

数字化转型、内部控制与企业绿色创新

——来自制造业企业的经验证据

冉千喜, 孙宋芝

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年3月12日; 录用日期: 2024年4月2日; 发布日期: 2024年5月24日

摘要

在全球数字经济浪潮和“双碳”目标下, 企业数字化转型和绿色创新备受业界和学界关注。本文以2007~2020年中国A股沪深两市的制造业上市公司为样本, 实证检验了企业数字化对企业绿色创新的影响及其机制。研究表明: 企业数字化转型可以显著正向影响企业的绿色创新水平, 内部控制在二者之间的关系中具有中介作用; 在国有企业、高科技企业和技术密集型企业中, 数字化转型对企业绿色创新的积极促进作用更为突出。本文的研究结果为数字化转型与实体企业绿色创新协同发展的理论研究和实践提供了有益的经验证据。

关键词

数字化转型, 内部控制, 绿色创新

Digital Transformation, Internal Control and Enterprise Green Innovation

—Empirical Evidence from Manufacturing Firms

Qianxi Ran, Songzhi Sun

School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Mar. 12th, 2024; accepted: Apr. 2nd, 2024; published: May 24th, 2024

Abstract

Under the wave of global digital economy and the “dual carbon” goal, the digital transformation and green innovation of enterprises have attracted much attention from the industry and academia. This paper empirically examines the impact and mechanism of enterprise digitalization on

enterprise green innovation by taking the listed manufacturing companies in Shanghai and Shenzhen as samples from 2007 to 2020. The results show that the digital transformation of enterprises can significantly and positively affect the level of green innovation of enterprises, and internal control plays a mediating role in the relationship between the two. Among state-owned enterprises, high-tech enterprises and technology-intensive enterprises, digital transformation plays a more prominent role in promoting green innovation of enterprises. The results of this paper provide useful empirical evidence for the theoretical research and practice of the coordinated development of digital transformation and green innovation of real enterprises.

Keywords

Digital Transformation, Internal Controls, Green Innovation

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

党的二十大报告明确表示, 推动经济和社会的绿色和低碳发展是实现高质量发展的核心步骤。2023年, 国务院新闻办公室在其发布的《新时代的中国绿色发展》白皮书中明确指出, 中国需要加速构建以绿色、低碳和循环为核心的经济体制, 并积极推广绿色生产模式[1]。制造业企业作为主要的污染源之一, 不只是污染治理的主要对象, 也是推进绿色创新和生产方式走向绿色化的关键实体。在经济高速增长、资源环境约束日益趋紧的背景下, 制造业的绿色创新已成为我国产业升级与高质量发展的关键要素之一[2]。随着数字技术的快速发展, 数字经济赋能实体经济高质量发展的积极作用凸显。在党的二十大报告中, 也多次强调了将数字化视为推动我国经济高质量发展的关键因素。在全球数字经济的大背景下, 数字化转型已经成为企业为适应数字经济并寻求持续生存和发展的必然选择[3], 为制造业企业跨越发展和绿色转型提供了新的动力与机遇[2]。绿色创新是实现企业绿色转型和可持续发展的重要方式。因此, 制造业企业能否以及如何通过数字化转型提升其绿色创新能力以实现可持续发展成为亟待解决的问题。

现有关于数字化转型微观经济后果的相关研究较为丰富, 涉及到数字化转型对企业绩效、企业创新、企业环保、企业治理等多维度的影响[4], 具体来看, 涵盖企业业绩、全要素生产率、创新动能与创新水平、环境绩效、社会责任等多方面。虽然已有部分研究发现数字化转型能够影响企业创新[5], 但对于数字化转型与绿色创新之间的关系的研究尚不丰富, 并且鲜有研究对其中的机制进行深入探讨。第二, 现有关于企业绿色创新影响因素的研究较为丰富, 宏观与微观层面均有涉及。宏观与中观层面, 涉及到企业外部正式制度如政府补贴、环境规制等因素, 非正式制度如媒体关注、外部网络嵌入等因素。微观层面, 涉及到企业高管背景特征、高管薪酬制度、企业战略等因素。研究已经证明企业绿色创新的外在驱动力主要是消费者、竞争者、政策管制和网络媒体的关注所带来的压力[6]。然而, 伴随着部分企业无视政策规制, 竞相以及不正当牟取绿色创新补助行为的凸显, 单纯依靠外部规制也有其缺陷, 因此对企业内部自主绿色创新动因的进一步探讨就变得尤为必要了[7]。大多数研究已经证实数字化转型能够提升企业内部控制质量[8], 而绿色创新具有一定风险性, 合理的内部控制系统可以有效规避因企业经营管理活动带来的内部风险, 也可以通过不断调整的风险应对措施增强企业对宏观环境变化导致的风险的抵御能力, 进一步降低绿色创新对于企业经营风险的影响[9]。显然, 企业数字化转型对于企业绿色创新能力的

作用效果是不明朗的。因此, 数字化转型对企业绿色创新能力的的作用效果及其作用机制还需要更深入的研究。

综上所述, 本文以 2007~2020 年的中国沪深两市制造业上市公司为样本, 从内部控制视角探究企业数字化转型对企业绿色创新的作用机制。本研究可能的边际贡献主要有三个方面: 第一, 本文基于上市公司大样本数据, 专注于微观企业层面数字化转型对绿色创新的影响, 深入研究了企业数字化转型的现实意义, 把企业数字化转型的效应延伸至绿色创新这一范畴, 丰富了有关企业绿色创新影响因素的研究。第二, 从内部控制视角来研究企业数字化转型影响企业绿色创新, 对数字化转型影响企业绿色创新的内在逻辑进行深入的理论和实证探索, 这为推动企业数字化转型和实现绿色创新提供了新的经验证据。第三, 本文的研究结论对于丰富我国企业内外公司治理理论和更主动实施绿色创新政策具有经验借鉴意义。

2. 理论分析及假设提出

2.1. 企业数字化转型对企业绿色创新的影响

数字化转型是指利用人工智能、物联网、区块链、云计算和大数据等下一代信息和通信技术, 以新的方式重塑组织, 以利用宝贵的现有战略资源[10]。由于资源限制, 采用绿色发展战略的企业比例仍然很小。与其他创新相比, 绿色创新需要更高的资源投入和更复杂的资源组合[11]。根据企业资源基础理论, 在所有能够为企业提供更可持续竞争优势的资源中, 数字技术和数据要素正在成为价值创造和价值增长的重要来源[12]。因此, 将企业数字化转型作为积极因素, 通过数字技术资源和数据资源与其他资源的融合可以推动绿色创新。

基于信息不对称理论, 在大数据、互联网、人工智能等数字技术的推动下, 企业能够充分及时地把握宏观经济、市场需求及发展、技术前沿、绿色发展新契机等重要信息, 减少绿色创新沉没成本及失败的风险。企业应用数字技术对涉及创新行为的海量数据进行模式分析, 挖掘创新路径及方法, 有助于优化创新流程、加速绿色关键技术探索研发过程, 进而达到提高绿色创新水平之目的[13]。采用数字化的公司可以使其组织更加灵活和反应迅速, 通过数字化的工作流程, 可以充分利用知识和信息来实现绿色发展等目标。

技术能力可以定义为使企业能够启动创新能力以获得竞争优势的特征[14]。它包括先进技术的使用、专利和版权、研发和人员的专业知识[15]。企业需要技术能力来建立其绿色产品和工艺创新的能力和资源。企业通过数字化转型, 利用云计算、智能设备来提高自身的技术能力, 具有更高技术能力的公司在绿色创新活动中具有更多的竞争优势。更强的技术能力促进了组织的绿色创新, 使他们能够提高生产过程效率, 最终降低生产成本, 提高竞争力[16]。

综上所述, 本文提出研究假设:

H1: 企业数字化转型能够促进企业绿色创新。

2.2. 内部控制的中介作用

内部控制是由实体的董事会、管理层和其他人员实施的过程, 旨在为控制目标的实现提供合理的保证。内部控制包括五个相互关联和相辅相成的要素, 即控制环境、风险评估、控制活动、信息和沟通以及监测活动[17]。企业采用数字化转型, 需要将数字技术融入其现有的企业内部管理体系中, 以实现组织结构变革、业务流程优化和价值创造方式重塑过程的推进, 并将内控五要素有机地融入到企业绿色创新过程中, 实现绿色创新的规范化、制度化, 促进企业绿色创新发展。

首先, 数字化转型代表了以各种方式影响公司控制环境的过程。公司的数字化导致企业战略的转变, 并引发一系列内部环境变化, 包括组织结构、人力资源政策甚至企业文化的改变, 从而形成良好的控制

环境[18]。良好的控制环境对于进行绿色创新活动是必要的,因为可以保证企业内部各部门最大程度地履行各自的职责、形成合理的制衡机制、保障权利责任的合理分配、安排科学的活动流程[19]。

其次,数字化转型可以提高风险评估的效率和有效性,这是实施有效控制活动的先决条件。企业通过数字化转型及时获得充分和适当的信息,基于更广泛、更真实的信息,形成良好的内部控制环境,有助于企业设定目标,保证风险评价活动的连续性和可重复性,有效识别影响创新目标实现的潜在风险,确定与创新相一致的风险承受能力,通过一系列控制措施将实施创新活动的风险降到最低,为绿色创新活动的实施提供保障[20]。有效的风险评估不仅可以通过检验各种管理制度和业务流程的合理性和有效性来识别企业绿色创新战略实施中的风险,还可以结合长期发展战略,权衡创新活动中存在的和潜在的风险,制定差异化的风险应对策略,提高应对绿色创新风险的能力。

第三,数字化转型使企业能够克服成本效益限制,降低人为运营中的欺诈风险,从而提高控制活动的有效性[21]。此外,在数字化环境中,对员工的控制约束是统一的,从而提高了控制活动的有效性。高质量的控制活动可以防范创新活动过程中的风险,最大限度地保障企业绿色创新目标的实现。

第四,数字化转型彻底改变了企业获取和使用数据的方式,提高了管理效率,增加了信息价值。通过数字化转型,企业可以借助基于数字化运营的数据中心,更快速、方便、低成本地获取企业各方面的信息,并利用以互联网平台为代表的新方式向外界披露信息,提高信息传递的及时性和便利性,从而有效降低信息不对称的程度,提高企业信息的质量,增强内部控制的有效性[22]。数字化转型使公司能够有效地处理和报告财务信息,有助于企业与金融机构之间更有效地进行信息交流。这不仅能让金融机构和其他相关利益方准确地评估企业在绿色创新方面的活动,还能提升企业在外部融资方面的能力[23]。这样的机制将为企业进行绿色创新活动和实现可持续绿色创新提供充裕的资金支持。

第五,在监控活动方面,数字技术的去中心化特征使企业的所有员工都成为交易的参与者和监督者,在缺乏有效监督的情况下,管理者可能会为了享受舒适的生活而避免投资有风险的项目,而有效的内部监督可以确保企业活动与企业的风险承担能力相适应,使管理者的行为符合国家政策,督促管理者开展绿色创新活动[24]。

综上所述,本文提出研究假设:

H2: 内部控制在企业数字化转型与企业绿色创新的关系中具有中介效应。

3. 研究设计

3.1. 样本选取与数据来源

本文以2007~2020年的中国沪深A股制造业上市公司为样本,在充分考虑数据可获得性与利用性的基础上,对初始样本进行进一步筛选:(1)剔除*ST、ST、退市整理期、暂停或终止上市的公司;(2)剔除上市时间少于5年的公司;(3)剔除主要变量缺失的样本。最终得到有效观测值14,402个。同时,为了减少极值的影响,在1%和99%的水平上对所有连续变量进行了缩尾处理。本研究所需财务数据来源于CSMAR数据库和企业年报,企业内部控制质量数据来自迪博(DIB)数据库,专利数据来源于国家知识产权局专利数据库,分析软件为Stata16.0。

3.2. 主要变量定义

3.2.1. 被解释变量

企业绿色创新(GI)。大多数研究都是采用绿色专利申请数量来衡量绿色创新能力,本文为了更好的研究企业数字化转型对绿色创新的影响机制,采用绿色创新投入产出比来衡量企业绿色创新能力。由于很难获取到所有制造业上市公司的绿色创新投入数据,本文用公司当年度研发投入来近似衡量绿色创新

投入。考虑到专利审批过程繁琐且耗时,且申请数量比授权数量更具时间敏感性,本文参考齐绍洲(2018)[25]的做法,选择绿色专利申请数量来衡量企业绿色创新产出。

3.2.2. 解释变量

企业数字化转型(EDT)是指企业利用信息技术,将传统的业务模式、组织架构和运营方式进行全面的改造和升级,以适应数字经济时代的需求和挑战。本文借鉴吴非(2021)的方法[26],通过文本识别法来度量企业数字化转型的程度,主要是通过统计特征词在企业年报中出现的次数来量化企业数字化转型的强度。在稳健性检验中,本文采用赵宸宇(2021)衡量制造业数字化转型程度的方法[27],利用文本分析法和专家打分法构建制造业企业的数字化转型指数。

3.2.3. 中介变量

内部控制(CI)。本文采用深圳迪博公司披露的上市公司内部控制指标作为代理变量来衡量企业内部控制的质量。该指标通过对企业内部控制的各个方面进行评价,反映企业内部控制的整体质量和水平,评价体系覆盖面广,全面性强,认可度高。

3.2.4. 控制变量

为了提高研究的精度,借鉴刘畅(2023)[28],唐松(2020)[29]和其他学者的研究成果,并根据制造业企业的特征选择了以下控制变量:财务杠杆(Lev)、企业规模(LnSize)、资产回报率(ROA)、管理层持股比例(Holding)、企业成立年限(LnAge)、两职合一(Dual)、产权性质(SOE)、股权制衡(EBD)、股权集中度(Top1)。具体变量定义如表1。

Table 1. Variable definitions

表 1. 变量定义

变量类型	名称	符号	定义/衡量方法
被解释变量	绿色创新	GI	绿色专利申请量 = 当年申请的绿色发明数量 + 当年申请的绿色实用新型数量
解释变量	企业数字化转型	EDT	$\ln(1 + \text{加总数字化特征词词频数})$
中介变量	内部控制	CI	迪博内部控制指数
	财务杠杆	Lev	资产负债率
	企业规模	LnSize	期末资产总额的自然对数
	盈利能力	ROA	资产回报率
	管理层持股	Holding	管理层持股比例
控制变量	企业成立年限	LnAge	$\ln(1 + \text{企业成立年限})$
	两职合一	Dual	总经理和董事长两职合一取 1, 否则为 0
	产权性质	SOE	国企取 1, 非国企取 0
	股权制衡	EBD	第一大股东持股/第二大股东持股
	股权集中度	Top1	第一大股东持股比例

3.3. 实证模型设计

为了检验企业数字化转型与绿色创新的关系,本文构建以下基准模型:

$$GI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 EDT_{i,t} + Controls_{i,t} + Ind + Year + \varepsilon \quad (1)$$

为检验企业数字化转型对绿色创新能力的影晌机制, 本文借鉴温忠麟(2014)的研究[30], 采用逐步检验法对内部控制的中介效应进行检验, 构建如下模型:

$$CI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 EDT_{i,t} + Controls_{i,t} + Ind + Year + \varepsilon \quad (2)$$

$$GI_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 EDT_{i,t} + \gamma_2 CI_{i,t} + Controls_{i,t} + Ind + Year + \varepsilon \quad (3)$$

4. 实证结果分析

4.1. 描述性统计

表 2 为所有变量的描述性统计结果。如表 2 所示, 绿色创新(GI)的均值、标准差分别为 0.582、0.932, 表明不同企业间的绿色专利申请量存在差异性, 不同企业的绿色创新能力差异明显; 数字化转型(EDT)的均值、标准差分别为 5.759、13.673, 这表明目前不同的企业在数字化转型的程度存在显著的差异; 内部控制(CI)的平均值和标准偏差分别为 34.063 和 7.584, 这揭示了不同企业在内部控制质量方面存在显著的差异。其余变量详情见表 1。

Table 2. Descriptive statistics

表 2. 描述性统计

变量	(1) N	(2) mean	(3) sd	(4) min	(5) p25	(6) p50	(7) p75	(8) max
GI	14,402	0.582	0.932	0.000	0.000	0.000	1.099	3.970
EDT	14,402	5.759	13.673	0.000	0.000	1.000	5.000	90.000
CI	14,402	34.063	7.584	10.000	30.230	35.700	39.250	47.530
Lev	14,402	0.391	0.198	0.047	0.230	0.382	0.535	0.898
LnSize	14,402	21.920	1.176	19.879	21.049	21.761	22.584	25.514
ROA	14,402	0.049	0.060	-0.175	0.017	0.045	0.081	0.222
Holding	14,402	0.167	0.217	0.000	0.000	0.025	0.332	0.706
LnAge	14,402	3.109	0.220	2.639	2.996	3.135	3.258	3.584
Dual	14,402	0.299	0.458	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
SOE	14,402	0.290	0.454	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
EBD	14,402	2.008	1.203	0.000	1.274	1.654	2.345	7.471
Top1	14,402	34.477	14.070	9.170	23.660	32.730	43.310	73.030

4.2. 相关性分析

表 3 报告了各变量间的相关系数。企业绿色创新(GI)与企业数字化转型(EDT)的相关系数为 0.170, 在 1%的水平上显著, 初步验证了 H1。内部控制(CI)与数字化转型(EDT)的相关系数为 0.110 且在 1%的水平上显著。从各变量间的相关系数来看, 变量间不存在严重的多重共线性问题。

Table 3. Correlation analysis

表 3. 相关性分析

	GI	EDT	CI	Lev	LnSize	ROA	Holding	LnAge	Dual	SOE	EBD	Top1
GI	1.000											
EDT	0.170***	1.000										

续表

CI	0.110***	0.130***	1.000									
Lev	0.182***	-0.006	-0.056***	1.000								
LnSize	0.341***	0.084***	0.156***	0.504***	1.000							
ROA	0.001	-0.007	0.030***	-0.428***	-0.056***	1.000						
Holding	-0.053***	0.073***	0.048***	-0.334***	-0.355***	0.194***	1.000					
LnAge	-0.036***	-0.092***	-0.070***	0.178***	0.155***	-0.086***	-0.292***	1.000				
Dual	-0.001	0.067***	-0.009	-0.148***	-0.160***	0.095***	0.247***	-0.138***	1.000			
SOE	0.058***	-0.120***	-0.064***	0.327***	0.306***	-0.178***	-0.470***	0.287***	-0.291***	1.000		
EBD	-0.093***	0.025***	-0.027***	-0.231***	-0.298***	0.200***	-0.028***	-0.001	0.043***	-0.063***	1.000	
Top1	-0.006	-0.079***	-0.030***	0.004	0.103***	0.121***	-0.062***	-0.057***	-0.006	0.120***	-0.056***	1.000

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

4.3. 企业数字化转型与企业绿色创新关系的检验

表4为使用模型(1)对企业数字化转型与企业绿色创新之间的关系进行检验的结果。第(1)列的实证结果显示,当未考虑任何控制变量时,企业绿色创新(GI)与数字化转型(EDT)的回归系数为0.012 ($t = 20.742$, $p < 0.01$),在1%的水平上显著;第(2)列的实证结果显示,当加入了控制变量但未控制行业及年份固定效应时,回归系数为0.009 ($t = 16.269$, $p < 0.01$),在1%的水平上显著;第(3)列同时加入控制变量和行业及年份固定效应,回归系数为0.008 ($t = 14.860$, $p < 0.01$),在1%的水平上显著。所以,本文的研究假设一得到支持,即企业数字化转型能促进企业绿色创新。

Table 4. Regression results of enterprise green innovation and digital transformation
表 4. 企业绿色创新与数字化转型回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	GI	GI	GI
EDT	0.012*** (20.742)	0.009*** (16.269)	0.008*** (14.860)
Lev		0.263*** (5.471)	0.267*** (5.624)
LnSize		0.269*** (33.910)	0.247*** (29.755)
ROA		0.487*** (3.494)	0.529*** (3.799)
Holding		0.197*** (4.831)	0.192*** (4.812)
LnAge		-0.308*** (-8.816)	-0.232*** (-6.768)
Dual		0.065*** (3.913)	0.067*** (4.135)
SOE		0.027	0.050***

续表

		(1.417)	(2.654)
EBD		0.008	0.006
		(1.195)	(0.835)
Top1		-0.002***	-0.002***
		(-4.610)	(-3.487)
Constant	0.515***	-4.520***	-4.736***
	(61.995)	(-22.524)	(-5.488)
Ind/Year	No	No	Yes
N	14402	14402	14402
adj.R ²	0.029	0.147	0.190
F	430.211	249.967	90.124

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

4.4. 内部控制的中介作用检验

根据前文构建的中介效应模型, 进一步检验企业数字化转型对企业绿色创新的影响机制, 本文将逐步回归和 Bootstrap 抽样结合起来检验内部控制的中介作用。表 5 为逐步回归的结果, 其中第(1)列是总效应回归结果, 企业数字化转型(EDT)对绿色创新(GI)的回归系数是 0.008 (t = 14.860, p < 0.01), 在 1%的水平上显著; 第(2)列是企业数字化转型(EDT)和内部控制(CI)的回归结果, 系数为 0.015 (t = 3.669, p < 0.01), 在 1%的水平上显著; 第(3)列是将中介变量纳入原模型的回归结果, 企业数字化转型(EDT)对绿色创新(GI)的回归系数为 0.008 (t = 14.736, p < 0.01), 在 1%的水平上显著, 内部控制(CI)的回归系数为 0.005 (t = 4.081, p < 0.01), 在 1%的水平上显著。初步验证内部控制(CI)在企业数字化专业与绿色创新之间存在中介作用。

表 6 报告了 bootstrap 抽样检验结果, _bs_1 和 _bs_2 分别代表间接效应和直接效应, 二者的置信区间都不包含 0, 所以拒绝原假设, 二者都显著; 其中间接效应 $ab = 0.015 * 0.005 = 0.000075$ 和直接效应 $c = 0.008$ 同号, 进一步说明内部控制(CI)在企业数字化专业与绿色创新之间存在部分中介效应。

Table 5. Intermediation of internal control

表 5. 内部控制中介作用

变量	(1)	(2)	(3)
	GI	CI	GI
EDT	0.008***	0.015***	0.008***
	(14.860)	(3.669)	(14.736)
CI			0.005***
			(4.081)
Lev	0.267***	-3.417***	0.283***
	(5.624)	(-9.873)	(5.943)
LnSize	0.247***	0.683***	0.243***
	(29.755)	(11.321)	(29.255)

续表

ROA	0.529*** (3.799)	2.588** (2.555)	0.517*** (3.713)
Holding	0.192*** (4.812)	1.135*** (3.914)	0.186*** (4.679)
LnAge	-0.232*** (-6.768)	-1.086*** (-4.346)	-0.227*** (-6.619)
Dual	0.067*** (4.135)	-0.694*** (-5.892)	0.070*** (4.333)
SOE	0.050*** (2.654)	0.294** (2.133)	0.049*** (2.582)
EBD	0.006 (0.835)	0.000 (0.010)	0.006 (0.836)
Top1	-0.002*** (-3.487)	-0.001 (-0.139)	-0.002*** (-3.484)
Constant	-4.736*** (-5.488)	9.669 (1.539)	-4.781*** (-5.543)
Ind/Year	Yes	Yes	Yes
N	14402	14402	14402
adj.R ²	0.190	0.353	0.191
F	90.124	207.486	88.336

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

Table 6. Sampling test results of Bootstrap
表 6. Bootstrap 抽样检验结果

	ObservedCoef.	BootstrapStd.Err.	p > z	Normal-based [95% Conf.Interval]	
_bs_1	0.0002303	0.0000477	0.000	0.0001368	0.0003238
_bs_2	0.0085302	0.0007212	0.000	0.0071166	0.0099438

4.5. 内生性检验

本部分的基准回归结果表明上市公司数字化转型能够提升企业绿色创新能力。尽管已经控制行业和年度固定效应缓解了一部分内生性问题, 但理论上可能仍存在遗漏变量和双向因果的影响导致内生性。本文为解释变量企业数字化转型(EDT)选择的工具变量是企业所在行业内其他企业的数字化转型程度的平均值。在相关性上: 第一, 同行业的企业基本具备该行业普遍的特性, 在数字化技术的应用上可能具有相似的需求。第二, 由于同行业企业之间互相竞争, 当行业中已经有开展数字化转型并提高业绩的案例出现后, 企业之间就可能会互相效仿而实施数字化转型。因此, 同行业内其他企业的数字化水平均值与本企业的数字化转型程度应为正相关关系。从排他性角度来看, 其它企业数字化水平均值应不对本企业绿色创新能力产生直接影响。

表 7 报告了使用工具变量的二阶段回归结果。数字化转型投入程度的回归系数为 0.057 并在 1%的水平上显著。表明在缓解了内生性问题后, 企业数字化转型仍然提高了企业绿色创新能力。

Table 7. Testing of instrumental variables
表 7. 工具变量检验

	(1)
	GI
EDT	0.057*** (21.416)
Constant	0.254*** (17.500)
LM 值	836.488
WaldF 值	939.184
Ind/Year	YES
N	14402
adj.R ²	-0.411
F	458.576

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

4.6. 稳健性检验

为验证回归结果稳健性, 本文还做了如下检验: 一、替换了企业数字化转型的衡量方式, 参考赵宸宇(2021)利用词频之和计算数字化转型水平, 得到替换变量(EDT2), 结果如表 8 第(1)列所示, 回归系数为 0.003 ($t = 13.716$, $p < 0.01$), 在 1%的水平上显著; 二、为排除新冠肺炎疫情带来的影响, 本文删除了 2020~2021 年的样本, 回归结果如表 8 第(2)列所示, 企业数字化转型(EDT)对绿色创新(GI)的估值系数为 0.008 ($t = 13.503$, $p < 0.01$), 在 1%的水平上显著; 三、排除了高新技术企业高数字化转型程度极端值所带来的影响, 结果如表 8 第(3)列所示, 企业数字化转型(EDT)对绿色创新(GI)的估值系数为 0.010 ($t = 10.292$, $p < 0.01$), 在 1%的水平上显著。因此, 本文的实证结果稳健。

Table 8. Robustness test
表 8. 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)
	GI 替换自变量	GI 删除 20~21 年	GI 删除高新技术企业
EDT		0.008*** (13.503)	0.010*** (10.292)
EDT2	0.003*** (13.716)		
Lev	0.250*** (5.259)	0.260*** (5.379)	0.077 (1.135)
LnSize	0.248*** (29.906)	0.244*** (28.510)	0.259*** (23.327)
ROA	0.499***	0.519***	-0.172

续表

	(3.582)	(3.655)	(-0.894)
Holding	0.186***	0.195***	0.193***
	(4.652)	(4.812)	(2.796)
LnAge	-0.224***	-0.251***	-0.279***
	(-6.505)	(-7.132)	(-5.118)
Dual	0.066***	0.069***	0.052*
	(4.094)	(4.194)	(1.945)
SOE	0.044**	0.053***	0.075***
	(2.335)	(2.767)	(2.934)
EBD	0.009	0.006	0.022**
	(1.273)	(0.795)	(2.270)
Top1	-0.002***	-0.002***	-0.001
	(-3.488)	(-3.244)	(-1.239)
Constant	-4.837***	-4.615***	-4.783***
	(-5.599)	(-5.382)	(-5.744)
Ind/Year	Yes	Yes	Yes
N	14,402	13,597	5413
adj.R ²	0.189	0.162	0.246
F	89.075	72.241	47.530

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

5. 进一步分析

在之前的检验中, 本文采用全样本检验了企业数字化转型对绿色创新的影响, 结果表明, 企业数字化转型可以显著促进企业绿色创新。进一步, 本文根据企业产权性质、是否属于高科技企业和是否属于技术密集型企业对样本企业进行分组检验。

由表 9 第(1)和(2)列可知, 在不同产权性质下, 企业数字化转型都会促进绿色创新, 但在国有企业样本中, 企业数字化转型更有利于促进绿色创新。因为国有企业其自身资源禀赋优势比非国企能力更强, 拥有更多技术创新资金、人才资源, 也更容易吸纳高端人力资本, 在应对绿色创新政策方面处于领先地位。此外, 国有企业承受着来自政府更大的环境压力, 对环境保护负有重要的社会责任。

由表 9 第(3)和(4)列可知, 在非高科技企业样本中, EDT 与 GI 之间不存在显著的相关关系, 而在高科技企业样本中, EDT 的系数在 1%水平上显著为正。因为高技术企业凭借自身的技术创新优势在数字化转型中获得了足够的环境效应, 而对于技术创新程度低的企业来说, 由于环境压力大, 自身环境管理意识不足, 仅靠数字化转型难以提升绿色创新能力。

由表 9 第(5)和(6)列可知, 在非技术密集型企业样本中, EDT 与 GI 之间不存在显著的相关关系, 而在技术密集型企业样本中, EDT 的系数在 1%水平上显著为正。由于技术密集型企业拥有先进的生产工艺和设备, 在数字化转型浪潮下, 可以更快地适应创新与绿色互联模式, 实现全要素联动, 推动企业绿色创新。

Table 9. Further analysis
表 9. 进一步分析

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	国有企业	非国有企业	高科技企业	非高科技企业	技术密集型企业	非技术密集型企业
	GI	GI	GI	GI	GI	GI
EDT	0.018*** (10.518)	0.007*** (12.536)	0.009*** (15.019)	-0.002 (-1.612)	0.010*** (14.170)	-0.001 (-1.154)
Lev	-0.016 (-0.182)	0.427*** (7.516)	0.319*** (5.748)	0.002 (0.028)	0.440*** (6.481)	0.039 (0.632)
LnSize	0.294*** (20.619)	0.215*** (20.529)	0.261*** (27.016)	0.187*** (13.774)	0.280*** (23.611)	0.215*** (20.033)
ROA	-0.382 (-1.370)	0.870*** (5.421)	0.835*** (5.147)	-0.123 (-0.540)	0.588*** (2.941)	0.332* (1.857)
Holding	-0.378 (-0.779)	0.174*** (4.338)	0.193*** (4.058)	0.150** (2.554)	0.235*** (4.263)	0.100* (1.857)
LnAge	-0.378*** (-4.336)	-0.216*** (-5.828)	-0.246*** (-6.123)	-0.093* (-1.687)	-0.202*** (-4.270)	-0.308*** (-6.566)
Dual	0.030 (0.633)	0.072*** (4.258)	0.073*** (3.860)	0.011 (0.437)	0.098*** (4.377)	-0.001 (-0.041)
EBD	-0.017 (-1.161)	0.013* (1.729)	0.003 (0.411)	-0.000 (-0.017)	-0.009 (-0.960)	0.012 (1.194)
Top1	-0.005*** (-4.822)	-0.001 (-1.381)	-0.002*** (-3.077)	-0.000 (-0.118)	-0.002*** (-3.214)	-0.000 (-0.237)
SOE			0.040* (1.781)	0.011 (0.384)	0.009 (0.338)	0.114*** (4.871)
Constant	-5.520*** (-11.335)	-4.287*** (-5.028)	-4.698*** (-19.259)	-3.774*** (-5.545)	-5.156*** (-17.406)	-3.741*** (-4.950)
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	4180	10,222	11,483	2919	8264	6138
adj.R ²	0.238	0.170	0.195	0.181	0.209	0.189
F	39.372	57.774	107.876	18.410	81.847	39.736

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

6. 结论与政策建议

本文以 2007~2020 年的中国沪深制造业上市公司为样本, 检验企业数字化转型对于绿色创新的作用效果及其影响机理, 实证结果表明: (1) 制造业企业数字化转型对于企业绿色创新具有积极的促进作用, 制造业企业数字化转型借助所累积的数据带动创新范式的转换, 从而为制造业企业研发与创新提供共同创新的体系、平台与手段, 促进制造业绿色创新机制变革, 加快制造业绿色创新联合产出, 提升制造业

绿色创新能力。(2) 内部控制在企业数字化转型与绿色创新的关系中发挥中介作用, 即当数字化转型改善内部控制质量时, 内部治理取得较好成效, 则绿色创新能力越强。

根据本文研究结论, 本研究提出如下建议: (1) 企业应当合理运用自身资源, 加快数字技术应用与数字化转型步伐, 从而促进内部控制质量提升, 更多关注数字化转型对于内部控制有效性的正面影响, 并在大数据支持下促进创新资源利用、创新成果转化效率提升、绿色创新产出与品质改善。(2) 从政策层面上看, 政府可进一步促进企业数字化平台建设、加速数字技术应用普遍化、通过搭建数据平台准确识别企业相关污染活动与绿色创新活动、提高监督效力以及政府补贴资金的分配效率与成效, 从而为企业促进绿色创新提供高效的政策支撑; 强化监管, 营造市场创新的良好环境; 推动市场要素自由流动、市场有效竞争、优化市场环境和创新资源配置、激发企业绿色创新的动力。

本文的研究也存在一定的局限: (1) 绿色专利自研发至成熟运用所需时间较长, 因此存在财务数据和绿色创新数据错配的问题, 这可能在某种程度上对回归结果造成影响, 找到更为合适的衡量绿色创新的指标是未来研究有待完善的方向。(2) 仅选取了制造业企业的样本分析企业数字化转型是否影响绿色创新及其影响机制, 在其它行业中, 该结论是否有效需要进一步验证。

参考文献

- [1] 解学梅, 韩宇航. 本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”?——基于注意力基础观的多案例研究[J]. 管理世界, 2022, 38(3): 76-106.
- [2] 李志翠, 朱炳钦, 马雪梅. “双碳”目标下沿边地区产业数字化与对外开放的协同发展研究[J]. 国际贸易, 2022(9): 49-59.
- [3] 吕岩威, 王文强, 张晋宁. 数字经济对区域绿色创新效率的影响效应及其传导机制[J]. 统计与决策, 2023, 39(20): 120-124.
- [4] 刘海建, 胡化广, 张树山, 等. 供应链数字化与企业绩效——机制与经验证据[J]. 经济管理, 2023, 45(5): 78-98.
- [5] 李雪松, 党琳, 赵宸宇. 数字化转型、融入全球创新网络与创新绩效[J]. 中国工业经济, 2022(10): 43-61.
- [6] Lin, H., Zeng, S.X., Ma, H.Y., Oi, G.Y. and Tam, V.W.Y. (2014) Can Political Capital Drive Corporate Green Innovation? Lessons from China. *Journal of Cleaner Production*, **64**, 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.046>
- [7] Delgado-Ceballos, J., Aragón-Correa, J.A., Ortiz-de-Mandojana, N. and Rueda-Manzanares, A. (2012) The Effect of Internal Barriers on the Connection between Stakeholder Integration and Proactive Environmental Strategies. *Journal of Business Ethics*, **107**, 281-293. <https://doi.org/10.1007/s10551-011-1039-y>
- [8] 张钦成, 杨明增. 企业数字化转型与内部控制质量——基于“两化融合”贯标试点的准自然实验[J]. 审计研究, 2022(6): 117-128.
- [9] 田丹, 吕文栋, 刘凯丽. 内部控制对创新风险的作用机制——基于风险缓和模型的研究[J]. 财贸经济, 2022, 43(5): 129-144.
- [10] Pagoropoulos, A., Pigosso, D.C.A. and McAloone, T.C. (2017) The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, **64**, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047>
- [11] Zhang, J.A. and Walton, S. (2017) Eco-Innovation and Business Performance: The Moderating Effects of Environmental Orientation and Resource Commitment in Green-Oriented SMEs. *R&D Management*, **47**, E26-E39. <https://doi.org/10.1111/radm.12241>
- [12] 孙国锋, 潘珊珊, 徐瑾. 制造业投入数字化对绿色技术创新的影响——基于静态和动态的空间杜宾模型研究[J]. 中国软科学, 2022(10): 30-40.
- [13] 王巍, 姜智鑫. 通向可持续发展之路: 数字化转型与企业异地合作创新[J]. 财经研究, 2023, 49(1): 79-93.
- [14] Morgan, N.A. and Piercy, N.F. (1998) Interactions between Marketing and Quality at the SBU Level: Influences and Outcomes. *Journal of the Academy of Marketing Science*, **26**, 190-208. <https://doi.org/10.1177/0092070398263002>
- [15] Liu, X., Ghauri, P. and Zou, H. (2010) Technology Capability and the Internationalization Strategies of New Ventures. *Organizations and Markets in Emerging Economies*, **1**, 100-119. <https://doi.org/10.15388/omee.2010.1.1.14308>
- [16] Cuerva, M.C., Triguero-Cano, A. and Córcoles, D. (2014) Drivers of Green and Non-Green Innovation: Empirical Evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production*, **68**, 104-113.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.049>

- [17] Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (1992) Internal Control-Integrated Framework. AICPA, New York.
- [18] 黄逵友, 李增福, 等. 企业数字化转型与劳动收入份额[J]. 经济评论, 2023, 240(2): 15-30.
- [19] 韦琳, 马梦茹. 数字经济发展与企业绿色创新——基于“智慧城市”试点建设的准自然实验研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(8): 24-40.
- [20] 聂兴凯, 王稳华, 裴璇. 企业数字化转型会影响会计信息可比性吗[J]. 会计研究, 2022(5): 17-39.
- [21] 王守海, 徐晓彤, 刘焯炜. 企业数字化转型会降低债务违约风险吗? [J]. 证券市场导报, 2022(4): 45-56.
- [22] 张泽南, 钱欣钰, 曹新伟. 企业数字化转型的绿色创新效应研究: 实质性创新还是策略性创新? [J]. 产业经济研究, 2023(1): 86-100.
- [23] 陈汉文, 周中胜. 内部控制质量与企业债务融资成本[J]. 南开管理评论, 2014, 17(3): 103-111.
- [24] 杨道广, 王佳妮, 陈丽蓉. “矫枉过正”抑或“合理管控”?——内部控制在企业创新中的作用[J]. 经济管理, 2019, 41(8): 113-129.
- [25] 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.
- [26] 吴非, 常曦, 任晓怡. 政府驱动型创新: 财政科技支出与企业数字化转型[J]. 财政研究, 2021(1): 102-115.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 唐松, 伍旭川, 祝佳. 数字金融与企业技术创新——结构特征、机制识别与金融监管下的效应差异[J]. 管理世界, 2020, 36(5): 52-66.
- [30] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.