企业应用

“双碳”目标下跨境电商企业碳绩效评价

——基于DEA-Malmquist指数模型

朱晓欣，羊 英

（上海第二工业大学经济与管理学院，上海 201209）

摘要：在“双碳”目标背景下，跨境电商企业的碳绩效日益受到重视。基于2019—2024年中国142家跨境电商企业的相关数据，运用DEA（数据包络分析）-BCC（Banker-Charnes-Cooper）模型与Malmquist指数模型，分别从静态与动态两个维度对其碳绩效进行测算与分析。结果表明：2019—2024年，142家跨境电商企业碳绩效综合效率均值为0.93，其中平台服务型企业表现最优，传统贸易型企业相对偏低，主要受纯技术效率与规模效率的共同影响；进一步从投入冗余分析发现，部分企业存在研发转化效率低、管理冗余突出、政策标准适配不足等问题。基于此，从企业低碳转型角度提出相应建议，以助力跨境电商企业提升碳绩效水平。

关键词：“双碳”目标；跨境电商企业；碳绩效评价；DEA-Malmquist模型

中图分类号：F752 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)09－0195－07

全球气候变化影响日趋严峻，中国已明确“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的中长期目标。在此背景下，《关于推动跨境电商高质量发展的意见》提出，到2025年跨境电商全流程绿色化操作覆盖率应不低于30%，意味着企业必须加强对业务的碳足迹管理，切实降低物流运输等环节的碳排放。作为深度融入全球产业链的贸易大国，中国跨境电商持续快速发展。《“十四五”电子商务发展规划》数据显示，其交易额逐年攀升，电商渗透率不断提高，伴随而来的碳排放量也呈上升趋势。然而，现有碳绩效评价体系约70%聚焦于传统制造业与能源行业，跨境电商领域的碳绩效往往被视作间接或“隐性”问题，尚未形成系统、针对性的评估框架。因此，为促进跨境电商行业绿色低碳转型与可持续发展，有必要构建适合该行业特点的碳绩效综合评价体系，并深入识别与解析驱动碳排放增长的关键因素，从而为企业与管理部门提供科学依据与决策参考。

跨境电商企业碳绩效评价是指基于低碳发展目标与可持续发展理念，通过建立科学的指标体系、采用规范的评价方法，对跨境电商企业在全业务链条中产生的碳排放量、碳管理水平、碳减排成果进行核算、分析和评估的管理活动。现有学者从研究现状、评价方法和影响因素3个方面对碳绩效进行了研究。

Kolk[1]指出，碳绩效的研究起始于碳信息披露项目，作为衡量企业碳管理效能的重要工具，主要涵盖企业在运营全周期的碳排放强度、清洁能源替代率及碳管理水平等关键指标。孙静和姚燕超[2]基于知识图谱可视化分析，梳理2014—2024年碳绩效研究热点，明确碳绩效评价是核心研究方向，现有研究已形成单要素指标与多要素综合评价等多样化测度方式，为碳绩效量化评估提供了系统参考；Bending等[3]进一步利用企业的面板数据，从碳使用量、碳强度、行业基准、历史表现与国家气候目标等多要素综合评价的方式搭建指标体系，动态实现碳绩效评估。

碳绩效评价有多种视角，大多数学者通过数据包络分析（data envelopment analysis，DEA）、熵权法等方法量化企业资源配置效率与碳排放绩效，为行业低碳转型提供了重要的方法论支撑。DEA方

收稿日期：2025-12-20

基金项目：2024年上海市逆向物流与供应链协同创新中心开放基金（2024SLC017）；2019年教育部产学合作协同育人项目（C80JG196007）

作者简介：朱晓欣（1999—），女，山东潍坊人，硕士研究生，研究方向为国际供应链与循环产业管理；通信作者羊英（1976—），女，湖南长沙人，博士，教授，硕士研究生导师，研究方向为智能数据分析及决策支持、数智商务物流规划。

法最早由Charnes等[4]提出，该方法的核心是基于线性规划对同类决策单元进行相对效率评估，并根据规模报酬特征分为规模报酬不变模型与规模报酬可变模型；Zhang等[5]采用三阶段基于松弛变量的数据包络分析（slacks-based measure data envelopment analysis，SBM-DEA）模型实证发现制造企业的技术进步对碳排放效率具有改善作用。在熵权法中，Wang和Zhang[6]基于区域和国家层面，以“5E”视角构建了碳绩效评价框架，采用熵权TOPSIS（逼近理想解排序法）对2008—2021年中国省级的能源产业碳绩效进行了研究。

此外，学者们发现多种因素都会对碳绩效产生影响。马茜等[7]发现碳交易政策可明显提升污染性企业的碳绩效，并通过激励管理效率和增加企业市场价值来提高碳绩效；许金花等[8]探究了公众环境关注度对工业行业碳绩效的提升作用；李治国等[9]发现数字化绿色转型可协同促进制造业企业碳排放总量与强度双重降低；余丽晴和郭克莎[10]则得出了产业融合对制造企业碳绩效具有显著正向作用的结论；何源明和梁梓苏[11]发现减排策略显著正向作用于物流企业碳绩效。此外，Kou和Xu[12]发现互联网基础设施对碳排放强度有显著的抑制作用。

综上所述，目前碳绩效的研究范围仍集中于传统高碳行业，对跨境电商这一新兴领域的关注明显不足。王鑫昕和尚娟[13]基于中国省级数据，发现数字贸易对减少碳排放具有积极作用，但并未对其碳绩效进行深入分析。并且现有碳绩效指标体系多基于传统高碳行业的特性设计，难以适配跨境电商业务模式多样性的特征。因此，本文的边际贡献有以下方面：理论框架上，从投入-产出视角出发，构建了一个契合跨境电商业务特性的碳绩效综合评价指标体系，为量化该行业的碳管理效能提供了方法论基础；实证分析上，综合运用DEA-BCC（Banker-Charnes-Cooper）模型与Malmquist指数模型，对2019—2024年中国142家跨境电商企业进行了静态效率评估与动态演化趋势解析；政策启示上，通过深入的投入冗余分析，精准识别导致企业碳绩效非有效因素，并据此提出差异化的、可操作的破解路径，为企业和监管部门推动低碳转型提供实证依据与决策支持。

1 研究方法与理论模型

1.1 指标体系构建

碳绩效指标的内涵是追求社会经济效益和生态环境效益之间的平衡。借鉴张亚连和刘巧[14]的研究思路，从“投入-产出”角度构建跨境电商企业碳绩效评价指标体系，具体指标见表1。

投入指标反映了企业在减碳过程中资源的消耗类型和规模，涵盖能源、资金、技术和人力4个维度。在能源投入方面，跨境电商企业碳排放的来源之一就是物流运输，综合能源消耗量可统一量化不同能耗类型的投入规模，是衡量企业低碳运营基础水平的核心指标。岳宗耀等[15]在煤炭企业碳绩效评价中，用综合能源消耗量反映企业在能源消耗方面的投入，衡量企业是否为低能耗运营；在资金投入方面，跨境电商的低碳转型需多维度资金支持，短期内资金投入会增加成本，但长期来看有助于降本增效，销售费用、管理费用和财务费用可以反映企业近5年低碳转型过程中的经济投入趋势，研发费用可以衡量企业在设备节能改造等方面的投入水平。在人力投入方面，跨境电商的碳管理涉及国内外碳政策解读、跨境物流碳足迹核算等复杂场景，需要专业部门协调各业务部门的减排行动。张济建等[16]在长江经济带碳解锁效率的研究中，将碳管理人员的数量作为关键指标，反映企业对减碳降碳的重视度和执行力。

产出指标由经济效益和环境效益两个方面构成。经济效益方面，跨境电商的低碳转型并非单纯的成本投入，而是通过能源、资金、技术和人力的投入转化为市场竞争力。企业践行低碳行动所带来的效益主要体现在主营业务收入。主营业务收入提升，一定程度上可归因于低碳技术带来的交付效率与客户信任度的双重增强，该指标的数值越高，说明企业的低碳投入带来的产出越高。在环境效益方面，与单一碳排放减少总量相比，华证环境、社会与治理（environmental，social，and governance，ESG）碳评级涵盖企业全业务链条的碳管理成效。李泽浩等[17]在非正式环境规制碳减排效益研究中，采用华证ESG碳评级来衡量企业的环保效益。华证ESG碳评级从C级至AAA级共9个区间，故参考Lin等[18]的做法，将上市公司ESG碳评级从低到

表1 跨境电商企业碳绩效评价指标体系

指标类型	一级指标	二级指标	单位
投入指标	能源投入	综合能源消耗量	吨标准煤
	资金投入	销售费用、管理费用、财务费用、研发费用	元
	人力投入	碳管理人员数量	人
产出指标	经济效益	主营业务收入	元
	环境效益	ESG碳评级	分级评价

高依次以 1～9 进行赋值,数值越高表示企业的环保效益越好。企业通过强化环保形象与品牌影响力,减少对传统能源的依赖,实现 ESG 碳评级的提升。

1.2 DEA-BCC 模型

由于跨境电商企业在碳绩效评估中涉及多维度的投入与产出指标,因此需采用能够同时处理多投入、多产出的效率评估方法。相比于规模报酬不变的 CCR(Charnes-Cooper-Rhodes)模型,BCC 模型基于规模报酬可变的假设,能够更准确地反映企业在不同规模下的运行效率,捕捉企业间的动态差异,避免因不合理的假设导致效率的高估或低估。因此,选取 DEA-BCC 模型对跨境电商企业的碳绩效效率进行测算。DEA-BCC 模型可用于计算特定时期内不同跨境电商企业的综合技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)与规模效率(SE),即静态效率测算。其数学表达为

$$\min f=\theta,$$

$$\text{s.t.}\begin{cases}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s^{-}\leqslant\theta x_{ij},\ i=1,2,\cdots,m\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-s^{+}\geqslant y_{rj},\ r=1,2,\cdots,s\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1\\ \lambda_j\geqslant 0,\ j=1,2,\cdots,n\\ s^{-}\geqslant 0,\ s^{+}\geqslant 0\end{cases}\tag{1}$$

式中:f 为目标函数;i、r 分别为投入与产出要素;x_{ij} 为第 j 个决策单元的第 i 项投入量;y_{rj} 为第 j 个决策单元的第 r 项产出量;m 为投入指标的总数;s 为产出指标的总数;θ 为被评估决策单元的效率值,即跨境电商企业的综合技术效率(TE);λ_j 为第 j 个决策单元的权重;s^{-}、s^{+} 分别为投入冗余量和产出冗余量。若 $\theta<1$,则表明该跨境电商企业为 DEA 无效;若 $\theta=1$ 且 $s^{-}\neq 0$ 或 $s^{+}\neq 0$,则为 DEA 弱有效,即投入过多或产出不足,未达到最优效率;若 $\theta=1$ 且 s^{-}、s^{+} 同时为 0,则为 DEA 强有效,即企业实现了资源的最优配置和投入产出的最优转换。

TE 可进一步分解为 PTE 与 SE,三者的关系为 TE=PTE×SE。其中,TE 是衡量跨境电商企业在现有技术水平与规模条件下,通过资源配置优化实现投入与产出最佳比例的综合性指标;PTE 反映在排除规模因素后,企业通过内部管理优化所能达到的最大产出能力;SE 则衡量企业在不同规模条件下投入要素同比例变化所带来的产出变化幅度,反映企业是否处于最优规模区间。

1.3 Malmquist 指数模型

除使用 BCC 模型对跨境电商企业的碳绩效进行静态测算外,还需要考察其在不同时期的碳绩效变化趋势。Malmquist 指数(TFP)是一种常用的动态效率评价方法,能够量化决策单元在连续时间段内的生产率变化情况,从而适用于分析跨境电商企业碳绩效的时序演变。Malmquist 指数主要由技术效率变化指数(EC)和技术进步指数(TC)两个部分构成。其中,技术效率变化指数(EC)进一步可分解为纯技术效率变化指数(PEC)和规模效率变化指数(SEC)。通过 Malmquist 指数的分解,可以从多个维度全面考察跨境电商企业碳绩效变化的来源,既有助于揭示技术进步在碳减排中的推动作用,也能反映企业自身管理与规模策略的调整成效。具体公式为

$$\text{TFP}=M_0(x^{t+1},y^{t+1},x^{t},y^{t})=\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_0^{t}(x^{t},y^{t})}\times\left\{\left[\frac{D_0^{t}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}\right]\left[\frac{D_0^{t}(x^{t},y^{t})}{D_0^{t+1}(x^{t},y^{t})}\right]\right\}^{1/2}\tag{2}$$

式中:$D_0^{t}(x^{t},y^{t})$ 表示在 t 期的距离函数为 $M_0^{t}(x^{t},y^{t})$;$D_0^{t+1}(x^{t},y^{t})$ 表示在 $t+1$ 期的距离函数为 $M_0^{t+1}(x^{t},y^{t})$;$D_0^{t}(x^{t+1},y^{t+1})$ 表示在 $t+1$ 时期的距离函数为 $M_0^{t}(x^{t+1},y^{t+1})$;$D_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})$ 表示在 $t+1$ 时期的距离函数为 $M_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})$。进一步地,上述公式可以分解为技术效率变化指数(EC)和技术进步变化指数(TC):

$$\text{EC}=\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_0^{t}(x^{t},y^{t})}\tag{3}$$

$$\text{TC}=\left\{\left[\frac{D_0^{t}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}\right]\left[\frac{D_0^{t}(x^{t},y^{t})}{D_0^{t+1}(x^{t},y^{t})}\right]\right\}^{1/2}\tag{4}$$

Malmqusit 指数用 M 来表示,以 1 为界点。$M=1$ 时,表示跨境电商企业在 t 到 $t+1$ 时期的碳绩效效率保持不变;$M>1$ 时,说明企业碳绩效效率有所提升;$M<1$ 时,则表示表明企业碳绩效效率降低。

2 跨境电商企业碳绩效效率测度

2.1 数据来源

以 2019—2024 年沪深 A 股中 190 家跨境电商上市公司为初始样本。投入产出指标的面板数据主要来自企业年报、Wind 数据库和 CSMAR 数据库等公开渠道。为确保数据的完整性与可靠性,按照如下标准进行样本筛选:①剔除连续 3 年及以上

出现亏损的公司，以及指标大量缺失的企业；②对于少量缺失值，采用线性插值法进行补全处理。最终，确定 142 家上市公司作为研究对象。根据交易主体类型与业务模式的差异，将这 142 家企业划分为 5 类，分类结果见表 2。

表 2　样本企业类型分布

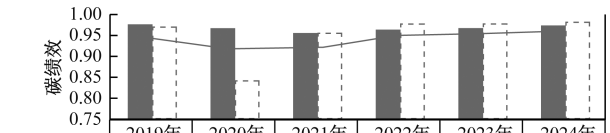
企业类型	企业数量	占比/%
B2B+B2C	52	36.62
B2B	4	2.82
B2C	26	18.31
平台服务	30	21.13
传统贸易	30	21.13

注：B2B 为企业对企业的电子商务模式；B2C 为企业对消费者的电子商务模式。

2.2　静态效率测度

基于式（1）以及借助 MaxDEA9.0 软件，对 2019—2024 年跨境电商企业的碳绩效进行静态测算，结果如图 1 所示，碳绩效效率值处于 0～1。当 TE=1 时，企业投入产出机制达到帕累托最优，资源配置效率最大化；若 TE＜1，则表明至少存在一个维度未达最优。碳绩效效率表现可分为 3 种情形：当 TE∈[0.9，1)，表明企业处于高效运行状态，投入产出结构接近最优，可通过微调关键变量进一步逼近前沿面；若 TE∈[0.1，0.9)，则企业存在显著效率损失，需从技术、规模或管理等方面系统改进；当 TE 值跌落至[0，0.1)时，企业运营体系陷入严重失效，投入产出机制存在结构性缺陷，亟须全面优化。

从整体时间推演来看，如图 1 所示，研究期间内碳绩效均值主要集中在 0.900～0.990，总体呈缓慢上升趋势，反映行业整体效能处于中等偏上水平。碳绩效近 6 年平均值为 0.930，虽接近 1，但仍未达到 DEA 有效前沿，说明碳绩效管理仍有提升空间。值得注意的是，6 年间规模效率均值持续增长，逐步超过技术效率且差距扩大，表明企业规模调整效果优于技术效率提升。2019—2021 年技术效率均值下降 0.9%，而规模效率均值下降 0.4%，主要是因为供应链稳定性不足，生产要素错配显著；同时企业研发投入收缩，碳捕集、清洁生产等关键技术推广周期延长 3～6 个月，技术创新转化效率降低。这反映企业技术韧性弱于规模管理：技术端供应链抗风险、研发持续投入机制存在短板，要素协同易受外部扰动；规模端也需警惕扩张与需求的动态匹配，以及产业链上下游配套对规模效应的制约。



	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
PTE均值	0.976	0.968	0.959	0.968	0.973	0.979
SE均值	0.967	0.845	0.958	0.979	0.980	0.983
TE均值	0.944	0.916	0.920	0.948	0.953	0.960

图 1　2019—2024 年投入产出指标 DEA 年均值

从跨境电商企业 5 种类型划分来看，2019—2024 年 5 类企业的碳绩效均值（表 3），B2C 型 0.938、B2B+B2C 型 0.934、传统贸易型 0.920、平台服务型 0.950、B2B 型 0.948。尽管整体接近 1，但仍存在投入冗余或产出不足现象。其中，传统贸易型企业的规模效率和整体碳绩效效率都最低。主要原因在于传统业务流程和管理模式与数字化要求不匹配，导致企业数字化转型进展缓慢，无法充分发挥数字化对提高运营效率和规模效益的推动作用。5 类企业纯技术效率均值呈现“M”型趋势，从 2019 年的 0.976 下降至 2021 年的 0.958，2024 年回升至 0.973。与其他 4 类企业相比，B2C 型企业纯技术效率表现相对较弱，其技术转化效率滞后、ESG 碳评级多为 C 级，技术效率不足，可能是技术适配难度大以及供应链协同困难等原因。规模效率均值见表 4，规模效率均值持续高于纯技术效率均值。这表明当前行业碳绩效的提升，更多依赖于业务规模的扩张所带来的集约效应，而非源于如智慧物流、绿色包装等碳排放关键技术的突破性进步。

2.3　动态碳绩效效率测度

为进一步分析碳绩效效率变化受哪个分解效率的影响，对 2019—2024 年跨境电商企业投入与产出指标的面板数据进行 Malmquist 指数的计算与分解，结果见表 5。Malmquist 指数的提升反映了决策单元向行业最优生产边界的趋近程度。其数值越大，表明在既定投入条件下，该决策单元实现产出最大化的能力越强，即效率提升越显著；技术效率指数衡量企业在现有技术条件下对资源的利用效率；技术进步指数则反映了企业在技术层面的创新与改善。接下来，将对跨境电商企业的碳绩效进行总体分析与比较分析。

2.3.1　跨境电商企业碳绩效的总体分析

从全要素生产率来看，跨境电商企业的 TFP 指数 5 年均值为 1.011，一直处于高效率水平，说明中国跨境电商企业碳绩效效率处于良好状态。2021 年之前，碳绩效效率有小幅度的波动，反映出供应链中断对企业运营效率的严重冲击。为应对

表 3　各类型跨境电商企业效率平均值

效率	类型	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	均值
综合技术效率（TE）	B2C	0.957	0.911	0.918	0.953	0.952	0.955	0.948
	B2B+B2C	0.946	0.909	0.916	0.945	0.952	0.950	0.944
	传统贸易	0.924	0.895	0.895	0.939	0.948	0.952	0.930
	平台服务型	0.953	0.944	0.937	0.956	0.961	0.963	0.960
	B2B	0.910	0.956	0.944	0.965	0.965	0.966	0.958
纯技术效率（PTE）	B2C	0.977	0.963	0.949	0.965	0.962	0.968	0.973
	B2B+B2C	0.981	0.958	0.950	0.964	0.971	0.974	0.975
	传统贸易	0.975	0.966	0.960	0.966	0.970	0.973	0.977
	平台服务型	0.962	0.990	0.976	0.978	0.988	0.990	0.989
	B2B	0.987	0.974	0.970	0.969	0.970	0.976	0.984
规模效率（SE）	B2C	0.975	0.945	0.949	0.987	0.989	0.990	0.979
	B2B+B2C	0.970	0.949	0.950	0.980	0.981	0.983	0.976
	传统贸易	0.960	0.925	0.960	0.971	0.974	0.976	0.968
	平台服务型	0.966	0.954	0.976	0.966	0.972	0.974	0.977
	B2B	0.926	0.981	0.970	0.996	0.995	0.996	0.984

表 4　2019—2024 年规模效率均值及规模报酬变化

效应类型	均值及企业数	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
规模效率	平均值	0.930	0.940	0.940	0.960	0.980	0.980
	SE=1 的企业	22	20	20	27	29	35
规模报酬	不变的企业	22	20	20	27	29	35
	递增的企业	111	116	117	87	86	82
	递减的企业	9	6	5	28	27	30

订单履约压力,企业被迫采用高成本、高碳排的临时物流方案,导致能源管理水平下降。2021—2022 年,碳绩效效率改善明显,这标志着企业内部碳管理能力得到实质性提升,《“十四五”电子商务发展规划》等政策的强力引导,推动企业进行精细化管理以减少运营冗余。2022—2024 年,TFP 指数保持稳定,且技术效率变化与技术进步指数处于同步微增状态,这预示着行业进入一个相对稳定的调整期。随着欧盟碳边境调节机制等国际规则的影响深化,以及国内“双碳”政策体系的完善,企业开始在政策压力与市场机遇中寻求平衡,推动管理优化与技术探索的协同发展,为高质量低碳转型奠定基础。

2.3.2　跨境电商企业碳绩效的比较分析

表 6 显示,跨境电商企业碳绩效的 TFP 指数均值为 1.010,技术效率指数均值为 1,可进一步分解得到的纯技术效率指数和规模效率指数,其变化幅度不大。技术进步指数变化趋势与 TFP 指数变化趋势保持相对一致,且均值大于 1,其中 B2B+B2C 型企业 TFP 值最高,是因为这类企业所面临的市场覆盖了企业客户和市场消费者,这种多元化的业务模式会使企业更好地利用资源,降低创新成本,提高创新效率,从而促进技术进步值的提升,也反映了技术进步指数的变化直接影响到 TFP 指数的增长,这表明依靠技术进步能够有效提高碳绩效效率水平。

综合跨境电商企业碳绩效静态效率和动态效率的分析发现,在外部政策与市场压力下,企业更倾向于通过优化管理、扩大规模等“短平快”方式提升效率,而对周期长、风险高的颠覆性低碳技术投入相对谨慎,导致碳绩效改善的内生技术动力不足。

表 5　2019—2024 年跨境电商企业 Malmquist 指数及其分解

年份	技术效率变化值 EC	技术进步值 TC	纯技术效率变化值 PEC	规模效率变化值 SEC	全要素生产率值 TFP
2019—2020	0.967	1.055	0.990	0.977	1.020
2020—2021	1.004	0.993	0.989	1.015	0.997
2021—2022	1.033	0.983	1.012	1.021	1.016
2022—2023	1.005	1.005	1.005	1.000	1.010
2023—2024	1.006	1.007	1.012	1.023	1.030
均值	1.002	1.009	0.999	1.003	1.011

表 6　分类型跨境电商企业碳绩效 Malmquist 指数及其分解

类型	技术效率值 EC	技术进步值 TC	纯技术效率值 PEC	规模效率值 SEC	全要素生产率值 TFP
B2C	0.999	1.008	0.995	1.004	1.007
传统贸易	1.005	0.998	1.002	1.003	1.003
B2B+B2C	1.002	1.015	0.999	1.003	1.017
平台服务型	1.002	1.013	1.000	1.001	1.014
B2B	1.018	0.993	0.997	1.021	1.010

2.4 投入冗余分析

2019—2024年，跨境电商行业DEA强有效企业占比由11.7%上升至26.2%，年均增长21.5%，显示行业整体资源配置效率显著提升。然而，非DEA有效企业仍占多数，这说明跨境电商企业碳绩效管理的主动性不强。当投入要素存在冗余时，非冗余要素就是企业低碳转型的短板，加大短板要素的投入，可以促使企业加快低碳转型。基于此，对2024年非DEA有效的跨境电商企业进行投入冗余度分析，结果见表7。

基于BCC和Malmquist模型结果分析以及表7不难发现，企业应通过提升技术水平、削减不必要的资源投入和抓住政策激励来实现低碳转型，这分别体现在技术升级、管理优化和政策协同3个方面，尤其要平衡规模扩张与技术适配，以突破“技术-管理-政策复合锁定”的瓶颈。具体分析如下。

(1)技术层面。技术冗余集中体现在研发投入与设备更新的低效转化。B2C型与传统贸易型企业研发费用冗余度最高(均为0.016)，但其综合能源消耗量冗余度也居高不下(0.093与0.095)。这表明研发投入未能有效转化为碳减排成果。其症结在于技术供给与业务需求错配。例如，B2C企业研发聚焦的高成本可降解材料，难以适用于小件、高频的物流场景，导致“创新投入高、减排收益低”的困境。

(2)管理层面。管理冗余主要体现为人力与资金的结构性错配。B2B型企业碳管理人员数量冗余度最高(0.109)，但其纯技术效率(0.970)却未同步提升，反映出组织架构臃肿与职能分散问题。传统贸易型企业为应对碳合规而零散增设环保部门，未能与物流、采购等核心业务部门整合，导致管理成本增加而碳效改善有限，陷入规模报酬递减区间。

(3)政策层面。制度性冗余主要源于外部政策环境与内部转型成本的矛盾。B2B+B2C型企业同时面临研发费用(0.014)与能源消耗(0.089)的双重冗余，主因在于应对欧盟CBAM等机制时，因国内外碳核算标准不互认，为满足不同市场要求而进行重复性投入与技术适配，产生了额外的合规成本与资源浪费。

表7 2024年非DEA有效的跨境电商企业投入冗余度

企业类型	综合能源消耗量	销售费用	管理费用	财务费用	研发费用	管理人员数量
B2B+B2C	0.089	0.074	0.039	0.008	0.014	0.088
B2B	0.067	0.064	0.039	0.010	0.006	0.109
B2C	0.093	0.082	0.038	0.007	0.016	0.091
平台服务型	0.091	0.073	0.040	0.008	0.014	0.089
传统贸易型	0.095	0.081	0.038	0.008	0.016	0.090

3 结论及建议

3.1 结论

基于142家跨境电商企业的数据，从投入-产出视角构建碳绩效评价体系，结合DEA-Malmquist模型系统评估行业低碳转型效率，得出如下研究结论。

(1)DEA模型分析显示，2019—2024年跨境电商企业的碳绩效均值为0.930，接近DEA前沿，表明行业整体资源配置效率较优，平台服务型企业凭借技术整合表现最优，而传统贸易型企业则因技术适配性差、管理模式滞后成为效率洼地，纯技术效率与规模效率的协同提升是静态效率优化的关键。

(2)Malmquist指数模型分析显示，TFP指数的增长主要得益于前沿技术与管理的整体进步，但技术进步本身存在波动性，且在平台服务型与B2B+B2C型企业中更为显著，导致行业内部出现结构性分化。

(3)投入冗余分析显示，跨境电商企业碳绩效存在“技术-管理-政策”三重维度相互交织的问题。在技术层面，表现为研发投入与特定业务场景脱节，导致创新资源无法有效转化为碳减排成果；在管理层面，组织架构分散与职能壁垒致使管理协同失效，资源配置呈现结构性冗余；在政策层面，国际碳标准差异与国内支持政策滞后，从外部抬高了企业的合规与转型成本。尤为关键的是，这3个维度的困境相互强化：技术的低效转化削弱了管理优化的基础，而政策的缺失或错位又进一步固化了陈旧的技术与管理路径，共同构成了企业低碳转型的深层桎梏。因此，破解此复合锁定效应，必须采取系统性的，而非孤立的治理策略。

3.2 建议

根据以上研究结论，从技术、管理和政策3个层面提出碳绩效提升优化建议。

(1)技术层面。技术投入应紧密贴合业务场景，避免“为创新而创新”。对于B2C企业，政策应引导其研发资源投向轻量化包装、智能路由规划等与高频小件场景紧密结合的技术。对于传统贸易企业，重点支持其进行仓储设施节能改造、仓储管理系统升级，补齐硬件短板。鼓励平台型企业开放数据接口，为生态内企业提供碳足迹测算与优化工具，发挥技术溢出效应。

(2)管理层面。企业应整合碳管理职能，建立集物流、采购、运维于一体的“低碳运营中心”，打破部门壁垒，实现燃料费等关键成本的统筹优化。引入ESG与碳绩效挂钩的激励机制，将减排成果纳入管理层与团队考核，激发内生动力。

(3)政策层面。对内建议扩大碳市场覆盖范围,将跨境电商纳入其中,并设立跨境物流低碳设备专项补贴。对外由政府主导,积极推动建立与国际接轨、互认的中国跨境电商产品碳足迹核算标准体系,降低企业因标准壁垒导致的重复投入与合规成本。对 B2B+B2C 等混合型企业,可试点“绿色通关”便利化措施,形成“减排即受益”的正向激励。

参考文献

[1] KOLK A. Trends in sustainability reporting by the fortune global 250[J]. Business Strategy and the Environment, 2003, 12(5): 279-291.

[2] 孙静, 姚燕超. 基于知识图谱的碳绩效研究热点与发展趋势分析[J]. 科技和产业, 2025, 25(6): 367-376.

[3] BENDIG D, SCHULZ C, ERBAR F, et al. Apples to apples: accurately assessing corporate carbon performance[J]. Journal of Cleaner Production, 2025, 486(1): 142512.

[4] CHARNES A, COOPER W W, LEWIN A Y, et al. Sensitivity and stability analysis in DEA[J]. Annals of Operations Research, 1984, 2(1): 139-156.

[5] ZHANG N, SUN F, HU Y. Carbon emission efficiency of land use in urban agglomerations of Yangtze River Economic Belt, China: based on three-stage SBM-DEA model [J]. Ecological Indicators, 2024, 160(1): 1-12.

[6] WANG H, ZHANG Z. Construction and application of regional carbon performance evaluation index system: the case of Chinese Provinces[J]. Sustainability, 2024, 16 (11): 4532.

[7] 马茜, 任晓松, 张红兵, 等. 碳交易政策、研发创新与污染性企业碳绩效[J]. 科研管理, 2023, 44(7): 114-123.

[8] 许金花, 叶妃三, 商丽霞. 公众环境关注度对企业碳绩效水平的影响研究[J]. 管理学报, 2024, 21(6): 865-875.

[9] 李治国, 孔维嘉, 李兆哲. 制造业企业数字化转型的碳绩效: 内在机制与经验证据[J]. 当代经济科学, 2024, 46 (4): 100-111.

[10] 余丽晴, 郭克莎. 产业融合对制造企业碳绩效的影响分析[J]. 财贸研究, 2025, 36(1): 16-27.

[11] 何源明, 梁梓苏. 碳达峰视角下物流业减排措施、碳绩效与企业价值的互动关系: 以上市物流企业为例[J]. 商业经济研究, 2023(18): 85-89.

[12] KOU J, XU X. Does internet infrastructure improve or reduce carbon emission performance?: a dual perspective based on local government intervention and market segmentation[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, 379 (1): 134789.

[13] 王鑫昕, 尚娟. 数字经济、经济增长与碳排放绩效提升[J]. 统计与决策, 2024, 40(12): 124-129.

[14] 张亚连, 刘巧. 企业碳绩效指标体系构建及测算[J]. 统计与决策, 2020, 36(12): 166-169.

[15] 岳宗耀, 范新川, 原白云, 等. “双碳”视角下煤炭企业及其生产矿井碳绩效评价体系与应用[J]. 矿业研究与开发, 2024, 44(1): 176-182.

[16] 张济建, 刘清, 丁绪辉. 长江经济带碳解锁效率研究: 基于 SE-DEA-Malmquist 指数[J]. 华东经济管理, 2021, 35(6): 1-10.

[17] 李泽浩, 陈传龙, 杨振. 非正式环境规制的碳减排效应研究: 来自 ESG 评级的准自然实验[J]. 西部论坛, 2025, 35(3): 62-78.

[18] LIN Y, FU X, FU X. Varieties in state capitalism and corporate innovation: evidence from an emerging economy[J]. Journal of Corporate Finance, 2021, 67: 101919.

Carbon Performance Evaluation of Cross-border E-commerce Enterprises under “Dual Carbon” Goals: Based on DEA-Malmquist Index Model

ZHU Xiaoxin, YANG Ying

(School of Economics and Management, Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: In the context of the “Dual Carbon” goals, research on the carbon performance of cross-border E-commerce enterprises has gradually gained attention. Based on relevant data from 142 Chinese cross-border E-commerce enterprises between 2019 and 2024, the DEA(data envelopment analysis)-BCC(Banker-Charnes-Cooper)and Malmquist index models were employed to analyze the carbon performance of these enterprises from the perspectives of both static and dynamic efficiency. The results indicate that the average comprehensive efficiency of the 142 cross-border E-commerce enterprises from 2019 to 2024 is 0.93. Among them, platform service-oriented enterprises performed the best, while traditional trade-oriented enterprises scored relatively lower, mainly due to the influence of pure technical efficiency and scale efficiency. Input redundancy analysis reveals issues in some enterprises, such as inefficient R&D transformation, management redundancy, and misalignment with policy standards. Accordingly, several suggestions are proposed for the low-carbon transformation of cross-border e-commerce enterprises to enhance their carbon performance.

Keywords: dual carbon goals; cross-border E-commerce enterprises; carbon performance evaluation; DEA-Malmquist model