

“数字丝路”与“绿色丝路”协同发展下中国应对绿色贸易壁垒的策略研究

邓成波, 杨 燕*

齐鲁理工学院商学院, 山东 济南

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年10月20日; 发布日期: 2025年10月30日

摘 要

在“数字丝绸之路”与“绿色丝绸之路”协同背景下, 欧盟碳边境调节机制(CBAM)对RCEP区域钢铁产业构成显著壁垒。本文聚焦RCEP区域, 以钢铁行业为案例, 结合竞争优势与全球治理协同理论, 系统剖析数字技术应对CBAM的实践路径。经案例分析研究发现, 宝钢通过WisCarbon平台实现跨区域供应链碳数据管控, 面临数据协同壁垒与数字化鸿沟等困境。CBAM兼具倒逼减排的环保价值与标准歧视的贸易保护特征, 中国方案需应对规则信任、数据安全与地缘干扰风险, 可通过构建数字信任体系、分级数据治理与多边规则协同破解。本文依据“规则-技术-区域”三维分析, 为RCEP区域突破碳关税壁垒提供理论支撑与实践参考。

关键词

“数字丝路”, “绿色丝路”, 绿色贸易壁垒, 欧盟碳边境调节机制

A Study on Strategies for Addressing Green Trade Barriers under the Synergistic Development of the “Digital Silk Road” and the “Green Silk Road”

Chengbo Deng, Yan Yang*

Business School, Qilu Institute of Technology, Jinan Shandong

Received: September 11, 2025; accepted: October 20, 2025; published: October 30, 2025

*通讯作者。

文章引用: 邓成波, 杨燕. “数字丝路”与“绿色丝路”协同发展下中国应对绿色贸易壁垒的策略研究[J]. 社会科学前沿, 2025, 14(10): 775-780. DOI: 10.12677/ass.2025.1410953

Abstract

Against the backdrop of the coordinated development of the “Digital Silk Road” and “Green Silk Road”, the EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) poses a significant barrier to the steel industry in the RCEP region. Focusing on the RCEP region and taking the steel industry as a case study, this paper systematically analyzes the practical paths of using digital technologies to respond to CBAM, integrating the Competitive Advantage Theory and Global Governance Synergy Theory. Through case analysis, it is found that Baosteel has achieved cross-regional supply chain carbon data management through its WisCarbon platform, while facing dilemmas such as data synergy barriers and digital divides. CBAM has dual characteristics: the environmental value of forcing emission reductions and the trade protection nature of standard discrimination. China’s solutions need to address risks such as rule trust, data security, and geopolitical interference, which can be resolved by establishing a digital trust system, hierarchical data governance, and multilateral rule coordination. Based on the three-dimensional analysis of “rules-technology-region”, this paper provides theoretical support and practical reference for the RCEP region to break through carbon tariff barriers.

Keywords

“Digital Silk Road”, “Green Silk Road”, Green Trade Barriers, EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

Copyright © 2025 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

“数字丝绸之路”与“绿色丝绸之路”作为“一带一路”倡议高质量发展的核心支柱，正深度重塑 RCEP 区域经贸合作范式。数字技术加速贸易便利化与产业转型，绿色理念驱动低碳升级，二者协同为 RCEP 国家突破增长瓶颈提供新路径。2025 年欧盟碳边境调节机制(CBAM)的落地，对区域欧盟市场准入、碳标准协同及高碳产业竞争力形成刚性制约——欧盟海关首次向中国钢铁企业开出 CBAM 账单时，宝钢股份的年度利润即面临高达 8000 万欧元(约合 6.2 亿元人民币)的碳成本侵蚀，这一数值相当于其 2023 年净利润的 15%¹。

CBAM 以全生命周期碳足迹核算为核心，本质是碳治理与贸易规则的深度绑定，在双丝路语境下呈现双重特征：一方面倒逼钢铁企业加速绿色转型，宝钢通过 WisCarbon 平台实现碳核算与 CBAM 适配，氢冶金“绿钢”吨钢降碳 50%；宝钢股份则紧急上线碳成本动态模拟系统，整合 17 个生产环节数据预测税费，通过工艺优化降低碳成本占比²。另一方面，发达国家构建的碳数据溯源与数字化核验复合壁垒，进一步加剧 RCEP 区域钢铁产业链的发展差距。

当前应对绿色贸易壁垒还面临诸多问题，例如环境碳核算与数字溯源区域标准话语权薄弱，RCEP 成员国绿色转型进度与数字化基础设施水平差异显著，钢铁企业面临高昂合规成本且缺乏区域性数字化服

¹数据来源：中华人民共和国商务部。<https://data.mofcom.gov.cn/>

²数据来源：中国五矿化工进出口商会。<https://www.cccmc.org.cn/syjh/gyxx/>

务。鉴于此, 本文聚焦“数字-绿色”协同框架, 探索 RCEP 区域钢铁行业应对 CBAM 的系统路径, 为我国对外开放与区域产业可持续发展提供支撑。

2. 文献回顾

UNCTAD (2024) 数据显示, RCEP 国家钢铁产品 CBAM 合规成本较欧盟企业高 3~5 倍, 这一显著差异印证了其贸易保护属性。从本质层面看, 王孝松等(2024)基于全球价值链分工视角指出, CBAM 实质是“碳治理与贸易规则的深度绑定”, 通过将碳排放成本嵌入价值链各环节重塑国际分工格局[1]; Helm (2020)进一步分析欧盟绿色新政逻辑, 认为发达国家正凭借碳规则制定权主导全球价值链治理, 对发展中国家形成隐性“规则壁垒”[2]。

针对这一壁垒, 学界已探索应对的理论路径: 李艳姗等(2025)提出“数实融合赋能绿色贸易”理论, 证实数字技术可通过降低碳核算成本、提升合规效率, 缓解绿色贸易壁垒对出口的冲击[3]; Khemiri & Neffati (2025)则通过 MENA 国家面板数据验证, 数字经济与绿色增长存在显著正向协同效应, 为“双丝路”协同应对提供了跨区域实证支持[4]。在区域治理维度, 刘昌明等(2023)基于全球治理协同理论指出, RCEP 等区域组织可通过规则协调、平台共建形成应对外部绿色壁垒的“集体行动”, 关于中国-东盟自贸区 3.0 版的研究更显示, 区域内 ESG、碳排放认证等标准互认可降低 40%以上的合规成本, 为协同应对提供了明确制度路径[5]。

值得关注的是, 现有研究普遍聚焦 CBAM 从“单一碳关税”向“数字-碳复合壁垒”的演进趋势——欧盟已通过要求全生命周期碳足迹数字化溯源, 将数字技术应用能力纳入市场准入核心条件。这一变化对企业提出了新挑战: 张奕芳等(2024)实证发现, 中国钢铁企业因数字化溯源能力不足, CBAM 申报驳回率较日韩企业高 12 个百分点[6]。因此, 本文聚焦“数字-绿色”协同框架, 为进一步探索 RCEP 区域钢铁行业应对 CBAM 策略提供路径。

3. 发展现状

3.1. CBAM 的双重属性与实施影响

CBAM 呈现鲜明的双重特征: 环保层面, 其通过碳成本内部化倒逼全球产业链减排, 欧盟碳市场与 CBAM 的联动机制有效降低“碳泄漏”风险, 2024 年欧盟境内钢铁企业单位碳排放较 2019 年下降 18%, 印证其环保价值; 贸易保护层面, UNCTAD (2024) 数据显示, RCEP 国家钢铁产品 CBAM 合规成本较欧盟企业高 3~5 倍, 且欧盟通过规则制定权将数字溯源能力纳入准入条件, 实质形成“规则壁垒”。2025 年欧盟《综合法案》虽简化申报流程, 但强化了非欧盟生产商的数据申报义务, 进一步加剧合规压力[7]。

3.2. 数字-绿色协同的实践探索

中国企业的技术突围: 宝钢通过 WisCarbon 平台接入 17 个生产环节数据, 实现碳核算与 CBAM 规则适配, 其中氢冶金“绿钢”吨钢降碳 50%, 碳成本动态模拟系统使税费预测提前 90 天, 2025 年二季度碳成本占比下降 4.2 个百分点。敬业集团则依托一体化生产管控平台优化碳足迹, 发布 13 款产品 EPD 认证, 清洁运输比例达 80%以上, 2025 年对欧绿色建筑用钢出口增长 32%³。

东盟国家的初步实践: 越南和发钢铁尝试接入马来西亚光伏绿电数据, 通过区块链记录钢坯生产碳排放, 但受数字化基础限制, 仅覆盖 30%的供应链环节, 2024 年 CBAM 申报驳回率达 27%, 较中国头

³数据来源: WisCarbon 平台。 <https://www.hbisco.com/news/hbis/group/t101/685>

部企业高 15 个百分点⁴。

3.3. 协同应对的核心困境

区域内数字化与绿色基础差异显著：老挝、缅甸等国矿山数字化率不足 27%，导致跨区域碳数据链断裂；RCEP 中小企业数字化改造成本占营收比重达 8.7%，远超欧盟企业 2.3% 的水平。标准协同缺失问题突出，日本 JFE 的碳核算标准与欧盟 PEF 体系存在 12 项指标冲突，数据转换年成本超 200 万元。此外，欧盟对 RCEP 碳数据认可度偏低，2024 年申报驳回率 19%，60% 指向“数据可信度存疑”，形成隐性壁垒⁵。总之，依托数字与绿色双丝路的协同应对机制，已在技术层面展现出突破传统方法的潜力，为化解绿色贸易壁垒提供了新可能。但本质上，这仍是一场以技术为先导、自下而上的探索进程，其长远成效最终取决于能否构建一个融通技术、标准、数据、规则与能力的系统性生态^[7]。这也正是当前阶段走向成熟发展的必经之路。

4. 案例分析与讨论

宝钢股份作为 RCEP 区域稀土钢龙头企业，2024 年对欧出口额占其总出口的 28%，主要覆盖汽车用钢、建筑钢材等 CBAM 首批管控品类。欧盟 2025 年正式实施 CBAM 后，测算显示其年度碳成本或达 6500 万欧元，占 2023 年净利润的 12.3%，合规压力显著⁶。为突破壁垒，企业构建“低碳工艺 + 数字管控”双轮驱动体系：以氢冶金、CCUS 技术降低生产端碳排放，依托数字化平台实现全生命周期碳足迹核算与 CBAM 规则适配，同步联动 RCEP 区域供应链开展跨境数据协同，成为北方钢铁企业应对碳关税的典型样本。

4.1. CBAM 应对成效的核心影响因素

技术储备基础：依托稀土资源优势，开发稀土储氢材料耦合冶炼技术，使高炉富氢冶炼吨铁碳排放降低 30%~50%；200 万吨 CCUS 示范工程年捕集 CO₂ 39 万吨，为碳足迹减量提供硬核支撑。

数字化能力支撑：搭建生产数据中台整合 12 道工序能耗数据，碳足迹核算模块实现与欧盟 PEF 标准对接，申报效率较人工提升 40%，2025 年一季度申报驳回率降至 8%。

规则与成本压力：欧盟 PEF 体系与国内碳核算标准存在 8 项排放因子差异，数据转换年维护成本达 180 万元；绿氢制备成本(25 元/公斤)较煤制氢高 3 倍，2024 年低碳改造投入占营收 7.2%。

区域协同壁垒：东盟下游企业数字化率不足 35%，2024 年因越南组装厂数据缺失导致申报延迟，产生违约成本 210 万元；欧盟暂不认可其 CCUS 减排量，仍按基准值补缴税费。

4.2. 应对策略的形成过程

风险研判与技术储备阶段(2023 年)：针对 CBAM 过渡期申报要求，启动碳足迹摸底，同步研发高炉富氢冶炼技术，与马来西亚光伏企业签订绿电直供协议，奠定“绿电 - 绿氢 - 冶炼”链路基础。

数字化平台落地阶段(2024 年)：上线碳足迹动态核算系统，接入 CCUS 项目、稀土钢生产全环节数据，完成首批 3 款产品 EPD 认证，对欧绿色钢材出口占比提升至 22%。

区域协同优化阶段(2025 年)：联合北方稀土、东盟车企搭建区块链数据共享节点，试点跨境碳数据溯源；推动内蒙古碳交易平台与 RCEP 区域互认，力争 CCUS 减排量纳入欧盟碳市场抵扣范围。

⁴数据来源：InfoLink Consulting。 <https://www.infolink-group.com/index/cn/>

⁵数据来源：中国智能矿山产业发展白皮书。 <https://www.fxbaogao.com/>

⁶数据来源：wind 数据库。 <https://www.wind.com.cn/portal/zh/EDB/index.html>

5. 结论与对策建议

5.1. 结论

本文聚焦钢铁行业, 基于“规则-技术-区域”三维框架, 结合竞争优势与全球治理协同理论, 剖析数字-绿色协同应对 CBAM 的实践路径。研究发现: CBAM 呈现双重属性, 既通过碳成本内部化推动全球减排(欧盟境内钢企碳排放下降 18%), 又以规则制定权构建贸易壁垒(RCEP 合规成本高 3~5 倍), 印证“环保合理与保护主义并存”的本质。

RCEP 钢铁行业已形成差异化应对格局: 宝钢、包钢等中国龙头企业通过“低碳工艺+数字管控”实现突破, 包钢稀土储氢技术使吨铁降碳 30%~50%, 数字化平台将申报驳回率降至 8%; 但东盟企业数字化率不足 35%, 中小企业改造压力显著, 区域协同存在明显短板。案例证实数字-绿色协同可有效缓解 CBAM 冲击, 但需破解标准差异、数据壁垒与成本压力。本文通过整合企业实践与区域特征, 完善了“双丝路”协同应对绿色壁垒的理论体系, 填补了行业-区域结合的研究缺口。

5.2. 对策建议

1) 共建“数字绿色标准联通体系”, 提升国际规则话语权

应对绿色贸易壁垒的关键在于掌握标准制定的主动权。我国需着力构建以数字技术为驱动、与“一带一路”倡议共建国家协同联通的绿色标准体系。具体而言, 可联合建立“数字绿色标准平台”, 系统集成沿线国家在碳排放、环境产品认证及资源循环等领域的技术法规与标准要求, 并借助多语言智能处理系统实现实时检索与合规比对, 为企业提供高效、透明的规则服务。同时, 应推动我国在新能源和绿色基础设施建设等优势领域的技术标准以数字化形式“走出去”[8]。可通过“数字丝路”框架下的数字自由贸易区、低碳示范区等载体, 开展标准应用的试点示范, 提升中国标准在国际范围内的接受度和实际采信水平。此外, 应在 WTO、ISO 等多边机制中积极参与并引导碳核算、绿色产品分类、数据验证准则等国际规则的制定。倡议建立考虑发展中国家差异化能力的阶段性达标与互认安排, 降低因标准重复或冲突带来的市场准入成本, 推动我国从国际规则的“适应者”逐步转变为“塑造者”。

2) 构建“全生命周期数字溯源与信任机制”, 强化绿色供应链韧性

应对绿色壁垒需从根本上解决跨境环境信任问题。应系统推动区块链、物联网、大数据等数字技术在重点出口行业供应链全环节的深度融合, 建立不可篡改、透明可信的产品全生命周期碳足迹与环境数据溯源系统。尤其在钢铁、铝业、纺织、农业等易受碳边境机制(CBAM)影响的领域, 支持龙头企业牵头构建跨境绿色供应链联盟, 通过物联网设备实时采集能源消耗、物料使用及排放数据, 并经区块链平台加密存证, 形成可跨境核验的“数字绿色护照”。此举不仅可高效满足境外碳核算和合规要求, 更可打通国际绿色市场中的信任瓶颈[9]。同时, 应加快发展基于人工智能的碳管理 SaaS 平台和绿色生产优化系统, 为中小企业提供轻量化、低成本的数字化绿色解决方案, 帮助其实现生产降碳与合规能力提升, 从根本上增强产业链整体抗风险能力和绿色竞争力。

3) 培育“数字绿色协同治理共同体”, 形成多元协作新格局

应对绿色贸易壁垒无法依靠单一主体, 必须凝聚各方力量构建协同共治体系。建议开展面向“一带一路”倡议共建国家的“数字绿色”能力提升计划, 依托现有“数字丝路”培训基地和合作机制, 为政府人员、产业代表和青年技术人才提供绿色规则解读、数字工具使用、低碳技术应用等培训, 弥合标准理解和实践能力鸿沟[10]。同时, 应构建“政-产-学-研-金”多方协同的赋能生态, 设立专项扶持基金, 鼓励高校及科研机构开展绿色数字技术攻关, 推动金融机构开发与碳足迹挂钩的绿色信贷、保险和债券产品, 破解中小企业绿色转型的融资瓶颈。

基金项目

QIT24SN016 跨国并购推动企业技术创新的路径和对策研究。

参考文献

- [1] 王孝松, 李想. 碳边境调节机制的贸易效应与应对策略——基于全球价值链视角[J]. 中国社会科学, 2024(3): 89-108.
- [2] 李艳姗, 刘红, 朱为利. 数实融合赋能绿色发展: 制造业数字化转型与绿色贸易[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2025, 45(7): 22-39.
- [3] 刘昌明, 余晓泓. 全球气候治理中的规则竞争与中国策略——以 CBAM 为例[J]. 世界经济与政治, 2023(11): 78-99.
- [4] 张奕芳, 罗雨, 郭书琰. 数字赋能绿色出口的异质动态效应研究[J]. 价格月刊, 2024(10): 59-69.
- [5] 高慧. 数字化转型对出口企业绿色全要素生产率的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东财经大学, 2024.
- [6] 郭风, 孙仁金, 孟思琦. 数字经济影响低碳贸易竞争力的中介效应研究[J]. 技术经济与管理研究, 2022(7): 3-8.
- [7] 单双双, 戴昀弟. 数字经济背景下出口贸易转型发展路径与优化策略[J]. 商业经济研究, 2022(10): 150-153.
- [8] 董化春, 陈少英, 苏诗玉, 等. “一带一路”背景下跨境电商发展策略研究——以数字金融发展为导向[J]. 商业经济研究, 2025(17): 135-138.
- [9] Khemiri, I. and Neffati, M. (2025) The Impact of Digital Economy on Green Growth in the Kingdom of Saudi Arabia. *Economics*, **13**, 261-282. <https://doi.org/10.2478/eoik-2025-0065>
- [10] Helm, D. (2020) The European Green Deal: A Political Economy Analysis. *Oxford Review of Economic Policy*, **36**, S3-S24.