

电力工业与原生AI融合 塑造智能原生时代工业新范式

■ 梁凌宇

2026年政府工作报告强调发展新质生产力,深化拓展“人工智能+”,加快构建新型能源体系,打造智能经济新形态,培育智能原生新业态新模式,为我们坚持自主创新、深耕电力AI技术指明了方向。在全球技术格局加速演进的背景下,工业AI的自主创新能力和关键行业规模化落地能力,正成为把握新一轮科技革命主动权的重要支点。中国是全球工业体系最为完备的国家,拥有完善的数据和知识体系,且应用场景丰富多样,相比通用AI,更具备在全球智能化赛道中弯道超车甚至直道超车的充要条件。

作为世界上最复杂、规模最大的工业系统,电力系统不仅为各行业提供能源保障,是能源转型与新型能源体系建设的核心载体,也是推进算电协同、支撑智能经济运行和完善全国统一电力市场体系的重要基础。立足新型电力系统建设,聚焦“AI+电力”融合目标,构建面向电力工业的原生AI技术体系,在运行、规划、生产、市场等高价场景实现技术落地,助力电力系统安全可靠运行与源网荷储协同高效发展。

■ 电力工业的复杂系统基因

从系统复杂度、公共属性和战略地位来看,电力系统具备成为原生工业AI“首发承载体”的天然条件。电力并非单一行业,而是贯通能源生产、工业运行、城市治理与社会生活的关键基础设施,其运行形态呈现高度连续、严约束、强耦合,任何局部扰动都可能被系统级放大。这种复杂性决定了电力行业对智能化能力的要求显著高于一般工业场景,也决定了只有真正内生于系统运行机理的AI,才能长期稳定发挥作用。

新型电力系统演进进一步放大了对原生AI的需求。随着新能源高比例接入、电力电子化水平提升以及源网荷储协同推进,电力系统正由“可预测、强计划”加快演

化为“高不确定、多主体协同”的复杂系统。系统运行也由单纯保障供电,转向统筹安全、效率、低碳与韧性。传统依赖规则、经验和分层控制的运行模式,正逐步逼近调度优化、风险防控和全局协同的能力边界,AI也因此由辅助工具走向支撑系统稳定运行与复杂决策的内生能力。

■ AI原生的范式跃迁逻辑

AI正在从能力工具演进为系统基础设施。AI原生不是在既有系统上外挂模型,而是以模型能力重构设计、开发、部署与运维全流程,使数据成为生产要素、算力成为基础设施,模型成为能力组织中枢。与传统“业务+AI”的嵌入式升级不同,AI原生强调系统从一开始就围绕智能能力构建。其核心可概括为四个维度:交互原生、架构原生、过程原生和工具原生,分别对应目标表达、能力调度、持续演化和可信执行,最终推动任务形成“可规划、可执行、可验证”的闭环。

交互原生是智能范式演进的起点。传统GUI以功能操作为中心,系统被动响应。大模型推动交互转向LUI,用户直接表达目标,系统理解意图并自动编排流程;进一步走向SMUI后,交互将融合语言、视觉、时序与空间信息,延伸到复杂现场。其根本变化不在界面,而在于驱动逻辑从“操作功能”转向“表达任务”。

架构原生重构的是能力组织方式。传统系统围绕功能模块搭建,模型只是局部工具。AI原生架构则以能力为核心,通过MCP实现工具与数据的协议化连接,通过A2A支持多智能体协同,通过Skills沉淀可复用能力单元。其本质不是技术堆叠,而是系统从功能集合转向可扩展、可治理的能力网络。

过程原生改变的是任务推进机制。传统系统依赖固定Workflow,AI原生系统则转向目标驱动的Agentic过程,能够进行任务分解、在线规划、执行反馈与自我修正。以OpenClaw为代表的探索说明

分层记忆是关键支撑,即时记忆维持上下文,长期记忆沉淀阶段经验,永久记忆保留跨任务知识,使智能体具备持续学习和动态执行能力。

工具原生决定智能体能否真正落地。工具不再是外国资源,而是可复用的标准执行单元,每次调用都应具备明确接口、结构化输入输出,以及权限控制、结果校验、异常回退和人工确认机制。同时,还要配套原生工具箱,支撑调度、日志、审计和优化,保证执行过程可管理、可治理、可追溯。

AI原生不是一次普通升级,而是系统结构的重构。它意味着从“人编排流程”走向“目标驱动智能”,从“功能堆叠”走向“能力协同”。谁能率先完成这种跃迁,谁就更可能在下一阶段技术竞争中占据主动。

■ 面向电力工业的原生AI技术体系

电力工业AI的关键在于构建能够长期运行的智能原生技术体系。在电网运行、设备运维与电力市场等核心业务中,智能能力不仅需要完成分析与预测,更需要参与跨系统协同与实时决策,特别是在涉及复杂物理过程和大规模数据处理时,科学计算能力显得尤为重要。去年,笔者在文章《世界模型与科学智能融合,赋能新型电力系统》中就这一技术体系进行了初步探讨,提出了科学计算主要包括计算效率提升、计算范式升级以及科学原理发现三个层面,强调了科学计算与世界模型之间的共生共长关系。因此,电力工业AI的建设重点不在单一模型能力,而在于形成贯穿数据理解、知识推理与任务执行的系统化技术结构。“电鸿+工业AI”的价值,就在于为这一结构提供高质量的数据底座和高可靠的执行保障。在此基础上,智能能力不仅依赖于大模型的计算支撑,还需借助世界模型的推演与模拟,才能在安全约束下稳定运行,并在不同业务场景中持续复用与演进。

电力业务本体建模,是原生AI体系的认知基础。电力系统数据具有多源异构、

跨层级特征,既包括SCADA、PMU、继保护和配网自动化等时序数据,也包括设备台账、检修记录、缺陷工单、图像云以及气象地理信息等非结构化数据。原生AI体系需要通过数据资产化和统一语义建模,将分散数据转化为机器可理解、可推理、可调用的资源,并借助业务本体对设备对象、拓扑关系、运行约束和风险规则进行标准化描述,进一步沉淀知识图谱和规则体系,支撑智能体开展跨系统推理与协同决策。

大小模型与智能体协同,是自适应电力AI的核心架构。大模型负责复杂语义理解、任务规划和跨系统信息整合,小模型承担潮流计算、状态评估、故障诊断和风险预测等专业分析,智能体负责流程编排、工具调用和能力调度,使不同模型与工具在统一框架下协同运行。结合电鸿这样的行业级物联底座,电力工业AI还可向边缘延伸,形成“云侧持续学习、边缘实时决策、协同可靠决策”的闭环能力体系。

自主可控与安全可靠,是电力原生AI体系建设的根本前提。电力系统作为关键基础设施,任何智能能力引入都必须满足严格的可控要求和安全约束。为此,需要通过规则校验、权限控制和人机协同机制,确保智能体决策始终处于可监控、可回溯、可干预的工程边界内。同时,也必须重视智能体系统可能带来的网络安全风险。例如,围绕OpenClaw等智能体框架的快速传播,工信部相关机构已提醒防范潜在的网络安全隐患。对电力行业而言,原生AI体系建设必须坚持自主可控原则,在安全架构、数据治理和模型部署等层面形成系统化保障,使智能能力既能持续演进,也始终服务于电网安全稳定运行。

■ 面向未来发展的前瞻性思考

AI发展正进入能力跃迁与安全约束并行的新阶段。2026年初,被誉为“深度学习之父”的Geoffrey Hinton指出,当智能体在目标优化框架下运行,可能自然衍生“避免被关闭”的倾向,这并非恶意,而是

工具理性的延伸。他还指出,数字智能之间的信息共享效率远高于人类语言交流。在这一视角下,问题不再是AI是否更聪明,而是能否在工程上构建稳定、可靠、可控的安全约束结构。

AI竞争的核心正在从模型能力转向系统结构。与Hinton的警示形成呼应,“强化学习之父”Richard Sutton认为,当下大模型本质上仍是“weak minds”,其能力主要来自人类数据训练,而非基于环境交互的持续学习。真正的智能,应在与环境互动中不断成长,并形成世界模型和长期能力结构。两位学者的观点虽有差异,却共同说明:未来竞争的关键,不在单一模型上限,而在智能系统的组织方式。对工业领域而言,尤其如此。

AI的最终目标是成就人类,而不是取代人类。它应当把人从重复、繁琐和高危劳动中解放出来,使更多精力转向创造性和高价值工作。为实现这一目标,AI必须具备完整能力结构,包括持续学习的智能体、多步规划的世界模型、可复用的知识框架,以及跨任务迁移和自我优化机制。只有当这些能力成为系统内生结构,AI才能真正走出“weak minds”。

电力工业的原生AI探索正是这一目标的实践体现。在智能经济加速发展的背景下,电力系统通过构建可持续运行的智能结构,推动数据、模型与智能体在安全约束下协同演进,并在运行调度、设备运维和电力市场等关键场景中持续释放价值。未来技术格局的竞争,不再仅仅取决于模型能力的突破,而是构建稳定可靠、可持续发展的智能原生系统,并在能力扩张与安全约束之间找到平衡。真正的领先,终将属于那些既理解智能力量,也理解智能边界的系统建构者。而电力工业的原生AI正是这一变革的核心力量,它将为智能经济时代的到来提供强大的支撑,推动电力行业的持续创新与发展。

(作者系南方电网战略级专业技术专家、教授级高工,南网数字集团人工智能技术官)

算电协同推动中国Token出海

■ 沈红兵

2026年3月我国人工智能模型日均Token调用量突破140万亿,较2024年初增长超1000倍,较2025年底增幅超40%。全球人工智能大模型Token总调用量达20.4万亿,其中中国贡献7.359万亿,占比36%。我国人工智能大模型周度Token调用量已连续多周超过美国,成为全球人工智能应用活跃度最高的国家。Token出海实现了“电不出网、算力不离境、价值全球流动”的新型贸易形态。2026年政府工作报告明确提出:“实施超大规模算算集群、算电协同等新基建工程,加强全国一体化算力监测调度,支持公共云发展”,同时强调“以碳达峰碳中和为牵引,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,增强绿色发展动能”。绿色电力与算力作为数字经济与能源转型的核心双轮,正从国内融合共生迈向全球价值输出,以算电协同为底座,推动中国数字能源技术、标准与服务体系走向世界,助力中国Token实现全球化流通与价值变现,开辟能源数字经济出海新赛道。

算电协同是中国Token出海的核心底座

算电协同是电力与算力深度耦合、双向赋能的新型产业形态,既为国内数字能源生态筑牢根基,更成为中国Token出海的核心竞争力与价值载体。

电力托底筑牢中国Token出海的绿色根基。电力是算力的基础保障,更是中国Token绿色价值的核心来源,为全球数字能源资产提供可信、低碳、稳定的底层支撑。

满足全球Token出海的绿电刚需。全球生成式AI、大模型训练带动智能算力需求爆发,数据中心能耗与碳排放成为产业出海的核心约束。中国依托“沙戈荒”新能源基地、水电、核电等大规模绿电资源,非化石能源消费占比已达21.7%,为Token出海提供充足绿色电力供给。预计到2030年,中国数据中心绿电占比将超80%,以绿电直供、源网荷储一体化模式,为全球算力中心提供低碳电力保障,让中国算力Token具备“零碳”

核心价值。

提供能源数字资产的可靠数据支撑。中国电力系统拥有发、输、变、配、用全环节海量、高价值数据,涵盖新能源出力、电网运行、用户用电、碳足迹等多维度信息,数据真实性、完整性全球领先。这些数据经脱敏、确权后,可转化为数字能源Token的核心资产,为全球能源数字经济提供可信数据源,支撑绿电Token、碳Token、算力Token的价值核算与流通。

构建全球算力布局的电力配套网络。中国特高压、智能电网技术全球领先,已建成全球规模最大的清洁电力输送网络。依托“东数西算”工程经验,可在全球绿电富集区(如东南亚水电、中东光伏、南美风电)布局算力中心,通过电力与算力协同输送,将中国电力技术、电网运营标准输出海外,为中国算力Token、绿电Token的全球化布局提供基础设施支撑。

算力赋能激活中国Token出海的数字价值。算力是电力数字化转型的关键引擎,更是中国Token出海的技术核心,通过数字化、智能化赋能,提升能源数字资产的全球竞争力。

支撑Token的精准计量与可信流转。

算力结合区块链、人工智能技术,可实现绿电、算力、碳资产等Token的全生命周期精准计量、实时监测与可信溯源。通过部署自主协同的能源智能Agent,对全球分布式新能源发电、算力负荷、碳排放量进行实时核算,确保Token价值的真实性与稳定性,解决全球能源数字资产流通中的信任难题。

提升Token的全球适配与服务能力。算力赋能电力系统实现源网荷储协同调控,可快速适配全球不同区域的电力负荷特性、新能源禀赋与算力需求。针对东南亚、中东、欧洲等不同市场,提供定制化算力服务、绿电消纳方案与能源管理系统,让中国Token(如算力服务Token、绿电交易Token)适配全球能源数字经济场景,拓展海外应用空间。

推动Token的技术标准与生态输出。中国在算电协同领域已形成完整技术体系,涵盖智能电网、算算集群、能源大数据、区块链等核心技术。依托算力技术优势,推动中国算电协同技术标准、数据接口规范、能源数字资产交易规则走向全球,构建以中国技术为核心的全球能源数字经济生态,让中国Token成为全球能源数字经济的主流流通载体。

算电协同推动中国Token出海的实践路径

立足算电协同国内融合基础,聚焦全球能源数字经济需求,从顶层设计、产业布局、技术创新、市场机制四方面发力,推动中国Token高质量出海。

一是强化顶层设计,构建Token出海的支撑体系。围绕全球能源转型与数字经济发展趋势,加强算电协同与Token出海的顶层谋划。出台中国能源数字资产出海专项政策,明确绿电Token、算力Token、碳Token的海外流通规则、监管框架与价值标准;加强跨部门、跨区域协同,联动能源、数字经济、外交、金融等部门,建立Token出海的政策协调机制;推动算电协同技术标准、能源数据安全规范与国际接轨,参与全球能源数字经济治理,为中国Token出海营造良好国际政策环境。

二是优化全球布局,打造Token出海的算电产业集群。结合全球绿电资源与算力需求分布,构建“中国总部+全球节点”的算电协同产业布局。在国内打造算电协同核心研发与运营基地,输出技术、标准与服务;在全球绿电富集区(如中亚、东南亚、

南美)布局海外算力中心与绿电配套项目,形成“绿电生产—算力加工—Token输出”的全球产业链;依托共建“一带一路”倡议,与共建国家共建算电协同基础设施,推动中国算力Token、绿电Token在区域内优先流通,打造全球能源数字经济合作样板。

三是突破核心技术,夯实Token出海的创新底座。聚焦算电协同与Token技术核心瓶颈,加大关键技术研发投入。突破新能源高精度预测、源网荷储智能调度、能源大数据隐私计算、区块链跨链交互等核心技术,提升Token的技术安全性与价值稳定性;研发适配全球场景的算电协同操作系统、能源数字资产交易与清算平台,实现Token的全球实时交易与清算;推动电力大模型、能源人工智能技术出海,依托分布式调度Agent实现跨区域算力资源动态优化,为海外Token应用提供智能化支撑,增强中国Token的全球技术竞争力。

四是创新市场机制,畅通Token出海的流通渠道。构建市场化、国际化的Token流通机制,推动中国Token实现全球价值变现。搭建全球能源数字资产交易平台,支持绿电Token、算力Token、碳Token的跨境交易与结算;推动Token与国际认证、碳信用体系互认,拓展Token的全球应用场景;鼓励能源企业、算力企业、金融机构联合出海,创新Token融资、质押、保险等金融服务,激活Token的全球市场流动性;通过需求侧响应、虚拟电厂等模式,让海外Token参与当地电力市场交易,实现Token价值的本地化落地。

算电协同推动中国Token出海,既是中国能源数字经济高质量发展的必然选择,更是对全球能源转型与数字经济融合的重要贡献。对内,以出海倒逼算电协同技术升级与产业创新,激活国内能源数字经济新动能;对外,输出中国绿色低碳、数字智能的能源发展方案,为全球应对气候变化、推动数字经济发展提供中国智慧与中国方案。

站在“十五五”开局之年,算电协同已从国家新基建工程迈向全球价值输出新阶段。以算电协同为核心,推动中国Token扬帆出海,必将助力中国在全球能源数字经济竞争中占据主动,为构建人类命运共同体贡献能源数字力量。

(作者系重庆工商大学经济学院教授)



图片由AI生成