

企业数字化转型促进绿色低碳发展了吗？

姓名：郭沛瑶

性别：女

身份证号：

工作单位及职务：

职称：

最高学历：

研究方向：

主要研究成果：

通讯地址（邮编）：

联系电话：

电子邮箱：

资助情况：本文获国家自然科学基金项目“XXX”（项目编号：XXX）、国家社科基金面上项目“XXX”（项目编号：XXX）资助。

姓名：马乾龙

性别：男

身份证号：230103200002160918

工作单位及职务：北京物资学院硕士研究生

职称：无

最高学历：硕士研究生

研究方向：企业数字化转型；绿色低碳；经济政策不确定性；数字金融

通讯地址（邮编）：北京市通州区富河大街 321 号北京物资学院。

联系电话：15561805733

电子邮箱：mql110216@163.com

姓名：

性别：

身份证号：

工作单位及职务：

职称：

最高学历：

研究方向：

主要研究成果：

通讯地址（邮编）：

联系电话：

电子邮箱：

资助情况：本文获国家自然科学基金项目“XXX”（项目编号：XXX）、国家社科基金面上项目“XXX”（项目编号：XXX）资助。

企业数字化转型促进绿色低碳发展了吗？

内容摘要：数字化转型作为企业发展的重要历程，是否能够通过“科技赋能”，为企业高质量发展开辟新路径，助力实现“双碳”目标？本文基于 2010—2021 年中国 A 股上市公司的微观数据作为研究样本，研究了企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响。结果发现，企业数字化转型对企业绿色低碳水平起到显著的促进作用，企业数字化转型程度每提高 1%，企业绿色低碳水平上升 1.458%，企业数字化转型主要通过数字技术应用，云计算技术与大数据技术对企业绿色技术创新起到显著促进作用，从而提高企业绿色低碳水平。机制分析表明，企业数字化转型主要是通过提高加强企业信息处理能力，提高企业经营稳定性；减少代理成本，缓解企业融资约束；加强企业技术运用能力，提高企业持续研发创新能力；改善企业生产结构，全面实现全要素生产率提高，实现数字技术赋能企业绿色低碳发展。同时，由于地区，行业及企业之间存在较大差异，企业数字化转型对绿色低碳水平产生异质性影响。本文的研究为企业绿色低碳转型提供了全新的视角，可为企业高质量发展提供相关政策建议。

关键词：数字化转型 绿色低碳 POI 数据 数字技术应用

中图分类号：F270

文献标识码：A

引言

科技工业不断地发展，全球二氧化碳排放量也在逐渐地增加，随着二氧化碳排放量的不断增长，全球变暖导致海洋气候变化无常，从而导致许多自然性灾难发生，因此，全球各国越发重视二氧化碳排放问题。同时，党的二十大报告明确提出要加快发展方式绿色转型，实施全面节约战略，发展绿色低碳产业，倡导绿色消费，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。而实体企业在落实绿色低碳生产方式方面肩负重大责任。首先，面对应对气候变化的国际压力和日益加大的资源环境约束，企业需通过技术进步、节能减排及高效生产等方式，以实现绿色生产并减少对环境产生的负外部性，企业绿色转型是推动可持续发展的关键，也是解决我国资源环境问题的基础之策。其次，严格的环境规制政策会“倒逼”企业提高生产效率及加快绿色低碳转型程度，以促进企业高质量发展（杨岚和周亚虹，2022）。最后，企业通过绿色低碳转型将会取得“福利待遇”，企业进行绿色技术创新及高质量发展会得到政府补助（谢乔昕和张宇，2021），同时企业也会取得较强的市场竞争力（苏媛和李广培，2021）。因此，企业绿色低碳转型既是“大势所趋”，也是“心之所向”。

随着以人工智能、大数据为代表的新一代信息通信技术兴起，数字技术与实体产业加速

融合并渗透到经济社会的众多领域。2023年《关于加快科技创新推动高质量发展的若干意见》指出，各级政府应加强企业创新主题培育，加大重大产业技术攻关，推进开放合作协同创新及深化科技机制管理改革以促进企业高质量发展。在我国政府大力推动数字化变革创新的背景下，数字化转型愈发成为企业核心竞争优势、驱动实体企业提质增效以及引领我国经济动能转换的重要引擎。同时，数字化转型通过“以数字化引领绿色化”及“以绿色化带动数字化”的方式，实现数字技术“赋能”企业高质量发展，以促进企业绿色低碳发展和实现“双碳”目标（刘畅等，2023）。

本文的创新点和边际贡献主要体现在以下四个方面：第一，本文梳理了现有文献关于企业绿色低碳转型的衡量方式，并提出采取多维度的评价体系衡量企业绿色低碳转型的必要性。第二，为克服潜在的内生性问题，本文使用高德地图兴趣点数据中邮局及物流速递网点的数量作为工具变量进行内生性检验。第三，本文较为详细地阐述了企业数字化转型对企业绿色低碳发展的作用机制及其分项指标的贡献程度，同时本文从地区、行业和企业三个维度对数字化转型作用于绿色低碳发展进行异质性检验，为更好地发挥数字技术“赋能”高质量发展提供现实依据。第四，本文研究结论对政府促进企业进行绿色低碳转型，联合社会各主体高质量发展及共同实现“双碳”目标具有重要政策启示。

一、文献综述与研究假说

已有文献关于企业数字化转型的经济后果的研究文献主要集中在以下几个方面，一是影响企业的出口行为，如企业数字化转型提高企业出口韧性（张鹏杨，2023；戴翔等，2023）并促进企业出口增长（戴翔和马皓巍，2023）；二是加强企业间的“联动行为”，如提高企业间的协同效应（杜勇等，2023；范合君等，2023）及加强产业链间的互动（袁淳等，2023；张虎等，2023）；三是提高企业的绩效表现，如企业数字化程度的上升会提高企业资本市场表现，财务绩效和企业ESG表现（吴非等，2021；Peng & Tao, 2022；王海军等，2023），降低企业的融资成本及代理成本（Sun et al., 2022），同时促进企业研发（董松柯等，2023；王靖茹和姚颐，2023）并提高企业创新效率（贺正楚等，2023；Li et al., 2022）和产出效率（刘淑春等，2021；刘艳霞，2022；Zhang et al., 2022）。除此之外，一些学者对企业数字化转型与碳排放及绿色创新效率之间的关系进行了探究（Shang et al., 2023；刘畅等，2023），鲜有文献关注于企业数字化转型对企业绿色低碳发展的影响及影响机制。

由于企业绿色低碳转型的界定较为复杂，学者对于衡量企业绿色低碳转型的方式还未达成一致，目前主要将其归为两类，一类为单一指标度量，另一类为多维指标度量。对于单一指标而言，一些学者着眼于以绿色专利为代理变量衡量企业绿色低碳转型程度（王晓祺和宁金辉，2020；Ma et al., 2021；Zhang et al., 2022；苏涛永等，2022；范德成与张修凡，2021）；另一些学者采用绿色全要素生产率作为代理变量衡量企业绿色转型水平（邹静等，2023；喻旭兰和周颖，2023）；还有一些学者采用化石燃料测算企业二氧化碳及二氧化硫排放量，直

接衡量企业的绿色发展水平（王浩等，2022；喻旭兰和周颖，2023）；一些文献中也出现采取文本分析法对企业绿色转型程度进行测度的方式（吴非和黎伟，2022）。对于多维指标而言，一些学者认为应从文化、战略、创新、投入、生产和排放等多个纬度去综合度量企业绿色转型效果（于连超等，2019）；还有一些学者的研究表明在企业绿色低碳转型进程中，处理好企业与自然、企业内部以及企业与社会的关系十分重要（刘学敏和张生玲，2015）。同时，中国社会科学院工业经济研究所课题组将绿色转型界定为：工业迈向“能源资源利用集约、污染物排放减少、环境影响降低、劳动生产率提高、可持续发展能力增强”的过程，以资源集约利用和环境友好为导向，注重环境效益与经济效益的协调统一。因而，构建一个完善健全的评价体系衡量企业绿色低碳转型程度是十分必要的。

本文认为企业数字化转型会促进企业绿色低碳发展。第一，企业的数字化转型在减少企业信息不对称的同时会提高企业的信息处理能力，从而提高企业的经营稳定性（方明月等，2023），这将避免企业经营战略的频繁调整，从而保证企业的研发持续性以促进企业的绿色低碳转型。第二，企业数字化转型可以通过提高企业信息透明度、降低融资成本，缓解企业融资约束（王敬勇等，2022），进而促使企业有更多的资金进行绿色技术研发。第三，数字技术的广泛应用，缓解了银行与企业之间的信息不对称，金融机构借助数字金融拓宽服务半径，优化了金融资源配置，提高金融服务效率（田杰等，2021），对企业低碳转型和绿色发展发挥重要支撑作用（黄锐等，2021）。第四，企业在数字化转型过程中存在“技术吸收”与“技术外溢”，数字技术的扩散会提升企业间的共享信息平台构建及技术合作（范合君等，2023；袁淳等，2023），以提高企业的持续研发能力和全要素生产率，进而促进企业实现高质量发展。根据上述分析，本文提出如下研究假设：

假设 1:企业数字化转型程度的提升会促进企业绿色低碳发展。

二、研究设计

（一）样本数据与来源

为验证研究假说，本文使用 2010—2021 年中国 A 股上市公司的微观数据作为研究样本，并进行了如下处理：（1）删除 ST、PT 类上市公司样本；（2）删除金融、保险及房地产行业的上市公司；（3）对所有连续变量进行了上下 1%分位数缩尾处理。经过上述筛选，最终获得 3798 家上市公司 26426 个有效样本。本文的财务数据及其他公司特征来自 CSMAR 数据库，和讯网及上市公司年报，专利数据来源于国家知识产权局网站。

（二）变量定义

1.企业绿色发展（Gt）。企业绿色低碳转型不仅要体现生产效率提升，还应体现环境影响降低、资源利用率、污染排放减少、可持续发展等指标的改善（中国社会科学院工业经济研究所课题组，2011），邓慧慧和杨露鑫（2019）也表明衡量企业绿色低碳程度需注重资源集约利用、污染程度减少、产业结构升级、生产效率提升、可持续发展五个方面。因而，本

文参考孙传旺和张文悦（2022），采用4个一级指标及8个二级指标对企业绿色低碳程度进行度量。一级指标包含技术创新，生产水平，环境保护，社会评价四个方面。第一，技术创新包括创新投入、创新产出两个二级指标，创新投入比例衡量企业创新意愿，绿色创新产出衡量企业绿色技术研发倾向，绿色技术创新是推动经济绿色转型的重要引擎（于宪荣，2023），二者综合衡量企业低碳绿色转型的技术运用能力。第二，生产水平采用绿色生产效率与劳动生产效率，绿色生产效率指标基于SBM-GML模型进行度量（李玲、陶锋，2012）的做法，二者分别用于刻画企业绿色生产的外部影响与企业生产的人力效率，单位产出需要人力资本的下降与所造成环境负外部性的下降，意味着企业生产水平的上升，促进企业实现高质量发展。第三，环境保护包括环境表现，环保投资与内部控制能力，三个二级指标整体代表了企业对社会环境产生的正外部性。第四，社会评价为企业的社会责任表现，社会责任包括股东责任、员工责任、供应商、客户和消费者权益责任，环境责任，社会责任，以综合评价企业的社会贡献，同时企业的社会责任与企业碳减排密切相关（林志炳和鲍蕾；2021），因而在构建体系中加入社会责任是必要的。企业绿色低碳程度综合评价指标体系的架构思路和指标的具体含义见表1。

表1 企业绿色低碳程度综合评价指标

一级指标	二级指标	具体含义
技术创新	企业创新投入	研发投入金额/总资产
	绿色创新产出	当年绿色专利授权量与专利授权总数之比
生产水平	绿色生产效率	基于SBM-GML模型计算绿色全要素生产率
	劳动生产效率	营业总收入与员工人数之比
环境保护	环境表现	华证ESG评分中环境等级，C至AAA分别赋值1-9
	环保投资	企业环保投资金额加1取自然对数
	内部控制能力	博迪内部控制指数
社会评价	社会责任	和讯社会责任(CSR)总得分

2.企业数字化转型（Dgi）。参考吴非等（2021），本文从人工智能技术（AI），区块链技术（BD），云计算技术（CC），大数据技术（DT）及数字技术应用（ADT）五个方面来衡量企业的数字化转型程度¹。本文具体做法如下，首先，基于上述五个方面，得到企业数字化转型关键词词表；其次，对上市公司的年报进行文本分析，获得企业数字化转型关键词词频；最后，对关键词词频加总来度量企业数字化转型程度。

¹ 人工智能技术是一种通过计算机程序或系统模拟、扩展和增强人类智能的技术。AI包括机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉等领域。例如，自动驾驶技术可以提高道路安全和出行效率；智能客服可以提升客户服务体验；AI辅助医疗诊断有助于提高诊断准确率。区块链技术是一种去中心化的分布式数据库技术，通过加密算法确保数据的安全性和不可篡改性。例如，区块链技术可以应用于数字货币(如比特币)的安全交易；在供应链管理中，区块链可以提高信息透明度和追溯性，降低成本；在版权保护方面，区块链可以确保原创作品的权益不被侵犯。云计算即使是一种通过网络提供计算资源(如处理器、内存、存储等)和应用服务的技术，实现了资源的灵活分配和按需使用。例如，企业可以通过云计算实现信息系统的迅速搭建和扩展，降低运维成本；在线教育平台通过云计算实现高并发访问和海量数据存储。大数据技术是指海量、多样性、实时性的数据集合，通过高效处理和分析这些数据可以发现潜在的价值和规律。例如，通过分析互联网用户行为数据，企业可以制定更精准的营销策略；金融机构可以利用大数据技术进行风险管理和信贷评估；在医疗领域，大数据可以帮助实现精准医疗、疫情预警等。数字技术应用主要为“技术实践应用”，其更多地关注具体的数字化业务场景应用。

附表 1 企业数字化转型关键词词表

	分类	关键词词库
企业数字化转型程度	人工智能技术	人工智能、商业智能、图像理解、投资决策辅助系统、智能数据分析、智能机器人、机器学习、深度学习、语义搜索、生物识别技术、人脸识别、语音识别、身份验证、自动驾驶、自然语言处理
	区块链技术	区块链、数字货币、分布式计算、差分隐私技术、智能金融合约
	云计算技术	云计算、流计算、图计算、内存计算、多方安全计算、类脑计算、绿色计算、认知计算、融合架构、亿级并发、EB 级存储、物联网、信息物理系统。
	大数据技术	大数据、数据挖掘、文本挖掘、数据可视化、异构数据、征信、增强现实、混合现实、虚拟现实
	数字技术运用	移动互联网、工业互联网、移动互联、互联网医疗、电子商务、移动支付、第三方支付、NFC 支付、智能能源、B2B、B2C、C2B、C2C、O2O、网联、智能穿戴、智慧农业、智能交通、智能医疗、智能客服、智能家居、智能投顾、智能文旅、智能环保、智能电网、智能营销、数字营销、无人零售、互联网金融、数字金融、Fintech、金融科技、量化金融、开放银行

3.企业经营稳定性。参考聂辉华等(2020)，首先，通过文本分析法对企业年报中的“管理层讨论与分析”部分(Management Discussion and Analysis，简称 MD&A)进行分词，共得到 N 个句子，且每个句子 S_i 含有所得到的词语集合 W_i 。其次，将表示不确定性的词与政府、政策等内容相关的词分别形成集合 J 与 K，若 $J \cap W_i \neq \Phi$ 且 $K \cap W_i \neq \Phi$ ，则认定该句子 S_i 为表示经济政策不确定性的句子，总计 n 个。最后，计算 $Fepc = -n/N$ ，得到企业经营稳定性的衡量指标，该数值越大说明企业经营越稳定。

4.企业融资约束。本文参考梁榜和张建华(2019)，采取 SA 指数衡量企业的融资约束，数值越大代表企业受到的融资约束越低，即企业更容易获取外部资金。

5.企业持续研发能力。本文参考何郁冰等(2017)，首先，假定企业在 t 年的专利申请数量(或研发经费)为 Inn_t 。其次，计算企业研发的环比增长率 r 等于 $(Inn_{t+1} + Inn_t) / (Inn_{t-1} + Inn_{t-2})$ 。最后，计算 $r * (Inn_{t-1} + Inn_t)$ 的数值，以此衡量企业的持续研发能力，该数值越大代表企业的持续研发能力越强。

6.企业全要素生产率。本文参考鲁晓东和连玉君(2012)、孙传旺和张文悦(2022)，基于 LP 法计算全要素生产率，以衡量企业高质量发展水平(王一鸣，2022)。

7.控制变量。根据以往文献(吴非等，2021；何帆和刘红霞，2019)选择如下控制变量：企业规模(Size)、资产负债率(Lev)、资产回报率(Roa)、自由现金流(Cashflow)，企业固定资产比例(Fixed)；营业增长率(Growth)；董事会规模(Board)，董事会人数加 1 取自然对数；最大股东持股比例(Top1)，企业最大股东持股数与企业总股数的比值；托宾 Q 值(Tb)，企业总市值与企业总资产的比值；企业年龄(Age)，企业年龄加 1 取自然对数。全部变量说明详见表 2 所示。

表 2 变量定义方式

变量类型	变量名称	变量说明	计算方法	
被解释变量	Gt	企业的绿色低碳化程度	采用熵值法对一级指标技术创新，生产水平，环境保护，社会评价进行测度	
解释变量	Dgi	企业数字化转型	文本分析法提取企业数字化转型关键词词频总数加 1 取自然对数	
	$Fepc$	企业经营稳定性	经济政策不确定性词语数/ 管理层讨论与分析总词语数取负数	
机制变量	SA	融资约束	SA 指数	
	Ci	持续研发创新能力	基于企业申请专利数量及研发经费综合度量	
	Tfp	全要素生产率	基于 LP 法计算全要素生产率	
	$Size$	企业规模	企业资产加 1 取自然对数	
	Lev	资产负债率	总负债/总资产	
	Roa	资产回报率	净利润/总资产	
	$Cashflow$	自由现金流	自由现金流/总资产	
	$Fixed$	固定资产比例	固定资产/总资产	
	控制变量	$Growth$	营业增长率	营业额增长额/当年营业额
		$Board$	董事会规模	董事会人数加 1 取自然对数
$Top1$		最大股东持股比例	最大股东持股数/总股数	
Tb		托宾 Q 值	(流通股市值+ 非流通股股份数*每股净资产+ 负债账面价值)/总资产	
Age		企业年龄	企业年龄加 1 取自然对数	

三、模型设定与统计描述

(一) 实证模型

为探究企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响，构建如下模型（1）至模型（3）：

$$Gt_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dgi_{it} + \gamma Controls_{it} + \gamma_i + \mu_t + \tau_{st} + \omega_{ct} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$Gty_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dgi_{it} + \gamma Controls_{it} + \gamma_i + \mu_t + \tau_{st} + \omega_{ct} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$Gt_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dgix_{it} + \gamma Controls_{it} + \gamma_i + \mu_t + \tau_{st} + \omega_{ct} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

其中，核心被解释变量 Gt_{it} 为企业绿色低碳程度，核心解释变量 Dgi_{it} 为企业

数字化转型程度， Gty_{it} 为衡量企业绿色低碳程度的一级指标， $Dgix_{it}$ 为衡量企

业数字化转型的不同方向的关键词词频总和， $Controls_{it}$ 代表一系列控制变量，

γ_i 代表个体固定效应， μ_t 代表时间固定效应， τ_{st} 与 ω_{ct} 分别代表行业*时间与省份*时间固定效应。在计量模型（1）中， β_1 是重点关注的估计系数，刻画了企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响，若该系数显著为正，则证明企业数字化转型提高了企业绿色低碳水平，即假设 1 成立。

（二）描述性统计

主要变量描述性统计结果如表 3 所示。由表 3 结果可见，企业绿色低碳水平（ GT ）的均值为 28.39，标准差为 7.02；企业数字化转型程度（ Dgi ）的均值为 1.32，标准差为 1.382，描述性统计结果表明不同企业之间的数字化转型程度与绿色低碳水平存在较大差异，且其他各变量的分布均在合理范围。

表 3 描述性统计

变量名称	样本数量	平均值	标准差	最小值	最大值
GT	26426	28.390	7.020	14.720	48.930
Dgi	26426	1.320	1.382	0.000	5.011
$Fepu$	26426	-0.121	0.060	-0.309	0.010
Tfp	26426	9.076	1.106	6.782	12.090
Ci	26426	2.941	2.204	0.000	7.719
SA	26426	-3.804	0.250	-4.414	-3.134
$Size$	26426	22.220	1.282	19.940	26.000
Lev	26426	0.432	0.206	0.060	0.889
Roa	26426	0.039	0.062	-0.218	0.207
$Cashflow$	26426	0.045	0.069	-0.150	0.227
$Fixed$	26426	0.211	0.160	0.002	0.677
$Growth$	26426	0.174	0.377	-0.521	2.032
$Board$	26426	2.126	0.197	1.609	2.639
$Top1$	26426	0.341	0.148	0.090	0.729
Tb	26426	2.045	1.362	0.000	8.446
Age	26426	2.192	0.767	0.693	3.332

四、实证分析

（一）基准回归

表 4 汇报了企业数字化转型对企业绿色低碳发展的回归结果。第（1）列至第（3）列分别为逐步加入个体固定效应，时间固定效应以及省份*时间固定效应、行业*时间固定效应的回归结果。根据第（3）列实证结果，我们发现企业数字化转型显著促进企业绿色低碳发展，

且回归系数在 1%显著水平上显著，企业数字化转型程度每提高 1%，企业绿色低碳水平上升 1.458%。第（4）列汇报了利用高德地图兴趣点 POI 数据中的物流速递网点数量加 1 取自然对数作为工具变量的回归结果，数字化转型程度的回归系数符合预期，且显著为正，这表明数字化转型有助于企业实现绿色低碳发展。本文实证结果与曹裕等（2023）的研究结论相似，企业数字化转型主要通过内在技术驱动，使得企业逐步实现绿色结构化、绿色能力化、绿色杠杆化的转型发展。同时，《国家能源局关于加快推进能源数字化智能化发展》指出要加强传统能源与数字化智能化技术相融合的新型基础设施建设，释放能源数据要素价值潜力，强化网络与信息安全保障，有效提升能源数字化智能化发展水平，促进能源数字经济和绿色低碳循环经济发展，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供有力支撑。因而，加快企业数字化转型，促进企业高质量发展，实现碳达峰、碳中和具有战略性意义。综上，本文研究假设 1 整体成立。

表 4 数字化转型对企业绿色低碳的影响

变量	(1) FE	(2) FE	(3) FE	(4) FE-IV
<i>Dgi</i>	1.455*** (0.057)	1.457*** (0.057)	1.458*** (0.057)	4.241* (2.183)
<i>Size</i>	1.782*** (0.140)	1.780*** (0.139)	1.785*** (0.139)	1.436*** (0.381)
<i>Lev</i>	-3.458*** (0.493)	-3.447*** (0.492)	-3.443*** (0.492)	-1.608*** (0.308)
<i>Roa</i>	8.691*** (0.912)	8.669*** (0.912)	8.672*** (0.911)	13.894*** (1.278)
<i>Cashflow</i>	0.344 (0.595)	0.343 (0.595)	0.326 (0.595)	-0.599 (0.714)
<i>Fixed</i>	1.206* (0.678)	1.127* (0.678)	1.146* (0.679)	6.031* (3.338)
<i>Growth</i>	0.221** (0.096)	0.215** (0.096)	0.213** (0.096)	-0.229 (0.191)
<i>Board</i>	-0.297 (0.396)	-0.289 (0.395)	-0.296 (0.395)	-0.022 (0.214)
<i>Top1</i>	1.072 (0.907)	1.048 (0.908)	1.027 (0.908)	0.462 (0.600)
<i>Tb</i>	0.036 (0.039)	0.037 (0.039)	0.036 (0.039)	-0.225*** (0.059)
<i>Age</i>	-1.495*** (0.234)	-1.488*** (0.234)	-1.507*** (0.234)	-0.211*** (0.072)
<i>Constant</i>	-12.329*** (2.985)	-12.627*** (2.992)	-12.419*** (3.167)	-42.804*** (9.174)
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
年份*行业	否	是	是	是

年份*城市	否	否	是	是
<i>N</i>	26426	26426	26426	24,839
<i>Adj.R</i> ²	0.372	0.372	0.372	0.241

注：括号内为标准差；*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著。下同。

（二）企业数字化转型对企业绿色低碳分项指标的影响

表 5 的第（1）列至第（4）列分别汇报了企业数字化转型对企业绿色低碳发展分项指标：技术创新，社会评价，环境保护及生产水平的影响。其中，企业数字化转型对企业技术创新的作用最为明显，企业数字化转型每提高 1%，企业技术创新水平上升 4.621%。该结果与 Chen et al.（2023）的研究发现相似，数字化转型通过三条中介途径促进制造企业的绿色发展：提高绿色产品产出、技术创新水平和绿色投资水平。加快企业数字化发展，促进数字中国建设，有利于企业绿色发展，最终实现数字化和绿色化的共同发展。可见，在企业数字化转型赋能企业绿色低碳的过程中，信息技术的交叉应用为企业突破绿色研发瓶颈提供新的视角，更好地解决“卡脖子”难题，不断促进企业提高自身生产水平。同时，企业在降污减排方面持续投入资金，永担社会责任，加强环境保护，实现绿色生产与绿色经营，不断促进数字中国建设助力企业发挥正外部性，最终实现全社会的可持续性发展。

表 5 企业数字化转型对企业绿色低碳分项指标的影响

变量	(1) 技术创新	(2) 社会评价	(3) 环境保护	(4) 生产水平
<i>Dgi</i>	4.621*** (0.095)	0.303*** (0.113)	0.296*** (0.094)	0.086** (0.037)
<i>Size</i>	1.549*** (0.254)	3.290*** (0.267)	1.454*** (0.218)	2.362*** (0.107)
<i>Lev</i>	0.117 (0.789)	-10.074*** (0.955)	-3.721*** (0.806)	2.322*** (0.304)
<i>Roa</i>	-4.535*** (1.574)	13.526*** (1.832)	18.524*** (1.441)	4.729*** (0.532)
<i>Cashflow</i>	2.830** (1.112)	-6.314*** (1.264)	-0.060 (0.975)	3.488*** (0.350)
<i>Fixed</i>	2.243** (1.071)	1.703 (1.270)	0.503 (1.035)	-5.166*** (0.455)
<i>Growth</i>	-0.192 (0.194)	-0.383* (0.205)	0.303* (0.156)	1.011*** (0.064)
<i>Board</i>	-1.200* (0.697)	-1.408* (0.800)	0.256 (0.598)	0.278 (0.231)
<i>Top1</i>	-1.139 (1.514)	4.152** (1.671)	2.884** (1.344)	-1.621*** (0.572)
<i>Tb</i>	0.138** (0.066)	0.016 (0.078)	-0.144** (0.064)	0.072*** (0.025)
<i>Age</i>	-4.165*** (0.402)	-3.096*** (0.422)	1.734*** (0.344)	0.525*** (0.161)
<i>Constant</i>	-25.644***	-15.786**	0.349	-15.500***

	(6.434)	(6.395)	(5.160)	(2.394)
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
年份*行业	是	是	是	是
年份*城市	是	是	是	是
<i>N</i>	26,426	26,426	26,426	26,426
<i>Adj. R</i> ²	0.353	0.059	0.067	0.312

(三) 企业数字化转型分项指标对企业绿色低碳的影响

在上述分析后，本文对数字化转型的分项指标进行回归分析，以探究企业数字化转型通过何种技术影响企业绿色低碳程度。表 6 的第 (1) 列至第 (5) 列分别汇报了数字技术运用，云计算技术，大数据技术，人工智能技术及区块链技术对企业绿色低碳程度的影响。其中，

数字技术运用，云计算技术，大数据技术及人工智能技术对企业绿色低碳程度起到显著促进作用，而区块链技术并没有对企业绿色低碳转型起到主要作用。企业的数字技术应用水平，云计算技术水平与大数据技术水平每提高 1%，企业的绿色低碳程度就会分别上升 1.230%，0.961%与 0.830%。该回归结果印证了 Feng et al. (2022) 的研究发现：企业数字化转型主要影响企业的绿色创新产品和服务，以及企业在实现绿色创新发展时应注重企业的数字化技术应用。可见，企业绿色低碳转型主要基于大数据通过计算机程序或系统模拟、扩展和增强人类智能的技术，对企业资源实现灵活分配和按需使用，代替人力工作，将数字技术综合应用到数字化业务场景中。

表 6 数字化转型分项指标对企业绿色低碳的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>ADT</i>	1.230*** (0.065)				
<i>CC</i>		0.916*** (0.078)			
<i>DT</i>			0.830***		
<i>AI</i>				0.501*** (0.090)	
<i>BD</i>					0.339 (0.479)
<i>Size</i>	1.960*** (0.138)	1.998*** (0.138)	1.989*** (0.139)	2.063*** (0.138)	2.139*** (0.138)
<i>Lev</i>	-3.620*** (0.495)	-3.623*** (0.493)	-3.658*** (0.497)	-3.645*** (0.495)	-3.669*** (0.496)
<i>Roa</i>	8.562*** (0.917)	8.456*** (0.927)	8.663*** (0.921)	8.625*** (0.926)	8.423*** (0.928)
<i>Cashflow</i>	0.229 (0.604)	0.346 (0.609)	0.334 (0.608)	0.239 (0.613)	0.237 (0.614)

<i>Fixed</i>	0.878 (0.676)	0.371 (0.690)	0.523 (0.695)	0.352 (0.692)	0.297 (0.695)
<i>Growth</i>	0.212** (0.096)	0.287*** (0.096)	0.269*** (0.097)	0.293*** (0.097)	0.271*** (0.097)
<i>Board</i>	-0.163 (0.399)	-0.033 (0.402)	-0.021 (0.402)	0.020 (0.403)	0.079 (0.402)
<i>Top1</i>	0.712 (0.902)	0.576 (0.924)	0.634 (0.927)	0.452 (0.926)	0.348 (0.926)
<i>Tb</i>	0.042 (0.039)	0.060 (0.039)	0.057 (0.039)	0.064 (0.039)	0.064 (0.040)
<i>Age</i>	-1.413*** (0.234)	-1.392*** (0.236)	-1.412*** (0.237)	-1.378*** (0.237)	-1.323*** (0.237)
<i>Constant</i>	-15.869*** (3.155)	-16.514*** (3.205)	-16.245*** (3.187)	-17.866*** (3.202)	-19.526*** (3.200)
企业固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
年份*行业	是	是	是	是	是
年份*城市	是	是	是	是	是
<i>N</i>	26,426	26,426	26,426	26,426	26,426
<i>Adj. R²</i>	0.358	0.346	0.345	0.341	0.339

五、稳健性检验

(一) 自助检验及变量代理方式

为进一步验证本文的研究结论，我们采取 Bootstrap 自助检验法、调整一级指标权重、替换被解释变量进行了稳健性检验。表 7 中的第 (1) 列汇报了 Bootstrap 自助检验法结果。第 (2) 列汇报了按照均匀加权的方法调整一级指标权重的实证结果。由于企业绿色低碳程度与企业绿色专利的申请或获得数量有着密切联系 (苏涛永等, 2022)，我们采取企业绿色专利的申请数量作为被解释变量并重新进行回归，回归结果如第 (3) 列所示。结果表明，在进行上述稳健性检验后，本文结论仍然是稳健的。

表 7 稳健性检验 (1)

变量	(1) Bootstrap	(2) 调整权重	(3) 更换被解释变量
<i>Dgi</i>	1.458*** (0.045)	1.278*** (0.094)	0.025** (0.011)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
<i>Constant</i>	-12.419*** (2.391)	-31.423*** (5.420)	-9.006*** (0.658)
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
年份*行业	是	是	是
年份*城市	是	是	是

<i>N</i>	26,426	26,426	26,426
<i>Adj. R</i> ²	0.372	0.283	0.258

(二) 滞后一期控制变量

参考孙传旺和张文悦(2022),由上市公司年报数据中时间差效应引致的谬误会对实证结果产生影响,本文将控制变量滞后一期并对实证模型再次进行回归,结果表明,在将控制变量滞后一期后,企业数字化转型程度对企业绿色低碳发展的影响仍然为正,证明本文的结论是稳健的。

表 8 稳健性检验(2)

变量	(1)
<i>Dgi</i>	1.540*** (0.060)
<i>L. Controls</i>	控制
<i>Constant</i>	0.695 (3.433)
企业固定效应	是
年份固定效应	是
年份*行业	是
年份*城市	是
<i>N</i>	22,952
<i>Adj. R</i> ²	0.368

(三) 滞后效应

考虑到由于创新风险较高,能够带来技术进步、设备改造升级、绿色研发通常都需要很长时间(王馨和王营,2021),企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响可能存在滞后效应。为此在基准模型(1)的基础上,将解释变量取滞后 1-2 期分别进行重新估计,模型如下:

$$Gt_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dgi_{it-lag} + \gamma Controls_{it} + \gamma_i + \mu_t + \tau_{st} + \omega_{ct} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

上述模型中 Dgi_{it-1} 与 Dgi_{it-2} 分别表示滞后 1 期和 2 期。表 9 汇报了模型(4)的实证结果。表 9 中的第(1)列至第(3)列分别展示了当期,滞后 1 期及滞后 2 期的企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响,回归结果表明企业数字化转型对企业绿色低碳程度影响存在滞后效应,但这种效应随时间逐渐削弱(1.458> 0.551> 0.034),这表明企业当期的数字化转型程度对企业绿色低碳的影响更为明显。

表 9 滞后效应

变量	(1)	(2)	(3)
<i>Dgi</i>	1.458*** (0.057)		
<i>L. Dgi</i>		0.551*** (0.063)	
<i>L2. Dgi</i>			0.034

			(0.068)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
<i>Constant</i>	-12.419***	-15.140***	-18.861***
	(3.167)	(3.435)	(3.579)
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
年份*行业	是	是	是
年份*城市	是	是	是
<i>N</i>	26,426	23,045	20,181
<i>Adj. R</i> ²	0.372	0.341	0.337

(四) 内生性检验

1. 替换工具变量

为了避免内生性问题，确保研究结论的可靠性，采用工具变量法对回归模型进行内生性检验。参考聂辉华等（2020），李雪松等（2022）和郭峰等（2023），本文分别选取同一行业、同一省份其他企业数字化转型程度的平均值（IV1），滞后一期的企业数字化转型程度（IV2）和利用高德地图兴趣点数据中城市邮局数量的自然对数（IV3）²作为工具变量。上述工具变量与企业当期的数字化转型程度是密切相关的，但是其并不会直接影响企业当期的绿色低碳程度，因而满足工具变量的假设选取条件。三个工具变量的 Anderson canon. corr. LM 统计量均达到了 1% 的显著性水平，三个工具变量的 Cragg-Donald Wald F 统计量均大于 16.380，拒绝了弱工具变量的原假设，以上检验统计量充分证明了本文工具变量的合理性³。工具变量回归结果表明本文的研究结论仍然稳健。

表 10 工具变量法

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Dgi</i>	<i>Gt</i>	<i>Dgi</i>	<i>Gt</i>	<i>Dgi</i>	<i>Gt</i>
<i>Dgi</i>		1.175***		1.483***		1.642**
		(0.063)		(0.047)		(0.654)
<i>IV1</i>	0.167***					
	(0.016)					
<i>IV2</i>			0.460***			
			(0.009)			
<i>IV3</i>					0.017***	
					(0.003)	
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>Constant</i>	-4.995***	-26.561***	-2.800***	-39.784***	-3.308***	-29.171***
	(0.570)	(5.859)	(0.362)	(6.374)	(0.387)	(7.551)
企业固定效应	是	是	是	是	是	是

² 邮局数量可以作为衡量互联网发展的重要工具变量（黄群慧等，2019），本文通过高德地图 POI 兴趣点数据，整理出 2012—2020 年地级市邮局数量，将地级市邮局数量加总+1 取自然对数作为工具变量。

³ Anderson-Rubin Wald 统计量对应的 P 值分别为 0.0164，0.0000，0.0000，拒绝了“内生回归系数之和等于零”的原假设。

年份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份*行业	是	是	是	是	是	是
年份*城市	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	23,021	23,021	22,952	22,952	26,426	26,426
<i>Adj. R</i> ²	0.345	0.346	0.456	0.387	0.499	0.346

2. 得分倾向匹配

为解决样本自选则问题，确保研究结论可靠，参考王海军等（2021）的方法，采用倾向得分匹配（PSM）进行内生性检验。首先，根据企业数字化转型程度是否大于总样本平均值，生成虚拟变量。如果数字化转型程度高于均值，则该虚拟变量取值为 1，否则为 0。其次，基于 logit 模型，以企业数字化转型程度为处理变量，我们首先选用企业规模、固定资产比例、企业年龄、资产回报率、营业增长率、最大股东持股比例等控制变量为协变量，估计倾向得分。再次，分别根据 1:4 与 1:3 临近匹配方法和倾向得分，从控制组中挑选样本，对实验组进行匹配。最后，根据匹配前后处理组相对于控制组的平均处理效应（ATT）来检验企业数字化转型对企业绿色低碳的影响。表 11 中的第（1）列与第（2）列分别汇报了 1:4 与 1:3 临近匹配方法的回归结果，匹配前后的协变量分布如图 1 至图 2 所示，实证结果表明本文的研究结论是稳健的。

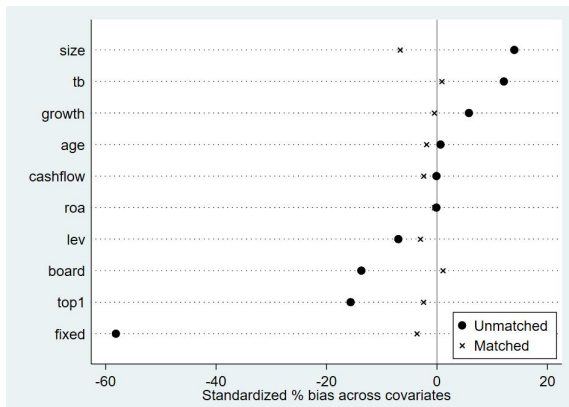


图 1 1:4 匹配

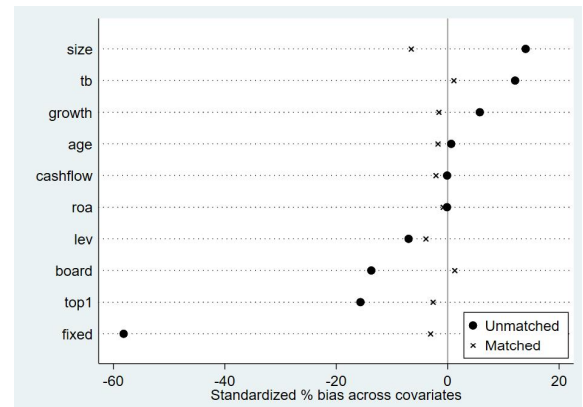


图 2 1:3 匹配

表 11 得分倾向匹配法

变量	(1) 1:4匹配	(2) 1:3匹配
<i>Dgi</i>	1.460*** (0.057)	1.498*** (0.059)
<i>Controls</i>	控制	控制
<i>Constant</i>	-12.594*** (3.199)	-15.314*** (3.138)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	25,966	22,752

六、进一步分析

（一）机制检验

结合前文的理论分析及基准回归结果，企业数字化转型可以提高企业绿色低碳程度，在此部分，本文将进一步对企业数字化转型如何影响企业绿色低碳程度的影响机制进行分析。企业数字化转型可以通过提高企业经营的稳定性，缓解企业的融资约束，提高企业的持续创新能力及提高企业的全要素生产率来实现企业绿色低碳转型。本文在模型（1）的基础上，构造模型（5）检验上述四个变量所发挥的调节效应：

$$Gt_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dgi_{it} + \beta_2 Mod_{it} + \beta_3 Mod_{it} * Dgi_{it} + \nu_i + \mu_t + \tau_{st} + \omega_{ct} + \epsilon_{it} \quad (5)$$

其中， Mod_{it} 表示调节变量，其余变量的设定方式与模型（1）相同。如果模

型（5）中的系数 β_1 、 β_3 显著且 β_2 符合预期，则说明 Mod_{it} 变量是企业数字化转型与企业绿色低碳发展的重要机制。

1. 企业经营稳定性

表 12 汇报了当企业经营稳定性作为机制变量时企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。企业经营稳定性的回归系数为 0.372 但不显著，这表明企业的稳定经营可能会促进企业绿色低碳转型。企业经营稳定性与企业数字化转型交互项的回归系数在 1% 显著水平上显著为正，这表明企业数字化转型可以通过减少企业面临的信息不对称和提高企业的信息处理能力来提高企业自身经营稳定性（方明月等，2023），而当企业经营稳定时，企业会将更多的资金用于社会责任投资以提高自身的绿色低碳水平（Feng et al., 2022）。

表 12 企业经营稳定性

变量	(1)
Dgi	1.689*** (0.060)
$Fepc$	0.372 (0.824)
$Fepc * Dgi$	1.772*** (0.414)
Controls	控制
Constant	-39.950*** (5.649)
企业固定效应	是
年份固定效应	是

年份*行业	是
年份*城市	是
<i>N</i>	26,136
<i>Adj. R</i> ²	0.390

2. 企业融资约束

表 13 汇报了当企业融资约束作为机制变量时企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。企业融资约束的回归系数为 3.381 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业融资约束的改善会促进企业绿色低碳转型。企业融资约束与企业数字化转型交互项的回归系数为 0.999 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业数字化转型可以通过提高企业信息透明度、降低融资成本，缓解企业融资约束（王敬勇等，2022），进而促使企业有更多的资金进行绿色转型。同时，随着企业数字化转型的提高，银行与企业之间的信息不对称问题得到了缓解，金融机构借助数字金融拓宽了服务半径。数字金融的广泛渗透和普及应用极大提高了金融服务效率，优化了金融资源配置（田杰等，2021），并对实体企业生产经营活动产生关键影响，对企业低碳转型和绿色发展发挥重要支撑作用（黄锐等，2021）。

表 13 企业融资约束

变量	(1)
<i>Dgi</i>	5.289*** (0.692)
<i>SA</i>	3.381*** (1.129)
<i>SA*Dgi</i>	0.999*** (0.182)
<i>Controls</i>	控制
<i>Constant</i>	-1.736 (4.823)
企业固定效应	是
年份固定效应	是
年份*行业	是
年份*城市	是
<i>N</i>	26,426
<i>Adj. R</i> ²	0.376

3. 企业持续研发创新能力

表 14 汇报了当企业持续研发创新能力作为机制变量时企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。企业持续研发创新能力的回归系数为 0.175 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业持续研发创新能力的提高会促进企业绿色低碳转型。企业持续研发创新能力与企业数字化转型交互项的回归系数为 0.066 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业数字化转型可以通过提高创新绩效与生产效率，降低研发操纵的策略性行为而提高企业持续研发创新能力（董松柯等，2023）。因而，当企业持续研发能力上升时，企业绿色技术创新也会随之提高，进而企业生产设备及生产流程也会进行升级改造，使得企业绿色低碳程度上升。

表 14 企业持续创新能力

变量	(1)
<i>Dgi</i>	1.223*** (0.054)
<i>Ci</i>	0.175*** (0.027)
<i>Ci*Dgi</i>	0.066*** (0.012)
<i>Controls</i>	控制
<i>Constant</i>	-36.748*** (5.602)
企业固定效应	是
年份固定效应	是
年份*行业	是
年份*城市	是
<i>N</i>	26,136
<i>Adj.R²</i>	0.390

4. 企业全要素生产率

表 15 汇报了当企业全要素生产率作为机制变量时企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。企业全要素生产率的回归系数为 0.880 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业全要素生产率的上升会促进企业绿色低碳转型。企业全要素生产率与企业数字化转型交互项的回归系数为 0.097 且在 1% 显著水平上显著，这表明企业数字化转型可以从技术层面促进效率变革和技术创新及从公司治理层面提升决策效率和监督有效性提高企业全要素生产率(刘艳霞, 2022)。同时，企业数字化转型对企业全要素生产率的影响具有一定持续性，即企业数字化转型是实现高质量发展的内在动能，最终助力企业实现绿色低碳转型。

表 15 企业全要素生产率的调节效应

变量	(1)
<i>Dgi</i>	0.533** (0.212)
<i>Tfp</i>	0.880*** (0.083)
<i>Tfp*Dgi</i>	0.097*** (0.023)
<i>Controls</i>	控制
<i>Constant</i>	-30.763*** (5.516)
企业固定效应	是
年份固定效应	是
年份*行业	是
年份*城市	是
<i>N</i>	25,662

(二) 异质性检验

1. 地区异质性

本文按照 2022 年新一线城市研究所公布的城市排行榜，将城市划分为一线、新一线、二线、三线、四线及五线城市（尹志超等，2019）。表 16 汇报了在不同级别城市中，企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响，实证结果表明在新一线，二线及三线城市中，企业数字化转型对企业绿色低碳程度的促进作用更为明显。

表 16 地区异质性 (1)

变量	(1) 一线	(2) 新一线	(3) 二线	(4) 三线	(5) 四线	(6) 五线
<i>Dgi</i>	1.378*** (0.111)	1.536*** (0.122)	1.582*** (0.132)	1.826*** (0.157)	1.175*** (0.205)	1.313*** (0.309)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Constant	-13.340** (5.855)	-9.418 (6.333)	-17.634** (7.061)	34.207** (17.195)	-12.793 (12.784)	-145.881 (587.925)
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份*行业	是	是	是	是	是	是
年份*城市	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	7,076	5,967	5,749	3,434	1,870	742
<i>Adj. R</i> ²	0.354	0.321	0.349	0.398	0.400	0.409

刘敏楼等（2022）研究发现数字金融发展水平的提高对绿色发展具有显著的促进作用，因而本文依据上市公司所在地级市的数字金融指数的中位数分为数字金融水平较为发达的地区与数字金融水平较为落后的地区两组，分别探究在不同数字金融发展水平的地区企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。表 17 的第（1）列与第（2）列分别汇报了在数字金融水平较为发达与较为落后地区中企业数字化转型对企业绿色低碳程度的影响。基于似无相关模型检验（SUEST）的结果，本文发现数字金融水平发达与落后的两组系数之间的差异在 1% 的水平上显著。同时，实证结果表明在数字金融水平较为发达的地区，企业数字化转型对企业绿色低碳程度的促进作用更为明显。

表 17 地区异质性 (2)

变量	(1) 数字金融水平较高	(2) 数字金融水平较低
<i>Dgi</i>	1.610*** (0.076)	1.434*** (0.065)
<i>Controls</i>	控制	控制
Constant	-23.129*** (4.666)	1.045 (4.679)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是

年份*城市	是	是
<i>N</i>	15,123	11,303
<i>Adj.R</i> ²	0.323	0.243

工业机器人作为人工智能技术在生产领域的核心载体,既可以利用自动化技术成为工业生产的发动机,也可以通过生产工具创新和生产知识创新实现工具机的价值(孙早和陈玉洁,2023)。基于此,本文以工业机器人普及率的中位数为标准分为机器人普及率较高的省份与机器人普及率较低的省份,来探究工业机器人的普及是否会对企业数字化转型对企业绿色低碳程度起到加成作用。表 18 的第(1)列与第(2)列分别汇报了工业机器人普及率较低与较高省份中企业数字化转型对企业绿色低碳程度影响。两组的回归系数通过了 SUEST 检验,且两组系数之间的差异在 5%的水平上显著。同时,企业数字化转型的系数表明,在工业机器人普及率较高的省份,企业数字化转型对企业绿色低碳程度的促进作用更为明显(1.572> 1.425)。

表 18 地区异质性(3)

变量	(1) 工业机器人普及率高	(2) 工业机器人普及率低
<i>Dgi</i>	1.425*** (0.065)	1.572*** (0.127)
<i>Controls</i>	控制	控制
Constant	-14.104*** (4.818)	-7.408 (6.695)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	20,099	5,418
<i>Adj.R</i> ²	0.376	0.346

2. 行业异质性

宋旭光等(2022)认为赋能传统产业升级,促进数字技术与实体经济融合发展,是发展数字经济的重要目的之一。为探究数字化产业对实体产业融合发展是否进一步提升企业的绿色低碳水平,本文依据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》的分类标准,将企业所在的行业分为数字化行业与非数字化行业两组。表 19 的第(1)列与第(2)列分别展示了在数字化产业与实体产业中,企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响。组间回归系数差异检验表明,两组回归系数差异在 1%水平上显著。同时,企业数字化转型的回归系数表明,数字化产业的企业主要通过数字技术赋能实体产业,为实体产业的研发创新及高质量发展提供技术保障,进而提升企业的绿色低碳水平。

表 19 行业异质性(1)

变量	(1) 数字化产业	(2) 非数字化产业
<i>Dgi</i>	1.509***	1.583***

	(0.074)	(0.084)
<i>Controls</i>	控制	控制
<i>Constant</i>	-12.471***	-11.815**
	(4.366)	(4.636)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	12,282	14,144
<i>Adj. R</i> ²	0.322	0.416

本文借鉴张云等（2019）并参照《上市公司环保核查行业分类管理名录》，将火电、钢铁、水泥电解铝、煤炭、冶金、化工、石化、建材、造纸、酿造、制药、发酵、纺织、制革和采矿业等 16 类行业划分为高碳行业，其他行业认定为低碳行业，然后进行分组回归。表 20 的第（1）列与第（2）列分别为高碳行业与低碳行业中企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响。组间系数差异在 5% 显著水平显著，通过了 SUEST 组间系数差异检验。同时，回归结果表明，较低碳行业而言，高碳行业的上市公司数字化转型对其绿色低碳水平的提升有着更为明显的促进作用。

表 21 行业异质性 (2)

变量	(1) 高碳行业	(2) 低碳行业
<i>Dgi</i>	1.503***	1.443***
	(0.122)	(0.064)
<i>Controls</i>	控制	控制
<i>Constant</i>	-18.129**	-10.932***
	(7.966)	(3.766)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	5,893	20,533
<i>Adj. R</i> ²	0.417	0.351

企业数字化转型在产业链群体中存在上下游联动效应，行业竞争强度越大，其上下游产业链数字化联动效应越显著（范合君等；2023）。为此，本文探究企业数字化转型对企业绿色低碳的促进作用是否会有利于企业良性竞争及企业高质量发展。计算行业内最大的前 5 家公司的主营业务收入占全行业主营业务收入的比列，按着中位数将其分为集中度高的行业与集中度低的行业两组，并进行分组回归。表 21 的第（1）列与第（2）列分别代表行业集中与行业不集中企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响。同时，组间系数差异检验表明，企业数字化转型的回归系数在 1% 水平上显著。回归结果表明，在竞争较为激烈的行业中，企业的数字化转型对企业绿色低碳水平的促进作用更为显著（1.573 > 1.360）。究其原因，

企业绿色转型有助于企业提高市场竞争力，提升企业在目标客户的价值定位，从而使企业获得更多市场份额，在众多企业中脱颖而出，实现高质量发展。

表 21 行业异质性 (3)

变量	(1) 行业集中	(2) 行业不集中
<i>Dgi</i>	1.573*** (0.079)	1.360*** (0.078)
<i>Controls</i>	控制	控制
<i>Constant</i>	-16.766*** (4.740)	-8.993** (4.395)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	12,710	13,716
<i>Adj. R</i> ²	0.364	0.353

3. 企业异质性

由于中国体制的特殊性，国有企业与民营企业在技术创新方面受到的政府补助是不同的。郭玥（2019）的研究表明创新补助对民营企业的研发创新有显著激励作用。因此，本文探究不同产权性质的企业的数字化转型对其绿色低碳水平影响的差异性。表 22 的第（1）列与第（2）列分别汇报了国有企业与民营企业数字化转型对其绿色低碳水平的影响。同时，企业数字化水平通过了组间系数差异检验，且在 1%水平上显著。回归结果表明，较民营企业而言，国有企业数字化转型对企业绿色低碳程度有着更为显著的促进作用。导致这种现象的原因可能为，国有企业会获得更多的税收优惠及信贷补贴，企业借款较民营企业更为容易，因而国有企业会投入较多的资金去支撑数字技术赋能企业绿色发展。

表 22 企业异质性

变量	(1) 国有企业	(2) 民营企业
<i>Dgi</i>	1.722*** (0.108)	1.376*** (0.068)
<i>Controls</i>	控制	控制
<i>Constant</i>	-16.634*** (6.070)	-14.017*** (3.905)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
年份*行业	是	是
年份*城市	是	是
<i>N</i>	8,283	18,143
<i>Adj. R</i> ²	0.429	0.340

七、结论与建议

本文基于 2010—2021 年中国 A 股上市公司的微观数据作为研究样本，采用双向固定效应的方法，研究了企业数字化转型对企业绿色低碳水平的影响。首先，企业数字化转型会显著提高企业的绿色低碳水平，企业数字化转型程度每提高 1%，企业绿色低碳水平上升 1.458%，企业数字化转型主要通过数字技术应用，云计算技术与大数据技术对企业绿色技术创新起到显著促进作用，从而提高企业绿色低碳水平。企业数字化转型每提高 1%，企业技术创新水平上升 4.621%，数字技术应用，云计算技术与大数据技术水平每提高 1%，企业绿色低碳转型程度就会分别上升 1.230%，0.961%与 0.830%。其次，机制分析表明，企业数字化转型主要通过加强企业信息处理能力，提高企业经营稳定性；减少代理成本，缓解企业融资约束；加强企业技术运用能力，提高企业持续研发创新能力；改善企业生产结构，全面实现全要素生产率提高，实现数字技术赋能企业绿色低碳发展。另外，本文通过自助检验法，更换变量代理方式，滞后一期控制变量，工具变量法及倾向得分匹配法对本文结论进行稳健性检验，实证结果表明本文研究结论是稳健的。同时，企业数字化转型对企业绿色低碳发展存在滞后效应，且这种效应随时间而减弱。最后，本文进行了异质性分析，地区特征异质性表明，企业数字化转型对位于新一线，二线及三线城市、数字金融水平较高的城市及工业机器人普及率较高的地区的企业绿色低碳发展的促进作用更大，说明数字技术赋能企业绿色转型需要金融基础设施和自动化基础设施支持，对于欠发达地区的数字化转型促进企业高质量发展是未来重点工作难题。行业特征异质性表明，企业数字化转型对企业绿色低碳水平的促进作用在非数字化产业及高碳行业中更为显著。企业特征异质性表明，较民营企业而言，国有企业数字化转型对企业高质量发展的促进作用更大。

政府部门、金融机构及社会各主体应发挥协同作用，积极引领企业进行数字化转型，突破技术瓶颈，促进技术外溢，赋能企业高质量发展，实现碳达峰、碳中和。本文针对企业绿色低碳发展提出以下政策建议：

第一，政府部门应加快金融基础设施及工业基础设施建设，提供相对稳定的政策环境。

首先，政府应与金融机构和科研机构合作，建立技术支持体系，为企业提供数字化转型所需的技术咨询、培训和支持，以推动新技术研发，帮助企业克服技术瓶颈，实现绿色低碳发展。其次，地方政府从税收优惠、研发补贴及奖励机制等方面，鼓励企业进行绿色生产，降低企业转型的经济成本。最后，政府可以制定要求企业披露环境信息的法规和标准，促进企业透明度和问责制，对企业的环境绩效和碳排放水平进行评估和认证，为企业提供参考和激励。

第二，金融机构应加强自身的信息获取能力，减少与企业之间的代理成本，缓解企业的融资约束。首先，金融机构应建立前沿的数据平台，实现关键核心技术突破，提高自身信息处理能力，降低与企业间的代理成本，实现更好地客户画像及追踪。其次，金融机构可以设计和推出各种绿色金融产品，如绿色贷款、绿色债券和绿色信贷，以支持企业在绿色能源、清洁技术和环境保护等方面的项目。最后，金融机构还可以提供相关的咨询和评估服务，帮

助企业评估项目的可行性和风险。

第三，社会各主体应信息共享，实现互赢互利。首先，社会各部门间应建立合作平台和网络，促进政府部门、金融机构、企业和科研机构之间的合作与交流，加强各方的协同作用，共同推动绿色低碳发展的进程。其次，企业内部应提高研发投入比例，以升级改造生产设备，实现生产绿色化，提高生产效率。最后，企业应注重自身的财务风险及研发风险，做好风险评估工作，实现平稳的高质量发展。

参考文献:

- [1] 曹裕, 李想, 胡韩莉, 万光羽, 汪寿阳. 数字化如何推动制造企业绿色转型? ——资源编排理论视角下的探索性案例研究[J]. 管理世界, 2023, 39 (03): 96-112
- [2] 戴翔, 曾令涵, 徐海峰. 企业数字化转型提升出口韧性: 机理及实证[J]. 中国软科学, 2023 (05): 44-53
- [3] 戴翔, 马皓巍. 数字化转型、出口增长与低加成率陷阱[J]. 中国工业经济, 2023 (05): 61-79
- [4] 邓慧慧, 杨露鑫. 雾霾治理、地方竞争与工业绿色转型[J]. 中国工业经济, 2019 (10): 118-136
- [5] 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 (04): 28-51
- [6] 杜勇, 娄靖, 胡红燕. 供应链共同股权网络下企业数字化转型同群效应研究[J]. 中国工业经济, 2023 (04): 136-155
- [7] 范德成, 张修凡. 绿色金融改革创新对高排放企业碳减排的效果分析[J]. 工程管理科技前沿, 2022, 41 (04): 55-61
- [8] 范合君, 吴婷, 何思. 企业数字化的产业链联动效应研究[J]. 中国工业经济, 2023 (03): 115-132
- [9] 方明月, 聂辉华, 阮睿, 沈昕毅. 企业数字化转型与经济政策不确定性感知[J]. 金融研究, 2023 (02): 21-39
- [10] 郭峰, 熊云军, 石庆玲, 王靖一. 数字经济与行政边界地区经济发展再考察——来自卫星灯光数据的证据[J]. 管理世界, 2023, 39 (04): 16-34
- [11] 何帆, 刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革, 2019 (04): 137-148
- [12] 何郁冰, 周慧, 丁佳敏. 技术多元化如何影响企业的持续创新?[J]. 科学学研究, 2017, 35 (12): 1896-1909
- [13] 贺正楚, 潘为华, 潘红玉, 吴艳. 制造企业数字化转型与创新效率: 制造过程与商业模式的异质性分析[J]. 中国软科学, 2023 (03): 162-177
- [14] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019 (08): 5-23
- [15] 黄锐, 赖晓冰, 赵丹妮等. 数字金融能否缓解企业融资困境——效用识别、特征机制与监管评估[J]. 中国经济问题, 2021, 324 (01): 52-66
- [16] 李玲, 陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2012 (05): 70-82
- [17] 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, 415 (10): 43-61
- [18] 梁榜, 张建华. 数字普惠金融发展能激励创新吗? ——来自中国城市和中小企业的证据[J]. 当代经济科学, 2019, 41 (05): 74-86
- [19] 林志炳, 鲍蕾. 企业社会责任对供应链减排决策及政府补贴效率的影响研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29 (11): 111-121
- [20] 刘畅, 潘慧峰, 李珮, 冯雅欣. 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 (04): 121-129
- [21] 刘敏楼, 黄旭, 孙俊. 数字金融对绿色发展的影响机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32 (06): 113-122

- [22] 刘淑春, 闫津臣, 张思雪, 林汉川. 企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J]. 管理世界, 2021, 37 (05): 170-190
- [23] 刘学敏, 张生玲. 中国企业绿色转型:目标模式、面临障碍与对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25 (06): 1-4
- [24] 刘艳霞. 数字经济赋能企业高质量发展——基于企业全要素生产率的经验证据[J]. 改革, 2022 (09): 35-53
- [25] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计:1999—2007[J]. 经济学(季刊), 2012, 11 (02): 541-558
- [26] 聂辉华, 阮睿, 沈吉. 企业不确定性感知、投资决策和金融资产配置[J]. 世界经济, 2020, 43 (06): 77-98
- [27] 宋旭光, 何佳佳, 左马华青. 数字产业化赋能实体经济发展:机制与路径[J]. 改革, 2022, 340 (06): 76-90
- [28] 苏涛永, 郁雨竹, 潘俊汐. 低碳城市和创新型城市双试点的碳减排效应——基于绿色创新与产业升级的协同视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2022, 43 (01): 21-37
- [29] 苏媛, 李广培. 绿色技术创新能力、产品差异化与企业竞争力——基于节能环保产业上市公司的分析[J]. 中国管理科学, 2021, 29 (04): 46-56
- [30] 孙传旺, 张文悦. 对外直接投资与企业绿色转型——基于中国企业微观数据的经验研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32 (09): 79-91
- [31] 孙早, 陈玉洁. 机器人角色、生产分割与生产方式转换[J]. 中国工业经济, 2023 (04): 5-23
- [32] 田杰, 谭秋云, 靳景玉. 数字金融能否改善资源错配?[J]. 财经论丛, 2021 (04): 49-60
- [33] 王海军, 王淞正, 张琛, 郭龙飞. 数字化转型提高了企业 ESG 责任表现吗?——基于 MSCI 指数的经验研究[J]. 外国经济与管理, 2023, 45 (06): 19-35
- [34] 王海军, 奚浩彬, 邢华. 管理者从政经历增加了国企的海外并购倾向吗?:来自上市公司的经验证据[J]. 世界经济研究, 2021 (04): 70-87
- [35] 王浩, 刘敬哲, 张丽宏. 碳排放与资产定价——来自中国上市公司的证据[J]. 经济学报, 2022, 9 (02): 28-75
- [36] 王敬勇, 孙彤, 李珮等. 数字化转型与企业融资约束——基于中小企业上市公司的经验证据[J]. 科学决策, 2022, 304 (11): 1-23
- [37] 王靖茹, 姚颀. 企业数字化转型、容错机制与研发创新[J]. 外国经济与管理: 1-16
- [38] 王晓祺, 宁金辉. 强制社会责任披露能否驱动企业绿色转型?——基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 审计与经济研究, 2020, 35 (04): 69-77
- [39] 王馨, 王莹. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. 管理世界, 2021, 37 (06): 173-188
- [40] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 任晓怡. 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 (07): 130-144
- [41] 吴非, 黎伟. 税收激励与企业绿色转型——基于上市企业年报文本识别的经验证据[J]. 财政研究, 2022 (04): 100-118
- [42] 谢乔昕, 张宇. 绿色信贷政策、扶持之手与企业创新转型[J]. 科研管理, 2021, 42 (01): 124-134
- [43] 杨岚, 周亚虹. 环境规制与城市制造业转型升级——基于产业结构绿色转型和企业技术升级双视角分析[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42 (06): 1616-1631
- [44] 尹志超, 公雪, 郭沛瑶. 移动支付对创业的影响——来自中国家庭金融调查的微观证据[J]. 中国工业经济, 2019, 372 (03): 119-137
- [45] 于连超, 毕茜, 张卫国. 工业企业绿色转型评价体系构建[J]. 统计与决策, 2019, 35(14):

- [46] 于宪荣. 绿色技术创新对绿色转型的非线性影响[J]. 科技进步与对策, 2023, 40 (08): 22-31
- [47] 喻旭兰, 周颖. 绿色信贷政策与高污染企业绿色转型: 基于减排和发展的视角[J]. 数量经济技术经济研究: 1-22
- [48] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 盛誉. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济, 2021 (09): 137-155
- [49] 张虎, 高子桓, 韩爱华. 企业数字化转型赋能产业链关联: 理论与经验证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40 (05): 46-67
- [50] 张鹏杨, 刘维刚, 唐宜红. 贸易摩擦下企业出口韧性提升: 数字化转型的作用[J]. 中国工业经济, 2023 (05): 155-173
- [51] 张云, 刘枚莲, 王向进. 中国工业部门贸易开放与碳泄漏效应研究——高低碳行业分类实证对比[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 51 (06): 151-161
- [52] 中国社会科学院工业经济研究所课题组, 李平. 中国工业绿色转型研究[J]. 中国工业经济, 2011 (04): 5-14
- [53] 邹静, 王强, 鄢慧丽, 邓晓军. 数字经济如何影响绿色全要素生产率? ——来自中国地级市证据[J]. 软科学: 1-16
- [54] Chen S, Yang Y, Wu T. Research on the impact of digital transformation on green development of manufacturing enterprises[J]. *Frontiers in Energy Research*, 2023, 10: 1045328
- [55] Feng H, Wang F, Song G, et al. Digital transformation on enterprise green innovation: Effect and transmission mechanism[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2022, 19 (17): 10614
- [56] Li R, Rao J, Wan L. The digital economy, enterprise digital transformation, and enterprise innovation[J]. *Managerial and Decision Economics*, 2022, 43 (7): 2875-2886
- [57] Ma, Y., Zhang, Q., & Yin, Q. (2021). Top management team faultlines, green technology innovation and firm financial performance. *Journal of Environmental Management*, 285, 112095
- [58] Peng Y, Tao C. Can digital transformation promote enterprise performance?—From the perspective of public policy and innovation[J]. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2022, 7 (3): 100198
- [59] Shang Y, Raza S A, Huo Z, et al. Does enterprise digital transformation contribute to the carbon emission reduction? Micro-level evidence from China[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2023, 86: 1-13
- [60] Sun C, Zhang Z, Vochozka M, et al. Enterprise digital transformation and debt financing cost in China? A-share listed companies[J]. *Oeconomia Copernicana*, 2022, 13 (3): 783-829
- [61] Zhang T, Shi Z Z, Shi Y R, et al. Enterprise digital transformation and production efficiency: Mechanism analysis and empirical research[J]. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2022, 35 (1): 2781-2792
- [62] Zhang W, Li G, Guo F. Does carbon emissions trading promote green technology innovation in China?[J]. *Applied Energy*, 2022, 315: 119012

Does Digital transformation of enterprises promote green and low-carbon development?

Abstract: As an important process of enterprise development, can digital transformation open up a new path for high-quality development of enterprises and help achieve the goal of "double carbon" through "technology empowerment"? Based on the micro data of Chinese A-share listed companies from 2010 to 2021, this paper studies the impact of digital transformation on the green and low-carbon level of enterprises. The results show that enterprises' digital transformation plays a significant role in promoting the green and low carbon level of enterprises. Every 1% increase in the degree of digital transformation will contribute to the green and low carbon level of enterprises by 1.458%. The digital transformation of enterprises significantly promotes the green technology innovation of enterprises mainly through the application of digital technology, cloud computing technology and big data technology, so as to improve the green and low-carbon level of enterprises. The mechanism analysis shows that the digital transformation of enterprises is mainly to enhance the information processing capability of enterprises and improve operational stability; reduce agency costs and alleviate corporate financing constraints; strengthen the ability to apply technology and improve sustained innovation capabilities; improve the production structure of enterprises, improve total factor productivity, and finally realize green and low-carbon development of enterprises enabled by digital technology. At the same time, due to the large differences among regions, industries and enterprises, the digital transformation of enterprises has a heterogeneous impact on the green low-carbon level. The research in this article provides a new perspective for green and low-carbon transformation of enterprises, and can provide relevant policy recommendations for high-quality development of enterprises.

Key words: Digital Transformation, Green and Low-carbon, POI data, Application of Digital Technology