

迈向全面覆盖： 碳市场扩围锁定减排新机遇

在“双碳”目标指引下，全国碳排放权交易市场正以“成熟一个、纳入一个”的原则有序扩容，绿色低碳技术创新迎来前所未有的市场机遇。同时，技术落地应用的瓶颈也亟待突破。为此，需推动关键技术跨越“死亡谷”，并通过完善碳定价机制、统一技术标准与碳核算方法，为绿色低碳技术构建可持续的商业模式。

●本报记者 郑萃颖

碳市场有序扩围

近日，生态环境部出台《2024、2025年度全国碳排放权交易市场钢铁、水泥、铝冶炼行业配额总量和分配方案》，全国碳市场扩围落地实施。随着钢铁、水泥、铝冶炼行业的纳入，全国碳市场覆盖的二氧化碳排放量占全国总量的60%以上。

生态环境部应对气候变化司负责人近期表示，生态环境部已启动化工、石化、民航、造纸等行业扩围的前期准备工作，将坚持“成熟一个、纳入一个”的原则，有序扩大覆盖行业范围和温室气体种类。计划到2027年，全国碳市场将基本覆盖工业领域主要排放行业。

生态环境部应对气候变化司司长应立表示，全国碳市场扩围将会驱动更多企业通过技术创新、节能技改、提升管理效益等方式减少碳排放，进而有效带动低碳、零碳、负碳技术的研发和投资，为重点排放单位的绿色低碳转型提供技术和资金保障。

当前，上市公司积极应对碳市场建设要求。首钢股份在11月投资者关系活动记录表中表示，从长期来看，钢铁行业纳入全国碳市场将成为增加绿色低碳含量、优化能源结构、促进劣势产能出清的“加速器”，把短期履约压力转化为长期技术革新动力，碳市场扩围和碳配额收紧趋势将倒逼钢铁行业从被动减排转向主动创新。

“钢铁行业纳入全国碳排放权交易市场体系成熟后，部分碳排放强度高的企业生产运行成本将被推高，高碳排放企业将面临配额不足的压力。为降低履约成本，企业必须进行技术改造，推广先进节能降碳技术。”首钢股份相关负责人称。

排放数字化

“在当前碳价格机制与全国碳市场建设深入推进的背景下，绿色低碳技术正迎来前所未有的市场机遇。这一机遇呈现系统化、协同化的发展趋势。”中国21世纪议程管理中心气候变化处长张贤对记者表示。

张贤认为，在可再生能源与电力系统领域，技术创新的重点正在转向多能协同与规模化应用。万江新能利用中深层地热井下换热技术，为沈阳华晨宝马动力总成工厂提供零碳供热，年减碳量达1.8万吨，成为地热能商业化应用的典范。此外，以“风光+储能+绿氢”为核心的零碳能源系统加速构建，为高耗能企业提供清洁能源解决方案。

节能与能效提升技术已成为当前活跃的创新板块。张贤介绍，台耀科技通过全方位减排措施和购买绿色权益，建成了实现碳排放100%抵消的近零碳工厂；国电南瑞等企业开发的智能电网调度自动化与综合能源服务平台，帮助高耗能企业实现精细化的用电控制与能效提升，有效降低单位产出的碳排放强度。

可持续金融学院联合创始人、亚洲气候科技创始人黄忠表示，工业减排的“插入式解决方案”备受关注，高效电机、余热回收等模块可直接嵌入现有产线，形成百亿元级、千亿元级的绿色工业技术服务市场。

此外，CCUS（碳捕集、利用与封存）等工业深度脱碳技术正从示范走向产业化。“随着钢铁、水泥、化工等难减排行业纳入全国碳市场，碳捕集、运输、封存及利用成套方案将迎来真正的规模化需求。”黄忠说。

张贤表示：“这类技术一旦实现成本突破和规模化应用，将成为高碳行业在碳配额持续收紧背景下重要的降碳工具。”

在绿色低碳技术与数字化技术融合应用领域，张军涛建议，应加强数据标准制定，提供专项补贴，加强人才培养，创新商业模式，将未来的节能收益转化为当下的投资动力。

打破技术应用瓶颈

中国节能协会副秘书长兼碳中和专业委员会秘书长张军涛表示，在当前绿色低碳发展背景下，以人工智能、物联网和大数据为核心的数据化技术迎来重大机遇。这些技术通过物联网传感器实时采集能耗数据，利用AI算法进行预测性维护、工艺优化和智能调度。云计算、数字孪生、AI等数字技术正在与传统低碳技术快速融合。“这种融合不仅提升资源的配置效率，还建立了产品全生命周期可追溯的碳管理体系，帮

助企业应对日益严格的绿色贸易规则，提升产品的绿色竞争力。”张贤说。

尽管绿色低碳技术创新前景广阔，但要走向规模化应用，仍面临诸多亟待突破的瓶颈。

而技术与成本是首要障碍。新一代储能、CCUS等前沿技术成熟度较低，初始投资和运营成本高昂等问题让企业望而却步。“许多技术需跨越从示范到规模化的‘死亡谷’，同时市场还缺乏能容忍技术迭代和现金流波动的长期耐心资本。”黄忠说。

与此同时，市场与商业模式的不成熟也制约着技术落地。“绿色技术的正外部性未能在价格方面充分体现。如果碳价格长期处于低位，波动过大，或绿色消费市场受到的重视程度不足，企业投入巨资进行技术改造和应用的动力就会不足。”张贤表示。同时，技术标准、碳核算方法、产品碳足迹标准缺失或不统一，会导致市场混乱，增加交易成本，甚至形成绿色贸易壁垒。

针对这些挑战，黄忠认为，可设立国家重大科技专项，建立中试平台和示范项目加速技术降本，同时整合政府引导基金、政策性金融工具、股权投资、风险投资等资金，为绿色低碳技术规模化应用提供长期资本支持。

此外，CCUS（碳捕集、利用与封存）等工业深度脱碳技术正从示范走向产业化。“随着钢铁、水泥、化工等难减排行业纳入全国碳市场，碳捕集、运输、封存及利用成套方案将迎来真正的规模化需求。”黄忠说。

张贤表示：“这类技术一旦实现成本突破和规模化应用，将成为高碳行业在碳配额持续收紧背景下重要的降碳工具。”



视觉中国图片



中核集团“和气一号”项目现场

本报记者 刘杨 摄

“核动力”蒸汽上线 碳足迹仅为燃煤1/600

●本报记者 刘杨

中核集团近日发布全国首个核能工业供汽（“和气一号”）碳足迹因子测算体系，填补了国内外的行业认证空白，为核能蒸汽赋予可量化的“绿色身份证”；同日，海南核电“和气一号”项目投产供汽，与江苏“和气一号”形成双示范格局，推动核能工业供汽正式迈入标准化、规模化发展新阶段。

中国证券报记者调研了解到，作为继核能民用供暖后的又一创新实践，“和气一号”凭借碳足迹仅为燃煤1/600的低碳优势、物理隔绝的安全设计，以及余热利用的高效模式，不仅为石化等高耗能产业提供了零碳解决方案，更在“双碳”目标指引下，为我国产业结构升级与能源结构转型注入了强劲的“核动力”。

填补行业认证空白

“核能供汽的低碳优势无可辩驳。”江苏省核电技术专家组组长周萍表示，“和气一号”核能供汽的碳足迹仅为燃煤热电联产蒸汽的1/600，天然气热电联产蒸汽的1/100，核能供汽比化工蒸汽低碳优势更突出，比天然气更绿色。

在全球绿色贸易壁垒日益深化的背景下，产品碳足迹数据已成为企业提升国际竞

争力的关键指标。此前，国内外尚无公开的核能供汽碳足迹研究成果，“和气一号”的测算体系填补了行业空白。

“在‘和气一号’碳足迹因子测算过程中，我们突破了多项难点，包括项目测算边界的确定、设备碳排放量的核算、关联设施碳排放量的分摊比例，以及如何体现蒸汽不同的生产方式、效率、品质特征等。”周萍介绍，这些难点的突破不仅确保了测算结果的科学性、真实性，也为后续核能供汽项目建设提供了宝贵的经验。

“此次发布的碳足迹因子，标志着我国核能综合利用从技术探索迈向标准引领。”专家表示，这一“标尺”的建立，让核能供汽的减排效应可量化、可核证，为后续全国范围内推广应用奠定了数据基础，更彰显了我国在清洁能源领域的技术话语权。

记者从业内了解到，当前，我国核能主要用于发电，部分用于居民供暖。“和气一号”首次实现国内核能大规模工业供汽，具有首创性和示范性，利用核电站产生的热能生产工业蒸汽，满足石化产业用汽需求，是降低综合能耗、减轻环境污染的一种新途径。

核能供汽版图扩容

碳足迹因子发布当天，海南核电“和气一号”实现稳定供汽，成为我国第二个投产的核

能工业供汽项目。该项目依托海南核电1、2号机组，最大供汽能力达每小时50吨，为中核产业合作示范区提供安全清洁的能源保障，也为海南自由贸易港建设注入绿色动能。

而作为先行者的江苏核电“和气一号”，自2024年6月投产以来，其已连续安全稳定运行超过1.1万小时，累计供汽突破440万吨。按照设计产能，该项目每年可提供480万吨工业蒸汽，相当于减少燃烧40万吨标准煤，等效减排二氧化碳107万吨，相当于新增植树造林面积2900公顷。对连云港石化产业基地而言，这意味着每年可节省70多万吨碳排放指标，为国家七大石化产业基地之一区域，架起“核能+石化”的绿色发展桥梁。

“提到核能，公众最关心的就是安全问题。”江苏核电经营计划处处长叶峰说，为破解公众的安全顾虑，“和气一号”构建了多层次安全防护体系。他用“烧开水+自嗨锅”的生动比喻，诠释了核能供汽的安全原理。

在技术设计上，项目采用田湾核电3、4号机组二回路蒸汽作为热源，通过多级换热技术实现能量转换。核电厂一回路、二回路与工业蒸气回路各自独立、物理隔绝，仅进行热量交换而无介质接触，如同“自嗨锅”的发热包与食物分离的设计，从根源上杜绝了安全风险。同时，系统配备的快速隔离阀可实时监测放射性数据，一旦出现异常，立即联锁关闭，确保整个系统安全运行。

能效提升显著

除了安全环保，“和气一号”还实现了能效大幅提升。“进入汽轮机做功发电的核能蒸汽热效率一般不超过40%，而用于生产工业蒸汽的热源蒸汽效率可达90%以上。从整体来看，‘和气一号’的实际热效率从37%升至42%，让原本可能浪费的余热转化为高价值的工业能源。”叶峰称。

上述模式为高耗能产业提供了低碳解决方案。据业内测算，若全国核电厂回收一半排放余热制备蒸汽，即可满足当地工业用汽需求，实现环境效益与经济效益双赢。

“和气一号”的突破不仅是单个项目的成功，更标志着我国核能综合利用进入规模化发展的快车道。根据行业规划，到2030年，全国将有超过30%的核电厂实现工业供汽功能，年替代燃煤超千万吨，推动核能与高耗能行业深度耦合发展。

目前，全球首个高温气冷堆与压水堆耦合工业供汽项目“江苏徐圩核能供热厂”已获国务院核准，福清核电蓝色产业园供汽项目已开工建设，漳州能源等单位也在积极推进相关论证工作。这一绿色生态链正从连云港向长三角、粤港澳等产业集群延伸，为更多高耗能产业提供可复制的零碳解决方案。

政策密集出台

绿色信托工具箱持续升级

●本报记者 吴杨

作为连接社会资本与实体经济的重要纽带，信托公司凭借制度灵活、工具多元的优势，在绿色信托领域持续发力，实现了业务规模与服务能力的双重突破。今年以来，从基础设施绿色升级到能源低碳转型，从传统信贷模式到股权投资创新，绿色信托通过多样化的金融手段，为实体经济绿色转型持续注入发展动能。

绿色信托规模稳步攀升

绿色信托的快速发展，离不开政策体系的不断完善与市场需求的强劲拉动。2025年以来，政策密集出台为绿色信托发展划定清晰路径。中国信托业协会发布的《绿色信托指引》《信托行业环境、社会和治理(ESG)披露指南》，明确了绿色信托的分类认定标准与信息披露规范，将绿色信托细分为资产服务、资产管理、公益慈善三大类，解决了此前业务界定模糊、操作标准不一的难题。指引新增绿色项目认定要素体系，从环境效益、资金流向等维度建立量化标准，为信托公司展业提供了可操作的行为规范。

政策红利持续释放的同时，绿色产业的巨大融资需求为信托业提供了广阔的市场空间。中国信托业协会披露的最新数据显示，2024年绿色信托资金主要投向基础设施绿色升级产业和能源绿色低碳转型产业，存续规模合计占比超60%。整体来看，2024年全行业新增绿色信托项目390个，同比增长21.50%，新增规模1779.44亿元，存续规模突破3000亿元。

在政策与市场的双轮驱动下，信托公司参与绿色业务的积极性显著提升。目前绝大多数信托公司将绿色信托作为转型核心方向，中信信托、外贸信托、重庆信托等机构绿色信托存续规模均实现稳步增长。

以外贸信托为例，该公司2025年9月发布的2024年度ESG报告显示，截至2024年末，绿色信托存续项目6个，规模合计超90亿元；运用自有资金投资绿色环保主题基金3只，合计实缴金额近3亿元。

全链条服务绿色产业

绿色项目普遍具有投资周期长、收益回报稳的特点，这与传统信托产品偏好中短期的期限结构形成了错配。为解决这一核心难题，信托公司通过产品结构与服务模式创新，构建起适配绿色产业需求的金融服务体系。

今年，华夏银行联合天合富家能源股份有限公司、华能贵诚信托，共同推出“天合绿电产业投资基金1号集合资金信托计划”及“睿夏绿电5号集合资金信托计划”。据介绍，它们共同构成了行业首单面向个人投资者的25年期主动管理型绿色股权投资信托。该项目通过真实股权转让模式，将募集资金投向河南、山东等5省的1.6万户农户的屋顶光伏电站，总投资超15亿元。这些分布式光伏电站总规模超过450兆瓦，每年可减少36.48万吨二氧化碳排放。同时，信托产品采用“长期持股+收益分红”的运作方式，既在一定程度上解决了绿色项目期限错配问题，又通过数字化管理系统实现了电费收益的透明化监管。

近年来，绿色信托保持稳定发展，形成了以绿色信贷与绿色资产证券化为核心，绿色股权、绿色债券及绿色基金为支撑的多元化绿色信托产品体系，在绿色服务信托、碳资产服务信托、绿色慈善信托等新型服务模式上实现突破。例如，华润信托推出“可再生能源补贴款证券化”产品，帮助发电企业盘活补贴应收账款；北京信托落地参与绿色科技上市公司重整投资的服务信托、江苏信托发行绿色定向资产支持票据助力绿色产业发展。

持续增强专业能力

值得注意的是，信托公司开展绿色信托业务面临结构性失衡、投研能力不足等挑战。记者了解到，从规模分布看，头部效应显著，部分中小信托公司因资源有限难以开展业务；从业务结构看，截至2024年末，传统绿色信贷仍占主导，存续规模922.19亿元，而绿色股权投资、绿色产业基金等创新模式规模尚小，分别仅为245.13亿元、79.92亿元。

“资产端低收益与资金端高成本的矛盾较为突出。”某信托公司业务总监坦言，绿色项目前期投入大、回报周期长，而信托资金对收益的要求较高，这种错配导致部分优质项目难以获得金融支持。此外，信托公司对新能源、碳资产等领域的投研能力不足，环境风险评估体系不完善，也制约了业务拓展。

受访人士普遍表示，信托工具的优势主要在于资金投向及机制灵活、业务创新能力突出，信托公司应结合自身资源禀赋，深度挖掘市场需求，加大对绿色细分领域投入，积极探索创新绿色金融产品和服务模式。

“十五五”规划建议提出，加快推动工业、能源等重点领域绿色低碳转型。伴随“双碳”目标深入推进建设，绿色信托的发展空间将持续拓展。复旦大学信托研究中心主任殷醒民表示，未来一个阶段，信托业要做好“五篇大文章”，落实重大决策部署。通过发挥信托制度优势与提升信托公司市场竞争力，以不断增强的专业能力和运用科技金融的实力，更好地服务于经济高质量发展。