

智库圆桌(第10期·总370期)

扩大绿电应用推动绿色转型

近年来,我国绿电实现跃升发展,水电、风电、太阳能发电、生物质发电装机均居世界第一。截至2025年12月,全国光伏发电装机容量达12亿千瓦,同比增长35%;风电装机容量达6.4亿千瓦,同比增长23%;风电光伏累计装机超18亿千瓦,占发电总装机容量的47%。2025年底召开的中央经济工作会议提出,加快新型能源体系建设,扩大绿电应用。本期特邀专家围绕相关问题进行研讨。

推动绿电从规模扩张到质量提升

如何看待发展绿电的重要性?当前,我国绿电呈现怎样的发展特点?

2025年12月,可再生能源总装机超23亿千瓦,约占全国电力总装机的60%。具体来看,光伏发电装机规模为12亿千瓦,同比增长35%;风电装机规模为6.4亿千瓦,同比增长23%,海陆并举的开发格局持续优化;水电装机规模在4.5亿千瓦,抽水蓄能等调节性电源同步扩容,系统灵活调节能力显著增强。从新增装机结构看,2025年可再生能源发电新增装机4.52亿千瓦,占全国电力新增装机的83%,绿电成为装机增量的主体。与此同时,新能源新增发电量几乎覆盖全部新增用电量,2025年全口径风、光、生物质新增发电量占全社会新增用电量的97.1%。

绿电交易市场活力持续迸发。2025年绿电交易电量达3285亿千瓦时,同比增长38.3%,市场活跃度显著提升。绿证交易同步放量,交易量达9.3亿个,同比增长1.2倍,绿证作为绿色电力消费凭证的重要功能日益凸显。

大力发展绿电也为经济高质量发展提供新动能,尤其是与绿电开发利用相关的新产业、新业态的发展正在塑造新的经济增长极。新能源汽车、锂电池和光伏产品“新三样”出口增幅明显,在拉动我国经济增长、提升国际竞争力的同时,也为全球绿色转型作出重要贡献。

我国绿电规模持续增长,但也面临新能源项目布局分散、消纳能力不足等挑战。用好绿电推动全面绿色转型需从以下方面发力。

提升系统效能,构建融合发展新格局。当前,我国绿电发展需从追求规模扩张转向提升系统效能,转变开发、建设与运行模式,构建源

网荷储一体化、多能互补的融合发展新格局。具体而言,需着力推进“大基地+分布式”协同布局。在集中式开发方面,重点优化以戈壁、荒漠地区为主的大型风光基地建设,集约化布局光伏发电、新型储能等,提升电力系统的可靠性与经济性。在分布式开发方面,积极拓展光伏建筑一体化、交通能源融合等多元场景,使分散式新能源与集中式基地有效互补。与此同时,强化储能、氢能等关键技术的支撑作用。通过统筹推进抽水蓄能、新型储能等调节能力建设,提升高比例新能源电力条件下的电网消纳与适配水平,最终实现资源利用效率与能源系统韧性的双重跃升。

强化需求侧引导,确保新能源“发得出”更“用得好”。一方面,拓展多元应用场景,推动绿电消费向终端进一步延伸。在工业领域,重点推动钢铁、化工等高耗能行业实施清洁电能替代。交通领域通过完善充电网络,促进电动汽车与绿电协同。建筑领域积极推广光伏建筑一体化及高效热泵技术。此外,一些减排难度较大的行业,可采用“绿电+绿氢”耦合模式。另一方面,进一步健全可再生能源电力消纳保障机制,落实可再生能源消费最低比重目标。通过自发自用、绿电直连、绿证交易等方式引导绿电消费,将消纳责任权重落实到位,建立指标约束、市场交易、监管考核的闭环机制,促进绿电高质量发展。

随着绿电在能源结构中的地位日益巩固,我国电力系统从传统火电为主转向以新能源电力为主导,为经济社会高质量发展提供持续、稳定的绿色能源支撑。

建言

我国新能源发展正从早期的电力替代转向绿电与产业深度融合,这不仅是能源结构的调整,更是以绿色能源为驱动,培育新质生产力,重塑国家产业竞争力,奠定高质量发展根基的深刻变革,是产业规模扩大后应对系统性挑战的必然选择。

截至2025年12月,我国风电和光伏发电装机容量已达18.4亿千瓦,占全国发电总装机容量的47%。根据新一轮国家自主贡献目标,到2035年风电和太阳能发电总装机容量力争达到36亿千瓦。仅依靠提供绿色电力的单一价值实现路径已显不足,需通过多元化融合发展推动新能源产业不断壮大。在经济与产业层面,通过能源链、产业链、价值链的深度融合,能将新能源富集地区的资源优势转化为真正的产业优势和经济优势,从而优化生产布局,提升中国制造的竞争力。在能源系统层面,通过构建与新能源特性相匹配的新型电力系统,能够提升生产力的调节与保障能力,为构建新型电力系统提供坚实支撑。在国家战略层面,可协同推动降碳、减污、扩绿、增长,为经济社会发展全面绿色转型提供系统解决方案。

从电力替代到产业融合,我国新能源发展面临技术、产业、体制机制等方面挑战。

其一,在技术集成与支撑层面,新能源的波动性与间歇性对系统运行的挑战愈加严峻,而支撑深度融合的长时储能、智能调度等关键技术规模化应用尚不成熟、成本偏高。同时,跨领域融合对复合型技术及相关人才提出更高要求,部分核心设备与材料仍存在对外依赖情况。

其二,在产业生态与协同层面,“链而不紧”问题突出,上下游企业未能形成高效协同的创新网络。有些地区产业同质化竞争激烈,导致部分新能源制造业产能利用率不足,亟待建设完善高质量的产业链体系。此外,氢能等新兴领域的下游应用场景不足,基础设施尚不健全,制约规模化发展。

其三,在市场机制与政策层面,跨行业、跨部门项目审批需求高、协调难度大。融合类项目的技术标准、环保评估及监管责任体系仍待健全,从而增加企业的合规成本与运营风险。电力市场机制进一步建设的过程中,融合类项目公平参与并获取稳定收益的机制也有待完善。

绿色能源构筑高质量

其四,在经济性与投资层面,与清洁供热融合项目的投资成本较单一新能源项目高20%至50%,需在一定政策支持下才能具备较好的经济价值。同时,产业面临“高投入”研发与“低成本”生存之间的矛盾,前沿技术攻关需要耐心资本支持,现有金融体系的匹配度仍需提高。

实现绿电发展与产业低碳转型从简单供能到系统赋能的协同共振,关键在于构建以绿电为核心驱动力,深度重塑产业布局、技术范式和管理模式的生态系统。绿电将不再仅是能源产品,更是撬动产业革新、培育新质生产力的支点,塑造区域核心竞争力的支点,最终推动能源转型与经济发展在系统层面实现深度协同与良性循环。

在空间上,推动能源系统与生产系统就地融合。引导新能源产业链以及石油石化、钢铁等传统行业,向新能源富集地区优化布局,开展生产流程绿色化改造。积极应用绿电直连、源网荷储一体化、新能源就近接入增量配电网等模式,建设多能互补、清洁能源占比不低于90%的零碳园区,协同实现用能成本降低与新能源高效消纳,形成“以绿聚产、以产促绿”的良性循环。

在链条上,推动绿电价值向上下游延伸,孵化绿色产业集群并赋能全产业链低碳转型。一方面,利用低成本绿电培育绿氢等新业态,推动新能源与数据中心(绿电使用比例不低于80%)等新兴产业融合互促;另一方面,加快构建碳普惠体系,将绿色标准应用传导至整个供应链,驱动链上企业协同开展绿色转型。

在机制上,通过创新市场与政策工具,将绿电的环境价值精准转化为产业经济竞争力。完善全国统一电力市场体系,健全绿电绿证交易机制,推动绿证与碳市场有效衔接,加强企业绿电消费的认定核算,并将其转化为产品的低碳标签,从而提升市场竞争力,有效应对国际绿色贸易壁垒。

我国加快经济社会发展全面绿色转型,正将规模庞大的绿电装机优势,系统性地转化为产业核心竞争力,为培育新质生产力提供持久动能,为全球气候治理与经济社会发展提供中国方案。

(作者系电力规划设计总院新能源产业发展研究院院长)

更好优化绿电调度与应用

如何破解绿电消纳的痛点?数字技术在其中发挥了怎样的作用?

作用,促进绿电交易向智能驱动转型。

大力培育“人工智能+”电网等应用场景,带动智能微电网等新型能源基础设施建设蓬勃发展。智能微电网重在促消纳、拓场景,支持多元主体接入,融入终端用户绿色用能场景,促进新能源就近开发、就地消纳。国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于促进电网高质量发展的指导意见》,提出到2030年初步建成以主干电网和配电网为重要基础,以智能微电网为有益补充的新型电网平台。

针对绿电供需矛盾,还可利用数字技术,聚焦提升跨省跨区绿电交易的匹配效率、预测精度和自动化水平,推动实现“源-网-荷”协同优化。例如,建设全国统一绿电数字化交易平台。依托相关政策,推动跨省跨区交易平台互联互通,实现绿电交易信息的透明化、标准化和可追溯。通过支持证电合一交易,确保绿电消费数据真实、可审计,增强企业信任度。又如,推动和完善跨省跨区输电通道数字化调度。通过数字化手段动态优化特高压直流通道的输电计划,系统可根据企业实际绿电需求,自动协调送端省份的富余绿电,提升通道利用率,降低输送成本。再如,推广“数字孪生+区块链”溯源技术。应用数字孪生技术模拟绿电从发电、输送到消费端的全链条,结合区块链技术记录每一千瓦时绿电的来源与流转路径,实现碳足迹精准溯源。此外,还可推动用电需求智能感知与响应。在用户侧,通过数字化平台接入企业用电数据,结合气象、生产计划等因素,预测企业绿电需求趋势,自动推荐最优购电时段与来源,帮助企业降低用能成本。

同时,需进一步优化和完善绿电应用相关政策措施。推广和完善绿色电力证书制度和绿色电力交易机制,通过分时电价等经济信号,引导工商业用户调整用电行为,加快发展虚拟电厂,聚合分布式资源参与调峰。我国绿电供应能力持续增强,更好优化绿电供应与调度,解决绿电供需之间的矛盾,有助于构建和完善更清洁、更高效、更具韧性的现代能源体系,持续为高质量发展注入绿色动能。

充分发挥数字技术在新能源电网中的调度



完善交易机制激发内生动力

我国在完善绿电交易机制方面进行了哪些探索和实践?如何更好激发全社会消费绿电的动力?



时璟丽(国家发展改革委能源研究所研究员):随着绿电规模化发展,新一轮电力体制改革深化,我国绿电参与电力市场的范围和规模持续扩大。面向“十五五”,绿电将更大规模融入电力市场,成为全国统一电力市场中的重要主体和供给电源。为更好体现绿电的绿色属性和环境价值,促进绿色能源消费,我国建立并逐步完善绿电市场和绿证制度,已形成电、证有效协同的交易机制。

2021年,我国启动绿电交易试点,在中长期电力交易市场中设置绿电交易板块,绿电交易进入市场化阶段。此后,各地逐步推进多周期绿电交易,鼓励发用双方签订多周期绿电协议,稳定发电方收益预期,满足用电方对绿电的需求。绿证制度起步更早,2017年启动实施,初期定位是减少和替代可再生能源电价补贴。随着“十四五”时期风电、光伏发电等绿电实现平价和低价上网,绿证作为可再生能源电量环境属性的唯一证明,其定位转向引领绿电消费和支撑可再生能源电力消费量核算,目前已形成基本完备的绿证制度,建立起涵盖核发、交易、应用、核销的全生命周期管理机

制。近年来,我国绿电绿证相关机制建设及市场交易成效显著。

机制上实现电和证的有效协同。绿电的电能价值通过电力市场交易实现,环境价值则通过绿证交易体现。绿证核发覆盖所有可再生能源电力,绿证可在授权绿证交易平台进行单独交易,绿电交易采用证电合一的交易方式,相互协同的绿电绿证交易机制,能适应不同的绿电需求。

交易规模和消费主体数量迅速增长。2025年,绿电交易电量为3285亿千瓦时,同比增长38.3%。绿证市场交易规模持续扩大,全国共计交易绿证9.3亿个,参与绿证交易的消费主体超11万个,同比增长87.5%,高耗能、外向型、高新技术企业成为消费主力。

标准体系建设和国际互认取得积极进展。我国发布绿色电力交易章程、绿证核发和交易规则以及《绿色电力术语》等,正在推进多个行业标准制定。在国际互认方面致力于推动中国标准国际化,促进与国际主流认证体系深度融合,如《基于区块链的绿色标识应用标准》,这是我国主导的首个绿电交易领域国际标准。这些为我国绿证及使用绿电生产的产品走出去提供了有力支持。

更好利用绿电绿证交易机制支持经济社会绿色转型,当前还需解决供需不平衡、环境价值反映不充分等问题。例如,供需方面的省份间区域错配,“三北”和西南地区风光水等可再生能源电力供应充足,东中部地区用电负

势

荷,尤其是外向型企业和高新技术企业对绿电绿证有刚性需求。在推动新能源上网电量全面入市的情况下,各省份可持续发展价格结算机制电量对应的大量绿证被归入省内绿证专用账户,目前政策未明确这些绿证如何分配或交易,难以有效流通。绿电的环境价值也尚未在价格上真实体现。

为激发用能企业乃至全社会消费绿电的内生动力,建议立足绿色低碳转型大趋势,尊重市场规律,构建刚性约束、激励自愿、机制协同的多元推进体系。

一是区分地方责任和用能企业义务,压实地方可再生能源电力消纳和碳排放双控责任,并依据实际消纳的可再生能源物理电量进行监测或考核,同时尽快明确省内绿证账户上绿证的交易政策,以促进供需平衡。

二是在用户侧形成强制与自愿结合的绿电消费体系。对重点用能行业实施约束性绿电消费机制,逐年提升最低绿电消费比例,逐步扩大行业范围。鼓励政府部门和事业单位发挥示范引领作用,提升绿电消费比例。通过激励政策引导工商业企业和居民主动消费绿电,打造绿电工厂、绿电园区、绿电社区等,形成人人愿消费、人人能消费的良好氛围。

三是推进机制协同,体现绿电环境价值。加快推动绿电绿证与碳市场以及地方碳双控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等制度衔接,让绿电消费成为企业降低减碳成本的有效途径。

四是持续推动绿电绿证相关标准国际互认。拓展应用场景,为外向型企业、跨国公司及其产业链企业消费绿电提供便利,助力打造绿色产业链供应链。