

# 水电开发对云南省生态环境的影响及对策研究

余波<sup>1</sup>, 黄成敏<sup>1</sup>, 黄正文<sup>2</sup>, 文星跃<sup>1</sup>, 邓茂林<sup>3</sup>

(1. 四川大学 建筑与环境学院环境系, 四川 成都 610065; 2. 成都大学 城乡建设学院, 四川 成都 610106; 3. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘要:** 水电开发推动了云南省经济的快速发展, 但因其多采用引水式的梯级开发, 对河流的改造作用大, 河流的自然生境和景观均受到了很大影响。在对云南省干旱发生情况及云南省水电开发的现状研究的基础上, 分析了云南省水电开发对环境的影响。结果显示, 水电开发带来了诸多的环境问题, 如库区植被和景观遭到破坏, 生物生境及种类改变, 水环境系统失衡等。为降低水电开发对环境的负面影响, 提出了水电开发对生态环境的保护对策。(1) 合理制定流域总体规划; (2) 规范建设程序, 开展水电开发规划环境影响评价; (3) 建立河流梯级调度中心; (4) 加强环保宣传, 提高科研水平。

**关键词:** 水电开发; 干旱; 生态环境; 云南省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)01-0191-07

中图分类号: X2

## Impacts of Hydropower Development and Ecological Environment Protection in Yun'nan Province

YU Bo<sup>1</sup>, HUANG Cheng-min<sup>1</sup>, HUANG Zheng-wen<sup>2</sup>, WEN Xin-yao<sup>1</sup>, DENG Mao-lin<sup>3</sup>

(1. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610045, China; 2. College of Municipal and Rural Construction, Chengdu University, Chengdu, Sichuan 610106, China; 3. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

**Abstract:** Transformations of natural river systems following tremendous cascade development greatly influenced the natural habitats and landscapes in Yun'nan province. Taking hydropower development of Yun'nan Province as an example, this paper analyzed the impacts of the hydropower development by relating hydropower development status and drought frequencies in the province. The results show that the construction of hydropower has caused a variety of environmental problems such as vegetation destruction and natural landscape fragmentation, biological habitat deterioration and species reconstruction, unbalanced hydro-environmental system, and so on. In order to cut down negative impacts on the environment, following protection measures were proposed, i. e., (1) rational planning for watershed development; (2) standardizing construction procedures and carrying out environmental impact assessment with hydropower development planning; (3) establishing dispatching centers for cascade exploitation of the rivers; (4) enhancing environmental propaganda and related scientific research.

**Keywords:** hydropower development; drought; ecological environment; Yun'nan Province

2006 年 11 月, 总装机  $6.00 \times 10^6$  kW 的向家坝水电站开工修建, 意味着云南水电站建设全面启动。水电开发推动了云南省经济的快速发展<sup>[1-3]</sup>, 但因其多采用引水式的梯级开发, 对河流的改造作用大, 河流的自然生境和景观均受到了很大影响。近年来, 社会发展对于水电开发的需求及河流梯级开发对社会和环境方面的影响, 水电梯级开发的利弊问题成为人

们关注的热点。但由于各专家学者从不同的学科或社会角度出发去研究, 因此在结论上存在着矛盾, 意见难免分歧。有不少学者认为水电开发对环境的影响利害并存, 但在采取可行的环保措施的前提下可以实现利弊间的调节互动。他们有的以某个具体的电站为例论述水电开发对周围生态环境的严重影响<sup>[4-5]</sup>, 有的从云南省水资源、水能资源和云南水电开

收稿日期: 2010-06-12

修回日期: 2010-07-20

资助项目: “973”国家重点基础研究发展计划项目“白垩纪古土壤与环境演变”(2006CB701401-04); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-08-0379)

作者简介: 余波(1981—), 男(汉族), 四川省仪陇县人, 博士研究生, 研究方向为环境科学及环境变化。E-mail: yb8147@163.com。

通信作者: 黄成敏(1968—), 男(汉族), 四川省成都市人, 博士, 教授, 研究方向为土壤学及环境变化等。E-mail: cmhuangscu@gmail.com。

发现状出发,分析了水电开发对生态环境产生的主要问题和影响<sup>[6]</sup>;王学琴<sup>[7]</sup>以岷江、嘉陵江上已建、正建和规划设计的一些低水头河床式或引水式电站为代表,分析了这些电站对能源、航运、漂木、泥沙、水生生物和脱水段供水等方面的环境影响问题。丁品<sup>[8]</sup>认为建坝截流发电,改变库区和下游的水文、水流、水温、气候、地质、植被等方面生态系统状况,会导致流域生态恶化,将使这一地区乃至世界仅存的原始生物物种基因库遭受无可挽回的损失。

总结当前国内外的研究,水电开发对环境的影响主要体现在如下方面。对径流变化的影响,表现在年内径流分配趋向均化,多年平均流量下降,在枯水期甚至出现断流<sup>[9-12]</sup>;对泥沙变化的影响,主要表现为水库淤积问题<sup>[13]</sup>;对水土流失的影响,表现在施工过程中开山取土,弃渣沙土均是水土流失的源头<sup>[14-15]</sup>;对区域小气候的影响,主要是水库的形成改变了原有的下垫面状况,增大热容量,减小气温变幅,湿度增大<sup>[16-17]</sup>;对景观的影响,主要是影响原有的景观、旅游资源等<sup>[18]</sup>;对库区水质的影响:自净能力减弱<sup>[19]</sup>,库区水体富营养化<sup>[20-21]</sup>,水温分层<sup>[22]</sup>;对自然灾害的影响主要指蓄水等改变了库区的地质结构,可能诱发地质灾害<sup>[23]</sup>;水库可能诱发地震<sup>[24]</sup>;对水环境容量的影响,体现在水质及水环境背景值变化对环境容量的冲击<sup>[25-26]</sup>;对生物的影响,主要是指水生生物的生境、区系组成和物种等的变化<sup>[27-29]</sup>;对人类生活的影响,主要体现在移民问题带来的环境影响<sup>[30]</sup>等。

这些研究较多地关注水电开发对生态环境的某个方面影响,鲜见系统地从事水电工程的整个建设运营过程中的生态环境影响进行研究。本文以云南省水电开发为例,从建设期和运行期 2 个阶段分析了水电开发对环境的影响。最后针对性地提出生态环境的保护对策,以期为该地区水电开发与环境保护的协调发展提供科学依据。

## 1 云南干旱和水电开发现状研究

### 1.1 研究区域概况

云南省简称“云”或“滇”,地处中国西南边陲,北回归线横贯南部,总面积  $3.94 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。云南省地势西北高东南低,水资源十分丰富,85%左右的水能资源集中于金沙江、澜沧江、怒江干流上。年平均降雨量 1 258 mm,水资源总量  $2.2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ,居全国第 3 位。到 2010 年,云南省水电装机容量将达到  $1.70 \times 10^7 \text{ kW}$ ,开发程度为 17%。金沙江的向家坝、白鹤滩、观音岩、鲁地拉、龙盘、梨园、阿海,澜沧江的景洪、糯扎渡、功果桥,怒江的六库、赛格等大型和特大

型水电站被列入“十一五”重点项目<sup>[31]</sup>。云南省水电资源的可开发程度低,可开发的潜能巨大。云南省地处低纬高原,地理位置特殊,地形地貌复杂。由于大气环流的影响,属低纬山原季风气候,全省气候类型丰富多样。

### 1.2 云南省干旱概况

由于大气环流的影响,云南省冬季受干燥的大陆季风控制,夏季盛行湿润的海洋季风。全球气候变暖,太平洋厄尔尼诺现象加剧,破坏了大气结构,造成陆地海洋间温差减小,海洋季风无法登陆,海洋上的水汽无力与北下的冷空气汇合,难以形成降雨。导致云南成为全国干旱频繁的地区,据云南省档案馆馆藏档案记载<sup>[32]</sup>,云南自西汉始元 6 年(公元前 81 年)便有水旱灾害的文字记载。记载较多的是明清时期和近代,云南 1300—1990 年的 691 a 间,大小旱年 211 次;共出现单旱年 183 次,连旱 2 a 10 次,连旱 3 a 1 次,连旱 5 a 1 次(表 1)。

目前,修建水库已成为防治旱灾的一项重要的措施。水电工程可以通过对水文、水力情势的改变和工程的调控作用,提高环境质量,还可以在在一定程度上提高抗自然灾害如洪旱灾害的能力。水库的形成,改变了原有的下垫面状况,增大热容量,减小气温变幅,湿度增大<sup>[16-17]</sup>,适度地调节了当地局域的气温和小气候条件。还可以通过水库蓄水,直接用于饮用,保证旱灾时人畜的生活用水。如龙盘水库建成,库容  $3.80 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,海拔比昆明市高 40 m 左右。云南省政府计划从水库庞大的储水量中,抽取  $2.50 \times 10^{10} \text{ m}^3$  水量,途经宾川县等干旱县城,调至昆明市,既可缓解昆明市的饮水问题,也为滇池的水质整改提供了条件。

### 1.3 水电开发概况

云南省境内六大水系干流上已规划有 50 座大型水电站,已经建成或正在建设的大型电站有 7 座,近期计划建设的 4 座。其中,澜沧江规划 16 个,总装机容量为  $2.55 \times 10^7 \text{ kW}$ 。其中,上游初步规划为 7 个梯级,依次为古水、果念、乌弄龙、里底、托巴、黄登、苗尾,装机容量  $9.60 \times 10^6 \text{ kW}$ ,保证出力  $3.48 \times 10^6 \text{ kW}$ ,年发电量  $4.60 \times 10^{10} \text{ kWh}$ ;中下游规划 8 个梯级,依次为功果桥、小湾、漫湾、大朝山、糯扎渡、景洪、橄榄坝、勐松,装机容量  $1.590 \times 10^7 \text{ kW}$ ,保证出力  $7.41 \times 10^6 \text{ kW}$ ,年发电量  $7.37 \times 10^{10} \text{ kWh}$ 。金沙江规划 8 个,中游河段规划“一库八级”(龙盘、两家人、梨园、阿海、金安桥、龙开口、鲁地拉和观音岩)开发,总装机容量  $2.058 \times 10^7 \text{ kW}$ ,多年平均发电量  $8.83 \times 10^{10} \text{ kWh}$ ;下游河段规划采用 4 级开发,总装机容量  $3.850 \times 10^7 \text{ kW}$ 。怒江规划 13 个,中下游河段规划

按“两库十三级”开发,包括松塔、丙中洛、马吉、鹿马登、福贡、碧江、亚碧罗、泸水、六库、石头寨、赛格、岩桑树和光坡电站,总装机容量  $2.132 \times 10^7$  kW<sup>[33]</sup>。除 6 大干流外,正在建设和规划将建的中小水电站超过 216 座,径流面积在 100 km<sup>2</sup> 以上的 908 条河流中已有 800 条正在修建和规划将建水电站。其中,金沙

江支流岗曲河、普渡河、牛栏江、横江、白水江等 56 个梯级,珠江支流北盘江、黄泥河、西洋江等 19 级,红河支流李仙江、洒南江、滕条江、盘龙河等 32 级,澜沧江支流西洱河、威远江等 39 级,怒江支流老窝河、苏帕河等 31 级,伊洛瓦底江水系的龙川江、大盈江、槟榔江等 23 级<sup>[6]</sup>(见表 2)。

表 1 云南省干旱发生情况

发生时间	旱情概述
1957 年	全省性长时间,大范围干旱。
1958 年	由多数地区春、秋旱,少数地区冬春、春夏连旱遭遇形成的大旱灾。
1960 年	大旱多数地区四季连旱,其余春、秋旱或冬春、春夏连旱所形成。
1963 年	全省春旱和秋旱严重。
1975 年	全省范围的夏秋连旱。
1977,1979 年	全省性冬、春、夏连旱,大部分地区 4—6 月基本无雨。
1982,1983 年	全省性冬、春、夏连旱。
1987—1989 年	建国以来影响范围最广,灾情最重的连旱年组,全省 3 a 累计受旱面积约 $2.0 \times 10^6$ hm <sup>2</sup> 。
1991 年	全省大部地区连续高温无雨,旱情迅猛发展。据不完全统计,全省受旱面积达 $3.26 \times 10^5$ hm <sup>2</sup> , 120 万人,58 万头大牲畜饮水严重困难。
1992 年	春、夏、秋 3 季连续暴发了全省性,长时间,大面积高温干旱。全省农村 200 多万人口,100 多万头大牲畜饮水困难。干旱还造成鲁布革发电厂、西洱河水电站、以礼河水电站、六郎洞水电站等发电量大幅减少,造成 1992 年第 4 季度和 1993 年上半年全省缺水。
1999 年	云南省发生的 1951 年有气象资料记载以来最为严重的旱灾。
2003 年	云南省夏季罕见的高温干旱。
2005 年	云南省出现的有气象记录以来最为严重的春夏连旱,共造成农业经济损失 53 亿元,工业经济损失约 80 亿元。
2006 年	夏季云南省出现了严重的高温干旱天气,尤其以 7 月下旬至 8 月中旬最为严重。这是继 2003 年后出现的又一次严重高温干旱事件。
2008 年	云南省连续近 3 个月干旱。据统计,云南省农作物受灾面积现已达 $1.0 \times 10^6$ hm <sup>2</sup> 。仅昆明市山区就有近 $1.9 \times 10^4$ hm <sup>2</sup> 农作物受旱,13 多万人饮水困难。
2009—2010 年	持续高温少雨,导致云南、贵州省的一些地方严重干旱。气象部门综合评定云南省目前的干旱为秋、冬、春连旱,全省综合气象干旱 80 年一遇。

## 2 水电开发对云南省生态环境的影响

### 2.1 水电站建设期对环境的影响

2.1.1 工程施工对环境的影响 云南省金沙江河谷为干热河谷地带,这类地带的特点是热量丰富,但水分缺乏,因此河谷沿江地带不长枝叶繁茂的乔木,而以低矮的灌木为主。山高坡陡,土地瘠薄,植被稀疏,水土流失严重,滑坡泥石流等山地灾害时有发生。故工程建设时料场开采,弃渣堆放,修筑道路,大量土石方开挖,造成对森林、植被和其它生物资源的砍伐和毁坏,直接破坏陆生植被,减少陆生动植物的生存环境和栖息地,危及重要物种和生态系统的生存。施工裸地面积的增加,加剧了水土流失,增加河道淤积,影响河道行洪,造成流入库区的泥沙量增加,降低了水库综合效益和水库寿命。同时导致土坡有机质流失,

土壤结构遭到破坏,给植被恢复和土地复垦工作增加难度,造成项目区生态环境恶化。修建挡水建筑物会阻隔河道,改变水文情势,影响鱼类正常生长,对生态环境产生不良影响。如里底水电站工程将占用大量土地,施工占地总面积 0.53 km<sup>2</sup>,会对陆生生态环境产生直接影响。

2.1.2 水电站修建造成的移民安置问题及其带来的环境影响 云南省属于西南边疆少数民族聚居众多的地区,这些峡谷地区基础设施差,交通闭塞,地区经济以农业经济为主,经济发展水平相对滞后。移民安置问题关系这里贫困的原住民们是否会因为水电站的修建被剥夺生存资源。移民安置方案制定不合理,会带来需要解决的最为复杂的社会问题。如里底水电站建设征地涉及农村搬迁人口 295 人,对当地搬迁居民及原住民的生活将造成直接影响。

表 2 云南省水电站一览表

流域	水电站名称	分布地点	库容/ 10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>	装机容量/ 10 <sup>4</sup> kW	年平均发电量/ 10 <sup>8</sup> kWh	运行时间
澜沧江流域	里底水电站	澜沧江上游, 云南省迪庆藏族自治州维西傈僳族自治县巴迪乡境内	0.75	42	19.52	2007 年修建
	小湾水电站	滇西南澜县与凤庆县交界	149.14	420	190.00	2005 年大江截流, 2010 年底发电。
	大朝山水电站	临沧市云县和思茅市景东彝族自治县交界	9.40	135	59.31	2003 年 10 月
	漫湾水电站	漫湾河口下游澜沧江中游		155		1995 年 6 月
	景洪电站	西双版纳景洪市澜沧江干流中下游		150		2009 年底
	糯扎渡电站(在建)	澜沧江下游思茅市, 澜沧江下游	227.41	585	239.12	2013 年首批机组发电
金沙江流域	虎跳峡水电站	金沙江中游	215.15	420		—
	观音岩水电站(在建)	丽江市华坪县与四川省攀枝花市交界		300		—
	金安桥水电站(在建)	云南省丽江市, 金沙江中游河段	8.47	240	110.43	—
	白鹤滩水电站(已筹建)	四川省凉山州宁南县与云南省巧家县交界		1 200	515.00	—
	乌东德水电站(已筹建)	云南省禄劝县和四川省会东县交界	40.00	740	339.00	—
	龙盘水电站	云南省玉龙县和香格里拉县交界处	371.00	420		—
	龙开口水电站项目	云南省大理州鹤庆县与丽江市永胜县交界	5.44	180	78.20	2008—2016 年
	鲁地拉水电站	云南省大理白族自治州宾川县和丽江市永胜县交界	17.18	216	99.57	—
	溪洛渡水电站(在建)	雷波县和云南省永善县相接壤的溪洛渡峡谷	115.70	1 386	571.20	2013 年
	向家坝水电站(在建)	四川省宜宾县、云南省水富县 2 省交界		640	307.47	2008 年截流, 2012 年首批机组发电
怒江流域	六库水电站	怒江州首府六库城区泸水县上游 4.5 km 处		180		—
	赛格水电站	位于保山市境内		100		—

移民安置时, 房屋修建施工将使裸地面积增加, 加剧了水土流失。施工区气温高, 降雨量多, 将改变区域生态环境质量。移民生产、生活活动将破坏原有植被, 对动物栖息环境产生一定影响, 但由于移民安置区均在人类活动较频繁的地区, 现有的野生动物数量较少, 且为小型动物, 如常见的蛇类、鼠类和鸟类, 这些动物对生境适应性强, 移民安置不会对其产生明显的直接影响。

## 2.2 水电站运行期对云南省环境的影响

### 2.2.1 对植被与景观的影响

(1) 对植被与景观的影响。云南省的生态环境复杂, 植被水平地带和垂直地带发育, 植被类型复杂和植物资源丰富, 是具有世界意义的生物多样性关键

性地区和重要的模式标本集中产地。因此, 保护云南省生物多样性和植物资源具有特殊的重大意义。但水库蓄水后会淹没大面积的陆生植被和植物资源, 将使这一地区仅存的原始生物物种基因库遭受无可挽回的损失。里底水电站水库正常蓄水位为 1 818.0 m, 淹没影响总面积 370.10 hm<sup>2</sup>。陆地植被中, 受淹没面积最大的植被类型为暖温性稀树灌木草丛, 其次为暖温性石灰山灌丛, 淹没面积较大的还有暖温性针叶林、水田和旱地。水库建成后, 将有 222.97 hm<sup>2</sup> 陆地被淹没而变成水体, 陆地植被的生物生产力也将被水库的水体生产力代替, 由于水体生产力普遍低于陆生植被的生产力, 水库建成后区域生物生产力将会降低。

水电开发会对原有的景观、旅游资源等造成影响。澜沧江流域云南省段景观类型丰富,该流域具有 25 个景观类型。但类型间空间分布极不均衡,分布数量差异显著<sup>[34]</sup>。该区还保存有较为完好的热带雨林气候、亚热带常绿阔叶林生态系统和动植物资源,形成独具特色的自然景观。水库淹没前后景观多样性指数的变化情况为:Shannon—Weiner 多样性指数略有升高,由 1.839 9 变为 1.844 3; Simpson 多样性指数亦稍有升高,由 0.800 6 变成 0.800 8<sup>[35]</sup>。总的说来,库区的景观多样性指数因电站建设而发生改变,但对景观的稳定性无较大影响。

(2) 对动物的影响。电站建设将改变当地的生态环境,会影响当地的陆栖脊椎动物的生存条件,从而对其产生各种影响。在水库建设过程中,由于清理库盆、修筑道路、堤坝施工和蓄水等活动,将影响或淹没陆栖脊椎动物原有的栖息环境、取食地和巢穴等。电站建设对陆栖脊椎动物的主要不良影响表现在缩小了动物的适宜生境。由于云南当地动物物种丰富,动物特有类群多,有许多单型种属,其中许多是生物进化系统中的孑遗类群或关键类群。各种动物的种群数量低下,压缩其生境,将迫使动物从原生境后退。因此,水电开发对动物的分布和云南省生物多样性保护将有很大的影响。河流对两岸的动物迁移起到一定的阻隔作用,在河流实现梯级开发后,坝下河流流量可能减少,甚至干涸,从而改变了原来的隔离功能,对两侧动物分布可能会产生影响。

### 2.2.2 对水生植物的影响

(1) 对水生植物的影响。水库形成,对浮游植物区系组成、生物量、初级生产力等都产生影响,常因藻类的大量繁殖而使库区轻度富营养化,局部水域出现水华现象,影响水库的水质。对高等水生植物的直接影响主要是淹没,间接改变了水域的形态特性、土壤、水的营养性能、水位状况和原始种源,影响了高等水生植物的生存和生长。

(2) 对水生动物的影响。电站的建设将使河流的连续性受到影响,鱼类生境片段化,鱼类的上下迁移受阻。大坝的阻隔将原来的大种群分为坝上、坝下 2 个群体,使鱼类觅食洄游和生殖洄游受阻。由于群体间不能进行双向的遗传交流,其遗传多样性将受到不同程度的影响。种群数量较大的鱼类,群体间将出现遗传分化;种群数量较少的物种将逐步丧失遗传多样性,危及物种长期生存。电站建成运营后,使部分陆地变成水域,流动的水变成相对静止的水,水域由河道型变为湖泊型。水文情势变化,库区鱼类种类组成将由“河流相”逐步演变成为“湖泊相”。库区江

段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘底质环境中生活繁衍的鱼类,将逐渐移向干流库尾上游或进入主要支流,在库区干流的数量将减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类,种类数量将上升,并成为库区的优势物种。

库区水体容积及水域面积增大,水生生物及鱼类栖息、活动空间增大,浮游动物种类和生物量会有较大的增加,鱼类总资源量和渔获量均会升高。里底水库纤毛虫如团睥睨虫、绿急游虫等比例趋向增加;龟甲轮虫、多肢轮虫等静水敞水种类将出现且成为常见种;枝角类种类从现在的没有将会到明显增加,如象鼻溞、短尾秀体溞成为常见种或优势种<sup>[35]</sup>。

(3) 对底栖动物的影响。主要是建库后水文条件、水温、水质和底质的变化对底栖生物组成及生物量的影响。水库形成后,对底栖动物的生长和繁殖是有利的,库区底栖动物种类和数量都会有所增加。但坝下江段的底栖动物种类和数量将基本保持天然状态,但在近坝址江段由于下泄水的物理冲刷作用,不利底栖动物生长,其种类和数量会有所减少。

### 2.2.3 对水环境系统的影响

(1) 对水质的影响。水库聚水和河流径流量的改变使得气候发生了较大的变化,该流域的气温变化呈上升的趋势,气温上升对径流的变化起到减少的作用。大坝阻挡了河流的自由流动,由于水流减缓,导致水体自净能力降低,水质下降,水污染加重,改变了河流的水生环境。按《云南省地面水功能区划分类》的规定,漫湾水库区域水质应达到Ⅲ类标准,然而据环境监测资料,受上游来水影响,库区 4 个断面及坝下 1 个断面,除坝前 1 个断面综合水质达到Ⅲ类外,其余断面均有个别指标达到Ⅳ类标准<sup>[36]</sup>。这不仅超过了环保部门的规定,也超出了原工程环境影响预测水平。

(2) 水库富营养化预测。梯级的水电开发,改变河流流态,降低流量流速,为富营养化的形成提供了便利条件。水库形成,藻类的大量繁殖也使库区富营养化的可能性提高。里底水库为河道型水库,水体交换频繁,对库区发生富营养化有一定限制作用。但从全氮、全磷浓度及水动力学的角度看,库区总体还是有发生富营养化的可能性。应加强库周和上游污染源控制和管理,加强水土流失治理,以减少入库氮磷总量,避免库湾水质变差。

(3) 对水温的影响。天然河流水体体积相对较小,沿水深方向的水温分布比较均匀,水温随气温的改变而迅速变化。水库为相对静止的巨大水体,具有很大的热容量,水流较缓的水库通常会出现沿水深温

度分层现象。里底水库多年平均流量  $764 \text{ m}^3/\text{s}$ , 为典型的河道型水库。经计算, 里底水电站多年入库径流量为  $2.409 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 而电站库容仅为  $7.45 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 库水替换指数  $\alpha$  为 450, 远大于 20, 表明为典型的混合性水库<sup>[35]</sup>。水库的形成只会对水温产生一定的影响。

### 3 云南省水电开发的环境保护对策

#### 3.1 合理实施总体规划

流域总体规划是合理开发的核心, 云南省境内河流原有的水利开发多采用民资进入, 地方政府“割据”, 对生态保护和资源综合利用考虑不足, 成为造成无序开发的基本原因。因此, 根据目前水电建设和发展的需要和环境保护的政策, 应尽快制定一个新的与环境保护相协调的水电发展规划。应按照流域、梯级、综合、滚动开发的要求, 统一规划, 因地制宜, 科学布局, 合理开发利用, 做到水能资源的优化配置。把小水电开发和中小河流域综合治理结合起来, 搞好资源的“开发、利用、治理、配置、节约和保护”, 实现经济、社会、生态 3 大效益的高度统一。

#### 3.2 规范建设程序, 开展水电开发规划环评

随着中小水电站开发投资项目的增加, 一些投资者为加快进度, 降低前期费用支出, 采用了规避基本建设程序, 减少前期工作论证等手段。而前期工作论证不充分, 将可能对生态环境带来严重隐患。目前, 对于水电开发的规划环评工作基本上是空白, 单个电站建设项目的环评难以反映流域梯级水电开发对生态环境乃至整个生态系统的累积影响和效应。因此, 应尽快开展流域开发规划的环境影响评价研究工作。通过对水电开发规划进行客观、实际的环境影响评价, 使制定的规划更具合理性和可行性。从环境保护角度, 提出云南省水电站建设的合理规模和布局。

#### 3.3 建立河流梯级调度中心

流域梯级水电站开发应尽快建立河流梯级调度中心, 统一协调管理河流发电调度和防洪泄水等方面的作业, 增强梯级水库群联合调度和防御灾害的能力, 这是目前解决水库群防洪安全, 提高水电站发电效益, 减少电站引水泄流对环境不利影响的有效措施。

#### 3.4 加强环保宣传, 提高科研水平

各级、各部门应当以行之有效的形式, 重点加强环境保护与水土保持基本国策宣传, 全面实施可持续发展战略。激发全社会参与、支持、重视生态修复、环境保护和水土保持工作。通过宣传, 增强法制观念, 提高对可持续发展的认识, 让每一个水电开发商在开

发的同时自觉地采取环境破坏补偿措施, 尽可能少地破坏环境。

在开发梯级电站的同时, 广泛听取各方面的意见十分重要。目前, 专家的意见更多是定性的, 定量的不多, 需要进行更深入的研究。这种研究既要有纯学术性的, 也要有理论联系实际的。我认为可以从 13 级中选出一座电站来作为科学实验电站, 对开发与保护进行系统的研究, 以实践来指导以后梯级的开发与保护。这样, 可用实验方法来研究解决水电开发与生态保护的一系列科学问题。

### 4 结论

现阶段, 水电开发已经成为带领云南省经济发展的引擎。水电站通过对水文、水力情势的改变和工程的调控作用, 可以提高环境质量, 还可以在一定程度上提高抗自然灾害如洪旱灾害的能力, 但对环境也会引起不利影响。根据水电站建设工程项目的组成, 采用矩阵表的形式, 将工程建设内容对环境的影响进行分析。结果显示, 工程建设会对当地环境带来负面影响, 如植被破坏、水土流失、环境污染、动物生境改变等。电站运行后将对植被和景观有所破坏, 影响生物生境和种类组成, 导致水库水环境系统失衡, 将使水库出现富营养化现象等。基于此, 建议根据工程性质和特点, 及云南省地理位置、气候、环境地质、生物和人为影响等生态因素, 认真调查, 突出重点, 认真研究, 采取以上切实可行的措施, 趋利避害, 建立起兴建水电站后新的生态平衡, 使其不利影响被减小到最低限度, 以促进地区经济发展。

#### [参 考 文 献]

- [1] 吴东平. 论云南水电的战略价值和地位[J]. 水力发电学报, 2002(4): 1-4.
- [2] 樊启祥, 龚德宏. 水电在西部地方经济发展中的地位和作用: 云南小湾、广西龙滩水电站调研报告[J]. 中国三峡建设, 2003, 30(4): 30-34.
- [3] 杨杰锋. 云南省三江干流水电开发与区域经济[J]. 云南水力发电, 2004, 20(4): 9-11.
- [4] 赫尚丽, 杜凡, 曾辉, 等. 云南水电开发对生态环境的影响: 以大盈江四级水电站建设为例[J]. 西南林学院学报, 2008, 28(4): 80-83, 88.
- [5] 张榆霞, 刘嘉麒, 王立前. 漫湾电站建成后澜沧江下游水质变化[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 501-506.
- [6] 何玉芹, 欧晓昆. 云南省水电站开发对生态环境的影响及保护对策[J]. 云南环境科学, 2006, 25(2): 17-19.
- [7] 王学琴. 岷江、嘉陵江兴建径流式水电站对环境的影响[J]. 电力环境保护, 1990(1): 74-78.
- [8] 丁品. 怒江原始生态环境应予保留[N]. 中国环境报,

- 2003-09-05(1).
- [9] Yang D Q, Ye B S, Douglas L K. Streamflow changes over Siberian Yenisei River Basin[J]. *Journal of Hydrology*, 2004, 296(1/4): 59-80.
- [10] 陈国阶. 水电无序开发与环境忧患[J]. *资源与人居环境(城市)*, 2005(7): 64-66.
- [11] 朱文孝. 猫跳河流域开发与环境质量变化[J]. *长江流域资源与环境*, 1994, 3(4): 371-377.
- [12] 窦贻俭, 杨戊, 曹娥江流域水利工程的生态环境影响的研究[J]. *水科学进展*, 1996, 7(3): 260-267.
- [13] 庞增铨, 廖国华, 吴止提, 等. 论贵州喀斯特地区河流梯级开发的水环境变异[J]. *贵州环保科技*, 1999, 5(4): 13-17.
- [14] 刘兰芬. 河流水电开发的环境效益及主要环境问题研究[J]. *水利学报*, 2002(8): 121-128.
- [15] 麻泽龙, 谭小琴, 周伟, 等. 河流水电开发对生态环境的影响及其对策研究[J]. *广西水利水电*, 2006(1): 24-28.
- [16] 方子云. 水利建设的环境效应分析和量化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.
- [17] 周建波, 袁丹红. 东江建库后生态环境变化的初步分析[J]. *水力发电学报*, 2001(4): 108-116.
- [18] 程根伟. 西南江河梯级水电开发对河流水环境的影响及对策[J]. *中国科学院院刊*, 2004, 19(6): 433-437.
- [19] 平乃凡, 汪兰荪. 梯级开发河流污染物的积累性和缓冲性[J]. *四川环境*, 1996, 15(3): 5-8.
- [20] 李锦秀, 廖文根. 水流条件巨大变化对有机污染物降解速率影响研究[J]. *环境科学研究*, 2002, 15(3): 45-48.
- [21] 文学, 李茶青. 从改善水流流态角度谈富营养化治理[J]. *浙江水利水电专科学校学报*, 2003, 15(4): 27-29.
- [22] 俞平. 水电开发的环境效益及问题[J]. *甘肃水利水电技术*, 2006, 42(1): 41-44.
- [23] 李长安, 殷鸿福, 陈德兴, 等. 长江中游的防洪问题和对策[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1999, 24(4): 329-334.
- [24] 易立新, 车用太, 王广才. 水库诱发地震研究的历史、现状与发展趋势[J]. *华南地震*, 2003, 23(1): 28-37.
- [25] 傅国伟. 河流水质数学模型及其模拟计算[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [26] 黄真理, 李玉梁, 李锦秀, 等. 三峡水库水容量计算[J]. *水利学报*, 2004(3): 7-14.
- [27] Kingsford R T. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia[J]. *Austral Ecology*, 2000, 25(2): 109-127.
- [28] 赵深山. 正确处理发展水电与生态环境的关系[J]. *水利水电技术*, 1997(3): 6-8.
- [29] 陈国阶, 徐琪, 杜榕桓, 等. 三峡工程对生态与环境的影响和对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [30] 廖奇志, 阮娅, 廖远志. 大坝在人类改造自然可持续发展中的作用[J]. *人民长江*, 2001, 32(12): 42-44.
- [31] 国家发改委. 可再生能源发展“十一五”规划[Z]. 云南电力报, 2008.
- [32] 和丽琨. 档案记录云南历史上的大旱[N]. *中国档案报*, 2010-10-21(1).
- [33] 马洪琪. 云南水电开发现状前景及建议[J]. *云南电业*, 2003(11): 7-10.
- [34] 甘淑, 何大明, 党承林. 澜沧江流域云南段景观格局分析[J]. *云南地理环境研究*, 2003, 15(3): 33-39.
- [35] 中国水电顾问集团西北勘测设计研究院. 澜沧江里底水电站环境影响报告书[R]. 陕西 西安: 西北勘测设计学院, 2009.
- [36] 徐旌, 陈丽晖. 大型水电站建设的环境影响及生态修复: 以云南漫湾水电站为例[J]. *云南环境科学*, 2005, 24(4): 14-18.