

企业应用

专精特新中小企业数字化转型对绿色技术创新的影响

闫雨沙, 王瑞雪

(聊城大学商学院, 山东 聊城 252059)

摘要: 数字赋能绿色转型是实现高质量发展的重要路径和必然选择。选取2013—2023年沪深A股专精特新“小巨人”企业数据,对专精特新中小企业数字化转型对绿色技术创新的影响及内在作用机制进行研究。结果表明,专精特新中小企业数字化转型显著促进了绿色技术创新,且该促进作用在东部和中部地区企业、高数字基础设施水平企业以及高新技术企业中表现更为显著。机制分析表明,数字化转型可以通过优化人力资本结构和提高分析师关注度促进绿色技术创新。最后,从政府和企业自身层面提出具体政策建议,为企业数字化转型和经济高质量发展提供启示。

关键词: 数字化转型; 绿色技术创新; 专精特新; 人力资本; 分析师关注度

中图分类号: F205; F276.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)15-0247-08

在实现“双碳”目标的背景下,通过绿色技术创新驱动经济向绿色低碳转型是实现高质量发展的重要途径。绿色技术创新兼具经济和环境效益的双重属性,能够有效降低企业能源消耗和减少环境污染,提升企业技术研发能力和自主创新能力,为实现经济的绿色低碳转型提供了切实可行的路径选择^[1]。中小企业是科技创新的重要微观主体,而专精特新中小企业作为中小企业的“领头羊”和中国科技自立自强的排头兵,其绿色成效更是直接关乎“双碳”目标的实现,成为国家高质量发展的重要动力源^[2]。党的二十大报告明确提出,要支持中小微企业发展,推动制造业向高端化、智能化、绿色化转型。国家发展改革委、科技部联合印发的《关于进一步完善市场导向的绿色技术创新体系实施方案(2023—2025年)》中同样强调要培育绿色技术创新领军企业,加大对专精特新中小企业和专精特新“小巨人”企业绿色技术创新的支持力度。因此,推动专精特新中小企业提高绿色技术创新能力不仅是完善绿色技术创新体系、实现“双碳”目标的基础,更是实现高质量发展的战略选择。

当前数字化浪潮席卷全球,“数字化+绿色化”协同发展正逐步成为经济发展的新增长点^[3]。《数

字化绿色化协同转型发展实施指南》中明确提出要加快实施“数字赋能绿色转型,数字化绿色化融合创新”发展路径,推进产业结构绿色转型升级,塑造高质量发展新优势。数字化转型通过改变企业传统的创新模式以及创新要素组合方式,为绿色技术创新提供了新的发展机遇。专精特新中小企业作为数字化转型的主战场,能够利用数字技术实现其生产和管理模式的深度变革,在助力企业实现降本、提质、增效的同时为企业开展创新活动提供新动能,推动企业绿色技术创新水平实现跨越式提升。

目前已有学者对数字化转型和企业绿色技术创新之间的关系展开了研究。大多学者认为数字化转型对绿色技术创新具有明显的促进作用。Zheng和Zhang^[4]以沪深A股制造业上市公司为样本,研究发现企业数字化转型显著提升了绿色技术创新能力。王博和康琦^[5]通过将绿色创新指标进行细分为产品创新、工艺创新和管理创新,同样得出数字化转型可以通过促进以上3类创新途径影响企业绿色创新。在作用机制上,宋德勇等^[6]基于技术整合的视角,发现数字技术能够通过提高企业的信息共享水平和知识整合能力促进企业的绿色技术创新水平提升。张泽南等^[7]进一步指出,数字化转

收稿日期: 2025-02-23

基金项目: 山东省高等学校青创科技支持计划(2023RW052);教育部人文社会科学青年项目(19YJC790140);山东省社会科学规划研究项目(19BJCJ59);聊城市财政局横向课题(R22WD37)

作者简介: 闫雨沙(2002—),女,山东聊城人,硕士研究生,研究方向为绿色金融和公司治理;王瑞雪(1988—),女,山东聊城人,博士,副教授,研究方向为金融发展和商业银行经营管理。

型中底层技术运用对绿色创新的提升作用大于实践应用技术。在企业内部组织方面,高智林和谭文浩^[8]以沪深A股上市制造业企业为样本,检验了企业数字化转型过程中公司治理水平的提升对绿色技术创新的促进作用。此外,郭丰等^[9]研究发现,人力资本结构的优化和产学研合作水平的提高也会对绿色创新产生“增量提质”的双重效应。在外部规制方面,申明浩和谭伟杰^[10]认为企业数字化能有效缓解环境信息约束,促使企业自主参与环境治理,提升企业商业信用,进而促进绿色创新。刘超等^[11]则运用空间杜宾模型发现数字经济对中国区域绿色技术创新具有“中部-西部-东部”依次递减的促进作用且存在空间溢出效应,并且对于环境规制较强地区的促进作用更为显著。另一种观点则认为数字化转型和绿色技术创新二者之间存在非线性关系,但研究结论也有所不同。林永佳等^[12]发现数字化转型与绿色创新之间存在网络效应,即随着数字化技术用户规模增加,数字化转型对绿色创新的促进作用会呈现跳跃式增强。王汀汀等^[13]则从技术整合能力的视角出发,认为制造业企业数字化水平对绿色技术创新存在倒“U”型影响,企业的过度数字化可能引发“技术鸿沟”,不利于企业绿色技术创新能力的提升,而技术整合能力的提高可以弱化该关系。

梳理现有文献发现,现有研究对于企业数字化转型和绿色技术创新的关系尚未形成统一定论,且多以全部上市企业为研究对象,缺乏对专精特新中小企业等特殊企业群体的深入研究。相较于其他企业,专精特新中小企业具有的专业化、精细化和创新化特点使其在数字化转型中对绿色技术创新产生的作用机制必然具有其独特性和差异性。因此,在实现“双碳”目标和高质量发展的背景下,以专精特新中小企业为主体,探究企业数字化转型对绿色技术创新的影响对于完善现有理论架构、推动绿色创新体系持续建设和实现经济的绿色低碳高质量发展具有重要意义。

1 理论分析与研究假说

1.1 数字化转型与绿色技术创新

在数字经济迅猛发展的浪潮下,大数据、人工智能等数字技术能够深度赋能企业,帮助企业突破传统信息处理瓶颈,提高数据决策与资源协同效率,成为驱动企业进行绿色技术创新的内生动力^[14]。

尽管中国在推进中小企业专精特新发展方面已取得初步成效,但这些企业在创新研发的过程中

仍存在资金短缺、人才供给不足和资源配置效率低下等诸多痛点。而企业数字化转型催生了技术创新的新浪潮,为专精特新中小企业注入了新动能。一方面,数字化转型促进了企业创新能力的提升。数字化转型有助于降低企业获取创新知识的信息搜寻成本和处理成本,帮助专精特新中小企业打破传统的资源限制,寻找潜在的绿色技术创新点。此外,数字技术能够促进企业间的经验分享和产业内部的互联互通,有助于企业及时掌握行业前沿动态和技术趋势,推动企业技术的优化升级,激发企业的绿色技术创新活力^[15]。另一方面,数字技术能够通过数据分析帮助企业分析市场需求与行为,提高企业对市场环境和用户需求变化的响应速度,打破市场信息不对称壁垒,从而及时调整资源配置,将资源有效投入到绿色技术和产品的研发过程中,提高企业绿色技术创新效率^[16]。基于此,提出如下假设。

H1:专精特新中小企业数字化转型能够促进绿色技术创新。

1.2 数字化转型对绿色技术创新的中介效应

1.2.1 人力资本结构

人才是企业创新的源泉。绿色技术创新作为一种技能密集型活动离不开人才的创新思维和专业技术能力。数字经济的迅速发展增加了专精特新中小企业对高素质人才的需求以适应数字化转型对企业内部能力提升的需要,进而促使企业的人力资本结构不断优化^[17]。人力资本结构的优化能够通过突破技术难题和提高研发效率对绿色技术创新产生正向影响^[18]。技术型人才凭借其掌握的创新思维和前沿技术理念,能够快速适应企业数字化转型后的工作模式,通过提高企业研发创新效率,推动企业在数字化转型过程中实现绿色技术创新。此外,数字化转型对企业管理模式也提出了新要求,而管理型人才则能够通过合理配置资源、优化技术流程以及促进跨部门的沟通合作,有效地促进绿色技术创新在企业各个环节的落地。此外,专精特新中小企业内部的人才集聚也有利于企业更加迅速地获取领域前沿信息,掌握最新的技术趋势以及市场动态,提高企业进行绿色技术创新的能力^[19]。基于此,提出如下假设。

H2:专精特新中小企业数字化转型通过优化人力资本结构促进绿色技术创新。

1.2.2 分析师关注度

企业进行绿色技术创新的驱动力除了企业内

部因素外,还同时受到分析师关注等外部监督的压力。随着绿色发展上升为国家战略,外部市场主体对环境问题的关注度和投资偏好与日俱增,有效激发了企业的绿色技术创新动力。数字化转型所具有的信息化特性一方面有利于提高专精特新中小企业信息透明度,使外部市场能够更为便捷地获取企业内部信息,增加分析师对企业分析的可能性^[20]。另一方面,在数字化转型方面取得成效的企业更有利于向外界展现企业正面形象和产出成果,从而吸引分析师关注^[21]。相较于大型企业,中小企业由于自身规模和资源限制,在绿色技术创新方面存在天然短板。分析师能够凭借其对行业趋势的深刻理解和专业知识,对企业的财务状况及经营情况进行评估分析并提出针对性建议,从而抑制管理层的短视行为,为开展绿色创新活动筑牢根基。同时,作为上市公司与投资者之间重要的信息媒介,分析师通过将企业信息传递给外部投资者,能够对企业产生“盯住效应”,促使管理层增加对绿色技术创新的研发投入,进而提升专精特新中小企业的绿色技术创新能力^[22]。基于此,提出如下假设。

H3:专精特新中小企业数字化转型通过增加分析师关注度促进绿色技术创新。

2 研究设计

2.1 变量说明

2.1.1 被解释变量:绿色技术创新(GTI)

企业创新通常采用研发投入和专利申请量进行衡量。相较于专利申请而言,企业研发投入只能衡量创新活动的资源投入状况而不能体现企业创新的产出情况,并且许多企业并未公开其绿色研发投入的具体金额,因此难以衡量其在绿色技术创新方面的实际研发金额。相较于研发投入,绿色专利申请量直接体现了企业绿色研发投入的成效与创新意愿强度,并且所有上市公司历年的绿色专利数据可得,可以较好地刻画企业绿色技术创新活动产出。因此,参考王馨和王莹^[23]的研究,使用已申请的绿色发明专利和绿色实用新型专利之和并加1取自然对数作为企业绿色技术创新的代理变量。

2.1.2 核心解释变量:数字化转型水平(Digital)

企业数字化转型是一个长期且复杂的系统工程,难以直观衡量。企业年报中包含大量反映企业经营状况的文本信息,通过文本分析实时抓取的文本数据能够较为综合准确地对企业数字化转型程度进行有效评估。参考吴非等^[24]的研究,运用文本

分析法从人工智能、云计算、大数据、数字技术、区块链5个维度归纳整理数字化转型相关关键词,并通过Python爬虫技术批量获取企业年报中与数字化转型相关的关键词,并将上市公司年报中披露的各类关键词词频进行加总,考虑到词频数据具有“右偏性”特征,对总词频数加1后取对数作为数字化转型的代理变量。

2.1.3 中介变量

(1)人力资本结构(HR)。以企业员工的受教育程度为依据,将本科及以上学历的员工界定为高学历劳动力,并以高学历劳动力与企业员工总数量之比作为人力资本结构的代理变量。

(2)分析师关注度(Analyst)。参考王贞洁和吕志军^[25]的研究,以当年分析师跟踪人数加1取对数值表示作为分析师关注度的代理变量,该变量数值越大,说明企业受分析师关注程度越高。

2.1.4 控制变量

为了更准确地反映数字化转型对绿色技术创新的影响和避免遗漏变量导致的内生性偏误,选取如下控制变量:企业规模(Size),用企业总资产的对数值表示;固定资产比率(Fix),用固定资产净值与总资产的比值表示;资产负债率(Lev),用企业负债总额与资产总额的比值表示;现金比率(Cash),用企业现金及现金等价物期末余额与流动负债的比值表示;资产收益率(Roa),用企业净利润与总资产的比值表示;企业年龄(Age),用企业成立年龄的自然对数表示;股权集中度(Top10),用企业前10大股东持股比例之和表示;企业成长性(Growth),用营业收入增长率表示。变量定义见表1。

2.2 数据来源

选取2013—2023年沪深A股专精特新“小巨人”上市公司数据并进行以下处理:①剔除ST、*ST等存在经营异常状况的样本数据;②剔除金融保险行业相关样本数据;③剔除关键数据缺失以及控制变量存在异常值的样本;④对所有样本两边各1%的数据进行缩尾处理。企业数字化转型数据通过对历年上市公司年报进行词频统计获得,相关财务数据来源于国泰安数据库,绿色发明专利数据来源于中国研究数据服务平台。

2.3 模型设定

2.3.1 基准回归模型

为验证假设H1,即专精特新中小企业数字化转型程度对企业绿色技术创新的影响,构建如下实证模型:

表 1 变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	绿色技术创新	GTI	绿色发明专利与实用新型专利申请量之和加 1 取自然对数
解释变量	数字化转型水平	Digital	数字化转型关键词词频数加 1 取自然对数
中介变量	人力资本结构	HR	本科及以上学历员工/企业员工总人数
	分析师关注度	Analyst	分析师跟踪人数加 1 取对数值
控制变量	企业规模	Size	企业总资产的自然对数值
	固定资产比率	Fix	固定资产净值/总资产
	现金比率	Cash	企业现金及现金等价物期末余额/流动负债
	资产收益率	Roa	企业净利润/总资产
	企业年龄	Age	企业成立年龄的自然对数
	股权集中度	Top10	企业前十大股东持股比例之和
	企业成长性	Growth	公司营业收入增长率

$$GTI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_3 Controls_{i,t} + \delta_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中： i, t 分别为企业和年份；被解释变量 $GTI_{i,t}$ 为绿色技术创新；解释变量 $Digital_{i,t}$ 为数字化转型水平； $Controls_{i,t}$ 为控制变量； $\epsilon_{i,t}$ 为随机扰动项； δ_i 和 μ_t 分别为行业固定和年份固定效应； β_0 为常数项； β_1 、 β_3 为系数。

2.3.2 中介效应模型

为进一步验证假设 H2 和假设 H3, 即优化人力资本结构和提升企业外部关注两种潜在的作用路径进行检验, 构建如下实证模型:

$$M_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \delta_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$GTI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_2 M_{i,t} + \beta_3 Controls_{i,t} + \delta_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中： $M_{i,t}$ 为机制变量。

3 实证结果及分析

3.1 描述性统计及相关性分析

变量描述性统计结果见表 2。GTI 的均值为 0.707, 标准差为 0.947, 最大值和最小值分别为 3.584 和 0.000, 表明各企业在绿色技术创新方面差异明显且大多企业的绿色技术创新水平较低。Digital 的均值为 1.686, 标准差为 1.435, 最大值和最小值分别为 5.236 和 0.000。整体来看, 不同企业在数字化转型程度存在显著差异, 可见中国专精特新中小企业的数字化转型进程并不一致。其他变量的描述性统计结果未显示出明显异常。方差膨胀因子(VIF)检验的结果显示为 1.30, 说明各变量间不存在多重共线性问题。

3.2 基准回归

在进行基准回归前, 使用 Hausman 检验确定使用固定效应模型进行回归, 基准回归结果见表 3。列(1)汇报了混合 OLS(普通最小二乘法)模型下的

表 2 变量描述性统计

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
GTI	3 066	0.707	0.947	0.000	3.584
Digital	3 066	1.686	1.435	0.000	5.236
Cash	3 066	0.042	0.068	-0.450	0.539
Lev	3 066	0.293	0.163	0.019	0.840
Size	3 066	21.356	0.687	19.651	24.377
Roa	3 066	0.051	0.061	-0.797	0.480
Top10	3 066	0.614	0.128	0.187	0.990
Growth	3 066	0.187	0.433	-0.927	12.035
Fix	3 066	0.167	0.111	0.009	0.681
Age	3 066	2.823	0.297	1.609	3.555

回归结果, 结果显示企业数字化转型显著促进了绿色技术创新。列(2)汇报了控制行业和时间的双固定效应模型的回归结果, Digital 的回归系数在 1% 的显著水平上为正, 进一步证明了企业数字化转型对绿色技术创新的推动作用, 验证了假设 H1。考虑到遗漏变量和反向因果关系的潜在风险, 参考张咏梅等^[26]构建工具变量的思路, 以同一行业同年份其他公司的数字化转型水平的均值作为企业数字化转型的工具变量(IV), 采用两阶段最小二乘法(2SLS)再次进行回归检验。理由在于, 由此构建的工具变量通常与该企业数字化转型指标高度相关, 而难以直接影响绿色技术创新, 满足相关性和外生性要求。列(3)的回归结果表明 Digital 系数依然显著为正。此外, 考虑到可能存在的样本选择偏误问题, 采用 Heckman 两阶段法对内生性问题予以控制。第 1 阶段, 生成绿色技术创新的二值选择变量, 并参考赵璨等^[27]的研究加入同年份同行业的企业数字化转型率和主回归中的所有控制变量构造 Probit 模型, 计算逆米尔斯比(IMR); 第 2 阶段, 将 IMR 添加到基准回归中重新进行回归。列(4)的结果显示 Digital 的系数仍显著为正, 更充分地说明专精特新中小企业数字化转型对于绿色技术创新的促进作用。

表 3 基准回归与内生性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(5)
	OLS	FE	2SLS	Heckman 两阶段
Digital	0.102*** (0.012)	0.079*** (0.015)	0.316*** (0.111)	0.080*** (0.015)
IMR				-0.356*** (0.048)
常数项	-4.709*** (0.578)	-6.247*** (0.611)	-5.920*** (0.770)	-3.550*** (0.730)
样本数	3 066	3 066	2 991	3 046
控制变量	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	未固定	固定	固定	固定
时间固定效应	未固定	固定	固定	固定
R ²	0.177	0.263	0.175	0.266
Kleibergen-Paap LM statistic			32.217	
Cragg-Donald Wald Fstatistic			28.632	

注：***表示 $P < 0.01$ ；括号内为稳健标准误。

3.3 稳健性检验

为保证基准回归结果与研究结论的稳健性，采用多种方法进行稳健性检验：①剔除样本年份。考虑到 2017 年国家知识产权局修改了绿色专利申请量的统计方法，在剔除了 2017 年的样本观测值后重新进行回归估计。②更换 Tobit 模型。由于企业绿色专利数据存在较多零值，绿色技术创新可能呈现左结尾特征，因此更换 Tobit 模型重新进行回归。③更换解释变量。参考赵宸宇等^[14]构建的数字化转型指标重新测度企业的数字化转型程度进行回归。④更换被解释变量。参考闫彩凤和郭淑娟^[28]的做法，将绿色发明专利申请量权重赋值为 1，绿色实用新型专利申请量权重赋值为 0.5，将两个指标进行加权平均后重新计算绿色技术创新指标进行回归分析。表 4 汇报稳健性检验的回归结果，结果均在 1% 显著性水平下为正，与基准回归结果保持一致，结论稳健。

3.4 中介效应检验

前文的基础回归和稳健性检验已充分论证了专精特新中小企业数字化转型对绿色技术创新水平的促进作用，但对二者之间的作用机制尚未进行深入研究。因此，基于中介效应模型，从企业内部能力和外部关注的双重视角切入，进一步探讨专精特新中小企业数字化转型促进绿色技术创新的具体作用机制。回归结果见表 5。

表 4 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	剔除研究 样本	更换 Tobit 模型	更换解释 变量	更换被解 释变量
Digital	0.083*** (0.015)	0.160*** (0.027)	0.057*** (0.017)	0.060*** (0.012)
常数项	-6.278*** (0.626)	-20.510*** (1.290)	-6.335*** (0.613)	-4.413*** (0.469)
样本数	2 862	3 066	3 066	3 066
控制变量	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	固定	固定	固定	固定
时间固定效应	固定	固定	固定	固定
R ²	0.259	0.118	0.258	0.247
Logpseudolikelihood		-3 454.219		

注：***表示 $P < 0.01$ ；括号内为稳健标准误；Tobit 回归所报告的 R^2 为 Pseudo R^2 。

表 5 作用机制检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	HR	GTI	Analyst	GTI
Digital	0.024*** (0.003)	0.067*** (0.015)	0.028** (0.014)	0.077*** (0.015)
HR		0.509*** (0.098)		
Analyst				0.085*** (0.017)
常数项	0.240** (0.122)	-6.369*** (0.606)	-11.342*** (0.682)	-5.288*** (0.638)
样本数	3 066	3 066	3 066	3 066
控制变量	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	固定	固定	固定	固定
时间固定效应	固定	固定	固定	固定
R ²	0.453	0.270	0.293	0.269

注：*、**分别表示 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ ；括号内为稳健标准误。

3.4.1 人力资本结构

理论分析指出，数字化转型能够增加专精特新中小企业对高素质人才的需求，进而推动企业人力资本结构的优化，有助于企业突破技术难题、提升创新研发效率，进而促进绿色技术创新效率的提升。表 5 中列(1)的结果显示 Digital 对 HR 的回归系数显著为正，表明专精特新中小企业数字化转型对企业人力资本结构的优化作用显著。列(2)将人力资本结构纳入模型后，HR 的回归系数在 1% 的水平上显著为正，Digital 的回归系数显著且小于基础回归中 Digital 的回归系数，说明专精特新中小企业数字化转型能够优化人力资本结构进而促进绿色技术创新，并且人力资本结构在其中发挥部分中介作用，验证了假设 H2。

3.4.2 分析师关注度

理论分析指出，企业数字化转型能够通过提升

信息透明度和企业信息披露水平增加分析师对企业的关注度,从而抑制管理者的短视行为并增加相关研发投入,为企业进行绿色技术创新提供支持。表5中列(3)显示 Digital 对 Analyst 的回归系数正向显著,表明专精特新中小企业能够对提升分析师关注度起到积极的促进作用。列(4)的结果显示 Analyst 的回归系数在1%的水平上显著为正,表明“专精特新中小企业数字化转型-分析师关注度-绿色技术创新”的中介效应成立,验证了假设 H3。且列(4)中 Digital 的回归系数同样显著且小于基础回归结果,说明分析师关注度在其中同样发挥了部分中介作用。

3.5 异质性分析

3.5.1 地理区位

由于各地区的经济发展水平、资源禀赋以及制度环境均存在显著差异,企业数字化转型对绿色技术创新的作用效果有可能会受到企业所处地区的影响。根据地理区位将样本划分为东、中、西部地区进行分组回归,结果见表6列(1)~列(3),Digital 的回归系数仅在东部和中部地区正向显著。表明数字化转型对专精特新中小企业绿色技术创新的激励效应会因企业所处区域的不同而有所差别。原因主要在于,相较于西部地区,东部和中部地区拥有更为雄厚的经济基础和优越的制度环境,能够吸引创新资源集聚并通过区域协同实现资源共享和优势互补,进而加快企业数字化转型进程并提高绿色技术创新水平。相比之下,西部地区由于经济基础薄弱、政策执行力度有限以及技术创新能力相对较弱等因素,其数字化转型对企业绿色技术创新的促进作用未能得到有效发挥。

3.5.2 数字基础设施

企业数字化转型对绿色技术创新的影响程度与企业所处地区的数字基础设施水平密切相关。

完善的数字基础设施有利于企业充分发挥数字化转型优势,激发企业创新动力。根据各城市宽带接入端口数量占常住人口的比的中位数将样本分为高数字基础设施水平组和低数字基础设施水平组分别进行回归。表6中列(4)和列(5)显示,相较于高数字基础设施水平组别,数字基础设施水平较低的企业其数字化转型对绿色技术创新的促进作用在1%的水平上显著。原因可能在于,数字基础设施水平较低的企业通过提升自身数字化水平能够有效降低信息获取成本,实现企业内外部信息的实时高效共享。同时数字技术的应用有利于企业提高生产效率,实现资源的高效配置,为企业进行绿色技术创新提供强大助力。而数字基础设施水平较高的企业其数字化转型已经趋近成熟,要实现绿色技术创新的突破性发展则面临更高技术门槛的制约,致使企业难以继续通过数字化转型促进其绿色技术创新水平显著提升。

3.5.3 行业技术属性

相对于传统企业,高新技术企业通常具备较强的研发能力,能够通过整合外部资源促进绿色技术的开发与应用。根据企业所属行业是否属于高新技术行业将全样本分为两组进行回归分析。回归结果见表6列(6)和列(7),Digital 的回归系数在高新技术行业组和非高新技术行业组均为正,但仅有高新技术行业组的回归系数在1%的水平上显著,表明数字化转型对高新技术企业的促进作用更为显著。原因可能在于,高新技术企业先进的技术水平和研发能力为其进行数字化转型提供了良好的客观条件。此外,以科技创新为核心导向的高新技术企业对数字化的敏锐度和转型意愿更强,能够积极将数字技术融入企业的经营管理和研发流程中,推动企业数字化与绿色创新的深度融合,为企业进行绿色技术创新提供有力支撑。相比之下,处于非高

表6 异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	东部地区	中部地区	西部地区	高数字基础设施水平	低数字基础设施水平	高新技术行业	非高新技术行业
Digital	0.052*** (0.017)	0.206*** (0.036)	0.047 (0.048)	0.025 (0.022)	0.121*** (0.020)	0.106*** (0.019)	0.032 (0.024)
常数项	-5.713*** (0.708)	-7.090*** (1.613)	-11.841*** (1.976)	-6.772*** (0.887)	-6.190*** (0.870)	-6.322*** (0.793)	-5.877*** (0.725)
样本数	2 323	409	334	1 511	1 555	1 825	1 241
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
时间固定效应	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
R ²	0.281	0.352	0.363	0.300	0.250	0.281	0.215

注:***表示 $P < 0.01$;括号内为稳健标准误。

新技术行业组的企业无论是数字化转型意愿还是客观条件都均落后于高新技术行业组,因此其在数字化转型过程中对绿色技术创新的促进作用并不显著。

4 结论与政策建议

4.1 结论

绿色技术创新是实现经济绿色低碳转型的重要动力。在数字经济快速发展的背景下,研究企业数字化能否促进绿色技术创新对于实现经济的高质量发展至关重要。通过对2013—2023年沪深A股专精特新“小巨人”上市公司数据进行实证分析,将专精特新中小企业数字化转型、人力资本结构和分析师关注度共同纳入分析框架,研究其对绿色技术创新的影响机制。最终得出以下结论:①专精特新中小企业数字化转型可以显著促进绿色技术创新;②专精特新中小企业数字化转型通过优化人力资本结构和提高分析师关注度来助力绿色技术创新;③异质性分析表明,对于东部和中部地区、高数字基础设施水平地区和高新技术行业的专精特新中小企业而言,数字化转型对绿色技术创新的促进作用更为显著。

4.2 政策建议

(1)鼓励企业加快数字化转型。政府应加强对企业数字化转型的政策引导,通过政策优惠以及财政补贴等具体措施鼓励专精特新中小企业加快数字化转型步伐,充分发挥其对中小企业的引领作用。同时企业在研发创新的过程中应加强数字技术与绿色低碳发展的深度融合,探索数字化绿色化协同发展新路径。

(2)健全人才培养和引进机制。加强绿色产业发展需求与教育培养体系的双向衔接,鼓励高校打破传统学科界限,开设交叉学科,培养创新型、应用型、复合型人才。并通过搭建产学研合作服务平台,培养适应企业需求的创新人才,为企业开展绿色技术创新提供人才和技术支撑。

(3)充分发挥分析师的信息传递作用。政府应完善绿色信息披露制度和相关平台建设,使分析师加强对中小企业的关注度,以便更好地发挥分析师的信息传递效应,增强外部市场对中小企业的行为监管,促使企业中心向绿色技术创新项目倾斜,进而优化企业资源配置并提高绿色技术创新效率。

(4)实施差异化企业扶持政策。对于数字基础设施相对薄弱的地区,政府应加大对5G网络等新型基础设施的投资力度,加速企业数字化转型进程。此外,通过搭建合作交流平台,鼓励专精特新

企业通过技术共享、经验分享和项目合作等方式加强不同企业之间的技术交流,帮助其他中小企业突破绿色创新过程中面临的技术壁垒,从而促进中小企业绿色技术创新能力的提高。

参考文献

- [1] 孙燕铭, 谌思邈. 长三角区域绿色技术创新效率的时空演化格局及驱动因素[J]. 地理研究, 2021, 40(10): 2743-2759.
- [2] 董志勇, 李成明. “专精特新”中小企业高质量发展态势与路径选择[J]. 改革, 2021(10): 1-11.
- [3] 吴传清, 邓明亮. 信息化水平促进中国全要素碳生产率增长的路径研究[J]. 中国软科学, 2023(4): 177-188.
- [4] ZHENG Y, ZHANG Q. Digital transformation, corporate social responsibility and green technology innovation: based on empirical evidence of listed companies in China [J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 424: 138801-138805.
- [5] 王博, 康琦. 数字化转型与企业可持续发展绩效[J]. 经济管理, 2023, 45(6): 161-176.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 高智林, 谭文浩. 企业数字化转型会促进绿色技术创新吗? 基于文本分析方法的经验证据[J]. 财经论丛, 2024(1): 79-91.
- [9] 郭丰, 杨上广, 柴泽阳. 企业数字化转型促进了绿色技术创新的“增量提质”吗? 基于中国上市公司年报的文本分析[J]. 南方经济, 2023(2): 146-162.
- [10] 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): 118-138.
- [11] 刘超, 郑垂勇, 丁晨辉, 等. 数字经济、绿色金融与绿色技术创新: 基于中介效应和空间效应的实证研究[J]. 技术经济与管理研究, 2023(6): 7-12.
- [12] 林永佳, 杨畅, 蔡幸. 企业数字化转型与绿色创新能力升级: 基于网络效应的分析[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2023, 43(2): 3-19.
- [13] 王汀汀, 贾婧雅, 张芳. 制造业数字化转型对绿色技术创新的影响: 来自沪深A股上市制造业企业的证据[J]. 工业技术经济, 2023, 42(4): 91-99.
- [14] 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.
- [15] 高建刚. 互联网+驱动我国产业高质量发展的路径与对策研究[M]. 北京: 经济管理出版社, 2024.
- [16] 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.

- [17] 姚小涛, 亓晖, 刘琳琳, 等. 企业数字化转型: 再认识与再出发[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2022, 42(3): 1-9.
- [18] 苏科, 周超. 人力资本、科技创新与绿色全要素生产率: 基于长江经济带城市数据分析[J]. 经济问题, 2021(5): 71-79.
- [19] 裴玲玲. 科技人才集聚与高技术产业发展的互动关系[J]. 科学学研究, 2018, 36(5): 813-824.
- [20] 方军雄. 我国上市公司信息披露透明度与证券分析师预测[J]. 金融研究, 2007(6): 136-148.
- [21] 管考磊, 朱海宁. 企业数字化转型对税收规避的影响: 来自中国上市公司的经验证据[J]. 证券市场导报, 2022(8): 30-38.
- [22] 刘亦文, 陈熙钧, 高京淋, 等. 媒体关注与重污染企业绿色技术创新[J]. 中国软科学, 2023(9): 30-40.
- [23] 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(6): 173-188.
- [24] 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.
- [25] 王贞洁, 吕志军. 绿色金融、分析师关注与新能源企业融资纾困[J]. 当代财经, 2022(9): 52-63.
- [26] 张咏梅, 王晓艳, 赵金凯. 以“数”谋“盈”: 企业数字化转型对盈余持续性的影响研究[J]. 审计与经济研究, 2024, 39(1): 75-84.
- [27] 赵璨, 陈仕华, 曹伟. “互联网+”信息披露: 实质性陈述还是策略性炒作: 基于股价崩盘风险的证据[J]. 中国工业经济, 2020(3): 174-192.
- [28] 闫彩凤, 郭淑娟. 数字化转型赋能企业绿色创新战略[J]. 财会月刊, 2023, 44(19): 38-45.

Impact of Digital Transformation on Green Technology Innovation of Specialized and Sophisticated Small and Medium-sized Enterprises

YAN Yusha, WANG Ruixue

(Business School, Liaocheng University, Liaocheng 252059, Shandong, China)

Abstract: Digital-enabled green transformation is an important path and inevitable choice to achieve high-quality development. Based on the data of Shanghai and Shenzhen A-share specialized and new “small giants” enterprises from 2013 to 2023, the impact of the digital transformation of specialized and sophisticated small and medium-sized enterprises on green technological innovation and the intrinsic mechanism of its effect were empirically examined. It is found that the digital transformation of specialized and sophisticated SMEs significantly promotes green technological innovation. This effect is more pronounced among firms in the eastern and central regions, high-level digital infrastructure firms, and high-tech firms. The mechanism analysis shows that digital transformation can promote green technology innovation by optimizing human capital structure and increasing analysts’ attention. Finally, specific policy recommendations are put forward from the level of government and enterprises themselves to provide insights into the digital transformation of enterprises and the high-quality development of the economy.

Keywords: digital transformation; green technology innovation; specialized and sophisticated; human capital; analyst focus