

数字经济对工业企业碳排放量的影响研究

——能源消耗为中间变量

李安雅

扬州大学商学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2026年7月9日; 录用日期: 2026年7月20日; 发布日期: 2026年8月24日

摘 要

在“双碳”目标与数字经济深度融合的发展背景下, 探究数字经济对工业企业碳排放的影响及作用机制, 对实现产业绿色转型具有重要意义。本文以2013~2023年沪深A股上市工业企业为研究样本, 构建固定效应模型, 实证检验了数字经济发展对工业企业碳排放量的影响, 并分析了能源消耗的中介效应以及股权性质的异质性作用。研究结果表明: 数字经济发展能够显著降低工业企业碳排放强度; 能源消耗在数字经济与工业企业碳排放强度之间发挥部分中介作用, 即数字经济可通过抑制企业能源消耗间接减少碳排放; 数字经济对非国有企业碳排放的抑制效果显著优于国有企业。本文研究揭示了数字经济影响工业企业碳排放的内在逻辑, 为推动数字经济与工业低碳转型协同发展、实现“双碳”目标提供了理论支撑与实践参考。

关键词

数字经济, 碳排放量, 能源消耗, 中介效应

The Impact of Digital Economy on Carbon Emissions of Industrial Enterprises

—The Mediating Role of Energy Consumption

Anya Li

Business School, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: July 9, 2026; accepted: July 20, 2026; published: August 24, 2026

Abstract

Against the backdrop of the deep integration of China's "dual carbon" goals and the digital economy, exploring the impact of the digital economy on carbon emissions of industrial enterprises and its

underlying mechanism holds great significance for advancing the green transformation of industries. Based on a sample of Shanghai and Shenzhen A-share listed industrial enterprises from 2013 to 2023, this paper constructs a fixed-effects model to empirically test the impact of digital economy development on industrial enterprises' carbon emissions, and further analyzes the mediating effect of energy consumption and the heterogeneous role of equity nature. The empirical results demonstrate that digital economy development can significantly reduce the carbon emission intensity of industrial enterprises. Energy consumption exerts a partial mediating effect between the digital economy and industrial enterprises' carbon emission intensity; specifically, the digital economy can indirectly curb carbon emissions by restraining enterprise energy consumption. In addition, the inhibitory effect of the digital economy on carbon emissions is significantly stronger in non-state-owned enterprises than in state-owned enterprises. This study unpacks the internal logic of how the digital economy affects carbon emissions of industrial enterprises, and provides theoretical support and practical insights for promoting the coordinated development of the digital economy and industrial low-carbon transformation, as well as realizing the "dual carbon" goals.

Keywords

Digital Economy, Carbon Emissions, Energy Consumption, Mediating Effect

Copyright © 2026 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. 引言与文献综述

自工业化启动以来，人类高度依赖煤炭、石油等传统化石能源推进社会经济发展，伴随这一进程的是生态环境承载压力的显著加剧。作为全球规模最大的发展中国家，中国在过去数十年间实现经济高速增长的同时，能源消费总量也呈现大幅攀升态势，进而导致碳排放规模位居全球首位。这一现实使得以节能减排为核心导向的绿色发展转型，成为当前阶段兼具紧迫性与必要性的战略选择。在第 75 届联合国大会上，中国提出要努力实现 2030 年“碳达峰”与 2060 年“碳中和”目标¹，为我国经济社会高质量发展中的绿色转型明确了长期方向。在我国社会经济运行体系中，企业既是经济活动的核心主体、驱动经济增长的核心动力，也是碳排放的重要产生来源，推进碳减排是企业必须承担的责任与义务。

数字经济的发展正在深刻改变着企业的发展方式，它有可能是中国实现双碳目标的最佳解决方案[1]。数字革命正在加速各行各业工业领域的低碳转型升级发展，工业数字化改造在数字经济进程中发挥着至关重要的作用[2]。在此背景下，围绕数字经济与碳排放的关系，学术界已从不同维度展开实证检验与机制分析。

从已有研究成果来看，相关文献已从宏观到微观逐步拓展研究边界。在区域与城市层面，陆悦[3]运用空间计量方法研究数字经济对省域碳排放的影响效应，结果发现，数字经济对省域碳排放的影响呈现“倒U型”关系，李浩[4]等研究发现数字经济主要通过技术创新、产业升级与基础设施建设等路径提升城市碳排放绩效。在相关数字经济与企业碳排放量的研究上，秦怡琳[5]研究发现数字经济的发展能够有效提升区域碳排放效率，并且数字经济的发展通过推动产业结构升级、能源结构优化以及绿色技术创新，能够有效提升碳排放效率，并且这种影响在不同区域间表现出明显的异质性特征。

随着研究视角向微观企业下沉，针对数字经济与企业碳排放的研究逐步深化，周一虹[6]等发现数字经济发展能显著降低企业碳排放强度，让企业绿色技术创新在数字经济影响企业碳排放强度中发挥中介

¹https://www.gov.cn/zhengce/202511/content_7047492.htm

作用。同时易科成[7]发现数字化转型在数字经济影响碳减排的过程中发挥着部分中介传导机制的作用，绿色技术创新在数字经济影响碳减排的过程中承担着部分中介传导功能。

总体而言，现有研究已初步验证了数字经济的减排效应与部分作用路径，但针对企业层面碳排放的具体影响机制仍有待系统梳理与深入验证。因此，研究数字经济对企业碳排放量的影响及其内在影响机制，能够为企业低碳转型提供微观经验证据，兼具理论补充价值与现实指导意义，有助于我国稳步实现碳达峰和碳中和目标。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 数字经济对工业企业碳排放量的影响

(1) 绿色技术创新赋能效应

数字技术为绿色技术创新提供了强大支撑。数字经济通过促进产学研融合、缓解企业融资约束、优化低碳技术协作机制等方式提升区域绿色金融水平。企业可以利用数字平台更高效地获取绿色技术信息，开展低碳技术研发，加速清洁能源技术的应用，如太阳能、风能等可再生能源在企业生产中的应用。并且，企业绿色技术创新具有投入高、周期长、试错风险大等特征，依托互联网、大数据等数字技术可提高企业供应链管理的透明度，显著降低企业管理成本[8]。

(2) 生产组织变革提效效应

数字经济推动企业生产组织模式从“粗放式量产”向“精细化管控”转型。物联网、智能传感器与工业互联网的普及，可实现对生产设备、车间能耗的实时监测与动态调度；通过数字孪生、智能排产优化生产节拍，减少设备空载、无效运转造成的能源浪费；远程运维、预测性维护则能延长设备使用寿命、降低故障能耗，提升单位能源投入的产出效率。此外，数字化管理系统重构了企业内部决策流程，使能耗考核、碳成本核算嵌入生产全环节，从制度层面强化企业节能减碳的内生动力。

(3) 供应链全链路优化效应

数字技术打通了企业上下游的信息壁垒，推动供应链低碳协同。上游端，企业可通过数字化采购平台精准筛选低碳原材料与绿色供应商，降低高碳原料投入比例；中游端，智能仓储与物流调度系统可优化库存周转与运输路径，减少仓储能耗与物流碳排放；下游端，大数据需求预测可实现以需定产，降低无效产能与库存积压对应的隐含碳排放。同时，供应链数字化协同可推动全链条碳足迹追溯，倒逼上下游企业共同降低能耗与排放水平。

综上所述，提出以下假设：

H1：数字经济能够降低工业企业碳排放量。

2.2. 数字经济、能源消耗和工业企业碳排放强度

能源消耗是工业企业碳排放的核心来源，企业碳排放规模与化石能源消费量、能源利用效率直接相关。数字经济对碳排放的抑制作用，很大程度上通过改善企业能源利用效率、降低单位产出能源消耗实现，其传导逻辑与上述三条路径高度契合：在技术创新路径中，低碳工艺与清洁能源替代直接降低生产环节的化石能源消耗总量；在组织变革路径中，精细化能源管理与智能生产调度提升了能源使用效率，同等产出下能源投入更少；在供应链优化路径中，原料替代与物流提效也间接降低了企业全链条的能源消耗水平。

换言之，数字经济并非直接作用于碳排放本身，而是先通过技术、组织、供应链层面的变革降低企业能源消耗强度、提升能源利用效率，再经由能源消耗的减少传导至碳排放下降。能源消耗构成了“数字经济－能源效率提升－碳排放减少”这一传导链条的关键中间变量。据此提出假设：

H2：能源消耗在数字经济与工业企业碳排放强度之间起中介作用。

3. 研究设计

3.1. 样本选择与数据来源

本研究聚焦于沪市与深市 A 股上市公司，样本时间跨度设定为 2013~2023 年。考虑到 2013 年被业界称为数据发展元年，因此选取该年度作为研究起始点。为提升数据可靠性，研究过程中对样本进行了两轮筛选：首先排除 ST 类及金融行业上市公司，其次剔除存在关键数据缺失的企业，以降低异常值对回归分析结果的潜在干扰。相关数据和资料通过以下途径获得：

(1) 企业碳排放量的数据来源于国泰安数据库、上市公司年报。(2) 企业数字经济发展水平测算的相关数据来源于草莓科研服务网²。(3) 企业能源效率数据来源于上市公司年报、企业社会责任报、投资者关系活动中的能源消耗信息。

3.2. 变量选择

(1) 被解释变量

企业碳排放量(C_i)，参考王浩、张丽宏[9]等的研究，上市公司碳排放 = 燃烧和逃逸排放 + 生产过程排放 + 废弃物排放 + 土地利用方式转变(森林转为工业用地)导致的排放，并对其取对数。

(2) 解释变量

数字经济发展水平(Di)，参考刘军[10]、赵涛[11]等研究思路，从互联网发展、信息化发展和数字交易发展 3 个方面对城市数字经济发展水平进行多维综合测度，其主要基于两点考量：其一，企业数字化转型并非孤立行为，高度依赖所在城市的数字基础设施、数字人才供给与数字产业生态，城市数字经济发展水平是企业数字化转型的外部基础条件，会通过技术溢出、要素集聚、场景渗透等路径作用于企业生产经营；其二，当前微观企业数字化指标存在披露不规范、口径不统一的问题，多数传统工业企业未系统披露数字化投入明细，宏观指数可在大样本研究中保证数据的可得性与横向可比性。

具体指标构建如下：运用互联网普及率与计算机服务和软件从业人员所占比重 2 类指标来衡量城市互联网发展水平；用人均电信业务总量和每百人移动电话用户数来衡量信息化发展水平；采用数字普惠金融指数作为数字交易发展水平的替代变量，其中数字普惠金融指数来源于北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团共同编制的中国省级数字普惠金融指数。运用熵值法，计算出数字经济发展综合指数，见表 1。

Table 1. Measurement indicator system of digital economy development composite index

表 1. 数字经济发展综合指数测度指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
数字经济发展综合指数	互联网发展	互联网普及率
		计算机服务和软件从业人员占比
	信息化发展	人均电信业务总量
		每百人移动电话用户数
	数字交易发展	数字普惠金融指数

(3) 中介变量

能源消耗(Ec)，参考前者研究思路，将企业的耗水量、耗电量、煤炭使用量等折算成统一标准煤，其

²草莓科研网。<https://www.caomeikeyan.com/>

折算系数如下：耗水量 0.0002429、耗电量 1.229、原煤使用量 0.7143、天然气使用量 13.3、汽油使用量 1.4714、柴油使用量 1.4571、集中供热 0.03412。

统一标准煤 = 耗水量 × 0.0002429 + 耗电量 × 1.229 + 原煤使用量 × 0.7143 + 天然气使用量 × 13.3 + 汽油使用量 × 1.4714 + 柴油使用量 × 1.4571 + 集中供热 × 0.03412

(4) 控制变量

结合喻春娇[12]等的研究，选取以下企业层面的控制变量：资产负债率(*Lev*)、现金流比率(*Cashflow*)、股权集中度(*Share*)、利息保障倍数(*FI*)、账面市值比(*Bm*)。各变量的具体算法参照表 2。

Table 2. Variable definitions and descriptions
表 2. 变量定义与说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	企业碳排放量	<i>Ci</i>	$\text{Ln(上市公司碳排放} = \text{燃烧和逃逸排放} + \text{生产过程排放} + \text{废弃物排放} + \text{土地利用方式转变导致的排放})$
解释变量	数字经济发展水平	<i>Di</i>	熵值法计算得到的数字经济发展综合指标
中介变量	能源消耗	<i>Ec</i>	统一标准煤 = 耗水量 × 0.0002429 + 耗电量 × 1.229 + 原煤使用量 × 0.7143 + 天然气使用量 × 13.3 + 汽油使用量 × 1.4714 + 柴油使用量 × 1.4571 + 集中供热 × 0.03412
控制变量	资产负债率	<i>Lev</i>	年末总负债/年末总资产
	现金流比率	<i>Cashflow</i>	经营活动产生的现金流量净额/总资产
	股权集中度	<i>Shared</i>	第一大股东持股数量/总股数
	利息保障倍数	<i>FI</i>	息税前利润/利息费用
	账面市值	<i>Vb</i>	账面价值/总市值

3.3. 模型构建

首先基于数字经济发展对企业碳排放的直接效应，构建如下基准模型：

$$\text{Ln}Ci_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Di_{i,t} + \sum_m a_m Ci_{i,t} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t}$$

式中，*i* 为企业；*t* 为年份，*Ci_{i,t}* 为控制变量； μ_i 为个体固定效应； θ_t 为时间固定效应； $\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差项。

基于模型(1)，构建解释变量 *Di* 对中介变量 *Dt* 的回归模型如(2) (3)所示，验证假设 H2。

$$\begin{aligned} ECi_{i,t} &= b_0 + b_1 Di_{i,t} + \sum_m bControls_{i,t} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \\ \text{ln}Ci_{i,t} &= c_0 + c_1 Di_{i,t} + c_2 ECi_{i,t} + \sum cControls_{i,t} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

4. 实证分析与检验

4.1. 变量的描述性统计

使用 STATA18 对文本所选取的解释变量、被解释变量、调节变量和控制变量进行了描述性统计，如表 3 所示。

对本模型的核心解释变量和被解释变量进行分析可知，被解释变量工业企业碳排放量(*lnCi*)均值为 13.516，标准差为 1.533，最小值为 8.343，最大值为 19.545。核心解释变量数字经济发展水平(*Di*)均值为 0.388，标准差为 0.35，最小值为 0.004，最大值为 0.94，说明各城市数字经济发展水平存在一定差异。从描述性统计分析表可以看出，核心解释变量和被解释变量的样本数据具有一定的离散性和波动性，说明各个企业之间存在差异，具有研究价值。

Table 3. Descriptive statistics of variables**表 3.** 变量描述性统计结果

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnCi</i>	14890	13.516	1.533	8.343	19.545
<i>Di</i>	14890	0.388	0.35	0.004	0.94
<i>Ec</i>	14890	2.782	1.324	0.024	37.516
<i>Lev</i>	14890	0.4	0.183	0.014	0.884
<i>Vb</i>	14890	0.569	0.241	0.011	1.309
<i>Cashflow</i>	14890	0.039	0.036	0	0.452
<i>Shared</i>	14890	0.302	0.043	0.021	0.349
<i>Fl</i>	14890	1.342	2.721	-8.998	78.28

4.2. 基准回归分析

Table 4. Benchmark regression estimation results**表 4.** 基准回归估计结果

变量	固定	随机	混合
<i>Di</i>	-0.651*** (-7.412)	-0.472*** (-8.589)	-0.393*** (-7.259)
<i>Lev</i>	-3.835*** (-20.407)	-1.520*** (-7.365)	-0.663*** (-2.986)
<i>Vb</i>	-1.982*** (-14.078)	-0.441*** (-3.794)	-0.158 (-1.354)
<i>Cashflow</i>	-1.540* (-1.800)	0.650 (1.098)	0.685 (1.173)
<i>Shared</i>	0.303 (0.415)	0.124 (0.210)	0.399 (0.672)
<i>Fl</i>	0.029** (2.517)	0.005 (0.752)	0.002 (0.379)
_cons	10.696*** (10.430)	12.302*** (9.541)	12.976*** (7.938)
N	14890	14890	14890
R ²	0.434		0.329
Adj. R ²	0.426		0.328

***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.10.

模型回归结果如表 4 所示，分别展示了在固定效应、随机效应和混合效应模型下核心解释变量和控制变量、中介变量对被解释变量的影响。从回归结果来看，在固定效应模型下，数字经济发展水平系数显著为负，这与袁喆等学者的研究具有一致性。根据实证结果，数字经济发展水平每提升 1 单位，企业

碳排放量将下降 6.51%，表明数字经济发展对企业碳排放量有负向的驱动作用，这一结果因此也验证了，数字经济发展能够显著降低企业碳排放强度，H1 得到验证。但是股权集中度的回归系数不显著，说明在全样本下，股权结构对被解释变量的线性影响并不明显，可能是因为不同行业、不同规模企业的股权治理效应存在异质性，未能在全样本中体现出统一的显著关系。部分控制变量在固定效应模型下显著性较弱，主要原因在于其时间维度变异较小，被个体固定效应部分吸收，这是面板固定效应估计中的常见现象。

4.3. 内生性检验

数字经济发展水平与企业碳排放强度之间可能互为因果，一方面，数字经济的壮大可以助力企业减少碳排放；另一方面，企业若想实现降碳目标，就需要依靠更先进的数字技术改造生产环节，这种需求会倒逼数字技术不断研发和落地，进而为数字经济的持续发展提供动力，为缓解数字经济与企业碳排放之间可能存在的反向因果内生性问题，本文采用核心解释变量滞后一期的方法进行检验，对其进行回归分析，来验证数字经济对工业企业碳排放的影响，结果见表 5。从表中的报告可以看出，核心解释变量的显著性和回归系数的符号一致，说明数字经济发展会促进企业减少碳排放，H1 再次得到验证。

Table 5. Endogeneity test results

表 5. 内生性检验结果

	(1)	(3)
	基准回归	内生性检验(滞后一期 $L.Di$)
Di	-0.393** (-7.259)	
$L.Di$		-0.312*** (-5.847)
Lev	-0.663*** (-2.986)	-0.628*** (-2.795)
Vb	-0.158 (-1.354)	-0.142 (-1.207)
$Cashflow$	0.685 (1.173)	0.614 (1.052)
$Shared$	0.399 (0.672)	0.376 (0.631)
Fl	0.002 (0.379)	0.002 (0.344)
Constant	12.976*** (7.938)	13.124*** (8.016)
N	14890	12390
R-squared	0.329	0.318
Year FE	YES	Yes
Ind FE	YES	Yes

t-statistics in parentheses ***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.1.

4.4. 中介效应

通过回归分析验证能源消耗的中介作用, 结果见表 6。由(1)列可知, 数字经济对能源消耗有显著的负向作用; 列(2)为基准总效应, Di 系数绝对值 0.393; 列(3)加入中介变量 Ec 后, Ec 系数 0.110 显著为正, 能源消耗越高碳排放越高, 同时 Di 直接效应绝对值缩小至 0.365 且依旧显著。对比可见, 加入中介变量后数字经济的系数绝对值有所减小且依然保持统计显著, 说明能源消耗在数字经济抑制碳排放的过程中起到部分中介作用——数字经济既可以直接降低碳排放, 也可以通过减少能源消耗间接降低碳排放, 假设 H2 成立。

Table 6. Test results of the mediating effect of energy consumption

表 6. 能源消耗的中介效应检验结果

	(1)	(2)	(3)
	Ec	$ln ci$	$ln ci$
Di	-0.255*** (-2.860)	-0.393*** (-7.259)	-0.365*** (-6.842)
Ec			0.110*** (4.726)
Lev	-0.682** (-3.125)	-0.663*** (-2.986)	-0.588** (-2.674)
Vb	-0.215** (-2.047)	-0.158 (-1.354)	-0.134 (-1.162)
$Cashflow$	0.524 (2.105)	0.685 (1.173)	-0.627 (-1.081)
$Shared$	0.187 (0.583)	0.399 (0.672)	0.379 (0.645)
Fl	0.003* (1.712)	0.002 (0.379)	0.002 (0.346)
Constant	8.762*** (9.124)	12.976*** (7.938)	12.012*** (7.251)
N	14890	14890	14890
R^2	0.302	0.329	0.341
Adj. R^2	0.301	0.328	0.340

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

4.5. 异质性检验

国企和非国企这类不同股权性质的企业, 在资源条件、内部管理、生产运作模式等方面存在明显区别, 而这些区别会对数字经济发展与企业碳排放的相互关系产生影响。因此, 在相关研究中, 会将纳入研究的企业样本按股权性质划分为国有企业和非国有企业两大类别。本研究基于此对其进行异质性检验, 结果见表 7。可知, 数字经济发展对国企和非国企的碳排放都能产生显著影响, 其中非国企借助数字经济

实现的降碳成效要显著优于国企。这是因为数字经济的发展的核心就在于创新能力、经营灵活性，以及对市场动态的快速适配与响应。非国有企业通常能够更快的适应数字化经济发展，由于面临着更为激烈的市场竞争和存在资源方面的制约，因此有着更强的动力推进数字化改造。通过数字化改造，非国企能够有效降低工业生产的成本，提升生产效率与产品品质，进而实现能耗和碳排放的下降。而国有企业在推进数字化转型时则会面临较多阻碍，其技术体系和管理模式易存在路径依赖，难以快速顺应数字经济的发展趋势。

Table 7. Heterogeneity test results by equity nature
表 7. 股权性质异质性检验结果

	(1)	(1)
	Y	Y
	国有企业	非国有企业
<i>Di</i>	−0.230*** (−4.06)	−0.378*** (−8.03)
<i>Lev</i>	−0.278** (−2.262)	−0.298** (−0.332)
<i>Vb</i>	−0.037 (−0.22)	−0.238** (0.18)
<i>Cashflow</i>	−0.232 (−0.923)	−0.437* (−1.718)
<i>Shared</i>	−0.218 (−1.142)	−0.230 (−1.211)
<i>Fl</i>	−0.001 (−0.701)	−0.002 (−1.102)
Constant	3.58*** (6.42)	7.343*** (8.57)
Observations	5620	9270
R-squared	0.643	0.542

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

5. 结论

本研究以 2013~2023 年沪深 A 股上市工业企业为研究样本,构建固定效应模型,考察数字经济发展、企业能源消耗对工业企业碳排放影响的内在机制。研究发现以下结论: (1) 数字经济发展可以有效减少工业企业碳排放量,并在一系列稳健性检验后结论依旧成立。(2) 中介效应机制分析表明,企业数字经济发展能通过抑制企业能源消耗来间接促进碳排放量的减少。(3) 根据异质性分析结果,数字经济发展对工业企业碳排放的抑制作用在非国有企业比国有企业更为明显。

根据以上结论,本文提出以下针对性建议:

(1) 构建数字经济与低碳发展协同的政策体系,政府部门应出台专项政策,明确数字经济赋能工业低碳转型的发展方向,建立数字技术与绿色低碳技术融合的补贴与激励机制。并且针对国企与非国企的转

型差异制定分层政策, 统筹建设区域性工业企业能源消耗与碳排放数字化监测平台, 整合行业数字经济发展数据、企业能耗数据、碳排放数据等信息, 为企业提供免费的数据分析与转型方案咨询服务, 消除中小工业企业的数字化低碳转型信息壁垒。

(2) 推进数字化与低碳化的协同转型, 国有企业需打破传统技术与管理体系的惯性, 成立专项数字化低碳转型工作组, 统筹推进技术革新与管理模式优化; 非国有企业应依托自身市场灵活性与创新优势, 进一步加大数字化低碳技术的投入力度。将数字技术全面嵌入生产、供应链、销售全流程。

(3) 推动绿色数字技术研发与应用, 鼓励企业与科研机构联合攻关, 重点研发适用于工业场景的低碳数字技术, 突破核心技术瓶颈, 降低技术应用成本, 为工业企业数字化低碳转型提供技术支撑。引导行业协会、龙头企业牵头组建数字低碳产业联盟, 推动行业内数字化低碳转型经验与技术的共享, 形成“技术研发-场景应用-反馈优化”的闭环生态。同时, 探索建立工业企业数字化降碳成果的交易机制, 鼓励企业将多余的碳减排额度与数字技术服务进行市场化对接, 激发全行业转型活力。

6. 研究局限与未来展望

本研究仍存在一定局限性, 有待后续研究进一步完善:

第一, 样本代表性局限。本文以沪深 A 股上市工业企业为研究样本, 上市公司普遍具备规模较大、治理制度更规范、信息披露更完整的特征, 其数字化转型基础与减排能力通常优于非上市中小企业, 因此研究结论向非上市企业、中小微工业企业推广时需保持谨慎。同时本文仅聚焦工业企业, 数字经济对服务业、农业等其他行业碳排放的影响机制可能存在差异, 结论的行业适用性有待进一步验证。

第二, 变量度量与中介效应识别局限。本文中企业碳排放量与能源消耗数据均基于企业披露的能耗数据折算而来, 二者在核算口径上存在高度的同源性及相关性——碳排放本质上是化石能源消耗的产物, 这一特征可能会放大中介效应的估计结果, 使得能源消耗的中介作用占比被高估。未来研究可通过企业实际碳排放在线监测数据、碳交易市场履约数据等更直接的碳排放度量指标, 优化中介效应的识别精度, 更严谨地检验能源效率的传导机制。

第三, 未来研究可进一步拓展异质性分析维度, 如区分重污染行业与轻污染行业、不同技术密集度行业, 深入挖掘数字经济减排效应的行业边界; 也可依托数字基础设施建设、数字监管政策等准自然实验, 更干净地识别数字经济对企业碳排放的因果效应。

参考文献

- [1] 刘慧, 白聪. 数字化转型促进中国企业节能减排了吗? [J]. 上海财经大学学报, 2022, 24(5): 19-32.
- [2] Yi, Y., Cheng, R.W., Wang, H.Y., et al. (2022) Industrial Digitization and Synergy between Pollution and Carbon Emissions Control: New Empirical Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 36127-36142. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24540-1>
- [3] 陆悦. 数字经济对省域碳排放的影响效应研究[J]. 生产力研究, 2023(8): 18-25.
- [4] 李浩, 杨紫涵, 张敏. 数字经济发展对城市碳排放绩效的影响研究[J]. 信阳师范学院学报(哲学社会科学版), 2024, 44(1): 59-65.
- [5] 秦怡琳. 数字经济对区域碳排放效率的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2024.
- [6] 周一虹, 赫萌萌. 数字经济对企业碳排放强度的影响研究——基于绿色技术创新的中介效应[J]. 贵州商学院学报, 2024, 37(3): 53-63.
- [7] 易科成. 数字经济发展对工业企业碳排放的影响机制研究[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025(8): 106-108+111.
- [8] 吴艳玲. 低碳经济背景下企业数字化转型的碳减排效应研究——基于我国 A 股上市工业企业经验证据[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2024.
- [9] 王浩, 刘敬哲, 张丽宏. 碳排放与资产定价——来自中国上市公司的证据[J]. 经济学报, 2022, 9(2): 28-75.

- [10] 刘军, 杨渊堃, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2020(6): 81-96.
- [11] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-75.
- [12] 喻春娇, 唐威. 工业企业数字化转型能否促进碳减排——基于中国 A 股上市工业企业的证据[J]. 宏观经济研究, 2023(7): 97-110+127.