

有色金属企业绿色低碳转型路径研究

——以江铜集团为例

韩雯

江西理工大学经济管理学院, 江西 赣州

收稿日期: 2026年3月18日; 录用日期: 2026年3月30日; 发布日期: 2026年5月14日

摘要

“双碳”目标的提出为工业领域绿色低碳转型划定了明确方向。有色金属行业既是关键基础原材料的供给主体,也是能源消耗和碳排放的重点领域,其中铜产业因全产业链能源密集型特征,成为绿色低碳转型的重点方向。基于此,本文以江西铜业集团(以下简称“江铜集团”)为研究对象,采用单案例研究法,系统剖析其绿色低碳转型实践。研究发现,江铜集团通过绿色技术创新、绿色管理与绿色金融工具三条路径协同推进,破解了行业资源保障薄弱、技术瓶颈、成本高企等共性问题,实现了技术减排、管理赋能与资金保障的有机统一,为有色金属企业绿色低碳转型提供了理论参考和实践借鉴。

关键词

高质量发展, 有色金属企业, 绿色低碳转型, 路径, 江铜集团

A Study on the Pathways for Green and Low-Carbon Transformation in Non-Ferrous Metal Enterprises

—A Case Study of Jiangxi Copper Group

Wen Han

School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

Received: March 18, 2026; accepted: March 30, 2026; published: May 14, 2026

Abstract

The introduction of the “dual carbon” goals has charted a clear course for the green and low-carbon

文章引用: 韩雯. 有色金属企业绿色低碳转型路径研究[J]. 低碳经济, 2026, 15(2): 120-134.

DOI: 10.12677/jlce.2026.152014

transition in the industrial sector. The non-ferrous metals industry serves as both the primary supplier of critical basic raw materials and a key sector for energy consumption and carbon emissions. Among these, the copper industry, due to its energy-intensive nature across the entire supply chain, has become a core focus for green and low-carbon transformation. Based on this, this paper takes Jiangxi Copper Group (hereinafter referred to as “Jiangxi Copper”) as its research subject and employs a single-case study method to systematically analyze its green and low-carbon transformation practices. The study finds that by synergistically advancing through three pathways—green technological innovation, green management, and green financial tools—Jiangxi Copper Group has overcome common industry challenges such as weak resource security, technological bottlenecks, and high costs. The Group has achieved an organic integration of technological emission reduction, management empowerment, and financial support, thereby providing theoretical references and practical insights for the green and low-carbon transformation of non-ferrous metal enterprises.

Keywords

High-Quality Development, Non-Ferrous Metal Enterprises, Green and Low-Carbon Transformation, Pathways, Jiangxi Copper Group

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

截至 2024 年，我国绿色低碳发展取得显著成效，单位国内生产总值能源消耗和二氧化碳排放分别降低 2.5% 左右、3.9% 左右，重点领域和行业节能降碳改造形成节能量约 5000 万吨标准煤、减排二氧化碳约 1.3 亿吨¹。而铜产业作为支撑电力、电子、建筑、新能源等关键领域发展的基础原材料行业，其冶炼和加工环节能源密集、碳排放强度高，面临着绿色供给能力与低碳发展要求不相适应的结构性矛盾，是我国工业部门落实“双碳”目标需重点突破的领域之一。为此，国家层面先后出台多项针对性政策推进铜产业绿色低碳转型。然而，当前铜产业仍受产业规模大、用电结构依赖火电、低碳工艺技术储备不足、循环经济体系不够完善等现实挑战，实现碳达峰与深度减排任务依然艰巨。因此，绿色低碳转型成为了铜产业实现绿色高质量发展的必经之路，也对支撑国民经济发展，促进碳达峰、碳中和，乃至推动生态文明建设具有十分重要的意义。

2. 铜产业的战略地位与绿色低碳转型必要性

(一) 铜产业的战略地位

铜产业作为国家关键基础原材料产业，在我国经济现代化建设和高质量发展中具有不可替代的战略地位。首先，铜产业是构建现代化产业体系的坚实基础。铜凭借优异的导电性、导热性与化学稳定性，既支撑电力、家电、建筑等传统产业，也为新能源、电子信息、高端装备制造等战略性新兴产业提供关键材料，直接关系产业链供应链的完整性、先进性与安全性。其次，铜产业是保障国家能源安全转型的重要环节。在能源体系绿色低碳转型中，铜是构建以可再生能源为主体的新型能源系统不可或缺的物质载体，其供给保障和技术水平直接影响新型电力系统等的建设进度、运行效能与自主可控能力。最后，

¹https://www.gov.cn/zhengce/content/202405/content_6954322.htm

铜产业是推动工业领域绿色低碳转型的重要力量。一方面，发展再生铜产业、构建循环体系是铜产业实现碳达峰的核心路径。另一方面，铜产业的绿色低碳转型推动了高性能铜合金、超导铜材等先进材料的研发应用，也为下游应用领域节能减排提供了物质基础，对构建绿色现代产业体系具有系统性意义。

(二) 铜产业绿色低碳转型必要性分析

铜产业的绿色低碳转型并非单一动力驱动，而是微观企业生存、中观产业协同与宏观国家战略等多重因素共同作用的必然结果。其必要性具体体现在以下三个层面。

1. 从微观层面来看

绿色低碳转型是有色金属企业降本增效与可持续发展能力的内在需求。具体而言，绿色低碳转型能够有效帮助有色金属企业降低综合运营成本、提升市场声誉与规避经营风险。在降低综合运营成本方面，一方面，随着铜冶炼行业纳入全国碳市场，以及能源成本的持续上升，企业需要购买碳排放指标，或为超额碳排放缴纳碳税，这不仅加重了有色金属企业的成本负担^[1]，还迫使低效产能企业退出或升级。因此，通过绿色低碳转型投资于能效提升技术、可再生能源应用及生产流程优化，企业可有效降低长期生产成本，而率先转型的企业还能通过创造配额盈余或避免未来高昂的碳成本来获得显著的财务优势。另一方面，欧盟 CBAM²等机制将对高碳排的进口产品征收关税。中国是铜产品出口大国，若产品碳含量过高，将面临巨额碳税，成本优势荡然无存，甚至丢失国际市场。在提升市场声誉方面，国际社会责任投资理念逐渐兴起，投资者越来越关注企业的环境、社会和治理(ESG)表现，绿色信贷、绿色债券等金融工具更倾向于支持环保表现好的企业。同时，符合绿色标准的企业更能获得政府的各类补贴和税收优惠。因此，绿色低碳实践有助于企业获得更广泛的融资渠道和市场认可。

2. 从中观层面来看

绿色低碳转型是铜产业实现产业链协同降碳与重构行业竞争格局的现实选择。在驱动产业链协同降碳方面，当前我国铜冶炼产能扩张过快，部分企业清洁生产水平低，冶炼渣、烟灰等固废处理难度大，绿色化发展水平参差不齐。在此背景下，2025年《铜产业高质量发展实施方案》明确提出需通过绿色化改造推动产能向资源能源优势区转移，并支持培育铜精深加工先进制造业集群，即上游资源企业需要与中游冶炼企业协同，共同推进低碳技术研发与应用；中游冶炼企业需要与下游加工企业协同，共同满足市场对低碳铜材的需求；下游加工企业则需要与终端用户协同，共同推动产品碳足迹的降低。在重构行业竞争格局方面，国际矿业巨头通过布局低碳冶炼技术、再生铜利用、清洁能源替代等措施降低碳足迹，而国内中小冶炼企业因技术锁定效应陷入“高碳锁定-成本高企-竞争力衰退”的恶性循环。因此，唯有通过绿色低碳转型加速淘汰落后产能、构建资源循环利用体系，方能推动铜产业从规模扩张向质量效益转型转变。

3. 从宏观层面来看

铜产业绿色低碳转型是响应国家战略与保障资源安全的必然要求。具体地，在响应国家战略方面，我国作为《巴黎协定》的缔约方和全球最大的铜消费市场，其铜产业年碳排放量占有色金属行业总排放的70%以上，减排效能直接关乎国家“双碳”目标的实现进程。2021年《2030年前碳达峰行动方案》明确将有色金属行业列为重点控排领域，要求到2025年再生铜产量占比提升至24%，吨铜综合能耗降至260千克标煤以下，这一政策框架体现了国家对高碳产业转型的强制性约束。在应对资源安全挑战方面，铜作为战略性矿产资源，其供应稳定性直接关系到新能源、新一代信息技术等国家战略性新兴产业的安全，而我国铜资源对外依存度长期居高，资源保障能力不足已成为产业发展的核心瓶颈。同时，《铜产

²欧盟 CBAM 机制：碳边境调节机制(简称 CBAM)是欧盟针对部分进口商品的碳排放量所征收的税费，旨在对进口商品的碳排放量征收税费，以防止碳泄漏并保护欧盟内部企业的竞争力。

业高质量发展实施方案(2025-2027年)》明确提出到2027年国内铜矿资源量增长5%~10%的目标,因此,铜产业的绿色低碳转型是提升资源利用效率、降低外部依赖与增强国内资源供给能力的关键路径。

3. 铜产业碳排放特征与挑战

尽管铜产业的绿色低碳转型具有重大的战略必要性与现实紧迫性,但转型进程并非坦途。明确转型所面临的客观基础与主要障碍,是企业设计有效路径的前提。因此,在探讨具体企业转型实践之前,有必要剖析我国铜产业的固有特征、碳排放结构及其在转型中面临的核心挑战。

(一) 铜产业碳排放特征分析

铜产业作为能源密集型产业,其生产过程伴随着大量的能源消耗和温室气体排放。铜产业链的碳排放主要集中在采矿、选矿、冶炼和精炼等环节。在采矿环节,主要的排放源包括露天开采和地下开采过程中使用的柴油、汽油等化石燃料的燃烧,以及爆破作业产生的排放。在选矿环节,矿石的破碎、磨矿、浮选等过程需要消耗大量的电能,而电力的来源(如火电或水电)直接决定了其碳排放水平。冶炼环节是铜产业链中碳排放最为集中的环节,由冶炼过程产生的碳排放约占铜产业碳排放总量的90%,该环节主要分为火法冶炼和湿法冶炼两种工艺。火法冶炼是目前主流的冶炼工艺,其过程涉及高温熔炼和吹炼,需要消耗大量的煤炭、天然气等化石燃料,同时,熔剂的分解也会产生大量的二氧化碳。湿法冶炼虽然能耗相对较低,但其浸出、萃取、电积等过程也需要消耗大量的电能。精炼环节主要是将粗铜进一步提纯,以获得高纯度的阴极铜,这一过程同样需要消耗电能和燃料。因此,铜产业的碳排放具有显著的环节特征,铜产业进行减碳工作的重点在于铜的冶炼环节改进和能源消耗降低,其中,以火法冶炼为代表的冶炼环节是减排的重点和难点。

(二) 铜产业绿色低碳转型挑战

尽管绿色低碳转型进展显著,但铜产业仍面临以下挑战。

首先,资源保障薄弱与环境约束强化。我国铜矿资源储量虽然位居世界前列,但矿石品位普遍偏低、共伴生组分复杂,导致开采成本高昂且选冶难度大,虽然国家正推动新一轮找矿突破战略行动,但新增探明储量多集中于西藏、云南等高海拔、生态脆弱地区,这些区域的矿产开发不仅面临着严苛的自然条件挑战,更受到生态保护红线的严格限制,对采选技术的绿色化、智能化水平提出了极高的技术要求,进一步加剧了资源开发的难度与成本。

其次,核心技术研发与应用制约减排效能。在核心技术研发方面,低品位铜矿的绿色高效提取技术、复杂矿床的安全高效开采技术、冶炼过程的余热回收利用技术、废杂铜的低碳处理技术等关键技术尚未完全突破,技术成熟度与经济性难以满足规模化应用需求。在绿色技术应用方面,氢冶金、CCUS(碳捕集、利用与封存)技术³等具有巨大减排潜力的前沿技术[2]因其技术体系复杂、初期投资巨大及运行成本高昂,在铜产业中的应用仍处于探索阶段,距离大规模商业化应用尚存较大差距。

再次,政策与市场机制协同不足制约转型进程。铜产业的绿色低碳转型是一个复杂的系统工程,需要各部门之间缺乏有效的协调和联动才能最大地发挥政策效果。在政策机制上,虽然国家出台了一些支持再生铜产业发展的鼓励政策,但在废铜的回收、分拣、加工等环节,仍缺乏系统性的规划和配套政策,导致再生铜产业的发展受到制约。在市场机制上,目前市场上对于绿色、低碳铜产品的认知度和接受度仍然不高,缺乏有效的市场激励机制来引导消费者和企业优先选择绿色产品。

最后,成本高企与效益不稳定制约转型积极性。铜冶炼环节的绿色低碳转型需投入大量资金,如闪速熔炼、余热回收等绿色工艺改造费用叠加环保设备运行成本直接推高行业运营成本,而作为铜冶炼加

³CCUS技术:二氧化碳捕集、利用与封存,简称CCUS,是通过捕集工业排放的二氧化碳进行资源化利用或地质封存的技术体系。

工的主要利润来源——铜精矿加工费在 2024 年一度跌至历史低位甚至出现负值，这使得冶炼环节普遍面临亏损压力，这种生存压力迫使企业将有限的资本优先用于维持运营，从而挤占了本应用于节能降碳、环保升级和技术研发的长期投资。尽管再生铜作为重要补充来源，但其价格受国际大宗商品市场影响显著，溢价波动大，加之回收体系尚不完善，其市场竞争力仍高度依赖政策支持，尚未形成完全市场化的稳定盈利模式，进一步延长了企业投资回收周期，影响长期收益的稳定性。

4. 江铜集团绿色低碳转型实践路径

(一) 研究方法 with 案例企业选取

为深入探究铜产业绿色低碳转型如何具体赋能高质量发展，本研究主要采用单案例研究方法。该方法适用于对特定情境下的复杂社会现象进行深入、整体性地考察，尤其适合探索“为什么”和“怎么做”这类解释性的研究问题。铜产业的绿色低碳转型是一个涉及战略、技术、管理、政策等多维度的复杂过程，其路径和机制难以通过纯粹的量化分析完全揭示。因此，选取具有行业代表性和实践领先性的企业作为研究对象进行深度剖析，能够为本研究提供丰富、详实的经验证据，从而提炼出具有普遍性意义的理论价值和转型路径。

基于此，本文选择江西铜业集团有限公司(以下简称“江铜集团”)作为研究案例，主要基于以下考量：第一：典型性和代表性。江铜集团作为中国规模最大、产业链最完整的阴极铜生产商，其业务覆盖采矿、选矿、冶炼、加工全流程，这意味着它所面临的绿色低碳转型挑战是全方位的，研究其转型路径，能够系统性地揭示整个铜产业在“双碳”目标下的共性难题与破局之道，其行业龙头地位使得研究结论对同行业企业具有显著的借鉴意义。第二，启发性。江铜集团率先布局低碳战略蓝图，并在闪速熔炼节能技术、再生铜循环利用、绿色矿山建设等领域形成了丰富且可复制的解决方案。同时，江铜集团的绿色创新实践获得行业认可，从 200 多家同行业节能低碳企业代表中脱颖而出，荣获“中国工业碳达峰领跑者”称号。综上，以江铜集团为案例，不仅能够保障研究的深度，其发现亦对推动中国乃至全球铜产业的高质量发展具有重要的理论价值与实践启示。

(二) 江铜集团案例介绍

江西铜业集团有限公司经过多年的发展，已成长为国内最大的阴极铜供应商，形成了在铜以及相关有色金属领域建立了集勘探、采矿、选矿、冶炼、加工于一体的完整产业链，是中国重要的铜、金、银和硫化工业生产基地。江铜集团注重绿色可持续发展，始终坚持“节约优先、创新驱动、协同发展、安全降碳”的四大基本原则，深入推进以“生产运营、能源结构、产品供给”为核心的清洁化、低碳化、绿色化转型，加速构建全球领先的绿色化智能化产业链、供应链、价值链，致力于构建全球领先的绿色化智能化产业链。

(三) 理论基础

绿色创新理论作为创新理论的一个分支，最早于 1911 年外国学者熊彼特提出，伴随经济社会高速发展，在环境问题的日益突显与可持续发展理念的持续深化，绿色创新研究逐步兴起并多元化。Kemp 引入系统创新视角[3]，将绿色创新拓展为涵盖产品、工艺、服务及管理等多环节的创新活动；OECD 进一步明确其包含环境绩效提升的技术、流程、组织与制度安排[4]，强调不论企业是否有意为之，只要产生环境改善即属绿色创新。在绿色创新理论维度方面，早期分为绿色工艺创新、绿色产品创新与绿色管理创新[5]-[8]。工艺创新强调清洁生产与末端治理以提升资源效率；产品创新贯穿原材料选择到回收的全生命周期环保设计；管理创新涉及绿色意识培育、战略制定与制度优化。后续研究进一步纳入绿色能源创新[9][10]、绿色服务/营销创新[11]，并从动机视角区分实质性(高质量、发明专利)与策略性(低门槛、实用新型专利)绿色创新[12][13]。总体而言，绿色创新理论由单一技术维度演进为涵盖技术、管理、组织与制

度，并融合经济 - 环境 - 社会多重目标的综合框架，成为推动企业与社会可持续发展的核心理论之一。

(四) 江铜集团绿色低碳转型路径

基于绿色创新理论框架，结合江铜集团全产业链运营实践，其绿色低碳转型形成了技术创新为核心驱动、管理赋能为制度保障、金融支持为资金支撑的三维协同路径体系。三者相互促进、层层递进，呈现技术突破奠定转型基础 - 管理优化释放技术效能 - 金融创新保障转型落地的递进关联，共同推动企业实现绿色低碳与高质量发展的深度融合(见下图 1)。

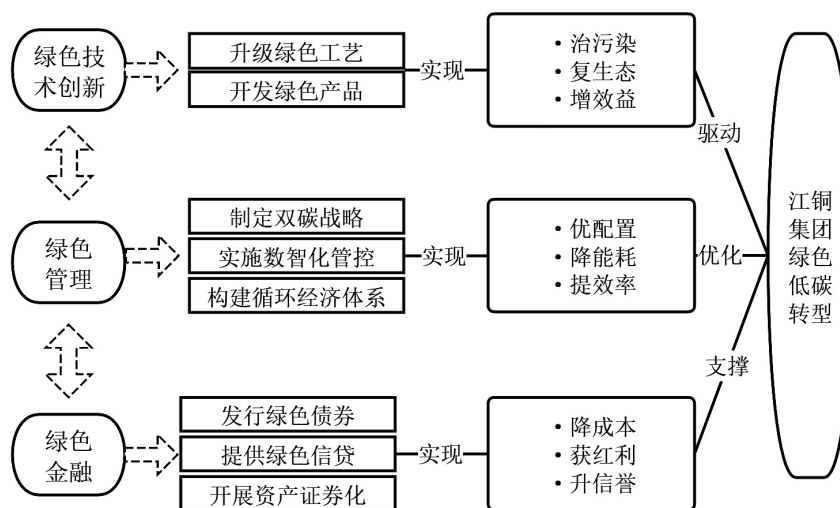


Figure 1. Jiangxi copper group's roadmap for green and low-carbon transformation
图 1. 江铜集团绿色低碳转型路径图

1. 基于绿色技术创新的转型路径

绿色技术创新是企业实现绿色低碳转型的核心驱动力。江铜集团围绕全产业链的关键排放环节，推进绿色工艺升级与绿色产品开发，通过技术突破直接驱动生产过程节能减排与产品结构优化。

绿色工艺创新是江铜集团实现绿色低碳转型的技术基础。江铜集团以工艺升级为抓手，针对采矿、冶炼、加工等碳排放关键环节，构建覆盖全产业链的低碳技术体系，实现资源利用效率提升与碳排放强度降低的双重优化。在上游勘探采矿环节，通过高精度地球物理勘探设备结合 GIS 与 GPS 技术⁴，实现对矿体的精准定位与三维建模，有效减少了不必要的钻探工程量，从源头降低了勘探能耗与碳排放；同时，采用“高陡岩质边坡复垦”、“原位基质改良 + 直接植被”等生态修复技术对废石场、尾矿库进行治理，同步提升生态效益与资源利用效率；在选矿环节创新引入磁悬浮鼓风机替代传统离心式鼓风机，实现节能降耗与运维成本降低的双重收益。在中游冶炼环节，率先引入 SCR 脱硝工艺⁵严控氮氧化物排放，同时针对性搭建烟气、废水双重治理系统，首先利用“非稳态”高浓度转化制酸工艺从源头削减污染物，而后配合“预处理 + 膜处理 + 三效蒸发”等组合工艺对冶炼废水进行分级净化，确保烟气、废水排放均满足超低标准。在下游加工环节推广粗铜连续吹炼等清洁生产技术，通过工艺优化降低生产过程中的能源消耗与碳排放，为绿色产品生产提供工艺保障。

绿色产品开发是技术创新价值实现的最终载体。依托绿色工艺体系优势，江铜集团聚焦市场需求与

⁴GIS 技术：地理信息系统(简称 GIS)是一种基于计算机的工具，用于采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述地理分布数据的技术系统。

⁵SCR 脱硝工艺是一种高效的烟气脱硝技术，通过喷入氨气等还原剂，在催化剂的作用下将烟气中的氮氧化物(NO_x)转化为无害的氮气(N₂)和水(H₂O)。

战略新兴产业发展方向，着力打造具有更低碳足迹和更高附加值的绿色产品体系，将技术优势转化为市场竞争优势。通过构建高纯阴极铜、再生铜系列产品、环保型铜加工材三大绿色产品体系，实现生产过程与产品属性的双重绿色化。其中，江铜集团铜箔公司生产的产品通过 UL2809 再生铜含量 100%验证，精准匹配国际市场对低碳材料的需求。同时，公司大力向“高、精、尖”领域拓展，在国内率先研发用于 5G 通信的高速铜箔、高频铜箔，并成功研制获得国际认证的新能源汽车充电线、汽车高压线等产品，已广泛应用于国内外主流新能源汽车厂商。这些绿色高端产品的成功开发，不仅创造了新的利润增长点，也使其绿色技术创新的价值在市场得以兑现，形成了从工艺减排到产品增值的良性循环。

2. 基于绿色管理的转型路径

绿色技术创新的效能释放离不开系统性管理支撑，江铜集团大的绿色管理体系以顶层战略为根本指引，通过构建循环经济模式实现资源价值最大化，并借助数智化工具实现全过程精细管控，为绿色技术创新落地提供制度保障与效率提升支撑。

绿色战略引领明确转型方向与框架。江铜集团的绿色低碳转型并非零散地、被动地应对，而是基于系统性、前瞻性地顶层设计，其核心是于 2022 年 9 月发布的《江西铜业集团有限公司碳达峰碳中和战略规划》。该规划明确了“139”双碳方略，即一个总体目标、三大战略定位和九大重点行动，将绿色技术创新、循环经济体系构建、数智化管理等核心任务纳入战略框架，实现技术研发、生产运营与转型目标的精准对接，确保绿色技术创新不偏离企业高质量发展核心方向。

数智化管理赋能碳排放精细管控。在绿色低碳转型的浪潮中，数字化和智能化技术正成为企业提升管理效率、实现精细化控制的关键工具。贵溪冶炼厂通过实施能源管理中心系统，对水、电、气等各类能源介质进行实时监控、动态分析与优化调度，使能源利用效率提升 5%以上。同时，通过污染物排放在线监测网络，实现对所有主要排放口的连续监测，其数据直接接入省级环保平台，确保二氧化硫、氮氧化物等排放指标持续优于国家标准，实现了从“末端治理”到“全过程预防性管控”的管理升级。

循环经济体系实现资源闭环与价值延伸。江铜集团将循环经济理念贯穿生产过程控制的始终，形成废渣选铜、废水提铜、烟气制酸、余热发电等多条“三废”循环利用可持续发展产业链。从这些所谓的“废弃物”中，江铜集团构建起绿色经济产业链，不仅建成废渣选铜、废水提铜、烟气制酸、湿法堆浸等项目，还形成了选钼、硫化工、尾矿回收铜等一系列产业集群，进一步提升了对其伴生有价元素的综合回收水平。

3. 基于绿色金融的转型路径

绿色创新的技术升级与绿色管理体系的构建，均需要长期、稳定的资金投入，而传统融资模式难以满足转型项目“周期长、回报慢”的资金需求。为此，江铜集团积极探索绿色金融工具创新，通过绿色债券、绿色信贷、资产证券化(ABS)等多元化绿色金融工具，为绿色低碳转型提供了坚实的资金保障

绿色债券定向支持重点减排项目。绿色债券是专门为支持具有环境效益的项目而发行的债务融资工具。2021 年江铜集团宣布 2021 年度第一期绿色中期票据(碳中和债)(债券简称：21 江铜 GN001 (碳中和债)；债券代码：132100038)于 2021 年 4 月 21 日发行完成。该债券实际发行规模为人民币 1 亿元，最终票面利率为 3.55%，2021 年 4 月 23 日起在全国银行间债券市场上市流通。该债券作为全国有色金属行业首单“碳中和债”，碳中和债属性为工业低碳改造类，募集资金全部用于工业低碳改造类项目建设，包括“贵冶一系统闪速炉渣直排缓冷改造项目”、“贵冶扩能更新制氧机项目”两个项目(见表 1)。募投项目每年协同二氧化碳年减排量 25835.71 吨、年节能量 11086.97 吨标准煤。这种定向融资模式不仅为冶炼环节的节能降碳技术升级提供了资金保障，还确保了资金直接流向绿色项目，加速了绿色技术的应用和落地。

绿色信贷推动产业链协同转型。绿色信贷是为支持环保、节能、减排及可再生能源等绿色产业提供

的信贷服务。在通过绿色债券优化集团自身融资结构的同时，江铜集团还发挥金融板块优势，通过绿色信贷支持产业链上下游企业绿色转型，形成协同效应。广东桃林拥有多项自主研发的污染修复相关发明专利，在重金属污染土壤修复、矿山生态修复等领域具有核心技术优势。2023年，江铜产融所属财务公司向广东桃林提供8000万元授信，发放绿色信贷7460万元，支持其专注于重金属矿业废弃地生态环境治理的业务发展。通过绿色信贷支持，广东桃林得以扩大业务规模，提升技术研发能力，推动矿山修复技术的产业化应用。中国银行、浦发银行等外部金融机构均以财务公司作为“风向标”为其提供授信，形成了金融机构协同支持的良好格局。

Table 1. Information on Jiangxi copper group's carbon neutrality bonds and plan for the use of proceeds
表 1. 江铜集团碳中和债券信息及募集资金使用计划表

类别	项目	详情
债券 基本 信息	发行主体	江西铜业集团有限公司
	债券名称	江西铜业集团有限公司 2021 年度第一期绿色中期票据(碳中和债)
	发行规模/类型/年限	1 亿元/普通企业债/3 年
	发行时间/评级	2021.4.21/全国银行间债券市场/AAA
募集 资金 使用 计划	贵冶一系统闪速炉渣直排缓冷改造	属性：节能降耗 规划：拆除贫化电炉，优化闪速炉系统 金额：1356 万元
	贵冶扩能更新制氧机	属性：节能降耗 规划：替换旧制氧机，更新高效设备 金额：8644 万元

数据来源：江铜集团债券募集说明书。

资产证券化拓宽长期绿色项目资金渠道。江铜集团租赁公司通过资产支持专项计划(ABS)实现资本市场直接融资，构建绿色项目长效资金渠道。2024年8月7日，“华泰资管-江铜租赁1期资产支持专项计划”在上交所成功发行，综合加权平均利率仅1.98%，创全国融资租赁行业同类产品历史新低，标志着江铜集团金融板块在资产证券化领域首次公开亮相。该ABS项目入池资产经过严苛筛选，重点覆盖新能源、高端装备制造等战略性新兴产业，实现从“现金流导向”向“产业价值导向”升级。截至2025年10月，江铜租赁圆满收官首单20亿元ABS储架发行计划，其中三期优先级票面利率均锁定在1.9%，通过证券化盘活存量绿色租赁资产，将融资成本降至市场低位，为分布式光伏、风电等长周期绿色项目提供了稳定的低成本资金保障。

(五) 江铜集团绿色低碳转型效果分析

近年来，江铜集团以高质量发展为导向，锚定“双碳”目标推进全产业链绿色低碳转型，三维路径的协同发力已形成显著成效。从环境维度看，核心污染物排放强度持续下降，资源循环利用效率稳步提升，各项指标均优于铜冶炼行业清洁生产标准；从财务维度看，绿色低碳转型通过工艺优化、融资创新实现降本增效，绿色产品溢价效应逐步显现；从创新维度看，低碳技术研发投入与成果转化效率同步提升，构建起差异化竞争优势。整体而言，江铜集团在环境绩效、经济效益与创新动能等方面均取得了显著提升，初步实现了绿色低碳转型与高质量发展的良性互动，为有色金属重污染企业绿色低碳转型提供了可复制的实践范式。

1. 绿色技术创新驱动路径效果分析

绿色技术创新作为江铜集团实现减排增效的核心驱动力，聚焦采矿、冶炼、深加工全链条的低碳化、

清洁化升级，推动江铜集团实现环境绩效改善、市场竞争力提升与创新动能增强的协同成效。

首先，工艺创新推动污染物减排，环境绩效显著改善。在污染物减排上，2020年至2024年江铜集团温室气体排放强度由0.069 tCO₂e/万元降至0.042 tCO₂e/万元，累计降幅达39.1% (见表2)。其中，贵溪冶炼厂“闪速炉渣直排缓冷改造项目”单项目年减排二氧化碳2.58万吨，占冶炼环节总减排量的12%。从污染物控制方面，同期颗粒物排放量从209.75吨降至43.53吨，降幅79.2%，二氧化硫排放量削减46.7% (见图2)，各项排放指标均优于《铜冶炼行业清洁生产评价指标体系》一级标准，较行业平均减排幅度高出18个百分点，充分印证了绿色工艺创新的核心环境价值。尽管这期间江铜集团产能随市场需求扩张实现稳步增长，导致碳排放量总量略有上升，但单位产值排放强度持续下降，体现了“增产不增污”的低碳发展能力。

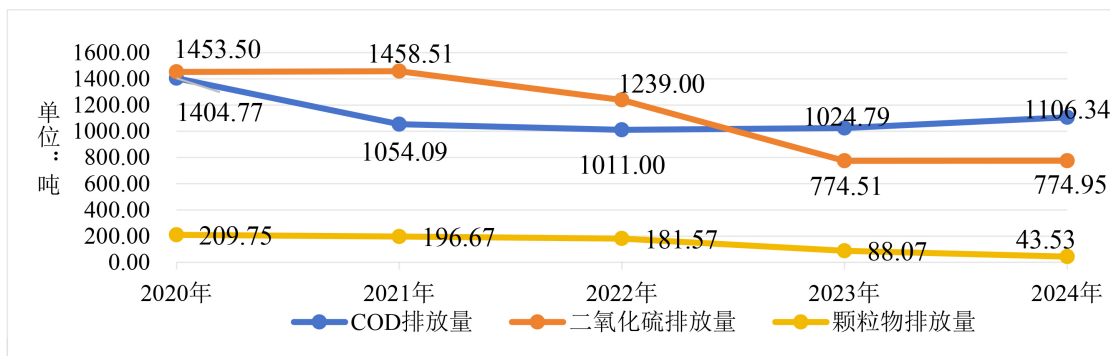
Table 2. Breakdown of carbon emissions and energy consumption intensity per unit of output for Jiangxi copper group, 2020~2024

表 2. 江铜集团 2020 年~2024 年单位产值碳排放及能耗强度明细表

指标	单位	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
碳排放量	万吨	3915.199	4393.979	4773.297	5103.716	5112.516
碳排放强度	tCO ₂ e/万元	1.229	0.9924	0.9946	0.9779	0.981
温室气体排放强度	tCO ₂ e/万元	0.069	0.049	0.048	0.044	0.042
综合能耗强度	tce/万元	0.018	0.013	0.012	0.011	0.011

数据来源：CSMAR 数据库。

在生态修复方面，江铜集团将自主研发的“高陡岩质边坡复垦”、“原位基质改良 + 直接植被”、“挂网混喷植生”等生态修复专利技术大规模应用于矿山治理。如表3所示，截至2024年，江铜集团生态修复投资资金1.2亿元，矿山生态修复面积达108.21公顷，累计修复面积超700公顷，修复后植被覆盖率达到90%以上。其中永平铜矿凭借“生态修复 + 绿色园林”的修复路径成功入选全国首批15个生产矿山生态修复典型案例，成为行业标杆；“大宝山新山片区矿山生态修复治理项目”成功入选全国山水工程典型案例，成为生态修复领域的示范工程。截至2024年，江铜集团已拥有3家国家级“绿色矿山”和12家国家级“绿色工厂”，在产冶炼、加工单位实现绿色工厂全覆盖。



数据来源：CSMAR 数据库。

Figure 2. Major pollutant emissions at jiangxi copper group, 2020~2024

图 2. 江铜集团 2020~2024 年主要污染物排放情况

其次，产品创新优化结构，市场竞争力持续提升。基于表4的主要产品毛利率数据，阴极铜作为低

碳工艺核心载体，毛利率虽受市场波动影响，但始终高于铜杆线等传统产品，2024年毛利率3.804%，较铜杆线高出2.909个百分点。通过UL2809认证的再生铜产品，精准匹配国际低碳需求，间接推动江铜集团在国内有色金属行业的市场份额从2020年的6.4%提升至2024年的7.4%；5G高速铜箔、新能源汽车专用铜材等高端产品，成为新利润增长点，2024年铜加工高端产品营收占比达32%，较2020年提升15个百分点。

Table 3. Jiangxi copper group's environmental investments and restoration efforts, 2020~2024

表 3. 江铜集团 2020~2024 年生态投入与修复情况

项目	单位	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
生态修复总投入	亿元	0.94	2.86	3.20	0.91	1.20
生态修复总面积	公顷	59.19	234.68	272.00	101.01	108.21

数据来源：江铜集团 ESG 报告。

Table 4. Changes in gross profit margins for Jiangxi copper group's major products, 2020~2024

表 4. 江铜集团 2020~2024 年主要产品毛利率变化情况

项目	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
阴极铜	3.9034	4.6649	3.1267	2.8074	3.804
铜杆线	1.2687	1.1694	0.7941	0.5384	0.8946
黄金	6.6934	2.7798	2.5254	2.2522	3.1019
铜加工产品	4.6538	7.9165	6.1689	3.8715	0.7234
白银	6.4102	2.7987	2.929	3.682	7.8707
化工产品(硫酸及硫精矿)	-25.0694	57.3337	58.287	10.6171	34.3397
铜精矿、稀散及其他有色金属	12.5394	2.5395	15.7553	0.6313	2.4821

数据来源：CSMAR 数据库。

最后，研发投入持续强化创新基础。江铜集团通过加大低碳技术研发资源倾斜，构建起“企业主导、产学研协同”的创新体系，为转型效果持续释放提供支撑。如表 5 所示，2020~2024 年，江铜集团研发投入总额从 12.3 亿元增至 21.7 亿元，年均增长率 15.2%，其中低碳技术研发投入占比始终保持在 40%以上。而作为创新产出的直接体现，绿色发明专利数量从 2020 年至 2024 年实现翻倍增长。同时，江铜集团牵头或参与制定《铜冶炼行业低碳评价标准》等行业标准 8 项，产学研合作项目落地转化率达 78%，形成“研发投入 - 技术突破 - 效果落地”的闭环机制。研发投入的持续增长为后续技术突破与工艺迭代奠定基础。

Table 5. Jiangxi copper group's green R&D expenditures and outputs, 2020~2024

表 5. 江铜集团 2020~2024 年绿色研发投入与产出情况

项目	指标	单位	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
创新动能	研发投入	亿元	39.59	47.93	54.38	54.42	60.12
	研发投入强度	%	1.24	1.08	1.13	1.04	1.15
	绿色发明专利	个	4	4	4	6	8
	绿色实用新型专利	个	4	18	20	16	9

数据来源：CSMAR 数据库。

2. 绿色管理优化路径效果分析

绿色管理通过双碳战略引领、数智化管控与循环经济体系构建，为技术创新落地提供制度支撑，成效集中体现在资源配置优化、能耗管理精细化与资源循环效率提升。

首先，战略引领优化转型资源配置。江铜集团 2022 年发布的“139”双碳战略规划明确了九大重点行动，引导环保投入向核心环节集中。2020~2024 年环保总投入累计达 32.84 亿元，其中 2022 年投入 12.20 亿元，为技术改造与环境治理提供了充足资源；同时，环保排污费从 234.19 万元增至 484.97 万元，环境保护税从 392.92 万元降至 293.73 万元，呈现“排污费增长、环保税下降”的反向变化(如图 3 所示)，反映了企业污染物排放强度降低与环保合规水平提升的管理成效。

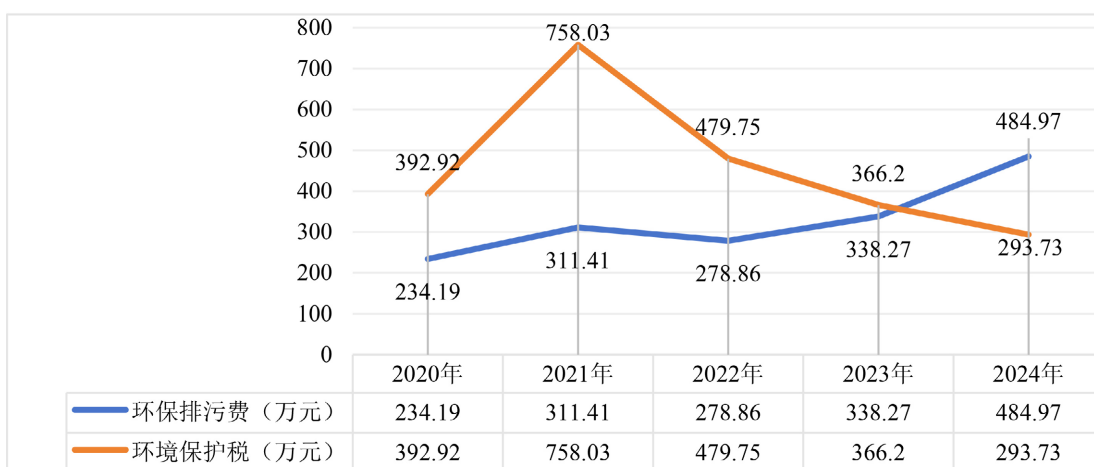


Figure 3. Jiangxi copper group's environmental management expenditures, 2020~2024

图 3. 江铜集团 2020~2024 年环境治理投入情况

Table 6. Comprehensive utilization of tailings and water resource recycling at Jiangxi copper group, 2020~2024

表 6. 江铜集团 2020~2024 年尾矿综合利用与水资源循环利用情况

项目	单位	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
尾矿产生量	万吨	5519.49	5454.66	5442.44	5288.00	5341.90
尾矿综合利用量	万吨	698.46	829.24	925.21	1749.13	2150.60
其中:						
尾矿填充	万吨	/	/	/	304	334
尾矿制作建材	万吨	/	/	196	158	214.84
尾矿选硫	万吨	/	/	230	265	271.64
尾矿利用	万吨	/	/	/	1022	1330
尾矿选铜、白钨	万吨	/	/	0.100	0.128	1250
尾矿回收利用率	%	12.65	15.2	17.00	33.08	40.26
工业用水复用率	%	95.67	95.86	94.90	95.77	96.61

数据来源：江铜集团 ESG 报告。

其次，数智化管理实现了能耗的精细化管理。江铜集团贵溪冶炼厂搭建的全流程数智化能源管理中心平台，实现了水、电、气等能源介质的实时监控与优化调度，直接推动综合能耗强度连续 5 年下降，

2023~2024 年稳定在 0.011 tce/万元，较 2020 年下降 26.7%，印证了数智化管理对能源利用效率的提升效果。同时，污染物排放在线监测网络的建成，使二氧化硫、化学需氧量、废水产生量等多项环保指标处于国际领先水平，所有联网监测数据达标率为 100%。推动了管理从“末端治理”向“全过程预防性管控”的升级，标志着运营管理的精细化水平得到实质性提升。

最后，以循环经济为核心的管理模式大幅提升了资源利用效率。江铜集团以“减量化、再利用、资源化”为核心，构建全产业链循环经济体系，将生产过程中产生的废渣、废水、废气等废弃物转化为资源。如下表 6 所示，在废渣处理方面，通过尾矿选铜、废渣制建材等技术，将尾矿综合利用率从 2020 年的 12.65% 提升至 2024 年的 40.26%，年处理尾矿量达 1800 万吨，不仅降低固废处置成本，还通过尾矿选铜实现年额外收益 3.2 亿元，废渣制建材产品年销售额达 1.5 亿元；在废水处理方面，搭建分级处理与循环利用体系，使得工业用水复用，较行业平均水平高出 8.5 个百分点，年节约新鲜用水量 2.1 亿立方米；在废气处理方面，通过制酸工艺回收二氧化硫，回收率达 99.8%，回收的硫酸年产能达 300 万吨，实现污染物减排与资源回收的协同。

3. 绿色金融支撑路径效果分析

绿色金融创新为技术与管理的落地提供了可持续的资金支持，并通过降低融资成本、获取政策激励，显著提升了企业绿色转型的经营质量与企业价值。

在提升企业经营质量方面，绿色金融工具的应用优化江铜集团的财务结构与运营效率。如表 7 所示，江铜集团的融资成本从 2020 年的 2.63% 逐步降至 2024 年的 2.37%，体现出绿色信贷、绿色债券等定向融资渠道在降低资金成本方面的积极作用。同时，公司的净资产收益率从 3.88% 稳步提升至 9.02%，销售净利率亦由 0.77% 增长至 1.43%，反映出绿色资金支持下的技术改造与管理提升对盈利能力的促进作用。尽管销售毛利率受行业周期与原料价格影响有所波动，但净利润增长率除 2022 年较低外，其余年份均保持正向增长，2021 年实现了 142% 的增速，说明绿色转型在提升成本控制与运营效率方面具备持续潜力。同时，资产负债率始终维持在 51%~55% 区间，可持续增长率从 3.24% 提升至 6.04%，财务结构更稳健，抗市场波动能力显著增强。

Table 7. Analysis of Jiangxi copper group's operational performance, 2020~2024

表 7. 江铜集团 2020~2024 年经营质量分析

项目	指标	单位	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
经营质量	净资产收益率	%	3.88	8.18	7.62	8.79	9.02
	销售毛利率	%	3.55	3.96	2.99	2.68	3.54
	销售净利率	%	0.77	1.34	1.27	1.34	1.43
	净利润增长率	%	12.18	142.00	2.96	14.56	6.42
	融资成本	%	2.63	2.40	2.28	2.54	2.37
	资产负债率	%	52.54	51.68	51.03	54.36	54.54
	可持续增长率	%	3.24	5.69	5.62	6.82	6.04

数据来源：CSMAR 数据库。

在提升企业价值方面，绿色金融工具的运用与转型成效的落地，不仅直接改善了财务指标，更通过获取政策红利、积累绿色信用与树立绿色品牌形象，进一步提升企业价值。

首先，在获取政策红利上，江铜集团在 2020~2024 年政府补助累计达 15.22 亿元(见表 8)。其中，与收益相关的政府补助从 2020 年的 0.69 亿元激增至 2024 年的 3.94 亿元，增长了近 5 倍，这部分补助主要

对应节能减排、技术研发等项目的绩效奖励，体现了政府对企业绿色转型成效的认可与支持。

Table 8. Breakdown of government subsidies received by Jiangxi copper group, 2020~2024

表 8. 江铜集团 2020~2024 年获得政府补助明细表

项目	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
与资产相关的政府补助(万元)	7433.98	8145.59	7855.02	6777.91	6930.30
与收益相关的政府补助(万元)	6856.51	7752.69	21613.07	39418.67	39359.00
合计	14290.49	15898.28	29468.09	46196.58	46289.30

数据来源：CSMAR 数据库。

其次，在积累绿色信誉上，绿色融资资金的合规使用与持续的转型投入，显著提升了公司在资本市场的信誉。如下表 9 所示，江铜集团的 ESG 评分从 2020 年的 84.15 分稳步提升至 2024 年的 86.54 分，反映出其可持续发展实践持续获得专业认可。与此同时，公司的信用评级自 2021 年起始终维持在 AAA 等级，展现了资本市场对其财务稳健性与履约能力的高度信任。优异的 ESG 评分与稳定的信用评级，为企业可持续发展提供了稳定的资本保障。

Table 9. Jiangxi copper group's ESG scores and credit rating performance, 2020~2024

表 9. 江铜集团 2020~2024 年 ESG 评分与信用评级表现

项目	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
信用评级	/	AAA	AAA	AAA	AAA
华证指数 ESG 评分	84.15	79.517	82.245	82.737	86.54

数据来源：CSMAR 数据库。

Table 10. Jiangxi copper group's notable green awards, 2020~2024

表 10. 江铜集团 2020~2024 年代表性绿色荣誉

获得年份	具体荣誉/称号
2020 年	国家级绿色设计示范企业
2021 年	绿色供应链管理企业
	中国工业碳达峰“领跑者”企业 江西省首家国家重点用能行业能效“领跑者”
2022 年	有色金属上市公司品牌价值榜 TOP30
2023 年	再次获得中国工业碳达峰“领跑者”企业
	中国品牌价值 500 强排名第 100 位 2023 中国上市公司品牌价值榜排名第 96 位
2024 年	全球矿业和金属品牌价值 50 强第 4 位 首次入选世界品牌 500 强

数据来源：江铜集团 ESG 报告。

最后，在树立绿色品牌形象上，绿色低碳转型成果有效转化为市场声誉与竞争壁垒。公司的核心产品阴极铜已连续六年获得伦敦金属交易所(LME)A 级资质，彰显了国际一流的产品品质。如下表 10 所示，在品牌层面，江铜集团首次入选 2024 年“世界品牌 500 强”，位列第 398 位，并在专业榜单中荣膺“全

球矿业和金属品牌价值 50 强”第 4 位。此外，“中国工业碳达领跑者”等国家级荣誉，进一步强化了其作为绿色标杆企业的品牌形象。这些声誉，进一步强化了企业的品牌优势，为绿色产品的市场推广奠定了基础。

5. 结论与建议

本研究以江铜集团为典型案例，运用单案例研究方法，探讨了有色金属企业绿色低碳转型的实践路径。通过对江铜集团转型实践的深入分析，本研究得出以下主要结论：

第一，绿色技术创新是企业绿色低碳转型的核心驱动力。江铜集团通过在上游勘探采矿环节引入磁悬浮鼓风机、在中游冶炼环节采用 SCR 脱硝工艺和高效硫化氢气体连续硫化工艺、在下游产品开发环节推出 UL2809 再生铜认证产品，构建了覆盖全产业链的绿色技术创新体系。这一体系不仅实现了生产过程的节能减排，还提升了产品的市场竞争力，为企业高质量发展奠定了技术基础。

第二，绿色管理建设为企业绿色低碳转型提供制度保障。江铜集团发布的“139”双碳战略规划明确了转型目标和行动路径，通过能源管理中心系统实现精细化管理，借助激励机制培育全员绿色文化，形成了战略引领、管理支撑、文化驱动的组织保障体系。这表明，企业绿色低碳转型需要系统性的组织变革作为支撑。

第三，绿色金融工具创新为企业绿色低碳转型提供资金支持。江铜集团通过发行全国有色金属行业首单碳中和债、开展绿色信贷支持、发行资产支持专项计划等多元化金融工具，有效破解了转型项目的资金约束，其融资成本降至市场低位。这充分说明，绿色金融与实体经济的深度融合是转型成功的重要保障。

基于上述研究结论，为推动有色金属行业整体绿色低碳转型与高质量发展，本文提出以下政策建议：

在宏观层面，完善顶层设计，强化激励约束。政府在延续并优化现有节能环保税收优惠、绿色技改补贴政策的基础上，应结合铜冶炼环节能耗高的特点，可探索设立阶梯式碳税政策，根据单位产品碳排放强度设定差异化税率，对低于行业基准的企业给予税收减免，对高于基准的企业征收惩罚性碳税，最终形成“高碳高成本、低碳低成本”的价格信号。

在中观层面，构建产业生态，促进协同创新。鼓励龙头企业和产业园区牵头建立绿色供应链管理体系，将环保绩效纳入供应商选择与评价标准。大力扶持再生铜产业，通过政策引导和技术标准，提高再生铜原料的利用比例和质量。针对行业共性技术瓶颈，由政府或行业协会主导，联合骨干企业、高校及科研院所组建创新联合体，共享研发资源，加速关键绿色技术的突破与产业化应用。

在微观层面，引导企业实践，夯实数据基础。引导铜企业特别是上市公司和重点排污单位，主动开展环境绩效评估，强制要求披露关键环境绩效数据，如单位产品综合能耗、碳排放强度、资源回收率及绿色投融资信息。企业应设立专门的碳资产管理机构或岗位，主动参与碳市场交易，将绿色金融工具的运用与内部减排项目深度绑定，实现环境效益与财务效益的双赢。

基金项目

江西省江西理工大学研究生创新专项资金项目(项目编号：XY2025-S100)。

参考文献

- [1] 郭朝先. “双碳”目标下我国有色金属工业转型发展研究[J]. 广西社会科学, 2022(1): 135-143.
- [2] 朱晓兰, 蒋万胜. “双碳”发展战略与中国式现代化的耦合性审视[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2024, 51(6): 30-37+194.
- [3] Kemp, R. and Pontoglio, S. (2011) The Innovation Effects of Environmental Policy Instruments—A Typical Case of the

- Blind Men and the Elephant? *Ecological Economics*, **72**, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014>
- [4] OECD (2008) Environmental Innovation and Global Markets. Organization for Economic Cooperation and Development.
- [5] Beise, M. and Rennings, K. (2005) Lead Markets and Regulation: A Framework for Analyzing the International Diffusion of Environmental Innovations. *Ecological Economics*, **52**, 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.007>
- [6] 伊晟, 薛求知. 绿色供应链管理与绿色创新——基于中国制造业企业的实证研究[J]. 科研管理, 2016, 37(6): 103-110.
- [7] 孙冰, 丛桂宇, 田胜男. 环境规制对企业绿色创新的影响机理研究——战略柔性及区域差异性的双调节作用[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(9): 94-102.
- [8] 解学梅, 朱琪玮. 企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题? [J]. 管理世界, 2021, 37(1): 128-149+9.
- [9] 吕燕, 王伟强. 企业绿色技术创新研究[J]. 科学管理研究, 1994(4): 46-48.
- [10] Xie, X., Huo, J. and Zou, H. (2019) Green Process Innovation, Green Product Innovation, and Corporate Financial Performance: A Content Analysis Method. *Journal of Business Research*, **101**, 697-706.
- [11] 王建明, 陈红喜, 袁瑜. 企业绿色创新活动的中介效应实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(6): 111-117.
- [12] Liao, Z. (2019) Is Environmental Innovation Conducive to Corporate Financing? The Moderating Role of Advertising Expenditures. *Business Strategy and the Environment*, **29**, 954-961. <https://doi.org/10.1002/bse.2409>
- [13] 张杨, 袁宝龙, 郑晶晶, 等. 策略性回应还是实质性响应?碳排放权交易政策的企业绿色创新效应[J]. 南开管理评论, 2024, 27(3): 129-140.