

高质量建设数字电网， 引领绿色化、数字化协同发展



■张俊龙

党的二十大对新时代我国能源发展作出全面系统部署，明确深入推进能源革命、加快规划建设新型能源体系、确保能源安全等重大战略决策。国家发改委、国家能源局要求准确把握电力系统技术特性和发展规律，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，推动实现碳达峰碳中和目标。南方电网近年来以数字电网为关键载体，加快构建新型电力系统、助力建设新型能源体系，以数字化引领绿色化发展、以绿色化带动数字化升级、服务数字中国建设以及绿色低碳发展大局，支撑经济社会高质量发展。

数字电网建设推动绿色低碳转型， 助力“双碳”目标实现

《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》与《2030年前碳达峰行动方案》，明确2030年前碳排放达峰、2060年前实现碳中和的愿景目标，强调将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面。2023年7月，中央全面深化改革委员会第二次会议提出，要加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统，更好推动能源生产和消费革命。能源是经济社会发展的重要物质基础，也是碳排放的最主要来源。加快建设新能源占比逐渐提高的新型电力系统的同时，需提升电力系统综合调节能力，推动清洁电力资源大范围优化配置，以实现到2030年，全国风电、太阳能发电总装机容量超过12亿千瓦，非化石能源消费占比达25%左右，重点耗能行业能源利用效率达到国际先进水平，二氧化碳排放量达到峰值并实现稳中有降。

数字电网技术以数据为纽带、“电力+算力”为支撑、算法为驱动，促进新能源安全高效并网、海量资源精准调控以及全链条能效降低，助力构建新型电力系统“多能协同互补、源网荷储互动、多网融合互联”的新形态，建设清洁、低碳、安全、高效的新型能源体系。在电源侧与电网侧，针对新能源随机性、波动性、间歇性等带来的挑战，数字电网通过多维感知和大数据应用，强化电网数字孪生建设，提升新能源发电精准预测和场站科学控制，优化电力系统运行状态敏捷响应与智能调节，提高对分布式电源的承载力以及新能源消纳水平。在用户侧，数字电网结合能源大数据分析，支撑智能用电业务开展，促进供需互动，引导不同类别用户科学、节约用电，从生产方式到生活方式推动绿色低碳转型。

通过数字电网建设推动能源电力从生产、传输到使用的绿色低碳转型，效果显著。截至2022年年底，南方五省区可再生能源发电利用率超过99%，基本实现电网全额消纳，同时风、光等新能源装机规模突破1亿千瓦，与“十四五”开局相比实现翻一番；以“夸父”为代表的数字化仿真系统，为风电场、光伏电站、分布式光伏和调度机构等提供不同时间维度的预测服务，准确率在符合国家标准基础上再提高3%至7%；推动终端能源清洁低碳高效利用，南方五省区电能占终端消费比重

达32%，较全国平均水平高约5个百分点，基本建成现代供电服务体系，南方区域充电基础设施已基本实现乡镇全覆盖。

引领“电力+算力”协同发展， 带动新型数字基础设施建设

要充分发挥海量数据和丰富应用场景优势，促进数字技术与实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式，不断做强做优做大我国数字经济。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《“十四五”数字经济发展规划》等提出以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革，围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑，布局建设信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施等新型基础设施，提升基础设施网络化、智能化、服务化、协同化水平，加快推进能源、水利等领域基础设施数字化改造，促进能源生产、运输、消费等各环节智能化升级，以数字技术促进融合发展。当前，我国已建成全球规模最大、技术领先的信息基础设施，数字经济、数字中国的底座持续完善，新一代数字化、智能化技术在能源领域的应用越来越广泛。

数字电网综合运用“云、大、物、移、智、链”等新一代数字技术，以能源和数据为关键要素，以电力和算力深度融合为技术路径，贯通“源、网、荷、储”全环节，是具备广泛连接、全息感知、数智驱动、开放共享等基本特征的电网形态。通过数字电网多环节、多元融合的场景，丰富了数字基础设施的落地应用，推进“5G+电网”、“北斗+电力”等数字化技术与电力应用深度融合并形成示范，带动智能充电桩等新型基础设施配套投入，助力构建光纤共享、基站共享、多站合一等新形态，驱动新型数字基础设施集约化规模化发展。与此同时，随着大规模新能源接入、用电负荷需求侧响应等业务快速发展，各类电力终端、用电客户等海量设备需实时监测或控制，所产生的海量数据带动“云、管、边、端”的建设与应用，带动提升数据供给与运营效率，打造IT（信息技术）、CT（通信技术）、OT（运营技术）深度融合新生态。

近年来，南方电网积极落实国家新基建战略部署，牵头打造能源领域首个5G新基建项目，建成“5G+数字电网”示范区，围绕5G在数字电网领域的新技术、新模式、新应用，完成“发输变配用”多类业务场景的实证与建设，应用规模全国领先；按“3+1+X”的架构建设布局合理、经济适用、集约高效、绿色节能的新型数据基础设施，推进南方能源数据中心建设，主动融入“东数西算”工程和全国一体化算力网络国家枢纽节点建设；基于一体化“南网云”初步实现全域数据在数据中心实时统一汇聚、全面融合，全面打造云边融合的数字基础设施；系统打造“1+3+N”产品体系和“赫兹数智”数据品牌，创新性地以“责权利、量本利”为主线构建了能源行业首个数据资产管理体系，上线双碳大脑、电力看征信等330个大数据分析应用，数据资产凭证全面推广，以电力数据为纽带加强与国家部委、南方五省区开展政企业务协同、社会治理应用，数据要素价值得到有力释放。

打造数字电网技术装备产业链， 带动上下游创新发展

随着“能源消费电力化、电力生产低碳化、生产消费信息化”加速演进，能源电子既

是能源生产、存储和利用的物质基础，也是实施制造强国、数字中国战略的重要技术底座。工信部、国家能源局联合发文推动能源电子产业发展，从供给侧入手、在制造端发力、以硬科技为导向、以产业化为目标，加强产业链上下游协同，促进“光储端信”全链条融合创新，统筹推进产业集聚发展。2023年9月，国务院国资委召开主题为“共建新机制、共筑新基础、共享新成果、共创新生态、共谋新发展”的共链行动启动会，推动中央企业与各类所有制企业聚焦主业、协调联动、互利合作，积极补链、强链、固链，引领产业链上中下游企业融通创新，切实提升我国产业链韧性和竞争力，打造具有世界水平的现代产业集群，共同向价值链中高端不断迈进。

能源电子、电力工业等是关系国计民生、国家安全的重要基础产业，建设并完善数字电网技术装备产业链意义重大、任重道远。数字电网技术装备涵盖云、管、边、端、芯的环节，包含工控芯片、智能传感、人工智能等基础技术和元器件。这些既是数字电网面临的“卡脖子”关键点，也是整个数字产业技术发展面临的瓶颈。数字电网建设带动电力工控芯片、智能传感器、数字化运营平台、特高压直流套管等核心装备，推动构建高效产业链供应链。同时，电网企业作为能源产业链中的“链主”，成为赋能打通产业链上下游堵点断点、推动全产业链协同转型的关键枢纽和重要力量，凝聚强大合力推进跨组织、上下游协同等创新模式的形成，有效解决在产业链上单个企业仅凭自身难以应对的问题，增强产业链供应链韧性和竞争力。

南方电网日前发布国内首个电力物联操作系统“电力鸿蒙OS”，首次实现一套系统兼容跨类型、跨品牌的能源电力设备，以及即插即用、海量数据互联互通，合作互连生态伙伴涵盖国内主流芯片、模组、终端厂商等。作为数字电网的重要物联平台，预计到2025年系统覆盖终端规模超亿级，全面带动电力行业物联终端领域产业链升级。与此同时，南方电网公布了《公司数字电网技术装备产业链融通发展共链行动需求—供给清单》（以下简称《需求—供给清单》）、《公司数字电网技术装备产业链专利开放许可清单》（以下简称《产业链专利开放许可清单》）。其中，《需求—供给清单》包括需求类的“供需匹配、协作配套、创新合作、资源共享、产业赋能”以及供给类的“协作配套、创新合作、产业赋能、产融结合”，两大类合计共56项，共建新生态、培育新优势；《产业链专利开放许可清单》涉及专利27项，许可期1年，探索面向产业链上下游企业建立利益最大化的专利技术分享模式，从而有效带动产业集群、拉动创新发展。南方电网以数字电网技术装备现代产业链共建为契机，着力推动中央企业产业链协作、与中小企业协同融合，加快推进数字电网技术装备产业链现代化，构建并输出一批可复制、可推广的南网解决方案。

未来，南方电网将继续发挥海量数据和丰富应用场景优势，推动电力技术与现代信息、新材料和先进制造技术深度融合，探索电力生产和消费新模式，助力国家建设新型电力系统与新型能源体系，持续以数字化培育新动能，以新动能推动新发展，在能源强国、数字中国的建设浪潮中谱写时代新篇章。同时，加快推进能源电力产业基础高级化、产业链现代化，为谱写中国式现代化新篇章贡献南网力量。

（作者供职于南网数字集团数字化规划研究中心）

■徐东杰 董博 武震 王嘉珮

2023年6月，国家能源局发布《新型电力系统发展蓝皮书》，将新型储能作为构建新型电力系统的重要装备，提出新型电力系统构建需要不同时间尺度、规模化新型储能的支撑，未来新型储能应用场景丰富，发展潜力巨大。目前，新型储能产业发展仍处于初期，需要加强产业链供应链安全保障，推动相关技术加快产业化，促进产业壮大，带动成本下降，更好支撑新型储能在新电力系统中的大规模应用。

■ 各类新型储能发展差异大

新型储能是除抽水蓄能外，以电力为主要输出形式的储能技术。截至2023年上半年，我国新型储能累计装机规模超过1700万千瓦，较去年年底翻番，预计2025年装机规模将超过5000万千瓦。目前，各类新型储能发展情况差异较大。锂离子电池储能装机占比超过95%，产业链环节较为完备，产能不断扩大；压缩空气储能、液流电池储能、飞轮储能产业链初步构建，形成了一定规模的产能；钠离子电池、重力储能等新型储能产业链环节仍在不断完善。由于各类新型储能技术原理不同，涉及的材料、设备差异较大，各产业链之间相对独立，更需要加强对新型储能产业发展的研究和谋划。

■ 新型储能产业发展面临多重难题

一是新型储能供应链稳定性水平有待提升。电化学储能涉及到的碳酸锂等原材料供应保障仍存在风险，芯片、碳纤维毡等关键部件的自主化率水平有待提升。我国锂资源储量有限，目前约80%的锂原料依赖进口，地缘政治、产业竞争和矿产产能等因素均影响碳酸锂的供应和价格，中长期来看，自给自足难度仍然较大。全钒液流电池上游钒矿资源较为丰富，但目前我国采用以钒矿为原料的策略，钒矿产能和价格仍是目前制约全钒液流电池产业发展的主要因素。AFE芯片、碳纤维毡单体材料均为进口产品，国内技术仍不够成熟，相关环节的供应链有待完善。

二是新型储能技术创新和转化能力仍需加强。技术创新是我国新型储能产业发展的基本支撑条件，当前，我国各类新型储能技术成熟度有待提升。锂离子电池在循环寿命、储能系统安全性、系统友好性等方面仍有提升空间；压缩空气储能需要进一步提升系统效率、储气技术等级；液流电池储能需在优化系统集成、提升关键部件的性能等方面有待突破。重力储能、氢储能、热储能等新型储能技术的成熟度更低，需要加快前沿技术的工程转化。

三是新型储能成本仍处于较高水平。与抽水蓄能相比，新型储能总成本仍处于较高水平。锂离子电池储能技术经济性相对较好，全生命周期度电成本约为抽水蓄能的两倍左右。压缩空气储能度电成本已逐渐接近锂离子电池储能，未来仍需通过规模化效应，提升关键指标，不断降低成本。全钒液流电池储能成本中电解液占总成本的50%以上，受钒矿及相关产品价格影响，短期内下降难度较大。其他新型储能技术成本仍相对较高，亟需加速技术更新迭代，通过规模化应用促进成本下降。

四是电化学储能安全风险依然存在。电化学储能安全风险主要包括电芯本体的本征安全风险、储能系统中热失控和热蔓延过程安全风险以及储能电站运维安全风险等。其中，电芯本体的安全风险是问题根源，过程安全风险是助推剂，运维安全风险是潜在危险因素。目前，国内相关技术研发主要集中在过程安全和运维安全环节，在本质安全的电池技术方面仍待攻关。

■ 多角度发力推动新型储能产业高质量发展

首先，加强新型储能关键技术装备研发，推动产业升级。建议加快新型储能关键技术和装备研发，推动电池管理系统芯片、膜电极、膜材料等生产工艺创新，加强300MW级压缩空气储能系统关键核心装备研发，推动新型储能产业向高附加值、高效益、高品质升级。同时，推动适合新型电力系统的新型储能技术研发应用，积极开展二氧化碳储能、重力储能、抽汽蓄能等新型储能技术装备示范应用，推动新型储能规模化发展，加速新型储能产业化进程。

其次，开展新型储能供应链安全风险评估，建立可靠性保障机制。建议系统梳理新型储能产业链的主要环节，识别重点环节，跟踪薄弱环节，分级建立可靠性保障机制。对于锂资源及材料、钒资源及材料、地下资源、芯片等重点环节，建立供应链安全风险评估机制，定期开展运行监测，加强整体抗风险能力。同时，完善保障产业链供应链可靠性相关政策，充分发挥政府宏观调控作用。

再次，优化新型储能产业布局和结构，推动产业规模壮大。建议结合地区资源禀赋、产业基础等条件，优化新型储能产业区域布局，整合产业链上下游资源，建立多个新型储能产业集群，促进区域产业发展和经济增长。鼓励锂离子电池等较为成熟的储能产业链上下游垂直一体化整合发展，壮大优势产业。培育和延伸重力储能、氢储能、热储能等处于发展初期的储能产业链的配套产业，补齐产业链条。

最后，健全新型储能产业管理体系，完善储能价格机制。建议建立健全新型储能标准体系，细化新型储能项目管理机制，加快新型储能在规划设计、项目准入、并网验收等方面的安全技术标准制定。研究电网侧独立储能容量电价机制，重点考虑在电力系统中与抽水蓄能发挥同样峰谷调节和支撑保障作用的压缩空气储能电站等大容量储能形式，保障新型储能电站合理收益。

（作者均供职于电力规划设计总院）

以新型储能助力新型电力系统建设

四措并举，让“双积分”政策继续“加分”

■虞先玉 惠智灵 陈思华 桑秀芝

为推动和扶持新能源汽车产业持续向好发展，我国于2017年推出《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》（以下简称“双积分政策”），将乘用车企业平均燃料消耗量积分和新能源汽车积分并行管理，通过市场化机制促使乘用车企业转型减排。今年，为进一步引导积分交易市场平稳运行，工信部等五部门联合发布《关于修改〈乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法〉的决定》，调整新能源车积分计算方法，引入“积分池”管理制度。当年度新能源汽车正积分与负积分供需比超过2倍时启动积分池存储，允许企业按自愿原则将新能源汽车正积分存储至积分池，进一步稳定积分市场价格、平衡市场供需。

相关政策的实施，在普及乘用车节能技术、规范乘用车企业生产行为等方面初见成效：国产乘用车每百公里平均油耗由2017年的6.76升降至2021年的5.13升，新

能源汽车产量也从2017年的59.3万辆迅速增长至2022年的705.8万辆。新政的相继出台，对进一步稳定积分交易市场供需平衡，引导乘用车企业高质量转型具有重要意义，也为国内新能源汽车产业可持续发展指明方向。

相较于传统的新能源汽车补贴政策，双积分政策并不直接与消费者利益关联，而是依托市场机制，在新能源汽车供给侧进行调控。但是在充电桩建设、售后服务有待完善的现实条件下，双积分政策的实施并不能有效提升消费者购买新能源汽车的意愿。在当前政策背景下，乘用车企业获得新能源积分的途径主要有扩大生产规模和推动技术升级两种。在实际决策中，乘用车企业大多选择扩大生产规模这一方式，在推动技术升级方面的投入较少，这导致双积分政策对促进汽车行业节能减碳的实际作用有限。此外，当前全球汽车产业加速电动化转型，我国新能源汽车产业进入规模化发展新阶段，面对消费市场和汽车产业快速发展、持续变化的新形势，新政

策仍存在局限。例如，积分池制度的落实缺乏相应的配套管理制度支持，难以对企业交易过程进行合理规范；新政内容的实施缺乏效用评估机制的科学监管，不利于对动态变化的市场需求和产业发展形势作出及时响应和灵活调整。基于以上分析可以看出，双积分政策在推动我国新能源汽车产业发展过程中取得了积极效果，但其实施与落实还处于探索阶段，仍有进一步提升的空间。

一是需要落实双积分政策的角色定位。双积分政策不能完全替代传统消费补贴政策在汽车需求侧发挥的激励作用，需要进一步落实其规范汽车行业低碳发展行为的角色定位。一方面，可以将原先针对消费者的购置补贴逐步转向针对企业研发的激励性补贴和基础设施建设投资补贴，使其与双积分政策协同发展；另一方面，未来相关部门应根据汽车行业的发展情况，持续动态优化积分考核标准。例如，提升新能源汽车生产比例要求，增强双积分政策的考核力度，不断规范汽车行业的低碳生产行为。

二是进一步促进汽车企业低碳技术创新。同大多数技术驱动型行业一样，新能源汽车行业需要重点关注技术的更新换代，双积分政策可以尝试引入与技术创新相关的考核指标，对技术进步同样实行赋分量化，拓宽企业获取正积分的渠道，引导企业在技术领域不断取得突破。同时，要严把考核、给分流程，优化考核、给分方式，防止新能源汽车企业盲目追求正积分，引导企业逐步从追求产量向追求创新转型，助推新能源汽车企业在低碳技术上取得突破。

三是逐步引入新制度的实施与评估机制。双积分政策的进一步修订有助于积分市场的持续平稳运行，但未来仍需进一步关注新制度的实施与落实，不断完善制度体系。例如，在积分池管理制度的实施过程中，可以明确规定积分交易中适用的税种和税率，为企业合法纳税提供依据，保障交易过程的规范性；另外，可以建立双积分政策评估机制，由相关部门与行业第三方对政策的实施效果进行阶段性跟踪评估，通过分析积分市场、汽车市场和消费者

市场三方的变动情况，关注积分价格的中长期走向，及时对制度进行调整。

四是做好双积分与减排交易的衔接设计。减排交易市场与双积分交易市场都是以引导企业节能减排为目的构建的市场，两者的链接和协同发展对我国汽车行业低碳发展具有重要意义。一方面，双积分政策可以关注并借鉴碳交易、绿证交易等减排交易的实施措施与交易原则，逐步实现汽车行业和电力行业等相关行业的横向链接；另一方面，在新能源积分核算方式上，可以纵向考虑汽车行业供应链上下游及消费环节，对汽车全生命周期的碳排放进行核算，将汽车企业新能源积分与碳排放有效衔接，推动汽车产业整体适时转型，促进我国汽车产业碳达峰碳中和目标的实现。

（虞先玉系南京航空航天大学经济与管理学院研究员、产学研主管；惠智灵系南京航空航天大学经济与管理学院硕士生；陈思华系南京航空航天大学经济与管理学院辅导员；桑秀芝系南京航空航天大学经济与管理学院副教授）