.7	2677.4
高台村	建库前	9.6	22.2	21.8	13.4	10.8	15.5	5.4	9.9	6.4	3.8	4.8	7.1	10.9	22.2	3.8
	建库后	17116.4	18447.1	19563.4	19563.4	19326.2	23316.9	21441.4	21286.6	20030.2	18214.2	16985.3	16086.8	19281.5	23316.9	16086.8
	变化	17106.8	18424.9	19541.6	19549.9	19315.3	23301.5	21436.0	21276.7	20023.9	18210.4	16980.4	16079.7	19270.6	23294.7	16083.0
坝前	建库前	3.5	37.8	37.6	9.7	5.6	19.0	1.2	4.0	1.2	1.2	1.2	2.1	10.3	37.8	1.2
	建库后	22466.2	24350.0	26185.9	26185.9	25833.9	30265.4	28303.9	28142.0	26743.4	23879.6	22325.9	21362.4	25503.7	30265.4	21362.4
	变化	22462.7	24312.2	26148.3	26176.2	25828.3	30246.4	28302.7	28138.0	26742.2	23878.3	22324.7	21360.3	25493.4	30227.6	21361.2
云龙地缝景区下游	建库前	6.8	14.8	14.8	9.4	7.6	10.8	3.8	6.9	4.5	2.7	3.4	5.0	7.5	14.8	2.7
	建库后	354.5	697.8	952.3	952.3	913.4	1639.5	1272.5	1242.2	1020.2	658.6	322.8	105.9	844.3	1639.5	105.9
	变化	347.7	683.0	937.5	942.8	905.8	1628.7	1268.7	1235.3	1015.8	655.9	319.4	100.9	836.8	1624.7	103.2
小溪河	建库前	49.2	89.2	90.2	63.5	53.7	70.3	33.5	50.2	37.0	27.2	31.3	39.6	52.9	90.2	27.2
	建库后	35319.3	38232.2	40236.0	40236.0	39935.5	43718.8	42044.2	41906.0	40711.9	37966.9	34999.9	32812.2	39009.9	43718.8	32812.2
	变化	35270.0	38143.0	40145.8	40172.5	39881.8	43648.5	42010.8	41855.8	40675.0	37939.7	34968.7	32772.5	38957.0	43628.6	32784.9

### 5.1.4 运行期坝下河段水文情势影响

姚家平水利枢纽下游清江干流已建成天楼地枕、龙王塘、大龙潭、水布垭、隔河岩、高坝洲 6 座梯级，其中天楼地枕和龙王塘为低水头引水式电站，大龙潭具有季调节能力，水布垭具有多年调节能力，隔河岩具有年调节能力，高坝洲具有日调节能力。考虑龙王塘以下河段水文情势主要受大龙潭、水布垭、隔河岩、高坝洲调度运行影响，因此主要分析姚家平工程建设运行对坝下至龙王塘河段水文情势的影响。

#### 5.1.4.1 模型构建

##### (1) 模型方程与数值解法

##### 1) 基本方程

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2 + gh^2/2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = gh(s_{ox} - s_{fx}) + s_{wx}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(hv^2 + gh^2/2)}{\partial y} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = gh(s_{oy} - s_{fy}) + s_{wy}$$

式中： $h$  为水深； $u$ 、 $v$  分别为  $x$ 、 $y$  向沿垂线平均的水平流速分量； $s_{ox}$  和  $s_{fx}$  分别是  $x$  向的水底底坡和摩阻坡度； $s_{oy}$  和  $s_{fy}$  分别是  $y$  向的水底底坡和摩阻坡度； $g$  为重力加速度； $W_a$  为水面以上 10m 处的风速； $s_{wx}$  和  $s_{wy}$  分别为  $x$  向和  $y$  向的风应力。

##### 2) 数值解法

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。对于圣维南方程组中的连续方程和动量方程的数值求解采用六点中心差分显式有限差分格式。



## (2) 计算范围与河网概化

模拟计算范围为姚家平水利枢纽坝下至大龙潭坝址间约 27.6km 的清江干流江段。计算河道概化情况见图 5.1-7。

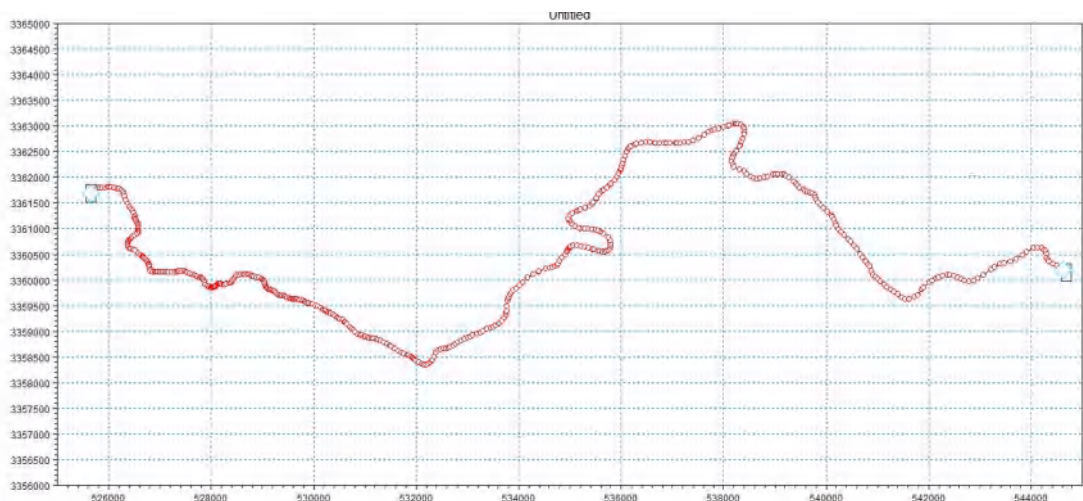


图 5.1-7 姚家平下游河段计算河道概化示意图

## (3) 边界条件

建库前入流边界条件采用典型丰水年 ( $P=10\%$ )、典型平水年 ( $P=50\%$ ) 和典型枯水年 ( $P=90\%$ ) 的河流天然流量，建库后入流边界条件采用丰 ( $P=10\%$ )、平 ( $P=50\%$ )、枯 ( $P=90\%$ ) 典型年姚家平水库的总下泄流量；下游水位边界条件采用大龙潭水库多年平均逐月水位。

### 5.1.4.2 水文情势影响预测

结合河段自然环境特点和生态需求，水文情势影响预测选取 D018 (天电坝下 3km 宽浅断面)、D027 (天电坝下 5km 宽浅断面)、D045 (甘名溪汇口附近宽浅断面)、D055 (龙王塘库尾断面) 作为水文情势影响分析代表断面。

## (1) 流量变化分析

姚家平坝址至主厂房间 1.6km 减水河段流量主要由生态机组和弃水下泄组成，主厂房下游河段流量由生态机组、弃水和主机组发电流量

组成。根据工程径流调节计算成果,丰( $P=10\%$ )、平( $P=50\%$ )、枯( $P=90\%$ )典型年以及多年平均逐旬下泄流量过程见表 5.1-22~表 5.1-25 和图 5.1-8~图 5.1-11。

从减水河段流量过程(即生态机组+弃水流量)来看,各典型年及多年平均条件下,减水河段流量均能达到生态流量泄放要求,水库弃水主要发生在 6 月中旬~8 月上旬时段。

从水库总下泄流量来看,建库前后典型丰水年流量变幅在  $-55.3\%\sim 158.8\%$  之间,下泄流量较天然流量降低的时段主要集中在 5 月上旬~5 月下旬、9 月上旬~9 月中旬和次年 3 月上旬,下泄流量较天然流量最大降低  $47.2\text{m}^3/\text{s}$ ,出现在 9 月中旬,相应降幅  $55.3\%$ 。其它时段下泄流量较天然流量有所升高,下泄流量较天然流量最大升高  $11.8\text{m}^3/\text{s}$ ,出现在次年 1 月中旬,相应增幅  $158.8\%$ 。建库前旬均流量年内变幅为  $236.7\text{m}^3/\text{s}$ ,建库后旬均流量年内变幅为  $225.2\text{m}^3/\text{s}$ ,变幅有所减小。年均流量建库前后基本没有变化。

典型平水年建库前后流量变幅在  $-44.8\%\sim 76.5\%$  之间,下泄流量较天然流量降低的时段主要集中在 4 月上旬、5 月中旬~5 月下旬、9 月上旬~10 月上旬,下泄流量较天然流量最大降低  $29.9\text{m}^3/\text{s}$ ,出现在 9 月中旬,相应降幅  $18.3\%$ 。其它时段下泄流量较天然流量有所升高,下泄流量较天然流量最大升高  $8.4\text{m}^3/\text{s}$ ,出现在 11 月上旬,相应增幅  $19.3\%$ 。建库前旬均流量年内变幅为  $152.6\text{m}^3/\text{s}$ ,建库后旬均流量年内变幅为  $116.0\text{m}^3/\text{s}$ ,变幅有所减小。建库前年均流量为  $50.4\text{m}^3/\text{s}$ ,建库后年均流量为  $50.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

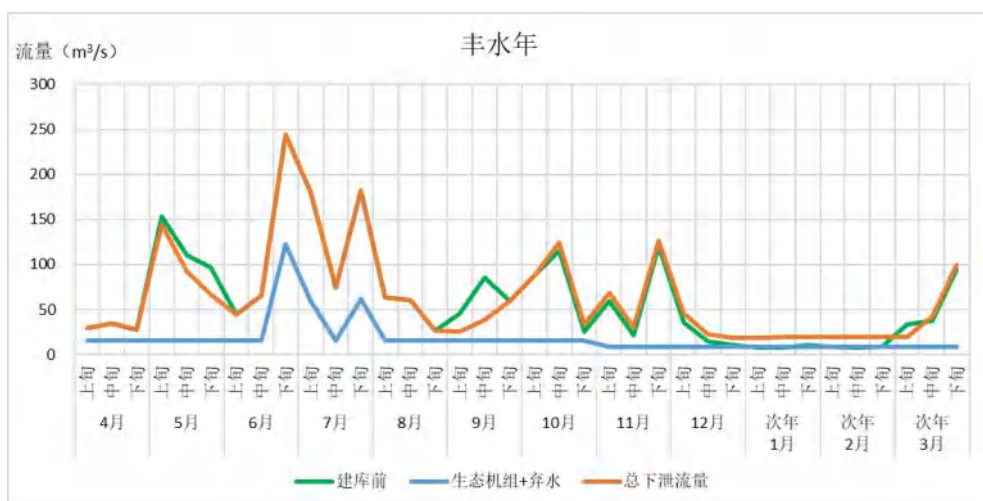


图 5.1-8 姚家平水利枢纽坝下流量变化对比图（丰水年）



图 5.1-9 姚家平水利枢纽坝下流量变化对比图（平水年）

典型枯水年建库前后流量变幅在-57.6%~325.0%之间，下泄流量较天然流量降低的时段主要在 5 月、9 月上旬~9 月中旬和 11 月上旬~11 月中旬，下泄流量较天然流量最大降低  $48.4\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在 9 月中旬，相应降幅 48.4%。其它时段下泄流量较天然流量有所升高，下泄流量较天然流量最大升高  $18.6\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在 10 月中旬，相应增幅 263.9%。建库前旬均流量年内变幅为  $140.5\text{m}^3/\text{s}$ ，建库后旬均流量年内变幅为  $127.6\text{m}^3/\text{s}$ ，变幅有所减小。建库前年均流量为  $35.8\text{m}^3/\text{s}$ ，建库后年均流量为  $36.8\text{m}^3/\text{s}$ 。

多年平均建库前后旬均流量变幅在-32.0%~86.2%之间，4 月中旬~7 月上旬和 9 月上旬~10 月上旬下泄流量较天然流量有所降低，最大降低

25.1m<sup>3</sup>/s，出现在5月中旬，相应降幅28.3%。其它时段下泄流量较天然流量有所升高，下泄流量较天然流量最大升高9.2m<sup>3</sup>/s，出现在1月下旬，相应增幅86.2%。建库前旬均流量年内变幅为114.8 m<sup>3</sup>/s，建库后旬均流量年内变幅为106.6 m<sup>3</sup>/s，变幅有所减小。年均流量建库前后基本没有变化，均为51.9 m<sup>3</sup>/s。



图 5.1-10 姚家平水利枢纽坝下流量变化对比图（枯水年）

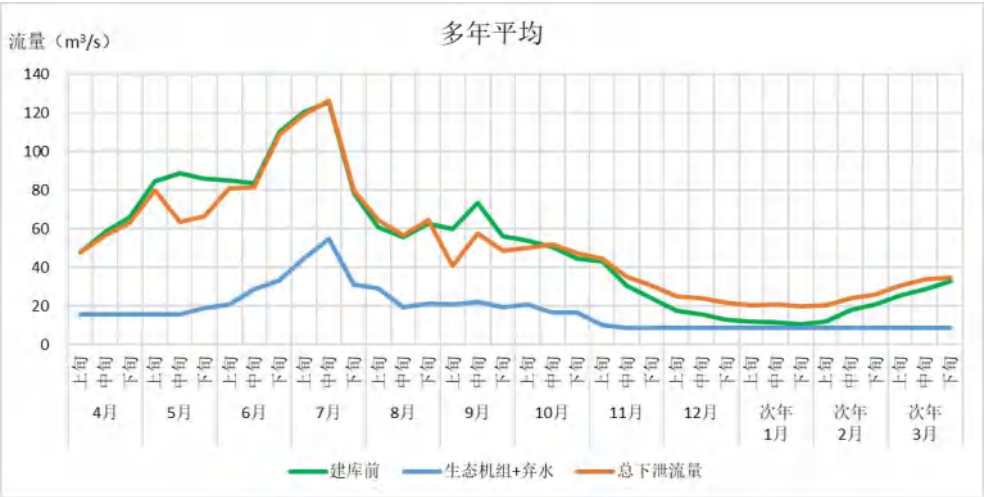


图 5.1-11 姚家平水利枢纽坝下流量变化对比图（多年平均）

表 5.1-22 姚家平水利枢纽下泄流量过程（丰水年） 单位：m<sup>3</sup>/s

时段		建库前	生态机组 下泄	生态机组+弃水 (减水河段流量)	主机组 发电流量	总下泄 流量	总下泄流 量变幅
4 月	上旬	29.5	15.57	15.57	13.90	29.47	-0.2%
	中旬	34.7	15.57	15.57	19.20	34.77	0.1%
	下旬	27.5	15.57	15.57	11.90	27.47	-0.1%
5 月	上旬	153.5	15.57	15.57	128.75	144.32	-6.0%
	中旬	110.5	15.57	15.57	76.71	92.28	-16.5%
	下旬	96.7	15.57	15.57	51.32	66.89	-30.8%
6 月	上旬	44.6	15.57	15.57	29.00	44.57	0.0%
	中旬	65.6	15.57	15.57	50.00	65.57	0.0%
	下旬	244.1	15.57	122.29	121.78	244.07	0.0%
7 月	上旬	180.7	15.57	59.28	121.39	180.67	0.0%
	中旬	74.8	15.57	15.57	59.20	74.77	-0.1%
	下旬	182.5	15.57	61.07	121.40	182.47	0.0%
8 月	上旬	64.0	15.57	15.57	48.40	63.97	-0.1%
	中旬	60.2	15.57	15.57	44.60	60.17	-0.1%
	下旬	27.0	15.57	15.57	11.40	26.97	0.0%
9 月	上旬	45.9	15.57	15.57	10.36	25.93	-43.5%
	中旬	85.4	15.57	15.57	22.60	38.17	-55.3%
	下旬	59.7	15.57	15.57	44.10	59.67	0.0%
10 月	上旬	88.9	15.57	15.57	73.30	88.87	0.0%
	中旬	115.8	15.57	15.57	108.64	124.21	7.2%
	下旬	25.7	15.57	15.57	18.44	34.01	32.3%
11 月	上旬	59.8	8.48	8.48	59.74	68.22	14.0%
	中旬	21.9	8.48	8.48	21.74	30.22	38.0%
	下旬	120.0	8.48	8.48	117.44	125.92	4.9%
12 月	上旬	35.7	8.48	8.48	36.91	45.39	27.3%
	中旬	14.6	8.48	8.48	13.97	22.45	53.3%
	下旬	10.5	8.48	8.48	10.38	18.86	80.3%
次年 1 月	上旬	7.9	8.48	8.48	10.51	18.99	141.6%
	中旬	7.4	8.48	8.48	10.68	19.16	158.8%
	下旬	11.1	8.48	8.48	10.73	19.21	73.2%
次年 2 月	上旬	8.8	8.48	8.48	10.90	19.38	119.4%
	中旬	8.1	8.48	8.48	11.00	19.48	140.4%
	下旬	9.0	8.48	8.48	11.18	19.66	117.7%
次年 3 月	上旬	33.5	8.48	8.48	11.14	19.62	-41.5%
	中旬	37.8	8.48	8.48	34.57	43.05	13.9%
	下旬	94.8	8.48	8.48	90.69	99.17	4.6%
最大值		244.1	15.6	122.3	128.8	244.1	158.8%
最小值		7.4	8.5	8.5	10.4	18.9	-55.3%
平均值		63.8	12.6	18.1	45.8	63.8	23.1%

表 5.1-23 姚家平水利枢纽下泄流量过程（平水年） 单位：m<sup>3</sup>/s

时段		建库前	生态机组 下泄	生态机组+弃水 (减水河段流量)	主机组 发电流量	总下泄 流量	总下泄流 量变幅
4 月	上旬	63.6	15.57	15.57	38.26	53.83	-15.4%
	中旬	57.5	15.57	15.57	42.00	57.57	0.0%
	下旬	134.9	15.57	15.57	119.30	134.87	0.0%
5 月	上旬	85.4	15.57	15.57	69.80	85.37	0.0%
	中旬	124.6	15.57	15.57	81.57	97.14	-22.0%
	下旬	163.3	15.57	15.57	117.82	133.39	-18.3%
6 月	上旬	41.3	15.57	15.57	25.70	41.27	-0.1%
	中旬	40.3	15.57	15.57	24.70	40.27	0.0%
	下旬	106.5	15.57	15.57	90.90	106.47	0.0%
7 月	上旬	102.0	15.57	15.57	86.40	101.97	0.0%
	中旬	120.8	15.57	15.57	105.20	120.77	0.0%
	下旬	62.8	15.57	15.57	47.20	62.77	0.0%
8 月	上旬	26.0	15.57	15.57	10.45	26.02	0.2%
	中旬	91.2	15.57	15.57	75.55	91.12	-0.1%
	下旬	26.1	15.57	15.57	10.50	26.07	0.0%
9 月	上旬	47.0	15.57	15.57	10.40	25.97	-44.8%
	中旬	36.4	15.57	15.57	10.16	25.73	-29.3%
	下旬	39.7	15.57	15.57	10.12	25.69	-35.3%
10 月	上旬	39.2	15.57	15.57	9.96	25.53	-34.9%
	中旬	63.3	15.57	15.57	48.36	63.93	0.9%
	下旬	19.3	15.57	15.57	12.04	27.61	42.9%
11 月	上旬	43.5	8.48	8.48	43.44	51.92	19.3%
	中旬	31.0	8.48	8.48	30.84	39.32	27.0%
	下旬	20.4	8.48	8.48	19.77	28.25	38.8%
12 月	上旬	26.2	8.48	8.48	25.57	34.05	29.8%
	中旬	19.2	8.48	8.48	18.47	26.95	40.2%
	下旬	10.7	8.48	8.48	10.36	18.84	76.5%
次年 1 月	上旬	16.4	8.48	8.48	14.88	23.36	42.2%
	中旬	35.3	8.48	8.48	33.97	42.45	20.4%
	下旬	15.1	8.48	8.48	13.77	22.25	47.8%
次年 2 月	上旬	11.6	8.48	8.48	10.70	19.18	64.9%
	中旬	16.1	8.48	8.48	14.15	22.63	40.9%
	下旬	23.1	8.48	8.48	21.28	29.76	28.6%
次年 3 月	上旬	26.2	8.48	8.48	24.28	32.76	25.1%
	中旬	13.5	8.48	8.48	11.58	20.06	48.9%
	下旬	13.7	8.48	8.48	11.20	19.68	43.3%
最大值		163.3	15.6	15.6	119.3	134.9	76.5%
最小值		10.7	8.5	8.5	10.0	18.8	-44.8%
平均值		50.4	12.6	12.6	37.5	50.1	12.2%

表 5.1-24 姚家平水利枢纽下泄流量过程（枯水年） 单位：m<sup>3</sup>/s

时段		建库前	生态机组 下泄	生态机组+弃水 (减水河段流量)	主机组 发电流量	总下泄 流量	总下泄流 量变幅
4 月	上旬	33.1	15.57	15.57	17.60	33.17	0.2%
	中旬	21.2	15.57	15.57	11.23	26.8	26.2%
	下旬	15.9	15.57	15.57	11.32	26.89	69.1%
5 月	上旬	59.1	15.57	15.57	26.95	42.52	-28.1%
	中旬	76.1	15.57	15.57	33.07	48.64	-36.1%
	下旬	142.8	15.57	15.57	97.32	112.89	-21.0%
6 月	上旬	145.0	15.57	23.84	121.13	144.97	0.0%
	中旬	72.0	15.57	15.57	56.40	71.97	0.0%
	下旬	98.4	15.57	15.57	82.80	98.37	0.0%
7 月	上旬	35.8	15.57	15.57	20.20	35.77	-0.1%
	中旬	33.9	15.57	15.57	18.30	33.87	-0.1%
	下旬	53.2	15.57	15.57	37.60	53.17	0.0%
8 月	上旬	53.5	15.57	15.57	38.00	53.57	0.1%
	中旬	23.3	15.57	15.57	10.50	26.07	11.8%
	下旬	12.4	15.57	15.57	10.62	26.19	110.9%
9 月	上旬	61.4	15.57	15.57	10.47	26.04	-57.6%
	中旬	100.0	15.57	15.57	35.98	51.55	-48.4%
	下旬	28.9	15.57	15.57	13.30	28.87	0.0%
10 月	上旬	8.9	15.57	15.57	9.94	25.51	185.1%
	中旬	7.1	15.57	15.57	10.10	25.67	263.9%
	下旬	7.9	15.57	15.57	10.26	25.83	225.6%
11 月	上旬	19.9	8.48	8.48	10.34	18.82	-5.4%
	中旬	42.1	8.48	8.48	15.02	23.5	-44.1%
	下旬	18.4	8.48	8.48	17.77	26.25	42.7%
12 月	上旬	14.2	8.48	8.48	13.47	21.95	54.4%
	中旬	13.8	8.48	8.48	13.07	21.55	56.4%
	下旬	11.7	8.48	8.48	10.97	19.45	65.9%
次年 1 月	上旬	5.2	8.48	8.48	10.49	18.97	264.5%
	中旬	4.5	8.48	8.48	10.68	19.16	325.0%
	下旬	4.7	8.48	8.48	10.82	19.3	314.0%
次年 2 月	上旬	7.5	8.48	8.48	11.04	19.52	161.7%
	中旬	6.3	8.48	8.48	11.21	19.69	210.5%
	下旬	9.4	8.48	8.48	11.38	19.86	111.2%
次年 3 月	上旬	7.8	8.48	8.48	11.55	20.03	157.7%
	中旬	9.0	8.48	8.48	8.94	17.42	92.9%
	下旬	23.3	8.48	8.48	11.79	20.27	-13.0%
最大值		145.0	15.6	23.8	121.1	145.0	325.0%
最小值		4.5	8.5	8.5	8.9	17.4	-57.6%
平均值		35.8	12.6	12.8	23.9	36.8	69.3%

表 5.1-25 姚家平水利枢纽下泄流量过程（多年平均） 单位：m<sup>3</sup>/s

时段		建库前	生态机组 下泄	生态机组+弃水 (减水河段流量)	主机组 发电流量	总下泄 流量	总下泄流 量变幅
4 月	上旬	47.7	15.57	15.57	32.24	47.81	0.2%
	中旬	58.3	15.57	15.57	41.00	56.57	-3.0%
	下旬	65.7	15.57	15.57	47.73	63.30	-3.7%
5 月	上旬	84.4	15.57	15.57	64.44	80.01	-5.2%
	中旬	88.6	15.57	15.72	47.81	63.52	-28.3%
	下旬	86.0	15.57	19.10	47.31	66.40	-22.8%
6 月	上旬	84.9	15.57	21.00	59.72	80.72	-4.9%
	中旬	83.5	15.57	28.80	52.94	81.74	-2.1%
	下旬	110.1	15.57	33.56	75.16	108.71	-1.3%
7 月	上旬	120.4	15.57	44.36	74.55	118.91	-1.3%
	中旬	125.5	15.57	54.87	71.56	126.43	0.8%
	下旬	78.3	15.57	30.87	49.11	79.98	2.2%
8 月	上旬	61.0	15.57	29.14	35.39	64.53	5.9%
	中旬	55.5	15.57	19.23	37.35	56.58	1.9%
	下旬	62.6	15.57	21.22	43.19	64.41	2.9%
9 月	上旬	59.9	15.57	20.82	19.96	40.78	-32.0%
	中旬	73.3	15.57	22.12	35.45	57.57	-21.5%
	下旬	55.9	15.57	19.19	29.42	48.60	-13.1%
10 月	上旬	53.6	15.57	20.77	29.39	50.16	-6.5%
	中旬	50.6	15.57	16.79	35.29	52.08	2.9%
	下旬	44.4	15.57	16.67	30.69	47.36	6.7%
11 月	上旬	43.2	8.48	9.86	34.44	44.30	2.5%
	中旬	30.7	8.48	8.48	26.68	35.16	14.5%
	下旬	23.9	8.48	8.48	22.10	30.58	27.7%
12 月	上旬	17.5	8.48	8.48	16.61	25.09	43.7%
	中旬	15.4	8.48	8.48	15.62	24.10	56.0%
	下旬	13.0	8.48	8.48	13.38	21.86	68.7%
次年 1 月	上旬	11.7	8.48	8.48	11.82	20.30	72.8%
	中旬	11.6	8.48	8.48	12.22	20.70	79.1%
	下旬	10.7	8.48	8.48	11.40	19.88	86.2%
次年 2 月	上旬	12.0	8.48	8.48	11.97	20.45	70.9%
	中旬	18.2	8.48	8.48	15.64	24.12	32.5%
	下旬	21.0	8.48	8.48	17.46	25.94	23.6%
次年 3 月	上旬	25.4	8.48	8.48	21.98	30.46	19.7%
	中旬	28.9	8.48	8.48	25.34	33.82	17.0%
	下旬	33.0	8.48	8.48	26.24	34.72	5.3%
最大值		125.5	15.6	54.9	75.2	126.4	86.2%
最小值		10.7	8.5	8.5	11.4	19.9	-32.0%
平均值		51.9	12.6	17.4	34.5	51.9	13.8%



## (2) 平均水深变化分析

从丰水年月均水深变化来看，与建库前相比，建库后坝下河段水深最大降低 0.16m，出现在 D018 和 D055 断面；最大升高 0.19m，出现在 D019 断面；建库后各断面的年内水深变幅均小于建库前，水深最小值较建库前均有所升高，水深最大值变化不大；年均水深变化不大，在 0.01m~0.02m 间。丰水年各月水深变化见表 5.1-26。

从平水年月均水深变化来看，与建库前相比，建库后坝下河段水深最大降低 0.13m，出现在 D055 断面；最大升高 0.11m，出现在 D018 断面；建库后各断面的年内水深变幅均小于建库前，水深最小值较建库前均有所升高，水深最大值略有降低；年均水深变化不大，在 0.01m~0.02m 间。平水年各月水深变化见表 5.1-27。

从枯水年月均水深变化来看，与建库前相比，建库后坝下河段水深最大降低 0.18m，出现在 D018 和 D055 断面；最大升高 0.28m，出现在 D018 断面；建库后各断面的年内水深变幅均小于建库前，水深最小值较建库前均有所升高，水深最大值变化不大；年均水深变化不大，在 0.03m~0.06m 间。枯水年各月水深变化见表 5.1-28。

## (3) 流速变化分析

从丰水年月均流速变化来看，建库前后姚家平坝下河段的流速变化在 -0.32m/s~0.44 m/s 之间。D018 断面建库前流速在 1.49~3.15 m/s 之间，建库后流速在 1.83~3.15 m/s 之间；D027 断面建库前流速在 1.36~3.38 m/s 之间，建库后流速在 1.80~3.38 m/s 之间；D045 断面建库前流速在 0.40~1.03 m/s 之间，建库后流速在 0.52~1.03 m/s 之间；D055 断面建库前流速在 0.10~0.68 m/s 之间，建库后流速在 0.18~0.68 m/s 之间。建库后各断面的年内流速变幅均小于建库前，流域最小值较建库前均有所升高，流速最大值变化不大。丰水年各月流速变化见表 5.1-29。

从平水年月均流速变化来看,建库前后姚家平坝下河段的流速变化在 $-0.27\text{m/s}\sim 0.23\text{ m/s}$ 之间。D018断面建库前流速在 $1.77\sim 3.00\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $1.92\sim 2.86\text{ m/s}$ 之间;D027断面建库前流速在 $1.72\sim 3.21\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $1.92\sim 3.05\text{ m/s}$ 之间;D045断面建库前流速在 $0.50\sim 0.98\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $0.55\sim 0.93\text{ m/s}$ 之间;D055断面建库前流速在 $0.17\sim 0.62\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $0.21\sim 0.56\text{ m/s}$ 之间。建库后各断面的年内流速变幅均小于建库前,流域最小值较建库前均有所升高,流速最大值有所降低。平水年各月流速变化见表 5.1-30。

从枯水年月均流速变化来看,建库前后姚家平坝下河段的流速变化在 $-0.35\text{m/s}\sim 0.69\text{ m/s}$ 之间。D018断面建库前流速在 $1.27\sim 2.82\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $1.83\sim 2.81\text{ m/s}$ 之间;D027断面建库前流速在 $1.11\sim 3.01\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $1.80\sim 3.00\text{ m/s}$ 之间;D045断面建库前流速在 $0.34\sim 0.91\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $0.52\sim 0.91\text{ m/s}$ 之间;D055断面建库前流速在 $0.06\sim 0.55\text{ m/s}$ 之间,建库后流速在 $0.18\sim 0.55\text{ m/s}$ 之间。建库后各断面的年内流速变幅均小于建库前,流域最小值较建库前均有所升高,流速最大值变化不大。枯水年各月流速变化见表 5.1-31。

#### (4) 水面宽变化分析

从丰水年月均水面宽变化来看,建库前后坝下河段水面宽变化在 $-2.55\text{m}\sim 7.70\text{ m}$ 之间。D018断面建库前水面宽在 $13.47\sim 29.61\text{ m}$ 之间,建库后水面宽在 $21.17\sim 29.61\text{ m}$ 之间;D027断面建库前水面宽在 $18.50\sim 24.90\text{ m}$ 之间,建库后水面宽在 $20.93\sim 24.90\text{ m}$ 之间;D045断面建库前水面宽在 $21.41\sim 27.44\text{ m}$ 之间,建库后水面宽在 $22.20\sim 27.44\text{ m}$ 之间;D055断面建库前水面宽在 $10.92\sim 25.43\text{m}$ 之间,建库后水面宽在 $12.84\sim 25.42\text{ m}$ 之间。建库后各断面的水面宽变幅均小于建库前,水面宽最小值较建库前均有所升高,水面宽最大值变化不大。丰水年各月水

面宽变化见表 5.1-32。

从平水年月均水面宽变化来看，建库前后坝下河段水面宽变化在 -2.20m~4.52 m 之间。D018 断面建库前水面宽在 19.58~29.10 m 之间，建库后水面宽在 23.50~28.62 m 之间；D027 断面建库前水面宽在 20.73~24.41 m 之间，建库后水面宽在 21.15~23.94 m 之间；D045 断面建库前水面宽在 22.07~26.81 m 之间，建库后水面宽在 22.49~26.15 m 之间；D055 断面建库前水面宽在 12.51~23.90 m 之间，建库后水面宽在 13.54~22.43 m 之间。建库后各断面的水面宽变幅均小于建库前，水面宽最小值较建库前均有所升高，水面宽最大值有所降低。平水年各月水面宽变化见表 5.1-33。

从枯水年月均水面宽变化来看，建库前后坝下河段水面宽变化在 -2.85m~11.81m 之间。D018 断面建库前水面宽在 12.08~28.51 m 之间，建库后水面宽在 21.21~28.48 m 之间；D027 断面建库前水面宽在 16.36~23.83 m 之间，建库后水面宽在 20.93~23.80 m 之间；D045 断面建库前水面宽在 21.04~26.01 m 之间，建库后水面宽在 22.21~25.97 m 之间；D055 断面建库前水面宽在 10.09~22.08 m 之间，建库后水面宽在 12.85~21.99 m 之间。建库后各断面的水面宽变幅均小于建库前，水面宽最小值较建库前均有所升高，水面宽最大值略有降低。枯水年各月水面宽变化见表 5.1-34。

表 5.1-26

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面平均水深变化情况统计表（丰水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	0.69	0.69	0.00	0.62	0.62	0.00	0.50	0.49	0.00	0.97	0.96	0.00
5 月	1.22	1.11	-0.11	1.11	1.01	-0.10	0.94	0.85	-0.09	1.47	1.37	-0.10
6 月	1.22	1.21	-0.01	1.11	1.10	-0.01	0.92	0.92	-0.01	1.46	1.45	-0.01
7 月	1.36	1.36	0.00	1.24	1.24	0.00	1.05	1.05	0.00	1.59	1.59	0.00
8 月	0.81	0.80	-0.01	0.74	0.73	-0.01	0.60	0.59	-0.01	1.09	1.08	-0.01
9 月	0.90	0.73	-0.16	0.82	0.67	-0.15	0.67	0.53	-0.14	1.17	1.01	-0.16
10 月	0.96	1.00	0.04	0.88	0.91	0.04	0.72	0.76	0.04	1.23	1.27	0.04
11 月	0.88	0.93	0.06	0.80	0.85	0.05	0.65	0.70	0.05	1.15	1.21	0.05
12 月	0.50	0.61	0.12	0.47	0.56	0.09	0.37	0.44	0.07	0.82	0.91	0.09
1 月	0.30	0.49	0.19	0.31	0.46	0.15	0.25	0.35	0.11	0.68	0.80	0.12
2 月	0.32	0.50	0.17	0.33	0.47	0.14	0.26	0.36	0.10	0.70	0.81	0.11
3 月	0.85	0.84	-0.01	0.78	0.77	-0.01	0.63	0.62	-0.01	1.12	1.11	-0.01
最小值	0.30	0.49	-0.16	0.31	0.46	-0.15	0.25	0.35	-0.14	0.68	0.80	-0.16
最大值	1.36	1.36	0.19	1.24	1.24	0.15	1.05	1.05	0.11	1.59	1.59	0.12
平均值	0.83	0.86	0.02	0.77	0.78	0.02	0.63	0.64	0.01	1.12	1.13	0.01

表 5.1-27

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面平均水深变化情况统计表（平水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	1.03	1.00	-0.02	0.94	0.92	-0.02	0.78	0.76	-0.02	1.29	1.27	-0.02
5 月	1.25	1.15	-0.10	1.14	1.05	-0.09	0.97	0.88	-0.09	1.50	1.40	-0.09
6 月	0.92	0.92	-0.01	0.84	0.84	-0.01	0.69	0.68	-0.01	1.19	1.19	-0.01
7 月	1.08	1.08	0.00	0.99	0.99	0.00	0.82	0.82	0.00	1.34	1.34	0.00
8 月	0.78	0.77	-0.01	0.71	0.70	-0.01	0.57	0.56	-0.01	1.06	1.05	-0.01
9 月	0.72	0.59	-0.12	0.65	0.53	-0.12	0.52	0.41	-0.11	1.00	0.87	-0.13
10 月	0.72	0.71	0.00	0.65	0.65	-0.01	0.52	0.51	-0.01	1.00	0.99	-0.01
11 月	0.63	0.70	0.08	0.57	0.64	0.07	0.45	0.51	0.06	0.91	0.98	0.07
12 月	0.48	0.59	0.11	0.45	0.53	0.08	0.35	0.41	0.07	0.80	0.87	0.08
1 月	0.52	0.61	0.09	0.48	0.55	0.07	0.37	0.43	0.06	0.83	0.89	0.07
2 月	0.46	0.56	0.10	0.44	0.51	0.07	0.34	0.40	0.06	0.78	0.85	0.07
3 月	0.46	0.55	0.09	0.44	0.51	0.06	0.34	0.39	0.06	0.78	0.85	0.06
最小值	0.46	0.55	-0.12	0.44	0.51	-0.12	0.34	0.39	-0.11	0.78	0.85	-0.13
最大值	1.25	1.15	0.11	1.14	1.05	0.08	0.97	0.88	0.07	1.50	1.40	0.08
平均值	0.75	0.77	0.02	0.69	0.70	0.01	0.56	0.56	0.01	1.04	1.05	0.01

表 5.1-28

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面平均水深变化情况统计表（枯水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	0.57	0.63	0.06	0.53	0.56	0.04	0.41	0.44	0.03	0.87	0.91	0.04
5 月	1.05	0.90	-0.15	0.96	0.82	-0.14	0.80	0.67	-0.13	1.31	1.17	-0.14
6 月	1.12	1.12	-0.01	1.03	1.02	-0.01	0.86	0.85	0.00	1.38	1.38	-0.01
7 月	0.74	0.74	0.00	0.67	0.67	0.00	0.54	0.54	0.00	1.02	1.02	0.00
8 月	0.62	0.67	0.05	0.57	0.60	0.03	0.45	0.47	0.03	0.91	0.94	0.03
9 月	0.85	0.67	-0.18	0.78	0.61	-0.17	0.63	0.48	-0.15	1.13	0.95	-0.18
10 月	0.31	0.59	0.28	0.32	0.53	0.20	0.25	0.41	0.15	0.69	0.87	0.18
11 月	0.57	0.55	-0.02	0.53	0.50	-0.02	0.41	0.39	-0.02	0.87	0.84	-0.02
12 月	0.39	0.52	0.14	0.39	0.48	0.09	0.30	0.37	0.08	0.74	0.82	0.09
1 月	0.22	0.49	0.27	0.23	0.46	0.24	0.20	0.36	0.15	0.63	0.80	0.17
2 月	0.28	0.50	0.22	0.29	0.47	0.18	0.23	0.36	0.13	0.67	0.81	0.14
3 月	0.41	0.50	0.09	0.39	0.47	0.07	0.31	0.36	0.05	0.75	0.81	0.06
最小值	0.22	0.49	-0.18	0.23	0.46	-0.17	0.20	0.36	-0.15	0.63	0.80	-0.18
最大值	1.12	1.12	0.28	1.03	1.02	0.24	0.86	0.85	0.15	1.38	1.38	0.18
平均值	0.59	0.66	0.06	0.56	0.60	0.04	0.45	0.48	0.03	0.91	0.94	0.03

表 5.1-29

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面流速变化情况统计表（丰水年）

单位：m/s

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	2.15	2.15	-0.01	2.21	2.20	-0.01	0.65	0.64	0.00	0.29	0.29	0.00
5 月	2.96	2.80	-0.16	3.16	2.98	-0.18	0.96	0.90	-0.06	0.60	0.54	-0.06
6 月	2.94	2.92	-0.01	3.13	3.11	-0.02	0.96	0.96	-0.01	0.59	0.59	-0.01
7 月	3.15	3.15	0.00	3.38	3.38	0.00	1.03	1.03	0.00	0.68	0.68	0.00
8 月	2.35	2.33	-0.02	2.45	2.42	-0.02	0.73	0.72	-0.01	0.37	0.36	-0.01
9 月	2.49	2.22	-0.26	2.61	2.29	-0.32	0.79	0.68	-0.11	0.42	0.32	-0.10
10 月	2.57	2.63	0.06	2.71	2.79	0.08	0.82	0.84	0.02	0.45	0.48	0.02
11 月	2.45	2.54	0.09	2.56	2.67	0.11	0.77	0.80	0.04	0.41	0.44	0.03
12 月	1.83	2.03	0.19	1.79	2.04	0.25	0.52	0.60	0.07	0.19	0.25	0.06
1 月	1.49	1.83	0.34	1.36	1.80	0.44	0.40	0.52	0.12	0.10	0.18	0.08
2 月	1.53	1.84	0.31	1.40	1.81	0.40	0.41	0.52	0.11	0.11	0.19	0.08
3 月	2.40	2.38	-0.03	2.51	2.47	-0.03	0.75	0.74	-0.01	0.39	0.38	-0.01
最小值	1.49	1.83	-0.26	1.36	1.80	-0.32	0.40	0.52	-0.11	0.10	0.18	-0.10
最大值	3.15	3.15	0.34	3.38	3.38	0.44	1.03	1.03	0.12	0.68	0.68	0.08
平均值	2.36	2.40	0.04	2.44	2.50	0.06	0.73	0.75	0.01	0.38	0.39	0.01

表 5.1-30

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面流速变化情况统计表（平水年）

单位：m/s

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	2.68	2.64	-0.04	2.84	2.80	-0.04	0.86	0.84	-0.02	0.50	0.48	-0.01
5 月	3.00	2.86	-0.14	3.21	3.05	-0.16	0.98	0.93	-0.05	0.62	0.56	-0.06
6 月	2.52	2.51	-0.01	2.65	2.63	-0.01	0.80	0.79	0.00	0.43	0.43	0.00
7 月	2.75	2.75	0.00	2.93	2.93	0.00	0.89	0.89	0.00	0.52	0.52	0.00
8 月	2.30	2.28	-0.02	2.38	2.35	-0.03	0.71	0.70	-0.01	0.35	0.34	-0.01
9 月	2.20	1.98	-0.22	2.26	1.99	-0.27	0.67	0.57	-0.10	0.31	0.23	-0.08
10 月	2.20	2.19	-0.01	2.26	2.25	-0.01	0.67	0.66	0.00	0.31	0.31	0.00
11 月	2.05	2.17	0.13	2.07	2.23	0.16	0.60	0.66	0.05	0.26	0.30	0.05
12 月	1.80	1.98	0.18	1.76	1.99	0.23	0.51	0.58	0.07	0.18	0.23	0.05
1 月	1.87	2.02	0.15	1.84	2.04	0.19	0.53	0.59	0.06	0.20	0.24	0.05
2 月	1.78	1.94	0.16	1.72	1.94	0.21	0.50	0.56	0.06	0.17	0.22	0.05
3 月	1.77	1.92	0.15	1.73	1.92	0.19	0.50	0.55	0.06	0.17	0.21	0.04
最小值	1.77	1.92	-0.22	1.72	1.92	-0.27	0.50	0.55	-0.10	0.17	0.21	-0.08
最大值	3.00	2.86	0.18	3.21	3.05	0.23	0.98	0.93	0.07	0.62	0.56	0.05
平均值	2.24	2.27	0.03	2.30	2.34	0.04	0.68	0.69	0.01	0.33	0.34	0.01



表 5.1-31

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面流速变化情况统计表（枯水年）

单位：m/s

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	1.96	2.05	0.09	1.97	2.09	0.11	0.57	0.60	0.03	0.23	0.25	0.03
5 月	2.71	2.48	-0.23	2.87	2.60	-0.27	0.87	0.78	-0.09	0.51	0.42	-0.09
6 月	2.82	2.81	-0.01	3.01	3.00	-0.01	0.91	0.91	0.00	0.55	0.55	0.00
7 月	2.23	2.23	0.00	2.30	2.30	0.00	0.68	0.68	0.00	0.32	0.32	0.00
8 月	2.03	2.11	0.07	2.05	2.15	0.10	0.60	0.63	0.03	0.26	0.28	0.02
9 月	2.41	2.12	-0.29	2.52	2.17	-0.35	0.76	0.64	-0.12	0.39	0.28	-0.11
10 月	1.50	1.97	0.47	1.37	1.98	0.61	0.40	0.57	0.17	0.10	0.23	0.12
11 月	1.95	1.92	-0.03	1.95	1.91	-0.04	0.57	0.55	-0.02	0.23	0.21	-0.02
12 月	1.65	1.87	0.22	1.57	1.86	0.29	0.45	0.53	0.08	0.14	0.20	0.06
1 月	1.27	1.83	0.56	1.11	1.80	0.69	0.34	0.52	0.18	0.06	0.18	0.12
2 月	1.42	1.84	0.42	1.28	1.81	0.53	0.38	0.52	0.14	0.09	0.19	0.10
3 月	1.67	1.84	0.17	1.59	1.81	0.22	0.46	0.52	0.06	0.15	0.19	0.04
最小值	1.27	1.83	-0.29	1.11	1.80	-0.35	0.34	0.52	-0.12	0.06	0.18	-0.11
最大值	2.82	2.81	0.56	3.01	3.00	0.69	0.91	0.91	0.18	0.55	0.55	0.12
平均值	1.97	2.09	0.12	1.97	2.12	0.16	0.58	0.62	0.04	0.25	0.27	0.02

表 5.1-32

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面水面宽变化情况统计表（丰水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	26.47	26.47	-0.01	21.75	21.73	-0.02	23.26	23.24	-0.03	15.44	15.38	-0.07
5 月	28.95	28.44	-0.51	24.26	23.76	-0.50	26.61	25.93	-0.68	23.43	21.86	-1.57
6 月	28.96	28.92	-0.04	24.25	24.21	-0.04	26.50	26.44	-0.06	23.33	23.19	-0.14
7 月	29.61	29.61	0.00	24.90	24.90	0.00	27.44	27.44	0.00	25.43	25.42	0.00
8 月	27.06	27.01	-0.05	22.36	22.31	-0.06	24.05	23.98	-0.07	17.43	17.25	-0.18
9 月	27.45	26.69	-0.76	22.77	21.97	-0.79	24.57	23.54	-1.03	18.72	16.17	-2.55
10 月	27.74	27.93	0.19	23.05	23.24	0.20	24.94	25.22	0.28	19.60	20.22	0.62
11 月	27.29	27.63	0.34	22.67	22.94	0.27	24.46	24.81	0.35	18.40	19.25	0.85
12 月	19.79	24.15	4.36	20.63	21.45	0.81	22.31	22.87	0.55	13.13	14.49	1.36
1 月	13.47	21.17	7.70	18.50	20.93	2.43	21.41	22.20	0.80	10.92	12.84	1.92
2 月	14.31	21.48	7.17	18.79	20.95	2.16	21.49	22.23	0.74	11.13	12.90	1.78
3 月	27.20	26.43	-0.78	22.54	22.49	-0.05	24.29	24.23	-0.06	17.95	17.79	-0.16
最小值	13.47	21.17	-0.78	18.50	20.93	-0.79	21.41	22.20	-1.03	10.92	12.84	-2.55
最大值	29.61	29.61	7.70	24.90	24.90	2.43	27.44	27.44	0.80	25.43	25.42	1.92
平均值	24.86	26.33	1.47	22.21	22.57	0.37	24.28	24.34	0.07	17.91	18.07	0.16

表 5.1-33

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面水面宽变化情况统计表（平水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	28.06	27.95	-0.11	23.37	23.25	-0.12	25.42	25.27	-0.15	20.66	20.29	-0.37
5 月	29.10	28.62	-0.48	24.41	23.94	-0.47	26.81	26.15	-0.65	23.90	22.43	-1.46
6 月	27.57	27.53	-0.04	22.88	22.84	-0.04	24.73	24.68	-0.05	19.08	18.96	-0.12
7 月	28.30	28.30	0.00	23.61	23.61	0.00	25.71	25.71	0.00	21.41	21.41	0.00
8 月	26.90	26.85	-0.05	22.20	22.14	-0.06	23.83	23.76	-0.07	16.88	16.70	-0.19
9 月	26.60	26.03	-0.57	21.89	21.26	-0.63	23.43	22.63	-0.80	15.91	13.88	-2.02
10 月	26.31	26.58	0.27	21.90	21.86	-0.03	23.44	23.40	-0.04	15.93	15.82	-0.11
11 月	25.45	26.53	1.09	21.47	21.82	0.35	22.89	23.34	0.45	14.54	15.68	1.13
12 月	20.54	24.71	4.17	20.76	21.28	0.53	22.15	22.66	0.51	12.70	13.96	1.26
1 月	21.79	25.14	3.36	21.04	21.39	0.35	22.34	22.79	0.45	13.18	14.29	1.11
2 月	19.64	24.15	4.52	20.73	21.18	0.46	22.07	22.53	0.46	12.51	13.64	1.13
3 月	19.58	23.50	3.92	20.82	21.15	0.33	22.07	22.49	0.42	12.51	13.54	1.04
最小值	19.58	23.50	-0.57	20.73	21.15	-0.63	22.07	22.49	-0.80	12.51	13.54	-2.02
最大值	29.10	28.62	4.52	24.41	23.94	0.53	26.81	26.15	0.51	23.90	22.43	1.26
平均值	24.99	26.33	1.34	22.09	22.15	0.06	23.74	23.78	0.04	16.60	16.72	0.12

表 5.1-34

姚家平水利枢纽坝下河段代表断面水面宽变化情况统计表（枯水年）

单位：m

断面	D018			D027			D045			D055		
	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化	建库前	建库后	变化
4 月	23.96	26.19	2.24	21.24	21.44	0.19	22.62	22.87	0.25	13.86	14.47	0.61
5 月	28.16	27.46	-0.71	23.48	22.76	-0.71	25.54	24.59	-0.95	20.96	18.69	-2.27
6 月	28.51	28.48	-0.03	23.83	23.80	-0.03	26.01	25.97	-0.04	22.08	21.99	-0.09
7 月	26.70	26.70	0.00	22.00	22.00	0.00	23.57	23.57	0.00	16.25	16.25	0.00
8 月	23.95	26.37	2.42	21.47	21.63	0.17	22.90	23.10	0.20	14.58	15.07	0.48
9 月	26.93	26.40	-0.53	22.56	21.68	-0.88	24.31	23.16	-1.15	18.06	15.21	-2.85
10 月	13.96	25.77	11.81	18.63	21.24	2.62	21.44	22.60	1.16	11.01	13.82	2.81
11 月	23.49	24.17	0.68	21.24	21.13	-0.12	22.60	22.45	-0.15	13.84	13.46	-0.38
12 月	16.10	22.71	6.61	20.26	21.03	0.77	21.75	22.33	0.58	11.75	13.15	1.40
1 月	12.08	21.21	9.13	16.36	20.93	4.57	21.04	22.21	1.17	10.09	12.85	2.76
2 月	13.01	21.63	8.62	17.85	20.96	3.11	21.29	22.24	0.95	10.66	12.93	2.27
3 月	17.68	21.44	3.76	19.62	20.95	1.32	21.85	22.22	0.37	11.99	12.89	0.90
最小值	12.08	21.21	-0.71	16.36	20.93	-0.88	21.04	22.21	-1.15	10.09	12.85	-2.85
最大值	28.51	28.48	11.81	23.83	23.80	4.57	26.01	25.97	1.17	22.08	21.99	2.81
平均值	21.21	24.88	3.67	20.71	21.63	0.92	22.91	23.11	0.20	14.60	15.07	0.47

### (5) 日调峰运行对下游河段水文情势的影响分析

姚家平水利枢纽在电网中有调峰任务,为进一步分析调峰运行期间坝下流量、水位的变化情况,选取丰、平、枯典型年4月~7月典型日的逐时下泄流量、坝下水位变化过程来说明。流量和变化情况见表 5.1-35~表 5.1-37 和图 5.1-12~图 5.1-14。

从表中可以看出,丰水年6月典型日下泄流量和水位日内变幅最大,流量变幅为  $80.0\text{m}^3/\text{s}$ ,天电坝上和坝下水位变幅分别为  $1.3\text{m}$  和  $1.1\text{m}$ ,4月、5月、7月典型日流量日内变幅分别为  $65.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $63.2\text{m}^3/\text{s}$ 、 $59.6\text{m}^3/\text{s}$ ;平水年4月典型日下泄流量和水位日内变幅最大,流量变幅为  $67.4\text{m}^3/\text{s}$ ,天电坝上和坝下水位变幅分别为  $1.1\text{m}$  和  $0.9\text{m}$ ,5月、6月、7月典型日流量日内变幅分别为  $63.2\text{m}^3/\text{s}$ 、 $37.7\text{m}^3/\text{s}$ 、 $66.2\text{m}^3/\text{s}$ ;枯水年6月典型日下泄流量和水位日内变幅最大,流量变幅为  $86.9\text{m}^3/\text{s}$ ,天电坝上和坝下水位变幅分别为  $1.4\text{m}$  和  $1.2\text{m}$ ,4月、5月、7月典型日流量日内变幅分别为  $62.4\text{m}^3/\text{s}$ 、 $84.7\text{m}^3/\text{s}$ 、 $69.1\text{m}^3/\text{s}$ 。从丰、平、枯典型年变化情况来看,枯水年坝下水位日内变幅大于丰水年和平水年。

表 5.1-35

姚家平水利枢纽丰水年典型日坝下水位流量变化情况

时	4 月			5 月			6 月			7 月		
	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位
1	15.57	574.42	565.37	122.35	576.02	567.04	109.43	575.80	566.88	133.22	576.21	567.18
2	15.57	574.42	565.37	122.35	576.02	567.04	109.43	575.80	566.88	133.22	576.21	567.18
3	15.57	574.42	565.37	99.79	575.65	566.75	86.35	575.43	566.56	133.22	576.21	567.18
4	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	133.22	576.21	567.18
5	15.57	574.42	565.37	99.79	575.65	566.75	86.35	575.43	566.56	133.22	576.21	567.18
6	15.57	574.42	565.37	99.79	575.65	566.75	86.35	575.43	566.56	133.22	576.21	567.18
7	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	73.66	575.24	566.37
8	74.96	575.26	566.39	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	73.66	575.24	566.37
9	74.96	575.26	566.39	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	73.66	575.24	566.37
10	74.96	575.26	566.39	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	75.86	575.27	566.40
11	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	118.51	575.96	567.00
12	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	118.51	575.96	567.00
13	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	73.66	575.24	566.37
14	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	118.51	575.96	567.00
15	15.57	574.42	565.37	72.72	575.22	566.35	58.65	575.01	566.13	133.22	576.21	567.18
16	15.57	574.42	565.37	122.35	576.02	567.04	109.43	575.80	566.88	133.22	576.21	567.18
17	15.57	574.42	565.37	122.35	576.02	567.04	109.43	575.80	566.88	133.22	576.21	567.18
18	15.57	574.42	565.37	122.35	576.02	567.04	109.43	575.80	566.88	133.22	576.21	567.18
19	80.58	575.34	566.47	135.89	576.26	567.21	123.28	576.04	567.05	133.22	576.21	567.18
20	80.58	575.34	566.47	135.89	576.26	567.21	123.28	576.04	567.05	133.22	576.21	567.18
21	80.58	575.34	566.47	135.89	576.26	567.21	138.66	576.31	567.24	133.22	576.21	567.18
22	15.57	574.42	565.37	135.89	576.26	567.21	123.28	576.04	567.05	118.51	575.96	567.00
23	15.57	574.42	565.37	99.79	575.65	566.75	86.35	575.43	566.56	118.51	575.96	567.00
24	15.57	574.42	565.37	99.79	575.65	566.75	86.35	575.43	566.56	118.51	575.96	567.00
变幅	65.0	0.9	1.1	63.2	1.0	0.9	80.0	1.3	1.1	59.6	1.0	0.8

表 5.1-36

姚家平水利枢纽平水年典型日坝下水位流量变化情况

时	4 月			5 月			6 月			7 月		
	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位
1	129.54	576.15	567.13	122.35	576.02	567.04	45.57	574.83	565.91	116.31	575.92	566.97
2	129.54	576.15	567.13	122.35	576.02	567.04	45.57	574.83	565.91	116.31	575.92	566.97
3	115.09	575.90	566.95	108.82	575.79	566.87	45.57	574.83	565.91	108.22	575.78	566.86
4	105.46	575.74	566.82	99.79	575.65	566.75	45.57	574.83	565.91	108.22	575.78	566.86
5	105.46	575.74	566.82	99.79	575.65	566.75	45.57	574.83	565.91	108.22	575.78	566.86
6	105.46	575.74	566.82	99.79	575.65	566.75	45.57	574.83	565.91	108.22	575.78	566.86
7	76.57	575.28	566.41	72.72	575.22	566.35	75.58	575.27	566.40	50.13	574.89	565.99
8	76.57	575.28	566.41	72.72	575.22	566.35	75.58	575.27	566.40	50.13	574.89	565.99
9	83.79	575.39	566.52	79.49	575.33	566.45	75.58	575.27	566.40	50.13	574.89	565.99
10	83.79	575.39	566.52	79.49	575.33	566.45	75.58	575.27	566.40	53.81	574.94	566.05
11	83.79	575.39	566.52	79.49	575.33	566.45	75.58	575.27	566.40	96.45	575.59	566.70
12	76.57	575.28	566.41	72.72	575.22	566.35	45.57	574.83	565.91	96.45	575.59	566.70
13	76.57	575.28	566.41	72.72	575.22	566.35	45.57	574.83	565.91	50.13	574.89	565.99
14	76.57	575.28	566.41	72.72	575.22	566.35	54.81	574.96	566.07	96.45	575.59	566.70
15	83.79	575.39	566.52	79.49	575.33	566.45	75.58	575.27	566.40	108.22	575.78	566.86
16	129.54	576.15	567.13	122.35	576.02	567.04	75.58	575.27	566.40	108.22	575.78	566.86
17	129.54	576.15	567.13	122.35	576.02	567.04	75.58	575.27	566.40	108.22	575.78	566.86
18	129.54	576.15	567.13	122.35	576.02	567.04	83.27	575.38	566.51	108.22	575.78	566.86
19	143.99	576.40	567.30	135.89	576.26	567.21	83.27	575.38	566.51	108.22	575.78	566.86
20	143.99	576.40	567.30	135.89	576.26	567.21	83.27	575.38	566.51	116.31	575.92	566.97
21	143.99	576.40	567.30	135.89	576.26	567.21	83.27	575.38	566.51	116.31	575.92	566.97
22	143.99	576.40	567.30	135.89	576.26	567.21	83.27	575.38	566.51	71.45	575.20	566.33
23	105.46	575.74	566.82	99.79	575.65	566.75	45.57	574.83	565.91	96.45	575.59	566.70
24	105.46	575.74	566.82	99.79	575.65	566.75	45.57	574.83	565.91	96.45	575.59	566.70
变幅	67.4	1.1	0.9	63.2	1.0	0.9	37.7	0.6	0.6	66.2	1.0	1.0

表 5.1-37

姚家平水利枢纽枯水年典型日坝下水位流量变化情况

时	4 月			5 月			6 月			7 月		
	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位	流量	天电坝 上水位	天电坝 下水位
1	15.57	574.42	565.37	114.47	575.89	566.94	117.12	575.93	566.98	15.57	574.42	565.37
2	15.57	574.42	565.37	114.47	575.89	566.94	117.12	575.93	566.98	15.57	574.42	565.37
3	15.57	574.42	565.37	114.47	575.89	566.94	117.12	575.93	566.98	15.57	574.42	565.37
4	15.57	574.42	565.37	50.78	574.90	566.00	51.73	574.91	566.01	15.57	574.42	565.37
5	15.57	574.42	565.37	50.78	574.90	566.00	51.73	574.91	566.01	15.57	574.42	565.37
6	15.57	574.42	565.37	50.78	574.90	566.00	51.73	574.91	566.01	15.57	574.42	565.37
7	15.57	574.42	565.37	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	15.57	574.42	565.37
8	65.82	575.12	566.24	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	15.57	574.42	565.37
9	65.82	575.12	566.24	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	84.69	575.41	566.53
10	65.82	575.12	566.24	72.51	575.22	566.35	74.04	575.24	566.37	15.57	574.42	565.37
11	15.57	574.42	565.37	112.97	575.86	566.92	115.58	575.91	566.96	15.57	574.42	565.37
12	15.57	574.42	565.37	112.97	575.86	566.92	115.58	575.91	566.96	15.57	574.42	565.37
13	15.57	574.42	565.37	65.77	575.12	566.24	67.12	575.14	566.26	15.57	574.42	565.37
14	15.57	574.42	565.37	112.97	575.86	566.92	115.58	575.91	566.96	15.57	574.42	565.37
15	15.57	574.42	565.37	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	75.13	575.26	566.39
16	15.57	574.42	565.37	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	77.33	575.29	566.42
17	15.57	574.42	565.37	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	77.33	575.29	566.42
18	15.57	574.42	565.37	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	84.69	575.41	566.53
19	77.97	575.30	566.43	124.96	576.07	567.08	127.89	576.12	567.11	84.69	575.41	566.53
20	77.97	575.30	566.43	135.45	576.25	567.20	138.66	576.31	567.24	84.69	575.41	566.53
21	77.97	575.30	566.43	135.45	576.25	567.20	138.66	576.31	567.24	84.69	575.41	566.53
22	15.57	574.42	565.37	88.25	575.46	566.58	90.20	575.49	566.61	77.33	575.29	566.42
23	15.57	574.42	565.37	112.97	575.86	566.92	115.58	575.91	566.96	56.75	574.99	566.10
24	15.57	574.42	565.37	112.97	575.86	566.92	115.58	575.91	566.96	15.57	574.42	565.37
变幅	62.4	0.9	1.1	84.7	1.3	1.2	86.9	1.4	1.2	69.1	1.0	1.2



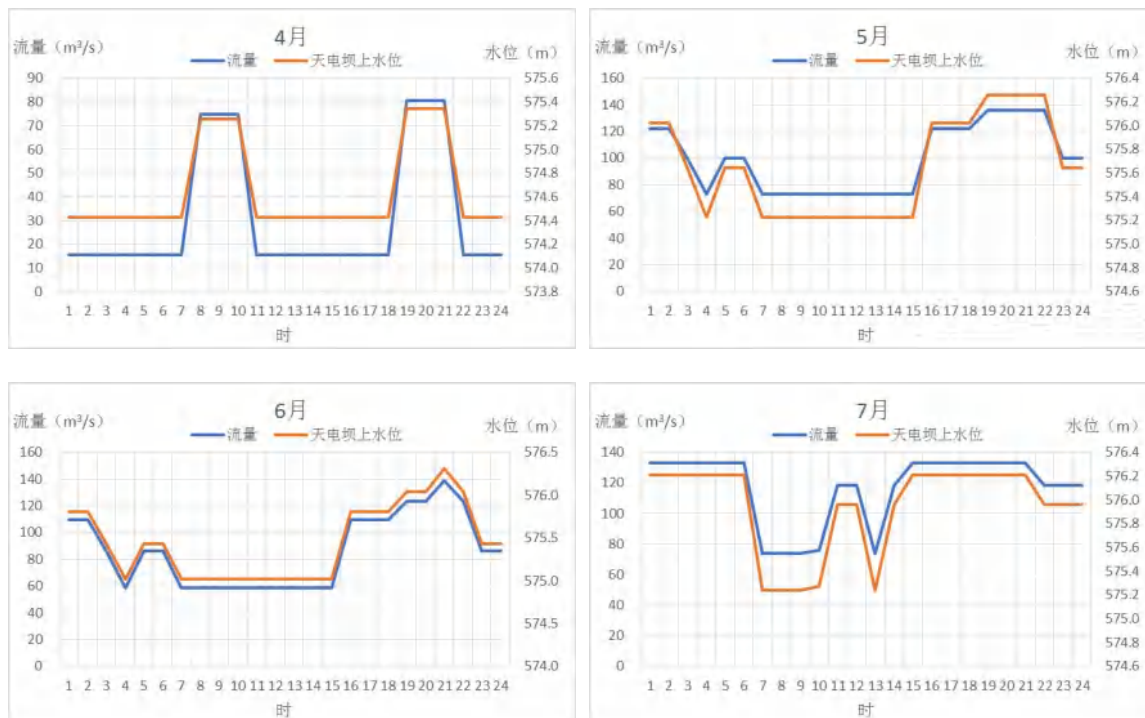


图 5.1-12 姚家平水利枢纽丰水年典型日坝下流量水位变化图

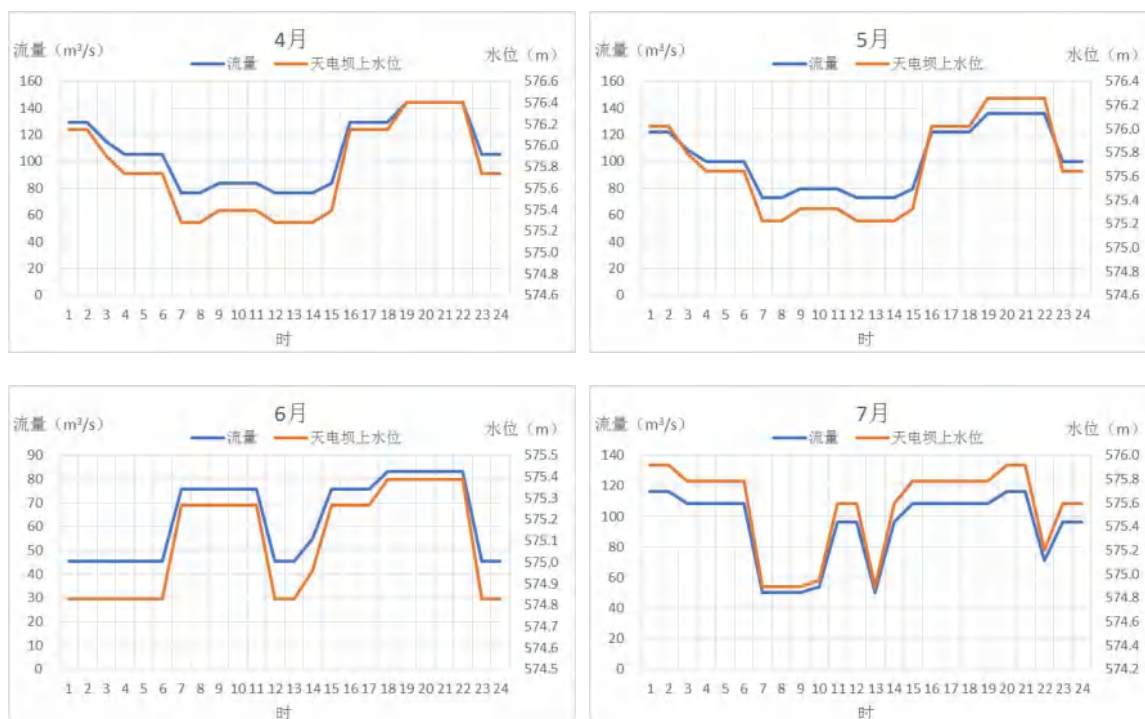


图 5.1-13 姚家平水利枢纽平水年典型日坝下流量水位变化图

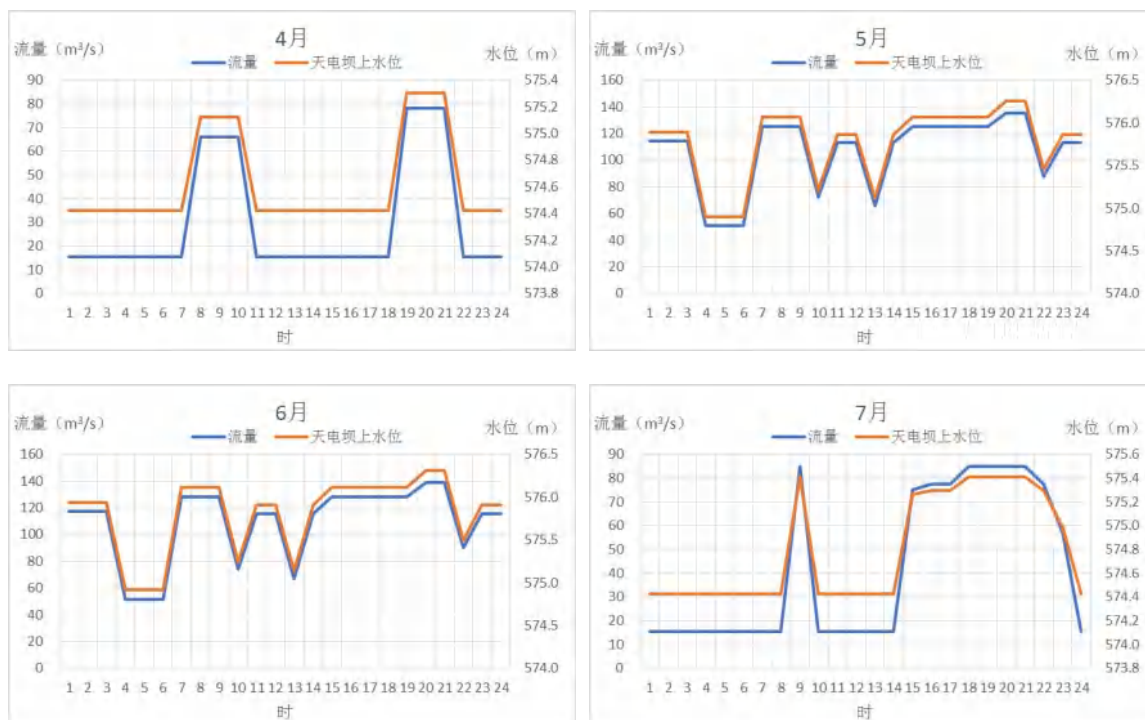


图 5.1-14 姚家平水利枢纽枯水年典型日坝下流量水位变化图

### 5.1.5 小结

(1) 根据姚家平坝下河道生态需水分析, 评价河段生态环境需水量主要考虑维持水生生态系统稳定所需要的生态流量和维持河道水质的最小稀释净化水量。采用 Tennant 法、湿周法、R2-Cross 法、生态水力学法以及  $Q_{90}$  对姚家平坝下河段生态流量进行了计算, 根据各方法的计算结果取外包值, 推荐姚家平水利枢纽坝下游生态流量在 11 月至翌年 3 月不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$  (占坝址处多年平均流量的 16.3%), 在 4~10 月不应低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$  (占坝址处多年平均流量的 30.0%)。

(2) 根据库区水文情势影响预测分析, 姚家平建库后丰、平、枯典型年坝前月均水位基本在  $716.8\text{m}$  以上, 较建库前水位抬升约  $121\sim 145\text{m}$ 。从断面流速、水面宽、过水面积变化情况来看, 建库后, 库区不同典型年流速变化在  $-2.595\text{m/s}\sim -0.408\text{m/s}$ ; 水面宽变化在  $55.18\text{m}\sim 415.33\text{m}$  之间; 过水面积变化在  $836.8\text{m}^2\sim 39734.8\text{m}^2$ , 建库后断

面流速较建库前有所降低，水面宽、过水面积较建库前均有所增加。

(3) 根据坝下河段水文情势影响预测分析，建库前后丰、平、枯典型年及多年平均条件下，由于水库的调节作用，年内流量变幅有所减小。丰、平、枯水年及多年平均建库前后旬均流量变幅分别在-55.3%~158.8%、-44.8%~76.5%、-57.6%~325.0%和-32.0%~86.2%之间，其中流量减小的时段主要出现在5月和9月。减水河段流量均能达到生态流量泄放要求，水库弃水主要发生在6月中旬~8月上旬时段。

(4) 从坝下河段代表断面的水深、流速和水面宽的变化情况来看，建库后各要素年内变幅较建库前减小，月均最小值较建库前有所增加，月均最大值较建库前有所降低，总体呈现均化趋势。

(5) 从工程发电日调峰运行影响来看，枯水年调峰发电造成的坝下水位日内变幅总体要大于丰水年和平水年。丰水年典型日天电坝上水位日内变幅最大为1.3m，平水年典型日天电坝上水位日内变幅最大为1.1m，枯水年典型日天电坝上水位日内变幅最大为1.4m。

## 5.2 地表水环境

### 5.2.1 水温影响预测与评价

#### 5.2.1.1 水库水温类型判别

水库水温结构判别采用 $\alpha$ 、 $\beta$ 指标法。当 $\alpha < 10$ 时，水库水温为分层型，库表面的水温明显高于中下层水温而出现温度分层； $\alpha > 20$ 时为混合型，一年中任何时间库内水温分布比较均匀，水温梯度很小； $10 < \alpha < 20$ 时为过渡型，兼有上述两种类型水温分布特征。对于分层型水库，如遇 $\beta > 1$ 时的洪水，分层结构被破坏，则为临时性混合型； $\beta < 0.5$ 时洪水对水温分层几乎无影响。

姚家平水库校核洪水位为 749.14m，正常蓄水位为 745m，总库容为 3.219 亿 m<sup>3</sup>。坝址多年平均径流量 16.4 亿 m<sup>3</sup>，坝址 1%、2%、5%和 20%洪水的 3d 洪量分别为 3.45 亿 m<sup>3</sup>、3.16 亿 m<sup>3</sup>、2.76 亿 m<sup>3</sup> 和 2.08 亿 m<sup>3</sup>，则：

$$\alpha=16.4\times10^8/(3.219\times10^8)=5.1<10$$

$$\beta_{1\%}(3d)=3.45\times10^8/(3.219\times10^8)=1.07>0.5$$

$$\beta_{2\%}(3d)=3.16\times10^8/(3.219\times10^8)=0.98>0.5$$

$$\beta_{5\%}(3d)=2.76\times10^8/(3.219\times10^8)=0.86>0.5$$

$$\beta_{20\%}(3d)=2.08\times10^8/(3.219\times10^8)=0.64>0.5$$

根据水库水温结构判别该水库 $\alpha$ 指数为 5.1<10，初步判断姚家平枢纽水库为稳定分层型水库。坝址处 1%洪水的 $\beta$ 指数大于 1，2%、5%和 20%洪水的 $\beta$ 指数大于 0.5 小于 1，即遇百年一遇洪水时姚家平水库水温分层结构被破坏，为临时性混合型；小于百年一遇洪水时，对水温分层虽有影响，但仍难于破坏水温分层结构。

#### 5.2.1.2 基础资料

##### (1) 水文资料

以姚家平坝址断面典型年的逐月入出库流量作为水库水温模型的边界条件，其中设计丰水年（P=10%）为 1967 年 4 月～1968 年 3 月，设计平水年（P=50%）为 2003 年 4 月～2004 年 3 月，设计枯水年（P=90%）为 2013 年 4 月～2014 年 3 月。各典型年出入库流量见表 5.2-1。

表 5.2-1 姚家平枢纽运行期各典型年调度过程 单位: m<sup>3</sup>/s

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	入库流量	出库流量	月均水位(m)	入库流量	出库流量	月均水位(m)	入库流量	出库流量	月均水位(m)
1	30.59	30.57	725.00	85.35	82.09	725.00	23.42	28.95	723.54
2	119.48	100.06	730.70	125.67	106.21	730.16	94.28	69.46	730.16
3	118.08	118.07	735.00	62.68	62.67	735.00	105.13	105.10	735.00
4	147.17	147.15	735.00	94.12	94.12	735.00	41.36	41.33	735.00
5	49.64	49.62	735.00	47.04	47.04	735.00	29.19	34.98	733.86
6	63.65	41.26	742.69	41.05	25.80	740.03	63.41	35.49	742.63
7	75.16	80.80	743.76	39.93	38.66	743.40	7.98	25.68	739.82
8	67.24	74.79	740.30	31.62	39.83	740.20	26.79	22.86	738.85
9	19.94	28.58	736.53	18.45	26.36	736.53	13.19	20.93	736.56
10	8.86	19.12	731.65	22.01	29.12	732.96	4.79	19.15	730.54
11	8.63	19.50	726.33	16.50	23.44	729.46	7.62	19.68	723.62
12	56.65	55.41	725.83	17.66	24.02	725.80	13.69	19.27	717.63

## (2) 水温资料

姚家平坝址上下游分别设有利川和恩施水文站,有多年观测水温资料,两站相距约 92.2km。姚家平坝址位于利川水文站下游 57.2km 处。

本次研究收集到利川站(1973~1987 年,共 15 年)和恩施站(1964~1987,共 24 年)多年平均水温资料,见表 5.2-2。本次研究假设两站之间的水温呈线性变化,采用增温率法确定坝址处水温及支流水温。增温率即两站间的实测水温差与距离的比值,其计算公式为:

$$\Delta T(t) = \frac{T_{\text{恩}}(t) - T_{\text{利}}(t)}{L}$$

式中,  $\Delta T(t)$  为增温率(°C/100km),  $T_{\text{恩}}(t)$ 、 $T_{\text{利}}(t)$  分别为恩施站、利川站的逐月实测水温值(°C),  $L$  为两站间的距离(km)。

由表 5.2-2 可知,利川站实测多年平均年内水温变化范围为 4.8°C~22.7°C;恩施站多年平均实测水温范围为 7.5°C~23.0°C,计算得到逐月沿程增温率范围为 0~2.92°C/100km。

表 5.2-2 姚家平入库、坝址等特征断面的天然水温过程 单位：℃

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
利川站水温	4.8	5.7	8.6	13.4	16.5	19.0	21.2	22.7	19.2	15.5	11.2	6.9	13.7
恩施站水温	7.5	8.3	11.3	14.8	17.3	19.6	21.2	23.0	20.0	16.6	13.1	9.3	15.2
增温率(℃/100km)	2.92	2.80	2.90	1.52	0.87	0.61	0	0.32	0.90	1.19	2.05	2.66	1.6
姚家平入库水温	6.0	6.9	9.8	14.0	16.9	19.3	21.2	22.8	19.6	16.0	12.1	8.0	14.4
姚家平坝址水温	6.5	7.3	10.3	14.2	17.0	19.4	21.2	22.9	19.7	16.2	12.4	8.4	14.6

### (3) 气象资料

影响水库水温的气象要素主要包括太阳辐射、气温、风速、云量、湿度。姚家平坝址下游 35km 处有恩施气象站。本次研究主要依据恩施站气温、相对湿度、平均风速、云量等气象观测资料。库区水温预测采用气象要素见表 5.2-3, 表中各气象要素均为 1981-2010 年多年平均逐月实测资料。

表 5.2-3 恩施气象站（1981-2010 年）气象要素统计

月份	平均气温(℃)	平均相对湿度(%)	平均风速(m/s)	平均日照时数(h)	云量	太阳总辐射量(W/m <sup>2</sup> )
1	5.2	83	0.7	41.5	0.8	62.72
2	7.1	80	0.8	46.1	0.8	77.44
3	10.9	78	0.9	74.8	0.8	104.25
4	16.4	78	0.9	109.4	0.7	140.09
5	20.7	79	0.9	132.2	0.7	157.72
6	23.9	79	0.8	129.5	0.7	166.22
7	26.5	80	1	167.4	0.6	176.52
8	26.5	76	1	198.7	0.6	176.35
9	22.6	78	0.9	128.6	0.7	138.12
10	17	84	0.7	90.3	0.7	101.78
11	11.9	84	0.6	70.5	0.7	83.15
12	6.7	85	0.6	45.8	0.8	64.70

### 5.2.1.3 水库水温数学模型

姚家平水利枢纽水库形状狭长，水库水温预测采用宽度平均的立面二维水动力模型 CE-QUAL-W2。CE-QUAL-W2 模型是由美国陆军工程兵团开发的，可应用于河流，湖泊，水库和河口的纵向/垂向二维水动力及水质模型。

#### (1) 连续方程

$$\frac{\partial Bu}{\partial x} + \frac{\partial Bw}{\partial z} = qB$$

#### (2) 动量方程

$x$  向:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial uB}{\partial t} + \frac{\partial uuB}{\partial x} + \frac{\partial wuB}{\partial z} \\ &= gB \sin \alpha + g \cos \alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g \cos \alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xx}}{\partial x} \\ &+ \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xz}}{\partial z} + qBU_x \end{aligned}$$

$$z \text{ 向: } 0 = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}$$

#### (3) 状态方程

$$\rho = f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS})$$

#### (4) 自由水面方程

$$B_{\eta} \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_{\eta}^h B u dz - \int_{\eta}^h q B dz$$

#### (5) 热输运方程

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial uB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial wB\Phi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) + q_{\Phi} B + BS_{\Phi}$$

式中： $u$  和  $w$  分别为  $x$  和  $z$  方向的流速，m/s； $B$  为水体宽度，m；

$q$  为侧向单位体积净入库流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $g$  为重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;  $\alpha$  为河底水线夹角,  $\text{rad}$ ;  $\tau_{xx}$  和  $\tau_{xz}$  分别为控制体在  $x$  面  $x$  向和  $z$  面  $x$  向的湍流剪应力,  $\text{N}/\text{m}^2$ ;  $\Phi$  为侧向平均条件下热量浓度,  $\text{J}/\text{m}^3$ ;  $D_x$  和  $D_z$  分别为温度纵向和垂向扩散系数,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;  $q_\phi$  为单元控制体侧向热量出入流的速率,  $\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$ ;  $S_\phi$  为侧向平均的热量源汇项,  $\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$ 。

#### 5.2.1.4 模型验证

##### (1) 类比水库概况

本次选择清江水布垭水库进行模型验证。水布垭水利枢纽坝址位于姚家平坝址下游约 155km, 建成于 2008 年。由于其区域位置、水库特征、径流量、气候气象特征、下垫面条件和水体性质与姚家平水利枢纽具有一定的相似性, 其观测结果对本工程水温预测所采用数学模型的验证及参数率定具有一定的参考价值。

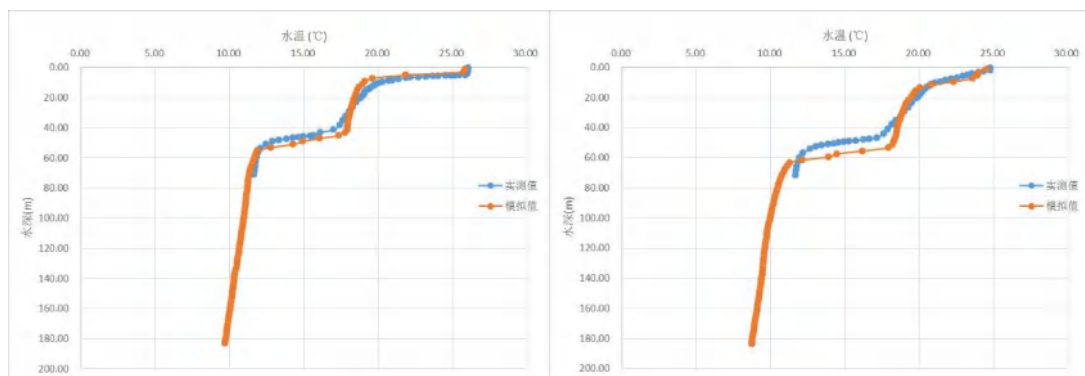
水布垭水利枢纽控制流域面积为  $10860\text{km}^2$ , 多年平均径流量 93.4 亿  $\text{m}^3$ , 水库正常蓄水位 400m, 死水位 350m, 总库容 45.8 亿  $\text{m}^3$ , 具有多年调节性能。工程开发任务以发电为主, 兼顾防洪和航运等。工程主要建筑物由混凝土面板堆石坝、地下厂房、左岸溢洪道和右岸放空洞组成。混凝土面板堆石坝坝顶高程 409m, 最大坝高 233.3m, 坝顶长度 674.66m, 坝顶宽 12m。

##### (2) 验证结果与分析

长江水资源保护科学研究所于 2011 年委托长江委水文局荆江水文水资源勘测局对水布垭库区垂向水温进行了观测。从 2011 年 7 月 15 日和 8 月 5 日坝前垂向水温实测值与计算值的对比来看, 计算的坝前垂向水温与实测值总体吻合较好, 计算值较为准确地模拟出了水布垭水库夏季显著的双温跃层结构, 温跃层位置基本准确, 验证结果如图 5.2-1 所



示。



(1) 2011 年 7 月 15 日

(2) 2011 年 8 月 5 日

图 5.2-1 水布垭水库水温验证结果对比

### 5.2.1.5 网格划分及计算条件

计算网格在主流方向上间距为 300m，水深方向间距为 2m，在正常蓄水位下，将姚家平水利枢纽库区离散为  $50 \times 78$  个矩形网格。计算丰、平、枯三个典型年姚家平库区水温结构，各工况采用的水文、入库水温和气象资料参见 5.2.1.2 节。

模型计算中对水温计算结果影响较大的参数有  $wsc$ （风遮蔽系数）、 $shade$ （光遮蔽系数）和  $Dx$ （纵向离散系数），主要对这三个参数进行率定。根据水布垭水库的验证结果，确定模型计算参数分别为  $wsc=1.65$ ， $shade=0.5$ ， $Dx=150m^2/s$ 。

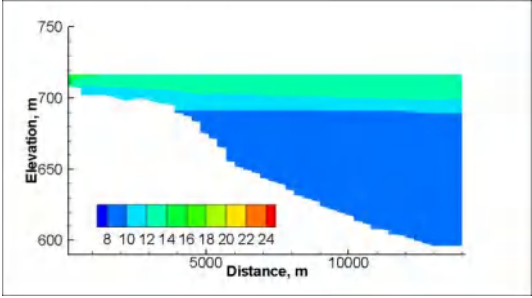
### 5.2.1.6 姚家平枢纽库区水温预测

#### (1) 丰水年（工况 1）预测结果及分析

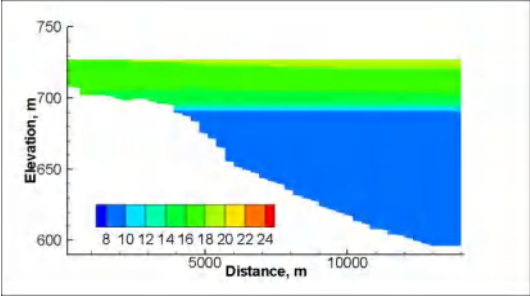
工况 1 条件下姚家平水利枢纽各月库区水温分布见图 5.2-2；水库坝前垂向水温分布见图 5.2-3。

从库区水温分布和坝前垂向水温分布图可以看出，姚家平水利枢纽库区水温总体呈现分层型水温结构特征，具体为：4 月开始气温有所上升，库区表层水温随气温逐渐上升。5~6 月，来流水温和气温等大幅提

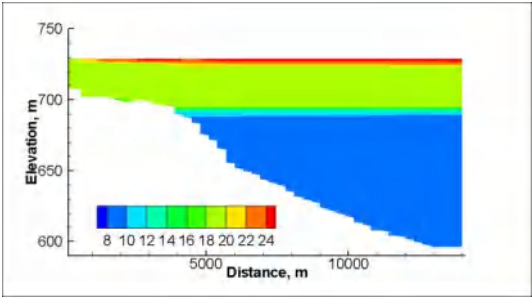
升，库区水温也大幅提高，开始出现温跃层，温跃层位置基本与电站进水口高程（700m）一致，6月表层水温升高至20.0℃，库底温度保持在8.6℃。7~8月气温继续升高，表层水温进一步升高至25.0℃，库底水温维持在8.6℃，7月水库开启中孔泄洪，温跃层位置下降至690m。9~10月气温、太阳辐射有所下降，表层水温有所降低，库区水温仍呈现稳定的分层结构，斜温层继续下移。11~12月，气温下降，辐射减小，库区表层水温降低明显，12月表层水温降至12.8℃，库底水温保持在8.6℃。次年1~3月，气温、辐射进一步减小，在对流作用下水温垂向混合逐渐均匀，库区水温保持在8.3~10.6℃之间。



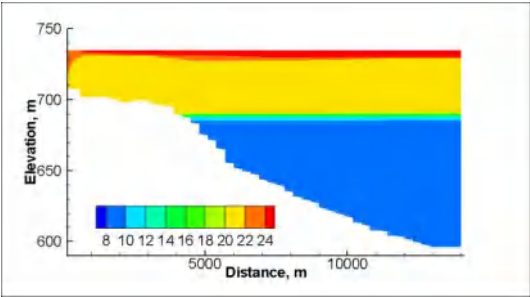
4月



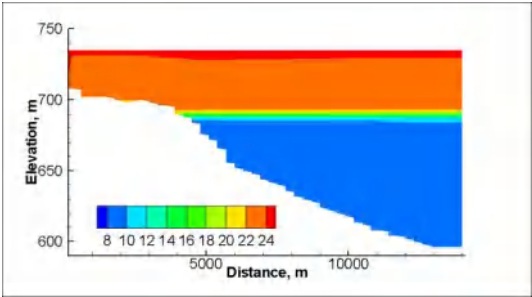
5月



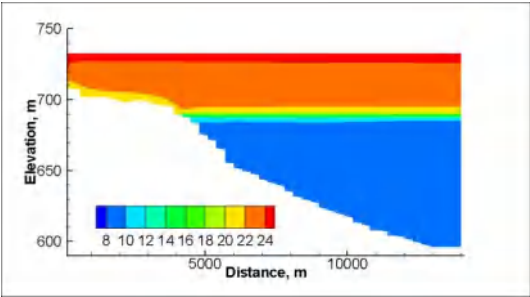
6月



7月



8月



9月

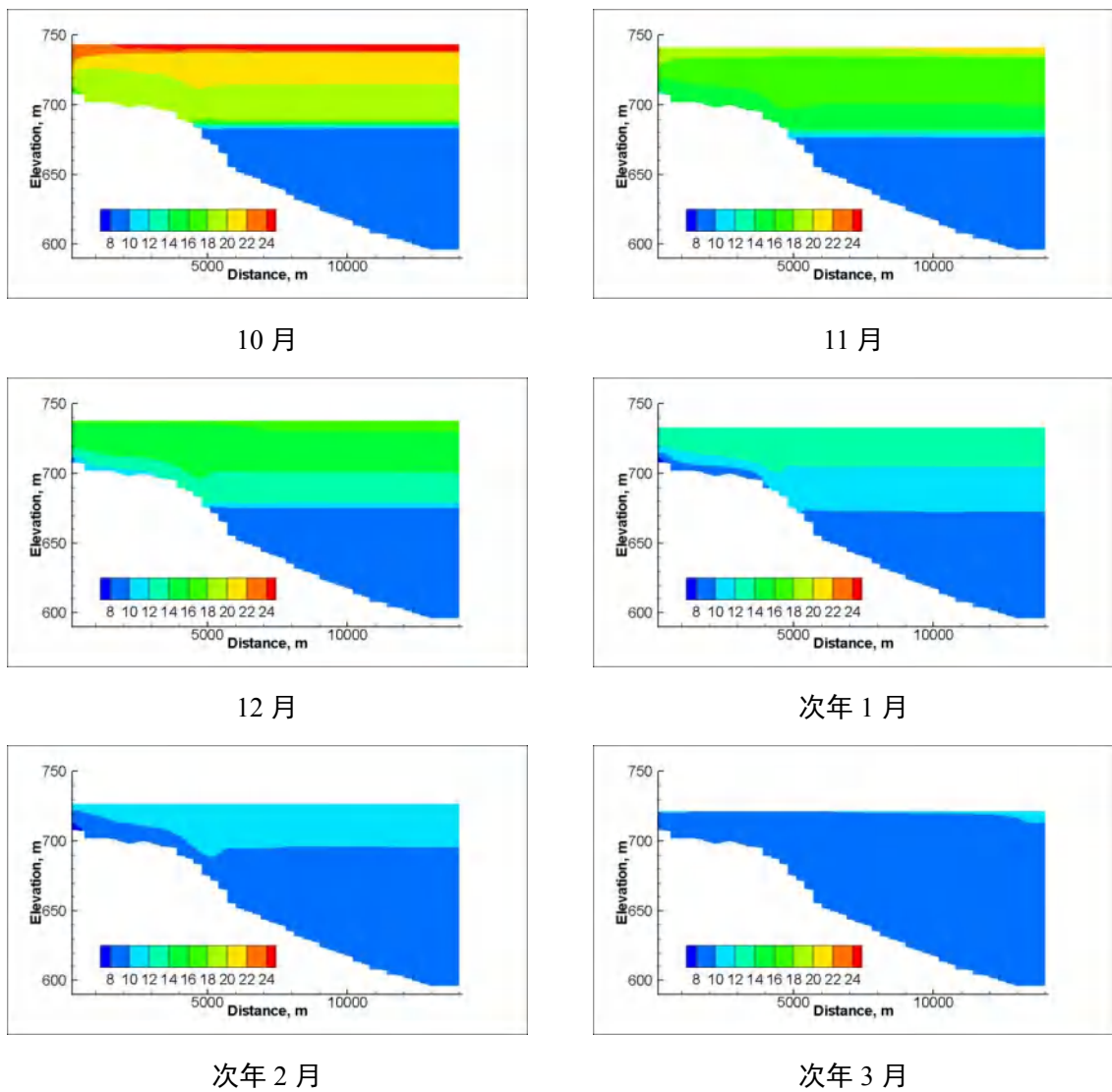


图 5.2-2 丰水年（工况 1）库区水温分布

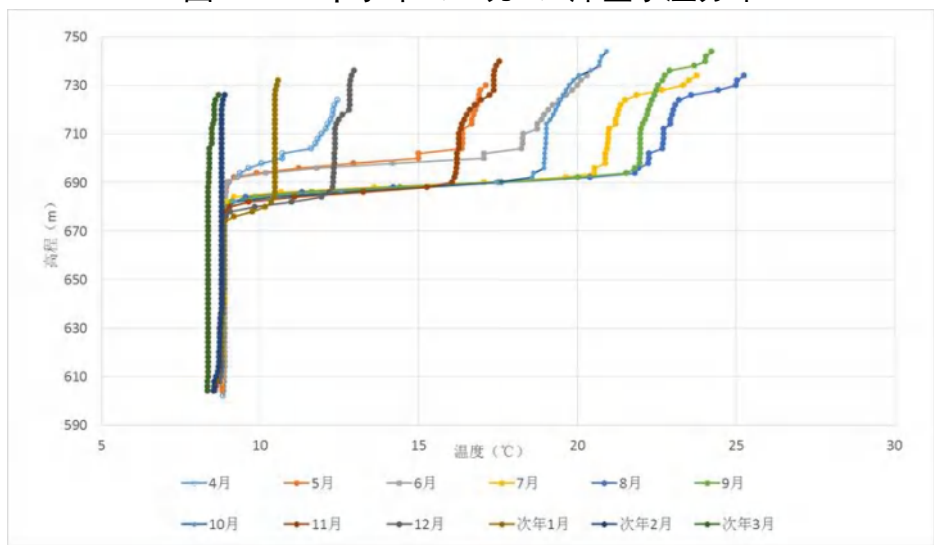


图 5.2-3 丰水年（工况 1）坝前垂向水温分布

表 5.2-4 列出了各特征水温的对比，从库区水温来看，全年库底水温较为稳定，在 8.3~8.8℃之间，表层水温变化幅度较大，在 8.7~25.3℃之间，最大出现在 8 月，最小出现在 3 月。全年表层与底层的温差在 0.2~16.4℃之间，最大温差出现在 8 月，最小温差出现在次年 2 月和次年 3 月。

表 5.2-4 丰水年（工况 1）特征水温对比表 单位：℃

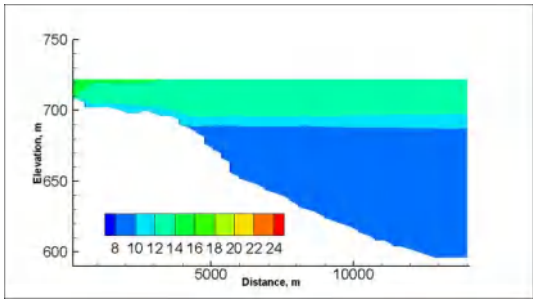
月份	气温	坝址天然水温	表层水温	库底水温	表底温差
4 月	16.4	14.2	12.4	8.8	3.6
5 月	20.7	17.0	17.1	8.6	8.5
6 月	23.9	19.4	20.3	8.6	11.7
7 月	26.5	21.2	23.8	8.6	15.1
8 月	26.5	22.9	25.3	8.6	16.7
9 月	22.6	19.7	24.2	8.5	15.7
10 月	17	16.2	20.9	8.6	12.3
11 月	11.9	12.4	17.5	8.6	9.0
12 月	6.7	8.4	13.0	8.5	4.5
次年 1 月	5.2	6.5	10.6	8.6	2.0
次年 2 月	7.1	7.3	8.9	8.5	0.3
次年 3 月	10.9	10.3	8.7	8.3	0.3
年均	16.3	14.6	16.9	8.6	8.3
最大值	26.5	22.9	25.3	8.8	16.7
最小值	5.2	6.5	8.7	8.3	0.3
年内变幅	21.3	16.4	16.6	0.5	-

## （2）平水年（工况 2）预测结果及分析

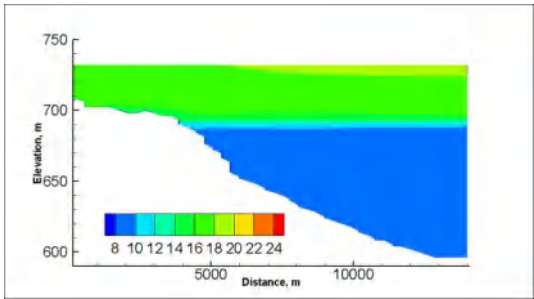
工况 2 条件下姚家平水利枢纽各月库区水温分布见图 5.2-4；水库坝前垂向水温分布见图 5.2-5。

从库区水温分布和坝前垂向水温分布图可以看出，姚家平水利枢纽库区水温总体呈现分层型水温结构特征，具体为：4 月开始气温有所上升，库区表层水温随气温逐渐上升。5~6 月，来流水温和气温等大幅提升，库区水温也大幅提高，开始出现温跃层，温跃层位置基本与电站进水口高程（700m）一致，6 月表层水温升高至 20℃，库底温度为 8.3℃。

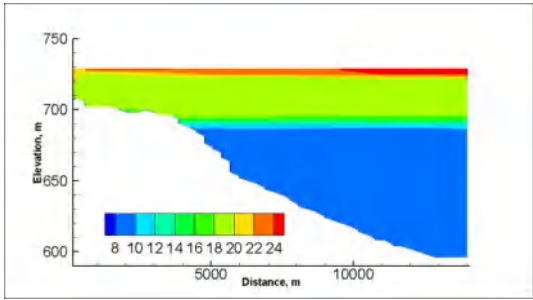
7~8 月气温继续升高，表层水温进一步升高至 25.2℃，库底为 8.5℃，温跃层位置下降至 695m。9~10 月气温、太阳辐射有所下降，表层水温有所降低，库区水温仍呈现稳定的分层结构，斜温层继续下移。11~12 月，气温下降，辐射减小，库区表层水温降低明显，12 月表层水温降至 14.6℃，库底水温保持在 8.3℃。次年 1~3 月，气温、辐射进一步减小，在对流作用下水温垂向混合逐渐均匀，库区水温保持在 8.1~10.7℃之间。



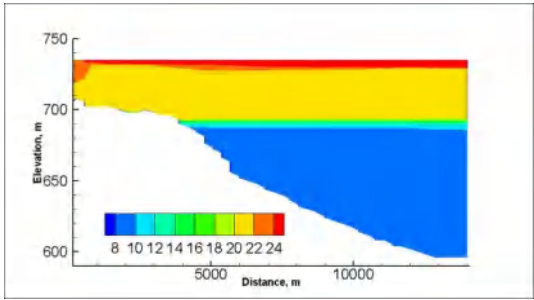
4 月



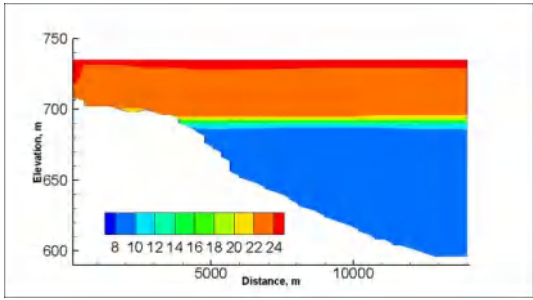
5 月



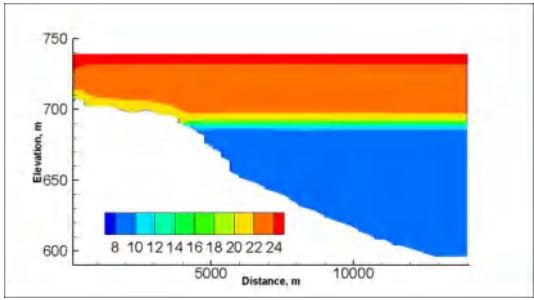
6 月



7 月



8 月



9 月

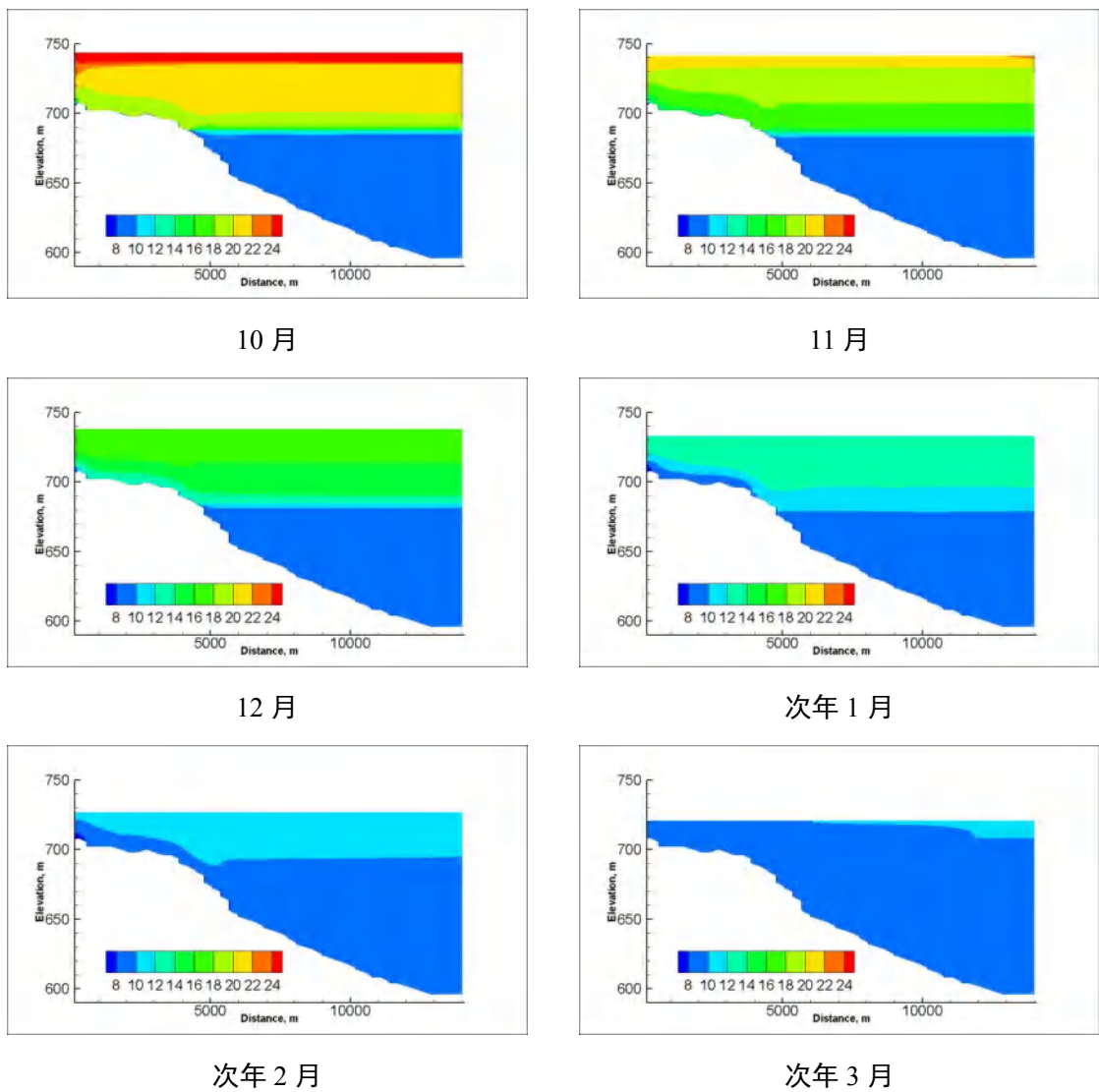


图 5.2-4 平水年（工况 2）库区水温分布

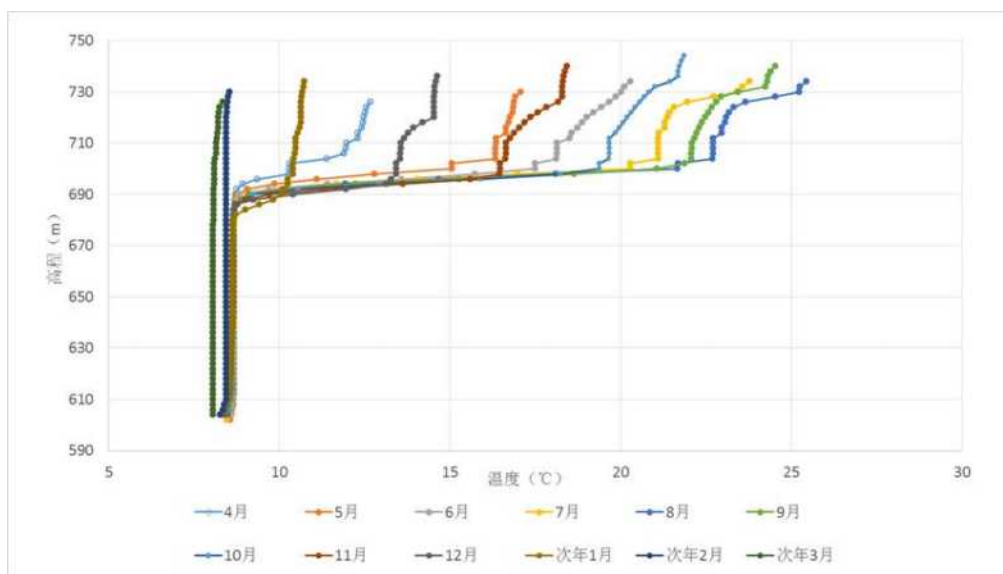


图 5.2-5 平水年（工况 2）坝前垂向水温分布

表 5.2-5 列出了各特征水温的对比，从库区水温来看，全年库底水温较为稳定，在 8.1~8.5℃之间，表层水温变化幅度较大，在 8.2~25.2℃之间，最大出现在 8 月，最小出现在 3 月。全年表层与底层的温差在 0.2~16.7℃之间，最大温差出现在 8 月，最小温差出现在 2 月和 3 月。

表 5.2-5 平水年（工况 2）特征水温对比表 单位：℃

月份	气温	坝址天然水温	表层水温	库底水温	表底温差
4 月	16.4	14.2	12.5	8.5	4.0
5 月	20.7	17.0	16.9	8.4	8.5
6 月	23.9	19.4	20.0	8.3	11.7
7 月	26.5	21.2	23.4	8.5	14.9
8 月	26.5	22.9	25.2	8.5	16.7
9 月	22.6	19.7	24.3	8.5	15.9
10 月	17	16.2	21.7	8.4	13.3
11 月	11.9	12.4	18.3	8.4	9.9
12 月	6.7	8.4	14.6	8.3	6.2
次年 1 月	5.2	6.5	10.7	8.3	2.4
次年 2 月	7.1	7.3	8.5	8.3	0.2
次年 3 月	10.9	10.3	8.2	8.1	0.2
年均	16.3	14.6	17.0	8.4	8.7
最大值	26.5	22.9	25.2	8.5	16.7
最小值	5.2	6.5	8.2	8.1	0.2
年内变幅	21.3	16.4	17.0	0.5	-

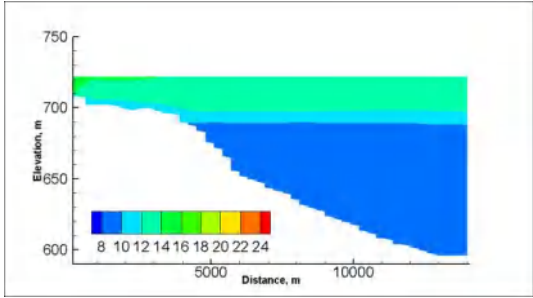
### （3）枯水年（工况 3）预测结果及分析

工况 3 条件下姚家平水利枢纽各月库区水温分布见图 5.2-6；水库坝前垂向水温分布见图 5.2-7。

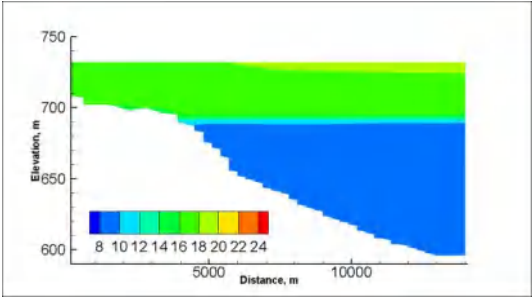
从库区水温分布和坝前垂向水温分布图可以看出，姚家平水利枢纽库区水温总体呈现分层型水温结构特征，具体为：4 月开始气温有所上升，库区表层水温随气温逐渐上升。5~6 月，来流水温和气温等大幅提升，库区水温也大幅提高，开始出现温跃层，温跃层位置基本与电站进水口高程（700m）一致，6 月表层水温升高至 20.2℃，库底温度保持在 9.3℃。7~8 月气温继续升高，表层水温进一步升高至 25.7℃，库底水温达 9.2℃，温跃层位置下降至 695m。9~10 月气温、太阳辐射有所下降，



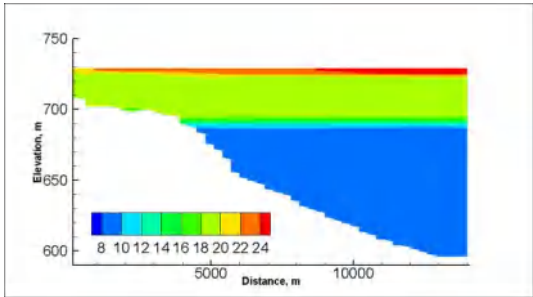
表层水温有所降低，库区水温仍呈现稳定的分层结构，斜温层继续下移。  
 11~12月，气温下降，辐射减小，库区表层水温降低明显，12月表层水温降至15.3℃，库底水温保持在9℃。次年1~3月，气温、辐射进一步减小，在对流作用下水温垂向混合逐渐均匀，库区水温保持在8.8~11.7℃之间。



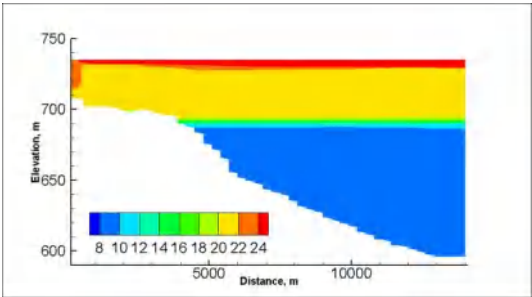
4月



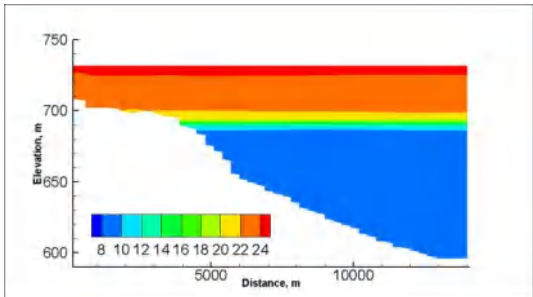
5月



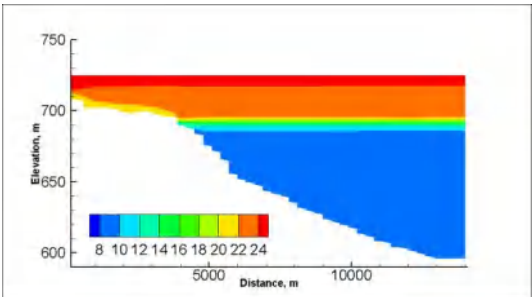
6月



7月



8月



9月



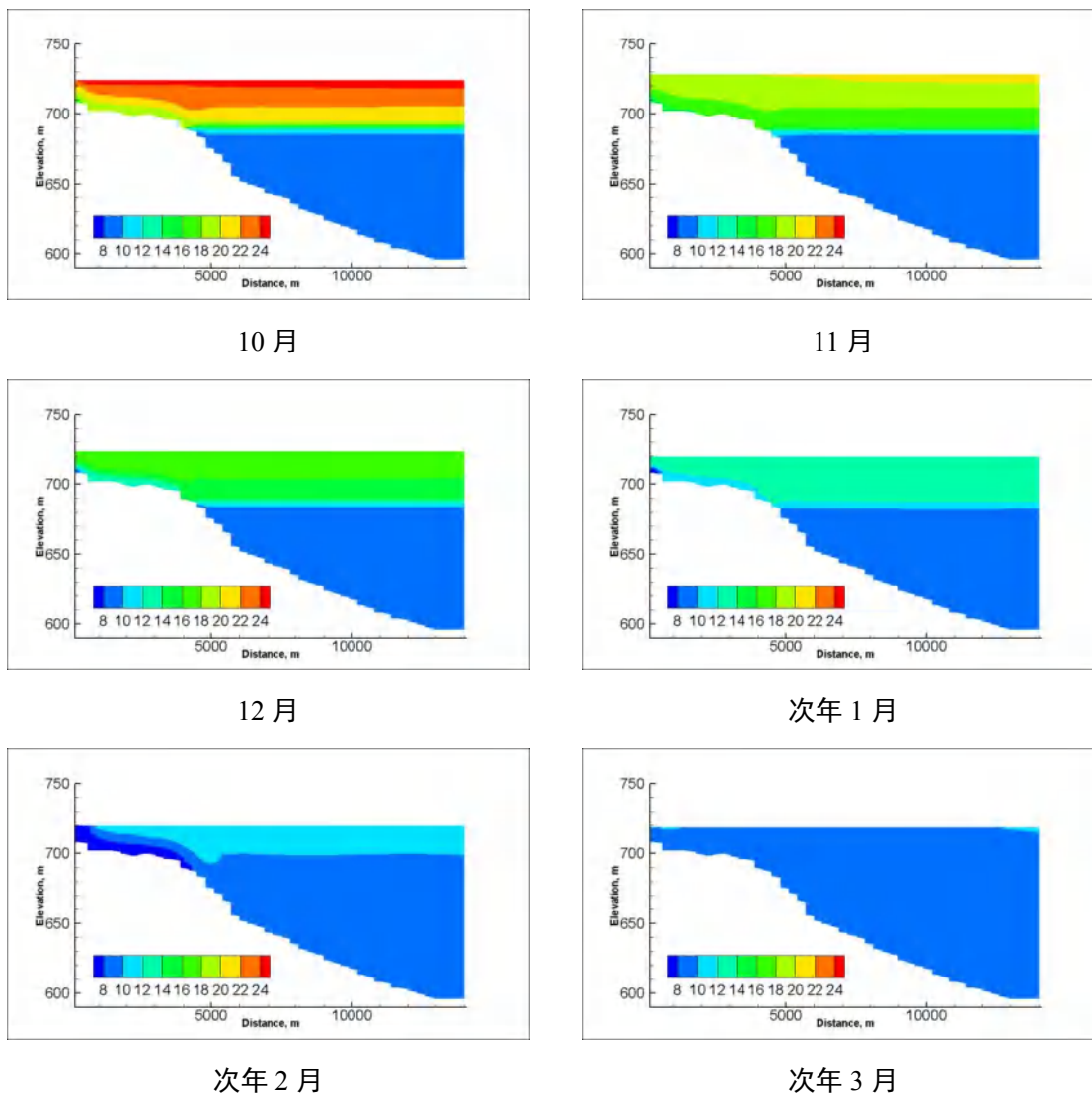


图 5.2-6 枯水年（工况 3）库区水温分布

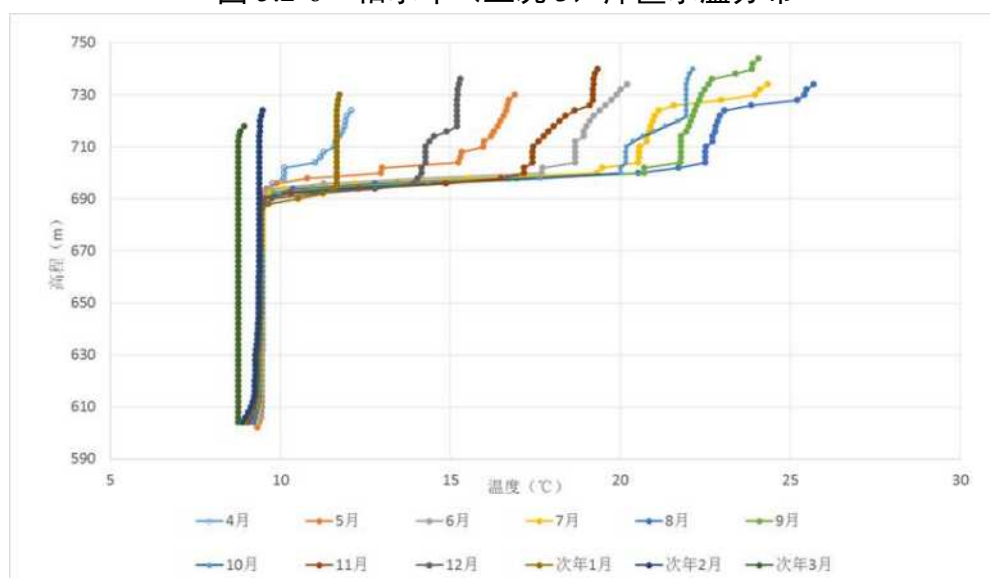


图 5.2-7 枯水年（工况 3）坝前垂向水温分布

表 5.2-6 列出了各特征水温的对比，从库区水温来看，全年库底水温较为稳定，在 8.8~9.4℃之间，表层水温变化幅度较大，在 8.9~25.7℃之间，最大出现在 8 月，最小出现在 3 月。全年表层与底层的温差在 0.2~16.5℃之间，最大温差出现在 8 月，最小温差出现在 3 月。

表 5.2-6 枯水年（工况 3）特征水温对比表 单位：℃

月份	气温	坝址天然水温	表层水温	库底水温	表底温差
4 月	16.4	14.2	12.1	9.4	2.7
5 月	20.7	17.0	16.9	9.3	7.6
6 月	23.9	19.4	20.2	9.3	10.9
7 月	26.5	21.2	24.3	9.3	15.1
8 月	26.5	22.9	25.7	9.2	16.5
9 月	22.6	19.7	24.1	9.2	14.9
10 月	17	16.2	22.1	9.1	13.0
11 月	11.9	12.4	19.3	9.1	10.3
12 月	6.7	8.4	15.3	9.0	6.3
次年 1 月	5.2	6.5	11.7	8.9	2.8
次年 2 月	7.1	7.3	9.5	8.9	0.6
次年 3 月	10.9	10.3	8.9	8.8	0.2
年均	16.3	14.6	17.5	9.1	8.4
最大值	26.5	22.9	25.7	9.4	16.5
最小值	5.2	6.5	8.9	8.8	0.2
年内变幅	21.3	16.4	16.8	0.6	-

### 5.2.1.7 下泄水温预测

#### （1）单层取水下泄水温

姚家平发电取水口底板高程为 700m，在单层取水方案下，各典型年下泄水温见表 5.2-7。从表中可以看出，各典型年春夏季 3~8 月存在较为明显的低温水下泄情况，丰、平、枯水年下泄水温较天然情况最大下降了 2.8、2.8 和 3.4℃，均出现在 4 月份。丰水年 3-8 月下泄水温较天然情况分别下降了 1.6、2.8、1.3、1.3、0.2 和 0.3℃，3-6 月下泄水温降幅均超过 1℃，7、8 月降幅较小；平水年 3~8 月下泄水温较天然情况分别下降了 2.1、2.8、1.1、1.0、0.2 和 0.4℃，3-6 月下泄水温降幅均超

过 1℃，7、8 月降幅较小；枯水年 3~8 月下泄水温较天然情况分别下降了 2.1、2.8、1.1、1.0、0.2 和 0.4℃，3-5 月下泄水温降幅均超过 1℃，6-8 月降幅低于 1℃。

秋冬季 9 月-次年 2 月，水库下泄水温较天然坝址水温有所升高，升高幅度随时间不断增大，12 月份下泄水体升温幅度达到最大，之后升温幅度随时间变小。在 12 月份，丰、平、枯水年下泄水温较天然情况分别升高了 3.9、5.0 和 5.7℃。

表 5.2-7 各典型年单层取水下泄水温统计表 单位：℃

月份	坝址天然水温	丰水年		平水年		枯水年	
		下泄水温	差值	下泄水温	差值	下泄水温	差值
4 月	14.2	11.5	-2.8	11.4	-2.8	10.8	-3.4
5 月	17.0	15.7	-1.3	15.9	-1.1	14.6	-2.4
6 月	19.4	18.0	-1.3	18.3	-1.0	18.6	-0.8
7 月	21.2	21.0	-0.2	20.9	-0.2	20.4	-0.8
8 月	22.9	22.6	-0.3	22.4	-0.4	22.2	-0.6
9 月	19.7	21.8	2.1	21.8	2.1	21.5	1.8
10 月	16.2	18.9	2.6	19.3	3.1	20.0	3.8
11 月	12.4	15.8	3.4	16.4	4.0	17.2	4.8
12 月	8.4	12.3	3.9	13.4	5.0	14.1	5.7
次年 1 月	6.5	10.3	3.9	10.3	3.8	11.5	5.0
次年 2 月	7.3	8.8	1.5	8.5	1.2	9.5	2.2
次年 3 月	10.3	8.7	-1.6	8.2	-2.1	8.9	-1.4
年均	14.6	15.4	0.8	15.6	1.0	15.8	1.2
最大值	22.9	22.6	3.9	22.4	5.0	22.2	5.7
最小值	6.5	8.7	-2.8	8.2	-2.8	8.9	-3.4
年内变幅	16.4	13.8	-	14.3	-	13.3	-

## (2) 分层取水下泄水温

由于在单层取水工况下，3~8 月存在低温水下泄的影响。为缓解低温水下泄的影响，拟采取分层取水措施。根据不同分层取水方案的比选（详见 6.1.1.1 节），本工程推荐采用叠梁门分层取水方案。

水库死水位为 715m，正常蓄水位 745m，发电取水口底板高程为 700m，结合水库运行调度方案和发电取水口布置情况，最小淹没水深

按 10m 考虑,本次拟定两个叠梁门取水方案进行比选,即 5m×9 层(方案 1)和 3m×15 层(方案 2)两种叠梁门方案,分析不同分层取水方案对下泄水温的改善效果。各方案下泄水温对比情况见表 5.2-8。

丰水年采用叠梁门后,方案 1 和方案 2 对 3~8 月下泄水温均有较明显的改善效果,其中方案 1 较单层取水方案改善 0.2~0.6℃,方案 2 较单层取水方案改善 0.3~0.7℃。3 月由于坝前垂向水温分布较为均匀,分层取水的改善效果较不明显。4 月份,方案 1 和方案 2 下泄水温较单层取水方案分别改善了 0.6℃和 0.7℃,较天然水温偏低 2.1 和 2.0℃。5、6 月方案 1 和方案 2 低温水下泄改善效果相同,下泄水温较坝址天然水温降幅在 0.5℃以内。7、8 月方案 1 和方案 2 下泄水温高于坝址天然水温。

平水年采用叠梁门后,方案 1 和方案 2 对 3~8 月下泄水温均有较明显的改善效果,其中方案 1 较单层取水方案改善 0.2~0.8℃,方案 2 较单层取水方案改善 0.2~0.9℃。3 月由于坝前垂向水温分布较为均匀,分层取水的改善效果较不明显。4 月份,方案 1 和方案 2 下泄水温较单层取水方案分别改善了 0.6℃和 0.7℃,较天然水温偏低 2.2 和 2.1℃。5 月份,方案 1 和方案 2 下泄水温较单层取水方案升高了 0.4℃,较天然水温偏低 0.7℃;6 月份,方案 1 和方案 2 下泄水温较单层取水方案分别升高了 0.8℃和 0.9℃,较天然水温偏低 0.3℃和 0.2℃。7、8 月方案 1 和方案 2 下泄水温已高于坝址天然水温。

枯水年采用叠梁门后,方案 1 和方案 2 对 3~8 月下泄水温均有较明显的改善效果,其中方案 1 较单层取水方案改善 0~1.1℃,方案 2 较单层取水方案改善 0~1.2℃。3 月由于坝前垂向水温分布较为均匀,分层取水的改善效果较不明显。4 月份,方案 1 和方案 2 下泄水温较单层取水方案分别升高了 0.7℃和 0.8℃,较天然水温偏低 2.7℃和 2.6℃。5 月

份,方案1和方案2下泄水温较单层取水方案分别升高了1.0℃和1.1℃,较天然水温偏低1.4℃和1.3℃。6、7、8月方案1和方案2下泄水温较单层取水方案升高幅度均超过0.7℃,下泄水温基本高于坝址天然水温。

综上所述,方案2对低温水下泄的改善效果优于方案1,从水温改善角度推荐采用方案2进行分层取水,即选取3m×15层叠梁门方案。

表 5.2-8 丰水年不同叠梁门分层取水方案效果对比 (单位:℃)

月份	坝址天然水温	下泄水温				
		单层取水	方案 1	方案 2	c-b	d-b
	a	b	c	d		
3 月	10.3	8.7	9.0	9.0	0.3	0.3
4 月	14.2	11.5	12.1	12.2	0.6	0.7
5 月	17.0	15.7	16.2	16.2	0.5	0.5
6 月	19.4	18.0	18.3	18.3	0.3	0.3
7 月	21.2	21.0	21.2	21.3	0.2	0.3
8 月	22.9	22.6	23.3	23.4	0.4	0.5

表 5.2-9 平水年不同叠梁门分层取水方案效果对比 (单位:℃)

月份	坝址天然水温	下泄水温				
		单层取水	方案 1	方案 2	c-b	d-b
	a	b	c	d		
3 月	10.3	8.2	8.3	8.3	0.2	0.2
4 月	14.2	11.4	12.0	12.1	0.6	0.7
5 月	17.0	15.9	16.3	16.3	0.4	0.4
6 月	19.4	18.3	19.1	19.2	0.8	0.9
7 月	21.2	20.9	21.3	21.3	0.4	0.4
8 月	22.9	22.4	23.0	23.0	0.6	0.6

表 5.2-10 枯水年不同叠梁门分层取水方案效果对比（单位：℃）

月份	坝址天然水温	下泄水温				
		单层取水	方案 1	方案 2	c-b	d-b
	a	b	c	d		
3 月	10.3	8.9	8.9	8.9	0.0	0.0
4 月	14.2	10.8	11.5	11.6	0.7	0.8
5 月	17.0	14.6	15.6	15.7	1.0	1.1
6 月	19.4	18.6	19.4	19.4	0.8	0.8
7 月	21.2	20.4	21.5	21.6	1.1	1.2
8 月	22.9	22.2	23.1	23.2	0.9	1.0

### 5.2.1.8 坝下游河段水温影响分析

将姚家平水库下泄水温作为研究河段的上游边界，采用纵向一维数学模型模拟坝下河段的沿程水温。

#### （1）单层取水

单层取水时，各断面春季低温水最大降幅均出现在 4 月，随着坝下游河道复温和区间汇流的影响，水温沿程有所升高。天楼地枕坝址断面距离姚家平坝址较近，水温较天然水温的变化幅度与姚家平断面基本一致，丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 2.7℃、2.7℃和 3.3℃。龙王塘坝址断面丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 2.4℃、2.4℃和 2.9℃，低温水下泄影响程度有所减小。大龙潭坝址断面水温进一步升高，丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 1.9℃、2.0℃和 2.4℃。

#### （2）叠梁门取水

采用推荐的叠梁门方案取水时，3~8 月姚家平水库下泄低温水现象得到了有效缓解，4 月份，丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 2.0℃、2.1℃和 2.6℃。天楼地枕坝址断面距离姚家平坝址较近，水温较天然水温的降幅与姚家平断面基本一致，丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 1.9℃、2.0℃和 2.4℃。龙王塘坝址断面丰、平、枯水年水

温较天然情况降幅分别为 1.5℃、1.5℃和 1.9℃，低温水下泄影响程度有所减小。大龙潭坝址断面水温进一步升高，丰、平、枯水年水温较天然情况降幅分别为 1.4℃、1.4℃和 1.7℃。

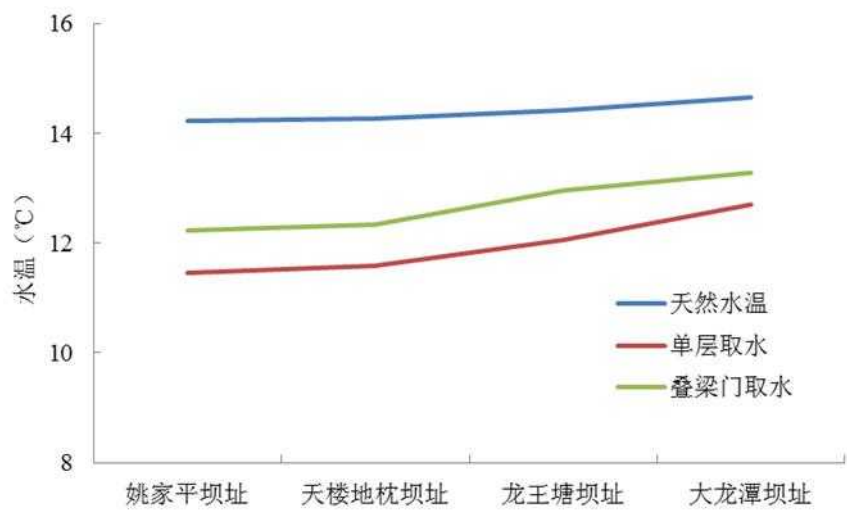


图 5.2-8 丰水年 4 月坝下水温沿程分布

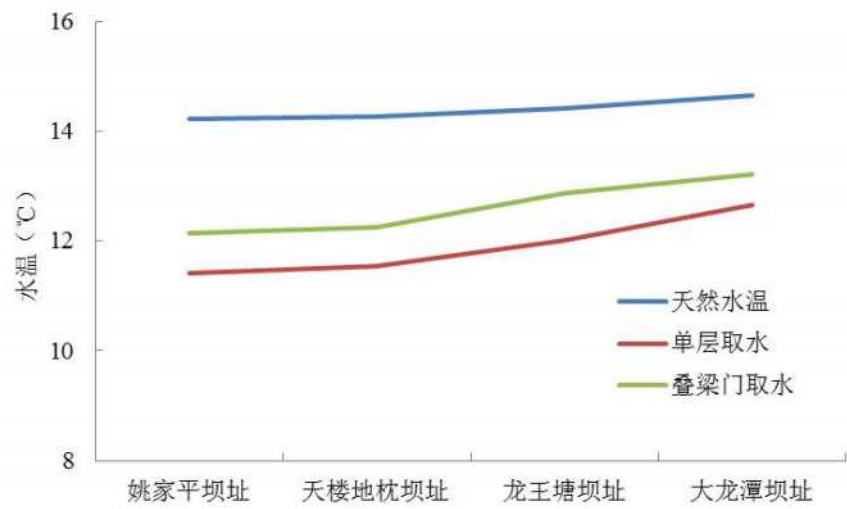


图 5.2-9 平水年 4 月坝下水温沿程分布

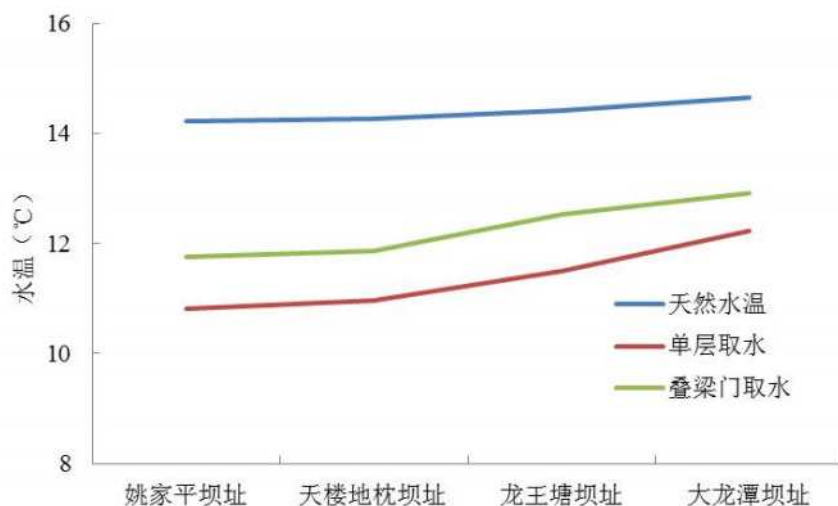


图 5.2-10 枯水年 4 月坝下水温沿程分布

## 5.2.2 施工期水质影响预测与评价

### (1) 砂石料加工系统冲洗废水

施工高峰期砂石料加工工系统冲洗废水产生量为  $842\text{m}^3/\text{h}$ ，约  $1.01$  万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染物为 SS 浓度在  $20000\text{mg/L}$  左右。在正常工况下，砂石料加工系统冲洗废水经处理后全部回用于砂石料加工，废水不外排，在正常工况下砂石料加工系统冲洗废水对清江水环境影响较小。

在事故工况下，砂石料加工系统冲洗废水未经处理直接排入清江，会对其下游水质产生一定影响。本次从最不利角度考虑，预测枯水期生产废水事故排放对清江水质的影响。

1) 预测时段：按照最不利影响原则，预测时段选择来水量较小、稀释净化能力较弱的枯水期。

2) 预测因子：SS，背景浓度取清江姚家平坝址处枯水期补充监测实测平均浓度  $7.3\text{mg/L}$ 。

3) 预测模型：根据清江施工区河段特点，选择纵向一维模型中的均匀间断排放模式预测。

### 4) 污染负荷



施工高峰期废水排放流量取 842m<sup>3</sup>/h，其中 SS 浓度在 20000mg/L 左右。

### 5) 预测结果

砂石料加工系统冲洗废水排入清江后 SS 衰减情况见表 5.2-11。

表 5.2-11 施工期砂石料加工系统冲洗废水 SS 预测结果表（非正常工况）

下游距离 (m)	10min 后 SS 浓度(mg/L)
50	226.572
100	226.562
150	226.552
200	226.541
250	226.531
300	226.521
350	226.511
400	226.501
450	226.490
500	226.480
550	226.469
600	226.448
650	226.313
700	225.364
750	220.645
800	204.871
850	169.598
900	116.846
950	64.111
1000	28.844
1050	13.079
1100	8.370
1150	7.431
1200	7.306

### 6) 影响分析

在非正常工况下，砂石料加工系统冲洗废水排入水体后经过混合，SS 浓度随着距离增加浓度逐渐降低，但会对排口下游一定范围内水域的水环境产生影响。在非正常工况发生 10min 后，排口下游 1200m 的 SS 浓度减小到 7.306 mg/L，与背景值基本相同。因此非正常工况下砂

石料加工系统冲洗废水排放对下游河段水质影响程度有限。

## （2）混凝土拌和系统冲洗废水

枢纽工程在清江左岸布置有 2 处混凝土拌和系统，同时库区滑坡治理工程布置有 3 处混凝土拌合站，在混凝土拌和系统废水为混凝土拌和楼料罐冲洗过程，废水产生量共约 78m<sup>3</sup>/d。料罐冲洗废水 pH 值约为 9~11，废水中悬浮物浓度约 5000mg/L，具有悬浮物浓度高、水量较小，间歇集中排放的特点。通过采取中和沉淀处理后，废水可全部回用于混凝土拌和，不外排，因此对清江地表水水质影响较小。

## （3）隧洞施工废水

隧洞施工主要包括各导流隧洞、厂房引水洞、交通洞和支洞的施工，具体包括开挖、喷锚支护、混凝土浇筑和灌浆等过程。在施工过程中，混凝土养护和灌浆过程会产生少量废水，在与隧洞地下水渗水混合后形成隧洞施工废水，废水呈弱碱性，pH 值为 9~11，废水中主要污染物为悬浮物，浓度约 5000mg/L，高峰期产生量约 3171m<sup>3</sup>/d。若隧洞施工废水未经处理直接排放，将会对下游河段水体水质产生不利影响，需采取废水处理措施；废水经处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水等，对清江地表水环境影响较小。

## （4）基坑排水

基坑排水主要为基坑初期排水、基坑经常性排水和汛后基坑排水。基坑初期排水和汛后基坑排水水质与原河道水水质基本相同，抽排至基坑下游不会影响下游清江水质。基坑经常性排水由降水、渗水和施工废水组成，施工用水主要是混凝土养护用水和灌浆用水。基坑经常性排水中的悬浮物浓度约为 2000mg/L，pH 值为 9~11。如果直接排放，将对排口下游清江水质和排口附近水域产生不利影响。在采取了中和沉淀处

理后，废水 pH 值可被调节至 6~9 范围内，处理后废水回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水等，对清江地表水环境影响较小。

#### （5）机械汽车停放场冲洗废水

枢纽工程在清江左岸布置 1 个机械汽车停放场，同时库区滑坡治理工程布置有 3 处小型停放场，施工期废水产生量共约 16.8m<sup>3</sup>/d。废水中的主要污染物为石油类，浓度约 10mg/L。该废水具有产生量较小，含油量相对较低的特点，废水经隔油、沉淀处理后可回用于场地洒水、浇灌林地灌丛等，不外排，因此，机械汽车停放场冲洗废水对清江地表水环境影响较小。

#### （6）生活污水

枢纽工程施工营地位于清江左岸，施工高峰期人数约 2500 人，日产生污水量为 240.0m<sup>3</sup>/d。库区滑坡治理工程 1#~3#施工区中，施工高峰期人数分别为 100、200、100 人，则施工高峰期日产生污水量分别为 9.6 m<sup>3</sup>/d、19.2m<sup>3</sup>/d 和 9.6 m<sup>3</sup>/d。生活污水中的主要污染物浓度为 COD250mg/L，BOD<sub>5</sub>150mg/L。施工期生活污水经处理后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水等，不外排，对清江地表水环境影响较小。

### 5.2.3 运行期库区水质影响预测与评价

#### 5.2.3.1 污染源预测

##### （1）农业污染源

设计水平年，考虑污染物产生系数及入河系数与现状水平年变化不大，则姚家平库周农田面源污染物入河量总氮、总磷分别约为 167.28t/a、23.95t/a。

根据恩施州清江一河一策方案等，恩施州农业部门组织新方法、新

技术培训，逐步推广测土配方施肥技术，大力推广有机肥、低残留农药的使用。通过减少化肥及有害农药使用量，并渐渐用生态种植取代以往盲目增产养护方法，逐步抑制农业面源污染。经采取上述措施后，库周农业面源污染负荷将比预计值有所减小，从不利条件考虑，姚家平库周农业面源污染负荷维持现状水平。

## （2）农村生活污染源

姚家平库周现状农村人口约 29395 人。根据可研报告，人口年自然增长率取 5.59‰，设计水平年姚家平库周农村人口约为 32137 人。据此估算，设计水平年农村生活污水排放量约为 37.64 万 t/a，COD 排放量约为 201.70t/a，NH<sub>3</sub>-N 排放量约为 1.64 t/a，总氮排放量约为 8.20t/a，总磷排放量约为 1.39 t/a。农村生活污染入河系数取 0.1，设计水平年农村生活污染物入河量约为 COD20.17t/a，NH<sub>3</sub>-N 0.16 t/a，总氮 0.82 t/a，总磷 0.13 t/a。

根据恩施州清江一河一策方案等，恩施州开展农村人居环境综合整治行动，建设小型农村生活生产污水集中处理设施，因地制宜选择氧化塘、沼气池等经济实用、维护简便、循环利用的生活污水治理工艺，开展农村生活污水治理，推进“厕所革命”，充分回收利用农村污水。采取上述措施后，姚家平库周农村生活污染负荷将比估算值更小。

## （3）分散式畜禽养殖污染

经计算，姚家平库周分散式畜禽养殖污染物排放量为 COD4700t/a，NH<sub>3</sub>-N 27.56 t/a，总氮 825.8t/a，总磷 1450t/a。畜禽养殖污染物入河系数取 0.1，则分散式畜禽养殖污染物入河量为 COD 470t/a，NH<sub>3</sub>-N 2.75 t/a，总氮 82.5t/a，总磷 145t/a。

根据恩施州水污染防治行动计划工作方案，恩施州全面开展现有水

冲粪养殖模式逐步向干清粪或干湿分离模式转变，促进畜禽养殖清洁生产改造。散养密集区要实行畜禽粪便污水分户收集、集中处理利用。推广畜禽粪便资源化利用技术，提高畜禽养殖粪便污水资源化利用水平。

因此，预计姚家平水利枢纽工程建成后，库周畜禽养殖污染负荷基本能维持现状或有所减小，按最不利情况考虑，姚家平库周畜禽养殖污染入库量维持现状水平。

### 5.2.3.2 水质预测

#### (1) 模型建立

##### 1) 水质模型构建

姚家平水库为河道型水库，库区水质预测采用纵向一维水质数学模型。姚家平库区段水环境影响预测采用 MIKE11 模型的 AD 模块。MIKE11 AD 是在水动力模块 MIKE11 HD 的基础上建立的。MIKE11 AD 用于模拟污染物质在水体中的对流扩散过程，可以设定一个恒定的衰减系数模拟非保守物质。

河流一维对流扩散模型为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - KC$$

AD 模块边界界定：

$$\text{开边界出流：} \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} = 0$$

式中： $C$  为污染物浓度，mg/L； $E_x$  为污染物弥散系数； $K$  为降解系数， $S^{-1}$ ； $x$  为空间步长，m； $t$  为时间步长，s。

描述水质变化的对流扩散方程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。

利用 MIKE11 构建姚家平库区纵向一维水质模型，计算范围及河网概化情况见图 5.2-11。

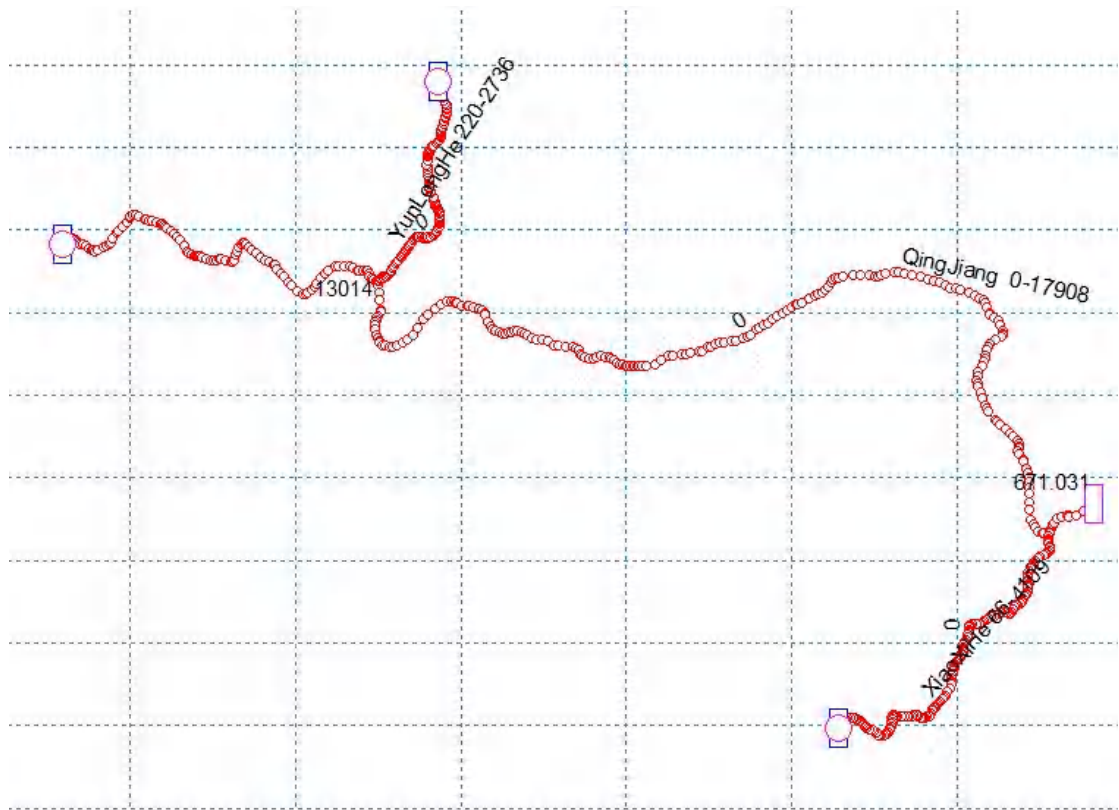


图 5.2-11 姚家平库区河网概化示意图

## 2) 边界条件及初始条件

采用设计水平年，姚家平水库建成运行后，典型丰水年（ $P=10\%$ ）、平水年（ $P=50\%$ ）、枯水年（ $P=90\%$ ）清江干流和云龙河、小溪河支流的逐旬入库流量作为水库水质模型的入流边界条件。干流入流水质采用 2020~2021 年姚家平库尾断面实测水质数据；云龙河、小溪河支流入流水质采用 2020~2021 年云龙河、小溪河断面实测水质数据，详见表 5.2-12~表 5.2-14。库区初始条件采用姚家平坝址、库尾及支流汇口水质监测数据平均值。库区入库污染负荷根据污染源预测结果确定。

表 5.2-12 水质边界条件（库尾断面） 单位：mg/L

水质指标	丰水期	平水期	枯水期
COD	4	5.667	5.000
NH <sub>3</sub> -N	0.089	0.130	0.141
TN	2.670	1.323	3.393
TP	0.046	0.027	0.167

表 5.2-13 水质边界条件（云龙河） 单位：mg/L

水质指标	丰水期	平水期	枯水期
COD	4	5.333	4.667
NH <sub>3</sub> -N	0.156	0.120	0.083
TN	2.793	1.300	1.860
TP	0.040	0.023	0.160

表 5.2-14 水质边界条件（小溪河） 单位：mg/L

水质指标	丰水期	平水期	枯水期
COD	2	9	2
NH <sub>3</sub> -N	0.164	0.128	0.121
TN	2.833	2.510	2.260
TP	0.043	0.070	0.157

### 3) 预测水质因子及模型参数

#### ①预测因子

库区水质选择 COD、氨氮、TN、TP 等 4 个水质因子进行预测分析。

#### ②模型参数

降解系数参考同类工程确定，COD 降解系数取  $0.05d^{-1}$ ，氨氮降解系数取  $0.08d^{-1}$ ，TN 降解系数取  $0.01d^{-1}$ ，TP 降解系数取  $0.004d^{-1}$ 。

### 4) 预测内容

由于库区范围内无饮用水水源地及国控、省控断面分布，根据区域水系及周边环境特点，选择云龙河汇口下、云龙地缝景区下游，居民较多的高台村以及坝前断面为水质分析代表断面。分别预测丰平枯水年建库前后库区水质指标 COD、氨氮、TN、TP 变化情况。

表 5.2-15 水环境影响预测分析代表断面

序号	断面	至姚家平坝址距离 (m)	备注
1	云龙河汇口下	12.8	支流入汇口
2	高台村	4.15	居民聚集地
3	坝前	0.15	出口
4	云龙地缝景区下游	(2.58)	景区断面

## (2) 代表断面水质影响

### 1) 云龙河汇口下

云龙河汇口下断面建库前后水质变化情况见表 5.2-16~表 5.2-19, 建库前后云龙河汇口下断面各月水质 COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度保持在地表水 I 类标准。由于 TN 河流背景浓度较高, 建库前 2 月~5 月为 IV 类, 6 月~1 月为劣 V 类, 建库后云龙河汇口下 TN 浓度约为 1.227~2.976mg/L, 其中 3 月~5 月为 IV 类, 6 月~1 月为劣 V 类; TP 枯水期背景浓度较高, 按湖库标准评价, 建库前, 2 月~9 月为 III 类, 10 月~1 月为 V 类, 建库后 TP 浓度约为 0.021~0.149mg/L, 按湖库标准评价, 3 月~5 月为 II 类, 6 月~9 月为 III 类, 10 月~1 月为 V 类。

丰水年水质变化较大的月份为 12~2 月、6 月, 其中 COD 浓度平均降低 2.32%, 最大升高 4.47%; NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 2.51%, 最大升高 2.11%; TN 浓度平均降低 1.45%, 最大升高 29.80%; TP 浓度平均降低 8.83%, 最大升高 30.09%。

平水年水质变化较大的月份为 12~2 月、6 月, 其中 COD 浓度平均降低 2.85%, 最大升高 5.19%; NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 3.09%, 最大升高 2.37%; TN 浓度平均降低 0.37%, 最大升高 26.15%; TP 浓度平均降低 12.47%, 最大升高 32.09%。

枯水年水质变化较大的月份为 1~2 月、6 月, 其中 COD 浓度平均降低 6.97%, 最大升高 1.42%; NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 6.91%, 最大升高 0.86%; TN 浓度平均降低 3.59%, 最大升高 24.37%; TP 浓度平均降低 18.67%, 最小降低 1.38%。



表 5.2-16 建库前后云龙河汇口下断面 COD 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	5.51	5.36	-2.57%	5.55	5.58	0.55%	4.79	4.31	-10.08%
5	5.56	5.58	0.40%	5.56	5.58	0.42%	4.76	4.49	-5.67%
6	3.98	4.16	4.47%	3.97	4.17	5.19%	5.47	5.20	-4.83%
7	3.98	3.99	0.33%	3.97	3.98	0.39%	5.55	5.57	0.34%
8	3.95	3.95	0.09%	3.95	3.95	0.10%	3.98	4.03	1.42%
9	3.96	3.94	-0.50%	3.95	3.90	-1.14%	3.95	3.95	0.18%
10	4.87	4.76	-2.42%	4.85	4.52	-6.66%	3.92	3.89	-0.73%
11	4.87	4.81	-1.20%	4.84	4.60	-4.88%	3.95	3.93	-0.55%
12	4.78	4.64	-2.86%	4.79	4.43	-7.50%	4.68	3.84	-18.02%
1	4.69	4.25	-9.30%	4.80	4.50	-6.25%	4.82	4.39	-9.02%
2	5.33	4.59	-13.85%	5.42	4.85	-10.61%	4.75	4.17	-12.12%
3	5.53	5.50	-0.42%	5.43	5.22	-3.82%	4.57	3.73	-18.38%

表 5.2-17 建库前后云龙河汇口断面 NH<sub>3</sub>-N 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.13	0.12	-3.44%	0.13	0.13	-0.29%	0.13	0.12	-6.27%
5	0.13	0.13	-0.15%	0.13	0.13	-0.03%	0.13	0.13	-0.43%
6	0.10	0.11	2.11%	0.10	0.11	2.37%	0.10	0.11	0.86%
7	0.10	0.11	0.53%	0.10	0.10	0.00%	0.10	0.10	-0.50%
8	0.10	0.10	-0.16%	0.10	0.10	-0.34%	0.10	0.10	-0.93%
9	0.10	0.10	-0.26%	0.10	0.10	-0.96%	0.10	0.10	-0.10%
10	0.13	0.12	-3.21%	0.13	0.12	-7.09%	0.13	0.10	-18.21%
11	0.13	0.13	-1.91%	0.13	0.12	-5.43%	0.13	0.12	-8.90%
12	0.13	0.12	-4.21%	0.13	0.12	-7.76%	0.13	0.11	-12.27%
1	0.13	0.11	-9.63%	0.13	0.12	-6.43%	0.13	0.10	-17.93%
2	0.13	0.12	-9.12%	0.13	0.12	-6.76%	0.13	0.11	-14.30%
3	0.13	0.13	-0.73%	0.13	0.12	-4.32%	0.13	0.12	-3.90%

表 5.2-18 建库前后云龙河汇口断面 TN 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	1.31	1.27	-3.56%	1.32	1.32	0.02%	1.31	1.23	-6.22%
5	1.32	1.32	-0.02%	1.32	1.32	0.02%	1.32	1.31	-0.20%
6	2.69	2.53	-5.76%	2.68	2.50	-6.72%	2.69	2.65	-1.50%
7	2.69	2.69	-0.04%	2.69	2.69	-0.18%	2.69	2.65	-1.51%
8	2.69	2.67	-0.62%	2.69	2.66	-0.92%	2.68	2.61	-2.76%
9	2.69	2.66	-0.95%	2.69	2.63	-1.99%	2.69	2.65	-1.44%
10	3.04	2.96	-2.62%	3.03	2.84	-6.39%	2.99	2.47	-17.47%
11	3.04	2.98	-1.98%	3.03	2.85	-5.88%	3.03	2.74	-9.47%
12	3.02	2.88	-4.56%	3.02	2.77	-8.37%	3.01	2.62	-13.09%
1	3.00	2.69	-10.28%	3.02	2.81	-6.90%	2.97	2.40	-19.23%
2	1.34	1.74	29.80%	1.34	1.69	26.15%	1.35	1.68	24.37%
3	1.31	1.34	1.95%	1.31	1.39	6.72%	1.30	1.37	5.41%

表 5.2-19 建库前后云龙河汇口断面 TP 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.026	0.024	-8.65%	0.026	0.025	-2.40%	0.026	0.023	-13.30%
5	0.026	0.025	-2.98%	0.026	0.025	-3.72%	0.026	0.025	-3.97%
6	0.045	0.039	-12.31%	0.045	0.038	-15.73%	0.045	0.042	-5.99%
7	0.045	0.044	-2.58%	0.045	0.043	-4.58%	0.045	0.040	-11.75%
8	0.045	0.041	-9.75%	0.045	0.040	-10.73%	0.045	0.036	-19.25%
9	0.045	0.040	-11.46%	0.045	0.037	-18.22%	0.045	0.039	-13.85%
10	0.165	0.149	-9.50%	0.165	0.133	-19.61%	0.165	0.104	-36.78%
11	0.165	0.145	-11.88%	0.165	0.124	-24.93%	0.165	0.123	-25.32%
12	0.165	0.122	-26.31%	0.165	0.108	-34.84%	0.165	0.108	-34.73%
1	0.165	0.107	-35.13%	0.165	0.116	-29.62%	0.165	0.094	-42.97%
2	0.026	0.034	30.09%	0.026	0.034	32.09%	0.026	0.026	-1.38%
3	0.026	0.025	-5.46%	0.026	0.021	-17.37%	0.026	0.022	-14.74%

## 2) 高台村

高台村断面建库前后水质变化情况见表 5.2-20~表 5.2-23, 建库前后高台村断面各月水质 COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度保持在地表水 I 类标准。由于河流 TN 背景浓度较高, 建库前 2 月~5 月为 IV 类, 6 月~1 月为劣 V 类, 建库后高台村 TN 浓度约为 0.868~2.535mg/L, 其中 2 月~3 月为 IV 类, 4 月~5 月为 III 类, 7 月~1 月为劣 V 类; TP 枯水期背景浓度较高, 按湖

库标准评价，建库前，2月~9月为Ⅲ类，10月~1月为Ⅴ类，建库后TP浓度约为0.01~0.095mg/L，按湖库标准评价，2月~6月为Ⅱ类，7月~9月为Ⅲ类，10月~1月为Ⅳ类。

丰水年水质变化较大的月份为2~4月，其中COD浓度平均降低20.13%，最大升高16.33%；NH<sub>3</sub>-N浓度平均降低15.89%，最大升高42.54%；TN浓度平均降低14.45%，最大升高10.02%；TP浓度平均降低41.51%，最小降低15.43%。

平水年水质变化较大的月份为2~4月、6月，其中COD浓度平均降低20.24%，最大升高26.56%；NH<sub>3</sub>-N浓度平均降低16.27%，最大升高9.15%；TN浓度平均降低17.28%，最大升高9.98%；TP浓度平均降低45.71%，最小降低3.1%。

枯水年水质变化较大的月份为2~4月、6月，其中COD浓度平均降低27.46%，最大升高8.05%；NH<sub>3</sub>-N浓度平均降低20.23%，最小降低1.25%；TN浓度平均降低21.14%，最大升高9.54%；TP浓度平均降低55.61%，最小降低31.15%。

表 5.2-20 建库前后高台村断面 COD 浓度变化 单位：mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	5.48	2.77	-49.36%	5.53	2.91	-47.27%	5.43	2.68	-50.66%
5	5.53	3.89	-29.66%	5.54	4.77	-13.80%	5.52	3.71	-32.79%
6	3.97	4.62	16.33%	3.95	5.00	26.56%	3.96	4.28	8.05%
7	3.97	3.82	-3.57%	3.95	4.01	1.45%	3.93	3.73	-4.95%
8	3.93	3.60	-8.45%	3.93	3.62	-7.94%	3.90	3.48	-10.86%
9	3.95	3.43	-13.13%	3.93	3.41	-13.04%	3.93	3.36	-14.59%
10	4.85	3.59	-25.98%	4.82	3.35	-30.55%	4.63	3.21	-30.71%
11	4.85	3.76	-22.38%	4.81	3.42	-28.93%	4.79	3.13	-34.72%
12	4.74	3.85	-18.87%	4.75	3.38	-28.83%	4.71	3.13	-33.61%
1	4.65	3.63	-21.81%	4.77	3.32	-30.49%	4.52	3.01	-33.36%
2	5.28	3.48	-34.03%	5.38	3.34	-37.90%	5.22	2.88	-44.84%
3	5.50	3.82	-30.63%	5.39	3.66	-32.19%	5.34	2.86	-46.50%

表 5.2-21 建库前后高台村断面 NH<sub>3</sub>-N 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.13	0.07	-48.00%	0.13	0.07	-43.64%	0.13	0.08	-33.94%
5	0.13	0.09	-33.06%	0.13	0.11	-17.62%	0.13	0.10	-22.89%
6	0.10	0.11	2.11%	0.10	0.11	9.15%	0.10	0.10	-1.25%
7	0.10	0.10	-0.34%	0.10	0.11	1.52%	0.10	0.10	-2.33%
8	0.10	0.10	-0.99%	0.10	0.10	-1.30%	0.10	0.10	-4.35%
9	0.10	0.10	-3.43%	0.10	0.10	-3.72%	0.10	0.10	-5.77%
10	0.13	0.10	-18.44%	0.13	0.10	-22.04%	0.13	0.10	-22.93%
11	0.13	0.11	-15.97%	0.13	0.10	-21.31%	0.13	0.09	-26.62%
12	0.13	0.11	-13.83%	0.13	0.10	-22.11%	0.13	0.09	-26.77%
1	0.13	0.10	-17.45%	0.13	0.10	-23.95%	0.12	0.09	-28.43%
2	0.13	0.10	-21.46%	0.13	0.10	-25.25%	0.13	0.09	-32.56%
3	0.13	0.10	-20.08%	0.13	0.10	-24.95%	0.13	0.08	-34.97%

表 5.2-22 建库前后高台村断面 TN 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	1.31	0.89	-31.99%	1.31	0.96	-26.78%	1.31	0.87	-33.48%
5	1.31	0.94	-28.75%	1.31	1.15	-12.82%	1.31	0.96	-27.00%
6	2.68	1.58	-40.87%	2.68	1.47	-45.01%	2.68	1.62	-39.57%
7	2.69	2.52	-6.50%	2.69	2.21	-17.77%	2.68	2.12	-21.16%
8	2.68	2.52	-6.05%	2.68	2.36	-12.13%	2.68	2.20	-17.90%
9	2.69	2.44	-9.01%	2.68	2.34	-12.72%	2.68	2.25	-16.23%
10	3.02	2.49	-17.52%	3.02	2.32	-23.03%	2.97	2.22	-25.16%
11	3.02	2.52	-16.62%	3.02	2.32	-23.00%	3.01	2.15	-28.73%
12	3.00	2.54	-15.48%	3.00	2.28	-24.17%	2.99	2.12	-29.06%
1	2.98	2.40	-19.42%	3.01	2.22	-26.11%	2.95	2.04	-30.82%
2	1.34	1.47	10.02%	1.34	1.47	9.98%	1.35	1.48	9.54%
3	1.31	1.43	8.84%	1.3	1.38	6.22%	1.3	1.38	5.85%

表 5.2-23 建库前后高台村断面 TP 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.026	0.012	-52.44%	0.026	0.012	-55.67%	0.026	0.014	-46.54%
5	0.026	0.018	-30.04%	0.026	0.021	-19.49%	0.026	0.018	-31.15%
6	0.045	0.019	-57.95%	0.045	0.015	-67.59%	0.045	0.020	-56.10%
7	0.045	0.036	-20.15%	0.045	0.028	-38.63%	0.045	0.023	-48.84%
8	0.045	0.030	-34.02%	0.045	0.025	-44.41%	0.045	0.020	-54.52%
9	0.045	0.024	-47.77%	0.045	0.021	-53.09%	0.045	0.020	-54.69%
10	0.165	0.095	-42.57%	0.165	0.073	-55.70%	0.165	0.066	-60.24%
11	0.165	0.087	-47.36%	0.165	0.068	-58.54%	0.165	0.055	-66.54%
12	0.165	0.084	-48.91%	0.165	0.061	-63.16%	0.165	0.053	-67.91%
1	0.165	0.060	-63.55%	0.165	0.055	-66.52%	0.165	0.045	-72.90%
2	0.026	0.022	-15.43%	0.026	0.025	-3.10%	0.026	0.014	-46.47%
3	0.026	0.016	-37.98%	0.026	0.019	-28.80%	0.026	0.010	-61.41%

### 3) 坝前断面

坝前断面建库前后水质变化情况见表 5.2-24~表 5.2-27, 建库前后坝前断面各月水质 COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度保持在地表水 I 类标准。由于河流 TN 背景浓度较高, 建库前 2 月~5 月为 V 类, 6 月~1 月为劣 V 类, 建库后坝前 TN 浓度约为 1.02~2.84mg/L, 其中 2 月~3 月为 V 类, 4 月~5 月为 IV 类, 6 月~1 月为劣 V 类; TP 枯水期背景浓度较高, 按湖库标准评价, 建库前, 2 月~9 月为 III 类, 10 月~1 月为 V 类, 建库后 TP 浓度约为 0.015~0.11mg/L, 按湖库标准评价, 2 月~6 月为 II 类, 7 月~9 月为 III 类, 10 月~1 月为 V 类。

丰水年水质变化较大的月份为 3~5 月, 其中 COD 浓度平均降低 0.91%, 最大升高 1.88%; NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 20.58%, 最小降低 4.46%; TN 浓度平均降低 12.76%, 最大升高 12.56%; TP 浓度平均降低 34.17%, 最小降低 12.81%。

平水年水质变化较大的月份为 2~4 月, 其中 COD 浓度平均降低 17.8%, 最大升高 41.33%; NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 20.88%, 最小降低 1.25%;

TN 浓度平均降低 18.24%，最大升高 11.09%；TP 浓度平均降低 51.37%，最小降低 23.66%。

枯水年水质变化较大的月份为 2~4 月，其中 COD 浓度平均降低 25.74%，最大升高 14.5%；NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 24.9%，最小降低 9.59%；TN 浓度平均降低 19.97%，最大升高 6.7%；TP 浓度平均降低 47.49%，最小降低 36.22%。

表 5.2-24 建库前后坝前断面 COD 浓度变化 单位：mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	5.33	5.35	0.30%	6.29	2.80	-55.54%	6.20	2.69	-56.54%
5	5.33	5.35	0.28%	6.30	4.88	-22.42%	6.29	3.62	-42.36%
6	4.00	4.07	1.88%	3.51	4.96	41.33%	3.52	4.03	14.50%
7	4.00	3.99	-0.14%	3.51	3.84	9.40%	3.49	3.60	3.18%
8	4.00	3.98	-0.54%	3.49	3.45	-1.17%	3.46	3.34	-3.45%
9	4.00	3.95	-1.24%	3.48	3.27	-6.28%	3.49	3.16	-9.49%
10	4.66	4.59	-1.55%	4.17	3.15	-24.63%	4.02	3.12	-22.35%
11	4.66	4.65	-0.25%	4.16	3.20	-23.17%	4.15	2.99	-28.04%
12	4.66	4.54	-2.72%	4.12	3.22	-21.73%	4.08	2.99	-26.73%
1	4.66	4.59	-1.50%	4.13	3.17	-23.44%	3.93	2.92	-25.62%
2	5.33	5.05	-5.12%	6.15	3.34	-45.71%	6.00	2.75	-54.25%
3	5.33	5.31	-0.31%	6.16	3.68	-40.25%	6.12	2.59	-57.70%

表 5.2-25 建库前坝前断面 NH<sub>3</sub>-N 浓度变化 单位：mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.13	0.05	-58.14%	0.13	0.06	-52.27%	0.13	0.07	-43.83%
5	0.13	0.07	-43.21%	0.13	0.09	-32.92%	0.13	0.09	-30.78%
6	0.12	0.11	-6.65%	0.12	0.12	-1.25%	0.12	0.10	-11.93%
7	0.12	0.11	-4.46%	0.12	0.11	-3.64%	0.12	0.11	-9.59%
8	0.12	0.11	-7.58%	0.12	0.11	-8.34%	0.12	0.10	-12.49%
9	0.12	0.11	-10.49%	0.12	0.10	-11.40%	0.12	0.10	-12.92%
10	0.13	0.10	-17.84%	0.13	0.10	-20.64%	0.12	0.10	-21.79%
11	0.13	0.11	-16.77%	0.13	0.10	-21.60%	0.13	0.09	-26.16%
12	0.13	0.11	-14.48%	0.13	0.10	-22.25%	0.12	0.09	-26.88%
1	0.12	0.10	-17.40%	0.13	0.10	-24.00%	0.12	0.09	-28.77%
2	0.13	0.10	-23.91%	0.13	0.09	-26.11%	0.13	0.08	-34.65%
3	0.13	0.09	-26.03%	0.13	0.09	-26.11%	0.13	0.08	-39.00%

表 5.2-26 建库前后坝前断面 TN 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	1.58	1.06	-32.62%	1.58	1.09	-31.01%	1.57	1.02	-35.35%
5	1.58	1.13	-28.65%	1.58	1.23	-22.06%	1.58	1.19	-24.48%
6	2.71	2.06	-23.95%	2.71	1.48	-45.37%	2.71	2.06	-24.01%
7	2.72	2.45	-9.88%	2.72	2.10	-22.81%	2.71	2.04	-24.60%
8	2.71	2.51	-7.39%	2.71	2.33	-14.20%	2.71	2.17	-20.09%
9	2.72	2.44	-10.16%	2.71	2.32	-14.22%	2.71	2.22	-18.12%
10	2.85	2.40	-15.78%	2.84	2.26	-20.25%	2.81	2.20	-21.60%
11	2.85	2.42	-14.95%	2.84	2.25	-20.75%	2.84	2.11	-25.81%
12	2.83	2.45	-13.33%	2.83	2.22	-21.45%	2.82	2.07	-26.46%
1	2.81	2.37	-15.71%	2.84	2.17	-23.42%	2.79	2.01	-28.12%
2	1.6	1.80	12.56%	1.6	1.78	11.09%	1.61	1.72	6.70%
3	1.58	1.69	6.70%	1.57	1.66	5.63%	1.57	1.61	2.32%

表 5.2-27 建库前后坝前断面 TP 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.036	0.020	-45.81%	0.036	0.015	-57.11%	0.036	0.019	-47.78%
5	0.036	0.028	-22.15%	0.036	0.026	-26.76%	0.036	0.023	-36.76%
6	0.044	0.022	-50.82%	0.044	0.013	-70.15%	0.044	0.023	-48.60%
7	0.044	0.038	-12.81%	0.044	0.023	-47.54%	0.044	0.028	-36.22%
8	0.044	0.035	-19.71%	0.044	0.024	-46.02%	0.044	0.026	-40.79%
9	0.044	0.029	-34.07%	0.044	0.020	-53.61%	0.044	0.025	-43.13%
10	0.163	0.110	-32.54%	0.163	0.068	-58.45%	0.163	0.086	-47.18%
11	0.163	0.107	-34.31%	0.163	0.065	-59.93%	0.163	0.078	-51.90%
12	0.163	0.103	-36.73%	0.163	0.058	-64.26%	0.163	0.075	-53.99%
1	0.163	0.082	-49.50%	0.163	0.053	-67.45%	0.163	0.067	-59.00%
2	0.036	0.026	-26.99%	0.036	0.027	-23.66%	0.036	0.019	-47.44%
3	0.036	0.020	-44.55%	0.036	0.021	-41.54%	0.036	0.015	-57.13%

#### 4) 云龙地缝景区下游

云龙地缝景区下游断面建库前后水质变化情况见表 5.2-28~表 5.2-31, 建库前后云龙地缝景区下游断面各月水质 COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度保持在地表水 I 类标准。由于河流 TN 背景浓度较高, 建库前 2 月~5 月为 IV 类, 6 月~9 月为劣 V 类, 10 月~1 月为 V 类, 建库后云龙地缝景区下游 TN 浓度约为 1.28~2.79mg/L, 与建库前各月水质类别基本一致;

TP 枯水期背景浓度较高，按湖库标准评价，建库前，2 月~5 月为 II 类，6 月~9 月为 III 类，10 月~1 月为 V 类，建库后 TP 浓度约为 0.023~0.152mg/L，按湖库标准评价，与建库前各月水质类别基本一致。

丰水年水质变化较大的月份为 11~1 月，其中 COD 浓度平均降低 0.92%，最大升高 1.89%；NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 2.57%，最大升高 2.84%；TN 浓度平均降低 4.22%，最大升高 6.13%；TP 浓度平均降低 5.13%，最大升高 10.43%。

平水年水质变化较大的月份为 11~1 月，其中 COD 浓度平均降低 0.91%，最大升高 1.88%；NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 1.33%，最大升高 10.59%；TN 浓度平均降低 3.52%，最大升高 7.16%；TP 浓度平均降低 6.69%，最大升高 14.78%。

枯水年水质变化较大的月份为 11~1 月，其中 COD 浓度平均降低 4.51%，最大升高 0.53%；NH<sub>3</sub>-N 浓度平均降低 3.45%，最大升高 7.87%；TN 浓度平均降低 3.89%，最大升高 6.26%；TP 浓度平均降低 6.99%，最大升高 10.52%。

表 5.2-28 建库前后云龙地缝景区下游断面 COD 浓度变化 单位：mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	5.33	5.36	0.50%	5.33	5.35	0.30%	5.33	5.33	0.00%
5	5.33	5.35	0.43%	5.33	5.35	0.28%	5.33	5.36	0.53%
6	4.00	4.07	1.89%	4.00	4.07	1.88%	4.00	4.01	0.27%
7	4.00	4.00	-0.04%	4.00	3.99	-0.14%	4.00	3.98	-0.51%
8	4.00	3.98	-0.51%	4.00	3.98	-0.54%	4.00	3.94	-1.43%
9	4.00	3.97	-0.65%	4.00	3.95	-1.24%	4.00	3.96	-0.90%
10	4.66	4.70	0.67%	4.66	4.59	-1.55%	4.66	4.05	-13.04%
11	4.66	4.73	1.34%	4.66	4.65	-0.25%	4.66	4.52	-3.07%
12	4.66	4.66	-0.13%	4.66	4.54	-2.72%	4.66	4.34	-6.85%
1	4.66	4.38	-6.09%	4.66	4.59	-1.50%	4.66	3.92	-15.92%
2	5.33	4.85	-8.91%	5.33	5.05	-5.12%	5.33	4.67	-12.39%
3	5.33	5.36	0.52%	5.33	5.31	-0.31%	5.33	5.29	-0.75%



表 5.2-29 建库前后云龙地缝景区下游断面 NH<sub>3</sub>-N 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.12	0.12	1.01%	0.12	0.12	0.38%	0.12	0.12	0.56%
5	0.12	0.12	0.48%	0.12	0.12	0.13%	0.12	0.12	0.83%
6	0.16	0.15	-6.32%	0.16	0.14	-10.60%	0.16	0.15	-6.60%
7	0.16	0.15	-3.45%	0.16	0.15	-7.51%	0.16	0.14	-15.61%
8	0.16	0.14	-14.29%	0.16	0.14	-14.76%	0.16	0.13	-19.73%
9	0.16	0.13	-15.68%	0.16	0.13	-19.12%	0.16	0.13	-16.52%
10	0.08	0.08	2.84%	0.08	0.09	6.42%	0.08	0.08	4.66%
11	0.08	0.08	2.01%	0.08	0.09	9.16%	0.08	0.09	6.83%
12	0.08	0.08	2.80%	0.08	0.09	10.59%	0.08	0.09	7.87%
1	0.08	0.08	1.36%	0.08	0.09	8.64%	0.08	0.08	2.15%
2	0.12	0.12	-2.53%	0.12	0.12	-0.55%	0.12	0.11	-6.15%
3	0.12	0.12	0.89%	0.12	0.12	1.24%	0.12	0.12	0.28%

表 5.2-30 建库前后云龙地缝景区下游断面 TN 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	1.3	1.29	-0.53%	1.3	1.30	0.04%	1.3	1.28	-1.36%
5	1.3	1.30	-0.04%	1.3	1.30	0.01%	1.3	1.30	0.05%
6	2.79	2.52	-9.56%	2.79	2.50	-10.25%	2.79	2.59	-7.34%
7	2.79	2.61	-6.43%	2.79	2.60	-6.94%	2.79	2.56	-8.36%
8	2.79	2.57	-7.93%	2.79	2.56	-8.10%	2.79	2.52	-9.72%
9	2.79	2.51	-10.17%	2.79	2.53	-9.15%	2.79	2.55	-8.58%
10	1.86	1.73	-6.98%	1.86	1.82	-2.25%	1.86	1.74	-6.62%
11	1.86	1.80	-3.17%	1.86	1.77	-4.83%	1.86	1.82	-2.33%
12	1.86	1.76	-5.11%	1.86	1.74	-6.61%	1.86	1.80	-3.41%
1	1.86	1.72	-7.43%	1.86	1.78	-4.25%	1.87	1.74	-7.07%
2	1.3	1.38	6.13%	1.3	1.39	7.16%	1.3	1.38	6.26%
3	1.3	1.31	0.61%	1.3	1.34	2.95%	1.3	1.32	1.78%

表 5.2-31 建库前后云龙地缝景区下游断面 TP 浓度变化 单位: mg/L

月份	丰水年			平水年			枯水年		
	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率	建库前	建库后	变化率
4	0.023	0.023	0.00%	0.023	0.023	0.00%	0.023	0.023	0.00%
5	0.023	0.023	0.00%	0.023	0.023	0.00%	0.023	0.023	0.00%
6	0.04	0.037	-8.54%	0.04	0.037	-7.50%	0.04	0.037	-7.65%
7	0.04	0.039	-3.50%	0.04	0.038	-4.75%	0.04	0.039	-3.74%
8	0.04	0.038	-6.25%	0.04	0.036	-10.15%	0.04	0.037	-8.16%
9	0.04	0.036	-9.35%	0.04	0.037	-8.50%	0.04	0.036	-9.15%
10	0.16	0.152	-5.00%	0.16	0.143	-10.63%	0.16	0.137	-14.38%
11	0.16	0.152	-5.00%	0.16	0.138	-13.75%	0.16	0.130	-18.75%
12	0.16	0.132	-17.50%	0.16	0.124	-22.50%	0.16	0.126	-21.25%
1	0.16	0.133	-16.88%	0.16	0.139	-12.88%	0.16	0.142	-11.36%
2	0.023	0.025	10.43%	0.023	0.026	14.78%	0.023	0.025	10.52%
3	0.023	0.023	0.00%	0.023	0.022	-4.35%	0.023	0.023	0.00%

### 5.2.3.3 库区富营养化预测

根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL395-2007), 水体营养状态评价标准及分级方法见下表。

表 5.2-32 水体营养状态评价标准及分级方法

营养状态分级 <i>EI</i> : 营养状态指数		评价项目赋分值 $E_n$	TN (mg/L)	TP (mg/L)
贫营养 $0 < EI \leq 20$		10	0.020	0.001
		20	0.050	0.004
		30	0.10	0.010
中营养 $20 < EI \leq 50$		40	0.30	0.025
		50	0.50	0.050
富营养	轻度富营养 $50 < EI \leq 60$	60	1.0	0.10
	中度富营养 $60 < EI \leq 80$	70	2.0	0.20
		80	6.0	0.60
	重度富营养 $80 < EI \leq 100$	90 100	9.0 16.0	0.90 1.3

姚家平水库建成后, 库区 TN 浓度为 0.868~2.976mg/L, TP 浓度为 0.01~0.152mg/L, TN 处于中营养~中度富营养状态, TP 处于中营养~轻度富营养状态。总体来看, 库区总氮、总磷浓度偏高, 水库建成后在流动性较差的库湾可能出现富营养化现象, 应加强库湾富营养化监测。

## 5.2.4 运行期坝下河段水质影响预测与评价

### 5.2.4.1 预测模型

姚家平坝下河段水环境影响预测采用 MIKE11 模型的 AD 模块。模型构建见 5.1.4.1 节。

### 5.2.4.2 计算条件

#### (1) 边界条件

水质边界条件采用姚家平坝前断面水质预测成果；水文边界条件采用建库后丰（P=10%）、平（P=50%）、枯（P=90%）典型年姚家平水库的下泄流量。

#### (2) 污染源预测

姚家平坝下至龙王塘河段两岸均为乡村，入河污染源以面源为主。面源污染包括农村生活污染、禽畜养殖污染、农田面源污染三部分。预测河段污染负荷预测见 5.2.3.1。

#### (3) 参数取值

降解系数参考同类工程确定，COD 降解系数取  $0.05d^{-1}$ ，氨氮降解系数取  $0.08d^{-1}$ ，TN 降解系数取  $0.01d^{-1}$ ，TP 降解系数取  $0.004d^{-1}$ 。

#### (4) 预测内容

根据区域水系及周边环境特点，选择甘名溪、细沙河汇口以及大龙潭库尾为水质分析代表断面。分别预测丰平枯水年坝下水质指标 COD、氨氮、TN、TP 变化情况。

表 5.2-33 坝下水环境影响预测分析代表断面

序号	断面	距姚家平坝址距离 (km)	备注
1	甘名溪汇口	8.49	支流入汇口
2	细沙河汇口	18.27	支流入汇口
3	大龙潭库尾	14.33	水源地

### 5.2.4.3 水质预测

#### (1) 甘名溪汇口断面

丰水年，甘名溪汇口断面各月 COD 浓度在 2.57~4.44mg/L 之间，氨氮浓度在 0.05~0.11mg/L 之间，TN 浓度在 0.74~2.50mg/L 之间，TP 浓度在 0.009~0.082mg/L 之间。

平水年，甘名溪汇口断面各月 COD 浓度在 2.78~4.92mg/L 之间，氨氮浓度在 0.06~0.12mg/L 之间，TN 浓度在 0.77~2.32mg/L 之间，TP 浓度在 0.010~0.056mg/L 之间。

枯水年，甘名溪汇口断面各月 COD 浓度在 2.54~4.00mg/L 之间，氨氮浓度在 0.07~0.11mg/L 之间，TN 浓度在 0.68~2.21mg/L 之间，TP 浓度在 0.005~0.049mg/L 之间。

可以看出，丰平枯水年，甘名溪汇口断面 COD、氨氮浓度保持在地表水 I 类标准，TP 浓度满足地表水 II 类标准要求。

表 5.2-34 建库后甘名溪汇口断面 COD、NH<sub>3</sub>-N 预测浓度 单位：mg/L

月份	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	2.57	2.78	2.65	0.05	0.06	0.07
5	3.78	4.85	3.59	0.07	0.09	0.09
6	4.44	4.92	4.00	0.11	0.12	0.10
7	3.50	3.82	3.56	0.11	0.11	0.11
8	3.35	3.41	3.30	0.11	0.11	0.10
9	3.20	3.21	3.12	0.11	0.10	0.10
10	3.21	3.11	3.07	0.10	0.10	0.10
11	3.41	3.16	2.94	0.11	0.10	0.09
12	3.54	3.17	2.93	0.11	0.10	0.09
1	3.48	3.12	2.86	0.10	0.10	0.09
2	3.27	3.28	2.69	0.10	0.09	0.08
3	3.28	3.61	2.54	0.09	0.09	0.08

表 5.2-35 建库后甘名溪汇口断面 TN、TP 预测浓度 单位: mg/L

月份	TN			TP		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	0.74	0.77	0.68	0.009	0.010	0.008
5	0.97	1.23	0.87	0.017	0.021	0.012
6	1.51	1.47	1.51	0.027	0.021	0.031
7	2.45	2.09	2.04	0.082	0.054	0.049
8	2.50	2.32	2.15	0.072	0.056	0.042
9	2.43	2.31	2.21	0.052	0.045	0.038
10	2.39	2.26	2.19	0.061	0.043	0.037
11	2.42	2.24	2.09	0.058	0.041	0.030
12	2.44	2.21	2.06	0.054	0.034	0.026
1	2.36	2.16	1.99	0.033	0.029	0.018
2	2.21	2.12	1.86	0.017	0.024	0.009
3	2.15	1.96	1.75	0.009	0.016	0.005

## (2) 细沙河汇口断面

丰水年, 细沙河汇口断面各月 COD 浓度在 1.96~4.04mg/L 之间, 氨氮浓度在 0.05~0.11mg/L 之间, TN 浓度在 0.66~2.39mg/L 之间, TP 浓度在 0.009~0.081mg/L 之间。

平水年, 细沙河汇口断面各月 COD 浓度在 2.28~4.48mg/L 之间, 氨氮浓度在 0.06~0.11mg/L 之间, TN 浓度在 0.75~2.15mg/L 之间, TP 浓度在 0.01~0.055mg/L 之间。

枯水年, 细沙河汇口断面各月 COD 浓度在 1.65~3.71mg/L 之间, 氨氮浓度在 0.06~0.10mg/L 之间, TN 浓度在 0.60~2.04mg/L 之间, TP 浓度在 0.006~0.047mg/L 之间。

可以看出, 丰平枯水年, 细沙河汇口断面 COD、氨氮浓度保持在地表水 I 类标准, TP 浓度满足地表水 II 类标准要求。

表 5.2-36 建库后细沙河汇口断面 COD、NH<sub>3</sub>-N 预测浓度 单位: mg/L

月份	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	1.96	2.52	1.97	0.05	0.06	0.06
5	3.46	4.48	3.07	0.07	0.08	0.08
6	4.04	4.35	3.71	0.10	0.11	0.10
7	3.34	3.54	3.01	0.11	0.11	0.10
8	2.83	2.88	2.59	0.10	0.10	0.09
9	2.65	2.36	2.49	0.10	0.09	0.09
10	2.90	2.55	2.23	0.10	0.09	0.09
11	3.03	2.57	2.06	0.10	0.09	0.08
12	2.63	2.32	1.98	0.10	0.09	0.08
1	2.23	2.33	1.84	0.09	0.09	0.08
2	2.14	2.28	1.77	0.08	0.08	0.07
3	2.67	2.54	1.65	0.09	0.08	0.07

表 5.2-37 建库后细沙河汇口断面 TN、TP 预测浓度 单位: mg/L

月份	TN			TP		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	0.66	0.75	0.60	0.009	0.010	0.008
5	0.93	1.19	0.82	0.017	0.021	0.012
6	1.43	1.40	1.46	0.026	0.021	0.031
7	2.39	2.02	1.88	0.081	0.053	0.047
8	2.36	2.16	1.97	0.072	0.055	0.042
9	2.28	2.07	2.04	0.055	0.046	0.039
10	2.32	2.11	1.96	0.061	0.043	0.037
11	2.32	2.09	1.86	0.058	0.041	0.031
12	2.20	1.99	1.80	0.054	0.034	0.026
1	2.01	1.96	1.70	0.037	0.030	0.020
2	1.91	1.88	1.62	0.020	0.025	0.011
3	2.00	1.75	1.50	0.010	0.017	0.006

### (3) 大龙潭库尾断面

丰水年, 大龙潭库尾断面各月 COD 浓度在 2.48~4.37mg/L 之间, 氨氮浓度在 0.05~0.11mg/L 之间, TN 浓度在 0.74~2.48mg/L 之间, TP 浓度在 0.009~0.082mg/L 之间。

平水年, 大龙潭库尾断面各月 COD 浓度在 2.74~4.83mg/L 之间, 氨氮浓度在 0.06~0.11mg/L 之间, TN 浓度在 0.77~2.29mg/L 之间, TP

浓度在 0.01~0.056mg/L 之间。

枯水年，大龙潭库尾断面各月 COD 浓度在 2.36~3.96mg/L 之间，氨氮浓度在 0.07~0.11mg/L 之间，TN 浓度在 0.67~2.18mg/L 之间，TP 浓度在 0.005~0.049mg/L 之间。

可以看出，丰平枯水年，大龙潭库尾断面 COD、氨氮浓度保持在地表水 I 类标准，TP 浓度满足地表水 II 类标准要求。

表 5.2-38 建库后大龙潭库尾断面 COD、NH<sub>3</sub>-N 预测浓度 单位：mg/L

月份	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	2.48	2.74	2.54	0.05	0.06	0.07
5	3.72	4.79	3.50	0.07	0.09	0.09
6	4.37	4.83	3.96	0.11	0.11	0.10
7	3.47	3.77	3.47	0.11	0.11	0.11
8	3.25	3.31	3.17	0.11	0.11	0.10
9	3.11	3.06	3.01	0.10	0.10	0.10
10	3.16	3.02	2.92	0.10	0.10	0.10
11	3.35	3.06	2.77	0.10	0.10	0.09
12	3.36	3.01	2.75	0.11	0.10	0.09
1	3.23	2.97	2.66	0.10	0.09	0.09
2	3.05	3.10	2.51	0.09	0.09	0.08
3	3.18	3.40	2.36	0.09	0.09	0.08

表 5.2-39 建库后大龙潭库尾断面 TN、TP 预测浓度 单位：mg/L

月份	TN			TP		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
4	0.74	0.77	0.67	0.009	0.010	0.008
5	0.96	1.22	0.87	0.017	0.021	0.012
6	1.50	1.46	1.51	0.027	0.021	0.031
7	2.44	2.08	2.01	0.082	0.054	0.049
8	2.48	2.29	2.12	0.072	0.056	0.042
9	2.41	2.28	2.18	0.053	0.045	0.039
10	2.38	2.24	2.15	0.061	0.043	0.037
11	2.40	2.22	2.06	0.058	0.041	0.030
12	2.40	2.18	2.02	0.054	0.034	0.026
1	2.30	2.13	1.94	0.034	0.029	0.019
2	2.16	2.08	1.83	0.018	0.024	0.010
3	2.13	1.93	1.71	0.009	0.016	0.005

### 5.2.5 小结

#### (1) 水温

从库区水温结构来看，全年库底水温较为稳定，表层水温变化幅度较大；丰、平、枯水年全年表层与底层的温差在  $0.2-16.7^{\circ}\text{C}$  之间，最大温差出现在 8 月，最小温差出现在 3 月。春夏季 3-8 月水库存在较为明显的低温水下泄情况，丰、平、枯水年下泄水温较天然情况最大下降了  $2.8^{\circ}\text{C}$ 、 $2.8^{\circ}\text{C}$  和  $3.4^{\circ}\text{C}$ ，均出现在 4 月份；秋冬季 9 月-次年 2 月下泄水温较天然水温有所升高。采用叠梁门分层取水后，3~8 月下泄水温有较明显的改善效果，各典型年 4 月下泄水温较单层取水升高  $0.7-0.8^{\circ}\text{C}$ 。坝下游随着河道复温以及区间汇流影响，低温水下泄情况有所减缓。

#### (2) 施工期水质

正常工况下，施工废（污）水经处理后回用，对周边水体水质影响较小。事故工况下，若砂石料加工系统冲洗废水未经处理直接排入清江，在非正常工况发生 10min 后，排口下游 1200m 的 SS 浓度减小到  $7.306\text{mg/L}$ ，对下游河段水质影响程度有限。

#### (3) 库区水质

根据库区水质预测结果，工程建成后，姚家平水利枢纽库区丰、平、枯典型年 COD、氨氮保持在地表水 I 类标准。预测断面 TN 浓度、TP 浓度总体较建库前有所降低。根据预测，姚家平水利枢纽建成后，库区 TN 浓度为  $0.868-2.976\text{mg/L}$ ，TP 浓度为  $0.01-0.152\text{mg/L}$ ，TN 处于中营养~中度富营养状态，TP 处于中营养~轻度富营养状态。

#### (4) 坝下水质

根据坝下断面水质预测结果，姚家平水利枢纽丰、平、枯典型年 COD、氨氮保持在地表水 I 类标准。坝下预测断面 TN 浓度为



0.60~2.50mg/L，TP 浓度为 0.005~0.082mg/L，TN、TP 浓度总体与建库前维持相当水平。

## 5.3 陆生生态

### 5.3.1 对陆生植物的影响

姚家平水利枢纽工程建设对陆生植物的不利影响主要表现为水库蓄水淹没以及枢纽工程、库区滑坡体防治工程等永久和临时占地对地表植被造成的直接损失，将导致影响区陆生植被面积直接减少，生物量降低。

#### 5.3.1.1 施工期对陆生植物的影响

##### (1) 枢纽工程区

枢纽工程区永久占地将直接导致区域植被损失和生物量降低，且影响不可逆。永久占地面积为 97.54hm<sup>2</sup>，其中占用针叶林面积 13.94 hm<sup>2</sup>，阔叶林 55.75 hm<sup>2</sup>，占用竹林 0.13hm<sup>2</sup>，灌丛 2.14 hm<sup>2</sup>，经济林 5.27 hm<sup>2</sup>，农作物 11.16 hm<sup>2</sup>。根据现状调查，枢纽工程区的主要类型为灰白毛莓灌丛、插田泡灌丛、马桑灌丛、水麻灌丛、渐尖毛蕨灌草丛、五节芒灌草丛等，还有少量的青冈林、杉木林等，受影响的植被类型在评价区分布广泛，永久用地占评价区总面积的 0.90%，所占比例较小，工程永久占地导致的植被和生物量损失较小。

枢纽工程区施工临时占地 51.14hm<sup>2</sup>，其中占用针叶林 3.58hm<sup>2</sup>，阔叶林 14.33hm<sup>2</sup>，灌丛 0.63 hm<sup>2</sup>，此外，还占用经济林 18.29 hm<sup>2</sup>，农作物 11.04hm<sup>2</sup>。临时占地区域在工程施工结束后通过复垦和植被恢复措施，不利影响可在较大程度上得到缓解。根据临时用地复垦规划方案 and 水土保持规划，本工程临时用地 100%将进行复垦或植被恢复，复垦和植被

恢复完成后，工程临时占地区生物生产力和植物群落生物量将逐渐恢复。

表 5.3-1 枢纽工程区占地类型统计表 单位：hm<sup>2</sup>

斑块类型	枢纽工程		合计
	永久占地	临时占地	
针叶林	13.94	3.58	17.52
阔叶林	55.75	14.33	70.08
竹林	0.13	0.00	0.13
灌丛	2.14	0.63	2.77
经济林	5.27	18.29	23.56
农作物	11.16	11.04	22.20
水域及水利设施用地	6.68	1.01	7.69
建设用地	2.39	2.24	4.63
其他用地	0.08	0.02	0.10
合计	97.54	51.14	148.68

## (2) 库区滑坡体防治工程

由于工程坝址两侧山体陡峭，为防止工程建设造成山体坍塌，拟对坝址下游河湾两侧易滑坡山体进行削坡减载并进行边坡防治。库区滑坡体防治工程占地 11.99hm<sup>2</sup>，其中占用针叶林 0.78hm<sup>2</sup>，阔叶林 1.83hm<sup>2</sup>，竹林 0.18hm<sup>2</sup>，灌丛 0.53hm<sup>2</sup>，灌草丛 0.01hm<sup>2</sup>，经济林 0.73hm<sup>2</sup>和农作物 6.59hm<sup>2</sup>。根据现状调查，库区滑坡体防治工程两侧山体陡峭，主要植被类型为青冈林、麻栎林、枫杨林、杉木林以及马桑、水麻等为主的灌丛植被，在清江两岸分布较多。库区滑坡体防治工程对区域植被扰动面积占评价区面积的 0.90%，所占比例较低，且大多为农作物，临时占地区域在施工结束后将进行复垦或植被恢复。因此，库区滑坡体防治工程实施对区域植被不利影响较小。

表 5.3-2 库区滑坡体防治工程占地类型统计表 单位：hm<sup>2</sup>

斑块类型	库区滑坡体防治工程		合计
	永久占地	临时占地	
针叶林	0.28	0.50	0.78
阔叶林	0.65	1.18	1.83
竹林	0.03	0.15	0.18
灌丛	0.26	0.27	0.53

斑块类型	库区滑坡体防治工程		合计
	永久占地	临时占地	
灌草丛	0.00	0.01	0.01
经济林	0.33	0.40	0.73
农作物	2.30	4.29	6.59
水域及水利设施用地	0.05	0.90	0.95
建设用地	0.16	0.03	0.19
其他用地	0.05	0.15	0.20
合计	4.11	7.88	11.99

### (3) 隧洞施工

主电站发电引水隧洞全长 1180m，洞径为 7.2m；生态电站发电引水隧洞全长 662.7m，洞径为 3.6m；左岸导流隧洞全长 750m；右岸导流隧洞全长 1327m。引水隧洞和导流隧洞施工过程中，对隧洞上方的森林植被将产生一定的影响。

#### 1) 水文系统改变对植物的影响

埋藏在山体中的岩石或土体里分布着大量的空隙，这些空隙是地下水的储存场所，也是地下水的转移通道。隧洞开挖不可避免地会破坏某些地下水的储存点和转移通道，造成地下水重新分配，从而形成新的含水层和地下水转移通道，而原来某些含水层和转移通道中所含的地下水可能减少甚至枯竭，这些导致隧洞区域局部地下水位下降，可能引起上方植被生长不良、枯萎甚至死亡。根据现场调查发现隧洞上部植被主要为灰白毛莓灌丛、插田泡灌丛、马桑灌丛、水麻灌丛、渐尖毛蕨灌草丛、五节芒灌草丛等，上述植被的根系生物量主要集中在近地表的区域。根据工程地质章节可知，主要引水隧洞段 190.0~693.0m，主要导流洞段埋深 100.0-251.0m，埋深较深。同时地下水环境预测结果表明，工程施工造成大范围的地下水位下降的可能性较小，因此，隧洞施工对上方植被的影响较小。

#### 2) 洞口开挖破坏植被，导致生物量损失

隧洞工程对植被的直接影响表现在隧洞洞口、引水隧洞施工支洞洞口等的开挖过程中会破坏山体植被，使原有的自然植被破坏，变为固化的墙体，导致洞口植被生物量有所减少；此外，洞口开挖扰动地表，破坏了原有的地貌植被和土壤结构，使得土壤裸露，结构松散，容易引起水土流失，进而对周围植被产生影响。隧洞口植被以插田泡灌丛、马桑灌丛、水麻灌丛等为主，零星分布有青冈林、杉木林，隧洞口开挖破坏的植物及植被在评价区均广泛分布，不会因局部植物物种损失而导致评价区内植物物种多样性减少或种群消失或灭绝。而隧洞开挖面有限，相对整个评价区来说，对整个工程的生物量损失来说比例较小。隧洞口施工时采取相应的水土保持措施，防止水土流失对植被造成的影响。

### 3) 隧洞弃渣对植物的影响

隧洞弃渣对植物的影响主要表现在压覆植被，减少植被生物量、土壤污染及水土流失灾害等方面。引水隧洞开挖产生弃渣，主要弃于 3# 弃渣场。须加强施工管理，严格控制隧洞弃渣堆放至指定的弃渣场，以避免对植被的破坏。

### 4) 隧洞施工废水对植物的影响

隧洞施工过程中，混凝土养护和灌浆过程会产生少量废水，与隧洞地下水渗水混合后形成隧洞施工废水，废水呈弱碱性，SS 浓度较高，对地表水体和土壤产生污染，进而对周围生长的植物产生不利影响。但在采取相应的处理措施使废水达标后回用，可以减少施工废水对植物的影响。

### (4) 料场

茅坡料场位于距离坝址下游 5.2~5.7km 的清江右岸，马铁路临江侧的缓坡地段。茅坡料场占地 12.27hm<sup>2</sup>，其中占用灌丛 0.25hm<sup>2</sup>，经济

林 11.91hm<sup>2</sup>和建设用地 0.11hm<sup>2</sup>。该区域常见植被有桂竹林、小果蔷薇灌丛、插田泡灌丛、节节草灌丛、风轮菜灌丛、接骨草灌丛等，在清江两岸广泛分布。茅坡料场占地区域主要为经济林，受影响的植物均为常见种，植被均为常见类型，在工程结束之后，将会通过人工植被恢复措施进行植被恢复，因此茅坡料场占地对区域植被的不利影响较小。

### (5) 弃渣场

工程设有 3 个弃渣场，分别是 1#杨柳湾弃渣场、2#老沟弃渣场和 3#堰前弃渣场，其中 1#和 2#位于坝下施工集中布置区域，占地面积为 18.64hm<sup>2</sup>，3#位于姚家平水库死水位以下。弃渣场区域植被与周边施工布置区域植被情况相似，人为干扰较大，栽培和自然植被均为本区域广泛分布类型。

根据工程水土保持方案，施工前将对弃渣场进行表土剥离，并在坡脚布设拦渣坝、布设挡水坝、排洪沟、消力池等防护措施，防止弃渣场区域内的水土流失，会增加植被恢复的效率，从而保证复耕、林地恢复等植被措施的有效进行。弃渣场内的植被在当地较为常见，工程结束后可通过人工栽培等方式恢复，对陆生植物、植被影响较小。

### 5.3.1.2 运行期对陆生植物的影响

#### (1) 水库蓄水淹没

水库蓄水后，位于淹没线（即 745m）以下的所有植物将被淹没。水库淹没面积为 640.20hm<sup>2</sup>，其中淹没针叶林 79.31hm<sup>2</sup>，阔叶林 185.05hm<sup>2</sup>，竹林 2.80hm<sup>2</sup>，灌丛 104.74hm<sup>2</sup>，灌草丛 4.19hm<sup>2</sup>，此外还有经济林 9.65hm<sup>2</sup>、农作物 129.36hm<sup>2</sup>。根据现场调查情况，淹没区林地主要有杉木林、柏木林、青冈林、枫杨林、枫香树林等，灌木林地主要有水麻、小果蔷薇、毛黄栌、荚蒾、华中樱桃、山胡椒、木姜子等灌木类

植物，竹林主要为毛竹、桂竹等，这些种类在评价区内多有分布，水库淹没不会造成这些植被类型和物种的消失。另外，在对库区现场调查中，未发现国家重点保护植物的分布，因此水库蓄水不会对国家重点保护植物产生影响。水库蓄水淹没面积占评价区总面积的 5.91%，比例较小。从影响的范围来看，水库蓄水不会改变整个评价区的生态系统的结构和稳定性。此外，水库蓄水后，河谷水面增加，在一定程度上可提高沿岸小环境的空气湿度，有利于河谷植被的自然恢复。

## （2）消落带的形成

水库进入运行期后，长期经人工周期性调节水位后，姚家平库区将形成一定长度的消落带，水库消落深度近 30m。在正常情况下，夏季露出水面因受库水反复、周期性的浸泡以及水位涨落所产生的冲刷和淤积作用，消落带的地形、土壤和水分状况将会发生一定变化，其水、土活动特点、景观以及生态功能也会有所改变。库水位周期性涨落使消落带成为库区生态系统中能量循环、物质转换的活跃地带，其生态系统受到来自水、陆两方面的影响，库水位下降时，水中的一些漂浮物、生活垃圾、生物死亡体等大量污染物会沉积在消落带；库水位上涨时，消落带岩石、土壤中污染物质转移到水体中，可能造成一定水质波动。

水库蓄水运行后，消落带由原来的陆生生态系统演变为季节性湿地生态系统。在消落带范围内，对适应陆生环境生长的物种可能会由于不适应季节性的水位变化、湿度环境条件，导致小果蔷薇、水麻、五节芒、渐尖毛蕨等植物种类逐步消失；另一方面，消落带区域会出现对适应季节性、周期性或对水分条件适应范围较广的植物种类，如藁草属、菖蒲、水芹、蓼属等。总体上，由于消落带季节性水位变化，在消落带及其支流回水影响区浅平地帯可能只有少量的湿生和水生植物群落生长，整个

消落带的植物种类将较建库前的陆生环境大为减少，生态系统结构和功能简单化，生态系统稳定性降低，脆弱性增强。

### 5.3.1.3 对重点保护野生植物的影响

#### (1) 国家重点保护野生植物

根据现场踏勘，评价区分布有国家一级重点保护野生植物 1 种，为银杏，共 4 株，其中 2 株为古树，2 株为栽培；国家二级重点保护野生植物 2 种，为金荞麦 1 处；闽楠 1 株，为古树。

以上重点保护野生植物均位于水库淹没线以上和工程施工区外，不受工程施工或运行的影响。但是距离工程范围较近的重点保护植物，如三营仗安置点路旁的银杏，须通过加强宣传教育和施工管理，防止越界施工对重点保护植物造成破坏。

表 5.3-3 姚家平水利枢纽工程评价区现场调查国家级重点保护野生植物一览表

编号	名称	位置	经纬度	生长情况	与工程的位置关系
1	金荞麦 ( <i>Fagopyrum dibotrys</i> )	田坝村附近	N 30° 23' 52.19" E 109° 15' 36.12" 海拔 759m	覆盖面积约 0.5m <sup>2</sup> ， 营养期，生长状况良好	位于淹没线以上， 直线距离约 50m
2	银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )	河塘村	N 30° 24' 04.74" E 109° 15' 04.72" 海拔 764m	栽培，树高 7m，冠 幅 5m*6m，生长状 况良好	位于淹没线以上， 直线距离约 60m
3	银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )	三营仗安置 点	N 30° 24' 24.44" E 109° 15' 18.85" 海拔 900m	栽培，树高 6m，冠 幅 4m*5m，生长状 况良好	位于三营仗安置点 路旁，距离拟建道 路与 S233 交叉口 约 25m
4	银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )	沐抚办事处 木贡村梨树 组矮子坪	E 109° 13' 18.84" N 30° 24' 56.16" 海拔 1135m	古树 42280100125， 树龄 214 年，树高 22.5m，胸径 170cm， 冠幅 16m*10m	不在工程直接影响 范围内，距离最近 工程为专班安置 点，直线距离约 1.2km
5	银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )	沐抚办事处 高台村中树 组四河处	E109° 15' 24.48" N30° 24' 48.96" 海拔 1038m	树龄 214 年，树高 21m，胸径 220cm， 冠幅 9m*15m	位于库区淹没线以 上，距离最近工程 为六房安置点，直 线距离约 600m
6	闽楠	沐抚办事处	N 30° 23' 22.20"	古树 42280100119，	位于库区搬木村村

编号	名称	位置	经纬度	生长情况	与工程的位置关系
	( <i>Phoebe bournei</i> )	营上村搬木组下街	E 109° 11' 58.20" 海拔 808m	树龄 116 年, 树高 24m, 胸径 160cm, 冠幅 8m*12m	落, 位于淹没线以上, 直线距离约 215m

## (2) 古树名木

根据恩施州林业局提供的古树名木资料, 结合现场调查情况, 评价区内的 10 株古树均不受工程建设和运行淹没的影响, 距离淹没线 100m 以上或者距离最近工程 500m 以上。但是仍须通过加强宣传教育和施工管理, 防止施工活动对古树名木造成破坏。

表 5.3-4 姚家平水利枢纽工程评价区古树名木一览表

古树编号	树种名	保护级别	位置	基本情况	与工程的位置关系
42280100131	半枫荷 <i>Semiliquidambar cathayensis</i>	一级	屯堡乡马者村古树包	树龄 500 年 树高 10m 胸径 184cm 冠幅 8m*8m	位于坝下村落中, 距离马者村道路直线距离 650m, 不在工程直接影响范围内
42280100122	黄心夜合 <i>Michelia martinii</i>	二级	沐抚办事处营上村麦李大树子	树龄 434 年 树高 38m 胸径 567cm 冠幅 15m*16m	位于库区村村通道路旁, 在淹没线以上, 直线距离约 500m
42280100119	闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	三级	沐抚办事处营上村搬木组下街	树龄 116 年 树高 24m 胸径 160cm 冠幅 8m*12m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 215m
42280100120	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	沐抚办事处营上村搬木组下街	树龄 265 年 树高 18.5m 胸径 239cm 冠幅 15m*15m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100121	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	沐抚办事处营上村搬木组下街	树龄 265 年 树高 20m 胸径 240cm 冠幅 10m*5m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100123	珊瑚朴 <i>Celtis julianae</i>	三级	沐抚办事处营上村搬木组下街	树龄 160 年 树高 26.5m 胸径 240cm 冠幅 10m*15m	位于库区搬木村村落, 在淹没线以上, 直线距离约 130m
42280100124	金桂 <i>Osmanthus fragrans</i>	三级	沐抚办事处木贡村木栏坝组谭录兵屋边	树龄 196 年 树高 18m 胸径 232cm 冠幅 13m*14m	位于库区淹没线以上, 距离最近工程为高台仟安置点, 直线距离约 1.4km
42280100125	银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L	三级	沐抚办事处木贡村梨树	树龄 214 年 树高 22.5m	位于库区淹没线以上, 距离最近工程为专班安置



古树编号	树种名	保护级别	位置	基本情况	与工程的位置关系
			组矮子坪	胸径 170cm 冠幅 16m*10m	点，直线距离约 1.2km
42280100126	银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	三级	沐抚办事处高台村中树组四河处	树龄 214 年 树高 21m 胸径 220cm 冠幅 9m*15m	位于库区淹没线以上，距离最近工程为六房安置点，直线距离约 600m
42280100134	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	三级	屯堡乡马者村丫耳坝	树龄 294 年 树高 25m 胸径 446cm 冠幅 25m*13m	位于施工布置区东侧的村落中，距离最近工程为 2#老沟弃渣场附近永久道路 500m

### 5.3.2 对陆生动物的影响

#### 5.3.2.1 施工期对陆生动物的影响

施工期对陆生动物的影响主要包括施工占地对野生动物生境的占用，施工废水、废气、固体废物等对野生动物生境的破坏、污染，施工噪声对野生动物的惊扰、驱赶以及人为干扰的影响。

##### 1) 对两栖类的影响

评价区两栖类物种较为丰富，主要分布在清江干支流及两岸的溪流、农田、坑塘等生境。

静水型和溪流型两栖类主要有黑斑侧褶蛙、沼蛙、虎纹蛙、绿臭蛙、花臭蛙、棘腹蛙等，受噪声、振动以及人为活动等因素的影响，使得它们向受工程干扰较小或未受影响的上游区域迁移。

陆栖型和树栖型主要有中华蟾蜍、泽陆蛙、饰纹姬蛙、中国雨蛙、中国林蛙和大树蛙等，主要栖息于草地、灌丛和林地。工程临时占地，如砂石加工系统、混凝土生产系统、施工营地和弃渣场等会临时占用部分野生两栖类的生境，导致其生境范围有所缩小，受施工活动影响，使得它们向评价区其他相似生境迁移。在加强施工活动的管理，强化污水处理措施落实的情况下，工程施工不会造成两栖动物多样性发生变化，

不利影响有限。

## 2) 对爬行类的影响

根据调查结果，评价区内的爬行类主要分布于山地灌丛或清江两岸潮湿的林地内。

灌丛石隙型爬行类主要有铜蜓蜥、中国石龙子、北草蜥、尖吻蝾等种类，在清江两岸山地灌丛中活动，施工生产生活区、弃渣场等将占用其部分生境，施工活动干扰将迫使其远离栖息地，使得区域爬行类分布格局有所变化。部分个体可能在弃渣或其他施工活动中躲避不及时，造成个体伤亡。

住宅型两栖类主要活动于评价区村落附近，工程施工区域村落分布较少，仅零星的房屋，施工占地影响较小，由于施工人员进驻，多疣壁虎等可能出现在施工人员生活区。

林栖傍水型主要有翠青蛇、赤链蛇、王锦蛇、黑眉晨蛇、红纹滞卵蛇等种类，在评价区内清江附近或两岸山谷溪流附近潮湿的林地内活动。施工区域分布较少，与两栖类类似，受生境侵占及噪声、振动、人为活动等因素的干扰，爬行类将向其他适宜生境扩散。

综上，爬行类受工程施工影响相对较小，主要是种群数量的变动和分布格局的变化。

## 3) 对鸟类的影响

根据调查结果，评价区鸟类种类和数量较多，主要以留鸟为主，占评价区鸟类总种数的 57.94%。各类鸟类的主要生境不同，工程施工对其造成的影响各有不同，其主要影响分析如下：

评价区的鸟类分游禽、涉禽、陆禽、猛禽、攀禽和鸣禽，其中游禽、涉禽主要分布在清江干流及其支流、沿岸滩涂和水田中，种类和数量均

较少，影响主要是噪声驱使其离开施工区域，但不会影响其迁徙行为。由于姚家平坝址周边大量存在类似生境，总体来说工程施工对其影响有限。

陆禽主要有灰胸竹鸡、环颈雉、珠颈斑鸠等，主要活动在评价区灌丛林地中，较惧生，对噪声敏感，施工对其影响主要是占用生境，噪声驱赶。

猛禽主要有黑鸢、红隼和斑头鸺鹠，数量少，飞行能力强，活动范围广，工程施工对猛禽的直接影响主要是噪声驱赶，此外，施工对其他野生动物如两栖类、爬行类、小型鸟类的影响，将对猛禽捕食产生间接影响，但由于评价区周围相似生境较多，且猛禽活动范围大，因此这种影响有限。

攀禽和鸣禽多为森林活动的鸟类，行动能力较强，在评价区广泛分布，施工期间，永久及临时占地、施工噪声等会对其栖息活动产生一定的影响，但由于工程占地面积相对于评价区总面积较小，且周围相似生境较多，施工过程中的噪声在施工结束后停止，临时占地区域进行植被恢复等措施，因此，占地及噪声对攀禽和鸣禽的影响也较小。

总体上，工程施工对鸟类的直接影响主要是占地、噪声影响，间接影响主要是施工活动造成其食物变化，进而对其觅食产生影响。由于工程临时用地占评价区总面积的 0.55%，比例较小，施工结束后采取一系列植被恢复措施，施工活动带来的影响也会随着施工的结束而消失。

#### 4) 对兽类的影响

工程施工对野生兽类的影响主要是栖息生境占用、干扰和破坏，噪声干扰等，受工程影响的兽类会迁移至远离工程影响区的相似生境中，但不会导致评价区物种种类的变化。

评价区的野生兽类以半地下生活型和地面生活型为主，多分布在清江干支流两岸的灌丛和森林中。半地下生活型的种类最多，如黄鼬、华南兔、褐家鼠等，工程永久及临时占地可能会占用其局部生境，施工开挖破坏其巢穴，施工区的机械噪声、爆破噪声和人类活动干扰将使这些警觉的动物离开栖息地，迁至他处，其中引水隧洞工程施工时的爆破噪声对兽类的干扰较为明显。由于评价区内适宜其生存的生境较多，且分布连续，不会对其迁移产生障碍，但动物迁移将会导致施工区域以外的区域动物密度增加，增加其生存压力，加剧种内和种间竞争，增加疾病发生的几率等。但这些影响均为可逆影响，施工结束后，人为干扰消失，且随着施工区域内植被恢复，部分兽类可以回到原来的栖息地中生活。

评价区地面生活型的野生兽类种类主要有野猪、小鹿、毛冠鹿等，数量较少，一般很少出没于人类活动的区域，主要分布在海拔较高的林地，施工对其影响主要来自于施工爆破和机械噪声的驱赶作用。一般野生动物都具有主动避害的能力，为避免施工期间的噪声和其他危害，这些兽类将被迫向工程影响区以外的适宜生境中迁移。当工程完工后，它们仍可以回到原来的栖息地。因此这种不利影响只是暂时的，等施工结束影响即可消失。

### 5.3.2.2 运行期对陆生动物的影响

姚家平水利枢纽工程蓄水后，将淹没 640.20hm<sup>2</sup> 的土地，使部分动物的生境被淹没，根据现场调查，受淹没影响的植被有杉木林、柏木林、青冈林、枫杨林、枫香树林，均为评价区广泛分布的植被类型，评价区周围还存在大量相似生境，淹没区原来栖息的动物都可以较容易地找到替代生境生活。由于该地区动物密度不高，因此动物迁移后生存压力不会明显增大。总的来说，工程运行期造成的动物生境损失对动物的影响

较小。

### 1) 对两栖类的影响

水库运行后，将使陆栖型和树栖型两栖类的栖息地部分被淹没，如中华蟾蜍、饰纹姬蛙、花姬蛙、中国林蛙和大树蛙等，迫使原本栖息于库区灌草丛、林地的向海拔较高处迁移，部分个体因觅食地缩小及其它原因死亡，导致该种的种群数量减少。水库蓄水使开阔地带的低洼处出现季节性积水，形成水塘或沼泽地而成为两栖生活、繁殖的良好场所，尤其对静水型的两栖类如黑斑侧褶蛙、沼蛙和虎纹蛙发展有利，蓄水后其种群数量出现一定的上升。

### 2) 对爬行类的影响

水库蓄水后，原来栖息于库区灌草丛、林地的灌丛石隙型和林栖傍水型爬行类如北草蜥、中国石龙子、王锦蛇、黑眉晨蛇等不得不迁往海拔较高的地区。但水库蓄水将增加水域面积，形成更适合水栖型爬行类如乌龟和中华鳖的适宜生境，对其种群的发展带来有利影响。此外，蓄水运行后，库区局部环境趋于温暖湿润，双子叶木本植物和喜温湿的常绿阔叶树种将逐渐发展起来，这种变化给爬行动物提供了更好的觅食和栖息条件，对爬行动物种类和数量的恢复也是有利的。

### 3) 对鸟类的影响

水库蓄水后，淹没部分草丛、灌丛及次生乔木林，使在这里栖息、营巢的鸟类失去栖息和觅食场所而迁往它处，如四声杜鹃、大杜鹃、金腰燕、白颊噪鹛等，部分鸟巢可能遭到破坏。但水库蓄水使得库区水域面积的增大，对游禽、涉禽的栖息和迁徙创造有利条件，导致水鸟的种类和数量增加。同时，浅水区、积水塘及沼泽地的面积增大，湿生无脊椎动物的数量会大量增加，以这些动物为食的如白腰雨燕等其种群数量

也将有所增长。

4) 对兽类的影响

水库蓄水将破坏部分兽类的栖息环境，其部分适宜生境将消失，如黄鼬、花面狸、野猪、小家鼠、赤腹松鼠、岩松鼠等。由于此类兽类迁移能力强，受其影响后能迅速迁往淹没区外未受影响的适宜生境。大部分迁移将引起种群密度的增加，造成其种内、种间竞争加剧，经一段时间后会形成新的平衡。该地区动物密度不高，因此动物迁移后生存压力不会明显增大。总的来说，水库蓄水造成的生境损失对兽类的影响较小。

5.3.2.3 对重点保护野生动物的影响

评价区内陆生脊椎动物中，有国家二级重点保护野生动物 9 种：包括虎纹蛙、乌龟、红腹锦鸡、黑鸢、红隼、斑头鸕鹚、画眉、豹猫和毛冠鹿；有湖北省级重点保护野生动物 61 种，包括利川齿蟾、黑斑侧褶蛙、棘腹蛙、尖吻蝾、银环蛇、舟山眼镜蛇、灰胸竹鸡、环颈雉、绿头鸭、四声杜鹃、大杜鹃、星头啄木鸟、灰头绿啄木鸟、黑枕黄鹂、大山雀、黄鼬、花面狸和华南兔等。工程对这些重点保护野生动物的影响情况见表 5.3-5。

表 5.3-5 对国家级重点保护野生动物的影响

中文名 拉丁名	区系 类型	保护 级别	分布区域	野生动物影响	
				施工期	运行期
1. 虎纹蛙 <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	东洋种	国家二级	发现在评价区坝址上游约 5km 的池塘、稻田内有分布，位于淹没线以上。	施工废水、弃渣对其生境的污染，人为捕捉的风险	形成更广阔的静水环境，对其种群的发展带来有利影响
2. 乌龟 <i>Chinemys reevesii</i>	广布种	国家二级	发现在评价区清江两岸的水塘内有分布，位于淹没线以上。		

中文名 拉丁名	区系 类型	保护 级别	分布区域	野生动物影响	
				施工期	运行期
3. 红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	留鸟 东洋种	国家二级	发现在评价区清江左岸的常绿阔叶林、针阔叶混交林和针叶林中有分布,位于淹没线以上。	施工噪声、灯光等对施工区周围环境产生干扰,从而影响鸟类的栖息,但这些鸟类性机警,善于飞翔,在环境受到干扰时会迅速迁移到其他相同或相似生境中,工程对其影响较小	水库蓄水使栖息地受到一定面积的损失,善于飞翔,容易找到其它适宜栖息的生境,也更容易找到食物,对其影响较小
4. 黑鸢 <i>Milvus migrans</i>	留鸟 广布种	国家二级	活动范围较大,在评价区主要分布在山地区森林、林缘地带和灌草丛,偶见于村落、农田附近		
5. 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	留鸟 广布种	国家二级			
6. 班头鸺鹠 <i>Glaucidium cuculoides</i>	留鸟 东洋种	国家二级			
7. 画眉 <i>Garrulax canorus</i>	留鸟 东洋种	国家二级	发现在评价区清江左岸的灌草林地有分布,偶尔也到居民区附近活动,位于淹没线以上。	施工噪声、灯光等对施工区周围环境产生干扰,从而影响鸟类的栖息,但鸟类有很强的飞行能力,且栖息生境多样,有一定的抗干扰能力,在环境受到干扰时会迅速迁移到其他相同或相似生境中,工程对其影响较小	
8. 豹猫 <i>Felis bengalensis</i>	东洋种	国家二级	发现在评价区清江左岸的丘陵、山地区域有分布,位于淹没线以上。	施工区未见其分布,可能影响为施工爆破噪声,施工人员的捕抓	水库蓄水使栖息地受到一定面积的损失,同时,水库的建设增加了其栖息环境内的水资源
9. 毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	东洋种	国家二级	发现在评价区坝址上游约 2km 的支流段林地资源丰富的区域有分布,位于淹没线以上。		

### 5.3.3 对区域生态完整性的影响

#### (1) 对生态系统类型的影响

工程建设后,评价区内生态系统类型格局发生变化,主要表现为森

林生态系统、农田生态系统、城镇生态系统和灌丛生态系统的面积有所减少；湿地生态系统的面积有所增加，但其斑块数目有所减小，主要是因为水库蓄水淹没导致坝址上游河流水域、坑塘水库等合并成为一个库区整体。工程建设后各类斑块数量以及面积的变化具体见表 5.3-6。

表 5.3-6 工程建设后评价区主要斑块类型数目和面积变化表

斑块类型	工程建设前		工程建设后		变化值	
	数目 (块)	面积 (hm <sup>2</sup> )	数目 (块)	面积 (hm <sup>2</sup> )	数目 (块)	面积 (hm <sup>2</sup> )
林地	44029	6092.76	43609	5647.69	-420	-445.07
灌丛及灌草丛	121118	2238.38	120948	2234.19	-170	-4.19
耕地	25378	1434.89	25328	1276.82	-50	-158.07
水域	283	111.61	233	737.97	-50	687.33
建设用地及其他用地	33681	937.39	33781	918.36	100	-19.03

### (2) 景观结构

本工程评价区景观斑块中，森林、灌丛和灌草丛景观是该区域的主要景观类型，其次为农田。工程建成后，水域斑块因水库淹没，其优势度值由蓄水前的 0.80% 上升到 3.69%；森林景观、灌丛和灌草丛景观受淹没影响，优势度值分别从 46.38% 和 29.92% 降低到 44.02% 和 29.37%；因大坝、厂房等建设，建设用地势度值从 10.39% 升高到 10.55%；其他斑块变化幅度不大。

作为模地的森林景观，优势度值仍然最高，占绝对优势，分布面积最大。工程建成后林地仍然是该地区的模地，对景观生态环境质量仍具有关键性的调控能力，表明景观生态体系的生产能力和受干扰以后的恢复能力与之前相差不大。因此，工程建设不会改变区域森林景观的模地地位，对评价范围景观生态体系质量不利影响较小。

表 5.3-7 工程建设后评价区主要斑块类型优势度值变化

斑块类型	R <sub>d</sub> (%)		R <sub>f</sub> (%)		L <sub>p</sub> (%)		D <sub>o</sub> (%)	
	建设前	建设后	建设前	建设后	建设前	建设后	建设前	建设后



斑块类型	R <sub>d</sub> (%)		R <sub>f</sub> (%)		L <sub>p</sub> (%)		D <sub>o</sub> (%)	
	建设前	建设后	建设前	建设后	建设前	建设后	建设前	建设后
森林景观	19.61	19.48	53.24	52.17	56.34	52.22	46.38	44.02
灌丛和灌草丛景观	53.95	54.02	24.33	22.13	20.70	20.66	29.92	29.37
农田景观	11.30	11.31	14.12	14.03	13.27	11.81	12.99	12.24
水域景观	0.13	0.10	1.01	1.02	1.03	6.82	0.80	3.69
城镇景观及其他景观	15.00	15.09	9.22	10.11	8.67	8.49	10.39	10.55

### (3) 生物量

工程建设后，永久占地对原有的植被类型产生影响，植被生物量将发生变化，通过遥感卫片和典型样方生物量估算，针叶林损失面积 26.64hm<sup>2</sup>，损失生物量 771.49t；阔叶林损失面积 418.43hm<sup>2</sup>，损失生物量 36997.58t；灌丛和灌草丛损失面积 4.19hm<sup>2</sup>，损失生物量 77.68t；耕地损失面积 158.07hm<sup>2</sup>，损失生物量 948.42t；水域增加面积 640.20hm<sup>2</sup>，增加生物量 768.24t。综合来看，生物量总损失为 38795.18t，占评价区总生物量的 8.83%，项目建设将对工程影响区生物量产生一定影响，应在施工期间制定施工制度，避免施工对附近林地、草地、耕地大范围的占用和破坏，同时也需要采取一定的人工抚育措施。

表 5.3-8 工程建设后评价区生物量变化一览表

生态类型变化（永久占用）		平均生物量 (t/hm <sup>2</sup> )	生物量变化 (t)	占评价区总生物 量百分比 (%)
类型	面积 (hm <sup>2</sup> )			
针叶林	-26.64	28.96	-771.49	0.1757
阔叶林	-418.43	88.42	-36997.58	8.4250
灌丛和灌草丛	-4.19	18.54	-77.68	0.0177
农作物	-158.07	6	-948.42	0.2160
河流水域	640.20	1.2	768.24	0.1749

### 5.3.4 小结

(1) 工程建设对陆生植物的不利影响主要表现为水库蓄水淹没和枢纽工程、库区滑坡体防治工程永久和临时占地对地表植被造成的直接

损失，将导致影响区陆生植被面积直接减少，生物量降低。评价区内的重点保护野生植物和古树名木均不受工程建设和运行淹没的影响。

(2) 工程建设陆生动物和重点保护动物的影响主要包括施工占地对野生动物生境的占用，施工废水、废气、固体废物等对野生动物生境的破坏、污染，施工噪声和施工活动对野生动物的惊扰、驱赶，以及水库运行蓄水造成动物生境的损失。

(3) 工程建设对区域生态完整性的影响主要表现为评价区内生态系统类型格局发生变化，但不会造成区域生态景观体系组成和结构的不稳定，对区域生物量的影响程度较低。

## 5.4 水生生态

### 5.4.1 施工期影响

姚家平水利枢纽由碾压混凝土拱坝、坝身底孔、中孔和表孔、坝后水垫塘、右岸主引水发电系统和生态引水发电系统等组成。主体工程施工期 54 个月，工程施工期间涉水开挖、围堰填筑等过程可能扰动或影响周边水域，对水生生境产生一定影响。

施工在河道构筑围堰、涉水开挖，施工活动将对河道近岸带和底质生境产生破坏，从而使生境条件改变，造成水生生物资源损失；涉水开挖和围堰填筑对着生生物、底栖生物、水生维管束植物的影响较大，影响范围主要在上下游围堰之间，对其它水域的影响较小；枢纽建设将造成坝址所在区域永久征地范围内水生生境被占用，造成永久性资源损失。

施工过程对鱼类的影响主要有：施工噪声和扰动对鱼类造成惊吓、干扰，使其逃离作业水域；施工导致水体悬浮物增加或一定程度的水体污染，影响鱼卵、仔鱼正常发育；施工扰动会驱离繁殖亲本，干扰繁殖

活动，对鱼类繁殖活动产生影响；工程爆破作业可能对鱼类造成损伤或惊吓。施工造成的扰动和水环境变化影响主要局限在施工区及下游一定范围内，施工期间鱼类会迁移至其它水域躲避不利因素，从而导致工程区及邻近水域鱼类资源减少，鱼类的分布暂时改变，但施工区域范围较小，鱼类迁移至其它水域后受施工影响的鱼类数量有限。

施工导流采用一次拦断河床，全年围堰挡水、隧洞导流的方式，在河床截流前施工河段均为原河道自然行洪，河床截流后上游来水由导流隧洞下泄，在导流洞出口区域将产生流速较大的急流段，同时对出口下游有较大水流冲击。施工期间通过导流隧洞下泄河水时，部分鱼类会进入隧洞随水下泄，隧洞进出口高流速的撞击可能对鱼类产生损伤，从而造成鱼类资源损失。

初期蓄水在枯水期进行，主要依靠生态补水隧洞向下游生态供水；当库水位上升到坝身底孔高程以上并形成一定水头时，采用坝身底孔控泄下放生态流量，初期蓄水时坝下河段流量较天然流量总体减小，但流量可满足生态需水的要求，施工期间生态流量下泄可有效缓解水文情势变化对下游河道生境的影响。

施工期间的生产、生活废水严格按照施工期环保要求集中收集处理达标后排放或回用，施工产生的弃土、废渣合理堆放和处理，生活垃圾等固体废弃物等集中收集和处置，在施工期各项环境保护措施有效实施后，可有效减少施工对水生生态系统造成的不利影响。

## 5.4.2 运行期影响

### 5.4.2.1 对水生生境的影响

#### (1) 水文情势变化

## 1) 库区河段

姚家平水利枢纽建成后,枢纽所在的峡谷急流生境河道的流动形态、流速、水位、水面面积等生境要素发生变化,库区水位壅高、水面变宽、水体流速减缓,原开放型河流生态系统变为河道型水库生态系统,回水总长度为 15.7km。各典型年坝前月均水位基本在 716.8m 以上,较建库前水位抬升约 121~145m;库区不同典型年流速变化在-2.595~-0.408m/s;水面宽变化在 55.18~415.33m;过水面积变化在 836.8~39734.8m<sup>2</sup>,建库后断面流速较建库前有所降低,水面宽、过水面积较建库前均有所增加。姚家平枢纽最大坝高 175m,坝前水域水深、面阔、水流缓慢,呈现湖泊水动力学特征;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;库尾河段的平均流速较天然状态下略有所减小,库尾以上流水河段依然保持河流水动力学特征。

## 2) 坝下河段

姚家平水利枢纽坝址至主厂房间 1.6km 减水河段流量主要由生态机组发电流量和弃水流量组成,主厂房下游河段流量由生态机组发电流量、弃流量水和主机组发电流量组成。根据坝下河道水文情势分析,建库前后丰、平、枯典型年及多年平均条件下,由于水库的调节作用,坝下年均流量建库前后基本无变化,主要对年内径流分配进行调节。丰、平、枯水年及多年平均建库前后旬均流量变幅分别在-55.3%~158.8%、-44.8%~76.5%、-57.6%~325.0%和-32.0%~86.2%,旬均流量年内变幅有所减小。多年平均情况下,流量减小的时段主要出现在 5 月和 9 月,下泄流量较天然最大降低 25.1m<sup>3</sup>/s,出现在 5 月中旬,相应降幅 28.3%;其它时段下泄流量较天然有所升高,最大升高 9.2m<sup>3</sup>/s,出现在 1 月下旬,相应增幅 86.2%。

建库前后姚家平坝下河段丰、平、枯水年月均流速变化在-0.32~0.44m/s、-0.27~0.23m/s、-0.35~0.69m/s；坝下河段水深最大降低0.16m、0.13m、0.18m，最大升高0.19m、0.11m、0.28m；坝下河段水面宽变化在-2.55~7.70m、2.20~4.52m、-2.85~11.81m。河道水深、流速和水面宽年内变幅较建库前减小，月均最小值较建库前有所增加，月均最大值较建库前不变或略有降低，总体有一定均化趋势。

主厂房下游河段5月、9月来水量减少，流量、水位、水深、流速以及水面宽度有不同程度下降，但水量减少时间较短，影响程度不大。引水式开发在坝下形成1.6km的减水河段，河道减水使水生环境萎缩，工程运行对减水河段环境影响较为明显；减水河段来水由生态机组下泄生态流量，各典型年及多年平均条件下，减水河段流量均能达到生态流量泄放要求，水库弃水主要发生在6月中旬~8月上旬时段。

主厂房下游河段水文情势受姚家平水电站调峰运行影响较大。水电站调峰运行时，丰水年6月典型日水位日内变幅最大，天电坝上和坝下水位变幅分别为1.3m和1.1m；平水年4月典型日变幅最大，变幅分别为1.1m和0.9m；枯水年6月典型日变幅最大，变幅分别为1.4m和1.2m；枯水年调峰发电造成的坝下水位日内变幅大于丰、平水年。在调峰运行情况下，姚家平坝下河段水位变幅大、河道流量和水位变化频繁、涨落历时短，将对坝下河道水生环境的稳定产生影响，不利于水生生物的生存、繁殖。

## （2）水质变化

根据水质预测结果，库区丰、平、枯典型年COD、氨氮保持在地表水Ⅰ类标准；TN浓度为0.868~2.976mg/L，TP浓度为0.01~0.152mg/L，库区TN处于中营养~中度富营养状态，TP处于中营养~轻度富营养状

态；建库后部分库湾 TN、TP 浓度有所升高，在流动性较差的库湾可能出现富营养化现象。坝下河段水质变化有限，对水生生境影响较小。

### （3）水温变化

姚家平水利枢纽建成后，库区总体呈现稳定分层型水温结构特征，全年库底水温较为稳定，表层水温变化幅度较大；丰、平、枯水年全年表层与底层的温差在 0.2~16.7℃，最大温差出现在 8 月，最小在 3 月。

根据水温预测结果，单层取水时，3~8 月存在水库低温水下泄的影响，丰、平、枯水年下泄水温较天然最大下降 2.8℃、2.8℃、3.4℃，最大降幅均出现在 4 月；9~2 月下泄水温较天然有所升高，丰、平、枯水年下泄水温较天然最大升温 3.9℃、5.0℃、5.7℃，最大温升出现在 12 月；随着坝下游河道复温和区间汇流的影响，水温沿程有所升高。天楼地枕坝址距离姚家平坝址较近，水温变化幅度与姚家平断面基本一致，丰、平、枯水年水温较天然降幅分别为 2.7℃、2.7℃、3.3℃；龙王塘坝址降幅分别为 2.4℃、2.4℃、2.9℃，低温水下泄影响有所减小；大龙潭坝址降幅分别为 1.9℃、2.0℃、2.4℃，水温进一步升高。

采用叠梁门取水后，3~8 月水库低温水下泄现象得到了有效缓解，丰、平、枯水年水温较天然降幅分别为 2.0℃、2.1℃、2.4℃；天楼地枕坝址距离姚家平坝址较近，水温降幅与姚家平断面基本一致，降幅分别为 1.9℃、2.0℃、2.4℃；龙王塘坝址降幅分别为 1.5℃、1.5℃、1.9℃，低温水下泄影响有所减小；大龙潭坝址降幅分别为 1.4℃、1.4℃、1.7℃，水温进一步升高。降幅最大的 4 月，在龙王塘坝址处水温降幅由 2.9℃缩减到 1.9℃，在大龙潭坝址由 2.4℃缩减至 1.7℃。在采取叠梁门措施后，随着河道复温以及区间汇流影响，低温水下泄情况有所减缓。

#### 5.4.2.2 对浮游生物的影响

##### (1) 库区河段

姚家平水利枢纽建成后，由于水文情势变化，库区原有低温急流的自然流水河段变为河道型水库，库区生境由河流生态型向水库生态型转化，水体深度加深、水面变宽、透明度升高、流速减缓、泥沙沉降，水体滞留时间加长，营养负荷滞留累积，有利于浮游植物的生长和繁殖，预计库区水体初级生产力将有所增加，浮游植物种类和资源量也将增加。浮游植物由建库前的急流型种类过渡为适应缓静水生活、耐污的种类，种群结构仍以硅藻、蓝藻和绿藻为主要组成；蓝藻门、绿藻门种类和资源量增加较多，将占有更大的比例；硅藻门的占比将有所减小，其它类群变化较小。库区水质总体变化不大，浮游植物种类、资源量增加幅度较为有限，发生水体富营养化的几率较小，但支流回水区、库湾出现富营养化的可能增加。随着浮游植物的改变，以浮游植物为食的浮游动物种类和资源量将相应增加，其变化趋势与浮游植物一致；库区喜流水性的种类减少或消失，静水性种类增加，水库周边、库湾、支流汇口处种类及资源量将会增加，原生动物、轮虫将增加较多，枝角类和桡足类变化不大或略有增加，但总体上浮游动物种类和资源量增加幅度较为有限。

##### (2) 坝下河段

姚家平水利枢纽建成后，主厂房下游河道 5 月、9 月流量较天然来水量减少，受下泄水泥沙含量、水温、水量等因素影响，浮游生物种类和资源量较现状有所降低，但坝下河道仍保持流水特性，种类组成与建坝前相似。姚家平水库为稳定分层型水温结构，低温水下泄使坝下一定距离河道内浮游生物资源量减少；在采取叠梁门取水后，3~8 月低温水下泄现象得到缓解。姚家平坝下至主厂房间形成约 1.6km 减水河段，浮

游生物资源量将减少较为明显，但种类组成变化较小。主厂房下游水域受尾水下泄水影响较大，种类组成和资源量与姚家平库区相近。

总体而言，工程运行期，浮游生物变化趋势为库区河段种类和资源量有所增加，种群结构发生一定变化；主厂房下游河段较天然来水量减少时，浮游生物资源量有一定减少，坝下减水河段资源量较天然分布减少明显；但浮游生物资源变化对区域总体分布格局影响有限，种类组成变化较小。

#### **5.4.2.3 对底栖动物的影响**

##### **（1）库区河段**

工程河段的底栖动物大多喜栖息于流急、含氧丰富、底质为鹅卵石或沙石的区域，组成以水生昆虫为主要类群。姚家平水利枢纽建成后，坝前和库中水域表现为湖泊特征，库尾接近自然河流状态，随着库区水文情势和生境条件的变化，底栖动物分布将发生改变。库尾及支流等水域受影响较小，底栖动物种类数和生物量变化不大。库区水体变深，流速变缓，块石底质被淹没，原有的喜流水、高氧的种类如水生昆虫等因丧失栖息生境，在回水区将减少或消失，生存范围退缩至库尾流水河段。库区河段底栖动物生存环境较现状更趋稳定，一些分布广泛的种类如喜静水或微流水、耐低氧的摇蚊幼虫、环节动物种类和数量将增加，演变为优势种群，静水、沙生的软体动物也将增加，底栖动物种类和资源量将有所升高；深水区由于库底溶解氧含量低，光照不足等原因，底栖动物资源量较小。

##### **（2）坝下河段**

姚家平水利枢纽建成后，水量下泄加速下游河床冲刷，影响底栖动物生境稳定；主厂房下游水域受尾水下泄影响较大，受下泄水泥沙含量、



水温、水量等因素影响，底栖动物的种类和资源量较现状有所下降；坝下减水河段底栖动物生存空间减小，种类和资源量将有较大幅度下降。低温水下泄对底栖动物生长产生影响，在采取叠梁门取水后，3~8月低温水下泄现象得到缓解。坝下河道仍保持河流生态特性，底栖动物种类组成与现状相似，仍以喜水流湍急、清澈、含氧丰富生境的水生昆虫为主。

总体而言，工程运行后，库区底栖动物种类和资源量将有所增加，但种群结构发生变化，流水性种类减少，静水性、耐污性种类增加；坝下河段底栖动物资源量有所减少，尤其是坝下减水河段资源量损失明显；但底栖动物资源变化对区域总体分布格局影响有限，种类组成变化较小。

#### **5.4.2.4 对鱼类的影响**

##### **(1) 水生生境变化影响**

###### **1) 大坝阻隔影响**

清江干流恩施段已建成8座梯级水库，梯级开发使河流水文情势发生变化，河道变为数个规模和调节性能不一的水库、减水河段和流水河段组成的不连续水体。清江恩施段干流全长274km，库区回水河段长约134.5km，占恩施段干流河长的48.9%；清江干流现存5处减水河段，减水河段长约22.1km，占比8.0%；保留的流水河段长约118.4km，占比43.1%，主要集中在三渡峡以上源头河段、利川腾龙洞伏流河段以及大河片至天楼地枕河段。流域梯级开发使河流的连续性受到影响，阻隔了鱼类的洄游通道及群体间的交流，鱼类被分割成破碎种群。梯级开发过程中拦河坝的建设对清江流域河道的阻隔影响已普遍存在，全流域范围内累积的阻隔影响对鱼类群落影响明显，从上世纪90年代至今流域内鱼类结构和资源已发生较大改变，喜流水性鱼类和产漂流性卵鱼类资

源量有较大幅度减少，渔获物现以小型喜静缓流鱼类为主，现状调查到的鱼类种类和资源量较少。

姚家平水枢纽的建设将加剧清江流域的阻隔影响，河流连通性下降，流水生境进一步萎缩。姚家平枢纽为大型高坝建筑物，工程所在河段将被分割成上、下两部分，阻隔影响将较现状有所增加；由于清江流域梯级开发造成的阻隔影响已经广泛存在多年，清江下游梯级建设阻隔长江、清江间鱼类交流时间较久，流域内已无长距离洄游鱼类分布，新增阻隔对流域鱼类种群结构影响有限，主要影响在工程所在河段。姚家平枢纽所在河段部分种类具有短距离洄游习性，鱼类在繁殖季节往往逆流而上寻找支流或浅滩产卵繁殖，受河道阻隔影响短距离洄游习性的鱼类如泉水鱼、裂腹鱼等种类和资源量将有所降低。同时，阻隔会使工程河段的鱼类群落分隔成规模较小、相对独立的异质种群，异质种群间物种遗传交流受阻，导致遗传多样性和繁殖规模下降，受影响较大的为现状种群规模较小的种类，如齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、青石爬鮡等，其种群规模将进一步缩小。

## 2) 水文情势变化影响

姚家平水利枢纽建成后，流域内流量、流速和水位等水文情势发生较大变化，库区水位抬高，水面宽、水深、过水面积增加，库区各断面流速降低，水流变缓，急流生境缩小。由于生境条件的改变，库区鱼类种类组成将由“河流相”逐步向“湖泊相”演变。原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘等底质环境产粘沉性卵的鱼类，如裂腹鱼类、鳅类、鮡类等种类逐渐向库尾及支流流水河段迁移，库区由于适宜生境损失，这些种类和资源量将减少；库尾以上水域河道狭窄，水深较浅，仍保持流水河段特征，水库在低水位运行时，库尾流水段相对较长，可为流水

性底栖鱼类提供良好生境，喜流水性鱼类在这些流水生境中种类和资源量较现状有所增加；但在工程影响河段，流水性鱼类种群和数量总体仍将呈现下降趋势。库区水域面积和空间增大，水生生物栖息、活动空间较大，适应于缓流或静水环境生活的鱼类种群数量和资源量将上升，如拉氏鱖、鲫、宽鳍鱖、中华鲌、泥鳅等可能会成为库区优势种群。

坝下河段河道水深、流速和水面宽年内变幅较建库前有所减小，但坝下河段仍为流水生境，原有滩潭交替的河流格局变化较小。主厂房下游河段流量较天然来水量减少时，河道水面变窄，水位降低，水面面积减少，引起河床归槽，鱼类有效栖息空间减小，对鱼类的生长、繁殖产生影响，坝下河段鱼类种类和资源量有所下降，但坝下流量减少的时段主要出现在5月和9月，总体来水量减少影响时间有限。坝下生态机组下游1.6km减水河段鱼类分布将有明显减少，各典型年来水情况下，减水河段流量均能达到生态流量泄放要求，能满足鱼类生存的基本需求。由于姚家平坝下河段水深较浅，多数时间水深均小于1.5m，主厂房日调峰运行时，天楼地枕坝上、坝下最大水位变幅为1.4m、1.2m，水位变幅大、河道流量和水位变化频繁、涨落历时短，将对坝下河道生境的稳定产生影响，不利于鱼类的生存、繁殖，鱼类种类和资源量将有一定减少。

## 2) 水温变化影响

姚家平水利枢纽建成后，库区为分层型水温结构，水温分层将改变下游河道水温过程，主要表现为春夏季水温下降，秋冬季水温升高。根据水温预测结果，3~8月水库下泄低温水，春末夏初一般为鱼类的繁殖季节，低温水下泄时间与鱼类的繁殖期有一定重叠，尤其在鱼类主要繁殖期（4~7月）低温水下泄对鱼类的生长、繁殖和发育影响较大，主要

表现为鱼类繁殖季节推迟、当年幼鱼生长期缩短、生长发育变缓，对饵料生物的影响使繁殖出的仔稚鱼适口饵料减少，也会造成越冬存活率下降，影响鱼类的生长和成活。在采用叠梁门取水后，各典型水文年春夏季低温水下泄现象得到缓解，龙王塘坝址处降幅为  $1.9^{\circ}\text{C}$ ，在大龙潭坝址处降幅为  $1.7^{\circ}\text{C}$ 。水库下泄低温水将对坝下河段一定范围内鱼类的生长、繁殖产生影响，长期累积将会导致鱼类种质退化，使鱼类资源量有所降低，种群衰退；在采取叠梁门分层取水后，随着河道沿程复温以及区间汇流影响，低温水下泄情况有所减缓，对鱼类繁殖、生长的影响可得到一定缓解。

### 3) 饵料资源变化影响

姚家平水利枢纽建成后，随着水库生态系统的发育，库区水生生物种类组成、群落结构发生相应改变，鱼类饵料生物由原来以底栖动物、着生藻类为主的“河流相”演变为以浮游生物为主的“湖沼相”群落结构。原有的河道型流水生境减少，浅水区的着生藻类、底栖动物等饵料生物资源下降，刮食性、底栖食性鱼类种群衰退；以流水生境中饵料生物为食物基础的鱼类失去了摄食、生长、繁殖的场所，退缩至支流、库尾以上流水江段，在库区河段种群数量将减小，如泉水鱼、裂腹鱼类、鳅类、鮡类等。

库区生境有利于浮游生物的繁衍，浮游生物的种类和资源量增加，水体生产力提高，相应的渔产量也将升高；库区周丛生物、底栖动物繁衍的空间增大，底栖动物种类多为适宜静水和耐低氧的软体动物、水丝蚓和摇蚊幼虫，饵料资源的结构变化有利于仔幼鱼的育幼和以浮游生物为食的滤食性、杂食性鱼类生存；小型鱼类如宽鳍鱲、拉氏鱮、中华鲮等得以大量繁衍，特别是蓄水初期，这些鱼类性成熟时间短，繁殖快，

其种群会增长明显；随着库区小型鱼类资源的增长，鳊、鲃等食鱼性种类得以延续；滤食性鱼类鲢、鳙等将有丰富的饵料资源，但由于库区不具备其繁殖条件，如无增殖放流补充资源，其种群不能得到发展。

坝下河段流量较天然来水量减小时，饵料生物资源减少，鱼类资源量也将减少，但坝下河道仍保持河流特征，仍具有以底栖动物和着生藻类为食的流水性鱼类的饵料基础，鱼类种群结构变化较小。

#### 4) 气体过饱和影响

大坝泄洪时，高速下泄的水流与空气掺混，将大量空气带入坝下水体，强大的冲击力、水压作用使空气以气泡的形式溶解到水中，水体出现总溶解气体（TDG）过饱和现象。泄洪期间 TDG 饱和度垂向、横向上分布不均，主流区域普遍大于非主流区域，泄洪侧普遍大于发电侧，过饱和气体的浓度通常与泄洪流量、射流流态、厂房运行等有关。TDG 过饱和会对水生动物的生存产生影响，尤其在鱼类繁殖期易造成幼鱼患气泡病，并可能引起鱼苗死亡。

姚家平水利枢纽泄洪建筑物为坝身的 2 表孔 2 中孔 1 底孔，坝下游设人工水垫塘消能，低水位采用中孔泄洪，高水位采用表孔+中孔泄洪，消能结构为挑流（跌流）+水垫塘，消能射距 100m 左右，水舌落点距坝身 80m 左右，溢流堰采用等宽连续跌坎。姚家平枢纽为高坝泄水，通过表孔和中孔泄洪，中、表孔泄流产生的 TDG 高于底孔泄洪，但优于泄洪洞泄洪方式。机组发电流量下泄对 TDG 饱和度影响较小，发电尾水在坝下与泄洪水量的掺混，可降低 TDG 过饱和度。姚家平枢纽为年调节水库，泄洪时间较短，弃水主要在 6 月中旬~8 月上旬，产生气体过饱和影响的时间较短；姚家平坝下有天楼地枕电站，库区水体的掺混可有效减少 TDG 过饱和的影响范围。

## **(2) 对鱼类种群结构的影响**

姚家平水利枢纽建成后，库区水域环境从急流型河道向缓流型转变，水生生物种类组成、群落结构发生演变。随着库区水生生境的变化，流水生境萎缩，原有的适应底栖急流、底质生境中生活繁衍的鱼类在库区的种类减少，其生存空间被压缩至库尾及支流上端的流水或间歇性流水河段；库尾和支流保留的流水生境可为喜流水性鱼类提供生存条件，鱼类将向库尾及支流迁移生存和繁殖，库尾及支流河段鱼类种群在短期内有所增加，但长期来看，喜流水生境的鱼类种群仍有衰退的趋势。库区静缓流生境增加，为一些敞水性鱼类和静水、缓流水生活的鱼类创造了良好的栖息环境，对其生长、发育过程有利，这些鱼类的种群规模将有所增加，并可能成为库区的优势种。坝下河段仍保持流水特征，生境结构与现状相近，鱼类种群结构变化较小。

## **(3) 对鱼类资源的影响**

姚家平水利枢纽建成后，库区水体生产力提高，鱼类资源量升高，但鱼类种类数减少和个体小型化的衰退趋势仍不能改变。库区渔获物中适应缓流或静水生存的鱼类成为主要种类，资源量增加并逐渐成为优势种；原适应流水环境和产粘沉性卵的鱼类比例下降，资源量呈下降趋势；“四大家鱼”等产漂流性卵的鱼类，工程河段已不具备其繁殖所需水文条件，若没有苗种的补充，资源将逐渐衰退；库尾以上及支流河段生境仍然保持原状，受工程影响较小，原分布在库区河段的流水性鱼类可能被迫迁移到该河段，其鱼类资源短期内会增加。

坝下河段来水量较天然减少时，河道水面变窄，水面面积减少，鱼类栖息空间减小，资源量较现状有一定降低，但减水主要在 5 月、9 月，影响时间较短；受减水影响较大的为坝下 1.6km 减水河段，鱼类资源量

较现状将有明显减少。运行期生态机组常年下泄生态流量，一定程度上可满足鱼类栖息的基本需求，鱼类仍然能在减水河段栖息，但种群资源会有一定衰退。电站厂房下游河段受姚家平水库调度影响较大，水位波动频繁，由于厂房尾水下泄水流吸引，区间的鱼类将在电站尾水口下游聚集；天楼地枕下游在发电尾水和支流汇入后，影响逐渐减缓。

#### **(4) 对珍稀保护鱼类的影响**

根据资料记载及现状调查结果，清江流域内记录分布有国家重点保护水生野生动物 5 种，为鲸、圆口铜鱼、金沙鲈鲤、多鳞白甲鱼、青石爬鮡；有湖北省重点保护水生野生动物 6 种，为鲸、鲢、光唇蛇鮡、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、长阳鮡；有长江上游特有鱼类 11 种，为圆口铜鱼、圆筒吻鮡、金沙鲈鲤、宽口光唇鱼、齐口裂腹鱼、短体副鳅、昆明高原鳅、西昌华吸鳅、四川华吸鳅、青石爬鮡、黄石爬鮡。根据水布垭、大龙潭、老渡口、桐子营、龙洞、洞坪等梯级规划和开发过程中的历史调查资源，近年来清江流域内珍稀保护鱼类调查采集的种类和数量相对较少，仅在忠建河流域有多鳞白甲鱼捕获记录；本次现状调查采集到青石爬鮡、齐口裂腹鱼、短体副鳅 3 种珍稀保护鱼类。评价江段分布的珍稀保护鱼类多为喜流水生境的底栖性鱼类，在急流浅滩的砾石水域产卵繁殖，主要产粘沉性卵，部分种类在产卵季节有短距离洄游特性，以底栖无脊椎动物和水生昆虫幼虫、水生植物碎片、有机腐屑为食。

姚家平水利枢纽建成运行后，库区及下游河道水文情势将发生较大变化，使喜流水条件的珍稀保护鱼类适宜生境进一步减少，对这些鱼类的生长、繁殖产生影响，其在库区江段的种群规模将下降；库尾及支流流水河段仍可为这些鱼类提供生境条件，但生境空间萎缩导致的种群资源衰退趋势不变。受到坝下河段来水量减少和低温水下泄的影响，坝下

河段珍稀保护鱼类的资源量也有一定减少。河道阻隔对鱼类的种群交流产生影响，长久累积将产生种质退化现象，珍稀保护鱼类现状资源量较低，种群规模较小，阻隔将进一步影响鱼类种群资源。大坝的阻隔、饵料资源减少、流水生境萎缩、产卵生境被淹没等生境条件改变，对分布于清江上游的青石爬鮡、齐口裂腹鱼、短体副鳅等珍稀保护鱼类的生长、繁殖产生不利影响，其种群规模和资源量将有所减少，空间分布改变。

青石爬鮡野生种类适应环境能力较差，对水质要求高，自然资源稀少，活动范围狭窄，无洄游现象，工程建设运行对其栖息生境造成破坏，库尾及支流保留的流水河段仍可为其完成生活史提供条件，但种群规模减少的趋势不变。其在工程河段的种群规模和资源量将有所降低，分布向库尾及支流迁移。

齐口裂腹鱼生长缓慢，性成熟晚，且在繁殖季节有短距离洄游习性，资源一旦遭到破坏，难以恢复。工程运行造成其适宜生境萎缩，拦河坝建设新增河道阻隔影响，阻隔其产卵洄游通道，其繁殖功能会有一定萎缩。其在工程河段的种群规模和资源量将减少，分布向库尾及支流流水河段迁移。

短体副鳅为小型鱼类，个体小、性成熟早、世代更替较快，由于流水生境萎缩，其种群规模和资源量会有所降低；但工程河段保留的流水生境仍可满足其完成生活史需求，其分布将向流水河段迁移。

工程运行期，通过采取栖息地保护、修复河流连通性、修建过鱼设施等措施保护这些鱼类的栖息生境，并开展增殖放流对鱼类资源进行补充，可减缓工程建设对珍稀保护鱼类的影响。

## **(5) 对鱼类重要生境的影响**

### **1) 对产卵场的影响**



清江干流已无集中成规模的产漂流性卵鱼类产卵场分布，不具备典型产漂流性卵鱼类完成生活史的条件，工程建设对该类群鱼类繁殖影响较小；现状仍有分布的蛇鮈、银鮈等种类在工程运行后种群将有一定萎缩，“四大家鱼”等产漂流性卵的鱼类若无人工放流补充苗种，资源衰退明显。姚家平水利枢纽的建设运行改变河道原有生境条件和水文情势，对产粘沉性卵鱼类的产卵场产生一定影响。根据现场调查，工程河段产粘沉性卵鱼类的产卵场主要分布在姚家平库尾流水河段的湾沱处、云龙河与清江汇口处、长偏河、天楼地枕电站厂房下游等水域。

库区水位上升使原有的浅水产卵场成为深水区，原有的部分激流浅滩产卵场被淹没，需要一定流水条件产粘沉性卵的鱼类因流水生境萎缩，分布范围被压缩至库尾及支流上游流水河段，产卵空间和产卵场规模有较为明显的萎缩，受影响的主要有裂腹鱼类、鮡类、鳅类等。库尾河段、云龙河与清江汇口处等库区产卵场会被淹没，导致适宜的产卵生境萎缩，库尾河段的产卵场在水库低水位运行时仍有一定规模。水库的形成适应缓流或静水环境产粘沉性卵的鱼类提供了良好的繁殖条件，将形成一定规模、数量较多的新的产卵场，如鲤、鲫、麦穗鱼、棒花鱼等，其繁殖对环境要求不高，水库的浅水库湾及沿岸带可提供良好的繁殖条件，其产卵场及繁殖规模将扩大。

库尾及支流回水以上河段受淹没影响较小，依然保持原有的生态功能，存在部分产粘沉性卵鱼类产卵场；随着库区流水生境的萎缩，一些流水性鱼类将向上迁移，退缩至库尾及支流回水以上河段形成新的产卵场，产卵的种类和数量将有所增加。长偏河等库尾以上河段的产卵场受影响较小，在栖息地保护措施实施后生境条件有所改善，河道连通性增强，产卵繁殖功能增强，产卵规模可能有所扩大。

在鱼类繁殖季节，坝下水域部分时段来水量减少，但依然保持流水生境，产卵场原有的河势河态、地形地貌、底质等基本不变，产卵场仍存在为鱼类提供繁殖场所的功能，但坝下河段受河道来水量减小、低温水下泄和水库调度的影响，适宜产卵生境有一定萎缩。下游河道来水量较天然减少时，水位下降，水面面积减少，鱼类产卵规模可能略有下降，但来水量减少主要发生在5月、9月，影响时间有限。水库调度将导致主厂房下游河段水位变化，造成受精卵和仔幼鱼出露水面搁浅死亡，影响粘沉性卵的孵化，造成产卵繁殖功能下降；尤其是受姚家平主厂房日调节运行影响，天楼地枕坝上、坝下河段水位日变幅最大达1.4m、1.2m，水位变幅大、河道流量和水位变化频繁、涨落历时短，将对主厂房下游河段产粘沉性卵鱼类的繁殖功能造成一定影响，影响鱼卵孵化和仔幼苗存活。但坝下河段两岸多为石壁，水生植物稀少，产卵附着基质有限，近岸带产粘沉性卵鱼类的产卵场分布规模较为有限，水位变化造成的产卵功能萎缩的程度有限。

## 2) 对索饵场的影响

水库的回水区和水流平缓的深潭、河湾、开阔河段，以及支流河口水域是浮游生物食性和杂食性静缓流生境鱼类的索饵场，水深2m以下的浅水区是多种鱼类、苗种的良好索饵场。工程运行期，库区水流变缓、水域空间增大，饵料资源由“河流流水相”向“湖库静缓流水相”演变，库区成为滤食性、杂食性鱼类的索饵、肥育场所；大多数鱼类仔幼鱼以浮游生物为食，且需要缓流条件，水库的形成成为仔幼鱼的索饵、肥育创造条件；水域面积增加使鱼类活动范围增大，库区也为定居性鱼类索饵、肥育提供了空间大、饵料丰富的索饵场。由于流水生境的萎缩，适应流水生境鱼类的索饵场萎缩，以底栖动物、着生藻类等为食的流水性鱼类，

其索饵场萎缩至库尾、支流等流水河段。坝下河段受水库调度、低温水下泄、来水量减少等因素影响，饵料生物资源下降，鱼类的索饵场规模将有一定萎缩。

### 3) 对越冬场的影响

随着冬季来水量减少，水位降低，温度下降，鱼类多在河流深潭和深水河槽中越冬。工程建设使库区水体加深，水面增大，深水区生境空间增大，为鱼类提供了较好的越冬条件，库区成为鱼类越冬的极佳场所。工程运行期，除5月、9月外，其它时段坝下河道来水量较现状均有所增加，来水量增加使坝下河段水面宽、水深均有所增加，改善了坝下河段鱼类的越冬条件。

### 4) 对洄游通道的影响

由于河道阻隔的影响，清江流域原有连续的河流生态系统被分隔成不连续的单元，姚家平枢纽建成后河流生境破碎化和片段化累积影响加剧。清江下游水库的建设将清江与长江干流隔断，流域内已无长距离洄游鱼类，因此本工程建设对长距离洄游鱼类影响较小。阻隔影响使流域内有繁殖、索饵、越冬等短距离洄游需求的鱼类上溯和降河的通道被阻隔，短距离洄游鱼类因无法洄游产卵，种群规模将有所衰退，如裂腹鱼类、白甲鱼属、泉水鱼等种类；河道阻隔导致坝上、坝下以及干支流间鱼类种群的交流受阻，鱼类种群的遗传多样性将降低，种群规模较少的流水性鱼类受到影响较大，如青石爬鮡、齐口裂腹鱼等。一些卵苗随水流通过水轮机或泄水建筑物下行时可能遭受机械损伤而造成资源损失，使鱼类种类和资源量降低，鱼类种类和资源量将进一步下降。

## 5.4.3 小结

总体而言，姚家平水利枢纽建成后，库区水生生态系统由急流河流

生境变为静水水库生境；随着生境条件的改变，预计库区初级生产力有所提高，饵料生物资源量较建库前增加，但增加幅度有限，种类组成由喜流水性种类向喜静缓流水种类演变。由于流水生境萎缩，激流底栖性鱼类、喜流水生境产粘沉性卵的鱼类，如鳅类、裂腹鱼类、鮡类等种群规模下降；喜静缓流生境的鱼类如鲤、鲫、黄颡鱼等种群规模增加，库区鱼类以静水、敞水性种类为主。坝下河段受水库调度、来水量变化、低温水下泄等影响，水生生物种群规模有一定萎缩，但种类组成变化较小。

## 5.5 生态敏感区

### 5.5.1 工程与敏感区的位置关系

姚家平水利枢纽工程涉及的生态敏感区为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。坝址位于腾龙洞大峡谷国家地质公园朝东岩园区的朝东岩北侧，右岸导流洞、发电引水隧洞及地下厂房位于朝东岩山体中。水库淹没区沿清江河由坝址向西穿越朝东岩园区至园区西北角，水库淹没区尾部在其分叉后回水至腾龙洞大峡谷园区的云龙河地缝南部和雪照河电站东侧的清江河道。

工程共占用地质公园  $456.52 \text{ hm}^2$ 。按工程占地类型划分，工程永久占地占用地质公园  $453.82 \text{ hm}^2$ ，工程临时占地占用地质公园  $2.70 \text{ hm}^2$ ；按占用地质遗迹保护区级别划分，工程占用地质公园一级保护区  $425.95 \text{ hm}^2$ ，占用地质公园二级保护区  $30.57 \text{ hm}^2$ ，详见表 5.5-1。具体涉及到地质公园的范围如下：

(1) 平面工程：枢纽工程永久占地直接占用地质公园  $18.75 \text{ hm}^2$ ，其中一级保护区为  $9.77 \text{ hm}^2$ 、二级保护区为  $8.98 \text{ hm}^2$ ；枢纽工程临时占

地占用地质公园 1.03 hm<sup>2</sup>，均为一级保护区。

(2) 水库淹没区：水库淹没范围主要在朝东岩园区，次为腾龙洞大峡谷园区，总淹没范围占用地质公园用地 434.36 hm<sup>2</sup>，其中占用一级保护区为 413.21 hm<sup>2</sup>、占用二级保护区为 21.15 hm<sup>2</sup>；库区滑坡治理工程占用地质公园 0.71 hm<sup>2</sup>，其中一级保护区为 0.69 hm<sup>2</sup>、占用二级保护区为 0.02 hm<sup>2</sup>；库区施工临时占地占用地质公园 1.67 hm<sup>2</sup>，其中一级保护区为 1.25 hm<sup>2</sup>、占用二级保护区为 0.42 hm<sup>2</sup>。

距工程影响范围较近的地质遗迹景观有朝东岩园区的小溪河峡谷、恩施大峡谷（清江段）及腾龙洞大峡谷园区的云龙河地缝峡谷。

表 5.5-1 姚家平水利工程占用地质公园的面积情况 单位：公顷

占地类型	一级保护区	二级保护区	合计
淹没区	413.21	21.15	434.36
枢纽工程永久占地	9.77	8.98	18.75
枢纽工程临时占地	1.03		1.03
库区水工永久占地	0.69	0.02	0.71
库区水工临时占地	1.25	0.42	1.67
其中：			
永久占地合计	423.67	30.15	453.82
临时占地合计	2.28	0.42	2.70
合计	425.95	30.57	456.52

### 5.5.2 对地质公园的影响分析

2021 年 6 月，我所委托中国地质大学（武汉）承担湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估工作。在现场踏勘、资料调研的基础上，编制了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园影响评估报告》。

2021 年 9 月 3 日，湖北省林业局组织专家对《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园影响评估报告》进行了评审，评审意见认为：报告评估结论可信，所提出的地质遗迹保护对策与建议合

理。

#### 5.5.2.1 评估原则和方法

由于地质公园保护对象为地质遗迹，根据地质公园本身特点，参考地质灾害的评估方法，本次采取以下评估原则：

根据距离地质公园的远近不同确定工程对地质公园的影响宽度范围并划分为直接破坏区、影响区、潜在影响区和无影响区四类。

（1）直接破坏区：分为工程永久占地和工程临时占地对地质公园的占用区域。工程共占用地质公园  $456.52 \text{ hm}^2$ ，其中工程永久占地占用地质公园  $453.82 \text{ hm}^2$ ，工程临时占地占用地质公园  $2.7 \text{ hm}^2$ 。

（2）影响区：目前水利水电工程建设对地质公园影响范围尚无明确的规范可以遵循，按照以往在水利水电建设工程中的地质灾害评估中通常以线路两侧  $200\text{m}$  范围作为地质灾害影响带，因此在对地质公园的影响评估中，以直接破坏区外  $200\text{m}$  以内的缓冲区作为本次评估的影响区。

（3）潜在影响区：一般来说受工程建设的影响很微弱，但作为地质公园一部分，其内的地形地貌、地质背景、生态环境等与公园是不可分割的统一整体，因此以直接破坏区的  $200\text{m}\sim 500\text{m}$  的缓冲区范围作为评估的潜在影响区。

（4）无影响区：距直接破坏区  $500\text{m}$  以外的地质公园内事物因距离直接破坏区较远，不受本工程建设的影响。

工程建设对地质公园的影响评估因素及影响类别划分参照地质灾害评估标准，划分为表 5.5-2 中的四类危害程度：

表 5.5-2 地质公园影响区、危害类型及危害程度对应关系表

与直接破坏区的距离	影响区划分	危害类型	危害程度
0m	直接破坏区	破坏或毁坏景观及景观周围生态	大
		不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
0~200m	影响区	破坏观赏性或者破坏生态、地质环境	中等
		不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
200~500m	潜在影响区	局部有生态或地质环境的微弱影响	
大于 500m	无影响区	不对景观、生态和地质环境造成影响	无

### 5.5.2.2 对公园地质遗迹景观的影响

根据实地调查及参阅《湖北恩施腾龙洞大峡谷地质公园综合考察报告》《湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园规划（2018~2030）》等相关资料，枢纽工程及水库淹没区主要涉及地质公园的峡谷、绝壁、孤峰、石柱林等地质遗迹景观。

#### （1）对峡谷类地质遗迹景观的影响

工程涉及到的地质遗迹景观主要有朝东岩园区的恩施大峡谷（清江段）、小溪河峡谷和腾龙洞大峡谷园区的云龙河地缝嶂谷。主要影响途径为水库蓄水后，水位升高，可能影响峡谷景观。

##### ①恩施大峡谷（清江段）

恩施大峡谷（清江段）东西向河段北岸（左岸）为缓坡，南岸（右岸）为陡峭山地。该段地质遗迹景观位于清江右岸，右岸为陡峭基岩质高山，姚家平水库蓄水后，水面淹没到其山脚，其观赏性和生态、地质环境不会被破坏，故受危害程度小。

##### ②小溪河峡谷

小溪河峡谷主要受水库淹没区影响，峡谷小溪下游“河口”原景观被淹没。由于小溪河峡谷中下部岩溶裂隙发育，河谷水面的升高和增宽，会加强地下水的渗流和沿岩溶裂隙的侵蚀作用，对原地质环境产生较小影响。整体评估，工程对小溪河峡谷影响小。



图 5.5-1 恩施大峡谷（清江段）山上照片和地表河床照片

### ③ 云龙河地缝嶂谷

云龙河地缝嶂谷位于腾龙洞大峡谷园区东端，呈近南北向条状清江河北岸，仅其南端处在直接破坏区。其绝大部分不在淹没区，且嶂谷两侧为地形陡峻的岩质岸坡，故工程对其景观观赏性及地质和生态环境影响小。



小溪河峡谷

云龙河地缝嶂谷

图 5.5-2 小溪河峡谷和云龙河地缝嶂谷现状



## (2) 对绝壁类及孤峰类地质遗迹景观的影响

工程涉及到的绝壁类及孤峰类地质遗迹主要有朝东岩园区的朝东岩和船浆山。

### ①朝东岩

朝东岩属于喀斯特绝壁景观，基岩质地坚硬。朝东岩高耸挺拔，高程 1426m，与谷底相对高差 860m，与姚家平坝顶相对高差 694.5m。朝东岩母岩系下三叠统嘉陵江组厚层白云岩、灰岩，其岩壁离坝址地面工程施工地最近距离大于 600m，即地面工程基本不对其景观和地质环境产生影响。在平面上朝东岩位于发电引水隧洞和右岸导流洞地下工程区间，但地下工程与景点相对高程大于 600m，故工程建成后对景点的观赏性无影响。但因朝东岩母岩系碳酸盐岩、存在一定的岩溶裂隙及构造裂隙，地下工程施工过程中可能破坏区内地应力场，以至诱发景点崖壁岩石崩落或垮塌，故存在地质环境被破坏的潜在风险。综合评估，工程对朝东岩地质遗迹影响程度小。

### ②船浆山

船浆山属于喀斯特孤峰景观，基岩质地坚硬，位于直接破坏区边沿。水库蓄水后仅淹及其山脚，对其整体景观及地质环境影响小。

## (3) 对石柱（林）类地质遗迹景观的影响

地质公园石柱（林）主要集中在腾龙洞大峡谷园区云龙河地缝嶂谷与见天长扁河地缝峡谷之间，有七星寨石柱林、玉笔峰石柱林和一炷香（石柱），但不在直接破坏区，且离库尾大于 1000m，故工程对这些地质遗迹景观无影响。



朝东岩



船桨山

图 5.5-3 朝东岩和船桨山现状

综上所述，水库淹没和工程施工区域涉及到的地质公园内地质遗迹景观观点（区）主要有 8 个，其中有影响的 5 个其危害程度均为小，无影响（无危害）的 3 个，详见表 5.5-2。据此，枢纽工程对地质公园影响程度综合评估为小。工程涉及到的地质遗迹受影响类型及程度评估结果见表 5.5-3。

表 5.5-3 工程涉及到的地质遗迹受影响类型及程度评估结果表

序号	地质遗迹名称	保护等级	影响区位置	危害类型	危害程度
1	云龙河地缝峡谷	国家一级	直接破坏区	不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
2	恩施大峡谷	国家一级	直接破坏区	不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
3	船桨山	省二级	直接破坏区	不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
4	小溪河峡谷	省二级	直接破坏区	不破坏观赏性，不破坏生态和地质环境	小
5	朝东岩	省二级	潜在影响区	局部有生态或地质环境的微弱影响	小
6	七星寨石柱林	世界一级	无影响区	不对景观、生态和地质环境造成影响	无
7	一炷香（石柱）	世界一级	无影响区	不对景观、生态和地质环境造	无

序号	地质遗迹名称	保护等级	影响区位置	危害类型	危害程度
				成影响	
8	玉笔峰（石柱林）	世界一级	无影响区	不对景观、生态和地质环境造成影响	无

通过调查分析和综合评估，姚家平水利枢纽工程建设对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园地质遗迹及地质景观影响程度小。工程建成后，与其所在区域恩施大峡谷的旅游规划相结合，可以增强区域旅游附加功能，对进一步促进地质公园经济与社会效益的发挥具有一定正面影响。

### 5.5.3 地质公园主管部门意见

针对姚家平水利枢纽工程对湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响，委托中国地质大学完成了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》。

2021年9月，湖北省林业局在武汉组织召开了《湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告》评审会，会后出具了《关于反馈〈湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园的影响评估报告〉专家意见的函》，指出“《评估报告》对湖北姚家平水利枢纽工程对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园内地质遗迹影响程度的评估结论可信，所提出的地质遗迹保护对策与建议合理。”

2021年11月，湖北省林业局复函恩施州人民政府，同意湖北姚家平水利枢纽工程占用湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。



图 5.5-4 雪照河—朝东岩段清江及沿岸航片

## 5.6 地下水环境

### 5.6.1 施工期

#### 5.6.1.1 地下水水位影响

##### (1) 地下水相关工程

工程涉及与地下水相关工程主要为隧洞工程和坝区左岸边坡工程。隧洞工程主要位于坝址右岸，包含右岸发电引水隧洞（长 1180m，洞径 7.2m），右岸导流洞（长 1400m，洞径  $9\times 15\text{m}$ ），右岸朝东岩下地下厂房（主洞室长 116m，洞宽 22.90m，最大洞高 51.70m 左右），右岸施工支洞和永久交通洞等共计 2600m。左岸隧洞工程仅有左岸导流洞（长 800m，洞径  $10\times 12.5\text{m}$ ）。隧洞施工采用爆破预裂和断面凿进方式开挖。

坝区左岸边坡工程自上游至下游的拱坝左坝肩边坡、太阳湾滑坡体、凉水沟滑坡体、剪刀岩滑坡体，主要工程为边坡开挖、锚喷支护和截排水工程。

##### (2) 对地下水位的影响

根据本工程特点，工程施工期对地下水水位影响主要来自发电引水隧洞、导流洞、施工支洞和永久交通洞等隧洞工程。

发电引水隧道、施工支洞、永久交通洞和导流洞位于右岸朝东岩山体内。朝东岩山高坡陡，地表泄水条件较好，岩溶洞穴多发育在顶部三叠系下统嘉陵江组、大冶组上段厚层、中厚层灰岩等强岩溶化岩层中，地下隧洞工程多部分在大冶组中~下段薄层灰岩夹页岩、泥灰岩地层中，围岩岩溶发育弱，山体中地下水位较高（河谷岸坡约 754m 高程可见地表悬挂泉）。同时工程地勘钻孔岩心分析表明，隧洞工程区域岩石风化较浅，岩质强度高，未见明显溶蚀痕迹，且压水试验亦表明新鲜岩体透

水性弱。因此，初步判断地下隧洞开挖中不会出现严重的涌水问题，故隧洞施工造成右岸大范围地下水位下降的可能性很小，仅可能引起局部工段基岩裂隙水和上层岩溶水水位略微降低，待施工完成后即可恢复。

根据工程地勘结果，左岸导流洞部位溶蚀现象不明显，实测地下水位高程 651.48~698.42m，高于导流洞进口底板高程 605m，隧洞开挖可能导致局部工段地下水水位降低（主要为基岩裂隙水）。但由于隧洞为线性工程，长度 800m，开挖破坏范围有限，且区域松散堆积层孔隙水补给面广，因此工程施工造成大范围的地下水位下降的可能性较小。

#### 5.6.1.2 地下水水质影响

坝址区在施工期仅有少量生活污水和生产废污水产生，无有毒有害污染物，且污废水经处理后达标排放或回用，正常施工不会对区域地下水环境产生影响。

本次评价采用对地下水影响最不利的工况，即施工期废水处理设施防渗长期失效的情况，预测废污水渗漏对地下水水质的影响。本工程混凝土拌合站、机修保养站、石料加工系统和生活营地均布置在坝址下游左岸斜坡阶地上，根据工程地勘资料，阶地由第四系松散堆积物含砾石黏土覆盖，可将第四系松散堆积物视为含砾石黏土均质体，按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 D 相关要求，可采用一维稳定流动一维水动力弥散的一维半无限长多孔介质柱体、一端为定浓度边界的模型，其解析解模型为：

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x-ut}{2\sqrt{D_L t}}\right) + \frac{1}{2} e^{\frac{ux}{D_L}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x+ut}{2\sqrt{D_L t}}\right)$$

式中：

$x$ ：距注入点的距离，m；

$t$ : 时间, d;

$C(x,t)$ :  $t$  时刻  $x$  处的污染物浓度, g/L;

$C_0$ : 污染物初始浓度, g/L;

$u$ : 水流速度, m/s;

$D_L$ : 纵向弥散系数,  $m^2/d$ ;

$erfc()$ : 余误差函数。

本项目预测时间  $t$  取 100d、1000d、3650d (10 年); 水流速度  $u=KI$ , 渗透系数  $K$  取 0.05m/d, 水力坡度  $I$  取 0.0699, 计算得  $u$  为 0.0035m/d; 纵向弥散系数  $D_L$  根据经验取值 0.8 $m^2/d$ ; 根据本报告 4.5 章节污染源强分析, 地下水污染物特征因子选取高锰酸盐指数和石油类, 污染源强分别取 250mg/L 和 10mg/L。本工程施工总工期为 102 个月, 按照最大可能的渗漏时间设置连续污染源下渗的周期为 102 个月 (3060d), 分别计算非正常工况的污染物施工期内的污染物超标扩散距离。表 5.6-1 列出了施工期污废水中污染物在非正常工况下, 污废水持续泄露后 100d、1000d、3650d (10 年) 的超标扩散距离。图 5.6-1 和图 5.6-2 显示了污染物在非正常工况下不同运移时间浓度与距离关系。

表 5.6-1 污染物在非正常工况下运移的超标扩散距离预测结果表

污染物种类	标准值	污染物运移的超标扩散距离(m)		
		100d	1000d	3650d (10 年)
高锰酸盐指数	超标最远距离 III类地下水 标准浓度 (3mg/L)	32	103	185
石油类	超标最远距离 III类地表水 标准浓度 (0.05mg/L)	35	115	209

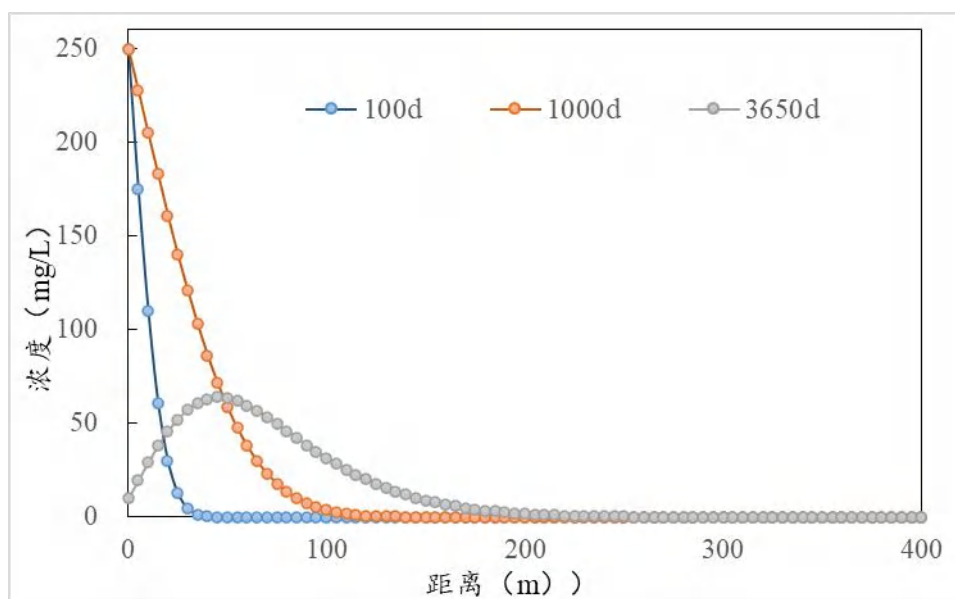


图 5.6-1 污染物泄露（以高锰酸盐指数计）后不同运移时间下浓度与距离关系

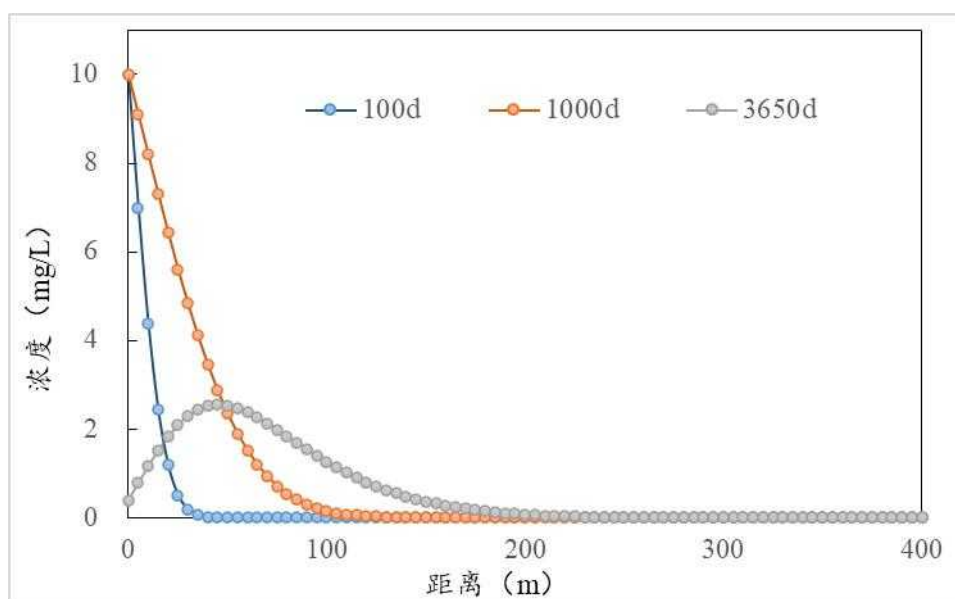


图 5.6-2 污染物泄露（石油类）后不同运移时间下浓度与距离关系

根据计算结果，非正常状况下，污染物扩散距离随时间增加而增加，100d 后，高锰酸盐指数在纵向方向（沿水流方向）上运移的最大超标扩散距离约为 32m，石油类在纵向方向上运移的最大超标扩散距离约为 35；1000d 后，高锰酸盐指数在纵向方向（沿水流方向）上运移的最大超标扩散距离约为 103m，石油类在纵向方向（沿水流方向）上运移的最大超标扩散距离约为 115m；3650d（10 年）时，高锰酸盐指数在纵向



方向（沿水流方向）上运移的最大超标扩散距离约为 185m，石油类在纵向方向（沿水流方向）上运移的最大超标扩散距离约为 209m。

综合以上分析，即使在最不利情况下，施工期污染物渗漏对地下水的最大影响距离为 209m，主要发生在地场下游，对区域地下水水质不利影响较小。

## 5.6.2 运行期

### 5.6.2.1 地下水水位

清江流域是相对独立的水文地质单元，流域内外分属不同的地下水系，地下分水岭与地表分水岭基本一致，库水不会向长江渗漏。库内支流小溪河与车坝河相距约 10km，地形分水岭上游岸坡隔水岩组出露高程在 800m 一线，高于水位正常蓄水位，且无区域性断裂切割，水库封闭条件好，不存在向邻谷车坝河渗漏的地质结构。枢纽工程坝址西南清江支流小溪河，其上游是由穿越了一系列天坑的地下暗河组成，由于筑坝水位抬升小溪河水有可能会发生渗漏，可能往东沿着地层的层间裂隙或构造裂隙，从朝东岩底部流入姚家平大坝的下游。但总体不影响地下与河道的补径排关系，工程运行对库区地下水影响较小。

坝址下游区域地下水类型以第四纪孔隙潜水、基岩裂隙水和岩溶水为主，受大气降水补给，地下水与河水联系密切。根据水文情势分析预测成果，受水库径流调节作用影响，5月中旬~10月中旬坝址下游河道内流量、水位略有减少；10月下旬~3月下旬河道内流量、水位略有增加。5月中旬~10月中旬河道水量减少影响，河水对地下水补给量略有减少；10月下旬~3月下旬受河道水位升高顶托影响，坝下地下水向河道排泄量略有减少，但总体不影响地下与河道的补径排关系，工程运行

对坝址下游区域地下水影响很小。

#### 5.6.2.2 地下水水质

水库正常蓄后通过渗流作用影响坝址下游地下水环境，但渗流作用较弱。根据地表水环境预测结果，工程建成后库区 COD、氨氮保持在地表水 I 类标准，TN 浓度、TP 浓度总体较建库前有所降低，因此相比建库前，水库正常蓄水运行对地下水水质影响较小。

#### 5.6.3 地下水敏感目标影响

评价范围内地下水敏感目标为分散式饮用水水源地，其中凉水井供水规模较大（供水马者村约 250 户），烂湾和余家包泉水供水规模较小（分别供水约 10 户和 5 户）。

##### （1）凉水井

凉水井泉点位于坝址下游左岸 1300m，凉水井供水设施（取水设施、泵房和沉淀池等）紧邻坝址滑坡体削坡剪裁工程。根据坝址区左岸地表及地下水运移模式分析图可得，凉水井泉点和坝址中间存在地下水分水岭，施工期坝址左岸导流隧洞等工程开挖对地下水影响范围主要在清江河谷内侧，施工不影响凉水井的地下水补径排关系，不会影响凉水井泉水流量。且凉水井泉点高程约 1000m，高于姚家平正常蓄水位 745.0m，水库蓄水对凉水井泉点无影响。但凉水井供水设施（取水设施、泵房和沉淀池等）紧邻坝址滑坡体削坡剪裁工程，施工过程中大面积边坡开挖可能对供水设施正常运行有一定影响。施工中应加强对供水设施保护，供水设施损坏后可迅速修复，不会对其供水功能产生大的不利影响。

##### （2）烂湾和余家包

烂湾和余家包泉点供水规模分别为 10 户和 5 户，供水规模小。烂

湾位于坝址下游左岸 2000m，施工营地东北侧 400m，由于离左岸导流洞较远，隧洞施工对其无影响，且泉点位于施工营地上坡位，施工期污染物泄露对其也无影响。余家包位于库区左岸 500m，周围无隧洞等工程，施工期对其无影响。烂湾和余家包泉点高程均在正常蓄水位 745.0m 以上，因此水库蓄水对其影响较小。



图 5.6-3 凉水井和凉水井供水设施与姚家平水利枢纽工程位置关系图



图 5.6-4 凉水井供水设施

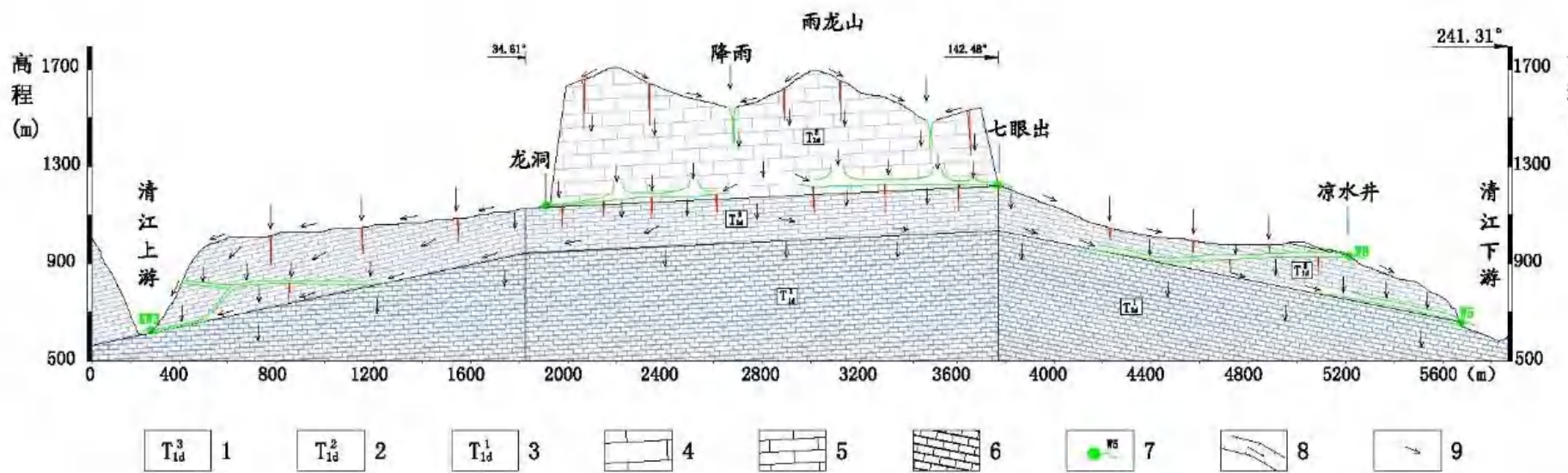


图 5.6-5 坝址区左岸地表及地下水运移模式分析图

1、三叠系下统大冶组上段；2、三叠系下统大冶组中段；3、三叠系下统大冶组下段；4、厚层灰岩；5、中薄层灰岩；6、薄层灰岩夹泥灰岩、页岩；7、泉水及编号；8、岩溶管道；9、地表及地下水流向

## 5.7 土壤环境

本工程属生态影响型建设项目，仅工程施工期产生少量污废水和固体废物，主要有：混凝土拌和系统废水，废水 pH 值 9~11，水量较小，排放方式为间歇式；机械含油废水，主要污染物为石油类和悬浮物，具有分散、强度小和间歇排放特点；生活污水，主要污染物为 COD 和 BOD<sub>5</sub>，排放量小，污染物浓度不高，处理后用于降尘洒水；砂石料加固废水，主要污染物为 SS，废水经处理达标后继续用于砂石料加工系统，不外排。上述施工废水均具有产生量小、间歇排放、不含有毒有害污染物、处理后回用或用于场地洒水等特点，由于施工期总体不长，综合分析来看对土壤环境影响较小。

采用《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）推荐的土壤盐化综合评分法对工程运行进行土壤盐化影响评价。根据表 5.7-1 选取各影响因素的分值与权重，采用公式 5.7 计算土壤盐化综合评分值（Sa），对照表 5.7-2 得出土壤盐化综合评分预测结果。

$$Sa = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i$$

式中： $n$ —影响因素指标数目；

$Ix_i$ —影响因素  $i$  指标评分；

$Wx_i$ —影响因素  $i$  指标权重。

表 5.7-1

土壤盐化影响因素赋值表

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<1.5	GWD<1.0	0.35
干燥度（蒸降比值） （EPR）	EPR<1.2	1.2≤SSC<2.5	2.5≤SSC<6	EPR≥6	0.25
土壤本底含盐量（SSC） /（g/kg）	SSC<1	1≤SSC<2	2≤SSC<4	SSC≥5	0.15

影响因素	分值				权重
	0 分	2 分	4 分	6 分	
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	砂壤土、粉 土、砂粉土	0.1

表 5.7-2 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

根据地勘专题资料，工程运行后坝址、坝址下游和库区地下水埋深均>2.5m，结合土壤环境质量和地下水环境质量现状监测，7 个土壤环境现状监测点盐化评分赋值见表 5.7-3。盐化预测结果显示，工程运行不会引起评价范围内土壤盐化。

表 5.7-3

土壤盐化预测表

项目	施工营地	机修保养站	六房安置点	砂石加工系统	堆料场下	岩上安置点	竹基坝
地下水位埋深 (GWD) / (m)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)	≥2.5 (0)
干燥度 (蒸降比值) (EPR)	0.79 (0)	0.79 (0)	0.79 (0)	0.79 (0)	0.79 (0)	0.79 (0)	0.79 (0)
土壤本底含盐量 (SSC) / (g/kg)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	1≤SSC<2 (2)	<1 (0)	<1 (0)
地下水溶解性总固体 (TDS) / (g/L)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)	<1 (0)
土壤质地	粘土 (0)	粘土 (0)	粘土 (0)	黏土 (0)	黏土 (0)	黏土 (0)	黏土 (0)
综合得分	0	0	0	0	0.3	0	0
预测趋势	不盐化	不盐化	不盐化	不盐化	不盐化	不盐化	不盐化
现状	未盐化	未盐化	未盐化	未盐化	未盐化	未盐化	未盐化
注: ( ) 内表示赋值。							

## 5.8 固体废物

### 5.8.1 施工期

#### (1) 弃渣

经土石方平衡规划，本工程弃渣 537.95 万  $\text{m}^3$ （松方）。本工程共设置三处弃渣场，分别为杨柳湾弃渣场、老沟弃渣场和水库死水位以下的堰前弃渣场。其中，杨柳湾（1#渣场）容渣量 60 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 52.49 万  $\text{m}^3$ （松方），先期弃渣，场平后作为主要施工布置区，平整后场地地面高程 680~660m，该渣场占地面积 8.69 万  $\text{m}^2$ ；老沟（2#渣场）容渣量 160 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 148.34 万  $\text{m}^3$ （松方）；3#弃渣场容渣容渣量 500 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 337.11 万  $\text{m}^3$ （松方），位于水库死水位以下，堆渣主要位于上游围堰以上清江河道，渣面顶部高程 660.00m，相应面积 12.28 万  $\text{m}^2$ ，高于围堰顶部高程 653.00m，为方便渣场施工期安全，按《水土保持工程设计规范》（GB51018）对渣场进行防护及排洪措施处理。因此，规划的弃渣场可容纳工程施工过程产生的全部弃渣，因此工程弃渣不会对弃渣场以外的区域环境造成明显不利影响。

#### (2) 生活垃圾

工程施工区生活垃圾以有机厨余为主，此外草木、塑料包装袋、纸类相对含量较高。枢纽区施工高峰期人数 2500 人，按人均日产生生活垃圾 1.0kg 计，高峰期生活垃圾产生量约为 2.5t/d；库区滑坡治理工程 1#~3#施工区施工高峰期人数共 400 人，高峰期生活垃圾产生量约为 0.4t/d。生活垃圾如随意弃置，会影响施工营地环境卫生，有碍美观，而且在一定气候条件下可能造成蚊蝇孳生、鼠类繁殖，增加疾病的传播机会，直接影响施工人员身体健康，对工程建设产生不利影响。此外，



本工程施工区临近清江，若生活垃圾的各种有机污染物和病菌一旦随地表径流或经其它途径进入清江，将影响清江水环境。

### 5.8.2 运行期

#### (1) 生活垃圾

运行期产生的固体废弃物主要为枢纽管理人员的生活垃圾。工程劳动定员编制为 124 人，生活垃圾产生量为 0.124t/d。生活垃圾如随意弃置，会影响业主营地环境卫生，有碍美观，而且在一定气候条件下可能造成蚊蝇孳生、鼠类繁殖，增加疾病的传播机会，影响工程管理人员身体健康。

#### (2) 危险废物

工程运行期间，发电厂房内机组维护将产生废润滑油等，根据主电站和生态电站润滑油用油量，估算产生量约为 20m<sup>3</sup>/a。上述废油属于《国家危险废物名录》中确定的危险废物(HW08 废矿物油与含矿物油废物)。产生的废油可由主管部门认可的有资质的单位一并接收处理并妥善处置。妥善处置后可避免对周边土壤和水体水质产生影响。

## 5.9 大气环境

本工程大气环境影响集中在施工期，主要包括施工区扬（粉）尘、道路扬尘、燃油废气和爆破废气的影响。

#### (1) 施工区扬（粉）尘

施工区粉尘主要源于砂石料加工系统，其造成的环境影响较施工扬尘影响较大；而施工扬尘主要来源于施工区内的各类堆场、渣场、施工区内的裸露面，其造成的影响程度和范围相对较小。

砂石料加工场的工艺与采石场项目砂石料加工的工艺类似，砂石料

加工系统排放的粉尘对大气环境的影响采用采石场项目砂石料加工大气环境影响预测结果进行类比分析。根据采石场项目砂石料加工大气环境影响预测分析结果，砂加料加工产生排放的粉尘对场界外 200m 范围内的环境空气影响较大。

施工区扬尘的环境影响通过类比同类工程施工区及周边大气环境的监测资料分析，施工场地周边地区 TSP 浓度值在 40m 范围内呈明显下降趋势，50m 范围之外 TSP 浓度值趋于稳定。在施工区处于良好管理的情况下，如对施工区采取洒水降尘措施后，距施工现场 40m 以外区域的 TSP24 小时平均浓度可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求，洒水后 TSP 浓度见表 5.9-1。

表 5.9-1 施工场地及周边 TSP 浓度变化对比表

监测点位置		场地不洒水	场地洒水后
距施工场地不同距离处 TSP 的浓度值 (mg/m <sup>3</sup> )	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

结合敏感点和施工区域的位置关系，类比分析结果表明：本工程位于农村区域，虽然对局部区域的环境空气造成了影响，但影响的居民人数较少。其中，姚家平村居民点距离影响源砂石加工系统约 80m，因此施工期第 3~9 年受扬尘影响较大，评价范围内其余敏感点影响较小，见表 5.9-2。

表 5.9-2 姚家平水利枢纽工程施工期扬尘对敏感点环境空气影响分析表

序号	敏感目标名称	规模	主要影响来源	最近距离(m)	影响程度
1	姚家平村居民点	9 户	砂石加工系统	80	施工期第 3~9 年影响较大
2	施工营地东侧居民点	12 户	2#洞渣料缓存	60	影响较小
3	茅坡南侧居民点	13 户	茅坡石料场	65	影响较小

序号	敏感目标名称	规模	主要影响来源	最近距离(m)	影响程度
4	茅坡西侧居民点	19 户	3#洞渣料缓存	54	影响较小
5	老沟弃渣场东北侧居民点	3 户	老沟弃渣场	182	影响较小
6	复垦土缓存区两侧居民点	8 户	复垦土缓存区	150	影响较小
7	滑坡治理施工区 1 东北侧居民点	5 户	滑坡治理施工区 1	67	影响较小
8	滑坡治理施工区 2 南北侧居民点	8 户	滑坡治理施工区 2	45	影响较小
9	峡谷风情酒店	—	滑坡治理施工区 3	85	影响较小

## (2) 道路扬尘

根据对同类工程道路扬尘的分析结果：在未采取抑尘措施的情况下，道路扬尘所影响的范围在 100m 以内，而对道路实施定期洒水冲洗（每天 3~4 次）措施后，道扬尘的影响范围可控制在 30m 以内。经调查，本工程施工道路周边分布有仓坪村居民点和向家坝村居民点等敏感点，道路扬尘对周边环境空气质量和敏感点有不利影响，但影响程度有限。

## (3) 燃油废气

工程施工期间采用的各类施工机械、汽车消耗油料共约 2.24 万 t，施工机械、汽车产生的燃油废气会对周围环境空气产生不利影响。由于本工程施工区域分布范围广、施工期长，废气呈无组织排放，且施工区域地势开阔、污染物扩散条件好。单位时间单位面积内燃气废气产生量较小，产生后在短时间内即扩散，对施工区域周边环境空气的影响程度有限。

## (4) 爆破扬尘

导流工程和主体工程施工过程中将采用爆破工艺，爆破过程中会产生扬尘以及少量的  $\text{NO}_x$ 、CO。工程单次使用的炸药量较小，造成的影响为瞬时影响。施工过程中应要求采用先进的爆破技术，降低起尘量。在此前提下，爆破扬尘造成的影响较小。

## 5.10 声环境

本工程声环境影响集中在施工期。

### (1) 机械设备噪声影响预测

工程施工期的噪声主要来源为施工场地机械设备和车辆运输产生的噪声等。施工期主要机械设备影响情况见表 5.10-1。

表 5.10-1 施工期主要机械设备随距离衰减影响预测结果统计表

机械名称	噪声源强 [dB(A)]	与声源不同距离 (m) 的噪声预测值[dB(A)]			
		20	35	50	130
汽车吊	85	59.0	55.5	51.0	42.7
挖掘机	82	56.0	52.5	48.0	39.7
装载机	75	49.0	45.5	41.0	32.7
推土机	85	59.0	55.5	51.0	42.7
振动碾	90	64.0	60.5	56.0	47.7
空压机	80	54.0	50.5	46.0	37.7
高喷台车	92	66.0	62.5	58.0	49.7
混凝土泵车	80	54.0	50.5	46.0	37.7
卷扬机	95	69.0	65.5	61.0	52.7
手风钻	90	64.0	60.5	56.0	47.7
灌浆泵	88	62.0	58.5	54.0	45.7

由上表可知，施工期主要机械设备 20m 外均能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 昼间标准 (70 dB(A))。施工期所有机械设备 130m 外均能满足夜间标准 (55dB(A))。施工对声环境影响短暂，通过合理安排施工时间、选用低噪声施工设备等措施，可降低影响。拟建工程噪声影响随着施工期的结束而消失，施工期机械设备影响较小。

### (2) 对敏感点的影响预测

工程噪声影响预测范围与评价范围一致，即施工区域向外延伸 200m。预测方法选用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009) 中的无指向性点声源几何发散衰减基本公式进行预测计算。工程施工沿

线区域城镇、集镇、工业活动较多的村庄以及有交通干线经过的村庄执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准；一般村庄和居民点、学校执行 1 类标准；交通干线两侧执行 4a 类标准。

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20\lg(r/r_0) - \Delta L \quad (5.10-1)$$

式中： $L_A(r)$  ——预测点  $r$  处的 A 声级，dB(A)；

$L_A(r_0)$  ——已知距离参考点  $r_0$  处的 A 声级，dB(A)；

$r$  ——测点距离声源的距离，m；

$r_0$  ——参考点距离声源的距离，m；

$\Delta L$  ——其它因素引起的噪声衰减量，取 5 dB(A)。

#### 1) 昼间影响预测

敏感目标信息及其与工程的位置关系详见表 1.7-2，施工期噪声源强数据详见 4.5.3 节。工程主要噪声源昼间对敏感点的噪声影响预测结果详见表 5.10-2。经预测计算，受主体工程噪声源影响的 11 个敏感保护目标中，姚家平村居民点和茅坡南侧居民点 2 处敏感目标的约 21 户居民昼间声环境无法满足相应声环境功能区要求，超标范围在 2.2~3.9dB(A)。

对于昼间超标的环境敏感目标，应采取相应降噪措施。常用的措施一般包括临时声屏障、隔声门窗、搬迁、临时避让等。其中，设置声屏障降噪量可达 8~15dB(A)，设置隔声门窗降噪量可达 25dB(A)。按照最不利情况考虑，降噪措施的降噪量以 8 dB(A) 计，则采取降噪措施后昼间超标敏感点的噪声影响预测结果详见表 5.10-3。由该表可知采取降噪措施后，所有敏感目标可全部满足相应声环境功能区要求。

表 5.10-2

施工期噪声对敏感目标影响预测分析与评价表

单位: dB(A)

序号	敏感目标名称		功能类别	与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值	贡献值	预测值	标准限值	达标情况	超标程度	影响来源	影响时段
	名称	规模											
1	姚家平村居民点	9 户	1 类	80	100	44.7	56.9	57.2	55	否	2.2	砂石加工系统	第 3 年到第 9 年
2	施工营地东侧居民点	12 户	1 类	60	85	44.7	44.4	47.6	55	是	/	2#洞渣料缓存	第 1 年到第 4 年
3	茅坡南侧居民点	13 户	1 类	65	100	44.4	58.7	58.9	55	否	3.9	茅坡石料场	第 1 年到第 9 年
4	茅坡西侧居民点	19 户	1 类	54	85	44.4	45.4	47.9	55	是	/	3#洞渣料缓存	第 1 年到第 4 年
5	老沟弃渣场东北侧居民点	3 户	1 类	182	85	44.1	34.8	44.6	55	是	/	老沟弃渣场	第 1 年到第 9 年
6	复垦土缓存区两侧居民点	8 户	1 类	150	85	44.7	36.5	45.3	55	是	/	复垦土缓存区	第 1 年到第 9 年
7	滑坡治理施工区 1 东北侧居民点	5 户	1 类	67	90	43.9	48.5	49.8	55	是	/	滑坡治理施工区 1	第 5 年到第 6 年
8	滑坡治理施工区 2 南北侧居民点	8 户	1 类	45	90	42.3	51.9	52.4	55	是	/	滑坡治理施工区 2	第 5 年到第 6 年
9	峡谷风情酒店	—	2 类	85	90	42.3	46.4	47.8	60	是	/	滑坡治理施工区 3	第 5 年到第 6 年

表 5.10-3

采取降噪措施后施工期工程噪声对超标敏感目标影响预测结果表 (昼间)

单位: dB(A)

序号	敏感目标名称		功能类别	与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值	贡献值	采取降噪措施前预测值	采取降噪措施后预测值	标准限值	达标情况	超标程度
	名称	规模										
1	姚家平村居民点	9 户	1 类	80	100	44.7	48.9	57.2	50.3	55	是	/
2	茅坡南侧居民点	13 户	1 类	65	100	44.4	50.7	58.9	51.6	55	是	/

## 2) 夜间影响预测

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》第四十三条，在噪声敏感建筑物集中区域，禁止夜间进行产生噪声的建筑施工作业，但抢修、抢险施工作业，因生产工艺要求或者其他特殊需要必须连续施工作业的除外。

结合本工程施工特点分析，工程大坝、厂房等设施可能存在因混凝土连续浇筑需夜间施工的情况。除此以外其余工程在噪声敏感建筑物集中区域夜间均不能开展常规施工。经调查，大坝、厂房等需要进行混凝土连续浇筑的构筑物周围 200m 范围内均无声环境敏感目标，本工程所涉及的声环境敏感目标基本不受夜间施工噪声影响。因此，在夜间禁止开展产噪施工作业的条件下，所有敏感目标均可满足相应声环境功能区要求。

尽管如此，本工程在开展夜间混凝土施工期间仍需尽量降低噪声。夜间混凝土施工主要噪声源包括混凝土泵车、混凝土振捣棒以及振捣棒和模板碰撞产生的噪声，主要可通过对施工噪声源采取降噪措施的方式降低源强。其中，混凝土泵车可安装拼装式隔音罩，其降噪效果可达 13dB(A)；混凝土振捣棒可选用 VAF 系列低噪音混凝土振捣棒，其降噪效果可达 17dB(A)。上述措施均可有效降低夜间混凝土施工噪声。

### (3) 交通运输噪声影响分析

交通运输噪声主要来源于施工运输车辆。结合敏感点和施工道路的位置关系分析，交通噪声主要对 1#、2#施工道路沿线仓坪村居民点、向家坝村居民点等敏感目标的约 49 户居民有一定的影响。在要求减速慢行、禁止鸣笛后，可有效降低交通噪声对声环境以及敏感目标的影响。

### (4) 爆破噪声影响分析

导流工程和主体工程施工过程中将采用爆破工艺。爆破噪声为瞬时噪声，具有短时、定时、定点的特点，对周围居民主要产生惊扰影响。按最不利影响分析，爆破噪声源强按 140dB(A)计算，噪声在不同衰减距离处的噪声级见表 5.10-4。

表 5.10-4                  噪声不同衰减距离处的噪声级计算表                  单位：dB(A)

源强	不同衰减距离处的噪声级										
	10m	50m	100m	200m	300m	500m	1000m	1500m	2000m	3000m	5000m
140	112.0	98.0	92.0	86.0	82.5	78.0	72.0	68.5	66.0	62.5	58.0

由表可知，施工期爆破噪声会对周边区域居民产生惊扰影响，虽然爆破噪声的影响范围较大，但由于爆破噪声持续时间较短，爆破完后，噪声即消失，因此，爆破噪声对周边区域居民点的影响程度有限。

### 5.11 人群健康

根据当地卫生部门统计，本工程涉及州县发病率较高的病种为肺结核、乙肝、手足口病、流线型腮腺炎和其他感染性腹泻。根据以往水利工程建设情况，工程施工期发病率较高的主要有肝炎、痢疾、疟疾。在工程施工过程中，由于在短时期内施工人员汇集于各个施工区，使施工区人口密度增大，卫生条件达不到要求，加上施工附属企业的布设，可能会增加病媒生物的孳生地，大量外来人口的迁入、自然环境的改变、生活环境与设施变化将可能导致传染病的上升或局部流行。施工期内施工人员劳动强度大，免疫力相对较弱，易感染肠道传染病。因此，在施工区必须对各种传染病，尤其是呼吸道传染病和肠道传染病采取预防控制措施，进行密切监测。



## 5.12 移民安置区

### 5.12.1 水环境

#### 5.12.1.1 施工期

姚家平水利枢纽工程 10 个移民安置点施工废水产生量为 14~60m<sup>3</sup>/d，平均每个安置点施工废水产生量为 23m<sup>3</sup>/d，废水中的主要污染物为 SS。由于单个施工区的废水产生量较小，废水经收集、预沉池沉淀后，加中和剂、絮凝剂进入沉淀池等处理，回用沉淀池上清液，不外排。因此，移民安置点施工对附近地表水环境影响较小。

#### 5.12.1.2 运行期

移民安置点运行期污（废）水主要来自安置移民的日常生活洗涤用水和人畜粪便，各移民安置点生活污水生产量 20.0~208m<sup>3</sup>/d，平均每个安置点污水生产量为 37m<sup>3</sup>/d。各安置点较为分散，污水排放量不大，将采用雨污分流方式，门前设置 30×30cm 排水沟，生活污水经污水管网收集至化粪池，后经一体化污水处理设备处理达标后排放。因此，移民安置区生活污水基本不对附近地表水水质造成不利影响。

### 5.12.2 环境空气

移民安置过程中，安置点建设和专项设施复（改）建工程施工过程中的各类土石方开挖、回填以及交通运输均会产生一定的扬尘，污染物为 TSP；各类燃油施工机械产生尾气，污染物包括 CO、HC、NO<sub>2</sub>。移民安置过程中的主要污染物为 TSP。

根据对同类工程施工区及周边大气环境的监测资料分析，施工场地周边地区 TSP 浓度值在 40m 范围内呈明显下降趋势，50m 范围之外 TSP

浓度值趋于稳定。在施工区处于良好管理的情况下，如对施工区采取洒水降尘措施后，距施工现场 40m 以外区域的 TSP24 小时平均浓度可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求。结合敏感点和施工区域的位置关系表（表 5.12-1）可以看出，本工程位于农村区域，虽然对局部区域的环境空气造成了影响，但影响居民人数较少，且施工内容分布相对分散，单个工程量小，工期较短，因此在采取降尘措施后，施工期扬尘对环境空气质量及周边敏感点的影响程度有限。

由于移民安置工程规模相对较小，基本为分段施工，因此施工期间所用的燃油机械不会大量集中在某一区域，且排放高度有限，施工机械尾气影响范围仅限于施工现场和有限的范围，具有污染范围小、持续时间短的特点，因此施工机械燃油废气对环境空气质量及周边敏感点影响程度有限。

表 5.12-1 姚家平移民安置工程施工期扬尘对敏感点环境空气影响分析表

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	与影响源的位置关系		影响程度
		经度	纬度		方位	最近距离	
						(m)	
1	三营丈安置点 西北侧居民点	109.252	30.408	11 户	NW	40	局部时段 影响较大
2	六房安置点东 北侧居民点	109.25	30.412	25 户	NE	30	影响较小
3	六房安置点东 侧居民点东	109.252	30.4092	16 户	E	60	影响较小
4	六房安置点西 侧居民点	109.247	30.41	6 户	W	130	影响较小
5	高台仟安置点 北侧居民点	109.236	30.414	18 户	N	50	影响较小
6	高台仟安置点 东南侧居民点	109.239	30.412	9 户	SE	20	局部时段 影响较大
7	高台仟安置点 南侧居民点	109.238	30.4112	7 户	S	20	局部时段 影响较大
8	专班安置点南 侧居民点	109.23	30.406	3 户	S	45	影响较小
9	专班安置点西	109.229	30.409	6 户	NW	185	影响较小

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	与影响源的位置关系		影响程度
		经度	纬度		方位	最近距离	
						(m)	
	北侧居民点						
10	岩上安置点东南侧居民点	109.226	30.403	7 户	SE	45	影响较小
11	岩上安置点西侧居民点	109.222	30.402	4 户	SW	120	影响较小
12	窝塘安置点东南侧居民点	109.208	30.396	3 户	SE	135	影响较小
13	窝塘安置点西北侧居民点	109.204	30.399	6 户	NW	45	影响较小
14	龙山坪安置点北侧居民点	109.2	30.401	5 户	N	40	局部时段影响较大
15	龙山坪安置点西南侧居民点	109.199	30.399	5 户	SW	45	影响较小
16	龙神转安置点南侧居民点	109.19	30.433	26 户	N	70	影响较小
17	小谷槽安置点东侧居民点	109.149	30.383	6 户	E	20	局部时段影响较大

### 5.12.3 噪声

姚家平移民安置过程中，移民安置点和专项设施复（改）建等工程施工机械噪声对周围（沿线）居民点产生影响。施工机械噪声为 75～90dB(A)，主要影响施工区附近分散居民点，安置工程施工阶段噪声对居民点昼间影响结果（表 5.12-2）表明：移民安置工程周围 17 处敏感目标昼间声环境质量均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准值。此外，移民安置工程夜间禁止施工，夜间不产生噪声影响。

表 5.12-2

姚家平移民安置工程施工期施工噪声对敏感目标影响预测分析与评价表

单位: dB(A)

序号	敏感目标名称		功能类别	与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值	贡献值	预测值	标准限值	达标情况	影响时段
	名称	规模									
1	三营丈安置点西北侧居民点	11 户	2 类	40	90	43.6	58.0	58.1	60	是	第一年到第三年
2	六房安置点东北侧居民点	25 户	2 类	30	90	43.6	60.5	55.5	60	是	第一年到第三年
3	六房安置点东侧居民点东	16 户	2 类	60	90	43.6	54.4	49.8	60	是	第一年到第三年
4	六房安置点西侧居民点	6 户	2 类	130	90	43.6	47.7	44.1	60	是	第一年到第三年
5	高台仟安置点北侧居民点	18 户	2 类	50	90	43.6	56.0	51.3	60	是	第一年到第三年
6	高台仟安置点东南侧居民点	9 户	2 类	20	90	43.6	64.0	59.0	60	是	第一年到第三年
7	高台仟安置点南侧居民点	7 户	2 类	20	90	43.6	64.0	59.0	60	是	第一年到第三年
8	专班安置点南侧居民点	3 户	2 类	45	90	43.6	56.9	52.1	60	是	第一年到第三年
9	专班安置点西北侧居民点	6 户	2 类	185	90	43.6	44.7	42.1	60	是	第一年到第三年
10	岩上安置点东南侧居民点	7 户	2 类	45	90	41.4	56.9	52.1	60	是	第一年到第三年
11	岩上安置点西侧居民点	4 户	2 类	120	90	41.4	48.4	44.2	60	是	第一年到第三年
12	窝塘安置点东南侧居民点	3 户	2 类	135	90	41.4	47.4	43.4	60	是	第一年到第三年
13	窝塘安置点西北侧居民点	6 户	2 类	45	90	41.4	56.9	52.1	60	是	第一年到第三年
14	龙山坪安置点北侧居民点	5 户	2 类	40	90	41.4	58.0	53.1	60	是	第一年到第三年
15	龙山坪安置点西南侧居民点	5 户	2 类	45	90	41.4	56.9	52.1	60	是	第一年到第三年
16	龙神转安置点南侧居民点	26 户	2 类	70	90	41.4	53.1	48.4	60	是	第一年到第三年
17	小谷槽安置点东侧居民点	6 户	2 类	20	90	43.6	64.0	59.0	60	是	第一年到第三年

#### 5.12.4 固体废物

姚家平水利枢纽工程移民安置规划 10 个集中安置点生活垃圾产生量 0.108~0.540t/d，平均每个安置点生活垃圾生产量 0.185 t/d，生活垃圾具有分布广、产生量小的特点。安置点垃圾收集将推行分类收集，循环利用。废纸、废金属、玻璃瓶等废品类垃圾鼓励村民单独收集，定期由废品收购员上门收集。废旧电池等固体危险废弃物必须单独收集、单独运输、单独处理。垃圾运输以美化环境、减少运距、因地制宜为原则，垃圾运输应配以封闭垃圾收集车由各村委会管理。因此，移民安置区固体废物对周围环境影响较小。

#### 5.12.5 生态环境

##### (1) 对陆生植物的影响

姚家平水利枢纽移民安置工程主要包括移民安置点建设、防护工程和道路、通讯、供电等专项复建工程。移民安置点共规划 10 个，分别为马者安置点、三营丈安置点、龙山坪安置点、窝塘安置点、岩上安置点、专班安置点、高台仟安置点、六房安置点、小谷槽安置点等，移民规划建设用地总面积 306.90 亩，移民用地分散，单个安置点规模较小。移民安置工程建设区域现有多为灌木林地、草地、耕地等，人为干扰较大，主要植被类型为水麻灌丛、灰白毛莓灌丛、插田泡灌丛、五节芒灌丛、蕨灌丛、渐尖毛蕨灌丛、水芹灌丛、节节草灌丛等。总体来讲，移民安置区植被受人为干扰较大，植被较为简单，植被覆盖率较低，植物较不丰富。移民安置过程中，居民住宅建设、基础设施建设以及生产安置等可能会对移民安置区及周围的地表植被产生直接和间接不利影响。本工程移民安置主要采取村组内安置和就地后靠的方式，

这些区域受人类活动干扰频繁，植被覆盖率较低，且植被类型主要为农业植被及山坡灌丛和草丛，受影响的植被类型在移民安置涉及区域广泛分布，植物种类也为该区域常见种类，因此，项目移民安置工程对陆生植物造成的影响较小。

## **(2) 对陆生动物的影响**

移民安置活动主要扰动自然灌木林地和人工农业用地，因此将间接地影响生活于其中的陆生动物，包括两栖类的陆栖型，爬行类中的灌丛石隙型和住宅型、鸟类中的陆禽和鸣禽，兽类中的半地下生活型。影响主要来源于施工对栖息环境破坏，污染物排放对生境的干扰，噪声对动物生活的扰动。

### **1) 对两栖、爬行类影响**

主要受影响的种类为两栖类的陆栖型和爬行类的灌丛石隙型，包括中华蟾蜍、泽陆蛙和爬行类的多疣壁虎、蹼趾壁虎、中国石龙子、铜蜓蜥等种类，这些种类喜在人类活动频繁的耕园地活动，移民安置施工占地可能占用这些野生动物的栖息环境，土石方开挖可能伤害这些部分在灌丛下面，经常活动路边石缝中的爬行类。施工噪声对两栖和爬行类产生驱赶影响。

### **2) 对鸟类的影响**

主要受影响的鸟类为陆禽和鸣禽，包括环颈雉、灰胸竹鸡、珠颈斑鸠和雀形目的小型鸟类等。由于鸟类飞行特性，移民安置活动对其影响主要是施工占地对其生境的占用，施工噪声对鸟类的驱赶作用，但不会减少鸟类的数量。

### **3) 对兽类的影响**

主要受影响的兽类为半地下生活型种类，包括东北刺猬、黄鼬和黄

胸鼠、大足鼠、褐家鼠、小家鼠等鼠类。这些小型兽类移动能力较强，移民安置活动主要是对这些小型兽类的栖息地占用和施工噪声的驱赶作用。此外，移民安置区由于人类活动强烈，人为干扰大，会吸引一些与人类伴生的鼠类到来，使得自然疫源性疫病传播风险增大。

综上，本工程移民安置区内植被分布均与工程永久占地区及评价区现有植被类似，植物资源为区域常见物种无国家重点保护野生动植物和古树名木，移民占地、居民点建设及后期生产开发对植物资源的影响主要是使植被面积及生物量减小，对区域植物物种多样性无影响，对植物资源影响较小。移民安置活动主要扰动自然的灌木林地，因此将间接地影响生活于其中的陆生动物，包括两栖类的陆栖型，爬行类中的灌丛石隙型和住宅型、鸟类中的陆禽和鸣禽，兽类中的半地下生活型。影响主要来源于施工对栖息环境破坏和噪声对动物驱扰。综上所述，移民安置对生态环境的影响不大。

## 6 环境保护措施及其可行性论证

### 6.1 地表水环境保护

#### 6.1.1 施工期水环境保护

##### 6.1.1.1 砂石料冲洗废水

###### (1) 废水概况

姚家平水利枢纽工程砂石料加工系统满负荷运行工况下废水产生量为  $842\text{m}^3/\text{h}$ ，约 1.01 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。废水中的主要污染物为 SS，浓度约为  $20000\text{mg/L}$ 。

###### (2) 设计标准

砂石料加工冲洗废水经处理后全部回用于砂石料加工冲洗，不排放。处理后循环利用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中的建筑施工用水水质标准，但由于该标准未对 SS 浓度值作出规定，因此本工程回用水水质执行标准参照其它水利工程项目回用水水质浓度执行，即  $\text{SS} \leq 70\text{mg/L}$ 。

###### (3) 处理方案

根据砂石料加工系统冲洗废水产生量、处理后出水水质要求以及类似水利工程施工废水处理案例，本工程拟采用 DH 高效旋流净化器法处理该冲洗废水。临时砂石料加工系统设计处理规模为  $100\text{m}^3/\text{h}$ ，选用 1 台 DH-CSQ-100 型高效旋流净化器；主砂石料加工系统设计处理规模为  $900\text{m}^3/\text{h}$ ，选用 2 台 DH-CSQ-450 型高效旋流净化器。生产废水首先自流进入至调节池，再经提升泵提升到混合器中，同时在混合器的进水管和出水管道上分别加入混凝剂、助凝剂，废水和药剂混合后进入高效



污水净化器中，经絮凝反应、离心分离、重力分离、污泥浓缩等过程，处理后的清水由净化器顶端自流入清水池内，池内水回用于砂石料加工系统；处理后的污泥则经橡胶带式过滤机机械脱水，滤液直接回用，脱水后的滤饼由皮带输送机运送至污泥堆场，定期运至弃渣场处置。DH 高效旋流净化器处理工艺流程见图 6.1-1，设计参数详见表 6.1-1。

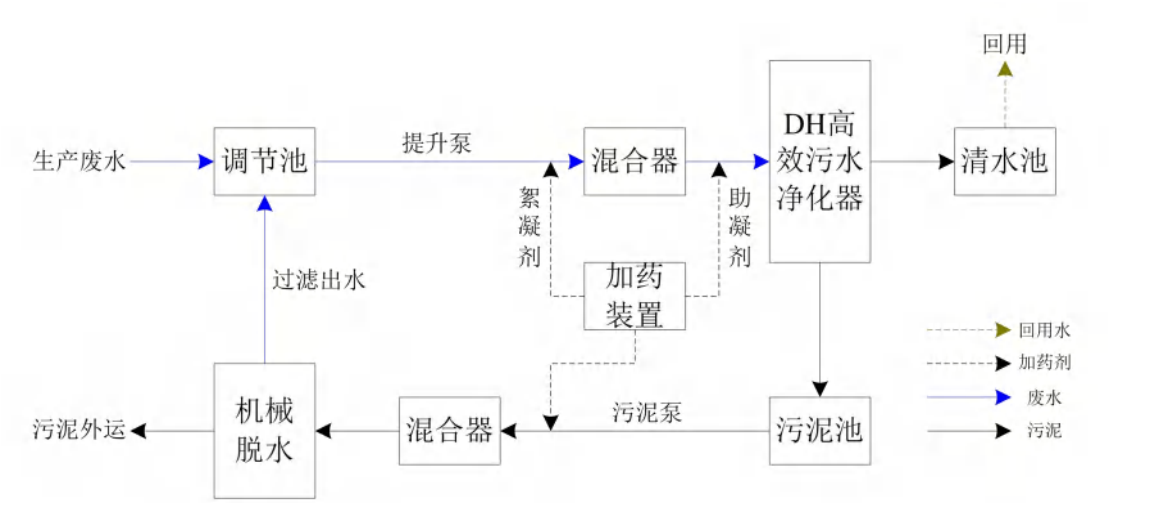


图 6.1-1 砂石料加工冲洗废水处理工艺流程图

表 6.1-1 砂石料加工冲洗废水处理系统构筑物设计参数

构筑物/设备名称	主要工艺参数
沉淀池	停留时间 1h，2 池并联轮流使用，内设排空管，设计去除率 70%，清砂周期 7d
调节池	停留时间 0.5h，清砂周期 7d
高效污水净化器	设计停留时间 1h，去除率为 98%
污泥池	停留时间 1.0h
清水池	停留时间 1.0h

（4）推荐方案经济技术可行性分析

该处理方案占地面积小，处理效果好，出水可稳定达标，处理效能高(废水处理时间根据 SS 浓度不同一般不会超过 30 分钟,出水可回用)；设备耐负荷冲击强,可处理悬浮物浓度 60000mg/L 的废水;水量在 120% 的波动下，处理效果不受影响；自动化程度高，只需定期巡检；污泥浓缩快，设备维修量小，基本无需维修。工艺路线短，运行稳定可靠，管

理操作简单。设备运行安全，基本在无压力状态下运行；出水水质稳定，SS 小于 70mg/L，不需另设反冲洗程序；废水提升泵和设备排污阀采用耐磨材质，使用寿命长，稳定可靠。该方法在同类工程施工过程中使用，处理效果好。虽然该处理方案投资高，且需聘请技术人员对设备进行日常运行管理与维护，但该设备投资占环保总投资的比例小。脱水后的污泥运至弃渣场填埋，渣场容量可满足砂石料加工系统污泥填埋要求。因此，该处理方案从技术经济角度分析是可行性的。

#### **6.1.1.2 混凝土料罐冲洗废水**

混凝土料罐冲洗废水通过采取中和沉淀处理措施后，回用于混凝土拌和，不外排。本工程厂房混凝土系统料罐冲洗废水产生量为 15m<sup>3</sup>/d，大坝混凝土系统料罐冲洗废水产生量为 45m<sup>3</sup>/d，库区滑坡治理工程 3 个施工区混凝土系统料罐冲洗废水产生量各约 6m<sup>3</sup>/d，鉴于料罐冲洗废水污染物为 SS 为 pH（pH 值为 9~11），且水量相对较小，废水经处理后可全部回用于混凝土拌和。中和沉淀池设计处理能力分别为厂房混凝土系统 20m<sup>3</sup>/d，大坝混凝土系统 50m<sup>3</sup>/d，库区滑坡治理工程 3 个施工区混凝土系统各 10m<sup>3</sup>/d。

#### **6.1.1.3 隧洞施工废水**

##### **（1）废水概况**

隧洞施工过程中，混凝土养护和灌浆过程会产生少量废水，在与隧洞地下水渗水混合后形成隧洞施工废水，废水呈弱碱性，pH 值为 9~11，废水中主要污染物为悬浮物，浓度约 5000mg/L，高峰期产生量约 3171m<sup>3</sup>/d。

##### **（2）设计目标**

隧洞施工废水经处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施

工道路和施工区洒水。处理后循环利用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中的道路清扫用水水质标准。

### （3）处理方案

隧洞施工废水拟采用中和絮凝沉淀法处理。根据施工区隧洞分布及施工工序，拟布置 24 座中和絮凝沉淀池，每座中和絮凝沉淀池包括两池，交替使用，废水进入中和絮凝沉淀池后，投加絮凝剂和中和剂，静置沉淀 2h，出水回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水等。

工程隧洞施工废水处理措施见表 6.1-2。

表 6.1-2 隧洞施工废水处理措施一览表

序号	分布位置	单池净尺寸(mm) L×B×H	备注
1	左岸 1#导流隧洞出口	5000×5000×2000	每座中和絮凝沉淀池包括 2 池（交替使用）
2	1#支洞口	8000×7000×2000	
3	右岸 2#导流隧洞进口	8000×8000×2000	
4	右岸 2#导流隧洞出口	8000×8000×2000	
5	3#导流洞出口	5000×5000×2000	
6	主厂房引水洞进口	8000×7500×2500	
7	2#支洞口	5500×5500×2000	
8	3#支洞口	7000×6500×2000	
9	6#支洞口	4000×4000×1500	
10	7#支洞口	4500×4000×1500	
11	8#支洞口	4000×4000×1500	
12	9#支洞口	3000×3000×1500	
13	10#支洞口	4500×4500×1500	
14	11#支洞口	3500×3000×1500	
15	12#支洞口	4500×4000×1500	
16	13#支洞口	4500×4000×1500	
17	14#支洞口	4000×4000×1500	
18	15#支洞口	2500×2000×1500	
19	1#永久交通洞进口	8000×7500×2000	
20	3#永久交通洞进口	4500×4000×1500	
21	4#永久交通洞进口	7000×6500×2500	
22	1#临时交通洞进口	5500×5000×2000	
23	2#临时交通洞进口	4500×4500×1500	
24	3#临时交通洞进口	5500×5500×2000	

#### 4) 可行性分析

隧洞施工废水中的主要污染物为悬浮物，废水略呈碱性。通过添加药剂，首先调节废水 pH 值，再进行絮凝沉淀反应，处理效果较好，可满足回用要求。

#### 6.1.1.4 基坑排水

##### (1) 废水概况

基坑排水主要为基坑初期排水、基坑经常性排水和汛后基坑排水。基坑初期排水和汛后基坑排水水质与原河道水水质基本相同，抽排至基坑下游不会影响下游清江水质；经常性排水水量与降雨量和施工废水量密切相关，预计工程施工过程中共计产生养护废水约 81.2 万  $\text{m}^3$ ，施工高峰期混凝土月浇筑强度为 13 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ，高峰期养护废水产生量为 1517 $\text{m}^3/\text{d}$ 。基坑经常性排水的主要污染物是 SS 和 pH，SS 浓度约 2000 $\text{mg/L}$ ，pH 值为 9~11。

##### (2) 设计标准

基坑经常性排水经处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水。基坑废水处理水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中的建筑施工用水水质标准，即 pH 值为 6~9；但由于该标准未对 SS 浓度值作出规定，因此本工程回用水水质执行标准参照其它水利工程项目回用水水质浓度执行，即  $\text{SS} \leq 70\text{mg/L}$ 。

##### (3) 处理方案

基坑经常性排水悬浮物浓度高，水体呈碱性。根据国内有关水电工程项目对基坑废水的处理经验，一般在基坑内布置沉淀池，并投加絮凝剂和中和剂，静置沉淀 2h 后抽排至下游水体，剩余底泥定期人工清除。

为减缓排水对下游水体可能造成的不利影响，本报告建议基坑经常性排水应尽量处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水等。在大坝基坑进、出口围堰各设 1 座沉淀池，每座 2 池；厂房基坑设 1 座沉淀池，每座 2 池。

表 6.1-3 姚家平水利枢纽工程基坑排水处理措施一览表

构筑物名称	数量	单池净尺寸(mm) L×B×H	结构	备注	尾水去向
大坝基坑排水沉淀池	2 座，每座 2 池	8000×8000×2000	砖混	交替使用	回用
厂房基坑排水沉淀池	1 座，每座 2 池	4000×4000×2000	砖混		

#### (4) 处理方案可行性分析

基坑经常性排水采用沉淀池在国内水利水电项目中应用广泛，处理后废水中主要污染物（pH、SS）能够满足回用要求；该方案工艺简单，基建投资少，运行管理与维护方便、简单，费用低。因此，该处理方案是可行的。

### 6.1.1.5 机械汽车停放场冲洗废水

#### (1) 废水概况

枢纽工程在 2#弃渣场设机械汽车停放场 1 处，库区滑坡治理工程在 3 个施工区各设置 1 处小型停放场，将产生少量冲洗废水。据估算，枢纽工程施工期间每天产生冲洗废水约 12m<sup>3</sup>，库区滑坡治理工程 3 个施工区每处停放场每天产生冲洗废水约 1.6m<sup>3</sup>，主要污染物及浓度分别为悬浮物 500mg/L、石油类 10mg/L。

#### (2) 设计标准

机械汽车停放场冲洗废水经处理后用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘，不外排。因此，出水水质应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗的要求。

#### (3) 处理方案

在施工机械汽车停放场四周布置排水沟，收集施工机械停放场产生的冲洗废水，进入排水沟末端的简易除油沉淀池。简易除油沉淀池包括集水池及其末端隔油板，集水池出口处设薄壁堰溢流水，使用期间定时清除隔油板壁聚积的废油，并清理沟底淤泥。废水经处理后用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘，不外排。

根据机械车辆停放场的废水产生量，枢纽区停放场考虑1天处理量，设置一座规模为15m<sup>3</sup>的简易除油沉淀池；库区滑坡治理工程3个施工区考虑2天处理量，各设置一座规模为4m<sup>3</sup>的简易除油沉淀池。主要构筑物尺寸见表6.1-4。

表 6.1-4 姚家平水利枢纽工程机械车辆冲洗废水处理系统构筑物尺寸表

编号	位置	数量	设计规模 (m <sup>3</sup> )	单池净尺寸 (mm)			结构
				L	B	H	
1	枢纽区机械车辆停放场	1座	15	3500	3000	1500	砖混
2	滑坡治理工程1#施工区	1座	4	2000	2000	1000	砖混
3	滑坡治理工程2#施工区	1座	4	2000	2000	1000	砖混
4	滑坡治理工程3#施工区	1座	4	2000	2000	1000	砖混

#### (4) 处理方案可行性分析

该处理系统对机械汽车停放场冲洗废水进行处理后可大大降低废水中石油类污染物浓度，可用于场地洒水。该处理系统投资少，运行管理与维护方便，维护简单，费用低。因此，该处理方案是可行的。

### 6.1.1.6 生活污水

#### (1) 废水概况

施工区生活污水来源于施工期施工人员和管理人员的日常生活，废水中主要污染物为BOD<sub>5</sub>和COD，浓度分别为150mg/L、250mg/L。枢纽区施工营地位于清江左岸，施工高峰期日产生污水量为240.0m<sup>3</sup>/d；库区滑坡治理工程1#~3#施工区高峰期日产生污水量分别为9.6 m<sup>3</sup>/d、

19.2m<sup>3</sup>/d 和 9.6 m<sup>3</sup>/d。

(2) 设计标准

生活污水经处理后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水等，不外排，处理后水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）的要求。

(3) 处理方案

枢纽区施工人数较多，生活污水拟采用生活污水处理成套设备处理，生活污水处理成套设备是采用目前较为成熟的生化处理技术——生物接触氧化法。在污水处理设备前端设置调节池，以调节污水水质、水量，调节池进口处设置格栅，污水通过格栅依次进入缺氧池、生物接触氧化池、二沉池和消毒池进行处理，污泥进入污泥池。该设备处理污水工艺流程见图 6.1-2。

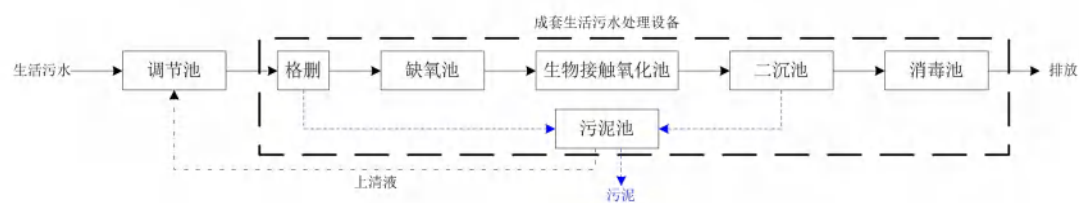


图 6.1-2 生活污水处理成套设备工艺流程图

一体式污水处理设施需配套污水收集管线，适用于水利水电工程施工生活区。根据施工生活区污水产生情况，枢纽工程区设置 1 套 270m<sup>3</sup>/d 的一体化污水处理设施。

库区滑坡治理工程施工工期较短，施工高峰期施工人数较少，生活污水产生量较小，拟在每个施工区设置环保厕所以及三格化粪池，用于收集处理生活污水。处理后，上清液用于绿化洒水，不外排。同时，应对粪渣定期进行清掏。1#和 3#施工区分别设置 2 套环保厕所以及三格化粪池，处理能力 10m<sup>3</sup>/d；2#施工区设置 4 套环保厕所以及三格化粪池，处

理能力 20m<sup>3</sup>/d。

表 6.1-5 生活污水处理成套设备主要技术指标表

编号	位置	数量	污水处理方案
1	枢纽区施工营地	1 套	270m <sup>3</sup> /d 生物接触氧化法成套污水处理设备
2	滑坡治理工程 1#施工营地	2 套	环保厕所+三格化粪池，处理能力 10m <sup>3</sup> /d
3	滑坡治理工程 2#施工营地	4 套	环保厕所+三格化粪池，处理能力 20m <sup>3</sup> /d
4	滑坡治理工程 3#施工营地	2 套	环保厕所+三格化粪池，处理能力 10m <sup>3</sup> /d

(4) 处理方案经济技术可行性分析

枢纽区生活污水处理成套设备的处理效果分析详见表 6.1-6。成套设备对 COD 和 BOD<sub>5</sub> 的去除率分别为 85%和 95%，生活污水中污染物初始浓度分别为 250mg/L 和 150mg/L，经处理后污染物浓度分别为 37.5mg/L 和 7.5mg/L。出水水质符合《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）要求。该设备投资较高，但出水水质较好，能够满足排放要求，该设施水利水电工程业主营地使用较多，出水水质稳定。可见，在枢纽区施工营地使用该处理方案是可行的。

表 6.1-6 施工区生活污水处理成套设备处理效果分析表

污染物名称	进水水质 (mg/L)	去除率	出水水质 (mg/L)
COD	250	85%	37.5
BOD <sub>5</sub>	150	95%	7.5

“环保厕所+三格化粪池”方案成本较低，出水水质可满足回用要求，目前广泛使用于农村地区。库区滑坡治理工程施工期较短，施工人数较少，生活污水产生量较小，使用该方案处理生活污水是可行的。

6.1.2 运行期水环境保护

6.1.2.1 分层取水

(1) 分层取水方案比选

根据国内、外已建和在建水利水电工程的分层取水设施情况，对浮



式取水口、水力浮动式取水口、多层取水口和叠梁门取水口方案进行比选。

1) 浮式取水口大多应用在小型取水工程中，出现的时间最早。优点是结构简单、工程投资低、操作运行费用少，缺点是只适用于流量较小的小型取水工程，并使用柔性型材使得其使用寿命相对较短，天气、风浪等环境因素对悬浮装置的运行影响也较大，考虑进水口处为高陡边坡存在重大安全隐患为后期运行维护增加了管理难度。本工程最大取水量  $146\text{m}^3/\text{s}$ ，为大型取水工程，风险较大，故本工程不宜采用浮式取水口。

2) 水力浮动式取水口分层取水装置由钢制水箱与配重组成，钢制水箱采用钢板焊制，水箱两侧为浮箱结构，下部密封以提供足够的上浮力，钢制水箱通过若干“铆钉+活动轴系统”与坝面连接并随水位变动自行上下浮动。该布置方式特点是结构简单，运行调节方便，操作运行费用少，适用在上、下游水位差不高、水位变幅较小、引用流量小，取水口处不受地形地貌影响，场地较开阔的工程。本工程坝前水位变幅达到  $30\text{m}$ ，最大引用流量  $146\text{m}^3/\text{s}$ ，故本工程从技术方案上不宜采用水力浮动式取水口。

3) 多层式取水口采用多孔口设计，闸门槽错开布置，每个闸门槽中采用单扇平板钢闸门作为分层挡水、取水结构。多层取水口布置方式的特点是将水道进水口沿竖向按取水高度分别设成几个进口，每个进口都能满足取水能力，水位较高时关闭下部进水口闸门，水位较低时开启下部进水口闸门。多层取水口在辽宁大伙房水库、四川永定桥水库、温州泽雅水库等工程中均有应用。该布置方式取水口层数越多结构越复杂，结构尺寸越大，多个启闭设备，工程投资比较大。

4) 叠梁门式取水口这种闸门型式在国内外水利水电工程中均有大量的应用实例和成熟的经验。分层取水结构是在取水塔内设置一节或多节可沿塔身的高度方向升降的叠梁门,每节叠梁门均通过液压自动抓梁与提升机构连接。用叠梁门挡住水库中下层低温水,通过对叠梁门的操作,使水库表层水通过叠梁门顶部孔口进入发电或灌溉的输水系统,根据水库运行水位变化,提起或放下相应节数的叠梁门,从而达到引用水库表层水、提高下泄水温的目的。目前叠梁门取水在锦屏、滩坑、光照、江坪河、糯扎渡、溪洛渡、双江口、白鹤滩和两河口等大中型工程中均有应用。叠梁门分层取水技术适用于水利水电工程的各种分层取水建筑物,在水流方向上只采用单层闸门,可以降低工程对场地的要求,解决了高坝、深库、大流量、场地狭小的水利水电工程分层取水问题。该技术具有布置简单,运行灵活方便,可靠性较好且投资省、对枢纽布置影响小、对电站动能指标影响小等优点。

结合本工程发电引水隧洞的流量、水头、进水口地形地貌,运行维护条件和工程投资等因素,本工程分层取水口型式选用叠梁门式取水口。

## (2) 叠梁门分层取水方案设计

分层取水口共 2 孔,孔口宽度 5m。闸门总高度 45m,最大门顶高程与水库正常蓄水位 745.0m 平齐,闸门分成 15 节叠梁门,每节门叶高度为 3m,分节启闭,进水口最小淹没水深为 10m。

为减缓低温水下泄对下游的影响,工程在 3~8 月采用叠梁门分层取水。初拟叠梁门调度方案为:水库水位在 715~716m 时,1 层门叶挡水,叠梁门顶高程为 703m;水库水位在 716~719m 时,2 层门叶挡水,门顶高程 706m;……;水库水位超过 746m 时,放下第 12 节叠梁门,共 12 层门叶挡水,门顶高程 736m。取水高程和叠梁门运行层数的关系见表

6.1-7。

表 6.1-7 叠梁门调度与水位对应关系 单位：m

采用门叶数	门顶高程	坝前水位范围	淹没水深
1	703	$715 < H \leq 716$	10.0~13.0
2	706	$716 < H \leq 719$	10.0~13.0
3	709	$719 < H \leq 722$	10.0~13.0
4	712	$722 < H \leq 725$	10.0~13.0
5	715	$725 < H \leq 728$	10.0~13.0
6	718	$728 < H \leq 731$	10.0~13.0
7	721	$731 < H \leq 734$	10.0~13.0
8	724	$734 < H \leq 737$	10.0~13.0
9	727	$737 < H \leq 740$	10.0~13.0
10	730	$740 < H \leq 743$	10.0~13.0
11	733	$743 < H \leq 746$	10.0~13.0
12	736	$H > 746$	>10

### 6.1.2.2 生态流量保障措施

#### (1) 初期蓄水期

根据工程初期蓄水方案，按先 1#导流隧洞，2#导流隧洞紧邻的顺序进行下闸封堵。1#导流隧洞下闸后，水库初期蓄水，生态流量通过左岸生态补水隧洞下泄；当水位达到 665.00m 高程以上后，生态补水隧洞封堵，生态流量通过坝身底、中孔控泄；当水位达到 715.00m 高程后，生态机组可运行发电，生态流量通过生态机组下泄。

#### (2) 运行期

##### 1) 正常工况

运行期，采用坝后布置的两台生态机组泄放生态流量，单台机组设计过流能力  $11\text{m}^3/\text{s}$ ，枯水期开启单台机、汛期开启两台机的方式，可满足生态流量泄放要求。机组检修期在枯水期进行，且采用两台机组分开检修，保证生态流量泄放。

##### 2) 非正常工况

当两台生态机组或引水洞检修时，生态电站无法下泄生态流量。为保证坝下生态流量泄放，在坝身设置生态放水管。生态放水管进口高程 700.0m，控制阀室段位于 658.0m 高程廊道内，生态放水管采用钢管，管径 1200mm。经计算，坝前水位在 710~745 之间变动时，生态放水管泄流能力在 14~31m<sup>3</sup>/s 之间，实际操作时可以采用阀门控制总体泄量。

### (3) 已建工程生态流量泄放建议

由于姚家平水利枢纽工程坝址下游约 2.5km 处目前建有天楼地枕水电站。为确保姚家平坝址生态流量沿程下泄，保障下游河道生态需求，建议已建天楼地枕水电站的生态流量按不低于姚家平水利枢纽下泄的生态流量控制要求，即 11 月至翌年 3 月不应低于 8.48m<sup>3</sup>/s，4-10 月不低于 15.57m<sup>3</sup>/s。

#### 1) 天楼地枕水电站生态流量现状泄放方案

根据《湖北省恩施市天楼地枕水电站生态流量泄放措施改造工程实施方案》报告，天楼地枕电站生态流量泄放措施采用控制坝址右侧冲砂闸平板闸门开度来达到生态流量的泄放，通过螺杆启闭机将闸门提升至与闸门底部高差为 1.09m（其中钢筋混凝土梁高 0.5m），然后在闸门底部两侧设置限位墩，并在限位墩上设置钢筋混凝土梁，闸门泄放生态流量时直接落在钢筋混凝土梁上。当天楼地枕电站闸孔开度为 0.59m 时，流量为 5.39m<sup>3</sup>/s，能满足向下游泄放不低于 5.38m<sup>3</sup>/s 生态流量要求。

#### 2) 本次生态流量泄放改造方案

为保障姚家平下泄生态流量进入下游河道，需对天楼地枕水电站生态泄放措施进行改造。

根据《水力计算手册》（第二版）闸孔出流流量计算，闸孔开度为 0.96m 时，流量为 8.5m<sup>3</sup>/s，能满足向下游泄放 8.48m<sup>3</sup>/s 的生态流量要求；

当闸孔开度为 1.92m 时，流量为  $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，能满足向下游泄放  $15.57\text{m}^3/\text{s}$  的生态流量要求。

### 3) 生态流量泄放控制

根据计算结果，螺杆启闭机将闸门提升至与闸门底部高差为 1.46 m（其中钢筋混凝土梁高 0.5m），然后在闸门底部两侧设置限位墩，并在限位墩上设置钢筋混凝土梁，闸门泄放生态流量时直接落在钢筋混凝土梁上，该操作可满足  $8.48\text{m}^3/\text{s}$  的生态流量要求。当需要泄放  $15.57\text{m}^3/\text{s}$  生态流量时，可直接通过螺杆启闭机将闸门提升至与闸门底部高差为 2.42 m，再将螺杆锁死。

## 6.1.2.3 水环境保护措施

### (1) 库底清理

根据《水电工程水库淹没处理规划设计规范》(DL/T5064-1996) 的规定，为防止淹没于姚家平水利枢纽内的树木、杂物及人畜粪便等对水体的污染和对水库安全运行的影响，在水库蓄水前须对库底进行清理。

库底清理项目主要包括：建筑物的拆除与清理，污染物的卫生清理，森林砍伐与林地清理以及为发展各项事业而必须的特殊清理等。一般清理范围有正常蓄水位高程以下的房屋、各项建筑物拆除，森林砍伐和卫生清理；正常蓄水位至死水位以下 2m 高程范围内各项大体积建筑物残留物（如桥墩、线杆、牌坊）和林地清理。

### (2) 库周污染源防治措施

库区应认真落实《湖北省水污染防治条例》《湖北省清江流域水生态环境保护条例》《恩施州“十四五”规划和 2035 年远景目标建议》中相关污染防治措施的要求，开展城镇污水治理、农村生活污水治理、农业面源污染控制、畜禽养殖污染治理、城镇地表径流污染治理等工作，

减少入库污染负荷，保障姚家平库区水质。

深入实施《恩施州畜禽养殖废弃物资源化利用工作实施方案》，严格执行恩施市畜禽养殖区域划分规定。对禁养区内所有畜禽养殖场实施关停或搬迁，对限养区实施限制养殖规模，在适养区重点推进规模化畜禽养殖污染物总量减排。加强种植业面源污染防治，提高库周测土配方施肥技术推广覆盖率。

姚家平库周涉及恩施市屯堡乡、利川市团堡镇。目前，姚家平库周部分乡镇建有生活污水处理设施，已建设施还存在处理不达标、运行不稳定、管网不配套，处理能力达不到城乡污水处理需求，管网系统不完善，出水浓度达不到一级 A 标准等问题，尚需改造升级。部分乡镇及农村尚未建设污水处理设施及配套管网，未建成的乡镇污水处理设施要加快建设进度，保证质量，不断提高管网收集覆盖面。持续推进沿岸乡镇的环境基础设施建设，加快乡村污染治理设施和城镇污水厂提标升级改造，有效控制生活污水无序排放，从源头上减少污水产生量。

### （3）强化区域节水

坚持节水优先，严守水资源开发利用利用上限，精打细算用好水资源，从严从细管好水资源，提升水资源集约节约安全利用能力和水平；严格水资源保护监管措施，深入实施国家节水行动，推进恩施市节水型社会达标建设；强化节水宣传教育，增强施工及管理人员节约用水意识。

### （4）富营养化防治对策

水库水体富营养化与营养物质、气候条件、水库水化学性质和生物性质、水库调度方式等各种因素有密切联系。通过采取控制污染源为主的营养化防治措施，保护好姚家平库区的水质，有效防止富营养化。

加强水资源保护宣传教育，提高市民环境意识，大力宣传《水法》

《环境保护法》《长江保护法》《河道治理条例》和《水污染防治条例》等法规，增加宣传设施，组织宣传教育活动，向公众普及水资源保护知识。

落实库区水质水量的监测评价，加强对上游来水水质监测，实行断面定期监测。加强水土保持，减少水土流失，可采取工程措施、生态措施和农业垦耕相结合的方法，通过以小流域治理为单元的结合治理，形成水土保持的新格局，提高库区周边和上游地区植被覆盖度。

加强地力培肥体系建设，调整农业结构，合理种植农作物、推广新型复合肥和缓效肥料等措施可控制肥料的使用量，减少农业面源污染。保土耕种、作物轮植、节水灌溉等措施减少农业径流的氮磷损失。

#### （4）运行期业主营地生活污水处理

业主营地将作为工程运行永久办公生活区，运行期管理人员规模不会超过施工期，因此施工期修建的生活污水成套设备可以继续用来处理运行期的生活污水。

生活污水处理系统出水水质需满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，即  $BOD_5 \leq 10\text{mg/L}$ 、 $COD \leq 50\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 5\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 15\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 0.2\text{mg/L}$ 、 $SS \leq 10\text{mg/L}$ 。剩余污泥干化后与生活垃圾一并处理。

根据有关监测结果，生活污水成套设备对生活污水中  $BOD_5$  和  $COD$  的去除率可达 80%~90%，对  $SS$  的去除率可达 70%~75%，出水水质各项指标可达到一级 A 标准。

## 6.2 陆生生态

### （1）临时占地复垦

本工程临时征用土地复垦耕地、园地的用地面积 35.15hm<sup>2</sup>，主要为施工布置区、临时堆放场、料场、弃渣场、施工道路、工程布置区等。在施工结束后，经表土剥离、表土回填、基础设施布置后，临时占地将复垦。复垦已纳入主体工程中，本报告仅引用其主要成果，详见表 6.2-1。

施工前对于占地范围内可剥离的表土进行剥离，运至复垦土缓存区堆放，采取临时拦挡，表面采取临时撒播草籽并苫盖无纺布；施工结束后对于占用耕地部分回覆表土进行复耕，占用其他土地回覆表土进行植被恢复。复垦为耕地的表土厚度在 35~40cm，园地和草地表土厚度多在 15~20cm，林地表土厚度多在 15cm，土壤环境质量应符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的要求。

表 6.2-1 姚家平水利枢纽工程临时占地复垦规划表 单位：hm<sup>2</sup>

名称	临时使用耕园地面积			
	旱地	水田	果园	茶园
临时堆放场区	4.54	2.64	0	3.61
弃渣场区	4.13	0.32	0.15	0.55
料场区	0	0	0	11.91
临时道路区	0.34	0	0.01	0.58
施工生产生活区	1.38	1.4	0	3.59
合计	35.15			

### （2）植被恢复

施工过程中对地表植被的扰动会在一定程度上影响评价区内生态环境质量，在施工结束后对具备绿化条件的土地需及时进行恢复，保证林草植被恢复面积占可恢复林草植被面积比例达到 97%，林草覆盖率大于 25%。根据当地自然条件和植被恢复目标，本着“因地制宜、适地适树、适地适草”的原则，综合考虑水土保持功能要求，确定植物措施的草种。草种选择主要以乡土草种或者在当地绿化中已推广使用的草种为



首选。草种应具有较强的固土护坡功能，根系发达，草层紧密，耐践踏、耐寒、耐旱，对土壤气候条件有较强的适应性。在条件许可的情况下，可适当引进新的优良树草种，以满足生物多样性和美化环境的要求。植被恢复措施已纳入水土保持工程中，本报告中仅引用水土保持中植被恢复相关内容，具体分区恢复措施见表 6.2-2 所示。

表 6.2-2 姚家平水利枢纽工程植被恢复措施一览表

防治分区		种植的草树种			
		乔木	灌木	藤本	草本
主体工程防治区	大坝枢纽防治区	香樟、桂花、紫薇、栎树、樱花	红叶石楠、金边黄杨、红叶石楠球、迎春	五叶地锦	紫穗槐、狗牙根
	导流工程防治区	垂柳			狗牙根
边坡工程治理区					紫穗槐、狗牙根、白三叶
临时堆放场防治区		马尾松、栓皮栎	紫穗槐		狗牙根
弃渣场防治区		马尾松、栓皮栎	紫穗槐		狗牙根、白三叶
石料场防治区			紫穗槐	爬山虎	狗牙根、白三叶
交通道路区	永久道路防治区	香樟			紫穗槐、狗牙根
	临时道路防治区		紫穗槐		狗牙根、白三叶
施工生产生活防治区		马尾松、栓皮栎	紫穗槐		狗牙根、白三叶
移民安置及专项设施复建防治区	集中安置防治区				白三叶
	专项设施复建防治区				狗牙根、白三叶

### (3) 松材线虫风险的管控

根据国家林业和草原局公告（2021 年第 5 号）（2021 年松材线虫病疫区），评价区所在的利川市属于松材线虫病疫区。工程建设带入的建设材料，尤其是机械设备、钢筋材料等的木质集装箱，可能带入病原体，导致区域松材线虫病或其他威胁区域生物安全的情况发生。须加强施工机械、运输车辆、包装材料等的植物检疫，避免松材线虫等风险。

### (4) 重点保护野生动植物的保护

### 1) 设置标志牌

为强化对评价区珍稀保护野生动物的保护，需在枢纽工程、边坡工程、施工营地、弃渣场、石料场、交通道路等区域布设野生动物保护标志牌（标识牌上可标示评价区内常见野生珍稀濒危野生动物图），提醒施工人员和周边居民注意保护野生动植物，严禁捕猎。根据施工区数量、施工涉及区面积和人员活动情况等，枢纽区共设置 15 个标志牌，边坡工程区设置 5 个，线路区设置 10 个。标志牌可参照《自然保护区设施标识规范》（LY/T 1953-2011）制作，采用矩形，底色为绿色，文字和图案为白色，标出禁止捕杀野生动物、保护生态环境等。

### 2) 宣传培训

编制并印发宣传册，同时开展工程区宣传培训。枢纽工程区每年培训 1 次，共培训 6 年。培训内容应包含但不限于如下内容：

①明确《中华人民共和国野生植物保护条例》中保护管理和法律责任相关条款，尤其是第九条、第十六条、第十七条、第十八条、第二十三条、第二十四条、第二十五条和第二十八条。

②明确《中华人民共和国野生动物保护法》中保护管理和法律责任相关条款，尤其是第八条、第十六条、第十八条、第二十一条、第二十二条、第二十三条、第三十一条、第三十二条、第三十三条和第三十五条。

③每个施工区至少有 1 人能识别工程区域内可能会出现的重点保护野生动物。

### 3) 野生动物救护

合理安排施工时序，降低施工噪声。在施工期间，若施工区周边发现鸟类等野生动物，可采取无伤的方式驱离；若野生动物数量较多，应暂停施工，等野生动物离开后再施工。施工期间若出现误伤保护动物的

情况，应上报地方林业局和生态环境局，并积极采取措施对误伤的野生动物进行救护。

#### 4) 野生植物保护

施工期间如发现有调查中未发现的重点保护野生植物，应根据实际情况采取有关措施进行保护。

### 6.3 水生生态

#### 6.3.1 保护措施总体思路

根据影响预测，工程对水生生态系统的影响主要为：枢纽工程建设对河道的阻隔影响，库区回水淹没及生境结构变化对鱼类栖息生境的影响，坝下水文情势及水温变化对鱼类的繁殖、栖息生境影响等。基于“生态优先”的原则，考虑清江流域水生生态系统的整体性、完整性，为有效保护区域水生生物资源，按照预防、减缓和补偿的顺序构建水生生态保护措施体系。针对工程影响途径及水生生态保护措施布局原则，结合工程河段生态环境特点、水生生物资源现状以及鱼类生物学特性，形成以栖息地保护、过鱼设施、增殖放流、生态流量泄放、生态调度、加强施工期管理、加强渔政管理、水生生态监测、科学研究等多种措施为一体的综合保护体系。水生生态保护措施总体布局见表 6.3-1。

本工程水生生态保护措施目标为：通过开展栖息地保护，保留工程河段适宜鱼类栖息、繁衍的生境条件；建设过鱼设施，维护河流连通性，保证鱼类种质资源交流和洄游需求；建设鱼类增殖放流站，开展增殖放流，补充受影响的珍稀特有或重要经济鱼类资源；开展生态调度和生态流量泄放，保障坝下河段水生生态系统对水文、水量的生态需求；加强渔政管理、施工期管理，开展生态环境保护宣传教育与管理，减缓工程建设对工程河段水生生物资源的影响；开展水生生态监测与科学研究，

掌握工程河段水生生物资源变化趋势，开展关键技术攻坚研究，为水生生态保护提供科学依据及技术支撑。上述保护措施已得到广泛运用，可较大程度减缓工程建设对鱼类等水生生物的影响。

表 6.3-1

姚家平水利枢纽工程水生生态保护措施布局

措施类型	保护对象	保护作用	措施布局
栖息地保护	流域水生生态系统、鱼类资源及生境、产粘性卵鱼类产卵场	保护水生生态生境条件，达到保护鱼类资源的目的	划定栖息地保护范围，开展宣传教育和禁止开发、加强渔政执法、鱼类增殖放流、生态流量保障、河道连通性修复、河道生境修复、保护效果监测与评估等措施。
增殖放流	鱼类种群及资源量	补充珍稀特有及重要经济鱼类资源	建设鱼类增殖放流站 1 处，近期放流齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃等苗种，补充鱼类资源。
过鱼设施	鱼类种质资源及产卵繁殖功能，河道连通性	减轻阻隔影响，促进鱼类种群基因交流和产卵洄游	建设姚家平水利枢纽过鱼设施，在生态电站尾水口下游设集鱼系统，采用升鱼机运鱼过坝，用运鱼船转移放流；在天楼地枕大坝修建鱼道。
生态流量泄放	坝下鱼类栖息生境及产卵场	保障坝下河道生态需水量，维持水生生态系统基本功能	泄放生态流量，在 11 月至翌年 3 月不低于 8.48m <sup>3</sup> /s，在 4~10 月不低于 15.57m <sup>3</sup> /s。
生态调度	坝下鱼类栖息生境及产卵场	为产粘沉性卵鱼类产卵繁殖提供条件，减缓水位波动对鱼类繁殖功能的影响	每年在 4~7 月择机实施至少 1 次生态调度。
施工期管理	流域水生生态系统、鱼类资源及生境	降低施工过程对水生生态系统的影响	加强宣传教育和施工监管，开展鱼类保护与救护。
渔政管理	流域水生生态系统、鱼类资源及生境	健全管理体系，保护鱼类资源及重要生境	加强宣传教育，严格执行禁渔期制度，加大巡查和整治力度。
水生生态监测	水生生物资源	掌握工程建设前后水生生态系统变化趋势	开展工程河段水生生物资源监测。
科学研究	流域水生生态系统、鱼类资源及生境	为有效保护鱼类资源提供科学依据	增殖放流鱼类繁殖技术研究、增殖放流效果监测与评估、过鱼设施优化和效果评估、流域梯级联合生态调度研究、生态流量保障目标制定等。

### 6.3.2 保护对象的确定

根据历史资料和现状调查结果，清江流域共有鱼类 5 目 12 科 114 种，现状调查共采集到鱼类 3 目 9 科 28 属 44 种。理论上，所有受工程影响的鱼类均应作为保护对象，但工程建设后，水生生境发生较大变化，并非所有原有鱼类均有恢复和形成自然种群的条件，加上有些鱼类资源量和驯养繁殖技术等限制，暂时缺乏保护的现实可能性。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，保护对象的优先顺序为重点保护对象、优先保护对象、一般保护对象。

喜流水生境的产粘沉性卵鱼类，如裂腹鱼亚科、鲃亚科、野鲮鱼亚科以及鲤科、鳅科、平鳍鳅科、鲿科、鮡科中适应流水生境的鱼类，受工程影响生境适宜度下降，种群规模受工程影响较为明显，列为保护对象；喜流水的产漂流性卵鱼类生存繁殖需要一定的水文条件，工程河段已不具备典型产漂流性卵鱼类完成生活史的条件，其种群规模萎缩趋势明显，主要有鲴亚科、鮡亚科、鳅科的一些种类，不列为保护对象；一些产粘沉性卵鱼类能够适应库区生境，在静缓流水中能完成生活史过程，水库蓄水后资源量通常呈上升趋势，不列为保护对象，如鲇、瓦氏黄颡鱼、光泽黄颡鱼、麦穗鱼、泥鳅、棒花鱼等；宽鳍鱲、马口鱼、拉氏鱲等具有滤食性、杂食性或喜静缓流水生境的鱼类，蛇鮈、银鮈、鮠等广适性的小型鱼类，鲴亚科、鮡属的特异性产卵小型鱼类，以及一些定居性鱼类等分布较为普遍，且多数可适应建库后的水生生境条件，不列为保护对象。

综上所述，列为保护对象的鱼类主要有：

**重点保护对象：**评价区分布的鱼类列入各级重点保护动物名录或为长江上游特有鱼类的种类共有 17 种，列为重点保护对象。主要有鮠、

圆口铜鱼、金沙鲈鲤、多鳞白甲鱼、青石爬鮡、鲢、光唇蛇鮡、小口白甲鱼、长阳鮡、圆筒吻鮡、宽口光唇鱼、齐口裂腹鱼、短体副鳅、昆明高原鳅、西昌华吸鳅、四川华吸鳅、黄石爬鮡。现状调查采集到的青石爬鮡、齐口裂腹鱼、短体副鳅 3 种应重点保护。

**优先保护对象：**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保护；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、性成熟年龄大和繁殖周期长、繁殖力低的鱼类优先考虑。喜流水生境鱼类、短距离洄游性鱼类、产粘沉性卵鱼类和底栖习性鱼类受工程建设影响较大，其栖息生境、饵料资源、产卵繁殖功能受工程影响萎缩较为明显，列为优先保护对象。已列入重点保护对象的种类不再考虑，列入优先保护对象的主要有白甲鱼、泉水鱼、墨头鱼、光倒刺鲃、中华倒刺鲃、宽口光唇鱼、云南光唇鱼、侧条光唇鱼、中华裂腹鱼、光唇裂腹鱼、暗色唇鲮、泸溪直口鲮、戴氏山鳅、琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅、贝氏高原鳅、红尾副鳅、中华沙鳅、花斑副沙鳅、汉水扁尾薄鳅、四川爬岩鳅、南方鳅鮡、黑尾鳅、白缘鳅、切尾拟鲿、凹尾拟鲿、长脂拟鲿、宽鳍纹胸鮡、中华纹胸鮡等。现状采集到的种类有泉水鱼、光唇裂腹鱼、暗色唇鲮、长脂拟鲿、四川爬岩鳅、泸溪直口鲮、红尾副鳅、戴氏山鳅、琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅、中华纹胸鮡等，应优先保护。

**一般保护对象：**评价区分布的有重要经济鱼类 20 种，列为一般保护对象，除已列入重点、优先保护对象中的种类，另有青鱼、草鱼、赤眼鲮、红鳍原鲃、鳊、银鲴、细鳞斜颌鲴、鲢、鳙、鲤、鲫、铜鱼、团头鲂、南方鲇、黄颡鱼、黄鲢、鳊等。根据现状调查结果，现状采集到的鱼类有草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、团头鲂、黄颡鱼、鳊等 8 种。

### 6.3.3 栖息地保护

栖息地保护是保护鱼类自然资源和物种规模最有效措施。栖息地保护应依据鱼类资源的现状及其分布特点，结合工程布局，寻找适宜的替代生境进行保护，为鱼类提供生存所需的空间和环境，维持鱼类自然种群的遗传多样性与自然种群数量，保护产卵群体和幼鱼。

姚家平水利枢纽建成后对喜流水生境鱼类产生一定影响，特别是库区回水的淹没和水文情势的改变，流水生境减少，使得一些流水性鱼类退缩至库尾和支流的流水河段，因此水库库尾以上、拦河坝下游的干流以及支流的流水河段生境对鱼类资源保护和多样性维持尤为重要。工程河段受影响鱼类主要为裂腹鱼类、鳅类、鮡类，多为短距离河道迁徙或定居性鱼类，产粘性卵，产卵场较分散，在较小的范围内能够完成其生活史。通过采栖息地保护措施，保护干流流水河段及不开发或开发程度低的支流，可有效减缓工程建设对鱼类的影响。

#### 6.3.3.1 河道水生生境现状

根据《清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，清江流域干流和主要大型支流均已开发水电梯级、供水灌溉等拦河建筑物，河道被阻断情况普遍存在，多数河道已不具备作为替代生境的条件。本工程重点评价区为姚家平工程所在河段，主要为雪照河至龙王塘坝址间的干流河段，及其间的主要支流长偏河、小溪河、云龙河、甘名溪。各河流生境状况如下：

##### (1) 清江干流

清江位于长江中游南岸，是湖北省境内仅次于汉江的长江第二大支流。发源于利川市汪营镇齐跃山龙洞沟，从巴东县水布垭镇出境进入宜昌长阳县，于宜都市汇入长江。清江流域呈南北窄、东西长的狭长形，



按河谷地形与水流特性，干流河道大致可分为上、中、下三段：河源至恩施市城区为上游，长 153km，落差 1070m，占 75%，河床比降 7.0‰；恩施市城区至资丘为中游，长 160km，落差 280m，比降 1.8‰；资丘至河口为下游，长 110km，落差 80m，比降 0.73‰。清江全长 423km，其中恩施州境内全长 275km，清江总流域面积 16714km<sup>2</sup>，其中恩施州有 11036km<sup>2</sup>。多年平均降水量为 1543.7mm，多年平均径流深为 936.4mm。流域内降雨在时空上分布极不均匀，在空间上，以东南部的鹤峰县为最大，中部沿清江而下逐渐减少；在时间上，降水多集中在 4~9 月，降水量约占全年降水的 70%以上。

清江上游段流经利川盆地低山丘陵区，河谷较为开阔，山势平稳，流入黑洞长 9.7km 为伏流，成为地下河。出黑洞后至恩施，河道穿行于高山峡谷中，峭壁直立，奇峻幽深。清江流域水资源量丰富，开发利用程度较高，以水力发电和防洪为主，干流上游段依次建有三渡峡、雪照河、大河片、天楼地枕、龙王塘、大龙潭、红庙等水电站。清江上游开发程度较高，河道连通性被阻隔，水生生境变化较大。目前流域上游内清江干流源头至三渡峡库尾 57.5km 河段以及三渡峡坝下至长偏河汇口 45km 河段仍保留有部分流水生境可为水生生物栖息提供良好的生境条件。

清江在腾龙洞处转为地下暗河，暗河长约 9.7km，地下河中光线弱，鱼类种类和数量相对较少，但从维护清江生境多样性和鱼类多样性角度出发，应将清江伏流段列为栖息地保护范围。三渡峡坝下至长偏河汇口 45km 河段，在姚家平水利枢纽建成后仍保持有良好的流水生境条件，受水库淹没影响的流水性鱼类栖息和产卵生境萎缩，将向库尾以上河段迁移，预计工程运行期这一河段鱼类多样性将会有所增加，是流水性鱼类较为重要的栖息生境，可作为干流栖息地保护河段。姚家平生态机组

尾水口以下至龙王塘库尾间约 10km 河段，在天楼地枕梯级恢复连通性的前提下，在姚家平水利枢纽建成后，整体上仍保持有良好的流水生境条件，且该水域鱼类资源丰富，多样性较高，可作为干流栖息地保护河段。

干流栖息地保护河道多位于高山峡谷，地势崎岖，水流湍急，仍保持着良好的流水河段，鱼类资源丰富，种类多样性高，多为小型流水性底栖鱼类，鲤科、鳅科、平鳍鳅科种类较多。现状调查共采集到鱼类 20 种，隶属于 2 目 5 科；其中有鲤形目鲤科 10 种、鳅科 5 种、平鳍鳅科 3 种，鲇形目鲿科、鮡科各 1 种。分布有较多鳅类、裂腹鱼类、鮡类等喜流水性种类，如青石爬鮡、短体副鳅、戴氏山鳅、光唇裂腹鱼、琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅、四川爬岩鳅、长脂拟鲿等，也有小型鱼类宽鳍鱲、银鮡、拉氏鱻、中华鲃，以及经济鱼类泥鳅、鲫、草鱼等分布。



雪照河坝下河段



姚家平坝址河段



清江伏流入口段



天电厂房河段

图 6.3-1 清江干流河段部分生境现状

## (2) 长偏河

长偏河为清江一级支流，发源于利川市寒池乡上河棚，于恩施市沐抚办事处母猪垭汇入清江。干流全长 20.4km，其中利川市境内 17km；全流域集水面积约为 161km<sup>2</sup>，河道平均比降 50.8‰，河道弯曲系数 1.4。流域地形北高南低，尤以北部地势相对高度较大，河流源短流急，两岸悬崖峭壁，层峦迭障，蔚为壮观。河谷切割较深，断面为“V”型和“U”型。流域内林木茂密，天然植被良好。长偏河地处利中盆地，属亚热带大陆性季风气候，冬无严寒，夏无酷暑，雨量充沛，雾多风小。多年平均降雨量为 1476mm，降雨量年内分配不均，主要集中在 4~10 月。流域洪水多由暴雨形成，主要集中在 5~9 月，洪水季节性变化与暴雨一致，洪水涨落迅猛，历时短。流域多年平均径流深约 900mm，多年平均水资源量 1.45 亿 m<sup>3</sup>，多年平均流量 4.60m<sup>3</sup>/s。长偏河基本属于天然河流状态，流域内无水利工程建设，沿河两岸山势陡峻，呈典型高山峡谷地貌景观。长偏河水质较好，流域内无工业污染源，生活污水分散汇集到河内，无集中排污口。

长偏河水环境质量较好，两岸人为活动干扰少，河流连通程度高，河道内无水利工程建设，仍保持天然流水生境，未出现断流现象，底质多为块（卵）石或沙砾，滩多流急，水质清澈，流域森林覆盖率高，沿岸多为高山峡谷，人烟稀少，属山区急流水生生境，可为鱼类提供复杂多样的栖息生境。在姚家平水库建成后，在拆除大河片梯级恢复河道连通性的前提下，长偏河作为姚家平库尾以上保留天然流水生境的河段，其生境对于受工程影响向上游和支流迁移的喜流水性鱼类至关重要，可作为支流栖息地保护河段。根据现状调查，长偏河有鱼类 1 目 2 科 3 种，主要为鲤形目鱼类，包括鲤科的拉氏鲮、齐口裂腹鱼，鳅科的戴氏山鳅。

长偏河作为替代生境河段具有明显的优势：一是生态环境状况较好，河流两岸开发程度低，全河段未进行水电开发，河道连通性好，可为鱼类提供复杂多样的栖息生境；二是在大河片坝址拆除后，长偏河与雪照河、姚家平库区均直接连通，多数鱼类的摄食、繁殖和越冬过程可往返于清江干流和长偏河之间；三是长偏河流域河段具备小型流水性鱼类的栖息、繁殖生境，流量、底质条件、浅滩深潭分布满足喜流水性鱼类完成生活史的需求；四是在物种结构和生境条件上与清江干流相似，长偏河与清江的鱼类组成具有相似性，可较大程度替代干流生境。



图 6.3-2 长偏河生境现状

### （3）云龙河

云龙河是清江上游一级支流，发源于鄂渝边界重庆市奉节县龙桥乡境内，入暗河潜流至恩施市板桥乡麻弯嵌，上游名麻湾河，中游称流料河，下游称云龙河。中游右岸汇入最大支流流料河，两岸先后汇入 10 余条溪流和泉流。流域地形总体西高东低，流域面积 258.2km<sup>2</sup>，干流天然河段长 26.9km，河床平均比降 25.8‰，落差 740m，河道弯曲系数 1.7，多年平均流量 9.59m<sup>3</sup>/s，多年平均径流量 3.02 亿 m<sup>3</sup>。流域降雨丰沛，峰面雨是降雨的主要特点，多年平均降水量为 1437.7mm，多年平均径流深 894.8mm，云龙河电站坝址多年平均径流量为 2.802×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>，多年平均流量为 8.88m<sup>3</sup>/s。降雨量年内分配不均，主要集中在 6~9 月，流域洪水多由暴雨形成，主要集中在 5~9 月，洪水涨落迅猛，历时短。云龙



河流域多在深山峡谷之中，流域内已建成中型水库 1 座，为云龙河水库，另有小（2）型水库 2 座，为清岩湾水库、云龙河一级电站，河水大多被拦在 3 座水库之前，河道干涸严重。流域内共有水电站 4 座，分别为板桥电站、热水河电站、云龙河一级电站、云龙河三级电站，均为引水式电站。干流河段有板桥电站、云龙河一级电站、云龙河三级电站 3 个，板桥电站挡水建筑物为浆砌石重力坝，最大坝高 6m；云龙河一级电站挡水建筑物为拱坝，最大坝高 22.4m；云龙河三级电站挡水建筑物采用碾压混凝土双曲薄拱坝，坝高 129m。

云龙河水库大坝截断河道下游与清江干流的天然连通，坝下河口段长约 5.8km，其中有约 4km 为减水河段，在姚家平水利枢纽建成后由于受回水影响，云龙河水库下游只剩下 3.1km 的流水河段。云龙河水库大坝下游河段与姚家平水域、小溪河间现状无河道阻隔，鱼类组成较为相似，根据现状调查，所在区域河段有鱼类 2 目 4 科 13 种，其中鲤形目占绝对优势，有 3 科 12 种，包括鲤科的拉氏鲃、江西鳊、棒花鱼、麦穗鱼、云南盘鮈、光唇裂腹鱼、泉水鱼，鳅科的戴氏山鳅、红尾副鳅、中华花鳅，平鳍鳅科的琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅；鲈形目鮡科的青石爬鮡。云龙河干流多处于深山峡谷以及地下河中，已进行梯级开发，下游河口段受云龙河水库拦河大坝的阻隔和姚家平水库回水的影响，仅剩的流水河道较短，使其不适合作为栖息地保护河段。



图 6.3-3 云龙河汇口及大峡谷段生境现状

#### (4) 小溪河

小溪河为清江的一级支流，是利川境内清江的最大支流，发源于利川金字山，在团堡以东的四海坝附近河段，通过河床上两个落水洞潜入地下伏流，在洪水期由于河床上落水洞泄水不畅，而在地表河走水至偏连子消水洞，全部排泄至地下伏流，伏流经过贺家坪等地，至泗水池附近河段出流，汇入清江。小溪河流域面积  $353\text{km}^2$ ，在偏连子消水洞以上流域面积  $103.79\text{km}^2$ ，主河道  $23.53\text{km}$ ，河道比降  $7.1\%$ 。流域实测最大年降水量  $1902.7\text{mm}$ ，最小年降水量  $932.4\text{mm}$ ，多年平均降水量为  $1370.5\text{mm}$ 。小溪河多年平均径流深为  $960\text{mm}$ ，汛期 4~10 月降水占全年的 75% 以上，多年平均资源量为  $3.39$  亿  $\text{m}^3$ 。小溪河流域内已建成小型水库 2 座，为小（1）型的黄泥坡水库和小（2）型的五星水库，库容均较小，分别为  $514$  万  $\text{m}^3$  和  $68$  万  $\text{m}^3$ ，其中黄泥坡水库位于流域上游支流上，五星水库位于下游支流上，对河道的阻隔影响较小；流域下游有小溪河电站 1 座，该电站为一渠两站，通过引水渠引水式开发，为单一发电工程，无综合利用功能，电站无拦河坝，在姚家平水库建成后不会被淹没，电站集雨面积  $399.6\text{km}^2$ ，多年平均流量  $11.43\text{m}^3/\text{s}$ 。

小溪河流域气候温和，雨量充沛，地表径流多，适合水生生物的生长，生态环境状况良好，现有的水利工程对河道的连通性阻隔影响较小，河道基本仍保留流水生境条件，可为鱼类提供复杂多样的栖息生境，可满足喜流水性鱼类完成生活史的需求。根据历史资料与现状调查结果，小溪河有鱼类 3 目 4 科 12 种，其中有鲤形目 2 科 10 种，包括鲤科的拉氏鲮、棒花鱼、麦穗鱼、马口鱼、白甲鱼、泉水鱼，鳅科的红尾副鳅、戴氏山鳅、泥鳅、中华花鳅；有鲇形目 1 科 1 种，为鲿科的光泽黄颡鱼；有合鳃目 1 科 1 种，为合鳃科的黄鳝。现状调查采集到鱼类 1 目 2 科 6

种，主要为鲤形目鱼类，有鲤科的拉氏鲮、泉水鱼、棒花鱼、麦穗鱼，鳅科的红尾副鳅、戴氏山鳅。

在姚家平水库建成后，小溪河位于姚家平坝址上游水库回水淹没区，回水淹没约 3.5km，小溪河与清江干流间无河道阻隔，区域鱼类资源可往返于姚家平库区和小溪河干支流间，交流频繁，以完成摄食、繁殖和越冬过程。库区中流水性鱼类受建库影响流水生境萎缩，将有较多的种类向小溪河迁移寻找适宜生境；且小溪河与清江干流连通，其鱼类种群结构、生境条件与清江干流相似，可为干流分布的鱼类提供完成生活史的生境条件，小溪河的生境对库区鱼类种群较为重要，可作为支流栖息地保护河段。



图 6.3-4 小溪河汇口及伏流出口段生境现状

### (5) 甘名溪

甘名溪又名车坝河，系清江上游右岸一级支流，发源于白果乡见天坝，流经白果乡、屯堡乡后汇入清江。主河道长 47.2km，河床比降 12.8%，落差 615m，流域面积 254.3km<sup>2</sup>；其中恩施市境内河段长 45.47km，流域面积 249km<sup>2</sup>。甘名溪河道迂回曲折，坡陡流急，两岸地形陡峻，是山区季节性河流，一年中河道长期处于低潮状态，枯水期河道上游可能出现断流现象，遇暴雨时洪水暴涨暴落。上游河段河道狭窄，落差较大，人口较密集，两侧为自然土质岸坡，局部为基岩，中下游河道较宽，两侧为陡峭高山，沿岸居民稀少。流域多年平均降雨量 1548.6mm，雨季

一般自 4 月份开始,9 月底或 10 月初结束。多年平均径流深 1030.5mm,径流量 2.2 亿  $\text{m}^3$ , 流量  $7\text{m}^3/\text{s}$ , 山洪峰高量小, 骤涨骤落, 洪枯流量相差数百倍以上。流域属典型山溪性河流, 洪水均由暴雨形成, 坡度较大, 河道调蓄能力小, 洪水陡涨陡落, 洪水一般出现在 5~9 月; 径流年内分配不均, 4~9 月水量占全年水量的 70%以上。流域已建成中型水库 1 座, 为车坝河水库, 位于干流上, 主要功能为防洪和发电; 小(2)型水库 1 座, 为射渡河水库, 位于支流上; 流域内建有水电站 5 座, 均为引水式开发, 分别为射渡河电站、车坝河一、二、三级电站和马鞍槽电站; 其中, 射渡河电站系上游支流电站, 电站挡水建筑物为重力坝, 最大坝高 16.4m; 车坝河一、二、三级电站和马鞍槽电站为干流电站, 其中车坝河一级电站为坝后式电站, 挡水建筑物为面板坝, 最大坝高 66.2m; 车坝河二级电站挡水建筑物为重力坝, 最大坝高 6.3m; 车坝河三级电站挡水建筑物为重力坝, 最大坝高 8.65m; 马鞍槽电站挡水建筑物为拱坝, 最大坝高 12m。

甘名溪两岸为高山峡谷, 河床由岩石构成, 适合水生生物生长。根据历史资料, 甘名溪有泥鳅、鲫、犁头鳅、麦穗鱼、齐口裂腹鱼等, 鱼类资源比较丰富。现状调查在甘名溪与清江汇口处采集到鱼类 1 目 3 科 10 种, 均为鲤形目种类, 有鲤科的蛇鮈、中华鲮、鲫、草鱼、宽鳍鱲、银鮈、云南盘鮈, 鳅科的红尾副鳅、短体副鳅, 平鳍鳅科的四川爬岩鳅。

流域内水库大坝的修建使河道水深、流速等水文情势发生变化, 原有急流生境改变, 河道连通性受阻, 对区域水生生态系统造成一定影响。车坝河水库内的水流在车坝一级电站发电后, 经水渠直接至车坝二级电站, 再到车坝三级电站, 最后排入清江, 车坝级三级电站的拦河坝已接近清江汇口, 车坝河一、二、三级电站拦河坝的修建截断下游河道, 使



鱼类受阻隔影响较大。甘名溪与清江干流间鱼类资源交流减少，下游最后一级拦河坝接近清江汇口，下游保留连通的流水生境较短，已不适合作为栖息地保护河段。

### 6.3.3.2 栖息地保护范围

#### (1) 栖息地保护范围的确定

清江流域支流众多，水流缓急交替，湾沱、浅滩间断分布，底质多为礁岩、砾石、泥砂，栖息地保护范围一般选择生境条件较好的流水生境进行保护。清江流域干流和主要大型支流均已开发水电梯级、供水灌溉等拦河建筑物，河道被阻断情况普遍存在，多数已不具备作为栖息地生境的条件。根据《清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告》栖息地保护的建议，结合姚家平水利枢纽工程布置和工程河段生境现状、开发情况，选择支流长偏河 20.4km 河段、小溪河 23.53km 河段作为支流栖息地保护河段，选择清江干流三渡峡坝下至长偏河汇口 45km 河段以及姚家平生态机组尾水口以下至龙王塘库尾间约 10km 河段作为干流栖息地保护河段。栖息地保护河段可为鱼类提供适宜的生态环境，减缓了工程建设对鱼类特别是流水性底栖鱼类的影响，对保护区域鱼类资源和多样性具有重要意义。

#### (2) 栖息地保护的可行性

姚家平水利枢纽建设运行使工程所在河段干、支流湍急流水环境被改变，河流生境从典型的流水型水体转变为静缓流水体。工程所在三渡峡坝下至龙王塘库尾间的清江干流河段长 71.7km，小溪河、长偏河段分别长 20.4km、23.53km，现状条件下这些水域自然流水河段长 92.43km，减水河段长 19.6km，库区河段长 3.6km，保持流水生境的河段占区间河道长度的 96.89%。在姚家平水利枢纽建成及大河片坝体拆除后，区间

内自然流水河段长 77.43km，减水河段长 15.7km，库区河段长 22.5km，保持流水生境的河段占区间河道长度的 80.54%；区间内天然流水河段减少 15km，库区河段增加 18.9km，减水河段减少 3.9km，流水生境（天然流水+减水河段）占比减少 16.35%。流水生境萎缩，对区域喜流水生境的底栖性鱼类影响较大，库区淹没水域的流水性鱼类将向库尾及支流流水生境迁移，从而使姚家平枢纽库尾以上、坝下的干流及支流生境变的尤为重要。

清江干流三渡峡坝下至长偏河汇口 45km 河段范围较长，除雪照河电站运行产生的 2.8km 库区河段和 7.8km 减水河段外，其它水域均保持着接近天然的流水生境状态，上游河谷较为开阔，下游雪照河位于高山峡谷中，受人为活动干扰较少。落水洞至黑洞间约 9.7km 为清江伏流段，拥有岩溶、洞穴等多样生境，可为区域鱼类提供丰富多样的栖息条件。姚家平生态机组尾水口以下至龙王塘库尾间约 10km 河段现状与小溪河、甘名溪等支流连通，鱼类种类较多，多样性高，后续受姚家平工程运行影响，鱼类种类和资源量将有一定减少。栖息地保护方案实施后雪照河坝下至龙王塘库尾区间减水河段长度由 19.6km 减少为 15.7km，减水河段影响范围减小，其仍保持河道流水特性，可为流水生境鱼类提供生境空间，对减水河段生境的保护对维持区域鱼类资源的多样性和水生生态系统稳定有重要意义。姚家平水利枢纽工程建成后，长偏河、小溪河与姚家平库区无拦河建筑物阻隔（拆除大河片坝体后），仍保留有良好的流水生境，部分干流鱼类会进入支流栖息生活；支流平枯水期可维持河流基本生态流量，丰水期会有多次较大洪水，可满足蛇鮈、银鮈等对水文要求不高的小型产漂流性卵鱼类繁殖，也可作为黄颡鱼、鲤、鲫等产粘性卵鱼类提供繁殖、索饵场所。

栖息地保护河段生态环境较好，尤其是支流河段接近自然状态，流态复杂多变，拥有较为丰富的多样性生境，具备小型流水性鱼类的栖息、繁殖条件，与工程影响河段保护对象组成上具有较大的相似性。受保护的流水河段适宜着生藻类、底栖无脊椎动物生长，鱼类的饵料资源相对丰富，可为流水性鱼类提供索饵条件；长偏河、小溪河汇口水域浮游生物、悬浮有机碎屑丰富，是浮游生物食性和杂食性静缓流水生境鱼类的良好索饵场。支流急流险滩下水流冲刷形成的深潭多是流水性鱼类的越冬场，深潭河床多为岩基、礁石和砾石，水生昆虫较为丰富，可为鱼类提供较好的越冬场所；每年 11 月以后，部分鱼类从河道浅水区进入饵料资源相对丰富、温度较为稳定的库区水域越冬，栖息地保护范围内的天楼地枕、龙王塘库区以及建设的姚家平水库库区均有一定面积的水域可供鱼类越冬。

总体而言，姚家平库尾以上和坝下干流河段，以及长偏河、小溪河支流保护河段河道蜿蜒曲折、滩沱相连，河床底质多为卵石、沙砾，具有伏流、石隙等生境条件，可为鱼类提供复杂多样的栖息生境；栖息地保护河段能保持一定流速，维持河流生态功能，满足大部分鱼类栖息、索饵、越冬、繁殖条件，保证其生活史的完成，可为鱼类栖息繁殖提供良好的生境条件。

表 6.3-2 栖息地保护河段基本情况

河流	河长(km)	开发情况	水生生境	鱼类组成
三渡峡坝下至长偏河汇口	45	现有雪照河、大河片水电站，后续将拆除大河片坝。	保持良好的流水生境条件，上游河谷较为开阔，雪照河位于高山峡谷中；落水洞至黑洞间为 9.7km 伏流河段，拥有岩溶、洞穴等多样生境。	河道被三渡峡、雪照河、大河片坝址阻隔，位于高山峡谷中，受人为干扰少，鱼类栖息生境条件良好；鱼类有拉氏鲢、长脂拟鲮、戴氏山鳅、泥鳅、中华鲮等，其中拉氏鲢尾数较多。

河流	河长 (km)	开发情况	水生生境	鱼类组成
姚家平生态 机组尾水口 以下至龙王 塘库尾	10	现有天楼地枕 水电站，后续将 建设过鱼设施。	河道穿行于高山 峡谷中，奇峻幽 深，保持流水生境 条件，有支流甘名 溪汇入，姚家平枢 纽建成后河道有 一定减水。	河道被天楼地枕、龙王塘坝址阻隔，受姚家平水库下泄水影响较大；现状条件下鱼类可与小溪河、甘名溪种群交流，多样性高；有光唇裂腹鱼、青石爬鮡、拉氏鲃、云南盘鮡、戴氏山鳅、琼中拟平鳅、平舟缨口鳅、蛇鮡、中华鲮、鲫鱼、草鱼、宽鳍鱲、银鮡、云南盘鮡、红尾副鳅、短体副鳅、四川爬岩鳅等，种类较多，其中拉氏鲃尾数较多。
长偏河	20.4	属于天然河流， 无水利工程建设。	流域内林木茂密， 天然植被良好；属 山区急流水生生 境，连通性良好。	清江干流河道被雪照河、大河片坝址阻隔，后续拆除大河片坝后可连通至姚家平库尾，生境可供干流鱼类迁移栖息；鱼类有拉氏鲃、齐口裂腹鱼、戴氏山鳅等，其中拉氏鲃尾数较多。
小溪河	23.53	位于姚家平回 水区，回水淹没 约 3.5km；有小 型水库 2 座，下 游有无坝引水 式水电站 1 座， 中游为暗河。	部分河段为地下 伏流；总体仍保持 丰富多样的流水 生境。	与清江干流连通，与干流鱼类结构有较高相似性，后续可供姚家平库区鱼类迁移栖息；鱼类有拉氏鲃、泉水鱼、红尾副鳅、戴氏山鳅、棒花鱼、麦穗鱼等，其中拉氏鲃尾数较多。

### 6.3.3.3 栖息地保护措施

在姚家平水利枢纽建成运行后，栖息地保护河段仍维持有一定长度的流水生境，保持了一定的河道连通性，可为鱼类提供良好的产卵、索饵、越冬场所，可减缓枢纽建设对鱼类造成的影响。栖息地保护措施主要为对栖息地保护河段进行原状保护，局部河段恢复河流连通性，局部河段进行河道整治和生境修复，保障生态流量，辅以管理措施等，保护栖息地水域的鱼类资源和自然环境，充分发挥良好的生态环境效益。

恩施州人民政府已出具《恩施自治州人民政府关于承诺落实清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》（恩施州政函〔2021〕128号），承诺在姚家平水利枢纽工程下闸蓄水前完成清江流域水生生物栖息地保护规划编制工作，并将按照规划切实做好清江流域恩施段水生生物栖息地的保护和修复工作。

依据实际情况，实施生境保护措施如下：

#### （1）宣传教育和禁止开发

在栖息地保护河段设立地理标志区界，树立宣传教育牌；宣传区域分布的珍稀特有鱼类的保护意义和法律知识，提高广大群众的保护意识和自觉性；限制开发，栖息地保护河段不得新建拦河建筑物，维护栖息地河段的连通性；保护栖息地河段自然环境，避免人为干扰造成的生境破坏。加强栖息地保护河段水污染防治，生活污水、生产废水需处理达标后排放；并实施流域面源污染防治，栖息地保护河段不得新设排污口。

## **（2）加强渔政执法**

加强渔政管理，对栖息地河段进行巡护，依法开展渔政执法工作，配备基本的巡查救护设备；调查处理影响栖息地保护功能的事件，及时向环境保护和渔业主管部门报告重大事项；栖息地保护河段禁止生产性捕捞，在鱼类繁殖期（每年3~10月）加强巡护，禁止一切影响、干扰鱼类繁殖活动的行为；严肃查处和制止毒鱼、炸鱼，以及非法捕鱼等行为。

## **（3）鱼类增殖放流**

利用拟建的姚家平水利枢纽鱼类增殖放流站开展栖息地保护河段鱼类增殖放流，主要放流工程段分布的珍稀保护鱼类，如光唇裂腹鱼、齐口裂腹鱼、青石爬鮡等种类，扩大种群规模，达到增殖资源的目的。枢纽工程增殖放流站拟定的放流地点均位于栖息地保护河段范围内，栖息地保护的放流工作按照鱼类增殖站的增殖种类和放流计划进行。

## **（4）生态流量保障**

《长江保护法》规定，长江干流、重要支流和重要湖泊上游的水利水电、航运枢纽等工程应当将生态用水调度纳入日常运行调度规程，建立常规生态调度机制，保证河湖生态流量；其下泄流量不符合生态流量泄放要求的，由县级以上人民政府水行政主管部门提出整改措施并监督

实施。目前，清江流域干、支流水电站均已完善生态流量泄放措施和安装生态流量在线监测设施，生态基流基本得到保证。

姚家平、天楼地枕、龙王塘等梯级引水式发电在干流坝下形成一定距离的减水河段，目前各电站生态流量核定值多为多年平均流量的 10%，但生态流量需保障枯水期和鱼类主要繁殖季节（4~7 月）生态需求。天楼地枕、龙王塘等梯级在姚家平建成后水文情势发生变化，需科学论证生态流量保障目标，保证坝下和减水河段的水文情势和生境条件满足鱼类生活、繁殖需水，落实生态流量泄放要求，完善泄放过程。

### （5）河道连通性修复

梯级大坝的建设使清江原有天然流水型河道被分割成不同片段，大坝阻隔了鱼类的洄游通道，限制了鱼类繁殖、索饵以及越冬等行为，同时造成大坝上下游鱼类种群的交流受阻。根据已建工程对水生生态影响的回顾评价结论，受大坝阻隔及水文情势变化影响，清江流域原有的喜流水生境鱼类、产漂流性卵鱼类减少，梯级开发对鱼类资源的影响显著。从保护流域水生生态系统完整性角度出发，开展河道连通性修复，充分发挥河流生态廊道的功能，最大限度地解决大坝阻隔带来的生境破碎问题，具有迫切需求和重要意义。

#### 1) 拦河坝现状

##### ① 大河片电站拦河坝

大河片水电站位于利川市团堡镇，距利川城区 39km，坝址位于清江支流长偏河河口下游 30m。电站于 1987 年 10 月建成投产，装机容量 8.5MW，年发电量 0.4 亿 kW·h，坝址控制流域面积 1188km<sup>2</sup>，多年平均流量 28.97m<sup>3</sup>/s，正常蓄水位 785.6m。大坝为底拦栅坝，坝高 5.4m，右岸布置引水隧洞，引水系统长 4.2km，电站尾水位 707m，工作水头

70m。电站为引水式开发，为单一发电工程，无综合利用功能，当前电站状态为正常运行。姚家平水库蓄水后，大河片水电站将被淹没，其拦河坝也将失去原有引水发电功能。建议在姚家平水利枢纽工程蓄水前，适时拆除大河片电站拦河坝，恢复姚家平库尾河段的连通性。

## ② 天楼地枕电站拦河坝

天楼地枕水电站位于清江干流上游，其大坝位于姚家平坝址下游约 2.5km，坝址控制流域面积 1906km<sup>2</sup>，多年平均流量 56m<sup>3</sup>/s。电站挡水建筑物为重力坝，引水建筑物为引水明渠，全长 6336m。电站为引水式开发，厂房位于大坝下游 6.3km 车坝河与清江交汇处左岸。天楼地枕拦河坝最大坝高约 15.5m，上下游存在水位落差，鱼类难以上溯，为减缓河道阻隔影响，应恢复所在河段的连通性，修建具有可连续过鱼、运行费用低、过鱼效果好的鱼道作为过鱼设施，便于鱼类上下通行。

## ③ 红庙电站拦河坝

红庙水电站位于恩施市清江干流，坝址位于大龙潭电站尾水下游约 150m 处恩施市枫香坪村，电站装机容量 3.75MW，利用大龙潭电站发电尾水和支流带水河水量发电，于 1986 年 9 月建成投产。红庙拦河坝坝高 10m，引水渠道长 3km，由于是低坝引水发电，电站发电时下游出现严重脱水河段，且脱水段位于恩施市主城区。根据《湖北省恩施市小水电清理整改“一站一策”工作方案》，红庙水电站归为退出类水电站，要求立即退出。红庙水电站于 2018 年 7 月正式退出运行，封堵了进水口，并拆除了发电机组。目前红庙电站拦河坝未拆除。

## 2) 河道连通性修复总体布局

《湖北省生态环境厅关于清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》（鄂环函〔2021〕243 号）提出“建议适时拆

除大河片电站（姚家平水利枢纽工程建成后的淹没区）和红庙电站（已纳入小水电清理整顿退出类），提升河流连通性。”结合回顾性评价要求和姚家平水利枢纽布置，河道连通性修复措施总体布局为拆除大河片、红庙水电站的拦河坝，在姚家平、天楼地枕拦河坝建设过鱼设施，以恢复区域河道的连通性。

对于拆除的拦河坝河段，应按照“自然修复为主，人工修复为辅”和“不产生新的生态破坏”原则，开展生态修复，恢复河道的连通性和原坝址处生境。红庙水电站拦河建筑物的拆除和生态修复工作由地方人民政府组织实施。大河片水电站拦河坝应在姚家平水利枢纽工程下闸蓄水前完成拆除及生态修复工作，拆除和生态修复费用纳入姚家平水利枢纽工程环境保护投资。天楼地枕大坝鱼道建设费用纳入姚家平水利枢纽工程环境保护投资；连通性修复措施中姚家平、天楼地枕大坝的过鱼设施纳入水生生态保护措施中论证，并应严格按照环保“三同时”制度执行，与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

## **（6）河道生境修复**

姚家平水利枢纽建成后，库区回水淹没范围内流水生境减少，喜流水性鱼类适宜生境萎缩；产粘沉性卵鱼类因产卵场淹没，产卵规模和繁殖功能下降；这些鱼类将向库尾及支流迁移寻找适宜栖息和繁殖的生境条件。

雪照河坝下至姚家平库尾间河段与支流长偏河连通，由于来水量较大，砾石滩多，可为鱼类提供较好的生境条件。河道连通性修复措施提出在姚家平工程下闸蓄水前拆除大河片底拦栅坝，恢复河道上下游连通性，并借助大坝拆除施工，对河道进行疏浚清理和生境修复。疏浚清理主要为清理大河片拦河坝拆除时留下的混凝土块以及淤泥，以维持河流



顺畅；河道生境修复主要为根据坝址上下游生境状况，进行卵石和砾石填充等，通过工程措施构造急流、缓流、浅滩、深潭交错的多样性生境。

姚家平大坝至天楼地枕大坝间、天楼地枕大坝至厂房尾水间分别存在 1.6km、6.3km 的减水河段，根据数学模型流场计算结果，在姚家平工程建成运行后，不同运行工况下，上述河段存在局部水流流速高、水深偏浅的情况，不利于鱼类上溯，影响过鱼设施运行效果和区间鱼类资源交流，需采取工程措施进行局部河段的生境修复。初步确定修复范围为姚家平大坝下游 800~1600m、天楼地枕大坝下游 2700~3100m 和 5300~5500m。由于修复河段底坡坡度过大，仅采用河道疏浚效果欠佳，建议结合天然河床特点，在尽可能保留河床横断面原始形态的前提下，通过局部增设丁坝、布设大直径漂石以及增加主流通道蜿蜒性等工程措施，增大沿程阻力，降低流速，增大水深。后续应开展水工模型试验等研究，合理选择和设计河道修复范围，制定工作方案。

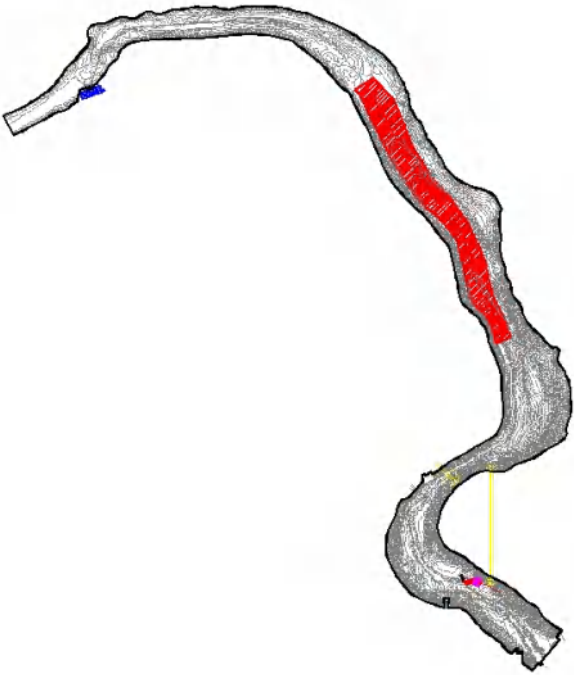


图 6.3-5 姚家平水利枢纽坝下减水河段生境修复范围示意图

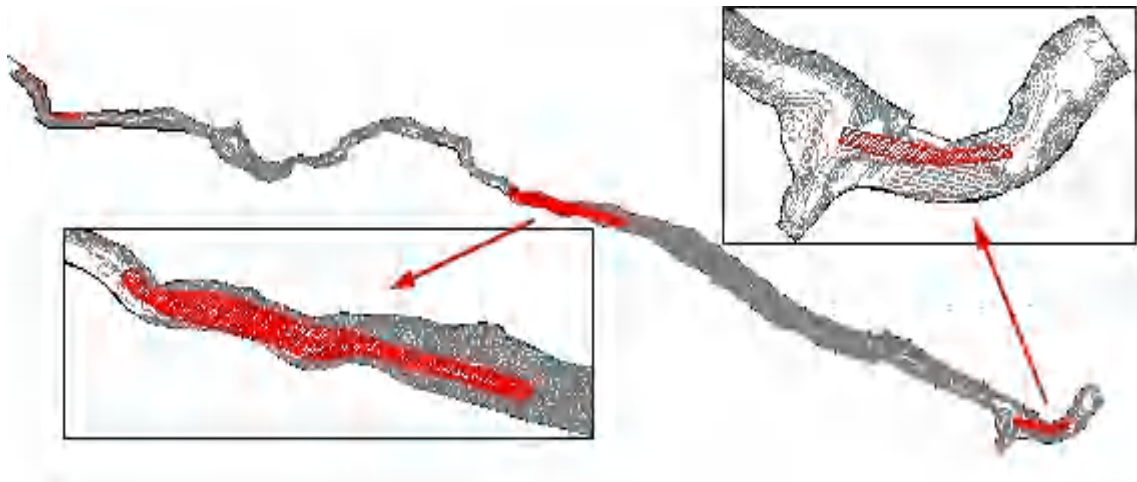


图 6.3-6 天楼地枕坝下减水河段生境修复范围示意图

### (7) 保护效果监测与评估

开展栖息地保护效果跟踪监测与评估。在栖息地保护措施运行后每 3 年进行 1 次水生生态年度监测，共开展 3 次，主要调查鱼类等水生生物资源变化和重要生境分布、早期资源情况，通过长期的资源监测、鱼类繁殖情况跟踪调查，分析评价栖息地保护效果。

## 6.3.4 过鱼设施

### 6.3.4.1 过鱼设施建设的必要性

《中华人民共和国长江保护法》第五十九条规定：“对鱼类等水生生物洄游产生阻隔的涉水工程应当结合实际采取建设过鱼设施、河湖连通、生态调度、灌江纳苗、基因保存、增殖放流、人工繁育等多种措施，充分满足水生生物的生态需求。”

《中华人民共和国水法》第三章第二十七条规定：“在水生生物洄游通道修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施。”

《中华人民共和国渔业法》第四章第三十二条规定：“在鱼、虾、

蟹洄游通道建闸、筑坝，对渔业资源有严重影响的，建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施”。

《长江水生生物保护管理规定》（2021 年）第三章第十六条规定：“在长江流域水生生物重要栖息地应当实施生态环境修复和其他保护措施。对鱼类等水生生物洄游或种质交流产生阻隔的涉水工程，建设或运行单位应当结合实际采取建设过鱼设施、河湖连通、生态调度、灌江纳苗、基因保存、增殖放流、人工繁育等多种措施，充分满足水生生物洄游、繁殖、种质交流等生态需求。”

清江干流已建成 10 个梯级，支流大多已经开发，大坝阻隔使河流生境破碎化、片段化严重，已建梯级的阻隔影响及累积影响已显现，流域原有的喜流水生境鱼类、产漂流性卵鱼类种类和数量减少，鱼类多样性降低。姚家平水利枢纽作为清江干流拟建的最后一个梯级，工程布设的永久性拦河坝将使河道阻隔影响加剧，需建设过鱼设施以减缓建坝对河流连续性和生物群落的影响，为亲鱼繁殖、鱼卵孵化、幼鱼索饵以及为幼鱼、繁殖后亲鱼降河创造条件，为大坝上下游鱼类种群基因交流提供通道。

本工程河道连通性修复措施总体布局为拆除大河片、红庙水电站的拦河坝，在姚家平、天楼地枕拦河坝建设过鱼设施，以恢复区域河道的连通性。其中，红庙水电站拦河建筑物的拆除和生态修复工作由地方人民政府组织实施；大河片水电站拦河坝在姚家平工程下闸蓄水前完成拆除及生态修复，该工作已纳入栖息地保护措施；姚家平、天楼地枕拦河坝需建设过鱼设施，建设费用纳入姚家平工程环境保护投资，本工程过鱼设施建设主要针对姚家平水利枢纽和天楼地枕大坝过鱼方案进行论证。

天楼地枕过鱼设施可坝下河段鱼类上溯至姚家平坝下，补充区间的

鱼类资源，但过坝鱼类主要来自于天楼地枕至龙王塘坝址间及支流甘名溪河段，鱼类资源量较为有限。姚家平至天楼地枕坝址间河段鱼类通过姚家平枢纽的过鱼设施转移过坝后，运输至库尾放流，鱼类可感应水流继续上溯至雪照河、长偏河等生态环境良好的水域栖息、繁殖，从而完成区间鱼类资源交流过程。但该区段上下游均建有拦河建筑物，鱼类资源量有限，鱼类来源对天楼地枕过鱼设施的运行效果依赖度较高。

#### 6.3.4.2 过鱼对象选择

姚家平水利枢纽对鱼类的影响主要是阻隔了上下游不同水域鱼类群体间的交流通道，阻断了短距离洄游性鱼类的洄游线路。原则上所有受工程阻隔影响的鱼类都应列为过鱼对象，但把所有鱼类都列为过鱼对象，过鱼设施设计难以兼顾。因此，在确定过鱼目标时，以下类群需要优先考虑：具有洄游及江湖洄游特性的鱼类；受到保护的鱼类；珍稀特有及土著鱼类；具有经济价值的鱼类；其它具有洄游及迁徙特征的鱼类。过鱼对象要为工程上下游水域均有分布或工程运行后有潜在分布可能的鱼类；工程上下游存在其重要生境的鱼类；洄游或迁徙路线经过工程断面的鱼类。工程河段干支流现状无长距离洄游性鱼类分布，大部分为适应急流生活的种类，多为短距离洄游习性和定居性种类，主要有鲤形目的鲤科、鳅科、平鳍鳅科和鲇形目的鲃科等，为了繁殖、索饵、越冬等目的，在干流上下游和干支流间迁移、洄游。

现状调查在清江上游共采集到鱼类 31 种，过鱼对象主要从现有分布的保护对象中筛选。重点保护对象中的青石爬鮡、齐口裂腹鱼、短体副鳅为现状仍有分布的珍稀保护鱼类，列为过鱼对象；优先保护对象中的泉水鱼、光唇裂腹鱼、暗色唇鲮、长脂拟鲮、四川爬岩鳅、泸溪直口鲮、红尾副鳅、戴氏山鳅、琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅、中华纹胸鮡 11 种均为仍有分布的底栖流水性鱼类或产粘沉性卵鱼类，其栖息生境和产

卵繁殖功能受工程影响较大，列为过鱼对象；一般保护对象中的草鱼、鲢、鳙、鲤、鲫、团头鲂、黄颡鱼、鳊 8 种为现状仍有分布的重要经济鱼类，其中草鱼、鲢、鳙为产漂流性卵的江河洄游性鱼类，但其在清江流域内已无完成生活史的条件，个体多来自于人工增殖放流，列为兼顾过鱼对象；鲤、鲫、团头鲂、黄颡鱼、鳊等定居性鱼类受建库影响较小，资源量通常会有一定增长，列为兼顾过鱼对象。现状仍有分布的短距离洄游习性的鱼类有鲢、鳙、草鱼、齐口裂腹鱼、泉水鱼、蛇鮈、拉氏鲮、马口鱼等，其中草鱼、鲢、鳙以及广适性的小型鱼类蛇鮈、拉氏鲮、马口鱼列为兼顾过鱼对象，齐口裂腹鱼、泉水鱼列为主要过鱼对象。其它现状调查未采集到的珍稀保护物种以及有短距离洄游习性或喜流水生境的种类列为兼顾过鱼对象。

根据拦河建筑物所在河段的鱼类资源量、上溯需求、洄游动机、保护级别等，结合现状调查结果，本工程以青石爬鮠、齐口裂腹鱼、短体副鳅、泉水鱼、光唇裂腹鱼、暗色唇鲮、长脂拟鲮、四川爬岩鳅、泸溪直口鲮、红尾副鳅、戴氏山鳅、琼中拟平鳅、平舟原缨口鳅、中华纹胸鮠为主要过鱼对象，其它主要受工程影响的鱼类列为兼顾过鱼对象，主要过鱼对象生态特性见表 6.3-3。

#### 6.3.4.3 过鱼时间

评价范围内无长距离洄游性鱼类分布，主要分布的为有索饵和产卵需求的短距离洄游性鱼类，过鱼设施建设目的主要是为了保障繁殖群体的上溯，促进鱼类遗传交流，为鱼类提供索饵和产卵的洄游通道。过鱼时间重点考虑保障主要过鱼对象繁殖季节的过坝需求，主要过鱼对象的繁殖时间为 3~10 月。因此，过鱼季节确定为 3~10 月，可满足大多数亲鱼繁殖过坝需求，其中主要过鱼时间为 4~8 月，实际运行阶段可根据鱼类资源分布变化和繁殖行为做相应调整。

表 6.3-3

姚家平水利枢纽工程主要过鱼对象生态特性

物种	栖息类型	食性	繁殖类型	生态特性
齐口裂腹鱼	底层	杂食性	繁殖期 3~6 月，产粘沉性卵。有短距离的生殖洄游现象。	生长缓慢，性成熟晚，资源一旦遭到破坏，难以恢复。为底层鱼类，要求水温较低并喜生活于急缓流交界处。产卵季节有短距离洄游习性。产后亲鱼秋季 9~10 月回到江河深水处或水下岩石中越冬。自然种群数量较少。繁殖群体通常上溯至支流产卵，沉性卵，具微粘性，受精卵沉于水底，易被流水带入砾石间而继续发育。
光唇裂腹鱼	下层	杂食性	繁殖期，产粘沉性卵。	杂食性，产沉性卵，微粘性。
泸溪直口鲮	底层	植食性	繁殖期为 6~10 月。	常栖息于激流浅滩，为底层鱼类，刮食着生藻类。常于洪水期集群至小河坑产卵。
暗色唇鲮	底层	植食性	繁殖期 5~7 月，产半漂流性卵。具有短距离洄游习性。	植物食性，有短距离洄游习性。繁殖季节为每年的 5~7 月，卵半漂浮性。
泉水鱼	中下层	杂食性	繁殖期在 3~4 月，产沉性卵。	杂食性，生殖季节游向上游产卵。产卵时间约在 3~4 月，卵产于石缝或石洞中。
红尾副鳅	底层	杂食性	繁殖盛期在 4~5 月，产粘性卵。	杂食性，繁殖盛期为 4~5 月，产粘性卵。
短体副鳅	底层	杂食性	繁殖期在 4~5 月，产粘性卵。	生活在江河或小溪底层，产强粘性卵。
戴氏山鳅	底层	杂食性	繁殖期为 5~7 月。	杂食性。怀卵量少，一般 300~1000 粒。卵较大，黄色，卵径 3.2mm。生长缓慢，个体较小，目前所见最大个体仅长 140mm。多生活在水流湍急，水质清澈有砾石、岩缝或洞穴的河段。自然种群数量较少。
琼中拟平鳅	底层	杂食性		生活在卵石底质、水流湍急的山涧溪流。为底栖小型鱼类。
平舟原缨口鳅	底层	肉食性	繁殖期为 3~5 月，产粘性卵。	一次产卵类型，产出的卵顺水漂流于水势较缓处，沉于水底，受精卵粘着在卵石或沙底上发育。主要生活在水流湍急的山间溪流砾石或沙滩上，生长缓慢。

物种	栖息类型	食性	繁殖类型	生态特性
长脂拟鲮	底层	肉食性	繁殖期为 4~6 月，产粘沉性卵。	繁殖期为 4~6 月，产粘沉性卵。
四川爬岩鳅	底层	杂食性	繁殖季节为 2~4 月，产粘沉性卵。	底栖小型鱼类。体型特化，栖息于水流湍急、多砾石的山涧溪河中，吸附于石块上生活。
青石爬鮡	底层	杂食性	繁殖季节为 6~7 月，产粘性卵。	繁殖季节 6~7 月，行体内受精，雌鱼在雄鱼离开后于急流乱石滩上将卵块排出，卵粒间紧密粘连在一起，但卵块无粘性，随水漂流，在静水中沉于水底。底栖性鱼类，常生活在河流支流、河床多砾石、水流湍急的河段。多以腹部紧贴石上或在石缝活动。曾为重要经济鱼类，种群数量下降迅速。
中华纹胸鮡	底层	杂食性	繁殖期在 5~7 月，产粘性卵。	底栖小型鱼类。主要摄食昆虫幼虫。每年 5~7 月，在急流石滩上产卵，卵粘附于石块上。

#### 6.3.4.4 过鱼设施比选

##### (1) 过鱼设施类型

为减缓大坝阻隔对河流生态系统尤其是鱼类种群的影响，通过在大坝上修建过鱼设施来改善河道连通性，使鱼类能够顺利上行或下行过坝。过鱼设施对维持河流生态系统的连通性、保护珍稀特有鱼类、维持河流的遗传及生物多样性具有重要意义。世界范围内已经设计建造了多种过鱼设施，一般可分为鱼道、仿自然通道、升鱼机、鱼闸、集运鱼系统等，各类型过鱼设施特点如下：

##### 1) 鱼道

鱼道为呈连续阶梯状的水槽式过鱼构筑物，由进口、槽身、出口和诱鱼补水系统等组成。主要包括池式鱼道、槽式鱼道和特殊形态的鱼道等，采用多级跌水形式。目前实施鱼道的工程较多，技术相对成熟，国内外运行效果表明鱼道具有良好的过鱼潜力，可连通河道上下游水生环境，沟通和恢复坝上、坝下水域鱼类的联系，能够连续过鱼，成为优先考虑的过鱼措施。

鱼道布置需要较大的空间，其布置受工程两岸地形、地质条件限制较大，需要两岸地形相对宽阔、地质条件稳定；由于高水头大坝采用鱼道时，鱼道的长度较长，过鱼目标的游泳能力需较强，布置难度更大，鱼道对高水头大坝适用性较差，一般不适用于上下游水头差超过 40m 的工程，水位差越大，需要的斜坡越长；鱼道需结合枢纽布置，对主体工程 and 调度运行有一定的影响；一般适用于低水头的枢纽。鱼道在我国运用较多，工艺技术相对成熟，其优势在于不需要人工操作，可持续过鱼，不易产生故障，运行费用低，可及时保证洄游鱼类过坝，且不会伤害鱼体；缺点是鱼道设计长度一般较长，设计难度高，造价高，耗水量



多，且难以适应较大的水位变幅。

## 2) 仿自然通道

仿自然通道是在岸上人工开凿的类似于自然河流的小型溪流，用以连通被阻隔的河流，并考虑鱼类行为和通道坡度、仿自然河床、水流条件等因素的一种鱼类洄游通道。其优点为接近天然河道，具有部分生态恢复功能，过鱼效果较好，鱼类在渠道中休息条件良好，适应通过的鱼类范围广，一般与枢纽工程分离，布置不受枢纽工程影响，在布置空间允许的范围内，应优先考虑仿自然通道。其缺点为坡度较低，一般不大于 1:20，布置需要相对大的空间；要求上下游水位差较小，一般不大于 20m，不适宜高水头的大坝；高山峡谷地区由于地势限制难以建设，一般应用于缓丘低山地形；通常用于中小型河流中，没有特殊装置（闸门、水闸）时，不能适应上游水位的显著变化，不适用于上游水位变幅较大的工程。

## 3) 鱼闸

鱼闸由下水槽、闸室、上水槽组成，利用闸室充水的方式诱鱼过闸，利用上、下闸门调节闸室内水位变化过鱼，鱼类在闸室凭借水位的上升，不必溯游便可过坝。其优点为鱼类不必克服水流阻力即能过坝，过坝不费劲，不管体质强弱或个体大小，都能安全过闸，对游泳能力差的鱼类尤为适用；鱼闸对水消耗较低，可以用于流量有限的区域；鱼闸与枢纽工程布置相结合，受工程两岸地形和地质条件限制小；与相同水头的鱼道相比，不存在鱼类通过鱼道后的疲劳问题，能适应较高的水头，占地少。其缺点为过鱼效果不连续，适用于过鱼量不多的工程，过鱼目标为中、底层以及小型鱼类的工程不适用；适应的上下游水位差小于 40m，为适应高水位变化需修建多个不同水位开启的上闸室，工程难度大，耗

水量多；鱼闸设计和建造技术要求高，一般用于中低水头工程，不适用于流量变幅大的工程；鱼闸在运行中需要频繁地维护和运行，维修和运行复杂且费用较高。

#### 4) 升鱼机

升鱼机利用机械升鱼和转运设施过坝，一般包括垂直式升鱼机、斜坡式升鱼滑道，由下游集鱼道、集装鱼斗和提鱼过坝用的高架提升机械组成。其主要优点为布设于大坝上，可直接提升过坝，适用于中高水头大坝和库水位变幅较大的枢纽；鱼类通过升鱼机转运过坝费力较小，游泳能力差的鱼类尤为适用，可较长距离转运鱼类；对水的消耗较低，可用于流量有限的区域；提升高度大，需要的布置空间较小，灵活性好，便于在枢纽布置，对枢纽建筑物干扰较小。其缺点是提运时间长，过鱼效果不连续，不利于大批量过鱼需求的枢纽；且升鱼机机械设施结构复杂，需要设置提升机械，发生故障的可能性较大，设计和建造技术要求高，运行维护较为复杂且费用偏高。

#### 5) 集运鱼系统

集运鱼系统通过集鱼和运输的手段实现过坝，主要包括集鱼设施、运鱼设施及相关配套设施等，通过坝下集鱼设施集鱼后由运鱼设施将鱼运至大坝上游适宜生境投放，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。集运鱼系统机动灵活，机动性好，不受水位限制，能适应下游河道水位的变化，适用于上下游水位差超过 60m 的工程；鱼类通过转运过坝费力较小，适用于高水头的大坝；布置空间小，设施布置灵活，对枢纽建筑物没有干扰；可根据不同鱼类的生态习性，调整补水诱鱼流速，可针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，将鱼类运往上游适宜水域投放，对游泳能力差的鱼类较为适用。其缺点为运行管理费用较大，所需集鱼、运鱼

设施要求相对较高，过鱼效果不连续，且受诱鱼效果的制约较大，鱼类在转运过程中易受到损伤或死亡，集鱼和转运过程影响过鱼效果。

各类型过鱼设施的主要特征见表 6.3-4。

## **(2) 姚家平水利枢纽过鱼设施比选**

姚家平水利枢纽所在河段两岸为悬崖峭壁的险峻山岭，河谷深切、滩多流急，枢纽最大坝高 175m，库区水位变幅大于 20m，其正常蓄水位 745.00m，生态电站处枯水期生态下泄水位 576.20m，最大水位落差为 148.80m，过鱼对象主要为底栖流水性的中小型鱼类，且下泄流量的变幅较大，存在库区水位变幅大、空间局限和高坝等限制因素。结合枢纽工程布置和所在河段的地质条件，分析各类型过鱼设施的适用性。

仿自然通道坡度低、占地面积大，而工程所在河段河床狭窄，布置空间不足，在地形地质上不具备布置仿自然通道的条件。鱼道不适合于高坝（坝高不宜超过 40m）工程，本工程最大坝高为 175m，若采用鱼道设计将存在需要空间大、鱼道较长、费用高等缺点，枢纽所在河段不具鱼道布置空间。鱼道和仿自然通道不适用于高坝，且库区水位变幅过大不便于设计出鱼口，对技术、建设费用要求较高，因此姚家平枢纽不适合以鱼道和仿自然通道作为过鱼设施。鱼闸过鱼效果不连续，对底层以及中小型鱼类不适用，高坝、过鱼对象、下泄流量变幅等限制均使鱼闸不适用于本工程，且鱼闸对建造技术要求高，运行维护过程复杂，可行性、有效性难以评估，不适合作为本工程的过鱼设施。

表 6.3-4

不同类型过鱼设施特点

类型	原理	使用范围	优缺点	效果	本工程适用性
鱼道	采用混凝土式通道，内部设有各式隔板、将水槽分隔成一系列互相沟通的水池。	采用型式较多，适合于中、低水头大坝，或用于大坝改造增设过鱼设施。	不适合于高坝（坝高不宜超过 40m）工程。入口水位适应范围有限，运行条件高。	鱼道型式多样，不适宜上游水位变化频繁的区域。	姚家平枢纽最大坝高 175m，发电厂房位于地形较陡的右岸，布置难度大，鱼道距离长。天楼地枕最大坝高 15.5m，上下水位差较小，可建设鱼道作为过鱼设施，但右岸地形较陡，建设难度大，可在左岸布设。
仿自然通道	绕过大坝并呈模仿自然外观，呈现自然形式的鱼道。	适合于两岸具有足够空间的工程，对于现存的坝堰改善效果较好，在上游水位变化较大时不适用。	占地面积大，枢纽两侧以及上游需有足够布置空间，在地面设置深沟，需结合技术型鱼道构造。入口水位适应范围有限，运行条件高。	可使所有水生动物种类通过，为流水性水生生物提供栖息空间，能够绕过大坝且能很好与当地环境结合。	坝址处河谷狭窄，两岸坡度较陡，无布置仿自然通道的空间，不具备建设的地形条件。
鱼闸	为凹形通道，上下游两端有可控制的闸门，通过控制闸门的开关或往通道注水来形成吸引流。	适用于中低水头，或空间、水流量有限区域。	设计和建造技术要求高，需要频繁地维护和运行，运行维护较为复杂，但对水消耗较低。	主要适用于鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用。	坝址处河谷狭窄，姚家平坝高较高，鱼闸对主体工程影响较大。过鱼对象以中小型底栖鱼类为主，鱼闸不宜用。
升鱼机	为配置有运送水槽和机械装置的升降机，通过把鱼从下游吊起送到上游。	适用于中高水头，或空间、水流量有限区域。	需要空间不大，在设计和建造上对技术要求较高，运行维护较为复杂。	对游泳能力弱的鱼类效果较好。	姚家平坝高较高，坝址空间狭窄，升鱼机布置所需空间不大，可配套集鱼设施建设，推荐姚家平枢纽采用，需进一步比选。
集运鱼系统	通过坝下集鱼设施把鱼收集后，运至库区或其它地方放流，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。	适用于高水头，或空间、水流量有限区域，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	需要空间不大，设施布置灵活，但所需集鱼、运鱼设施要求相对较高，受诱鱼效果制约较大。	应用范围较广，针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，过鱼效果有待跟踪研究。	占用空间小，适用于高水头、高坝工程，可配套集鱼设施建设，再利用运鱼设施转运过坝放流，受人为影响大，推荐姚家平枢纽采用，需进一步比选。

升鱼机和集运鱼系统较为灵活，所需空间小，便于在枢纽布置，适用于高水头、高水位变幅的枢纽，且受区域空间限制较小，可转运较长运输距离。结合过鱼目标的生态习性、生物学特征以及姚家平水利枢纽的工程特点，并参考国内外已建工程经验及技术可行性，初拟采用集运鱼系统和升鱼机作为本工程的过鱼设施，并针对两种过鱼方案开展进一步的设计和比选。

### 1) 集运鱼系统

在姚家平生态电站厂房尾水口下游设置集鱼系统，集鱼后通过运鱼车陆地运输过坝，利用姚家平左岸 2 号道路及屯渝公路运送至坝址上游约 10.5km 大峡谷大桥处放流，在大桥上游设置放流码头，陆地运输距离约 20.5km。运鱼车内部设置维生系统及控制系统，运输过程中无法开启放鱼装置，只有达到指定的放流点才能开启放鱼口。每台运输车辆智能监控平台设备通过 GPS 或北斗导航实现车辆位置实时定位功能，以及车辆运输路线历史轨迹查询功能，自动复核放流地点，提醒到达放流地点并开启放流模式。

### 2) 升鱼机

在姚家平生态电站厂房尾水口下游设置集鱼系统，集鱼后运输通过运鱼车陆地运输至姚家平 10#坝下游升鱼机处，采用升鱼机运输过坝，过坝后通过运鱼船运至坝址上游约 10.5km 大峡谷大桥处放流，在大桥上游设置放流码头。

集鱼系统通过提升系统将运鱼箱送至右岸转运平台。在右岸水垫塘 EL618.00m 处设有马道，马道宽 6m，道路纵坡为 0，此处连接了右岸 2#永久交通洞和大坝下游，方便布置运鱼轨道。轨道总长 427m，坡度为 0，轨道宽 2m，高于下游校核洪水位 612.16m。运鱼箱通过轨道运送

至 10#坝下游，等候在竖井内运鱼箱上方的自动抓梁下降连接运鱼箱，再在上游台车的牵引下沿运鱼箱导向轨道上升到坝顶 EL750.0m 处，竖井尺寸拟采用 3.0m×3.0m。上游台车悬吊运鱼箱沿坝顶排架上的水平轨道运行至停泊在坝前水库中的放鱼系统转运船上方，上游台车将运鱼箱下降至放鱼系统转运船上，打开其侧部放鱼口并将运鱼箱内的鱼卸入放鱼系统转运船内。运鱼箱内腔尺寸（长×宽×高）为 2m×2m×1m，满载自重 10t。运鱼车额定载重量 10t，行驶速度 60m/min。上游台车扬程 142m。

### 3) 方案比选

集运鱼系统机动性好，可将鱼类运到上游适宜生境投放，对枢纽布置无干扰，造价成本较低，布置通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联；但集运鱼系统所需集鱼、运鱼设施要求相对较高，受诱鱼效果制约较大，集鱼范围小，过鱼不连续；运鱼系统对运输过程要求高，工程所在河段下游水深较浅，不具备采用集运鱼船的运鱼方式，使用运鱼车转运过程中易对鱼类造成损伤，且受人为因素影响较大；在设计和建造上对技术要求较高，运行维护较为复杂，运行管理费用偏高。

升鱼机适用于中高坝或空间、水流量有限区域，结合枢纽工程布设，布置所需空间小，运鱼过程对水的消耗低。但升鱼机提运时间长，过鱼效果不连续，不利于大批量过鱼；升鱼机机械设施结构复杂，发生故障的可能性较大；设计和建造技术要求高，运行维护较为复杂，运行管理费用偏高。

从地形条件、技术特点及可行性、适用条件、过鱼能力、过鱼对象、场地条件及布置难度、运行管理和工程投资等角度对集运鱼系统和升鱼机两种过鱼方案进行综合比选，结果见表 6.3-5。升鱼机运行难度较集

运鱼系统高，且投资较大，但考虑管理及受人为干扰等因素，推荐采用升鱼机作为姚家平枢纽的过鱼设施。

表 6.3-5 姚家平水利枢纽工程过鱼设施比选

类别	集运鱼系统	升鱼机	比选结果
地形条件	集鱼系统布置在姚家平生态电站尾水下游	集鱼系统布置在姚家平生态电站尾水下游	无差异
技术特点及可行性	国内已建彭水集运鱼系统等，投入运行时间较短，相关经验较少。	国内已建两河口升鱼机等，投入运行时间较短，相关经验较少。	持平
适用条件	适用于高水头或空间、水流量有限区域，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	适用于中高水头或空间、水流量有限区域，布置所需空间小，对枢纽工程干扰小，运鱼过程对水的消耗低。	集运鱼系统优
过鱼能力	转运时间长，不能够连续过鱼，不利于大批量过鱼，受诱鱼效果制约较大，集鱼范围较小。	提运时间长，不能够连续过鱼，不利于大批量过鱼，受诱鱼效果制约较大，集鱼范围较小。	持平
过鱼对象	对游泳能力弱的鱼类效果较好。可针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，受诱鱼效果制约较大。	对游泳能力弱的鱼类效果较好，受诱鱼效果制约较大。	集运鱼系统优
场地条件及布置难度	需要空间不大，设施布置灵活，所需集鱼、运鱼设施要求相对较高。	需要空间不大，在设计和建造上对技术要求较高，布置紧凑。	集运鱼系统优
运行管理	在设计和建造上对技术要求较高，机械设备和故障较易发生，运行维护复杂，管理难度大，受人为干扰大。	在设计和建造上对技术要求非常高，机械设施结构复杂，机械设备和故障较易发生，运行维护复杂，管理难度大。	升鱼机优
工程投资	5385.04 万元	8392.47 万元	集运鱼系统优
综合比选	升鱼机运行难度较集运鱼系统高，且投资较大，但考虑管理及受人为干扰等因素，推荐升鱼机。		升鱼机优

### (3) 天楼地枕大坝过鱼设施比选

天楼地枕大坝位于姚家平坝址下游，挡水建筑物为重力坝，最大坝高 15.5m，上下游水位差较小，为满足工程河段鱼类上溯洄游需求，需在大坝处建设过鱼设施。姚家平枢纽过鱼设施的运行效果依赖于天楼地枕的过鱼效率，上溯的鱼类资源来自于天楼地枕大坝下游，为使鱼类有上溯至姚家平坝下的条件，对天楼地枕过鱼设施的运行效果要求较高。

天楼地枕大坝所在河段河床狭窄，仿自然通道坡度低、占地面积大，地形不具备布置仿自然通道的条件。升鱼机、鱼闸过鱼效果不连续、不稳定，操作复杂，建设运行费用高，设计难度大，不适用于天楼地枕大坝。鱼道设计建造技术成熟可靠，一般适用于水头在 20~25m 以下的低水头水利枢纽，在设计合理、满足运行条件情况下，能够长时间连续过鱼，不需要人工操作，入口持续性水流具有较好的诱鱼效果，过鱼效果理想，且运行费用低。综上所述，选择鱼道作为天楼地枕大坝的过鱼设施，便于鱼类上下通行，缓解区段连通性阻隔影响。

天楼地枕大坝位于姚家平坝址下游约 2.5km，在天楼地枕坝址处修建鱼道过鱼，与上游姚家平过鱼设施联动，实现区间鱼类洄游通道连通。鱼道具有集鱼效果好，技术较为成熟，且集鱼效果连续的优点，在设计合理、满足运行条件情况下，大部分鱼类能够通过鱼道顺利上行，诱鱼效果理想。

#### **6.3.4.5 过鱼方案设计**

##### **(1) 姚家平水利枢纽过鱼方案设计**

###### **1) 集鱼系统选址**

鱼类在河道及大坝下游一般呈“斑块状”或“簇状”分布，不同区域由于水力学条件、饵料生物、底质等条件的不同，密度呈现较大差异。集鱼地点是否是鱼类密集区关系到集鱼效果的优劣，是集鱼系统设计的最关键环节。集鱼口一般布置在经常有水流下泄、鱼类洄游路线及经常集群的地方，并尽可能靠近鱼类能上溯到达的最前沿；集口处附近水流不应有漩涡、水跃和大环流；进口处水流流速应大于 0.2m/s，水流应使鱼类易于分辨和发现，有利于鱼类集结；进口位置应避开泥沙易淤积处，选择水质良好、饵料丰富的水域，避开有油污、化学性污染和漂浮物的



水域。

根据鱼类习性，鱼类在繁殖季节一般具有逆水上溯的习性，鱼类被下泄水吸引易聚集在经常性泄水建筑物下方，上溯至最上游屏障处聚集，因此将集鱼口布置在有水流下泄的电站尾水口下游。同时集鱼口应选择流态稳定平缓的区域，避开大范围回流区，满足鱼类洄游、交通便利及度汛安全要求。

姚家平坝址下游有生态机组尾水口和主厂房尾水口两处，其中，主厂房下泄流量较大，尾水在河道上易形成高流速区及回流区，形成上溯屏障影响鱼类聚集上溯，不利于鱼类寻找入口；生态机组尾水下泄流量在下游河道形成顺流，无回流，且位于鱼类能上溯到达的最前沿，持续性水流具有较好的诱鱼效果，鱼类抵达后可进入集鱼系统。在姚家平生态机组厂房尾水口设置集鱼口基本具备诱鱼条件，尾水顺河道流出后导向明确，可引导鱼类上溯，顺利完成集鱼过程。

## 2) 放流码头选址

放流水域应有一定的流速，通常应大于鱼类的感应流速，以便目标鱼类放流后能继续上溯，且放流地点的选择还应考虑库区干支流栖息地的分布情况。姚家平坝址上游约 10.5km 处的大峡谷大桥，位于姚家平库区尾部，在大桥上游 700m 处右岸地面高程 720~800m，地形边坡约为 40~50°，现有道路高程约 800m，上游 800m 处有支流汇入，生境条件较适宜作为放流地点，拟在此处设置放流码头。

## 3) 过鱼方案总体布置

姚家平水利枢纽建设将新增河道阻隔影响，造成鱼类种群交流和产卵洄游通道受阻，为减缓工程建设对水生生态系统的影响，姚家平水利枢纽采用升鱼机作为过鱼设施，并在天楼地枕大坝处设置鱼道过鱼，以

恢复区域的河道连通性。

在姚家平生态机组厂房尾水下游设置集鱼系统，为提高集鱼效果，下部集鱼口结合短距离鱼道进行布设，该布置衔接连续性强，避免了坝高、库长而单纯使用鱼道造成的鱼道过长、鱼类难以攀爬等问题。鱼道诱鱼、集鱼后通过运鱼车陆地运输至姚家平 10#坝下游，再通过升鱼机过坝，过坝后通过运鱼船送至上游约 10.5km 的大峡谷大桥处，在大桥上游设置放流码头放流。

#### 4) 过鱼建筑物工艺设计

姚家平水利枢纽的过鱼设施为集鱼系统、过坝系统和放流系统 3 部分组成的升鱼机。集鱼系统采用固定式集鱼系统（短距离鱼道），过坝系统采用运鱼车+垂直升鱼机，放流系统采用运鱼船放流。

集鱼系统主要由进鱼口、进口段、赶鱼栅池、集鱼斗池、消力池、分拣观察室、转运平台、拦鱼网、供水阀室等组成。过坝系统主要由转运段、轨道段和过坝段组成。放流系统主要由运鱼船组成。

集鱼系统的主要功能是在坝下鱼类集群水域利用鱼类对水流的趋向性，将鱼类诱入集鱼通道，利用赶鱼栅系统驱赶鱼类至集鱼池，同时在进鱼口处设置防逃逸装置，防止进入的鱼类逃逸。在进鱼口设置一孔闸门，用于非运鱼期间挡水及集鱼通道检修，为保证水流流速，根据需要设置供、补水系统。集鱼池内的升鱼斗垂直提升，达到分拣观测室。升鱼斗提升后，赶鱼槽提起，沿集鱼通道向进鱼口方向水平移动、复位，等待下一轮作业。升鱼斗达到放鱼位置，侧壁开启，运鱼车停放至升鱼斗下方，鱼类直接装入轨道运鱼车，装鱼过程无缝对接，自动进行装鱼与放鱼，避开人为干预。

过坝系统采用定制运输车将鱼类转运到坝下垂直升鱼机处，通过升

鱼机过坝，运鱼系统配备专用运鱼车 2 台（1 用 1 备），运鱼车通过固定轨道、连接道路及过坝公路将鱼类转运到升鱼机处。放流系统配备运鱼船 2 艘（1 用 1 备），采用运鱼船送到上游放流码头放流。

为对升鱼机全过程各环节进行监控，集鱼系统设置有监测站及视频监控、水下视频监控、在线水质监控等。以监测过鱼种类、数量、规格等，统计分析过鱼效果，切实保障过鱼设施的有效运行。

### 5) 过鱼建筑物设计

#### ①过鱼建筑物主要设计参数

集鱼口鱼道净宽：1.5m；鱼道每级净长：2.0m；鱼道垂直竖缝宽度：0.3m；鱼道有效工作水深：1.0~3.0m。

集鱼系统净宽：2.0m；鱼道每级净长：2.5m；鱼道垂直竖缝宽度：0.3m；鱼道有效工作水深：1.0~3.0m。

过鱼建筑物特征流量：枯期生态流量：8.48m<sup>3</sup>/s；丰水期生态流量：15.57m<sup>3</sup>/s；生态机组满发流量：21.7m<sup>3</sup>/s；电站厂房满发流量：123.68m<sup>3</sup>/s；生态+电站厂房机组满发流量：145.38m<sup>3</sup>/s。

#### ②集鱼系统设计

姚家平水利枢纽工程等别为 II 等，规模为大（2）型。电站装机容量 160MW，发电建筑物为 3 级，按 50 年一遇洪水设计，200 年一遇洪水校核。集鱼系统建筑物级别为 3 级，按 50 年一遇洪水设计，200 年一遇洪水校核。

集鱼系统最低运行水位为姚家平汛期生态下泄流量对应水位 596.35m，最高运行水位为生态电站和引水电站满发下泄流量水位 597.98m。设计洪水位为 604.92m，校核洪水位为 608.88m。

集鱼系统布置在姚家平生态电站尾水下游 100m 处，总长 55.45m。

由进口段、赶鱼栅池、集鱼斗池、消力池、供水阀室、供水管及进水池等组成。进口边墙顶部高程略高于最高运行水位 597.98m，设计为 599.00m。进口段长 15.00m，底板高程为 595.08m，与下游河道采用 1:5 反坡相接，宽 2.0m，在进口处设一扇检修闸门，供集鱼系统低水位检修使用，闸室检修平台高程 599.00m，启闭平台高程为 611.50m。进鱼口段长 9.00m，底板高程为 595.08~595.20m，纵坡为 1/70，宽 2m。赶鱼栅池长 5.6m，底板高程为 595.20m，宽 2.0m。集鱼斗池长 4m，底板高程为 592.70m，宽 4m。消力池长 5m，底板高程为 593.20m，宽 4m，池深 2m。集鱼斗池尺寸为 2.5×2.3×2.5m（长×宽×高），外形最大尺寸为 3.2×3.4×2.5m（长×宽×高）。集鱼斗池顶部设置排架将集鱼箱垂直提升至高程 611.50m 后，通过缆机水平运输至鱼类分选车间。集鱼斗池排架顶部高程 611.50m，底部高程 599.00m，排架柱高 12.50m，排架柱采用圆型或尖圆型结构，直径或厚度 1.0m。集鱼排架顶部通过缆机与左岸连接。

进口处设计流速为 0.2~0.9m/s，设计水深为 1.12~2.90m。供水方式通过坝上游进水池自流，拟用一根 DN800 钢管分别对进口段进行供水。每根钢管通过补水阀室内的闸阀控制供水流量。进水池长 10.0m，底板高程为 593.70m，侧墙厚 1.0m，宽 4.0m，顶部高程为 599.00m。

#### ④ 运输系统设计

采用定制运输车将运鱼箱沿导引轨道经左岸低线公路运输至 10#坝段竖井底部 EL618.00m 处。等候在竖井内运鱼箱上方的自动抓梁下降连接运鱼箱，再在上游台车的牵引下沿运鱼箱导向轨道上升到坝顶 EL750.0m 处，竖井尺寸拟采用 3.0m×3.0m。上游台车悬吊运鱼箱沿坝顶排架上的水平轨道运行至停泊在坝前水库中的放鱼系统转运船上方，

上游台车将运鱼箱下降至放鱼系统转运船上，打开其侧部放鱼口并将运鱼箱内的鱼卸入放鱼系统转运船内。运鱼箱内腔尺寸（长×宽×高）为2m×2m×1m，满载自重10t。有自动导引运输车一量，运鱼车额定载重量10t，行驶速度60m/min。上游台车扬程142m。

#### ④放流码头设计

为满足运鱼船放流需求，在放流地点修建放流码头1座，码头结合库区移民安置设置，布置于大峡谷交通桥上游800m处，此处有支流汇入，生境较适宜鱼类放流。码头设置成亲水斜码头，以适应不同水位的放流需要，斜码头纵坡为5%~10%。

### （2）天楼地枕大坝鱼道设计

天楼地枕大坝为重力坝，坝高15.5m，工程等别为IV等，规模为小（1）型。大坝建筑物级别为4级，按30年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核。鱼道建筑物级别为4级，按30年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核。

鱼道最低运行水位为姚家平汛期生态下泄流量对应水位，最高运行水位为生态流量+引水电站满发下泄流量水位。上游出口最低运行水位为574.43m，最高运行水位为575.53m；下游进口最低运行水位为565.41m，最高运行水位为567.17m；设计过鱼水位落差为9.02m。

鱼道沿天枕地楼大坝左岸沿线道路旁布置。鱼道设置有鱼道进口段、进口检修闸段、有效段、出口控制闸、出口段。鱼道总长560.5m，其中鱼道进口段长9m，进口检修闸段长15m，有效段长509.7m，出口控制闸长15m，出口段长11.8m。纵坡为1/50，下游进口顶部高程略高于鱼道最高运行水位567.17m，结合周边地形地貌，设计为574.00m，下游进口底板高程564.41m。上游出口顶部高程略高于鱼道最高运行水位

575.53m，结合周边地形地貌，设计为 578.00m，上游出口底板高程为 573.43m。

鱼池宽 1.5m，池长 2.0m，底板厚 1.5m，侧壁厚 0.5~1.5m。鱼道采用单侧导竖式隔板，竖缝宽 0.3m。单个过鱼池净长 2.0m，每间隔 15 个过鱼池设置有长为 5.0m 的休息池，共 14 个。鱼池竖缝流速为 0.9m/s，设计水深 1.0~3.0m。

为方便鱼道检修，在鱼道下游进口部位（桩号为鱼 0+009~0+024m）布置检修闸室，闸室长 15m，净宽 1.5m，闸室设一孔检修平板闸门，由固定卷扬式启闭机操作。启闭平台高程为 580.00m。

在鱼道上游进口部位（桩号为鱼 0+533.70~0+548.70m）布置控制闸室，闸室长 15m，净宽 1.5m，闸室各设一孔工作平板闸门和一孔检修平板闸门，由固定卷扬式启闭机操作。启闭平台高程为 586.00m。

鱼道的出鱼口处设有拦污栅，防止杂物进入鱼道。鱼道底部铺设 20cm 河床砂卵石。

鱼道采用开敞式结构，断面型式为 U 型槽，结构尺寸为 1.5×4.6~10.7m。

#### 6.3.4.6 坝下流场数值模拟

##### （1）计算模型

设计单位委托中国水利水电科学研究院开展了坝下河段流场数值模拟计算研究。采用 MIKE21 对姚家平大坝至天楼地枕大坝间 2.5km 河段以及天楼地枕大坝至其电站尾水间 6.4km 河段进行平面二维数值模拟计算；丹麦 DHI 公司的 MIKE21 FM 计算模型采用非结构化网格。

##### （2）计算工况

根据生态机组下泄流量和主机组发电流量下泄特点，确定不同工况，

计算工况见表 6.3-6，根据天电坝上与坝下厂房处的水位-流量关系确定不同工况下对应水位。

表 6.3-6 姚家平水利枢纽工程坝下流场数值模拟计算工况

工况	说明	姚家平坝下流量(m <sup>3</sup> /s)	天电坝上水位(m)	天电泄流方式	天电厂房水位(m)
工况 1	11~3 月最小生态流量	8.48	574.32	坝身溢流孔下泄	485.33
工况 2	生态机组单机流量	11	574.44	坝身溢流孔下泄	485.49
工况 3	4~10 月生态流量	15.57	574.66	坝身溢流孔下泄	485.79
工况 4	生态机组双机流量	22	574.94	坝身溢流孔下泄	486.19
工况 5	大机组单机流量	62	575.86	坝身溢流孔下泄 22m <sup>3</sup> /s, 左岸引水发电 40m <sup>3</sup> /s	487.45
工况 6	大机组双机流量	124	576.54	坝身溢流孔下泄 84m <sup>3</sup> /s, 左岸引水发电 40m <sup>3</sup> /s	488.38

根据河道天然地形数据，建立坝址上游 2.5km 与下游 6.7km 范围的计算网格，并对厂房尾水、坝身泄水等河道建筑物，进行局部加密和地形整治，计算网格总数约 1~2 万。计算河段地形陡峻，河道糙率取 0.03~0.04。计算河段总体布置与数字地形见图 6.3-7、图 6.3-8。

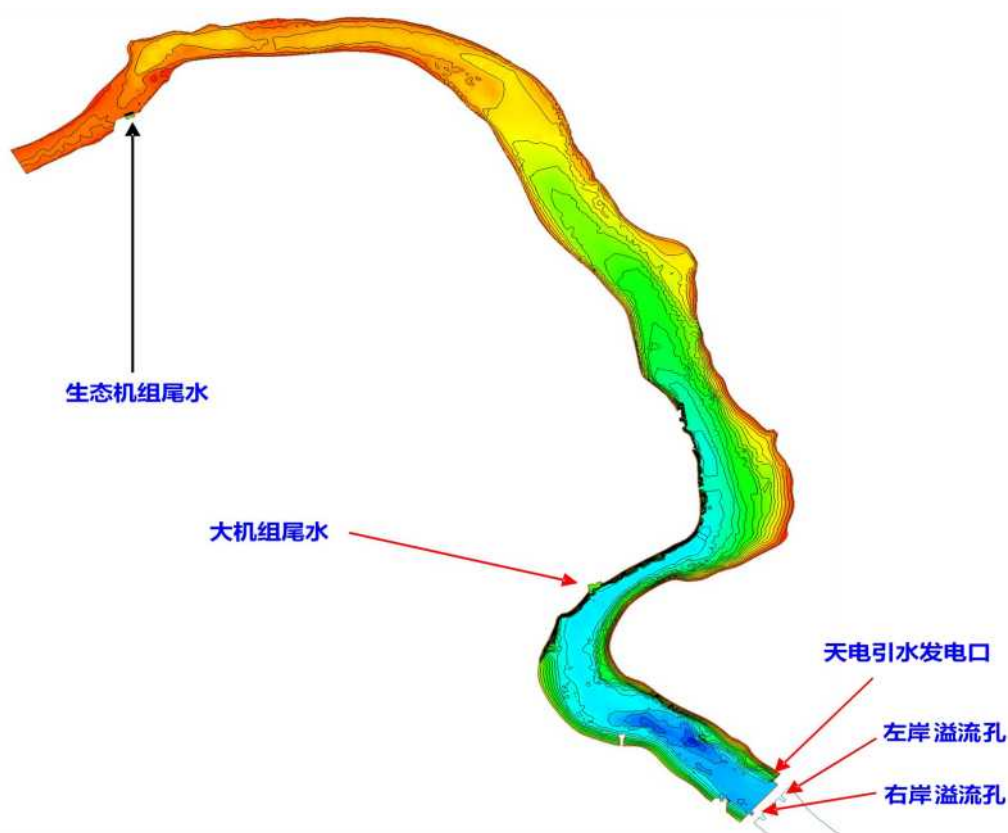


图 6.3-7 姚家平水利枢纽坝下河道数字地形与建筑物布置

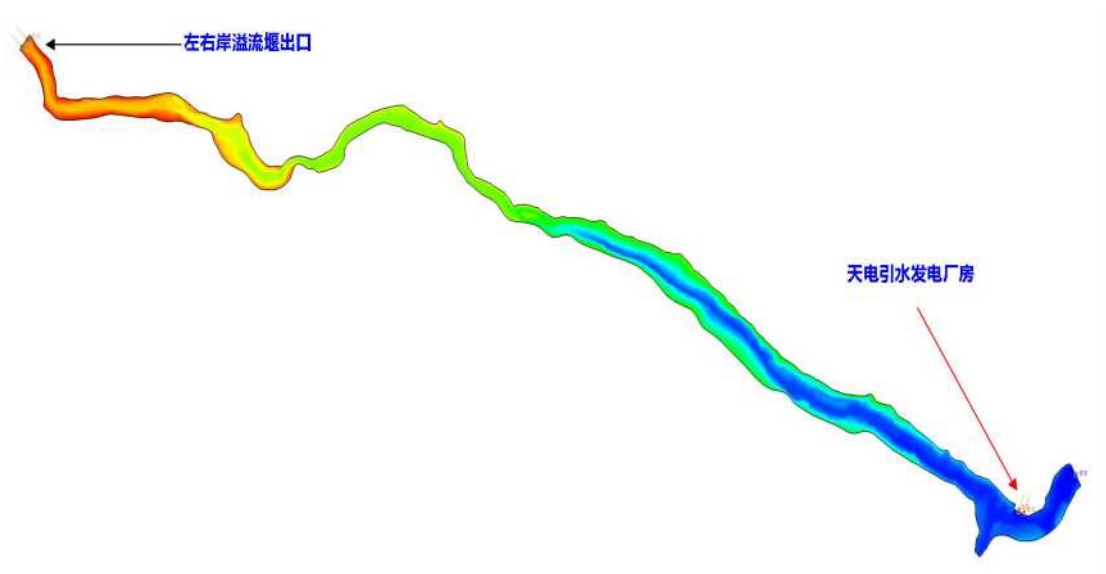


图 6.3-8 天楼地枕坝下河道数字地形与建筑物布置

### (3) 计算结果分析

#### 1) 姚家平水利枢纽坝下河段流场分析

通过数学模型对不同下泄流量时姚家平坝下河道沿程流速、水深进行计算，结果见表 6.3-7，主要结论为：

天电坝上游河道坡降较大，当生态机组泄流时，出口下游 700~1400m 为高流速河段；当高流速区呈间隔出现，两岸洄游通道流速小于 1.5m/s，水深大于 0.5m 时，鱼类可依靠突进游泳能力，从两岸低流速区实现上溯。

当生态机组发电流量为 8.48~11m<sup>3</sup>/s 时，高流速区流速超过 2m/s，两岸流速为 0.2~1.4m/s，适于鱼类洄游，水深 0~0.5m，可通过河道生境修复加以改善。

当生态机组发电流量 15.57~22m<sup>3</sup>/s 时，河段高流速区宽度增大，有上下游连通的趋势，不利于两岸鱼类洄游，河道修复难度大。

姚家平水利枢纽工程主电站厂房出口下游河段坡降较缓，高流速区位于天电坝库区口门附近，长度不超过 30m，随着流量的增大，库区水位抬升，河道流速下降，鱼类可通过岸边通道上溯。当鱼类到达大机组出口上游时，可继续依靠上游生态流场，到达姚家平坝下；姚家平坝下生态机组尾水附近可设置集鱼系统，满足鱼类过坝需求。



表 6.3-7

姚家平水利枢纽坝下河段流场分析计算结果

工况	泄放流量(m <sup>3</sup> /s)	计算结果
工况 1	生态机组 8.48m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 生态机组尾水下游 700~1400m 河段，沿程分布一系列高流速区，流速最大值超过 2.0m/s，高流速区间隔分布，中间为流速较低河段，便于上溯鱼类恢复体力。</p> <p>(2) 上游局部河段中心流速超过 1.8m/s，两岸流速 0.2~1.4m/s，可通过生境修复加以改善；在河道进入天电坝回水区附近，流速降低，设计鱼道出口附近流速约 0.2m/s。</p> <p>(3) 生态机组~电站厂房尾水间河道坡降较大，生态机组运行时，该河段沿程出现多个高流速区，单个长度不超过 50m，鱼类可依靠突进游泳能力，从两岸低流速区上溯，进入下一个低流速区。</p>
工况 2	生态机组 11m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 河道沿程分布多个高流速区，河道中心流速最大值超过 2.0m/s，横向分布范围有所扩大，两岸流速 0.2~1.4m/s，适宜鱼类洄游，但水深小于 0.5m，可通过生境修复改善。</p> <p>(2) 高流速区主要分布在生态机组~电站厂房尾水间河段，其余河段坡度较缓，流速小、水深大，在进入天电坝回水区附近，流速降低，设计鱼道出口附近流速约 0.2m/s。</p> <p>(3) 与工况 1 相比，各高流速区长度无明显变化，未出现相互连通情况，通过局部生境修复可改善鱼类上溯条件。</p>
工况 3	生态机组 15.57m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 河道沿程分布多个高流速区，流速最大值超过 2.0m/s，两岸流速 0.2~1.4m/s，但通道宽度为 5~10m，水深小于 0.5m，鱼类通过困难，可通过生境修复改善，但修复长度增加。</p> <p>(2) 在天电坝回水区附近，河道中心区流速降至 1m/s 以下；设计鱼道出口附近流速约 0.2~0.4m/s，适宜鱼类聚集和上溯。</p> <p>(3) 与工况 2 相比，高流速区出现相互连通的情况，长度超过 100m。</p>

工况	泄放流量(m <sup>3</sup> /s)	计算结果
工况 4	生态机组 22m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 河道沿程出现多个高流速区，流速最大值超过 2.0m/s，高流速河段长度增加，且有相互连通的趋势，不利于两岸鱼类上溯。</p> <p>(2) 天电坝前回水区域河道中心流速降低，在 1m/s 以下；天电坝回水区附近，流速降低，在设计鱼道出口附近流速约 0.2~0.5m/s，适合鱼类聚集。</p> <p>(3) 与工况 3 相比，高流速河段上下游连通长度超过 100m，两岸低流速通道的流场条件未改善，对鱼类上溯不利。应对局部河道进行修复，降低流速、增大水深。</p>
工况 5	大机组 62m <sup>3</sup> /s (溢流孔 22m <sup>3</sup> /s，引水发电 40m <sup>3</sup> /s)	<p>(1) 电站厂房出口下游河段出现多个高流速区，流速最大值超过 2.0m/s，分布在厂房出口至坝前回水边界间；进入天电坝前回水区域，流速降低，在 1m/s 左右。</p> <p>(2) 在天电坝库区口门附近，高流速区横向分布较宽，长度仅为 30m，鱼类可通过两岸低流速区上溯，该通道宽度为 5~10m，水深约 0.5m；在天电坝回水区附近，流速降低，在设计鱼道出口附近流速约 0.2~0.6m/s。</p>
工况 6	大机组 124m <sup>3</sup> /s (溢流孔 84m <sup>3</sup> /s，引水发电 40m <sup>3</sup> /s)	<p>(1) 电站厂房出口下游河道沿程出现多个高流速区，流速最大值超过 1.8m/s，分布范围进入天电坝库区回水范围；在设计鱼道出口附近，流速相对较大，在 1.2m/s 左右。</p> <p>(2) 由于库水位升高，在天电坝库区口门附近，流速降至 1.6~1.8m/s，有利于鱼类上溯；在设计鱼道出口附近流速约 0.6~1.0m/s，鱼类可感应流速变化。</p>

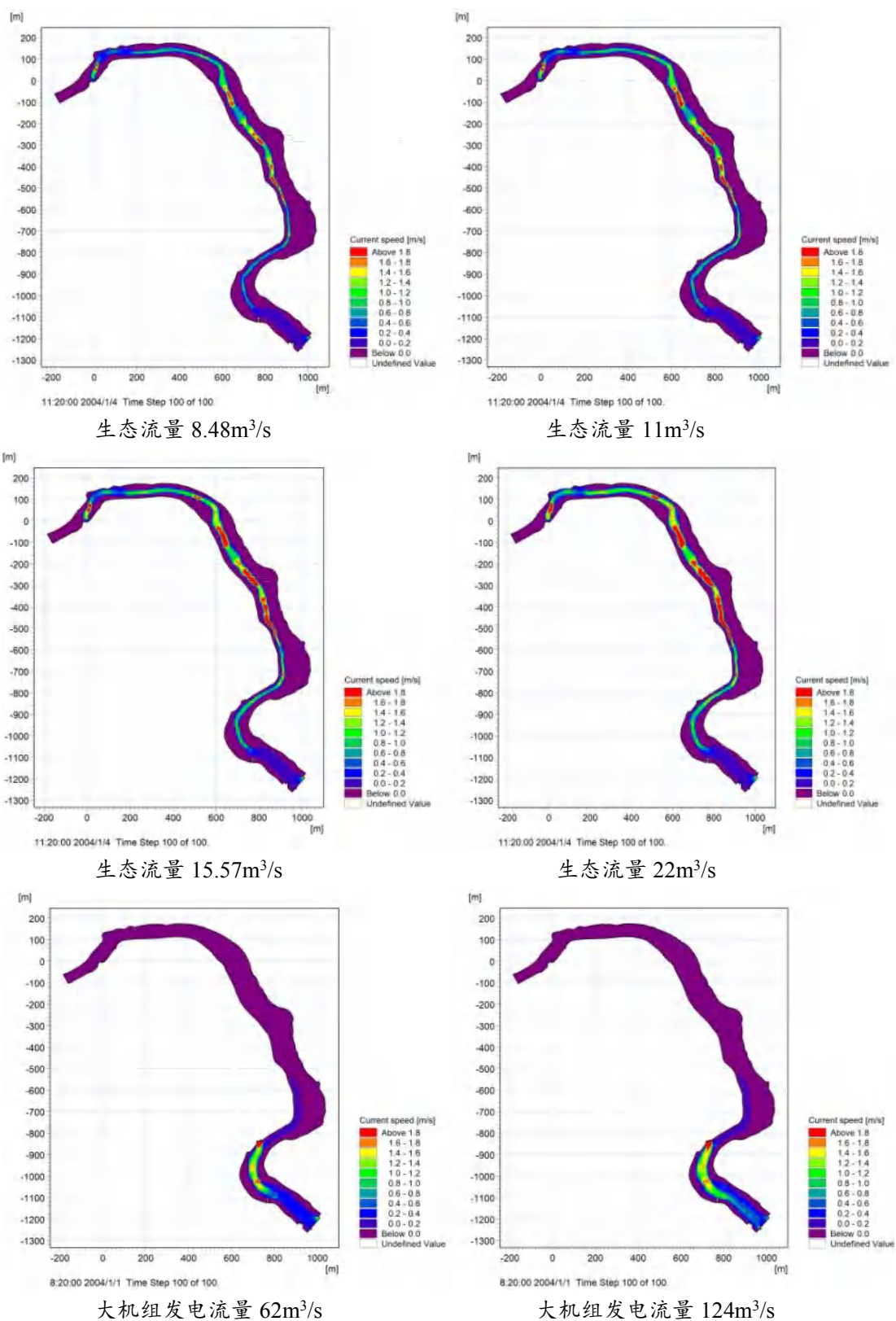


图 6.3-9 不同工况下姚家平水利枢纽坝下河道沿程流速变化

## 2) 天楼地枕坝下游河段流场分析

通过数学模型对不同下泄流量时天楼地枕坝下河道沿程流速、水深进行计算，结果见表 6.3-8，主要结论为：

天电坝下河道流场随流量的变化规律，与上游河道基本相同，从有利于鱼类上溯的角度出发，上游来水流量  $8\sim 22\text{m}^3/\text{s}$  时可基本满足鱼类上溯需求。

相同流量条件下，天电坝下游河道流场条件优于上游姚家平~天电坝河段，对局部河段进行生境修复改善鱼类上溯条件。

天电坝下游河道行洪时，坝下 2700~3200m 河段容易出现高流速区，当泄放生态流量时( $Q<22\text{m}^3/\text{s}$ )，该河段沿程流速适中，最大为  $1.0\sim 1.5\text{m/s}$ ，鱼类可通过两岸低流速区上溯。

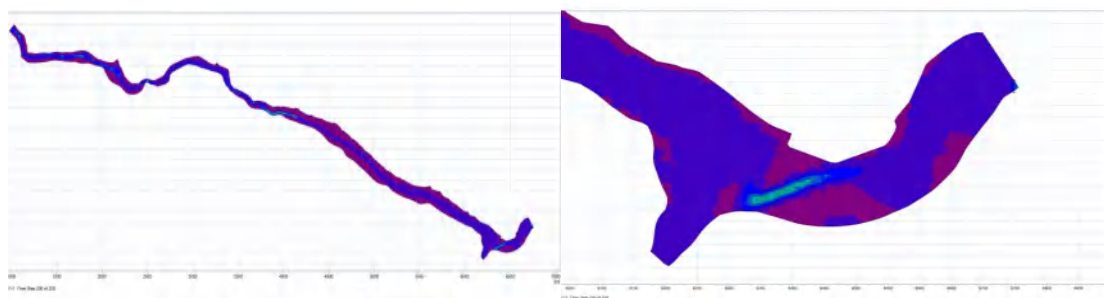
当大机组运行时，下游河道泄放流量达  $84\text{m}^3/\text{s}$  时，坝下 3km 附近河道主流区流速超过  $2.0\text{m/s}$ ，长达 400m，鱼类只能通过岸边低流速区上溯，通道宽度  $5\sim 10\text{m}$ ，水深  $0\sim 0.5\text{m}$ ，鱼类上溯困难，该河段需重点进行生境修复。

天电厂房尾水出口附近河段在各种泄放流量下，流速为  $0.4\sim 1.0\text{m/s}$ ，水深在  $0.5\sim 4.0\text{m}$ ，适宜鱼类聚集，对局部水深较小的区域进行修复，构建鱼类上溯通道。

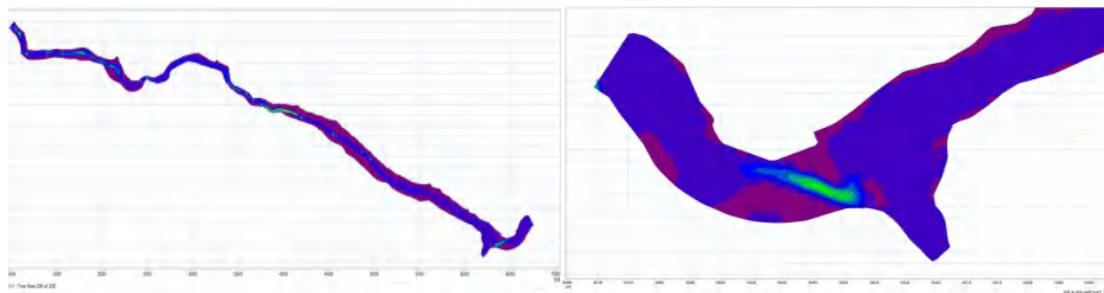
表 6.3-8

天楼地枕坝下河段流场分析计算结果

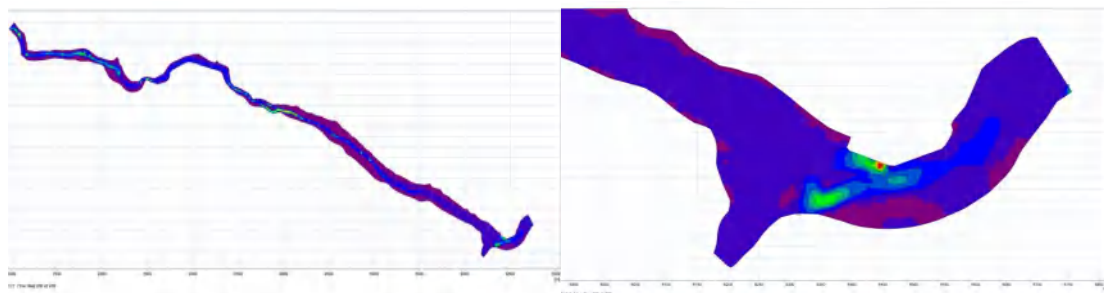
工况	泄放流量	计算结果
工况 1	8.48m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 沿程流速相对较低, 最大流速在 1.0m/s 以下; 高流速区主要分布在天电坝下 3km 处和天电厂房尾水附近。</p> <p>(2) 在天电坝下 3km 附近, 河道流速小于 0.8m/s, 鱼类可上溯, 但该河段水深在 0.5m 以下。</p> <p>(3) 在天电厂房尾水附近, 河道流速在 0.6~0.8m/s; 该区域地形复杂, 上游一侧水深达 4m, 河道高流速区水深小于 0.5m。</p> <p>(4) 相同生态流量下, 天电坝下河道流场条件优于姚家平~天电坝河段, 可对局部河段进行生境修复, 增大水深, 改善鱼类上溯条件。</p>
工况 2	15.57m <sup>3</sup> /s	<p>(1) 河道沿程流速相对较低, 最大流速在 1.5m/s 以下; 高流速区主要分布在天电坝下 3km 处和天电厂房尾水附近。</p> <p>(2) 天电坝下 3km 附近河道最大流速不超过 1.5m/s, 但该河段水深在 0.5m 以下。</p> <p>(3) 天电厂房尾水附近河道流速在 0.8~1.0m/s; 该区域地形复杂, 上游一侧水深可达 4m, 河道高流速区水深 0.5~1.0m。</p> <p>(4) 天电坝下游河道最大流速 1~1.5m/s, 适于鱼类上溯, 可对局部河段进行生境修复, 增大水深。</p>
工况 3	62m <sup>3</sup> /s (溢流孔 22m <sup>3</sup> /s, 引水发电 40m <sup>3</sup> /s)	<p>(1) 河道出现高流速区, 分布在坝下 3km 处和天电厂房尾水附近;</p> <p>(2) 坝下 3km 附近河道流速超过 1.6m/s, 该河段水深在 0.5m 以下, 对鱼类上溯不利。</p> <p>(3) 天电厂房尾水附近河道流速在 0.8~1.0m/s; 该区域地形复杂, 河道水深在 0.5~1.0m, 上下游河道水深可达 4m。</p>
工况 4	124m <sup>3</sup> /s (溢流孔 84m <sup>3</sup> /s, 引水发电 40m <sup>3</sup> /s)	<p>(1) 在天电坝下 3km 附近出现高流速区, 流速超过 2.0m/s, 水深 0.5~1.0m。</p> <p>(2) 天电厂房尾水附近河道流速在 0.8~1.0m/s, 水深 0.5~1.5m; 上下游河道水深可达 4m, 流速在 0.2~0.4m/s。</p> <p>(3) 当局部河段流速较大时, 鱼类可通过两岸低流速区上溯, 依靠突进游泳能力快速通过该河段, 但当高流速区较长, 上下游相互连通时, 上溯困难。</p> <p>(4) 坝下 3km 附近河道主流区流速超过 2.0m/s, 且长达 400m, 鱼类只能通过岸边低流速区上溯, 上溯通道宽度 5~10m, 水深 0~0.5m, 上溯困难, 需对该河段进行生境修复。</p> <p>(5) 天电坝下厂房尾水附近地形复杂, 流速小、水深大, 适宜鱼类聚集, 可对局部河道进行修复, 为鱼类上溯提供条件。</p>



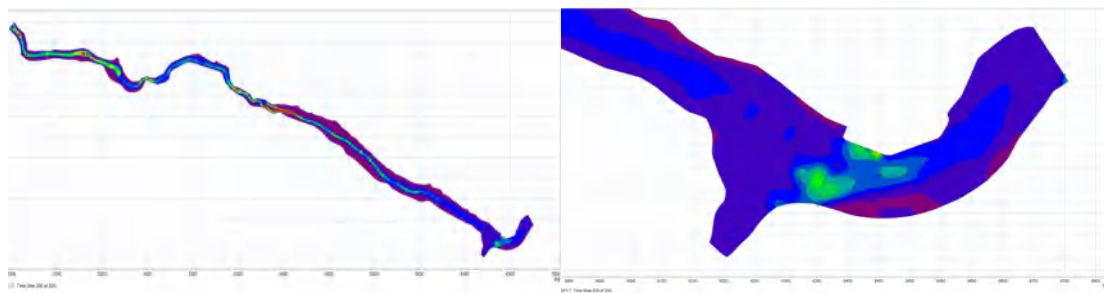
生态流量  $8.48\text{m}^3/\text{s}$  (左图坝下河段, 右图厂房尾水河段)



生态流量  $15.57\text{m}^3/\text{s}$  (左图坝下河段, 右图厂房尾水河段)



天电坝溢流孔  $22\text{m}^3/\text{s}$ , 发电流量  $40\text{m}^3/\text{s}$  (左图坝下河段, 右图厂房尾水河段)



天电坝溢流孔  $84\text{m}^3/\text{s}$ , 发电流量  $40\text{m}^3/\text{s}$  (左图坝下河段, 右图厂房尾水河段)

图 6.3-10 不同工况下天楼地枕坝下河段沿程流速变化

### 6.3.4.7 过鱼设施水力学模拟计算

#### (1) 姚家平水利枢纽集鱼系统布置与水力学计算

##### 1) 集鱼系统进口布置

姚家平水利枢纽集鱼系统进口的供水利用生态机组尾水渠来水自动供给，避免了设置补水管路，运行维护难度低。在集鱼系统进口段对尾水渠及下游河道进行局部生境修复，设置分流墙调整局部流场形成集鱼渠；集鱼渠内形成适宜鱼类上溯的流场，集鱼渠外侧为高流速区，形成鱼类上溯屏障，保证集鱼系统进口具有良好的集诱鱼条件。

集鱼渠全长 16m，宽度 2.0m，上游侧进口宽度取 1m，集鱼渠布置乘鱼箱与赶鱼栅等附属设施。生态机组出流经 1:2 斜坡向上到达尾水渠末段，经河道修复段行进一段距离调整流态后，部分流量通过分流墙分流进入集鱼渠。尾水渠出口底板高程为 596m，河道修复段推荐宽度为 10m。分流墙与右岸形成宽度 1m 的集鱼渠水流进口，集鱼渠进口可分流 1/10 的河道流量。集鱼渠水流进口处设置落差 1m 的跌落，由高程 596m 下降到 595m。集鱼渠经扩散段宽度增加到 2m，形成宽度 2m、长度 10m 的明渠。集鱼渠末端即水流出口与下游河道修复段连通。

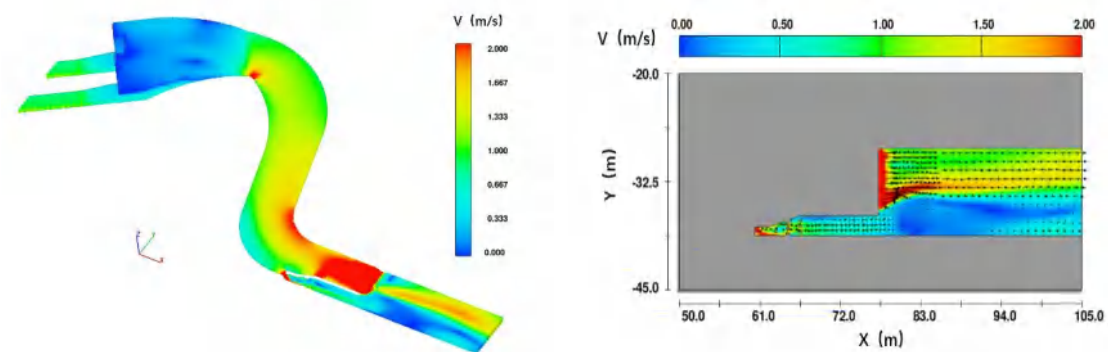
##### 2) 水力学模拟计算

对姚家平生态机组不同泄放流量下尾水集鱼方案进行参数估算，结果见表 6.3-9；对不同工况下河道整体水流流态和集鱼渠流速平面分布进行模拟计算，结果见图 6.3-11。

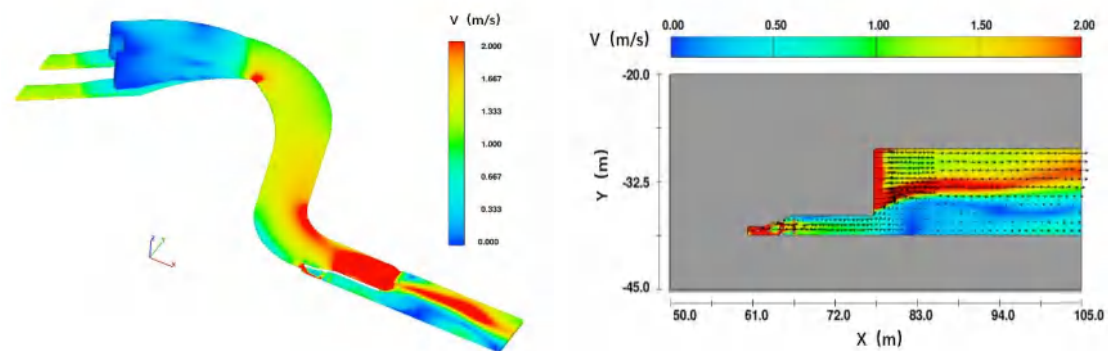
表 6.3-9 姚家平生态机组尾水集鱼方案参数计算

工况	下游水位(m)	流量(m <sup>3</sup> /s)	尾水渠末端水深(m)	尾水渠末端平均流速(m/s)	集鱼渠进口水深(m)	集鱼渠进口平均流速(m/s)	下游修复段河道平均流速(m/s)
工况 1	596.18	8.48	0.18	4.7	1.18	0.36	0.7
工况 2	596.21	11	0.21	5.2	1.21	0.45	0.9
工况 3	596.41	22	0.41	5.4	1.41	0.78	1.56

姚家平生态机组出流自尾水渠，经河道修复段后，进入河道平直段。水流到达集鱼渠之前，水流平稳，均匀；水流后被集鱼渠的分流墙分成2部分，一小部分进入集鱼渠，在集鱼渠进口形成水流跌落，扩散段内的消能柱阵列可有效均化来流，集鱼渠顺直段内流速分布均匀，集鱼渠末端流速在工况1时为0.4~0.7m/s，工况2时为0.5~0.9m/s，工况3时为0.6~1.3m/s；大部分水流经外侧河道流向下游，河道内水流平稳，集鱼渠末端跌水形成过鱼障碍。水流自集鱼渠出流进入下游河道后，流速略有下降，逐渐与左侧河道下泄主流汇合，在主流右侧形成连通下游河道的过鱼通道。生态机组尾水集鱼方案能够较好的塑造集鱼流场，且与下游水流衔接平顺，集鱼渠与下游存在连续贯通的过鱼通道，可供鱼类上溯。

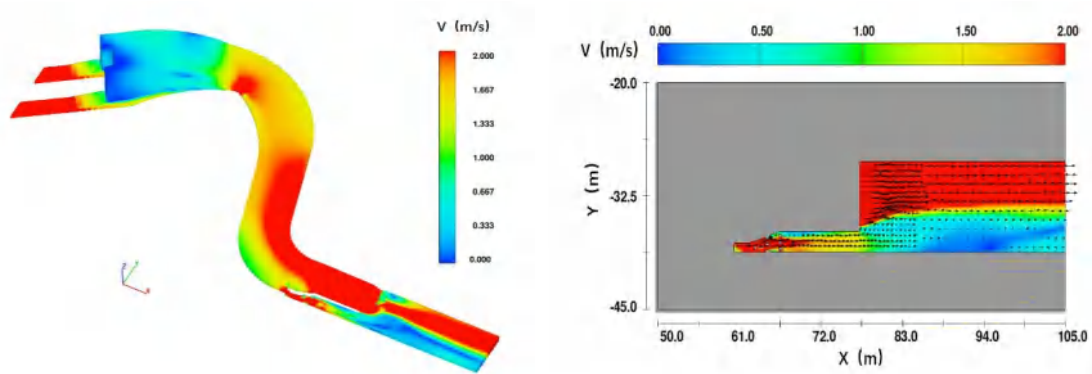


工况 1，流量 8.48m<sup>3</sup>/s，下游水位 596.18m，集鱼渠进鱼口水深 1.18m



工况 2，流量 11m<sup>3</sup>/s，下游水位 596.21m，集鱼渠进鱼口水深 1.21m





工况 3，流量  $22.0\text{m}^3/\text{s}$ ，下游水位  $596.41\text{m}$ ，集鱼渠进鱼口水深  $1.41\text{m}$

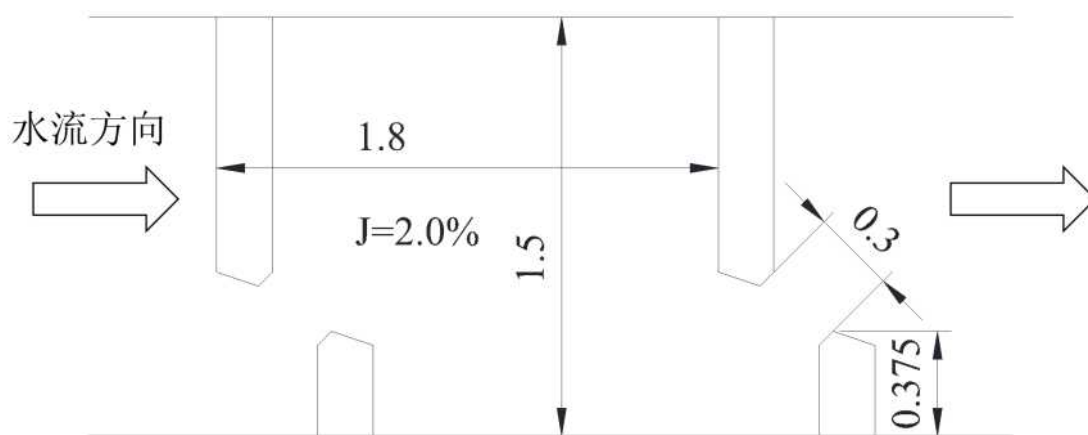
(左图为整体水流流态；右图为集鱼渠流速平面分布)

图 6.3-11 姚家平生态机组尾水集鱼方案流场分布

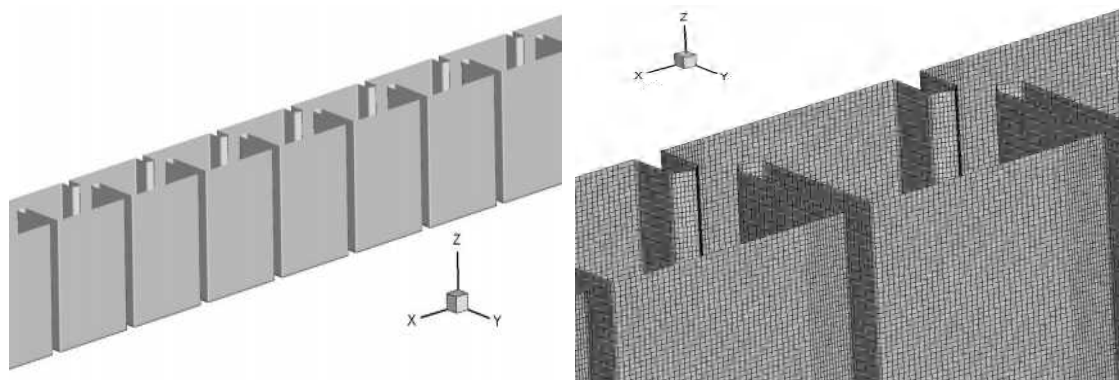
## (2) 天楼地枕鱼道水力学计算

### 1) 鱼道池室结构水力学模拟

采用三维数值模拟对天楼地枕鱼道池室内进行水力学模拟计算，在数值模拟中采用结构性网格，长度及宽度方向上网格尺寸设置为  $2\sim 5\text{cm}$ ，高度方向上网格尺寸为  $3\sim 5\text{cm}$ ，计算网格数量为 200 多万，计算模型范围及局部网格见图 6.3-12。



竖缝式鱼道常规水池结构 (单位: m)

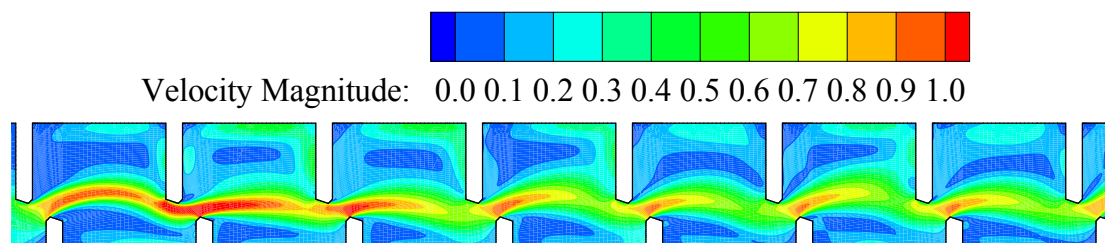


左图为计算模型范围

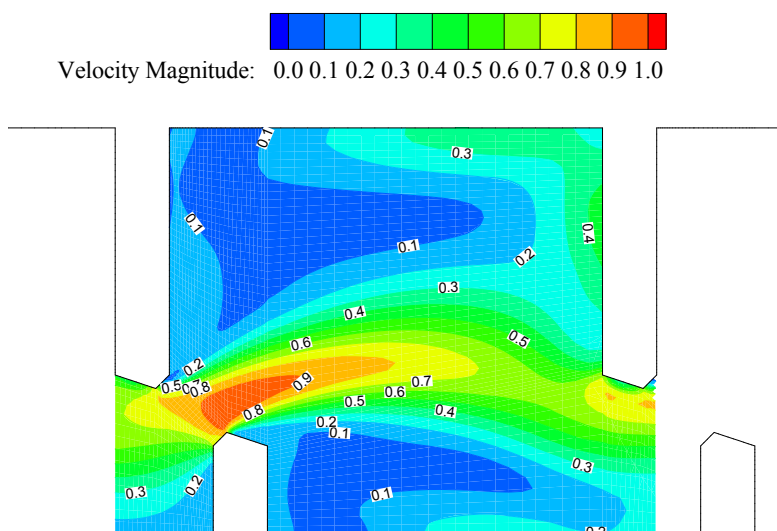
右图为局部计算网格示意图

图 6.3-12 天楼地枕鱼道池室结构与水力学模拟计算

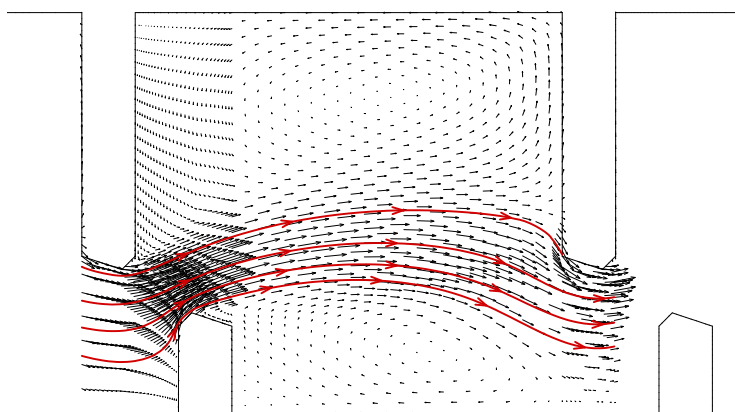
对鱼道池室进行三维数值模拟计算，池室内平面流速分布见图 6.3-13。结果表明，竖缝断面平均流速为  $0.6\sim 0.9\text{m/s}$ ，最大为  $0.98\text{m/s}$ ，竖缝中心测线流速为  $0.7\sim 0.9\text{m/s}$ ，平均流速为  $0.8\text{m/s}$ ；竖缝断面上下游流速明显高于池室中部流速，导板侧流速高于隔板侧流速，底部流速大于表层流速。鱼道有良好的水流流态，主流区基本居中，大体位于鱼道水池偏导板侧，主流流速为  $0.3\sim 0.9\text{m/s}$ ；主流在池室  $Y=0.4\sim 0.6\text{m}$  宽度带内前行，偏向导板一侧，主流蜿蜒曲率较小，鱼类沿主流上溯路径较短，有利于鱼类上溯。鱼道常规池室内未发生主流冲击边墙现象，池室内最大流速在  $0.6\sim 1.0\text{m/s}$ ，两侧回流区稳定，回流区流速在  $0\sim 0.3\text{m/s}$ ，流速较小，可为鱼类上溯提供休憩空间。综上所述，天楼地枕鱼道池室内流态及流速符合过鱼对象上溯需求，鱼道细部结构与布置方案基本合理。



(a) 计算域流速分布云图



(b) 典型池室流速分布云图



(c) 流速矢量分布图

图 6.3-13 天楼地枕鱼道典型池室流场分布

#### 6.3.4.8 过鱼效果监测与评估

过鱼效果是衡量过鱼设施建设价值和优化改造的依据，过鱼设施建设运行后，需建立运行监测及效果评估机制，在过鱼设施运行的 5 年内进行系统地过鱼效果监测，主要对鱼类上溯情况进行监测记录。并对多年数据进行对比分析，对过鱼设施运行效果进行科学评估，分析设计及运行过程中存在的问题，针对性的调整过鱼方案设计和优化运行过程，提高过鱼效果。

### 6.3.5 增殖放流

人工增殖放流是恢复天然渔业资源的重要手段，通过有计划地开展人工放流鱼类种苗，可以增加鱼类资源中低、幼龄鱼类数量，扩大群体规模，储备足够量的繁殖后备群体，从而弥补工程建设对鱼类资源量的影响。为维持水生生态系统的平衡，补充工程河段鱼类资源的损失，根据统筹兼顾、突出重点、系统考虑的原则，考虑区域梯级开发对清江流域鱼类资源的累积性和系统性影响，在姚家平水利枢纽建设鱼类增殖放流站 1 座，开展鱼类增殖放流，充分发挥对流域鱼类资源的补偿作用，维持鱼类自然种群的延续。

#### 6.3.5.1 放流对象

增殖放流种类的确定需要坚持统筹兼顾、突出重点的原则，在已确定的保护对象中，结合流域鱼类资源现状以及梯级开发对鱼类资源的影响，依据鱼类资源状况、生物学特性、亲本的可获得性、人工驯养繁殖技术基础、技术经济可行性、放流水域生境条件等方面进行综合分析，远近结合，合理优化。初步确定鱼类放流种类的选择原则是：人工繁殖已获得成功，有稳定的苗种来源；放流种类及规格数量符合补充群体结构和水域环境条件；优先选择珍稀保护鱼类以及受影响程度大且难以形成自然种群的鱼类。

清江流域 2015~2020 年合计已放流濒危物种（大鲵）29566 万尾；经济鱼类（鲢、鳙、草鱼、鲤、鲫、鳊）4299.6 万尾。目前清江流域增殖放流对象多为“四大家鱼”以及鳊、鲂等经济鱼类，对珍稀保护鱼类放流力度不够。根据本次保护对象的筛选，国家重要经济鱼类为一般保护对象，由于恩施州政府和当地渔政主管部门在清江流域开展放流的经济鱼类数量较多，补充群体较大，本工程不再作为主要增殖放流对象。

姚家平水利枢纽鱼类增殖放流站的放流对象以鱼类多样性保护为主要目标，主要选择重要保护对象中的珍稀保护鱼类，其次考虑优先保护对象中受工程影响较大的鱼类。增殖放流工作分为近远期进行，苗种繁育技术较为成熟，可形成一定生产规模的种类优先考虑，列为近期放流对象；增殖放流受到技术限制的种类，需加强人工增殖和放流技术研究，在取得人工繁殖技术突破后再实施，列为远期放流对象；现状资源量稀少，卵苗、亲本采捕困难的种类，待资源量有所恢复后再实施，列为远期放流对象。

清江流域记录分布的珍稀保护鯨、鲢、圆口铜鱼、圆筒吻鮡、光唇蛇鮡等产漂流性卵鱼类在评价江段已不具备完成生活史条件，且现状资源调查未捕获这些种类的野生亲本，不列为增殖对象。增殖放流对象需重点考虑受工程建设运行影响较大的鮡科、鳅科、白甲鱼属、裂腹鱼属等种类。其中，青石爬鮡为国家二级重点保护动物，评价江段仍有一定资源量分布，黄石爬鮡与其生态特性相似，二者均列为增殖对象；齐口裂腹鱼自然种群数量较少，生长缓慢，资源损失后较难恢复，列为增殖对象；裂腹鱼属的光唇裂腹鱼在评价河段仍有分布，列为增殖对象；多鳞白甲鱼为国家二级重点保护动物，近年在清江流域内有捕获记录，列为增殖对象；白甲鱼属的小口白甲鱼为湖北省重点保护水生野生动物，列为增殖对象；长阳鮡作为湖北省保护鱼类及清江特有种，列为增殖对象；泉水鱼、中华倒刺鲃为重要经济鱼类，其繁殖季节有短距离洄游习性，受工程影响较大，列为增殖对象；短体副鳅为长江上游特有鱼类，戴氏山鳅自然种群数量较少且在评价河段有一定资源分布，列为增殖对象。

结合鱼类资源调查结果，考虑鱼类的繁殖技术成熟程度、亲本可获

得性以及增殖放流站的规模和能力，并兼顾全流域放流需求，从鱼类多样性保护角度出发，本工程放流分为近、远期进行，近期放流繁殖技术成熟的种类，放流对象为齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃 6 种；远期在近期放流种类和规模的基础上，将放流对象中现阶段人工繁殖技术不成熟和野生资源量稀少的种类列为远期目标，鳅科鱼类个体小、性成熟早、世代更替较快，工程河段仍有其完成生活史的生境条件，列入远期增殖对象；综合确定远期放流对象有青石爬鮡、黄石爬鮡、短体副鳅、戴氏山鳅、长阳鮡等。后续根据流域鱼类资源调查结果及种群结构变化趋势，待鱼类亲本驯养和人工繁殖技术成熟后，对远期放流对象进行适时调整，并确定放流规模。

#### **6.3.5.2 放流数量和规格**

根据水源、占地类型、地形地势、运行管理及饵料基础等综合确定，姚家平水利枢纽工程鱼类增殖放流站近期放流规模为 20.0 万尾/年，放流计划见表 6.3-10，主要放流齐口裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼各 2.0 万尾/年，光唇裂腹鱼 4.0 万尾/年，泉水鱼、中华倒刺鲃各 5.0 万尾/年。后续根据增殖放流站运行效果、鱼类繁殖技术情况及流域鱼类资源分布进行优化，适当调整放流的种类、数量和比例。

在增殖放流实际操作中，放流规格的确定宜根据苗种生长、苗种来源、水域生态环境状况以及凶猛性鱼类资源等灵活掌握，一般放流苗种规格以当年可培育成的大小为准。从经济合理性角度出发，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，确定放流规格为 4~6cm。

表 6.3-10 姚家平水利枢纽工程鱼类增殖放流站近期放流计划

种类	规格	数量(万尾/年)
齐口裂腹鱼	4~6cm	2.0
光唇裂腹鱼		4.0
多鳞白甲鱼		2.0
小口白甲鱼		2.0
泉水鱼		5.0
中华倒刺鲃		5.0
合计		20.0

### 6.3.5.3 亲鱼来源及苗种质量

姚家平水利枢纽工程鱼类增殖放流站的放流对象多为流域内现状仍有分布的种类，亲本来源可从工程影响河段或邻近水域收集的体质健康的野生亲本中挑选，在长江流域重点水域禁渔期间，可从省级渔业主管部门申请捕捞许可证，聘请有经验的渔民捕捞；捕捞难度大的亲本也可从有资质的国家、地方原良种场购买。亲鱼的运输可采用活鱼运输车（船）等工具，确保亲鱼的成活率。

放流的苗种必须是由野生亲本人工繁殖的子一代，可以从清江捞起的鱼卵孵化后培育部分繁殖用亲鱼，也可驯养野生亲鱼；苗种应无伤残和病害、体格健壮，依法检验检疫合格，确保健康无病害，无禁用药物残留。

### 6.3.5.4 放流过渡培育

鱼类运输、放流前需进行消毒处理和过渡培育。鱼类运输过程中对鱼体的影响主要是鱼体擦伤，运输时应进行预防鱼体发生细菌性疾病，一般采用漂白粉液消毒。放流鱼种从人工养殖水体进入天然水体需要一定的适应期，可以采用过渡培育，以便提高放流鱼种的成活率。过渡培育选择在库湾、水深 3~5m 的水域，设置鱼种网箱或围网进行过渡培育，过渡培育时间一般为 10~15 天。

### 6.3.5.5 放流地点和周期

放流地点的选择必须避开坝址下泄水所造成的气体过饱和及下泄低温水影响河段。放流地点应为交通方便、水流平缓、水域较开阔的库湾或具备水深 5m 以内、凶猛性鱼类少、饵料生物相对丰富等特点的水域。流水种类放流地点应选择在库尾和支流回水末端的流水水域，根据放流鱼类对生境的要求，结合现场调查，兼顾库区、坝下水域，放流地点选择在姚家平库尾、长偏河汇口、小溪河回水末端、甘名溪汇口等水域，但应避开电站尾水下泄处。根据放流对象生物学特性以及上下游适宜生境分布情况，初拟 60% 的苗种在坝上水域放流，40% 的苗种在坝下水域放流，后期根据鱼类资源监测结果进行适当优化调整。远期放流待增殖放流技术成熟和繁殖能力扩大后，考虑流域内增殖放流的总体布局，在三渡峡库尾、雪照河及中下游的马水河、忠建河、野三河等汇口处开展放流。

姚家平水利枢纽工程生物资源损害补偿年限暂按 20 年考虑，运行期前 10 年为近期，10 年以后为远期，远期应根据鱼类资源恢复情况，对放流种类、数量、地点进行相应的调整，兼顾全流域综合布局，制定长期的放流计划。随着技术水平的不断提高可适当提高放流规模、规格。放流时间一般宜在春末早夏和秋末冬初。

### 6.3.5.6 增殖放流站设计

#### (1) 工作任务

本工程增殖放流站的主要工作任务是对需要放流的野生鱼类亲本进行收集购置、驯养培育、人工繁殖；对子代苗种的孵化、培育、野化训练；对放流苗种的标志（或标记）、放流、放流效果评估；对远期计划放流种类还未突破全人工繁育技术的，开展亲本捕捞和驯养，繁育技



术研究攻关；以减缓本工程建设对清江流域鱼类群落的影响，加快鱼类资源恢复，维护水生生态系统稳定。

增殖放流站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。具体技术流程见图 6.3-14。

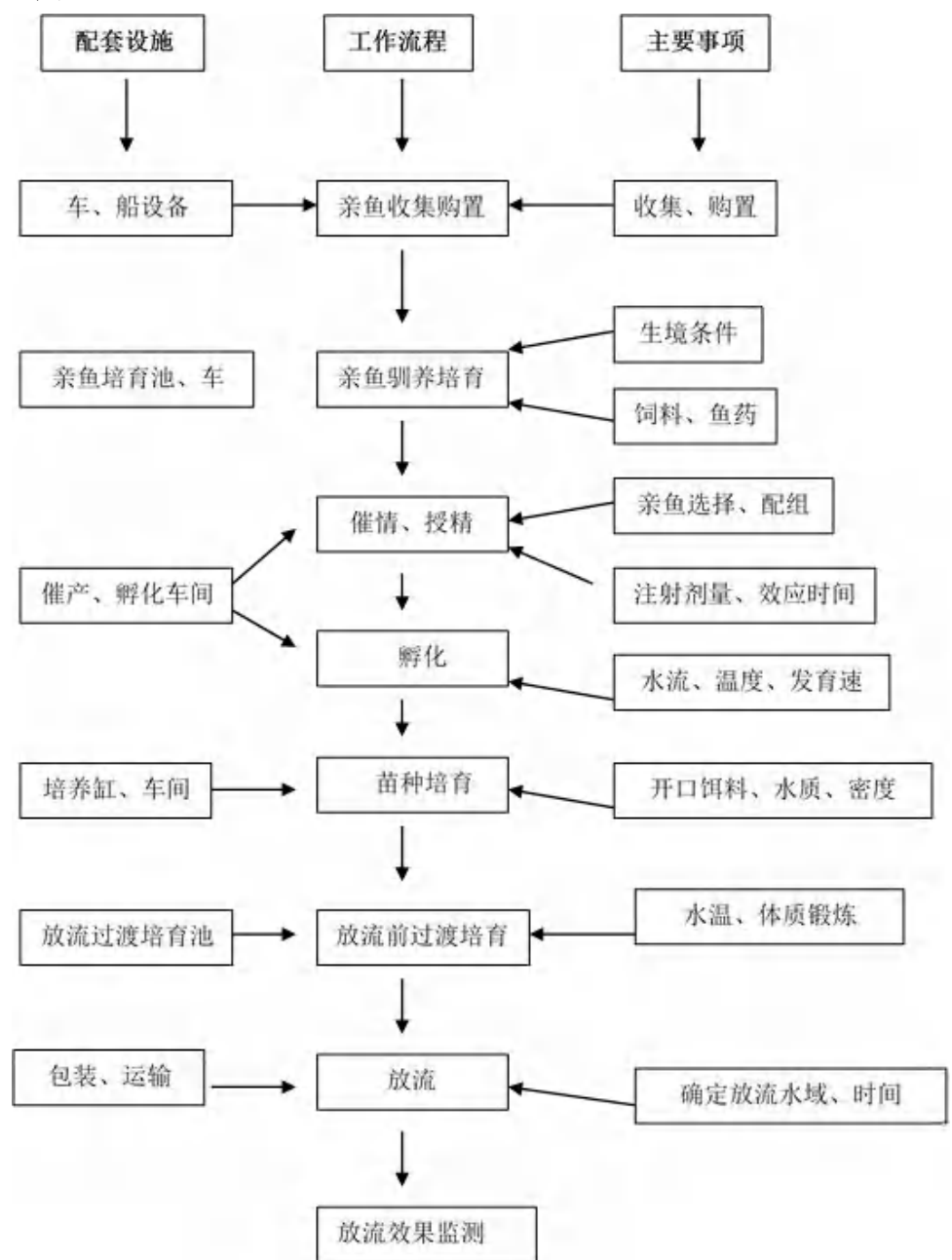


图 6.3-14 鱼类增殖放流站技术工作流程

## (2) 增殖站选址

### 1) 拟建增殖站选址

鱼类增殖站场址选择原则上应是生态环境良好，无泛洪、滑坡和泥石流流的地区；水源充足、水质良好，取排水方便、交通便利、地势平坦的地方。根据实地调查和查勘，姚家平水利枢纽工程管理处和鱼类增殖放流站进行整体规划，选址在姚家平大坝下游清江左岸工程管理处永久征地范围内，选址与枢纽工程位置示意图 6.3-15。工程管理处位于鱼类增殖站的东侧，用地面积约 12000m<sup>2</sup>；鱼类增殖放流站用地面积约 24000m<sup>2</sup>，面积可满足增殖站建构物及相关配套设施布置要求。

站址位于工程管理处，对外交通方便，有公路相通；且场地距离业主营地较近，便于运行期业主管理；可辐射库区和坝下区域，缩短了捕捞亲鱼、放流鱼种的运输距离，降低了因运输距离导致死亡的风险；从用地面积、地形地质条件等实际情况出发，增殖站可与枢纽工程同步施工或先行施工，满足环境保护“三同时”的要求；拟选场地各条件均满足鱼类增殖放流站建设要求，增殖站需在姚家平水利枢纽下闸蓄水前建成运行，可作为本工程鱼类增殖放流站场址。



图 6.3-15 姚家平水利枢纽鱼类增殖放流站与枢纽区位置示意图

## 2) 拟选站址环境条件

### ①地形地貌

鱼类增殖放流站位于坝址下游约 2.0km，凉风台公路和木马公路交汇处，距北侧雨龙山陡壁约 180m，地面高程 969m~979m，地势较平坦。

### ②地层岩性

根据临近钻孔 YK701 揭露及地表测绘，场内上部地层岩性为第四系崩塌堆积 ( $Q^{col+dl}$ ) 块石、碎石夹粘土，厚度大于 40m，碎块石的母岩成分主要为灰岩夹泥质条带灰岩；下部为大冶组中段 ( $T_1d^2$ ) 薄层灰岩夹页岩、泥质条带灰岩。

### ③水文地质条件

场址范围内地下水主要为第四系孔隙性潜水，赋存于上部松散第四系土层中，受大气降水和雨龙山地表水流补给，向清江干流排泄，水位变化幅度较大。

### ④地质构造与物理地质现象

场地范围内及周边未见断层、褶皱等构造；崩塌、滑坡及泥石流等不良地质现象亦不发育，场址基本稳定。

### ⑤工程地质评价

场地内地层岩性上部为崩塌堆积体块石、碎石夹粘土，承载力特征值 125~135kPa，压缩系数 0.40~0.45，具中压缩性，可以作为天然地基。建议设计根据上部荷载及地基土强度选择合适的基础形式与埋深，确保地基的稳定。由于上部覆盖层较厚，若经上部结构荷载计算地基无法满足设计要求，建议对地基采取强夯法、桩基等处理来达到承载力要求。建议临时开挖坡比：第四系堆积物 1:1.0~1:1.5、基岩 1:0.5~1:0.75。混凝土与地基土摩擦系数：0.28~0.30。

### (3) 养殖生产工艺

养殖生产工艺根据需要可采用循环水养殖、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确定。静水养殖指在流动的水体中进行鱼类养殖的生产方式，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。流水养殖可用于适应缓流或急流鱼类的养殖，养殖密度大、废水产生量多，适用于水源与增殖放流站有一定高差，水源水量充沛、水质良好的工程。循环水养殖指在相对封闭的空间内，利用曝气、沉淀、过滤等手段迅速除去养殖对象的代谢产物和饵料残渣，净化水质，在少量补充水的前提下循环利用养殖水进行小水体高密度鱼类养殖的生产方式。循环水养殖在用地较少的情况下适用，废水产生量少，适用于水源取水困难、用地紧张，或养殖水体有温控要求的工程。由于在鱼类养殖过程中需排出混有鱼类粪便、饲料残饵的养殖废水，结合3种养殖模式的弃水产生量、工艺特点及放流对象的生态习性，并综合考虑水源和场地条件，增殖站选择循环水养殖模式，用水量少，对水的利用率高，废水产生量少，废水经处理设施处理后用于绿化。

### (4) 主要构筑物

根据《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T 35037-2014)，鱼类增殖站主要构筑物包括蓄水池、饵料培育池、亲鱼培育池、开口苗培养池、鱼苗培养池、鱼种培育池、催产池、孵化设施、综合楼、取排水设施等；附属设施包括取水泵站、门卫室、停车场、取排水管道、围墙、场内外连接道路等。

本工程鱼类增殖放流站分为综合楼和生产区两个部分，并结合道路及生态绿化进行布置，综合楼的主要功能为办公、监控、展示；生产区

由亲鱼培育车间、催产孵化和鱼苗培育车间、鱼种培育车间及蓄水池、室外培育池等组成。姚家平水利枢纽工程鱼类增殖放流站建构筑物主要包括：蓄水池、防疫隔离池、亲鱼培育车间、催产孵化和开口苗培育车间、鱼苗培育车间、亲鱼培育池、室外苗种培育池、养殖尾水处理系统、取水泵站、综合楼，以及给排水管道及其它生产配套设施，且站内配套道路、景观绿化、停车位等。各建构筑物规格见表 6.3-11。

表 6.3-11 姚家平水利枢纽工程鱼类增殖放流站主要建构筑物

序号	构筑物名称	规格			个数	面积（m <sup>2</sup> ）	供水方式
		长（m）	宽（m）	深（m）			
1	蓄水池	20	10	3.5	2	400	取水泵抽提
2	防疫隔离池	15	5	1.8	4	300	蓄水池直供
3	亲鱼培育池	40	10	2.0	10	4000	蓄水池直供
4	室外苗种培育池	15	5	1.8	10	750	蓄水池直供
5	催产孵化和开口苗培养车间	42	20	—	1	840	—
6	鱼苗培育车间	42	20	—	1	840	—
7	亲鱼培育车间	42	20	—	1	840	—
8	综合楼	30	15	—	1	450	自来水管道
9	废水池	15	15	2.0	1	225	—
10	养殖尾水处理系统	25	10	—	1	250	—
11	一体化污水处理设施	20	10	—	1	200	—
上述设施布置在室外							
12	催产池	3.0（直径）		1.3	2	14.1	蓄水池直供
13	孵化槽	2.0	0.8	0.6	10	16	循环水系统
14	圆锥形孵化桶	0.86（直径）		1.15	4	2.32	循环水系统
15	尤先科孵化器	3.20	0.80	0.60	2	5.12	循环水系统
16	开口苗培养缸	1（直径）		1	30	23.55	循环水系统
上述设施布置在催产孵化和开口苗培育车间							
17	鱼苗培育缸	2（直径）		1	40	125.6	循环水系统
上述设施布置在鱼苗培育车间							
18	亲鱼培育缸	4（直径）		1.5	14	175.84	循环水系统
上述设施布置在亲鱼培育车间							

## **(5) 用水规划**

姚家平水利枢纽增殖放流站生产用水水源为清江，通过取水泵抽取提升至蓄水池处理后，供给循环水系统或部分直供养殖池，其水质满足《渔业水质标准》（GB 11607）要求；清江来水量大，水量可保证增殖站养殖用水；为了保证生产用水，增殖站以山泉水为备用水源。生活用水由马者水厂的农村安全饮水管网供给。

为降低运行成本和保证鱼苗培育良好的环境，提高鱼苗培育阶段的成活率，规划在增殖站催产孵化和开口苗培育、鱼苗培育、亲鱼培育过程采用循环水系统。本工程共配备 3 套循环水处理系统，其中催产孵化和开口苗培育车间、鱼苗培育车间、亲鱼培育车间各使用 1 套，其他养殖水体由蓄水池直接供水。

### **6.3.5.7 建构筑物工艺设计**

总体布局：鱼类增殖站采用对称式布局，将综合楼、鱼苗培育车间、亲鱼培育车间布置中轴线上，蓄水池设置在东南侧高程最高处，催产孵化和开口苗培养车间临近蓄水池布置，防疫隔离池布置在综合楼的东侧，废水池、一体化污水处理设施及养殖尾水处理系统布置在综合楼东侧高程最低处。所有建筑物均采用钢筋混凝土框架结构，耐火等级为二级。

道路设计：鱼类增殖站道路采用纵横路网布局，形成环路，道路可通达综合楼、各车间和每个养殖池。最外侧环路路面宽 6.0m，其余道路路面宽 4.0m，均采用混凝土路面。

景观设计：在鱼类增殖站入口设置有硬质广场作为公共活动区域，广场上设计有景观绿化，种植观赏林木。道路两旁均设置绿化带，做到环境绿化、美化。

具体建构筑物设计如下：

### **(1) 蓄水池**

为保证车间内养殖设施清澈水供给，需要在室外高地处建设 2 个蓄水沉淀池，交替使用，共占地  $400\text{m}^2$ ，根据养殖设施的体积和换水率、拟建增殖放流站地形，蓄水容积设计为  $1400\text{m}^3$ ，长 20m、宽 10m、高 3.5m，蓄水深 3.0m。为便于水体进入各养殖设施，蓄水池池底高程较高养殖设施进水口高程高 1.0m 以上。为便于清淤及运行，蓄水池平均分隔为两格，一格用于沉淀，内设排泥设施；另一格用于存蓄清水。蓄水池由两路水源供水，主水源供养殖区平时使用，备用水源满足主水源供水不足或无法正常供水的情况下临时用水。

### **(2) 亲鱼培育池**

在室外建设长方形亲鱼培育池 10 个，根据鱼类喜流习性，采用微流水养殖模式，亲鱼养殖密度一般为  $20\sim 30\text{kg}/100\text{m}^2$ ，单池规格为长 40m，宽 10m，高 2m，单池面积  $400\text{m}^2$ ，水深按 1.5m 控制。长方形亲鱼池为地下开挖混凝土结构，建设主体在地面下，为利于池内水体流动和排污，池底呈微倾斜状，向出水口倾斜，倾斜度控制在  $2^\circ$  左右。进水口与出水口的布设呈对角形式，分别布置在矩形鱼池的两短边侧。

### **(3) 亲鱼培育车间**

建设亲鱼培育车间 1 个，长 42m，宽 20m，面积  $840\text{m}^2$ 。亲鱼对水体条件要求较高，常规方式培育放养密度一般为  $2250\text{kg}/\text{hm}^2$ ，使用循环水培育方式，可适当增加放养密度，养殖水体日循环 10~15 次。亲鱼培育车间内建设圆形亲鱼培养缸 14 个，培养缸直径为 4m，高为 1.5m，有效水深 1.2m，单池水面面积  $12.56\text{m}^2$ 。鱼池内水流产生可由水龙头或池内设置潜水泵推动，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污，鱼池排水口和溢流口应设置拦鱼设施。

#### (4) 催产孵化和开口苗培育车间

建设催产孵化和开口苗培育车间 1 个,长 42m,宽 20m,面积 840m<sup>2</sup>。车间内设催产池 2 个,配备 10 个孵化槽、4 个孵化桶、2 个尤先科孵化器、30 个开口苗培育缸,车间使用循环水处理系统供水。

催产池:催产池采用圆形钢筋混凝土水泥池结构,设置 2 个,直径为 3m,池壁高 1.3m,其中埋入地下 0.8m,地面以上 0.5m,水深控制在 0.8m。催产池用水由蓄水池直供,进水沿池壁冲入,池中水体可以沿池壁转动,池中心排水,中心排水口要水能排出、鱼不能逃逸。催产池池底均匀向中心倾斜,呈锅底状,倾斜比降 2%,池底中心设圆形排水口 1 个。

孵化槽:孵化槽孵化粘性卵。孵化槽为矩形结构,共设置 10 个,长 2.0m,宽 0.8m,高 0.6m,有效水深 0.45m。每个孵化槽设置 6 个 0.48m<sup>2</sup> 孵化网片,每个网片可孵化 1 万粒受精卵。使用循环水处理系统,孵化槽首部顶端进水,尾部设置溢水口,底部设置鱼苗收集孔,孔径以 5cm 为宜。

孵化桶:孵化桶孵化漂流性卵。共设置 4 个,直径为 0.86m,高为 1.15m。孵化密度一般取 5~10 万粒/m<sup>3</sup>。使用循环水处理系统,孵化桶中的水体产生由下而上均匀的水流,使受精卵在孵化桶中均匀翻滚。出水处要求水能流出,而受精卵和刚孵化的鱼苗不能随着水流流出。

尤先科孵化器:孵化沉性受精卵和脱粘后的粘性受精卵,共设置尤先科孵化器 2 个,长 3.20m,宽 0.80m,高 0.60m。使用循环水处理系统,将装有受精卵的孵化筛设置在孵化水槽中,水流从上往下喷淋,孵化水槽水体定时由划水板划动使脱粘的受精卵在孵化过程中不粘结、沉性受精卵不缺氧。每个尤先科孵化器设置 4 个 0.3m<sup>2</sup> 的孵化框,每个孵



化框可放置 1 万粒受精卵，每个尤先科孵化器繁殖季节可孵化 40 万粒。

开口苗培育缸：为了提高鱼苗培育的成活率，共设置 30 个开口苗培养缸，材质为玻璃钢圆形缸，直径 1.0m，高 1.0m，控制水位 0.7m，密度以 0.5~1.0 万尾/m<sup>3</sup> 为宜，使用循环水处理系统，水体置换频率每天不低于 12 次，培育缸排水口应设置拦鱼窗纱，网目以 45~50 目为宜。

### **(5) 鱼苗培育车间**

建设鱼苗培育车间 1 个，使用鱼苗培育池进行鱼苗培养，车间用水使用循环水处理系统。车间规格为长 42m，宽 20m，面积为 840m<sup>2</sup>。车间内布设鱼苗培养缸 40 个，直径 2m，高 1.0m，控制水位 0.7m，养殖密度为 1200~1500 尾/m<sup>3</sup>。

### **(6) 室外苗种培育池**

建设室外苗种池 10 个，为矩形结构，长 15m，宽 5m，高 1.8m，水深控制在 1.5m，单个池子面积 75m<sup>2</sup>。室外苗种培育池建在地面下 1.3m，地面以上高度为 0.5m。鱼种培养密度以 80~120 尾/m<sup>3</sup> 为宜，微流水培养，用水由蓄水池直供。池底呈微倾斜状，进水口与出水口呈对角线布置，坡度按 0.5%~1%控制，排水口和溢水口均设置拦鱼设施，为利于排水和排污，池底向出水口倾斜，出水口设置在培育池一侧。在长边池壁每隔 2m 预埋直径 25mm 的塑料管或白铁皮镀锌管，以便夏季遮阴和冬季保温室搭棚插管。

### **(7) 防疫隔离池**

收集或者采购的鱼类应先在防疫隔离池培育 10~15 天，采取消毒和隔离培育后再进行分类培育。建设 4 个防疫隔离池，长 15m，宽 5m，高 1.8m，水深控制 1.5m，单个池子面积为 75m<sup>2</sup>。用水由蓄水池直供，防疫隔离池建在地面下高度为 1.3m，地面以上高度为 0.5m，池底呈微

倾斜状，为利于排水和排污，池底向出水口倾斜，出水口设置在隔离池一侧。

### **（8）养殖尾水处理系统**

未被摄食的残余饵料、养殖对象粪便以及残留的化学药剂等是养殖废水的主要来源，养殖尾水主要污染物为：SS、BOD<sub>5</sub>、TP 和 NH<sub>3</sub>-N。对养殖废污水进行集中收集和处理，经废水池收集后进入生态湿地处理，湿地选用波形潜流湿地，集中处理后用于绿化及冲洗场地用水，不外排，养殖尾水处理系统占地约 250m<sup>2</sup>。波形潜流湿地上部结合绿化种植湿地植物，主要为美人蕉和香蒲等，填料和植物根系的吸附、截留等作用可降低污水中的污染物，下部填充基质主要有细砂、酶促填料、砾石、卵石等。

### **（9）废水池**

建设废水池 1 座收集养殖系统排出的废水，经初步处理后进入养殖尾水处理系统，并可作为事故应急池使用，废水池规格为长 15m，宽 15m，高 2.0m，设计容积为 450m<sup>3</sup>。

### **（10）综合楼**

鱼类增殖站内建设综合楼 1 栋，建筑层数为一层，占地面积为 450m<sup>2</sup>，长 30m，宽 15m，综合楼内包括实验室、展示室、办公室、值班室、工具间、饲料及其他杂物储存仓库。综合楼内设小型实验室 1 个，以满足日常生产的水质监测、亲鱼和苗种发育观察以及病害诊断和放流标记需要。展示室主要配备标本展示架及标本瓶，活体展示整体水族箱，墙体宣传展示板。

### **（11）给排水系统**

给水：站内生活用水与养殖用水相独立，生活用水由马者水厂的农

村安全饮水管网供给，与工程管理区自来水系统相连接，满足生活用水的需要。生产用水以清江水为主水源，以山泉水为备用水源。水源水经提水泵站抽提至蓄水池处理后，供给循环水系统或直供养殖池；循环水系统主要供给催产孵化和开口苗培育车间、鱼苗培育车间、亲鱼培育车间用水。循环水养殖模式下养殖设施应配置循环水供水管、新鲜水补水管、溢流排水管、放空管和供气管等管路系统，由蓄水池补充系统耗水。

排水：增殖站排水主要为养殖退水和生活污水，站内设置排水管网和废水处理系统，实现废污水的排放和处理。循环水养殖模式下鱼类增殖站的生产废水量较小，养殖退水通过中和沉淀处理后，纳入养殖尾水处理系统集中处理。生活污水先通过一体化污水处理设施处理后，通过污水管网就近排至市政污水管网。增殖站建设地埋式污水处理设备1座，占地约200m<sup>3</sup>，周边种植绿化减少噪声、废气等环境影响，污水处理后回用不外排。

### **(12) 仪器设备购置**

需要购置的仪器设备有水质监控设备、运输车辆、通讯设备和办公设备等。实验室需配备在线水质分析监测仪、显微镜、解剖镜、冷柜、天平和放流标志器械，以满足日常生产的水质监测、亲鱼和苗种发育观察以及病害诊断和放流标志需要。

#### **6.3.5.8 运行管理**

增殖放流站的运行可委托给具有运行管理经验的企业或科研单位，也可由建设单位自主招聘管理人员和技术人员运行管理。增殖放流站应配备运行生产及科研技术人员，具有水产养殖专业背景，生产繁忙季节可通过为相关大、中专院校水产专业学生提供实习场所，或聘请临时工作人员补充人力。配备站长、生产副站长各1名，具体管理增殖站养殖

生产工作；下设亲鱼培育组和人工繁殖组，亲鱼培育组负责亲鱼收集、驯养培育以及大规格苗种和成鱼养殖生产，人工繁殖组负责催产、孵化和早期苗种培育生产。渔政部门应加强对全流域增殖放流的统筹和监管，保证增殖放流措施切实有效进行。

#### 6.3.5.9 增殖放流效果监测与评估

增殖放流措施实施后，需定期开展放流效果监测，主要监测放流水域的水体理化指标、饵料生物资源，并重点监测鱼类的种类组成与比例、时空分布、种群结构、资源现状，尤其是监测放流种类的种群变化情况。通过对流域鱼类资源现状及变化趋势监测，评估鱼类放流增殖效果，为改进增殖放流方案提供依据。为便于开展放流效果的评估，对增殖放流的鱼苗进行全部标志或标记，根据放流苗种的规格、生物学特性、放流数量等，建议选择有编码金属标（CWT 标记）、荧光标记（VIE 标记）和耳石标记等标记技术。放流后连续 2 年进行标记鱼的回捕调查，监测放流鱼类种类的种群变化情况，分析评价增殖放流措施运行效果。

#### 6.3.6 生态流量泄放

姚家平水利枢纽建成蓄水后将产生 1.6km 的减水河段，为维持减水河段鱼类栖息生境，保障河道生态功能，姚家平枢纽需严格下泄生态流量，生态流量应满足下游河道生态敏感目标的生态需求。

根据水文情势章节计算结果，推荐姚家平水利枢纽坝下生态流量在 11 月至翌年 3 月不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 16.3%），在 4~10 月不应低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 30.0%）。

姚家平水利枢纽坝址下游建有天楼地枕、龙王塘梯级，为确保姚家平枢纽下泄的生态流量沿程下泄，保障下游河道生态需求，建议合理核

定天楼地枕、龙王塘梯级的生态流量保障目标，按不低于姚家平梯级的控制要求进行下泄，即 11 月至翌年 3 月不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ ，4~10 月不低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ 。

生态流量泄放保障措施见报告书 6.1.1.2 节。

### 6.3.7 生态调度

鱼类繁殖需要一定的水文水动力学条件，在受梯级开发影响的河流，为更好地促进鱼类产卵繁殖，可以在鱼类繁殖高峰期通过梯级优化调度，模拟河流天然水文情势，使河流的水量、水位、流速等满足鱼类产卵、孵化的生境需求，达到保护鱼类资源的目的。

开展生态调度的时机应选择在所有目标鱼类大规模产卵的高峰时期。根据清江上游鱼类生态习性和河流水文情势特点，建议姚家平河段实施生态调度的时间为 4~7 月，结合上游来水情况择机开展。生态调度持续时间一般为 3~8 天，调度期间应避免坝下水位频繁波动，通过调度促进鱼类完成自然繁殖过程。

清江上游多数梯级库容小，对径流的调蓄作用有限。具备调节能力的有姚家平、大龙潭和水布垭三座梯级。恩施州政府已出具《恩施自治州人民政府关于承诺落实清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》，承诺在下闸蓄水前编制完成清江流域生态调度方案。

姚家平水利枢纽建成运行后，应根据流域生态调度方案开展梯级联合生态调度，为鱼类提供产卵繁殖条件，以利于水生生物的繁殖生存。同时在鱼类产卵繁殖季节，建议优化姚家平水利枢纽的调峰调度过程，尽可能减小坝下水位变幅和频繁波动，提高鱼卵孵化率及早期成活率，保证坝下河段的水文情势满足鱼类正常产卵孵化需求。

### 6.3.8 加强施工期管理

(1) 施工期间，加强宣传教育，制定生态环境保护手册，在施工区设置环境保护警示牌，加强对施工及管理人员环保知识的宣传教育，树立良好环境保护意识。建立鱼类资源保护的规章制度，严禁施工人员下河捕捞水生野生动物。

(2) 合理安排施工时序，采取繁殖避让，3~10月是鱼类的产卵繁殖期，其中4~7月是繁殖高峰期，在鱼类繁殖期应避免高强度、大面积涉水施工和河道开挖，以减少对鱼类繁殖的影响。

(3) 加强施工监管，严格按环保要求施工，生产、生活污水按要求处理后回用或排放，防止水污染事故发生。施工产生的废渣、固体废弃物和生活垃圾等集中收集，按要求在指定区域堆放或处理，禁止排入河道或堆放在河谷范围内。

(4) 鱼类保护与救护。施工期间，施工人员不得下河捕鱼，对施工围堰、导流隧洞内被困的鱼类，应及时进行捕捞、暂养或放归；需要进行水下爆破的，应在影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免受到爆破波及。

### 6.3.9 加强渔政管理

渔政管理是保护水生生物及鱼类资源的重要手段，为有效保护清江流域水生生物资源，应进一步加强渔政管理，落实禁渔制度，加强对工程河段的执法监管和巡护。恩施州境内清江水域自2021年1月1日0时起，实施为期10年的全面禁捕，当地渔业主管部门应继续落实“十年禁渔”政策，加大执法力度，严厉打击非法电鱼、毒鱼等违法行为；加强对重点水域的巡视，严禁进行捕捞作业，严禁捕捞产卵亲鱼、保护

生殖群体；继续开展珍稀特有物种和重要经济鱼类的放流力度，保证鱼类资源可持续发展；加强野生动物保护知识的宣传教育，宣传《野生动物保护法》《渔业法》《长江保护法》等法律法规及保护珍稀水生生物的重要意义，提高居民渔业资源保护和守法意识。工程实施后，鱼类适宜的栖息生境萎缩，鱼类分布相对集中，应严格执行禁渔期和禁渔区制度。

### 6.3.10 科学研究

#### （1）增殖放流鱼类繁殖技术研究

为保证鱼类增殖放流任务顺利完成，并达到物种保育目的，需对增殖放流对象开展相关的人工繁殖技术攻关研究，尤其是对远期放流对象青石爬鮡、黄石爬鮡、短体副鳅、戴氏山鳅、长阳鮡等鱼类的生态学和繁殖生物学调查、野生亲鱼的采集与驯养技术、人工繁育技术、大规模苗种培育技术等内容的技术攻关。

#### （2）增殖放流效果监测与评估

开展增殖放流效果监测与评估，通过对放流鱼类进行标记回捕，研究人工增殖种群对鱼类资源的贡献率，对增殖放流效果进行监测与评价，不断调整和改进增殖放流方案，为资源增殖和物种保护提供科学依据。

#### （3）过鱼设施优化和效果评估

对过鱼设施运行过程进行监测，详细记录鱼类经集鱼口上溯进入集鱼箱的种类和数量，以及通过升鱼机、运鱼船转运后鱼类的健康状况等，对过鱼系统进行效果评估，分析过鱼设施运行中存在的问题，优化完善过鱼方案设计及运行方式，提升过鱼效果。

#### （4）流域梯级联合生态调度研究

从统筹全流域角度出发，开展流域梯级联合生态调度实施方案研究，研究主要保护鱼类繁殖的生态需求，制定保障河道生态需水的梯级联合

调度方案，监测鱼类早期资源和水文、环境要素，评价生态调度实施效果。

**(5) 生态流量保障目标制定**

天楼地枕、龙王塘等梯级在姚家平水利枢纽建成后水文情势发生变化，需复核或合理确定生态流量泄放标准。通过开展科学研究，结合清江干、支流水生生态调查结果，在分析水生生境、鱼类组成以及枯水期和产卵繁殖期生态需求的基础上，科学论证生态流量过程，提出生态流量保障措施。

**6.4 生态敏感区**

**(1) 加强施工组织设计，严格按照批复方案施工**

施工期应加强施工组织设计，严格按照地质公园主管部门同意的施工方案进行施工，不得越界施工，防止对地质遗迹造成损害。

**(2) 地质遗迹维护**

邻近地质公园的枢纽工程施工场地，在坝址建设的南北两侧分别设置钢筋围栏；在容易出现陡壁坠石的下方及周围，应设立警示牌，保障地质遗迹不因开展施工活动而受到损害，并保障施工人员安全。



图 6.4-1 钢筋围栏及警示牌示意图



### （3）加强施工期监督管理

施工期产生的生产污水和生活污水经处理后回用，不对外排放，施工人员生活垃圾依托当地设施收集、处理，生产废料回收清理并加以再利用，将对地质遗迹的影响降至最小。

### （4）地质景观恢复

施工结束后，由地质公园管理部门和建设单位共同组织编制地质公园景观恢复方案，结合区域地质景观的特点和工程蓄水后形成的新景观，减缓施工活动给地质公园景观带来的影响。

### （5）地质灾害监测

为及时了解工程施工及运行引起的地质环境变化及发展趋势，掌握工程建设前后地质环境变化的时空规律，预测不良趋势并及时发布警报，地质公园管理部门应委托有关单位定期开展地质灾害监测。

## 6.5 地下水环境

### 6.5.1 施工期

（1）施工期地下水保护应该以预防为主，严格执行地表水环境保护措施，生活生产废（污）水应进行处理后回用，严禁直接外排。

（2）对施工期设置的 4 座简易除油沉淀池进行一般防渗处理，采用黏土填充沉淀池地基作为防渗层，要求黏土厚度 $\geq 1.5\text{m}$ 。

同时对污废水处理设施进行定期检查，及时发现并采取相应措施（如堵住泄漏管道、采用防渗墙等）减少和杜绝其冒滴漏现象。

（3）隧洞施工前加强水文地质勘察，加强综合超前地质预报，探明掌子面前方地质条件，以便采取有效的施工措施，避免施工中突发涌水。

### 6.5.2 运行期

运行期地下水可能遭受的环境风险在于水库蓄水造成区内地下水位抬升，结合工程布置提出如下建议：

（1）加强隧洞的防渗措施，降低运行期地表水渗漏对周边地下水流场的影响。

（2）开展地下水水质监测工作，重点关注环境保护目标监测点的水质状况。

### 6.5.3 应急供水措施

尽管评价范围内无集中式地下水饮用水源区，工程施工和运行对居民生产生活取用泉水无明显影响，但凉水井供水泵房和管线等设施两侧紧邻坝址滑坡体削坡剪裁工程，施工可能暂时影响马者村供水。为保障取水引水安全，应制定地下水用水应急供水措施。

根据以往应急性供水经验，可采取送水车方式进行应急供水。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，满足卫生需求。根据地下水影响评价结果和最大程度保障引水安全原则，应急供水车最大保障对象为凉水井供水范围内的马者村约 1000 人，最长保障时间为 1 年。采用两辆 10 吨送水车送水，每辆日供水 5 次，按每人每日供水 80 升计算，两辆车每日可保障 1300 人用水，满足供水需求。

## 6.6 土壤环境

本工程为土壤生态影响型项目，在严格执行相关环境保护措施的前提下，施工期不会对加剧土壤的酸化或引起碱化和盐化。因此，土壤环

境保护措施主要为污染物源头控制措施，具体包括：

（1）施工期及运行期各类污废水、固体废物应按本报告书要求进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

（2）加强施工机械设备的维护保养，杜绝机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

（3）对工程区内耕地、园地地块进行表土剥离，并集中堆置防护用于后期植被恢复。

## 6.7 固体废物

### 6.7.1 施工期

#### （1）工程弃渣处置

经土石方平衡规划，本工程弃渣 537.95 万  $\text{m}^3$ （松方）。本工程共设置三处弃渣场，分别为杨柳湾弃渣场、老沟弃渣场和水库死水位以下的堰前弃渣场。其中，杨柳湾（1#渣场）容渣量 60 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 52.49 万  $\text{m}^3$ （松方），先期弃渣，场平后作为主要施工布置区；老沟（2#渣场）容渣量 160 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 148.34 万  $\text{m}^3$ （松方）；3#弃渣场容渣容渣量 500 万  $\text{m}^3$ ，实际容渣 337.11 万  $\text{m}^3$ （松方），位于水库死水位以下，堆渣主要位于上游围堰以上清江河道，渣面顶部高程 660.00m，相应面积 12.28 万  $\text{m}^2$ ，为方便渣场施工期安全，按《水土保持工程设计规范》（GB51018）对渣场进行防护及排洪措施处理。因此，规划的弃渣场可容纳工程施工过程产生的全部弃渣，因此工程弃渣不会对弃渣场以外的区域环境造成明显不利影响。

#### （2）生活垃圾处置

枢纽区施工高峰期人数 2500 人，按人均日产生生活垃圾 1.0kg 计，

高峰期生活垃圾产生量约为 2.5t/d；库区滑坡治理工程 1#~3#施工区施工高峰期人数共 400 人，高峰期生活垃圾产生量约为 0.4t/d。生活垃圾以有机厨余为主，此外也包括草木、塑料包装袋和纸类等。施工期间的生活垃圾经收集后进行统一处理，具体为：在工程施工现场、生活营地内分别设置专用封闭式垃圾桶，收集施工人员和管理人员的生活垃圾，枢纽施工区共布置垃圾桶 60 个，1#、3#施工区各布置垃圾桶 5 个，2#施工区布置垃圾桶 10 个。委托当地环卫部门对生活垃圾进行统一清运，并集中处理。此外，施工期间对施工人员加强卫生宣传，不随意乱丢废物，保证工人工作、生活环境的卫生质量。

## 6.7.2 运行期

### （1）生活垃圾

运行期产生的固体废弃物主要为枢纽管理人员的生活垃圾。工程劳动定员编制为 124 人，生活垃圾产生量为 0.124t/d。运行期生活垃圾交由当地环卫部门统一收集，并集中处理。同时，拟在建设管理营地分散设置 10 个封闭式垃圾桶，并聘用专门人员负责环境卫生，对生活垃圾每日进行清理。

### （2）危险废物

工程运行期间，发电厂房内机组维护将产生废润滑油等，根据主电站和生态电站润滑油用量，估算产生量约为 20m<sup>3</sup>/a。运行期产生的废矿物油采用储油桶暂存于危废暂存仓库内，由主管部门认可的有资质的单位一并接收处理并妥善处置。危废暂存仓库要求地面做好防渗，设置有液体泄漏收集池，并张贴危废标识、标牌及相关警示标语。同时严格按照危险废物规范化管理台账要求，认真登记危险废物产生、贮存、利用、处置、转移等各环节地点建立的相关台账。

## 6.8 大气环境

### (1) 设计标准

施工区的环境空气质量按《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准控制；施工区粉(扬)尘执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)无组织排放监控浓度限值；所有施工机械、车辆尾气排放执行《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》(GB20891-2014)及修改单和《重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB17691-2018)。

### (2) 施工区粉(扬)尘控制

本工程施工区应严格执行“六个百分之百”要求，即确保施工工地周边百分之百围挡、物料堆放百分之百覆盖、土方开挖百分之百湿法作业、施工现场路面百分之百硬化、出入车辆百分之百冲洗、渣土车辆百分之百密闭运输。本工程在施工过程中应采取以下措施对施工区粉(扬)尘污染进行防治：

1) 结合爆破减震要求，工程爆破优先选择凿裂爆破、预裂爆破、光面爆破和缓冲爆破等技术，控制单次爆破区域面积，减少炸药装填量，爆破时应尽量采用草袋覆盖爆破面，爆破后应立即对爆破区上方及周边区域进行洒水降尘；

2) 凿裂钻孔设备要选用带除尘器的钻机，同时提倡凿裂、钻孔湿法作业；

3) 砂石料加工系统设置2套收集除尘系统，分别在破碎、筛分和制砂设备区域应安装集气罩，经收集的粉尘采用布袋除尘器处理后达标排放。在砂石料加工区域的厂界围挡、主要产尘装置、砂料堆场以及传送带等区域设置喷雾装置，持续喷雾以达到降尘效果。

4) 混凝土拌和楼需配备除尘装置，加强维护保养，保证除尘装置始终处于良好的工作状态，并在添加水泥等多尘物料以及搅拌过程中采用全封闭式系统，对传送带上输送的物料应进行全封闭或半封闭。

5) 在隧洞出口、大坝、施工道路等边坡开挖多扬尘作业面配备人员及设备进行定期洒水，在无雨日每天洒水 3~5 次，洒水面积需尽量覆盖所有干燥裸露面。

6) 为避免砂石料加工系统在卸料、砂石料装车以及场地内汽车行使等过程中会产生粉尘，需在场地内定期洒水，并加强洒水频率，在无雨日每天洒水 3~5 次，洒水面积需尽量覆盖所有干燥区域。

7) 施工弃土弃渣等及时清运至缓存场或弃渣场堆放处理，及时做好弃渣场的水土保持措施，并在无雨日每天洒水 3~5 次，洒水面积需尽量覆盖所有干燥裸露面。

8) 物料堆积过程中，堆积边坡的角度不宜过大，弃渣场应及时夯实；晴朗多风天气应对露天临时堆放的土料适当加湿或表面覆盖，减少风力起尘量。

9) 在干燥裸露面不进行施工时，应采用防尘苫盖进行遮盖，经估算需要苫盖约 15 万  $\text{m}^2$ 。

### (3) 道路扬尘控制

1) 在施工道路区域设置限速标志，车速不得超过 30km/h，以减少起尘量，防止车速过快产生扬尘污染大气环境。

2) 在物资运输过程中注意防止扬尘污染。装载多尘物料时，应对物料适当加湿或用帆布覆盖，运送散装水泥车辆的储罐应保持良好密封状态，经常清洗运输车辆。运输车辆驶出施工区时，应对车辆轮胎、底盘等容易夹带泥土的部位进行冲洗。

3) 施工阶段对汽车行驶路面勤清扫,可以较好地减少粉尘排放量。对施工道路进行洒水,在无雨日1天洒水3~4次,在干燥大风天气情况下洒水频率加密。重点洒水路段为1#和2#施工道路。

4) 做好公路绿化,依不同路段情况,栽植树木与灌木。道路两侧的行道树或绿化带不但起着防眩、吸音、隔离、丰富道路景观、美化环境的作用,还有吸尘的作用。

#### (4) 燃油施工机械废气控制

加强大型施工机械和车辆的管理。执行I/M制度(即定期检查维护制度)。承包商所有燃油机械和车辆尾气排放应执行《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》(GB20891-2014)及修改单和《重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB17691-2018);同时施工机械使用优质燃料。推行机械车辆强制更新报废制度,特别是对发动机耗油多、效率低、排放尾气严重超标的老旧车辆,应予更新。

## 6.9 声环境

### (1) 保护目标

噪声为瞬时性影响,声波能量在时间上不具有累积性,故声环境保护以保证敏感点声环境质量满足区域环境要求为控制目标。施工场界噪声控制执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011),敏感目标声环境质量按《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中相应类别功能区要求控制。

根据噪声预测结果,受主体工程噪声源影响的11个敏感保护目标中,姚家平村居民点和茅坡南侧居民点2处敏感目标的约21户居民昼

间声环境无法满足相应声环境功能区要求，超标范围在 2.2~3.9 dB(A)。

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》第四十三条，在噪声敏感建筑物集中区域，禁止夜间进行产生噪声的建筑施工作业，但抢修、抢险施工作业，因生产工艺要求或者其他特殊需要必须连续施工作业的除外。结合本工程施工特点分析，工程大坝、厂房等构筑物可能存在因混凝土连续浇筑需夜间施工的情况。除此以外其余工程在噪声敏感建筑物集中区域夜间均不能开展常规施工。经调查、预测，在夜间禁止开展产噪施工作业的条件下，所有敏感目标夜间均可满足相应声环境功能区要求。

(2) 敏感目标噪声防护措施

敏感目标噪声防护措施一般包括临时声屏障、隔声门窗、搬迁或临时避让等。上述噪声污染治理措施的经济技术比较情况如表 6.9-1 所示。

表 6.9-1 噪声污染治理措施经济技术比较表

治理措施	效果分析	投资比较	适宜的敏感点类型
设置声屏障	降噪量可达 8~15dB (A)，可同时改善室内、外声环境，不影响居民日常生活。	投资较大	适用于建筑密度高、规模较大或线性分布的敏感点。
敏感点搬迁或临时避让	可根本避免噪声影响，但投资大，实施难度较大。	投资大	居民需要重新购房或租房，部分居民对搬迁或避让有疑虑。
设置隔声门窗	降噪量大于 25dB (A)，影响视觉及通风换气，对居民日常生活有一定影响。	投资较小	受噪声污染的零星住宅，建筑物结构较好的可采用。

根据本工程声环境影响预测与评价结果可知，受影响的声环境敏感目标主要包括姚家平村居民点和茅坡南侧居民点，主要噪声源分别为砂石加工系统和茅坡石料场。姚家平村居民点和茅坡南侧居民点主要为农村自建住宅，其建筑物结构不利于统一安装通风隔声窗，且安装隔声窗后影响换气通风，对居民日常生活有一定不利影响；另一方面，敏感点搬迁或临时避让实施成本较高。因此，综合考虑措施的经济性、可行性



和降噪效果，拟在砂石加工系统和茅坡石料场面对敏感目标一侧设置声屏障用于降噪，其降噪量可达 15dB（A）。经估算，共需设置移动式隔声屏约 710m。移动式隔声屏利用金属板制作而成，高度不低于 2.5m，具有较好的耐热性、耐腐蚀性。

采取降噪措施后昼间超标敏感点的噪声影响预测结果详见表 5.10-3。由该表可知采取降噪措施后，昼间所有敏感目标均可全部满足相应声环境功能区要求。

经 5.10 节分析，尽管本工程所涉及的声环境敏感目标基本不受夜间施工噪声影响，但在开展夜间混凝土连续浇筑施工期间仍需尽量降低噪声。夜间进行混凝土连续浇筑的施工工地，混凝土泵车应安装拼装式隔音罩，混凝土振捣棒均应选用低噪音混凝土振捣棒。经估算，需配置拼装式隔音罩约 3 套。在夜间禁止开展产噪施工作业的情况下，所有敏感目标可全部满足相应声环境功能区要求。

### （3）交通噪声控制

1）当车辆行驶至施工道路时，降低车速并禁止使用高音喇叭，限制施工区内车辆时速在 30km/h 以内。

2）加强场内公路交通运输管理。为防止交通噪声夜间影响附近居民，在工程施工期实行交通管制，夜间严格控制大、中型车辆进入场内公路，对进入场内公路的小型车辆应严格控制车速和交通流量。

3）加强道路运用期的养护和车辆的维护保养，降低噪声源。

4）使用的车辆尽量选用低噪声车辆。

### （3）施工区噪声控制

1）在噪声敏感建筑物集中区域，禁止夜间进行产生噪声的建筑施工作业，但抢修、抢险施工作业，因生产工艺要求或者其他特殊需要必

须连续施工作业的除外。因特殊需要必须连续施工作业的，应当取得地方人民政府住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定的部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

2) 砂石料加工系统的粗碎、中碎、棒磨机、混凝土拌和系统拌和楼、空压机、制冷压缩机等车间尽可能用多孔性吸声材料建立隔声屏障、隔声罩和隔声间。根据三峡工程拌和楼实测情况，未采取降噪措施前，其实测噪声在 93~97dB(A)之间，采取隔声降噪措施后，工作间外噪声值为 71~75dB(A)，降噪作用明显。

3) 在施工工厂、仓库场界范围内，将噪声影响较大的机械设备尽量布置在远离居民点、施工营地的一侧，在靠近居民点、施工营地一侧用于材料设备停放。

4) 砂石料加工系统作为重点噪声源，应集中采取以下降噪措施：

① 在筛分楼等车间外用多孔性吸声材料建立隔声罩；

② 将冲孔钢筛板更换为弹性模量小、冲击噪声低的聚氨酯筛板或者橡胶筛板；

③ 用橡胶弹簧替代钢制弹簧，以减少冲击；在激振器的体外加装软式隔声罩；

④ 紧固振动筛上的所有部件，特别是需要经常更换的筛板，避免因个别部件的松动而产生的额外振动；

⑤ 在振动筛轴承的内外套之间加以阻尼处理，轴承的滚动体可以制作成空心滚动体或者在空心滚动体的内部加入阻尼材料，这样能够减小轴承的振动和降低轴承的噪声；

⑥ 在筛箱的侧板、入料给料口、排料口和接料底盘内加贴橡胶板，

这样可以有效地抑制振动筛侧板的高频振动，减少辐射噪声。

#### (4) 爆破噪声控制

为减低爆破噪声对敏感目标的影响，采取以下措施：

1) 严格控制爆破时间，尽量定时爆破，在昼间 12:30~14:30、夜间 22:00~次日 7:00 禁止爆破。

2) 采用先进的爆破技术，如采用微差爆破技术。

3) 对于深孔台阶爆破，注意爆破投掷方向，尽量使投掷的正方向避开受影响的敏感点。

4) 尽量减少预裂或光面爆破导爆索的用量。尽量减少单孔炸药量，把最大单响量控制在 150~500kg。

### 6.10 人群健康

#### (1) 生活饮用水

施工人员生活饮用水各项水质指标须达到《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2022) 要求，以保证施工人员饮水卫生与安全。

#### (2) 施工区卫生防护

对施工营地场平前进行卫生清理，防止施工人员中传染性疾病的发  
生与流行，避免对当地居住人群健康造成不利影响。

工程结束后应对施工场地进行清理消毒，对施工营地厕所进行无害  
化处理。

#### (3) 施工人员卫生防疫

施工单位应在生活区设医疗点，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。

施工人员进场前必须进行卫生检疫，抽检比例为 20%。患有传染病

人不得进入施工队伍，防止在施工人群中造成相互传染和流行。若发现新入境传染病，必须对患者隔离治疗，切断传播途径，同时建立施工人员健康档案。

每年定期对施工人员健康情况进行一次抽检，抽检比例为 10%。检查内容包括：一般健康体格检查常规、疟疾、乙肝和新冠肺炎等专项检查，对特殊人群可作相应的特殊检查。若发现病种出现流行趋势，应扩大检查人数，并采取相应治疗措施。

#### (4) 灭鼠

在施工人员生活生产区开展灭鼠活动，在施工期间每年灭鼠一次，施工人员生活生产区灭鼠面积总计为 2hm<sup>2</sup>。

#### (5) 卫生宣传与管理

加强施工区卫生宣传与管理工作，承包商及建设管理单位应实行专人负责，利用黑板报、墙报、宣传画报等多种形式，宣传传染病防治知识和计划免疫预防接种知识，提高施工区人群卫生知识水平和健康保护意识。

## 6.11 移民安置区

### 6.11.1 保护范围与目标

保护范围为 10 个移民安置点，分别为神龙转安置点、马者安置点、三营丈安置点、龙山坪安置点、窝塘安置点、岩山安置点、专班安置点、高台仟安置点、六房安置点、小谷槽安置点。保护目标为保护安置点环境质量，防止污水、生活垃圾等污染环境；改善安置点环境卫生条件，保证饮用水卫生，控制安置点病媒生物，防止疾病流行。保护移民安置点地表植被，促进移民安置点生态环境的良性循环。

## 6.11.2 水环境保护

### (1) 施工期

姚家平水利枢纽工程 10 个移民安置点施工废水产生量为 14~60 m<sup>3</sup>/d，平均每个安置点施工废水产生量为 22.5 m<sup>3</sup>/d，废水中的主要污染物为 SS。由于单个施工区的冲洗废水产生量较小，废水可集中收集采用预沉池沉淀，加中和剂、絮凝剂再进入沉淀池等工艺处理，处理后沉淀池上清液回用。根据其他类似施工经验和废水产生量，在 10 个移民安置点各设置一个沉淀池，规格为 3000×3000×2000mm。

### (2) 运行期

新建移民安置点区域内无排水设施，规划采用雨污分流的排水体制。雨水通过明沟收集，采取明沟排放的方式，就近排放；生活污水经污水管网收集至化粪池，经一体化污水处理设备处理达标后排放。

## 6.11.3 环境空气保护

安置点场地平整工程、和专项设施复（改）建工程的土石方施工采用湿法作业，减少土方开挖和回填产生的扬尘；运输车辆装载多尘物料时，应适当加湿或采用封闭运输，减少扬尘；加强机械、车辆的维修和保养，减少有害尾气排放。

对周边居民点较多的专项设施复（改）建工程施工区进行洒水，每天洒水 4~6 次，晴好天气根据实际情况增加洒水次数。

## 6.11.4 噪声控制

### (1) 加强施工管理

1) 合理制定作业时间。禁止夜间施工，在周边有敏感点的施工区

域进行高噪声施工作业时，夜晚作业不超过 22 时，早晨作业不早于 6 时。

2) 减少人为噪音。严格执行《建筑工程施工现场管理规定》，建立健全的现场噪声管理责任制，加强对施工人员的素质培养，尽量减少人为噪声，增强全体施工人员防噪声扰民的意识。

3) 移民安置施工期应严格执行《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011)的有关规定。

### (2) 合理使用施工机械、改进施工方法

施工机械和运输车辆是产生建筑施工噪声的主要原因。为减少施工期噪声对周围环境的影响，施工单位在施工过程中应当合理布局和使用施工机械，妥善安排作业时间。施工中应当使用低噪声的施工机械和其他辅助施工设备，对高噪声施工机械采取必要的降噪措施(如：搅拌机、电锯、电刨、砂轮机要设置封闭的机械棚)，以减少强噪音的扩散，禁止使用国家明令淘汰的产生噪声污染的落后施工工艺和施工机械设备。

### (3) 加强施工公示、加强沟通

施工单位应加强与附近居民住户的沟通。施工时，应在建筑施工工地显著处悬挂建筑施工工地环保牌，注明工地环保负责人及工地现场电话号码，以便公众监督和沟通。

## 6.11.5 固体废物处理

### (1) 施工期固体废物处理

根据移民安置规划，移民安置点建设和专项设施复(改)建工程施工人员均以租住当地民房为主，不设施工营地，因此部分生活垃圾可进入当地的垃圾收集、处置系统，本报告不再进行设计。对于白天产生于

施工区域的生活垃圾，拟在各施工区设垃圾桶收集，共设置 50 个，由附近集镇环卫部门对生活垃圾进行定期收集、清运和处理。工程结束后，施工单位应对临建设施进行拆除，并清除各项建筑垃圾。

### (2) 安置点生活垃圾处理

移民安置点农村生活垃圾处理模式应按照符合当地村庄实际清理原则进行。移民安置规划 10 个集中安置点生活垃圾产生量 0.100~0.540t/d，平均每个安置点生活垃圾生产量 0.181t/d，生活垃圾具有分布广、产生量小等特点。根据移民安置规划，安置点垃圾收集推行分类收集，根据安置点规模设置垃圾收集点，垃圾运输和处理由本地村委会运行和管理。按照每 50 人配置一个垃圾桶，500 人配置一个垃圾收集点标准，各民安置按点垃圾桶和垃圾收集点数量见表 6.11-1。

表 6.11-1 姚家平水利枢纽工程移民安置点垃圾桶和收集点数量表

安置点名称	人数	垃圾桶	集中收集点	安置点名称	人数	垃圾桶	集中收集点
马者安置点	118	3	1	岩上安置点	109	3	1
三营丈安置点	162	4	1	窝塘安置点	224	5	1
六房安置点	387	8	1	龙山坪安置点	110	3	1
高台仟安置点	482	10	1	神龙转安置点	113	3	1
专班安置点	115	3	1	小谷槽安置点	109	3	1

## 6.11.6 人群健康保护

### (1) 医疗卫生防疫保健体系

为适应移民安置区卫生保健工作需要，对库区移民安置乡镇卫生院给予补助经费，用于增添必备检验设备和检验药品、试剂等。

加强对移民安置区所在乡镇卫生院、村卫生室医务人员及卫生防疫人员的业务培训工作。培训内容主要包括：常见传染病的临床诊断，人群健康保护与监测的有关基础知识、基本技能和预防接种专业基础知识及消杀药品反应或中毒的观察急救等专业基础知识。培训对象为区疾病

预防控制中心卫生防疫人员及移民安置乡镇卫生院防保人员、村级卫生室医务人员和县级医院卫生防疫人员。培训时间为移民搬迁安置前一年，且须在移民安置前完成。

## （2）疾病检测与预防接种

开展出血热、钩体病、乙脑、疟疾等虫媒和自然疫源性疾病的检测。检测对象主要为移民安置区后靠安置移民中的易感人群。虫媒和自然疫源性疾病检测时间在移民安置期每两年进行一次，共检测 4 次，每次检测 100 人。疟疾血检针对移民安置区所有发热的移民，每年检测 200 人，施工期前 6 年及水库正常蓄水后第 1 年和第 2 年连续监测 8 年。

对出血热、钩体病、乙脑等传染病进行预防接种。主要考虑移民安置区就地后靠移民中的重点人群，按移民人数 5% 的比例确定药品或疫苗的数量，共 65 人份。预防接种时间应在流行季节前，在出血热、钩体病、乙脑等疾病的易感人群中进行。

## （3）病媒生物控制

在水库蓄水初期，在库区开展灭鼠活动，控制鼠类传染病的流行。采用 0.5% 溴敌隆作灭鼠药品间断投药，灭鼠投药分两次投完，在第一天和第三天各投一次，室内每 5m<sup>2</sup> 投放一堆，每堆 5g；室外每亩投放 100g，分 5~10 堆。用药总量为：室内 2g/m<sup>2</sup>，室外每亩 200g。

## （4）卫生清理

水库蓄水前，严格按《水库库底清理办法》的要求做好水库淹没区卫生清理工作，对受淹的厕所、粪坑、畜圈、坟地等及含毒工厂要进行消毒灭菌，彻底杀灭病原微生物；城镇生活垃圾要进行无害化处理；对搬迁医院、卫生院、村卫生室进行彻底消毒，其废弃物必须消毒杀菌，必要时清出库底进行深埋。



移民迁入新居前须对居住区及周围环境进行卫生清理。清除建筑垃圾，填平沟洼地及无用的池塘、泥潭，铲除房前屋后杂草，对排水沟、阴沟进行衬砌，疏通积水沟道，尽量减少蚊虫孳生地。

#### (5) 卫生宣传

通过墙报、宣传画、宣传册、广播、电视等方式，加强卫生宣传工作，提高移民的卫生防病知识和健康保护意识。宣传内容主要为肺结核、病毒性肝炎、痢疾、流行性出血热、麻疹等常见传染病的防病知识和计划免疫预防接种知识，宣传对象主要为移民安置点居住的人群，施工期间每处至少宣传 1 次，共计宣传 8 次。

## 6.12 环境保护措施汇总及竣工环保验收“三同时”一览表

### 6.12.1 环境保护措施汇总

姚家平水利枢纽工程环保措施汇总见表 6.12-1。

表 6.12-1

姚家平水利枢纽工程主要环境保护措施汇总表

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
1	水环境	<p>地表水环境：</p> <p>施工期：</p> <p>(1) 砂石料加工系统冲洗废水经 DH 高效旋流净化器处理后回用于砂石料冲洗；</p> <p>(2) 混凝土拌和系统冲洗废水经中和沉淀处理后回用于混凝土拌和；</p> <p>(3) 隧洞施工废水经中和絮凝沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水；</p> <p>(4) 基坑排水经中和沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水；</p> <p>(5) 机械车辆保养冲洗废水经简易除油沉淀后回用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘；</p> <p>(6) 生活污水经一体化设备和三格化粪池处理达标后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水。</p> <p>运行期：</p> <p>(1) 业主营地生活污水经成套设备处理后综合利用；</p> <p>(2) 在水库蓄水前，开展库底清理；</p> <p>(3) 实施恩施市污染源防治措施；</p> <p>(4) 采取控制污染源为主的防治措施，有效防止富营养化。</p>	<p>(1) 回用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 中相应的建筑施工、绿化、道路清扫等用水标准。</p> <p>(2) 工程涉及地表水体满足相应功能区水质管理目标。</p> <p>(3) 库区水质维持《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准。</p>
		<p>地下水环境：</p> <p>(1) 对简易除油沉淀池进行一般防渗处理；</p> <p>(3) 加强水库、隧洞的防渗措施；</p> <p>(4) 采用应急供水车保障供水安全。</p>	<p>(1) 保障评价范围内潜水含水层、具有饮用水开发利用价值的含水层及分散式饮用水水源不受污染，水质满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。</p> <p>(2) 避免地下水水位和泉眼流量大幅降低，保障居民正常取水。</p>
2	水生生态	<p>(1) 加强施工期管理和渔政管理，开展水生生态监测、科学研究；</p> <p>(2) 栖息地保护：将长偏河 (20.4km)、小溪河 (23.53km) 作为支流栖息地保护河段，清江干流三渡峡坝下至长偏河汇口 (45km) 以及姚家平生态机组尾水口以下至龙王塘库尾 (10km) 作为干流栖息地保护河段。开展宣传教育和禁止开发、加强渔政执</p>	<p>(1) 维护清江流域水生生态系统结构和功能的完整性；</p> <p>(2) 保护工程影响区域水生生物的种群结构、数量、生物多样性以及生境，不因工程实施发生较大</p>

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
		<p>法、鱼类增殖放流、生态流量保障、河道连通性修复、河道生境修复、保护效果监测与评估等措施。</p> <p>(3) 过鱼设施：姚家平水利枢纽过鱼设施为升鱼机，在生态机组尾水下游设置集鱼系统。在天楼地枕大坝修建鱼道，总长 560.5m。过鱼季节为 3~10 月。</p> <p>(4) 增殖放流：建设鱼类增殖放流站 1 座，总用地面积约 24000m<sup>2</sup>。近期放流齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃 6 种共 20.0 万尾/年，放流规格为 4~6cm，放流周期为 10 年；远期放流青石爬鮡、黄石爬鮡、短体副鳅、戴氏山鳅、长阳鮡等。</p> <p>(5) 生态调度：清江流域内择机实施每年至少 1 次的联合生态调度，同时优化姚家平枢纽调度过程。</p>	<p>变化。</p> <p>(3) 保护区域保护、珍稀特有的重要水生生物及其生境。</p>
3	陆生生态	<p>(1) 经表土剥离、表土回填后，对临时征用的耕地、园地进行复垦；</p> <p>(2) 施工结束后对具备绿化条件的土地进行植被恢复；</p> <p>(3) 松材线虫风险的管控；</p> <p>(4) 重点保护野生动植物保护，包括设置标志牌、开展宣传培训、野生动物救护和野生植物保护等措施。</p>	<p>(1) 维护区域生态系统的完整性、连通性、异质性和生物多样性，保护地表植被及生产力；</p> <p>(2) 保护重点保护野生动植物。</p>
4	生态敏感区	<p>湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园：</p> <p>(1) 施工期地质遗迹维护；</p> <p>(2) 与地质公园管理部门协作，制定施工期地质景观恢复方案；</p> <p>(3) 加强施工期监督管理，防止废水、废渣等对地质公园造成影响；</p> <p>(4) 委托专业技术单位进行工程影响范围内的地质灾害监测。</p>	<p>(1) 维护敏感区生态系统及生物多样性；</p> <p>(2) 减缓对地质公园遗迹景观的影响。</p>
5	环境空气	<p>(1) 砂石料加工系统设置收集除尘装置，在砂石料加工区域的厂界围挡、主要产尘装置、砂料堆场以及传送带等区域设置喷雾装置；</p> <p>(2) 采用先进的爆破技术；凿裂钻孔设备选用带除尘器的钻机；</p> <p>(3) 混凝土拌和楼需配备除尘装置，并在添加水泥等多尘物料以及搅拌过程中采用全封闭式系统，对传送带上输送的物料应进行全封闭或半封闭；</p> <p>(4) 在多扬尘的施工作业面定期洒水；干燥裸露面不进行施工时，应采用防尘苫盖进行遮盖；</p>	<p>(1) 评价区域内维持《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准；</p> <p>(2) 大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中无组织排放监控浓度限值。</p>

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
		(5) 施工道路加强限速管理, 设置限速标志; (6) 加强大型施工机械和车辆的管理。	
6	噪声	(1) 在砂石加工系统和茅坡石料场面对敏感目标一侧设置声屏障; (2) 加强场内公路交通运输管理; 加强道路和车辆的维护保养; (3) 选用低噪声施工设备; (4) 夜间禁止开展产噪施工作业, 需要在夜间进行混凝土连续浇筑的施工工地, 混凝土泵车应安装拼装式隔音罩, 混凝土振捣棒均应选用低噪音混凝土振捣棒; (5) 砂石料加工系统采用多孔性吸声材料设置隔声罩; (6) 控制爆破时间, 采用先进的爆破技术, 减少单孔炸药量。	(1) 评价范围内的农村居民点、学校等区域执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准, 居住、商业、工业混杂区执行 2 类标准, 交通干线两侧一定距离的区域执行 4a 类标准; (2) 施工期施工场界环境噪声排放不超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 规定限值。
7	固体废物	施工期: (1) 施工弃渣运至弃渣场堆存; (2) 枢纽施工区布置垃圾桶 60 个, 库区滑坡治理工程 1#、3#施工区各布置垃圾桶 5 个, 2#施工区布置垃圾桶 10 个, 生活垃圾经收集后统一处置。 运行期: (1) 在业主营地设置 10 个封闭式垃圾桶, 生活垃圾经收集后统一处置。 (2) 危险废物交由有资质的单位接收处理。	保障区域环境卫生。危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单标准。
8	土壤环境	(1) 加强施工机械设备的维护保养, 杜绝机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。 (2) 对工程区内耕地、园地地块进行表土剥离, 并集中堆置防护用于后期植被恢复。	保护评价范围内土壤含盐量、pH 值基本维持现状, 无新增污染物, 维持土壤功能不降低。
9	移民安置	水环境保护: (1) 施工期废水采用集中收集, 预沉池沉淀, 加中和剂、絮凝剂再进入沉淀池等工艺处理; (2) 运行期生活污水经污水管网收集至化粪池, 经一体化污水处理设备处理达标后排放。 环境空气质量保护和噪声控制措施: (1) 土石方施工采用湿法作业; (2) 运输车辆装载多尘物料时, 应适当加湿或采用封闭运输, 减少扬尘; (3) 加强机械、车辆的维修和保养, 减少有害尾气排放; (4) 施工期通过合理制定作业时间, 加强施工管理。 固体废物处理: (1) 施工区设垃圾桶收集施工期生活垃圾, 由附近环卫部门定期处置; (2) 施工单位对临建设施进行拆除, 并清除各项建筑垃圾; (3) 生活垃圾推行分类收集, 配置 39 个垃圾桶、11 个集中收集点, 垃圾运输和处理纳入本地村委会运行和	(1) 生活污水处理后执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准; (2) 改善移民安置区的居住环境和环境卫生; (3) 场界噪声满足《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011) 中的限值, 居民点噪声满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 相应类别标准; (4) 提高移民安置区的环境卫生; (5) 保护移民安置区人群健康。

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
		管理。 人群健康：(1) 完善医疗卫生防疫保健体系，开展业务培训；(2) 进行库底卫生清理，对居住区及周围环境进行卫生清理；(3) 病媒生物控制；(4) 进行疾病检测与预防接种；(5) 加强卫生宣传等。	
10	人群健康	(1) 生活饮用水：采用漂白粉和漂白精片（或精粉）消毒； (2) 施工区卫生防护：对施工营地场平前进行卫生清理，工程结束后对施工场地进行清理消毒，对施工营地厕所进行无害化处理。 (3) 施工人员卫生防疫：施工单位应在生活区设医疗点，施工人员进场前必须进行卫生检疫，每年定期对施工人员健康情况进行一次抽检。 (4) 灭鼠：在施工人员生活生产区开展灭鼠活动，在施工期间每年灭鼠一次，施工人员生活生产区灭鼠面积总计为 2hm <sup>2</sup> 。 (5) 卫生宣传与管理：加强施工区卫生宣传与管理工作，提高施工区人群卫生知识水平和健康保护意识。	确保施工人员的身体健康。保护区域人群健康。防止各种传染病的暴发流行，控制各类与工程建设有关的传染病发病率不高于现状水平。

### 6.12.2 竣工环保验收

依据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照该暂行办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。结合姚家平水利枢纽工程环保措施实施要求，工程竣工环境保护验收计划如下：

#### （1）环境保护工程验收

本项目环境保护工程验收主要是针对施工期内须开展建设的环境保护工程进行验收，以落实和督促其按要求及时建设，如生态敏感区环保措施，生产废水处理措施、生活营地污水处理设施、垃圾收集措施、大气防护措施、施工噪声防护措施、环境监测和生态调查情况等执行情况。

#### （2）验收重点

涉及生态敏感区的环保措施、施工期环保措施、环境监测计划执行情况应作为主要验收内容。项目竣工后，应按规定程序完成竣工环境保护验收。

若工程或环保措施发生重大变更必须重新报批环境影响报告书。工程自批复之日起 5 年内未开工建设，批复文件自动失效，建设单位需重新报审环评文件。

工程竣工环境保护验收主要内容一览表见表 6.12-2。

表 6.12-2

姚家平水利枢纽工程竣工环境保护验收主要内容一览表

时段	项目		措施内容	达到效果
施工期	废水	生产废水	(1) 砂石料加工系统冲洗废水经 DH 高效旋流净化器处理后回用于砂石料冲洗；(2) 混凝土拌和系统冲洗废水经中和沉淀处理后回用于混凝土拌和；(3) 隧洞施工废水经中和絮凝沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水；(4) 基坑排水经中和沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水；(5) 机械车辆保养冲洗废水经简易除油沉淀后回用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘。	回用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中相应的建筑施工、绿化、道路清扫等用水标准。
		生活污水	生活污水经一体化设备和三格化粪池处理达标后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水。	
	地下水	水质保护	(1) 对简易除油沉淀池进行一般防渗处理。 (2) 定期检查污废水处理设施，及时发现并采取相应措施（如堵住泄漏管道、采用防渗墙等）减少和杜绝其冒滴漏现象。	施工不产生污染物进入地下水，地下水水质满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。
		水位保护	加强水隧洞的防渗措施。	地下水水位和泉眼流量不发生显著改变。
		应急供水	采取应急供水车保障供水安全。	居民正常取用水不受影响。
	废气	施工扬尘、燃油废气	(1) 砂石料加工系统设置收集除尘装置，在砂石料加工区域的厂界围挡、主要产生装置、砂料堆场以及传送带等区域设置喷雾装置；(2) 采用先进的爆破技术；凿裂钻孔设备选用带除尘器的钻机；(3) 混凝土拌和楼需配备除尘装置，并在添加水泥等多尘物料以及搅拌过程中采用全封闭式系统，对传送带上输送的物料应进行全封闭或半封闭；(4) 在多扬尘的施工作业面定期洒水；干燥裸露面不进行施工时，应采用防尘苫盖进行遮盖；(5) 施工道路加强限速管理，设置限速标志；(6) 加强大型施工机械和车辆的管理。	大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中无组织排放监控浓度限值。
	噪声	施工噪声、交通噪声	(1) 在砂石加工系统和茅坡石料场面对敏感目标一侧设置声屏障；(2) 加强场内公路交通运输管理；加强道路和车辆的维护保养；(3) 选用低噪声施工设备；(4) 夜间禁止开展产噪施工作业，需要在夜间进行混凝土连续浇筑的施工工地，混凝土泵车应安装拼装式隔音罩，混凝土振捣棒均应选用低噪音混凝土振捣棒；(5) 砂石料加工系统采用多孔性吸声材料设置隔声罩；(6) 控制爆破时间，采用先进的爆破技术，减少单孔炸药量。	执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 标准。
	人群健康	人群健康	(1) 采用漂白粉和漂白精片（或精粉）消毒；(2) 对施工营地场平前进行卫生清理，工程结束后对施工场地进行清理消毒，对施工营地厕所进行无害化处理。(3) 施工单位应在生活区设医疗点，施工人员进场前必须进行卫生检疫，每年定期对施工人员健康情况进行一次抽检。(4) 在施工人员生活生产区开展灭鼠活动，在施工	不因施工导致传染病流行。

时段	项目		措施内容	达到效果
	固体废物		期间每年灭鼠一次，施工人员生活生产区灭鼠面积总计为 2hm <sup>2</sup> 。（5）加强施工区卫生宣传与管理工作。	
		工程弃渣	施工弃渣运至弃渣场堆存。	执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）有关要求。
		生活垃圾	在枢纽施工区和库区滑坡治理工程施工区布置垃圾桶，生活垃圾经收集后统一处置。	及时清运，保持施工区环境卫生。
	生态	水生生态	（1）加强施工期管理和渔政管理，开展水生生态监测；（2）开展栖息地保护河段的连通性修复，拆除大河片拦河坝，开展坝址处生境恢复，对局部河道进行生境修复；（3）建设姚家平水利枢纽的过鱼设施（升鱼机），在天楼地枕大坝修建鱼道；（4）建设姚家平水利枢纽鱼类增殖放流站 1 座，总用地面积约 24000m <sup>2</sup> 。	维护清江流域水生生态系统完整性以及水生生态系统结构和功能；工程影响区域水生生物的种群结构、数量、生物多样性以及生境不因工程实施发生较大变化；保护区域保护、珍稀特有的重要水生生物及其生境。
		陆生生态	（1）经表土剥离、表土回填、基础设施布置后，对临时占地进行复垦。 （2）施工结束后对具备绿化条件的土地进行植被恢复； （3）设置 30 块标志牌，开展 6 年宣传培训，进行重点保护野生动植物保护；	维护区域生态系统的完整性、连通性、异质性和生物多样性，保护地表植被及生产力；保护重点保护野生动植物。
	生态敏感区	湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园	地质遗迹维护、避免产生地质灾害、加强宣传教育。	维护敏感区生态系统及生物多样性，减缓对地质公园遗迹景观的影响。
	土壤环境	土壤环境	（1）保障施工机械设备的维护保养，杜绝机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。 （2）对工程区内耕地、园地地块进行表土剥离，并集中堆置防护用于后期植被恢复。	保护评价范围内土壤含盐量、pH 值基本维持现状，无新增污染物，维持土壤生产力等功能不降低。
	移民安置	废污水	采用集中收集，预沉池沉淀，加中和剂、絮凝剂再进入沉淀池等工艺处理后回用。	回用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中相应的建筑施工、绿化、道路清扫等用水标准。
		施工扬尘、燃油废气	（1）土石方施工采用湿法作业；（2）运输车辆装载多尘物料时，应适当加湿或采用封闭运输，减少扬尘；（3）加强机械、车辆的维修和保养。	满足大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中无组织排放监控浓度限值。
		噪声	合理制定作业时间，加强施工管理。	场界噪声满足《建筑施工场界噪声限值》（GB12523 -2011）中的限值，



时段	项目		措施内容	达到效果
				居民点噪声满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)相应类别标准。
		固体废物	(1) 设垃圾桶收集生活垃圾, 由环卫部门定期处置; (2) 施工结束对临建设施进行拆除, 并清除建筑垃圾	及时清运, 保持施工区环境卫生。
		人群健康	(1) 完善医疗卫生防疫保健体系, 开展业务培训; (2) 对营地及周围环境进行卫生清理; (3) 病媒生物控制; (4) 进行疾病检测与预防接种; (5) 加强卫生宣传。	保障移民安置点施工人员人群健康。
运行期	水环境	水温	3~8 月采用叠梁门分层取水	减缓低温水下泄对下游影响; 保护库区水质。
		废水	业主营地生活污水经成套设备处理后综合利用。	
	生态	水生生态	(1) 加强渔政管理, 开展水生生态监测、科学研究; (2) 将长偏河 (20.4km)、小溪河 (23.53km) 作为支流栖息地保护河段, 清江干流三渡峡坝下至长偏河汇口 (45km) 以及姚家平生态机组尾水口以下至龙王塘库尾 (10km) 作为干流栖息地保护河段, 开展水生生态保护措施; (3) 利用过鱼设施 (升鱼机、鱼道) 过鱼, 过鱼季节为 3~10 月; (4) 鱼类增殖站放流齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃 6 种共 20.0 万尾/年, 放流规格为 4~6cm, 放流周期为 10 年; 远期放流青石爬鮡、黄石爬鮡、短体副鳅、戴氏山鳅、长阳鮡等; (5) 在鱼类主要繁殖季节 4~7 月, 清江流域择机实施每年至少 1 次的联合生态调度, 优化姚家平枢纽调度过程。	维护清江流域水生生态系统完整性以及水生生态系统结构和功能; 工程影响区域水生生物的种群结构、数量、生物多样性以及生境不因工程实施发生较大变化; 保护区域保护、珍稀特有的重要水生生物及其生境。
	固体废物	生活垃圾	在业主营地设置封闭式垃圾桶, 生活垃圾经收集后统一处置。	及时清运, 保持管理区环境卫生。
		危险废物	危险废物交由有资质的单位接收处理。	执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单标准。
	移民安置区环境保护区	生活污水处理	经污水管网收集至化粪池, 经一体化污水处理设备处理达标后排放。	处理后的生活污水达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准。
		生活垃圾处理	生活垃圾推行分类收集, 配置 39 个垃圾桶、11 个集中收集点, 垃圾运输和处理纳入本地村委会运行和管理。	保障移民安置区的环境卫生。
环境管理	环境管理及监测		落实环境影响报告书中的管理要求, 配备专职或兼职的环境管理人员, 施工期落实环境监理, 按报告提出的环境监测方案实施环境监测。	
	环境风险防范		制定环境风险应急预案, 加强污染源管理。在油料仓库区域设置围堰和导流沟, 在导流沟末端设置应急事故池。	

## 7 环境风险评价

### 7.1 风险调查

#### 7.1.1 风险源调查

姚家平水利枢纽工程为大型水利枢纽工程，为生态影响类建设项目，不属于污染影响型，工程建设运行涉及的有毒有害和易燃易爆危险物质相对较少。根据工程设计文件，本工程施工期和运行期涉及的危险物质主要包括柴油、炸药，其可能存在的环境风险主要为油料泄漏和炸药爆炸引起火灾事故。

本工程不设炸药仓库，由当地民爆公司采用专用炸药车当天配送炸药到施工现场，当天清理并将多余炸药回运至公司；项目柴油在恩施市购买，现场设置一处油料仓库。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B，本次风险评价的主要危险物质为柴油，根据工程设计文件，整个施工期施工机械设备和施工交通运输车辆柴油使用量约为 21573t。柴油在油料仓库油罐内储存，单个储罐储量按 30t 计，单个施工工区最大储量按 90t 计。

柴油安全技术相关信息见下表。

表 7.1-1 柴油安全技术说明书

名称	柴油	CAS No	
理化性质	沸点：282-338℃ 溶点：-18℃ 相对密度(水=1)：0.87-0.9 闪点：38℃ 引燃温度：257℃ 外观性状：稍有粘性的棕色液体		
危险性概述	健康危害：皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。能经胎盘进入胎儿血中。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。 环境危害：对环境有危害，对水体和大气可造成污染。 燃爆危险：本品易燃，具刺激性。		
急救	皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。就医。		

名称	柴油	CAS No	
措施	眼睛接触：立即提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。 食入：尽快彻底洗胃。就医。		
消防措施	危险特性：遇明火、高热或氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。 有害燃烧产物：一氧化碳、二氧化碳。 灭火方法及灭火剂：灭火剂：雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土。 消防员个体防护：消防人员须佩戴防毒面具，穿全身消防服，在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。		
泄漏应急处理	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用活性炭或其它惰性材料吸收。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理所处置。		
废弃处置	处置前应参阅国家和地方有关法规。建议用焚烧法处置。		

### 7.1.2 环境敏感目标

本次涉及的敏感目标主要包括生态敏感区和大气环境敏感目标。本项目涉及的生态敏感区有一处，为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园，其保护对象为立体喀斯特地貌景观。大气环境敏感目标详见表 1.7-2。

## 7.2 环境风险潜势初判

姚家平水利枢纽工程涉及的危险物质主要为柴油。根据前述风险源调查分析结果，柴油在油料仓库油罐内储存，单个储罐储量按 30t 计，单个施工工区最大储量按 90t 计。本项目环境风险物质最大存在量及临界量情况见表 7.2-1。

表 7.2-1 风险物质及最大存在量

危险物质	名称	柴油
	最大存在量/t	90
临界量/t		2500

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B，柴油的临界贮存量为 2500t，本项目涉及的环境风险物质数量与临界量

的比值  $Q=0.036<1$ ，项目环境风险潜势为 I。

### 7.3 评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) 环境风险评价工作等级判定表，项目环境风险潜势为 I，则项目环境风险评价工作等级为“简单分析”。

### 7.4 风险识别

该项目为水利枢纽工程，为生态影响类建设项目。工程施工期环境风险单元主要为油料仓库，主要危险物质为柴油。柴油的环境风险类型为泄漏、火灾和爆炸等伴生/次生污染物排放。

本项目的环境风险主要为施工期油料仓库泄漏对水环境的影响，以及遇明火、高热或氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险，对大气环境产生污染。

除上述主要风险外，施工期废污水事故排放也是工程建设过程中的环境风险之一。施工期主要污废水为砂石料冲洗废水、混凝土系统冲洗废水、含油废水和施工生活污水等。工程建设期间各类污废水均进行处理并回用，在各处理系统正常运行情况下对清江水质不会造成影响，但施工过程中可能因各污废水处理设施故障等情况造成污废水处理不及时，而发生事故排放，从而对清江水体水质造成影响。

### 7.5 环境风险分析

本项目环境风险简单分析内容见表 7.5-1。

表 7.5-1 建设项目环境风险简单分析内容表

项目名称	姚家平水利枢纽工程			
建设地点	恩施市			
地理坐标	经度	109°15'50.68"	纬度	30°22'27.19"
主要危险物质及分布	油料仓库			
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	柴油泄漏后油品蒸发污染大气环境，遇到明火发生火灾或者爆炸事故造成生态破坏，油品泄漏污染地表水、地下水。			
风险防范措施要求	安全操作、设置灭火器材等防范措施，建立相应的风险管理制度和应急预案。			

此外，根据施工期事故排放预测结果，砂石料加工系统冲洗废水若未经处理直接排入水体，地表水 SS 浓度随着距离增加浓度逐渐降低，但会对排口下游一定范围内水域的水环境产生影响。在非正常工况发生 10min 后，排口下游 1200m 的 SS 浓度减小到 7.306 mg/L，与背景值基本相同。因此非正常工况下砂石料加工系统冲洗废水排放对下游河段水质影响程度有限。

## 7.6 环境风险防范措施及应急要求

### 7.6.1 环境风险防范措施

油料仓库泄漏是项目环境风险的主要事故源，其次为柴油泄漏后引发的火灾甚至爆炸，此外还包括施工期废污水的事故排放。

本项目环境风险防范及应急措施主要包括：

（1）严格按照相关设计规范和 requirement 落实防护设施，制定安全操作规程制度，加强安全意识教育，加强监督管理，消除事故隐患。

（2）储油罐体、管道、阀门均应选用优质材料。

（3）在油料仓库区域设防渗漏、防腐蚀、防淋溶、防流失措施，并设置围堰和导流沟收集措施，在导流沟末端设置应急事故池，防止溢油泄漏至清江水体。事故池容积为 120 m<sup>3</sup>（8m×8m×2m）。

(4) 建立定期巡查和检修制度，定期对贮油罐体及管道、阀门进行巡查，检修存在故障的部件。

(5) 对油料储罐进行检修前，应办理作业许可证，采用安全的方法对储罐进行检修、置换。在专业安全人员监护下才能入罐检查、检修。

(6) 加强操作人员宣传教育，加强相关管理人员和操作人员的安全生产工作，做好安全警示工作。应定期培训相关工作人员熟练使用防护服、堵漏器材等应急器材和设备。

(7) 油料运输车辆，需保持安全车速，保持车距，严禁超车、超速行驶。行车路线按指定的路线和时间运输。

(8) 在油料仓库区应设置安全疏散标志和风向标，防止发生重大事故或紧急情况时，危险区人员不能及时按正确的方向安全疏散，造成伤亡。

(9) 在仓库中配备围油栏、吸油拖栏、吸油毡、消油剂等应急物资，一旦发生油料泄漏污染清江的情况，及时设置围油栏，防止油污扩散，并及时清理漂油。

(10) 做好环境敏感目标防范措施。加强恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园等环境敏感区的施工安全管理；严格清江水质保护，严禁向清江排放废（污）水，加强取水口水质监测，一旦发生可能威胁水源水质的泄漏事故，及时通报相关部门处理。

(11) 严格按照报告书中提出的要求落实施工期废污水处理措施，并定期对相关设施进行检修、维护，确保废污水处理设施正常运行。

## 7.6.2 应急要求

(1) 建立应急组织指挥体系

工程运行后，建设单位应联合当地政府组织成立污染事故应急工作

领导小组，作为污染事故应急处置工作的应急指挥机构，统一组织指挥污染事故的防备和应急工作。姚家平水利枢纽工程应急组织体系由环境风险事件工作领导小组、领导小组办公室、应急处理小组、后勤保障小组、地方医疗机构、地方应急监测机构等构成。

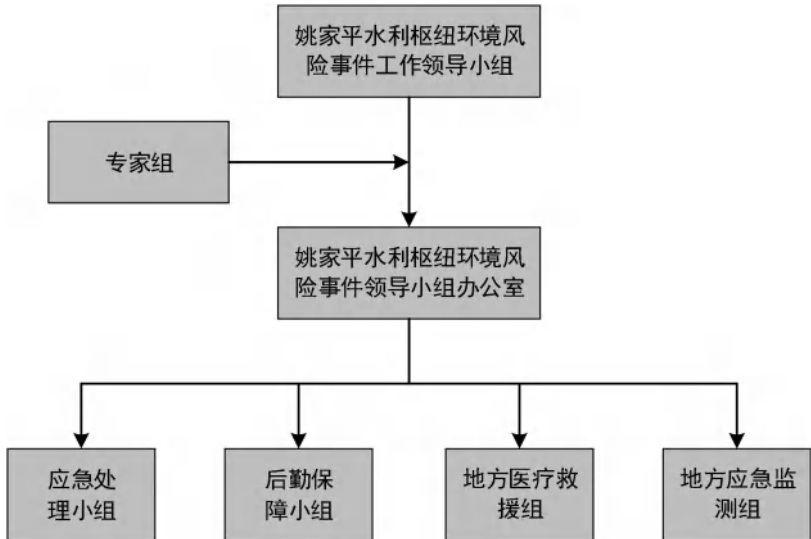


图 7.6-1 姚家平水利枢纽工程应急管理体系组织框架图

环境风险事件工作领导小组设组长、副组长以及成员若干。组长、副组长由地方政府相关责任人、建设单位主要责任人担任，成员由政府相关部门领导、建设单位相关领导组成。

（2）预防和预警

姚家平水利枢纽工程环境风险事件领导小组办公室应组织制定预防、预警制度，对风险源区域、设施、运行状况开展日常巡检工作，为相关设备（施）定期进行维护与保养工作；定期开展施工机械操作人员安全警示教育，提高安全意识。

（3）指挥与协调

环境风险事件领导小组办公室根据对事故危害程度的评估及应急人员和物质等相关信息形成应急行动实施方案。

领导小组办公室相关成员及各部门在总指挥的统一领导下开展职责范围内的相关工作。

#### （4）应急处置

1) 油料泄漏、废污水事故排放等环境风险事件发生后，应立即启动应急预案。

2) 现场值班人员应迅速了解风险事件的类型、发生地点、发生时间、事件的性质、范围、严重程度、原因、事件已造成的影响和发展趋势等信息，并向值班领导、责任部门领导和环境风险事件领导小组办公室报告；环境风险事件领导小组办公室应根据环境风险事件工作领导小组授权和安排及时对外统一发布准确、权威的信息，正确引导社会舆论。

3) 若泄漏油料扩散至水体，应急处理小组和后勤保障小组应及时对污染水域实施交通管制，并迅速调集围油栏、吸油毡等防污器材，防止污染进一步扩大。

4) 应急处理小组应组织开展泄漏部位的排查工作，及时确定泄漏位置，及时封堵泄漏点，防止因泄漏而引发火灾和爆炸。

5) 地方应急监测机构应对污染源进行采样，判明污染源的性质和可能造成的危害程度，提出控制方案，采取有效措施、组织相关人员、调集设备进行控制和清理危险源。

6) 进入现场人员要佩带针对性的防护用具。医疗部门要根据污染物种类和危害，落实相应医疗急救措施。

#### （5）应急解除

应急解除判别标准：污染物泄漏源或溢出源已经得到控制；现场抢救活动已经结束；对周边地区构成的威胁已经得到解除；被紧急疏散的人员已经得到妥善安置。

#### （6）后期处置

环境风险事件得到控制或消除后，领导小组办公室应认真做好各项



善后工作，及时收集、清理和处理事件处理过程中的含油污染物，并交给有资质的单位回收、处置，避免产生二次污染，同时防范次生灾害的发生（如火灾）。

环境风险事件工作领导小组应组织开展环境风险事件调查，客观、公正、准确地查清事故原因、发生过程、恢复情况、事故损失等，编写调查报告、提出安全预防措施建议。

#### （7）应急培训和演练

环境风险事件工作领导小组应认真组织有关管理干部和员工进行应急培训，包括应急知识和反应决策培训、应急操作培训等。

环境风险事件工作领导小组应定期组织对应急预案涉及的有关人员和队伍开展配合演练，对油料泄漏入库等环境风险事件应急处置过程进行模拟，以保证应急预案的有效实施和不断完善，提高实战能力。

## 8 环境管理、监理与监测

### 8.1 环境管理

#### 8.1.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。为了充分发挥姚家平水利枢纽的社会效益和环境效益，保护施工区和移民安置区的生态与环境，最大限度减免不利影响，使工程施工区、移民安置区的生态环境呈良性循环，保证各项环境保护措施的顺利实施，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

#### 8.1.2 环境管理原则

##### （1）预防为主、防治结合的原则

在工程施工和运行过程中，环境管理要预先采取防范措施，防止环境污染和生态破坏的现象发生，并把预防作为环境管理的重要原则。

##### （2）分级管理原则

工程建设和运行应接受各级环境保护行政主管部门的监督，而在内部则实行分级管理制，层层负责，责任明确。

##### （3）相对独立性原则

环境管理是工程管理的一部分，需要满足整个工程管理的要求。但同时环境管理又具有一定的独立性，必须依据我国的环境保护法律法规体系，从环境保护的角度对工程进行监督管理，协调工程建设与环境保护的关系。

##### （4）针对性原则

工程建设的不同时期和不同区域可能会出现不同的环境问题，应通过建立合理的环境管理结构和管理制度，针对性地解决出现的问题。

### 8.1.3 环境管理目标

(1) 保证各项环境保护措施按照环境影响报告书及其批复、环境保护设计的要求实施，使各项环境保护设施正常、有效运行。

(2) 预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放、合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气和声环境质量达到环境质量标准的要求。

(3) 严格按照主管部门要求，将工程建设对珍稀野生动植物的影响降到最小。

(4) 生态影响得到有效控制，并通过采取措施恢复生态环境质量。

(5) 明确工程建设与环境保护的关系，保障工程建设的顺利进行，促进工程区环境美化，争创环保优秀工程。

### 8.1.4 环境管理任务

姚家平水利枢纽工程建设各个时期（筹建期、施工期和运行期）的环境管理任务的内容和重点有所不同，下面具体阐述。

#### (1) 筹建期

工程筹建期的环境管理任务主要包括：

①审核环境影响评价成果，并确保环评报告书中有关环保措施已纳入工程最终设计文件；

②确保环境保护条款列入招标文件及合同文件；

③筹建环境管理机构，并对环境管理人员进行培训；

④根据工程特点，制定出完善的工程环境保护规章制度与管理方法，

编制工程影响区环境保护实施规划。

## （2）施工期

工程施工期的环境管理任务主要包括：

①贯彻执行国家有关环境保护方针、政策及法规条例；

②制定年度工程建设环境保护工作计划，整编相关资料，建立环境信息系统，编制年度环境质量报告，并呈报上级主管部门；

③加强工程环境监测管理，审定监测计划，委托具有相应资质的环境、卫生监测等专业部门实施环境监测计划；

④加强工程建设环境监理，委托有相应监理资质单位对施工区和移民安置区进行工程建设环境监理；

组织实施工程环境保护规划，并监督、检查环境保护措施的执行情况和环保经费的使用情况，保证各项工程施工能按环保“三同时”的原则执行；

⑥协调处理工程引起的环境污染事故和环境纠纷；

⑦加强环境保护的宣传教育和技术培训，提高工程建设、管理人员的环境保护意识与环境保护技术水平。

## （3）运行期

运行期的环境管理任务主要包括：

①加强枢纽运行环境管理，保障环境保护设施的正常运行，处理运行过程中出现的环境问题；

②组织环境监测，通过对各项环境因子的监测，掌握其变化情况及影响范围，及时发现潜在的环境问题，提出治理对策措施并予实施。

### 8.1.5 环境管理体系

姚家平水利枢纽施工期环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

其中外部管理体系由生态环境行政主管部门组成；内部管理体系由建设单位环境管理办公室、环境监理单位、环保措施实施机构、环境监测单位组成。工程环境管理体系见图 8.1-1。

(1) 外部管理

外部管理体系由生态环境行政主管部门组成，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。同时也需要当地相关部门，如水利、国土、林业、农业、移民等部门的支持、沟通和配合。

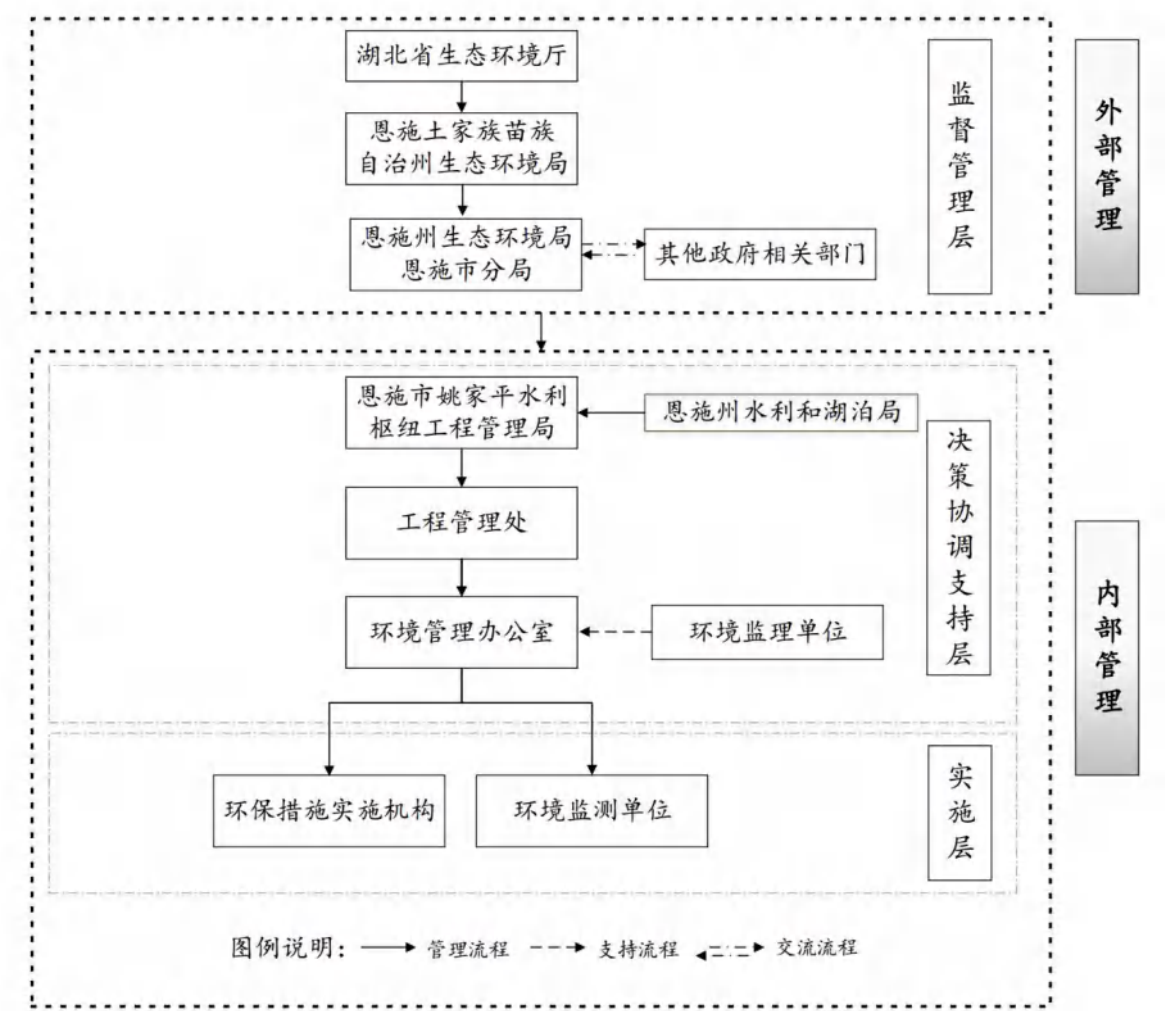


图 8.1-1 姚家平水利枢纽工程环境管理体系图

(2) 内部管理

姚家平水利枢纽工程应在工程管理部门设置环境保护管理机构或委托具有水利水电工程环境保护管理经验的第三方技术单位，负责确定环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目和投资人报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境意识等工作。

环境管理机构主要职责包括：

(1) 负责工程的日常环境管理工作，在业务上接受湖北生态环境厅和地方环保部门的监督、检查和指导。

(2) 贯彻执行国家环境保护方针、政策、法律、法规及技术标准，并为确定开发项目的环境方针和目标提供决策依据，根据环境方针编制、报批项目环境目标和指标，编制环境管理方案，指导、检查督促各环境监测点的业务工作，编制人员培训计划，作好环境工作内部审查，管理环保文档等。

(3) 参与工程建设的各有关施工单位内部应视具体情况，建立相应的环境保护机构、或指定专门人员负责本单位施工过程中的环境保护工作。为保证工程环境保护工作的连续性和稳定性，上述各环境保护机构及工作人员应保持相对稳定。

(4) 建立相应的环境保护体系，负责对环境监测、监理计划及环境保护措施的实施进行切实有效的监督。

(5) 负责领导与协调环境监理单位、各施工承包商及环境监测单位。

### 8.1.6 环境管理制度

完善的环境管理制度的建立，有利于环境保护工程的监督、管理、实施和突发事件的处理。姚家平水利枢纽工程的环境管理制度主要包括

以下几个方面：

#### （1）环境保护责任制

在环境保护管理体系中，建立环境保护责任制，明确各环境管理机构的环境保护责任。

#### （2）分级管理制度

在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施。工程建设环保办公室负责定期检查，并将检查结果上报。环境监理单位受业主委托，在授权范围内实施环境管理，监督施工承包单位的各项环境保护工作。

#### （3）“三同时”验收制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目必须按合同规定经有关部门验收合格后才能正式投入运行，防治污染的设施不得擅自拆除或闲置。

#### （4）书面制度

日常环境管理中所有要求、通报、整改通知及评议等，均采取书面文件或函件形式来往。

#### （5）报告制度

各施工承包商定期向姚家平水利枢纽工程建设单位环境管理办公室和环境监理部提交环境月、半年及年报，涉及环境保护各项内容的实施执行情况及所发生问题的改正方案和处理结果，阶段性总结。环境监理部定期向工程建设单位环境管理办公室报告施工区环境保护状况和监理工作进展，提交监理月、半年及年报。环境监测单位定期向工程建设单位环境管理办公室提交环境监测报告，环境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。

## 8.2 环境监理

### 8.2.1 环境监理目的和任务

工程建设环境监理是工程监理的重要组成部分，应贯穿工程建设全过程。工程建设环境监理工作的主要目的是：全面监督和检查施工单位环境保护措施的实施和效果，及时处理和解决施工过程中出现的环境问题。使环境管理工作融入整个工程实施过程中，变事后管理为过程管理，变单纯的强制性管理为强制性和指导性相结合，从而使环境保护由被动治理污染和破坏变为主动预防和过程治理。

工程建设环境监理的主要任务可概括为“三控、一管、一协调”。“三控”包括质量控制、进度控制、投资控制，具体如下：①质量控制：按照国家或地方环境标准和招标文件中的环境保护条款，根据业主要求，在工程施工期间通过现场监督等方式，监督承包商履行合同规定，防止生态破坏和水土流失，防止水污染、空气污染、噪声污染等，并及时处理工程施工中出现的污染问题。②进度控制：重点放在落实“三同时”的制度上，确保环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。③投资控制：是对环境保护资金的支付控制和处理索赔。

“一管”指信息管理：监理工程师应及时了解和收集掌握施工区和搬迁安置点各类信息，并对信息进行分类、反馈、处理和储存管理，便于管理决策和协调工程建设各有关参与方的环境保护工作；及时掌握工程区环境状况，解决施工和搬迁安置过程中造成的环境纠纷；对工程项目承包商的环境月报、季报进行审核，提出审查、修改意见。

“一协调”是监理工程师在环境保护措施实施过程中，协助环保部门，



对环境工程建设质量、施工进度、投资的合理使用、环保设施运行等进行监督管理，确保各项措施落到实处，发挥实效；此外，还应协调业主与承包商、设计方、工程建设各有关部门之间的关系。

### 8.2.2 环境监理的作用

姚家平水利枢纽施工期环境监理的作用主要有：

（1）预防功能：预测工程实施过程中可能出现的环境问题，预先采取措施进行防范，以达到减少环境污染、保护生态环境的目的。

（2）制约功能：工程建设涉及的环境保护工作受到各种因素的影响，对此需要对各单位、各环节的工作进行及时检查、牵制和调节。以保证整个过程的平衡协调。

（3）参与功能：环境监理单位作为经济独立的、公正的第三方，参与工程建设全过程的环保工作。对与工程有关的重大环境问题参与决策。

（4）反馈功能：监理单位在对监理对象的监督、检查过程中可以及时发现被监理单位和被监理事项中存在的问题，收集大量的信息，并随时对信息进行反馈，为有关单位提供改进工作的科学依据。

（5）促进功能：环境监理的约束机制不仅有限制功能，而且有促进功能，可以促进环保工作向规范化方向发展，更好地完成防治环境污染和生态破坏的任务。

### 8.2.3 环境监理与工程管理的关系

#### （1）环境监理与工程监理的关系

环境监理是工程监理的一个组成部分，但又具有相对的独立性。环境监理工作实行环境监理总工程师负责制，环境监理工程师对承包商违

反环保条款的行为提出书面处理意见，经环境监理总工程师签发后下发承包商执行。具体由各标中的环保人员负责监督执行，并将结果反馈给环境监理总工程师。但对施工过程中出现的重大环境问题，特别是与工程进度有直接关系的环境事件，须与工程监理相协调。

### （2）环境监理与业主、承包商的关系

环境监理是业主和承包商之外的经济独立第三方。严格按照合同条款独立、公正地开展工作，即在维护业主利益的同时，也必须维护承包商的合法权益。业主与环境监理的关系是经济法律关系中的委托协作关系，业主与承包商间的关系只是一种经济合同关系。业主与承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师，以保证命令依据的唯一性。环境监理与承包商的关系是一种工作关系，即工程施工环保工作中的监理与被监理关系。环境监理的存在构成业主、监理、承包商三方相互制约的环境管理格局。

### （3）环境监理与环境监测的关系

环境监理与环境监测是一种互为补充的关系，在环境管理中两者缺一不可。环境监测是工程区环境要素状况的动态反映，是环境管理与环境监理工作的重要依据。监测数据服务于监理，监理工程师可以根据施工进度提出环境监测方案调整意见，并通过业主反馈给环境监测单位。

## 8.2.4 环境监理工作依据

- （1）环境监理合同；
- （2）发包人与施工承包人签订的正式合同或协议；
- （3）工程的施工图纸与文件；
- （4）水利枢纽工程施工监理规范；
- （5）国家的法律、行政法规、水利枢纽工程建设监理及水利枢纽

建设部门规章和技术标准及工程所在地的地方法规；

- (6) 国家或国家授权部门与机构批准的工程项目建设文件；
- (7) 发包人指定使用的与本工程的有关制度、办法和规定；
- (8) 生态环境主管部门批复的姚家平水利枢纽环境影响报告书。

### 8.2.5 环境监理的目标

- (1) 进度目标：环保措施制定与执行进度保持与工程进度同步。
- (2) 质量目标：环保工程措施质量满足设计要求。
- (3) 投资目标：工程措施的费用控制在施工合同规定的相应额度内，环保措施费的使用按业主的有关规定执行。
- (4) 环境保护目标：污染治理、生态保护、环境质量达到经生态环境主管部门批复的姚家平水利枢纽环境影响报告书的相关要求。

### 8.2.6 环境监理机构

本工程建设项目环境监理拟聘请环境监理工程师 5 人，总监理工程师 1 人。监理工程师所在的环境监理机构应遵循国家及当地政府关于环境保护的方针、政策、法律、法规，监督承包商落实工程承包合同中有关环保条款；及时了解和收集掌握施工区各类环境信息，并对信息进行分类、反馈、处理和储存管理；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实施情况，及时发现、纠正违反合同条款及国家环保要求的施工行为。环境监理机构设置及工作程序见图 8.2-1。

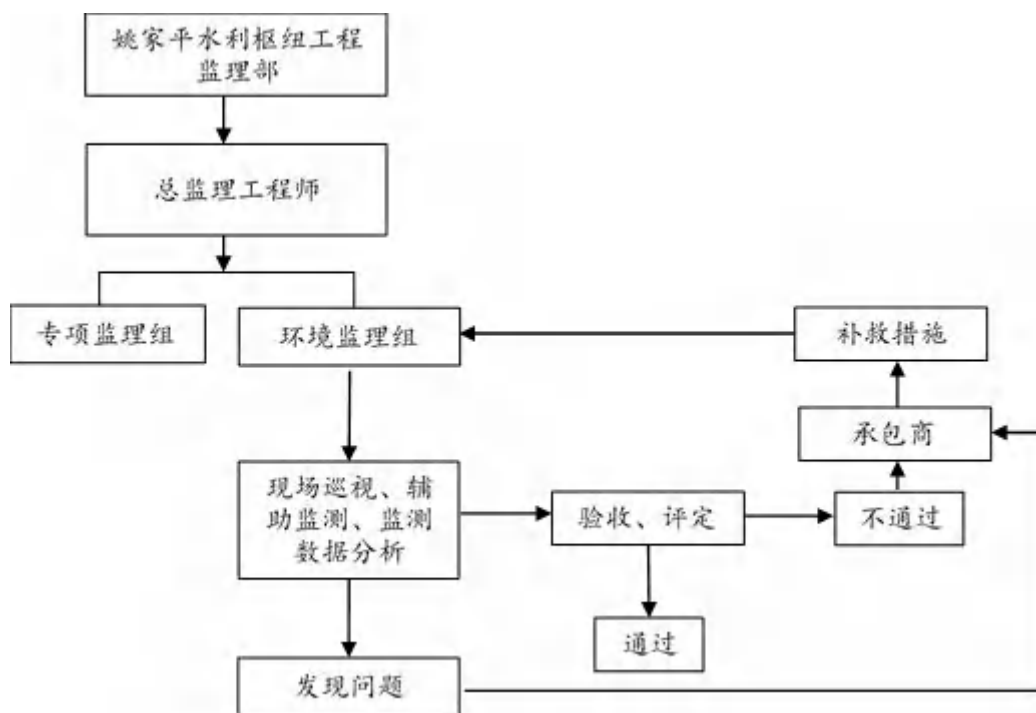


图 8.2-1 姚家平水利枢纽环境监理组织机构及工作程序图

## 8.2.7 环境监理工作制度

### (1) 工作记录制度

环境监理工程师根据工作情况做出工作记录（监理日记），重点描述现场环境保护工作的巡视检查情况，指出存在的环境问题，问题发生的责任单位，分析产生问题的主要原因，提出处理意见及处理结果。

### (2) 监理报告制度

监理工程师应组织编写环境监理月报、季度报告、半年报告、年度监理报告，审核承包商的环境月报，报建设单位。

### (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) 环境例会制度和会议纪要签发制度**

每月召开一次环保会议。在环境例会期间，承包商对本合同阶段本月的环保工作进行回顾总结，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发给与会各方，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。

### **8.2.8 施工区环境监理**

#### **8.2.8.1 监理范围**

姚家平水利枢纽工程施工区环境监理的工作范围包括施工营地、机械车辆停放保养场、综合加工厂及仓库、备料场、弃土场、场内交通道路、建设单位管理区、施工区域附近的地质公园等生态敏感区、移民安置区等所有可能造成环境污染和生态破坏的区域。

#### **8.2.8.2 岗位职责**

工程建设单位应聘请具有环境监理资质的单位承担工程施工期间的环境监理工作，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。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实施情况；及时发现、纠正违反合同条款及国家环保要求的施工行为。其主要监理职责包括：

##### **(1) 编制环境监理计划，拟定环境监理项目和内容。**

(2) 对承包商进行监理，防止、减轻施工作业引起的环境污染和对植被、野生动物生境的破坏行为。

(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施效果，及时处理和解决临时出现的环境污染事件。

(4) 负责落实环境监测的实施，审核有关环境报表，根据水质、大气、噪声等监测结果，对水利枢纽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。

(5) 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。

#### **8.2.8.3 监理方式**

根据工程影响区环境状况和工程特点，施工区环境监理工作方式以巡视为主，辅以必要的仪器监测，日常巡视是环境监理的主要工作方式。根据施工区污染源分布情况，环境监理工程师定期对施工区进行巡视，发现环境污染问题，首先口头通知承包商环境管理员限期处理，后以书面函件形式予以确认。对要求限期整改的环境问题，环境监理工程师按期进行检查验收，并将检查结果形成检查纪要下发给施工承包商。

#### **8.2.8.4 主要工作内容**

姚家平水利枢纽工程施工区环境监理的主要工作内容包括：

##### **(1) 生态环境保护**

监督施工区及生态敏感区生态环境保护措施及宣传的落实情况包括警示牌设置情况以及宣传培训的落实情况等。枢纽工程施工结束后，对施工临时占地区受损植被进行植被恢复，对施工临时占用的耕园地进行复垦。禁止施工人员、移民和当地居民捕杀动物。监督地质遗迹维护及恢复进程。

加强施工期管理检查渔政管理和水生生态监测的落实情况；检查鱼类栖息地保护和管理情况；检查过鱼设施的建设及执行情况；检查鱼类增殖放流站的建设，督促建设单位按期、按量开展鱼类增殖放流。

## （2）生产废水和生活污水处理

对砂石料冲洗废水、混凝土系统生产废水、基坑排水、机械汽车停放场冲洗废水及施工营地生活污水的处理措施进行监督检查，确保承包商及各施工单位的废污水按设计措施处置。

## （3）固体废物处置

检查施工区工程弃渣及生活垃圾的收集处理情况。处理竣工时应要求承包商从现场清除运走所有废料、垃圾、拆除和清理临时工程，保持移交工程及工程所在现场清洁整齐。

## （4）大气污染治理

检查施工区大气治理措施的落实情况。要求承包商及各施工单位在装运水泥、石灰、垃圾等一切易扬尘的车辆时，必须覆盖封闭，防止运输扬尘污染。对道路产生的扬尘，应要求采取定期洒水措施，检查燃油机械是否装置消烟除尘设备。

## （5）噪声控制

检查施工区噪声治理措施的落实情况。对于在靠近生活营地和居民区的施工单位，必须要求其合理安排作息时间，减少和避免噪声扰民，并妥善解决由此而产生的纠纷。

## （6）人群健康

监督承包商进行施工人员卫生检疫，加强卫生防疫。确保工程施工区供水和生活饮用水安全，监督承包商做好生活饮用水的预防与保护、加氯消毒和水质监测工作。

## 8.2.9 移民安置区环境监理

### 8.2.9.1 监理范围

姚家平水利枢纽工程移民安置区环境监理的工作范围涉及湖北省恩施州、利川市共3乡（镇）7村。其中恩施市包括马者、三营丈、六房、高台仟、专班、岩上、窝塘、龙山坪、神龙转（集镇南侧）等9个移民安置点，利川市包括小谷槽安置点及其防护工程、专项设施复（改）建工程等移民安置活动可能产生影响的区域。

### 8.2.9.2 监理方式

根据姚家平水利枢纽库区环境状况和移民安置特点，移民安置区工程建设环境监理工作方式以定期巡查为主，辅以单项工程的监督控制，通过及时收集有关资料和填报的报表获取信息，并进行分析，在宏观上实现对移民安置区环境保护工作的“三控制”。对重点环境问题进行跟踪监理，直至解决问题。

### 8.2.9.3 岗位职责

移民安置区环境监理工程师的岗位职责主要包括：

（1）对移民安置区环境保护实施规划的所有项目进行监督检查，以保证各项环境保护项目或措施得到落实。

（2）根据有关法律法规及环保项目协议书（合同），对实施环保项目的专业部门和重点环保项目进行跟踪监理，提出要求限期完成的有关环境保护工作。

（3）通过巡查及时发现移民安置过程中存在的环境问题，提出解决措施或建议报环境管理办公室，并督促解决该问题。

（4）根据有关法律法规及协议书，协助工程环境管理机构与当地



政府有关部门处理移民安置中引起的各种环境污染事故和环境纠纷。

(5) 编制工程建设环境监理工作月报和年报，送建设单位环境管理机构。

#### 8.2.9.4 主要工作内容

姚家平水利枢纽移民安置区环境监理的主要工作内容包括：

(1) 生活污水处理情况，主要是移民安置区生活污水处理设施的建设与使用情况、达标处理效果及存在的问题。

(2) 依据移民安置区规划设计排水设施的实施情况，检查整个排水系统的清理管护情况。

(3) 检查施工区大气治理措施的落实情况。检查移民区作业时间合理性，检查居民点降噪设施的落实情况，减少和避免噪声扰民，并妥善解决由此而产生的纠纷，负担相应的责任。

(4) 检查移民安置区的生活垃圾收集及清运情况，以保证移民区环境整洁卫生。

(5) 对移民迁建过程中存在的环境问题及时向建设业主和各级移民主管部门提出建议和措施，并督促尽快解决这些问题。

### 8.3 环境监测

#### 8.3.1 监测目的及原则

##### (1) 监测目的

通过对姚家平水利枢纽工程涉及区环境因子的监测，掌握工程影响范围内各环境因子的变化情况，为及时发现环境问题，并及时采取处理措施提供依据；验证环保措施的实施效果，根据监测结果及时调整环保措施，为工程建设环境建设、监督管理及工程竣工验收提供依据，使工

程影响区的生态环境呈良性循环。

## （2）监测原则

1) 结合姚家平水利枢纽工程施工特点，针对施工区生态环境保护的具体要求，选择与工程影响有关的环境因子作为监测、调查与观测对象，经分析确认与工程影响无关的环境因子则不作专门的监测。

2) 监测成果应能及时、全面和系统地反映施工期工程施工区生态环境的变化，监测断面与观测点的设置既能对环境因子起到监控作用，满足相应专业的技术要求，同时应充分利用地方现有环境监测机构、技术人员及装备和现有常规水质监测成果，以节约资金和便于管理。

## 8.3.2 监测方案

### 8.3.2.1 生态流量监测

#### （1）监控目的

为确保生态流量下泄措施的有效运行，需对工程在不同阶段的下泄流量进行实时监控，同时可为生态流量对下游水环境、水生生态及河道景观的影响与效果研究提供基础资料。

#### （2）监控断面布设

考虑到本工程规划建设有水情自动测报系统对施工期和运行期进行水文观测，因此，根据姚家平水利枢纽施工期和运行期的生态流量泄放措施方案，并结合水情自动测报系统中水文站和水位站规划布设情况，拟在生态机组出口尾水渠道设置生态流量自动监测系统。

#### （3）监控方案与技术要求

综合比较目前较常用的流量测量方法，初拟采用多声道时空法流量计进行生态流量在线监控，数据传输与终端接纳入水情自动测报系统。

#### (4) 监控系统安装时间

为满足初期蓄水阶段生态流量的监控要求，生态流量监测系统需在水库蓄水前安装完成。

### 8.3.2.2 地表水环境监测

#### (1) 施工期污染源监测

工程施工期水环境监测主要包括砂石料加工生产废水监测、隧洞施工废水监测和生活污水监测，共设置 3 个监测点位。监测点位、监测项目、监测时间与频次、监测方法等详见表 8.3-1。

表 8.3-1 姚家平水利枢纽工程施工期废污水监测表

监测对象	监测点位	监测项目	监测时间及频次	监测方法
砂石料加工生产废水	左岸主砂石料加工系统废水处理设施出口处	SS、pH、废水处理量	生产期间每季度监测 1 次	《地表水和污水监测技术规范》 (HJ/T 91-2002)
隧洞施工废水	主厂房引水隧洞施工废水处理设施出口处	SS、pH、废水处理量	生产期间每季度监测 1 次	
生活污水	枢纽区施工营地生活区处理设施出口处	pH、COD <sub>Cr</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、总氮、总磷、氨氮、LAS、粪大肠菌群、SS 共 9 项	营地使用期间每季度监测 1 次	

#### (2) 施工期地表水环境监测

施工期地表水环境监测共设 3 个监测断面。其监测断面、监测项目、监测时间与频次、监测方法等详见表 8.3-2。

表 8.3-2 姚家平水利枢纽工程施工期地表水环境监测表

监测对象	监测断面/点位	监测项目	监测时间及频次	监测方法
地表水水质	1#断面（施工区背景断面）：坝址上游 2km	pH、DO、高锰酸盐指数、氨氮、总磷、氟化物、石油类、挥发酚、六价铬、汞、氰化物、COD、BOD <sub>5</sub> 、铅、砷、铜、锌、SS 共 18 项。	施工期 8.5 年每年监测 3 次（丰平枯各一次），每次监测 2 天	《地表水环境质量标准》
	2#断面（施工区控制断面）：坝址下游 2km			
	3#断面（施工区下游控制断面）：坝址下游 7km			

#### (2) 运行期水环境监测

##### 1) 地表水水质

测点布设：库区云龙河汇口下游 200m、坝前、坝下 2km 各布设 1 个测点，共 3 个测点。

监测项目：《地表水环境质量标准》中要求的 24 项基本项目。

监测频率：每季度监测 1 次。

## 2) 水温监测

测点布设：水库坝前

监测项目：垂向水温，每 2m 一个测点。

监测频率：每季度一次。

## 3) 生活污水

测点布设：业主营地生活污水处理设施进出口处各布设一个测点。

监测项目：pH、COD<sub>cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、总氮、总磷、氨氮、LAS、粪大肠菌群、SS 等。

监测频率：运行期每年监测 2 次。

表 8.3-3 姚家平工程运行期地表水污染源和水质监测表

监测对象	监测断面	监测项目	监测时间及频次	监测方法
生活污水	业主营地生活污水处理设施进出口处	pH、COD <sub>cr</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、总氮、总磷、氨氮、LAS、粪大肠菌群、SS 共 9 项	运行期每年监测 2 次	《环境监测技术规范》和《地表水环境质量》
地表水水质	库区云龙河汇口下游 200m	GB3838 中要求的 24 项基本项目。 坝前断面监测垂向水温。	1、水质监测：每季度监测 1 次。	
	坝前		2、水温监测：坝前断面垂向上每 2m 监测一个水温值。水库蓄水后至竣工验收，每季度监测一次。	
	坝下 2km			

### 8.3.2.3 地下水环境监测

监测布点：施工期，在凉水井（马者村）和烂湾（姚家平）布置 2 个监测点（点位同现状监测）。运行期在凉水井（马者村）、烂湾（姚家

平)和高台村布置 3 个监测点(点位同现状监测)。

检测项目:流量、pH、As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、Mn、Cr<sup>6+</sup>、Fe、挥发性酚类、氰化物、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、氟化物、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、高锰酸盐指数和石油类等共计 22 项。

监测频次:施工期每年监测 2 次。工程运行后每年监测 1 次,连续监测 5 年。

监测方法:监测方法参照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164)执行。

#### 8.3.2.4 陆生生态监测

##### (1) 监测范围

根据工程类型、区域植被情况及生态敏感区情况等布设监测点位,重点监测典型工程区、生态敏感区、评价区植被发育良好的区域。

##### (2) 监测时间

陆生生态监测分施工期、运行期 2 个时期。

施工期监测 3 次,其中施工初期监测一次;施工高峰期监测一次;施工结束时监测一次。

运行期监测 4 次,可根据各工程段不同的施工进度分别设置监测时间。每次监测在一个年度内分别进行春季和秋季 2 期监测;重点关注的珍稀保护物种每年观测 1 次。

##### (3) 监测布点

陆生生态监测点的布设,结合评价范围内植被特征等,并考虑工程占地、开挖区、生态敏感区等重点影响区域或敏感区区域,选择坝下、枢纽工程建设区、库区、库尾附近、移民安置区等植被较好的区域及生态敏感区等,共设置监测点 14 个,对陆生动植物情况进行监测。

#### (4) 监测内容

①陆生植物：种类及组成、指示植物、指示群落、种群密度、覆盖度、外来种、重点保护植物等；

②陆生动物：种类、分布、密度和季节动态变化；重点保护野生动物的种类、数量、栖息地、觅食地等；分蓄洪及退洪期间动物变化情况及栖息地状况。

#### (5) 监测方法

##### ①植物监测

在各点位根据陆生生物组成设置固定样线 2~3 条，根据各样线群落面积确定设置的样地数量，着重调查植物的垂直和水平分布、植物物种。此外，监测过程中应密切关注外来入侵种的种类、数量、入侵速度。

##### ②动物监测

两栖类和爬行类样方：采用抓捕法、访问法调查两栖类和爬行类动物种类、数量、分布特征等。

小型兽类样方：采用日铗法、访问法调查小型兽类动物种类、数量、分布特征等。

鸟类样方：采用观测法、访问法调查鸟类种类、数量、分布特征等。

#### 8.3.2.5 水生生态监测

为更好地掌握姚家平水利枢纽工程建设前后评价区水生生态系统变化情况，需开展水生生态监测，及时了解水生生物种群现状及变化趋势，为流域水生生物多样性保护提供依据，监测以鱼类资源监测为主，兼顾浮游植物、浮游动物、底栖动物等。

同时，水生生态保护措施实施过程中应开展效果监测与评估，保护措施效果监测纳入相应保护措施内容中进行。主要监测内容有：栖息地

保护效果跟踪监测与评估，对栖息生境和生物资源进行监测；过鱼设施过鱼效果监测，对过鱼设施内鱼类上溯情况进行监测记录；增殖放流效果监测，监测鱼类资源变化趋势，对增殖放流的鱼苗进行标记回捕调查；生态调度效果监测，生态调度过程中开展鱼类早期资源和水文、水环境要素监测。通过开展栖息地保护、过鱼设施、鱼类增殖放流、生态调度等措施的效果监测，反映流域内水生生态系统变化情况和评估水生生态保护措施运行效果，根据监测成果及时调整优化保护措施设计，为保护流域水生生物多样性提供科学依据。

### **(1) 监测内容**

包括水生生境、水生生物（浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼类）、鱼类早期资源和鱼类产卵场等重要生境。重点监测鱼类资源和珍稀特有鱼类资源变化。

水生生境：水文、水动力学特征，水体理化性质；

水生生物：浮游植物、浮游动物、底栖动物的种类组成、分布、现存量；鱼类以及珍稀特有鱼类的种类组成、种群结构、资源量、生态特性和时空分布；

鱼类早期资源：鱼类早期资源量、种类组成与比例、时空分布；

鱼类重要生境：鱼类产卵场的分布与产卵种类、繁殖时间和繁殖种群规模。

### **(2) 监测断面**

根据姚家平水利枢纽工程的布局，结合所在河段水生生境特点，在工程影响范围内布设监测断面 7 个，分别为雪照河坝下、姚家平库尾、姚家平库区、姚家平坝下、甘名溪汇口、长偏河、小溪河。

### **(3) 监测时间及频次**

姚家平水利枢纽施工前监测 1 次，施工期监测 2 次；建成运行后监测 3 次，即蓄水后第 1、3、5 年各监测 1 次；施工期及运行期共监测 6 次。其中，水生生境、浮游植物、浮游动物、底栖动物每年丰、枯水期各监测 1 次；鱼类资源每年 4~7 月、10~12 月各监测 1 次；鱼类早期资源、鱼类重要生境调查在 4~7 月进行。

#### **8.3.2.6 土壤环境监测**

测点布设：施工营地、机修保养站、六房安置点和砂石加工系统。

监测项目：镉、汞、砷、pH 和土壤含盐量及石油类。

监测频次：每两年监测一次，施工结束继续监测 4 年，监测时间在每年 10 月份，共计监测 4 次。

监测方法：在 0~0.2m 取样，表层样监测点的土壤监测取样方法参照 HJ/T 166 执行。监测项目监测方法按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中要求的方法进行监测。

#### **8.3.2.7 环境空气质量监测**

##### **（1）枢纽施工区环境空气质量监测**

监测点位：分别在姚家平村居民点和茅坡南侧居民点各设 1 个监测点，共设 2 个监测点。

监测项目：监测 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>。

监测频次：施工期每季度监测 1 次，每次连续监测 7 天。

##### **（2）移民安置点环境空气质量监测**

监测点位：在三营丈安置点西北侧居民点设 1 个监测点。

监测项目：监测 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>。



监测频次：施工期间每季度监测 1 次，每次连续监测 7 天。

#### **8.3.2.8 声环境监测**

##### **(1) 枢纽施工区声环境监测**

测点布设：分别在姚家平村居民点和茅坡南侧居民点各设 1 个监测点，共设 2 个监测点。

监测项目：昼夜等效 A 声级。

监测频次：施工期每季度监测 1 次，每次连续监测 2 天。

##### **(2) 移民安置点声环境监测**

测点布设：在三营丈安置点西北侧居民点、六房安置点东侧居民点、高台仟安置点北侧居民点和龙神转安置点南侧居民点各设 1 个监测点，监测移民安置工程施工期噪声，共设 4 个监测点。

监测项目：昼间、夜间等效 A 声级

监测频次：施工期每季度监测 1 次，每次连续监测 2 天。

#### **8.3.2.9 人群健康监测**

##### **(1) 监测内容**

主要依靠医疗卫生三级网络对施工区、拆迁安置点疫情变化进行监控，了解施工活动对人群健康的影响，重点对自然疫源性、介水传染病、虫媒传染病等传染性、流行性疾病进行监控。在传染病流行季节和高发区域，对易感人群进行抽检和预防接种。同时要建立疫情报告制度，发现法定传染病时，应及时上报和调查处理。切实保护拆迁人口身体健康。

##### **(2) 监测范围**

施工区和拆迁安置点，重点针对施工人员和拆迁人口。

##### **(3) 监测时间和频率**

对施工人员进场前后各监测 1 次，对拆迁安置点在拆迁安置期间监

测 1 次。

## 9 环境保护投资及环境影响经济损益性分析

### 9.1 环境保护投资

#### 9.1.1 编制原则

(1) “谁污染，谁负责，谁开发，谁保护”的原则。对于既保护环境又为主体工程服务，以及为减轻或消除因工程建设对环境造成的不利影响采取的环境保护措施、环境监测和环境管理等所需的投资，且在主体工程及拆迁安置中未列其投资的，列入工程环境保护专项投资中。

(2) “突出重点”的原则。对受工程建设影响较大、公众关注、保护级别较高的环境敏感对象，应进行重点保护，所需保护经费应给予保证。

(3) “功能恢复”的原则。因工程兴建对环境造成的不利影响，以恢复其原有功能进行投资概算；凡结合迁、改建提高标准或扩大规模所需增加的投资，由受益者自己承担。

(4) “一次性补偿”原则。对工程所造成的难以恢复、改建的环境影响对象和生态与环境损失，可采取替代补偿和生态恢复措施，或按有关补偿标准给予一次性合理补偿。

(5) 主体工程本身具有环境保护功能措施的费用，列入主体工程投资，本概算不再重复计列。

(6) 以现有环境影响评价、环境保护措施设计为基础，根据已颁发的《水利水电工程环境保护概估算编制规程》确定项目划分。

(7) 编制环保投资估算时，基础价格与主体工程价格水平保持一致，即采用 2021 年第二季度价格水平。

### 9.1.2 编制依据

《水利水电工程环境保护概估算编制规程》(SL 359-2006);

《水利工程设计概(估)算编制规定》(水利部水总〔2014〕429号文);

《工程勘察设计收费管理规定》(国家计委、建设部计价格〔2002〕10号文);

《建设工程监理与相关服务收费管理规定》(国家发改委、建设部发改价格〔2007〕670号);

湖北省颁发的现行有关定额和费用标准及当地询价。

### 9.1.3 项目组成

根据《水利水电工程环境保护概估算编制规程》，结合本项目实际情况，环境保护工程项目共划分为四个部分，分别为：

#### 第一部分：环境保护措施

主要指为减免工程对环境不利影响和满足工程功能要求而兴建的环境保护措施。包括污水处理措施、固体废物处理措施、生态保护措施等。

#### 第二部分：环境监测措施

主要是指在施工期开展的环境监测和运行期需要建设的环境监测设施。包括废污水监测、水环境监测、大气监测、噪声监测、人群健康监测、生态调查等。

#### 第三部分：环境保护仪器设备

主要指为保护环境和开展监测工作所需的仪器设备及安装等。包括污水处理等等设备。

#### 第四部分：环境保护临时措施

工程施工过程中，为保护施工区及其周围环境和人群健康所采取的临时措施。包括生产废水和生活污水处理、固体废物处理、大气环境保护、噪声控制、人群健康保护等临时措施。

#### 第五部分：环境保护独立费用

包括建设管理费、环境监理费、科研勘测设计咨询费。

### 9.1.4 费用构成

根据环境保护设计的项目划分，本工程环境保护项目费用的静态部分由第一部分环境保护措施费，第二部分环境监测措施费，第三部分环境保护临时措施费，第四部分环境保护仪器设备费、第五部分环境保护独立费用和第六部分基本预备费组成。

独立费用主要包括建设管理费、监理费、科研勘测设计技术咨询费。

基本预备费主要是为解决环境保护设计变更增加的投资及解决意外环境事故而采取的措施所增加的工程项目和费用。

#### （1）费用计算

本工程环境保护措施的人工预算单价、施工机械台班费、施工用电、水、风价格等基础材料价格均与主体工程保持一致。

结合当地实际情况和标准，先确定人工、水、电、材料等基础价格，编制工程措施单价。根据环境保护设计分别编制环境保护措施、环境监测措施、环境保护临时措施和环境保护独立费用等四部分的估算，并计算基本预备费，得出总投资。

#### （2）独立费用费率

建设管理费：环境管理人员经常费按环境保护设计估算第一至第三部分投资之和的 3% 计算；环境保护竣工验收费根据实际需要的工作量

计算；环境保护宣传及技术培训费按环境保护设计估算第一至第三部分投资之和的 3% 计算。

工程监理费：参照类似环保工程监理人员费用标准，按每人每年 20 万元计算。

科研勘测设计咨询费：环保勘测设计费按工程投资的 10% 计列。

基本预备费：与主体工程一致，按第一至四部分合计的 10% 计算。

### 9.1.5 环保投资估算

经初步估算，姚家平水利枢纽工程环境保护专项投资 26442.92 万元，其中环境保护措施投资 13154.04 万元，环境监测措施 372.70 万元，环境保护设备仪器及安装 633.00 万元、环境保护临时措施投资 2889.90 万元，独立费用 6989.44 万元，基本预备费 2403.91 万元。环保投资项目估算见表 9.1-1 和表 9.1-2。

表 9.1-1 姚家平水利枢纽工程环境保护专项投资估算总表

序 号	措施及费用名称	合计（万元）
第一部分	环境保护措施	13154.04
1	水环境保护措施	130.00
2	固废处理	22.98
3	生态保护	13001.06
第二部分	环境监测措施	372.70
1	地表水监测	66.80
2	地下水监测	24.50
3	大气环境	54.40
4	声环境	24.00
5	生态监测	190.00
6	人群健康监测	9.00
7	土壤监测	4.00
第三部分	环境保护仪器设备及安装	633.00
第四部分	环境保护临时措施	2889.90
1	水环境保护	2116.00
2	地下水环境保护	73.00
3	大气环境保护	396.00
4	声环境保护	149.70

序 号	措施及费用名称	合计（万元）
5	固体废物处理工程	79.20
6	人群健康保护	27.60
7	生态保护	26.00
8	环境风险	22.40
第五部分	独立费用	6989.44
1	建设管理费	1593.48
2	环境监理费	600.00
3	科研勘测设计咨询费	4795.96
第六部分	基本预备费	2403.91
	环境保护专项投资	26442.99

表 9.1-2 姚家平水利枢纽工程环境保护专项投资估算详表

序 号	措施及费用名称	单位	数 量	单 价（元）	合 计（万元）	备 注
<b>第一部分</b>	<b>环境保护措施</b>				<b>13154.04</b>	
<b>1</b>	<b>水环境保护措施</b>				<b>130.00</b>	
1.1	移民安置点一体化	套	10	100000	100	仅考虑出水管网土建费，其余计入移民安置基础设施费
1.2	管理区生活污水处理系统	套	1	300000	30.00	土建费用
1.3	水库分层取水	座	1	0.00	0.00	1402.60 万。列入主体工程投资
<b>2</b>	<b>固废处理</b>				<b>22.98</b>	
2.1	移民安置点垃圾集中收集点	个	11	20000	22.00	
2.2	移民安置点垃圾桶	个	39	200	0.78	
2.3	管理区运行期垃圾桶	个	10	200	0.20	
2.4	危废暂存仓库	个	1	110000	11.00	
<b>3</b>	<b>生态保护</b>				<b>13001.06</b>	
3.1	湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园				100.00	
3.1.1	地质遗迹维护	项	1	250000	25.00	
3.1.2	地质遗迹恢复	项	1	550000	55.00	
3.1.3	地质灾害监测	项	1	200000	20.00	
3.2	水生生态保护措施				12901.06	
3.2.1	宣传教育	项	1	300000	30.00	
3.2.2	栖息地保护	项			955.00	
1)	大河片坝址拆除及生境恢复	项	1	4000000	400.00	
2)	河道生境修复	项	1	5000000	500	
3)	管理与执法	年	5	50000	25.00	
4)	监测与评估	年	3	100000	30.00	
3.2.3	过鱼设施	项	1		8467.47	
1)	升鱼机				5953.69	
①	集鱼系统	项	1	9184600	918.46	
②	运鱼系统	项	1	42674300	4267.43	
③	生态监测系统	项	1	4678000	467.80	

序 号	措施及费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
④	诱鱼系统	项	1	3000000	300.00	
2)	天楼地枕鱼道	项	1	24387800	2438.78	
3)	过鱼效果监测与评估	年	5	150000	75.00	
3.2.4	增殖放流站	项			3438.59	
1)	建设费	项	1	30985900	3098.59	
2)	运行费	年	2	1500000	300.00	
3)	放流运行效果监测与评估	年	2	200000	40.00	
3.2.5	天电生态流量泄放及渠道改造	项	1	100000	10.00	
<b>第二部分</b>	<b>环境监测措施</b>				<b>372.70</b>	
<b>1</b>	<b>地表水监测</b>				<b>66.80</b>	
1.1	施工期				42.80	
1.1.1	污染源监测	点·次			14.00	
1)	砂石料加工系统生产废水监测	点·次	28	1000	2.80	运行期间每季度一次
2)	主厂房引水隧洞施工废水监测	点·次	16	1000	1.60	运行期间每季度一次
3)	施工营地生活污水监测	点·次	32	3000	9.60	运行期间每季度一次
1.1.2	地表水环境	点·次	72	4000	28.80	3 个断面，施工期 8 年， 每年 3 次，丰平枯各一次
1.2	运行期				24.00	
1.2.1	运行期地表水监测	点·次	48	4000	19.20	4 个点位，监测 4 年，每 年丰平枯共 3 次
1.2.2	运行期生活污水监测	点·次	16	3000	4.80	
<b>2</b>	<b>地下水监测</b>				<b>24.50</b>	
2.1	施工期	点·次	34	5000	17.00	2 个点，每年监测 2 次， 施工期 8.5 年。
2.2	运行期	点·次	15	5000	7.50	3 个点，每年监测 1 次， 连续监测 5 年。
<b>3</b>	<b>大气环境</b>				<b>54.40</b>	
3.1	枢纽施工区	点·次	64	8000	51.20	2 个点，施工期 8 年，每 季度一次
3.2	移民安置区	点·次	4	8000	3.20	1 个点，施工期 1 年，每 季度一次
<b>4</b>	<b>声环境</b>				<b>24.00</b>	
4.1	枢纽施工区	点·次	64	3000	19.20	2 个点，施工期 8 年，每 季度一次
4.2	移民安置区	点·次	16	3000	4.80	4 个点，施工期 1 年，每 度一次
<b>5</b>	<b>生态监测</b>				<b>190.00</b>	
5.1	水生生物监测	次	6	200000	120.00	
5.2	陆生生态监测				70.00	
5.2.1	施工期	次	3	100000	30.00	
5.2.2	运营期	次	4	100000	40.00	
<b>6</b>	<b>人群健康监测</b>	<b>次</b>	<b>3</b>	<b>30000</b>	9.00	
<b>7</b>	<b>土壤监测</b>	<b>次</b>			<b>4.00</b>	
7.1	施工期	点·次	4	5000	2.00	4 个点，每两年监测一次， 工程期 8.5 年。
7.2	运行期	点·次	4	5000	2.00	4 个点，每两年监测一次， 运行期连续监测 4 年。
<b>第三部分</b>	<b>环境保护仪器设备及安装</b>				<b>633.00</b>	
1	管理区生活污水处理一体化设备	套	1	300000	30.00	



序 号	措施及费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
2	移民安置区生活污水一体化设备	套	10	400000	400	
3	手推式洒水车 (移民安置点)	辆	10	3000	3.00	10 个安置点
4	生态流量在线监测系统	套	2	400000	80.00	两台生态机组分别监测
5	水温在线监测系统	套	1	1200000	120.00	
<b>第四部分</b>	<b>环境保护临时措施</b>				<b>2889.90</b>	
<b>1</b>	<b>水环境保护</b>				<b>2116.00</b>	
1.1	砂石料加工冲洗废水处理				1600	
1.1.1	主砂石料加工系统 DH 高效旋流净化器	套	2	7000000	1400.00	DH-CSQ-450 型
1.1.2	临时砂石料加工系统 DH 高效旋流净化器	套	1	2000000	200.00	DH-CSQ-100 型
1.2	隧洞施工废水处理	座	24		285.5	24 座中和絮凝沉淀池, 每座 2 池
1.3	基坑排水处理	套			55.00	
1.3.1	大坝基坑排水沉淀池	座	2	240000	48.00	每座 2 池 8000mm×8000mm×2000mm
1.3.2	厂房基坑排水沉淀池	座	1	70000	7.00	每座 2 池 4000mm×4000mm×2000mm
1.4	混凝土罐冲洗废水处理				12	
1.4.1	厂房混凝土系统中和沉淀池	座	1	25000	2.50	每座 2 池, 3000mm×2000mm×1500mm
1.4.2	大坝混凝土系统中和沉淀池	座	1	50000	5.00	每座 2 池, 4000mm×3000mm×1800mm
1.4.3	滑坡治理混凝土系统中和沉淀池	座	3	15000	4.50	每座 2 池, 2000mm×1800mm×1500mm
1.5	机械车辆冲洗废水处理				3.50	
1.5.1	枢纽区停放场除油沉淀池	座	1	17000	1.70	3000mm×3500mm×1500mm
1.5.2	滑坡治理施工区停放场除油沉淀池	座	3	6000	1.80	2000mm×2000mm×1000mm
1.6	施工营地生活污水处理				80	
1.6.1	枢纽区施工营地成套设备	套	1	400000	40.00	
1.6.2	滑坡治理施工营地环保厕所	座	8	30000	24.00	
1.6.3	滑坡治理施工营地化粪池	座	8	20000	16.00	
1.7	拌和站中和沉淀池 (移民安置)	座	10	80000	80.00	10 个移民安置点
<b>2</b>	<b>地下水环境保护</b>				<b>73.00</b>	
2.1	应急送水车	辆·天	730	1000	73.00	两量车, 供水 1 年。
<b>3</b>	<b>大气环境保护</b>				<b>396.00</b>	
3.1	集气罩、布袋除尘设施				140	
3.1.1	临时砂石加工系统	套	1	200000	20.00	
3.1.2	主砂石加工系统	套	1	1200000	120.00	
3.2	砂石料加工系统带喷淋装置				31.00	
3.2.1	临时砂石加工系统	套	1	50000	5.00	
3.2.2	主砂石加工系统	套	1	260000	26.00	
3.3	洒水	月	84	25000	210.00	
3.4	防尘苫盖	m <sup>2</sup>	150000	1	15.00	

序 号	措施及费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
<b>4</b>	<b>声环境保护</b>				<b>149.70</b>	
4.1	砂石系统隔声罩	套	2	200000	40.00	
4.2	移动式隔声屏	m	710	1500	106.50	
4.3	混凝土泵车拼装式隔声罩	套	3	4000	1.20	
4.4	低速行驶标志	个	10	2000	2.00	
4.5	临时隔声屏(移民安置)	m				
<b>5</b>	<b>固体废物处理工程</b>				<b>79.2</b>	
5.1	施工期垃圾桶	个	80	200	1.60	
5.2	垃圾清运费	月	96	6000	57.60	
5.3	卫生宣传	年	8	5000	4.00	
5.4	施工营地垃圾桶 (移民安置)	个	50	200	1.00	
5.5	移民安置区建筑垃圾清运	m <sup>3</sup>	30000	5	15.00	一般建筑垃圾清运, 包括在移民库区清理费用里
<b>6</b>	<b>人群健康保护</b>				<b>27.60</b>	
6.1	施工人员卫生检疫	人.次	3000	50	15.00	
6.2	施工营地灭鼠	hm <sup>2</sup>	2	2000	0.40	
6.3	卫生宣传	年	6.5	5000	3.25	
6.4	移民安置点健康防护				8.95	
6.4.1	防疫培训	人	30	100	0.30	
6.4.2	疾病检测	人.次	800	100	8.00	
6.4.3	预防接种	人	65	100	0.65	
<b>7</b>	<b>生态保护</b>				<b>26.00</b>	
7.1	临时占地复耕					已在水土保持里列支
7.2	植被恢复					已在水土保持里列支
7.3	生态宣传牌	个	30	1000	3.00	
7.4	宣传培训	次	6	5000	3.00	
7.5	水生生物保护与救助	项	1	200000	20.00	
<b>8</b>	<b>环境风险</b>				<b>22.40</b>	
8.1	事故池	座	1	60000	6.00	
8.2	储罐围堰	m	80	800	6.40	
8.3	围油栏、吸油毡等应急物资	项	1	100000	10.00	
	一~四部分合计				17049.64	
<b>第五部分</b>	<b>独立费用</b>				<b>6989.44</b>	
1	建设管理费				1593.48	
1.1	环境保护建设管理费		3%		681.99	一~四之和的 4%计
1.2	环境保护竣工验收费				400.00	
1.3	宣传教育及技术培训费		3%		511.49	一~四之和的 3%计
2	环境监理费	人.年	30	200000	600.00	按 6 人, 5 年计算
3	科研勘测设计咨询费				4795.96	
3.1	环境影响评价费				900.00	含自然保护区专题
3.2	勘测设计费				2045.96	一~四之和的 12%计
3.3	环境保护科学研究				1850.00	
1)	姚家平河段水体中氮磷来源及库	项	1	2000000	200.00	

序 号	措施及费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合计 (万元)	备注
	区富营养化研究					
2)	生态流量保障目标制定	项	1	1500000	150.00	
3)	增殖放流鱼类繁殖技术研究	项	1	5000000	500.00	
4)	增殖放流效果监测与评估	项	1	1000000	100.00	
5)	过鱼设施优化和效果评估研究	项	1	3000000	300.00	
6)	流域梯级联合生态调度研究	项	1	6000000	600.00	
	一~五部分合计				24039.08	
<b>第六部分</b>	<b>基本预备费</b>				<b>2403.91</b>	<b>一~五之和的 10%计</b>
	<b>环境保护专项投资</b>				<b>26442.99</b>	

## 9.2 环境影响经济损益性分析

环境影响经济损益分析的目的是运用环境经济学原理，在考虑工程建设与生态环境、社会环境以及区域经济社会的持续、稳定、协调发展前提下，运用费用——效益分析方法对工程的环境效益和损失进行分析，按效益/费用比值大小，从环保角度评判工程建设的合理性。

姚家平水利枢纽工程的环境影响经济损益分析主要抓住重大影响因素进行分析，对相关密切的一般影响因素适当加以综合，在进行环境经济损益分析时，只考虑那些与人类经济活动或生态环境直接相关的最终影响后果。环境影响带来的经济损失，是由于环境资源的功能遭到了破坏所产生的；环境影响带来的经济效益，也往往表现在社会、生态、景观等方面，两者均难以用货币量化，因此，本项目对环境影响带来的经济损失和经济效益进行定性分析和描述的方式进行分析。

### 9.2.1 环境经济效益分析

#### (1) 减少洪灾损失

根据恩施市的城区水灾资料、建国以来，恩施城区重灾年份有：1954年、1956年、1963年、1969年、1980年、1982年、1989年、1997、

1998、2008 年、2016 年和 2020 年等，特别是 1969、1980、1989、2020 年的暴雨洪水，影响范围大，造成了恩施市及城区巨大的经济损失。姚家平水库建成后，可使恩施市城区的防洪标准进一步提高到 50 年一遇。大龙潭、姚家平水库建成后可减免直接和间接损失 26444 万元。按防洪库容分摊法计算得姚家平水利枢纽工程多年平均防洪效益为 19771 万元。

## （2）发电效益

发电效益按替代法计算，根据姚家平水利枢纽工程所处地区的地理位置和动力资源条件，替代电站拟定为凝气式火电站。在费用计算时，水火电当量电能系数取 1.05，容量系数取 1.05。根据湖北省在建和计划修建的火电站工程造价资料、当前的建筑材料价格、替代火电站考虑脱硫等环境保护费用后，单位千瓦投资取值为 4200 元/kW，则替代火电站的工程投资为 79380 万元。姚家平水利枢纽作为清洁能源开发，其建设将对减少碳排放，应对气候变化、减排温室气体做贡献。

## （3）降低年度防汛成本

清江洪水是悬在恩施城头上的一盆水，是恩施人民的心腹之患，是制约恩施经济社会发展的瓶颈。恩施城区现状防洪能力低，依靠现状防洪工程，仍无法应对 20 年一遇洪水。姚家平枢纽建设是恩施城市防洪的骨干控制性工程，是解决恩施城区防洪问题的根本和关键，是恩施城市防洪工程必不可少的重要一环。工程建成后，可使恩施市城区的防洪标准进一步提高到 50 年一遇，可降低每年汛期施工人员、物资的投入。

## （3）社会效益

姚家平水利枢纽地处鄂、湘、渝三省（市）交汇处，周边恩施市、利川市、建始县、宣恩县、咸丰县、来凤县、鹤峰县等原属国家级贫困县，2020 年 4 月实现全面脱贫。然而，该地区因洪灾致贫返贫的情况仍

有发生，脱贫的基础还不够牢固、脱贫的成色还有待提升。姚家平水利枢纽的建设，可以改善对外水、陆交通条件，移民及工程开发资金的投入和对建材、劳动力等的大量需求，将带动相关行业发展，拉动当地经济增长，增加就业机会，增加居民收入，对库区各县的基础设施建设、资源开发利用、优化产业结构、繁荣经济，稳定社会等都具有很大的影响和作用，有利于巩固该地区脱贫攻坚成果。姚家平水利枢纽的建设，将补齐恩施州基础设施短板，加快乡村集镇建设步伐，利于打造美丽宜居村庄建设；库区对外水、陆交通条件的改善，为乡村“田园综合体”创造良好的外部条件；库周特有的山水风光和库区高峡平湖的壮观景象，将带动周边地区乡村旅游，助力乡村振兴。

因此，姚家平水利枢纽的建设，有利于推动区域经济发展，增强区域经济发展带动扶贫后劲，巩固脱贫攻坚成果，助力乡村振兴。

### 9.2.2 环境经济损失

#### （1）工程占地对环境的影响

工程占地对土地利用将产生压力，工程施工等活动，若管理不当，将不仅破坏植被，造成水土流失，而且导致工程周边区域生态环境质量下降。

#### （2）水质污染

工程施工期间，土石方开挖、混凝土养护碱性废水、施工机械养护废污水等对施工河段局部水质产生一定的污染。

#### （3）对周边环境及人群健康的影响

由于工程施工施工量大，施工期施工区人员高度集中，在工程兴建过程中所产生的废水、废气、废渣将对局部环境产生不利影响。生活垃圾堆放破坏环境卫生，影响施工人员身体健康，人口密度的增加可能使

传染病的发病率上升。

#### (4) 对水土保持的影响

姚家平水利枢纽工程涉及武陵山国家级水土流失重点预防区和清江上游州级水土流失重点预防区，工程建设扰动地表面积较大，破坏原生植被，导致土地生产力降低，加速土壤侵蚀程度，影响周边生态环境。若不做好工程建设过程中的施工管理、及时落实各项水土保持措施，势必会加剧工程区水土流失、对周边河流域及当地的经济发展产生不利影响。经预测，本工程施工建设期水土流失量为 150682t，新增水土流失量 129316t。

### 9.2.3 综合分析

姚家平水利枢纽工程的主要任务为防洪、发电，工程具有巨大的社会效益和经济效益。工程建成后，可使恩施市城区的防洪标准进一步提高到 50 年一遇，将减免洪灾损失对经济社会发展的影响，为地区经济持续发展提供保障。通过对该项目进行国民经济评价，测算的经济内部收益率为 8.98%，大于社会折现率 8%，经济净现值 58199 元，大于零。从环境经济损益分析，工程对生态与环境的影响有利有弊，环境影响经济损失主要体现在工程占地部分，环境影响经济效益主要体现在防洪、防汛等方面，环境效益远远大于环境损失，说明本项目建设在环境经济上可行。

## 10 评价结论

### 10.1 建设项目概况

姚家平水利枢纽是国务院确定的 2020~2022 年重点推进的 150 项重大水利工程之一，也是湖北省人民政府确定的 2020~2022 年湖北省疫后重振补短板强功能工程中水利补短板防洪提升工程之一。2012 年国务院批复的《长江流域综合规划（2012-2030 年）》提出：“兴建干流上游姚家平水利枢纽，设置防洪库容 0.80 亿  $\text{m}^3$ ，续建完成恩施、长阳、利川、宜都等城市堤防工程，使恩施市城区达到 50 年一遇防洪标准。”

姚家平水利枢纽是解决恩施城区防洪问题的关键性工程。目前恩施城区防洪能力整体不足二十年一遇，防洪体系存在较大短板。

姚家平水利枢纽工程主要任务为防洪、发电，并为巩固该地区脱贫攻坚成果创造条件。姚家平坝址控制流域面积  $1927.6\text{km}^2$ ，多年平均径流量 16.4 亿  $\text{m}^3$ 。水库正常蓄水位 745m，汛期防洪限制水位 735m，死水位 715m，总库容 3.219 亿  $\text{m}^3$ ，调节库容 1.511 亿  $\text{m}^3$ ，防洪库容 0.80 亿  $\text{m}^3$ ，水库具有年调节能力。工程枢纽由碾压混凝土拱坝、坝身泄水建筑物、发电引水隧洞、地下厂房和生态电站等组成。工程装机容量 160MW（主电站）+24MW（生态电站），库区回水长度约 15.7km。

### 10.2 项目环境合理性分析

姚家平水利枢纽工程与法律法规要求、国家产业政策、上位流域规划是符合的。工程符合湖北省及恩施州生态环境准入要求，符合“三线一单”管控要求。从工程建设方案、工程建设规模、施工布置方案以及

移民安置方案等方面分析，工程总体是环境合理的。

### 10.3 环境影响回顾性评价

清江为长江右岸一级支流，在恩施州境内流经利川、恩施、咸丰、宣恩、建始、鹤峰、巴东等县市。恩施州境内的清江干流河段长约 275km，流域面积约 1.17 万 km<sup>2</sup>，占清江流域总面积的 70%。

目前清江流域恩施段生态环境相对较好，但也存在水电开发强度较大造成的河段减水、水生生境退化以及流域总氮浓度总体偏高，水库存在富营养化风险等环境问题。

通过对流域水文情势、水环境、陆生生态、水生生态等方面进行的回顾性评价结果表明：梯级开发使清江干流水域形态发生了较大变化，现状清江干流恩施段 275km 河段中，库区水域总长为 134.5km，占恩施段干流河长的 48.9%，减水河段长度约 22.1km，占恩施段干流河长的 8.0%，流水河段长度约 118.4km，占恩施段干流河长的 43.1%。由于水布垭和大龙潭水库的调节作用，河段径流过程较天然情况有所改变；清江恩施段流域整体水质较好，各断面水质近年来均维持在 II~III 类，可满足相关水质目标管理要求，大龙潭库区近年来经常发生浮游藻类富集现象，水体发生水华的风险较高；已建工程未改变区域生态系统结构和稳定性；大坝阻隔效应使河流水生生境破碎化和片段化，流水生境大幅萎缩，对水生生物资源及基因的交流产生不利影响，原河流态水生生态系统和水生生物群落结构组成发生了一定变化。

在流域梯级开发过程中，工程建设单位和地方政府及有关部门均采取了多种环境保护措施：通过对工程生态流量下泄措施进行整改，核定工程生态流量下泄要求，有效缓解了由于梯级建设引起的水文情势变化



或河道减脱水现象；已建工程在施工期和运行期均落实了环评报告及环评批复提出的水环境保护要求，湖北省及恩施州地方政府通过完善制度建设和治理能力建设的方式，加强了清江的保护与开发综合管理，对流域水质保护起到了有效的作用，流域水质总体优良，但大龙潭水库局部浮游藻类富集问题较突出，需进一步加强治理措施；已建工程的植被恢复措施及林地保护政策取得了一定成效，流域范围林地面积在逐渐增加，水土流失问题得到缓解，陆生生态保护措施效果相对较好；已开展的水生生态保护措施对水生生物资源保护起到了一定的作用，但由于流水生境存在较大幅度萎缩，已采取各项措施大部分为补救性措施，缺乏统一规划，总体上对清江流域水生生态保护效果有限。综上，清江流域恩施段的库区水环境治理和水生生态保护措施有待进一步加强。

总体来说，清江流域梯级开发与当时的相关法律法规的要求、环境管理要求以及国家产业政策、上位流域规划是基本符合的。受限于早期环境保护理念和技术水平等原因，梯级开发对流域生态环境产生了一定影响，后期通过小水电清理整改、保障工程生态流量下泄、完善制度建设和治理能力建设等方式加强对清江的综合管理，流域梯级开发产生的不利影响得到了一定缓解，流域梯级开发造成的环境影响总体可控。但水生生态保护和库区水环境治理措施方面存在一定短板，在后续保护、治理与开发过程中应进一步加强。

湖北生态环境厅 2021 年 6 月印发的《湖北省生态环境厅关于清江流域恩施段梯级开发环境影响回顾性评价报告审查意见的函》（鄂环函〔2021〕243 号），针对清江流域恩施段提出了优化开发布局、开展水生生物栖息地保护、统筹实施增殖放流、加强生态调度、开展长期生态跟踪监测等生态环境保护要求。恩施州人民政府对腾龙洞电站建设规划、

雪照河电站和天楼地枕电站增容改造项目中新建拦河构筑物、拆除大河片电站和红庙电站拦河坝、组织编制栖息地保护规划、组织开展流域增殖放流等工作进行了有关承诺。

## 10.4 环境影响及环保措施

### 10.4.1 水文情势

#### (1) 生态流量

根据 Tennant 法、湿周法、R2-Cross 法、生态水力学法以及  $Q_{90}$  计算结果（见表 5.1-10），将各方法计算结果取外包值，推荐姚家平水利枢纽坝下游生态流量在 11 月至翌年 3 月不应低于  $8.48\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 16.3%），在 4~10 月不应低于  $15.57\text{m}^3/\text{s}$ （占坝址处多年平均流量的 30.0%）。

#### (2) 库区及坝下河段水文情势影响

不同典型年，姚家平库区水位基本在 717.82m 以上，较建库前水位抬升约 119~147m。姚家平坝下河段不同典型年流量变幅在 -62.7%~167.6%之间；水深变化不大，变幅在 -0.1~0.11m 之间；流速变化在 -0.09m/s~0.23 m/s；水面宽变化在 -1.60m~1.83 m 之间。

#### (3) 生态流量保障措施

工程设置有两台装机 12MW 的生态机组，单机发电流量  $10.85\text{m}^3/\text{s}$ ，正常工况下通过单台机组发电可满足枯水期生态流量要求，2 台机组同时发电可满足汛期生态流量要求。

### 10.4.2 地表水环境

#### (1) 现状

根据常规断面水质监测资料，七要口断面 2020 年水质为 II~IV 类，以 II 类为主。恩施大沙坝断面和大龙潭断面 2020 年水质为 II~III 类，以 II 类为主。

根据 2020 年 12 月、2021 年 4 月和 2021 年 6 月水质补充监测结果，2021 年 4 月和 2021 年 6 月，各补充监测断面水质满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类标准。2020 年 12 月，清江干流姚家平库尾、姚家平坝址、姚家平厂房断面，支流云龙河、小溪河汇口断面总磷超标倍数为 0.5~0.9，其余指标满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类标准。

## （2）影响预测

### 1) 水温

根据水温预测结果，姚家平水利枢纽为稳定分层型水库。单层取水口条件下，春夏季 3~8 月存在较为明显的低温水下泄情况，最大温降出现在 4 月，丰、平、枯水年下泄水温较天然水温最大温降分别为 2.8℃、2.8℃和 3.4℃；秋冬季水温较天然水温有所上升，最大温升出现在 12 月，丰、平、枯水年下泄水温较天然水温最大温升分别为 3.9℃、5.0℃和 5.7℃。

采用叠梁门方案取水后，姚家平水利枢纽春夏季低温水下泄现象得到有效缓解，4 月下泄水温较单层取水提高 0.7-0.8℃。丰、平、枯水年 4 月下泄水温较天然水温降幅为 2.0℃、2.1℃和 2.6℃。

### 2) 水质

姚家平库区污染源以农业面源、农村生活面源和畜禽养殖污染源为主。经预测，工程建成后姚家平库区丰平枯水期 COD、氨氮保持在地表水 I 类标准，除云龙地缝景区下游等个别断面外，TN 浓度、TP 浓度

总体较建库前有所降低，部分库湾 TN 浓度、TP 浓度有所升高。

根据预测，姚家平水库建成后，库区 TN 浓度为 0.868~2.976mg/L，TP 浓度为 0.01~0.152mg/L，TN 处于中营养~中度富营养状态，TP 处于中营养~轻度富营养状态。总体来看，姚家平库区河段总氮、总磷浓度按湖库标准评价偏高，水库建成蓄水后需加强富营养化监测。

根据坝下断面水质预测结果，姚家平水利枢纽丰、平、枯典型年 COD、氨氮保持在地表水 I 类标准。坝下预测断面 TN 浓度为 0.60~2.50mg/L，TP 浓度为 0.005~0.082mg/L。

### （3）保护措施

#### 1) 水温

为减缓低温水下泄对下游的影响，工程在 3~8 月采用叠梁门分层取水方案。电站进水口底板高程为 700m，叠梁门设置为 3.0m×15 层，最小淹没水深 10m。

#### 2) 水质

在水库蓄水前须对库底进行清理。库区应认真落实《湖北省水污染防治条例》《湖北省清江流域水生态环境保护条例》《恩施州“十四五”规划和 2035 年远景目标建议》中相关污染防治措施的要求，开展城镇污水治理、农村生活污水治理、农业面源污染控制、畜禽养殖污染治理、城镇地表径流污染治理等工作，减少入库污染负荷，保障姚家平库区水质。

深入实施《恩施州畜禽养殖废弃物资源化利用工作实施方案》，严格执行恩施市畜禽养殖区域划分规定。加强种植业面源污染防治，提高库周测土配方施肥技术推广覆盖率。

加强水资源保护宣传教育，提高市民环保意识。落实库区水质水量

的监测评价，加强对上游来水水质监测，实行断面定期监测。加强水土保持，减少水土流失，可采取工程措施、生态措施和农业垦耕相结合的方法，通过以小流域治理为单元的结合治理，形成水土保持的新格局，提高库区周边和上游地区植被覆盖度。

加强地力培肥体系建设，调整农业结构，合理种植农作物、推广新型复合肥和缓效肥料等措施可控制肥料的使用量，减少农业面源污染。保土耕种、作物轮植、节水灌溉等措施减少农业径流的氮磷损失。

### 10.4.3 地下水环境

#### （1）现状

评价区为碳酸盐岩高山峡谷地貌，岩溶剧烈发育，库区和坝址下游左岸为第四纪覆盖斜坡阶地，地下水埋深普遍较大。根据地下水环境质量监测结果显示，评价区地下水水质状况良好，监测项目均优于Ⅲ类标准，大部分优于Ⅱ类标准。

#### （2）影响预测

经预测，隧洞施工造成坝址区域大范围地下水位下降的可能性较小；施工期仅有少量生活污水和生产废水产生，无有毒有害污染物，污废水经处理后达标排放或回用，不会对区域地下水环境产生影响。施工期废水泄漏预测表明最不利条件下污染物泄漏影响范围为 209m，总体影响范围较小。运行期水库蓄水不会对库区和坝址下游地下水补径排关系和水位造成明显影响。此外，工程施工和运行对评价范围内的地下水敏感目标（凉水井、烂湾和余家包）无明显影响。

#### （3）保护措施

对施工期设置的 4 座简易除油沉淀池进行一般防渗处理，采用黏土填充沉淀池地基作为防渗层，黏土厚度 $\geq 1.5\text{m}$ ；运行期加强水库、隧洞

的防渗措施，降低运行期地表水渗漏对周边地下水流场的影响。此外，为充分保障工程影响范围内的地下水供水，采用两辆应急供水车保障供水安全。

#### 10.4.4 陆生生态

##### （1）现状

评价区生态系统分为森林生态系统、灌丛生态系统、湿地生态系统、农田生态系统和城镇生态系统。陆生自然植被可划分为 3 个植被型组、7 个植被型、28 个群系，以针叶林、阔叶林、灌丛植被为主；栽培植被以人工林和农作物为主。评价区有维管束植物 142 科 470 属 797 种。评价区分布有国家一级重点保护野生植物 1 种，为银杏；国家二级重点保护野生植物 2 种，分布为金荞麦和半枫荷。评价区分布有古树名木 10 株，其中一级古树 1 株，二级古树 1 株，三级古树 8 株。

评价区陆生脊椎动物有 4 纲 27 目 73 科 176 种，其中，两栖类 2 目 8 科 23 种，爬行类 2 目 8 科 20 种，鸟类 17 目 45 科 107 种，哺乳类 6 目 12 科 26 种。评价范围内共分布有国家和省级重点保护野生动物 70 种，其中国家二级重点保护野生动物 9 种，湖北省级重点保护野生动物 61 种。

##### （2）影响预测

###### 1) 对陆生植物的影响

施工期：工程施工占地和移民安置将对评价区内植被及植物资源造成影响，受影响植被在评价区均可见到相似的群落，工程建设不会造成植被类型和群落的消亡，也不会造成区域生态景观体系组成和结构的不稳定。施工结束后，临时占用地的植被类型可依靠人工恢复，减少工程对植被的破坏，部分可还原到现有的质量水平。

运行期：水库蓄水淹没占地 640.20hm<sup>2</sup>，受影响的植被主要为乔木林、灌木林以及耕地植被。水库蓄水不会造成物种和种群的消失，对植物多样性基本没有影响。

对重点保护植物的影响：评价区的 4 株银杏、1 株半枫荷和 1 处金荞麦等国家重点保护植物，以及 10 株古树均不在工程建设和运行影响范围内。工程蓄水运行后，水湿条件的改善将使其生长更好。

## 2) 对陆生动物的影响

施工期：枢纽工程区施工、土石方开挖及弃渣堆放等施工占地和人为活动造成野生动物生境的占用和破坏，施工人员及施工机械设备的噪声对陆生动物栖息、繁衍等造成影响，导致施工区陆生动物种类和数量有一定下降。

运行期：水库建成后，由于水面的上升和水域面积的扩大，库区形成水库型湿地，为适应静水环境的动物提供了合适的生境。水库淹没部分陆地生活的野生动物生境，导致淹没区陆生动物种类和数量减少，非淹没区部分陆生动物种类种内和种间竞争加剧。工程蓄水后，部分动物的通道或被切断，由于原分布区被部分破坏，导致这些动物的生活区向上迁移，而以低海拔动物为食的动物又会受到如食物分布等的间接影响。

对重点保护动物的影响：工程建设带来的影响主要是施工活动和噪声驱赶影响，对评价范围内国家和省级重点保护动物的不利影响较小，不会导致评价区内国家重点保护野生动物种群规模的减小。

## (3) 保护措施

### 1) 临时占地复垦和植被恢复

施工前，剥离占地区内的表土，集中堆放；施工后，表土回覆，对临时占地区进行复耕，其他区域进行植被恢复，林草植被恢复率达到

97%，林草覆盖率达到 25%。

## 2) 松材线虫风险的管控

加强施工机械、运输车辆、包装材料等的植物检疫，避免松材线虫等风险。

## 3) 重点保护野生动植物的保护

加强施工管理，同时设置标志牌、开展宣传培训、实施野生动物救护和野生植物保护，保护野生动植物及其生境。

# 10.4.5 水生生态

## (1) 现状

清江流域共检出浮游植物 8 门 157 种(包括变种),平均密度为  $25.89 \times 10^4 \text{ind./L}$ ，平均生物量为  $0.85 \text{mg/L}$ 。其中，工程河段共检出浮游植物 8 门 60 种，平均密度为  $20.65 \times 10^4 \text{ind./L}$ ，平均生物量为  $0.87 \text{mg/L}$ 。

清江流域共检出浮游动物 4 类 80 种，平均密度为  $176.21 \text{ind./L}$ ，平均生物量为  $0.99 \text{mg/L}$ 。其中，工程河段共采集到浮游动物 12 种，平均密度为  $105.35 \text{ind./L}$ ，平均生物量为  $0.15 \text{mg/L}$ 。

清江流域共检出底栖动物 59 种（属），平均密度为  $120 \text{ind./m}^2$ ，平均生物量为  $22.35 \text{g/m}^2$ 。其中，工程河段共采集到底栖动物 21 种，平均密度为  $136 \text{ind./m}^2$ ，平均生物量为  $4.96 \text{g/m}^2$ 。

清江流域共有鱼类 5 目 12 科 114 种,现状调查共采集到鱼类 44 种,隶属于 3 目 9 科 28 属。其中，工程所在的雪照河至龙王塘坝址间河段采集到鱼类 20 种、小溪河 6 种、长偏河 3 种。清江流域记录分布有国家二级重点保护水生野生动物 5 种,湖北省重点保护水生野生动物 6 种,长江上游特有鱼类 11 种；现状调查采集到珍稀保护鱼类青石爬鮡、齐口裂腹鱼、短体副鳅 3 种。



## （2）影响预测

姚家平水利枢纽施工将对水生生境产生一定的影响。施工期扰动局限在施工区和下游一定水域，在采取各项施工期环境保护措施处理废水、废渣后，可有效减少施工对水生生态系统造成的不利影响。

姚家平水利枢纽建成后，库区水生生态系统由急流河流生境变为静缓流水库生境；随着生境条件的改变，预计库区初级生产力有所提高，饵料生物资源量较建库前增加，但增加幅度有限；种群结构发生一定改变，由喜流水性种类向喜静缓流水种类演变。由于流水生境萎缩，激流底栖性鱼类、流水生境产粘沉性卵的鱼类，如鳅类、裂腹鱼类、鮡类等种群规模下降；喜静缓流生境的鱼类如鲤、鲫、黄颡鱼等种群规模增加，库区鱼类以静水、敞水性种类为主。坝下河段受水库调度、来水量变化、低温水下泄等影响，水生生物种群规模有一定萎缩，但种类组成变化较小；坝下来水量较天然减少主要在 5 月、9 月，影响时间有限；受减水影响的 1.6km 减水河段水生生物资源损失明显。

## （3）保护措施

基于“生态优先”的原则，按照预防、减缓和补偿的顺序，形成以栖息地保护、过鱼设施、增殖放流、生态流量泄放、生态调度、加强施工期管理和渔政管理、水生生态监测、科学研究等多种措施为一体的综合保护体系。其中，将长偏河（20.4km）、小溪河（23.53km）作为支流栖息地保护河段，清江干流三渡峡坝下至长偏河汇口（45km）以及姚家平生态机组尾水口以下至龙王塘库尾（10km）作为干流栖息地保护河段；姚家平水利枢纽建设升鱼机，天楼地枕大坝左岸增设鱼道；建设鱼类增殖放流站 1 处，近期放流齐口裂腹鱼、光唇裂腹鱼、多鳞白甲鱼、小口白甲鱼、泉水鱼、中华倒刺鲃等 6 种鱼类共 20.0 万尾/年；通过生

态机组下泄生态流量；在鱼类主要繁殖季节 4~7 月，工程应根据流域生态调度方案每年择机实施至少 1 次生态调度；加强宣传教育和施工监管，建立鱼类资源保护的规章制度，开展鱼类保护与救护；开展增殖放流鱼类繁殖技术研究、增殖放流效果监测与评估、过鱼设施优化和效果评估、流域梯级联合生态调度研究、生态流量保障目标制定等科学研究。

#### 10.4.6 环境敏感区

##### （1）现状

评价范围内有 1 个重要生态敏感区，为湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园。湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园位于利川市和恩施市境内，分为腾龙洞大峡谷园区和朝东岩园区。地质公园分为一级保护区、二级保护区。其中，一级保护区面积为 42.96km<sup>2</sup>；二级保护区面积为 60.84km<sup>2</sup>。

##### （2）影响预测

工程建设对地质公园的不利影响主要表现为枢纽工程占地和水库蓄水淹没，工程共占用地质公园 456.52 hm<sup>2</sup>，受影响的主要为朝东岩园区。按工程占地类型划分，工程永久占地占用地质公园 453.83 hm<sup>2</sup>，工程临时占地占用地质公园 2.70 hm<sup>2</sup>；按地质遗迹保护区级别划分，工程占用地质公园一级保护区 425.95 hm<sup>2</sup>，占用地质公园二级保护区 30.57 hm<sup>2</sup>。

经综合评估，工程建设对恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园地质遗迹及地质景观总体影响程度小。工程建成后，与其所在区域恩施大峡谷的旅游规划相结合，可以增强区域旅游附加功能，对进一步促进地质公园经济与社会效益的发挥具有一定正面影响。

##### （3）保护措施

施工过程中，在靠近地质公园地质遗迹点的枢纽工程施工场地周边设置钢筋围栏；在容易出现陡壁坠石的下方及周围，应设立警示牌。施工结束后，由地质公园管理部门和建设单位共同组织编制地质公园景观恢复方案，减缓和恢复施工活动给风景名胜区的景观带来的影响；加强施工期监督管理和地质灾害监测。

#### 10.4.7 土壤环境

##### （1）现状

土壤环境质量补充监测结果表明，评价范围内土壤未出现酸化、盐化和碱化，除镉外，其他土壤污染物因子均不超标。7个监测点中，六安房安置点镉含量超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）一类建设用地的风险筛选值，砂石加工系统、堆料场下、岩上和竹基坝监测点均超过《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）所规定的风险筛选值或管控制。镉在评价范围内普遍超标，与恩施地区土壤和黑色岩系成土母质中镉的本底值较高有关。

##### （2）影响预测

本工程为土壤生态影响型项目。经预测，在严格执行相关环境保护措施的前提下，本工程施工期与运行期均不会引起土壤的盐化、酸化、碱化，不会对土壤造成污染。

##### （3）保护措施

施工期及运行期各类污废水、固体废物应按要求进行处理和处置；对工程区内耕地、园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；加强施工机械设备的维护保养，减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏。

#### 10.4.8 施工环境

##### (1) 现状

项目涉及的恩施市和利川市环境空气质量现状均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准限值要求, 因此恩施市和利川市属于环境空气质量达标区。补充监测结果表明, 坝址所在区域 TSP<sub>24h</sub> 平均质量浓度范围为 95~116  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 最大浓度占标率为 38.7%, 满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。

评价范围内的清水角南侧居民点、姚家平村居民点、弃渣场东北侧居民点、向家坝村居民点等 9 个具有代表性点位的昼、夜间等效 A 声级均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 对应标准限值要求。

##### (2) 影响预测

砂石料加工系统冲洗废水正常工况下经处理后回用于砂石料冲洗, 对地表水环境影响较小; 在非正常工况下, 将会对排口下游一定范围内水域的水环境产生影响, 但影响程度有限。混凝土拌和系统冲洗废水经处理后回用于混凝土拌合, 不外排, 对清江地表水水质影响较小。隧洞施工废水经中和絮凝沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水, 对地表水环境影响较小。基坑初期排水对清江地表水环境影响较小, 经常性排水经处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水等, 对清江地表水环境影响较小。机械汽车停放场冲洗废水经处理后回用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘, 不外排, 对清江地表水环境影响较小。施工营地生活污水经处理后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水等, 不外排, 对周围水体影响较小。

工程大气环境影响主要集中在施工期。在采取洒水降尘、安装除尘设施等措施后施工扬(粉)尘影响范围和程度有限。施工扬(粉)尘在

局部时段将对姚家平村居民点的环境空气质量造成一定影响，对其他敏感目标环境空气质量影响较小。在采取洒水降尘、限制车速等措施后，道路扬尘对道路沿线居民点造成的环境影响较小。燃油废气呈无组织排放，且施工区域地势开阔、污染物扩散条件好，对施工区域周边环境空气的影响程度有限。在采用先进的爆破技术的前提下，爆破扬尘造成的影响较小。

工程噪声影响主要集中在施工期。昼间施工噪声对姚家平村居民点和茅坡南侧居民点 2 处敏感目标声环境质量有一定影响，在采取设置声屏障等措施后影响较小；在禁止夜间开展产噪施工作业的情况下，仅有部分施工工地需要在夜间进行混凝土连续浇筑，经调查分析，工程所涉及的声环境敏感目标基本不受夜间施工噪声影响。施工期爆破噪声会对周边区域居民产生惊扰影响，爆破结束后，噪声即消失。

施工期固体废物主要包括施工弃渣和生活垃圾。施工弃渣运至弃渣场堆存，生活垃圾经收集后统一处置，对周边环境的影响较小。

### （3）保护措施

砂石料加工系统冲洗废水经 DH 高效旋流净化器处理后回用于砂石料冲洗，混凝土料罐冲洗废水经中和沉淀处理后回用于混凝土拌合，隧洞施工废水和基坑经常性排水经中和沉淀处理后回用于混凝土养护、浇灌林地灌丛、场内施工道路和施工区洒水，机械车辆冲洗废水经简易除油沉淀后回用于车辆冲洗或停放场洒水抑尘，生活污水经成套设备和三格化粪池处理后回用于浇灌林地灌丛、场地洒水等。

大气环境保护措施包括：施工作业区域和汽车运输道路采取洒水降尘措施，爆破区域采取洒水抑尘，砂石料加工系统设置收集除尘装置，并在砂石料加工区域的厂界围挡、主要产尘装置、砂料堆场以及传送带

等区域设置喷雾装置，混凝土拌和楼需配备除尘装置并在添加水泥等多尘物料以及搅拌过程中采用全封闭式系统，多尘物料运输时适当加湿或用帆布覆盖，干燥裸露面不进行施工时应采用防尘苫盖进行遮盖，场内道路限制车流量和车速，加强大型施工机械和车辆的管理等。

声环境保护措施包括：施工期间加强施工管理，夜间禁止进行高噪声施工，在砂石加工系统和茅坡石料场面对敏感目标一侧设置声屏障，对运输道路进行车速限制，并加强道路养护，对产噪设备安装隔声罩，选用低噪声施工设备等。

施工期固体废物主要包括施工弃渣和生活垃圾。施工弃渣运至弃渣场堆存，生活垃圾经收集后委托当地环卫部门统一处置。

#### 10.4.9 移民安置

##### （1）现状

工程移民规划 10 个集中安置点共安置 447 户 1850 人，移民规划建设用地总面积 306.90 亩，安置点区域土壤以黄壤和黄棕壤为主，土地利用多为旱地，其次分布有灌木地、草地和林地等。移民安置区植被受人为干扰较大，植被较为简单，植被覆盖率较低，植物较不丰富。安置区域未发现国家重点保护野生动物。

##### （2）影响预测

移民安置工程污（废）水、噪声和固体废物产生量总体较小，且较为分散。各类工程施工废水经处理后回用，对地表水环境影响较小；移民安置点建成后生活污水经污水管网收集至化粪池后经一体化污水处理设备处理达标后排放，对地表水环境无明显影响。

各类工程在采取洒水降尘措施后，对周边居民点的环境空气质量影响较小。

各类工程在采取噪声控制和夜间禁止施工措施后，对周围敏感点的影响较小。

施工期固体废物经收集处理后由环卫部门统一清运，10个移民安置点推行生活垃圾分类收集，纳入本村管理，由村委会统一收集、运输和处理，不会对周围环境产生不利影响。

移民安置区内植被分布均与工程永久占地区及评价区现有植被类似，植物资源为区域常见物种无国家重点保护野生动植物和古树名木，移民占地、居民点建设及后期生产开发对区域植物物种多样性无影响，对植物资源影响较小。移民安置活动对陆生动物影响主要来源于施工对栖息环境破坏和噪声对动物驱扰，施工结束后影响消失，移民安置对生态环境的影响不大。

### （3）保护措施

移民安置工程施工期废水采用集中收集，预沉池沉淀，加中和剂、絮凝剂再进入沉淀池等工艺处理。运行期生活污水经污水管网收集至化粪池，经一体化污水处理设备处理达标后排放。

安置点场地平整工程和专项设施复（改）建工程的土石方施工采用湿法作业，减少土方开挖和回填产生的粉尘量；运输车辆装载多尘物料时，应适当加湿或采用封闭运输，减少扬尘；加强机械、车辆的维修和保养，减少有害尾气排放。

施工期通过合理制定作业时间，加强施工管理，合理使用施工机械、加强施工公示和沟通，降低噪声影响。

各施工区设垃圾桶收集施工期生活垃圾，由附近环卫部门定期处置；工程结束后，施工单位应对临建设施进行拆除，并清除各项建筑垃圾；安置点运行后生活垃圾推行分类收集，按照每50人配置一个垃圾桶，

500 人配置一个垃圾收集点，垃圾运输和处理纳入本地村委会运行和管理。

## 10.5 公众参与

依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《环境影响评价公众参与办法》等法律法规，建设单位开展了公众参与工作。建设单位于 2021 年 6 月 30 日在“中国硒都网”上进行了首次环境影响评价信息公示，在环境影响评价首次信息公示期间未收到与环境影响评价相关的公众意见。建设单位于 2022 年 1 月 20 日在“中国硒都网”进行了《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书（征求意见稿）》信息公示，公示有效期为 10 个工作日。期间分别于 1 月 21 日和 1 月 26 日在《恩施日报》进行了 2 次报纸公示，同步在恩施市屯堡乡马者村、田凤坪村，大峡谷风景区管理处营上村、木贡村、高台村，利川市团堡镇小谷槽村、牛栏坪村等工程涉及区域内的共 3 个乡镇、管理处等公众较多的场所张贴公告，同时在建设单位办公地点（恩施市青少年活动中心 4 楼）设置了《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书（征求意见稿）》（纸质版）现场查阅点。《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书（征求意见稿）》公示期间无公众前往建设单位查阅纸质版报告书，建设单位也未收到以书面、电话或网络等形式反馈的公众意见。建设单位于 2022 年 4 月 21 日在“中国硒都网”对《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书》全文和《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响评价公众参与说明》进行了报批前公示。



## 10.6 综合评价结论

湖北姚家平水利枢纽工程是清江流域和长江中游防洪体系的重要组成部分，是解决恩施城区防洪问题的一项关键工程举措。项目选址、规模、任务等符合《长江流域综合规划（2012-2030 年）》和《长江流域防洪规划》。

工程部分永久用地和临时用地涉及湖北省生态保护红线，工程属于防洪设施建设与运行，是中办、国办印发的《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》中允许对生态功能不造成破坏的 8 类有限人为活动之一，符合《湖北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》以及《恩施州人民政府关于印发恩施州“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》要求。

工程涉及湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园，工程实施对地质公园影响程度总体较小。施工过程中应做好地质遗迹点维护，施工结束后及时开展地质公园景观恢复，并加强施工期监督管理和地质灾害监测。

工程建设不可避免对环境产生一些不利影响，主要表现在：施工期间“三废”排放将对水质、环境空气质量及周围环境产生不利影响；工程占地及拆迁安置活动将对土地资源产生影响。除工程占地外，在采取相应环境保护措施后，大多不利影响可以得到消除或减缓。工程运行过程中可能产生的不利环境影响主要包括：水库调节和发电造成的水文情势改变、低温水下泄、大坝阻隔对水生生态的影响，工程占地、水库淹没等对陆生生态的影响。为减轻以上影响，环评报告书提出了下泄生态流量、分层取水、鱼类栖息地保护、建设过鱼设施、开展鱼类增殖放流、施工结束后进行植被恢复等环保措施。在采取以上措施后，工程建设对生态环境的不利影响可以得到有效控制。因此，在落实环评报告书提出的各项环境保护措施后，本工程建设在环境上是可行的。

# 恩施市水利局

---

## 恩施市水利局

### 关于湖北姚家平水利枢纽工程建设单位 变更情况的说明

生态环境部：

2020年7月15日，州八届人民政府第61次常务会，决定兴建姚家平工程，明确恩施市人民政府作为项目业主单位。为开展湖北姚家平水利枢纽工程前期工作，成立了恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹），2021年6月25日由恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）委托长江水资源保护科学研究所开展湖北姚家平水利枢纽工程建设项目环境影响评价工作。因恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）为前期工作推进临时机构，无组织机构统一社会信用代码等，无法满足项目环境影响报告等报批需求。经恩施市人民政府研究，建设单位由恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）变更为恩施市水利局。

特此说明



# 恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处(筹)

---

## 委 托 书

长江水资源保护科学研究所：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境保护管理条例》等相关法律法规，为做好湖北姚家平水利枢纽工程建设项目环境影响评价工作，现委托贵所编制《湖北姚家平水利枢纽工程环境影响报告书》。请贵所按照相关法律法规和技术规范要求，组织人员尽快开展工作。

特此委托



恩施市姚家平水利枢纽工程建设管理处（筹）

2021年6月25日

---



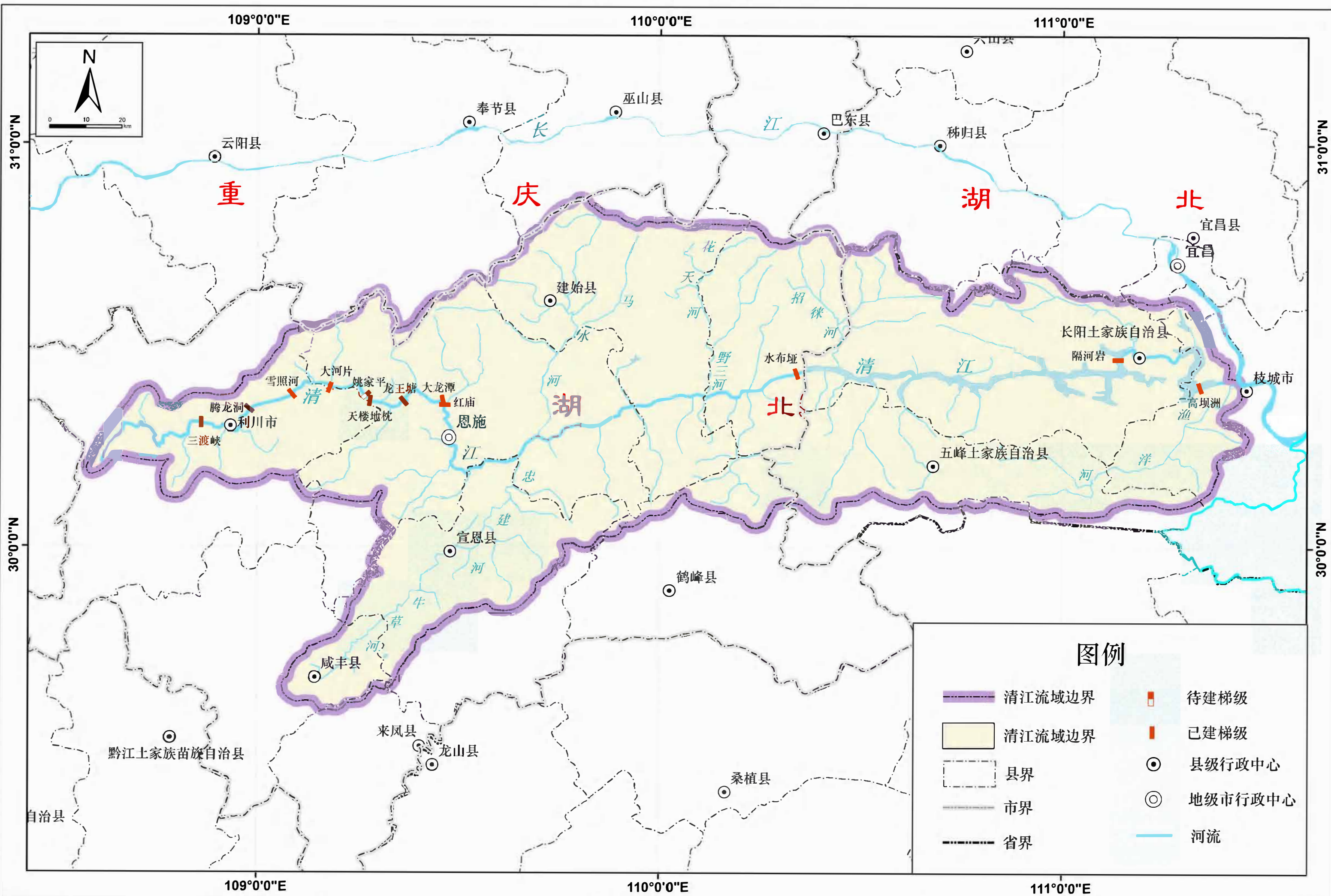
建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填报单位(盖章):		恩施市水利局		填报人(签字):		王强		项目经办人(签字):		王强		
建设项目	项目名称	湖北峡东平水水利枢纽工程				建设内容		湖北峡东平水水利枢纽工程建设内容包括挡水建筑物、泄洪建筑物、消能建筑物、引水发电建筑物、生态电站、主电站、过鱼设施等。				
	项目代码	2110-000000-04-01-969171										
	环评审批项目编号	axn0ng										
	建设地点	湖北省恩施土家族苗族自治州恩施市、利川市				建设规模		水库正常蓄水位745m,死水位715m,汛限水位735m,防洪高水位748.2m,水库总库容3.219亿m³,防洪库容0.80亿m³,调节库容1.511亿m³;挡水建筑物为碾压混凝土坝,最大坝高175.00m;工程规模为大型(2)型;生态电站装机容量2×12MW;主电站装机容量2×80MW;过鱼设施布置在生态电站厂房尾水下游,由集鱼系统、升鱼机、放流系统组成。				
	项目建设周期(月)	96.0						计划开工时间		2022年6月		
	环境影响评价行业类别	124水库						预计投产时间		2030年6月		
	建设性质	新建(迁建)				国民经济行业类型及代码		4822 河湖治理及防洪设施工程建筑				
	现有工程排污许可证登记载编号(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		清江流域恩施段梯级开发环境影响回评评价报告				
	规划环评审查机关	湖北省生态环境厅				规划环评审查意见文号		鄂环函〔2021〕243号				
建设单位	建设地点中心坐标(坐标性工程)	经度	109.267756	纬度	30.370728	占地面积(平方米)	7849320	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)	657502.31				环保投资(万元)	26442.92		所占比例(%)	4.02		
	单位名称	恩施市水利局	法定代表人	王强	单位名称	长江水资源保护科学研究所		统一社会信用代码	12100006413542507			
	统一社会信用代码(组织机构代码)	11422801011468135J	主要负责人	李在寅	环评编制单位	姓名	王强		联系电话	02784872781		
		统一社会信用代码(组织机构代码)	11422801011468135J	联系电话		0718-8786380	信用编号	BHC09977				
							职业资格注册管理号	06354243506420165				
	通讯地址	恩施市青少年活动中心4楼峡东平水办公室				通讯地址	湖北省武汉市汉阳区琴台大道515号					
	污染物排放量	污染物		现有工程(已建+在建)		本工程(拟建或调整变更)		总体工程(已建+在建+拟建或调整变更)				区域削减措施来源(国家、省、市、县、企业)
		①排放量(吨/年)	②许可排放量(吨/年)	③预测排放量(吨/年)	④“以新带老”削减量(吨/年)	⑤区域平衡替代本工程削减量(吨/年)	⑥预测排放量(吨/年)	⑦削减措施量(吨/年)				
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(万标立方米/年)						0.000	0.000			
		二氧化硫						0.000	0.000			
		氮氧化物						0.000	0.000			
		颗粒物						0.000	0.000			
		挥发性有机物						0.000	0.000			
		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			



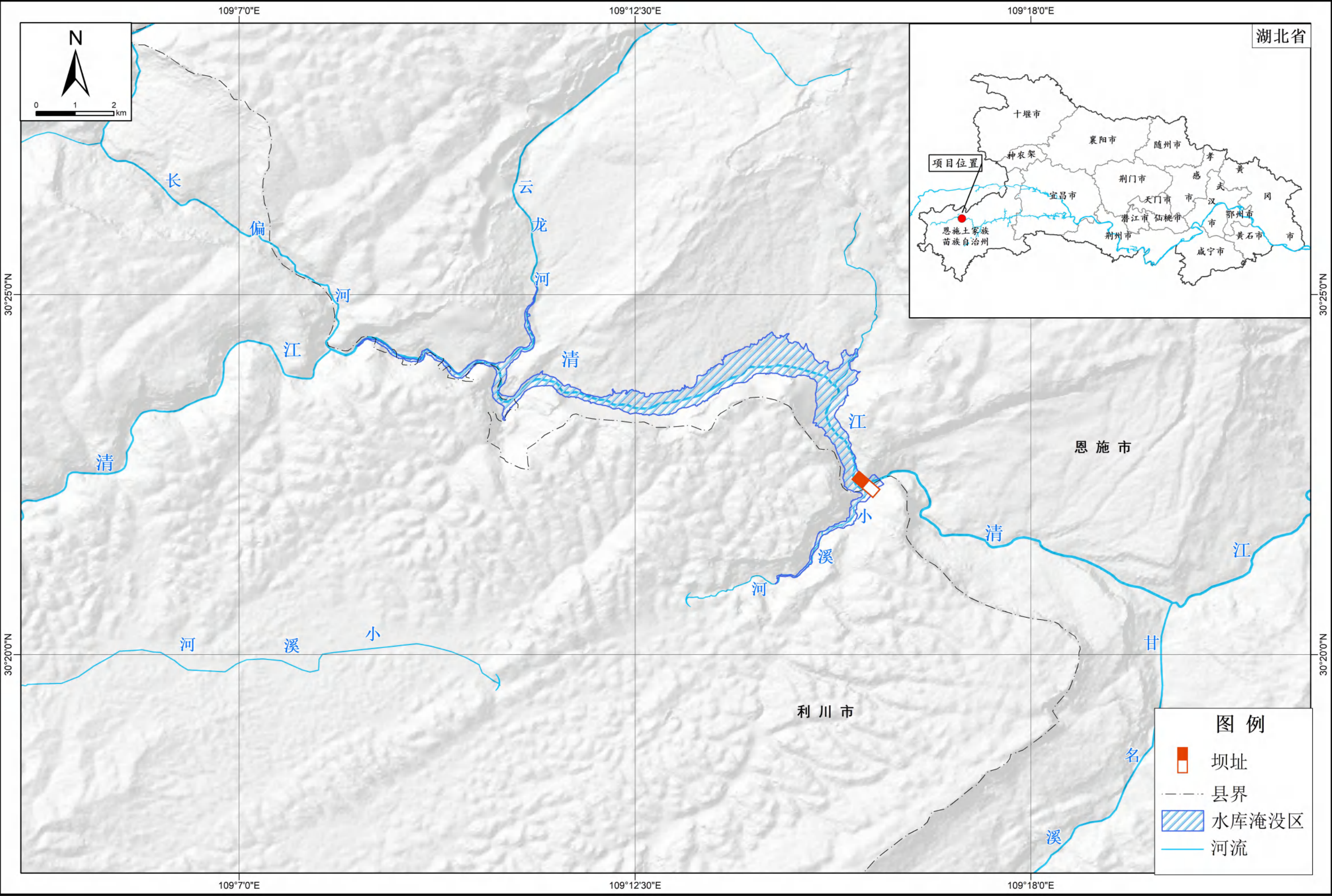
项目涉及法律法规规定的保护区情况		影响及主要措施		名称		级别		主要保护对象(目标)		工程影响情况		是否占用		占用面积(公顷)		生态保护措施								
		生态保护目标		生态保护红线		鄂西南武陵山区生物多样性维护、水土保持生态保护红线				湖北恩施腾龙洞大峡谷国家地质公园,其他生态系统服务功能重要性生态保护红线		是		464.18		<input checked="" type="checkbox"/> 避让 <input checked="" type="checkbox"/> 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)								
		自然保护区		/		/										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)								
		饮用水水源保护区(地表)		/		/										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)								
		饮用水水源保护区(地下)		/		/										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)								
		风景名胜區		/		/										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)								
主要原料及燃料信息		主要原料														<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 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		污染防治设施处理水量(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)		接纳污水处理厂		接纳污水处理厂排放标准名称		污染物排放									
			序号(编号)		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)		接纳水体		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		产生环节及数量		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	1	废矿物油与含矿物油废物		发电厂房内机组维护将产生废润滑油		T, I		900-217-08		18.0		储油桶		20		/		/		/		是

### 附图1 清江流域水系图



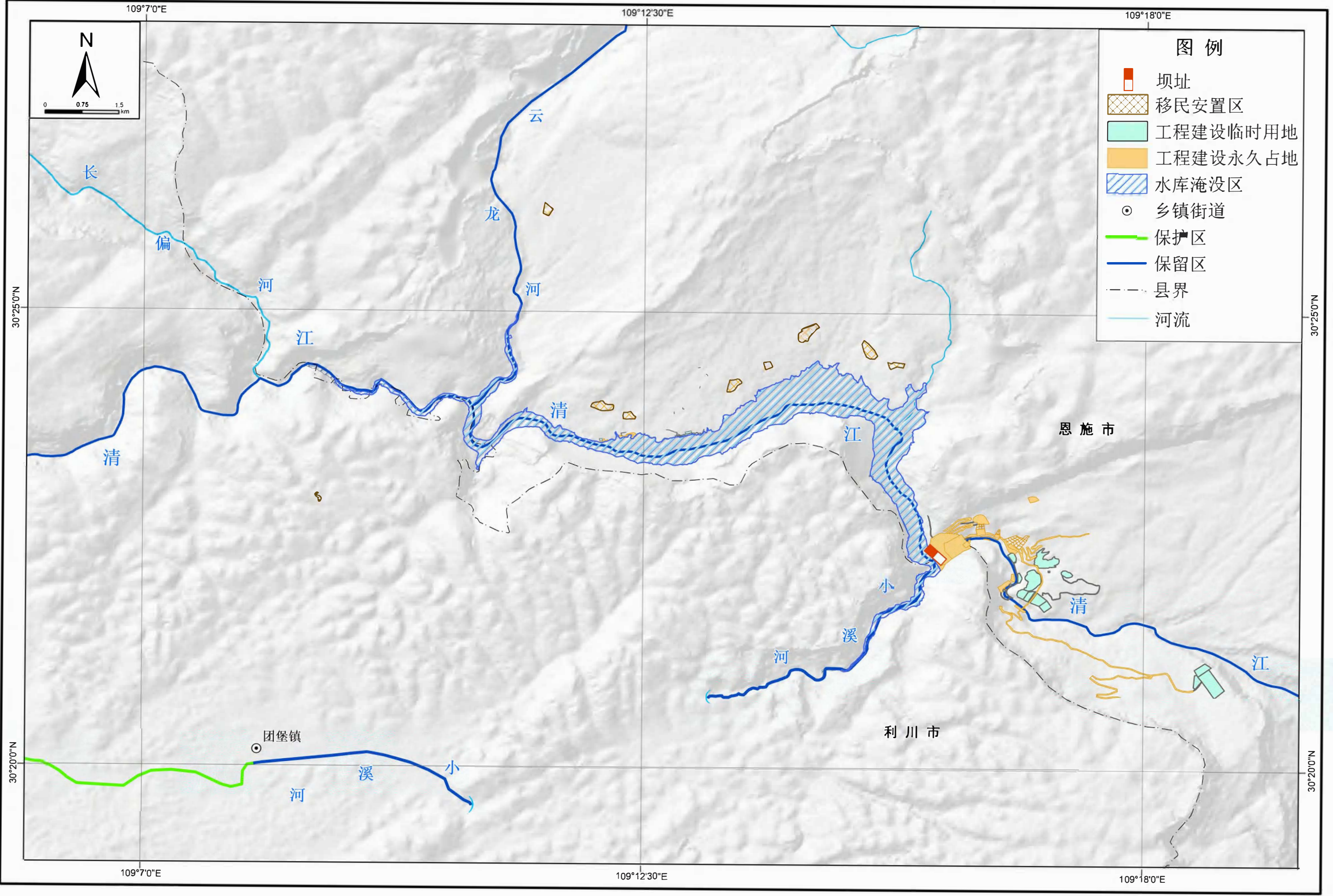


附图2 姚家平水利枢纽工程地理位置示意图



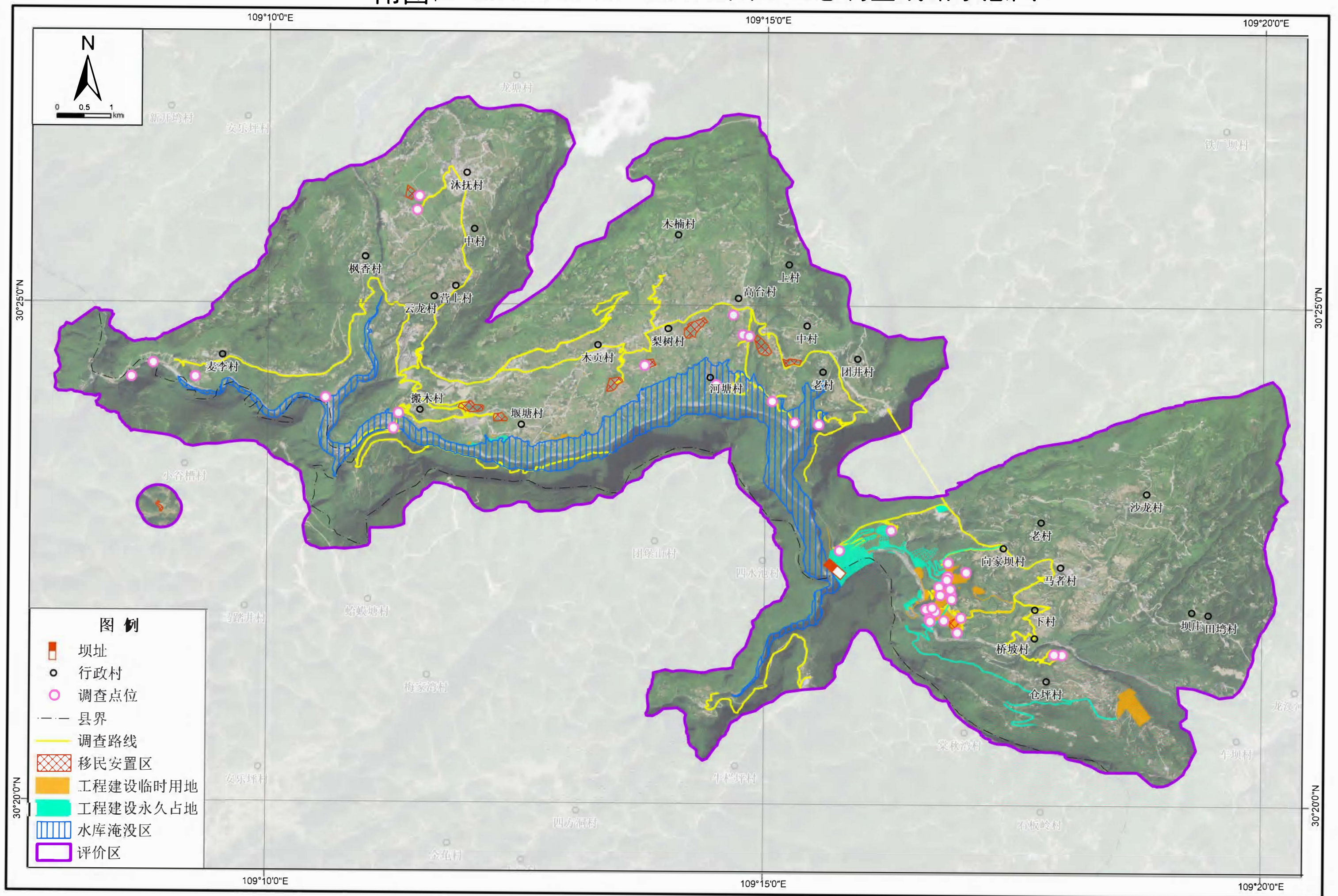


附图3 姚家平水利枢纽工程评价区水功能区划示意图



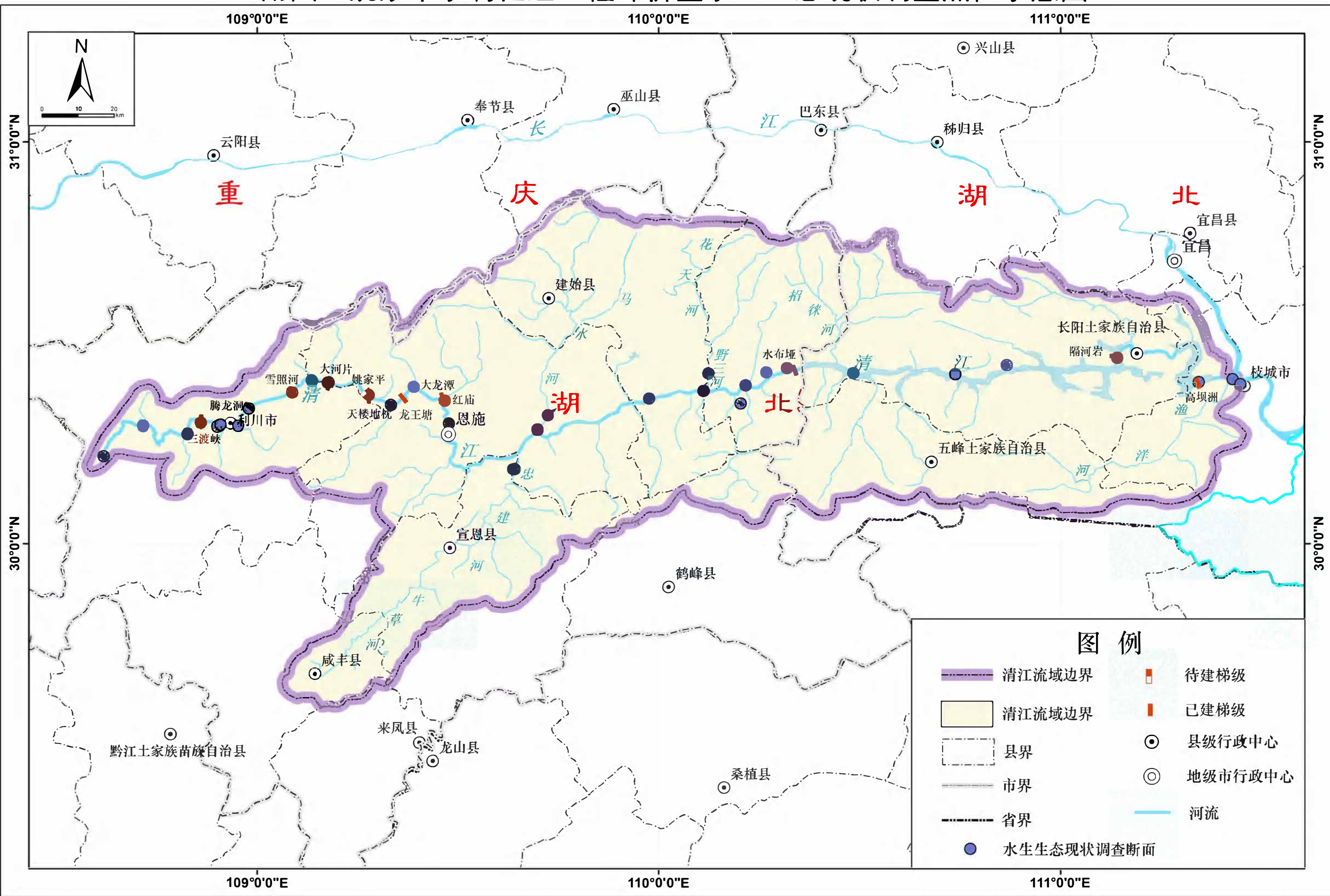


附图4 姚家平水利枢纽工程陆生生态调查线路示意图



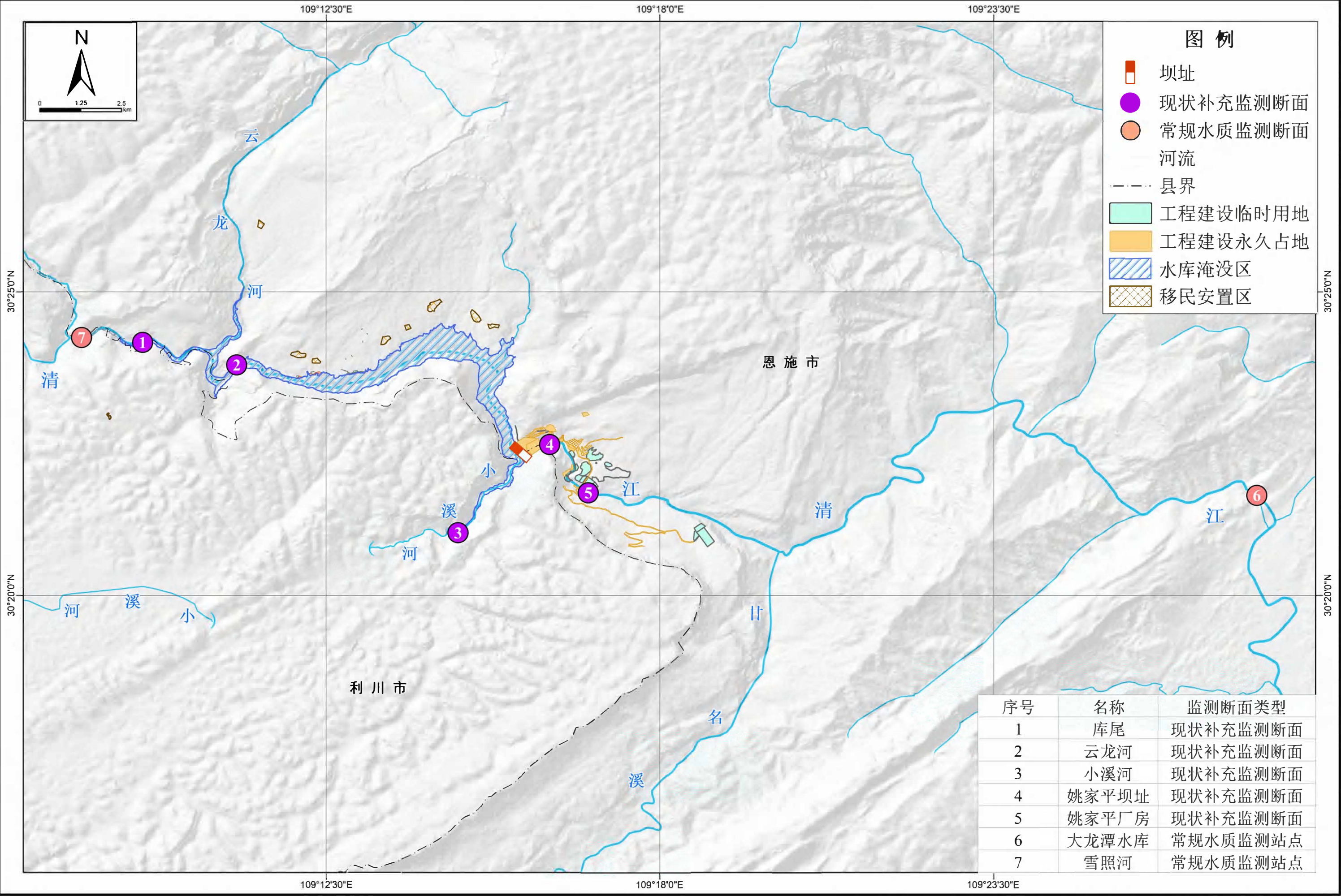


附图5 姚家平水利枢纽工程评价区水生生态现状调查点位示意图





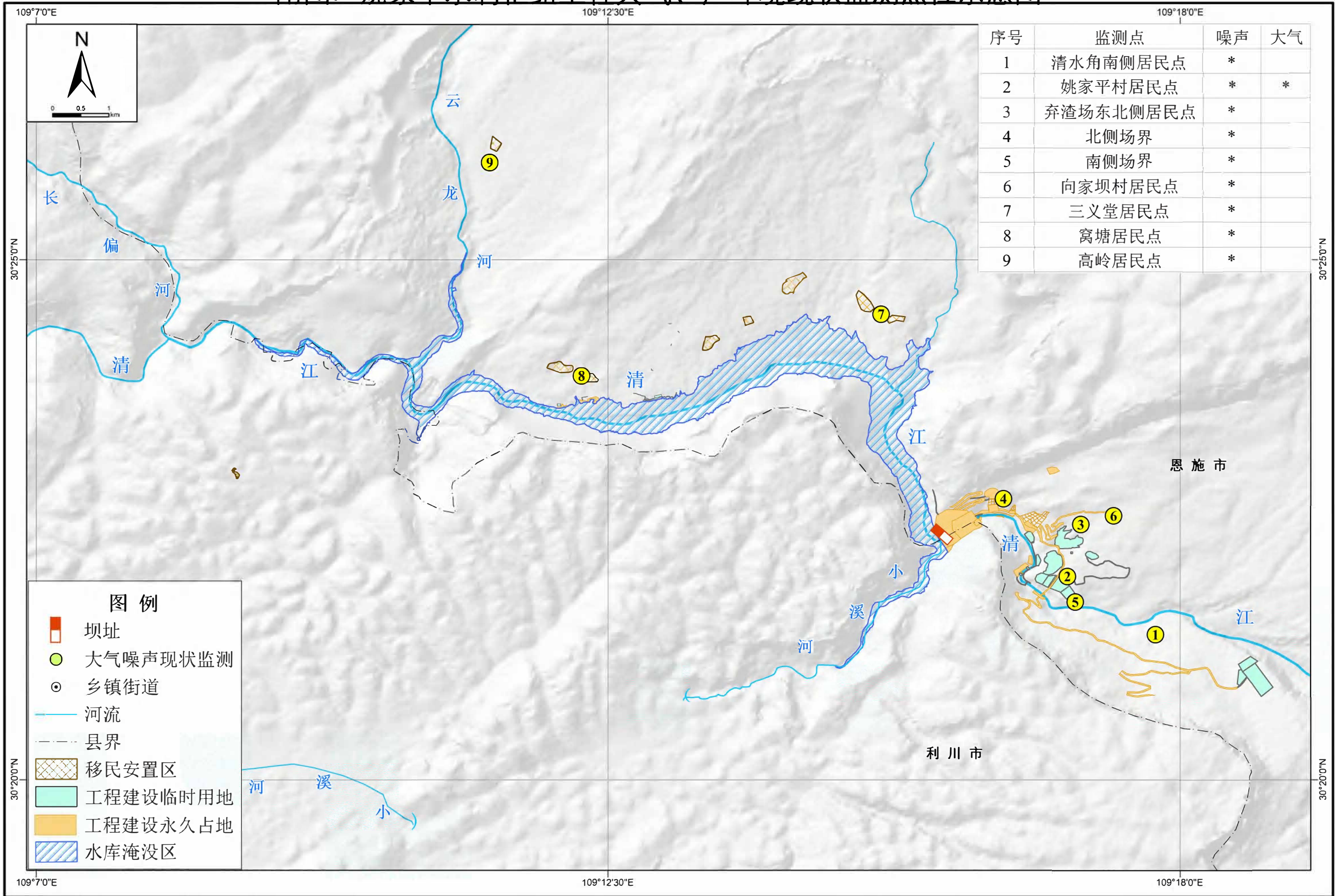
附图6 姚家平水利枢纽工程水环境现状监测断面位置示意图



序号	名称	监测断面类型
1	库尾	现状补充监测断面
2	云龙河	现状补充监测断面
3	小溪河	现状补充监测断面
4	姚家平坝址	现状补充监测断面
5	姚家平厂房	现状补充监测断面
6	大龙潭水库	常规水质监测站点
7	雪照河	常规水质监测站点

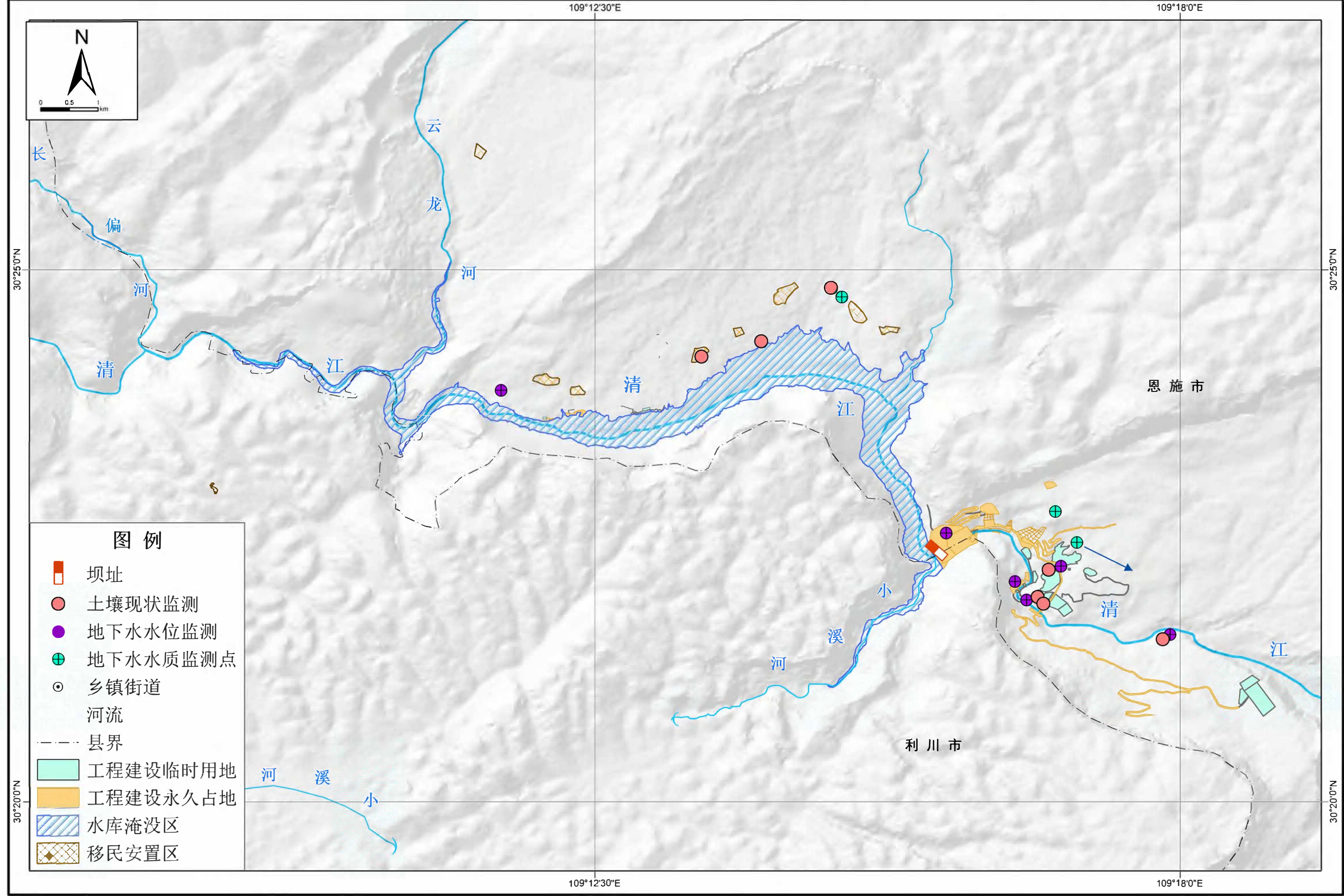


附图7 姚家平水利枢纽工程大气、声环境现状监测点位示意图



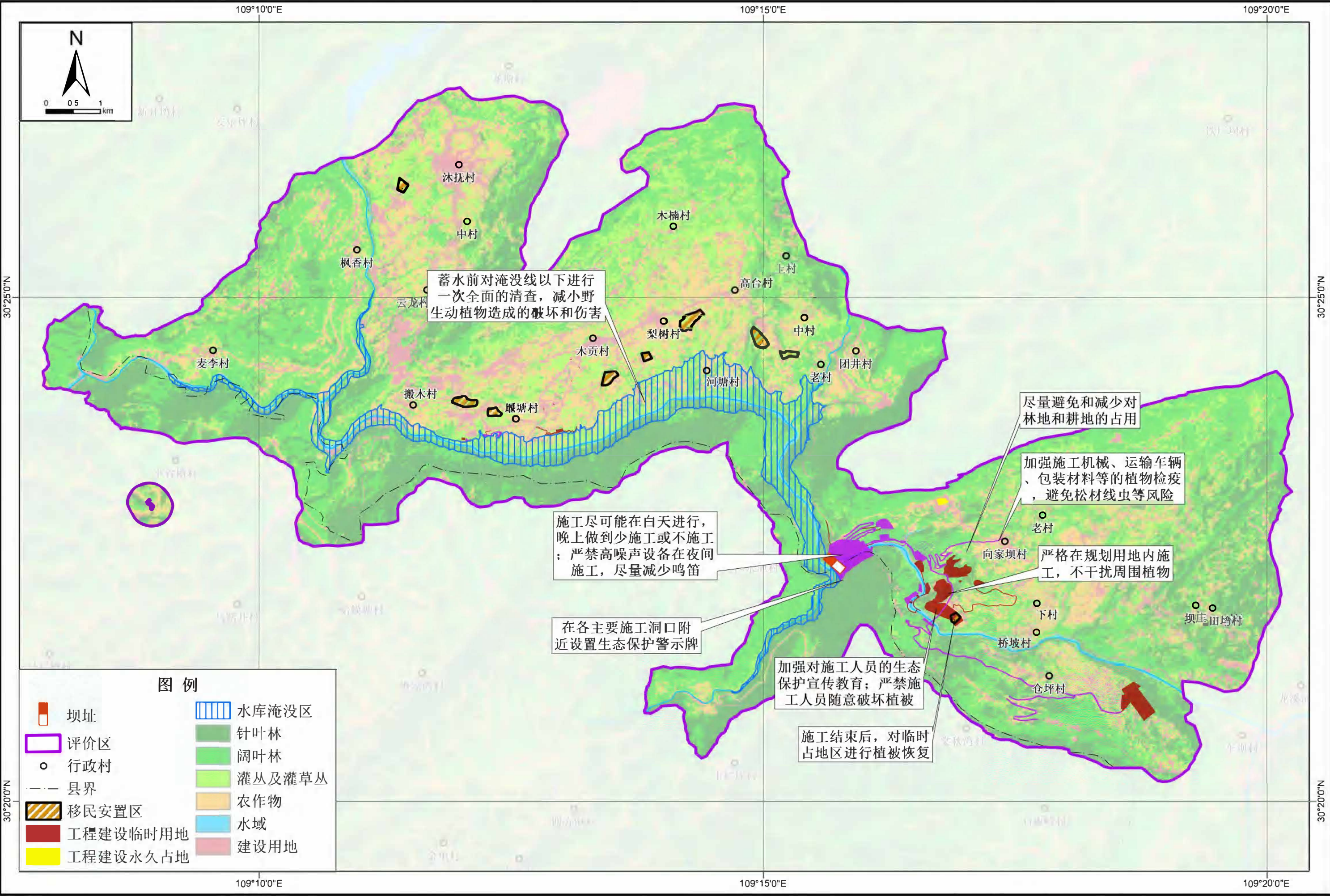


附图8 姚家平水利枢纽工程地下水及土壤环境现状监测点位示意图



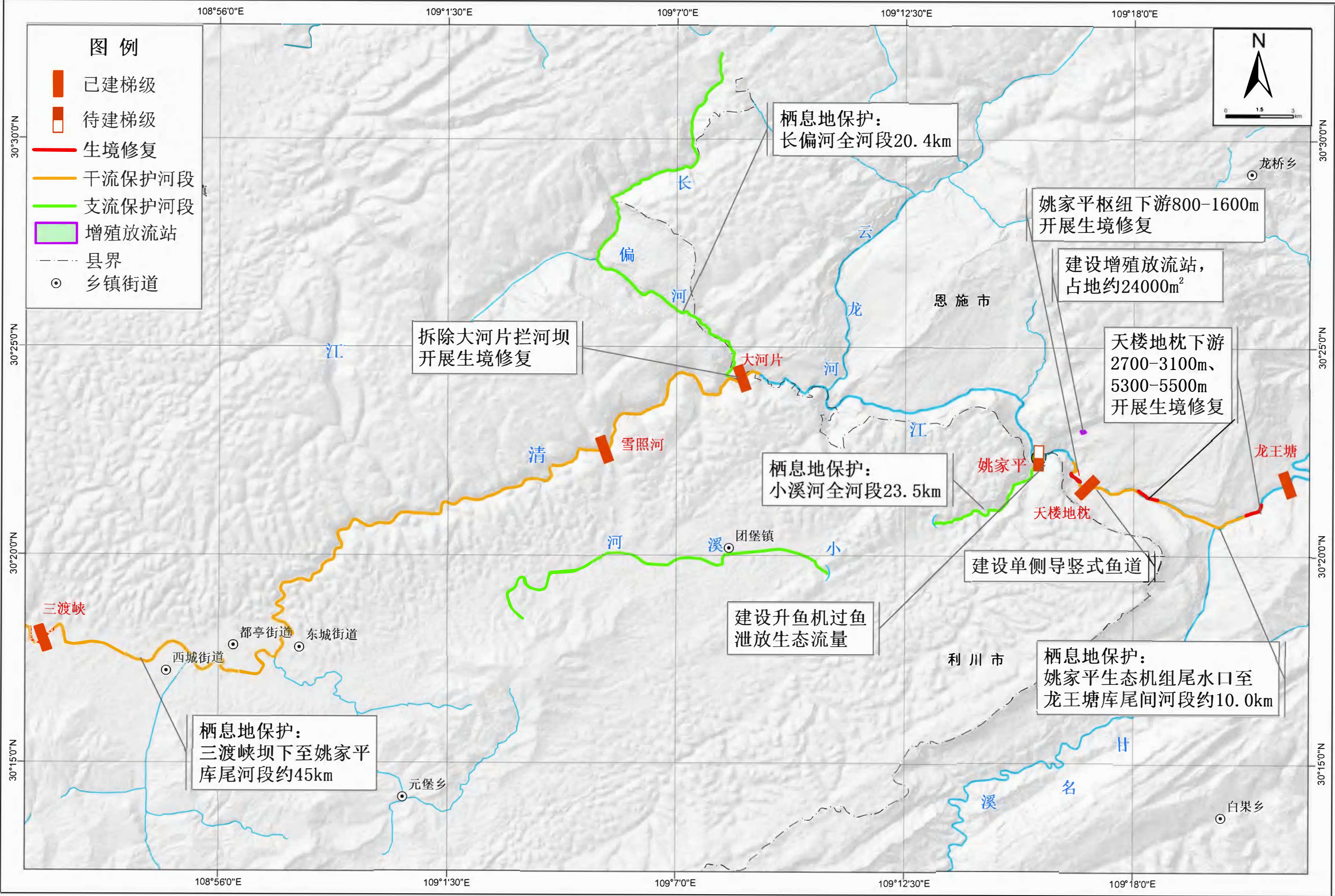


附图9 姚家平水利枢纽工程陆生生态保护措施总体布局图



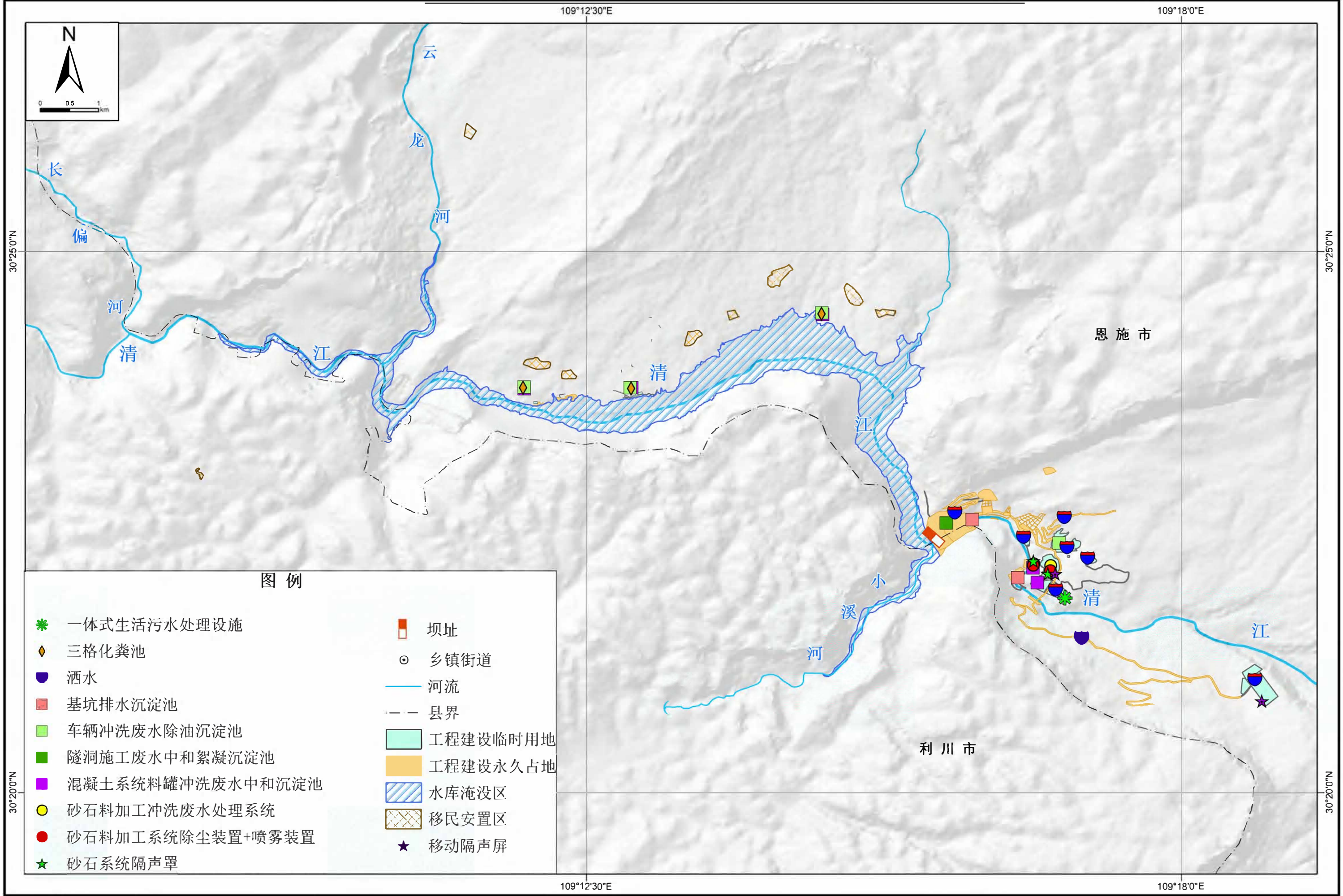


附图10 姚家平水利枢纽工程水生生态保护措施总体布局图



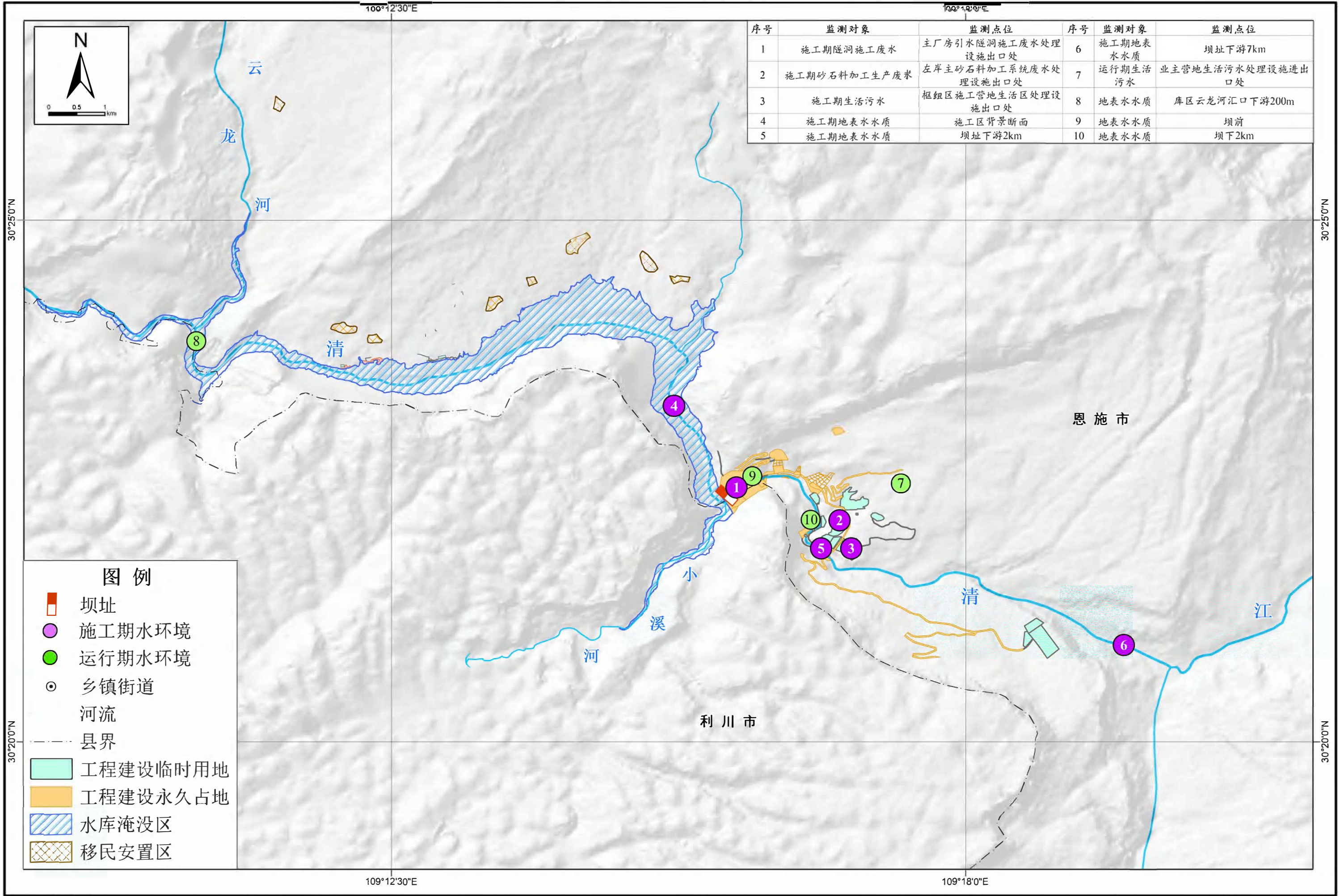


附图11 姚家平水利枢纽工程施工工期主要环保措施布置图



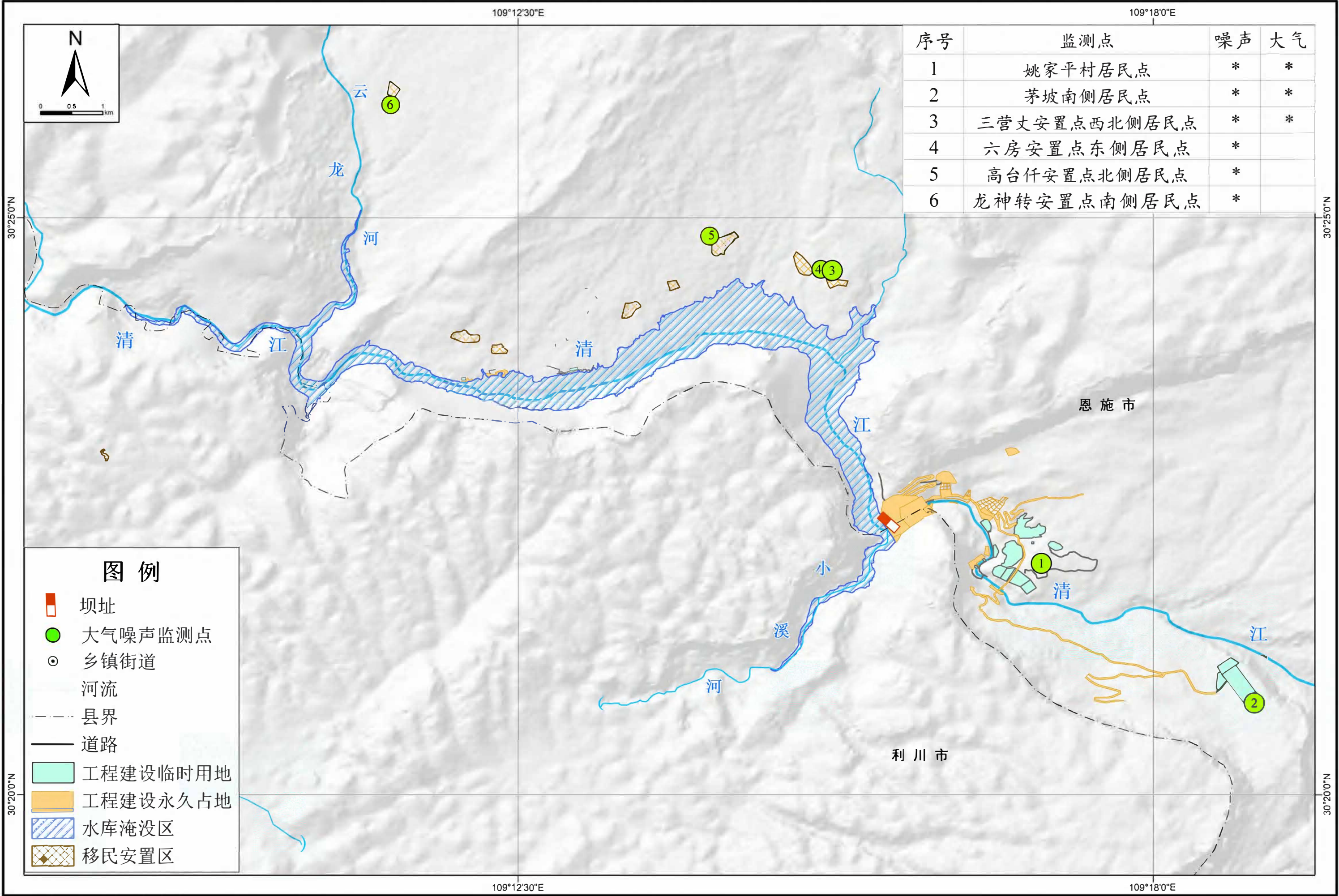


附图12 姚家平水利枢纽工程水环境监测计划断面示意图



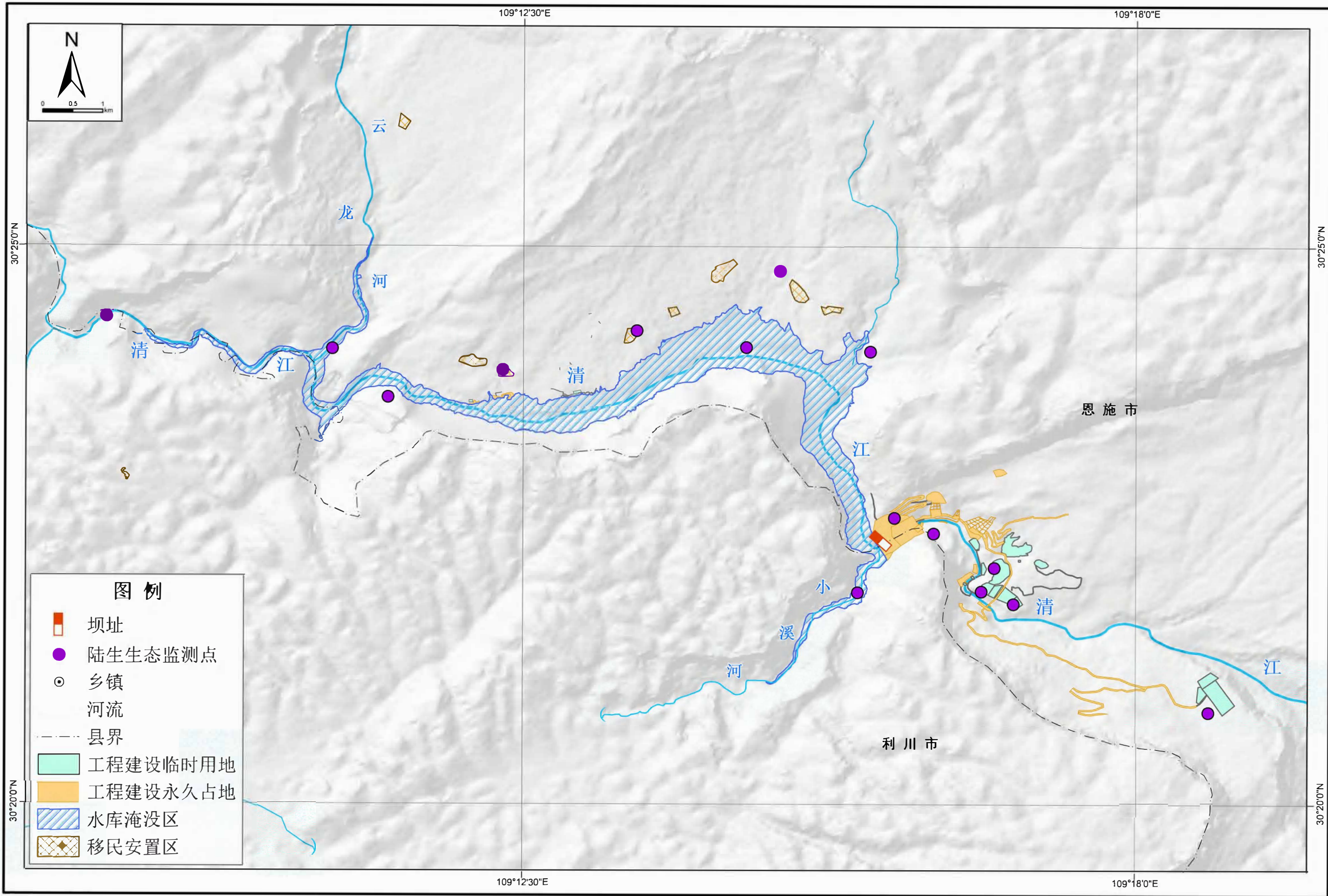


附图13 姚家平水利枢纽工程大气、声环境监测计划点位示意图



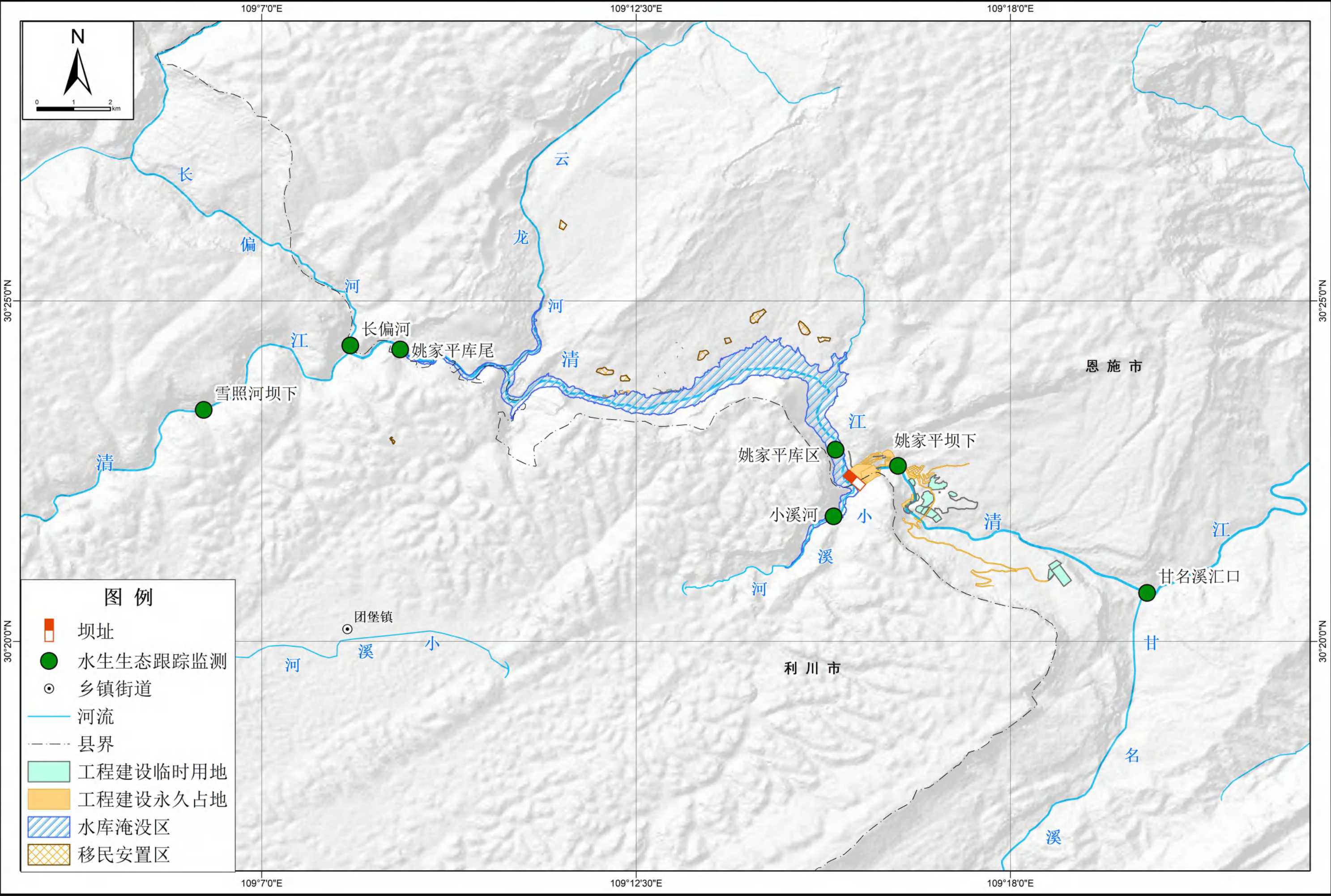


附图14 姚家平水利枢纽工程陆生生态监测计划点位示意图



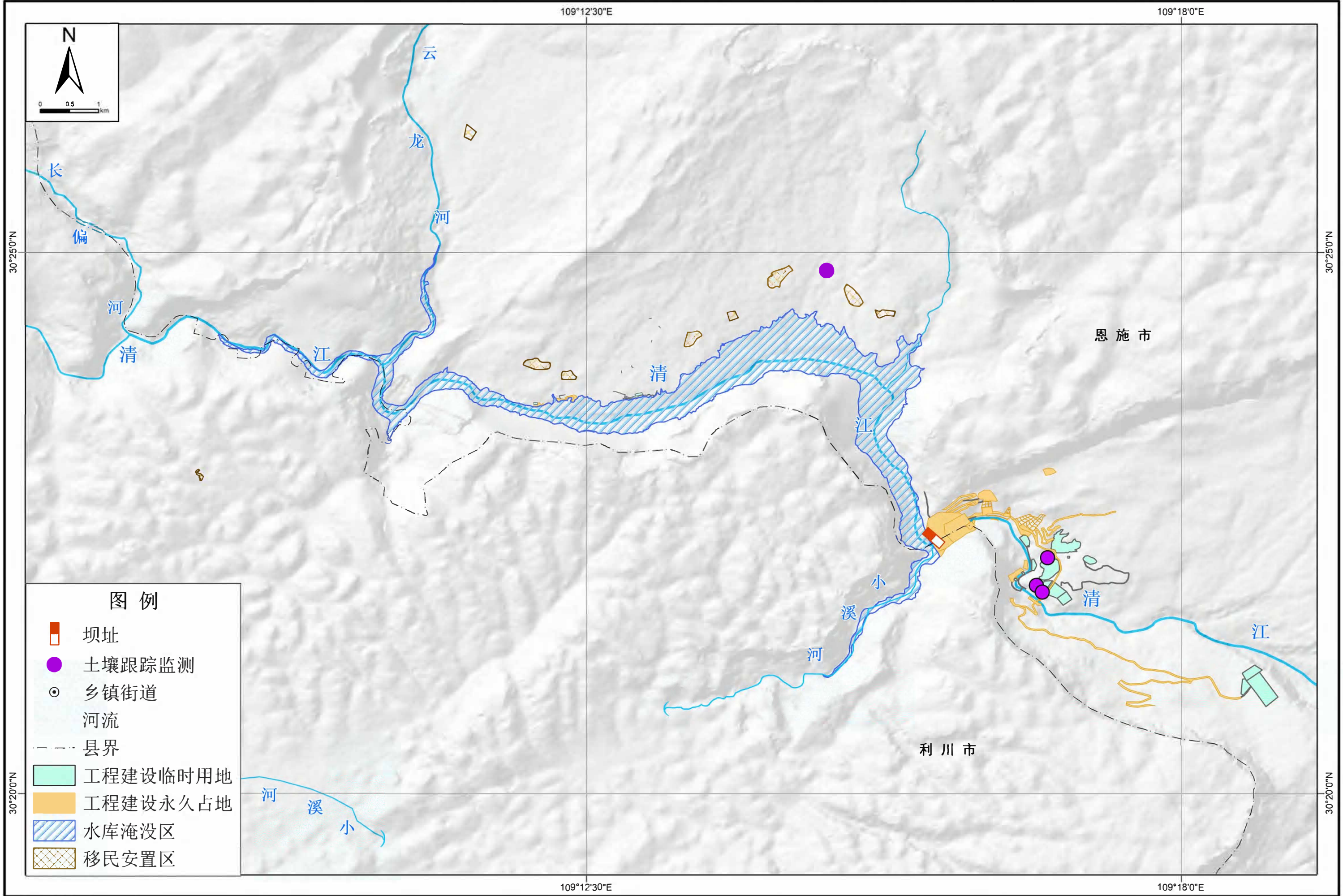


附图15 姚家平水利枢纽工程水生生态监测计划点位示意图





附图16 姚家平水利枢纽工程土壤环境监测计划点位示意图





附图17 姚家平水利枢纽工程地下水环境监测计划点位示意图

