

# 乌江下游水电开发对陆生生态系统影响分析评价

邱兴春, 夏豪

(中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:**为研究水电梯级开发对当地陆生生态系统的影响程度,选择中国西南地区大型河流——乌江下游沿河至河口段为典型研究区,于 2018 年 2—10 月,采用资料查询、现场调查、遥感解译的方法,对当地陆生生态系统进行影响后评价。结果表明,梯级水电建成后,水库水面面积为建设前的 2.60 倍,森林、灌丛植被面积分别增加了 205.89, 366.04 km<sup>2</sup>,增幅分别为 1.29%, 2.30%,总植被生物量增加了 195.14 万 t,增幅为 2.82%;两梯级水电站建设对评价范围内植物物种多样性没有造成明显不良影响;麻阳河保护区内黑叶猴种群数量自 2014—2021 年,增长近 30 只,增幅约 5%。水电梯级开发建设对评价范围内陆生生态系统没有造成明显不良影响,生态系统仍然处于良好循环之中,且存在顺向演替趋势。研究结论可为环境管理部门今后判断河流水电梯级开发对陆生生态系统的实际影响提供决策参考。

**关键词:**陆生生态系统;环境影响;后评价;乌江下游;水电开发

中图分类号:TV212.4;X52

文献标志码:A

文章编号:1674-6732(2023)04-0092-05

## The Environmental Impact Analysis and Assessment of Hydroelectric Development on Terrestrial Ecosystem in Lower Reaches of Wujiang River

QIU Xingchun, XIA Hao

(Power China Guiyang Engineering Corporation Limited, Guiyang, Guizhou 550081, China)

**Abstract:** In order to research the influence of hydropower station development on local terrestrial ecosystem, the post assessment of environmental impact was conducted from Yanhe to estuary reach of Wujiang River in southwest China by using data inquiry, field investigation and remote sensing interpretation from February to October in 2018. The water surface area of the reservoir was 2.60 times of the pre-construction. The area of forest and shrub vegetation increased 205.89 and 366.04 km<sup>2</sup>, and the increase rate was 1.29% and 2.30%, respectively. The biomass of vegetation increased 195.14×10<sup>4</sup> t, and the increase rate was 2.82%. From 2014 to 2021, the number of langurs in Mayang River Reserve increased by nearly 30, and the increase rate was 5%. The result showed that the hydropower development had no obvious influence on terrestrial ecosystem if environmental protection measures and requirements were strictly implemented. The ecosystem is still in good circulation, and there is a successional trend in the ecosystem. This study might provide decision making basis for environmental management department.

**Key words:** Terrestrial ecosystem; Environmental impact; Post assessment; Lower reaches of Wujiang River; Hydroelectric development

### 0 引言

水利水电等大中型工程的修建对经济社会的迅速发展和居民生活水平的改善发挥了重要作用,二者之间相互促进,协同发展<sup>[1-2]</sup>。为了在社会经济发展的同时,尽量减缓人类活动对生态系统的不良影响,促进社会经济与生态环境可持续发展,在 20 世纪 70 年代末,环境影响评价机制第一次在我国环境保护法中被提出,要求建设项目在建设前须

先完成项目环境影响评价,并取得环境保护行政主管部门的批复后,方能进行设计<sup>[3-4]</sup>。从此,建设项目环境影响评价工作逐步受到重视,环境保护意识逐渐深入民众心中。不过,建设项目实施对生态环境实际影响程度的判断分析,除了项目工程实施前进行预测性环境影响评价外,对环境可能造成重大影响的建设项目,在其实施后还须开展环境影响后评价来验证分析预测评价的准确性,并根据需要

收稿日期:2022-07-03;修订日期:2023-02-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51869004)

作者简介:邱兴春(1978—),男,正高级工程师,硕士,主要从事生态环境保护研究工作。

采取必要的弥补措施<sup>[5-6]</sup>。关于环境影响后评价的研究起步较晚,国外起于 20 世纪 80 年代,我国于 20 世纪 90 年代才开始<sup>[7-8]</sup>,直到 2008 年才逐渐受到国家环境管理部门的重视。2016 年,国家颁布了《河流水电开发环境影响后评价规范》(NB/T 35059—2015)和《建设项目环境影响后评价管理办法(试行)》(中华人民共和国环境保护部令 第 37 号)后,环境影响后评价工作才进入实质性阶段。在环境管理制度体系方面,环境影响后评价还属于新内容,其评价方法、内容等还需要进一步的探索与研究<sup>[9]</sup>。2005 年后,国内研究学者才逐渐开展了水利工程环境影响后评价的研究工作,如陈凯麒等<sup>[10]</sup>于 2005 年对大坝建设和梯级规划环境影响后评价开展了研究;2009 年,郑艳红等<sup>[11]</sup>对水电开发项目环境影响后评价的指标选取开展了研究;2013 年,张虎成等<sup>[12]</sup>建立了环境影响后评价指标体系原则;2020 年,许晓春等<sup>[13]</sup>论述了水利工程建设对生态环境影响后评价指标体系的构建思路;2021 年靳会姣等<sup>[6]</sup>采用了模糊层次分析法进行了流域水电梯级开发环境影响后评价研究,从工程系统、环境系统、管理系统 3 方面构建流域水电梯级开发环境影响后评价指标体系等。这些研究成果基本是从面上理论性指导如何开展建设项目或流域水利水电规划环境影响后评价。

现从流域层面,开展多梯级水电开发对陆生生态的实际影响评价,采用现场调查、资料收集、遥感解译等方法对乌江下游陆生生态系统中的主要要素——植物植被和脊椎动物分布现状进行了全面调查与分析,在此基础上,对水电梯级建设前后当地陆生生态系统主要要素的分布现状进行了对比分析,从而得出乌江下游多梯级水电开发建设对当地陆生生态系统的实际影响情况。此方法具有易操作、适用性强、结果客观等优点。乌江下游梯级水电站建成后,对征地红线区域的陆生生态系统造成了一定程度的影响,除了梯级水电站工程建设造成的直接影响外,还有因此而产生继发性行为导致的累积性影响也不容忽视<sup>[14]</sup>。

水电梯级的开发建设对生态系统的影响一直是环境影响评价关注的重要内容之一,开展乌江下游河段水电梯级开发建设对生态系统影响后评价,有利于进一步认识该河段水电梯级开发建设对生态系统的实际影响程度,其结论可为环境管理部门判断类似河流水电梯级开发对陆生生态系统的影

响情况提供决策参考。

## 1 研究方法

### 1.1 研究河段概况

乌江是贵州第一大河,发源于乌蒙山麓,流经黔北及渝东南酉阳彭水,在重庆市涪陵注入长江<sup>[15]</sup>,干流全长 1 037 km。河源至化屋基为乌江上游<sup>[16]</sup>,化屋基至思南为乌江中游,思南以下为下游<sup>[17]</sup>。本研究河段为乌江沿河至河口段,位于乌江下游,全长 248 km,其中贵州境内长 25 km,界河长 60 km,重庆境内长 163 km。该河段支流右岸主要有坝沱河、白泥河、唐岩河(阿蓬江)、郁江,左岸主要有洪渡河、长溪河、芙蓉江、石梁河、大溪河等。

乌江下游沿河至河口段水能资源丰富。根据乌江流域水电开发环境影响后评价报告等资料,自 20 世纪 50 年代初起,我国有关单位对该河段水电梯级开发就做了大量工作,该河段水电梯级规划方案经历多次论证修编后,最终确定为 3 级开发方案,从上游至下游依次为彭水水电站(2008 年建成)、银盘水电站(2011 年建成)、白马航电枢纽(未建)。白马航电枢纽已获得国家发展改革委核准(发改能源[2018]452 号),目前处于可行性研究设计阶段。

该河段已建总装机容量 2 395 MW,占该河段规划开发总装机容量的 83.30%。自彭水水电梯级 2003 年建设开始,到银盘水电梯级 2011 年建设完工,两梯级电站运行至今已近 10 年的时间,对生态环境造成的累积影响已基本显现,现阶段开展环境影响后评价研究,其成果比较客观地反映出梯级水电建设对陆生生态的实际影响。乌江下游沿河至河口段两梯级水电站基本特征见表 1。

表 1 乌江下游沿河至河口段两梯级水电站基本特征

项目	彭水	银盘	合计
正常蓄水位/m	293	215	
死水位/m	278	211.5	
蓄水前水面面积/km <sup>2</sup>	16.31	5.60	21.91
蓄水后水面面积/km <sup>2</sup>	45.67	11.24	56.91
增加水面面积/km <sup>2</sup>	29.36	5.64	35.00
水库回水长度/km	115	53.3	168.3

### 1.2 评价范围的确定

根据乌江沿河至河口段生态环境特点,确定评价范围为乌江下游沿河至河口段 248 km 河段及区

间主要支流坝沱河、白泥河、唐岩河、洪渡河、长溪河、郁江、芙蓉江、石梁河等河谷两岸第一层山脊线包含的区域,当涉及生态敏感区时,以敏感区边界外延 1~10 km,并结合干支流第一山脊线所包含的区域综合确定,包括水电梯级开发施工区及移民安置区,总面积为 15 904.96 km<sup>2</sup>。

### 1.3 调查时间、区域及影像的确定

调查时间为 2018 年 3—6 月,每月 1 次,每次历时 10 d。根据研究河段支流重要性、易达性、植被分布典型性等原则,选择了右岸的白泥河、唐岩河、郁江,左岸的洪渡河、长溪河、芙蓉江、石梁河等流域为重点现场调查区域,以此确定评价范围的主要植物种类及植被类型。结合各梯级水电站建设时间节点及美国陆地卫星 4~5 号专题制图仪(TM)所获取的多波段扫描影像的易获取性和影像质量,选取了 2002、2016 年 2 期遥感影像资料作为数据源,同时采用全球定位系统(GPS)进行定点现场取样和评价范围内地形图进行解译校对,以提高解译成果精度。

## 2 陆生生态系统影响后评价

### 2.1 植被影响后评价

#### 2.1.1 水电梯级建设征地和实施水土保持植物措施后植被面积的变化

根据已建彭水、银盘两梯级水电站竣工环境保护验收调查报告,该河段内因水电梯级工程征地及移民安置征地而破坏陆生植被面积达 43.00 km<sup>2</sup>,其中农田植被面积为 15.27 km<sup>2</sup>,灌草丛面积为 14.07 km<sup>2</sup>,森林植被面积为 13.66 km<sup>2</sup>,占用植被面积为评价范围内总面积的 0.27%。

已建梯级水电站均按照各梯级水电站工程水土保持方案及其批复要求落实了植物保护措施。根据水土保持设施验收技术评估报告,因水土保持植物措施的落实而增加的植被面积为 1.25 km<sup>2</sup>。

#### 2.1.2 评价范围内植被类型面积变化

为说明该河段梯级水电站开发建设前后植被类型面积的变化情况,分别选用了 2002 和 2016 年遥感影像进行解译,并通过对应区域地形图和 GPS 现场取样点进行校对,以提供解译精度,解译结果见表 2。

表 2 两梯级水电站建设前后植被类型面积变化<sup>①</sup>

植被类型	2002 年		2016 年		变 幅	
	面积/km <sup>2</sup>	占评价范围比例/%	面积/km <sup>2</sup>	占评价范围比例/%	面积/km <sup>2</sup>	占评价范围比例/%
森林	5 595.36	35.18	5 801.26	36.47	205.89	1.29
灌丛	5 099.13	32.06	5 465.17	34.36	366.04	2.30
灌草丛	1 369.42	8.61	875.52	5.50	-493.90	-3.11
水田	238.57	1.50	75.51	0.47	-163.06	-1.03
旱地	3 513.41	22.09	3 441.56	21.64	-71.85	-0.45
合计	15 815.89	99.44	15 659.01	98.45	-156.88	-0.99

①“-”表示减少。

由表 2 可见,2016 年较 2002 年总植被面积减少,这除了评价范围内梯级水电站建设征地占用了植被分布区域外,还有因梯级电站建设而产生的继发性行为造成的植被面积减少,如新公路、新建筑、新乡镇的建设,以及旅游业、服务业的发展等人类活动行为占用林地。两梯级水电站建设完成并运行 14 年后,森林植被和灌丛植被面积增加幅度分别为 1.29% 和 2.30%。森林、灌丛植被面积的增加,以及灌草丛和水田植被面积减少的原因,一方面是梯级水电站建设征地造成的变化;另一方面是当地政府长期以来实施封山育林、退耕还林等国家政策措施的结果,随着梯级电站建设过程中,环保

措施的落实,以及当地群众生活水平的改善,如使用电、煤气或沼气等清洁能源代替之前上山砍柴毁林取热的生活习惯。

另外,两梯级水电站建成后水面面积增加了 35.00 km<sup>2</sup>(表 1),增幅近 160%。水面面积的大幅增加,使得库区周边年平均降水量、年平均相对湿度增加<sup>[18]</sup>,从而更有利于植被生长发育,促进了当地生态系统的顺向演替,故森林植被和灌丛植被面积均有一定幅度增加。

#### 2.1.3 植被生物量

乌江下游沿河至河口段两梯级水电站建设前后植被生物量变化见表 3。

表 3 乌江下游沿河至河口段两梯级水电站建设前后植被生物量变化

植被类型	2002 年		2016 年		变 幅	
	生物量/万 t	占评价范围 生物量比例/%	生物量/万 t	占评价范围 生物量比例/%	生物量/万 t	占评价范围 生物量比例/%
森林	4 991.07	72.19	5 174.72	72.79	183.66	0.60
灌丛	1 421.13	20.56	1 523.14	21.43	102.01	0.87
灌草丛	181.04	2.62	115.74	1.63	-65.29	-0.99
水田	28.18	0.41	8.92	0.13	-19.26	-0.28
旱地	292.32	4.23	286.34	4.03	-5.98	-0.20
合计	6 913.72	100.00	7 108.86	100.00	195.14	2.82

由表 3 可见,2016 年较 2002 年总植被生物量增加了 195.14 万 t,增幅为 2.82%。生物量增加的原因一方面两梯级水电站建设完成并多年运行后,评价范围内各植被类型面积均发生了变化,森林、灌丛植被类型面积是增加的,其余植被类型面积是减少的;另一方面,根据方精云等<sup>[19]</sup>、张云生等<sup>[20]</sup>和屠玉麟等<sup>[21]</sup>学者对植被生物量的研究表明,单位植被面积生物量参数大小关系为:森林>灌丛>灌草丛>水田>旱地。表 3 中旱地植被生物量大于水田植被的原因是旱地植被面积远大于水田植被面积。再者,由于森林、灌丛植被面积的增加,且这两类植被类型的单位面积植被生物量远高于其他植被类型的生物量,从而出现了总植被面积减少时生物量反而增加的现象。

## 2.2 植物物种多样性影响后评价

根据乌江沿河至河口段有关生态调查资料及现场调查统计,获知评价范围内有维管束植物 967 种,隶属于 163 科 516 属,其种数约占重庆市维管束植物物种总数的 17%。结合现场调查及有关资料查询,受彭水、银盘两梯级水电站建设直接影响的植物中无国家重点保护野生植物,被影响的植物种类主要为马尾松、榿栎、麻栎、枫香树、杉木、光皮桦、白栎、杨梅、各类蔷薇、中华蚊母树、火棘、芒萁、蜈蚣草、贯众、芒等常见物种,这些植物种类在评价区内淹没区外仍然广泛分布,故两梯级水电站建设对评价范围内植物物种多样性没有造成明显不良影响。

## 2.3 陆生脊椎动物物种多样性影响后评价

根据乌江沿河至河口段有关生态调查资料及现场调查统计,获知评价范围内有陆生脊椎动物 359 种,隶属于 4 纲 28 目 79 科 211 属。乌江彭水、银盘水电站建设对当地脊椎动物的影响主要体现在工程建设征地造成动物生境的损害,动物被迫向库周回水水位线以上的区域迁移,动物栖息地活动

及觅食范围相对缩小,短期内使库周野生动物密度增大,生态压力增加,但未造成某一陆生脊椎动物物种的消失。总体上梯级水电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造成不利影响。现选择受彭水梯级水电站影响较大的麻阳河国家级自然保护区主要保护对象——黑叶猴为代表性脊椎动物物种进行影响分析,以此说明该河段水电梯级建设对陆生脊椎动物的影响。

彭水梯级水电站水库蓄水淹没造成麻阳河国家级自然保护区的陆地土地损失面积为 115.2 hm<sup>2</sup>,占保护区面积的 0.37%<sup>[22]</sup>。由于黑叶猴栖息地范围主要在河流两岸悬崖峭壁区,因此在分析水库淹没可能造成对其栖息地的影响范围,不仅要考虑投影面积,还需要考虑水位抬高在垂直高度上淹没黑叶猴栖息地的面积。据此,彭水水库蓄水后受淹没影响的黑叶猴栖息地面积约为 1.70 hm<sup>2</sup>,受直接影响的黑叶猴有 6 群,估计种群规模为 42~78 只<sup>[23]</sup>。

在两梯级水电工程建设完成后的第 3 年,即 2014 年,保护区管理单位组织有关部门对麻阳河保护区内的黑叶猴开展了一次全面且详细的调查,调查结果显示,受直接影响的那 6 群黑叶猴,种群规模为 68~71 只<sup>[24]</sup>,说明黑叶猴种群数量是有所增加的,猴群依然维持正常繁衍状态,彭水梯级水电站建设对这 6 群黑叶猴没有造成明显不利影响。

1987 年 9 月,自然保护区成立之初区内分布的黑叶猴约为 38 群 395 只。2014 年,黑叶猴总共 72 群,约 554 只,较 28 年前增加 34 群 159 只。2018 年 9 月,据新闻报道,“保护区内黑叶猴总共 72 群 580 余只”<sup>[25]</sup>。这也说明保护区内黑叶猴一直处于正常繁衍状态,种群规模逐渐壮大,工程建设对其影响不大。

综上,水电梯级建设对麻阳河自然保护区主要

保护对象——黑叶猴的影响不明显,进而可说明该河段两水电梯级建设对评价范围内野生动物的影响不大。

### 3 结论

乌江下游沿河至河口水电梯级开发建设完成并多年运行后,评价范围内总植被面积减少了 156.88 km<sup>2</sup>,但森林、灌丛植被面积分别增加了 205.89 和 366.04 km<sup>2</sup>,增幅分别为 1.29% 和 2.30%,共增加植被生物量 195.14 万 t,增幅为 2.82%。受彭水梯级水电站直接影响的麻阳河保护区内 6 群黑叶猴仍然处于正常繁衍状态,黑叶猴种群数量在 2014—2018 年,增添近 30 只,增幅约 5%。研究结果表明,水电梯级开发建设对评价范围内陆生生态系统没有造成明显不良影响,生态系统仍然处于良好循环之中,且存在顺向演替趋势。

#### [参考文献]

- [1] 牛天祥,万帆. 梯级电站规划环境影响评价中生态指标体系的建立和量化[J]. 西北水电, 2010(1): 5-9,33.
- [2] 葛怀凤,陈凯麒,王东胜. 大坝下游生态保护适应性管理理论框架研究[J]. 西北水电, 2020(6): 52-56.
- [3] 姚坡,徐响. 我国环境影响评价发展现状及问题对策研究[J]. 科技视界, 2018, 13(1): 237.
- [4] 王峰,李杨秋. 建设项目环境影响评价制度现状与对策探讨[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(8): 166-169.
- [5] 张全东. 建设项目环境影响后评价的思考[J]. 海峡科学, 2011(6): 43-44.
- [6] 靳会姣,韩艳利. 流域水电梯级开发环境影响后评价研究与应用——以贵州乌江干流水电梯级开发为例[J]. 四川环境, 2021, 40(6): 114-124.
- [7] 沈毅,吴丽娜,王红瑞,等. 环境影响后评价的进展及主要问题[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2005, 25(1): 56-59.
- [8] 张虎成,闫海鱼,邱兴春. 关于我国水电梯级开发环境影响后评价的思考[J]. 水力发电, 2013, 39(7): 1-3.
- [9] 朱春兰,黄江月. 浅谈环境影响后评价的现状及其意义[C]//中国环境科学学会科学技术年会论文集(第3卷). 北京:中国环境科学学会, 2019: 2414-2416.
- [10] 陈凯麒,王东胜,刘兰芬,等. 流域梯级规划环境影响评价的特征及研究方向[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(2): 79-84.
- [11] 郑艳红,付海峰. 水电开发项目环境影响后评价及评价指标初探[J]. 水力发电, 2009, 35(10): 61-63.
- [12] 张虎成,闫海鱼,徐海洋,等. 河流水电梯级开发环境影响后评价指标体系研究[J]. 贵州电力技术, 2014, 17(1): 15-17.
- [13] 许晓春,刘湘伟,付京城. 水利工程对生态环境的影响后评价体系研究[J]. 水利水电技术, 2020, 51(Z2): 322-325.
- [14] 邱兴春,邹建国,陈凡. 乌江流域水电梯级开发对陆生生态的累积性影响分析[J]. 贵州水力发电, 2011, 25(1): 10-12.
- [15] 梁俐,张和喜,黄维. 乌江干流梯级水库段气候变化特征分析[J]. 人民长江, 2017, 48(Z2): 68-72.
- [16] 吴晓玲,张欣,向小华,等. 乌江流域上游水沙特性变化及其水电站建设的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(3): 642-650.
- [17] 彭善群. 乌江水资源的综合利用[J]. 人民长江, 1990, 21(11): 13-18.
- [18] 朱晓丝,周国富,钟九生. 乌江流域水域面积变化的气候效应[J]. 水力发电, 2020, 46(8): 10-13, 98.
- [19] 方精云,刘国华,徐篙龄. 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.
- [20] 张云生,顾思平,田世明,等. 哈尔滨市主要农作物籽实、秸秆、根茬产量及其养分含量的分析[J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(2): 125-128.
- [21] 屠玉麟,杨军. 贵州中部喀斯特灌丛群落生物量研究[J]. 中国岩溶, 1995, 14(3): 199-208.
- [22] 蒋固政,李红清,李迎喜. 彭水电站对麻阳河国家级自然保护区生态影响[J]. 人民长江, 2006, 37(7): 38-40.
- [23] 苟光前,魏鲁明,谢双喜,等. 贵州麻阳河国家级自然保护区生物多样性研究[R]. 贵阳:贵州科技出版社, 2017: 2-10, 492-505.
- [24] 牛克锋,肖志,王彬,等. 中国麻阳河国家级自然保护区黑叶猴种群数量估计与分布[J]. 动物学杂志, 2016, 51(6): 925-938.
- [25] 新国学网. 世界上最濒危灵长类动物之一的黑叶猴[EB/OL]. (2018-09-10) [2022-07-01]. <http://itco.cn/mp/life-code/show-2317.html>.

栏目编辑 谭艳