

# 让绿电成为数字经济“燃料”



## ■ 龙生平

“十五五”规划纲要提出,推动绿色电力与算力协同布局,并明确提出加快建设新型能源体系。国家数据局划定枢纽节点新建数据中心绿电占比80%的底线,中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部等十部门协同部署数字化绿色化转型;全国绿证核发量突破29亿,江苏算力用电量激增50%以上,青海更建成100%清洁能源零碳数据中心。但绿电供给波动性与算力负荷刚性增长的矛盾仍然突出。推动绿电成为数字经济高质量发展的核心“燃料”,已超越单纯的能源替代,成为重塑发展底座、抢占全球竞争制高点的关键之举。

## ■ 顶层设计锚定算电协同新航向

算电协同,绝非单纯的技术叠加或物理拼接,而是生产关系与生产力在数字时代的深度适配与系统重构。为何要强调顶层设计先行?因为算力涉及工信,电力涉及能源,数据涉及网信,若无国家层面的统一指挥棒,极易陷入“九龙治水”的困局。唯有从最高层面打破行政壁垒,才能实现“全国一盘棋”的资源配置。

一是规划统筹一张网。国家战略必须细化为可执行、可考核的操作路线图。重

点在于将算力网与电力网在物理层叠加、在逻辑层互通。不能仅停留在概念上的“协同”,而要在“十五五”规划中锁定绿电占比的约束性指标,建立跨部门的算电协同专班机制。实行“双碳”目标与“东数西算”工程的双考核机制,让地方政府在招商引资时,既算经济账,更算绿色账,杜绝“带污招商”,确保每一笔投资都符合绿色低碳的大方向。

二是政策标准双对齐。标准是产业通用的语言,也是市场准入的门槛。当务之急是建立算力碳评价体系,让每一T算力都有清晰的“碳身份证”。需强制推行数据中心PUE(能源利用效率)与CUE(碳利用效率)的双控标准,不仅看用了多少电,更要看用了多少绿电。将绿电消纳比例纳入新型基础设施建设的硬性门槛,倒逼产业链上游的服务器、存储设备厂商主动适配绿电特性,从源头构建绿色供应链。

三是基础设施强基座。新型能源体系是算力爆发的物理载体。要加快建设以非化石能源为供应主体的新型电力系统,大幅提升电网对高波动性新能源的接纳能力。在算力枢纽节点周边,必须适度超前建设特高压输电通道和大型储能电站,确保绿电“发得出、送得走、用得上”,彻底解决“弃风弃光”与“拉闸限电”并存的怪象,为数字经济筑牢不可撼动的能源底座,让

算力不再因缺电而“断粮”。

## ■ 基础设施构建绿色算力承载地

数据中心不再是孤立的计算孤岛,而是能源网络中机器的、活跃、活跃的节点。为何要重构基础设施的形态?传统数据中心刚性用电的特性已成电网的沉重负担,且绿电的时空分布与算力需求存在天然的错配。唯有让基础设施“动”起来、“活”起来,才能实现资源的最优解。

一要跨域联动优化布局。“东数西算”的本质是绿电的空间再配置与价值再发现。要充分利用西部丰富的风光资源,将算力需求向可再生能源富集区有序转移。但这绝非简单的物理搬迁,需构建“前店后厂”的协同模式:东部保留对时延敏感的热数据计算,西部承接对时延不敏感的冷数据存储与AI大模型训练,让绿电在原产地直接转化为算力,减少传输损耗,实现“瓦特”与“比特”的远程握手。

二要源网荷储齐发力。单一的能源供给模式难以满足算力中心海量且波动的需求。必须推广“光伏+储能+算力”的一体化开发模式。在数据中心屋顶及周边建设分布式光伏,配置锂电池、液流电池等多元储能设施。更关键的是,利用算力负荷的可调节性,使其成为电网的“虚拟

电厂”,在绿电高峰期满负荷运行,在低谷期储备备用,实现削峰填谷,让每一度绿电都物尽其用。

三要自然冷源巧利用。散热耗是数据中心的“阿喀琉斯之踵”。要因地制宜利用自然冷源,最大限度降低机械制冷依赖。在高纬度寒冷地区采用全自然冷却技术,在干旱地区利用间接蒸发冷却。将数据中心选址与气候特征深度绑定,让“天帮忙”替代“人耗能”,实现PUE值的极限压降,打造会呼吸的绿色机房,从根本上降低对电力的依赖。

## ■ 市场机制激活资源配置一池水

绿电与算力若无价格信号的精准引导,难以突破“两张皮”的隔阂,实现真正的高效匹配与良性互动。为何必须引入市场机制?行政指令虽有力,却往往缺乏应对波动的弹性与商业的可持续性。唯有通过市场化的价格杠杆与价值发现机制,让算力主体出于成本考量主动追逐绿电,才能形成“以算力消纳绿电,以绿电降本算力”的自我造血商业闭环。

以电价改革引流向。电力现货市场是实现算电协同的“黄金指挥棒”。需加快完善分时电价与实时电价政策,进一步大幅拉大峰谷价差,使算力调度在经济上具备可行性。探索建立“绿电专供”交易品种,打破省间壁垒,允许数据中心直接与新能源电站签订长期购电协议。这种直供模式不仅能锁定绿电价格,规避化石能源价格波动的风险,更能通过“源网荷储”一体化运营,给企业吃下长期成本可控的“定心丸”,使其敢于在绿电富集区进行重资产布局。

以碳市场交易赋价值。碳排放权不仅是绿电的“第二张身份证”,更是可变现的隐形资产。应加快将算力碳排放纳入全国碳市场核心板块,建立算力碳配额强制清缴制度。让绿电消纳量直接转化为可交易的碳资产,企业通过使用绿电获得的减排收益,可以有效对冲算力中心高昂的液冷系统、储能设施等绿色技术投入成本。这种“绿色溢价”的变现能力,将使低碳算力在市场竞争中获得真正全白的优势,实现经济效益与环境效益的深度双赢。

促进绿证互认通全球。绿证是国际通行的绿色货币,更是数字服务出口的“免稅通行证”。面对欧美日益严苛的碳关税壁垒,必须推动国内绿证与国际主流标准(如I-REC、GO)的实质互认。可利用区块链

技术构建不可篡改的绿证全生命周期溯源体系,确保每一度绿电的“出生证明”可信、可查、可溯。这将极大提升中国绿色算力在国际市场的品牌溢价,让“中国算力”摆脱“高碳”标签,成为全球数字贸易中绿色、可靠的代名词,为“出海”企业构筑坚实的合规护城河。

## ■ 技术创新驱动数能融合深变革

算电协同的终极形态,是算法与物理定律的深度共生。为何要依赖技术创新?在现有技术体系下,算力增长仍未完全摆脱对化石能源的路径依赖。唯有突破“算力即能源”的认知边界,才能实现质的飞跃。

智能调度更精准。AI不仅是能源的消费者,更应成为能源的优化者。可利用大模型预测新能源出力波动与算力负载变化,实现毫秒级的动态匹配。开发“算力—电力”联合调度算法,让算力任务在绿电充裕时自动加速,在缺电时无缝迁移或降频,做到“瓦特”与“比特”的精准咬合,不浪费一度绿电,实现系统级的能效最优。

设备能效再跃升。硬件是能效的基石。需集中攻关适应直流供电、液冷散热的新型服务器芯片,大幅降低转换损耗。研发高密度储能电池与高效能源转换模块,减少电力传输过程中的“跑冒滴漏”。推动存算一体架构创新,从底层逻辑降低单位计算能耗,让每一焦耳能量都产生更多的智能,突破摩尔定律的能效瓶颈。

数字孪生全仿真。虚拟空间的试错成本远低于物理世界。建议构建能源互联网与算力网的数字孪生体,在虚拟环境中推演极端天气下的算力保障方案。利用仿真技术优化数据中心气流组织与供电拓扑,提前发现能效瓶颈,实现“未建先知、既建优化”,以数字技术赋能物理世界的能效提升。

让绿电成为数字经济的“燃料”,是一场关乎国家能源安全与发展主动权的深刻变革。这不仅是技术的迭代,更是发展逻辑的重塑。唯有将算电协同贯穿于数字中国建设全过程,以“绿电”点亮“算力”,以“算力”赋能“绿电”,方能筑牢强国基石,在智能时代的全球竞速中,不仅跑得快,更跑得稳、跑得远。

【作者系中共宁夏区委党校(宁夏行政学院)决策咨询部副教授】

# 加快提升城市能源系统安全韧性

## ■ 周开乐

全面推进韧性城市建设,既是应对城市安全发展新形势的现实需要,也是推动城市治理现代化转型的关键路径,更是增进人民群众获得感、幸福感、安全感的必然要求。能源系统作为城市基础设施的核心组成部分,支撑城市基本运行、保障社会生产生活稳定,在韧性城市建设中发挥着基础性、关键性作用。城市人口密集、设施集中、经济活动高度集聚,极易受到各种内外外部风险冲击。加快提升城市能源系统安全韧性,对于保障城市安全稳定运行,建设宜居、韧性、智慧城市具有重要意义。

## ■ 提升城市能源系统安全韧性意义重大

提升城市能源系统安全韧性是应对气候变化风险的必然选择。近年来,气候变化引发的极端天气事件频发,对城市能源供给保障带来严峻挑战。2021年河南特大暴雨洪涝灾害导致多地电力设施严重受损、数百条配电路中断,近百万户用电受到影响,凸显了极端灾害下城市能源系统的脆弱性。随着新型城镇化加快推进,城市面临的极端气候风险持续加剧,极易引发能源、交通、金融等领域连锁反应与次生灾害。亟需加快气候适应型城市建设,全面提升能源系统安全韧性,增强城市气候适应与风险管控能力。

提升城市能源系统安全韧性是推动城市绿色低碳转型的关键抓手。城市是能源消费与碳排放的核心载体,其低碳转型进程直接关系到“双碳”目标落地

见效。当前可再生能源在城市能源结构中占比持续提升,其波动性、间歇性和随机性给电网供需平衡带来新的挑战,现有能源基础设施尚未完全适配高比例新能源接入需求。以城市韧性提升统筹推进能源系统改造升级,能够更好地平衡减排与保供、转型与发展、减缓与适应的关系,保障能源高质量发展和韧性城市建设的协同推进,为构建满足新型智慧城市需求的新能源体系提供有力支撑。

提升城市能源系统安全韧性是保障国家能源安全的战略举措。城市是国民经济发展的重要引擎,能源系统安全稳定直接关系经济社会发展全局。我国正处于能源转型攻坚、工业化与城镇化快速发展阶段,城市能源系统一旦出现故障,极易导致重大安全事故,引发连锁反应,带来重大损失。强化能源系统安全韧性,能够提升系统抵御内外外部扰动和快速恢复运行的能力,统筹平衡安全稳定、绿色低碳、经济高效三角矛盾,有效应对极端天气与转型保供叠加的复杂安全挑战,助力落实能源安全新战略。

## ■ 提升城市能源系统安全韧性面临多重挑战

能源系统集成耦合仍存在壁垒。在“双碳”目标指引下,构建以新能源为主体的新型电力系统,推动能源深度脱碳成为必然趋势。随着智能电网、虚拟电厂、新型储能等新业态加快发展,能源服务新模式不断涌现,多能网络交互耦合程度加深,系统结构日趋复杂,而调节能力与响应手段有限,给城市能源安

全韧性提升带来压力。破除行业壁垒、提升多能集成耦合水平、优化能源结构与运行机制,是释放能源转型潜力和建设韧性城市能源系统的重要前提。

城市能源供需矛盾日益突出。新型城镇化快速推进与极端气候事件增多,显著放大能源需求波动,给供电系统带来巨大压力。部分老旧能源输送设施承载能力不足,难以适配增长与波动加剧的用能需求,在能源总体平衡格局下,局部地区、特定季节时段和极端条件下仍存在较为突出的能源供需失衡问题。同时,一些城市本地能源供给有限,能源对外依存度较高,进一步增加了能源保供压力,对能源系统安全韧性构成现实挑战。

能源系统风险监管能力存在短板。城市电力、燃气、热力等安全事故的发生,严重威胁人民群众生命财产安全,凸显城市能源安全监管仍存在薄弱环节,亟需构建覆盖灾前预警、灾中应对、灾后恢复的全流程风险管控体系。如何充分运用大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术,实现对城市能源系统的实时监测、精准预警和高效处置,推动城市能源系统一体化、全过程、数智化管控,是当前亟待解决的突出问题。

## ■ 多措并举提升城市能源系统安全韧性

强化多能集成耦合,推动源网荷储高效协同。统筹开发利用可再生能源与化石能源清洁化利用,整合电、热、冷、气等多种资源,挖掘不同能源生产消费的互补性与替代性,提升基础设施利用效率。打破行业间能源壁垒,推进跨领域协同规划、优化运行、协同管

理、互补互济,实现能源综合梯级高效利用。加强电力供应保障与电网升级,推进多元储能建设、老旧设备迭代更新与老旧城区综合能源改造,构建横向多能主体互补、纵向源网荷储协调的城市能源系统。

坚持供需双向发力,提升能源平衡保障能力。依托全国统一电力市场体系建设,打破市场分割与区域壁垒,强化跨省跨区资源统筹与电力余缺调剂,提升电力资源大范围优化配置水平。供给侧加快煤电节能降碳改造、灵活性改造和供热改造等,稳妥发展本地分布式清洁能源与多元储能,提高本地能源自给率,增强供应稳定性、响应速度与调节能力。需求侧深入推进重点行业减碳限煤、节能提效改造,扩大绿电消费规模与市场化交易比重,完善需求侧响应机制,实现供需高水动态平衡。

健全风险监管体系,赋能能源系统数智升级。深化“人工智能+”能源高质量发展,推进电网、新能源和能源新业态等领域创新应用,助力城市能源系统数智化升级。推动新一代信息技术在城市能源系统全过程深度渗透,构建城市能源安全实时监测预警体系,实现灾前—灾中—灾后风险精准感知、及时有效应对和故障快速恢复。推进城市能源系统“一网统管”,研发更加有效的风险感知算法,绘制城市能源风险地图,常态化开展能源安全体检,精准补齐短板弱项,全面提升系统容灾、抗灾与快速恢复能力。

【作者系能源环境智慧管理与绿色低碳发展安徽省哲学社会科学重点实验室主任、合肥工业大学教授】

