

CBAM 落地驱动能源需求变革

■本报记者 苏南

4月7日，欧盟委员会正式公布了首个欧盟碳边境调节机制(以下简称“CBAM”)证书价格：75.36欧元/吨二氧化碳当量。价格的敲定，意味着全球首个“碳关税”从概念正式进入实操阶段。

CBAM证书价格是为了防止“碳泄漏”，确保进口产品承担与欧盟本土产品相同的碳成本。从2027年起，CBAM证书价格将每周公布一次，这意味着，CBAM证书价格未来将呈现震荡上行走势。在业内看来，随着2028年CBAM的不断扩容，会影响我国汽车零部件、家电、机械等行业出口。

CBAM 实施 传导特征明显

由于我国全国碳市场目前缺乏总量约束机制且免费配额比例较高，欧盟可能暂不认可我国企业的国内履约成本用于抵扣CBAM费用。

“从本质上讲，CBAM并非传统边境关税，而是欧盟针对进口产品设立的境内碳成本调节税，征管对象为欧盟内部进口商，核心在于平衡境内外企业碳成本、防范产业碳泄漏，进而以低碳标准重塑全球产业链分工格局。”电力市场研究专家洪博文对《中国能源报》记者表示，CBAM对国内的影响，主要体现在国际贸易与制造业领域，对能源需求产生一定结构性、阶段性影响，需要积极妥善应对，降低产业影响。

中央财经大学可持续发展国际研究中心主任刘倩表示，CBAM不是一个纯粹的气候政策工具，它是气候治理、产业竞争与多边贸易规则博弈三重逻辑交织的产物。因此，评估其对中国出口行业的影响，不能只算成本账，还要看规则博弈的走向。

“最直接的影响是成本。”刘倩分析，75.36欧元/吨的CBAM证书价格，是基于2026年一季度EU ETS配额拍卖均价确定的，每季度浮动。而中国全国碳市场目前

的碳配额价格约为79.5元人民币/吨，折合大约10欧元，两者之间存在约七倍的落差。这个落差之所以重要，是因为CBAM计算公式中允许扣减出口国“已付有效碳成本”。但欧盟至今未发布第三国碳价抵扣细则，也未正式认可中国碳市场为“有效碳定价机制”。

刘倩表示，这意味着，中国碳市场当前的制度安排与欧盟EU ETS在总量约束、配额有偿化程度和碳价水平上均存在明显差异，难以满足欧盟CBAM关于“已支付且可核算的有效碳价”的抵扣要求。即便国内履约成本得到部分认可，其可抵扣额度相对CBAM全额碳价也十分有限——据测算，钢铁行业在完全认可情形下平均仅能抵扣CBAM成本的约8%。中国出口企业由此可能在国内碳市场合规成本之外，再叠加承担欧盟CBAM的大部分碳价，形成国内外碳成本的叠加压力。具体到行业层面，影响是分层递进的。以钢铁行业为例，2026年CBAM因子仅2.5%，附加成本约3.75欧元/吨，短期冲击有限；2029年升至22.5%，2030年达48.5%，到2034年免费配额全面清零后达到100%，届时高炉钢的单吨附加成本将飙升至140至160欧元。Mysteel的测算显示，CBAM全面实施后，中国钢铁和铝行业每年需支付碳关税32亿至35亿元人民币。

欧盟CBAM按照明确节奏分阶段落地，影响范围与约束强度逐步提升，对我国整体呈现由局部到全链条的传导特征。洪博文分析，真正的挑战在于2028年1月1日开始的全面扩围与强制履约阶段。届时，CBAM将新增近180类钢铝密集型下游产品，涵盖机械设备、汽车零部件、金属构件、家电等制成品，更为关键的是，外购电力间接排放将全面纳入核算体系。经初步测算，扩围后受影响产品占我国对欧出口比重将提升至25%至35%，直接触及我国对欧出口的核心基本盘。2028年之后

CBAM约束显著增强，且由于始终聚焦于高耗能、高用电、出口导向型领域，虽不会对我国宏观经济、就业及贸易大盘形成系统性冲击，但对特定产业链的“定向挤压”效应将全面显现。

驱动能源需求 及经济性逻辑变革

CBAM通过碳成本约束，在能源领域最直接的体现是能源需求结构加速分化与用能经济性逻辑的根本性变化，两者共同推动能源形态发生阶段性、针对性的深度调整。

在刘倩看来，75.36欧元/吨的证书价格，表面上是一个贸易成本问题，但实际上正在改写全球能源密集型产业的经济性计算逻辑。绿电从“环保选项”变为“生存刚需”。在CBAM框架下，产品的碳足迹直接决定了其进入欧洲市场的成本门槛。这意味着，用什么能源生产，不再只是环保问题，而是直接影响产品定价和市场准入的商业问题。过去，企业使用绿电意味着承担更高的能源成本。但在CBAM的倒逼下，这个逻辑正在发生逆转。以铝行业为例，使用煤电生产一吨铝的二氧化碳排放约为12至15吨，使用水电或风电可以将排放降低80%以上。按照75.36欧元/吨的CBAM证书价格和2034年100%的CBAM因子计算，仅碳关税一项，煤电铝与绿电铝之间的成本差距就可能达到700至900欧元/吨，这个数字足以彻底改变铝行业的竞争格局。

“CBAM的影响不仅限于电力替代，还将加速新型清洁能源的商业化进程。”刘倩表示，随着CBAM覆盖范围计划在2028年扩展至约180种下游产品，整个产业链的碳减排压力将大幅放大。在钢铁、化工、航运等难以仅靠电气化实现深度脱碳的行业，绿氢冶金、绿色甲醇替代等技术路线的经济性拐点将提前到来。

“在需求结构层面，CBAM使得能源需求的区域差异、行业差异、电源结构差异被显著拉大。”洪博文表示，从区域维度看，中东部出口制造集聚区及高载能产业集中区绿电需求将呈现爆发式上升，可溯源、可核查、可认证的绿色用能成为“刚需”；而面向国内及新兴市场的产业区域，用能结构将保持相对稳定，继续注重安全与经济性的平衡。从行业维度看，钢铁、电解铝、化工等出口依赖度高、用电强度大的行业，用能结构调整最为迫切，绿电消费比重进入“被动提升”通道；非出口导向产业受直接影响较小。从电源结构维度看，绿电的角色发生了质变——从过去的自愿性消费选项，转变为出口产业的合规性必备条件。用户侧的分布式电源自发自用、微电网、绿电直连等源网荷储协同等方式，与出口产业低碳合规、国际核查要求的适配性显著提升、应用必要性进一步凸显，成为满足国际核查的重要途径。

在用能经济性层面，CBAM改变了绿电与传统化石能源的成本比价关系，让长期的低碳目标转化为当期真金白银的竞争力。洪博文表示，2028年外购电力间接排放全面纳入核算后，高载能行业的碳成本将主要来源于用电环节。以电解铝为例，采用常规电源将产生高额碳成本，而使用可溯源绿电可大幅降低碳成本，两者价差显著。这一变化使得绿电的环境价值直接转化为产业竞争优势，常规电源在出口产业链中的相对劣势明显凸显。可以说，CBAM让“双碳”目标从长期战略愿景，快速转变为企业可感知、可核算、可决策的现实经济账，绿色用能的经济性与合规性实现高度统一。

能源行业要坚持 战略自主与务实适配

面对全球低碳贸易规则的持续深化，我国能源行业应坚持战略自主、底线可控、

务实适配的原则，立足自身发展阶段与产业服务需求，实施布局优化与能力提升，将外部规则压力转化为能源高质量发展的内生动力。

洪博文建议，我国要主动构建与产业“双线布局”相匹配的双线能源供给体系。立足我国已形成的大规模清洁能源基础，统筹国际国内两个市场，对欧盟等碳规则严苛的出口市场，强化可溯源、可核查、可认证绿电供给保障；对其他发展中经济体与新兴市场，坚持安全稳定、经济高效供能，不盲目抬高绿色成本。通过内外有别、协同稳定的供能格局，以能源供给精准适配支撑产业全球布局，以最小转型成本实现最大市场覆盖。

“此外，应按照国家关于央企绿色责任的相关部署要求，充分发挥央企‘链主’带动效应，将绿电消费、碳足迹核算、低碳认证等要求穿透传导至上下游供应商，建立可监测、可核算、可考核的全链条用能与碳数据体系。以考核约束与绿色采购为抓手，带动中小企业同步提升用能低碳水平，实现内部管理要求与国际合规目标有机衔接。”洪博文表示，加快电碳数据协同与标准体系建设，坚持能源安全与低碳转型统筹推进。要加快完善绿电溯源、碳足迹核算、电碳数据同源同步等核心标准，强化第三方核查与信息披露机制，全面提升我国绿色用能体系的透明度与国际认可度。

洪博文表示，CBAM将加速全球能源贸易低碳转型，以氢能、绿氨为代表的绿色能源产品有望迎来重要发展机遇。依托我国新能源产业优势，加快绿电制氢、储运、应用全链条布局，推动绿色能源产品规模化走向国际市场，将成为发挥新能源比较优势、拓展绿色出口新赛道的重要方向。

在业内看来，我国要积极参与全球低碳规则沟通，推动绿电认证、碳核算方法等关键领域逐步与国际对接，从规则层面降低企业跨境合规成本。

抓好绿色设计这个“牛鼻子”

■本报记者 张胜杰

近日，工信部、国家发改委、教育部、生态环境部、市场监管总局五部门联合印发《工业产品绿色设计指南(2026年版)》(以下简称《指南》)，旨在推广绿色设计解决方案，开发绿色产品，为经济社会发展全面绿色转型提供有力支撑。

作为我国工业绿色设计领域承前启后、系统落地的纲领性文件，《指南》以全生命周期理念为引领，为光伏、风电、氢能装备、甲醇等能源领域绿色低碳转型提供了清晰路径与实践遵循。业内认为，未来的行业龙头，不仅是清洁能源的“生产者”，更应该是全生命周期绿色制造的“设计大师”。

“可以说，抓绿色设计，就抓住了新型能源体系高端化、智能化、绿色化的‘牛鼻子’，对保障国家能源安全、推动制造业转型升级、建设制造强国具有不可替代的战略价值。”近日，工信部电子五所高级工程师刘夏青在接受《中国能源报》记者采访时说。

解决“不会设计、不敢设计、设计不绿”的痛点

“过去，绿色设计更多是行业头部企业的自选动作或作为产品附加的加分项，制度层面多侧重于节能减排等技术标准规范的引导；而该《指南》首次系统明确了11个绿色设计重点方向，将风电装备、氢能装备、光伏、锂电池等能源装备列入15个重点应用行业，标志着绿色设计正式上升为我国能源装备领域的前置性制度约束。”在谈及我国工业绿色发展的制度变迁时，中国电子信息产业发展研究院节能与环保研究所研究员冯相昭向《中国能源报》记者作出了上述对比。

事实上，我国对光伏、风电、氢能装备、甲醇等能源领域绿色设计的布局，并非始于2026年《指南》，而是已历经十余年政策沉淀与实践迭代。据刘夏青介绍，2013年，工信部联合多部门发布《关于开展工业产品生态设计的指导意见》，首次确立全生命周期核心理念，推动污染防治从“末端治理”向“源头控制”转变。“十四五”以来，《“十四五”工业绿色发展规划》《工业领域碳达峰实施方案》《加快推动制造业绿色化发展的指导意见》接连出台，进一步明确风电装备大功率轻量化、氢能装备制储输用全链条节能降耗、甲醇绿氢耦合与碳循环等方向。

“本次《指南》的出台对绿色设计工作进行系统布局，构建长寿命、无害化、轻量化、节能、节水、节材、降噪、节空间、易回收再生、可重复使用、零碳11大绿色设计方向，覆盖光

伏、风电、氢能、甲醇等能源赛道，提供可复制、可推广的技术方案，将解决企业‘不会设计、不敢设计、设计不绿’的痛点。”刘夏青说。冯相昭对记者说，今后，无论风机、光伏还是氢能装备，如果不能在设计阶段就拿到绿色通行证，将在未来的市场准入、招投标及绿色金融支持中全面受累。

真正实现从“摇篮到坟墓”再到“摇篮”的闭环

在加快建设新型能源体系、推进“双碳”目标的大背景下，绿色设计的战略意义突出：不仅是源头降碳的关键抓手，是破解资源约束的治本之策，更是提升国际竞争力的硬核实力。

以光伏产业为例，该产业长期面临组件寿命不均、退役回收难等痛点。而本次《指南》聚焦光伏寿命耐久与易回收再生两大方向，以全生命周期标准化低碳方案推动光伏产业绿色低碳发展。

刘夏青向记者介绍，《指南》从设计源头对光伏产业给出清晰路径，在长寿命设计上，明确推广双层减反射镀膜玻璃替代普通盖板玻璃、压花玻璃背板、高载荷边框设计；支架主材采用铝镁合金替代传统热镀锌钢，连接节点采用榫卯式扣接配合螺丝、压块双保险固定，显著提升抗腐蚀、抗载荷能力，有效延长组件服役周期。在易回收再生设计上，强调优先选用单一材质、无氟背板、无毒无害组件，玻璃与铝边框适度添加回收料。

对此，安徽省经济研究院工程师王涛认为，光伏绿色设计方案的实施，有助于光伏产业从单一发电零碳向原材料、制造、运维、退役再生全生命周期全链条零碳转型，持续扩大清洁能源供给，有力支撑“双碳”目标如期实现。

再从甲醇行业分析，传统的甲醇生产工艺是将天然气、煤、石油等原料通过化学合成转化为合成气，进一步通过一氧化碳、二氧化碳与氢气在催化剂作用下加压氢化反应生成甲醇。甲醇生产的原料和工艺路径是传统甲醇生产工艺高碳属性的主要来源。

王涛向记者介绍，本次《指南》聚焦原料端源头零碳替代、工艺端低碳优化、末端碳捕集、利用与封存(CCCS)集成全流程，推动利用风光水电等可再生能源制取的“绿氢”，与捕集的二氧化碳合成“绿甲醇”；同时发展农林生物质制甲醇路线，全面替代传统煤炭、天然气制甲醇。

“不仅可从源头大幅削减碳排放，实现甲醇生产零碳排放，还能将工业排放的二氧化碳转化为有价值的产品，实现碳循环利用。”王涛说。

针对风电叶片设计，冯相昭认为，《指南》的导向将加速热塑性树脂等可回收新材料对传统不可回收材料的替代。

“这将从源头减少有毒有害物质的使用，让新能源装备在完成历史使命后，不给生态环境留下后遗症，真正实现从‘摇篮到坟墓’再到‘摇篮’的物质流闭环。”冯相昭说。

人工智能引领工业产品 绿色设计新范式

当前，随着我国“人工智能+”行动加快推进，也为工业产品绿色设计创新发展创造了新机遇。

《指南》的亮点之一，就是提出推进“人工智能+绿色设计”，鼓励企业运用三维建模、模拟仿真、数字孪生等技术，模拟产品在制造、使用、拆解等重点环节的资源能源利用及环境影响，建立产品全生命周期数据库和绿色设计知识库。

记者了解到，风电和光伏等新能源装备面临运行工况复杂多变，传统依靠经验和静态工况的设计已达瓶颈。

对此，冯相昭建议，尝试从经验驱动到自主智能。依托大模型和三维数字孪生技术，未来的风电和光伏设计将迎来质变。众所周知，传统设计难以精准测算全生命周期影响，而借助AI智能体，可以实现对风机结构轻量化设计与节材设计的极限优化。

同时，可对动态工况的自适应优化。比如，在氢能装备或风光储电网的设计中融入人工智能算法，可使装备具备使用阶段的用能自主优化能力。设备能够在数字空间中进行成千上万次的模拟仿真，寻找出能耗最低、材料最省、寿命最长的最优解，从而大幅缩短绿色能源装备的研发周期，提升我国在高端能源装备领域的自主创新效率。

业内专家认为，下一步，还需重点关注工业产品绿色设计基础数据库和知识库建设，强化人工智能、数字孪生等技术在产品全生命周期绿色设计中的深度应用，挖掘“人工智能+绿色设计”典型应用场景，探索前沿技术在工业产品绿色设计中的融合创新，高效推进人工智能赋能工业产品绿色设计。



南瑞「智瞳」多光谱监测装置首次落地特高压换流站

▲陕皖±800kV特高压直流输电工程宝塔山换流站。

▲“智瞳”NRJD-OLMS-2610多光谱在线监测装置安装实景。

本报讯 近日，南瑞自主研发的“智瞳”多光谱在线监测装置在宝塔山换流站正式投运。该装置首次将多光谱融合感知技术引入直流输电的“心脏”区域——特高压阀厅，标志着南瑞在特高压核心装备早期故障预警领域实现重要突破。

特高压换流站是跨区域能源配置的核心枢纽，其阀厅设备绝缘劣化、热异常等隐患具有隐蔽性强、发展速度快、安全风险高等特点。传统监测手段在故障萌芽阶段感知能力不足、预警时效有限、溯源精度偏低，难以适配特高压主设备主动防护的高标准要求，亟需新型智能在线监测技术赋能。

南瑞下属南瑞继远依托智能电网国家重大专项及国家电网重点攻关任务，深耕特高压装备智能监测领域，突破多项关键技术瓶颈，构建“智瞳”多光谱融合感知产品体系。

创新融合可见光、红外、紫外三维感知技术，实现同一时空下设备局部放电、温度异常等故障特征的可视化监测与叠加呈现，构建阀厅全方位、立体式智能监测网络。业内首创紫外放电强度量化测量技术，实现放电检测从定性判断向定量分析跨越。结合双目视觉算法与三维数字孪生技术，精准研判放电发展趋势，实现故障部件级空间精确定位。

“智瞳”装置在宝塔山换流站的成功投运，填补了特高压换流阀厅极早期故障监测与定位技术空白，经中国电机工程学会鉴定，整体技术达国际领先水平，为特高压电网安全稳定运行提供全新技术支撑。

面向新型电力系统建设需求，南瑞将持续深耕多光谱融合感知、智能诊断等核心技术，迭代升级高端智能检测装备，以自主创新筑牢特高压安全防线，为能源电力高质量发展贡献南瑞力量。

(李春阳)