

以人工智能发展驱动数字电网升级



■刘育权

当前一个时期,是抢占人工智能发展先机、培育新质生产力、壮大现代产业体系的关键机遇期。2024年2月,国资委召开中央企业人工智能专题推进会,提出“中央企业要主动拥抱人工智能带来的深刻变革,把加快发展新一代人工智能摆在更加突出的位置”“中央企业要把发展人工智能放在全局工作中统筹谋划,深入推进产业焕新,加快布局和发展人工智能产业”。2024年全国两会上,“人工智能+”成为热词。从“互联网+”到“人工智能+”,标志着人工智能成为新一代信息技术的核心,重要性越发突出。

在电力行业,新型电力系统建设与新型能源体系构建正以前所未有的深度和广度重塑能源领域的发展路径。深化数字电网建设,以科技创新为驱动,以深化改革为引领,全力投入人工智能战略性新兴产业发展,推动“两化促两型”战略是南方电网公司应对能源转型挑战、破解新型电力系统源网荷储协同难题的关键举措。

■势在必行 顺应人工智能时代浪潮

人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术,具有带动性很强的“头雁”效应。未来一个时期,更高水平、更大规模的模型将带来模型性能的巨大提升,多模态大模型、联邦学习、边缘计算、智能体大脑、迁移学习、具身智能、强化学习等领域的科技创新将齐头并进,模型的推理成本、泛化能力、可解释性、复杂计算和仿真能力将显著改善,预期在电网各业务领域得到广泛应用。正确认识人工智能作用、把握人工智能建设规律、找准人工智能发展着力点、形成系统化推进体系,是实现电网高质量发展、推动产业升级、提升企业核心竞争力的关键所在。

发展人工智能是实现电网产业基础高级化的关键。在电网行业从速度型向质量型转变的大背景下,推动生产活动的要素效率、组织效率以及所提供的产品和服务的附加价值稳步提升,要求应用先进的科学技术和组织方式升级改造传统的电网生产方式,提升物理电网“可观、可测、可控”水平,促进源—网—荷—储多要素互补互济。与传统技术相比,人工智能技术能显著提升电网适应新能源普遍接入的能力。以电网仿真为例,分布式、微电网等新能源接入使得电网结构日益复杂,涉及的变量、参数显著增加,计算量呈指数级增长,使得传统方法难以准确模拟真实电网运行情况。人工智能技术依托深度神经网络,能够从海量、高维的数据中提取关键特征和规律,对复杂电网系统进行高效表征,为电网产业基础高级化奠定坚实基础。

发展人工智能不能止步于传统信息化的修补。传统的信息化业务流程大多是基于预设的固定规则来运行,缺乏足够的灵活性和自适应能力。以服务用电客户为例,随着用户侧对供电质量、个性化用电服务需求不断升级,传统信息化在数据挖掘和深度分析方面的不足日益凸显。借助人工智能技术可深度分析用户来电诉求,推荐个性化应答,并提供动态的需求侧管理和定制化服务。这需要打破传统的相对标准化的服务方式,形成人工智能驱动的电网企业与用户更加智能、互动性更强的关系,赋能客户服务运营模式的深层次变革。

发展人工智能重点在于推动技术与业务深度融合。电网行业具有海量专业数据优势、丰富场景优势,为人工智能技术落地提供了土壤。以配网智能分析为例,从业务出发,瞄准“故障在哪里、负荷在哪里、低电压在哪里、风险在哪里、线损在哪里”等关键问题,应用AI技术对台区低电压、重过载、三相不平衡、停电等缺陷进行深度分析,实现配电网负荷状态透明化,及时发现潜在问题并采取相应治理措施。推动人工智能技术与电网各环节深度融合会产生显著的协同增效作用,提升业务效率和质量,同时催生出虚拟电厂、碳监测与碳追踪等新业务、新模式。

发展人工智能是个系统工程。人工智能技术发展要加强多技术协同,以电网设备故障诊断为例,涉及机器视觉的表现

特征识别,机器学习的异常特征提取,强化学习的故障精准分类等。要加强多源数据的整合和分析,以负荷预测为例,需要综合不同时段、不同区域的用电负荷,还要对气象数据、电网设备运行参数等进行分析。人工智能发展需要构建一支多元化、复合型的人才团队,成员应具备不同专业背景和技能,促进知识交叉融合,共同推动技术进步。还需要关注人工智能安全、伦理及法规等相关要素。只有各个环节紧密配合、共同作用,才能保证系统可持续发展。

■数智驱动 以人工智能积极拥抱新质生产力

随着风、光等新能源在能源结构中的比重日益增加,如何保障间歇性、波动性电源的稳定接入和消纳,是电网实现从传统单一功能型电网向智能化、绿色化现代电网转变的关键。在推动新型电力系统建设过程中,要坚持技术引领、效率引领、绿色引领、创新引领,助力电网发展迈向更加智能、高效、可持续的未来。

坚持技术引领,将人工智能作为构建新型电力系统的关键抓手。新型电力系统涉及更多的分布式电源、复杂的电网拓扑结构以及多样化的用户用电需求。在电力调度领域,应用强化学习技术可以辅助安排电力传输和发电功率,降低网损,提高电网运行经济性。在设备运维方面,利用机器学习识别故障异常状态和潜在故障模式,指导生成更优的预防性维护策略。在电力交易端,通过AI技术构建智能预测模型,辅助用户选择最优的交易策略,加快交易进程。人工智能技术突破了传统技术边界,实现生产流程、时间约束、成本控制、安全稳定等优化,是加快电网产业升级的助推器。

坚持效率引领,将人工智能作为实现电网高质量发展的重要驱动。电网的高质量发展是在满足经济发展和人民生活用电需求的基础上,通过技术创新实现安全、可靠、绿色和可持续发展。人工智能技术的广泛应用将推动电网生产从依赖人工经验的固定周期检修向状态检修转变;推动巡检机器人、无人机的普遍覆盖,取代传统人力巡检跋山涉水的旧模式。基于人工智能的电网生产是先进的而非落后的,是质量

效益型的而非规模速度型的。人工智能的螺旋上升过程累积到一定阶段必将实现质的提升。

坚持绿色引领,将人工智能作为推动电网绿色低碳转型的重要助力。人工智能在新能源接入、电网运行调度、设备运维、能源综合管理以及电力市场发展等多个关键环节,都展现出对电网绿色低碳转型的强大助力作用,是推动电网实现绿色低碳目标不可或缺的重要力量。同时,在高耗能算力产业大发展的当下,创新电算协同,推动东数西算工程落地实施,以西部地区的“清洁瓦特”催生“绿色比特”,服务数字经济高质量发展。

坚持创新引领,将人工智能作为构建电网新质生产力的关键牵引。人工智能的应用正催生出一系列智能化业务模式和全新的业态。人工智能正在推动虚拟电厂从构想走向现实,可通过人工智能技术实现分布式电源、储能系统和用户侧负荷的灵活调节,它有助于对分布式能源、负荷、储能等资源展开实时监控、进行精准预测以及实施优化,进而提高微电网内的能源利用效率。人工智能技术将在新一轮产业变革中扮演重要驱动角色,推动重构源、网、荷、储各环节,为能源领域“四个革命”注入强大动能。

■成果落地 以技术创新深入推动数字电网转型

南方电网公司把握人工智能新机遇、新任务、新要求,在数字电网、数字企业、数字服务和数字产业建设上用劲发力。坚持创新驱动、改革赋能,建成电力行业首个自主可控电力大模型“大瓦特”,加快推进“人工智能+”行动落地实践,取得显著成效。

以人工智能技术创新保障电网安全稳定运行。南方电网公司积极探索以人工智能技术促进新型电力系统建设和新型能源体系建设,聚焦“两高”特性,攻关多模态大模型、复杂建模和仿真、迁移学习等“硬骨头”,应用大模型和强化学习等技术破解新

型电力系统清洁低碳、安全充裕、经济高效“不可能三角”。投运全国首个AI系统负荷预测平台,系统负荷预测准确率从97.6%提升至98.3%;通过强化学习技术解决分布式能源大规模实时决策问题,突破秒级实时监控的世界性难题……“人工智能+”场景建设显著强化了源网荷储协同,增强了电网可观、可测、可控能力。

以人工智能技术创新赋能企业管理增效。南方电网公司坚持将智能化技术融入企业管理全过程,以数据驱动业务流程再造和组织结构优化,促进跨层级、跨系统、跨部门、跨业务的高效协作。基于大瓦特模型的“智写”应用显著提升办公效率,融合自然语言处理技术的合同关键条款识别、分类和法律风险分析落地应用提升了合同审查效率,基于人工智能技术的评标专家异常行为识别大幅提升了监督工作效能,流程自动化提升财务工作效率80%以上,人工智能技术实现管理化繁为简,成为企业治理能力提升的重要途径。

以人工智能技术创新促进服务模式升级。南方电网公司坚持把服务用户发展作为根本出发点和落脚点,重点投入智能客服和南网在线建设,研发了“五位一体”的客服大模型应用,为客户提供更加个性化、智能化的产品和服务,实现与用户的共同成长,让人工智能技术真正惠及千家万户。

以人工智能技术创新促进新兴产业发展。南方电网公司立足平台型企业定位,以“电力+算力”支撑绿色能源供给体系,驱动大规模可再生能源协同优化调度,实现网内清洁能源基本全额消纳,公司连续三年非化石能源电量占比超过50%。此外,公司还积极推动人工智能技术在虚拟电厂、电力现货交易、微电网能量管理、碳监测和碳追踪、充电桩规划等新兴产业落地应用,取得了显著成效。

在本轮人工智能浪潮中,电力企业要牢牢把握战略主动权,将人工智能放在战略高度统筹谋划,推动人工智能创新链与产业链、资金链、人才链深度融合,推动战略性新兴产业和未来产业在能源领域蓬勃发展,构建一个更加可持续、安全、智能的能源未来。

(作者系南方电网数字电网集团有限公司党委委员,南方电网数字电网研究院股份有限公司董事、总经理、党委副书记)

构建“生态人居能源体系”的三重逻辑

■陈皓勇 莫理莉 王永华

城市和乡村既是人民生活生产的依托,也是新型能源体系的重要载体。“生态人居能源体系”以能源系统为出发点,以人居环境为载体,以生态文明为目标,实现人与自然和谐共生。人居环境是指人们居住和生活的空间环境,包括居住区、公共空间、交通、教育、医疗等各个方面。良好的人居环境能够提高人们的生活质量,促进社会和谐稳定。生态保护是指对自然环境的保护和修复,以保持生态系统的平衡和稳定。人居环境和生态保护是相互依存、相互促进的关系。良好的人居环境依赖健康的生态环境,而生态保护也需要人居环境的改善和提升。“生态人居能源体系”的构建,既符合国家建设新型能源体系的政策要求,也符合人民对宜居生活环境品质提升、生态环境改善、产业结构调整、绿色低碳绿色发展的需求,具有重大战略意义。

以复杂巨系统理论 指导构建“生态人居能源体系”

“生态人居能源体系”关注解决城乡生态环境保护、宜居环境建设与新型能源体系构建之间相互支撑和互相制约问题,以复杂巨系统理论为指导,以生态能源大系统为对象,研究多学科交叉、多目标驱动的生态人居能源体系构建,促进“生态—人居—能源”协同发展。“生态人居能源体系”建设的内涵包括六个方面。一是构建清洁能源供给体系,构建以风光发电、核电、水电为主的清洁能源供给体系,适应气候变化和满足人民对美好生活的期待。二是建设面向清洁能源的能源传输及配送网络,考虑气—电—气—冷—热—电多能协同的传输及配送网络,提升清洁能源的接入、送出和消纳能力。三是优化能源消费结构,以能源为先导,优化城乡产业布局,促进城乡经济与能源协调发展。推动行业生产用能及人民生活用能电气化,推进终端用能低碳化、零碳化。四是建设零碳城市及社区,使建筑节能与清洁能源相融合,提高综合利用能效,减少建筑、电力、生物资源、工业、交通与出行等方面的碳排放;通过发展绿色



生态智慧技术,提高建筑本体节能率,降低社区碳排放,提高社区固碳能力,建设生态零碳社区。全面推广分布式光伏和分散式风电在园区末端的应用,鼓励利用新建住宅小区屋顶、厂房和公共建筑屋顶安装光伏发电,提高建筑可再生能源利用比例。五是推进农村能源改革,以农村分布式光伏、风电、小型水电、生物质能等带动农村生态及经济发展,推进可再生能源发电就地就近开发和利用,鼓励利用公共建筑屋顶、农民自有建筑屋顶、农业设施等建设光伏发电,积极推进农业农村领域电气化,加强农业种植、养殖、农产品加工、农业大棚等农业生产加工领域的电气化改造。六是推进绿色低碳基础设施体系建设,打造能源高效利用、资源循环再生、碳排放大幅降低且能适应和减缓气候变化影响的基础设施网络,涵盖交通、能源、建筑、水利等多个领域。推动城乡信息基础设施建设,推动城市—社区—建筑多层级智慧管理平台建设,促进能源、环境、社会信息数据融合,促进城乡更新绿色化、低碳化发展。

开展面向城乡生态人居环境的 能源融合规划与管理

人居环境生态规划以人居环境提升

为导向,开展城市规划、建筑设计、能源规划、交通规划、公共设施建设、环境质量监测与治理。在“双碳”目标背景下,城乡规划应对人居环境和能源系统进行融合规划。针对高比例风光发电消纳和接入难题,考虑提升清洁能源接入和消纳效率为先导的城乡产业布局优化策略;考虑发电基地、能源站、储能站、充电设施等合理布点,能源网络规划应与供用能规划相匹配;建设比例合理的零碳园区、绿色建筑;以安全、高效、经济、环保为目标,构建“电—气—热—冷—电”多能互补的能源系统架构,基于“源—网—荷—储”协同优化调度与运行思路,提出城乡跨区能源协同共策策略,实现能源系统分层分区的调度和资源优化配置,建设“省—市—县”多层级能源调度管理平台,创新能源市场商业模式,建立能源市场激励及惩罚机制。“生态人居能源体系”面对的是跨市、跨省甚至跨国的能源规划与调度,区域内存在传统发电厂、风光电站、冷热电联供站、供热站、供冷站和制氢站等供能主体,输配电站网、冷/热管网、供气/氢网等输配能主体,储能站、抽水蓄能等储能主体,工业园区、办公园区、商业综合体、居住区、交通行业、充电桩、农业等用能主体,这些海量主体间既有合作也有博弈,形成复杂的自

适应系统。

能源系统的规划及运行基础是建立准确有效的能源系统模型,系统调经济模型以及基于能量品质的系统调经济评价方法,以及分层集群系统协同优化思路已经在新型电力系统中得到广泛应用。能源系统是新型电力系统的外延与拓展,分层集群系统协同优化方法同样适用于能源系统。能源系统中的众多主体可视为智能体集群,多主体的优化问题可采用集群智能协同控制思路解决,这一思路框架与能源系统跨区域的分散、分布式架构可以完美匹配。对于分层集群的能源系统,可以将子系统根据调度运行需求,划分为不同层次和区域,形成集群,以集群作为系统调度控制对象,灵活构建源侧、网侧与荷侧多种资源的协同控制方案和策略。考虑当前能源系统的实际,应在多能耦合背景下,研究考虑能源品质和碳排放的综合能源系统机理,对系统建模并进行分析评价,开展规划及运行控制研究。

此外,“生态人居能源体系”的建立与发展还需要完善的法律法规和标准体系来规范和保障。相关部门应加强对城乡建设、环境保护和能源行业的监管,制定相关法律法规和政策,明确各方责任和义务。

推动零碳建筑、零碳园区 技术创新与集成应用

建筑是“生态人居能源体系”的细胞和重要落地实施承接体。建筑行业产生的碳排放占在二氧化碳碳排放总量中占比较高,会对环境产生连带效应。近年来能源界的研究和实践表明,提升建筑能效和改进建筑供用能是解决社会经济发展和能源供应不足之间矛盾的最有效措施之一。建筑低碳化已逐渐成为国际主流趋势和未来的实践标准。我国推动建筑领域低碳转型,在零碳建筑的基础上,结合建筑全生命周期,提出近零碳建筑、零碳建筑。零碳建筑是指充分利用建筑本体节能措施和可再生能源,使年碳排放量大于等于建筑全年碳排放量,可以在运营阶段实现净零排放的建筑。国家和各级政府出台相关政策推动建筑低碳化。2024年3月,国务院办公厅转

发国家发改委、住房城乡建设部《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》,对推动建筑领域节能降碳具有重要意义。推动零碳建筑的四个关键手段是脱碳、电气化、高能效和数字化。零碳建筑和零碳园区技术众多,主要包括五个方面。一是降低建筑用能需求,如采用被动式设计、自然通风、自然采光、建筑遮阳隔热、围护结构热工性能提升等措施;二是提升建筑能源系统效率,如提高冷热源系统性能系数、新风热回收效率、地道风、照明系统及电器等设备能效,并结合智能优化控制算法进一步降低建筑能源消耗;三是引入可再生能源,通过最大化利用太阳能、风能、地热能等可再生能源替代常规能源,减少建筑能源的碳排放;四是增加碳汇,增加项目可绿化面积,增加山体绿化土壤保持率等;五是增加能源及碳管理,设置能源监测与碳排放监测、核算管理平台。

经过多年研发与应用,降低建筑用能需求、提升建筑能源设备效率等方面的技术已经较为成熟,可挖掘的技术改进潜力较小。但在可再生能源利用、能源与碳管理方面的相关技术仍待进一步研究和应用。众多单项技术应用在同一个建筑物,并非先进技术的简单堆砌,它们之间存在相互影响和制约,形成整体效应。技术集成通过对各种零碳建筑技术的综合优化,减少相互之间的不利影响,使建筑技术集成后发挥最佳效能、减少重复设备投资、降低绿色建筑的综合造价,达到经济效益、社会效益和环境效益的综合最优。零碳建筑技术集成应用研发的难点之一为解决分布式光伏、充电桩、储能的接入问题,通过“源—网—荷—储”协同互动策略提升建筑能效,提高分布式光伏消纳比例,其中光储直柔微网技术集光伏、充电桩、储能的接入和“源—网—荷—储”互动技术于一体,在可再生能源利用、能源和碳管理方面提供了一种良好的技术集成方案。

(陈皓勇系华南理工大学电力经济与电力市场研究所所长、发展中世界工程技术院院士;莫理莉系华南理工大学建筑设计研究院有限公司电气总工程师;王永华系国网江西电力新型电力系统源网荷储规划技术科研攻关团队带头人)