

数字化转型对企业绿色创新的影响研究

——基于A股非金融类上市企业的经验证据

袁明丽

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年7月29日; 录用日期: 2024年10月29日; 发布日期: 2024年11月5日

摘要

本文选取2011~2022年A股非金融类上市企业作为样本, 运用固定效应模型和工具变量法, 探讨了数字化转型对企业绿色创新的影响。研究结果表明, 数字化转型对企业绿色创新具有显著的正向促进作用。进一步分析发现创新驱动效应在数字化转型和企业绿色创新之间的中介作用, 即数字化转型通过提高研发投入的创新能力, 间接推动了企业的绿色创新。此外, 异质性分析发现, 国有企业和高科技企业在数字化转型过程中对绿色创新的促进作用更为显著。本文为深入理解数字化转型如何促进企业绿色发展提供了新的视角, 并为企业管理者提供了实施数字化转型和绿色创新策略的参考依据。

关键词

数字化转型, 绿色创新, 创新驱动效应, 固定效应模型

Research on the Impact of Digital Transformation on Corporate Green Innovation

—Based on the Empirical Evidence of A-Share Non-Financial Listed Companies

Mingli Yuan

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Jul. 29th, 2024; accepted: Oct. 29th, 2024; published: Nov. 5th, 2024

Abstract

The paper selects A-share non-financial listed companies from 2011 to 2022 as samples, and uses

文章引用: 袁明丽. 数字化转型对企业绿色创新的影响研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(4): 1450-1458.

DOI: 10.12677/ec.2024.1341293

fixed effect model and instrumental variable method to explore the impact of digital transformation on corporate green innovation. The results show that digital transformation has a significantly positive effect on corporate green innovation. Further analysis finds that the innovation-driven effect plays a mediating role between digital transformation and corporate green innovation, that is, digital transformation indirectly promotes corporate green innovation by improving the innovation capability of R&D investment. In addition, heterogeneity analysis finds that SOES and high-tech enterprises play a more significant role in promoting green innovation in the process of digital transformation. This paper provides a new perspective for understanding how digital transformation promotes the green development of enterprises, and provides a reference basis for enterprise managers to implement digital transformation and green innovation strategies.

Keywords

Digital Transformation, Green Innovation, Innovation-Driven Effect, Fixed Effect Model

Copyright © 2024 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

数字经济与绿色发展已成为当前社会各界关注的重要议题。作为中国迈向“碳达峰”和“碳中和”目标的关键推动力量,绿色创新在新发展理念的指导下,扮演着构建低碳循环经济体不可或缺的角色。党的二十大报告明确提出了“推动绿色发展,强化人与自然和谐共生”的战略导向。此外,《“十四五”工业绿色发展规划》详细规划了建立绿色制造体系的蓝图,以促进经济发展质量的提升,同时增强生态环境保护效果。因此,迫切需要加速释放绿色创新的内在动力和广泛活力,以实现经济和环境的双赢。

随着数字技术的迅猛发展与普及应用,数字化转型已成为企业增强竞争实力与创新能力的关键路径。这一转型不仅优化了企业的运营流程,提升了工作效率与质量,更为企业的绿色创新开辟了新的道路。数字化转型通过提供智能化、高效化的解决方案,为企业实施绿色创新战略提供了强有力的技术支持与驱动力。在当前国家致力于实现可持续发展战略目标的背景下,企业作为关键的实施主体,正面临着如何有效提升绿色创新水平这一紧迫而现实的挑战。

近年来,众多学者从不同的视角出发,深入探讨了数字化转型对企业绿色创新产生的影响及其内在的作用机制。宋德勇等(2022)利用中国重污染企业的相关数据进行深入研究后得出企业通过实施数字化转型,有效促进信息共享与知识整合的进程,进而推动了企业的绿色技术创新活动的结论[1]。Joshi 与 Bhatiasavi (2021)基于中小型制造业的数据,发现数字技术的应用深度、数字文化的广泛普及,以及领导层所展现的数字化能力等不同维度的数字化转型要素均对企业绿色创新活动产生了显著的正向影响[2]。Feng 等(2022)认为数字化转型通过增强企业的研发投入力度、争取更多的政府补贴支持,以及减轻企业的所得税负担,共同作用于推动企业绿色创新活动的发展与深化[3]。同时,也有部分学者产生质疑,戚聿东与蔡呈伟(2020)的研究指出,数字化技术的引入可能引发企业内部的整体协调性问题,使其在推动企业创新方面的直接效应并不显著[4]。刘畅等(2023)的观点是,数字化转型的推进过程中会消耗企业大量的资源,这有可能导致原本可用于绿色创新活动的资源被相应挤占[5]。因此,现有研究关于数字化转型对企业绿色创新的影响并未达成一致的结论。

本文选取非金融类企业为研究样本,从企业微观视角出发,探讨数字化转型影响企业绿色创新的作

用机制，通过较多方法使研究更可靠。并从企业产权性质、是否为高科技企业两种差异视角出发探究其异质性。在追求企业数字化转型与积极响应双碳目标的双重背景下，本文为企业探索如何平衡并协同推进数字化转型与绿色创新策略提供了发展的新思路。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 数字化转型与企业绿色创新

一方面，资源基础理论指出，企业依赖其独特的资源构建竞争优势。从这一角度出发，企业进行数字化转型能够激发“资源效能”，从而在绿色创新领域取得显著进展。例如，数字技术为员工提供了更广泛的信息和知识获取途径，有效支持企业的创新实践，有助于培养更多的创新人才。此外，数字技术还能够访问和分析大量数据，帮助企业深入洞察市场趋势、消费者行为、环境影响以及资源利用效率等多个方面，从而识别绿色创新的潜在障碍，并及时准确评估绿色发展的新机遇[5]。

另一方面，基于信号传递理论，企业能够通过数字技术提升内部信息传递的时效性，拓宽并丰富组织机构间的沟通渠道，进而优化内部资源的整合与配置效率[6]。此外，该技术还促进研发人员之间的紧密互动，增强研发部门与管理层之间的沟通顺畅度，实现信息的快速传递与即时反馈，加速决策制定与项目进展的循环周期。在绿色创新的进程中，信息的输入与输出高度依赖于对资源及环境各环节的详尽信息，这要求企业必须具备强大的信息共享能力，以便有效地整合和利用这些信息来指导创新过程。基于上述剖析，现提出以下假设：

H1：数字化转型能促进企业绿色创新。

2.2. 创新驱动效应的中介作用

一方面，数字化转型通过引入新一代信息技术如云计算、大数据、物联网以及人工智能，能够全面监控和优化研发过程，从而缩短周期、降低成本，提升成功率。这种效率提升使企业能更有效地投入研发资源，进而促进绿色创新能力的提升。

另一方面，数字化转型使企业能够有效地收集和分析大量数据，以更好地理解市场需求和用户行为，从而探索新的产品方向和功能[7]。同时，通过建立开放式创新平台和生态系统，企业能与上下游合作伙伴以及高校科研机构等进行跨界协作和资源共享，进一步扩展研发领域和范围，为绿色创新提供更多可能性。

而且，数字化转型不仅带来了技术变革，还营造了创新氛围，激励研发人员展现积极性和创造力。通过实时评估和激励机制，企业能更公平、合理地分配研发资源，有助于吸引和保留高水平的研发人才，进而进一步激发企业的创新活力，形成良性循环[8]。因此，本文提出假设 2：

H2：数字化转型通过研发投入的创新驱动效应促进企业绿色创新。

3. 研究设计

3.1. 样本选取与数据来源

本文选取证监会 2012 年版行业分类下的 A 股非金融类上市企业 2011~2022 年的数据为研究样本，除了剔除退市的和状态为 S*ST、*ST、SST、ST、PT 的企业，还对该年度有缺失值的企业进行删除处理，最终共得到 19,586 个样本。

其中，数字化转型衡量数据来源于 2011 年到 2022 年巨潮资讯网中各企业的年报，其他数据均从国泰安(CSMAR)数据库以及中国研究数据服务平台(CNRDS)获取。

3.2. 变量说明

3.2.1. 被解释变量

鉴于绿色专利能够直接反映企业在绿色技术创新领域的成就，这些成就不仅具有量化的特性，而且能够在行业内及跨行业间产生广泛的积极影响。因此本文参考徐佳(2020) [9]的做法，以绿色发明专利申请数与绿色实用新型申请数之和再加一，最后取自然对数得到被解释变量：绿色创新指数 GI。

3.2.2. 解释变量

利用 Python 爬虫技术爬取企业 2011 年到 2022 年的年报，获取其有关数字化转型的文本，利用 Python 做了分词处理之后，参考吴非等(2021) [10]学者的做法，提取相关关键词，通过对关键词的词频进行汇总，并对其进行对数化处理，构建一个衡量企业数字化转型程度的指标。

3.2.3. 中介变量

借鉴以往学者的广泛研究，如罗蓉曦(2019) [11]以研发支出与总资产之比衡量企业的创新投入力度。当研发支出与总资产之比越大，便意味着企业更加注重技术创新，愿意投入更多的资源来推动新产品的开发、技术的升级和工艺流程的改进等。因此，本文选用这一比值衡量企业的创新驱动效应。

3.2.4. 控制变量

通过综合相关学者的研究成果，本文主要从公司特性、财务特征和治理特征三个方面选择控制变量，以此来排除其他因素对企业绿色创新的潜在影响。

所有变量的定义如表 1 所示：

Table 1. Definition of variables
表 1. 变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量设计
被解释变量	企业绿色创新	GI	绿色发明专利申请数 + 绿色实用新型申请数 + 1，取自然对数
解释变量	数字化转型程度	DF	关键词总词频取对数
中介变量	创新驱动效应	RD	研发支出/总资产
控制变量	企业规模	SIZE	总资产取自然对数
	资产负债率	LEV	总负债/总资产
	总资产收益率	ROA	净利润/平均资产总额
	成长能力	GROW	营业收入增长额/上年营业收入总额
	上市年限	AGE	统计日期减上市日期取整 + 1
	股权集中度	FIRST	第一大股东持股数量/总股数
	董事会规模	BOARD	董事会人数取自然对数
	两职合一	DUAL	董事长与总经理兼任为 1，否则为 0
	产权性质	NATURE	国有企业取 1，其他取 0

3.3. 模型设定

3.3.1. 基准模型

$$GI_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 DF_{i,t} + \sum c_1 Controls_{i,t} + Year_t + Industry_j + \varepsilon_{i,t} \tag{1}$$

上式中， $GI_{i,t}$ 表示被解释变量企业绿色创新， $DF_{i,t}$ 表示解释变量数字化转型程度， $Controls_{i,t}$ 为控制变量组， $Year_t$ 为年份固定效应， $Industry_j$ 为行业固定效应， $\varepsilon_{i,t}$ 表示误差项。若系数 β_1 为正且显著，则有效证明了企业数字化转型对绿色创新具有明确的促进作用。

3.3.2. 中介模型

为了探究数字化转型是否会通过创新驱动效应影响企业绿色创新，本文构建如下中介模型：

$$RD_{i,t} = \alpha_1 + \beta_2 DF_{i,t} + \sum c_2 Controls_{i,t} + Year_t + Industry_j + \varepsilon_{i,t} \tag{2}$$

$$GI_{i,t} = \alpha_2 + \beta_3 DF_{i,t} + \gamma RD_{i,t} + \sum c_3 Controls_{i,t} + Year_t + Industry_j + \varepsilon_{i,t} \tag{3}$$

其中， $RD_{i,t}$ 表示中介变量创新驱动效应，在这个机制检验环节，首先进行模型(1)的回归，继而进行模型(2)的回归，若回归结果(2)中的 β_2 显著，则可对模型(3)进行回归，当系数 γ 结果仍显著时，说明所检验的中介机制存在。

4. 实证分析

4.1. 描述性统计

本文使用 stata17.0 软件对数据进行分析，所得到的描述性统计结果如表 2 所示，样本量为 19,586，绿色创新的均值是 0.430，最大值和最小值分别为 6.616 和 0，说明样本企业的绿色创新水平还较低，而且还存在部分企业未开展绿色创新活动的情况。数字化转型程度的均值是 2.023，最小值和最大值分别是 0 和 6.304，说明企业的数字化转型程度不一。

Table 2. Descriptive statistics
表 1. 描述性统计

VARIABLES	N	mean	sd	min	max
GI	19,586	0.430	0.855	0	6.616
DF	19,586	2.023	1.421	0	6.304
SIZE	19,586	22.30	1.320	18.59	28.61
LEV	19,586	0.410	0.197	0.00836	1.718
ROA	19,586	0.0409	0.0791	-0.931	1.285
GROW	19,586	0.325	8.295	-0.913	944.1
AGE	19,586	2.079	0.819	0	3.497
FIRST	19,586	33.42	14.58	1.844	89.99
BOARD	19,586	2.106	0.199	1.386	2.890
DUAL	19,586	0.323	0.468	0	1
NATURE	19,586	0.286	0.452	0	1
RD	19,586	0.0264	0.0257	0	0.738

4.2. 回归结果分析

回归结果如表 3 所示，第一列的结果为未控制年份和行业效应的回归，第二列中控制了行业效应，随后第三列的结果为既控制了行业效应又控制了年份效应的回归。由表中结果可知，在控制了行业效应和年份效应后，数字化转型的系数为 0.055，且在 1%的水平下显著，表明数字化转型的确能促进企业绿

色创新，验证了假设 1。

Table 3. Regression analysis
表 3. 回归分析

VARIABLES	(1) GI	(2) GI	(3) GI
DF	0.064*** (14.99)	0.055*** (11.23)	0.055*** (10.99)
SIZE	0.144*** (23.71)	0.163*** (26.86)	0.164*** (26.89)
LEV	0.270*** (7.09)	0.185*** (4.92)	0.179*** (4.75)
ROA	0.370*** (4.46)	0.365*** (4.60)	0.347*** (4.37)
GROW	-0.001 (-1.27)	-0.001 (-0.87)	-0.001 (-0.93)
AGE	-0.154*** (-17.03)	-0.113*** (-12.77)	-0.114*** (-12.90)
FIRST	-0.001*** (-3.19)	-0.000 (-0.43)	-0.000 (-0.56)
BOARD	-0.007 (-0.23)	0.044 (1.47)	0.039 (1.30)
DUAL	0.019 (1.38)	0.026** (1.99)	0.027** (2.10)
NATURE	0.068*** (4.26)	0.090*** (5.76)	0.091*** (5.78)
Constant	-2.688*** (-20.95)	-3.462*** (-25.05)	-3.512*** (-24.33)
Observations	19,586	19,586	19,586
R-squared	0.065	0.167	0.170
Industry FE	NO	YES	YES
year FE	NO	NO	YES

注：*、**和***分别表示在 10%、5%和 1%水平上统计显著，括号内为 t 统计量。下同。

4.3. 机制分析

由表 4 可知，第二列为数字化转型对创新驱动效应的回归结果，系数为 0.002 且在 1%的水平下显著，第三列为在基准模型的基础上引入中介变量得到的结果，系数仍在 1%的水平下显著，系数为 0.044 小于第一列系数 0.055，说明本文选取的创新驱动效应指标在数字化转型影响企业绿色创新中起到部分中介作用，验证了假设 2。

Table 4. Regression analysis of mediating mechanism
表 4. 中介机制回归分析

VARIABLES	(1) GI	(2) RD	(3) GI
DF	0.055*** (10.99)	0.002*** (15.98)	0.044*** (8.80)
RD			5.059*** (19.56)
Controls	YES	YES	YES
Constant	-3.512*** (-24.33)	0.026*** (6.48)	-3.642*** (-25.45)
Observations	19,586	19,586	19,586
R-squared	0.170	0.311	0.185
Industry FE	YES	YES	YES
year FE	YES	YES	YES

4.4. 稳健性检验

稳健性检验的方法有多种，本文使用以下三种方法来进行稳健性检验，以确保结果的稳健性。

4.4.1. 滞后效应

为了验证企业数字化转型对绿色创新影响中可能存在的滞后效应，本文在稳健性检验中，采用了企业数字化转型指标滞后一期的数据作为解释变量，以此进行分析与验证。由表 5 第一列结果可知，L_DF 的系数在 5%的水平下显著，与前文结论一致。

4.4.2. 替换变量法

本文参照齐绍洲等(2018) [12]的方法，使用绿色发明型专利申请数量占比 *Inv_Ratio*，即绿色发明专利申请数占当年专利申请数的比值来作为被解释变量。由表中结果可知，数字化转型 *DF* 的系数仍显著为正，确保了本文研究结论的稳定性。

4.4.3. 工具变量法

考虑到数字化转型与企业绿色创新的因果关系可能存在倒置继而带来内生性问题，本文参照李辽宁等(2024) [13]的研究，采用两阶段最小二乘法(2SLS)进行内生性检验，选择同地区且同年份内企业数字化转型水平的平均值作为工具变量。由第一阶段结果可知，数字化转型与工具变量间的回归系数在 1%的水平下显著为正，表明所选取的工具变量有效，在第二阶段中，可由表中数据看到采用工具变量法进行估计后，数字化转型对企业绿色创新的正面影响在 1%的显著性水平下依然显著，这一结果强化了结论的稳健性和可靠性。

稳健性检验结果如表 5 所示。

4.5. 异质性检验

本文首先按照产权性质对总样本进行分组回归，由表 6 中结果可知，国有企业与非国有企业样本中的数字化转型系数均为正且都在 1%的水平下显著，但国有企业样本的系数大于非国有企业样本的系数，

在国有企业中，数字化转型显著促进了企业的绿色创新。这可能是因为国有企业对国家政策反应更为敏锐和迅速，更专注于环境保护问题，积极承担社会责任，展现出强烈的转型意愿，并积极推动寻求绿色创新的路径。

Table 5. Robustness test

表 5. 稳健性检验

VARIABLES	滞后一期 GI	更换被解释变量 Inv_Ratio	工具变量 第一阶段 DF	工具变量 第二阶段 GI
DF		0.004*** (5.71)		0.0833*** (5.50)
L_DF	0.013** (2.37)			
DF_mean			0.6418*** (48.99)	
Controls	YES	YES	YES	YES
Constant	-3.604*** (-16.73)	-0.038* (-1.95)	-2.8207*** (-14.56)	-3.4428*** (-23.19)
Observations	10,078	19,586	19,586	19,586
R-squared	0.163	0.066		0.168
Industry FE	YES	YES	YES	YES
year FE	YES	YES	YES	YES

Table 6. Test of heterogeneity

表 6. 异质性检验

VARIABLES	国有 GI	非国有 GI	高科技企业 GI	非高科技企业 GI
DF	0.0514*** (4.63)	0.0506*** (9.16)	0.0687*** (10.42)	0.0069 (1.02)
Controls	YES	YES	YES	YES
Constant	-4.1310*** (-15.55)	-3.3669*** (-18.62)	-4.9299*** (-22.43)	-1.3745*** (-7.85)
Observations	5,594	13,992	13,016	6,570
R-squared	0.236	0.165	0.162	0.211
Industry FE	YES	YES	YES	YES
year FE	YES	YES	YES	YES

本文进一步根据产业分类文件将样本分为高科技企业和非高科技企业，由下表的回归结果可得到，高科技企业样本的数字化转型系数为 0.0687，且在 1%的水平下显著，表明在该样本中数字化转型明显对企业绿色创新产生较好的促进作用，而非高科技企业样本的系数不显著，可能是由于高科技企业通常具

备更为丰富的技术积累和研发能力，这使得它们能够在数字化转型过程中更迅速地吸收和运用新技术，例如大数据、云计算和人工智能等，进而有效推动绿色创新。

5. 结论与建议

本文选取 2011 年至 2022 年期间 A 股非金融类上市企业作为研究对象，通过控制行业和年份效应进行回归分析，旨在探讨数字化转型与绿色创新之间的关系，并深入研究数字化转型对企业绿色创新的影响机制。进一步进行了多角度的稳健性检验，并最终通过两个层面的异质性分析加以论证。

根据研究得出结论：第一，基准回归表明，数字化转型能促进企业绿色创新。第二，机制研究表明，研发投入的创新驱动效应在数字化转型影响企业绿色创新中起到部分中介作用。第三，异质性分析表明国有企业与高科技企业，在推进数字化转型的过程中，对绿色创新的促进作用尤为显著。

基于上述结论，本文提出以下建议：首先，加强对数字化资源的投资与积累：推动企业增加对数字基础设施(如云计算、大数据平台、物联网设备等)的投入，建立稳固的数字化资源基础，并实施数字化人才的培养和引进计划，确保企业拥有充足的数字技能和知识资源。其次，促进数据资源的有效整合与利用：推动企业建立完善的数据管理体系，实现各环节数据的全面采集、整合和分析，以支持生产、运营和管理。最后，鼓励技术创新和知识共享：增加对绿色创新项目的支持，鼓励企业利用数字化技术进行环保技术研发和应用，建立技术创新和知识交流平台，促进企业间及产学研之间的合作与交流，加速绿色创新成果的转化和推广。

参考文献

- [1] 宋德勇, 朱文博, 丁海. 企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察[J]. 财经研究, 2022, 48(4): 34-48.
- [2] Rafique, R., Jat, M., Hakeem-Ur-Rehman, and Chudhery, M.A.Z. (2021) Bioenergy Supply Chain Optimization for Addressing Energy Deficiency: A Dynamic Model for Large-Scale Network Designs. *Journal of Cleaner Production*, **318**, Article ID: 128495. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128495>
- [3] Feng, H., Wang, F., Song, G. and Liu, L. (2022) Digital Transformation on Enterprise Green Innovation: Effect and Transmission Mechanism. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 10614. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710614>
- [4] 戚聿东, 蔡呈伟. 数字化对制造业企业绩效的多重影响及其机理研究[J]. 学习与探索, 2020(7): 108-119.
- [5] 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.
- [6] 申明浩, 谭伟杰. 数字化与企业绿色创新表现——基于增量与提质的双重效应识别[J]. 南方经济, 2022, 9(9): 118-138.
- [7] Hanelt, A., Bohnsack, R., Marz, D. and Antunes Marante, C. (2020) A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change. *Journal of Management Studies*, **58**, 1159-1197. <https://doi.org/10.1111/joms.12639>
- [8] 王莹. 数字化转型、绿色技术创新与制造企业绩效的关系研究[J]. 中小企业管理与科技, 2023(1): 70-72, 136.
- [9] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 178-196.
- [10] 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.
- [11] 罗蓉曦, 陈超. 高管职业背景会影响企业研发披露吗? [J]. 科研管理, 2019, 40(12): 272-281.
- [12] 齐绍洲, 林岫, 崔静波. 环境权益交易市场能否诱发绿色创新?: 基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 经济研究, 2018, 53(12): 129-143.
- [13] 李辽宁, 韩少真, 包瑞婧, 等. 数字化转型赋能企业绿色创新: 监督效应与激励效应的分析[J]. 生态经济, 2024, 40(7): 74-81.