

重庆乌江白马航电枢纽  
环境影响报告书

建设单位：重庆航运建设发展（集团）有限公司

评价单位：长江水资源保护科学研究所

二〇二〇年十二月

重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称		单位	数量	备注
一、水文				
1.流域面积				
全流域		km <sup>2</sup>	87920	
坝址以上		km <sup>2</sup>	83690	白马坝址
2.利用的水文系列年限		年	63	1952~2017年
3.坝址多年平均年径流量		亿 m <sup>3</sup>	495.5	坝址
4.代表性流量				
多年平均流量		m <sup>3</sup> /s	1570	坝址
实测最大流量		m <sup>3</sup> /s	26200	武隆站还原
实测最小流量		m <sup>3</sup> /s	55.3	武隆站 2008年1月30日
调查历史最大流量		m <sup>3</sup> /s	31000	1830年武隆站
设计洪水流量 (P=1%)		m <sup>3</sup> /s	30700	坝址
校核洪水流量 (P=0.1%)		m <sup>3</sup> /s	40000	坝址
施工导流流量	(P=10%)	m <sup>3</sup> /s	20900	坝址全年最大洪峰
	(P=5%)	m <sup>3</sup> /s	23900	坝址全年最大洪峰
5.洪量				
实测最大洪量 (24h)		亿 m <sup>3</sup>	21.2	武隆站 1999年还原
设计洪水洪量 (24h)		亿 m <sup>3</sup>	26.2	坝址
校核洪水洪量 (24h)		亿 m <sup>3</sup>	34.5	坝址
6.泥沙				
多年平均悬移质年输沙量		万 t	3180	坝址 1952-1979年
多年平均含沙量		kg/m <sup>3</sup>	0.649	坝址 1952-1979年
实测最大含沙量		kg/m <sup>3</sup>	25.8	武隆站 1979年6月4日
多年平均推移质年输沙量		万 t	96.2	坝址 1952-1979年
7.天然水位				
多年平均水位 (黄海基面) 及相应流量		m	156.29	不受三峡顶托坝址水位
		m <sup>3</sup> /s	1570	
实测最低水位 (黄海基面) 及相应流量		m	152.55	白马坝址下水尺 (2008.1.30)
		m <sup>3</sup> /s	55.3	
实测最高水位 (黄海基面) 及相应流量		m	178.08	白马坝址下水尺 (2014.7.14)
		m <sup>3</sup> /s	15800	
二、水库				
1.水库水位				
校核洪水位		m	201.93	1000年一遇
设计洪水位		m	194.36	100年一遇
正常蓄水位		m	184.00	
死水位		m	180.00	
2.正常蓄水位时水库面积		km <sup>2</sup>	10.38	
3.回水长度		km	45.3	
4.水库容积				
总库容		亿 m <sup>3</sup>	3.74	校核洪水位以下
正常蓄水位以下库容		亿 m <sup>3</sup>	1.67	
调节库容		亿 m <sup>3</sup>	0.41	正常蓄水位至死水位
死库容		亿 m <sup>3</sup>	1.26	死水位以下

续表 重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
5.库容系数	%	0.083	调节库容/平均年径流量
6. 调节性能		日调节	
7. 水量利用系数	%		
三、下泄流量及相应下游水位			
1.设计洪水水位时最大泄量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	30700	100年一遇
	m	193.17	
2.校核洪水水位时最大泄量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	40000	1000年一遇
	m	200.43	
3.电站额定流量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	2841.6	天然情况下
	m	159.6	
4. 最小发电流量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	387	
	m	151.06	
四、工程效益指标			
1.发电效益			
装机容量	MW	480	
保证出力	MW	54.7	
多年平均发电量	亿 kW·h	17.12	
汛期发电量	亿 kW·h	13.24	
水量利用率	%	84.2	
装机发电年利用小时数	h	3567	
2.航运效益			
改善通航里程	km	45.3	
过船吨位	t	500	
设计水平年货运量	万 t/a	425 (下行)	
五、建设征地和移民安置			
1.水库淹没影响区			
耕地	亩	1092.1	
园地	亩	227.2	
林地	亩	681.2	
农村生产安置人口	人	1034	水平年
搬迁安置人口	人	1772	水平年
拆迁房屋	万 m <sup>2</sup>	12.50	
2、枢纽工程建设区			
耕地	亩	785.1	
园地	亩	56.9	
林地	亩	2861.1	
农村生产安置人口	人	242	水平年
搬迁安置人口	人	1569	水平年
拆迁房屋	万 m <sup>2</sup>	12.46	
3.建设征地和移民安置总计			
耕地	亩	1877.3	
园地	亩	284.1	
林地	亩	3542.3	
农村生产安置人口	人	1313	
搬迁安置人口	人	3341	

续表 重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
拆迁房屋	万 m <sup>2</sup>	24.96	
六、主要建筑物及设备			
1.挡水建筑物			
型式			混凝土重力坝
地基特征			灰岩、白云岩
地震基本烈度/设防烈度		VI度	
坝顶高程	m	205.5	
最大坝高	m	87.5	
坝顶长度	m	588.3	
2.泄水建筑物			
型式			溢流坝
地基特性			灰岩、白云岩
堰顶高程	m	160	
表孔宽度	m	14	
孔数	孔	11	
单宽流量	m <sup>3</sup> / (s.m)	140	
消能方式			底流、面流消能
工作闸门型式			弧形闸门
尺寸 (宽×高)	(m×m)	14×24	
数量	扇	11	
启闭机型式			固定卷扬机
数量	台	11	
3.厂房			
型式			河床式
地基特性			灰岩、白云岩
主厂房尺寸 (长×宽×高)	m×m×m	120.30×101.90×90.09	
水轮机安装高程	m	152.80	
4.开关站			
型式		全封闭组合电器 (GIS)	
地基特性			
面积	m <sup>2</sup>	39.6m×13.5m	
220kV 主变压器	台	3	
220kV 配电装置	座	1	
5.主要机电设备			
水轮机台数	台		
型号		ZZ561-LH-1000	轴流式
额定功率	MW	162.9	
额定转速	r/min	62.5	
吸出高度	m	-10.1	
转轮直径	m	10.00	
最大水头	m	32.44	
最小水头	m	7.3	
加权平均水头	m	20.5	22.5/11.9
额定水头	m	21.0	
额定流量	m <sup>3</sup> /s	866.0	

续表 重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
发电机台数	台	3	
型号		SF160-96/1685	
额定容量	MW/MVA	160/177.8	
功率因数		0.9	
额定电压	kV	13.8	
6、输电线路			
输电电压	kV	220	
回路数	回	2	
7.通航建筑物			
型式		单级单线船闸	
有效尺寸 (长×宽×槛上最小水深)	m×m×m	150×23×4.2	
船只吨位	t	500	
年单向通货能力	万 t	659.6	单向下行
最大通航流量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	6000	
	m	174.85 (165.97)	最高及最低水位
最小通航流量 及相应下游水位	m <sup>3</sup> /s	385	
	m	173.2 (151.06)	最高及最低水位
8.过鱼建筑物			
型式			竖缝式鱼道
有效全长	m	1756m	
进鱼口	个	6	
出鱼口	个	2	
最大过鱼流量	m <sup>3</sup> /s	2.15	
底坡		1:47	
七、施工特性			
1.主体及导流工程数量			含导流工程
明挖土、石方	万 m <sup>3</sup>	2828.48	含拆除工程量
填筑土、石方	万 m <sup>3</sup>	274.69	
混凝土	万 m <sup>3</sup>	254.90	含防渗墙 2.73
喷混凝土	万 m <sup>3</sup>	2.77	
金属结构安装	t	2.37	
帷幕灌浆	万 m	9.45	
固结灌浆	万 m	5.16	
2.主要建筑材料			
水泥	万 t	52.69	
粉煤灰	万 t	14.31	
钢筋、钢材	万 t	11.52	
3.所需劳动力			
总工日	万工日	683	
高峰人数	人	7000	

续表 重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
4.施工临时房屋	m <sup>2</sup>	65000	建筑面积
5.施工供电	MW	46	施工总用电设备装机容量
6.施工交通运输			
对外交通			水运为主,陆运为辅
公路距离	km	122	
运量	万 t	28.65	
水路距离	km	167	
运量	万 t	114.58	
厂内主要交通			
等级		I、II	
长度	km	17.22	公路桥1座;码头6座; 隧道两座。
7.施工导流			
导流方式		分期导流	分三期
一期导流流量	m <sup>3</sup> /s	20900	
二期导流流量	m <sup>3</sup> /s	20900	
三期导流流量	m <sup>3</sup> /s	20900	
一期上游岩埂围堰最大高度	m	43	
一期下游岩埂围堰最大高度	m	43	
二期上游土石围堰最大高度	m	46	
二期下游土石围堰最大高度	m	37	
三期上游土石围堰最大高度	m	43	
三期下游土石围堰最大高度	m	42	
8.料源			
混凝土骨料	万 t	589.9	
填筑料	万 m <sup>3</sup>	274.69	
9.施工期限			
筹建期及准备工期	月	18/22.5	筹建期/准备期
第一台机组投产工期	月	69	
总工期	月	99	不含工程筹建期18个月
八、经济指标			
1.工程总投资	万元	<b>1039023.23</b>	
工程费用	万元	637106.24	
工程建设其它费用	万元	237678.58	
预留费用	万元	65601.08	
建设期贷款利息	万元	98637.33	
价差预备费	万元		
建设期贷款利息	万元	93212.00	

续表 重庆乌江白马航电枢纽工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
2.经济指标			
单位千瓦投资（静态）	元/kW	19591	
单位电能投资（静态）	元 /kW·h	5.49	
经济内部收益率	%	8.21	
全部投资财务内部收益率	%	5.06	
资本金财务内部收益率	%	5.00	
上网电价	元 /kW·h	0.3964	白马+银盘流域电价，航运 中央投资补助 6.25 亿元
贷款偿还年限	年	30	

# 概 述

## 一、项目特点

重庆乌江白马航电枢纽位于乌江下游河段，是乌江干流规划的 12 级开发方案中的最下游一级。枢纽位于重庆市武隆区白马镇，上距银盘水电站约 46km，下距乌江河口约 43km，坝址控制流域面积 83690km<sup>2</sup>，多年平均径流量 495.5 亿 m<sup>3</sup>。乌江河口下游 483km 为三峡工程，三峡回水末端至白马枢纽坝下。

白马航电枢纽开发任务以航运为主，兼顾发电，并具有对银盘水电站运行进行反调节的作用。

白马枢纽死水位 180.00m，调节库容 0.41 亿 m<sup>3</sup>；正常蓄水位 184.00m，相应库容 1.67 亿 m<sup>3</sup>；校核洪水位 201.93m，总库容 3.74 亿 m<sup>3</sup>。装机容量为 480MW，年发电量 17.12 亿 kW·h，装机年利用小时 3567h。

本工程设计代表船型为 500t 级货船，规划航道等级为 IV 级，通航建筑物为 500t 级单级船闸，闸室有效尺寸为 150.0m×23.0m×4.2m（长×宽×门槛水深），设计年单向通过能力 659.6 万 t，建成后可渠化航道里程约 45.3km。

大坝采用混凝土重力坝，坝顶高程 205.50m，最大坝高 87.50m，坝顶总长 588.30m。泄水建筑物共设 11 个 14m 高×24m 宽的泄洪表孔；电站厂房安装 3 台单机容量为 160MW 的轴流式水轮发电机组，总装机容量为 480MW。

本工程为二等工程，主要建设内容包括：电站厂房、船闸、泄洪建筑物、挡水建筑物、鱼道、白马乌江大桥、配套办公生活用房、水土保持工程、环境保护工程，以及 319 国道改线、场外（内）公路、翻坝码头、锚地、坝区景观绿化等永久附属设施。推荐左厂房、河床溢流坝、右船闸的枢纽布置方案。

采取工程措施防护后，工程建设征地处理范围 4.79km<sup>2</sup>，涉及人口 5482 人，各类房屋 56.12 万 m<sup>2</sup>，土地 7182.00 亩。

施工采取明渠通航，三期导流方式，导流明渠布置在右岸。工程总工期 99 个月（不包括 18 个月工程筹建期），其中施工准备期 22.5 个月、主体工程施工期 46.5 个月，工程完建期 30 个月。工程第 1 年 1 月初开始施工准备，第 6 年 10 月初第一台机组发电，第 7 年 5 月底全部机组投产发电，第 9 年 3 月底船闸调试完毕，工程完工。总投资 103.9 亿元。

## 二、评价工作过程

2009 年 11 月长江勘测规划设计院（以下简称“长江设计院”）编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽预可行性研究报告》（审定稿），并通过了水电水利规划设计总院会同重庆市发展和改革委员会在重庆市组织的审查。2017 年 8 月长江设计院编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽可行性研究报告》（审定稿），并通过了水电水利规划设计总院在重庆市组织的审查。2018 年 3 月，国家发展改革委以《关于重庆乌江白马电航枢纽项目核准的批复》（发改能源〔2018〕452 号），通过项目核准申请。2019 年 6 月 21 日，国家发展和改革委员会以“发改办基础〔2019〕712 号”文“同意将乌江白马项目由电航枢纽调整为航电枢纽”。2019 年 9 月，长江设计院编制了《重庆乌江白马航电枢纽工程可行性研究报告》并取得了重庆市发改委同意项目建设的批复，见附件 2。2020 年 1 月，长江设计院编制的《重庆乌江白马航电枢纽工程初步设计报告》取得了重庆市交通局批复。

在白马电航枢纽工程预可行性研究、可行性研究、项目申请报告编制，以及白马航电枢纽工程可行性研究、初步设计报告编制过程中，长江水资源保护科学研究所（以下简称“长江水保所”）均参与了环境保护设计与环境影响评价工作，实现了环境影响评价工作的早期介入。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等法律法规要求，2012年2月原建设单位大唐国际发电股份有限公司（以下简称“大唐国际”）委托长江水保所承担本项目环境影响评价工作。

接受委托后，长江水保所组织相关技术人员对项目评价区进行了多次实地查勘，收集了环境现状资料，并听取了地方发改委、环保、移民、国土、农业、林业等部门代表对项目环评工作的要求和建议。为进一步了解项目评价区生态与环境背景情况，2012年长江水保所委托重庆大学编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽陆生生态评价专题报告》；同时，建设单位委托水利部中国科学院水工程生态研究所（以下简称“水工程生态所”）编制完成了《乌江白马电航枢纽水生生态环境影响评价专题报告》。在上述工作基础上，长江水保所于2013年10月编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽环境影响报告书》。2014年1月，报告书通过了大唐国际在重庆组织的内部审查。

2017年，应大唐国际要求，长江水保所启动了《重庆乌江白马电航枢纽环境影响报告书》修编工作，为复核项目评价区生态与环境背景情况，委托伊美净科技发展有限公司编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽陆生生态专题补充调查与评价报告》，委托中国地质大学（武汉）编制完成了《重庆乌江白马电航枢纽地下水环境影响评价专题报告》。由于水生生态环境影响及环境保护措施为报告书需要重点论证内容，在启动修编工作的同时，受长江设计院和大唐国际的委托，水工程生态所开展了过鱼措施、鱼类栖息地保护方案和鱼类增殖放流站设计等3项专题研究，并先后完成了《重庆乌江白马电航枢纽过鱼措施专题报告》《重庆乌江白马电航枢纽鱼类栖息地保护方案专题报告》和《重庆乌江白马电航枢纽鱼类增殖放流站工艺

设计报告》。在上述工作基础上，长江水保所于 2018 年 10 月完成了《重庆乌江白马电航枢纽环境影响报告书》的修编工作，11 月大唐国际委托中国水利水电建设工程咨询有限公司对报告书进行技术咨询，会后根据咨询意见修改完善了报告书。

2019 年 6 月，本项目名称由“重庆乌江白马电航枢纽工程”调整为“重庆乌江白马航电枢纽工程”，建设单位由大唐国际调整为重庆航运建设发展（集团）有限公司（以下简称“航发司”）。2017~2019 年间国家新增和修订了多项环境影响评价要素导则，项目涉及区域的环境现状也发生了一定变化。为此，长江水保所重新进行现场查勘和环境现状资料收集，委托重庆厦美环保科技有限公司对地表水、环境空气、声环境、土壤环境现状开展了补充监测，委托中国地质大学（武汉）对地下水环境现状开展了补充监测。同时，水工程生态所和长江设计院根据现阶段的生态环境保护要求对过鱼措施、鱼类栖息地保护和鱼类增殖放流站设计专题进行了修改，工程建设内容中增加了生态环境保护工程鱼道。在此基础上，长江水保所于 2019 年 12 月编制完成了《重庆乌江白马航电枢纽环境影响报告书》（征求意见稿）。

原建设单位大唐国际于 2012 年 3 月 2 日在重庆市武隆区人民政府网站上进行了本工程环境影响评价第一次公示。2020 年 1 月 22 日，航发司在重庆市武隆区人民政府网站进行了第二次环境影响评价工作情况公示（含工程环境影响报告书征求意见稿），同时在现场张贴了公告，并于 2020 年 2 月 21 日和 2020 年 2 月 24 日在《武隆日报》刊登了公告内容。公示共收到 7 份公众意见，建设单位在综合考虑重庆乌江白马航电枢纽的具体情况、环评单位和设计单位的建议、以及技术经济可行性等因素后，对 7 份公众意见全部采纳，组织环评单位根据公众参与意见修改完善了环境影响报告书。

2020年12月，长江水保所编制完成了《重庆乌江白马航电枢纽环境影响报告书》（送审稿）。

### 三、关注的主要环境问题及环境影响

#### （1）与规划的符合性分析

白马梯级被《长江流域综合规划（2011~2030年）》列入水电开发规划方案、航道发展规划方案和乌江治理开发与保护规划意见中，并作为近期拟建设工程推进实施。《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》提出加快畅通乌江骨架航道，推进实施乌江白马枢纽通航建筑物工程，全面完成乌江白马至彭水枢纽航道整治，基本实现重庆境内乌江全线达到三级航道标准。规划将白马航电枢纽作为重点建设项目加快推进。因此，白马航电枢纽工程符合相关规划方案。

#### （2）与“三线一单”的符合性分析

2018年7月重庆市人民政府以《重庆市人民政府关于发布重庆市生态保护红线的通知》（渝府发〔2018〕25号）发布了重庆市生态保护红线。2020年4月，重庆市人民政府印发了《关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的实施意见》（渝府发〔2020〕11号），白马航电工程建设符合重庆市“三线一单”相关要求。

##### 1) 与生态保护红线的符合性分析

根据《重庆市环境保护局办公室关于重庆乌江白马电航枢纽与生态保护红线位置情况的函》（渝环办〔2018〕464号）白马航电枢纽占地及淹没范围不涉及生态保护红线。库尾回水区域位于具有生物多样性维护功能的一般生态空间内，根据管控要求，严禁不符合主体功能区定位的各类开发活动，严格控制建设活动范围和强度，保证生态空间结构和主要功能不受

破坏。白马航电枢纽淹没范围涉及具有生物多样性维护功能的一般生态空间，水库库尾回水在乌江河道范围内，涉及生态空间区域无开发建设活动，不改变生态空间结构和主要生态功能。

## 2) 与环境质量底线的符合性分析

根据重庆市“三线一单”，白马航电工程占地及水库淹没区域位于水环境一般管控区，需落实生态环境保护基本要求。工程涉及区域水环境质量现状良好，施工期各项废水处理后回用或达标排放，对周边地表水、地下水环境质量影响很小。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，库区污染物排放量小于河段水环境容量，水污染负荷量不增加，水环境质量不降低。白马航电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，施工期废气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，白马航电工程建设符合环境质量底线要求。

## 3) 与资源利用上线的符合性分析

重庆市“三线一单”资源利用上线管控要求中提出合理控制能源消费总量，控制化石能源消费总量，提高可再生能源消费比重，白马航电枢纽电站装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿 kW·h，按煤电生产等效电量计算，每年可节约原煤约 78.5 万 t，对实现降低二氧化硫及氮氧化物排放量具有积极作用。白马航电工程严格控制建设用地规模，符合供地政策，拟用地 1202.8hm<sup>2</sup>，其中农用地 124.2hm<sup>2</sup>，建设用地 31.1hm<sup>2</sup>，不涉及划定的永久基本农田，已取得重庆市规划和自然资源局批复的工程用地预审意见。白马航电枢纽航运和发电取用水基本不消耗水量，不增加区域用水总量，枢纽下放 387m<sup>3</sup>/s 生态流量，不影响下游水生生态环境、航运和其他用水户取水等方面的用水需求，工程建设符合水资源利用上线管控要求。

## 4) 与环境准入清单的符合性分析

白马航电枢纽占地及淹没范围不涉及生态保护红线，施工期和运行期按照相关要求，严格落实各项环境保护措施，能够有效保护工程区生态环境，不属于重庆市环境准入清单中提出的各项禁止类建设项目。

### **(3) 对环境敏感目标的影响**

白马航电枢纽回水约 3km 位于武隆喀斯特世界遗产地缓冲区，约 6km 位于芙蓉江国家级风景名胜区外围保护地带，枢纽建成后枯水期敏感区内河段水位略有增加，影响范围仍在河道范围内。武隆喀斯特世界遗产地和芙蓉江国家级风景名胜区的保护对象均为芙蓉洞溶洞景观和芙蓉江峡谷景观，保护对象均位于支流芙蓉江江口水库库区，白马航电枢纽淹没对受保护的景观资源无不利影响。另外，武隆区世界自然遗产管理委员会和重庆市城市管理委员会已同意建设白马航电枢纽项目。

本工程涉及水环境敏感目标为重庆建峰化学工业集团水厂水源保护区、涪陵区蒿枝坝水厂水源保护区、涪陵坤源水务公司江东水厂水源保护区，以上 3 处水环境敏感目标均位于白马枢纽坝址下游，距离白马坝址分别为 18km、38km 和 40km。白马航电枢纽为反调节水库，有利于减小坝下乌江河段流量和水位变幅，增加枯水时段流量，对保障下游取水口水量和水质为有利影响。

## **四、评价结论**

白马航电枢纽工程与《长江流域综合规划（2012-2030 年）》、《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》及其他国家、重庆市有关规划相协调，满足《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及其审查意见对白马航电工程提出的生态环境保护要求。工程的建设将淹没羊角碛等大型碍航险滩，可使乌江漩塘-河口约 547km 达到 IV 级航道标准，水运条件大大改善，是打通乌江到长江的黄金水道不可替代的工程措施，对促进乌江航运目标全面实现具有重要意义，同时可促进武隆地区乃至重庆市

经济的发展，社会效益显著。

工程的不利影响主要体现在：水库建成后，大坝的阻隔作用及坝址上下河段水文情势变化将对乌江下游鱼类资源产生不利影响，但通过采取生态调度、鱼类栖息地保护、鱼道建设和鱼类增殖放流等措施，影响程度可得到减缓；工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声、扬尘等，需采取相应的保护措施，减缓工程施工对周围环境的不利影响；工程所在乌江干流现状水环境质量较好，工程运行对水环境质量影响很小。

根据“当前和今后相当长一个时期，把修复长江生态环境摆在压倒性位置，共抓大保护、不搞大开发”的战略要求，白马航电枢纽切实落实回顾性评价报告从流域层面提出的水生生物整体保护方案。根据《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，白马航电枢纽运行期鱼类繁殖季节实施敞泄调度，牺牲了一定的航运和发电效益，保障每年至少有12天银盘水电站以下89km河段基本恢复为天然河段的状态，使得现存产卵场产卵、受精卵漂流孵化与鱼类洄游通道畅通，促进鱼类完成自然繁殖过程，基本能够满足产漂流性卵鱼类繁殖的需求，并同步实施过鱼措施、鱼类增殖放流、乌江干支流栖息地保护等措施后，对所在江段水生生态影响可得到一定程度缓解。

总体来看，工程建设对当地社会经济发展具有重要作用，社会效益显著，在有效落实《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及报告书提出的各项环境保护措施后，工程建设的不利影响可得到减缓。从环境保护角度分析，工程建设可行。

# 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 环境保护目标.....	9
1.4 评价标准.....	21
1.5 评价等级.....	24
1.6 评价范围.....	27
1.7 主体功能区划及环境功能区划.....	31
1.8 评价水平年.....	34
1.9 评价重点.....	34
1.10 评价程序.....	35
<b>2 工程概况</b> .....	<b>37</b>
2.1 流域概况及流域规划.....	37
2.2 工程地理位置.....	63
2.3 工程建设的必要性.....	63
2.4 工程任务与特性.....	71
2.5 工程总布置与主要建筑物.....	72
2.6 工程施工.....	80
2.7 建设征地及移民安置规划.....	114
2.8 枢纽运行调度方式.....	127
2.9 工程投资.....	128
<b>3 环境现状调查与评价</b> .....	<b>129</b>
3.1 自然环境.....	129

3.2	水资源开发利用与水文情势.....	137
3.3	生态环境.....	147
3.4	环境质量现状.....	214
3.5	移民安置区环境.....	241
3.6	人群健康.....	244
3.7	主要环境问题.....	245
<b>4</b>	<b>工程分析.....</b>	<b>246</b>
4.1	符合性与协调性分析.....	246
4.2	工程方案环境合理性分析.....	260
4.3	工程作用因素分析.....	271
4.4	污染源强分析.....	277
4.5	环境影响识别.....	293
<b>5</b>	<b>环境影响预测与评价.....</b>	<b>297</b>
5.1	水文情势.....	297
5.2	地表水环境.....	352
5.3	地下水环境.....	371
5.4	水生生态.....	384
5.5	陆生生态.....	399
5.6	生态敏感区.....	415
5.7	施工环境.....	418
5.8	移民安置.....	432
5.9	航运工程影响.....	440
5.10	土壤环境.....	444
5.11	人群健康.....	446
5.12	次生生态环境.....	447

<b>6 环境保护措施及其可行性论证</b> .....	<b>451</b>
6.1 地表水环境保护.....	451
6.2 地下水环境保护.....	462
6.3 水生生态保护.....	463
6.4 陆生生态保护.....	578
6.5 施工环境保护.....	595
6.6 移民安置区环境保护.....	602
6.7 航运环境保护.....	614
6.8 土壤环境保护.....	615
6.9 人群健康保护.....	616
6.10 环境保护措施汇总及环境保护“三同时”.....	619
<b>7 环境风险分析</b> .....	<b>625</b>
7.1 风险调查.....	625
7.2 环境风险潜势初判.....	627
7.3 评价等级和评价范围.....	629
7.4 风险识别.....	629
7.5 风险事故情形分析.....	630
7.6 环境风险分析.....	632
7.7 环境风险防范措施及应急要求.....	635
<b>8 环境管理、监理与监测</b> .....	<b>642</b>
8.1 环境管理.....	642
8.2 环境监理.....	653
8.3 生态与环境监测.....	662
<b>9 环保投资与环境经济损益分析</b> .....	<b>676</b>
9.1 环境保护投资概算.....	676

9.2 环境经济损益分析.....	690
<b>10 结论与建议.....</b>	<b>694</b>
10.1 流域及工程概况.....	694
10.2 环境现状.....	696
10.3 环境影响.....	699
10.4 环保措施及投资.....	706
10.5 公众参与情况说明.....	711
10.6 总体结论.....	711
10.7 建议.....	713

**附件：**

- 附件 1 国家发展改革委办公厅关于乌江干流彭水至河口河段梯级开发方案的复函（发改办能源〔2007〕2723 号）；
- 附件 2 重庆市发展和改革委员会关于乌江白马航电枢纽工程可行性研究报告的批复（渝发改交〔2019〕1112 号）；
- 附件 3 《重庆市发展和改革委员会、重庆市水利局、重庆市生态环境局、重庆市能源局关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源〔2019〕517 号）；
- 附件 4 重庆市环境保护局办公室关于重庆乌江白马航电枢纽与生态保护红线位置情况的函（渝环办〔2018〕464 号）；
- 附件 5 重庆市城市管理委员会关于乌江白马航电枢纽项目建设的意见（2017 年 12 月）；
- 附件 6 国家发展改革委办公厅关于乌江白马航电枢纽项目建设问题的复函（发改办基础〔2019〕712 号）等。
- 附件 7 关于乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告有关已经的函（环办环评函〔2020〕596 号）

- 附件 8 国务院关于长江流域综合规划（2012-2030 年）的批复
- 附件 9 交通运输部关于印发水运“十三五”发展规划的通知
- 附件 10 重庆市人民政府关于重庆市“十三五”综合交通规划的批复
- 附件 11 关于印发《武隆区小水电清理整改“一站一策”实施方案》的通知
- 附件 12 关于重庆乌江银盘水电站环境影响报告书的批复
- 附件 13 关于同意重庆乌江彭水水电站鱼类保护措施调整备案的函

## 附 图：

### 《重庆乌江白马航电枢纽环境影响报告书附图附表册》

- 附图 1 乌江流域水系图
- 附图 2 乌江干流梯级开发纵剖面图
- 附图 3 乌江白马航电枢纽地理位置示意图
- 附图 4 乌江白马航电枢纽库区～乌江河口江段遥感影像图
- 附图 5 乌江白马航电枢纽地表水环境评价范围、功能区划、敏感目标位置示意图
- 附图 6 乌江白马航电枢纽平面布置图
- 附图 7 乌江白马航电枢纽上游立视图
- 附图 8 乌江白马航电枢纽施工总平面布置图
- 附图 9 乌江白马航电枢纽水库淹没与移民安置规划示意图
- 附图 10 乌江白马航电枢纽评价区地形地貌与高程分布图
- 附图 11 乌江白马航电枢纽陆生生态调查线路和植被样方点位示意图
- 附图 12 乌江白马航电枢纽评价区土地利用现状图
- 附图 13 乌江白马航电枢纽评价区植被类型分布图
- 附图 14 乌江白马航电枢纽评价区建库前后景观变化示意图
- 附图 15 乌江白马航电枢纽评价区古树分布图

- 附图 16 乌江白马航电枢纽评价区重点保护野生动物分布示意图
- 附图 17 乌江白马航电枢纽外环境关系图
- 附图 18 乌江白马航电枢纽与重庆武隆喀斯特世界自然遗产地理位置关系示意图
- 附图 19 乌江白马航电枢纽与重庆芙蓉江国家重点风景名胜区地理位置关系示意图
- 附图 20 乌江白马航电枢纽施工区主要环境敏感目标位置示意图
- 附图 21 乌江白马航电枢纽环境现状监测点位示意图
- 附图 22 乌江白马航电枢纽水环境现状监测点位与污染源分布示意图
- 附图 23 乌江白马航电枢纽施工区环境保护措施总体布局示意图
- 附图 24 乌江白马航电枢纽库区环境保护措施总体布局示意图
- 附图 25 乌江白马航电枢纽施工区生态与环境监测点位布局示意图
- 附图 26 乌江白马航电枢纽库区生态与环境监测点位布局示意图
- 附图 27 乌江白马航电枢纽鱼类增殖放流站工程总平面图
- 附图 28 乌江白马航电枢纽鱼道平面布置图
- 附图 29 乌江白马航电枢纽工程评价区鱼类主要产卵场示意图
- 附图 30 乌江白马航电枢纽栖息地保护范围及保护措施布置图

## 附表：

- 附表 1 建设项目环境保护审批登记表
- 附表 2 乌江白马航电枢纽生态评价区植被样方调查表
- 附表 3 乌江白马航电枢纽生态评价区维管植物名录
- 附表 4 乌江白马航电枢纽生态评价区内古树资源分布情况表
- 附表 5 乌江白马航电枢纽生态评价区两栖类动物名录
- 附表 6 乌江白马航电枢纽生态评价区爬行类动物名录
- 附表 7 乌江白马航电枢纽生态评价区鸟类名录
- 附表 8 乌江白马航电枢纽生态评价区哺乳类动物名录

- 附表 9 乌江白马航电枢纽生态评价区浮游植物名录
- 附表 10 乌江白马航电枢纽生态评价区浮游动物名录
- 附表 11 乌江白马航电枢纽生态评价区底栖动物名录
- 附表 12 乌江白马航电枢纽生态评价区鱼类名录
- 附表 13 丰水年白马航电枢纽库区典型断面逐旬水文要素变化表
- 附表 14 平水年白马航电枢纽库区典型断面逐旬水文要素变化表
- 附表 15 枯水年白马航电枢纽库区典型断面逐旬水文要素变化表
- 附表 16 白马航电枢纽库区各产卵场典型断面逐日流速变化表
- 附表 17 白马航电枢纽土壤环境影响评价自查表
- 附表 18 白马航电枢纽大气环境影响评价自查表
- 附表 19 白马航电枢纽地表水环境影响评价自查表

# 1 总 则

## 1.1 编制目的

根据白马航电枢纽工程特性，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的主要目的在于：

(1) 通过实地踏勘、生态与环境质量现状补充监测与观测、背景资料的收集与调查，评价分析工程涉及区水环境、环境空气、声环境、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) 根据工程施工和运行特点，预测评价工程施工、运行以及移民安置对施工区、库区、坝下游区及移民安置区的环境影响。

(3) 分析判断工程建设方案与流域开发利用规划、生态环境保护规划、环境功能区划等相关规划的协调性与符合性，并结合环境敏感目标及影响分析，综合评判工程规模、选址等开发方案的环境合理性，从预防保护角度提出优化建议和限制条件。

(4) 针对工程施工、运行及移民安置对区域环境的不利影响，提出工程环境保护措施总体布局，制定技术经济可行的环境保护对策措施，使区域环境质量满足功能区划要求，生态系统和生物多样性得到有效保护，充分发挥工程经济效益、社会效益和环境效益，促进工程区域经济、社会、资源、环境的可持续发展。

(5) 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。

(6) 制定工程建设环境监理与管理计划，明确各方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。

(7) 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科学依据。

## 1.2 编制依据

### 1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014.4 修订）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12 修订）；
- (3) 《中华人民共和国水法》（2016.7 修订）；
- (4) 《中华人民共和国防洪法》（2016.7 修订）；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017.6 修订）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10 修订）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018.12 修订）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016.11 修订）；
- (9) 《中华人民共和国土地管理法》（2004.8 修订）；
- (10) 《中华人民共和国水土保持法》（2010.12 修订）；
- (11) 《中华人民共和国森林法》（2016.2 修订）；
- (12) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2018.10 修订）；
- (13) 《中华人民共和国渔业法》（2013.12 修订）；
- (14) 《中华人民共和国文物保护法》（2015.4 修订）；
- (15) 《建设项目环境保护管理条例》（2017.6 修订）；
- (16) 《中华人民共和国风景名胜区条例》（2016.2 修订）；
- (17) 《中华人民共和国河道管理条例》（2018.3 修订）；
- (18) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017.10 修订）；
- (19) 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》（2016.2 修订）；

(20) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013.12 修订）；

(21) 《中华人民共和国森林法实施条例》（2016.2 修订）；

(22) 《土地复垦条例》（2011.3）；

(23) 《土地复垦条例实施办法》（2019.7 修订）；

(24) 《关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的实施意见》（渝府发〔2020〕11号）等。

### 1.2.2 部委规章及规范性文件

(1) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护令第 44 号 2017.6 修订）；

(2) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（部令第 1 号，2018.04）；

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

(4) 《关于印发〈水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）〉的函》（环评函〔2006〕4号，2006.1）；

(5) 《饮用水水源保护区污染防治管理规定》（（89）环管字第 201 号，2010.12 修订）；

(6) 《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》（环办〔2012〕4号，2012.01）

(7) 《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，2013.8）；

(8) 《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》（环发〔2014〕65号，2014.05）；

- (9) 《长江经济带生态环境保护规划》（环规财〔2017〕88号）；
- (10) 《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）；
- (11) 《关于印发<“十三五”环境影响评价改革实施方案>的通知》（环环评〔2016〕95号）；
- (12) 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 2018年第4号）；
- (13) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77号）；
- (14) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号）；
- (15) 《关于加强规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动工作意见》（环发〔2015〕178号）；
- (16) 《关于规范火电等七个行业建设项目环境影响评价文件审批的通知》（环办〔2015〕112号）；
- (17) 《“十三五”期间水质需改善控制单元信息清单公告》（2016年第44号）；
- (18) 《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》（交通部2015年25号）；
- (19) 《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》（农长渔发〔2019〕1号）；
- (20) 《关于开展长江经济带小水电清理整改工作意见》（水电〔2018〕312号）；
- (21) 《长江保护修复攻坚战行动计划》的通知（环水体〔2018〕181号）；

(22) 《国务院办公厅关于加强长江水生生物保护工作的意见(国办发〔2018〕95号)》等。

### 1.2.3 区划规划及行动计划

- (1) 《全国主体功能区规划》(国发〔2010〕46号)；
- (2) 《全国生态功能区划(修编版)》(公告2015年第61号)；
- (3) 《“十三五”生态环境保护规划》(国发〔2016〕65号)
- (4) 《全国重要江河湖泊水功能区划(2011~2030年)》(国函〔2011〕167号)；
- (5) 《国务院关于印发<水污染防治行动计划>的通知》(国发〔2015〕17号)；
- (6) 《三峡后续工作总体规划》(2011.5)；
- (7) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》(2016.3)；
- (8) 《长江流域综合规划》(2012~2030年)(国函〔2012〕220号)；
- (9) 《全国内河航道与港口布局规划(2006年~2020年)》(交通部,2007年)；
- (10) 《“十二五”乌江(乌江渡-河口)高等级航道建设方案》(2012.6)；
- (11) 《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》(国发〔2017〕11号)；
- (12) 《水电发展“十三五”规划(2016-2020年)》(2016.11)；
- (13) 《能源发展“十三五”规划》(发改能源〔2016〕2744号)；
- (14) 《重庆市生态功能区划》(2009年修编)；
- (15) 《重庆市生态建设和环境保护“十三五”规划》(2016.8)；

(16) 《重庆市航道发展规划》（渝府〔2009〕147号）；

(17) 《重庆市人民政府关于发布重庆市生态保护红线的通知》（渝府发〔2018〕25号）等。

#### 1.2.4 地方性法规及规范性文件

(1) 《重庆市环境空气质量功能区划分规定》（渝府发〔2016〕19号）；

(2) 《重庆市地表水环境功能类别调整方案》（渝府发〔2012〕4号）；

(3) 《重庆市饮用水源污染防治办法》（2003.11）；

(4) 《重庆市饮用水源保护区划分规定》（渝环发〔2002〕83号）；

(5) 《重庆市人民政府办公厅关于调整万州区等31个区县（自治县）集中式饮用水源保护区的通知》（渝府办〔2013〕40号）；

(6) 《乌江（重庆段）水体达标整治方案（2016-2020年）》（2016.9）；

(7) 《重庆市水资源管理条例》（2015.5修订）；

(8) 《武隆县水污染防治行动计划实施方案（2016-2020年）》（2016.5）；

(9) 《重庆市环境保护条例》（2017.3修订）；

(10) 《重庆市人民政府关于公布重庆市重点保护水生野生动物名录的通知》（渝府发〔1999〕65号）；

(11) 《重庆市人民政府关于公布重庆市重点保护陆生野生动物名录的通知》（渝府发〔1999〕94号）；

(12) 《重庆市风景名胜区条例》（2008年5月29日重庆市人大公告〔2008〕第6号）；

(13) 《重庆市林地保护管理条例（2010年修正）》（2010.7）；

(14) 《重庆市实施〈中华人民共和国渔业法〉办法（2010年修订）》

(2010.7) ;

(15) 《重庆市武隆喀斯特世界自然遗产保护办法》 (2010.3) ;

(16) 《重庆市“十三五”综合交通规划》 (2018.1) ;

(17) 《重庆武隆区工业园区总体规划 (2010-2020 年) 》 ;

(18) 《重庆市“十三五”城镇生活污水处理设施专项规划 (2016~2020 年) 》 ;

(19) 《重庆市发展和改革委员会、重庆市水利局、重庆市生态环境局、重庆市能源局关于严控新建水电项目的通知》 (渝发改能源〔2019〕517 号) ;

(20) 《重庆市长江经济带小水电清理整改工作方案》 (渝水农水〔2019〕4 号) ;

(21) 《重庆市水污染防治条例》 (2020.10) 等。

### 1.2.5 技术规范

(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》 (HJ 2.1-2016) ;

(2) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》 (HJ 2.3-2018) ;

(3) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》 (HJ 610-2016) ;

(4) 《环境影响评价技术导则 大气环境》 (HJ 2.2-2018) ;

(5) 《环境影响评价技术导则 声环境》 (HJ 2.4-2009) ;

(6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》 (HJ19-2011) ;

(7) 《环境影响评价技术导则 土壤环境 (试行)》 (HJ964-2018);

(8) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》 (HJ/T88-2003) ;

(9) 《建设项目环境风险评价技术导则》 (HJ/T169-2018) ;

(10) 《内河航运建设项目环境影响评价规范》 (JTJ227-2001) ;

(11) 《生物多样性观测技术导则》 (HJ710-2014) ;

(12) 《地表水和污水监测技术规范》 (HJ/T91-2002) ;

- (13) 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）；
  - (14) 《水污染物排放总量监测技术规范》（HJ/T92-2002）；
  - (15) 《水电水利工程环境保护专项投资编制细则》（NB/T 35033-2014）；
  - (16) 《户用沼气池标准图集》（GB/T4750-2002）；
  - (17) 《户用沼气池质量检查验收标准》（GB/T4751-2002）；
  - (18) 《国家重点保护野生植物名录（第一批）》（1999.8）；
  - (19) 《国家重点保护野生动物名录》（1989.1）；
  - (20) 《国家重点保护野生动物名录》的调整种类公布（2003.2）；
  - (21) 《水电工程水生生态调查与评价技术规范》（NB/T 10079-2018）；
  - (22) 《渔业生态环境监测规范》（SC/T9102.3-2007）；
  - (23) 《淡水浮游生物调查技术规范》（SC/T9402-2010）；
  - (24) 《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007）；
  - (25) 《水电工程水库淹没处理规划设计规范》（DL/T5064-1996）；
  - (26) 《水电工程设计概算编制规定》（2007年版）；
  - (27) 《水电工程设计概算编制规定及计算标准》（2007年版）；
  - (28) 《水电水利工程施工环境保护技术规程》（DL/T 5260-2010）
- 等。

### 1.2.6 技术文件

- (1) 《关于乌江干流规划报告审查意见的复函》（计国土〔1989〕502号）；
- (2) 《重庆乌江干流彭水至河口段开发方案优化专题研究报告》及审查意见（发改办能源〔2007〕2723号）；
- (3) 《重庆乌江白马航电枢纽工程可行性研究报告》（审定本，

2019.7)；

(4) 《三峡水库优化调度方案》(水建管〔2009〕519号)；

(5) 《贵州乌江水电开发环境影响后评价报告》及审查意见(环函〔2009〕53号)；

(6) 《重庆乌江白马航电枢纽陆生生态评价专题报告》(2012年,重庆大学)；

(7) 《重庆乌江白马航电枢纽陆生生态补充评价专题报告》(2019年,伊美净科技发展有限公司)；

(8) 《重庆乌江白马航电枢纽工程水生生态环境影响评价专题报告》(2020年,水利部中国科学院水工程生态研究所)；

(9) 《重庆乌江白马航电枢纽过鱼措施专题报告》(2020年,水利部中国科学院水工程生态研究所)；

(10) 《乌江流域重庆段鱼类栖息地保护方案设计专题报告》(2020年,水利部中国科学院水工程生态研究所)；

(11) 《重庆乌江白马航电枢纽鱼类增殖放流站工艺设计报告》(2020年,水利部中国科学院水工程生态研究所)；

(12) 《重庆乌江白马航电枢纽地下水环境影响评价专题报告》(2020年,中国地质大学)；

(13) 《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》(2020年6月,中国电建贵阳勘测设计研究院有限公司)；

(14) 《关于乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告有关意见的函》(环办环评函〔2020〕596号)；

(15) 《重庆市规划和自然资源局关于乌江白马航电枢纽工程用地预审的意见》(渝规资预字〔2019〕42号)等。

### 1.3 环境保护目标

### 1.3.1 环境功能保护目标

#### (1) 地表水环境

保护乌江干流白马航电枢纽库区及坝下至河口河段、支流石梁河水质不劣于Ⅲ类管理目标，支流芙蓉江水质不劣于Ⅱ类管理目标。对施工废水及生活污水进行处理，尽可能达标回用，确保工程涉及河段不因工程建设和运行水质类别降低。

#### (2) 地下水环境

保护白马航电枢纽工程区域地下水环境，不降低地下水水质类别。

#### (3) 陆生生态

保护区域地表植被和野生动物生境，维护区域生态系统的完整性和区域生物多样性，保护区域生态系统的结构、功能和恢复能力不致因兴建本工程而发生退化。保护区域地带性植被、珍稀濒危野生植物、古树及重点保护野生动植物。

#### (4) 水生生态

保护水生生物多样性，保护区域珍稀、濒危、特有鱼类及鱼类产卵场。修建过鱼设施减缓大坝阻隔对河流水生生态系统的影响，保障水生生物资源交流，促进重要鱼类资源的增殖。工程施工期和水库蓄水运行期，保障坝下河流生态环境用水。

#### (5) 大气环境和声环境

保护白马航电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。

#### (6) 土壤环境

保护白马航电枢纽工程区域土壤环境质量，使各类型土地的土壤环境质量满足相应管理目标要求，土壤含盐量、pH值基本维持现状。

#### (7) 移民安置环境

保护移民安置区生态环境、生活环境质量，使移民生产与生活环境有所改善。

### 1.3.2 环境保护目标

#### (1) 地表水环境保护目标

根据《重庆市人民政府办公厅关于调整万州区等 31 个区县（自治县）集中式饮用水源保护区的通知》（渝府办〔2013〕40 号）文，白马枢纽坝下游江段分布有 3 个集中式饮用水水源保护区，分别为蒿枝坝水厂、建峰化学工业集团水厂和涪陵坤源水务公司江东水厂集中式饮用水水源保护区。以上 3 个保护区按照《中华人民共和国水污染防治法》和《饮用水水源保护区污染防治管理规定》相关要求进行了保护。地表水环境敏感目标取水设施见图 1.3.2-1~1.3.2-3，基本情况及与工程的关系见表 1.3.2-1，取水口位置见附图 5。

表 1.3.2-1 地表水环境敏感目标一览表

类型	名称	敏感目标基本情况	与工程的关系	环境保护要求
饮用水水源保护区	涪陵区蒿枝坝水厂水源保护区	位于涪陵区荔枝街道乌江村周家码头，泵站提灌式取水，取水流量为 0.5m <sup>3</sup> /s，供水人口 1.5 万人，日供水量 4200t。	取水口位于坝址下游约 38km 处	按照《中华人民共和国水污染防治法》和《饮用水水源保护区污染防治管理规定》相关要求进行了保护
	重庆建峰化学工业集团水厂水源保护区	位于涪陵区白涛街道柏林村 7 社乌江边，该水厂是人饮和工业生产用水混合水厂，泵站提灌式取水，取水流量为 0.8m <sup>3</sup> /s，供水人口 1.6 万人，日供水量 9000t。	取水口位于坝址下游约 18km 处	
	涪陵坤源水务公司江东水厂水源保护区	位于涪陵区江东街道插旗居委盐业公司仓库下乌江边，泵站提灌式取水，取水流量为 0.7m <sup>3</sup> /s，供水人口 2 万人，日供水量 3000t。	取水口位于坝址下游约 40km 处	



图 1.3.2-1 蒿枝坝水厂取水口



图 1.3.2-2 重庆建峰化学工业集团水厂取水口



图 1.3.2-3 坤源水务公司江东水厂取水口

## (2) 地下水环境

据调查，本工程地下水环境保护目标为 5 处集中式饮用水水源地，保护目标基本情况见表 1.3.2-2 和图 1.3.2-4。根据重庆市集中式饮用水水源保护区划分方案，以上水源地均已划分饮用水水源保护区。

表 1.3.2-2 地下水环境敏感目标基础信息表

序号	水源地名称	位置	水源类型	供水能力 (t/日)	供水人口 (人)
1	滴水岩	羊角镇朝阳村	地下水	备用水源地	
2	白岩洞	羊角镇朝阳村	地下水	800	10000
3	白马供水站	白马镇	地下水	10000	10000
4	桐坝水厂	土坎镇桐坝村	地下水	10000	5000
5	巷口镇备用水源地	巷口镇武隆火车站泄水洞	地下水	备用水源地	

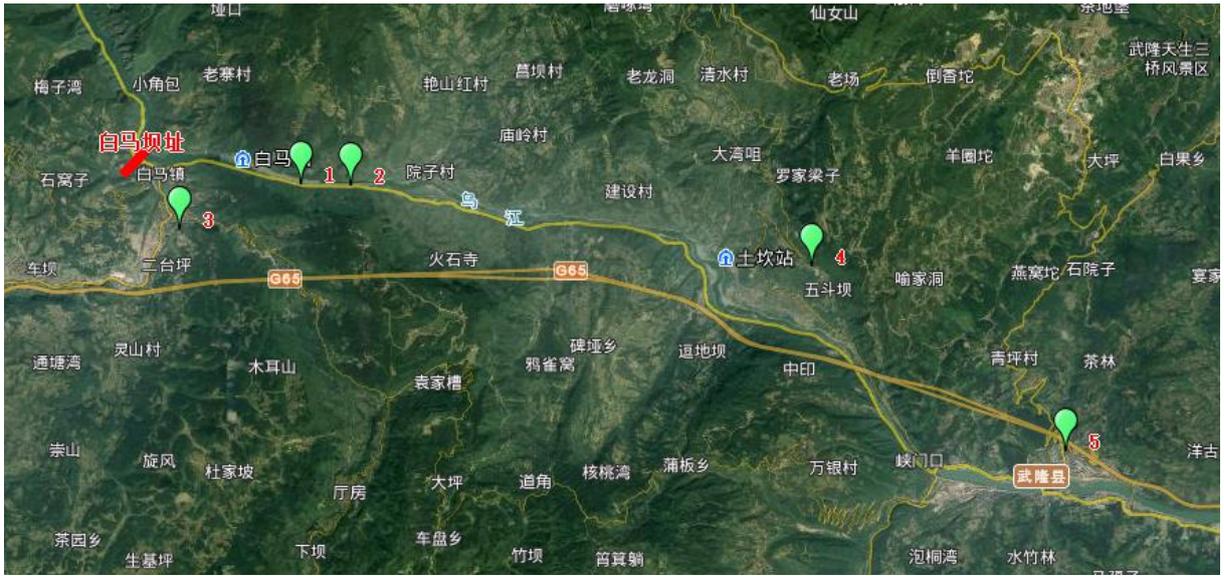


图 1.3.2-4 地下水环境敏感目标分布图

### (3) 生态敏感目标

白马航电枢纽工程涉及的生态敏感目标主要包括鱼类“三场”、珍稀水生生物、古树、重点保护野生动物和生态敏感区等。白马航电枢纽生态评价区生态敏感目标基本情况见表 1.3.2-3，评价区古树分布情况见附图 15，生态敏感目标与工程相对位置关系见附图 17-19。另外，白马航电水库淹没范围与重庆武隆岩溶国家地质公园三级保护区临近（工程与地质公园位置关系见附图 17），正常蓄水及遇 5 年一遇洪水时，水库淹没区域与地质公园范围不重叠，因此未将重庆武隆岩溶国家地质公园列为受本工程影响的生态敏感目标。

表 1.3.2-3

生态敏感目标一览表

类型	名称	敏感目标基本情况	与工程的关系	环境保护要求
生态敏感区	重庆武隆喀斯特世界自然遗产地(芙蓉洞喀斯特系统)	2007 年被列入世界遗产名录, 提名地面积 3000 hm <sup>2</sup> , 缓冲区面积 25000 hm <sup>2</sup> , 总面积 28000 hm <sup>2</sup> , 主要保护对象为以芙蓉洞为代表的洞穴群和芙蓉江峡谷。	白马航电枢纽回水约 3km 位于武隆喀斯特世界遗产地缓冲区内	《保护世界文化和自然遗产公约》和《重庆市武隆喀斯特世界自然遗产保护办法》中相关规定。
	重庆芙蓉江国家级风景名胜区	芙蓉江国家级风景名胜区为国务院于 2002 年 5 月 17 日以国函(2002) 40 号文批准的第四批国家重点风景名胜区。芙蓉江风景名胜区是以碳酸盐类岩溶地貌为特征, 以芙蓉洞溶洞景观、芙蓉江峡谷景观的雄、险、奇、秀、幽为主景, 供观光游览为主, 兼具水上运动、科考的江峡型国家重点风景名胜区。	白马航电枢纽回水约 6km 位于芙蓉江国家级风景名胜区外围保护地带	《风景名胜区管理条例》(2011 年修订) 和《重庆市风景名胜区条例》(2008 年) 中相关规定。
水生生态	珍稀水生生物	国家 I 级保护野生水生动物达氏鲟、中华鲟、白鲟 3 种, 国家 II 级保护野生水生动物胭脂鱼, 重庆地方保护水生野生动物鱼类名录收录鱼类如鱧、裸体异鳔、岩原鲤、长薄鳅等。		
	长江上游特有鱼类	长江上游特有鱼类 38 种, 如半鳊、长薄鳅、长鳍吻鮡、短体副鳊等。		
	鱼类产卵场	吻鮡、蛇鮡、犁头鳅、中华沙鳅等鱼类产卵场 6 个, 分别为鹦哥峡、白涛镇、羊角镇、桃子沟、石鼻子、杨家沱产卵场。		
陆生生态	国家重点保护野生动物	评价区分布有 6 种国家 II 级保护鸟类: 普通鵟、红隼、黑耳鸢、雀鹰、斑头鸺鹠、红腹锦鸡		
	重庆市重点保护野生动物	评价区分布有 12 种重庆市重点保护野生动物: 尖吻蝾、竹叶青蛇、小鸺鹠、灰胸竹鸡、四声杜鹃、中杜鹃、噪鹛、赤狐、黄鼬、花面狸、豹猫和小鹿		
	古树	评价范围内分布古树 123 株		

#### (4) 环境空气和声环境敏感目标

白马航电枢纽工程大气环境影响评价范围内共有环境空气敏感目标 58 处, 见表 1.3.2-4; 白马航电枢纽工程声环境影响评价区内共有声环境敏感目标 28 处, 其中学校 4 处, 居民点(区)24 处约 957 户, 见表 1.3.2-5。环境空气和声环境敏感目标分布示位置示意图见图 20。

表 1.3.2-4

白马航电枢纽工程环境空气敏感目标统计表

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			环境空气质量功能区划
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离(m)	高差(m)	
1	杨柳村 1#居民点	107.539°	29.415°	3 户	施工区	右岸前期临时营地	NE	45	10	二类
2	杨柳村 2#居民点	107.547°	29.419°	2 户		龙洞沟弃渣场	E	42	10	二类
3	杨柳村 3#居民点	107.542°	29.424°	1 户		龙洞沟弃渣场	W	46	10	二类
4	鱼光村沟脚组 1#居民点	107.529°	29.407°	2 户		螃蟹溪弃渣场	N	44	15	二类
5	鱼光村沟脚组 2#居民点	107.517°	29.404°	2 户		螃蟹溪弃渣场	N	34	0	二类
6	鱼光村阳明组居民点	107.524°	29.405°	3 户		螃蟹溪弃渣场	N	89	40	二类
7	鱼光村枣子组 1#居民点	107.514°	29.4°	1 户		螃蟹溪弃渣场	S	93	30	二类
8	鱼光村枣子组 2#居民点	107.518°	29.399°	3 户		2#表土堆放场	SE	111	42	二类
9	鱼光村兴隆组居民点	107.512°	29.406°	3 户		螃蟹溪弃渣场	N	50	50	二类
10	鱼光村居民点	107.508°	29.402°	1 户		螃蟹溪弃渣场	SW	194	50	二类
11	沙台村 1#居民点	107.524°	29.396°	4 户		施工区	S	70	18	二类
12	沙台村 2#居民点	107.527°	29.399°	1 户		施工区	E	37	4	二类
13	沙台村烂田组居民点	107.524	29.399	2 户		施工区	W	63	10	二类
14	竹笋厂宿舍	107.529	29.402	4 户		螃蟹溪弃渣场、砂石加工区	E	20	0	二类
15	白马镇沙台小学	107.52	29.391	/		螃蟹溪弃渣场	S	961	22	二类
16	沙台村柏杨树组居民点	107.532°	29.402°	2 户		砂石加工厂	E	20	0	二类
17	武水路居民点	107.537°	29.398°	3 户		施工区	SE	142	35	二类
18	铁佛村高家湾组 1#居民点	107.538°	29.402°	5 户		施工区	SE	28	5	二类
19	铁佛村高家湾组 2#居民点	107.541°	29.406°	3 户		施工区	S	50	10	二类
20	大湾村居民点	107.589°	29.410°	约 18 户		龙洞沟弃渣场	E	4200	50	二类
21	张家村居民点	107.585°	29.418°	约 37 户		龙洞沟弃渣场	E	3750	230	二类
22	角帮村居民点	107.537°	29.462°	9 户		龙洞沟弃渣场	N	4130	445	一类
23	堕石岩居民点	107.488°	29.433°	约 22 户		螃蟹溪弃渣场	NW	3690	615	二类

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			环境空气质量功能区划
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离(m)	高差(m)	
24	桥头铺居民点	107.505°	29.404°	约 16 户		螃蟹溪弃渣场	NW	384	130	二类
25	三河沟居民点	107.468°	29.409°	约 58 户		螃蟹溪弃渣场	W	3975	500	二类
26	祝家村居民点	107.471°	29.388°	约 16 户		螃蟹溪弃渣场	SW	4100	380	二类
27	西牛贝居民点	107.499°	29.383°	约 174 户		螃蟹溪弃渣场	SW	2450	-230	二类
28	蔡家湾居民点	107.502°	29.362°	约 78 户		螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	S	4280	242	二类
29	中坝居民点	107.503°	29.377°	约 146 户		螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	S	2760	-207	二类
30	梨树坪居民点	107.521°	29.368°	约 68 户		砂石料加工场地	S	3680	-80	二类
31	刘家坝居民点	107.531°	29.376°	约 200 户		砂石料加工场地	S	3000	-105	二类
32	刘农村居民点	107.537°	29.366°	约 23 户		砂石料加工场地	S	4100	210	二类
33	白马集镇建成区	107.538°	29.393°	约 13000 人		左岸混凝土拌和系统	S	600	5	二类
34	重庆大木山市级自然保护区	/	/	/		龙洞沟弃渣场	N	864	/	一类
35	黄金槽居民点	107.523°	29.415°	15 户		施工区	N	671	200	二类
36	大槐居民点	107.518°	29.419°	8 户		螃蟹溪弃渣场	N	1600	310	二类
37	邓盏窝居民点	107.541°	29.427°	约 45 户		龙洞沟弃渣场	N	393	112	二类
38	一心村居民点	107.565°	29.386°	约 50 户		砂石料加工场地	E	3112	182	二类
39	光华村居民点	107.551°	29.365°	约 20 户		施工区	SE	4880	468	二类
40	庙梁子居民点	107.506°	29.398°	约 25 户		螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	SW	580	48	二类
41	学堂堡居民点	107.509°	29.385°	约 22 户		螃蟹溪弃渣场	S	1853	-110	二类
42	郭二沟居民点	107.497°	29.395°	约 15 户		螃蟹溪弃渣场	SW	1545	-91	二类
43	黎明村居民点	107.504°	29.387°	约 8 户		螃蟹溪弃渣场	SW	1550	-119	二类
44	王家湾居民点	107.504°	29.41°	11 户		螃蟹溪弃渣场	NW	730	186	二类

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			环境空气质量功能区划
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离(m)	高差(m)	
45	蒿子坪居民点	107.497°	29.438°	约 30 户		螃蟹溪弃渣场	NW	4260	780	二类
46	麻园居民点	107.485°	29.401°	8 户		螃蟹溪弃渣场	W	2321	387	二类
47	中堡村居民点	107.483°	29.419°	32 户		螃蟹溪弃渣场	W	3025	462	二类
48	核桃村居民点	107.547°	29.434°	约 5 户		龙洞沟弃渣场	N	1003	23	二类
49	白马中学	107.535°	29.390°	/	移民安置区	白马集镇移民安置工程	SE	30	0	二类
50	白马中心小学 (原白马希望小学)	107.541°	29.392°	/		白马集镇移民安置工程	SE	30	0	二类
51	白马镇 1#居民点	107.538°	29.395°	81 户		白马集镇移民安置工程	NE	110	8	二类
52	白马镇 2#居民点	107.540°	29.394°	70 户		白马集镇移民安置工程	NW	170	0	二类
53	白马镇 3#居民点	107.536°	29.391°	35 户		白马集镇移民安置工程	N	15	0	二类
54	土坎镇中心小学	107.679°	29.376°	/		土坎镇移民安置工程	E	150	13	二类
55	土坎镇居民点	107.678°	29.376°	20 户		土坎镇移民安置工程	E	120	5	二类
56	武隆区油坊沟居民区	107.745°	29.324°	约 380 户		武隆区油坊沟移民安置工程	S	15	0	二类
57	武隆区南溪沟居民区	107.760°	29.328°	约 326 户		武隆区南溪沟移民安置工程	N	30	0	二类
58	武隆区实验小学	107.756°	29.33°	/		武隆区南溪沟移民安置工程	NW	194	20	二类

表 1.3.2-5

白马航电枢纽工程声环境敏感目标统计表

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			声环境功能区划
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离(m)	高差(m)	
1	杨柳村 1#居民点	107.539°	29.415°	3 户	施工区	右岸前期临时营地	NE	45	10	1 类
2	杨柳村 2#居民点	107.547°	29.419°	2 户		龙洞沟弃渣场	E	42	10	1 类
3	杨柳村 3#居民点	107.542°	29.424°	1 户		龙洞沟弃渣场	W	46	10	1 类
4	鱼光村沟脚组 1#居民点	107.529°	29.407°	2 户		螃蟹溪弃渣场	N	44	15	1 类

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			声环境功能区划	
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离	高差		
								(m)	(m)		
5	鱼光村沟脚组 2#居民点	107.517°	29.404°	2 户		螃蟹溪弃渣场	N	34	0	1 类	
6	鱼光村阳明组居民点	107.524°	29.405°	3 户		螃蟹溪弃渣场	N	89	40	1 类	
7	鱼光村枣子组 1#居民点	107.514°	29.4°	1 户		螃蟹溪弃渣场	S	93	30	1 类	
8	鱼光村枣子组 2#居民点	107.518°	29.399°	3 户		2#表土堆放场	SE	111	42	1 类	
9	鱼光村兴隆组居民点	107.512°	29.406°	3 户		螃蟹溪弃渣场	N	50	50	1 类	
10	鱼光村居民点	107.508°	29.402°	1 户		螃蟹溪弃渣场	SW	194	50	1 类	
11	沙台村 1#居民点	107.524°	29.396°	4 户		施工区	S	70	18	1 类	
12	沙台村 2#居民点	107.527°	29.399°	1 户		施工区	E	37	4	1 类	
13	沙台村柏杨树组居民点	107.532°	29.402°	2 户		砂石加工厂	E	20	0	1 类	
14	沙台村烂田组居民点	107.524°	29.399°	2 户		施工区	W	63	10	1 类	
15	竹笋厂宿舍	107.529°	29.402°	4 户		螃蟹溪弃渣场、砂石加工区	E	20	0	1 类	
16	武水路居民点	107.537°	29.398°	3 户		施工区	SE	142	35	1 类	
17	铁佛村高家湾组 1#居民点	107.538°	29.402°	5 户		施工区	SE	28	5	1 类	
18	铁佛村高家湾组 2#居民点	107.541°	29.406°	3 户		施工区	S	50	10	1 类	
19	白马中学	107.535°	29.389°	/		移民安置区	白马集镇移民安置工程	SE	30	0	2 类
20	白马中心小学 (原白马希望小学)	107.541°	29.392°	/			白马集镇移民安置工程	SE	30	0	2 类
21	白马镇 1#居民点	107.538°	29.395°	81 户			白马集镇移民安置工程	NE	110	8	2 类
22	白马镇 2#居民点	107.540°	29.394°	70 户			白马集镇移民安置工程	NW	170	0	2 类
23	白马镇 3#居民点	107.536°	29.391°	35 户	白马集镇移民安置工程		N	15	0	2 类	
24	土坎镇中心小学	107.679°	29.376°	/	土坎镇移民安置工程		E	150	13	2 类	
25	土坎镇居民点	107.678°	29.376°	20 户	土坎镇移民安置工程		E	120	5	2 类	
26	武隆区油坊沟居民区	107.745°	29.324°	约 380 户	武隆区油坊沟移民安置工程		S	15	0	2 类	
27	武隆区南溪沟居民区	107.760°	29.328°	约 326	武隆区南溪沟移民安置工程		N	30	0	2 类	

序号	敏感目标名称	坐标(WGS-84)		规模	主要影响来源		与影响源的位置关系			声环境功能区划
		经度	纬度		区域	工程	方位	最近距离 (m)	高差 (m)	
				户						
28	武隆区实验小学	107.756°	29.33°	/		武隆区南溪沟移民安置工程	NW	194	20	2类

## 1.4 评价标准

### (1) 环境质量标准

#### 1) 地表水

根据《重庆市地表水环境功能类别调整方案》（渝府发〔2012〕4号），乌江干流水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；乌江支流芙蓉江水质执行II类标准，乌江支流石梁河水质执行III类标准。

#### 2) 地下水

根据评价区域地下水使用功能，地下水水质执行《地下水环境质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。

#### 3) 环境空气

评价区域一类区执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准，二类区执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，见表 1.4-1。

表 1.4-1 白马航电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	一级标准浓度限值	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>	20	60
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	50	150
2	二氧化氮 (NO <sub>2</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	40	40
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	80	80
3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	mg/m <sup>3</sup>	4	4
4	臭氧 (O <sub>3</sub> )	日最大 8 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	100	160
5	颗粒物 (PM <sub>10</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	40	70
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	50	150
6	颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> )	年平均	μg/m <sup>3</sup>	15	35
		24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	35	75
7	总悬浮颗粒物 (TSP)	24 小时平均	μg/m <sup>3</sup>	120	300

#### 4) 声环境

评价范围内的乡村区域执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准，城（集）镇区域执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准，交通道路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 1.4-2。

表 1.4-2 白马航电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

工程涉及区域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）中的筛选值，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）中的筛选值。

### (2) 污染物排放标准

#### 1) 废（污）水排放标准

生产废水排放水质执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，回用水水质执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中的对应标准。生活污水处理后排放水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，用于农田灌溉的回用水水质执行《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）中的对应标准。

根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），参考船舶类别和安装（含更换）生活污水处理装置的时间，利用船载生活污水处理装置处理的船舶生活污水分别执行相应的污染物排放限值。标准值见表 1.4-3。

表 1.4-3 船舶生活污水污染物排放限值

序号	污染物	单位	限值	备注
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换） 生活污水处理装置的船舶
2	SS	mg/L	150	
3	耐热大肠菌群数	个/L	2500	
4	BOD <sub>5</sub>	mg/L	25	2012 年 1 月 1 日及以后安装（含更换） 生活污水处理装置的船舶
5	SS	mg/L	35	
6	耐热大肠菌群数	个/L	1000	

序号	污染物	单位	限值	备注
7	COD	mg/L	125	2021年1月1日及以后安装(含更换)生活污水处理装置的客运船舶
8	pH	—	6~8.5	
9	总氯	mg/L	0.5	
10	BOD <sub>5</sub>	mg/L	20	
11	SS	mg/L	20	
12	耐热大肠菌群数	个/L	1000	
13	COD	mg/L	60	
14	pH	—	6~8.5	
15	总氯	mg/L	0.5	
16	总氮	mg/L	20	
17	氨氮	mg/L	15	
18	总磷	mg/L	1.0	

### 2) 大气污染物排放标准

施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(DB50/418-2016)，运行期不新增排放大气污染物，见表 1.4-4。

表 1.4-4 白马航电枢纽工程大气污染物排放浓度限值一览表

序号	污染物项目	有组织排放限值		无组织排放监控浓度限值	
		最高允许排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	最高允许排放速率 (kg/h)	监控点	浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
1	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	/	/	周界外浓度最高点	0.4
2	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	/	/		0.12
3	颗粒物	120	3.5(H=15m)		1.0

### 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)，运行期电站厂房等厂界环境噪声执行《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 1.4-5。

表 1.4-5 白马航电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

## 1.5 评价等级

### (1) 地表水环境

白马航电枢纽总体为水文要素影响型建设项目，施工期产生施工废水和施工人员生活污水，对施工区周围水体产生影响。白马航电枢纽年径流量为 495.5 亿  $m^3$ ，总库容为 3.74 亿  $m^3$ ，年径流量与总库容百分比 $\alpha$ 为 132.5  $>20$ ，按照水温要素影响判定等级为三级；本工程兴利库容为 0.41 亿  $m^3$ ，年径流量为 495.5 亿  $m^3$ ，兴利库容与年径流量百分比 $\beta$ 为 0.08  $<2$ ，按照径流要素影响判定等级为三级。由于白马枢纽建成后阻隔了河流连通性，水文情势发生变化，对水生生态产生显著影响，因此将地表水环境影响评价等级提高一级，确定为二级。

本工程施工高峰期主要废污水为砂石料加工废水、混凝土拌和系统冲洗废水、基坑经常性排水、机械汽车停放场冲洗废水和生活污水，基坑经常性排水最大排放量为 1356 $m^3/d$ ，其余生产、生活废水经处理后回用不外排。基坑经常性排水主要污染物为 SS 和 pH，经计算并排序比较 pH 当量数  $W=494940$  为最大当量数，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）表 1，按照水污染影响型建设项目判定，评价等级为二级。

综合以上判定成果，地表水环境影响评价等级确定为二级。

### (2) 地下水环境

本项目行业类别为航电枢纽和水力发电项目，根据地下水环境影响评价行业分类表，属于 III 类项目，评价范围内涉及集中式饮用水水源保护区，地下水敏感程度为敏感，综上所述，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）的评价工作分级原则，确定地下水环境影响评价工作等级为二级。

### (3) 生态

白马航电枢纽库区涉及河段长约 46.63km，工程占地总面积 4.71km<sup>2</sup>，其中永久占地 3.12km<sup>2</sup>，临时占地 1.59km<sup>2</sup>。工程枢纽施工和移民安置占地不涉及特殊生态敏感区和重要生态敏感区，但库区回水涉及芙蓉江国家风景名胜区和武隆喀斯特世界自然遗产地芙蓉洞片区。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011），生态环境影响评价等级确定为一级。

#### (4) 大气环境

工程运行期间不会增加大气污染物的排放，在施工期将产生排放扬尘和燃油废气，主要污染因子为 TSP，主要影响范围是枢纽工程施工区、弃渣场等施工布置区域，影响时段集中在施工期内，施工结束后影响消失。估算模型所用参数见表 1.5-1，污染源计算结果见表 1.5-2。

表 1.5-1 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	农村
	人口数(城市人口数)	/
最高环境温度		4.4
最低环境温度		33.2
土地利用类型		阔叶林
区域湿度条件		潮湿
是否考虑地形	考虑地形	是
	地形数据分辨率(m)	90
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	否
	岸线距离/m	/
	岸线方向/°	/

表 1.5-2 估算模型计算结果表

下风向距离(m)	TSP 浓度(μg/m <sup>3</sup> )	TSP 占标率(%)
50.0	9.0195	1.0022
100.0	9.1056	1.0117
124.0	73.1460	8.1273
200.0	20.2280	2.2476
300.0	19.9970	2.2219
400.0	16.2260	1.8029
500.0	2.2666	0.2518
600.0	2.0662	0.2296
700.0	7.5531	0.8392
800.0	1.1573	0.1286
900.0	1.0627	0.1181
1000.0	1.0760	0.1196

1200.0	0.8702	0.0967
1400.0	3.2285	0.3587
1600.0	0.6945	0.0772
1800.0	0.5658	0.0629
2000.0	0.5841	0.0649
2500.0	0.5473	0.0608
3000.0	0.4292	0.0477
3500.0	0.3625	0.0403
4000.0	0.3794	0.0422
4500.0	0.3472	0.0386
5000.0	0.5325	0.0592
10000.0	0.1236	0.0137
下风向最大浓度	73.1460	8.1273
下风向最大浓度出现距离	124.0	124.0
D10%最远距离	/	/

由计算结果可知，TSP的 $P_{\max}$ 值为8.1273%， $C_{\max}$ 为73.146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。最大地面浓度占标率 $1\% < P_{\max} < 10\%$ ，按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）的评价分级原则，本工程大气环境影响评价工作等级为二级。

#### （5）声环境

白马航电枢纽工程对声环境的影响主要集中在枢纽工程施工区和城镇移民迁建区。枢纽工程施工区和移民迁建区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；4个城镇移民迁建区适用《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的2类标准，迁建区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，确定本工程声环境评价工作等级为二级。

#### （6）土壤环境

根据本工程影响特征，工程属于生态影响型建设项目。根据行业类别，本项目属于I类建设项目；工程区域干燥度约为1.14，土壤含盐量 $< 1\text{g}/\text{kg}$ ，

地下水埋深>30m，土壤 7.0<pH<8.5，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）表 1，建设项目所在地土壤环境敏感程度为“不敏感”。按照环境影响评价工作等级划分，本工程土壤环境评价等级确定为二级。

### （7）环境风险

经识别判断，白马航电枢纽工程施工期和运营期环境风险潜势为 II 级，因此，根据 HJ169-2019 中的评价工作等级划分依据，白马航运枢纽工程施工期和运营期的环境风险评价工作等级为三级。

## 1.6 评价范围

乌江白马航电枢纽工程环境影响调查与评价范围主要为工程施工区、移民安置涉及乡（镇）、水库淹没区、坝址下游至河口河段及其主要支流水域，不同评价因子根据其影响性质与程度，评价范围适当外延。调查与评价的环境因子主要包括水环境、陆生生态、水生生态、环境空气、声环境、土壤环境、移民等（见表 1.6-1）。

表 1.6-1 白马航电枢纽工程主要环境影响因子评价范围

主要环境因子		评价范围
地表水环境		乌江干流银盘水电站坝址至乌江河口约 89km 江段；支流芙蓉江江口电站坝址至芙蓉江河口约 2km 江段；支流石梁河汇口河段。
地下水环境		枢纽工程施工区；在水库回水线基础上，向河道两侧扩展至地下水位不受水库影响的区域（约 1km），实际调查范围为 332km <sup>2</sup> 。
生态	陆生生态	枢纽工程施工区、移民安置区、水库库尾至坝下 1km 河道两侧至第一层山脊线以内区域，生态敏感区延伸至整个生态敏感区范围。
	水生生态	白马航电枢纽库区及坝下江段，库区从白马坝址至库尾银盘电站坝址，坝下从白马坝址至乌江河口，以及评价江段郁江、石梁河、长溪河等主要支流。
环境空气		枢纽工程施工征地红线外延 5km 的区域范围。根据项目的污染物排放特点，重点评价施工占地红线外 800m 范围；移民安置区占地红线处延 200m 的区域范围。
声环境		枢纽工程施工征地线外延 200m 范围，城镇移民集中迁建小区外延 200m 范围内。

主要环境因子	评价范围
土壤环境	评价范围为工程占地范围、水库淹没范围及其周边 1km 内区域。
移民	工程占地、水库淹没和移民安置所涉及 5 个乡镇的相关村、组，4 个城镇移民集中迁建小区。
环境风险	施工期大气环境风险评价范围为左、右岸混凝土生产区边界外扩 3km 的区域；地表水环境风险评价范围为乌江干流白马坝址至乌江河口约 44km 江段。运营期地表水环境风险评价范围总体上与地表水环境影响评价范围保持一致，即乌江干流银盘水电站坝址至乌江河口约 89km 江段。

各环境影响评价因子调查范围与调查方法分述如下：

### (1) 水环境

#### 1) 地表水环境

白马航电枢纽为乌江干流紧邻河口的最后一个梯级，正常蓄水位 184m 时水库回水至上游乌江干流银盘电站坝址和乌江一级支流芙蓉江江口电站坝址，地表水环境评价范围包括乌江干流和乌江主要支流芙蓉江。乌江干流从银盘电站坝址至乌江河口共约 89km 江段，乌江一级支流芙蓉江从江口电站坝址至芙蓉江河口共约 2km 江段，重点为库区水域、施工区江段、坝下游江段及移民安置影响涉及水域。

#### 2) 地下水环境

白马航电枢纽主体工程在坝址区，本次调查的重点为坝址区，同时考虑到库区在运营期地下水流场、水位将有大幅抬升，且根据建设项目地下水环境影响导则要求，评价范围应包括与建设有关的环境保护目标及环境敏感区域，必要时扩展至完整的水文地质单元，故确定以水库回水线向两侧岸坡扩展至分水岭作为本次调查和评价范围，面积为 332km<sup>2</sup>。

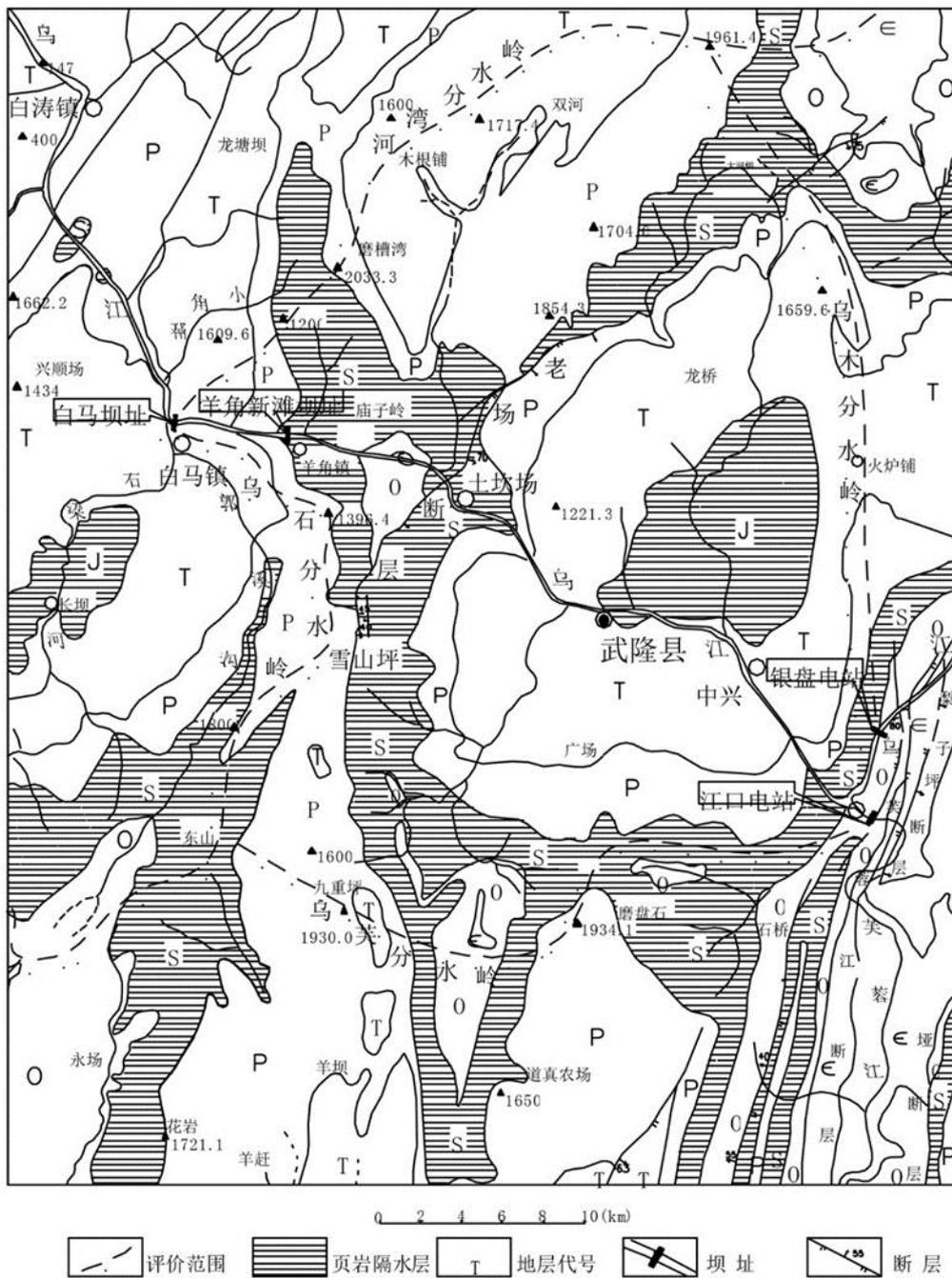


图 1.6-1 地下水环境影响评价范围示意图

## (2) 陆生生态

工程建设对陆生生态的影响主要来源于工程施工占地、水库淹没、移民安置。因此，确定陆生生态评价范围包括：枢纽工程施工区，移民安置区，水库库尾至坝下 1km 河道两侧至第一层山脊线以内区域。重点为施工区、淹没区和移民安置区。陆生生态评价区面积为 354.89km<sup>2</sup>。

### (3) 水生生态

白马航电枢纽水生生态评价范围为白马航电枢纽库区及坝下江段，即库区从白马坝址至库尾银盘电站坝址约 46km 江段，坝下从白马坝址至乌江河口约 43km 江段，以及评价江段主要支流等。

### (4) 环境空气

环境空气质量的评价范围主要为施工区，以及白马集镇、土坎集镇和武隆城区油坊沟、南溪沟 4 个城镇移民迁建区，重点调查与评价范围为枢纽工程施工区。

### (5) 声环境

工程对声环境的影响集中于施工期。工程建设对声环境的影响评价范围主要为施工区边界向外 200m 区域，以及白马集镇、土坎集镇和武隆城区油坊沟、南溪沟 4 个城镇移民迁建区边界向外 200m 区域，重点调查与评价范围为枢纽工程施工区。

### (6) 土壤环境

工程对土壤环境的影响集中于运行期。工程建设对土壤环境的影响评价范围主要为工程占地范围、水库淹没范围及其周边 1km 内区域。

### (7) 移民

工程施工占地、水库淹没及移民安置涉及武隆区白马镇、羊角镇、土坎镇、巷口镇和江口镇等 5 个镇 30 个村。因此，移民安置区环境影响评价范围为工程涉及的 30 个村，及白马镇、土坎镇和武隆城区油坊沟、南溪沟等 4 个城镇移民迁建区。

### (8) 环境风险

工程环境风险主要体现为有毒有害物的泄漏对大气环境和地表水环境的影响。施工期大气环境风险评价范围为左、右岸混凝土生产区边界外扩

3km 的区域；地表水环境风险评价范围为乌江干流白马坝址至乌江河口约 44km 江段。运营期地表水环境风险评价范围总体上与地表水环境影响评价范围保持一致，即乌江干流银盘水电站坝址至乌江河口约 89km 江段。

## 1.7 主体功能区划及环境功能区划

### 1.7.1 主体功能区划

#### (1) 全国主体功能区划

根据《全国主体功能区规划》（国务院，2010），乌江白马航电枢纽所在的重庆市武隆区属于武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区，为限制开发区域。该区域属于典型亚热带植物分布区，拥有多种珍稀濒危物种，是清江和澧水的发源地，对减少长江泥沙具有重要作用，目前土壤侵蚀较严重，地质灾害较多，生物多样性受到威胁。该区域的发展方向为：扩大天然林保护范围，巩固退耕还林成果，恢复森林植被和生物多样性。白马航电枢纽工程评价区涉及国家层面禁止开发区域中的重庆武隆喀斯特世界自然遗产和芙蓉江国家级风景名胜区。国家禁止开发区域的功能定位为我国保护自然文化资源的重要区域，珍稀动植物基因资源保护地，管制原则为依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，严格控制人为因素对自然生态和文化自然遗产原真性、完整性的干扰，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，引导人口逐步有序转移，实现污染物“零排放”，提高环境质量。

#### (2) 重庆市主体功能区划

根据《重庆市主体功能区规划》，白马航电枢纽工程评价区涉及禁止开发区域中的武隆喀斯特世界自然遗产地和芙蓉江风景名胜区。

武隆喀斯特世界自然遗产地依据《保护世界文化和自然遗产公约》、《实施世界遗产公约操作指南》以及世界文化自然遗产规划进行管理。加

强对遗产原真性的保护，保持遗产在艺术、历史、社会和科学方面的特殊价值，加强对遗产完整性的保护，保持遗产未被人扰动过的原始状态。

芙蓉江国家级风景名胜区依据《中华人民共和国风景名胜区条例》和风景名胜区规划进行管理，严格保护风景名胜区内一切景物和自然环境，禁止在风景名胜区进行与风景名胜资源无关的生产建设活动。建设旅游、基础设施等必须符合风景名胜区规划，严格控制人工景观建设，违反规划建设的设施要逐步拆除。在风景名胜区开展旅游活动，必须根据资源状况和环境容量进行，不得对景物、水体、植被及其他野生动植物资源造成损害。

白马航电枢纽淹没范围涉及重庆武隆喀斯特世界自然遗产地的缓冲区和芙蓉江国家级风景名胜区的外围保护地带，根据重庆市三线一单分区管控方案，淹没范围未涉及生态保护红线，主要涉及一般生态空间，为限制开发区域，工程建设符合国家及重庆市主体功能区划。

## 1.7.2 生态功能区划

### (1) 全国生态功能区划

根据《全国生态功能区划》（修编版，2015），评价区位于三峡库区土壤保持功能区。该区主要生态问题为不合理的土地利用，特别是陡坡开垦、森林破坏、草原过度放牧，以及交通建设、矿产开发等人为活动，导致地表植被退化、水土流失加剧和石漠化危害严重。该区发展方向为：调整产业结构，加速城镇化和新农村建设的进程，加快农业人口的转移，降低人口对生态系统的压力；全面实施保护天然林、退耕还林、退牧还草工程，严禁陡坡垦殖和过度放牧；开展石漠化区域和小流域综合治理，协调农村经济发展与生态保护的关系，恢复和重建退化植被；在水土流失严重并可能对当地或下游造成严重危害的区域实施水土保持工程，进行重点治

理；严格资源开发和建设项目的生态监管，控制新的人为水土流失；发展农村新能源，保护自然植被。

## (2) 重庆市生态功能区划

根据《重庆市生态功能区划》（重庆市环保局等，2008），评价区属方斗山-七曜山水源涵养、生物多样性生态功能区。该区主要生态问题为坡耕地比重大，降雨量大且集中，水土流失严重，植被退化明显，生物多样性下降，土地石漠化严重，地质灾害频繁。该区生态保护方向为：建立植被结构优化的中低山森林生态系统；强化其水文调蓄和生物多样性保护功能。

### 1.7.3 水（环境）功能区划

根据《全国重要江河湖泊水功能区划（2011~2030年）》（国务院，2012），评价区域共划分4个一级水功能区，总河长121.8km；水功能二级区划在一级区划开发利用区内进行，共有2个二级水功能区分别为乌江武隆区景观娱乐、渔业用水区和长江三峡水库涪陵工业、景观用水区。本工程评价范围内水功能区划见表1.7.3-1和附图5。

表 1.7.3-1 白马航电枢纽工程水功能区划表

序号	一级水功能区名称	二级水功能区名称	水系	河流、湖库	范围		长度(km)	水质目标	省级行政区
					起始断面	终止断面			
1	乌江武隆开发利用区	乌江武隆区景观娱乐、渔业用水区	乌江	乌江	武隆区银盘	武隆白马镇	45.0	III	渝
2	长江三峡水库乌江白马、涪陵保留区		乌江	三峡水库	武隆白马镇	涪陵小溪天生桥	34.8	III	渝
3	长江三峡水库涪陵开发利用区	长江三峡水库涪陵工业、景观用水区	乌江	三峡水库	涪陵小溪天生桥	乌江入江口	10.0	III	渝
4	芙蓉江武隆保留区		乌江	芙蓉江	武隆区浩口	入乌江口	32.0	II	渝

根据《重庆市地表水环境功能类别调整方案》（渝府发〔2012〕4号）乌江干流为武隆区和涪陵区饮用水源功能区，适用水质类别为Ⅲ类，白马航电枢纽所在江段乌江干流水环境功能类别见表 1.7.3-2。

表 1.7.3-2 白马航电枢纽所在乌江干流水环境功能类别一览表

编号	区县（自治县）名称	水域范围	水域适用功能	适用功能类别	水质控制断面	备注
1	武隆县	共和村—鸭江镇大溪河口	饮用水源	Ⅲ	大溪河口	芙蓉江、阳水河、长头河、清水溪、石梁河汇入
2	涪陵区	大溪河口—麻柳嘴	饮用水源	Ⅲ	麻柳嘴	后溪、麻溪、小溪汇入

#### 1.7.4 环境空气质量功能区划

根据《重庆市人民政府关于印发重庆市环境空气质量功能区划分规定的通知》（渝府发〔2016〕19号），重庆大木山市级自然保护区、芙蓉江国家风景名胜区及其外围 300 米范围划分为环境空气质量一类功能区。枢纽工程施工区和移民安置区划分为环境空气质量二类功能区。

### 1.8 评价水平年

#### （1）现状水平年

根据收集的乌江白马航电枢纽工程涉及区的自然环境和社会环境背景资料、实际情况、现场调查与监测结果及环境影响分析工作需要，不同评价环境因子的现状评价以近 3 年（2017 年～2019 年）为现状水平年。

#### （2）影响预测水平年

按照导则要求，结合水利水电工程建设的特点，确定影响预测评价分工程施工期和运行期两个时段。其中，施工期预测水平年为工程施工高峰年；运行期预测水平年为 2025 年。

### 1.9 评价重点

本次评价施工期以水环境和陆生生态影响为重点；运行期以水文情势、

水环境、水生生态和陆生生态影响为重点，并着重评价大坝建成后水文情势变化和河流阻隔作用对水生生境和鱼类资源的影响。

### 1.10 评价程序

乌江白马航电枢纽工程的环境影响评价工作程序为：首先进行工程初步分析，并对工程影响区域的环境状况进行初步调查。按照国家现行有关法律、规范和环境影响评价技术导则的相关要求，开展相应的环境现状调查、现场查勘、调研、监测、环境影响预测与分析工作，针对不利环境影响拟定环境保护对策措施，完成环保投资估算，在此基础上编制本工程环境影响报告书。

乌江白马航电枢纽工程环境影响评价程序见图 1.10-1。

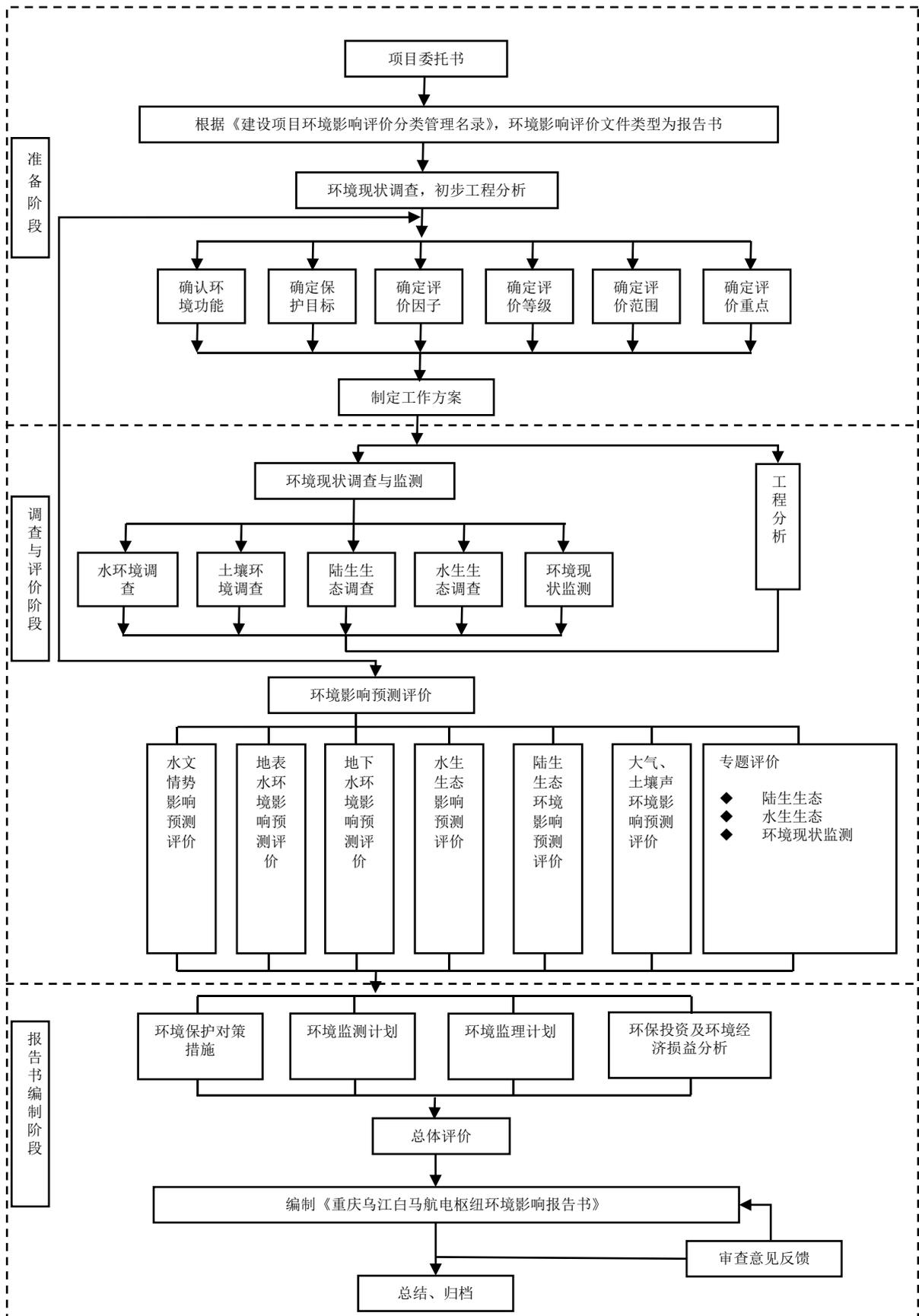


图 1.10-1 重庆乌江白马航电枢纽工程环境影响评价工作程序

## 2 工程概况

### 2.1 流域概况及流域规划

#### 2.1.1 流域环境概况

乌江为长江上游右岸最大的支流，流域位于  $104^{\circ}10' \sim 109^{\circ}12'E$  和  $25^{\circ}56' \sim 30^{\circ}22'N$  之间。正源三岔河发源于黔西威宁县乌蒙山东麓的香炉山花鱼洞，北支六冲河于云南省镇雄县境内，流经云南、贵州、湖北、重庆四个省（直辖市）的 50 余个县市，于重庆市涪陵汇入长江。流域面积  $87920\text{km}^2$ ，干流全长  $1037\text{km}$ ，总落差  $2124\text{m}$ ，河口多年平均流量为  $1690\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流量为 534 亿  $\text{m}^3$ 。河源至化屋基为乌江上游，河长  $325.6\text{km}$ ，平均坡降  $4.29\%$ ；北支六冲河于化屋基汇入乌江，河长  $273\text{km}$ 。化屋基至思南为乌江中游，河长  $368.8\text{km}$ ，平均坡降  $1.37\%$ ；思南以下为下游，河长  $342.6\text{km}$ ，平均坡降  $1.37\%$ 。

乌江流域地处长江流域三级巨大台阶中的二、三级台阶的过渡带，地势为自西南至东北渐降的阶梯状大斜坡。地形东西向高差大，南北向高差小，显得起伏不平。地貌类型多样，明显区分为山岭、高原和深山峡谷岩溶地貌，侵蚀地貌穿插其间，其中山地、高原占  $87\%$ ，丘陵占  $10\%$ ，盆地和河谷阶地占  $3\%$ 。乌江流域出露地层以三迭系、二迭系、志留系、奥陶系、寒武系最广，全为沉积岩，其中碳酸盐类岩占  $70\%$ 以上。喀斯特现象普遍，溶洞、暗河较多。

乌江流域属中亚热带季风气候，降雨量地区分布大致呈“上游、下游大中间小”的马鞍型，且右岸大于左岸，多年平均降雨量  $1160\text{mm}$  左右。乌江流域降水多以大雨和阵性暴雨为主，间歇性的小雨历时长、量小，占年降水总量的比重很小。降水量年内分配有明显的雨季和旱季。 $88\%$ 降水量集中在  $4 \sim 10$  月， $5 \sim 9$  月降水量约占全年的  $70\%$ ， $5 \sim 7$  月占全年  $50\%$ ，各

月降水量占全年的百分比，以 6 月份的比重最大。

乌江流域年、月平均气温的分布是自西向东、自南向北递增；与气温随高程降低而增高的规律相一致，与一般自南向北随纬度递增气温递减的趋势相反，年平均气温从上游 13℃ 逐渐增高至下游的 18℃。全年最低月平均气温出现在 1 月份，在 2~7℃ 之间；最高月平均气温出现在 7 月份，在 18~29℃ 之间。乌江流域上游西北部盛行风向以 SE 风为主，东南部以 NE 风为主；中游以 E 和 NE 风为主；下游以 SSE 和 NE 风为主。多年平均风速在 1.0~2.4m/s 之间，且上游大于下游。年蒸发量由南向北、由西向东递减，上游向阳站达 1129mm，中游地区 700~800mm，下游涪陵地区在 700mm 以下。夏季是流域蒸发量最大的季节，以乌江渡站为例，7~8 月蒸发量约占年蒸发量的 30%。

乌江流域相对湿度较大，为 76%~82%，中上游地区相对湿度大于下游。上游日照时数在 1350h 左右，中下游地区略低，在 1130h 左右。实际日照百分率上游为 30%，中下游地区为 25%。无霜期全年可达 300 天以上。冰冻现象在中下游河谷、平坝处少见。多年平均雾日数 15~37 天，上游威宁高达 76 天。

乌江流域气候温和，水汽充沛，适宜于植物生长。但由于山高坡陡、土层薄以及受人类活动的干扰，流域内成片森林不多，流域内植被覆盖率低，乌江下游地区多为沉积壤土，土层较厚，植被条件较好，植被覆盖率高于乌江中上游地区，特别是洪渡河和芙蓉江一带森林覆盖较高。

乌江流域地处云贵高原向东部丘陵平原过渡的前沿坡地，涉及黔、渝、鄂、滇四省（市）。流域内矿产资源丰富，贵州境内煤炭、磷矿和铝土的保有储量分别约 457 亿 t、25 亿 t 和 2.8 亿 t，汞、锌、锰、镁、铁矿等矿产在全国也占有重要地位。流域交通以公路为主，并以贵阳、遵义和涪陵为中心，流域内有渝湘高速公路、重庆至湛江国道主干线、上海至云南国

道主干线和省际公路及川黔、滇黔、湘黔、黔桂、渝怀等铁路，乌江干流大乌江至河口为通航河段。

### 2.1.2 流域规划概况

1987年编制的通过水利部审查、国务院批准的《乌江干流规划报告》制定的乌江航运规划发展方针是：通过水电梯级开发和建设通航建筑物，并治理各枢纽间的变动回水段，以全线渠化乌江航道，乌江渡坝下至河口航道，远景暂按IV级考虑，近期按V级考虑。

1990年国务院审查批准的《长江流域综合利用规划简要报告》对乌江航运的规划：“乌江实现梯级开发渠化后，加上对水库回水变动区的整治疏浚，通航河段延伸至乌江渡库区。航道标准：乌江渡坝下到河口段航道远景按IV级考虑。”

2007年交通部发布的《全国内河航道与港口布局规划》提出了长江水系高等级航道布局方案为“一横一网十线”，乌江作为其中“十线”之一。明确规定乌江渡~涪陵河段的航道等级为IV级。

2009年重庆市人民政府批复的《重庆市航道发展规划》中，乌江河口至白马45km回水变动河段通过整治，规划为III级航道；白马至黑獭堡186km为IV级航道。

2012年批复的《长江流域综合规划（2012~2030年）》提出乌江渡坝下至白马551km结合梯级建设达到IV级航道标准，白马以下河段可逐步提高至III级航道标准。

重庆乌江白马航电工程的规划依据之一为2017年12月重庆市政府批复的《重庆市“十三五”综合交通规划》，本工程是其中确定的建设项目之一。规划提出，加快畅通嘉陵江、乌江骨架航道。推进实施嘉陵江利泽航运枢纽，力争开工乌江白马枢纽通航建筑物工程。全面完成嘉陵江草街库尾、

乌江白马至彭水枢纽 170 公里航道整治，基本实现重庆境内嘉陵江、乌江全线达到三级航道标准。

《国家发展改革委办公厅关于乌江白马航电枢纽项目建设问题的复函》中提到为尽快打通乌江高等级航道，加强长江航运干支衔接，更好服务乌江流域腹地经济发展，同意将乌江白马项目由电航枢纽调整为航电枢纽，见附件 6。

### 2.1.3 流域梯级开发现状

乌江水量丰沛，天然落差大，干流水能资源丰富，技术可开发装机容量和年发电量分别达 10622MW 和 382 亿 kW·h，是我国重要的水电能源基地，也是联络贵州腹地、重庆和长江中下游的重要交通航道。乌江流域梯级开发利用规划工作始于新中国成立之初。二十世纪五十年代，长江流域规划办公室（以下简称长办，即水利部长江水利委员会）在编制《长江流域综合利用规划要点报告》时编制过乌江规划。此后，成都勘测设计院、北京勘测设计院、水电八局设计院、中南勘测设计院和贵阳院等单位进行过乌江干流部分河段的规划工作。二十世纪八十年代以后，为了更好地开发治理乌江，根据国家计委计国土（1983）1972 号文和原水电部（85）水电水建字第 25 号文要求，长办牵头并与贵阳院合作，两单位于 1987 年 3 月共同编制完成了

1987 年长江水利委员会和贵阳院联合编制的《乌江干流规划报告》拟定乌江开发治理任务为：以发电为主，其次是航运，兼顾防洪、灌溉等综合利用，推荐干流十一级开发方案，从上至下依次为：普定（吴淞 1145m，正常蓄水位，下同）、引子渡（1088m）、洪家渡（1140m，六冲河）、东风（吴淞 970m）、索风营（835m）、乌江渡（吴淞 760m）、构皮滩（630m）、思林（440m）、沙沱（360m）、彭水（293m）和大溪口（吴淞 210m）。

经国务院同意，1989年5月，原国家计委以计国土〔1989〕502号文对《乌江干流规划报告》进行了批复，批复指出“乌江干流梯级开发方案可按普定、引子渡及洪家渡、东风、索风营、乌江渡、构皮滩、思林、沙沱、彭水十个梯级考虑，其开发时序待有关方面进一步研究后确定。大溪口梯级要待三峡水库正常蓄水位确定后另行考虑”。

2003年底长江设计院于完成了《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》，该报告拟定河段的开发任务为航运和发电，对彭水至河口河段一级和两级开发方案进行了综合比较，推荐该河段由大溪口（213m）一级开发改为银盘（215m）+白马（185m）两级开发方案。

2005年6月长江设计院在《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》的基础上，完成了《重庆市乌江干流彭水至河口河段开发方案优化专题研究》，报告维持原河段规划报告关于本河段开发方案由大溪口一级开发改为银盘+白马两级开发方案的结论。

2007年重庆市发展和改革委员会将《重庆市乌江干流彭水至河口梯级开发方案研究报告》和对本河段开发意见上报国家发展和改革委员会。国家发改委以发改办能源〔2007〕2723号文对本河段开发方案进行了回复，复函同意乌江干流彭水至河口河段按银盘和白马两级开发，即乌江干流梯级开发方案由12个梯级组成，见附件1。

乌江干流规划调整后的12个梯级中贵州境内分布有普定、引子渡、洪家渡、东风、索风营、乌江渡、构皮滩、思林和沙沱9个梯级，重庆市境内分布有彭水、银盘和白马3个梯级。目前，除白马枢纽尚未开工建设外，其余11个梯级已完建。

乌江流域水系图及乌江干流梯级分布示意图见附图1，乌江干流梯级开发纵剖面图见附图2，乌江干流各梯级的主要指标见表2.1.3-1。

表 2.1.3-1

乌江干流各梯级工程特性表

项 目	单 位	指 标											
		普定	引子渡	洪家渡	东风	索风营	乌江渡	构皮滩	思林	沙沱	彭水	银盘	白马
电站名称	—	普定	引子渡	洪家渡	东风	索风营	乌江渡	构皮滩	思林	沙沱	彭水	银盘	白马
所在河流	—	三岔河	三岔河	六冲河	乌江	乌江	乌江						
建设地点	—	贵州普定	贵州平坝、织金	贵州织金、黔西	贵州清镇、黔西	贵州黔西、修文	贵州遵义	贵州余庆	贵州思南	贵州沿河	彭水县	武隆区	武隆区
控制流域面积	km <sup>2</sup>	5871	6422	9900	18161	21862	27790	43250	48558	54508	69000	74910	83586
多年平均流量	m <sup>3</sup> /s	120	140	155	343	359	483	716	844	966	1280	1380	1570
开发方式	—	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式	坝式
正常蓄水位	m	1145	1086	1140	970	837	760	630	440	365	293	215	184
死水位	m	1126	1052	1076	936	822	720	570	431	353.5	278	211.5	180
调节库容	亿 m <sup>3</sup>	2.478	3.22	33.61	4.91	0.674	9.28	31.54	3.17	2.87	5.18	0.37	0.42
调节性能	—	季调节	季调节	多年调节	季调节	季调节	季调节	多年调节	季调节	日调节	季调节	日调节	日调节
装机容量	MW	75	360	600	695	600	1250	3000	1000	1120	1750	600	480
保证出力	MW	13.9	46.5	159.1	100	166.9	332	751.8	345.1	322.9	371	161.7	46.7
年发电量	亿 kW·h	3.16	9.78	15.59	23.1	20.11	40.56	96.67	40.51	45.52	63.51	27.08	17.32
开发任务	—	供水、发电	发电、兼顾其它	发电、航运、防洪	发电、航运	航运、发电							
水库淹没耕地	亩	7600	8590.44	62943	8454.1	1556.66	14459	38723	19462	10265	15700	3731	5393
迁移人口	人	5466	5039	46025	11350	1307	3871	11624	15123	12511	21781	5718	17683
建设情况	—	已建	已建	已建	已建	已建	已建	已建	已建	已建	已建	已建	未建

## 2.1.4 回顾性评价主要结论

乌江干流规划及下游河段规划修订时未开展规划环评工作。乌江干流沿河以下共规划 3 个梯级分别为彭水、银盘和白马梯级，彭水、银盘水电站已分别于 2009 年、2011 年投产发电，其生态环境影响已显现，白马梯级尚处在前期工作中。为查明流域梯级开发主要环境影响的产生原因、作用机制以及生态环境发展趋势，验证已建梯级已实施生态环保措施效果，总结流域梯级开发环境保护经验和教训，为白马梯级环评提供借鉴和指导，受大唐国际委托中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司开展了乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价工作。

2018 年 10 月，生态环境部环境工程评估中心组织召开了《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》技术论证会，经修改完善后正式上报，2020 年 11 月，生态环境部以环办环评函〔2020〕596 号文出具了审查意见，见附件 7。

### 2.1.4.1 回顾性评价报告结论及对建设项目的环境保护要求

#### (1) 回顾性评价报告结论

乌江沿河至河口段近年来调查到国家 II 级保护鱼类胭脂鱼以及长江上游特有鱼类 23 种，其中包括宽体沙鳅、长薄鳅、红唇薄鳅、圆口铜鱼、圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、异鰧鳅、中华金沙鳅等 8 种产漂流性卵鱼类。乌江沿河至河口段梯级开发改变了天然河道水文情势、水生生境、河流自然生态系统，对适应原急流生境的鱼类造成不利影响，压缩其栖息生境，阻隔了干流上下游以及干、支流间鱼类的交流；已建的彭水水电站、银盘水电站以及各支流梯级水电站对乌江下游与三峡库区组成的水生生态系统产生的影响已逐步显现，特别是对产漂流性卵的鱼类叠加性影响较明显。需进一步统筹干支流开发与保护的关系，制定流域水生态的整体性、系统性保

护方案。

当三峡水库按低水位 145m（汛期 5~8 月）运行时，乌江干流库区江段长 25.5km，银盘水电站以下还保留有 63.5km 流水江段；三峡水库按高水位 175m（枯期 9~4 月）运行，乌江干流库区江段长 85km，银盘水电站坝下还保留有 4km 流水江段。评价江段梯级开发使得河流生境发生了较大变化，目前银盘水电站坝下 4km 流水江段及 59.5km 变动回水江段是乌江下游及三峡库区部分产漂流性卵鱼类栖息、产卵的重要水域，对保护乌江下游三峡库区江段水生态环境和鱼类生物多样性具有重要意义。

《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》提出乌江干流彭水至河口段的开发任务为发电和航运，《“十二五”乌江（乌江渡-河口）高等级航道建设方案》提出乌江干流梯级开发应具有航运的功能。目前最后一级白马梯级按航电枢纽工程进行设计，开发任务以航运为主，兼顾发电。白马航电枢纽工程符合《长江流域综合规划（2012~2030 年）》，该工程的建设，将淹没羊角碛等大型碍航险滩，可使乌江漩塘-河口约 547km 达到 IV 级航道标准，水运条件大大改善。是打通乌江到长江的黄金水道不可替代的工程措施，对促进乌江航运目标全面实现具有重要意义，同时对乌江流域腹地经济发展和资源开发起到十分显著的促进作用，工程建设是必要的。

白马航电枢纽工程建成后，将进一步加剧评价江段原有的阻隔影响，进一步压缩现有的流水生境江段，适宜流水生境的、产漂流性卵鱼类如宽体沙鳅、铜鱼、异鳔鳅鲃、中华金沙鳅等将受到进一步影响。这些种类在长江中上游广泛存在，在工程实施生态调度、过鱼措施、增殖放流、乌江干支流生境连通性措施的保障下，评价河段具有这些鱼类完成生活史的条件，工程建设不会危及到其种群生存。白马航电枢纽库区江段分布 4 个以犁头鳅、中华沙鳅、蛇鮈、吻鮈为主的产漂流性卵鱼类产卵场将被淹没导致部分功能消失，但由于白马航电枢纽工程为低坝工程，按日调节运行，

丰水期发生较大洪水过程时，库区仍保持部分流水生境，部分产漂流性卵鱼类繁殖场所将可能移至库尾上游的芙蓉江坝下及汇口等在丰水期保持流水生境的河段。同时，工程运行期每年5~8月份，实施不少于2次敞泄调度，武隆水文站流量达到2000m<sup>3</sup>/s时，白马梯级库区产漂流性卵鱼类产卵场沿程流速大于0.5m/s，能够满足鱼类繁殖的流速需求以及洪峰过程需求，在白马梯级运行期鱼类繁殖季节实施敞泄调度后，银盘水电站以下至河口约89km河段基本恢复成天然河道状态，使得现存产卵场产卵、受精卵漂流孵化与鱼类洄游通道畅通，促进鱼类完成自然繁殖过程，工程建设对产漂流性卵鱼类及其产卵场的影响能够得到一定程度减缓。坝下2个产漂流性卵鱼类产卵场位于三峡库区，主要受三峡水库运行的影响。

为减缓白马航电枢纽工程建设对水生生态环境的影响，本次回顾性评价提出详细调查乌江河口分布的6个产漂流性卵鱼类产卵场结构和功能，分析主要产卵鱼类产卵繁殖特点及生态水文需求，深入论证白马航电枢纽工程运行方式对产卵场的影响，重点针对维持产卵场的功能与结构，制定梯级联合生态调度方案，维持评价河段生态功能；落实运行期每年鱼类主要繁殖季节，实施不少于2次敞泄调度，保障鱼类产卵繁殖所需的流速及洪峰过程；开展郁江、石梁河等栖息地保护专题研究，制定栖息地生境保护修复方案；白马航电枢纽工程建设鱼道进行过鱼，长期对鱼道过鱼情况进行监测和评估，优化完善过鱼设施设计及运行方式，提升过鱼效果；开展胭脂鱼、岩原鲤、泉水鱼、瓦氏黄颡鱼等鱼类繁殖放流，持续评估增殖放流效果；严格落实《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》，缓解乌江鱼类资源衰退及生物多样性下降，恢复流域水生生物资源。同时，开展相关科学研究，包括：开展建设和运行造成所在河段水文情势及流水生境变化专题预测评价；开展工程受影响鱼类与水文过程变化影响响应机理研究；联合乌江干流梯级开展流域水生生态长期跟踪调查，分析评价河

段鱼类种群变动规律及鱼类资源变化；开展乌江下游白马至河口段急流生境保护研究，包括关键物种繁殖条件的生态水文学研究、水库调度的生态水力学模型及其验证、不同调度方案及效果的比较研究、银盘水电站坝下及白马枢纽坝下急流生境保护研究等；研究银盘水电站设置过鱼设施的必要性及生境连通方案，恢复乌江下游河道连通性。

在制定并落实切实可行的水生生态保护方案，保护银盘水电站坝下江段分布的产漂流性卵鱼类产卵场的主要结构和功能，保证评价江段具备产漂流性卵鱼类完成生活史生境条件的前提下，白马航电枢纽建设基本具备环境可行性。

## (2) 对白马航电枢纽环境保护要求

1) 根据白马航电枢纽工程特点修建鱼道进行过鱼，在工程环评阶段开展鱼道专项设计，通过鱼道物理模型试验，从过鱼需求、进鱼口效率、运行时间等方面，制定详细的实施方案。

2) 开展胭脂鱼、岩原鲤、泉水鱼、瓦氏黄颡鱼等鱼类繁殖放流，放流规模为6万尾/年。放流的地点主要考虑在电站的库区、上游、主要支流和其他未开发或暂未开发河段。

3) 白马航电枢纽参与流域联合生态调度，深入论证工程运行方案，重点针对白马航电枢纽涉及4个产漂流性卵鱼类产卵场功能和结构制定梯级调度方案，确保该河段生态功能得到维持。

4) 白马航电枢纽环评阶段深入开展建设和运行造成所在河段水文情势及流水生境变化专题预测评价，详细调查库区分布的4个产漂流性卵鱼类产卵场结构和功能，深入论证白马航电枢纽运行对现有6个产漂流性卵鱼类产卵场的影响，重点分析产漂流卵鱼类产卵场及资源量萎缩原因，提出敞泄等切实可行的保护方案。

5) 开展增殖放流鱼类的标记放流与效果评价研究，评估增殖放流效果；

联合乌江干流梯级开展流域水生生态长期跟踪调查，分析评价河段鱼类种群变动规律及鱼类资源变化；开展乌江下游白马至河口段急流生境研究；开展栖息地保护专题研究，明确作为鱼类栖息地的生境适应性，制定栖息地生境保护修复方案；研究银盘水电站设置过鱼设施的必要性及生境连通方案，恢复乌江下游河道连通性。

#### **2.1.4.2 主要审查意见及对建设项目的环境保护要求**

《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》审查意见提出的进一步做好生态环境保护要求如下：

（一）落实支流保护措施。严格落实重庆市发展改革委、水利局、生态环境局、能源局《关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源〔2019〕517号）中“取消乌江支流（包括：甘龙河、阿蓬江、细沙河、长溪河、郁江、毛滩河、普子河、芙蓉江、诸佛河、中井河、木棕河、鸭江等支流）已规划的水电项目，不再规划建设新的水电项目”的要求，将其纳入保护范围严格保护。相关部门和单位应尽快制定郁江等栖息地保护及水生生态修复规划，落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施。按照重庆市、贵州省小水电清理整改实施方案等相关要求，尽快完成郁江马岩、长溪河长旗坝三县、三江口、石梁河何家、大院子等水电站整改。

（二）严格落实生态调度。相关项目应严格按照要求泄放生态流量，并加强监测监控。研究制定评价河段联合生态调度方案，为鱼类产卵和生长创造适宜的水文水力学条件，维持评价河段生态系统功能稳定。联合调度方案应纳入后续开发项目生态保护措施体系。

（三）不断优化现有保护措施。相关已建项目运营单位要“把修复长江生态环境摆在压倒性位置”，进一步完善和落实相关生态环境保护措施。加强已建彭水-银盘水电站的集运鱼系统运营维护和管理，持续优化运行方式，

重点对中底层鱼类收集方法等进行研究，不断提高集鱼效率，切实发挥过鱼成效；继续开展中华倒刺鲃、华鲮、岩原鲤、胭脂鱼、白甲鱼等鱼类增殖放流工作，加大泉水鱼、长鳍吻鮠人工繁殖技术及人工放流技术的研究力度，尽快实现增殖放流；做好增殖放流鱼类的标记放流与效果评价研究，持续开展流域水生生态长期跟踪监测。

（四）深入论证后续开发。后续开发要坚持生态优先、绿色发展，坚持在保护中发展、在发展中保护，推动河段开发和生态环境保护相协调。下阶段，应进一步分析白马航电枢纽项目与《长江流域综合规划（2012-2030年）》以及《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》等规划的协调性，进一步优化相关方案，深入分析项目实施的生态环境影响，论证提出有针对性、有效的保护措施，维持河流生态系统结构和功能，尤其是要保证所在江段具备产漂流性卵鱼类增殖生长的条件，实现从源头保护生态。

（五）加强生态环境管理。成立生态环境保护机构，优先落实生态环境保护的主体责任，协调相关梯级建设和运行单位，明确相关环保措施实施的步骤、资金来源、实施主体以及人员和责任，统筹推进各项生态环境保护措施落实。协调相关部门和企业，统筹实施生态调度，配合地方政府落实和加强对鱼类栖息地的保护。

## 2.1.5 回顾性评价环保要求落实情况

### （1）乌江水系支流不再规划建设水电项目

为全面贯彻落实习近平总书记生态文明思想，坚决纠正中央环境保护督察、长江经济带生态环境保护审计等发现的小水电违规建设、影响生态环境等突出问题，切实维护长江经济带河流生态系统健康，努力把重庆建成山清水秀美丽之地。重庆市发改委、水利局、生态环境局和能源局联合印发《关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源〔2019〕517号），见

附件 3。

通知明确按照生态环境保护优先、生态流量保障及鱼类栖息地保护的要求，取消乌江水系支流甘龙河、阿蓬江、西沙河、长溪河、郁江、毛滩河、普子河、芙蓉江、诸佛河、中井河、木棕河、鸭江等支流已规划的水电项目，不再规划建设新的水电项目。据此，郁江马岩洞水电站发电厂房以下河段不再新建拦河筑坝涉水工程，规划的郁山、斑竹园、沙子坝和焦家滩 4 个梯级不再建设。

## （2）流域小水电清理整改情况

2018 年 12 月，水利部、国家发展改革委、生态环境部、国家能源局联合发布《水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），提出全面核查、科学评估存在的问题，按照退出、整改、保留三类，逐站提出处置意见，明确退出或整改措施。2019 年 2 月，重庆市水利局、市发展改革委、市生态环境局、市能源局印发《关于印发重庆市长江经济带小水电清理整改工作实施方案的通知》（渝水农水〔2019〕4 号），提出：“全面核查、科学评估小水电存在的问题，按照退出、整改、保留三类，逐站提出处置意见，明确整改措施”。2020 年 2 月，重庆市水利局根据区县综合评估分类结果，经重庆市人民政府同意，发布《重庆市长江经济带小水电清理整改综合评估分类整改电站名单》（渝水〔2020〕12 号），明确各区县小水电清理整改综合评估分类结果。

根据《彭水苗族土家族自治县小水电清理整改类、退出类电站“一站一策”方案》，彭水县境内共有 19 座电站被列为整改类，主要整改措施为改造生态泄放设施，安装生态流量泄放监控设施，彭水县境内共有 19 座电站被列为退出类，主要退出方式为停产解网，19 座退出类电站中，拆除大坝的有 1 座，拆除渠道或隧洞的有 8 座，拆除前池的有 2 座，拆除厂房的

有 3 座，保障生态流量下泄，部分河段恢复了连通性。根据《武隆区小水电清理整改“一站一策”实施方案》（见附件 11），武隆区共整改小水电 138 座，主要整改措施为增设或改造生态流量下泄设施、增设生态流量监测设施。综上所述，小水电清理工作完成后，乌江支流各电站能够保障按照要求泄放生态流量。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，支流长溪河保护区的整改要求主要包括：长旗坝三县水电站、三江口水电站泄放坝址多年平均流量 10% 的生态流量；三县水电站、三江口水电站大坝设置过鱼通道或简易过鱼堰，修复大坝上下游生境连通性；旅游开发拦河坝设置的 1.5m 宽、10m 长的放水通道，坡度较缓，可改造为拦河坝鱼道或简易过鱼堰。在《彭水苗族土家族自治县小水电清理整改整改类电站“一站一策”方案（修订版）》（重庆中泰工程咨询有限公司，2020 年）报告中，核定长旗坝生态流量  $0.259\text{m}^3/\text{s}$ ，三江口水电站生态流量核定为  $1.68\text{m}^3/\text{s}$ ，并设计了相应的生态流量泄放、监控工程措施，未设计过鱼设施。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及审查意见，支流郁江栖息地保护要求主要包括：马岩洞水电站在鱼类繁殖期不调峰，下放不低于坝址多年平均流量 10% 的生态流量；利用现有的彭水-银盘水电站鱼类增殖放流站，在郁江实施鱼类增殖放流；对未正常运行的马岩水电站实施退出处理，清理坝址，恢复河道原貌；制定郁江等栖息地保护及水生生态修复规划，落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施。

根据《彭水县小水电清理整改退出类电站“一站一策”方案》，马岩电站不涉及自然保护区实验区及其他禁止开发区，电站位于上游电站的减脱水河段范围内，电站运行对生态环境影响严重，重新整改不经济，电站立即退出。马岩电站退出方式为解网停产。对电站进行解网停产，封取水

口，因大坝所在地为国家地质灾害隐患点，不能进行爆破拆除，且大坝及渠道具有一定的灌溉功能，保留；厂区保留用作乡村旅游观光点。在小水电清理工作中马岩水电站大坝未拆除。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》（中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司，2020年），拟将石梁河何家水电站厂房以下河段作为鱼类栖息地保护，其保护措施包括：要求电站何家水电站、大院子水电站下放不低于坝址多年平均流量10%的生态流量，同时，在鱼类繁殖期不调峰，根据鱼类繁殖需求人造洪水过程；何家水电站、大院子水电站大坝配套建设鱼道，便于鱼类上下通行；构建减缓水流措施（翼堤、丁坝等），清理河道，河岸带植被恢复，设置一定数量的人工鱼礁等修复措施。根据《重庆市武隆区小水电站清理整改“一站一策”实施方案（整改类）》（重庆港力环保有限公司，2020年），核定何家水电站生态流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ ，核定大院子水电站生态流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ ，均设计了流量泄放及监控设施，但认为可暂不设置过鱼设施及增殖放流设施。

综上所述，小水电清理整改实施方案针对长溪河长旗坝三县、三江口水电站、石梁河何家、大院子水电站主要整改措施为增设或改造生态流量下泄设施、增设生态流量监测设施，未设置过鱼设施，郁江马岩水电站退出方案为停产解网，未拆除大坝，不满足回顾性评价提出的栖息地保护相关要求。

### （3）进一步落实回顾性评价有关意见

2020年11月23日上午和2020年12月4日下午，市生态环境局先后召开研究生态环境部关于乌江流域回顾性评价有关意见落实措施协调会，有关市级部门、武隆区、彭水县政府及乌江流域有关梯级电力、航运开发企业负责同志参加。

会议认为乌江流域梯级开发必须坚决贯彻习近平生态文明思想，落实习近平总书记关于推动长江经济带发展的重要批示精神；贯彻市委关于坚持生态优先、绿色发展理念，切实履行好保护和修复乌江流域生态文明的相关主体责任的工作部署，切实落实好市政府关于长江大保护和做好长江上游生态修复有关决策。

会议按照《关于乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告有关意见的函》及《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》提出了任务分解，要求地方政府、项目业主和建设单位要进一步研究制订措施方案，明确责任人、经费保障、完成时限，见表 2.1.5-1。

表 2.1.5-1 《乌江流域沿河至河口梯级开发环境影响回顾性评价报告》相关环保要

求及任务分解表

序号	环保要求	措施内容	责任主体
1	落实支流保护措施	1、严格落实《关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源[2019]517号）中“取消乌江支流（包括：甘龙河、阿蓬江、细沙河、长溪河、郁江、毛滩河、普子河、芙蓉江、诸佛河、中井河、木棕河、鸭江等支流）已规划的水电项目，不再规划建设新的水电项目”的要求，将其纳入保护范围严格保护。	市发展改革委、市水利局、市生态环境局、市能源局
		2、相关部门和单位应尽快制定郁江等栖息地保护及水生生态修复规划，落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施。	武隆区政府、彭水县政府指导，大唐重庆分公司、市航发司牵头，各梯级业主配合编制鱼类栖息地保护方案落实，报市政府批复。
		3、按照重庆市、贵州省小水电清理整改实施方案等相关要求，尽快完成郁江马岩、长溪河长旗坝三县、三江口、石梁河何家、大院子等水电站整改。	市水利局牵头，各梯级业主。
2	严格落实生态	1、相关项目应严格按照要求泄放生态流量，	市水利局牵头，各梯级业

序号	环保要求	措施内容	责任主体
	调度	并加强监测监控。	主。
		2、研究制定评价河段联合生态调度方案，为鱼类产卵和生长创造适宜的水文水力学条件，维持评价河段生态系统功能稳定。	武隆区政府、彭水县政府指导，大唐重庆分公司、市航发司牵头，各梯级业主共同编制方案落实。
		3、联合调度方案应纳入后续开发项目生态保护措施体系。	武隆区政府、彭水县政府牵头，各梯级业主配合落实。
3	不断优化现有保护措施	1、相关已建项目运营单位要“把修复长江生态环境摆在压倒性位置”，进一步完善和落实相关生态环境保护措施。	各梯级业主
		2、加强已建彭水—银盘水电站的集运鱼系统运营维护和管理，持续优化运行方式，重点对中底层鱼类收集方法等进行研究，不断提高集鱼效率，切实发挥过鱼成效；继续开展中华倒刺鲃、华鲮、岩原鲤、胭脂鱼、白甲鱼等鱼类增殖放流工作，加大泉水鱼、长鳍吻鮡人工繁殖技术及人工放流技术的研究力度，尽快实现增殖放流；做好增殖放流鱼类的标记放流与效果评价研究，持续开展流域水生生态长期跟踪监测。	大唐重庆分公司牵头，彭水、银盘水电站业主
4	深入论证后续开发	进一步分析白马航电枢纽项目与《长江流域综合规划（2012—2030年）》以及《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》等规划的协调性，进一步优化相关方案，深入分析项目实施的生态环境影响，论证提出有针对性、有效的保护措施，维持河流生态系统结构和功能，尤其是要保证所在江段具备产漂流性卵鱼类繁殖生长的条件，实现从源头保护生态。	白马航电枢纽项目环评单位

序号	环保要求	措施内容	责任主体
5	加强生态环境管理	1、应成立生态环境保护机构，优先落实生态环境保护的主体责任。	白马航电枢纽业主
		2、协调相关梯级建设和运行单位，明确相关环保措施实施的步骤、资金来源、实施主体以及人员和责任，统筹推进各项生态环境保护措施落实。协调相关部门和企业，统筹实施生态调度，配合地方政府落实和加强对鱼类栖息地的保护。	市级协调小组牵头，武隆区政府、彭水县政府，各梯级业主配合

会议建议报告市政府，建立市级乌江流域重庆段生态保护市级协调机制，统筹相关工作，市级相关部门、单位做好协同配合，切实把乌江流域沿河至河口梯级开发环境影响回顾性评价批复的具体要求贯彻好、落实好，扎扎实实抓好乌江流域重庆段生态保护工作。

对照会议提出的环境保护任务分解要求，白马航电枢纽主要应承担的环保责任如下：

1) 第一项第 2 条，市航发司联合大唐重庆分公司牵头，各梯级业主配合，编制鱼类栖息地保护方案，报市政府批复。目前，《乌江流域重庆段鱼类栖息地保护方案设计专题报告》已编制完成，应在白马航电枢纽开工前取得主管部门批复。白马航电梯级作为乌江下游梯级之一，应承担梯级开发水生生态栖息地保护的相关责任，白马航电建设单位从乌江下游整体保护角度考虑，计列郁江等栖息地保护及水生生态修复规划编制及实施费用。

2) 第一项第 3 条，小水电清理整改实施方案主要整改措施为增设或改造生态流量下泄设施、增设生态流量监测设施，未设置过鱼设施，郁江马岩水电站退出方案为解网，未拆除大坝，不满足回顾性评价提出的栖息地

保护要求。为此，《乌江流域重庆段鱼类栖息地保护方案设计专题报告》将马岩水电站坝址拆除任务纳入郁江栖息地保护规划，在彭水县委政府的指导下，由白马航电建设单位筹集资金并实施，在白马航电枢纽蓄水前完成郁江马岩水电站江段连通性恢复。石梁河何家、大院子水电站江段连通性恢复已纳入白马航电枢纽栖息地保护方案，在武隆区委政府的指导下，由白马航电建设单位筹集资金并实施，在白马航电枢纽蓄水前完成。长溪河长旗坝三县、三江口水电站位于长溪河鱼类自然保护区，根据乌江彭水、银盘水电站环境影响报告书的批复等文件（见附件 12 和附件 13），由彭水、银盘业主资助长溪河鱼类自然保护区建设管理，因此该保护区连通性修复的责任应由彭水、银盘水电站业主承担。白马航电枢纽作为乌江重庆段梯级之一，仍应承担梯级开发水生生态栖息地保护的相关责任，因此，白马航电枢纽建设单位从乌江重庆段整体保护角度考虑，计列长溪河自然保护区生境修复投资，后期按照彭水县政府安排，将该部分资金用于长溪河长旗坝三县、三江口水电站连通性恢复。

3) 第二项第 2 条，市航发司联合大唐重庆分公司牵头，研究制定评价河段联合生态调度方案，为鱼类产卵和生长创造适宜的水文水力学条件，维持评价河段生态系统功能稳定。目前，联合生态调度初步方案已编制完成，应在白马航电枢纽开工前取得主管部门批复。

4) 第二项第 3 条，联合调度方案纳入白马航电枢纽生态保护措施体系，白马航电枢纽运行期将鱼类产卵期联合生态调度与防洪、航运、发电调度一同纳入枢纽运行调度方案中。

5) 第四项，报告书已进一步分析白马航电枢纽项目与《长江流域综合规划（2012-2030 年）》以及《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》等规划的协调性，进一步优化运行调度方案，提出了敞泄和联合生态调度

重要水生生态保护措施，保证所在江段具备产漂流性卵鱼类繁殖生长的条件。

6) 第五项第 1 条，白马航电枢纽业主应在工程开工前，成立生态环境保护机构，优先落实生态环境保护的主体责任。白马航电枢纽落实《乌江流域沿河至河口梯级开发环境影响回顾性评价报告》相关环保要求情况见表 2.1.5-2。

表 2.1.5-2 白马航电枢纽落实《乌江流域沿河至河口梯级开发环境影响回顾性评价报告》相关环保要求情况表

序号	环保要求	措施内容	责任主体	白马航电枢纽落实情况
1	落实支流保护措施	1、严格落实《关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源[2019]517号）中“取消乌江支流（包括：甘龙河、阿蓬江、细沙河、长溪河、郁江、毛滩河、普子河、芙蓉江、诸佛河、中井河、木棕河、鸭江等支流）已规划的水电项目，不再规划建设新的水电项目”的要求，将其纳入保护范围严格保护。	市发展改革委、市水利局、市生态环境局、市能源局	
		2、相关部门和单位应尽快制定郁江等栖息地保护及水生生态修复规划，落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施。	武隆区政府、彭水县政府指导，大唐重庆分公司、市航发司牵头，各梯级业主配合编制鱼类栖息地保护方案落实，报市政府批复。	已委托相关单位编制完成《乌江流域重庆段鱼类栖息地保护方案设计专题报告》，白马航电枢纽开工建设前，取得主管部门批文。白马航电枢纽蓄水前，完成郁江马岩水库坝址拆除、石梁河何家、大院子水电站连通性恢复，以及栖息地保护方案提出的其他生态环境保护措施，并且计划部分环保投资，资助长溪河鱼类自然保护区生态修复。
		3、按照重庆市、贵州省小水电清理整改实施方案等相关要求，尽快完成郁江马岩、长溪河长旗坝三	市水利局牵头，各梯级业主。	白马航电枢纽蓄水前，完成郁江马岩水库坝址拆除、石梁河何

序号	环保要求	措施内容	责任主体	白马航电枢纽落实情况
		县、三江口、石梁河何家、大院子等水电站整改。		家、大院子水电站连通性恢复，并且计列部分环保投资，资助长溪河鱼类自然保护区生态修复。
2	严格落实生态调度	1、相关项目应严格按照要求泄放生态流量，并加强监测监控。	市水利局牵头，各梯级业主。	白马航电枢纽生态流量确定为387m <sup>3</sup> /s，采用发电基荷流量下泄生态流量，安装监测设施。
		2、研究制定评价河段联合生态调度方案，为鱼类产卵和生长创造适宜的水文水力学条件，维持评价河段生态系统功能稳定。	武隆区政府、彭水县政府指导，大唐重庆分公司、市航发司牵头，各梯级业主共同编制方案落实。	编制完成联合调度方案，白马航电枢纽开工建设前，取得主管部门批文。
		3、联合调度方案应纳入后续开发项目生态保护措施体系。	武隆区政府、彭水县政府牵头，各梯级业主配合落实。	白马航电枢纽运行期将鱼类产卵期联合生态调度与防洪、航运、发电调度一同纳入枢纽运行调度方案。
3	不断优化现有保护措施	1、相关已建项目运营单位要“把修复长江生态环境摆在压倒性位置”，进一步完善和落实相关生态环境保护措施。	各梯级业主	白马航电枢纽根据回顾性评价意见，增加并细化了敞泄和联合生态调度措施。
		2、加强已建彭水—银盘水电站的集运鱼系统运营维护和管理，持续优化运行方式，重点对中底层鱼类收集方法等进行研究，不断提高集鱼效率，切实发挥过鱼成效；继续开展中华倒刺鲃、华鲮、岩原	大唐重庆分公司牵头，彭水、银盘水电站业主	

序号	环保要求	措施内容	责任主体	白马航电枢纽落实情况
		鲤、胭脂鱼、白甲鱼等鱼类增殖放流工作，加大泉水鱼、长鳍吻鮡人工繁殖技术及人工放流技术的研究力度，尽快实现增殖放流；做好增殖放流鱼类的标记放流与效果评价研究，持续开展流域水生生态长期跟踪监测。		
4	深入论证后续开发	进一步分析白马航电枢纽项目与《长江流域综合规划（2012-2030年）》以及《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》等规划的协调性，进一步优化相关方案，深入分析项目实施的生态环境影响，论证提出有针对性、有效的保护措施，维持河流生态系统结构和功能，尤其是要保证所在江段具备产漂流性卵鱼类繁殖生长的条件，实现从源头保护生态。	白马航电枢纽项目环评单位	报告书已进一步分析白马航电枢纽项目与《长江流域综合规划（2012-2030年）》以及《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》等规划的协调性，并根据回顾性评价意见，进一步优化运行调度方案，增加并细化了敞泄和联合生态调度水生生态保护措施，为所在江段产漂流性卵鱼类繁殖生长创造条件。
5	加强生态环境管理	1、应成立生态环境保护机构，优先落实生态环境保护的主体责任。	白马航电枢纽业主	白马航电枢纽开工建设前成立生态环境保护机构，优先落实生态环境保护的主体责任。
		2、协调相关梯级建设和运行单位，明确相关环保措施实施的步骤、资金来源、实施主体以及人员和责任，统筹推进各项生态环境保护措施落实。协调	市级协调小组牵头，武隆区政府、彭水县政府，各梯级业主配合	

序号	环保要求	措施内容	责任主体	白马航电枢纽落实情况
		相关部门和企业，统筹实施生态调度，配合地方政府落实和加强对鱼类栖息地的保护。		

#### (4) 白马航电枢纽水生态环保措施

根据《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及审查意见，过鱼设施、鱼类增殖放流、生态调度以及栖息地保护等措施是在项目具体实施过程中需要重点关注和落实的内容。

##### 1) 过鱼措施

白马航电枢纽建设单侧导竖式鱼道过鱼。在工程设计阶段开展了鱼道专项设计，通过鱼道物理模型试验，从过鱼需求、进鱼口效率、运行时间等方面，制定了详细的实施方案。根据设计成果，鱼道位于左岸山体上，集鱼地点为左岸尾水出口水域，过鱼池 450 级，休息池 44 级，隔板数 496 个，底坡 1:47，全长约为 1756m，坝下设 6 个入口，坝上设 2 个出口，鱼类进入鱼道后自行上溯过坝。工程运行期，加强对鱼道过鱼情况进行监测和评估，优化完善过鱼设施设计及运行方式，提升过鱼效果。

##### 2) 鱼类增殖放流

白马鱼类增殖放流站拟建于大坝左岸石梁河边业主营地西侧，占地约 2.59hm<sup>2</sup>。增殖放流对象为胭脂鱼、岩原鲤、瓦氏黄颡鱼、泉水鱼、圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、蛇鮡。放流总规模 10 万尾/年，其中胭脂鱼 0.5 万尾/年、岩原鲤 1.5 万尾/年、泉水鱼 1.0 万尾/年、瓦氏黄颡鱼 3 万尾/年、圆口铜鱼 1.0 万尾/年、长薄鳅 1.0 万尾/年、蛇鮡 1.0 万尾/年、长鳍吻鮡 1.0 万尾/年。放流的地点主要考虑在电站的库区、上游、主要支流和其他未开发或暂未开发河段，持续评估增殖放流效果。

##### 3) 鱼类栖息地保护

根据《关于严控新建水电项目的通知》（渝发改能源〔2019〕517号）文（附件3），取消郁江已规划的水电项目，不再规划建设新的水电项目。白马航电业主委托相关单位，编制完成了《乌江流域重庆段鱼类栖息地保

护方案设计专题报告》，落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施，白马航电枢纽开工建设前，取得重庆市政府批文。白马航电枢纽蓄水前，完成郁江马岩水库坝址拆除、石梁河何家、大院子水电站连通性恢复，以及栖息地保护方案提出的其他生态环境保护措施，并且计列部分环保投资，资助长溪河鱼类自然保护区生态修复。

#### 4) 联合生态调度

根据回顾性评价及其审查意见要求，白马航电建设单位已委托相关单位编制完成联合生态调度方案。

联合彭水、银每年5-7月，在乌江下游产漂流性卵鱼类繁殖季节，彭水梯级择机实施人造洪峰洪水调度，模拟洪水涨落过程，涨水过程维持在3天以上，保持杨家沱断面水位日涨幅在0.5m以上。白马枢纽相应加大闸门开度，进行敞泄调度，使白马坝下及三峡库尾的亲鱼能够上溯至库区产卵场，与上游枢纽同步实施人造洪水调度，促进鱼类完成自然繁殖过程。

#### 5) 敞泄调度

根据回顾性评价要求，白马航电每年6月上旬~7月中旬实施不少于2次敞泄调度。白马航电枢纽敞泄调度启动的边界条件为白马坝上武隆水文站流量达到 $2000\text{m}^3/\text{s}$ ，未来3天武隆水文站预报洪峰流量 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 以上，且来水水温 $18^\circ\text{C}$ 以上，每次敞泄持续6天以上。在开展乌江沿河至河口段梯级联合生态调度方案研究时，结合上游梯级调度方案，进一步优化白马航电敞泄调度原则，将白马航电生态调度纳入梯级联合调度方案中。

另外，报告书进一步提出了禁渔措施、渔政管理、科学研究等一系列保护措施。总体分析，本工程通过优化运行方式，采取鱼类繁殖期生态调度，减缓对库区鱼类产卵场功能的影响；制定栖息地保护修复方案，保护区域鱼类资源；在业主营地内建设鱼类增殖放流站，开展鱼类增殖放流补

偿区域鱼类资源；建设鱼道设施并加强运行维护，维系河流连通性，减缓工程对鱼类阻隔影响；保障生态流量泄放，维护坝下鱼类生境稳定；加强渔政管理，落实流域禁渔，促进水生生物休养生息；开展水生生态监测和科学研究，并根据监测及研究结果，及时优化工程水生生态保护方案，积极参与评价江段生态环境保护工作。工程采取的以上生态保护措施基本满足《乌江干流重庆段水电开发环境影响回顾性评价报告》及其审查意见对白马航电生态保护措施提出的要求。

## 2.2 工程地理位置

白马航电枢纽位于乌江干流下游河段，地处重庆市武隆区白马镇，上距银盘水电站约 46km，距上游的武隆城区约 20km，下距乌江河口约 43km，坝址控制流域面积 83690km<sup>2</sup>，占乌江流域总面积的 95.2%。坝址处坐标为东经 107°32'04.18"，北纬 29°24'31.66"。白马航电枢纽上游约 39km 处有芙蓉江从左岸汇入库区，乌江河口下游 483km 为三峡水利枢纽，三峡回水末端至白马枢纽坝下。

重庆乌江白马航电枢纽地理位置见附图 3。白马航电枢纽遥感影像图见附图 4。

## 2.3 工程建设的必要性

乌江干流彭水至河口河段存在乌江著名的碍航滩险羊角碛，羊角碛是由古滑坡体下滑堆积而成，涉及航道长，已多次采取工程措施整治，均未达到效果，进一步采取河道疏浚或修建丁坝等整治措施投资较大且难于取得预期效果，白马枢纽建设抬高河道水位是治理羊角碛滩险的最佳工程措施，也是乌江渡坝下至河口航道达Ⅳ级航道标准的最后的关键工程。

2012 年批复的《长江流域综合规划（2012~2030 年）》提出乌江渡坝

下至白马 551km 结合梯级建设达到IV级航道标准，白马以下河段可逐步提高至III级航道标准。《交通运输部水运“十三五”发展规划》将乌江白马航电枢纽船闸工程列为内河水运“十三五”重点建设项目。《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》提出加快畅通乌江骨架航道，推进实施乌江白马枢纽通航建筑物工程，全面完成乌江白马至彭水枢纽航道整治，基本实现重庆境内乌江全线达到三级航道标准，规划将白马航电枢纽作为重点建设项目加快推进，见附件 8~附件 10。

(1) 白马航电是实现国家高等级航道规划目标，提升长江黄金水道功能的需要

按照全面建成小康社会的总体部署和推动长江经济带发展的战略要求，国家加快构建畅通、高效、平安、绿色的现代化内河水运体系，以充分发挥内河水运运能大、成本低、能耗小的优势，提升长江黄金水道功能，促成我国“两横一纵两网十八线”等高等级航道的建设。2007 年交通部发布的《全国内河航道与港口布局规划》提出了“一横一网十线”的长江水系高等级航道布局，规划将乌江作为其中“十线”之一，乌江渡~涪陵河段的航道等级规划为IV级。2012 年批复的《长江流域综合规划（2012~2030 年）》提出乌江渡坝下至白马 551km 河段结合梯级建设达到IV级航道标准，白马以下河段可逐步提高至III级航道标准。

天然状态下，乌江河道弯曲、河槽狭窄，滩多、水急，虽经多次治理，航道等级依然不高。随着干流多个梯级的陆续建成，乌江银盘以上河段航道条件得到根本性改善，为乌江高等级航道建设创造了有利条件。同时，依照批准的规划和审批文件，乌江渡枢纽以下规划的构皮滩、思林、沙沱、彭水、银盘 5 座梯级相继建设了通航设施，其中贵州境内的构皮滩枢纽的通航设施即将投入运行，思林、沙沱、彭水和银盘通航建筑物已投入运行。

目前，乌江渡至银盘坝址航道已达到Ⅳ级航道标准；白马坝址至涪陵河口45km为三峡枢纽的库区航道，达到了Ⅲ级航道标准；仅银盘坝址至白马坝址河段，因著名的羊角碛等滩险，航道尺度只能基本达到Ⅴ级航道标准。羊角碛是由古滑坡体下滑堆积而成，涉及航道长，已多次采取工程措施整治，均未达到效果，进一步采取河道疏浚或修建丁坝等整治措施投资较大且难于取得预期效果。

白马航电枢纽的建设将淹没库区大部分滩险，有效改善羊角碛等滩险通航条件，使乌江干流构皮滩以下航道等级达Ⅳ级航道标准，保证乌江与长江干线高等级航道有机衔接，起到承上启下的纽带作用，是治理羊角碛等滩险的最佳工程措施，也是打通乌江至长江黄金水道，实现“干支联动”的最后关键工程。工程建设将大大促进贵州省及重庆市水运交通发展，这也标志着乌江干流开发规划各项任务的预期目标将基本实现，乌江干流开发治理将基本完成。因此，本项目是实现国家高等级航道规划目标，提升长江黄金水道功能的需要。

## （2）白马航电是发挥乌江水运比较优势，支撑腹地产业发展的需要

随着改革开放的不断深入，一系列支持西南地区发展的政策相继实施，为乌江流域创造了经济快速发展的历史机遇。尤其是长江经济带和西部大开发战略，为沿江省市利用自身的资源和区位优势，推进国民经济产业结构调整，提供了有利条件。

乌江流域腹地经济基础较为薄弱，但资源禀赋优越，且劳动力等生产要素成本较低，具备承接产业转移的优势条件，经济社会发展潜力仍然很大。在贵州省和重庆市积极融入长江经济带国家战略，寻求自身经济社会发展新空间的同时，乌江流域工业化进程将加速推进，改造提升传统产业，发展壮大支柱产业，培育发展新兴产业，推进优势资源转化，延长产业链，

加快发展资源深加工业、装备制造业、新兴材料、制药工业、农副产品加工工业等特色产业，发展壮大园区经济将成为乌江流域未来较长一段时间内经济发展的重心，产业体系不断健全，经济和产业规模不断壮大将成为乌江流域经济发展的特点。产业的发展势必带动资源、原材料、产成品、半成品等物流以及人流的集散和互通，这对乌江流域综合交通发展提出更高要求。

白马枢纽建成后，将淹没羊角碛等大型碍航滩险，结合少部分航道工程措施，保障银盘至白马达到IV级航道标准，在大幅提高水运通过能力的同时，还将减少公路、铁路等交通基础设施建设对土地资源、生态环境资源的占用，并有效降低单位运输量的能源消耗和污染物排放量，乌江水运“占地少、成本低、能耗小、污染轻、运能大、效益高”的比较优势将得以充分发挥。根据预测，工程建设后2020年、2030年、2045年白马枢纽过坝货运量分别为210万t、500万t、720万t，其中下行过坝货运量分别为120万t、290万t、400万t，枢纽船闸单向通过能力达到659.6万t，将进一步保障资源优势向产业优势的转化。因此，本项目是发挥乌江航运比较优势，支撑腹地产业发展的需要。

(3) 白马航电是推动地方经济发展，加快“老、少、边、穷”地区脱贫致富的需要

2012年7月，交通运输部集中出台了集中连片特困地区交通扶贫规划，其中《滇桂黔石漠化集中连片特困地区交通建设扶贫规划(2011-2020年)》、《武陵山集中连片特困地区交通建设扶贫规划(2011-2020年)》、《乌蒙山集中连片特困地区交通建设扶贫规划(2011-2020年)》均涵盖贵州省乌江流域部分地区。根据扶贫规划，滇桂黔石漠化集中连片地区、武陵山集中连片地区、乌蒙山集中连片特困地区未来交通发展的重点任务包括加强

基础设施建设、提升运输服务能力和水平。

白马航电枢纽投资大，电站的投入资金中大部分（约 60%）将直接投入到重庆市，将直接拉动当地的经济增长。另白马枢纽建设过程中对机械、材料、设备、电气、运输等多方面的需求，必将刺激周边地区冶金、化工、建材等工业的发展，而随着工业的发展，又必将带动地区城市化建设以及相关的商业、金融业及旅游业的发展，提供大量就业机会，促进第三产业的发展。根据国内外有关水电建设工程拉动经济增长的分析计算，水电站建设对地区经济生产总值的贡献约为工程直接投资 2~3 倍，因此白马航电枢纽在其建设的 9 年中将为该地区增加地区生产总值总计约 120 亿元，平均每年增加地区生产总值 13.3 亿元，约占地区生产总值的 3.5%，对当地经济增长拉动作用巨大。白马航电枢纽施工建设期间，劳动用工共 683 万工日，施工高峰期劳动力人数约 7000 人，多年平均劳动力人数约 3100 人。水电站建设通常可带动间接就业，在施工期内白马航电枢纽平均每年可创造约 6300 个就业岗位。

随着工程的建设，水库蓄水虽导致库区少量耕地、园地受淹，对当地农业生产造成一定损失，但移民及工程开发资金的投入以及对外水、陆交通条件的改善，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。工程兴建同时在人才、信息、交通、通讯、商贸、金融和生活服务等方面需求量也很可观，促使当地加快基础设施建设和迅速提高第三产业的服务能力，促进地区经济布局调整和经济持续、快速、健康发展。白马航电枢纽位于武隆区白马镇，工程建设改善了地区对外交通，可解决白马坝址附近地区的交通出行难问题，有效带动当地社会经济发展，有利于加快扶贫开发进程。同时使白马坝址左岸临近重庆武隆白马工业园区与渝怀铁路线白马货站有效地联系在

一起，形成了立体式的交通网络，提高白马工业园区的区域优势，增加投资吸引力，促进园区的快速发展，从而对提升武隆区工业整体实力，增加财政收入，对于武隆区实现小康社会，建设和谐社会具有重要的战略意义。

(4) 白马航电是符合国家能源发展战略，推进长江经济带“生态优先、绿色发展”的需要

我国经济快速增长，各项建设取得巨大成就，但也付出了巨大的资源和环境代价，经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐，群众对环境污染问题反应强烈。这种状况与经济结构不合理、增长方式粗放直接相关。不加快调整经济结构、转变增长方式，资源支撑不住，环境容纳不下，社会承受不起，经济发展难以为继。党的十九大做出了中国特色社会主义进入新时代的重大政治判断，指出我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期，同时强调以共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展。

随白马航电枢纽建设，一方面可渠化库区内的航道，改善通航条件，将使船舶运载能力提高。航道条件的改善，船舶的运行效率大大提高，运行油耗大大降低。另一方面，白马枢纽的建成，将打通乌江腹地通往长江的水道，乌江腹地货物出行水运运距和单位货物能耗大大低于公路和铁路，大批货物走水路进入长江中下游可大大减少对石油和煤炭等不可再生资源的消耗，符合国家能源战略。同时，白马航电枢纽电站装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿 kW·h，按煤电生产等效电量计算，每年可节约原煤约 78.5 万 t。按其减少的原煤消耗计算，每年可减少 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> 和 烟尘排放量分别为 0.5 万 t、0.4 万 t、140 万 t 和 2.6 万 t，环保效益显著。

因此，白马航电枢纽的建设可大大减少对不可再生的石油和煤碳资源的消耗，减少温室气体排放量，符合国家能源发展战略，同时，将充分发

挥乌江航运的绿色特性和环境效益，推动长江经济带走上“生态优先、绿色发展”之路。

(5) 白马航电是利用水能资源，维持重庆市能源供需平衡的需要

重庆市是能源相对缺乏地区，人均能源资源占有量约相当于全国人均的 50%，能源资源结构中矿物能源资源占 58%，水力资源占 42%，维持本市能源供需平衡是今后一段时期内重庆市经济建设的重中之重。

重庆市煤炭资源不多，煤炭消耗需依赖外区输入。重庆市煤炭产量在 2012 年、2013 年的时候达到最高水平，煤炭年产量超过 4000 万 t，近几年随着去产能的要求，煤炭产量大幅下降。根据 2017 年 4 月发布的《重庆市“十三五”能源发展规划》，规划到 2020 年，煤炭产能调减至 2000 万 t 左右。重庆市天然气储量丰富，天然气开发主要保证本市民用需求和承担“西气东输”任务，尚不具备利用天然气大力发展电力的条件。重庆市水力资源理论蕴藏量约 23000MW，技术可开发量约 9800MW，其中经济可开发量约 8200MW，2016 年底全市水电总装机容量 6879MW，水电已开发量占经济可开发量的 83.9%。根据重庆市的能源资源量及结构分析，开发本市水电是重庆市能源建设的重要环节，也是电力工业可持续发展战略的重大措施。

根据重庆市的发展规划，未来 10~20 年，重庆市国民经济仍将保持较高增长态势，与之相适应，重庆市的能源需求将进一步加大，维持重庆市能源平衡的任务将进一步加重。根据重庆电网的电力发展规划和负荷水平预测，在不考虑白马枢纽投入的情况下，2025 年重庆电网电力市场空间缺口约为 6800MW，电力市场空间较大。白马航电枢纽装机容量 480MW，其建设不仅可为重庆市提供大量的清洁电能，还能改善上游梯级银盘水电站的运行条件，可释放银盘水电站航运基荷，发挥其应有调峰容量效益，优化电网电源结构。因此，白马航电枢纽的开发可进一步合理利用乌江的水

能资源，维持全市能源平衡，符合重庆市能源发展战略。

综上所述，建设白马航电枢纽是十分必要的。

## 2.4 工程任务与特性

### 2.4.1 工程任务

白马航电枢纽上游接银盘水电站，下游为三峡水库，从地区及流域水资源综合利用角度出发，白马航电枢纽是淹没羊角碛滩险、渠化乌江航道，并开发乌江干流丰富的水能资源、释放银盘水电站航运基荷任务的工程。根据乌江沿岸和重庆地区社会经济发展的要求，结合本工程的开发条件，拟定白马航电枢纽开发任务为以航运为主，兼顾发电，并具有对银盘水电站运行进行反调节的作用。

### 2.4.2 工程特性

白马航电枢纽坝址以上控制流域面积 83690km<sup>2</sup>，多年平均流量 1570m<sup>3</sup>/s，多年平均年径流量 495.5 亿 m<sup>3</sup>。正常蓄水位 184m，死水位 180m，设计洪水位 194.36m，校核洪水位 201.93m，总库容 3.74 亿 m<sup>3</sup>，正常蓄水位以下库容 1.67 亿 m<sup>3</sup>，回水长度 45.3km，调节库容 0.41 亿 m<sup>3</sup>。本项目航道通航标准为IV级，通行 500t 级船舶，船闸的级别为IV级，改善通航里程 45.3km，设计水平年货运量 425 万 t/a。白马航电枢纽装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿 kW·h。

本工程征用耕地 1877.3 亩、园地 284.1 亩、林地 3542.3 亩，生产安置人口 1313 人，搬迁安置人口 3341 人。

挡水建筑物最大坝高 87.5m，坝顶长度 588.3m。

通航建筑物为单级单线船闸，有效尺寸为 190m×23m×4.7m。

过鱼设施为单侧导竖式鱼道，位于左岸山体上，过鱼池 450 级，休息池 44 级，有效全长约为 1756m（不含进、出口段），坝下设有 6 个入口，坝上设有 2 个出口，隔板数 496 个，单个过鱼池净宽 2.5m，长 3.0m，底坡 1:47，隔板厚 40cm，竖缝宽度为 50cm。

## 2.5 工程总布置与主要建筑物

### 2.5.1 工程组成

白马航电枢纽由永久工程、临时工程、移民安置工程 and 环境保护工程等组成，其中永久工程由挡水建筑物、泄洪及消能防冲建筑物、电站厂房、通航建筑物等组成。工程项目组成详见表 2.5.1-1。

表 2.5.1-1 白马航电枢纽工程组成表

工程项目		工程组成
永久工程	挡水建筑物	大坝采用混凝土重力坝，坝顶高程 205.50m，最大坝高 87.5m，坝轴线总长 588.3m。
	泄洪及消能防冲建筑物	采用全表孔方案泄洪，设 11 孔表孔，孔宽 14.0m。泄洪消能建筑物 2 区布置，左区布置 80m 的消力池护坦，右区坝址下游布置 50m 的混凝土板。
	电站厂房	电站厂房布置于左岸，为河床式厂房，安装 3 台 160MW 轴流转浆水轮机，厂房总长 182.80m。
	通航建筑物	通航建筑物布置在右岸导流明渠内，采用单级船闸，闸室有效尺寸为 190.0m×23.0m×4.7m，可通过 500t 货船。
临时工程	导流工程	分三期导流：一期在右岸山体上开挖导流明渠，由原河床泄流；二期进行主河床截流，修建二期上、下游土石围堰，形成二期基坑；三期拆除二期上、下游横向土石围堰，封堵导流明渠，在二期基坑内修建船闸坝段，由已建成的泄洪坝段泄流。
	场内交通	公路：17.44km，其中新建 11.52km、改建利用 5.37km，隧洞 1.30km，利用桥梁长度 320m，新建乌江白马公路桥 230m，码头 8 座。319 国道改道 2.53km。
	施工附属企业	施工场地分为三个施工区：左岸石梁河口-螃蟹溪施工区、右岸龙洞沟-坝上游施工区、右岸上游三期围堰施工区。包括混凝土拌和系统、砂石加工厂、综合加工厂、综合仓库、机电安装基地、金结拼装厂、机械汽车停放场、水厂、变电所、办公生活区等、码头、备料场等，总占地面积 40.76hm <sup>2</sup> 。
	弃渣场	规划弃渣场 5 处：左岸螃蟹溪下、上部弃渣场，螃蟹溪存料剩余弃渣场；右岸龙洞沟弃渣场；左岸羊角滑坡治理填料场，弃渣场总占地 83.12hm <sup>2</sup> ，总规划堆渣 2880.6 万 m <sup>3</sup> 。
移民安置工程	移民安置	农村规划生产安置人口 1313 人，其中枢纽工程建设区生产安置 279 人，库区生产安置 1034 人；搬迁安置人口 3341 人。规划白马移民迁建区人口规模 1667 人，用地规模 8.67hm <sup>2</sup> ；土坎移民迁建区人口规模 189 人，用地规模 1.32hm <sup>2</sup> ；油坊沟移民迁建区人口规模 860 人，用地规模 4.79hm <sup>2</sup> ；南溪沟移民迁建区人口规模 949 人，用地规模 5.29hm <sup>2</sup> 。
	防护工程	包括武隆城区乌江二桥至乌江大桥防护段 2420m；北岸乌江大桥至苏

工程项目		工程组成
		家河防护段 960m；武隆城区南岸防护段 1730m。
	专项设施复(改)建	重建石龙村道公路 2578m；重建曹家沟桥(72m×7m)、中咀桥(90m×7m)、油坊沟桥(26m×7m)；码头 7 座，分别为江口镇蒋家坨码头、巷口镇中咀汽渡码头、土坎上渡口码头、城区港航管理处 2、3 号客运码头、城区港航管理处 1 号货运码头和羊角窠船码头；电力和通讯等专项设施。
环境保护工程	过鱼措施工程	单侧导竖式鱼道，隔板数 496 个，单个过鱼池净宽 2.5m，长 3.0m，底坡 1:47，隔板厚 40cm，竖缝宽度为 50cm。过鱼池 450 级，休息池 44 级，有效全长约为 1756m（不含进、出口段），坝下设 6 个入口，坝上设 2 个出口，适宜流速 0.6-0.8m/s。补水管最大补水流量 3.18m <sup>3</sup> /s。
	栖息地保护工程	乌江干流重点保护白马大坝以下至涪陵河口约 43km 河段，包括大溪河、麻溪河、御泉河等支流入河汇口。支流重点保护银盘库尾的郁江马岩洞发电厂房以下至河口 59.4km 河段，支流石梁河大院子电站以下 13km 河段及其次级支流赵家河团家堡-汇口 3km 河段。
	鱼类增殖放流站工程	白马鱼类增殖放流站拟新建于大坝左岸石梁河边业主营地西侧，占地约 2.59hm <sup>2</sup> ，建筑物主要包括：催产孵化车间、亲鱼培育车间、苗种培育车间、室外苗种培育池、防疫隔离池、蓄水池、综合楼等。放流胭脂鱼、岩原鲤、泉水鱼和瓦氏黄颡鱼等珍稀特有鱼类 10 万尾/年。
	临时占地复垦	复垦集体土地面积 2380.1 亩，其中水田 54.80 亩，旱地 474.30 亩（含临时占用的园地），林地 1851 亩。
	水土保持工程	堆渣坡脚拦渣坝、挡水坝、排水箱涵、左右侧截排水沟、渣体表面排水工程、涵管工程等。

## 2.5.2 枢纽布置

枢纽布置格局为：电站建筑物布置在河床靠左侧，泄洪建筑物布置在河床，船闸布置在右岸，鱼道布置在左岸边坡。大坝采用混凝土重力坝，坝顶高程 205.50m，最大坝高 87.50m，坝顶总长 588.30m。建筑物从左至右依次为：左非坝段（55.50m）、电站厂房（182.80m）、泄洪坝段（236.00m）、纵向围堰坝段（16.50m）、船闸坝段（97.50m）。

(1) 左非坝段共 3 个坝段，前缘长度分别为 23.5m、17m、15m，总长 55.50m，建基面高程为 152.50~187.00m。

(2) 电站厂房布置于左岸，左侧接左岸非溢流坝段，右侧接左溢流坝段，整个电站建筑物包括主厂房，安装场，尾水渠等。电站为河床式，

安装 3 台 160MW 轴流转浆水轮机，电站厂房自左向右分别为安 I 段，安 II 段，1<sup>#</sup>~3<sup>#</sup> 机组段，各段之间设永久横缝。安 I 段长 25.00m，安 II 段长 36.00m，安装场总长 61.00m，标准机组段长 39.40m，边机组段长 43.00m，机组段总长 121.80m。整个厂房总长 182.80m。

(3) 泄洪坝段共 12 个坝段，总长 236m。共设 11 个表孔，孔宽 14m，孔高 24m，采用墩中分缝。中闸墩宽 5m，堰顶高程 160m，表孔溢流堰采用 WES 型实用堰。泄洪消能建筑物分 2 区：左区包括 1~3 号表孔，右区包括 4~10 号表孔。此外为满足排沙要求，在泄 1 号坝段墩布置 2 个排沙孔，其进口底高程为 136.00m，断面尺寸为 3×5m（宽×高）。

(4) 通航建筑物布置在右岸导流明渠内，由上游引航道、船闸主体段及下游引航道等组成。船闸主体段由上、下闸首和闸室组成，船闸最大工作水头 32.94m，挡水前缘宽度为 97.50m，结构总长 232.0m，航槽净宽 23.0m，闸室有效尺寸为 150.0m×23.0m×4.2m，年单向通过能力 659.6 万 t，主体段结构均采用整体式 U 形结构。

(5) 单侧导竖式鱼道布置在电站的左侧，进口设置在电站尾水的下游。过鱼池 450 级，休息池 44 级，隔板数 496 个，有效全长约为 1756m（不含进、出口段），坝下设有 6 个入口，坝上设有 2 个出口。鱼道主要建筑物有鱼道进口、过鱼池、鱼道出口等。单个过鱼池净宽 2.5m，长 3.0m。底坡为 1: 47，鱼道适宜流速 0.6-0.8m/s。集鱼渠为 U 形结构，净宽 2.5m，补水渠为箱形结构，净宽 1.5m。补水管最大补水流量 3.18m<sup>3</sup>/s。

枢纽布置见附图 6，立视图见附图 7。

### 2.5.3 主要建筑物

#### (1) 挡、泄水建筑物

白马航电枢纽主要由挡水建筑物、泄洪建筑物、电站厂房和通航建筑

物等组成，从左至右依次为：左岸非溢流坝段、安装场段、河床式电站厂房段、溢流坝段（左区、右区）、纵向围堰坝段、船闸坝段，共分 22 个坝段，坝轴线总长 588.3m。

挡水建筑物主要包括左岸非溢流坝和纵向围堰坝段，泄水建筑物主要包括 12 个泄洪坝段。

左岸非溢流坝段共 3 个坝段，包括左非 1 号~3 号坝段，前缘长度分别为 23.5m、17m、15m，总长 55.50m，建基面高程为 152.50~187.00m。各坝段上游面垂直，左非 2、3 号坝段坝段下游为箱形结构，内部回填石渣。左非 3 号坝段上游箱形壁设楼梯井，平面尺寸 2.4m×4.9m，楼梯井底高程 155.50m，在高程 155.50m、190.00m 处通过交通廊道通向上游基础廊道。左非坝顶布置有厂房出线平台。

纵向围堰坝段布置在泄洪坝段与船闸之间，宽度为 16.50m，顺流向长度为 51m，坝顶布置有表孔检修门库和变电所。

泄坝段左接厂房坝段，右邻纵向围堰坝段，分 12 个坝段，泄 1 号、4 号坝段长度分别为 22m、24m，其余各坝段均长 19m，总长 236m。溢流坝段共设 11 个表孔，从左至右依次编号为 1 号~11 号，表孔堰顶高程 160m，宽度均为 14m，跨横缝布置。泄洪表孔分为左、右 2 区，左区包括 1 号~3 号表孔，右区包括 4 号~11 号表孔。

表孔之间由隔墩分开，左区左边墩厚 15m，右边墩为左、右区的隔墙，厚 10m；右区的左、右边墩厚均为 10m；其余各墩厚度均为 5m。表孔由弧形工作门控制，上游设事故检修平板门。弧形工作门的支承体采用钢筋混凝土预应力锚块。表孔后部为反弧出流段，左区 3 孔的反弧半径为 35m，出口高程 140m，右区深槽 5 孔的反弧半径为 30m，出口高程 145m，右区右边 3 孔的反弧半径为 10m，出口高程 150m。

为满足排沙要求，在泄洪坝段 1 号墩布置 1 个排沙孔。排沙孔进口底高程为 136.00m，断面尺寸为 3×5m（宽×高），出口底高程为 146.00m。排沙孔布置一扇平面定轮工作闸门，在工作闸门上游布置一道进口检修门槽，在排沙孔出口部位布置一道检修门槽。

## （2）船闸

对通航建筑物的型式研究比选了船闸和垂直升船机两类方案。船闸方案投资较低，通过能力大，安全可靠性强，运行费用低，对航运发展的适应性较好，从技术经济综合考虑，推荐通航建筑物型式采用船闸方案。

白马通航建筑物主要由上游引航道、船闸主体段、下游引航道等建筑物组成。为满足下游引航道直线段长度的要求，将船闸上闸首、闸室及下闸首上游 24.0m 伸入到水库内。

上游引航道位于水库开敞水域，引航道直线段长 337.0m，引航道左侧布置有 68.5m 长的墩板式导航墙，引航道右侧布置有 31.5m 长的辅导航墙和 10 个中心距为 18.0m 的靠船墩。

船闸主体段主要由上闸首、闸室、下闸首及输水系统组成，闸室有效尺寸为 150.0m×23.0m×4.2m（长×宽×门槛水深）。船闸主体段总长 232.0m，其中上闸首结构总长 45.0m，闸室结构总长 139.0m，下闸首结构总长 48.0m。上闸首和闸室墙顶高程为 195.70m，下闸首挡洪部分墩顶高程为 205.50m。输水系统采用闸墙长廊道经闸室中心进口垂直分流、闸底支廊道二区段出水的分散输水型式。上、下闸首工作门均采用人字门，上闸首检修门采用平面闸门，下闸首检修门采用叠梁门。输水廊道工作阀门采用反向弧形门，检修阀门采用平板门。

下游引航道底高程 147.00m，有效底宽 42.8m~65.0m，引航道直线段长 205.6m。引航道右侧布置有 68.5m 长的墩板式导航墙和 4 个中心距为

18.0m 的靠船墩，引航道左侧布置有 126.0m 长的曲线型导航墙和 7 个中心距为 15.0m 的靠船墩。下游引航道左侧有总长 515.0m 的隔流堤，隔流堤堤顶高程为 177.0m，利用导流明渠左侧边坡开挖保留的岩埂形成。

### (3) 电站建筑物

电站布置在左侧河床，为河床式厂房，左侧接左岸非溢流坝段，右侧接泄洪坝段，整个电站建筑物包括引水渠，主厂房，安装场，尾水渠等。电站安装 3 台 160MW 水轮发电机组，总装机容量为 480MW。

电站厂房自左向右分别为安 I 段，安 II 段，1<sup>#</sup>~3<sup>#</sup>机组段，各段之间设永久横缝。机组间距 39.40m。安 I 段长 25.00m，安 II 段长 36.00m，安装场总长 61.00m，3 个机组段总长 121.80m，其中 2 个标准机组段各长 39.40m，边机组段长 43.00m。整个厂房总长 182.80m，顺流向宽度为 101.90m。水轮机安装高程为 152.80m。

引水渠布置于厂房上游，渠底高程顺水流向从 162.00m 降到 134.50m，纵坡为 1：4。渠底最宽处约 127m，渠长约 180m。渠轴线向右岸偏转 50°与主河道连接。引水渠左侧为开挖边坡，边坡最大长度约 300m，最大开挖高度约 210m。

引水渠右侧布置拦沙坎，拦沙坎轴线与坝轴线夹角 100°，偏向左岸。坎长 161m，坎顶高程顺流向自 163.00m 降至 160.00m，最大坎高 25.50m。

引水渠末端，即电站进水口前缘，布置 2 条冲沙廊道。廊道底部高程 136.00m，断面尺寸 2.00×5.00m（宽×高），为钢筋混凝土结构。2 条廊道右端连接泄 1 坝段左边墩内排沙孔，分区清排电站进水口前引水渠内淤沙。

尾水渠底宽 121.80m，总长约 366m，由上游反坡段、中部平坡段和下游反坡段组成，其中上游反坡段长 94.96m，渠底高程由尾水管出口处高程 125.26m 抬升至平坡段高程 149.00m，坡比 1：4。中部平坡段长 244m。下

游反坡段长约 26.9m，坡比 1：4，渠底高程自 149.00m 抬升至原河床高程。平坡段和下游反坡段渠轴线向右岸偏转 55°连接主河道。尾水渠右侧为厂坝导墙，左侧为尾水开挖边坡，边坡最大长度约 366m，最大开挖坡高约 137m。

对外公路布置在尾水渠边坡上高程 205.00m 处，连接坝顶，并通过交通桥连接至安 I 段尾水平台。

#### (4) 过鱼建筑物

鱼道布置在电站的左侧，进口设置在电站尾水的下游，出口布置在引水渠上游左侧岸坡上，设 6 个不同高程的进口及两个出口，鱼道有效全长约为 1756m。主要建筑物有鱼道主体结构（鱼道进口、过鱼池、鱼道出口）以及诱鱼补水系统、观测室及其它设施等。

在下游设置六个进鱼口以适应下游水位变化，1#进鱼口距坝轴线约 96.00m，运行水位为 153.20m~156.39m；2#进鱼口距坝轴线约 146.0m，运行水位为 156.39m~159.58m；3#进鱼口距坝轴线约 186.0m，运行水位为 159.58m~162.77m；4#进鱼口距坝轴线约 226.0m，运行水位为 162.77m~165.96m；5#进鱼口距坝轴线约 265.0m，运行水位为 165.96m~169.15m；6#进鱼口距坝轴线约 301.0m，运行水位为 169.15m~172.32m。

单个过鱼池净宽 2.5m，长 3.0m，底坡 1:47，每间隔 10 个过鱼池设置一个长 6.0m 的平底休息池。过鱼池及休息池隔板采用单侧导竖式，隔板厚 40cm，竖缝宽度为 50cm。过鱼池采用整体式 U 型结构，两侧边墙之间以撑梁连接。根据不同水位组合，过鱼池内的设计流速为 0.6m/s-0.8m/s，设计最小水深为 1.5m。

鱼道上游出口距坝轴线约 215.0m，底板高程为 178.50m，侧墙顶高程为 185.0m；出口设有一道检修闸门，一道节制闸门。高水位出鱼口距坝轴线约 288.0m，底板高程为 180.50m，侧墙顶高程为 185.0m；设置一道检修

闸门。

集鱼补水渠由集鱼渠和补水渠构成，平行坝轴线布置，通过牛腿布置在电站尾水平台上，集鱼渠为 U 形结构，净宽 2.5m，补水渠为箱形结构，净宽 1.5m，渠低高程 150.20，顶高程 157.00，渠道长度 149m。补水渠与集鱼渠布置有补水孔，集鱼渠下游侧墙上布置有竖缝式进鱼口。

辅助补水系统通过一根管径 $\phi 1.0\text{m}$ 的钢管从坝上游引水，经过支管引至各进鱼口附近，再通过 5 根管径 $\phi 0.3\text{m}$ 的钢管补水至鱼道进口；另一支管引水至补水渠，通过补水渠与集鱼渠之间直径 0.5m 的补水孔补水至集鱼渠。补水管最大补水流量  $3.18\text{m}^3/\text{s}$ 。

鱼道进口设置水管网，水管网由主管和支管组成，布置在进口闸顶上，水管网洒水面积约  $25\text{m}^2$ 。

鱼道穿越左侧非溢流坝部位设观测室一座，观测室内布置有观察窗、过鱼计数器等设备。观测窗布置在观测室靠鱼道侧，窗口与鱼道侧槽壁齐平，底部与鱼道过鱼池底高程相同，顶部高程与鱼道水面齐平。

鱼道平面布置见附图 28。

#### 2.5.4 水土保持

##### (1) 工程措施

各防治分区工程措施主要有：枢纽工程防治区的马道载土槽、开挖边坡截排水、蓄水池措施等；弃渣（存料）场防治区包括堆渣坡脚拦渣坝、挡水坝、排水箱涵、左右侧截排水沟、渣体表面排水工程、涵管工程等沟水处理工程，以及堆渣边坡防护和土地整治措施；场内交通工程防治区包括道路下边坡浮渣拦挡以及临时道路上侧临时截排水措施等；施工生产生活防治区包括场地拦挡、护坡、截排水和土地整治措施。移民安置工程防治区包括拦挡、截排水和土地整治措施等。

## (2) 植物措施

植物措施包括施工迹地植被恢复和工程施工创面两大方面。施工迹地植被恢复以水土保持林和景观园林绿化等模式为主，其中水土保持林考虑成片规划在弃渣场、施工交通（临时道路）、施工生产生活区迹地恢复，景观园林绿化主要规划在业主营地、永久建筑物等周边。工程施工创伤面主要包括开挖边坡、填筑边坡、平台迹地、堆渣区等，植被恢复措施包括营造水土保持林、种植槽栽植攀援植物和灌草绿化、厚层基材植被护坡和框格灌草结合护坡等。

## (3) 临时措施

各防治分区临时措施主要类型包括临时拦挡遮盖工程、临时绿化工程和临时排水沉沙工程等。

## 2.6 工程施工

### 2.6.1 施工条件

#### (1) 对外交通

乌江白马航电枢纽工程坝址对外交通条件较好，公路有 319 国道和湘渝高速，水路有乌江航道。距坝址较近的火车站除渝怀铁路的涪陵、武隆和彭水火车站外，还有重庆九龙坡、万盛和南川火车站。319 国道武隆区白马镇至涪陵段已改建为二级公路。乌江白马航电枢纽坝址以下河段为 IV 级航道。

#### (2) 建筑材料

工程附近的水泥厂有重庆腾辉地维水泥厂和湖北华新水泥厂、荆门水泥厂等。重庆腾辉地维水泥厂水泥曾用于芙蓉江江口水电站；湖北华新水泥厂、荆门水泥厂的水泥在长江三峡水利枢纽和乌江彭水、银盘水电站等大型水利水电工程中均有应用，水泥质量可靠，可满足工程建设的需要。

水泥可通过水路或公路运至工地。

工程所需粉煤灰可由珞璜电厂供应，长江三峡水利枢纽和乌江彭水、银盘水电站等采用过该厂粉煤灰。

工程需要钢筋、钢材可由重庆、上海、武汉、鞍山等地供应。

工程需要木材可由本地供应。工程所需火工材料、油料等由地方物资部门供应。

工程区乌江河段（坝址上下游 30km 范围内）缺乏天然砂砾石料，混凝土骨料需人工制备。本工程加工混凝土骨料所需石料全部利用白马坝址大坝开挖可利用料，剩余开挖可利用料作为石渣和块石料的填筑料源；坝区附近无粘土料，防渗墙所需粘土料考虑外购膨润土。

### （3）水电供应条件

施工期用水在乌江取水，经水厂处理后供应生产、生活使用，生活用水也可从白马镇管网接引自来水。施工期用电电源可由武隆区白马镇的 110kV 和 35kV 变电所向坝区所设的 35kV 施工变电所供电。

### （4）地方资源条件

生活用品可由武隆区、涪陵区及重庆市供应；当地劳动力资源较为丰富；机修加工利用武隆区现有能力。

## 2.6.2 施工导流

### 2.6.2.1 导流方案

白马航电枢纽工程采用分期明渠导流方案，利用混凝土纵向围堰坝段及其上下游岩埂围堰，将枢纽建筑物分为左右两部分分期施工，导流明渠结合船闸布置在右岸，工程分三期导流。

一期在右岸山体上开挖导流明渠，一期导流采用预留岩埂挡水，水流从原河床下泄，船舶自原河床通航。

二期进行主河床截流，修建二期上、下游土石围堰，形成二期基坑。在二期基坑内修建大坝泄洪坝段、厂房坝段及左岸非溢流坝段，水流从导流明渠下泄，在一定流量范围内，船舶由导流明渠通航。

三期拆除二期上、下游横向土石围堰，封堵导流明渠，在三期基坑内修建船闸坝段，由已建成的泄洪坝段泄流，此期间坝址断航；水库蓄水至正常蓄水位后，由三期围堰与已完建坝体共同挡水，第一批机组发电。

### 2.6.2.2 导流程序

第1年1月，开始右岸导流明渠开挖，至第2年10月完工。

第2年10月，二期围堰开始进占，11月主河床截流，12月完成防渗墙施工，随后进行基坑抽水。第3年1月底二期围堰完工。

第3年1月，开始进行二期基坑开挖、基础处理、主体混凝土浇筑、金属结构安装等，第5年11月开始二期围堰拆除，第6年2月底，二期围堰拆除完成。

第5年12月，三期围堰开始进占，第6年1月初导流明渠截流，4月底三期围堰施工完成；第6年10月第一台机组发电。

第8年12月，三期围堰开始拆除，至2月底完工。第9年3月底，工程竣工。

导流程序见表 2.6.2-1。

表 2.6.2-1 白马航电枢纽工程坝址施工导流程序表

导流时段	导流标准	洪峰流量 (m <sup>3</sup> /s)	泄水 建筑物	挡水 建筑物	上下游 水位(m)	挡水建筑物 高程(m)	备注
第1年1月~ 第2年10月	全年 10%最大瞬时	20900	天然河道	预留石埂	184.30 184.30	186.00 186.00	导流明渠 等施工
第2年11月~ 第3年3月	11~3月 20%最大瞬时	4300	导流明渠	二期截 流戗堤	175.10	177.00	11月上旬 截流
第3年1月~ 第5年11月	全年 10%最大瞬时	20900	导流明渠	二期围堰	187.08 184.30	190.00 186.00	
第6年1月~3	11~3月	4300	泄洪表孔	三期截	175.50	176.50	1月初截流

月	20%最大瞬时			流戗堤	175.10		
第6年4月~ 第8年11月	全年 5%最大瞬时	23900	泄洪表孔	三期围堰	188.50 187.18	187.00 186.00	三期围堰 挡水
第9年3月	工程竣工						

### 2.6.2.3 基坑排水

#### (1) 一期基坑

一期基坑初期为干地施工，无初期排水。

经常性排水：基坑积水仍按一日排干考虑，计算排水量为 1314m<sup>3</sup>/h。

#### (2) 二期基坑

初期排水：本工程二期截流拟在上游土石围堰进行，截流流量为 1680m<sup>3</sup>/s，相应下游水位为 173.38m，因此，待下游土石围堰合龙闭气后，按此水位计算基坑积水量。经计算，基坑积水约 227 万 m<sup>3</sup>。初期排水控制抽水速度按基坑水位下降每天不大于 2.5m 考虑，拟两个星期抽干，每天排水量为 16.2 万 m<sup>3</sup> 或 6750m<sup>3</sup>/h。

经常性排水：基坑排水为雨水、围堰渗水及施工用水，二期大坝施工期全年最大一日降水量为 157.7mm。基坑积水仍按一日排干考虑，计算排水量为 1970m<sup>3</sup>/h。

#### (3) 三期基坑

初期排水：本工程三期截流拟在第 6 年 1 月中旬进行，截流流量为 835m<sup>3</sup>/s，相应下游水位为 169.25m，因此，待下游土石围堰合龙闭气后，按此水位计算基坑积水量。经计算三期基坑积水约 142 万 m<sup>3</sup>。初期排水控制抽水速度按基坑水位下降每天不大于 2.5m 考虑，拟 10.5 天抽干，每天排水量为 13.5 万 m<sup>3</sup> 或 5630m<sup>3</sup>/h。

经常性排水：基坑排水为雨水、围堰渗水及施工用水，三期大坝施工期全年最大一日降水量为 157.7mm。基坑积水仍按一日排干考虑，计算排

水量为 1314m<sup>3</sup>/h。

#### 2.6.2.4 下闸蓄水与下游供水

根据施工总进度安排、水文资料、下游供水要求等，初拟白马坝址下闸蓄水日期、蓄水流量标准、下游供水流量、蓄水历时、下闸流量标准等见表 2.6.2-2。

表 2.6.2-2 白马坝址下闸蓄水标准与安排

首台机组发电时间 (年.月)	初期运行水位 (m)	蓄水 库容 (亿 m <sup>3</sup> )	下闸 时间 (年.月)	蓄水流量标准		下游供水流量 (m <sup>3</sup> /s)	蓄水 历时 (d)
				频率	流量 (m <sup>3</sup> /s)		
第 6 年 10 月	184	1.28	第 6 年 9 月	85% 月平均	809	385	3.5

蓄水期间，通过泄水闸闸门向下游控泄，保证下泄流量不小于通航最小流量 385m<sup>3</sup>/s。

#### 2.6.2.5 导流工程施工

##### (1) 导流明渠及纵向围堰施工

##### 1) 土石方工程施工

##### ①施工程序

导流明渠（包括纵向围堰基础）开挖在预留岩埂的保护下进行。导流明渠采用全线分段自上而下的方式同时开挖。明渠（含纵向围堰）开挖基本是干地施工，其中高程 188m 以下部分主要在二期围堰保护下进行施工，堰外部分充分利用低水位进行开挖，围堰占压部分开挖与二期预留岩埂围堰拆除一同进行。

主要施工程序为：覆盖层开挖→岩石开挖→边坡支护→预留石埂围堰水下爆破拆除。

##### ②施工方法

覆盖层采用 2~4m<sup>3</sup> 挖掘机直接开挖，180~220Hp 推土机配合集渣，

15~25t 自卸汽车出渣；岩石开挖采用钻爆法施工，潜孔钻或全液压钻车钻孔，自上而下梯段爆破，开挖轮廓采用光面爆破或预裂爆破控制，纵向围堰基础开挖预留 2m 厚保护层。其中，岩溶角砾岩强度小，主要采用 2~4m<sup>3</sup> 挖掘机直接开挖，局部强度较大部位分层爆破开挖。渣料采用 2~4m<sup>3</sup> 挖掘机挖装，180~220Hp 推土机配合集渣，15~25t 自卸汽车出渣。

充分利用低水位时进行堰外部分开挖，采用潜孔钻钻孔爆破，2m<sup>3</sup> 长臂反铲挖装，15~20t 自卸汽车出渣。

一期预留岩埂围堰在汛期拆除，以 156m 为分界分为水上和水下拆除部分。水上部分拆除采用潜孔钻钻孔爆破，2m<sup>3</sup> 挖掘机装料，15~20t 自卸汽车出渣；水下部分拆除采用潜孔钻陆上钻孔爆破，水位较浅部位采用 2m<sup>3</sup> 长臂反铲配 15~25t 自卸汽车出渣，水位较深部分采用 2~4m<sup>3</sup> 抓斗式挖泥船施工，500m<sup>3</sup> 砂驳配拖轮水运渣料至上、下码头，皮带机转运上岸，20t 自卸汽车转运至弃渣场。

开挖料中利用加工混凝土骨料的有用料运至左岸螃蟹溪存料场指定区域堆存，剩余开挖料运至右岸龙洞沟弃渣场，其中作为三期围堰填筑料的部分需在指定区域单独堆存。

明渠开挖（含纵向围堰基础开挖）过程中根据地质条件及时进行安设锚杆、喷射混凝土等边坡支护措施。边坡支护施工方法同挡水泄洪建筑物施工方法。

## 2) 混凝土工程施工

纵向岩埂围堰明渠侧衬砌护坡混凝土和明渠防冲底板混凝土均采用 10t 自卸汽车运送，履带吊配 3m<sup>3</sup> 卧罐浇筑，手持插入式振捣器振捣密实。

## 3) 施工进度及强度

导流明渠于筹建期内开工，至第 2 年 3 月完成开挖，开挖施工时段月 22 个月，平均施工强度约 66 万 m<sup>3</sup>/月。一期预留岩埂拆除于第 2 年 8 月中

旬~10月底施工，平均施工强度约 25.2 万 m<sup>3</sup>/月。

纵向岩埂围堰明渠侧衬砌护坡和明渠防冲底板混凝土浇筑安排在第 2 年 3 月至 9 月，混凝土浇筑工期 7 个月，浇筑高峰强度约 0.6 万 m<sup>3</sup>/月。

## (2) 土石围堰施工

### 1) 土石方工程施工

二期土石围堰由左岸向右岸进占；三期土石围堰由右岸向左岸进占。

土石围堰填筑施工程序为：截流戗堤填筑→围堰防渗平台填筑→防渗墙施工→围堰加高培厚至设计高程

#### ① 围堰填筑

围堰填筑主要采用 15~25t 自卸汽车运输，端进法抛填，120~320Hp 推土机配合施工。围堰水下部分采用抛填法施工。端进法直接向水中抛填，推土机向水中推料，及时平整堰体顶面以便于汽车进占。围堰水上部分先填筑至防渗墙施工平台高程，进行防渗墙施工，然后再进行墙顶土工合成材料的铺筑及两侧砂砾过渡料、石渣料填筑。填筑施工采用分层铺筑，分层碾压的方法。

块石护坡施工，采用自卸汽车运卸，现场人工抬运堆砌施工。

铅丝石笼施工，采用自卸汽车运铅丝网片和填充石料至填筑现场，人工拼装摆放铅丝箱，石料由自卸汽车直接卸至铅丝内，人工或机械将填充石料砌垒平整，最后由人工绑扎封箱盖。

#### ② 混凝土防渗墙施工

防渗墙施工程序为：防渗墙平台平整→槽口板混凝土浇筑→钻抓开挖成槽→混凝土浇筑。混凝土防渗墙采用“两钻一抓”法成槽。CZF 系型冲击反循环钻钻凿主孔，泵吸反循环出渣，GSD80 型钢丝绳抓斗或 BH12 型液压抓斗直接抓副孔，在副孔中遇到大块径的漂石和块石时，换用重锤进行破碎，跳槽施工，泥浆固壁。混凝土采用泥浆下直升导管法连续浇筑。

### ③ 墙下帷幕灌浆施工

二期围堰墙下帷幕灌浆最大钻孔深约 25m。砼防渗墙施工时墙内预留直径 110mm 的钢管，每段防渗墙施工完、初凝拔管后，即可进行该段基岩的帷幕钻孔灌浆。

### ④ 围堰拆除

二期上游围堰拆除至高程 155m，二期下游围堰全部拆除；三期上游围堰拆除至高程 160m，下游围堰拆全部拆除。

土石围堰水上部分拆除可采用 2~4m<sup>3</sup> 挖掘机从堰顶及堰内侧同时进行，220Hp 推土机配合集渣，15~25t 自卸汽车出渣；水下部分拆除时，根据不同的水深和拆除强度，采用不同的施工方法。

二期围堰在拆除时段受三峡库区水位顶托影响，所处水深较深（最大深度约 20m），三期围堰拆除时段受蓄水发电影响，所处水深较大（最大深度分别约 23m、17m），靠近水面部分采用 2~4m<sup>3</sup> 长臂反铲倒退开挖施工，15~25t 自卸汽车出渣；水下较深部分采用 2~4m<sup>3</sup> 抓斗式挖泥船挖渣，挖泥船弃渣由 300Hp 拖轮配 250m<sup>3</sup> 石驳装运，皮带机转运上岸。

围堰混凝土防渗墙采用潜孔钻陆上钻孔，爆破拆除。

二期围堰拆除料部分可直接用于三期围堰填筑，部分运至左岸螃蟹溪弃渣场堆放；三期围堰拆除料水上部分运至右岸龙洞沟弃渣场，水下拆除部分从水运至左岸上岸后转运至螃蟹溪弃渣场。

### 2) 施工进度与强度

二期围堰填筑于第 2 年 9 月下旬~第 3 年 1 月底完成，上、下游围堰施工强度分别约 35 万 m<sup>3</sup>/月、24 万 m<sup>3</sup>/月；混凝土防渗墙于第 2 年 11 月中旬~第 3 年 1 月中旬完成，上、下游混凝土防渗墙施工强度分别约为 0.5 万 m<sup>2</sup>/月、0.3 万 m<sup>2</sup>/月；围堰拆除于第 5 年 11 月~第 6 年 2 月底施工，上、下游围堰拆除施工强度分别约 16 万 m<sup>3</sup>/月、13.2 万 m<sup>3</sup>/月。

三期围堰填筑于第 5 年 12 月~第 6 年 4 月底完成,上、下游围堰填筑施工强度分别约 19.43 万  $m^3$ /月、7.1 万  $m^3$ /月;混凝土防渗墙于第 6 年 1 月下旬~3 月完成,上、下游混凝土防渗墙施工强度均约为 0.6 万  $m^2$ /月、0.15 万  $m^2$ /月;围堰拆除于第 8 年 12~第 9 年 2 月施工,施工强度分别约 19.0 万  $m^3$ /月、16.7 万  $m^3$ /月。

## 2.6.3 主体工程施工

### 2.6.3.1 挡水泄洪建筑物施工

#### (1) 土石方工程施工

##### 1) 施工程序

左岸非溢流坝段高程 175m 以上部位开挖与左岸厂房坝段高程 175m 以上部位(含厂房进水口左侧道路)一同施工,与导流明渠开挖同期实施。

溢流坝段高程 175m 以上部位开挖部分随纵向围堰基础开挖施工,剩余部位在二期围堰保护下施工。

##### 2) 施工方法

① 开挖:开挖施工方法同导流明渠施工方法。建基面以上要求预留 2m 厚保护层,保护层开挖采用一次爆除的方法施工。左岸非溢流坝段、溢流坝段开挖渣料均运至左岸螃蟹溪弃渣场指定区域。

② 边坡处理:工程主要采用锚喷支护、预应力锚索、边坡排水等措施进行边坡处理。

#### (2) 混凝土工程施工

挡水建筑物主要包括左岸非溢流坝段、溢流坝段、纵向围堰坝段,均安排在二期工程实施,采用门机施工方案。

左非 1#坝段混凝土利用布置在左岸坝肩的 1 台履带吊进行浇筑施工。左非 3#坝段高程 169.0m 以下部位混凝土浇筑安排在左非 1#坝段浇筑形成

后，利用布置在左非 1#坝段坝顶处的溜槽直接入仓浇筑。左非 3#坝段浇筑至高程 169.0m 后，在其中部 169.0m 平台（需回填部分石渣）沿顺流向铺设轨道（长约 27m），布置 1 台 MQ600 型高架门机，承担左非 2#和左非 3#坝段 169.0m 以上部位混凝土浇筑施工，同时兼顾安 I 坝段混凝土浇筑。门机取料点布置在左非 1#坝段顶部，混凝土由左岸拌和系统供应，采用 10t 自卸汽车运输，运输线路为：左岸混凝土拌合系统→6#公路→4#公路（上坝公路）→左非 1#坝段坝顶取料点。

溢流坝段混凝土拟采用在上下游共布置 5 台 MQ900 型高架门机进行浇筑。在 4#~10#坝段上游沿坝轴线方向铺设轨道，共轨布置 2 台 MQ900 型高架门机，轨顶高程 137.0m。在泄 1#~泄 4#（左区）下游消力池底板高程 140.0m 处沿坝轴线方向铺设门机轨道，布置 1 台 MQ900 高架门机。在泄 5#~泄 8#坝段下游消力池高程 124.0m 处沿坝轴线方向铺设门机轨道，布置 1 台 MQ900 高架门机。另外，在泄 9#~泄 12#坝段下游消力池底板高程 145.0m 处沿坝轴线方向铺设门机轨道，布置 1 台 MQ900 高架门机。5 台门机可覆盖溢流坝段全部范围，且能相互支援。厂坝导墙、左中导墙和下游消力池混凝土利用布置在下游的门机浇筑，门机覆盖不到的部位，可利用 1 台履带吊配 3m<sup>3</sup>吊罐入仓浇筑。混凝土浇筑高峰期，布置 1~2 台混凝土泵进行增援。

溢流坝段混凝土均由左岸混凝土拌合系统供应，主要采用 20t 自卸汽车运输，下游门机混凝土运输线路为：左岸混凝土拌合系统→6#公路→2-2#公路→二期下游围堰→基坑取料点。上游门机混凝土根据施工阶段不同安排两条运输线路，第 6 年 8 月以前，纵向围堰上下游道路贯通，上游门机混凝土运输线路为：左岸混凝土拌合系统→6#公路→2-2#公路→二期下游围堰→纵向围堰及坝身段→二期上游围堰→基坑取料点。第 6 年 8 月，纵向围堰坝段开始加高，上游门机混凝土运输线路改为：左岸混凝土拌合系统→6#

公路→迎宾路→2-1#公路→二期上游围堰→基坑取料点。

纵向围堰坝身段建基面高程 190.0m，混凝土利用布置在泄 9#~泄 12# 坝段下游消力池的 1 台 MQ900 门机浇筑。

对于大仓面混凝土，采用平仓振捣机进行平仓振捣；对于钢筋及金属埋件密集部位，采用手持式振捣器进行振捣。

### (3) 施工进度与强度

第 3 年 1 月二期围堰修筑完成，开始溢流坝段基础开挖；第 3 年 10 月开始溢流坝段混凝土浇筑；第 4 年 9 月溢流坝段全线上升至高程 145.0m；第 4 年 12 月浇筑至堰顶高程 160.0m；第 5 年 5 月大坝上升至高程 185.0m，开始弧门等金属结构安装；第 5 年 9 月，大坝全线浇筑到顶，坝顶贯通；第 5 年 12 月，金属结构安装完成；第 6 年 2 月三期截流，大坝挡水。

一期工程混凝土年高峰浇筑强度 7.7 万  $\text{m}^3/\text{年}$ ，发生在第 2 年。混凝土月高峰浇筑强度约 1.38 万  $\text{m}^3/\text{月}$ 。

二期工程混凝土年高峰浇筑强度约 83.42 万  $\text{m}^3/\text{年}$ ，发生在第 4 年。混凝土月高峰浇筑强度约 11.62 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ，其中溢流坝段高峰月强度 6.2 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ，发生在第 4 年 8 月至 12 月。左非坝段高峰月强度 0.6 万  $\text{m}^3/\text{月}$ 。

## 2.6.3.2 电站建筑物施工

### (1) 土石方工程施工

#### 1) 施工程序

为降低厂房坝段开挖强度，电站厂房坝段（含尾水渠）边坡及基础高程 175m 以上水上部分提前开挖，高程 175m 以下部分则在二期围堰保护下实施。开挖按照先厂坝后尾水渠顺序进行。

#### 2) 施工方法

电站土石方水上部分的干地开挖施工方法与大坝开挖施工方法相同，

水下开挖施工方法则与导流明渠堰外水下开挖方法相同。开挖料部分用于二期围堰填筑料直接上堰，剩余渣料运至左岸螃蟹溪弃渣场堆存。部分弃渣料运至羊角滑坡造地。

### (2) 混凝土工程施工

厂房混凝土施工拟采用高架门机为主的施工方案，在电站厂房上、下游各布置 2 台 MQ900 型高架门机。

在电站厂房上游开挖高程 134.5m 处，沿坝轴线方向铺设门机轨道，布置 2 台 MQ900 型高架门机。另外，在电站厂房下游尾水渠高程 130.0m 处，沿坝轴线方向铺设门机轨道，布置 2 台 MQ900 型高架门机。

上述 4 台高架门机可覆盖厂房机组段全部范围和安装场坝段部分区域，混凝土浇筑高峰时段采用 1~2 台混凝土泵进行增援。门机覆盖不到的安装场坝段利用布置在左非 3#坝段高程 169.0m 处的 1 台 MQ600 型门机浇筑。布置在厂房下游导墙侧的门机还可对覆盖范围内的厂坝导墙混凝土浇筑进行增援。

厂房下游尾水渠和拦沙坎混凝土利用 1 台履带吊配 3m<sup>3</sup> 吊罐入仓浇筑。布置在厂房上游坝趾处的冲沙孔混凝土可待上游门机拆除后，利用 1 台履带吊进行浇筑。

电站厂房进口段、扩散段等部位尽量采用组合钢模板。电站厂房主要为框架结构和板、梁、柱结构，一般以手持式振捣器振捣为主。

### (3) 金属结构安装

电站厂房金属结构安装主要有进口拦污栅、进口检修闸门、进口事故闸门、尾水检修门、坝顶门机及启闭设备等，安装总工程量 7700t。

厂房安 I 坝段于第 5 年 6 月浇筑封顶完毕，开始坝顶门机、尾水门机及桥机安装，第 5 年 12 月底进口拦污栅、事故闸门、进口检修门及尾水检

修门安装完毕，上下游检修门具备挡水条件。

#### (4) 施工进度与强度

电站厂房进水口 319 国道改线部分（高程 229m 以上边坡部分）开挖在筹备期施工；高程 175m 以上部位开挖于第 1 年 1 月～第 2 年 10 月完成，平均开挖强度约 17.77 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ；高程 175m 以下部位基础（含尾水渠相邻部分）开挖于第 3 年 1～10 月完成，平均施工强度约 25.45 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ；基坑内剩余进水渠和尾水渠部分开挖于第 3 年 11 月～第 4 年 1 月完成施工，平均开挖强度约 13.7 万  $\text{m}^3/\text{月}$ 。

厂房（含安 I、安 II）混凝土月高峰浇筑强度约为 5.6 万  $\text{m}^3/\text{月}$ ，发生在第 4 年 10 月至第 5 年 5 月。

根据施工总进度安排，厂房混凝土安排在第 3 年 11 月开始浇筑；第 5 年 6 月安 I 坝段浇筑到顶，开始桥机安装；第 5 年 8 月安 II 坝段浇筑到顶；第 6 年 3 月底厂房全部封顶完毕。

### 2.6.3.3 通航建筑物施工

#### (1) 土石方工程施工

##### 1) 施工程序

通航建筑物的闸室及闸首在三期围堰保护下施工，下游引航道水下岩石开挖充分利用低水位期进行。

##### 2) 施工方法

闸室同溢流坝段施工方法，引航道开挖同导流明渠施工方法。开挖料运至右岸龙洞沟弃渣场。

#### (2) 混凝土工程施工

##### 1) 施工程序

通航建筑物混凝土施工在上下游全年挡水围堰的保护下干地施工。主

要施工程序为：基础块混凝土浇筑→固结灌浆→坝体分层、分块浇筑上升（宽槽回填及接缝灌浆）→闸门及金属结构安装。

## 2) 施工方法

船闸采用门、塔机为主的施工方案。

在船闸上闸首高程 150.0m 处，固定布置 1 台 MQ900 型高架门机，主要承担上闸首、上游导航墙混凝土浇筑。上闸首下部大体积混凝土浇筑高峰期，在上游布置 1 台履带吊进行增援。闸室全长 139.0m，两侧开挖边坡高且陡，闸室混凝土拟采用高架门机施工方案。在闸室左侧上游纵向围堰顶部铺设门机轨道，共轨布置 2 台 MQ900 高架门机，主要承担覆盖范围内的闸室左侧块各仓位混凝土浇筑及钢筋、模板、金属结构吊装工作。另外，在闸室右侧块建基面高程 131.0m 处顺流向铺设门机轨道，布置 1 台 MQ900 高架门机，承担闸室右侧块各仓位混凝土浇筑及钢筋、模板、金属结构吊装工作。闸室右侧块利用高架门机采用退浇法施工，由闸室两端仓位逐步向中间渐进浇筑。

船闸下闸首主要利用 1 台固定布置的 MQ900 型高架门机进行浇筑。MQ900 门机布置在下闸首下游导航墙和右岸岸坡之间高程 147.0m 处，混凝土浇筑高峰期，利用 1 台履带吊和布置在纵向围堰顶部的 1 台 MQ900 门机进行增援。两台高架门机共同承担下闸首混凝土浇筑施工。

高架门机覆盖不到的船闸上、下游引航道、边坡支护等部位选用 1 台履带吊或混凝土泵进行浇筑。

通航建筑物混凝土均由右岸拌和系统供应，采用 10~20t 自卸汽车运输，布置在上闸首的门机混凝土运输线路为：右岸混凝土拌合系统→3#公路→三期上游岩梗围堰→基坑取料点。布置在下闸首下游门机和布置在闸室内的门机混凝土运输线路为：右岸混凝土拌和系统→3#公路→坝顶右岸上游

侧门机取料点。布置在上游纵向围堰顶部的门机混凝土运输线路为：右岸混凝土拌合系统→3#公路→三期上游岩埂围堰→上游纵向围堰→取料点。

模版工程主要采用大型悬臂钢模板和组合钢模，尽可能少用木模。通航建筑物主要采用手持式振捣器振捣密实。

在船闸底板中部设置有 1.2m 宽的宽槽，在上、下闸首垂直水流向的布置键槽灌浆缝。

通航建筑物金属结构安装项目主要有上闸首检修挡水门、人字工作门、浮式系船柱、下闸首人字门、下闸首检修门、上游输水廊道检修门及拦污栅、上游输水廊道工作门、下游输水廊道工作门、下游输水廊道检修门等及其启闭设备。

船闸上闸首事故检修门和检修门桥机、下闸首检修门及闸顶桥机分别在上、下闸首土建施工完成后进行安装。先安装桥机轨道梁及桥机，再利用桥机安装检修门。桥机利用闸顶布置的汽车吊进行安装。

上、下闸首人字门分节运至闸顶，利用闸顶布置的大型汽车安装。上下闸首人字门启闭设备也用汽车吊安装完成。

船闸输水廊道进口拦污栅、上下游检修门及启闭机等设备重量较轻，可利用土建施工门机吊装。上下游输水廊道工作门及启闭机利用仓面布置的汽车吊完成安装。

### （3）施工进度与强度

通航建筑物混凝土浇筑安排在三期工程施工。第 6 年 2 月导流明渠截流；第 6 年 4 月三期上下游围堰填筑形成，并开始船闸基础开挖；第 6 年 7 月开始混凝土浇筑，至第 8 年 1 月全线浇筑到顶，混凝土浇筑工期共计 19 个月。

通航建筑物（含上下游引航道及边坡支护）混凝土月高峰浇筑强度约为 6.4 万  $m^3$ /月，其中上闸首高峰强度约 1.4 万  $m^3$ /月，闸室高峰强度约 2.2

万  $\text{m}^3$ /月，下闸首 1.9 万  $\text{m}^3$ /月。

#### **2.6.3.4 鱼道工程施工**

##### **(1) 土石方施工**

鱼道布置在电站的左侧，鱼道进口设置在电站尾水的下游，鱼道出口布置在引水渠上游的左侧岸坡上。鱼道土石方施工随左岸边坡、厂房尾水开挖施工一起进行。鱼道基础开挖从第 3 年 2 月起至第 4 年 1 月止，共 12 个月，总开挖量为 77.78 万  $\text{m}^3$ ，开挖强度为 6.48 万  $\text{m}^3$ /月。

##### **(2) 混凝土施工**

过鱼池采用整体式 U 型结构，两侧边墙之间以撑梁连接。采用 10~20t 自卸汽车运输至各浇筑部位，主要由履带吊吊罐入仓浇筑。鱼道浇筑从第 4 年 2 月起至第 6 年 5 月止，共 16 个月，总浇筑量为 7.7 万  $\text{m}^3$ ，施工强度为 0.48 万  $\text{m}^3$ /月。

##### **(3) 金属结构安装**

金属结构构件从金结拼装场运至现场安装部位，采用履带吊吊装就位进行安装。

#### **2.6.3.5 渗控工程施工**

##### **(1) 施工程序**

渗控工程主要包括坝基的固结灌浆、帷幕灌浆和排水孔等项目。

渗控工程按照同一地段的基岩灌浆先建基面固结灌浆后帷幕灌浆的程序进行施工，各灌浆区的帷幕灌浆待该区域的固结灌浆完成后，在灌浆廊道内和灌浆平洞内进行。

基础排水孔一般在相应部位灌浆完成后进行，边坡排水孔一般在支护完成后进行。

##### **(2) 施工方法**

### 1) 固结灌浆

建基面固结灌浆一般采用有盖重方式进行，即在大坝混凝土浇筑至相应高程并达到 70% 的设计强度后方可开始实施。

固结灌浆一般在 3~4m 盖重混凝土上进行。采用成孔较快的 YQ80 冲击钻钻孔、分序加密、自上而下的纯压式施工，单孔灌注。BW50/100 型灌浆泵灌浆，自动记录仪记录。坝基固结灌浆以坝段为灌浆施工单元，按分序加密的原则，分 III 序施工。

### 2) 帷幕灌浆

帷幕灌浆按先灌下游排、后灌上游排、排间分序的程序进行，采用孔口封闭、孔内循环的灌浆方式。采用 XY-2PC 型回转式钻机或全液压钻机钻孔，BW100/100 型灌浆泵灌浆，自动记录仪记录。

### 3) 排水孔

基础排水孔钻孔采用地质钻机。

## (3) 施工进度与强度

### 1) 固结灌浆

纵向围堰坝段基础固结灌浆于第 2 年 5 月上半月施工；左岸非溢流坝基础固结灌浆于第 2 年 12 月~第 4 年 12 月中旬；溢流坝段基础固结灌浆于第 3 年 12 月~第 4 年 8 月中旬施工；厂房坝段段基础固结灌浆于第 3 年 12 月~第 4 年 11 月中旬施工；船闸基础固结灌浆于第 6 年 8 月~12 月中旬施工。高峰施工强度约 0.62 万 m<sup>3</sup>/月。

### 2) 帷幕灌浆

纵向围堰坝段帷幕灌浆于第 3 年 12 月~第 4 年 5 月施工；左岸非溢流坝帷幕灌浆分别于第 3 年 5 月~第 5 年 8 月中旬；溢流坝段（含护坦）帷幕灌浆于第 3 年 10 月~第 5 年 7 月施工；厂房坝段机组段帷幕灌浆于第 4

年 10 月~第 5 年 9 月施工；船闸坝段帷幕灌浆于第 7 年 3 月~第 8 年 2 月施工；左、右岸坝肩平洞内帷幕灌浆均于第 3 年 7 月~第 4 年 9 月施工。高峰施工强度 0.18 万 m/月。

## 2.6.4 施工交通运输

### 2.6.4.1 对外交通

#### (1) 外来物资运输量及来源

白马航电枢纽对外交通运输总量为 143.23 万 t，主要为水泥、粉煤灰、钢材、木材、炸药、油料、建材、生活物质、机电设备、施工机械等。其中水泥 55.33 万 t，粉煤灰 15.03 万 t，钢筋、钢材 12.10 万 t。

#### (2) 对外交通运输方案

根据白马航电枢纽工程对外交通运输条件，本工程对外交通运输可采用全水路运输、全公路运输、水路转公路和铁路转公路运输四种方式。综合比选后选择水运为主、陆运为辅的对外交通运输方案。

水运为主、陆运为辅的运输方案：

水运为主：重庆 $\xrightarrow[\text{长江}]{124}$ 涪陵 $\xrightarrow[\text{乌江}]{43}$ 坝址

陆运为辅：(1) 重庆 $\xrightarrow[\text{铁路}]{150}$ 武隆 $\xrightarrow[\text{319国道}]{34}$ 坝址

(2) 重庆(南环立交处、界石) $\xrightarrow[\text{渝湘高速}]{84}$ 南川(水江) $\xrightarrow[\text{渝湘高速、S411}]{38}$ 坝址

选择水运为主、陆运为辅的对外交通运输方案，重庆以远的水运物资可在重庆九龙坡港中转公路及铁路或在涪陵港转乌江水路及公路；重庆以远的铁路运输物资可在重庆九龙坡站中转公路，也可在南川站或武隆站转公路。重庆境内物资可水路或公路直接运输至坝址。

### 2.6.4.2 施工场内交通

场内交通公路布置结合对外交通及 319 国道改线工程过坝运输的要求，以左岸 4#公路（上坝公路、原 319 国道利用段）、6#公路、8#公路、10#公

路，右岸过坝交通隧洞及 3#公路等为核心的交通网络，初期采用临时汽渡码头，主体工程施工期采用乌江白马公路桥沟通左右岸交通。

场内道路总长 17.22km，其中新建 12.20km，改建利用 3.17km，隧洞 1.30km，利用桥梁长度 320m，新建乌江白马公路桥 230m，码头 6 座。

## 2.6.5 施工总布置

根据场地条件、场内外交通、导流程序、枢纽布置，本工程施工场地共规划三个施工区：①左岸桥头-螃蟹溪施工区；②右岸龙洞沟-坝上游施工区；③右岸上游三期围堰施工区。各区规模见表 2.6.5-1。

### (1) 左岸桥头—螃蟹溪施工区

该区位于坝轴线下游 0.50~1km 的乌江左岸支流石梁河河口附近，区内场地高程分布在 200~460m，主要布置有混凝土拌和系统、砂石加工厂、综合加工厂、机电安装基地、金结拼装厂、机械汽车停放场、施工水厂、35kV 施工变电所、螃蟹溪弃渣场（上、下部）、围堰备料场（二、三期）和利用料堆场等。具体布置如下：

1) 左岸混凝土拌和系统：位于左坝肩与石梁河右岸间的台地，旧红旗桥右桥头，系统布置高程 204m，占地 3.70 万 m<sup>2</sup>。

2) 砂石加工厂：位于石梁河左侧、螃蟹溪冲沟右侧的平台，10#公路（X788 县道）可到达附近，加工厂布置高程 260~320m；水处理车间布置在 10#公路（X788 县道）靠山侧，高程 235~240m；占地 9.5 万 m<sup>2</sup>。

3) 综合加工厂：分设位于石梁河左右岸新红旗桥上下游侧，高程 190~200m，占地 1.50 万 m<sup>2</sup>。

4) 综合仓库：位于石梁河右岸 10#公路（X788 县道）左侧冲沟），高程 265.0m，占地 0.5 万 m<sup>2</sup>。

5) 机电安装基地：设在石梁河口的乌江边的 4#公路靠江侧（现有 319 国道旁），高程 202.0m，占地 1.3 万 m<sup>2</sup>。

6) 金结拼装厂：位于石梁河右岸新红旗桥下游侧，高程 198m，占地 0.95 万 m<sup>2</sup>。

7) 机械汽车停放场：共设 2 处机械汽车停放场，占地面积分别为 0.95 万 m<sup>2</sup>（前期利用，后作金结拼装场）、0.7 万 m<sup>2</sup>。

8) 施工水厂：设在石梁河左岸 6#公路旁，高程 190.0m，占地 0.80 万 m<sup>2</sup>；取水泵站设在坝上游 0.62km，占地 0.06 万 m<sup>2</sup>；加压泵站、设在 10#公路旁，高程 255.0m，占地 0.28 万 m<sup>2</sup>。总占地 1.14 万 m<sup>2</sup>。

9) 35kV 施工变电所：设在石梁河左岸 10#公路旁、紧邻白马镇垃圾填埋场，高程 325.0m，占地 0.3 万 m<sup>2</sup>。

10) 办公生活区：生活区设在左岸 10#公路（X788 县道）两处回头弯旁，高程 310~345m，占地面积 5.23 万 m<sup>2</sup>；业主营地在工程施工的一、二期期间租用白马镇房屋，二期工程混凝土施工完成后，拆除左岸混凝土拌和系统新建业主营地，并作为永久工程管理营地；高程 204~210m，占地面积 3.70 万 m<sup>2</sup>；为利用场地。

11) 重件运输码头：设在坝址下游 4#公路（现有 319 国道旁）靠江侧，高程 200.5m，占地 0.8 万 m<sup>2</sup>。

12) 螃蟹溪上部弃渣场：设在石梁河内螃蟹溪的上部，弃渣高程 280~484m，占地 33.90 万 m<sup>2</sup>，渣场容积 1248.56 万 m<sup>3</sup>。

13) 螃蟹溪下部弃渣场：设在石梁河内螃蟹溪的下部，弃渣高程 160~280m，占地 10.15 万 m<sup>2</sup>，渣场容积 333.45 万 m<sup>3</sup>。

14) 围堰备料场（二、三期）：设在螃蟹溪上部弃渣场内，占地面积（为利用面积）10.0 万 m<sup>2</sup>。

15) 利用料堆场：设在螃蟹溪下部弃渣场内，高程 280m，占地 14.90 万 m<sup>2</sup>；其中利用螃蟹溪下部弃渣场占地 3.46 万 m<sup>2</sup>。

(2) 右岸龙洞沟施工区

1) 前期临时施工营地：设在龙洞沟左侧的山脊，高程 420~440m，占地 1.10 万 m<sup>2</sup>。

2) 机械汽车停放场：设在龙洞沟弃渣场下部，高程 400m，占地 1.0 万 m<sup>2</sup>，为利用龙洞沟弃渣场用地。

3) 龙洞沟弃渣场：设在龙洞沟冲沟内，高程 350~520m，占地 34.86 万 m<sup>2</sup>。

### (3) 右岸上游三期围堰施工区

1) 右岸混凝土拌和系统：位于坝上游 3#公路靠山侧，系统布置高程 196m，占地 1.60 万 m<sup>2</sup>。

2) 综合加工厂：位于坝上游 3#公路靠山侧，系统布置高程 205~220m，占地 1.00 万 m<sup>2</sup>。

3) 船闸施工营地：位于坝上游 3#公路靠山侧，系统布置高程 205~220m，占地 0.50 万 m<sup>2</sup>；为利用综合加工厂用地。

本区前期可作为明渠施工及前期右岸临建施工场地。

白马航电枢纽施工总布置见附图 8。

表 2.6.5-1 白马航电枢纽工程施工临时设施占地一览表

编号	项目	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	备注
一.	左岸桥头-螃蟹溪施工区		
1	左岸混凝土拌和系统	3.70	
2	砂石加工厂	9.50	
	1) 砂石加工厂	8.70	
	2) 砂石系统废水回收处理站	0.80	
3	综合加工厂	1.50	
4	综合仓库	0.50	
5	机电安装基地	1.30	
6	金结拼装厂	0.95	前期为机械汽车停放场
7	机械汽车停放场 1	(0.95)	
8	机械汽车停放场 2	0.7	
9	施工水厂	1.14	
	1) 施工水厂	0.80	
	2) 加压泵站	0.28	
	3) 取水泵站	0.06	
10	35KV 施工变电所	0.30	

编号	项目	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	备注
11	办公生活区	6.73	
	1) 业主营地	1.00	左岸混凝土拌和系统二期工程完工后作为业主营地
	2) 办公生活区	5.23	
12	重件运输码头	0.80	
13	螃蟹溪上部弃渣场	33.90	
14	螃蟹溪下部弃渣场	10.15	
15	二、三期围堰备料场	(10)	利用螃蟹溪弃上部渣场
16	利用料堆场	11.44 (3.46)	容积 653.55 万 m <sup>3</sup>
17	小计	81.11	
二.	右岸龙洞沟-坝上游施工区		
1	右岸前期临时营地	1.10	
2	机械汽车停放场	[1.0]	利用渣场, 建筑面积 0.05 万 m <sup>2</sup>
3	龙洞沟弃渣场	34.86	容积 1012.08 万 m <sup>3</sup>
4	小计	35.96	
三	右岸上游三期围堰施工区		
1	右岸混凝土拌和系统	1.60	
2	综合加工厂	1.00	
3	船闸基地	[0.5]	后期利用综合加工厂
	小计	2.60	
四	合计	120.67	

注：括号内数字为重复利用场地占地面积。

## 2.6.6 施工工厂设施

### 2.6.6.1 砂石加工系统

本工程开挖利用料在螃蟹溪堆料场堆存，堆料场高程 210~300m，毛料运距 4.0km。系统加工所需毛料从螃蟹溪堆料场取料，采用汽车运输至砂石加工系统粗碎受料坑，平均运距 0.9km。

砂石加工系统布置在坝址下游高程 265~320m 的台地上，距坝址约 0.9km（直线距离），承担工程所需的全部混凝土骨料的生产任务。需生产混凝土骨料 589.9 万 t，其中粗骨料 412.9 万 t，细骨料 177.0 万 t。系统规模按满足混凝土浇筑强度 11.62 万 m<sup>3</sup>/月的骨料需要量设计，系统处理能力 1100t/h。

砂石加工系统包括粗碎车间、半成品堆场、预筛分洗石车间、筛分车

间、检查筛分车间、中细碎车间、制砂车间、成品堆场、水处理车间等。系统占地面积 8.7 万 m<sup>2</sup>。

砂石加工系统工艺流程见图 2.6.6-1。

二期工程施工期间，左岸混凝土生产系统所需混凝土骨料由砂石加工系统成品堆场通过胶带机运输线运至左岸混凝土系统。一、三期工程施工期间，右岸混凝土生产系统所需混凝土骨料通过汽车运至右岸混凝土系统。

砂石加工系统主要技术指标见表 2.6.6-1。

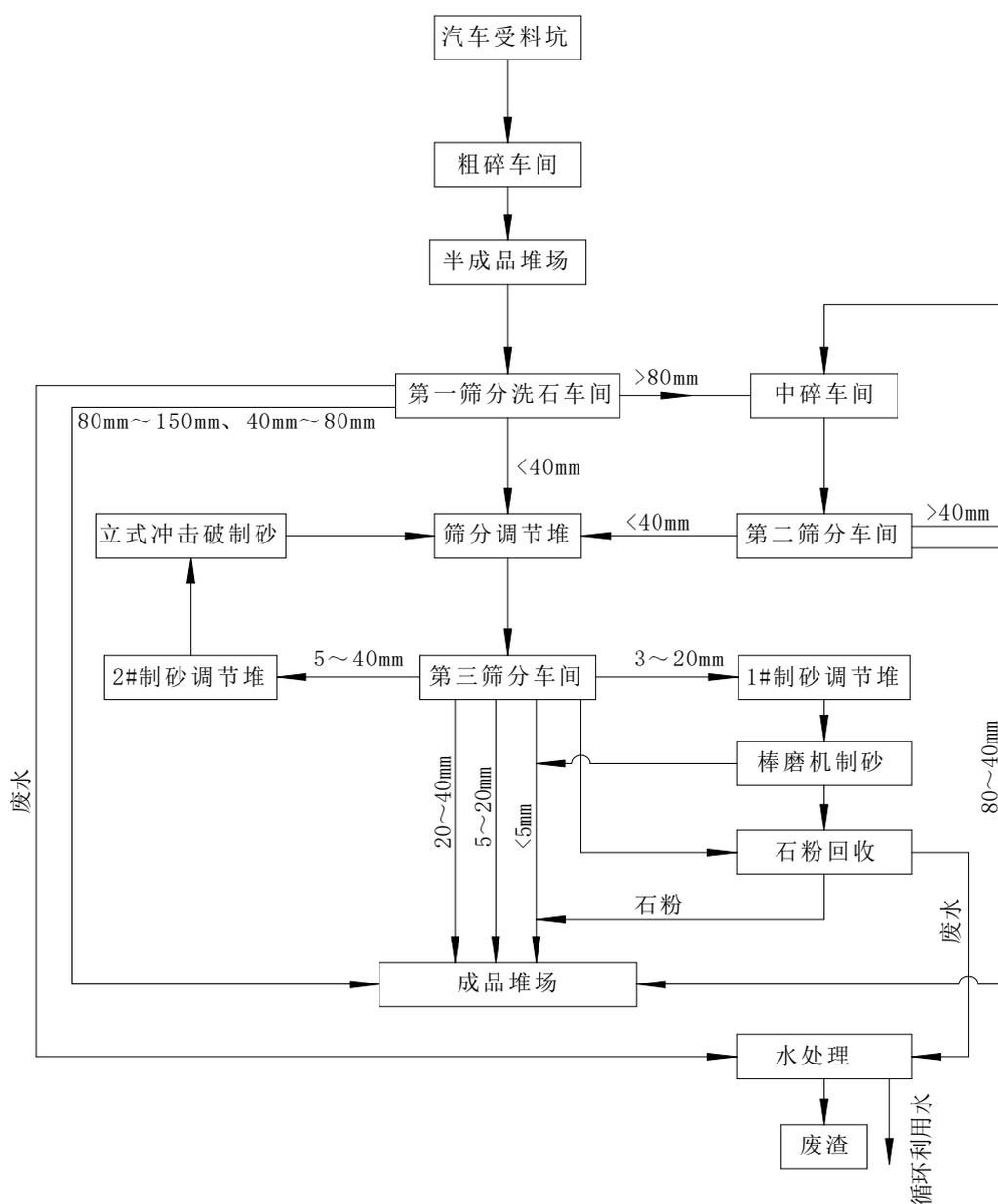


图 2.6.6-1 白马航电枢纽工程砂石加工系统工艺流程图

表 2.6.6-1 白马航电枢纽工程砂石加工系统主要技术指标表

序号	项目		单位	指标	
1	混凝土设计强度		万 m <sup>3</sup> /月	11.62	
2	成品设计 生产能力	粗骨料	t/h	615	
		砂	t/h	265	
3	设计 处理 量	粗碎车间	t/h	1100	
		第一筛分车间	t/h	1100	
		中碎车间	t/h	580	
		第二筛分车间	t/h	580	
		第三筛分车间	t/h	1600	
		立轴制砂车间	t/h	780	
		棒磨制砂车间	t/h	120	
4	堆场 容量	半成品料仓	万 m <sup>3</sup>	3.	
		筛分调节料堆	万 m <sup>3</sup>	1.2	
		制砂原料料仓	万 m <sup>3</sup>	1.8	
		成品 堆场	粗骨料	万 m <sup>3</sup>	3.2
			砂	万 m <sup>3</sup>	2.4
5	耗水量（生产用水）		t/h	1100	
6	系统安装功率		kW	5100	
7	工作制度		每天 14 小时两班		
8	定员		人	200	
9	系统建筑面积		万 m <sup>2</sup>	4500	
	系统占地面积		万 m <sup>2</sup>	8.7	

### 2.6.6.2 混凝土生产系统

根据工程分区与施工总布置要求，电站分三期施工，结合坝体混凝土施工特点，拟在三期上游围堰右岸堰头处设置右岸混凝土生产系统，一期施工时配置一座 HZS90 搅拌站承担纵向围堰坝身段及导流明渠所需混凝土的生产任务；三期施工时配置一座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼，承担船闸所需混凝土的生产任务。在石梁河布置左岸混凝土生产系统（两座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼），承担二期工程溢流坝段、厂房坝段、左非所需混凝土的生产任务。混凝土施工高峰在二期，强度达 11.62 万 m<sup>3</sup>/月。

### (1) 右岸混凝土生产系统

右岸混凝土生产系统设置在三期上游围堰右岸堰头处，距坝轴线约0.3km，系统布置高程195~255m。

一期施工纵向围堰及导流明渠，混凝土施工强度为1.38万 m<sup>3</sup>/月，混凝土由在右岸设置的一座 HZS90 搅拌站供应，生产能力 90m<sup>3</sup>/h。所需骨料从砂石加工系统成品净料堆场取料。混凝土出料采用汽车运输。

三期施工船闸混凝土在右岸，混凝土施工强度为 6.33 万 m<sup>3</sup>/月，由右岸混凝土生产系统承担。系统配置一座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼，生产能力 240m<sup>3</sup>/h。所需骨料从左岸砂石加工系统成品净料堆场取料，汽车运输至系统受料坑。拌和楼混凝土出料采用汽车运输。

### (2) 左岸混凝土生产系统

左岸混凝土生产系统设置在左岸坝肩，拌和楼布置在 8#公路与 6#公路围成的高程 200m 平台。二期左岸施工溢流坝段、厂房坝段、左非等，混凝土总量 181.05 万 m<sup>3</sup>，混凝土施工强度为 11.62 万 m<sup>3</sup>/月，混凝土由左岸混凝土生产系统承担。系统配置两座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼，生产能力 480m<sup>3</sup>/h。所需骨料从左岸砂石加工系统成品净料堆场取料，胶带机运输至混凝土生产系统。拌和楼混凝土出料采用汽车运输。

左岸混凝土生产系统工艺流程同右岸混凝土生产系统。左岸混凝土生产系统主要技术指标见表 2.6.6-2。

表 2.6.6-2 白马航电枢纽工程左岸混凝土生产系统主要技术指标表

序号	项 目	单 位	二期工程指标	
1	拌和楼生产能力	常态混凝土	m <sup>3</sup> /h	480
		预冷混凝土	m <sup>3</sup> /h	320
2	成品料调节堆场	万 m <sup>3</sup>	3.76	
3	胶凝材料仓库容量	水泥	t	7500
		粉煤灰	t	1600
4	二次筛分能力	t/h	2×600	

序号	项 目	单 位	二期工程指标
5	需水量	m <sup>3</sup> /h	1200
6	空压机房容量	m <sup>3</sup> /min	240
7	系统占地面积	万 m <sup>2</sup>	3.7

### 2.6.6.3 混凝土制冷系统

左岸混凝土系统预冷混凝土按生产强度为 320m<sup>3</sup>/h, 出机口温度按 10~12℃设计; 右岸混凝土系统预冷混凝土按生产强度为 160m<sup>3</sup>/h, 出机口温度按 10~12℃设计。左右岸系统均按照预冷常态混凝土设计。

白马航电枢纽工程混凝土预冷总制冷装机容量为 18608kW (1600×10<sup>4</sup>kcal/h, 标准工况), 其中右岸混凝土系统制冷容量 6397kW (550×10<sup>4</sup>kcal/h, 标准工况), 左岸混凝土系统制冷容量 12211kW (1050×10<sup>4</sup>kcal/h, 标准工况)。左岸混凝土预冷系统与左岸混凝土生产系统布置在一起, 右岸混凝土预冷系统与右岸混凝土生产系统布置在一起。左、右岸混凝土预冷系统各设置 1 座一次风冷制冷车间和 1 座制冷楼, 冷媒设计液氨, 其中左岸储罐液氨贮量约 70t, 右岸储罐液氨贮量约 35t。

### 2.6.6.4 施工供风、供水、供电系统

#### (1) 施工供风

本工程施工用风, 不集中设置。开挖、混凝土浇筑等用风由各工作面配置移动式空压机, 各混凝土拌和系统内的胶凝材料输送采用固定式空压站集中供风。其中左右岸混凝土生产系统分别设置规模为 240m<sup>3</sup>/min 和 120m<sup>3</sup>/min 的固定式空压站。

#### (2) 施工供水

施工供水由生产水系统和生活水系统组成。根据施工总体布置, 水处理系统布置在左岸, 右岸供水系统的水源由左岸供水系统供给。

供水系统中的生产水系统主要承担大坝浇筑养护、砂石混凝土系统、

土石方开挖、小型施工企业、公用设施等生产用水及消防用水等。生活水系统主要供施工营地的用水。

根据大坝的月浇筑强度和左右岸各施工企业配备设备的生产能力，以及其他用水户的施工规模和相应的用水定额，生产水的供水规模为 5.2 万 t/d。其中砂石系统的生产废水回收后再利用，利用率不低于 60%。生活水的供水规模按 0.30 万 t/d 考虑。

左岸供水系统由取水泵站、水厂和输配水工程组成。取水泵站位于大坝上游 0.6km 处，紧邻 319 国道，占地约 750m<sup>2</sup>。水厂布置在迎宾路与 6# 公路之间，与左岸混凝土系统相邻，占地约 8000m<sup>2</sup>，高程 190m。输配水工程包括高程 255 加压泵站和高程 355 水池。高程 255 加压泵站布置在左岸砂石系统与 10#公路之间，占地约 2800m<sup>2</sup>。高程 355m 水池布置在左岸生活区附近，占地约 750m<sup>2</sup>，管道跨石梁河处设置管桥。

左右岸供水系统主要技术指标见表 2.6.6-3、表 2.6.6-4。

表 2.6.6-3 白马航电枢纽工程左岸供水系统主要技术指标一览表

序号	项目名称	规模（规格）	单位	数量
1	取水泵站	5.5 万 t/d	座	1
2	水厂	5.5 万 t/d	座	1
3	高位水池	生活水：200m <sup>3</sup>	座	1
		生产水：4000m <sup>3</sup>	座	1
4	输配水管线	生产水管线：DN400mm~DN900mm	km	3.0
		生活水管线：DN250mm	km	2.8
		Φ800mm 管桥 L=70m	座	1

表 2.6.6-4 白马航电枢纽工程右岸供水系统主要技术指标一览表

项目名称	规模（规格）	单位	数量
输配水管线	生产水管线：DN500mm	km	3.0

### (3) 施工供电

川东电力白马供电所辖区有 35kV 变电所三座，110kV 变电所二座。其电力容量完全满足白马航电枢纽施工用电的需要，按现有电源条件，拟从

重庆市武隆供电公司 110kV 黎明变电站（变压器容量  $2\times 31.5\text{MVA}$ ）出线二回 35kV 线路至工地，作为白马航电枢纽施工电源。

工程高峰用电负荷达 16500kW，在左岸用电负荷中心，临近左岸混凝土系统附近，建施工总降压变电所一座，规模为 35/10kV， $2\times 12.5\text{MVA}$ ，供全工区用电，变电所占地面积约 3000m<sup>2</sup>。

#### **2.6.6.5 施工废水处理系统**

施工生产废水主要是指左岸砂石加工系统、左岸混凝土生产系统、右岸混凝土生产系统产生的废水。砂石混凝土生产系统废水排放量大，含泥量高，必须对砂石、混凝土生产系统排放废水进行泥水分离使水中悬浮物满足环保要求后方能排放或重复利用。

左岸砂石加工系统设置在石梁河的左岸，高程 265~320m 的台地上。砂石加工系统包括粗碎车间、半成品堆场、预筛分洗石车间、筛分车间、检查筛分车间、中细碎车间、制砂车间、成品堆场。系统处理能力 1100t/h。系统占地面积 8.7 万 m<sup>2</sup>。生产用水采用废水回收后循环使用，施工供水系统补充 40%的用水量。

在 10#路边高程 235m~240m 的台地上建废水处理站 1 座，处理能力为 1300m<sup>3</sup>/h，占地面积 7800m<sup>2</sup>。

#### **2.6.6.6 机械修配系统**

白马航电枢纽施工期机械维修保养充分利用白马镇现有的机修设施，承担汽车、机械修理任务，工地只设可供部分机械、汽车停放保养场地，占地 8200m<sup>2</sup>，建筑面积 1400m<sup>2</sup>。

#### **2.6.6.7 综合加工企业**

工程施工所需的钢筋加工、木模加工、预制构件加工等，考虑在左、右岸分别设置综合加工厂，承担工程施工所需的混凝土预制构件、钢筋的

半成品和成品、木模板和细木制品等综合加工任务。

右岸综合加工厂为一期工程和三期工程施工服务，布置于坝上游 3#公路靠山侧，布置高程 205~220m，主要包括钢筋加工厂、木材加工厂，综合加工厂占地面积 8000m<sup>2</sup>，建筑面积 180m<sup>2</sup>，其中钢筋加工厂占地面积 6000m<sup>2</sup>，木材加工厂占地面积 2000m<sup>2</sup>。

左岸综合加工厂为二期工程施工服务，分设位于石梁河左右岸新红旗桥上下游侧，高程 190~200m，包括钢筋加工厂、木材加工厂，综合加工厂占地面积 1.5 万 m<sup>2</sup>，建筑面积 250m<sup>2</sup>，其中钢筋加工厂占地面积 12000m<sup>2</sup>，木材加工厂占地面积 3000m<sup>2</sup>。

#### 2.6.6.8 仓库系统

##### (1) 水泥、粉煤灰库

根据混凝土工厂规划，右岸一期建有 500m<sup>3</sup> 胶凝材料储罐 3 个，三期建有 1200m<sup>3</sup> 胶凝材料储罐 4 个，左岸建有 1200m<sup>3</sup> 胶凝材料储罐 7 个，可满足高峰期水泥 10 天、粉煤灰 15 天的用量，不需另设占地。

##### (2) 特殊材料库

###### 1) 油库

由于在坝址上游约 800m 处 319 国道旁有白马加油站，工程施工所需油料考虑该加油站供应，现场不设置油库。

###### 2) 炸药库

考虑火工材料由武隆区供应，随用随供，施工区内仅设炸药清退库，容量不超过 5t，占地面积 10000 m<sup>2</sup>。

##### (3) 综合仓库

工区需设置综合仓库以储备、堆存生活及其他物质，按储备 10 天计算，综合仓库建筑面积 2000m<sup>2</sup>，占地面积 5000m<sup>2</sup>。

## 2.6.7 土石方平衡与弃渣、存料规划

### 2.6.7.1 土石方平衡

白马航电枢纽工程各建筑物开挖总量为 2909.30 万 m<sup>3</sup>（包括围堰清基、围堰及锚地平台拆除），填筑总量 274.69 万 m<sup>3</sup>，主要为土石围堰填筑和大坝回填，场区场平回填量 295.57 万 m<sup>3</sup>（自然方）。

根据料源规划及施工进度安排，本工程土石方调配与平衡结果为：

1) 工程开挖总量 2909.30 万 m<sup>3</sup>（包括围堰及锚地拆除料）中利用 1108.42 万 m<sup>3</sup>（含骨料利用料和场平回填工程量），剩余弃渣 1800.88 万 m<sup>3</sup> 分别运至龙洞沟弃渣场、螃蟹溪弃渣场（备料场）指定区域堆存。

2) 工程填筑总量 240.33 万 m<sup>3</sup>（自然方）中利用 71.17 万 m<sup>3</sup> 直接上堰（平台）填筑，剩余 163.54 万 m<sup>3</sup> 在螃蟹溪备料场堆存，其中 5.62 万 m<sup>3</sup> 利用料在砂石加工系统加工后上堰填筑。

3) 场平回填 295.57 万 m<sup>3</sup>（自然方）全部直接利用开挖料。

4) 工程砼骨料所需石料 295.34 万 m<sup>3</sup> 全部利用开挖料。

### 2.6.7.2 弃渣场规划

本工程弃渣场共规划 5 处：左岸螃蟹溪下部、上部弃渣场，螃蟹溪存料剩余弃渣场，右岸龙洞沟弃渣场，左岸羊角滑坡治理填料。渣场规划见表 2.6.7-1。

表 2.6.7-1 白马航电枢纽工程弃渣场特性表

岸别	弃渣名称	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	弃渣高程 (m)	堆渣容积 (万 m <sup>3</sup> )	最大堆渣量 (自然方)(万 m <sup>3</sup> )
左岸	螃蟹溪下部	10.15	160~280	333.45 (压实)	295.57
	利用剩余料临时堆存	(7.67) 4.21	280~320	263.33	181.79
	螃蟹溪上部	33.90	280~454	1248.56	963.94
	羊角滑坡			91.75 (压实)	89.95
右岸	龙洞沟	34.86	350~520	1012.08	793.64
	合计	83.12		2949.17	2324.89

### 2.6.7.3 存料规划

#### (1) 混凝土骨料堆存场

螃蟹溪存料场利用螃蟹溪下部弃渣场形成高程 280m 的平台。存料范围是高程 280m 以上至螃蟹溪上部渣场坡脚间，堆存可作为混凝土骨料的开挖利用料。

存料场(混凝土骨料毛料)堆存竖向高程 280m~360m，占地面积 14.72 万 m<sup>2</sup>，其中利用渣场占地 7.12 万 m<sup>2</sup>，利用料存料(自然方) 468.54 万 m<sup>3</sup>，其中直接利用(自然方) 1.72 万 m<sup>3</sup>，转运利用(自然方) 318.31 万 m<sup>3</sup>，剩余弃渣(自然方) 148.51 万 m<sup>3</sup>，存料容积 653.55 万 m<sup>3</sup>。

#### (2) 表土堆放场

工程拟在龙洞沟弃渣场布置 1#表土堆放场，在螃蟹溪弃渣(存料)场高程 410m 平台布置 2#表土堆放场，并在左岸生活区和左岸混凝土拌合系统场布置 3#、4#表土堆放场(在螃蟹溪弃渣场高程 410m 平台形成后转运至 2#表土堆放场)。

### 2.6.8 施工机械及劳动力

#### (1) 主要施工机械设备

白马航电枢纽主要施工机械设备见表 2.6.8-1。

表 2.6.8-1 白马航电枢纽工程主要施工机械设备表

序号	机械名称	规格或型号	单位	数量
1	液压钻机		台	4
2	高风压钻		台	4
3	潜孔钻	YQ-100	台	15
4	自卸汽车	10~15t	台	25
		25~25t	台	133
5	挖掘机	1~2m <sup>3</sup>	台	6
		2~4m <sup>3</sup>	台	18
6	推土机	120~180HP	台	3
		220~320HP	台	10

序号	机械名称	规格或型号	单位	数量
7	振动碾	12~15t	台	4
8	冲击反循环钻机		台套	22
9	钢丝绳抓斗		台	10
10	液压抓斗			2
11	抓斗船	2~4m <sup>3</sup>	艘	3
12	石驳	500m <sup>3</sup>	艘	6
13	拖轮	720kw	艘	3
14	高架门机	MQ900, 起重量 10~30t, 最大工作幅度 22~62m, 吊高 90m	台	9
		MQ600, 起重量 10t, 最大工作幅度 16~45m, 吊高 70m	台	1
15	履带吊	W-4, 起重量 10t	台	3
16	布料机	BJ600×40	台	2
17	汽车吊		台	3
18	混凝土泵	生产率 60m <sup>3</sup> /h	台	4
19	自卸汽车	10~20t	辆	30

## (2) 劳动力

主体工程施工期高峰劳动力 7000 人，其中管理人员人数 350 人，总工日 683 万个。

## (3) 施工强度

本工程从正式开工到第 1 台机组发电工期 6 年 9 个月，3 台机组全部发电的工期 7 年 5 个月，船闸投入运行工期 9 年 3 个月（均不包括筹建期），施工强度指标见表 2.6.8-2。

表 2.6.8-2 分年及高峰月施工强度指标表

项目	单位	筹建期	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	合计	高峰月强度
土石方开挖	万 m <sup>3</sup>	676.30	713.6	716.26	466.19	36.51	59.77	86.37		17.63	58.89	2969	116.86
土石方填筑	万 m <sup>3</sup>			144.91	8.03		3.66	118.09				274.69	71.94
混凝土浇筑	万 m <sup>3</sup>			6.98	12.30	85.06	69.71	27.23	54.54	1.24		257.12	11.62
金属结构安装	万 t					0.64	0.93	0.15	0.38	0.28		2.37	0.16

注：土石方开挖包含围堰拆除量。

## 2.6.9 施工总进度

### (1) 施工总工期

工程第1年1月初开始施工准备，第6年10月初第一台机组发电，第7年5月底全部机组投产发电，第9年3月底船闸调试完毕，工程完工。工程总工期99个月（不包括18个月工程筹建期），其中施工准备期22.5个月、主体工程工期46.5个月，工程完建期30个月。

### (2) 施工关键线路、关键项目

施工关键线路、关键项目为：导流明渠→纵向围堰→二期围堰→二期基坑开挖→11孔溢流坝段混凝土浇筑及金结安装、厂房混凝土浇筑及机组安装→三期围堰→三期基坑开挖→船闸混凝土浇筑及金结安装。

### (3) 分项工程进度

#### 1) 一期导流工程

一期工程在岩埂围堰保护下完成导流明渠及纵向围堰施工，主河床过流。一期导流工程包括导流明渠开挖、纵向围堰贴坡、底板混凝土施工等。

①导流明渠：第1年1月初开始导流明渠开挖，第2年7月底之前完成导流明渠开挖与支护。

②纵向围堰：第2年3月初～第2年9月底完成纵向导流明渠底板及明渠围堰贴坡混凝土浇筑；预留石埂在第2年8月中旬～10月底拆除。

#### 2) 二期导流工程

二期导流工程包括二期上游土石围堰及二期下游土石围堰的填筑、防渗墙施工、围堰拆除等。

①二期上下游土石围堰施工：第2年9月中旬开始主河床围堰填筑，第2年11月中旬主河床截流，第3年1月中旬围堰防渗施工完毕，第3年1月底完成围堰填筑施工。

②二期上下游土石围堰拆除：第5年11月初～第6年2月底完成围堰拆除。

### 3) 三期导流工程

三期导流工程包括三期上、下游土石围堰的填筑、混凝土防渗墙施工、围堰拆除等。

①三期上下游土石围堰施工：第5年12月初开始明渠围堰填筑，6年1月初明渠截流，第6年3月底完成围堰闭气，第6年4月中旬完成基坑抽水，开始基坑开挖，同时，继续进行围堰填筑，第6年4月底围堰施工完毕。

②三期土石围堰拆除：第8年12月初～第9年2月底完成游围堰拆除。

### 4) 大坝工程

大坝工程包括：11孔溢流坝、左岸非溢流坝的开挖、混凝土浇筑、金属安装等，主要在二期施工。

①左岸非溢流坝工程：第1年7月初～第2年10月底进行左岸非溢流坝高程175m以上部分开挖（水上部分），第3年1月中旬～2月底完成高程175m以下部分开挖。第2年11月初～第5年11月底完成左岸非溢流坝段的混凝土浇筑。

②11孔溢流坝工程：

第2年11月初～12月底完成高程175m以上开挖。

第3年1月中旬～第4年1月底完成基坑（含护坦）开挖（高程175m以下）。

第3年10月初开始坝体混凝土浇筑，在围堰保护下全年施工，第5年9月底，完成溢流坝段混凝土浇筑。

第4年7月初～第5年12月底，完成11孔溢流坝段的金属结构安装。

### 5) 电站厂房

### ①岸坡开挖

第2年10月底完成电站厂房高程175m以上边坡开挖。

### ②主厂房工程及尾水渠工程

二期主河床截流后，第3年1月中旬~10月底完成厂房基坑开挖，第3年1月中旬~第4年1月底完成尾水渠基坑开挖。

第3年11月初~第6年3月底完成厂房及尾水渠混凝土浇筑。

第4年1月初~第6年3月底完成厂房金属结构安装。

### ③机组安装工程

第6年2月初开始机组本体安装，第6年10月初首台机组安装完毕，投产发电，此后，按每4个月1台，至第7年5月底，全部机组投产发电。

### 6) 航建工程

三期明渠截流后，第6年4月中旬~6月底完成基坑开挖。

第6年7月初~第8年1月底完成上、下闸首及闸室混凝土浇筑。

第6年11月初~第9年3月底完成上、下闸首金结安装及试运行。

施工总进度计划详见附表19。

## 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

水库淹没区涉及各类土地188.02hm<sup>2</sup>，其中耕地72.65hm<sup>2</sup>，园地14.96hm<sup>2</sup>，林地43.67hm<sup>2</sup>，建设用地5.37hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地50.74hm<sup>2</sup>，其它用地0.64hm<sup>2</sup>。水库影响区共涉及各类土地4.28hm<sup>2</sup>，其中耕地0.16hm<sup>2</sup>，园地0.19hm<sup>2</sup>，林地1.82hm<sup>2</sup>，建设用地0.12hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地1.99hm<sup>2</sup>。枢纽工程建设区永久征地涉及土地119.53hm<sup>2</sup>，其中耕地19.38hm<sup>2</sup>，林地84.18hm<sup>2</sup>，建设用地15.10hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地0.86hm<sup>2</sup>。枢纽工程建设区临时用地涉及土地158.67hm<sup>2</sup>，其中耕地35.27hm<sup>2</sup>，林地

116.33hm<sup>2</sup>，建设用地 6.62hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地 0.45hm<sup>2</sup>。

## 2.7.2 移民安置规划

### 2.7.2.1 生产安置规划

农村移民生产安置方式分为种植业安置、农转非安置和自谋职业安置三种。农村规划生产安置人口 1313 人。其中，枢纽工程建设区规划生产安置人口 279 人，全部位于白马镇。库区规划生产安置人口 1034 人，其中江口镇 160 人，土坎镇 195 人，武隆城区 484 人，羊角镇 195 人。

### 2.7.2.2 移民搬迁安置规划

白马航电枢纽建设征地搬迁安置基准年总人口 2974 人，其中农村 948 人、集镇 862 人、城区 1164 人。按人口自然增长率计算到规划水平年，规划搬迁安置总人口 3341 人，其中白马镇 1772 人，土坎镇 181 人，羊角镇 10 人，武隆城区 1370 人，江口镇 8 人。

### 2.7.2.3 临时用地复垦规划

白马航电枢纽工程建设区临时占用集体土地 2380.10 亩，规划复垦集体土地 2380.10 亩。其中，复垦水田 54.80 亩，复垦旱地 474.30 亩（含临时占用的园地），恢复林地 1851 亩。

### 2.7.2.4 城集镇迁建规划

#### ①白马集镇

白马集镇局部被占用，规划对被占用部分依托现有集镇采取集中迁建。迁建新址位于集镇麻纺厂外围、白马中学北侧和干打垒地带，迁建区规划人口规模 1667 人，用地规模 8.67hm<sup>2</sup>。迁建区场地高程较低，规划在石梁河及郭溪沟外围采用防护处理，场地内回填后用于移民迁建。

白马集镇移民迁建区生活用水由集镇东侧的市政供水管网供给，引入

管管径为 DN150，接口压力为 0.35Mpa，大于小区所需水压（约 0.32Mpa）；可提供流量为 500m<sup>3</sup>/d，大于小区所需水量（391.97m<sup>3</sup>/d），水量及水压可满足要求。白马集镇供水厂供水规模达到 5000m<sup>3</sup>/d，移民迁建区用水量占该水量的比例较小，不考虑对供水厂增容。

## ②土坎集镇

土坎集镇局部受淹没，规划对其受淹没影响部分依托现有集镇采取集中迁建。迁建新址位于土坎老集镇中心小学西侧临乌江缓坡地带，迁建区规划人口规模 189 人，用地规模 1.32hm<sup>2</sup>。同时规划在老集镇临江受淹地带沿水位线外围修建 296m 长道路，恢复受淹而中断的交通。

迁建区生活用水和消防用水采取从土坎集镇供水主管接出，接出水管 DN100 的 PE 管。接口压力为 0.20Mpa，大于迁建区所需水压（约 0.17Mpa），可提供流量为 450m<sup>3</sup>/d，大于迁建区所需水量（47.23m<sup>3</sup>/d），水量及水压可满足生活及消防要求。

## ③江口集镇

江口集镇受淹没居民附属房 257.00m<sup>2</sup>；坍岸影响居民 7 人，房屋 1231.00m<sup>2</sup>，淹没影响指标较少。规划对房屋进行货币补偿，影响人口采取分散安置。

## ④武隆城区

油坊沟移民迁建区位于下油坊沟沿南滨路至建设中路的沿江地带，规划人口规模 860 人，用地规模 4.79hm<sup>2</sup>。规划在现有路堤上新建桩基托梁挡墙进行加高，挡墙内侧进行回填处理并碾压，回填处理到 202m。

生活用水和消防用水由北侧南滨路下埋设的供水主管提供，引入 5 根 DN100 供水管，接出距离 60m；接口压力为 0.35Mpa，大于迁建区所需水

压（约 0.30 Mpa），可提供流量为 400m<sup>3</sup>/d（大于最高日用水量加上消防用水量共 344.07 m<sup>3</sup>/d），水量及水压可满足生活及消防要求。

南溪沟移民迁建区位于城区南溪沟至上游苏家河沟的沿江地带，规划人口规模 949 人，用地规模 5.29hm<sup>2</sup>。规划靠近乌江一侧采用直立式挡土墙，内侧进行回填处理并碾压，回填处理到 202m。通过直立式挡土墙同时防护城区坍岸影响区。

生活用水和消防用水由南侧沿江主干道下埋设的供水主管提供，引入 2 根 DN150 供水管，接出距离 250m；接口压力为 0.35Mpa，大于迁建区所需水压（约 0.30 Mpa），可提供流量为 430m<sup>3</sup>/d（大于最高日用水量加上消防用水量共 362.24m<sup>3</sup>/d），水量及水压可满足生活及消防要求。

乌江白马航电枢纽水库淹没和移民安置规划示意图见附图 9，平面布置见图 2.7.2-1~2.7.2-4。

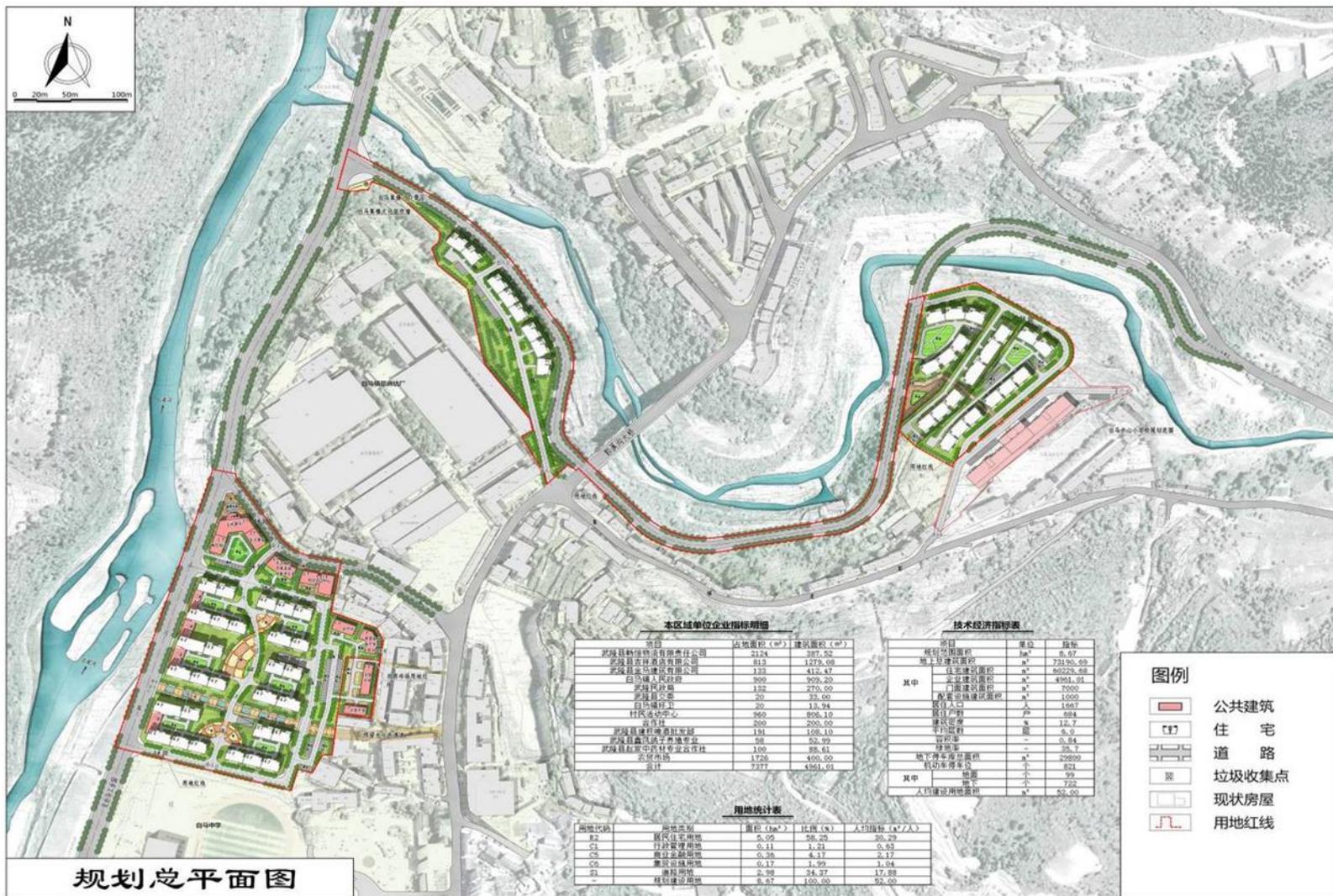


图 2.7.2-1 白马集镇移民迁建区总平面布置图



图 2.7.2-2 土坎集镇移民迁建区总平面布置图





图 2.7.2-4 城区南溪沟移民迁建区总平面布置图

### 2.7.2.5 防护工程规划

#### (1) 城区处理防护工程

防护工程方案共三段分述如下：

##### 1) 北岸乌江二桥至乌江大桥防护段（NXK0+000~NXK2+420）

该段共分为 3 段，防护轴线全长 2420m，根据具体地形、地质条件及岸边既有建筑物情况，对土质岸坡采用斜坡护岸的防护型式，具体布置如下：

① 桩号 NXK0+000 ~ NXK1+442.367 段、桩号 NXK1+629.113 ~ NXK2+420 段：采用坡脚桩基托梁挡土墙+斜坡式护岸的防护型式。

② 桩号 NXK1+442.367~NXK1+629.113 段：在此段范围以梯道的型式对坡面进行防护。

##### 2) 北岸乌江大桥至苏家河防护段（NSK0+000~NSK0+960）

该段岸坡覆盖层较厚，沿高程 190m 左右建桩基托梁挡土墙，挡土墙顶部高程 202.0m，内侧场平回填至 202.0m。挡土墙采用 C15 埋石砼衡重式挡土墙，墙高约 12m。桩基为钻孔灌注桩，桩径 $\phi$ 1200mm、砼强度等级 C25，托梁厚 2m、砼强度等级为 C25。横向设两排桩，桩纵横向中心距 3.6m，要求桩深入中风化基岩的深度不小于 3 倍的桩径。自来水厂变形体段对变形体进行清除，用碎石土进行换填。本防护方案全长 960m。

##### 3) 南岸防护段（SK0+000~SK1+730）

城区乌江南岸已建有堤顶宽 18m 的滨江路河堤，但滨江路河堤自乌江人行天桥下游约 500m 处至乌江大桥段全长约 1687m 河堤堤顶高程低于 202.00m，未达到城区防洪标准。本次南岸防护工程主要任务是使该高程达到城区居民迁移线，并恢复其城市道路及其它城市基础设施功能，以及回填油坊沟冲沟为移民迁建提供建设用地。南岸防护工程长度 1730m（包括

起始端路面改造段)，主要采用在原路堤上新建挡墙并加高、新建桩基托梁挡墙加高的防护措施。堤顶布置滨江路，以恢复原南滨路的交通功能。

护岸工程位置见图 2.7.2-5。



图 2.7.2-5 武隆城区防护影像示意图

## (2) 焦村坝坍岸防护工程

江口镇焦村坝居民点是上游银盘水电站移民安置点，位于乌江左岸 319 国道北侧，银盘水电站坝址下游约 5.5km，距武隆区江口镇约 1km。据实物指标调查成果，焦村坝居民点内人口 183 人，房屋总建筑面积 10008.0m<sup>2</sup>。白马航电枢纽水库蓄水后，其库岸存在一条长约 210m、宽约 59m 的坍岸。为保证居民点安全和避免二次搬迁，规划对该段坍岸采取工程防护治理。采用浆砌块石护坡与格构式植草护坡相结合的型式。

### 2.7.2.6 专业项目淹没处理规划

白马航电枢纽建设征地涉及主要专业项目包括企事业单位、交通运输工程、电力通信及广电工程、水利工程、文物古迹和压覆矿产资源等。

## (1) 企事业单位

建设征地涉及 90 家企事业单位。规划采取工程防护或基础加固 23 家、货币补偿 19 家、迁复建 48 家三种处理方式。

## (2) 交通运输工程

### 1) 等级公路

库区淹没等级公路为四级公路，分别为土坎镇上渡口码头公路和巷口镇石龙村道公路。

a.土坎镇上渡口码头公路：土坎镇上渡口码头公路连接土坎集镇道街和上停靠点码头，在水运工程规划中，规划上渡口码头原址后靠复建，且与上渡口码头公路相接，因此结合上渡口码头进行复建。

### b.巷口镇石龙村道公路

本区为扬子地层区八面山~川黔分区，是一套碳酸盐岩和碎屑岩沉积建造。自寒武系至第四系，除泥盆系、石炭系及下白垩系缺失外，其他各系均有出露，地层厚度 8000~10000m。第四系为河流冲积砂砾卵石、粉质粘土，残坡积粉质粘土夹碎石、碎石土，崩塌堆积粘土夹碎块石，洞穴堆积粘土及块石，以及人工开挖堆积的碎石土及碎块石，厚约 6~54m。水库位于稳定的扬子准地台的扬子台褶带上，燕山运动奠定了区内的基本构造格架，以北东向构造为主。第四纪以来，本区以间歇性隆升为主，各级剥夷面保存较好，未发现明显的差异运动迹象。工程区地震活动水平不高，属于弱震环境。

规划采取原位置或附近位置抬高复建，以维持库周现有公路路网的畅通。依据《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）、《农村公路建设指导意见》（交公路发〔2004〕372号）等有关规定，结合白马航电枢纽库区实

际情况，确定复建石龙村道公路等级为四级，洪水频率取 1/25。

根据淹没情况，复建规划石龙村道公路分别为农场段和油坊沟段；复建里程共 2578m。其中：

农场段复建规划方案为后靠抬高。起点位于曹家沟右岸冉家坝，终点接曹家沟左岸石龙村道公路，路线全长 2185m（含曹家沟桥长 70m）；水泥混凝土路面，路基宽 6.5m，路面宽 6.0m。

油坊沟段复建规划方案为原址抬高。起点和终点均接现有石龙村道公路，抬高路线设计高程，路线全长 203m；水泥混凝土路面，路基宽 6.5m，路面宽 6.0m。

规划石龙村道公路全线拟采用涵洞 6 道，采用跨径为 2.0m×2.0m 和 1.5m×1.5m 盖板涵。

石龙村道公路淹没桥梁共三座，分别为曹家沟桥、中咀桥、油坊沟桥，均为四级公路上桥梁。根据库区复建公路的线路总体布置，规划对曹家沟桥采取就近后靠复建，中咀桥原址复建，油坊沟桥原址复建。

根据库区复建公路技术指标，桥梁设计技术标准为：工程安全等级为二级；设计汽车荷载为公路-II级，人群荷载为 3.5kN/m<sup>2</sup>；设计洪水频率为 50 年一遇（中桥）；桥梁宽度为 7m（2×0.5m 防撞护栏+6.0m 行车道），曲线段根据线路加宽值加宽设计；桥面横坡为 2.0%，双向桥上纵坡为≤4%；不通航。桥梁设计方案如下：

复建曹家沟桥：位于石龙村道公路桩号 K1+106.0m~K1+176.0m 处。复建桥梁总长 72.0m，桥面总宽 7.0m。设计为 3×20m 预应力混凝土简支 T 梁，桩柱式桥墩，重力式桥台；桥面采用混凝土铺装。

复建中咀桥：原址附近复建。复建桥梁总长 90.0m，桥面总宽 7.0m。

设计为 4×20m 预应力钢筋混凝土简支 T 梁桥，桩柱式桥墩，重力式桥台；桥面采用混凝土铺装。复建中咀桥接线长 190m，路基宽 6.5m，路面宽 6.0m、水泥混凝土路面。

复建油坊沟桥:原址就近复建。复建桥梁总长 26.0m，桥面总宽 7.0m。设计为 1×16m 现浇普通混凝土简支板。

## 2) 水运工程

白马航电枢纽建设征地库区淹没涉及码头 17 处，结合武隆区航运规划，库区规划复建码头共 7 座。其中，江口镇蒋家坨码头、巷口镇中咀汽渡码头（两岸对开）、土坎上渡口码头选择在原址复建；城区港航管理处 2、3 号客运码头合并为旅游客运码头，复建新址选择在武隆城区南岸人行桥下游约 300m 处；城区港航管理处 1 号货运码头复建为港航管理码头，复建新址选择在武隆城区北岸三桥下游原肖家湾码头处；羊角趸船码头选择在原羊角趸船码头下游约 300m 豆芽湾处复建。库区其它 9 个码头结合区域水运规划，给予适当补助。

## 3) 库周交通

受淹的巷口镇城东黄家沟汽车便道规划后靠复建，复建长度 0.44km。复建人行道 2.79km。其它不需要复建的私人或集体权属的汽车便道 11.76km、机耕道 5.89km 给予适当补助。

### (3) 电力工程

规划 3 条架空 35kV 输电线路共 9.40 km。

搬迁复建配电变压器 8 台 1610kVA，规划复建 10kV 输电线路共 8.90 km。

### (4) 通信工程

复建通信线路 101.45km，其中：电信光缆 79.96km，电缆 21.49km，通信杆路 13.02km，地埋缆沟 4.89km；共建共享部分线路长度为 83.54km。搬迁复建 4 座通讯基站。货币补偿通讯线路 2.80km。

#### （5）广播电视工程

规划复建广电光缆 54.24km，杆路长度为 11.53km；共建共享部分线路长度为 42.71km。

#### （6）水利工程

对建设征地涉及的 3 个水电站规划采取货币补偿处理。

对库区淹没的 2 处抽水泵站采用货币补偿处理。

对武隆水文站采取就近后靠复建、并在下游新增白涛辅助水文断面以及调整水文测验方案和资料整编方法方案。对白马坝下和白马坝上水位站，白马航电枢纽工程施工前设立水尺观测水位、工程建成后就近后靠重新设立固定设施以恢复功能方案；对江口坝下、羊角坝上、羊角坝下、银盘坝下 4 个水位站进行就近后靠复建、并加密观测水位方案。

#### （7）防护工程

对焦村坝坝岸规划采用浆砌块石护坡与格构式植草护坡相结合的防护型式，坝岸防护高程 205.55m，长度 200.80m。

## 2.8 枢纽运行调度方式

### （1）航运调度

航运调度方式初拟定为：在上游银盘水电站和江口水电站调峰运行时，白马航电枢纽利用日调节库容对两电站下泄的不恒定流进行反调节，以满足白马航电枢纽下游河段航运要求；当水库洪水来量大于最大通航流量时，船闸停航。

## (2) 发电调度

反调节日运行方式为：在三峡水库低水位运行与白马枢纽尾水不能满足通航水位要求情况下，且电力系统日负荷低谷时段，发电下泄基荷流量，满足下游通航和区间用水要求；在电力系统日负荷高峰时段进行反调节，承担部分腰荷，以满足库区及其下游控制河段航运对水力流态要素的要求。

## (3) 防洪调度

白马航电枢纽的开发任务是以航运为主，兼顾发电，未承担防洪任务，调度方式为：

1) 当白马枢纽坝址洪水来量 $\leq$ 枢纽泄洪建筑物泄洪能力时，按洪水来量下泄，维持坝前水位不变；

2) 当白马枢纽坝址洪水来量 $>$ 枢纽泄洪建筑物泄洪能力时，按枢纽泄洪建筑物泄流能力下泄，坝前水位相应抬高。

## (4) 敞泄调度

当武隆水文站流量达到  $2000\text{m}^3/\text{s}$ ，未来 3 天武隆水文站预报洪峰流量  $3000\text{m}^3/\text{s}$  以上，且来水水温  $18^\circ\text{C}$  以上时，实施敞泄调度。每次敞泄持续 6 天以上，6 月上旬~7 月中旬实施不少于 2 次。将白马航电纳入乌江沿河至河口段梯级联合调度方案，并优化白马航电敞泄调度原则。

## 2.9 工程投资

按 2019 年二季度价格水平计算，工程总投资为 103.9 亿元。

### 3 环境现状调查与评价

#### 3.1 自然环境

##### 3.1.1 地形地貌

乌江白马库区处在我国第二地形梯级带中部南缘，位于大娄山脉东端，为岩溶中山或中低山。区内山岭连绵，峰峦迭嶂，深沟险壑，岩溶发育，层状地貌明显。地面高程一般在 1000~1400m，乌江河水面高程为 150~180m，相对高差一般 600~1000m。乌江与右岸相邻水系分水岭宽厚，一般峰顶高程 1200~1500m；与左岸支流芙蓉江分水岭一般峰顶高程 700~1400m，与左岸支流石梁河分水岭一般峰顶高程 400~1500m。

区内地形地貌的基本轮廓明显受构造及岩性控制。山脉延伸方向多与构造线一致，主要呈北北东向展布。碳酸盐岩分布区，河谷两侧多成悬崖绝壁，远离河谷的剥夷面则起伏较小；砂页岩分布区多呈鳍脊状或梳状斜坡。

从分水岭到乌江河谷区，由不同时期的剥夷面、河流阶地和相应的溶洞层组成层状地貌，并呈阶梯状逐级下降。区内夷平面可划分为大娄山期、山盆期、乌江期三期。

乌江干流发育四级阶地和漫滩，高漫滩一般高出枯水面 8~10m，宽 20~150m。I 级阶地一般高出枯水面 30~40m，其余阶地零星分布。

白马航电枢纽所在江段乌江一级支流主要有芙蓉江、长头河、石梁河、大溪河，位于乌江左岸；右岸有糯米溪、小角帮等溪沟。其中芙蓉江、石梁河、大溪河流域面积较大，水量丰富，长头河水量相对较贫。

白马航电枢纽评价区地形地貌与高程分布情况见附图 10。

### 3.1.2 气象

工程所在地属中亚热带季风气候区，冬无严寒，夏无酷暑。据武隆气象站资料统计，多年平均气温为 17.3℃，7、8 月为高温期，8 月份平均气温为 27.5℃，历年最高日平均气温 33.2℃（8 月），极端最高气温为 41℃（1971 年 7 月 27 日），1 月份气温最低，月平均气温为 6.7℃，历年最低日平均气温 4.4℃（1 月），极端最低气温为 -3.5℃（1971 年 1 月 29 日）。气温最大变幅为 44.5℃。

据武隆站 1951~2006 年实测降水量资料统计，多年平均降水量为 984.4mm，历年最大年降水量 1448.5mm（1998 年），最小年降水量为 681.7mm（1992 年），两者比值为 2.12。历年最大月、日降水量分别为 404.0mm（1983 年 6 月）和 157.5mm（2003 年 6 月 24 日）。雨季 4~10 月雨量占全年的 86.2%，6 月份雨量最大，为 157.7mm，1 月份雨量最小，为 13.7mm。

武隆多年平均日照时数为 1121h，多年平均相对湿度为 78%，多年平均降水日数为 153.4d，多年平均日降水量大于 10mm 的天数为 29.5d，多年平均无霜期为 296d。

武隆站多年平均风速为 1.6m/s，多年平均最大风速 6.1 m/s，实测最大风速达 32.0m/s，风向 NW。

### 3.1.3 水文泥沙

#### （1）径流

白马航电枢纽坝址处多年平均流量为 1570m<sup>3</sup>/s，多年平均径流量 495.5 亿 m<sup>3</sup>。白马枢纽坝址年径流成果见表 3.1.3-1。

表 3.1.3-1

白马枢纽坝址年径流成果表

坝址	项 目	统计参数			设计值 (m <sup>3</sup> /s)					
		均值	Cv	Cs/Cv	10%	25%	50%	75%	90%	95%
武隆站	流量 (m <sup>3</sup> /s)	1560	0.20	2.00	1970	1760	1540	1340	1180	1080
白马	流量 (m <sup>3</sup> /s)	1570	0.20	2.00	1990	1770	1550	1350	1190	1090
	径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	495.5	0.20	2.00	628	558.6	489.1	426	375.5	344

## (2) 洪水

乌江流域为降水补给河流，洪水主要由暴雨形成，暴雨集中在 5~10 月。年最大洪峰流量出现在汛期 5~10 月，集中于 6、7 两月，尤以 6 月中、下旬发生的机会最多。乌江为山区性河流，由于暴雨急骤，坡降大，故汇流迅速，洪水涨落快，峰型尖瘦，洪量集中。乌江下游一次洪水过程约 20d，其中大部分水量集中在 7d 内，7d 洪量占 15d 洪量的 65% 以上，3d 洪量占 7d 洪量的 60%，而一天洪量占 3d 洪量的 40%，大水年份则更为集中。8 月间副高脊线位置偏北，乌江流域出现年最大洪峰次数骤减。9、10 月份副高脊线南撤至北纬 20° 附近时，乌江流域常出现次大洪峰，个别年份还发生年最大值，如 1994 年 10 月 10 日武隆站出现年最大洪峰流量 9670m<sup>3</sup>/s。而年最大洪水出现在 10 月下旬的多属中、小洪水年。

## (3) 泥沙

乌江历年泥沙变化趋势是 20 世纪 60 年代平均输沙量大于 50 年代，70 年代又明显大于 60 年代，但径流量的年际变化呈交替状，这一现象与开荒、森林植被减少有关。由于乌江渡等工程拦沙作用的影响，80、90 年代平均年输沙量明显减少，90 年代平均年输沙量降低至最小值，相对比 70 年代减少 47%，水量反而增至最大值达 516 亿 m<sup>3</sup>。

根据乌江渡蓄水前的 1952~1979 年悬移质资料统计，坝址多年平均含沙量 0.649kg/m<sup>3</sup>，多年平均输沙量约为 3180 万 t，多年平均输沙模数 378t/km<sup>2</sup>·a。1979 年 11 月 20 日乌江渡水库下闸蓄水后，拦蓄大量上游来沙，输沙量大大减少，1980~2010 年坝址多年平均含沙量为 0.373kg/m<sup>3</sup>，多年

平均输沙量仅为 1800 万 t，输沙量减少了 43.4%。

### 3.1.4 土壤

白马航电枢纽库区土壤类型分黄壤、水稻土、潮土、紫色土和石灰土 5 个土类。黄壤分布在 230~1400m 高程之间，是库周分布最多的土类，土体深厚，适宜油茶、马尾松等生长；石灰土发育在碳酸盐岩石风化物上，常与黄壤呈复区分布，土壤呈中性至微碱性反应，腐殖质含量较高，土壤结构好，但土层薄，适宜柏木、乌桕、杜仲、油桐等生长；水稻土由不同母土和母质经水耕熟化而成，分布于谷底、槽谷、洼地、沟壑和缓坡等有水源灌溉的区域；潮土一般分布在乌江、支流两岸阶地及小溪河两岸。

### 3.1.5 水文地质

#### (1) 地下水类型

根据地层岩性组合及地下水的赋存条件，可将研究区内地下水类型分为第四系松散层孔隙水，碎屑岩区裂隙水、碳酸盐岩区岩溶水三大类。

##### 1) 第四系松散层孔隙水

区内第四系松散沉积物主要包括冲积或冲洪积的粉质粘土、粘土及砂砾卵石和残坡积或崩、滑坡积成因的碎石土、碎块石、粉质粘土夹碎石、块石等。冲积或冲洪积物主要呈带状分布在乌江两侧支流的河床及冲沟中，残坡积或崩、滑坡积物主要分布在乌江两岸的崩、滑坡体中，大气降水经滑坡后缘裂缝渗入地下，往滑坡前缘方向运移，在岩性和地形条件的共同控制下以泉的形式出露地表，该类泉水一般流量较小，无集中供水意义，仅适合作为农村分散的生活用水和饮用水源，如羊角羊角镇新房子、团坝子一带村民以羊角滑坡后缘泉水作为生活用水。

##### 2) 碎屑岩区裂隙水

裂隙水主要赋存于三叠系至侏罗系砂岩含水岩组（T3xj、J1z、J1-2z、

J2) 的构造裂隙和风化裂隙中，尤其是节理密集带及岩体浅部卸荷裂隙中。裂隙水主要分布在砂岩中，砂岩层的分布限制着地下水的分布。含水砂岩层上下为不透水的粘土岩或页岩夹持，因此构成了多个互不联系的砂岩裂隙层间水含水岩体，使得砂岩含水性极不均一。与孔隙水相比，裂隙水表现出强烈的不均匀性和各向异性。基岩裂隙率较低，裂隙在岩石中所占的空间很小，连通性很差，一般不容易形成具有统一水力联系、水量分布均匀的含水层。裂隙局部发育地段，可形成带状裂隙含水系统。若干带状裂隙含水系统可能相互连通，构成网状含水系统。因此裂隙水含水性受裂隙、断层等构造控制，一般具不均一性特征。总体上，区内碎屑岩裂隙含水层的赋水条件较差，水量贫乏，不具有集中供水功能。

### 3) 碳酸盐岩区岩溶水

研究区自寒武纪至侏罗纪，沉积了多套碳酸盐岩地层，其间为碎屑岩相隔，形成含水层-隔水层相间出现的多层结构含水系统。根据含水层的岩性组合、岩溶发育程度及赋水条件，可细分为强岩溶含水岩组、中等岩溶含水岩组、弱岩溶含水岩组和相对隔水层。

强岩溶含水岩组：包括三叠系下统嘉陵江组( $T_{1j}$ )、飞仙关组上段( $T_{1f}^2$ )、二叠系上统长兴组( $P_{2c}$ )、下统茅口、栖霞组( $P_{1m+q}$ )，寒武系上统毛田组、耿家店组( $C_{3g+m}$ )，为连续厚度大、质地纯的灰岩、白云岩地层，岩溶发育强烈，地表发育有峰丛洼地、落水洞、岩溶漏斗等形态，含水介质以溶蚀裂隙、溶洞为主，常发育大型岩溶泉或地下暗河。

中等岩溶含水岩组：包括奥陶系中上统( $O_{2+3}$ )、奥陶系下统红花园组( $O_{1h}$ )、奥陶系下统南津关组四、五段( $O_{1n}^{4+5}$ )、寒武系中统高台组、平井组( $C_{3g+p}$ )，为连续厚度不大、质地较纯的灰岩、白云岩地层，碳酸盐岩层间为砂、页岩间隔，岩溶发育程度较强，地表发育有落水洞、岩溶洼地，含水介质以溶蚀裂隙为主，地下暗河不发育，地下水以小型岩溶泉分

散排泄为主。

弱岩溶含水岩组：包括三叠系中统雷口坡组（ $T_{2L}$ ）、二叠系上统吴家坪组上段（ $P_{2w}^2$ ）、奥陶系下统分乡组（ $O_{1f}$ ）、奥陶系下统南津关组一、二、三段（ $O_{1n}^{1+2+3}$ ），为间互状不纯碳酸盐岩，主要为泥灰岩、灰岩夹页岩或互层，地表岩溶现象不发育，地下水主要以小型泉水分散排泄为主。

相对隔水层：包括侏罗系（ $J$ ）、三叠系下统飞仙关组（ $T_{1f}$ ），志留系中下统（ $S_{1-2}$ ）、二叠系上统吴家坪组下段（ $P_{2w}^1$ ）、二叠系下统梁山组（ $P_{1L}$ ）、奥陶系下统大湾组（ $O_{1d}$ ），岩性主要为砂页岩、泥岩，为相对隔水层。

## （2）地下水补给、径流、排泄

研究区为中低山峡谷区，山势陡峻，地形切割强烈，乌江河水面高程为 150~180m，为地下水的排泄基准面。乌江河谷结构为横向河谷，区内地下水接受大气降水补给后，整体上沿地层走向自乌江两侧地表分水岭往乌江径流、排泄，但赋存于不同含水介质中的地下水，其补径排特征不同，下面将根据地下水的类型，分别介绍孔隙水、裂隙水、岩溶水的补径排规律。

### 1) 岩溶水

研究区内碳酸盐岩广泛分布，地表、地下岩溶发育强烈，岩溶水资源丰富。受区域构造控制，岩溶含水层主要沿北北东向或南北向呈带状展布，且上下均为隔水层，大气降水经岩溶洼地、槽谷等负地形汇集后，通过落水洞、岩溶漏斗等垂向岩溶通道集中进入含水层，受隔水层的挟持地下水沿地层走向往乌江及其支流方向运移，在适当的地形切割条件下以岩溶泉或者暗河的形式排泄于乌江或排泄于乌江支流后经地表溪沟汇入乌江。泉水流量一般在几十至几百升每秒，且与大气降水关系密切，一般雨后流量快速增大。库区内出露较大的岩溶泉有：乌江左岸的滴水岩-白龙洞，泉水流量 200~500L/s，常年不干，为羊角镇的生活用水集中供水水源。

## 2) 裂隙水

裂隙水主要分布在砂岩之中，含水层主要接受大气降水和地表水体的垂直渗入补给，沿构造裂隙、风化裂隙等运移，受地形条件及岩性控制以下降泉的形式排泄。由于岩层中裂隙发育程度不均匀，裂隙含水介质的非均质各向异性强烈，裂隙含水层一般不构成统一的含水系统，主要在地形切割下就近排泄于冲沟后汇入乌江，具有补给范围小、径流途径短、泉流量小的特点。

## 3) 孔隙水

松散堆积孔隙水含水层分布于近地表，主要接受降水补给，局部还接受灌溉的补给。孔隙含水介质相对较均匀，一般具有统一的水力联系，受降水影响大，径流季节性特征明显，地下水接受补给后，通过岩土体中的孔隙、裂隙等地下水渗流网络就近往乌江及其支流排泄，泉水流量小且不稳定。

### 3.1.6 水土流失

#### (1) 水土流失

根据《水利部办公厅关于印发〈全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果〉的通知》和《重庆市人民政府关于划分水土流失重点防治区的通告》，工程区属国家级和重庆市水土流失重点治理区，项目区所在地水土流失容许值为  $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

根据《2019年重庆市水土保持公报》，武隆区水土流失面积  $839.9\text{km}^2$ ，占幅员面积的  $29.04\%$ 。

项目建设区位于大娄山脉东北端，为岩溶中山或中低山。特殊的地质、地貌、土壤和降雨条件，加之人为坡耕地开发、生产建设项目实施等活动影响，大量植被遭受破坏，形成裸露松散地表，使得本区土壤侵蚀程度较

高。根据工程区土壤侵蚀分布图结合现场调查分析，项目建设区总面积 1192.67hm<sup>2</sup>，水土流失总面积 521.73hm<sup>2</sup>，占项目区总土地面积的 43.7%。其中，轻度侵蚀面积 238.65hm<sup>2</sup>，占水土流失总面积的 45.7%；中度侵蚀面积 166.22hm<sup>2</sup>，占 31.9%；强烈及以上侵蚀 116.86hm<sup>2</sup>，占 22.4%。区内侵蚀强度以轻度为主，平均侵蚀模数约为 2400t/km<sup>2</sup>·a，占地区内陆域面积 517.28hm<sup>2</sup>，年均侵蚀量约 1.24 万 t。项目建设区水土流失现状详见表 3.1.6-1。

表 3.1.6-1 项目建设区水土流失现状表

防治分区			总面积 (hm <sup>2</sup> )	微度侵蚀 (hm <sup>2</sup> )	水土流失面积 (hm <sup>2</sup> )			
					小计	轻度 侵蚀	中度 侵蚀	强度侵蚀 及以上
枢纽 工程 区	枢纽工 程占地 区	枢纽建筑物占地区	64.00	11.52	52.48	21.12	10.88	20.48
		管理范围区	72.28	7.23	65.05	36.14	21.68	7.23
	弃渣场	龙洞沟弃渣场	62.61	9.39	53.22	21.91	12.52	18.78
		螃蟹溪弃渣场	53.67	5.37	48.30	25.52	10.73	8.05
		表土堆放场	7.90		7.90	5.14	1.58	1.19
		施工生产生活区	30.82	6.16	24.66	12.33	7.71	4.62
	场内外 交通	永久道路	26.00	3.90	22.10	9.10	7.80	5.20
		临时道路	1.27	0.70	0.57	0.57		
	小计	318.55	44.27	274.28	135.83	72.91	65.55	
水库 淹没 区		水库淹没区	820.41	615.31	205.10	82.04	82.04	41.02
		淹没影响区	4.28	1.07	3.21	1.50	0.86	0.86
		小计	824.69	616.38	208.31	83.54	82.90	41.88
移民 安置 区		集镇迁建新址工程	17.01	1.70	15.31	6.80	3.40	5.10
		防护工程	10.97	2.19	8.78	3.84	2.74	2.19
		复建通信、广播、电视工程	17.65	5.30	12.36	7.06	3.53	1.77
		交通复建工程	3.70	1.11	2.59	1.48	0.74	0.37
		其他工程	0.10		0.10	0.10		
		小计	49.43	10.30	39.13	19.28	10.41	9.43
合计			1192.67	670.95	521.73	238.65	166.22	116.86

## (2) 水土保持

工程位于重庆市武隆区，根据国家级水土流失重点防治区划分依据，武隆区属于国家级水土流失重点治理区的三峡库区治理区，依照重庆市人民政府关于划分水土流失重点防治区的通告，武隆区属于重庆市水土流失重点治理区。1989年该县被列入“长治”工程水土保持重点防治县，该县水土保持工作以小流域为单元进行综合治理，以造林绿化、兴修水利工程、改造坡耕地为主。此外，武隆区也属“长防林工程”、“天然林保护工程”、“退耕还林工程”、“生态家园富民计划”等项目区，对提高县内植被覆盖度和控制水土流失起到了重要作用。

1989年至今，武隆区已治理水土流失面积为53007hm<sup>2</sup>，占全县水土流失总面积的32.49%。目前，治理区的水土流失得到明显控制，生态经济和社会效益明显。据调查，治理区粮食增产50%以上，经济收入增加3~4倍，农业生产用地趋于合理，生态环境得到明显改善。

## 3.2 水资源开发利用与水文情势

### 3.2.1 水资源开发利用

#### 3.2.1.1 水资源现状

工程所在地武隆区水资源总量534.89亿m<sup>3</sup>，其中地表水资源总量20.86亿m<sup>3</sup>，地下水资源总量3.65亿m<sup>3</sup>，过境水资源总量510.37亿m<sup>3</sup>，可开发当地水资源量22.6亿m<sup>3</sup>。地下水储量2.121亿m<sup>3</sup>，出露量2.79亿m<sup>3</sup>，占地下水资源量的76.4%；可开发量过境水资源总量498.26亿m<sup>3</sup>，占过境水资源总量的97.6%。

#### 3.2.1.2 水资源开发利用现状

武隆区现有各类水利工程（不含非水利部门的工程）2748处，其中蓄水工程48处，引水工程2486处，提水工程128处，微型水利工程126处。在各类工程中，中型水库2座，小（一）型水库3座，小（二）型水库24

座，山坪塘 989 口，小型引水堰 1579 条，总蓄引提水量 10500 万  $m^3$ 。

武隆区水资源开发量 12000 万  $m^3$ （包括非水利部门的供水量）。其中农业用 7684 万  $m^3$ ，占已开发量的 64%；工业用水量 2400 万  $m^3$ ，占已开发利用量的 20%；城镇生活用水量 734.4 万  $m^3$ ，占已开发量 6.12%；农村人畜用水量 1185.6 万  $m^3$ ，占已开发量的 9.88%。

从水资源利用量的水源构成来看，全区蓄引提总量 10500 万  $m^3$ ，占利用量的 87.5%，非工程措施的供水量 1053.6 万  $m^3$ ，占 8.78%。农业有效灌溉面积 14.55 万亩，亩平均水量 426 $m^3$ ，实际灌溉面积 12.69 万亩。

### 3.2.1.3 主要涉水工程

银盘水电站位于白马航电枢纽库尾，开发任务以发电为主，其次为航运，为坝后式水电站，具有日调节性能，装机容量 645MW，多年平均发电量 27.08 亿  $kW\cdot h$ ，工程等别为大（II）型工程，通航建筑物为 500t 级船闸。银盘水电站为上游彭水水电站的反调节梯级，在电力系统日负荷低谷时段，彭水水电站不发电，银盘水电站承担基荷，发电下泄流量不小于 345 $m^3/s$ ；在电力系统日负荷高峰时段，彭水水电站担任调峰、调频任务，释放不恒定流，银盘水电站承担部分腰荷，分两级增加均匀出力。

银盘水电站坝址处多年平均流量为 436 $m^3/s$ ，水库正常蓄水位为 215m，根据“环审〔2007〕378 号”要求，最小下泄流量为 345 $m^3/s$ 。根据《重庆乌江银盘水电站竣工环境保护验收调查报告》，以 2015 年作为典型年，统计各月代表日逐时下泄流量和坝下水位，各代表日水电站 24h 运行未出现全部机组停机状况，下泄流量变化范围为 345 $m^3/s$ ~3583 $m^3/s$ ，日内最大变幅为 1709 $m^3/s$ （2015 年 6 月 13 日），小时内最大变幅为 1330 $m^3/s$ （2015 年 9 月 11 日 8 时）；坝下水位在 179.71m~186.24m 之间变动，日变幅最大值为 3.53m（2015 年 6 月 13 日），小时变幅最大值 2.21m（2015 年 9 月 11 日 18 时），在 90%以上时段坝下水位变幅均小于 1m。银盘水电站运行过

程中，没有出现 4 台机组同时停机状况，最低下泄流量为 345m<sup>3</sup>/s，满足下泄流量不低于 345m<sup>3</sup>/s 的要求。

根据银盘水电站竣工验收报告，选择杨家沱坝址下游约 2km 处断面、杨家沱坝前断面、银盘库区断面、银盘水库库尾万足乡断面、郁江河口断面 5 个监测断面总磷、COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮 4 项因子进行分析，结果表明：施工期各监测断面总磷浓度较环评阶段有所增加，主要与乌江流域的磷矿开采及磷化工业发展有关，运行后总磷浓度较施工阶段有所降低；COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮监测结果变化不大，均未超过地表水Ⅲ类标准限值。通过综合指数法来评价银盘水库营养程度表明，各断面均处于中营养状态，据调查，水库蓄水以来未发生过富营养化事件。

### 3.2.2 水文情势

#### 3.2.2.1 坝址处径流特征

白马坝址径流分析采用武隆水文站作为设计依据站，该站位于白马坝址上游约 19km 处，武隆至白马区间面积为 655km<sup>2</sup>，无较大支流入汇。可研阶段武隆站年径流系列为 1952~2017 年，按矩法计算均值，C<sub>v</sub> 值作为初估值，用 P-Ⅲ型线型试线确定参数，白马航电枢纽坝址径流采用武隆站径流成果按面积比放大推算，得出白马航电枢纽坝址多年平均流量为 1570m<sup>3</sup>/s，多年平均径流量 495.5 亿 m<sup>3</sup>。白马枢纽坝址径流特征值见表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 白马枢纽坝址径流特征表

坝址	项 目	统计参数			设计值					
		均值	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	10%	25%	50%	75%	90%	95%
武隆站	流量 (m <sup>3</sup> /s)	1560	0.20	2.00	1970	1760	1540	1340	1180	1080
白马	流量 (m <sup>3</sup> /s)	1570	0.20	2.00	1990	1770	1550	1350	1190	1090
	径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	495.5	0.20	2.00	628	558.6	489.1	426	375.5	344

### 3.2.2.2 水期及水文年划分

以武隆站为代表分析白马枢纽径流的年内分配，径流主要集中于汛期5~10月，占全年比例为77.1%，6~7月两个月径流量占全年径流量的36.5%，枯水期11~4月经流量只占全年的22.9%，武隆站径流年内分配见表3.2.2-2。

表 3.2.2-2 武隆站径流年内分配成果表

月份 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	12.0	11.4	16.4	32.6	63.8	91.9	88.7	56.2	42.7	38.6	26.2	15.0	495.5
占年百分比 (%)	2.41	2.30	3.31	6.58	12.88	18.55	17.9	11.34	8.62	7.79	5.29	3.03	100

白马航电枢纽为日调节径流式电站，在坝址径流系列中，经验频率为5%、10%、25%、50%、75%、90%、95%所对应的年份为1964年、1967年、1952年、1971年、1953年、1956年、1990年。白马航电枢纽丰、平、枯设计代表年分别按照5%、50%和95%选取，三个代表年的月平均流量见表3.2.2-3。

表 3.2.2-3 白马航电枢纽天然情况代表年月平均流量表 单位：m<sup>3</sup>/s

代表年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
丰水年	674	530	882	2245	2804	6890	3568	2484	2306	2007	1401	588
平水年	581	654	626	1675	3305	4063	1687	1405	2562	1745	909	419
枯水年	385	562	991	1221	2155	3657	1529	801	534	1089	1010	478

### 3.2.2.3 上游梯级水电开发对河段径流过程影响

乌江干流银盘以上河段共开发了11个梯级（包括银盘），其中位于贵州省境内的构皮滩梯级具有多年调节性能，其余梯级具有日调节或季调节性能，上游梯级水电开发改变了银盘至河口段径流过程。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，以武隆水文站作为代表断面，径流过程变化统计分析结果如下：

丰水年（ $P=5\%$ ）武隆站现状月均流量与天然月均流量相比，4~7月、10月、11月流量较天然情况减小，其他月份流量增加；流量最大减少 $2918\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在6月份，流量最大增加 $962\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在9月份；2月份流量增加 $75.85\%$ ，增加幅度最大，6月份流量减少 $42.35\%$ ，减少幅度最大；从流量的年内分配比例来看，9月份占年百分比增加最大为 $5.51\%$ ，流量增加月份平均增加 $2.24\%$ ，6月份占年百分比减少最大为 $8.81\%$ ，流量减少月份平均减少 $3.14\%$ ；丰水年现状年均流量较天然年均流量减少 $286.25\text{m}^3/\text{s}$ 。详见图3.3.2-1。

平水年（ $P=50\%$ ）武隆站现状月均流量与天然月均流量相比，2月、4~6月、9~10月流量较天然情况减小，其他月份流量增加；流量最大减少 $2266\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在6月份，流量最大增加 $2641\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在8月份；8月份流量增加 $187.97\%$ ，增加幅度最大，6月份流量减少 $55.77\%$ ，减少幅度最大；从流量的年内分配比例来看，8月份占年百分比增加幅度最大为 $15.07\%$ ，流量增加月份平均增加 $3.36\%$ ，6月份占年百分比减少最大为 $10.83\%$ ，流量减少月份平均减少 $4.7\%$ ；平水年现状年均流量较天然年均流量减少 $118.92\text{m}^3/\text{s}$ 。详见图3.3.2-2。

枯水年（ $P=95\%$ ）武隆站现状月均流量与天然月均流量相比，3月、5~7月、10~11月流量较天然情况减小，其他月份流量增加；流量最大减少 $1963\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在6月份，流量最大增加 $2971\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在9月份；9月份流量增加 $556.37\%$ ，增加幅度最大，6月份流量减少 $53.68\%$ ，减少幅度最大；从流量的年内分配比例来看，9月份占年百分比增加最大为 $15.07\%$ ，流量增加月份平均增加 $5.10\%$ ，6月份占年百分比减少最大为 $15.07\%$ ，流量减少月份平均减少 $5.10\%$ ；枯水年现状年均流量较天然年均流量减少

168.75m<sup>3</sup>/s。详见图 3.3.2-3。

三个代表年的现状流量过程与天然情况相比，枯水年流量变化幅度和年内分配比例变化最大，丰水年流量变化幅度和年内分配比例变化最小，平水年居中；说明枯水年上游梯级对径流的改变作用大于丰、平水年。受上游梯级联合运行的影响，银盘至河口段水文情势较天然情况已经有了较大改变，整体表现为枯水期流量所占百分比升高，汛期流量所占年百分比降低，径流年内分配更加均匀。

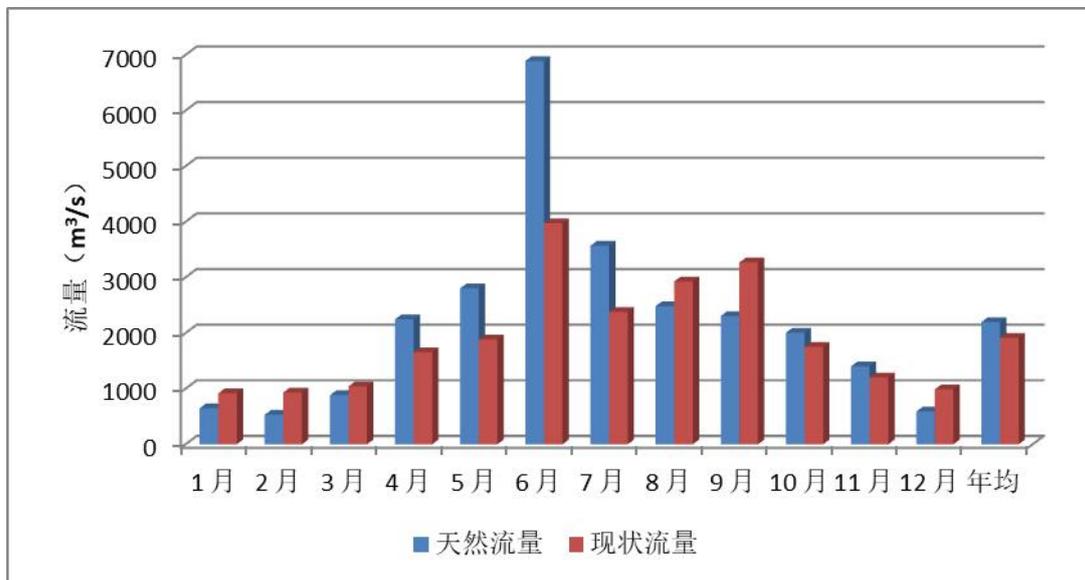


图 3.2.2-1 丰水年天然情况和现状条件下武隆水文站月均流量变化

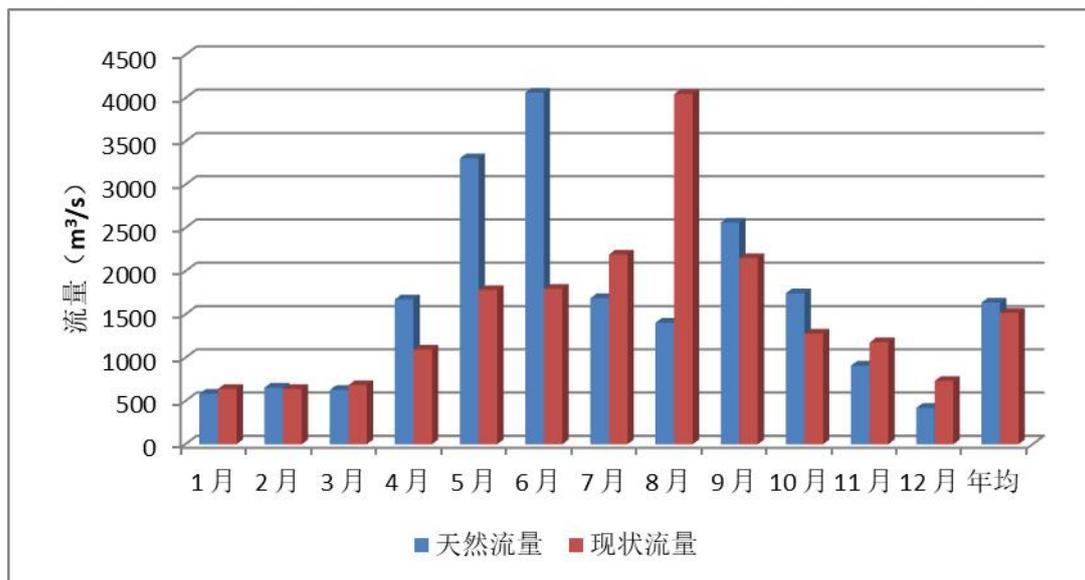


图 3.2.2-2 平水年天然情况和现状条件下武隆水文站月均流量变化

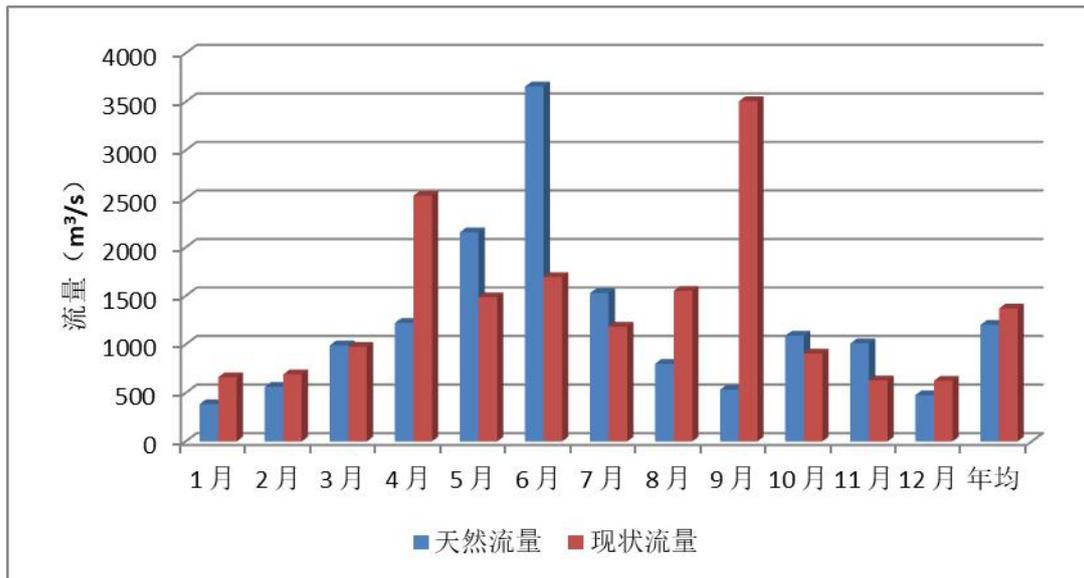


图 3.2.2-3 枯水年天然情况和现状条件下武隆水文站月均流量变化

### 3.2.2.4 三峡水库对乌江下游河段顶托影响分析

#### (1) 三峡枢纽的运行方式

三峡水库正常蓄水位为 175m(吴淞高程,下同),枯期消落低水位 155m,汛期防洪限制水位 145m,防洪库容 221.5 亿  $m^3$ ,兴利库容 165 亿  $m^3$ 。三峡枢纽调度方式如下:

①一般情况下,自 5 月中上旬开始,三峡水库视长江中下游来水情况从枯期消落低水位 155.0m 均匀消落水库水位。

②6 月 10 日消落到防洪限制水位。汛期水库在不需因防洪要求拦蓄洪水时,原则上水库水位应按防洪限制水位 145.0m 控制运行。

③9 月中上旬开始蓄水,蓄水期间的水库水位按分段控制的原则,在保证防洪安全的前提下,均匀上升。一般情况下,9 月 25 日水位蓄至 153.0m,9 月 30 日水位蓄至 156.0m。10 月底可蓄至 175.0m(汛后最高蓄水位)。

三峡水库运行调度情况见图 3.2.2-4。

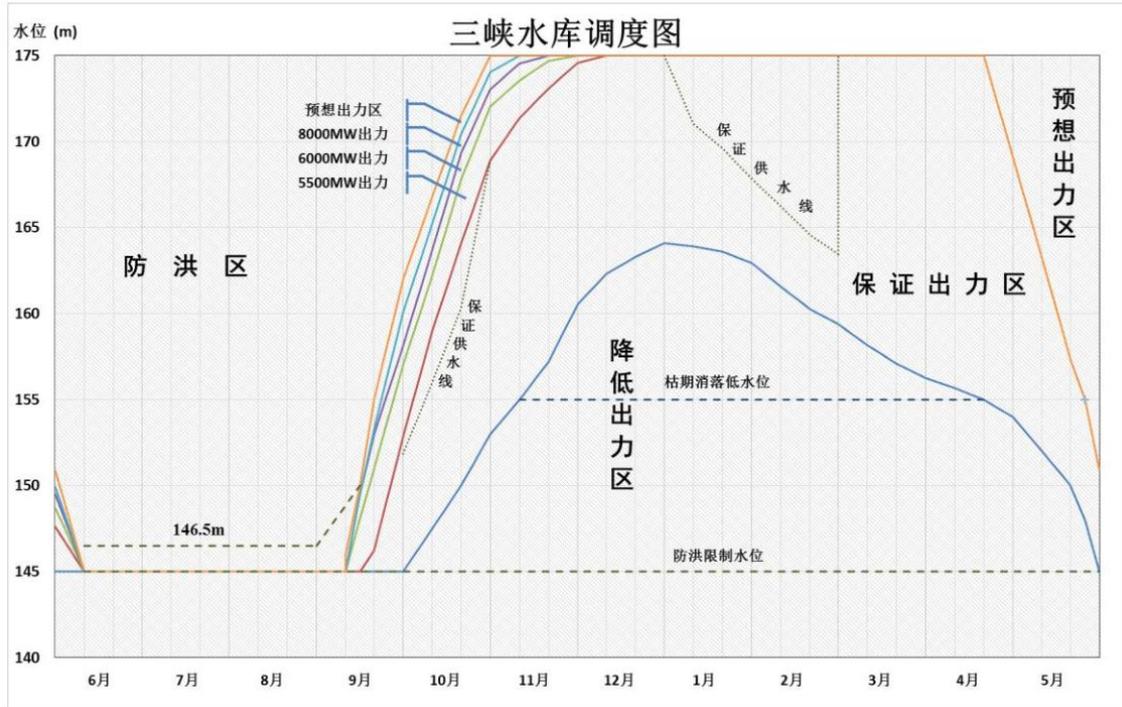


图 3.2.2-4 三峡水库调度图

## (2) 对乌江下游河段顶托影响分析

三峡工程位于乌江河口下游 483km 长江干流三斗坪处，坝址控制流域面积 100 万  $\text{km}^2$ ，乌江为三峡库区的最大支流。白马航电枢纽位于三峡水库乌江回水的末端，见图 3.2.2-5。

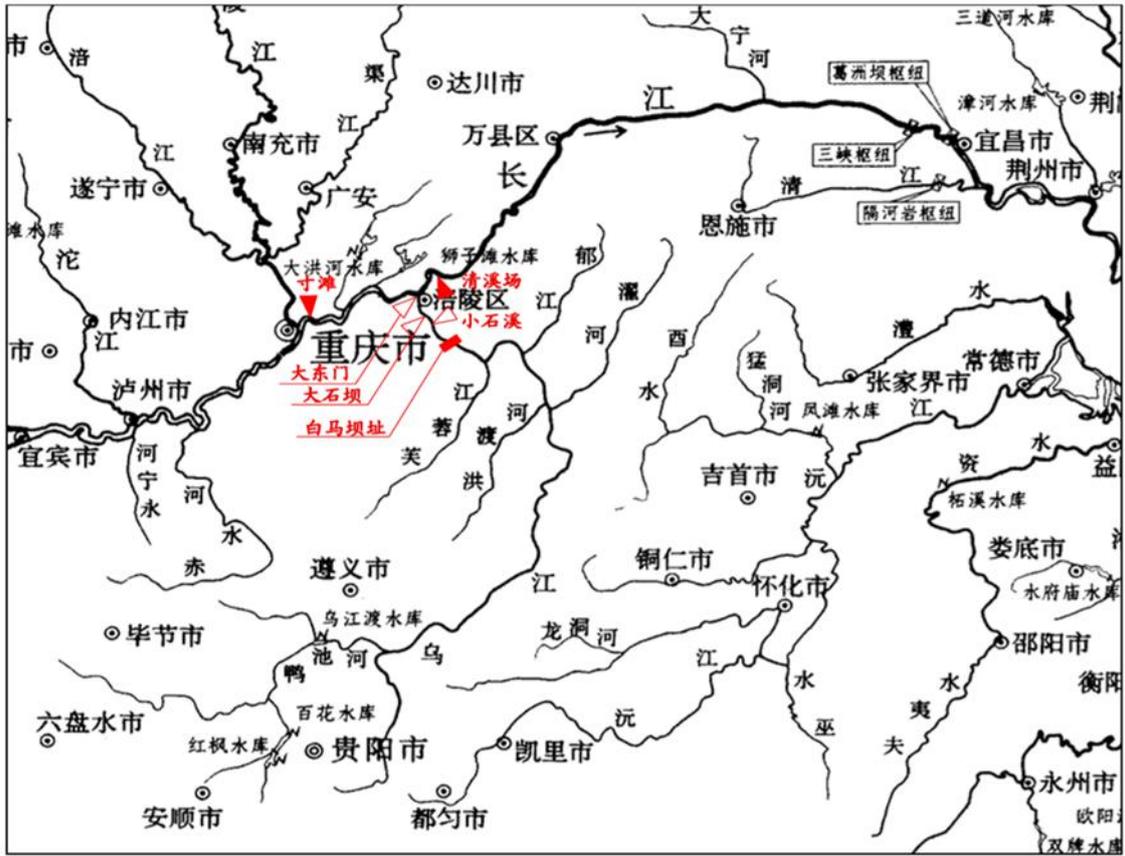


图 3.2.2-5 白马航电枢纽坝址与三峡枢纽位置关系图

乌江干流白涛以下河段为三峡水库的常年回水区，白涛至江口镇河段为三峡水库的变动回水区，当三峡水位在 145m~175m 变动时，白涛至江口镇河段受到三峡水库顶托影响，三峡水位达到约 155m 时（资用吴淞高程，相应黄海高程 153.3m），白马航电枢纽坝址受到三峡水库顶托影响。乌江下游受三峡水库回水影响范围见图 3.2.2-6。根据三峡水库调度运行规则和回水影响范围，枯水期三峡水库按 175m 高水位运行，白马梯级与三峡水库衔接；汛期三峡水库按 145m 低水位运行，白马坝址下游存在部分流水河段。结合三峡水库的运行调度规则分析，汛期 6~9 月中旬，三峡水库基本控制在防洪限制水位 145m 运行，乌江下游白马航电枢纽坝下至白涛断面维持天然河道形态，坝下水位主要受上游枢纽运行调度影响；枯水期 11 月~次年 4 月，三峡水库在 155m~175m 之间运行，白马航电枢纽位于三峡库区，坝下水位抬升，河道内水量增加，流速减缓，白马坝下水位主要受到三峡回水

顶托影响。

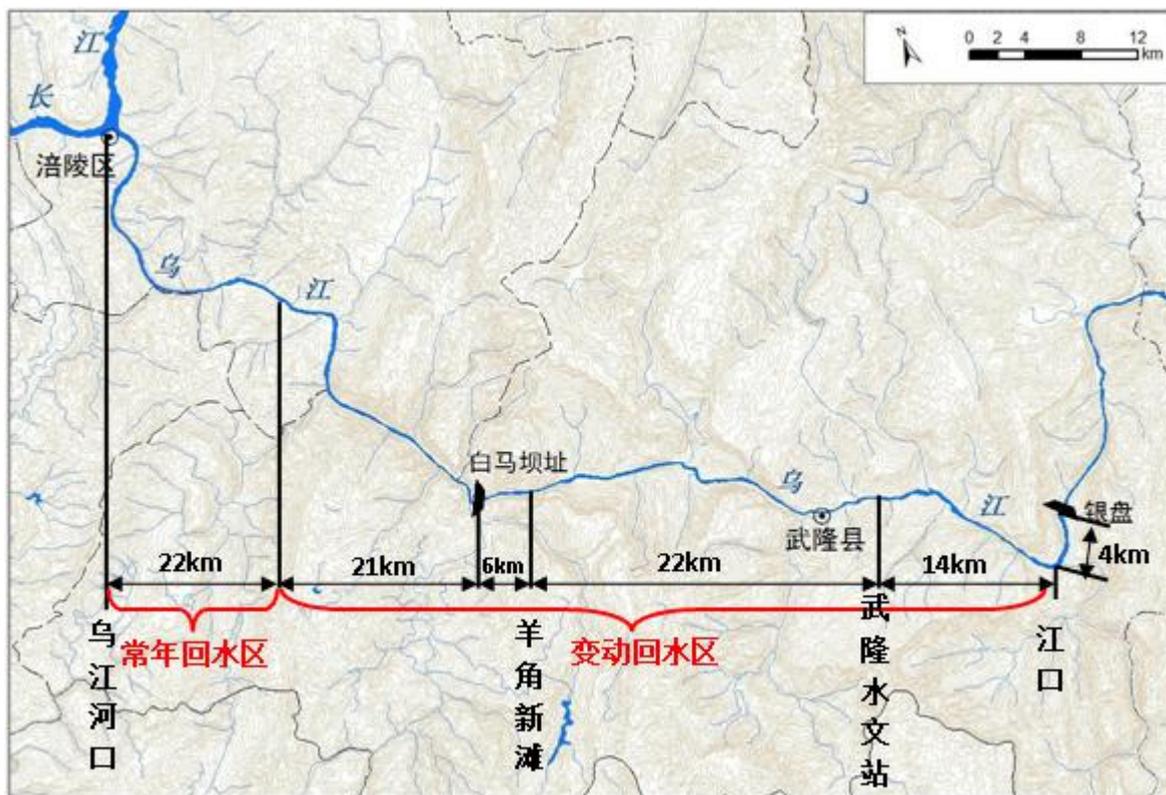


图 3.2.2-6 乌江下游三峡水库回水影响范围示意图

### 3.2.2.5 生态流量满足程度

目前工程所在河段生态流量满足程度较高。

工程上游为彭水电站和银盘电站。彭水电站在设计中设置了运行期航运基荷 190MW，相应的最小下泄流量为  $280\text{m}^3/\text{s}$ 。根据调查，彭水电站自首台机组发电以来，未出现全部机组同时停机的情况，出库流量均大于  $280\text{m}^3/\text{s}$ ，有效减缓了下游水文情势变化造成的影响。同时，考虑到电站可能出现的全部机组同时停机等非正常工况，建设单位制定了应急预案，在机组全部停机时将表孔泄洪闸门开启 2m，泄洪表孔底板高程为 268.5m，低于水库死水位 278m，可满足  $280\text{m}^3/\text{s}$  下泄流量的要求。

银盘水电站运行期通过承担 16.4 万 kW 发电基荷，下泄流量不小于  $345\text{m}^3/\text{s}$ ，特殊情况无法通过基荷发电下泄流量时，通过溢流表孔下泄流

量。电站日均出库流量不低于 345m<sup>3</sup>/s，能满足坝址下游通航和各类用水要求。同时，银盘水电站运行期对上游彭水水电站进行反调节，对彭水水电站下泄的不均匀流进行均化，使得上游来水经银盘水电站反调节运行后，坝下流量和水位变幅均有所减缓，更有利于改善坝下航运条件。

### 3.3 生态环境

根据《全国生态功能区划》，乌江白马航电枢纽所在的武隆区三峡库区土壤保持功能区。为进一步了解工程评价区生态背景情况，为环评工作提供科学支撑，建设单位委托水利部中国科学院水工程生态研究所开展了水生生态调查与研究，编制完成了《重庆乌江白马航电枢纽工程水生生态环境影响评价专题报告》；评价单位委托重庆大学和伊美净科技发展有限公司开展了陆生生态调查与研究，编制完成了《重庆乌江白马航电枢纽工程陆生生态评价专题报告》。

#### 3.3.1 陆生生态

##### 3.3.1.1 陆生生态现状调查工作简介

###### (1) 调查时间与范围

分别于 2012 年 4 月和 2017 年 10 月对白马航电枢纽工程评价区进行陆生生态调查，调查重点为坝址区、淹没区、移民安置区、坝下游两岸等受工程影响区域。

###### (2) 调查内容与方法

###### 1) 植被和陆生植物调查

在对评价区陆生生物资源历年资料检索分析的基础上，根据工程方案确定调查路线及考察时间，进行现场调查。实地调查采取样线调查与样方调查相结合的方法，确定评价区的植物种类、植被类型等，对珍稀濒危植

物调查采取野外调查、民间访问和市场调查相结合的方法进行。对有疑问植物和经济植物还采集了凭证标本并拍摄照片。

### ①调查路线

枢纽工程区调查：考察时以枢纽工程区为中心，向四周辐射调查（坝址厂址和坝下游区和库尾），同时对回水末端与支流两岸生境进行调查。

淹没区调查：调查正常蓄水位 184m 线以下的区域，重点调查动植物多样性和植被类型等。

移民安置区调查：移民安置区主要是集中安置和分散安置，现场调查重点调查集中安置区，分别是白马镇石梁河右岸安置点、土坎镇安置点和土坎镇武隆县城安置点。

针对以上区域通常采用线路调查与样方调查的方式进行，即在调查范围内按不同方向沿山路、河流选择几条具有代表性的线路进行调查，山区内也在林中穿行，沿途记载植物种类、采集标本、观察生境等；对集中分布的植物群落及重点调查区域进行样方调查。

### ②样方布置

在对评价范围的植被进行样方调查中，采取的原则是：尽量在重点施工区域（如坝址、厂址、渣料场、生活区、施工区等）、淹没线以下区域以及植被良好的区域设置样点，并考虑评价区布点的均匀性；所选取的样点植被为评价区分布比较普遍的类型；样点的设置避免对同一种植被进行重复设点，对特别重要的植被内植物变化较大的情况，可进行增加设点；避免选择路边易到之处；两人以上进行观察记录，消除主观因素。

### ③样方调查内容

乔木群落样方面积为 20m×20m 和 10m×10m，灌木样方为 5m×5m，草本样方为 1m×1m，记录样方中的所有植物种类及生长情况，并利用 GPS 确

定样方位置。

## 2) 陆生动物调查

陆生动物主要调查评价区内鸟类、哺乳类、两栖类、爬行类，特别是重点保护动物的种类、分布、数量及其生境状况。

主要采用样线法，辅以样方法进行。样线布设时，考虑不同生境的线路比例，所布设样线要基本符合该区域生境的比例状况。样线长度以一个工作日计算，样线调查时穿越不同的生境，尽量调查在不同生境内活动的动物种类。记录种类、数量、海拔、生境等信息及样线的地理位置、小地名、经纬度、调查时间和调查人员等。进行样方调查时，记录样方的经纬度、海拔、生境状况、动物种类和数量等。根据动物物种资源调查科学性原则、可操作性原则、保护性原则以及安全性原则，对于不同的陆生脊椎动物，采用不同的调查方法：

### ①两栖和爬行类

主要采用样线法调查，同时参照观察到的或采获的实体、蝌蚪、幼体等标本确定属种。由于调查季节的限制，也采用访问和参考相关资料的方法进行。

### ②鸟类

以实地调查、查阅相关资料等方法确定种类组成。根据生境类型及其面积的大小设计样线，抽样强度高于 2%。样线法是沿着预先设计的一定路线（一般样线长度在 1km~3km 为宜），观测者沿着固定的线路行走，并根据所见个体外形及其鸣叫（能分出种类的）记录沿途所见到的所有鸟类。参考居民收集的羽毛进行记录，同时访问当地居民等方法获得。

### ③哺乳类

对于大中型哺乳类，在野外直接根据观察到的粪便、毛发和其他痕迹

识别，同时查看当地居民家中存放的兽皮头骨、收集有关部门历年野生毛皮药材的收购资料等方法掌握调查区域大中型哺乳类区系组成和相对数量。小型哺乳类（食虫类、啮齿类和兔形目动物）主要使用铗日法进行调查，在评价区域内布设一定数量样方，样方布设要保证在各种生境类型中不同海拔段里均有一定数量，在样方内隔 5 米置铗，傍晚置铗，第二天清晨收铗，对捕获的小兽进行物种鉴定。

### （3）遥感和地理信息系统

采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的地理信息技术 (*Geographical Information Technology*) 进行遥感影像的数字化判读，完成数字化的土地利用现状图和植被类型分布图，并进行景观质量和生态环境质量的定性和定量评价。归并各种植被类型，利用 GIS 软件制作出包含主要生态系统类型和斑块类型的景观分布图，统计出各种斑块的面积和数量等，计算各自比例。利用 GIS 软件绘制生态调查路线及样点布置图、评价区植被分布图、珍稀保护动植物分布图和景观生态体系图等。遥感影像选用的是 2016 年 *Landsat* 卫星 TM 影像。GIS 数据处理采用 ArcGIS 软件，遥感影像解译采用 *ERDAS Imagine* 软件。

### （4）生物生产力的测定与估算

由于评价区范围较大，在短时间内不可能对每一种植被类型的生产力和生物量进行测定。因此，评价范围内分布面积广的植被类型生产力及生物量主要根据遥感估算法进行计算（多光谱遥感数据建立生物量估算模型），其余植被类型参考区域外有关生物生产力及生物量的相关资料，并根据当地的实际情况作适当调查，估算出评价范围植被类型的生物生产力与生物量。

#### 3.3.1.2 生态系统现状评价

根据对评价区土地利用现状的分析，结合动植物分布和生物量的调查，将评价区的生态系统类型划分为森林生态系统、灌丛生态系统、湿地生态

系统、农业生态系统和城镇/村落生态系统五类。根据遥感解译数据，评价区内各生态系统面积见表 3.3.1-1。

评价区的景观构成现状中，森林和农业生态系统构成了评价区的景观背景，移民安置区以耕地及灌木林为主，耕地及灌木林在评价中优势度值也较高。从乌江河谷的植被垂直格局来看，河谷下部是以灌木林、耕地、草地为主的景观，河谷上部出现较多的为暖性针叶林、针阔叶混交林及阔叶林。

表 3.3.1-1 白马航电枢纽生态评价区各生态系统面积

区域	生态系统类型	森林生态系统	灌丛生态系统	湿地生态系统	农业生态系统	城镇/村落生态系统
评价区	面积 (km <sup>2</sup> )	181.82	67.03	12.48	71.07	22.51
	所占百分比 (%)	51.23	18.89	3.51	20.02	6.35

#### (1) 森林生态系统

评价区森林生态系统面积为 181.82km<sup>2</sup>，占评价区总面积的 51.23%。区域内的森林生态系统的主要植被为马尾松林、柏木林和慈竹林，多为次生林及人工林，局部沟谷地带森林覆盖率较高，人为干扰较为明显。评价区内森林生态系统主要分布在枢纽工程区低山山顶以及沟谷地带。其植被类型以针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、竹林为主。其中针叶林主要有马尾松林 (Form. *Pinus massoniana*)、柏木林 (Form. *Cupressus funebris*) 和杉木林 (Form. *Cunninghamia lanceolata*)；落叶阔叶林主要有枫杨林 (Form. *Pterocarya stenoptera*)、楝树林 (Form. *Melia azedarach*) 和麻栎林 (Form. *Quercus acutissima*) 等；常绿阔叶林主要有香樟林 (Form. *Cinnamomum camphora*)、细叶青冈林 (Form. *Cyclobalanopsis gracilis*) 等；竹林主要为慈竹林 (Form. *Neosinocalamus affinis*) 和毛竹林 (Form. *Phyllostachys heterocyclus cv. Pubescens*) 等。

### (2) 灌丛生态系统

评价区灌丛生态系统面积为 67.03 km<sup>2</sup>，占评价区总面积的 18.89%。评价区内的的灌丛生态系统分布较为零星。植被型包括灌丛及灌草丛，其中灌丛主要有火棘、小果蔷薇灌丛 (Form. *Pyracantha fortuneana*, *Rosa cymosa*)、胡枝子、黄栌灌丛 (Form. *Lespedeza floribunda*, *Cotinus coggygia* var. *pubesens*)、黄荆、马桑灌丛 (Form. *Vitex negundo*, *Coriaria nepalensis*)、水红木灌丛 (Form. *Viburnum cylindricum*) 等；灌草丛主要有白茅灌草丛 (Form. *Imperata cylindrica*)、五节芒灌草丛 (Form. *Miscanthus floridulus*)、蜈蚣草灌草丛 (Form. *Pteris vittata*)、丛毛羊胡子草灌草丛 (Form. *Eriophorum comosum*)、山土瓜灌草丛 (Form. *Merremia hungaiensis*)、水蓼灌草丛 (Form. *Polygonum hydropiper*) 以及狗牙根灌草丛 (Form. *Cynodon dactylon*) 等。

### (3) 湿地生态系统

评价区湿地生态系统面积为 12.48 km<sup>2</sup>，占评价区总面积的 3.51%。评价区内的湿地生态系统主要包括枢纽工程的乌江干流及其他支流。植被型以水生植物、湿地植物为主。干支流沿河流滩涂大面积分布有五节芒灌草丛、白茅灌草丛、水蓼灌草丛 (Form. *Polygonum hydropiper*) 及狗牙根灌草丛 (Form. *Cynodon dactylon*) 等，伴生有截叶铁扫帚 (*Lespedeza cuneata*)、金丝草 (*Pogonatherum crinitum*)、水蓼 (*Polygonum hydropiper*)、丛枝蓼 (*Polygonum posumbu*)、小株木 (*Swida paucinervis*) 等；河流两岸主要有竹林、枫杨林等。

### (3) 农业生态系统

评价区农业生态系统面积为 71.07km<sup>2</sup>，占评价区总面积的比例为 20.02%。评价区的农业生态系统分布广泛，主要分布在乌江两岸山地平缓

地带。其植被类型简单，农作物主要以水稻(*Oryza sativa*)、玉米(*Zea mays*)、薯类等为主；经济作物主要有芭蕉(*Musa basjoo*)、芋头(*Colocasia esculenta*)、豆类等。由于农业生态系统中植被类型较为单一，植物种类较少，距离居民区较近而易受人为干扰，因此农田生态系统中动物种类不甚丰富。

#### (4) 城镇生态系统

评价区城镇/村落生态系统面积为 22.51km<sup>2</sup>，占评价区总面积的比例为 6.35%。城镇/村落生态系统内的植被多为栽培植被，种类组成较为简单，且主要作为房前屋后的四旁树，零星分布的主要有果树和花卉植物。且由于该系统中人类活动频繁，喜与人类伴居的动物多活动于此。

### 3.3.1.3 植被与植物多样性

#### (1) 区域植被

根据《四川植被》的分区系统，评价范围属亚热带常绿阔叶林区—川东盆地及川西南山地常绿阔叶林地带—川东盆地偏湿性常绿阔叶林亚带—盆边东南部中山植被地区—七耀山北部植被小区，地带性植被应为常绿阔叶林。由于多种原因除局部沟谷地带植被状况保存良好外，其它区域原生性常绿阔叶林已不复存在，现状植被都是恢复 20~30 年的次生植被。调查区域没有天然的原始森林，除农田外，主要都是以退耕还林为主的次生林、灌丛、草丛等。

经过实地调查，根据区内现状植被中群落组成的建群种与优势种的外貌，以及群落的环境生态与地理分布特征，按照《四川植被》可将评价区的自然植被划分为 5 个植被型组、6 个植被型、36 个群系，评价范围内的主要植被类型及其分布见表 3.3.1-2。

评价区其植被类型主要为针叶林、阔叶林、灌丛和草丛，从水平分布

上看，自然环境较为相似差异不大。乌江河谷两岸植被垂直分布特征显著，但峡谷段和宽谷段有所差异。

峡谷段植被垂直分布特征为：在坝区所处的峡谷段以及库区的峡谷段，由于三峡水库蓄水后的影响，175m 以下，由于岸坡陡峭，水位季节性变化、长期冲刷的结果，基岩裸露；从 175m 向上，直到第一层山脊顶部，均为典型的石灰岩灌丛，以黄荆、马桑、火棘为主；靠近上部逐渐出现较为高大的灌木如黄栌、构树等，到山顶平缓区域，常出现以松、杉、柏为主的针叶林。但由于山顶人类活动的干扰（乌江峡谷段的居民大多数居住在峡谷之上山顶平缓区域），针叶林成斑块状镶嵌在农耕地之间。

库区宽谷段植被垂直分布特征为：在宽谷江段，由于三峡水库蓄水后的影响，175m 以下，由于水位季节性波动的影响，只有能够耐受冬季水淹的一些草本植物能够存活下来，在这些区域主要以狗牙根、五节芒、白茅等禾本科以及水蓼、丛枝蓼等蓼科植物为主，形成成带状的分布结构。175m 以上至 300m，从河岸到高地，分布着以灌丛为主的植被，以黄荆、马桑、小楝木、水红木、苕麻为主。通常在库区宽谷段海拔高程 300m 上下是人类主要的聚居地，海拔高程 300-400m 的区域，是果园和农耕地镶嵌的阔叶林植被。海拔高程 400m 以上的山顶常出现以松、杉、柏为主的针叶林。

库尾宽谷段植被垂直分布特征为：该段的河岸为典型的湿生草甸植被，主要种类斑块水蓼、狗牙根、五节芒等；河岸带上部是河岸灌丛，以水麻为主；从河岸到高地，逐渐向黄荆、马桑、栎类等中生性灌木丛演替。在河岸与高地的交替地带，通常是以枫杨、杨树为主的河岸林，大多数是人工栽种；河岸林分布的海拔大约 260-280m，呈狭窄带状分布。从河岸向上，是近年来实施退耕还林、森林工程，是人工栽种的以杨树、天竺桂为主的造林地，目前长势良好，树木平均高度约 10m；部分农耕地镶嵌其间。

表 3.3.1-2

白马航电枢纽生态评价区主要植被类型及分布

植被型组	植被型	群系中文名	群系拉丁名	枢纽施工区分布	淹没区分布
针叶林	I. 亚热带常绿针叶林	1. 马尾松林	Form. <i>Pinus massoniana</i>	√	
		2. 柏木林	Form. <i>Cupressus funebris</i>	√	√
		3. 杉木林	Form. <i>Cunninghamia lanceolata</i>	√	
阔叶林	II. 落叶阔叶林	4. 枫杨林	Form. <i>Pterocarya stenoptera</i>	√	√
		5. 麻栎林	Form. <i>Quercus acutissima</i>	√	
		6. 刺桐林	Form. <i>Erythrina variegata</i>	√	√
		7. 楝树林	Form. <i>Melia azedarach</i>	√	
		8. 栾树林	Form. <i>Koelreuteria paniculata</i>	√	
		9. 野樱桃林	Form. <i>Cerasus dielsiana</i>	√	
		10. 响叶杨林	Form. <i>Populus adenopoda</i>	√	
		11. 化香树、盐肤木林	Form. <i>Plantycarya strobilacea, Rhus chinensis</i>	√	
	III. 常绿阔叶林	12. 细叶青冈林	Form. <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	√	
		13. 樟林	Form. <i>Cinnamomum camphora</i>	√	
		14. 银木荷林	Form. <i>Schima argentea</i>	√	
竹林	IV. 亚热带竹林	15. 毛竹林	Form. <i>Phyllostachys heterocyclus cv. Pubescens</i>	√	
		16. 慈竹林	Form. <i>Neosinocalamus affinis</i>	√	√
		17. 麻竹林	Form. <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	√	
		18. 水竹林	Form. <i>Phyllostachys heteroclada</i>	√	√
灌丛	V. 山地灌丛	19. 苕麻灌丛	Form. <i>Boehmeria nivea</i>	√	√
		20. 火棘、小果蔷薇灌丛	Form. <i>Pyracantha fortuneana, Rosa cymosa</i>	√	√
		21. 胡枝子、黄栌灌丛	Form. <i>Lespedeza floribunda, Cotinus coggygia var. pubescens</i>	√	√
		22. 黄荆、马桑灌丛	Form. <i>Vitex negundo, Coriaria nepalensis</i>	√	√
		23. 水麻灌丛	Form. <i>Debregeasia orientalis</i>	√	√
		24. 水红木灌丛	Form. <i>Viburnum cylindricum</i>		√
		25. 截叶铁扫帚灌丛	Form. <i>Lespedeza cuneata</i>		√
		26. 小叶蚊母灌丛	Form. <i>Distylium buxifolium</i>		√
稀树草丛	VI. 山地草丛	27. 白茅草丛	Form. <i>Imperata cylindrica</i>	√	√
		28. 五节芒草丛	Form. <i>Miscanthus floridulus</i>	√	√
		29. 白羊草草丛	Form. <i>Miscanthus floridulus</i>	√	√
		30. 蜈蚣草草丛	Form. <i>Pteris vittata</i>	√	√
		31. 金丝草草丛	Form. <i>Pogonatherum crinitum</i>		√
		32. 丛毛羊胡子草草丛	Form. <i>Eriophorum comosum</i>	√	
		33. 地瓜草丛	Form. <i>Ficus tikoua</i>	√	√
		34. 火炭母草丛	Form. <i>Polygonum chinense</i>		√
		35. 丛枝蓼草丛	Form. <i>Polygonum posumbu</i>		√
		36. 狗牙根草丛	Form. <i>Cynodon dactylon</i>	√	√
人工植被					

植被型组	植被型	群系中文名	群系拉丁名	枢纽施工区分布	淹没区分布
农业植被	用材林	37. 麻竹林	Form. <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	√	√
		38. 慈竹林	Form. <i>Phyllostachys heterocyclus cv. Pubescens</i>	√	√
		39. 刺桐林	Form. <i>Cryptomeria fortunei</i>	√	√
	经济林	40. 武隆猪腰枣林	Form. <i>Zizyphus jujuba cv. 'kidney'</i>		√
	农作物	粮食作物：水稻、高粱、豆类，兼有薯类（红薯）等 经济作物：芭蕉、芋头、猕猴桃等		√	√

## (2) 植物区系

根据《中国种子植物区系地理》（吴征镒等，2011年），评价区域植物区系组成属泛北极植物区，中国—日本森林植物亚区，是中国—日本森林植物区系的核心部分。评价区野生维管植物中蕨类植物属按照《中国植物志》（第一卷）陆树刚关于中国蕨类植物属的分布区类型（2004年），种子植物属按照吴征镒关于中国种子植物属的分布区类型系统（1993年），将评价区野生维管植物 323 属划分为 15 个分布区类型（见表 3.3.1-3）。

表 3.3.1-3 白马航电枢纽生态评价区野生维管植物属的分布区类型

分布区类型	合计	占非世界分布属的百分比%
1.世界分布	51	—
2.泛热带分布	71	26.10
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	4	1.47
4.旧世界热带分布	16	5.88
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	12	4.41
6.热带亚洲至热带非洲分布	6	2.21
7.热带亚洲分布	20	7.35
2-7 项热带分布	129	47.43
8.北温带分布	67	24.63
9.东亚和北美洲间断分布	20	7.35
10.旧世界温带分布	21	7.72
11.温带亚洲分布	5	1.84
12.地中海、西亚至中亚分布	4	1.47
13.中亚分布	0	0.00
14.东亚分布	21	7.72
8-14 项温带分布	138	50.73
15.中国特有分布	5	1.84
合计	323	100

### (3) 植物种类多样性

评价区维管植物共有 126 科 354 属 522 种（含种下分类等级，下同，见附表 3），包括蕨类植物 11 科 13 属 22 种；种子植物 115 科 341 属 500 种（其中，裸子植物 5 科 6 属 7 种，被子植物 110 科 335 属 493 种），评价区维管束植物科、属、种数量分别占重庆市维管束植物总科数、总属数和总种数的 57.27%、29.21%和 9.88%，占全国维管束植物总科数的 30.00%、总属数的 10.26%、总种数的 1.66%（详见表 3.3.1-4）。

表 3.3.1-4 白马航电枢纽生态评价区维管束植物统计表

项目	蕨类植物			种子植物						维管植物		
				裸子植物			被子植物					
	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种
评价区	11	13	22	5	6	7	110	335	493	126	354	522
重庆市	46	114	520	7	19	45	167	1079	4719	220	1212	5284
全国	63	224	2600	11	41	283	346	3184	28500	420	3449	31383
占重庆市比例 (%)	23.91	11.40	4.23	71.43	31.58	15.56	65.87	31.05	10.45	57.27	29.21	9.88
占全国比例 (%)	17.46	5.80	0.85	45.45	14.63	2.47	31.79	10.52	1.73	30.00	10.26	1.66

### (4) 重点保护野生植物和古树

#### 1) 重点保护植物

结合文献及现场调查结果，本工程评价区未发现国家重点保护植物。在评价区的自然山地植被中，可能存在有楠木、金荞麦、野大豆等。

#### 2) 古树

通过收集整理评价区内关于古树及其分布资料，同时对项目所在区域的林业局及附近村民进行访问调查，根据现场实际调查核实，在本工程生态评价区发现古树 123 株（见附表 4）。

### 3.3.1.4 动物多样性

#### (1) 动物区系和地理区划

根据《中国动物地理》（张荣祖 科学出版社，2010），我国动物地理区划分属于世界动物地理分区的古北界与东洋界。两界在我国境内的分界线西起横断山脉北部，经过川北的岷山与陕南的秦岭，向东至淮河南岸，直抵长江口以北。评价区陆生脊椎动物东洋种数量较多。其中东洋种 75 种，占评价区总种数的 57.25%；古北种最少，仅 14 种，占评价区总种数的 10.69%；广布种 42 种，占评价区总种数的 32.06%。可见，评价区陆生动物区系特征中，东洋种所占比例较大，这与评价区地处东洋界相符。

白马航电枢纽位于重庆市武隆县境内，根据本项目所在位置与《中国动物地理》中“中国动物地理区划图”叠图与《中国动物地理区划》描述可知，本项目区域分布的动物种群属于东洋界—华中区—西部山地高原亚区—四川盆地省—农田-亚热带林灌动物群。

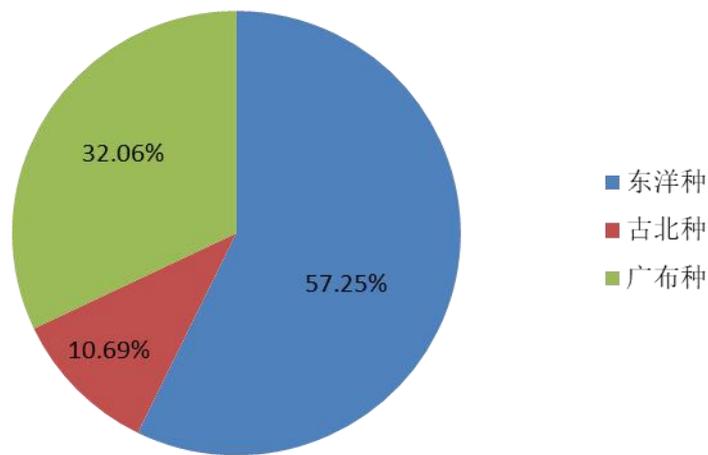


图 3.3.1-1 评价区陆生脊椎动物区系成分比例图

## (2) 动物种类多样性

通过查阅并参考《中国动物志》（两栖纲）（科学出版社，2009 年）、《中国两栖纲和爬行纲动物校正名录》（赵尔宓，张学文等，2000 年）、《中国鸟类分类与分布名录（第 2 版）》（郑光美，2010 年）、《中国爬

行动物图鉴》(中国野生动物保护协会, 2002年)、《中国鸟类图鉴》(钱燕文, 1994年)、《中国脊椎动物大全》(刘明玉, 解玉浩等, 2000年)、《中国哺乳类野外手册》(湖南教育出版社, 2009年)、《重庆市两栖动物多样性及利用现状》(段彪等, 1999年)、《重庆市两栖动物资源及现状》(段彪等, 2000年)、《重庆市两栖动物物种多样性研究及保护》(罗键等, 2005年)、《重庆市两栖爬行动物分类分布名录》(罗键等, 2012年)、《重庆市爬行动物物种多样性研究及保护》(罗键等, 2004年)、《重庆市珍稀哺乳类的生态地理分布与保护现状》(韩宗先等, 2002年)、《重庆市武隆县和彭水县交界处白颊黑叶猴种群初步调查》(苏化龙等, 2002年)、《重庆的药用脊椎动物》(程地芸等, 1999年)、《芙蓉江下游脊椎动物资源初步考察》(何学福等, 1994年)、《三峡库区珍稀濒危陆生脊椎动物现状及其保护对策》(林英华等, 2003), 并结合实地调查, 评价区共有陆生野生脊椎动物 4 纲 20 目 56 科 131 种; 未发现国家 I 级重点保护野生动物; 有国家 II 级重点保护野生动物 6 种, 重庆市级重点保护野生动物 12 种。评价区内的两栖类、爬行类、鸟类、哺乳类各纲的种类组成、区系、保护等级参见表 3.3.1-5。

表 3.3.1-5 评价范围内陆生脊椎野生动物数量、区系及保护情况

种类组成				动物区系			保护动物		
纲	目	科	种	东洋种	古北种	广布种	国家 I 级	国家 II 级	重庆市级
两栖纲	1	3	10	7	0	3	0	0	0
爬行纲	2	8	17	14	1	2	0	0	2
鸟纲	11	33	84	44	13	27	0	6	5
哺乳纲	6	12	20	10	0	10	0	0	5
合计	20	56	131	75	14	42	0	6	12

### 1) 两栖类

评价区内野生两栖动物种类有 1 目 3 科 10 种 (名录见附表 5), 以蛙科种类最多, 有 7 种, 占评价区野生两栖类种类总数的 70.0%。其中, 中华

蟾蜍、黑斑侧褶蛙 (*Pelophylax nigromaculata*) 适应能力强, 分布广, 为评价区常见种。

按区系类型分, 将评价区内的两栖类分为 2 种区系类型: 东洋种 7 种, 占评价区两栖类种类总数的 70.00%; 广布种 3 种, 占评价区两栖类种类总数的 30.00%。可见, 评价区东洋界成分占绝对优势, 这与评价区域处于东洋界相符。

根据两栖动物生活习性的不同, 将评价区内的 10 种两栖类动物分为以下 4 种生态类型:

**静水型** (在静水或缓流中觅食): 包括黑斑侧褶蛙和沼水蛙 2 种。主要在评价区内水流较缓的水域, 如沙河、车盘村水田、水洼及银盘电站附近等处, 与人类活动关系较密切。

**溪流型** (在流水中活动觅食): 包括绿臭蛙 (*Odorrana margaretae*)、棘腹蛙 (*Quasipaa boulengeri*) 和花臭蛙 (*Odorrana schmackeri*) 3 种。主要分布在评价范围内螃蟹溪弃渣场附近的山涧溪流。

**陆栖型** (在陆地上活动觅食): 包括中华蟾蜍、泽陆蛙 (*Pelophylax nigromaculata*)、饰纹姬蛙 (*Microhyla fissipes*) 和花姬蛙 (*Microhyla pulchra*), 共 4 种。它们主要是在评价区内离水源不远处或较潮湿的陆地上活动, 分布较广泛, 整个评价区均有分布。

**树栖型** (在树上活动觅食, 离水源较近的林子): 仅中国林蛙 1 种。主要分布在评价范围内离水源不远的林地, 在坝址上游和银盘电站下游的林地中。

## 2) 爬行类

评价区内野生爬行类共有 2 目 8 科 17 种 (名录见附表 6), 以游蛇科的种类最多, 共 6 种, 占评价区野生爬行类种类总数的 35.29%。剧毒蛇类

有 2 种，为尖吻蝾和竹叶青蛇 (*Trimeresurus stejnegeri*)。评价区未发现国家级重点保护野生爬行类分布；有重庆市级重点保护野生爬行类 2 种，为尖吻蝾和竹叶青蛇。其中北草蜥、铜蜓蜥等为评价区的优势种。

按区系类型分，将评价区内的爬行类分为 3 种区系类型：东洋种 14 种，占评价区爬行类种类总数的 82.35%；古北种 1 种，占评价区爬行类种类总数的 5.88%；广布种 2 种，占评价区爬行类种类总数的 11.77%。与两栖类类似，东洋界成分依然占绝对优势，这与评价区域处于东洋界相符。

根据爬行动物生活习性的不同，将评价区内的 17 种爬行动物分为以下 4 种生态类型：

**住宅型**（在住宅区的建筑物中筑巢、繁殖、活动的爬行类）：评价区分布多疣壁虎和蹼趾壁虎 (*Gekko subpalmatus*) 2 种。主要在评价区中的建筑物如生活区、白马镇石梁河边移民安置点等居民区附近活动。

**灌丛石隙型**（经常活动在灌丛下面，路边石缝中的爬行类）：包括丽纹攀蜥 (*Japalura splendida*)、北草蜥、中国石龙子、蓝尾石龙子 (*Plestiodon elegans*) 和铜蜓蜥，共 5 种。它们主要在评价区的山林灌草丛、石堆中活动，与人类活动关系较密切。

**林栖傍水型**（在山谷间有溪流的山坡上活动）：包括翠青蛇、黑眉锦蛇、赤链蛇、乌梢蛇、虎斑颈槽蛇 (*Rhabdophis tigrinus*)、玉斑锦蛇 (*Elaphe mandarina*)、尖吻蝾和竹叶青蛇，共 8 种。它们主要在水域附近的山间林地活动。评价区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中爬行类的主体。

**水栖型**（在水中生活、觅食的爬行类）：包括鳖和乌龟，共 2 种。主要在评价范围内的乌江中活动，有时也上岸活动。

### 3) 鸟类

评价区内共分布有野生鸟类 84 种, 隶属于 11 目 33 科(名录见附表 7), 以雀形目鸟类种类最多, 共 61 种, 占评价区内野生鸟类种类总数的 72.61%。其中, 黄臀鹌 (*Pycnonotus xanthorrhous*)、白鹡鸰 (*Motacilla alba*)、珠颈斑鸠、大山雀 (*Parus major*)、红尾水鸲 (*Rhyacornis fuliginosa*) 等为评价区内的优势种, 数量较多。野外实地考察中目击到白鹡鸰、珠颈斑鸠、黄臀鹌、普通鵙、红隼、大山雀、麻雀、金翅雀、白鹭、苍鹭等。

按照区系类型分, 将评价区内的鸟类分为 3 种区系类型: 东洋种 44 种, 占评价区鸟类种类总数的 52.38%; 广布种 27 种, 占评价区鸟类种类总数的 32.14%; 古北种有 13 种, 占评价区鸟类种类总数的 15.48%。评价区属于东洋界, 但其东洋界种优势度不再明显, 这是由于鸟类的迁移能力很强, 且有季节性迁徙的习性, 因此鸟类中古北界向东洋界渗透的趋势较强。

评价区迁徙鸟类种类共 26 种, 占评价区鸟类种数总数的 30.95%, 其中旅鸟 4 种, 占评价区鸟类种数总数的 4.76%, 该类鸟不常年在评价区域经过, 夏候鸟和冬候鸟共计 22 种, 占评价区鸟类种数总数的 26.19%, 迁徙鸟类占的比重较小。迁徙鸟类中, 以雀形目鸟类居多, 可见评价区的迁徙鸟类是以森林鸟类为主, 其中特别是鸣禽类占优势。评价区的鸟类中, 繁殖鸟(包括留鸟和夏候鸟) 占的比例较大 (73 种, 占 86.90%), 即评价区的鸟类中, 多数种类在评价区内繁殖。

根据鸟类生活习性的不同, 将评价区内的 84 种鸟类分为以下 6 种生态类型:

**游禽** (脚向后伸, 趾间有蹼, 有扁阔的或尖嘴, 善于游泳、潜水和在水中掏取食物): 评价区仅有鸕鷀目的小鸕鷀 1 种, 它们在评价范围内主要在河岸边活动、捕食, 主要分布在乌江及周边池塘, 金结拼装场附近的水域记录到。

**涉禽**（嘴、颈和脚都比较长，脚趾也很长，适于涉水行进，不会游泳，常用长嘴插入水底或地面取食）：评价区有鹤形目的白鹭和苍鹭，共2种。它们在评价范围内主要栖息于乌江两岸，本次现场调查中在坝址和银盘电站附近记录到白鹭，在银盘电站附近记录到苍鹭。

**陆禽**（体格结实，嘴坚硬，脚强而有力，适于挖土，多在地面活动觅食）：评价区包括鸡形目的灰胸竹鸡、红腹锦鸡、环颈雉和鸽形目的山斑鸠和珠颈斑鸠，共5种。它们在评价区内主要分布于林地及林缘地带或农田，在现场调查中多次目击到珠颈斑鸠。访问调查得知，红腹锦鸡分布在龙洞沟弃渣场之外的山体上部海拔500m以上的区域。

**猛禽**（具有弯曲如钩的锐利嘴和爪，翅膀强大有力，能在天空翱翔或滑翔，捕食空中或地下活的猎物）：评价区有普通鵟、黑耳鸢、雀鹰、红隼和斑头鸺鹠，共5种，由于猛禽活动范围较广，偶尔游荡至评价区上空。本次调查在坝址下游记录到普通鵟1只。猛禽处于食物链顶端，在生态系统中占有重要地位。它们在控制啮齿类动物的数量，维持环境健康和生态平衡方面具有不可替代的作用。由于数量稀少，我国将所有猛禽都列为国家重点保护鸟类，在坝址下游200m处记录普通鵟一只，在银盘电站记录红隼一只。

**攀禽**（嘴、脚和尾的构造都很特殊，善于在树上攀缘）：评价区包括鸱形目、夜鹰目、佛法僧目、戴胜目和鸺形目的四声杜鹃、大杜鹃、中杜鹃、噪鹃、鹰鹃、戴胜、普通翠鸟、冠鱼狗灰头绿啄木鸟和斑姬啄木鸟，共10种。主要分布于森林中，有部分也在林缘或村庄周围活动。

**鸣禽**（鸣管和鸣肌特别发达。一般体形较小，体态轻捷，活泼灵巧，善于鸣叫和歌唱，且巧于筑巢）：雀形目的所有鸟类都为鸣禽，评价区共有61种，为典型的森林鸟类。它们在评价区内广泛分布，不论是种类还是数量，鸣禽都占绝对优势。野外实地调查中，目击到的种类中，大多数为

雀形目种类。其中白鹡鸰、黄臀鹌、领雀嘴鹌、八哥、大山雀、麻雀、金翅雀等多次目击。

#### 4) 哺乳类

评价区内野生哺乳类共有 6 目 12 科 20 种（名录见附表 8），以啮齿目哺乳类种类最多，共 8 种，占评价区内野生哺乳类种类总数的 40.00%。在评价区内，黄鼬、小家鼠等为优势种，分布广，数量多。

按区系类型划分，将评价区内的哺乳类分为 2 种区系类型：东洋种 10 种，占评价区内哺乳类种类总数的 50.00%；广布种 10 种，占评价区内哺乳类种类总数的 50.00%。与鸟类类似，哺乳类的迁移能力也较强，因此也呈现出古北界成分向东洋界渗透的现象。

根据评价区内野生哺乳类生活习性的不同，将评价区内的 20 种哺乳类分为以下 4 种生态类型：

**半地下生活型**（穴居型，主要在地面活动觅食、栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物）：包括四川短尾鼯（*Anourosorex squamipes*）、社鼠（*Niviventer confucianus*）、小家鼠（*Mus musculus*）、褐家鼠（*Rattus novogicus*）、黄胸鼠（*Rattus novogicus*）、黑线姬鼠（*Asida agrarius*）、中华竹鼠（*Rhizomys sinensis*）和草兔（*Lepus capensis*），共 8 种。它们在评价区内分布在灌丛、草丛和农田中，在坝址、弃渣场及淹没区均有分布。其中小家鼠、褐家鼠和黄胸鼠等与人类关系密切。本次现场调查中在螃蟹溪弃渣场下部芭蕉林中捕捉到四川短尾鼯一只，在移民安置区目击到小家鼠。

**地面生活型**（主要在地面上活动、觅食）：包括赤狐（*Vulpes vulpes*）、黄鼬（*Mustela sibirica*）、鼬獾（*Melogale moschata*）、猪獾（*Arctonyx collaris*）、狗獾（*Meles meles*）、花面狸（*Paguma larvata*）、豹猫（*Felis bengalensis*）、野猪（*Sus scfofa*）和小鹿（*Muntiacus reevesi*），共 9 种。在评价区的哺乳

类中占的比例最大，达 47.37%，为评价区哺乳类的主要生态类型。主要分布在生境良好的林间山体中，其中野猪、小鹿、花面狸主要分布在乌江河谷上部及山脊以上的地带。

**岩洞栖息型**（在岩洞中倒挂栖息的小型哺乳类）：仅普通伏翼（*Pipistrellus abramus*）1种。它们在评价区内主要分布于评价区的居民点附近，傍晚接近天黑时出来活动。

**树栖型**（主要在树上栖息、觅食）：包括赤腹松鼠（*Callosciurus ergthraeus*）和红颊长尾松鼠（*Dremomys rufigenis*），共 2 种。在评价范围内分布在螃蟹溪弃渣场分布的柏木林中及在银盘电站右岸的山林中。

### （3）重点保护野生动物

评价区的陆生野生脊椎动物中，未发现国家 I 级重点保护野生动物分布；国家 II 级重点保护野生动物 6 种：普通鵟、黑耳鸢、雀鹰、红隼、斑头鸺鹠和红腹锦鸡，除了红腹锦鸡，均为猛禽，主要分布于评价区的山林、林缘以及农田边缘，活动范围较广，红腹锦鸡为陆禽，主要分布在乌江河谷两岸高地的荒山灌丛中。重庆市市级重点野生保护动物 12 种，其中爬行类 2 种，为尖吻蝾和竹叶青蛇，主要分布在江口镇黄桷村；鸟类 5 种，为小鸺鹠、灰胸竹鸡、四声杜鹃、中杜鹃和噪鹛，其中小鸺鹠分布在乌江流域中，灰胸竹鸡分布评价区银盘电站右岸生境良好的林地中，四声杜鹃、中杜鹃和噪鹛在评价区内分布范围广，各种类型的林中均有分布，其中中杜鹃和噪鹛常分布于人类活动较少的林地，四声杜鹃常分布于村庄、耕地附近林地；哺乳类 5 种，为赤狐、黄鼬、花面狸、豹猫和小鹿，其中，赤狐、花面狸、豹猫和小鹿分布在分布于乌江河谷上部及山脊以上的地带，黄鼬在评价区数量较多，分布范围广，除了在林地活动以外，还会栖息在耕地及村庄附近。评价区国家 II 级重点保护野生动物名录见表 3.3.1-6。

表 3.3.1-6 白马航电枢纽生态评价区国家重点保护野生动物名录表

中文名、拉丁名	生活习性	数量	保护等级	分布区域
黑耳鸢 <i>Milvus lineatus</i>	栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带。	+	国家 II 级	分布范围广，白马镇、羊角镇、回水末端银盘电站均有分布。
普通鵟 <i>Buteo buteo</i>	栖于稀疏林中，亦见于丘陵地的农田上空。	+	国家 II 级	金结拼装场附近记录到一只。
雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>	栖息于低山丘陵、山脚平原、农田地边、以及村庄附近，尤其喜欢在林缘、河谷。	+	国家 II 级	在土坎镇附近有分部。
红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	多栖息于山地和旷野中。以猎食时有翱翔习性而著名。	+	国家 II 级	银盘电站右岸记录到一只。
斑头鹡鹑 <i>Glaucidium cuculoides</i>	栖息于从平原、低山丘陵到海拔 2000m 左右的中山地带的阔叶林、混交林、次生林和林缘灌丛。	+	国家 II 级	银盘电站右岸山体上部的林中有分布。
红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	栖息于海拔 500-2500 米的阔叶林、针阔叶混交林和林缘疏林灌丛地带。分布于乌江河谷两岸高地的荒山灌丛。	+	国家 II 级	龙洞沟渣场山上上部海拔 500m 以上有分布。

### 3.3.1.5 生态完整性

#### (1) 景观生态体系组成与特征

根据现场调查，并结合评价范围内的 1: 10000 地形图和区域遥感卫星影像图分析，根据不同的土地利用类型的自然属性和人为干扰程度，以及不同生态系统的群落外貌特征，在评价区内建立如下五类景观生态分类系统（表 3.3.1-7）。

白马航电枢纽所在区域主要有林地、耕地两类景观类型。林地属于景观生态体系中的基质，是对环境质量具有动态控制功能的斑块之一。林地斑块以针叶林为主，在沟谷地带或山脊平缓区域镶嵌分布以马尾松或柏木为主的针叶林，在白马航电枢纽评价区域的乌江两岸可视范围内，多以陡峭的石灰岩峡谷为主，土层浅薄，主要生长灌丛。耕地斑块属引进斑块中

的种植斑块，受人类控制。在这类斑块中，人以耕作、种子、肥料的方式汇入能量。灌草地斑块属于环境资源斑块，主要由马桑、黄荆、黄栌、火棘、五节芒、白茅、地瓜、狗牙根、尼泊尔蓼、苔草、麦冬等组成，分布在阴坡的道路两侧和河流附近。河溪水域斑块由石梁河、郭溪沟、清水溪、长头河以及乌江上游和沿途的支流、区域内的坑塘水库及受到水系影响的河岸植被共同构成，属于环境资源斑块类型。裸岩等荒地丛属于环境资源斑块类型，一般较稳定，抗干扰能力强，生产力低，能长期地存在于与基质相异的环境中。

林地斑块的总面积远远大于其他斑块类型，达 51.23%，从景观结构上来看，林地的面积广泛，连通性高，在景观格局中占有重要的地位；其次是耕地斑块及灌草地斑块，分别占总面积的 20.02%和 18.89%，耕地斑块主要分布在海拔较低、地势平缓的区域，与人类活动密切相关。灌草地是受到人类干扰后生长的次生类型，其数量、面积均较大，且在评价区分布广泛；建设用地及其他用地的面积较小，占总面积比例较小。作为评价区景观重要组成部分的水域景观，主要由石梁河、郭溪沟、清水溪、长头河以及乌江上游和沿途的支流、区域内的坑塘水库组成，其面积较小，反映的斑块数在其他景观类型中最小，在景观格局中主要起到廊道的作用，这反映出山区中河溪分布众多，但均为小型间歇或常年性溪流、一般河道较窄的特点。

表 3.3.1-7 白马航电枢纽生态评价区景观生态分类组成

景观类型编号	景观要素类型	土地利用类型
1	林地	有林地（针叶林、阔叶林、竹林）
2	灌草地	灌丛、人工牧草地、其它草地
3	耕地	水田、旱地、园地（果园、茶园、其它园地）、其它农用地、
4	水域	河流、坑塘、水库、水工建筑
5	建设用地及其他用地	交通用地（公路、铁路）、建设用地（建制镇、村庄、港口码头、特殊用地）、裸地、采矿用地

表 3.3.1-8 白马航电枢纽生态评价区斑块类型指数

景观要素类型	面积(km <sup>2</sup> )	面积百分比 (%)	斑块数量 (个)	数量百分比 (%)
林地	181.82	51.23	5246	51.66
灌草地	67.03	18.89	2932	32.10
耕地	71.06	20.02	703	6.92
水域	12.48	3.51	265	2.61
建设用地及其他用地合计	22.52	6.35	6.81	6.71
合计	354.89	100.00	9608	100.00

(2) 评价区自然体系生产力现状

评价区以暖性河谷植被为主要类型，总生物量为 1300868.5t。阔叶林的生物量占了 62.51%，对生态系统的稳定 and 变化起到很重要的作用；其次为针叶林，占 13.38%。草地的生物量为 99997.13t，占总生物量的 7.69%；灌木林以及农田植被的生物量相差不大，分别为 58227.11 t、42639.42t，分别占总生物量的 4.48%、3.28%。此外，评价区河流和建设用地所占比重相当，但这两种土地类型的生产力水平低，影响了评价区总的生产力水平（表 3.3.1-9）。

表 3.3.1-9 枢纽工程评价范围各植被类型生产量现状表

植被类型	代表植物	面积 (km <sup>2</sup> )	占评价区总面积 (%)	平均生产力 [gC/ (m <sup>2</sup> ·a)]	平均生物量 (t/hm <sup>2</sup> )	生物量 (t)	占总生物量 (%)
针叶林	马尾松、柏木	66.08	18.62	1080.00	26.34	174058.67	13.38
阔叶林	枫杨、楝	89.88	25.32	1600.00	90.47	813124.46	62.51
经济林	柑桔、花椒、猕猴桃、板栗等	2586.54	7.29	850	43.04	111324.68	8.56%
灌木林	黄荆、马桑	16.53	4.66	900.00	35.22	58227.11	4.48
草地	五节芒、白茅	50.50	14.23	750.00	19.80	99997.13	7.69
农业植被	番薯、大豆	71.06	20.02	650.00	6.00	42639.42	3.28
水域	水生植被及藻类	12.47	3.51	400.00	1.2	1497.11	0.12
总计		332.49	93.66	——	——	1300868.58	100.00

1) 表中未包括建设用地及其他用地面积 2252.09hm<sup>2</sup>，占评价范围面积的 6.35%。

2) 各植被类型平均生物量数据来源于：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) 各植被类型平均净生产力数据来源于：冯宗炜，王效科，吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京：科学出版社，1999.

### (3) 自然体系生态稳定性分析

整个评价区内，优势度值最高的为林地，为 51.40%，其密度为 51.66%，频度为 51.46%，景观比例 51.23%，综合数据高于其他斑块类型，说明林地是该地区的模地，是本区域内对景观具有控制作用的生态体系部分，所以区域景观生态体系具有较强的生产能力和抗干扰能力，系统调控环境质量能力较强；其次为灌草地及耕地，其优势度分别为 22.23%、16.77%。评价区的景观构成现状中，林地和耕地构成了评价区的景观背景。评价区移民安置区以耕地及灌草地为主，耕地及灌草地在评价中景观比例也相当。从乌江河谷的植被垂直格局来看，河谷下部是以灌丛、耕地、草地为主的景观，河谷上部出现较多的为暖性针叶林、针阔叶混交林及阔叶林等林地。受人为干扰及河谷地貌和亚热带河谷季风气候等因素的影响，评价区内生态系统恢复力稳定性相对较低。

表 3.3.1-10 枢纽工程评价区各类斑块优势度值表

斑块类型	密度 (Rd)	频度 (Rf)	景观比例 (Lp)	优势度 (Do)
林地	51.66	51.46	51.23	51.40
灌草地	32.10	19.05	18.89	22.23
耕地	6.92	20.13	20.02	16.77
水域	2.61	3.98	3.52	3.41
建设用地及其他用地	6.71	6.87	6.35	6.57

#### 3.3.1.6 典型区陆生生态现状

##### (1) 枢纽工程区

坝址的土地类型主要为林地和灌草地，覆盖的植被类型主要以灌草丛和竹林为主。灌草地主要由马桑、黄栌、黄荆、五节芒等植物群系组成，



图 3.3.1-2 坝址附近生态环境现状

### (2) 左岸石梁河口-螃蟹溪施工区

该区位于坝轴线下游 1km 的乌江左岸支流石梁河河口附近，区内场地高程分布在 200~460m，可规划布置混凝土拌和系统（高程 200m）、砂石加工厂（高程 260~320m）、综合加工厂（高程 198m）、左岸施工营地（高程 300~305m）、业主营地（后期重复利用左岸混凝土拌和系统用地）、机电安装基地（高程 202m）、金结拼装场（高程 202m）、机械汽车停放场、施工水厂（高程 200m）、综合仓库（高程 215.5m）、二、三期围堰备料场、利用料堆场（螃蟹溪下部，高程 260~320m）等。

白马镇石梁河口至螃蟹溪沿途，以石料加工厂、菜地、农耕地为主，蔬菜地主要种植番薯、油菜等；农地主要种植大豆、玉米等。在菜地上方、公路之下的陡坎分布有以黄荆、五节芒为主的灌草丛。未发现国家重点保护野生植物，但在石梁河大桥右岸，机电安装基地规划用地处发现一棵皂荚古大树。

该区域来往车辆多，噪声大，对动物的干扰比较大，在该区域分布的主要是一些与人类活动紧密的动物，如爬行类的多疣壁虎，鸟类主要有画眉、金腰燕、鹊鸂、白鹊鸂等，哺乳类主要是啮齿目，如褐家鼠、小家鼠

等。



图 3.3.1-3 砂石加工场生态环境状况



图 3.3.1-4 施工生活区生态环境状况



图 3.3.1-5 规划金结拼装场与综合加工场生态环境状况



图 3.3.1-6 规划左岸混凝土拌和系统生态环境状况



图 3.3.1-7 左岸重物码头生态环境状况



图 3.3.1-8 机电安装基地生态环境状况

### (3) 螃蟹溪渣场

螃蟹溪弃渣场位于乌江左岸直流石梁河左岸的沟道内，该渣场分两级堆放，螃蟹溪上、下部弃渣场高程 160~450m。螃蟹溪为一冲沟，距石梁河出口约 500m，冲沟全长约 1.7km，纵比降约 16%。

螃蟹沟渣场沟道内以灌丛为主。局部区域有小片以樟、细叶青冈、柏木为主的针阔叶混交林、以柏木为主的针叶林及慈竹林，在山体顶部及山腰坡度稍小的地区分布有农田植被，主要作物为玉米、番薯等。林缘及道

路旁常有五节芒、白茅等草丛分布。灌丛以黄栌、黄荆为主，此外还有火棘、胡颓子、糯米条等。小片次生的常绿阔叶林分布在沟谷两岸地势较陡的地方。乔木层植物种类较丰富，有樟、枇杷、栎树、山合欢、细叶青冈、楠木、蚊母树；其下的灌木层主要有枸骨、黄杨、海金子、鼠李、荚迷和黄荆等。渣场下部农田以大豆、番薯为主，农田边缘分布有小面积的慈竹林。下部次生常绿阔叶林中有国家重点二级保护植物楠木，据考证为人工种植。未发现古树分布。

螃蟹沟渣场植被丰富，生境良好，人为活动较少，两栖类动物有陆栖型的华蟾蜍、泽陆蛙及溪流型的花臭蛙、绿臭蛙等；爬行类主要有灌丛石隙型的铜蜓蜥、中国石龙子及林栖傍水型黑眉锦蛇、玉斑锦蛇、乌梢蛇等；鸟类常见的为鸣禽，如金翅雀、画眉、灰椋鸟、麻雀、黄臀鹌等常见种类；哺乳类主要是小型常见哺乳类，如草兔、黄鼬、狗獾及啮齿目的黑线仓鼠、褐家鼠等。在螃蟹沟渣场的下部，用铗日法铗获了一只四川短尾鼯。未发现国家重点保护野生动物分布。



图 3.3.1-9 螃蟹溪弃渣场上部生态环境状况



图 3.3.1-10 螃蟹溪弃渣场下部生态环境状况

#### (4) 螃蟹溪料场

螃蟹溪为乌江左岸临时堆料场。螃蟹溪冲沟距石梁河出口约 500m，冲沟全长约 1.7km，纵比降约 16%。

螃蟹沟临时堆料场以灌草丛及农田为主。灌草丛常见五节芒、芭蕉、黄栌、鼠李、火棘等。农田以大豆、番薯为主，农田边缘分布有小面积的慈竹林。小片次生的常绿阔叶林分布在沟谷两侧地势较陡的地方，乔木层植物种类较丰富，有柏木、樟、枇杷、栎树、山合欢、小叶樟等；其下的灌木层主要有枸骨、胡枝子、鼠李、鞘柄菝葜、黄栌、黄荆等。未发现国家重点保护野生植物和古树分布。

螃蟹沟临时堆料场陆栖脊椎动物以爬行类、鸟类、哺乳类为主。爬行类主要有多疣壁虎、乌梢蛇等；鸟类常见的为鸣禽，如雀形目的常见种类等；哺乳类主要是小型常见的哺乳类，如草兔，啮齿目的黑线仓鼠、褐家鼠，食肉目的黄鼬、狗獾等。未发现国家重点保护野生动物分布。

#### (5) 水库淹没区

根据现场调查，白马库区内植被在水平方向上差异不明显，在垂直分布上，植被呈现一定的成层分布。选取白马航电枢纽坝址右岸断面、坝址上游左岸羊角镇左岸断面 2 处做植被的剖面分析，并做出相应的河槽典型剖面植被分布图（图 3.3.1-11）。沿河两岸的典型植被剖面是：河滩地→灌丛及灌草丛带，部分河岸地带仅有河滩地→农作物带→灌丛及灌草丛带。其中，灌丛及灌草丛带分布于一级阶地上，低海拔处多为灌草丛，常见的有五节芒、白茅、白羊草、金丝草、地瓜、蜈蚣草、苍耳、丛毛羊胡子草、野菊、马兰、山蚂蝗属等，混合在各灌丛群系下或周围，灌丛植物种类主要有黄栌、黄荆、马桑、盐肤木、火棘、美丽胡枝子、苕麻、乌桕、山麻杆、小楝木、水红木、水麻等。

淹没区的土地类型主要为林地、耕地，还有少量草地、建设用地及水域水利设施用地，覆盖的植被类型主要以低山针叶林、落叶阔叶林、竹林、灌丛和灌草丛为主。农业植被种植有水稻、玉米、薯类等；落叶阔叶林主要有枫杨林；竹林主要有慈竹林；灌丛主要有苕麻灌丛、马桑灌丛、黄荆灌丛和截叶胡枝子灌丛等；灌草丛主要有五节芒灌草丛、白茅灌草丛和地瓜灌草丛。经过调查，淹没区内分布有较大面积的慈竹林、柏木林以及五节芒灌草丛。

淹没区分布的陆生动物主要有两栖类的中华蟾蜍、泽陆蛙、饰纹姬蛙等，爬行类如北草蜥、中国石龙子、赤链蛇等，鸟类中的涉禽白鹭、苍鹭，傍水生活的鸣禽家燕、白鹡鸰、红尾水鸱、紫啸鸫、普通翠鸟等；哺乳类如黑线姬鼠、社鼠等。

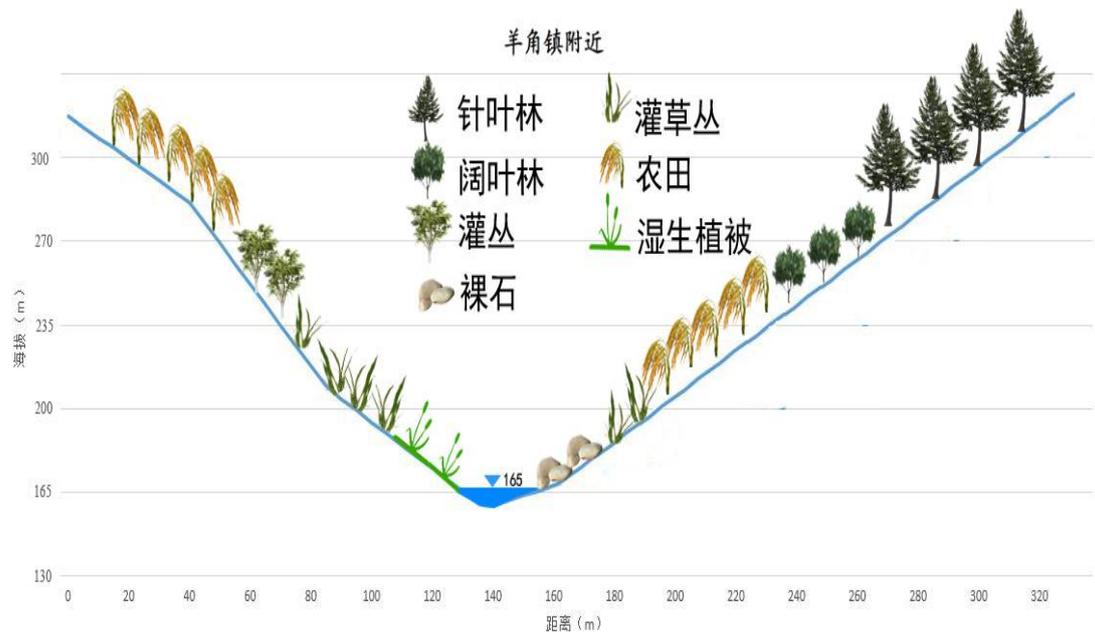
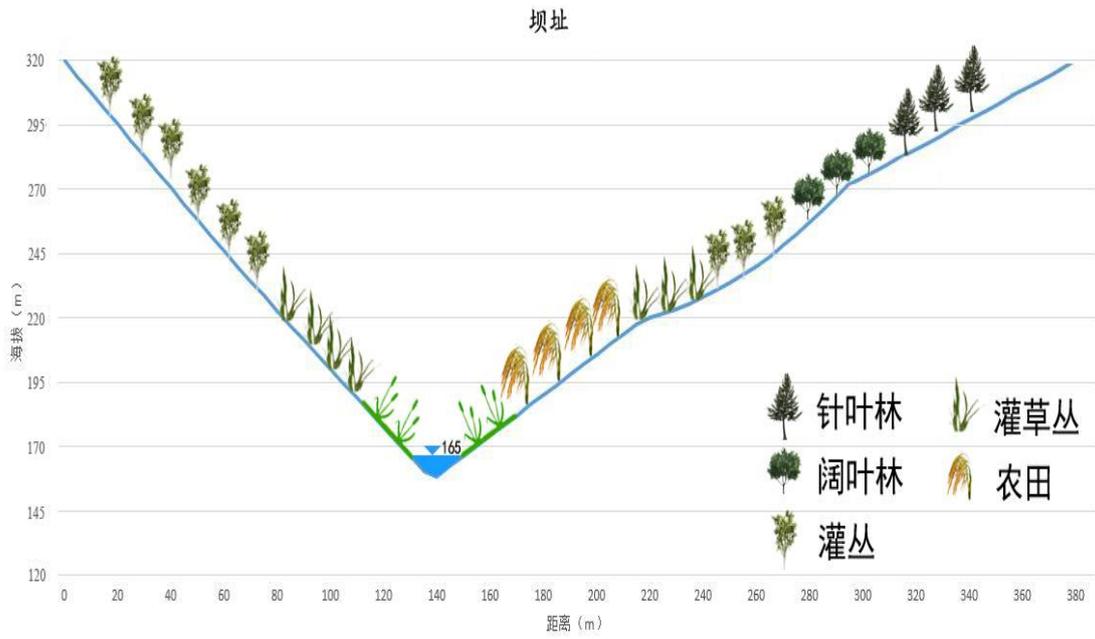
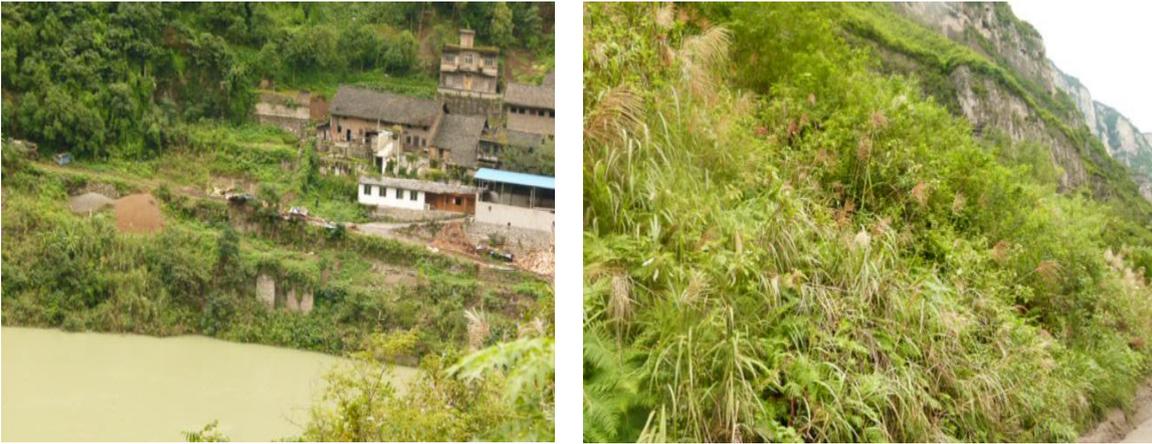


图 3.3.1-11 河槽典型剖面植被分布图



淹没区生态环境现状

图 3.3.1-12 河槽典型剖面植被分布图

#### (6) 白马镇石梁河边移民安置点

该安置点为石梁河右岸，紧邻白马镇已建成场镇。该处为在石梁河河岸修筑大堤，填埋而成的场地。植被类型单一，以荒地、小片菜地为主，低洼处分布有喜旱莲子草群落。未发现国家重点保护野生动植物及古树分布。该移民安置区人类活动强烈，受人为干扰较大，该区域分布的陆生脊椎动物多为与人类关系密切的常见种类。两栖类多为生活于池塘或居民点周围的蛙类，如中华蟾蜍等；爬行动物主要为蜥蜴目的一些种类，如多疣壁虎、北草蜥；鸟类种类较少，均为常见种，如白鹡鸰、家燕、画眉等；移民安置区内分布的哺乳类为小型哺乳类，主要是啮齿目、鼠科的小型哺乳类，均为常见种类，如小家鼠、社鼠等。



图 3.3.1-13 白马镇石梁河边移民安置点生态环境状况

### 3.3.1.7 陆生生态保护效果

#### (1) 陆生生态影响回顾评价

梯级水电工程建设主要是水库蓄水淹没河流两岸的陆生生态系统，将其改变为水域生态系统。根据评价范围内梯级水电站建设前（2002 年）和建设后（2016 年）生态系统类型分析结果，评价范围内对生态环境质量具有重要控制作用的森林生态系统和灌丛生态系统面积均有所增加，而相对较弱的灌草丛生态系统面积相对减少。

乌江沿河至河口段梯级开发蓄水淹没面积为  $2051.37\text{hm}^2$ ，淹没地类影响最大的是未利用地，其次是林地和耕地。受影响的主要植被类型为以马尾松、杉木、柏木等为主的暖性针叶林、以枫杨、枫香、麻栎为主的落叶阔叶林、以及以牧荆、马桑、盐肤木、黄荆、长叶水麻等为主的灌丛、以火棘、悬钩子为主的喀斯特灌丛，以白茅、芒为主的灌草丛，以及以农作物组合为主的农田植被。工程建设后，林地植被面积和植被生物量分别增加 3.59%和 2.82%。

已建梯级电站库区分布有中华蚊母群落，工程蓄水之前，对中华蚊母

进行了移栽，移栽的植株长势良好。工程蓄水后沿江部分河段还分布有中华蚊母典型群落，工程蓄水导致了评价区狭域植物数量降低，但并未导致种群消失。受彭水和银盘水电站建设的古树，目前大部分生长状况良好。

现有的陆生动物种类与梯级电站建设前基本一致，梯级水电站工程建设中水库蓄水淹没及枢纽区占地对当地野生动物造成的不利影响具有明显的局限性，工程建设没有改变库区库周的陆生动物区系特征及类型结构，未对动物物种多样性和重点保护动物造成明显不利影响。如备受关注的麻阳河自然保护区和芙蓉江黑叶猴自然保护区内黑叶猴种群，在彭水水电站和江口水电站建设到目前为止，保护区内黑叶猴种群依然处于正常繁衍的状态，且保护区内猴群数量相比梯级建设前略有增加。

2016 与 2002 年相比，评价区中各土地利用类型中，有林地、灌木林地、建设用地和水域面积有所增加，而耕地、牧草地有所减少。梯级水电站修建前后，评价区域多样性指数和均匀度变化不大，反映了库周土地利用类型的多样性和异质性基本未变，相对优势度指数有所增高，但增加幅度小。而最大斑块指数变化最大是水域斑块，从 2002 年的 0.02% 增加到 2016 年的 0.26%。

## （2）陆生生态保护效果

### 1) 麻阳河国家级自然保护区生境恢复及投食

麻阳河自然保护区管理局分别于 2005 年、2006 年购买树苗、李树苗分别在大河坝、大岭岗营造黑叶猴食物林 300 亩，成活率在 85% 以上，有效弥补了水库淹没对黑叶猴食物来源的影响。总的说来，彭水水库蓄水后对麻阳河自然保护区内黑叶猴食物来源无影响。同时，在麻阳河自然保护区的凉桥站建立珍稀野生动物急救站、建设观测塔。根据《贵州麻阳河国家级自然保护区生物多样性研究》（2017 版）研究成果，2014 年调查与上世

纪 80 年代末调查成果相比较,麻阳河中下游猴群数目由 12 群增加至 14~18 群,兰字河流域猴群数目从 10 群增加至 9~13 群,锯齿山区猴群数目由 16 群变为 8~11 群。另外在洪渡河龚溪口区、务川片区北部区、务川片区南部区、缠溪河、银童子、暗溪及凉桥等地也发现了猴群分布,黑叶猴数量较评阶段有较大升高。通过建设食物林、加强监管能力、完善基础设施等一系列措施加强对麻阳河自然保护区的管理,提高了保护区的保护能力,尽可能的减少了工程兴建对保护区的影响,有效减缓了水库淹没对自然保护区的主要保护对象——黑叶猴的影响,受淹没影响的 6 群黑叶猴种群数量有所增加,有效的恢复、维持和发展了自然保护区的自然资源和自然生态系统。

## 2) 工程区生态恢复

已建的彭水水电站施工期充分利用替溪沟渣场占地形成的平台,在渣场上建设了彭水-银盘鱼类增殖放流站,同时对渣场空地、鱼类增殖站内及道路两侧进行了植物恢复。即节约了工程布置占地,又合理的利用了工程弃渣,起到了良好的景观恢复效果。

彭水、银盘水电站均开展施工期针对施工作业面,重点是渣场、料场、施工道路区等进行植被恢复措施。其中,彭水水电站施工区动土地整治率 97.57%,水土流失总治理度 92.99%,土壤流失控制比 0.51,拦渣率 98.75%,林草植被恢复率 97.71%,林草覆盖率 26.24%;银盘水电站扰动土地整治率为 99.37%,水土流失总治理度为 98.45%,水土流失控制比为 1.25,拦渣率达 99.5%,林草植被恢复率为 98.05%,林草覆盖率 31.54%。

根据调查,乌江沿河至河口段受彭水、银盘水电站施工、蓄水淹没影响,评价区景观类型仍以旱地、有林地、灌木林地为主,评价区有林地面积和灌木林地在此期间都有所增加,也与近年来退耕还林还草和植树造林

以及封山育林等工程实施的结果外，区域生态系统得到一定程度的恢复。

### 3) 珍稀植物及古树移栽

为减缓工程蓄水、施工对珍稀植物及古树的影响，建设单位在蓄水前与库区三县林业局、移民局对受银盘水库淹没影响的古树和中华蚊母树进行了详细调查。彭水县、酉阳县、沿河县林业局分别制定了古树抢救方案，由彭水县移民局分别与万足镇政府和鹿角镇政府签订了《乌江彭水水电站彭水库区淹没影响古大珍稀树木保护实施协议》，酉阳县移民局与龚滩镇政府签订了《乌江彭水水电站酉阳库区淹没影响古大珍稀树木保护实施协议》，沿河县移民局与沿河县住建局签订了《乌江彭水水电站库区淹没影响古大珍稀树木保护实施协议》，由万足镇政府、鹿角镇政府、龚滩镇政府、沿河县住建局负责组织实施辖区单位的古树保护。彭水水电站共计移栽古树 20 株，古树分别移栽至彭水、酉阳、沿河等地。由库区三县制定狭域植物中华蚊母树抢救方案，由彭水库区各乡镇政府、酉阳县林业局、河县林业局等组织将 17410 株中华蚊母树移栽至鹿角镇文普园艺场、靛水珍稀植物、龚滩古镇、沿河县城等地。对移栽及就地保护的古木大树及中华蚊母，均由移栽实施单位及当地居民进行日常管护。当地政府对古树附近居民进行了宣传教育，移栽后的古树及中华蚊母未发生被盗窃、砍伐及人为破坏的现象。

2010 年，建设单位与武隆区林业局、彭水县林业局以及武隆县林业发展有限责任公司签订了四方协议《乌江银盘水电站陆生生物保护协议》（WL/HB014-2010），委托相关单位按照《重庆乌江银盘水电站环境影响报告书》及其批复开展中华蚊母树保护工作。同年，武隆县林业发展有限责任公司在武隆区黄草乡银厂村建立了“乌江银盘电站中华蚊母树移植保护苗圃”，该苗圃占地面积 30 亩，同时从水库库区及库周移植了 67000 株

中华蚊母树至该苗圃，成活数量为 34840 株。同时落实了中华蚊母树树移栽至银盘水电站枢纽工程区的二次移栽，移栽至业主营地的中华蚊母树长势良好，成活数量约为 150 株，成活率约 90%。根据现场调查，在彭水水电站坝址下游约 10km 河段的河岸两边仍有中华蚊母树分布，在阿依河和口及江口镇杨家沱局部分布有中华蚊母树，银盘水电站蓄水并未导致该种类的消失。2010 年，武隆区林业局、彭水县林业局等单位对可能受银盘水电站影响的古树进行了核查，对神溪沟弃渣场施工区的 1 株大桂花树、库周 13 株黄葛树实施了挂牌保护。目前涉及的古树生长状态良好，采取的就地保护措施有效。

### 3.3.2 水生生态

#### 3.3.2.1 水生生态现状调查工作简介

为全面系统的调查和掌握白马航电枢纽工程评价区水生生态背景情况，水工程生态研究所于 2011 年 4 月、6 月和 10 月及 2017 年 6 月 3 日-7 月 29 日在乌江干流银盘坝址至乌江口河段及芙蓉江等重要支流开展了 4 次水生生态现状调查，其中，2017 年调查为补充调查。

根据控制性、代表性原则，水生生态调查在乌江干流及主要支流共布设 7 个水生生物采样断面（图 3.3.2-1），其中，乌江干流 5 个采样断面，从上游至下游依次为银盘坝下、武隆、白马坝址、白涛、乌江汇口，支流 1 个采样断面即芙蓉江，乌江汇口下游 1 个采样断面即清溪场。

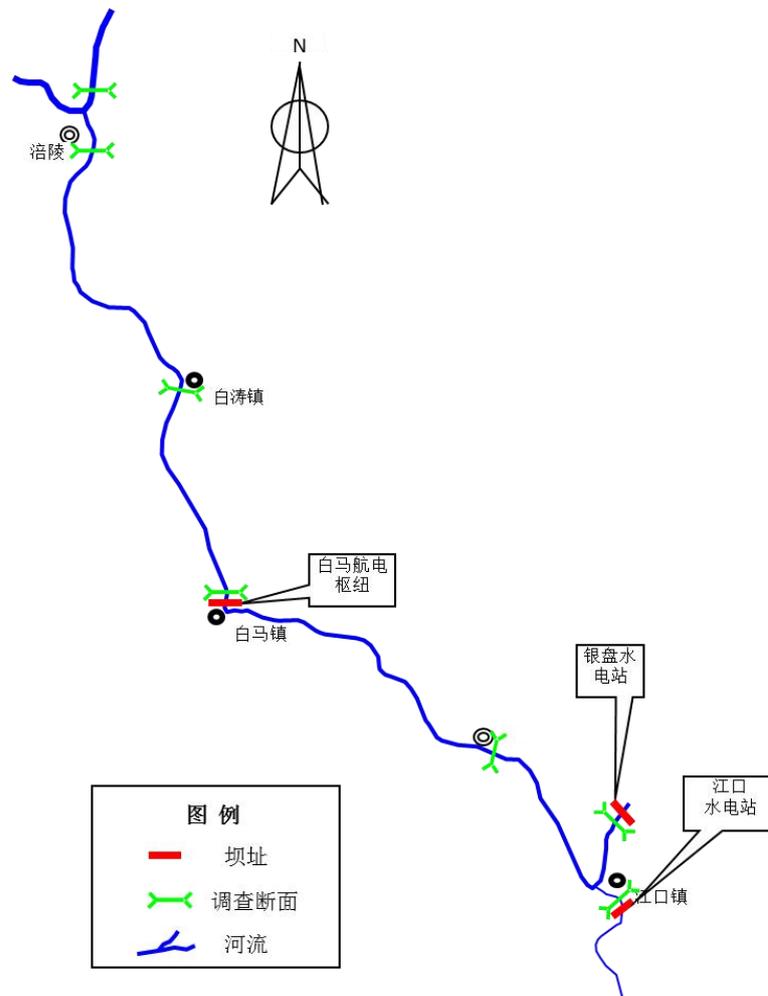


图 3.3.2-1 乌江白马航电枢纽工程评价区水生生态调查断面布置示意图

### 3.3.2.2 水生生境

白马航电枢纽工程位于乌江下游河段武隆县境内，上距银盘水电站约 46km，下距乌江河口约 43km，白马航电枢纽上游约 39km 处有芙蓉江从左岸汇入库区，乌江河口下游 483km 为三峡水利枢纽工程，三峡水库回水影响白马航电枢纽坝址江段。白马航电枢纽坝址多年平均流量为  $1570\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流量为 495.5 亿  $\text{m}^3$ ，径流主要集中于汛期 5~10 月，占全年比例为 77.1%（6~7 月经流量占全年径流量的 36.5%），枯期 11~4 月经流量只占全年的 22.9%。现状条件下，乌江白马航电枢纽江段水生生境主要受上游来水、银盘水库泄水和三峡水库回水综合影响。

乌江干流银盘以上河段共开发了 11 个梯级（包括银盘），其中位于贵

州省境内的构皮滩梯级具有多年调节性能，其余梯级具有日调节或季调节性能，上游梯级水电开发改变了银盘至河口段径流过程。受上游梯级联合运行的影响，银盘至河口段水文情势较天然情况已经有了较大改变，整体表现为枯水期流量所占百分比升高，汛期流量所占年百分比降低，径流年内分配更加均匀（详见报告书 3.2.2.3 节）。

银盘水电站调节库容较小，为日调节，基本无防洪作用，建库后下泄流量相对改变较小，枯水期坝下流量略有增加，其最小下泄流量  $345\text{m}^3/\text{s}$ ，坝下流量年内变幅略有减小。银盘坝址至武隆  $22\text{km}$  间水位最大日变幅为  $1.99\text{m}$ ，最大水位小时变幅为  $0.25\text{m}$ 。最小流量  $516\text{m}^3/\text{s}$ ，最小水深  $3.88\text{m}$ 。非汛期通过水库运行调节，银盘坝下河段比天然状况流量增加。枯水期武隆表面最大流速  $1.38\text{m}/\text{s}$ ，水位最大日变幅  $2.53\text{m}$ 。

三峡水库正常蓄水位  $175\text{m}$ ，死水位  $155\text{m}$ ，汛期限制水位  $145\text{m}$ 。根据三峡水库调度原则，汛期 6~9 月，水库维持防洪限制水位  $145\text{m}$  运行；10~翌年 5 月水库正常发电，最高运行水位  $175\text{m}$ ，最低运行水位  $155\text{m}$ ，其中 5 月份为防洪需要降低库水位，10 月份为电站发电需要充蓄抬高蓄水位。

白马航电枢纽位于三峡水库消落区内，江段水位受三峡水库调度运行影响，丰水期三峡回水至白涛，白马至白涛约  $21\text{km}$  河段保持河流流水生境；枯水期三峡回水至白马，白马至白涛河段基本为静缓流生境。当三峡水库水位在  $145\text{m}$  时，乌江干流白涛（距河口约  $22\text{km}$ ）以下河段水位较天然情况（三峡未成库前）有所抬高；当三峡库水位在  $155\text{m}$  时，乌江干流羊角（距河口约  $49\text{km}$ ）以下河段水位较天然情况有所抬高；当三峡库水位在  $175\text{m}$  时，对乌江干流江口（距河口约  $85\text{km}$ ）以下河段水位较天然情况有所抬高（详见报告书 3.2.2.4 节）。即汛期 6~9 月三峡水库正常运行水位  $145\text{m}$  对白马航电枢纽坝下水位基本无影响；在 5 月三峡库水位逐渐降低到  $155\text{m}$ ，三峡水库对白马枢纽坝下水位有一定影响，但影响程度小；而在 10 月至翌

年4月三峡水库水位在155~175m运行，对白马坝下水位顶托影响较大。

### 3.3.2.3 浮游植物

#### (1) 种类组成

根据现状调查结果，评价区共检出浮游植物7门54属136种（名录见附表9）。其中，硅藻门28属87种、绿藻门13属22种、蓝藻门6属16种、甲藻门3属3种、隐藻门2属3种、裸藻门1属3种、金藻门1属2种。干流共检出浮游植物7门50属122种，支流共检出浮游植物计34属65种。2017年补充调查，评价区共有浮游植物32属50种，优势种为变异直链藻、小环藻、尖针杆藻、曲壳藻、尖尾蓝隐藻和卵形隐藻。

综合分析，评价区浮游植物组成以硅藻门为主，绿藻门、蓝藻门次之，隐藻门、甲藻门、裸藻门、金藻门种类较少。常见种为直链藻、小环藻、星杆藻、脆杆藻、针杆藻、曲壳藻、席藻、蓝隐藻等。评价区各断面浮游植物种类组成无显著差异。

各断面浮游植物种类数由高到低依次为清溪场>芙蓉江>涪陵>武隆>白涛>白马、银盘，干流从上游至下游呈递增趋势，汇口下游清溪场和支流芙蓉江种类较丰富（图3.3.2-2）。

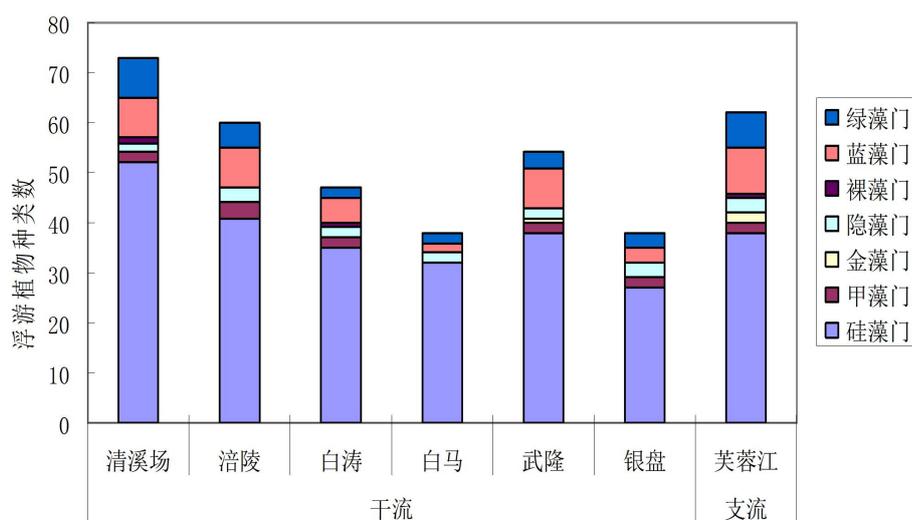


图3.3.2-2 白马航电枢纽工程评价区浮游植物种类组成

## (2) 现存量

### 1) 密度

评价区浮游植物平均密度为 98712ind./L。其中，干流平均密度为 95669ind./L；支流芙蓉江平均密度为 116967ind./L。2017 年 7 月补充监测评价区浮游植物密度范围在  $3.5329 \sim 10.7346 \times 10^5$ ind./L，平均为  $5.7070 \times 10^5$ ind./L。

评价区各断面浮游植物密度见表 3.3.2-1，干流白涛断面浮游植物密度最高，涪陵断面次之，武隆断面最低。平均密度支流高于干流。支流以绿藻门和硅藻门种类为主；干流以硅藻门为主，其次是隐藻门。其中，清溪场的蓝藻门和涪陵的绿藻门密度均较高。

表3.3.2-1 白马航电枢纽工程评价区各断面浮游植物密度 单位：ind./L

断面	硅藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	蓝藻门	绿藻门	合计
清溪场	28002	88	0	5525	88	4515	275	38492
涪陵	65965	1700	0	13338	0	6519	26400	113923
白涛	93692	372	0	38597	0	1579	4125	138365
白马	85941	0	0	13700	0	0	228	99869
武隆	67393	700	0	4966	0	5527	866	79451
银盘	88200	350	0	11075	0	1000	3292	103917
芙蓉江	46633	200	500	7700	67	533	61333	116967
平均	67975	487	71	13557	22	2810	13788	98712

### 2) 生物量

评价区各断面浮游植物生物量见表 3.3.2-2，浮游植物平均生物量为 0.13753mg/L。其中，干流平均生物量为 0.14891mg/L；支流芙蓉江平均生物量为 0.06922mg/L。2017 年 7 月补充监测评价区浮游植物生物量范围在 0.0829~0.1685mg/L，平均为 0.1354mg/L。

干流白涛断面浮游植物平均生物量最高，白马断面次之，清溪场断面最低。从平均生物量看，干流生物量高于支流。

表3.3.2-2 白马航电枢纽工程评价区浮游植物生物量 单位：mg/L

断面	硅藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	蓝藻门	绿藻门	合计
清溪场	0.0651	0.0004	0.0000	0.0057	0.0004	0.0005	0.0014	0.0735
涪陵	0.1255	0.0085	0.0000	0.0120	0.0000	0.0000	0.0040	0.1499
白涛	0.1826	0.0037	0.0000	0.0290	0.0000	0.0000	0.0023	0.2176
白马	0.1549	0.0000	0.0000	0.0093	0.0000	0.0000	0.0020	0.1661
武隆	0.1183	0.0035	0.0000	0.0046	0.0000	0.0002	0.0042	0.1307
银盘	0.1425	0.0018	0.0000	0.0098	0.0000	0.0000	0.0016	0.1557
芙蓉江	0.0292	0.0013	0.0015	0.0059	0.0007	0.0000	0.0306	0.0692
平均	0.1169	0.0027	0.0002	0.0109	0.0002	0.0001	0.0066	0.1375

### (3) 浮游植物现状评价

评价区浮游植物现存量总体较低，具有以硅藻主，蓝藻、绿藻和隐藻占一定比例的缓流生境浮游植物组成特点。评价区为开放性水生生态系统，浮游植物种类从上游至下游呈增加趋势。干流各断面浮游植物现存量差异总体不明显，由于白涛位于三峡回水末端，回水顶托使得区域营养盐累积，其浮游植物现存量较其它断面稍高。

#### 3.3.2.4 浮游动物

##### (1) 种类组成

根据现状调查结果，评价区共检出浮游动物 62 属 111 种（名录见附表 10）。其中，原生动物种类最多为 52 种；轮虫次之为 31 种；桡足类 17 种；枝角类种类最少为 11 种。

2017 年 7 月补充调查，评价区检出原生动物 8 目 10 科 12 属 16 种，常见种为砂壳虫、侠盗虫、小筒壳虫等；检出轮虫 9 科 14 属 26 种，常见种为疣毛轮虫、二突异尾轮虫、曲腿龟甲轮虫；检出浮游甲壳动物 16 种，其中枝角类、桡足类各 8 种，常见种为僧帽溞、象鼻溞、剑水蚤。

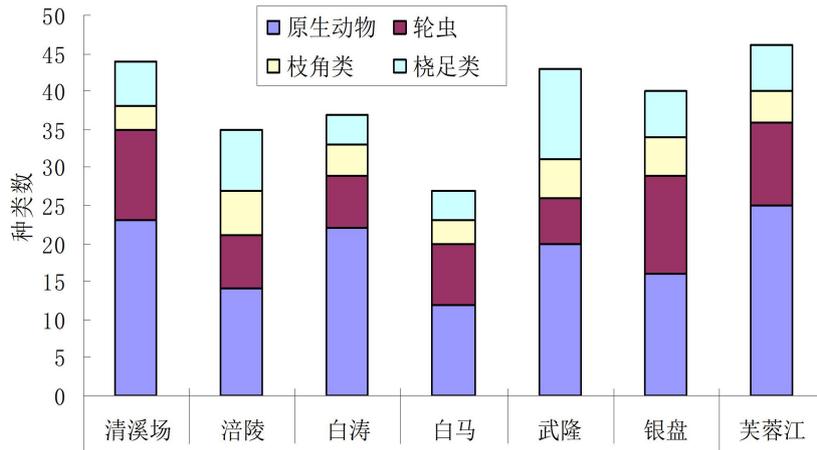


图 3.3.2-3 白马航电枢纽工程评价区各断面浮游动物种类组成

评价区各调查断面浮游动物种类组成见图 3.3.2-3。干流共检出浮游动物 56 属 95 种，其中，原生动物 45 种、轮虫 25 种、枝角类 10 种、桡足类 15 种。

支流共检出浮游动物 35 属 46 种，其中，原生动物 25 种、轮虫 11 种、枝角类 4 种、桡足类 6 种。

评价区浮游动物组成以原生动物、轮虫占绝对优势，枝角类、桡足类种类较少，为典型的河流生境群落结构。

干流清溪场浮游动物种类数最多，白马种类数最少，浮游动物种类从上游至下游呈增加趋势。支流（芙蓉江）的种类数大于干流各点。

### (2) 现存量

评价区浮游动物平均密度为 1477.30ind./L，其中，原生动物密度为 1412.14ind./L、轮虫密度为 64.67ind./L、枝角类密度为 0.32 ind./L、桡足类的密度为 0.16ind./L。评价区各断面浮游动物密度见表 3.3.2-3。

表 3.3.2-3 白马航电枢纽工程评价区浮游动物的密度 单位：ind./L

种类	干流							支流
	清溪场	涪陵	白涛	白马	武隆	银盘	平均	芙蓉江
原生动物	1240	727	770	493	780	580	765	5295
轮虫	67	27	26	50	83	20	45.45	180
枝角类	0.23	0.28	0.08	0.23	0.83	0.43	0.35	0.15
桡足类	0.15	0.2	0.15	0	0.18	0.1	0.13	0.37
合计	1307.58	753.82	796.07	543.9	863.68	600.53	810.93	5475.52

评价区浮游动物平均生物量为 67.938 $\mu\text{g/L}$ ，其中，原生动物生物量为 25.813 $\mu\text{g/L}$ 、轮虫生物量为 34.546 $\mu\text{g/L}$ 、枝角类生物量为 6.429 $\mu\text{g/L}$ 、桡足类生物量为 1.150 $\mu\text{g/L}$ 。评价区各断面浮游动物生物量见表 3.3.2-4。

评价区支流的平均密度和生物量均大于干流。密度以芙蓉江，白马最低；生物量以芙蓉江最高，白马最低。浮游动物的密度和生物量以原生动物和轮虫占绝对优势。各断面密度和生物量从上游至下游呈增加趋势。

表 3.3.2-4 白马航电枢纽工程评价区浮游动物的生物量 单位： $\mu\text{g/L}$

种类	干流							支流
	清溪场	涪陵	白涛	白马	武隆	银盘	平均	芙蓉江
原生动物	42.15	22.27	18.77	5.25	16.25	7.52	18.70	68.49
轮虫	12.53	19.39	12.49	24.15	45.59	3.92	19.68	123.75
枝角类	4.67	7.00	0.33	4.67	16.67	8.67	7.00	3.00
桡足类	1.05	1.40	1.05	0.00	1.28	0.70	0.91	2.57
合计	60.40	50.05	32.65	34.07	79.79	20.81	46.29	197.81

2017 年 7 月补充监测调查，原生动物密度为 333~1333ind./L，平均为 666.5ind./L；生物量为 2.67~174.67 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 33.56 $\mu\text{g/L}$ 。轮虫密度为 17~100ind./L，平均为 44.5ind./L；生物量为 333.33~1333.33 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 666.67 $\mu\text{g/L}$ 。枝角类密度为 0.15~0.9ind./L，平均为 0.45ind./L，生物量为 0.855~5.13 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 2.57 $\mu\text{g/L}$ ；桡足类密度为 0.45~1.9ind./L，平均为 1.26ind./L，生物量 2.80~10.90 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 6.88 $\mu\text{g/L}$ 。浮游动物种类数及现存量见表 3.3.2-5。

表 3.3.2-5 白马航电枢纽工程评价区浮游动物种类数及现存量（2017 年）

种类		银盘	武隆	白马	白涛	涪陵	芙蓉江
原生动物	种类数	3	4	4	5	2	6
	密度 (ind./L)	1000	333	333	667	333	1333
	生物量 ( $\mu\text{g/L}$ )	10.67	3.33	2.67	174.67	4.67	5.33
轮虫	种类数	12	13	13	10	13	18
	密度 (ind./L)	100	17	33	17	67	33
	生物量 ( $\mu\text{g/L}$ )	1000	333.33	333.33	666.67	333.33	1333.33
枝角类	种类数	5	3	4	5	4	2
	密度 (ind./L)	0.65	0.90	0.35	0.30	0.35	0.15

种类		银盘	武隆	白马	白涛	涪陵	芙蓉江
	生物量 (µg/L)	3.71	5.13	2.00	1.71	2.00	0.86
桡足类	种类数	5	6	3	3	5	5
	密度 (ind./L)	1.50	1.90	1.30	0.45	0.95	1.45
	生物量 (µg/L)	10.05	10.90	5.95	2.80	7.05	4.50

### (3) 浮游动物现状评价

评价区浮游动物结构组成以原生动物占绝对优势，轮虫次之，枝角类与桡足类量少。浮游动物种类和生物量从上游至下游呈增加趋势，4月份较其它月份丰富。

#### 3.3.2.5 底栖动物

##### (1) 种类组成

根据现状调查结果，评价区共检出底栖动物 25 种（名录见附表 11）。其中，水生昆虫 14 种，甲壳动物和寡毛类均为 3 种，软体动物 4 种，其它类群 1 种（表 3.3.2-6）。常见种为多摇蚊和淡水壳菜（湖沼股蛤）等。评价区底栖动物以水生昆虫和软体动物为主，甲壳动物、寡毛类和其它类群所占百分比相对较少。

根据 2017 年 7 月补充监测结果，评价区共检出底栖动物 17 种。其中，水生昆虫 11 种、甲壳动物 3 种、软体动物 2 种、环节动物 1 种。

各调查断面中底栖动物种类最多的是武隆（10 种）、白马（8 种）次之、最少为白涛（1 种）。多数调查断面以水生昆虫和软体动物为主，乌江支流芙蓉江断面物种数相对较少，长江干流清溪镇断面主要以甲壳动物和软体动物为主。乌江断面武隆和白涛有好氧型蜉蝣目和毛翅目种类检出。

表 3.3.2-6 白马航电枢纽工程评价区底栖动物种类组成

类群	芙蓉江	武隆	白马	白涛	涪陵	清溪镇	评价区
水生昆虫	1	8	6	0	1	1	14
甲壳动物	0	0	1	0	0	3	3
软体动物	1	0	1	1	1	3	4
寡毛类	1	2	0	0	1	0	3
其它类群	1	0	0	0	0	0	1
合计	4	10	8	1	3	7	25

## (2) 现存量

根据现状调查结果，底栖动物平均密度为 45.65ind./m<sup>2</sup>，涪陵（164.00ind./m<sup>2</sup>）最高、芙蓉江（9.52ind./m<sup>2</sup>）最低，多数断面均以水生昆虫为主。评价区底栖动物生物量为 2.5415g/m<sup>2</sup>，清溪镇（22.2851g/m<sup>2</sup>）最高、涪陵（0.1984g/m<sup>2</sup>）最低。软体动物和甲壳动物对生物量贡献较值较大。底栖动物现存量见表 3.3.2-7。

2017 年 7 月补充监测评价区底栖动物密度范围在 1~11ind./m<sup>2</sup>，平均为 4ind./m<sup>2</sup>。评价区底栖动物生物量范围在 0.014~0.702g/m<sup>2</sup>，平均为 0.464g/m<sup>2</sup>。

表 3.3.2-7 白马航电枢纽工程评价区底栖动物现存量

现存量	芙蓉江	武隆	白马	白涛	涪陵	清溪镇	平均
密度 (ind./m <sup>2</sup> )	9.52	58.73	31.87	53.97	164.00	33.33	45.65
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	1.2508	0.2179	0.3351	2.8397	0.1984	12.3251	2.5415

## (3) 底栖动物现状及评价

评价区域底栖动物 25 种（科或属），隶属于 3 门 6 纲 10 目 16 科 25 种（属），水生昆虫、甲壳动物、寡毛类、软体动物和其它类群占比分别为 56%、12%、12%、16%和 4%。常见种为多足摇蚊和淡水壳菜（湖沼股蛤）。各类群组成均以水生昆虫和软体动物为主，甲壳动物、寡毛类和其它类群占比相对较小。水生昆虫对底栖动物密度贡献值较大，生物量的主要贡献者是软体动物和甲壳动物。

### 3.3.2.6 鱼类

#### (1) 种类组成

根据《四川鱼类志》、《中国动物志硬骨鱼纲 鲇形目》、《中国动物志硬骨鱼纲 鲤形目》等文献资料，参考 1991 年彭水水电站环境影响评价前期调查成果，中国科学院水生生物研究所《重庆乌江彭水水电站环境影

响复核—水生生物专题报告》(2004年)成果,及水工程生态所2006-2013年对乌江下游调查成果,乌江下游江段共记录分布有鱼类7目18科71属140种,其中2009年以来在评价区现场调查采集到鱼类有64种。乌江下游鱼类及现场调查各江段所调查到的鱼类名录见附表12。

在评价区记录分布鱼类中,鲤形目是主要构成类群,有106种;其次是鲇形目和鲈形目,分别为21和7种;其它各目共6种。其中,鲤科鱼类最为丰富,有87种;其次是鳅科、鲢科,分别为12种;其余16科的种数较少,共计有29种(表3.3.2-8)。

近年来在银盘坝下至涪陵现场调查到鱼类3目10科50属64种。其中,鲤形目39属46种;鲇形目次之,为8属15种;鲈形目最少,为2属3种;各科鱼类中鲤科鱼类以33属37种居首。调查到的64种鱼类中,共采集到3种乌江流域历史无记录的种类,分别为厚唇光唇鱼、似鲮和圆尾拟鲮。

表 3.3.2-8 乌江下游鱼类分类构成

目	科	属	种	种%	
鲟形目	鲟科	1	2	1.42	2.13
	匙吻鲟科	1	1	0.71	
鳗鲡目	鳗鲡科	1	1	0.71	0.71
鲤形目	胭脂鱼科	1	1	0.71	75.89
	鳅科	6	12	8.51	
	鲤科	52	87	62.41	
	平鳍鳅科	5	6	4.26	
鲇形目	胡子鲇科	1	1	0.71	12.77
	鲇科	1	2	1.42	
	鲢科	4	12	8.51	
	钝头鮠科	1	3	2.13	
	鮡科	2	3	2.13	
鲟形目	鲟科	1	1	0.71	0.71
合鳃目	合鳃鱼科	1	1	0.71	0.71
鲈形目	鮠科	1	3	2.13	4.97
	塘鳢科	1	1	0.71	
	鰕虎鱼科	1	1	0.71	
	斗鱼科	1	1	0.71	
	鱧科	1	1	0.71	
合计		83	140	100	100

## (2) 生态特点

### 1) 栖息习性

根据鱼类对不同栖息环境的偏好程度，评价区鱼类可分为 3 种类群：

#### ①急流底栖类群

该类群有特化的吸盘或类似吸盘的附着结构，适于附着在急流河底物体上生活，以附着藻类等为食。该类群主要种类有泉水鱼、中华倒刺鲃、长鳍吻鮡、中华金沙鳅、中华纹胸鮡等。该类群鱼类在评价区主要分布于银盘电站坝下及支流的流水河段，种群规模较小。

#### ②流水类群

该类群主要或完全生活在流水环境中，体长形，略侧扁，游泳能力强，适应于流水生活。该类群以附着藻类、有机碎屑、底栖无脊椎动物、水草等为食。该类群主要种类有长薄鳅、马口鱼、青鱼、圆筒吻鮡、宽口光唇鱼、粗唇鮠等。

#### ③静缓流类群

该类群适宜生活于静缓流水水体中，或以浮游动植物为食，或杂食，或动物性食性。该类群主要种类有鱮、鲢、鳙、张氏鳙、翘嘴鮠、鲫、鲇、鳊等。该类群部分种类能适应流水生活。

### 2) 繁殖习性

根据鱼类繁殖习性，评价区的鱼类可分为 4 个繁殖生态类群：

#### ①产漂流性卵类群

该类群产卵需要湍急的水流条件，通常在汛期洪峰发生后产卵。鱼卵比重略大于水，产出后卵膜吸水膨胀，在水流作用下鱼卵随水漂流。孵化出的早期仔鱼，仍要顺水漂流，待身体发育到具备较强的游泳能力后，才能游到浅水或缓流处停歇。从卵产出到仔鱼具备溯游能力，一般需要 30 或

40h 以上，有的需要时间更长。该类群主要种类有青鱼、草鱼、鲢、鳙、铜鱼等。

### ②产粘性卵类群

评价区水域鱼类绝大多数为产粘性卵类群，该类群主要种类有泉水鱼、中华倒刺鲃、鲤、鲫、瓦氏黄颡鱼、大鳍鱮、鲇等。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。根据产卵时对水流条件的偏好，又可分为两类：急流产粘性卵类群，包括鲴亚科、岩原鲤、棒花鱼等；静水环境产粘性卵类群，包括鲤、鲫、鳊、鳊等。少数鱼类产卵时不需要水流刺激，可在静缓流水环境下繁殖，产粘性卵，其卵有的黏附于水草发育，如鲤、鲫、泥鳅等；有的黏附于砾石如鲇、麦穗鱼等。

③产浮性卵类群。包括张氏鳊、黄鳊、鳊属等。该类群鱼卵具油球，在水中漂浮发育。

④其它产卵类群。包括产卵于软体动物外套腔中的鱮亚科、鳊属等鱼类。

## 3) 食性

评价区鱼类以食性可分为 5 个类群。

### ①以着生藻类为食的类群

该类群均为口下位，具有发达的触须及锋利的下颌或肥厚的唇，用以感触刮取吸摄食物，食物中还包括有机碎屑。该类群有鲴属、白甲鱼属以及野鲮亚科、裂腹鱼亚科的某些种类。

### ②以无脊椎动物为食的类群

该类群的口部常具有发达的触须或肥厚的唇，用以吸取食物。所摄取的食物，除少部分生长在深潭和缓流河段泥沙底质中的摇蚊科幼虫和寡毛

类外，多数是急流的砾石河滩石缝间生长的毛翅目和蜉游目昆虫的幼虫或稚虫。该类群主要有银鮡、棒花鱼、蛇鮡、麦穗鱼、中华沙鳅等。还包括以软体动物为食的青鱼、瓣结鱼以及平鳍鳅科、鲿科、钝头鮠科等。

### ③杂食性类群

该类群既摄食水生昆虫、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，或吞食鱼卵、鱼苗。该类群主要有鲤、鲫、唇鲮、赤眼鳟等。

### ④肉食性类群

该类群或巡游于水体上层，或潜伏水底或岸边，以其它鱼类或小型动物为食。该类群主要有宽鳍鱲、马口鱼、鲈、大口鲈、粗唇鮠等。

### ⑤以浮游生物为食的类群

大多数鱼类在幼鱼阶段都以浮游生物为食，少数鱼类却终身以浮游生物为食。该类群主要有鲢、鳙、鳊、棒花鱼、中华鳊等。

## 4) 洄游习性

根据鱼类洄游特点，将评价区鱼类可划分为 3 种不同类型。

### ①江湖洄游型

江湖洄游型鱼类是长江中下游复合生态系统中较为常见的一种洄游类型。该类群鱼类通常在江河中的流水江段产卵，受精卵随水流扩散进入洪泛平原不同类型的水体进行肥育，育成的亲鱼则再次进入江河中的流水江段繁殖。典型的江湖洄游型鱼类包括草鱼、青鱼、鲢、鳙等鱼类。

### ②河道洄游型

河道洄游型鱼类生活史的完成主要在河流，基本不进入湖泊等附属水体。该类群洄游可以分为两个阶段。在早期生活史阶段，缺乏主动游泳能力的卵苗被动顺水漂流，扩散至产卵场下游河段；待具备较强的游泳能力以后，主动上溯至适宜江段生长繁殖。评价区多数鱼类为此类群种类。

### ③定居型

定居型鱼类主要能够在相对狭窄水域内完成全部生活史的种类。定居型鱼类包括在湖泊、池塘、水库中完成生活史的种类。在流水中，定居型鱼类倾向于流速较缓的河段，常呈现区域性分布的特点。该类群主要有鲤、鲫、鲇、鳊、鳙、南方鲇、黄颡鱼等。

#### (2) 渔获物组成

##### 1) 江口-武隆段

江口-武隆段渔获物中数量较多的种类依次为：宽鳍鱮、瓦氏黄颡鱼、鳊、蛇鮈、银飘鱼、鳊、鲫等。主要渔获对象宽鳍鱮、瓦氏黄颡鱼和鳊占渔获物数量的 78.94%、占渔获物重量的 65.16%（见表 3.3.2-9）。

表 3.3.2-9 白马航电枢纽工程评价区江口-武隆段渔获物结构

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量(尾)	比例(%)	重量(g)	比例(%)			
宽鳍鱮	325	39.78	6825	30.61	21	57-139	2.5-58.4
瓦氏黄颡鱼	181	22.15	5285.2	23.70	29.2	64-303	2.5-414.4
鳊	139	17.01	2418.6	10.85	17.4	68-158	2.4-65.8
蛇鮈	26	3.18	501.8	2.25	19.3	66-174	3.8-54.1
银飘鱼	24	2.94	312	1.40	13	56-154	2.3-33.7
鳊	17	2.08	804.1	3.61	47.3	58-240	3.5-336.6
鲫	15	1.84	1138.5	5.11	75.9	137-192	17.5-204.5
吻鮈	13	1.59	1318.2	5.91	101.4	119-276	15.5-279.1
银鮈	10	1.22	140	0.63	14	74-105	5.4-22.3
泉水鱼	8	0.98	830.4	3.72	103.8	92-228	15.7-352.4
黄尾鲮	8	0.98	255.2	1.14	31.9	108-154	17.9-53.9
马口鱼	6	0.73	188.4	0.84	31.4	90-138	14.2-69
宜昌鳅鮡	5	0.61	40.5	0.18	8.1	84-96	3.9-11.8
子陵吻鰕虎鱼	5	0.61	27.5	0.12	5.5	56-72	3.3-7.6
草鱼	4	0.49	188.8	0.85	47.2	92-172	18-83.3
鱮	3	0.37	221.7	0.99	73.9	104-198	18.3-109.4
圆筒吻鮈	3	0.37	355.2	1.59	118.4	145-230	48.3-205.7
长鳍吻鮈	3	0.37	27.6	0.12	9.2	64-77	5.8-12.9
黄颡鱼	2	0.24	148.6	0.67	74.3	176-195	65.6-107.1
中华纹胸鮡	2	0.24	194.6	0.87	97.3	121-218	33.9-155.5
翘嘴鲌	2	0.24	353.8	1.59	176.9	145-220	86.3-267.5

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量(尾)	比例(%)	重量(g)	比例(%)			
中华鲮	2	0.24	93.2	0.42	46.6	118-158	27.6-65.6
白甲鱼	2	0.24	35.4	0.16	17.7	94-101	17.3-18.1
粗唇鲮	2	0.24	41	0.18	20.5	82-114	11.9-29
犁头鳅	1	0.12	19.6	0.09	19.6		
鲤	1	0.12	40.4	0.18	40.4		
鲢	1	0.12	36.9	0.17	36.9		
似鳊	1	0.12	8.8	0.04	8.8		
瓣结鱼	1	0.12	86.4	0.39	86.4		
花鲮	1	0.12	66.1	0.30	66.1		
鲇	1	0.12	41.4	0.19	41.4		
切尾拟鲮	1	0.12	5.2	0.02	5.2		
似鲮	1	0.12	13.8	0.06	13.8		
铜鱼	1	0.12	234.3	1.05	234.3		
合计	817	100	22298.2	100			

调查的渔获物中大部分鱼类个体较小。均重超过 100g 的有 5 种，分别为铜鱼、鲤、鲮、泉水鱼、吻鲈。均重超过 50g 的有 6 种，分别为长鳍吻鲈、瓣结鱼、鲫、圆筒吻鲈、草鱼、花鲮。其他种均重均在 50g 以下。

## 2) 武隆-白马段

武隆-白马段在渔获物中数量较多的种类依次为：泉水鱼、宽鳍鱮、瓦氏黄颡鱼、蛇鲈、粗唇鲮、鳊、吻鲈、大鳍鱮、银飘鱼、宜昌鳅鲃、长鳍吻鲈、银鲈、圆筒吻鲈等。主要渔获对象泉水鱼、宽鳍鱮、瓦氏黄颡鱼、蛇鲈、粗唇鲮、鳊、吻鲈占渔获物数量的 87.43%、占渔获物重量的 77.09%（见表 3.3.2-10）。

渔获物个体较小，均重超过 100g 的有长吻鲮、铜鱼、圆口铜鱼、南方鲇、长薄鳅、墨头鱼、吻鲈、泉水鱼。均重超过 50g 的有瓣结鱼、长鳍吻鲈、圆筒吻鲈、中华倒刺鲃、云南光唇鱼、大眼鳊、大鳍鱮和瓦氏黄颡鱼。

表 3.3.2-10 白马航电枢纽工程评价区武隆-白马段渔获物

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量 (尾)	比例 (%)	重量 (g)	比例 (%)			
泉水鱼	184	27.22	21068	41.14	114.5	103-212	28.3-268.3
宽鳍鱲	57	8.43	1259.7	2.46	22.1	60-141	5.1-63.3
瓦氏黄颡鱼	55	8.14	3080	6.01	56	80-294	9.8-299.4
蛇鮈	45	6.66	1017	1.99	22.6	97-172	7.5-51.4
鲮	39	5.77	686.4	1.34	17.6	83-150	7.1-39.3
吻鮈	34	5.03	4440.4	8.67	130.6	160-325	42.9-300
大鳍鱬	31	4.59	2126.6	4.15	68.6	110-254	15.6-149.3
银飘鱼	30	4.44	537	1.05	17.9	94-163	8.9-61.2
粗唇鮠	29	4.29	986	1.93	34	82-198	11.8-101
宜昌鳅鮠	27	3.99	291.6	0.57	10.8	65-110	3.8-19.8
长鳍吻鮈	22	3.25	1980	3.87	90	116-207	19-143.7
银鮈	19	2.81	353.4	0.69	18.6	85-116	10-36.4
圆筒吻鮈	19	2.81	1656.8	3.23	87.2	161-221	55.5-145.4
鲫	13	1.92	600.6	1.17	46.2	87-140	21.3-110.6
墨头鱼	11	1.63	1488.3	2.91	135.3	135-206	50.4-243.5
铜鱼	10	1.48	2329	4.55	232.9	172-324	68.2-501.3
圆口铜鱼	9	1.33	1951.2	3.81	216.8	203-273	110.6-290
中华金沙鳅	8	1.18	176	0.34	22	102-117	16.6-24.8
似鳊	6	0.89	18.6	0.04	3.1	81-98	8.7-13.3
中华纹胸鮡	5	0.74	79	0.15	15.8	73-102	8.6-20.8
白缘鳅	3	0.44	18.3	0.04	6.1	68-76	5-7.2
长吻鮠	2	0.30	3950	7.71	1975	--	--
福建纹胸鮡	2	0.30	48.6	0.09	24.3	98-106	22.4-26.2
犁头鳅	2	0.30	17.4	0.03	8.7	109-113	8.6-8.7
南方鲇	2	0.30	371.2	0.72	185.6	165-347	34.7-336.4
瓣结鱼	1	0.15	94	0.18	94		
长薄鳅	1	0.15	160.9	0.31	160.9		
大眼鳊	1	0.15	74.5	0.15	74.5		
厚唇光唇鱼	1	0.15	49.1	0.10	49.1		
红尾副鳅	1	0.15	12.5	0.02	12.5		
红鳍原鲃	1	0.15	46.7	0.09	46.7		
马口鱼	1	0.15	12.1	0.02	12.1		
胡子鲇	1	0.15	23.6	0.05	23.6		
云南盘鮡	1	0.15	47.8	0.09	47.8		
云南光唇鱼	1	0.15	76.9	0.15	76.9		
中华倒刺鲃	1	0.15	81.6	0.16	81.6		
子陵吻虾虎鱼	1	0.15	5.5	0.01	5.5		
合计	676	100	51216.3	100			

### 3) 白马-白涛段

白马-白涛段渔获物中数量较多的种类依次为：鳡、蛇鮈、银飘鱼、瓦氏黄颡鱼、似鳊、银鮈、大鳍鲮、粗唇鲮等。主要渔获对象鳡、蛇鮈、银飘鱼、瓦氏黄颡鱼、似鳊、银鮈、大鳍鲮、粗唇鲮占渔获物数量的 71.88%、占渔获物重量的 32.49%（见表 3.3.2-11）。

渔获物中大部分个体较小，一般不超过 500g。个体较大的有草鱼、长吻鲮、鳊、铜鱼、翘嘴鲮和鲢。均重超过 100g 有鳊、南方鲇、草鱼、长吻鲮、翘嘴鲮、鲮、团头鲂、鲤、鲢、铜鱼、鲇、吻鮈、圆口铜鱼、云南光唇鱼、泉水鱼和白甲鱼。均重超过 50g 的有长鳍吻鮈、圆筒吻鮈、圆口铜鱼、黄尾鲮、圆筒吻鮈。其他均重都在 50g 以下。

### 4) 白涛-涪陵段

白涛-涪陵段渔获物中尾数较多的种类依次为圆口铜鱼、瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、鳡、鲫、光泽黄颡鱼、铜鱼、长吻鲮等。主要渔获对象圆口铜鱼、瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、鳡、鲫、光泽黄颡鱼、铜鱼、长吻鲮占渔获物数量的 89.61%、占渔获物重量的 65.07%（见表 3.3.2-12）。

表 3.3.2-11 白马航电枢纽工程评价区白马-白涛段渔获物

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量(尾)	比例(%)	重量(g)	比例(%)			
鳡	359	24.62	5277.3	9.10	14.7	70-274	3.2-127.8
蛇鮈	210	14.40	2856	4.93	13.6	48-221	2.6-116.3
银飘鱼	150	10.29	1725	2.97	11.5	60-157	3.9-33.2
瓦氏黄颡鱼	93	6.38	3348	5.77	36	60-309	3.2-453.4
似鳊	76	5.21	1261.6	2.18	16.6	75-150	4.9-61.2
银鮈	65	4.46	676	1.17	10.4	50-133	1.7-42.1
大鳍鲮	49	3.36	2121.7	3.66	43.3	80-311	5.1-213.3
粗唇鲮	46	3.16	1568.6	2.71	34.1	74-246	5.1-242.8
宽鳍鱮	43	2.95	636.4	1.10	14.8	57-208	5.9-63.8
泉水鱼	35	2.40	4046	6.98	115.6	90-221	17.9-361.6
吻鮈	34	2.33	6548.4	11.29	192.6	102-325	15.2-329.6
鲫	33	2.26	1353	2.33	41	51-236	4.2-332.4
麦穗鱼	32	2.19	160	0.28	5	36-74	2.6-8.1

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量(尾)	比例(%)	重量(g)	比例(%)			
光泽黄颡鱼	29	1.99	548.1	0.95	18.9	56-151	1.2-59.4
马口鱼	22	1.51	389.4	0.67	17.7	70-156	3.8-63.9
花鲢	19	1.30	818.9	1.41	43.1	64-240	4.2-145.4
圆筒吻鲟	19	1.30	1179.9	2.03	62.1	120-242	19.8-139.2
鳊	14	0.96	443.8	0.77	31.7	75-170	7.9-118.4
鲢	12	0.82	3015.6	5.20	251.3	67-406	5.3-1272.5
鲤	12	0.82	3484.8	6.01	290.4	66-334	2.9-979.8
大鳍鱮	10	0.69	56	0.10	5.6	50-69	3.0-7.6
铜鱼	10	0.69	2357	4.06	235.7	118-348	24.5-1500
棒花鱼	8	0.55	32	0.06	4	32-75	2-7.9
子陵吻虾虎鱼	8	0.55	55.2	0.10	6.9	56-78	3.8-14.7
白甲鱼	6	0.41	667.2	1.15	111.2	70-187	4.8-189.7
鲇	5	0.34	1163	2.01	232.6	160-364	43.4-822.9
圆尾拟鲮	5	0.34	204	0.35	40.8	134-192	27.8-64.1
长鳍吻鲟	5	0.34	435.5	0.75	87.1	142-261	46.8-197.3
黄尾鲮	4	0.27	338.8	0.58	84.7	146-194	50.8-136.6
宜昌鳅鮡	4	0.27	60	0.10	15	96-108	11.3-18.4
中华金沙鳅	4	0.27	80.4	0.14	20.1	100-116	13-25
翘嘴鲌	3	0.21	1495.5	2.58	498.5	168-453	50.7-1278.3
圆口铜鱼	3	0.21	413.1	0.71	137.7	86-250	10.7-254.2
花斑副沙鳅	3	0.21	94.2	0.16	31.4	50-165	3.5-74.8
切尾拟鲮	3	0.21	23.4	0.04	7.8	73-81	6.5-8.7
中华倒刺鲃	3	0.21	92.1	0.16	30.7	88-116	35-37.1
鳊	2	0.14	4500	7.76	2250	640-660	2100-2400
草鱼	2	0.14	1600	2.76	800	116-540	34.2-2900
犁头鳅	2	0.14	15	0.03	7.5	79-138	2.6-13.4
中华沙鳅	2	0.14	21	0.04	10.5	88-102	8.6-12
南方鲇	1	0.07	1057.7	1.82	1057.7		
长吻鮠	1	0.07	703.6	1.21	703.6		
中华鲮	1	0.07	14.8	0.03	14.8		
白缘鲃	1	0.07	6.1	0.01	6.1		
鱮	1	0.07	434.5	0.75	434.5		
中华纹胸鮡	1	0.07	8.5	0.01	8.5		
大眼鳊	1	0.07	1.8	0.00	1.8		
短体副鳅	1	0.07	9.8	0.02	9.8		
红尾副鳅	1	0.07	3.4	0.01	3.4		
黄颡鱼	1	0.07	38.1	0.07	38.1		
墨头鱼	1	0.07	6.3	0.01	6.3		
岩原鲤	1	0.07	15.9	0.03	15.9		
云南光唇鱼	1	0.07	127.5	0.22	127.5		
团头鲂	1	0.07	398	0.69	398		

表 3.3.2-12 白马航电枢纽工程评价区白涛-涪陵段渔获物

种类	尾数		重量		平均体重 (g)	体长范围 (mm)	体重范围 (g)
	数量(尾)	比例(%)	重量(g)	比例(%)			
圆口铜鱼	148	30.77	10952	28.45	74	73-282	7.3-392.5
瓦氏黄颡鱼	78	16.22	4875	12.66	62.5	57-315	3.1-358.5
蛇鮈	74	15.38	1147	2.98	15.5	66-165	2.8-47.9
鮠	48	9.98	480	1.25	10	95-140	10.3-20.3
鲫	29	6.03	3346.6	8.69	115.4	60-245	7.1-165.1
光泽黄颡鱼	23	4.78	340.4	0.88	14.8	71-134	5-23.9
铜鱼	21	4.37	2757.3	7.16	131.3	154-332	45.9-471.3
长吻鮠	10	2.08	1155	3.00	115.5	113-330	21.6-450
鲢	7	1.46	9095.8	23.63	1299.4	241-450	875.3-2600
圆筒吻鮈	5	1.04	386.5	1.00	77.3	95-241	10.9-153.6
粗唇鮠	5	1.04	253.5	0.66	50.7	88-195	8.7-90.2
宜昌鳅鮠	5	1.04	34.5	0.09	6.9	57-96	2.4-12.9
银鮈	5	1.04	13.5	0.04	2.7	54-65	2.5-3.2
岩原鲤	4	0.83	108.8	0.28	27.2	52-108	2-26.5
鲇	3	0.62	135	0.35	45	95-226	7.7-115.5
大鳍鱃	3	0.62	456	1.18	152	221-328	95.3-208.7
鲤	3	0.62	2469.9	6.42	823.3	181-410	135.9-1603
高体鳊	2	0.42	18.4	0.05	9.2	68-73	7.9-10.5
吻鮈	2	0.42	248.4	0.65	124.2	236-243	117.3-131
细体拟鲮	2	0.42	191.4	0.50	95.7	200-216	79.5-96.5
泥鳅	1	0.21	10.7	0.03	10.7		
中华纹胸鮡	1	0.21	2	0.01	2		
中华金沙鳅	1	0.21	19.9	0.05	19.9		
子陵吻鮡	1	0.21	1.8	0.00	1.8		
合计	481	100	38499.4	100			

渔获物中大部分鱼类个体较小，一般不超过 500g，个体较大的有鲢、鲤、铜鱼。均重超过 100g 的有鲢、鲤、大鳍鱃、铜鱼、吻鮈、长吻鮠、鲫。均重超过 50g 的有细体拟鲮、圆筒吻鮈、圆口铜鱼、瓦氏黄颡鱼、粗唇鮠。其他均重都在 50g 以下。

### (3) 珍稀、特有鱼类

评价区调查到各种级别的保护鱼类 9 种（表 3.3.2-13）。其中，胭脂鱼为国家 II 级保护动物；列入中国红色名录（RL）的鱼类有 4 种；列入中国动物濒危红皮书（1998，RB）的鱼类有 3 种；重庆地方保护水生野生动物名录收录鱼类 8 种。以上保护鱼类中有 6 种为长江上游特有鱼类。

表 3.3.2-13 白马航电枢纽评价区保护鱼类及保护等级

种类		分布区域	保护名录				是否是长江上游特有鱼类
			NL	R L	R B	P L	
胭脂鱼	<i>Myxocyprinusasiaticus</i>	白马至涪陵	II级	V	V	Y	
鳊	<i>Elopichthysbambusa</i>	白马至涪陵				Y	
裸体异鰈鳅鮰	<i>Xenophysogobionudicorpa</i>	武隆				Y	Y
岩原鲤	<i>Procyprisrabaudi</i>	白马至涪陵		V	V	Y	Y
长薄鳅	<i>Leptobotiaelongata</i>	武隆至涪陵		V	V	Y	Y
小眼薄鳅	<i>Leptobotiamicrophthalma</i>	武隆				Y	Y
红唇薄鳅	<i>Leptobotiarubrilabris</i>	江口至武隆				Y	Y
中华金沙鳅	<i>Jinshaiasinensis</i>	江口至涪陵				Y	Y
白缘鳅	<i>Liobagrusmarginatus</i>	江口至涪陵		E			

根据近年调查结果，评价区分布有长江上游特有鱼类 16 种，分别为半鰈、长薄鳅、长鳍吻鮡、短体副鳅、高体近红鮡、红唇薄鳅、华鲮、宽口光唇鱼、宽体沙鳅、裸体异鰈鳅鮰、四川华鳊、小眼薄鳅、岩原鲤、异鰈鳅鮰、圆口铜鱼、圆筒吻鮡和中华金沙鳅。其中，圆口铜鱼、圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、长薄鳅、中华金沙鳅、异鰈鳅鮰和岩原鲤等较常见，其余种类偶见。

#### (4) 鱼类重要生境

##### 1) 产卵场

##### ①产漂流性卵鱼类产卵场

2017 年 6 月 3 日至 7 月 29 日，水工程生态研究所在乌江涪陵开展了鱼类早期资源监测，监测断面（29°40'14.7"N，107°23'0.2"E）在白马坝址下游约 40km，距离乌江入长江汇口约 6km。根据采集到鱼卵的时间、卵内胚

胎的发育时序，推算不同产漂流性卵的种类的产卵时间、确定其产卵场范围，并结合武隆断面的水文数据计算所采集到的鱼类早期资源的产卵规模、不同种类在不同产卵场的产卵数量及其组成。

监测期间共采获漂流性鱼卵 1131 粒（表 3.3.2-14），乌江银盘电站坝址下游漂流性鱼卵组成以犁头鳅、中华沙鳅、蛇鮈、吻鮈为主，共占 73.74%，其余种类所占比例较小。

表 3.3.2-14 乌江银盘电站坝下至涪陵江段鱼卵组成

种类	采集鱼卵数量（粒）	在鱼卵中所占的比例（%）
蛇鮈	196	17.33
吻鮈	120	10.61
犁头鳅	313	27.67
中华沙鳅	205	18.13
中华倒刺鲃	97	8.58
翘嘴鲃	54	4.77
鲮	81	7.16
花斑副沙鳅	65	5.75
小计	1131	100.00

经推算，银盘坝下江段有产漂流性卵鱼类的产卵场 6 个（表 3.3.2-15、图 3.3.2-4）。

鹦哥峡产卵场距离涪陵采样点 8-13km 处，该产卵场自涪陵白涛大田嘴-花滩共 5km 江段，大多为桑椹期至囊胚早期的鱼卵推算而来。

白涛镇产卵场距离涪陵采样点 20-25km 处，该产卵场自涪陵白涛大溪河口-陈家嘴共 5km 江段，大多为原肠早期至原肠晚期的鱼卵推算而来。

羊角镇产卵场距离涪陵采样点 43-49km 处，该产卵场自武隆县羊角镇-土坎镇共 6km 江段，大多为胚孔封闭期至眼基出现期的鱼卵推算而来。

桃子沟产卵场距离涪陵采样点 52-59km 处，该产卵场自武隆县桃子沟村-武隆县城共 7km 江段，大多为尾芽期至听囊期的鱼卵推算而来。

石鼻子产卵场距离涪陵采样点 63-68km 处，该产卵场自武隆县石鼻子村-九里坨村共 5km 江段，大多为尾泡出现期至尾鳍出现期的鱼卵推算而来。

杨家沱产卵场距离涪陵采样点 74-83km 处，该产卵场自葛藤湾到太平村共 9km 江段，大多为晶体形成期到肌节效应期的鱼卵推算而来。

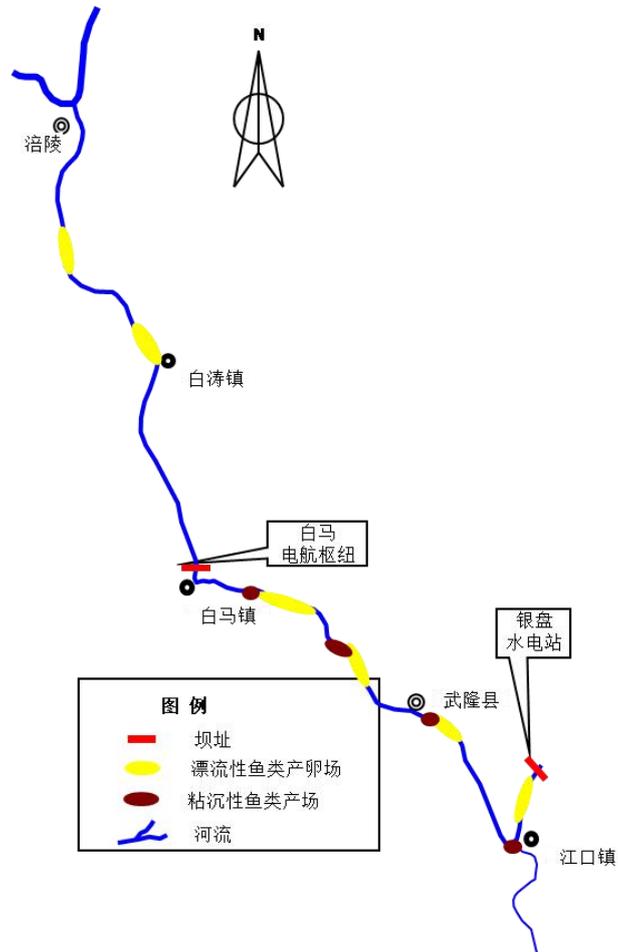


图 3.3.2-4 白马航电枢纽工程评价区鱼类主要产卵场示意图

表 3.3.2-15 工程评价区产漂流性卵鱼类主要产卵场分布 (2017 年 6-7 月)

序号	名称	发育期	距受精时间 (h)	漂流距离 (km)	范围	长度 (km)
1	鹦哥峡	桑椹期-囊胚早期	3-4	8-13	涪陵白涛大田嘴-花滩	5
2	白涛	原肠早期-原肠晚期	9-11	20-25	涪陵白涛大溪河口-陈家嘴	5
3	羊角	胚孔封闭期-眼基出现期	14-16	43-49	武隆县羊角镇-土坎镇	6
4	桃子沟	尾芽期-听囊期	19-21	52-59	武隆县桃子沟村-武隆县城	7
5	石鼻子	尾泡出现期-尾鳍出现期	24-27	63-68	武隆县石鼻子村-九里坨村	5
6	杨家沱	晶体形成期-肌节效应期	30-33	74-83	江口镇杨家坨村-荆竹坝村	9

根据径流公式推算，2017年6-7月采样期间产漂流性卵规模为1960.76万粒，其中，蛇鮈304.96万粒、占15.55%，吻鮈202.46万粒、占10.33%，犁头鳅521.35万粒、占26.59%，中华沙鳅334.71万粒、占17.07%，中华倒刺鲃243.71万粒、占12.43%，其它种类合计353.57万粒、占18.03%。犁头鳅、中华沙鳅、蛇鮈、吻鮈、中华倒刺鲃5种为优势种，占采样期产卵规模的81.97%（图3.3.2-5）。

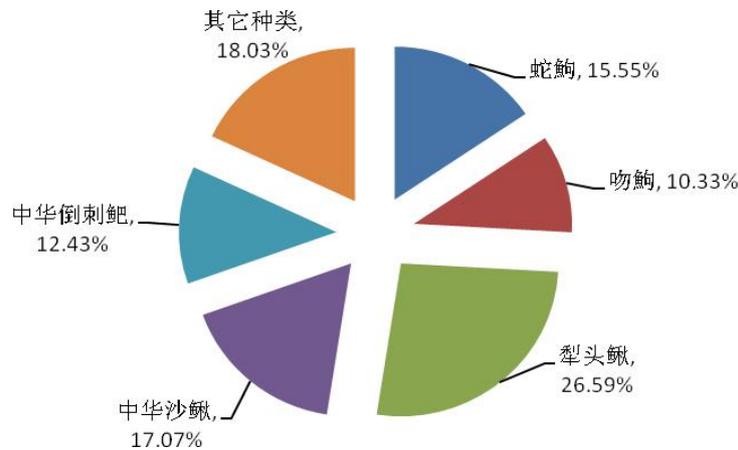


图 3.3.2-5 白马航电枢纽工程评价区产漂流性卵鱼类比例（2017年6-7月）

白马航电枢纽评价区鱼类产卵场的空间分布及产卵规模见表3.3.2-16。

鹦哥峡产卵场：鹦哥峡产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的2.19%，该产卵场鱼类产卵量约42.94万粒，为最小的产卵场。其中，中华倒刺鲃产卵量14.33万粒、占33.37%，犁头鳅11.87万粒、占27.64%，中华沙鳅9.80万粒、占22.82%，蛇鮈6.94万粒、占16.16%，其它种类产卵量较小。

白涛镇产卵场：白涛镇产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的14.57%，该产卵场鱼类产卵量约有285.63万粒，产卵规模较小。其中，犁头鳅产卵量77.48万粒、占27.13%，中华倒刺鲃70.57万粒、占24.71%，中华沙鳅41.33万粒、占14.47%，蛇鮈41.05万粒、占14.37%，其它种类

产卵量较小。

羊角镇产卵场：羊角镇产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的18.48%，该产卵场鱼类产卵量约有362.39万粒，为调查江段内的第三大产卵场。其中，犁头鳅产卵量126.40万粒、占34.88%，中华沙鳅71.11万粒、占19.62%，中华倒刺鲃46.42万粒、占12.81%，蛇鮈39.98万粒、占11.03%，其它种类产卵量较小。

桃子沟产卵场：桃子沟产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的28.22%，该产卵场鱼类产卵量约有553.25万粒，为调查江段第一大产卵场。其中，犁头鳅产卵量135.85万粒，占24.55%；蛇鮈104.72万粒，占18.93%；中华沙鳅78.28万粒，占14.15%；吻鮈73.23万粒，占13.24%；其它种类产卵量较小。

石鼻子产卵场：石鼻子产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的16.42%，该产卵场鱼类产卵量约有321.93万粒。其中，犁头鳅产卵量100.34万粒，占31.17%；蛇鮈69.19万粒，占21.49%；鳊44.55万粒，占13.84%；中华沙鳅42.35万粒，占13.16%；吻鮈33.92万粒，占10.54%；其它种类产卵量较小。

杨家沱产卵场：杨家沱产卵场占采样期间所推算出来的产卵总规模的20.13%，该产卵场鱼类产卵量约有394.62万粒，为调查江段的第二大产卵场。其中，中华沙鳅产卵量91.84万粒，占23.27%；犁头鳅69.41万粒，占17.59%；吻鮈69.09万粒，占17.51%；鳊45.99万粒，占11.65%；蛇鮈43.08万粒，占10.92%；其它种类产卵量较小。

表 3.3.2-16 工程评价区鱼类产卵场空间分布及产卵规模（单位：万粒，%）

种类	鹦哥峡产卵场		白涛产卵场		羊角镇产卵场		桃子沟产卵场		石鼻子产卵场		杨家沱产卵场		合计
	规模	组成											
花斑副沙鳅	—	—	28.39	9.94	—	—	51.24	9.26	—	—	26.51	6.72	106.14
犁头鳅	11.87	27.64	77.48	27.13	126.40	34.88	135.85	24.55	100.34	31.17	69.41	17.59	521.35
鳡	—	—	11.36	3.98	22.74	6.28	12.45	2.25	44.55	13.84	45.99	11.65	137.09
翘嘴鲌	—	—	15.45	5.41	29.52	8.15	57.43	10.38	—	—	7.94	2.01	110.34
蛇鮈	6.94	16.16	41.05	14.37	39.98	11.03	104.72	18.93	69.19	21.49	43.08	10.92	304.96
吻鮈	—	—	—	—	26.22	7.24	73.23	13.24	33.92	10.54	69.09	17.51	202.46
中华倒刺鲃	14.33	33.37	70.57	24.71	46.42	12.81	40.05	7.24	31.58	9.81	40.76	10.33	243.71
中华沙鳅	9.80	22.82	41.33	14.47	71.11	19.62	78.28	14.15	42.35	13.16	91.84	23.27	334.71
总计	42.94	100	285.63	100	362.39	100	553.25	100	321.93	100	394.62	100	1960.7
比例%	2.19		14.57		18.48		28.22		16.42		20.13		100.00

分析 2017 年 6-7 月乌江白马站日径流量与日卵苗量的时间分布关系(图 3.3.2-6)，日卵苗量的高峰值与径流量高峰上升、下降时期紧密相关，乌江鱼类产卵时段处于较为明显的涨水时期。

产漂流性卵鱼类繁殖与涨水过程密切相关，产卵场位置相对稳定，通常在砾石、沙砾底质的急流浅滩或水流湍急的峡谷江段。总体上，鱼类产卵期，除水温达到一定要求外，涨水过程中多种水文水力学条件的剧烈变化及适宜的产卵场所，对鱼类繁殖的作用是综合的。漂流性卵需要在一定流速的水流中漂流孵化，待孵化出的鱼苗具有自主游泳能力后，才能摆脱对流水条件的依赖。若流速太低，流程不够，会降低鱼类早期资源的成活率。6 个产卵场监测期间日产卵规模 2017 年较 2011 年稍高，但差异不显著，产卵场鱼类产卵种类相同，表明银盘坝下产漂流性卵产卵场及产卵规模基本稳定。

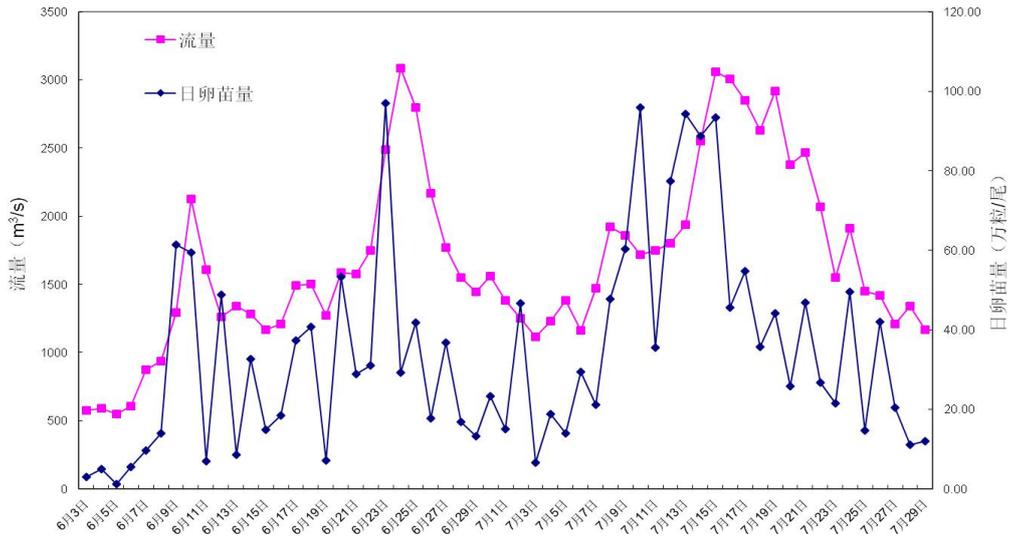


图 3.3.2-6 乌江涪陵监测断面径流量与日卵苗量关系时间分布图

### ②产粘沉性卵鱼类产卵场

乌江下游鱼类产卵方式多样，在流水或静、缓流生境中产粘性卵的繁殖类群也是评价区的主要繁殖类群之一。这些鱼类包括鲢科、鳊科、鲇科、鮡科以及鲤、鲫、泉水鱼、墨头鱼、泥鳅、麦穗鱼、鲮属、鳅、鲂属等，在急流中产强粘性卵类群有鮠亚科、岩原鲤、棒花鱼、大鳍鱮、黄颡属、鮡科、鳊科等鱼类，而在静水环境产粘性卵类群有鲤、鲫、鲴亚科、泥鳅、麦穗鱼、鲮属、鳅、鲂属等鱼类。这些鱼类的繁殖期通常在 4-7 月份，部分在 3 月份，8-10 月份也有发生。这些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，或粘附沙砾上，或埋藏于沙砾中，或粘附于水生高等植物体上，在江水中孵化。

一般来讲，适应静、缓流水生境的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。该繁殖类型鱼类的生境条件在调查水域较为普遍，相应地其产卵场也较为分散，产卵规模小而不稳定，较为明显的产卵场有芙蓉江河口、江口镇黄楠村、老盘村、桃子沟、土坎镇、羊角镇以及白涛镇陈家嘴村至涪陵入河口之间水流逐渐变缓、江面变宽的区域等。

适应流水生境的产粘沉性卵鱼类对产卵场的要求稍高，其产卵需要一定流水刺激。该繁殖类型的鱼类产卵场主要分布在白涛镇以上江段，其中又以河流蜿蜒度较高、生境异质性较好的土坎镇、老盘村以及江口附近区域为其主要分布江段。

## 2) 索饵育幼场

静缓流生境鱼类多为杂食性或以浮游生物为食，流水生境鱼类多以周丛生物、底栖无脊椎动物和有机碎屑为食。静缓流生境鱼类主要栖息水域为下游三峡水库回水区域和上游流水河段水流平缓的深潭、河湾、开阔河段及支流河口附近，区域内鱼类饵料资源以浮游生物、悬浮有机碎屑为主，是浮游生物食性和杂食性静缓流生境鱼类的索饵场。白涛以下为三峡水库最低水位淹没线下，是评价区静缓流生境鱼类稳定的、重要的索饵场。

三峡水库回水最高达武隆，银盘坝下至武隆流水生境相对稳定，受三峡水库调度运行的影响较小，是流水生境鱼类较为稳定的栖息场所。该河段浅水砾石滩及芙蓉江汇口是流水生境鱼类重要的索饵场。

鱼类育幼场区通常静水或水流平缓，水位相对稳定，与静缓流水鱼类索饵场生境相似。三峡水库回水区和水流平缓的深潭、河湾及芙蓉江汇口附近水域为评价区鱼类提供了广阔的育幼场。

## 3) 越冬场

适应流水生境鱼类越冬场一般为急流险滩下水流冲刷形成的深潭，深潭河床多为岩基、礁石和砾石，水生昆虫较为丰富。评价河段有鱼类越冬条件，银盘至武隆流水河段的深潭是评价区鱼类重要的越冬场。冬季三峡水库高水位运行，回水至武隆甚至江口，该江段是三峡水库库湾，水较深，水温较稳定，是评价区鱼类的主要越冬场。其中，涪陵河口、白马-羊角镇水域，冬季鱼类较集中，为评价区重要的鱼类越冬场。

### (5) 鱼类资源现状及演变趋势

乌江下游记录各种鱼类 140 种。在近年的调查中，评价区共发现鱼类 64 种，其中长江上游特有鱼类 16 种，鱼类种类较为丰富，但鱼类多样性下降、原河流鱼类渔获量下降、鱼类小型化趋势明显，原河流鱼类资源趋于衰退状态。

评价区鱼类资源主要有以下特征：

①鱼类种群组成以底栖无脊椎动物食性鱼类和杂食性鱼类为主。底栖无脊椎动物为食的鱼类在渔获物中的比重逐渐减少，杂食性鱼类在渔获物中的比重逐渐增加。

②鱼类群体数量主要由 50g 以下的小型鱼类或幼鱼组成，且群体重量主要由小于 500g 的个体组成，评价区中能够长成较大规格个体的鱼类如白甲鱼、中华倒刺鲃等在渔获物中罕见。

③鱼类种类数减少。长江干流、银盘以上乌江干支流的鱼类对该区域鱼类群落结构的补充作用减弱，部分鱼类在评价区上下游的重要生境（产卵场等）已受到破坏。

④珍稀、特有鱼类在渔获物中的比例小。评价区域共分布有长江上游特有鱼类 38 种，其数量和重量在渔获物中的比例通常小于 1%。中华鲟、鳊鱼等洄游型鱼类在调查期间未发现，胭脂鱼自然群体在评价区少见。

### (6) 评价区河段生态功能

评价区河段上游为银盘水电站库区，下游河段与三峡库区相接。白涛镇附近至银盘坝下江段的 67km 河段的河道宽窄相间，浅滩、深潭并存，两岸除部分江段形成宽阔的边滩或江心洲外，绝大部分河段两岸为陡峭的山崖，该河段流速较快，水文情势相较白涛镇以下江段更为复杂，洪水季节受三峡回水的影响较小，为适应流水生境鱼类重要的繁殖、栖息场所。在

白涛至涪陵河口的 22km 江段，河段开阔，水流流速相对缓慢，在非洪水季节时，河口及其以上的约 5km 江段形成静水或微流水环境，三峡水库的回水区域会延伸到白涛附近江段，使该区域成为静、缓流河段，成为鱼类重要的摄食场所。

涪陵至银盘区间河段的鱼类种类组成以喜流水性的鱼类和喜静、缓流水生境的鱼类为主，兼有少量适应急流生境的鱼类，以产粘性卵和产漂流性卵的鱼类为主。该区域的部分鱼类在洪水期从三峡库区上溯，至评价区域适宜的河段进行摄食、产卵和繁殖，受精卵、仔幼鱼又降河至三峡库区或乌江河口育幼、肥育。由于银盘及上游梯级电站的修建，鱼类无法到达乌江中上游适宜的产卵场繁殖，从而评价区域银盘坝下的流水江段对这些鱼类的种群维系意义更为重大。评价区银盘坝下至涪陵江段目前分布的 6 个鱼类产卵场能够为犁头鳅、中华沙鳅、圆筒吻鮡、吻鮡、长鳍吻鮡、蛇鮡、花斑副沙鳅和翘嘴鮡等多种鱼类提供繁殖条件，多数鱼类仍能在该江段产卵，为评价区水域提供一定数量的补充群体。

总体而言，评价区是乌江下游及三峡库区部分产漂流性卵鱼类和流水产粘沉性卵鱼类栖息、产卵的重要水域，保护该江段水生生态环境和鱼类对该区域鱼类多样性的保护具有重要意义。

### 3.3.3 生态敏感区

白马航电枢纽工程施工区和水库淹没区及周边范围内分布有白马山市级自然保护区、重庆大木山市级自然保护区、芙蓉江黑叶猴县级自然保护区、阳水河湿地县级自然保护区、重庆武隆喀斯特世界自然遗产地、武陵山国家森林公园、仙女山国家森林公园、芙蓉江国家重点风景名胜区、天生三桥风景名胜区、武隆岩溶国家地质公园、芙蓉湖国家湿地公园等自然保护地。根据白马航电工程与生态敏感区的区位关系及白马航电工程对生

态敏感区的影响和作用方式分析，除白马航电枢纽库尾淹没范围涉及重庆武隆喀斯特世界自然遗产地的缓冲区和芙蓉江国家风景名胜区的外围保护地带，工程施工、水库蓄水淹没和移民安置均不涉及其他生态敏感区，见附图 17-19。

### 3.3.3.1 重庆武隆喀斯特世界自然遗产地

重庆武隆喀斯特世界自然遗产地位于重庆市武隆县境内，在 2007 年 6 月 27 日第 31 届世界遗产大会上，联合国教科文组织将武隆喀斯特与云南石林、贵州荔波喀斯特一起作为“中国南方喀斯特”正式列入世界自然遗产名录。

“中国南方喀斯特”主要分布在以云贵高原为中心的云南、贵州、广西、重庆等地，总面积达 1460km<sup>2</sup>，其中核心区面积为 480 km<sup>2</sup>。武隆喀斯特世界自然遗产地总面积为 380km<sup>2</sup>，其中提名地面积为 60km<sup>2</sup>，缓冲区面积为 320km<sup>2</sup>。遗产地包括芙蓉洞片区、天生三桥片区和后坪冲蚀天坑片区三个区，其中芙蓉洞片区位于武隆县江口镇，总面积为 280km<sup>2</sup>，（提名地面积为 30km<sup>2</sup>、缓冲区面积为 250km<sup>2</sup>）；天生三桥片区位于武隆县仙女山镇，总面积为 62km<sup>2</sup>（提名地面积为 22km<sup>2</sup>、缓冲区面积为 40km<sup>2</sup>）；后坪冲蚀天坑片区位于武隆县后坪乡中岭村，总面积为 38km<sup>2</sup>（提名地面积为 8km<sup>2</sup>、缓冲区面积为 30km<sup>2</sup>）。三大片区分别代表了中国喀斯特地貌中三个独立的喀斯特系统，即芙蓉洞洞穴系统、天生三桥喀斯特系统和后坪冲蚀型天坑喀斯特系统。

### 3.3.3.2 芙蓉江国家风景名胜区

芙蓉江国家重点风景名胜区位于重庆市武隆县江口镇，是国务院 2002 年 5 月 17 日以国函（2002）40 号批准建立的第四批国家重点风景名胜区。芙蓉江国家重点风景名胜区总面积为 100.75km<sup>2</sup>，其中核心景区面积为

23.92km<sup>2</sup>、外围保护地带（风景区界线外 500m~1500m 范围内）面积为 88.41km<sup>2</sup>。

芙蓉江国家重点风景名胜区以碳酸盐类岩溶地貌为特征，以芙蓉溶洞景观和芙蓉江峡谷景观的雄、险、奇、秀、幽为主景。景区共有景点资源 29 个，均位于江口电站库区，其中一级景点 1 个：芙蓉洞；二级景点 7 个：芙蓉翠竹、鸟园、一线天、大小石笋（玉兔望月）、白汉险滩、竹子溪、芙蓉竞秀；三级景点 13 个：水帘洞、城墙峰、芙蓉仙女峰、龙孔飞瀑、白水沟涌泉、乾隆渡、骆驼峰、伟人峰、屋脊坪、双碧洞、烟囱泉、玛瑙飞瀑、三会溪；四级景点 8 个：冷热洞、三河口、悬坝、苗寨、盘龙过江、水洞子老渡口、河坪、江口电站。

### 3.4 环境质量现状

#### 3.4.1 污染源

##### （1）点源

##### 1) 工业污染源

据调查，白马航电枢纽库区工业污染源共有 3 处，分别为江口镇的武隆区江口酒厂、重庆仙女醇酒业有限公司和土坎镇的重庆天生药业有限公司，涉及行业为白酒制造和中药饮片加工制造。排放口位置、污水排放量、污水类型、主要污染物排放量等见表 3.4.1-1 和附图 22，相关工业企业排污口及污水处理设施见图 3.4.1-1~3.4.1-4。江口酒厂、重庆仙女醇酒业渠道排污口高程为 222m，重庆天生药业渠道排污口高程为 206m，均远高于正常蓄水位 184m，白马航电蓄水不会导致排污口淹没和库水回灌。库区工业废水排放总量为 6.02 万 t/a，主要污染物排放量分别为 COD60.2t/a，氨氮 0.109t/a，总氮 0.557t/a，总磷 0.0467t/a。

表 3.4.1-1 白马库周主要工业污染源废污水排放情况调查统计表 单位 (t/a)

序号	主要工业污染源名称	所在乡镇	行业类别名称	排放去向	污水排放量	污染物排放量			
						COD <sub>cr</sub>	氨氮	总氮	总磷
1	武隆区江口酒厂	江口	白酒制造	直接排入乌江	18700	18.7	0.035	0.418	0.0357
2	重庆仙女醇酒业有限公司	江口	白酒制造	直接排入乌江	10000	10	0.071	0.135	0.011
3	重庆天生药业有限公司	土坎	中药饮片加工	直接排入乌江	31500	31.5	0.003	0.004	
合计					<b>60200</b>	<b>60.2</b>	<b>0.109</b>	<b>0.557</b>	<b>0.0467</b>



图 3.4.1-1 江口和仙女醇酒厂排污口



图 3.4.1-2 重庆仙女醇酒业有限公司



图 3.4.1-3 重庆天生药业有限公司排污口



图 3.4.1-4 天生药业有限公司污水处理站

## 2) 城镇生活污染源

据调查，拟建白马航电枢纽库周分布 2 处污水处理厂。武隆城区污水处理厂位于土坎镇关滩村，收纳武隆城区、羊角镇和土坎镇生活污水，日处理规模为 4 万 t/a，江口镇污水处理厂收纳江口镇生活污水，日处理能力为 950m<sup>3</sup>，尾水均排入乌江干流，执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，COD<sub>cr</sub>、氨氮、总氮和总磷许可排放浓度分别为 50mg/L、5mg/L、15mg/L 和 0.5mg/L。武隆城区污水处理厂渠道排污口高程为 209m，江口镇污水处理厂渠道排污口高程为 189m，均远高于正常蓄水位 184m，白马航电蓄水不会导致排污口淹没和库水回灌。拟建白马航电枢纽库周城镇生活污水排放情况见表 3.4.1-2，2018 年污染物排放量分别为 COD<sub>cr</sub>747.3t/a、氨氮 74.73t/a、总氮 224.19t/a 和总磷 7.473t/a。

表 3.4.1-2 白马库周城镇生活污水污染物排放量统计表 单位：t/a

乡镇	服务人口	排放量（万 t/a）	COD <sub>cr</sub>	氨氮	总氮	总磷
武隆城区	52934	529.34	730	73	219	7.3
江口镇	11962	119.62	17.3	1.73	5.19	0.173
合计	64896	648.96	747.3	74.73	224.19	7.473

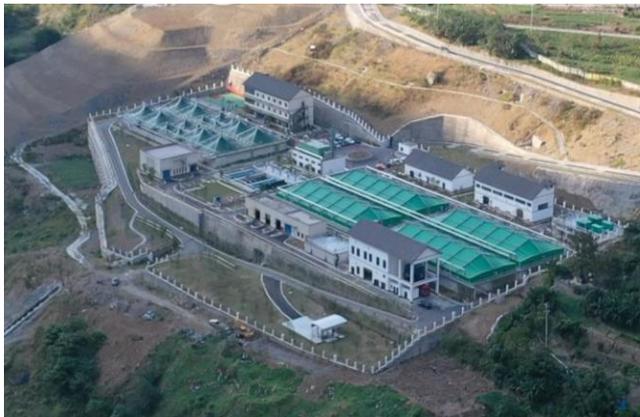


图 3.4.1-5 武隆城区污水处理厂



图 3.4.1-6 江口镇污水处理厂

### (2) 面源

#### 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。据调查，2017 年白马库

周施用氮肥 4785.2t，磷肥 4426.3t，复合肥 3308.4t。白马库周所在区域为三峡水库库区，根据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%，农业面源污染入库系数取 0.1，农业污染物入库量见表 3.4.1-3。

表 3.4.1-3 白马库周农业污染物入库量核算表 单位：t/a

乡镇	氮肥	磷肥	复合肥	总氮入库量	总磷入库量
白马镇	315.2	346.2	362.1	4.06	1.15
羊角镇	803	560	608	9.55	1.89
土坎镇	99	56	92	1.22	0.22
巷口镇	2862	2691.1	1533.3	32.45	7.55
江口镇	706	773	713	8.84	2.47
合计	4785.2	4426.3	3308.4	56.12	13.28

### 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《全国水资源综合规划地表水资源保护培训讲义》，选取农村生活污染物排放系数为 COD：50g/人·天；NH<sub>3</sub>-N：3.2 g/人·天；TN：6.4 g/人·天；TP：1.3g/人·天，农村生活污染入库系数取 0.1，农村生活污染物入库量见表 3.4.1-4。

表 3.4.1-4 白马库周农村生活污染物入库量表 单位：t/a

乡镇	农村人口	生活污水产生量 (万 t/a)	COD	氨氮	总氮	总磷
白马镇	16567	60.47	30.24	1.94	3.87	0.79
羊角镇	14531	53.04	26.52	1.7	3.39	0.69
土坎镇	7980	29.13	14.56	0.93	1.86	0.38
巷口镇	30470	111.22	55.61	3.56	7.12	1.45
江口镇	14375	52.47	26.23	1.68	3.36	0.68
合计	83923	306.33	153.16	9.81	19.6	3.99

### 3) 畜禽养殖污染

白马库周主要乡镇有白马镇、羊角镇、土坎镇、武隆城区和江口镇，据统计，白马库周饲养家禽家畜存栏量为生猪 12.2 万头、牛 0.8 万头、羊 3.8 万头，家禽 30.8 万羽。畜禽养殖污染物排放量按照规模化养殖和分散养

殖分别统计。据统计，白马库周规模化养殖场共有 57 处，污染物排放量为 COD866.3t、氨氮 140.5t、总氮 363.1t、总磷 56.7t。本次分散式畜禽养殖污染物排放量根据《全国水资源综合规划地表水资源保护培训讲义》提供参数估算，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 3.4.1-5，畜禽养殖污染物入库系数选取 0.1。经计算，白马库周畜禽养殖污染物入库量（包括散养和规模化养殖）见表 3.4.1-6。

表 3.4.1-5 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

表 3.4.1-6 白马库周畜禽养殖污染物入库量表 单位：t/a

乡镇	排放量				入库量			
	COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷
白马镇	2126.54	65.53	741.53	284.41	212.65	6.55	74.15	28.44
羊角镇	1715.74	10.67	186.89	249.39	171.57	1.07	18.69	24.94
土坎镇	596.23	11.02	245.59	62.99	59.62	1.1	24.56	6.3
巷口镇	880.89	57.43	272.47	96.91	88.09	5.74	27.25	9.69
江口镇	799.22	30.24	251.53	87.2	79.92	3.02	25.15	8.72
合计	6118.62	174.89	1698.01	780.9	611.85	17.48	169.8	78.09

统计汇总白马库周面源污染总入库量 COD 为 765.01t/a，氨氮为 27.29t/a，总氮为 245.52t/a，总磷为 95.36t/a，详见表 3.4.1-7。

表 3.4.1-7 白马库周面源污染负荷入库量表 单位：t/a

乡镇	COD	氨氮	总氮	总磷
白马镇	242.89	8.49	82.08	30.38
羊角镇	198.09	2.77	31.63	27.52
土坎镇	74.18	2.03	27.64	6.9
巷口镇	143.7	9.3	66.82	18.69
江口镇	106.15	4.7	37.35	11.87
合计	765.01	27.29	245.52	95.36

### 3.4.2 地表水

#### (1) 水环境管理目标

根据《重庆市地表水环境功能类别调整方案》（渝府发〔2012〕4号）《“十三五”期间水质需改善控制单元信息清单公告》（2016年第44号）和《武隆县水污染防治行动计划实施方案（2016-2020年）》等文件，乌江干流各断面2020年水质目标为Ⅲ类，支流芙蓉江汇口断面水质目标为Ⅱ类，支流石梁河汇口断面水质目标为Ⅲ类。

#### (2) 水质现状评价

##### 1) 常规水质监测

据调查，评价范围内乌江干流主要考核断面包括白马断面、白涛断面和麻柳嘴断面，另外评价范围上游临近断面为锣鹰断面，距离白马航电枢纽库尾约15km，常规监测断面分布见附图22。根据重庆市武隆区和涪陵区环境监测站提供水质评价资料，2016~2018年工程所在江段及下游江段水质较好，各断面综合水质类别总体为Ⅱ~Ⅲ类，仅2017年8月和9月由于总磷超标造成断面综合水质类别为Ⅳ类和Ⅴ类。各月水质评价成果见表3.4.2-1~表3.4.2-3。白马断面各指标评价成果见表3.4.2-4~表3.4.2-6。

表 3.4.2-1 2016 年评价范围内主要常规监测断面水质综合评价成果表

断面名称	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
锣鹰	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
白马	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
白涛	Ⅱ	—	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
麻柳嘴	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

表 3.4.2-2 2017 年评价范围内主要常规监测断面水质综合评价成果表

断面名称	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
锣鹰	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	—	Ⅲ	Ⅲ	V(总磷,0.79)	IV(总磷,0.39)	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
白马	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	—	Ⅲ	Ⅲ	V(总磷,0.74)	IV(总磷,0.37)	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
白涛	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	V(总磷,0.55)	IV(总磷,0.25)	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
麻柳嘴	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	IV(总磷,0.4)	IV(总磷,0.25)	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ

表 3.4.2-3 2018 年评价范围内主要常规监测断面水质综合评价成果表

断面名称	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
锣鹰	III	III	III	III	III	II	II	II	II	II	II	III
白马	III	III	III	II	III	II	II	II	II	II	II	III
白涛	III	—	III	II	III	II	II	II	III	II	II	III
麻柳嘴	III	—	II	II	II	II	II	II	III	II	II	III

表 3.4.2-4 2016 年乌江白马断面水质评价成果表

评价指标	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
溶解氧	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
高锰酸盐指数	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
化学需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
五日生化需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氨氮	II	I	II	II	II	II	I	II	II	I	II	II
总磷	III	III	III	III	III	III	II	III	III	II	III	III
铜	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
锌	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氟化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硒	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
砷	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
汞	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
镉	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
铬(六价)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
铅	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氰化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
挥发酚	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
石油类	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
阴离子表面活性剂	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硫化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
综合评价	III	III	III	III	III	III	II	III	III	II	III	III

表 3.4.2-5 2017 年乌江白马断面水质评价成果表

采样时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
溶解氧	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
高锰酸盐指数	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
化学需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
五日生化需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氨氮	I	I	II	I	I	II	II	I	I	II	I	II
总磷	III	III	III	III	II	III	III	V	IV	III	II	III

铜	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
锌	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氟化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硒	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
砷	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
汞	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
镉	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
铬(六价)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
采样时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
铅	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氰化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
挥发酚	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
石油类	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
阴离子表面活性剂	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硫化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
综合评价	III	III	III	III	II	III	III	V	IV	III	II	III

表 3.4.2-6 2018 年乌江白马断面水质评价成果表

采样时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
溶解氧	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
高锰酸盐指数	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
化学需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
五日生化需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氨氮	II	I	II	II	II	II	I	I	I	II	I	I
总磷	III	III	III	II	III	II	II	II	II	II	II	III
铜	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
锌	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氟化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硒	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
砷	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
汞	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
镉	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
铬(六价)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
铅	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
氰化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
挥发酚	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
石油类	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
阴离子表面活性剂	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
硫化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
粪大肠菌群	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
综合评价	III	III	III	II	III	II	II	II	II	II	II	III

## 2) 补充水质监测

为进一步掌握白马航电枢纽工程评价区乌江干支流的水质背景情况，评价单位于 2019 年 11 月对评价区域水环境质量进行了补充监测。监测断面分布在拟建白马库区、坝址下游、水环境敏感目标断面和主要支流的入江水域，具体位置见附图 22。监测结果和评价成果见表 3.4.2-7 和 3.4.2-8。

根据监测结果银盘坝址断面、武隆县城上游断面、武隆区污水处理厂下游 2km 断面、白马坝址断面、下游建峰水厂、蒿枝坝水厂、坤源水厂，以及支流芙蓉江、石梁河、大溪河汇口断面水质均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，芙蓉江江口断面高锰酸盐指数不满足 II 类水质标准，主要受到生活和工业污水排放的影响。

表 3.4.2-7

2019 年白马航电工程涉及水域水质监测成果表

(单位: mg/L)

序号	检测项目	银盘坝下	武隆城区上游	污水处理厂下游	白马坝址	建峰水厂	蒿枝坝水厂	坤源水厂	芙蓉江入口	石梁河入口	大溪河入口
1	pH 值	7.8	7.52	7.92	7.95	8.12	7.75	7.92	7.97	7.8	8.02
2	水温	19	18.5	18.7	18.3	18.6	18.2	18.3	18.6	18.1	18.4
3	悬浮物	6	7	5	9	8	7	6	9	8	7
4	化学需氧量	7	8	10	14	12	11	11	9	12	10
5	氨氮	0.251	0.196	0.171	0.309	0.124	0.232	0.182	0.152	0.102	0.286
6	总磷	0.06	0.07	0.09	0.13	0.1	0.11	0.09	0.07	0.11	0.09
7	五日生化需氧量	1.3	1.5	2	2.6	2.4	2.3	2.2	1.6	2.3	2.2
8	石油类	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
9	溶解氧	7.24	7.83	6.96	7.4	7.17	7.02	6.88	7.31	7.59	7.22
10	高锰酸盐指数	3.31	4.38	3.6	2.96	5.22	4.95	3.89	3.93	3.17	5.06
11	铜	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L
12	锌	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L
13	氟化物	0.15	0.18	0.25	0.1	0.23	0.16	0.45	0.18	0.15	0.18
14	硒	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L	0.4L
15	砷	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L	0.4	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L
16	汞	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L
17	镉	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L	0.25L
18	铅	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L	2.5L
19	六价铬	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L
20	氰化物	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L
21	挥发酚	0.0009	0.0003	0.0007	0.0005	0.0003	0.0006	0.0003L	0.0003L	0.0003	0.0005
22	硫化物	0.014	0.018	0.01	0.006	0.01	0.008	0.014	0.016	0.01	0.006
23	阴离子表面活性剂	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L

表 3.4.2-8

2019 年白马航电工程涉及水域水质评价成果表

(单位: mg/L)

序号	检测项目	银盘坝下	武隆城区上游	污水处理厂下游	白马坝址	建峰水厂	蒿枝坝水厂	坤源水厂	芙蓉江入口	石梁河入口	大溪河入口
1	pH 值	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
2	水温	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	悬浮物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
4	化学需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
5	氨氮	II	II	II	II	I	II	II	II	I	II
6	总磷	II	II	II	III	II	III	II	II	III	II
7	五日生化需氧量	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
8	石油类	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
9	溶解氧	II	I	II	II	II	II	II	II	I	II
10	高锰酸盐指数	II	III	II	II	III	III	II	II	II	III
11	铜	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
12	锌	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
13	氟化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
14	硒	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
15	砷	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
16	汞	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
17	镉	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
18	铅	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
19	六价铬	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
20	氰化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
21	挥发酚	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
22	硫化物	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
23	阴离子表面活性剂	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

### 3) 工程所在江段总磷浓度变化趋势分析

乌江及其支流沿岸为喀斯特地貌，主要由碳酸盐岩及砂泥岩地层组成，地表侵蚀和地下溶蚀作用都很强烈，两岸洼地、溶洞发育，且发育多层，分布高程在 628~800m，为地下水的排泄点。2014 年以前，乌江干流重庆段受上游贵州来水总磷超标影响，导致流域沿程所有监测断面水质均为 V 类~劣 V 类，不能满足国家水质考核要求。乌江流域总磷超标主要受乌江上游污染负荷输入的影响，最主要的污染源为乌江 34 号泉眼，系贵阳中化开磷化肥公司交椅山磷石膏渣场渗漏排放的含磷污染物（渣场位于贵阳市息峰县，泉眼位于遵义县乌江镇）。此外，乌江干流还汇集了瓮安河、清水河、息烽河、洋水河等支流，对总磷负荷也有一定贡献。

近年来，随着水污染治理的深入，乌江干流总磷浓度呈现下降趋势，根据 2010~2018 年乌江白马断面监测数据统计，2010 年年均总磷浓度为 0.508mg/L，2018 年降低到 0.097mg/L，2013~2018 年间，除 2017 年略有回升外，总磷浓度总体呈现下降趋势。白马断面总磷年均浓度变化见图 3.4.2-1。

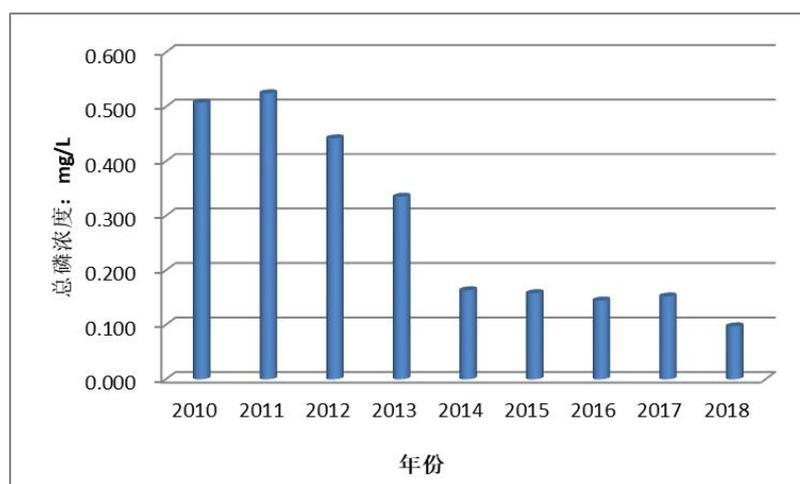


图 3.4.2-1 白马断面总磷浓度变化图

### (3) 营养状态评价

工程所在水域位于三峡库尾，根据《地表水环境质量评价方法（试行）》采用综合营养状态指数法（TLI（ $\Sigma$ ））评价工程涉及江段水域营养状态。

综合营养状态指数计算公式如下：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中：TLI（ $\Sigma$ ）——综合营养状态指数；

$W_j$ ——第  $j$  种参数的营养状态指数的相关权重；

TLI（ $j$ ）——代表第  $j$  种参数的营养状态指数。

各项目营养状态指数计算公式如下：

$$TLI(\text{chla}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \text{chla})$$

$$TLI(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \text{TP})$$

$$TLI(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \text{TN})$$

$$TLI(\text{SD}) = 10(5.118 - 1.94 \ln \text{SD})$$

$$TLI(\text{COD}_{\text{Mn}}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \text{COD}_{\text{Mn}})$$

采用枯水期叶绿素 a、总磷、总氮、透明度和  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  共 5 项水质指标对工程涉及水域营养状态进行评价，根据湖库营养状态分级评价标准，拟建白马库区、坝址下游及主要支流汇入口附近水域均为中营养。评价结果见表 3.4.2-9。

表 3.4.2-9 工程所在水域营养状态评价表

评价点位	叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	总氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	透明度 (cm)	高锰酸盐指 数(mg/L)	营养状 态指数	营养状 态
银盘坝址下游	2	0.4	0.06	237	3.31	37.25	中营养
武隆城区上游	3	0.46	0.07	212	4.38	41.07	中营养
污水处理厂下游 2km	4	0.6	0.09	205	3.6	42.68	中营养
白马坝址	4	0.9	0.13	242	2.96	43.53	中营养
建峰水厂	4	0.87	0.1	228	5.22	45.55	中营养
蒿枝坝水厂	2	0.68	0.11	215	4.95	43.00	中营养

评价点位	叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	总氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	透明度 (cm)	高锰酸盐指 数(mg/L)	营养状 态指数	营养状 态
坤源水厂	5	0.63	0.09	211	3.89	43.75	中营养
芙蓉江入口	2	0.55	0.07	205	4.6	40.78	中营养
石梁河入口	5	0.8	0.11	198	3.17	44.34	中营养
大溪河入口	4	0.74	0.09	209	5.06	44.89	中营养

### 3.4.3 地下水

为掌握白马航电枢纽工程评价区地下水环境质量现状，环评单位于2019年10月30日~11月1日开展了一期地下水水位、水质监测，监测点位信息见附图22和附表3.4.3-1。此次监测共布置了12个水位监测点和9个水质监测点，其中有8个监测点为水位水质联合监测点。监测点位主要分布于坝址区域和库区的羊角镇、土坎镇、武隆城区附近。

表 3.4.3-1 地下水水位、水质现状监测点位信息表

编号	监测点位名称	所在乡镇	坐标		监测项目	水样类型
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	白马镇	N29°24'25"	E107°32'40"	水位、水质	岩溶水
2	白水洞（羊角镇水源地）	羊角镇	N29°24'05"	E107°34'16"	水位、水质	岩溶水
3	关滩滑坡后缘泉 1	土坎镇	N29°22'38"	E107°41'37"	水位、水质	岩溶水
4	关滩滑坡后缘泉 2	土坎镇	N29°22'37"	E107°41'36"	水位、水质	岩溶水
5	白马镇高家湾南侧陡崖泉	白马镇	N29°24'09"	E107°32'44"	水位、水质	岩溶水
6	白马火车站 1 号隧道口泉	白马镇	N29°24'34"	E107°33'09"	水位、水质	岩溶水
7	羊角村龙洞沟泉	白马镇	N29°24'42"	E107°32'32"	水位、水质	岩溶水
8	羊角镇滑坡后缘泉	羊角镇	N29°23'32"	E107°36'14"	水位、水质	孔隙水
9	羊角镇滑坡观测孔	羊角镇	N29°23'40"	E107°36'18"	水位	岩溶水
10	坝址左岸 ZK79 观测孔	白马镇	N29°22'08"	E107°42'00"	水位	岩溶水
11	坝址右岸 ZK2 观测孔	白马镇	N29°22'08"	E107°42'00"	水位	岩溶水
12	坝址右岸 ZK4 观测孔	白马镇	N29°22'08"	E107°42'00"	水位	岩溶水
13	武隆火车站隧道（武隆备用水源地）	武隆城区	N29°20'04"	E107°45'40"	水质	岩溶水

#### (1) 地下水水位

调查区为中低山峡谷地貌，地形切割强烈，乌江两岸地势陡峻，地下水埋深普遍较大，钻孔水位埋深约 100m，泉点处水位埋深为 0m。坝址区及库区沿岸地下水水位见表 3.4.3-2。

表 3.4.3-2

地下水位现状观测结果表

编号	监测点位名称	所在乡镇	观测时间	水位(m)
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	白马镇	2019.10.30	218
2	白水洞 (羊角镇水源地)	羊角镇	2019.10.30	397
3	关滩滑坡后缘泉源	土坎镇	2019.10.30	421
4	关滩滑坡后缘泉	土坎镇	2019.10.30	406
5	白马镇高家湾南侧陡崖泉	白马镇	2019.10.31	375
6	白马火车站 1 号隧道口泉	白马镇	2019.10.31	221
7	羊角村龙洞沟泉	羊角镇	2019.10.31	317
8	羊角镇滑坡后缘泉	羊角镇	2019.10.31	348
9	羊角镇滑坡观测孔	羊角镇	2019.10.31	242.55
10	坝址左岸 ZK79 观测孔	白马镇	2019.11.1	198.03
11	坝址右岸 ZK2 观测孔	白马镇	2019.11.1	167.23
12	坝址右岸 ZK4 观测孔	白马镇	2019.11.1	164.33

另外，评价单位收集了坝址区 5 个钻孔的水位观测数据，其分布位置如图 3.4.3-1。坝址左岸 ZK3、ZK5 钻孔，以及右岸 ZK2、ZK4、ZK6 钻孔，观测时间从 2008 年 10 月份开始，截至 2011 年底共收集 3 年的观测记录，基本反映了水位变化情况，见图 3.4.3-2。ZK3、ZK5 位于乌江左岸，ZK2、ZK4 位于乌江右岸，此 4 个观测孔水位和乌江水位基本一致，大部分时间钻孔水位略高于江水位，相差量不大，地下水补给江水；三峡蓄水时，钻孔水位接近江水位甚至低于江水位，短时间江水补给地下水。右岸 ZK6 孔离河岸较远，观测地下水位较为平稳，水位一般 260~285m，一直高于同期乌江水位 85~110m。

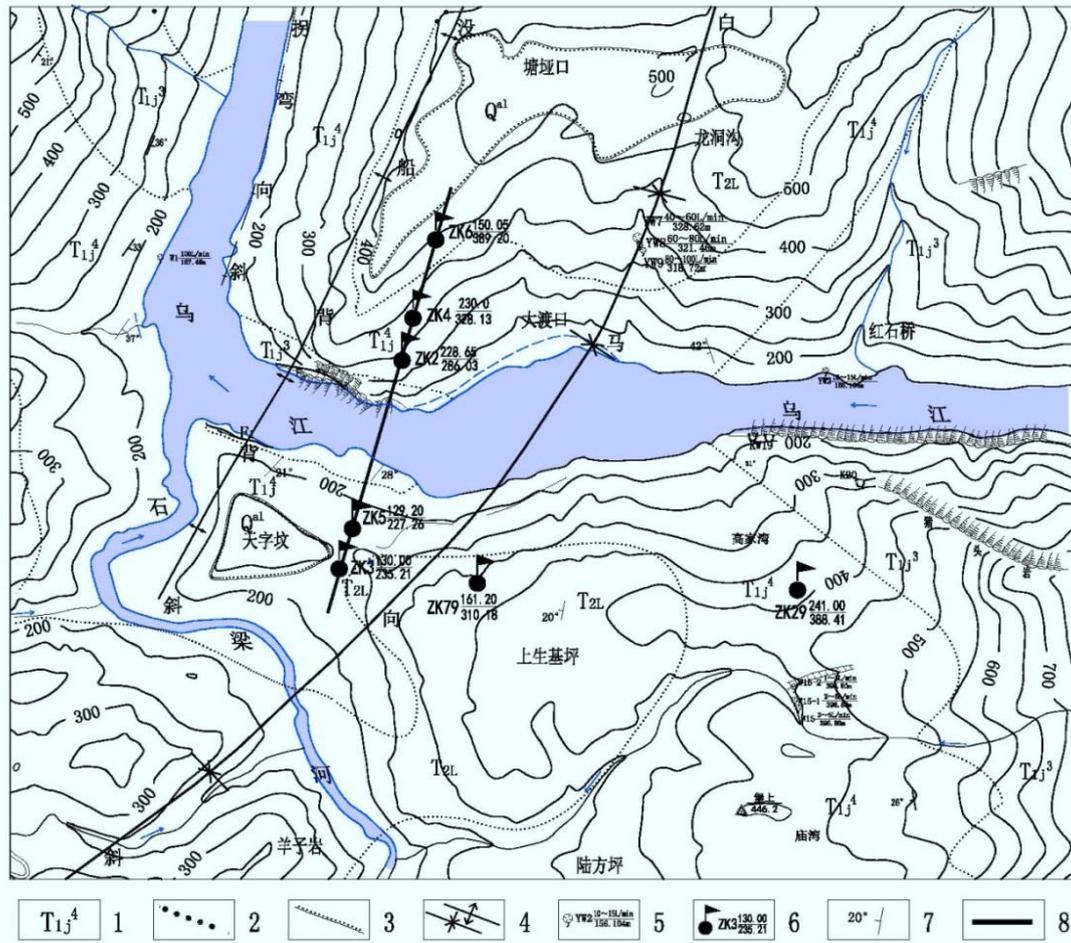
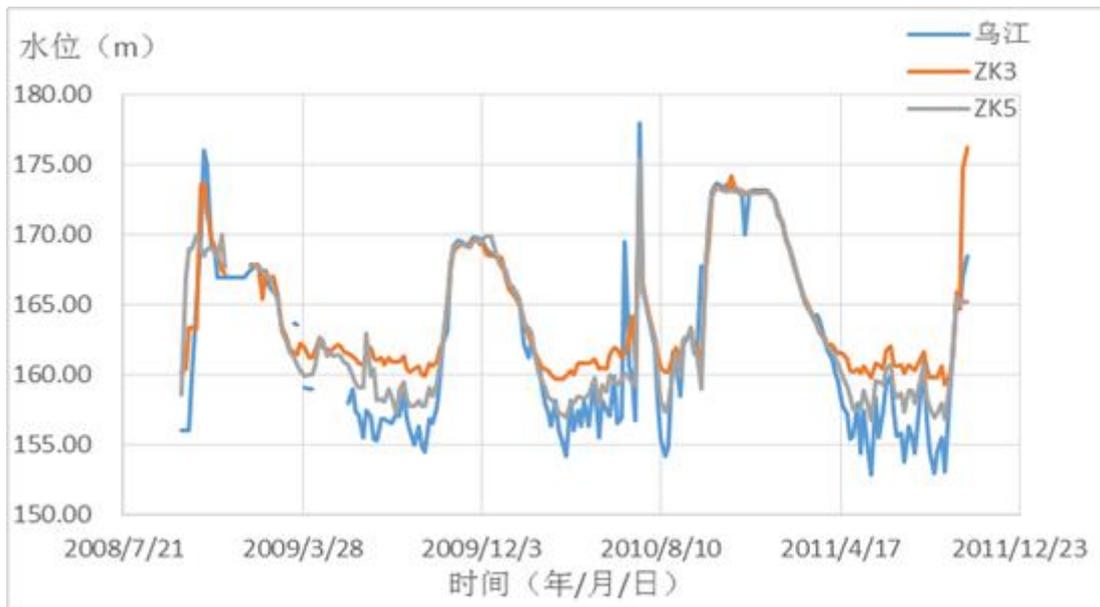


图 3.4.3-1 白马坝址地下水位长期观测孔位置示意图



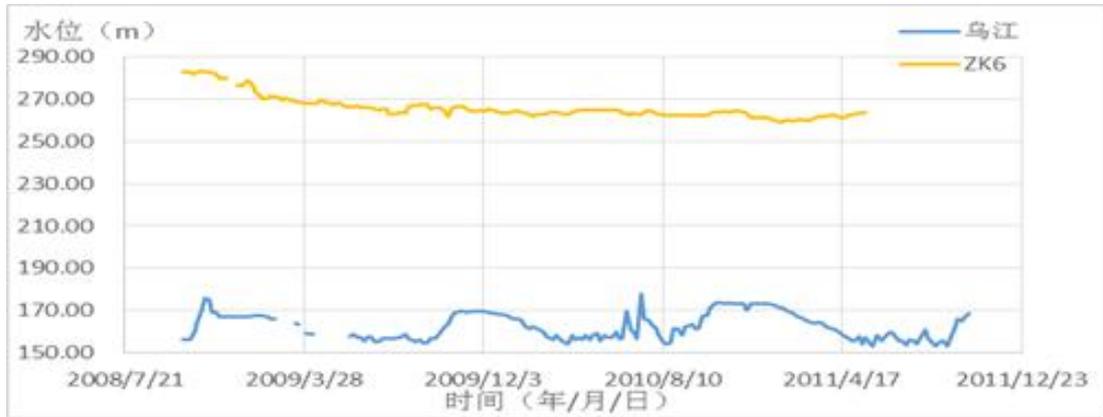
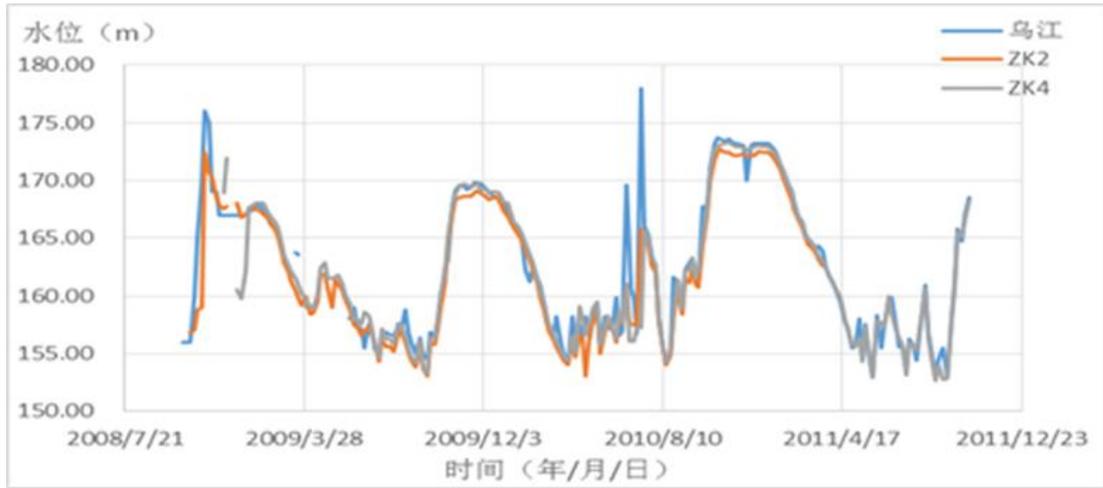


图 3.4.3-2 长观孔地下水位及同期乌江水水位对比曲线图

## (2) 地下水水质

评价范围内各地下水监测点位水质监测成果见表 3.4.3-3，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，采用标准指数法进行评价，结果见表 3.4.3-4 和 3.4.3-5。

总体上该地区地下水质量总体较好，部分监测点受人类活动影响出现硝酸盐和细菌总数超标。如羊角滑坡坡体中的孔隙水、龙洞沟泉水，地下水埋深浅，推测受人为污染的影响，包括生活污水的渗入以及农田化肥的使用等，从而导致地下水中的硝酸根离子偏高，白马加油站后泉点采集的水样细菌总数超标。此外，受地质背景和径流条件的影响，部分地下水监

测点的氟化物、硫酸盐和部分微量元素出现超标，例如，白马火车站 1 号隧道涌水的 Al 含量超标，可能跟岩石中的 Al 含量的天然背景值高有关，武隆火车站隧道泄水洞（备用水源地）排水的水样中氟化物、硫酸盐超标，这主要是由于该点地下水埋藏深度大、径流途径较长，地下水交替条件较弱，水岩相互作用比较充分，从而表现出深层地下水总矿化度较高、SO<sub>4</sub>-Ca 型水的特点。

表 3.4.3-3

2019 年 10 月地下水水化学全分析成果汇总表

(单位: mg/L)

编号	监测点位名称	温度	电导率	TDS	DO	pH	Eh	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	水化学类型
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	18.0	541	372.2	8.39	8.11	147.6	5.18	76.52	237.98	66.46	1.148	19.905	4.037	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> -Ca·Mg
2	白水洞 (羊角镇水源地)	17.0	390	268.3	9.47	8.06	112.7	8.52	23.24	219.67	65.29	0.793	2.669	2.235	HCO <sub>3</sub> -Ca
3	关滩滑坡后缘泉 1	17.9	279	192	9.01	8.06	148.8	5.18	9.38	213.57	51.07	0.563	1.807	1.534	HCO <sub>3</sub> -Ca
4	关滩滑坡后缘泉 2	18.5	447	307.5	8.87	8.3	98.2	4.97	22.78	213.57	70.64	0.783	4.343	3.843	HCO <sub>3</sub> -Ca
5	白马镇高家湾南侧陡崖泉	18.1	492	338.5	8.49	7.65	126.5	4.37	44.42	268.49	88.99	0.766	15.762	1.335	HCO <sub>3</sub> -Ca
6	白马火车站 1 号隧道口泉	18.9	480	330.2	8.94	7.62	134.1	4.94	31.54	274.59	95.70	1.083	15.084	1.514	HCO <sub>3</sub> -Ca
7	羊角村龙洞沟泉	18.4	685	471.3	8.95	8.08	134.8	7.52	92.41	280.69	85.72	1.178	29.750	2.040	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> -Ca·Mg
8	羊角镇滑坡后缘泉	17.8	557	383.2	9.21	8.11	107.5	4.99	126.28	195.26	97.87	0.873	7.903	2.494	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> -Ca
13	武隆火车站隧道 (武隆备用水源地)	17.9	1231	846.9	8.82	7.86	115.1	7.28	742.97	237.98	252.84	2.111	30.424	10.323	SO <sub>4</sub> -Ca

备注: TDS-溶解性总固体; DO-溶解氧; pH-氢离子浓度指数; Eh-氧化还原电位, 单位 mV; 温度单位为℃; 电导率单位为 us/cm; “-”表示未检出, 下同。

表 3.4.3-4

2019 年 10 月地下水水质常规指标评价表

(单位: mg/L)

序号	测试指标	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Na	Se	Zn	F	Cl	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	氨氮 (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	氰化物	TDS
	污染指数标准	0.2	0.01	0.01	0.05	1	0.30	0.10	0.05	200	0.01	1	1	250	20	250	0.5	0.05	1000
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	0.253	-	0.02		-	0.203	0.104	0.170	0.020	-	0.009	0.148	0.021	0.282	0.306	0.400	0.02	0.372
2	白水洞 (羊角镇水源地)	0.298	-	0.02		-	0.477	0.200	0.250	0.011	-	0.012	0.306	0.034	<b>1.670</b>	0.093	0.400	0.02	0.268
3	关滩滑坡后缘泉 1	0.201	-	0.02		-	0.169	0.066	0.246	0.008	-	0.009	0.001	0.021	0.492	0.038	0.440	0.04	0.192
4	关滩滑坡后缘泉 2	0.061	-	0.01		-	0.105	0.036	0.196	0.019	-	0.013	0.080	0.020	0.496	0.091	0.400	0.06	0.308
5	白马镇高家湾南侧陡崖泉	0.574	-	-		-	0.322	0.126	0.250	0.007	-	0.013	0.089	0.017	0.031	0.178	0.380	0.02	0.339
6	白马火车站 1 号隧道口泉	<b>1.337</b>	-	0.04	0.070	0.0005	2.226	0.400	0.274	0.008	-	0.013	0.200	0.020	0.501	0.126	0.460	0.06	0.330
7	羊角村龙洞沟泉	0.082	-	0.02	0.040	-	0.300	0.028	0.652	0.010	-	0.013	0.312	0.030	<b>1.560</b>	0.370	0.420	0.04	0.471
8	羊角镇滑坡后缘泉	0.492	-	-	0.004	-	0.413	0.129	0.244	0.012	-	0.015	0.230	0.020	0.417	0.505	0.400	0.04	0.383
13	武隆火车站隧道 (武隆备用水源地)	0.148	-	0.03		-	0.802	0.076	0.176	0.052	-	0.009	<b>1.429</b>	0.029	0.040	<b>2.972</b>	0.380	0.08	0.847

备注: “-”表示未检出。

表 3.4.3-5

2019 年 10 月地下水水质微生物指标及非常规指标评价表

(单位: mg/L)

序号	测试指标	Ag	B	Ba	Be	Co	Ni	Mo	大肠杆菌群	细菌总数
	污染指数标准	0.05	0.5	0.7	0.002	0.05	0.02	0.07	-	100
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	0.032	-	0.100	-	0.018	-	-	-	<b>6.500</b>
2	白水洞 (羊角镇水源地)	0.006	-	0.027	-	0.018	-	-	-	0.500
3	关滩滑坡后缘泉 1	0.030	-	0.017	-	0.008	-	-	-	0.560
4	关滩滑坡后缘泉 2	0.024	-	0.042	-	0.010	-	-	-	0.850
5	白马镇高家湾南侧陡崖泉	0.048	-	0.067	-	0.008	-	-	-	0.260
6	白马火车站 1 号隧道口泉	0.036	-	0.059	-	0.022	-	0.011	-	0.410
7	羊角村龙洞沟泉	0.032	0.026	0.110	-	0.002	-	-	-	0.640
8	羊角镇滑坡后缘泉	0.024	-	0.043	-	0.002	-	-	-	0.550
13	武隆火车站隧道 (武隆备用水源地)	0.012	0.087	0.016	-	0.014	-	-	-	0.400

备注: 大肠杆菌单位为 CFU°/100mL; 细菌总数单位为 CFU/mL; “-”表示未检出。

### 3.4.4 环境空气

#### (1) 项目所在区空气质量达标情况

本项目大气环境评价范围涉及重庆市武隆区和涪陵区。根据《2019年重庆市生态环境状况公报》，2019年武隆区二氧化硫（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>）年平均质量浓度分别为15μg/m<sup>3</sup>、28μg/m<sup>3</sup>、39μg/m<sup>3</sup>和26μg/m<sup>3</sup>，臭氧（O<sub>3</sub>）日最大8小时平均浓度为131μg/m<sup>3</sup>，一氧化碳（CO）24小时平均质量浓度为1.2mg/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，因此武隆区属于环境空气质量达标区；2019年涪陵区二氧化硫（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>）年平均质量浓度分别为18μg/m<sup>3</sup>、33μg/m<sup>3</sup>、54μg/m<sup>3</sup>和37μg/m<sup>3</sup>，臭氧（O<sub>3</sub>）日最大8小时平均浓度为138μg/m<sup>3</sup>，一氧化碳（CO）24小时平均质量浓度为1.3mg/m<sup>3</sup>，不满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值要求，因此涪陵区属于环境空气质量不达标区。重庆市涪陵区人民政府办公室2019年7月印发了《涪陵区环境空气质量限期达标规划（2018-2025）》，规划提出至2025年，涪陵区细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）年均浓度实现达标（≤35μg/m<sup>3</sup>），其他空气污染物浓度实现稳定达标，涪陵区环境空气质量全部达到国家二级标准要求，空气质量优良天数310天，并提出了“严格环境准入、优化产业结构和空间布局”、“提高清洁能源利用比例”、“深度治理工业污染”、“着力控制交通污染”、“综合防控扬尘污染”、“有效控制生活、农业污染”、“强化区域联防联控，增强监督管理能力”、“强化综合决策支撑，增强科研分析能力”等一系列大气环境质量改善措施。

#### (2) 评价范围内主要基本污染物环境质量现状

评价范围内分布有1个空气自动监测点（芙蓉中路监测点）。根据武

隆区生态环境局提供的 2018 年 1 月 1 日-2018 年 12 月 31 日监测数据,2018 年本项目评价范围内二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)、二氧化氮 (NO<sub>2</sub>) 和一氧化碳 (CO) 24h 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,可吸入颗粒物 (PM<sub>10</sub>)、细颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 和臭氧 (O<sub>3</sub>) 日最大平均 8h 平均浓度值出现不同程度超标,其最大浓度占标率分别为 116%、183%和 129%,超标频率分别为 0.56%、5.93%、1.42%,不满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准限值要求,见表 3.4.4-1。

表3.4.4-1 白马航电枢纽工程评价范围内基本污染物环境空气质量现状评价表

点位名称	污染物	平均时间	单位	评价标准	最大浓度值	最大浓度占标率	超标率	达标情况
芙蓉中路	SO <sub>2</sub>	24h	μg/m <sup>3</sup>	150	61	41%	0	达标
	NO <sub>2</sub>	24h	μg/m <sup>3</sup>	80	57	71%	0	达标
	PM <sub>10</sub>	24h	μg/m <sup>3</sup>	150	174	116%	0.56%	超标
	PM <sub>2.5</sub>	24h	μg/m <sup>3</sup>	75	137	183%	5.93%	超标
	O <sub>3</sub>	日最大 8 小时	μg/m <sup>3</sup>	160	206	129%	1.42%	超标
	CO	24h	mg/m <sup>3</sup>	4	1.7	43%	0	达标

### (3) 其他污染物环境现状评价

环评单位委托重庆厦美环保科技有限公司于 2019 年 11 月 12 日~18 日对坝址所在区域开展了环境空气现场补充监测工作,监测因子为 TSP24h 平均质量浓度。监测数据评价结果表明:坝址所在区域 TSP24h 平均质量浓度范围为 144~186μg/m<sup>3</sup>,最大浓度占标率为 62%,超标率为 0,见表 3.4.4-2。

表3.4.4-2 白马航电枢纽工程坝址区域其他污染物环境质量现状评价表

点位名称	坐标 (WGS-84)		污染物	平均时间	单位	评价标准	浓度范围	最大浓度占标率	超标率	达标情况
	经度	纬度								
坝址区域	107.5375°	29.4139°	TSP	24h	μg/m <sup>3</sup>	300	144~186	62%	0	达标

### 3.4.5 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、施工噪声和

生活噪声，其中交通噪声来源于集镇内道路和乡村道路等，施工噪声来源于白马中心小学扩建区域，其他区域基本远离交通道路和施工工地，主要以社会生活噪声为主。

环评单位委托重庆厦美环保科技有限公司于2019年11月14日~15日对本项目评价范围内的7个具有代表性的敏感目标开展了环境噪声监测，监测项目为昼、夜间等效A声级。监测结果表明，白马中学、白马中心小学、杨柳村1#居民点、鱼光村兴隆组居民点、土坎镇居民点、武隆区南溪沟居民区和武隆区油坊沟居民区昼、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，见表3.4.5-1。

表 3.4.5-1 白马航电枢纽工程声环境敏感目标环境噪声评价表

序号	点位	时段	噪声值[dB(A)]			评价结果
			11月14日	11月15日	标准值	
1	白马中学	昼间	52.1	54.6	60	达标
		夜间	42.8	44.1	50	达标
2	白马中心小学	昼间	54.4	53.3	60	达标
		夜间	44.1	44.0	50	达标
3	杨柳村1#居民点	昼间	54.3	52.7	55	达标
		夜间	44.0	43.9	45	达标
4	鱼光村兴隆组居民点	昼间	48.8	49.1	55	达标
		夜间	42.0	40.9	45	达标
5	土坎镇居民点	昼间	51.6	50.6	60	达标
		夜间	42.5	43.3	50	达标
6	武隆区南溪沟居民区	昼间	53.3	51.9	60	达标
		夜间	43.3	44.2	50	达标
7	武隆区油坊沟居民区	昼间	59.1	58.3	60	达标
		夜间	48.4	49.1	50	达标

### 3.4.6 土壤环境

为了解工程所在区域土壤环境质量现状，长江水保所委托重庆厦美环保科技有限公司于2019年11月中旬对工程区进行了监测，共布设7个土壤监测点，其中占地范围内3个监测点，占地范围外4个监测点，均为表层样点。占地范围内点位包括：白马镇坝址左岸G1、白马镇坝址右岸G2

和巷口镇冉家坝乌江河滩地 G5；占地范围外点位包括：羊角镇姚家咀 G3、巷口镇南滨路南侧长头河旁 G4、江口镇中心幼儿园南侧绿地 G6 和江口镇库尾银盘坝址旁 G7。其中，白马镇坝址左岸 G1、白马镇坝址右岸 G2 位于枢纽建设区，为规划建设用地，土壤环境现状评价适用《土壤环境质量 建设用地区域土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；巷口镇冉家坝乌江河滩地 G5 位于水库淹没范围内，现状为未利用地，土壤环境现状评价适用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）；羊角镇姚家咀 G3 位于占地范围外，现状为农用地，土壤环境现状评价适用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）；巷口镇南滨路南侧长头河旁 G4、江口镇中心幼儿园南侧绿地 G6 和江口镇库尾银盘坝址旁 G7 位于占地范围外，现状为建设用地，土壤环境现状评价适用《土壤环境质量 建设用地区域土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）。评价范围内，共包含 5 种土壤类型，分别为黄壤、石灰土、水稻土、潮土和紫色土，每个土类都至少设置了 1 个表层监测点。各土壤环境质量现状监测点位基本信息如表 3.4.6-1 所示。

表 3.4.6-1 白马航电枢纽土壤环境质量现状监测点位基本信息

点位名称	坐标	土类	与占地范围关系	适用标准	位置
白马镇坝址左岸 G1	107.533586440, 29.405476213	黄壤	占地范围内	GB36600	坝址
白马镇坝址右岸 G2	107.535362062, 29.409233988	石灰土	占地范围内	GB36600	坝址
羊角镇姚家咀 G3	107.637843349, 29.390205218	水稻土	占地范围外	GB15618	库区乌江干流淹没范围外
巷口镇南滨路南侧长头河旁 G4	107.731873821, 29.326298085	潮土	占地范围外	GB36600	库区乌江干流淹没范围外
巷口镇冉家坝乌江河滩地 G5	107.808507336, 29.317542041	紫色土	占地范围内	GB15618	库区乌江干流淹没范围内
江口镇中心幼儿园南侧绿地 G6	107.883150820, 29.238188593	黄壤	占地范围外	GB36600	库区支流芙蓉江淹没范围外
江口镇库尾	107.888235878,	黄壤	占地范围外	GB36600	库尾淹没范围外

银盘坝址旁 G7	29.267756191				
-------------	--------------	--	--	--	--

执行 GB36600-2018 的监测点监测项目包括《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中表 1 规定的 45 项基本项目；执行 GB15618-2018 的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）》（GB 15618-2018）中表 1 规定的 8 项基本项目。此外，还同步调查了 7 个监测点的土壤理化性质，包括土壤含盐量、pH、土壤质地、颜色、结构、砂砾含量、土壤容重、其他异物等。

工程土壤理化性质调查结果见表 3.4.6-2。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）中的土壤盐化分级标准，7 个监测点中，白马镇坝址右岸 G2 的土壤含盐量为 1.3g/kg，土壤为轻度盐化，其余所有土壤监测点含盐量均小于 1 g/kg，土壤未盐化。由于坝址右岸目前尚未开发，周围工业企业非常少，土壤轻度盐化并非环境污染导致，系本底值略高。所有土壤监测点 pH 均为 7.0~8.5，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）中的土壤酸化、碱化分级标准，土壤无酸化或碱化现象。

表 3.4.6-2 白马航电枢纽土壤理化性质调查结果

检测项目	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
pH	7.4	7.5	7.6	7.7	7.9	8.0	8.1
容重 (g/cm <sup>3</sup> )	1.13	1.33	0.95	1.14	1.39	1.19	1.22
土壤含盐量 (g/kg)	0.7	1.3	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5
土壤颜色	黄棕色	暗灰色	暗灰色	黄棕色	暗灰色	浅棕色	黄棕色
土壤结构	块状						
土壤质地	轻壤土	轻壤土	粘土	粘土	轻壤土	轻壤土	轻壤土
砂砾含量	10%	32%	7%	18%	12%	16%	10%
异物情况	草根	树根	树根	石块	草根	树根	树根

羊角镇姚家咀 G3 和巷口镇冉家坝乌江河滩地 G5 监测了《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）中表 1 规定的 8 项基本项目，监测结果见表 3.4.6-3。

表 3.4.6-3

白马航电枢纽土壤环境现状监测结果（农用地）

检测项目	单位	G3	G5	GB15618-2018 水田、果园筛选值
				pH>7.5
pH	—	7.6	7.9	—
砷	mg/kg	15.1	4.36	20
镉	mg/kg	0.68	0.31	0.8
铜	mg/kg	40	26	200
铅	mg/kg	34	12	240
汞	mg/kg	0.113	0.120	1.0
镍	mg/kg	47	39	190
锌	mg/kg	108	76	300
铬	mg/kg	77	66	350

白马镇坝址左岸 G1、白马镇坝址右岸 G2、巷口镇南滨路南侧长头河旁 G4、江口镇中心幼儿园南侧绿地 G6 和江口镇库尾银盘坝址旁 G7 监测了《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，监测结果见表 3.4.6-4。

表 3.4.6-4

白马航电枢纽土壤环境现状监测结果（建设用地）

检测项目	单位	G1	G2	G4	G6	G7	GB36600-2018 第二类用地筛选值
砷	mg/kg	15.3	6.49	10.3	7.72	12.0	60
镉	mg/kg	0.51	0.25	0.35	0.47	0.68	65
铜	mg/kg	40	41	34	31	37	18000
铅	mg/kg	18	24	11	24	26	800
汞	mg/kg	0.163	0.045	0.115	2.02	0.166	38
镍	mg/kg	77	52	47	45	48	900
铬（六价）	mg/kg	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	5.7
四氯化碳	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.8
氯仿	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.9
氯甲烷	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	37
1,1-二氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	9
1,2-二氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	5
1,1-二氯乙烯	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	66
顺-1,2-二氯乙烯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	596
反-1,2-二氯乙烯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	54
二氯甲烷	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	616
1,2-二氯丙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	5

检测项目	单位	G1	G2	G4	G6	G7	GB36600-2018 第二类用地筛选值
1,1,1,2-四氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	10
1,1,2,2-四氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	6.8
四氯乙烯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	53
1,1,1-三氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	840
1,1,2-三氯乙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.8
三氯乙烯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.8
1,2,3-三氯丙烷	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.5
氯乙烯	mg/kg	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.43
苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	4
氯苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	270
1,2-二氯苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	560
1,4-二氯苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	20
乙苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	28
苯乙烯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1290
甲苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1200
间二甲苯+ 对二甲苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	570
邻二甲苯	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	640
硝基苯	mg/kg	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	76
苯胺	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	260
2-氯酚	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	2256
苯并[a]蒽	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	15
苯并[a]芘	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.5
苯并[b]荧蒽	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	15
苯并[k]荧蒽	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	151
蒽	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1293
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.5
茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	15
萘	mg/kg	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	70

评价范围内土壤环境质量现状采用标准指数法进行评价。白马镇坝址左岸 G1、白马镇坝址右岸 G2、巷口镇南滨路南侧长头河旁 G4、江口镇中心幼儿园南侧绿地 G6 和江口镇库尾银盘坝址旁 G7 属于第二类用地,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)中的第二类用地筛选值进行评价。羊角镇姚家咀 G3 和巷口镇冉家坝乌江河

滩地 G5 属于农用地或未利用地，按《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的筛选值进行评价。由监测结果可知，7 个监测点的各污染物指标均未超过相应土壤污染风险管控标准的筛选值，工程区域土壤环境质量良好。

### 3.5 移民安置区环境

白马航电枢纽工程淹没涉及武隆区白马镇、羊角镇、土坎镇、巷口镇、江口镇五个镇。工程移民安置区主要为现有集镇、村庄、道路旁等交通相对便利的区域，这些区域受人类活动干扰频繁，植被覆盖率较低，植被类型以农田植被和灌草丛为主。在移民安置方式上，以集镇集中建房安置为主，农村移民分散安置建房为辅，共设 4 个城镇移民集中迁建小区。下面重点介绍 4 个城镇移民迁建小区的环境概况。

#### 3.5.1 白马集镇

白马集镇位于武隆区西南部，距县城 24km。集镇北临乌江，东临石梁河，郭溪沟贯穿其中，国道 319 线从集镇北部穿过。根据现状调查，白马集镇建成区面积约为 68hm<sup>2</sup>，常住人口为 13000 人，辖 2 个社区，7 个居民小组。白马集镇由于地势原因分成南北两片，距离 0.4km，主体功能区主要集中在建成区南部，包括白马镇政府、白马中学、白马中心卫生院、白马工业园区、农贸市场等单位和企业，基础和配套设施齐全；北部紧邻乌江，以居住用地为主。

白马镇移民迁建小区新址位于石梁河右岸，紧邻白马镇已建成场镇。该处为在石梁河河岸修筑大堤，填埋而成的场地。植被类型单一，以荒地、小片菜地为主，低洼处分布有空心莲子草群落。未发现国家重点保护野生动植物及古树分布。该移民安置区人类活动强烈，受人为干扰较大，该区域分布的陆生脊椎动物多为与人类关系密切的常见种类。两栖类多为生活

于池塘或居民点周围的蛙类，如中华大蟾蜍等；爬行动物主要为蜥蜴目的一些种类，如多疣壁虎、北草蜥；鸟类种类较少，均为常见种，如家燕、画眉等雀形目鸟类；移民安置区内分布的兽类为小型兽类，主要是啮齿目、鼠科的小型兽类，均为常见种类。

### 3.5.2 土坎集镇

土坎集镇位于武隆城区西北方，乌江右岸，距县城 8km，靠近渝怀铁路、武丰公路。集镇建成区面积约为 21hm<sup>2</sup>，常住人口为 3810 人，辖 1 个社区，3 个居民小组。土坎镇政府、土坎中学、卫生院等位于集镇主干道龙兴街两侧地势较高的地区。

土坎镇移民迁建小区位于乌江右岸，土坎镇中学北东侧。整体地势北高南低，地势平坦，地形坡度 2~5°，北侧坡度稍陡，地形坡度 6~8°，地面高程 240~260m。地表为旱地或水田，由多个人工梯坎分割成若干个小块，梯坎高度约 1m，最高约 1.5m。北西侧发育一条小冲沟，切割深度 2~3m；东侧为乡村便道，高程 240~260m。

土坎镇移民迁建小区新址为一平缓的斜坡地。现状为农耕地、果园镶嵌分布，农耕地主要种植油菜、土豆、玉米等，果园包括梨树、葡萄等。该移民安置区人类活动强烈，受人为干扰较大，该区域分布的陆生脊椎动物数量稀少，多为与人类关系密切的常见种类，如中华大蟾蜍、多疣壁虎、北草蜥、家燕、画眉、鼠科的小型兽类，均为常见种类。移民迁建小区内无国家重点保护野生动植物及古树分布。

### 3.5.3 武隆城区

武隆城区所在地为巷口镇，距离重庆市主城区 139km，建成区面积为 3.53km<sup>2</sup>，常住人口为 69865 人，辖 8 个社区，35 个居民小组。城区分布于乌江两岸，其中南岸（乌江左岸）为老城区，北岸（乌江右岸）为新城。

沿江两岸部分区域地势较低，尤其是南岸油坊沟地区靠近南滨路一侧，地面高程约 195m 左右。

武隆城区地处山区，城市建设用地紧张，结合武隆城区总体规划，规划选择县城南岸油坊沟一带和县城北岸南溪沟一带作为移民迁建小区建设用地。

### (1) 南岸移民迁建小区

南岸移民迁建小区位于县城乌江南岸，下油坊沟至县城人行桥的沿江地带，新址范围现状属于老城区，以低层及多层建筑为主。场地最低高程 192.9m，最高高程 202.0m，高差约 9.0m。南岸移民迁建区地表主要为第四系人工填土，多呈松散状；其下为较厚的第四系冲积层（ $Q_4^{al}$ ），成分为粉质粘土夹碎块石、砂及砂砾卵石，粉质粘土呈可塑~硬塑状，厚度 10~30m 不等。下伏基岩为三叠系雷口坡组（ $T_{21}$ ）中厚层、薄层粉砂质页岩夹灰岩。地表排水畅通，地下水为第四系孔隙水（潜水），水文地质条件相对较简单。

南岸移民迁建小区紧邻南岸老城已建成居民点，仅在少数房前屋后有零星树木分布，主要是刺桐等，在公路边有天竺桂行道树分布。无国家重点保护野生动植物及古树分布。

### (2) 北岸移民迁建小区

北岸移民迁建小区位于县城乌江北岸，南溪沟至上游苏家河沟的沿江地带，小区新址位于县城新区范围内，场地为自然坡地，最低高程 173.5m，最高高程 202.0m，高差约 29m。

北岸南溪沟移民安置点紧邻滨江花园小区，为乌江河岸高地。现状为居民季节性种植的菜地，在河岸边有狗牙根-小巢菜河岸草甸群落，群落总盖度为 90%，平均高度为 15cm。优势种为狗牙根和小巢菜，伴生小白酒草、

鬼针草、婆婆纳和葎草。该移民安置区人类活动强烈，受人为干扰较大，该区域分布的陆生脊椎动物数量稀少，多为与人类关系密切的常见种类，如中华大蟾蜍、家燕、画眉等，均为常见种类。未发现国家重点保护野生动植物及古树分布。

### 3.6 人群健康

#### (1) 医疗机构

武隆区医疗卫生机构基本健全，设有县、乡（镇）、村三级医疗卫生机构，医疗救治和疾病预防控制工作得到加强，公共卫生应急处置能力不断提高，农村合作医疗保障体系正在逐步完善。2018 年全县拥有卫生机构 341 个，实有病床 2698 张，专业卫生技术人员 1211 人，其中执业医师（含助理）684 人、注册护士 527 人。全县有医院数 11 所，其中公立医院 3 所；乡镇卫生院 26 个、村卫生室 196 个。

#### (2) 卫生防疫

根据武隆区疾病预防控制中心的疫情统计资料，2015~2017 年，武隆区高发疾病种依次为肺结核、肝炎、梅毒、痢疾、淋病和 HIV 等。该地区肺结核发病率较高，此外，肝炎发病率也较高。

武隆区是重庆市旅游城市，县城所在地巷口镇和白马镇、羊角镇、土坎镇、江口镇等集镇的环境卫生条件和居住条件较好，但在较偏远的农村地区部分居民的居住条件和基础设施仍然较差，甚至存在人居房屋与畜圈无隔离的现状。部分集镇和农村地区垃圾乱堆、生活污水横流的现象较为普遍，在一定程度上影响着当地居民的健康。工程涉及的巷口镇、白马镇、羊角镇、土坎镇、江口镇等集镇均有自来水厂，生活饮用水水质均较好。近年来，通过农村安全饮用水工程的逐步实施，农村安全饮用水问题正在逐步得到解决，部分较为分散的居民多通过蓄水池、山泉、坑塘取水。

### 3.7 主要环境问题

#### (1) 白马航电枢纽所在江段偶有总磷不达标，需加强治理

根据评价区水环境现状调查与评价结果，2017年8月和9月白马航电枢纽涉及江段总磷超Ⅲ类水质标准，项目区所在乌江重庆市白马控制单元被生态环保部列为“十三五”期间水质需改善控制单元，要求2020年前水质稳定达到Ⅲ类标准，《长江经济带生态环境保护规划》和《重点流域水污染防治规划（2016-2020年）》等规范性文件均要求加强项目所在江段总磷治理。

#### (2) 乌江下游水生生态系统已逐渐改变，需合理保护

由于乌江上游水电开发改变了水生生物栖息地生境，白马库区上游已基本已不具备产漂流性卵鱼类产卵条件，产漂流性卵鱼类减少，上游水电开发建设也阻隔河流连通性，使水生生物生境段化和破碎化更加突出。乌江下游水生生物及鱼类资源需要采取合理保护措施。

#### (3) 局部区域水土流失较为严重

工程评价区处于喀斯特地区，虽然林草地覆盖率总体较高，但林分较为单一，马尾松、杉木和柏木林约占林地总面积的85%，森林生态系统生态服务功能和生物多样性有所下降。库区经济较为落后，经济结构以农业为主，坡耕地比重大，土地利用结构不合理，进一步加剧了局部区域土壤侵蚀和水土流失。

## 4 工程分析

### 4.1 符合性与协调性分析

#### 4.1.1 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）》（发改地区规〔2019〕1683号），拟建项目属于该目录中鼓励类“二十五、水运”中的“2、沿海深水航道和内河高等级航道及通航建筑物建设”和“四、电力”中的“1、大中型水力发电及抽水蓄能电站”。因此，白马航电枢纽工程建设符合国家产业政策要求。

#### 4.1.2 与相关法律法规的符合性

##### 4.1.2.1 与《中华人民共和国风景名胜区条例》的符合性

《中华人民共和国风景名胜区条例》第二十六条规定了风景名胜区内各类禁止类活动，第三十条规定了景区内建设项目的景观要求。

第二十六条：在风景名胜区内禁止进行下列活动：1) 开山、采石、开矿、开荒、修坟立碑等破坏景观、植被和地形地貌的活动；2) 修建储存爆炸性、易燃性、放射性、毒害性、腐蚀性物品的设施；3) 在景物或者设施上刻划、涂污；4) 乱扔垃圾。

第三十条：风景名胜区内的建设项目应当符合风景名胜区规划，并与景观相协调，不得破坏景观、污染环境、妨碍游览。在风景名胜区内进行建设活动的，建设单位、施工单位应当制定污染防治和水土保持方案，并采取有效措施，保护好周围景物、水体、林草植被、野生动物资源和地形地貌。

白马航电建设工程施工区距离芙蓉江国家级风景名胜区约40km，工程建设不会对风景名胜区景观、植被和地形地貌进行破坏。根据工程库区淹

没影响范围与芙蓉江国家级风景名胜区功能区划图叠置分析可知，白马航电枢纽淹没影响范围仅涉及芙蓉江国家级风景名胜区的外围保护地带，该风景名胜区保护对象为芙蓉洞地质遗迹和芙蓉江峡谷景观资源，保护对象均位于芙蓉江江口电站以上，因此白马航电枢纽建设对芙蓉洞地质遗迹和芙蓉江峡谷景观资源无影响，工程建设与《中华人民共和国风景名胜区条例》相关要求是符合的。

#### 4.1.2.2 与《饮用水水源保护区污染防治管理规定》的符合性

白马航电枢纽坝下河段涉及重庆市饮用水水源保护区，根据《重庆市人民政府办公厅关于调整万州区等 31 个区县（自治县）集中式饮用水水源保护区的通知》（渝府办〔2013〕40 号文），建峰化学工业集团水厂水源保护区等 3 个保护区保护范围见表 4.1.2-1，工程与保护区位置关系见图 1.4-4。

表 4.1.2-1 工程涉及水源地保护区范围划分表

序号	水厂名称	水源名称	水源所在镇(街道)	保护区划分范围			
				一级保护区		二级保护区	
				水域范围	陆域范围	水域范围	陆域范围
1	建峰化学工业集团水厂	乌江	涪陵区白涛街道	取水口上游 1000 米至下游 100 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与一级保护区水域长度相同。	取水口上游 1000-2000 米，下游 100-200 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与二级保护区水域长度相同。
2	蒿枝坝水厂	乌江	荔枝街道	取水口上游 1000 米至下游 100 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与一级保护区水域长度相同。	取水口上游 1000-2000 米，下游 100-200 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与二级保护区水域长度相同。
3	涪陵坤源水务有限公司江东水厂	乌江	江东街道	取水口上游 1000 米至下游 100 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与一级保护区水域长度相同。	取水口上游 1000-2000 米，下游 100-200 米，以中泓线为界的同侧水域。	20 年一遇洪水位控制高程以下陆域，陆域沿岸长度与二级保护区水域长度相同。

建峰化学工业集团水厂、蒿枝坝水厂和坤源江东水厂水源保护区分布于白马航电枢纽下游 18km、38km 和 40km，根据《饮用水水源保护区污染防治管理规定》，一级保护区不得设置与供水无关的码头，禁止停靠船舶；二级饮用水源保护区不准新建扩建向水体排放污染物的项目，禁止设立装

卸垃圾、粪便、油类和有毒物品的码头。工程在饮用水水源保护区内不建设码头和污染类项目；工程建成后加强对航道内船舶污水的管理，不会对航道内水体水质造成不利影响。因此，白马航电枢纽工程建设符合《饮用水水源保护区污染防治管理规定》的相关要求。

#### 4.1.3 与三线一单的符合性分析

##### (1) 与生态保护红线的符合性分析

2018年7月重庆市人民政府以《重庆市人民政府关于发布重庆市生态保护红线的通知》（渝府发〔2018〕25号）发布了重庆市生态保护红线，经重庆市环境保护局核实，重庆乌江白马航电枢纽建设范围不在重庆市生态保护红线内，见附件4。库尾回水区域位于具有生物多样性维护功能的一般生态空间内，根据管控要求，严禁不符合主体功能区定位的各类开发活动，严格控制建设活动范围和强度，保证生态空间结构和主要功能不受破坏。白马航电枢纽淹没范围涉及具有生物多样性维护功能的一般生态空间，水库库尾回水在乌江河道范围内，涉及生态空间区域无开发建设活动，不改变生态空间结构和主要生态功能。

##### (2) 与环境质量底线的符合性分析

根据《重庆市三线一单》，工程涉及区域位于水环境一般管控区，需落实生态环境保护基本要求。重庆乌江白马航电枢纽工程区水环境现状良好，工程施工区各项废水处理达标排放，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，库区污染物排放量小于河段水环境容量。白马航电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，施工期废气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，白马航电工程建设符合环境质量底线要求。

### (3) 与资源利用上线的符合性分析

根据《重庆市三线一单》，本工程永久占地位于土地资源一般管控区，工程占地主要为林地、灌草地和农用地，工程占地符合国土资源、规划、建设等部门对土地资源开发利用总量及强度的管控要求。白马航电枢纽航运和发电取用水基本不消耗水量，不增加区域用水总量，枢纽下放 387m<sup>3</sup>/s 生态流量，不影响下游水生生态环境、航运和其他用水户取水等方面的用水需求，工程建设符合水资源利用上线要求。白马航电枢纽电站装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿 kW·h，按煤电生产等效电量计算，每年可节约原煤约 78.5 万 t，符合能源管控要求。

### (4) 与环境准入清单的符合性分析

根据《重庆市三线一单》，本项目符合重庆市生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线的管控要求，且满足《重庆市产业投资准入手册》（渝发改投〔2018〕541号）准入要求，为生态环境准入清单中允许类项目。工程涉及区域不在生态保护红线内，部分区域位于一般生态空间内，根据管控要求，应严格控制建设活动范围和强度，保证生态空间结构和主要功能不受破坏。

## 4.1.4 与相关规划的协调性分析

### 4.1.4.1 与流域、区域规划的协调性

#### (1) 与《长江流域综合规划（2012-2030年）》的协调性

2012年国务院批复的《长江流域综合规划（2012-2030年）》中，乌江治理开发与保护的主要任务是：“供水与灌溉、防洪、发电、水土保持、航运、水资源保护和治涝。”并提出：“根据水利部、重庆市政府对乌江干流彭水以下河段梯级开发方案调整的审批意见，乌江干流彭水以下修建银盘、白马等2级水电站，进一步合理开发干流上游和支流水能资源。”其中航道

发展规划提出：“航道整治与梯级渠化相结合，使乌江渡坝下至白马 551km 结合梯级建设达到Ⅳ级航道标准，白马以下 43km 河段经研究论证后可逐步提高至Ⅲ级航道标准。”白马航电枢纽的开发任务为以航运为主，兼顾发电，符合《长江流域综合规划（2012-2030 年）》的相关规划方案。

流域规划的实施，应采取一定的环境保护对策措施以减缓对生态环境的不利影响，《长江流域综合规划（2012-2030 年）》中提出，应“加强水生生物保护。落实水生态环境保护及修复规划，采取物种保护与生物资源养护、生境保护与修复等措施保护水生生物物种、生境和生态系统；设立水生生物保护区，保护长江流域珍稀特有鱼类资源，综合考虑珍稀特有鱼类生物学特性及长江鱼类资源的现状，统一规划建设鱼类人工增殖放流站；有洄游鱼类存在的干流和重要支流的水工程建设应在开发过程中采取适合的过鱼设施，保障河段水生生境的连通性；加强渔业资源管理，采取长江禁渔、增殖放流、底播贝类、栽植水生植被、建设人工鱼巢、加强水产种质资源保护区管理等措施，强化鱼类资源繁殖保护；水温分层的大型水利水电工程应根据影响对象和影响程度确定是否采取分层取水措施；加强流域内水生生物资源监测和科研工作。”本次白马航电枢纽开发过程中，采取了干支流栖息地保护、修建过鱼设施和人工增殖放流站、开展生态调度、加强渔政管理等保护措施，符合《长江流域综合规划（2012~2030 年）》相关要求。

（2）与《乌江干流综合规划》及《重庆乌江干流彭水至河口段开发方案优化专题研究》报告的协调性

为开发乌江丰富的水能资源，改善乌江航运条件，提高乌江中下游防洪能力并配合长江中下游防洪，1987 年长江流域规划办公室（1989 年至今为水利部长江水利委员会）与贵阳院共同编制完成了《乌江干流规划报告》，

提出乌江干流的开发任务为：以发电为主，其次为航运，兼顾防洪、灌溉等，推荐乌江干流按普定、引子渡、洪家渡、东风、索风营、乌江渡、构皮滩、思林、沙沱、彭水和大溪口等 11 级开发，1989 年国家计委以计国土〔1989〕502 号文对《乌江干流规划报告》进行了批复，同意普定至彭水 10 级开发，大溪口梯级要待三峡水库正常蓄水位确定后另行考虑。2003 年底长江设计院编制完成了《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》，经综合分析比较推荐该河段由大溪口（213m）一级开发改为银盘（215m）+白马（185m）两级开发方案，2004 年 4 月重庆市发展和改革委员会对《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》进行了审查，同意规划推荐的开发方案。为进一步优化规划设计方案，2005 年 6 月长江设计院在《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》的基础上，编制完成了《重庆乌江干流彭水至河口段开发方案优化专题研究》，报告维持银盘+白马两级开发方案的结论。2007 年国家发展和改革委员会以发改办能源〔2007〕2723 号文对本河段开发方案进行了回复，同意乌江干流彭水至河口河段按银盘和白马两级开发。

白马航电枢纽工程位于乌江干流下游，下距乌江河口约 43km，是乌江干流开发中的最后一个梯级，白马枢纽的开发任务为航运和发电，符合乌江干流的规划目标。

### （3）与《三峡后续工作规划》的协调性

《三峡后续工作规划》在“规划任务与目标”中的“库区生态环境建设与保护中”提出：“以建设库区生态屏障区和削减库区面源污染负荷为重点，采取综合措施，着力解决影响库区水质及损害移民群众健康的空气、土壤污染等环境问题，健全库区生态环境保护体系。采取污水处理达标排放、危废污染物处理、农药肥料污染控源和“一池三改”等措施，加强库区点源、面

源、流动源污染防治，使污染物排放总量控制在国家规定的限排总量以内；加强重要支流综合整治和水华控制，使支流水环境质量明显改善；加强消落区生态环境保护，使其生态功能与整体景观得到改善；加强生态屏障区土地生态功能建设，通过植被恢复、生态廊道建设等措施，使森林覆盖率达到 50%以上；鼓励生态屏障区农村人口向外转移，改善农村居民点环境，降低人类活动对生态环境的压力；加强陆生生态、水生生态、生物栖息地及珍稀特有物种的保护，建设和完善自然保护区，有效保护库区生态与生物多样性。”

乌江白马断面现状水质丰、平、枯水期基本达到水质管理目标。工程涉及区森林覆盖率总体较高，林地占幅员面积的 61.42%，工程周边适宜生境较多，因此工程占地、施工活动和施工噪声等对野生动物的生存、栖息和觅食影响小。从陆生生态、水生生态、生物栖息地及珍稀特有物种的保护等方面提出了保护方案和措施。因此，乌江白马航电枢纽工程建设与《三峡后续工作规划》是协调一致的。

#### （4）与《全国主体功能区规划》的协调性

2010 年国务院以国发〔2010〕46 号印发了“国务院关于印发全国主体功能区划规划的通知”。根据《全国主体功能区规划》的能源开发布局，重点在能源资源富集的山西、鄂尔多斯盆地、西南、东北和新疆等地区建设能源基地。其中西南地区“以水电开发为主，加快四川盆地天然气资源开发，有序开发煤炭资源和建设坑口电站，加强煤电外送通道建设，建成以水电为主体的综合性能源输出地”。乌江白马航电枢纽工程符合《全国主体功能区规划》有关能源开发布局的要求。

乌江白马航电枢纽所在的重庆市武隆区属于武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区，为限制开发区域。白马航电枢纽所在的武隆区经济发

展水平总体较为落后，农业人口比例较大，农村居民的主要生活能源仍以薪柴为主，在安置过程中移民的生活能源由薪柴转变为使用沼气能、电力等清洁能源，对区域植被和植物资源的保护是有利的，并能有效减少区域水土流失。白马航电枢纽所带来的航运、发电效益有利于推动当地社会经济发展，可使地方政府获得比较稳定的税收，对改善当地产业结构具有较大的促进作用，可以减轻生态环境的压力，有利于保护当地生态环境。因此，白马航电枢纽建设符合《全国主体功能区规划》的相关要求。

#### (5) 与《全国生态功能区划》（修编版，2015）的协调性

根据《全国生态功能区划》（修编版，2015），评价区位于三峡库区土壤保持功能区。评价区的主要植被类型包括暖性针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、竹林、灌丛、草甸等。白马航电枢纽的正常蓄水位为 184m，工程影响区海拔较低，受人类活动干扰较强，受影响的植被以用材林、灌草丛和旱地作物为主，评价区内无珍稀濒危野生植物分布；工程涉及区动物生境较为破碎，野生动物主要为抗干扰能力较强的小型动物。白马航电枢纽工程建设对区域植被和野生动物生境影响较小，工程建设不会改变区域自然生态系统的完整性和稳定性。在移民安置过程中，农村移民的生活能源由燃烧薪柴为主转变为使用沼气能、太阳能、电能等清洁能源，并实施各种相应的环境保护和水土保持措施，有利于区域植被和植物资源的保护。电站运行可以使工程所在地的地方政府获得比较稳定的税收，对改善当地产业结构具有较大的促进作用，可以减轻生态环境的压力，有利于保护当地生态环境。因此，白马航电枢纽建设符合《全国生态功能区划》的要求。

#### (6) 与《长江经济带生态环境保护规划》的协调性

《长江经济带生态环境保护规划》在“划定生态保护红线，实施生态保

护与修复—开展水土流失综合治理”章节中指出：“以金沙江中下游、嘉陵江上游、乌江流域、三峡库区、丹江口库区、洞庭湖、鄱阳湖等区域为重点，实施小流域综合治理和崩岗治理，加快推进丹江口、三峡库区等重要水源保护区生态清洁小流域建设。”

《长江经济带生态环境保护规划》指出：“治理乌江、清水江流域总磷污染。以重庆武隆、酉阳、彭水及贵州贵阳、遵义、铜仁、黔东南州、黔东南州为重点，开展总磷污染防治。提升区域内磷矿企业的开采和选矿技术水平，提高磷过滤效率和回收率，规范化建设渣场和尾矿库并严格监管。加强重庆武隆、酉阳、贵州遵义地区白酒制造企业的监督管理，加快以食品发酵、饮料制造为主导产业的工业园区污水处理工程建设。全面提升各市城镇生活污水处理率，重点治理涪陵区、南川区、遵义、铜仁、毕节等地规模化畜禽养殖场（小区）。”

白马航电枢纽工程区属国家和重庆市水土流失重点治理区。工程水土流失防治标准执行建设类项目一级标准。工程水土流失防治分区划分为枢纽工程防治区、弃渣（存料）场防治区、场内交通工程防治区、施工生产生活防治区、移民安置工程防治区、水库淹没及影响防治区。分区制定水土流失防治措施体系和布局。

根据乌江白马断面的水质现状监测结果，总磷出现超标现象，主要原因为上游来水总磷浓度超标，分析表明白马航电枢纽蓄水后在污染负荷不大幅增加的情况下库区水环境质量将维持现状；库区出现富营养问题可能性不大；水环境保护措施方面，认真贯彻《武隆县水污染防治行动计划实施方案（2016-2020年）》、《乌江（重庆段）水体达标整治方案（2016-2020年）》，加强监测与管理，及时掌握水库水质变化动态，可有效控制总磷污染。

可见，乌江白马航电枢纽工程建设与《长江经济带生态环境保护规划》是协调一致的。

#### (7) 与《重点流域水污染防治规划（2016-2020年）》

根据《重点流域水污染防治规划（2016-2020年）》，本工程占地及淹没范围涉及乌江重庆市白马控制单元，该单元为水质改善型单元，2014年水质状况为V类水体，2020年水质目标为III类，主要污染物为总磷，防治规划在本工程涉及区域提出的主要工作任务为强化畜禽养殖污染防治，划定禁养区，优化养殖布局，加强水产养殖污染防治。本工程施工期主要废污水为砂石料加工废水和混凝土拌和系统冲洗废水，主要污染物为SS和PH；施工营地产生生活废污水含有少量总磷，经一体化生活污水处理设备处置后，首先用于施工场地洒水抑尘，少量达标排放，对乌江白马江段总磷污染物贡献较小，另外，施工结束后将不再产生生活污水，此为暂时性影响。运行期，业主营地产生生活污水经处理后全部回用不排放。总的来看，本工程建设与《重点流域水污染防治规划（2016-2020年）》相协调。

#### 4.1.4.2 与行业规划的协调性

##### (1) 与《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》的协调性

《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》提出加快畅通乌江骨架航道，推进实施乌江白马枢纽通航建筑物工程，全面完成乌江白马至彭水枢纽航道整治，基本实现重庆境内乌江全线达到三级航道标准。规划将白马航电枢纽作为重点建设项目加快推进。乌江白马航电枢纽工程建成蓄水后将淹没羊角碛险滩，可解决乌江航运瓶颈问题，是畅通乌江骨架航道的关键性工程，白马航电枢纽航道建设标准为IV级，不能完全实现重庆境内乌江全线达到三级航道标准，与《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》基本相协调。

(2) 与《全国内河航道与港口布局规划（2006年~2020年）》的协调性

根据《全国内河航道与港口布局规划（2006年~2020年）》，积极倡导发展内河水运，符合建设资源节约型、环境友好型社会的要求。规划提出加快实施长江主要支流航电结合、梯级开发工程。规划提出长江水系高等级航道布局方案为“一横一网十线”，乌江为长江的一级支流，是“十线”中的一线。规划提出“加快实施长江主要支流航电结合、梯级开发工程”，规划乌江的乌江渡~涪陵江段 594km 航道的等级为IV级。

白马航电枢纽工程可渠化库区航道约 45.3km，淹没羊角碛险滩，解决乌江航运瓶颈问题，使该河段航道等级提高至IV级，常年可通行 500t 级驳船。可见，乌江白马航电枢纽工程是实现《全国内河航道与港口布局规划》布局的重要工程，与该规划是协调一致的。

(3) 与《水电发展“十三五”规划（2016-2020年）》的协调性

《水电发展“十三五”规划（2016-2020年）》中的大型基地建设提出：“基本建成长江上游、黄河上游、乌江、南盘江红水河、雅砻江、大渡河六大水电基地，总规模超过 1 亿千瓦。”在流域综合管理中提出：“实现梯级联合优化调度。统筹考虑综合利用需求，优化水电站运行调度，提高水能资源利用效率。研究流域梯级联合调度体制机制，统筹发电、防洪、供水、航运、灌溉、生态、安全等要求，制定梯级水电站联合优化调度运行规程和技术标准，推动长江、金沙江、乌江、大渡河、雅砻江、黄河、南盘江红水河等流域全面实现梯级联合调度，充分发挥流域梯级水电开发的整体效益。”可见，乌江白马航电枢纽工程建设与《水电发展“十三五”规划（2016-2020年）》是协调一致的。

(4) 与《能源发展“十三五”规划》的协调性

2016年12月，国家发展改革委和国家能源局以发改能源〔2016〕2744

号文印发《能源发展“十三五”规划》。规划指出：坚持生态优先、统筹规划、梯级开发，有序推进流域大型水电基地建设，加快建设龙头水电站，控制中小水电开发。在深入开展环境影响评价、确保环境可行的前提下，科学安排金沙江、雅砻江、大渡河等大型水电基地建设时序，合理开发黄河上游等水电基地，深入论证西南水电接续基地建设。创新水电开发运营模式，探索建立水电开发收益共享长效机制，保障库区移民合法权益。2020年常规水电规模达到3.4亿千瓦，“十三五”新开工规模6000万千瓦以上。

乌江白马航电枢纽电站装机容量480MW，多年平均发电量17.12亿kW·h，可为重庆市提供大量的清洁电能，改善上游梯级银盘水电站的运行条件，释放银盘水电站航运基荷，发挥其应有的调峰容量效益，减少重庆电网火电装机容量，优化电网电源结构。因此，本工程建设符合《能源发展“十三五”规划》。

#### 4.1.5 与规划环评的符合性分析

##### 4.1.5.1 与《长江流域综合规划（2012-2030年）》环境影响篇章的符合性

《长江流域综合规划（2012-2030年）》（国务院国发〔2012〕220号）的环境影响评价章节分析评价了规划实施对社会经济可持续发展、水文水资源、水环境、生态环境、土地资源、社会环境的影响。评价结论认为，规划对水文情势、水环境及生态环境影响将进一步加大，特别是对水生态环境的影响总体上是不利而且是不可逆的，规划实施总体上将极大促进流域经济、社会、环境全面协调可持续发展。提出的主要环境保护对策措施：

（1）完善水利水电工程调度运行方式，保障河流生态环境需水量。

（2）加强水资源保护管理，加快速源治理，加强面源治理。

（3）采取物种保护与生物资源保护、生境保护与修复等措施，保护水生生物物种、生境和生态系统；有洄游鱼类存在的干流和重要支流的水工程建设应在开发过程中采取适合的过鱼措施，保障河段水生生境的连通性；

采取禁渔、增殖放流、底播贝类、栽植水生植被、建设人工鱼巢、加强水产种质资源保护区管理等措施，强化鱼类资源繁殖保护。

(4) 加强保护基本农田及耕地，工程临时占地应及时进行复垦，对可能引起的土壤浅育化、沼泽化等土地退化问题，应采取工程、植被措施防治。

本项目针对枢纽大坝设计了鱼道，提出了较为完整的水生生态保护措施，包括鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护、生态调度、强化渔政管理、加强科学研究等，对生态需水保障、耕地保护等也提出了相应的措施。符合规划篇章相关要求。

#### **4.1.5.2 与《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》环评审查意见的符合性**

审查意见要求严格保护生态空间，引导优化规划空间布局。将生态保护红线作为保障和维护区域生态安全的底线，按照生态优先的原则，依法保护。与生态保护红线存在空间冲突的开发活动，有关重叠区域优先予以避让；临近生态保护红线的开发活动应采取有效保护措施；与自然保护区等生态环境敏感区存在空间冲突的开发活动，有关重叠区域优先予以避让，确保符合法律法规规定及各项生态环境准入要求；合理避让基本农田，禁止超占耕地，提高交通基础设施用地效率。经识别，白马航电工程施工占地和水库淹没占地均不涉及生态保护红线，与自然保护区等生态环境敏感区不存在空间冲突。本项目已取得重庆市规划和自然资源局用地预审意见，已列入武隆区土地利用总体规划重点建设项目清单，不涉及划定的永久基本农田，与《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》环评审查意见相符合。

#### **4.1.5.3 与《重庆市乌江一级支流各流域水能资源开发规划环评》的符合性**

规划流域范围涉及涪陵区、武隆区、南川区、彭水县、黔江区、酉阳县六个区县，涉及乌江一级支流（除郁江、芙蓉江、阿蓬江、甘龙河、鸭

江) 20 条及其支流共 33 条河流。乌江一级支流流域范围内现阶段共有 166 座电站(已建+在建), 其中已建电站 162 座, 在建电站 4 座(龙门峡电站、朝门屋电站、路溪滩电站、茶洋电站)。现有电站中纳入退出类电站共 6 座, 分别为鑫淼电站、山开门电站(原金龙零级)、富家洞电站(原焦石电站)、灯塔一级电站、鑫水电站、湖中电站; 其余 160 座电站(已建 156 座, 在建 4 座) 纳入规划, 总装机容量 251.46MW。

规划环评提出的主要鱼类栖息地保护措施包括:

### ① 鱼类栖息地保护

建议将长溪河鱼类自然保护区全长 29.5km、石梁河何家水电站厂房以下 16.3km 作为鱼类栖息地加以保护。保护措施: 长溪河长旗坝水电站、三江口水电站, 石梁河何家水电站、大院子水电站按核定生态流量下放, 鱼类繁殖期根据鱼类繁殖需求人造洪水过程; 长旗坝电站、三江口水电站、何家电站、大院子电站建议设置过鱼设施。保护区内实施全年禁渔、禁止采砂。定期开展栖息地保护及鱼类资源保护宣传。对栖息地保护区域内鱼类种群资源实施常规监测。

### ② 生境联通性修复

长溪河长旗坝、三江口水电站, 石梁河干流何家、大院子电站, 应尽快补建过鱼设施, 恢复河道连通性, 并进行相应的生境修复。

### ③ 鱼类增殖放流

建议现阶段在诸佛江、长溪河、老盘河、石梁河、麻溪河、长头河流域开展达氏鲟、胭脂鱼、长薄鳅、鲈鲤、岩原鲤的增殖放流, 规模为 30 万尾。并将其它珍稀特有鱼类作为远期放流对象进行研究。放流苗种来源可通过招投标的形式获取。

报告书提出的鱼类栖息地保护措施与规划环评一致, 白马航电枢纽建设符合重庆市乌江一级支流各流域水能资源开发规划环评相关要求。

## 4.2 工程方案环境合理性分析

### 4.2.1 坝址选择的环境合理性分析

本阶段首先拟定了建坝河段，然后对羊角新滩、红石桥、白马、小角帮、富人沱及大溪口等 6 处坝址进行了初步选择，最后对代表性坝址羊角新滩坝址和白马坝址进行了综合分析比较，最终确定了推荐坝址为白马坝址。

白马坝址方案和羊角新滩坝址方案的技术经济指标见表 4.2.1-1。从对生态敏感区的影响方面考虑，羊角新滩坝址和白马坝址对库区自然遗产地、风景名胜区和地质公园等生态敏感区的淹没影响均无明显差异，且无制约工程建设的重大环境敏感问题。在改善航道长度、调节库容、装机容量、电站保证出力、电站多年平均发电量等指标上，白马坝址方案优于羊角新滩坝址方案；而在填筑量方面，羊角新滩坝址方案明显多于白马坝址方案，因此其造成的环境影响也相对更大；在其他工程量指标和征地移民等方面，白马坝址方案和羊角新滩坝址方案基本相当，因此其相应的环境影响也基本相当。经移民搬迁安置后，白马坝址和羊角新滩坝址附近均无居民区、学校、医院等声环境敏感点和环境空气敏感点。总体而言，从生态环境保护角度分析，白马坝址方案优于羊角新滩坝址方案，推荐白马坝址方案是环境合理的。

表 4.2.1-1 白马航电枢纽各坝址方案比较表

坝址	白马	羊角新滩
正常蓄水位 (m)	184	184
改善航道长度 (km)	45.3	39.3
淹没险滩 (处)	32	30
相应库容 (亿 m <sup>3</sup> )	1.66	1.43

坝址	白马	羊角新滩
死水位 (m)	180	180
调节库容 (亿 m <sup>3</sup> )	0.424	0.377
装机容量 (MW)	435	414
电站保证出力 (MW)	46.7	46.3
电站多年平均发电量 (亿 kW·h)	16.70	15.91
装机年利用小时 (h)	3839	3843
最大水头 (m)	32.44	30.57
加权平均水头 (m)	20.5	18.8
开挖量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2481.2	2422.6
填筑 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	249.61	503.87
混凝土 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	231.54	242.22
钢筋 (万 t)	6.47	6.53
金属结构 (万 t)	1.933	2.00

#### 4.2.2 梯级建设方案环境合理性分析

白马枢纽的开发任务以航运为主，兼顾发电，解决枢纽所在河段的航运制约因素，打通乌江通往长江的黄金水道是其开发的主要任务。

乌江历来就是贵州腹地通往重庆和长江中下游的重要水道，但由于河道弯曲，漕窄水急，礁多滩险，建国前乌江航运发展缓慢；建国后，国家将乌江干流列为骨干航道，并安排了专项基本建设资金发展乌江航运，经过历年整治，极大地改善了大乌江以下至河口长约 452km 乌江干流的航运条件。目前，乌江白马以下河段已达 IV 级航道标准，常年可通行 500t 级驳船；白马至大乌江河段已达到 V 级航道标准，枯水期可通行 100~200t 级机动驳，汛期可通行 300t 级驳船。

乌江干流彭水至河口河段存在乌江著名的碍航滩险羊角碛，距乌江河河口约 47~52km，地处乌江航运咽喉部位和三峡库区回水变动带，滩群航道蜿蜒狭窄，局部河段落差集中，流速大且流态紊乱，自下而上由新滩、凉水井、坳角、钱粮铺和杨家堡组成，俗称“5 里长滩”。经过整治后，新滩~钱粮铺最大比降由 4.05‰~16.69‰ 下降到 1.4‰~9.5‰。群滩整治辅以新

滩和钱粮铺两处常年绞滩助航，较大地改善了羊角碛河段的航运条件。但由于该河段航道比降仍大，水面仍窄，水流仍急，在绞滩助航的情况下，汛期上行的 500t 级驳船仍需减载至 300t 方可通过羊角碛。

白马库区中大小滩险有 30 多处，其中羊角滩、武隆滩、棉花坝和通天槽等为控制性的枯水滩险。按规划的航道尺度分析，4 个控制性枯水滩险满足通航尺度要求的水位分别为 162.3m、164.9m、168.5m 和 179.8m。白马枢纽坝前水位为 180m 时，可全部淹没白马至银盘间的控制性滩险，并与银盘水电站尾水衔接。再考虑白马枢纽所需的反调节库容 2000 万  $m^3$ ，则正常蓄水位 182m、183m 和 184m 方案均能满足库区各险滩最低通航水位和反调节库容要求。

从对生态敏感区的影响方面考虑，182m、183m、184m 三个正常蓄水位方案对库区自然遗产地、风景名胜区和地质公园等生态敏感区的淹没影响均无显著差异，且无制约工程建设的重大环境敏感问题。

水生生态专题分析了正常蓄水位 182m、183m 和 184m 方案对库区羊角、桃子沟、石鼻子和杨家沱产卵场影响，认为不同蓄水位流速影响差异不显著，即对产卵场生态功能影响无显著差异，总体上，正常蓄水位 184m 对库区鱼类产卵场的影响可接受。

在对产卵场影响无显著差异的情况下，正常蓄水位 184m 方案反调节库容较大，更有利于改善白马库区及下游通航条件，同时增加发电效益，因此，经综合比选认为正常蓄水位 184m 方案更合理。

### 4.2.3 施工总布置环境合理性分析

#### (1) 料场选址环境合理性分析

白马航电枢纽工程不设置石料场和土料场。工程所需的混凝土骨料需

人工制备，制备所需的石料主要是利用坝址开挖料中的灰岩、白云质灰岩，土石方填筑用料利用大坝开挖料中的岩溶角砾岩；坝区附近无粘土料，防渗墙所需粘土料考虑外购膨润土。坝址开挖区域位于永久征地范围内，不涉及新增占地，因此不会新增环境影响。

## (2) 渣场选址环境合理性分析

白马航电枢纽工程共规划 5 处弃渣场，分别为左岸螃蟹溪下部、上部弃渣场，螃蟹溪存料剩余弃渣场，右岸龙洞沟弃渣场，左岸羊角滑坡治理填料。其中：

1) 螃蟹溪下部弃渣场设在石梁河内螃蟹溪的下部，弃渣高程 160~280m，占地面积 10.15 万 m<sup>2</sup>，渣场容积 333.45 万 m<sup>3</sup>；

2) 螃蟹溪上部弃渣场设在石梁河内螃蟹溪的上部，弃渣高程 280~454m，占地面积 33.90 万 m<sup>2</sup>，渣场容积 1248.56 万 m<sup>3</sup>；

3) 螃蟹溪存料剩余弃渣场利用螃蟹溪下部弃渣场形成高程 280m 的平台，存料范围是高程 280m 以上至螃蟹溪上部渣场坡脚间，堆存可作为混凝土骨料的开挖利用料，堆存竖向高程 280m~360m，占地面积 14.72 万 m<sup>2</sup>，其中利用渣场占地 7.12 万 m<sup>2</sup>，利用料存料（自然方）468.54 万 m<sup>3</sup>，其中直接利用（自然方）1.72 万 m<sup>3</sup>，转运利用（自然方）285.03 万 m<sup>3</sup>，剩余弃渣（自然方）181.79 万 m<sup>3</sup>，存料容积 653.55 万 m<sup>3</sup>；

4) 龙洞沟弃渣场设在龙洞沟冲沟内，高程 350m~520m，占地面积 34.86 万 m<sup>2</sup>，渣场容积 1012.08 万 m<sup>3</sup>；

5) 左岸羊角滑坡治理需各种填料合计 89.95 万 m<sup>3</sup>（自然方），可利用本工程开挖弃渣，压实方 91.75 万 m<sup>3</sup>。

经现场调查，弃渣场不属于水库淹没区，占地不涉及自然保护区、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区；占地类型以林地为主，其次为耕

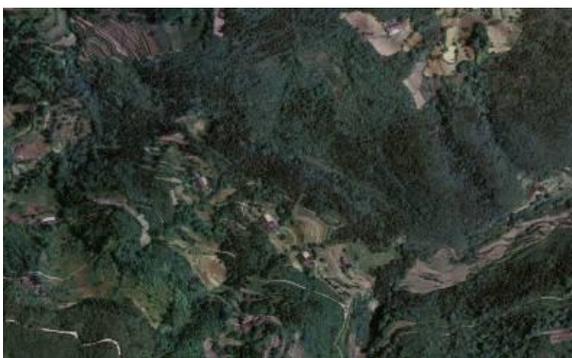
地，由于评价区林地、灌木林和耕园地约占评价区总面积的 85%以上，占用的林地和耕地不会导致评价区的林地和耕地明显减少；占地范围内分布的植物以当地常见种为主，无国家重点保护野生植物分布；弃渣场周边分布的鱼光村和杨柳村零星居民点受弃渣施工的影响程度较小，主要弃渣场的环境现状特征见图 4.2.3-1 至图 4.2.3-3。因此，本工程弃渣场选址从环境保护角度分析是合理的。



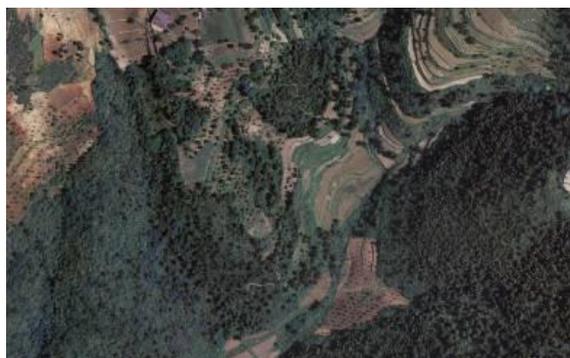
图 4.2.3-1 白马航电枢纽工程左岸螃蟹溪弃渣场地表植被



图 4.2.3-2 白马航电枢纽工程右岸龙洞沟弃渣场地表植被



左岸螃蟹溪弃渣场航片



右岸龙洞沟弃渣场航片

图 4.2.3-3 白马航电枢纽工程工程主要弃渣场航片

### (3) 施工布置环境合理性分析

白马航电枢纽工程分为左岸施工区和右岸施工区。左岸施工区位于坝轴线下游 0.50~1km 的乌江左岸支流石梁河河口附近, 319 国道为坝区对外交通公路, 同时作为左岸场内施工道路, 左岸施工区主要布置有混凝土拌和系统、砂石加工厂、综合加工厂、机电安装基地、金结拼装场、机械汽车停放场、办公生活区等; 右岸由坝址下游约 1km 处乌江白马公路桥过坝交通隧洞进场, 在龙洞沟及三期上游围堰附近集中 2 处规划施工场地, 右岸龙洞沟主要布置有前期临时施工营地、机械汽车停放场、在三期上游围堰附近主要布置有右岸混凝土拌和系统、综合加工厂、船闸基地等。

#### 1) 砂石料加工系统

白马航电枢纽工程砂石料加工系统位于石梁河左侧、螃蟹溪冲沟右侧的平台, 加工厂布置高程 260~320m, 水处理车间布置在 10#公路 (X788 县道) 靠山侧, 高程 235~240m; 占地面积 9.5 万 m<sup>2</sup>, 砂石加工系统承担工程所需的全部混凝土骨料的生产任务。

经调查, 砂石料加工系统占地类型多为林地, 不涉及自然保护区、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区, 不涉及珍稀保护动植物及古树, 场界外 200m 范围内仅有 3 户零星居民点以及竹笋厂宿舍分布, 石梁河下游无生活用水取水口分布。经分析, 砂石料加工过程中排放的废气、噪声和废水对周围大气环境、声环境和地表水环境影响较小。因此, 从环境角度分析, 白马航电枢纽工程砂石料加工系统选址是合理的。

#### 2) 混凝土拌和系统

本工程左右岸各设一处混凝土生产系统。左岸混凝土拌和系统位于左坝肩与石梁河右岸间的台地, 旧红旗桥右桥头, 系统布置高程 204m, 占地

面积 3.70 万  $\text{m}^2$ 。右岸混凝土拌和系统位于坝上游 3#公路靠山侧，系统布置高程 196m，占地面积 1.60 万  $\text{m}^2$ 。左岸混凝土拌和系统承担二期工程溢流坝段、厂房坝段、左非所需混凝土的生产任务，右岸混凝土拌和系统承担一期施工纵向围堰及导流明渠、三期施工船闸所需的混凝土生产任务。左、右岸混凝土拌和系统选址均靠近浇筑部位，便于混凝土运输，可减少临时道路长度，减少由于临时道路修建产生的植被损失，且施工期间产生的道路扬尘也相对减少。

经调查，左岸混凝土生产系统占地类型以建设用地为主，右岸以建设用地和林地为主，不涉及自然保护区、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区，不涉及珍稀保护动植物；右岸混凝土生产系统场界外 200m 范围内无敏感点分布，左岸混凝土生产系统场界外 200m 范围仅有武水路 3 户零星居民点分布。经分析，施工期间系统产生的扬尘、噪声和废水对大气环境、声环境和地表水环境影响较小。因此，从环境角度分析，白马航电枢纽工程混凝土拌和系统选址是合理的。

### 3) 办公生活营地

左岸办公生活区设在左岸 10#公路 (X788 县道) 两处回头弯旁，高程 310~345m，占地面积 5.23 万  $\text{m}^2$ ；业主营地在跨石梁河大桥右桥头、厂房尾水边坡外，并作为永久工程管理营地，高程 235m，占地面积 1.00 万  $\text{m}^2$ ；右岸前期临时施工营地设在龙洞沟左侧的山脊，高程 420~440m，占地面积 1.10 万  $\text{m}^2$ 。

经调查，左、右岸办公生活营地占地类型主要是耕地和林地，占地不涉及自然保护区、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区，不涉及珍稀保护动植物；左岸生活营地 200m 范围内仅有沙台村零星居民点分布，右岸前期临时营地 200m 分布仅有杨柳村零星居民点分布。经分析，施工生活营地对周围大气环境、声环境影响较小，产生的废水经处理后对地表水环境

影响较小；业主营地位于永久征地范围内，避免了新增用地导致的环境影响，在施工期和运行期对大气环境、声环境和地表水环境影响较小。因此，办公生活营地的选址是合理可行的。

#### 4) 其他施工附属设施

本工程施工区域内布置有机械停放场、金结拼装厂、综合加工厂等施工附属设施。经调查，上述设施选址均不涉及自然保护区、风景名胜区和生态保护红线等生态敏感区，不涉及珍稀保护动植物；**周围 200m 范围内有沙台村零星居民点等环境敏感点**。经分析，施工附属设施在施工期产生的废气、噪声和废水对周围大气环境、声环境和地表水环境影响较小。因此，从环境保护的角度分析施工附属设施布置是合理的。

### 4.2.4 移民安置规划环境合理性分析

#### 4.2.4.1 生产安置环境合理性分析

至规划水平年，规划生产安置人口 1313 人，其中枢纽工程建设区规划生产安置人口 279 人（采取养老保险安置 239 人，自谋职业安置 40 人），库区规划生产安置人口 1034 人（采取种植业安置 93 人，养老保险安置 545 人，自谋职业安置 396 人）。库区种植业安置涉及 2 个镇 8 村 14 个村民小组，规划相应村民小组本组内调整耕园地 133.4 亩，人均耕园地 1.43 亩；规划充分利用城区蔬菜供应契机，将 133.4 亩旱地通过土地平整、配套农田水利设施等生产安置措施改良为商品菜地，增加土地产出，使种植业收入达到或超过原有水平。

为了保证安置区土地调剂后不降低老居民收入，确定土地调剂的上限，即不超过本组耕园地的 20%。枢纽工程建设区安置区可调剂 25°以下耕地 116.6 亩，种植业可安置移民 117 人；库区安置区可调剂 25°以下耕园地 1807.1 亩，种植业可安置 1622 人。经分析，农村种植业安置容量为 1739

人，大于本工程规划生产安置人口，因此本工程生产安置规模在当地土地资源承载力范围内。

#### **4.2.4.2 搬迁安置区与《武隆县城市总体规划（2005版）》（2010年修订）的协调性分析**

本工程规划的4个搬迁安置区分别为白马集镇移民迁建区、土坎集镇移民迁建区和武隆城区的油坊沟移民迁建区、南溪沟移民迁建区。根据《重庆市武隆县城市总体规划（2005-2020）》（2010年修订），白马集镇移民迁建区白马中学北侧组团占地类型为规划工业用地，麻纺厂外围东北侧组团、干打垒（白马中心小学）组团占地类型为规划防护绿地，武隆城区的油坊沟移民迁建区、南溪沟移民迁建区占地主要为规划居住用地，《重庆市武隆县城市总体规划（2005-2020）》（2010年修订）不涉及土坎集镇移民迁建区的土地类型。

由于《重庆市武隆县城市总体规划（2005-2020）》（2010年修订）编制时间较早，规划中没有考虑到白马航电枢纽的建设和移民安置等因素；白马镇用地条件十分紧张，经过多方案比选才确定的移民安置点用地，没有其他选择余地；且白马移民安置点用地已经过重庆市和武隆区确认，移民安置规划大纲和规划报告已经过重庆市政府审批，属于合法用地。鉴于《重庆市武隆县城市总体规划（2005-2020）》规划期即将结束，武隆区城乡总体规划将根据国家多规合一和国土空间规划的要求，结合近年来武隆经济社会发展实际进行修编。建议届时结合白马航电枢纽建设和移民安置调整相应地块的用地属性，使移民安置区与武隆区城市总体规划等相关规划协调。

#### **4.2.4.3 搬迁安置环境合理性分析**

本工程共规划4个集镇移民迁建区，分别为白马集镇移民迁建区、土

坎集镇移民迁建区和武隆城区的油坊沟移民迁建区、南溪沟移民迁建区。

### (1) 白马集镇移民迁建区

白马集镇移民迁建区分白马中学北侧组团、麻纺厂外围东北侧组团、干打垒（白马中心小学）组团三个组团。白马中学北侧组团区域南邻白马中学，西邻石梁河、北靠麻纺厂，通过工程改造后形成用地约 4.5 万 m<sup>2</sup>；麻纺厂外围东北侧组团靠近郭溪沟，用地狭窄，规划采用条形住宅的形式，结合郭溪沟沿岸路及防护工程布置，在道路内侧形成建设场地 3.0 万 m<sup>2</sup>；干打垒地块组团位于白马中心小学西北侧斜坡地带，采用三级台地的布局方式，台地高程分别为 195m、201m 和 211m，沿迁建区外围规划小区支路，连接现状集镇道路和郭溪沟沿岸路，并与白马小学扩建道路衔接。

经调查，白马中学北侧组团和麻纺厂外围东北侧组团现状为荒地，干打垒（白马中心小学）组团场地回填后建房，无遗留环境问题，三个组团占地不涉及自然保护区、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，周围 200m 范围内有居民点、学校等敏感点分布。经分析，施工扬尘和噪声将对居民点产生影响，但影响程度有限，施工结束后不会对敏感点产生明显不利影响；施工废水经处理后回用，运行期居民生活用水可接入城镇污水管网，对地表水环境影响较小；白马集镇移民迁建区生活垃圾通过设于规划内的垃圾收集点收集后，统一转运到集镇西侧沙台村垃圾厂集中填埋，对周围环境影响较小。因此，白马集镇移民迁建区三个组团的选址从环境角度分析是合理的。

### (2) 土坎集镇移民迁建区

土坎集镇移民迁建区所选用地位于白马航电枢纽 197.82m 高程以下，受水库设计洪水影响，规划将新址填高至 197.8m 以上，临江侧采用坡式护岸并设置防浪墙，内侧作为迁建新址场地，场地不存在遗留的环境问题。

经调查，迁建区选址占地不涉及自然保护区、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，周围 200m 范围内有居民点分布。经分析，施工扬尘和噪声对居民点将产生影响，但影响程度有限，迁建区建成后不会对居民点产生明显不利影响；施工废水经处理后回用，运行期居民生活用水可接入城镇污水管网，对地表水环境影响较小；迁建区生活垃圾先暂存放在垃圾收集池内，达到一定容量后，结合土坎集镇现状垃圾处理方式统一处理，对周围环境影响较小。因此，土坎集镇移民迁建区选址从环境角度分析是合理的。

### (3) 武隆城区移民迁建区

结合武隆城区总体规划和居住现状，规划选择城区南岸油坊沟一带和城区北岸南溪沟一带作为移民迁建区建设用地。移民迁建区规划总用地面积 9.80 万 m<sup>2</sup>，其中城区油坊沟移民迁建区新址用地规模为 4.45 万 m<sup>2</sup>，南溪沟移民迁建区新址用地规模为 5.35 万 m<sup>2</sup>。油坊沟移民迁建区位于城区乌江南岸，下油坊沟沿南滨路至建设南路的沿江地带，新址范围现状属于老城区；南溪沟移民迁建区位于城区乌江北岸，南溪沟至上游苏家河沟的沿江地带，规划先对临乌江一侧场地进行工程防护，修建挡墙，挡墙顶部修建道路，挡墙内侧回填到 202m 高程，形成建设用地。

经调查，武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区占地为老城区，占地不涉及自然保护区、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，周围 200m 范围内有居民点、学校等敏感点分布。经分析，施工扬尘和噪声对敏感点将产生影响，但影响程度有限，迁建区建成后不会对敏感点产生明显不利影响；施工废水经处理后回用，运行期居民生活用水可接入城镇污水管网，对地表水环境影响较小；迁建区生活垃圾纳入武隆区垃圾收集系统，运至武隆城区垃圾发电厂处置，对周围环

境影响较小。因此，武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区选址从环境角度分析是合理的。

综上所述，白马航电枢纽工程规划的4个集镇移民迁建区选址从环境角度分析是合理的。

白马航电枢纽工程部分移民迁建区选址现状见图4.2.4-1。



白马镇移民迁建小区（白马中学西侧）



白马镇移民迁建小区（麻纺厂外围）



土坎镇移民迁建小区新址



土坎镇移民迁建小区新址



县城北岸南溪沟移民小区新址



县城南岸油坊沟移民小区新址

图4.2.4-1 白马航电枢纽工程部分移民迁建小区新址照片

### 4.3 工程作用因素分析

### 4.3.1 工程施工

#### (1) 石料开采

本工程未设置料场，所需石料均来源于坝址开挖料利用，土料考虑外购。坝址石料开采的不利环境影响为：

环境空气：石料开采、交通运输等过程将产生排放扬尘、车辆尾气等；

声环境：爆破过程、石料开采使用潜孔钻、大型索铲、推土机、挖掘机、自卸汽车等机械会产生噪声；

固体废物：石料开采过程会产生弃渣；

生态环境：石料开采过程中产生的弃渣会破坏弃渣场地表植被和动物分布；

水环境：会增加开采江段水域 SS 浓度。

#### (2) 导流建筑物施工

导流建筑物施工对环境的影响主要表现为：

水文情势与水环境：二期主河床截流，导流明渠泄流，改变乌江干流坝址处水流方向、流速等水文条件，同时二期围堰形成后，会产生 SS 浓度较高的基坑初期排水与经常性排水。防渗工程产生泥浆水，施工人员产生生活污水；

水生生物：由于主河床截流、围堰修筑等造成水文条件变化，可能对水生生物特别是鱼类产生一定影响；

环境空气：围堰开挖施工中的开挖、填筑、拆除、弃渣等施工过程中产生扬尘、车辆尾气等；

声环境：施工开挖、填筑、拆除、弃渣等所使用的各类钻机、运输车辆等施工机械运行产生噪声；

固体废物：开挖将产生弃渣；

生态环境：弃渣破坏弃渣场地表植被和动物分布。

### (3) 挡水泄洪建筑物施工

挡水泄洪建筑物施工对环境的影响主要表现为：

水环境：砂石料系统产生冲洗废水；混凝土养护及料罐冲洗产生高浓度 SS 碱性废水；防渗工程产生泥浆水；施工人员产生生活污水等；

环境空气：施工中的开挖、弃渣等施工过程中产生扬尘、车辆尾气等。

声环境：施工中爆破、开挖、弃渣等所使用的各类钻机、运输车辆等施工机械运行产生噪声；

固体废物：各类废污水处理设施产生的污泥；

生态环境：弃渣破坏弃渣场地表植被和动物分布。

### (4) 电站建筑物施工

电站建筑物施工对环境的影响主要表现为：

水环境：砂石料系统产生冲洗废水；混凝土养护及料罐冲洗产生高浓度 SS 碱性废水；固结灌浆产生泥浆水；施工人员产生生活污水等；

环境空气：各类开挖、弃渣等施工过程中产生扬尘、车辆尾气等；

声环境：施工中爆破、开挖、弃渣等所使用的各类钻机、运输车辆等施工机械运行产生噪声；

生态环境：弃渣破坏弃渣场地表植被和动物分布。

### (5) 通航建筑物施工

通航建筑物施工对环境的影响主要表现为：

水环境：砂石料系统产生冲洗废水；混凝土养护及料罐冲洗产生高浓度 SS 碱性废水；施工人员产生生活污水等；

环境空气：各类开挖、弃渣等施工过程中产生粉尘、扬尘、车辆尾气等；

声环境：施工中爆破、开挖、弃渣等所使用的各类钻机、运输车辆等施工机械运行产生噪声；

固体废物：各类废污水处理设施产生的污泥；

生态环境：弃渣破坏弃渣场地表植被和动物分布。

#### (6) 鱼道工程施工

鱼道施工对环境的影响主要表现为：

水环境：砂石料系统产生冲洗废水；混凝土养护及料罐冲洗产生高浓度 SS 碱性废水；固结灌浆产生泥浆水；施工人员产生生活污水等；

环境空气：各类开挖、弃渣等施工过程中产生扬尘、车辆尾气等；

声环境：施工中爆破、开挖、弃渣等所使用的各类钻机、运输车辆等施工机械运行产生噪声；

固体废物：各类废污水处理设施产生的污泥。

### 4.3.2 水库淹没

白马航电枢纽水库淹没涉及武隆区 5 个镇，30 个村，94 个村民小组，淹没涉及各类土地面积 2.01km<sup>2</sup> (3015 亩)，其中耕地 1092.1 亩、园地 227.2 亩、林地 681.2 亩。水库淹没主要对陆生动植物、地表水环境和地下水环境等环境因子产生影响。

水库淹没地表植被和农田植被，引起库区植物数量和分布变化；水库淹没陆地造成野生动物生境损失，导致野生动物种群数量和分布范围变化等。水库蓄水后，水生生境空间扩大可能引起水生生物及鱼类种类和分布变化。

水库蓄水初期，被淹没土壤与植被中的有机物分解向水体释放营养物质，有可能引起水环境问题；水库蓄水过程中有可能引发滑坡、渗漏等环境地质问题。另外，水库蓄水库区水位抬升，对库区景观产生影响。

### 4.3.3 工程占地及移民安置

#### (1) 工程占地

白马航电枢纽工程建设区占地 2.78km<sup>2</sup> (4170 亩)，其中耕地 785.1 亩、园地 56.9 亩、林地 2861.1 亩。工程占地将影响武隆区白马镇的土地利用情况，破坏占地区域地表植被和动物分布等。

### (2) 生产安置

至规划水平年，规划生产安置人口 1313 人，其中枢纽工程建设区规划生产安置人口 279 人（采取养老保险安置 239 人，自谋职业安置 40 人），库区规划生产安置人口 1034 人（采取种植业安置 93 人，养老保险安置 545 人，自谋职业安置 396 人）。库区种植业安置涉及 2 个镇 8 村 14 个村民小组，规划相应村民小组本组内调整耕园地 133.4 亩，并充分利用城区蔬菜供应契机，将 133.4 亩旱地通过土地平整、配套农田水利设施等生产安置措施改良为商品菜地。在土地平整过程中，将会破坏地表植被，改良好对生态环境影响较小。

### (3) 移民搬迁安置

白马航电枢纽工程规划 4 个集镇移民迁建区，规划安置总人口 3665 人（白马集镇 1667 人，土坎集镇 189 人，油坊沟 860 人，南溪沟 949 人），另外规划分散建房安置 431 人。分散建房安置和集镇移民迁建区建设对环境影响主要表现为：

地表水环境：分散建房和集镇移民迁建区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；移民迁建区居民生活污水排放对地表水环境有不利影响。

大气环境：分散建房和集镇移民迁建区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：分散建房和集镇移民迁建区施工噪声对周边声环境质量将产生不利影响。

生态环境：分散建房和集镇移民迁建区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。

#### (4) 防护工程

防护工程环境影响主要集中在施工期，具体表现为：

生态环境：工程施工过程中土方开挖、回填，将对施工范围内的部分地表植被受损，易造成水土流失；

大气环境：施工机械和运输车辆尾气排放、道路扬尘可能使施工区 TSP 超标；

声环境：施工机械设备及运输车辆运行时会产生一定噪声。

#### (5) 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。

### 4.3.4 工程运行

#### (1) 航运、发电效益

工程建成后，白马航电枢纽蓄水可淹没羊角碛险滩群，渠化库区航道约 45.3km，使乌江漩塘—河口约 547km 航道等级提高到IV级航道标准，水运条件大大改善，常年可通行 500t 级驳船，是打通乌江到长江的黄金水道不可替代的工程措施，对促进乌江航运目标全面实现具有重要意义，同时对乌江流域腹地经济发展和资源开发将起到十分显著的促进作用。

乌江白马航电枢纽的开发任务为航运、发电。白马航电枢纽保证出力 54.7MW，装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿 kW·h。除本身可创造巨大的发电效益外，还可释放银盘水电站的航运基荷，使银盘水电站调峰能力增强，有利于改善重庆电网供电质量，缓解电网电力供应紧张的状况，促进区域经济社会发展。

## (2) 工程运行调度

水库建成运行后，库区江段水位抬高，水文情势将发生变化，主要表现为水流速度较天然情况明显减缓，导致水体污染物的稀释扩散和降解能力减弱，使近岸水域水环境承载能力有所降低；受库区武隆城区及江口、土坎、羊角等集镇生活污水和工业废水的影响，可能在近岸区域形成污染带。在库区局部缓流或相对静水的河湾、库汊区域可能出现富营养化现象。

水库蓄水后，库区部分江段水生生态由急流开放型向缓流型生态转变，可能导致库区鱼类及水生生物种类及分布变化。大坝阻隔，将河流分为坝上和坝下两个水域生态，使原河流连续生态破碎化，对洄游性鱼类上溯下行通道产生阻断，同时对大坝上下生物资源的天然交流产生潜在影响。水库调峰运行时，坝下部分时段水深、流速与现状相比将发生一定变化，对水文情势和水生生物产生影响。

水库建成蓄水后，库区水域面积增大、水位抬升，对库区景观产生影响，并可能引起库区局地气候的变化；水库蓄水可能对库区地下水产生影响。枢纽泄洪振动可能对周边居民产生影响。

工程运行期，工程管理人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾，若未经处理直接排放可能对周边水环境产生污染。

## 4.4 污染源强分析

### 4.4.1 施工期

#### 4.4.1.1 废（污）水

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，其中废水产生量最大的是砂石料加工系统。各类废（污）水产生情况如下：

##### (1) 砂石料加工系统冲洗废水

砂石加工系统位于石梁河左侧、螃蟹溪冲沟右侧的平台，10#公路（X788县道）可到达附近，加工厂布置高程 260~320m。砂石料加工系统承担工程所需的全部混凝土骨料的生产任务，需生产混凝土骨料 607.6 万 t，其中粗骨料 425.3 万 t，细骨料 182.3 万 t，系统处理能力 1100t/h。该系统满负荷运行工况下生产用水量约 935m<sup>3</sup>/h，废水产生量约 842m<sup>3</sup>/h，1.2 万 m<sup>3</sup>/d。根据已建水电站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为混凝土拌和楼料罐冲洗过程。本工程分三期施工，一期和三期混凝土拌和系统布置在右岸，位于坝上游 3#公路靠山侧，系统布置高程 196m，一期施工纵向围堰及导流明渠，该系统设置 1 座 HZS90 搅拌站供应，搅拌站常态混凝土铭牌生产能力 90m<sup>3</sup>/h，三期施工船闸，该系统配置 1 座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼，常态混凝土铭牌生产能力 240m<sup>3</sup>/h；二期施工混凝土拌和系统布置在左岸，位于左坝肩与石梁河右岸间的台地，旧红旗桥右桥头，系统布置高程 204m，系统配置 2 座 4×3.0m<sup>3</sup> 自落式拌和楼，承担二期工程溢流坝段、厂房坝段、左非所需混凝土的生产任务，常态混凝土名牌生产能力 480m<sup>3</sup>/h（预冷混凝土 320m<sup>3</sup>/h）。

混凝土拌和楼料罐单次冲洗废水量约 8m<sup>3</sup>，搅拌站单次冲洗废水约 4m<sup>3</sup>，每天冲洗 2 次，则右岸一期搅拌站冲洗废水产生量为 8m<sup>3</sup>/d，左岸二期混凝土料罐冲洗废水产生量约 32m<sup>3</sup>/d，右岸三期混凝土料罐冲洗废水产生量约 16m<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 4.4.1-1。

表 4.4.1-1 白马航电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	使用时间 (月)	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )
左岸	二期	4×3.0m <sup>3</sup> 自落式拌和楼	2 座	41	32	3.94
右岸	一期	HZS90 搅拌站	1 座	6	8	0.14

混凝土 拌和系统	规格	数量	使用时间 (月)	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )
三期	4×3.0m <sup>3</sup> 自落式拌和楼	1座	19	16	0.91
合计		4	66	56	4.99

### (3) 基坑排水

白马航电枢纽工程施工采用三期明渠导流方式，各个时期的围堰均采用全年挡水围堰。三期导流期间会产生基坑初期排水和经常性排水。

#### 1) 初期排水

一期基坑：一期基坑初期为干地施工，无初期排水。

二期基坑：二期基坑宽约 300m，长约 300~500m，初期积水约 227 万 m<sup>3</sup>。

三期基坑：三期基坑长约 370m，宽约 80m，初期积水约 142 万 m<sup>3</sup>。

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计产生养护废水约 93.85 万 m<sup>3</sup>，施工高峰期混凝土月浇筑强度为 11.62 万 m<sup>3</sup>/月，发生在第 4 年 8 月至 12 月，高峰期养护废水产生量为 1356m<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。

### (4) 机械汽车停放场冲洗废水

工程施工期间将充分利用白马镇现有的的机修设施，承担汽车、机械修理任务，工地只设机械汽车停放场地，其中左岸设 2 处，占地面积分别为 0.95 万 m<sup>2</sup>（前期利用，后作金结拼装场）、0.7 万 m<sup>2</sup>，右岸在龙洞沟冲

沟内设 1 处，高程 350~520m，占地面积 34.86 万 m<sup>2</sup>。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 210 台，按每台机械每周清洗、保养一次，用水量为 0.5m<sup>3</sup>/次，按 80%污水排放系数计算，每周产生冲洗废水 84m<sup>3</sup>，施工期共产生冲洗废水 2.59 万 m<sup>3</sup>。类比同类工程，废水中石油类浓度约为 10mg/L，3 个机械停放场情况及废水产生情况见表 4.4.1-2。

表 4.4.1-2 白马航电枢纽工程机修车停放场废水产生量一览表

施工区	停放场编号	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	停放机械数量	使用时间	废水产生量 (m <sup>3</sup> /周)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )	备注
左岸石梁河口-螃蟹溪施工区	1#	0.95	75	86	30	1.04	前期利用金结拼装场
	2#	0.7	55	90	22	0.80	—
右岸龙洞沟施工区	—	1.0	80	59	32	0.75	利用龙洞沟弃渣场用地
合计	—	2.65	210	235	84	2.59	—

### (5) 生活污水

工程施工高峰期人数 7000 人，其中管理人员人数 350 人，总工日 683 万个。施工人员和管理人员主要分布在左岸生活区和右岸前期临时施工营地。

施工人员排放的生活污水中，生活污水来源于施工期生活区食堂废水、施工和管理人员生活污水等，主要污染物为 COD、BOD<sub>5</sub> 等，浓度值分别为 250mg/L 和 150mg/L。施工期间用水量按 120L/(人·d) 计，污水排放量按用水量的 80% 计，施工高峰期日排放污水 438.9m<sup>3</sup>，平均每天约 307.2m<sup>3</sup>。各施工营地日污水产生量见表 4.4.1-3。

表 4.4.1-3 白马航电枢纽施工期办公生活营地生活污水产生量一览表

位置	服务范围	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	设计人数	使用时间 (月)	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )
左岸石梁河口-螃蟹溪施工区	生活区	5.23	5494	65	527.5	67.7

位置	服务范围	占地面积 (万 m <sup>2</sup> )	设计人数	使用时间 (月)	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )
右岸龙洞 沟施工区	前期临时 施工营地	1.1	1156	34	110.9	14.2
左岸业主营地		3.7	350	25	33.6	2.5
合计		10.03	7000	124	705.6	84.5

#### (6) 施工期水污染源汇总

白马航电枢纽工程施工期废水排放量和特征污染物详见表 4.4.1-4。

表 4.4.1-4 白马航电枢纽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	56m <sup>3</sup> /d	SS、pH
3	基坑经常性排水	高峰期 1356m <sup>3</sup> /d	SS, pH
4	机械汽车停放场冲洗废水	84m <sup>3</sup> /周	石油类
5	生活污水	705.6m <sup>3</sup> /d	COD、BOD <sub>5</sub>

#### 4.4.1.2 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。粉（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。本工程共需消耗炸药约 1.15 万 t，主要集中在筹建期~第 3 年使用，消耗炸药约 1.12 万 t，则施工期共产生扬尘 623.3t，其中筹建期~第 3 年共产生扬尘 607.04t，平均 151.76t/a。

##### (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）。工程共需加工毛料 286.75 万 m<sup>3</sup>（密度按 3.20g/cm<sup>3</sup> 计算，约 917.6 万 t），系统满负荷运行工况下处理能力为 1100t/h，则施工期砂石料加工过程共产生粉尘 458.8t，满负荷运行工况下粉尘产生量为 55kg/h。在对产尘设备采取集气罩收集粉尘、布袋除尘处理后经 15m 排气筒处理后，有组织排放速率为 0.05225kg/h，无组织排放速率为 2.75kg/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 0.002mg/s·m<sup>2</sup>，总工期 99 个月，施工作业面面积约为 120.67 万 m<sup>2</sup>，则工程施工作业面扬尘产生量为 516.08t，约 62.56t/a。

### （4）道路扬尘

工程场内施工道路约 17.22km，其中混凝土道路 11.67km，泥结碎石道路 3.7km。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 131.62g/km·d，泥结碎石道路扬尘排放系数为 324.41g/km·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 56.01t/a 和 138.05t/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 NO<sub>x</sub>、CO、HC 和颗粒物等污染物。施工期约消耗油料 19.23 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 4.4.1-5。

表 4.4.1-5 白马航电枢纽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	19.23	PM <sub>10</sub>	2.09	401.907
		HC	3.39	651.897
		NO <sub>x</sub>	32.79	6305.517
		CO	10.72	2061.456

#### 4.4.1.3 噪声

白马航电枢纽工程施工期噪声主要在爆破、土石方开挖、主体工程施工、砂石料加工、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、砂石料加工系统、混凝土拌和系统等区域。噪声源强统计见表 4.4.1-6。

表 4.4.1-6

白马航电枢纽工程施工期主要噪声源统计表

声源种类		工艺/机械名称	规模	数量	等效连续 A 声级 [dB(A)]	噪声特性	噪声源分布	施工时间
固定 声源	点声源	爆破工艺	-	-	120~140	瞬时噪声	主体工程施工作业区	第 1 年 1 月—第 6 年 6 月
		旋回破碎机	PX900/130	2 台	95	连续噪声	左岸砂石料加工系统	整个施工期
		反击式破碎机	NP1315	2 台	115	连续噪声		
		立式冲击破碎机	PL9500SD	3 台	94~98	连续噪声		
		棒磨机	MBZ2136	3 台	106	连续噪声		
		筛分机		3 台	114	连续噪声		
		一期右岸搅拌站	HZ65-1Q1250	1 座	88	连续噪声	混凝土拌和系统	
		三期右岸拌和楼	4×3m <sup>3</sup>	1 座	92	连续噪声		
		二期左岸拌和楼	4×5m <sup>3</sup>	2 座	95	连续噪声		
	风钻	—	4 台	100	连续噪声	主体工程施工作业区	第 1 年 1 月—第 6 年 6 月	
	挖掘机	—	—	85	连续噪声		整个施工期	
	线声源	1#施工道路	混凝土路面，宽 9m	1.5km	75	间歇噪声	右岸施工区	整个施工期
		3#施工道路	混凝土路面，宽 9m	4.1km	75			
		5#施工道路	泥结碎石路面，宽 4.5m	2.15km	75			
		2#施工道路	混凝土路面、泥结碎石路面，宽 9m	混凝土路面长 0.75km， 泥结碎石路长 0.65km	78		左岸施工区	
		4#施工道路	混凝土路面，宽 9m	1.4km	78			
		6#施工道路	混凝土路面，宽 7.5m	2.27km	78			
8#施工道路		混凝土路面，宽 9m	0.6km	78				

声源种类		工艺/机械名称	规模	数量	等效连续 A 声级 [dB(A)]	噪声特性	噪声源分布	施工时间
		10#施工道路	沥青混凝土路面,宽 9m	2.22km	78			
		12#施工道路	混凝土路面,宽 9m	0.35km	78			
	面声源	综合加工厂	1.50 万 m <sup>2</sup>	3 个	90	间歇噪声	左岸施工区 2 个,分别位于石梁河左右岸新红旗桥上下游侧; 右岸施工区 1 个,3#公路旁	整个施工期
		金属拼装厂	0.95 万 m <sup>2</sup>	1 个	90			
		加压泵房	1.14 万 m <sup>2</sup>	1 个	85	连续噪声	左岸施工区,10#公路旁	
流动声源	点声源	推土机	1~2m <sup>3</sup>	6 台	85	间歇噪声	主体工程施工区、弃渣场	整个施工期
			2~4m <sup>3</sup>	18 台	88	间歇噪声		
		自卸车辆	10~15t	25 台	82	间歇噪声	施工道路、主体工程施工区、 弃渣场	
		自卸车辆	15~25t	133 台	85	间歇噪声		

#### 4.4.1.4 固体废物

##### (1) 弃渣

白马航电枢纽工程各建筑物开挖总量 2909.30 万 m<sup>3</sup>，利用开挖料 1108.42 万 m<sup>3</sup>，弃渣 1800.88 万 m<sup>3</sup>。

##### (2) 生活垃圾

水电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、砖渣相对含量较高。工程施工期总工日为 683 万个，按人均日产生生活垃圾 1.0kg 计，施工人员每天将产生 2.3t 生活垃圾，施工期总量为 6830t。施工高峰期人数 7000 人，高峰期生活垃圾产生量约为 7.0t。

##### (3) 其他建筑垃圾

在施工过程中会产生一些建筑废物及其他固废材料，如废弃钢管、包装塑料、废弃下角料（木料、金属等）、废弃机械零部件、油桶、蓄电池等。

##### (4) 危险废物

工程施工期间，各施工机械检修会产生少量废矿物油，产生量约为 50L/a，废矿物油属于《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）。

#### 4.4.2 运行期

##### (1) 业主办公营地

###### 1) 生活污水

工程运行期管理工作人员较少，共设 80 人，用水量按 150L/（人·d）计，污水排放量按用水量的 80%计，则枢纽管理人员生活污水排放量为 9.6m<sup>3</sup>/d，主要污染物及其浓度为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L 等。

###### 2) 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，按每人每天产生生活垃圾 1.0kg 计，则生活垃圾产生量为 0.08t/d。

## (2) 船闸通航

本工程的航道通航标准为IV级，航道尺度为：2.2~2.6m×50m×330m（水深×航宽×弯曲半径），通航保证率 95%，设计代表船型为 500 吨级货船（长江水系货-13）。

### 1) 船舶生活污水

500 吨船舶航速取 5 节，根据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》船员取 6 人左右，按每人每天用水量 150L/(人·天)、生活污水排放系数取 0.8，估算船舶生活污水发生量，主要污染因子 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N 的浓度按 150mg/L、50mg/L、5mg/L 计。

根据不同水平年货运量预测结果，以代表船型估算航行船舶数量、航行时间，各水平年船舶生活污水发生量见表 4.4.2-1。

表 4.4.2-1 船舶生活污水发生量预测

水平年	2025 年			2035 年			2045 年		
	上行	下行	合计	上行	下行	合计	上行	下行	合计
货运量(万吨)	90	120	210	210	290	500	320	400	720
航行时间(h)	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-
污水量(t/a)	359.10	278.64	637.74	837.90	673.38	1511.28	1276.80	928.80	2205.60
COD(kg/a)	53.87	41.80	95.66	125.69	101.01	226.69	191.52	139.32	330.84
BOD <sub>5</sub> (kg/a)	17.96	13.93	31.89	41.90	33.67	75.56	63.84	46.44	110.28
NH <sub>3</sub> -N(kg/a)	1.80	1.39	3.19	4.19	3.37	7.56	6.38	4.64	11.03

根据船舶生活污水发生量预测结果，2025 年、2035 年和 2045 年船舶生活污水量分别为 637.74 t/a、1511.28 t/a、2205.60t/a。

### 2) 船舶舱底油污水

根据《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007），各吨级船舶

的舱底油污水发生量统计资料见表 4.4.2-2。参考《雅口航运枢纽工程环境影响报告书》，平均含油浓度约为 5000mg/L。本工程以 500t 级船舶为代表船型，船底油污水产生量为 0.14t/d·艘。

表 4.4.2-2 各吨级船舶舱底油污水发生量

序号	船舶吨级DWT(t)	船底油污水产生量 (t/d艘)
1	500	0.14
2	500~1000	0.14~0.27
3	1000~3000	0.27~0.81
4	3000~7000	0.81~1.96
5	7000~15000	1.96~4.20
6	15000~25000	4.20~7.00
7	25000~50000	7.00~8.33

根据不同水平年货运量预测结果，以代表船型估算航行船舶数量、航行时间，500t 级船舶安全航速为 5 节，各水平年船舶舱底油污水发生量见表 4.4.2-3。

表 4.4.2-3 船舶舱底油污水发生量预测

水平年	2025 年			2035 年			2045 年		
	上行	下行	合计	上行	下行	合计	上行	下行	合计
货运量(万吨)	90	120	210	210	290	500	320	400	720
航行时间(h)	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-
污水量(t/a)	69.83	54.18	124.01	162.93	130.94	293.86	248.27	180.60	428.87
含油量(t/a)	0.35	0.27	0.62	0.81	0.65	1.47	1.24	0.90	2.14

根据船舶舱底油污水发生量预测结果，2025 年、2035 年和 2045 年船舶舱底油污水量分别为 124.01t/a、293.86t/a、428.87t/a。

### 3) 废气和噪声

运行期船舶动力装置运行产生的大气污染物主要是含 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 废气。船舶废气为无组织排放，具有近距离污染的特点，废气排放均发生在航道范围内，且评价区污染物扩散条件较好，因此船舶所排放的废气对于环境空气质量影响较小。

工程建成后，库区通航能力得以提高，库区船舶交通噪声以及进出船

闸的船舶噪声将会有所增加，但船舶噪声在有限的范围内产生，通过采取鸣笛限制措施，船舶交通噪声对沿岸噪声贡献值很小，对区域声环境质量影响有限。

#### 4) 生活垃圾

根据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，500吨船舶船员取6人左右，按每人每天产生生活垃圾1kg计，根据不同水平年货运量预测结果，以代表船型估算航行船舶数量、航行时间，各水平年船舶生活垃圾发生量见表4.4.2-4。

表 4.4.2-4 船舶生活垃圾发生量预测

水平年	2025 年			2035 年			2045 年		
	上行	下行	合计	上行	下行	合计	上行	下行	合计
货运量(万吨)	90	120	210	210	290	500	320	400	720
航行时间(h)	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-
生活垃圾量(t/a)	2.99	2.32	5.31	6.98	5.61	12.59	10.64	7.74	18.38

根据船舶生活垃圾发生量预测结果，2025年、2035年和2045年船舶生活垃圾量分别为5.31t/a、12.59t/a、18.38t/a。

#### 5) 危险废物

工程运行期间，各船闸检修时会产生少量废矿物油，单座船闸产生量约为30L/a；同时，发电厂房内机组维护也将产生少量废润滑油。废矿物油和废润滑油属于《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）。

### 4.4.3 移民安置

#### 4.4.3.1 废（污）水

##### (1) 施工期

##### 1) 生活污水

白马航电枢纽工程城镇移民迁建区、分散安置建房、防护工程和专项设施复（改）建等工程施工人员均以租住当地居民楼为主，其生活污水进入当地污水收集与处理系统。因此，移民安置过程中施工人员生活污水在本报告中均不考虑。

## 2) 施工废水

### ① 城镇移民迁建区

类比同类移民迁建区建设工程，每平方米建筑面积用水量约为  $0.6\text{m}^3$ ，白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区的总建筑面积分别为  $73190\text{m}^2$ 、 $6105\text{m}^2$ 、 $42572\text{m}^2$  和  $62812\text{m}^2$ ，废水产生量按用水量的 80% 计算，建设周期约 9 个月，则施工期白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区的施工废水产生量见表 4.4.3-1。废水中的污染物主要为 SS。

表 4.4.3-1 白马航电枢纽工程城镇移民迁建区施工区废水产生量表

施工区名称	建筑面积 ( $\text{m}^2$ )	用水量 ( $\text{m}^3$ )	废水产生量	
			( $\text{m}^3$ )	( $\text{m}^3/\text{d}$ )
白马集镇移民迁建区	73190	43914	35131	130
土坎集镇移民迁建区	6105	3663	2930	11
武隆城区油坊沟移民迁建区	42572	25543	20435	76
武隆城区南溪沟移民迁建区	62812	37687	30150	112

### ② 防护工程混凝土拌和站冲洗废水

规划在焦村坝、武隆城区南、北岸防护工程施工区分别布置混凝土拌和站，混凝土拌和站每次冲洗废水约  $1\text{m}^3$ ，每天冲洗 1 次，冲洗废水产生量均为  $1\text{m}^3/\text{d}$ 。混凝土拌和站冲洗废水主要污染物为 SS，防护工程混凝土拌和站冲洗废水产生量见表 4.4.3-2。

表 4.4.3-2 白马航电枢纽工程防护工程混凝土拌和站冲洗废水产生量表

防护工程位置	拌和站数量 (台)	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d·台)	废水量 (m <sup>3</sup> /d)	运行时间 (月)	施工期废水总量 (m <sup>3</sup> )
焦村坝	1	1	1	6	180
武隆城区南溪沟	2	1	2	24	1440
武隆城区油坊沟	6	1	6	24	4320

### ③ 灌浆废水

灌浆废水主要来自白马集镇移民迁建区、武隆城区油坊沟和南溪沟的防护工程。根据灌注桩的工程量，各防护工程中的灌浆废水产生量分别为 1247.4m<sup>3</sup>、2227.5m<sup>3</sup> 和 4673.4m<sup>3</sup>，即平均每天废水产生量分别为 1.74m<sup>3</sup>/d、3.10m<sup>3</sup>/d、6.50m<sup>3</sup>/d，废水主要污染物是 SS。

#### (2) 运行期

##### 1) 城镇移民迁建区生活污水

白马集镇移民迁建区规划安置居民 1667 人，迁建 12 家企事业单位；土坎集镇移民迁建区规划安置居民 189 人；武隆城区油坊沟移民迁建区规划安置居民 860 人，迁建企事业单位 21 个；武隆城区南溪沟移民迁建区规划安置居民 949 人，迁建企事业单位 5 个。小区居民生活用水量为 120L/人·天，企事业单位的用水量按各自所在移民迁建区居民用水量的 25%估算，污水产生量按用水量 80%计算。城镇移民迁建小区生活污水中含有的主要污染物及浓度分别为 COD300mg/L、BOD<sub>5</sub>200mg/L。城镇移民迁建小区生活污水产生量详见表 4.4.3-3。

表 4.4.3-3 白马航电枢纽工程城镇移民迁建区生活污水产生量

项目	白马镇移民 迁建小区	土坎镇移民 迁建小区	武隆城区油坊沟 移民迁建小区	武隆城区南溪沟 移民迁建小区
规划人口 (人)	1667	189	860	949
规划企事业单位	12 个	无	21 个	5 个
用水总量 (m <sup>3</sup> /d)	250	23	129	142
污水产生率	80%			
污水总量 (m <sup>3</sup> /d)	200	18	103	114
污水总量 (m <sup>3</sup> /h)	8.3	0.8	4.3	4.7

## 2) 农村分散安置移民生活污水

规划农村分散建房安置移民 431 人，其中白马镇分散安置移民 382 人，土坎镇 28 人，巷口镇 11 人，羊角镇 10 人。分散安置移民的日常生活污水主要来源于人畜粪便，以及日常洗涤用水等，污水产生量按人均用水量 100L/d 的 80% 计算，则农村分散安置移民每日产生的生活污水总量分别为 30.56t/d、2.24t/d、0.88t/d 和 0.80t/d。生活污水中含有的主要污染物及浓度分别为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L。

### 4.4.3.2 噪声

移民安置过程中的噪声主要来源于移民迁建区打桩机以及迁建区、防护工程、专项设施复（改）建等工程施工机械。根据相关资料，打桩机的噪声源强可达到 95~105dB(A)，各类施工机械的噪声级为 75~90dB(A)。

### 4.4.3.3 固体废物

城镇移民迁建区的生活垃圾包括居民生活垃圾和迁建企业生活垃圾，居民生活垃圾按人均 1kg/d 的生活垃圾产生量计算，迁建企业的生活垃圾按迁建小区居民垃圾总量的 50% 估算。白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区分别规划安置 1667 人、189 人、860 人和 949 人，白马集镇以及武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建小区分别迁建企业 12 个、25 个和 9 个，则白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟 4 个移民迁建小区的生活垃圾分别约为 2.1t、0.2t、1.1t、1.2t。

规划农村分散建房安置移民 431 人，其中白马镇分散安置移民 382 人，土坎镇 28 人，巷口镇 11 人，羊角镇 10 人，则农村分散安置移民生活垃圾共产生 0.43t/d，其中白马镇 0.38t/d、土坎镇 0.03t/d、巷口镇 0.01t/d、羊角镇 0.01t/d。

## 4.5 环境影响识别

### 4.5.1 影响要素识别

在工程分析和环境概况的基础上，根据工程开发任务和项目组成，结合各工程项目的特点和环境特征，以及可能对环境产生影响的性质和程度，对本工程的环境影响因素进行筛选，为确定主要评价因子做准备。

施工期对环境的影响主要表现为短期的、多方面的，而运行期对环境的影响多为长期的。

施工期环境影响表现在：弃渣场开挖将造成坝址附近植被破坏，加剧水土流失；施工机械噪声对声环境的影响；材料运输及混凝土拌和等对空气环境的污染；施工区生产废水、生活污水对乌江的污染等。

运行期环境影响表现在：水库改变了原来的水文状况，不利于沿岸水污染物的纵向扩散，同时大坝的拦截阻断了鱼类的洄游通道，水库将淹没沿岸大量的土地。但水库营运将促进区域水运发展，水力发电、航运便利，促进区域经济发展，有利于就业。

### 4.5.2 评价因子筛选

在对工程影响涉及区实地调查，结合本工程开展的公众参与调查工作，广泛征求了库区武隆区环保、林业、水利、农业、渔业、国土、供水、疾病控制、移民办等部门专业人员的意见和库区移民意见与建议，结合工程影响区环境背景资料和水利工程作用因素分析，对本工程可能造成的环境影响因子进行了识别，环境影响评价因子筛选矩阵见表 4.5-1，表中的纵列为环境因子，横行为工程作用因素，同时对受工程影响范围划分为淹没区、坝区、移民安置区、坝上河段、坝下游河段等。

表 4.5.2-1 显示：本工程环境影响评价因子主要包括水文情势、泥沙、水温、水质、地下水、水生生态、陆生植物、陆生动物、生态敏感区、移

民环境、移民施工环境、人群健康等。根据工程任务和特性，结合工程影响区的环境背景状况，确定将水环境（包括水文情势、泥沙、水温、水质）、生态（包括水生生态、陆生生态、生态敏感区）、施工环境等作为本工程环境影响评价的重点；移民环境、人群健康等作为一般评价因子。此外，根据国家现行环保法规和环评导则要求，需对环境损益、环境风险等内容进行分析。

综上所述，乌江白马航电枢纽环境影响评价工作重点为：水环境、生态、施工环境等环境因子。

表 4.5.2-1

乌江白马航电枢纽环境影响评价因子识别矩阵表

▲—影响显著 ●—影响一般 空白—影响轻微或无 ☆—影响区		工程作用因素																	影响范围					
		工程施工							淹没与占地			移民安置				大坝阻隔	水库运行							
		准备期		施工期					工程占地	水库蓄水	水库淹没	生产安置	生活安置	集镇迁建	专业项目		发电	航运	水库调度运行	淹没区	坝区	移民安置区	坝上河段	坝下河段
		场地平整	施工道路	料源开采	施工导流	土石方开挖	混凝土工程	施工人员																
水文情势	水位							▲									▲	☆			☆	☆		
	流量							▲									▲	☆			☆	☆		
	流速							▲									▲	☆			☆	☆		
泥沙	冲刷				●					●							●					☆		
	淤积				●					●							●				☆			
水温	水库水温																	☆			☆			
	下泄水温																						☆	
水质	悬浮物			●		●																	☆	
	有机污染											●	●								☆		☆	
	营养物质																●	☆						
地下水										●								☆			☆		☆	
水生生态	生境									▲							▲	☆			☆	☆		
	鱼类									▲							●	▲	☆			☆	☆	
	珍稀水生动物									●							●	▲	☆			☆		
陆生植物	地表植被	●	●	●		●		●	●	●		●	●	●				☆	☆	☆			☆	
	重点保护野生植物																	☆	☆	☆				
	古树					●				●								☆	☆	☆				
陆生动物	生境	●	●															☆	☆	☆				
	野生动物	●	●	●		●		●		●		●	●	●				☆	☆	☆				
	重点保护野生动物																●	☆		☆				
生态敏感区																		☆						

▲—影响显著 ●—影响一般 空白—影响轻微或无 ☆—影响区		工程作用因素																影响范围					
		工程施工						淹没与占地			移民安置				大坝阻隔	水库运行							
		准备期		施工期				工程占地	水库蓄水	水库淹没	生产安置	生活安置	集镇迁建	专业项目		发电	航运	水库调度运行	淹没区	坝区	移民安置区	坝上河段	坝下河段
		场地平整	施工道路	料源开采	施工导流	土石方开挖	混凝土工程								施工人员								
移民环境	移民环境容量							●		▲								☆		☆			☆
	土地利用							●		●	●			●	●			☆	☆	☆			
	移民生活质量										●	●	●	●		●	●		☆	☆	☆		
移民施工环境	水质			●			●	●											☆				
	环境空气	●				●	●	●											☆				
	噪声	●	●	●		●	●												☆				
	振动					●											●		☆				
	生活垃圾							●											☆				
人群健康	生活饮水								●												☆		
	环境卫生							●										☆		☆			
	介水传染病							●		●							●	☆		☆			
	其它流行疾病								●	●								●	☆		☆		

## 5 环境影响预测与评价

### 5.1 水文情势

白马航电枢纽位于乌江干流下游江段，距乌江河口约 43km，上游为银盘水电站，下游为三峡水库，是乌江干流最下游的一个梯级，开发任务为以航运为主、兼顾发电。白马航电枢纽水库的调节性能为日调节，并具有对银盘水电站运行进行反调节的作用，白马航电枢纽挡水建筑物的建设对河流的连续性产生阻隔，本节将分施工期、水库蓄水初期和运行期不同阶段分析工程对河流水文情势的影响。

#### 5.1.1 施工导流期影响分析

白马航电枢纽工程施工导流方案为一期在右岸山体开挖导流明渠，预留岩埂挡水，水流从原河床下泄，船舶自原河床通航；二期主河床截流，上下围堰挡水，水流从导流明渠下泄，在一定流量范围内，船舶由导流明渠通航；三期导流明渠截流，上下围堰挡水，水流从泄洪表孔下泄，坝址断航。

一期导流期间水流从原河床下泄，水量、径流过程、水位、水深、流速等变化不大；

二期导流从第 2 年 10 月起，第 6 年 2 月止，共约 40 个月，白马坝址采用导流明渠过流，泄流量与来流量相同。导流明渠过水断面近似为梯形，底高程 147m，宽 68.8m，开挖坡比 1:0.2~1:0.3，白马坝址天然过水断面为“V”形，最低点高程 132m，高程 147m 时水面宽约 120m，二期导流期间白马坝址过水断面缩窄，上下游水位升高，流速增加。根据白马坝址水位流量曲线（不受三峡水库顶托影响）和导流明渠泄流能力设计成果，当流量为导流明渠最大通航流量 3000m<sup>3</sup>/s 时，天然状况白马坝址断面相应水位为 160m，平均流速约为 1.56m/s，导流明渠上下游水位为 162m~162.35m，平

均流速约为 3.25m/s，与天然状况相比，水位升高约 2m，流速增加约 1.08 倍；当流量为设计洪峰流量 20900m<sup>3</sup>/s 时，天然状况白马坝址断面相应水位为 184m，平均流速约为 3.55m/s，导流明渠上下游水位为 184.5m~186m，平均流速约为 6.57m/s，与天然状况相比，水位升高约 0.5m~2m，流速增加约 0.85 倍。

三期导流从第 6 年 2 月中旬起，三期围堰进占，导流明渠截流，泄洪表孔分流。泄洪表孔位于河床中部偏右岸，共 11 个，堰顶高程为 160m，孔宽 14m，闸墩宽 5m，泄洪表孔采用弧形工作门，闸门挡水尺寸为 14m×24m，每孔各设 1 扇弧形工作门，由坝顶液压启闭机操作。三峡水库汛末蓄水至正常蓄水位 175m，枯水期保持高水位运行，2 月份水位基本维持在 165m 以上，受三峡水库水位顶托影响，截流期间坝址水位高于泄洪底板高程 160m，不断流，截流后三期截流戗堤和已建设完工的白马枢纽大坝挡水，泄洪表孔过流。

### 5.1.2 水库初期蓄水影响分析

根据初期蓄水计划，白马航电枢纽初期蓄水时下游供水分二个阶段：

第一阶段：开工后第 6 年 2 月，导流明渠截流，利用表孔闸门自由溢流向下游供水，这期间由于三峡水位较高，受其顶托影响，白马坝址水位高于表孔堰顶高程 160m。

第二阶段：开工后第 6 年 9 月下旬开始控制性蓄水至初期蓄水最高水位 184m。此阶段通过调度泄洪表孔弧形工作门控制下泄流量，为保障坝址下游生态环境和生活生产用水，白马枢纽初期蓄水拟定原则为：①当白马坝址来水量≤387m<sup>3</sup>/s 时，白马枢纽敞泄；②当白马坝址来水量>387m<sup>3</sup>/s 时，白马枢纽按照 387m<sup>3</sup>/s 下泄，多余水量蓄到水库内，水库最高蓄水位为正常蓄水位 184m。蓄水设计流量采用 9 月 85%保证率月平均流量 809m<sup>3</sup>/s，泄放生态流量 387m<sup>3</sup>/s，蓄水库容为 1.28 亿 m<sup>3</sup>，蓄水历时为 3.5 天。初期蓄水

时，下泄流量与天然来水相比减少 422m<sup>3</sup>/s，能够满足下泄生态流量要求，达到死水位后，第一台机组发电，白马水电站单机额定流量为 947.2m<sup>3</sup>/s，单机适宜过流流量为 400m<sup>3</sup>/s~947.2m<sup>3</sup>/s，运行期主要通过承担发电基荷下泄生态流量。

### 5.1.3 运行期水文情势

#### 5.1.3.1 银盘至河口段水位及流速特征

白马航电枢纽对水生生态尤其是流水生境影响是本报告重点评价内容，银盘坝址下游至乌江入口河段水文情势受到乌江上游梯级调蓄和三峡水库顶托双重影响，水流条件比较复杂。本报告基于河段现状水文观测资料，并借助水动力数学模型，分析银盘坝址下游各代表河段控制断面现状水位及流速特征。

##### (1) 控制断面选择

根据水生生态专题调查成果，银盘坝址至乌江河口河段共分布 6 处产漂流性卵鱼类产卵场，上游至下游依次为杨家沱、石鼻子、桃子沟、羊角、白涛、鹦哥峡产卵场，在各产卵场所在河段设置一处控制断面，另外增加银盘坝址、白马坝址、乌江汇口和涪陵断面（鱼类早期资源监测断面）共 10 个水文情势控制断面，详细信息见表 5.1.3-1，分布位置见图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 水文情势分析控制断面情况表

序号	控制断面名称	与乌江汇口距离 (km)	代表河段 (断面)
1	乌江汇口	0	评价范围起始断面
2	涪陵	4.9	鱼类早期资源监测断面
3	鹦哥峡	16.7	鹦哥峡产卵场 (涪陵白涛大田嘴-花滩)
4	白涛	28	白涛产卵场 (涪陵白涛大溪河口-陈家嘴)
5	白马	43	白马枢纽坝址断面
6	羊角	51.5	羊角产卵场 (武隆县羊角镇-土坎镇)
7	桃子沟	61.4	桃子沟产卵场 (武隆县桃子沟村-武隆县城)
8	石鼻子	71.2	石鼻子产卵场 (武隆县石鼻子村-九里坨村)
9	杨家沱	82.4	杨家沱产卵场 (江口镇杨家坨村-荆竹坝村)
10	银盘坝址	89	评价范围终止断面



图 5.1.3-1 水文情势控制断面分布图

## (2) 模型建立

采用 MIKE11 一维水动力数值模型分析各水文情势控制断面水位、流速特征。

### 1) 基础数据

采用 2012 年武隆水文站、白马上坝址水位站、小石溪水位站、大东门水位站逐日水位数据和银盘水电站坝下逐日流量数据等。水下地形采用工程设计时测绘成果，从银盘坝址至乌江汇口共 89km 河段，布设了 56 个测绘断面，平均约每隔 1.5km 一个。

### 2) 模型建立

#### ① 计算范围及河网概化

模拟计算范围为银盘坝下至乌江口约 89km 的乌江干流江段。根据流域水文站特点及考虑模型模拟的精确度，将研究河段内芙蓉江作为点源汇入

处理，芙蓉江口至乌江口段支流作为分布式汇入项处理。

## ②基本方程

——水流连续方程：

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

——水流动量方程：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{gn_{fd}^2 Q^2}{AR^{4/3}} = 0$$

式中： $x$ ——河道纵向坐标或河长； $t$ ——时间； $A$ ——河道断面面积； $B$ ——河宽； $h$ ——水深； $z$ ——水位； $Q$ ——流量； $q$ ——河道测流汇入或流出的流量； $u$ ——断面平均流速； $R$ ——河道水力半径； $n_{fd}$ ——河道糙率； $\beta$ ——断面宽深比。

## ③初始条件

根据初始时刻干流各水文站和水位站的实测资料，通过插值内插出干流及支流的所有断面的初始流量 $Q$ 、水位 $Z$ 确定计算初始条件：

$$Z(x, t)|_{t=0} = Z(x, 0), \quad Q(x, t)|_{t=0} = Q(x, 0)$$

## ④边界条件

边值条件包括干流的上游边界流量 $Q$ 、下游水位 $Z$ 。上边界流量采用银盘坝址下泄流量，下边界水位采用乌江口大东门水位站（1997年建站）的实测水位资料。

上游边界条件：

$$Q = Q(0, t)$$

下游边界条件：

$$z = Z(L, t)$$

## 3) 计算断面及时间步长

根据研究区域特征及资料收集情况，将 89km 河段划分为 61 个断面，时间步长为 30s。

#### 4) 参数率定

采用模型率定的方式确定模型参数，选择 2012 年 1 月~6 月水文数据进行参数率定。上边界为银盘下泄流量，银盘坝下 3km 有芙蓉江汇入，支流流量以点源方式进入模型，下边界为大东门水位。

按照不同河段、不同河床高程对河床糙率进行率定，确定河道综合糙率取值在 0.02~0.05 之间，武隆水文站、白马上坝址水位站和小石溪水位站的水位计算值和实测值见图 5.1.3-2~5.1.3-4。

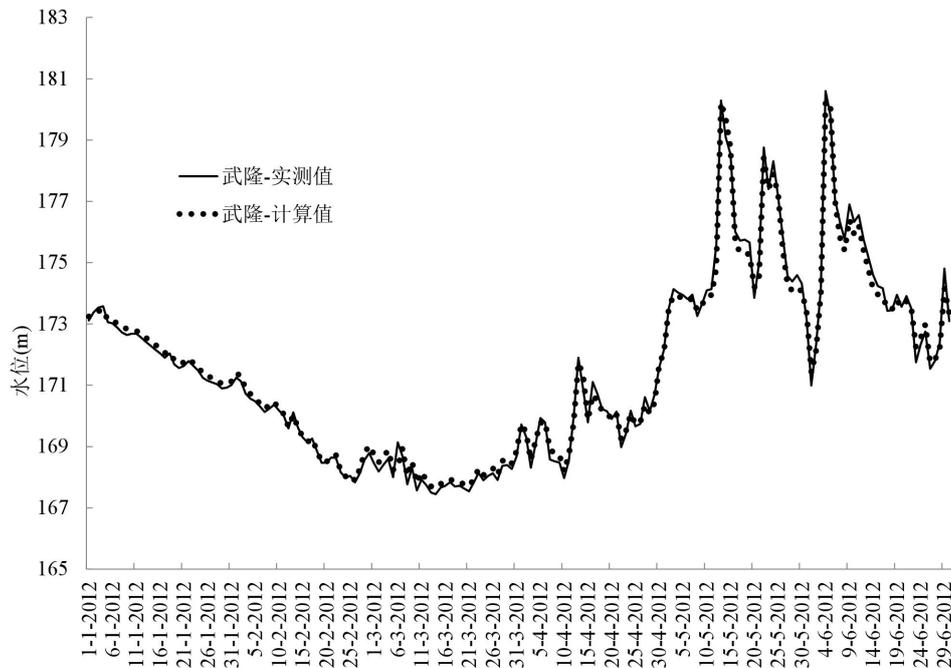


图 5.1.3-2 武隆水文站逐日水位模拟和实测对比图

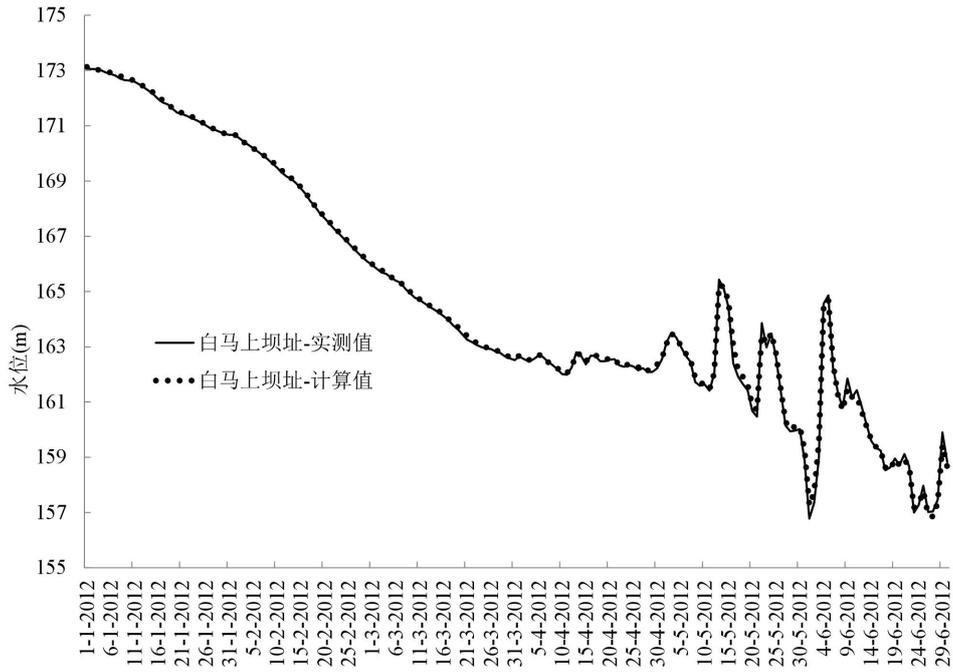


图 5.1.3-3 白马上坝址水位站逐日水位模拟和实测对比图

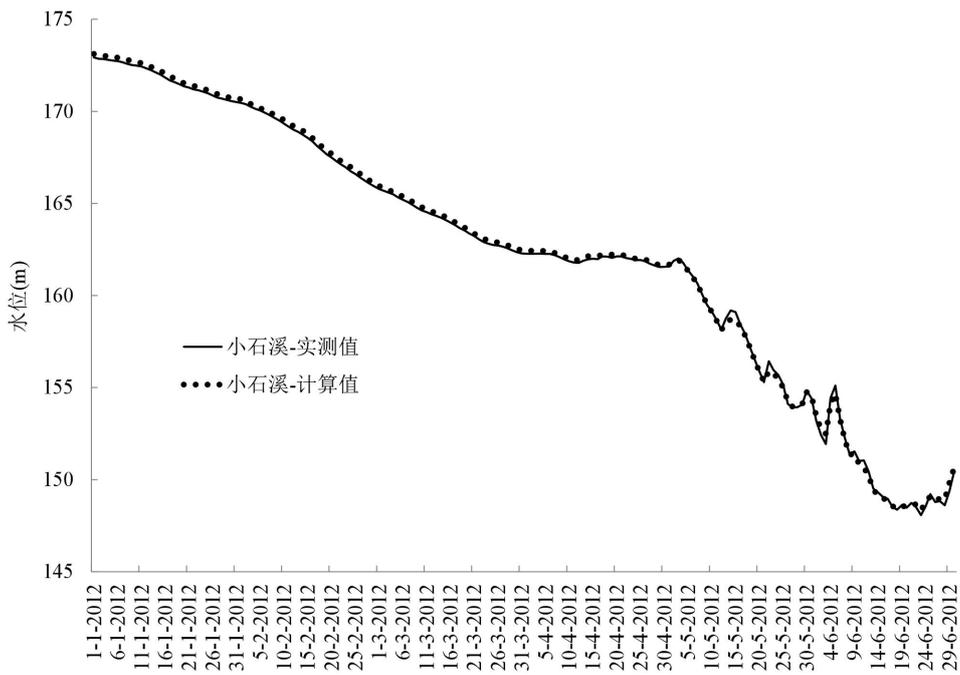


图 5.1.3-4 小石溪水位站逐日水位模拟和实测对比图

### 5) 模型验证

利用 2012 年 7 月~12 月水文数据对模型进行验证,上边界为银盘坝下流量,下边界为大东门水位过程,武隆水文站、白马上坝址水位站、小石溪水位站水位模拟值和实测值见图 5.1.3-5~5.1.3-7。

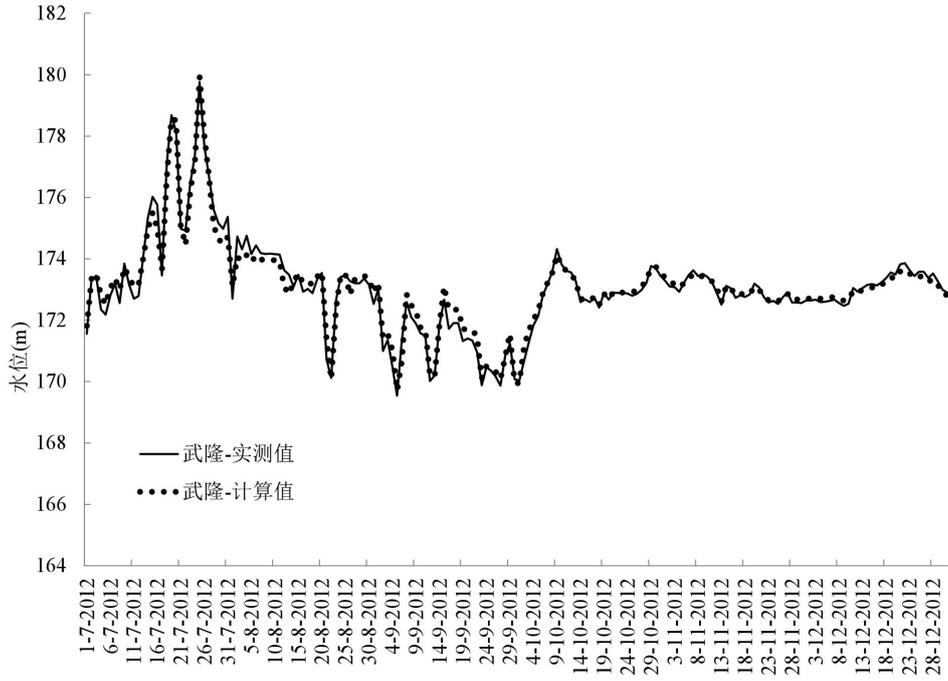


图 5.1.3-5 2012 年 7 月~12 月武隆水文站水位验证结果

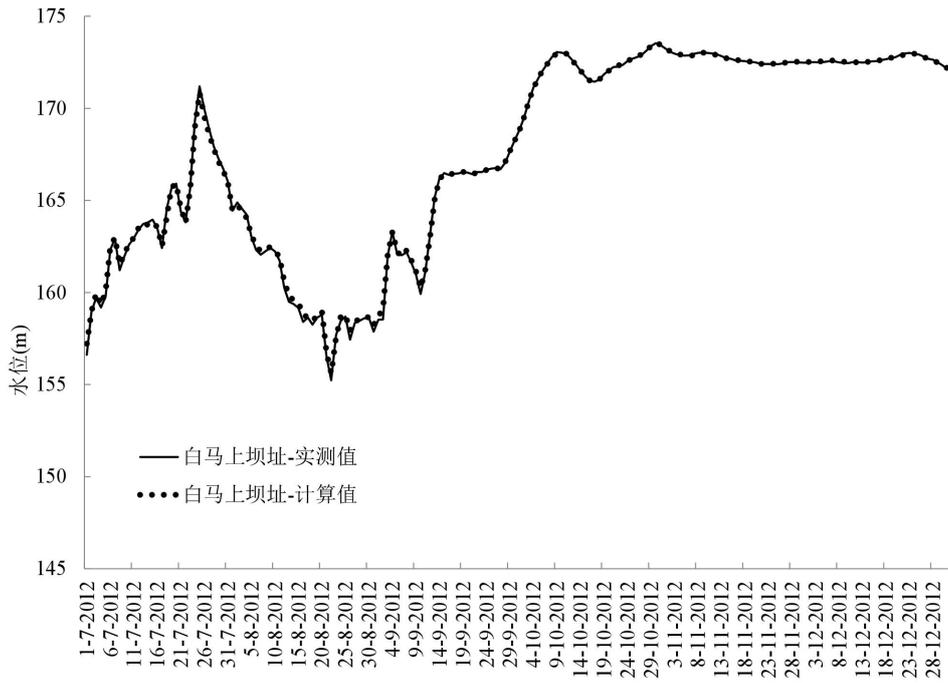


图 5.1.3-6 2012 年 7 月~12 月白马上坝址水位验证结果

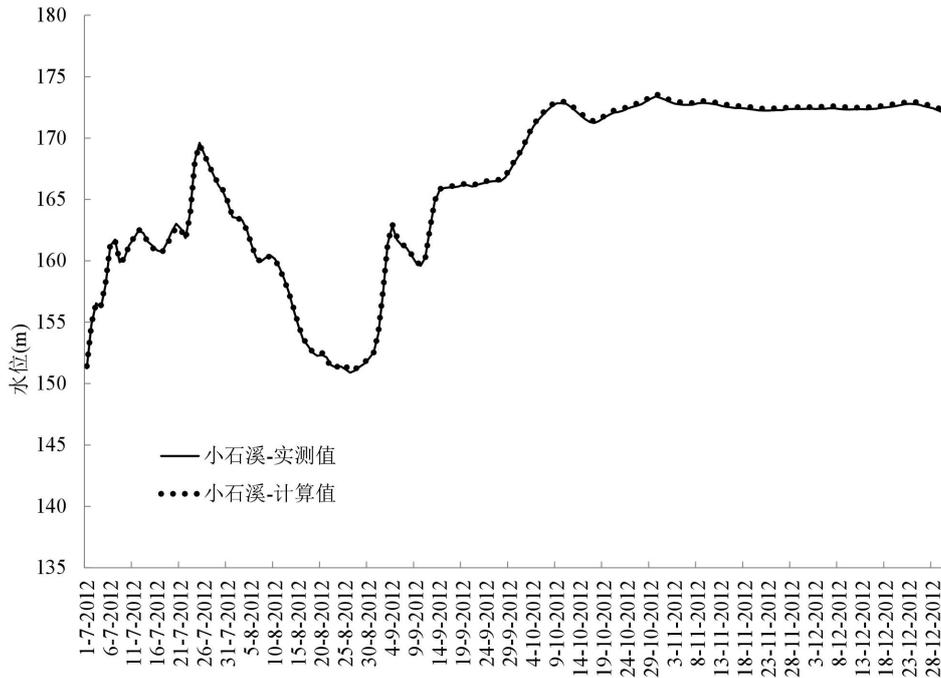


图 5.1.3-7 2012 年 7 月~12 月小石溪水位验证结果

由验证结果可知，2012 年 7 月~12 月 90%以上天数 3 个水文站水位的模拟值与实测值绝对误差在 0.2m 以内，最大误差不超过 0.5m，模型用于银盘坝下至乌江汇口段控制断面水文情势分析可靠性较高。

#### 6) 计算工况

以 2016 年、2012 年、2013 年分别作为丰、平、枯典型年计算现状河道旬平均水文情势。以银盘水电站实测下泄流量作为模型进口流量，以大东门水位站实测水位作为模型出口水位过程。

#### (3) 控制断面流速、水深模拟结果

在受乌江中上游水库群径流调节和三峡水库运行调度影响的情况下，丰、平、枯典型年乌江银盘以下江段主要水生生态控制断面流速和平均水深见表 5.1.3-2~5.1.3-7。

从流速沿程分布来看，自上游往下游断面平均流速逐渐减小，与之相应，断面平均水深沿程逐渐增加。枯水期断面流速较小，至汛期断面流速总体表现为增加。

丰水年，鱼类产卵期 3~8 月鹦哥峡断面流速在 0.22~1.78m/s 之间，水深在 23.16~29.81m 之间；白涛断面流速在 0.21~2.11m/s 之间，水深在 2.59~13.16m 之间；羊角断面流速在 0.61~2.85m/s 之间，水深在 3.53~9.83m 之间；桃子沟断面流速在 1.51~4.09m/s 之间，水深在 4.7~8.1m 之间；石鼻子断面流速在 1.7~3.2m/s 之间，水深在 6.04~10.17m 之间；杨家沱断面流速在 1.53~3.31m/s 之间，水深在 8.89~13.99m 之间。

平水年，鱼类产卵期 3~8 月鹦哥峡断面流速在 0.10~1.07m/s 之间，水深在 23.21~29.72m 之间；白涛断面流速在 0.11~1.89m/s 之间，水深在 3.48~13.10m 之间；羊角断面流速在 0.33~2.63m/s 之间，水深在 4.88~9.6m 之间；桃子沟断面流速在 0.96~3.77m/s 之间，水深在 4.40~6.98m 之间；石鼻子断面流速在 0.96~3.12m/s 之间，水深在 5.23~8.24m 之间；杨家沱断面流速在 0.78~2.95m/s 之间，水深在 8.08~12.13m 之间。

枯水年，鱼类产卵期 3~8 月鹦哥峡断面流速在 0.14~0.92m/s 之间，水深在 23.13~28.40m 之间；白涛断面流速在 0.15~1.74m/s 之间，水深在 2.05~11.12m 之间；羊角断面流速在 0.49~2.61m/s 之间，水深在 1.91~7.65m 之间；桃子沟断面流速在 1.37~3.69m/s 之间，水深在 3.55~6.54m 之间；石鼻子断面流速在 1.00~3.18m/s 之间，水深在 5.27~8.19m 之间；杨家沱断面流速在 0.82~2.76m/s 之间，水深在 8.11~12.12m 之间。

表 5.1.3-2 丰水年各典型断面流速计算结果 单位: m/s

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	0.09	0.09	0.19	0.15	0.31	0.38	0.80	1.17	1.33	1.07
	中	0.10	0.10	0.21	0.18	0.36	0.45	0.95	1.35	1.49	1.22
	下	0.11	0.11	0.22	0.19	0.39	0.50	1.09	1.47	1.55	1.23
2月	上	0.11	0.11	0.22	0.18	0.41	0.53	1.19	1.52	1.52	1.20
	中	0.09	0.09	0.18	0.17	0.34	0.46	1.07	1.44	1.35	1.06
	下	0.13	0.13	0.27	0.26	0.51	0.69	1.63	1.91	1.78	1.32
3月	上	0.11	0.11	0.22	0.21	0.43	0.61	1.51	1.70	1.53	1.14
	中	0.15	0.15	0.30	0.29	0.61	0.86	2.01	2.03	1.85	1.43
	下	0.21	0.21	0.41	0.40	0.83	1.15	2.49	2.34	2.18	1.73
4月	上	0.21	0.21	0.41	0.40	0.82	1.14	2.47	2.32	2.15	1.72
	中	0.33	0.32	0.63	0.65	1.28	1.73	3.21	2.86	2.73	2.24
	下	0.42	0.40	0.76	0.86	1.57	2.10	3.51	3.08	2.95	2.28
5月	上	0.47	0.44	0.79	1.08	1.66	2.37	3.50	2.91	2.77	2.23
	中	0.60	0.55	0.93	1.41	1.84	2.54	3.62	3.05	2.90	2.25
	下	0.70	0.60	0.94	1.70	1.80	2.62	3.49	2.89	2.68	2.11
6月	上	0.76	0.63	0.76	1.78	1.73	2.60	3.38	2.73	2.57	2.10
	中	0.71	0.58	0.73	1.77	1.65	2.62	3.31	2.64	2.47	2.01
	下	1.30	1.14	1.78	2.11	2.60	2.85	4.09	3.20	3.31	2.70
7月	上	0.80	0.72	1.22	1.67	2.15	2.66	3.81	3.07	2.93	2.40
	中	0.57	0.52	0.93	1.33	1.84	2.53	3.59	2.98	2.83	2.29
	下	0.52	0.49	0.90	1.13	1.81	2.40	3.66	3.07	2.88	2.28
8月	上	0.55	0.49	0.83	1.36	1.70	2.51	3.45	2.82	2.66	2.15
	中	0.51	0.43	0.57	1.56	1.39	2.59	2.98	2.31	2.09	1.63
	下	0.39	0.32	0.54	1.51	1.09	2.58	2.48	1.88	1.66	1.24
9月	上	0.18	0.14	0.15	1.34	0.63	2.51	1.62	1.07	0.88	0.72
	中	0.17	0.15	0.31	0.93	0.72	2.48	1.85	1.26	1.07	0.86
	下	0.11	0.10	0.19	0.33	0.55	1.34	1.98	1.43	1.24	0.98
10月	上	0.13	0.12	0.25	0.26	0.54	0.84	2.03	1.79	1.60	1.21
	中	0.09	0.09	0.18	0.17	0.36	0.50	1.19	1.45	1.35	1.06
	下	0.06	0.06	0.12	0.10	0.22	0.28	0.61	0.89	0.98	0.86
11月	上	0.09	0.09	0.20	0.16	0.28	0.39	0.78	1.15	1.35	1.21
	中	0.09	0.09	0.19	0.15	0.18	0.38	0.76	1.11	1.29	1.13
	下	0.05	0.05	0.10	0.08	0.17	0.20	0.41	0.63	0.77	0.73
12月	上	0.04	0.04	0.09	0.07	0.15	0.19	0.38	0.58	0.71	0.70
	中	0.04	0.04	0.09	0.07	0.15	0.18	0.39	0.60	0.71	0.66
	下	0.05	0.05	0.09	0.08	0.16	0.20	0.45	0.68	0.78	0.69

表 5.1.3-3 平水年各典型断面流速计算结果 单位: m/s

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	0.05	0.05	0.10	0.08	0.17	0.20	0.41	0.63	0.77	0.73
	中	0.04	0.04	0.09	0.07	0.14	0.18	0.37	0.56	0.68	0.64
	下	0.04	0.04	0.09	0.08	0.16	0.20	0.44	0.66	0.77	0.68
2月	上	0.05	0.05	0.11	0.09	0.19	0.24	0.55	0.82	0.89	0.76
	中	0.05	0.05	0.10	0.09	0.18	0.24	0.58	0.86	0.82	0.67
	下	0.06	0.06	0.11	0.10	0.22	0.30	0.78	1.03	0.88	0.72
3月	上	0.07	0.07	0.13	0.13	0.27	0.39	1.05	1.18	1.00	0.81
	中	0.05	0.05	0.10	0.11	0.22	0.33	0.96	0.96	0.78	0.64
	下	0.07	0.07	0.13	0.14	0.28	0.46	1.31	1.11	0.92	0.75
4月	上	0.09	0.09	0.18	0.20	0.39	0.65	1.70	1.38	1.18	0.96
	中	0.15	0.15	0.28	0.32	0.63	1.02	2.29	1.90	1.69	1.26
	下	0.15	0.15	0.29	0.32	0.64	1.04	2.31	1.92	1.70	1.27
5月	上	0.33	0.32	0.60	0.70	1.28	1.89	3.19	2.64	2.48	2.06
	中	0.60	0.56	1.00	1.30	1.95	2.51	3.77	3.12	2.95	2.36
	下	0.62	0.56	0.95	1.46	1.86	2.57	3.61	2.95	2.65	2.20
6月	上	0.81	0.69	1.07	1.67	1.90	2.63	3.63	3.06	2.69	2.19
	中	0.95	0.75	0.88	1.89	1.81	2.62	3.47	2.83	2.68	2.16
	下	0.63	0.51	1.02	1.72	1.49	2.60	3.12	2.41	2.20	1.78
7月	上	0.31	0.29	0.53	0.80	1.25	2.04	3.09	2.48	2.28	1.85
	中	0.42	0.41	0.78	0.87	1.58	2.08	3.50	2.99	2.80	2.27
	下	0.36	0.36	0.71	0.69	1.36	1.73	3.19	3.03	2.87	2.32
8月	上	0.35	0.33	0.63	0.72	1.33	1.90	3.25	2.73	2.58	2.15
	中	0.47	0.42	0.71	1.18	1.52	2.37	3.26	2.59	2.44	2.02
	下	0.54	0.47	0.74	1.49	1.56	2.55	3.21	2.53	2.35	1.93
9月	上	0.25	0.24	0.44	0.58	1.01	1.64	2.84	2.29	2.08	1.66
	中	0.18	0.18	0.36	0.37	0.75	1.09	2.36	2.20	2.04	1.61
	下	0.12	0.12	0.25	0.23	0.49	0.68	1.63	1.85	1.70	1.26
10月	上	0.08	0.08	0.16	0.14	0.29	0.37	0.79	1.17	1.29	1.10
	中	0.09	0.09	0.19	0.15	0.32	0.39	0.83	1.20	1.35	1.15
	下	0.05	0.06	0.12	0.10	0.20	0.24	0.50	0.76	0.91	0.86
11月	上	0.06	0.06	0.13	0.10	0.21	0.25	0.51	0.77	0.93	0.92
	中	0.06	0.06	0.13	0.11	0.22	0.27	0.56	0.84	0.96	0.93
	下	0.05	0.05	0.11	0.09	0.18	0.22	0.46	0.70	0.84	0.80
12月	上	0.04	0.04	0.09	0.07	0.15	0.18	0.37	0.57	0.70	0.68
	中	0.09	0.09	0.19	0.15	0.32	0.39	0.79	1.18	1.36	1.17
	下	0.10	0.10	0.21	0.16	0.35	0.43	0.87	1.28	1.47	1.24

表 5.1.3-4 枯水年各典型断面流速计算结果 单位: m/s

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	0.10	0.10	0.21	0.17	0.36	0.44	0.93	1.33	1.47	1.16
	中	0.09	0.09	0.19	0.16	0.34	0.42	0.92	1.29	1.38	1.12
	下	0.07	0.07	0.15	0.13	0.26	0.33	0.76	1.08	1.15	0.97
2月	上	0.05	0.05	0.10	0.09	0.18	0.24	0.59	0.87	0.80	0.65
	中	0.05	0.05	0.10	0.09	0.20	0.29	0.76	0.96	0.80	0.65
	下	0.05	0.05	0.10	0.10	0.22	0.33	0.93	0.96	0.78	0.64
3月	上	0.08	0.07	0.14	0.15	0.31	0.49	1.37	1.20	1.01	0.83
	中	0.11	0.11	0.21	0.23	0.46	0.75	1.86	1.53	1.33	1.04
	下	0.10	0.09	0.17	0.20	0.40	0.72	1.76	1.32	1.13	0.91
4月	上	0.20	0.19	0.35	0.43	0.80	1.31	2.45	1.92	1.73	1.39
	中	0.15	0.15	0.29	0.33	0.65	1.08	2.33	1.92	1.71	1.25
	下	0.09	0.09	0.16	0.20	0.38	0.75	1.69	1.20	1.01	0.81
5月	上	0.23	0.22	0.41	0.54	0.94	1.61	2.66	2.09	1.89	1.52
	中	0.54	0.51	0.92	1.21	1.84	2.46	3.69	3.18	2.76	2.27
	下	0.45	0.40	0.66	1.26	1.46	2.49	3.16	2.49	2.26	1.83
6月	上	0.56	0.47	0.60	1.63	1.48	2.60	3.14	2.45	2.21	1.79
	中	0.62	0.50	0.85	1.65	1.44	2.59	3.05	2.39	2.14	1.71
	下	0.66	0.54	0.46	1.74	1.56	2.61	3.17	2.49	2.31	1.89
7月	上	0.39	0.35	0.55	1.14	1.34	2.44	3.02	2.34	2.13	1.69
	中	0.21	0.20	0.34	0.63	0.91	2.03	2.51	1.91	1.69	1.23
	下	0.11	0.10	0.19	0.25	0.46	0.97	1.87	1.33	1.14	0.91
8月	上	0.10	0.09	0.15	0.32	0.43	1.49	1.54	1.00	0.82	0.67
	中	0.13	0.11	0.17	0.61	0.56	2.30	1.60	1.04	0.86	0.70
	下	0.15	0.13	0.23	0.96	0.64	2.47	1.68	1.11	0.92	0.76
9月	上	0.20	0.18	0.31	0.70	0.88	2.31	2.30	1.72	1.53	1.18
	中	0.27	0.26	0.50	0.57	1.07	1.50	2.76	2.44	2.21	1.77
	下	0.09	0.09	0.18	0.18	0.38	0.55	1.38	1.51	1.33	1.04
10月	上	0.05	0.05	0.10	0.10	0.21	0.30	0.78	1.02	0.87	0.71
	中	0.04	0.04	0.08	0.07	0.15	0.20	0.48	0.73	0.75	0.62
	下	0.04	0.04	0.08	0.07	0.14	0.18	0.39	0.60	0.72	0.66
11月	上	0.04	0.04	0.08	0.07	0.14	0.17	0.36	0.55	0.68	0.68
	中	0.04	0.04	0.09	0.07	0.14	0.17	0.35	0.54	0.67	0.69
	下	0.04	0.04	0.09	0.08	0.13	0.19	0.38	0.59	0.73	0.73
12月	上	0.04	0.04	0.09	0.07	0.13	0.18	0.38	0.58	0.71	0.70
	中	0.04	0.04	0.09	0.07	0.14	0.18	0.37	0.56	0.68	0.66
	下	0.04	0.04	0.09	0.07	0.15	0.18	0.38	0.58	0.69	0.65

表 5.1.3-5 丰水年各典型断面平均水深计算结果 单位：m

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	24.94	24.99	32.86	17.40	17.74	12.03	7.48	7.49	9.57	6.91
	中	24.63	24.80	32.58	17.02	17.35	11.69	7.37	7.39	9.63	6.74
	下	23.81	24.30	31.88	16.09	16.38	10.88	7.05	7.03	9.41	6.69
2月	上	23.08	23.85	31.32	15.33	15.63	10.28	6.71	6.76	9.30	6.89
	中	22.50	23.46	30.88	14.74	15.14	9.80	6.37	6.19	8.77	6.66
	下	21.68	22.90	30.33	13.94	14.51	9.25	6.11	6.44	9.30	6.87
3月	上	20.86	22.32	29.81	13.16	13.85	8.66	5.71	6.04	8.89	6.61
	中	20.59	22.12	29.64	12.92	13.70	8.58	5.82	6.59	9.58	7.00
	下	20.14	21.78	29.37	12.51	13.47	8.56	5.99	7.14	10.10	7.40
4月	上	20.15	21.79	29.37	12.52	13.46	8.51	5.99	7.11	10.10	7.38
	中	19.08	20.95	28.68	11.57	13.33	8.49	6.39	7.99	11.04	8.12
	下	17.49	19.68	27.56	10.22	14.05	8.19	6.51	8.16	11.33	8.67
5月	上	14.24	17.01	25.34	7.55	13.01	6.85	6.20	8.00	11.09	8.25
	中	12.90	15.40	24.43	6.40	12.68	6.90	6.33	8.12	11.27	8.61
	下	10.42	13.02	23.80	4.92	11.75	6.33	6.14	7.82	11.10	8.35
6月	上	8.93	11.54	23.55	4.31	11.24	5.85	5.97	7.76	10.81	7.92
	中	8.79	11.37	23.66	3.99	10.86	5.56	5.84	7.57	10.64	7.81
	下	11.03	13.64	24.13	7.59	13.85	9.83	8.10	10.17	13.99	11.25
7月	上	12.70	15.26	24.43	6.97	13.30	8.19	7.08	8.77	12.67	9.73
	中	13.48	16.11	24.85	6.94	12.77	7.27	6.62	8.46	11.77	8.90
	下	15.16	17.80	25.96	8.46	13.80	7.74	6.56	8.19	11.79	8.97
8月	上	12.54	14.98	24.28	5.85	11.98	6.25	6.06	7.87	10.94	8.12
	中	9.54	12.14	23.69	3.54	9.86	4.71	5.35	6.90	9.99	7.34
	下	8.44	11.00	23.16	2.59	8.49	3.53	4.70	6.13	9.15	6.96
9月	上	8.09	10.63	23.11	1.88	6.63	1.81	3.63	5.34	8.19	7.10
	中	9.90	12.50	23.83	2.24	7.28	2.24	3.91	5.54	8.39	6.82
	下	14.70	17.20	25.66	7.15	11.05	4.46	4.20	5.71	8.57	6.74
10月	上	18.69	20.63	28.39	11.13	14.06	7.32	5.08	6.09	9.01	6.73
	中	21.67	22.88	30.35	13.95	14.50	9.27	6.06	6.13	8.81	6.64
	下	24.36	24.65	32.36	16.72	17.02	11.40	7.28	7.02	8.99	6.96
11月	上	25.57	25.53	33.42	18.16	18.42	12.80	8.06	7.93	9.88	6.94
	中	25.36	25.34	33.23	17.91	18.16	12.56	7.87	7.77	9.75	6.84
	下	25.31	25.30	33.19	17.85	18.18	12.45	7.74	7.57	9.35	7.03
12月	上	25.31	25.30	33.19	17.85	18.19	12.45	7.74	7.55	9.31	7.06
	中	24.69	24.83	32.63	17.09	17.41	11.71	7.36	7.05	8.86	7.17
	下	24.19	24.52	32.19	16.50	16.79	11.16	7.16	6.73	8.55	7.15

表 5.1.3-6 平水年各典型断面平均水深计算结果 单位: m

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	25.35	25.33	33.22	17.89	18.23	12.49	7.78	7.59	9.36	7.16
	中	24.87	24.95	32.79	17.30	17.63	11.91	7.43	7.18	8.99	7.17
	下	24.24	24.55	32.24	16.56	16.85	11.22	7.19	6.76	8.58	7.17
2月	上	23.63	24.19	31.74	15.90	16.15	10.66	6.88	6.44	8.44	7.08
	中	22.59	23.52	30.95	14.83	15.19	9.82	6.32	5.82	8.18	7.16
	下	21.28	22.62	30.08	13.56	14.14	8.84	5.71	5.48	8.20	7.06
3月	上	20.24	21.85	29.42	12.58	13.43	8.40	5.28	5.50	8.31	7.00
	中	19.32	21.13	28.82	11.71	13.77	7.64	4.76	5.23	8.08	7.20
	下	18.39	20.39	28.18	10.83	14.78	6.82	4.40	5.39	8.22	7.14
4月	上	17.97	20.07	27.88	10.46	14.39	6.54	4.51	5.67	8.51	6.62
	中	17.82	19.95	27.78	10.34	14.37	6.67	4.99	6.16	9.15	6.86
	下	17.68	19.84	27.68	10.21	14.24	6.57	4.99	6.17	9.13	6.72
5月	上	16.88	19.19	27.12	9.61	14.22	7.19	5.97	7.68	10.69	7.78
	中	14.47	17.13	25.46	8.01	13.83	7.88	6.72	8.24	12.13	9.29
	下	12.65	15.10	24.29	6.20	12.63	6.97	6.37	7.97	11.81	8.77
6月	上	10.56	13.15	23.80	5.47	12.35	6.91	6.39	7.91	11.78	8.87
	中	7.97	10.55	23.21	4.37	11.52	6.14	6.10	7.90	10.98	8.16
	下	8.44	11.02	23.55	3.48	10.13	4.88	5.50	7.15	10.23	7.46
7月	上	15.13	17.58	26.03	7.89	12.67	6.17	5.67	7.28	10.34	7.55
	中	17.45	19.65	27.53	10.21	14.59	8.28	6.57	8.01	11.74	8.88
	下	20.67	22.15	29.72	13.10	14.57	9.60	6.98	8.15	11.79	8.87
8月	上	17.36	19.57	27.46	10.04	13.93	7.66	6.11	7.84	10.84	7.88
	中	13.02	15.54	24.62	6.17	11.82	5.89	5.84	7.63	10.61	7.73
	下	10.57	13.16	23.86	4.43	10.80	5.39	5.73	7.47	10.51	7.63
9月	上	16.40	18.73	26.79	9.07	13.46	6.38	5.46	6.94	10.00	7.30
	中	19.99	21.65	29.24	12.37	13.85	8.34	5.87	6.94	9.93	7.26
	下	21.27	22.61	30.07	13.55	14.19	8.96	5.94	6.31	9.20	6.78
10月	上	24.45	24.72	32.45	16.85	17.17	11.57	7.35	7.19	9.30	6.51
	中	24.80	24.92	32.73	17.23	17.56	11.88	7.47	7.41	9.55	6.51
	下	25.31	25.30	33.19	17.85	18.19	12.46	7.75	7.61	9.44	6.72
11月	上	25.39	25.37	33.26	17.94	18.28	12.55	7.83	7.67	9.48	6.61
	中	25.21	25.21	33.09	17.72	18.06	12.33	7.66	7.55	9.41	6.73
	下	25.08	25.09	32.98	17.56	17.89	12.16	7.52	7.40	9.25	6.97
12月	上	25.13	25.14	33.02	17.63	17.96	12.22	7.56	7.40	9.19	7.19
	中	25.15	25.16	33.04	17.66	18.00	12.29	7.65	7.65	9.66	6.57
	下	25.21	25.21	33.10	17.72	18.07	12.37	7.72	7.74	9.76	6.77

表 5.1.3-7 枯水年各典型断面平均水深计算结果 单位：m

断面	乌江口	涪陵	鹦哥峡	白涛	白马	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址	
1月	上	24.63	24.79	32.58	17.01	17.35	11.69	7.37	7.37	9.62	7.05
	中	24.12	24.48	32.13	16.42	16.72	11.13	7.18	7.02	9.34	6.75
	下	23.44	24.07	31.59	15.70	15.96	10.51	6.81	6.49	8.68	6.57
2月	上	22.20	23.25	30.68	14.44	14.87	9.52	6.12	5.65	8.13	7.20
	中	20.75	22.24	29.75	13.06	13.75	8.60	5.46	5.31	8.10	7.20
	下	19.50	21.27	28.95	11.88	13.33	7.81	4.86	5.23	8.08	7.20
3月	上	18.69	20.64	28.40	11.12	14.86	7.11	4.60	5.50	8.32	6.99
	中	17.96	20.06	27.88	10.45	14.41	6.60	4.66	5.80	8.67	6.61
	下	17.06	19.33	27.23	9.60	13.44	5.82	4.25	5.61	8.45	6.71
4月	上	16.41	18.80	26.78	9.07	13.20	6.02	5.04	6.56	9.52	7.32
	中	17.44	19.64	27.50	9.99	14.01	6.39	4.95	6.13	9.05	6.85
	下	16.21	18.64	26.64	8.82	12.58	5.24	3.98	5.49	8.32	7.03
5月	上	15.31	17.89	26.01	8.11	12.38	5.62	5.16	6.70	9.70	7.32
	中	14.64	17.23	25.57	7.95	13.76	7.65	6.54	8.19	12.12	9.05
	下	11.79	14.31	23.91	4.87	10.74	5.17	5.58	7.20	10.30	7.52
6月	上	9.27	11.85	23.78	3.67	10.18	4.89	5.51	7.11	10.22	7.47
	中	8.64	11.13	23.13	3.50	9.98	4.79	5.43	7.00	10.10	7.37
	下	8.66	11.18	23.39	3.68	10.41	5.15	5.66	7.38	10.40	7.58
7月	上	11.92	14.39	24.12	4.88	10.45	4.88	5.40	6.97	10.04	7.34
	中	13.32	15.85	24.63	5.73	10.17	4.19	4.74	6.11	9.09	6.84
	下	15.40	17.98	26.07	8.07	11.84	4.79	4.08	5.61	8.46	6.83
8月	上	12.91	15.53	24.51	5.17	9.04	2.89	3.55	5.27	8.11	7.19
	中	10.72	13.29	23.87	2.74	7.20	1.91	3.60	5.31	8.16	7.15
	下	9.58	12.17	23.74	2.05	6.92	1.93	3.70	5.39	8.23	7.03
9月	上	12.11	14.63	24.24	4.35	8.98	3.53	4.52	6.05	8.97	7.01
	中	18.20	20.25	28.06	10.82	13.53	7.98	5.96	7.26	10.49	7.80
	下	20.47	22.03	29.57	12.80	13.53	8.50	5.50	5.88	8.74	6.60
10月	上	21.16	22.54	30.00	13.44	14.05	8.76	5.65	5.44	8.18	7.18
	中	23.07	23.83	31.32	15.33	15.63	10.21	6.58	6.06	8.18	7.20
	下	24.61	24.78	32.56	16.99	17.31	11.62	7.32	7.00	8.80	7.17
11月	上	25.31	25.30	33.19	17.85	18.19	12.45	7.73	7.54	9.29	7.20
	中	25.57	25.53	33.43	18.17	18.52	12.76	7.98	7.75	9.44	7.19
	下	25.44	25.42	33.31	18.01	18.34	12.61	7.86	7.66	9.39	7.13
12月	上	25.31	25.30	33.19	17.84	18.18	12.44	7.73	7.55	9.31	7.17
	中	25.03	25.05	32.93	17.50	17.83	12.10	7.47	7.31	9.11	7.21
	下	24.81	24.91	32.74	17.23	17.56	11.84	7.38	7.13	8.94	7.21

### 5.1.3.2 库区河段水文情势

#### (1) 库区水位日变化

白马航电枢纽反调节日运行方式为，在电力系统日负荷低谷时段（银盘水电站出力较小，江口水电站不发电时），发电下泄 387m<sup>3</sup>/s 的航运基荷流量，库水位相应降低；在电力系统日负荷高峰时段（江口水电站担任调峰、调频任务，下泄不恒定流时）进行反调节，仅承担部分腰荷，库水位相应升高。根据可研报告，选择设计枯水年（频率为 95%）8 月典型日和 10 月典型日分析白马枢纽反调节运行对库水位变化的影响。

设计枯水年 8 月典型日，白马航电枢纽 0 时~8 时下泄航运基流，8 时~24 时反调节运行，全天库水位在 183.09m~184.00m 之间变化，水库最大消落深度 0.91m。设计枯水年 10 月典型日，白马航电枢纽 23 时~次日 10 时下泄航运基流，10 时~23 时反调节运行，全天库水位在 183.4m~184.0m 之间变化，水库最大消落深度 0.60m。白马航电枢纽典型日运行库区水位过程见表 5.1.3-8、图 5.1.3-8 和图 5.1.3-9。

表 5.1.3-8 白马航电枢纽典型日库区水位过程表

小时	设计枯水年 8 月	设计枯水年 10 月	小时	设计枯水年 8 月	设计枯水年 10 月
1	183.95	183.83	13	183.36	183.53
2	183.9	183.78	14	183.42	183.57
3	183.77	183.73	15	183.48	183.62
4	183.63	183.69	16	183.55	183.66
5	183.49	183.64	17	183.61	183.7
6	183.35	183.59	18	183.67	183.56
7	183.21	183.54	19	183.74	183.79
8	183.09	183.5	20	183.8	183.83
9	183.1	183.45	21	183.86	183.92
10	183.17	183.4	22	183.93	183.96
11	183.23	183.45	23	183.99	184
12	183.29	183.49	24	184	183.87

图 5.1.3-8 白马航电枢纽设计枯



图 5.1.3-9 白马航电枢纽设计枯水年 10 月典型日库区水位过程图

## (2) 库区断面水文要素变化

白马航电枢纽建成后，库区整体水位抬升，白马坝址处水位抬升最明显，由坝址到库尾水位抬升幅度减缓，同时，库区河道内河面面宽增大，相同断面过流面积增大，坝址处最显著，相同流量下流速减缓。在 MIKE11 模型中加入可控建筑物模拟白马航电枢纽运行，保持坝前水位为正常水位 184m，计算工程建成后库区水文情势变化。

选取库区白马坝址、羊角、桃子沟、石鼻子、杨家沱和银盘坝址等 6 个典型断面对比工程前后水文要素变化。各断面丰、平、枯水年逐旬水文要素变化情况见附表 13~附表 15。水文要素特征值统计如表 5.1.3-9~5.1.3-11 所示。

### 1) 白马坝址断面

白马航电枢纽建设前，受三峡水库顶托影响，白马坝址处丰、平、枯水年年平均水位分别为 164.59m、166.01m 和 163.65m，水库建设后，水位基本常年保持在 184m。坝址处水位最大上升 32.30m，出现在丰水年 9 月上旬；流速最大减小 1.54m/s，出现在丰水年 6 月下旬；水面宽度最大增加 95.21m，出现在丰水年 9 月上旬；平均水深最大增加 17.86m，出现在丰水年 9 月上旬。

### 2) 羊角断面

羊角断面距离白马坝址约 6.9km。白马航电枢纽建成前，受三峡水库顶托，此断面丰、平、枯水年年平均水位分别为 165.85m、166.86m 和 164.45m，水库建成后，水位基本为 184.01m。羊角断面处水位最大上升 29.81m，出现在丰水年 9 月上旬；流速最大减小 2.41m/s，出现在丰水年 9 月上旬；水面宽度最大增加 135.85m，出现在丰水年 9 月上旬；平均水深最大增加 17.88m，出现在丰水年 9 月上旬。

### 3) 桃子沟断面

桃子沟断面距离白马坝址约 17.3km。白马航电枢纽建成前，受三峡水库顶托影响，此断面丰、平、枯水年年平均水位分别为 168.83m、168.97m 和 167.24m，水库建成后，丰、平、枯水年年平均水位分别为 184.06m、184.04m、184.02m。桃子沟断面处水位最大上升 21.79m，出现在枯水年 8 月上旬；流速最大减小 2.71m/s，出现在枯水年 5 月中旬；水面宽度最大增加 158.59m，出现在丰水年 8 月上旬；平均水深最大增加 9.92m，出现在枯水年 8 月上旬。

### 4) 石鼻子断面

石鼻子断面距离白马坝址约 27.1km。白马航电枢纽建成前，此断面丰、平、枯水年年平均水位分别为 172.38m、172.03m 和 170.60m，水库建成后，丰、平、枯水年年平均水位分别为 184.32m、184.23m、184.11m。石鼻子断面处水位最大上升 16.19m，出现在枯水年 2 月下旬；流速最大减小 1.87m/s，出现在枯水年 5 月中旬；水面宽度最大增加 103.19m，出现在平水年 3 月中旬；平均水深最大增加 7.26m，出现在枯水年 2 月下旬。

### 5) 杨家沱断面

杨家沱断面距离白马坝址约 38.3km。白马航电枢纽建成前，此断面丰、平、枯水年年平均水位分别为 175.22m、174.62m 和 173.08m，水库建成后，丰、平、枯水年年平均水位分别为 184.84m、184.61m、184.31m。杨家沱断面处水位最大上升 13.21m，出现在平水年 3 月中旬；流速最大减小 1.02m/s，出现在平水年 6 月中旬；水面宽度最大增加 42.14m，出现在平水年 3 月中旬；平均水深最大增加 5.11m，出现在平水年 3 月中旬。

### 6) 银盘坝址断面

银盘断面距离白马坝址约 46km。白马航电枢纽建成前，此断面丰、平、枯水年年平均水位分别为 180.67m、179.96m 和 178.91m，水库建成后，丰、

平、枯水年年平均水位分别为 185.34m、185.02m、184.56m。银盘断面处水位最大上升 6.67m，出现在枯水年 10 月中旬；流速最大减小 0.65m/s，出现在平水年 8 月上旬；水面宽度最大增加 57.05m，出现在枯水年 10 月中旬；平均水深最大增加 2.61m，出现在平水年 10 月中旬。

表 5.1.3-9 丰水年水文要素变化情况统计表

水文要素 \ 断面		白马坝址	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址
水位 (m)	建库前平均	164.59	165.85	168.83	172.38	175.22	180.67
	建库后平均	184.00	184.02	184.06	184.32	184.84	185.34
	最大增加	32.30	29.81	21.65	15.97	13.02	6.60
		9 月上	12 月中				
	最大增幅	21.3%	19.3%	13.3%	9.5%	7.6%	3.7%
		9 月上	12 月中				
流速 (m/s)	建库前平均	0.92	1.42	2.10	1.93	1.86	1.50
	建库后平均	0.33	0.36	0.53	0.70	1.07	1.02
	最大减少	-1.54	-2.41	-2.71	-1.84	-1.08	-0.64
		6 月下	9 月上	5 月中	4 月下	4 月下	4 月中
	最大减幅	-84.6%	-95.8%	-90.1%	-79.4%	-60.2%	-51.5%
		9 月上	12 月中				
水面宽 (m)	建库前平均	155.45	185.58	134.76	113.63	83.00	123.50
	建库后平均	217.57	248.64	244.73	192.43	116.55	150.76
	最大增加	95.21	135.95	157.94	102.04	41.76	55.82
		9 月上	12 月中				
	最大增幅	77.8%	120.7%	182.7%	113.9%	58.8%	62.6%
		9 月上	12 月中				
平均水深 (m)	建库前平均	13.89	8.43	6.35	7.24	10.00	7.54
	建库后平均	24.49	19.70	13.50	12.70	13.40	9.56
	最大增加	17.86	17.88	9.84	7.15	5.01	2.52
		9 月上	3 月上				
	最大增幅	269.4%	987.6%	270.9%	134.0%	61.2%	38.1%
		9 月上	3 月上				

表 5.1.3-10 平水年水文要素变化情况统计表

水文要素 \ 断面		白马坝址	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址
水位 (m)	建库前平均	166.01	166.86	168.97	172.03	174.62	179.96
	建库后平均	184.00	184.01	184.04	184.23	184.61	185.02
	最大增加	27.34	24.48	20.24	16.19	13.21	6.64
		6 月下	6 月下	3 月下	3 月中	3 月中	3 月中
	最大增幅	17.5 %	15.3%	12.4%	9.6%	7.7%	3.7%
		6 月下	6 月下	3 月下	3 月中	3 月中	3 月中
流速 (m/s)	建库前平均	0.75	1.08	1.82	1.70	1.63	1.35
	建库后平均	0.27	0.30	0.44	0.59	0.91	0.88

水文要素		断面	白马坝址	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址
	最大减少		-1.31	-2.20	-2.69	-1.82	-1.02	-0.65
			6月上	6月下	6月上	6月上	6月中	8月上
	最大减幅		-75.9%	-84.6%	-87.8%	-80.2%	-61.5%	-51.6%
			6月下	6月下	3月下	3月中	3月中	3月中
水面宽 (m)	建库前平均		156.08	191.69	136.24	111.49	81.16	117.10
	建库后平均		217.57	248.62	244.63	192.15	115.60	149.30
	最大增加		89.91	96.57	150.79	103.19	42.14	56.74
			6月下	6月下	3月下	3月中	3月中	3月中
最大增幅		70.4%	63.5%	161.1%	116.7%	59.7%	64.3%	
		6月下	6月下	3月下	3月中	3月中	3月中	
平均水深 (m)	建库前平均		14.97	9.00	6.39	7.07	9.74	7.36
	建库后平均		24.49	19.69	13.49	12.64	13.32	9.41
	最大增加		14.36	14.81	9.07	7.26	5.11	2.61
			6月下	6月下	3月下	3月中	3月中	10月中
最大增幅		141.8%	303.3%	206.3%	138.8%	63.3%	40.0%	
		6月下	6月下	3月下	3月中	3月中	10月中	

表 5.1.3-11 枯水年水文要素变化情况统计表

水文要素		断面	白马坝址	羊角	桃子沟	石鼻子	杨家沱	银盘坝址
水位 (m)	建库前平均		163.65	164.45	167.24	170.60	173.08	178.91
	建库后平均		184.00	184.01	184.02	184.11	184.31	184.56
	最大增加		31.88	29.66	21.79	16.19	13.21	6.67
			8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	10月中
最大增幅		21.0%	19.2%	13.4%	9.6%	7.7%	3.8%	
		8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	10月中	
流速 (m/s)	建库前平均		0.59	1.09	1.60	1.41	1.31	1.07
	建库后平均		0.19	0.20	0.30	0.41	0.65	0.64
	最大减少		-1.22	-2.36	-2.69	-1.87	-0.97	-0.59
			5月中	8月下	5月中	5月中	7月上	6月下
最大减幅		-83.9%	-95.7%	-90.9%	-80.2%	-61.6%	-51.6%	
		8月下	8月中	8月上	2月下	8月中	10月中	
水面宽 (m)	建库前平均		150.58	177.48	122.33	103.15	76.53	106.78
	建库后平均		217.57	248.60	244.48	191.85	114.11	147.15
	最大增加		94.63	134.85	158.59	103.18	42.14	57.05
			8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	10月中
最大增幅		77.0%	118.6%	184.9%	116.7%	59.7%	64.9%	
		8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	10月中	
平均水深 (m)	建库前平均		13.59	7.64	5.72	6.47	9.11	7.17
	建库后平均		24.49	19.69	13.48	12.56	13.25	9.18
	最大增加		17.58	17.78	9.92	7.26	5.11	2.49
			8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	9月下
最大增幅		254.1%	931.8%	279.5%	138.7%	63.3%	37.7%	
		8月下	8月中	8月上	2月下	2月下	9月下	

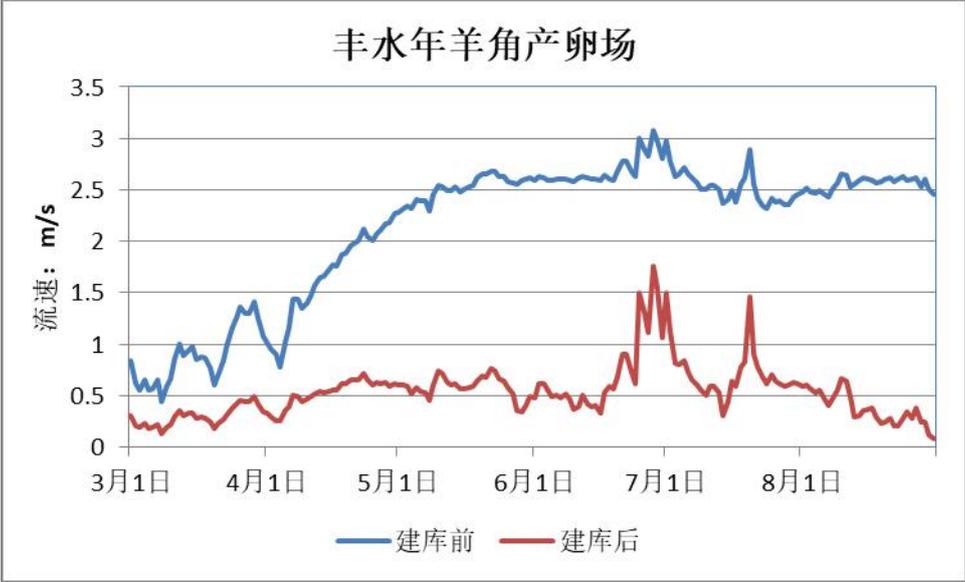
### (3) 库区产卵场典型断面流速变化分析

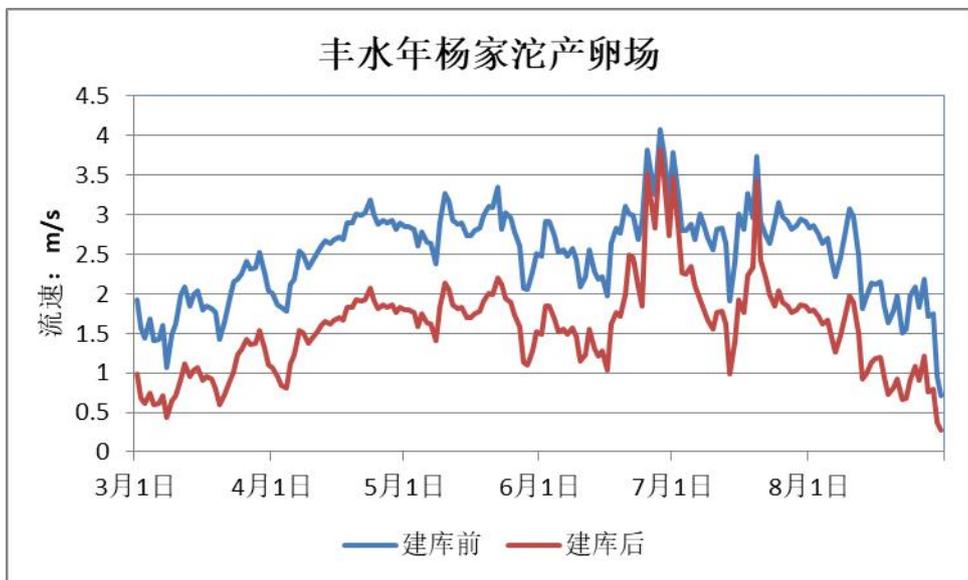
据调查，拟建白马航电库区共分布 4 处产卵场，羊角产卵场长约 6km，距离坝址 3.8km~9.8km；桃子沟产卵场长约 7km，距离坝址 12.8km~19.8km；石鼻子产卵场长约 5km，距离坝址 23.8km~28.8km；杨家沱产卵场长约 9km，距离坝址 34.8km~43.8km。白马航电枢纽建成后，受库区整体水位抬升，河道内河面面宽增大，过流面积增大影响，库区产卵场流速变化见附表 16 和图 5.1.3-10。

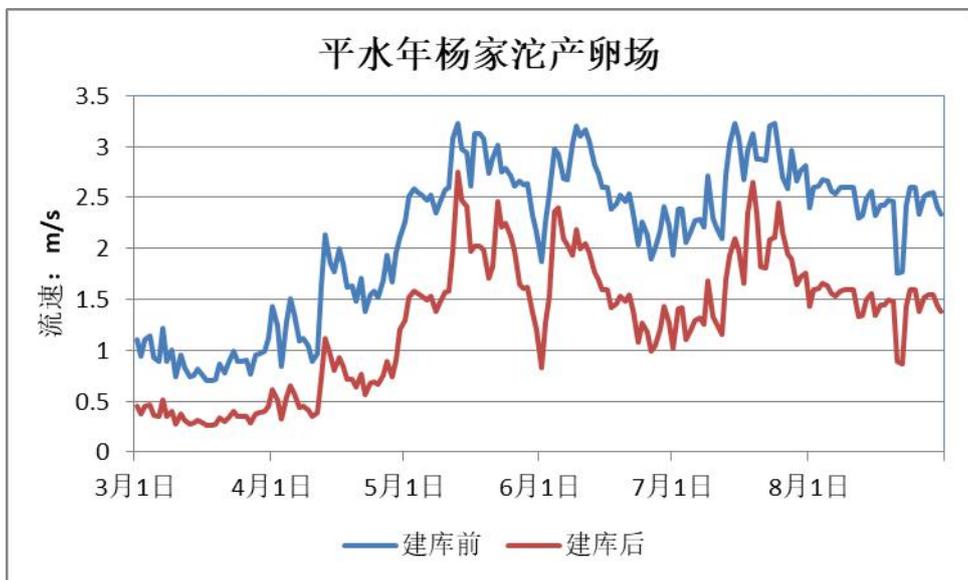
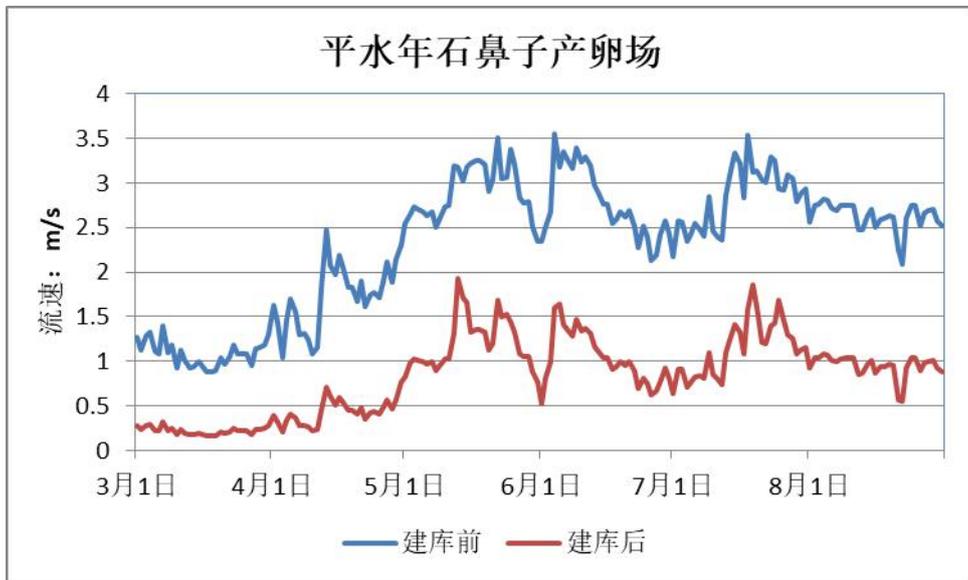
水库建成前，丰水年鱼类繁殖期（3 月~8 月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.44m/s~3.08m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 1.13m/s~4.43m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.90m/s~3.56m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.71m/s~4.07m/s；平水年鱼类繁殖期（3 月~8 月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.30m/s~2.75m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 0.85m/s~4.17m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.88m/s~3.55m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.70m/s~3.23m/s；枯水年鱼类繁殖期（3 月~8 月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.40m/s~2.67m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 1.16m/s~3.86m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.90m/s~3.46m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.72m/s~3.28m/s。

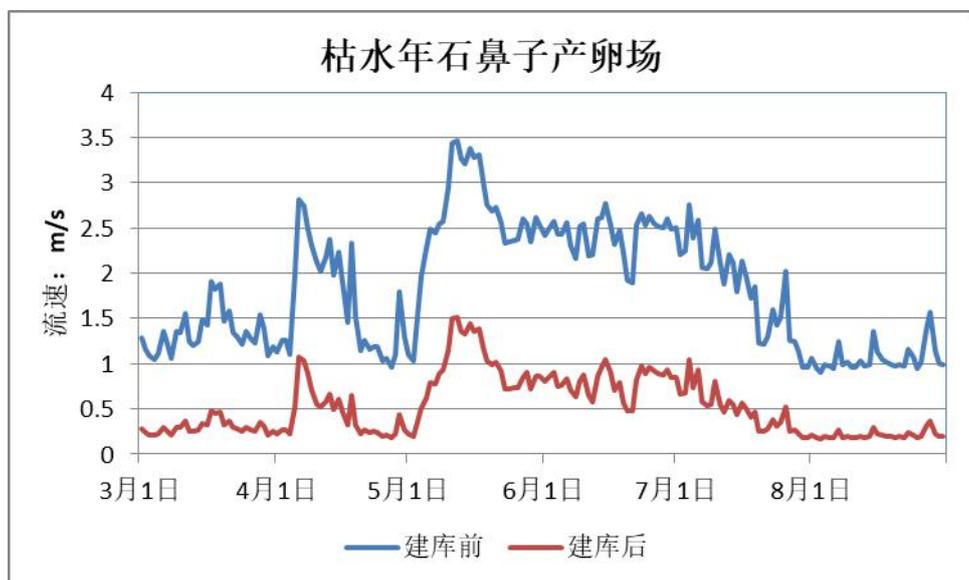
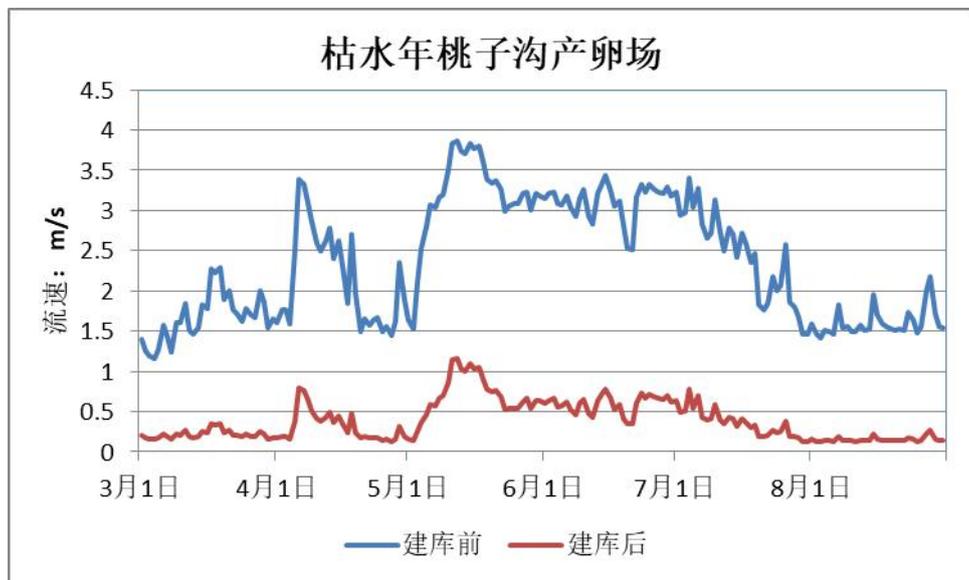
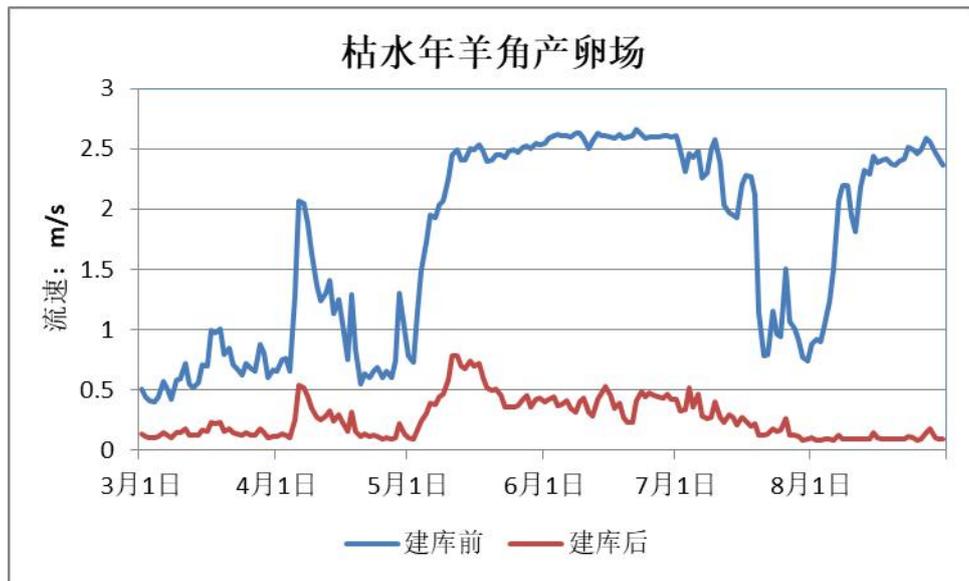
水库建成后，丰水年鱼类繁殖期（3 月~8 月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.08m/s~1.76m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 0.12m/s~2.49m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.17m/s~2.85m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.27m/s~3.81m/s；平水年鱼类繁殖期（3 月~8 月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.08m/s~1.05m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 0.12m/s~1.53m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.16m/s~1.93m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.26m/s~2.76m/s；枯水年鱼类

繁殖期（3月~8月）羊角产卵场典型断面流速范围为 0.08m/s~0.79m/s，桃子沟产卵场典型断面流速范围为 0.12m/s~1.16m/s，石鼻子产卵场典型断面流速范围为 0.17m/s~1.51m/s，杨家沱产卵场典型断面流速范围为 0.27m/s~2.23m/s。









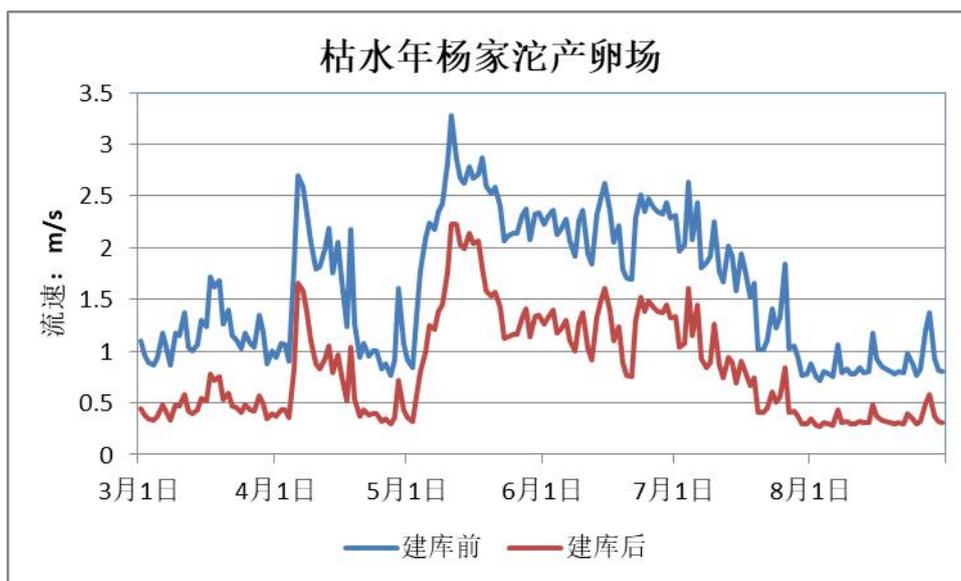


图 5.1.3-10 不同典型年产卵场典型断面流速变化图

### 5.1.3.3 坝下游水文情势

由于白马航电枢纽仅具有日调节性能，坝下游河段旬平均水位、流量、流速等水文要素与现状保持一致。重要断面典型年水文特征见 5.1.3.1 章节。考虑到白马航电枢纽具有对银盘水电站运行进行反调节的作用，反调节运行会引起坝下游河段水位、流量的日内波动，选择典型日对电站反调节运行的影响进行分析。

选取枯水年 1~12 月的各月典型日分析白马枢纽对上游不均匀来流的均化作用，并针对均化幅度较大的月份，进一步分析坝址下游日水位、流量变化情况。表 5.1.3-12 列出了各月典型日白马对上游梯级的反调节情况。图 5.1.3-11 为各月典型日流量、水位变幅对比图。

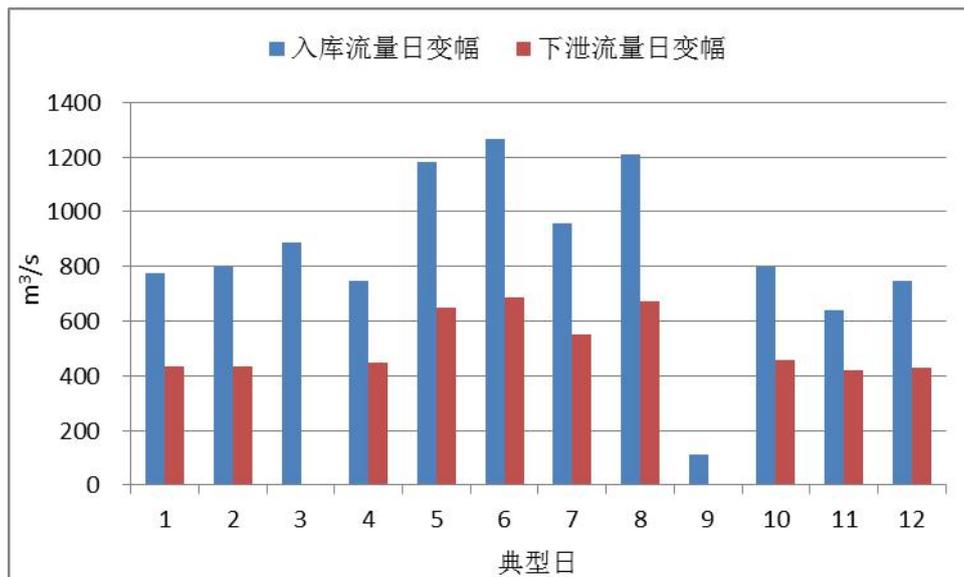
表 5.1.3-12 白马航电枢纽段枯水年典型日反调节作用分析表

典型日	入库流量 (m <sup>3</sup> /s)			下泄流量 (m <sup>3</sup> /s)			流量调节幅度* (m <sup>3</sup> /s)
	最大值	最小值	日变幅	最大值	最小值	日变幅	
1 月	1220	445	775	932	500	432	343
2 月	1267	470	797	973	537	436	361
3 月	1508	620	888	918	918	0	888
4 月	1254	505	749	1036	590	446	302

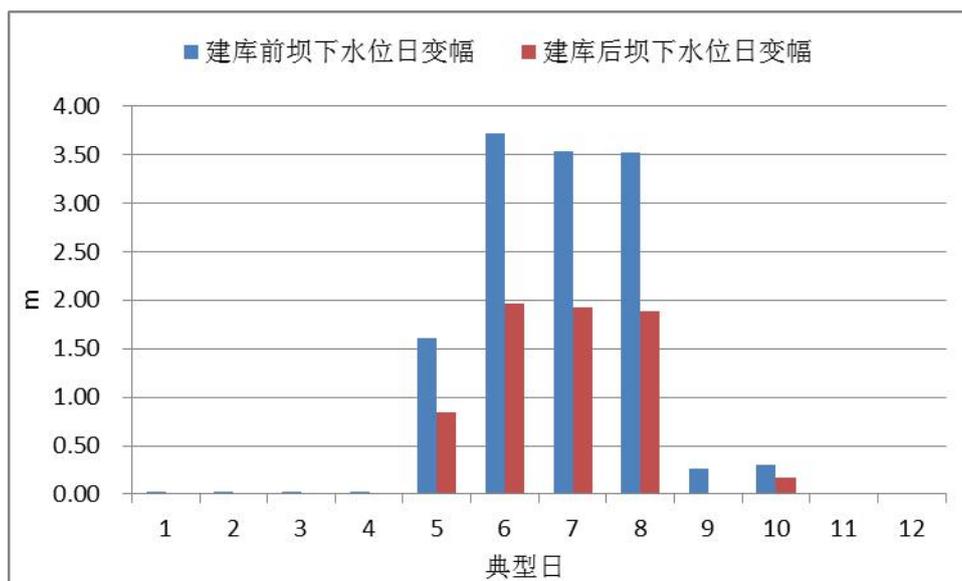
典型日	入库流量 (m <sup>3</sup> /s)			下泄流量 (m <sup>3</sup> /s)			流量调节幅度* (m <sup>3</sup> /s)
	最大值	最小值	日变幅	最大值	最小值	日变幅	
5月	2025	845	1180	1698	1050	648	531
6月	2275	1010	1265	2023	1335	688	577
7月	1569	610	959	1409	860	549	409
8月	2117	910	1207	1949	1275	674	533
9月	2756	2645	111	2756	2756	0	111
10月	1278	480	798	1039	580	459	339
11月	1061	420	641	909	490	419	222
12月	1166	420	746	926	495	431	315
典型日	建库前坝下水位 (m)			建库后坝下水位 (m)			水位调节幅度* (m)
	最大值	最小值	日变幅	最大值	最小值	日变幅	
1月	173.15	173.13	0.02	173.14	173.13	0.01	0.01
2月	172.51	172.49	0.02	172.50	172.49	0.01	0.02
3月	173.40	173.37	0.03	173.37	173.37	0.00	0.03
4月	172.80	172.78	0.02	172.79	172.78	0.01	0.02
5月	161.33	159.72	1.61	160.78	159.93	0.85	0.76
6月	158.16	154.46	3.71	157.52	155.56	1.96	1.75
7月	156.28	152.76	3.52	155.80	153.87	1.93	1.60
8月	157.90	154.39	3.51	157.47	155.59	1.88	1.64
9月	159.86	159.59	0.27	159.86	159.86	0.00	0.27
10月	167.33	167.02	0.31	167.21	167.04	0.17	0.14
11月	173.54	173.53	0.01	173.54	173.53	0.01	0.00
12月	173.41	173.39	0.02	173.40	173.39	0.01	0.01

\*流量调节幅度=入库流量日变幅-下泄流量日变幅

\*水位调节幅度=建库前坝下水位日变幅-建库后坝下水位日变幅



(a) 流量变幅对比图



(b) 水位变幅对比图

图 5.1.3-11 白马航电枢纽枯水年各月典型日流量、水位变幅对比图

白马入库流量为上游银盘和江口电站下泄流量之和。从白马对上游梯级下泄流量的反调节作用来看,流量调节幅度最大的五个典型日为3月、5~8月,调节幅度分别达到 $888\text{m}^3/\text{s}$ 、 $531\text{m}^3/\text{s}$ 、 $577\text{m}^3/\text{s}$ 、 $409\text{m}^3/\text{s}$ 、 $533\text{m}^3/\text{s}$ ;水位调节幅度最大的五个典型日为5~9月,调节幅度分别达到0.76m、1.75m、1.60m、1.64m、0.27m。其中,上游来水流量和水位日变化幅度最大的均为6月典型日,流量、水位日变幅分别达到 $1265\text{m}^3/\text{s}$ 和3.71m,经过白马的反调节作用,下泄流量与坝下水位变幅分别减小到 $688\text{m}^3/\text{s}$ 和1.75m。

综合流量与水位调节幅度的统计结果可以看到,白马对上游不均匀来流的均化作用较明显,使其坝下流量、水位变幅趋于平缓,特别是汛期5~8月均化幅度最大。为进一步分析白马对坝下游河段流量、水位的调节作用,选取白马坝下、白涛(产卵场)、鹦哥峡(产卵场)断面5~8月典型日的日流量、水位变化过程来说明。

### (1) 白马坝下断面

1) 5月典型日

5月典型日建库前后坝下水位流量变化见表 5.1.3-13 和图 5.1.3-12。从图表中看出，白马入库流量变化范围为 845~2025m<sup>3</sup>/s，下泄流量变化范围为 1050~1698m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1180m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 648m<sup>3</sup>/s。建库前坝下水位在 159.72~161.33m 之间变动，水位变幅为 1.61m；建库后坝下水位在 159.93~160.78m 之间变动，水位变幅为 0.85m。

5月白马入库流量逐渐增加，流量变幅也相应增大，经白马反调节作用后，坝下流量和水位变幅减小。

表 5.1.3-13 白马航电枢纽枯水年 5 月典型日坝下水位流量变化表

时段	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	845	1050	159.72	159.93
2	845	1050	159.72	159.93
3	845	1050	159.72	159.93
4	845	1050	159.72	159.93
5	845	1050	159.72	159.93
6	845	1050	159.72	159.93
7	845	1050	159.72	159.93
8	845	1050	159.72	159.93
9	845	1050	159.72	159.93
10	1281	1347	160.21	160.29
11	1794	1698	160.92	160.78
12	1791	1698	160.92	160.78
13	1791	1698	160.92	160.78
14	1791	1698	160.92	160.78
15	1791	1698	160.92	160.78
16	1794	1698	160.92	160.78
17	1794	1698	160.92	160.78
18	2025	1698	161.33	160.78
19	1917	1698	161.13	160.78
20	2025	1698	161.33	160.78
21	2025	1698	161.33	160.78
22	2025	1698	161.33	160.78
23	1281	1347	160.21	160.29
24	845	1050	159.72	159.93
变幅	1180	648	1.61	0.85

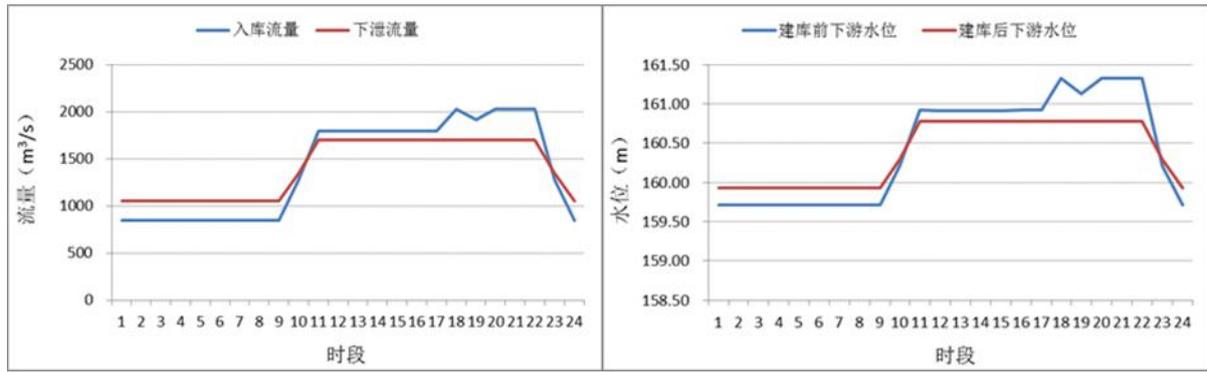


图 5.1.3-12 白马航电枢纽枯水年 5 月典型日坝下流量水位变化图

## 2) 6 月典型日

6 月典型日为丰水期代表日，建库前后坝下水位流量变化见表 5.1.3-14 和图 5.1.3-13。从图表中看出，白马航电枢纽入流流量在 1010~2275m<sup>3</sup>/s 之间变动，建库后坝址下游流量在 1335~2023m<sup>3</sup>/s 之间变动，流量变幅由建库前 1265m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 688m<sup>3</sup>/s。建库前坝下水位在 154.46~158.16m 之间变动，水位最大变幅为 3.71m；建库后坝下水位在 155.56~157.52m 之间变动，水位最大变幅为 1.96m。

6 月上游来水不仅流量大，波动幅度也较大，使得建库前坝下流量与水位变幅剧烈；经白马反调节运行后，坝下流量和水位变幅减缓。

表 5.1.3-14 白马航电枢纽枯水年 6 月典型日坝下水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1010	1335	154.46	155.56
2	1010	1335	154.46	155.56
3	1010	1335	154.46	155.56
4	1010	1335	154.46	155.56
5	1010	1335	154.46	155.56
6	1010	1335	154.46	155.56
7	1010	1335	154.46	155.56
8	1010	1335	154.46	155.56
9	1011	1335	154.46	155.56
10	1494	1661	156.07	156.55
11	2275	2023	158.16	157.52
12	2275	2023	158.16	157.52
13	2275	2023	158.16	157.52
14	2275	2023	158.16	157.52

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
15	2275	2023	158.16	157.52
16	2275	2023	158.16	157.52
17	2275	2023	158.16	157.52
18	2275	2023	158.16	157.52
19	2275	2023	158.16	157.52
20	2275	2023	158.16	157.52
21	2275	2023	158.16	157.52
22	2275	2023	158.16	157.52
23	2275	2023	158.16	157.52
24	1471	1661	156.00	156.55
变幅	1265	688	3.71	1.96

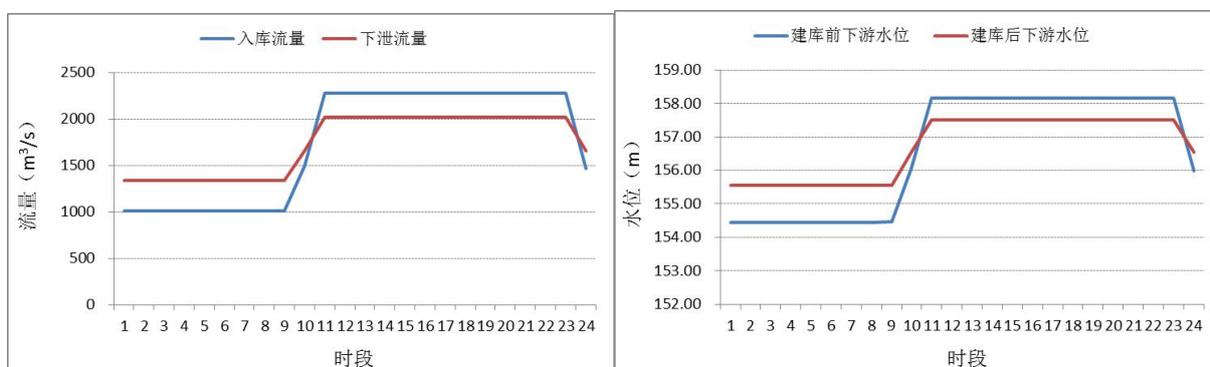


图 5.1.3-13 白马航电枢纽枯水年 6 月典型日坝下流量水位变化图

### 3) 7 月典型日

7 月典型日建库前后坝下流量水位变化见表 5.1.3-15 和图 5.1.3-14。从图表中看出，白马航电枢纽入流流量在 610~1569m<sup>3</sup>/s 之间变动，建库后下泄流量在 860~1409m<sup>3</sup>/s 之间变动，流量变幅由建库前 959m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 549m<sup>3</sup>/s。建库前坝下水位在 152.76~156.28m 之间变动，水位最大变幅为 3.52m；建库后坝下水位在 153.87~155.80m 之间变动，水位最大变幅为 1.93m。经白马反调节作用，7 月典型日日流量变幅减小 409m<sup>3</sup>/s，日水位变幅减小 1.60m，波动幅度大幅减小，对坝下流量和水位的均化作用较为显著。

表 5.1.3-15 白马航电枢纽枯水年 7 月典型日坝下水位流量变化表

时段	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	617	860	152.80	153.87
2	610	860	152.76	153.87

3	610	860	152.76	153.87
4	610	860	152.76	153.87
5	610	860	152.76	153.87
6	610	860	152.76	153.87
7	610	860	152.76	153.87
8	610	860	152.76	153.87
9	869	860	153.91	153.87
10	1149	1117	154.95	154.83
11	1569	1409	156.28	155.80
12	1569	1409	156.28	155.80
13	1569	1409	156.28	155.80
14	1569	1409	156.28	155.80
15	1569	1409	156.28	155.80
16	1569	1409	156.28	155.80
17	1569	1409	156.28	155.80
18	1569	1409	156.28	155.80
19	1569	1409	156.28	155.80
20	1569	1409	156.28	155.80
21	1569	1409	156.28	155.80
22	1569	1409	156.28	155.80
23	1149	1117	154.95	154.83
24	869	860	153.91	153.87
变幅	959	549	3.52	1.93

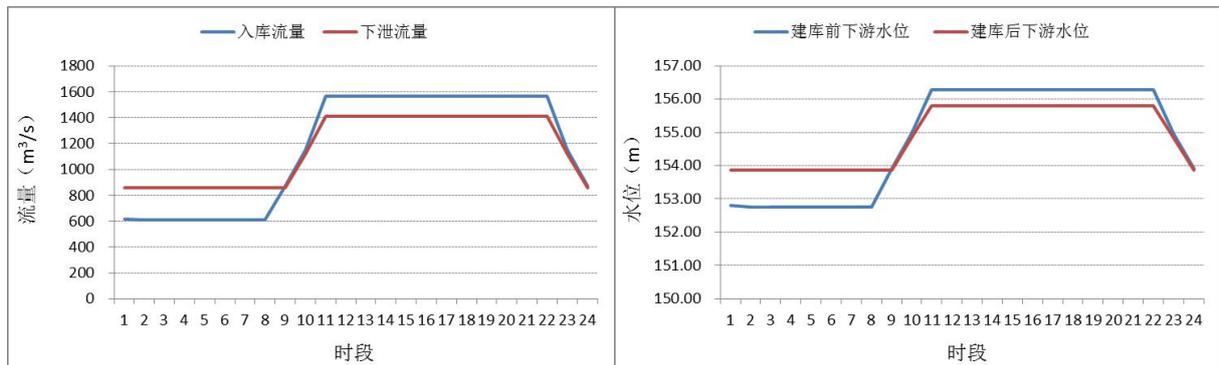


图 5.1.3-14 白马航电枢纽枯水年 7 月典型日坝下流量水位变化图

#### 4) 8 月典型日

8 月典型日白马航电枢纽建库前后坝下水位流量变化见表 5.1.3-16，图 5.1.3-15。

白马航电枢纽从 0 时开始至 8 时进行反调节运行。设计枯水年 8 月典型日入库流量在 910~2117m<sup>3</sup>/s 之间变动，建库后坝址下游流量在 1275~1949m<sup>3</sup>/s 之间变动，流量变幅由建库前的 1207m<sup>3</sup>/s 减小为 674m<sup>3</sup>/s。建库前坝下水位在 154.39~157.9m 之间变动，水位最大变幅为 3.51m；建库后坝

下水位在 155.59~157.47m 之间变动，水位最大变幅为 1.88m。建库后白马坝下日内流量变幅和水位变幅都将小于建库前。

表 5.1.3-16 白马航电枢纽枯水年 8 月份典型日坝下水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1167	1275	155.26	155.59
2	1167	1275	155.26	155.59
3	912	1275	154.39	155.59
4	910	1275	154.39	155.59
5	910	1275	154.39	155.59
6	910	1275	154.39	155.59
7	910	1275	154.39	155.59
8	958	1275	154.56	155.59
9	1597	1595	156.54	156.53
10	2117	1949	157.90	157.47
11	2117	1949	157.90	157.47
12	2117	1949	157.90	157.47
13	2117	1949	157.90	157.47
14	2117	1949	157.90	157.47
15	2117	1949	157.90	157.47
16	2117	1949	157.90	157.47
17	2117	1949	157.90	157.47
18	2117	1949	157.90	157.47
19	2117	1949	157.90	157.47
20	2117	1949	157.90	157.47
21	2117	1949	157.90	157.47
22	2117	1949	157.90	157.47
23	2117	1949	157.90	157.47
24	1597	1595	156.54	156.53
变幅	1207	674	3.51	1.88

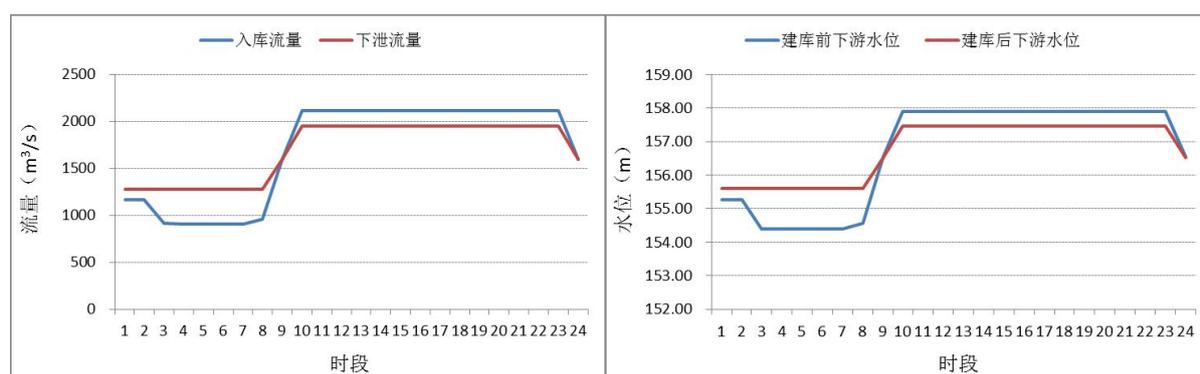


图 5.1.3-15 白马航电枢纽枯水年 8 月典型日坝下水位流量变化图

(2) 白涛断面

1) 5 月典型日

5月典型日建库前后白涛断面水位流量变化见表 5.1.3-17 和图 5.1.3-16。从图表中看出，经白马反调节作用后，白涛断面流量和水位变幅减小：建库前白涛断面流量变化范围为 853~2045m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 1061~1715m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1192m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 654m<sup>3</sup>/s；建库前白涛水位在 159.45~160.36m 之间变动，建库后白涛水位在 159.57~160.09m 之间变动，水位变幅由建库前 0.91 减小为建库后 0.52m。

表 5.1.3-17 枯水年 5 月典型日白涛断面水位流量变化表

时段	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	853	1061	159.45	159.57
2	853	1061	159.45	159.57
3	853	1061	159.45	159.57
4	853	1061	159.45	159.57
5	853	1061	159.45	159.57
6	853	1061	159.45	159.57
7	853	1061	159.45	159.57
8	853	1061	159.45	159.57
9	853	1061	159.45	159.57
10	1294	1360	159.79	159.81
11	1812	1715	160.15	160.09
12	1809	1715	160.15	160.09
13	1809	1715	160.15	160.09
14	1809	1715	160.15	160.09
15	1809	1715	160.15	160.09
16	1812	1715	160.15	160.09
17	1812	1715	160.15	160.09
18	2045	1715	160.36	160.09
19	1936	1715	160.24	160.09
20	2045	1715	160.36	160.09
21	2045	1715	160.36	160.09
22	2045	1715	160.36	160.09
23	1294	1360	159.79	159.81
24	853	1061	159.45	159.57
变幅	1192	654	0.91	0.52

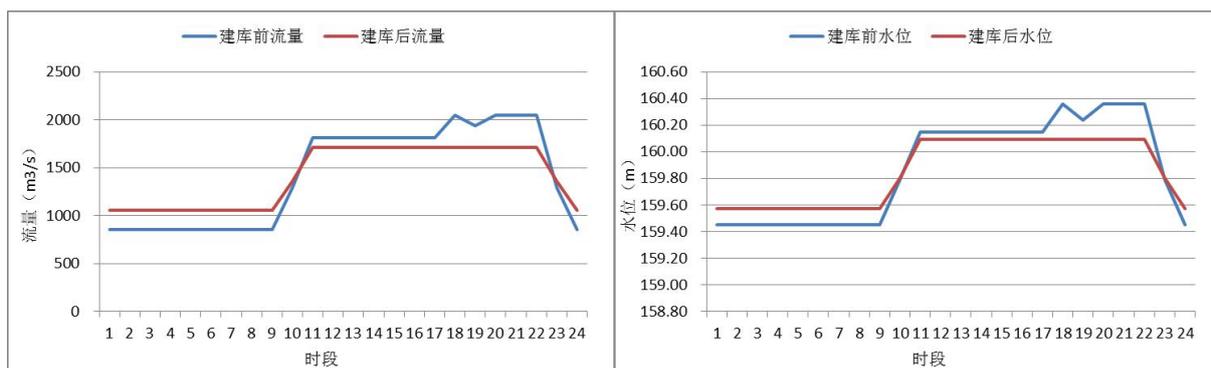


图 5.1.3-16 枯水年 5 月典型日白涛断面水位流量变化图

## 2) 6 月典型日

6 月典型日建库前后白涛断面水位流量变化见表 5.1.3-18 和图 5.1.3-17。从图表中看出，经白马反调节作用后，白涛断面流量和水位变幅减小：建库前白涛断面流量变化范围为 1020~2298m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 1348~2043m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1278m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 695m<sup>3</sup>/s；建库前白涛水位在 152.45~154.70m 之间变动，建库后白涛水位在 153.16~154.32m 之间变动，水位变幅由建库前 2.25m 减小为建库后 1.16m。

表 5.1.3-18 枯水年 6 月典型日白涛断面水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1020	1348	152.45	153.16
2	1020	1348	152.45	153.16
3	1020	1348	152.45	153.16
4	1020	1348	152.45	153.16
5	1020	1348	152.45	153.16
6	1020	1348	152.45	153.16
7	1020	1348	152.45	153.16
8	1020	1348	152.45	153.16
9	1021	1348	152.45	153.16
10	1509	1678	153.32	153.52
11	2298	2043	154.70	154.32
12	2298	2043	154.70	154.32
13	2298	2043	154.70	154.32
14	2298	2043	154.70	154.32
15	2298	2043	154.70	154.32
16	2298	2043	154.70	154.32
17	2298	2043	154.70	154.32
18	2298	2043	154.70	154.32
19	2298	2043	154.70	154.32
20	2298	2043	154.70	154.32

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
21	2298	2043	154.70	154.32
22	2298	2043	154.70	154.32
23	2298	2043	154.70	154.32
24	1486	1678	153.32	153.52
变幅	1278	695	2.25	1.16

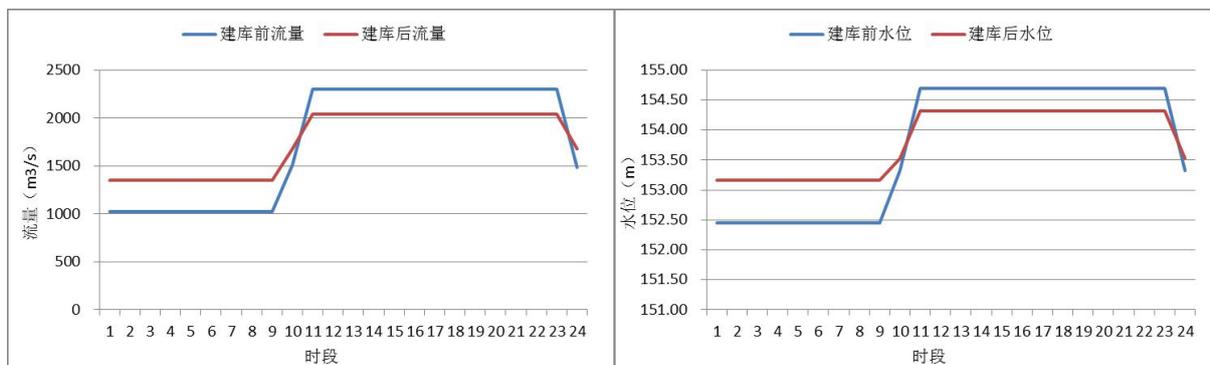


图 5.1.3-17 枯水年 6 月典型日白涛断面水位流量变化图

### 3) 7 月典型日

7 月典型日建库前后白涛断面水位流量变化见表 5.1.3-19 和图 5.1.3-18。从图表中看出，经白马反调节作用后，白涛断面流量和水位变幅减小：建库前白涛断面流量变化范围为 616~1585m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 869~1423m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 969m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 554m<sup>3</sup>/s；建库前白涛水位在 151.22~153.63m 之间变动，建库后白涛水位在 151.99~153.28m 之间变动，水位变幅由建库前 2.41m 减小为建库后 1.29m。

表 5.1.3-19 枯水年 7 月典型日白涛断面水位流量变化表

时段	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	623	869	151.22	151.99
2	616	869	151.22	151.99
3	616	869	151.22	151.99
4	616	869	151.22	151.99
5	616	869	151.22	151.99
6	616	869	151.22	151.99
7	616	869	151.22	151.99
8	616	869	151.22	151.99
9	878	869	151.99	151.99
10	1160	1128	152.74	152.66
11	1585	1423	153.63	153.28

12	1585	1423	153.63	153.28
13	1585	1423	153.63	153.28
14	1585	1423	153.63	153.28
15	1585	1423	153.63	153.28
16	1585	1423	153.63	153.28
17	1585	1423	153.63	153.28
18	1585	1423	153.63	153.28
19	1585	1423	153.63	153.28
20	1585	1423	153.63	153.28
21	1585	1423	153.63	153.28
22	1585	1423	153.63	153.28
23	1160	1128	152.74	152.66
24	878	869	151.99	151.99
变幅	969	554	2.41	1.29

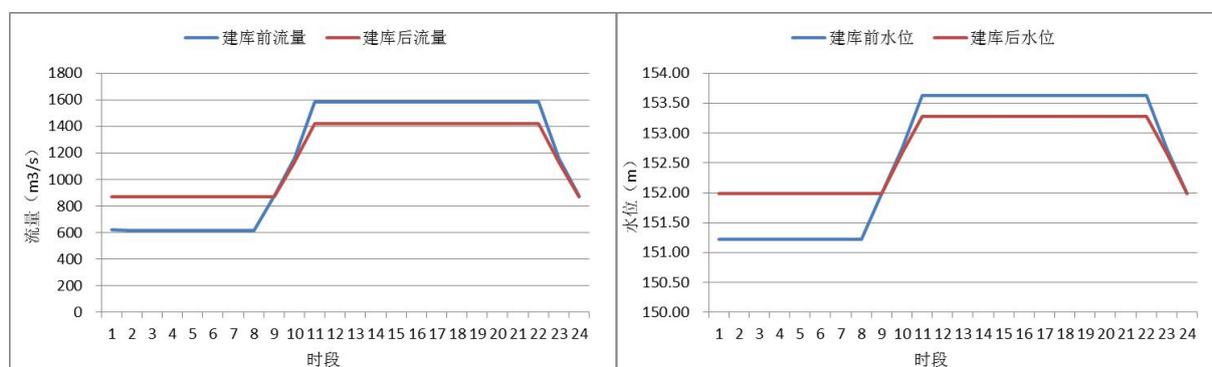


图 5.1.3-18 枯水年 7 月典型日白涛断面水位流量变化图

#### 4) 8 月典型日

8 月典型日建库前后白涛断面水位流量变化见表 5.1.3-20 和图 5.1.3-19。从图表中看出，经白马反调节作用后，白涛断面流量和水位变幅减小：建库前白涛断面流量变化范围为 919~2138m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 1288~1968m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1219m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 680m<sup>3</sup>/s；建库前白涛水位在 152.38~154.46m 之间变动，建库后白涛水位在 153.04~154.22m 之间变动，水位变幅由建库前 2.08m 减小为建库后 1.18m。

表 5.1.3-20 枯水年 8 月典型日白涛断面水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1179	1288	152.83	153.04
2	1179	1288	152.83	153.04
3	921	1288	152.38	153.04
4	919	1288	152.38	153.04
5	919	1288	152.38	153.04
6	919	1288	152.38	153.04

7	919	1288	152.38	153.04
8	968	1288	152.43	153.04
9	1613	1611	153.63	153.63
10	2138	1968	154.46	154.22
11	2138	1968	154.46	154.22
12	2138	1968	154.46	154.22
13	2138	1968	154.46	154.22
14	2138	1968	154.46	154.22
15	2138	1968	154.46	154.22
16	2138	1968	154.46	154.22
17	2138	1968	154.46	154.22
18	2138	1968	154.46	154.22
19	2138	1968	154.46	154.22
20	2138	1968	154.46	154.22
21	2138	1968	154.46	154.22
22	2138	1968	154.46	154.22
23	2138	1968	154.46	154.22
24	1613	1611	153.63	153.63
变幅	1219	680	2.08	1.18

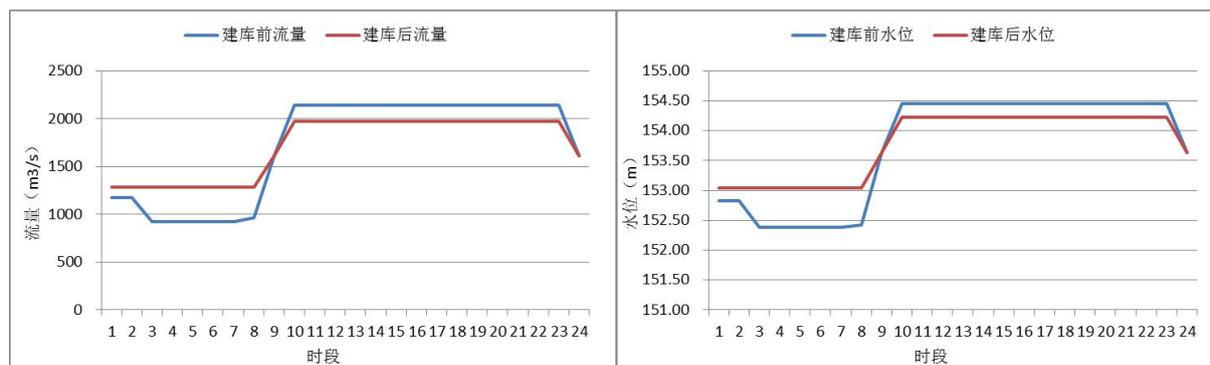


图 5.1.3-19 枯水年 8 月典型日白涛断面水位流量变化图

### (3) 鹦哥峡断面

#### 1) 5 月典型日

5 月典型日建库前后鹦哥峡断面水位流量变化见表 5.1.3-21 和图 5.1.3-20。从图表中看出，经白马反调节作用后，鹦哥峡断面流量和水位变幅减小：建库前鹦哥峡断面流量变化范围为  $862\sim 2066\text{m}^3/\text{s}$ ，建库后流量变化范围为  $1071\sim 1732\text{m}^3/\text{s}$ ，流量变幅由建库前  $1204\text{m}^3/\text{s}$  减小为建库后  $661\text{m}^3/\text{s}$ ；建库前鹦哥峡水位在  $159.40\sim 160.17\text{m}$  之间变动，建库后鹦哥峡水位在  $159.50\sim 159.94\text{m}$  之间变动，水位变幅由建库前  $0.77\text{m}$  减小为建库后  $0.44\text{m}$ 。

表 5.1.3-21 枯水年 5 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化表

时段	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	862	1071	159.40	159.50
2	862	1071	159.40	159.50
3	862	1071	159.40	159.50
4	862	1071	159.40	159.50
5	862	1071	159.40	159.50
6	862	1071	159.40	159.50
7	862	1071	159.40	159.50
8	862	1071	159.40	159.50
9	862	1071	159.40	159.50
10	1307	1374	159.54	159.59
11	1830	1732	159.99	159.94
12	1827	1732	159.99	159.94
13	1827	1732	159.99	159.94
14	1827	1732	159.99	159.94
15	1827	1732	159.99	159.94
16	1830	1732	159.99	159.94
17	1830	1732	159.99	159.94
18	2066	1732	160.17	159.94
19	1955	1732	160.09	159.94
20	2066	1732	160.17	159.94
21	2066	1732	160.17	159.94
22	2066	1732	160.17	159.94
23	1307	1374	159.54	159.59
24	862	1071	159.40	159.50
变幅	1204	661	0.77	0.44

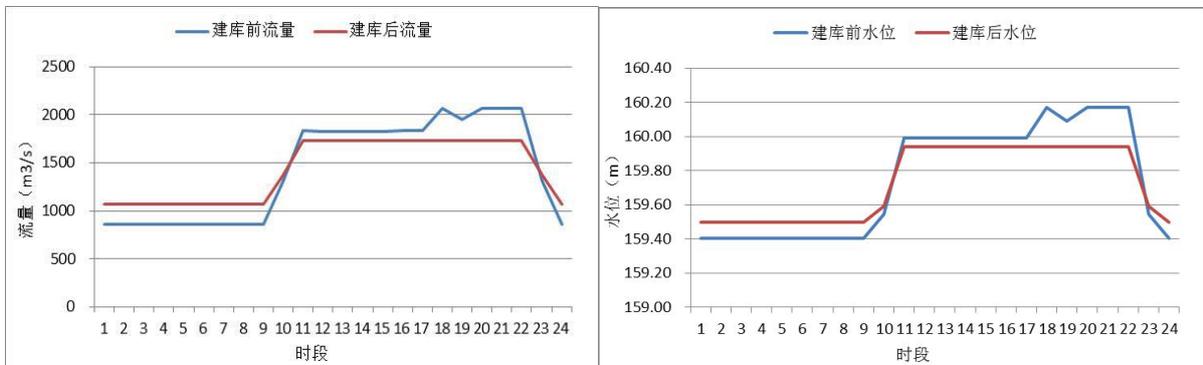


图 5.1.3-20 枯水年 5 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化图

2) 6 月典型日

6月典型日建库前后鹦哥峡断面水位流量变化见表 5.1.3-22 和图 5.1.3-21。从图表中看出，经白马反调节作用后，鹦哥峡断面流量和水位变幅减小：建库前鹦哥峡断面流量变化范围为 1030~2321m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 1362~2063m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1291m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 701m<sup>3</sup>/s；建库前鹦哥峡水位在 151.84~152.99m 之间变动，建库后鹦哥峡水位在 152.28~152.82m 之间变动，水位变幅由建库前 1.15m 减小为建库后 0.54m。

表 5.1.3-22 枯水年 6 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1030	1362	151.84	152.28
2	1030	1362	151.84	152.28
3	1030	1362	151.84	152.28
4	1030	1362	151.84	152.28
5	1030	1362	151.84	152.28
6	1030	1362	151.84	152.28
7	1030	1362	151.84	152.28
8	1030	1362	151.84	152.28
9	1031	1362	151.84	152.28
10	1524	1694	152.31	152.34
11	2321	2063	152.99	152.82
12	2321	2063	152.99	152.82
13	2321	2063	152.99	152.82
14	2321	2063	152.99	152.82
15	2321	2063	152.99	152.82
16	2321	2063	152.99	152.82
17	2321	2063	152.99	152.82
18	2321	2063	152.99	152.82
19	2321	2063	152.99	152.82
20	2321	2063	152.99	152.82
21	2321	2063	152.99	152.82
22	2321	2063	152.99	152.82
23	2321	2063	152.99	152.82
24	1500	1694	152.31	152.34
变幅	1291	701	1.15	0.54

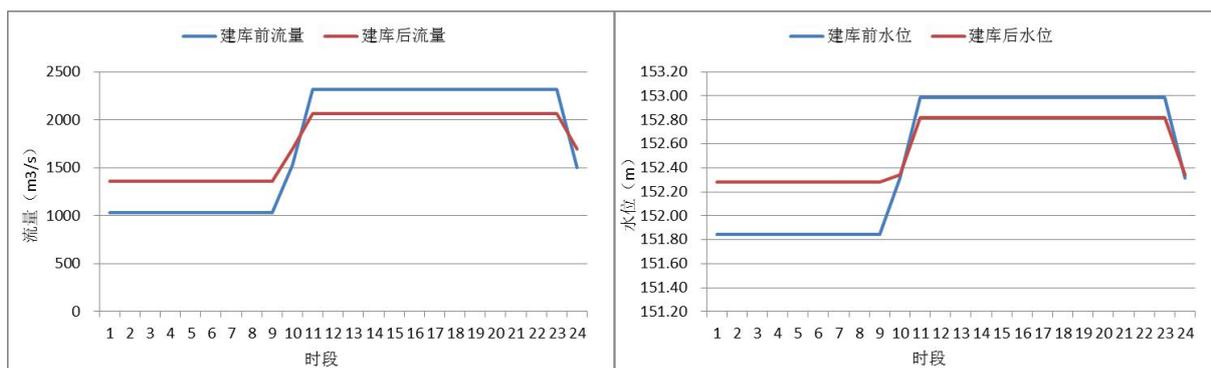


图 5.1.3-21 枯水年 6 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化图

### 3) 7 月典型日

7 月典型日建库前后鹦哥峡断面水位流量变化见表 5.1.3-23 和图 5.1.3-22。从图表中看出，经白马反调节作用后，鹦哥峡断面流量和水位变幅减小：建库前鹦哥峡断面流量变化范围为  $622 \sim 1600 \text{m}^3/\text{s}$ ，建库后流量变化范围为  $877 \sim 1437 \text{m}^3/\text{s}$ ，流量变幅由建库前  $978 \text{m}^3/\text{s}$  减小为建库后  $560 \text{m}^3/\text{s}$ ；建库前鹦哥峡水位在  $150.83 \sim 152.53 \text{m}$  之间变动，建库后鹦哥峡水位在  $151.46 \sim 152.35 \text{m}$  之间变动，水位变幅由建库前  $1.70 \text{m}$  减小为建库后  $0.89 \text{m}$ 。

表 5.1.3-23 枯水年 7 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化表

时段	建库前流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	建库后流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	629	877	150.83	151.46
2	622	877	150.83	151.46
3	622	877	150.83	151.46
4	622	877	150.83	151.46
5	622	877	150.83	151.46
6	622	877	150.83	151.46
7	622	877	150.83	151.46
8	622	877	150.83	151.46
9	886	877	151.46	151.46
10	1172	1139	151.93	151.92
11	1600	1437	152.53	152.35
12	1600	1437	152.53	152.35
13	1600	1437	152.53	152.35
14	1600	1437	152.53	152.35
15	1600	1437	152.53	152.35
16	1600	1437	152.53	152.35
17	1600	1437	152.53	152.35
18	1600	1437	152.53	152.35
19	1600	1437	152.53	152.35
20	1600	1437	152.53	152.35
21	1600	1437	152.53	152.35

22	1600	1437	152.53	152.35
23	1172	1139	151.93	151.92
24	886	877	151.46	151.46
变幅	978	560	1.70	0.89

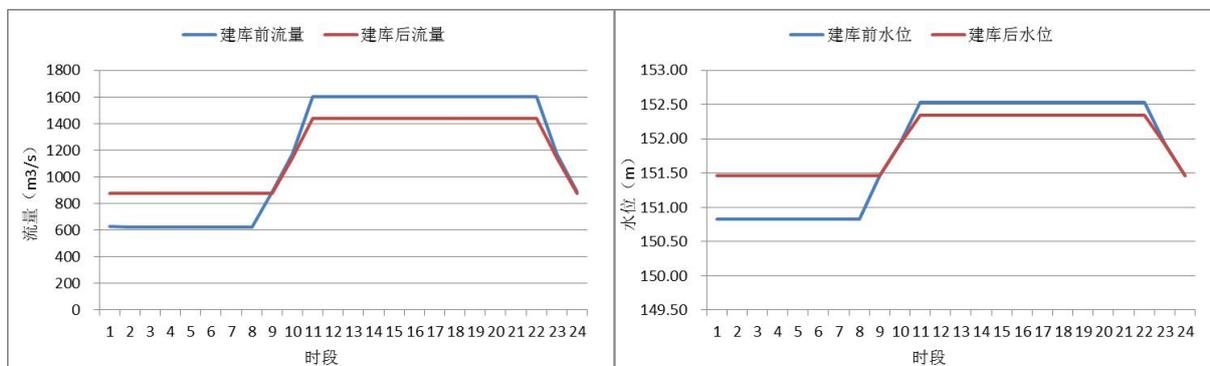


图 5.1.3-22 枯水年 7 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化图

#### 4) 8 月典型日

8 月典型日建库前后鹦哥峡断面水位流量变化见表 5.1.3-24 和图 5.1.3-23。从图表中看出，经白马反调节作用后，鹦哥峡断面流量和水位变幅减小：建库前鹦哥峡断面流量变化范围为 928~2159m<sup>3</sup>/s，建库后流量变化范围为 1301~1988m<sup>3</sup>/s，流量变幅由建库前 1231m<sup>3</sup>/s 减小为建库后 687m<sup>3</sup>/s；建库前鹦哥峡水位在 151.83~152.87m 之间变动，建库后鹦哥峡水位在 152.20~152.78m 之间变动，水位变幅由建库前 1.04m 减小为建库后 0.58m。

表 5.1.3-24 枯水年 8 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化表

小时	建库前流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库后流量 (m <sup>3</sup> /s)	建库前水位 (m)	建库后水位 (m)
1	1190	1301	152.06	152.20
2	1190	1301	152.06	152.20
3	930	1301	151.83	152.20
4	928	1301	151.83	152.20
5	928	1301	151.83	152.20
6	928	1301	151.83	152.20
7	928	1301	151.83	152.20
8	977	1301	151.88	152.20
9	1629	1627	152.49	152.49
10	2159	1988	152.87	152.78
11	2159	1988	152.87	152.78
12	2159	1988	152.87	152.78
13	2159	1988	152.87	152.78
14	2159	1988	152.87	152.78

15	2159	1988	152.87	152.78
16	2159	1988	152.87	152.78
17	2159	1988	152.87	152.78
18	2159	1988	152.87	152.78
19	2159	1988	152.87	152.78
20	2159	1988	152.87	152.78
21	2159	1988	152.87	152.78
22	2159	1988	152.87	152.78
23	2159	1988	152.87	152.78
24	1629	1627	152.49	152.49
变幅	1231	687	1.04	0.58

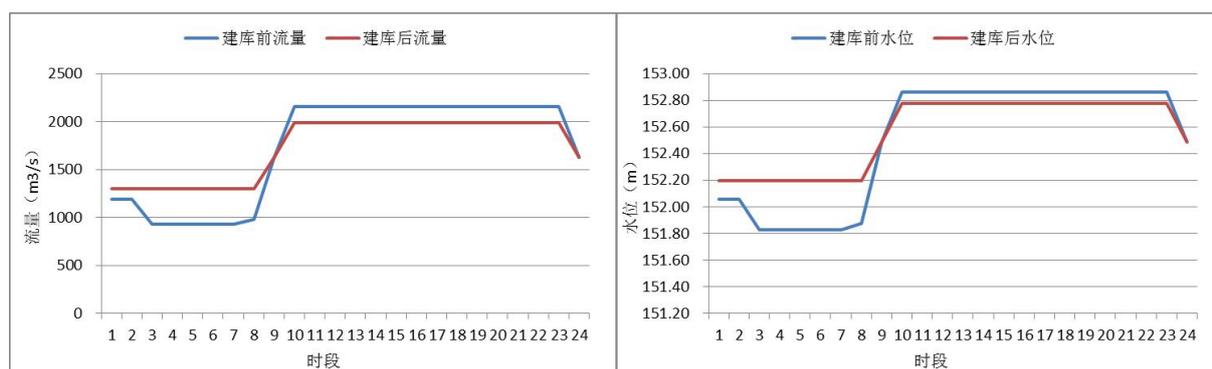


图 5.1.3-23 枯水年 8 月典型日鹦哥峡断面水位流量变化图

综合各典型日的运行情况，可以看出白马航电枢纽对上游梯级的反调节作用较为明显。通过白马的运行调度，使上游日内不均匀来流变成更加均匀的下泄流量过程，坝下游河段水位日内变幅也趋于平缓。

#### 5.1.4 生态流量分析

三峡水库为白马下游相邻梯级，正常蓄水位 175m、枯水期消落低水位 155m、汛期防洪限制水位 145m，乌江有 25.5km 位于三峡水库常年回水区，59.5km 位于三峡水库变动回水区，白马坝址位于变动回水河段中。三峡水库枯期消落水位和正常蓄水位与白马航电枢纽发电尾水衔接，并与之有部分重叠，6 月~9 月中旬期间，三峡坝前水位降至汛期防洪限制水位 145m，与白马发电尾水位在大部分时间是不衔接的，若这段时间白马航电不下泄流量，白马坝下约有 17.5km 河段将出现减水。因此，应合理确定白马航电枢纽需下泄的生态流量，保障下游生态环境用水需求。

##### (1) 生态需水量组成

按照原国家环保总局《关于印发水电水利建设水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》和环评函〔2006〕4号文《关于印发〈水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）〉》（以下简称《指南》）推荐的方法，并结合白马航电枢纽工程特性及环境特征，以及白马航电枢纽坝下游河段承担的主要功能，确定白马坝下河段需下泄的生态流量。该河段必须保持的最小生态流量考虑4个方面：维持水生生态系统稳定所需水量、维持河流水环境质量的 $\text{min}$ 稀释净化水量、维持河道航运功能所需水量和工农业生产及生活用水量。从数值上， $\text{min}$ 生态流量 =  $\text{max}$  { 维持水生生态系统稳定所需水量，维持河流水环境质量的 $\text{min}$ 稀释净化水量，维持河道航运功能所需水量 } + 工农业生产及生活用水量。

## （2）生态需水量计算

根据前面的分析可知，三峡水库枯水期（11月~次年4月）的水位较高（大于155m），对白马坝下至乌江河口河段有顶托作用，在此期间，坝下河段由天然河流形态转变为湖泊形态，流量要素不再是水生生态系统的限制因素，因此生态流量计算主要针对三峡水库低水位（145m）运行期的时段。

### 1) 维持水生生态系统稳定所需水量

《指南》中推荐的“维持水生生态系统稳定所需水量”的有关方法如表5.1.4-1所示。根据各种计算方法的适用范围，并综合工程所在地环境状况、资料获取及研究周期等情况，采用Tennant法、湿周法及生态水力学法进行计算比较分析，取其计算值最大者作为推荐的最小维持水生生态系统稳定所需水量。

表 5.1.4-1 《指南》推荐维持水生生态系统稳定所需水量计算方法

方法名称	计算方法	适用或限制条件	是否适用	原因
------	------	---------	------	----

方法名称	计算方法	适用或限制条件	是否适用	原因
Tennant 法	根据水文资料以年平均径流量百分数来描述河道内流量状态。最小生态用水量不应小于工程所在河流控制断面多年平均流量的10%。	作为河流进行最初目标管理、战略性管理方法使用。	适用	
最小月平均径流法	以最小月平均实测径流量的多年平均值作为河流基本生态环境需水量。	适合于干旱、半干旱区域，生态环境目标复杂的河流。对生态目标相对单一的地区，计算结果偏大	不适用	工程所在区域不属于干旱、半干旱区。
湿周法	采用湿周作为栖息地的质量指标，绘制临界栖息地区域湿周与流量的关系曲线，根据湿周流量关系图中的转折点确定河道推荐流量值。	适用于河床形状稳定的宽浅矩形和抛物线型河道。	适用	
R2-Cross 法	采用河流宽度、平均水深、平均流速及湿周率指标来评估河流栖息地的保护水平。	适用于非季节性小型河流。	不适用	乌江为大型河流。
组合法	采用多变量回归统计方法，建立初始生物数据与环境条件的关系，来判断生物对河流流量的需求。	适用于受人类影响较小的河流。	不适用	评价河段受上游梯级开发影响较大。
生境模拟法	根据知识物种所需的水力条件的模拟，确定河流流量。	适用河流主要生态功能为某些生物物种的保护。	不适用	评价河段的主要生态功能并非为某些生物物种的保护。
综合法	以BBM法为代表，从河流生态系统整体出发，根据专家意见综合研究流量、泥沙运输、河床形状与河岸带群落之间的关系。	资源消耗大、时间长，一般至少需要2a时间。综合性、大流域生态需水。	不适用	综合法研究周期过长。
生态水力学法	通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量，属于生境模拟法。	适用于大中型河流内的水生生物所需生态流量的计算。	适用	

### ① Tennant 法

Tennant 法是一种依赖于河流流量统计的方法，建立在历史流量记录的基础上，根据水文资料以年平均径流量百分数来描述河道内流量状态。以预先确定的年平均河流流量的百分数为基础估算河流不同流量对生态的影响。根据 Tennant 法，所需下泄的最小流量为多年平均流量的 10%。Tennant 法方法简单易操作，比较适合河流进行最初的目标管理和河流的战略性管理，该计算结果可作为其它方法的一种检验。

采用 1952 年~2010 年共 59 年白马坝址处水文资料进行计算，坝址处多年平均流量  $1580\text{m}^3/\text{s}$ ，根据 Tennant 法，白马航电枢纽按照最小生态流量不小于多年平均流量 10% 的标准计算，生态流量取  $158\text{m}^3/\text{s}$ 。

## ② 湿周法

湿周法采用湿周作为栖息地的质量指标，绘制临界栖息地区域（通常是浅滩）湿周与流量的关系曲线，根据湿周流量关系图中的转折点确定河道推荐流量值。

计算选取白马坝下 8km、18km 和河口处（坝址下游 43km）共三个大断面，白马坝下河道河势稳定，河道呈抛物线形，属于湿周法的适用范围之内。上述三个代表断面的大断面及对应的湿周流量关系分别见图 5.1.4-1~图 5.1.4-3。

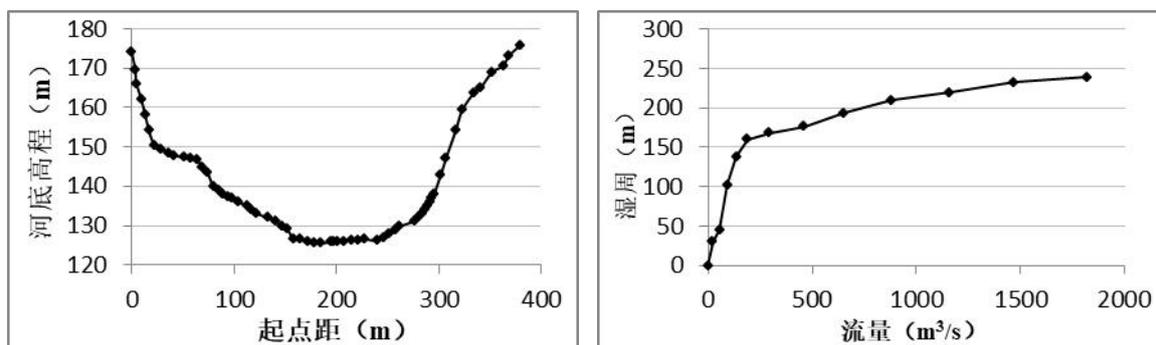


图 5.1.4-1 白马坝下 8km 大断面及其湿周流量关系

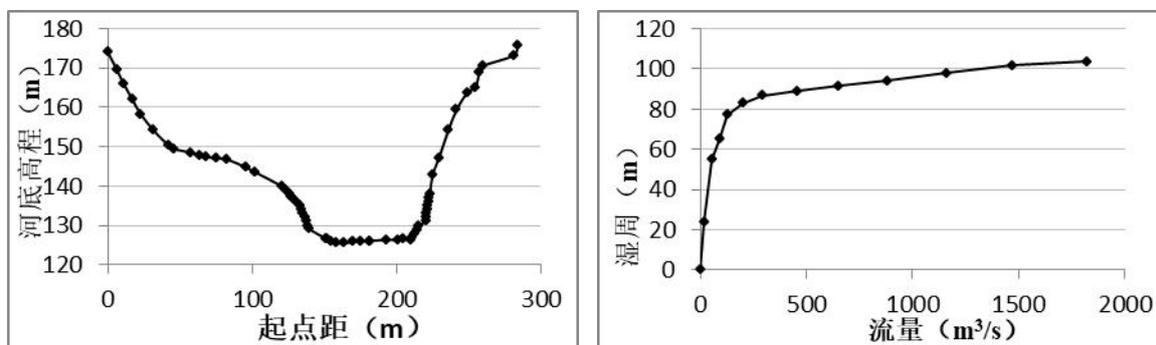


图 5.1.4-2 白马坝下 18km 大断面及其湿周流量关系

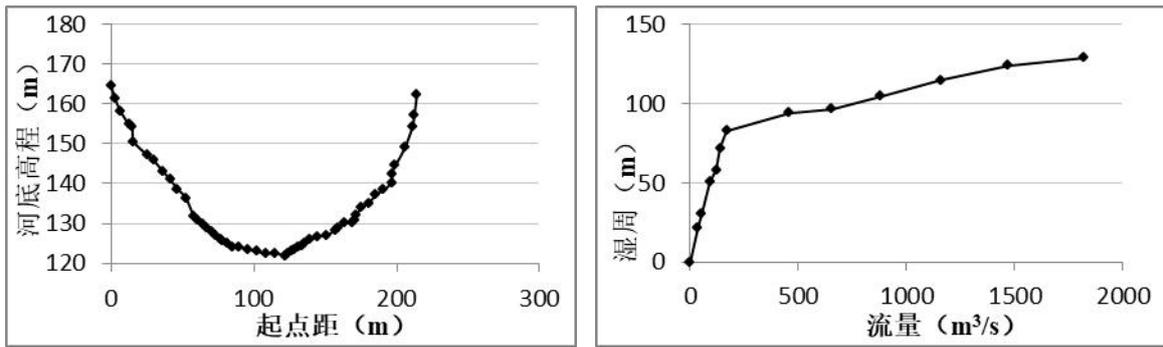


图 5.1.4-3 乌江河口大断面及其湿周流量关系

由图 5.1.4-1~图 5.1.4-3 可知，随着河道内流量的增加，湿周逐渐增大，以上三个断面的湿周流量关系线上均存在较明显的转折点，坝下 8km 转折点对应流量为  $189\text{m}^3/\text{s}$ ；坝下 18km 转折点对应流量为  $128\text{m}^3/\text{s}$ ，河口断面转折点对应的流量为  $166\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据湿周法的计算标准“根据湿周流量关系图中的转折点确定河道推荐流量值”，取转折点处的最大流量  $189\text{m}^3/\text{s}$  作为推荐值。

### ③生态水力学法

“生态水力学法”是通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量，属于生境模拟法。其假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面的面积、水面面积、水温是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数；急流、缓流、浅滩及深潭是流量变化对物种变化造成影响的主要水力形态。“生态水力学法”确定大型河流最小流量的水力生境参数标准及概念界定详见表 5.1.4-2。

表 5.1.4-2 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及概念界定表

项 目	“生态水力学法”推荐水力参数	
	最低标准参数值	累计河段长度的百分比
1.最大水深	鱼类体长的2~3倍	95%
2.平均水深	$\geq 0.3\text{m}$	95%
3.平均流速	$\geq 0.3\text{m/s}$	95%
4.水面宽度	$\geq 30\text{m}$	95%
5.湿周率	$\geq 50\%$	95%
6.过水断面面积	$\geq 30\text{m}^2$	95%

7.水面面积	≥70%	
8.水温	适合鱼类生存、繁殖	
生境形态指标	概念界定	
1.急流	平均流速≥1m/s	段数无较大变化，急流、较急流段累计河段长度减少小于20%
2.较急流	平均流速0.5m/s~1m/s	
3.较缓流	平均流速0.3m/s~0.5m/s	
4.缓流	平均流速≤0.3m/s	
5.深潭	最大水深≥10m	个数无大变化
6.浅滩	河岸边坡≤10°，5m范围内水深≤0.5m	

白马坝址处多年平均流量为 1570m<sup>3</sup>/s，属大型河流，坝址处径流的年际变化较大，丰水年平均流量为 2198m<sup>3</sup>/s，枯水年平均流量为 1201m<sup>3</sup>/s。通过对坝址下游河段水文情势和水生生物用水需求的分析，对下放 80m<sup>3</sup>/s、160m<sup>3</sup>/s、240m<sup>3</sup>/s、320m<sup>3</sup>/s 等流量后的情况进行了初步的比较分析，考虑到三峡水库回水将衔接至白马坝下，因此选定 80m<sup>3</sup>/s（约为多年平均流量的 5%）和 160m<sup>3</sup>/s（约为多年平均流量的 10%）两种工况进行计算。

白马坝址至乌江之间的河道基本呈抛物线形，河道形态变化不大。选取白马坝址下游 8km、下游 18km 和河口（坝址下游 43km）处为代表断面，计算河流下游用水保证流量，计算结果见表 5.1.4-3。

表 5.1.4-3 白马枢纽下泄流量生态水力参数计算成果表

流量 (m <sup>3</sup> /s)	距白马坝址 距离 (km)	水面宽度 (m)	最大水深 (m)	平均水深 (m)	平均流速 (m/s)	湿周率
						(%)
80	8	83.00	1.60	1.00	0.96	35.81
	18	67.30	1.90	1.20	0.99	60.62
	43	35.44	1.70	0.90	2.50	34.73
				≥0.90	≥0.96	≥34.73
160	8	119.10	3.40	2.15	0.63	63.25
	18	75.70	3.80	2.83	0.75	75.67
	43	71.08	4.90	2.96	0.76	60.70
				≥2.15	≥0.63	≥60.7

从上表中可以看出，当白马枢纽下泄流量 80m<sup>3</sup>/s 时，水面宽、平均水深和平均流速满足下游河段生态环境用水需求，但湿周率未达到不小于 50%的要求；当下泄流量为 160m<sup>3</sup>/s 时，生态环境用水能够满足下游河段生

态环境用水的需要。

④维持水生生态系统稳定所需水量最小推荐值

根据 Tennant 法、湿周法和生态水力学法计算出的维持水生生态系统稳定所需水量见表 5.1.4-4。取这三种方法计算结果的最大值，推荐白马航电枢纽维持水生生态系统稳定所需水量不应低于 189m<sup>3</sup>/s（占坝址处多年平均流量 1570m<sup>3</sup>/s 的 12%）。

表 5.1.4-4 不同方法计算的维持水生生态系统稳定最小需水量

计算方法	Tennant 法	湿周法	生态水力学法
生态流量 (m <sup>3</sup> /s)	158	189	160

2) 维持河流水环境功能需水量

白马坝下乌江干流评价范围内水域的功能要求为Ⅲ类，乌江支流石梁河水功能要求为Ⅲ类。白马坝下有石梁河汇入，白马镇的生活污水和生产污水经污水处理厂处理后通过石梁河排往坝下。白马镇污水处理厂 2013 年投入使用，出水按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 B 标准，出水中 COD 浓度取 60mg/L，氨氮浓度取 8mg/L。白马镇污水处理厂处理规模为 1500m<sup>3</sup>/d。污水处理厂出水首先进入石梁河被稀释，石梁河多年平均流量为 9.39m<sup>3</sup>/s，为保证石梁河汇入乌江后，乌江干流水质达标，需下泄一定环境流量，所需的水量计算如下：

河流污染物允许排放量的计算采用单点容量计算公式，即

$$W = C_s(Q_0 + q) - C_0Q_0 + K \frac{X}{u} C_s(Q_0 + q)$$

式中： $W$ ——河流污染物允许排放量，g/s；

$C_s$ ——水环境质量标准，mg/L；

$Q_0$ ——上游来水流量，m<sup>3</sup>/s；

$q$ ——污水流量，m<sup>3</sup>/s；

$C_0$ ——上游来水中的污染物浓度，mg/L；

$K$ ——污染物衰减系数， $d^{-1}$ ；

$x$ ——混合过程段长度，m；

$u$ ——水体平均流速，m/s；

从安全角度考虑，本次计算不考虑污染物衰减所产生的环境容量，则上式变为：

$$W = C_s(Q_0 + q) - C_0Q_0$$

因此，下泄流量计算公式为：

$$Q_0 = (W - C_s \times q) / (C_s - C_0)$$

根据污染源预测结果，当白马镇污水通过石梁河排入乌江时，为达到水体水功能要求，保证污染物稀释自净，上游来水最小流量需  $0.9m^3/s$ ，可保证 COD 浓度达到 III 类水域的功能要求；上游来水最小流量需  $3.7m^3/s$ ，可保证氨氮浓度达到 III 类水域的功能要求。

### 3) 维持河道航运功能需水量

根据工程可研报告，当三峡坝前水位为 175m（吴淞）时，白马坝址下游为条件良好的库区航道；当三峡坝前水位为 155m（吴淞）时，枢纽坝下游滩险均被淹没，与枢纽下游相接；三峡坝前水位为 145m（吴淞）时，三峡水库与白马枢纽尾水不能满足通航水位要求。白马枢纽最小下泄流量不低于  $385m^3/s$  时，可满足白马航电枢纽库区和坝下河段控制断面航运要求。

### 4) 工农业生产及生活用水量

白马坝址下游三峡水库变动回水区内分布有 2 个工业和生活集中式地表水取水设施，分别为重庆建峰化学工业集团取水口和重庆市涪陵区紫光天原化工有限公司取水口，取水流量分别为  $1.68m^3/s$  和  $0.24m^3/s$ ，合计取水流量约为  $2.0m^3/s$ 。白马坝址至乌江河口区间的农业灌溉用水主要以蓄水工

程提供的水源为主，乌江干流农业灌溉提水工程取水量很小。

#### 5) 白马~乌江河口区间径流

白马坝址以上集水面积 83690km<sup>2</sup>，乌江流域的集水面积为 87920 km<sup>2</sup>，白马~乌江河口区间集水面积 4230km<sup>2</sup>，根据设计文件白马坝址多年平均流量为 1570m<sup>3</sup>/s，最枯月（2月）平均流量为 425m<sup>3</sup>/s，将白马坝址径流同比例缩小至白马~乌江河口区间，得到区间多年平均流量为 80m<sup>3</sup>/s，最枯月（2月）平均流量为 21.5m<sup>3</sup>/s。

#### 6) 小结

当三峡坝前水位为 155m（吴淞）以上时，一般为 11月~次年 4月，三峡回水与白马枢纽下游相接，白马枢纽不需下泄生态流量；当三峡坝前水位低于 155m（吴淞）时，一般为 5月~10月，白马坝址下游维持水生生态系统稳定所需水量为 189m<sup>3</sup>/s、维持河流水环境功能需水量 3.7m<sup>3</sup>/s、维持白马下游河道航运功能的最小通航流量为 385m<sup>3</sup>/s、工农业生产及生活用水量为 2.0m<sup>3</sup>/s，综合以上取值，可以得到白马坝下所需生态流量= $\max\{\text{维持水生生态系统稳定所需水量, 维持河流水环境功能的最小稀释净化水量, 维持河道航运功能所需水量}\} + \text{工农业生产及生活用水量} = 387\text{m}^3/\text{s}$ 。白马~乌江河口区间最枯月（2月）尚有 21.5m<sup>3</sup>/s 流量汇入，若白马枢纽下泄流量 387m<sup>3</sup>/s 能够满足下游生态以及工农业生产。

### （3）下泄流量过程对生态流量满足程度分析

#### 1) 施工期

白马航电枢纽采用三期导流施工方案，一期导流期间，水流从原河道下泄；二期主河床截流，水流从导流明渠下泄，导流明渠底板高程 147m，与白马坝址河床高程接近，能够保证顺利分流；三期导流明渠截流，水流从坝身泄洪表孔下泄，泄洪表孔底板高程 160m，三期导流明渠截流时受三峡水库顶托，白马坝址水位高于泄洪表孔底板高程，能够保证顺利下泄生

态流量。工程施工导流期间河流仍维持连续过流特征，按天然来水下泄，不会出现河道减水情况，满足下游生态环境用水要求。

## 2) 初期蓄水期

对于大多数水库，导流明渠（隧洞）封堵时，由于坝址上游水位未达到泄洪表孔底坎高程，需要解决导流明渠封堵短期断流的问题。白马枢纽下游为三峡枢纽，白马坝址位于三峡水库变动回水区内，枯水期受三峡水位顶托影响显著，白马导流明渠截流时间选择为第6年2月，此时三峡水库水位一般在165m以上，受到三峡水库回水顶托影响，白马坝址水位高于泄洪表孔底坎高程160m。导流明渠封堵前，11个泄洪表孔弧形工作门全部开启，随着导流明渠截流，上游来流全部通过泄洪表孔下泄。第6年汛期，白马枢纽开启全部弧形工作门，保持敞泄。汛末9月，通过调节弧形工作门开度控制下泄流量，当白马坝址来水量 $\leq 387\text{m}^3/\text{s}$ 时，白马枢纽敞泄；当白马坝址来水量 $> 387\text{m}^3/\text{s}$ 时，白马枢纽按照 $387\text{m}^3/\text{s}$ 下泄，多余水量蓄到水库内，水库最高蓄水位为184m。水库初期蓄水计划充分考虑满足下泄生态流量的要求，蓄水期间保证下泄流量不小于生态流量 $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 3) 运行期

白马枢纽位于三峡水库库尾，根据三峡水库的运行调度规程，11月~次年4月三峡库水位基本不低于155m（吴淞高程），受三峡水库顶托影响，白马枢纽坝下河道内水量可满足生态环境和生活生产的用水需求；5月~10月三峡库水位基本低于155m（吴淞高程），白马枢纽坝下河道不受三峡库水位顶托影响，白马枢纽需下泄生态流量 $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

白马航电枢纽安装3台机组，单机额定流量为 $947.2\text{m}^3/\text{s}$ ，单机适宜过流量为 $400\text{m}^3/\text{s} \sim 947.2\text{m}^3/\text{s}$ ，只需启动1台机组，即可下泄不小于 $387\text{m}^3/\text{s}$ 流量，并可保持机组稳定运行，该最小生态流量与电站机组特性是适应的，一般情况下，可通过发电机组水轮机下泄生态流量。

白马航电枢纽运行过程中需保证航运基流，正常情况下至少 1 台机组发电，在保障航运功能的同时能够有效保障生态流量下泄。另外，生态流量下泄时段为汛期，根据径流调节计算成果，白马枢纽汛期约一半时段产生弃水，下泄流量远大于  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

### 5.1.5 泥沙淤积和河谷形态影响分析

#### (1) 泥沙淤积

乌江是长江上游一条水量丰沛、沙量较小的河流。根据乌江渡蓄水前武隆水文站 1952~1979 年悬移质资料统计，坝址多年平均含沙量  $0.649\text{kg}/\text{m}^3$ ，多年平均输沙量约为 3180 万 t，多年平均输沙模数  $378\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。1979 年 11 月 20 日乌江渡水库下闸蓄水后，拦蓄大量上游来沙，输沙量大减少，1980~2010 年坝址多年平均含沙量为  $0.373\text{kg}/\text{m}^3$ ，多年平均输沙量仅为 1800 万 t，输沙量减少了 43.4%。

白马航电枢纽坝址位于武隆水文站下游约 19km 处，泥沙主要来源于武隆站以上区域，因此武隆水文站的泥沙粒径级配可代表白马航电枢纽坝址泥沙粒径级配情况，乌江渡水库建后的泥沙粒径级配见表 5.1.5-1。

表 5.1.5-1 白马航电枢纽（武隆站）悬移质泥沙粒径级配

小于某粒径沙重 (%)									中值 粒径 (mm)	平均 粒径 (mm)	最大 粒径 (mm)
粒径级 (mm)											
0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2			
45.5	59.4	77.5	89.4	94.2	97.35	99.6	100	100	0.007	0.029	1.73

白马航电枢纽运用 20 年和 50 年末时，库区泥沙淤积量分别为 535 万  $\text{m}^3$  和 1270 万  $\text{m}^3$ ，分别占正常蓄水位对应库容的 3.04% 和 7.22%。白马航电枢纽正常蓄水位 184m 方案库区淤积情况见表 5.1.5-2，水库运用 50 年后，水库泥沙淤积集中在坝前 9km 以内，随着水库运用年份的增长，入库泥沙

量增大及入库泥沙颗粒级配增粗，库区泥沙淤积量逐步向库尾方向发展。由于入库泥沙颗粒较细，加之白马航电枢纽按来多少泄多少方式运行，水库运用初期排沙比即可达 94.1%。

表 5.1.5-2 白马正常蓄水位 184m 方案库区淤积情况表

年份	累积淤积量 (万 m <sup>3</sup> )	排沙比 (%) (悬沙)	出库含沙量 (kg/m <sup>3</sup> )	出库 d <sub>50</sub> (mm)	坝前淤积高程 (m)
10	266	94.1	0.118	0.0211	147.23
20	535	94.5	0.127	0.0212	151.49
30	791	95.0	0.135	0.0219	155.02
40	1037	95.5	0.141	0.0221	157.92
50	1270	95.8	0.148	0.0223	160.31
60	1491	96.2	0.154	0.0224	162.19
70	1694	96.7	0.162	0.0225	163.80
80	1889	97.0	0.172	0.0225	164.86
90	2077	97.2	0.180	0.0226	165.65
100	2257	97.4	0.188	0.0227	166.21

## (2) 河谷形态

白马航电枢纽工程位于乌江干流下游，该区渐次进入低山丘陵和盆地，该河段为典型的山区性河流，河岸多为基岩、河床多为卵石推移质（也包括少量砾石及粗沙）组成，河势多年较为稳定。坝址区乌江由东向西流入，并在没船背转弯向北形成 90°河湾，左岸石梁河在此汇入乌江。坝址区河床枯水位 153m 左右，相应水面宽 123~130m；高程 183m 时，河谷宽 210~242m；高程 205.5m 时，河谷宽 292~300m。

白马航电枢纽工程受银盘水电站枢纽阻隔，河床演变影响仅涉及到银盘水电站坝址下游河段。

1) 银盘至白马库区河段河势演变。白马航电枢纽建成后，由于库区水位壅高，水深增大，水面比降减缓，流速减小，水流挟沙能力显著降低，使泥沙在库内淤积，淤积量随水库运用年限而增大，河床不断抬高。据库区泥沙淤积计算成果分析，在水库运用的 1~50 年间，水库泥沙淤积基本

集中在坝前 1~9km 以内，随着水库运用年份的增长，入库泥沙量增大及入库泥沙颗粒级配增粗，库区泥沙淤积量逐步向库尾方向发展。由于水库泥沙基本落淤于坝前，所以在水库运用初期坝前泥沙淤积较明显，坝址断面泥沙淤积平均高程较天然情况有明显抬高。根据《重庆乌江白马航电枢纽可行性研究阶段建设征地移民安置规划报告》，库区岸线将采取防护整治措施，整治后库区河段平面形态整体将较为稳定。

2) 白马坝址下游河段河势演变。白马航电枢纽下游为三峡水库库区，白马航电枢纽枯季及汛期长江干流大洪水时受三峡水位顶托影响，长期运行情况下坝下游河段将出现累积性落淤，但由于白马航电枢纽仅具有日调节能力，对上游来水来沙调节能力有限，而且受白马上游梯级水库拦沙影响，白马航电枢纽入出库泥沙变化不大，下游河段淤积量有限。白马航电枢纽兴建后，由于清水下泄可能在下游近坝河段出现局部冲刷，但通过采取消能防冲措施及其它防护措施可得以解决。

综上所述，白马航电枢纽兴建后对下游总体河势的影响较小。

## 5.2 地表水环境

### 5.2.1 水温影响分析

白马航电枢纽水温结构采用 $\alpha$ - $\beta$ 指数法进行判别，计算公式为：

$$\alpha = \frac{w}{v}, \quad \beta = \frac{w_c}{v}$$

其中： $w$ 为年均径流量， $v$ 为水库总库容， $w_c$ 为一次入库洪量， $\alpha$ 、 $\beta$ 为指数， $\beta$ 用于判断洪水对稳定分层型水库水温的影响。当 $\alpha \leq 10$ 时，为水温稳定分层型； $\alpha \geq 20$ 时，为混合型； $10 < \alpha < 20$ 时，为过渡型。若 $\beta > 1$ ，则水库水温为临时的混合型；若 $\beta < 0.5$ ，则水库仍为稳定分层； $0.5 < \beta < 1$ ，则洪水的影响介于前二者之间。

白马坝址年径流量为 495.5 亿 m<sup>3</sup>，白马航电枢纽总库容为 3.74 亿 m<sup>3</sup>，年径流量与总库容比 $\alpha$ 为 132.5，远大于 20。白马坝址设计洪水洪量（24h）为 26.2 亿 m<sup>3</sup>，一次入库洪量与总库容比 $\beta$ 为 7，远大于 1。根据 $\alpha$ - $\beta$ 指数法判断，水库的水温结构属于混合型。因此，白马航电枢纽的下泄水温与入库水温一致。

乌江白马枢纽以上干支流已经建成一系列大中型水库，与白马航电枢纽距离相对较近（500km 以内）的乌江干流主要已建梯级为构皮滩、思林、沙沱、彭水和银盘 5 座，仅构皮滩为水温分层型，其余 4 座水库为水温混合型，其水温结构见表 5.2.1-1。构皮滩水库为水温分层型水库，其下泄的低温水可能会对下游水温产生影响。但白马距离构皮滩坝址超过 400km，考虑到沿程水温的恢复作用，构皮滩水库下泄的低温水对白马航电枢纽的入库水温产生的影响很小。

表 5.2.1-1 乌江已建梯级水温结构状况

序号	枢纽名称	$\alpha$ 值	水温结构
1	构皮滩	3.5	分层型
2	思林	16.8	混合型
3	沙沱	33.0	混合型
4	彭水	28.0	混合型
5	银盘	136.9	混合型

### 5.2.2 蓄水初期水质影响

水库蓄水初期，淹没区残留的腐烂物质（如杂草、树木和枝叶等）、土壤均会分解释放出有机质，有机质分解使水体中 BOD<sub>5</sub>、COD、氮和磷等浓度增加，溶解氧浓度降低。蓄水前未按照规范清库时，库底浸出物可能较多，会影响到初期蓄水的水质。由于白马航电枢纽淹没范围较小，淹没范围内潜在污染源较少，初期蓄水时间短，且蓄水时仍有较大流量下泄，若按照规范要求认真清理库底，蓄水初期库区水质变化不大。

### 5.2.3 水污染源预测

#### (1) 点源

##### 1) 工业污染源

据现状调查，白马航电枢纽库区工业污染源共有 3 处，分别为江口镇的武隆区江口酒厂、重庆仙女醇酒业有限公司和土坎镇的重庆天生药业有限公司，涉及行业为白酒制造和中药饮片加工制造。库区工业废污水排放总量为 6.02 万 t/a，主要污染物排放量分别为 COD60.2t/a，氨氮 0.109t/a，总氮 0.557t/a，总磷 0.0467t/a。根据《重庆武隆区工业园区总体规划（2010-2020 年）》，武隆区工业园区分为 5 个组团，分别为白马组团、长坝组团、鸭江组团、平桥组团和凤来组团，以上五个组团均不在白马航电枢纽库周，预测水平年白马库周工业污染负荷维持现状。

##### 2) 城镇居民生活污染源

拟建白马航电枢纽涉及白马镇、羊角镇、土坎镇、武隆城区和江口镇等 5 个城镇。白马镇生活污水纳入白马镇污水处理厂，尾水排入坝址下游石梁河；羊角镇、土坎镇和武隆城区生活污水纳入武隆城区污水处理厂，尾水排入拟建白马库区；江口镇生活污水纳入江口镇污水处理厂，尾水排入拟建白马库区。武隆城区污水处理厂和江口镇污水处理厂均已根据《重庆市“十三五”城镇生活污水处理设施专项规划（2016~2020 年）》要求完成一级 A 的提标改造，并于 2019 年取得了排污许可证。武隆城区污水处理厂 2019 年迁建到土坎镇关滩附近，且日处理规模由 1.5 万 t/d 增加到 4 万 t/d，根据《武隆县城市总体规划（2005-2020 年）》，工程建成后库周不会新建生活污水处理设施，库周城镇居民生活污染负荷按照武隆城区污水处理厂和江口镇污水处理厂最大处理能力预测。

根据库区污染源预测结果，可将白马库区点污染源概化为 4 处，由上至下分别为江口镇仙女醇和江口酒厂排污口、江口镇污水处理厂排污口、

重庆天生药业有限公司排污口和武隆城区污水处理厂排污口。白马库周点污染源概化见图 5.2.3-1，主要污染物入库量见表 5.2.3-1。

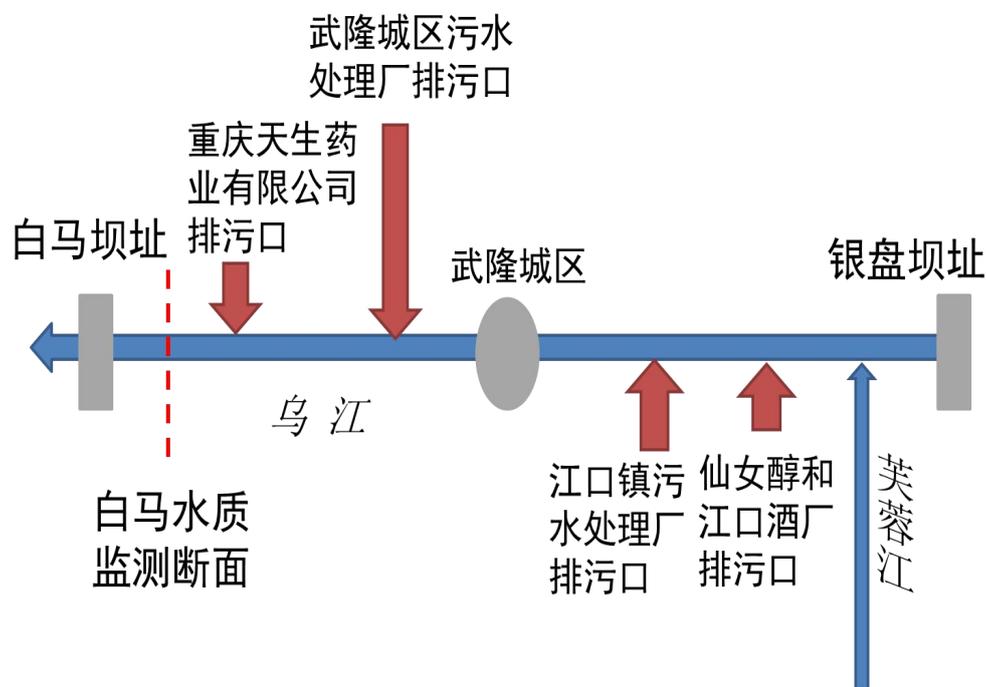


图 5.2.3-1 白马库周污染源分布示意图

表 5.2.3-1 白马库周点源污染物入库量统计表

序号	污染源名称	废污水最大排放流量 (m <sup>3</sup> /s)	高峰入库量 (g/s)				全年入库量 (t/a)			
			COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷
1	仙女醇和江口酒厂排污口	0.005	4.55	0.03	0.18	0.01	28.7	0.106	0.553	0.047
2	江口镇污水处理厂排污口	0.022	1.1	0.11	0.33	0.011	17.34	1.73	5.2	0.17
3	武隆区污水处理厂排污口	0.463	23.15	2.32	6.95	0.232	747.3	74.73	224.19	7.473
4	重庆天生药业有限公司排污口	0.005	4.99	0	0	0	31.5	0.003	0.004	0
库区点源合计			43.34	2.46	7.46	0.253	824.84	76.57	229.95	7.69

## (2) 面源

面污染源主要从化肥农药污染源、禽畜养殖污染源和农村分散居民生活污染源三个方面进行统计，根据化肥施用量、畜禽养殖量和农村人口估算，白马库周面源污染入库量化学需氧量为 765.01t/a，氨氮为 27.29t/a，总氮为 245.52t/a，总磷为 95.36t/a。各乡镇面源污染入库量统计见表 5.2.3-2。

表 5.2.3-2 白马库周各乡镇面污染负荷入库量统计表

乡镇	入库量 (t/a)			
	COD	氨氮	总氮	总磷
白马镇	242.89	8.49	82.08	30.38
羊角镇	198.09	2.77	31.63	27.52
土坎镇	74.18	2.03	27.64	6.9
巷口镇	143.7	9.3	66.82	18.69
江口镇	106.15	4.7	37.35	11.87
合计	765.01	27.29	245.52	95.36

根据重庆市落实国务院水污染防治行动计划实施方案相关内容，重庆市将实行测土配方施肥，推进营养诊断配方施肥技术向蔬菜、水果等特色经济植物种植拓展，推广精准施肥技术和机具。采用水生植物群落、格栅和透水坝等方式，在现有沟、塘、窖基础上建设生态沟渠、污水净化塘、地表径流集蓄池等设施，净化农田排水及地表径流。到 2020 年，测土配方施肥技术推广覆盖率达到 90%以上，化肥利用率提高到 40%以上，农作物病虫害统防统治覆盖率达到 40%以上。同时推进农村生活源污染治理以及畜禽养殖污染治理等措施。因此，预计到白马航电枢纽建成后，库周 5 乡镇的面源污染负荷基本能维持现状或有所减小，偏保守预测，本工程预测水平年面源污染入库量维持现状水平。

### (3) 总污染物入库量

根据点源、面源污染物入库量预测结果，白马建成后库周总污染物入库量分别为 COD1589.85t/a，氨氮 103.86t/a，总氮 475.47t/a，总磷 103.05t/a，见表 5.2.3-3。

表 5.2.3-3 白马航电枢纽建成后污染物入库量预测表 单位：t/a

污染源	COD	氨氮	总氮	总磷
点源	824.84	76.57	229.95	7.69
面源	765.01	27.29	245.52	95.36
合计	1589.85	103.86	475.47	103.05

## 5.2.4 库区整体水质预测

### 1) 模型计算预测

白马航电枢纽为典型的狭长型水库，根据其水库形态特征及库区污染源分布情况，采用狭长湖移流衰减模式对白马航电枢纽整体水质情况进行预测。

——计算模型

狭长湖移流衰减模式计算式为：

$$C_l = \frac{C_p Q_p}{Q_h} \exp(-K_1 \frac{V}{86400 Q_h}) + C_h$$

式中： $C_l$ ——狭长水库出口污染物平均浓度，mg/L；

$C_p$ ——污染物排放浓度，mg/L；

$C_h$ ——水库上游背景浓度，mg/L；

$Q_p$ ——污染物排放流量， $m^3/s$ ；

$Q_h$ ——典型枯水年入库平均流量， $m^3/s$ ；

$K_1$ ——污染物综合衰减系数， $1/d$ ；

$V$ ——水库总库容， $m^3$ 。

——预测指标

根据污染源调查结果和相关水质管理要求，模型选取 COD、氨氮和总磷为预测指标。

——预测时段

白马航电枢纽蓄水后第 2 年，水期为枯水期和平水期。

——模型参数

类比上游银盘电站，结合其他已建水库的经验数据，白马航电枢纽 COD 降解系数取  $0.19d^{-1}$ ，氨氮的降解系数取  $0.05d^{-1}$ ，总磷降解系数取  $0.02d^{-1}$ 。白马航电枢纽总库容为 3.74 亿  $m^3$ ；平水期入库流量采用白马航电枢纽枯水年平均入库流量  $1019m^3/s$ ，枯水期入库流量采用银盘水电站最小下泄流量  $345m^3/s$ ；水库上游背景浓度采用库尾断面 2019 年实测水质数据；入库污染

物排放流量和排放浓度采用污染源预测结果。

——预测结果

经计算，白马航电枢纽蓄水后平水期库区 COD 浓度为 10.04mg/L、枯水期为 10.03mg/L，比上游背景浓度略有增加，满足Ⅲ类水质管理目标要求；平水期氨氮浓度为 0.196mg/L、枯水期为 0.15mg/L，满足Ⅲ类水质管理目标要求；平水期总磷浓度为 0.113mg/L、枯水期为 0.123mg/L，满足Ⅲ类水质管理目标要求，结果见表 5.2.4-1。

表 5.2.4-1 白马航电枢纽水质预测结果表

预测指标	污染负荷 (g/s)	背景浓度 (mg/L)		预测结果 (mg/L)	
		平水期	枯水期	平水期	枯水期
COD	100.83	10	10	10.04	10.03
氨氮	6.59	0.191	0.14	0.196	0.15
总磷	6.54	0.107	0.108	0.113	0.123

由于白马航电枢纽上游 COD 和氨氮浓度较低，上游来水总磷浓度达到Ⅲ类水质标准，同时规划水平年污染负荷得到有效控制，白马航电枢纽建成后，库区 COD、氨氮、总磷浓度较上游背景浓度略有升高，但总体变化幅度不大，能够满足库区河段水质管理目标要求。

2) 类比分析预测

白马航电上游已建有彭水和银盘两座大型水电站，彭水、银盘和白马水电站多年平均流量分别为 1280m<sup>3</sup>/s、1380m<sup>3</sup>/s 和 1570m<sup>3</sup>/s，银盘和白马水电站调节库容相近，分别为 0.37 亿 m<sup>3</sup> 和 0.42 亿 m<sup>3</sup>，彭水调节库容较大达到 5.18 亿 m<sup>3</sup>，彭水为季调节水库，银盘和白马为日调节水库。总体来看，白马与银盘水库调节能力较小，彭水水库调节能力略强，3 座枢纽同处于乌江下游，自然条件和经济社会发展程度类似，污染源类型和负荷量相似，具有较好的可比性。

①彭水水库蓄水后水质变化

根据 2007~2010 年彭水库区的水环境质量资料，蓄水前后库尾沿河断

面化学需氧量和石油类呈下降趋势；高锰酸盐指数和粪大肠菌群随水期波动，总体变化不大。库中洪渡断面化学需氧量除在 2008 年 11 月出现上升外，总体较蓄水前有所下降；石油类总体呈现下降趋势；粪大肠菌群随水期波动，总体变化不大；高锰酸盐指数随水期波动，在 2010 年 10 月较蓄水前有所上升。坝前断面化学需氧量除在 2008 年 11 月出现上升外，总体较蓄水前有所下降；粪大肠菌群除在 2008 年 6 月有所上升外，总体变化不大；高锰酸盐指数和石油类总体有所下降。综上，除库中洪渡断面高锰酸盐指数有所上升外，库区各断面各污染物浓度均呈下降趋势或较蓄水前变动很小。水库蓄水后，库区水质整体变化不大。

### ②银盘水库蓄水后水质变化

根据重庆市武隆区环境监测站 2009~2014 年在银盘库区的常规监测资料统计，见图 5.2.3-2~图 5.2.3-5，高锰酸盐指数略有升高，与点源负荷增加有关，氨氮和总氮浓度基本保持不变，总磷浓度略有下降。高锰酸盐指数和氨氮可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准。总的来说，库区各断面各污染物浓度较蓄水前变化较小。

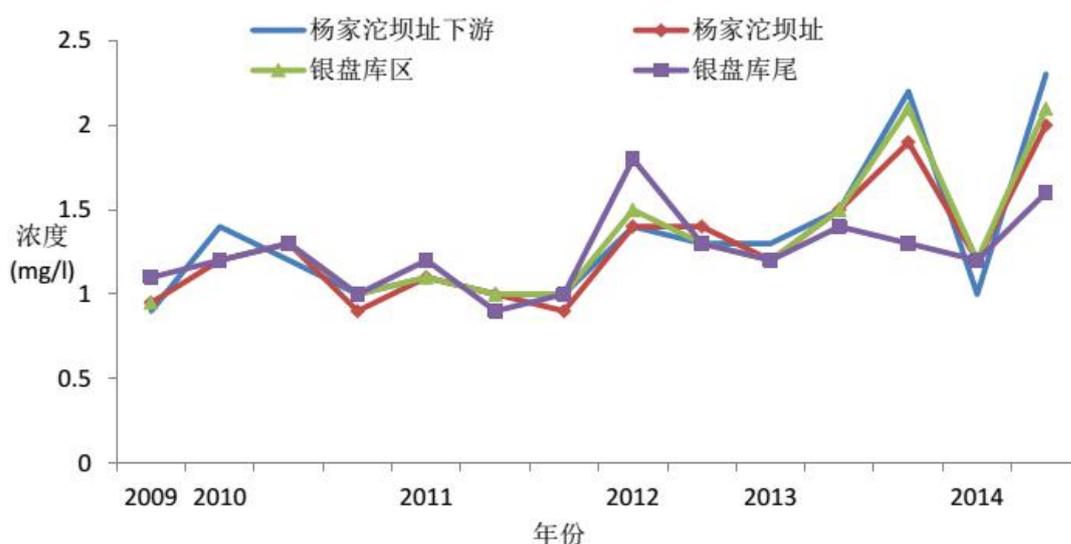


图 5.2.4-1 银盘水库建库后高锰酸盐指数变化图

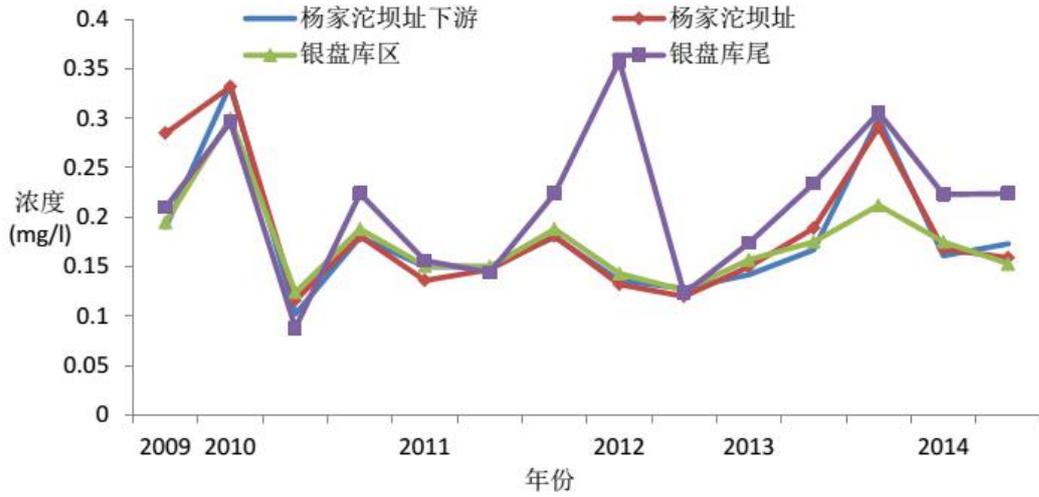


图 5.2.4-2 银盘水库建库后氨氮浓度变化图

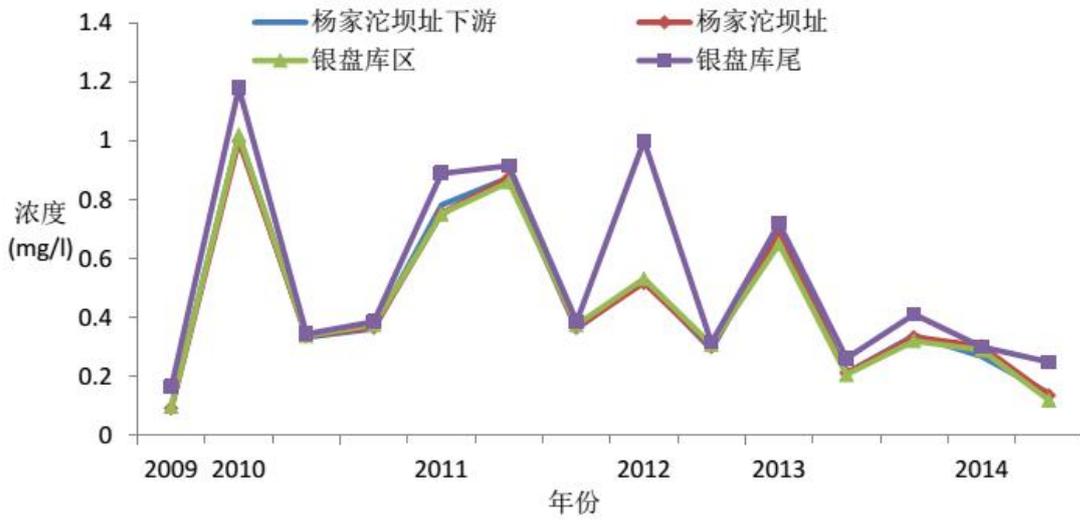


图 5.2.4-3 银盘水库建库后总磷浓度变化图

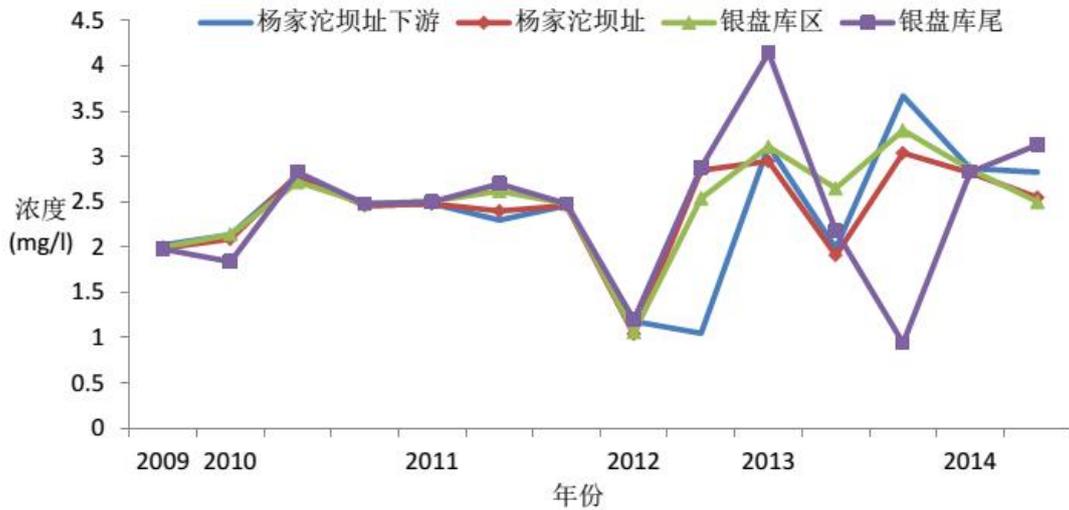


图 5.2.4-4 银盘水库建库后总氮浓度变化图

根据彭水水库和银盘水库蓄水后实测水质资料分析，水库蓄水对工程所在河段水质总体影响较小，白马库区污染负荷至规划水平年不增加，根据类比分析，白马航电枢纽蓄水后库区河段总体水质将维持现状。

### 5.2.5 排污口下游水质预测

白马航电枢纽回水长度约 46km，其中 42km 为三峡水库变动回水区，枯水期（11 月～次年 4 月）三峡水库高水位运行，白马坝址至江口断面受长江顶托影响，水位升高至 173m 附近，河宽增加，流速降低。白马库周最大排污口为武隆区污水处理厂排污口，具体位置见附图 22。白马航电枢纽建成后，库区水位进一步升高，由 173.5m 增加至 184m，河宽增加，排污口附近流速进一步降低，下游河道污染物超背景浓度范围将发生变化，武隆区污水处理厂废水排放量为 0.463m<sup>3</sup>/s，排污口下游河段水深较浅，河道顺直，水温无明显分层，可采用二维稳态混合衰减模型。

#### ① 二维稳态混合衰减模型

##### a. 模型公式

二维稳态混合衰减模式解析式为：

$$c(x, y) = \exp\left(-\frac{K_1 x}{86400u}\right) \left\{ c_h + \frac{c_p Q_p}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \left[ \exp\left(-\frac{u y^2}{4 M_y x}\right) + \exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4 M_y x}\right) \right] \right\}$$

式中：c(x, y) — 预测点 (x, y) 的污染物浓度，mg/L；

u — 河流排放口处中断面平均流速，m/s；

K<sub>1</sub> — 降解系数，1/d；

Q<sub>p</sub> — 污水排放流量，m<sup>3</sup>/s；

C<sub>p</sub> — 污水排放浓度，mg/L；

x — 排放口到预测点水流方向距离，m；

c<sub>h</sub> — 河流中污染物背景浓度，mg/L；

H — 污染带内平均水深，m；

$B$ —河流宽度，m；

$M_y$ —横向扩散系数， $m^2/s$ ；

$y$ —预测点垂直水流方向距离，m。

#### b. 模型参数

降解系数  $K_1$ ：

$$K_1 = \frac{u}{\Delta x} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

根据白马航电枢纽的形态特征，参考相关文献，确定  $K_{COD}$  为 0.23~0.52/d， $K_{NH_3-N}$  为 0.03~0.23/d， $K_{TN}$  为 0.1~0.4/d， $K_{TP}$  为 0.02~0.09/d。

扩散系数  $M_y$ ：采用 Fischer 经验公式估值。

$$M_y = (0.1 \sim 0.2) H (gHI)^{1/2}$$

式中： $I$ —水力坡降，m/m；

$g$ —重力加速度， $m/s^2$ ，

$H$ —污染带内平均水深。

c. 预测指标：选取 COD、 $NH_3-N$ 、总氮、总磷指标进行模拟计算。

d. 预测时段：预测时段选择枯水平水期和枯水期。

#### ② 预测结果

现状水平年武隆区污水处理厂排污口所在水域位于三峡库区，枯水期受三峡水库蓄水影响，经计算该河段流速为 0.48m/s，白马航电枢纽蓄水后，枯水期该河段水位上升，流速降低到 0.19m/s；平水期武隆区污水处理厂排污口下游河段不受三峡水库蓄水影响，流速为 2m/s，白马航电枢纽蓄水后流速降低到 1m/s。背景浓度采用武隆城区断面补充监测实测值。预测结果见表 5.2.5-1。

表 5.2.5-1 武隆区污水处理厂下游超背景浓度范围计算成果表

污染物	水期	预测方案	背景浓度 (mg/L)	流速(m/s)	超背景浓度长度 (m)	超背景浓度宽度 (m)
COD	枯水期	建库前	10	0.48	600	30

	平水期	建库后	10	0.19	300	60
		建库前	10	2	700	20
		建库后	10	1	500	30
氨氮	枯水期	建库前	0.163	0.48	2000	60
		建库后	0.163	0.19	1500	120
	平水期	建库前	0.188	2	1300	20
		建库后	0.188	1	1000	40
总氮	枯水期	建库前	2.78	0.48	1900	60
		建库后	2.78	0.19	1300	120
	平水期	建库前	2.69	2	1900	30
		建库后	2.69	1	1300	50
总磷	枯水期	建库前	0.113	0.48	1800	50
		建库后	0.113	0.19	1100	90
	平水期	建库前	0.119	2	1200	20
		建库后	0.119	1	800	30

根据预测结果，建库后武隆区域污水处理厂排污口下游 COD 超背景浓度范围枯水期为 300m×60m，平水期为 500m×30m；氨氮超背景浓度范围枯水期为 1500m×120m，平水期为 1000m×40m；总氮超背景浓度范围枯水期为 1300m×120m，平水期为 1300m×50m；总磷超背景浓度范围枯水期为 1100m×90m，平水期为 800m×30m。受建库后流速减缓，降解系数降低，水深增大等水力条件变化影响，建库后与建库前相比污染物超背景浓度范围长度减小，宽度增加，超背景浓度污染带由细长形态转变为宽短形态。

### 5.2.6 考核断面达标分析

评价范围内水质考核断面为白马水质监测断面，位于白马坝址上游约500m，根据《重庆市水污染防治目标责任书》，该断面2014年水质状况为V类，主要超标因子为总磷，2020年水质目标为III类。芙蓉江水质考核断面位于江口水电站坝址上游，不在评价范围内。目前，经过多年治理，白马江段总磷浓度低于III类标准限值0.2mg/L。白马水质监测断面上游主要排污口为武隆县城污水处理厂排口，距离约17km，根据排污口下游水质预测结果，污水处理厂尾水入江最大影响范围为1.5km，因此，白马航电枢纽水库蓄水后，白马考核断面能够满足III类水质标准。

### 5.2.7 水环境容量分析

根据《全国水环境容量核定技术指南》，采用“河流水环境容量分析系统”软件计算白马枢纽建成后库区水环境容量。

#### 1) 模型概化

白马航电枢纽为河道型水库，为进行水环境容量计算可将其概化成河道，起点为银盘坝址，终点为白马坝址，库区河段长46km；根据污染源预测，将白马库周概化成4处集中排污口，分别位于5km、6km、28km和30km处；库区河段有一条支流芙蓉江于约3km处汇入乌江；计算区域有一处国控断面白马断面，位于45.5km处。模型计算概化情况见图5.2.7-1。

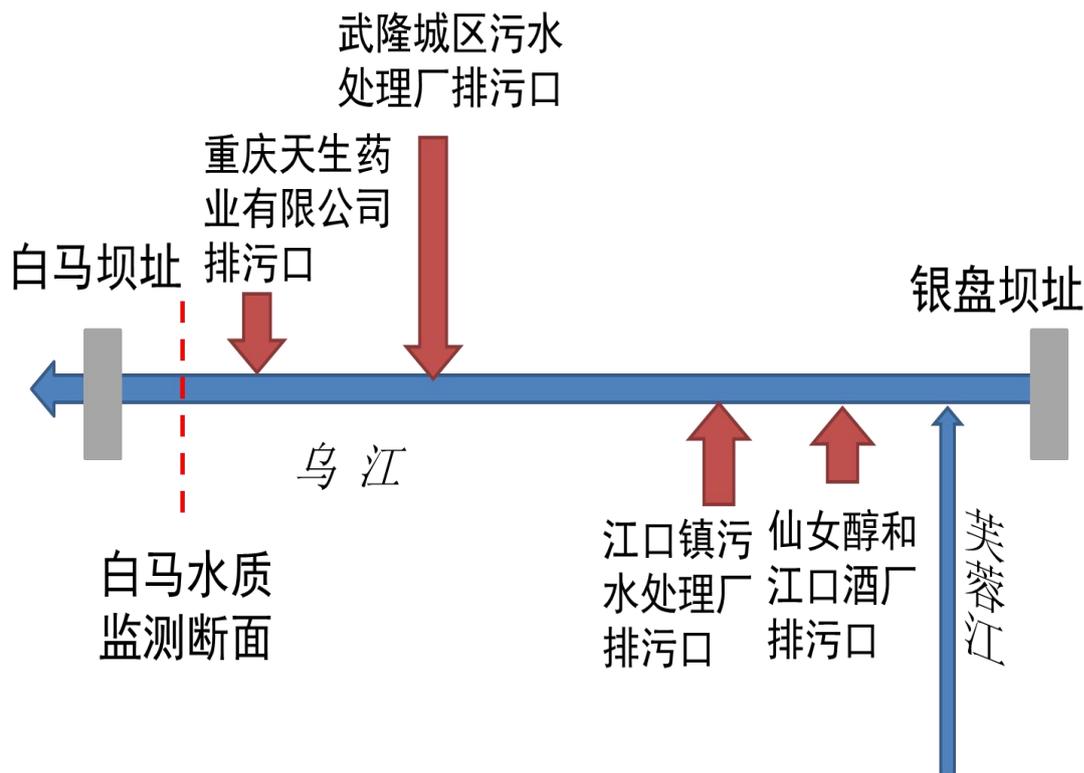


图 5.2.6-1 白马库区水环境容量模型计算概化图

### 2) 输入条件

采用上游银盘水电站最小下泄流量  $345\text{m}^3/\text{s}$  作为上游来流条件；选择化学需氧量和氨氮作为控制因子；根据环保部公布“十三五”期间水质需改善控制单元信息清单，白马库区位于乌江重庆市白马控制单元内，控制断面为白马断面，水质目标为Ⅲ类；白马航电枢纽上游为锣鹰控制单元，2020 年水质目标为Ⅲ类，上游来水污染物浓度取值为Ⅲ类水质标准最高浓度值；根据水文情势计算结果，建库前水库河段枯水期平均流速约为  $0.5\text{m}/\text{s}$ ，建库后平均流速约为  $0.2\text{m}/\text{s}$ ；建库前 COD 综合降解系数取  $0.48/\text{d}$ ，建库后取  $0.19/\text{d}$ ，氨氮建库前综合降解系数取  $0.06/\text{d}$ ，建库后取  $0.05/\text{d}$ 。

### 3) 计算结果

经计算，白马航电枢纽建成前后 COD 和氨氮水环境容量计算结果见表 5.2.6-1。

表 5.2.6-1 白马航电库区水环境容量计算成果表

项 目		COD	氨氮
水环境容量 (t/a)	建库前	3500	350
	建库后	3106	311

根据计算结果，建库前库区江段 COD 环境容量为 3500t/a，建库后为 3106t/a，建库前氨氮环境容量为 350t/a，建库后为 311t/a，建库后环境容量略小于建库前。运行期白马库周化学需氧量、氨氮排放量分别为 1589.85t/a、103.86t/a，均低于水环境容量，可见白马枢纽建成后库区江段尚有一定水环境容量。

#### 4) 坝下水环境容量分析

根据《全国水环境容量核定技术指南》，在计算河段水环境容量时，一般选择控制断面 90%最枯月平均流量或近 10 年最枯月平均流域作为设计流量条件，在上游已建控制性枢纽时，一般选择已建枢纽最小下泄流量作为设计流量条件。建库前，白马坝址下游河段计算水环境容量时，设计流量为银盘水电站最小下泄流量加库区支流（包括芙蓉江、长头河、清水溪）汇入流量约 381m<sup>3</sup>/s，白马枢纽建设后，设计流量为白马枢纽最小下泄流量 387m<sup>3</sup>/s，其余计算条件不变，白马枢纽建设后坝下水环境容量略有增加，但总体变化不大。

### 5.2.8 对水环境敏感目标影响分析

白马航电枢纽坝下游分布的重庆建峰化学工业集团水厂、涪陵区蒿枝坝水厂和涪陵坤源水务公司江东水厂水源保护区分别位于白马坝址下游 18km、38km 和 40km，工程与水环境敏感目标位置关系见表 1.4.2-1 和附图 5。白马航电枢纽具有反调节作用，枢纽建成后坝址下游河段枯水时段流量略有增加，水环境容量增加，有利于保障下游饮用水水源保护区水体水质。另外，根据彭水水库和银盘水库蓄水后出库断面水质实测资料，氨氮、总

磷和总氮 3 项水质指标浓度都有不同程度的降低，类比彭水、银盘水电站，白马航电坝址下游水环境质量不会劣于现状，工程运行不会对坝下水环境敏感目标产生不利影响。

### 5.2.9 水库营养状态变化趋势分析

本报告选用总氮和总磷两项指标，对白马航电枢纽库区水体富营养化趋势进行预测与评价。

#### (1) 模型计算

##### 1) 预测模型

采用狄龙模型计算主要营养元素氮、磷浓度，预测白马航电枢纽形成后富营养化发展趋势。

$$[P] = \frac{I_p(1 - R_p)}{rV} = \frac{L_p(1 - R_p)}{rh}$$

$$R_p = 1 - \frac{\sum q_a [P]_a}{\sum q_i [P]_i}$$

$$r = Q/V$$

式中：[p]——湖（库）中氮、磷的平均浓度，mg/L；

$I_p$ ——单位时间进入湖（库）的氮（磷）质量，g/a；

$L_p$ ——单位时间、单位面积进入湖（库）的氮、磷负荷量，g/（m<sup>2</sup>·a）；

$V$ ——湖（库）容积，m<sup>3</sup>；

$h$ ——平均水深，m；

$Q$ ——湖（库）年出流量，m<sup>3</sup>/a；

$R_p$ ——氮、磷在湖（库）中的滞留率；

$q_a$ ——年出流的水量，m<sup>3</sup>/a；

$q_i$ ——年入流的水量，m<sup>3</sup>/a；

$[P]_a$ ——年出流的氮（磷）平均浓度，mg/L；

$[P]_i$ ——年入流的氮（磷）平均浓度，mg/L；

## 2) 参数确定

### ①水力冲刷系数 (r)

白马航电枢纽年出库水量 495.5 亿  $m^3$ ，库容 3.74 亿  $m^3$ ，r 为  $132.49a^{-1}$ 。

### ②氮（磷）在水库中的滞留率 ( $R_p$ )

一般由实测值确定，在无实测值情况下，可借用狄龙等人根据大量资料统计分析所得的经验方程进行计算：

$$R_p = 0.426 \times e^{-0.271Q_i} + 0.574 \times e^{-0.00949Q_i}$$

$$Q_i = \frac{Q}{A}$$

式中： $R_p$ —氮（磷）滞留系数； $Q_i$ —水力负荷， $m^3/(m^2 \cdot a)$ ； $Q$ —多年平均径流量， $m^3/a$ ； $A$ —库区面积， $m^2$ 。

白马航电建库后库区面积约  $10km^2$ ，多年平均径流量 495.5 亿  $m^3$ ，经计算得水力负荷  $Q_i$  为  $4995m^3/(m^2 \cdot a)$ ，水库水力条件较好，水力负荷大，经计算  $R_p \approx 0$ 。

因此，氮磷浓度计算公式可简化为：

$$[P] = \frac{I_p}{Q}$$

### ③单位时间进入库的氮（磷）质量 ( $I_p$ )

单位时间入库的氮（磷）负荷主要包括乌江干流库尾断面、芙蓉江和库周氮（磷）入库量。

根据重庆市政府与环保部签订的《水污染防治目标责任书》，到 2020 年乌江干流达到 III 类水质标准，芙蓉江达到 II 类水质标准，氮、磷入库浓度按照 2020 年水质管理目标上限值计算，乌江干流总氮入库浓度为  $1mg/L$ ，总磷入库浓度为  $0.05mg/L$ ，芙蓉江总氮入库浓度为  $0.5mg/L$ ，总磷入库浓度为  $0.025mg/L$ 。

## 3) 计算结果

依据上述参数值，采用狄龙模式进行预测，经计算，白马枢纽建库后

总氮浓度为 0.95mg/L~0.97mg/L，总磷浓度 0.049mg/L~0.05mg/L，见表 5.2.9-1，均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准。

表 5.2.9-1 白马航电枢纽库区氮、磷浓度预测成果表

计算项目			枯水期		平水期		丰水期	
			总氮	总磷	总氮	总磷	总氮	总磷
氮（磷） 入库量	乌江	来水量（m <sup>3</sup> /s）	340		1430		2674	
		氮（磷）浓度(mg/L)	1	0.05	1	0.05	1	0.05
	芙蓉江	来水量（m <sup>3</sup> /s）	42		157		326	
		氮（磷）浓度(mg/L)	0.5	0.025	0.5	0.025	0.5	0.025
库周氮（磷）入库量(g/s)		6.71	1.47	15.66	3.43	22.37	4.89	
出库流量（m <sup>3</sup> /s）			387		1570		3000	
氮（磷）平均浓度（mg/L）			0.95	0.182	0.97	0.187	0.95	0.183

#### 4) 营养状态分级

根据《地表水环境质量评价方法（试行）》采用综合营养状态指数法（TLI（Σ））对白马航电枢纽库区富营养化状态进行分级。综合营养状态指数计算公式如下：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中：TLI（Σ）——综合营养状态指数；

W<sub>j</sub>——第 j 种参数的营养状态指数的相关权重；

TLI（j）——代表第 j 种参数的营养状态指数。

各项目营养状态指数计算公式如下：

$$TLI(chla) = 10 (2.5 + 1.086 \ln chla)$$

$$TLI(TP) = 10 (9.436 + 1.624 \ln TP)$$

$$TLI(TN) = 10 (5.453 + 1.694 \ln TN)$$

$$TLI(SD) = 10 (5.118 - 1.94 \ln SD)$$

$$TLI(COD_{Mn}) = 10 (0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn})$$

经计算评价，白马航电枢纽建成后库区综合营养状态指数为 42.85~

43.72，营养状态为中营养。评价结果见表 5.2.9-2。

表 5.2.9-2 白马航电枢纽库区营养状态评价表 单位：mg/L

水质指标	枯水期		平水期		丰水期	
	浓度	营养状态指数	浓度	营养状态指数	浓度	营养状态指数
叶绿素 a	4	40.06	4	40.06	4	40.06
TN	0.95	53.66	0.97	54.01	0.95	53.66
TP	0.182	66.69	0.187	67.13	0.183	66.78
COD <sub>Mn</sub>	3.6	35.18	3.6	35.18	3.6	35.18
TLI (Σ)	—	48.10	—	48.28	—	48.12
评价等级	—	中营养	—	中营养	—	中营养

### 5) 富营养化预测结果分析

发生富营养化的条件主要有总磷、总氮等营养盐相对比较充足；缓慢的水流流态；适宜的温度条件，在上述三方面条件都比较适宜时，会出现某种优势藻类“疯”长现象，爆发富营养化。经预测，白马航电枢纽建库后总氮、总磷浓度变化不大。白马航电枢纽为日调节水库，建库后库尾河段在丰、平水期与天然河道差别不大，不具备水生植物大量生长的条件；在库中及坝前水域，虽然水深增加，流速减小，有利于浮游藻类的生长繁殖，但白马航电枢纽水体交换量较大且交换较频繁，水流滞留时间短，不易形成稳定的藻类群体。总体来看，白马航电枢纽建成后库区不易出现富营养化。

### (2) 类比分析

根据收集到的乌江沿河至河口段历年水质监测成果，结合重庆市水环境质量月报资料，乌江沿河至河口段已建梯级电站蓄水后干流历年水体富营养化情况见表 5.2.9-3 和表 5.2.9-4，由表可见，两水库不同时段各断面均为中营养水平。类比彭水和银盘水库，白马航电枢纽建成后库区不易出现富营养化。

表 5.2.9-3 彭水水电站库区各断面富营养化程度变化表

时间	彭水水电站库尾断面	彭水水电站库中断面	彭水水电站坝前断面
2015 年 12 月	中营养	中营养	中营养
2016 年 8 月	中营养	中营养	中营养
2016 年 10 月	中营养	中营养	中营养
2018 年 4 月		中营养	中营养

表 5.2.9-4 银盘水电站库区各断面富营养化程度变化表

时间	银盘水电站库尾断面	银盘水电站库中断面	银盘水电站坝前断面
2011 年 8 月	中营养	中营养	中营养
2012 年 5 月	中营养	中营养	中营养
2012 年 9 月	中营养	中营养	中营养
2013 年 3 月	中营养	中营养	中营养
2013 年 5 月	中营养	中营养	中营养
2013 年 8 月	中营养	中营养	中营养
2014 年 3 月	中营养	中营养	中营养
2014 年 5 月	中营养	中营养	中营养
2014 年 8 月	中营养	中营养	中营养
2015 年 4 月	中营养	中营养	中营养
2015 年 5 月	中营养	中营养	中营养
2016 年 6 月	中营养	中营养	中营养
2018 年 4 月	中营养	中营养	中营养

### 5.2.10 气体过饱和

通常情况下，水利工程泄流导致水体总溶解气体（TDG）过饱和依托于 2 个必要条件——掺气和加压。高速下泄的水流将空气以气泡的形式带至水体深处，即掺气过程；同时，由于水压的作用，致使气泡周围水体 TDG 含量迅速升高，即加压过程。之后在水流掺混作用下，生成的含高浓度溶解气体的水流被带入到下游水较浅处（水压较小），相对于当地压力而言，就出现了 TDG 水体过饱和现象。一般而言，在高坝大库挑流泄洪时下游气体过饱和影响较大。

白马航电属于低水头电站，加权平均水头约 20.5m，洪水期间，采用 11 个表孔泄流，底流或面流消能，不采用挑流消能，泄水期间，最大水位差约在 10~30m 之间，水体压力差较小，基本无 TDG 过饱和影响。

## 5.3 地下水环境

2014 年 3 月，我单位委托中国地质大学完成《重庆乌江白马航电枢纽工程地下水环境影响评价报告》，项目组分别于 2014 年和 2019 年进行了

野外实地调查、实验和取样测试，对工程涉及区域地下水环境现状进行了调查，并重点分析工程建设对地下水环境的影响。

### 5.3.1 施工期

坝址区工程对地下水的影响主要是施工期各种建筑物开挖排水，导致坝址区附近岩溶含水层地下水水位下降。坝址区在施工期会产生生活污水和生产废污水，经处理后达标排放或回用，基本不会对区域地下水环境产生影响。废水处理设施防渗不到位或防渗失效的非正常工况下，污染物持续渗漏有可能污染地下水。（1）地下水位变化

坝址区施工分三期进行，分别是：一期的右岸导流明渠施工、二期左岸电站厂房及大坝主体施工、三期右岸船闸施工。

一期施工阶段，导流明渠的开挖会导致一期基坑右侧地下水位下降，影响范围约 800m，基坑涌水量为 2627m<sup>3</sup>/d；该施工阶段，乌江水位无明显变化，导流明渠上、下游及左侧三面均设置防渗帷幕，因此施工对乌江左侧地下水基本没有影响。地下水流场和地下水降深见图 5.3.1-1 和 5.3.1-2。

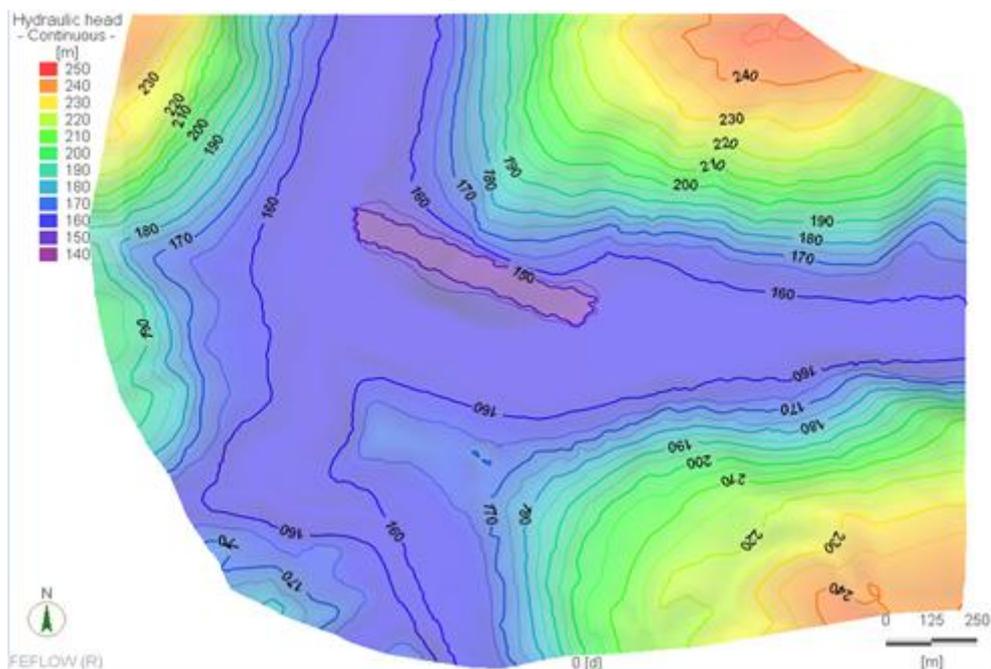


图 5.3.1-1 一期施工阶段坝址区地下水流场图

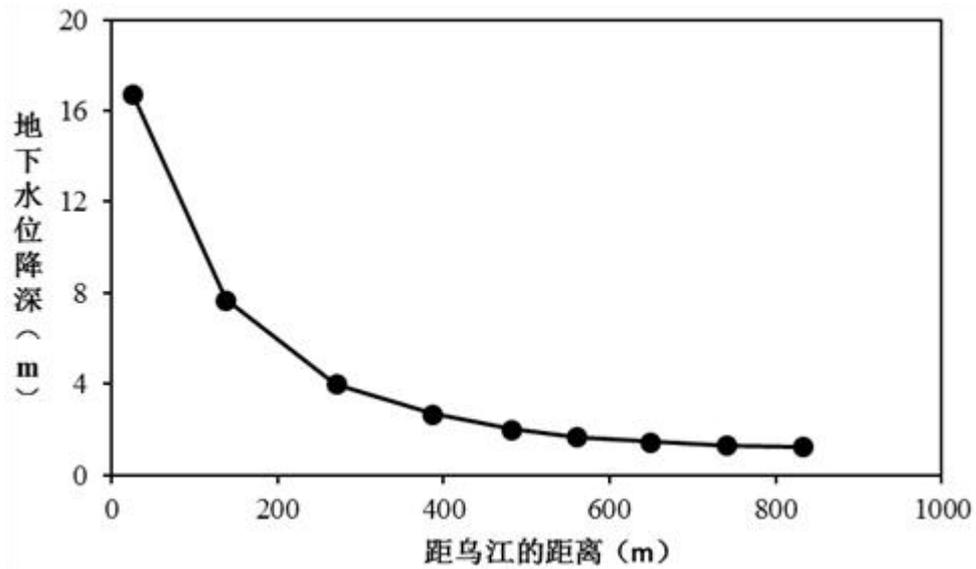


图 5.3.1-2 一期施工乌江右岸不同位置的地下水降深图

二期施工阶段，电站厂房及大坝基坑的开挖会导致二期基坑左侧地下水位下降，形成往左侧山体扩展的降落漏斗，影响范围约 500m，基坑涌水量为 2174m<sup>3</sup>/d；该施工阶段，来水通过导流明渠下泄，右岸地下水位将逐渐恢复，施工对乌江右侧地下水基本没有影响。地下水流场和地下水降深见图 5.3.1-3 和 5.3.1-4。

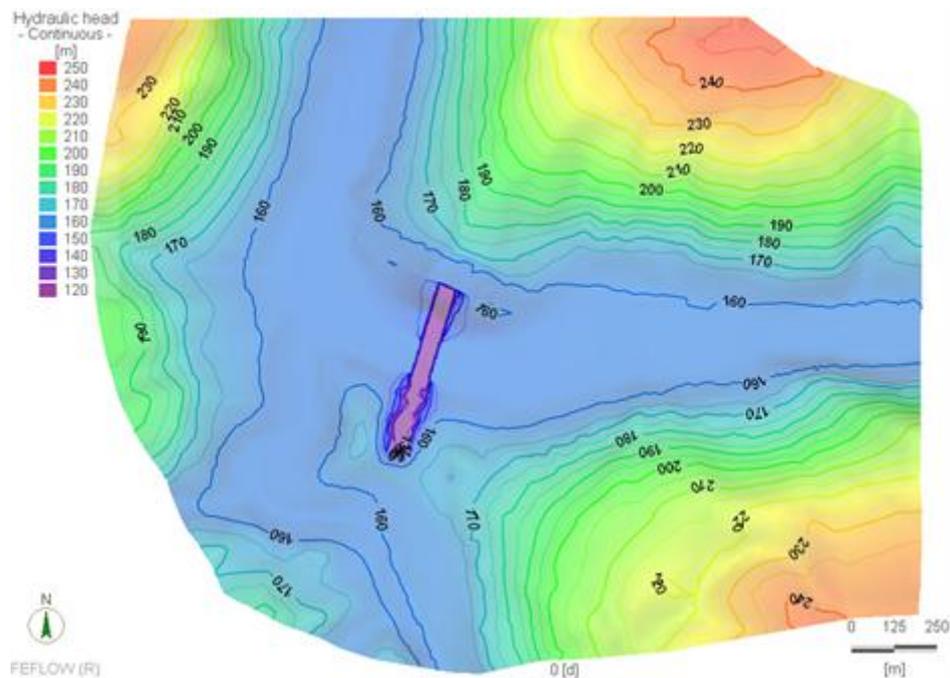


图 5.3.1-3 二期施工阶段坝址区地下水流场图

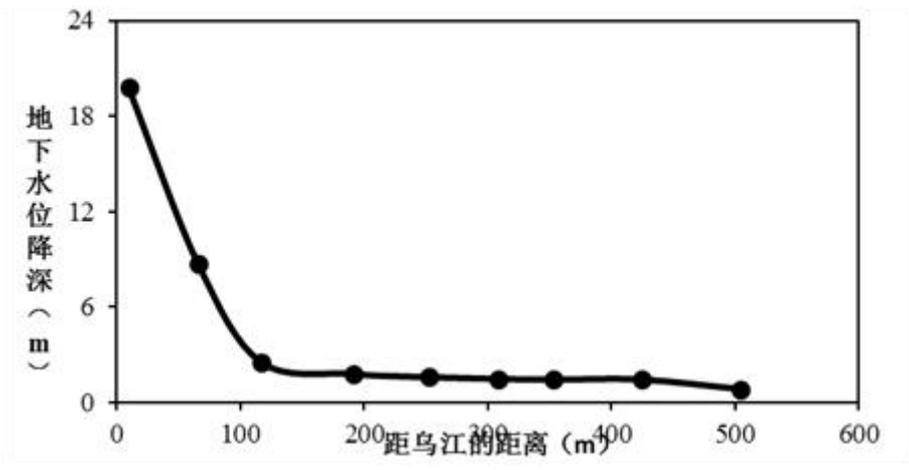


图 5.3.1-4 二期施工乌江右岸不同位置的地下水降深图

三期施工阶段，水库开始蓄水，导致库区两侧地下水位雍高，受水库上游地下水位雍高的影响，乌江左岸大坝下游至石梁河右岸之间地下水水位相应抬升，影响范围约 500m；右岸船闸基坑开挖将形成一个往基坑右侧山体扩展的降落漏斗，距离基坑 1000m 处地下水水位基本不受影响，基坑涌水量为 3109m<sup>3</sup>/d。地下水流场和地下水降深见图 5.3.1-5 和 5.3.1-6。

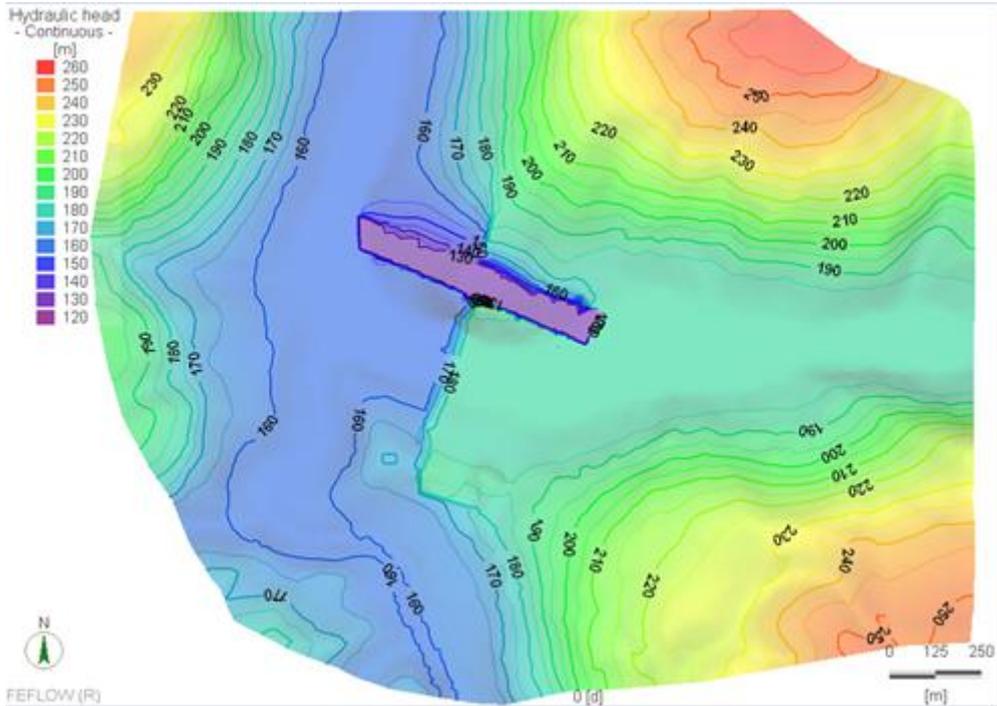


图 5.3.1-5 三期施工阶段枢纽区地下水流场图

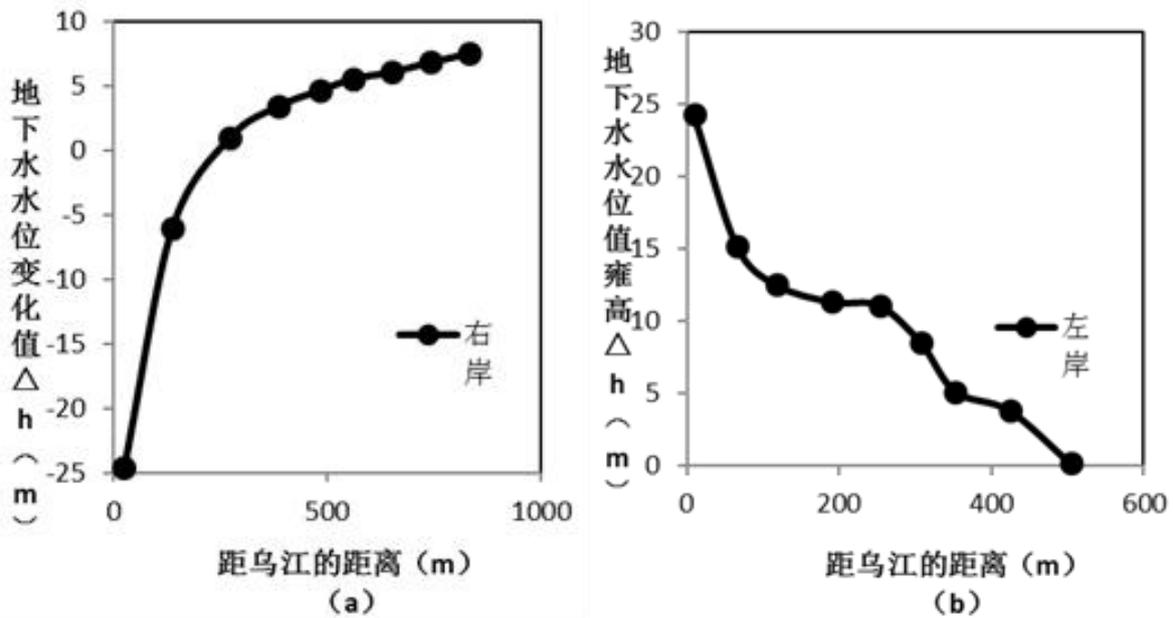


图 5.3.1-6 三期施工乌江两岸不同位置的地下水降深图

坝址区内无集中式饮用水水源地，只有部分居民利用表生岩溶泉作为生活用水，泉水位在区域地下水位之上，主要受大气降水补给，基坑开挖对其水量无影响。

### (2) 地下水水质

坝址区施工期废污水包括生产废水和生活污水，经处理后回用，不外排，在做好污废水处理并减少和杜绝处理设施的跑冒滴漏现象后，对周边地下水的影响很小。本次评价对废水处理设施防渗不到位或防渗失效的情况下，预测废污水渗漏对地下水水质的影响，污染因子为高锰酸盐指数、石油类，各计算参数见表 5.3.1-1，计算成果见表 5.3.1-2。

表 5.3.1-1 计算参数一览表

渗透系数 $K(m/d)$	水力坡度 $I$	水流速度 $u(m/d)$	纵向弥散系数 $D_L(m^2/d)$	污染源强 $C_0(mg/L)$	
				高锰酸盐指数	石油类
0.6	0.10	0.06	30	130	200

施工期为 99 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 8 年，分别计算非正常工况的污染物施工期内的污染物的超标扩散距离。表 5.3.1-2 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

排出后 100 天、1 年、2 年、4 年、6 年、8 年的超标扩散距离。

表 5.3.1-2 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)					
		100 天	1 年	2 年	4 年	6 年	8 年
高锰酸盐指数	超标最远距离 III类地下水 标准浓度 (3mg/L)	181	355	514	750	940	1106
石油类	超标最远距离 III类地表水 标准浓度 (0.05mg/L)	289	563	808	1167	1451	1698

由计算结果，非正常状况下，污染物扩散距离随时间增加而增加，1 年后，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 355m，石油类在纵向方向上运移的最大超标扩散距离约为 563m；2 年后，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 514m，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 808m；到施工期结束的 8 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 1106m，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 1698m。污染物的持续渗漏会在施工区局部造成地下水水质超标，因此应加强设计及施工管理，保证污水处理设施防渗性能，杜绝污染物跑冒滴漏。

### 5.3.2 运行期

#### (1) 坝址区

运行期正常蓄水期时，坝前水位抬升约 25m，导致库区两侧地下水位也相应雍高，地下水位雍高值随远离江面的距离增加而减小，影响范围约 800m；大坝下游乌江水位几乎不变，蓄水对下游两侧地下水水位的影响微弱；正常蓄水时，右岸绕坝渗流量为 162m<sup>3</sup>/d，左岸渗漏量为 561.6m<sup>3</sup>/d，坝下渗漏量为 345.15m<sup>3</sup>/d。蓄水至设计洪水位时，绕坝渗漏量增大，右岸绕坝渗流量为 349.44m<sup>3</sup>/d，左岸绕坝渗漏量为 702m<sup>3</sup>/d，坝下渗漏量为 575.3m<sup>3</sup>/d。

## (2) 库区

运行期正常蓄水位 184m 时，乌江水位相对于建坝前坝址处水位抬升约 25m 左右，库区中段（武隆～土坎一带）水位抬升约 10~25m，库尾水位抬升约 2~10m（银盘坝址～武隆）。蓄水前库尾与库首之间乌江的河流比降约为 0.58‰，蓄水后河流比降变化为 0.02‰，分别将蓄水前、后的乌江水位输入模型，通过数值模拟得到库区天然情况下和蓄水情况下的地下水流场，如图 5.3.2-1 和图 5.3.2-2 所示。

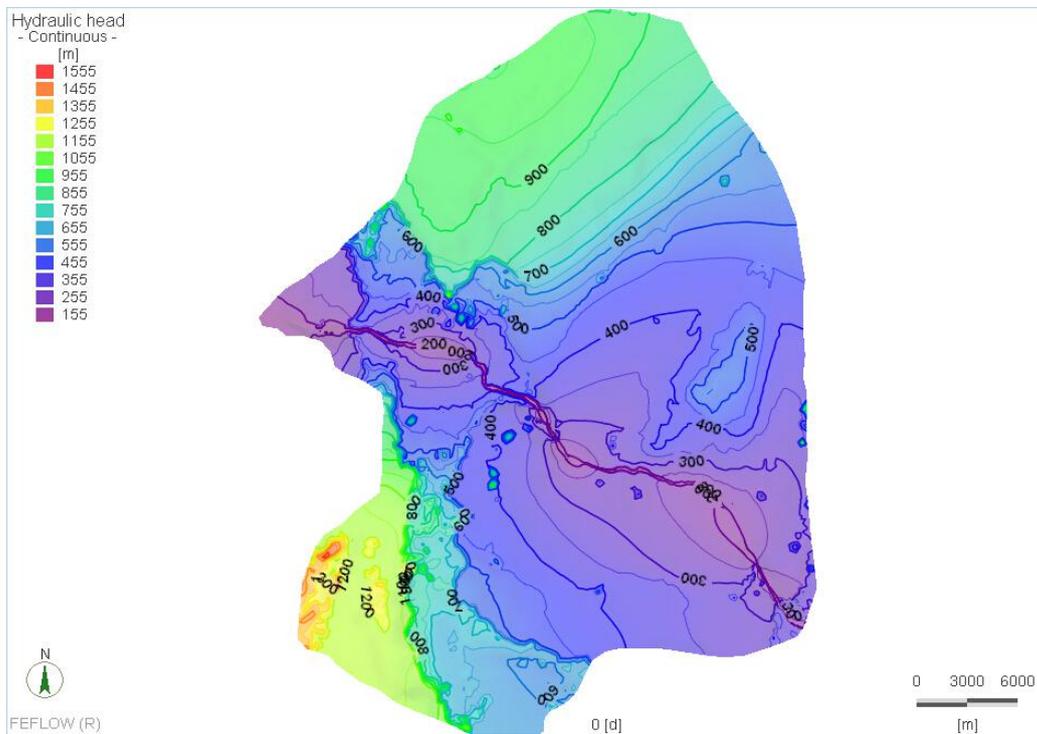


图 5.3.2-1 天然情况下库区地下水流场图

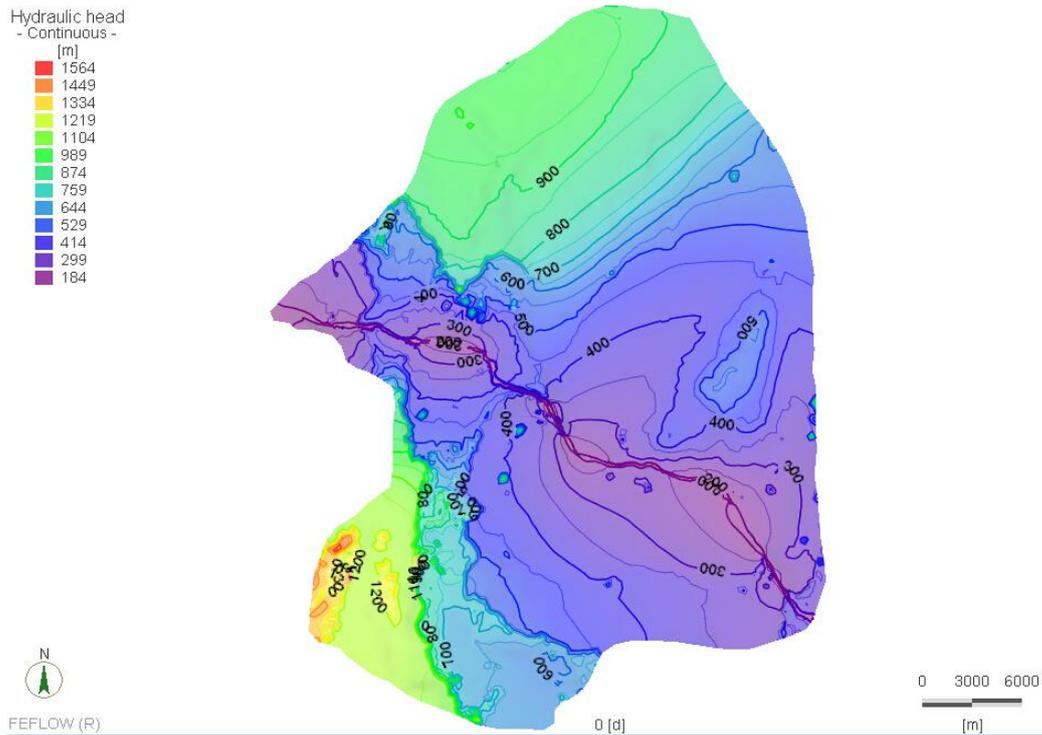


图 5.3.2-2 正常蓄水时库区地下水流场图

地下水数值模拟结果表明：水库正常蓄水后，对库区地下水流场的形态影响很小，不会改变库区地下水接受大气补给后由两侧山体往乌江方向运移及排泄的总体规律，但水库蓄水后库岸附近地下水水位会随着乌江水位的抬升而相应雍高，地下水位雍高值随离乌江的垂直距离而逐渐减小，距离乌江 1km 以外，地下水位基本不受影响。

### 5.3.3 对地下水保护目标影响分析

研究区内已建成以地下水为供水水源的供水站 3 个，备用水源地 1 个，分别位于白马镇、羊角镇、土坎镇和武隆城区。下面分别论述本建设项目对各水源地的影响。

#### (1) 白马镇集中供水水源地

白马供水站位于白马镇南侧铁佛寺山坡上，高程 321m，取水水源为供水站东南方向的豹岩村灰岩地层中的溶洞水，高程 1032m。地下水经溶洞流出汇入郭溪沟关山虎水库，库水一部分经压力钢管送至山脚白马电站发

电，一部分经输水渠道引至白马供水站蓄水池（图 5.3.3-1），供水能力为  $10000\text{m}^3/\text{d}$ ，供水人口 10000 人。



图 5.3.3-1 白马供水站蓄水池

白马航电枢纽建成蓄水后，正常蓄水位 184m，而白马镇供水水源地高程 1032m，远高于正常蓄水位，水库运行期对该水源地没有影响。

#### （2）羊角镇集中供水水源地

羊角镇集中供水水源地位于乌江左岸 319 国道上方的白岩洞和滴水岩（图 5.3.3-2），溶洞中安装水泵抽水，经自来水管网送至各家各户，供水能力  $800\text{m}^3/\text{d}$ ，供水人口 10000 人。



图 5.3.3-2 白岩洞取水口

白岩洞和滴水岩发育于三叠系飞仙关组地层，汇集南部朱家湾、磨槽湾等地大气降水后，经溶蚀裂隙网络往乌江方向运移，受底部三叠系飞仙关组底部和二叠系上统吴家坪组页岩相对隔水层的阻挡，地下水在乌江左岸岩性分界处以接触下降泉的形式出露地表（图 5.3.3-3），泉口标高 230m。平时溶洞水均进入供水管道，雨后流量大涨，经溶洞流出形成瀑布（图 5.3.3-4）。

由图 5.3.3-3 可知，河床处出露基岩为二叠系茅口、栖霞含水层，白岩洞和滴水岩发育于三叠系飞仙关含水层之中，两套含水层之间为吴家坪组相对隔水层，正常蓄水位 184m 时，该段乌江水位为 184.3m，在吴家坪组相对隔水层下方，因此，蓄水后对该水源地没有影响。

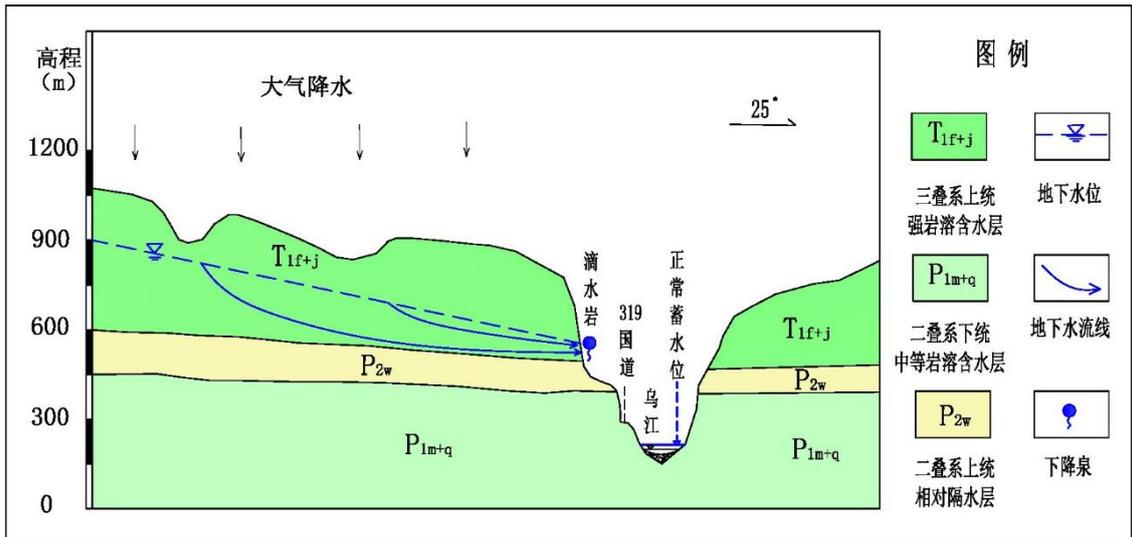


图 5.3.3-3 滴水岩泉成因示意图



图 5.3.3-4 滴水岩瀑布

### (3) 土坎集中供水水源地

土坎镇供水水源为位于距离土坎镇 3.4km 的土坎水电站溪沟水，溪沟水主要来自于在土坎水电站前池建立取水口，经引水管道引水至桐坝水厂（图 5.3.3-5），经净化处理后向土坎镇及周边居民供水，供水能力为 10000m<sup>3</sup>/d，其中生活用水 5800m<sup>3</sup>/d，工业用水 4200m<sup>3</sup>/d。



图 5.3.3-5 土坎镇桐坝水厂

土坎水电站溪沟水主要由二叠系茅口组地层中的岩溶泉水补给，泉水接受来自北侧岩溶洼地汇集的大气降水补给，往乌江方向运移，受底部志留系砂页岩相对隔水层的顶托，在岩性分界面处以接触下降泉的形式出露（图 5.3.3-6），汇入土坎水电站溪沟。

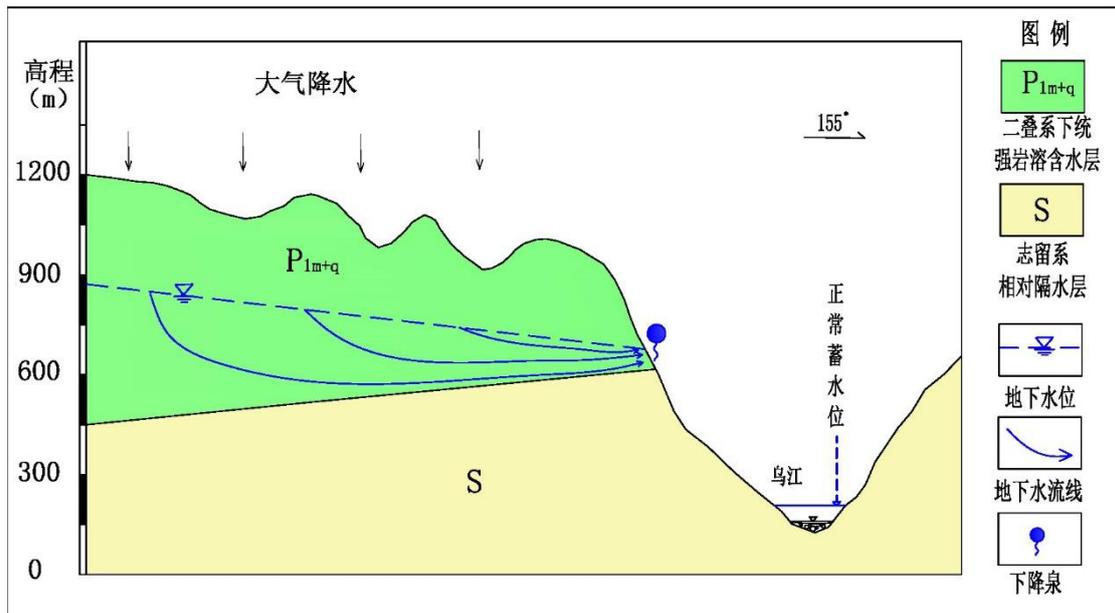


图 5.3.3-6 土坎镇一带泉成因示意图

桐坝水厂标高 666m，泉口标高约 1070m 左右，远高于白马航电枢纽正常蓄水位，且乌江河床出露基岩为志留系相对隔水层，因此水库运行对该饮用水源地无影响。

#### (4) 巷口镇备用水源地

巷口镇备用水源地位于武隆县巷口镇火车站隧道，在隧道施工过程中揭穿三叠系嘉陵江组层时，地下水沿岩体中的溶蚀裂隙涌出，水量丰富、稳定且水质良好，因武隆县当时已建成以地表水为水源的集中供水站，因此将隧道涌水点纳入武隆县饮用水备用水源地进行保护。



图 5.3.3-7 巷口镇备用水源地

隧道排水点标高 221m，高于白马航电枢纽正常蓄水位，位于乌江右岸，距乌江的直线距离约 1.1km。水库正常蓄水位 184m 时巷口镇区段乌江水位从 171.83m 抬升至 184.36m，山体内部该处地下水水位抬升约 4.5m，水力梯度由 6.325%减小为 6.201%，根据达西定律推算，泉流量减少仅为 1.96%，对该水源地基本没有影响。

除上述地下水集中供水水源地以外，库区内还有一些小型泉水作为分散水源地被附近居民利用作为生活用水，如羊角村龙洞沟泉水、羊角滑坡

后缘泉水等，这些泉水流量小，供水人口少，且泉口标高均高于正常蓄水位，水库运行后基本不受影响。

## 5.4 水生生态

### 5.4.1 对水生生境的影响

白马航电枢纽坝址位于三峡水库在乌江的变动回水区内，白马坝下游河段水文情势受白马航电枢纽运行和三峡水库运行的双重影响。

乌江是降水补给河流，三峡水库建成后，乌江下游部分河段为三峡水库回水区，回水区较原河流水位抬高，水流减缓，营养盐滞留，水体初级生产力增加，适应静缓流环境的生物种类增多，适应急流生境的种类减少，原开放型河流水生生态系统变为河道型水库生态系统。评价区河流生境受三峡水库调度运行影响，当三峡水库高水位运行时，回水约到江口；低水位运行时，回水约至白涛。回水区以上河段仍保持河流生境，回水河段河流生境发生改变，除流速、水位、泥沙等水文情势明显改变外，回水区营养盐滞留、累积，水体初级生产力提高。

白马航电枢纽工程施工导流期间，由于施工围堰阻挡，河道缩窄，坝址上游水位与天然水位相比将会壅高。由于施工导流期间干流流量与天然状态相比保持不变，且下游河道位于三峡库区，不会出现减水或断流现象，仅在导流口附近发生水位、流速突变。

白马航电枢纽初期蓄水将在9月下旬完成，此时三峡水库水位在155m左右。在白马航电枢纽初期蓄水期间，三峡水库运行水位将对白马坝址处水位产生顶托影响，加上水库下泄的通航最小流量，水库初期蓄水期间，坝下不会出现断流现象。

白马航电枢纽建成后，回水至银盘坝下，银盘坝下的乌江下游河流生境多变为河道型水库生境，仅银盘电站坝下近坝河段仍能保持河流生境，

白马航电枢纽为日调节运行，汛期流水生境河段会增加。

白马枢纽坝址及库区位于三峡水库消落区内，受三峡水库回水影响枯水期水位抬高，水深增大，按照白马坝址断面～羊角新滩断面～武隆水文站断面～江口镇断面～银盘坝址断面的顺序影响逐渐减小，对银盘坝址断面几乎没有影响。同时，按照枯水年、平水年和丰水年的顺序影响逐渐降低。

根据相关成果从典型日的分析，白马枢纽通过反调节，使上游下泄的非恒定流变为尽量均匀的下泄流量过程，一天内流量和水位的波动幅度较工程实施前更加平缓，调节幅度最大的6月典型日流量变幅由建库前 $1265\text{m}^3/\text{s}$ 减小为建库后 $688\text{m}^3/\text{s}$ ，水位变幅由建库前 $3.71\text{m}$ 减小为建库后 $1.96\text{m}$ 。丰水期白马枢纽的反调节幅度要大于枯水期，即对水位流量变幅的调整更为显著，6月典型日的流量反调节幅度为 $577\text{m}^3/\text{s}$ ，水位反调节幅度为 $1.75\text{m}$ ，而11月典型日的流量反调节幅度为 $23\text{m}^3/\text{s}$ ，坝下水位则没有变化；另外枯水期虽然下泄水量小，但由于三峡水库水位顶托，使得白马坝下枯水期水位要高于丰水期水位。

丰水期乌江天然来水量较大，此时白马航电枢纽基本按照来水量控制下泄流量，坝下游河段的水文情势接近天然状态，因此丰水期水库运行对坝下游河段的水文情势及水质影响较小。枯水期，上游银盘水电站和江口水电站调峰运行时，白马航电枢纽利用日调节库容对银盘和江口水电站日调节释放的不恒定流进行反调节，在三峡水库低水位运行与白马枢纽尾水不能满足通航水位要求情况下，白马航电枢纽需下泄生态流量 $387\text{m}^3/\text{s}$ ，因此在枯水期部分时段白马航电枢纽的运行可增加下游流量。

银盘水电站和白马航电枢纽均为日调节运行，两水库库容小，库水交换频繁，水库水温结构均为混合型，下泄水温基本无变化。

白马航电属于低水头电站，加权平均水头约 20.5m，洪水期间，采用 11 个表孔泄流，底流或面流消能，不采用挑流消能，泄水期间，最大水位差约在 10~30m 之间，水体压力差较小，基本无 TDG 过饱和影响。

白马航电枢纽建成后库尾河段在丰、平水期与天然河道差别不大，不具备水生植物大量生长的条件；在库中及坝前水域，虽然水深增加，流速减小，有利于浮游藻类的生长繁殖，但白马航电枢纽水体交换量较大且交换较频繁，从水库特性、运行方式和水动力条件等分析，白马航电枢纽主库区发生水体富营养化的程度不大。但库区支流回水区和库湾水体富营养程度有可能增加，应加强水生生态监测，及时掌握水生生态环境变化。

## 5.4.2 对饵料生物的影响

### 5.4.2.1 对浮游植物的影响

白马航电枢纽建成运行后，原有的河流将变成河道型水库，坝上形成日调节型水库，库区水位抬高，从库尾至坝前流速减缓，泥沙沉降，水体透明度增大，营养负荷滞留累积，库区水体水质发生变化，水体营养负荷增加，将使得水体初级生产力提高，有利于浮游植物的生长和繁殖，库区浮游植物种类和现存量增加。由于白马枢纽日调节运行，水库为日调节河道型水库，库区仍然保持一定的流水条件，水体交换频繁。库区水环境条件变化较小，库区无明显污染源，库区水体理化性质基本保持原河流状态，仅库区流速趋缓。预计枢纽建成后，库区浮游植物种类、现存量会有所增加，但增加幅度有限，浮游植物的群落结构将基本保持现状态。硅藻、蓝藻和绿藻仍将是其主要类群。库区发生水体富营养化的可能性较小。

由于白马为低坝枢纽，下泄水体浮游植物组成与库区相似，白马坝下近坝水域浮游植物变化与白马库区相似，下游基本保持现状。

#### 5.4.2.2 对浮游动物的影响

浮游动物以浮游植物和碎屑为食，受工程影响其变化趋势与浮游植物相似。白马航电枢纽建成后，评价区水流减缓，利于浮游动物的生存和繁殖，浮游动物种类和现存量会有所增加，但总体的变化有限。

预计白马枢纽建成运行后，白马库区浮游动物种类数整体可能会有所增加，浮游动物密度中原生动物增加明显，轮虫，枝角类和桡足类变化不大；浮游动物生物量中原生动物会下降，其它类群将增加。

白马坝下近坝水域浮游动物变化与白马库区相似，下游基本保持现状。

#### 5.4.2.3 对底栖动物的影响

工程建成运行后，随着水体静缓流水水域面积扩大和初级生产力增加，底栖动物生物量会相应增加。但由于水深较大、水位的频繁变动，底栖动物的生长繁殖会受到一定的影响，其增加幅度较小。受生态环境适应性影响，底栖动物的分布不均匀，预计在库湾及静水浅滩底栖动物较丰富，适应静缓流、沙生的软体动物、水蚯蚓和摇蚊幼虫的种类和数量将明显增加。

白马枢纽形成日调节水库，库区水交换频繁，仍保持一定水流条件，预计白马枢纽建成后，底栖动物种数会有所增加，环节动物、节肢动物数量有所上升，但总体上库区底栖动物的变化有限。白马坝下，由于受水位频繁涨落和清水下泄的影响，丰水期近坝水域底栖动物会减少，枯水期受三峡回水顶托影响，水位相对稳定，底栖动物基本保持现状。

评价区水生维管束植物很少，白马枢纽建成运行后，库湾及静缓流水域可能会出现水生维管束植物，但受水位变化及底质等的影响，成库后库区水生维管束植物自然发展较缓慢。

综上所述，白马航电枢纽建成运行后，随着生境条件的改变，库区水体初级生产力会有所提高，水生生物资源量较建库前有所增加，但增加幅

度有限。坝下江段为三峡水库回水区，水生生物基本保持现状，受工程影响相对较小。

### 5.4.3 对鱼类的影响

#### 5.4.3.1 工程施工期对鱼类资源的影响

工程施工期间，外来施工人员较多，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；施工期进行建筑材料的清洗和基坑排水排放则会造成坝址局部河段水体混浊，透明度下降，水质下降，对鱼类，特别是仔幼鱼的栖息不利；截流后，由导流明渠泄水，水位抬高，落差和流速增大，阻碍下游鱼类上溯；围堰排水施工将使围堰江段鱼类死亡或起捕；由于三峡水库高水位运行时回水到白马以上，同时白马枢纽施工期下泄水量不低于  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，因此工程施工期不会造成下游脱水继而影响坝下鱼类栖息。

#### 5.4.3.2 工程运行期对鱼类资源的影响

##### (1) 生境变化的影响

##### 1) 水文情势变化

评价区上游为银盘电站，下游为三峡水库，其水文情势受两水库调度运行影响。11月~翌年4月为乌江的枯水期，白马枢纽坝址径流量小，且三峡水库回水顶托影响至白马坝下，白马坝下乌江河段为三峡库湾，河流生境改变，水位抬高，流速减缓或静水，仅白马和银盘坝下由于电站泄水，局部会保持流水状态，具有河流水文水动力学特征。5~10月为乌江的丰水期，径流量大，三峡水库回水影响至白涛，白涛以上乌江河段基本不受三峡水库影响。丰水期银盘至白涛河段的水文情势受银盘、白马调度运行的影响。

鱼类群落结构与生态环境相适应，随着水文情势的变化，鱼类组成及

分布也将随之改变。枯水期评价区流水生境萎缩，流水生境的鱼类将主要栖息于银盘、白马及江口梯级泄水口及其下游和支流回水以上流水区域，适宜的栖息生境萎缩，评价区其种群数量将下降。枯水期评价区多为静缓流生境，而缓流或静水种类如细鳞斜颌鲷、鲤、鲫、赤眼鳟、黄颡鱼、鳊等，适宜生境增大，其种群数量会有所增加，但增加幅度有限。白马坝下会基本保持现状，白马库区会接近现状稍有增加。丰水期白马坝下河流生境基本恢复，鱼类资源基本维持现状，但随着时间的推移，流水生境鱼类会减少。

由于三峡水库回水与白马基本衔接，白马梯级与上游银盘梯级衔接，银盘、白马梯级泄水对其下游流速、水位变化影响的范围和程度有限，对鱼类资源的直接影响也有限。

## 2) 水质变化

白马枢纽建成运行后，评价区水文情势发生了改变，相应水体理化性质也会发生变化。枯水期评价区水流变缓，营养盐滞留累积，有利于水体浮游植物的生长，作为水体初级生产力的生产者，浮游植物现存量的升高，会提高水体生物生产力，相应地库区渔产量会增加。丰水期评价区河流生境基本保持现状，评价区水质变化较小，对鱼类资源的影响较小。

库区支流芙蓉江受白马回水顶托影响，汇口至上游江口电站坝址段水流变缓，营养盐滞留，水体初级生产力将增加，水体生产力提高，鱼类饵料生物丰富，对鱼类资源有一定的影响，但由于影响范围仅限于江口电站坝下至汇口约 1.5km 河段，影响程度有限。

坝下支流石梁河受白马航电枢纽的建设影响小，主要受三峡水库回水的影响，其水质与现状变化不大，基本不会造成对鱼类资源的影响。

白马航电枢纽为低坝工程，按日调节运行，不存在下泄低温水、气体

过饱和现象，白马枢纽建成运行后，坝下水质总体变化小，对鱼类资源的影响较小。

### 3) 饵料生物基础变化对鱼类资源的影响

白马航电枢纽建成运行后，随着水库生态系统的发育，库区水生生物种类组成、群落结构也相应发生演变。库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，透明度升高，有利于浮游生物的繁衍，浮游植物、动物种类和现存量均会有所增加，水体生产力提高，底栖动物也会有一定程度的变化。由于白马枢纽位于三峡回水区，且为低坝、日调节运行以及洪水期进行畅泄，虽然评价区部分时段和区段，原河流生境基本维持，但评价区以底栖动物为主的河流群落仍会下降，变为以浮游生物为主，鱼类饵料生物资源有利于仔幼鱼的育幼和以浮游生物食性的缓流或静水性鱼类的生长、繁衍。

白马航电枢纽建成后，评价区水体生物生产力提高，鱼类资源量将升高。适应静缓流生境的浮游生物食性和杂食性鱼类明显增加，成为评价区鱼类的主要种类，适应流水生境的鱼类会进一步减少。

### (2) 阻隔影响

大坝枢纽的建设阻断了河流，河流的连续性受到影响，对鱼类和其它水生生物有很强的阻隔效应，完整的河流生境被分割成多个片段，生境的片段化导致水生生物特别是鱼类形成大小不同的异质种群，种群间基因不能很好的交流。

白马航电枢纽是乌江的最后一个梯级，上游接银盘水电站，下游为三峡库区。洪水期（6~9月份）三峡水库回水逐步至白涛，白马航电枢纽下泄流量大，坝址上下游水位差小，鱼类可下行通过白马大坝。白马航电枢纽对评价区鱼类上溯阻隔作用明显。

### (3) 对珍稀、特有鱼类资源的影响

2009-2013年，评价区共采集到长江上游特有鱼类16种，其中以圆口铜鱼、圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、长薄鳅、中华金沙鳅、异鳔鳅鮠和岩原鲤等为主要种类，这7种鱼类占调查发现的特有鱼类总重量的98.05%和总数量的95.95%，其余9种鱼类均少见，在渔获物中的比例多在1%以下。调查中未见白鲟、达氏鲟、中华鲟等珍稀保护动物，仅在涪陵河口处发现胭脂鱼。评价区珍稀特有鱼类主要为圆口铜鱼、圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、长薄鳅、中华金沙鳅和岩原鲤等，鳅鮠种类少见或未见，多为适应急流生境鱼类。白马枢纽建成后，其适宜生境会进一步萎缩，丰水期由于白马航电枢纽为日调节，流水生境主要为白涛至白马坝下河段，枯水期流水生境仅为银盘、江口和白马坝下泄水口附近水域。评价区其资源量将进一步下降，部分种类可能退出在评价区分布，但由于这些种类在长江中上游广泛存在，加上一些鱼类保护区的建设及长江流域和地方的水生态保护措施，白马枢纽建设不会危及到其种群生存。

#### (4) 对重要经济鱼类的影响

评价区重要经济鱼类有瓦氏黄颡鱼、鲮、蛇鮡、鲫等，上游流水区段另有泉水鱼、宽鳍鱲、圆筒吻鮡、长吻鮠等，下游区段有鲢、鲤、宽鳍鱲、银飘鱼、鳊、黄尾鲴、马口鱼等。

评价区主要经济鱼类中产漂流性卵鱼类主要为吻鮡、蛇鮡等，其它多为产粘沉性卵鱼类，大多数种类产卵需要流水生境刺激。

白马枢纽建成运行后，回水与上游银盘梯级衔接，评价区流水生境主要为银盘、江口和白马坝下泄水口附近水域，产漂流性卵鱼类吻鮡、蛇鮡等的产卵场均被淹没，其产卵受到一定程度的影响。

由于丰水期白马库区能保持一定的水流，坝下至白涛河段维持流水生境，工程对评价区需流水刺激产卵的鱼类的繁殖影响相对较小，适应静缓

流生境，产粘沉性卵的鲤、鲫、宽鳍鱮、黄尾鲴、马口鱼等鱼类资源受工程影响较小。

黄颡鱼、鳊等凶猛性鱼类，由于适应静缓流小型鱼类数量的增加，其饵料资源丰富，其资源量会增加。

#### (5) 对鱼类重要生境的影响

##### 1) 对产卵场的影响

对典型产漂流性卵鱼类——四大家鱼的调查研究表明，四大家鱼产卵繁殖需要具备以下几个条件：①产卵水温，21-24℃为产卵盛期，18℃为产卵下限水温；②洪峰刺激，水位急剧升高是家鱼产卵的必要条件，一般在江水上涨0.5-2天后开始产卵，水位上涨幅度一般要求0.5m/d，洪峰上涨时间持续一般3~8天，水位下降、流速减小，即停止产卵，产卵规模与水位上涨幅度相关，而与起涨水位无关；③产卵场流速0.2-0.9m/s皆宜，流速增加对产卵亦有促进作用；④受精卵需要在水流中漂流孵化，需要一定的流速和流程，流速在0.2m/s以上时，鱼卵和鱼苗不会下沉，能够正常发育，孵化时间一般需30-50小时。

白马枢纽运行后，由于库区流速降低，现分布于库区的4个产漂流性卵的鱼类产卵场将会受到一定影响。以下将从产漂流性卵鱼类产卵繁殖的流速、水位涨幅、流量等方面进行分析预测。

##### ——流速

对库区四个产卵场典型断面不同水平年3-8月逐日流速进行了预测（附表13），其中丰水年3月21日至8月29日，四个产卵场的最低流速均不小于0.2m/s（图5.4.3-2）；其中平水年4月23日至8月30日，四个产卵场的最低流速均不小于0.2m/s（图5.4.3-3）；其中枯水年5月4日至7月19日，四个产卵场的最低流速均不小于0.2m/s，但5月上旬、7月下旬、8

月鱼类主要繁殖期羊角、桃子沟、石鼻子产卵场典型断面部分时段流速低于产卵场最低流速要求（图 5.4.3-4）。

水库建成后不仅使库区流速降低影响库区产卵场功能，同时乌江下游梯级运行也一定程度改变了河流的水文节律，洪峰过程趋于弱化，对鱼类产卵繁殖也会产生一定影响。通过以上分析来看，产漂流性卵鱼类产卵孵化所需的四个条件中，产卵水温满足要求，漂流流速和流程、产卵场流速除枯水年 5 月上旬、7 月下旬、8 月羊角、桃子沟、石鼻子产卵场不满足之外，其他情况下均基本满足。

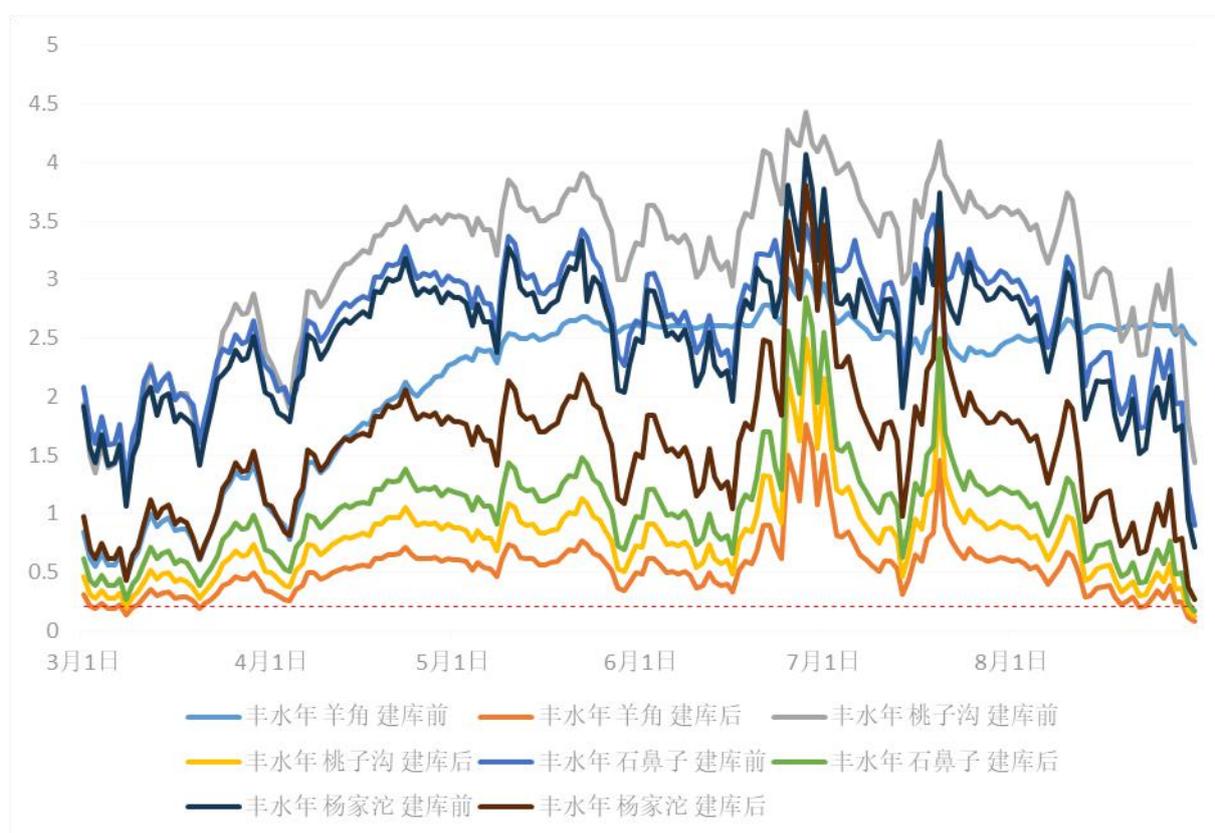


图 5.4.3-1 丰水年库区各产卵场典型断面逐日流速变化

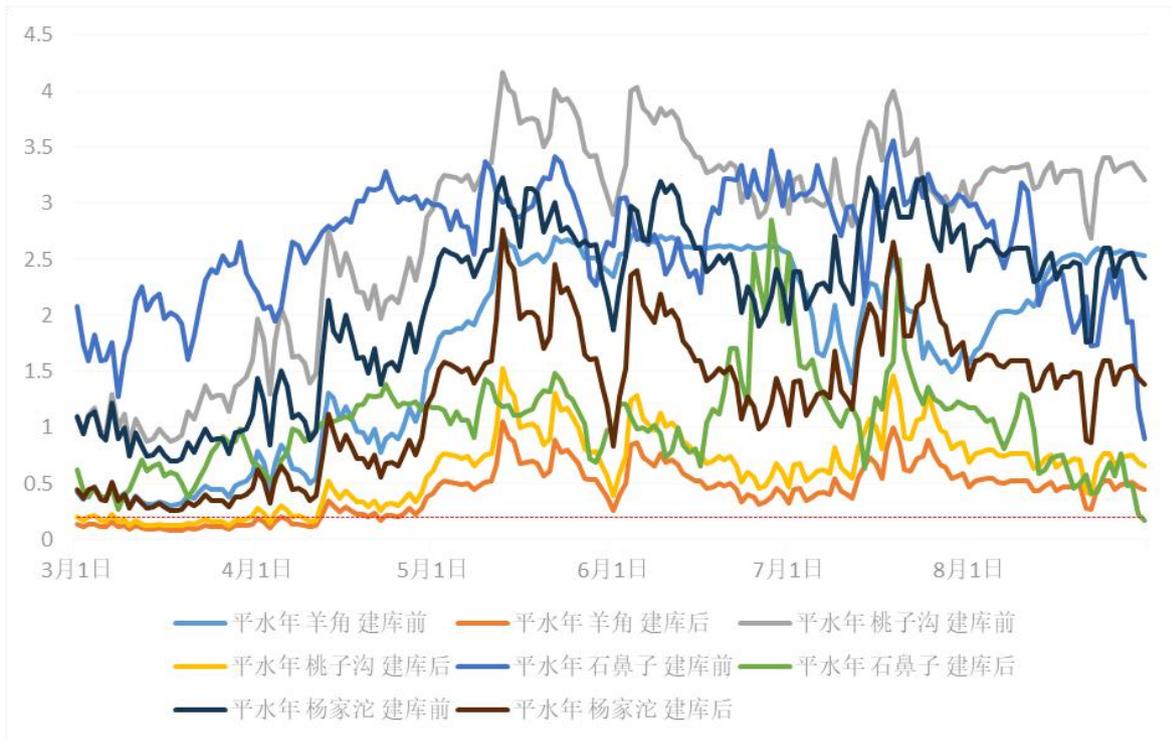


图 5.4.3-2 平水年库区各产卵场典型断面逐日流速变化

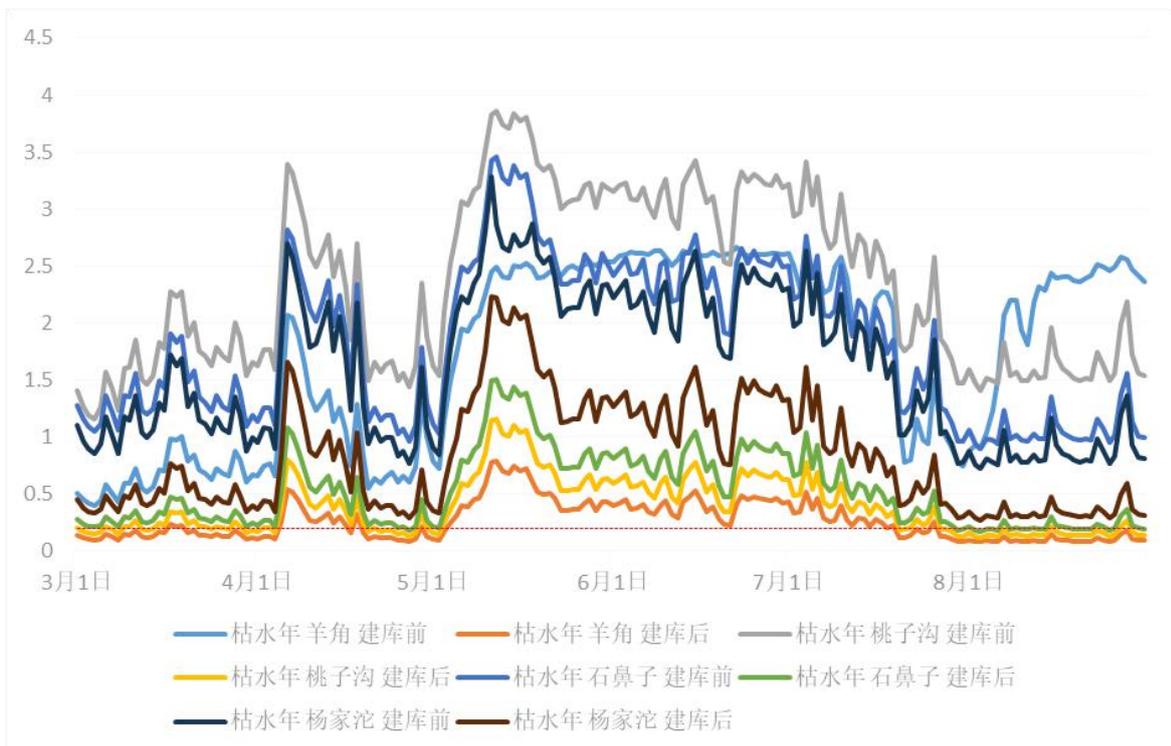


图 5.4.3-3 枯水年库区各产卵场典型断面逐日流速变化

——水位涨幅

对库区四个产卵场典型断面不同水平年 3-8 月逐日水位过程进行了预测。丰水年杨家沱、石鼻子断面均有两次明显的水位上涨过程，水位涨幅

满足产漂流性卵鱼类繁殖需求；桃子沟和羊角断面水位涨幅较小，产卵场功能将显著下降。平水年、枯水年杨家沱断面有较明显的水位上涨过程，满足产漂流性卵鱼类繁殖需求；石鼻子断面水位涨幅较小，产卵场功能将有所下降；桃子沟和羊角断面基本上无明显的水位上涨过程，产卵场功能基本消失。

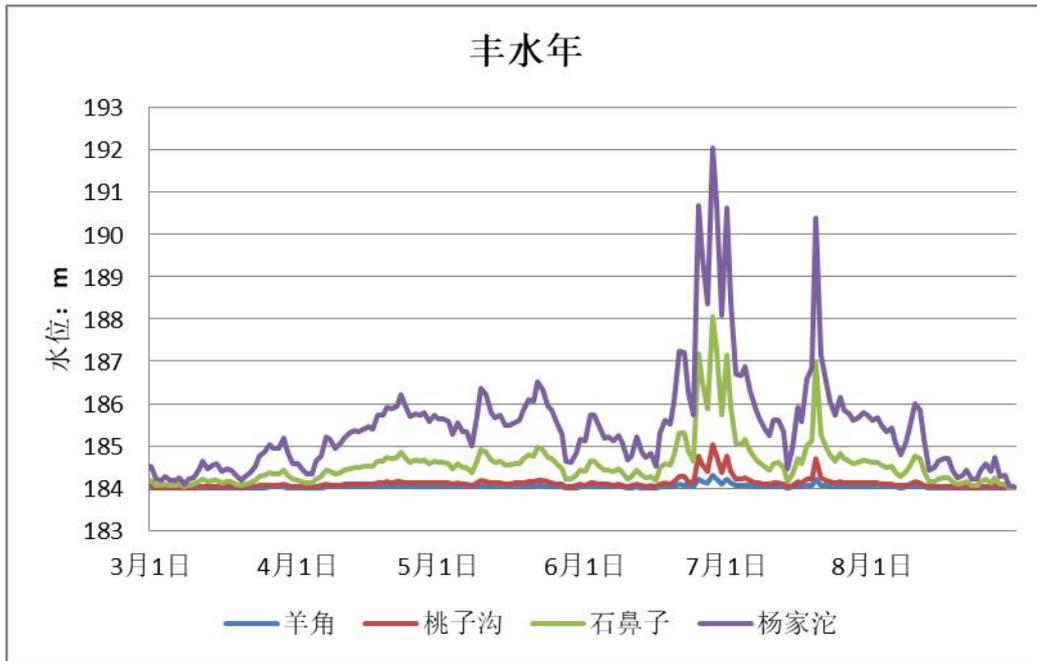


图 5.4.3-4 丰水年库区四个产卵场典型断面水位过程

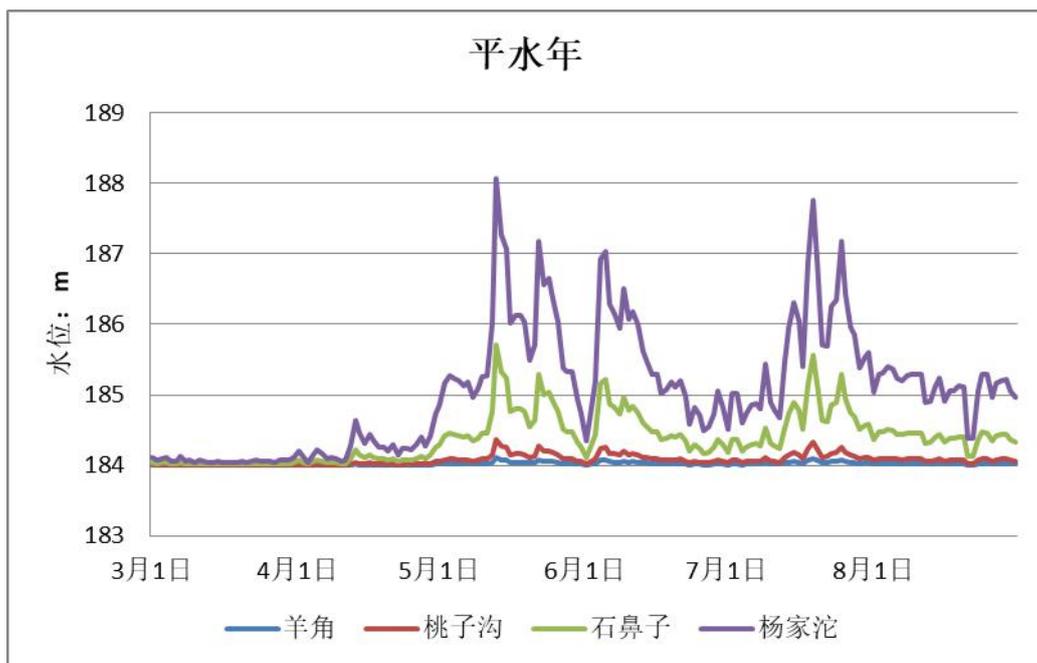


图 5.4.3-5 平水年库区四个产卵场典型断面水位过程

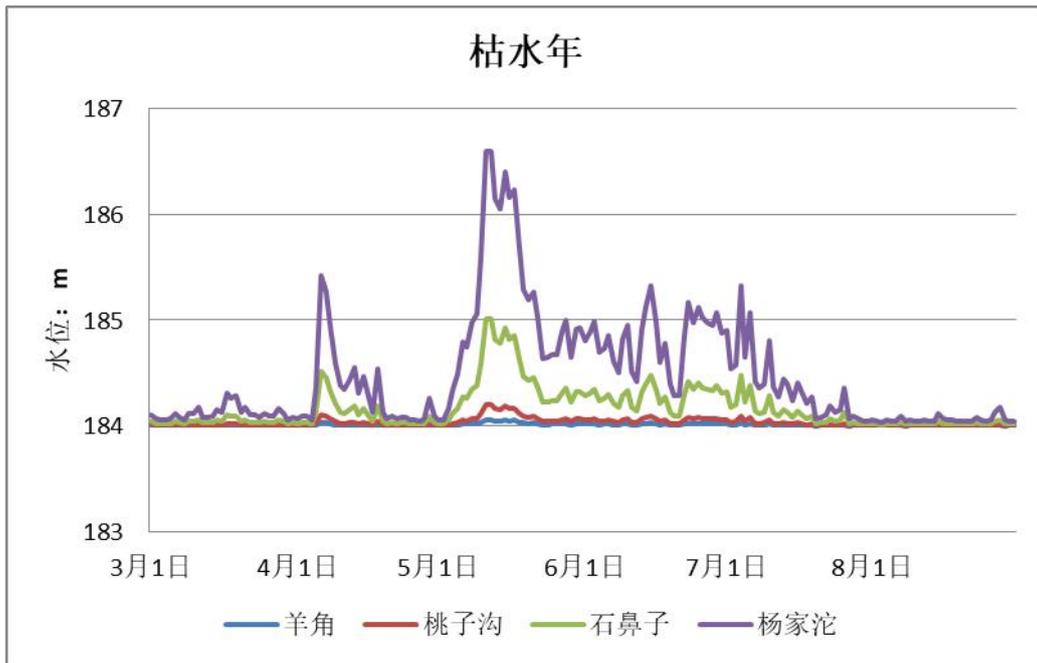


图 5.4.3-6 枯水年库区四个产卵场典型断面水位过程

通过以上预测分析，白马运行后，库区四个产漂流性卵鱼类的产卵场功能会受到一定程度影响，其中最上游的杨家沱产卵场影响较小，依然维持产卵场功能；石鼻子产卵场在丰水年具有一定的产卵场功能，平水年和枯水年产卵场功能会明显下降，可能会有一部分对产卵场要求不严格的产漂流性卵鱼类（如蛇鮈、犁头鳅、中华沙鳅等）产卵繁殖；桃子沟和羊角产卵场由于离白马坝址较近，受水库水位顶托，水位涨幅较小，不满足产漂流性卵鱼类繁殖需求，产卵场功能基本消失。

乌江汇入以后的长江清溪场断面在 3-4 月流速基本维持在 0.2-0.4m/s，汛期流速多在 0.5-2.7m/s 之间，可基本满足产漂流性卵漂流孵化所需。忠县断面 5-8 月流速在 0.3-1.5m/s 之间波动，可满足产漂流性卵漂流孵化所需。白马运行后，对银盘下泄流量能够起到一定的反调节作用，将对鱼类的产卵繁殖等产生一定影响。工程所在河段主要分布有两种繁殖习性鱼类，即产漂流性卵鱼类和产粘沉性卵鱼类。产漂流性卵鱼类繁殖期需要洪峰刺激，受精卵需要一定的漂流流程进行漂流孵化，其繁殖期一般在 5-7 月，在此期间需根据区间来水等情况适时进行人造洪峰生态调度，反调节作用对其繁

殖影响不明显。产粘沉性卵鱼类主要繁殖期为 3-5 月，一般在流水浅滩繁殖，水深一般在 0.3-1.5m 左右，受精卵落入石缝等底质或粘附于水草上孵化。3-4 月三峡水库在高水位运行，受三峡水库回水顶托，乌江下游水位较为稳定，但 5 月份三峡水库水位下降，银盘为日调节电站，日内调峰运行会导致坝下水位频繁剧烈波动，可能导致受精卵或刚孵出后无主动游泳能力的仔幼鱼搁浅死亡。通过对白马坝下莺哥峡、白涛两个断面典型日日内水位波动预测分析（图 5.4.3-7，图 5.4.3-8），白马运行前，莺哥峡、白涛断面水位日内变幅分别为 0.77m、0.91m；白马运行后，莺哥峡、白涛断面水位日内变幅分别为 0.44m、0.52m，日内水位变幅显著下降，能够一定程度减缓银盘日调节对坝下产粘沉性卵鱼类的影响。

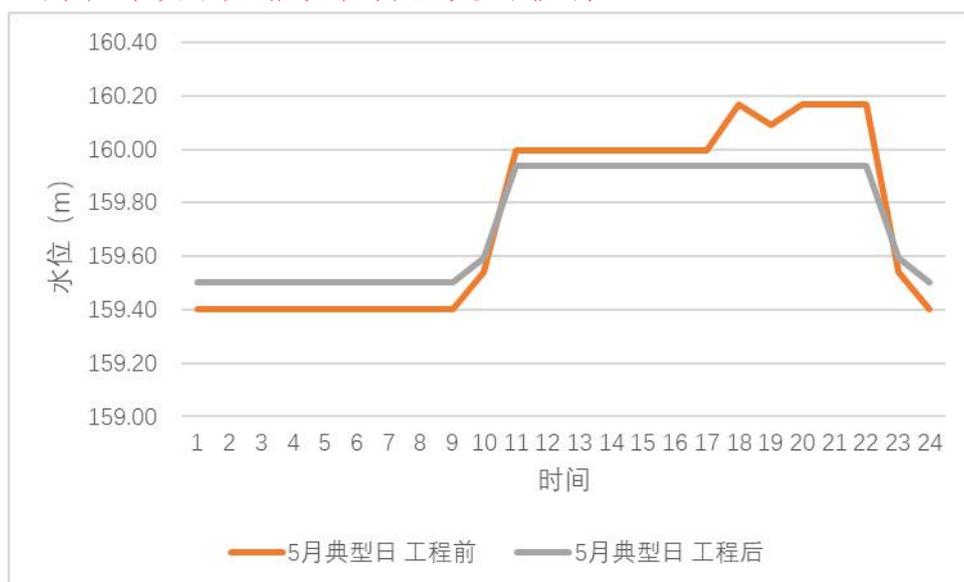


图 5.4.3-7 白马坝下莺哥峡典型日日内水位变幅

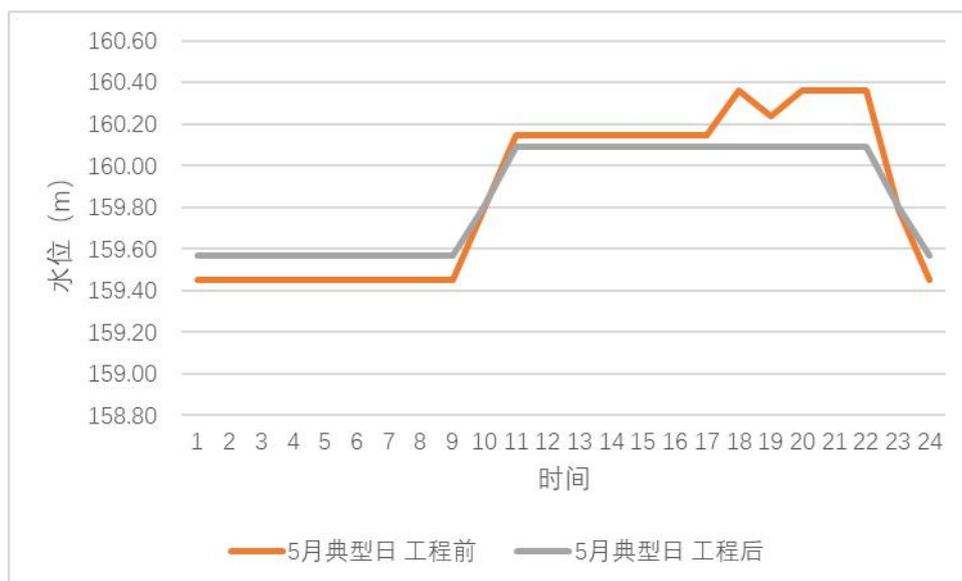


图 5.4.3-8 白马坝下白涛典型日日内水位变幅

白马枢纽运行后，对水文、河道地形、底质特征等需求较高的产漂流性卵鱼类会到库尾及库尾支流芙蓉江下游流水江段等在丰水期保持流水生境的适宜产卵区域进行繁殖。但由于白马枢纽为低坝工程，按日调节运行，丰水期发生较大洪水过程时，库区仍保持流水生境，部分产卵水文需求较低且对河道形态、底质特征等要求也较低的产漂流性鱼类如蛇鮓、翘嘴鲌等可能在原有产卵场产卵或形成新的产卵场。白马坝下 2 个产漂流性卵鱼类产卵场位于三峡水库回水区，其受白马航电枢纽影响较小，受三峡水库调度运行的影响较大。就目前三峡水库运行情况看，鱼类繁殖期坝下 2 个产漂流性卵鱼类产卵场功能能够维持。库区江段原有产粘沉性卵鱼类产卵场将被淹没，部分适应缓流或静水环境产卵的鱼类，如鲤、鲫、麦穗鱼、鳊、鳊、花鲢、棒花鱼等将形成新的产卵场；部分需要一定流水条件的产粘沉性卵鱼类如白甲鱼、泉水鱼、墨头鱼、瓦氏黄颡鱼等其产卵场被迫压缩银盘坝下及芙蓉江汇口较为狭窄的区域，而另外对流水条件要求不高的产粘性卵鱼类如红鳍原鲌、光泽黄颡鱼等的产卵活动影响不大。总体而言，白马库区的形成会对部分产卵需要流水条件的产粘沉性卵鱼类的产卵活动造成较大的影响，其影响范围为白马库区回水区域。丰水期白马枢纽按照来水下泄，坝下河段基本维持现河流状态，白马枢纽对该河段水文情势影

响甚微，白马坝下至白涛段维持目前生境现状，石梁河及其它支流汇口会成为产粘沉性卵鱼类的重要产卵水域，鱼类产卵场功能会增强。

## 2) 对索饵、越冬场的影响

水库建成后，水域面积扩大，鱼类生活空间增加。库区水流变缓，透明度升高，营养物质滞留，浮游生物会增加。由于绝大多数鱼类仔幼鱼以浮游动物为食，且需要缓流条件，水库的形成，无疑为仔幼鱼的索饵、肥育创造了良好条件，库区将成为鱼类的良好育幼场所，库区江段作为鱼类育幼场的功能增强。库区为缓静流水鱼类特别是滤食性、杂食性鱼类索饵肥育提供了宽阔的空间，库区将成为其重要索饵场。白马成库后，评价区流水生境进一步萎缩，流水性鱼类索饵场相应萎缩。枯水期白马库区河段水位抬高，为评价区鱼类提供了良好的越冬场。

## (6) 对鱼类影响总结

白马枢纽的建成将使库区河流生境转变为水库生境，水文情势发生变化，水体营养盐滞留，营养负荷提高，水体生产力提高。由于流水生境萎缩，静缓流生境增加，库区的鱼类组成会发生变化，原库区江段急流生境鱼类会迁移至库尾或进入支流上游流水段，在库区的数量将减少。库区以喜流水性的鱼类和喜静、缓流水生境的鱼类为主，兼有少量适应急流生境的鱼类，逐渐转变成静缓流鱼类为主。一些适应水库生境的鱼类将会发展成为优势种群，其资源会得到发展。水库建设阻隔了鱼类的洄游通道，影响鱼类在乌江流域的上溯，导致河流生境破碎化，加剧河流上下游阻隔。水文情势的改变对产漂流性卵鱼类产生一定影响，库区分布的4个产卵场中，最上游的杨家沱产卵场功能基本保持，石鼻子产卵场在丰水年功能依然存在但有所下降，下游的桃子沟和羊角产卵场功能基本消失。

## 5.5 陆生生态

## 5.5.1 对生态系统的影响

### 5.5.1.1 对森林生态系统的影响

工程实施对于森林生态系统的影响主要为工程占地及水库蓄水淹没影响。评价区内森林生态系统主要分布于枢纽工程区，在乌江山地集中分布。本工程永久占用森林生态系统面积为 27.66 hm<sup>2</sup>，其中占用经济林 12.68 hm<sup>2</sup>，占用用材林 12.08 hm<sup>2</sup>，其他林地 2.9 hm<sup>2</sup>，永久占用的森林生态系统面积仅为评价范围的 0.15%，损失的林地面积相对较小。乌江两岸林地多为次生林，且人工林较多，如马尾松林、柏木林等，在评价区广泛分布，且临时占用的森林生态系统在施工结束后会进行植被恢复，因此本工程对于森林生态系统的结构和功能的影响不大。但工程施工建设及运行不可避免地占用部分生态公益林资源，施工建设前建设单位须委托有资质的单位编制生态公益林占地勘察报告，并报部门审核。

### 5.5.1.2 对灌丛生态系统的影响

工程实施对于灌丛生态系统的影响主要为施工建设及水库蓄水淹没影响。本工程占用灌草地面积 102.01hm<sup>2</sup>，其中坝址区永久占用 68.06hm<sup>2</sup>，库区淹没 33.95 hm<sup>2</sup>。永久占用灌草地的面积仅为评价范围总面积的 1.52%，且占用的灌丛及灌草丛多为低海拔处的常见物种，如白茅、五节芒、地瓜、马桑、黄栌、黄荆等，在评价区广泛分布，损失的灌草地面积很小，因此对灌丛生态系统的结构和功能的基本无影响。

### 5.5.1.3 对湿地生态系统的影响

施工期，施工噪声、施工扰动等可能会对以湿地生态系统为生境的动植物造成一定的干扰影响。工程实施后，新建的水库将在部分区域形成新的湿地。水库库区河段水体流速减缓，总体表现为河流型湿地向水库型湿地转变。水电站运行后，水库水位变化将在河道两岸形成周期性淹水区域，

淹水区域内原有植物种类将逐渐被少数耐水淹植物替代。

#### **5.5.1.4 对农业生态系统的影响**

工程实施对农业生态系统的有利影响主要体现在库区水量增加对灌溉条件和局部小气候的改善作用。根据工程资料，工程建设占用耕地面积  $142.61\text{hm}^2$ （其中永久占用耕地面积  $107.33\text{hm}^2$ ，临时占用耕地  $35.27\text{hm}^2$ ），占评价区耕地总面积的 2.00%，比例总体较小。而且受影响的耕地分布较零散，因此施工期工程建设对农业生态系统的影响总体较小。水库建成后蓄水，淹没耕地面积为  $283.81\text{hm}^2$ ，占整个评价区的耕地面积较小，对整个评价区农业生态系统的影响也较小。

#### **5.5.1.5 对城镇/村落生态系统的影响**

工程实施期间及实施后征地和淹没都会在短期内使周边的社会经济受到一定的损失。另外，淹没和占地可能会产生一定的移民，生产安置主要采取长效实物补偿安置和一次性补偿安置；搬迁安置主要是远迁安置，主要设置白马镇安置点、土坎镇安置点、武隆县城城区安置点以及就近村组内安置。移民搬迁和生产安置会对安置区的生态环境产生一定的不利影响。搬迁安置会形成一些新的占地，对占地区的动植物生境造成一定的不利影响。

### **5.5.2 对陆生植被和植物多样性的影响**

#### **5.5.2.1 施工期影响**

工程施工占地总面积为  $120.24\text{hm}^2$ ，其中，永久占地  $15.03\text{hm}^2$ ，临时占地  $105.21\text{hm}^2$ 。施工期永久占地主要为大坝主体占地，包括重力坝、溢流坝、厂房等。

经现场实地调查，永久占地区植被类型以林地、灌草丛和农作物为主，林地主要为竹林，以慈竹林为主，还有少量麻竹和淡竹林，此外还有少量

人工种植的树种如石榴、柚子、柑橘、楠木等。农作物主要为大豆、红薯为主。常见的灌草丛植物有盐肤木、马桑、黄栌、地瓜、五节芒、蜈蚣草等。永久占地对植被的破坏是长期的、不可恢复的。工程永久占地将直接破坏原有的植被，导致植物生物量下降。评价区内受枢纽工程施工占地影响的植物及植被为项目区域内的常见广泛种，不会导致枢纽工程区物种多样性的减少，因此，枢纽工程区永久占地对植物影响较小。

临时占地区植被以林地、灌草地、农作物为主。林地主要有马尾松林、柏木林以及道路两旁的行道树（楝、刺桐、栎树）；灌草地以评价区常见植物种类为主，如五节芒、马桑、黄荆等；农作物以玉米、豆类、薯类为主。临时用地对植被的破坏是短期的、可恢复的。受临时占地影响的植物及植被在评价区均具有广泛分布，不存在因局部植物物种损失而导致工程区内植物物种多样性减少或种群消失或灭绝。此外，工程施工结束后，临时占地将进行复垦，不利影响将减弱。

### **5.5.2.2 移民安置区影响**

经现场考察并结合遥感解译图像分析，江口镇、土坎镇、巷口镇和羊角镇的共 20 个村的安置区位于库坝区，移民安置区主要占地以农田为主，除此外还占用少量的灌草地。因此，安置区占地主要为农田，包括水田、旱地、菜地、园地等多种类型，种植作物有水稻、小麦、玉米、油菜、花生、薯类、各种蔬菜，以及茶、柚子、枣等经济果木等。

移民迁建安置活动将对地表植被造成直接或间接的破坏，导致影响区陆生植被面积减少，生物量降低。但由于移民安置区陆生植被主要为区域常见的农作物及经济作物，移民安置对其影响主要是植株数量的减少，不会造成区域内这些物种的灭绝或对区域陆生植物区系产生不利影响。

### **5.5.2.3 运行期影响**

水库蓄水前，将对水库淹没区内所有植被进行清理，处于淹没线 184m

以下的工程施工区内 1174.05 hm<sup>2</sup> 的植被将受淹没影响。

水电站运行期对陆生植物的影响主要是水库蓄水水位抬升、对原消落区植被的淹没、消落区抬升使原河岸中生（如黄荆+马桑灌丛）的生境成为湿生的消落区生境的影响。其中受影响最大的植被以灌草地、农业植被、林地为主。林地主要包括针叶林及阔叶林，针叶林以柏木林，阔叶林主要是枫杨林、刺桐林等为主，常见的农作物有玉米、薯类、时令蔬菜等，灌草丛多以五节芒、白茅、地瓜、马桑、黄荆、小栎木、山麻杆为主。在评价区内受淹没影响的植物和植被均具有广泛分布，蓄水淹没对其产生的影响主要是生物量的损失，损失的生物量为 7647.65t，占评价区总生物量的比例较小。淹没影响将导致原消落区植被的永久性淹没、使河岸垂直狭域性分布的种消失，如灌丛群落（低洪水线分布），使河岸垂直较广域性分布的种群（高、中、低洪水线分布）数量下降，但因为其在高洪水线存在种源。在新的消落区形成后，其将迅速恢复种群数量。水面积的增加也将使水生植物的生物量增加，增加的生物量为 653.75t。

#### 5.5.2.4 对重点保护野生植物和古树的影响

根据现场调查结果，工程影响区域内未发现重点保护野生植物。施工过程中，如发现楠木、金荞麦、野大豆等国家二级重点保护野生植物，应采取相应的保护措施，避免对其产生不利影响。

评价区范围内有 123 株古树，其中受工程直接影响的有 2 株，包括受工程机电安装基地施工影响的有 1 株，为皂荚，位于石梁河大桥附近的乌江左岸一户房屋后的山坡上；受水库蓄水淹没的有 1 株，为黄葛树，位于巷口镇社区中兴村上码头边。受工程建设间接影响的有 3 株，分别为白马镇杨柳大园子沟的黄葛树和白马镇鱼光村瓦窑池的柏树 2 株，见表 5.5.2-1。

表 5.5.2-1 白马航电枢纽影响涉及古树一览表

树种	生长情况	树龄	级别	位置	坐标	海拔 (m)	受工程影响
黄葛树	树高 18m	130	三级	巷口镇中	N 29.2964°	181	淹没影响

树种	生长情况	树龄	级别	位置	坐标	海拔 (m)	受工程影响
(8)	胸围 471cm 冠幅 16m×14m 生长良好,有挂牌			兴村上码头	E107.8239°		
皂荚 (123)	树高 13m 胸围 690cm 冠幅 10m×9m 生长良好,无挂牌	150	三级	石梁河大桥右岸坡地	N29°24'34.38" E107°31'46.82"	197	施工影响
黄葛树 (94)	树高 20m 胸围 361cm 冠幅 12m×14m 生长良好,有挂牌	120	三级	白马镇杨柳大园子沟	N 29.4237° E107.5448°	499	距工程施工区较近。施工期,施工区域扬尘、油料污染、人为活动等可能会影响这3株古树的正常生长。
侧柏 (88)	树高 19m 胸围 298cm 冠幅 9m×7m 生长良好,有挂牌	140	三级	白马镇鱼光村瓦窑池	N29.4198, E107.5179	632	
侧柏 (89)	树高 18m 胸围 204cm 冠幅 6m×8m 生长良好,有挂牌	140	三级	白马镇鱼光村瓦窑池	N29.4198° E107.5179	632	

### 5.5.3 对陆生动物的影响

#### 5.5.3.1 对两栖类、爬行类动物的影响

##### (1) 施工期

施工期间对两栖类、爬行类（以下简称两爬类）的影响主要表现为工程占地破坏生境影响、施工噪声和震动驱赶影响、施工车辆通行造成交通致死影响、施工生产废水和施工人员生活污水对生境的影响以及部分种类被人为捕捉影响等。

1) 工程占地破坏生境影响：枢纽工程占地及弃渣将直接破坏两爬类的部分栖息地，缩小其生存空间，迫使这些动物前往其他区域（河流上游、施工区域上层山体、施工区域外）。根据资料收集、现场调查情况及访问结果，本项目工程占地区分布的两爬类主要为中华蟾蜍、泽陆蛙等，均为当地常见物种，工程占地虽破坏其部分生境，但不会造成物种消失。

移民安置区域分布的两栖类多为静水型和陆栖型种类，如中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙、泽陆蛙等，爬行类多位住宅型及灌丛石隙型种类，如多疣壁

虎、蓝尾石龙子、北草蜥等，与人类的关系密切，在移民安置区广泛分布，为常见种类。未发现国家重点保护两爬类及珍稀濒危物种分布。移民安置占地会部分占用这些两爬动物的生境，但由于其栖息环境在安置区广泛分布，不会对其造成大的影响和威胁。

2) 施工噪声和震动驱赶影响：工程实工期间各种施工活动产生机械噪声以及施工人员的社会噪声会驱赶评价区内的两爬类，特别是对振动较为敏感的爬行类如中国石龙子等，各种振动、噪声会使其向周围扩散，远离原有生境，增加种类种间竞争，根据现场调查情况，本项目枢纽工程区、渣料场、临时营地等区域分布的两爬类主要为与人类活动区域常见种类，如中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙、北草蜥等，对人类活动已产生一定的适应性，因而本项目施工噪声和震动对其影响较小。

3) 施工车辆通行造成交通致死影响：由于本项目利用原有道路运输建材与土石方，增加了部分两爬类如北草蜥、虎斑颈槽蛇等与运输车辆相遇的几率，造成交通致死事故，降低其个体数量。这种影响可通过场内车辆限速以及对司机进行强化培训、制定相应规定减缓，因而该影响可控。

4) 施工生产废水和施工人员生活污水对生境的影响：在工程施工过程中，施工生产废水和施工人员生活污水等如果不经过合理的处理直接排放到河流中，可能会导致乌江及其支流水质、水体酸碱度的变化及水域附近的环境的破坏，从而导致两爬类的生活环境也会恶化，对其繁殖造成较为严重的影响，最终导致两爬类种群数量减少。该影响可通过严格的废水收集、处理等措施避免，因而对两爬类影响较小。

5) 工程实工期间各种施工活动产生的废气、粉尘、扬尘等对两爬也会产生一定负面影响；施工时施工人员可能对施工区域内有食用价值和经济价值的两爬类（主要是黑斑侧褶蛙、乌梢蛇等）进行捕杀，这会直接减少其个体数量，但该影响可以通过规范施工活动、教育施工人员得到有效的缓解。

综上所述，项目施工期间对两栖、爬行动物的影响主要是导致其在评价区范围内及周边区域的分布及种群数量发生改变，不改变其区系组成，更不会造成物种消失。

## (2) 运行期

由于大坝蓄水，将淹没坝址上游部分两栖爬行类栖息地，如中华蟾蜍、中国林蛙、泽陆蛙等，导致其向更高区域迁移，造成单位面积内两爬类种群数量上升，但是评价区范围内及周边适宜生境较多，因此运行期对两爬类的影响相对较小。工程建成后，大坝上游水面上升和水域面积的扩大，为静水型两栖类如沼水蛙、黑斑侧褶蛙及水栖型的鳖和乌龟等提供了适宜的生活环境，岸边生境的改变对适应这一区域的两爬类动物摄食有利，给现有的动物带来一种安定的生活环境，有可能增加该区域动物物种的种类和数量。

### 5.5.3.2 对鸟类的影响

#### (1) 施工期

本项目施工期间对鸟类的影响主要表现为施工占地影响、施工噪声及人为干扰影响等。

1) 施工占地影响：评价区范围的鸟类种类相对较多，包括鸽形目、鸮形目、佛法僧目、鸢形目、雀形目等鸟类，其中以森林鸟类为主，主要在森林中活动，在评价区范围内广泛分布。工程施工占地对其有一定的影响，但由于施工占地面积相对较小，且周围相似生境较多，森林鸟类多善于飞行，因此对其影响不大。

评价区范围内除森林鸟类外，还有一些水域分布的鸟类，主要为白鹭、苍鹭、普通翠鸟、冠鱼狗和雀形目鹤鹑科的种类如白鹡鸰、水鸕、田鸕等，主要分布在乌江干流及其滩涂。枢纽工程区占地会占用部分水域、滩涂湿

地等，缩减傍水型鸟类的栖息地，同时在一定程度上影响其栖息地质量。

2) 噪声及人为干扰影响：鸟类对噪声及人类的活动较为敏感，施工期间，受施工噪声及人为干扰影响，部分机警胆怯的森林鸟类如噪鹛、鹰鹞等，部分水域分布的鸟类如白鹭、苍鹭等会远离施工区。由于区内人口密度不大，捕猎现象较少，且随着人们对环境保护意识的加强，人为捕猎的影响逐步减小，但施工期间应加以管制。

3) 移民安置区环境简单，主要为农田及居民点，因而鸟类种类较少，均为常见种，如家燕、画眉等雀形目鸟类，种群数量较大，移民安置区的生产建设活动不会对其产生较大影响。由于安置区人口密度增加，应加强对鸟类资源的保护，严格防止对鸟类的人为捕杀。

总的来说，电站施工期间对鸟类的影响主要表现为占用其生境以及项目实施中的产生的噪声等的影响，但由于鸟类的迁移能力较强，加之评价区周围相似生境较多，因此本工程施工期间对鸟类的栖息、觅食和繁殖的影响较小。

## (2) 运行期

工程建成后对鸟类的影响主要来自于库区蓄水淹没的影响。大坝建成后，库区静水面积增加，滩涂面积减少，扩大的水域面积可能会吸引一些游禽比如雁鸭类在库区栖息，但涉禽如白鹭、苍鹭等的生境面积可能会减少，另外，蓄水还会淹没一些陆禽鸟类的栖息地，迫使其迁往别处。

总体来说，电站建成后对于不同习性的鸟类的影响程度不同，主要对喜在水域附近活动的游禽、涉禽有一定影响，会造成评价区内的鸟类分布格局发生改变，但不会影响区域内鸟类的种类组成。

### 5.5.3.3 对哺乳类动物的影响

#### (1) 施工期

1) 评价区范围的哺乳类主要为半地下生活型、地面生活型、岩洞栖息型和树栖型，工程施工期间影响较大的为半地下生活型种类，主要有四川短尾鼯、社鼠、小家鼠、褐家鼠、黄胸鼠、中华竹鼠和草兔等。它们一般体型较小，主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物。同两爬类相似，工程施工可能对其巢穴造成直接破坏，占用其栖息地，使其迁移到附近相似的生境；此外，施工噪声也会迫使其远离栖息地，但其影响随着施工结束即消失。鼠类种如褐家鼠、社鼠、小家鼠等与人类关系密切，喜欢在人类活动频繁的区域活动。工程施工期间，施工人员的聚集，会吸引一些鼠类到来，使得某些区域内鼠类的种群密度增加；这可能增加自然疫源性疾病的传播，对当地居民与施工人员的健康构成威胁。

2) 本项目施工期较长，影响部分半地下生活型哺乳类繁殖，根据现场调查情况，本项目施工区域分布的哺乳类绝大多数为常见种类如小家鼠、褐家鼠等，工程施工对其繁殖的影响不大。

3) 移民安置区由于人类活动强，人为干扰大，分布的哺乳类均为小型哺乳类，且为常见种，与人类关系密切，喜欢在人类活动范围如村落活动。移民安置区域占地会部分占用哺乳类的生境，但由于它们栖息环境的广泛，对生境适应性强，不会对其造成较大的影响和威胁，不会对该区域哺乳类物种多样性产生不利影响。

总体来说，工程施工期间，对哺乳类的主要影响体现为生境占用及驱赶影响，驱使其避开工程影响较为严重的区域；工程实施期间影响部分穴居型哺乳类正常繁殖，但所受影响种类绝大部分为啮齿类，工程施工对其繁殖影响较小。

## (2) 运行期

电站建成后，会淹没部分哺乳类的栖息地，迫使其离开原有的栖息地。但根据现场调查，主要淹没的为灌草地和少量的林地，评价范围内林地和灌草地、林地较多，分布连续，相似生境众多，不会对哺乳类迁移产生障碍。总体来说，电站建成后，淹没会使评价范围内的哺乳类种群数量有一定程度的下降，但不会造成物种消失。

#### 5.5.3.4 对重点保护野生动物的影响

##### (1) 对国家重点保护野生动物的影响

评价区的国家 II 级重点保护野生动物有 6 种，即黑耳鸢、雀鹰、普通鵟、红隼、斑头鸺鹠和红腹锦鸡。除红腹锦鸡外，均为猛禽，活动范围大，飞行能力强，种群数量较少。工程施工期间主要是施工噪声的驱赶作用，迫使其选择另外的栖息地。而评价区范围内及周边，猛禽生境较多，栖息地选择也相对较多，故施工对其影响不大。红腹锦鸡为陆禽，主要分布在乌江两侧山脊高处的灌丛区，工程不会对它们产生直接的不利影响，主要是施工期间要防止施工人员对其捕杀。其具体影响分析见下表 5.5.3-1。

表 5.5.3-1 对国家重点保护野生动物的影响一览表

中文名 拉丁名	区系 类型	数量级	保护级别	分布区域	动物影响	
					施工期	运营期
黑耳鸢 <i>Milvus lineatus</i>	留鸟、古 北种	+	国家 II 级	活动范围 较大，在评 价区主要 分布在乌 江河谷两 侧的山地 森林、林缘 地带和灌 草丛，偶见 于村落、农 田附近。	施工期间施工 噪声对这些鸟 类的驱赶作 用，但这些鸟 类都为猛禽， 其性甚机警， 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。	电站建成后水位 上涨使栖息地受 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，因 而对其影响甚小。
普通鵟 <i>Buteo</i>	冬候鸟、 古北种	+	国家 II 级			
雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>	留鸟、古 北种	+	国家 II 级			
红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	留鸟、广 布种	+	国家 II 级			
斑头鸺鹠 <i>Glaucidium cuculoides</i>	留鸟，东 洋种	+	国家 II 级			

红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	留鸟, 东洋种	+	国家 II 级	乌江两侧山脊高处的灌丛区	施工噪音产生一定驱赶影响以及施工期间工人对其的捕杀	影响较小
------------------------------------	---------	---	---------	--------------	---------------------------	------

## (2) 对重庆市级重点保护野生动物的影响

根据调查, 本项目评价范围内重庆市级重点保护野生动物有 12 种, 其中爬行类有 2 种, 鸟类有 5 种, 哺乳类有 5 种, 分别为尖吻蝮、竹叶青蛇、小鸕鷀、灰胸竹鸡、四声杜鹃、中杜鹃、噪鹃、赤狐、黄鼬、花面狸、豹猫和小鹿。

重庆市省级重点保护野生动物中, 爬行类迁移能力较差, 工程对其影响主要是其生境的减少。哺乳类和鸟类具有较强的迁徙能力, 工程对其的影响主要表现在工程施工噪音的驱赶影响。此外, 鸟类中灰胸竹鸡、哺乳类中的黄鼬、小鹿具有较高的食用价值或经济价值, 可能会受到施工人员的捕杀而减少其种群数量。相反, 电站建成后, 大坝上游水位上升, 形成较大的库区, 小鸕鷀的栖息地会有所增加。具体影响见表 5.5.3-2。

表 5.5.3-2 对重庆市重点保护野生动物的影响一览表

中文名 拉丁名	居留型(鸟) 区系类型	数量级	分布 区域	动物影响	
				施工期	运营期
尖吻蝮 <i>Deinagkistrodon acutus</i>	东洋种	+	栖息在山谷溪涧附近。	部分生境破坏、施工人员的捕杀等	部分生境淹没
竹叶青蛇 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	东洋种	+	栖息于山区溪流边草丛中、灌木上、岩石上、竹林中。		
小鸕鷀 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	留鸟 东洋种	+	分布在乌江及周边的池塘。	生境破坏, 噪音驱赶	生境增加
灰胸竹鸡 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	留鸟 东洋种	+	主要分布于有人类活动的林地或其它区域。	生境破坏, 噪音驱赶、施工人员捕捉	部分生境淹没
四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	夏候鸟 广布种	++	多栖息于高大森林中。	生境破坏、噪音驱赶	人为活动驱赶影响
中杜鹃	夏候鸟	+	栖息于山地、丘陵和平		

<i>Cuculus saturatus</i>	广布种		原地带的森林中。	部分生境淹没，人为活动驱赶影响
噪鹛 <i>Eudynamis scolopaceus</i>	夏侯鸟 东洋种	+	常躲在稠密的次生林、森林、园林及人工林中	
黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	广布种	++	栖息在森林、草原、荒漠、高山、丘陵、平原及村庄附近。	
赤狐 <i>Vulpes</i>	广布种	+	栖息环境极其广泛，常见于森林林缘、灌丛等地。	
花面狸 <i>Paguma larvata</i>	东洋种	+	栖息在森林、灌木丛。	
豹猫 <i>Felis bengalensis</i>	广布种	+	栖息于山地林区，亦见于沿河灌丛和林区居民点附近。	
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	东洋种	+	栖息于小丘陵、小山的低谷或森林边缘的灌丛、杂草丛中。	

## 5.5.4 对区域生态完整性的影响

### 5.5.4.1 对土地利用类型影响

水库淹没区涉及各类土地 188.02hm<sup>2</sup>，其中耕地 72.65hm<sup>2</sup>，园地 14.96hm<sup>2</sup>，林地 43.67 hm<sup>2</sup>，建设用地 5.37 hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地 50.74 hm<sup>2</sup>，其它用地 0.64 hm<sup>2</sup>。水库影响区共涉及各类土地 4.28 hm<sup>2</sup>，其中耕地 0.16 hm<sup>2</sup>，园地 0.19 hm<sup>2</sup>，林地 1.82 hm<sup>2</sup>，建设用地 0.12 hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地 1.99 hm<sup>2</sup>。枢纽工程建设区永久征地涉及土地 119.53 hm<sup>2</sup>，其中耕地 19.38 hm<sup>2</sup>，林地 84.18 hm<sup>2</sup>，建设用地 15.10 hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地 0.86 hm<sup>2</sup>。枢纽工程建设区临时用地涉及土地 158.67 hm<sup>2</sup>，其中耕地 35.27 hm<sup>2</sup>，林地 116.33 hm<sup>2</sup>，建设用地 6.62 hm<sup>2</sup>，水域及水利设施用地 0.45 hm<sup>2</sup>。

表 5.5.4-1 工程占用土地利用类型情况一览表

工程占用土地利用类型情况		枢纽工程临时占地	枢纽工程永久占地	水库淹没区	水库影响区	合计
合计	hm <sup>2</sup>	158.67	119.53	188.02	4.28	470.50
1、耕地		35.27	19.38	72.65	0.16	127.46
2、园地				14.96	0.19	15.15
3、林地		116.33	84.18	43.67	1.82	246.00
4、工矿仓储用地		0.10				0.10

5、住宅用地		2.97	6.58	3.80	0.10	13.46
6、公共管理与服务用地			0.17	0.00		0.17
7、特殊用地			0.00	0.00		0.00
8、交通运输用地		3.55	8.35	1.57	0.02	13.48
9、水域及水利设施用地		0.45	0.86	50.74	1.99	54.04
10、其它用地				0.64		0.64

#### 5.5.4.2 对景观生态体系组成与特征的影响

林地斑块的总面积远远大于其他斑块类型，达 51.23%，从景观结构上来看，林地的面积广泛，连通性高，在景观格局中占有重要的地位；其次是耕地斑块及灌草地斑块，分别占总面积的 20.02%和 18.89%，耕地斑块主要分布在海拔较低、地势平缓的区域，与人类活动密切相关。灌草地是受到人类干扰后生长的次生类型，其数量、面积均较大，且在评价区分布广泛；建设用地及其他用地的面积较小，占总面积比例较小。作为评价区景观重要组成部分的水域景观，主要由石梁河、郭溪沟、清水溪、长头河以及乌江上游和沿途的支流、区域内的坑塘水库组成，其面积较小，反映的斑块数在其他景观类型中最小，在景观格局中主要起到廊道的作用，这反映出山区中河溪分布众多，但均为小型间歇或常年性溪流、一般河道较窄的特点。

工程实施对评价区景观生态体系组成与特征会产生一定影响，主要表现为林地、灌草地、耕地、建设用地的面积有所减少，且各用地类型的斑块数目减少。水域面积和斑块数量均有所增加，与水库蓄水淹没有关。工程建设前后各类斑块数量以及面积的变化具体见表 5.5.4-2。

表 5.5.4-2 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	5246	18182.47	5219	18154.81	-27	-27.66
灌草地	3259	6703.6	3214	6601.59	-45	-102.01
耕地	703	7106.57	660	6999.24	-43	-107.33
水域	265	1247.59	230	1392.82	-35	145.23

建设用地及其他用地	681	2252.09	846	2343.87	165	91.78
合计	10154	35492.32	10169	35492.32	15	0.00

### 5.5.4.3 对生物生产力的影响

工程建设及水库蓄水淹没造成地表植被破坏和淹没，会影响区域自然体系生产力。施工期临时占地虽会对区域自然体系生产力造成暂时影响，但随着施工结束，其影响也将逐渐消失。运行期工程永久占地与水库淹没将导致自然体系生产力降低。工程实施后区域自然系统生产能力的变化情况见表 5.5.4-3。

工程建设后评价区总生物量减少了  $5.54 \times 10^3 \text{t}$ ，主要是因为永久占地和水库淹没导致林地、灌丛、草地、农作物面积减少、生物量下降，但损失生物量占评价区总生物量的 0.43%，比例总体较小。

表 5.5.4-3 评价区工程实施后评价区生物量变化情况表

生态类型变化		平均生物量 (t/hm <sup>2</sup> )	总生物量 (t)
类型	面积 (hm <sup>2</sup> )		
针叶林	-6.54	26.34	-172.26
阔叶林	-8.44	90.47	-763.57
经济林	-12.68	43.04	-545.63
灌丛	-102.01	35.22	-3592.86
草地	0.00	19.80	0.00
农作物	-107.33	6.00	-644.00
河流水域	145.23	1.20	174.28
合计	-91.77	—	-5544.05

注：表中未包括增加的建筑用地及其他用地面积 91.78hm<sup>2</sup>。各植被类型平均生物量数据来源于：冯宗炜，王效科，吴刚．中国森林生态系统的生物量和生产力[M]．北京：科学出版社，1999．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．

### 5.5.4.4 对区域景观结构的影响

工程建成后，土地利用格局发生了变化，自然植被的景观优势度没有发生明显变化（表 5.5.4-4）。其中水域斑块因水库淹没，其优势度值由蓄水前的 3.41% 上升到 3.6%，其他斑块优势度值均有少许下降，但变化的幅度不大。作为模地的林地，其优势度值从 51.40% 降低到 51.25%，前后变化

不大，林地斑块的优势度值仍然最高，占绝对优势，分布面积最大。由此可以判定工程建成后林地仍然是该地区的模地，对生态环境质量仍将具有较强的调控能力，表明景观生态体系的生产能力和受干扰以后的恢复能力仍较强。

白马航电枢纽工程库坝区淹没前后 Shannon-Weaver 多样性指数和 Simpson 多样性指数略有变化。淹没前后 Shannon-Weaver 多样性指数由 1.27 增加到 1.28，Simpson 多样性指数由 0.657 增加到 0.659。白马航电枢纽工程淹没前后库坝区景观多样性指数变化不大，表明淹没不会导致景观类型的改变，评价区景观的复杂程度不会降低，景观对干扰的抵御能力不会减弱，评价区作为一整体的自然体系，其景观体系的稳定性不会明显改变。

综上所述，工程施工及蓄水淹没所造成的区域土地利用格局的变化，对区域景观生态体系的空间结构影响较小，不会改变区域的模地地位；通过工程涉及区景观生态体系的自我调节和恢复，工程运行一段时期后，工程影响区景观生态体系的性质和功能将逐渐得到恢复。

表 5.5.4-4 工程实施前后评价区主要斑块类型优势度值

斑块类型	R <sub>d</sub> (%)		R <sub>f</sub> (%)		L <sub>p</sub> (%)		D <sub>o</sub> (%)	
	实施前	实施后	实施前	实施后	实施前	实施后	实施前	实施后
林地	51.66	51.32	51.46	51.37	51.23	51.15	51.40	51.25
灌草地	32.10	31.61	19.05	18.95	18.89	18.60	22.23	21.94
耕地	6.92	6.49	20.13	20.01	20.02	19.72	16.77	16.49
水域	2.61	2.26	3.98	4.57	3.52	3.92	3.41	3.67
建设用地及未利用地	6.71	8.32	6.87	6.97	6.35	6.60	6.57	7.12

#### 5.5.4.5 对生态稳定性的影响

枢纽工程建成后，各种土地类型发生变化，林地、灌草地和耕地面积减少，水域面积增加。水库建成后水域面积增加以及水文条件的改善使水库湿地生态系统的生物量将会增加，但由于陆地生物量的减少量大于水域生物量的增加量，从而使区域自然体系的生物量减少了 5544.05t，占评价区

总生物量的比例较小。因此对自然体系恢复稳定性影响不大，在区域自然系统可以承受的范围之内。

从枢纽工程区的斑块类型数目和面积分析，工程实施后土地利用格局发生了变化。大坝主体工程区建设用地的斑块面积增加，库区水域的斑块面积增加，其它斑块类型均有所减少，增加的水域由自然的生态系统变为受人工调控的半自然生态系统，因此，大坝主体工程区的建设用地斑块和库区的水域斑块均属于干扰斑块，这种干扰斑块的增加不利于自然系统生态平衡的维护。林地、灌草地面积分别减少了 27.66hm<sup>2</sup>、102.01hm<sup>2</sup>，这种变化影响了该区域抗御干扰的能力，影响了局部景观的稳定性，阻抗稳定性有所降低。从整个评价区来看，减少后的林地在该区域仍占优势。

## 5.6 生态敏感区

### 5.6.1 芙蓉江国家级风景名胜区

#### (1) 项目与敏感区位置关系

根据《重庆市芙蓉江国家重点风景名胜区总体规划（2003-2020）》功能结构分析图和白马航电工程建设范围图，白马航电枢纽回水约 6km 位于芙蓉江国家级风景名胜区外围保护地带。白马航电枢纽回水与芙蓉江国家级风景名胜区位置关系见附图 19。

#### (2) 风景名胜区介绍及管理要求

芙蓉江国家级风景名胜区为国务院于 2002 年 5 月 17 日以国函〔2002〕40 号文批准的第四批国家重点风景名胜区。芙蓉江风景名胜区是以碳酸盐类岩溶地貌为特征，以芙蓉洞溶洞景观、芙蓉江峡谷景观的雄、险、奇、秀、幽为主景，供观光游览为主，兼具水上运动、科考的江峡型国家重点风景名胜区。根据《重庆市芙蓉江国家重点风景名胜区总体规划（2003-2020）》，风景名胜区实行分级管理，分为特级保护区、一级保护区、二级保护区、三级保护区和外围保护地带。其中，外围保护地带为风

景区界线外 500~1500 米范围内，面积为 88.41km<sup>2</sup>，外围保护地带的保护要求包括：①保持并完善生态环境，不得建设产生各种污染或破坏环境的企业和项目；②除江口镇外，不得再建设其他游览设施；③村镇建设必须与风景区环境相协调，基础工程设施必须符合规范和环保要求；④保持并完善生态环境，控制人口规模，因地制宜发展生态农业和观光农业。白马航电项目建设符合外围保护地带的相关保护要求。根据《风景名胜区管理条例》：“在风景名胜区内从事建设活动的，应当经风景名胜区管理机构审核，依照有关法律、法规的规定办理审批手续。”白马航电项目未在风景名胜区内开展施工建设活动，仅水库回水增加风景区外围保护地带乌江河道水量，已取得芙蓉江风景名胜区管理部门重庆市城市管理委员会同意项目建设的文件，见附件 5。

### (3) 工程建设对芙蓉江风景名胜区的影响分析

工程建设对芙蓉江风景区外围保护地带的主要影响为枯水期受白马航电枢纽回水影响乌江水位略有升高，但对芙蓉江风景区景观资源无影响。

根据水文情势分析结果，白马航电枢纽回水与芙蓉江风景区外围保护地带重叠河段建库前枯水期水位约 178m~179m，白马航电枢纽建成后受水库回水影响乌江水位达到 184m，由于白马航电枢纽 5 年一遇和 20 年一遇回水末端均在与风景区重叠河段之前，因此水库建设对该河段汛期洪水位无影响。

芙蓉江风景区的主要景观资源为芙蓉洞溶洞景观和芙蓉江峡谷景观。芙蓉洞位于芙蓉江右岸、高桥沟东侧，西距江口镇约 3km，洞口海拔 480m，高出江面 180m。根据《重庆乌江白马航电枢纽地下水专题报告》，芙蓉洞位于白马航电枢纽上游的江口电站库区，芙蓉洞岩溶水与江口水电站库区芙蓉江水系地表水存在水力联系，与乌江干流地表水无水力联系，

因此白马航电枢纽蓄水对芙蓉洞岩溶景观地质遗迹无影响。

芙蓉江峡谷景观资源位于江口电站库区，风景区芙蓉江水位受电站运行调度影响，从地理空间位置分析，白马航电枢纽与芙蓉江峡谷景观资源不重叠；从水力联系分析，由于受江口电站阻隔，白马航电枢纽蓄水不会影响风景名胜区芙蓉江地表水系统现有状态，水位、水面宽度、水深和流速等水文要素均不会发生变化，因此白马航电枢纽蓄水对芙蓉江峡谷、嶂谷、滩、跌水、石景、瀑布、峰丛和珍稀动植物等一系列景观资源无影响。

### 5.6.2 武隆喀斯特世界遗产地

#### (1) 项目与敏感区位置关系

根据《重庆武隆喀斯特世界自然遗产地申报文本》中提名地和缓冲区范围和白马航电工程建设范围叠图，白马航电枢纽回水有 3km 位于武隆喀斯特世界遗产地缓冲区内。白马航电枢纽回水与武隆喀斯特世界遗产地位置关系见附图 18。

#### (2) 武隆喀斯特世界遗产地介绍及管理要求

2007 年 6 月，联合国教科文组织在新西兰基督城召开了第 31 届世界遗产大会，重庆武隆喀斯特正式成为世界自然遗产。重庆武隆喀斯特芙蓉洞洞穴系统是长江三峡地区新近纪以来地壳大幅抬升的机制下发育形成的喀斯特系统，具有喀斯特特征的世界性意义，同时也是深切型峡谷的杰出代表。重庆武隆喀斯特世界遗产地芙蓉洞喀斯特系统主要保护对象为以芙蓉洞为代表的洞穴群和芙蓉江峡谷，同芙蓉江风景名胜区的保护对象是一致的。根据《重庆武隆喀斯特世界自然遗产地申报文本》遗产地实行分级保护，缓冲区主要保护要求为禁止开矿采石、伐木毁林、捕猎动物，除保护设施外，不得修建建筑物，保护好水源的水量和水质。2009 年重庆市人民政府颁布《重庆市武隆喀斯特世界自然遗产保护办法》，要求在遗产保护范围内的建设工程需经遗产管理机构审核，依法办理相关审批手续。白马

航电项目不在遗产地内开展施工建设活动，白马航电枢纽建成后，水库回水与遗产地缓冲区重叠河段枯水期水位上升，河道内水量增加，污染物稀释容量增加，对保护好水源的水量和水质为有利影响。遗产地管理机构重庆市城市管理委员会已出具文件同意白马航电项目建设，见附件 5。

### (3) 工程建设对武隆喀斯特世界遗产地的影响分析

武隆喀斯特世界自然遗产地是在芙蓉江风景名胜区的基礎上申报的，二者的保护对象均为芙蓉洞溶洞景观和芙蓉江峡谷景观。芙蓉洞位于渝黔边界，芙蓉江入汇乌江的汇合处以南 4km 的芙蓉江右岸岸坡上，处于上部为山原（最低山原面高程 1100m）、下部为芙蓉江（江底高程约 200m）峡谷的立体地貌环境中。坐标为 N29°13'，E103°16'~103°29'，洞口高程 485m。芙蓉洞位于白马航电枢纽上游的江口电站库区，且高于江口水库正常蓄水位 155m，因此本工程对芙蓉洞没有影响。乌江水域与芙蓉江受到江口水库阻隔影响，乌江水位变化对芙蓉江水量和水质基本没有影响。与芙蓉江风景名胜区类似，白马航电枢纽建设对武隆喀斯特自然遗产地不会产生不利影响。

## 5.7 施工环境

### 5.7.1 地表水环境

#### (1) 砂石料加工系统冲洗废水

左岸砂石料加工工系统冲洗废水产生量为 842m<sup>3</sup>/h，1.2 万 m<sup>3</sup>/d，主要污染物为 SS 浓度在 20000mg/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，因此，在正常工况下左岸砂石料加工系统冲洗废水对下游石梁河及乌江水环境影响较小。但在废水处理设施发生故障时（非正常工况），砂石料加工系统冲洗废水可能对下游水体产生不利影响。本报告对非常工况下排放的废水对下游水体影

响进行了预测。

### 1) 污染物负荷

砂石料加工系统冲洗废水最大排放量为 842m<sup>3</sup>/h，废水中 SS 浓度在 20000mg/L 左右。

### 2) 计算模型与参数选取

预测河段按矩形顺直河流考虑，预测模型采用岸边排放的二维稳态混合模式。为便于判定污染物扩散混合段长度，当二维稳态混合模式计算值在 y 方向各断面浓度差小于 5% 时即可近似视为完全混合，此时在 x 方向从排污断面至该完全混合断面即为混合段长度。

$$c(x,y) = c_h + \frac{c_p Q_p}{H \sqrt{\pi M_y x u}} \left\{ \exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right) + \exp\left[-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right] \right\}$$
$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2}$$

式中：c(x,y) —— 预测点(x,y)的污染物浓度，mg/L；

u —— 河流排放口处中断面平均流速，m/s；

Q<sub>p</sub> —— 污水排放流量，m<sup>3</sup>/s；

C<sub>p</sub> —— 污水排放浓度，mg/L；

x —— 排放口到预测点水流方向距离，m；

y —— 预测点垂直水流方向距离，m；

c<sub>h</sub> —— 河流中污染物背景浓度，mg/L；

H —— 污染带内平均水深，m；

B —— 河流宽度，m；

M<sub>y</sub> —— 横向扩散系数，m<sup>2</sup>/s。

砂石加工系统冲洗废水的受纳水体为石梁河，但由于排放口距石梁河口仅约 1000m，且排放口至石梁河入乌江口之间无敏感目标分布，因此主要预测分析了石梁河汇入乌江后对乌江水质的影响。

### 3) 预测结果

预测时段选择设计枯水年枯水期，石梁河和乌江 SS 背景浓度均取 10mg/L，采用上述模式对枯水期石梁河和乌江水质进行预测，预测结果见表 5.7.1-1 和表 5.7.1-2。

表 5.7.1-1 砂石料加工冲洗废水非正常排放的 SS 浓度预测表(石梁河) 单位:mg/L

Y\c/X	10m	50m	100m	200m	400m	600m	1000m
0m	263.56	123.40	90.20	67.51	55.17	51.71	48.87
20m	77.16	96.94	80.31	65.14	57.20	54.89	52.15
40m	11.25	49.18	57.53	57.63	57.50	57.02	54.69
60m	10.00	20.39	35.15	47.71	55.98	57.66	56.10
80m	10.00	11.64	20.78	37.67	52.42	56.33	56.01

表 5.7.1-2 砂石料加工冲洗废水非正常排放的 SS 浓度预测表(乌江) 单位: mg/L

Y\c/X	10m	50m	100m	200m	400m	600m	1000m	2000m	3000m	5000m	10000m
0m	16.78	13.03	12.14	11.52	11.07	10.88	10.70	10.57	10.53	10.49	10.43
20m	12.77	12.53	11.96	11.45	11.05	10.87	10.70	10.58	10.55	10.51	10.44
40m	10.19	11.48	11.50	11.27	10.98	10.83	10.69	10.59	10.57	10.53	10.45
60m	10.00	10.60	10.96	11.01	10.88	10.78	10.67	10.61	10.58	10.54	10.46
80m	10.00	10.17	10.51	10.74	10.75	10.70	10.65	10.61	10.59	10.55	10.47
100m	10.00	10.03	10.23	10.49	10.62	10.62	10.62	10.62	10.61	10.57	10.47
120m	10.00	10.00	10.09	10.30	10.48	10.54	10.58	10.62	10.61	10.57	10.48
140m	10.00	10.00	10.03	10.17	10.37	10.46	10.54	10.61	10.62	10.58	10.48
160m	10.00	10.00	10.01	10.09	10.27	10.38	10.50	10.61	10.62	10.59	10.49
180m	10.00	10.00	10.00	10.04	10.19	10.31	10.46	10.60	10.62	10.59	10.49
200m	10.00	10.00	10.00	10.02	10.13	10.25	10.42	10.58	10.61	10.58	10.49

在砂石加工系统废水事故排放的情况下，废水排入石梁河，石梁河形成宽约 40m，长约 1000m 污染带，石梁河入乌江河口断面 SS 浓度约 56mg/L；石梁河汇入乌江后，在乌江左岸形成了岸边污染带。从预测结果可以看出，事故排放情况下，砂石料冲洗废水将对石梁河下游至河口 1km，以及石梁河河口以下乌江 10km 河段水质造成一定影响，该河段悬浮物浓度将有所升高，据调查该河段内无水源保护区分布，因此事故排放情况下对地环境的不利影响较小。在施工期间，应加强废水处理及回用系统的维护，保证其运行的可靠性，杜绝事故排放。

## (2) 混凝土拌和系统冲洗废水

本工程在乌江左、右岸均布置有混凝土拌和系统，混凝土拌和系统废

水为混凝土拌和楼料罐冲洗过程。右岸一期混凝土料罐冲洗废水产生量为  $8\text{m}^3/\text{d}$ ，左岸二期混凝土料罐冲洗废水产生量为  $32\text{m}^3/\text{d}$ ，右岸三期混凝土料罐冲洗废水产生量为  $16\text{m}^3/\text{d}$ 。料罐冲洗废水 pH 值约为 9~11，废水中悬浮物浓度约  $5000\text{mg}/\text{L}$ ，具有悬浮物浓度高、水量较小，间歇集中排放的特点。由于料罐冲洗废水量很小，施工高峰期废水产生总量约为  $56\text{m}^3/\text{d}$ ，且产生于左右岸不同的混凝土拌和系统，通过采取中和沉淀处理后废水回用，不外排，对乌江地表水水质影响较小。

### (3) 基坑排水

基坑排水分基坑初期排水和基坑经常性排水。基坑初期排水为原河道水，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乌江水质。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  $2000\text{mg}/\text{L}$ ，pH 值为 9~11。如果直接排放，将对排口下游乌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，处理后废水优先回用于混凝土养护、场内施工道路和施工区洒水等，废水最终不排放或排放量较小，对乌江地表水环境影响较小。

### (4) 机械汽车停放场冲洗废水

左右岸施工区共布置 3 个机械汽车停放场，施工期废水产生量为  $84\text{m}^3/\text{周}$ ，其中，左岸施工区 1#、2#和右岸施工区停放场的废水产生量分别为  $30\text{m}^3/\text{周}$ 、 $22\text{m}^3/\text{周}$ 和  $32\text{m}^3/\text{周}$ 。废水中的主要污染物为石油类，浓度约  $10\text{mg}/\text{L}$ 。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，不外排，因此，机械汽车停放场冲洗废水对石梁河和乌江地表水环境影响较小。

### (5) 生活污水

工程在左岸布置有办公生活营地，右岸布置有生活营地，施工高峰期

有劳动力 7000 人，左岸生活区生活污水产生量为 527.5m<sup>3</sup>/d，右岸临时施工营地生活污水产生量为 110.9m<sup>3</sup>/d，左岸业主营地生活污水产生量为 33.6m<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。生活污水排入乌江和石梁河，会对其下游水质产生一定影响。本预测从最不利角度考虑，假设左岸生活区和业主营地生活污水经处理从同一排口排入石梁河，从而预测生活污水对石梁河水质的影响。

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：COD，背景浓度取石梁河入乌江河口处枯水期实测浓度 10mg/L。

3) 预测模型：二维稳态混合衰减水质预测模型。

4) 污染负荷

施工期日高峰人数 7000 人，其中左岸生活区和业主营地施工高峰期生活污水产生量为 561.1m<sup>3</sup>/d（包括左岸生活区 527.5m<sup>3</sup>/d 和业主营地 33.6m<sup>3</sup>/d），其中 COD 浓度在 250mg/L 左右。按最不利影响原则，假定左岸生活营地生活污水和业主营地生活污水未经处理从同一排放口排放。

5) 预测结果

施工期生活污水排入石梁河后 COD 衰减情况见表 5.7.1-2。

表 5.7.1-2 白马航电枢纽工程施工期左岸生活污水 COD 预测结果表 单位：mg/L

X\c/Y	0m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
10m	11.0	10.8	10.3	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
50m	10.5	10.4	10.4	10.3	10.2	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
100m	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0
150m	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0
200m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
250m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
300m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
350m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1

X\c/Y	0m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
400m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
450m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
500m	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1

## 6) 影响分析

由于施工营地生活污水量较小，排入水体后经过混合，COD 浓度随着距离增加浓度逐渐降低，虽对排口附近水域有一定影响，但影响范围很小。在排口下游 50m 处超过背景值 0.5mg/L，排口下游 50m 外的 COD 浓度增加幅度已低于背景浓度值的 5%，可见，施工期左岸生活污水排放对排放口下游河段水质影响程度有限。

### 5.7.2 大气环境

#### (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大气环境影响预测结果进行类比分析。根据重庆区域采石场项目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 300m 范围内的环境空气影响较大，300~1000m 的影响中等且随着距离的增加影响程度逐渐降低，对 1000m 以外的影响较小。

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 5.7.2-1。

表 5.7.2-1 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，由于杨柳村 1#居民点、杨柳村 2#居民点、杨柳村 3#居民点、鱼光村沟脚组 1#居民点、鱼光村沟脚组 2#居民点、鱼光村兴隆组居民点、沙台村 2#居民点、竹笋厂宿舍、沙台村柏杨树组居民点、铁佛村高家湾组 1#居民点、铁佛村高家湾组 2#居民点等 11 处居民点距离影响源 50m 范围内，局部时段将受扬尘影响较大，评价范围内其余敏感点影响较小，见表 5.7.2-2。

表 5.7.2-2 白马航电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	敏感点规模	影响源	与影响源最近距离 (m)	影响程度
1	杨柳村 1#居民点	3 户	施工区、右岸前期临时营地	45	局部时段影响较大
2	杨柳村 2#居民点	2 户	龙洞沟弃渣场	42	局部时段影响较大
3	杨柳村 3#居民点	1 户	龙洞沟弃渣场	46	局部时段影响较大
4	鱼光村沟脚组 1#居民点	2 户	螃蟹溪弃渣场	44	局部时段影响较大
5	鱼光村沟脚组 2#居民点	2 户	螃蟹溪弃渣场	34	局部时段影响较大
6	鱼光村阳明组居民点	3 户	螃蟹溪弃渣场	89	影响较小
7	鱼光村枣子组 1#居民点	1 户	螃蟹溪弃渣场	93	影响较小
8	鱼光村枣子组 2#居民点	3 户	2#表土堆放场	111	影响较小
9	鱼光村兴隆组居民点	3 户	螃蟹溪弃渣场	50	局部时段影响较大
10	鱼光村居民点	1 户	螃蟹溪弃渣场	194	影响较小
11	沙台村 1#居民点	4 户	施工区	70	影响较小
12	沙台村 2#居民点	1 户	施工区	37	局部时段影响较大
13	沙台村烂田组居民	2 户	施工区	63	影响较小

序号	敏感目标名称	敏感点规模	影响源	与影响源最近距离 (m)	影响程度
	点				
14	竹笋厂宿舍	4 户	螃蟹溪弃渣场、砂石加工区	20	局部时段影响较大
15	白马镇沙台小学	/	螃蟹溪弃渣场	961	影响较小
16	沙台村柏杨树组居民点	2 户	砂石加工厂	20	局部时段影响较大
17	武水路居民点	3 户	施工区	142	影响较小
18	铁佛村高家湾组 1# 居民点	5 户	施工区	28	局部时段影响较大
19	铁佛村高家湾组 2# 居民点	3 户	施工区	50	局部时段影响较大
20	大湾村居民点	约 18 户	龙洞沟弃渣场	4200	影响较小
21	张家村居民点	约 37 户	龙洞沟弃渣场	3750	影响较小
22	角帮村居民点	9 户	龙洞沟弃渣场	4130	影响较小
23	堕石岩居民点	约 22 户	螃蟹溪弃渣场	3690	影响较小
24	桥头铺居民点	约 16 户	螃蟹溪弃渣场	384	影响较小
25	三河沟居民点	约 58 户	螃蟹溪弃渣场	3975	影响较小
26	祝家村居民点	约 16 户	螃蟹溪弃渣场	4100	影响较小
27	西牛贝居民点	约 174 户	螃蟹溪弃渣场	2450	影响较小
28	蔡家湾居民点	约 78 户	螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	4280	影响较小
29	中坝居民点	约 146 户	螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	2760	影响较小
30	梨树坪居民点	约 68 户	砂石料加工场地	3680	影响较小
31	刘家坝居民点	约 200 户	砂石料加工场地	3000	影响较小
32	刘农村居民点	约 23 户	砂石料加工场地	4100	影响较小
33	白马集镇建成区	约 13000 人	左岸混凝土拌和系统	600	影响较小
34	重庆大木山市级自然保护区	/	龙洞沟弃渣场	864	影响较小
35	黄金槽居民点	15 户	施工区	671	影响较小
36	大槐居民点	8 户	螃蟹溪弃渣场	1600	影响较小
37	邓盖窝居民点	约 45 户	龙洞沟弃渣场	393	影响较小
38	一心村居民点	约 50 户	砂石料加工场地	3112	影响较小
39	光华村居民点	约 20 户	施工区	4880	影响较小
40	庙梁子居民点	约 25 户	螃蟹溪弃渣场、砂石料加工场地	580	影响较小
41	学堂堡居民点	约 22 户	螃蟹溪弃渣场	1853	影响较小
42	郭二沟居民点	约 15 户	螃蟹溪弃渣场	1545	影响较小
43	黎明村居民点	约 8 户	螃蟹溪弃渣场	1550	影响较小
44	王家湾居民点	11 户	螃蟹溪弃渣场	730	影响较小
45	蒿子坪居民点	约 30 户	螃蟹溪弃渣场	4260	影响较小
46	麻园居民点	8 户	螃蟹溪弃渣场	2321	影响较小

序号	敏感目标名称	敏感点规模	影响源	与影响源最近距离 (m)	影响程度
47	中堡村居民点	32 户	螃蟹溪弃渣场	3025	影响较小
48	核桃村居民点	约 5 户	龙洞沟弃渣场	1003	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条件下，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，本工程施工临时道路周边分布有鱼光村沟脚组 1#居民点、杨柳村 1#居民点、铁佛村高家湾组 2#居民点、武水路居民点、沙台村 1#居民点、沙台村 2#居民点、竹笋厂宿舍、沙台村柏杨树组居民点等敏感点，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

白马航电枢纽工程施工期间共采用各类施工机械、汽车 210 台/辆，消耗油料 19.23 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，施工区周边的敏感点受燃油废气的影响较小。

## 5.7.3 声环境

### 5.7.3.1 施工噪声影响预测

#### (1) 预测范围

白马航电枢纽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。

#### (2) 预测方法

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。

### (3) 预测分析与评价内容

预测分析施工噪声对敏感目标的影响程度，评价声环境质量达标情况；对爆破噪声进行环境影响分析。

### (4) 预测参数

敏感目标信息及其与工程的位置关系详见表 1.4.2-1，施工期噪声源强数据详见表 4.4.1-6，敏感目标所在区域噪声背景值详见表 3.5.4-1。

### (5) 预测结果

经预测分析，本工程施工期噪声对敏感目标的预测分析结果见表 5.7.3-1。结果显示：施工噪声对施工区周边 200m 范围内的敏感目标均有不同程度的影响。其中：

1) 受右岸前期临时营地和螃蟹溪弃渣场噪声影响，杨柳村 1#居民点和鱼光村居民点昼夜声环境受到不同程度影响，但其昼间声环境仍可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准。

2) 受弃渣场、表土堆场、施工区等作业机械影响，杨柳村 2#居民点、杨柳村 3#居民点、鱼光村沟脚组 1#居民点、鱼光村沟脚组 2#居民点、沙台村 1#居民点、沙台村 2#居民点、沙台村烂田组居民点、铁佛村高家湾组 1#居民点、铁佛村高家湾组 2#居民点等敏感点的昼夜声环境相比于《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准均有不同程度的超标。其中昼间超标范围在 0.5~6.9dB(A)，夜间超标范围在 7.4~16.1 dB(A)。

3) 受弃渣场、表土堆场、施工区等作业机械影响，鱼光村阳明组居民点、鱼光村枣子组 1#居民点、鱼光村枣子组 2#居民点、鱼光村兴隆组居民点、武水路居民点等敏感点的夜间声环境相比于《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准有不同程度的超标，超标范围在 1.2~6.5 dB(A)。昼间声环境可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准。

4) 受砂石料加工厂影响, 沙台村柏杨树组居民点和竹笋厂宿舍两处敏感点昼夜声环境相比于《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1类标准均超标, 昼间超标 19.0dB(A), 夜间超标 29.0 dB(A)。

表 5.7.3-1

白马航电枢纽工程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		敏感目标与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值		贡献值	预测值		噪声级变化量		标准限值		达标情况		超标程度		影响来源
	名称	规模			昼	夜		昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	
1	杨柳村 1#居民点	3 户	45	70	54.3	44	36.9	54.4	44.8	0.1	0.8	55	45	是	是	/	/	右岸前期临时营地
2	杨柳村 2#居民点	2 户	42	85	54.3	44	52.5	56.5	53.1	2.2	9.1	55	45	否	否	1.5	8.1	龙洞沟弃渣场
3	杨柳村 3#居民点	1 户	46	85	54.3	44	51.7	56.2	52.4	1.9	8.4	55	45	否	否	1.2	7.4	龙洞沟弃渣场
4	鱼光村沟脚组 1#居民点	2 户	44	85	54.3	44	52.1	56.4	52.8	2.1	8.8	55	45	否	否	1.4	7.8	螃蟹溪弃渣场
5	鱼光村沟脚组 2#居民点	2 户	34	85	49.1	42	54.4	55.5	54.6	6.4	12.6	55	45	否	否	0.5	9.6	螃蟹溪弃渣场
6	鱼光村阳明组居民点	3 户	89	85	49.1	42	46.0	50.8	47.5	1.7	5.5	55	45	是	否	/	2.5	螃蟹溪弃渣场
7	鱼光村枣子组 1#居民点	1 户	93	85	49.1	42	45.6	50.7	47.2	1.6	5.2	55	45	是	否	/	2.2	螃蟹溪弃渣场
8	鱼光村枣子组 2#居民点	3 户	111	85	49.1	42	44.1	50.3	46.2	1.2	4.2	55	45	是	否	/	1.2	2#表土堆放场
9	鱼光村兴隆组居民点	3 户	50	85	49.1	42	51.0	53.2	51.5	4.1	9.5	55	45	是	否	/	6.5	螃蟹溪弃渣场
10	鱼光村居民点	1 户	194	85	49.1	42	39.2	49.5	43.8	0.4	1.8	55	45	是	是	/	/	螃蟹溪弃渣场

序号	敏感目标名称		敏感目标与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值		贡献值	预测值		噪声级变化量		标准限值		达标情况		超标程度		影响来源
	名称	规模			昼	夜		昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	
11	沙台村 1#居民点	4 户	70	90	54.3	44	53.1	56.8	53.6	2.5	9.6	55	45	否	否	1.8	8.6	施工区
12	沙台村 2#居民点	1 户	37	90	54.3	44	58.6	60.0	58.8	5.7	14.8	55	45	否	否	5.0	13.8	施工区
13	沙台村柏杨树组居民点	2 户	20	100	54.3	44	74.0	74.0	74.0	19.7	30.0	55	45	否	否	19.0	29.0	砂石加工厂
14	沙台村烂田组居民点	2 户	63	90	54.3	44	54.0	57.2	54.4	2.9	10.4	55	45	否	否	2.2	9.4	施工区
15	竹笋厂宿舍	4 户	20	100	54.3	44	74.0	74.0	74.0	19.7	30.0	55	45	否	否	19.0	29.0	螃蟹溪弃渣场、砂石加工区
16	武水路居民点	3 户	142	90	54.3	44	47.0	55.0	48.7	0.7	4.7	55	45	否	否	/	3.7	施工区
17	铁佛村高家湾组 1#居民点	5 户	28	90	54.3	44	61.1	61.9	61.1	7.6	17.1	55	45	否	否	6.9	16.1	施工区
18	铁佛村高家湾组 2#居民点	3 户	50	90	54.3	44	56.0	58.3	56.3	4.0	12.3	55	45	否	否	3.3	11.3	施工区

### 5.7.3.2 爆破噪声影响分析

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。爆破中心主要分布在主体工程施区内的乌江右岸导流明渠处和河床处，其与附近的居民点之间约有 50~80m 的高程差，且有左右岸山体阻隔。按最不利影响分析，爆破噪声声功率级按 140dB(A) 计算，噪声在不同衰减距离处的噪声级见表 5.7.3-2。

表 5.7.3-2 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。

### 5.7.4 固体废物

#### (1) 弃渣

白马航电枢纽工程各建筑物开挖总量为 2909.30 万 m<sup>3</sup>（包括围堰清基及拆除料 196.47 万 m<sup>3</sup>），利用 1108.42 万 m<sup>3</sup>（含骨料利用料和场平回填工程量），剩余弃渣 1800.88 万 m<sup>3</sup> 分别运至龙洞沟弃渣场、螃蟹溪弃渣场（备料场）指定区域堆存。

工程规划弃渣场堆渣总容积为 2949.17 万 m<sup>3</sup>，其中左岸螃蟹溪上部、螃蟹溪下部和存料剩余弃渣场堆渣容积分别为 1248.56 万 m<sup>3</sup>、333.45 万 m<sup>3</sup> 和 263.33 万 m<sup>3</sup>；羊角滑坡堆渣容积 91.75 万 m<sup>3</sup>；右岸龙洞沟弃渣场堆渣容积为 1012.08 万 m<sup>3</sup>。规划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

工程施工期共产生生活垃圾 6830t，约 2.3t/d；施工高峰期生活垃圾产生量约为 7.0t/d。水电站生活垃圾以有机厨余为主，此外草木、塑料包装袋、纸类、砖渣相对含量较高。生活垃圾如随意弃置，会污染施工营地空气，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，本工程施工区濒临乌江，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乌江，将造成乌江水环境污染。

### （3）其他建筑垃圾

施工废料主要为施工过程中产生少量的碎砖块、废石料、水泥块及混凝土残渣等，还有部分废钢筋等建筑垃圾，这些废弃物多为无机物，其中大部分对水、环境空气质量的直接影响不大，若不及时清运将对景观、交通及大气环境产生影响。因此，对这些施工废料应及时处理，尽量在施工过程中回收利用。

### （4）危险废物

工程施工期间，各施工机械检修会产生少量废矿物油，产生量约为 50L/a，废矿物油属于《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）。如不经处理直接排放，将对周边土壤和水体产生影响。对土壤的影响主要体现在废油会破坏土壤结构，影响土壤通透性，损害植物根部，阻碍根的呼吸与吸收；对水体的主要影响是形成油膜，影响水体复氧，并影响水质。检修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。

## 5.8 移民安置

## 5.8.1 水环境

### 5.8.1.1 施工期

#### (1) 城镇移民迁建区施工废水

白马镇、土坎镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区的施工废水产生量分别为  $130\text{m}^3/\text{d}$ 、 $11\text{m}^3/\text{d}$ 、 $76\text{m}^3/\text{d}$  和  $112\text{m}^3/\text{d}$ ，废水中的主要污染物为 SS。该施工废水拟采用沉淀池处理后回用于施工用水、场地洒水，对施工区附近地表水环境影响较小。

#### (2) 防护工程混凝土拌和站冲洗废水

焦村坝、武隆城区南、北岸防护工程施工区混凝土拌和站冲洗废水产生量分别为  $1\text{m}^3/\text{d}$ 、 $2\text{m}^3/\text{d}$ 、 $6\text{m}^3/\text{d}$ ，冲洗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，废水经收集、预沉池沉淀后，加中和剂、絮凝剂进入沉淀池处理，沉淀池上清液回用，不外排，因此，混凝土拌和站冲洗废水对表水水质影响较小。

#### (3) 灌浆废水

白马集镇移民迁建区、武隆城区油坊沟和南溪沟的灌浆废水产生量分别为  $1.74\text{m}^3/\text{d}$ 、 $3.10\text{m}^3/\text{d}$  和  $6.50\text{m}^3/\text{d}$ ，废水中主要污染物为 SS。灌浆废水经收集、预沉池沉淀后，加絮凝剂进入沉淀池，经絮凝沉淀后上清液回用，不外排，因此，灌浆废水对附近表水水质影响较小。

#### (4) 专项设施复（改）建工程施工废水

电力和通信设施复（改）建过程中基本不产生施工废水，桥梁、码头等交通工程复（改）建施工期间将产生少量生产废水。根据交通工程施工特点，施工生产废水主要是混凝土养护废水。各施工工点废水排放量均较小，不含有毒有害物质，经中和沉淀处理后可用于周边施工场地洒水降尘，不排放，基本不会对附近地表水水质产生影响。

### 5.8.1.2 运行期

#### (1) 城镇移民迁建区生活污水

白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区生活污水产生量分别为 200m<sup>3</sup>/d、18m<sup>3</sup>/d、103m<sup>3</sup>/d 和 114m<sup>3</sup>/d，污水中的主要污染物及浓度分别为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L。

白马集镇移民迁建区生活污水经市政管网进入白马污水处理厂处理后排放，土坎集镇移民迁建区、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区生活污水经污水管网进入武隆区污水处理厂统一处理后排放，其影响不在本工程影响分析中考虑。

#### (2) 农村分散安置移民生活污水

白马镇、土坎镇、巷口镇和羊角镇分散安置移民生活污水产生量分别为 30.56t/d、2.24t/d、0.88t/d 和 0.80t/d。生活污水中含有的主要污染物及浓度分别为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L。农村分散安置移民一般是单户或几户在一起，单户生活污水量小且分散，不易集中处理。为减少对周边水环境的影响，可采取沼气池处理，每户设置 1 口约 8m<sup>3</sup>的沼气池，处理后出水用作农田肥料，生活污水不排放，因此，其生活污水基本不对附近地表水水质产生不利影响。

## 5.8.2 环境空气

移民安置过程中，迁建区、防护工程、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和粉尘，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。由于上述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, 且线性工程较多, 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。

### 5.8.3 噪声

移民安置过程中, 迁建区、防护工程、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。

白马集镇移民迁建区新址位于白马镇, 土坎集镇移民迁建区邻近土坎镇, 武隆城区油坊沟、南溪沟移民迁建区紧邻城区建成区, 由于迁建区周边均分布有学校或居民区, 施工噪声对学校或居民区存在不利影响。建筑施工噪声影响最大的阶段为桩基施工, 打桩机的噪声源强可达到 95~105dB(A), 施工阶段各类机械噪声为 75~90dB(A)。

移民安置工程桩基施工阶段噪声影响预测结果(见表 5.8.3-1)表明: 桩基施工噪声昼间导致周围敏感目标环境噪声增加 3.1~28.2dB(A), 超过《声环境质量标准》(GB3096-2008) 相应类别标准值 1.4~21.5dB(A), 约 912 户居民和周围学校受到不同程度影响; 夜间导致周边敏感目标环境噪声增加 10.5~37.4dB(A), 超过相应类别标准值 9.6~31.5dB(A), 约

912 户居民和周围学校受到影响，夜间禁止施工后上述影响消失。

移民安置工程日常施工阶段噪声影响预测结果（见表 5.8.3-2）表明：日常施工噪声昼间导致周围敏感目标环境噪声增加 0.1~11.5dB(A)，其中白马镇 3#居民点、武隆区油坊沟居民区和武隆区南溪沟居民区点环境噪声超标，主要受施工噪声影响；夜间导致周围敏感目标环境噪声增加 0.8~20.4dB(A)，其中白马中学、白马中心小学、白马镇 3#居民点、武隆区油坊沟居民区和武隆区南溪沟居民区环境噪声超过相应类别标准，其环境噪声超标是受施工噪声影响，夜间禁止施工后上述不利影响消失。

农村移民搬迁建房较分散，房屋建筑结构多为砖木或砖混结构，以人工为主，辅助小型机械施工，施工强度较弱，噪声小，影响时间短，对周围居民的影响程度有限。

防护工程和专项设施复（改）建工程为线性工程，在施工过程中分段施工，具有单段工程施工时间短、工程量小等特点，施工噪声对沿途居民点的影响均为短时影响，单段工程施工结束后，其附近居民点的环境影响即减弱或消失，总体来看，这类工程对沿途居民点的影响程度有限。但须在施工期加强管理，最大限度的降低噪声所产生的影响。

表 5.8.3-1

白马航电枢纽移民安置工程桩基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		敏感目标与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值		贡献值	预测值		噪声级变化量		标准限值		达标情况		超标程度		影响来源
	名称	规模			昼	夜		昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	
1	白马中学	/	30	105	54.6	44.1	75.5	75.5	75.5	20.9	31.4	60	50	否	否	15.5	25.5	白马集镇移民安置工程
2	白马中心小学	/	30	105	54.4	44.1	75.5	75.5	75.5	21.1	31.4	60	50	否	否	15.5	25.5	
3	白马镇1#居民点	81户	110	105	54.6	44.1	64.2	64.6	64.2	10.0	20.1	60	50	否	否	4.6	14.2	
4	白马镇2#居民点	70户	170	105	54.6	44.1	60.4	61.4	60.5	6.8	16.4	60	50	否	否	1.4	10.5	
5	白马镇3#居民点	35户	15	105	54.6	44.1	81.5	81.5	81.5	26.9	37.4	60	50	否	否	21.5	31.5	
6	土坎镇中心小学	/	150	105	51.6	43.3	61.5	61.9	61.5	10.3	18.2	60	50	否	否	1.9	11.5	土坎镇移民安置工程
7	土坎镇居民点	20户	120	105	51.6	43.3	63.4	63.7	63.5	12.1	20.2	60	50	否	否	3.7	13.5	
8	武隆区油坊沟居民区	约380户	15	105	53.3	44.2	81.5	81.5	81.5	28.2	37.3	60	50	否	否	21.5	31.5	武隆区油坊沟移民安置工程
9	武隆区南溪沟居民区	约326户	30	105	59.1	49.1	75.5	75.6	75.5	16.5	26.4	60	50	否	否	15.6	25.5	武隆区南溪沟移民安置工程
10	武隆区实验小学	/	194	105	59.1	49.1	59.2	62.2	59.6	3.1	10.5	60	50	否	否	2.2	9.6	

表 5.8.3-2

白马航电枢纽移民安置工程日常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		敏感目标与噪声源最近距离(m)	噪声源强	背景值		贡献值	预测值		噪声级变化量		标准限值		达标情况		超标程度		影响来源
	名称	规模			昼	夜		昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	
1	白马中学	/	30	88	54.6	44.1	58.5	60.0	58.6	5.4	14.5	60	50	是	否	/	8.6	白马集镇移民安置工程
2	白马中心小学	/	30	88	54.4	44.1	58.5	59.9	58.6	5.5	14.5	60	50	是	否	/	8.6	
3	白马镇1#居民点	81户	110	88	54.6	44.1	47.2	55.3	48.9	0.7	4.8	60	50	是	是	/	/	
4	白马镇2#居民点	70户	170	88	54.6	44.1	43.4	54.9	46.8	0.3	2.7	60	50	是	是	/	/	
5	白马镇3#居民点	35户	15	88	54.6	44.1	64.5	64.9	64.5	10.3	20.4	60	50	否	否	4.9	14.5	
6	土坎镇中心小学	/	150	88	51.6	43.3	44.5	52.4	46.9	0.8	3.6	60	50	是	是	/	/	土坎镇移民安置工程
7	土坎镇居民点	20户	120	88	51.6	43.3	46.4	52.7	48.1	1.1	4.8	60	50	是	是	/	/	
8	武隆区油坊沟居民区	约380户	15	88	53.3	44.2	64.5	64.8	64.5	11.5	20.3	60	50	否	否	4.8	14.5	武隆区油坊沟移民安置工程
9	武隆区南溪沟居民区	约326户	30	88	59.1	49.1	58.5	61.8	58.9	2.7	9.8	60	50	否	否	1.8	8.9	武隆区南溪沟移民安置工程
10	武隆区实验小学	/	194	88	59.1	49.1	42.2	59.2	49.9	0.1	0.8	60	50	是	是	/	/	

#### 5.8.4 固体废物

固体废物主要是移民生活垃圾，包括农村分散安置移民和城镇移民迁建小区居民产生的生活垃圾。

白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟 4 个移民迁建区的生活垃圾分别约为 2.1t、0.2t、1.1t、1.2t。移民迁建区的居民生活垃圾经集中后统一同区（镇）环卫部分运至垃圾填埋场处理，对周围环境无明显不利影响。

白马镇、土坎镇、巷口镇和羊角镇农村分散安置移民的生活垃圾产生量分别为 0.38t/d、0.03t/d、0.01t/d 和 0.01t/d。分散安置移民分布范围广，居民生活垃圾具有分布广、产生量小等特点，为减轻生活垃圾对环境的不利影响，须对这类生活垃圾采取定期收集、统一处理措施。

#### 5.8.5 生态环境

移民安置需进行居民住宅建设、基础设施建设等，可能对移民安置区及周围生态环境产生一定影响。

本工程移民安置以城镇移民迁建区集中安置为主，共有白马集镇、土坎集镇、武隆城区南溪沟和油坊沟 4 个城镇移民迁建区，集中安置移民 3665 人。在移民迁建区选择过程中，已经考虑充分利用现有建设用地和未利用地，以减少对现有地表植被的破坏，受影响的地表植被主要为耕地，对区域生态环境影响较小。

农村分散建房安置移民 431 人，人数较少，安置地点均位于现有村庄内，村庄受人类活动干扰较强，现有植被均为一般常见种，因此农村分散建房对植被影响较小。目前库区大部分农村居民仍以薪柴为主要生活能源，在移民搬迁安置过程中应协调解决移民的薪材来源问题，以减轻对周边森林植被的不利影响。移民安置区人类活动较频繁，现有的野

生动物数量较少，且为小型动物，这些动物对生境适应性强，移民安置不会对其产生明显影响。

## 5.9 航运工程影响

### 5.9.1 地表水

#### 5.9.1.1 船舶舱底油污水

本工程的航道通航标准为IV级，航道尺度为：2.2~2.6m×50m×330m（水深×航宽×弯曲半径），通航保证率95%，设计代表船型为500吨级货船（长江水系货-13）。因此评价以500t级船舶为代表船型估算运行期船舶含油污水产生量。

根据《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007），500t级船舶舱底含油废污水产生量为0.14t/d·艘。参考《雅口航运枢纽工程环境影响报告书》，含油浓度约为5000mg/L。根据不同水平年货运量预测结果，各水平年船舶舱底油污水发生量见表5.9.1-1。2025年、2035年和2045年船舶舱底油污水量分别为124.01t/a、293.86t/a、428.87t/a。

表 5.9.1-1 船舶舱底油污水发生量预测

水平年	2025年			2035年			2045年		
	上行	下行	合计	上行	下行	合计	上行	下行	合计
货运量(万吨)	90	120	210	210	290	500	320	400	720
航行时间(h)	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-
污水量(t/a)	69.83	54.18	124.01	162.93	130.94	293.86	248.27	180.60	428.87
含油量(t/a)	0.35	0.27	0.62	0.81	0.65	1.47	1.24	0.90	2.14

根据《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》（交通部2015年25号），在内河水域航行、停泊和作业的船舶，不得违反法律、行政法规、规范、标准和交通运输部的规定向内河水域排放污染物；不符合排放规定的船舶污染物应当交由港口、码头、装卸站或者有资质的单位接收处理。

根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018），2021年1月1日及以后建造的船舶所产生的含油污水均应收集并排入接收设施。由于本工程2028年投入运行，因此库区航道内船舶舱底油污水应由船舶自带的收集装置收集，在到港后由海事部门认可的有资质的接收船舶接收，并送岸上含油污水处理设施接收并处理，不得在航道内排放船舶舱底油污水。航道条件改善后，大吨位船舶比例逐步提高，防污设施好于小型船舶，有利于加强库区航道船舶舱底油污水污染防治。因此，在运营期海事部门加强对航道内船舶污水管理的基础上，船舶舱底油污水基本不会对航道内水环境造成污染影响。

### 5.9.1.2 船舶生活污水

根据不同水平年货运量，以代表船型估算航行船舶数量、航行时间，各水平年船舶生活污水产生量见表5.9.1-2，2025年、2035年和2045年船舶生活污水产生量分别为637.74 t/a、1511.28 t/a、2205.60 t/a。COD产生量分别为95.66 t/a、226.69 t/a和330.84 t/a；BOD<sub>5</sub>产生量分别为31.89 t/a、75.56 t/a和110.28 t/a；氨氮产生量分别为3.19 t/a、7.56 t/a和11.03 t/a。

表 5.9.1-2 船舶生活污水发生量预测

水平年	2025年			2035年			2045年		
	上行	下行	合计	上行	下行	合计	上行	下行	合计
货运量(万吨)	90	120	210	210	290	500	320	400	720
航行时间(h)	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-	6.65	3.87	-
污水量(t/a)	359.10	278.64	637.74	837.90	673.38	1511.28	1276.80	928.80	2205.60
COD(kg/a)	53.87	41.80	95.66	125.69	101.01	226.69	191.52	139.32	330.84
BOD <sub>5</sub> (kg/a)	17.96	13.93	31.89	41.90	33.67	75.56	63.84	46.44	110.28
NH <sub>3</sub> -N(kg/a)	1.80	1.39	3.19	4.19	3.37	7.56	6.38	4.64	11.03

根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018），针对船舶生活污水，应利用船载收集装置收集，排入接收设施，或利用船载生活污水处理装置处理，达到规定要求后在航行中排放，不得直接排入环境

水体。航道条件改善后，大吨位船舶比例逐步提高，防污设施好于小型船舶，有利于加强白马库区航段船舶生活污水污染防治。且由于乌江本身水量较大，因此，在运营期海事部门加强对航道内船舶污水管理的基础上，船舶生活污水基本不会对航道内水环境造成污染。

### 5.9.2 固体废物

本工程设计代表船型为 500 吨级货船（长江水系货-13），因此报告书以 500t 级船舶为代表船型估算运行期船舶生活垃圾产生量。根据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，500 吨船舶船员取 6 人左右，按每人每天排放生活垃圾 1kg 计，根据不同水平年货运量预测结果，2025 年、2035 年和 2045 年船舶生活垃圾量分别为 5.31t/a、12.59t/a、18.38t/a。航运船舶所产生的生活垃圾如不经处理直接排放，将对库区环境带来不利影响。

根据《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》（交通部 2015 年 25 号），禁止向内河水域排放船舶垃圾。根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018），内河禁止倾倒船舶垃圾。船舶应当配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或者实行袋装，按照《船舶垃圾管理计划》对所产生的垃圾进行分类、收集、存放。

根据船舶污染物排放相关规定，库区航道内船舶所产生的垃圾应由船舶自带的垃圾储存容器收集，并交送海事部门认可的有资质的船舶污染物收集处理单位统一处理。在此基础上，船舶所产生的生活垃圾不会对库区环境产生不利影响。

工程运行期间，各船闸检修时会产生少量废矿物油，单座船闸产生量约为 30L/a；同时，发电厂房内机组维护也将产生少量废润滑油。废矿物油和废润滑油属于《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)。如不经处理直接排放,将对周边土壤和水体产生影响。对土壤的影响主要体现在废油会破坏土壤结构,影响土壤通透性,损害植物根部,阻碍根的呼吸与吸收;对水体的主要影响是形成油膜,影响水体复氧,并影响水质。检修维护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。在此基础上,产生的废矿物油不会对库区环境产生不利影响。

### 5.9.3 环境空气

运行期大气污染物主要是船舶动力装置运行产生的含  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$  废气。船舶废气为无组织排放,具有近距离的污染特点,废气的排放将对环境空气产生一定的污染影响,但影响限于距排放点约 30m 内,均发生在航道范围内,不会对航道两侧的环境空气保护目标产生污染影响。随着枢纽的建成及该河段航道的改善,通过航道的大吨位船舶比例将逐步提高,大吨位船舶的动力设备和防污设施明显好于小型船舶,在年通过货运总量相同的情况下,船舶排放的废气总量较枢纽建设前将会明显减少。

### 5.9.4 声环境

#### (1) 船闸噪声

船闸运行期噪声主要为进出船闸的船只噪声,主要为发动机噪声(包括排气声)及鸣号声。运行时在距离声源 5m 处的噪声可高达 90dB(A),该类产噪设备为连续稳态线性噪声源,将对岸边 30m 范围内的声环境敏感目标产生不利影响。由于船闸位于枢纽右岸,运营后,30m 范围内的敏感点为枢纽管理区的办公操作人员,距离居民点较远,因此运行期船闸噪声基本不会对周围声环境敏感目标产生影响。

#### (2) 航道行船噪声

根据同等级航道实测资料, 500~1000 t 级船型 15m 处的暴露声级约 73dB(A), 衰减至 70dB(A) 的距离为 21m, 衰减至 55dB(A) 的距离为 120m, 可以认为航行船舶噪声对岸线影响较小。另外往来船只鸣笛可能会对居民密集区产生影响, 需要禁止在居民密集区域的航道鸣笛。因此, 运行期水上正常航行的船舶, 噪声影响范围基本在乌江河道内, 不会对库区两岸陆域居民点产生影响。

## 5.10 土壤环境

工程施工期各类污废水和固体废物经处理、处置后, 施工期各类污染物对工程区土壤环境污染影响很小。

工程运行期主要污染物为业主营地生活污水和厂房油污水, 经处理达标后回用或外排, 不会引起土壤的盐化、酸化、碱化。

本工程为土壤生态影响型项目, 运行期水库蓄水后可能造成周边土壤的盐化现象, 对水库蓄水可能引起的盐化影响采用《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018) 中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

采用以下公式计算土壤盐化综合评分值 (Sa) :

$$Sa = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i$$

其中:

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。

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018) 中附录 F, 壤盐化影响因素赋值情况见表 5.10-1。

表 5.10-1 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≤EPR<2.5	2.5≤EPR<6	EPR≥6	0.25
土壤本底含盐量 (SSC) / (g/kg)	SSC<1	1≤SSC<2	2≤SSC<4	SSC≥4	0.15
地下水溶解性总固体 (TDS) / (g/L)	TDS<1	1≤TDS<2	2≤TDS<5	TDS≥5	0.15
土壤质地	黏土	砂土	壤土	砂壤、粉土、砂粉土	0.10

本项目库区地下水位埋深较大，根据地下水位监测资料，坝址左岸 ZK79 孔地下水埋深为 111.97m，坝址右岸 ZK2 孔地下水埋深为 125.77m，羊角滑坡观测孔地下水埋深为 31.45m。水库蓄水完成后，库区内地下水将有所升高，建成后库区两侧地下水埋深仍将大于 2.5m，土壤盐化影响赋值为 0 分。

工程区域多年平均降水量为 984.4mm，多年平均蒸发量为 1120mm，干燥度 (EPR) 为 1.14，土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据土壤环境现状监测结果，7 个土壤监测点位土壤含盐量平均值为 0.73g/kg，SSC<1，土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据 2019 年地下水水质监测结果，工程区地下水溶解性总固体含量在 0.192~0.847g/L 之间，TDS<1，土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据土壤理化特性调查结果，工程区域土壤主要为黏土和轻壤土，土壤盐化影响赋值为 4 分。

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重，本项目的土壤盐化综合评分值  $S_a=4\times 0.10=0.4<1$ 。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）中的土壤盐化预测表（见表 5.10-2），本项目建成后周边土壤不会发生盐化现象。

表 5.10-2 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
------------------	-----	------	------	------	-------

## 5.11 人群健康

### (1) 介水传染病

介水传染病通过饮用或接触受病原体污染的水而传播的疾病，主要是由于水源受到人类粪便、污水和垃圾中的病原体污染，未经妥善处理和消毒即被居民饮用，或者处理后的饮用水在输配水和贮水过程中重新被病原体污染所致。介水传染病与居民环境卫生、生活习惯，特别是饮用水卫生密切相关。白马航电枢纽工程涉及区常见的介水传染病主要有肝炎、痢疾、伤寒和腹泻等。介水传染病的流行特点表现为：①水源一次严重污染后，可呈爆发流行，短期内突然出现大量病人；②病例分布与供水范围一致；③一旦对污染源采取处理措施，并加强饮用水的净化和消毒后，疾病的流行能迅速得到控制。

白马航电枢纽工程施工期间，大量施工人员聚集，施工高峰人数达7000人，多年平均劳动力人数约3100人。施工劳动强度大，造成施工人员抵抗力降低，而施工生活营地多为临时搭建，住宿条件和周边环境卫生条件相对较差，若不对区域污染源进行消毒清理，加强施工区环境卫生、饮用水卫生、食品卫生管理等，可能导致肝炎、痢疾、伤寒等介水传染病和流行性腹泻在施工区流行，对当地居民和施工人员的健康造成一定的威胁。

工程移民安置工作完成后，有利于改善库周移民安置区的基础设施、环境卫生及饮用水卫生条件，有利于阻止介水传染病的发生。但水库蓄水初期将淹没厕所、粪坑、畜圈、坟地等易造成水体污染，若不采取措施，也可能导致库区肝炎、细菌性痢疾、伤寒等介水传染病流行。

### (2) 自然疫源性疾病

白马航电枢纽工程涉及区无鼠疫流行史，但仍有少量钩体病、出血热等自然疫源性传染病病例发生。白马航电枢纽蓄水初期随着水位的抬升，库区鼠类将向库周高海拔区域迁移，使水库周边地区的鼠密度短期内有所增大，人、鼠接触机会增加。工程施工期间，施工区人员高度密集，施工营地鼠密度相对较大，增大了接触鼠类的机会，鼠类传播疾病的危险亦将增大。因此，工程施工期和水库蓄水初期以及枢纽建设后，如果具备流行的条件，可能会造成疫情的发生，因此需采取预防监控和不定期灭鼠措施，加强施工区环境卫生管理，防止鼠传等自然疫源性传染病的流行及发病率上升。

### **(3) 虫媒传染病**

目前，工程涉及区仍有少量乙脑等虫媒传染病例发生，传播疾病的蚊媒普遍存在，流行因素依然存在。虫媒传染病的发病情况与媒介动物的种群、密度及季节变化有密切关系。工程施工期，疟疾等虫媒传染病可能随施工人员带入施工区，病原体再通过媒介叮咬经唾液注入或随血回流注入，又或通过伤口或皮肤侵入，或感染性媒介（中间宿主）被宿主所食等方式对人群造成危害，应加强外来施工人员的卫生检疫工作；并加强施工区卫生管理工作，做好疾病预防工作，注意消灭蚊媒。水库蓄水后，水域面积的扩大，库湾、库汊、库岸等众多潮湿的生境为蚊媒孳生提供了良好的条件。特别是虫媒传染病高发期的夏季，媒介蚊类的密度可能增大，虫媒传染病发病率有可能上升。由于库区各级防疫网络基本健全，建库后只要落实预防接种措施，做好蚊虫叮咬的预防工作不致因建库而出现疟疾、乙脑等虫媒传染病的流行。

## **5.12 次生生态环境**

### **(1) 库岸现状**

水库区地层为一套碳酸盐岩和碎屑岩沉积建造，其中碳酸盐岩分布区河谷较狭窄，多为“V”型谷；碎屑岩分布区河谷相对较宽缓，多为“U”型谷。水库区河谷类型主要为横向谷、斜向谷及纵向谷。库区横向谷、斜向谷、纵向谷库段累计长度分别为 22.85km、10.70km、13.08km，分别占库长 49.0%、22.95%、28.05%。

库区干流岩质岸坡段（I）长度 39.84km，占库岸总长的 38.8%；土质岸坡段（II）累计长度 54.51km，占库岸总长的 53.1%；混合岸坡段（III）累计长度 8.32km，占库岸总长的 8.1%。库区支流、支沟两岸岸坡以土质岸坡（II）为主，总长 15.54km，占支流、支沟库岸总长的 66.6%；岩质岸坡（I）总长 6.6km，占支流、支沟库岸总长的 28.3%；岩土混合岸坡（III）总长 1.2km，占支流、支沟库岸总长的 5.1%。

库区岸坡变形破坏类型主要为滑坡及崩滑体。在库区干流岸坡共发现滑坡及崩滑体 10 处，其中左岸 6 处、右岸 4 处，见表 5.12-1。

表 5.12-1

乌江白马电航枢纽水库库区滑坡及崩滑体特征一览表

序号	编号	名称	岸别	距白马坝址 距离 (km)	基本特征				现状稳定性评价	蓄水后稳定性评价
					前缘高程 (m)	后缘高程 (m)	面积 ( $\times 10^4 \text{m}^2$ )	体积 ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )		
1	T1	天井沟滑坡	左岸	44.21	179	300	10.4	156	稳定	稳定
2	T2	江口码头滑坡	左岸	42.80	181.5	258	4.98	44.89	基本稳定	基本稳定
3	B1	张家沱崩滑体	右岸	39.80	176	375	22.3	490.6	稳定	稳定
4	T3	梓桐庙滑坡	左岸	26.07	173~181	236	15.08	90	基本稳定	基本稳定
5	T4	县政府滑坡	右岸	25.26	170	301	54.14	739.2	稳定	稳定
6	B2	五一崩滑体	右岸	24.89	256.26	300	0.2	1.6	稳定	稳定
7	T5	油房沟滑坡	左岸	24.40	214.5~250	428	27.36	860	稳定	稳定
8	B3	土坎崩滑体	右岸	15.78	160~165	325~340	133	5598	基本稳定	基本稳定
9	B4	杨家湾崩滑体	左岸	9.41	192	400	9.99	79.92	基本稳定	基本稳定
10	T6	羊角滑坡	左岸	7.2	156	580	250.2	9200	基本稳定	基本稳定

滑坡及崩滑体总体积约 17260.21 万  $m^3$ ，其中体积大于 100 万  $m^3$  的大型滑坡及崩滑体有 6 处，分别为天井凶滑坡、张家沱崩滑体、武隆县政府滑坡、油房沟滑坡、土坎崩滑体及羊角滑坡，累计体积 17043.8 万  $m^3$ ，占总体积的 98.75%；10~100 万  $m^3$  的中型滑坡及崩滑体有 3 处，体积 214.81 万  $m^3$ ，占总体积的 1.24%；小于 10 万  $m^3$  的小型 1 处，体积 1.6 万  $m^3$ ，占总体积的 0.01%。

## (2) 库岸稳定性评价

根据河谷类型、岸坡结构、滑坡与崩滑体的分布及稳定条件、库岸再造的影响程度等，可将库区岸坡分为稳定条件好(A)、较好(B)、较差(C)、差(D)四类。

### ——干流段

白马库区干流两岸 102.67km 的库岸中，稳定条件较差(C)的库岸段长 3.13km，占两岸库长的 3.1%。稳定条件较好(B)的库岸段长 47.35km，占两岸库长的 46.1%，其中岩质岸坡段、土质岸坡段、混合岸坡段分别长 5.23km、36.77km、5.35km，以土质岸坡为主。其余为稳定条件好(A)的库岸段长 52.19km，占两岸库长的 50.8%，其中岩质岸坡段、土质岸坡段、混合岸坡段分别长 34.61km、14.86km、2.72km，以岩质岸坡为主。由此说明，白马库区干流库岸稳定条件总体较好。

### ——支流、支沟段

库区两岸支流、支沟共 12 条，支流及支沟累计库长 11.66km，两岸库岸总长 23.32km。经分析，库区支流、支沟岸坡稳定条件较差(C)的库岸段长 1.5km，占支流、支沟两岸库长的 6.4%，其余均为稳定条件好(A)和稳定条件较好(B)的库段。

综上所述，白马电航枢纽库区干流和支流、支沟库岸稳定条件较好，不易发生次生生态环境灾害。

## 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

##### 6.1.1.1 砂石料冲洗废水

###### (1) 废水概况

白马航电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 842m<sup>3</sup>/h, 1.2 万 m<sup>3</sup>/d。废水中的主要污染物为 SS, 浓度约为 20000mg/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 18920-2002) 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 SS≤70mg/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, 设计处理规模为 900m<sup>3</sup>/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 6.1.1-1,设计参数详见表 6.1.1-1。

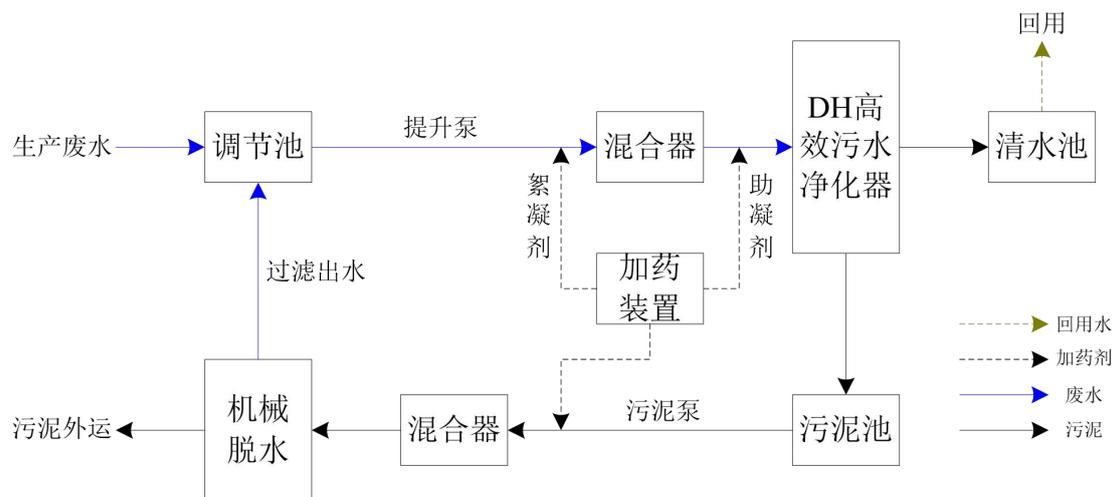


图 6.1.1-1 砂石料加工冲洗废水处理工艺流程图

表 6.1.1-1 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。该方法在向家坝水电站施工过程中使用，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。脱水后的污泥运至螃蟹溪弃渣场填埋，螃蟹溪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

本工程右岸一期拌和站料罐冲洗废水产生量为  $8\text{m}^3/\text{d}$ ，左岸二期混凝土料罐冲洗废水产生量为  $32\text{m}^3/\text{d}$ ，右岸三期混凝土料罐冲洗废水产生量为  $16\text{m}^3/\text{d}$ ，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，可将料罐冲洗废水经中和沉淀处理后用于厂区洒水降尘。中和沉淀池设计处理规模分别为右岸一期拌和站  $10\text{m}^3/\text{d}$ ，左岸二期拌和站中和沉淀池  $35\text{m}^3/\text{d}$ ，右岸三期拌和站  $20\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### 6.1.1.3 基坑排水

##### （1）废水概况

本工程基坑排水分初期排水和经常性排水。其中，基坑初期排水水质与河道水质基本相同，无需处理可直接排放；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产生施工废水约  $93.85\text{万}\text{m}^3$ 。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优先回用于混凝土养护、洒水除尘等，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 18920-2002）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 4h 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。在一期基坑进、出口围堰各设 1 座沉淀池，每座 2 池；二期与三期各设 1 座沉淀池，每座 2 池。

表 6.1.1-2 白马航电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
一期基坑排水沉淀池	2 座，每座 2 池	6000×4000×1500	砖混	交替使用	回用
二期基坑排水沉淀池	1 座，每座 2 池	15000×12000×1500	砖混		
三期基坑排水沉淀池	1 座，每座 2 池	10000×8000×1500	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电站项目中应用广泛，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。

#### 6.1.1.4 机械汽车停放场冲洗废水

##### (1) 废水概况

本工程共设机械汽车停放场 3 个，由于机械修配主要依托白马镇机修机构，停放场仅产生少量冲洗废水。据估算，工程施工期间每周产生冲洗废水 84m<sup>3</sup>，主要污染物及浓度分别为悬浮物 500mg/L、石油类 10mg/L。各机械停放场废水产生情况见表 6.1.1-3。

表 6.1.1-3 白马航电枢纽工程机械汤车停放场冲洗废水产生情况表

施工区	停车场编号	废水产生量 (m <sup>3</sup> /周)	废水总量 (万 m <sup>3</sup> )	主要污染物及浓度
左岸石梁河口-螃蟹 溪施工区	1#	30	1.04	SS: 500mg/L 石油类: 10mg/L
	2#	22	0.80	
右岸龙洞沟施工区	—	32	0.75	
合计	—	84	2.59	—

### (2) 设计标准

经处理后的废水主要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/T18920-2002)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出水，使用期间定时清除隔油板壁聚积的废油，并清理沟底淤泥。

根据 3 个机械车辆停放场的废水产生量，设计左岸 1#停放场的处理规模为 35m<sup>3</sup>/周，左岸 2#停放场的处理规模为 25m<sup>3</sup>/周，右岸龙洞沟施工区停放场的处理规模为 35m<sup>3</sup>/周。3 个停放场冲洗废水处理设施的主要构筑物尺寸见表 6.1.1-4。

表 6.1.1-4 白马航电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	单池净尺寸 (mm)			结构	尾水去向
				L	B	H		
1	左岸 1#停放场	1 座	35	5500	3500	2000	砖混	用于场地洒水
2	左岸 2#停放场	1 座	25	5000	3000	2000	砖混	
3	右岸龙洞沟施工区停放场	1 座	35	5500	3500	2000	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。

### 6.1.1.5 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，废水中主要污染物及浓度分别为  $BOD_5 150\text{mg/L}$ 、 $COD 250\text{mg/L}$ 。本工程共有 2 个施工生活营地和 1 个业主营地，用水量按  $0.12\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ ，排水量按用水量的 80% 计算，各生活营地和业主营地的高峰期生活污水产生量见表 6.1.1-5。

表 6.1.1-5 白马航电枢纽工程施工营地及业主营地生活污水产生量表

服务范围	废水产生量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	废水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
左岸生活区	527.5	22.0
右岸前期临时施工营地	110.9	4.6
左岸业主营地	33.6	1.4

#### (2) 设计标准

左岸生活区和业主营地生活污水经处理后排入石梁河，石梁河处于三峡库区，按照《长江经济带生态环境保护规划》有关要求，三峡库区城镇污水处理设施应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 A 标准，本项目拟参照该要求执行，即污水处理生活污水处理后出水水质均应满足一级 A 标准 ( $BOD_5 \leq 10\text{mg/L}$ 、 $COD \leq 50\text{mg/L}$ )；右岸前期临时营地生活污水经处理后，水质应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)中的城市绿化用水标准要求，即  $BOD_5 \leq 20\text{mg/L}$ 。

#### (3) 处理方案

办公生活营地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 6.1.1-2。

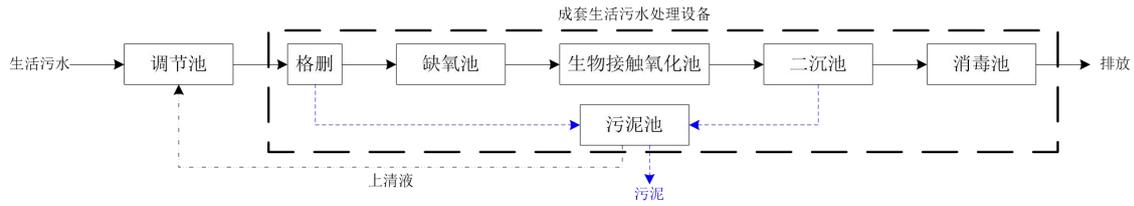


图 6.1.1-2 生活污水处理成套设备工艺流程图

本工程 2 个施工营地和 1 个业主营地各配备一套生活污水处理成套设备。根据左岸施工营地、右岸前期临时施工营地和业主营地的生活污水产生量，其生活污水处理成套设备的设计规模分别为  $30\text{m}^3/\text{h}$ 、 $5\text{m}^3/\text{h}$  和  $3\text{m}^3/\text{h}$ ，推荐的设备型号分别为 F-30、F-5 和 F-3，其主要技术指标见表 6.1.1-6。每个成套设备前设置一个调节池，设计污水停留时间为 8~12h，则调节池，调节池尺寸分别为  $20000\text{mm}\times 5000\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 、 $7000\text{mm}\times 3000\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 、 $3000\text{mm}\times 2000\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 。

表 6.1.1-6 生活污水处理成套设备主要技术指标表

项目		F-3	F-5	F-30
标准处理量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )		3	5	30
接触氧化池容积 ( $\text{m}^3$ )		19	31	185
二沉池表面负荷 ( $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )		0.9	0.94	1.08
污泥池容积 ( $\text{m}^3$ )		3.5	5	27
消毒池 ( $\text{m}^3$ )	F-FC	2	3	15.6
缺氧池 ( $\text{m}^3$ )	F-FC	6	10	60
风机	风量 $\text{m}^3/\text{min}$	0.67	1.02	$4.11\times 2$
	风压 $\text{mmH}_2\text{O}$	5000	5000	5000
	功率 $\text{kW}$	1.5	1.5	$5.5\times 2$
水泵	流量 $\text{m}^3/\text{h}$	3	5	30
	扬程 $\text{m}$	8	8	8
	功率 $\text{kW}$	0.2	0.75	2.2
细格栅功率 ( $\text{kW}$ )		0.11	0.11	0.18
装机总容量 ( $\text{kW}$ )		2.8	2.8	10
设备最大件重 (t)		5	6	8
设备件数		1	2	8
设备总重 (t)		5.5	7.5	30
平面面积 ( $\text{m}^2$ )	NS-FC	30	45	220

#### (4) 处理方案经济技术可行性分析

施工区生活污水处理成套设备的处理效果分析详见表 6.1.1-7。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《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中的一级 A 标准和《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)中的城市绿化用水标准。该设备投资较高，但出水水质较好，能够满足排放要求，该设施水电站业主营地使用较多，出水水质稳定。可见，该处理方案是可行的。

表 6.1.1-7 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)	标准值 (mg/L)	是否达标
COD	250	85%	37.5	50	达标
BOD <sub>5</sub>	150	95%	7.5	10	达标

## 6.1.2 运行期水环境保护

### 6.1.2.1 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，为防止淹没于白马航电枢纽内的树木、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。该项费用在水库淹没处理专项费用中列支。

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。

### 6.1.2.2 库周污染源防治措施

库区应认真落实《乌江（重庆段）水体达标整治方案（2016-2020年）》、《武隆区人民政府办公室关于印发〈武隆区水污染防治行动计划实施方案（2016-2020年）〉》和《武隆县生态文明建设“十三五”规划》（府办发〔2017〕139号）中相关污染源防治措施，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，保障白马库区水质。

深入实施《武隆县畜禽养殖区域划分及养殖污染控制实施方案》，严格执行畜禽养殖区域划分规定。对白马库周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，水库蓄水后，库周测土配方施肥技术推广覆盖率达到90%以上。加大对不符合规定的水产养殖业的排查，全面取缔网箱养鱼，强化水产养殖监管，养护和恢复乌江流域天然渔业资源。

### 6.1.2.3 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，保护好白马库区的水质，有效防止营养化。

（1）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》《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。

（2）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。

（3）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，特别是加强提高库区周边和上游地区植被覆盖度的工作。

(4) 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、节水灌溉等措施可减少农业径流的氮磷损失。

#### 6.1.2.4 运行期业主营地生活污水处理

业主营地将作为电站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。业主营地生活污水处理规模、方案比选、方案布置、工艺流程及设计说明等详见 6.1.1.5 节。

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。

#### 6.1.3 生态流量保障措施

为保证河道下游生态需水，按照《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》推荐的方法计算出本工程的最小生态流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。当三峡水库在 155m~175m（吴淞）运行时，三峡水库回水顶托到白马枢纽坝址下游，白马坝址与三峡水库衔接；当三峡坝前水位低于 155m（吴淞）运行时，白马枢纽下泄流量需不小于生态流量  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。根据三峡水库调度运行规则，白马枢纽需下泄生态流量的

时段一般为 6 月~9 月中旬。

工程拟采取以下方式保证河道内的生态需水要求。

#### (1) 施工期及蓄水期

施工期分三期导流，一期由原河床泄流，流量与天然状况一致，满足下泄生态流量要求；二期由右岸导流明渠导流，明渠断面为梯形，底高程 147m，与白马坝址处河底高程 138m~148m 接近，径流过程与天然状况一致，满足下泄生态流量要求；三期采用白马枢纽泄洪表孔泄流，泄洪表孔堰顶高程 160m，2 月中旬封堵导流明渠时，下游三峡水库处于枯水期高水位运行，受三峡水库水位顶托，白马坝址处水位高于泄洪表孔堰顶高程 160m，水流自泄洪坝段下泄，下泄流量与来水流量相同，能够满足下泄生态流量要求。初期蓄水时，按照水库初期蓄水计划，通过调节泄洪表孔弧形工作门开度控制下泄流量不小  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，多余水量蓄到水库内，水库最高蓄水位为 184m。蓄水过程中加强管理，保证蓄水计划严格执行。

#### (2) 运行期

经计算，白马航电枢纽生态流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，白马水电站机组单机宜过流流量为  $400\text{m}^3/\text{s}\sim 947.2\text{m}^3/\text{s}$ ，电站正常运行时，生态流量可通过水轮机发电下泄，白马航电枢纽共有 3 台机组，电站运行过程中，机组检修通常是在枯期每个月安排 1 台，生态流量可以通过不检修的机组下泄，因此，白马水电站采取单台机组带基荷运行的方式下泄生态流量是可行的。如果发生全部机组检修的极端情况，可以通过操作坝顶液压启闭机通过泄洪表孔弧形工作门泄放生态流量。

白马航电枢纽运行过程中需要优先保证航运基流，至少一台机组发电，在保障航运功能的同时能够有效保障生态流量下泄。另外，受三峡水库顶托影响，生态流量下泄时段为汛期，根据径流调节计算成果，白马枢纽汛

期约一半时段产生弃水，下泄流量远大于  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

为监督生态流量下泄工作、完善白马航电枢纽水情自动测报系统，需实时监测水电站发电尾水断面和泄洪表孔断面下泄流量，安装生态流量下泄可视化监控设备，将实时监测数据和图像接入管理部门监控系统，并接受监督。

## 6.2 地下水环境保护

### (1) 施工期

从原料产品储存、生产、运输、污染处理设施等全过程控制各种有害材料、产品泄漏，定期检查污染源项，及时消除污染隐患，杜绝跑冒滴漏现象，发现有污染物泄漏或渗漏，采取清理污染物和修补。施工期的废污水主要为砂石料加工系统、混凝土拌和系统、基坑排水、机械车辆冲洗产生的生产废水和办公生活营地产生的生活污水。按照相关标准严格设计施工，保证污水处理设施底部防渗性能。同时设置备用水池等应急设备，收集事故工况下的污水，防止直接入渗地下含水层。

施工过程中尽量避免施工原料的长期堆放，如需长期堆放时，堆放场地需要进行地面硬化和搭建简易雨篷，避免部分原料物质经雨水淋滤后直接入渗进入地下，污染浅层地下水。油库应采用储油罐储油，设置事故集油池，并配备一定的溢油控制应急设备和器材，应急修补的专用工具和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，溢油检漏专用仪器和设备等。油库区和加油站铺设防渗材料，挖沟阻隔，尽量避免石油使用过程中的“冒、漏”等对地表和地下水造成一定的污染并确保事故泄漏后污染物不通过土壤进入地下水。临时油库的修建需远离施工和生活营地，其周围严禁烟火和堆放易燃物。

除此之外，还应针对可能产生的紧急泄露事故（油库泄漏等）制定一

系列的风险应急预案，一旦发生泄漏，立即启动应急预案控制影响，防止泄漏事件和污染范围的进一步发展和扩大。

## (2) 运行期

运行期白马航电枢纽蓄水后会致地下水位壅高产生绕坝渗流，因此应加强坝基、坝肩和厂址区的防渗工作，减少库水渗漏量以及库岸两侧地下水水位的下降幅度。根据本工程防渗设计方案，工程坝基岩体防渗处理标准为：透水率小于  $3\text{Lu}$  的岩体作为相对隔水岩体，即可作防渗依托岩体；透水率大于  $3\text{Lu}$  的岩体作为相对透水岩体，即需防渗处理岩体。据此，在河床坝基部位，防渗主帷幕线路沿大坝基础廊道布置，两岸向山体延伸一定长度，以透水率小于  $3\text{Lu}$  的相对隔水层作为防渗依托，在断层及裂隙密集带地段，透水率小于  $3\text{Lu}$  相对隔水岩体的埋深较大，应根据实际情况加大帷幕的深度。

水库蓄水之前，对淹没线以下的废弃物进行无毒无害化处理，以保护水库水质和水生生态环境，水库蓄水后，应对生活垃圾进行集中收集和处理，减少对库区水体的污染。在库区建设清漂设施，加强清理库区漂浮物工作。

## 6.3 水生生态保护

白马航电枢纽建成后，乌江流域梯级开发规划即全部落实，形成多个梯级水库，原有河流生态系统的结构和功能发生变化，演变为河道型水库生态环境。评价区水生生物保护技术和对策，必须从流域角度整体考虑，与流域生态特点相适应。针对评价区生态环境特点、水生生物资源状况以及鱼类生物学特性，评价区鱼类保护主要采取栖息地保护、增殖放流、建设过鱼设施、生态流量保障措施、鱼类繁殖期生态调度和加强渔政管理等措施，同时开展水生生态监测及相关科学研究。

### 6.3.1 保护对象

理论上，所有受工程影响的鱼类均应为作为保护对象，但其涉及的工程量大，且并不是所有原有鱼类均有形成自然种群的条件。因此，需要根据实际情况，坚持统筹兼顾、突出重点的原则，合理确定保护对象和优先保护顺序。从重要性的角度考虑，通常按照以下顺序进行选择：列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入濒危动物红皮书的鱼类、地域性特有鱼类、水域生态系统中的关键物种、重要经济鱼类；从受工程影响程度考虑，分布区域狭窄、抗逆能力差、生境受损程度高、与工程影响水域生态环境适应性强的鱼类优先选择；依鱼类资源现状考虑，可按濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受胁的顺序选择；从鱼类生活史考虑，生活史复杂、洄游距离长、繁殖条件要求高、生长繁育缓慢、性成熟年龄和繁殖周期、繁殖力低的鱼类优先考虑。本江段分布的主要珍稀保护、特有、优势种鱼类见表 6.3.1-1。

表 6.3.1-1 白马航电枢纽放流鱼类规格和数量

种类	国家、省级保护	红皮书或红色名录	本江段优势种	长江上游特有鱼类	备注
白鲟	是	是			历史记录种
达氏鲟	是	是		是	历史记录种
中华鲟	是	是			放流种
胭脂鱼	是	是			生境减少
半鲶				是	生境减少
长薄鳅	是			是	产漂流性卵，生境减少
长鳍吻鮡				是	产漂流性卵，生境减少
圆筒吻鮡			是	是	产漂流性卵，生境减少
短体副鳅				是	生境减少
高体近红鮡				是	生境减少
红唇薄鳅	是			是	生境减少
华鲮				是	生境减少
宽口光唇鱼				是	生境减少
宽体沙鳅				是	生境减少
裸腹片唇鮡				是	生境减少
裸体异鰈鳅鮓	是			是	产漂流性卵，生境减少
四川华鲮				是	生境减少

种类	国家、省级保护	红皮书或红色名录	本江段优势种	长江上游特有鱼类	备注
小眼薄鳅	是			是	生境减少
岩原鲤	是	是	是	是	生境减少
异鳔鳅鮰				是	产漂流性卵，生境减少
圆口铜鱼			是	是	产漂流性卵，生境减少
白缘鲃		是			生境减少
中华金沙鳅	是		是	是	产漂流性卵，生境减少
瓦氏黄颡鱼			是		生境减少
泉水鱼			是		生境减少
中华倒刺鲃			是		生境减少

### (1) 重点保护对象——珍稀、特有鱼类

评价区珍稀、特有鱼类种类数较多，分布有国家 I 级保护动物中华鲟等洄游型鱼类，但由于葛洲坝、三峡工程的阻隔，其自然个体在调查期间未见；II 级保护鱼类胭脂鱼、鮠被列为《中国濒危动物红皮书》和《中国物种红色名录》易危等级（VU），其自然群体在评价区罕见，但在河口附近可见胭脂鱼放流个体；分布有长江上游特有鱼类 38 种，其中 7 种列为省（市）级保护对象。

### (2) 一般保护对象——重要经济鱼类

白马库区江段重要经济鱼类宽鳍鱲、瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、鲮、银飘鱼、银鮈、泉水鱼、鲫、鳊、吻鮈、墨头鱼和铜鱼等，白马坝下江段重要经济鱼类瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、鲫、铜鱼、光泽黄颡鱼、鲮、银飘鱼、似鳊、宽鳍鱲、泉水鱼、圆筒吻鮈等。

### (3) 优先保护对象

根据调查江段鱼类资源情况、工程对鱼类资源的影响、鱼类的生境适应性及保护技术等，白鲟、达氏鲟均为历史记录种，中华鲟为放流种，可暂不考虑为保护对象，待后期监测确定其分布区域及种群数量后再行安排；其它大部分长江上游特有鱼类在调查江段分布极少，可暂不考虑。综合分析，考虑到物种的分布、在本江段的数量、重要性等因素，拟定胭脂鱼、

圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、蛇鮡、岩原鲤、泉水鱼、中华倒刺鲃及瓦氏黄颡鱼等 10 种为优先保护鱼类，在确定工程环保措施时予以重点考虑。

### 6.3.2 栖息地保护

鱼类栖息地保护是鱼类资源保护最为有效的方法之一。在乌江流域干流已建 11 座梯级的水生生态环境累积影响背景下，针对乌江下游沙沱、彭水和银盘电站三个梯级相继建成、白马枢纽规划建设的实际情况，从乌江下游流域栖息地保护的角度出发，为保护和修复白马航电枢纽工程影响区乌江干支流生境多样性，舒缓白马工程建设对鱼类资源的影响，综合评价区域鱼类栖息地质量状况，构建评估模型，比选具有较大保护价值的干支流江段，结合相关生态水工学、保护生物学的原理、技术和方法，开展提出乌江流域重庆段鱼类栖息地保护方案设计，构建乌江下游栖息地完整生境，划分干流及重要支流的保护范围，并提出相关水生生态修复措施。

#### 6.3.2.1 乌江下游干流生境

根据有关文献资料和近年水生态监测结果，乌江下游江段共分布有鱼类 140 种，2007 年后的调查仅发现鱼类 103 种，种群数量大为减小。过度捕捞、水利水电工程建设、栖息地破坏和环境污染等是造成乌江下游鱼类资源急剧变化的主要原因。

##### (1) 沙沱库区生境

沙沱库区是沙沱坝址-思林坝址之间的乌江干流河段，库区江段沟壑纵横，河道多呈 V 形或 U 形。沙沱水电站正常蓄水位 365.0m，水库水位在 353.5-365.0m 之间变化，具有日调节性能，工程与上游电站同步运行，进行梯级多年调节。汛期 6-8 月，为满足上、下游防洪需要，水库汛期限制水位 357m；在满足电力系统负荷要求的条件下，水库进行日调节，并承担负荷

备用和一定事故备用发电作用，必要时水位降至 353.5m 运行。汛期库内水位急剧波动，对在沿岸带、浅水湾等处鱼类产卵繁殖不利。在非汛期进行日调节，此时水库保持较高水位运行，水位相对较为稳定。

### (2) 彭水库区生境

彭水库区回水至贵州省沿河县淇滩镇，回水区长约 115km，库区峡谷地貌，库区江段沟壑纵横。除淇滩至黑獭河段以及思渠、毛渡、清泉、洪渡、鹿角、万足等村镇附近河谷相对较宽外，库区其余河段多为峡谷。彭水水电站实行统一调度，每年 5 月末水库水位下降至防洪限制水位 287m，主汛期（6-8 月）维持防洪限制水位 287m 运行，9 月初开始蓄水，蓄至正常蓄水位 293m。电站下泄保证下游最小通航保障流量为 280m<sup>3</sup>/s，水库除在主汛期和充水期（9 月）外，库水位基本上保持在正常蓄水位工作。汛期库内水位急剧波动，对在沿岸带、浅水湾等处鱼类产卵繁殖不利。

### (3) 银盘库区生境

银盘水电站位于乌江下游杨家沱河段，坝址位于重庆市武隆县江口镇乌江上游约 4km 处，是兼顾彭水水电站的反调节任务和渠化航道的枢纽工程，水库正常蓄水位 215.00m 时水库面积 11.24km<sup>2</sup>，水库回水长度 53.3km。银盘水电站是彭水水电站的反调节梯级，日调节，受彭水水库调度运行的影响，坝下江段水位变化更为频繁。水位和流速的变化导致的结果，在水位快速上升阶段，幼鱼和小型鱼类可能直接被急流冲走，导致部分个体死亡；个体较大的鱼被迫顶挡急流，出现应激反应，造成生理上的损害，进而可能导致鱼类在行为上规避该不稳定的环境，种群分布格局发生改变。在水位快速下降时，某些粘附在石、草上的卵及个体较小的鱼可能被搁浅滩上，使其自然死亡率增大。水库建成后，库区江段水文情势发生较大变化，洪、枯季流量比减小，库区水位变化趋于缓和；流速会降低，但与历

史相比变动不大。以 2012 年为典型年，推算白马航电枢纽建库前后各断面流速变化情况，结果表明，银盘库尾的彭水水文站断面流速基本维持在 0.5 m/s 以上，符合产漂流性卵漂流孵化所需水流速度；银盘坝前 3-4 月下旬之间流速一般低于 0.3 m/s，多数时间在 0.1 m/s 以下，达不到漂流性卵所需的漂流孵化速度，而 4 月底-8 月流速在 0.2-0.8 m/s 之间波动，多数时间维持在 0.3 m/s 左右，可以满足产漂流性卵漂流孵化所需水流速度。白马枢纽建成后银盘坝下水域保留流水生境，洪水期白马枢纽按照来水下泄，银盘坝下至白马坝前 46km 河段基本维持现河流状态，期间库区原有鱼类产卵场功能可能恢复，对乌江下游鱼类资源保护有一定作用。

#### (4) 拟建白马枢纽库区

乌江白马航电枢纽位于乌江下游河段武隆县境内，上距银盘水电站约 46km，下距乌江河口约 43km，枢纽上游约 42km 处有芙蓉江从左岸汇入库区。白马航电枢纽建成后全年库区水面增大，受到断面位置和断面地形的影响，白马航电枢纽产生的影响羊角新滩断面最大，其余按照白马坝址断面-武隆水文站断面-江口镇断面-银盘断面的顺序影响逐渐减小，对银盘坝址断面几乎没有影响。同时，按照枯水年、平水年和丰水年的顺序影响逐渐降低。在白马航电枢纽正常蓄水位 184m 时，坝前水深成倍提高，在鱼类繁殖期水库日调节的情况下，坝前流速将不到原河道流速的 1/5，洪水期流速稍高，但库区不会出现完全静水的情况；在银盘坝下-芙蓉江汇口江段由于淹没水深较小，河水流速稍有降低，可基本维持流水生境特征；芙蓉江汇口以下河段，由于淹没水深大为增加，水体断面流速相应将明显降低。

按正常年份乌江下游来水状况，对白马建库前后在鱼类主要繁殖季节 3-8 月白马库区武隆水文站断面、白马坝前断面的流速进行估算，结果表明，位于白马库区的武隆水文站断面在建库前 3-8 月流速多在 1.2-2.7 m/s 间波

动，白马建库后 3-4 月初流速多数低于 0.2 m/s，4 月中旬-8 月流速基本维持在 0.4-1.7 m/s 之间，符合产漂流性卵漂流孵化所需流速；白马坝前断面建库前流速 3 月基本维持在 0.15-0.35 m/s 之间，4-8 月流速在 0.4-2.0m/s 之间，多数时间在 0.8m/s 以上满足漂流性卵所需的漂流孵化流速，白马建库后坝前断面 3-4 月流速多低于 0.2 m/s，5-8 月流速多在 0.3-0.8 m/s 之间波动，可以满足产漂流性卵所需漂流孵化流速。

#### (5) 白马坝下河段

白马枢纽坝下至河口河段长约 43km，乌江河口下游 483km 为三峡工程，三峡回水末端至白马枢纽坝下。在三峡工程 175m 水位蓄水后，库区水位年变化将呈规律性：在汛期 6-9 月按防洪限制水位 145m 高程运行；10 月开始蓄水，一般 10 月底蓄水至 175m 正常高水位保持至 11~12 月；1~4 月为供水期，水位逐步降至 156m 高程；5 月底降至防洪水位 145m。

由于三峡水库回水与白马基本衔接，白马梯级与上游银盘梯级衔接，银盘、白马航电枢纽泄水对其下游流速、水位、泥沙等生态水文条件将产生一定影响，但影响的范围和程度有限。白马枢纽建成后，其坝址以下位于三峡水库消落区内，受三峡水库回水影响枯水期水位抬高，水深从河口至白马坝址逐渐增大，水流减缓，营养盐滞留，水体初级生产力增加，适应静缓流环境的生物种类增多，适应急流生境的种类减少，原开放型河流水生态系统改变为河道型水库生态系统。

按正常年份乌江下游来水状况，对鱼类主要繁殖季节 3-8 月白马坝下白涛、乌江河口涪陵江段流速进行模拟计算，结果表明，白涛断面流速 3-4 月中旬流速一般低于 0.2 m/s，多数时间在 0.1 m/s 以下，达不到漂流性卵所需的漂流孵化流速，而 4 月底-8 月流速在 0.2-1.2 m/s 间波动，多数时间维持在 0.4 m/s 左右，可以满足产漂流性卵所需漂流孵化流速。乌江河口涪陵

断面流速 3-4 月下旬之间流速一般在 0.1-0.3 m/s，多数时间达不到漂流性卵所需的漂流孵化流速，4 月底-8 月流速在 0.4-1.8 m/s 间波动，多数时间维持在 0.5-1.0 m/s 之间，可以满足产漂流性卵漂流所需漂流孵化流速。

受三峡水库调度运行影响，白马大坝至涪陵河口约 43km 乌江干流，三峡水库低水位运行时，能够保持一定流速，维持河流功能，并且该水域鱼类资源丰富，特别是鱼类主要繁殖期，该河段能够满足乌江下游大部分鱼类的繁殖条件，保证完成其生活史。鱼类繁殖期该河段 2 处产漂流性鱼类产卵场功能得以维持，对保护乌江下游产漂流性鱼类资源有重要意义。

### 6.3.2.2 乌江下游主要支流生境及鱼类资源分布

在乌江下游已建沙沱、彭水、银盘水电站库区及银盘坝址下游河段分布有较多的支流，其中在沙沱库区主要支流有石阡河、印江河、清渡河、马蹄河等 4 条；彭水库区有坝坨河、白泥河、唐岩河、洪渡河等 4 条；银盘库区主要支流有长溪河、郁江等 2 条；在银盘坝下-涪陵河口河段主要支流有芙蓉江、石梁河、大溪河等 3 条以及其它较小支流长头河、清水溪、麻溪河、御泉河等 4 条。

#### (1) 主要支流生境

##### 1) 石阡河

石阡河又称龙底江、义阳江，发源于石阡武陵山脉北麓黑山沟，在塘头万亩大坝折东北汇入乌江。石阡河为乌江右岸一级支流，流域面积 2117km<sup>2</sup>，干流总长度 114km，多年平均流量 40.94m<sup>3</sup>/s，天然落差 517m。

石阡河规划的 5 个梯级均已建成。石阡河位于乌江干流沙沱水电站库尾，受沙沱水电站蓄水淹没较小，已建最后一个梯级电站泗河坝水电站，坝下至河口段 11.37km 基本为流水河段。

据调查，石阡河分布的鱼类有 33 种，主要包括草鱼、马口鱼、寡鳞飘

鱼、麦穗鱼、圆口铜鱼、吻鮡、宽口光唇鱼、棒花鱼、岩原鲤、四川华吸鳅、中华倒刺鲃、白甲鱼、华鲮、鲤、鲫等。

2012年农业部批准成立龙川河泉水鱼鳅国家级水产种质资源保护区，将石阡县城以上石阡河干流 28.55km、支流包溪河 20km 河段划定为核心区，石阡县城段 12.2km 河段划定为实验区。

2013年，农业部批准成立龙底江黄颡鱼大口鲶国家级水产种质资源保护区，将石阡县长滩水电站库区 13km 河段划定为核心区，长滩水电站坝址以下至石阡河河口 24km 划定为实验区。



石阡河生境

## 2) 清渡河

清渡河是乌江右岸一级支流，清渡河发源于印江县缠溪打杵场，于赵家坝乡的堆上汇入乌江。清渡河流域面积 502km<sup>2</sup>，总长度 62km，平均比降 7.5‰。多年平均降水量 1110mm，河口多年平均年径流量 2.87 亿 m<sup>3</sup>。已建水电站 1 座，另有 4 座规划建设。

## 3) 印江河

印江河发源于印江县梵净山东麓青冈，于德江县潮砥镇汇入乌江。印江河为乌江右岸一级支流，流域面积 1263km<sup>2</sup>，河道总长 92.4km，平均比降 4.91‰，多年平均流量 25.2m<sup>3</sup>/s。

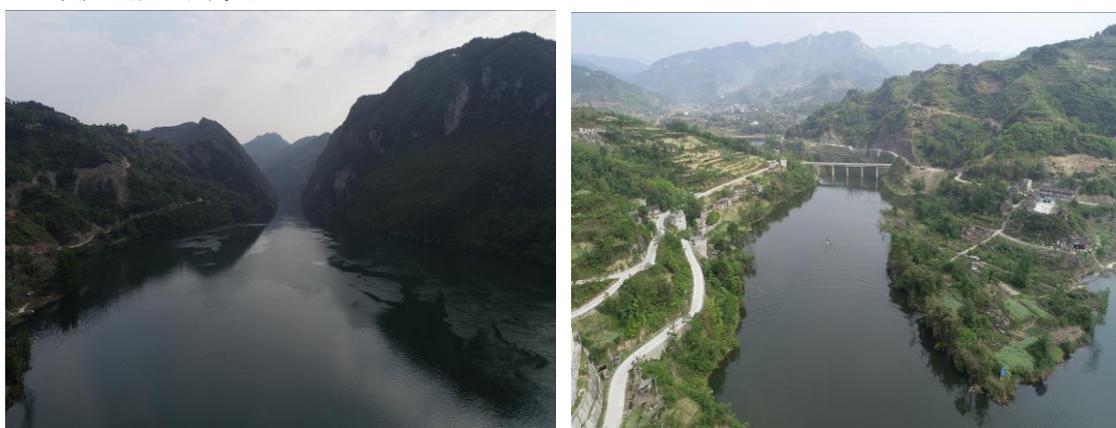
印江河规划的 6 个梯级电站已建成 5 个，干流已建最末一个梯级白水泉水电站距河口 7.96km。乌江干流沙沱水电站蓄水淹没印江河干流 7.12km，

白水泉水电站坝下已基本无流水河段。

据调查，印江河分布的鱼类有 22 种，主要包括草鱼、马口鱼、鳙、麦穗鱼、铜鱼、棒花鱼、云南光唇鱼、白甲鱼、墨头鱼、长吻鮠、鲤、鲫等。

印江河流域主要污染源包括县城、乡镇工矿企业废水、生活污水处理厂排水、农村散排生活污水及农业面源等。

2013 年，农业部批准成立印江河泉水鱼国家级水产种质资源保护区，将印江河河缝水电站库区至合山镇 31km 河段划定为核心区，合山镇以上 33km 河段划定为实验区。



印江河生境

#### 4) 马蹄河

马蹄河为乌江左岸一级支流，发源于德江县煎茶镇洗沙塘，于沿河县五谷乡汇入乌江。马蹄河长度 60.0km，流域面积 891km<sup>2</sup>，天然落差 400m。

马蹄河水电规划五个梯级均已建成，调查显示，马蹄河干流共有观音滩、老虎槽、洋塘、两河口、江边、深塘、新坑 7 级梯级开发。干流已建的最后梯级新坑水电站，坝址距发电厂房约 220m、距河口 13.7km，沙沱水电站蓄水淹没马蹄河 5km，新坑水电站坝下有 8.7km 流水河段。

据调查，马蹄河共分布有鱼类 24 种，主要包括长薄鳅、中华沙鳅、草鱼、青鱼、宽鳍鱲、马口鱼、高体近红鲌、银鲴、麦穗鱼、棒花鱼、蛇鮈、岩原鲤、鲤、鲫、黄颡鱼等。

2012年，农业部批准成立马蹄河鲶黄颡鱼国家级水产种质资源保护区，将马蹄河观音滩水电站坝址以下至新坑水电站坝址区间干流21km河段及支流11.8km河段划定为核心区，观音滩水电站坝址以上14.7km河段、新坑水电站坝址以下12.6km河段划定为实验区。



马蹄河生境

#### 5) 坝沱河

坝沱河发源于印江县板溪镇，在沙沱水电站下游汇入乌江。流域面积674km<sup>2</sup>，坝沱河河长83km，主河道平均比降4.2‰，多年平均年径流量3.9亿m<sup>3</sup>。

坝沱河规划6级电站均已建成，最末1个梯级白果树水电站坝址距河口13km，彭水水电站正常蓄水位淹没坝沱河11km河段，白果树水电站坝下保留2km流水河段。白果树电站至河口区间山势逐渐变为低矮状，深潭浅滩相间出现，河流底质多为石砾，河流蜿蜒曲折。

坝沱河饵料生物种类少，土著鱼类资源贫乏，据调查，该河段主要鱼类为黄颡鱼、中华倒刺鲃、白甲鱼、鲤鱼、鲶鱼（鲇）、草鱼。白果树坝址至坝沱河口河段鱼类除土著鱼类外，主要为乌江干流寻求替代生境的物种，与乌江干流鱼类相似。除了优势物种外，还有马口鱼、云南光唇鱼、黄颡鱼、唇鲮、花鲮、鲫、泉水鱼、泥鳅、中华沙鳅等25种鱼类。

2016年7月，《沙沱水电站涉及支流马蹄河和坝沱河河鱼类栖息地保

护专题报告》将白果树水电站坝址下游至河口 13km 河段作为沙沱水电站鱼类栖息地进行保护。

2014 年，农业部批准成立乌江黄颡鱼国家级水产种质资源保护区，将坝沱河河口以上 7.2km 河段划定为保护区核心区。



坝沱河白果树电站下游河段生境

#### 6) 白泥河

白泥河干流长 106km，天然落差 804m，河道平均比降 7.1‰。彭水水电站蓄水淹没白泥河 4.7km 河段。

白泥河共规划 5 级开发，已建成 3 个梯级电站。规划的最下游电站未建，已建距河口最近的为金家坝水电站，坝址距河口 28.25km，电站厂房距河口 20.3km，坝址下游存在 7.9km 减水河段，厂房上游 1.5km 右岸有铜鼓河汇入。铜鼓河已设 3 座水电站，距两河汇口最近的雷打洞水电站位于汇口上游 1.7km 处。金家坝水电站坝下保留有 23.55km 天然河段。

据调查，白泥河无国家珍稀保护鱼类分布，但存在短尾鮡、厚唇光唇鱼、斑鳅、粗唇鮡、鲤等特种经济鱼类，马口鱼、大眼鳊、宽口光唇鱼等次要经济鱼类。随着水电工程建设及人类捕捞，土著经济鱼类数量、种类大为减少。

2014 年，农业部批准成立乌江黄颡鱼国家级水产种质资源保护区，将白泥河河口以上 3.5km 河段划定为保护区核心区。



白泥河生境

### 7) 唐岩河

唐岩河又称濯河、阿蓬江，为乌江右岸一级支流。唐岩河发源于利川市毛坝乡，于酉阳县龚滩镇汇入乌江。河流全长 249km，天然落差 1176m，流域面积 5585km<sup>2</sup>，多年平均流量 131.9m<sup>3</sup>/s，彭水水电站蓄水淹没唐岩河 20.3km 河段，唐岩河河口已无流水河段。

唐岩河干流（重庆界内）已建成 5 座梯级电站。规划最末梯级梯子洞水电站距离酉阳县 60km，距离河口约 20.3km。



唐岩河生境

### 8) 洪渡河

洪渡河流域集水面积 3739km<sup>2</sup>，主河道全长 205km，多年平均流量 69.8m<sup>3</sup>/s。彭水水电站蓄水淹没洪渡河 28.35km 河段。

洪渡河规划的 8 座梯级，已建成 2 座，在建 3 座，规划的最后一个梯级两河口水电站未建，坝址距河口 24.2km；规划的第七个梯级高生水电站

正在施工，尚未投产运行，电站距河口 37.5km。

据调查，洪渡河流域内有鱼类 25 种，以鲤科鱼类最多，其中数量较多的有黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、华鲮、鲫、鲤等，为该河段的优势种群，其它种类数量相对较少。流域除鲤、鲫、泥鳅、黄鳝等常见经济鱼类外，还有云南光唇鱼、墨头鱼、鲃、黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、白甲鱼、中华倒刺鲃、草鱼、青鱼、华鲮等经济鱼类。流域分布有《中国濒危动物红皮书·鱼类》记载的濒危珍稀鱼类—岩原鲤。

2015 年，农业部准成立马颈河中华倒刺鲃国家级水产种质资源保护区，将洪渡河支流马颈河 20.6km 河段划定为核心区，石埡子水电站部分库区、坝下 16.5km 河段划定为实验区。

#### 9) 长溪河

长溪河全长 53.8km，流域总面积达 650km<sup>2</sup>，多年平均流量约 14.94m<sup>3</sup>/s，落差 186.2m，平均流速 0.6m/s。长溪河多为峡谷河段，深潭与浅滩交错分布，流域内人口较为稀少，大部分地方人迹罕至，保持较原始的生态状况，两岸多岩泉水补给，水质良好。

2007 年 2 月，重庆市人民政府批准建立彭水乌江-长溪河鱼类自然保护区，全长 29.5km，水面面积 83hm<sup>2</sup>，主要保护对象为白鲟、达氏鲟、胭脂鱼、长薄鳅、红唇薄鳅、鮠、鲮、鲈鲤、岩原鲤、中华金沙鳅、四川华吸鳅、峨嵋后平鳅、大鲃等。其核心区（石园-舟子沱）长约 15.5km，水面面积约 45hm<sup>2</sup>；缓冲区（舟子沱-七里塘）长约 6km，水面面积约 18hm<sup>2</sup>；实验区（七里塘-河口）长约 8km，水面面积约 20hm<sup>2</sup>。

长溪河已建成 2 座电站，分别为彭水县长旗坝三县电站、三江口电站。长旗坝三县电站位于长溪河支流葫芦峡河上，发电后尾水进入长溪河，对自然保护区保护功能无影响。三江口水电站位于长溪河鱼类自然保护区缓冲区内，电站坝址下方存在约 300m 的减水河段，坝下还保留有 9.63km 天

然河段。长溪河因旅游开发，在保护区缓冲区、实验区范围内建有 3 处拦河坝，对鱼类上溯下行形成一定的阻隔作用。

据资料显示，长溪河共有鱼类 65 种，有长薄鳅、红唇薄鳅、高体近红鮠、张氏鲮、圆口铜鱼、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华倒刺鲃等 25 种长江上游特有鱼类，重要经济鱼类有南方鲇、铜鱼、圆口铜鱼、中华倒刺鲃、长吻鮠、瓦氏黄颡鱼、大眼鳊、翘嘴鲌等。

据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》（中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司，2020 年），支流长溪河保护区的整改要求主要包括：长旗坝三县水电站、三江口水电站泄放坝址多年平均流量 10% 的生态流量；三县水电站、三江口水电站大坝设置过鱼通道或简易过鱼堰，修复大坝上下游生境连通性；旅游开发拦河坝设置的 1.5m 宽、10m 长的放水通道，坡度较缓，可改造为拦河坝鱼道或简易过鱼堰。

在《彭水苗族土家族自治县小水电清理整改整改类电站“一站一策”方案（修订版）》（重庆中泰工程咨询有限公司，2020 年）报告中，核定长旗坝生态流量  $0.259\text{m}^3/\text{s}$ ，三江口水电站生态流量核定为  $1.68\text{m}^3/\text{s}$ ，并设计了相应的生态流量泄放、监控工程措施，未设计过鱼设施。

《重庆市乌江一级支流流域水能资源开发规划（修编）环境影响报告书（送审版）》（中煤科工重庆设计研究院（集团）有限公司，2020 年）考虑到该保护区结构和功能的完整性，建议把整个长溪河鱼类自然保护区作为鱼类栖息地加以保护。提出的主要措施包括：1) 生态流量下放：长旗坝、三江口水电站严格按核定值下放生态流量，鱼类繁殖期根据鱼类繁殖需求人造洪水过程。2) 生境连通工程：建议长旗坝水电站设置简易过鱼堰，三江口水电站修建槽式鱼道过鱼。3) 河流连通性维护：选择长溪河水流较急、河道堵塞处，构建减缓水流措施、清理河道等，通过在河道急流处用石块铺设交错的网状结构，可以有效的减缓水流，同时形成急、缓流、浅

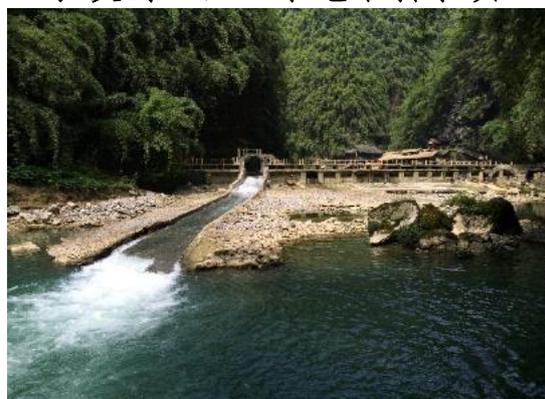
滩、深潭的河流环境。4) 在栖息地保护区域内实施全年禁渔、禁止采砂，禁渔区沿线设立禁渔禁采标志牌、宣传栏，同时加强栖息地保护区域内的渔政监管和巡查。5) 定期开展栖息地保护及鱼类资源保护宣传。6) 结合流域水生生态监测，对栖息地保护区域内鱼类种群资源实施常规监测，为鱼类资源保护措施的制定和保护效果的评估提供科学依据。7) 开展鱼类增殖放流。



长溪河生境



长溪河三江口水电站引水坝



长溪河旅游区 2 座拦河坝

#### 10) 郁江

郁江是乌江右岸较大的一级支流，发源于湖北省利川市中部的福宝山，由东北流向西南，经长顺、双林进入重庆彭水县境，于彭水电站坝址下约 11km 的彭水县城注入乌江。郁江全长 175km，流域面积 4617km<sup>2</sup>，天然落差 1268m，其中重庆市境内河长约 85km，流域面积 2555km<sup>2</sup>，河口多年平均径流量 134m<sup>3</sup>/s。银盘水电站蓄水淹没郁江干流 10km 河段。

郁江多为峡谷河段，河道滩沱相连，险滩较多，与乌江干流的生境非常相似。郁江与乌江交汇河口至保家镇河段滩沱相连；保家镇至郁山镇河段多丘陵，河面较宽；郁山镇以上多峡谷，河深水急。

郁江重庆段共规划 5 级开发，分别为马岩洞、郁山、斑竹园、沙子坝和焦家滩，目前仅马岩洞水电站建成，坝址距河口 64.6km，发电厂房距河口 59.4km；其下 4km 马岩滩处建有马岩水电站（1962 年建成，未纳入郁江水电规划方案），坝址河段坡降较大，减水河段长约 1km。马岩洞水电站具有日调节性能，水库下泄流量发生的变化不大，大坝以下出现季节性的脱水。马岩水电站上游 1.2km 处有条小溪沟（清水桥-岩板沟），常年有水，故脱水段长实际为 3km 左右。

据马岩洞水电站设计资料，1959 年 4 月-1998 年 3 月共 39 个水文年系列统计：多年平均流速 60.2 m<sup>3</sup>/s，年径流量 18.98 亿 m<sup>3</sup>，多年平均径流模数为 30.7 L/(s·km<sup>2</sup>)，多年平均径流深 969m。年径流集中在汛期，4 月至 10 月径流量占全年径流总量 83.5%；仅 5-7 月水量占全年总水量 48.1%，枯水期水量仅占全年总水量 16.5%；年最枯流量一般出现在 1 月或延迟出现在 3 月下旬。马岩洞水电站运行后，郁江 2014-2016 年平均径流量 113.6m<sup>3</sup>/s、90.8 m<sup>3</sup>/s、157.8 m<sup>3</sup>/s，平均月径流量最大值分别出现在 9 月、6 月和 7 月，平均月径流量最小值分别出现在 1 月、11 月、12 月。

马岩洞水电站坝址处的径流量在年内变化较大，汛期枯期分明，每年 4 月初进入汛期，到 10 月末汛期结束，枯期从 11 月初到翌年 3 月底结束。马岩洞水电站为隧洞引水式开发，电站仅具有日调节性能。经计算，一般在 5~9 月有弃水（其中 6、7 月份弃水最多），4 月份有少数年份有弃水，10~次年 3 月份无弃水。无弃水时，坝址~清水桥约 3km 长的河段为脱水段。根据实测资料，马岩洞水电站坝址最枯流量为 3.6m<sup>3</sup>/s，从溢洪道弃水多年平均流量为 3.95m<sup>3</sup>/s，考虑生态用水放水后，坝下弃水加生态基流的多年平均流量为 5.05m<sup>3</sup>/s，流量明显大于天然状态下的实测最小流量，可基本

满足生态要求。

郁江马岩洞水电站以下的郁山镇、保家镇、汉葭镇河段，分别约有 3km、5km 和 3km 河岸被整治固化，其余河段基本维持原貌，部分缓坡河岸被农业垦殖。汉葭镇为彭水县城所在地，郁山镇、保家镇均是人口较为集中的集镇，马岩洞水电站以下两岸临河地带有 10 余个较大农村居民点。保家镇建有重庆市级彭水（保家）工业园区，发展农产品深加工、矿产品精深加工两大产业。郁江沿江有保家工业园区污水处理厂，保家镇、郁山镇、联合乡等乡镇生活污水处理厂。根据 2018 年彭水县环境监测站监测成果，在总氮高背景值不参评、部分时段粪大肠菌群等个别指标超标外，郁江水质总体满足《地表水环境质量标准(GB 3838-2002)》II 类标准。

郁江鱼类资源及其饵料生物较丰富。据《乌江彭水水电站环评复核水生生态专题报告》（中国科学院水生生物研究所，2004 年）、《郁江马岩洞水电站环境影响报告》（国家电力公司贵阳勘测设计研究院，2005 年）均记载郁江历史上分布鱼类 69 种，有国家 II 级保护动物胭脂鱼、大鲵的分布。郁江鱼类资源调查共采集到鱼类 51 种，其组成与乌江银盘水电站库区江段鱼类组成较相似。郁江鱼类组成中，郁江马岩洞水电站以下江段分布的产漂流性卵鱼类种类主要为中华沙鳅、花斑副沙鳅、犁头鳅、银鮡、铜鱼、吻鮡、圆筒吻鮡、蛇鮡、宜昌鳅鲇、中华倒刺鲃等，与乌江干流彭水江段基本相同。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》（中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司，2020 年），支流郁江栖息地保护要求主要包括：马岩洞水电站在鱼类繁殖期不调峰，下放不低于坝址多年平均流量 10% 的生态流量；利用现有的彭水-银盘水电站鱼类增殖放流站，在郁江实施鱼类增殖放流；对未正常运行的马岩水电站实施退出处理，清理坝址，恢复河道原貌。



郁江中下游生境



马岩洞水电站大坝



郁江河口生境



马岩洞水电站发电厂房



马岩水电站引水坝

### 11) 芙蓉江

芙蓉江为乌江左岸较大的一级支流，位于规划中的白马枢纽库区。芙蓉江发源于贵州省绥阳县黄视乡的石瓮子，于武隆县江口镇汇入乌江。流域面积为 7886km<sup>2</sup>，河长 233.7km，天然落差约 1100m，平均坡降 4.81‰。

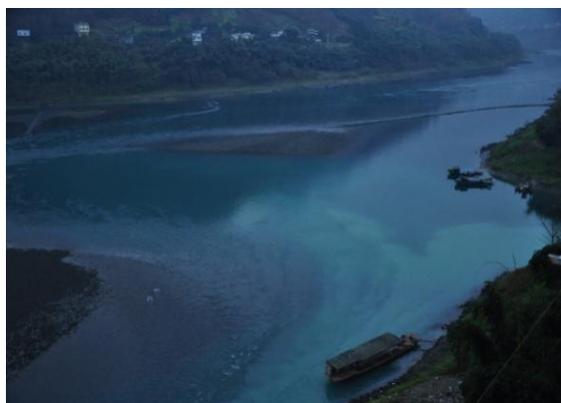
芙蓉江规划 12 级开发，已建 7 级，在建 2 级，支流上建有小水电 10 余座。已建的江口电站为芙蓉江最末一级，坝址距汇口约 2.2km，坝下河段为流水生境，可作为鱼类重要栖息地加以保护。

芙蓉江（重庆境内）河段主要为峡谷河段，流域内人口较为稀少，水质总体较好。

芙蓉江汇口有鱼类 20 种，与相邻的乌江干流河段鱼类组成较相似。芙蓉江汇口常见鱼类种类为瓦氏黄颡鱼、麦穗鱼、鲮、鲫、蛇鮈、银飘鱼、宽鳍鱲、泉水鱼、子陵吻鰕虎鱼等，其中瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、鲫、鲮 4 种为优势种。该江段鱼类主要为小型种类，个体相对较大的种类圆口铜鱼、铜鱼等较少见。

2014 年，农业部批准成立芙蓉江大口鲶国家级水产种质资源保护区，将芙蓉江鱼塘水电站库区、官庄水电站库区及坝下 35.3km 河段划定为核心区，将角木塘水电站部分库区、坝下 17.4km 河段划定为实验区。

2016 年，农业部批准成立芙蓉江特有鱼类国家级水产种质资源保护区，将朱老村水电站至茅坪镇 38.7km 河段划定为核心区，将茅坪镇以上 32.7km 河段划定为实验区。



芙蓉江汇口段生境（丰水期）



芙蓉江汇口段生境（枯水期）



芙蓉江江口水电站大坝



江口水电站坝下生境

## 12) 石梁河

石梁河发源于武隆西南边缘，经武隆县铁矿、东山、茶园、广阳，在白马汇入乌江，属乌江一级支流。石梁河位于白马航电枢纽坝下左岸 1.2km 处，流域面积 519km<sup>2</sup>，天然落差 1180m，河长平均比降 3.33%，多年平均流量 11.1m<sup>3</sup>/s，河长 35km，在白马镇铁佛村右纳赵家河（郭溪沟），流域面积 136km<sup>2</sup>。上游河段称大洞河（源头至么站铁索桥段，长约 14km），过长坝镇始称石梁河，中下游河段长约 21km。在么站铁索桥段，河道狭窄深切，形成自然口门，急滩上下游高差约 3m，在下游团山堡河段有高达 8m 的跌坎，跌坎下游为常年流水河段。

石梁河上游河道狭窄深切，蜿蜒曲折，沿岸带多为礁石和风化堆积层，河床多裸露，底质多为礁石与卵石，沿途分布众多深沱浅滩，雨季水流湍急；中下游河段河道渐宽，蜿蜒度显著降低。在长坝镇-赵家沟汇口间约 8.5 km 堤岸因防洪需要人为固化，渠化严重，其余堤岸为自然状态，为缓坡卵石或风化堆积层。河床较平缓，多为卵石，河道除洪水期水流湍急外，其余时段水流较平缓。

石梁河水电开发规划（2018 年已编制，暂未批复）2 级，中下游已建成何家水电站和大院子水电站，均为引水式开发，坝高分别为 4m、6m，坝下均存在不同程度的减水河段。距河口最近的大院子水电站距河口约 13km，坝下保留有约 10.5km 天然河段。干流长坝镇上游何家水电站，在河道来水量较小的枯水期及平水期，引水发电对河道生境影响较大，坝下形成长约 5.5km 的减水河段，河段内的另一座三溪村电站则从溶洞（暗河）引水，发电尾水使三溪村以下河段减水情况得到一定程度的缓解。

石梁河干流每年 3 月份开始涨水，4 月份进入汛期，4-9 月份为丰水期。丰水期河道径流量大，三溪村以下河段河流水文情势与天然状态相近，河水没过何家、大院子二处拦河坝，拦河坝上下游存在水位落差，乌江干流

鱼类难以上溯至石梁河上游。丰水期过后，石梁河径流减少，鱼类随水退回到下游河口水域和乌江干流。石梁河鱼类季节性分布较强，平水期和枯水期，鱼类种类较少，主要有黄颡鱼、麦穗鱼、鲮等小型鱼类，丰水期鱼类资源与乌江干流白马段较为相似。

石梁河位于白马坝下，在三峡工程回水区，基本不受白马航电枢纽工程影响。当三峡坝前水位 175m 时，石梁河回水至赵家河汇口附近，淹没影响石梁河约 2.5km 河段；三峡坝前水位 156m 时淹没影响石梁河仅约 0.5km 河口河段；汛期三峡水位最低 145m 运行时基本不对石梁河水位产生影响。

石梁河下游河段穿越长坝镇、白马镇居民点，沿线建成了武隆区白马镇工业园区，在建的白马镇工业园污水处理厂、已建白马镇生活污水处理厂、长坝镇污水处理厂出水排入石梁河。石梁河下游段由于穿越居民区，铝矿开采加工及工业园区建设运行、河道岸坡固化、排污严重，存在河流水质污染和生态破坏情况。

根据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》（贵阳勘测设计研究院有限公司，2020 年），拟将石梁河何家水电站厂房以下河段作为鱼类栖息地保护，其保护措施包括：要求电站何家水电站、大院子水电站下放不低于坝址多年平均流量 10% 的生态流量，同时，在鱼类繁殖期不调峰，根据鱼类繁殖需求人造洪水过程；何家水电站、大院子水电站大坝配套建设鱼道，便于鱼类上下通行；构建减缓水流措施（翼堤、丁坝等），清理河道，河岸带植被恢复，设置一定数量的人工鱼礁等修复措施。

根据《重庆市武隆区小水电站清理整改“一站一策”实施方案（整改类）》（重庆港力环保有限公司，2020 年），核定何家水电站生态流量 0.15m<sup>3</sup>/s，核定大院子水电站生态流量 0.5m<sup>3</sup>/s，均设计了流量泄放及监控设施，但认为可暂不设置过鱼设施及增殖放流设施。

《重庆市乌江一级支流流域水能资源开发规划（修编）环境影响报告书（送审版）》（中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司，2020年）建议把石梁河何家水电站厂房以下16.3km作为鱼类栖息地加以保护。提出的主要措施包括：1) 生态流量下放：何家水电站、大院子水电站严格下放不低于核定值的生态流量，同时，在鱼类繁殖期不调峰，根据鱼类繁殖需求人造洪水过程。2) 生境连通性修复：已建何家、大院子水电站大坝配套建设导槽式鱼道。3) 在栖息地保护区域内实施全年禁渔、禁止采砂，禁渔区沿线设立禁渔禁采标志牌、宣传栏，同时加强栖息地保护区域内的渔政监管和巡查。4) 定期开展栖息地保护及鱼类资源保护宣传。5) 结合流域水生生态监测，对栖息地保护区域内鱼类种群资源实施常规监测，为鱼类资源保护措施的制定和保护效果的评估提供科学依据。6) 开展鱼类增殖放流。



何家水电站引水坝



何家水电站引水坝下游



大院子水电站引水坝（丰水期）



大院子水电站引水坝（枯水期）



石梁河下游生境



石梁河河口生境

### 13) 大溪河

大溪河为乌江左岸一级支流，全长 103km，流域面积 1765km<sup>2</sup>。大溪河发源于重庆金佛山北麓的南川县水安乡，于涪陵区大溪口注入乌江。河源至鸣玉为上游，由平坝与弧峰组成，河床开阔，坡缓比降 2.8‰；鸣玉至鸭江为中游，长 44 km，比降 6.25‰，坡降趋陡；鸭江至河口为下游，长 14km，比降 3.35‰，属低山峡谷区，河谷深切。

大溪河规划 7 级电站已全部建成，最末一级鸭子塘水电站距河口仅 3km，其上游 10km 为羊岩水电站。大溪河密集的水电开发对河流生态环境影响较大，鱼类生境严重破碎化，不宜作为鱼类栖息地生境保护。



大溪河河口及下游生境

### (2) 其它支流生境

长头河：乌江左岸支流，发源于重庆市武隆县黄莺乡，于武隆县城巷口镇汇入乌江。长头河在白马坝上 22km 处，河长 26km，流域面积 254km<sup>2</sup>，

天然落差 1125m，多年平均流量 5.06m<sup>3</sup>/s，河源溪沟密布，黄莺以上河道狭窄，其下地势渐缓，黄柏渡河段有鱼泉，洪水季节有细鳞鱼和白甲鱼流出。流域内小水电站 15 座，其中干流 6 座。

清水溪：乌江右岸支流，白马坝上 30km，河长约 16km，主河道较直且窄，河口稍宽，中上游落差较大，为典型的山区溪流，在青吉乡河段有两个引水式电站在建。

麻溪河：乌江右岸支流，白马坝下 19.5km，河长 18.5km，主河道较窄，中上游落差较大，典型的山区溪流，河口位于白涛镇，河口建有闸坝工程。

御泉河：乌江右岸支流，白马坝下 27km，距乌江河口约 16km，受三峡水库淹没影响较大，下游及河口地势平缓开阔，河道蜿蜒曲折，在三峡 175m 水位运行时形成库汉；中上游溪沟密布，河道狭窄深削，建有巴邑湖水坝等工程。



长头河河口

清水溪上游生境



麻溪河河口

御泉河河口

评价区还分布有莽子溪（白马库区，右岸）、大堰沟（白马库区，右岸）、枣子沟（白马坝下，右岸）、老盘沟（白马坝下，右岸）等均为小型的山区性溪流，河短沟深，水量变化季节性明显。

### （3）主要支流生境特征比较

乌江下游 13 条重要支流的主要特性见表 6.3.2-1。从流域面积和多年平均流量看，芙蓉江、唐岩河、郁江较大，清渡河、石梁河、长溪河、坝沱河、马蹄河较小；从已建梯级坝下流水河段长度看，芙蓉江、大溪河较短，郁江、白泥河较长；从鱼类分布情况看，郁江、石阡河、洪渡河、长溪河等鱼类种类较为丰富。

乌江下游支流清水溪、长头河、麻溪河、御泉河相对较小，其中清水溪、长头河位于白马枢纽库区，河流下段将会淹没，河流均已进行水电开发；麻溪河、御泉河距离乌江河口较近，会受到三峡水库淹没的影响，大部分河段已成为静、缓流水的库汉，河流上均建有闸坝工程。4 条河流仅可提供鱼类索饵、越冬场所和部分产粘沉性卵鱼类的产卵场。

表 6.3.2-1

乌江下游重要支流生境特征一览表

支流	石阡河	清渡河	印江河	马蹄河	坝沱河	白泥河	唐岩河	洪渡河	长溪河	郁江	芙蓉江	石梁河	大溪河
与干流关系	沙沱库区, 乌江右岸一级支流	沙沱库区, 乌江右岸一级支流	沙沱库区, 乌江右岸一级支流	沙沱库区, 乌江左岸一级支流	彭水库区, 乌江右岸一级支流	彭水库区, 乌江右岸一级支流	彭水库区, 乌江右岸一级支流	彭水库区, 乌江左岸一级支流	银盘库区, 乌江左岸一级支流	银盘库区, 乌江右岸一级支流	银盘坝下, 乌江左岸一级支流	银盘坝下, 乌江左岸一级支流	银盘坝下, 乌江左岸一级支流
流域面积 (km <sup>2</sup> )	2117	502	1263	891	674	1886	5585	3739	650	4617	7793	519	1765
河长(km)	114	62	92.4	60	80.7	106	249	205	53.8	175	233	35	103
多年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	40.94	9.86	25.2	15.7	13.5	44	131.9	69.8	14.94	134	169	11.1	33.6
比降(‰)	4.4	7.5	7.86		7.1	7.1	4.66	5.06		8.48	4.8		4.17
河口河段底质				砾石、细砂	卵石、砾石、细砂	砂石、砾石、细砂、淤泥	砂石、砾石、细砂	砾石、细砂	砾石、细砂	砾石、细砂	砾石、漂石	卵砾石、细砂	砾石、细砂
水质现状	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	良好	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅲ类	Ⅱ类(总磷除外)	良好	良好	Ⅱ类	良好	较好
饵料生物	饵料生物较为丰富	饵料生物较为丰富	饵料生物较为丰富	饵料生物种类丰富	饵料生物较少, 主要为着生藻类	饵料生物较少	饵料生物种类丰富	饵料生物种类丰富	饵料生物种类丰富	饵料生物种类较为丰富	饵料生物种类丰富	饵料生物丰富	饵料生物较少

支流	石阡河	清渡河	印江河	马蹄河	坝沱河	白泥河	唐岩河	洪渡河	长溪河	郁江	芙蓉江	石梁河	大溪河
鱼类分布情况	分布有鱼类33种,包括草鱼、马口鱼、寡鳞飘鱼、麦穗鱼、圆口铜鱼、吻鮡、宽口光唇鱼、棒花鱼、岩原鲤、四川华吸鳅、中华倒刺鲃、白甲鱼、华鲮、鲤鱼、鲫鱼等	无国家珍稀保护鱼类分布,但存在草鱼、马口鱼、鳙、麦穗鱼、棒花鱼、云南光唇鱼、鲤鱼、鲫鱼等重要经济鱼类24种	分布有鱼类22种,主要包括草鱼、马口鱼、鳙鱼、麦穗鱼、铜鱼、棒花鱼、云南光唇鱼、白甲鱼、墨头鱼、长吻鮠、鲤鱼、鲫鱼等	分布有鱼类24种,包括长薄鳅、中华沙鳅、草鱼、青鱼、宽鳍鱲、马口鱼、高体近红鮠、银鲴、麦穗鱼、棒花鱼、蛇鮈、岩原鲤、鲤鱼、鲫鱼、黄颡鱼等	土著鱼类资源贫乏,根据历史资料和走访当地渔民调查,主要鱼类为黄颡鱼、中华倒刺鲃、白甲鱼、鲤鱼、鲢鱼、鳙鱼、草鱼(鲃)、草鱼	无国家珍稀保护鱼类分布,但存在短尾鮠、厚唇光唇鱼、斑鳅、粗唇鮠、鲤鱼等特种经济鱼类,马口鱼、大眼鳅、宽口光唇鱼等重要经济鱼类	鲤鱼、中华倒刺鲃、岩原鲤、鲫鱼、黄颡鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼	除鲤、鲫、黄鳝等常规经济鱼类外,还有云南光唇鱼、墨头鱼、鲃、黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、白甲鱼、中华倒刺鲃、草鱼、青鱼、华鲮等经济鱼类。流域分布有濒危珍稀鱼类岩原鲤	分布有长薄鳅、红唇薄鳅、高体近红鮠、张氏、圆口铜鱼、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华倒刺鲃等25种长江上游特有鱼类	分布的鱼类有华鲮、白甲、鲤、铜鱼、胭脂鱼、大鲵、岩原鲤等60余种	瓦氏黄颡鱼、麦穗鱼、鳊、鲫、蛇鮈、银飘鱼、宽鳍鱲、泉水鱼、子陵吻鮠虎鱼	黄颡鱼、麦穗鱼、鳊等小型鱼类,丰水期鱼类资源与乌江相似	
水电开发现状	规划5级,已建5级	规划5级,已建1级	规划6级,已建5级	规划5级,已建7级	规划6级,均已建成	规划5级,建成4级	规划5级,均已建成	规划8级,已建2级,在建3级	已建1级	规划5级,已建1级	已建2级(重庆境内)	已建2级	规划7级,均已建成
规划最下游一级	泗河坝	雷公岩	鹅项颈	新坑	白果树	官坝(未建)	梯子洞	两河口(未建)	三江口	焦家滩(未建)	江口	大院子	大剑滩
规划最下游梯级开发方式	堤坝	引水式	混合	引水式	引水式	引水式	河床式	径流式	引水式		堤坝式	引水式	堤坝式
规划最下游梯级坝址距河口距离(km)	11.37	1.7	1.2	13.7	13	13.85	20.3	24.2	9.63	17	2.2	13	6.3

支流	石阡河	清渡河	印江河	马蹄河	坝沱河	白泥河	唐岩河	洪渡河	长溪河	郁江	芙蓉江	石梁河	大溪河
已建最下游梯级距河口距离(km)	11.37(泗河坝)	10.8(雷公岩)	7.8(白水泉)	13.7(新坑)	13(白果树)	28.25(金家坝)	20.3(梯子洞)	37.5(高生)	9.63(三江口)	64.6(马岩洞)	2.2(江口)	13(大院子)	6.3(大剑滩)
干流水库蓄水淹没支流长度(km)	0	1.1	7.12	5	11	4.7	21.24	28.35		10		2.5(三峡蓄水)	
已建最下游电站坝下流水江段(km)	11.37	10.8	0	8.7	2	23.55	0	9.15	9.63	49.4(厂房以下)	2.2	10.5	
水生环境概况	河道长，流量相对小，水生环境破碎，鱼类资源丰富，成立有龙川河水鱼鳊国家级水产种质资源保护区、龙底江黄颡鱼大口鲶国家级水产种质资源保护区	河道短，流量相对小，河道深切，谷深流急，历史上鱼类资源较丰富	河道长，流量相对小，水生环境破碎，鱼类资源丰富，成立有印江河泉水鱼国家级水产种质资源保护区	河道短，流量小，鱼类资源种类相对较少，分布有长薄鳅、高体近红鲌、岩原鲤等特有、保护鱼类，成立有马蹄河鲢黄颡鱼国家级水产种质资源保护区	河道长，流量相对较大，生境破碎化，土著鱼类资源缺乏，已列为沙沱水电站进行保护，河口段7.2km划定为乌江黄颡鱼国家级水产种质资源保护区核心区	河道长，流量大，生境破碎化，近年土著经济鱼类数量、种类减少，距河口最近的已建梯级金家坝水电站未下放生态流量，坝下存在7.9km减水河段，厂房距河口20.3km，河口段3.5km划定为乌江黄颡鱼国家级水产种质资源保护区核心区	河道长，流量大，生境破碎，历史鱼类资源丰富，近年大幅下降	河道长，流量大，生境破碎，历史鱼类资源丰富，近年大幅下降，捕捞的鱼类个体小，年龄低，成立有马颈河中华倒刺鲃国家级水产种质资源保护区	河道长，流量相对较大，河道两侧多为峡谷河段，深潭与浅滩交错分布，流域内人口较为稀少，大部分地方人迹罕至，保持着较原始的生态状况，水质好，鱼类资源丰富	河道长，流量大，水质好，河道规划梯级较多，饵料生物及鱼类资源丰富	河道长，流量大，河道规划梯级较多，生境破碎，鱼类资源丰富，成立有芙蓉江特有鱼类国家级水产种质资源保护区、芙蓉江大口鲶国家级水产种质资源保护区	河道长，流量相对大，河道两岸开发强度较大，鱼类季节性分布较强，平水期和枯水期，鱼类种类较少，丰水期鱼类资源与乌江干流较为相似	河道长，流量大，河道水电开发强度大，鱼类生境严重破碎化，已不适宜作为鱼类栖息地生境保护

### 6.3.2.3 栖息地保护方案比选

#### (1) 栖息地适宜性评价

一般来讲，生物多样性保护最有效的手段之一就是对其生活环境的保护。在很多水电工程建设的过程中，有“开发干流，保护支流”的指导思想，即利用支流类似的生态环境，保护原来在干流生活的一些重要水生生物，从而减低水电工程对水生生物多样性的不利影响。乌江流域水电开发使干、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，流水生境的大幅减少，从而水库库尾以上的干流以及支流生境质量尤为重要。栖息地保护一般选择生境条件较好的支流水域水生生态系统进行保护，通常按照以下原则选择：

- ①规划环评明确保护要求的，应优先考虑；
- ②从流域角度，统筹兼顾、综合利用；
- ③支流生态环境较好，接近自然或者局部破坏后容易恢复的支流；
- ④具备小型流水性鱼类的栖息、繁殖区，如支流流量、底质条件、浅滩深潭分布等；
- ⑤河流流态复杂多变，拥有该流域鱼类多样性较丰富的生境条件；
- ⑥与原河流在保护对象的组成上具有较大的相似性。

河流栖息地适宜性评价（或质量评价）是水生生态系统栖息地保护的重要内容，对河流进行栖息地生境评价，可为生境保护方案设计提供依据。通过建立涵盖物理结构、水文状况、土地利用等多种特征的栖息地评价指标体系，以反映河流水生生物的栖息地质量状况。乌江支流生境质量评价指标体系设置目标层、准则层及指标层 3 个层次，以河流生境评价为目标层，以水文情势、河流形态、河岸带生境为准则层，以各准则层的分类特性和特征为指标层。水文情势包含 3 个指标，分别为水文情势自然性、流速-水深结合特性、水量；河流形态包含 5 个指标，分别为河床底质类型数量、小型栖息生境数量、河道形态变化、河流连通性、河口流水河段；河

岸带生境包含 3 个指标，分别为植被覆盖度、人类活动强度、河岸土地利用类型。

根据现状调查资料，对乌江下游各支流栖息地生境进行指标赋分，根据乌江流域各支流生境质量指数计算结果，参考分级标准，获得各支流的河流生境质量指数（ISHQ）及河流生境质量等级评价结果，详见表 6.3.2-2。

从评价结果看，郁江、长溪河生境质量等级为“较好”，其中郁江各评价项的赋分均较高，水生生境现状最好；长溪河的赋分是考虑到对鱼类自然保护区河段内违规水电开发、旅游水坝建设进行整改、恢复原状的情况；石阡河、坝沱河、白泥河、洪渡河、芙蓉江、石梁河等 6 条支流生境质量等级为“一般”，主要是河流连通性、水量、下游流水河段等评价项的赋分较低；清渡河、印江河、马蹄河、唐岩河、大溪河等 5 条生境质量等级为“差”，主要是水文情势自然性、河流连通性、水量、流水河段等评价项的赋分均明显偏低。

表 6.3.2-2 乌江下游各支流生境评价指标赋分及指数计算

评价指标	石阡河	清渡河	印江河	马蹄河	坝沱河	白泥河	唐岩河	洪渡河	长溪河	郁江	芙蓉江	石梁河	大溪河
水文情势自然性	6	3	2	3	3	4	2	3	6	6	5	5	1
流速-水深结合特性	6	3	2	3	3	4	3	3	6	7	6	4	3
水量	5	3	4	4	3	5	6	6	4	6	6	4	4
河床底质类型数量	6	3	4	4	8	9	6	3	4	4	4	4	4
小型栖息生境数量	6	3	2	3	5	5	3	6	7	8	6	4	4
河道形态变化	6	6	6	6	6	7	6	6	8	8	6	6	6
河流连通性	3	2	2	1	1	5	3	6	8	9	6	2	1
河口流水河段	5	2	1	2	1	5	1	2	2	8	1	3	2
植被覆盖度	5	8	4	3	8	6	6	6	9	6	5	5	6
人类活动强度	5	6	3	6	6	2	5	6	5	5	4	4	6
河岸土地利用类型	5	8	3	8	6	2	6	6	8	5	4	4	8

评价指标	石阡河	清渡河	印江河	马蹄河	坝沱河	白泥河	唐岩河	洪渡河	长溪河	郁江	芙蓉江	石梁河	大溪河
河流生境质量指数 (ISHQ)	5.4	3.6	2.8	3.8	4.1	4.6	3.9	4.7	6.1	6.8	4.8	4.0	3.8
河流生境质量等级	一般	差	差	差	一般	一般	差	一般	较好	较好	一般	一般	差

## (2) 支流栖息地保护价值分析

### 1) 支流栖息地保护总体价值

提供复杂多样的栖息生境：乌江流域支流众多，河网发达，水流缓急交替，湾沱、浅滩间断分布，底质多为礁岩、砾石、泥砂，暗河、石隙有一定分布，支流为鱼类提供了复杂多样的栖息生境。支流郁江等具有溶洞、石隙等生境条件，可为中华沙鳅、泉水鱼等提供栖息生境。

鱼类产卵场分布：乌江流域支流河口分布有一定规模的鱼类产卵场。产粘沉性卵鱼类的繁殖需要砾石、沙石底质或水草环境，受精卵或入沙砾、石缝中，或粘附沙砾与水生高等植物体上孵化，静、缓流水环境产粘性卵类群产卵场广泛分布于各梯级库区支流河口。产漂流性卵鱼类的繁殖需要激流洪峰刺激和漂流发育的生态水文条件，支流郁江中下游、长溪河下游、石梁河下游等流水河段汛期具备部分产漂流性卵鱼类繁殖的条件。

鱼类索饵场分布：静缓流生境鱼类多为杂食性或以浮游生物为食，支流静缓流生境主要为各梯级蓄水淹没的河口水域，鱼类饵料资源以浮游生物、悬浮有机碎屑为主，是浮游生物食性和杂食性静缓流生境鱼类的索饵场。流水生境鱼类多以周丛生物、底栖无脊椎动物和有机碎屑为食，流水生境主要为支流下游的流水河段，适宜周丛生物、底栖无脊椎动物生长，可成为鱼类重要的索饵场所。

鱼类越冬场分布：乌江流域每年进入 11 月份以后，部分鱼类从浅水区进入饵料资源相对丰富、温度较为稳定的梯级库区水域越冬。流水鱼类越

冬场一般为支流急流险滩下水流冲刷形成的深潭，深潭河床多为岩基、礁石和砾石，水生昆虫较为丰富，部分鱼类降至乌江干流或三峡库区越冬。

## 2) 重要支流栖息地保护价值

### ①沙沱库区支流

沙沱水电站随着工程的建设与蓄水运行，原处于淇滩水域的产漂流性卵鱼类的繁殖场被淹没消失。同时，水库回水末端几与上一梯级思林水电站相接，库区流水生境大为压缩，在库尾存在约 25km 的回水变动区。库区主要支流石阡河、印江河、清渡河、马蹄河等部分下游河段被淹没成为库湾，支流回水以上水域尚存在一定长度的流水河段。

根据 2018 年鱼类资源调查，渔获物中产漂流性卵鱼类未见，在支流中也未见产漂流性卵鱼类的繁殖情况；喜流水性生活鱼类仅生活于库尾和支流上游，种类减少、资源下降。因此，对支流石阡河、印江河、清渡河、马蹄河等水域栖息地保护以保护支流的流水生境为主，维护喜流水性生活鱼类生境。除了马蹄河在沙沱水电站环评报告及其批复文件中被明确要求加强支流保护外，在《乌江流域水电开发环境影响后评价报告》中，建议将支流保护范围扩大到石阡河、印江河、清渡河，不再进行水电开发，将各支流最末一级水电站以下流水河段纳入重点保护，实施增殖放流、泄放生态流量、加强渔政监督管理等措施，并明确由沙沱水电站建设单位承担相应的费用和实施工作。

### ②彭水库区支流

彭水水电站随着工程的建设与蓄水运行，原处于龚滩、龙门峡、鹿角江段的产漂流性卵鱼类的繁殖场被淹没消失，库区流水生境大为压缩，只在库尾存在。彭水库区主要支流坝沱河、白泥河、洪渡河等下游河段部分被淹没成为库湾，支流回水以上水域尚存在一定长度的流水河段；支流唐

岩河下游河段基本全部被淹没成为库湾。

根据 2004 年以来历次鱼类资源调查结果，彭水库尾沿河江段渔获物中产漂流性卵鱼类有 10 种之多，每次调查均占一定比例（5.92%-24.67%），2018 年渔获物中产漂流性卵鱼类数量所占比例为 10.75%，包括蛇鮠、中华倒刺鲃、中华沙鳅、银鮠、吻鮠、圆筒吻鮠等种类。在彭水水电站 2004 年 12 月截流、2008 年 1 月下闸蓄水以及在上一梯级沙沱水电站 2007 年底围堰截流、2009 年 4 月导流截流、2013 年 4 月蓄水发电的情况下，从沿河江段每年都可采集到补充群体的情况推测，在彭水库尾江段（或包括支流白泥河、坝沱河）可能存在产漂流性卵鱼类的繁殖条件。由于彭水水库为不完全年调节，坝前水域水面宽阔、水深较大，即使汛期泄洪，坝前水体流速仍然很低，彭水库区的鱼卵难以顺水漂流而下对乌江下游进行资源补充。

2018 年渔获物调查在支流白泥河、坝沱河下游河口水域可采集到蛇鮠、中华倒刺鲃、中华沙鳅、吻鮠等产漂流性卵鱼类，但走访渔民未发现其产卵繁殖情况；喜流水性生活鱼类仅生活于库尾和支流回水区以上流水河段，根据彭水建库以来的历次调查结果，这些鱼类呈现出种类减少、资源下降的趋势。因此，对支流白泥河、坝沱河、洪渡河等水域栖息地保护以保护支流的流水生境为主，维护喜流水性生活鱼类种群延续；支流支流唐岩河下游河段基本全部被淹没成为库湾，不纳入栖息地保护范围。除了坝沱河在沙沱水电站环评报告及其批复文件中被明确要求加强支流保护外，在《乌江流域水电开发环境影响后评价报告》中，建议将支流保护范围扩大到白泥河、洪渡河，不再进行水电开发，将各支流最末一级水电站以下流水河段纳入重点保护，实施增殖放流、泄放生态流量、加强渔政监督管理等措施，并明确由彭水水电站建设单位承担相应的费用和实施工作。

### ③银盘库区支流

银盘水电站随着工程的建设与蓄水运行，原处于江口、高谷、彭水江段的产漂流性卵鱼类的繁殖场被淹没消失。同时，库区流水生境大为压缩，只在库尾存在。银盘水电站日调节，在汛期特别是洪水期上一梯级彭水水电站加大泄流，银盘库尾河段流速较高，加之银盘电站泄流量加大，至坝前水域均具有鱼卵、鱼苗漂流发育所需流速，可对下游江段进行资源补充。银盘库区主要支流长溪河、郁江等由于处在库尾，仅河口水域被淹没，支流回水以上水域存在较长的流水河段。

根据 2004 年后历次鱼类资源调查结果，银盘江段渔获物中产漂流性卵鱼类有 10 种之多，每次调查尾数都占有一定比例（5.5%-32.2%），2018 年渔获物中产漂流性卵鱼类数量所占比例为 5.5%，包括吻鮠、银鮠、蛇鮠、中华倒刺鲃、圆筒吻鮠、中华沙鳅等种类。在银盘水电站 2007 年 12 月截流、2011 年 4 月蓄水发电以及在上一梯级在彭水水电站 2004 年 12 月截流、2008 年 1 月下闸蓄水的情况下，银盘库区江段每年都可采集到补充群体的情况推测，在银盘库尾江段（包括支流郁江、长溪河）可能存在产漂流性卵鱼类的繁殖条件，每年有一定数量的受精卵可以发育成为鱼苗，可进行一定程度的资源补充。2019 年 5-6 月在郁江进行的鱼类早期资源补充监测，证实在郁江郁山镇-保家镇河段有中华沙鳅、中华倒刺鲃和鳡等少数种类产卵繁殖。喜流水性生活鱼类仅生活于库尾和支流回水区以上流水河段，从银盘建库以来的历次调查情况看，这些鱼类呈现出种类减少、资源下降的趋势。

银盘库区主要支流长溪河、郁江等由于处在库尾，仅河口水域被淹没，支流回水以上水域存在较长的流水河段。因此，对支流长溪河、郁江等水域的栖息地保护以保护支流的流水生境为主，维护喜流水性生活鱼类种群延续。长溪河在银盘水电站环评报告及其批复文件中被明确要求资助长溪

河鱼类自然保护区建设管理，2007年2月，重庆市人民政府批准建立彭水乌江-长溪河鱼类自然保护区。在《乌江流域水电开发环境影响后评价报告》中，建议对支流郁江实施鱼类栖息地保护，实施增殖放流、泄放生态流量等措施，提出的管理措施包括加强渔政巡查管护、严禁新建拦河筑坝涉水工程、严禁在栖息地保护范围内进行采砂作业、加强水污染防治、实施水质达标排放。

#### ④拟建白马库区支流

拟建的白马航电枢纽正常蓄水位库区河段长度46km，变动回水区河段长度19.6km。白马枢纽将淹没原处于库区河段的羊角、桃子沟、石鼻子、杨家沱4个产卵场，但由于白马枢纽为日调节，在汛期特别是洪水期，银盘电站泄流加大，至坝前水域均具有鱼卵、鱼苗漂流发育所需的流速，该河段的水生生境与银盘电站库区较为相似，从银盘水电站建库后尚存一定的产漂流性卵鱼类产卵繁殖的情况推测，白马航电枢纽库尾将可能形成新的产卵场。

白马库区较大支流仅芙蓉江，位于乌江左岸江口镇，已水电开发规划的9个梯级，已建的江口电站为芙蓉江水电开发最末一级，坝址距汇口约2.2km，坝下河段为流水生境，可作为鱼类重要栖息地加以保护。2016年在芙蓉江汇口水域调查鱼类20种，与相邻的乌江干流河段鱼类组成较为相似。芙蓉江汇口水域为蛇鮈、银飘鱼、铜鱼、圆口铜鱼等产漂流性卵鱼类和喜流水生活的泉水鱼、马口鱼等鱼类提供了栖息生境，但该水域未发现产漂流性卵鱼类繁殖。

#### ⑤白马坝址以下河段支流

规划的白马梯级以下乌江干流河段长度约43km，该河段水文情势既受到白马梯级的影响，也受三峡调度运行的影响。该河段将是乌江鱼类与长

江三峡库区自由交流往来的最后水域。近年调查显示，在该水域栖息鱼类 60 余种，而且存在白涛、鹦哥峡 2 个较小规模的产漂流性卵鱼类的产卵场。

白马梯级下游左岸 1.2km 处有支流石梁河，根据三峡工程 2010 年试验性蓄水 175m 至今的运行情况，当三峡坝前水位 175m 时，石梁河回水至赵家河汇口附近，淹没影响石梁河约 2.5km 河段；三峡坝前水位 156m 时淹没影响石梁河仅约 0.5km 河口河段；而汛期三峡水位最低 145m 运行时基本不对石梁河水位产生影响。在石梁河中上游建有何家、大院子水电站，大院子坝址距河口 13km。2016 年调查在石梁河有鱼类 26 种，与相邻乌江干流白马江段鱼类组成较为相似。石梁河中下游是蛇鮈、银飘鱼等小型产漂流性卵鱼类和喜流水生活的泉水鱼、马口鱼等的栖息地，可作为鱼类栖息地保护。

大溪河为乌江左岸一级支流，大溪河密集的水电开发对河流生态环境影响较大，鱼类生境严重破碎化，已不宜作为鱼类栖息地生境保护。

综上所述，通过对乌江下游 13 条重要支流的水生生境调查分析和初步筛选，在已建长溪河鱼类栖息地保护区和坝沱河、马蹄河栖息地保护的基础上，可对郁江、石梁河进行鱼类栖息地保护。

### (3) 郁江、石梁河鱼类栖息地保护效果分析

#### 1) 郁江

郁江处于银盘水电站库尾，是乌江下游较大的支流，水生生境状态良好，在加强渔政管理、水污染防治等措施后，可作为支流鱼类重要生境加以保护与利用，有利因素如下：

生境条件与干流相似：郁江多为峡谷河段，河道滩沱相连，险滩较多，与乌江干流的生境非常相似。在郁江开展栖息地保护，通过对鱼类产卵场的有效保护，能部分补偿乌江流域水电开发后造成的生境功能损失。

流水河段较长：郁江中下游流水河段能满足产漂流性卵发育所需的流速及漂程。郁江已建的马岩洞水电站发电厂房以下为长达 59.4km 流水河段。2007-2019 年在郁江流域调查采集到中华沙鳅、中华倒刺鲃的早期资源，证实郁江存在产漂流性卵鱼类的繁殖场所。洪水期的鱼类受精卵随水向下游进入乌江干流银盘库尾河段，可在银盘库区河段或借助溢流至银盘坝下河段完成漂流发育。

水文情势合适：郁江河口多年平均径流量  $134\text{m}^3/\text{s}$ ，据马岩洞水电站设计资料，年径流集中在汛期，4 月至 10 月径流量占全年径流总量 83.5%；5-7 月的水量占全年总水量 48.1%。丰水期会有多次较大洪水，可满足中华沙鳅、中华倒刺鲃等产漂流性卵鱼类繁殖的生态水文条件。

鱼类种类相似性较高：2018-2019 年调查郁江鱼类多达 51 种，与乌江干流较相似。

饵料资源丰富：郁江河床底质多为卵石、沙砾，河道蜿蜒曲折，沿岸带多为缓坡，湿生植物、着生藻类及底栖生物等鱼类的饵料较为丰富，可为不同食性的鱼类提供索饵条件。

受水电开发影响程度较小：银盘水电站淹没影响范围仅下游约 10km 河段，汛期银盘低水位运行时受影响河段为河口 1km 水域，鱼类可在郁江中下游和乌江银盘库区河段自由往来，并可借助电站溢流、通航船闸等途径向乌江下游通行，或通过彭水坝下、银盘坝下的集运鱼系统向上游扩散。

但郁江作为生境替代效果有限，一是郁江处于银盘库区，受彭水、银盘及规划建设的白马枢纽梯级大坝的阻隔，鱼类难以自由上溯下行；二是河流规模相比乌江干流较小，其多年平均流量仅为乌江下游干流的 8.5/100，河床宽多在 100-300m，峡谷段仅 50m 左右；三是郁江为典型的山区雨洪型河流，洪水持续时间不长，暴涨暴落，目前铜鱼、圆口铜鱼、长薄鳅等较

大型鱼类仅在河口水域栖息生活；四是郁江的生态水文条件可能难以满足铜鱼、长薄鳅等较大型鱼类产卵繁殖，近年在乌江白马江段未发现铜鱼、长薄鳅等较大型鱼类产卵繁殖，郁江产卵场调查也仅发现中华沙鳅、中华倒刺鲃、鲮等少数种类繁殖。

## 2) 石梁河

石梁河在加强水污染防治与生态修复后，可作为白马航电工程的流水鱼类重要生境加以保护与利用，有利因素如下：

**地理位置优势：**石梁河靠近白马大坝之下，距离大坝仅 1.2km，在白马航电工程运行时可吸引部分乌江鱼类进入支流栖息生活。

**水文情势合适：**平水期与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、银飘鱼、中华沙鳅等小型产漂流性卵鱼类繁殖，也可为黄颡鱼、鲤、鲫等产粘沉性卵鱼类提供繁殖、索饵等场所。

**鱼类种类相似性较高：**石梁河鱼类分布季节性较强，平水期和枯水期种类主要为黄颡鱼、麦穗鱼、鲮等小型鱼类，丰水期鱼类多达 26 种，且与乌江干流较相似。在白马枢纽运行后，原来在相近乌江干流河段生活的一些特有鱼类，如长鳍吻鮈、圆口铜鱼、岩原鲤、中华金沙鳅等可能会进入石梁河栖息生活。

**饵料资源丰富：**石梁河河床底质多为卵石、砾石、块石，河道蜿蜒曲折，沿岸带多为缓坡，湿生植物、着生藻类及底栖生物等鱼类的饵料较为丰富，可为多种不同食性的鱼类提供索饵资源。

**受水电开发影响程度较小：**一是受三峡工程影响范围仅限于汇口河段，二是受乌江下游干流和石梁河干流水电开发影响程度较低，丰水期河水可没过引水坝，如在该两处引水坝增设鱼道可连通河流上下游。

但石梁河作为生境替代效果较为有限，一是石梁河很小，河流较短，其多年平均流量仅为乌江下游干流的 1/140，河床宽多在 40-50m，高水位时

水面宽不足 100m，水深较浅，丰水期干流水深仅 0.5-3.5m；二是石梁河为典型的山区雨洪型河流，洪水持续时间不长，暴涨暴落，目前在石梁河中尚未发现有铜鱼、圆口铜鱼、长薄鳅等较大型的鱼类栖息生存；三是近年在乌江白马江段未发现铜鱼、长薄鳅等较大型鱼类产卵繁殖，石梁河难以满足这些鱼类的产卵繁殖的生态水文条件需求。

#### (4) 栖息地方案选择

根据栖息地保护选择的原则和白马枢纽工程鱼类生境现状调查，对工程涉及范围内的主要支流进行了初步筛选，拟将石梁河和处在乌江下游银盘库尾的郁江作为重点比选对象，设计三种方案：一是仅利用乌江下游处于银盘库尾的郁江，二是仅利用白马坝下的石梁河，三是利用“郁江+石梁河”。建立如图 6.3.2-1 所示层次结构模型，采用专家评分法进行计算，结果见表 6.3.2-3、表 6.3.2-4）。

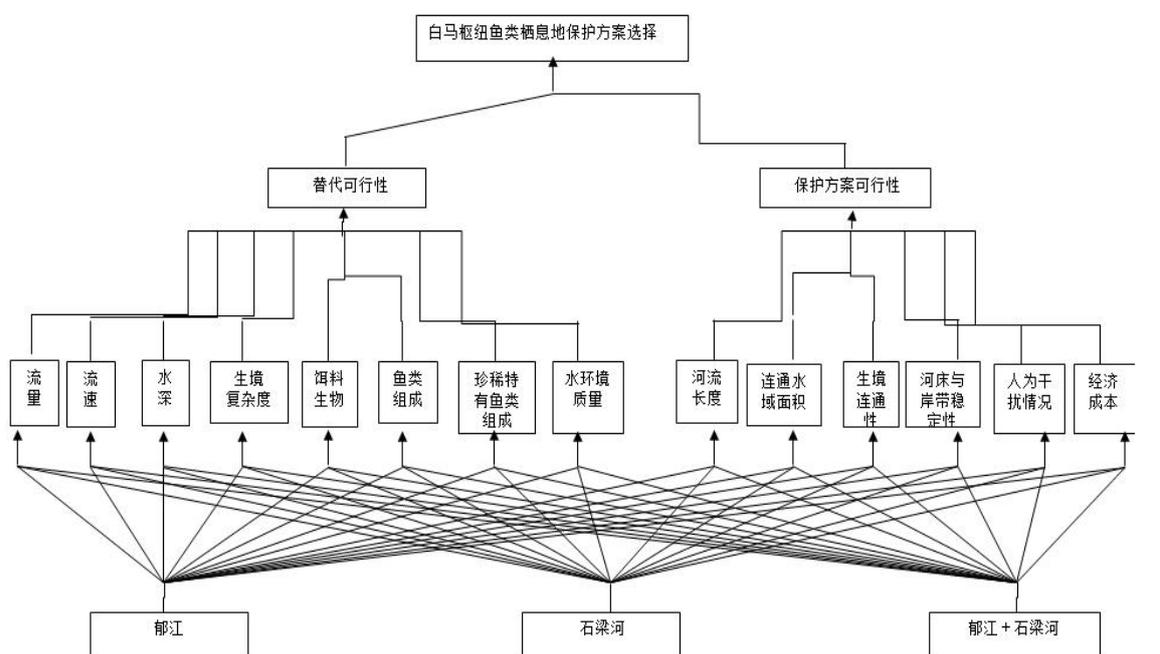


图 6.3.2-1 白马航电枢纽栖息地保护方案选择层次结构图

对于指标层而言，主要保护对象珍稀特有鱼类组成的权重最高（0.2612），对于方案而言，方案三权值最大（0.6596）。因此，方案三“郁

江+石梁河”方案最优。在方案三中，郁江存在较长流水河段，并为部分产漂流性卵鱼类提供繁殖条件，对下游鱼类资源进行补充；同时加强对位于白马枢纽工程近坝下的石梁河中下游的保护，有利于一定程度上舒缓白马枢纽工程对鱼类资源的负面影响。

表 6.3.2-3

白马航电枢纽鱼类栖息地保护方案选择指标层次排序

项目	珍稀特有鱼类组成	所有鱼类组成	流量	流速	河流长度	生境连通性	生境复杂度	饵料生物	水环境质量	水深	连通水域面积	经济成本	人为干扰	河床与岸带稳定性
权值	0.2612	0.1257	0.1163	0.0993	0.0773	0.0702	0.0550	0.0440	0.0376	0.0333	0.0278	0.0224	0.0177	0.0123
排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

表 6.3.2-4 白马航电枢纽鱼类栖息地保护方案总排序表

序号	方案	权重计算结果	排序
1	郁江	0.6195	2
2	石梁河	0.3744	3
3	郁江+石梁河	0.6596	1

#### 6.3.2.4 栖息地保护范围

##### (1) 保护对象

评价区珍稀、特有鱼类为评价区重点保护对象，重要经济鱼类为一般保护对象。根据调查江段鱼类资源情况、工程对鱼类资源的影响、鱼类的生境适应性及保护技术等，考虑物种的分布、在本江段的数量、重要性等因素，分析拟定胭脂鱼、圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、蛇鮡、岩原鲤、泉水鱼、中华倒刺鲃及瓦氏黄颡鱼等 10 种为优先保护鱼类，在确定工程环保措施时予以重点考虑。

在优先保护的 10 种鱼类中，胭脂鱼未见在乌江下游有产卵场，仅在干流水域栖息分布，在加强资源增殖保护的同时，也需要保护其栖息生境。圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华倒刺鲃、蛇鮡 6 种均为产漂流性卵鱼类，圆口铜鱼的产卵场在金沙江及长江上游水域，乌江未见其产卵繁殖，从渔获物调查情况看，多为幼鱼在乌江涪陵河口水域栖息，需要保护其栖息生境。长薄鳅、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华倒刺鲃、蛇鮡在乌江下游历史上就有产卵场分布，2004 年调查显示这几种鱼类的主要产卵场在彭水库区的土坨子至龚滩江段、王坨至鹿角江段的规模较大，在彭水、银盘电站相继修建后，长薄鳅、长鳍吻鮡 2006 年以后未调查采集到卵苗资源，需要加强增殖放流研究，并保护其栖息生境；圆筒吻鮡、中华倒刺鲃、蛇鮡 2018 年调查到在银盘坝下至涪陵河口间有 6 个小规模的产卵场，其中仅 2 个较小的产卵场分布于白马坝址以下，需要重点加以保护。岩原鲤、泉水鱼及瓦氏黄颡鱼均为在流水中产粘沉性卵鱼类，其繁殖场已压缩至各

梯级的库尾河流水河段及部分具有流水生境的支流及其河口水域，产卵规模将有所下降，在进行增殖放流的同时，需重点保护其天然产卵场。

## (2) 栖息地保护范围

根据评价区乌江下游干流水生生境特点和保护目标需求，将纳入保护对象的干流水域分为重点保护范围和一般保护范围，实施不同等级的保护措施。

**重点保护范围：**乌江下游干流栖息地保护重点在白马大坝以下至涪陵河口约 43km 乌江干流河段，包括分布于该江段的大溪河、麻溪河、御泉河等支流的入河汇口河段。支流重点保护银盘库尾的郁江马岩洞发电厂房以下至河口 59.4km 河段，白马近坝址处的支流石梁河大院子电站以下 13km 河段及其次级支流赵家河团家堡-汇口 3km 河段。

**一般保护范围：**银盘坝下至白马坝前 46km 河段，包含芙蓉江、长头河、清水溪等支流的汇口水域。

### 6.3.2.5 栖息地保护与修复措施

#### (1) 干流生境修复

①乌江下游沙沱、彭水、银盘、白马等梯级几乎首尾相接，银盘、白马梯级均为日调节、反调节，且银盘电站设有集运鱼船助鱼过坝上溯，船闸及泄洪设施可提供鱼类下行通道。白马库尾河段基本维持流水生境，适于乌江下游喜流水生活的鱼类正常栖息。白马坝下至涪陵河口 43km 河段是评价区乌江下游鱼类主要分布水域，且鱼类繁殖期与汛期基本重合，三峡工程汛期低水位运行，该江段基本保持流水状态。在加强渔政管理的同时，在上述河段的回水区及缓流区设置保护标志牌，严格限制采砂等破坏鱼类生境活动，保护鱼类产卵场和重要栖息地等鱼类重要生境。

②白马航电建成后，彭水、银盘、白马梯级电站的调度运行将导致各

自坝下河段水文情势的变化，对流水河段的水生生态产生影响，应制定科学的水库联合调度运行方案，在鱼类繁殖期泄放合适的生态流量，确保评价江段的水量、水位、流速等的变幅及频次满足鱼类栖息、繁殖、鱼卵孵化等的需求，保证这些鱼类鱼卵、幼鱼的正常发育，在评价区完成其生命过程，减缓乌江下游水工程建设对鱼类资源的影响。

③配套修建过鱼设施，修复鱼类洄游通道，解决乌江下游至白马、银盘间鱼类上行过坝问题，促进梯级河段间鱼类种群交流。

④开展增殖放流，补充评价区鱼类资源量。

## （2）支流栖息地保护

### 1) 郁江栖息地保护

保护范围：郁江鱼类栖息地保护范围为马岩洞水电站发电厂房以下至河口之间 59.4km 郁江河段。

保护目标：最大限度地维护郁江水生生态系统的完整性；重点保护胭脂鱼、岩原鲤、长薄鳅、中华金沙鳅、圆筒吻鮡以及大鲵等珍稀水生脊椎动物；保护乌江下游鱼类的种质资源和繁殖栖息地；探索合理利用自然资源的途径，达到人与自然的和谐统一，走可持续发展的道路。

保护措施：

①按照渝发改能源〔2019〕517号文件《关于严控新建水电项目的通知》要求，郁江马岩洞水电站发电厂房以下河段不再新建拦河筑坝涉水工程，规划的郁山、斑竹园、沙子坝和焦家滩4个梯级不再建设。

②按重庆市长江上游小水电整治要求，在马岩洞水电站以下的已建未正常运行的马岩电站作退出处理予以拆除，进行坝址清理、恢复河道原貌。坝址清理委托专业施工单位组织实施，注重拆除安全与河段内的鱼类保护，主要在枯水期秋冬季鱼类下行越冬后进行，排空库容，驱赶坝址附近潜藏

的鱼类，恢复坝址上下游河道的连通性。

③马岩洞水电站在鱼类繁殖期不调峰，下放不低于坝址多年平均流量10%的生态流量，在洪水期为促进鱼类繁殖进行联合生态调度。

④利用现有的彭水-银盘水电站鱼类增殖放流站，在郁江继续实施鱼类增殖放流，放流对象包括胭脂鱼、岩原鲤、中华倒刺鲃、白甲鱼、长鳍吻鮡、泉水鱼、华鲮、瓦氏黄颡鱼等。

## 2) 石梁河栖息地保护

保护范围：由于石梁河流域面积、河流径流量等规模较小，加之干流中上游何家、大院子两级引水式电站开发，现仅大院子坝下至河口之间为流水河段，因此，石梁河鱼类栖息地保护重点保护大院子电站以下13km干流河段、次级支流赵家河团家堡至汇口3km河段。

保护目标：最大限度地维护石梁河水生生态系统的完整性；重点保护岩原鲤、长薄鳅、圆筒吻鮡、蛇鮡、中华沙鳅、白缘鳅、泉水鱼等珍稀特有或重要经济鱼类；保护乌江下游鱼类的种质资源和繁殖栖息地；探索合理利用自然资源的途径，达到人与自然的和谐统一，走可持续发展的道路。

保护措施：

①按照渝发改能源〔2019〕517号文件《关于严控新建水电项目的通知》要求，石梁河不再进行水电梯级开发。

②按重庆市长江上游小水电整治要求，已建的何家、大院子水电站进行整改，进行河流连通性修复。石梁河三溪村大院子、何家村河段已建二处引水坝，坝高分别6m、4m，每年仅丰水期河水可没过大坝，但因拦河坝上下游存在水位落差，鱼类难以上溯，应在此二处水坝配套建设鱼道，便于鱼类上下通行。鉴于该坝落差小，可在该二处修建导槽式鱼道。



导槽式鱼道实景

针对水流较急、跌水、河道堵塞处，主要措施有构建减缓水流措施（翼堤、丁坝等）、清理河道等，通过在河道急流处用石块铺设交错的网状结构，可以有效的减缓水流，同时形成了急、缓流、浅滩、深潭的河流环境。维护工程涉及石梁河干流 2 处、支流赵家河 1 处。

因地制宜对三溪村～赵家河汇口河段 13km 河段边滩进行微生境修复。依据河道地形和河流冲淤特性，就地取材，在河道两侧按边滩原有形态进行近自然恢复。河口区 2.5km 河段为三峡水库 175m 水位回水区，水深多在 2.5m 以上，秋冬季鱼类可在此越冬，可在保持现有生境的前提下，在回水末端结合边滩整治恢复，设置一定数量的人工鱼礁，利于鱼类潜藏。

③何家、大院子水电站和支流赵家河上游的山虎关水库泄放不低于坝址多年平均流量 10% 的生态流量。

④利用拟建的白马梯级鱼类增殖放流站，在石梁河实施鱼类增殖放流。同时，郁江和石梁河栖息地保护还应采取以下两点渔政管理措施：

①根据《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》（农长渔发〔2019〕1 号），2020 年底以前，完成长江干流和重要支流除保护区以外水域的渔民退捕，暂定实行 10 年禁捕，禁捕期结束后，在科学评估水生生物资源和水域生态环境状况以及经济社会发展需要的基础上，另行制定水生生物资源保护管理政策。因此，要求处于乌江沿河至河口段的支流石

梁河严格按照方案提出的要求，2020 年底前实施 10 年全面禁捕。

②加强渔政日常巡护与监督管理，设置界碑、界标、解说性标牌、宣传性标牌、指示性标牌等，配备基本的巡查救护设备（包括珍稀水生野生动物救护车、摩托车、无线通讯系统、数码照相设备及办公电脑等）。

### 3) 长溪河鱼类栖息地保护

2007 年 2 月，重庆市人民政府以“渝府〔2007〕35 号”文批准建立彭水乌江-长溪河鱼类自然保护区。按照生态环境部办公厅《关于乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告有关意见的函》（环办环评函〔2020〕596 号）进一步做好生态环境保护的相关要求，以及《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》（中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司，2020 年）、《重庆市乌江一级支流流域水能资源开发规划（修编）环境影响报告书（送审版）》（中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司，2020 年）提出的长溪河保护与修复的相关措施，对长溪河长旗坝三县、三江口电站上下游的连通方案措施进行落实，即考虑长旗坝水电站坝高仅为 2m，建议设置简易过鱼堰；三江口水电站属于低坝工程，考虑修建槽式鱼道过鱼。该二处电站过鱼通道的设计需尽快交由专业机构实施。支流上各电站的其它生态环境保护措施，如生态流量泄放、设置禁渔区、加强日常巡护、停止新建水电站工程、水污染防治等措施需尽快落实，鱼道等工程保护措施与白马枢纽工程项目“三同时”。

由于长溪河鱼类栖息地保护是银盘水电站环保要求的生态修复措施，其栖息地相关规划措施主体责任及费用由银盘水电站业主承担，项目所在地的彭水县有关部门协调管理、督促实施。

### (3) 水污染防治

白马库区沿岸城镇及工矿企业存在较大的生活污水和工业污染排放压

力，应严格限制生活污水、工业废水未经处理直排入河，确保水质达到各水域的水功能区水质要求，并完全符合渔业水质要求。支流郁江在保家镇建有重庆市级保家特色工业园区，河流沿岸分布有众多农村居民点，存在工农业面源污染和点源污染，需要加强水污染防治工作。支流石梁河下游段由于铝矿开采和工业园区冶炼加工为主的项目建设运行，水污染防治压力较大，需要加强水污染防治工作。

#### (4) 管理措施

对重点保护河段，严格限制新建拦河筑坝工程；加强栖息地保护河段水污染防治，严格限制生活污水、生产废水未经处理直排入河，实施水质达标排放，确保水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)水质标准，并符合渔业水质要求；加强渔政巡查管护，采取全年禁捕措施，禁止一切渔业捕捞活动，实施严格的鱼类资源保护措施。

对一般保护河段，从 2020 年开始实施《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》(农长渔发〔2019〕1号)暂定十年的禁捕措施。以后视情况，实施捕捞许可证制度，在鱼类繁殖的 3-7 月份禁止捕捞，其它时间通过限制捕捞强度，控制捕捞网具网目大小，从而有效保护鱼类资源。

#### (5) 保护效果跟踪监测

在白马枢纽工程建设期、试运行期每年度进行鱼类栖息地保护效果跟踪监测，运行后每 3 年进行一次年度监测。其中，评价区干流河段鱼类资源调查区间河段（库尾、坝前、坝下、河口）、频次（丰、平、枯）与其他水生生物调查同步进行，鱼类早期资源调查断面设在涪陵河口，在鱼类繁殖期持续监测 60 天；支流郁江、石梁河保护河段鱼类资源调查与乌江干流河段同步，重点对郁江进行鱼类早期资源调查，监测断面设于下游汉葭镇芦渡湖河段。通过长期鱼类资源、鱼类繁殖情况跟踪调查，分析评价栖

息地保护措施效果。

#### (6) 落实回顾性评价及审查意见要求

根据回顾性评价及其审查意见要求，白马航电建设单位联合彭水、银盘水电站建设单位、武隆区政府、彭水县政府在水库蓄水前，完成制定郁江等栖息地保护及水生生态修复规划，并落实生境修复、恢复河道连通性等保护措施，将郁江马岩、长溪河长旗坝三县、三江口等水电站河道连通性恢复方案纳入栖息地保护及水生生态修复规划中。

#### **6.3.2.6 栖息地保护措施实施主体**

综合鱼类栖息地保护方案及其措施内容，按属地管理、专业分工、多方协调、积极推进的原则要求，对白马航电枢纽鱼类栖息地保护措施实施主体进行细化落实，详见表 6.3.2-5。

表 6.3.2-5

白马航电枢纽鱼类栖息地保护措施实施主体

序号	保护方案	措施内容	实施主体
1	郁江马岩洞水电站发电厂房以下 59.4km 河段保护	①按照渝发改能源〔2019〕517号文件《关于严控新建水电项目的通知》要求，郁江马岩洞水电站发电厂房以下河段不再新建拦河筑坝涉水工程，规划的郁山、斑竹园、沙子坝和焦家滩 4 个梯级不再建设。	彭水县政府；县发改、规资、水利、环保等部门
		②按重庆市长江上游小水电整治要求，在马岩洞水电站以下的已建未正常运行的马岩电站作退出处理予以拆除，进行坝址清理、恢复河道原貌。	彭水县政府；县发改、水利等部门；白马航电枢纽业主
		③马岩洞水电站在鱼类繁殖期不调峰，下放不低于坝址多年平均流量 10%的生态流量，在洪水期为促进鱼类繁殖进行联合生态调度。	彭水县政府；县渔政、水利、环保等部门
		④利用现有的彭水-银盘水电站鱼类增殖放流站，在郁江继续实施鱼类增殖放流，放流对象包括胭脂鱼、岩原鲤、中华倒刺鲃、白甲鱼、长鳍吻鮡、泉水鱼、华鲮、瓦氏黄颡鱼等。	彭水县政府；县渔政等部门
		⑤根据《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》(农长渔发〔2019〕1号)，2020 年底以前，完成长江干流和重要支流除保护区以外水域的渔民退捕，暂定实行 10 年禁捕，禁捕期结束后，在科学评估水生生物资源和水域生态环境状况以及经济社会发展需要的基础上，另行制定水生生物资源保护管理政策。因此，要求处于乌江沿河至河口段的支流郁江严格按照方案提出的要求，2020 年底前实施 10 年全面禁捕。	彭水县政府；县渔政等部门
		⑥加强渔政日常巡护与监督管理，设置界碑、界标、解说性标牌、宣传性标牌、指示性标牌等，配备基本的巡查救护设备（包括珍稀水生野生动物救护车、摩托车、橡皮艇、无线通讯系统、数码照相设备及办公电脑等）。	彭水县政府；县渔政、环保、水利等部门
2	石梁河大院子水电站坝址以下 13km 河段保护	①按照渝发改能源〔2019〕517号文件《关于严控新建水电项目的通知》要求，石梁河不再进行水电梯级开发。	武隆区政府；区发改、规资、水利、环保等部门
		②按重庆市长江上游小水电整治要求，已建的何家、大院子水电站进行整改，进行河流连通性修复。石梁河三溪村大院子、何家村河段已建二处引水坝，坝高分别 6m、4m，每年仅丰水期河水可没过大坝，但因拦河坝上下游存在水位落差，鱼类难以上溯，应在此二处水坝配套建设鱼道，便于鱼类上下通行。鉴于该坝落差小，可在该二处修建导槽式鱼道。针对水流较急、跌水、河道堵塞处，主要措施有构建减缓水流措施（翼堤、丁坝等）、清理河道等，通过在河道急流处用石块铺设交错的网状结构，可有效减缓水流，同时形成急、缓流、浅滩、深潭的河流环境。因地制宜对三溪村-赵家河汇口河段 13km 河段边滩进行微生境修复，依据河道地形和河流冲淤特性，就地取材，在河道两侧按边滩原有形态进行近自然恢复。河口区 2.5km 河段为三峡水库 175m 水位回水区，水深多在 2.5m 以上，秋冬季鱼类可在此越冬，可在保持现有生境的前提下，在回水末端结合边滩整治恢复，设置一定数量的人工鱼礁，利于鱼类潜藏。	武隆区政府；区发改、规资、水利、环保等部门；白马航电枢纽业主

序号	保护方案	措施内容	实施主体
		③何家、大院子水电站和支流赵家河上游的山虎关水库泄放不低于坝址多年平均流量 10%的生态流量。	武隆区政府；区水利、环保等部门
		④利用拟建的白马枢纽鱼类增殖放流站，在石梁河实施鱼类增殖放流。	白马航电枢纽业主、区渔政等部门
		⑤根据《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》(农长渔发〔2019〕1号)，2020年底以前，完成长江干流和重要支流除保护区以外水域的渔民退捕，暂定实行 10 年禁捕，禁捕期结束后，在科学评估水生生物资源和水域生态环境状况以及经济社会发展需要的基础上，另行制定水生生物资源保护管理政策。要求处于乌江沿河至河口段的支流石梁河严格按照方案提出的要求，2020 年底前实施 10 年全面禁捕。	武隆区政府；区渔政等部门
		⑥加强渔政日常巡护与监督管理，设置界碑、界标、解说性标牌、宣传性标牌、指示性标牌等，配备基本的巡查救护设备（包括珍稀水生野生动物救护车、摩托车、无线通讯系统、数码照相设备及办公电脑等）。	武隆区政府；区渔政、环保、水利等部门
3	长溪河鱼类自然保护区 29.5km 河段保护	在明确该河段范围内的各级大坝责任主体基础上，根据小水电整治方案要求，后续由业主委托相关单位依据各大坝设计参数、生态水文条件及鱼类资源调查分析等数据进行针对性的鱼道、简易过鱼堰设计，并尽快组织实施。	彭水县政府；保护区管委会；彭水、银盘水电站业主；白马航电枢纽业主给予部分资金支持。
4	银盘水电站库尾 11km 变动回水带保护	①划为禁渔区；②禁止采砂；③加强水质保护；④加强管理；⑤加强宣传。 由于银盘水电站库尾 11km 变动回水带处在银盘梯级，该河段属于彭水县辖区范围，在银盘电站建成运行的情况下，建议银盘电站业主及彭水县有关政府部门继续对该河段保护予以重视，加强渔政、环保等巡查保护。	彭水县政府；县渔政、水利、环保等部门；银盘电站业主
5	彭水水电站库尾 16km 变动回水带保护	①为禁渔区；②禁止采砂；③加强水质保护；④加强管理；⑤加强宣传。 由于彭水水电站库尾 16km 变动回水带处在彭水梯级，该河段属于贵州沿河县、重庆彭水县辖区范围，在彭水电站建成运行的情况下，建议彭水电站业主及沿河县、彭水县有关政府部门继续对该河段保护予以重视，加强渔政、环保等巡查保护。	彭水/沿河县政府；彭水/沿河县渔政、水利、环保等部门；彭水电站业主

### 6.3.3 增殖放流

根据白马航电枢纽鱼类保护需求，拟新建一处鱼类增殖放流站，开展鱼类增殖放流保护措施，为工程涉及江段鱼类资源保护和恢复助力，维护水生生态系统稳定。

#### 6.3.3.1 放流种类

增殖放流种类的确定，需要在已确定的保护对象中，依据保护鱼类资源状况、生物学特性、生态环境变化趋势、技术经济可行性等方面进行综合分析。根据评价区鱼类资源现状以及工程对鱼类资源的影响及生境适应性分析，人工增殖放流对象拟定为胭脂鱼、岩原鲤、瓦氏黄颡鱼、泉水鱼、圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、蛇鮡。

#### 6.3.3.2 放流标准

放流苗种必须是由野生亲本人工繁殖的子一代，无伤残和病害、体格健壮。供应商的生产和管理应符合农业部颁发的《水产苗种管理办法》，并有省级水产管理部门核发的《水产苗种生产许可证》。

#### 6.3.3.3 放流苗种数量和规格

放流鱼种的规格越大，适应环境的能力和躲避敌害生物的能力越强，成活率越高。但鱼种规格越大，培育成本越高，所需生产设施也越多。综合考虑，放流鱼种应以鳞被形成为标准，此阶段鱼种的眼、鳍、口和消化道功能已完全形成，从其生活史上划分，已经是幼鱼阶段，并形成了自己固有的生活方式。同时，鳞被形成可使鱼类更高效的捕食和更好的躲避其它鱼类的捕食、有效抵御水体中各种细菌的侵入、加快周边水体中悬浮物质沉淀、有效地捕食和躲避其它鱼类的捕食，可有效提高放流鱼苗的存活率。放流规格根据各鱼类的适应能力可以多样化。

评价区位于三峡库尾，流水生境严重萎缩，放流苗种数量应依据保护对象及其生境确定。考虑到上游梯级及三峡水库均采取了增殖放流措施，对评价区鱼类资源有一定的影响。增殖放流规模可考虑将受影响河段的天然渔产量作为参考。根据调查江段渔业资源状况、河长、鱼类自然种群结构等因素，确定增殖放流规模。白马枢纽工程至银盘坝址河长 46km，坝下至河口约 43km，天然情况下河宽按 150m，工程影响河流面积约 133.5hm<sup>2</sup>。评价区渔产量为按 150kg/hm<sup>2</sup>。增殖放流产量按渔产量的 1/5 则为 30kg/hm<sup>2</sup>。鱼种放养效益按 10 计，需放流鱼种 3kg/hm<sup>2</sup>，鱼种规格按 50 尾/kg 计。则放流数量为 133.5×3×50=200250 尾/年。白马枢纽影响区域为三峡库区消落带，考虑到三峡工程对鱼类的影响，白马枢纽鱼类增殖放流规模按 50%计，则为 10 万尾/年。以后根据监测增殖放流鱼类的资源量及生长情况，调整放流种类及数量。

放流苗种的个体大小对放流效果影响很大。放流苗种太小，存活率低，影响放流效果。放流苗种过大，放流成本增大。放流苗种规格的确定需要考虑生产实际，根据放流苗种来源、生长、水生生态环境等灵活掌握。另放流规格还应根据放流效果进行适当调整。初步拟定评价区鱼类增殖放流的数量及规格见表 6.3.3-1。

表 6.3.3-1 白马航电枢纽放流鱼类规格和数量

种类	规格		数量（万尾/年）
	全长（cm）	体重（g）	
胭脂鱼	10—20	50-100	0.5
岩原鲤	5—10	25-50	1.5
泉水鱼	4—6	1.5-2	1.0
瓦氏黄颡鱼	4—6	1.5-2	3.0
圆口铜鱼	4—6	1.5-2	1.0
长薄鳅	4—6	1.5-2	1.0
蛇鮈	4—6	1.5-2	1.0
长鳍吻鮈	4—6	1.5-2	1.0
合计			10.0

#### 6.3.3.4 放流时间和地点

胭脂鱼、岩原鲤、黄颡鱼由于放流技术已成熟，白马枢纽建成蓄水后即可开始放流，泉水鱼应加强其放流技术研究，放流技术成熟后即放流。

放流地点的选择应满足以下要求：①交通方便；②水流平缓，水域较开阔的库湾或河道中回水湾；③水深 5m 以内，凶猛性鱼类少；④饵料生物相对丰富。放流地点主要为白马库尾和白马坝下，放流数量按白马库尾放流 1/3，白马坝下放流 2/3，以后根据两区域鱼类的生长情况，调整放流比例。

#### 6.3.3.5 放流周期

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规范》生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）的确定：占用渔业水域的生物资源损害赔偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿。放流周期暂按 20 年考虑，20 年后根据鱼类资源恢复情况，对放流种类和数量进行相应的调整，并制定长期的放流计划。

#### 6.3.3.6 放流过渡培育

鱼类运输、放流需进行消毒处理和过渡培育。鱼类运输过程中对鱼体的影响主要是鱼体擦伤，因此，运输到达放流地点时应进行预防鱼体发生细菌性疾病，一般采用漂白粉液消毒。

放流鱼种从人工养殖水体进入天然水体需要一定的适应期，可采用过渡培育，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。

#### 6.3.3.7 标志和遗传档案的建立

为了使人工增殖放流达到预期效果，必须进行放流效果的评价，即所

有物种的人工增殖放流必须进行部分或全部标志或标记。

增殖放流站技术工作流程主要为：亲鱼收集购置、亲鱼驯养培育、人工催产和授精、人工孵化、苗种培育、放流、放流效果监测、调整生产规模和方式，见图 6.3.3-1。

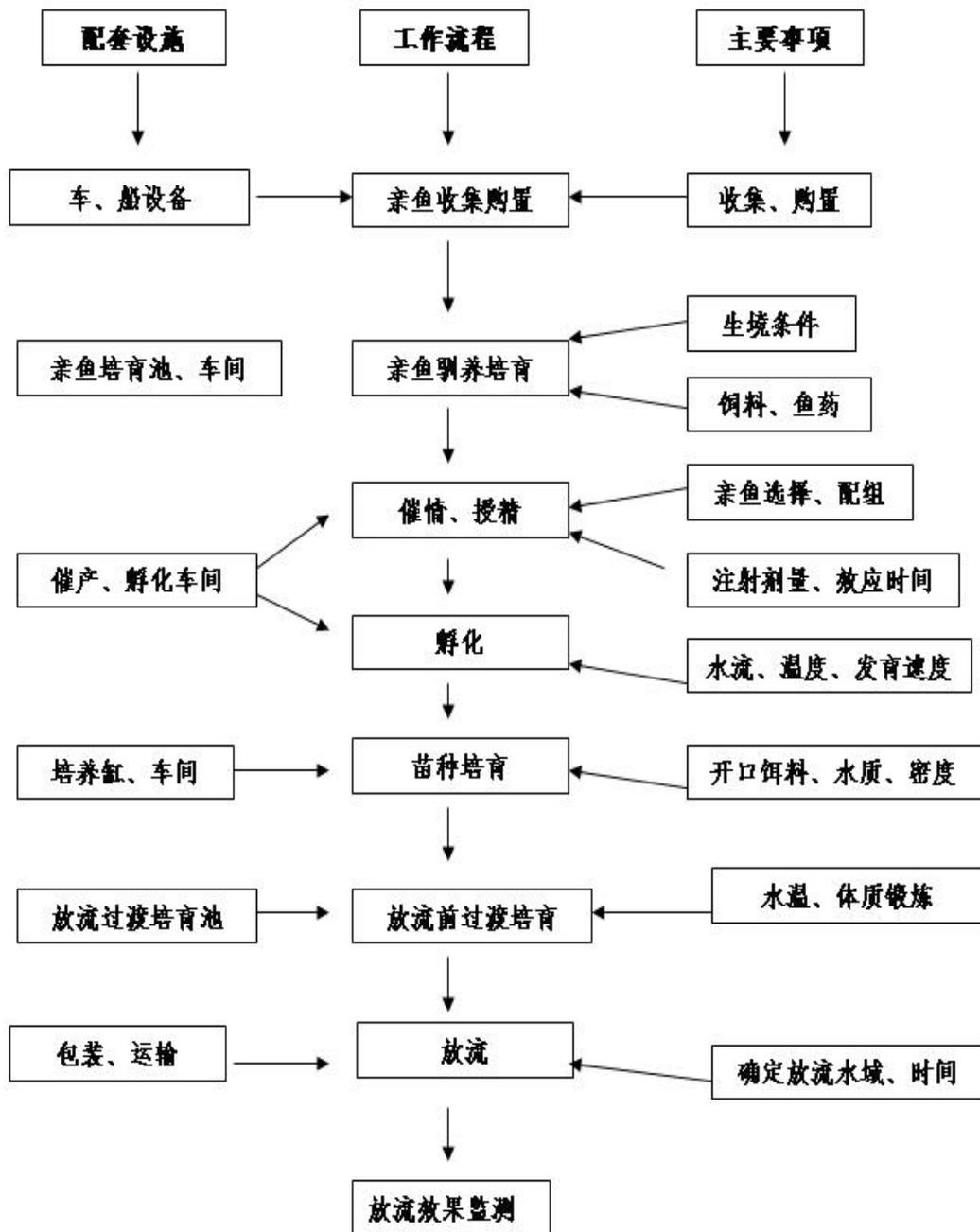


图 6.3.3-1 白马航电枢纽工程增殖放流站技术工作流程图

### 6.3.3.8 增殖放流站建设

针对放流鱼类繁育生物学特性，供水现状和用地情况，满足白马航电枢纽建设对影响涉及江段鱼类保护措施（科研、放流苗种生产、水生生态监测和环保宣教等）需求，确定增殖放流站繁育设施建设内容和规模，提出建设方案。

白马航电枢纽工程鱼类增殖放流站位于大坝左岸石梁河边业主营地西侧，场地设计高程约 191~204m，总占地约 2.59hm<sup>2</sup>。建筑物主要包括：催产孵化车间、亲鱼培育车间、苗种培育车间、室外苗种培育池、防疫隔离池、蓄水池、综合楼等，增殖放流站总体布置见附图 27，各构筑物规格见表 6.3.3-2。

站址距离白马航电枢纽坝轴线不到 100m，位于乌江边，距业主营地的直线距离约 400m，增殖放流站建成后，由白马航电枢纽业主统一管理，有利于放流的进行，也便于业主管理和环保部门监督检查。

增殖放流站的运行可通过招标的形式委托具有运行管理经验的企业或科研单位，也可由甲方自主招聘管理人员和技术人员运行管理。适当增加运行生产及科研人员，尤其是加强运行能力建设和抓紧落实相关科研项目的实施。

表 6.3.3-2 白马航电枢纽工程增殖放流站建筑物规格

序号	鱼池名称	养殖水体规格			个数	面积 (m <sup>2</sup> )	布置地点
		长 (m)	宽 (m)	深 (m)			
1	催产池	1.5	1.5	1.3	2		催产孵化车间
2	玻璃钢孵化槽	2	0.8	0.6	2	4.8	催产孵化车间
3	尤先科孵化槽	3.26	0.85	0.89	3	8.31	催产孵化车间
4	圆锥形孵化桶	0.43	0.43	1.1	10	5.81	催产孵化车间
5	圆形开口苗培养缸	0.5	0.5	1	30	23.55	催产孵化车间
6	圆形鱼种培育缸	1	1	1	40	125.6	苗种培育车间
7	亲鱼培育缸	2	2	1.5	10	125.6	亲鱼培育车间
8	催产孵化车间	30	15		1	450	循环水系统 1
9	鱼种培育车间	43	15		1	645	循环水系统 2
10	亲鱼培育车间	42	14		1	588	循环水系统 3

11	室外苗种池	10	6	1.8	8	480	室外
12	防疫隔离池	10	6	1.8	2	120	室外
13	蓄水池	10	10	3	2	200	室外
14	综合楼	30	12.6		1	378	

### 6.3.3.9 亲鱼和放流鱼种生产安排

根据放流规模及鱼类从受精卵到放流规格各阶段生产预计成活率，测算所需受精卵量，白马航电枢纽工程放流鱼类功种和受精卵生产量见表 6.3.3-3。

表 6.3.3-3 白马航电枢纽工程放流鱼类苗种和受精卵生产量

种类	放流规格	放流规格和数量(万尾)	生产量(万尾、粒)					
	全长(cm)		10-20cm	5-10cm	4-6cm	3cm	稚鱼	受精卵
胭脂鱼	10~20	0.50	0.50	0.63	0.78	1.04	1.89	2.91
岩原鲤	5~10	1.50		1.50	1.88	2.50	4.55	6.06
泉水鱼	4~6	1.00			1.00	1.33	2.42	3.23
瓦氏黄颡鱼	4~6	3.00			3.00	4.00	7.27	9.70
圆口铜鱼	4~6	1.00			1.00	1.33	2.42	3.23
长薄鳅	4~6	1.00			1.00	1.33	2.42	3.23
蛇鮈	4~6	1.00			1.00	1.33	2.42	3.23
长鳍吻鮈	4~6	1.00			1.00	1.33	2.42	3.23
合计		10.00	0.50	2.13	10.66	14.21	25.83	34.83

根据增殖放流的数量、鱼类的平均产卵量、催产率、受精率、孵化率和幼鱼成活率，推算出达到放流规模所需要的各种成熟雌性亲鱼数量。自然产卵、受精雌雄亲鱼的性比为 1:1.5，如采用人工授精方法，雌雄亲鱼的性比可为 1.5:1，自然水域鱼类分布的性比一般为 1:1。本方案设计采用 1:1 的性比，另外增加 100% 的后备亲鱼。推算所需亲鱼数量为 181.62kg，加上后备亲鱼 236.10kg。各种亲鱼数量见表 6.3.3-4。

表 6.3.3-4 白马航电枢纽工程放流鱼类亲鱼需求量

放流鱼类	需生产受精卵量(万粒)	受精率	产卵量(万粒)	催产率	成熟率	雌性亲鱼(尾)	雄性亲鱼(尾)	个体重(kg)	雌性亲鱼重(kg)	雄性亲鱼重(kg)	小计(kg)
胭脂鱼	2.91	0.70	8.00	0.70	0.50	1	1	10.00	14.87	14.87	29.73

放流鱼类	需生产受精卵量(万粒)	受精率	产卵量(万粒)	催产率	成熟率	雌性亲鱼(尾)	雄性亲鱼(尾)	个体重(kg)	雌性亲鱼重(kg)	雄性亲鱼重(kg)	小计(kg)
岩原鲤	6.06	0.70	4.00	0.60	0.50	7	7	1.50	10.82	10.82	21.65
泉水鱼	3.23	0.70	0.30	0.80	0.50	38	38	0.15	5.77	5.77	11.54
瓦氏黄颡鱼	9.70	0.70	0.10	0.70	0.50	396	396	0.10	39.58	39.58	79.16
圆口铜鱼	3.23	0.70	3.00	0.70	0.50	4	4	1.00	4.40	4.40	8.80
长薄鳅	3.23	0.70	0.50	0.70	0.50	26	26	0.50	13.19	13.19	26.39
蛇鮈	3.23	0.70	1.00	0.70	0.50	13	13	0.04	0.53	0.53	1.06
长鳍吻鮈	3.23	0.70	0.80	0.70	0.50	16	16	0.10	1.65	1.65	3.30
合计	34.83					503	503		90.81	90.81	181.62

亲鱼可以从国家原良种场购买，或者从当地的政府或水产局申请捕捞许可证，聘请有经验的渔民捕捞。亲鱼生产安排见表 6.3.3-5，亲鱼培育池共放养亲鱼 236.10kg；放流鱼种生产及放流安排见表 6.3.3-6。

表 6.3.3-5 白马航电枢纽工程鱼类增殖放流站亲鱼生产安排表

鱼池名称	养殖水体规格			个数	面积(m <sup>2</sup> )	静水放养密度(kg/m <sup>2</sup> )	缓流水实际放养密度(kg/m <sup>2</sup> )	实际放养量(kg)
	长(m)	宽(m)	水深(m)					
亲鱼培育池	2	2	1.5	10	125.6	0.225	1.880	236.10
亲鱼池小计					125.6			236.10

表 6.3.3-6 白马航电枢纽工程鱼类增殖放流站鱼种生产安排表

生产阶段	鱼池名称	鱼池面积(m <sup>2</sup> )	个数	面积	放养密度(万尾/m <sup>2</sup> )	放养量(万尾)	产出量(万尾)	备注
培育至 3.0cm	圆形开口苗培育缸	0.78	30	23.4	0.173	4.06	2.23	培育出 3cm 苗种 14.21 万尾后稀释密度继续培育。
	苗种培育缸	3.14	40	125.6	0.173	21.78	11.98	
	小计			149		25.83	14.21	
培育至 4-6cm	苗种培育缸	3.14	40	125.6	0.037	4.61	3.46	放流 8 万尾鱼苗后，剩余的鱼苗继续培养。
	室外苗种培育池	60	8	480	0.020	9.60	7.20	
	小计			605.6		14.21	10.66	
培育到 5-10cm	苗种培育缸	3.14	40	125.6	0.021	2.66	2.13	放流 1.5 万尾

培育到 10-20cm	苗种培育缸	3.14	40	125.6	0.005	0.63	0.50	放流 0.5 万尾
-------------	-------	------	----	-------	-------	------	------	-----------

### 6.3.3.10 运行管理

鱼类增殖放流站的运行可以通过招标的形式委托给具有运行管理经验的企业或科研单位，也可由甲方自主招聘管理人员和技术人员运行管理。适当增加运行生产及科研技术人员，如设站长一名，生产副站长 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，各设组长 1 名。亲鱼培育组负责亲鱼收集、蓄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。组长应具有水产养殖专业本科以上学历。常备人员 8 人，包括站长 1 名，副站长 1 名，养殖技术人员 2 名，养殖工人 2 名，后勤人员 2 名。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。此外，渔政部门的监管也是增殖放流切实有效进行的重要保证。

### 6.3.3.11 增殖放流效果监测与评价

定期开展鱼类放流效果监测，通过了解工程涉及水域鱼类资源现状及变化，评估放流鱼类增殖效果，为改进增殖放流方案提供依据。监测评价内容有水体理化指标、饵料生物种类和数量（浮游植物、着生藻类、浮游动物和底栖动物）、鱼类资源（鱼类的种类组成与比例、时空分布、种群结构、资源现状）、鱼类生态习性（产卵场的分布与规模、繁殖时间和频次、越冬场和索饵场）。重点了解放流种类的种群变化情况、工程建成运行前后“三场”变化、鱼类产卵规模。

监测评价时间和频率：工程开工前 1 年至工程完工（即施工期）隔年监测，完工后第 1、3、5、8、12、16、20 年进行监测，共计监测 10 年。水体理化指标、浮游植物（叶绿素 a 含量）、藻类、浮游动物和底栖动物在 3、7、11 月各监测 1 次；鱼类资源监测 5~7 月、10~12 月进行；鱼类

产卵场调查 4~7 月进行，以 5~6 月为重点。

### 6.3.3.12 科研专题

为保证增殖放流任务顺利完成，并达到物种保育目的，需进行相应技术的科技攻关研究。鉴于本站放流鱼类的研究现状，需开展科研的鱼类包括蛇鮈、长鳍吻鮈、泉水鱼、长薄鳅和圆口铜鱼。研究项目主要包括放流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四个方面内容。

### 6.3.4 过鱼设施建设

乌江流域已建成 11 个梯级电站，支流大多已开发，阻隔了鱼类的洄游通道、干流上下游以及干、支流间鱼类的交流，河流生境破碎化片段化严重，导致形成不同的种群，各种群间基因不能交流，种群的遗传多样性降低，危及部分鱼类在乌江流域的生存。上游梯级电站的阻隔影响及累积影响已十分明显，白马航电枢纽作为乌江干流最后一个梯级，需采取过鱼措施以减缓建坝对河道阻隔的影响。

#### 6.3.4.1 过鱼方案

##### (1) 过鱼对象

过鱼对象考虑的鱼类不仅是洄游鱼类，空间迁徙受工程影响的所有鱼类都应是在过鱼设施需要考虑的过鱼对象。过鱼设施的结构和布置难以对所有鱼类都有很好的过鱼效果，在设计过鱼设施时部分种类需优先考虑：①具有洄游及江湖洄游特性的鱼类；②受到保护的鱼类；③珍稀、特有及土著、易危鱼类；④具有经济价值的鱼类；⑤其它具有洄游及迁徙特征的鱼类。

经调查银盘坝下分布有 64 种鱼类，根据过鱼对象筛选原则，将珍稀保护鱼类、长江上游特有鱼类、主要经济鱼类、受蓄水影响明显鱼类列出作

为过鱼筛选对象，共 27 种。按照生态类型、物种地位、经济价值等因素，并参考上游梯级蓄水后对鱼类的影响进行分析，选择过鱼对象，结果见表 6.3.4-1。

表 6.3.4-1 白马航电枢纽工程过鱼对象筛选结果

种类	流速偏好	产卵类型	食性	洄游特征	保护类型	蓄水后丰度变化	蓄水对其的影响	结果
胭脂鱼	R	SDE	Zb	PD	珍稀保护鱼类	无明显变化	数量较少，主要受近年来放流的影响较大	过鱼对象
中华金沙鳅	R	DRE	Pb	PD	长江上游特有鱼类	明显下降	蓄水导致产卵场淹没以及水文情势改变影响其产卵	过鱼对象
长薄鳅	R	DRE	C	PD	长江上游特有鱼类	明显下降	蓄水导致产卵场淹没以及水文情势改变影响其产卵	过鱼对象
圆筒吻鮡	R	DRE	Zb	PD	长江上游特有鱼类	明显下降	蓄水导致产卵场淹没以及水文情势改变影响其产卵	过鱼对象
长鳍吻鮡	R	DRE	Zb	PD	长江上游特有鱼类	明显下降	蓄水导致产卵场淹没以及水文情势改变影响其产卵	过鱼对象
岩原鲤	R	SDE	O	PD	长江上游特有鱼类	明显下降	主要受蓄水后产卵场、摄食场等关键生境淹没影响	过鱼对象
蛇鮡	EU	DRE	Zb	PD	主要经济鱼类	略有下降	自然繁殖受水文情势改变影响，但其产卵对水文条件的要求比较低	过鱼对象
吻鮡	R	DRE	Zb	PD	主要经济鱼类	明显下降	蓄水导致产卵场淹没以及水文情势改变影响其产卵	过鱼对象
瓦氏黄颡鱼	EU	SSE	Zb	IF	主要经济鱼类	略有下降		过鱼对象
宽鳍鱮	R	SDE	Z, Zb	IF	主要经济鱼类	明显下降	主要受蓄水后产卵场淹没影响	过鱼对象
泉水鱼	R	SDE	Pb	PD		明显下降	主要受蓄水后产卵场、摄食场等关键生境淹没影响	过鱼对象
长吻鮠	R	SDE	C, Zb	PD		略有上升		
张氏鲮	L	FE	Z, Zb	IF	长江上游特有鱼类	略有上升		
厚颌鲂	L	SDE	H	IF	长江上游特有鱼类	略有上升		
鲤	EU	SDE	O	IF	主要经济鱼类	略有下降		
圆口铜鱼	R	DRE	O, Zb	PD	主要经济鱼类	明显下降	主要受蓄水后产卵场、摄食场等关键生境淹没影响	
鲫	EU	SDE	O	IF	主要经济鱼类	明显上升		
中华倒刺鲃	R	SDE	O	IF	主要经济鱼类	明显上升		
翘嘴鲌	L	DRE	C	PD	主要经济鱼类	明显上升		
鲇	EU	SDE	C	IF	主要经济鱼类	略有上升		

种类	流速偏好	产卵类型	食性	洄游特征	保护类型	蓄水后丰度变化	蓄水对其的影响	结果
鲢	EU	DRE	P	PD	主要经济鱼类	明显上升		
黄颡鱼	EU	SSE	C, Zb	IF	主要经济鱼类	明显上升		
鳊	EU	FE	C	PD	主要经济鱼类	明显上升		
鳙	EU	DRE	C	PD	主要经济鱼类	略有上升		
粗唇鲃	R	SDE	C, Zb	PD	主要经济鱼类	明显上升		
草鱼	EU	DRE	H	PD	主要经济鱼类	明显上升		
鲈	L	DRE	O	PD	主要经济鱼类	明显上升		
贝氏鲈	L	DRE	Z, Zb	PD	主要经济鱼类	明显上升		

说明：P 浮游植物食性；PB：着生藻类食性；H：高等水生植物食性；Z：浮游动物食性；ZB：底栖无脊椎动物食性；C：鱼食性；O：杂食性；EU：广泛适应的种类；L：喜静水类型；R：喜流水类型；PD：江河洄游鱼类；AD：湖河洄游鱼类；CD：降海洄游鱼类；IF：定居性鱼类；DRE：产漂流性卵鱼类；SDE：产沉性卵鱼类；FE：产浮性卵鱼类；SSE：特殊产卵类型，包括在蚌内产卵、筑巢产卵等。

胭脂鱼作为乌江流域珍稀保护鱼类，应选为过鱼对象。圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、长薄鳅、中华金沙鳅、岩原鲤为特有鱼类，且为产漂流性卵的鱼类，其产卵活动的发生需要一定水文条件刺激，受蓄水影响明显，应选为过鱼对象。圆口铜鱼的产卵场分布在宜宾以上的金沙江干支流，乌江下游没有圆口铜鱼的产卵场，过坝后无法完成生活史，不选为过鱼对象。产漂流性卵的广布种蛇鮡、吻鮡其资源丰度呈下降趋势，在白马库区有产卵场，应选为过鱼对象。泉水鱼、瓦氏黄颡鱼受蓄水影响，资源量下降，作为过鱼对象。其他种类在蓄水后资源量有所上升，其中的经济鱼类可作为兼顾过鱼对象。

综上所述，拟定胭脂鱼、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华金沙鳅、岩原鲤、长薄鳅、蛇鮡、吻鮡、泉水鱼、瓦氏黄颡鱼、宽鳍鱲为过鱼对象。

## (2) 主要过鱼时段

过鱼设施的主要目的是促进坝上坝下鱼类遗传交流，应保证主要过鱼对象在繁殖季节的过坝需求，主要过鱼对象过鱼季节统计见表 6.3.4-2，并建议提前 1 个月开展过鱼准备工作。综合主要过鱼对象的繁殖时间，过鱼季节建议选择选择在 3-9 月，其中主要过鱼季节为 4-8 月。

表 6.3.4-2 白马航电枢纽工程主要过鱼对象过鱼季节

主要过鱼对象	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
胭脂鱼												
长鳍吻鮡												
圆筒吻鮡												
岩原鲤												
长薄鳅												
中华金沙鳅												
蛇鮡												
吻鮡												
宽鳍鱲												
黄颡鱼												
泉水鱼												
上行过鱼季节	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

注：

主要过鱼季节
  过鱼季节
  繁殖期

### (3) 过鱼个体规格

白马航电过鱼设施是为保障繁殖群体的上溯，促进遗传交流，应以繁殖阶段的个体为主要对象进行设计，繁殖阶段的个体具有更明显的趋流上溯习性。

主要过鱼对象的最小性成熟体长可以作为集鱼系统结构与流速设计的依据，最大个体的体长可以作为集鱼槽的结构设计依据。参见表 6.3.4-3 中最小性成熟年龄与规格，最小性成熟体长 0.11m，最大个体体长 0.80m，因此主要过鱼对象体长范围为 0.11 m-0.80 m。

表 6.3.4-3 白马航电枢纽工程主要过鱼种类常见个体体长范围与最小性成熟年龄与规格

种类	雌鱼最小性成熟年龄	雌鱼最小性成熟体长 m	雄鱼最小性成熟年龄	雄鱼最小性成熟体长 m
胭脂鱼	5 龄	0.80	5 龄	0.80
长鳍吻鮡	3 龄	0.19	3 龄	0.17
圆筒吻鮡	3 龄	0.24	3 龄	0.24
岩原鲤	4 龄	0.26	4 龄	0.26
长薄鳅	3 龄	0.23	3 龄	0.23
中华金沙鳅	3 龄	-	3 龄	-
蛇鮡	1 龄	0.11	1 龄	-
吻鮡	2-3 龄	0.24	2-3 龄	0.24

#### (4) 游泳能力

采取模拟实验研究鱼类游泳能力，以胭脂鱼、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、长薄鳅 4 种代表性过鱼种类为试验对象，在环形试验水槽测试其感应流速、临界流速、与持续游泳时间指标。感应流速样本试验结果见表 6.3.4-4，临界速度样本试验结果见 6.3.4-5。过鱼设施关键区域流速设计如下：

进口(诱鱼)流速:当今国际上主流观点通常认为进口吸引流速为 0.6-0.8 倍临界速度，根据本研究结果，过鱼对象临界游泳速度的中位数取值在 0.85-0.93m/s 左右。综合分析本过鱼设施进口诱鱼流速应控制在 0.51-0.80m/s。

过鱼设施内最小流速：鱼类进入过鱼设施后，若通道中水流流速过小，鱼类易找不到方向而不继续前进，过鱼设施中的流速应大于鱼类的感应流速。鱼类上溯通过过鱼设施，游出出口时，出口外的水流流速也应大于鱼类的感应流速，鱼类才能找到方向，继续上溯。过鱼对象感应流速的中位数取值在 0.11-0.18m/s 左右，考虑野外实际情况，综合分析本过鱼设施最小流速取值为 0.20 m/s。

表 6.3.4-4 感应流速测试样本及测试结果

种类	尾数	温度℃	溶氧 mg/L	全长 mm	体长 mm	体重 g	95%置信区间 m/s	中位数 m/s
胭脂鱼	15	19.1-24.1	5.85-7.71	230±29	180±25	128±57	0.10-0.13	0.11
长鳍吻鮡	19	17.5-23.3	6.27-8.21	212±15	149±59	85±20	0.14-0.19	0.18
圆筒吻鮡	17	17.0-21.1	6.37-8.55	232±26	197±23	93±29	0.16-0.20	0.18
长薄鳅	18	15.9-23.2	6.06-8.62	206±26	172±23	56±23	0.14-0.18	0.15

表 6.3.4-5 临界速度测试样本及测试结果

种类	尾数	温度℃	溶氧 mg/L	全长 mm	体长 mm	体重 g	95%置信区间 m/s	中位数 m/s
胭脂鱼	10	19.1-20.8	6.72-7.71	239±27	189±22	152±56	0.78-0.92	0.85
长鳍吻鮡	10	17.0-22.1	7.46-8.48	215±7	175±7	92±14	0.83-1.04	0.93
圆筒吻鮡	10	18.1-21.1	7.66-8.74	238±27	202±23	101±31	0.86-0.98	0.92
长薄鳅	10	15.9-20.8	7.54-9.08	214±28	178±24	66±25	0.78-0.92	0.86

#### 6.3.4.2 过鱼设施选型

### (1) 过鱼设施类型

世界范围内已经设计建造了多种过鱼设施，主要类型有：鱼道、仿自然旁通道、鱼闸、升鱼机、集运鱼系统。通过对主要的过鱼设施运行特点进行分析，结合白马工程特点进行过鱼设施比选。

**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。其将过坝高度分解成多个较小的落差，形成一系列的水池，水池间设有隔板，相邻池间水流通过表层溢流或位于隔板上孔、槽或缝实现。沿程利用水垫、沿程摩阻、水流对冲和扩散来起到消能减缓流速的目的，可连续过鱼。鱼道一般适用水头在 **20.0m-25.0m** 以下的低水头水利枢纽，主要优点为：不需要人工操作，可连续过鱼，运行费用较省。主要缺点为：长度一般较长，在枢纽中较难布置，造价较高。

**仿自然鱼道：**仿自然旁通道是在岸上人工开凿的类似与自然河流的小型溪流，通过溪流底部、沿岸由石块堆积成的障碍物的摩阻起到消能减缓流速的目的，具有部分恢复功能，补偿了由于蓄水而丧失的部分流水环境。其坡度非常低，一般为 **1%-5%**，在洼地河道中坡度更低。无明显的、系统分布的落差，水流的能耗通过一系列浅滩或小型瀑布实现，过程同自然水体十分相似。主要优点为：接近天然河道情况，鱼类在渠道中休息条件良好，适应通过鱼类范围广；主要缺点为：占地面积大，没有特殊装置（闸门、水闸）就无法适应上游水位的显著变化。

**鱼闸：**鱼闸由下水槽、闸室、上水槽 3 部分组成，利用上、下两座闸门调节闸室内水位变化过鱼，鱼类在闸室中凭借水位的上升，不必溯游便可过坝。主要优点为：鱼类不需费力溯游即能过坝，不存在通过鱼道后的疲劳问题，能适应较高的水头，与相同水头的鱼道相比，造价较省，占地较少，便于在枢纽中布置。主要缺点为：过鱼不连续，仅适用过鱼量不多

的枢纽，需较多的机电设备，运行费用较高。

升鱼机：升鱼机主要由进鱼槽、竖井、出鱼槽三大部分组成，由进鱼槽口放水，将下游鱼类诱入进鱼槽，后用赶鱼栅把鱼驱入竖井，提升竖井至上游水位，出鱼槽驱鱼入上游水域。利用机械升鱼和转运设施过坝。主要优点为：能适用于高坝和库水位变幅较大的枢纽过鱼，可用于较长距离转运鱼类。主要缺点为：机械设施发生故障的可能性较大，耽误亲鱼过坝，过鱼不连续，不能大量过鱼。

集运鱼系统：集运系统分为集鱼和运鱼两部分。主要优点不受水位限制，机动性好，集鱼范围大，可将鱼运到上游适宜生境投放，对枢纽布置无干扰，造价成本较低。主要缺点为：运行管理费用较大，对于在底层活动的鱼类，集鱼比较困难，机械振动、油污会影响集鱼效果。

## （2）国内应用实例

经资料统计，2000-2017年我国规划的过鱼设施60项，其中鱼道44项，升鱼机9项，集运鱼系统7项。鱼道为主要的过鱼设施型式，已建成22座，且大部分处于试运行阶段，缺乏有效的运行监控数据资料，难以对过鱼效果进行评价。升鱼机与集运鱼系统建成的项目较少，存在相似问题。选择国内代表性或与白马航电枢纽工程相似的过鱼设施，开展深入调研，对运行效果及问题进行分析总结，为本项目研究提供参考。

### 1) 安谷鱼道

安谷水电站是大渡河干流梯级开发的最后一级，目前修建完成竖缝式鱼道和仿自然通道各1座，竖缝式鱼道全长289.0m，坡度约1.5%，鱼道宽度为2.0m，鱼道设计运行水深1.14-1.79m；每级鱼道水池长度2.5m，相邻鱼道水池水头降落约为0.038m，竖缝宽度0.30m，竖缝处最大流速约为0.86m/s。鱼道内设置隔板和导板。在竖缝式鱼道进口设置闸门，控制运行

和检修。



安谷鱼道布置图

安谷鱼道过鱼目标为胭脂鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、异鳔鳅鮿、蛇鮡。兼顾犁头鳅、四川白甲鱼、唇鮠、泉水鱼、瓦氏黄颡鱼、切尾拟鲿、鲇、大鳍鱮、黄颡鱼等。过鱼季节为 3-10 月，重点过鱼时间为 4-6 月。

利用 PIT 标记法对安谷竖缝式鱼道过鱼效率进行监测，试验共标记放流唇鮠、白甲鱼和黄颡鱼 3 种 172 尾，监测 8 天，共计 83 尾进入鱼道，鱼道进口效率（进入鱼道目标数/总标记数）为 48.25%。最终有 14 尾上行至出口观测点，顺利通过鱼道，鱼道综合通过效率（通过目标数/总标记数）为 7.56%。其它目标未能进入鱼道或仍在鱼道中停留未能抵达出口。最快通过鱼道的目标为一尾白甲鱼，经历时间约 1 小时 20 分钟，其他通过鱼道目标上行经历时间为 9 小时至 50.6 小时。

为保证试验效果，鱼道需出口闸门全开，达到运行所需水量，监测期间近半数标记目标进入鱼道，在水量充足前提下，鱼道入口诱鱼效果明显，能够吸引鱼类进入。监测期间仅少量目标抵达出口，多数停留在鱼道中，在 U 型转弯连接池室滞留不上行，通过鱼道需要花费更多时间，可能与此处流速场有关。

## 2) ZM 鱼道

ZM 位于雅鲁藏布江中游，全长约 3km，设有 2 个入口，水位变幅为 4.26m，鱼道进口设置可调节的补水诱鱼系统装置，进口流速控制在 0.8-1.3m/s。设有 4 个出口，水位变幅 5m。鱼道隔板选用竖缝式，竖缝设计流速为 1.1m/s，竖缝宽度为 0.3m，池室宽度取 2.4m，池室长度取 3m，鱼道正常运行水深设计为 1.0-2.7m，鱼道坡度为 0.02，每 10 个池室设一个休息池，休息池采用平坡，长度为 6m，底部铺以 0.2m 厚的鹅卵石或砾石块。

鱼道过鱼时间为 3-10 月，运行期间利用视频观测系统记录过鱼情况，共观测到鱼类 23424 尾次，上行 18094 尾次，下行 5330 尾次。主要过鱼时段集中在 5-6 月，7 月过鱼数量明显下。鱼道内水位变化对过鱼数量起到最直接的影响，当鱼道内运行水位高于 1 米时，过鱼数量明显增多；当鱼道内运行水位低于 0.5 米时，过鱼数量明显降低。

同期开展 PIT 标志放流试验，分别在鱼道外部及鱼道内部放流标记鱼类，观测鱼类通过情况。在鱼道外坝下水域共放流 219 尾标记鱼类，40 天内监测到 2 尾进入鱼道，结果表明坝下流场与水库下泄流量影响了鱼类洄游聚集及进入鱼道。在鱼道内放流 100 尾标记鱼类，57 尾通过出口监测点上行入库；27 尾通过入口监测点；8 尾滞留在鱼道中，其余 8 尾标记失效未监测到数据。上行目标中最短耗时 3.84 小时，最长耗时 153.65 小时，活动的频繁时段为凌晨 1 点至 5 点、16 点至 21 点。结果表明鱼道内通过性较好，约 60% 的目标可成功上行通过鱼道，30% 的目标会下行游出鱼道，10% 的目标在鱼道中滞留或需更多时间通过。其中有两处监测点水力学环境不利于鱼类通过，需进一步观察研究优化完善。

安谷鱼道水头较低约 5 米、距离较短为 289 米，在水位满足鱼道运行需求保证下泄水量时，鱼道入口有较好的诱鱼效果，内部通过效果一般，在 U 型转向处鱼类滞留不上行，此处水力学环境影响鱼类上行或需要花费

更长时间通过。ZM 鱼道水头较高约 54 米，距离较长约 3km，鱼道入口效率受坝下流场与水库下泄流量影响，通道内鱼类上行效果较好，仅在几处存在滞留下行现象。因此鱼道在满足运行流量及下游流场适合鱼类上溯情况下，鱼道具有较好的运行效果。

### 3) 彭水集运鱼系统

目前国内已建成运行的集运鱼系统共有 3 套，即乌江彭水水电站、新疆布尔津河冲乎尔水电站与马马崖一级水电站的集运鱼系统。

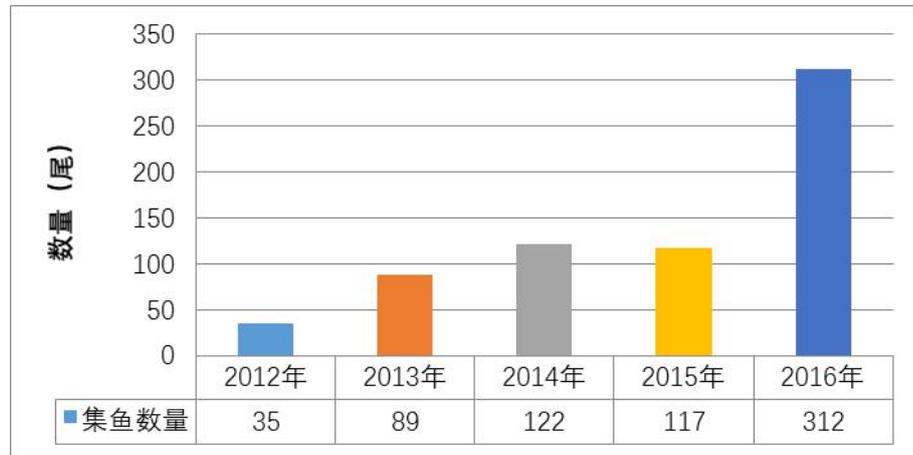
乌江彭水集运鱼系统由集鱼平台与运鱼船组成，总长 22.50m，设计水线长 22.50m，型宽 10.40m，型深 2.30m，吃水 1.6m，总长 30m，设计水线长 29m，型宽 7.8m，型深 2.5m，设计吃水 1.6m。集鱼时两船分离，运鱼船为集鱼平台提供电力。集鱼后两船编队，运鱼船绑拖顶推平台移动，工作形式较为灵活，可移动集鱼。



乌江彭水集运鱼系统

2012 年乌江彭水集鱼平台建成，在银盘坝下开展集鱼试验。2013 年共集鱼 9 种 89 尾，2014 年共集鱼 13 种 122 尾，2015 年共集鱼 11 种 117 尾，集鱼后使用运鱼车运输过坝放流。2015 年集鱼平台进行全面优化改造，同时运鱼船建成下水。试航后在乌江白马段开展联合运行试验，结束后航行抵达彭水。2016 年两船在彭水坝下及下游水域多处地点开展集鱼工作，集

鱼 18 种 312 尾，其中过鱼目标 5 种 27 尾。集鱼种类多为表层鱼类，以当地优势种为主，过鱼目标占比较少。



### 2012-2015 年彭水集运鱼系统数量

集运鱼系统基本达到设计要求，能够独立完成集鱼、上行过坝、放流等工作。对集鱼平台改造效果明显，可为集运鱼系统设计提供以下参考：

①旋浆造流效果明显。旋浆造流可直接将集鱼通道内的水推向集鱼口，设计安装简单、造流效果好、功耗低，避免了水泵及输水管道的复杂设计，节省船内空间，降低用电负荷与噪声干扰。在新型系统设计中，优化改善旋浆造流设备，可调节入水深度与转速，以期达到最佳诱鱼流速。

②机舱隔音消声处理。在机舱内安装隔音消声瓦，可有效降低机械运转产生的噪声，减少对鱼类的干扰。在新型集运鱼系统设计中，使用蓄电池进一步降低噪声干扰。

③集鱼箱改进后，使用铝合金材质与镂空设计，仅保留少量存水供鱼类需要，极大的减少了起吊重量，快速完成转运。在运鱼船上设置暂养池，并配置增氧设备，使集到的鱼能在较好环境中存活，集中放流，提高集鱼放流效率。在新型系统设计时，对集鱼箱与暂养池进一步改进，优化结构设计，增设监控与传感设备，全面记录掌握鱼类生物指标，保证其健康。

集运鱼系统运行以来，集鱼数量较少，系统功能还需进一步优化。总

结集运鱼系统运行经验，存在以下几个问题，需持续投入研究以在后续工作中解决：

①对底层鱼类诱集效果不佳。乌江彭水电站主要过鱼目标为圆筒吻鮡、长鳍吻鮡、吻鮡、长薄鳅、大眼鳊、泉水鱼、中华倒刺鲃、蛇鮡、瓦氏黄颡鱼等，多数为底栖生活鱼类，集运鱼系统吃水深度较浅，诱鱼水流只能影响表层鱼类，无法对中底层鱼类产生吸引效果。因此在新型系统设计时，重点开展深水集鱼装置研究与制造，达到小型化、模块化、自动化要求，提高对中底层鱼类诱集鱼效果。

②导鱼斜坡无法接底。集鱼地点水深较大，导鱼斜坡未能接底，鱼类无法通过斜坡引导进入集鱼平台。在新型系统设计中，优化导鱼斜坡设计，采用折叠设计延长集鱼斜坡长度，增大导鱼斜坡面积，提高导鱼斜坡效率。

③坝下无码头及配套设施。彭水坝下河床地形复杂，流速紊乱，缺乏码头及配套设施，集运鱼系统无法在急流水域停泊布置。为安全起见，集运鱼系统在引航道的缓流区集鱼，此处主要为下泄回水区，流向流态多变，鱼类上溯易迷失方向。在新型系统设计时，需配置辅助码头，满足集运鱼船的停泊、人员物资转运需求。在集鱼地点需配置系泊装置，使集运鱼船能够在较大流水环境中开展集鱼作业。

④在自然河流中，集运鱼系统诱鱼范围有限，仅能影响进鱼口 3m 范围的区域，相对于整个河流较小，形成“针眼效应”，效率不高。在新型设备设计时，需增加电栅拦鱼设备，采用拦诱结合的方式，将鱼类引导至集运鱼系统的诱鱼区域。在集鱼地点布置电栅，可封闭水面至水底区域，仅在集运鱼船进鱼口处留有开口，鱼类上溯受阻反复尝试直至集运鱼船进口，提高进鱼效率。电栅使用浮球搭载，能够适应水位较大的变幅，利用工作船或无人船牵引，能够快速架设与回收，提高工作效率。

⑤集运鱼系统操作复杂。集鱼平台自身无动力，集鱼及移动位置需连接工作船，两船位置调整需多人操作耗费时间较长。集运鱼系统停泊时需钢缆固定，而彭水电站坝下短时间内水位变幅大，需及时调整固定状态，以免船只搁浅倾覆。泄洪期集鱼区域回水波浪大，为保证安全，集运鱼系统须上行过坝规避。在新型系统设计中，考虑集运鱼一体式设计方案，船型体积更大、动力强、设备集成度高，便于在流水区域作业，减少人工操作，提高工作安全性与效率。

### (3) 过鱼设施选型

白马枢纽属于中水头电站，对过鱼设施的要求较高，升鱼机、鱼闸过鱼不连续、过鱼效果不稳定、操作复杂、建设运行费用高，且目前国内无相关案例参考，设计难度大，可行性有效性难以评估，不适合本工程采用。仿自然鱼道坡度非常低、占地面积大，而白马坝址所在河段河床狭窄，在地形地质上不具备布置仿自然鱼道的条件，因此升鱼机、鱼闸、仿自然鱼道均不适合白马过鱼设施。

不同类型过鱼设施特点统计见表 6.3.4-6，各设施制约因素一览表见表 6.3.4-7，结合过鱼对象的洄游习性、鱼体大小以及技术条件，以及白马工程特点，并参考国内外已建工程经验及技术可行性角度分析，初步选择鱼道和集运鱼系统作为过鱼设施备选方案。对两种设施开展同深度方案设计，并进行分析论证，选择合适的方案。

表 6.3.4-6

不同类型过鱼设施特点

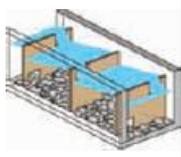
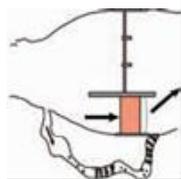
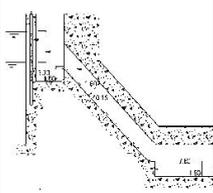
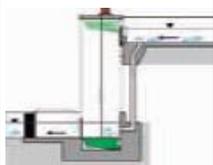
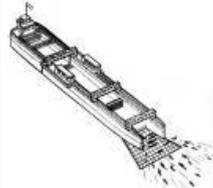
类型	示意图	原理	使用范围	优缺点	效果
鱼道		采用混凝土式通道，内部设有各式隔板、将水槽分隔成一系列互相沟通的水池。	采用型式较多，适合于中、低水头大坝，或用于大坝改造增设过鱼设施。	不适合于高坝（坝高不宜超过40m）水利水电工程。入口水位适应范围有限，运行条件高。	鱼道型式多样，不适宜上游水位变化频繁的区域。
仿自然旁通道		绕过大坝并呈模仿自然外观，呈现自然形式的鱼道。	适合于所有具有足够空间的障碍，对于现存的坝堰改善特别有用，在上游设计蓄水水位变化较大时不适用。	占地面积大，枢纽区两侧以及上游具备布置空间，在地面设置深沟，需结合技术型鱼道构造。入口水位适应范围有限，运行条件高。	可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。
鱼闸		为凹形通道，上下游两端都有可控制的闸门，通过控制闸门的开关或往通道注水来形成吸引流。	适用于中低水头，或空间、水流量有限区域。	设计和建造技术要求高，需要频繁地维护和运行，运行维护较为复杂，但对水消耗较低。	主要适用于鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用。
升鱼机		为配置有运送水槽和机械装置的升降机，通过把鱼从下游吊起送到上游。	适用于中高水头，或空间、水流量有限区域。	需要空间不大，在设计和建造上对技术要求较高，运行维护较为复杂。	对游泳能力弱的鱼类效果较好。
集运鱼系统		通过坝下集鱼设施把鱼收集后，运至库区或其它地方放流，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。	适用于高水头，或空间、水流量有限区域，如高坝，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	需要空间不大，设施布置灵活，但所需集鱼、运鱼设施要求相对较高，受诱鱼效果制约较大，集鱼范围较小。	该类型过鱼设施应用范围较广，针对鱼类生物学特征设计集鱼、运鱼系统，过鱼效果较好。

表 6.3.4-7

不同类型过鱼设施制约因素一览表

通道类型		制约因素						
		适用水头	适用过鱼目标	适用坝型	地形、地质条件	所需布置空间	上游水位变幅	运行维护难度
槽式鱼道 (丹尼尔式)		一般用于低水头大坝	流速高、耐力强的中大鱼	基本不受坝型限制	地形宽阔、地质条件较稳定	需要相对较大的布置空间	上游水位变幅可相对较大	运行和维护要求相对较低
池式鱼道	溢流堰式	一般用于中低水头大坝	大多数鱼类,尤其表层鱼和喜跳跃鱼类	基本不受坝型限制	地形宽阔、地质条件较稳定	需要相对较大的布置空间	要求上游水位变幅小	运行和维护要求相对较低
	竖缝式	一般用于中低水头大坝	除了爬行类和需堰流激起跳跃的鱼类	基本不受坝型限制	地形宽阔、地质条件较稳定	需要相对较大的布置空间	上游水位变幅可相对较大	运行和维护要求相对较低
	底(潜)孔式	一般用于中低水头大坝	中下层鱼类	基本不受坝型限制	地形宽阔、地质条件较稳定	需要相对较大的布置空间	上游水位变幅可相对较大	运行和维护要求相对较低
仿自然旁通道		低水头大坝或有溪流或河道可以利用的中高水头大坝	大多数鱼类	基本不受坝型限制	地形宽阔、地质条件较稳定	通道坡度极缓,需要足够大空间	上游水位变幅可相对较大	运行和维护要求相对较低
鱼闸		一般用于中低水头大坝	对中、底层以及小型鱼类不适用	主要用于混凝土重力坝	基本不受地形条件限制	与枢纽相结合,布置空间较小	受水位变幅的影响相对较小	运行和维护要求高,难度大
升鱼机		一般用于中高水头大坝	大多数鱼类	混凝土重力坝或土石坝	基本不受地形条件限制	与枢纽相结合,布置空间较小	受水位变幅的影响相对较小	运行和维护要求高,难度大
集运鱼系统		一般用于高水头大坝	可针对过鱼目标生物学特征设计	基本不受坝型限制	布置灵活,基本不受地形条件的限制	布置空间小,	较为灵活,不受水位变幅限制	受诱鱼效果影响大,运行和维护要求高

### 6.3.4.3 坝下流场模拟

过鱼设施设计中，需掌握坝下各种工况的流场、流态、水深等关键参数，以选择合适的集鱼地点，设计具体的过鱼方案。通过数值仿真模拟计算及物理模型验证，模拟坝下各工况流场状态。

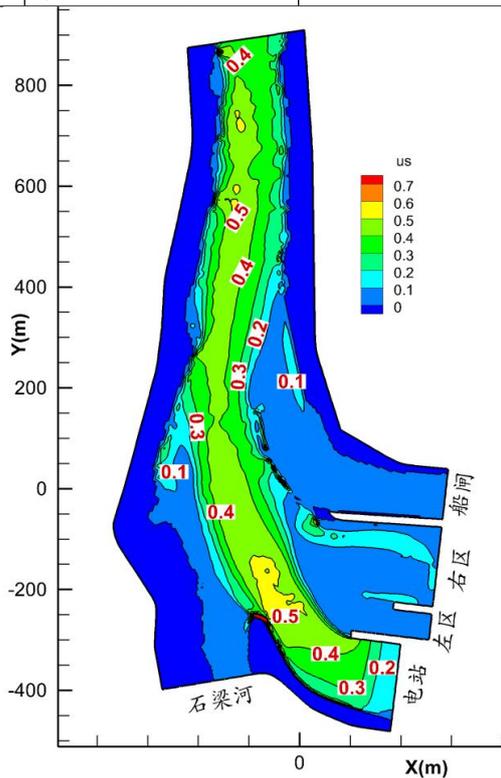
计算区域：坝下 12.5km 范围内高程 200.0m 以下河道地形、电厂、左区和右区泄洪表孔、右岸船闸、下游引航道以及隔流堤。

模拟时对溢流坝左区开启及电厂 1-3 台机组运行的各级流量下，下游河道流速进行了验证计算，验证流速采用白马航电枢纽 1:100 整体模型测试资料成果。模拟 2-9 月工况，枯水期 2-5 月，三峡库水位对白马下游水位存在一定顶托作用，白马下游水位较高；汛期 6-9 月，三峡库水位对白马下游水位无顶托作用，白马下游水位为白马下泄流量相对应的下游河道水位值。根据白马航电枢纽下游不同保证率下的水位流量情况，拟定下游水流条件计算工况，模拟计算结果见表 6.3.4-8 和图 6.3.4-1。

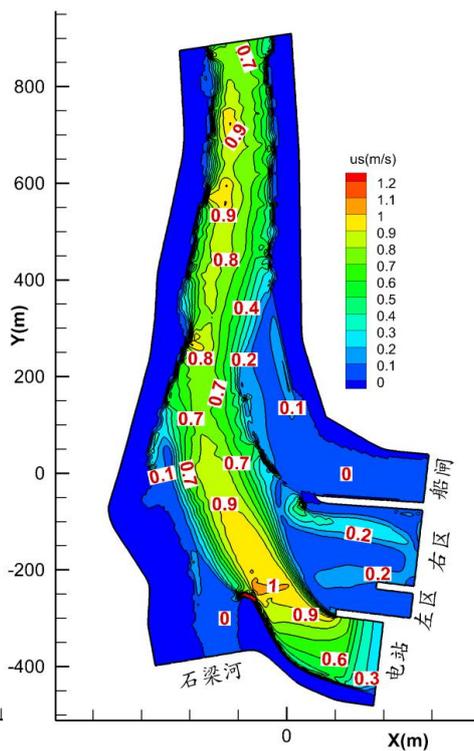
表 6.3.4-8 白马航电枢纽工程坝下流场 2-9 月各工况模拟结果

序号	工况	回流区	坝下流速	水深
1	二月（枯水期）， Q=650m <sup>3</sup> /s，下游水位 169.97m。	在泄洪坝段、石梁河出口及引航道口门处；	表层：0.1-0.3m/s 中层：0.1-0.3m/s 底层：0.1-0.3m/s	主河道 5-35m； 泄洪坝段 25-50m； 尾水段 25m；
2	三月（最高水位）， Q=1010m <sup>3</sup> /s，下游水位 173.54m。	泄洪坝段、引航道口门处；	表层：0.1-0.7m/s 中层：0.1-0.5m/s 底层：0.1-0.5m/s	主河道 15-35m； 泄洪坝段 30-55m； 尾水段 25 m；
3	三月（最高水位）， Q=670m <sup>3</sup> /s，下游水位 173.54m。	泄洪坝段、石梁河出口及引航道口门处；	表层：0.2-0.4m/s 中层：0.1-0.3m/s 底层：0.1-0.3m/s	主河道 15-35m； 泄洪坝段 25-55m； 尾水段 10 m；
4	四月（枯水期）， Q=900m <sup>3</sup> /s，下游水位 170.03m。	泄洪坝段、石梁河出口及引航道口门处；	表层：0.2-0.5m/s 中层：0.2-0.5m/s 底层：0.2-0.3m/s	主河道 5-35m； 泄洪坝段 25-50m； 尾水段 25m；
5	四月（枯水期）， Q=1705m <sup>3</sup> /s，下游水位 170.03m。	泄洪坝段、引航道口门处	表层：0.3-1.2m/s 中层：0.3-1.1m/s 底层：0.3-0.8m/s	主河道 5-35m； 泄洪坝段 25-50m； 尾水段 25m；
6	五月（枯水期）， Q=1171m <sup>3</sup> /s，下游水位为 160.53m。	泄洪坝段、引航道口门处	表层：0.4-1.2m/s 中层：0.3-1.2m/s 底层：0.3-0.8m/s	主河道 5-25m； 泄洪坝段 20-40m； 尾水段 15m；

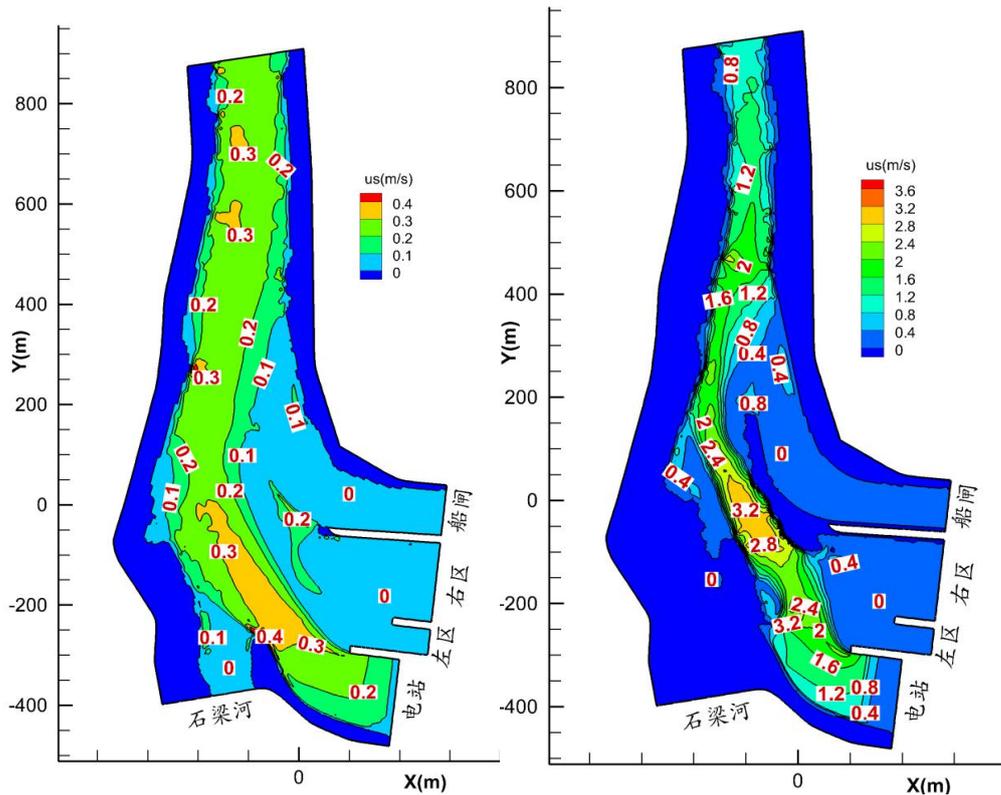
序号	工况	回流区	坝下流速	水深
7	五月（枯水期）， Q=3155m <sup>3</sup> /s，下游 水位为 160.53m。	泄洪坝段、引航道口 门处	表层：0.4-3.2m/s 中层：0.4-2.8m/s 底层：0.4-1.6m/s	主河道 5-35m； 泄洪坝段 15-40m； 尾水段 15 m；
8	六月（汛期）， Q=1136m <sup>3</sup> /s，下游 水位 154.58m。	泄洪坝段、引航道口 门处	表层：0.5-3m/s 中层：0.5-3m/s 底层：0.5-2m/s	主河道 5-20m； 泄洪坝段 10-35m； 尾水段 10 m；
9	七月（汛期）， Q=4322m <sup>3</sup> /s，下游 水位 162.43m。	泄洪坝段、引航道口 门处	表层：0.5-3m/s 中层：0.5-3m/s 底层：0.5-2m/s	主河道 5-20m； 泄洪坝段 10-35m； 尾水段 10 m；
10	八月（汛期）， Q=3009m <sup>3</sup> /s，下游 水位 159.64m。	泄洪坝段、石梁河出 口及引航道口门处	表层：1-3.5m/s 中层：1-3m/s 底层：0.5-2m/s	主河道 15-25m； 泄洪坝段 15-40m； 尾水段 10 m；
11	九月（汛期）， Q=2152m <sup>3</sup> /s，下游 水位 157.54m。	泄洪坝段、引航道口 门处	表层：1.5-3.5m/s 中层：0.5-2.5m/s 底层：0.5-2m/s	主河道 10-25m； 泄洪坝段 10-35m； 尾水段 10 m；
12	九月（最低水位）， Q=740m <sup>3</sup> /s，下游水 位 153.20m。	泄洪坝段、引航道口 门处	表层：0.4-3.2m/s 中层：0.4-2.8m/s 底层：0.4-1.6m/s	主河道 5-20m； 泄洪坝段 10-30m； 尾水段 10 m；



工况 2 表层流速等值线（最高水位）



工况 3 表层流速等值线（最高水位）



工况 8 表层流速等值线 (汛期)

工况 12 表层流速等值线 (最低水位)

图 6.3.4-1 白马航电枢纽工程坝下流场工况模拟图

白马航电枢纽运行 2-5 月为枯水期，受三峡库水位影响，下游水位有所抬升，坝下水位 160.53m-173.54m，3 月为最高运行水位 173.54m，水位变幅 17m。下游水域表、中、底层水流流场基本一致，仅回流范围略有变化，回流区主要集中在泄洪坝段、石梁河出口及引航道口门处，弯道以下水流复居河道主槽下泄。下游主河道水流的表、中、底层水流流速略有差别，水流流速沿水深的分布不均匀，水面附近流速略大，河底附近流速略小。当下泄流量  $Q < 1000\text{m}^3$  时，下游流速表层为 0.1-0.5m/s，中层流速 0.1-0.5m/s，底层流速 0.1-0.3m/s；下泄流量  $1000\text{m}^3 < Q < 2000\text{m}^3$  时，下游流速表层为 0.1-1.2m/s，中层流速 0.1-1.2m/s，底层流速 0.1-0.8m/s；当下泄流量  $Q > 3000\text{m}^3$  时，下游流速表层为 0.4-3.2m/s，中层流速 0.4-2.8m/s，底层流速 0.4-1.6m/s。坝下水位变化较大，下游水位为 160m 时，大多数工况主河道水深 5-35m，高水位时 5-35m，低水位 5-25m，泄洪坝段较深，20-55m，尾水出反坡段水

深 10-25m。

6-9 月为汛期，下游水位不受三峡库水位影响，水位变化不大，为 153.20-162.43m，九月最低水位 153.20m，汛期时最高水位 162.43m，水位变幅约 10m。汛期回流范围略有变化，回流区主要集中在泄洪坝段、石梁河出口及引航道口门处，弯道以下水流复居河道主槽下泄。因下泄流量较大，坝下流速较高，表层流速 0.4-3.2m/s，中层流速 0.4-3m/s，底层 0.4-2m/s。主河道水深 5-20m，泄洪坝段 10-40m，尾水出反坡段水深 10m。

根据工况模拟计算结果，坝下水位变化较大，枯水期水位变幅最大 17m，汛期水位变幅最大 10m。鱼道方案应设计多个入口，满足水位变幅较大的需求。集运鱼系统方案，集鱼地点应选择流态稳定平缓的区域，避开大范围回流区。集运鱼系统应具有动力，能够克服行驶至集鱼地点停泊，开展集鱼作业。此外集鱼地点应设有辅助设施，便于船体系泊固定。上下游配有专用码头，用于集运鱼系统日常维护。

#### 6.3.4.4 鱼类空间分布

利用水声学探测方法，2017 年 9 月在白马坝址及乌江至长江江段进行探测，调查区域内鱼类空间分布，分析鱼类活动聚集规律，为集鱼地点选择提供参考依据。在坝址附近 2km 范围进行走航式探测，分析坝址区域内鱼类密度情况；并对白马至涪陵江段进行探测，调查坝址下游乌江段鱼类资源分布情况。

##### (1) 坝址水域探测

探测结果见图 6.3.4-2，坝址下游 500-1200m 区域及坝址上游 300-1000m 区域有鱼类活动。坝下鱼类活动区域主要在主河道左侧及与石梁河交汇处，主河道中密度约 50-200 尾/公顷，主河道与石梁河交汇处密度约 50-130 尾/公顷。鱼类密度左岸高于右岸，左岸土壤植被覆盖较多，比右岸山石陡壁有更多饵料可吸引鱼类聚集。左岸靠近公路坡度较缓，便于码头过鱼设施

布置，坝下集鱼地点可选择在左岸。坝上区域鱼类密度 50-280 尾/公顷，主要集中在河道中部与右岸，右岸坡度较缓且建有道路码头，坝上集鱼位置可选择在右岸。

对探测目标深度进行统计，见图 6.3.4-3，探测范围内鱼类主要集中在 5-20m 水层，其中 5-10m 占 29%，10-15m 占 26%，15-20m 占 21%。5m 以上目标占 17%，大于 20m 目标较少为 7%。集鱼时需重点考虑对 5m 以下目标的诱集方法，提高集鱼效率。

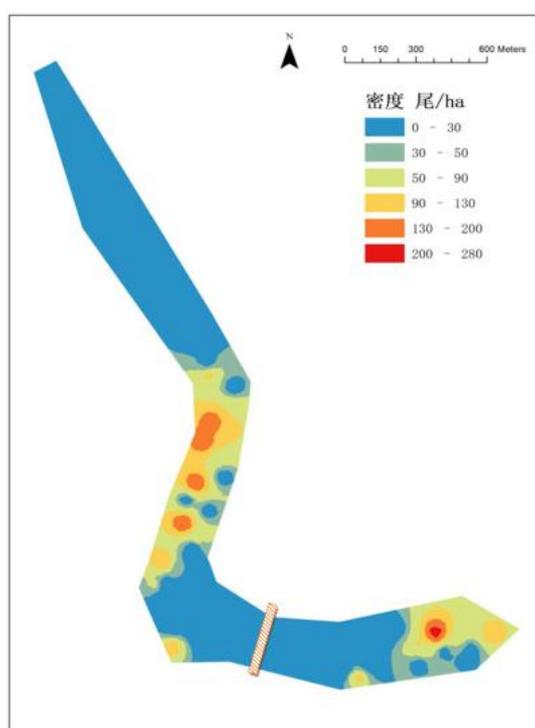


图 6.3.4-2 白马航电枢纽工程坝址区域鱼类密度分布

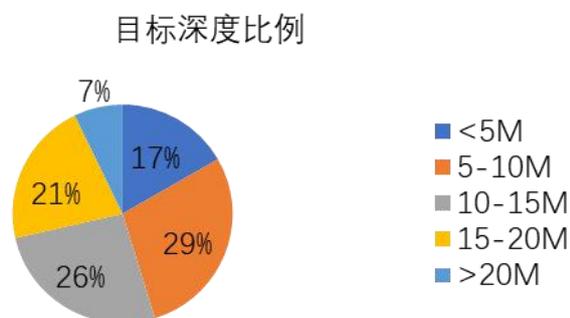


图 6.3.4-3 白马航电枢纽工程坝址区域鱼类目标深度分布

## (2) 白马至涪陵江段探测

乌江下游鱼类密度分布见图 6.3.4-4。鱼类聚集区域主要有 3 处。

①乌江与长江交汇处鱼类密度最大，大于 1000 尾/公顷，沿上游方向密度逐渐降低，至上游 9.8km 河段密度约 200-500 尾/公顷，此段水域流速 0.2-1.2m/s。10km 以上密度小于 100 尾/公顷。

②乌江与大溪河交汇处至上游 3.7km 水域，鱼类密度约 20-200 尾/公顷，此段水域流速 0.5-1.8m/s。

③白马坝址区域 2km 水域内，鱼类密度约 20-300 尾/公顷，此段水域流速 0.5-0.9m/s。

乌江白马至长江段鱼类密度分布不均匀，除上述 3 处鱼类聚集区域外，其他地方水域鱼类活动较少。建坝后水文情势改变，鱼类活动会逐渐向上游坝址处聚集。

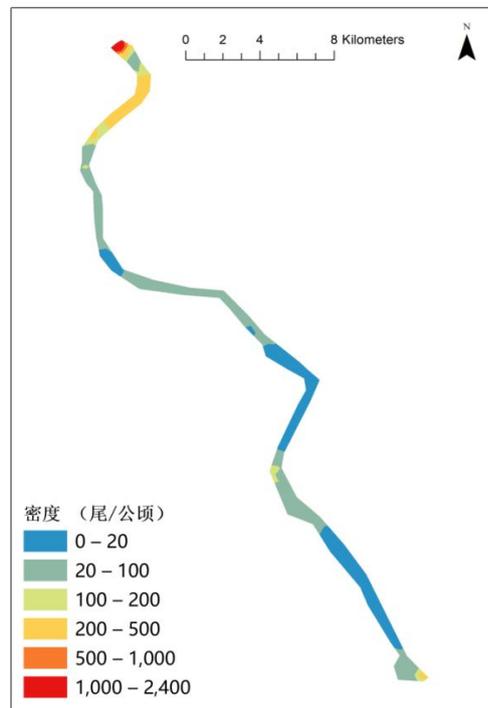


图 6.3.4-4 白马至涪陵江段鱼类密度分布

对探测目标深度进行统计，见图 6.3.4-5，约 50%的目标分布在 15-25m

水层，其中 15-20m 水层占 24%，20-25m 水层占 26%。表层鱼类活动较少，5m 以上水层只有 3%，5-10m 6%，其余水层目标分布近似，约 11-16%。

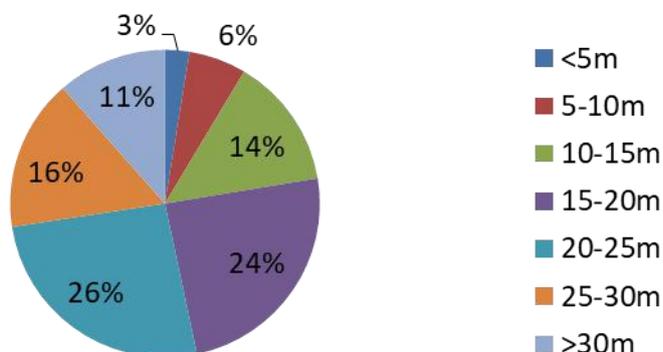


图 6.3.4-5 白马至涪陵江段鱼类目标深度分布

#### 6.3.4.5 集鱼地点

鱼类在坝下分布和聚集一般符合基本规律：鱼类具有趋流习性，会沿水流溯游至其克流能力上限位置（流速屏障）；鱼类无法克服水流时，在主流旁的缓流区域休息恢复体力；鱼类可能聚集在经常性泄水建筑物下方；鱼类可能聚集在能够上溯的最上沿（最下游障碍物）。

结合流场模拟与鱼类空间分布探测分析，左岸尾水区域推测为鱼类聚集区，适合开展集鱼工作，鱼类聚集区示意图见图 6.3.4-6，原因如下：

①尾水出水口附近是经常性泄流水域，鱼类可能沿水流溯游至此，尾水口附近尤其是岸边存在一定的缓流水域，鱼类可以在此停留，且大坝形成了物理屏障，鱼类洄游至屏障处，易在此处聚集。

②尾水段水流流向稳定，水域表、中、底层水流流场基本一致，无回水影响，适合鱼类上溯洄游。

③经声学探测，坝下鱼类活动左岸多于右岸，且泄洪坝段、船闸其他坝体屏障形成回水区，不利于鱼类直接通过以及鱼类寻找过鱼设施入口，不适合布置过鱼设施。

④左岸尾水区域地形坡度较缓，临近公路，利于过鱼设施建设布置。

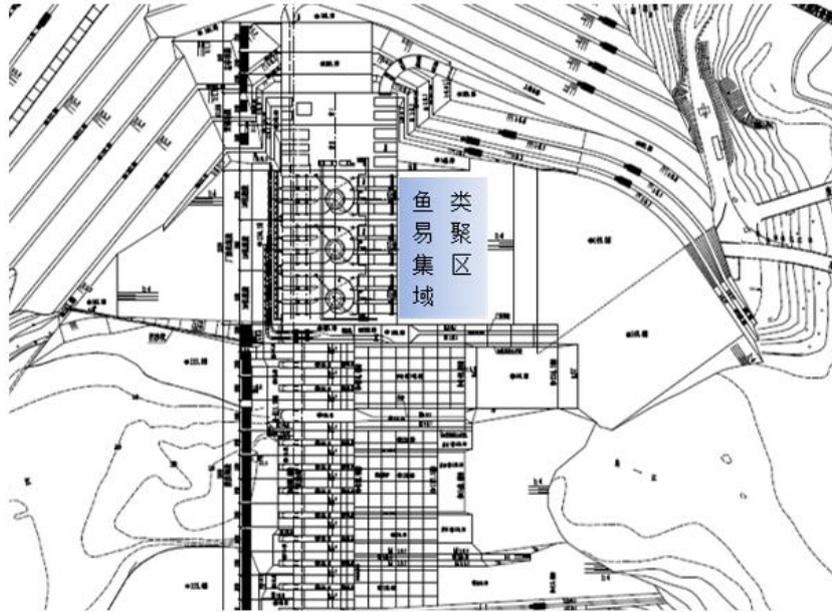


图 6.3.4-6 白马航电枢纽工程鱼类聚集区域

#### 6.3.4.6 鱼道初步设计

考虑白马枢纽的工程特点，根据鱼道的设计水头以及过坝鱼类生态特性以及运行管理等条件，并参考国内外已建鱼道型式，推荐采用横隔板式鱼道作为枢纽的过鱼设施，鱼道平面布置见附图 29。

##### (1) 鱼道主要结构尺寸

##### ① 鱼道过鱼池宽度及长度

考虑到所过鱼类的种类和习性，参考国内外已建鱼道的经验，鱼道净宽  $B$  取  $2.5\text{m}$ ；鱼道池室长度取  $3.0\text{m}$ ；隔板采用单侧导竖式，竖缝宽度为  $0.5\text{m}$ ；池室水深取  $1.5\text{m}-5.5\text{m}$ 。鱼道适宜流速  $0.6-0.8\text{m/s}$ ，竖缝流速小于鱼类的极限速度  $1.1-1.2\text{m/s}$ 。

##### ② 鱼道隔板块数

鱼道隔板数量经计算在  $361-499$  范围内，根据地形条件以及相邻建筑物布置，兼顾上、下游水位的变动，最终确定鱼道隔板数量为  $496$ 。

##### ③ 鱼道有效全长

鱼道每隔 10 个鱼池口设一个休息池，休息池为平底，鱼道过鱼池 450 级，休息池 44 级，鱼道有效全长约为 1756m（不含进、出口段）。

## （2）鱼道布置

### ①鱼道进口平面位置选择

鱼道的进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；鱼道进口附近水流不应有漩涡、水跃和大环流；鱼道进口下泄水流流速应大于 0.2m/s，进口下泄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；进口应能适应过鱼季节运行水位的变化。

根据河势和通航水流条件的要求，船闸布置在右岸，发电厂房布置在左岸。为避免通航造成的油污、噪声对过鱼的影响，鱼道应远离船闸，布置在另一岸。白马过鱼建筑物工作时枢纽最大下泄流量为三台机组满发流量 2841.6m<sup>3</sup>/s，当上游来水小于发电流量，溢流坝处于关闭状态，右岸基本为静水区。由于鱼道的进口需布置在经常有水流下泄的地方，因此将鱼道布置在电站的左侧，鱼道进口设置在电站尾水的下游。

### ②鱼道出口平面位置选择

鱼道出口应近岸布置，并远离泄水流道、发电厂房的进水口；出口一定范围内不应有妨碍鱼类继续上溯的不利环境，如水质严重污染区、码头和船闸上游引航道出口等；出口宜布置在水深较大和流速较小的地点，确保出口设在过鱼季节最低运行水位线以下；出口高程应能适应水库水位涨落的变化；出口外水流应平顺，流向明确，流速不宜大于 0.5m/s。

鱼道出口布置在引水渠上游的左侧岸坡上，上游鱼道沿 176.00m 马道布置，低水位出鱼口建基面高程 178.50m，高水位出鱼口建基面高程 180.50m。从低水位出水口至高水位出鱼口采用渡槽形式，长度约 106m。

### (3) 鱼道主要建筑物

鱼道主要建筑物有鱼道进口、过鱼池和鱼道出口等。

#### ① 鱼道进口

为适应下游水位 19.12 m 变幅的要求，将下游水位分为六级，在下游设置六个进鱼口（图 6.3.4-7），其中 1#进鱼口距坝轴线约 96.00m，运行水位为 153.20m-156.39m，进口底板顶高程为 151.70m，侧墙顶部高程为 160.00m；2#进鱼口距坝轴线约 146.0m，运行水位为 156.39m-159.58m，进口底板顶高程为 154.89m，侧墙顶部高程为 163.00m；3#进鱼口距坝轴线约 186.0m，运行水位为 159.58m-162.77m，进口底板顶高程为 158.08m，侧墙顶部高程为 168.00m；4#进鱼口距坝轴线约 226.0m，运行水位为 162.77m-165.96m，进口底板顶高程为 161.27m，侧墙顶部高程为 169.00m；5#进鱼口距坝轴线约 265.0m，运行水位为 165.96m-169.15m，进口底板顶高程为 164.46m，侧墙顶部高程为 172.00m；6#进鱼口距坝轴线约 301.0m，运行水位为 169.15m-172.32m，进口底板顶高程为 167.65m，侧墙顶部高程为 172.50m。



图 6.3.4-7 白马航电枢纽工程鱼道进鱼口设计图

## ②过鱼池

单个过鱼池净宽 2.5m，长 3.0m，底坡 1:47，每间隔 10 个过鱼池设置一个长 6.0m 的平底休息池。过鱼池及休息池隔板采用单侧导竖式，隔板厚 40cm，竖缝宽度为 50cm。

过鱼池采用整体式 U 型结构，两侧边墙之间以撑梁连接。根据不同水位组合，过鱼池内的设计流速为 0.6m/s-0.8m/s，设计最小水深为 1.5m。

## ③出鱼口

鱼道上游出口距坝轴线约 215.0m，底板高程为 178.50m，侧墙顶高程为 185.0m；出口设有一道检修闸门，一道节制闸门。高水位出鱼口距坝轴线约 288.0m，底板高程为 180.50m，侧墙顶高程为 185.0m；设置一道检修闸门

## ④集鱼渠

集鱼补水渠由集鱼渠和补水渠构成，平行坝轴线布置，通过牛腿布置在电站尾水平台上，集鱼渠为 U 形结构，净宽 2.5m，补水渠为箱形结构，净宽 1.5m，渠低高程 150.20，顶高程 157.00，渠道长度 149m。补水渠与集鱼渠布置有补水孔，集鱼渠下游侧墙上布置有竖缝式进鱼口。

### (4) 诱鱼补水系统

#### ①补水系统

根据国内外已建过鱼建筑物的经验，为了便于鱼类寻找进鱼口，从水库引水至各进鱼口，以增加射流诱鱼效果。

辅助补水系统通过一根管径 $\phi 1.0\text{m}$ 的钢管从坝上游引水，经过支管引至各进鱼口附近，再通过 5 根管径 $\phi 0.3\text{m}$ 的钢管补水至鱼道进口；另一支管引水至补水渠，通过补水渠与集鱼渠之间直径 0.5m 的补水孔补水至集鱼渠。补充水流量采用自动控制，以调节进鱼口的流速达到 0.6m/s-0.8m/s，经过水力学计算，补水管最大补水流量  $3.18\text{m}^3/\text{s}$ 。

## ②喷洒水管

鱼道进口设置水管网，水管网由主管和支管组成，布置在进口闸顶上，水管网洒水面积约 25m<sup>2</sup>。

### (5) 观测室及其它设施

鱼道穿越左侧非溢流坝部位设观测室一座，观测室内布置有观察窗、过鱼计数器等设备。观测窗布置在观测室靠鱼道侧，窗口与鱼道侧槽壁齐平，底部与鱼道过鱼池底高程相同，顶部高程与鱼道水面齐平。在观测室内设置鱼类通过鱼道的计数设备，以便掌握鱼道的过鱼规律。

### (6) 鱼道物理模型实验

为论证鱼道方案设计，对白马鱼道方案进行物理模型实验，根据白马航电枢纽工程实际布置，按照 1:40 比例，制作大坝及鱼道物理模型，进行坝下及鱼道进口处流场物理模型实验。选取电站（包括电站上下游局部地形）3 台机组进行模拟、鱼道进口及部分池室、鱼道集鱼系统段作为研究对象，模型模拟宽度范围包括电厂上游水库约 100m、3 台机组、机组下游长度约 400m，宽度模拟整个电厂范围，约 200m 范围（图 6.3.4-8）。以鱼道进口集鱼系统整体布置为基础，鱼道运行水力条件为控制条件，进行不同机组运行、不同下游水位条件下的鱼道集鱼系统及进口的整体模型试验，试验论证集鱼系统电站尾水下游及鱼道进口部位流态、流速分布。

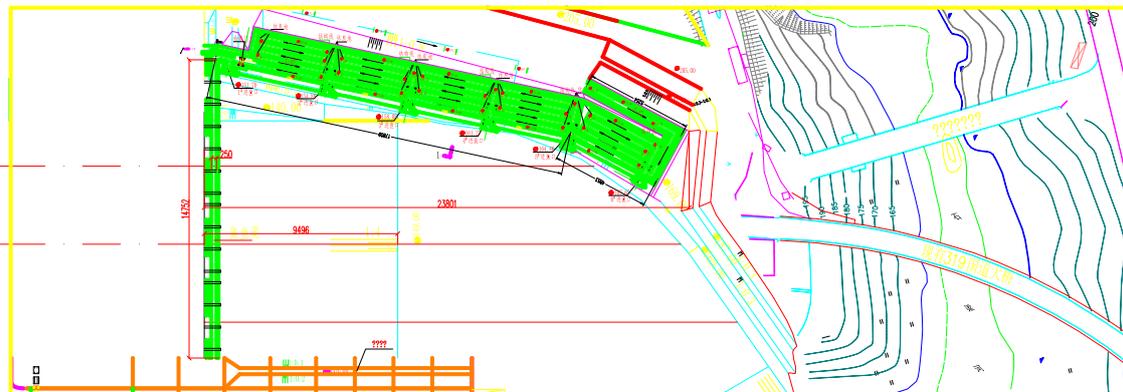


图 6.3.4-8 鱼道物理模型实验研究模拟范围

确定工况为单独开 1#、2#和 3#机，选取个 4 流量和下游水位，组合成

12 个工况。开两台机时，1#2#，1#3#，2#3#组合条件下，分别与 4 个流量与下游水位进行组合，形成 12 个工况。通过物理模型实验，根据不同工况电站尾水表、中、底层流速分布，分析不同机组运行方案对进鱼口附近水域急流态流速影响。各工况下流场分布模拟结果见表 6.3.4-9。

表 6.3.4-9 白马航电枢纽工程各工况流场分布模拟实验结果

工况	运行方式	流量(m <sup>3</sup> /s)	下游水位(m)	鱼道进口	表层流速(m/s)	中层流速(m/s)	底层流速(m/s)	备注
工况 1	1#	650	169.97	6#	0.65	0.8	0.6	
工况 2	1#	670	173.54	-	0.75	0.8	0.7	淹没入口
工况 3	1#	740	153.2	1#	0.1			
工况 4	1#	900	170.03	6#	1	0	0.8	
工况 5	2#	650	169.97	6#	0.3	0.2	0.2	
工况 6	2#	670	173.54	-	0.3	0.2	0.2	淹没入口
工况 7	2#	740	153.2	1#				
工况 8	2#	900	170.03	6#	0.3	0.2	0.2	
工况 9	3#	650	169.97	6#	0.5	0.3	0.5	
工况 10	3#	670	173.54	-	0.5	0.3	0.4	淹没入口
工况 11	3#	740	153.2	1#	0.1			
工况 12	3#	900	170.03	6#	0.2	0.5	0.5	
工况 13	1#2#	1010	173.54	-	0.5	0.6	0.5	
工况 14	1#2#	1136	154.58	1#	0.1			
工况 15	1#2#	1171	160.53	3#	0.7		0.8	
工况 16	1#2#	1705	170.03	6#	0.9	0.6	0.8	
工况 17	1#3#	1010	173.54	-	0.15	0.1	0.1	淹没入口
工况 18	1#3#	1136	154.58	1#				
工况 19	1#3#	1171	160.53	3#	0.5		0.3	
工况 20	1#3#	1705	170.03	6#	0.2	0.2	0.4	
工况 21	2#3#	1010	173.54	-	0.15	0.15	0.2	淹没入口
工况 22	2#3#	1136	154.58	1#	0.1			
工况 23	2#3#	1171	160.53	3#	0.2			
工况 24	2#3#	1705	170.03	6#	0.2	0.2	0.2	

单开 1#机组时，1#、2#进鱼口流场条件基本满足诱鱼要求，3-6#进鱼口流速较高。单开 2#机组时，1-3#进鱼口为回流，4-6#进鱼口流速基本具

备诱鱼条件。单开 3#机组时，进鱼口均为回流区域，不利于鱼类寻找入口。

当 1#、2#机组运行时，1#、2#进鱼口处流水较缓，而 3-6#进鱼口流速基本在 0.5m/s 以上。当 1#、3#机组运行时，1#、2#进鱼口为回流，不利于鱼类寻找入口。3#-6#进鱼口为顺流，流速 0.5m/s 以下，利于鱼类寻找入口。当 2#、3#机组运行时，1#和 2#进鱼口基本上为回流，不利于鱼类寻找入口，3#-6#进鱼口基本具备诱鱼条件。

尾水基本未形成流速屏障，鱼类沿边壁上溯时，受鱼道入口长泄水流影响，利于鱼类寻找入口，进入鱼道。

当不同机组运行时，形成的回水不利于鱼类寻找入口。因此当下游水位低于 162.77m 鱼道适时开启 1#至 3#入口，且单开一台机组时，建议开启 1#机组，流场利于鱼类寻找进鱼口。当水位高于 162.77m，鱼道适时开启 4#至 6#入口，且单开 1 台机组时，建议开启 2#机组，流场利于鱼类寻找进鱼口。3#机组运行时，进鱼口处均为回流，不利于鱼类寻找入口，过鱼期间尽量减少开启机会。

当下游水位高于 159.58m，鱼道适时开启 3#至 6#入口，且需开两台机组时，建议开启 1#、3#，或 2#、3#机组，流场利于鱼类寻找入口。当鱼道低于 159.58m，鱼道适时开启 1#至 2#入口，且需开启两台机组时，建议开启 1#、2#机组，入口处无回流，流速较缓，鱼类抵达后可寻找入口。

部分工况水位 172.50m 时，鱼道最高入口或部分池室被淹没，只要保持下泄水流，鱼类仍可能进入鱼道上溯，只是效率降低。因此当下游高水位时，可适时保持下泄水流，持续过鱼。

综上所述，鱼道方案设计较为合理，6 个入口能满足不同水位要求，鱼道运行参数见表 6.3.4-10 和图 6.3.4-9。根据工况调节机组运行方案，使坝下及入口处流速适宜鱼类上溯，进入鱼道。

表 6.3.4-10 白马航电枢纽鱼道运行参数

鱼道入口	孔口高度	运行最低水位	运行最高水位	侧墙顶部高程	底层高程	最小运行水深	最大运行水深	水位差
1#	8.30	153.20	156.39	160.00	151.70	1.50	4.69	3.19
2#	8.11	156.39	159.58	163.00	154.89	1.50	4.69	3.19
3#	7.92	159.58	162.77	166.00	158.08	1.50	4.69	3.19
4#	7.73	162.77	165.96	169.00	161.27	1.50	4.69	3.19
5#	7.54	165.96	169.15	172.00	164.46	1.50	4.69	3.19
6#	4.85	169.15	172.32	172.50	167.65	1.50	4.67	3.17

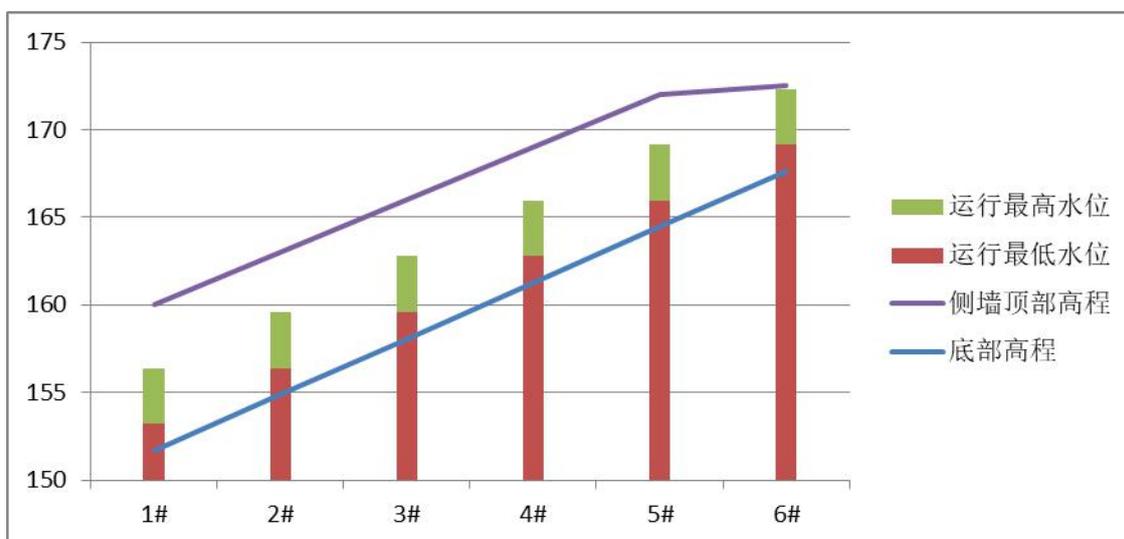


图 6.3.4-9 白马航电枢纽鱼道运行参数

### (7) 过鱼效果论证

根据 3-9 月坝下不同水位开启对应进鱼口闸门，模拟鱼道运行情况。3 月模拟工况水位为 173.54m，坝下水位高于鱼道最高运行水位，入口段淹没于水下，在有持续下泄水流前提下，鱼类仍可能进入鱼道，鱼类进入效率降低，但仍可运行。4 月模拟工况水位 170.03m，开启 6 号入口，进鱼口处水深 2.38m。5 月模拟工况水位 160.53m，开启 3 号入口，进鱼口处水深 2.45m。6 月模拟工况水位 154.58m，开启 1 号入口，此时进鱼口处水深 2.88m。7 月模拟工况 162.43m，开启 3 号入口，进鱼口处水深 4.35m。8 月模拟工况 159.64m，开启 3 号入口，进鱼口处水深 1.56m。9 月模拟工况 157.54m，开启 2 号入口，进鱼口水深 2.65m。9 月模拟工况 153.20m，开启 1 号入口，

进鱼口处水深 1.5m。

根据模拟结果，除 3 月坝下高水位超过了鱼道运行最高运行水位状况外，其余时段水位都在鱼道可运行范围内。特别是 4-7 月鱼类主要的繁殖时段，水位变幅达 15m，通过调节开启不同入口，鱼道能够正常运行持续过鱼。模拟工况运行情况见表 6.3.4-11，过鱼设施运行水位见图 6.3.4-10。

表 6.3.4-11 白马航电枢纽 3-9 月模拟工况运行情况 单位(m)

时间	模拟工况水位	模拟工况运行入口	运行最低水位	运行最高水位	顶部高程	底层高程	运行水深
3 月	173.54	-	169.15	172.32	172.50	167.65	5.89
4 月	170.03	6#	169.15	172.32	172.50	167.65	2.38
5 月	160.53	3#	159.58	162.77	166.00	158.08	2.45
6 月	154.58	1#	152.30	156.39	160.00	151.70	2.88
7 月	162.43	3#	159.58	162.77	166.00	158.08	4.35
8 月	159.64	3#	159.58	162.77	166.00	158.08	1.56
9 月	157.54	2#	156.39	159.58	163.00	154.89	2.65
9 月	153.20	1#	152.30	156.39	160.00	151.70	1.50

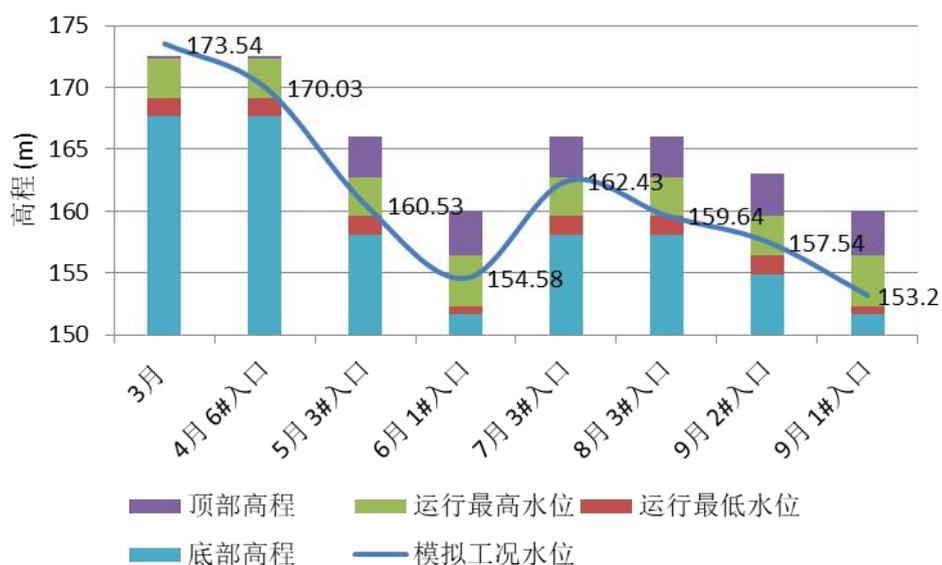


图 6.3.4-10 白马航电枢纽 3-9 月运行水位

#### (8) 鱼道运行方案

①鱼道运行时间为每年的 3-9 月。上游运行水位为 180.0m-184.0m，下

游运行水位为 153.2m-172.32m。

②当下游水位处于 156.39m 以下时，2#、3#、4#、5#、6#进鱼口节制闸门开启、挡水检修闸门关闭，水流从 1#进鱼口出流；当下游水位处于 156.39m-159.58m 时，2#进鱼口节制闸门关闭，挡水检修闸门开启，3#、4#、5#、6#进鱼口节制闸门开启、挡水检修闸门关闭，水流从 2#进鱼口出流；以此类推。

上游低水位出鱼口运行水位 180.00m-182.00m，高水位出鱼口运行水位 182.00m-184.00m，当上游水位高于 184.0m 时，应关闭防洪挡水事故门，鱼道停止运行。

③须配备专业管理人员并制定相应的规章制度，做好鱼道的管理维护工作及常年观察、记录工作。④建立鱼类及时救护机制。对通道内受伤鱼类及时进行捕捞、暂养或放归。

⑤鱼道最大设计水头达 30.8m，过鱼池最深处超过 13.0m，操作时应注意安全，防止人员跌入过鱼池内。

#### 6.3.4.7 集运鱼系统方案设计

集运鱼系统应能在长江、乌江通航，能够在白马工程上下游水域开展集鱼、运鱼放流的需求，通过船闸可上行至上游两个梯级电站水域进行集运鱼工作。

##### (1) 集运鱼系统设计

根据乌江白马航电枢纽工程建设现状与工程实际，本项目过坝方案拟采用集运鱼船分体式或集运鱼一体船的方式运行。

##### 1) 分体式设计

分体式设计由自移动集鱼平台（带起吊装置）+运鱼船（不带起吊装置）+码头（不带起吊装置）组成。

工作流程：由运鱼船将集鱼平台拖带至坝下后，集鱼平台移动至适宜

集鱼的地点，再通过自身锚泊定位开始集鱼；坝址下游鱼类进入集鱼平台内集鱼通道后，采用预埋式逐级电脉冲或逐级气泡墙赶/拦鱼系统将进入集鱼通道内的鱼类驱赶收集到集鱼网箱内；当集鱼至适当数量后，运鱼船靠泊到集鱼平台旁边，由集鱼平台上的伸缩吊将装满鱼的网箱提起并转移到运鱼船的运鱼箱内，然后集鱼平台移动位置，开始新一轮的集鱼；运鱼船将运鱼箱运至库区适当地点放流。

集鱼船方案设计：坝下集鱼平台考虑轻便灵活，满足集鱼功能要求，航行区域为重庆乌江白马航电枢纽工程坝下流域。本船与运鱼船配合，设有拦鱼、诱鱼、集鱼等相关设施，主要用于乌江白马航电枢纽工程过鱼作业。集鱼平台主要担负白马航电枢纽及下游河段范围内的拦鱼、诱鱼、集鱼工作。在集鱼完成以后，由运鱼船将鱼转运至目的地释放。

运鱼船方案设计：坝下运鱼船要满足运鱼及拖带集鱼船等多功能要求，航行区域为重庆乌江白马航电枢纽工程坝下流域。本船与集鱼平台配合，具备顶推集鱼平台，集鱼平台绞锚、定位及供电，暂养鱼类、释放所集鱼类的功能，并提供满足工作人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。本船将鱼运输至码头后，由运鱼车将鱼转运至上游目的地释放。

## 2) 一体式设计

一体式设计由集运鱼一体船（不带起吊装置）+码头（起吊装置）组成。

工作流程：集运鱼一体船航行至坝下适宜集鱼的地点后，坝址下游鱼类在集运鱼一体船诱鱼水流等引导下，进入集运鱼一体船内集鱼通道；采用预埋式逐级电脉冲或逐级气泡墙赶/拦鱼系统将进入集鱼通道内的鱼类驱赶收集到集鱼网箱内；当集鱼至适当数量后，集运鱼一体船起锚将集鱼箱运至库区适当地点放流。

集运鱼一体船设计：主要用于重庆乌江白马航电枢纽工程过鱼作业。航行区域为重庆乌江白马航电枢纽工程坝下流域。本船将担负白马航电枢

纽及下游河段范围内的拦鱼、诱鱼、集鱼工作，在集鱼完成以后，能暂养鱼类并将鱼转运至目的地释放；同时提供满足工作人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。本船将鱼运输至码头后，由运鱼车将鱼转运至上游目的地释放。

## (2) 方案对比

分析对比两种过鱼设计的优缺点，见表 6.3.4-12，结合乌江白马航电枢纽工程建设现状与工程实际，本项目建议采用集运鱼一体船+码头（带起吊装置）方案。

其具有船体集成度高，安全系数高，机动灵活，噪音可控，便于长期连续集鱼作业等特点。与乌江彭水集运鱼系统方案相比，该方案自带动力，适航性更高，更能适应流水环境作业，安全性可靠性更高。但一体式方案，船体设备集成度高，设备布局空间小，无法安装吊机，转运集鱼箱需依靠码头吊机或辅助车辆完成。

表 6.3.4-12 白马航电枢纽集运鱼系统方案比选

方案	优点	缺点
分体式设计、集鱼船、运鱼船组合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 集鱼平台及运鱼船均为成熟船型，安全系数高，建造及维修难度低；</li> <li>2. 集鱼平台自带吊机，由于集鱼平台锚泊较为稳固，在静止状态下操作吊机安全系数更高；</li> <li>3. 集鱼平台体积小，选址灵活，对地形要求低；多功能运鱼船机动灵活，除运鱼至上下游码头外，还可拖带集鱼平台，辅助集鱼平台起锚，为集鱼平台供电补给。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 集鱼、运鱼分开作业，操作过程复杂，工作效率低；</li> <li>2. 集鱼船甲板机械锚绞、吊机使用时需采用岸电或他船供电，故供集鱼船的岸电电流较大，岸电电缆较重。</li> </ol>
一体式设计、集运鱼一体船	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 集运鱼一体船为自航船，机动性强，操作管理方便，供电安全可靠；</li> <li>2. 船上配套设施齐全；</li> <li>3. 配备更少的船员及工作人员，方便管理。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由于集中了集鱼船和运鱼船的功能，船体尺寸较大。航行转弯需要的空间更大，对地形的要求较高，在选择集鱼位置时的局限性较大。</li> <li>2. 转运及放流时无法集鱼，工作时间减少，因船型布置限制无暂养设备，难以长期暂养鱼类，需及时转移。</li> <li>3. 各种设备整合在一条船上，对设备的安装、维护保养要求更高，故障率高，后期维护成本大。</li> </ol>

### (3) 运行方案

#### 1) 运行时段

集运鱼系统工作时段为 3-9 月，1-2 月进行准备工作，完成工作计划及设备调试，工作时间安排见表 6.3.4-13。3 月开展各项监测工作，记录水温、流速、鱼类聚集等数据，布置电栅拦鱼设备，调整集运鱼系统最佳工作区域后开始集鱼。4-8 月为鱼类主要洄游及繁殖期，集运鱼系统全时段工作，每月工作 20-25 天。在坝下集鱼后适时在下游河段选择合适位置集鱼。根据集鱼种类，适时上行过坝在适宜水域或上游保护区内放流。洪水期根据水情，选择合适地点规避，保障人员设备安全。9 月鱼洄游繁殖活动接近尾声，根据探测结果选择合适地点集鱼。10-12 月集运鱼系统对设备进行检查保养，更换磨损零件。同时开展工作总结，整理工作记录及监测数据，分析集鱼效果及各种工作问题，并积极改进。

表 6.3.4-13 白马航电枢纽集运鱼系统工作时间安排

时段	时间	工作地点	工作内容
准备工作	1 月-2 月	码头	制定工作计划，完成设备调试。
集运鱼时段	3 月	坝下水域	前期探测，布置相关设备，完成后开始集鱼。
集运鱼时段	4 月-9 月	坝上坝下及水域	集运鱼系统全时段集鱼，集鱼后根据情况放流。
检修保养	10 月-12 月	码头	设备维修保养，
工作总结	11-12 月		数据整理分析，工作总结，完善改进。

#### 2) 工作过程

集运鱼系统工作过程为：定位→集鱼→转运→过坝→运输→放流六步骤。

##### ①集鱼平台定位

根据对坝下鱼类资源、鱼群时空分布特征、洄游路线的调查结果，结合对坝下流场、地形、河道及航道特点分析，选定最佳集鱼地点。在选定

合适的集鱼地点后，使用运鱼船将集鱼平台转移至工作地点，集鱼平台抛锚固定，准备集鱼工作。集鱼平台上设有声纳探测设备，可根据鱼群密度探测结果及时调整集鱼地点。

### ②鱼类诱集

集运鱼系统在拟定的集鱼区域抛锚后，开启诱鱼及集鱼设施。集运鱼系统主要诱鱼方式设计为水流集诱鱼，装载于集运鱼系统的水流加速器为进鱼口提供强化水流，以达到诱鱼要求。

除水流诱鱼外，同时使用浮筒式电栅拦鱼装置，牵引布置在集鱼地点呈V字型封锁鱼类上溯路线，使鱼仅能从集运鱼系统入口通过，提高进鱼效率。集运鱼系统入口区域、运鱼箱内部等关键区域设置视频监视系统，监视鱼类的响应行为，以便对各种诱集设施进行调整，达到最佳诱集效果。

### ③鱼类收集暂养

集鱼平台过鱼通道前端设置了防逃门和电赶鱼装置，当集鱼平台过鱼通道内的鱼达到一定数量之后，放下防逃门，启动赶鱼装置，将集鱼通道内的鱼赶到集鱼箱内，待鱼类全部被驱赶进入集鱼箱后，将集鱼箱前端的闸门关闭，集鱼箱内的鱼放入暂养箱后，适时转运放流。

### ④鱼类过坝

当收集的鱼类放入运鱼船的暂养箱后，开启暂养箱内的供氧、水流置换等维生系统，保证暂养箱内鱼类的存活。运鱼船暂养箱内的鱼类达到一定数量时，将运鱼船通过通航系统过坝，选择适宜生境水域放流。

### ⑤鱼类运输

在鱼类运输过坝过程中，必须开启暂养箱内的维生系统，保持舱内水体与江水之间的交换率，保持供氧，保证舱内水质指标符合鱼类生存需求。运鱼过程中，要通过控制暂养箱进出水闸门的启闭以及水体交换率调节暂

养箱内的压力和水温，以降低运鱼船通过船闸时水温和压力的变化对鱼类的影响。

#### ⑥ 鱼类放流

运鱼船过坝后，选择合适的放流地点，开启运鱼船暂养箱的鱼类放流门，将收集的鱼类放流回乌江，完成集运鱼系统对鱼类收集、过坝和放流的整个过程。针对集鱼目标需求在对应上游保护区及支流水域放流。同时根据鱼类的生活习性、当地水文、水质特点以及周边环境特点确定放流时段。放流后，集运鱼系统返回集鱼平台的集鱼地点。

### 6.3.4.8 过鱼设施方案比选

根据鱼道方案及集运鱼系统设计方案，对两种方案进行详细对比，多方面综合比选确定最适合的过鱼设施。

#### (1) 可行性分析

白马航电枢纽为中水头电站，上游水位变幅较小，下游水位变幅较大，最大水头 30.8m，最小水头 7.68m，地质构造环境等因素都满足修建鱼道的条件，不存在重大技术难题，技术风险较小。坝下水位变幅较大，6 个入口基本能够适应水位变幅，经模拟计算大部分时段可满足运行条件。且鱼道长时间运行，具有较好的诱鱼过鱼效果，运行效果较高，能够满足白马作为乌江长江连通性过鱼需求。

集运鱼系统适合在高坝运行，在无法修建鱼道的情况下实现鱼类上行，但目前集运鱼系统存在一些关键技术问题未能有效解决，集鱼效果不理想。

白马航电枢纽水头不高，在能够修建鱼道的前提下，集运鱼系统不存在优势，且集鱼时间、过鱼连续性、集鱼效果、上行效率等方面都不及鱼道，建造维护工作复杂。因此从方案可行性比较，鱼道方案更加合适。

#### (2) 过鱼需求

乌江流域干流已建成 11 个梯级电站，白马航电枢纽作为乌江干流最后一个梯级电站，上游连续梯级电站形成的阻隔影响及累积影响已非常明显。因此白马过鱼设施应用需求强烈，过鱼设施设计需结合工程特点，达到充足、稳定的过鱼效果，满足本梯级以及上游梯级鱼类上溯洄游需求，发挥保护鱼类资源的作用，过鱼效果是过鱼设施选型的主要依据。

通过对国内外已建成运行的过鱼设施效果分析，鱼道设计建造技术成熟可靠，在设计合理、满足运行条件情况下，鱼道能够长期不间断运行，入口持续性水流具有较好的诱鱼效果，通道内水流导向明确，大部分鱼类能够顺利上行通过鱼道，过鱼效果理想。集运鱼系统灵活机动，不局限于固定地点集鱼，适应高坝水位变幅大的特点，但集诱鱼方法、整体设计、设备制造集成技术还不成熟，运行效果难以满足较大的过鱼需求。现阶段同等运行条件下，鱼道方案的过鱼效果更好。

### (3) 进鱼口过鱼效果

过鱼设施设计中，在鱼道方案中进鱼口位置确定后无法改动，进鱼口设计是否合适决定了鱼道的效果。鱼类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。本方案中，鱼道布置在电站左岸，进鱼口在电站尾水下游，尾水顺河道流出导向明确，引导鱼类上溯。根据白马坝址下水域鱼类空间探测结果，鱼类活动多分布在左岸，洄游路线主要沿左岸通过。右岸为泄洪闸、船闸，建坝后主要为静水，下泄尾水形成的回水区可能成为鱼类上溯屏障，影响鱼类聚集上溯。受三峡尾水顶托影响，坝下水位变幅大，鱼道方案设计了 6 个入口，运行范围为 153.2m-172.32m，运行时根据实时水位开启对应入口闸门，入口高程设计连续，能适应 19.12m 的水位变幅。鱼道进鱼口依靠上游跌水，形成持续下泄水流，吸引鱼类进入。通道内水深 1.5m-4.6m，为鱼类通过提供了较大空间。根据物理模型实验结

果，过鱼季节内除3月坝下高水位超过了鱼道运行最高运行水位状况外，其余时段水位都在鱼道可运行范围内。鱼道方案进鱼口设计符合鱼类坝下聚集习性，6个进鱼口能适应水位变幅，满足白马工程需求。

集运鱼系统运行不受水位变幅影响，集鱼地点可灵活调整。但受船体尺寸限制，进鱼口宽2.4m深1.8m，对整个江面来说，进鱼口太小且深度不够。集运鱼系统依靠璇浆设备制造水流诱鱼，造流水量与鱼道下泄水相比，影响范围与持续性有较大差距，效果仅能影响到入口5m范围内的表层鱼类。而白马的过鱼目标多为底栖鱼类，集运鱼系统现有技术方法难以有效诱集底栖鱼类。造流时泵机旋浆等设备产生震动噪音会影响鱼类聚集，诱鱼效果难以保持。因此鱼道在运行期间，进鱼口诱鱼效果更好。

#### (4) 上行过坝

鱼类进入鱼道后，循水流引导上溯，直至从出口游出抵达坝上水域，整个过程自行完成，人为干扰少。鱼道运行时间长且不间断，在过鱼时段进入鱼道的鱼类大部分均能通过，整体运行效率较高。

集运鱼系统过程复杂，诱集、转运、过坝、放流再返回坝下重新布置调整，整个过程非集鱼工作耗时较多，转运放流期间无法集鱼。此外集运鱼系统空间较小，容纳鱼类数量有限，暂养期间鱼类出现病患易感染，需随时观察防治。因此集运鱼系统整体运行效率不如鱼道。

#### (5) 运行时间

通过对鱼道运行观测记录分析，鱼类习性多在夜间活动，鱼类活动频繁时段为凌晨1点至5点、16点至21点。鱼道能够24小时不间断运行，符合鱼类活动习性。尤其在鱼类繁殖时段，鱼道可以长时间不间断运行具有更好的效果。

集运鱼系统非集鱼工作较多，集鱼时间不连续碎片化。为降低运行噪

声油污干扰，拟采用油电混合动力，集鱼时使用蓄电池，白天电池用完后，夜间需返回码头充电，无法满足连续集鱼需求。船体移动频繁，对鱼群聚集干扰较大，集鱼时需等待鱼群重新聚集，影响集鱼效果。此外鱼类活动的主要时段在夜间及凌晨，夜间作业难度非常大，对坝体、船体、人员及设备安全存在较大隐患。在洪水季或坝下流速太大不适合船只定泊时，集运鱼系统无法运行。因此与鱼道相比集运鱼系统运行受诸多因素制约，运行时间不充足，碎片化严重，过鱼效果不及鱼道。

#### (6) 运行维护

鱼道运行过程简单，根据坝下水位开启相应入口闸门，运行时监控记录鱼类通过情况，全程自动化完成，工作效率高。维护的主要问题为鱼道入口闸门需根据水位实时调整，长期浸泡在水下，机械部件易损坏，需经常检查维修，避免影响鱼道运行。

建坝后上游漂浮垃圾会漂移至库首，需在上游出口处设置拦网并及时清理，避免垃圾进入堆积堵住下泄水流，破坏隔板。鱼道长度较长，过鱼池、竖缝、隔板较多，工程设备维护量较大，每年需投入大量的人力物力检修维护。鱼道沿左岸布置且通有公路，巡检维修便利。

集运鱼系统设备多，结构复杂运行过程繁琐，很多环节需要较多专业人员操作，如船体航行、移动、抛锚、停泊、设备运转、箱体收放、起吊、转运等。此外集运鱼系统需定期进行船检，设备损坏维修更换耗费较多时间，影响集鱼工作。

#### (7) 建设及运行成本概算

鱼道方案：静态投资 10120.76 万元，运行费 309.6 万元。

集运鱼系统：分体式方案集鱼平台造价 632.8 万元，运鱼船造价 689.7 万元。一体式方案一体式集运鱼系统造价 1552.8 万元。集诱鱼设备 1020 万

元。码头及配套设施 2720 万元。分体式运鱼系统运行成本 271.48 万元/年，一体式集运鱼船 183.61 万元/年。

运配套设备：1103 万元。

鱼道与集鱼系统建设投资及运行成本见表 6.3.4-14，鱼道方案建设及后续观测设备投资约为 11223.76 万元，年运行成本约 309.6 万元。集运鱼系统分体式方案建设、配套设施设备投资约 6165.5 万元，年运行成本约 271.48 万元。一体式方案建设、配套设施设备投资约 6395.8 万元，年运行成本约 183.61 万元。

表 6.3.4-14 白马航电枢纽过鱼设施建设投资及运行成本对比 （单位：万元）

序号	方案	建设投入	配套投入	总投入	运行成本
1	鱼道方案	10120.76	1103	11223.76	309.6
2	集运鱼系统分体式方案	1322.5	4843	6165.5	271.48
3	集运鱼系统一体式方案	1552.8	4843	6395.8	183.61

#### (8) 比选结果

通过对可行性分析、过鱼需求、过鱼效果等方面对比分析，鱼道方案在诱鱼效果、上行效率、运行时间等方面均优于集运鱼系统方案，具有更好的过鱼效果，可作为白马航电枢纽工程优先选择的过鱼设施，详见表 6.3.4-15。

表 6.3.4-15 白马航电枢纽过鱼系统方案比选

过鱼设施	鱼道	集运鱼系统	比较结果
可行性分析	适合中低水头电站建设，技术风险小，过鱼效果好。	适合高水头电站建设，技术不成熟，过鱼效果不理想。	鱼道占优
过鱼需求	不间断运行，持续性水流诱鱼，鱼类自行过坝，过鱼效果理想，可满足较大过鱼需求。	集鱼地点灵活，运行不受水位变幅影响，运行效果难以满足较大过鱼需求。	鱼道占优
进鱼效果	进出鱼口位置无法改动；进鱼口设计符合鱼类坝下聚集习性，进鱼口能适应水位变幅，满足项目需求。	集鱼地点灵活，运行不受水位变幅影响；进鱼口小且深度不够，集运鱼对象主要为表层鱼类，对底栖鱼类过鱼效果差；运行影响鱼类集群，运行效率低。	鱼道占优

过鱼设施	鱼道	集运鱼系统	比较结果
上行过坝	水流诱导鱼类自行上溯，自行完成不需人为干扰；持续运行，进入鱼道的鱼类多数可以过坝，过鱼效率高。	运行过程复杂，非集鱼过程耗时长，集鱼时间不连续，设备空间小，集鱼数量有限，暂养鱼类易染病。	鱼道占优
运行时间	24小时不间断运行，符合鱼类活动习性；鱼类繁殖时段，过鱼效果好。	非集鱼工作多，集鱼时间不连续；夜间运行难度大，船体需要充电；运行过程影响鱼类聚集，鱼群聚集耗时长；洪水或坝下流速太大时无法运行。	鱼道占优
运行维护	运行过程简单，运行效果监控全自动，效率高；水下设备易损坏，进鱼口闸门需人工调整，鱼道较长，运行维护工作量大。	设备多，结构复杂，运行过程繁琐，需较多专业人员操作，定期船检，设备损坏维修更换耗时长，维护过程繁琐。	鱼道占优
建设及运行成本	建设及后续观测设备投资约为11223.76万元，年运行成本约309.6万元，建设及运行成本高。	分体式方案建设、配套设施设备投资约6165.5万元，年运行成本约271.48万元。一体式方案建设、配套设施设备投资约6395.8万元，年运行成本约183.61万元。	集运鱼系统占优
白马航电过鱼措施比选结果			鱼道

### (9) 鱼道合理性分析

与国内类似工程相比，白马航电枢纽为中水头电站，上游水位变幅较小，下游水位变幅较大，最大水头差30.8m，最小水头差7.68m，地质构造环境等因素都满足修建鱼道的条件，不存在重大技术难题，技术风险较小。鱼道方案的主要问题为坝下水位变幅大，需要设计多个入口，增大了鱼类通过的难度。针对相关问题，通过开展坝下流场模拟，物理模型试验，坝下水域鱼类空间探测、鱼类游泳能力试验等一系列研究工作，逐项解决问题，最终完成鱼道设计方案。

白马鱼道方案设计了6个入口，入口位于尾水下游均沿左岸布置。此处尾水顺河道流出导向明确，利于引导鱼类上溯。白马坝址下游水域鱼类空间探测结果表明，鱼类活动分布左岸明显多于右岸，洄游路线主要沿左岸通过。进鱼口依靠上游跌水，形成持续下泄水流，吸引鱼类进入。在水量充足下游流场合适的情况下，6个进鱼口均有较高的进入效率。通道内水深1.5m-4.6m，为鱼类通过提供了较大活动空间，利于上溯过坝。

6个入口沿同一轴线布置，处于同一平面，利于鱼类寻找入口。高程依次升高，运行水位覆盖153.2m-172.32m。根据坝下流场多工况模拟结果，3-9月运行期间根据不同水位开启对应进鱼口闸门。从模拟结果来看，除3月坝下高水位超过了鱼道运行最高运行水位状况外，其余时段水位都在鱼道可运行范围内。特别是4-7月鱼类主要的繁殖时段，水位变幅达15m，通过调节开启不同入口，鱼道能够正常运行持续过鱼。

多入口方案可解决水位变幅大的问题，但在运行时可能存在一些问题。首先是坝下水位变动频繁，入口需及时调整，入口变化改变了原有的诱鱼水流影响区域，影响鱼类进入上行。因此闸门控制应及时完成，需实时监控水位变化，自动开启关闭相应闸门。其次闸门设备开启关闭操作频繁，故障率增加。为此闸门机电控制设备应考虑一主一备控制方案，尽可能保证入口闸门运行正常。加强管理故障，制定详细的运行管理方案及设备维护保养规程、规范工作记录要求。在非运行期间，对相关设施设备进行全面检查维修。对鱼道建筑物进行维护，清除出入口的漂浮物，防止堵塞，定期清除通道内的泥沙淤积或软体动物的贝壳，保证通道内部畅通，保证鱼道运行状态。综上所述，推荐鱼道方案作为本工程的过鱼设施方案。

#### **6.3.4.9 过鱼设施结论**

通过上述分析论述，对乌江白马航电枢纽工程过鱼设施研究进行总结。

根据白马航电枢纽工程当地鱼类资源现状、生物特性及需求进行筛选，结合白马工程特点，确定胭脂鱼、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、中华金沙鳅、岩原鲤、长薄鳅、蛇鮡、吻鮡、泉水鱼、瓦氏黄颡鱼、宽鳍鱲作为主要过鱼目标，其他经济鱼类作为兼顾过鱼目标。过鱼季节为3-9月，其中主要过鱼季节为4-8月。

通过对鱼道、仿自然旁通道、鱼闸、升鱼机、集运鱼系统的运行需求

及优缺点分析。结合白马工程实际需求及特点，选择鱼道与集运鱼系统作为备选过鱼设施型式，并完成设计方案。结合鱼道与集运鱼系统的设计方案与白马工程特点，对过鱼方案进行比选，从过鱼需求、进鱼口效率、上行效率、运行时间、运行维护、方案可行性多方面对比分析，确定鱼道为首选过鱼方案。鱼道方案设有多个入口，能够满足主要过鱼时段 19m 水位变幅，能够长时间不间断运行，鱼类进入及上行过坝通过效率高。通过对鱼道方案按照 1:40 比例修建物理模型，开展多种工况的实验，分析坝下及鱼道入口处流速流场分布，论证鱼道方案可行性，并提出了利于鱼类上溯的机组运行建议。

#### 6.3.4.10 鱼道运行长期监测及效果评估

为保证白马航电枢纽过鱼设施建设及顺利运行，建议开展水生生态长期监测、鱼道运行长期监测、鱼道运行效果评估、集运鱼系统效果评估及总结分析、集运鱼系统优化研究等工作。

鱼道过鱼效果是衡量鱼道建设价值和优化改造的依据，是判断过鱼效果的关键所在。过鱼效益的发挥受到诸多因素的影响，如鱼道内部典型水力特性、结构特征、过鱼种类、外部环境等诸多因素。全面的过鱼效果监测才能准确有效地评估鱼道的运行效果，主要内容有：坝上坝下鱼类资源量监测、鱼道进口监测、鱼道内监测、鱼道出口监测、鱼类过鱼后监测。

为保证鱼道运行效果，建立长期运行监测及效果评估工作机制，一期建立 5 年的监测工作计划，在每年鱼道运行期间对坝上坝下过鱼效果开展监测。制定详细的工作方案、数据标准、评估指标体系等内容，对每年的运行结果进行评估，根据多年数据进行分析对比，以此对鱼道长期运行效果进行科学地评估，分析明确鱼道设计及运行中存在的问题，有针对性地调整鱼道设计，优化运行过程，提高鱼道过鱼效果。

利用观测记录设备，详细记录鱼类上溯过程，利用水下超声波探测、PIT 标记遥测等方法，结合增殖放流鱼类标记放流及效果评估研究，分析鱼类聚集、进入鱼道、上行过坝，过坝后活动等情况，为鱼道运行优化提供基础。建立鱼道运行效果评估体系，通过长期的运行监测，对鱼道入口、出口、通过效率、上下游资源量等关键指标进行分析，评估鱼道运行效果，分析鱼道运行存在的问题，如水位变幅对鱼类聚集的影响，不同工况下不同鱼道入口的效率，不同工况下鱼类上行通过效果，鱼道内长期滞留不利于上行的地点及流态特点等。进一步优化完善鱼道设计及运行方式，提升鱼道运行效果。

### 6.3.5 生态流量保障措施

为保证河道下游生态需水，按照《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》，计算本工程最小生态流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。当三峡水库在 155-175m（吴淞）运行时，三峡水库回水顶托到白马枢纽坝址下游，白马枢纽不需要下泄生态流量；当三峡坝前水位低于 155m（吴淞）运行时，白马枢纽下泄流量需不小于生态流量  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。根据三峡水库调度运行规则，白马枢纽需下泄生态流量的时段一般为 6-9 月中旬。

经计算，白马航电枢纽生态流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，白马水电站机组单机宜过流流量为  $400-947.2\text{m}^3/\text{s}$ ，电站正常运行时，生态流量可通过水轮机发电下泄，白马航电枢纽共有 3 台机组，电站运行过程中，机组检修通常是在枯期每个月安排 1 台，生态流量可以通过不检修的机组下泄，白马水电站在日调节期间采取单台机组带基荷运行的方式下泄生态流量是可行的。如果发生全部机组检修的极端情况，可通过操作坝顶液压启闭机通过泄洪表孔弧形工作门泄放生态流量。

白马航电枢纽运行过程中需优先保证航运基流，至少一台机组发电，在保障航运功能的同时有效保障生态流量下泄。另外，受三峡水库顶托影响，生态流量下泄时段为汛期，根据径流调节计算成果，白马枢纽汛期约一半时间产生弃水，下泄流量远大于  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

为监督生态流量下泄工作、完善白马航电枢纽水情自动测报系统，需实时监测水电站发电尾水断面和泄洪表孔断面下泄流量，安装生态流量下泄可视化监控设备，将实时监测数据和图像接入重庆市环保局监控系统，接受环保部门监督。

### 6.3.6 鱼类繁殖期生态调度

#### (1) 调度目标

根据文献资料及乌江下游鱼类早期资源监测结果，产漂流性卵鱼类繁殖一般需要满足以下几个条件：1) 产卵水温，一般  $18^{\circ}\text{C}$  为产卵下限水温；2) 洪峰刺激，即涨水过程，一般在江水上涨 0.5-2 天后开始产卵，水位上涨幅度一般要求  $0.5\text{m}/\text{d}$ ，洪峰上涨时间持续一般 3~8 天；3) 产卵场流速  $0.2\text{-}0.9\text{m}/\text{s}$  皆宜，流速增加对产卵亦有促进作用；4) 受精卵需要在水流中漂流孵化，需要一定的流速和流程，流速在  $0.2\text{m}/\text{s}$  以上时，鱼卵和鱼苗不会下沉，能够正常发育。

每年 5~7 月份在乌江下游产漂流性卵鱼类的主要繁殖季节，综合考虑乌江中上游来水情况，择机实施 2 次乌江中下游梯级联合生态调度，满足目前乌江下游产漂性卵鱼类产卵所需的水文过程，使得鱼类生殖洄游通道畅通、现存产卵场产卵功能基本恢复、受精卵漂流孵化流速和流程足够，促进鱼类完成自然繁殖过程，保护乌江下游鱼类多样性，维持一定规模的鱼类资源。

#### (2) 启动条件

温度是鱼类产卵的信号因子，各种鱼类的产卵都要求一定的水温条件。因此，在生态调度方案的制定中，首先将所有目标鱼类能够发生产卵的适宜水温下限作为生态调度的启动条件。根据文献总结和本区域调查结果，提出乌江下游目标鱼类的繁殖水温下限为 18℃，因此将银盘坝下水温达到 18℃ 作为生态调度的启动条件。

### (3) 调度时机

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。根据鱼类资源调查及以往早期资源监测结果，几种目标鱼类大规模产卵主要发生在第 4~5 个卵汛期间。在调度时机方面，可以结合不同年份最大卵汛出现的时间来确定实施生态调度的时间。大部分年份较大卵汛出现时间在 6 月底~7 月初或者之后，包括 2009 年、2011 年、2013 年和 2014 年。建议实施联合生态调度的时间为 6 月上旬~7 月中旬。实际调度时应关注上游水雨情预报，结合上游来水择机开展。

### (4) 梯级水库运行方式

#### 1) 彭水梯级

彭水水库正常蓄水位 293m，死水位 278m，防洪限制水位 287m，调节库容 5.18 亿 m<sup>3</sup>，库容调节系数 1.26%，水库具有不完全年调节性能。工程开发任务是以发电为主，兼顾航运、防洪等综合利用。

发电调度：汛期 5 月下旬-8 月底控制发电兴利水位不超过防洪限制水位 287m；9 月初水库开始蓄水，一般情况下，9 月中下旬可蓄至正常蓄水位 293m；10-12 月维持正常蓄水位运行；1-3 月为供水期，电站一般按保证出力发电，正常情况下控制供水期末库水位不低于死水位 278m；当遭遇较丰来水年份，4-5 月运行水位较高，要求 5 月中旬迫降库水位，中旬末库水位降至防洪限制水位 287m。

航运调度：电站根据电网要求进行调峰运行时，电站日最小发电流量应不小于最小通航流量，电站发电下泄流量变化引起下游河道水位小时和日变幅应满航运要求。遇特枯年份（电站保证出力破坏年份），水库充分合理地使用兴利调节库容，在降低出力时，要兼顾坝下最低通航水位要求。

防洪调度：彭水水库防洪任务为确保枢纽自身防洪安全；遇 20 年一遇入库洪水时，在满足库区沿河县城防洪要求的前提下，不增加下游彭水县城防洪负担；配合三峡水库承担长江中下游防洪任务。5 月 21 日-8 月 31 日，彭水水库防洪限制水位为 287m。其洪水调度方式为：

当入库流量不大于  $21700\text{m}^3/\text{s}$  时，下泄流量按不超过  $19900\text{m}^3/\text{s}$  控泄，一般情况下控制库水位不超过 288.85m；若需要动用 288.85m 以上的防洪库容，则需视上游水库的蓄水情况及沿河县城的防洪形势而定。

当入库流量大于  $21700\text{m}^3/\text{s}$  时，按出库流量与入库流量平衡进行控制。

当库水位达到 293m 后，按保枢纽安全的调度方式进行调度。

## 2) 银盘梯级

银盘水库正常蓄水位 215m，死水位 211.5m，主汛期（6-8 月）最低临时运行水位 210.5m，调节库容 3710 万  $\text{m}^3$ ，水库具有日调节能力。水库开发任务以发电为主，其次为航运。

发电调度：在电力系统日负荷低谷时段（彭水水电站不发电时），发电下泄流量不小于  $345\text{m}^3/\text{s}$ ，满足下游航运对最小水深的要求；在电力系统日负荷高峰时段（彭水水电站担任调峰、调频任务，释放不恒定流时）进行反调节，承担部分腰荷，即分两级增加和减少出力，以满足库区及其下游控制河段航运对水力流态要素的要求。

航运调度：在上游彭水水电站按电网要求，调峰运行时，银盘水库利用日调节库容对彭水水库日调节释放的不恒定流进行反调节，并且最小下

泄流量不低于最小通航流量  $345\text{m}^3/\text{s}$ ，以满足银盘水库库区和坝下河段航运要求。当水库预报洪水来量大于最大通航流量时，船闸停航。

洪水调度：银盘水库没有防洪任务，为减少主汛期 6-8 月对上游彭水县城的淹没影响，同时满足航运反调节要求，设置两级汛期运行水位：当银盘水库来水未达  $6500\text{m}^3/\text{s}$  时，主汛期正常运行水位为  $215\text{m}$ ；当银盘水库来水达  $6500\text{m}^3/\text{s}$  时，采用水库预泄方式将坝前水位由汛期正常运行水位降低到汛期临时运行水位  $210.5\text{m}$ 。

### 3) 白马航电枢纽

航运调度：在上游银盘水电站和江口水电站调峰运行时，白马水库利用日调节库容对两电站下泄的不恒定流进行反调节，以满足白马水库下游河段航运要求；当水库洪水来量大于最大通航流量时，船闸停航。

发电调度：在三峡水库低水位运行与白马枢纽尾水不能满足通航水位要求情况下，且电力系统日负荷低谷时段（银盘水电站出力较小，江口水电站不发电时），下泄基荷流量，满足下游通航和区间用水要求；在电力系统日负荷高峰时段（江口水电站担任调峰、调频任务，下泄不恒定流时）进行反调节，承担部分腰荷，以满足库区及其下游控制河段航运对水力流态要素的要求。

洪水调度：白马航电枢纽未承担防洪任务，其洪水调度方式在不增加下游抗洪压力情况下，以保证枢纽安全为主。当白马枢纽坝址洪水来量  $\leq$  枢纽泄洪建筑物泄洪能力时，按洪水来量下泄，维持坝前水位不变；当白马枢纽坝址洪水来量  $>$  枢纽泄洪建筑物泄洪能力时，按枢纽泄洪建筑物泄流能力下泄，坝前水位相应抬高。

### 5) 梯级联合调度方案

鱼类繁殖需要一定的水文水动力学条件，多数鱼类繁殖过程与水文过

程紧密关联。根据主要鱼类繁殖所需的水文条件，在鱼类繁殖期通过优化调度，模拟原河流水文情势，修复水文过程，确保河流的水量、水位、流速等能够满足鱼类产卵、孵化的生境需求，减缓水工程对鱼类资源的影响，达到保护鱼类资源的目的。

依据《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》成果，彭水库区及银盘库尾仍具备产漂流性卵鱼类完成生活史的条件。银盘坝址以下流水江段，是目前乌江产漂流性卵鱼类主要分布场所，该河段有6处产漂流性卵鱼类产卵场分布，犁头鳅、中华沙鳅、圆筒吻鮡、吻鮡、长鳍吻鮡、蛇鮡、花斑副沙鳅和翘嘴鲃等多种鱼类能完成其生活史。按目前乌江下游水文情势，评价区鱼类均能完成繁殖活动，也可满足漂流性鱼卵对流速和流程的需求，完成鱼类生命过程。为保护评价区鱼类资源，繁殖期采取生态调度措施，使鱼类更好地完成繁殖过程，增加鱼类补充群体，保护鱼类资源。根据回顾性评价及其审查意见要求，白马航电建设单位联合彭水、银盘水电站建设单位、武隆区政府和彭水县政府在水库蓄水前，完成乌江沿河至河口段梯级水电生态调度方案，将方案纳入各梯级运行调度规程中，并开展生态调度。

根据鱼类早期资源调查成果，乌江鱼类产卵时段处于较为明显的涨水或落水时期，与洪水过程密切相关。生态调度方案实施以人造洪峰为核心的流域联合生态调度，深入论证梯级调度方案。白马枢纽调节库容小，只具有日调节能力，对径流的调蓄作用有限，无法单独承担对下游的生态调度，需要同上游彭水、银盘一起实施梯级联合生态调度，白马枢纽主要起配合作用。

乌江下游重庆段各梯级中，彭水梯级库容相对较大，梯级联合生态调度主要利用彭水水库的调节库容，按照下游生态要求进行调度，调节下泄

流量，下游梯级同步配合，营造乌江下游的仿生态状态，以利于水生生物的繁殖生存。每年6月上旬-7月，在乌江下游产漂流性卵鱼类繁殖季节，彭水梯级择机实施人造洪峰调度，模拟洪水涨落过程，涨水过程维持在3天以上，保持库区4个产卵场水位日涨幅在0.5m以上。白马枢纽相应加大闸门开度，进行敞泄调度，使白马坝下及三峡库尾的亲鱼能够上溯至库区产卵场，与上游梯级同步实施人造洪水调度，促进鱼类完成自然繁殖过程。

#### 梯级联合生态调度方案：

在6月上旬~7月中旬鱼类繁殖季节，实时监测银盘坝址下游水温。在银盘坝址下游水温达到18℃以上后，当彭水入库径流达到1800m<sup>3</sup>/s以上且预报未来几天来水逐步增加时，开始启动彭水、银盘、白马梯级联合生态调度，进行人造洪水模拟调度。模拟天然洪水过程，洪水上涨时间持续5天，每天水位上涨幅度不小于0.5m/d，产卵场流速大于0.2m/s。

①彭水以1800m<sup>3</sup>/s为起始流量进行人造洪峰调度，通过泄水闸门和机组控制下泄流量，第1天下泄流量1800m<sup>3</sup>/s，第2天至第6天下泄流量逐步增加，分别达到2050m<sup>3</sup>/s、2310m<sup>3</sup>/s、2590m<sup>3</sup>/s、2880m<sup>3</sup>/s、3180m<sup>3</sup>/s，第7天起下泄流量逐步减小，洪水逐步消落，完成一个洪水过程。

②银盘梯级配合彭水梯级进行同步调节，通过泄水闸门和机组调控下泄流量，维持人造洪水下泄过程。

③白马枢纽加大闸门开度进行预泄，降低水库水位，在人造洪水过程中保持敞泄。

通过数学模型计算，距白马坝址最近的羊角产卵场、桃子沟产卵场典型断面水位随上游流量增加而逐步增加：从第2天至第6天，羊角断面水位分别增加了0.5m、0.5m、0.53m、0.52m、0.51m，桃子沟断面水位分别增加了0.5m、0.53m、0.55m、0.53m、0.57m，达到了鱼类繁殖对水位涨幅的

需求。

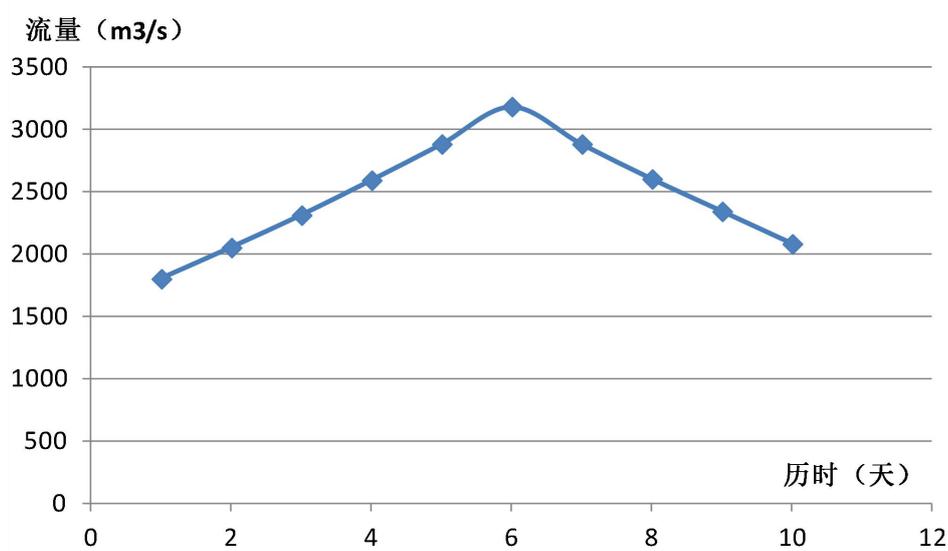


图 6.3.6-1 梯级联合生态调度人造洪水过程

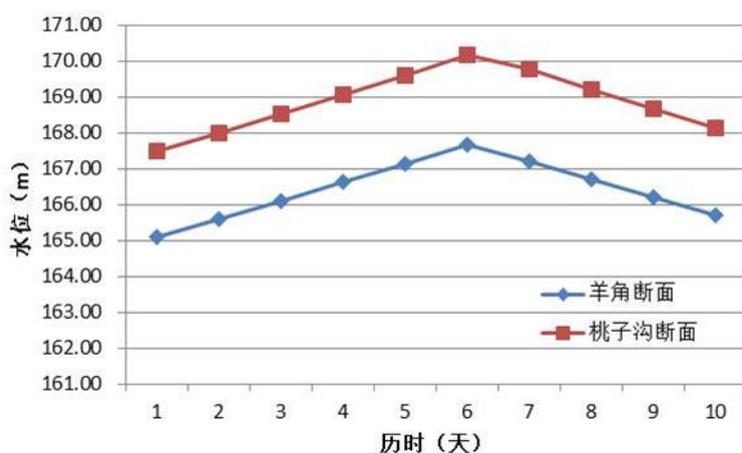


图 6.3.6-2 人造洪水过程中羊角、桃子沟断面水位变化

## (5) 敞泄调度

### 1) 调度方案

回顾性评价提出工程运行期每年 5~8 月份，武隆水文站流量达到  $2000\text{m}^3/\text{s}$  时，实施不少于 2 次敞泄调度。

根据文献资料及乌江下游鱼类早期资源监测结果，产漂流性卵鱼类繁殖一般需要满足以下几个条件：1) 产卵水温，一般  $18^\circ\text{C}$  为产卵下限水温；

2) 洪峰刺激, 即涨水过程, 一般在江水上涨 0.5-2 天后开始产卵, 水位上涨幅度一般要求 0.5m/d, 洪峰上涨时间持续一般 3~8 天; 3) 产卵场流速 0.2-0.9m/s 皆宜, 流速增加对产卵亦有促进作用; 4) 受精卵需要在水流中漂流孵化, 需要一定的流速和流程, 流速在 0.2m/s 以上时, 鱼卵和鱼苗不会下沉, 能够正常发育。5) 大部分年份较大卵汛出现时间在 6 月底~7 月初或者之后, 包括 2009 年、2011 年、2013 年和 2014 年。

根据回顾性评价结论, 结合产漂流性卵鱼类繁殖一般需求, 细化敞泄调度方案, 如下:

①敞泄时间: 每年 6 月上旬~7 月中旬;

②敞泄频次: 根据上游来水及水温情况每年实施不少于 2 次敞泄调度;

③持续时间: 洪水期间泄洪闸每次敞泄持续 6 天以上;

④启动的边界条件: 白马坝上武隆水文站(长江水利委员会长江水文局基本测站)流量达到  $2000\text{m}^3/\text{s}$ , 未来 3 天武隆水文站预报洪峰流量  $3000\text{m}^3/\text{s}$  以上, 水温达到 18 摄氏度以上;

⑤调度方式: 打开泄洪闸, 逐步降低白马航电枢纽坝前水位, 使白马航电枢纽库区恢复成天然河道。

⑥泄后蓄水: 蓄水期间, 通过泄水闸闸门向下游控泄, 保证下泄流量不小于生态流量  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

敞泄调度期间同步开展鱼类早期资源量监测, 同时根据监测结果优化调度运行方案, 并深入开展工程受影响鱼类与水文过程变化影响响应机理研究。在乌江沿河至河口段开展梯级联合生态调度时, 进一步优化白马航电敞泄调度方案, 将白马航电敞泄调度纳入梯级联合调度方案中。

## 2) 可行性与有效性分析

报告书根据白马坝址上游武隆水文站典型年水文过程资料分析, 丰、

平、枯典型年6月上旬~7月中旬洪峰流量大于 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 且适宜实施敞泄调度的洪水过程分别为3次、3次和1次。通过联合生态调度，在典型枯水年彭水水电站按联合调度方案下泄流量后，可保障白马航电库区河段涨水过程，满足白马库区产漂流性卵鱼类产卵所需的水文条件。因此，在结合区域梯级联合调度的基础上，6月上旬~7月中旬白马航电能够保证各典型年实施2次敞泄调度，白马航电实施敞泄调度是可行的。

根据工程设计资料，白马航电枢纽泄洪闸底板高程为160m，结合坝址处水位流量关系曲线分析，当流量大于 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝址处水位高于160m。结合上游天然或人造洪水及白马航电腾空库容过程，敞泄过程中坝址处流量大于 $3000\text{m}^3/\text{s}$ ，水位高于160m，坝址上下游可基本恢复成天然河道。此时，白马航电枢纽库区羊角、桃子沟、石鼻子和杨家沱产卵场水位、断面宽度、水深、流速等水文要素与现状基本一致。因此，在结合区域梯级联合生态调度的基础上，白马航电实施敞泄期间，库区河段基本恢复成天然河道，上游来水过程满足产漂流性卵鱼类产卵所需水文条件，库区产漂流性卵鱼类产卵场功能将得到维护。白马航电实施敞泄调度可一定程度上缓解工程建设对库区产漂流性卵鱼类产卵场的影响。

#### (6) 生态调度效果监测

为了满足梯级水库联合促进鱼类繁殖的生态调度试验的实施要求和调度效果，必须掌握鱼类自然繁殖对水库生态调度的响应数据，据此评估生态调度的实施效果，逐步反馈优化现有的生态调度方案，最终制定出乌江下游生态调度实施规程。为了达到上述目的，需开展乌江下游水库生态调度效果监测。主要包括：1) 鱼类早期资源监测；2) 水文及环境要素监测。

初步设置2个固定断面：羊角、涪陵，分别监测库中产卵场和坝下产卵场的鱼类繁殖及早期资源情况。逐日早、中、晚3次进行定点采样。每

次采样的持续时间依水情及鱼卵和鱼苗的数量多寡而调整，一般是 30min。在卵苗高峰期进行断面采样，整个监测期间采集 2~3 次。

监测时段应包括生态调度前、中、后，每次持续时间约 20 天左右。对监测结果进行分析，总结调度成果和经验，并对调度方案进行不断优化完善。

### 6.3.7 加强渔政管理

目前评价区鱼类资源严重衰退。过度捕捞对渔业资源的破坏不可低估，由于野生鱼类的高价格，在资源减少的同时，捕捞已经构成对天然渔业资源的严重威胁。酷渔滥捕等时有发生，虽然毒、炸等非法捕捞行为已基本杜绝，但电捕鱼行为却屡禁不止，亟需加强渔政管理保护鱼类资源。

渔政管理内容包括建立严格的流域禁渔制度、加强水环境保护等，加强水生生态和鱼类保护及相关法律法规的宣传工作，提高群众的环境保护和法制意识，保护评价区鱼类资源。为保障渔政管理工作顺利进行，还应加强渔政执法能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。

### 6.3.8 科学研究

水电开发对水生生态有一定的影响，应系统研究彭水、银盘、白马梯级的联合生态调度方案并组织实施，并开展相应科学研究，最大限度恢复建坝影响区域的生态功能。建议开展相关研究，以有效保护水生生境和鱼类资源。初拟研究项目为：

#### (1) 白马枢纽对工程影响区鱼类种群变动规律研究

通过对评价区渔获物调查统计，了解库区及坝下鱼类组成、种群结构的变化，分析评价库区和坝下鱼类种群变动规律。

#### (2) 白马枢纽对工程影响区水生生态环境影响研究

通过对工程影响水域水生生态因子的监测调查，研究工程运行后水生

生态环境的变化规律及对鱼类等水生生物种群变动和资源的影响。

### (3) 增殖放流技术研究

为保证增殖放流任务顺利完成，并达到物种保育目的，需开展增殖放流技术研究。主要包括放流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四个方面。并开展增殖放流标记回捕工作，对增殖放流效果进行监测评价技术研究。

### (4) 过鱼设施过鱼效果及优化研究

对鱼道过鱼情况进行监测和评估，优化完善过鱼设施设计及运行方式，提升过鱼运行效果。

### (5) 鱼类栖息地保护措施效果跟踪监测

在白马枢纽工程建设期、试运行期每年度进行鱼类栖息地保护效果跟踪监测。通过长期鱼类资源、鱼类繁殖情况跟踪调查，分析评价栖息地保护措施效果。

### (6) 乌江下游急流生境保护研究

开展乌江下游白马至河口段急流生境研究，研究关键性物种繁殖的生态水力学、急流生境的生态功能及其保护。

### (7) 针对乌江下游鱼类繁殖的梯级联合生态调度及其效果研究

研究主要鱼类繁殖的生态需求，生态调度方案，监测鱼类早期资源，评价生态调度效果。

## 6.4 陆生生态保护

### 6.4.1 陆生植物保护

#### 6.4.1.1 避让措施

(1) 应进一步优化工程布局，尽量避免和减少对耕地及灌草丛和森林植被的占用和破坏。

(2) 工程施工前，应进一步开展评价区重点保护野生植物和古树名木调查，避免工程施工直接占用和影响重点保护野生植物和古树名木。

#### **6.4.1.2 减缓措施**

(1) 明确工程施工区范围，加强施工管理，禁止越界施工占地或砍伐林木，尽量减少对植被的影响。

(2) 合理选择施工工序，及时处理处置施工废污水、废渣，重视洒水降水，减少对周围植被的污染。

(3) 对征地红线外的区域，禁止破坏植被。

#### **6.4.1.3 恢复与补偿措施**

枢纽工程施工结束后，结合水土保持植物措施，对施工临时占地区受损植被进行生态修复和抚育管理，以恢复区域地表植被与生产力。

##### **(1) 恢复与补偿原则**

###### **1) 保护原有生态系统的原则**

在植被修复过程中，尽量保护施工占地区域原有的针叶林、阔叶林和灌草丛生境，尽量发展以针叶林、阔叶林和灌草丛植被为主体的复合型陆生生态系统。

###### **2) 采用乡土植物原则**

区域植被恢复以乡土植物为主，乡土植物具有较强的适应性，利于改善当地环境和突出体现本地文化特色的诸多优点；同时，乡土植物对水肥的消耗低，种植和维护的成本较低。

###### **3) 保护生物多样性的原则**

植被修复措施不仅考虑植被覆盖率，而且需要在利用当地原有物种的情况下，尽量使物种多样化，避免单一。

###### **4) 保护耕地资源的原则**

工程所在地为山区，乌江两岸山势陡峭，评价区的耕地主要集中在宽

谷和山顶等地势较缓的地带，耕地资源极为珍贵。同时乌江两岸的宽谷地带也是该区域生产、生活、交通、通讯、城镇集中的地带，可利用的土地范围十分狭窄，因此应尽量恢复原有耕地资源。

## （2）植被恢复总体思路

首先对工程区域的植被现状进行调查和分析，确定工程区域主要的植物群落类型以及主要特征；其次对工程区域扰动后立地条件进行分析，对工程区域立地条件分类；再次根据白马航电枢纽总布置和施工总布置确定工程建成运行后的功能要求；最后根据工程区域现状植被特征、各工程区域立地条件以及各工程区域功能要求确定生态修复分区。对水库淹没区外的施工道路、弃渣（存料）场、表土堆放场、施工场地等临时占地的植被恢复时，应先将施工前掘取的地表土进行铺放，保证这些区域土壤结构的恢复，从而保障植被恢复措施的有利进行。结合水保植物措施，本工程植物措施包括施工迹地植被恢复和工程施工创面两大方面，施工迹地植被恢复以水土保持林和景观园林绿化等模式为主，其中水土保持林考虑成片规划在弃渣场、施工交通（临时道路）、施工生产生活区迹地恢复，景观园林绿化主要规划在业主营地、永久建筑物等周边。工程施工创伤面主要包括开挖边坡、填筑边坡、平台迹地、堆渣区等，植被恢复措施包括营造水土保持林、种植槽栽植攀援植物和灌草绿化、厚层基材植被护坡和框格灌草结合护坡等。生态修复区包括施工道路、弃渣（存料）场、表土堆放场、施工场地等。根据不同恢复区的特点及植物现状，主要对枢纽工程防治区、弃渣（存料）场防治区、场内交通工程防治区、施工生活防治区等区域实行的不同恢复方案进行分析。

## （3）不同分区植物恢复措施

### 1) 枢纽工程防治区

#### ① 立地条件分析

开挖边坡主要分布在 152~430m 高程范围内，现状区域立地类型为薄层山地紫色土立地类型，左岸为阳坡或半阳坡，右岸为阴坡或半阴坡，土层瘠薄，厚度不超过 40cm，坡度在 15°以上，立地条件较差。

## ② 绿化方案

开挖边坡在主体工程设计采取工程措施保证稳定的前提下，采取载土槽进行绿化。

## ③ 树（草）种选择

载土槽绿化采取灌草结合方式，灌木选择油麻藤或迎春。

## ④ 配置方式

对左岸引水渠边坡、左岸坝肩及尾水渠边坡、右岸船闸边坡，采取种植槽绿化。种植槽布置在马道排水沟内侧，由马道排水沟内侧沟壁与边坡组成，底宽 30cm，深 40cm，槽内覆 30cm 厚种植土后间隔栽植油麻藤或迎春，沿种植槽中心线栽植一排，间距 0.5m。种植槽长度约为 13360m（其中左岸引水渠开挖边坡种植槽长 4310m，左岸坝肩及尾水渠长 1984m，右岸船闸边坡长 7366m）。

## 2) 弃渣（存料）场防治区

### ① 立地条件分析及改良方案

弃渣场区域位于乌江右岸高程 350~522.5m 范围内，土壤以紫色土、水稻土为主，植被以密树灌丛和农田植被为主。根据弃渣性质分析，龙洞沟弃渣场弃渣以石方为主，立地条件较差，无法直接恢复植被；堆渣边坡保水保肥能力较差，植被生长比较困难，恢复植被前需对其进行立地改良。弃渣结束后，在堆渣坡面覆土，覆土厚度 30cm，覆土土源来自表层土临时堆场。针对弃渣场土壤养分不足和旱季土壤缺乏水分的特征，为提高植物措施效果和苗木成活率，在植被恢复地块采取平地挖穴、坡地鱼鳞坑整地。

坡面鱼鳞坑长径 0.6m，短径 0.4m，坑深 0.4m，密度与灌木栽植密度一致；平面乔木挖穴坑深 0.5m，穴径 0.5m，灌木挖穴坑深 0.3m，穴径 0.3m。

## ② 绿化方案

根据弃渣场迹地恢复植被原则，结合弃渣场防护工程措施及复耕考虑，龙洞沟弃渣场顶面及高程 500m、450m 平台后期进行复耕，高程 400m 平台恢复植被，堆渣坡面采取灌草结合防护。同时，结合本工程生态修复分区规划，本方案拟定本渣场高程 400m 平台恢复为针叶林区，并在复耕区周边布置经济林；结合当地植物分布现状，本方案拟定本渣场堆渣坡面恢复为灌草丛区。植被措施完工后，严禁伐木、砍柴、割草、放牧、取土等人为活动，并加强病虫害的监测、防治及林区防火工作，人工促进形成灌草结合、结构合理稳定和函数高效协调的人工生态林群落。

## ③ 树（草）种选择

针叶林区：采取乔灌草结合，乔木选择马尾松、柏木，比例为 60%、40%；灌木选择黄荆、胡枝子、火棘、马桑，比例为 35%、35%、15%、15%；草本选择狗牙根、三叶草、黑麦草，比例为 33.3%、33.3%、33.3%。

经济林区：采用柑桔、花椒、猕猴桃、板栗等，比例为单一树种，树下可种植旱地作物。

灌草丛区：采用灌草结合方式，灌木选择黄荆、胡枝子、火棘，比例分别为 35%、30%、35%；草本选择狗牙根、三叶草、黑麦草，比例相同。

## ④ 配置方式

针叶林区：马尾松等乔木植物的株行距为 4.0m×4.0m，种植密度为 625 株/hm<sup>2</sup>；黄荆、胡枝子、火棘、马桑等灌木植物的株行距为 2.0m×2.0m，种植密度为 1250 株/hm<sup>2</sup>；狗牙根、三叶草、黑麦草等草本植物的种植密度为 60kg/hm<sup>2</sup>。

经济林区：柑桔、花椒、猕猴桃、板栗等经济林的行距为 4.0m×4.0m，种植密度为 625 株/hm<sup>2</sup>，树下可种植旱地作物。

灌草丛区：黄荆、胡枝子、火棘等灌木植物的株行距为 2.0m×2.0m，种植密度为 1250 株/hm<sup>2</sup>；狗牙根、三叶草、黑麦草等草本植物的种植密度为 60kg/hm<sup>2</sup>。

### 3) 场内交通工程防治区

#### ① 永久道路绿化

永久道路分布在乌江及石梁河两岸 196~390m 高程范围内，土壤以紫色土及潮土为主，植被以密树灌丛为主。

永久道路绿化区主要为填筑土石渣（以石渣为主）形成的地表和边坡，以及开挖形成的岩石裸露面，立地条件较差。根据永久区立地条件，对永久道路路旁采用行道树方式绿化；对开挖边坡主要采取在坡脚布置种植槽，槽内回填种植土，种植攀援植物和灌木的方式绿化；对填筑边坡根据条件主要采取种植灌木，并撒播草种方式绿化；对右岸过坝交通洞、3#公路隧洞进出口开挖边坡采用厚层基材植被护坡技术进行绿化。

结合本工程生态修复分区规划，本方案拟定永久道路绿化和电站周围景观区规划相结合。行道树选择香樟、女贞，比例分别为 50%、50%；开挖边坡种植槽攀援植物选择油麻藤和迎春，灌木选择杜鹃、胡枝子，比例为 50%、50%；填筑边坡灌木选择黄荆、胡枝子、火棘（比例为 50%、25%、25%），草本选择狗牙根、三叶草、黑麦草（比例分别为 33.3%、33.3%、33.3%）；厚层基材植被护坡绿化播撒的灌草籽选择火棘、马桑、狗牙根、黑麦草等。

行道树沿永久道路路基路肩两侧各种植一行，株距 2m，挖穴栽植，规格 50cm 植，规格路（穴径×穴深），采用一年生袋苗，栽植季节为道路填筑完成后的春季或秋季，栽植长度为 10800m。

开挖边坡种植槽采用 M7.5 浆砌石砌筑，为矩形断面，深 40cm，底宽

40cm，内侧借用路边排水沟边墙，槽内回填种植土 30cm，间隔栽植油麻藤或迎春，株距 0.5m，沿开挖坡脚栽一行，并在槽内种植杜鹃、胡枝子，株距 1.5m，栽植一排。

填筑边坡黄荆、胡枝子、火棘采用株间混交的方式种植，混交比例为 2 : 1 : 1，品字形排列，株行距 1m 字形排，采用鱼鳞坑整地，长径 0.6m，短径 0.4m，密度与灌木栽植密度一致；草籽采用撒播方式种植，草种选择狗牙根、三叶草和黑麦草，播种量为 60kg/hm<sup>2</sup>。

### ② 压埋下边坡绿化

压埋下坡面主要为挖填抛洒土石渣扰动区，坡面抛洒的土石渣清除后，原有地表植被损坏，地表土层保留，气候条件和立地类型等与路基填筑边坡相似，属于薄层山地紫色土立地类型，但土石更为松散，立地条件比填筑边坡更差。

永久道路沿线下坡面植被以林地和未利用地为主，乔灌木稀疏分布，因此，考虑到当地自然条件和植物措施水土保持功能尽早发挥，压埋下坡面绿化采用灌草结合方式。

针对压埋下边坡土壤养分不足和旱季土壤缺乏水分的特征，为提高植物措施效果和苗木成活率，在植被恢复地块采取鱼鳞坑整地。鱼鳞坑长径 0.6m，短径 0.4m，密度与灌木栽植密度一致。

压埋下坡面绿化树（草）种与路基填筑边坡绿化树（草）种相同，灌木选择黄荆、胡枝子、火棘，比例为 2 : 1 : 1；草本选择狗牙根、三叶草、黑麦草，比例为 1 : 1 : 1。

在清除坡面浮渣的基础上，压埋下坡面植被恢复以撒播灌草为主，撒播面积 6.29hm<sup>2</sup>。局部土层较厚、立地条件较好的坡面，栽植杜鹃、胡枝子，栽植面积 2.00hm<sup>2</sup>。

### ③ 隧洞出入口边坡绿化

对枢纽工程右岸过坝交通洞、3#公路隧洞进出口开挖边坡采用厚层基材植被护坡技术进行绿化，厚层基材植被护坡面积约 1.25hm<sup>2</sup>。

#### ④ 临时道路绿化

临时道路的植物措施主要为填筑边坡绿化和施工迹地植被恢复。

立地条件分析：临时道路分布在乌江及石梁河两岸 196~390m 高程范围内，土壤以紫色土及潮土为主，植被以密树灌丛为主。

绿化区主要为填筑土石渣（以石渣为主）形成的地表，以及开挖形成的岩石裸露面，立地条件较差。

绿化方案：考虑到临时道路现状主要为灌草地，在临时道路使用完工后，针对水库淹没范围以上的临时道路路面直接覆土后采用栽植灌木和撒播草籽相结合的方式恢复植被；填筑边坡采用栽植灌木绿化，树下撒播草籽。

立地改良方案：针对土壤养分不足和旱季土壤缺乏水分的特征，为提高植物措施效果和苗木成活率，在植被恢复地块采取平地挖穴、坡地鱼鳞坑整地。坡面鱼鳞坑长径 0.6m，短径 0.4m，密度与灌木栽植密度一致；平面灌木挖穴坑深 0.3m，穴径 0.3m，密度与灌木栽植密度一致。

树（草）种选择：结合本工程生态修复分区规划，本方案拟定临时道路绿化和电站周围景观区规划相结合。灌木选择杜鹃、胡枝子，比例为 50%、50%；草本选择狗牙根、三叶草、黑麦草（比例为 1：1：1）。

配置方式：灌木采取株间混交，株行距 1.0m 株间混交，采用一年生袋苗，栽植季节为道路填筑完成后的春季或秋季。

#### 4) 施工生活防治区

施工生产生活防治区植物措施主要为开挖填筑边坡绿化、场地绿化和施工迹地植被恢复等。开挖填筑边坡绿化详见护坡工程。

#### ① 场地景观绿化

场地绿化措施主要在对主营地园林景观绿化和部分距离坝区较近的附属企业区按景观要求恢复植被，主要为左岸金结拼装厂、左岸综合加工厂、右岸混凝土拌合系统、右岸综合加工厂等。

园林景观绿化以栽植乔灌木、片植花卉、铺植草皮的方式进行，起到水土保持和景观美化的双重效果。业主营地由左岸混凝土拌和系统改建，场地存在开挖、填筑以及平整后形成的贫瘠土石混合料，场地平缓。立地条件相对较差，考虑覆土后绿化，覆土厚度 30cm。

绿化采用点、线、面相结合、乔灌木和草本结合的立体绿化方式。

结合电站周围景观区规划，乔灌木选择香樟、枫香、桂花、玉兰、杉木、胡枝子、火棘、冬青等，根据不同景观需要控制树种比例；花卉选择杜鹃、蔷薇；草本选择狗牙根、黑麦草等。乔木要求苗高 $\geq$ 合电站周，灌木要求苗高 $>1.0\text{m}$ 。乔灌木均采用穴植，根据造型，采用孤植、点植、丛植等较为灵活的栽植方式，花卉采用片植，草皮采用满铺的形式。

该绿化区主要包括左岸金结拼装厂、左岸综合加工厂、右岸混凝土拌合系统、右岸综合加工厂等共 4 处施工场地，主要结合坝区景观绿化要求恢复植被。这些区域在施工结束后，进行场地平整、覆土（厚度 20cm），并结合电站周围景观区绿化，营造电站周围景观，并防治水土流失。乔木选择香樟、枫香、桂花、玉兰、杉木等，株行距 4.0m 合电站周围，采取挖穴栽植，穴径 0.5m，穴深 0.5m；灌木选择马桑、火棘等，株行距 2.0m 择马桑、火，采取挖穴栽植，穴径 0.3m，穴深 0.3m；草本选择狗牙根、黑麦草，播种量为 60kg/hm<sup>2</sup>。

## ② 施工迹地植被恢复

工程结束后，左岸混凝土拌合系统、砂石加工厂、砂石加工厂废水回收处理厂、综合仓库、机电安装基地、机械汽车停放场、施工水厂（含供水线路占地区）、加压泵站、取水泵站、35kV 施工变电所（含施工供电线

路占地区)、办公生活区、右岸前期临时营地以及其他设施等临时占地区迹地需进行植被恢复。

需绿化的位置基本为场地开挖、填筑以及平整后形成的贫瘠土石混合料，场地平缓，立地条件相对较差，考虑土地平整、覆土后进行绿化，覆土厚度 50cm。由于上述地块绿化一般无景观要求，结合坝区生态修复规划，该区拟恢复为灌草丛区，绿化以灌草结合的方式为主。

结合坝区生态修复规划，灌木选择马桑、火棘混交，株行距 2.0 区生态修复，采取挖穴栽植，穴径 0.3m，穴深 0.3m；草本选择狗牙根、黑麦草，播种量为 60kg/hm<sup>2</sup>。

#### **6.4.1.4 管理措施**

##### **(1) 宣传教育，遵纪守法**

全面贯彻执行《中华人民共和国野生植物保护法》，对施工人员和移民进行生物多样性保护及有关法律、法规的宣传教育，提高施工人员和移民的生态保护意识和法律责任意识。

##### **(2) 挂牌标记，明确告示**

在人员活动较多和较集中的施工营地，以及植被较好的区域，设置生态保护警示牌，提醒人们依法保护生态环境和生物多样性。

##### **(3) 加强施工管理**

施工过程中，加强施工人员的管理，禁止施工人员对植被滥砍滥伐，严格限制人员的活动范围，破坏沿线的生态环境。

##### **(4) 开展生态监测和管理**

主要监测生境的变化，植被的变化以及生态系统整体性变化。通过监测，加强对生态的管理，在工程管理机构，应设置生态环境管理人员，建立各种管理及报告制度，开展对工程影响区的环境教育，提高施工人员和管理人员环境意识。通过动态监测和完善管理，使生态向良性或有利方向

发展。

#### (5) 防止外来物种入侵扩散

加大宣传力度，对外来物种的危害以及传播途径向施工人员进行宣传。同时，为了防止施工期其他外来物种入侵，应对工程机械、工程材料等的木质包装、来往车辆等进行检疫，防止外来植物进入工程建设区域。

### 6.4.2 施工区耕地复垦设计

白马航电枢纽施工临时占用耕地 35.27hm<sup>2</sup>。工程完工后，对施工临时占用的耕地（含临时占用的园地）进行复垦，复垦总面积为 35.27hm<sup>2</sup>，其中采取浆砌石集水池和灌排系统等措施复垦水田 3.65hm<sup>2</sup>，复垦旱地 31.62hm<sup>2</sup>，耕地复垦费用已列入工程移民安置补偿投资。工程施工临时占地耕地复垦方案与面积见表 6.4.2-1。

表 6.4.2-1 白马航电枢纽工程耕地复垦方案一览表

序号	复垦区域	复垦旱地面积 (hm <sup>2</sup> )	复垦水田面积 (hm <sup>2</sup> )
1	左岸螃蟹溪弃渣场	8.23	1.78
2	左岸施工企业区	7.21	0.00
3	右岸龙洞沟弃渣场	16.17	1.88
合计		31.62	3.65

复垦的措施主要包括：源头控制，杜绝乱占滥用土地现象。对施工区表土进行剥离堆存后，再进行开挖或填筑。施工设施临时建筑物拆除产生的砖瓦、木材等有利用价值的材料，可在当地进行二次利用。无用建筑垃圾用于场地的平整充填。各渣场按设计要求完成拦渣工程、截排水工程及边坡防护工程。

#### 6.4.2.1 工程技术措施

##### (1) 农田水利工程

对所有灌排系统进行配置，设计沟渠与道路交叉处各种水工建筑物。道路修建按照原规模、原标准复建的原则，主要采用碎石路面。为确

恢复垦水田灌溉水源，复垦区周边修建浆砌石集水池，并于灌排系统相接。

#### (2) 土地平整工程技术措施

根据《土地复垦技术标准（试行）》，复垦后场地的平整，旱地地面坡度一般不超过 $5^{\circ}$ ，水田坡面坡度不超过 $3^{\circ}$ ，用作林地地面坡度一般不超过 $25^{\circ}$ 。对于弃渣场，为确保渣场稳定，弃渣过程中，对弃渣进行分层碾压，满足后期复垦需求。

#### (3) 农田防护工程

左岸螃蟹溪弃渣场、右岸龙洞沟弃渣场渣体表面覆土区外侧设置浆砌石坎拦挡措施等。

#### (4) 水土保持措施

水土保持措施主要包括：右岸龙洞沟弃渣场和左岸螃蟹溪弃渣场的表土防护工程，施工附企场地平整区截排水工程、表土防护工程等。

### 6.4.2.2 土壤改良

#### (1) 保土阶段

采取工程或生物措施，使土壤流失量控制在允许流失范围内，确保耕地基本性能。

#### (2) 土壤改良阶段

改善土壤性状，提高土壤肥力；常规改良土壤的措施为施入农家肥和种植豆科绿肥植物等。

### 6.4.3 古树保护措施

根据陆生生态专题调查成果和环境影响预测分析结论，白马航电枢纽工程生态评价区内 123 株古树中，1 株皂荚（胸径 75cm）位于机电安装基地附近，可能受施工活动的直接影响，拟采取就地保护措施；1 株黄葛树（胸径 110cm），位于巷口镇社区中兴村上码头边，属淹没区，拟采取迁地保

护措施；1株黄葛树和2株侧柏离工程施工区较近，可能受工程施工的间接影响，拟采取就地保护措施。

#### **6.4.3.1 古树就地保护**

就地保护措施主要包括隔离保护、抚育管理和环保宣传等。

##### **(1) 隔离保护**

保护树种原有的自然生境，采取隔离保护措施。具体办法是在直径1~2m或更大范围内用栅栏围起来，挂牌标记，以防干扰。对于分布于自然群落的古树，应注意保持自然植物群落的生境和群体。

##### **(2) 抚育管理**

落实古树保护责任制，指派有营林经验的村民负责看管。加强对病虫害的防治工作，注意对古树种进行培土、松土、追肥、浇水等复壮措施，使古树处于良好的生长状态。

##### **(3) 环保宣传**

利用电视、有线广播、墙报等多种宣传形式，使库区移民自觉保护古树种资源，培养库区人民热爱和保护自然资源的风尚。

#### **6.4.3.2 古树迁地保护**

##### **(1) 移栽位置**

受水库蓄水淹没影响的1株古树生长状况良好，适宜移植，规划将其移栽到武隆城区北岸南溪沟移民迁建小区。北岸南溪沟移民迁建小区位于武隆城区新区，便于县林业局等政府职能部门监管；且小区物业管理较为规范，便于古树移植后的维护与管理。

##### **(2) 移植季节与时间**

树木移植最佳的时间是早春，此时气温回升，树液开始流动，并开始

发芽，能较快进入生长期，对伤口愈合、新根生长、新芽萌生都较为有利，成活率最高。

### （3）移植前准备工作

#### 1) 切根处理

对5年内未作过移植或切根处理的古树，在移植前1~2年进行断根处理，因工期紧张的至少应该提前6个月断根。切根时间，可在立春天气刚转暖到萌芽前或秋季落叶前进行。断根应分期、分区交错地进行，其范围宜比挖掘范围小10cm左右，断根区回填含腐殖质较多的土壤。

#### 2) 枝叶修剪

落叶树枝叶萌发能力较强，可采取强剪，多留生长枝和萌生的强枝，修剪量可达60~90%；常绿树采取收缩树冠的方法，截去外围的枝条，适当稀疏树冠、修剪内部不必要的弱枝，多留强的萌生枝，修剪量可达30~60%；针叶树枝叶萌发能力较弱，以疏枝为主，修剪量可达20~40%。

### （4）挖掘打包

挖掘前立好支柱，或拉好浪风绳，支稳树木。以树干为中心，开挖范围一般以其胸径的7~10倍作为保留土球的直径，应在此范围外挖操作沟，沟宽度以方便操作为宜；挖时首先清除表面浮土和乱石（见表根为准），然后垂直挖下至规定深度，沟不应呈上大下小的尖锅形。土球挖掘过程中，对于散落的石块要清除，裸露出来的根系需用手锯、枝剪、利铲等进行剪切，再削平，并及时用5mg/kg的ABT生根粉溶液喷根。去土时要保护好根系，特别是切根后新萌的嫩根，多带护心土，土球高度为土球直径的2/3左右，整个土球要修成上大下小圆锥形，随即扎腰箍，宽度约为泥球腰宽的2/3，切忌散坨。

土球清理好后，立即进行土球包装，包装时用草绳顺反方向两层将土

球包扎严实；对于较松散的土球，外用长 1.5m 的木方沿土球外围倒梯形圆柱状围牢，并用铁钉、铁丝网套牢，防止土球起吊时散落；树干采取包裹措施，采用水浸泡好的麻包片、草绳围绕，外用塑料薄膜进行包扎，一般从根茎至分枝点处既可减少水分蒸发，又可减少移植过程的擦伤。

#### (5) 装卸运输

挖掘包装好后，必须将树木吊出树穴，起吊的机具和装运车辆的承受能力，必须超过树木和泥球的重量；起吊绳必须兜底通过重心，树梢用绳（小于 45°）挂在吊钩上；软包装的泥球和起吊绳接触处必须垫木板。古树的装卸及运输往往需使用大型机械车辆，因此为确保安全顺利的进行，必须配备技术熟练的人员统一指挥。

装卸和运输过程应保护好树木，尤其应保证土球完好。树冠应围拢，树干要包装保护。装车时树根必须在车头部位，树冠在车尾部位，泥球要垫稳，树身与车板接触处，必须垫软物，并作固定，防止滚动。运输时，车上必须有人押运，遇有电线等影响运输的障碍物必须排除后，方可继续运输。气候过冷、风大或过热时，根部必须盖草包等物进行保护。

#### (6) 栽植

种植穴为圆坑，大小、形状、深浅根据树根挖掘范围和土球的大小形状而定，一般应较土球的直径加大 60~80cm，深度加深 20~30cm，坑壁平滑垂直。

坑挖掘好后，首先用土壤消毒剂对树坑及周围松土进行全面消毒，然后在坑底部放 20~30cm 厚的营养土；树木入穴后，用竹、木杆支撑树体，使之稳定直立，树冠主尖与树根要在一垂直线上，并注意保持树木栽植的方向与移植前一致。对于移植过程中，造成土球松散形成裸根或半裸根时，栽植穴应配成保水剂基质打成泥浆后再进行移栽。

还土：一般用种植土与腐植土混合制成肥土，其比例为 7: 3。注意肥土必须充分腐熟，混合均匀。还土时要分层进行，每 30cm 一层，还土后踏实，填满为止。

开堰：开圆堰，土堰内径与坑沿相同，堰高 20~30cm 左右，开堰时注意不应过深，以免挖坏土球。

在种植过程中用生根粉和硫酸二氢钾及适量尿素进行稀释浇灌。浇水三遍，第一遍水水量不易过大，水流要缓慢灌，使土下沉，栽后两、三天内完成第二遍水、一周内完成第三遍水，此两遍水的水量要足，每次浇水后要注意整堰，填土堵漏。

栽植好后，按树形以及结合移植过程中对树体的损伤程度进行最后定干，用手锯锯除枝干受伤部分，并合理地进行疏叶，同样用石蜡对伤口进行处理。

上述工作完成后，需要在树木外围搭建遮荫棚，以降低古树温度，减少树体水分蒸发为目的，搭棚以遮荫 80%左右为佳，待古树生长稳定后，逐步去除。并对古树进行登记挂牌保护，若移植地点位于人类活动较频繁的地带时，还需设立警示牌。

### (7) 养护管理

栽后第一、二年是关键，一定要加强后期的养护管理。应围绕以提高树木成活率为中心的全面养护管理工作，并作好养护管理日志。设立专人，制定具体养护措施，进行养护管理，防止自然灾害与人为破坏。

支撑固定：一般采用三柱支架三角形支撑固定法，确保古树稳固，支架与树皮交接处可用旧鞋底或草包等作为隔垫，以免磨伤树皮；或用细钢丝绳拉纤要埋深立牢，绳与树干相接处应垫软物。

地面覆盖：地面覆盖主要是减缓地表蒸发，防止土壤板结，以利通风

透气。通常采用麦秸、稻草、锯末等覆盖树盘，但最好的办法是采用“生草覆盖”，亦即在移栽地种植豆科牧草类植物，在覆盖地面的同时，既改良了土壤，还可抑制杂草，一举多得。

浇水及控水：浇水应及时，水量充足，视树木生长需要和气候变化而定，浇水后应中耕或封堰，雨季时还应注意排涝，树堰内不得有积水。

病虫害防治：新移植的古树主要以枝叶部位受病虫害影响最为严重，可根据实际情况，选择喷粉法、喷雾法或毒环法进行防治，达到杀灭害虫的目的。

防冻措施：立冬前，用草绳将树干及大枝缠绕包裹保暖，既保湿又保温。

#### 6.4.4 陆生动物保护与影响规避措施

##### (1) 施工不利影响规避措施

工程施工期间，爆破噪声可能对施工区及其周边的鸟类和兽类等野生动物产生较大的惊扰影响，应根据动物的生态习性合理安排爆破施工作业时间，以减少工程施工爆破噪声对野生动物的惊扰。由于鸟类和兽类等野生动物大多是晨、昏（早晨、黄昏）或夜间外出觅食，正午是鸟类休息的时间，因此需做好爆破方式、数量、时间的计划，并尽量避免在晨昏和正午进行爆破施工作业。

##### (2) 野生动物生境保护措施

生物群落的完整性是维持生态系统和食物网稳定性的重要因素，尽量减少对陆生脊椎动物、植物群落的破坏，对在施工区的各类生物群落予以保护。严格界定施工活动范围，设置警示牌，并加强管理与监理，减少施工活动对陆生植被的破坏，切实加强保护陆生脊椎动物赖以生存的陆生生态系统。

### (3) 野生动物保护措施

水库建成蓄水后，对除在水域环境中生存的动物种类之外的各种动物都使其生境相应缩小，因而在库区密度可能会有所增加，禁止施工人员、移民和当地居民捕杀动物，尤其是重点保护野生动物。

## 6.4.5 生态保护管理措施

### (1) 加强环保宣传工作

工程建设以及工程运行阶段，采用广播、电视、墙报和黑板报、张贴标语等多种宣传形式，加强对施工人员、管理人员、移民及当地群众进行环保宣传，增强其野生动物保护意识，树立爱护野生动物，保护生态环境的自觉性和责任感。

(2) 加强工程施工期间的生态保护管理与监理工作，有效落实报告书提出的生态保护措施。工程施工期间，若在工程涉及区内发现有重点保护野生植物和古树分布，及时上报主管部门，并采取迁地保护。工程运行期开展生态调查与监测工作，掌握区域生态系统的整体变化和恢复情况，及地表植被、生境的变化情况。通过管理、监理和动态监测，使区域生态向良性或有利方向发展。

## 6.5 施工环境保护

### 6.5.1 大气环境保护

#### (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》(DB50/418-2016)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

I、II阶段)》(GB20891-2007)。

(2) 施工区粉(扬)尘控制

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安装集气罩,经收集的粉尘采用布袋除尘器处理后由15m排气筒排放,设计粉尘收集效率为95%,布袋除尘器的处理效率为99.9%。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) 混凝土拌和系统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) 在导流明渠、大坝、施工道路、进场道路等边坡开挖多粉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弃渣场堆放处理,并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。

## (2) 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) 成立公路养护、维修、清扫专业队伍，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 3# 公路、6# 公路和 10# 公路。

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。

## (3) 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 I、II 阶段）》（GB20891-2007）；同时施工机械使用优质燃料。严格执行《在用汽车报废标准》，推行强制更新报废制度。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。

#### (4) 船舶废气防治

对使用燃油内燃机和汽车发动机的船舶排放的废气采用废气净化器处理。

### 6.5.2 声环境保护

#### (1) 设计标准

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。

施工场地周围的噪声控制执行《建筑施工厂界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，环境敏感点区域按《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 1类标准控制，昼、夜噪声控制在 55dB(A)和 45dB(A)以内。

#### (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、临时避让等。结合本工程声环境影响预测与评价结果和敏感目标的特征，拟禁止夜间施工，并在施工期对敏感目标采取设置隔声屏障，隔声屏障的降噪效果可达 8~10dB(A)。经估算，在采取夜间禁止施工措施后，需要对杨柳村 2#居民点、杨柳村 3#居民点、鱼光村沟脚组 1#居民点、鱼光村沟脚组 2#居民点、沙台村 1#居民点、沙台村 2#居民点、沙台村烂田组居民点、铁佛村高家湾组 1#居民点、铁佛村高家湾组 2#居民点共 22 户居民安装隔声屏障，隔声屏障约 1056m 长，高为 2m。

针对沙台村柏杨树组居民点和竹笋厂宿舍两处敏感点，拟采取设置通风隔声窗的手段降噪，通风隔声窗的降噪效果可达 25dB(A)。经估算，在采取夜间禁止施工措施后，需要对沙台村柏杨树组居民点和竹笋厂宿舍两处敏感点共 6 户居民安装约 150m<sup>2</sup>的通风隔声窗。

#### (3) 交通噪声控制

1) 当车辆行驶至施工道路时，降低车速和禁止使用高音喇叭，限制施

工区内车辆时速在 15km/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严格控制车速（昼间 40km/h、30km/h）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) 使用的车辆必须符合《汽车定置噪声限值》(GB16170-1996)和《机动车辆允许噪声》(GB1495-79)，并尽量选用低噪声车辆。

### (3) 施工区噪声控制

1) 砂石料加工系统的粗碎、中碎、球磨机、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。

2) 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。

3) 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、入料給料口、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。

#### (5) 航道噪声防护

1) 加强对船舶管理。对船机设备噪声达不到船检要求的船舶禁止进入航道从事运输活动。

2) 绿化降噪。加强坝址和库周绿化，以降低船舶噪声影响。

3) 对航道沿线居民点分布较为集中且距离航道较近的航段应避免夜间密集航行及禁止鸣笛，同时限制夜行船速。

### 6.5.3 固体废物的处理与处置

#### (1) 工程弃渣处置

白马航电枢纽工程施工期弃渣 1800.88 万  $m^3$ ，工程产生的弃渣全部弃至弃渣场堆放，工程规划弃渣场堆渣总容积为 2949.17 万  $m^3$ ，可满足弃渣需求。

## (2) 生活垃圾处置

工程施工人员每天将产生 2.3t 生活垃圾，施工期总量为 6830t；施工高峰期生活垃圾产生量约为 7.0t。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：在枢纽工程施工现场、施工附企区和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，共布置垃圾桶 90 个。委托白马镇环卫部门对施工区和业主营地生活垃圾进行统一清运，就近运往白马镇沙台村的白马镇垃圾处理场集中处理。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。

## (3) 其他建筑垃圾

施工废料主要为施工过程中产生少量的碎砖块、废石料、水泥块及混凝土残渣等，还有部分废钢筋等建筑垃圾，这些废弃物多为无机物。对废料尽量再利用，不能利用的弃至渣场堆放。

## (4) 施工船舶垃圾

工程施工船舶保养废物和生产垃圾应分类收集，对其中废弃的机械零件应回收处理，含油棉纱与污油等应送有危险废物处置资质的单位接收处置。

## (5) 废污水处理设施干化泥饼

施工过程中，砂石料冲洗废水处理系统和生活污水处理系统等产生的污泥经过机械脱水后，将产生干化泥饼。干化泥饼就近运往弃渣场进行集中处置。弃渣场容量可满足处置要求。

## (6) 危险废物

施工过程中，机械检修产生的废矿物油应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。同时应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、转移各环节地点建

立的相关台账，按时、详细、准确记录各环节危险废物相关数据，管理台账要严格保管。

## 6.6 移民安置区环境保护

### 6.6.1 保护范围与目标

#### (1) 保护范围

移民安置涉及的武隆区白马镇、土坎镇、巷口镇、江口镇等4个镇的相关村、组，白马集镇、土坎集镇和武隆城区油坊沟、南溪沟等4个城镇移民迁建区，以及防护工程、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。

#### (2) 保护目标

保护城镇移民迁小区与农村居民点环境质量，防止污水、生活垃圾等污染环境；改善安置区环境卫生条件，保证饮用水卫生，控制安置区病媒生物，防止疾病流行。保护移民安置区地表植被，促进移民安置区生态环境的良性循环。

### 6.6.2 水环境保护

#### 6.6.2.1 施工期

##### (1) 城镇移民迁建区生活污水

根据移民安置规划报告，白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区在施工高峰期施工人数分别为90人、35人、60人和60人，施工期施工管理人员分别为5~10人。由于白马集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区位于集镇内，土坎集镇移民迁建区紧临土坎集镇，施工人员与管理人員均可就近租住在民房内，其日常生活产生的生活污水进入当地污水收集、处理系统，均不在施工区内布置食堂与宿舍，仅布置临时施工管理用房。因此，施工期间移民迁建区内无需布置污水收集与处理系

统，但应设置移动厕所，临时收集施工人员与管理人员的粪便污水，然后由环卫部门进行统一处理。

按照每 25 人设置 1 个移动厕所的标准，白马集镇、土坎集镇、武隆区油坊沟和南溪沟移民迁建区在施工期间设置移动厕所的数量分别为 4 个、2 个、3 个和 3 个。

### (2) 移民迁建区施工废水

白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区的施工废水产生量分别为 130m<sup>3</sup>/d、11m<sup>3</sup>/d、76m<sup>3</sup>/d 和 112m<sup>3</sup>/d，废水中的主要污染物为 SS。该施工废水拟采用沉淀池处理后回用于施工用水、场地洒水。根据施工废水的特征及产生量，在 4 个移民迁建小区内分别设置沉淀池，各施工区的沉淀池数量及规格见表 6.6.2-1。

表 6.6.2-1 白马航电枢纽工程移民迁建小区施工区沉淀池数量及规格一览表

施工区名称	数量 (座)	规格 (mm)
白马集镇移民迁建区	3	5000×3000×2000
土坎集镇移民迁建区	1	2000×1000×2000
武隆区油坊沟移民迁建区	1	3000×3000×2000
武隆区南溪沟移民迁建区	1	4000×3000×2000

### (3) 防护工程混凝土拌和站冲洗废水

规划在焦村坝、武隆城区南、北岸防护工程施工区分别布置混凝土拌和站，拌和站冲洗废水产生量分别为 1m<sup>3</sup>、2m<sup>3</sup>和 6m<sup>3</sup>，废水中的污染物主要为 SS。拟采用中和沉淀法对废水进行处理。废水经收集、预沉池沉淀后，加中和剂、絮凝剂进入沉淀池处理，沉淀池上清液回用。预沉池的沉渣经分离脱水后外运至弃渣场，反应沉淀池的沉渣经浓缩池和干化处理后也运至弃渣场。

在焦村坝和武隆城区南溪沟防护工程施工区各设 1 座沉淀池，在武隆城区油坊沟防护工程施工区布置 2 座沉淀池，共 4 座。施工区沉淀池规模

根据施工区每天的废水生产量确定，详见表 6.6.2-2。

表 6.6.2-2 白马航电枢纽工程防护工程施工区沉淀池规模一览表

防护工程位置	规模 (mm)	数量 (座)
焦村坝	1000×1000×1500	1
武隆城区南溪沟	2000×1000×1500	1
武隆城区油坊沟	3000×1000×1500	2

#### (4) 灌浆废水

武隆城区油坊沟和南溪沟防护工程中的灌浆废水产生量分别为 3.1m<sup>3</sup>/d、6.5m<sup>3</sup>/d，灌浆废水主要污染物是 SS。拟采用絮凝沉淀法对废水进行处理，上清液循环使用。灌浆废水经收集、预沉池沉淀后，加絮凝剂进入沉淀池，经絮凝沉淀后上清液回用。预沉池的沉渣经分离脱水后外运至弃渣场，反应沉淀池的沉渣经浓缩池和干化处理后也运至弃渣场。

根据废水产生量，各防护工程施工区共设 3 座混凝土沉淀池，沉淀池规模见表 6.6.2-3。

表 6.6.2-3 白马航电枢纽工程防护工程灌浆废水处理沉淀池规模

防护工程位置	废水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	规模尺寸 (mm)	数量 (座)
武隆城区油坊沟	3.10	3000×1000×1500	1
武隆城区南溪沟	6.50	3000×1000×1500	2

#### (5) 专项设施复（改）建工程施工废水

电力和通信设施复（改）建过程中基本不产生生产废水，桥梁、码头等交通工程复（改）建施工期间将产生少量生产废水。交通工程中的混凝土养护废水 SS 浓度较高，且呈碱性，拟采用中和沉淀法进行处理后回用。在调节池中添加中和剂调节废水酸碱度，出水进入沉淀池，经沉淀后用于场地洒水降尘，泥渣运至弃渣场处置。

在复建的石梁河大桥、杨家溪桥、曹家沟桥、中咀桥 4 座桥梁工程施工区和 7 座码头工程施工区各设一处中和沉淀池，中和沉淀池的尺寸为

3000mm×3000mm×1500mm，共设 11 座，出水用于洒水降尘。

### 6.6.2.2 运行期

#### (1) 城镇移民迁建区生活污水

##### 1) 废污水概况

白马集镇、土坎集镇以及武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区的生活污水产生量分别为 200m<sup>3</sup>/d、18m<sup>3</sup>/d、103m<sup>3</sup>/d 和 114m<sup>3</sup>/d，污水中的主要污染物及浓度分别为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L。

##### 2) 设计标准

白马集镇、土坎集镇、武隆城区油坊沟、南溪沟移民迁建区生活污水预处理后排入市政污水管网，预处理后水质需满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 中的三级标准。

##### 3) 处理方案

由于白马集镇移民迁建区、土坎集镇移民迁建区、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区均位于集镇内，周边有市政污水管网分布或移民安置规划新建、改建污水管网，因此上述 4 个移民迁建区的生活污水预处理后可经市政污水管网排水污水处理厂集中处理，小区内不需要布置生活污水处理设施。

##### 4) 处理方案可行性分析

根据移民安置规划，白马集镇移民迁建区包括三个组团，本程拟对白马中学污水干管均进行重新复建，复建管径为 DN300，复建范围为移民迁建新区南侧红线至污水处理厂过河（郭家沟）主干管，白马中学北侧组团污水可排入白马中学污水干管；沿郭溪沟沿岸路新建 DN300 污水干管，新建范围为干打垒组团至白马污水处理厂，麻纺厂外围组团、干打垒组团污水可排入该污水干管。干管污水汇流进入白马污水处理厂处理，由于白马

集镇移民迁建区居民多为原住居民，部分为进城镇安置的农村移民，生活污水产生量不会大幅增加，生活污水经收集后进入白马污水处理厂是可行的。

武隆县城污水处理厂迁建工程在土坎镇上游关滩村，服务范围包括县城城区、仙女山旅游度假区、搬迁后的羊角场镇片区及土坎片区，处理规模为 1.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，土坎集镇移民迁建区、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建区附近均有市政管网分布，生活污水排入武隆县城污水处理厂处理符合规划设计，是合理可行的。

## (2) 分散安置移民生活污水

### 1) 废水概况

农村分散安置移民生活污水主要来源于人畜粪便以及日常洗涤用水等，白马镇、土坎镇、巷口镇和羊角镇的生活污水产生量分别为 30.56t/d、2.24t/d、0.88t/d 和 0.80t/d。生活污水中含有的主要污染物及浓度分别为 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L。农村分散安置移民一般是单户或几户在一起，生活污水具有生活污水量小、污水产生分布范围较广的特点。

### 2) 设计标准

由于农村分散安置移民的生活污水经处理后用于田地肥料，因此生活污水经处理后水质需满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）中的旱作作物水质要求，即 BOD<sub>5</sub>≤100mg/L，COD≤200mg/L。

### 3) 处理方案

规划分散安置移民每户设置 1 个 8 $\text{m}^3$ 的沼气池，室内排水经 DN200 排水管收集后自流进入沼气池，在一定的温度和厌氧条件下，通过微生物的分解代谢，最终生成 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 等气体（沼气）。沼气池处理工艺流程如图 6.6.2-1。



图 6.6.2-1 沼氣池工藝流程圖

項目區農村已有使用沼氣池的經驗，每戶設置 1 個 8m<sup>3</sup> 的沼氣池，共需建沼氣池 113 個。本工程選用適應性較廣，施工較為簡單的水壓式圓筒形沼氣池，施工以鋼模作為模具採用混凝土整體澆注的方式進行。沼氣池在氣候溫暖的農村地區廣泛用於處理人畜糞便。沼氣池運行管理與維護方便，在使用過程中要注意及時進料與出料。

#### 4) 推薦方案經濟技術經濟可行性分析

沼氣池對 COD、BOD<sub>5</sub> 的去除率分別為 40%、40%，生活污水中初始污染物濃度分別為 COD250mg/L、BOD<sub>5</sub>150mg/L，經處理後污染物濃度分別為 COD150mg/L、BOD<sub>5</sub>90mg/L。出水水質符合《農田灌溉水質標準》（GB5084-2005）中的旱作作物水質要求，可直接用於附近農田肥料。沼氣池基建投資少，運行管理與維護方便，基本無管理維護費用，具有較好的經濟效益。該方法在處理農村生活污水方面具有普遍性，運行可靠。綜上所述，該處理方案是可行的。

### 6.6.3 環境空氣質量保護

防護工程、專項設施復（改）建工程的土石方施工採用濕法作業，減少土方開挖和回填產生的粉塵量；運輸車輛裝載多塵物料時，應適當加濕或採用封閉運輸，減少揚塵；加強機械、車輛的維修和保養，減少有害尾氣排放。

對周邊居民點較多的防護工程和專項設施復（改）建工程施工區進行洒水，每天洒水 4~6 次，晴好天氣根據實際情況增加洒水次數。

## 6.6.4 噪声控制

### (1) 加强施工管理

1) 合理制定作业时间。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。当出现混凝土连续浇筑、支模板等特殊情况确需连续施工作业的，事先应该与附近居民协商，并上报工地所在地的环保局和有关环保行政执法部门。白马中学、白马中心小学、土坎镇中心小学、武隆区实验小学附近的安置区桩基施工应避开正常教学时间，安排在寒暑假期间施工。

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 etc 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。

#### (4) 加装通风隔声窗

白马中学、白马中心小学、白马镇 1#居民点、白马镇 2#居民点、白马镇 3#居民点、土坎镇中心小学、土坎镇居民点、武隆区油坊沟居民区、武隆区南溪沟居民区、武隆区实验小学在桩基施工阶段昼间噪声最大超标量为 1.4~21.5dB(A)，拟在施工期对上述学校和居民点安装通风隔声窗降噪，通风隔声窗的降噪效果可达 25dB(A)。经估算，共需安装通风隔声窗约 6000m<sup>2</sup>。

#### (5) 移动式隔声屏

交通、通讯、电力等专项设施的改建、复建线路沿线有少量居民点，由于这些居民点分布较为分散，且居民户数较少，单个居民点处施工时间较短，拟采取移动式隔声屏障进行防护，经计算共需设置 400m<sup>2</sup> 移动式隔声屏障。

### 6.6.5 固体废物处置

移民安置区农村生活垃圾处理的模式应按照符合当地村庄实际情况的原则进行，从目前国内农村生活垃圾处理方式综合分析看，主要有以下几种处理模式：

模式一：采用乡/县垃圾填埋场处理模式

这种模式主要适用于已建乡/县垃圾填埋场的地方。适合转运系统方便，距离适中的区域，在一定程度上可以解决各村、乡垃圾填埋场选址难、垃圾处理填埋场建设不规范等难题。

模式二：采用沼气池处理模式

这种模式主要适用于垃圾产生量较少，已建沼气池的农村及填埋场选址相对较难的区域。沼气池的建设减少薪材的适用，减少了灰渣量，一定程度上减少了生活垃圾产生量。

### 模式三：小型焚烧设备焚烧处理

这种模式主要运用在垃圾填埋场选址困难，且附近的垃圾填埋场运距很远运输难度大等地方。这种处理方式的缺点是存在一定的空气污染以及焚烧废渣处理去向问题。

#### (1) 城镇移民迁建区固体废物处理

根据移民安置规划，白马集镇移民迁建区安置移民 1667 人，迁建企事业单位 12 家；土坎集镇移民迁建区安置移民 189 人；武隆城区油坊沟移民迁建区安置移民 860 人，企事业单位 21 家；武隆城区南溪沟移民迁建小区安置移民 949 人，企事业单位 5 家。居民、学生人均垃圾产生量按 1kg/d 计算，企事业单位垃圾产生量按小区居民垃圾总量的 50% 估算，则白马镇、土坎镇、武隆城区油坊沟和南溪沟移民迁建小区移民分别产生垃圾约 2.1t/d、0.2t/d、1.1t/d 和 1.2t/d。

鉴于武隆区和白马镇已建成垃圾填埋场，本工程集镇和居民点固体废物处理建议主要参考模式一，垃圾统一收集，统一清运。规划移民迁建区的居民均为各集镇的后靠迁建居民，各集镇的人口总数基本未变，规划移民迁建小区的生活垃圾经统一收集后仍将运至相应的城镇生活垃圾填埋场进行处理，其中土坎集镇和武隆城区移民迁建区的生活垃圾运至武隆区生活垃圾处理场填埋，白马集镇移民迁建区的生活垃圾运至白马镇垃圾处理场填埋。经调查，上述两个城镇生活垃圾填埋场的剩余容量均较大，能够满足城镇居民日常生活垃圾填埋的要求，其中武隆区生活垃圾处理场位于巷口镇城东村张家碛农业社，规划容量为 86 万  $m^3$ ，2003 年 7 月正式投入运行，现已填埋垃圾约 30 万  $m^3$ ；白马镇垃圾处理场位于白马镇西侧沙台村，规划容量为 30 万  $m^3$ ，2008 年投入运行，现已填埋垃圾约 6 万  $m^3$ 。按每 50 人配置 1 个垃圾筒，每一个企业配置 2 个垃圾筒，每 500 人配置

一个垃圾收集点的标准，四个移民迁建区和羊角中学共配备 142 个垃圾筒和 11 个垃圾收集点，每个垃圾收集点配备 1 辆人力车用于垃圾收集。由武隆区和白马镇环境卫生管理部门统一清运处理，每天清运一次，并对垃圾筒和垃圾收集点进行清理、消毒。生活垃圾处理处置措施参数见表 6.6.5-1。武隆城区市生活垃圾卫生填埋场和白马镇垃圾处理场的填埋容量和处理能力完全满足白马航电枢纽移民安置区生活垃圾卫生填埋要求，并愿意接收白马航电枢纽移民安置区的生活垃圾。

表 6.6.5-1 白马航电枢纽工程移民迁建小区生活垃圾处理表

移民迁建区名称	垃圾产生量 (t/d)	垃圾桶 (个)	垃圾收集点 (个)	人力车 (辆)	运至垃圾填埋场名称
白马集镇移民迁建区	2.30	70	4	4	白马镇垃圾处理场
土坎集镇移民迁建区	0.18	6	2	2	武隆区生活垃圾处理场
县城油坊沟移民迁建区	1.29	29	2	2	武隆区生活垃圾处理场
县城南溪沟移民迁建区	1.42	37	3	3	武隆区生活垃圾处理场
合计	5.91	142	11	11	—

### (2) 分散安置移民固体废物处理

本项目共有农村分散安置移民 431 人，按人均 1kg/d 的垃圾产生量计算，农村分散移民每天约产生 0.43t 的生活垃圾。根据对武隆区农村移民安置区生活垃圾成分的调查，农村居民主要以薪材和沼气为燃料，生活垃圾中大部分为厨余垃圾，塑料等其他垃圾成分较少，厨余垃圾基本上可作为沼气池利用料。因此，结合当地村庄实际情况及尽量减少环境污染问题的原则，本工程分散安置移民固体废物处理主要参考模式二，采用沼气池发酵处理生活垃圾。

### (3) 移民安置工程施工期固体废物处理

根据移民安置规划，防护工程、移民迁建小区和专项设施复（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，由武隆区环卫部门统一清运。

在防护工程、移民迁建小区和专项设施复（改）建工程施工区共设垃圾桶 137 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。

#### 6.6.6 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的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 300 人。疟疾血检针对移民安置区所有发热的移民，每年检测 400 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 230 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，宣传对象主要为淹没未搬迁区（含 3 座集镇和武隆城区）和四处移民安置区居住的人群，施工期间每处至少宣传 1 次，共计宣传 8 次。

## 6.6.7 迁建企业环境保护要求

白马航电枢纽工程占地和水库蓄水淹没共涉及企事业单位 97 家，其中行政事业单位 38 家、工矿企业 13 家、商业企业 46 家。

武隆区世宏木材加工厂、武隆区焱鑫页岩砖厂、武隆区永祥水泥制品厂3家企业后靠复建，复建过程和建成后均会对环境产生影响。受工程设计深度限制，本工程暂无法分析迁建企业的环境影响，建议根据《环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》规定，迁建企业后期应按照规定开展环境影响评价工作。

## 6.7 航运环境保护

### 6.7.1 航运污染控制

(1) 船舶应当按照规范要求设置与生活污水产生量相当的收集储存容器，到港后排入接收设施；或利用船载生活污水处理装置处理，达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）要求后在航行中排放，不得在航道内随意排放未经处理的船舶生活污水。

(2) 航道内禁止直接排放船舶舱底油污水。船舶舱底油污水应由船舶自带的油污水收集装置收集，在到港后由海事部门认可的有资质的接收船舶接收，并送岸上含油污水处理设施接收处理，达标后排放。

(3) 库区航道内船舶所产生的垃圾应由船舶自带的垃圾储存容器收集，到港后纳入当地生活垃圾收运处理系统统一处理。

(4) 建议加强航运环保法规和船舶防污知识的宣传力度，提高广大船员及全社会防污治污意识。在航道范围内推行船员持证上岗，经相关环境保护、水污染防治、应急措施等相关培训后方可上岗。开展相关船舶污染防治宣传日和宣传周活动。

(5) 工程运行期间检修维护产生的废矿物油应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。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、转移各环节地点建立的相关台账。

## 6.7.2 航运噪声控制

(1) 加强对运输船舶的管理。航运船舶噪声应满足国家《内河船舶噪声级规定》(GB5980-2009)规定,对船机设备噪声达不到船检要求的船舶应禁止其进入航道从事运输活动,尽量减少船舶交通噪声对航道沿线居民正常生产、生活的影响。

(2) 根据《声环境质量标准》(GB3096-2008),夜间突发噪声,其最大值不得超过标准值的15dB,而船舶鸣笛的瞬间噪声较高,因此在航道沿线居民点分布较为集中且距离较近的航段应禁止鸣笛,以减少船舶交通噪声对航道沿线居民正常生活的影响。

(3) 降低船舶航行速度,可以显著降低船舶噪声(5km/h内可降噪5dB(A))。在航道沿线居民点分布较为集中且距离航道较近的航段限制船速(夜间),设置低速行驶的标志。拟于土坎镇、巷口镇和江口镇各设置两处低速行驶标志,共6处,该费用纳入环保投资。

(4) 绿化降噪工程措施。在居民点集中的航道沿线种植隔声绿化林带,起到降噪作用。

## 6.8 土壤环境保护

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,不会对造成土壤的酸化、碱化或盐化影响。因此,土壤环境保护措施主要为源头控制措施,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) 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。

(3) 加强施工机械设备的维护保养,减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

(4) 运行期地方政府应加强库周环境管理, 确保水库库区良好的水质, 避免因水质污染进而造成土壤的酸化、碱化和盐化现象。

## 6.9 人群健康保护

### 6.9.1 卫生清理

在白马航电枢纽工程施工区采取卫生清理措施, 降低施工区各种病原微生物及虫媒动物的密度, 预防和控制施工区各种传染性疾病的流行。卫生清理主要包括场地消毒和病媒生物消杀。

#### (1) 场地消毒

范围及对象: 在施工营地、施工人员集中活动场所、施工附企区和原有的厕所、粪坑、畜圈、垃圾堆放点及近十年内新埋的坟地进行清理和消毒, 以及施工结束后拆除的临时办公、生活营地、临时厕所、垃圾堆放场地等, 场地消毒面积共计  $41.76\text{hm}^2$ 。

方法及频次: 选用石碳酸药物, 按照《消毒技术规范》的要求用机动喷雾器进行消毒, 同时注意对废弃物进行清理。对施工临时用地范围及其重点污染源旧址进行一次清理和消毒。

#### (2) 病媒生物消杀

范围及对象: 在办公生活区和临时工棚进行灭鼠、蚊和蝇, 以控制自然疫源性疾病、虫媒传染病等传染性疾病的传染源和切断传播途径, 病媒生物消杀面积共计  $8.61\text{hm}^2$ 。

方法及频次: 灭鼠采用鼠夹法和毒饵法; 灭蚊、灭蝇选用灭害灵。在卫生防疫人员的指导下, 将药物和工具分发给施工人群投放或使用。施工期内, 每年定期在春秋两季对生活区进行统一消杀灭工作。

## 6.9.2 卫生防疫计划

### (1) 卫生检疫

对准备进入施工区的施工人员和管理人员进行卫生检疫，了解欲进入施工区的施工人员健康情况，发现和控制进入施工区的新病种，防止在施工人群中造成相互传染和流行。

检疫范围：施工人员和管理人员。

检疫项目：疟疾、钩端螺旋体病。

检疫频率：施工人员和管理人员进场前必须进行检疫；之后，在施工期间按施工人数的 10%抽检二次，共计 4960 人次。

### (2) 健康检查

工程开工后，施工区环境医学状况逐步改变，施工人员劳动强度较大且体质各不相同，可能会有新感染病例出现。施工期间对施工人群进行观察和体检，有利于掌握不同施工期劳动力的健康状况，及时预防和控制各种疾病的发生和蔓延，保证施工正常进行。健康检查根据具体情况确定，对施工区食堂、餐饮从业人员、接触粉尘、高噪声的施工人员和其他从事对人体伤害较大工种的施工人员，每年体检一次，共计 900 人次；其他人员每二年检查一次，检查结果建立档案，共计 14000 人次。

### (3) 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，宣传痢疾、伤寒、钩体病、出血热、疟疾等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。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。

鉴于介水传染病主要是通过水体进行传播，因此需加强施工区水厂水

源的防护、消毒及监测工作，并结合施工实际情况，在施工现场设立开水供应点，供水人员必须具有健康合格证和卫生知识，以保证施工人员饮水卫生与安全。加强对施工区食堂的卫生监督与管理，并检查施工区食堂、餐馆从业人员的健康证，以保证饮食卫生。

各施工单位和工程管理部门应明确卫生防疫责任人，负责其管理范围内人群健康保护工作；建立并完善疫情报告网络，发现疫情及时向上级部门汇报。在施工区人员相对集中地区建立符合要求的公共卫生设施，定期开展灭鼠、灭蚊蝇活动，每季度进行一次卫生检查工作。

### 6.9.3 公共卫生设施

合理布置施工区的公共卫生设施，是进行卫生管理的基本条件，是清除蚊蝇孳生、除害灭病的根本措施。根据施工总体布置情况，在人群活动较为频繁的场地设置临时活动厕所，分别在左岸混凝土拌和系统、砂石加工厂、综合加工厂、综合仓库、机电安装基地、金结拼装厂、两个机械汽车停放场、施工水厂、35kV 施工变电所、办公生活区、重件运输码头，以及右岸前期临时施工营地、机械汽车停放场、右岸混凝土拌和系统、综合加工厂、船闸基地等地设置临时公共厕所，并在枢纽工程一、二、三期围堰施工区内设置，共设置临时活动厕所 20 座。

临时性公共厕所的设置要求：选点应与食堂相距 30m 以上，同时还应考虑使用的方便性；蹲位的设置应根据中华人民共和国等颁布的《工业企业设计卫生标准》(TJ35-79) 的要求，100 人以下，每 25 人设一蹲位；100 人以上每增 50 人，增设一个蹲位。厕所屋顶高度不得低于 2m，并配自来水和照明系统，并采取排臭、防蝇等措施，地面坚硬平整。粪便污水处理按生活污水处理方式进行，活动厕所粪便要求及时清运。

根据施工区人员分布及生活营地布置情况，分别在左岸办公生活区、

右岸前期临时施工营地，以及左右岸混凝土拌和系统、机械汽车停放场、综合加工厂、综合仓库等附企及枢纽施工现场内设置垃圾桶（箱），生活垃圾要求及时清扫，定期清运送往生活垃圾填埋处理场，严禁往江中或排水沟中倾倒，共在施工区布置垃圾桶 90 个。委托白马镇环卫部门对施工区和业主营地生活垃圾进行统一清运，就近运往白马镇沙台村的白马镇垃圾处理场集中处理。

### 6.10 环境保护措施汇总及环境保护“三同时”

乌江白马航电枢纽环保措施汇总见表 6.10-1，工程施工区环境保护措施总体布局见附图 23，库区环境保护措施总体布局见附图 24。工程环境保护“三同时”一览表见表 6.10-2。

表 6.10-1

白马航电枢纽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：            施工期：（1）砂石料冲洗废水采用 DH 高效净化器处理后回用；（2）基坑排水经中和沉淀处理后优先回用；（3）混凝土料罐冲洗废水经中和沉淀处理后用于厂区洒水降尘；（4）机械车辆保养冲洗废水经简易除油沉淀后用于洒水降尘，不外排；（5）施工人员生活污水经成套设备处理后，出水用于绿化，不外排。            运行期：（1）业主营地生活污水经成套设备处理后用于绿化；（2）在水库蓄水前，开展库底清理；（3）实施武隆区污染源防治规划；（4）采取控制污染源为主的防治措施，有效防止富营养化；（5）做好船舶生活污水和污染物处理措施；（6）按 387m<sup>3</sup>/s 下泄生态流量，保证下游河道生态用水。</p> <p>地下水环境：            施工期：集中收集并处理生产、生活废水，回用或达标排放；            运行期：加强坝基、坝肩和厂址区的防渗工作，减少库水渗漏量以及库岸两侧地下水水位的下降幅度。</p>	<p>（1）施工期废污水处理后满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准；            （2）绿化用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中的相应标准；            （3）保护库区水质；            （4）保证河道内的生态需水要求。</p>
2	水生生态	<p>（1）增殖放流：建设鱼类增殖放流站。放流总规模 10 万尾/年，其中胭脂鱼 0.5 万尾/年、岩原鲤 1.5 万尾/年、泉水鱼 1.0 万尾/年、瓦氏黄颡鱼 3 万尾/年、圆口铜鱼 1.0 万尾/年、长薄鳅 1.0 万尾/年、蛇鮈 1.0 万尾/年、长鳍吻鮈 1.0 万尾/年。近期放流暂定 20 年，20 年根据效果制定长期放流计划；            （2）过鱼措施：单侧导竖式鱼道为首选过鱼方案，设 6 个入口、2 个出口，鱼类自行上溯过坝。            （3）栖息地保护：乌江干流白马大坝以下至涪陵河口约 43km 河段，含大溪河、麻溪河、御泉河等支流入河汇口。支流郁江马岩洞发电厂房以下至河口 59.4km 河段，支流石梁河大院子电站以下 13km 河段及其次级支流赵家河团家堡-汇口 3km 河段。拆除马岩电站；实施何家、大院子水电站连通性修复、长旗坝三县、三江口电站连通措施。            （4）生态流量保障措施、鱼类繁殖期生态调度：下泄生态流量 387m<sup>3</sup>/s；每年 6 月上旬-7 月中旬实施不少于 2 次敞泄调度和彭水、银盘、白马梯级联合生态调度，模拟天然洪水过程，洪水上涨时间持续 5 天，每天水位上涨幅度不小于 0.5m/d，产卵场流速大于 0.2m/s。            （5）加强渔政管理、水生生态监测和科学研究。</p>	<p>（1）保护水生生物多样性，保护区域珍稀濒危物种和特有鱼类，保护水生生物栖息地、繁殖地；            （2）采取措施恢复大坝上下游河流之间的连通，减少拦河建筑物阻隔对河流水生生态系统的影响；            （3）保障水生生物资源交流，促进重要鱼类资源的增殖，使区域珍稀濒危物种和特有鱼类能够正常繁衍。</p>
3	陆生生态	<p>（1）对施工区临时占地区受损植被进行生态修复和抚育管理；            （2）工程完工后对施工临时占用的耕园地进行复垦；            （3）对受工程施工占地直接影响的 1 株皂荚树采取就地保护措施，对受水库蓄水淹没影响的黄葛树采取迁地保护措施；受工程间接影响的 1 株黄葛树和 2 株侧柏采取就地保护措施；            （4）根据动物的生态习性合理安排爆破施工作业时间，严格界定施工活动范围，设置警示牌，并加强管理与监理，禁止施工人员、移民和当地居民捕杀动物；            （5）加强环保宣传工作，加强工程施工期间的生态保护管理与监理工作。</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；            （2）保护古树资源及重点保护野生动植物。</p>
4	环境空气	<p>（1）工程爆破采用先进的爆破技术，凿裂、钻孔、爆破提倡湿法作业，爆破钻孔设备选用带除尘器的钻机，爆破时尽量采用草袋覆盖爆破面，弃渣场裸露面和开挖时进行定期洒水；            （2）砂石料加工系统采用湿法生产工艺配置 2 套集气罩和布袋除尘设备，场地内定期洒水，加强机械维护，混凝土生产系统采用全封闭式混凝土搅拌系统；</p>	<p>（1）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；            （2）施工废气执行《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）的二级标准；</p>

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
		<p>(3) 交通道路设置限速标志, 装载多尘物料时对物料适当加湿或封闭运输, 清洗运输车辆, 对路面进行清扫、洒水, 道路两侧栽植树木与灌木;</p> <p>(4) 加强大型施工机械和车辆的管理, 施工机械使用优质燃料, 及时更新老旧设备。</p> <p>(5) 对使用燃油内燃机和汽车发动机的船舶排放的废气采用废气净化器处理。</p>	<p>(3) 所有燃油机械和车辆尾气排放执行《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 I、II 阶段)》(GB20891-2007)。</p>
5	噪声	<p>(1) 施工道路加强限速和交通管制管理, 严格控制夜间车流量和车速;</p> <p>(2) 控制爆破时间, 禁上夜间爆破, 同时采用先进的爆破技术, 尽量减少单孔炸药量;</p> <p>(3) 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, 厂房合理布局等。</p> <p>(4) 周围声环境敏感目标加装隔声障与通风隔声窗。</p>	<p>(1) 维护工程施工区及其周边区域的声环境质量, 边界噪声满足《建筑施工厂界环境噪声排放标准》(GB12523-2011), 乡镇执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 2 类标准, 昼、夜噪声控制在 60dB (A) 和 50dB (A) 以内;</p> <p>(2) 农村居民点执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 1 类标准, 昼、夜噪声控制在 55dB (A) 和 45dB (A) 以内。</p>
6	固体废物	<p>(1) 部分土石方用作填筑料或骨料料源, 弃渣集中堆放于弃渣场;</p> <p>(2) 生活垃圾统一收集后清运;</p> <p>(3) 加强施工人员环境卫生宣传。</p> <p>(4) 污泥脱水后, 泥饼运往弃渣场处置;</p> <p>(5) 危险废物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。</p>	<p>提高保护施工区环境卫生。危险废物按照管理要求妥善处置。</p>
7	人群健康	<p>(1) 场地消毒: 在施工营地、施工人员集中活动场所进行清理和消毒, 施工结束后拆除的临时办公、生活营地、临时厕所、垃圾堆放场地;</p> <p>(2) 在办公生活区和临时工棚进行灭鼠、蚊和蝇;</p> <p>(3) 对准备进入施工区的施工人员和管理人员进行卫生检疫;</p> <p>(4) 施工期间对施工人群进行观察和体检;</p> <p>(5) 加强施工区卫生宣传与管理工作;</p> <p>(6) 合理布置施工区公共卫生设施。</p>	<p>(1) 降低施工区各种病原微生物及虫媒动物的密度, 预防和控制施工区各种传染性疾病的流行;</p> <p>(2) 了解入场施工人员健康情况, 发现和控制进入施工区的新病种, 防止在施工人群中传染和流行;</p> <p>(3) 掌握不同施工期劳动力的健康状况, 及时预防和控制各种疾病的发生和蔓延, 保证施工正常进行;</p> <p>(4) 提高施工区人群卫生知识水平和健康保护意识。</p>
8	安置环境	<p>水环境保护: (1) 移民迁建小区的生活污水经预处理后进入市政污水管网; (2) 分散安置移民生活污水采用沼气池进行处理后用于农田灌溉; (3) 防护工程混凝土拌合站冲洗废水和灌浆废水分别采用中和沉淀法和絮凝沉淀法进行处理; 桥梁、码头等专项设施复建工程混凝土养护废水采用中和沉淀法进行处理。</p> <p>环境空气质量保护和噪声控制措施: (1) 洒水抑尘, 多尘物料密封运输; (2) 合理制定作业时间, 防治施工噪声扰民; (3) 对迁建小区附近的学校以及部分居民点等敏感目标加装通风隔声窗降噪;</p> <p>(4) 对专项设施改(复)建工程沿的居民点, 采取移动式隔声屏障。(5) 加强对施工人员的素质培养; (6) 在施工过程中应当合理布局和使用施工机械, 对高噪声施工机械采取降噪措施, 禁止使用落后施工工艺和机械设备。</p> <p>固体废物处理: (1) 农村居民日常生活垃圾通过沼气池进行发酵处理; (2) 迁建小区居民生活垃圾经收集后集中运至垃圾处理场处理; (3) 加强移民安置工程施工期固体废物处理等。</p> <p>人群健康保护: (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) 采取灭鼠措施; (4) 进行疾病检测与预防接种; (5) 加强卫生</p>	<p>(1) 生活污水处理后执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准;</p> <p>(2) 分散安置点的生活污水经处理后水质执行《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005) 相应标准;</p> <p>(3) 改善移民安置区的居住环境和环境卫生;</p> <p>(4) 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;</p> <p>(5) 提高移民安置区的环境卫生;</p> <p>(6) 保护移民安置区人群健康。</p>

序号	环境因子	环境保护措施	预期效果
		宣传等。	
9	航运	(1) 船舶设置生活污水处理装置或储存容器, 处理后按规定排放, 或到港后排入接收设施; (2) 船舶设置舱底油污水收集装置, 到港后排入接收设施; (3) 船舶设置垃圾储存容器, 垃圾到港后纳入当地生活垃圾收运处理系统统一处理; (4) 采取降低船舶航行速度、绿化降噪工程等船舶噪声控制措施。 (5) 船闸检修产生的废矿物油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。	保证船舶不在航道水域直接排放生活污水和船舶污染物, 满足《中华人民共和国防止船舶污染内河水域管理规定》的相关规定, 以及《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018) 相关要求。危险废物按照管理要求妥善处置。

表 6.10-2

白马航电枢纽工程竣工验收“三同时”一览表

序号	工程名称及主要环保措施	1	2	3	4	5	6	7	8	9	运行期	计划完成时间
第一部分	环境保护措施											
一	水环境保护											
1	业主营地生活污水经成套设备处理后用于绿化										→	
2	在水库蓄水前, 开展库底清理	→	→	→	→	→						施工期
3	实施武隆区污染源防治规划	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	施工期
4	按 387m <sup>3</sup> /s 下泄生态流量, 保证下游河道生态用水						→	→	→	→	→	
二	水生生态保护											
1	增殖放流: 建设鱼类增殖放流站。放流总规模 10 万尾/年, 其中胭脂鱼 0.5 万尾/年、岩原鲤 1.5 万尾/年、泉水鱼 1.0 万尾/年、瓦氏黄颡鱼 3 万尾/年、圆口铜鱼 1.0 万尾/年、长薄鳅 1.0 万尾/年、蛇鮈 1.0 万尾/年、长鳍吻鮈 1.0 万尾/年。						→	→	→	→	→	
2	过鱼措施: 单侧导竖式鱼道为首选过鱼方案。	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
3	栖息地保护	→	→	→	→	→						
4	生态流量保障措施、鱼类繁殖期生态调度、加强渔政管理和水生生态监测										→	
三	陆生生态保护											
1	对施工区临时占地区受损植被进行生态修复和抚育管理								→	→	→	
2	工程完工后对施工临时占用的耕园地进行复垦								→	→	→	
3	对受工程施工占地直接影响的 1 株皂荚树采取就地保护措施, 对水库蓄水淹没影响的 1 株黄葛树采取迁地保护措施, 对受工程间接影响的 1 株黄葛树和 2 株侧柏采取就地保护措施	→	→	→	→	→	→	→				施工期
四	移民安置区环境保护											

序号	工程名称及主要环保措施	1	2	3	4	5	6	7	8	9	运行期	计划完成时间
1	移民迁建小区的生活污水经预处理后进入市政管网；分散安置移民生活污水采用沼气池进行处理	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
2	加强宣传，倡导移民开展庭院绿化和四旁绿化	→	→	→	→	→	→					施工期
3	对迁建小区附近的学校以及部分居民点等敏感目标加装通风隔声窗降噪	→	→	→								施工期
4	农村居民日常生活垃圾通过沼气池进行发酵处理；迁建小区居民生活垃圾经收集清运	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
5	完善医疗卫生防疫保健体系，开展业务培训；进行库底卫生清理，对居住区及周围环境进行卫生清理；开展灭鼠；疾病检测与预防接种；卫生宣传	→	→	→	→	→	→					运行期
第二部分	环境保护临时措施											
一	水环境保护											
1	砂石料冲洗废水和混凝土料罐冲洗废水采用 DH 高效净化器处理后回用	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
2	基坑排水经中和沉淀处理后排放	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
3	混凝土料和系统料罐冲洗废水采用中和沉淀池处理后回用	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
4	机械车辆保养冲洗废水经沉淀过滤处理后用于洒水降尘，不外排	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
5	施工人员生活污水经成套设备处理后，出水用于绿化，不外排	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
二	陆生生态保护											
1	根据动物的生态习性合理安排爆破施工作业时间，严格界定施工活动范围，设置警示牌	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
2	加强管理、监理和环保宣传工作，禁止捕杀野生动物	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
三	大气环境保护											
1	工程爆破采用先进的爆破技术，凿裂、钻孔、爆破提倡湿法作业，爆破钻孔设备选用带除尘器的钻机，爆破时尽量采用草袋覆盖爆破面，弃渣场裸露面和开挖时进行定期洒水	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
2	砂石料加工系统采用湿法生产工艺，场地内定期洒水，加强机械维护，混凝土生产系统采用全封闭式混凝土搅拌系统	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
3	交通道路加强限速和交通管制，装载多尘物料时对物料适当加湿或封闭运输，清洗运输车辆，对路面进行清扫、洒水，道路两侧栽植树木与灌木	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
4	加强大型施工机械和车辆的管理，施工机械使用优质燃料，及时更新老旧设备	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
四	声环境保护											
1	施工道路加速限速和交通管制，严格控制夜间车流量和车速，噪声敏感目标设置隔声屏障与通风隔声窗	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期
2	控制爆破时间，禁上夜间爆破，同时采用先进的爆破技术，尽量减少单孔炸药量	→	→									施工期

序号	工程名称及主要环保措施	1	2	3	4	5	6	7	8	9	运行期	计划完成时间
3	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，厂房合理布局等，弃渣后期禁止夜间施工，加强噪声监测	→	→	→	→	→	→	→	→	→		施工期

## 7 环境风险分析

### 7.1 风险调查

#### 7.1.1 项目风险源调查

##### (1) 风险源

白马航电枢纽系大型水利枢纽工程，开发任务以航运为主，兼顾发电等。该工程环境影响类型为生态影响型，不属于污染影响型，工程在施工与运营阶段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，本工程施工期和运营期涉及的危险物质主要包括液氨、油类物质和运输货物中的农药等危险物品，其中液氨分别贮存在左岸和右岸混凝土生产区制冷系统的储罐内，贮存量分别为 70t 和 35t；运营期评价河段内的船舶燃油每天总量约 90t，运载的农药等危险物品最大载货量为 500t/艘，发电厂房内机组润滑油约 74t。由于本工程施工期使用的炸药与油料均从武隆城区购买，在施工区内不布置炸药库和油库。

白马航电枢纽工程施工期和运营期风险源调查结果见表 7.1-1。

表 7.1-1 白马航电枢纽工程施工期和运营期风险源调查表

序号	危险物质	数量	分布	备注
1	液氨	105t	左岸混凝土生产区 右岸混凝土生产区	
2	油类物质（燃油）	90t	评价河段内	根据运量估算，在评价河段内的船舶数量约 6 艘/天，每艘燃油携带量为 15t
3	运输的农药	500t	评价河段内	
4	油类物质（润滑油）	74t	电站厂房内	类比银盘水电站水轮机润滑油用量

##### (2) 危险物质安全技术有关信息

液氨安全技术相关信息见表 7.1-2。

表 7.1-2

液氨安全技术说明书

名称	氨；氨气（液氨）	别名	水质氨	CAS No	7664-41-7
理化性质	分子式：NH <sub>3</sub> 分子量：17.03                      沸点：-33.5℃                      熔点：-77.7℃ 相对密度(水=1)：0.82              相对空气密度：0.6                  饱和蒸气压：506.62kPa 临界温度：132.5℃                  临界压力：11.4MPa                  引燃温度：651℃ 外观性状：无色气体				
危险性概述	<b>健康危害：</b> 低浓度氨对粘膜有刺激作用，高浓度可造成组织溶解坏死。急性中毒：轻度者出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、咯痰等；眼结膜、鼻粘膜、咽部充血、水肿；胸部 X 线征象符合支气管炎或支气管周围炎。中度中毒上述症状加剧，出现呼吸困难、紫绀；胸部 X 线征象符合肺炎或间质性肺炎。严重者可发生中毒性肺水肿，或有呼吸窘迫综合征，患者剧烈咳嗽、咯大量粉红色泡沫痰、呼吸窘迫、谵妄、昏迷、休克等。可发生喉头水肿或支气管粘膜坏死脱落窒息。高浓度氨可引起反射性呼吸停止。液氨或高浓度氨可致眼灼伤；液氨可致皮肤灼伤。 <b>环境危害：</b> 对环境有严重危害，对水体、土壤和大气可造成污染。 <b>燃爆危险：</b> 本品易燃，有毒，具刺激性。				
急救措施	<b>皮肤接触：</b> 立即脱去污染的衣着，应用 2%硼酸液或大量清水彻底冲洗。就医。 <b>眼睛接触：</b> 立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。 <b>吸入：</b> 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。				
消防措施	<b>危险特性：</b> 与空气混合能形成爆炸性混合物。遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氟、氯等接触会发生剧烈的化学反应。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。 <b>有害燃烧产物：</b> 氧化氮、氨。 <b>灭火方法及灭火剂：</b> 灭火剂：雾状水、抗溶性泡沫、二氧化碳、砂土。 <b>消防队员个体防护：</b> 消防人员必须穿全身防火防毒服，在上风向灭火。切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。				
泄漏应急处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并立即隔离 150m，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，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。高浓度泄漏区，喷含盐酸的雾状水中和、稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将残余气或漏出气用排风机送至水洗塔或与塔相连的通风橱内。储罐区最好设稀酸喷洒设施。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。				
毒理学资料	<b>急性毒性：</b> LD50：350 mg/kg(大鼠经口)                      LC50：1390mg/m <sup>3</sup> ，4 小时(大鼠吸入)				
废弃处置	先用水稀释，再加盐酸中和，然后放入废水系统。				

## 7.1.2 环境敏感目标

### (1) 地表水环境敏感目标

工程运营期船舶倾覆导致的油类物质、农药等运输货物等危险物质泄漏或洒落进入乌江水体后，危险物质将随着水流方向对其下游的地表水环境产生不利影响，经识别，地表水环境影响评价范围内共分布有 3 处集中式饮用水水源保护区，见表 1.3.2-1 和附图 5。此外还包括白马坝下的鹦哥峡和白涛镇两处产漂流性卵鱼类的产卵场。

### (2) 大气环境敏感目标

工程施工期在乌江左岸和右岸的混凝土生产系统占地内配备有制冷系统，冷媒为液氨，液氨泄漏后会迅速蒸发进入大气环境，并对周围一定区域内的环境空气质量造成不利影响，进而危害周边居民健康。大气环境影响评价范围内的敏感目标见表 1.3.2.-4 和附图 20。主要包括施工区附近居民点以及大木山市级自然风景区。

## 7.2 环境风险潜势初判

### (1) 施工期

白马航电枢纽工程施工期涉及的危险物质为液氨，在左岸混凝土生产区域和右岸混凝土生产区域液氨的贮存量分别约 70t 和 35t，则在施工厂界内的最大存在总量为 105t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B，氨气（CAS 号：1.3.2-1）的临界贮存量为 5t，则工程施工期危险物质数量与临界量比值  $Q=21$ ；本工程施工期仅涉及液氨的使用和贮存，行业及生产工艺分值  $M=5$ 。因此，根据 HJ169-2019 表 C.2 判断，白马航电枢纽工程施工期危险物质危险性等级为 P4。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 D，大气环境敏感程度依据周围 5km 范围内的居民区、医疗卫生、文化教育等机

构的人口总数判定；地表水功能敏感性分区依据水域环境功能类别确定；地表水环境敏感目标分级依据下游 10km 范围内的环境敏感目标类别确定。经识别，以左岸和右岸混凝土生产区域的液氨储罐为中心，5km 为半径的区域内分布有白马集镇（包括居住区、医疗卫生、文化教育和行政办公机构），集镇内的城镇居民和农村居民人口总数大于 1 万人，小于 3 万人，大气环境敏感程度为环境中度敏感区（E2）；施工区附近的乌江干流和石梁为Ⅲ类水体，地表水功能敏感性属于较敏感 F2；施工区下游 10km 范围内无集中式地表水饮用水水源保护区，河道水体不涉及大木山市级自然风景区，10km 范围内无重要水生生物产卵场，亦无其他环境风险受体，地表水环境敏感目标分级为 S3，因此，地表水环境敏感程度为 E2。

综上所述，白马航电枢纽工程施工期环境风险潜势为Ⅱ级。

## （2）运营期

白马航电枢纽工程运营期涉及的危险物质主要为油类物质和农药。根据 2040 年的运量及船舶装载量估算，每天在评价区航行的船舶数量约 5.5 艘（本次评价按 6 艘船计），则评价河段单次油类物质总量为 6 艘船舶燃油和电站厂房润滑油之和，约 164t；由于农药种类较多，现阶段无法明确农药种类，但泄漏后会危害水环境，单艘船最大装载量为 500t，因此参照表 B.2 其他危险物质临界量推荐值，计算出危险物质数量与临界量比值  $Q=164/2500+500/100=5.1$ ；工程运营期涉及港口/码头行业和危险物质的使用、贮存，行业及生产工艺分值  $M=10$ 。因此，根据 HJ169-2019 表 C.2 判断，白马航电枢纽工程运营期危险物质危险性等级为 P4。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 D，地表水功能敏感性分区依据水域环境功能类别确定；地表水环境敏感目标分级依据下游 10km 范围内的环境敏感目标类别确定。工程区域附近的乌江干

流和石梁为III类水体，地表水功能敏感性属于较敏感 F2；工程区域下游 10km 范围内无集中式地表水饮用水水源保护区，河道水体不涉及大木山市级自然风景区，10km 范围内无重要水生生物产卵场，亦无其他环境风险受体，地表水环境敏感目标分级为 S3，因此，地表水环境敏感程度为 E2。

综上所述，白马航电枢纽工程运营期环境风险潜势为 II 级。

## 7.3 评价等级和评价范围

### 7.3.1 评价等级

经识别判断，白马航电枢纽工程施工期和运营期环境风险潜势为 II 级，因此，根据 HJ169-2019 中的评价工作等级划分依据，白马航运枢纽工程施工期和运营期的环境风险评价工作等级为三级。

### 7.3.2 评价范围

施工期大气环境风险评价范围为左、右岸混凝土生产区边界外扩 3km 的区域；地表水环境风险评价范围为乌江干流白马坝址至乌江河口约 44km 江段。

运营期地表水环境风险评价范围总体上与地表水环境影响评价范围保持一致，即乌江干流银盘水电站坝址至乌江河口约 89km 江段。

## 7.4 风险识别

### (1) 施工期

白马航电枢纽工程施工期环境风险单元主要为左岸混凝土生产区和右岸混凝土生产区内的制冷系统，风险源为液氨储罐，主要危险物质为液氨。液氨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，即储罐、管道破裂或阀门损坏导致泄漏，遇火源发生火灾、爆炸，并同步向环境外排放污染物。泄漏的后的液氨迅速蒸发为氨气，未遇火源，高浓度氨气漂

浮在空气中，遇火源发生火灾或爆炸后产生排放氮氧化物等污染物排放将污染周边空气环境、危害附近居民的身体健康；在泄漏事故后应急处置中会向周围喷洒大量水以吸收氨气，在此过程中会产生大量含有氨氮的废水，若废水进入水体将对地表水环境和下游水源保护区产生不利影响。

## (2) 运营期

运营期内的危险单元主要为发电厂房及船闸上下游河段，风险源为润滑油储罐和运输货物的船舶，主要危险物质为油类物质和农药（种类不详）。船舶携带的油类物质和运载的农药的环境风险类型为船舶倾覆时发生泄漏，进入水体的油类物质或农药将对地表水环境和下游的水源保护区产生不利影响；发电厂房内的润滑油环境风险类型为储罐、运输管道发生破裂和阀门损坏导致的泄漏，泄漏的润滑油处置不当可能进入乌江水体影响地表水环境和下游水源保护区；泄漏的润滑油遇到火源发生火灾或爆炸等产生污染物排入大气环境将对周围空气质量产生不利影响。

## 7.5 风险事故情形分析

### 7.5.1 风险事故情形分析

#### (1) 施工期

根据相关统计资料（见表 7.5-1），液氨储存过程中最常发生的环境风险类型为泄漏，即液氨储罐、管道或阀门发生破损，导致液氨泄漏并迅速蒸发为氨气进入大气环境，对周围的环境空气和敏感目标造成影响。

表 7.5-1 液氨储存事故发生原因概率统计

序号	事故原因	出现概率/%
1	储罐、管道和设备破损	52
2	操作失误	11
3	违反检修规程或违规施工	10
4	处理系统故障	15
5	其它	12

## (2) 运营期

本项目运营期最具代表性的环境风险事故类型为泄漏，即船舶在行驶或过闸过程中因碰撞导致沉船事故，发生燃油全部泄漏入江。

### 7.5.2 源项分析

本项目中的最大可信事故确定为液氨储存与供应系统的输送管道的沙眼或法兰连接处渗漏，泄漏点高度 0.7m，液氨输送管道 DN40mm，该输送管道内的氨基本为液态，设定破损程度为直径 5mm 的圆孔。根据 HJ169-2018 附件 F 中推荐的液体泄漏模式，液体泄漏速率  $Q_L$  用伯努利方程计算：

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh}$$

式中： $Q_L$ ——液体泄漏速率，kg/s

$P$ ——容器内介质压力，本次计算取  $1.6 \times 10^6 \text{Pa}$ ；

$P_0$ ——环境压力，本次计算取  $101325 \text{Pa}$ ；

$\rho$ ——泄漏液体密度，本次计算取  $617 \text{kg/m}^3$ ；

$g$ ——重力加速度， $9.81 \text{m/s}^2$ ；

$h$ ——裂口之上液位高度，本次计算取  $0.02 \text{m}$ ；

$C_d$ ——液体泄漏系数，按表 F.1 选取，本次计算取  $0.65$ ；

$A$ ——裂口面积，本次计算取  $196.25 \times 10^{-9} \text{m}^2$ 。

经计算，发生泄漏事故时液氨泄漏速率  $Q_L = 0.55 \text{kg/s}$ 。

假设泄漏时间为 30min，则风险事故发生后，液氨泄漏量为 990kg。

## (2) 运营期

运营期最大可信事故确定为船舶行驶或过船闸过程中因碰撞产生燃油泄漏事故，假设 4 艘货船同时过闸时发生事故，则一次事故泄漏柴油总量为 60t。

## 7.6 环境风险分析

白马航运枢纽工程施工期和运营期的环境风险评价工作等级为三级，按照导则要求，三级评价应定性分析说明大气环境影响后果和地表水环境影响后果。

### (1) 施工期液氨泄漏影响

采用某企业液氨储罐泄漏后的环境风险预测成果类比分析本工程液氨泄漏产生的影响。类比企业确定的泄漏速率为 0.51kg/s，略低于本工程确定的泄漏速率 0.54kg/s。在不利气象条件下，当风速为 3.1m/s 时，泄漏点下风向氨气最大落地浓度在 30~35min 之间出现毒性终点浓度-1 (770mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 500m，在 35-40min 之间出现毒性终点浓度-2 (110mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 1000m；当风速为 1.5m/s 时，氨气最大落地浓度在 30~35min 之间出现毒性终点浓度-1 (770mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 470m，在 55~60min 之间出现毒性终点浓度-2 (110mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 1400m；当静风时，氨气最大落地浓度在 30~35min 之间出现毒性终点浓度-1 (770mg/m<sup>3</sup>) 和毒性终点浓度-2 (110mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界均不超过 90m，见表 7.6-2。

本工程所处的武隆区多年平均风速为 1.6m/s，经类比分析，施工区液氨泄漏后，泄漏点下风向最大落地浓度在 30~35min 之间出现毒性终点浓度-1 (770mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 470m，在 55~60min 之间出现毒性终点浓度-2 (110mg/m<sup>3</sup>)，距离厂界不超过 1400m。因此，泄漏事故的发生会对下风向 1400m 范围内居民区等环境敏感目标造成不利影响；由于大木山市级自然保护区距离混凝土拌合系统最近距离约为 1960m，因此自然保护区环境空气质量基本不会受到影响。

表 7.6-1 不利气象条件下不同风速对污染物浓度随时间变化列表

时间 (min)	预测结果		
	多年平均风速 (3.1m/s)	小风 (1.5m/s)	静风 (0.5m/s)

	最大落地浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	距离(m)	最大落地浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	距离(m)	最大落地浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	距离(m)
5	436605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
10	436605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
15	436.605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
20	436.605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
25	436.605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
30	436.605.29	14.4	1859675.97	7	106999.20	2.5
35	259.563	497.8	1830.83	241.8	61.4627	95.5
40	81.2854	984.2	574.2838	478.1	15.0399	187.9
45	45.2728	1476.60	290.3577	713.7	6.405	277.5
50	29.9302	1961.90	178.774	948.8	3.4273	364.3
55	21.7033	2446.30	128.062	1190.20	2.0814	448.5
60	16.6871	2930.00	98.4822	1425.50	1.3709	530.6

## (2) 运营期柴油泄漏影响分析

### 1) 对地表水环境的影响

根据江西赣江新干航电枢纽工程的溢油风险事故预测分析结果，当柴油泄漏量为 60t 时，丰水期水体流速 1.5m/s、风速 2.9m/s 条件下，从溢油开始到 31 分 43 秒以前为膜状的惯性扩展阶段，从 31 分 43 秒~6 小时 10 分为膜状的粘性扩展阶段，从 6 小时 10 分~37 小时 43 分为膜状的张力扩展阶段，超过 37 小时 43 分后，连续的膜状不复存在，此时膜状的临界厚度为 0.05mm。连续膜漂移距离为 18.9km。

经预测，白马航电枢纽建成后坝址处丰水年流速为 0.09~2.37m/s、平水年流速为 0.08~0.93m/s、枯水年流速为 0.06~0.96m/s；武隆区多年平均风速 1.6m/s。船闸最多可同时容纳 4 艘 500t 船舶过闸，柴油泄漏最大量为 60t。类比江西赣江新干航电枢纽工程的溢油风险事故预测分析结果，在平水年和枯水年，白马航电枢纽发生溢油事故后油膜还未到达坝下重庆建峰化学工业集团水厂水源保护区时，油膜厚度将小于临界厚度，对下游 3 个水源保护区水质的影响较小；在丰水年，当水体流速大于 1.5m/s 时，油膜厚度降至临界存度的距离可能大于 19km，对 3 处水源保护区的水质产生一定影

响，其他时段对水源保护区水质的影响较小。

## 2) 对水生生态影响

### ①急性中毒效应

一旦发生溢油污染事故，将对一定范围内水域形成污染，还可能污染沿线下游取水口，对下游河段内的生物、鱼类和以乌江作为生活用水水源地的居民影响较大。石油类污染物会对水生生物生命构成威胁和危害直至死亡。

### ②对鱼类的影响

根据水生生态现状调查，乌江下游江段共分布有鱼类 140 种，评价区近年调查到各种级别的保护鱼类 9 种，有 6 种长江上游特有鱼类，长江上游特有鱼类 16 种。石油类在鱼体中积累和残留可引起鱼类慢性中毒而带来长效应的污染影响，这种影响不仅可引起鱼类资源的变动，甚至会引起鱼类种质变异。鱼类一旦与油分子接触就会在短时间内发生油臭，从而影响其食用价值。此外，近年来有研究表明石油类污染物可能会导致鱼类染色体损伤而发生变异。

### ③对浮游植物的影响

根据国内外许多毒性实验结果表明，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各类油类的耐受能力都很低。一般浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10.0mg/L，一般为 1.0~3.6mg/L，对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

### ④对浮游动物的影响

浮游动物对石油类急性中毒致死浓度范围一般为 0.1-15mg/L，有研究人员曾将黑海某些桡足类和枝角类浮游动物暴露于 0.1ppm 的石油水体中，这些浮游动物当天全部死亡。当油含量降至 0.05ppm，小型拟哲水蚤

(*Paracalanus sp.*) 的半致死时间为 4 天而胸刺镖蚤 (*CentroPages*)、鸟缘尖头蚤和长腹剑水蚤 (*Oithona*) 的半致死天数依次为 3 时性) 的底栖生物幼体, 而它们各自幼体的敏感性又大于成命天、2 天和 1 天。另外, 研究表明, 永久性 (终生性) 浮游动物幼体的敏感性大于阶段性 (临时性) 的底栖生物幼体, 而它们各自幼体的敏感性又大于成体。

#### ⑤对底栖生物的影响

不同种类底栖生物对石油类浓度的适应性具有差异, 多数底栖生物石油类急性中毒致死浓度范围在 2.0-15mg/L, 其幼体的致死浓度范围更小些。底栖生物的耐油污性通常很差, 即使水体中石油类含量只有 0.01ppm, 也会导致其死亡。当水体中石油类浓度在 0.1~0.01ppm 时, 对某些底栖甲壳类动物幼体 (如: 无节幼虫、藤壶幼体和蟹幼体) 有明显的毒效。据吴彰宽报导, 胜利原油对对虾 (*Penaeus orientalis*) 各发育阶段造成影响的最低浓度分别为: a. 受精卵 56mg/L; b. 无节幼体 3.2mg/L; c. 蚤状幼体 0.1mg/L; d 糠虾幼体 18mg/L; 仔虾 5.6mg/L; 其中蚤状幼体为最敏感发育阶段。

综上所述, 工程施工期或运营期内一旦发生溢油事故, 污染因子石油类将会对航道区域内的鱼类造成急性中毒、蓄积残留和致突变性等负面影响, 并对下游 2 处产漂流性卵鱼类的产卵场造成不利影响, 同时对浮游植物和动物也会产生一定的影响。

## 7.7 环境风险防范措施及应急要求

### 7.7.1 风险防范措施

#### (1) 风险源防范

##### 1) 施工期液氨泄漏防范措施

①液氨储罐选用优质的材料; 充装必须严格按照安全操作规程进行, 严禁过量充装。

②设置储罐超温报警和超压自动喷淋降温降压系统，左右岸各一套。

③整个制冷系统还需要安装超负荷自动报警装置，左右岸各一套，对罐内的液位实施实时监控和自动报警，在储罐区设置氨气泄漏报警装置；设备间保持干燥，远离火种、热源，防止阳光直射。

④液氨储罐周围应设置非燃烧、耐腐蚀材料的围堰和导排设施，具体实施方式为在左岸、右岸的液氨储罐周围修建 1m 高的围堰，保证左、右岸围堰内的有效容积分别达到 120 m<sup>3</sup> 和 60m<sup>3</sup>，发生事故时该设施可兼做废液事故池使用。此外还应对地面进行防渗处理。

⑤除上述围堰外，应在左岸、右岸液氨储罐导排设施末端分别设置 1 处事故池，事故池容量分别为 100m<sup>3</sup>（10m×5m×2m）和 50m<sup>3</sup>（5m×5m×2m），保证消防 3 小时废水的收集容量，平时严禁其他下水进入事故池，保证事故池处于空置状态。

⑥加强施工操作人员宣传教育，加强相关管理人员和操作人员的安全培训工作，做好液氨安全警示工作。

⑦加强日常巡检，对设备、阀门及管线均应定期巡查，加强防腐措施，以预防因腐蚀可能产生的泄漏事故。

## 2) 船舶行驶期间燃油和运输农药等危险物品泄漏风险防范措施

①定期检查船舶状况；行船过程中遵守航行规则，行驶至事故多发水域应提高警惕，严禁疲劳驾驶；听从海事部门指挥调度。

②通航建筑物运行前，应严格按照《通航建筑物运行管理办法》要求，制定船闸运行操作、船舶调度、设备设施养护等运方案，并向具有管辖权的负责航道管理的部门申请运行方案审批。

③严格按照调度规开展船舶调度，加强船舶过闸管理。船体受损、设备故障等影响通航建筑物运行安全的，或最大平面尺度、吃水、水面以上

高度等不符合通航建筑物运行限定标准的船舶，禁止过闸。

④加强船员过闸安全教育，服务调度指挥，禁止抢档超越。

⑤实施港航安全监督，在进出船闸和引航道处设置航标灯和警示牌，警示船舶提高安全意识，防止发生船舶碰撞事故风险。

⑥运输农药等危险货物的船舶应及时将航行路线、时间以及沿途停靠码头等信息按要求向海事部门报备，并设置警示标识，提醒附近船只注意；尽量避免夜间航行。

⑦在航电枢纽管理区域设置事故应急码头，配备事故应急工作船，设立事故应急库，事故应急库内应备存围油浮筒、吸油毡、吸油机等应急物资或设备。

3) 发电厂房内润滑油泄漏风险防范措施:

①储油罐体、管道、阀门选用优质材料。

②建立定期巡查和检修制度，定期对贮存罐体及管道、阀门进行巡查，检修存在故障的部件。

③在储油管体、输油管道区域设置在线监控系统。

④建立健全安全生产制度，落实安全生产责任。

⑤在发电厂房内润滑油储罐、管道等区域设防渗漏、防腐蚀、防淋溶、防流失措施，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，防止溢油泄漏至乌江水体。事故池有效容积  $120\text{ m}^3$  ( $8\text{m}\times 7.5\text{m}\times 2\text{m}$ )，围堰高  $1\text{m}$ ，并可形成  $120\text{ m}^3$  的有效容积。

(2) 环境敏感目标风险防范措施

乌江白马电航枢纽坝下分布有涪陵区蒿枝坝水厂、重庆建峰化学工业集团水厂和涪陵坤源水务公司江东水厂 3 个饮用水水源保护区。风险事故发生后，相关部门应立即通报坝下 3 处自来水厂；自来水厂应同时加强取

水口水质监测，结合监测结果必要时停止取水或启用备用水源。

## 7.7.2 应急要求

### (1) 建立应急组织指挥体系

乌江白马航电枢纽水电站应急救援组织体系由环境风险事件工作领导小组、环境风险事件领导小组办公室、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，应急救援机构见图 7.7.2-1。

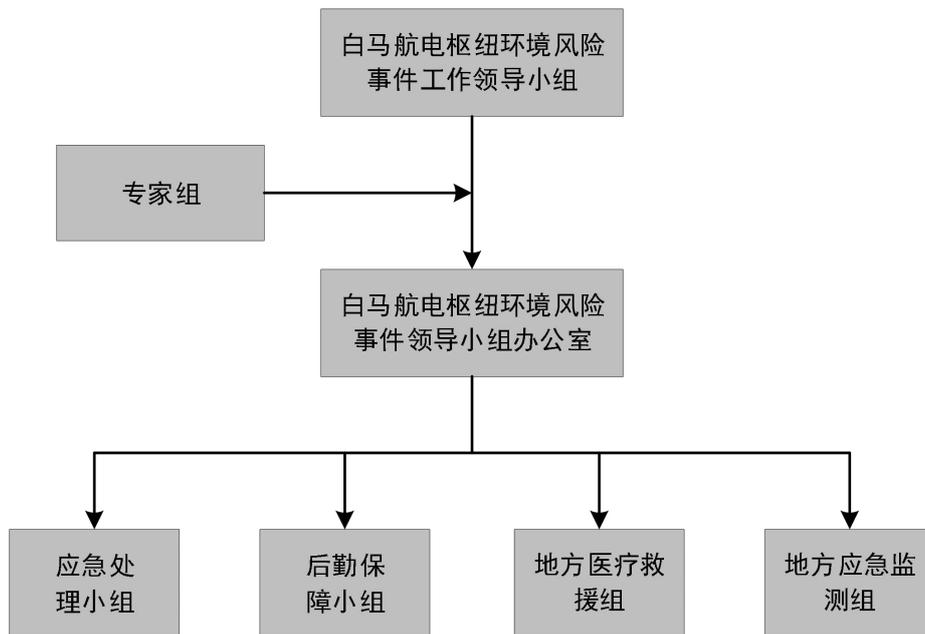


图 7.7.2-1 白马航电枢纽应急管理体系组织框架图

白马航电枢纽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。

环境风险事件领导小组办公室由地方政府相关部门或机构领导、白马航电枢纽管理单位主要责任人组成。

应急处理小组、后勤保障小组、地方医疗救援组和地方应急监测组均设置小组长 1 名，成员若干。其中，应急处理小组和后勤保障小组为白马航电枢纽管理单位内部相关部门成员，地方医疗救援组由地方医疗机构

医护人员组成，地方应急监测组由地方生态环境监测部门成员组成。

## （2）建立预防制度

白马航电枢纽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；定期开展船舶驾驶员安全警示教育，提高安全意识。

## （3）制定应急处置程序

环境风险事件应急处置程序主要包括应急预案启动、信息报告、先期处置、分级响应、指挥与协调。

①当白马航运枢纽发生环境风险事件时，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；环境风险事件的报告分为初报、续报和处理结果报告三类；环境风险事件发生后，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现场值班人员发现风险事件后应立即采取控制措施，领导小组办公室立即赶赴事故现场，按分工调配资源，开展前期应急处置，防止事态恶化。按照突发事故严重性和可能波及的范围，对环境风险事件的预警进行分级。结合事态的发展情况和采取措施的效果，预警可以升级、降级或解除。一旦发生抢险救援力量不足时，环境风险事件领导小组办公室应立即向环境风险事件工作领导小组报告，请求社会力量援助，并协助有关部门实施应急处置。

④按照环境风险事件的可控性、严重程度和影响范围，突发环境事件

的应急响应分为特重大（Ⅰ级响应）、重大（Ⅱ级响应）、较大（Ⅲ级响应）、一般（Ⅳ级响应）四级。值班人员或其他人员发现环境风险事件报告时，立即向环境风险事件领导小组办公室报告，环境，我险事件领导小组办公室接到事件通报后，立即判别事件类型和事件的预警级别，及时报告突发环境事件领导小组领导或其他有关领导，超出本应急预案处置能力时，应及时请求上一级应急救援指挥机构启动上一级应急预案。

⑤环境风险事件发生后，领导小组办公室应立即指挥应急处理小组开展现场应急处置，后勤保障小组及时调配个人防护用品等处置物资到现场，并协调地方医疗机构、地方应急监测机构开展医疗救护和应急监测工作；如有必要，领导小组办公室协调各相关部门须及时调度本单位应急救援设备、物资到事故现场进行救援工作。

#### （4）完善处置措施

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。环境风险事件应急处置结束后，环境风险事件领导小组办公室应组织有关部门和专家，委托相关单位分析污染事故发生的原因，评估事故后果，对应急处置工作进行全面客观地评价，并将评估报告报送环境风险事件工作领导小组。环境风险事件工作领导小组审核后上报当地环保局；同时根据以上报告，总结经验教训，提出改进工作的要求和建议。

#### (5) 制定应急预案，开展应急演练

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，演练的内容主要包括实战演练、桌面演练。实战演练实施过程是对液氨、油料泄露，火灾，船闸内船舶溢油、航道内农药等危险货物倾覆入江等环境风险事件应急处置过程进行模拟，实践演练过程包括陈述、设施准备、实施等；桌面演练由应急组织的代表或关键岗位人员参加，按照应急预案及其标准工作程序，讨论发生各类环境风险事件等紧急情况时应采取行动的演练活动，桌面演练对演习情景进行口头论述。

## 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。为了充分发挥白马航电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，将工程建设对古树、珍稀野生动物的影响降到最小。

(4) 生态破坏得到有效控制，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 环境管理体系

#### 8.1.4.1 施工期

白马航电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国家、省级及地方环境保护行政主管部门组成；内部管理体系由建设单位环境管理办公室、环境监理机构、承包商环境管理办公室组成。工程环境管理体系见图 8.1.4-1。

#### (1) 外部管理

外部管理体系由国家、省级及地方环境保护行政主管部门组成，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。

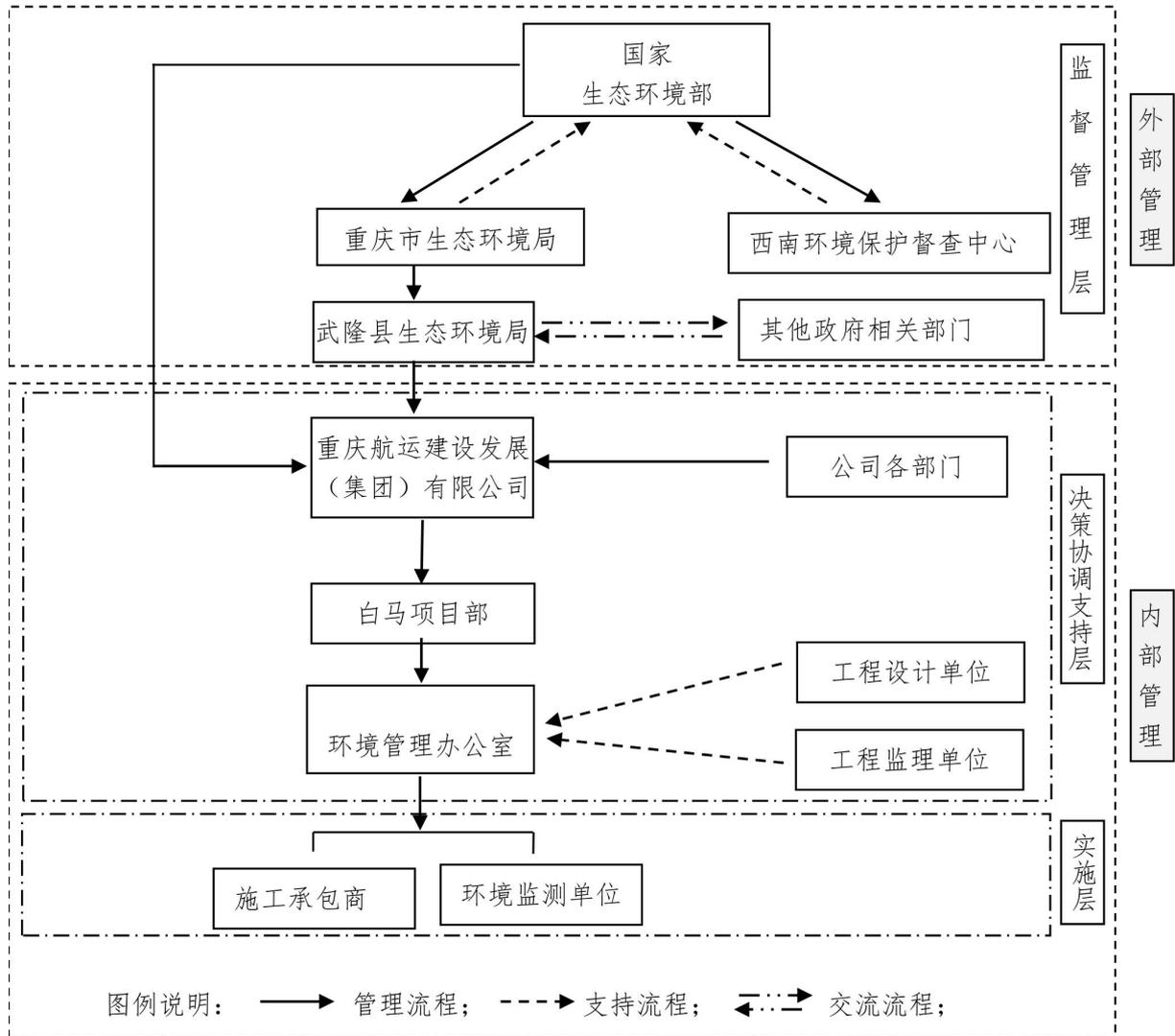


图 8.1.4-1 白马航电枢纽工程环境管理体系图

## (2) 内部管理

内部管理分施工期和运行期两个阶段，由建设单位负责对工程环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家建设项目环境保护要求与地方环保部门要求；执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。施工期内部管理体系由建设单位环境管理办公室、环境监理单位、承包商环境管理办公室组成。

施工期环境管理体系由重庆航运建设发展（集团）有限公司、白马项

目部、环境管理办公室负责，并在设计单位、工程监理、监测、工程各承包商的支持下，完成对工程环境监测、环境监理、环境保护措施的实施与运行单位的管理，确保环保工作目标及指标的完成。其中：

### 1) 环境管理办公室

由建设单位负责组建，统筹协调设计单位、监理单位、承包商相关负责人等。环境管理办公室全面负责施工区环境保护管理工作，监督、决策、协调、督促施工区内施工单位依照合同条款及审批的环境影响报告书及其批复意见，组织开展、落实项目环保措施的设计、施工及运行管理，费用投入及应急预案等。

### 2) 支持单位

包括工程设计单位、环保监理单位等，为建设单位环境管理办公室的支持单位。其中设计单位：受建设单位的委托，在工程建设的各个阶段为建设单位、监理和施工单位提供技术咨询服务。

### 3) 实施单位

按照环境管理办公室的要求，实施环境保护措施。具体可分为监测单位、环保措施承建及实施单位。

环保措施承建及运行管理单位：由各主体工程承包商环境管理办公室、专项环境保护措施运行管理单位等组成，其主要职责为落实环境保护措施，并维护其正常有效运行。

环保监测单位：由具有监测资质的单位承担，根据监测计划进行监测，及时发现环境问题，为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，为环境管理及环境监理、监督等部门提供数据支持，并为工程竣工验收提供依据。

#### **8.1.4.2 运行期**

运行期环境管理由白马航电枢纽运行管理机构执行，应设立“环境保护管理办公室”，设专职环保人员 1 人，具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作，其主要职责包括：负责各项环保设施的日常运行维护，处理运行过程中遇到的各种问题；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；加强运行期各种环境保护工程建设及环境监督管理。

#### **8.1.5 环境管理机构与职责**

##### **8.1.5.1 建设单位环境管理办公室**

建设单位环境管理办公室是建设单位代表行使环境管理的直接机构，机构应长期存在，配专职人员 2~3 人及数名兼职人员，对环境保护工作进行统一领导和组织。其各阶段的主要工作职责如下：

##### **(1) 工程可研阶段**

建设单位根据国家《建设项目环境管理条例》及有关法规要求，委托具有相应等级环境影响评价资格证书的单位编制《环境影响报告书》。并负责将评价单位编制的《环境影响报告书》上报环境主管部门。

##### **(2) 招标投标阶段及施工期**

建设单位应在招标投标阶段，根据环境主管部门批复的环境影响报告书及相关审查意见，结合招标投标成果，积极组织开展各项环境保护措施的招标投标，并负责从施工到竣工验收期间的环境保护管理工作，其主要工作内容为：

- ① 组建环境管理机构，对环境管理人员进行培训；
- ② 制定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。负责委托编制《环境保护总体设计报告》和《水土保持总体设

计报告》；根据要求负责开展专项环境保护设计及实施工作；

③ 工程环境保护设计内容和招标内容的审核；负责将非专项的环境保护措施的设计成果纳入招标文件和承包商合同，并编制《工程施工环保手册》；

④ 制定年度环境保护工作计划，编制年度环境质量报告；

⑤ 委托有相应监理资质的单位进行工程建设环境监理；

⑥ 委托具有相应资质的专业部门实施环境监测计划；

⑦ 监督、检查承包商环境保护对策措施执行情况和环保经费的使用情况，保证各项工程施工能按建设项目环境保护“三同时”的原则执行；

⑧ 协调处理工程引起的环境污染事故和环境纠纷，配合各级环境主管部门的监督检查等事务；

⑨ 监督移民安置工程有关环境保护措施实行情况；

⑩ 组织工程竣工环境保护验收，委托具有相应资质的单位编制《白马航电枢纽工程竣工环境保护验收报告》、《环境调查报告》。

### **(3) 运行期**

① 加强水电站环保设施运行管理及环境监督管理，处理运行过程中遇到的各种问题；

② 制定年度环境保护工作计划，落实环境保护工作经费；

③ 安排环境监测工作，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；

④ 监督生物资源保护措施的实施情况；

⑤ 编写年度环境保护工作阶段报告；

⑥ 接受当地环境保护部门不定期监督、检查，提交环境质量报告；

⑦ 组织竣工环境保护验收；

⑧ 其它事务。

### 8.1.5.2 环境监理单位

由具有监理资质的单位承担，依照合同条款及国家环境保护法律、法规、政策要求，根据环境监测数据及巡查结果，监督、审查和评估施工单位各项环保措施执行情况；及时发现、纠正违反合同条款及国家环保要求的施工行为。

### 8.1.5.3 承包商环境管理办公室

工程施工单位内部设立“环境保护办公室”，作为工程施工期环境保护工作的主要责任机构和接待机构，严格按照合同条款和招标文件中规定的环境保护内容，具体实施施工单位承担的环境保护任务。

承包商环境保护办公室在工程施工期具体负责组织实施招标文件中规定的环境保护对策和措施，接受工程建设单位环境管理办公室、环境监理的监督和管理。它的主要工作内容为：

- (1) 制定年度环境保护工作计划；
- (2) 实施工程环境保护的措施，处理实施过程中的有关问题；
- (3) 核算年度环境保护费用使用情况；
- (4) 检查环境保护设施的建设进度、质量、运行状况；
- (5) 处理日常事务。

工程施工单位“环境保护办公室”在承包商进场时成立，待工程竣工并经验收合格后撤消。

### 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。白马航电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白马航电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以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。

## 8.1.7 环境监督计划

白马航电枢纽环境监督管理计划的具体监督工作内容，实施监督的机构详见表 8.1.7-1。

表 8.1.7-1 白马航电枢纽工程环境监督计划

阶段	机构	监督内容	监督目的
可行性研究阶段	生态环境部 重庆市生态环境局	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.进行事中监管。重点检查环保部门环评审批行为和审批程序合法性、审批结果合规性；环评单位是否依法依规开展作业，确保环评文件的数据资料真实、分析方法正确、结论科学可信；建设单位其依法依规履行环评程序、开展公众参与情况。</li> <li>2.审批工程可研报告。</li> <li>3.审批环境影响报告书。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保证环评内容全面，专题设置得当，重点突出。</li> <li>2.保证本项目可能产生的、重大的、潜在的问题都已得到反映。</li> <li>3.保证减缓环境影响的措施有具体可行的实施计划。</li> </ol>
设计和建设阶段	生态环境部 重庆市生态环境局 武隆区生态环境局	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.进行监督。重点监督落实环评文件及批复要求，在项目设计、施工中落实环境保护“三同时”及各项环境管理规定情况。</li> <li>2.审核环保设计。</li> <li>3.检查环保投资是否落实。</li> <li>4.检查污染物排放，控制和处理。</li> <li>5.检查施工占地的选择与恢复处理。</li> <li>6.检查环保设施三同时，确定最终完成期限。环保设施是否达到标准要求。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.严格执行“三同时”。</li> <li>2.确保环保投资。</li> <li>3.减少建设对周围环境的影响，执行相关环保法规与标准。</li> <li>4.确保施工场所满足环保要求，资源不被严重破坏。</li> <li>5.验收环保设施。</li> </ol>
运行阶段	生态环境部 重庆市生态环境局 武隆区生态环境局 公安消防部门	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.进行事后监管，重点监督落实环评文件及批复要求，在项目验收、投入生产或使用中落实环境保护“三同时”及各项环境管理规定情况。</li> <li>2.检查监测计划的实施完成期限。</li> <li>3.检查有无必要采取进一步的环保措施（可能出现原未估计到的环境问题。）</li> <li>4.检查环境敏感区的环境质量是否满足相应质量标准要求。</li> <li>5.检查生活服务区污水处理。</li> <li>6.加强监督防止突发事件，消除事故隐患，检查紧急事故应急方案，一旦发生事故能及时消除危险。</li> <li>6.检查后环境影响评估工作。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.落实监测计划。</li> <li>2.切实保护环境。</li> <li>3.加强环境管理。</li> <li>4.确保其污水排放满足排放标准。</li> <li>5.消除事故隐患，避免发生恶性污染环境事件。</li> <li>6.对工程的环评工作进行总结。</li> </ol>

### 8.1.8 环境保护工程验收计划

根据《建设项目环境保护条例》（2017）、《建设项目环境保护“三同时”管理办法》中的有关要求，工程建设过程中的污染防治措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；其配套建设的环境保护设施经验收合格，方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。结合本工程环境保护工程实施要求，白马航电枢纽环境保护工程验收计划如下：

#### 8.1.8.1 蓄水前阶段环境保护验收

蓄水前阶段环境保护验收调查时段为工程前期和施工期。调查工程的建设过程和工程实际建设内容，重点明确工程与环境影响评价阶段的变化情况。核查工程在设计、施工阶段针对生态影响、污染影响和社会影响所采取的环境保护措施，并对环境影响评价文件和环境影响评价审批文件所要求的各项环境保护措施的落实情况予以说明。

#### 8.1.8.2 工程竣工环境保护验收

工程竣工环境保护验收调查时段应包括工程前期、施工期、运行期三个时段。验收调查范围原则上与环境影响评价文件的评价范围一致；结合现场踏勘对调查范围进行适当调整。验收内容包括：

##### （1）工程调查

检查建设项目立项文件、初步设计及其批复和程序的完整性、批复单位权限与项目投资规模符合性；调查项目审批时间和审批部门、初步设计完成及批复时间、环境影响评价文件完成及审批时间、工程开工建设时间、施工期大事记、完工投入运行时间等。调查工程各阶段的建设单位、设计单位、施工单位和工程环境监理单位。工程验收及各专题验收情况。

工程的地理位置、规模、占地范围、设计标准和建筑物等级、工程构成及特性参数、施工布置、弃渣场和料场的位置与规模、工程设计变更等；施工布置、施工工艺、主体工程量、主要影响源及源强、后期迹地恢复情况等；工程运用调度过程、运行特点和实际运行资料，工程设计效益与运行效益等；工程总投资和环境保护投资等。

### （2）环境保护措施落实情况调查

调查工程在设计、施工、运行阶段针对生态、水环境、“三废”和移民安置影响所采取的环境保护措施；各项环境保护措施的落实情况；以及为解决环境问题提出的调整方案的落实情况。根据调查结果，进行环境影响评价文件、审批文件和设计文件与实际采取环境保护措施的对照，分析变化情况，并对变化情况予以必要的说明。对没有落实的措施，应说明实际情况和原因，并提出后续实施、改进的建议。

### （3）环境影响调查

针对工程施工、运行后对生态、水环境、声环境、大气环境、社会环境及水文、泥沙等环境因子的影响展开调查。调查已有和新增的保护目标，分析工程建设对保护目标的影响及程度。分析工程各项环保措施的的有效性，对存在的问题提出补救措施和建议。

### （4）环境风险事故防范及应急措施调查

调查工程施工期和运行期存在的环境风险因素，是否出现过环境风险事故，环境风险事故发生情况、原因及造成的环境影响；调查工程环境风险防范措施与应急预案的制定及落实情况；调查工程环境风险事故防范与应急管理机构的设置情况。根据以上调查结果，评述工程现有的环境风险防范措施与应急预案的有效性，针对存在的问题提出具有可操作性的改进措施建议。

### (5) 环境管理及监控计划落实调查

调查建设单位环境保护管理机构及规章制度制定、执行情况、环境保护人员专（兼）职设置情况；环境影响评价文件和初步设计文件中要求建设的环境保护设施的运行管理情况，环境监测计划的落实情况。建设单位对环境保护项目立项、委托及实施情况。工程施工期环境监理实施情况。分析建设单位环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工和同时投产使用的“三同时”制度的执行情况。针对调查发现的问题，提出切实可行的环境管理建议和环境监测计划改进建议。

### (6) 公众意见调查

了解公众对工程施工期及运行期环境保护工作的意见，以及工程建设对影响范围内居民工作和生活的环境影响情况。

## 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”，即：

**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。

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。

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

白马航电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) 水电水利工程施工监理规范；
- (5) 国家的法律、行政法规、水电工程建设监理及水电建设的部门规章和技术标准及工程所在地的地方法规；
- (6) 国家或国家授权部门与机构批准的工程项目建设文件；
- (7) 发包人指定使用的与本工程的有关制度、办法和规定；
- (8) 环境主管部门批复的白马航电枢纽环境影响报告书。

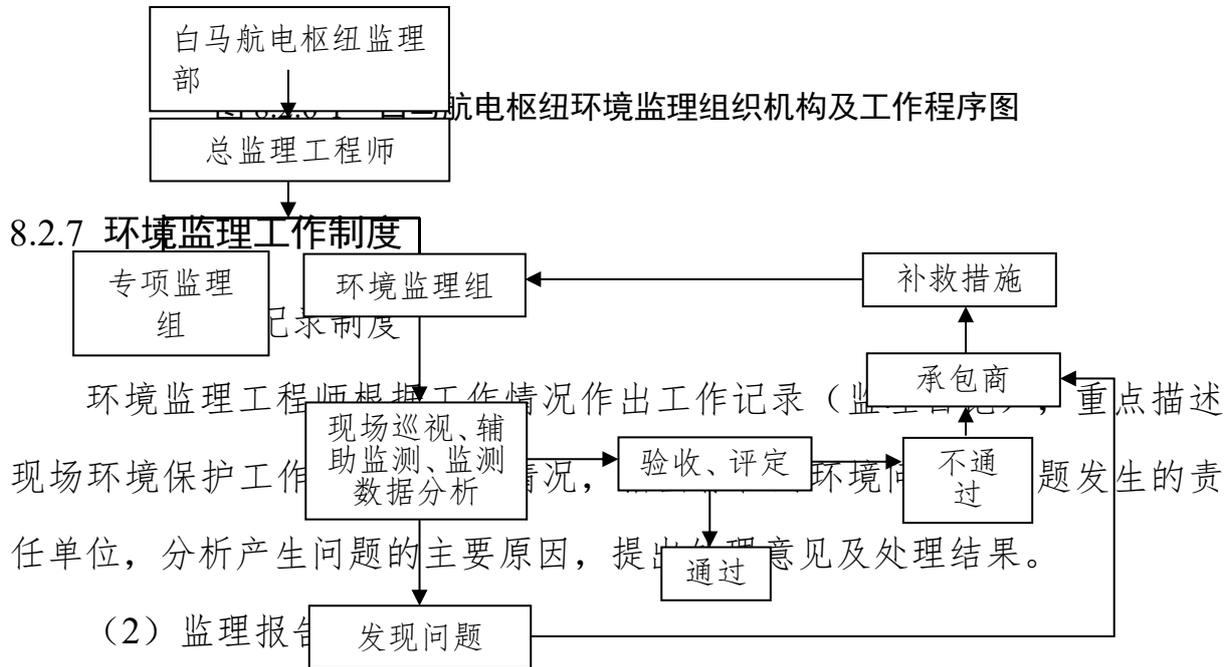
#### 8.2.5 环境监理的目标

- (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、环境质量达到经环境主管部门批复的白马航电枢纽环境影响报告书的相关要求。

#### 8.2.6 环境监理机构

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。

工作机构设置及工作程序见图 8.2.6-1。



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，报建设单位环境管理办公室。

### (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 枢纽工程施工区环境监理

### 8.2.8.1 监理范围

白马航电枢纽工程施工区环境监理的工作范围包括各标承包商及其分包商施工作业现场、生产区、生活营地、场内交通道路、建设单位办公生活区、附属企业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及森林火灾发生。

(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) 全面检查施工单位负责的渣场、施工迹地的处理及恢复情况，主要包括边坡稳定、迹地生态修复和绿化措施及效果等。

(5) 负责落实环境监测的实施，审核有关环境报表，根据水质、大气、噪声等监测结果，对电站施工及管理提出相应要求，尽量减少工程施工给环境带来的不利影响。

(6) 在日常工作中作好监理记录及监理报告，组织质量评定，参与竣工验收。

### 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

白马航电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

监督施工区生态环境保护措施的落实。枢纽工程施工结束后，对施工临时占地区受损植被进行生态修复和抚育管理，对施工临时占用的耕园地进行复垦。严格界定施工活动范围，设置警示牌，禁止施工人员、移民和当地居民捕杀动物。

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；检查集运鱼船过鱼措施的执行情况；检查鱼类栖息地的设立和管理情况；检查渔政管理和水生生态监测的落实情况。

#### (2) 生产废水处理

对砂石料冲洗废水、混凝土系统生产废水、机械养护含油废水的处理措施进行监督检查，确保承包商及各施工单位排出的生产废水进行处理后达标排放，使接纳施工废水的水体不降低原有的功能和水质级别。

#### (3) 生活污水处理

检查生活污水处理措施的落实情况，监督承包商对生活污水进行处理

后达标排放，检查是否定期对生活污水排放口进行监测。

#### (4) 生活垃圾处理

检查施工区生活垃圾的收集处理情况。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。

#### (5) 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。燃油机械是否装置消烟除尘设备。

#### (6) 噪声控制

检查是否按环评报告书要求采取减噪降振措施。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，负担相应的责任。

#### (7) 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

白马航电枢纽工程移民安置区环境监理的工作范围包括移民安置涉及的武隆区白马镇、羊角镇、土坎镇、巷口镇和江口镇等 5 个镇 30 个村，白马镇、土坎镇和武隆城区南岸、北岸等 4 个城镇移民迁建小区，及防护工

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**

根据白马航电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 and 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**

白马航电枢纽移民安置区环境监理的主要工作内容包括：

（1）粪便无害化处理情况，主要是农村沼气池和城镇移民迁建小区生

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) 检查移民安置区古树迁地保护和就地保护措施落实情况。

(3) 依据城镇移民迁建小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。

(4) 检查城镇移民迁建小区的生活垃圾收集及清运情况，以保证洁净的环境卫生。

(5) 检查耕地复垦区生产用水、机耕道建设及农田水利工程等配套设施建设和实施情况。

(6) 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 生态与环境监测

### 8.3.1 监测目的及原则

#### (1) 监测目的

通过对白马航电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) 结合白马航电枢纽工程施工特点，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 总体布局

白马航电枢纽生态与环境监测体系由 6 个监测子系统组成：水环境、环境空气、声环境与振动、水生生物、陆生生物、人群健康等。其中，水环境监测具体包括砂石料加工生产废水、施工营地与移民迁建小区生活污水、施工区水厂水源、地表水和地下水监测；声环境监测具体包括区域环境噪声、道路交通噪声和移民安置区噪声监测；水生生物监测具体包括水生生物、过鱼设施效果和增殖放流效果监测；人群健康监测具体包括疾病、鼠种及鼠密度、鼠疫、蚊种及蚊密度监测。白马航电枢纽生态与环境监测系统总体布局及组成情况见图 8.3.2-1。

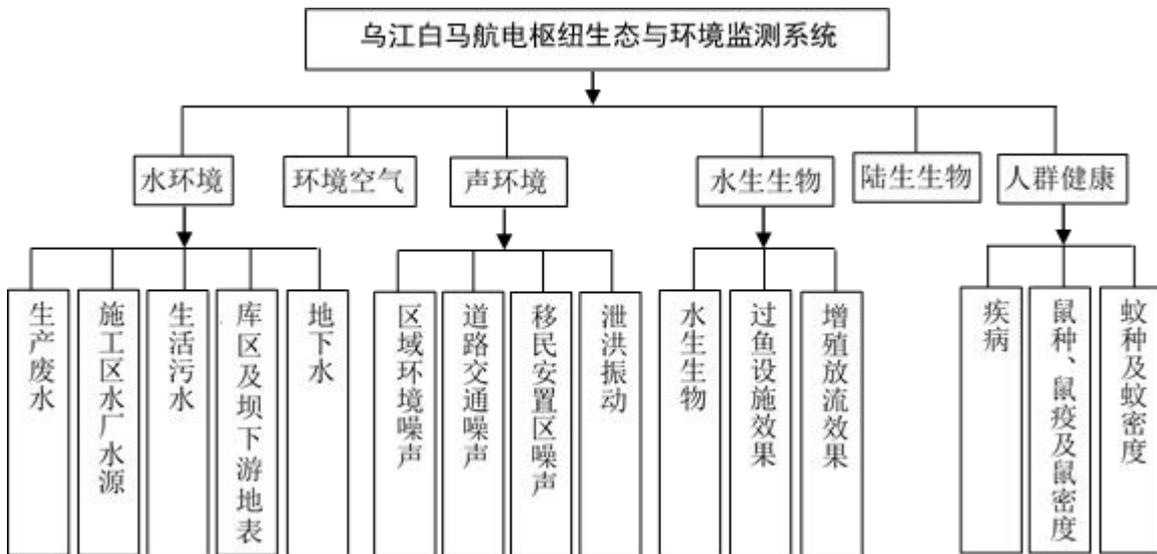


图 8.3.2-1 乌江白马航电枢纽工程生态与环境监测总体布局图

### 8.3.3 生态流量监控

#### 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，根据白马航电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，拟在坝下约 1km 处设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，初拟采用缆道流速仪法和 H-ADCP 测流仪相结合的方式生态流量在线监控，数据传输与终端接收纳入水情自动测报系统。

#### 4) 监控时间

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电站蓄水前安装完成。

### 8.3.4 水环境监测

#### 8.3.4.1 施工期水环境监测

##### (1) 施工期废水监测

枢纽工程施工期废水监测主要包括砂石料加工生产废水监测、施工营地生活污水监测、施工区水厂水源监测和地表水监测等，共设 5 个监测断面/点位。

施工期水环境监测断面/点位、监测项目、监测时间与频次、监测方法等详见表 8.3.4-1，监测断面/点位的具体位置见附图 25 和附图 26。

表 8.3.4-1

白马航电枢纽施工期废污水监测表

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	备注
砂石料加工生产废水	左岸砂石料加工系统处理设施进、出口处	SS、pH、石油类、废水量	生产期间每季度监测 1 次	《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)和《地表水环境质量标准》	监测废污水处理后回用水达标情况及废污水处理效果
大坝基坑排水	基坑废水处理池出口处	SS、pH、石油类、废水量	第 2 年 11 月~第 5 年 11 月每季度监测 1 次		
生活污水	左岸施工营地生活区处理设施进、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	营地使用期间(约 6 年)每季度监测 1 次(每季度 1 次)		
地表水水质	1#断面(施工区背景断面):干流白马坝址上游 2km; 2#断面(施工区背景断面):石梁河旧红旗桥上游 300m; 3#断面(施工区控制断面):干流白马坝址下游 2km; 4#断面(施工区下游控制断面)干流白马坝址下游 10km。	pH、DO、CODMn、氨氮、总磷、氟化物、石油类、挥发酚、六价铬、汞、氰化物、COD <sub>cr</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、铅、砷、铜、锌、SS 共 18 项。	施工期 9 年每年监测 4 次(每季度 1 次),每次监测 2 天		

### 8.3.4.2 运行期水环境监测

通过水库水质监测,及时掌握水库水质变化动态,提高水资源利用的安全可靠性。根据白马航电枢纽运行特点,在工程影响河段共设置地表水质监测断面 5 个,运行期水质监测详见表 8.3.4-2、附图 26 和附图 26。

表 8.3.4-2

运行期地表水水质监测表

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 1 次,投资列入工程运行费用	《环境监测技术规范》和《地表水环境质量》
地表水水质	库尾断面(银盘坝下 500m)	pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、砷、汞、六价铬、挥发酚、石油类、叶绿素 a 和粪大肠菌群共 15 项	水库蓄水前 1 年,水库正常蓄水后第 2 年,竣工验收后连续监测 2 年,每年丰平枯水期各监测 1 次	
	库区芙蓉江汇口下游 200m			
	武隆县城下游 1km			
	白马坝址上游 2km			
白马坝址下游 2km				

### 8.3.5 地下水环境监测

根据《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)等相关要求,结合评价区含水层和地下水径流特征,考虑项目运行期对地下水水质、水位和地下水敏感目标的影响,以及监测点的代表性和可操作性,利用坝区及库区已有地下水位和水质监测井,监测施工期及水库蓄水后地下水水位的动态变化及对地下水水质的影响。

#### (1) 地下水水位

地下水位监测井选择库区和坝区已有坝址左岸 ZK3、ZK5、ZK79、ZK29 钻孔,以及右岸 ZK2、ZK4、ZK6 钻孔,监测时段为施工期前 6 年及水库正常蓄水后第 1 年和第 2 年,共监测 8 年,每年丰、平、枯期,每期连续 6 天,每天观测一次,详见图 8.3.5-1。

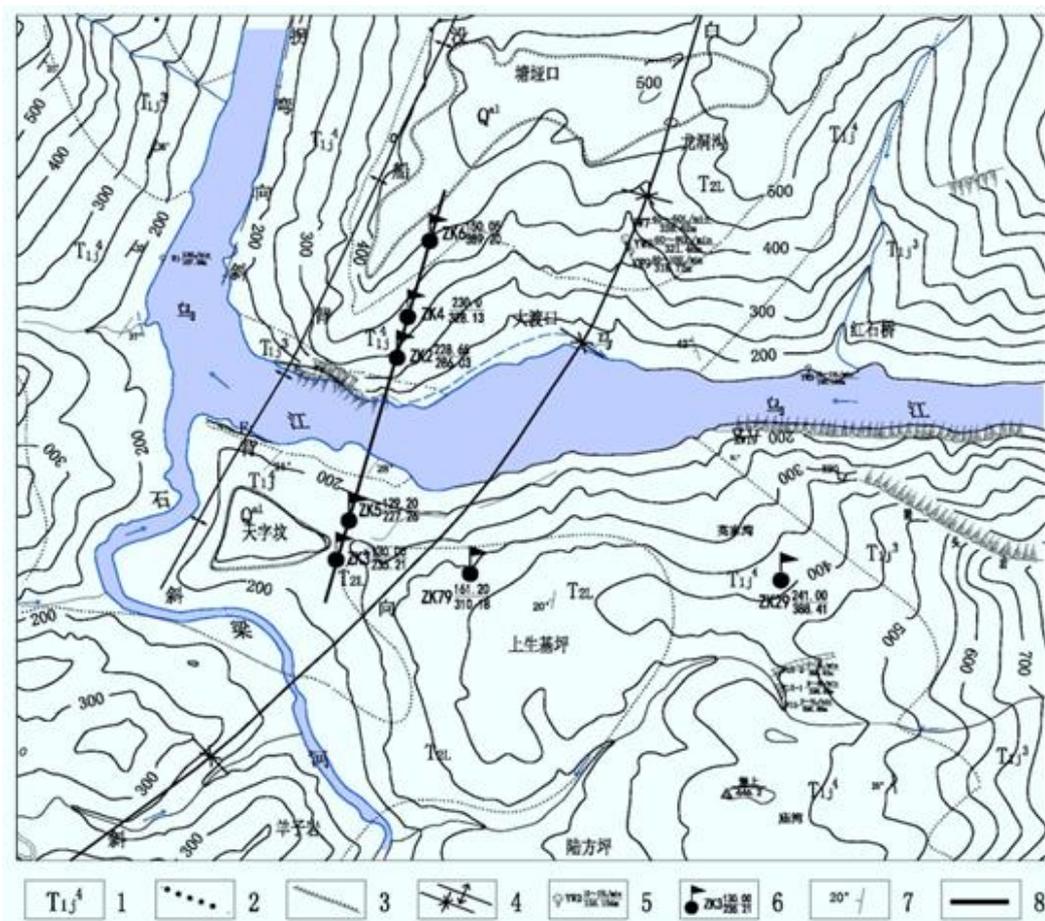


图 8.3.5-1 地下水水位监测井分布图

## (2) 地下水水质

### 1) 监测点位

地下水水质监测点位见表 8.3.5-1 和附图 26。

表 8.3.5-1 白马航电枢纽工程地下水环境监测点位情况表

编号	监测点位名称	所在乡镇	坐标		水样类型
1	白马镇东 G319 公路加油站西侧泉	白马镇	N29°24'25"	E107°32'40"	岩溶水
2	白水洞 (羊角镇水源地)	羊角镇	N29°24'05"	E107°34'16"	岩溶水
3	关滩滑坡后缘泉 1	土坎镇	N29°22'38"	E107°41'37"	岩溶水
4	羊角村龙洞沟泉	白马镇	N29°24'42"	E107°32'32"	岩溶水
5	羊角镇滑坡后缘泉	羊角镇	N29°23'32"	E107°36'14"	孔隙水
6	武隆火车站隧道 (武隆备用水源地)	武隆城区	N29°20'04"	E107°45'40"	岩溶水

### 2) 监测项目

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、总大肠菌群、细菌总数, 共 21 项。

### 3) 监测时段与频率

施工期前 6 年及水库正常蓄水后第 1 年和第 2 年, 共监测 8 年, 每年枯水期监测 1 次。

### 4) 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。

## 8.3.6 环境空气监测

### (1) 监测点位

在白马镇和鱼光村枣子组居民点各设 1 个监测点。

### (2) 监测项目

监测 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>。

### (3) 监测频次

每季度监测 1 次, 每次连续监测 7 天。

### 8.3.7 声环境监测

#### 8.3.7.1 施工区声环境监测

##### (1) 区域环境噪声监测

###### 1) 监测点位

分别在鱼光村枣子组居民点、杨柳村 1#居民点各设 1 个监测点，共设 2 个监测点。

###### 2) 监测频次

施工期 99 个月，每季度监测 1 次，每次 2 天（含工作日、休息日），每天 24 小时昼夜等效声级。

#### 8.3.7.2 移民安置区声环境监测

##### (1) 监测点位

在白马镇中学、白马中心小学各设 1 个监测点，监测迁建小区施工期噪声。

##### (2) 监测项目

昼间、夜间等效 A 声级

##### (3) 监测频次

每季度监测 1 次，每次连续监测 2 天。

### 8.3.8 水生生态监测

通过对水生生物的监测，及时反映评价区水生生态环境和鱼类资源变化和水生态保护效果，重点监测水生生态、珍稀特有鱼类保护资源变化，鱼类栖息地保护、增殖放流、生态调度、过鱼效果等，为水库生态研究、水生生物多样性的保护、水库生态管理提供科学的依据。

监测范围为银盘坝下乌江汇口干流及与干流连通的支流水域，其中重点监测库区、坝下至涪陵段及作为鱼类重要栖息地保护的水域。

### (1) 监测内容与监测要素

#### 1) 水生生态要素监测

水文、水动力学特征，水体理化性质；浮游植物、浮游动物、底栖动物等的种类、分布密度、生物量与水温及流态等的变化关系。

#### 2) 鱼类种群动态及群落结构变化

监测不同水域（干、支流，库区、坝下）鱼类的种类组成、种群结构、资源量的时空分布等。监测放流标记鱼类在渔获中的比例。

#### 3) 鱼类产卵场监测

监测鱼类产卵场的分布与产卵规模、繁殖时间和繁殖种群等。

#### 4) 鱼类早期资源监测

监测鱼类早期资源（鱼类卵苗）的时间、种类和数量等。

### (2) 监测断面

共设置 8 个监测断面，分别为：银盘坝下、江口电站坝下、白马库区、白马坝下、白涛、涪陵、郁江、石梁河，调查位置可根据具体情况适当前移或后靠，监测断面及监测内容见表 8.3.8-1。

### (3) 监测时段

白马航电枢纽建成运行后 20 年内监测 8 年次，即蓄水后第 1、2、3、4、5、10、15、20 年进行监测。水化学要素，浮游生物，底栖动物等每监测年 1、4、7、10 月各一次。鱼类种群动态监测在 3~6 月、10~11 月进行，每月 20 天左右。鱼类产卵场监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 60 天。鱼类早期资源监测在 3~7 月进行，年监测天数不少于 75 天。

表 8.3.8-1

水生生态监测断面及监测内容

断面	水生生物及水环境	鱼类种群动态	鱼类产卵场	鱼类早期资源
----	----------	--------	-------	--------

银盘坝下	+	+	+	
江口坝下	+			
白马坝前	+	+		
白马坝下	+	+	+	
白涛	+			
涪陵	+	+		+
石梁河	+	+	+	+
郁江	+	+	+	+

注：+为需要监测

### 8.3.9 陆生生态监测

#### (1) 调查目的

对白马航电枢纽建设前后陆生生态环境的时空变化及其变化规律进行监测，了解工程施工和建成运行对陆生生态的影响，掌握陆生生态修复及其它保护措施的实施效果，为陆生生态保护提供依据。

#### (2) 调查范围与内容

调查范围：白马航电枢纽工程施工区、移民安置区、专项设施复（改）建工程施工区、水库库区及库周区域。

调查内容：主要包括陆生动植物区系组成、分布及其特点、种群数量、生物多样性（含物种多样性、生境多样性）的变化；枢纽工程生态修复措施执行情况及效果；施工区和移民安置区古树保护措施落实情况及效果，观测古树生长情况；移民安置区绿化情况；专项设施复（改）建工程施工区的植被恢复情况及效果等。

#### (3) 调查方法

选择坝址处附近、库区土坎镇、库区武隆县城、水库库尾江口镇附近设置4个调查点，在各点位根据陆生生物组成设置固定样线2~3条，根据各样线群落面积确定设置的样地数量。

在进行库区植被和施工区生态修复措施效果调查时，设置固定样地进行长期监测，用铁丝将样地围护起来，防止人为或其它干扰，对样地中乔

木和灌木进行挂牌，并进行样地调查，记录乔木和灌木个体数量、盖度、胸径、高度、冠幅等指标，并用 GPS 进行定位，记录每个样地的海拔高度、经纬度等基本信息。

#### (4) 调查时间与频次

工程施工期水库蓄水前调查 1 次，工程完工后第 2、5、8、11 年分别调查 1 次，期共调查 5 次，调查季节为夏秋季。

如果第 11 年监测结果与第 8 年监测结果存在明显差异，以后仍然每 3 年进行一次监测，直至两次监测结果无明显差异。

### 8.3.10 人群健康监测

#### 8.3.10.1 施工区人群健康监测

##### (1) 疾病监测

工程建设单位和各施工单位应明确卫生防疫责任人，负责施工区甲、乙、丙类传染病监测，按规定填写传染病报表（包括发病病种、时间、年龄、性别、职业等），并及时报送武隆区疾病预防控制中心。

##### (2) 鼠种及鼠密度监测

监测点位：在左岸办公生活区、右岸前期临时营地分别设置 1 个监测点，共 2 个监测点。

监测方法：每个监测点每次监测至少应在室内布放 200 有效夹次以上，晚上布放，清晨收回，并统计施工区鼠密度。

监测频次：每年 2、5、8、11 月捕鼠，即每季度一次，各捕鼠月份在当月 15 日或其前后 5 日内完成监测工作。左岸办公生活区从工程准备期至工程完工为止，连续监测 9 年；右岸前期临时营地从工程准备期至第 3 年一期工程完工为止，连续监测 3 年。

#### 8.3.10.2 移民安置区人群健康监测

### (1) 疾病监测

常规疾病监测主要是依靠县、乡、村医疗卫生防疫网络对移民安置区疾病变化进行监控。主要开展基础资料收集、传染病及地方病监测等工作，以便了解掌握淹没未搬迁区和移民安置区人群健康状况和疾病流行情况，及时采取相应的对策措施。

**基础资料收集：**收集淹没未搬迁区和移民安置区人口总数及其年龄、性别构成、出生总数、死亡总数等人口资料；以及卫生机构和人员情况。

**传染病监测：**监测移民安置涉及乡镇甲、乙、丙类传染病的发病人数、发病率及时间分布、年龄分布、性别分布等。

**突发疫情报告：**遇暴发疫情及不明原因公共卫生事件应随时报告。县疾病预防控制中心专业人员应及时赶赴现场，开展流行病学调查，根据流行病学调查结果、病原学检查结果及临床症状为依据，并通过封锁疫点、环境消毒、预防服药、紧急接种、现场采样等措施，控制疫情，防止疫情扩散蔓延。

**监测时间：**从移民拆迁、安置工作启动开始，连续监测 8 年。

### (2) 鼠种及鼠密度监测

**监测点：**在武隆县白马镇、羊角镇、土坎镇、巷口镇、江口镇等 5 个乡镇各设置 1 个鼠密度监测点。各监测点应包括室内和室外两个区域，该区域要求距水库淹没线 1km 以内，室外监测应包括农田、林地、草地、园地等不同生境。上述监测点不得随意变动，若需变动，应尽量接近原监测点，各项条件应与原监测点相近。

**监测方法：**每个监测点每次监测至少应在室内布放 200 有效夹次以上，野外应布放 300 有效夹次以上，晚上布放，清晨收回。鉴定出鼠种类，并统计种类的数量。

监测频次：从移民拆迁、安置工作启动开始，连续监测 8 年。每年的 4、9 月各捕鼠一次，各捕鼠月份应在当月 15 日或其前后 5 日内完成监测工作。

### （3）鼠疫监测

为了防止鼠疫在库区发生和流行，安排在移民安置区进行鼠种及鼠密度监测的同时，并开展鼠疫监测。

监测点位：监测点位同鼠密度监测点位，活鼠的采集应兼顾不同生境的各类鼠种。

样品采集：将捕获的鼠类先取鼠体蚤，然后取鼠血，再对鼠外毛进行清洗消毒后进行鼠体解剖，取鼠血标本进行鼠疫血清学监测，鼠体蚤进行数量和种类鉴定。样本采集过程中应注意无菌操作。

当鼠疫血清学监测阳性时，立即报告县疾病预防控制中心，进行复核检测，并进行鼠疫病原学培养，作进一步分析。若结果复核确诊为阳性时，应按照国家有关程序要求启动“鼠疫控制应急预案”。

监测频次：从移民拆迁、安置工作启动开始，连续监测 8 年。每半年（4、9 月）一次，每次每个鼠疫监测点采集 10 只活鼠标本。

### （4）蚊种及蚊密度监测

监测点：与鼠密度监测点的设置相同。

监测方法：捕蚊工具可采用电动吸蚊器。每个监测点每次监测住房（面积 15m<sup>2</sup>左右）10 间、畜圈（牛栏或猪圈）10 间，每次吸蚊 15 分钟。鉴定出蚊种类，并统计各种类密度。

监测频次：从移民拆迁、安置工作启动开始，连续监测 8 年。每年的 5、9 月份进行监测，每月上半月和下半月各监测一次，两次间隔不应少于 10 天，监测工作在天黑前 1~1.5 小时进行。

### 8.3.11 土壤环境监测

#### (1) 监测目的

了解施工期及运行期土壤环境受影响情况，以便及时采取土壤防控措施。

#### (2) 监测位置、项目及频率

工程施工期及运行期监测点位、监测项目、监测周期、时段和频率分别见表 8.3.11-1 和 8.3.11-2。

表 8.3.11-1 工程施工期土壤环境监测计划一览表

编号	监测点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
TR1	白马镇坝址左岸	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	施工期第 3 年和第 8 年各监测一次
TR2	羊角镇姚家咀	pH、土壤含盐量以及 GB 15618-2018 中表 1 规定的 8 项基本项目	
TR3	巷口镇南滨路南侧长头河旁	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	
TR4	江口镇中心幼儿园南侧绿地	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	
TR5	江口镇库尾银盘坝址旁	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	

表 8.3.11-2 工程运行期土壤环境监测计划一览表

编号	监测点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
TR1	白马镇坝址左岸	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	运行期 pH 和土壤含盐量每 5 年监测一次，其余项目运行期第 5 年监测一次
TR2	羊角镇姚家咀	pH、土壤含盐量以及 GB 15618-2018 中表 1 规定的 8 项基本项目	
TR3	巷口镇南滨路南侧长头河旁	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	
TR4	江口镇中心幼儿园南侧绿地	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	
TR5	江口镇库尾银盘坝址旁	pH、土壤含盐量以及 GB36600-2018 中表 1 规定的 45 项基本项目	

#### (3) 采样及分析方法

工程施工期及运行期各点位土壤取样均取表层样点，在 0~0.2m 取样，

表层样监测点的土壤监测取样方法参照 HJ/T 166 执行。监测项目监测方法按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中要求的方法进行监测。

## 9 环保投资与环境经济损益分析

### 9.1 环境保护投资概算

#### 9.1.1 编制原则

本项目环境保护投资概算的编制遵循以下原则：

(1) “功能恢复”的原则。因工程兴建对环境造成的不利影响，环保投资以保护或恢复工程建设前的生态环境功能为下限；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。

(2) “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。

(3) 环境保护投资概算编制的依据、方法、价格水平年、主要材料价格及主要预算单价与主体工程一致；

(4) 对于具有环境保护功能，但已列入工程专项投资的项目，不列入工程环境保护专项投资中，但计入工程环境保护总投资中。

(5) 对于受设计深度限制，目前无法明确工程量的环境保护措施，参照同类工程单价，采用综合指标法进行估算。

(6) 本概算仅包括工程施工期和试运行期环保费用，运行期环境管理及环境研究等费用列入电站运行成本。

#### 9.1.2 编制依据

(1) 《水利水电工程环境保护概估算编制规程》（SL 359-2006）；

(2) 《建设工程监理与相关服务收费管理规定》（发改价〔2007〕670号）；

(3) 《财政部、国家发展改革委员会关于取消和停止征收 100 项行政

事业性收费的通知》（财综〔2008〕78号）；

（4）乌江白马航电枢纽环境保护设计提出的环境保护措施与工程量；

（5）人工、材料等基础价格与主体工程一致。

### 9.1.3 项目组成

为配合工程主体投资按工程建设区进行划分，白马航电枢纽工程环境保护投资划分为枢纽工程环境保护工程投资、建设征地和移民安置环境保护工程投资和独立费用3项。其中，建设征地和移民安置区环境保护工程投资，已全部纳入移民投资支出，在本投资表中仅列出投资金额，不计入新增环境保护专项投资。枢纽工程环境保护工程包括水环境保护工程、陆生生态保护工程、水生生态保护工程、大气环境保护工程、声环境保护工程、固体废物处置工程、人群健康保护工程、环境监测工程等。

建设征地和移民安置环境保护工程包括水环境保护工程、陆生动植物保护工程、生活垃圾处理工程、人群健康保护、环境监测等。

独立费用包括项目建设管理费、生产准备费、科研勘察设计费和其他税费。

### 9.1.4 概算编制

#### 9.1.4.1 价格水平

设计概算编制的价格水平为2019年2季度。

#### 9.1.4.2 基础价格

环保投资基础价格与主体工程保持一致。

##### （1）人工预算单价

工程所在地工资区类别为一般地区，按照《费用标准》，人工预算单价为：高级熟练工11.58元/工时，熟练工8.60元/工时，半熟练工6.74元/

工时，普工 5.56 元/工时。

## (2) 主要材料预算价格

普通硅酸盐水泥 42.5# 为 573.3 元/t，钢筋 4087.64 元/t，板枋材 1479.95 元/m<sup>3</sup>，柴油 7402.94 元/t，汽油 8676.73 元/t，碎石 29.43 元/m<sup>3</sup>，砂 49.41 元/m<sup>3</sup>。

### 9.1.5 独立费用及预备费费率

#### (1) 独立费用

包括项目建设管理费、生产准备费和科研勘测设计费三部分。

##### 1) 项目建设管理费

——工程建设管理费：按环保措施的 4% 计算；

——工程环境保护监理费：按每人每年 25 万元费用计算；——咨询服务费：按环保措施的 0.8% 计算；

——项目技术经济评审费：按环保措施的 0.198% 计算；

2) 生产准备费：按环保措施的 1.5% 计算。

##### 3) 科研勘察设计费

——科研及特殊专项费：按环保措施的 2.1% 计算；

——环境保护勘察设计费：按环保措施的 7% 计算；

#### (2) 基本预备费

按枢纽工程建设区、移民安置区的环保投资以及独立费用之和的 10% 计算。

### 9.1.6 环保投资概算

本工程环境保护投资包括主体工程环境保护工程投资和工程环境保护专项投资二部分。

根据《水电工程设计概算编制规定及计算标准》（2007 年版），环境

保护专项投资划分为枢纽工程环境保护投资、建设征地和移民安置环境保护投资和独立费用 3 项。

枢纽工程环境保护投资包括水环境保护费、陆生生态保护费、水生生物保护费、大气环境保护费、声环境保护费、固体废物处理工程费、人群健康保护费、环境监测费。移民安置去环境保护工程费包括水环境保护费、陆生动植物保护费、生活垃圾处理工程费、人群健康保护费和环境监测费等。独立费用概算包括项目建设管理费、生产准备费、可研勘察设计费和基本预备费等。

经计算，白马航电枢纽环境保护总投资为 36560.04 万元，其中鱼道工程投资为 15252.97 万元，移民安置区环保投资 1373.30 万元，新增环境保护专项投资为 19933.77 万元。在环境保护专项投资中，枢纽工程环境保护投资为 13254.27 万元，独立费用 4867.3 万元，基本预备费 1812.20 万元。工程环境保护概算详见表 9.1.6-1～表 9.1.-4。

表 9.1.6-1 白马航电枢纽工程环境保护投资汇总表

序号	工程项目	投资
1	鱼道投资	15252.97
2	移民安置区环保投资	1373.30
3	新增环境保护专项投资	19933.77
	环境保护工程总投资（静态）	36560.04

表 9.1.6-2 白马航电枢纽工程新增环境保护专项投资汇总表

序号	项目名称	合计（万元）	备注
第一部分	枢纽工程区	13254.3	
一	水环境保护	1767.5	
1	砂石料加工冲洗废水处理(DH 高效旋流净化器)	1400	
2	基坑排水	54	
3	混凝土罐冲洗废水处理系统	5.5	
4	机械车辆冲洗废水	6	
5	生活污水处理	252	

序号	项目名称	合计(万元)	备注
6	生态流量监控系统	50	
二	水生生态保护	9829.6	
1	增殖站费用	5356.4	增殖站专题设计估算
2	过鱼设施	0	不含鱼道工程投资, 仅为集运鱼船投资
3	栖息地保护	2650.0	保护地专题列支费用
4	渔政管理与监督	100	
5	科研专题	1720	
6	禁渔区标志	3.2	
三	陆生生态保护	94.1	
1	生态修复	0	
2	古树迁地保护	52.1	
3	古树就地保护	12	
4	陆生动物保护	3	
5	陆生生态保护宣传	27	
四	大气环境保护	348	
五	声环境保护	83.6	
六	生活垃圾处理工程	112.5	
七	人群健康保护	368	
八	环境风险	30.7	
1	液氨事故池	7.5	
2	液氨储罐围堰	5.6	
3	液氨储罐报警喷淋系统	6	
4	制冷系统监测报警装置	2.4	
5	润滑油事故池	6	
6	润滑油储罐围堰	3.2	
九	环境监测措施	620.3	
1	水质监测	127	
2	地下水监测	36	
3	环境空气质量监测	66	
4	噪声监测	19.8	
5	人群健康监测	32	
6	生态监测	335	
7	土壤监测	4.5	
第二部分	移民安置区	1373.3	已列入移民拆迁安置费用
一	陆生环境保护	43.6	

序号	项目名称	合计(万元)	备注
1	分散移民庭院四旁绿化	43.6	
2	专项设施复改建工程生态修复	水土保持投资列支	
二	水环境保护	333.9	
1	分散式安置移民	33.9	
2	移民迁建小区施工区废水处理	120	
3	防护工程废水处理	70	
4	专项复建工程废水处理	110	
三	大气环境保护	28.8	
四	声环境保护	372	
五	生活垃圾处理	66.1	
1	城镇移民迁建小区生活垃圾处理	30.4	
2	移民安置工程施工期固体废物处理	35.7	
六	人群健康保护	238.1	
1	卫生医疗保健体系	88.6	
2	环境卫生	38.5	
3	病媒生物控制	39.2	
4	疾病检测与预防接种	47.8	
5	卫生宣传	24	
七	环境监测措施	290.8	
2	陆生生物调查	200	
3	噪声监测	6	
4	人群健康监测	80	
第三部分	环境保护独立费用	4867.3	
一	项目建设管理费	2612.4	
二	生产准备费	198.8	一至二部分的 1.1%-2.1%
三	科研勘察设计咨询费	2056.1	
第四部分	基本预备费	1812.2	
	新增环境保护专项投资	19933.77	

表 9.1.6-3 白马航电枢纽工程环境保护专项投资估算表

序号	项目名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)	备注
第一部分	枢纽工程区				13254.27	
一	水环境保护				1767.5	
1	砂石料加工冲洗废水处理(DH 高效旋流净化器)	套	2	7000000	1400.0	DH-CSQ-450 型
2	基坑排水	套			54.0	

序号	项目名称	单位	数量	单价 (元)	合计(万元)	备注
	一期基坑排水沉淀池	座	2	70000	14.0	每座2池, 6000mm×4000mm×1500 mm
	二期基坑排水沉淀池	座	1	250000	25.0	1座2池, 15000mm×12000mm×1500 mm
	三期基坑排水沉淀池	座	1	150000	15.0	1座2池 10000mm×8000mm×1500 mm
3	混凝土罐冲洗废水处理系统				5.5	
(1)	右岸一期拌合站废水处理	座	1	10000	1.0	每座2池, 4000mm×2000mm×1500 mm
(2)	左岸二期拌合站废水处理	座	1	30000	3.0	每座2池, 8000mm×4000mm×1500 mm
(3)	右岸三期拌合站废水处理	座	1	15000	1.5	每座2池, 4000mm×4000mm×1500 mm
4	机械车辆冲洗废水	套	3	20000	6.0	
5	生活污水处理				252.0	
①	左岸生活区成套设备				25.0	
	成套设备费	套	1	100000	10.0	
	运行费	年	3	50000	15.0	工程建成后运行费列入电 站运行成本
②	左岸施工营地				182.5	
	成套设备费	套	1	1000000	100.0	
	运行费	年	5.5	150000	82.5	
③	右岸施工营地				44.5	
	成套设备费	套	1	200000	20.0	
	运行费	年	3.5	70000	24.5	
6	生态流量监控系统	套	1	500000	50.0	
二	水生生态保护				9829.6	
1	增殖站费用				5356.37	增殖站专题设计估算
(1)	建设及设备费	项			4589.98	增殖站专题估算费用
(2)	增殖放流站运行	年	5		766.39	增殖站专题估算费用
2	过鱼设施	万元			0.00	不含鱼道工程投资,仅为集 运鱼船投资
(1)	过鱼设施(鱼道)	万元			15252.97	列入主体工程投资,由主体 工程估算费用
	鱼道建设及设备费				13704.97	
	鱼道运行费	年	5	3096000	1548.0	
3	栖息地保护	万元			2650.0	保护地专题列支费用
(1)	郁江保护区建设及运行费	万元			1100.0	马岩水电站坝址清理拆除 等费用
(2)	石梁河保护建设及运行费	万元			1200.0	鱼道等费用
(3)	长溪河自然保护区生境修复	万元			200.0	

序号	项目名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)	备注
(4)	科研专题	万元			150.0	
4	渔政管理与监督	万元			100.0	
(1)	渔政管理与监督费	万元			80.0	
(2)	宣传教育	万元			20.0	
5	科研专题				1720.0	
(1)	乌江下游急流生境保护研究	万元			150.0	
(2)	白马航电枢纽对工程影响区鱼类种群变动规律研究	万元			150.0	
(3)	增殖放流技术研究	万元			120.0	
(4)	过鱼设施过鱼效果及优化研究	万元			150.0	
(5)	鱼类栖息地保护措施效果跟踪监测	万元			90.0	列入保护地专题费用
(6)	乌江下游急流生境保护研究	万元			60.0	列入保护地专题费用
(7)	针对乌江下游鱼类繁殖的梯级联合生态调度及其效果研究	万元			1000.0	含相关监测费用
6	禁渔区标志	个	16	2000	3.2	
三	陆生生态保护				94.1	
1	生态修复				0.0	已列入水土保持投资
	针叶林生态恢复区	hm <sup>2</sup>	16.2	200000		
	电站周围景观区	hm <sup>2</sup>	8.8	250000		
	经济林区	hm <sup>2</sup>	5	150000		
	灌草丛区	hm <sup>2</sup>	49	30000		
	农耕生态恢复区	万元				移民投资已列支
2	古树迁地保护				52.1	
(1)	迁地保护	株	1	400000	40.0	
(2)	监测	株	1	20000	2.0	
(3)	古树挂牌	株	1	1000	0.1	
(4)	综合养护管理费	株	1	100000	10.0	
3	古树就地保护				12.0	
(1)	栅栏隔离保护	株	4	10000	4.0	
(2)	抚育管理	株	4	20000	8.0	
4	陆生动物保护				3.0	
(1)	设置界限牌、警示牌	块	15.0	2000	3.0	
5	陆生生态保护宣传	年	9.0	30000	27.0	
四	大气环境保护				348.0	
1	集气罩、布袋除尘设施	套	2	750000	150.0	
2	洒水	月	99	20000	198.0	
五	声环境保护				83.6	
1	砂石系统隔声罩	套	1	100000	10.0	
2	隔声屏障	m <sup>2</sup>	2112	300	63.4	

序号	项目名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)	备注
3	隔声窗	m <sup>2</sup>	150	600	9.0	
4	低速行驶标志	个	6	2000	1.2	
六	生活垃圾处理工程				112.5	
1	垃圾桶	个	90	500	4.5	
2	垃圾清运费	月	99	10000	99.0	
3	卫生宣传	年	9	10000	9.0	
七	人群健康保护				368.0	
1	场地消毒	hm <sup>2</sup>	41.76	10000	41.8	
2	病媒生物消杀	hm <sup>2</sup>	8.61	10000	8.6	
3	卫生防疫				197.6	
(1)	卫生检疫	人次	4960	100	49.6	
(2)	健康检查	人次	14000	100	140.0	
(3)	卫生宣传与管理	年	8	10000	8.0	
4	公共厕所	个	20	60000	120.0	
八	环境风险				30.7	
1	液氨事故池				7.5	
(1)	左岸液氨事故池	座	1.0	50000.0	5.0	25.0
(2)	右岸液氨事故池	座	1.0	25000.0	2.5	6.3
2	液氨储罐围堰				5.6	0.0
(1)	左岸液氨储罐围堰	m	40.0	800.0	3.2	0.3
(2)	右岸液氨储罐围堰	m	30.0	800.0	2.4	0.2
3	液氨储罐报警喷淋系统	套	2.0	30000.0	6.0	18.0
4	制冷系统监测报警装置	套	2.0	12000.0	2.4	2.9
5	润滑油事故池	座	1.0	60000.0	6.0	36.0
6	润滑油储罐围堰	m	40.0	800.0	3.2	0.3
九	环境监测措施				620.3	
1	水质监测				127.0	
(1)	施工期废污水监测				31.8	
①	施工期砂石料生产废水监测	点·次	66	1000	6.6	
②	施工期基坑废水监测	点·次	12	1000	1.2	
③	左岸施工营地生活区	点·次	48	5000	24.0	
(2)	地表水水质监测				80.8	
①	施工期水质监测	点·次	142	4000	56.8	
②	运行期水质监测	点·次	60	4000	24.0	5个点位，监测4年，每年丰平枯共3次
(3)	饮用水水质监测	点·次	36	4000	14.4	
2	地下水监测				36.0	
(1)	地下水水质监测	点·次	48	4000	19.2	6个点位，监测8年，每年枯水期1次

序号	项目名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)	备注
(2)	地下水水位监测	点·次	168	1000	16.8	7个点位, 监测8年, 每年丰平枯共3次
3	环境空气质量监测	点·次	66	10000	66.0	
4	噪声监测				19.8	
(1)	区域环境噪声监测	点·次	66	3000	19.8	
5	人群健康监测				32.0	
(1)	施工区疾病监测	年	8	10000	8.0	
(2)	施工区鼠种及鼠密度监测	点·次	48	5000	24.0	
6	生态监测				335.0	
(1)	水生生态	年	8	200000	160.0	
(2)	陆生生态观测				175.0	
①	施工期监测	次	1	350000	35.0	
②	运行期监测	次	4	350000	140.0	
7	土壤监测				4.5	
(1)	施工期土壤监测	点·次	10	3000	3.0	
(2)	运行期土壤监测	点·次	5	3000	1.5	
第二部分	移民安置区				1373.3	已列入移民拆迁安置费用
一	陆生环境保护				43.6	
1	分散移民庭院四旁绿化	户	218	2000	43.6	
2	专项设施复改建工程生态修复	万元				水土保持投资列支
二	水环境保护				333.9	
1	分散式安置移民				33.9	
	沼气池	口	113	3000	33.9	
2	移民迁建小区施工区废水处理				120.0	
(1)	沉淀池	座			60.0	
①	白马集镇	座	3	100000	30.0	
②	土坎集镇	座	1	100000	10.0	
③	油坊沟	座	1	100000	10.0	
④	南溪沟	座	1	100000	10.0	
(2)	移动厕所	个	15	40000	60.0	
3	防护工程废水处理				70.0	容量 173m <sup>3</sup>
	沉淀池	座	7	100000	70.0	
4	专项复建工程废水处理				110.0	容量 173m <sup>3</sup>
	沉淀池	座	11	100000	110.0	
三	大气环境保护				28.8	
1	洒水	月	36	8000	28.8	
四	声环境保护				372.0	
1	隔声窗	m <sup>2</sup>	6000	600	360.0	

序号	项目名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)	备注
2	移动式隔声屏	m <sup>2</sup>	400	300	12.0	
五	生活垃圾处理				66.1	
1	城镇移民迁建小区生活垃圾处理				30.4	
(1)	垃圾收集站	个	11	20000	22.0	
(2)	人力车	辆	11	1200	1.3	
(3)	垃圾筒	个	142	500	7.1	
2	移民安置工程施工期固体废物处理				35.7	
(1)	垃圾筒	个	137	500	6.9	
(2)	垃圾清运	月	48	6000	28.8	
六	人群健康保护				238.1	
1	卫生医疗保健体系				88.6	
(1)	卫生医疗机构补助				34.0	
①	白马镇	万元			10.0	
②	江口镇	万元			4.0	
③	土坎镇	万元			10.0	
④	巷口镇	万元			10.0	
⑤	羊角镇	万元				
(2)	卫生技术培训	人次	84	6500	54.6	
2	环境卫生				38.5	
(1)	库区清理				0.0	移民工程投资工程费用列支
(2)	乡镇公共卫生厕所	个	7	55000	38.5	
3	病媒生物控制				39.2	
(1)	室内灭鼠	hm <sup>2</sup>	19.2	2000	3.8	
(2)	室外灭鼠	亩	1771	200	35.4	
4	疾病检测与预防接种				47.8	
(1)	疾病检测	人次	4400	100	44.0	
(2)	预防接种	人次	255	150	3.8	
5	卫生宣传	年	8	30000	24.0	
七	环境监测措施				290.8	
1	土坎镇生活污水监测	次	16	3000	4.8	
2	陆生生物调查	年	5	400000	200.0	
3	噪声监测	点·次	20	3000	6.0	
4	人群健康监测				80.0	
(1)	疾病控制	年	8	10000	8.0	
(2)	移民安置区鼠种及鼠密度监测	点·次	80	2000	16.0	
(3)	移民安置区鼠疫监测	点·次	80	5000	40.0	
(4)	移民安置区蚊种及蚊密度监测	点·次	160	1000	16.0	

序号	项目名称	单位	数量	单价 (元)	合计(万元)	备注
	第一、二部分合计				13254.27	不含移民安置区环保投资
第三部分	环境保护独立费用				4867.3	
一	项目建设管理费				2612.4	
1	工程建设管理费		4.0%		530.2	建筑安装工程量的2%~4%
2	工程建设监理费	人·年	54.0	250000	1350.0	6人, 9年, 监理人员费及办公费
3	咨询服务费	年	0.80%		106.0	建筑安装工程量的0.5%~1.33%
4	项目技术经济评审费		0.198%		26.2	按建筑安装工作量及永久设备费之和部分, 取0.198%;
5	项目竣工验收费				600.0	
二	生产准备费		1.50%		198.8	一至二部分的1.1%-2.1%
三	科研勘察设计咨询费				2056.1	
1	科研及特殊专项费		2.10%		278.3	按一、二部分的2.1%
2	环境影响评价费用(含专题、监测)				850.0	按相关文件计列
3	环境保护勘察设计费		7.00%		927.8	按一、二部分的7%
第四部分	基本预备费		10%		1812.2	
	新增环境保护专项投资				19933.77	

表 9.1.6-4

白马航电枢纽工程环境保护分年投资表

序号	项目名称	合计 (万元)	施工期									运行期			
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4~20 年
第一部分	枢纽工程区	13254.3	4675.7	114.0	226.8	127.2	121.0	1059.4	3779.3	251.8	257.2	1923.5	273.5	204.9	240.0
一	水环境保护	1767.5	1526.5	10.0	107.0	16.5	30.0	27.5	20.0	20.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
二	水生生态保护	9829.6	2653.2	0.0	0.0	0.0	0.0	918.0	3672.0	153.0	153.0	1893.0	173.0	174.4	40.0
1	增殖站费用	5356.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	918.0	3672.0	153.0	153.0	153.0	153.0	154.4	0.0
(1)	建设及设备费	4590.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	918.0	3672.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(2)	增殖放流站运行	766.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	153.0	153.0	153.0	153.0	154.4	0.0
2	过鱼设施	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	栖息地保护	2650.0	2650.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	渔政管理与监督	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0	40.0
5	科研专题	1720.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1720.0	0.0	0.0	0.0
6	禁渔区标志	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
三	陆生生态保护	94.1	70.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
四	大气环境保护	348.0	176.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
五	声环境保护	83.6	10.0	4.2	33.0	33.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
六	生活垃圾处理工程	112.5	18.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
七	人群健康保护	368.0	175.0	41.4	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0
八	环境风险	30.7	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
九	环境监测措施	620.3	15.7	18.4	21.8	22.7	22.6	58.9	22.3	23.8	52.6	30.5	100.5	30.5	200.0
第二部分	移民安置区	1373.3	3.0	402.0	523.8	114.9	74.6	55.4	14.2	14.2	11.2	0.0	80.0	0.0	80.0
一	陆生环境保护	43.6	0.0	0.0	0.0	0.0	43.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
二	水环境保护	333.9	0.0	190.0	60.0	83.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
三	大气环境保护	28.8	0.0	0.0	9.6	9.6	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

序号	项目名称	合计 (万元)	施工期									运行期			
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4~20 年
四	声环境保护	372.0	0.0	0.0	372.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
五	生活垃圾处理	66.1	0.0	7.2	44.5	7.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
六	人群健康保护	238.1	3.0	193.6	26.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
七	环境监测措施	290.8	0.0	11.2	11.2	11.2	11.2	52.4	11.2	11.2	11.2	0.0	80.0	0.0	80.0
第三部分	环境保护独立费用	4867.3	2513.5	315.2	134.1	130.1	129.8	167.4	276.2	135.1	960.3	76.9	10.9	8.2	9.6
一	项目建设管理费	2612.4	444.2	129.6	134.1	130.1	129.8	167.4	276.2	135.1	960.3	76.9	10.9	8.2	9.6
二	生产准备费	198.8	198.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
三	科研勘察设计咨询费	2056.1	1870.5	185.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第四部分	基本预备费	1812.2	718.9	42.9	36.1	25.7	25.1	122.7	405.5	38.7	121.8	200.0	28.4	21.3	25.1
	新增环境保护专项投资	19933.8	7908.1	472.1	397.0	283.0	275.9	1349.5	4461.0	425.6	1339.3	2200.4	312.8	234.4	274.7

## 9.2 环境经济损益分析

### 9.2.1 环境影响经济损益分析方法

环境影响经济损益分析的目的在于运用环境经济学原理，在考虑工程建设与生态环境、社会环境以及区域社会经济的持续、稳定、协调发展前提下，从环保角度评判工程建设的合理性。

### 9.2.2 环境效益分析

#### (1) 航运效益

航运效益采用对比法计算。通过工程有无对比，按正常运输量、转移运量和诱发运量分别计算节省运输费用、提高运输效率和提高航运质量可获得的效益。结合工程实际，主要分析计算因工程实施而节省运输费用所带来的效益。

根据货物流向分析可知，本工程货运量包括三个部分：若不实施本工程该枢纽断面自然增长的货运量（正常货运量）；部分由其他运输方式完成转为水运的货运量（转移货运量）；据预测，2025年、2035年、2045年过坝货运量分别为210万吨、500万吨、720万吨。因此，航运效益即为正常运输量、转移运输量、诱发运输量所节约的运输费用等所产生的效益。经计算航运效益如表9.2.2-1所示。

表 9.2.2-1 航运效益计算成果表 单位：万元

水平年	过坝货运量 (万 t)	正常运量效益	转移运量效益	诱发运量效益	合计
2025 年	210	1420	4550	0	5970
2035 年	500	2170	19440	160	21770
2045 年	720	2880	29495	270	32645

#### (2) 社会效益

白马航电枢纽投资大，电站的投入资金中大部分（约60%）将直接投入到重庆市，将直接拉动当地的经济增长。根据国内外有关水电建设工程

拉动经济增长的分析计算，水电站建设对地区经济生产总值的贡献约为工程直接投资 2~3 倍，因此白马航电枢纽在其建设的 9 年中将为该地区增加地区生产总值总计约 120 亿元，平均每年增加地区生产总值 13.3 亿元，约占地区生产总值的 3.5%，对当地经济增长拉动作用巨大。白马航电枢纽施工建设期间，劳动用工共 683 万工日，施工高峰期劳动力人数约 7000 人，多年平均劳动力人数约 3100 人。水电站建设通常可带动间接就业，在建设期内白马航电枢纽平均每年可创造约 6300 个就业岗位。

白马航电枢纽位于武隆区白马镇，工程建设改善了地区对外交通，可解决白马坝址附近地区的交通出行难问题，有效带动当地社会经济发展，有利于加快扶贫开发进程。同时使白马坝址左岸临近重庆武隆白马工业园区与渝怀铁路白马货站有效地联系在一起，形成了立体式的交通网络，提高白马工业园区的区域优势，增加投资吸引力，促进园区的快速发展，从而对提升武隆区工业整体实力，增加财政收入，对于武隆区实现小康社会，建设和谐社会具有重要的战略意义。

### 9.2.3 环境损失分析

#### (1) 工程占地损失

工程施工占地总面积为 120.24hm<sup>2</sup>，其中，永久占地 15.03 hm<sup>2</sup>，临时占地 105.21 hm<sup>2</sup>。经现场实地调查，永久占地区植被类型以林地、灌草丛和农作物为主，林地主要为竹林，以慈竹林为主，还有少量麻竹和淡竹林，此外还有少量人工种植的树种如石榴、柚子、柑橘、楠木等。农作物主要为大豆、红薯为主。常见的灌草丛植物有盐肤木、马桑、黄栌、地瓜、五节芒、蜈蚣草等。永久占地对植被的破坏是长期的、不可恢复的。工程永久占地将直接破坏原有的植被，导致植物生物量下降。

临时占地区植被以林地、灌草地、农作物为主。林地主要有马尾松林、

柏木林以及道路两旁的行道树（楝、刺桐、栾树）；灌草地五节芒、马桑、黄荆等为主；农作物以玉米、豆类、薯类为主。临时用地对植被的破坏是短期的、可恢复的。

### （2）水生态损失

白马航电枢纽建成蓄水后，银盘以下乌江河段将由河流生境转变为河道型水库生境，适应静缓流生境的浮游生物食性和杂食性鱼类明显增加；适应流水生境的鱼类会进一步减少，有些种类甚至会退出评价区分布。大坝的修建对部分具有逆流上溯和短距离生殖洄游习性的鱼类的上行阻隔较大，影响坝上鱼类资源；分布于白马库区的4个鱼类产卵场由于水文情势改变，其规模也将减小。

银盘以下江段是残存的乌江与长江连通的重要流水江段，这一江段和三峡库区形成江库洄游，其水生生境的存在对乌江河道具独特的保护意义，这一江段生境改变带来的影响难以具体量化。

### （3）水土流失损失

白马工程扰动地表总面积  $367.98\text{hm}^2$ ，损坏水土保持设施面积  $367.98\text{hm}^2$ 。经预测，本工程可能造成水土流失总量约 36.98 万 t，新增水土流失量 29.52 万 t。工程建设可能造成水土流失将对主体工程施工、区域生态环境、区域土地资源、乌江上下游江段等产生不利影响，严重的将可能造成堵塞河道、毁坏农田及基础设施等水土流失危害事件。

## 9.2.4 环境经济损益综合分析

白马航电枢纽工程具有巨大的社会效益和经济效益。工程建成后，将使乌江干流构皮滩以下航道等级达Ⅳ级航道标准，保证乌江与长江干线高等级航道有机衔接；推动乌江流域地方经济发展，加快“老、少、边、穷”地区脱贫致富。工程带来的环境损失主要表现在工程占地对土地资源的损

失，以及河道水生环境变化带来的损失。工程带来的社会效益和生态损失部分难以量化，但工程建设给乌江流域创造了经济快速发展的机遇，为沿江省市利用自身的资源和区位优势，推进国民经济产业结构调整，提供了有利条件，对当地政府和居民来说，其环境效益要大于环境损失。

## 10 结论与建议

### 10.1 流域及工程概况

#### (1) 流域概况

乌江为长江上游右岸最大的支流，流经云南、贵州、湖北、重庆四个省（直辖市）的 50 余个县市，于重庆市涪陵汇入长江。流域面积 87920km<sup>2</sup>，干流全长 1037km，总落差 2124m，河口多年平均流量为 1570m<sup>3</sup>/s，多年平均径流量为 495.5 亿 m<sup>3</sup>。本工程位于乌江下游，距离乌江河口约 43km，坝址控制流域面积占乌江流域总面积的 95.19%。

#### (2) 流域规划简介

1987 年，长办牵头与贵阳院合作编制完成《乌江干流规划报告》，报告拟定乌江开发治理任务为：以发电为主，其次是航运，兼顾防洪、灌溉等综合利用，推荐干流十一级开发方案，从上至下依次为：普定、引子渡、洪家渡、东风、索风营、乌江渡、构皮滩、思林、沙沱、彭水和大溪口。2003 年长江设计院编制完成了《乌江干流彭水至河口河段综合规划报告》，推荐该河段由大溪口（213m）一级开发改为银盘（215m）+白马（185m）两级开发方案，重庆市发改委对规划进行了审查，同意推荐的开发方案。2007 年重庆市发展和改革委员会将《重庆市乌江干流彭水至河口梯级开发方案研究报告》和对本河段开发意见上报国家发展和改革委员会，发改委复函同意乌江干流彭水至河口河段按银盘和白马两级开发。目前，除白马枢纽尚未开工建设外，乌江干流其余 11 座梯级都已完建。

2012 年国务院批复的《长江流域综合规划（2012-2030 年）》，提出乌江治理开发与保护的主要任务是：“供水与灌溉、防洪、发电、水土保持、航运、水资源保护和治涝。”白马枢纽被列入水电开发规划和航运规划中。

### (3) 工程概况

白马航电枢纽位于乌江干流下游河段，地处武隆区白马镇，上距银盘水电站约 46km，下距乌江河口约 43km，占乌江总流域面积的 95.19%，距上游的武隆县城约 20km。枢纽的开发任务为航运、发电，并具有对银盘水电站进行反调节的作用。白马航电枢纽正常蓄水位 184m，死水位 180m，设计洪水位 194.36m，校核洪水位 201.93m，总库容 3.85 亿  $\text{m}^3$ ，正常蓄水位以下库容 1.67 亿  $\text{m}^3$ ，回水长度 45.3km，调节库容 0.41 亿  $\text{m}^3$ ，调节性能为日调节。白马航电枢纽装机容量 480MW，多年平均发电量 17.12 亿  $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，改善通航里程 45.3km，船闸过船吨位为 500t。

白马航电枢纽由挡水建筑物、泄洪建筑物、电站厂房和通航建筑物组成，从左至右依次为：左岸非溢流坝段、安装场段、河床式电站厂房段、溢流坝段（左区、右区）、纵向围堰坝段、船闸坝段，共分 22 个坝段，坝轴线总长 588.3m。泄洪建筑物布置 11 个单宽 14m 的泄洪表孔，堰顶高程为 160m，闸墩宽 5m，顺水流向最大长度 55m，泄洪表孔分 3 区布置，左区 3 孔、中区 5 孔、右区 3 孔，中区采用面流消能，左、右区采用底流消能。电站布置在左侧河床，为河床式厂房，整个电站建筑物包括引水渠、主厂房、安装场、尾水渠等，安装 3 台 160MW 水轮发电机组，总装机容量为 480MW。通航建筑物采用单线一级船闸方案，由上游引航道、船闸主体段和下游引航道组成，船闸主体段由上闸首、闸室、下闸首及输水系统组成，闸室有效尺寸为 190m $\times$ 23m $\times$ 4.7m（长 $\times$ 宽 $\times$ 门槛水深）。

工程采用分期明渠导流，一期在右岸山体上开挖导流明渠；二期主河床截流，修建大坝泄洪坝段和厂房坝段；三期在导流明渠内修建船闸坝段。工程开挖总量 2831.52 万  $\text{m}^3$ ，其中利用 1099.83 万  $\text{m}^3$ ，剩余弃渣 1731.69 万  $\text{m}^3$ 。规划龙洞沟弃渣场弃渣 743.64 万  $\text{m}^3$ ，螃蟹溪弃渣场弃渣 1195.74 万

m<sup>3</sup>。

工程总工期 99 个月（不包括 18 个月工程筹建期），其中施工准备期 22.5 个月、主体工程施工期 46.5 个月，工程完建期 30 个月。

工程建设征地 4.79km<sup>2</sup>，涉及武隆区 5 个镇，30 个村，库区淹没影响占地 2.01km<sup>2</sup>，施工区建设占用土地 2.78km<sup>2</sup>。根据移民安置规划，农村生产安置人口 1313 人，生产安置分为种植业安置、农转非安置和自谋职业安置三种方式，搬迁安置 3341 人，一部分进入移民迁建区，一部分本组分散建房安置。对于淹没影响的城集镇居民采取集中搬迁安置和分散自主安置。规划建设武隆城区南、北岸移民迁建小区、白马集镇迁建小区和土坎集镇迁建小区。

按 2019 年二季度价格水平计算，白马航电枢纽工程总投资为 103.9 亿元。

## 10.2 环境现状

### 10.2.1 地表水环境

根据《全国重要江河湖泊水功能区划（2011-2030 年）》和《重庆市水功能区划（2010 年版）》白马航电枢纽涉及水域位于乌江武隆开发利用区和乌江武隆涪陵保留区，水质管理目标执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准，涉及支流芙蓉江位于芙蓉江武隆保留区，水质管理目标为 II 类。

根据重庆市武隆区和涪陵区环境监测站提供水质评价成果，评价范围内白马断面、白涛断面和麻柳嘴断面 2016~2018 年总体水质类别为 II~III 类，仅 2017 年 8 月和 9 月总磷超标，最大超标倍数为 0.79 倍，总磷超标原因为上游来水总磷超标。

为进一步掌握白马航电枢纽工程涉及乌江干支流水质背景情况，评价

单位于2019年枯水期委托监测单位对项目所在水域地表水环境质量进行补充监测。根据监测结果，各补充监测断面水质均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，芙蓉江监测断面水质满足II类标准。采用综合营养指数法评价，各补充监测断面附近水域营养状态均为中营养。

白马航电枢纽工程评价区内共分布3处饮用水水源保护区，均位于白马坝址下游乌江干流，自上而下分别为重庆建峰集团水厂、蒿枝坝水厂和坤源水务公司江东水厂水源保护区，距坝址分别为18km、38km和40km。

### 10.2.2 地下水环境

根据地下水环境监测结果，评价区地下水水质状况良好。受农村生活污水和农业面源渗入影响，羊角滑坡坡体中的孔隙水和龙洞沟泉水硝酸根离子浓度超标。此外，除部分因子天然背景值较高外，其余水质指标能够达到地下水环境质量III类标准。

### 10.2.3 生态环境

#### （1）水生生态

综合近年来评价区监测、文献资料，评价区浮游植物共7门54属136种，组成以硅藻门为主，绿藻门、蓝藻门次之，隐藻门、甲藻门、裸藻门、金藻门种类较少；常见种为直链藻、小环藻、星杆藻、脆杆藻、针杆藻、曲壳藻、席藻、蓝隐藻等。评价区浮游动物计62属111种，组成以原生动物、轮虫种类占绝对优势，枝角类、桡足类种类较少，为典型的河流生境群落结构。评价区底栖动物25种，常见种为多摇蚊和淡水壳菜（湖沼股蛤）等，以水生昆虫和软体动物为主，甲壳动物、寡毛类和其它类群占比相对较少。乌江下游江段共分布有鱼类140种，分属7目18科71属，鲤形目鱼类是乌江下游江段鱼类的主要构成类群，有106种，其次是鲇形目和鲈形目。评价区近年调查到各种级别的保护鱼类9种，有6种长江上游特有

鱼类，长江上游特有鱼类 16 种，其中胭脂鱼为国家 II 级保护动物。重庆、四川的地方保护野生水生动物名录收录了鱼类 8 种。评价区分布有鹦哥峡、白涛镇、羊角镇、桃子沟、石鼻子、杨家沱等 6 个鱼类产卵场，4 处位于白马航电枢纽库区，2 处位于白马坝下，可为犁头鳅、中华沙鳅、圆筒吻鮡、吻鮡、长鳍吻鮡、蛇鮡、花斑副沙鳅和翘嘴鲃等多种鱼类提供繁殖条件。

## (2) 陆生生态

根据《中国植被》，评价区属于亚热带常绿阔叶林区—川东盆地及川西南山地常绿阔叶林地带—川东盆地偏湿性常绿阔叶林亚带—盆边东南部中山植被地区—七耀山北部植被小区，地带性植被应为常绿阔叶林。工程影响区海拔较低，受人类活动干扰较强，地表植被以农田植被、人工次生林和灌草丛为主。根据调查，评价区共有维管植物 126 科 354 属 522 种，水库淹没、工程占地和移民安置等均不涉及国家级重点保护野生植物，但评价区内分布有 123 株古树。

根据《中国动物地理区划》，评价区动物区划隶属于东洋界—华中区—西部山地高原亚区—四川盆地省—农田-亚热带林灌动物群。根据调查，评价区分布有陆生脊椎动物 4 纲 20 目 56 科 131 种，其中两栖类 1 目 3 科 10 种、爬行类 2 目 8 科 17 种、鸟类 11 目 33 科 84 种、哺乳类 6 目 12 科 20 种。评价区分布有国家 II 级重点保护野生动物 6 种，分别为普通鵟、黑耳鸢、雀鹰、红隼、斑头鸺鹠和红腹锦鸡。分布有重庆市重点保护野生动物 12 种，分别为尖吻蝾、竹叶青蛇、小鸺鹠、灰胸竹鸡、四声杜鹃、中杜鹃、噪鹛、赤狐、黄鼬、花面狸、豹猫和小麂。

### 10.2.4 环境空气

本项目大气环境评价范围涉及重庆市武隆区和涪陵区。根据《2019 年重庆市生态环境状况公报》，武隆区属于环境空气质量达标区，涪陵区属

于环境空气质量不达标区；项目所在区域属于环境空气质量达标区；项目所在区域可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）、细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧（O<sub>3</sub>）日最大平均 8h 平均浓度值出现不同程度超标，其最大浓度占标率分别为 116%、183%和 129%，超标频率分别为 0.56%、5.93%、1.42%；坝址所在区域 TSP24h 平均质量浓度范围为 144~186μg/m<sup>3</sup>，最大浓度占标率为 62%，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

### 10.2.5 声环境

项目评价范围内的白马中学、白马中心小学、杨柳村 1#居民点、鱼光村兴隆组居民点、土坎镇居民点、武隆区南溪沟居民区和武隆区油坊沟居民区昼、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。

### 10.2.6 土壤环境

2019 年 11 月对工程影响区土壤环境现状监测结果表明，土壤均未发生酸化或碱化；7 个监测点位中，G2 监测点轻度盐化，其余监测点均未盐化；各污染物指标均未超过相应土壤污染风险管控标准的筛选值。工程区域总体土壤环境质量良好。

## 10.3 环境影响

### 10.3.1 水环境影响

#### （1）水文情势

白马航电枢纽为乌江干流最后一级梯级，受到上游水库径流调节的影响，白马航电河段径流过程年内分配较天然状况更加均匀；白马航电枢纽坝址及库区位于三峡水库变动回水区，枯水期 11 月~次年 4 月白马坝址河段受到三峡水库顶托影响，白马下游河段水位上升，河道内水量增加。

白马航电枢纽建设采用三期导流方式，一期在右岸开挖导流明渠，水流从原河床下泄，施工河段水文情势变化不大；二期主河床截流，建设主体工程，水流从导流明渠下泄，过水面束窄，水位上升，流速增加；三期建设船闸，水流从泄洪表孔下泄，下泄最小流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，受枯水期三峡顶托影响，截流期间坝址水位高于泄水闸底板高程，白马坝址河段不断流。水库初期蓄水阶段，按照最小下泄流量  $387\text{m}^3/\text{s}$  控制下泄流量，水库蓄水历时约 3.5 天，达到死水位后，第一台机组发电，可通过水轮机发电尾水下泄生态流量。考虑维持水生生态系统需水、维持水环境质量需水、航运、工农业生产和生活用水量，采用 Tennant 法、湿周法、生态水力学法等计算并取最大值，确定最小下泄流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。白马航电枢纽运行过程中需要保证  $385\text{m}^3/\text{s}$  的航运基流，至少一台机组发电，能够有效保障生态流量下泄。另外，受三峡水库顶托影响，生态流量下泄时段为汛期，根据径流调节计算成果，白马枢纽汛期约一半时段产生弃水，下泄流量远大于  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。

白马库区河段位于三峡水库内，与天然河流相比，枯水期三峡蓄水时水位上升、水深增加、水面面宽增加、流速变缓，白马航电枢纽建成后，库区水位由 175m 增加到 184m，水位进一步上升，河道内水域面积和水量进一步增加。坝址处水位最大上升 26.6m，水面宽度最大增加 89.35m。

由于白马航电枢纽仅有日调节能力，工程运行对流量的年内分配没有影响，在上游银盘和江口水电站下泄流量较小时，白马航电基荷发电运行，基荷发电流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ ，当上游银盘和江口水电站调峰运行时，白马枢纽承担腰荷运行。根据典型日调节计算成果，在反调节运行过程中，白马库水位变化范围为 183m~184m 之间，对坝下流量和水位日变幅进行统计，建库前各月典型日坝下流量变幅为  $111\text{m}^3/\text{s}$ ~ $1265\text{m}^3/\text{s}$  之间，径流调节后坝下流量日变幅为 0~ $688\text{m}^3/\text{s}$  之间；建库前坝下水位日变幅在 0.01~3.71m 之间，

建库后坝下水位日变幅为 0~1.96m，白马枢纽反调节运行，降低坝下河段流量和水位日变幅。

## (2) 地表水环境

### 1) 水库蓄水初期

水库蓄水初期，淹没区残留的腐烂物质（如杂草、树木和枝叶等）、土壤均会分解释放出有机质，有机质分解使水体中 BOD<sub>5</sub>、COD、氮和磷等浓度增加，溶解氧降低。蓄水前未按照规范清库时，库底浸出物可能较多，会影响到初期蓄水的水质。

### 2) 运行期

工程所在河段为三峡水库库尾河段，白马航电枢纽蓄水后所在河段水位进一步上升、流速减小，总体上呈现狭长湖库特性。预测水平年，白马库区主要点污染源为武隆区污水处理厂排污口，以及沿江各城集镇分布零星工业污染源，主要面源为种植业污染源、农村生活和畜禽养殖污染源。经预测，工程建成后白马航电枢纽平枯水期 COD、氨氮、总磷浓度分别为 10.03mg/L~10.04mg/L、0.15mg/L~0.196mg/L 和 0.113mg/L~0.123mg/L，总体与现状该河段污染物浓度保持一致，并满足Ⅲ类水质管理目标要求。受水库蓄水水动力条件变化影响，武隆区污水处理厂下游污染物超背景浓度范围长度减小，宽度增加。经计算，工程建成后库区所在河段水环境容量略有减小，白马枢纽对径流起到一定反调节作用，坝址下游河段水环境容量略有增加，因此，工程建设不会对下游 3 个饮用水水源保护区水质产生不利影响。受益于《水污染防治行动计划》对乌江干流总磷持续治理，经预测，工程建成后乌江白马控制单元水质能够满足Ⅲ类水质目标要求，总磷浓度低于现状。

根据预测评价，白马航电枢纽蓄水后营养状态为中营养，类比乌江下

游彭水和银盘水库，白马航电枢纽蓄水后将维持中营养，不易出现富营养化问题。

### (3) 环境敏感目标

本工程涉及水环境敏感目标为重庆建峰化学工业集团水厂水源保护区、涪陵区蒿枝坝水厂水源保护区、涪陵坤源水务公司江东水厂水源保护区，以上3处水环境敏感目标均位于白马枢纽坝址下游，距离白马坝址分别为18km、38km和40km。白马航电枢纽为反调节水库，有利于减小坝下乌江河段流量和水位变幅，增加枯水时段流量，对保障下游取水口水量和水质为有利影响。

### 10.3.2 地下水环境影响

施工期各种建筑物基坑开挖导致坝址区附近岩溶含水层地下水水位下降，施工期会产生生活污水和生产废污水，考虑到本工程生产、生活废污水排放量小，在采取措施处理后达标排放或回用，基本不会对区域地下水产生污染。运行期蓄水不会改变地下水由两侧接受补给后往乌江径流、排泄的基本规律，但会引起库岸两侧一定范围内地下水位雍高，根据模型计算结果，白马航电枢纽蓄水可导致寒武系承压含水层水位整体抬升10~15m。

### 10.3.3 生态环境影响

#### (1) 陆生生态

工程施工占地、水库蓄水淹没和移民安置活动等将造成一定生物量损失，对于整个评价区而言生物量和生产力损失较小，对生态系统恢复稳定性的影响较小，是自然生态系统可以承受的。工程实施前后评价区景观格局变化不大，工程实施后耕园地、林地和灌木林仍是评价区主要的景观类型，对区域景观生态体系的稳定性影响不大。

受工程影响的植被以灌木林和旱地作物为主，工程建设不会造成植物种类的消失。有 1 株古树临近施工区域，可能受工程施工活动直接影响；1 株古树位于水库淹没线内；3 株古树临近工程施工区域，可能受工程施工活动间接影响。工程施工占地和水库淹没将使野生动物生境面积有所缩小，但不会对库区陆生动物及重点保护野生动物的种群结构和生物多样性产生明显不利影响。另外，工程施工及移民安置活动等将对部分野生动物产生惊扰影响。

### （2）水生生态

白马航电枢纽建成蓄水后，分布于白马库区的 4 个鱼类产卵场由于水文情势改变，其规模将减小。水库形成后，适应静水生境的鱼类数量会有所增加，而适应流水生境的鱼类资源量会减少。大坝阻隔将使河口至银盘坝址江段的水生生境进一步片段化，对鱼类等水生生物生境和多样性产生不利影响。考虑到该江段现有鱼类资源在长江中上游地区均有广泛分布，在采取相应保护措施后不会造成物种资源的消失，本工程对乌江水生生物多样性的总体影响有限。随着生境条件的改变，预计库区水体初级生产力将有所提高，水生生物资源量较建库前增加，但增加幅度有限。坝下江段为三峡水库回水区，水生生物基本保持现状，受工程影响很小。

### （3）环境敏感目标

白马航电枢纽回水约 3km 位于武隆喀斯特世界遗产地缓冲区，约 6km 位于芙蓉江国家级风景名胜区外围保护地带，枢纽建成后枯水期敏感区内河段水位略有增加，影响范围仍在河道范围内。武隆喀斯特世界遗产地和芙蓉江国家级风景名胜区的保护对象均为芙蓉洞溶洞景观和芙蓉江峡谷景观，保护对象均位于支流芙蓉江江口水库库区，白马航电枢纽淹没对受保护的景观资源无不利影响。另外，武隆区世界自然遗产管理委员会和重庆

市城市管理委员会已同意建设白马航电枢纽项目。

#### 10.3.4 施工环境影响

砂石料加工冲洗废水正常工况下经处理后回用，对地表水环境影响较小；在事故工况下，废水进入石梁河和乌江，经预测，对石梁河下游至河口 1km 以及石梁河河口以下乌江 10km 河段水质造成一定影响，据调查该河段内无水源保护区分布，因此事故排放情况下对地环境的不利影响较小。混凝土拌和系统冲洗废水经回用，不外排，对乌江地表水水质影响较小。基坑初期排水对乌江地表水环境影响较小，经常性排水经处理后优先回用，对乌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，不外排，对石梁河和乌江地表水环境影响较小。施工区办公生活营地生活污水经处理后排放对乌江和石梁河下游水质产生一定影响，但影响范围和影响程度有限。

施工扬尘在采取洒水降尘措施后影响范围和程度有限，施工扬尘在局部时段对杨柳村 1#居民点等 11 处敏感目标环境空气质量造成一定影响，对其他居民环境空气质量影响较小。施工道路沿线居民点分布较少，造成的环境影响较小。

施工噪声在采取噪声控制和夜间禁止施工措施后，对杨柳村 2#居民点等 11 处敏感目标声环境质量有一定影响，在采取隔声屏障和通风隔声窗等措施后影响较小。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。

施工弃渣运至弃渣场堆存，生活垃圾经收集后统一处置，其他建筑垃圾优先利用，无法利用的运至一般工业固体废物填埋场填埋，干化泥饼运至弃渣场处置，危险废物交由有资质的单位接收处理，对周边环境影响较

小。

### 10.3.5 土壤环境影响

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。

### 10.3.6 移民安置环境影响

各类工程施工废水经处理后回用，对地表水环境影响较小；移民安置区建成后生活污水经市政管网进入污水处理厂处理后达标排放，对地表水环境影响较小；分散安置移民生活污水采取沼气池处理后用作农田肥料，对地表水环境影响较小。

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，桩基施工阶段昼间对4所学校和6处居民点约912户居民产生影响，在采取安装通风隔声窗措施后，造成的影响较小；对专项设施改复建线路沿线的少量分散居民点采取移动式隔声屏障进行防护后，造成的影响较小。

施工期固体废物经收集处理后由环卫部门统一清运，4个移民迁建区经收集后运至填埋场填埋以及分散安置移民厨余垃圾经沼池处理后对周边环境影响较小。

### 10.3.7 航运环境影响

航运过程中产生的船舶舱底油污水、船舶生活污水和船舶生活垃圾不经处理直接排放，将对水环境带来不利影响。根据相关规定，船舶应当设置与生活污水产生量相当的处理装置或储存容器，处理后按规定排放，或到港后排入接收设施；船舶油污水由船舶自带的装置收集，并送岸上由有

资质的单位接收处理；船舶垃圾收集后上岸处理。船舶污染物总体对工程所在航段水环境影响不大。船舶运行中动力装置产生含 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 废气，对环境空气产生一定污染影响，但影响范围有限，不会对航道两侧区域环境空气和居民点等保护目标造成不利影响。航运噪声影响范围基本在航道内，在居民密集地区禁止鸣笛并降低航速，基本不会对两岸居民点产生不利影响。工程检修维护期间产生的废矿物油在交由有资质的单位接收处理后，基本不会产生不利影响。

## 10.4 环保措施及投资

### 10.4.1 水污染防治措施

#### (1) 水库水污染防治措施

在水库蓄水前，须进行彻底的库底清理。加强库区水质保护，船舶应当按照规范要求设置与生活污水产生量相当的处理装置或储存容器，处理后按规定排放，或到港后排入接收设施；船舶油污水由船舶自带的装置收集，并送岸上由有资质的单位接收处理。

按照《武隆区水污染防治行动计划实施方案（2016-2020年）》，在白马库区开展一系列水污染防治工程工作，包括城镇污水治理、农村生活污水治理、农业面源污染控制、畜禽养殖污染治理和城镇地表径流污染治理等，在规划目标得以实现的情况下，枢纽建成后，工程所在江段水环境质量能够满足管理要求。

#### (2) 富营养化防治对策

搞好库区水质水量的监测评价，要实行断面定期监测。加强水土保持，减少水土流失，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，加强库区周边和上游地区植被覆盖度的提高工作，将大大减轻库区的营养物质输入。加

强地力培肥体系建设，在水库集水陆域应建设生态农业工程、大力推广农业新技术。调整农业结构，限制氮磷等化肥的使用量。

### (3) 生态流量保障措施

经计算，报告推荐白马枢纽需下泄生态流量为  $387\text{m}^3/\text{s}$ 。白马航电枢纽建设采用三期导流施工，一二期导流期间径流沿原河床或导流明渠下泄，与现状相比径流过程不发生变化，三期导流和初期蓄水期间采用白马枢纽泄洪表孔泄流，按照最小下泄流量不小于  $387\text{m}^3/\text{s}$  控制。运行期，可通过基荷发电泄放生态流量，根据工程设计，为保障航运基流  $385\text{m}^3/\text{s}$ ，水电站至少一台机组发电，单机过流量为  $400\text{m}^3/\text{s}\sim 947.2\text{m}^3/\text{s}$ ，可同时保障生态流量下泄。

为监督生态流量下泄工作、完善白马航电枢纽水情自动测报系统，需实时监测水电站发电尾水断面和泄洪表孔断面下泄流量，安装生态流量下泄可视化监控设备，将实时监测数据和图像接入重庆市环保局监控系统，接受环保监督。

## 10.4.2 生态保护措施

### (1) 陆生生态保护措施

对枢纽工程施工占地区进行陆生植物修复，该措施纳入水土保持植物措施。对施工临时占用的耕地（含临时占用的园地）进行复垦，纳入工程移民安置。

对受工程施工活动直接影响的 1 株古树采取就地保护措施，对受水库蓄水淹没的 1 株古树采取迁地保护措施，对受工程施工活动间接影响的 3 株古树采取就地保护措施。

合理安排爆破施工作业时间，尽量避免在晨昏和正午进行爆破施工作业，以减少工程施工爆破噪声对鸟类等野生动物的惊扰。严格界定施工活

动范围，减少施工活动对陆生植被的破坏，保护野生动物生境。禁止施工人员、移民和当地居民捕杀野生动物。加强环境管理、监理、监测和环保宣传工作等。

## (2) 水生生态保护措施

主要包括建设鱼类增殖放流站、建设过鱼设施、对鱼类栖息地进行保护、生态流量保障措施、鱼类繁殖期生态调度和加强渔政管理及水生生态监测、科学研究等保护措施。

建设鱼类增殖放流站。白马鱼类增殖放流站拟建于大坝左岸石梁河业主营地西侧，占地约 2.59 hm<sup>2</sup>。增殖放流对象为胭脂鱼、岩原鲤、瓦氏黄颡鱼、泉水鱼、圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、蛇鮡。放流总规模 10 万尾/年，其中胭脂鱼 0.5 万尾/年、岩原鲤 1.5 万尾/年、泉水鱼 1.0 万尾/年、瓦氏黄颡鱼 3 万尾/年、圆口铜鱼 1.0 万尾/年、长薄鳅 1.0 万尾/年、蛇鮡 1.0 万尾/年、长鳍吻鮡 1.0 万尾/年，后期可根据其放流效果调整放流数量。

建设过鱼设施。建设单侧导竖式鱼道过鱼，鱼道方案位于左岸山体上，集鱼地点为左岸尾水出口水域，过鱼池 450 级，休息池 44 级，隔板数 496 个，底坡 1:47，全长约为 1756m，坝下设 6 个入口，坝上设 2 个出口，鱼类进入鱼道后自行上溯过坝。

开展栖息地保护。拟定胭脂鱼、圆口铜鱼、长薄鳅、长鳍吻鮡、圆筒吻鮡、蛇鮡、岩原鲤、泉水鱼、中华倒刺鲃及瓦氏黄颡鱼等 10 种为优先保护鱼类。重点保护范围：乌江干流白马栖息地保护重点在白马大坝以下至涪陵河口约 43km 乌江干流河段，包括分布于该江段的大溪河、麻溪河、御泉河等支流的入河汇口河段。支流重点保护银盘库尾的郁江马岩洞发电厂以下至河口 59.4km 河段，支流石梁河大院子电站以下 13km 河段及其次级支流赵家河团家堡至汇口 3km 河段。一般保护范围：银盘坝下至白马坝

前 46km 河段，包含芙蓉江、长头河、清水溪等支流的汇口水域。

生态流量保障措施：当三峡水库在 155~175m（吴淞）运行时，三峡水库回水顶托到白马枢纽坝址下游，白马枢纽不需要下泄生态流量；当三峡坝前水位低于 155m（吴淞）运行时，白马枢纽下泄流量需不小于生态流量 387m<sup>3</sup>/s。根据三峡水库调度运行规则，白马枢纽需下泄生态流量的时段一般为 6-9 月中旬。

鱼类繁殖期生态调度：生态调度方案实施以人造洪峰为核心的流域联合生态调度。每年 6 月上旬~7 月中旬，在乌江下游鱼类繁殖季节，彭水梯级择机实施人造洪水调度，模拟洪水涨落过程，白马枢纽相应加大闸门开度，与上游枢纽同步实施人造洪水调度，促进鱼类完成自然繁殖过程。白马航电枢纽每年实施不少于 2 次敞泄调度，保障鱼类产卵繁殖所需的流速及洪峰过程。

#### 10.4.3 施工期环境保护措施

砂石料加工冲洗废水经 DH 高效旋流净化器处理后回用，混凝土料罐冲洗废水经中和沉淀处理后用于厂区洒水降尘，基坑经常性排水采用中和沉淀处理后优先回用，机械车辆冲洗废水经简易除油沉淀后用于厂区内洒水降尘，生活污水经成套设备处理后达标排放或回用。

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，砂石料加工系统采取收集和布袋除尘措施、堆场及场界采取喷淋措施、运输车辆均加盖遮棚，道路安排专人每天定时清扫、撒水，对使用燃油内燃机和汽车发动机的船舶排放的废气采用废气净化器处理。

施工期间加强施工管理，夜间禁止施工，对受影响的居民安装隔声屏障和通风隔声窗，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等噪声控制措施。

施工弃渣运至弃渣场堆存，生活垃圾经收集后集中处置，建筑垃圾尽量再利用，无法利用的弃至弃渣场堆存，干化泥饼运至弃渣场处置，危险废物交由有资质的单位接收处理。

#### 10.4.4 移民安置区环境保护措施

移民安置区施工区人员粪便污水采用移动厕所收集后由环卫部门进行统一处理，施工废水采用沉淀处理后回用，对地表水环境影响较小；集中移民迁建区生活污水经市政管网进入污染处理厂处理后达标排放，分散移民生活污水采用沼气池处理后用于农田灌溉，对地表水环境影响较小。

防护工程、专项设施复（改）建工程采用湿法作业，运输物料时封闭运输，施工区域采取洒水降尘等措施，减少扬尘产生量；施工机械加强维修和保养，减少燃油废气排放。施工期废气对大气环境影响较小。

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、改进施工方法，加强施工公示和沟通，对影响的学校和部分居民点安装通风隔声窗，专项设施的改建、复建线路沿线设置移动隔声屏障等措施后，施工噪声对周围敏感点影响较小。

集中移民迁建区生活垃圾经收集后送填埋场处置，分散移民生活垃圾采用沼气池处理，专项设施复（改）建工程施工期生活垃圾经收集后交由环卫部门统一清运后，对周围环境影响较小。

#### 10.4.5 土壤环境保护措施

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；运行期地方政府应加强库周环境管理，确保水库库区良好的水质。

#### 10.4.6 环境保护投资

白马航电枢纽环境保护投资 36560.04 万元，占工程总投资 1039023.23 万元的 3.52%。

#### 10.5 公众参与情况说明

按照《环境影响评价公众参与办法》的相关要求，本项目开展了公众参与。2012年2月28日在重庆市武隆区人民政府官网上进行了本项目环境影响评价第一次公示，第一次公示期间我公司未收到任何形式的公众反馈意见。2020年1月20日，评价单位编制完成《重庆乌江白马航电枢纽环境影响报告书（征求意见稿）》；1月22日，我公司在重庆市武隆区人民政府官网上进行了环境影响报告书征求意见稿公示（第二次公示），公示有效期为1月22日至2月28日（受春节假期和疫情影响适当延长）；期间我公司先后在《武隆日报》进行了2次公示（2月17日和2月28日），并于2月17日组织人员在项目涉及的环境敏感点区域及其周边区域均张贴了公示，并在我公司设置了环境影响报告书征求意见稿（纸质版）查阅点；3月8日，本项目环境影响报告书征求意见稿公示结束。公示共收到7份公众意见，建设单位在综合考虑重庆乌江白马航电枢纽的具体情况、环评单位和设计单位的建议、以及技术经济可行性等因素后，对7份公众意见全部采纳，组织环评单位根据公众参与意见修改完善了环境影响报告书。

#### 10.6 总体结论

白马航电枢纽工程与《长江流域综合规划（2012-2030年）》、《重庆市综合交通运输“十三五”发展规划》及其他国家、重庆市有关规划相协调，满足《乌江流域沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及其审查意见对白马航电工程提出的生态环境保护要求。工程的建设将淹没羊角碛等大型碍航险滩，可使乌江漩塘-河口约 547km 达到IV级航道标准，水运

条件大大改善，是打通乌江到长江的黄金水道不可替代的工程措施，对促进乌江航运目标全面实现具有重要意义，同时可促进武隆地区乃至重庆市经济的发展，社会效益显著。

工程的不利环境影响主要体现在：水库建成后，大坝的阻隔作用及坝址上下河段水文情势变化将对乌江下游鱼类资源产生不利影响，通过采取生态调度、鱼类栖息地保护、鱼道建设和鱼类增殖放流等措施，影响程度可得到减缓；工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声、扬尘等，需采取相应的保护措施，减缓工程施工对周围环境的不利影响；工程所在乌江干流现状水环境质量较好，工程运行对水环境质量影响很小。

根据“当前和今后相当长一个时期，把修复长江生态环境摆在压倒性位置，共抓大保护、不搞大开发”的战略要求，白马航电枢纽切实落实回顾性评价报告从流域层面提出的水生生物整体保护方案。根据《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》，白马航电枢纽运行期鱼类繁殖季节实施敞泄调度，牺牲了一定的航运和发电效益，保障每年至少有12天银盘水电站以下89km河段基本恢复为天然河段的状态，使得现存产卵场产卵、受精卵漂流孵化与鱼类洄游通道畅通，促进鱼类完成自然繁殖过程，基本能够满足产漂流性卵鱼类繁殖的需求，并同步实施过鱼措施、鱼类增殖放流、乌江干支流栖息地保护等措施后，对所在江段水生生态影响可得到一定程度缓解。

总体来看，工程建设对当地社会经济发展具有重要作用，社会效益显著，在有效落实《乌江沿河至河口段梯级开发环境影响回顾性评价报告》及报告书提出的各项环境保护措施后，工程建设的不利环境影响可得到减缓。从环境保护角度分析，工程建设可行。

## 10.7 建议

(1) 建议结合工程实际进度及时开展环保措施技施设计工作，对环保措施进行进一步深入研究和细化设计，严格遵循“三同时”制度，并落实相应费用，确保各项环保措施的实施。

(2) 工程各项建设与开发活动需高度重视环境保护工作，加强施工期环境管理，落实环境监理、环境监测，适时开展环境影响后评价。