

在数智转型中向“绿”而行：数字化转型与企业绿色技术创新

王翀宇

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年11月14日; 录用日期: 2025年11月26日; 发布日期: 2025年12月25日

摘要

本文基于2013~2023年中国上市公司数据, 研究数字化转型对企业绿色技术创新的影响。研究发现, 数字化转型显著促进企业绿色技术创新; 数字化转型通过增加企业研发投入, 进而促进企业绿色技术创新; 数字化转型对绿色技术创新的促进作用在重污染行业、非国有企业中更为明显, 在不同类型的数字技术中, 人工智能技术的驱动效应最强。本文对数字时代下企业数智和绿色协同转型提供参考建议。

关键词

数字化转型, 绿色技术创新, 研发支出, 协同转型

Going “Green” in the Digital Transformation: Digital Transformation and Enterprises’ Green Technological Innovation

Chongyu Wang

College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: November 14, 2025; accepted: November 26, 2025; published: December 25, 2025

Abstract

This paper examines the impact of digital transformation on green technological innovation in Chinese listed companies from 2013 to 2023, based on their data. The research finds that digital transformation significantly promotes enterprises’ green technological innovation, which is achieved by increasing their R&D investment. The promoting effect of digital transformation on green technological innovation is more pronounced in heavily polluting industries and non-state-owned

enterprises. Among different types of digital technologies, artificial intelligence technology has the strongest driving effect. This paper provides reference suggestions for the coordinated transformation of digital intelligence and green development of enterprises in the digital era.

Keywords

Digital Transformation, Green Technological Innovation, R&D Expenditure, Coordinated Transformation

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

“绿水青山就是金山银山”，绿色低碳转型是实现“两山”愿景的关键所在。作为中国式现代化建设的重要内容和核心任务，绿色发展不仅被新时代赋予了建设美丽中国的使命，更成为了推动高质量发展的鲜明底色。而在这其中，企业作为微观市场主体，进行绿色技术创新成为重中之重。但是，企业的逐利属性与绿色技术创新高成本间存在矛盾，同时叠加客观约束条件诸如融资约束、人才紧缺和资源有限，企业如何在平衡利润与资源的情况下进行绿色转型成为迫在眉睫的问题。基于此，数字化转型被视为实现这一目标的重要路径。

随着我国互联网技术日新月异的发展，数字技术与实体经济的融合进一步深入，数字产业规模进一步扩大，企业的数字化转型是必然趋势。企业数字化转型以其鲜明的数据高效流动性特点，促进企业生产要素的自由流动，优化企业资源配置，摒弃传统经营模式落后、僵化的缺点[1]。在数字化转型进程中，应当让“绿色”成为其基础。《“十四五”国家信息化规划》明确将绿色技术创新纳入国家战略，指出“深入推进绿色智慧生态文明建设，推动数字化绿色化协同发展”。数字化转型与绿色技术创新的融合背景，本质上是环境压力、政策压力、技术革命与企业生存逻辑共同作用的结果。这一趋势不仅重塑产业竞争格局，更成为全球经济可持续发展的核心引擎。

从理论视角看，资源基础观和动态能力理论为理解数字化转型如何赋能绿色技术创新提供了有力支撑。资源基础观强调企业通过获取和配置异质性资源来构建竞争优势，而数字化转型正是企业获取数据资源、数字技术与智能平台等新型战略资源的重要途径。动态能力理论则指出，企业通过整合、构建和重构内外部资源以适应快速变化的环境，数字化转型正是提升企业感知、捕捉和重构资源能力的关键机制。在此基础上，本文进一步引入制度理论，强调在“双碳”目标与绿色发展政策压力下，企业通过数字化转型响应制度要求，实现绿色创新合法性的内在逻辑。因此，本文构建“资源-能力-制度”三位一体的整合性分析框架，系统阐释数字化转型如何通过重构组织流程、赋能知识管理、优化决策机制等具体路径，克服绿色技术创新面临的高成本、高风险与高不确定性问题。

本文的研究主要解决以下问题：数字化转型是否影响企业绿色技术创新？其背后的作用路径如何？何种企业数字化转型的绿色技术创新效应更有效？探讨上述问题具有理论和现实意义。

2. 文献综述与假说提出

2.1. 数字化转型与企业绿色技术创新

在数字经济时代下，数字化转型日益成为企业提升内部能力的关键机遇。数字化转型具有周期短、见

效快、投入产出比高等特征,通过先进技术的运用,能够精确管控生产流程,实现降本增效[2]。数字技术赋予企业开拓更大发展空间的可能,并进一步产生更优质的绿色创新绩效,实现更高质量的绿色转型[3]。已有研究表明,数字化转型显著促进企业绿色技术创新[4][5]。人工智能技术与绿色创新的融合成为企业绿色低碳转型的重要推动力,人工智能技术能够降低绿色创新风险,延长企业绿色创新持续时间[6]。

实现绿色发展的关键因素在于企业更新污染重效率低的传统技术模式[7],绿色技术创新的高投资成本和高不确定性对企业决策提出更严苛的要求,外部融资难度提升,进而降低企业开展绿色技术创新的积极性。数字化转型为上述困境提供了解决方案。一方面,数字化转型能够打通企业与金融机构的信息沟通壁垒,企业的绿色技术迭代升级获得金融机构的绿色信贷支持[8];另一方面,数字化转型促进数字技术与绿色创新的融合,摆脱企业对传统落后、低效率技术的路径依赖,赋予企业更多绿色创新动能[9]。

从资源基础理论出发,数字化转型赋予企业以数据为核心的新型资源,这些资源具有价值性、稀缺性、不可模仿性和组织嵌入性特征,能够有效支撑绿色技术研发中的复杂知识整合与跨部门协作。同时,依据动态能力理论,数字化转型提升了企业的环境感知能力、资源重构能力与组织学习能力,使其能够快速识别绿色创新机会,灵活调整研发策略,降低绿色技术从研发到商业化过程中的系统性风险。此外,制度理论视角下,企业在面对日益强化的环保规制与社会责任期望时,数字化转型成为其应对制度压力、获取合法性与政策支持的战略工具,进而激励其开展绿色技术创新。

基于以上分析,本文提出如下假说:

H1: 数字化转型能促进企业绿色技术创新。

2.2. 数字化转型、研发支出与企业绿色技术创新

绿色技术创新需要企业培养自身研发能力,以保证自身能够承受绿色创新的压力与风险,将首要研发方向锚定先进环保技术、工艺以及生产设备,慢慢淘汰高污染高排放的传统技术与产品,并最终实现减污降碳。数字化转型不仅直接提升研发资源配置效率,还通过知识管理赋能与组织流程重构,增强企业对绿色技术知识的获取、整合与应用能力。具体而言,数字平台促进内外部知识共享,人工智能与大数据技术提升研发过程中的模式识别与预测能力,从而降低绿色技术研发的不确定性,提高研发支出的边际效益。

数字化转型为企业研发能力建设提供了重要驱动力。数字化转型为企业带来更前沿的技术与生产设备,促进企业由落后的人工控制向数据驱动主导的智能控制转型升级,实现对生产链的全程监控[10];通过对产品研发、流水线生产和成品销售的赋能,精进企业生产方式,进而提升企业生产能力[11]。另外,大数据技术、人工智能技术等广泛应用可以帮助企业提升学习能力,增强企业研发能力。已有研究表明,数字化转型通过提高研发人员占比促进绿色技术创新[4]。

基于以上分析,本文提出如下假设:

H2: 数字化转型可以通过提升企业研发支出促进绿色技术创新。

3. 研究设计

3.1. 模型构建

为探究数字化转型对企业绿色技术创新的影响,本文构建基准模型如下:

$$GF_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 digital_{i,t} + \beta_2 X'_{i,t} + \eta_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中,下标 i, t 分别表示企业和年份。 GF 表示企业绿色技术创新水平, $digital$ 表示企业数字化转型水平, X' 表示一系列控制变量。此外,本文还控制了个体固定效应(η_i)和年份固定效应(λ_t)。 $\varepsilon_{i,t}$ 是随机扰动项。

基于本文文献综述,中介变量对被解释变量的影响是有依据的,因此在上述基准模型基础上,运用

两步法中介效应模型[12], 构建如下中介效应模型检验数字化转型影响企业绿色技术创新的作用路径:

$$GF_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 digital_{i,t} + \gamma_2 X'_{i,t} + \eta_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$RD_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 digital_{i,t} + \alpha_2 X'_{i,t} + \eta_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中, RD 是中介变量, 表示企业的研发支出。模型(2)验证数字化转型对企业绿色技术创新的影响, 模型(3)进一步验证数字化转型对研发支出的影响, 即作用路径。

3.2. 变量定义

1) 被解释变量。参考已有文献[13], 本文采用绿色专利来衡量企业绿色技术创新水平(GF)。具体而言, 使用上市公司绿色发明专利和绿色实用新型专利申请总和加一后取自然对数作为代理变量。

2) 解释变量。参考已有文献的做法[14], 运用文本分析法[14], 搜集上市公司年报, 运用 python 软件对年报中的文本进行词频分析, 基于年报中给出的数字化转型、数字技术运用和数字专利发明等关键词, 统计关键词在本文中出现的词频和, 并加一后取自然对数作为解释变量数字化转型($digital$)的代理变量。

3) 控制变量。为了使研究结果更具有准确性, 参考已有研究[15], 考虑对企业绿色技术创新产生影响的各种潜在因素, 本文选取如下控制变量及其定义: (1) 资产负债率(Lev), 总负债与总资产的比率; (2) 企业规模($Size$), 企业总资产的自然对数; (3) 企业上市年限(Age), 企业上市年限的自然对数; (4) 资产流动率(Liq), 企业流动资产与流动负债的比率; (5) 企业成长率($Growth$), 营业收入增长率; (6) 董事会规模($Board$), 董事会人数; (7) 独立董事比例(Ind), 独立董事与董事会人数的比率; (8) 股权集中度($Top1$), 第一大股东持股比例。

4) 中介变量。本文选取研发支出(RD)作为中介变量, 搜集上市公司年报, 将其披露的研发支出取自然对数作为代理变量。

3.3. 样本选取与变量描述性统计

本文选取 2013~2023 年沪深 A 股上市公司作为研究样本, 在此基础上对样本进行如下预处理: (1) 剔除金融类企业; (2) 剔除 ST 和*ST 的样本, 剔除资不抵债的样本; (3) 剔除关键数据缺失的样本; (4) 对所有连续变量进行前后 1%的缩尾处理。在数据预处理后, 本文共得到 33562 个“企业-年度”层面的观测值。专利数据来源于中国研究数据服务平台(CNRDS), 企业层面数据来源于国泰安数据库(CSMAR)。

表 1 汇报了变量的描述性统计结果。

Table 1. Descriptive statistics of variables

表 1. 相关变量的描述性统计结果

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
GF	33562	0.372	0.813	0	6.848
$digital$	33562	3.792	1.309	0	8.719
Lev	33562	0.42	0.203	0.008	1.132
$Size$	33562	22.32	1.332	14.942	28.697
Age	33562	2.039	0.951	0	3.434
Liq	33562	2.769	3.912	-5.132	204.742
$Growth$	33562	0.2	0.728	-0.972	72.251
$Board$	33562	8.429	1.669	0	18
Ind	33562	0.377	0.056	0.143	1
$Top1$	33562	33.997	15.11	0.29	100

4. 实证结果与分析

4.1. 基准回归

本文使用最小二乘回归对样本数据进行回归分析。表 2 第(1)~(2)列汇报了基准回归结果。第(1)列控制了个体和年份固定效应，第(2)列在此基础上加入了控制变量。数字化转型(*digital*)的系数均在 1%水平上显著为正，基准回归结果表明数字化转型能够显著促进企业绿色技术创新，验证了假说 H1。为进一步评估数字化转型对企业绿色技术创新的经济显著性，我们基于表 2 第(2)列的回归结果进行测算。数字化转型(*digital*)的系数为 0.029，意味着数字化转型水平每提高 1 个单位，企业绿色专利申请数量平均增长约 2.9%。以样本中数字化转型的标准差计算，数字化转型提升一个标准差，绿色专利申请数量将增加约 3.8%。这一结果表明，数字化转型不仅具有统计上的显著影响，其经济意义亦不容忽视，对企业绿色创新活动具有实质性推动作用。

4.2. 内生性分析

由于数字化转型与企业绿色技术创新之间可能存在的反向因果导致的内生性问题，本文使用工具变量法进行内生性分析。企业数字化转型对绿色技术创新的影响具有一定的滞后性，因此选择滞后一期的企业数字化转型水平作为工具变量进行回归，对假说 H1 再次进行验证。滞后一期的数字化转型水平与当期的数字化转型高度相关，满足工具变量的相关性；此外，滞后一期的数字化转型水平不会影响企业当期绿色技术创新，满足工具变量的外生性要求。回归结果如表 2 第(3)~(4)列所示。第(3)列汇报了工具变量回归的第一阶段结果，滞后一期的数字化转型(*L.digital*)的系数在 1%上显著为正，且其 F 值大于 10，说明工具变量与数字化转型(*digital*)显著相关，且该工具变量有效。第(4)列汇报了第二阶段回归结果，数字化转型(*digital*)的系数仍然在 1%水平上显著为正，说明通过内生性检验，基准回归结果仍然稳健，假说 H1 再次得到验证。

Table 2. Baseline regression and endogenous test
表 2. 基准回归与内生性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>GF</i>	<i>GF</i>	<i>digital</i>	<i>GF</i>
<i>digital</i>	0.032*** (0.0022)	0.029*** (0.0024)		0.033*** (0.0032)
<i>L.digital</i>			0.548*** (0.0052)	
控制变量	否	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
N	33562	33562	33652	33652
R ²	0.007	0.009	0.353	0.008
F	215.877	39.282	11264.144	19.043

注：(1) ***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著；(2) 括号内为聚类至企业层面的稳健标准误。下同。

4.3. 稳健性检验

本文通过更换被解释变量的度量方式和删除特定样本进行稳健性检验。首先，更换被解释变量度量

方式为上市公司当年绿色专利申请数量占总专利申请数量的比率(*Green_ratio*)。表 3 第(1)列汇报了回归结果,数字化转型(*digital*)的系数在 10%水平上显著为正,验证了基准回归结果的稳健性。

二是数字化转型技术广泛应用于 2017 年及以后,因此剔除 2013~2016 年的样本再次进行回归。表 3 第(2)列汇报了回归结果,数字化转型(*digital*)的系数在 1%水平上显著为正,验证了基准回归结果的稳健性。

Table 3. Robustness test and mediating effect

表 3. 稳健性检验与中介效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Green_ratio</i>	<i>GF</i>	<i>GF</i>	<i>RD</i>
<i>digital</i>	0.002* (0.0012)	0.026*** (0.0029)	0.029*** (0.0024)	0.049*** (0.0032)
控制变量	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
N	33562	24493	33562	33562
R ²	0.001	0.007	0.009	0.463

4.4. 机制检验

表 3 第(3)~(4)列汇报了中介效应结果。第(4)列数字化转型(*digital*)的系数在 1%水平上显著为正,说明数字化转型能显著提高企业的研发支出;同时,研发支出提升能促进企业的绿色技术创新已在文献综述中阐述。因此,数字化转型可以通过增加研发支出来推动企业的绿色技术创新。

4.5. 异质性分析

为进一步揭示数字化转型对绿色技术创新的差异化影响,本文从行业污染属性、企业产权性质和数字化技术类型三个维度进行分组检验。

Table 4. Heterogeneity analysis

表 4. 异质性分析

变量	行业污染属性		企业产权性质		数字化技术类型	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	重污染行业	非重污染行业	国有企业	非国企	人工智能技术	云计算大数据技术
<i>digital</i>	0.041** (0.0155)	0.025*** (0.0093)	0.021*** (0.0075)	0.033*** (0.0102)	0.038*** (0.0127)	0.022*** (0.0085)
控制变量	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	14218	19344	12845	20717	12578	20984
R ²	0.012	0.007	0.006	0.011	0.010	0.008
Chow 检验	0.001***		0.000***		0.000***	

将样本依据《上市公司环境信息披露指南》划分为重污染行业与非重污染行业。回归结果如表 4 第(1)~(2)列所示,数字化转型在两类行业中均显著促进绿色技术创新,但在重污染行业中系数更大,说明环保规制压力下,高污染企业更倾向于借助数字化手段实现绿色转型,以应对政策约束与社会监督。

将样本划分为国有企业与非国有企业。结果如表 4 第(3)~(4)列所示,数字化转型在两类企业中均发挥促进作用,但在非国有企业中效应更强。可能原因在于非国企面临更强的融资约束与市场竞争,更倾向于通过数字化转型寻求绿色技术突破,以获取差异化竞争优势。

进一步将数字化转型关键词分为人工智能技术、云计算大数据技术两类,分别检验其对绿色技术创新的影响。结果显示,人工智能技术对绿色技术创新的促进作用更强,说明智能技术在优化研发流程、预测技术路线方面具有独特优势;云计算大数据技术则主要通过降低 IT 成本与提升协同效率间接促进绿色创新。

5. 研究结论与政策建议

本文基于 2013~2023 年上市公司数据,实证研究了数字化转型对企业绿色技术创新的影响。研究结果表明,数字化转型显著促进了企业绿色技术创新,其作用路径为数字化转型促进企业研发支出的增加进而推动企业绿色技术创新。进一步异质性分析表明,数字化转型对绿色技术创新的促进作用在重污染行业、非国有企业中更为明显;在不同类型的数字技术中,人工智能技术的驱动效应最强。

基于本文研究,提出如下政策建议:

一是企业要结合自身情况走出适合自己特色的数字化转型之路,善于运用数字化转型带来的功能优势;引入前沿先进技术,互助企业顺利进行数字化转型。

二是政府推动企业的数字化转型,需要在政策、基础设施、生态构建、公共服务等多维度协同发力。政府出台国家或区域性的相关政策,明确转型的目的和实施路径;构建转型支撑服务生态,建设数字化转型促进中心,提供技术测试、标准认证、人才培养等公共服务,提升数字化转型服务市场规模以及活力。

三是实施差异化与精准化的政策引导。对重污染行业企业,应强化其数字化转型与绿色技术创新的联动支持;对非国有企业,应缓解其融资约束,激发其数字化绿色协同创新的内在动力。此外,应重点支持人工智能等关键数字技术在绿色研发中的应用,提升绿色技术创新的智能化水平。

四是监管部门要加强监督,保障互联网安全以及信息安全。加强对数字化转型的规范引导,严禁不正当的垄断行为,在保障市场的公平良性竞争的同时促进构建成熟完善的数字化管理体制。另外,对于企业的数字化转型产品以及绿色技术创新专利,监管部门也应该予以知识产权保护以及数据保护,激发企业的数字化创新以及绿色技术创新的动力,营造良好的数字化转型环境。

参考文献

- [1] 董松柯,刘希章,李娜.数字化转型是否降低企业研发操纵?[J].数量经济技术经济研究,2023,40(4):28-51.
- [2] 邵佩佩,岳彩轩,丁琦.数字化转型样板企业定义及评价标准体系研究[J].中国电信业,2024(8):66-69.
- [3] Foss, N.J. and Saebi, T. (2017) Fifteen Years of Research on Business Model Innovation: How Far Have We Come, and Where Should We Go? *Journal of Management*, 43, 200-227. <https://doi.org/10.1177/0149206316675927>
- [4] 李刚,黄苗苗.数字化转型赋能企业绿色技术创新的影响研究——基于中国上市公司的经验数据[J].工业技术经济,2025,44(1):96-105.
- [5] 李雄涛,唐益,杨倬琦.数字化转型对企业绿色技术创新效率的影响[J].通讯世界,2024,31(12):142-144.
- [6] Liu, Y., Shen, F., Guo, J., Hu, G. and Song, Y. (2025) Can Artificial Intelligence Technology Improve Companies' Capacity for Green Innovation? Evidence from Listed Companies in China. *Energy Economics*, 143, Article 108280. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108280>

-
- [7] 陈力田, 朱亚丽, 郭磊. 多重制度压力下企业绿色创新响应行为动因研究[J]. 管理学报, 2018, 15(5): 710-717.
- [8] Lee, I. and Shin, Y.J. (2018) Fintech: Ecosystem, Business Models, Investment Decisions, and Challenges. *Business Horizons*, **61**, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.003>
- [9] 周雪峰, 韩露, 肖翔. “双碳”目标下数字经济对企业持续绿色创新的影响——基于数字化转型的中介视角[J]. 证券市场导报, 2022(11): 2-12.
- [10] 史丹. 绿色发展与全球工业化的新阶段: 中国的进展与比较[J]. 中国工业经济, 2018(10): 5-18.
- [11] 王小林, 杨志红. 高质量发展视角下企业数字化转型的机理[J]. 求索, 2022(4): 126-134.
- [12] 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.
- [13] 王馨, 王营. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. 管理世界, 2021, 37(6): 173-188+11.
- [14] 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.
- [15] 张波, 易珈西. 数字化转型对企业绿色技术创新的影响[J]. 统计与决策, 2024, 40(15): 178-182.