

分布式新能源自消纳发展的问题与对策

魏 欣, 王 凯, 田 昕

Challenges and Countermeasures in the Development of Self-Consumption for Distributed Renewable Energy

WEI Xin, WANG Kai, and TIAN Xin

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16516/j.ceec.2024-446>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

新型电力系统背景下新能源送出合理消纳率研究

Research on Reasonable Consumption Rate of New Energy Transmission Under the New Power System

南方能源建设. 2023, 10(6): 43-50

新型电力系统中非水可再生能源需求空间、约束条件及发展建议

Demand Space, Constraints and Development Suggestions of Non-Water Renewable Energy in New Power System

南方能源建设. 2023, 10(S1): 17-26

新型电力系统下不同场景储能的应用研究

Research on Application of Stored Energy in Different Scenarios Under the New Power System

南方能源建设. 2023, 10(S1): 27-33

新型电力系统下的储能解决方案探讨

Discussion on Energy Storage Solutions Under the New Power System

南方能源建设. 2022, 9(S1): 17-23

长持续时间储能体系研究现状及发展展望

Current Research Status and Development Prospects of Long Duration Energy Storage System

南方能源建设. 2024, 11(2): 93-101

新型电力系统变电站绿色低碳技术分析

Analysis on Green and Low Carbon Technologies for New Power System Substations

南方能源建设. 2024, 11(4): 111-117



关注微信公众号，获得更多资讯信息

引用格式: 魏欣, 王凯, 田昕. 分布式新能源自消纳发展的问题与对策 [J]. 南方能源建设, 2026, 13(2): 24-31. WEI Xin, WANG Kai, TIAN Xin. Challenges and countermeasures in the development of self-consumption for distributed renewable energy [J]. Southern energy construction, 2026, 13(2): 24-31. DOI: 10.16516/j.ceec.2024-446.

分布式新能源自消纳发展的问题与对策

魏欣, 王凯, 田昕[✉]

(中国电力工程顾问集团有限公司, 北京 100029)

摘要: [目的]坚持集中式与分布式并举, 实现新能源就地就近开发利用已成为构建新型电力系统发展方向。相较于集中式新能源基地的开发进程, 分布式新能源的发展相对滞后, 其发展模式与发展路径仍需进一步探索。[方法]文章通过对分布式电源、微电网、增量配电网、分布式智能电网、微能源网、隔墙售电等典型项目进行实地走访、所属企业调研、专家座谈、资料分析等, 开展了分布式新能源自消纳研究。[结果]研究发现, 中国在分布式新能源的就地利用与就近消纳方面拥有较大优势, 并已探索了多种集成模式, 如分布式电源、微电网、增量配电网、隔墙售电、源网荷储等, 但在推进我国分布式新能源自发自用发展仍面临诸多现实难点。[结论]在明确关键挑战之后, 文章从资源条件、技术标准、市场运营、电力体制、政策机制等层面对分布式新能源自消纳发展提出了针对性的发展对策。

关键词: 分布式新能源; 自发自用; 新能源消纳; 能源转型; 新型电力系统

DOI: 10.16516/j.ceec.2024-446

文章编号: 2095-8676(2026)02-0024-08

CSTR: 32391.14.j.ceec.2024-446

中图分类号: TK01; TM727



论文二维码

Challenges and Countermeasures in the Development of Self-Consumption for Distributed Renewable Energy

WEI Xin, WANG Kai, TIAN Xin[✉]

(China Power Engineering Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100029, China)

Abstract: [Objective] Developing both centralized and distributed generation in parallel, with a focus on local and proximate utilization of renewable energy, is a key strategy for building China's new-type power system. However, the development of distributed renewables has lagged behind that of centralized projects, and its optimal development models and pathways require further exploration. [Method] To address this, this paper investigated the local consumption of distributed renewable energy, based on a comprehensive analysis involving field visits to typical projects (including distributed generation, microgrids, incremental distribution networks, and "wheeling-over-the-wall" schemes), as well as corporate surveys, expert interviews, and literature review. [Result] The study finds that while China possesses significant advantages for the local utilization of distributed renewables and has explored various integrated models (e.g., distributed power sources, microgrids, incremental distribution networks, wall-to-wall power sales, and source-network-load-storage), the promotion of self-generation and self-consumption still faces numerous practical barriers. [Conclusion] After identifying the key challenges, this paper proposes targeted countermeasures from five dimensions: resource assessment, technical standards, market operation, power system reform, and policy mechanisms.

Key words: distributed renewable energy; self-generation and self-consumption; renewable energy consumption; energy transformation; new-type power system

2095-8676 © 2026 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

收稿日期: 2024-12-30 修回日期: 2025-03-20

基金项目: 中国能建重大科技项目“大型新能源基地综合技术研究与应用”(CEEC2022-ZDYF-03)

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

近年来,我国极端气候频发、夏季高峰负荷需求持续攀升、峰谷差不断拉大、可再生能源渗透率逐年增加,已成为能源电力安全保供面临的严峻考验,依靠传统输配电网的发展模式愈发难以为继。2023年欧盟通过《可再生能源指令》(RED III),强制要求新建商业建筑配置分布式能源系统,标志着欧盟分布式能源发展进入刚性约束阶段。IRENA《Renewable Power Generation Costs in 2023》报告指出,全球分布式光伏渗透率每提升10%,可降低电网扩容投资约15亿美元^[1],分布式能源的边际效益优势得以凸显。

我国正处于能源转型的关键期,深入推进能源革命,加快规划建设新型能源体系,能源保障是基本前提,新能源电力供给消纳是关键载体,支撑经济社会高质量发展是首要需求。为全面贯彻新时代“两步走”发展战略与“双碳”目标,《新型电力系统发展蓝皮书》明确要求2030年分布式新能源装机占比超40%^[2],坚持集中式与分布式并举,实现新能源就地就近开发利用已成为构建新型电力系统发展方向。

掌握能源发展主动权,提高能源供给保障能力,提升区域可再生能源的消纳和调控能力,化解能源资源约束瓶颈,充分高效利用分布式新能源作为大电网的有益补充,已成为我国能源高质量发展的一个切入点。国家能源局和全国新能源消纳监测预警中心公布的全国各省区新能源并网消纳情况显示,2024年我国分布式光伏新增装机达118.18 GW,虽然装机保持着高速增长,但全国平均弃光率约3.2%,消纳能力建设滞后于装机增速、消纳能力与资源量呈现倒挂现象。

相较于集中式可再生能源基地的开发进程,分布式光伏、分散式风电的发展相对滞后,其发展模式与发展路径仍需进一步探索。虽然早在“十二五”末及“十三五”时期国家发展改革委、能源局将新能源微电网示范、分布式发电市场化交易试点和增量配电业务改革试点作为我国进一步深化电力体制改革的重要举措,以期激发电力市场活力,鼓励电力系统创新发展模式,推动可再生能源就近利用就

地消纳。但从实施效果来看,2016—2020年,5批次批准的459个增量配电业务试点项目,取得电力业务许可证占比仅有四成,且多数亏损,难以回本;自2017年批准的28个新能源微电网示范项目,如今顺利投运仅10个;同年批准的26个“隔墙售电”试点项目,如今落地仅2个。试点项目进展不如预期,并未起到带动推广作用,传统电力系统发展模式惯性大,在电力增量市场中,仍以大电网供电为主,分布式可再生能源就近利用规模较小。

本文以推进电力体制改革完善构建新型电力系统为出发点,以巩固国家能源安全和推进能源绿色低碳转型为目标,通过实地走访、所属企业调研、专家座谈、资料分析等方式,对我国15个省份/自治区,47个分布式电源、微电网、增量配电网、分布式智能电网、微能源网、隔墙售电等典型项目,开展分布式新能源自消纳研究。立足新型电力系统建设需求,梳理市场机制与技术创新双重滞后问题、剖析电力体制与分布式能源发展需求存在制度性错配的原因,以期增强能源供应保障安全性与系统调节灵活性,为稳固能源保供体系、完善新型电力系统提供实践经验和对策,提出提升分布式新能源自消纳水平的解决方案。

1 国外分布式新能源自消纳发展实践经验

1.1 德国

德国作为典型的新能源高占比国家与全球能源转型先行者,有着重要的实践经验。德国电力市场高度自由化,电网、电厂,输电、配电、售电,各种电力相关业务互相拆分。其政策法规明确虚拟电厂的“合法身份”,德国《可再生能源法》明确规定,所有100 kW以上可再生能源发电项目必须参与电力市场交易销售,促使分布式可再生能源项目倾向于选择交由虚拟电厂运营。同时,德国电力市场中有着独特的“平衡基团”,一般由几家发电企业和供电企业共同组成,或由一个集团旗下的所有机组一起组成。电力系统遵循“自下而上”的思路,先依托智慧化的管理系统在“平衡基团”内实现平衡,再逐级扩大范围到输电网控制区平衡、国内跨区域平衡(德国采取分区定价机制)、欧洲大电网

平衡。德国早期的库克斯港 eTelligence 智能电网试点项目,运用虚拟电厂减少了 16% 的由于风电出力不确定性造成的功率不平衡问题,分段电价使家庭节约了 13% 的电能,动态电价使电价优惠期间负荷增长了 30%,高峰电价时段负荷减少了 20%。在新能源发电量逐年提升的背景下,德国输电网运营商平衡发电和用电的备用容量反而有所下降^[3]。

1.2 澳大利亚

澳大利亚屋顶光伏快速发展,煤电供应却面临紧缩,能源转型进入阵痛期。为充分挖掘数百万小型私有的“表后”电力对电力系统提供支持能力,澳大利亚以用户侧储能为主,联合屋顶光伏、电池存储和其他可控负载,通过虚拟电厂的形式展开了有益尝试^[4]。特斯拉在澳大利亚的虚拟电厂项目于 2017 年启动,将电动汽车作为能源存储系统的一部分,并在多个家庭安装家用电池系统与其太阳能屋顶结合形成家庭光储一体化解决方案,同时集中建设大型电池储能系统,通过虚拟电厂实现了分布式能源资源的整合和管理,构建起“车+光+储+荷+智”的新能源闭环生态,多次介入帮助澳大利亚电网保持稳定。2019 年昆士兰州的一个燃煤机组离线跳闸,导致电力系统频率降至正常水平以下,虚拟电厂检测到频率下降,立即通过全州数百个住宅的电池向电网注入电力,帮助系统频率恢复至稳定水平。即便如此,由于计划外的煤炭发电中断以及自然灾害引起的输电线路问题,澳大利亚电力市场是世界上价格最不稳定的电力市场。

1.3 丹麦

丹麦是全球分布式能源与社区参与模式的典范,其可再生能源占比已超过 50%,风电渗透率长期位居世界第一。丹麦《可再生能源法案》(Danish Renewable Energy Act)规定,社区风电项目至少 20% 股权需由本地居民持有,通过“能源民主化”机制激发公众参与热情^[5-6]。丹麦萨姆索岛(Samsø)的零碳转型最具代表性。该岛通过 11 台陆上风机和 10 台海上风机实现 100% 可再生能源供电,多余电力通过海底电缆外送。居民以合作社形式持有风机股权,配合智能电表与分时电价,使居民用电与风电出力曲线匹配度提升至 75%。2022 年,该岛通过电解制氢将弃风率从 8% 降至 3%,并建成欧洲首个风电制氢供热系统^[7]。丹麦提出了“能源岛”

(Energy Island)计划,在北海和波罗的海建设两座人工岛,集中接入 10 GW 海上风电,通过高压直流输电与德国、荷兰等国互联,同时配置电解槽将过剩风电转化为绿氢。2023 年启动的博恩霍尔姆岛试点项目已参与跨国电力市场联合出清,实现分布式能源的跨国协同。

1.4 美国

美国分布式能源发展表现出政策驱动特征。加利福尼亚州通过《自发电激励计划》(SGIP)和净计量电价(NEM)推动分布式光伏渗透率突破 25%,加利福尼亚州《2019 年加利福尼亚州建筑能效标准》要求新建住宅强制安装光伏系统。加利福尼亚州的分布式能源聚合模式成效显著。特斯拉在洛杉矶实施的 Autobidder 虚拟电厂项目,整合 5 万户家庭光伏与 Powerwall 储能,通过机器学习预测负荷与电价,实现社区级“电能量-调频”双重收益。2022 年热浪期间,该项目向电网提供 327 MW 灵活性资源,降低区域停电风险 42%。得克萨斯州 2021 年冬季发生大停电后,得克萨斯州 ERCOT 电力市场辅以政策支撑,加强对极端天气的防御能力,完善电力-气象联动的监测预警^[8]。但美国联邦与州政策矛盾突出。较为典型的是,联邦能源监管委员会(FERC)2222 号法令要求分布式资源平等参与批发市场,而宾夕法尼亚州仍设置 10 MW 准入门槛,导致大量社区光伏项目无法跨区交易。这种政策割裂使美国分布式能源在各州的发展程度参差不齐。

2 我国分布式新能源自消纳实践

随着国内能源市场机制不断完善和多能互补综合能源系统+“源-网-荷-储”一体化的发展^[9-11],利用分布式电源、微电网、增量配电、分布式市场化交易等能源供消业务的协同,衍生出我国对分布式新能源自发自用发展路径的有益尝试^[12]。

1) 分布式电源协同增量配电网,可以促进新能源就地消纳。

分布式电源是用户安全经济获取低碳电力的有效手段。但是,很多分布式电源没有就地消纳,而是大规模并网,这是带来区域电力系统不确定性问题的原因之一^[13]。分布式电源直接接入增量配电网^[14],拓宽了新能源的消纳渠道,减少输电损耗,增加了调度和配置的灵活性。促进新能源就地消纳,

并减少输配电成本。

2) 增量配电网从无源变有源,可提高配电网调峰能力,减少建设成本。

增量配电网一般通过上级电网进行供电,如果没有电源,则一般无法实现自平衡。2019年《国家发展改革委国家能源局关于进一步推进增量配电业务改革的通知》(发改经体〔2019〕27号),规定了“三不得一禁止”,其主要内容为“试点项目内不得以常规机组‘拉专线’的方式向用户直接供电”“不得依托常规机组组建局域网、微电网”“不得依托自备电厂建设增量配电网”“禁止以任何方式将公用电厂转为自备电厂”。无电源成为影响增量配电网调峰能力的一个因素。分布式能源接入可以作为电源提高增量配电网的调峰能力。就地生产、就地利用的模式还能够减少增量配电网的建设成本。

3) 隔墙售电明确了分布式电源的市场主体地位^[15],可通过市场互动获得更大经济价值。

隔墙售电提供了一种直接的销售模式,使发电者能够更灵活地与需求方进行交易,并且能够更快地获得收益。建立完善的分布式能源交易机制,承认分布式电源的市场主体身份,通过市场互动获得更大经济价值。

4) 增量配电和微电网从物理实体推动隔墙售电成为可能。

在电力市场机制中,隔墙售电仅位于售电侧,其具体实现依赖增量配电或者微电网两种形式,依托其实体电力设备完成电力交易及传输的整个流程。

5) 微电网是相对较小范围内的能源自发自用的电力系统^[16],规模化应用有利于提升电力系统可靠性和灵活性。

微电网理论范围可包含分布式电源、隔墙售电等技术概念,自我平衡能力是微电网的一个重要特征,但从当前政策层面有容量规模限制,其与大电网是兼容互补的关系。应对大量分布式电源并网,区域多层级微电网群可提升供电可靠性、灵活性与经济性。多微电网集群形态还可以形成群管群控,从交流为主微电网向直流、交流混合微电网的形态转变。微电网是分布式新能源自消纳的必要组织方式,是实现用户侧“源-网-荷-储”一体化的绝佳形式,但受限于严格的边界范围标准,即使在当前分布式电源大规模发展趋势下,仍难以推广应用。

综合来看,四者可以有机结合,共同形成分布式新能源自发自用的综合服务体系。分布式电源可以通过增量配电的方式接入市场成为市场主体,通过隔墙售电的商业模式促进分布式电力应用利用,形成多层级微电网。做到“发-输-配-售”“源-网-荷-储”有机结合。通过将原来割裂的、多服务主体环节系统考虑,增强业务链条不同环节的相关性,提升业务链整体效率和能源服务效率,降低能源生产与利用成本。

3 我国分布式新能源自消纳模式的发展优势与现存问题

3.1 我国分布式新能源自消纳模式的发展优势

我国目前对分布式新能源的就地利用与就近消纳拥有以下优势:(1)使电源均匀分布,通过用户侧分散接入降低了对电网的干扰,降低调度管理的经济成本;(2)区域自治有利于因地制宜,精准施策,保障新能源就近消纳;(3)以自平衡为主,可限制宽频振荡等事故的影响范围,有效减小可能发生的损失;(4)多种能源转换、相互沟通、协同互补,与主网的电力交换仅为盈余调节及调峰调频后备援助;(5)适当缩小了同步电网的规模,优化了电网的结构,化解“两高一低”(高比例新能源、高比例电力电子设备、低系统转动惯量)^[17]对主电网稳定运行造成的威胁,增强了电网的调节能力,确保电网安全稳定供电;(6)分层分区平衡,可同时降低平衡单元与主电网控制系统的复杂度,提高二者安全运行的可靠性;(7)充分调动自平衡单元的积极性,从而减轻主网的调度压力和简化主网平衡需统筹的变量,更好地维护全网的实时平衡,保障电力系统的稳定工作;(8)为电力系统的可靠性和韧性提供有力支撑,骨干输配电网出现故障或者中断,区域平衡自治能源网通过每个能源资源节点的相互支持可以保证区域电力系统的正常运行;(9)拥有自主管理和修复功能,优化各类能源分配,并实现更高效的能源利用,并能够自动检测故障并迅速进行修复,提高自身运行的可靠性;(10)更加注重可再生能源的使用,能够显著降低碳排放水平,有助于减缓全球气候变化,推动实现“双碳”目标。

江苏、内蒙古、新疆、河南等地区已纷纷开展

了分布式新能源自消纳模式的探索,基于我国分布式新能源高速发展的态势,预计 2030 年我国分布式新能源自消纳能力将达到 6% 以上,2035 年我国分布式新能源自消纳能力将突破 10%。

3.2 现存问题

虽然在能源利用形式上进行了分布式电源、微电网、增量配电网、隔墙售电、源网荷储等协同整合尝试,但在推进我国分布式新能源自发自用发展方面仍面临诸多现实难点。

3.2.1 资源条件层面

从资源条件层面看,分布式新能源发展受阻主要表现为区域资源禀赋与能源需求不匹配、装机容量增速与负荷增速失衡以及各省份资源开发水平差异显著,这将导致能源浪费、投资效益下降以及区域发展不平衡。具体而言:

1) 源网荷协同配置压力较大,源荷平衡能力不足。西部地区产业基础薄弱,负荷落地难度大、“源-网-荷-储”一体化项目推进缓慢,新能源资源自消纳受限;东部地区用能需求较大,分布式电源与电网建设进度滞后于产能投产进度,自发自用联动性有限。

2) 新能源装机容量增速与用电负荷增速不匹配。根据初步资源摸排情况来看,我国东部地区如河南、山东、江苏,分布式光伏资源开发规模较大而当地产能规模无法支撑其就地消纳自平衡。

3) 我国各省份资源开发水平差异明显,呈现空间制约矛盾。我国东部地区如浙江分布式资源开发进程较快,剩余可开发资源规模较小;我国南部地区如广西建筑屋顶面积小、平整度较低等特点,使得分布式光伏资源释放缓慢。

3.2.2 技术层面

从技术层面看,分布式新能源发展受阻的根本原因在于电网结构薄弱、协调控制能力不足以及标准体系不完善。这些技术瓶颈可能引发电压越限^[18]、设备过载等安全隐患^[19-20],限制新能源渗透率提升^[21-22],同时抬高系统运营成本^[23]。具体而言:

1) 分布式电源接入中低压配电网后,“群调群控”水平、电网承载能力、调控能力有待提升。新能源电源多分布于电网边缘位置,电网网架结构较为薄弱,电力长距离输送支撑保障力度有限。

2) 分布式新能源自消纳项目的电网接入规则

与接入点位受限于“输配合一”的并网要求。目前新能源电源只允许接入公用变电站间隔,接入系统设计不允许将新能源电源接入专用变电站,与新增负荷的接入无法形成就地自消纳。

3) 分布式新能源自消纳项目建设标准、技术规范有待制定完善。如现行微电网技术要求(GB/T 42731—2023)仅是针对系统容量不大于 20 MW、电压等级 35 kV 以下的项目,自消纳项目发展规模相对局限。

4) 区域离网型项目投入成本偏大且尚无法保障供电安全与供电质量。区域离网型项目对设施设备的裕度要求更高进而增加运营成本,且技术仍存在不确定性,无法满足社会负荷、工业负荷稳定供电的核心要求。

3.2.3 运营层面

从运营层面看,分布式新能源发展受阻的核心原因在于市场机制不健全、经济性激励不足以及价格体系扭曲。这将导致社会资本投资意愿降低,抑制微电网规模化发展,同时削弱分布式新能源项目的可持续运营能力,进而加剧电力资源错配,制约能源结构转型效率。具体表现为:

1) 用户不确定性较大,增加运营期回收投资风险。园区或开发区受招商引资影响,规划体量与区域实际应用负荷增长水平不匹配,用户入住率长期较低、投资建设不确定性大,经营支出及建设投资难以收回。

2) 微电网项目多以示范性为主,尚未过多考虑经济性因素。根据此次随机收集的 35 个已投运的微电网及智能电网项目,电网企业及政府自行投资建设的项目占比近七成,试验示范属性大于商业属性。

3) 有自平衡属性、有新能源消纳率的园区级微电网项目市场开放度与竞争活力不足。其运维模式相对封闭,并未引入社会资本参与市场竞争,同时多受主电网的接入限制,无法实现真正经营。

4) 区域配电网的配电电价需要依托与主电网输配电价的结算,核定电价无法具有价格优势。现阶段我国输配电价中高电压等级占比过大,很难反映电网各个电压等级的真实成本,留给增量配电网的配电电价空间相当有限。若配电线路没有电压等级差,则无法收取配网费,配电电价无收益可言。

3.2.4 体制层面

从电力体制层面看,分布式新能源发展受阻的原因在于输配一体化体制下的利益冲突与权责配置失衡,这种体制性障碍将加剧电力规划碎片化,抑制社会资本投资积极性,造成配网资源重复建设与低效配置,同时强化电网企业的自然垄断地位。具体表现为:

1) 输配一张网很难做到在无视企业自身利益的情况下“独立、公正、科学、开放”地开展电力规划研究。伴随企业在市场上的竞争,规划权难免成为竞争的筹码。

2) 政府与电网企业的权责分配需进一步明确,各级政府对各自行政范围内配电网规划建设的统筹权、监督管理权仍需增强。政府对配电网规划与接入方案的评估与审批的主导力度较薄弱;对规划范围划定、存量资产处置、存量用户划拨等的统筹协调作用体现不够。

3) 地方行政管理部门对推行增量配电网+“源-网-荷-储”一体化项目的积极性存在差异。输配未分开时,增量配电网与地区配电网功能上存在部分重叠,地方行政管理部门为了缓解与地区主电网运营的矛盾,对配电网双轨制发展持回避态度。

3.2.5 政策机制层面

从政策机制层面看,分布式新能源发展困境的根源在于市场规则滞后、政策协同不足与制度创新缺位。制度性缺陷将抑制多元市场主体参与积极性,加剧项目投资回报的不确定性,导致虚拟电厂等新型业态陷入“有技术无市场”的窘境,甚至引发配电网内成本分摊失衡和电价扭曲风险。具体表现为:

1) 市场机制的引导作用不充分,尚未形成应用负荷与新能源电源互动的市场机制。分布式电网与主网之间电力交互尚未打通,虽然源网荷储一体化是发展新型电力系统的优势业态,但目前不能向主电网馈电、不能参与电力市场买电等对一体化项目的落地制约较大。

2) 国家和地方尚未健全针对小区域范围自消纳自平衡层的相关政策体系。微电网与增量配电网在自消纳自平衡层面有一定的重合度,且二者独立推进均遇到技术与政策双重阻力。二者亟需统筹发展,形成统一的管理体系。

3) 现行配电网的统一调度机制限制小区域范

围自治自主调度权力。配电网调度与控制权的上收,使得区域电源与负荷主体无法自主实施自平衡,从而使虚拟电厂、“源-网-荷-储”一体化等理念无法发挥自我调度的优势。

4) 推行电力体制深层次改革与构建新型电力系统相配套的法规体系需进一步明确化、具体化。如明确源网荷储项目的市场主体形式、辅助服务参与地方电力市场的交易规则机制,由上至下将指导性政策与实施细则有效贯通。

5) “隔墙售电”的政策体系仍需捋顺,需要建立适应配电网内消纳的交易模式。交易双方减少了网购电量,未参与“隔墙售电”的用户将分摊更多的输配成本。一般工商业用户因承担了较多交叉补贴,“隔墙售电”的交叉补贴如果进入直接交易市场反而会出现电价倒挂现象,导致电价上涨。

4 分布式新能源自消纳发展对策

4.1 资源条件层面

适度引导高耗能产业向资源条件优越地区转移,实现产业的腾笼换鸟。结合各地可再生能源资源禀赋、土地条件及产业发展基础,在有条件的资源富集地区,围绕大用户、大产业园推行试点,促进资源、成本、环境等要素实现互补配置。比如,在内蒙古、青海、新疆、甘肃等风光资源富集区,将电池制造、风电光伏组件制造、电解铝、数据中心等产业与风光基地捆绑布局,地方政府可制定产业转移税收优惠和用地指标倾斜政策,优先保障绿电消纳类项目的落地。

4.2 技术标准层面

突破既有技术标准范围,宜小则小,宜大则大,建立与自治平衡相匹配的分层分区技术标准体系。以标准化、规范化为契机,因地制宜发展分布式新能源自消纳。以差异化监控、精确化预测、分层调度、平衡管理等技术手段,加强对各类分布式能源的管理水平。建立分布式能源设备准入、检测和监管机制,明确可观可测可控及逆变器具备可靠低电压穿越能力等要求,增强感知能力和预测能力,满足实时运行信息采集、监视、控制要求。

制定分布式能源“分层自治”技术标准,规范光伏、储能、充电桩等设备的接口协议与分级监控参数,逆变器低电压穿越、远程调控等强制性要求。

4.3 市场运营层面

培育多元市场主体,引入社会资本参与竞争,激发市场活力。强化用户减碳降本主动性,赋予用户自主选择权,推动各类用户主动开展多能源系统跨品种协同项目建设。鼓励社会资本进入,提高开放水平,积极探索电力市场商业模式和营销策略,示范项目提高盈利能力。综合现有能源销售服务、分布式能源服务、节能减排服务和需求响应服务,构建支撑分布式新能源自消纳发展的市场服务体系。

可借鉴国外的社区能源共享模式,试点“分布式能源聚合商”牌照,允许第三方整合小微资源参与现货市场,或以合同能源管理(如特斯拉 Powerwall+Solar Roof 模式)进入户用市场,用户通过“自发自用+余电竞价”模式获得电价分成。

4.4 电力体制层面

地方政府牵头主抓,明确各类市场主体责权利边界,统筹与大电网的协同关系。地方政府应加强对各行政管理部门的指导和支持,提高其推行分布式电源、增量配电网、微电网与源网荷储一体化项目的积极性。强化各级政府对各自区域内新能源规划和建设的统筹协调责任,最大限度地优化供能体系的运行效率。比如,河南兰考整合分布式新能源与增量配网成立县级能源运营公司,明确了与大电网“报量报价”结算的备容费分摊机制;湖南长沙通过地方政府主导制定《多主体利益分配办法》明确电网与园区的责任义务。明确相关企业的市场主体地位和应承担的社会责任,清晰界定与上级电网的业务边界和安全边界。

4.5 政策机制层面

完善电力规划体系,强化分布式新能源就地就近开发利用模式引导,鼓励在内部进行自主调控。出台与分布式新能源自消纳相关的虚拟电厂、微电网等参与电能量市场、辅助服务等市场实施细则,明确主体资质、准入条件、交易规则等,公平承担备用费用、价格风险和市场分摊。比如,山西现货市场要求分布式项目按装机容量 2% 缴纳备用容量费、山东 2024 年出台《虚拟电厂实施细则》,允许负荷聚合商参与调峰辅助服务市场。鼓励各地开展具有自主调度权限的近用户侧新能源“源-网-荷-储”一体化项目,加强自治能力建设。此外亦参照欧盟《可再生能源指令》(RED III),在国家层面

明确工业园区绿电最低消纳比例(如 30%),并与碳市场配额联动。

参考文献:

- [1] IRENA. Renewable power generation costs in 2023 [R]. Abu Dhabi: IRENA, 2023.
- [2] 《新型电力系统发展蓝皮书》编写组.《新型电力系统发展蓝皮书》[R].北京:中国电力出版社,2023.
Writing Team for the Blue Book on the Development of New Power Systems. The blue book on the development of a new electric power system [R]. Beijing: China Electric Power Press, 2023.
- [3] 叶小宁,王彩霞,李琼慧,等.国外新能源高占比电力系统电力供应保障措施及启示[J].中国电力,2024,57(4): 61-67. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202310101.
YE X N, WANG C X, LI Q H, et al. Power supply ensuring measures and implications of foreign countries' power systems with high proportion of new energy [J]. Electric power, 2024, 57(4): 61-67. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202310101.
- [4] IEA. Unlocking the potential of distributed energy resources power system opportunities and best practices [R]. Paris: International Energy Agency, 2022.
- [5] MASON N, RADCLIFFE E, BENSTEAD S, et al. Analysis of mechanisms and governance approaches to securing public value from natural resources [R]. Manchester: Scottish Land Commission, 2024.
- [6] 世界自然基金会(瑞士)北京代表处.中国未来发电:可再生能源引领绿色创新与开放共享发展[R].北京:世界自然基金会(瑞士)北京代表处,2022.
World Wildlife Fund Beijing Office. The future of electricity generation in China: renewable energy leading green innovation and open shared development [R]. Beijing: World Wildlife Fund Beijing Office, 2022.
- [7] Samsø Energy Academy. Zero carbon island annual review [R]. Denmark: Samsø Energy Academy, 2022.
- [8] 倪宇凡,郑漳华,冯利民,等.近年来国外严重停电事故对我国构建新型电力系统的启示[J].电器与能效管理技术,2023(5): 1-8. DOI: 10.16628/j.cnki.2095-8188.2023.05.001.
NI Y F, ZHENG Z H, FENG L M, et al. Power outages abroad in recent years and lessons to build new power system in China [J]. Electrical & energy management technology, 2023(5): 1-8. DOI: 10.16628/j.cnki.2095-8188.2023.05.001.
- [9] 宋晨辉,李顺宇,肖峻,等.综合能源系统耦合性研究综述:定性分析与量化应用[J].电力建设,2025,46(12): 44-56. DOI: 10.12204/j.issn.1000-7229.2025.12.005.
SONG C H, LI S Y, XIAO J, et al. Review of coupling characteristics in integrated energy system: qualitative analysis and quantitative applications [J]. Electric power construction, 2025, 46(12): 44-56. DOI: 10.12204/j.issn.1000-7229.2025.12.005.
- [10] 黄海泉,黄晓巍,姜望,等.新型配电网分布式储能系统方案及配置研究综述[J].南方能源建设,2024,11(4): 42-53. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.4.05.
HUANG H Q, HUANG X W, JIANG W, et al. A review of distributed energy storage system solutions and configurations for

- new distribution grids [J]. *Southern energy construction*, 2024, 11(4): 42-53. DOI: [10.16516/j.ceeec.2024.4.05](https://doi.org/10.16516/j.ceeec.2024.4.05).
- [11] 黄宇翔,陈皓勇,牛振勇,等.基于“能量-信息-价值”三层网络的虚拟电厂架构及运行关键技术综述[J].*电力系统保护与控制*, 2024, 52(24): 169-187. DOI: [10.19783/j.cnki.pspc.240087](https://doi.org/10.19783/j.cnki.pspc.240087).
HUANG Y X, CHEN H Y, NIU Z Y, et al. A review of virtual power plant architecture and key operational technologies based on a “energy-information-value” three-layer network [J]. *Power system protection and control*, 2024, 52(24): 169-187. DOI: [10.19783/j.cnki.pspc.240087](https://doi.org/10.19783/j.cnki.pspc.240087).
- [12] 中华人民共和国中央人民政府.国家发展改革委 国家能源局关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见[EB/OL]. (2021-02-25) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-03/06/content_5590895.htm.
The Central People's Government of the People's Republic of China. “Guiding opinions on promoting the integration of power source-grid-load-storage and multi-energy complementary development” issued by the National Development and Reform Commission (NDRC) and the National Energy Administration (NEA) [EB/OL]. (2021-02-25) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-03/06/content_5590895.htm.
- [13] 王成山,李鹏.分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战[J].*电力系统自动化*, 2010, 34(2): 10-14, 23.
WANG C S, LI P. Development and challenges of distributed generation, the micro-grid and smart distribution system [J]. *Automation of electric power systems*, 2010, 34(2): 10-14, 23.
- [14] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.国家发展改革委 国家能源局关于进一步推进增量配电业务改革的通知[EB/OL]. (2019-01-05) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-09/25/content_5433116.htm.
National Development and Reform Commission of the People's Republic of China. “Notice on further advancing the reform of incremental distribution business” jointly issued by the National Development and Reform Commission (NDRC) and the National Energy Administration (NEA) [EB/OL]. (2019-01-05) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-09/25/content_5433116.htm.
- [15] 中华人民共和国中央人民政府.国家发展和改革委员会 国家能源局关于开展分布式发电市场化交易试点的通知[EB/OL]. (2017-10-31) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/2017-12/19/content_5248481.htm#1.
The Central People's Government of the People's Republic of China. “Notice on launching pilot projects for market-based trading of distributed generation” jointly issued by the National Development and Reform Commission (NDRC) and the National Energy Administration (NEA) [EB/OL]. (2017-10-31) [2024-12-18]. https://www.gov.cn/zhengce/2017-12/19/content_5248481.htm#1.
- [16] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.微电网技术要求:GB/T 42731—2023 [S].北京:中国标准出版社,2023.
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Technical requirements for the microgrid: GB/T 42731—2023 [S]. Beijing: China Standards Press, 2023.
- [17] 吴安平.构建新型电力系统需创新治理模式[N].中国能源报, 2023-06-19(6).
WU A P. Building a new-type power system requires innovative governance models [N]. *China Energy News*, 2023-06-19(6).
- [18] YIN H X, ZHANG B, SONG L, et al. Research and application of voltage coordinated control method for distributed photovoltaic connected to low voltage distribution network [J]. *Journal of physics: conference series*, 2022, 2247: 012048. DOI: [10.1088/1742-6596/2247/1/012048](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2247/1/012048).
- [19] GU C L, WANG Y B, WANG W S, et al. Research on load state sensing and early warning method of distribution network under high penetration distributed generation access [J]. *Energies*, 2023, 16(7): 3093. DOI: [10.3390/en16073093](https://doi.org/10.3390/en16073093).
- [20] WANG X N, ZHANG J S, SHANG B W, et al. Key technologies and applications of cloud-edge collaborative integrated low and medium voltage distributed photovoltaic coordination control [J]. *Journal of physics: conference series*, 2024, 2757(1): 012006. DOI: [10.1088/1742-6596/2757/1/012006](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2757/1/012006).
- [21] DING J, XU Z G. Study on the absorption technology of distribution network with high-proportion distributed power supply [J]. *Applied mathematics and nonlinear sciences*, 2024, 9(1): 20230191. DOI: [10.2478/amns.2023.1.00191](https://doi.org/10.2478/amns.2023.1.00191).
- [22] HUANG K, CAI R, ZHAO J T, et al. Analysis of current protection in distribution networks with clean energy access [J]. *Frontiers in energy research*, 2023, 10: 1035781. DOI: [10.3389/fenrg.2022.1035781](https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.1035781).
- [23] LIU Z, WANG J F, GUO G W, et al. Research on the minimum network loss optimization control strategy of the active distribution network based on the distributed power flow controller [J]. *Frontiers in energy research*, 2024, 12: 1333171. DOI: [10.3389/fenrg.2024.1333171](https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1333171).

作者简介:



魏欣

魏欣 (第一作者)

1988-, 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事能源电力规划、“双碳”政策研究咨询工作 (e-mail) xwei@cpecc.net。

王凯

1983-, 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事能源电力规划、“双碳”政策研究咨询工作 (e-mail) kwang@cpecc.net。



田昕

田昕 (通信作者)

1984-, 男, 正高级工程师, 硕士, 主要从事能源电力规划、“双碳”政策研究工作 (e-mail) xtian@cpecc.net。

(编辑 徐嘉铖)