

制造业企业数字化转型的碳绩效研究

——基于内部创新与外部监督的视角

陈淼淼

北方工业大学经济管理学院, 北京

收稿日期: 2024年5月29日; 录用日期: 2024年6月29日; 发布日期: 2024年7月5日

摘要

本文以2013~2021年中国沪深A股制造业上市公司为研究样本, 探究企业数字化转型对碳绩效的影响和作用机制。实证研究表明: 1) 企业数字化转型能显著提升企业碳绩效; 2) 机制研究表明, 企业数字化转型通过提升企业内部创新和加强外部监督两个渠道促进碳绩效的提升; 3) 异质性研究表明, 数字化转型对碳绩效的激励效应在国有企业与高新技术企业更为显著。研究结论为提升我国制造业企业数字化转型以实现绿色发展具有重要参考意义。

关键词

制造业企业, 数字化转型, 碳绩效, 分析师关注, 研发投入

Research on Carbon Performance of Digital Transformation of Manufacturing Enterprises

—Based on the Perspective of Internal Innovation and External Supervision

Miaomiao Chen

School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing

Received: May 29th, 2024; accepted: Jun. 29th, 2024; published: Jul. 5th, 2024

Abstract

This paper takes China's Shanghai and Shenzhen A-share manufacturing listed companies from

文章引用: 陈淼淼. 制造业企业数字化转型的碳绩效研究[J]. 服务科学和管理, 2024, 13(4): 372-385.

DOI: 10.12677/ssem.2024.134047

2013 to 2021 as research samples to explore the impact and mechanism of enterprise digital transformation on carbon performance. The empirical research shows that: 1) The digital transformation of manufacturing enterprises can significantly improve the carbon performance of enterprises; 2) The mechanism studies show that the digital transformation of enterprises can promote the improvement of carbon performance through two channels: enhancing internal innovation and strengthening external supervision; 3) The heterogeneity researches show that the incentive effect of digital transformation on carbon performance is more significant in state-owned enterprises and high-tech enterprises. The research conclusion has important reference significance for promoting the digital transformation of Chinese manufacturing enterprises to achieve green development.

Keywords

Manufacturing Enterprise, Digital Transformation, Carbon Performance, Analyst Attention, Research Input

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

二十大报告提出，加强实体经济发展，加快建设“数字中国”和“美丽中国”，推动企业数字化、绿色化发展是促进经济高质量发展的必然要求，以“降碳”为重要战略，有利于建设人与自然和谐共生的现代化。近年来，碳排放量增加导致的全球气候问题严重阻碍了人类社会的经济发展，如何应对全球气候变化俨然成为各界的共同问题。根据国际能源署数据表明，中国 2023 年碳排放量为 12.6 吨，较上年增加了 565 万吨，是全球碳排放增幅最大的国家。为此，中国政府提出了“双碳”的战略目标。与此同时，随着云计算、大数据、人工智能的普及，数字经济概念被广泛传播，中国的数字经济规模也不断扩大。党中央在十四届全国人民代表大会上对 2024 年工作做出全面部署，提出要深入推进数字经济创新发展，促进数字技术和实体技术的深度融合，实施制造业数字化转型行动。在数字经济快速发展和国家可持续发展政策的推动下，越来越多的企业意识到数字化转型助力企业可持续发展的必要性。例如，北汽集团制造产业链的数字化，北汽协同产品研发系统、采购管理系统和销售管理系统等项目同步实施，实现汽车生产和企业管理流程的透明化，减少生产能源消耗，实现企业低碳发展。

碳绩效是低碳经济发展背景下体现经济发展与碳排放关系的重要指标，企业数字化转型作为我国经济发展中的重要议题，关于两者的研究具有重要意义。在此背景下，制造业作为我国实体经济的重要组成部分，其数字化程度能否促进碳绩效的提升，其内在机制和影响因素是什么，都值得我们研究。

2. 文献综述与研究假设

2.1. 文献综述

在已有的研究中，学者主要从企业内外两个视角探究了碳绩效的影响因素。从企业外部看来，公众环境关注(许金花等, 2023) [1]、外部压力(邓慧慧等, 2023) [2]、碳排放权交易(王珮等, 2023) [3]等都对企业碳绩效有着重要影响。企业内部影响因素有董事会规模(陈华和董占齐, 2020) [4]、治理水平(杨双鸽, 2021) [5]、能源使用效率(张彩平和陈留柱, 2021) [6]等。随着数字化浪潮的迅速席卷，现有关数字化转

型的经济后果研究成为了热点研究话题，主要体现在能够促进企业的财务绩效(张涵钰等, 2023) [7]和创新绩效(温科等, 2023) [8]等方面。然而，基于全球各国不断重视气候治理和越来越多企业需要进行数字赋能的要求，企业如何在数字化转型中实现华丽转身，更有效地实现碳绩效的提升成为了学者关注的重点。学者们开始关注数字基础设施、地区数字经济水平对碳绩效的影响研究，但大多集中于宏观视角，鲜有文献从微观企业角度进行研究，仅有个例从碳排放权交易政策(马苓等, 2024) [9]和绿色创新(肖仁桥等, 2023) [10]的角度进行研究。

鉴于此，本文从内部创新和外部监督的视角出发，将数字化转型、研发投入、分析师关注和碳绩效放置于同一框架中，基于 2013~2021 年中国沪深 A 股制造业上市公司的数据，探究其数字化转型对碳绩效的激励效应。本文可能的边际贡献在于：在我国社会高质量发展的和数字技术广泛应用的背景下，聚焦于微观企业层面的数字化转型对碳绩效的影响，丰富了碳绩效的影响因素研究；从内外部视角关注了研发投入和分析师关注在数字化转型对碳绩效影响的中介作用，揭示其影响机制的“黑箱”；探索了不同异质性情形下数字化转型产生的差异，为宏观政府层面和微观企业层面提供理论参考。

2.2. 研究假设

2.2.1. 企业数字化转型与碳绩效

企业数字化转型对碳绩效的影响主要体现在以下两个方面：第一，根据信息不对称理论，企业数字化转型能够促进信息等数据资源的传递，提升信息透明度，缓解企业与利益相关者之间的信息不对称。企业数字化转型是大数据、人工智能、物联网等数字技术的融合(杨贝贝等, 2023) [11]使得企业能够更方便地收集、分析和共享数据。一方面，企业数字化转型可以促进数据等信息在企业内部的传播，加强各部门之间的沟通协作能力，降低了信息的获取成本，实现降本增效，减少碳排放，促进碳绩效提升；另一方面，企业数字化转型提高了市场的透明度，拓宽了企业与消费者之间的消费渠道，缓解信息不对称的问题，企业可以根据客户导向，制定科学的生产计划，实现内部资源与外部需求的合理配置，减少资源浪费，减少生产过程中的碳排放，从而达到提升碳绩效的目的。

第二，根据资源整合理论，企业数字化转型可以整合企业内部资源，提高资源配置效率。随着数字经济的发展，相较于传统企业，企业数字化转型打破了行业壁垒，促使企业资源整合，提高资源利用效率。数字技术相较于制造业的传统生产，数字技术相较于制造业的传统生产，在降低生产成本的同时，能源、材料等环境成本也在降低，企业数字化转型在提升资源配置的同时降低环境污染。数字技术的应用让企业可以精确掌握各个环节能源的使用情况，实现企业供应链的可追溯性和透明度，更好地了解供应链中的环节和风险，减少能源和物资的浪费，引导能源要素的高效配置，促进企业绿色发展，提高碳绩效。综上，本文提出以下假设：

H1：企业数字化转型能促进碳绩效的提升。

2.2.2. 企业数字化转型、分析师关注和碳绩效

企业数字化转型能够挖掘企业内部和市场的多元化信息，提高信息传递效率和信息透明度。分析师作为企业信息收集与外界传递的重要媒介，企业数字化转型也会提升分析师的关注度。企业进行数字化转型会向资本市场传递企业积极响应国家政策的利好消息，引导投资者的行为。然而数字化转型带来的冗杂信息，投资者往往难以准确获取和分析，只能依赖于外部分析师对企业数据的搜集和解读。由于外部投资者的需求增加，深度挖掘企业信息不仅能够分析师在市场中展示其专业性，提升知名度，还能获取更高的报酬，这无疑会让分析师更有动力去挖掘企业信息。

企业数字化转型能够显著提升企业披露信息的透明度，分析师利用其专业能力也能挖掘更深层次的企业数据，并将碳排放数据、碳交易、能源使用等情况传递给公众投资者。根据制造业高质量发展的要

求，投资者对企业绿色低碳发展更加重视。同时，更高的信息透明度和强力监督下，企业的环境的隐匿成本增加。在面对提高投资者信心和企业环境责任两个方面，数字化转型会强化企业绿色发展理念，促进企业低碳发展，提高企业碳绩效。综上，本文提出以下假设：

H2：企业数字化转型通过提升分析师关注提高企业碳绩效水平。

2.2.3. 企业数字化转型、研发投入和碳绩效

数字化转型作为企业技术变革的一项重要手段，企业中数字资源的整合和生产等各个流程的优化需要企业提供更多的资金支持，因此企业的数字化发展进程会增加企业对研发投入的需求。当企业研发投入不足时，就难以确保与企业发展目标相契合的数字化转型之路顺利进行，也难以实现企业绿色高质量发展。与此同时，企业出于对环境成本的考虑，也不得不增加研发投入，改善自身环境表现。

研发投入是企业为了推动企业创新、技术进步而投入的资源，用于研究和开发新的产品、技术、服务或流程。通过增加对新能源、低碳领域等前沿科技的研发投入，可以优化企业产业结构，协同战略新兴技术和低碳技术协同发展，促进企业环保技术的开发和应用，减少能源消耗和资源浪费，提高企业碳绩效。数字化转型为企业提供了强大的工具和能力，使其能够更好地应对碳排放挑战，推动绿色创新和碳减排技术的研发与应用，从而实现更可持续的经营 and 环境保护目标。综上，本文提出以下假设：

H3：企业数字化转型通过增加研发投入提高企业碳绩效水平。

3. 研究设计与变量定义

3.1. 样本选择与数据来源

本文以 2013~2021 年沪深 A 股制造业上市公司为初始样本。并对样本进行如下处理：1) 剔除 ST、和*ST 的公司；2) 剔除数据缺失的样本；3) 对所有企业层面的连续变量在 1% 和 99% 处进行缩尾处理。最终得到 16,732 个样本观测值。其中，数字化转型数据根据 Python 爬取企业年报得到，其他所有数据均来自于 CSMAR 数据库。

3.2. 变量选取

3.2.1. 被解释变量

本文的被解释变量为碳绩效(CP)，其可以概括为企业营业收入与碳排放量的比值，并取对数以消除量纲的差异。营业收入可以直接从国泰安数据库中获取，但是由于我国尚未建立完善的碳排放监管机制，我国企业对碳排放的披露信息较少。因此，本文参考闫华红等(2019) [12]的观点，根据行业碳排放、行业营业成本和企业营业成本来衡量企业碳排放量。构建方法如下：

$$\text{碳绩效}(CP) = \ln \left(\frac{\text{企业营业收入}}{\frac{\text{行业碳排放量}}{\text{行业营业成本}} \times \text{企业营业成本}} \right)$$

3.2.2. 核心解释变量

本文的核心解释变量是数字化转型。关于数字化转型的衡量，本文参考吴非(2021) [13]的研究，通过 Python 爬虫工具，从“人工智能技术”、“大数据技术”、“云计算技术”、“区块链技术”以及“数字技术运用”五个维度，对上市公司的年度报告进行词频统计，最后将各维度词频汇得到总词频，并对总词频进行对数化处理。

3.2.3. 中介变量

分析师关注(Analyst)：分析师数量的多少在一定程度上表明了企业受到外部监督力度的强弱，因此

本文选取一年内对公司进行过跟踪分析的分析师(团队)数量。

研发投入(RD): 企业研发投入作为企业创新的重要驱动力, 与企业创新密切相关, 为企业提供资源和支持, 促进新产品和技术的开发, 提高创新能力和竞争力, 加速创新周期和速度, 并促进合作和知识共享。本文选取研发投入占营业收入的比例作为内部创新的指标。

3.2.4. 控制变量

本文参考胡洁等(2022) [14]和刘燕霞等(2023) [15]的研究, 选取净资产收益率(ROA)、资产负债率(Lev)、营业收入增长率(Revenerate)、托宾 Q 值(TQ)、前十大股东持股比例(Top10)、两职合一(Dual)、审计单位(Four)作为控制变量。各变量说明如表 1 所示。

Table 1. Main variable definitions table

表 1. 主要变量定义表

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	碳绩效	CP	企业营业收入与企业碳排放量比值的对数
核心解释变量	数字化转型	Dig	企业年报关于数字化转型相关词频汇总取对数
中介变量	分析师关注	Analyst	一年内对公司进行过跟踪分析的分析师(团队)数量
控制变量	研发投入	RD	研发投入占营业收入的比例
	净资产收益率	ROA	净利润/总资产
	资产负债率	Lev	总负债/总资产
	营业收入增长率	Growth	营业收入增长额/上年营业收入
	托宾 Q 值	TQ	市值/总资产
	前十大股东持股比例	Top10	前十大股东持股比例之和
	两职合一	Dual	董事长与总经理是否为同一人; 0 = 不同一人, 1 = 同一人
	审计单位	Four	审计师是否来自四大; 0 = 否, 1 = 是
	时间	Year	时间的虚拟变量
	行业	Ind	行业的虚拟变量

3.3. 模型设定

3.3.1. 基准回归模型

为了检验企业数字化转型对碳绩效的影响研究, 构建模型(1):

$$CP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{i,t} + \alpha_2 controls_{i,t} + \sum Year + \sum Ind + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中 i 、 t 代表企业和时间; $CP_{i,t}$ 为被解释变量, 代表企业碳绩效; α_0 表示常数项; $Dig_{i,t}$ 为核心解释变量, α_1 是本文关注的核心系数; $controls_{i,t}$ 为一组控制变量, α_2 为其系数; $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

3.3.2. 中介效应模型

本文借鉴温忠麟和叶宝娟(2014) [16]的三步法检验分析师关注与研发投入的中介效应。

$$Analyst_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{i,t} + \beta_2 controls_{i,t} + \sum Year + \sum Ind + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$RD_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{i,t} + \sum \beta_2 controls_{i,t} + \sum Year + \sum Ind + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$CP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{i,t} + \alpha_2 Analyst_{i,t} + \sum \alpha_3 controls_{i,t} + \sum Year + \sum Ind + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$CP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{i,t} + \alpha_2 RD_{i,t} + \sum \alpha_3 controls_{i,t} + \sum Year + \sum Ind + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

4. 实证检验结果

4.1. 描述性统计分析

表 2 是描述性统计分析的结果。由表可知，样本期间内企业碳绩效(CP)的均值为 18.670，最大值为 21.440，最小值为 15.130，中位数为 18.806，说明样本的碳绩效水平分布比较均匀，存在较大差距。数字化转型(Dig)最小值为 0，最大值为 5.649，也表明制造业各企业之间数字化转型程度水平一定差距。

Table 2. Descriptive statistical analysis

表 2. 描述性统计分析

VARIABLES	N	mean	P50	sd	min	max
CP	16732	18.670	18.806	1.747	15.130	21.440
Dig	16732	2.975	2.996	1.112	0	5.649
ROA	16732	0.044	0.044	0.062	-0.235	0.205
Lev	16732	0.380	0.369	0.187	0.055	0.854
Growth	16732	0.172	0.122	0.325	-0.458	1.844
TQ	16732	2.152	1.737	1.293	0.886	8.344
Top10	16732	0.594	0.604	0.146	0.245	0.895
Dual	16732	0.341	0	0.474	0	1
Four	16732	0.048	0	0.214	0	1

4.2. 基准回归结果

表 3 报告了基准回归的结果。首先，不考虑其他变量对碳绩效的影响，只分析企业数字化转型程度对碳绩效的影响研究，得到(1)列的结果，其次，加入各控制变量和行业固定效应，得到(2)列的回归结果进而。再次，在(2)列的基础上进行时间固定效应，得到(3)列的结果。最后，将(3)列的结果进行 robust 稳健性检验。上述结果表明，无论在何种情形下，企业数字化转型都能显著提升制造业企业碳绩效，企业数字化转型的回归系数均在 1%的水平上显著为正，表明企业数字化转型能显著提高制造业企业的碳绩效，假设 H1 得到验证。

Table 3. Baseline regression result

表 3. 基准回归结果

VARIABLES	CP	CP	CP	CP
	(1)	(2)	(3)	(4)
Dig	0.4366*** (37.43)	0.0175*** (9.20)	0.0134*** (6.60)	0.0134*** (6.57)
ROA		0.9703*** (26.47)	0.9614*** (26.31)	0.9614*** (16.54)
Lev		-0.3568*** (-29.57)	-0.3508*** (-29.13)	-0.3508*** (-26.23)

续表

Growth		0.0232 ^{***}	0.0258 ^{***}	0.0258 ^{***}
		(3.73)	(4.09)	(2.73)
TQ		0.0336 ^{***}	0.0383 ^{***}	0.0383 ^{***}
		(21.31)	(23.34)	(14.72)
Top10		0.0879 ^{***}	0.0854 ^{***}	0.0854 ^{***}
		(6.20)	(6.05)	(6.15)
Dual		0.0337 ^{***}	0.0326 ^{***}	0.0326 ^{***}
		(8.23)	(8.00)	(7.66)
Four		0.0574 ^{***}	0.0587 ^{***}	0.0587 ^{***}
		(6.30)	(6.47)	(4.52)
Year	No	No	Yes	Yes
Ind	No	Yes	Yes	Yes
Constant	17.3711 ^{***}	17.4859 ^{***}	17.4696 ^{***}	17.4696 ^{***}
	(468.93)	(925.34)	(891.11)	(1,086.89)
N	16,732	16,732	16,732	16,732
R-squared	0.077	0.980	0.980	0.980

注：P < 0.1、P < 0.05、P < 0.01 分别用*、**、***表示，代表在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内数值为 t 统计量(下同)。

4.3. 企业数字化转型对碳绩效的影响机制分析

本文将继续探究企业数字化转型对碳绩效的作用机制。对于中介效应的检验，本文使用三步法，并利用 Sobel 方法检验中介效应。具体回归结果如表 4 所示。第(1) (4)列分别为加入中介变量后样本的基准回归结果，结果显示，数字化转型对企业碳绩效的回归系数显著为正。(2) (3)列分别报告了模型(2)和(4)的回归结果，(2)列中企业数字化转型对分析师数量的回归系数显著为正，(3)列中数字化转型对企业碳绩效的回归系数在 1%的水平上显著为正，说明分析师关注在企业数字化转型对于企业碳绩效的提升中起到了部分中介作用，假设 H2 得到验证。(5) (6)列分别报告了模型(3)和(5)的回归结果，(5)列中数字化转型对研发投入的回归系数显著为正，(6)列中数字化转型对企业碳绩效的回归系数在 1%的水平上显著为正，说明研发投入在企业数字化转型对于企业碳绩效的提升中起到了部分中介作用，假设 H3 得到验证。

进一步，分析师数量的 Sobel 检验 Z 值为 8.039，P 值 < 0.01；研发投入的 Sobel 检验 Z 值为 5.906，P 值 < 0.01。通过了 Sobel 检验，说明中介效应存在。

Table 4. Analysis of the impact mechanisms of enterprise digital transformation on carbon performance

表 4. 企业数字化转型对碳绩效的影响机制分析

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	CP	Analyst	CP	CP	RD	CP
Dig	0.0134 ^{***}	1.3743 ^{***}	0.0107 ^{***}	0.0135 ^{***}	0.2416 ^{***}	0.0110 ^{***}
	(6.57)	(20.16)	(5.19)	(6.58)	(26.29)	(5.10)

续表

Analyst			0.0020 ^{***}			
			(7.76)			
RD						0.0105 ^{***}
						(5.23)
ROA	0.9614 ^{***}	59.4302 ^{***}	0.8450 ^{***}	0.9840 ^{***}	5.5688 ^{***}	0.9256 ^{***}
	(16.54)	(41.04)	(13.88)	(17.57)	(28.27)	(15.71)
Lev	-0.3508 ^{***}	11.7578 ^{***}	-0.3738 ^{***}	-0.3512 ^{***}	2.6431 ^{***}	-0.3790 ^{***}
	(-26.23)	(27.21)	(-27.34)	(-26.11)	(41.86)	(-25.06)
Growth	0.0258 ^{***}	0.6443 ^{***}	0.0246 ^{***}	0.0241 ^{***}	0.0364	0.0237 ^{***}
	(2.73)	(2.85)	(2.61)	(2.63)	(1.09)	(2.60)
TQ	0.0383 ^{***}	1.8678 ^{***}	0.0347 ^{***}	0.0382 ^{***}	-0.1174 ^{***}	0.0394 ^{***}
	(14.72)	(23.55)	(13.23)	(14.61)	(-12.92)	(14.92)
Top10	0.0854 ^{***}	-0.1100	0.0856 ^{***}	0.0845 ^{***}	-0.3088 ^{***}	0.0877 ^{***}
	(6.15)	(-0.22)	(6.17)	(6.17)	(-4.91)	(6.35)
Dual	0.0326 ^{***}	0.0605	0.0325 ^{***}	0.0313 ^{***}	-0.1343 ^{***}	0.0327 ^{***}
	(7.66)	(0.43)	(7.64)	(7.36)	(-7.48)	(7.69)
Four	0.0587 ^{***}	7.4621 ^{***}	0.0440 ^{***}	0.0554 ^{***}	1.3341 ^{***}	0.0414 ^{***}
	(4.52)	(16.65)	(3.26)	(4.35)	(26.94)	(3.12)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	17.4696 ^{***}	-2.2547 ^{***}	17.4740 ^{***}	17.4720 ^{***}	15.3210 ^{***}	17.3112 ^{***}
	(1086.89)	(-2.85)	(1083.56)	(1083.94)	(133.01)	(489.87)
N	16,732	16,732	16,732	16,592	16,592	16,592
R-squared	0.980	0.283	0.981	0.981	0.379	0.981

4.4. 稳健性检验

为确保研究结论的可靠性,需要进行稳健性检验。前文在数据处理方面进行上下 1%的缩尾处理已经涉及到稳健性检验,接下来,本文将采取滞后期解释变量,固定省份效应以及 Bootstrap 方法进行稳健性检验,具体如下:

4.4.1. 滞后期解释变量

考虑到数字经济作为一种经济活动,其对于企业碳绩效可能具有一定的延迟效应,同样对于外部监管和企业创新来说,一般也发生在企业数字化水平提升之后,因此,跟着这种延迟效应,将数字化转型进行滞后期处理,结果如表 5 所示。

由(2)(3)列可知,滞后一期与滞后两期的回归系数均在 1%的水平上显著。由此可见,数字化转型对企业碳绩效具有一定的滞后效应。

Table 5. Robustness test
表 5. 稳健性检验

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	CP	CP	CP	CP
Dig	0.0134*** (6.57)			0.0125*** (6.02)
L.Dig		0.0171*** (8.00)		
L2.Dig			0.0204*** (9.11)	
ROA	0.9614*** (16.54)	0.9432*** (15.31)	0.9473*** (19.66)	0.9799*** (16.95)
Lev	-0.3508*** (-26.23)	-0.3041*** (-21.08)	-0.2743*** (-19.18)	-0.3547*** (-27.15)
Growth	0.0258*** (2.73)	0.0169 (1.54)	0.0047 (0.57)	0.0262*** (2.81)
TQ	0.0383*** (14.72)	0.0439*** (15.08)	0.0414*** (13.77)	0.0377*** (14.59)
Top10	0.0854*** (6.15)	0.0552*** (3.54)	0.0338** (1.99)	0.0914*** (6.62)
Dual	0.0326*** (7.66)	0.0311*** (6.74)	0.0299*** (6.09)	0.0353*** (8.34)
Four	0.0587*** (4.52)	0.0521*** (3.71)	0.0337*** (2.61)	0.0551*** (4.18)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind	Yes	Yes	Yes	Yes
Pro	No	No	No	Yes
Constant	17.4696*** (1086.89)	17.4529*** (989.12)	17.4305*** (867.75)	17.4571*** (921.77)
N	16,732	13,272	10,858	16,732
R-squared	0.980	0.982	0.983	0.981

4.4.2. 固定省份效应

为了提高研究的可信度，排除特定省份对研究结果的影响，本文在固定时间和行业的同时，对省份进行控制，回归结果如表 5 中(4)列所示，企业数字化转型对碳绩效的回归系数显著为正，与基准回归结果基本一致。通过固定省份效应的稳健性检验，进一步提升了研究结果的可靠性。

4.4.3. Bootstrap 中介效应检验

采用 Bootstrap 方法进一步检验数字化转型对碳绩效的中介效应，设置抽样次数为 1000，表 6 报告了

Bootstrap 方法的检验结果。从检验结果看, 分析师关注与研发投入的直接和间接效应均显著为正, 说明中介效应存在, 企业数字化转型能够通过提高企业创新水平提高企业碳绩效。以上结论说明, 企业数字化对企业碳绩效的作用过程中, 分析师关注与研发投入发挥着部分中介效应, 与前文检验一致, 本文结果具有稳健性。

Table 6. Results of Bootstrap test

表 6. Bootstrap 检验结果

VARIABLES	效应	效应系数	标准差	95%置信区间	
				下限	上限
Analyst	间接效应	0.0027***	0.0004	0.0019	0.0034
	直接效应	0.1072***	0.0021	0.0065	0.0149
RD	间接效应	0.0025***	0.0005	0.0017	0.0036
	直接效应	0.1096***	0.0017	0.0067	0.0151

4.5. 内生性处理

在研究数字化转型对企业碳绩效的影响过程中, 可能存在一定的内生性问题。首先, 企业碳绩效受到多种因素的影响, 可能存在难以测量并且有影响的遗漏变量的问题; 其次, 可能存在反向因果关系, 即某企业碳绩效的提升可能是由于改企业技术水平的提升, 这也许会促进企业数字化转型程度的提高; 最后, 样本的选择性偏差以及样本不全, 也会带来一定的内生性问题。本文采用两种方法来处理内生性问题。

4.5.1. 倾向得分匹配

本文采取倾向得分匹配(PSM)的方法, 将样本按照数字化转型程度高低分为两组, 并使用前文的控制变量作为 PSM 的匹配变量, 分别采取最近邻匹配、半径匹配和核匹配的方法为处理组企业寻找对照组企业。在平衡性检验通过之后, 对匹配的样本进行回归检验, 检验结果如表 7 中(1)列到(3)列所示, 匹配后的回归估计检验结果依旧表明企业数字化转型对企业碳绩效存在显著促进作用, 即本文核心结论稳健可信。

4.5.2. 工具变量法

本文借助工具变量法缓解内生性问题。参考肖红军等(2021) [17]将地区和行业的数字化转型程度平均值作为工具变量, 采用 2SLS 估计方法对回归模型进行检验。检验结果如表 7 所示, 列(4)为第一阶段检验结果, 企业数字化转型与工具变量在 1%的水平上显著为正, 且 F 统计量大于 10, 通过了弱工具变量检验。第二阶段回归结果如(5)列所示, 数字化转型对碳绩效影响仍在 1%的水平上正向显著, 说明在控制内生性问题后, 本文结论依旧稳健。

Table 7. Results of endogenous processing

表 7. 内生性处理结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	最近邻匹配 CP	半径匹配 CP	核匹配 CP	Dig	CP
IV				0.9572*** (58.58)	

续表

Dig	0.0134 ^{***} (5.82)	0.0134 ^{***} (6.60)	0.0135 ^{***} (6.65)		0.0399 ^{***} (8.38)
ROA	0.7832 ^{***} (18.79)	0.9614 ^{***} (26.31)	0.9800 ^{***} (26.83)	0.8142 ^{***} (6.10)	0.9359 ^{***} (15.97)
Lev	-0.3811 ^{***} (-27.60)	-0.3508 ^{***} (-29.13)	-0.3513 ^{***} (-29.24)	0.5282 ^{***} (12.38)	-0.3679 ^{***} (-26.42)
Growth	0.0285 ^{***} (4.07)	0.0258 ^{***} (4.09)	0.0227 ^{***} (3.60)	0.0397 [*] (1.72)	0.0243 ^{**} (2.56)
TQ	0.0363 ^{***} (18.83)	0.0383 ^{***} (23.34)	0.0381 ^{***} (23.22)	-0.0299 ^{***} (-5.06)	0.0393 ^{***} (14.94)
Top10	0.0653 ^{***} (4.03)	0.0854 ^{***} (6.05)	0.0827 ^{***} (5.87)	-0.0550 (-1.09)	0.0826 ^{***} (5.91)
Dual	0.0309 ^{***} (6.78)	0.0326 ^{***} (8.00)	0.0322 ^{***} (7.92)	0.0053 (0.36)	0.0314 ^{***} (7.36)
Four	0.0580 ^{***} (5.81)	0.0587 ^{***} (6.47)	0.0557 ^{***} (6.16)	0.0663 ^{**} (2.34)	0.0564 ^{***} (4.35)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	17.5105 ^{***} (779.72)	17.4696 ^{***} (891.11)	17.4719 ^{***} (893.41)	-0.7968 ^{***} (-10.41)	17.4215 ^{***} (983.72)
N	11,154	16,732	16,729	16,732	16,732
R-squared	0.983	0.980	0.981	0.405	0.980

5. 进一步分析

5.1. 产权性质

不同产权性质的企业在资源、管理、生产模式等方面存在差异，这会影响到数字化和企业碳绩效之间的关系，因此，本文将样本企业按企业产权性质划分为国有企业和非国有企业，结果如表 8 中的(1)和(2)所示，1) 为国有企业回归组，2) 列为非国有企业回归组。1) 列中企业数字化的回归系数为 0.0155，在 1% 的显著性水平上显著，2) 列中企业数字化的回归系数为 0.0137，通过 1% 的统计假设检验，可以看出，国有企业样本组中企业数字化对企业碳绩效的促进水平高于非国有企业组。其原因可能为：国有企业在国民经济中的主导地位，需要积极响应国家绿色可持续发展的号召，顺应时代发展潮流，推动企业数字化转型，优化国有企业生产流程和资源配置，使得国有企业的碳绩效水平提升大于非国有企业。

5.2. 高新技术水平

为了探究不同技术水平下的异质性，本文参考黎文靖和郑曼妮(2016) [18]的做法，将全样本划分为高新技术企业和非高新技术企业两组，重新检验数字化转型对碳绩效的影响。根据表 8 中列(3)和列(4)的回归结果，数字化转型对高新技术组和非高新技术组的回归系数均正向显著，但是高新技术组的回归系数

更大，说明企业数字化转型对高新技术组的碳绩效促进作用更加显著。其原因可能为：首先，高新技术企业拥有更强的技术研发能力和创新能力，可以更好地利用人工智能、大数据和云计算等技术来优化能源利用、生产流程和资源管理，实现能源效率的提升和碳排放的降低，提升企业碳绩效；此外，高新技术企业可能会受到更多的政府监管，企业更加注重绿色可持续发展和社会责任，会更有意识地采用清洁能源和低碳技术，减少对环境的影响，提高碳绩效。

Table 8. Results of heterogeneity analysis

表 8. 异质性分析结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	国有 CP	非国有 CP	高新技术组 CP	非高新技术组 CP
Dig	0.0155 ^{***} (4.53)	0.0137 ^{***} (5.55)	0.0158 ^{***} (6.52)	0.0098 ^{***} (2.92)
ROA	1.3544 ^{***} (15.59)	0.8779 ^{***} (12.49)	0.9703 ^{***} (18.09)	0.9540 ^{***} (9.83)
Lev	-0.0906 ^{***} (-4.45)	-0.3909 ^{***} (-22.85)	-0.4439 ^{***} (-29.83)	-0.2694 ^{***} (-12.88)
Growth	-0.0203 ^{**} (-2.50)	0.0299 ^{**} (2.52)	0.0175 ^{**} (2.22)	0.0358 ^{**} (2.10)
TQ	0.0371 ^{***} (8.32)	0.0386 ^{***} (12.63)	0.0250 ^{***} (8.93)	0.0499 ^{***} (11.78)
Top10	-0.0004 (-0.02)	0.0982 ^{***} (5.71)	0.0268 [*] (1.74)	0.1318 ^{***} (6.01)
Dual	0.0037 (0.36)	0.0195 ^{***} (4.03)	0.0267 ^{***} (5.66)	0.0357 ^{***} (5.25)
Four	0.0029 (0.38)	0.1211 ^{***} (5.54)	0.0027 (0.30)	0.0883 ^{***} (4.57)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	17.4095 ^{***} (680.63)	17.4756 ^{***} (893.83)	18.4246 ^{***} (1158.43)	17.3783 ^{***} (746.87)
N	4027	12,319	7572	9160
R-squared	0.991	0.978	0.960	0.967

6. 政策建议

在我国“双碳”战略背景下，企业数字化转型和绿色融合发展已经成为推动企业绿色转型升级和高质量发展的重要战略选择。本文根据实证研究对企业如何利用数字经济实现经济效益和环境效益提供以下建议。

在宏观方面,第一,政府要发挥其调控功能,大力推动数字经济的发展。政府可以加大投入,促进数字基础设施建设,如光纤网络、5G 通信基站等,提高网络覆盖范围和速度,为数字经济发展提供支持;鼓励数字经济与实体经济结合,为企业数字化转型营造良好的外部市场环境,促进企业数字经济发展;政府要加强人才培养,建立和完善相关专业教育体系,培养更多的专业人才。第二,政府要完善监督体系,将传统监管手段与数字技术相结合,提高政府收集数据的精确性,通过大数据手段提高企业碳排放报告数据的透明度,政府和公众能更轻松获取企业的碳排放数据,监督其环境绩效。在进行监督时,也要根据不同企业的特征,有针对性地建立科学的监督体系。第三,要加强对国有企业和高新技术企业的改革。国有企业相比于非国有企业,高新技术组相比于非高新技术组,数字化转型对碳绩效的促进效果更为显著。因此,要进一步探究国有企业和高新技术企业的改革,吸收引进数字化技术,为企业数字化转型赋能;建立健全人才引进和激励机制,加强数字化人才培养。

在微观方面,第一,企业要顺应数字经济的发展浪潮,把握数字经济带来的机遇,利用物联网、大数据等数字技术对企业的生产经营活动进行管控,提升资源配置效率。在数字经济时代,数字化转型是企业的核心竞争要素,企业数字化转型程度越高,对碳绩效的促进作用越显著。因此,企业要加大数字化转型力度,积极推进数字化进程,制定合理的数字化战略,保障数字化顺利进行。第二,企业要注重创新,加大研发投入。企业增加研发投入能显著提升企业碳绩效,因此企业要加大研发投入,确保企业内部创新活动有充足的资金支持。同时,企业还要建立健全内部创新体系,完善创新人才保障激励制度,激发员工自主创新的积极性,促进企业环保材料的开发和应用,降低能源消耗,推动企业绿色发展。第三,企业要注重绿色高质量发展的理念,积极响应国家政策,把握各利益相关主体诉求,实现低碳转型。企业可以通过培训和教育,提高员工对低碳发展的意识,鼓励员工采取低碳行动;此外,企业要制定清晰的目标,设定明确的低碳目标,并将目标与企业的战略规划相结合。

参考文献

- [1] 许金花,叶妃三,商丽霞. 公众环境关注度对企业碳绩效水平的影响研究[J]. 管理学报, 2023(11): 1-11.
- [2] 邓慧慧,曾庆阁,赵晓坤. 制造业企业数字化转型、外部压力与碳绩效[J]. 浙江社会科学, 2023(10): 36-48.
- [3] 王珮,黄珊,王瑶,等. 碳排放权交易对企业碳绩效的影响研究[J]. 科研管理, 2023, 44(12): 158-169.
- [4] 陈华,董占齐. 企业碳绩效影响因素研究——基于合法性理论的分析视角[J]. 科技促进发展, 2020(3): 284-292.
- [5] 杨双鸽. 内部治理、碳绩效与企业资本成本[J]. 财会通讯, 2021(4): 58-62.
- [6] 张彩平,陈留柱. 企业碳绩效指数构建及应用研究[J]. 会计之友, 2023(17): 9-16.
- [7] 张涵钰,张文韬,李涛. 数字技术应用与企业绩效——基于中国上市公司的经验发现[J]. 宁夏社会科学, 2023(5): 118-129.
- [8] 温科,李常洪,曾建丽. 数字化转型、研发国际化与企业创新绩效[J]. 技术经济, 2023, 42(10): 49-67.
- [9] 马苓,刘硕,郑敏娜. 企业数字化转型、绿色创新与碳绩效——碳排放权交易政策与公众环境关注度的调节作用[J]. 研究与发展管理, 2024, 36(2): 63-73.
- [10] 肖仁桥,王冉,钱丽. 数字化水平对企业碳绩效的非线性影响——绿色技术创新的中介作用[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(5): 96-106.
- [11] 杨贝贝,陈培友,高太光. 企业数字化转型的治理效应——来自财务重述的证据[J]. 华东经济管理, 2023, 37(10): 68-79.
- [12] 闫华红,蒋婕,吴启富. 基于产权性质分析的碳绩效对财务绩效的影响研究[J]. 数理统计与管理, 2019, 38(1): 94-104.
- [13] 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.
- [14] 胡洁,韩一鸣,钟咏. 企业数字化转型如何影响企业 ESG 表现——来自中国上市公司的证据[J]. 产业经济评论, 2023(1): 105-123.

-
- [15] 刘艳霞, 陈乐, 周昕格. 数字化转型与绿色创新: 基于信息的双重效应识别[J]. 改革, 2023(10): 30-45.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.