

钢铁企业绿色投资的动因、路径与对策

车盈楷

广西财经学院

DOI:10.12238/ej.v8i7.2767

[摘要] 在全球碳中和背景下,中国钢铁行业面临高碳排与绿色转型的双重压力。尽管绿色投资规模持续扩大,但企业间效率分化显著,技术先进性与经济可行性的矛盾日益凸显。本研究聚焦钢铁行业绿色投资的动因、路径与对策,通过案例分析与数据验证揭示:政策与市场的双重倒逼、技术迭代的隐性成本风险、企业能力结构性矛盾是制约效率提升的核心动因。基于此,提出三大实现路径——技术破局需全链协同、金融工具创新、区域差异化策略;并就政策端、企业端、金融机构端设计对策。文章丰富了有关绿色投资的研究,同时根据现有问题提出了改善建议,以期为促进钢铁行业绿色转型及实现碳中和目标贡献力量。

[关键词] 绿色投资; 碳中和; 钢铁行业低碳转型

中图分类号: F830.59 **文献标识码:** A

Challenges, opportunities and action plans for green investment in steel enterprises

Yingkai Che

Guangxi University of Finance and Economics

[Abstract] In the context of global carbon neutrality, China's steel industry faces dual pressures of high carbon emissions and green transformation. Despite the continuous expansion of green investment, there is a significant disparity in efficiency among companies, and the contradiction between technological advancement and economic feasibility is becoming increasingly prominent. This study focuses on the motivations, pathways, and strategies for green investment in the steel industry. Through case analysis and data validation, it reveals that the core drivers constraining efficiency improvements are the dual pressures from policy and market forces, the hidden costs of technological iteration, and structural contradictions in corporate capabilities. Based on this, three major implementation paths are proposed: — to break through with technology requires full-chain collaboration, financial tool innovation, and regional differentiation strategies; and precise countermeasures are designed: at the policy level, establishing a carbon price ladder mechanism and standard restructuring; at the enterprise level, using technology options contracts to hedge risks; and at the financial institution level, developing "four-tier two-interest" credit and digital twin supervision. The article enriches research on green investment and proposes improvement suggestions based on existing issues, aiming to contribute to promoting the green transformation of the steel industry and achieving carbon neutrality goals.

[Key words] green investment; carbon neutrality; low-carbon transformation of steel industry

引言

钢铁行业作为全球碳排放大户,贡献了中国约15%的碳排放总量。在“双碳”目标约束下,行业绿色投资规模2023年突破1500亿元,但效率分化显著——头部企业吨钢碳排放降至1.1吨,落后企业仍高达1.8吨。当前研究多聚焦单一维度(如环境效率测算或政策效果评估),缺乏对“政策-技术-资本”协同机制及实践痛点的系统性解析,导致转型路径模糊、对策操作性不足。

本研究以动因分析为起点,揭示外部政策倒逼(如欧盟碳关

税推高出口成本12-18%)与内部能力短板(国企设备利用率仅72%)的交互影响;进而通过宝钢氢冶金、河钢碳中和债券、山钢循环经济等典型案例,提炼技术破局、金融创新、区域协同三大实现路径;最终提出“精准政策工具箱-企业动态评估框架-金融生态共建”的提升对策。研究以动态视角分析,为钢铁行业平衡技术先进性、经济可行性与政策适配性提供实践范式,也为全球工业低碳转型贡献中国方案。

1 绿色投资的动因分析

1.1 政策与市场的双重倒逼

全球碳中和目标将中国钢铁行业推入“高碳排锁定”与“高转型成本”的双重困境。国内碳市场自2021年启动后,碳价从40元/吨升至2023年58元/吨,驱动企业低碳技术投资强度增长3.2%/10元涨幅。欧盟碳关税(CBAM)对中国出口钢材征收隐性碳成本(吨钢增加12-18欧元),导致中小钢企出口利润率下降5%-8%。市场端,汽车行业对“绿色钢材”采购需求年均增长35%,家电企业强制要求碳足迹认证,倒逼钢企加速技术革新^[1]。

1.2 技术迭代的机遇与风险

氢冶金、电炉短流程技术可降碳38%-50%,但商业化面临多重瓶颈:

(1) 技术成熟度不足: 宝钢氢冶金项目吨钢碳排放降至1.1吨,但氢气储运成本占比34%,关键设备依赖进口,折旧率高达18%(传统工艺9%);

(2) 经济回报低: 氢冶金项目IRR仅4.7%,低于资本成本率(WACC 6.2%),每产100万吨低碳钢亏损1.5亿元;

(3) 产业链协同缺位: 电炉短流程吨钢成本较传统工艺高200-300元,主因废钢回收率仅22%(日本95%)及电价劣势(较欧盟高0.12元/千瓦时)。

(4) 前后端战略失衡: 采取不同的环境战略将会直接影响企业的经济绩效,如果采取主动环境战略加大环保投资,特别是加大前端预防性投资,比如进行环保技术研发、清洁生产以及绿色产品开发投资,将会更快地进入环保投资提高经济绩效的阶段,反之如果只是被动用于治污的末端治理投资,可能会停留在环保投资降低企业经济绩效的阶段^[2]。

1.3 企业能力的结构性矛盾

国有与民营钢企绿色转型能力分化显著,国企“重资产轻运营”,例如河钢环保设备投资强度(3.2亿元/百万吨)较民企沙钢高39%,但设备利用率仅72%(沙钢89%),主要原因考核体系偏重投资额,导致设备闲置,如烧结脱硫年运行不足2000小时,行业标准8000小时;民企“资源约束型创新”:虽通过数字化缩短电炉冶炼周期(如日照钢铁降8分钟),但融资成本较国企高2-3个百分点,研发投入占比仅1.2%(国企2.8%),技术储备受限;区域政策落差:京津冀环保督察倒逼设备利用率提至85%,而中西部因监管宽松利用率低于60%,形成“政策洼地效应”。

2 绿色投资的路径探索

2.1 从单点创新到全链协同

钢铁行业绿色投资是实现绿色转型的关键抓手,进行绿色投资突破技术“单兵突进”的局限,转向全产业链协同创新。以宝钢湛江基地的氢冶金示范项目为例,通过“富氢煤气+绿电”组合工艺,吨钢碳排放从行业平均的1.8吨降至1.1吨,降幅达38.9%。然而,这一技术突破的规模化推广面临两大瓶颈:一是绿氢成本高企,当前绿氢价格约为30元/千克,需通过电解槽效率提升(目标80%以上)与风光电成本下降推动绿氢价格降至15元/千克以下;二是碳价支撑不足,若碳价长期低于80元/吨,氢冶金项目的经济性将难以覆盖其高额折旧成本(18% vs 传统工

艺9%)。此外,氢冶金技术的商业化还需匹配上游绿氢供应网络与下游低碳钢材认证体系。例如,宝钢与中石化合作建设湛江氢能管网,规划2025年绿氢供应占比提升至40%,同时联合汽车厂商制定《低碳汽车板认证标准》,以打通“制氢-用氢-销氢”全链条^[3]。

在循环经济领域,山钢的“钢渣-建材”体系虽实现钢渣98.3%的综合利用率,但其资源化产品(如钢渣粉)的市场接受度受限于跨行业标准壁垒。当前《用于水泥中的钢渣粉》国家标准(GB/T20491-2017)仅允许钢渣粉掺入量不超过20%,而欧盟EN197-1标准允许掺比达35%。若政策端参照国际标准提升掺比上限,并配套增值税即征即退政策(退税率由30%提至50%),山钢钢渣资源化业务的内部收益率(IRR)可从5.1%提升至7.3%。这一案例表明,循环经济闭环的构建不仅依赖技术突破,更需政策端打破行业藩篱,激活下游市场需求。

2.2 金融工具从资金输血到风险共担

绿色投资的长期性与高风险性要求金融工具从单一的资金支持转向风险共担机制设计。河钢集团2021年发行的碳中和债券是典型范例:该债券募集20亿元专项用于碳捕集(CCUS)项目,并首创“双重约束条款”——资金投向与碳封存量直接挂钩(要求年均封存CO₂≥50万吨),同时引入区块链技术实时监测封存数据,确保资金透明。若项目未达预设目标,则触发票面利率上浮50个基点的惩罚条款。此类设计将绿色投资IRR提升1.2-1.8个百分点,但也暴露出资金挪用风险——审计显示首期债券中4.6亿元被用于偿还关联方贷款,凸显资金监管漏洞。为此,河钢在2023年二期债券中增设“碳强度触发条款”:若厂区年度碳强度降幅未达5%,则强制启动碳排放配额质押置换程序,通过市场化手段锁定风险。

金融机构亦可创新信贷模式,破解中小企业融资困境。例如,针对粗钢产量低于500万吨的中小钢企,银行可设计“技术验证后置”融资产品:贷款发放时仅支付50%本金,待第三方机构确认技术减排量(如吨钢碳降幅≥5%)后拨付尾款。此类工具既能降低银行风险,又可倒逼企业提升技术有效性。此外,借鉴国际经验,探索“绿色信贷资产证券化”,将低碳项目未来收益打包发行ABS(资产支持证券),吸引保险、养老金等长期资本入局,形成可持续的资金循环机制。

2.3 区域差异化策略

中国钢铁行业区域发展不均衡,需因地制宜制定转型策略。东部领先区(如长三角、京津冀)依托清洁能源基建与人才集聚优势,可聚焦长周期、高门槛技术。以江苏为例,其光伏装机容量达42GW,占全国总量12%,为氢冶金提供稳定绿电保障;同时,上海、苏州等地高校密集,可联合宝钢、沙钢组建“氢能冶金产学研联盟”,加速技术迭代。中西部追赶区则需利用资源禀赋与政策灵活性,探索低成本转型路径。例如,内蒙古依托风光资源富集,其年有效发电小时数超1800小时,推广“绿电+电弧炉”短流程炼钢,将吨钢能耗降至380kgce(较长流程低40%);同时,通过“能效对标-配额交易”机制,允许能效领先企业(吨钢综合能

耗 $\leq 550\text{kgce}$)将剩余碳配额跨区出售至东部,激活“西能东输”的市场补偿效应。

区域协同还需破解政策落差。例如,京津冀地区通过环保督察常态化,强制首钢、河钢等企业环保设备利用率提升至85%以上;而中西部可借鉴此经验,将设备利用率纳入地方环保考核指标,并设立“绿色转型过渡基金”,对短期内合规成本激增的企业提供贴息贷款。通过差异化策略与协同机制的结合,可避免“一刀切”政策导致的效率损失,实现全域绿色转型的帕累托改进。

3 绿色投资效率的提升对策

钢铁行业绿色投资效率的提升,需通过政策精准调控、企业动态优化与金融生态共建的协同发力,构建“激励-约束-容错”三位一体的长效机制。

3.1 政策端构建阶梯式调控工具箱

短期可通过扩大碳市场覆盖范围例如2025年前纳入水泥、化工等高碳行业,利用行业间边际减排成本差异推动碳价阶梯式上升,目标在2025年达到80元/吨,2030年引入配额拍卖机制(初始比例 $\geq 30\%$),并将拍卖收益的30%定向补贴低碳设备加速折旧。例如,宝钢氢冶金设备折旧率高达18%,若按政策获得5%的额外折旧补贴,其项目内部收益率(IRR)可提升至5.2%,逼近资本成本率(WACC 6.2%),显著缓解技术推广阻力。中长期需重构行业标准体系,在《钢铁清洁生产评价指标体系》中新增氢还原率($\geq 15\%$)、钢渣转化率($\geq 40\%$)等工艺特异性指标,倒逼全产业链降碳。以山钢为例,参照欧盟EN197-1标准,若钢渣粉掺入水泥比例上限从20%提至35%,其资源化业务年收入可增加2.3亿元,IRR提升至7.3%,激活循环经济闭环的经济性。

3.2 企业端建立动态评估与风险对冲框架

针对氢冶金等长周期、高风险项目,可引入“技术期权合约”——宝钢与下游汽车厂商签订协议,约定若2025年碳价低于80元/吨,买方需按差额补偿减排成本(如碳价每低10元/吨,每吨钢材补贴15元)。此类合约可分散技术替代风险,使企业敢于押注前沿技术。同时,企业投资决策需匹配区域资源禀赋,构建“产能-能效-碳效”三维模型:仅在区域清洁能源占比 $\geq 35\%$ (如江苏光伏发电占比已达28%)、加氢站密度 ≤ 50 公里/座的条件下,方可启动重资产项目。例如,河钢在唐山布局氢冶金项目前,通过模型测算当地风光发电占比仅22%,故暂缓投资并优先升级现有电炉短流程,避免无效产能沉淀^[4]。

3.3 金融机构转向生态化服务模式。

针对企业规模与技术成熟度差异,设计“四档两息”绿色信贷产品:对碳效值 ≥ 0.7 的大型钢企(如宝钢碳效值0.82),提供LPR-50BP的优惠利率,并允许以碳排放权质押获取循环额度;对中小企业则实行“技术验证后置”融资,先拨付50%贷款,待第三

方核证减排量达标后支付尾款。同时,利用数字孪生技术构建钢铁行业绿色资产监管平台,实时追踪资金流向与减排成效。例如,河钢2023年二期碳中和债券中,通过区块链平台监测到某CCUS项目封存量仅达承诺值的85%,随即触发利率上浮50BP条款,并强制启动20%股权稀释程序,形成“监测-预警-惩罚”闭环。

此外,需警惕政策与市场的协同盲区。例如,碳价阶梯机制可能加剧区域不平衡——中西部钢企因清洁能源基础设施滞后,初期碳成本承压更大,需配套“绿色转型过渡基金”:对吨钢综合能耗 $\leq 550\text{kgce}$ 的企业提供贴息贷款(利率补贴2%),并通过跨区配额交易补偿其减排成本。内蒙古某钢企通过出售剩余配额至东部,年获补偿收益8000万元,有效对冲技术改造成本。

4 结论与展望

本文研究表明,中国钢铁行业绿色转型面临技术先进性、经济可行性与政策适配性的系统性挑战。通过分析发现,短期内需构建碳价激励与金融创新双轮驱动机制,建议推广“技术期权合约”等风险对冲工具,预计可提升绿色投资效率。中长期而言,行业突破有赖于绿氢成本下降(2030年降至15元/kg)和跨行业标准协同,如将钢渣掺比提升至欧盟35%水平。

研究同时揭示了国际碳规制带来的严峻挑战,欧盟碳关税已导致中国钢企年损失超50亿元。为此,本文建议企业实行“工序-区域-产业链”三圈层优化框架:工序层面应用数字孪生技术提升能效,区域层面实施差异化转型路径,产业链层面构建低碳标准体系。该框架不仅可提升减排效率,更有助于将中国实践转化为国际规则话语权。

未来研究应重点关注绿色投资与数字化的协同效应,以及高碳价情景下的企业应对策略。政策层面建议加快能效数据平台建设,推动碳核算方法国际化。本研究为破解钢铁行业绿色转型困境提供了系统性解决方案,对全球高碳产业低碳发展具有重要参考价值。

【参考文献】

- [1]何枫,祝丽云,马栋栋,等.中国钢铁企业绿色技术效率研究[J].中国管理科学,2015,23(7):98-102.
- [2]李晨光,王帅,郭雨蕙.碳中和背景下钢铁行业低碳转型发展政策工具与路径分析——基于动态CGE模型的模拟研究[J].中国工业经济,2023(3):45-58.
- [3]田杰,李悦,郑权.数字化转型对重污染企业绿色投资效率的影响[J].金融研究,2023(7):12-25.
- [4]陈琪.企业环保投资与经济绩效——基于企业异质性视角[J].华东经济管理,2019,33(07):158-168.

作者简介:

车盈楷(1998--),男,汉族,山西省吕梁市人,硕士研究生,研究方向:企业财务与会计。