

提升能源系统安全 支撑韧性城市建设



■ 周开乐

党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》强调,加快规划建设新型能源体系。《“十四五”现代能源体系规划》提出,要以保障安全为前提构建现代能源体系,不断增强风险应对能力,确保国家能源安全。发展综合能源是促进多能互补、提高能源利用效率和实现能源转型的重要途径,是构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统的重要手段。面对内外部多重风险冲击,不断提升城市综合能源系统安全韧性,有利于保障城市功能主体安全,推进城市治理水平和治理能力现代化,为韧性城市建设提供坚实保障。

提升综合能源系统安全韧性 是建设韧性城市的必然要求

提升综合能源系统安全韧性是增强城市应对极端灾害能力的迫切需要。近年来,极端天气事件频发,极端高温、台风、暴雨等灾害对城市基础设施和运行带来严峻挑战。富有韧性的城市综合能源系统能够应对极端天气冲击并降低潜在风险影响,提升应急状况下能源保障能力,实现灾后能源系统和城市功能的迅速恢复,甚至达到更高水平的跃升,不断增强城市应对极端灾害的能力。

提升综合能源系统安全韧性是满足人民美好生活需要的重要支撑。能源是城市的血液,连接着千家万户和千行百业。综合能源系统旨在实现跨能源品类的协同互补和跨能源环节的协调互动,推动横向多能互补、纵向源网荷储协调。不断提升城市综合能源系统安全韧性,是满足城市人

民更加清洁低碳、安全高效能源服务需求的关键所在。

提升综合能源系统安全韧性是城市治理体系和治理能力现代化的重要内容。能源事关经济社会发展全局,构建安全韧性城市综合能源系统是现代城市治理体系的重要组成内容。实现城市高质量发展与高水平安全良性互动,必须充分利用数字化、智能化技术,以新一代信息技术赋能城市新型电力系统和新型能源体系构建,着力增强城市综合能源系统安全韧性水平。

城市综合能源系统安全韧性 建设面临多重挑战

一是多能耦合挑战。城市综合能源系统旨在实现电、气、冷、热的多能耦合、协同互补。在管理机制方面,城市不同能源子系统之间仍相对分割,管理规范、运营模式、数据标准等方面不一致性明显,影响了城市资源配置效率,阻碍了城市综合能效提升,一体化管理和运营面临极大挑战。在关键技术层面,不同品类能源的物理特征、输出特性和开发利用方式存在较大差异,多能耦合转换、协同优化配置、综合智能调控等方面技术尚未成熟。多能耦合在管理机制和关键技术方面的一系列挑战制约了城市综合能源系统韧性建设。

二是能源转型挑战。“双碳”目标背景下,我国加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力

系统和新型能源体系,城市综合能源系统加快绿色低碳转型进程。城市园区、工厂、社区、建筑等各类场景下分布式可再生能源高比例渗透,其随机性、波动性和不确定性给城市能源系统稳定可靠运行带来巨大压力。同时,在需求侧,电动汽车、数据中心和5G基站等新兴负荷也导致能源需求规模和波动性急剧增加,给城市综合能源系统需求侧管理和供需平衡带来严峻挑战。

三是数据空间挑战。灵活智能是新型电力系统的重要特征之一,城市综合能源系统是融入新一代信息技术的信息物理融合系统。在城市综合能源系统数字化、智能化建设过程中,一方面,网络攻击、数据滥用、信息泄露等给城市综合能源系统安全韧性建设带来新的严峻挑战;另一方面,能源大数据存储传输、质量管控、数据融合、交易流通等方面的功能法规、标准规范、技术体系、市场机制等尚未健全。数据融合开发利用和数据驱动智能决策能力方面的局限也是城市综合能源系统安全韧性建设面临的严峻挑战之一。

提升城市综合能源系统 安全韧性的行动路径

首先,加快城市能源互联网建设。城市是区域能源开发和利用中心,要充分利用新一代信息技术,协同高效推进城市源

—网—荷—储一体化规划、建设、运营和管控,合理配置分布式可再生能

项目中合理规划布局和有效优化调度,提高城市综合能源系统多能互补协同优化运行水平。积极探索新型储能、储热、储氢等的商业模式,完善多类型储能资源优化配置的市场机制,调动多方主体积极性,不断降低储能利用成本。同时,兼顾新型储能的高质量发展和高水平安全,加强新型储能的城市综合能源系统应用中的安全风险防范,建立健全新型储能技术标准、管理、监测、评估体系,充分利

用大数据、人工智能等前沿技术对新型储能进行寿命预测、健康预测和风险预测,保

障新型储能的城市综合能源系统中应用的全过程安全。

再次,深化城市能源应急能力建设。《“十四五”国家应急体系规划》提出,到2025年,使应急管理体系和能力现代化取得重大进展,形成统一指挥、专常兼备、反应灵敏、上下联动的中国特色应急管理体制。提升城市综合能源系统安全韧性,要将新一代信息技术融入应急管理全过程,不断完善源网荷储一体化安全管控机制,建立健全适用于多能互补、供需协同的城市综合能源系统应急管理体系规范、技术体系和工作机制,不断提升城市能源应急工作的一体化、规范化和智能化水平。要注重能源安全和能源应急领域复合型交叉学科人才培养,建设一支熟悉城市能源应急工作的复合型、专业化、高素质队伍。从事前—事中—事后全生命周期视角开展城市能源应急管理工作,加强多部门一体化联动,提高极端灾害条件下城市能源系统

“预防—抵抗—恢复—适应”全周期安全韧性,以城市能源系统应急能力提升支撑韧性城市治理水平提升。

(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)

加快新型电力系统建设,助力能源“金三角”低碳转型

■ 胡军峰 黄少中

能源“金三角”是指宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯和陕西榆林三个能源富集区,该区域化石能源储量达20102亿吨标准煤,占全国的47.2%,同时蕴含丰富的太阳能、风能资源。能源“金三角”地区低碳转型无论对我国实现碳达峰碳中和目标还是对其他地区低碳转型都具有重要作用和示范意义。

能源“金三角”低碳转型的关键在于新型电力系统建设。国家发改委和国家能源局多次发布新型电力系统相关文件。例如,2022年5月发布《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》,旨在全面指导新能源开发利用,并推动构建适应新能源占比提高的新型电力系统;2023年6月发布《新型电力系统发展蓝皮书》,进一步明确新型电力系统的发展理念和内涵特征,并提出“三步走”的发展路径;2024年7月发布《加快构建新型电力系统行动方案(2024—2027年)》;2024年11月发布《关于加强电力安全监管,以高水平安全保障新型电力系统高质量发展的意见》,成为首次专门就全方位加强电力系统运行安全治理出台的政策文件。这些文件对于能源“金三角”新型电力系统建设具有巨大指导意义。

能源“金三角”新型电力系统 建设初见成效

在新型电力系统建设中,能源“金三角”地区通过优化电源结构、提高新能源自用和外送电量,取得了积极进展和成效,已初步实现由“黑三角”向“绿三角”转变。

截至2024年12月,鄂尔多斯地区新能源装机达1419万千瓦,占总装机的28%左右;截至2024年11月,榆林地区新能源装机达113.25万千瓦,占总装机的51%左右;截至2024年9月底,宁东新能源装机容量达1212万千瓦,占总装机的41%左右。

2023年鄂尔多斯市新能源和可再生能源发电量达124.6亿千瓦时,其中外送山



东电量22亿千瓦时。2024年鄂尔多斯已建成的蒙西至天津南、上海庙至山东特高压输电通道,在建的库布其沙漠至京津冀、库布其沙漠至上海特高压输电通道,以及规划建设的库布其沙漠基地至江苏通道,共计配套建设新能源装机4480万千瓦,全部建成后,将实现鄂尔多斯绿电高比例外送,预计年外送电量近900亿千瓦时。榆林地区新能源年发电量达200多亿千瓦时,在满足陕西省内电量平衡的同时,还通过±800千伏特高压,将来自榆林的清洁电能送往湖北武汉负荷中心,截至2023年9月累计送出电量183.20亿千瓦时。宁东200万千瓦复合光伏基地是全国首批沙漠、戈壁、荒滩大型风电光伏基地项目之一,基地2023年全容量投产后,每年可外送新能源电量36亿千瓦时左右。

能源“金三角”新型电力系统建设 面临诸多挑战

能源“金三角”地区新型电力系统建设尽管已取得初步成效,但仍面临诸多挑战,亟需解决这些问题以推动电力系统的进一

步发展和完善。

一是能源“金三角”地区资源与环境承载力不足,新能源发展空间受限。榆林北部地区由于风沙草滩区的限制,风电项目建设选址困难,而光伏项目在土地资源有限的情况下也难以大规模展开。宁夏每年煤炭存在7000万—8000万吨缺口,随着煤化工产业的发展,宁夏的煤炭缺口可能会更大,进而影响能源供应安全。

二是能源“金三角”地区新能源爆发式增长,保供消纳问题突出。可靠发电能力滞后于用电负荷增长,电力保供更加依赖省间互济,安全裕度受到挤压。极端天气导致风机大规模覆冰停运、光伏受转折性天气影响发电急速下降等情况偶有发生,常规调峰资源挖掘殆尽,消纳将高度依赖储能等灵活性调节资源发展,新能源利用

本增加,这些成本增量可能会转嫁到用电价格上,从而推高用电价格。新能源的随机性和不稳定性要求电力系统具备更高的灵活性和调节能力,以保障电力供应的稳定性及安全性。同时,为了实现绿色低碳目标,需要大力发展清洁能源,这两者之间需要找到平衡点。

四是能源“金三角”区域内部电网联通不畅,影响区域间互联互通。能源“金三角”地区分属于不同的省级电网管辖,当地电网没有相应权限推动电网互联互通,如何平衡各方利益是一个挑战。能源“金三角”地区更多关注于各自区域内部电网架构建设,易导致区域内部电网联通不畅,这也易间接导致各地为了当地发展构建同质化的电源结构。

五是能源管理区域协调需要加强沟通。能源“金三角”地区分属不同的省份,能源管理职能也分布在不同的能源管理部门,这对促进当地能源工业发展有一定优势,但在进行区域协调时就会存在一些问题。因此需要加强沟通,在各自资源禀赋充分发挥的基础上优势互补,互相协作,在新型电力系统建设过程中聚焦各自特色,实现高质量发展。

能源“金三角”加快新型电力系统 建设相关建议

能源“金三角”地区作为我国重要的能源基地,面临着前所未有的发展机遇与挑战。为了实现能源的可持续发展,构建清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动的新型电力系统显得尤为迫切。能源“金三角”地区在构建新型电力系统过程中,需要在五个方面进行重点考虑和布局,推动能源转型和电力系统升级。

一是持续推动煤电转型。能源“金三角”地区煤炭资源丰富,同时由于新能源依靠自身并不能完全稳定提供电力,煤电在提供电力供应基础保障功能的同时,也需要向系统调节性电源转型。这就需要煤电自身实施节能降碳改造、供热改造和灵活

性改造“三改联动”,在电力需求增大时可以提供充足的保障能力,在新能源出力增加时又可以降下来,从而保证电力系统灵活稳定运行。

二是有序发展储能和氢能。储能和氢能作为新型电力系统调节能力的重要补充,可以弥补煤电在系统中的调节能力。能源“金三角”虽然煤电相对充足,但随着新能源发展规模的不断增加,系统所需的灵活性资源日益多样。同时,新能源特定时段弃能问题相对突出,此时仅靠煤电机组的调节无法解决问题,需要一定数量的储能和氢能作为系统调节性资源。

三是积极推进煤电CCUS试点示范。《关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明》提出,中美两国争取到2030年各自推进至少5个工业和能源等领域碳捕集利用和封存(CCUS)大规模合作项目。能源“金三角”地区应积极参与CCUS试点和示范工作,积极谋划,争取进入中美CCUS合作项目示范,为煤电碳减排探索更广泛空间,实现煤炭资源绿色高效利用。

四是加强能源“金三角”地区电网互联互通。电网互联互通,是新能源大规模开发利用和大范围优化配置的基础。能源“金三角”地区虽然行政区域相邻,但却归属于不同的省级电网,同时也属于能源非常富集的地区,电网相互之间互联互通动力不足,随着新能源的大规模开发利用,需要通过电网互联互通保障该区域的新能

源互济和消纳外送。

五是构建能源“金三角”地区能源管理协调机制。初期可由三地能源管理部门自发自愿通过论坛、研讨等方式进行沟通协调,找准各自发展特色,实现错峰竞争。后期可在自发协调机制基础上建立定期沟通机制,进一步统筹三地新型电力系统发展,促进跨省电力交易和输电线路建设,推动当地能源管理体制创新,为新能源“金三角”地区新型电力系统建设提供保障。

(胡军峰系华北电力大学副教授;黄少中系中国能源研究会双碳产业合作分会主任)