

西部地区农村水电开发及其可持续发展研究

徐锦才^{1,2}

(1. 水利部 农村电气化研究所, 浙江 杭州 310012;

2. 水利部 农村水电工程技术研究中心, 浙江 杭州 310012)

摘 要: 在介绍中国西部地区农村水电开发建设现状的基础上, 分析了小水电开发在农村经济发展以及新农村建设中的作用和地位。同时, 详细探讨了西部地区农村小水电开发过程中的关键技术进展以及相关政策、标准的研究制定等。依据地域特点提出建立完善水能资源评估与核算的理论体系, 加快关键技术研发和新技术的推广应用, 强化信息技术的科技支撑作用, 加强多学科交叉融合, 保障西部地区农村小水电可持续发展。

关键词: 农村水电; 可持续发展; 西部地区; 可再生能源

中图分类号: TV742

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2019)06—0011—04

Rural Hydropower Construction and its Sustainable Development in Western China

XU Jincai^{1, 2}

(1. National Research Institute for Rural Electrification, Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, Hangzhou, Zhejiang 310012, China;

2. Research Center on Rural Hydropower, Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, Hangzhou, Zhejiang 310012, China)

Abstract: Based on the introduction the present situation of rural hydropower development and construction in Western China, this paper analyses the role and position of small hydropower development in rural economic development and new rural construction policy. This paper also discusses in detail the development of key technologies and the research and formulation of relevant policies and standards in the process of rural small hydropower development in the western region, and proposes to establish and improve the theoretical system of water energy resource assessment and accounting, accelerate the research and development of key technologies, promote the application of new technologies, strengthen the role of information technology and multidisciplinary intersection, which are all important ways to ensure the sustainable development of rural small hydropower in Western China.

Keywords: rural hydropower; sustainable development; western region; renewable energy

农村小水电是国际公认的清洁可再生能源, 也是一种重要的分布式能源。发展以小水电为主体的农村水电是帮助农村新型经济体应对快速增长能源需求、解决“三农”问题和促进乡村振兴的一条重要途径。同时, 小水电开发兼备防洪、灌溉、供水、生态

旅游、养殖等多项功能, 尤其适宜在贫困山区农村发展及分散开发, 具有明显的社会公益性^[1]。

中国西部地区疆域辽阔, 除四川盆地和关中平原外, 绝大部分地区属于经济欠发达、需要加强开发的地区。农村小水电以其分散、简单、当地化和标准

收稿日期: 2019-08-07

修稿日期: 2019-09-01

基金项目: 国家重点研发计划项目政府间国际科技创新合作重点专项(2017YFE0113100); 中国-东盟海上合作基金项目(126302002000180001)

作者简介: 徐锦才(1969—), 男, 浙江永康人, 教授级高工, 主要从事可再生能源和农村水电的研究与应用等方面的工作。

E-mail: jcxu@hrcshp.org

化等优势,在解决西部农村生产生活电力供应,加强农村清洁能源基础设施,发展农村经济,保护生态环境,精准扶贫以及抗旱应急救援等方面发挥着非常重要的作用^[2]。新时期国家“西部大开发”、“精准扶贫”、“一带一路”等一系列重大方针的制定为西部农村小水电发展提供了重要契机。与此同时,也对该地区小水电开发过程中如何正确处理“人-水-环境”的相互关系提出了严峻挑战,“科技因素”、“绿色因素”将对西部地区小水电的健康发展起到至关重要的支撑作用。鉴于此,本文在对中国西部地区农村水电开发建设现状分析的基础上、对其开发建设的技术进展、相关管理政策、标准的研究制定等方面进行详细分析,并结合国家战略规划,探讨新时代背景下西部地区农村水电可持续发展的策略及途径。

1 西部地区农村水电开发现状及其作用

1.1 西部地区农村水电开发现状

中国农村水电能源可开发量约为 1.28×10^5 MW,居世界第一,其中西部地区小水电能源可开发量 8.1×10^4 MW,约占全国 63.6%。目前,中国农村水电开发技术与发达国家存在较大差距,发达国家开发程度普遍在 80% 以上,而中国小水电开发率为 58.6%,西部贫困地区小水电开发率仅为 48%,合理开发利用潜力较大。目前,西部地区农村水电站座数达到一万四千多座,总装机容量 4.318×10^4 MW(见图 1),主要集中在西南地区,其中水电站 10 262 座,装机容量 6.852×10^4 MW,占该总水电站数 72% 及装机容量 65%。西南地区 60% 以上集中在云南和四川两省。西北地区共有水电站 2 512 座,装机容量 1.253×10^4 MW,占西部地区水电站总量 25% 及总装机容量 16%,主要集中在陕西、甘肃、新疆、青海等地区,内蒙以及宁夏等省区小水电比重相对较低。

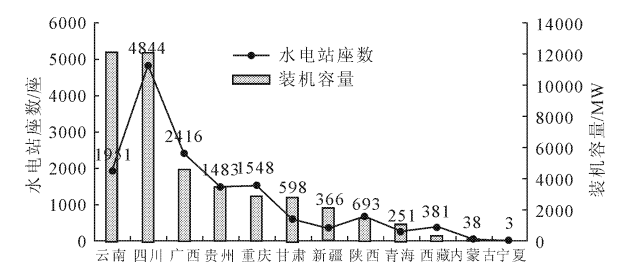


图 1 西部地区农村水电开发现状

1.2 西部地区农村水电的作用及地位

(1) 农村水电是贫困山区精准扶贫的宝贵资源。中国西部是欠发达地区,农村地区更是亟待脱贫的重要范围。农村水电是我国西部农村重要的能源与水利基础设施,也是国家实施资产收益类扶贫的重要内容。自 2016 年起,国家发展改革委、水利部选取了部分农村水能资源丰富的国家级贫困县,开展了农村小水电扶贫工程试点工作,采取将中央预算内资金投入形成的资产折股量化给贫困村和贫困户的方式,探索“国家引导、市场运作、贫困户持续受益”的扶贫模式,建立贫困户直接受益机制。2016 年—2018 年,重庆市、贵州省和陕西省三省(市)被列入农村水电扶贫试点省份。各项目上缴收益纳入县财政专户专款专用,专项用于扶持建档立卡贫困户和贫困村基础设施等公益事业建设,近期重点用于扶持贫困户脱贫,由县里统一发放到建档立卡贫困户,取得了显著的社会效益,使农村小水电成为西部欠发达地区精准扶贫的重要途径,助力国家扶贫战略。

(2) 农村水电是促进农村清洁能源发展重要保障。解决偏远地区能源供给一直是国家政府关注的重要问题。适度合理开发水电能源,有利于农村能源结构改善,有效减少森林采伐量,保护天然林。农村水电与其他可再生能源相比,能量密度高,开发技术比较成熟,造价比较低,适于为相对较为分散的农村生产、生活供电,目前仍是国家解决偏远农村地区能源问题的有效途径,也是农村地区经济持续发展的重要保障。同时,国家对农村水电的合理开发、管理正在持续加强,保持其健康绿色发展。2011 年,水利部与财政部在浙江、重庆等 6 省(区、市)联合启动了农村水电增效扩容改造试点。2013 年,全国 26 个省(区、市)和新疆生产建设兵团全面实施增效扩容改造项目。“十二五”期间,中央财政累计投入 88 亿元,带动地方和企业投入 150 多亿元,对 4 400 座老旧小水电站进行了全面改造,改造后装机容量和年发电量达到 9.0×10^3 MW 和 3.5×10^{10} kW·h,比改造前分别增加 20% 和 40% 以上,取得良好的经济、社会和生态效益。同时,“十三五”农村水电增效扩容改造以河流为单元,增加了河流生态修复工作。水利部颁布实施《农村水电增效扩容改造河流生态修复指导意见》,为河流生态修复提供了技术支撑。同时,西部地区积极参与绿色小水电建设。2017 年西部地区共计有 18 座水电站被评为绿色小水电站,占全国 41%。2018 年西部地区共计有 47

座水电站被评为绿色小水电站,占全国39%。在保护生态基础上有序开发水电,使其成为偏远农村地区可再生清洁能源供给的重要保障,已经成为西部地区农村水电事业发展的重要目标。

2 西部小水电开发技术进展及相关政策标准研究

近20年,我国西部地区农村水电事业快速发展,相关技术日趋成熟,国内对小水电开发的认识开始分化。小水电虽然是世界公认、技术成熟的可再生清洁能源,但其开发与环境保护的矛盾,安全经济运行、梯级开发累积性生态影响越来越受各方关注。随着水能资源开发的深入,开发难度逐渐加大,环境敏感性逐渐增强。如何合理制订水能开发规划、减小环境扰动,有效发挥流域管理的优势,对西部农村小水电开发技术、管理政策、相关标准制定提出了更高要求。

2.1 西部小水电开发技术进展

(1) 生态环境保护与修复技术。西部地区是我国的重要的生态屏障,具有较高的生态价值,部分地区为生态异常脆弱地区,生态约束已成为该地区水电发展最重要外部条件。对于西北旱寒区,水电开发多位于河流源头、高海拔地区,而这些河流往往是旱区发展的唯一水源,“以水定需、生态优先”成为农村水电发展的重要前提。关停部分电站、复核生态下泄流量过程、修复河段减脱水等措施,已成为西北地区农村水电生态改造的重要实践。西南地区水能资源丰富但也分布着众多的自然保护区,干流水能开发协调以及小水电群累积影响成为西南地区小水电开发面临的主要问题。

对于西部旱寒区水电开发国家高度重视,中央环保督察特别是祁连山国家级自然保护区生态环境问题督察行动指出,祁连山等自然保护区生态破坏问题严重。祁连山区域黑河、石羊河、疏勒河等流域水电开发强度较大,该区域现有水电站150余座,其中42座位于保护区内,带来的水生态碎片化问题较为突出。甘肃省制定并落实了《甘肃祁连山国家级自然保护区水电站关停退出整治方案》,关停退出和处罚了一批水电站,为其他省份小水电生态环境影响评估与整改树立了典型。此外,在“共抓长江大保护”的指导思想下,国家审计局、中央环保督察等一系列环境检查工作发现了长江经济带小水电突出的生态环境影响问题。2018年底,水利部、国家发展改革委、生态环境部、国家能源局启动了长江经

济带小水电清理整改工作,要求开展综合评估与“一站一策”工作,有效解决长江经济带小水电生态环境突出问题。西部地区云南、贵州、四川、重庆四地是长江经济带小水电清理整改的重要地区。四地分别按照四部委整改要求,发布了小水电清理整改的实施方案,启动了小水电综合评估与整改工作。

(2) 增效扩容改造技术。西部地区地理位置偏远,经济发展相对滞后,已建成农村水电站设计标准普遍较低、环境适应性考虑不足,经过长年运行,设备老化、效率低下,安全生产问题逐渐突出。随着西部地区农村水电开发率的提高,农村水电效率提升开始逐渐成为主要工作之一,增效扩容改造技术已成为农村水电发展的必由之路^[3]。农村水电增效扩容改造主要是在满足综合利用水量,特别是满足生态用水量前提下,提高水电站的综合能效。水电站能效主要受弃水量、运行效率、水工建筑物、金属结构和机电设备各类水头损失与水量损失等因素的影响^[4],与此相关必要的工程改造技术也受到越来越多的关注。例如西北地区高含沙水能利用技术,高效输冰、排沙设施的构建,寒区小型水电站水工建筑物安全稳定运行等已逐渐成为关注热点。

对于生态流量泄放措施的改建也是增效扩容中的一项重要内容。生态流量泄放设施是保障下游河道的生态用水需求而兴建的专用或兼用设施。为满足水电站运行新的要求,如生态流量过程、综合利用等需求,改造过程中对于生态流量泄放设施的具体形式进行了不断的探索,具体实践中常结合泄放要求、开发方式、工程布置等多种因素确定。工程实际中生态流量泄放设施常与生态小机组、鱼道、大坝放空孔(洞)等设施相结合,而早期未设置生态流量泄放设施的挡水建筑物可通过引水系统改造、堰坝泄水设施改造等方式实现生态流量泄放。除此之外,农村水电站安全保障与安全监管相关技术也是增效扩容改造过程中重要的研究方向^[5]。通过农村水电安全标准化评级工作的广泛开展,大大提升了农村水电安全管理水平,取得了较好的效果^[6]。

(3) 水电综合利用技术。综合利用是进行河流水能开发的根本原则之一,流域水能开发要综合考虑发电、防洪、灌溉、生产生活用水、渔业、航运、水上娱乐以及水质保护等多方面利益。就水电资源开发而言,还包括多级水电站群的优化调度。近年来,随着国家对于西部地区开发建设力度加大、能源需求与工农业生产快速增长,单一部门统筹协调已经无法满足社会经济的新要求。在水生态安全前提

下,研究水能开发与区域农业生产用水需求的竞争性及相容性关系,保障水-能源-粮食协同安全^[7]。同时,随着电力体制改革推进,农村地区清洁可再生能源多能互补的综合开发利用模式和分布式发电技术等受到广泛关注^[8]。

2.2 西部小水电可持续发展的政策及标准研究

(1) 农村小水电可持续发展政策体系。鉴于西部地区地理和生态条件的特殊性,制定经济、健康、协调的农村小水电可持续发展目标,使该地区水电开发合理有序进行,需要有力的政策研究作为支撑。绿色水电发展是我国农村水电发展的重要目标,已颁布实施了水利行业技术标准《绿色小水电评价标准》,推广绿色小水电建设在山区河流减水河段生态修复治理、最小下泄流量监管等方面的经验^[9]。自然资源资产负债表是党的十八届三中全会提出了新的资源管理方式,农村水能资源作为重要的资源相应的基础政策研究也在加快开展。同时,农村水电扶贫共享机制、水能资源综合利用管理模式、增效扩容改造绩效评价、老旧水电站退出机制及生态补偿与生态电价等相关政策体系正在逐步建立完善^[10]。

(2) 农村小水电的标准化建设。西部地区地理环境差异显著,水能利用形式各有不同,给水电开发运行管理造成了一定的困难。目前,已经建立了较为完整的小水电行业技术标准体系,制定和修编了大量涉及小水电资源开发规划、设计、施工和运行管理的规程规范,形成小水电规划设计与建设、小水电电力系统及农村电气化、小水电技术管理以及小水电机电产品相关标准等四大系列标准。

同时,开展了国内外标准对比工作,吸收国外先进理念和技术,促进我国小水电行业技术进步。加强标准外文版翻译出版工作,积极主动参与国际标准化工作。2019 年国际标准化组织(ISO)技术管理委员会正式发布了《小水电技术导则 第 1 部分:术语》(IWA33-1)和《小水电技术导则 第 2 部分:选点规划》(IWA33-2)。IWA33 由中国国家标准委(SAC)和奥地利标准委(ASI)共同主持。

3 西部地区农村小水电可持续发展的途径

(1) 完善水能资源评估与核算理论体系。系统开展农村水能资源环境潜力评估方法和技术的理论研究,聚焦西部地区农村水能资源禀赋特征,开展西北干旱半干旱地区农村水能资源开发阈值评

估、季节性河流水能利用模式以及旱区水资源多目标优化配置技术,不断推进西南地区水电能源基地农村梯级水电站联合调度技术研发,结合自然资源核算方法与理论,建立我国农村水能资源调查核算方法和技术路线。

(2) 加快关键技术研发和新技术推广应用,强化信息技术的科技支撑作用。加强农村小水电生态改造、生态运行策略与退役决策理论研究。开展对寒区水工建筑物安全运行技术、多泥沙河流水能开发技术、基于水风光多能互补的分布式供电技术等关键技术研究。逐步完善小水电可持续开发利用标准化模式。大力推进小水电生态下泄流量监控成套技术、新型鱼道等新技术的推广应用。强化信息技术的支撑作用,研发基于多源信息、多尺度、全生命周期的农村水电智慧监管技术与平台,构建小水电工程全要素安全监测体系。

(3) 开展水利、能源、生态、社会经济等多学科交叉融合。新时期农村小水电研究呈现出多学科、跨部门的特点,迫切需从气候变化、水、能源、粮食、生态、社会经济、乡村振兴等多领域入手,开展农村水电综合利用技术体系研究,使农村水电从单一水能资源开发利用向区域经济社会协调发展、流域水资源综合利用管理发展,将工程技术与法规、政策、社会、经济、文化等因素相结合,促进西部地区农村水电行业的持续发展。

参考文献:

- [1] 乔海娟,张丛林,张 军,等.推进我国小水电发展的思考[J].海河水利,2015(2):35-37.
- [2] 水利部农村水电及电气化发展局.中国小水电 60 年[M].北京:中国水利水电出版社,2009.
- [3] 水利部农村水电及电气化发展局.水利部农村电气化研究所.农村水电增效扩容改造项目建设与管理[M].北京:中国水利水电出版社,2013:8.
- [4] 徐锦才.农村水电的能效分析探讨[J].小水电,2014(4):1-3.
- [5] 徐锦才,董大富,金华频,等.农村水电站安全风险评估与保障技术[J].小水电,2011(6):50-52.
- [6] 夏建军.小型水电站安全生产标准化管理模式[M].北京:中国水利水电出版社,2015:9.
- [7] 鲍淑君,贾仰文,高学睿,等.水资源与能源纽带关系国际动态及启示[J].中国水利,2015(11):6-9.
- [8] 徐锦才,舒 静,陈 艇,等.基于水电的多能互补分布式供电技术探讨[J].小水电,2017(4):8-11.

(下转第 22 页)

- gineering, 2011, 137(3):239-253.
- [13] 应宏伟, 黄 东, 谢新宇. 考虑邻近地下室外墙侧压力影响的平动模式挡土墙主动土压力研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(S1):2970-2978.
- [14] Li L, Aubertin M, Belem T. Formulation of a three dimensional analytical solution to evaluate stresses in backfilled vertical narrow openings [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2005, 42(3):1705-1717.
- [15] 杨贞贞, 邓文强, 陈福全, 等. 多级加筋土挡墙极限稳定分析[J]. 有色金属(矿山部分), 2017, 69(6):57-66.
- [16] Smith C, Gilbert M. Application of discontinuity layout optimization to plane plasticity problems[J]. Proceedings of the Royal Society a – Mathematical Physical and Engineering Sciences, 2007, 463(2086):2461-2484.
- [17] Smith C C, Cubrinovski M. Pseudo – static limit analysis by discontinuity layout optimization: Application to seismic analysis of retaining walls[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2011, 31(10):1311-1323.
- [18] Chen F Q, Lin Y J, Li D Y. Solution to active earth pressure of narrow cohesionless backfill against rigid retaining walls under translation mode[J]. Soils and Foundations, 2019, 59(1):151-161.
- [19] O'Neal T S, Hagerty D J. Earth pressures in confined cohesionless backfill against tall rigid walls – a case history[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2011, 48(8):1188-1197.
- [20] Zhang Z J, Li M G, Chen J J, et al. Innovative construction method for oversized excavations with bipartition walls[J]. J. Constr. Eng. Manag., 2017, 143(8):04017056.
- [21] Leshchinsky D, Hu Y H, Han J. Limited reinforced space in segmental retaining walls[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2004, 22(6):543-553.
- [22] Lawson C R, Yee T W. Reinforced soil retaining walls with constrained reinforced fill zones[C]//Geo – Frontiers 2005, Austin, Texas, United States; , ASCE Geo – Institute Conference, 2005:2721-2734.
- [23] Greco V R. Active thrust on retaining walls of narrow backfill width[J]. Computers and Geotechnics, 2013, 50(3):66-78.
- [24] Greco V R. Analytical solution of seismic pseudo – static active thrust acting on fascia retaining walls[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2014, 57(2):25-36.
- [25] Chen J J, Li M G, Wang J H. Active earth pressure against rigid retaining walls subjected to confined cohesionless soil[J]. International Journal of Geomechanics, 2017, 17(6):06016041.

(上接第 14 页)

- [9] Cui Z H, Xu J C. Green small hydropower in China: practices and drivers[J]. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2017, 9(2):024501.
- [10] 崔振华, 徐锦才. 建立我国农村水电站退役机制的探讨[J]. 工程研究 – 跨学科视野中的工程, 2016, 8(6):626-632.

特邀作者简介

徐锦才, 男, 汉族, 1969 年出生, 浙江永康人, 博士, 教授级高级工程师。现任水利部农村电气化研究所所长, 全国注册咨询工程师, 中国水利学会水力

发电专委会主任。一直从事可再生能源和农村水电开发的研究与应用。负责完成省部级项目十余项, 获省部级科学技术一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 3 项, 获得专利 10 项(其中 6 项为发明专利)。出访美国、加拿大, 奥地利、塞尔维亚、澳大利亚、土耳其、越南、卢旺达等国家, 在多期国际培训班上为 50 多个国家的学员授课; 编写专著 3 部, 论文 30 多篇, 编写了几十个工程项目的可行性研究或方案设计报告, 主持及参与编写国家标准 3 份, 行业标准 4 份。