

数字化转型对绿色创新效率的影响研究

李泥燕

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年7月16日; 录用日期: 2024年11月8日; 发布日期: 2024年11月15日

摘要

数字化转型赋予企业新的发展动能, 对企业创新起着不可或缺的作用, 数字技术的应用成为企业实现绿色创新的重要途径。本文基于沪A股上市企业2016-2021年的数据, 实证检验企业数字化转型对绿色创新效率的影响以及环境规制在其中的调节作用。研究结果表明企业数字化转型能够正向促进企业绿色创新效率的提高, 而环境规制负向调节了数字化转型与企业绿色创新之间的关系, 经过稳健性检验后结论依然成立。

关键词

数字化转型, 绿色创新效率, 环境规制

A Study of the Impact of Digital Transformation on Green Innovation Efficiency

Niyan Li

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jul. 16th, 2024; accepted: Nov. 8th, 2024; published: Nov. 15th, 2024

Abstract

Digital transformation endows enterprises with new development momentum and plays an indispensable role in enterprise innovation, and the application of digital technology becomes an important way for enterprises to realize green innovation. Based on the data of Shanghai A-share listed enterprises from 2016 to 2021, this paper empirically examines the impact of enterprise digital transformation on green innovation efficiency and the moderating role of environmental regulation in it. The results show that enterprise digital transformation can positively promote the improvement of

enterprise green innovation efficiency, while environmental regulation negatively moderates the relationship between digital transformation and enterprise green innovation, and the conclusions still hold after the robustness test.

Keywords

Digital Transformation, Green Innovation Efficiency, Environmental Regulation

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

随着环境问题的日益严峻，为解决日益严重的生态问题，我国积极推进经济发展模式的绿色转型，党的十九大报告中明确指出“推进绿色发展，构建市场导向的绿色技术创新体系”。要求企业加强企业绿色创新，节能减排，在维持经济稳定增长的同时保证企业的长期可持续发展。党的二十大报告在建设现代化产业体系的部分明确指出要“加快数字经济发展，促进数字经济与实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群”。推动企业数字化转型，能够有效促进企业绿色创新效率增长，同时提升企业的经济效益和生态效益。本文基于中国部分上市企业的数据，实证研究了企业数字化转型对于企业绿色创新效率的影响作用，为企业在数字化背景下企业提升绿色创新效率提供参考。

本文的创新点主要在于：(1) 本文聚焦于企业创新中的绿色创新板块，研究数字化转型对于企业绿色创新效率的影响，而以往文献往往局限于企业传统创新的方面，忽略了绿色创新的特殊性。(2) 过去关于数字化转型的研究中，主要集中于数字化转型作为生产和部门的拓展功能，缺乏将其作为企业单独的资源进行研究的文献，而本文将其作为单独的解释变量，探讨了数字化转型和企业绿色创新效率之间的关系。(3) 将环境规制纳入了研究体系，基于企业绿色创新的特殊性，探讨了环境规制在数字化转型对企业绿色创新效率影响中的调节作用。

2. 文献综述与研究假设

2.1. 文献综述

企业绿色创新能力即企业创新能力的绿色化程度，[1]指企业通过优化资源利用，使用或开发新的技术来缓解环境污染、促进管理效率和可持续发展的创新活动。相较于传统的企业创新，绿色创新对于企业协调经济效益和环境效益，整合各项生产要素的要求更高。高爽指出绿色创新更注重引导企业进行产品、技术、工艺及服务的绿色创新，在提高资源利用效率的同时减少环境的污染[2]。我国现有文献对于企业绿色创新的研究主要从微观和宏观两个角度展开。宏观层面，现有文献主要利用各种经济模型，研究我国绿色创新能力如何进行原始积累，以及各项绿色创新要素资源的配置问题[3]。在微观层面，现有研究主要围绕环境规制和企业社会责任等因素对企业创新能力的影响展开。

数字化转型对现代企业提升经济效益和促进企业长期可持续性发展起着重要的作用。祁怀锦等认为数字化转型能提升公司治理水平，提高企业专业化分工水平[4]，进而更加精准地推动企业各类生产要素同数字技术的深层次融合，优化生产经营模式，在驱动企业创造更多的附加价值的同时也能够有效节约各项成本，提高企业的经济效益[5]。另一方面，肖红军指出数字化转型能够帮助企业通过数字技术识别

市场偏向,了解社会需求,帮助企业准确快速地调整企业的经营策略,占领新市场[6]。周宇,张林玉提出数字化转型促进了企业创新效率的提升,有利于企业快速掌握新技术,研发新产品并且提升生产效率。[7]。王运陈等认为企业数字化转型能够提升企业的 ESG 表现,有利于企业提高社会声誉和影响力,是企业可持续发展的重要保障之一[8]。

近年来,我国不乏有文章研究数字化转型对企业创新效率的驱动作用。但这部分文献大多将数字化转型作为企业某部门和业务的拓展功能,关注数字技术和原有产品的结合对新产品形成的促进作用,或者是数字化平台的搭建和监测对企业创新活动的促进作用[8]。这些研究本质上还是集中于数字化转型和企业传统创新之间的关系,忽略了企业绿色创新的特殊性。基于绿色创新的特殊性,以及绿色创新对生产要素配置的更高要求,企业数字化转型对企业绿色创新效率的影响有待进一步研究。

因此,本文选取 2016~2021 年沪 A 股上市公司为样本,实证检验数字化转型对于企业绿色创新的影响作用,并检验了在不同强度的环境规制,其在数字化转型和企业绿色创新效率间发挥的调节效应。为在数字化转型的大背景下,企业提升绿色创新能力提供参考。

2.2. 研究假设

2.2.1. 企业数字化转型与绿色创新效率

数字化转型所带来的数字技术和数字资源可以为企业带来物质生产要素和软环境生产要素,促进企业进项不同生产要素间的组合,这是企业绿色创新的关键所在。企业数字化转型为企业提供了绿色创新的物质生产要素,如基础设施和智慧网络,帮助企业实现资源能力体系和机制创造模式的转型,更加高效地获取绿色创新资源[9]。例如,在生产制造环节,数字经济能帮助企业降低研发风险,提高研发效率,实现产品的绿色化生产,创新绿色商业模式创新。在产品销售环节,企业通过各项数字技术能更准确地获取消费者倾向,市场信息和政策环境,把握市场绿色产品的需求偏好,贯彻环境保护政策和环保激励政策,将绿色发展和生态友好的价值观纳入企业的价值创造链中,促进企业绿色创新结果的转化。其次,在软环境生产要素方面,数字化转型能帮助企业更高效地实现各绿色生产要素间的流动,促进各生产要素间地再组合,并助力企业搭建数字信息共享平台,促进创新主体间的协作与交流,优化各要素资源的配置整合,提升企业的绿色创新效率。数字化转型也有利于企业内部知识的流动,学习有关于绿色技术的基础知识,构建知识网络,共享绿色知识技术和先进绿色成果,提升企业的绿色创新能力。数字化转型在拓宽了企业各知识信息共享的基础上也促进了产业集群内企业相互良性竞争[10],倒逼企业提高生产效率,减少环境规制成本,促进企业加快绿色技术的研发,推动企业绿色创新效率的增长。

因此,本文提出假设 1:企业数字化转型提升了企业绿色创新效率。

2.2.2. 环境规制的调节作用

李腾腾指出环境规制对于企业绿色创新存在“抵消效应”[11]。基于我国现如今的环境规制现状,大部分环境规制的实施主体为政府[12],因此本文主要探讨的是正式环境规制,而非实施主体为社会公众的非正式环境规制。政府进行环境规制的手段大致为设定企业排污标准或者收取排污费用,这类限制企业排污的制约手段通常被称为正式环境规制。正式环境规制具有政策性与规制性,是企业必须要达到的硬性规定,企业不得不将一定的资源和资金投入企业的环境治理中,研发新型环保技术,购置污染治理设备,支付环境污染相关的税费,这增加了企业的生产成本,也挤占一部分用于企业创新的资源,削弱了企业进行绿色创新的能力。其次,环境规制在政府的不作为条件下可能会增加企业的贿赂行为,如果某地区政府只注重地区的经济产出,有意忽略环境规制,则会导致企业通过贿赂等不正当手段使政府包庇企业的环境污染行为,使环境规制政策失灵。第三,环境规制会提高企业的创新风险,环境规制的强

制要求使企业既要满足自身经济绩效的实现还要完成环境保护的目标，加之环境规制政策的不断变换会不可避免地引起市场动荡，加大了企业绿色创新的不确定性，提高了企业绿色创新的风险，阻碍企业绿色创新能力的提升。

因此，本文提出假设 2：环境规制负向调节了数字化转型对企业绿色创新效率之间的关系。

3. 研究设计

3.1. 样本数据及来源

本文选取了 2016~2021 年间中国上海证券交易所的上市公司作为研究样本，剔除了(1) 金融保险类企业，(2) ST 及 ST*企业及(3) 解释变量和被解释变量缺失的企业，最终样本量 2732 个。本文所有样本数据均来自于国泰安数据库及企业年报。同时为避免极端值对于研究的影响，本文使用 Winsorize 对所有数据进行了上下 1%的缩尾处理。

3.2. 变量测量

3.2.1. 被解释变量

本文的被解释变量为绿色创新效率。在以往文献中，大多使用绿色专利被引数，已授权绿色专利数量等作为绿色创新效率的衡量指标。本文主要参考李青原和肖泽华[12]的方法，将绿色专利数量作为绿色创新效率的衡量方法，将企业已授权和已申请的绿色专利取对数，作为企业绿色创新效率的衡量指标。

3.2.2. 解释变量

本文的解释变量是数字化转型。以往的文献中数字化转型主要的衡量方法有专家打分法，资金占比法和文本挖掘法。本文主要参考吴非[13]等的做法，采用文本挖掘法，根据数字化转型的相关领域(人工智能技术、云计算技术、区块链技术、大数据技术、数字技术应用)共 71 个关键词在企业报告中出现的词频衡量企业数字化转型水平。将以上关键词出现的频率取自然对数，作为数字化转型的衡量指标。

3.2.3. 调节变量

本文将环境规制作为调节变量。本文主要研究的是实施主体为政府的正式环境规制。正式环境规制主要体现在企业对于环境所投资的各项费用和支付的各项税费这两个方面，本文借鉴周维浩的研究，采用环保投资费用占营业收入的比率来测量企业环境规制程度，包括环保投入、节能减排投入、绿化资金投入等。

3.2.4. 控制变量

本文借鉴以往文献，将企业规模，股权集中度，净资产收益率，财务杠杆，营业收入增长率作为本文的控制变量，具体定义见表 1。

3.3. 模型建立

根据假设 1，建立回归模型(1)：

$$GI = \beta_0 + \beta_1 DT + \sum \beta_i Controls + e$$

根据假设 2，构建模型(2)：

$$GI = \beta_0 + \beta_1 DT + \beta_2 ER + \beta_3 ER \times DT + \sum \beta_i Controls + e$$

其中， GI 为绿色创新效率； DT 为数字化转型程度； ER 为环境规制水平； $Controls$ 表示控制变量，包括企业规模(Size)、股权集中度(Stock-ratio)、净资产收益率(ROE)、财务杠杆(LEV)、营业收入增长率(Growth)；

e 为随机误差； β 为待估系数； i 为个体；求和符号表示所有控制变量。

Table 1. Variable definition

表 1. 变量定义

变量类型	变量名称	衡量方法
被解释变量	绿色创新效率(GI)	绿色专利数量取自然对数
解释变量	数字化转型(DT)	上市公司年报数字化相关词频数取自然对数
调节变量	环境规制(ER)	环保投资费用/营业收入
控制变量	企业规模(SIZE)	企业总资产取自然对数
	股权集中度(Stock-Ratio)	公司第一大股东的持股比例
	净资产收益率(ROE)	净利润与平均净资产比值
	财务杠杆(LEV)	非流动负债总额与总资产比值
	营业收入增长率(GROWTH)	(营业总收入本年本期金额 - 营业总收入上年同期金额)/营业总收入上年同期金额

4. 实证结果及分析

4.1. 描述性统计及相关性分析

Table 2. Descriptive statistics

表 2. 描述性统计

	平均值	中位数	标准差	最小值	最大值
绿色创新效率	2.560	2.303	1.445	0.693	6.748
数字化转型	10.28	3	19.71	0	115
企业规模	23.38	23.21	1.507	20.47	27.75
股权集中度	38.12	36.82	15.41	8.990	76.95
净资产收益率	0.113	0.0790	0.110	0.00100	0.480
财务杠杆	0.0850	0.0800	0.0890	-0.240	0.373
营业收入增长率	0.140	0.109	0.249	-0.444	1.192

由表 2 可知，本文共有 2732 个样本量。企业绿色创新效率的均值为 2.56，中位数为 2.303，说明我国大部分企业的绿色创新效率低于平均水平，有一定的上升空间，企业绿色创新效率的最小值为 0.693，最大值为 6.748，说明我国不同企业间绿色创新效率差距较大，绿色创新发展并不均衡。数字化水平的均值为 10.28，中位数为 3，表明我国大部分企业的数字化转型还处于起步阶段，最小值为 0，最大值为 115，说明我国不同企业间的数字化转型有很大差异，即使我国数字化转型已处于起步阶段，但仍需要更多的企业加快数字化转型的步伐。

由表 3 可知各个变量间的相关性结果。绿色创新与数字化转型相关系数为 0.068，在 1%的水平上显著，初步证明了数字化转型能对企业绿色创新有正向影响。

4.2. 多重共线性检验

本文对解释变量，被解释变量和控制变量进行多重共线性检验，检验结果如表 4 所示，方差膨胀因子

(VIF)平均值为 1.2，最大值为 1.36，均小于 10，说明各变量间没有多重共线性，即可进一步进行回归分析。

Table 3. Correlation coefficient
表 3. 相关性系数

y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
绿色创新	1						
数字化转型	0.068***	1					
企业规模	0.498***	-0.054***	1				
股权集中度	0.169***	-0.158***	0.251***	1			
净资产收益率	0.141***	-0.120***	0.490***	0.096***	1		
财务杠杆	-0.00300	-0.00800	0.078***	0.115***	-0.070***	1	
营业收入增长率	0.00500	-0.032*	0.0260	-0.033*	0.035*	0.301***	1

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

Table 4. Value of VIF
表 4. VIF 值

	VIF	1/VIF
企业规模	1.410	0.709
净资产收益率	1.360	0.736
财务杠杆	1.140	0.876
营业收入增长率	1.110	0.900
股权集中度	1.110	0.900
数字化转型	1.040	0.961
平均值	VIF	1.200

4.3. 回归结果分析

据表 5 第一行数据可知，在 0.1%的水平上，数字化转型的系数显著为正，即数字化转型和企业绿色创新效率呈显著正相关的关系，企业积极进行数字化转型有利于其绿色创新效率的提高，验证了上文假设 1。

Table 5. Empirical results
表 5. 实证结果

	(1) model1	(2) model2
数字化转型	0.007*** (0.001)	0.0281*** (0.0074)
环境规制		0.0360 (0.0445)
企业规模	0.533*** (0.019)	0.6953*** (0.0606)

续表

股权集中度	0.006*** (0.002)	-0.0024 (0.0044)
净资产收益率	-1.737*** (0.250)	-1.3367* (0.7875)
财务杠杆	-1.111*** (0.283)	0.0750 (0.6781)
营业收入增长率	0.120 (0.100)	0.4696 (0.3231)
数字化转型 * 环境规制		-0.0263** (0.0110)
_cons	-9.931*** (0.410)	-13.8661*** (1.1782)
N	2732	2732
adj. R ²	0.4692	0.4881

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

表 5 模型 2 检验了环境规制的调节作用。将数字化转型和环境规制交互项引入模型。其交互项回归系数为负($\beta = -0.0263$, $p < 0.01$), 且在 5%的水平上显著, 说明受环境规制的强度不同的企业在数字化转型对绿色创新效率的作用不同, 环境规制的加强使得企业数字化转型和绿色创新效率的正向关系被削弱。即环境规制负向调节数字化转型与企业绿色创新之间的关系, 假设 2 得到验证。其可能原因是, 在严格的环境规制下, 企业会减少主动策略性绿色创新的意愿, 反之为了迎合政策要求, 会采取相关举措并且投入更多资源在节能减排上[14], 不利于企业绿色创新效率的提高。

4.4. 稳健性检验

本文使用已授权绿色专利的数量作为衡量企业绿色创新的标准, 但由于绿色专利的申请具有一定的滞后性, 对研究结果会产生影响, 为避免这一潜在影响因素, 本文对自变量数字化转型进行滞后一期处理, 重新进行了回归检验。

Table 6. Robustness check

表 6. 稳健性检验

	(1) 绿色创新	(2) L.绿色创新
数字化转型	0.007*** (0.001)	
企业规模	0.533*** (0.019)	0.527*** (0.022)
股权集中度	0.006*** (0.002)	0.007*** (0.002)

续表

净资产收益率	-1.737*** (0.250)	-1.695*** (0.292)
财务杠杆	-1.111*** (0.283)	-1.304*** (0.324)
营业收入增长率	0.120 (0.100)	0.013 (0.123)
L.数字化转型		0.006*** (0.001)
_cons	-9.931*** (0.410)	-9.592*** (0.479)
N	2732.000	1918.000
r2	0.276	0.285
r2_a	0.274	0.283

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

由表 6 可知，在滞后一期数字化转型数据后，数字化转型的回归系数依旧为正，且在 0.1%的水平下显著为正，符合基准回归结果，回归结果稳健，数字化转型对于企业绿色创新效率的促进作用仍然成立。

5. 结论及建议

本文探讨了数字化转型对企业绿色创新效率的影响，以环境规制强度为调节变量，检验数字化转型在不同情境下对企业绿色创新效率的作用。主要研究结论如下：① 企业数字化转型能够显著地提升企业绿色创新效率，即企业进行数字化转型后企业的绿色专利申请数量和授权数量有明显增长。② 环境规制负向调节了数字化转型与企业绿色创新的关系，环境规制的强度越高，数字化转型对企业绿色创新效率的促进作用会被削弱。

基于以上研究结果，提出以下建议。第一，企业应当积极推进数字化转型，利用数字技术优化各项绿色资源配置，协调引领绿色创新的各方主体，提升绿色创新效率，降低创新风险。重视对企业数字化人才的培育，给予员工大量学习机会，助力员工养成数字化思维，提升绿色创新能力。第二，政府应该出台合理的环境规制政策，根据地方企业实际情况，制定差异化政策，提供绿色技术引进财政专项补贴，在引进高新技术设备时提供税收优惠。同时加强监督，营造良好的市场环境，积极引导社会大众进行监督，充分利用社会舆论的监督作用，倒逼企业注重绿色发展。搭建企业数字化信息共享平台，推进数字信息的流通，优化市场环境与创新资源配置，在给企业提供信息便利的同时促进企业间的良性竞争。

参考文献

[1] 方文龙, 聂婉妮, 赖丹. 企业数字化转型、资源配置与绿色创新能力[J]. 财会刊, 2023, 44(13): 139-145.

[2] 高爽. 绿色技术创新与经济增长的动态均衡关系——基于中部六省面板数据的 PVAR 模型分析[J]. 科技广场, 2021(1): 65-76.

[3] 毕克新, 王禹涵, 杨朝均. 创新资源投入对绿色创新系统绿色创新能力的影响——基于制造业 FDI 流入视角的实证研究[J]. 中国软科学, 2014(3): 153-166.

[4] 祁怀锦, 曹修琴, 刘艳霞. 数字经济对公司治理的影响——基于信息不对称和管理者非理性行为视角[J]. 改革,

- 2020(4): 50-64.
- [5] 杨贤宏, 宁致远, 向海凌, 陈谨. 地方经济增长目标与企业数字化转型——基于上市企业年报文本识别的实证研究[J]. 中国软科学, 2021(11): 172-184.
 - [6] 肖红军, 阳镇, 刘美玉. 企业数字化的社会责任促进效应: 内外双重路径的检验[J]. 经济管理, 2021, 43(11): 52-69.
 - [7] 王运陈, 杨若熠, 贺康, 等. 数字化转型能提升企业 ESG 表现吗?——基于合法性理论与信息不对称理论的研究[J]. 证券市场导报, 2023(7): 14-25. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1343.F.20230711.1951.008.html>
 - [8] 肖静, 曾萍. 数字化能否实现企业绿色创新的“提质增量”?——基于资源视角[J]. 科学学研究, 2023, 41(5): 925-935, 960.
 - [9] 孟猛猛, 谈婧, 王袁清清, 等. 企业数字化转型对绿色创新的影响研究[J]. 技术经济, 2023, 42(2): 42-52.
 - [10] 周宇, 张林玉. 数字经济对企业创新效率的影响机制研究——基于沪深 A 股上市公司的经验证据[J]. 延安大学学报(社会科学版), 2023, 45(3): 57-69+129.
 - [11] 王强, 王超, 刘玉奇. 数字化能力和价值创造能力视角下零售数字化转型机制——新零售的多案例研究[J]. 研究与发展管理, 2020, 32(6): 50-65.
 - [12] 卢宝周, 尹振涛, 张妍. 传统企业数字化转型过程与机制探索性研究[J]. 科研管理, 2021(4): 1-16.
 - [13] 李腾腾. 环境规制与绿色金融协同效应探究——基于企业绿色技术创新的微观数据[J]. 中国集体经济, 2023(14): 73-77.
 - [14] 李青原, 肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. 经济研究, 2020, 55(9): 192-208.