

# 铝冶炼龙头精细化碳资产管理的经验启示

朱茂然、张炆

中国金属矿业经济研究院（五矿产业金融研究院）

在“双碳”目标纵深推进、全国碳市场持续扩容、绿色贸易规则加速构建、地缘冲突推高能源成本风险的多重背景下，碳排放的环境外部性正加快转化成为企业可管、可控的“碳资产”，成为影响企业合规履约、成本控制、产品准入、客户结构和资源配置的重要经营变量。作为有色金属冶炼和压延加工业中首个被纳入全国碳市场的行业，铝冶炼相关企业已在碳资产管理领域积累了相对成熟的实践经验，可为同类企业提供精细化碳资产管理的借鉴与参考样本。

## 一、精细化碳资产管理的必要性

企业为实现碳资产的保值增值，通过科学规划、有效运营和合理交易，对碳排放配额（CEA）、国家核证自愿减排量（CCER）等碳资产开展系统性经营。从常规管理升级到精细化管理，意味着企业要像管理资金、库存一样，对碳资产进行精准、主动运营，力求实现经济、环境与风险管控的综合价值最大化。

### （一）精细化碳资产管理的特质

**数据精准化是基石：**准确的数据是后续一切决策的基础，企业需要建立全链条的碳排放监测网络，确保从原材料、生产到运输各环节的碳排放数据可测量、可报告、可核查。

**运营主动化是核心转变：**精细化管理不是被动应对年度履约而是对碳资产进行主动的组合管理和市场运作，企业需

要设立专业团队，跟踪碳市场政策与价格波动，灵活调配储备配额或出售余额，优化履约成本，甚至通过交易获利。

**协同全局化是体系保障：**精细化管理不是“单打独斗”，而是需要财务、生产、采购、战略等多部门协同。企业需要建立明确的碳资产管理制度、职责分工和考核激励机制，将碳成本、风险与价值全面纳入投资决策和管理流程。

**价值多元化是最终目标：**精细化管理推动管理目标从“控制合规成本”向“创造综合价值”拓展。企业不仅关注降低履约成本，更要将碳管理转化为长期的低碳竞争力。

需要特别说明的是，**精细化碳资产管理与碳金融是相互依存、共同促进的关系。**精细化碳资产管理为碳金融提供了价值基础和运作标的，而碳金融则为碳资产实现价值发现、流动性和风险管理提供了关键的工具和市场依托，是推动碳资产从“静态配额”向“动态资本”转化的核心驱动力，两者紧密结合，共同推动企业乃至全社会以更低成本、更高效率实现绿色低碳转型目标。

## （二）对照特质找不足：碳资产管理的现状

在全国碳市场持续扩容与基础设施日益完备等因素加持下，我国碳排放纳管企业管理碳资产的能力取得显著进步，但精细化程度仍有较大提升空间。

**一是数据管理粗放。**碳排放核算依赖年度核查，缺乏动态监测，存在核算不规范、估算偏差较大、数据审核不到位等问题，导致决策的科学性不足。

**二是履约管理被动。**多数纳管企业临近履约期才启动配

额采购，容易陷入“高价抢购”的被动局面。数据显示，2023年至2024年，每年四季度交易量占比超过七成<sup>1</sup>。

**三是价值开发不足。**除少数行业龙头，多数纳管企业将碳管理简单视作“完成任务”，未能将低碳优势转化为产品溢价、融资优势等经营收益。

**四是组织体系分散。**碳资产管理职能分散在环保、生产等多个部门，缺乏统筹协调。特别是随着碳价波动加剧、绿色贸易壁垒增多、能源成本风险提升等多重挑战叠加，企业粗放式的碳资产管理方式已难以适应竞争需求。

### （三）精细化碳资产管理的必要性与紧迫性

**从外部合规来看，**欧盟碳边境调节机制（CBAM）已进入实质性征收期，对钢铁、电解铝、电力等出口产品提出全生命周期碳足迹核算、碳成本抵扣的刚性要求。粗放式碳资产管理极易引发碳数据失真、配额管控无序、合规缺口凸显等问题，直接导致企业面临碳关税制裁、海外市场流失风险。

**从内生发展来看，**培育新质生产力、推动产业转型升级都离不开低碳创新与高效资源配置。粗放碳资产运营会造成配额闲置、碳成本无端损耗，制约产业绿色化、高端化进阶；精细化碳资产管理能够倒逼企业优化生产工艺、推进绿电替代、严控能耗碳排，推动低碳技术与传统制造业深度融合，将碳资产从被动合规成本转化为产业升级动能，助力产业摆脱高碳路径、培育低碳竞争新优势。

**从长期转型来看，**绿色低碳转型是高质量发展的核心要义，“双碳”目标落地离不开精准化、系统化的碳管控。粗

<sup>1</sup>生态环境部《全国碳市场发展报告 2024》、《全国碳市场发展报告 2025》

放式管理难以实现碳排放精准溯源、减排成效量化考核，无法支撑产业绿色转型落地；精细化碳资产管理可实现碳排放全流程闭环管控、碳减排目标动态拆解，助力控排行业稳步压降碳强度，为长期可持续发展筑牢根基。

## 二、铝冶炼行业龙头精细化碳资产管理的先进实践

铝冶炼行业因其产业特性，在碳资产管理上具备较好的先天优势和实践基础。一是政策规则清晰明确，行业于2025年被正式纳入全国碳市场、接受可再生能源电力消纳责任考核<sup>2</sup>，相关履约规则和核算要求进一步明确，为企业开展碳资产管理提供了清晰的规则框架。二是核算基础较为完备，铝冶炼产业链明晰，生产工艺成熟，碳排放核算边界易于界定。国内首个工业领域产品碳足迹国家标准 GB/T 44905—2024《温室气体产品碳足迹量化方法与要求电解铝》已正式发布，配套建设的电解铝产品碳足迹数据库正加速推进，为行业碳足迹量化、与国际规则接轨奠定了坚实基础。三是外部压力倒逼转型，铝作为首批被欧盟 CBAM 覆盖的行业，面临紧迫的碳成本内部化挑战，倒逼相关企业前瞻性地将碳资产管理纳入长期发展战略。经过长期实践探索，行业龙头已形成两条具有代表性的精细化碳资产管理实践路径。

（一）云铝股份：全链协同，将低碳优势转化为市场溢价

云铝股份注重将碳资产管理嵌入产业链和供应链全过程，通过绿色能源替代、物流结构优化和资源循环等环节控碳降碳，将低碳能力转化为市场准入、客户黏性和品牌溢价

---

<sup>2</sup> 根据国家发改委、国家能源局《2025年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知》要求，从2025年开始，各省（自治区、直辖市）对电解铝行业绿色电力消费比例完成情况正式进行考核

**能力，最终实现碳资产的价值兑现。**

在生产端，公司依托云南清洁水电资源禀赋优势，构建了以水电为核心、光伏为补充的“双绿电”能源矩阵，绿色能源使用占比超 80%，并获南方区域首批“绿色电力消费凭证”及“绿色电力”证书。全流程清洁水电的使用，使其铝产品碳足迹值仅为煤电铝的 20%，实现了能源结构的根本性绿色转型。同时，公司率先布局绿色新能源，研发出国内首例光伏直流电直接供给电解铝生产的核心技术，建设 252 兆瓦分布式光伏电站项目，每年提供绿色电力约 3 亿千瓦时，为行业绿电直连提供了可复制、可推广的“云铝方案”。

在物流端，公司大力实施“公转铁”战略，率先大规模推行氧化铝散装集装箱物流模式。2024 年，铝产品铁路运输比例达 50.4%，氧化铝铁路运输比例达 73%，有效降低了物流环节碳排放。

在资源循环端，公司以“无废集团”建设为目标牵引，大力实施固废资源化利用，建成国内首条铝灰资源化利用生产线、首条铝电解槽大修渣综合回收利用生产线，实现危险废物资源化利用率超 90%，工业固体废物安全处置率达 100%，成为云南省及铝行业首家“无废集团”建设试点企业。

在“控碳降碳”基础上，公司着力推动绿色低碳成果向供应链价值转化。作为国内首家通过铝土矿、氧化铝、电解铝、铝加工全产业链 ASI 双认证<sup>3</sup>的企业，其产品有效满足了新能源汽车、3C 电子等高端客户对绿色低碳材料的严苛要求，与梅赛德斯-奔驰、沃尔沃等头部车企建立绿色战略合作伙

<sup>3</sup> ASI 认证是铝业管理倡议组织推出的一种全面的、自愿性的可持续性标准国际认证

伴关系。相关高附加值产品销量持续攀升，其中 A356 铸造铝合金市场占有率保持在 20%以上，高端铝焊材市场占有率超 40%，成功实现产品从“绿色制造”到“绿色溢价”的跨越。

（二）魏桥集团：数智夯基，以碳金融激活资产效能

魏桥集团注重通过数字化、智能化手段夯实碳资产管理基础，并将减排成效与碳金融工具深度衔接，形成“数据支撑管理、管理支撑减排、减排支撑融资”的良性循环。

公司依托智能工厂建设与 AI 技术深度应用，推动铝冶炼生产向精益化、可视化、实时化转型，为碳资产管理提供底层数据支撑与决策依据。公司与云南省共建的云南绿色创新产业园配置了行业领先的 600 千安超大容量电解槽，单系列年产铝液达 48.2 万吨，配合机械臂精准作业与 AI 智能控制系统，电解效率较传统设备提升 15%以上。同时，引入全球首套电解铝 AI 智能系统，实现对生产全流程、能耗指标、排放数据的毫秒级监测与自适应优化，可提前预警能耗异常与碳履约缺口，精准控制氟化物等污染物排放，实测指标远低于国家标准，使该基地成为铝行业环保合规的“标杆典范”。

在此基础上，魏桥集团进一步探索碳管理与金融工具的深度衔接。作为山东省转型金融试点重点企业，魏桥集团联合专业评估机构编制低碳转型规划，率先落地“企业减排效果+银行利率调节+第三方评估认证”的创新金融模式。2023 年，兴业银行滨州分行向公司发放国内铝行业首笔可持续发展挂钩贷款 2 亿元，将贷款利率与吨铝碳减排实绩动态绑定，

即当年度减排量达到预设目标值，企业即可享受 10 个基点的利率优惠，形成“降碳即降息”的正向激励机制。该模式将较抽象的“双碳”目标具体转化为企业可量化、可考核、可感知的财务激励，既增强了推进节能降碳的内生动力，也有效降低了绿色转型过程中的融资成本和资金压力。

### 三、铝冶炼行业龙头精细化碳资产管理的启示

**第一，夯实数智底座，推动碳资产管理由静态核算向动态经营转变。** 范例企业摒弃了传统的“事后算账”模式，加速构建贯通生产、能耗、排放与经营的全要素数据链，打造集实时监测、动态预警与滚动预测于一体的智能化碳资产管理平台，实现从“结果核算”向“过程管控”的能力提升。

**第二，重塑价值理念，推动碳资产管理由成本约束向价值创造转变。** 范例企业树立“碳资产即经营资产”的理念，积极利用绿色认证、碳金融工具等手段将自身的低碳能力转化为可量化、可交易、可溢价的市场价值，让产品的绿色属性“被看见”且“被认可”。

**第三，拓展管理边界，推动碳资产管理由履约管理向全链条管理延伸。** 范例企业管理碳资产，不仅停留在排放核算和配额履约环节，还向能源供给、生产制造、物流运输、资源循环、产品认证等产业链和供应链环节进行延伸与嵌入，积极尝试将低碳优势转化为链上核心竞争力。

### 四、精细化碳资产管理经验的跨行业复制

我们认为，上述经验并非铝冶炼行业专属，而是具备极强的跨行业复制性，可根据不同高耗能纳管行业的工艺特性、

排放结构、发展痛点，进行模块化适配与落地，为其他金属冶炼行业提供可复制、可落地、可见效的实践范式。

**在能源转型中**，其他金属冶炼企业可考虑布局绿电的长期协议采购，建设分布式光伏电站，探索绿电直供冶炼产线等方式来降低铜电解、锌电解、镍钴湿法冶炼等高电耗环节的碳排放，逐步塑造低碳产品的核心竞争优势。

**在流程管控中**，其他金属冶炼企业可借鉴两家范例企业的全链条控碳实践，推广大型节能冶炼设备、智能控制系统；攻克生产流程中冶炼渣、阳极泥、烟尘等固废资源化技术瓶颈，实现危废减量化、资源化，降低过程排放。

**在价值创造中**，其他金属冶炼企业借鉴云铝“供货绑定奔驰、沃尔沃等高端车”的实践路径，加快落实金属原料，如电解铜、镍钴锌的绿色产品标准与全产业链的低碳认证，精准对接新能源汽车、3C 电子、高端装备等领域的绿色采购需求，将低碳优势转化为产品溢价、客户黏性和市场份额。