

# 西藏小型水电站开发阻碍因素

孙明豪<sup>1</sup>, 强茂山<sup>1</sup>, 江汉臣<sup>2</sup>, 康延领<sup>1</sup>

(1. 清华大学水沙科学与水利工程国家重点实验室, 北京 100084; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

**摘要:**小型水电站是西藏自治区偏远地区实现电力供应的重要途径,但受制于经济社会发展和自然地理条件的限制,西藏小型水电站的开发面临一系列的阻碍。经过文献调研,总结了 8 种西藏小型水电站开发的阻碍因素。通过问卷调研,对这些阻碍因素的影响程度进行排序。结果显示,所有阻碍因素对西藏小型水电站开发的影响程度均较大,其中排序前 5 的阻碍因素分别是脆弱的生态环境、配套基础设施落后、政策的不确定性、投资难以回收与盈利、恶劣的自然气候条件。全面认识西藏小型水电站开发所面临的阻碍因素并合理应对将有利于实现西藏小型水电站长久稳定的发展。

**关键词:**小型水电站开发;阻碍因素;西藏

中图分类号:TV742

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2021)02-0077-05

随着经济社会的不断发展,西藏自治区电力需求日益增长,化石能源的匮乏使得西藏需要开发其他能源来满足电力需求,因此储量丰富的水能资源在西藏得到了大力开发。截至 2017 年底,西藏全区发电装机容量为 267.69 万 kW,其中水电装机容量为 175 万 kW,占全区发电装机容量的 65.37%。全区发电量为 55.66 亿 kW·h,其中水力发电量为 48.29 亿 kW·h,占全区发电量的 85.95%<sup>[1]</sup>。水电是西藏电力供应的重要方式。

小型水电站是指装机容量在 5 万 kW 以下的水电站<sup>[2]</sup>,在许多发展中国家的农村和偏远地区受到青睐<sup>[3]</sup>。小型水电站作为分布式能源的一种,主要以扶持贫困地区农村水电开发为重点,在我国也被称为农村水电<sup>[4-5]</sup>。小型水电站在西藏有着百余年的建设历史,截至 2018 年,西藏已建成 347 座小型水电站,总装机容量 29.12 万 kW,年发电量达 3 亿 kW·h,供电范围最大时期解决了全区 52 个县、322 个乡镇、1 753 个行政村、2 885 个自然村、15 万户近 80 万人的用电问题,小型水电站是实现西藏偏远地区电力供应的主要途径。在西藏开发小型水电站的必要性主要体现在以下 3 个方面。

**a.** 小型水电站分布广、储量大,是电网不能覆盖区域的必要补充。西藏是亚洲主要河流的发源地,支

流遍布全区,被称为“亚洲水塔”<sup>[6]</sup>。小型水电站是利用河流径流进行发电,因此在西藏各地市均有分布。西藏小型水电站的技术可开发量为 905 万 kW,位列全国第三<sup>[7]</sup>。2017 年西藏全区小型水电站装机容量为 36.92 万 kW,发电量 8.62 亿 kW·h,分别占全区水电装机容量和发电量的 21.0% 和 15.5%<sup>[1]</sup>。由于大型水电站需通过电网进行供电,对于电网不能覆盖的区域而言,经济可行的小型水电站是满足这些区域电力需求的必要补充。

**b.** 小水电在西藏能源结构中互补作用明显,不可替代。西藏拥有独特的自然气候条件,能源主要有水能、太阳能、地热能、风能和传统能源(薪柴和畜粪等)<sup>[8]</sup>,其中小水电资源和光能资源极为丰富。水力发电的特点是夏季丰水期发电量大,冬季枯水期发电量小<sup>[9]</sup>。而西藏冬季日照时间长,夏季日照时间短,光能资源和水能资源季节分布恰好互补。在冬季,可白天使用小水电发电,夜间使用白天储存的光能发电,在一定程度上弥补了冬春两季河流水能资源不足的情况。小水电和光电峰谷互补,可实现全天供电<sup>[10]</sup>

**c.** 西藏战略地位高,小型水电站是西藏稳定持续发展的重要保障。在十二届全国人民代表大会一次会议上,习近平总书记明确提出了“治国必治边、

基金项目:国家自然科学基金(51779124,51479100,51379104)

作者简介:孙明豪(1994—),男,硕士研究生,主要从事小型水电站研究。E-mail: sunmh18@mails.tsinghua.edu.cn

通信作者:强茂山(1957—),男,教授,主要从事项目管理研究。E-mail: qiangms@tsinghua.edu.cn

治边先稳藏”的重要战略思想<sup>[11]</sup>。提高和改善民生是西藏实现社会稳定的前提。小型水电站能够改善西藏缺电地区民众的生产生活状态,缓解民众日益增长的电力需求。西藏地处我国西南边陲,是我国重要的国家和生态安全屏障。相比于大型水电站,小型水电站环境影响小,有利于保护西藏的生态环境。西藏是面向南亚开放的重要通道,樟木、普兰、吉隆等边境县是开放的重要关口,小型水电站能够保障这些边境县的电力供应,为开放的西藏保驾护航。

尽管在西藏开发小型水电站是必要的,但是近年来西藏小型水电站开发陷入了瓶颈期,主要体现在两方面:①随着阿里与藏中联网工程的建成投运,2020年主电网已覆盖全区74个县<sup>[12]</sup>。电网提供的充足可靠电力将取代大部分小水电;②西藏目前因设备老化、运行年限已到等原因已经关停了120余座小型水电站,可见小型水电站的发展遇到了阻碍。因此全面认识西藏小型水电站开发阻碍并合理应对可以实现其持续、稳定的发展。

国内外已有学者<sup>[2-3,13-15]</sup>针对小型水电站开发面临的问题和阻碍因素开展了大量研究,研究区域主要是南亚以及东南亚的发展中国家,存在的问题和阻碍类别包括经济、社会、政治、技术、管理、市场、行政、自然、地理、政策、生态等方面。但已有研究很少关注西藏小型水电站的开发,并且多数文献是对小型水电站开发阻碍因素进行描述性统计,缺乏对这些阻碍因素进行深入的调研和量化研究。本文旨在全面了解西藏小型水电站开发所面临的阻碍因素,并对这些阻碍因素的影响程度进行排序,以期为实现西藏小型水电站长远发展提供参考。

## 1 西藏小型水电站开发阻碍因素种类及排序

### 1.1 阻碍因素分类

Painuly<sup>[14]</sup>指出,文献调研、实地调研以及与当地的项目参与方(政府、承包商、科研人员、学者、供应商等)进行访谈能够得出可再生能源开发的阻碍因素。为了识别西藏小型水电站的开发阻碍因素,笔者查阅了大量的文献,并征询专家意见,认为西藏小型水电站开发阻碍因素为:①恶劣的自然气候条件<sup>[16]</sup>;②配套基础设施落后<sup>[13,17]</sup>;③人口及生产力要素分散<sup>[18-19]</sup>;④缺乏专业技术人员<sup>[7]</sup>;⑤脆弱的生态环境<sup>[7,20]</sup>;⑥经济基础薄弱<sup>[19,21]</sup>;⑦投资难以回收与盈利<sup>[3,13]</sup>;⑧政策的不确定性<sup>[3,14,16]</sup>。

### 1.2 阻碍因素调研排序

采用李克特5级量表测量各项阻碍因素的重要性,为了保证各选项的描述清晰、准确、易懂,邀请5

名具有丰富小型水电站管理经验和学术研究经验的专家对设计的问卷进行预调研,根据调研结果对问卷进行修改和优化,最后形成用于实际调研的完整问卷量表。

邀请水电行业从业人员和政府主管部门公务人员填写调研问卷,共发放问卷44份,回收有效问卷42份,被调查者来源于西藏自治区水利厅、西藏自治区水利规划设计院、西藏自治区能源局、三峡集团西藏能源投资有限公司、华能西藏雅江公司5家单位。这些调研对象在西藏从事水利工作,具有较好的代表性,受访者根据自己的工作经验给每个阻碍因素打分,评价其重要性,分值为整数,范围从1~5(1为没有阻碍;2为阻碍较小;3为阻碍一般;4为阻碍较大;5为阻碍极大)。受访者样本基本情况的描述性统计如表1所示。由表1可见大部分受访者具有丰富的的工作经验,所提供的数据具有代表性和可信性。

表1 受访者基本信息

从业年限	人数
1年及以下	4
2~3年	5
4~5年	6
6~9年	9
10年及以上	18
总计	42

对问卷数据进行统计后得到对西藏小型水电站开发阻碍因素重要程度的描述性统计表,如表2所示。总体来看,8种阻碍因素的平均值为3.62,可以看出水电行业普遍认为这8种阻碍因素的影响程度较高。其中脆弱的生态环境和配套基础设施落后是小型水电站开发最重要的阻碍因素,分值分别为4.19和3.83,而经济基础薄弱和人口及生产力要素分散的影响程度最低,分值分别为3.40和3.26。

表2 西藏小型水电站开发阻碍因素影响程度排序

阻碍因素	均值	排序
脆弱的生态环境	4.19	1
配套基础设施落后	3.83	2
政策的不确定性	3.71	3
投资难以回收与盈利	3.67	4
恶劣的自然气候条件	3.48	5
缺乏专业技术人员	3.40	6
经济基础薄弱	3.40	7
人口及生产力要素分散	3.26	8

## 2 西藏小型水电站开发阻碍因素分析

从风险管理的视角看,西藏地区小型水电站开发的阻碍主要是由外部风险因素导致,识别出的主要阻碍因素,包括脆弱的生态环境、配套基础设施落后、政策的不确定性、恶劣的自然气候条件、经济基

础薄弱、人口及生产力要素分散均属于外部风险导致的;而开发项目内部的阻碍因素主要包括投资难以回收与盈利和缺乏专业技术人员。

## 2.1 脆弱的生态环境

西藏生态环境极为脆弱,对外力作用极为敏感,微小的环境变化可能会引起生态系统与功能的改变,并且生态环境遭到破坏之后极难修复<sup>[22]</sup>。实践证明,受小型水电站开发的影响,可能会形成水土流失、河流阻断等环境问题<sup>[23]</sup>。以西藏那曲地区为例,那曲地区高山草原生态系统由于寒冷干燥的气候非常脆弱,一旦受到破坏,恢复的过程将会极为缓慢甚至不能恢复<sup>[24]</sup>。Pang 等<sup>[7]</sup>对那曲地区小型水电站发展现状进行了调研,结果表明小型水电站开发会造成水生物的减少、库区淤积、陆生生物栖息地的流失、植被退化、潜在的地质灾害等一系列环境影响。

所以,小型水电站存在的生态影响不容忽视,西藏自治区政府为此出台了相应的政策法规用以约束小型水电站的无序开发。2014 年西藏自治区人民政府第 13 次常务会议审议通过《西藏自治区主体功能区规划》,将全区国土空间划分为重点开发区、限制开发区和禁止开发区 3 个类型<sup>[25]</sup>。禁止开发区一律不允许开发水电,对于已建成的小型水电站,凡是对环境有影响以及效益不好的要逐步清退,即使在能够开发小型水电站的区域,也需按照西藏自治区生态保护厅出台的《西藏自治区水电水利工程建设项目环境保护技术指南》的要求进行建设,使工程建设对区域生态环境的不利影响降到最低程度<sup>[26]</sup>。

## 2.2 配套基础设施落后

西藏经济发展水平相对落后、基础设施薄弱制约了社会的整体发展。以昌都、阿里地区为例,昌都地处偏远,距离成都、拉萨、西宁等周边城市均在 1 100 km 以上,陆路交通到达时间均在 2 天以上。

2010 年,昌都地区有 169 个行政村没有通公路,黑色公路总里程为 1 261 km,黑色化率仅 11.8%<sup>[27]</sup>。阿里距离拉萨市 1 600 km 以上,驾车需行驶 3 天。2010 年,阿里地区县黑色化率为 57%,乡镇通油路率为 25%<sup>[21]</sup>。两个地区以交通为主的配套设施建设较为滞后。

配套基础设施落后加大了小型水电站的开发难度,人员、机械、材料难以进入小型水电站开发建设区域,高昂的运输费用抬高了工程建设成本;西藏本地人力资源缺少,需调集大量的内地人员进场,人员进退场费较高<sup>[28]</sup>。魏徐良等<sup>[29]</sup>对西藏果多水电站的实际资源调集费用进行了测算,发现与低海拔地区相比,西藏果多电站的建筑材料运输费的增幅为 235%。

## 2.3 政策的不确定性

政府政策的导向会决定小型水电站的开发力度。小型水电站在西藏从无到有,不断壮大离不开政策的支持,小型水电站的生态影响和效益不佳也引起了政府的重视,出台了大量的相关管理规定。表 3 为西藏政府颁布与小型水电站开发相关的规划。从表 3 可以看出,西藏小型水电站的建设规模在“十三五”期间急剧减少,政策的变化直接影响国家对于小型水电站的扶持和投资。图 1 为 2011—2019 年西藏农村水电建设本年投资额的变化,可以明显看出小型水电站投资在 2014 年达到顶峰之后逐年减少,随着投资的减少,小型水电站开发的力度也将被削减。

## 2.4 投资难以回收

西藏小型水电站建设的初衷是为了解决无电地区的用电问题,属公益性质,需要政府扶持,所以均为中央直接拨款进行建设。私人资本不愿意开发小型水电站的原因在于高昂的造价成本难以通过电站售电回收投资和盈利。参考《阿里地区普兰县二级

表 3 西藏政府颁布的与小型水电站开发相关的规划

年份	颁布单位	政策名称	要点
1960	自治区工业厅	《1966—1970 年西藏地区电力工业发展》	规划建设 530 座小型水电站站总装机 0.92 万 kW
1979	自治区水电厅	《1979—1985 年农村小型水电站发展规划》	1985 年总装机达到 8.5 万 kW
1985	自治区水电厅	《西藏电力发展规划(1986—2000)》	“七五”期间新增装机 2.82 万 kW 1990 年装机达到 9.77 万 kW 2000 年装机达到 17.47 万 kW
1999	自治区水利局	《西藏水电和农村电气化发展“十五”计划及 2015 年规划》	新增装机 3.5246 万 kW 技改装机 2.142 万 kW
2006	自治区人民政府	《西藏自治区水利发展“十一五”规划》	规划建设 49 座小型水电站站新增装机 6.085 万 kW
2011	自治区人民政府	《西藏自治区“十二五”时期水利发展规划》	规划建设 27 座小型水电站站新增装机 5.3775 万 kW
2015	自治区人民政府	《西藏水利改革发展“十三五”规划》	规划建设 2 座小型水电站站技改维修小型水电站站 50 座新增和技改总装机 5.46 万 kW

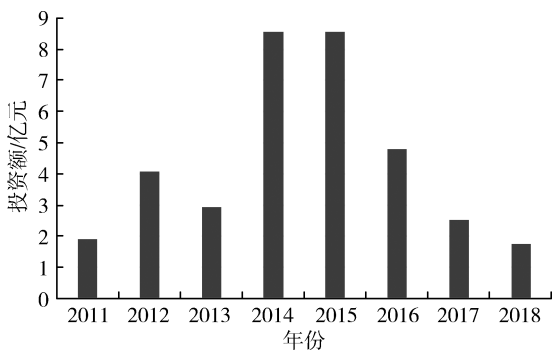


图1 2011—2019年西藏农村水电建设本年完成投资额

水电站工程可行性研究报告》<sup>[30]</sup>中的计算公式,计算日喀则地区部分小型水电站项目静态投资回收期(这是一种乐观的估计,考虑资金时间价值后的动态回收期将会更长):

$$I_n = W - C - T \quad (1)$$

式中: $I_n$ 为净利润,万元; $W$ 为售电收益,万元; $C$ 为售电成本,万元; $T$ 为税率,万元。

$$P_t = \frac{I_g}{I_n} \quad (2)$$

式中: $P_t$ 为静态投资回收期,年; $I_g$ 为电站总投资,万元。

由于大部分电站造价数据已无从查证,专家估算当时日喀则小型水电站的造价均价为3万元/kW,得出 $I_g$ 。 $C$ 以总投资的5%进行计算, $W$ 取自2015年日喀则部分小型水电站的统计数据,税率以当地标准进行计算,即售电收益的13%。计算结果如表4所示。

表4 日喀则地区部分小型水电站静态投资回收期

电站名称	装机容量/万kW	工程投资/万元	发售电收益/万元	税费/万元	售电成本/万元	投资回收期/a
陈塘电站	0.0200	600	6.3	0.8	0.3	116
门曲电站	0.0200	600	2.9	0.4	0.1	252
尚木电站	0.0100	300	1	0.1	0.1	365
贡当电站	0.0200	600	0.9	0.1	0.0	813
拉洛电站	0.0125	375	4.2	0.5	0.2	108
甲措电站	0.0200	300	3.6	0.5	0.2	101
达孜电站	0.0150	450	10.3	1.3	0.5	53
江孜电站	0.1000	3000	105	13.7	5.3	34
平措林电站	0.0250	750	1.2	0.2	0.1	762

从表4可以看出,贡当电站和平措林电站的静态投资回收期分别达到813年和762年,说明从财务的角度考虑,工程投资几乎不可能收回。即使一些效益较好的电站如江孜电站和达孜电站,其静态投资回收期也在34年以上,而西藏的小型水电站多数会在使用达到30年时报废。因此,小型水电站的投资是难以回收与盈利的。

## 2.5 恶劣的自然气候条件

西藏平均海拔4000 m以上,素有“世界屋脊”

之称。阿里地区和那曲市的部分区域甚至被称为“无人区”,极端天气如暴雪、暴雨时有发生。西藏处于喜马拉雅地震带,地理地质条件复杂,由此引发的泥石流、地震等自然灾害时有发生。

恶劣的自然气候条件会延误工程进度,造成经济损失,阻碍小型水电站的顺利开发。2015年1月2—5日,吉隆县连续降大雪甚至暴雪,平均积雪达到70 cm,造成吉隆镇通讯中断10天,吉隆县城至吉隆镇公路中断10多天。事实上,2014年10月以来,吉隆县就出现了极端低温的情况,造成电力设施不同程度的损毁,局域网工程的投运也因此延期。2015年4月25日,尼泊尔8.1级地震,地震波及日喀则市吉隆县、聂拉木县、定日县等地的基础设施,造成了重大破坏。吉隆县由于强震引发了大面积滑坡、雪崩、泥石流、山体塌方等次生灾害,吉隆县水电站取水枢纽、动力渠道、压力管道、厂区建筑物、水轮发电机组等造成了不同程度的破坏,需要灾害修复资金4249.49万元,造成了巨大的经济损失。

## 3 西藏小型水电站开发建议

### 3.1 开发与生态环境相统一的绿色小型水电站

西藏脆弱的生态环境对小型水电站的开发提出了更高的要求,水力资源的开发必须做到与生态环境和谐发展。西部水电的开发要实现又好又快的开发目标,注重生态环境保护、节约资源、有序开发<sup>[20]</sup>。西藏的小型水电站未来应转向绿色小型水电站,将生态保护放在首要位置,贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念,让小型水电站与周边环境融为一体<sup>[31]</sup>。要客观看待西藏小型水电站的开发,慎重对待其带来的负面环境影响,避免盲目开发,同时也不能低估其带来的积极正面的作用而无所作为。新建电站和已建电站都应达到绿色小型水电站标准。

### 3.2 推进基础设施建设,为小型水电站开发提供有利环境

西藏的基础设施建设离不开中央政府的支持,西藏应在中央政府的支持下继续加快铁路、公路建设进程。完备的交通运输系统将西藏未来经济社会发展保驾护航,便利的交通运输条件会降低小型水电站建设的运输成本,为小型水电站开发提供有利的环境。

### 3.3 制定补贴与激励政策,吸引民营资本介入

在缺乏扶持政策的前提下,西藏水电建设缺乏吸引力,影响了民营资本进入的积极性。中央和西藏政府应增加对小型水电站的投资,实行税收优惠政策、减免水资源费、电价补贴、设立西藏水电开发

基金等措施,用以鼓励和倡导民营资本进入西藏小型水电站市场。对于扶贫性质以及承担偏远地区电力供应的小型水电站,给予富余电量优先上网资格,并在上网电价方面有所倾斜<sup>[32]</sup>。对于效益好同时满足生态环保要求的,应进行嘉奖和宣传。

## 4 结 语

小型水电站是解决西藏偏远地区“户户通电”的重要方式。但西藏地区开发小型水电站存在严重阻碍,调研结果显示排序前5的阻碍因素分别是脆弱的生态环境、配套基础设施落后、政策的不确定性、投资难以回收与盈利、恶劣的自然气候条件。西藏小型水电站开发应转向绿色小型水电站,在政府的扶持下,吸引私营资本的进入。同时政府应推动基础设施建设,为小型水电站的开发提供有利环境。

## 参考文献:

[1] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2018.

[2] ZHOU S, ZHANG X, LIU J, et al. The trend of small hydropower development in China [J]. *Renewable Energy*, 2009,34(4):1078-1083.

[3] GHIMIRE L P, KIM Y. An analysis on barriers to renewable energy development in the context of Nepal using AHP[J]. *Renewable Energy*, 2018,129:446-456.

[4] 袁汝华,马冰莹. 基于统计数据的小型水电站行业财务基准收益率测算[J]. *水利经济*,2019,37(4):69-74.

[5] 李明. 我国小型水电站项目的资产证券化模式探讨[J]. *水利水电科技进展*,2009,29(2):66-70.

[6] WANG Q. Prevention of Tibetan eco-environmental degradation caused by traditional use of biomass [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2009,13(9):2562-2570.

[7] PANG M, ZHANG L, BAHAI A S, et al. Small hydropower development in Tibet: insight from a survey in Nagqu Prefecture [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2018,81:3032-3040.

[8] 小巴桑,戴林军. 浅析西藏水电开发对区域产业结构调整的作用[J]. *水利经济*,2011,29(4):25-27.

[9] 杨永红,张元智,康迎宾. 西藏小型水电站站前池淤沙处理措施[J]. *水利水电科技进展*,2001,21(2):46-48.

[10] 黄琼. 浙江省风电发展战略研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2013.

[11] 孙宏年. “治国必治边、治边先稳藏”重要战略思想的理论内涵与时代意义:基于中国边疆治理研究的学术思考[J]. *中国边疆史地研究*,2016,26(3):22-28.

[12] 国家电网为西藏打赢脱贫攻坚战注入强劲动力[J]. *变压器*,2020,57(2):25.

[13] HUSSAIN A, SARANGI G K, PANDIT A, et al. Hydro-

power development in the Hindu Kush Himalayan region: issues, policies and opportunities [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2019,107:446-461.

[14] PAINULY J P. Barriers to renewable energy penetration: a framework for analysis [J]. *Renewable Energy*, 2001,24(1):73-89.

[15] HENNIG T, HARLAN T. Shades of green energy: geographies of small hydropower in Yunnan, China and the challenges of over-development [J]. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 2018,49:116-128.

[16] KUMAR D, KATOCH S S. Harnessing “water tower” into “power tower”: a small hydropower development study from an Indian prefecture in western Himalayas [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2014,39:87-101.

[17] TANG S, CHEN J, SUN P, et al. Current and future hydropower development in Southeast Asia countries (Malaysia, Indonesia, Thailand and Myanmar) [J]. *Energy Policy*, 2019,129:239-249.

[18] 西藏阿里地区“十一五”时期国民经济和社会发展规划纲要[R]. 阿里:阿里地区行政公署,2006.

[19] 西藏自治区“十二五”时期国民经济和社会发展规划纲要[R]. 拉萨:西藏自治区人民政府,2011.

[20] 樊启祥. 高质量开发水电资源全面助力西藏发展[J]. *水力发电*,2019,45(2):1-3.

[21] 阿里地区“十三五”时期国民经济和社会发展规划纲要草案[R]. 阿里:阿里地区行政公署,2015.

[22] 西藏自治区水利改革发展“十三五”规划[R]. 拉萨:西藏自治区人民政府,2016.

[23] 周季智,王万良,徐新黎,等. 基于生态惩罚的混联梯级小型水电站群优化调度[J]. *水力发电学报*,2015,34(7):45-56.

[24] 严登明,翁白莎,宋新山,等. 那曲流域草地覆盖变化对降雨产流过程的影响[J]. *水资源保护*,2019,35(6):44-51.

[25] 西藏自治区主体功能区规划[R]. 拉萨:西藏自治区人民政府,2014.

[26] 西藏自治区水电水利工程建设环境保护技术指南[R]. 拉萨:西藏自治区生态环保厅,2019.

[27] 昌都地区国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[R]. 昌都:昌都市人民政府,2011.

[28] 杨铭钦,王崇礼. 西藏地理气候特殊性对水电工程造价的影响[J]. *水力发电*,2008(6):95-97.

[29] 魏徐良,徐仲平. 资源调集费对西藏水电工程造价影响分析[J]. *水利建设与管理*,2018,38(4):49-51.

[30] 阿里地区普兰县二级水电站工程可行性研究报告[R]. 拉萨:西藏自治区水利厅,2012.

[31] 水利部关于推进绿色小型水电站发展的指导意见[R]. 北京:中华人民共和国水利部,2016.

[32] 刘悦,黄炜斌,马光文,等. 基于碳减排效益的西藏绿色水电外送上网电价定价机制研究[J]. *水力发电学报*,2015,34(12):131-139.

(收稿日期:2020-04-19 编辑:胡新宇)