

Research on the Development Path of Clean Energy Resources in Tibet

Cirendanta

Yajiang Clean Energy Development Co., Ltd., Linzhi, Xizang, 860000, China

Abstract

Xizang is China's most high-quality clean power resource reserve, with enormous potential for the development of solar, hydro, and geothermal energy. Under the global energy transition towards green and low-carbon structures, exploring the sustainable and rapid development of Xizang's clean energy is of great significance. This study focuses on three key aspects: resource condition research, development constraints, and important pathways, proposing key development strategies such as scientific overall design, high-tech support, and multi-party win-win outcomes. The findings provide references and evidence for promoting national energy security, regional energy development, and the sustainable development of green energy in plateau areas.

Keywords

Xizang; clean energy; development path; technical support; policy mechanism

西藏清洁能源资源发展路径研究

次仁旦塔

雅江清洁能源开发有限公司, 中国 · 西藏 林芝 860000

摘 要

西藏是我国最优质的清洁电力资源储备库, 太阳能、水能、地热能开发潜力巨大。在此世界能源结构绿色低碳的大变局下, 探索西藏清洁能源可持续快速发展对于具有重要意义, 此研究将以资源条件研究、发展制约因素和重要路径为主要内容的三个方面为切入点和突破口, 提出了科学的总体设计、高新技术保障、多方共赢等重要发展思路。该成果为促进国家能源安全、区域能源开发、高原地区绿色能源可持续发展等提供参考和依据。

关键词

西藏; 清洁能源; 发展路径; 技术支撑; 政策机制

1 引言

在全球气候变化治理体系逐步完善和我国明确提出“双碳”目标的大背景下, 我国能源向清洁低碳转型成为基本发展战略。西藏拥有极为丰富的清洁能源禀赋, 主要为太阳能辐射高值区、水电资源富集地区和可规模化开发利用的地热资源, 广泛被认为是新型能源体系构建的重要支撑。着眼西藏清洁能源资源禀赋, 寻求其最优化、可持续利用格局的构建路径, 是维持国家能源战略安全、促进区域经济社会健康发展、筑牢国家生态安全屏障的关键保障。西藏清洁能源资源丰富, 但资源开发还处于起步阶段, 面临地理位置艰险、基础设施发展迟滞、电力外送消纳乏力、技术适用性和经济性制约突出、政策与市场机制不成熟等众多限制因素。

【作者简介】次仁旦塔(1989-), 男, 中国西藏日喀则人, 硕士, 工程师, 从事水电工程, 风电, 光伏等清洁能源资源管理与开发利用研究。

2 西藏清洁能源资源禀赋与发展现状

2.1 突出的资源禀赋优势

西藏清洁能源资源条件良好, 水能、太阳能、风能、抽水蓄能和地热能资源储量极为丰富, 根据最新清洁能源资源复查结果, 可开发总量约 321 亿 kW, 前景极为巨大。其中: 水能 1.78 亿 kW, 在全国居首位; 太阳能资源量高居全国首位, 达 294 亿 kW, 太阳总辐射量全国最高, 为光伏、光热发电提供了适宜的条件; 风能 20 亿 kW, 在局部地区具备较好开发前景; 抽水蓄能 5.45 亿 kW, 在全国也居首位; 战略性高温地热能 290 万 kW 以上, 拥有羊八井等世界瞩目的地热项目。

2.2 当前发展阶段与特点

加快建设国家清洁能源基地是习近平总书记为西藏擘画的宏伟蓝图, 西藏全力构建清洁能源“一基地、两示范”的重点任务。“十三五”清洁能源电力装机快速增长, 全区电力装机容量达到 419 万 kW。“十四五”期间初步建成雅中清洁能源基地, 重点建设金上、藏东南和澜上清洁能源基

地,推动雅下清洁能源基地规划建设,各基地确保建成投产清洁能源装机 1150 万 kW。“十四五”西藏对清洁能源开发力度较大,开发规模最大的是水电,成为当前提供能源供应的主力,当前藏区对清洁能源开发取得了一定成就,服务区域经济民生、生态保护等方面发挥了一定作用,但在消纳潜力小、电网外送能力相对较弱、技术攻关方面对于高海拔环境不适应等环节也是掣肘之一,成为当前制约其开发强度、增速的重要节点^[1]。

3 西藏清洁能源发展面临的主要瓶颈

3.1 外送消纳能力挑战显著

从自然地理条件看,西藏水电、光伏发电的电源点分布复杂,远离负荷中心。从实际外送来看,由于电网建设基础薄弱,电网建设能力、通道建设水平无法满足在建及规划建设电源出力要求,形成“卡脖子”效应。“藏电外送”量能主要依托已建设并网运行的青藏直流等通道,远不能满足后建光伏发电和水电远期开发外送需求;通过阿里—藏中联网工程,强化了地区之间的互联,但仍未改变电网整体薄弱现状和外送能力缺口较大的局面。电网建设投资成本巨大、建设周期过长、技术难度高等原因导致电网建设约束当前外送能力;此外,由于位于三区三州偏远地域,远离能源消费中心地区,输电成本巨大,在未来市场化环境下经济效益受到挑战。如何规划建设大容量、高效率的输电能力及有效的市场消纳路径,优化西藏电网主网架结构,是首先要重点考虑和解决的问题。

3.2 技术与经济性挑战并存

高寒地区特殊的自然环境缺氧、严寒、强烈日照和辐射、地理地形复杂,给清洁能源项目建设和长期稳定运行带来了异常严峻的考验。高海拔光伏发电面临组件封装材料老化加快、积雪遮阳、高温和低温条件造成应力开裂等问题;水电开发面临高震级的地震条件、多构造的地表地貌条件和环保门槛的严苛条件^[2];地热能开发面临深层地热储层勘察和钻井的艰难条件和防蚀的困难。客观上大大加重了投资和运维成本,现阶段的清洁能源开发以政府的补贴方式为主,寻求能够与市场商业运营有机结合、环境适应性好、成本投入较低的技术路线和方法,是现阶段开发的最主要目标。加快攻克电源、电网、系统的技术难关,攻关高海拔关键设备、关键部件的研发,重点攻关高水头小容量超百万级水轮机组和高容量低密度输送通道的技术难题。

3.3 政策与市场机制不够完善

推动西藏清洁能源发展形成的长期投资引导机制、电价形成机制、补偿激励机制尚未完全形成。新能源的上网电价政策要进一步精细化调整来反映其真实外送成本差额,鼓励投资者积极开展外送项目投资。电力辅助服务市场、跨省跨区电力交易规则仍不太符合大规模“藏电外送”的要求。

生态保护对西藏而言是天大的事,如何在“保护生态环境第一”的前提下科学合理地进行项目选址、科学评估生态损益、科学进行生态修复,以及有稳定可靠来源并建立稳定的生态补偿资金分配的渠道和方式,都是可持续发展的重要保障,目前相关政策协调性与落地能力有待加强。探索优质优价绿电交易模式,形成新能源就近消纳与跨区跨省交易的同步运行机制。国网西藏电力在电网建设和保障本地供电方面无法替代,但其未来在大规模开发与外送深度参与商业模式及激励机制亟需明确。

4 西藏清洁能源资源发展的关键路径与对策

4.1 强化科技驱动与提升适配能力

4.1.1 攻关高原适用技术

重点研发方向包括:适应高寒、强紫外线的长寿命、高效率新型光伏材料与组件;适用于高海拔大型水电站的优化设计与高效、低震动水轮发电机组;中高温地热发电的高效能量转换系统、耐腐蚀关键材料及精准勘探技术。应建立国家级高原能源技术创新平台,集中力量突破储能领域关键难点,研发或优化适用于高原环境的大规模、长寿命、低成本的先进压缩空气储能、氢基燃料储运等储能系统,解决风光发电间歇性问题并支持电力系统稳定运行。

4.1.2 推广智能高效运维

推进智能运维,破解高寒、偏远建设清洁能源电站的运维成本居高不下难题,面向储能电站、光伏电站大规模推广应用无人巡检无人机;推广应用集智能清洗、缺陷识别为一体的智能自主巡检机器人;融合数字技术,依托物联网、卫星遥感、人工智能、大数据等信息技术,构建立体数字孪生智能电站集成管理平台,实现智能电站对设备故障预警预判与主动检修,大幅节省巡检运维成本提升发电效益;大力推进国网西藏电网智能化电网调度及控制系统升级,提高电力系统在高比例不稳定清洁能源状况下的灵活性与安全性。

4.1.3 突破先进输电技术

加快超高压和特高压柔性直流输电(UHVDCF)的开发和应用。适用于大规模清洁能源跨大区域远距离、低损耗传输,对于高海拔、长距离、复杂地形的输电具有较大的技术经济优势。加快推进川藏铁路配套的超高压(EHV)外送通道的规划论证和建设,为未来西藏地区藏东南水电基地的送出提供重要的外送通道^[3]。加快西藏骨干电网的建设,尤其是加强西藏南部地区电网的补强,提高西藏电网的安全能力和内部互为调节的能力,保障本地可再生能源的大规模并网的网架安全支撑。

4.2 推动多层次产业协同发展

4.2.1 带动本土绿色制造业

充分利用西藏独特环境资源,科学规划和集约建设以水电、光伏、地热为支撑的“零碳”绿色工业基地。积极引

入清洁能源相关高端制造业,如高原特种光伏组件、储能装备或关键部件、电力电子装备(如逆变器)等生产线,形成“就地发电、就地转化”的产业布局。围绕国家重要的战略资源储备,有序发展高附加值、低能耗的数据存储及处理产业,实现能源密集型产业向清洁能源富裕地区战略转移,增加本地高价值电力消纳并带动区域产业升级。

4.2.2 深化跨区域电网协同

在中央统筹与省级政府联动机制下,全面推进跨省跨区电力市场建设,建立健全长期稳定的“藏电外送”合同机制及动态调整的电价结算模式。探索建立“电量互保、电力互换、价值共享”的电力市场联盟运行机制,如优化以水电基地为主体的区域间电力互补协作模式。积极推动国家电网公司加大投资力度,加速骨干网架建设进程并大幅提升其运行灵活性与互联可靠性,扩大西藏清洁能源外送地理范围及消纳空间,有效解决能源开发与负荷需求在空间分布上的不平衡问题。

4.2.3 创新多元本地消纳模式

积极引导和推动绿色电力消费创新业务模式入驻西藏。加大推广高占比可再生能源应用的建筑节能示范工作。积极鼓励交通能源再调整,科学完善推广电动汽车充电桩布局,采用就近绿电作为补给能源。探索推进高原绿电制氢技术路线和市场化运营管理模式,开辟储能与高端化工原材料的新途径。结合“乡村振兴”,加快拓展光伏与农牧业设施互补综合应用开发工作,实现“送电到家”和促进农牧民收入双丰收。

4.3 构建多元化投融资支持机制

4.3.1 优化政府主导投入

中央政府应设立并持续增长西藏清洁能源开发专项资金池,并明确中央财政在重大战略性电力外送通道项目投资中承担主体作用。充分利用国家绿色发展基金及相关政策性金融工具(如国开行专项贷款),为技术研发、示范项目建设和前期勘探开发活动提供成本低廉的长期资金保障。建立完善反映实际送电成本与接受方支付意愿的清洁能源跨省区送电优先收购及价格形成机制,提高项目基础收益预期,引导社会资本参与项目长期投资。

4.3.2 引导市场化多元参与

积极引导并扶持有实力的国企承担主力开发任务,在重大项目布局及设计规划上向优秀企业优先倾斜,推出更加开放的、便捷的项目市场进入规则,引导优秀民企通过研发投入或项目施工、运营环节(分布式光伏、储能项目)等方式参与到西藏清洁能源项目开发建设中来,通过绿色金融创新方式(绿色债券,如气候债券、可持续挂钩债券)和基础设施不动产投资信托基金方式拓宽开发建设方的融资渠道。成立针对性较强的地方发展引导基金,推动社会资金后续对西藏清洁能源项目的持续开发建设投入。

4.4 健全政策制度与系统保障

4.4.1 完善法规与规划引导

国家层面针对西藏清洁能源开发系统性政策和规划文件,进一步明确我国在西藏区域开发目标、空间位置的开发原则、实施的进度线路图。省级层面严格执行国土空间规划与生态环境保护红线范围内项目选址评估审核制度,从源头上禁止或合理控制在生态敏感区域实施项目布局。制定并严格执行清洁能源开发环境保护的相关硬性指标规范与标准,贯彻执行生态修复方案编制并建设同步与验收并运营执行制度及环保竣工验收制度,明确业主工程建设运营主体对环境项目的环境保护责任及恢复治理责任,建立项目全生命周期的环保监管链条与追溯问责制度。

4.4.2 创新电力系统运营机制

深化电力体制改革框架下,在西藏及受端市场探索建立有利于促进清洁能源消纳与区域协调发展的电力市场交易模式、规则体系及支撑平台功能。设计以清洁能源为主体的电力容量市场机制,保障项目长期可持续性;健全包括调频、备用在内的电力辅助服务成本合理分摊与转移机制,确保系统运行可靠性与安全性。探索建立西藏本地与区域联动的碳排放权交易关联政策工具、绿色电力证书跨区域转让交易机制,以及体现生态保护价值的资源使用补偿制度,实现发展成果的多层次区域共享与协调互补,为构建全国统一能源大市场下西藏能源贡献探索新模式提供制度保障。

5 结语

本文针对西藏清洁能源独特的资源禀赋为国家能源资源禀赋结构优化和能源低碳转型提供的历史性窗口,在探究西藏清洁能源开发利用面临的多种发展瓶颈影响因素基础上,总结提出以技术创新、产业联动、多元融资、体制创新为手段的西藏清洁能源发展路径建议。一是对以技术创新应对西藏清洁能源开发所需的高原适应性挑战,多层次产业融合补足西藏产业发展短板,项目投融资金融保障增加西藏清洁能源开发支持力度;二是以完善顶层设计、健全法规政策等方式,力促西藏清洁能源开发实现从资源性能源向能动性能源质性变革;三是以综合施策为手段,在保障国家能源安全的同时,带动西藏经济社会可持续发展及高原生态良好的新发展格局向现代化高质量的“十四五”发展新征程迈进,这对推动我国东西部战略联动发展以及实现我国“双碳”战略有长远及积极意义。

参考文献

- [1] 舒安稳,林俊杰.西藏清洁能源资源发展路径研究[J].云南电力, 2025(6):49-52.
- [2] 李蕊.共同富裕视角下西藏清洁能源基地建设路径探讨[J].西藏科技, 2023(3):28-34.
- [3] 程越,周娟.加快推进西藏清洁能源产业发展的路径研究[J].西藏发展论坛, 2023(4):83-92.