

# 水电开发及其对水文水资源特性的潜在影响

马源

(昭通市水利局, 云南 昭通 657000)

**摘要:**流域水文水资源特征的改变对流域生态环境和水资源的开发和利用起着至关重要的作用。云南拥有丰富的水能资源和良好的发展状况,随着水电开发速度的不断提高将更好的造福人民。本文根据云南的自然地理和水能资源特点,对云南六大流域的水电开发进行了调研,并对云南的河流径流、泥沙和水文测量的潜在影响进行了分析,为云南电力发展的客观评价和预测提供了重要的参考。

**关键词:**水电开发;径流;泥沙;水文测验;六大流域

**中图分类号:**TV12

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2022)35-0037-03

## 0 引言

云南水能资源丰富,开发条件优越,是全国重要的水电基地。加速云南水能资源的开发,对推动云南的发展,都有着十分重要的作用。但是,由于长期处于自然状态,水电工程对流域的径流控制、泥沙冲淤有直接或间接的,明显或潜在的,短期或长期的影响。国内外的大量研究表明,水利水电工程在改善航运条件、改善水资源利用率的同时,此外,还有水质、水温、鱼类通道、候鸟栖息地、土壤盐碱化、海水入侵等问题。而水利水电项目则直接关系到河流的生态环境、水资源的开发与利用。本文以云南省6大流域的水能资源储量及使用状况为基础,对其开发潜力进行了初步的探讨。

## 1 自然环境与水能资源

### 1.1 自然环境

云南省位于我国西南部,北纬 $21^{\circ}8'22''\sim 29^{\circ}15'8''$ ,东经 $97^{\circ}31'39''\sim 106^{\circ}11'47''$ 之间,总面积 $39.32$ 万 $\text{km}^2$ 。云南的地势从西北到东南,呈梯形坡度,在滇西北的高山和山谷之间形成了一个巨大的盆地。云南受各种复杂地貌的影响,形成了明显的亚热带季风气候,从南到北,从热带到寒温带<sup>[1]</sup>。

最热的月份平均气温为 $19\sim 22^{\circ}\text{C}$ ,最冷的月份为 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ ,年温差 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ ,冬季和春季日温差可达到 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。云南年平均降水量为 $1258.7\text{mm}$ ,但在时空、空间上存在着较大的差异。雨季(5—10月)雨量较大,占到了 $80\%\sim 95\%$ 的降雨量,而在旱季(11月—次年4月)则有 $5\%\sim 20\%$ 的降雨量,其空间分布呈南多北少、西多东少的特征。

### 1.2 水能资源

云南省境内河流众多,常年平均地表水资源量为 $221$ 亿 $\text{m}^3$ ,全省年平均径流深度 $576.7\text{mm}$ 。境内有 $908$ 条具有 $100\text{km}$ 以上的河流, $108$ 条超过 $1000\text{km}$ 的河流,其中包括长江、珠江、红河、澜沧江、怒江和伊洛瓦底江六大水系。云南省水电资源量为 $15310$ 万 $\text{kW}$ ,约占 $15.3\%$ ,可开发的水电能源 $9570$ 万 $\text{kW}$ ,居四川之后占到 $20.5\%$ 。我国现有的水电已发展到 $1100$ 万 $\text{kW}$ 左右,约 $8500$ 万 $\text{kW}$ 左右,水电资源的使用率还不到全国 $20\%$ 。云南省金沙江、澜沧江、怒江三大河流拥有 $92\%$ 以上的可开采能力,加上其物产丰饶,具有修建高坝型的地貌与地理环境,是国内“富矿”<sup>[2]</sup>。

## 2 六大流域的水电开发

### 2.1 长江流域

云南省长江流域面积约为 $109061\text{km}^2$ ,约占全省 $28.5\%$ 。该流域地势西高东低,地势偏东,高差很大,水电资源极为丰富。云南流域水资源 $424.1$ 亿 $\text{m}^3$ ,水能资源的理论蕴藏量为 $4025.05$ 万 $\text{kW}$ ,主要集中于高峡谷、深谷、中下游地区,是全国最大的水能资源。

### 2.2 珠江流域

云南省境内珠江被称作南盘江,是云南省发展最早的一个地区。云南省珠江流域面积 $58683\text{km}^2$ ,占全省总面积 $15.3\%$ ,水资源量 $229$ 亿 $\text{m}^3$ ,水能储量 $2943$ 万 $\text{kW}$ ,可利用的电力资源 $2117$ 万 $\text{kW}$ 。

### 2.3 红河流域

元江在红河上游,是云南省的一个流域,面积 $74516\text{km}^2$ ,占全省总面积 $19.4\%$ 。该地区地形为西北至

东南的斜坡河谷,河道狭窄,水资源丰富,具有很大的发展空间。整个流域水资源总量为 449.1 亿  $m^3$ ,其中,水能储量为 980 万 kW。根据不完全的数据,截至 2018 年末,该地区共有 175 个发电站,其中 114 个已经在建设。该干流电站的设计等级是 12 级,总装机容量 1020MW。

#### 2.4 澜沧江流域

澜沧江是典型的南北狭长型河流,在云南省流域面积 88574 $km^2$ ,占全省总面积 23.1%,属于典型的南北向狭长型。全国水资源量 516.2 亿  $m^3$ ,在全国六大流域中名列前茅,水能资源的理论储量为 2550 万 kW。据不完全统计,截至 2018 年底,这个区域内有 230 座发电厂,目前正在建造 123 座。三峡干流电站的梯级设计标准是 15 级,总发电量 24115MW。

#### 2.5 怒江流域

怒江盆地位于横断山纵谷区,峡谷纵横交错,云南省境内流域面积达 33366 $km^2$ ,占全省总面积的 8.71%。该流域水资源和水能资源十分丰富,总水量为 322.8 亿  $m^3$ ,其中最大的落差为 4840m,水能资源的理论储量为 4474 万 kW,具有良好的发展前景。目前,干流水能资源还没有得到充分利用,所有已开发的水电都集中在一条支流上,只有 1%的装机容量。根据不完全的数据,截至到 2018 年末,该流域共有 163 个发电站,目前正在建设的 49 个,这座水电站的设计等级为 13 级,总装机 21320MW,至今尚未开工。

#### 2.6 伊洛瓦底江流域

云南境内伊洛瓦底江流域以其支流为主,境内部分为独龙江河、大盈江、瑞丽江,省内流域面积达 19010 $km^2$ ,约 4.96%。因为该流域地处高黎贡山西面,孟加拉湾的西南暖湿气流和地势的抬高使该流域形成了丰富的降水,每平方千米产水量居六大流域之首。全流域水资源量达 268.9 亿  $m^3$ 。大盈江的理论水能储量为 174.2 万 kW,瑞丽江的理论水能储量为 164.5 万 kW。根据不完全的数据,到 2018 年末,该流域规划了 71 个发电站,30 个已经建成两条主要支流共规划 24 个等级,合计 2183.3MW。瑞丽江水电站的梯级是 13 级,总装机容量 768MW,已经建成了 3 级,大盈江水电站的一级是 11 级,总的装机容量 1415.3MW。

### 3 水电工程对水文水资源的潜在影响

河流的水文特征主要包括水位、流量、泥沙、水温、水质等多个方面,而澜沧江是我国最早发展起来的流

域。本文着重分析了水利水电工程中径流、泥沙、水文站网建设、水文测试等方面的作用。

#### 3.1 对径流的影响

水库调控是调节河流径流的一种直接、高效的途径,特别是蓄水多年的调蓄,对下游径流量的影响很大。云南各大河流的梯级水电开发速度将会持续加强,库区的蒸发、上游水的利用和地下水的补充都会加大。在下游水库的调控下,一些河流的水资源性质也会发生很大的变化,在汛期可以有效地减轻洪水的冲击,使干旱区的流量增加。云南现有的水利建设项目中,水库的调蓄容量偏低,对河道的水文、水资源的性质影响不大。结果显示:澜沧江水库日平均流量变化对湄公河流域的影响最大,尤其是在万象流域上游的狭长河道,其影响程度随着时间的推移而减小。2015—2018 年,澜沧江流域的准许景洪站径流量年平均下降 5.79%,年平均径流量平均增加 1.14%。澜沧江只对湄公河下游的径流量贡献了 16%,澜沧江年径流量的变动对湄公河下游的影响不大<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 对泥沙的影响

水电开发对河道泥沙的影响可分为两个阶段:①由于工程建设过程中的疏浚导致了土壤侵蚀的加剧,河道中的泥沙含量也随之升高。②由于水电站在运行过程中对淤积物的拦截,从而降低了河道的含沙量<sup>[4]</sup>。由于河道的不断发展,河道的水流连续性和水动力状况的变化,使得库区的泥沙淤积增多,造成库容下降。水库中的淤积是河道养分的重要载体,同时也造成了营养化物质的蓄积。而下游河床因水坝的出现而改变,河床的沉积与沉积状态的改变,使得下游河床、河岸以及下游河床中的微粒物质被冲刷,从而造成下游河床的河床结构不稳定,对鱼群的生长和繁衍不利。所以,堤坝对河床、河口和整个河床的影响是最基本的,也是最令人担忧的<sup>[5]</sup>。

澜沧江漫湾水电站的截沙率为 60.48%,库区泥沙严重,但其下游允景洪、青盛两个站点的实测数据表明,除了上游的允景洪水库最大悬浮质含量的变动,其他都是在下游清水口最大悬浮质砂量的变动,两个站点年平均、年平均最小泥沙变化不存在显著的因果关系,澜沧江水电站大坝对河道泥沙的作用随距离的增大而减小<sup>[6]</sup>。

#### 3.3 对水文测验的影响

云南省水文观测站的网络建设是前所未有的。一

些水文测报站的测验河段、测验设施等都受影响,有些测验功能丧失,导致水文测报工作无法进行,水文资料的连续性、代表性、一致性等都会对水文资料的收集产生一定的影响。经调研、统计,我省 159 个水文(站)中,15 个已经或将要受到下游电站的冲击,10 个受到轻度的影响,约为 6.3%;5 个受到轻度的影响,约为 3.2%。云南省各水文站中,有 22 处可能受到上游发电站回水的干扰,占 13.9%。所以,要及时了解和评价云南省水利枢纽站网和水文测验的作用,并在适当的时候进行优化和调整,并探讨新的测验方式,以最大限度地发挥水文测验的作用<sup>④</sup>。

## 4 水电开发未来发展概述

### 4.1 实现“碳中和”需要开发利用好小水电

部分人员尽管没有发展到将小水电看作生态灾难的程度,但也错误地以为小水电已完成其历史任务。因此,在新的发展理念下,小水电应当被淘汰。目前,我国煤炭发电装机过多,是目前煤炭发电能力过剩的主要原因,也是实现“双碳”目标迫切需要解决的问题。要知道,我们国家目前所用的煤,占全世界的五分之一。我们的能源转型(煤炭电力退出)面临着巨大的压力。以目前的技术水平,除非煤炭电力退出,否则碳中和是不可能的。所以,将来我们国家要实现碳中和,许多地区的电力一定会比数十年前更少。届时,小型水电不但无法退出历史舞台,还将承担着为众多非水可再生能源进行调峰的重任。为什么国际上都这么坚决的支持小型水电的发展?原因在于,所有国家都在承受着能源转换的巨大压力<sup>⑤</sup>。因此,要实现“碳中和”,必须对小水电进行有效的开发和利用。在新的历史时期,小水电的开发和利用是新的发展理念。

### 4.2 减排承诺的行动比表态更重要

在过去的几年里,谈判人员因为担心影响到本国的发展而推迟了对世界范围内的减排承诺。要知道,我国当初承诺的每吨 GDP 的排放量只是相对而言的。也就是说,这仅仅保证了我们国家的二氧化碳排放量不会超过 GDP 的增长。尽管如此,我们在小水电方面的发展依然取得了一些成就。

总而言之,一国的减排措施在一定程度上要比其世界范围内的言论更为重要。作为一个水电行业的人,能深切地感受到,过去在发展小水电方面取得的巨大成就,使我们在世界上享有很高的声誉。而且,近期内有些地方对小水电企业进行了不正当的宣传,还

有个别对小水电一刀切的做法,也引发了国际上一些国家的不满与指责。我们行内人都明白,建设小水电不但对国家、对人民有益,对全人类都有好处。

## 5 结语

当前,云南随着社会经济对能源的需求不断增长,水电的发展速度将会进一步加快。河流水电的梯级开发会在某种程度上改变河流的自然属性,对河流的水文过程和泥沙输送都有很强的控制力,由于地理环境、气候、六大流域不同的水力发电利用水平的不同,不同的水力发电项目对不同地区的水文水资源特征有很大的不同。同时,由于全球气候变暖和区域发展的原因,各个流域的水资源供需矛盾会越来越突出,通过梯级开发可以提高人类对水资源的控制力,可以有效缓解一些地区的工程性缺水问题。同时,由于水力发电的发展,一些水文站网的建设和水文站的测验工作也面临着严峻的考验。了解云南的自然地理、气候特点以及云南的水电发展状况和趋势,并对水电开发的影响进行分析,将使云南水电发展得到客观、合理的评估和科学应对。

### 参考文献

- [1] 李春晖,杨志峰.黄河干流主要水库对径流的影响[J].人民黄河,2020(7):165-78.
- [2] 何大明,冯彦,甘淑,等.澜沧江干流水电开发的跨境水文效应[J].科学通报,2019(54):187-199.
- [3] 冯彦,何大明,甘淑.澜沧江水资源系统变化与大湄公河次区域合作的关联分析[J].世界地理研究,2019(4):201-215.
- [4] 傅开道,何大明,李少娟.澜沧江干流水电开发的下游泥沙响应[J].科学通报,2006(增刊2):100-105.
- [5] 黄蕾.水利水电开发项目的生态环境保护研究与实践[J].资源节约与环保,2022(2):17-20.
- [6] 张博庭.新时期我国水电开发的新课题[J].水电与新能源,2022,36(1):1-5,12.
- [7] 孟蓓蓓,段钢.金沙江中上游水电资源开发利益共享机制研究[J].人民长江,2021,52(7):221-225.
- [8] 黄英,杨自坤,刘新有.水电开发及其对水文水资源特性的潜在影响:以云南省为例[J].云南师范大学学报(哲学社会科学版),2009,41(3):37-41.

**作者简介:**马源(1994—),男,回族,云南昭通人,本科,助理工程师,主要从事水利工程、水文与水资源相关工作。