

# 源网荷储一体化,提升城市能源系统安全韧性

■周开乐

能源系统安全是城市安全的基石,提升城市综合能源系统安全韧性是建设韧性城市的关键所在。然而,城市综合能源系统建设与发展正面临诸多严峻挑战。首先,供给侧高比例可再生能源渗透虽然为城市能源转型注入新的动力,但可再生能源固有的间歇性、随机性和波动性,给城市能源稳定可靠供给带来诸多风险挑战;其次,需求侧电动汽车、通信基站、数据中心、大模型应用等新兴负荷呈现爆发式增长,叠加城市规模的持续扩张,导致负荷水平和负荷峰谷差持续加大,使得城市能源供需平衡面临极大压力;再者,伴随着城市能源系统数字化转型进程加快,数据资源和信息系统方面面临许多新的安全风险,信息空间与物理空间风险交织叠加,使得城市综合能源系统面临多重安全风险挑战。在此背景下,源网荷储一体化发展作为城市综合能源系统全过程多主体协同融合的创新服务模式,为破解城市能源系统安全难题带来新的机遇,对于以城市综合能源系统安全韧性保障新型智慧城市安全发展具有重要意义。

推动源网荷储一体化发展,是优化城市能源结构的主要路径。高比例可再生能源接入城市电网是能源转型的大势所趋。然而,如何在提升可再生能源占比的同时,有效化解其不确定性带来的冲击,成为城市综合能源系统发展面临的首要难题。源网荷储一体化借助多能互补优化以及智能协同调控等技术,在提高城市能源清洁利用水平与能源效率方面发挥关键作用。通过风光储一体化智能管控,能够有效平抑可再生能源的波动性,提高城市能源供给稳定性和可靠性;多能互补技术支撑电、气、冷、热多种形式的能源综合利用,实现城市能源系统协同优化和能效提升。源网荷储一体化发展为城市能源结构的深度优化提供了切实可行的解决方案,助力城市向绿色低碳能源体系加速迈进。

推动源网荷储一体化发展,是构建城市新型电力系统的关键举措。随着城市能源系统向分布式、扁平化、交互化方向演进,越来越多的城市能源用户成为兼具生产与消费能力的“产销者”,传统的“源随荷动”模式已难以适应新的城市能源格局。源网荷储一体化通过多主体协同与

多尺度交互,为“源荷互动”新模式提供有力支撑,为构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的城市新型电力系统筑牢根基。在此背景下,能源区块链、虚拟电厂、智能微电网等新产业、新模式、新业态不断涌现,成为城市新型电力系统的重要赋能载体。

推动源网荷储一体化发展,是城市能源系统安全运行的根本保障。随着全球气候变化加剧和城市规模的快速扩张,城



市面临的极端天气和风险事件更加频繁,对城市综合能源系统安全韧性提出更高要求。源网荷储一体化发展能够充分挖掘系统灵活性调节潜力,集聚需求响应资源,以经济高效、安全可靠、灵活智能的方式提升系统功率动态平衡能力,有效应对极端风险冲击,增强城市能源系统安全稳定运行能力。例如,通过多种电源与储能的协同运行,以及智能高效的需求侧管理,有效平抑负荷峰谷差,降低供需不平衡带来的安全风险。

为此,需要从增强发展能力、创新发展模式、构建发展机制三个关键维度协同发力,推动源网荷储一体化发展,强化源网荷储协同互动,探索源网荷储安全共治机制,保障城市综合能源系统安全稳定运行,为韧性城市建设提供有力支撑。

增强城市源网荷储一体化发展能力,



需要在源、网、荷、储各环节精准施策。在电源侧,一方面,要加大对风电、光伏等可再生能源的开发力度,不断提升清洁能源在城市能源结构中的占比;另一方面,要通过灵活性能机组改造,挖掘传统能源机组的调峰潜力,增强能源供应的稳定性;

同时,加快城市微电网和分布式能源系统建设,提高能源供应的多元化、灵活性和互补性。在电网侧,要加速城市电网数字化转型,强化配电网基础设施建设,实现分布式能源资源与大电网友好互动,着力提升城市电网应对极端风险事件的能力。在负荷侧,以综合能效提升为引领,持续优化负荷管理手段,加强需求侧响应能力建设,通过负荷聚合商、虚拟电厂等主体聚合形成规模化调节能力。在储能端,积极采用多样化储能技术,加快城市储能基础设施建设,鼓励分布式储能和电动汽车参与电网调峰储能,充分发挥储能促进供需平衡和应急调控方面的价值。源网荷储各环节紧密配合、协同发力,才能为增强城市综合能源系统安全韧性奠定坚实基础。

构建城市源网荷储一体化发展模式,需要面向需求培育新业态、新模式。积极培育负荷聚合服务、综合能源服务、有序充电服务、虚拟电厂等贴近终端用户的创新业态,整合分散的需求响应资源,打造具备实时可观、可测、可控能力的需求响应系统平台与控制终端,提升需求侧灵活调节能力。立足本地能源资源禀赋和能耗特征,坚持系统观念,先立后破,有序发展可再生能源,因地制宜打造契合城市特点的源网荷储一体化示范项目和服务模式。统筹推进城市电力、燃气、热力等基础设施建设,统筹规划、投资、建设、运营和服务全周期过程,基于多能互补耦合创新城市综合能源服务模式。提升数智化赋能水平,创新基于多模态大模型的城市综合能源服务新业态、新模式,支撑城市源网荷储一体化智能化发展。面向全过程多主体多样化需求,以模式创新为城市源网荷储一体化发展注入源源不断的活力。

构建城市源网荷储一体化发展机制,需要不断完善标准体系和管理策略。加快完善源网荷储各环节标准体系和接口规范,统筹协调推进城市综合能源系统标准化工作,为各环节有效衔接、协同运行提供标准规范支撑。建立城市不同能源单位、不同政府部门、不同市场主体多方

共商共治的统筹协调管理机制。充分考虑源网荷储各环节发展特点,探索精准的数据化管理手段,不断提升管理效率与决策科学性。充分发挥价格信号和激励手段的作用,完善市场化定价机制,激发各类用户积极参与需求响应、车联网互动、电力市场交易和虚拟电厂运营等场景的积极参与,形成源网荷储灵活高效互动的长效机制。进一步完善“政府引导、市场运作、社会参与”的多元协作模式,拓展城市综合能源发展融资渠道,完善绿色金融政策,鼓励发展绿色金融产品,为城市源网荷储一体化发展提供全方位金融支持。通过全方位体制机制创新,不断完善源网荷储一体化发展的政策体系,为城市源网荷储一体化发展提供制度保障。

在能源转型与城市高质量发展进程中,源网荷储一体化发展为提升城市综合能源系统安全韧性提供了创新路径与有力支撑。增强发展能力、创新发展模式、构建发展机制,实现源网荷储一体化发展,打造更加安全和更具韧性的城市综合能源系统,可为韧性城市建设注入强劲动力。

(作者系能源环境智慧管理与绿色发展安徽哲学社会科学重点实验室主任、合肥工业大学教授)

# 碳市场扩围加速传统制造业用能绿色转型

■向柳 文新茹

2017年,我国以发电行业为突破口启动全国碳排放交易体系,并于2021年初步建成覆盖温室气体排放规模最大的碳市场。进入全面推进美丽中国建设新阶段,我国明确以全国碳排放权交易市场为主体,完善碳定价机制,“进一步发展碳市场,建设更加有效、更有活力、更具国际影响力碳市场”成为经济社会发展全面绿色转型的主要任务,积极应对碳边境调节机制的重要工具。今年,《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》发布,标志着全国碳市场首次扩围进入实施阶段。随着碳市场扩围和发展,碳定价功能将进一步得到发挥,加速推动传统制造业用能方式绿色低碳转型。

碳市场驱动用能方式绿色低碳转型主要体现在三个方面。一是提升经济性。近年来,我国将节能降碳改造摆在突出位置,制定覆盖多行业领域的节能降碳改造升级实施指南,深入挖掘节能降碳潜力。但因

成本高昂且改造后经济性不足,企业进行设备更新、系统性改造的积极性受到抑制。随着有关行业纳入碳市场,企业节能降碳的经济性将逐步改善,有利于推动更多企业实施节能增效改造、能源低碳替代。二是促进技术研发。碳市场将进一步激发企业降碳需求,有利于成熟节能降碳技术应用,带动相关技术装备生产和消费,推动先进节能降碳技术研发和示范。三是拓展融资渠道。碳市场将企业碳绩效转化为碳资产,通过碳资产质押贷款等模式撬动社会资金投入。

绿色化、低碳化是传统制造业高质量

发展的必然趋势,其关键是用能方式的转

型。建议传统制造业主动顺应时代潮流趋

势,积极参与全国碳市场等碳定价机制,稳

妥有序推动用能方式绿色低碳转型,助力

实现碳达峰碳中和目标。

第一,优化企业低碳投资决策。以往企

业在低碳领域投资动力不足,以较短周

期考虑投入和产出。碳市场扩围后,碳排

放配额分配主要基于企业碳绩效,即与碳

排放强度或基准直接挂钩,而不与企业生

产规模直接挂钩,企业加大投入提升碳绩效,

可缩小配额缺口甚至实现配额盈余。

特别是随着有偿分配方式的逐步引入,将

让企业碳绩效优势不仅体现在配额盈余上,

也体现在经营资产上。随着全国碳市

场配额基准线收紧,碳交易价格稳步上涨,

企业在用能绿色低碳转型上的投入将转化

为具有经济性的产出,投资回报预期和环

境将显著改善。建议企业将降碳纳入经营

管理投资决策和发展战略布局,以碳定价

视野综合研判低碳投资的投入—产出前

景,加快提升碳资产经营管理能力和水平,

以更积极主动姿态适应碳排放双控形势。

第二,推动能源管理现代化。碳排放数

据质量是保障碳市场健康有序发展的生命

线,事关企业配额量核定和履约量确定,其

中的关键和核心是能源消费数据的全链条

管理。计量方面,建议加强计量器具全生命

周期管理,加强计量器具配备和数智化改

造,强化计量器具、测量仪表、检测设备检定

或校准,完善能源消费分级计量体系,提升

计量规范性、精准性、及时性和智能化水平。监测方面,探索开展二氧化碳排放连续在线监测,提升监测精度。统计核算方面,推广规范化用能和能源输入输出记录台账、统计报表,提升核算及核算结果校验自动化信息化水平。报告方面,提升月度存证和年度报告一体化程度,减少月报修改率,提升报告质量和效率。推广运用数字化技术,建设能

碳管理平台,优化能调度,提升精准性,提

高能效,减少和避免浪费。

第三,深入挖掘节能降碳潜力。碳排放配额分配的主要思路是“激励先进、惩戒落

后”,控制碳市场履约成本、提升盈利水

平,必须持续降低企业的碳排放强度。而

要降低企业碳排放强度,必须综合采用工

程、技术、管理等措施。建议抢抓“两新”政

策窗口,加快推动高耗能设备更新,加快淘

汰老旧低效用能设备和生产设备。推动燃

料和原料低碳化替代,推动煤改气(电)、气

改电,探索提升农林秸秆、生活垃圾、城市

污泥、工业固废等掺烧比例。同时,积极参

与绿色电力和可再生能源绿色电力证书交

易,加强分布式光伏、余热余压余能等开发

利用,提升绿色电力自给率,稳步提高电能

在终端用能中的比例。

第四,创新投融资和盈利模式。碳市

场的定价功能释放,将为绿色金融和转型

金融提供价格指引、市场预期和收益参

照,引导和激励更多社会资金投入传统制

造业用能方式绿色低碳转型,加快形成“投

资—减排—收益—投资”的技术创新应

用环境。一方面,推动在风险可控的基

础上发展碳金融,鼓励和引导金融机构、企

业积极开展服务于碳资产管理的各种

金融产品和服务,规范碳债券、碳资产质

押贷款等碳市场融资工具,加快推进碳期

货等碳市场交易工具创新,发展碳指数、

碳保险等碳市场支持工具。另一方面,参

考合同能源管理等成熟模式,创新企业节

能降碳改造商业模式,探索第三方投资和

参与盈利分成新机制。

【作者均系四川省环境政策研究与规

划院(四川省长江黄河上游生态屏障建设

研究智库)工程师】

