

Analysis of Carbon Emission Management Strategies for Industrial Enterprises Based on Low-Carbon Economy

Long Zhang

China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083, China

Abstract

Under the guidance of the “dual carbon” goals, low-carbon economy has become the core direction for the development of industrial enterprises. As the main source of carbon emissions, the performance of emission reduction in the industrial sector directly relates to the transformation of the national energy structure and the realization of green development strategy. Starting from the institutional foundation of carbon emission management, this article systematically reviews the mechanisms for identifying and calculating carbon emissions in industrial enterprises. It analyzes the reduction effects of various technical paths such as optimizing energy structures, improving energy efficiency, and carbon capture. The paper also explores the guiding role of carbon trading market mechanisms on corporate behavior and proposes strategies for building internal corporate carbon management systems and collaborative governance of green supply chains. Based on this foundation, combined with current policy trends, explore the integration path of low-carbon technological innovation, green financial incentives, and institutional safeguards, aiming to provide theoretical basis and practical guidance for constructing scientific, systematic, and sustainable carbon emission management strategies for industrial enterprises.

Keywords

low-carbon economy; carbon emission accounting; energy saving and carbon reduction; carbon trading mechanism; green transformation

基于低碳经济的工业企业碳排放管理策略分析

张龙

中国地质大学（北京），中国·北京 100083

摘要

在“双碳”目标引领下，低碳经济已成为工业企业发展的核心方向。工业领域作为碳排放的主要来源，其减排绩效直接关系到国家能源结构转型与绿色发展战略的实现。本文从碳排放管理的制度基础出发，系统梳理工业企业碳排放识别与核算机制，剖析能源结构优化、节能降耗与碳捕集等技术路径的减排效果，探索碳交易市场机制对企业行为的引导作用，提出构建企业内部碳管理体系与绿色供应链协同治理策略。在此基础上，结合当前政策趋势，探讨低碳技术创新、绿色金融激励与制度保障的融合路径，旨在为工业企业构建科学、系统、可持续的碳排放管理策略提供理论依据与实践指导。

关键词

低碳经济；碳排放核算；节能降碳；碳交易机制；绿色转型

1 引言

在全球气候治理合作机制深化背景下，低碳经济发展已成为国家战略重点。中国提出碳达峰与碳中和目标后，工业企业作为能源消耗与碳排放的主要载体，面临前所未有的管理压力与转型机遇。推进工业碳排放管理，不仅关系到企业环境合规与成本控制，更直接影响行业竞争格局与绿色发展前景。然而，目前多数工业企业碳管理体系仍处于起步阶段，存在排放识别模糊、核算机制不健全、技术手段应用滞

后等问题。因此，构建契合低碳经济要求的系统性碳管理策略，已成为推动工业企业高质量发展的必由之路。本文旨在从管理体系构建、减排技术集成与市场机制衔接三方面展开系统研究，探索工业企业碳排放治理的优化路径。

2 低碳经济背景下工业企业碳排放管理的战略意义

2.1 低碳经济发展理念的政策演进与全球趋势

低碳经济理念源于全球对气候变化问题的广泛共识，旨在通过控制温室气体排放推动可持续发展。联合国气候变化框架公约及其后续协定逐步确立了各国共同但有区别的责任原则，催生了碳交易、清洁发展机制等制度安排。中国作为全球碳排放大国，自“十一五”期间即将节能减排纳入国家战略，碳强度控制目标逐步明确。随着“双碳”战略的

【作者简介】张龙（1988-），男，中国河北廊坊人，硕士，助理工程师，从事排污许可、总量减排和交易、企业ESG管理等研究。

提出,国家政策体系向目标导向、机制驱动与技术引领融合演进,推动能源结构优化、绿色低碳技术创新和制度改革协同发展。

2.2 工业企业碳排放现状与重点行业碳强度分析

工业部门是碳排放的主要来源,其能源消费占全国总能耗比重接近 70%。高耗能行业如电力、钢铁、水泥、有色冶金等,其碳强度普遍高于其他部门。单位产值碳排放量反映出工业结构中能源利用效率不均、技术水平参差不齐的问题。在碳排放总量持续增长背景下,部分地区和行业仍存在超标排放、数据不透明等情况。不同类型企业在碳排放管理中的能力差距显著,尤其是中小企业面临信息获取、技术更新与管理成本的多重障碍。随着碳排放配额制度推进,企业碳排放绩效逐渐成为衡量其可持续发展水平的重要指标。

2.3 碳排放管理对企业可持续发展与竞争力的推动作用

碳排放管理不只是环境合规的要求,更是企业提升内在竞争力与外部形象的重要手段。通过构建科学的碳核算体系和实施系统性的减排措施,企业能够有效识别能耗结构中的薄弱环节,实现能源成本压缩与生产效率提升。在绿色供应链逐渐成为主流趋势的背景下,碳管理水平成为企业获取订单与参与市场竞争的关键条件。金融机构在绿色信贷、碳资产评估方面日益重视企业环境绩效,优良的碳管理可降低融资门槛与成本。同时,企业在碳交易市场中的活跃度也直接影响其资产价值与风险控制能力^[1]。

3 工业企业碳排放识别与核算机制构建路径

3.1 碳排放源类型划分与计量边界界定原则

构建科学的碳排放核算机制,首先应明确企业碳排放的来源与范围。按照国际通行的温室气体排放分类标准,企业碳排放分为直接排放与间接排放,涵盖能源燃烧、工业过程、逸散排放以及外购电力等环节。确定核算边界是实现数据可比性与完整性的基础,常见方法包括运营控制权法、财务控制权法与权益份额法。企业应根据业务属性与排放特征合理选择边界界定模式,确保排放数据覆盖所有显著排放源。在类型划分方面,不同行业需结合其工艺流程与能源结构进行细分,明确主要排放环节与排放因子选取原则。边界界定还应考虑上下游活动中的隐含排放,逐步引入全生命周期碳足迹理念,为后续碳绩效评估与管控提供基础支持。

3.2 碳排放数据采集、核算与报告标准化流程

企业碳排放数据的采集需围绕主要排放源构建完整的监测体系,涵盖能源采购、消耗记录、排放设施运行参数及排放因子应用等内容。数据来源应保持一致性、完整性与可追溯性,避免出现信息孤岛与重复统计。在核算过程中,应按照国家及行业标准执行,选择适配的计算模型与排放系数。核算方式可结合直接测量与间接估算,重点排放源建议配置自动监测系统

以提升准确性。报告体系应包括基础数据、核算结果、边界说明与不确定性分析等要素,实现对外披露的一致性与规范化。定期核查机制与第三方审计制度的引入,有助于提升数据可信度,为碳资产管理与政策对接奠定基础。

3.3 数字化工具在碳核算体系中的集成应用

信息技术的发展为碳排放管理提供了重要技术支撑,企业可通过构建集成化的碳管理信息平台实现碳数据的实时采集、分析与可视化管理。基于物联网的传感设备可实现对能源消耗与排放过程的精准监测,减少人工干预带来的误差。区块链技术可用于碳数据的存证与溯源,保障数据透明度与真实性。碳管理系统与企业资源计划(ERP)、能源管理系统(EMS)深度融合,有助于打通生产、采购、物流等业务流程,实现排放责任的内部精细化管理。数据挖掘与预测模型可对碳排放趋势进行动态分析,为决策提供量化依据。通过构建基于大数据驱动的碳绩效分析模型,企业可从宏观与微观层面优化碳排放结构,提高碳管理的科学性 with 响应效率。

4 碳排放控制与减排技术路径选择分析

4.1 清洁能源替代与能源结构优化策略

推动能源结构从化石能源向可再生能源转型是降低碳排放的根本路径。在工业领域中,通过将煤炭占比从 55% 下降至 45%,可实现年减排 6 亿吨二氧化碳。光伏发电与风能并网率在部分省份已超过 30%,具备大规模替代传统能源的基础条件。以钢铁行业为例,将高炉—转炉流程转向电炉炼钢,每吨钢可减少碳排放 1.5 吨,若全国电炉比例提高 10%,则每年可减排约 2 亿吨碳。在化工行业中推广天然气锅炉替代燃煤装置,可将单台装置碳排放降低 50% 以上。分布式能源系统可提高能源利用效率至 85%,比传统集中供能模式高出 20 个百分点。可再生能源在总能耗中的比例若提升至 30%,将带来每年超 10 亿吨的碳减排潜力,能源系统的低碳化正成为减排成效最显著的战略路径之一^[2]。

4.2 节能技术与工艺升级在减碳中的应用

在高耗能制造业中,节能技术的推广是实现减碳目标的核心途径。工业锅炉余热回收装置可提升热效率至 92%,相比传统装置提高 12 个百分点,每年节能折合标准煤 300 万吨。变频调速系统在电机应用中可降低能耗 15%,在电力、纺织、冶金等行业广泛适配。水泥生产线采用新型干法工艺,每吨熟料碳排放从 920 千克下降至 750 千克,全国范围替代将带来年减排 3 亿吨。钢铁企业通过热装热送技术减少二次加热过程,每年可节省能耗 1600 万吨标准煤,折算碳减排量约 4200 万吨。在造纸行业中,浆料封闭循环系统节能效益达 25%,并可同时降低化学需氧量排放。通过工业能效提升路径实现碳减排的技术潜力在 5 至 7 亿吨之间,节能工艺更新已成为企业减碳的现实抓手与效率源头^[3]。

(三) 碳捕集利用与封存(CCUS)技术的适配性评估

CCUS 作为实现工业深度减排的重要技术路径,其应用价值与适配性正逐步显现。二氧化碳捕集效率普遍可达 90% 以上,单套装置年处理能力可超过 100 万吨。在电力行业,燃煤机组配套 CCUS 后可将碳排放强度从 820 克/千瓦时降至 120 克/千瓦时,年减排潜力超 1 亿吨。在水泥和氢气生产过程中,CO₂ 纯度高、浓度集中,为工业源点捕集提供了技术优势。当前,全国在建或已运营的 CCUS 项目数量超过 50 个,累计年捕集能力达 600 万吨。封存方面,深层盐穴与油气枯竭层具备超过 3000 亿吨的理论封存容量,可支撑百年级别的碳中和目标。CO₂ 资源化利用技术,如合成甲醇、矿化固化等,正逐步进入商业化示范阶段。未来若 CCUS 部署率达到工业排放量的 15%,将贡献年减排超 6 亿吨的技术空间,是高碳行业减排不可替代的重要支撑路径^[4]。

5 企业碳排放管理体系与市场机制对接方式

5.1 企业内部碳管理制度与绩效考核体系设计

建立完整的碳管理制度体系是实现内部降碳目标的制度保障。企业可通过设立碳预算制度将年度排放总量控制在预定范围内,将碳配额指标分解至各生产单位或产品线。例如,在钢铁行业中,碳排放强度目标设定为每吨钢排放低于 1.6 吨二氧化碳,并以月度为周期进行跟踪考核。碳绩效被纳入部门 KPI 体系后,节能改造项目平均收益率提升至 12%。配套的激励机制中,碳减排量每吨可转化为 100 元的内部奖补资金,提高员工参与度。在年度审计中设置碳绩效专项评价,作为能源采购、设备更新与投资决策的重要参考依据,碳管理逐渐由环境事务转变为战略职能。企业通过制度约束与数据驱动,形成“量化、分责、闭环、奖惩”的内部碳管理闭环机制。

5.2 碳配额管理、碳交易市场参与策略与成本控制

在全国碳交易市场机制下,配额管理成为企业重要的成本调节工具。配额分配以历史排放量与行业基准强度为依据,在电力行业中每年配额缺口企业平均需购入 40 万吨配额,若价格为 60 元/吨则增加成本 2400 万元。企业可通过碳资产管理平台动态监控配额盈亏状况,提前部署交易策略。重点企业普遍设立碳资产专岗,配额管理纳入年度采购计划。通过早期购入低价配额与出售盈余部分,部分企业年均可实现碳资产收益 150 万元。部分地区试点中,企业使用 CCER 抵消比例上限为 5%,若充分利用可节约超 10% 的履

约成本。引入期货工具后,企业可锁定配额成本波动风险,实现财务稳健性管理。碳交易机制推动企业由被动履约转向主动配置资源,市场化手段正成为降低减排边际成本的关键通道。

5.3 绿色供应链协同减排与上下游碳足迹管理

绿色供应链管理推动碳排放责任在上下游企业间协同优化。制造企业通过碳足迹核算将排放压力传导至材料采购、物流运输与产品包装等环节。在汽车行业中,单辆整车全生命周期碳排放达 18 吨,原材料环节占比超过 50%。通过与核心供应商签订碳排放强度约定合同,可促使供应方将单位排放控制在 3 吨以下,提升材料利用效率。大型企业建立绿色采购目录体系,占比超过 70% 的供应商被要求提供碳排放报告,若未达标将被暂停合作资格。物流企业通过路线优化与新能源车比例提升,将单位运输碳排放从 120 克/吨公里降低至 85 克/吨公里,实现减排约 30%。终端产品环节开展碳标签认证与公众信息披露,助力消费端识别绿色产品,形成全链条低碳协同机制。碳足迹管理已成为构建绿色产业生态圈的系统性策略^[5]。

6 结语

工业企业在低碳经济背景下的碳排放管理,不仅是政策响应的必然要求,更是推动企业高质量转型的内在动力。通过构建系统化碳识别与核算体系,强化节能减排技术路径选择,完善内部管理机制并与市场规则有效对接,企业可实现资源优化、成本控制与绿色发展目标的统一。碳排放管理不仅是一项环境责任,更成为提升企业核心竞争力的重要支撑。未来应持续深化制度建设与技术创新,推动企业在碳达峰、碳中和进程中发挥更加积极的主体作用,为绿色低碳社会构建注入稳定力量。

参考文献

- [1] 任领志,李志英.低碳经济与制造业高质量发展耦合协调关系研究[J].华北水利水电大学学报(社会科学版),
- [2] 邱子林.低碳经济背景下工业企业环境监测应用分析[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(02):153-155.
- [3] 王立波.基于低碳经济的制造业企业新能源经济发展策略分析[J].现代工业经济和信息化,2024,14(10):259-261.
- [4] 项洁.低碳经济下电子信息工程在工业领域中的应用探讨[J].中国电子商情,2024,(19):91-93.