数字化转型对矿业企业绿色创新效率的影响与机制*

罗翔[1,2],张颖[2],徐彤[3],周俊卿[2]

(1.江西理工大学 矿业发展研究中心, 江西 赣州市 341000;
2.江西理工大学 经济管理学院, 江西 赣州市 341000;
3.上海大学 管理学院, 上海 201800)

摘要:在"双碳"战略目标深入实施的时代背景下,数字化转型与绿色创新协同发展成为矿业企业可持续发展的关键路径。以2015—2024年我国矿业行业A股上市公司为研究样本,系统考察了数字化转型对矿业企业绿色创新效率的影响效应与作用机制,并从地区层面验证了数字化转型同群效应的存在性及其对绿色创新效率的外生影响。研究结果表明:数字化转型对矿业企业绿色创新效率具有显著的提升作用,这一结论在经过内生性处理和稳健性检验后依然成立;在作用机制方面,数字化转型可通过优化资源配置效率、增强信息透明度及降低供应链集中度等途径,推动矿业企业绿色创新效率的提升,这种提升作用在供应链上游企业、国有企业和重污染企业中更为显著;矿业企业数字化转型存在明显的地区同群效应特征,且该效应可以显著促进矿业企业绿色创新效率的提升。

关键词:"双碳"战略目标;矿业企业;数字化转型;绿色创新效率;同群效应

中图分类号:F276.6 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2763(2026)07-0310-11

Impact and Mechanism of Digital Transformation on Green Innovation Efficiency of Mining Enterprises

Luo Xiang[1,2], *Zhang Ying*[2], *Xu Tong*[3], *Zhou Junqing*[2]

(1.Mining Development Research Center, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000, China;
2.School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000, China;
3.School of Management, Shanghai University, Shanghai 201800, China)

Abstract: In the context of the in-depth implementation of the "Dual Carbon" strategy goal, the synergistic development of digital transformation and green innovation has become a key pathway for the sustainable development of mining enterprises. Based on a sample of A-share listed companies in China's mining industry from 2015 to 2024, the impact and underlying mechanisms of digital transformation on the green innovation efficiency of mining enterprises were systematically investigated. Furthermore, the existence of a peer effect in digital transformation and its exogenous impact on green innovation efficiency were verified at the regional level. The results demonstrate that digital transformation significantly improves the green innovation efficiency of mining enterprises, a conclusion that remains valid after endogeneity treatments and robustness tests. Regarding the functional mechanisms, digital transformation promotes green innovation efficiency by optimizing resource allocation efficiency, enhancing information transparency, and reducing supply chain concentration. This promoting effect is particularly pronounced among upstream supply chain enterprises, state-owned enterprises, and heavily polluting enterprises. Moreover, the digital transformation of mining enterprises exhibits a distinct regional peer effect, which in turn significantly facilitates the enhancement of their green innovation efficiency.

Key words: "Dual carbon" strategy goal, Mining enterprise, Digital transformation, Green innovation efficiency, Peer effect

0 引言

党的二十届三中全会对深化生态文明体制改革作出系统部署,为加快建设美丽中国指明了前进方向。矿产资源产业作为支撑国民经济建设、保障国家安全及促进科技创新发展的关键物质基础,已成

* **收稿日期**:2025-08-04
基金项目:江西省管理科学资助项目(20262BAA100025);江西省高校人文社会科学重点研究基地资助项目(JD24034)
作者简介:罗翔(1990—),男,江西遂川人,博士,副教授,主要从事矿产资源全产业链经济与管理等方面的研究工作。E-mail:527284539@qq.com
通信作者:周俊卿(1976—),女,吉林辽源人,硕士,副教授,主要从事资本市场与公司财务等方面的研究工作。E-mail:605759854@qq.com

为建设现代化强国的重要支撑和保障[1-2]。当前,我国已经成为全球最大的矿业生产国和消费国。与此同时,矿业行业这一典型的传统产业也成了我国“两高”产业的重点减排对象。2024 年,矿业行业碳排放量占全国总量的比例高达 7%,表明其在实现“双碳”发展战略目标中面临较为严峻的压力与挑战。企业是践行“双碳”发展战略的重要微观主体,其自主环保行为和生态治理贡献对于建设生态文明具有重要作用。在日趋严峻的资源环境约束下,矿业企业正在积极探索一系列措施以实现绿色可持续发展,其中,通过加强绿色技术创新实现可持续发展,已成为矿业企业的必然选择。

近年来,随着人工智能技术的快速发展及算力模型的持续优化,数字化转型已成为推动企业绿色创新的关键驱动力。2023 年,中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》明确提出:“以数字化驱动生产生活和治理方式变革,为以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴注入强大动力”。中国铝业等矿业龙头企业率先推进数字化转型,已充分获取数字化红利。这些企业以一体化数字平台建设为核心抓手,构建起覆盖全产业链的数据流通网络,加快数字技术与数字平台的研发与应用,大幅减少对自然资源的损耗和对生态环境的污染,实现绿色可持续发展。然而,不少矿业企业仍面临多维发展瓶颈,包括认知层面的转型价值认识偏差、实施层面的基础能力参差不齐等困境,这些结构性矛盾迟滞了绿色创新发展的进程。因此,数字化转型能否促进矿业企业绿色创新发展仍有待进一步探讨。

作为一场兼具技术和组织革命性的创新实践,数字化转型正重塑企业创新发展与价值创造的底层运行范式。近些年,学术界围绕企业数字化转型经济效益的研究多聚焦于企业内部特征,系统考察数字化转型对社会责任履行[3]、企业进口[4]、股利政策[5]、企业分工[6]、绩效[7]或生产率[8-9]、ESG 表现[10]、企业创新[11]等方面的影响。在数字化转型与企业绿色创新的关系上,部分学者[12-15]充分肯定了数字技术创新及其深度应用对提升企业绿色创新效率的重要作用,强调数字化转型一方面可以通过信息技术重构组织管理体系,打破传统部门间的信息壁垒,提升组织内外部资源匹配效率,降低绿色技术研发中的沟通协调成本,进而促进企业绿色创新效率的提升;另一方面可以通过增强信息搜集、处理与整合能力,帮助企业精准把握产业前沿与市场趋势,从而有针对性地开展绿色产品创新和服务优化。然而,也有部分学者[16-17]指出,数字技术设施的高能耗特性及其运维所需的大量资源,会在一定程度上抵消数字化转型带来的环境效益;同时,数字化转型与数字技术研发所需的大量资金投入,可能挤占企业在绿色创新领域的资源分配,进而对绿色创新效率产生抑制作用。

基于此,本文选取 2015—2024 年我国矿业行业 A 股上市企业作为样本,研究数字化转型对矿业企业绿色创新效率的作用及传导机制,并从地区层面论证数字化转型同群效应的存在性及其对矿业企业绿色创新效率的影响。本文的边际贡献主要在于以下两个方面。第一,丰富和拓展了数字化转型的微观经济后果的研究框架,系统考察了矿业企业数字化转型对绿色创新效率的影响及机制。企业是数字化转型的微观主体,也是践行“双碳”发展战略目标的核心主体。本文立足微观企业层面,全方位、多维度地回答了“数字化转型能否提升企业绿色创新效率”和“数字化转型如何提高企业绿色创新效率”两个基本命题,为数字中国建设背景下,支持矿业这一传统行业进行数字化转型提供了更加充分的理论依据。第二,基于微观视角考察数字化转型对绿色创新效率的影响,揭示了全面系统推动矿业企业业务数字化转型相关政策实施效果。数字化转型是矿业企业绿色创新发展的重要引擎,本文厘清了数字化转型对企业绿色创新效率的影响及机制,可为数字化转型与绿色创新的协同发展提供政策启示。

1 理论分析与研究假设

1.1 数字化转型对矿业企业绿色创新的影响效应

数字化转型正深刻重塑各行业的生产运营模式,为企业的绿色创新活动带来系统性变革。对于重资产、高能耗的矿业行业而言,其绿色创新效率的提升高度依赖生产流程优化、环境信息可追溯性及供应链协同。首先,矿业企业的绿色创新活动需要将资源要素动态配置于低碳技术研发和清洁生产工艺改造等领域。借助工业互联网平台、智能决策系统等技术工具,企业可实现对能源消耗、物料流转及设备效能的实时监测与精准调度,从而优化生产流程,提高绿色创新效率。其次,传统环境数据管理的碎片化特征严重制约矿业企业的创新决策质量。区块链等数字技术的应用,通过构建环境信息追溯系统,不仅可以提高信息透明度,降低信息不对称,还可以缓解绿色融资约束,降低债务融资成本,进而提升绿色创新项目的可行性,推动企业开展绿色实践。

最后,矿业行业普遍较高的供应链集中度在一定程度上抑制了企业绿色创新,数字化转型通过搭建开放产业平台,打破传统供应链信息壁垒,在引入多元化中小供应商的同时,促进技术多样性并凝聚协同共识,以竞争性合作机制有效激发全产业链条各环节创新动力。综上所述,数字化转型对矿业企业绿色创新起到正向驱动作用。

基于此,本研究提出以下核心假设,H1:数字化转型能够显著提升矿业企业绿色创新效率。

1.2 数字化转型对矿业企业绿色创新效率的影响机制

1.2.1 资源配置效率

内部资源配置效率是企业整合、协调与优化资源的核心能力,直接影响创新活动的投入与产出的效果。在绿色创新发展中,低碳技术研发、环保设备投入等活动对资源精准配置提出了更高要求。然而,矿业企业的传统资源配置模式主要依赖经验决策,普遍存在研发资源分散、生产要素错配等问题,导致整体资源配置效率长期处于低水平。数字化转型能够将有限的资源配置发挥到最大价值[18],一方面,数字化转型通过数据可视化与实时监控技术,帮助企业精准识别绿色创新过程中的资源瓶颈,优化资源分配路径;另一方面,数字化转型推动企业建立动态资源调度机制,利用大数据分析预测绿色创新需求,实现研发资金、人力及设备的跨部门柔性配置。此外,数字化管理工具能够增强企业内部信息共享,缓解部门间信息不对称,促进绿色创新所需的技术、资金与人力资源的协同联动。高效的内部资源配置不仅为绿色创新提供了坚实的资源保障,而且通过减少冗余消耗、优化要素适配度,加速创新成果的转化。

基于此,本研究提出以下假设,H2:数字化转型可通过优化资源配置效率促进矿业企业绿色创新效率提升。

1.2.2 信息透明度

矿业行业生产流程复杂,传统信息披露难以满足利益相关者对环境绩效的监督需求,导致企业在绿色创新过程中面临社会认同不足与资源集聚受限的双重困境。基于信号传递理论与利益相关者理论,在信息不对称的市场环境中,企业绿色创新投入与产出往往被市场低估,进而引发外部资本配置低效的问题。然而,数字工具有助于企业更准确地评估环境影响并实施有效的环境管理[19]。数字化转型借助物联网、NLP 技术推动生产数据与 ESG 信息的标准化披露。高透明度的信息披露向投资者和债权人等利益相关者传递企业绿色创新的积极信号,降低信息不对称程度,从而优化外部资本配置,吸引资金向绿色创新领域集聚。因此,数字化转型可通过提升信息透明度,有效缓解绿色创新面临的“市场认同不足”和“资源集聚受限”问题。利益相关者理论强调,企业应回应多元主体的环境诉求,利益相关者可借助数字技术参与企业环境绩效监督,形成“社会压力传导机制”。企业披露与社会监督相结合,对绿色创新产生需求拉动效应,进一步加速绿色技术的研发与转化[20]。信息披露既为矿业企业绿色创新提供社会认同和资源支撑,又通过外部监督与内部需求形成双重驱动力,最终实现其创新效率与环境效益的同步提升。

基于此,本研究提出以下假设,H3:数字化转型可通过增强信息披露程度促进矿业企业绿色创新效率提升。

1.2.3 供应链集中度

矿业企业普遍呈现供应链集中度高的特征,供应链分散化的企业面临更激烈的市场竞争,更有动力进行绿色创新[21]。资源基础观与交易成本理论认为,数字化转型可以重构供应链关系。其一,供应链集中度较高时,矿业企业依赖少数核心合作伙伴,技术输入渠道单一,易陷入“路径锁定”。数字化转型有助于企业突破地理与关系网络限制,引入多元化绿色技术供应商、低碳工艺合作方等异质性资源,从而提升绿色创新的技术多样性与转化可行性。其二,较高的供应链集中度将导致议价成本、监督成本与协调成本上升,特别是在绿色技术转化中,供应链不同环节由于环境标准不统一,容易引发摩擦成本增加。数字化技术可帮助企业实现供应链流程的实时监控和协同管理,降低交易成本,提高供应链的灵活度[22],从而缓解供应链各环节企业之间的交易摩擦。这种成本优势促使企业更有动力与中小供应商开展绿色创新合作,推动供应链从“垄断性集中”向“分布式协同”转型,进而提升绿色创新效率。

基于此,本研究提出以下假设,H4:数字化转型可通过降低供应链集中度促进矿业企业绿色创新效率提升。

2 研究设计

2.1 样本选择与数据来源

本文以 2015—2024 年矿业行业 A 股上市公司作为初始研究对象,并对样本进行以下处理:剔除

ST 和 ST * 企业;剔除关键数据缺失的样本。经过上述筛选,最终获得了 779 个公司-年度观测值。本研究数据来源主要包括国泰安数据库(CSMAR)、中国研究数据服务平台(CNRDS)及上市公司年报。为控制异常值对研究结论的潜在干扰,对所有连续型变量进行了双侧 1% 分位数的 Winsor 化处理。

2.2 变量选择与说明

2.2.1 被解释变量

绿色创新效率(GIE)。借鉴刘畅等[23]的研究,以企业年度绿色发明专利申请数量和绿色实用新型专利申请数量之和来衡量绿色创新产出水平。其中,绿色发明专利是指针对环境友好型技术、节能减排方法等具有突出创造性的技术方案,其申请量反映了企业在绿色技术领域的原始创新能力;绿色实用新型专利则侧重对现有绿色技术的改进与应用,更强调实用性和经济性,其申请数量体现了企业将绿色创新成果转化为实际应用的能力。二者之和可全面反映企业在特定年度内绿色创新成果的产出规模与质量层次。以企业年度研发经费支出衡量绿色创新投入强度,二者比值构成绿色创新效率评价指标。

2.2.2 解释变量

企业数字化转型程度(DT)。对于数字化转型程度的衡量,已有研究主要采用三类方法。问卷调查法受样本数量及其代表性影响较大;数字化无形资产占比虽较为直观,但易受企业炫耀性投资干扰,实际应用水平与投资水平之间可能存在较大偏差;文本分析法通过挖掘企业年报文本信息,可客观捕捉数字化转型的战略布局与实践成果,具有较强的可靠性和适用性。基于此,本文沿用罗翔等[24]的研究成果,首先,将关键词划分为数字化应用、人工智能、区块链、大数据和云计算等 5 个维度,构建数字化转型关键词词典;其次,利用 Python 获取样本年报并构建文本分析数据池;最后,借助"jieba"中文分词库进行文本分析,并采用熵值法确定权重,计算样本企业各年度的数字化转型程度。

2.2.3 控制变量

本文借鉴曹裕等[13]、刘畅等[23]学者的研究,选取固定资产比率($Fixed$)、资产负债率(Lev)、总资产周转率(Tar)、股权集中度($Top1$)、净资产收益率(Roe)、成长性($Growth$)、独立董事占比($Indep$)、公司年限($FirmAge$)作为控制变量。各变量定义详见表 1。

表 1 变量定义

Table 1 Variable definition

变量类型	变量名称	变量定义
被解释变量	绿色创新效率(GIE)	ln(绿色发明专利申请数量和绿色实用新型专利申请数量总量+1)/ln(研发支出+1)
解释变量	数字化转型程度(DT)	参考罗翔等[24]构建的数字化转型指标
控制变量	固定资产比率($Fixed$)	固定资产净额/资产总额
	资产负债率(Lev)	负债总额/资产总额
	总资产周转率(Tar)	销售收入净额/资产总额平均余额
	股权集中度($Top1$)	第一大股东持股数量/总股数
	净资产收益率(Roe)	净利润/平均净资产
	成长性($Growth$)	主营业务收入增长率
	独立董事占比($Indep$)	独立董事人数/董事会总人数
	公司年限($FirmAge$)	成立年限

2.3 模型设定

为探讨数字化转型对企业绿色创新效率的影响,构建以数字化转型程度(DT)为解释变量、企业绿色创新效率(GIE)为被解释变量的固定效应基准回归模型:

$$GIE_{i,t}=\alpha_0+\alpha_1 DT_{i,t}+\alpha_2 Controls_{i,t}+Year_t+Company_i+\varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中:$GIE_{i,t}$为被解释变量,即样本企业 i 在第 t 年的绿色创新效率;$DT_{i,t}$为解释变量,即样本企业 i 在第 t 年的数字化转型程度;$Controls_{i,t}$为控制变量集合;$Year_t$和 $Company_i$分别表示年度和企业固定效应;$\varepsilon_{i,t}$为随机误差项;α_0 为常数;α_1 为 $DT_{i,t}$的回归系数;α_2 为各控制变量的系数。

3 实证分析

3.1 描述性统计分析

各变量的描述性统计结果见表 2。从表 2 可以看出,GIE 均值为 0.192 7,说明整体水平较低且波动性较小,但行业内存在显著效率分层,尾部企业绿色创新潜力亟待释放;DT 的均值为 3.482 5,标准

差为 1.531 7,头部企业与尾部企业差异悬殊,反映行业数字化进程呈现“强者愈强”的马太效应。整体而言,矿业行业表现出绿色创新效率偏低、数字化转型水平分化显著、财务与治理结构异质性突出等特征。

表 2 各变量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of each variable

变量	样本数量/个	均值	标准差	最小值	最大值
GIE	779	0.192 7	0.564 6	0.000 0	4.219 5
DT	779	3.482 5	1.531 7	0.000 0	7.158 5
Lev	779	0.438 2	0.179 5	0.030 8	0.973 2
Fixed	779	0.260 0	0.118 9	0.022 1	0.685 4
Roe	779	0.064 6	0.148 2	−2.963 1	0.774 6
Growth	779	0.202 0	0.692 7	−0.677 5	15.610 0
Indep	779	0.375 4	0.052 9	0.250 0	0.666 7
*Top*1	779	0.328 2	0.123 7	0.063 1	0.749 8
Tar	779	0.965 7	0.747 7	0.077 1	5.061 5
FirmAge	779	3.088 2	0.246 3	2.079 4	3.737 7

表 3 为各变量的基准回归结果。研究结果表明,无论是否加入控制变量,DT 的回归系数均在 1%的水平上显著为正,说明数字化转型对矿业企业绿色创新效率具有显著的促进作用,假设 H1 得到验证。

表 3 各变量的基准回归结果

Table 3 The results of benchmark regression for each variable

变量	(1) *GIE*	(2) *GIE*
DT	0.079 7***	0.076 6***
	(3.066 8)	(2.882 0)
Lev		0.172 7*
		(1.701 3)
Fixed		−0.010 5
		(−0.074 2)
Roe		0.146 5
		(1.245 4)
Growth		−0.006 0
		(−0.247 0)
Indep		−0.535 6*
		(−1.724 0)
*Top*1		0.258 4*
		(1.884 2)
Tar		0.034 7
		(1.495 9)
FirmAge		−0.097 0
		(−1.270 3)
Constant	−0.085 0	0.227 3
	(−0.924 2)	(0.804 6)
固定个体	是	是
固定年份	是	是
R^2	0.012 1	0.034 4
样本数量/个	779	779

注:括号内为 t 值;***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著,下表同。

3.2 内生性检验

数字化转型程度的提高会通过一系列渠道提升矿业企业绿色创新效率,与此同时,绿色创新效率更高的企业也可能有更强的资金实力推动高水平的数字化转型,以辅助自身更好地应对复杂多变的经营环境。此外,尽管本文已经从企业经营、财务状况、公司治理等层面选取控制变量,尽可能地对企业绿色创新效率的影响因素加以控制,但新一代信息技术的迅速发展,使得企业绿色创新效率仍不可避免地受到其他因素的影响。鉴于实际研究中难以穷举所有的影响因素,遗漏变量导致的估计偏误仍可能存在。

为此,选取本年度除本企业外的其他企业数字化转型均值作为工具变量(IV),并进行 2SLS 估计。一方面,该工具变量反映了同一行业内其他企业在特定年份的数字化平均转型水平,这一指标与个体企业的数字化转型程度呈现显著的统计关联,满足工具变量相关性条件。另一方面,该指标是行业层面的加总变量,主要由行业整体技术进步、政策环境及市场竞争等外部因素决定,与单个企业的绿色创新效率无直接关联,基本满足排他性约束。

工具变量法的回归结果详见表 4。由第(1)列可知,IV 在 1%显著性水平上与核心解释变量高度相关,且通过了弱工具变量检验,说明选取的工具变量是合理可靠的;第(2)列显示,DT 的系数在 1%显著性水平上为正,与基准回归结果高度契合,说明在进行内生性处理后,数字化转型仍能提升矿业企业绿色创新效率,与前文研究结论一致。

表 4 内生性处理结果

Table 4 The results of endogenous processing

变量	(1)第一阶段 *DT*	(2)第二阶段 *GIE*
IV	151.727 4***	
	(65.15)	
DT		0.083 4***
		(2.737 8)
Controls	是	是
固定个体	是	是
固定年份	是	是
R^2	0.856 3	0.485 0
F	9 298.13	
样本数量/个	779	779

3.3 稳健性检验

为了增强基准回归结果的可信度,进一步采用以下 4 种方法进行稳健性检验。稳健性检验结果见

表 5。

表 5 稳健性检验结果

Table 5 The results of robustness test

变量	(1)替换解释变量 *GIE*	(2)替换被解释变量 *GIE*1	(3)调整样本区间 *GIE*	(4)更换估计模型 *GIE*
DT		0.010 0***	0.104 6***	0.107 8***
		(2.728 2)	(2.918 3)	(3.247 1)
*DT*1	0.085 0***			
	(2.709 8)			
Constant	0.175 8	0.295 5***	0.222 7	−0.510 8
	(0.605 5)	(7.565 3)	(0.593 2)	(−1.483 0)
Controls	是	是	是	是
固定个体	是	是	是	是
固定年份	是	是	是	是
R^2	0.033 2	0.141 9	0.042 6	0.390 0
样本数量/个	779	779	591	799

3.3.1 替换解释变量

借鉴赵宸宇等[8]的研究,从数字技术应用、互联网商业模式、智能制造、现代信息系统 4 个维度,选取 99 个数字化相关词频,采用文本挖掘方法构建矿业行业上市公司的数字化转型指数(*DT*1),结果见表 5 第(1)列。

3.3.2 替换被解释变量

参照李鑫鑫等[25]的研究,采用企业绿色专利授权数衡量绿色创新产出,绿色创新投入仍然采用企业研发支出衡量,据此衡量企业绿色创新效率(*GIE*1),结果见表 5 第(2)列。

3.3.3 调整样本区间

中国国家知识产权局(CNIPA)于 2017 年修改了统计专利申请数据的方法,故剔除 2017 年之前样本,考察 2017 年及之后样本子区间的模型估计效果,结果见表 5 第(3)列。

3.3.4 更换估计模型

鉴于矿业企业绿色创新效率在 0 处存在左截断特征,且呈现低水平聚集态势,传统回归模型对此类受限数据处理效能有限。因此,选择能处理数据截断特征的 Tobit 模型替换原有估计模型进行稳健性检验。LR 检验结果强烈拒绝原假设,据此判定应使用随机效应面板 Tobit 模型进行回归分析,结果见表 5 第(4)列。

以上检验结果表明,*DT* 系数仍显著为正,验证了数字化转型能够提升矿业企业绿色创新效率这一基本结论的稳健性。

3.4 作用机制检验

根据前文研究假设部分的作用机制分析,认为数字化转型对矿业企业绿色创新效率的影响,可能通过提高资源配置效率、增加信息透明度和降低供应链集中度等 3 个路径进行传导。为此,本文借鉴江艇[26]提出的机制检验方法,构建如下模型进行检验:

$$Media_{i,t}=\beta_0+\beta_1 DT_{i,t}+\beta_2 Controls_{i,t}+Year_t+Company_i+\varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中:$Media_{i,t}$ 代表中介变量,包括资源配置效率(*TFP*)、信息透明度(*Analyst*)和供应链集中度(*SC*);β_0 为常数;β_1 为机制检验方法中 $DT_{i,t}$ 的回归系数;β_2 为机制检验方法中各控制变量的系数。其中,资源配置效率(*TFP*)借鉴韩少真等[27]的研究,采用 GMM 方法测算的全要素生产率表征,数值越大,代表企业资源配置效率越高;信息透明度(*Analyst*)参考刘万丽等[28]的研究,采用分析师跟踪人数加 1 取自然对数来衡量,数值越大,代表企业信息透明度越高;供应链集中度(*SC*)采用前五大供应商的采购比例和前五大客户的销售比例之和的均值来度量。

作用机制检验结果见表 6。第(1)列为资源配置效率的中介效应结果,*TFP* 的系数为在 1%的显著性水平上为正,意味着数字化转型可借助优化资源配置效率这一途径,来提高矿业企业的绿色创新效率,假设 H2 得以验证。第(2)列为信息透明度的中介效应结果,*Analyst* 的系数在 1%显著性水平上为正,说明数字化转型可通过增强信息透明度这一路径,有效提高矿业企业绿色创新效率,假设 H3 得以验证。第(3)列为供应链集中度的中介效应检验结果,*SC* 的系数在 1%显著性水平上为负,表明数字化转型可通过降低供应链集中度这一机制,推动矿业企业绿色创新效率提升,假设 H4 得以验证。

表 6 作用机制检验结果

Table 6 The results of action mechansim

变量	(1) *TFP*	(2) *Analyst*	(3) *SC*
DT	0.162 2***	0.186 7***	−0.004 8***
	(3.958 6)	(6.051 1)	(−3.250 2)
Constant	2.278 7***	3.032 5***	3.413 7***
	(5.534 3)	(7.911 1)	(8.780 9)
Controls	是	是	是
固定个体	是	是	是
固定年份	是	是	是
R^2	0.114 8	0.090 0	0.065 6
样本数量/个	779	674	773

3.5 异质性分析

3.5.1 供应链位置异质性

处在产业链不同环节的企业在资源禀赋、市场结构和环境责任等方面存在显著差异。借鉴宋明媚等[29]的研究,将样本企业分为上游、中游、下游,通过分组回归检验供应链位置对数字化转型与绿色创新效率关系的异质性影响,回归结果详见表7第(1)、(2)、(3)列。结果表明,数字化转型能显著提升上游、中游矿业企业绿色创新效率,而对下游则产生了抑制作用。究其原因,可能是上游企业以矿产勘探、开采为核心,具有资源依赖度高、污染隐蔽性强等特点。作为资源开发源头,上游是生态监管的核心环节,强监管压力倒逼企业通过数字化转型提升绿色创新效率,以实现监管达标与效率提升的目标。中游矿业企业数字化投入需兼顾与上下游的协同,企业更倾向于渐进式改进而非颠覆性创新,导致数字化转型对企业绿色创新的边际收益相对更低。下游企业以矿产成品制造、终端应用为主,其核心驱动力是市场需求,而非生产端数字化技术直接赋能,因此数字化对下游矿业企业绿色创新的支撑作用有限。若下游企业盲目推进数字化转型,可能挤占原本用于市场驱动型绿色创新的资源,反而对绿色创新效率产生抑制。

表7 异质性检验结果

Table 7 The results of heterogeneity test

变量	供应链位置			产权性质		污染属性	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	上游	中游	下游	国有企业	非国有企业	重污染企业	非重污染企业
	GIE	*GIE*	*GIE*	*GIE*	*GIE*	*GIE*	*GIE*
DT	0.177 7***	0.079 6**	−0.037 3	0.132 5***	0.050 4	0.085 9***	0.083 7
	(3.072 3)	(2.122 8)	(−0.836 7)	(2.856 0)	(1.638 4)	(2.851 3)	(1.412 7)
Controls	是	是	是	是	是	是	是
固定个体	是	是	是	是	是	是	是
固定年份	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.116 9	0.041 8	0.094 8	0.047 9	0.051 6	0.042 9	0.096 9
样本数量/个	167	464	148	333	446	653	126

3.5.2 产权异质性

国有企业与非国有企业在资源获取、战略导向及政策效应等方面存在显著差异,这使得数字化转型对不同产权性质企业绿色创新效率的影响呈现分化。依据企业实际控制人性质,将样本企业划分为国有企业与非国有企业两组,以此进行分组检验,探究数字化转型对矿业企业绿色创新效率的提升效应。实证结果见表7第(4)、(5)列,结果表明,数字化转型对国有矿业企业绿色创新效率的提升作用更显著。究其原因,国有企业政策导向鲜明,战略规划与国家层面高度契合,能够获取更多政策补贴、低息贷款等支持[30],从而具备承担数字化转型高额成本的能力,有条件将资源向具有长期性、战略性的绿色创新领域倾斜。同时,国有企业肩负更重的社会责任,面临更严格的绿色转型考核,使得数字化转型的监督效应更易显现,促使管理层长期聚焦绿色目标。而非国有企业缺乏政策扶持,面临更严峻的融资约束与资源限制,对数字化转型的驱动力不足。

3.5.3 污染属性异质性

矿业行业在污染强度、排放类型及环境规制敏感性等方面呈现显著异质性。参照潘爱玲等[31]的研究,依据细分行业的污染特征将样本企业划分为重污染与非重污染两组展开分组检验。回归结果见表7第(6)、(7)列,重污染矿业企业借助数字化转型提升绿色创新效率的效应更为显著。究其原因,可从技术与制度两层面加以解释。技术层面,重污染企业长期使用开采、冶炼分离等传统技术,创新基础薄弱,环境治理与绿色创新成本长期偏高。数字化技术能够深度嵌入绿色创新环节,有效破解以上难题,使得重污染矿业企业数字化转型对绿色创新效率的“边际效益”更为突出。制度层面,随着环境监管体系不断完善,重污染企业面临更严格的环境约束,同时也能获得更精准的政策激励。在强约束与高激励并存的制度环境下,企业为满足绿色认证、碳排放达标等外部规制要求,倾向于将更多资源配置于绿色创新领域。数字化转型既助力企业满足合规要求,又为绿色创新提供技术支撑与数据保障,从而推动绿色创新效率的快速提升。

4 数字化转型同群效应识别及其对矿业企业绿色创新效率的影响

同群效应是指企业在战略决策与组织结构等方面,会受到同一群体中其他企业行为的影响[32]。矿业企业属于典型的资源密集型企业,其发展高度依

赖矿山资源的禀赋条件,并呈现显著的地理集聚特征,这为企业间的技术扩散与经验模仿提供了天然条件。资源依赖理论认为,企业对外部资源的依赖程度会影响其战略决策。当同地区内部分企业率先推进数字化转型并实现创新绩效提升时,其他企业往往会模仿跟进。基于此,提出矿业企业数字化转型存在地区同群效应这一假说。

同时,数字化转型地区同群效应能够提升矿业企业绿色创新效率。从竞争学习角度看,该效应主要通过技术溢出和市场倒逼两条路径发挥作用,一方面,地理邻近企业间的技术溢出与知识共享通过数字化平台打破创新孤岛,后发企业可以通过观察学习降低试错成本;另一方面,先行企业借助数字化绿色创新抢占新兴市场,迫使同群企业加速绿色创新以避免市场份额流失。从制度同构角度看,数字化转型同群效应对企业绿色创新的驱动主要源于合法性压力和政策激励。其一,随着行业标准向"数字绿色双转型"偏移,企业为避免被国际供应链剔除或ESG评级降级,倾向于利用数字化工具提升环境绩效透明度,进而提升绿色创新效率;其二,地方政府对数字化绿色转型企业的财政扶持会形成"政策红利示范",驱动同区域企业产生模仿动机。

为此,将进一步验证矿业企业数字化转型地区同群效应的存在性,并考察其对绿色创新效率的影响。

4.1 数字化转型同群效应存在性检验

借鉴张辽等[33]的研究,采用核密度图像与回归模型两种方法检验矿业行业数字化转型地区同群效应的存在性。以数字化转型程度的中位数为界,高于数字化转型程度中位数的为较高组,其余为较低组,分别绘制两组绿色创新效率核密度图,如图1所示。

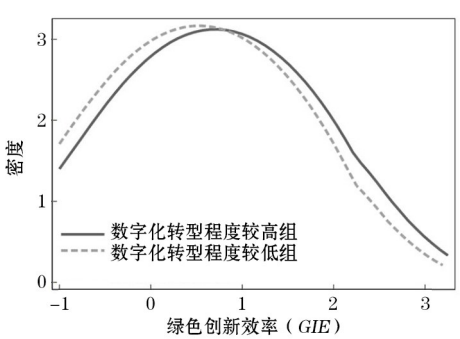


图1 不同数字化转型程度的绿色创新效率核密度图

Fig.1 Kernel density map of green innovation efficiency for different levels of digital transformation

从图1可以看出,数字化转型程度较高组整体向右偏移,且呈现"左截尾"的特征,说明数字化转型程度较高的样本企业绿色创新效率更高。总体上,"数字化转型程度较高"存在同群效应,即同群效应使得数字化转型程度较高企业中存在低绿色创新效率企业的比例相对较低。

同时,引入地区同群效应变量 *Cohort* 检验其对企业数字化转型的影响,构建如下回归模型:

$$DT_{i,t}=\gamma_0+\gamma_1 Cohort_{i,t-1}+\gamma_2 Controls_{i,t}+Year_t+Company_i+\varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中:$Cohort_{i,t-1}$ 代表地区同群效应变量,为 $t-1$ 期 i 企业所在注册省份其他企业数字化水平的平均值,该变量取值越大,表明该地区的同群效应越强;γ_0 为常数;γ_1 为该同群效应变量的回归系数;γ_2 为该同群效应各控制变量的系数。

表8第(1)列为同群效应存在性的回归结果,*Cohort* 的系数在1%水平上显著为正,这表明矿业企业的数字化转型在地区层面存在同群效应。

4.2 数字化转型同群效应与绿色创新效率

为深入探究数字化转型同群效应对矿业企业绿色创新效率的作用,本研究构建如下计量模型进行回归分析:

$$GIE_{i,t}=\theta_0+\theta_1 Cohort_{i,t}+\theta_2 Controls_{i,t}+Year_t+Company_i+\varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

表8第(2)列的回归结果显示,*Cohort* 的系数在1%水平上显著为正,说明数字化转型地区同群效应对矿业企业绿色创新效率具有显著的提升作用。数字化转型降低了同群企业之间的信息不对称,发挥了知识溢出效应,企业能够以较低的投入产出比实现绿色创新,进而促进企业绿色创新效率提升。

表8 同群效应存在性及其对绿色创新效率影响的检验结果

Table 8 The results on the existence of peer effects and their impact on green innovation efficiency test

变量	(1) *DT*	(2) *GIE*
Cohort	0.867 2***	0.026 2***
	(13.594 4)	(3.897 7)
Constant	0.242 0	−0.218 2***
	(0.579 3)	(−4.967 4)
固定个体	是	是
固定年份	是	是
Controls	是	是
R^2	0.284 9	0.124 0
样本数量/个	641	641

5 结论及启示

选取2015—2024年我国矿业行业A股上市公司为研究样本展开实证检验,研究发现数字化转型能够显著提升矿业企业绿色创新效率,经内生性和稳健性检验后仍稳健;机制检验发现,该提升效应通过优化资源配置效率、增加信息透明度及降低供应链集中度三条路径实现;异质性分析表明,上述效应在供应链上游矿业企业、国有矿业企业以及重污染矿业企业中更为显著。进一步分析表明,矿业企业数字化转型存在明显的地区同群效应特征,且该效应可以显著促进矿业企业绿色创新效率的提升。基于以上研究结论,得到以下启示。

(1) 强化政策引导与基础设施建设。政府可针对非国有企业抗风险能力弱、数字化转型资金不足的特点实施差异化扶持政策,设立专项补贴基金,对开展智能选矿、绿色冶炼数字化改造的企业给予设备采购补贴、研发费用加计扣除等优惠;完善绿色信贷政策体系,引导金融机构加大对矿业企业数字化绿色创新的支持力度。同时,优化新型基础设施布局,参考澳大利亚等矿业大国的实践经验,推动5G网络、工业互联网平台向产业链上游矿产勘探、开采环节延伸,实现矿山设备远程监控、能耗实时管理,将数字化技术,如自动驾驶卡车和基于人工智能的系统加快整合到运营实践中;加强数据中心建设,降低中小企业数字化转型的基础设施投入成本。此外,应完善数据共享与协同机制,建立行业级绿色创新数据共享平台,整合企业能耗数据、碳排数据、绿色专利数据等信息资源,推动数据标准化与开放共享;制定供应链数据交互规范,降低企业间信息不对称,促进上下游企业在生产计划、物流配送、绿色认证等环节的协同合作。

(2) 完善各类标准体系与构建协同创新生态网络。行业应健全数字化绿色创新标准,联合行业协会、科研机构等制定相关规范,明确智能选矿、清洁冶炼、资源循环利用等领域的技术标准与评价指标;推动ESG信息披露标准化,要求企业定期公开数字化转型投入、绿色专利产出、碳减排成效等关键数据,提升行业绿色创新透明度。同时,强化供应链碳足迹管理,建立全产业链碳足迹追溯体系,对矿石开采、冶炼加工、产品运输等环节的碳排放进行量化核算与公开披露,并将碳足迹数据纳入供应商评价体系,引导企业优先选择绿色低碳供应商,倒逼产业链上下游协同减碳。此外,应充分发挥数字化转型领先地区的示范效应,建立跨地区的矿业数字化转型交流与合作平台,鼓励数字化转型成效显著的地区分享先进经验、技术成果及典型案例,为其他地区提供可借鉴的"模板";推动地区间在数字化基础设施建设、数据共享、技术联合研发等方面开展深度合作,促进数字化转型知识、技术在地区间的传播与扩散,放大同群效应的积极影响,使更多地区的矿业企业能借助同群效应提升绿色创新效率。

(3) 发挥矿业链主企业引领作用以提升创新能力。鼓励链主企业加大研发投入,构建数据驱动的资源配置体系,利用大数据、人工智能技术优化生产流程,实现能源消耗、污染物排放的精准控制,打造数字化绿色创新标杆。同时,通过技术输出、经验分享等方式带动产业链上下游企业共同转型,发挥同群效应的引领作用,促使中小企业能从链主企业的示范与帮扶中,快速提升数字化绿色创新能力,融入到同群效应的创新网络中。中小企业应该立足自身优势,聚焦矿业产业链高价值细分市场,通过加入行业数字化平台获取外部技术资源与市场信息,积极参与供应链协同创新,与链主企业共建绿色供应链,降低创新成本与市场风险。

参考文献(References):

[1] 吴琪,葛振华,高宇,等.中国矿产资源开发利用形势分析及展望[J].矿业研究与开发,2025,45(6):288-300.
Wu Qi, Ge Zhenhua, Gao Yu, et al. Situation analysis and prospect of mineral resources development and utilization in China[J]. Mining Research and Development, 2025, 45(6): 288-300.

[2] 崔娜.矿产资源开发效率与经济高质量发展耦合协调关系研究[J].矿业研究与开发,2023,43(10):217-224.
Cui Na. Research on coupling coordination of relationship between mineral resources exploitation efficiency and high-quality economic development [J]. Mining Research and Development, 2023, 43(10): 217-224.

[3] 赵宸宇.数字化转型对企业社会责任的影响研究[J].当代经济科学,2022,44(2):109-116.
Zhao Chenyu. The impact of digital transformation on corporate social responsibility [J]. Modern Economic Science, 2022, 44(2): 109-116.

[4] 许家云,刘书利,王玥清.数字化转型如何影响企业进口?[J].世界经济研究,2023(9):29-45+134.
Xu Jiayun, Liu Shuli, Wang Yueqing. How does digital transformation affect firm imports? [J]. World Economy Studies, 2023(9): 29-45+134.

[5] 李澔,李金嶽,刘向强.企业数字化转型与股利分配[J].西南大学学报(社会科学版),2023,49(2):114-126.

Li Yan, Li Jinyue, Liu Xiangqiang. Enterprise digital transformation and dividend distribution[J]. Journal of Southwest University (Social Sciences Edition), 2023, 49(2):114-126.

[6] 袁淳,肖土盛,耿春晓,等.数字化转型与企业分工:专业化还是纵向一体化[J].中国工业经济,2021(9):137-155.
Yuan Chun, Xiao Tusheng, Geng Chunxiao, et al. Digital transformation and corporate division of labor: specialization or vertical integration[J]. China Industrial Economics, 2021(9):137-155.

[7] 陈旭,江瑶,熊焰.数字化转型对企业绩效的影响机制和路径研究[J].经济体制改革,2023(2):112-120.
Chen Xu, Jiang Yao, Xiong Yan. Research on the mechanism and path of digital transformation's impact on corporate performance[J]. Reform of Economic System, 2023(2):112-120.

[8] 赵宸宇,王文春,李雪松.数字化转型如何影响企业全要素生产率[J].财贸经济,2021,42(7):114-129.
Zhao Chenyu, Wang Wenchun, Li Xuesong. How does digital transformation affect the total factor productivity of enterprises?[J]. Finance & Trade Economics, 2021, 42(7):114-129.

[9] 刘飞.数字化转型如何提升制造业生产率:基于数字化转型的三重影响机制[J].财经科学,2020(10):93-107.
Liu Fei. How digital transformation improves manufacturing productivity: based on triple mechanisms[J]. Finance & Economics, 2020(10):93-107.

[10] 王应欢,郭永祯.企业数字化转型与 ESG 表现:基于中国上市企业的经验证据[J].财经研究,2023,49(9):94-108.
Wang Yinghuan, Guo Yongzhen. Corporate digital transformation and ESG performance: evidence from Chinese listed firms[J]. Journal of Finance and Economics, 2023, 49(9):94-108.

[11] 罗瑾琏,王象路,耿新.数字化转型对企业创新产出的非线性影响研究[J].科研管理,2023,44(8):1-10.
Luo Jinlian, Wang Xianglu, Geng Xin. Nonlinear effects of digital transformation on enterprise innovation output[J]. Science Research Management, 2023, 44(8):1-10.

[12] 王家庭,盛楠.数字化转型推动企业绿色创新:基于信息效应、资源效应与技术效应的分析[J].北京工业大学学报(社会科学版),2024,24(5):113-130.
Wang Jiating, Sheng Nan. Digital transformation drives enterprise green innovation: analysis based on information effect, resource effect and technology effect[J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2024, 24(5):113-130.

[13] 曹裕,李想,胡韩莉,等.数字化如何推动制造企业绿色转型?:资源编排理论视角下的探索性案例研究[J].管理世界,2023,39(3):96-112+126+113.
Cao Yu, Li Xiang, Hu Hanli, et al. How does digitalization drive the green transformation in manufacturing companies? an exploratory case study from the perspective of resource orchestration theory[J]. Journal of Management World, 2023, 39(3):96-112+126+113.

[14] 杜爽,曹效喜.企业数字化转型能否促进绿色创新:来自中国上市公司的证据[J].中国地质大学学报(社会科学版),2023,23(4):56-71.
Du Shuang, Cao Xiaoxi. Does digital transformation promote green innovation? evidence from Chinese listed companies[J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2023, 23(4):56-71.

[15] 邢霖,陈东,张红梅.环境不确定性对企业绿色创新的影响[J].科技管理研究,2023,43(10):207-215.
Xing Mu, Chen Dong, Zhang Hongmei, et al. Impact of environmental uncertainty on corporate green innovation[J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43(10):207-215.

[16] 成琼文,陆思宇.数字技术应用、经济不确定性与绿色创新[J].软科学,2023,37(5):1-7+30.
Cheng Qiongwen, Lu Siyu. Digital technology application, economic uncertainty and green innovation[J]. Soft Science, 2023, 37(5):1-7+30.

[17] 王旭,张晓宁,牛月微."数据驱动"与"能力诅咒":绿色创新战略升级导向下企业数字化转型的战略悖论[J].研究与发展管理,2022,34(4):51-65.
Wang Xu, Zhang Xiaoning, Niu Yuewei. "Data Driven" and "Capability Curse": strategic paradox of enterprise digital transformation under the guidance of green innovation strategy upgrade[J]. R & D Management, 2022, 34(4):51-65.

[18] 郑玉,史丹.企业数字化转型影响绩效机制实证研究:基于交易成本和投资效益的中介效应检验[J].中央财经大学学报,2025(4):144-160.
Zheng Yu, Shi Dan. An empirical study on the impact mechanism of enterprise digital transformation on performance: the mediating effect of transaction cost and investment benefit[J]. Journal of Central University of Finance & Economics, 2025(4):144-160.

[19] Shamim A, Tian Hongyun, Shahid B. Green mining in China: Fintech's contribution to enhancing innovation performance aimed at sustainable and digital transformation in the mining sector[J]. Resources Policy, 2024, 92:104968.

[20] 穆琳,盛玉雪,袁功林.环境规制与区域绿色技术多样化:来自"大气十条"政策的证据[J].南开经济研究,2025(2):81-102.
Mu Lin, Sheng Yuxue, Yuan Gonglin. The policy of "Atmosphere Ten Articles" and regional green technological diversification[J]. Nankai Economic Studies, 2025(2):81-102.

[21] 杨忠海,刘金奇.供应链金融能吸引绿色投资者进入吗?:基于资源协奏视角[J].华东经济管理,2025,39(4):106-117.
Yang Zhonghai, Liu Jinqi. Can supply chain finance attract green investors? Based on the perspective of resource orchestration[J]. East China Economic Management, 2025, 39(4):106-117.

[22] 孙林,俞慧洁.企业数字化转型、数字基础设施与中国出口企业全球价值链位置攀升[J].经济学动态,2025(2):109-126.
Sun Lin, Yu Huijie. Digital transformation, digital infrastructure, and the upgrading of Chinese export enterprises' GVC position[J]. Economic Perspectives, 2025(2):109-126.

[23] 刘畅,潘慧峰,李珮,等.数字化转型对制造业企业绿色创新效率的影响和机制研究[J].中国软科学,2023(4):121-129.
Liu Chang, Pan Huifeng, LI Pei, et al. Impact and mechanism of digital transformation on the green innovation efficiency of manufacturing enterprises in China[J]. China Soft Science, 2023(4):121-129.

[24] 罗翔,李政,祝爽.数字化转型、价格加成与有色金属企业韧性[J].价格月刊,2025(6):19-27.
Luo Xiang, Li Zheng, Zhu Shuang. Digital transformation, price markup, and resilience of non-ferrous metal enterprises[J]. Price Monthly, 2025(6):19-27.

[25] 李鑫鑫,汤小华.数字化转型对制造企业绿色创新效率作用机制研究[J].金融与经济,2024(4):85-94.
Li Xinxin, Tang Xiaohua. Research on the mechanism of digital transformation on the efficiency of green innovation in manufacturing enterprises[J]. Finance and Economy, 2024(4):85-94.

[26] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022(5):100-120.
Jiang Ting. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics, 2022(5):100-120.

[27] 韩少真,王超凡,张涵诗,等.智能制造促进企业绿色创新:基于外部压力与支持的调节效应分析[J].管理学刊,2025,38(2):114-133.
Han Shaozhen, Wang Chaofan, Zhang Hanshi, et al. Intelligent manufacturing promotes enterprise green innovation: based on the moderating effect of external pressure and support[J]. Journal of Management, 2025, 38(2):114-133.

[28] 刘万丽,孙婷.企业数字化转型、信息披露与绿色创新[J].财会月刊,2023,44(19):88-95.
Liu Wanli, Sun Ting. Enterprise digital transformation, information disclosure, and green innovation[J]. Finance and Accounting Monthly, 2023, 44(19):88-95.

[29] 宋明媚,张海亮,董洋.国际有色金属价格波动对中国产业链的传导机制与效应:基于双层复杂网络模型[J].资源科学,2023,45(4):812-826.
Song Mingmei, Zhang Hailiang, Dong Yang. Transmission mechanism and effect of international nonferrous metal price fluctuation to China's industrial chain: based on a two-layer complex network model[J]. Resources Science, 2023, 45(4):812-826.

[30] 冯帆,马皓巍.政府环境审计如何影响企业绿色化转型:基于创新补偿视角[J].现代经济探讨,2025(4):81-91.
Feng Fan, Ma Haowei. How government environmental auditing affects corporate green transition: an innovation compensation perspective[J]. Modern Economic Research, 2025(4):81-91.

[31] 潘爱玲,刘昕,邱金龙,等.媒体压力下的绿色并购能否促使重污染企业实现实质性转型[J].中国工业经济,2019(2):174-192.
Pan Ailing, Liu Xin, Qiu Jinlong, et al. Can green M & A of heavy polluting enterprises achieve substantial transformation under the pressure of media[J]. China Industrial Economics, 2019(2):174-192.

[32] 郑晗,石翔燕,邓尧天.企业数字化转型的行业同群效应研究[J].当代财经,2025(3):98-111.
Zheng Han, Shi Xiangyan, Deng Yaotian. A study on the industry peer effects in enterprise digital transformation[J]. Contemporary Finance & Economics, 2025(3):98-111.

[33] 张辽,曾佳城.数字化转型、同群效应与企业风险承担[J].商业研究,2024(3):113-124.
Zhang Liao, Zeng Jiacheng. Digital transformation, cogroup effect and enterprise risk-taking[J]. Commercial Research, 2024(3):113-124.