

# 企业数字化转型对绿色技术创新的影响

## ——基于A股上市公司的实证研究

丁万洁

南京信息工程大学商学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年6月23日; 录用日期: 2025年7月7日; 发布日期: 2025年8月7日

### 摘要

数字化转型与绿色技术创新已成为嵌入国家可持续发展战略的核心命题。本文基于A股主板企业2013~2023年度数据, 探究企业数字化转型对企业绿色技术创新的影响及机制路径。研究发现: 第一, 我国企业数字化转型总体上显著提升绿色技术创新水平, 且该影响在考虑了各类稳健性检验后依旧成立。第二, 企业数字化转型通过优化人力资本结构来促进绿色技术创新水平。本文有助于强化政府和企业对数字化转型的理论认识, 并为企业实现绿色技术创新水平的提升提供了方法指导。

### 关键词

数字化转型, 绿色技术创新, 人力资本结构

# The Impact of Digital Transformation on Green Technological Innovation

## —An Empirical Study Based on A-Share Listed Companies

Wanjie Ding

School of Business, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu

Received: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2025; accepted: Jul. 7<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 7<sup>th</sup>, 2025

### Abstract

Digital transformation and green technological innovation have emerged as a central theme embedded within China's national sustainable development strategy. Based on panel data from A-share main board listed enterprises spanning 2013 to 2023, this study investigates the impact of corpo-

rate digital transformation on green technological innovation and its underlying mechanisms. The empirical findings reveal: First, digital transformation significantly enhances green technological innovation performance among Chinese enterprises overall, and this effect remains valid even after various robustness tests have been taken into account. Second, this positive effect operates primarily through optimizing human capital structure. This article helps to enhance the theoretical understanding of digital transformation among the government and enterprises, and provides methodological guidance for enterprises to improve their level of green technological innovation.

## Keywords

Digital Transformation, Green Technological Innovation, Human Capital Structure

Copyright © 2025 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

数字化转型与绿色技术创新深度协同，已成为国家持续发展的强大驱动力之一。国家高度重视数字化与绿色化的融合发展，明确倡导通过系统性提升能源资源利用效率、优化产业结构、引导绿色消费模式，从而推动经济社会全面绿色低碳转型。中央政策文件进一步强调，必须促进数字技术、智能应用与绿色发展理念的深度融合，引导企业利用数字技术革新传统高耗能产业，赋能其转型升级进程。

在当今全球经济格局下，数字经济规模呈现出持续扩张的态势。据《中国数字经济发展研究报告(2024年)》显示，2023年我国数字经济规模增至53.9万亿元，占国内生产总值比重达42.8%。同期行业研究显示，数字经济增速显著高于GDP整体增长，对经济增量的贡献率超过66%，成为高质量发展关键引擎。这一经济现象表明，数字经济已然成为推动我国经济增长的关键驱动力量。在数字经济日新月异，不断发展的当下，企业对于自身数字化转型的战略定位已发生根本性转变，从一种可选择的发展策略转变为关乎企业生存与发展的必然选择，如何通过企业数字化转型有效赋能绿色技术创新，协同推进经济增长与生态保护双重目标[1]，已成为当前我国经济数字化进程中的突出问题。

## 2. 文献回顾与研究假设

物联网、移动互联网、云计算、区块链等技术快速发展，通过重塑生产方式、再造运营流程、颠覆商业模式，为组织注入持续进化的数字化动能，最终驱动组织战略转型升级与价值创造能力提升。一方面，数字化转型能够促进企业发展[2]，通过提高企业创新研发效率，帮助企业对市场变化做出及时回应，从而提升企业绩效表现；另一方面，数字化转型能够提升企业效率[3]，随着大数据等数字技术嵌入企业采购、生产和销售各环节中，实时收集信息并进行分析，对企业产品进行全方位管理，实现对资源的优化配置，改善企业资源利用效率。

由于绿色创新具有研发周期长，技术不连续性、前期投入大、不确定性高且失败风险高等显著特征，虽然绿色技术创新对企业获取生态和经济收益具有明显作用，但企业自主进行绿色创新的积极性仍然不足。在传统经济环境中，部分学者认为可以通过改善企业规模、治理状况、创新资源等内部要素状况激发企业绿色创新活力[4]。随着数字化进程的加快，数字化转型对企业绿色技术创新的影响更加引发学者们的关注。

数字经济范式下，作为支撑高质量发展目标实现的核心机制，企业数字化转型通过将数字技术深度融入组织架构与全业务流程[5]，依托知识溢出效应突破现有边界，显著提升信息处理效能与资源配置精度，进而重构企业创新生态[6]。这种系统性变革所催生的价值创造范式，与绿色技术创新内在逻辑高度契合，从而为可持续创新实践提供持续赋能。基于此，本文提出如下研究假设：

假设 H1：企业数字化转型总体上会促进绿色技术创新水平。

人力资本结构的优化可以提高企业绿色技术创新水平。人力资本的结构差异深刻影响着技术创新效能，其促进机制存在显著的异质性[7]。根据人力资本理论，高水平人力资本凭借其卓越的知识吸收转化能力与创造性思维，能够有效化解创新过程中的技术路线模糊性、市场适配风险等不确定性因素，进而成为突破性技术跃迁的核心驱动力。值得注意的是，绿色技术创新作为技术创新中的一部分，因其具有研发周期长、环境政策敏感度高、市场接受度难以预测等特征[8]，往往面临着更为复杂的外部性约束。这种特殊属性要求企业必须配置具备跨学科知识整合能力与可持续技术预见性的高端人才梯队，以构建应对绿色技术不确定性的战略缓冲带。因此，本文认为人力资本结构的优化在一定程度上可以提高绿色技术创新水平。

数字化转型可以优化企业人力资本结构，通过以下三个方面：其一，智能化发展到现在，逐渐可以替代部分标准化作业岗位，这种情况使企业员工为避免失业，需要不断增进自身实力，向高附加值领域流动；其二，数字基础设施的应用(如工业互联网平台)与企业员工之间产生技术互补效应，有利于形成“1+1>2”的效果，促使数字基础设施与人力资本深度耦合[9]，通过增强知识共享效率释放协同创新红利；其三，全要素生产率效应可以依托数据要素进行精准配置，优化人力资本结构与企业战略目标的动态匹配度[10]。这种系统性重构不仅提升了企业人力资本密度，更通过数字赋能强化了高端人才在绿色技术研发中的知识枢纽功能，最终形成“数字化转型-优化人力资本-绿色创新突破”的价值创造闭环。基于此，本文提出如下研究假设：

假设 H2：企业数字化转型通过优化人力资本结构来促进绿色技术创新水平。

### 3. 研究设计和数据来源

#### 3.1. 样本选取与数据来源

本研究基于 2013~2023 年中国 A 股主板上市公司初始样本，其中企业年报文件借助 Python 软件从巨潮资讯网站上抓取得到；企业绿色发明专利方面数据从中国研究数据服务平台获取；其余企业规模等控制变量从国泰安数据库中获取。样本筛选遵循三重标准：首先排除 PT/ST 类特殊状态企业，其次剔除金融保险行业公司，最后删除关键变量缺失值超过 20% 的观测值以保障数据完整性。同时，为有效控制年度固定效应并缓解极端值干扰，对连续变量进行缩尾处理。

#### 3.2. 变量说明

##### 3.2.1. 被解释变量

与研发投入等指标相比，绿色专利能够更加直观地反映企业在绿色创新方面的产出，可量化性和现实价值较强。因此，本文借鉴黎文靖等[11]的研究，将企业单独和联合申请绿色发明专利数量加 1 后的对数值作为本文绿色技术创新水平的衡量指标。

##### 3.2.2. 解释变量

本文对企业数字化转型的衡量借鉴了吴非[12]等的研究，通过文本分析提取企业年报中与数字化转型有关的词汇，并将关键词数量加 1 后的对数值作为企业数字化转型水平的衡量指标。

### 3.2.3. 机制变量

本文借鉴李鑫[13]等的研究，以本科及以上学历员工占员工总数比重来衡量企业人力资本的受教育水平，作为人力资本结构的代理变量。

### 3.2.4. 控制变量

参照赵莉和张玲[14]、解学梅和朱琪玮[15]的研究，本文选取了 5 个控制变量分别是：企业规模 (Size)、资产负债率(Lev)、资产利润率(ROA)、自由现金流(Cashflow)、托宾 Q 值(TobinQ)，具体定义如表 1 所示。

**Table 1.** Names and definitions of variables

**表 1.** 各变量名称及定义

性质	变量名称	变量符号	解释
被解释变量	绿色技术创新	GTI	$\ln(\text{绿色发明专利申请数量} + 1)$
解释变量	数字化转型水平	Digital	$\ln(\text{数字化转型关键词数量} + 1)$
机制变量	人力资本结构	Education	本科及以上学历员工占员工总数比重
	公司规模	Size	平均总资产的自然对数
	资产负债率	Lev	总负债/总资产
控制变量	资产利润率	ROA	净利润/总资产
	自由现金流	Cashflow	经营活动现金流净额/总资产
	托宾 Q 值	TobinQ	$(\text{股票市值} + \text{债务市值})/\text{资产重置成本}$

### 3.3. 模型构建

为检验企业数字化转型对绿色技术创新的影响，本文构建模型如下：

$$GTI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Digital_{i,t} + \sum_j^n \beta_j Controls_{i,t} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中，GTI 为企业绿色技术创新水平，Digital 是企业数字化转型水平，Controls<sub>i,t</sub> 为控制变量， $\gamma_i$  为行业固定效应， $\mu_t$  为时间固定效应， $\varepsilon_{i,t}$  为随机误差项。

为检验企业数字化转型对绿色技术创新的影响机制路径，本文构建以下模型：

$$Education_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \sum_j^n \beta_j Controls_{i,t} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$GTI_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 Digital_{i,t} + \theta_2 Education_{i,t} + \sum_j^n \beta_j Controls_{i,t} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中，Education 为人力资本结构，其余变量含义及设定与前述基准模型(1)保持一致。

## 4. 实证结果与分析

### 4.1. 描述性统计

如表 2 所示，各主要变量的描述性统计结果。

**Table 2.** Descriptive statistics for each variable  
**表 2.** 各变量描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
GTI	37,582	0.303	0.723	0	6.870
Digital	37,701	1.638	1.432	0	6.380
Size	37,747	22.23	1.308	19.56	26.45
Lev	37,747	0.412	0.206	0.0462	0.927
ROA	37,743	0.0386	0.0690	-0.375	0.255
Cashflow	37,747	0.0475	0.0681	-0.199	0.266
TobinQ	37,744	2.039	1.369	0.789	16.65

#### 4.2. 相关性分析

由表 3 可知, 企业数字化转型水平(Digital)与企业绿色技术创新水平(GTI)在 1%的水平上显著相关, 从而初步验证了假设 1, 企业数字化转型总体上会促进绿色技术创新水平。并且各控制变量企业规模(Size)、资产负债率(Lev)、资产利润率(ROA)、自由现金流(Cashflow)、托宾 Q 值(TobinQ)与企业绿色技术创新水平(GTI)均在 1%的水平显著相关, 说明控制变量选取合适, 可进行下一步研究。

**Table 3.** Correlation coefficient results of each variable  
**表 3.** 各变量相关性检验

	GTI	Digital	Size	Lev	ROA	Cashflow	TobinQ
GTI	1						
Digital	0.160***	1					
Size	0.220***	0.031***	1				
Lev	0.090***	-0.045***	0.498***	1			
ROA	0.036***	-0.035***	-0.00500	-0.373***	1		
Cashflow	0.019***	-0.040***	0.077***	-0.165***	0.426***	1	
TobinQ	-0.050***	0.045***	-0.364***	-0.221***	0.118***	0.069***	1

注: \*, \*\*, \*\*\*分别表示 10%、5%、1%的显著性水平, 下表同。

#### 4.3. 基准回归

企业数字化转型对企业绿色技术创新水平的实证结果, 如表 4 所示。由第(1)列的回归结果可知, 在没有添加控制变量的情况下, 企业数字化转型(Digital)的系数为 0.0467, 在 1%置信水平上统计显著; 由第(2)列的回归结果表明, 在添加了 5 个控制变量的情况下, 企业数字化转型的系数为 0.0297, 仍在 1%的置信水平上统计显著。这说明, 企业的数字化转型水平越高, 企业的绿色发明专利申请数量越多, 也就是说, 企业数字化转型能提升企业绿色技术创新水平, 验证了本文的假设 1。

**Table 4.** Regression analysis  
**表 4.** 基准回归

	(1)	(2)
	GTI	GTI
Digital	0.0467*** (15.12)	0.0297*** (8.92)
Size		0.0731*** (13.40)
Lev		-0.0270 (-1.08)
ROA		0.0105 (0.23)
Cashflow		0.0108 (0.26)
TobinQ		0.00810*** (3.41)
_cons	0.227*** (41.35)	-1.378*** (-11.71)
N	37,543	37,542
R <sup>2</sup>	0.007	0.013
adj. R <sup>2</sup>	-0.155	-0.148
F	228.7	70.44

#### 4.4. 稳健性检验

##### 4.4.1. 替换被解释变量

本文将绿色技术创新水平的衡量方式由绿色技术发明专利申请数量加 1 的对数值(GTI)替换为绿色技术发明专利申请数量加绿色实用新型专利加 1 的对数值(GTI-new), 由表 5 中第(1)列和第(2)列可知, 此时企业数字化转型水平系数为 0.0578 和 0.0355, 均在 1% 的置信水平上统计显著, 说明无论是否添加控制变量, 不影响显著结果, 进一步说明研究结论成立。

##### 4.4.2. 增加控制变量

参照严若森[16]等的研究, 本文增加控制变量的个数进行稳健性检验。增加的控制变量为独立董事占比(Indep, 独立董事人数占董事会总人数比重)、两职合一(Dual, 董事长和总经理是否由同一个人担任)、股权集中度(Top10, 前十大股东持股比例), 由表 5 中的第(3)列显示, 此时的企业数字化转型水平系数为 0.0294, 仍在 1% 的置信水平上统计显著。结果再次验证研究结论的稳健性。

**Table 5.** Robustness check  
**表 5.** 稳健性检验

	(1)	(2)	(3)
	GTI-new	GTI-new	GTI
Digital	0.0578*** (15.41)	0.0355*** (8.79)	0.0294*** (8.79)
Size		0.0965*** (14.58)	0.0717*** (13.05)
Lev		-0.0380 (-1.25)	-0.0308 (-1.22)
ROA		0.0427 (0.78)	0.0271 (0.59)
Cashflow		-0.0349 (-0.69)	0.00679 (0.16)
TobinQ		0.00950*** (3.30)	0.00758*** (3.18)
Indep			0.00126* (1.87)
Top10			-0.0441 (-1.42)
Dual			-0.00808 (-1.04)
_cons	0.352*** (52.92)	-1.760*** (-12.33)	-1.364*** (-10.92)
N	37,543	37,542	37,539
R <sup>2</sup>	0.007	0.014	0.013
adj. R <sup>2</sup>	-0.154	-0.146	-0.148
F	237.5	77.73	47.66

#### 4.5. 机制检验

表 6 是基于“企业数字化转型 - 优化人力资本结构 - 绿色技术创新水平提高”的中介效应检验结果，由第(2)列可知，企业数字化转型的系数为 1.322，在 1%的水平上显著，说明数字化转型使得企业的人力资本结构得到显著优化。当将企业数字化转型(Digital)和人力资本结构(Education)同时加入回归方程中时，比较第(1)列和第(3)列中企业数字化转型(Digital)的回归系数可知，第(3)列中的回归系数 0.0277 小

于第(1)列中的回归系数 0.0297, 进一步说明, 优化人力资本结构在企业数字化转型和绿色技术创新水平的关系中起到部分中介效应, 即企业数字化转型通过优化人力资本结构来促进绿色技术创新水平, 验证了本文假设 2。

**Table 6.** Mechanism test  
**表 6.** 机制检验

	(1)	(2)	(3)
	GTI	Education	GTI
Digital	0.0297*** (8.92)	1.322*** (20.63)	0.0277*** (8.27)
Education			0.00151*** (5.22)
Size	0.0731*** (13.40)	4.695*** (44.74)	0.0661*** (11.74)
Lev	-0.0270 (-1.08)	-8.004*** (-16.63)	-0.0147 (-0.59)
ROA	0.0105 (0.23)	-8.912*** (-10.32)	0.0236 (0.52)
Cashflow	0.0108 (0.26)	-1.238 (-1.55)	0.0128 (0.31)
TobinQ	0.00810*** (3.41)	0.0849* (1.86)	0.00798*** (3.36)
_cons	-1.378*** (-11.71)	-73.29*** (-32.38)	-1.268*** (-10.60)
N	37,542	37,551	37,518
R <sup>2</sup>	0.013	0.106	0.014
adj. R <sup>2</sup>	-0.148	-0.040	-0.147
F	70.44	637.8	64.30

## 5. 结论与建议

本文利用 2013~2023 年我国 A 股上市公司的微观数据, 检验企业数字化转型对绿色技术创新水平的影响和作用机制。研究表明: 企业数字化转型显著提高了绿色技术创新水平, 且该提升效应通过人力资本结构优化实现。鉴于此, 本文分别对政府和企业提出以下对策建议:

有效发挥政府在推动企业数字化转型、实现绿色技术创新中的作用是当前的重中之重。一方面政府需关注智能制造装备与工业互联网的集成作用, 通过专项补贴和税收减免等方式激励企业数字基础设施

的建设；另一方面，出台相关政策引导头部企业首先进行数字化改造，得出可复制经验，形成标杆引领，经验扩散，驱动产业链生态协同跃升，为绿色技术创新提供制度保障。

在数字经济时代背景下，企业要抓住机遇，实现跃升。一方面，企业应战略锚定数字化转型，将数字化转型纳入企业的核心战略，打破企业内部研发、生产和管理环节的“数字孤岛”问题，加强数据要素与数字技术的协同驱动力；另一方面，企业需建设数字绿色复合型人才培养机制，提高信息披露透明度，打通企业转型路径，使数字化成果持续转化为绿色技术创新动能。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 周红星, 黄送钦. 数字化能为创新“赋能”吗——数字化转型对民营企业创新的影响[J]. 经济学动态, 2023(7): 69-90.
- [3] 裴长洪, 倪江飞, 李越. 数字经济的政治经济学分析[J]. 财贸经济, 2018, 39(9): 5-22.
- [4] 王海, 郭冠宇, 尹俊雅. 数字化转型如何赋能企业绿色创新发展[J]. 经济学动态, 2023(12): 76-91.
- [5] 刘淑春, 闫津臣, 张思雪, 等. 企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J]. 管理世界, 2021, 37(5): 170-190+13.
- [6] 叶永卫, 李鑫, 刘贯春. 数字化转型与企业人力资本升级[J]. 金融研究, 2022(12): 74-92.
- [7] 赵宸宇. 数字化发展与服务化转型——来自制造业上市公司的经验证据[J]. 南开管理评论, 2021, 24(2): 149-163.
- [8] 姜如玥. 企业数字化转型对绿色技术创新的影响[J]. 技术经济与管理研究, 2025(5): 100-106.
- [9] 肖土盛, 孙瑞琦, 袁淳, 等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. 管理世界, 2022, 38(12): 220-237.
- [10] 李磊, 王小霞, 包群. 机器人的就业效应: 机制与中国经验[J]. 管理世界, 2021, 37(9): 104-119.
- [11] 黎文靖, 郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究, 2016, 51(4): 60-73.
- [12] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144+10.
- [13] 李鑫, 徐琼, 王核成. 企业数字化转型与绿色技术创新[J]. 统计研究, 2023, 40(9): 107-119.
- [14] 赵莉, 张玲. 媒体关注对企业绿色技术创新的影响: 市场化水平的调节作用[J]. 管理评论, 2020, 32(9): 132-141.
- [15] 解学梅, 朱琪玮. 企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题? [J]. 管理世界, 2021, 37(1): 128-149+9.
- [16] 严若森, 钱晶晶, 祁浩. 公司治理水平、媒体关注与企业税收激进[J]. 经济管理, 2018, 40(7): 20-38.