

# 推动能源转型与人工智能协同进化

■ 陈皓勇

气候变化已经成为人类面临的最严峻挑战之一。根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的报告,自工业革命以来,人类活动导致的温室气体排放使全球气温上升了约1°C,预计在未来几十年内将继续上升。如果不采取有效的减排措施,气温的进一步上升将导致海平面上升、极端天气事件频发、生态系统崩溃等一系列严重后果。为应对气候变化,全球能源体系必须从以化石燃料为主的高碳模式向低碳、零碳模式转型。这一转型不仅需要减少煤炭、石油等传统能源的使用,还需要大规模推广风能、太阳能等可再生能源。然而,能源转型的推进面临着巨大挑战,包括技术壁垒、经济成本、政策阻力以及社会接受度等问题。

8月29日,国务院新闻办公室发布《中国的能源转型》白皮书(以下简称“白皮书”)。白皮书显示,加快能源转型发展,实现能源永续利用,持续增进民生福祉,为世界提供不竭动力,已成为各国共识。党的十八大以来,中国能源进入高质量发展新阶段。尤其是“四个革命、一个合作”能源安全新战略,为能源发展指明了前进方向,提供了根本遵循。白皮书提出,能源转型是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,是一项长期的战略性任务,需要在能源安全新战略的指引下稳中求进、久久为功。

新型电力系统是实现能源转型的重要载体。新型电力系统及与之耦合的能源系统是一个大规模、随机性、混杂性、分布式、网络化的复杂系统,呈现出三层网络(能量网络、信息网络、价值网络)架构和分层集群特征,其认知和构建涉及电力系统、电力电子、热能动力、优化与控制、信息与通信、人工智能(AI)、经济管理等不同学科,并对传统电力系统理论提出挑战。新型电力系统“源—网—荷—储”设备的智能化、数字化使它们能够更加主动地参与系统的运行和控制,适合采用群体智能和协同控制等前沿理论和方法来解决。

近年来,以深度学习、语言大模型(LLM)为代表的AI技术飞速发展。深度学习和大型语言模型的训练和运行需要大量计算资源。为了加速AI模型的训练过程,通常需要使用高性能的硬件,比如图形处理单元(GPU)、张量处理单元(TPU)或者专门为AI设计的加速器。这些硬件能够并行处理大量数据,从而加快模型训练速度。然而,这些硬件的运行需要大量电能。AI模型的训练通常需要在大型数据中心进行,这些数据中心包含成千上万的服务器和高性能计算设备,如GPU和TPU。由于这些设备需要长时间运行来处理和训练复杂的AI模型,其能耗非常高。据谷歌公布的数据,2019年,其数据中心能耗达到12.4太瓦时,相当于小型国家一年的用电量。大型数据中心持续的高能耗会增加电网负荷,特别是在数据中心集中的区域,给电网规划与运行带来重大

挑战。

同时,AI技术在多个方面加快了能源转型进程,比如优化能源生产和消费、促进可再生能源整合,以及推动智能电网发展。AI可以通过分析历史用电数据、天气模式和消费行为,并采用机器学习算法帮助能源公司预测能源需求;通过历史数据分析并结合数值天气预报预测新能源出力,并进一步优化电网调度运行、提高能源效率;优化分布式能源资源的整合,使得电力系统更加灵活高效;在市场环境下快速处理大量交易数据,识别最佳交易时机和价格,帮助发电公司和售电公司作出更明智的交易决策。此外,AI技术在监测和管理碳排放方面也发挥重要作用。通过AI分析,企业可以更好地了解其碳足迹,并优化其生产流程以减少碳排放。

因此,以有效政策机制和关键技术突破来推动能源转型与AI的协同进化已成为应时之举和当务之急。

## ■ 新一代AI 赋能新型电力系统关键技术突破

实现电力电量平衡、维持频率电压稳定是电力系统运行控制的基本任务,长期以来得到学术界、工业界的密切关注和深入研究。传统的电力系统有功功率平衡过程是当负荷功率发生变化时,电源及时调整出力使得系统在转动惯量的缓冲作用下达到有功平衡的一个连续变化过程,也即“源随荷动”。在分层集群的电力系统中,由于风电、光伏和储能等间歇性可再生能源的接入和高压大功率电力电子元件的普及,传统的电力系统功率调节过程发生巨大变化,如可再生能源的功率输出不再可控、对需求响应能力的要求急剧提升、对于送端系统视为负荷的外送直流系统将具备大规模功率调节能力等,电力系统调度模式也将向“源荷互动”转变。此外,传统电力系统在高比例电力电子设备接入的条件下也将呈现出新的动态特性。

随着分层集群的新型电力系统的发展和完善,群体智能与协同控制前沿理论和技术可以应用于其运行控制。群体智能与协同控制是新一代AI的重要研究领域。群体智能是单体智能未来发展的必然趋势,指一定数量的智能体之间通过局部感知和相对简单的交互方式,完成个体不易实现的任务过程中所涌现出的复杂、强大的集群宏观行为。协同控制可为群体智能涌现提供时空协调保障,是群体智能涌现的核心关键技术和制高点技术。为完成某一复杂任务,群体智能控制系统的每一智能体都可以根据从通信网络获得的信息作出自主决策,也可以共享信息、相互协作并共同完成工作任务。协同控制具有明显优势,例如,有效解决大规模复杂系统的控制问题;通过集合多个能力较弱的智能体的控制功能实现1+1>2的协同效果;促使整个系统具有较高的鲁棒性,在发生大干扰



时,每个智能体仍有可能独立完成各自的控制任务。

群体智能与协同控制理论与技术,能为分层集群的新型电力系统的运行控制提供有效的解决方案,重点在于构建包括电源侧、电网侧与负荷侧(含储能)多种资源的协同控制方案和策略。

## ■ 以有效政策机制 推动电力与算力协同发展

应统筹电力与算力规划与布局。建议政府相关部门统筹数据中心发展需求和新能源资源禀赋,对算力、电力基础设施进行协同规划布局。例如,在新能源富集地区,依据电力供应能力和成本等因素,合理规划建设数据中心,实现资源优化配置,在甘肃、内蒙古等新能源富集地区开展“风光储算一体化”模式探索。参考电力系统的规划、建设、调度等经验,充分融合算力网与电力网的区域特性和调度能力,跨省、跨区开展多时空尺度的电力与算力协同调度,使算力节点成为新型电力系统下保障电力系统稳定的“压舱石”。

应加大对技术创新的支持。建议政府相关部门投入资金支持电力与算力协同发展相关技术研发,如高效算力服务器、算力计量、电算协同定价交易和结算等关键技术,以及通感算一体高速通信等技术,鼓励企业、高校和科研机构联合开展技术攻关。创建电力与算力协同发展技术创新平台,促进产学研合作,加快技术成果转化和应用推广,打造国家级算力网应用实验场,开展算力与电力协同创新领域研究。

应加强市场机制引导。建议算力市场建设充分借鉴电力市场建设经验,推动算

力价格与电力价格交叉关联,形成算力与电力两个市场的横向交易,引导市场资源合理配置;探索新能源就近供电、聚合交易、就地消纳的“绿电聚合供应”模式;建立健全绿电交易市场,提高数据中心的绿电占比,同时为新能源消纳提供新途径;鼓励发展第三方电力与算力协同发展服务提供商,为企业提供专业的规划、建设、运营等服务,提高融合的效率和质量。

应完善能效管理与激励。建议明确数据中心能效标准和监管要求,加强对数据中心用能的监测分析与负荷预测,优化数据中心电力系统整体运行效率,整改或淘汰高耗能低效的数据中心。对采用先进节能技术、优化负荷运行时段、提升能源利用效率和可再生能源利用率的数据中心给予奖励或补贴,降低用电损耗及算力成本。

## ■ 双管齐下应对 数智化新型电力系统挑战

新型电力系统和AI技术的发展既带来机遇,也带来挑战。为了确保新型电力系统的稳定可靠运行,需要双管齐下,从技术手段和政策机制两方面共同应对。

高比例新能源接入给电力系统规划与运行带来挑战,源侧低惯性和低短路比特征突出,安全稳定支撑能力不断被削弱;荷侧动态特性越来越复杂;网侧交直流、多直流网耦合更加紧密。电力系统稳定控制的结构性困境日趋明显,迫切需要深入认识新型电力系统的特性并调动各种资源深度参与其规划与运行。通过构建AI驱动的智能科学计算体系,开发电力系统预训练大模型,打造电力系统分析与控制的“超强大脑”,可有力支撑新型电力系统演进规律研究、系统规划方案和运行方式生成与优

化,在线安全分析和电力市场运营。

虽然AI在能源转型中展现出巨大潜力,但其应用也面临诸多风险和机遇。首先,AI系统的复杂性和不透明性可能带来新的安全风险。例如,如果电力调度系统中的AI算法出现错误,可能导致电网大范围停电等严重后果。其次,AI的应用需要大量高质量数据支持,而数据的获取和使用涉及隐私保护、数据安全等问题。另一方面,加强对网络攻击的监测和防御对于新型电力系统至关重要,AI技术可以用于检测和防御网络攻击,通过实时监控网络流量,识别异常行为并采取防御措施,建立新型电力系统信息物理安全新范式。

新型电力系统的发展需要完善的法律法规和标准体系来规范和保障。政府应加强对电力行业的监管,制定相关法律法规和政策,明确各方责任和义务,保障电力系统的安全和稳定运行。行业协会和标准化组织应积极制定和推广相关技术标准和规范,确保新型电力系统的建设和运行符合统一的标准和要求。此外,还应建立健全风险管理和应急响应机制,提高对突发事件的应对能力。例如,制定完善的应急预案,定期进行应急演练,确保在突发事件发生时能够迅速、有效地进行应对和处置。

推动能源转型和AI的协同进化,是21世纪应对气候变化和推动可持续发展的重要途径之一。虽然在实现这一目标的过程中存在诸多挑战,但通过合理的政策引导、技术创新和社会参与,可以加速两者的深度融合,推动全球能源体系向更加绿色、智能和高效的方向发展。

(作者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研究院院士)

# 发展新质生产力,助力煤企做大做强

■ 牛克洪

新质生产力的特点是创新,关键在质优,本质是先进生产力。结合煤炭企业发展实际,发展新质生产力,应从产业结构优化、科技创新赋能、数字化转型、智能化建设、绿色低碳发展、治理机制创新、管理创新、人才强企战略等八个方面着力培育新质生产力。

一是推动煤炭产业结构优化与升级。深入贯彻能源安全新战略,着力构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。首先,突出“安全、高效、智慧、绿色”煤炭产业发展战略主线,抓住移动互联网、物联网、大数据、云计算等技术为煤炭企业高质量发展带来的新机遇,提升整个产业系统的自动化、智能化、智慧化、数字化水平,推进煤炭产业安全高效智慧绿色发展。其次,实施矿区产业结构梯次发展策略,坚持“稳定老区、建设新区”的模式发展布局,坚决关闭退出老矿区没有后备资源储量的衰老煤矿、无市场竞争优势的特困煤矿、安全隐患大的风险煤矿,探索出一条“后煤矿时代”可持续发展之路;通过立足现有资源、拓展外部资源,运用多种方式、多种途径,努力获取丰富优质的煤炭资源,依据新矿区资源禀赋,加大投入,扩大产能,实现安全高产高效,培育企业新经济增长极。再次,推进产业转型升级。通过科技创新和管理创新措施,推动煤炭生产环节到消费环节的变革。大力发展风电、光伏发电、生物质能发电和储能等新能源,实现传统能源升级和新能源开发并举共进。

二是推进煤炭企业科技创新赋能。国有企业是我国企业科技创新的重要主体,要坚持把科技创新能力作为企业核心竞争力,立足实现创新链、产业链、资金链、人才

链深度融合,把科技自立自强作为企业发展的战略支撑,完善科技创新体系,不断增强自主创新能力。首先,加强科技创新规划引领,企业的科技创新规划要以国家发展战略需求和本企业产业升级需求为导向,组织企业科技创新顶层规划的研制。其次,发挥产、学、研多主体融合优势,创建高水平科技研发平台,加快完善科技创新体系机制,深化内外部创新协同,培育引领企业未来产业发展的高科技力量。再次,优化科技创新管理制度,创新制定科技课题立项、组织研发、转化应用、成果考评奖励等一系列制度。最后,建立科技研发投入增长机制和科技研发准备金制度,完善科技创新投入机制。

三是推进煤炭企业数字化转型。深刻领会数字强国战略思想,抓好煤炭企业数字化转型,促进生产高产高效。首先,推动企业数字化转型发展必须理念先行,树立数据思维、用户共创、协同共赢、创新容错、敏捷迭代的新理念,用先进的理念指导企业的数字化转型发展。其次,实施数字化赋能企业价值创造,坚持以数字化、智能化为抓手,以质量变革、效率变革为主线,持续改进方法,卓越绩效为准则,将提高效率、提升效能、提质增效贯穿煤炭企业生产、经营全过程。再次,研制数字化转型总体规划,实行分步实施、先易后难、由点见面、业务引领、数据驱动。利用煤炭企业业务板块多、场景资源丰富的优势,将云计算、大数据、人工智能等新兴数字技术不断融入业务场景。同时,注意提高资源利用率,节约建设成本,切实解决企业数字化硬件重复建设、信息孤岛等问题。

四是推动煤矿智能化建设。智能化是煤矿发展新质生产力的重要表现,智能化生产将改变煤矿过去主要依靠用人多、低能装

备等变为依靠高端智能化技术装备、大数据等要素,从而实现企业发展的质量变革、效率变革、动力变革。全面落实《国家能源局关于进一步加快煤矿智能化建设促进煤炭高质量发展的通知》,根据煤炭企业实际,分类分阶段全面推进煤矿智能化建设。对存量煤矿,重点加强灾害严重煤矿和大型煤矿的智能化建设。对于地质条件差和灾害比较严重的煤矿,“一矿一策”制定智能化改造策略;对于冲击地压大的矿井,加强以智能防冲系统开发建设为重点的全面智能化建设,突破冲击地压煤层智能安全高效开采难题;大型煤矿要全面推进主要生产环节智能化改造,建成全系统智能化煤矿,提高大型煤矿效率、效益、安全水平,提升企业竞争力;对所有新建(在建)煤矿,按照智能化标准设计建设。凡具备条件的井工矿和露天矿均应在竣工投产前完成智能化建设,全面建成智能化煤矿。

五是推进煤炭企业绿色低碳发展。“绿水青山就是金山银山”,推广煤炭绿色开发技术至关重要。首先,在绿色矿山建设方面,要注重煤矿开采生产过程中生态环境高水平保护,走绿色、低碳、可持续发展之路。不断优化环保管理体系,加强矿区生态修复和治理,全面推进建设安全、绿色、智能、高效“四型矿井”。其次,在煤炭清洁低碳利用方面,抓好煤炭深加工优化洗选工艺,提供更高品质的低硫、低磷、低灰、清洁煤炭产品;推进煤炭分质分级梯级利用,提高煤炭资源综合利用效率和价值;加快煤电行业转型升级,深入实施煤电机组改造、研发清洁能源发电等技术,实现机组节能减排超低排放;推进煤炭由燃料向燃料和原料并重转变,建立煤制油、煤制天然气、煤制烯烃等化工技术的洁净技术体系,发展

现代煤化工;加快推进风电、光伏发电开发,加快建设新能源供给消纳体系,保持煤电与新能源协同耦合发展,培育可再生能源开发利用新模式、新业态。

六是加强煤炭企业治理机制建设。应持续优化公司现代治理机制,提升董事会建设质量,完善外部董事评价和激励约束机制,规范董事会设立、运行、履职工作程序,建立决策咨询支撑体系,运用信息化、大数据手段创新科学决策流程。实施经理层成员任期制和契约化管理,推进经理层市场化、经营机制长效化制度化,有效发挥谋经营、抓落实、强管理作用。同时,创新用人机制。坚持人本管理理念,打通管理、技术、技能“三条职业晋升通道”,深化用工、人事、分配“三项制度”改革,完善全员绩效考核、薪酬激励体系,极大激发和调动广大员工干事创业、岗位建功的工作热情、创造性、积极性。

七是推行煤炭企业管理创新。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展的新阶段,在企业管理层面上必须推出企业管理升级及创新——实施精益化+数字化管理。企业精益化+数字化管理既是一种管理变革,也是一种管理升级,更是发展新质生产力的一项重要内容。坚持消除浪费、创造价值,提高客户满意度和企业效益。精益管理实质上就是提高效益,它的根本意义上就是指以最优的品质、最低的成本实现企业经济效益与社会效益的最大化。突出精益化管理消除一切浪费,追求效率和效益最大化,持续改进主体思想。将数字之、互联网技术运用渗透于精益化管理之中。用大数据、云计算等技术集成、融合、创新企业管理要素优化配置运行模式,坚持面、线、点结合,做到面上布局优化、线上转型升级、点上降耗提效,推进企

业管理全面升级,实现高效能管理。坚持精益化管理的理念导向,煤炭企业实施精益化管理要坚持市场导向、问题导向和价值导向,着力解决企业发展中存在的管理短板和浪费点,提高全流程价值链的生产效率和产品质量。

八是推动“人才强企”战略落地。人是生产力中最活跃的决定因素,也是撬动一切资源、培育新质生产力、促进高质量发展的关键要素。要把人才战略摆在突出位置,为高质量发展提供坚强人才保障。首先,坚持实施“人才强企”战略。在做好中长期人才规划的前提下,高标准选聘人才,高起点配置队伍,建立企业用人新机制。加强人才队伍建设,特别是高层次科技人才专业化队伍建设。要加大对企业核心骨干人才的激励力度,建立风险共担、利益共享的中长期激励机制,打造一支知识型、技能型、创新型劳动者大军。其次,创新人才招收、使用模式。围绕重大项目、重大工程和重点企业,建立企业高层次人才发展机制,以项目推动人才强企战略落地。建立健全企业职业经理人聘任、待遇契约等机制,实现企业优秀人才队伍建设新突破。再次,分类培训,提升人才素质。从培育新质生产力和实现高质量发展的目标出发,实施人才队伍分级分类培训培养机制,加大人才交流、定制化培训和挂职锻炼力度,促进人才综合能力提升,全面提升管理人员和基层员工的素质,培养一大批“煤矿工匠”。最后,创新人才绩效考核机制。坚持以“安全、提质、降本、增效”为考核重点,建立科学合理的劳资体系,规范并完善考评体系,实施差异化绩效考核,通过奖惩机制、激励激发措施、责任落实举措,促进员工工作效能的最大化,提升管理质效,推动企业高质量发展。

(作者系中国能源研究会高级研究员)