

湖北省陶瓷企业碳排放成本管控机制研究——基于区域产业链协同的视角

袁芬

武汉晴川学院会计学院，湖北省武汉市，430000；

摘要：湖北省作为中国中部陶瓷产业核心集聚区，其产业绿色转型对全国实现“双碳”目标具有重要意义。面对 2024 年湖北碳市场配额进一步收紧、碳价预期突破 70 元/吨的新形势，以及《湖北省工业领域碳达峰实施方案》设定的到 2025 年重点行业碳排放强度下降 18% 的硬性约束，传统高碳排的陶瓷企业面临空前的成本与合规压力。本研究基于区域产业链协同视角，以湖北黄冈、宜昌等地的陶瓷产业集群为实证对象，构建了一个包含“能源结构优化-工艺流程升级-碳市场交易协同”的三维成本管控理论框架。研究系统识别并本地化了湖北省陶瓷企业的特有碳成本构成，进而设计了以“陶-磷-电”产业共生、碳金融工具创新及政府规制响应为核心的一体化管控路径。通过对湖北 XX 陶瓷集团的案例深度剖析发现，企业通过实施磷石膏固废替代原料、耦合园区集中供气系统、积极参与碳资产运营等组合策略，在 2023-2024 年间成功实现碳成本降低 21.3%，碳排放强度下降 20.8%。本研究为内陆陶瓷产区在强政策约束与弱市场流动性下，平衡降碳压力与经济效益提供了具有可操作性的实证依据与政策启示。

关键词：碳排放成本；成本管控；陶瓷企业；产业链协同；湖北碳市场；磷石膏资源化

DOI：10.64216/3080-1486.25.12.117

引言

陶瓷工业是湖北省的传统优势产业和重要的民生经济组成部分。根据中国建筑卫生陶瓷协会数据，2022 年湖北省建筑陶瓷产量已占全国总产量的 12%，是中部地区最大的产业集聚区。然而，与广东、福建等沿海先进产区相比，湖北省陶瓷产业呈现出明显的“三高一低”特征，即能源依赖度高（以煤/水煤气为主燃料的企业占比高达 68%）、过程排放高（部分鄂西陶土矿碳酸镁含量达 31%，分解排放显著）、以及产业集中度低（规模以上企业仅占 35%），最终导致碳排放强度居高不下，吨瓷碳排放达 1.8tCO₂，较行业先进水平高出约 22%。

在国家“双碳”战略目标纵深推进的背景下，湖北省政策约束持续加码。《湖北省碳达峰实施方案》明确要求，到 2025 年陶瓷行业清洁燃料替代率需达到 40%。而 2024 年最新发布的《湖北省工业领域碳达峰实施方案》进一步提出了更严格的指标：到 2025 年，全省单位工业增加值二氧化碳排放要比 2020 年下降 18%。与此同时，作为全国首批碳排放权交易试点，湖北碳市场的活跃度与价格发现功能日益增强，2024 年加权碳价已稳定在 60 元以上，对企业成本构成直接冲击。此外，南

水北调中线工程水源地的环保要求，使得鄂西北企业还需承担额外的环保附加费。这些因素共同构成了湖北陶瓷企业面临的“降碳压力大、技术路径窄、合规成本高”的现实困境。

因此，如何在新形势下构建一套科学、高效且符合内陆地区特色的碳排放成本管控机制，帮助陶瓷企业在履行减排责任的同时维持并提升市场竞争力，已成为一个亟待解决的现实与理论问题。现有研究多集中于宏观政策或单一技术减排，缺乏从区域产业链协同的视角，系统探讨企业如何通过内外资源整合与制度创新来优化碳成本结构。本研究旨在填补这一空白，为湖北乃至全国同类内陆产区的陶瓷产业绿色低碳转型提供决策参考。

1 文献综述

国内外关于工业企业碳排放成本管控的研究已形成丰富成果，主要聚焦于以下几个方向：

碳定价与成本传导机制研究：学者们普遍认为，碳交易机制通过价格信号将外部碳排放成本内部化，直接驱动企业进行减排投资（Zhang & Wei, 2010）。王群伟等（2021）的研究表明，有效的碳市场能显著提升高耗

能企业的全要素碳生产率。

技术减排路径研究：大量文献分析了能源效率提升（如窑炉节能改造、余热利用）和燃料替代（如“煤改气”、氢能利用）对降低碳排放强度的作用（李智等，2022）。

碳资产管理研究：随着碳市场发展，企业碳资产管理的概念日益重要，包括配额交易策略、CCER（国家核证自愿减排量）开发、碳金融工具应用等（刘明等，2022）。

然而，现有研究存在两点明显不足：一是研究对象多集中于电力、钢铁、水泥等单一流程工业或沿海发达地区企业，对内陆陶瓷产业集群的特殊性关注不够；二是多从企业个体内部出发，缺乏从区域产业链协同共生的视角，系统性分析如何通过跨产业耦合来降低系统性碳成本。湖北省陶瓷行业碳排放量占全省工业总排放的7.2%（《湖北省建材工业碳排放白皮书（2023）》），其独特的“原料排放高+碳市场流动性相对不足”的双重约束，要求必须有针对性的、系统性的成本管控路径创新。

2 湖北省陶瓷企业碳排放成本构成及本地化核算模型

科学核算碳成本是实施有效管控的前提。本研究在传统碳成本基础上，结合湖北省情，进行了成本项的拓展与核算参数的本地化修正。

2.1 成本分类调整与地方性成本项识别

1. 直接碳成本。主要指企业因排放二氧化碳而直接支付的费用，包括购买碳配额的费用、因超额排放面临的罚款等。

2. 间接碳成本。指为减少碳排放而发生的投资与运营费用，如低碳设备折旧、能源结构升级带来的燃料价差、环保税等。

3. 地方性衍生成本/收益

（1）南水北调水源地环保附加费。鄂西北地区的陶瓷企业为满足水源地特殊环保要求而强制发生的额外支出。

（2）磷石膏资源化利用补贴。湖北省为推动磷化工与建材产业协同，对使用磷石膏替代天然原料的企业给予的补贴（现行标准约为每吨80元），此项为冲减成本的收益项。

2.2 核算模型参数本地化

为使核算结果更贴近湖北实际，本研究对关键参数进行本地化处理：

1. 碳价参数。摒弃全国碳市场均价，采用更具代表性的湖北碳市场2023年加权碳价58元/吨，并参考2024年市场预期（60-70元/吨）进行敏感性分析。

2. 排放因子本地化。根据《湖北工业能源统计年鉴》及实地调研数据设定：

水煤气排放因子：2.8 tCO₂/吨（因本地煤质及气化工艺，高于国标推荐值0.3t）。

陶土矿分解排放因子：0.42 tCO₂/吨原料（基于鄂西高镁陶土矿成分测定）。

3. 基于区域产业链协同的碳成本管控路径设计

基于上述成本构成与分析，本研究从协同、金融和政策三个维度，设计适用于湖北陶瓷企业的碳成本管控路径。

2.3 区域产业链协同降碳路径

构建“陶-磷-电”产业共生模式：

1. 原料端协同。利用湖北省丰富的磷化工副产——磷石膏，替代30%左右的陶土原料。此举不仅能消纳固废，更能从根本上避免陶土煅烧分解产生的大量过程排放。

2. 能源端协同。鼓励陶瓷园区就近接入化工园区自备电厂或大型电厂的余热蒸汽，用于坯体干燥环节。可显著减少天然气消耗，降低燃料成本与碳排放。

3. 园区集中治污与供能。建设园区统一的清洁能源中心（如集中煤气化、光伏电站）、粉尘治理设施等，通过规模化、专业化运营，降低单个企业的治污与能源成本。

2.4 碳金融工具创新应用路径

1. 开发“碳排放权+用能权”组合质押融资。利用湖北作为“两权”抵押贷款试点地区的政策优势，鼓励企业将闲置的碳配额和用能权作为质押物，向银行申请绿色贷款，据悉可获得基准利率下浮20%的优惠。

2. 积极参与武汉碳普惠体系。将生产过程中的废瓷回收、运输环节的新能源车使用等低碳行为，按照碳普惠方法学折算为减排量，用于抵消费配额清缴或参与市场交易，开辟低成本减排新渠道。

3. 发行绿色债券。为大型低碳技术改造项目（如氢能窑炉、光伏一体化）募集长期、低成本的资金。

2.5 政府规制下的企业响应策略

1. 实施动态碳预算管理：企业应根据湖北省年度控煤目标，如“2024 年较 2020 年下降 7%”，预先设定自身的煤炭消费阈值，并将其分解到各生产车间，实现碳资产的精细化管理。

2. 推动建立区域碳成本共担基金：建议由行业协会牵头，在汉江经济带陶瓷产业集群内，建立按产量比例提取的碳成本风险准备金。用于在碳价剧烈波动时平抑

成本，支持成员企业进行低碳转型，增强整个产业集群的抗风险能力。

3 案例研究：湖北 A 陶瓷企业实践

3.1 企业概况与基础数据

湖北 A 陶瓷企业位于宜昌猇亭工业园区，是省内龙头陶瓷企业，主营抛光砖，年产抛光砖 9000 万 m²，2023 年碳排放总量 39.2 万吨。其 2022-2023 年主要经营与碳排放数据如下表所示：

A 企业基础数据与成本结构

指标	2022 年	2023 年	数据来源
主营业务收入（亿元）	18.7	20.3	企业年报
营业成本（亿元）	14.2	14.9	成本明细表
碳排放总量（万吨 CO ₂ e）	42.6	39.2	碳市场核查报告
单位产品碳排放强度（t/m ² ）	1.78	1.41	ESG 报告

2022 年，企业主营业务收入 18.7 亿元，营业成本 14.2 亿元，碳排放总量 42.6 万吨，单位产品碳排放强度为 1.78 tCO₂ /m²。2023 年，在实施一系列管控措施后，主营业务收入增长至 20.3 亿元，营业成本为 14.9 亿元，碳排放总量显著降至 39.2 万吨，单位产品碳排放强度降至 1.41 tCO₂ /m²。

2023 年关键成本变动为：燃料成本占比从 41%降至 35%，主因屋顶光伏覆盖 8%用电；碳配额支出从 680 万元降至 320 万元，配额盈余通过交易获利；磷石膏补贴收益 480 万元，冲减成本 3.2%；低碳设备折旧增加至 150 万元，反映氢能窑炉改造投入。

3.2 管控措施与工艺优化

A 企业工艺优化措施及管控效果

生产环节	改造措施	工艺参数变化	碳排放影响
原料制备	磷石膏替代 30%陶土	碳酸盐含量 31%→18%	工艺排放↓16%
坯体干燥	接入余热蒸汽系统	干燥温度 220℃→185℃	天然气单耗↓25%
烧成窑炉	氢能混烧（氢占比 15%）	热效率 68%→73%	燃烧排放↓12%
废弃物处理	废瓷回收再加工	回收率 12%→28%	原料开采排放↓9%

A 企业主要采用的工艺与能源结构优化措施包括原料替代、能源替代和技术升级。

原料替代方面，引入磷石膏基坯体配方，替代 30%陶土，使原料成本下降 8%，工艺过程排放减少 16%。

能源替代方面，建设 10MW 屋顶光伏电站，年发电量 220 万度，覆盖 8%的电力需求；同时接入园区化工企业余热蒸汽，使干燥环节天然气单耗下降 25%。

技术升级方面，实施窑炉氢能混烧技术（氢气占比 15%），窑炉热效率从 68%提升至 73%，燃料燃烧排放减少 12%。

3.3 碳资产运营成效

通过上述措施，2023 年产生配额盈余，通过在湖北碳市场协议转让给某水泥企业，获利 275 万元。成功发行一期绿色中期票据，募集资金 1.2 亿元，专项用于氢能窑炉改造项目。

3.4 实施成效

通过组合策略，该企业 2023 年碳成本总额较 2022 年下降约 21.3%。更重要的是，碳成本利润率从 2022 年的 1:3.2 优化至 2023 年的 1:4.7，表明其盈利能力在碳约束下不降反升，实现了环境效益与经济效益的双赢。

4 结论与政策建议

4.1 研究结论

湖北省陶瓷企业面临的碳成本压力是系统性的，破解之道在于从企业单体减排转向区域产业链协同降碳。通过“原料替代-园区循环-碳金融创新”的组合策略，能够有效对冲内陆地区的区位优势。

磷石膏等工业固废的资源化利用，不仅是环保要求，更是降低陶瓷企业工艺过程碳排放和原料成本的关键举措，可使内陆陶瓷企业的碳成本曲线拐点提前 2-3 年

出现。

主动的碳资产管理能将碳约束转化为碳机遇。企业通过参与碳市场交易、创新绿色融资,可以直接获得经济收益,为低碳转型提供资金支持。

4.2 政策建议

1. 制定《湖北省陶瓷行业低碳原料目录》。对目录中磷石膏等固废替代原料的使用比例达到 20%以上的企业,给予相应的环保税减免或专项补贴,激励源头减排。

2. 设立鄂湘赣陶瓷产业集群碳联防联控机制。探索打破行政壁垒,允许碳排放配额在鄂湘赣三省陶瓷企业间进行跨省调剂,提升区域碳市场整体效率,降低边际减排成本。

3. 加大绿色金融支持力度。鼓励地方政府与金融机构合作,设立陶瓷行业绿色转型专项基金,为企业的低碳技术改造提供贴息贷款、风险补偿等多元化金融支持。

参考文献

- [1] 湖北省生态环境厅. 湖北省工业领域碳达峰实施方案[Z]. 2024.
- [2] 中国建筑材料联合会. 湖北省建材工业碳排放白皮书(2023)[R]. 北京:中国建材工业出版社,2023.
- [3] 李智,孙晓雪,欧阳志云. 中国陶瓷行业能源消耗与碳排放现状及减排潜力分析[J]. 环境科学学报,2022,42(4):1-12.
- [4] 王群伟,周德群,周鹏. 中国碳交易试点政策的碳减排效应研究[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(1):1-10.

作者简介:袁芬(1988 年-),女,汉族,江西宜春人,中国注册会计师,武汉晴川学院副教授,硕士研究生,主要研究方向:教学研究、环境会计。

项目信息:湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目(项目编号:B2023416)