促进还是抑制:数字经济政策对企业绿色技术创新的作用

周卓凡,唐　亮,赵恒凯,顾晓迪

(阜阳师范大学 商学院,安徽 阜阳 236037)

摘要:以 2013—2022 年沪深 A 股上市公司为研究对象,以国家级大数据综合试验区为一次准自然实验,构建多期双重差分模型,实证检验数字经济政策对企业绿色技术创新的影响。研究发现:国家级大数据综合试验区的设立能够显著促进企业绿色技术创新,该结论通过一系列稳健性检验后依然成立。异质性分析表明,相对于国有企业和重污染企业,国家级大数据综合试验区设立所产生的绿色激励效应对非国有企业和非重污染企业更大。进一步研究发现,国家级大数据综合试验区的设立能够使企业绿色技术创新实现"量质齐升",其中,吸引政府补贴和改善企业经营状况是重要的中介变量,企业家创新精神发挥调节效应。据此,提出相应政策建议,以推进数字经济与企业绿色技术创新的协同发展。

关键词:多期双重差分模型;企业绿色技术创新;数字经济政策;国家级大数据综合试验区

中图分类号:F273.1　**文献标志码:**A　**文章编号:**1672-349X(2025)06-0063-13

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2025.06.010

Facilitation or Inhibition: The Impact of Digital Economy Policies on Enterprise Green Technological Innovation

ZHOU Zhuofan, TANG Liang, ZHAO Hengkai, GU Xiaodi

(School of Business, Fuyang Normal University, Fuyang 236037, China)

Abstract: With A-share listed companies in Shanghai and Shenzhen Stock Markets from 2013 to 2022 as the research object, and with the national big data comprehensive pilot zones as a quasi-natural experiment, a multi-period double difference model is constructed to empirically test the impact of the digital economy policies on enterprise green technological innovation. The results show that the pilot zones can significantly promote enterprise green innovation, with the conclusion remaining robust under multiple tests. Heterogeneity analysis shows that compared to state-owned enterprises and heavily polluting enterprises, the green incentive effect generated by the establishment of national big data comprehensive pilot

收稿日期:2025-04-25

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(23YJC790120);安徽省质量工程项目(2024xscx129);阜阳师范大学教研项目(2024JYXM0004);阜阳师范大学研究生质量工程项目(FNU2023xscx016,FNU24cysj005)

作者简介:周卓凡(2001—),男,安徽颍上人,硕士研究生,研究方向为公司治理与企业社会责任。

通讯作者:唐亮(1984—),男,安徽阜阳人,副教授,博士,研究方向为公司治理与企业社会责任。

zones is greater for non-state-owned enterprises and non-heavily-polluting enterprises. Further analysis finds that the pilot zones can improve both the quantity and quality of green technological innovation, with government subsidies and improved business conditions serving as key mediators, and entrepreneurial innovation spirit exerting a moderating effect. Based on these findings, corresponding policy recommendations are proposed to advance the coordinated development between the digital economy and enterprise green technological innovation.

Key Words: multi-period double difference model; enterprise green technological innovation; digital economy policy; national big data comprehensive pilot zone

0 引言

近年来,我国在生态环境保护领域取得了显著进展,但经济运行中的高耗能、高排放和高污染问题尚未根治[1],环境结构性、根源性、趋势性压力总体上也未得到有效缓解[2]。目前我国正处于解决突出生态环境问题的窗口期,决胜污染防治攻坚战任务仍然艰巨。党的二十大报告明确写入“加快发展方式绿色转型”等重要论述,标志着夯实“绿色赋能经济”的发展根基已成为新征程中实现经济高质量发展和可持续发展的重要引擎和必由之路。在此背景下,企业作为市场经济主要参与者与绿色发展的重要践行单元,亟需主动探索契合时代要求的绿色转型之路。其中,企业绿色技术创新兼顾“生存—绿色”和“发展—创新”双重时代意义,不仅能有效降低企业自身的环境污染,更能为企业提供向市场输出绿色竞争优势产品的内生动力,堪称企业实现可持续发展的核心战略[3]。然而,企业开展绿色技术创新活动面临诸多现实挑战:不仅前期投入大、收益见效慢,还易受内部管理因素制约[4],加之存在知识溢出正外部性以及环境污染负外部性,使得企业很难仅依靠市场机制实现绿色技术创新[5]。为此,发挥外部政策的助推作用,成为企业开展绿色技术创新活动的有效手段。

当今,数字经济发展浪潮正席卷全球,区块链、人工智能、5G 等新一代先进数字技术与经济社会深度融合,已成为我国经济稳定增长和助推产业结构升级的重要力量[6]。为抢占数字化发展先机、提升市场核心竞争力,过去几年美国、澳大利亚等全球主要工业化国家相继出台了大数据发展政策。我国同样高度重视大数据建设,2015 年 8 月 31 日,国务院印发了《促进大数据发展行动纲要》,明确提出要开展国家大数据综合试验区建设;同年 9 月,贵州省率先启动试验区建设;次年,我国进一步批复京津冀、珠江三角洲、内蒙古自治区、河南省、上海市、重庆市、沈阳市等地区开展试点工作。国家级大数据综合试验区的设立,将大数据发展上升至国家战略层面,不仅加快了“数字中国”战略部署,推动了大数据产业深化发展,更对我国数据要素市场的整体建设起到了辐射带动和示范引领作用[7]。

随着国家级大数据综合试验区建设的持续推进,不少学者从不同层面研究了此项政策的实施效果,具体分为两类:一是宏观层面,研究结果表明,国家级大数据综合试验区的设立能够显著提高地区全要素生产率、资源配置和能源利用效率[8],优化生态环境[9],促进城市产业生态化转型[10],实现城市经济高质量发展[11];二是微观层面,实证检验结果表明,国家级大数据综合试验区的设立能够促进制造业企业“脱虚向实”[12],而且能够通过产业数字化转型、缓解融资约束、提升数字化水平等途径显著提高企业全要素生产率[13],推进企业转型升级[14],促进企业创新,并在溢出效应的发挥下逐步显现其引领作用[15]。

但从现有的文献可知,目前对国家级大数据综合试验区设立与企业绿色技术创新关系的研究还相对较少,而且有关企业绿色技术创新

影响因素的研究大多集中于环境规制[16-17]、新型基础建设[18-19]、企业 ESG 评级[20]等，较少考虑试验区设立这一政策的影响。作为外部政策的一种，国家级大数据综合试验区对地区经济展现出不断向好的实施效果，那么对企业绿色技术创新是否也有所裨益？而且，如果有效性得以证实，面对内外部环境，此政策是通过何种中介变量对企业绿色技术创新进行赋能的？又得益于何种支撑因素？科学准确回答上述问题，对于实现经济高质量发展具有重要理论意义和现实意义。因此，本文以 2013－2022 年沪深 A 股上市公司为研究对象，以国家级大数据综合试验区为一次准自然实验，构建多期双重差分（DID）模型，实证检验数字经济政策对企业绿色技术创新的影响。

本文可能的边际贡献主要在于：(1)构建“宏观政策—微观效应”的完整研究链条，深入探讨国家级大数据综合试验区设立对企业绿色技术创新的影响，且落脚于微观经济主体来解读政策实施效果，为数字经济政策引领企业绿色技术创新提供新的证据；(2)通过构建“宏观政策—外部政府补贴赋能—微观效应”和“宏观政策—内部经营绩效发力—微观效应”两条扩展研究链条，为识别由数字经济支持的政策工具影响企业绿色技术创新的传导机制提供崭新的分析视角、扩展现有的研究框架；(3)探讨国家级大数据综合试验区试点政策驱动企业绿色技术创新的支撑要素及其经济后果，不仅对于深刻理解数字经济政策赋能效果、加快推进市场数字绿色化演进具有重要意义，更能为实现经济高质量发展提供决策参考和新型实现路径。

1　理论分析与研究假说

1.1　数字经济政策与企业绿色技术创新

从权变理论来说，大数据试点政策作为一项重要的权变因素，对企业绿色技术创新有着重要影响。一方面，大数据试点政策通过促使企业“内部技术更迭”直接影响企业绿色技术创新。伴随着大数据、人工智能、区块链等新型数字技术的广泛应用，企业传统的生产方式、运营管理模式已不适应数字经济下的社会发展，企业亟需开展绿色技术创新活动，为企业发展注入新的活力。另一方面，大数据试点政策通过营造“外部良性竞争氛围”间接影响企业绿色技术创新。大数据试点政策（外部政策）的冲击势必会激发其他企业开展绿色技术创新活动的“溢出效应”。具体而言，当同行业内的其他企业或者不同行业的企业在面临数字经济政策冲击时会应用先进的数字技术提升自身绿色技术创新水平，此时标的企业为保持市场竞争优势，也会抓紧机会推动企业绿色转型。因此，基于权变理论，企业在数据时代下会积极适应数字技术的渗透与扩散，构建数字竞争平台，加速绿色技术创新。

从企业风险管理理论来说，一是大数据试点政策的实施能够显著提升企业的内部管理水平，为企业提供开展绿色技术创新活动的内在保障。在产品管理方面，数字技术的广泛应用能为企业在绿色产品设计研发、生产、销售等环节提供全方位的产品信息，从而提高企业绿色产品全生命周期管理水平；在资源管理方面，大数据试点政策不仅能够减弱企业直线制组织结构信息不对称程度，降低在传递过程中信息失真而导致的经营风险和不确定性，增强管理者对各职能部门的监督和管理，而且有助于防范和化解各类风险挑战，为企业开展绿色技术创新活动奠定内在基础。二是企业通过数字技术能够提高对外部市场预测的准确性，从而增强企业绿色转型的信心。较高的不确定性会增加企业边际投资成本，使企业倾向于延迟投资时机、等待明朗的投资环境[21]。而通过使用人工智能等新兴数字技术，企业能够准确地预测外部市场环境和未来的营收情况，客观上会降低企业绿色投资风险，增加企业开展绿色技术创新活动的信心。总之，基于企业风险管理理论，国家级大数据综合试验区的设立能够有效提升企业内部数字化管理水平，准确预测外部市场的挑战，降低企业开展绿色技术创新活动的风险。据此提出假说 1。

H1：国家级大数据综合试验区的设立能够

显著促进企业绿色技术创新。

1.2 数字经济政策与企业绿色技术创新关系中的中介效应

企业在开展绿色技术创新活动时可能会面对市场失灵问题，而政府这只“有形之手”的作用就是推动市场可持续发展，弥补市场失灵。国家级大数据综合试验区的设立必然会吸引政府补贴，而政府补贴作为政府调节市场的政策工具可以为企业提供更多的资金储备，从而增强其抗风险能力。首先，政府补贴是企业开展绿色技术创新活动的重要资金来源。绿色转型过程中所涉及的技术支持、清洁能源损耗等必然会增加企业生产运营成本，政府补贴作为无偿给付企业的支持资金，无疑能缓解企业在绿色转型过程中的资金压力。其次，政府补贴能够传递国家战略和政策倾斜方向的信号，而数字技术的普及可增强企业环境信息的披露质量，银行等金融机构捕捉到相关信息则会增加债务融资和风险投资，从而缓解企业绿色技术创新所面临的融资约束，降低资金链断裂导致的绿色技术创新风险。最后，政府补贴也会向社会公众传递“企业可信赖”的信号，提高企业的社会认可度，从而增加绿色产品营收，提高核心竞争力，由此形成企业绿色技术创新的良性循环。据此提出假说 2：

H2：国家级大数据综合试验区的设立能够通过吸引政府补贴促进企业绿色技术创新。

从企业经营角度而言，国家级大数据综合试验区的设立能够优化企业的生产、销售等环节，改善企业经营现状，提高企业绿色技术创新水平。在生产制造环节，企业可将大数据、物联网等先进技术融入生产全流程，同时利用这些技术可精准预测绿色产品市场需求，并在此基础上结合客户普遍性需求与个性化需求对生产线进行绿色改造升级。在销售环节，随着企业数字化进程加速，传统商业模式已难以适应由数字经济带来的深刻变革。当前，高新技术产业通过与传统产业的交叉、融合，正在重塑新时代的商业模式。这种商业模式，不仅能大幅提高市场经营效率、降低信息成本，还能为企业绿色发展及创新奠定资金基础；同时，它也能强化企业的市场竞争力，为企业开展绿色技术创新活动增添信心和动力。据此提出假说 3：

H3：国家级大数据综合试验区的设立能够通过改善企业经营状况激励企业绿色技术创新。

1.3 企业家创新精神对数字经济政策与企业绿色技术创新关系的调节作用

企业家是企业的核心主导者，而企业家精神则是企业发展意志的主要体现，也是衔接数字经济政策与企业绿色技术创新的关键纽带。一方面，企业家凭借自身的创新特质，既能响应数字经济政策导向，又能敏锐捕捉市场需求，推动企业绿色技术创新水平的提升。“数字＋绿色”产品热销已成为不可逆转的趋势，具有创新精神的企业家能够依托政策红利准确识别具有市场潜力的“数字＋绿色”产品，抓住盈利机会；同时，企业家天生具备冒险精神和风险承担能力[22]，为追求长期效益最大化，他们会根据市场需求改善企业内部治理结构，加大绿色技术创新研发投入，推动科技成果市场化，助力企业抢占数字经济政策下的绿色市场份额。另一方面，随着数字化市场竞争激烈程度不断加剧，具有创新精神的企业家会投入更多资金和人力资本，这在一定程度上能为产学研合作的顺利开展提供保障——既满足数字经济政策下跨主体协作的需求，又能借助外部科研力量弥补企业自身创新短板，进而进一步提升企业绿色技术创新水平。此外，当企业在数字经济政策赋能下积累了一定的绿色创新成果后，具有创新精神的企业家会对企业绿色发展领域给予更多关注，也更有可能资助公益事业、环保事业，此举会显著提升企业的公众关注度，既塑造企业绿色品牌形象，又引发行业示范效应，带动上下游企业参与绿色创新，最终形成绿色“连锁效应”，让数字经济政策对绿色技术创新的促进作用实现更广范围的覆盖。据此提出假说 4：

H4：企业家创新精神对国家级大数据综合试验区设立促进企业绿色技术创新起调节作用。

2　研究设计

2.1　模型构建

为探究数字经济政策是否能够促进企业绿色技术创新，本文将国家级大数据综合试验区作为一次准自然实验。考虑到各试验区设立的时点不同，故通过构建多期双重差分模型估计国家级大数据试验区设立对企业绿色技术创新的影响效果。

$$GreInnov_{i,t}=\alpha_0+\alpha_1(Treat_{i,t}\times Post_{i,t})+\alpha_2X_{i,t}+\mu_i+\sigma_t+\varepsilon_{i,t}。\quad(1)$$

式中，$GreInnov_{i,t}$ 表示企业绿色技术创新水平，解释变量 $Treat_{i,t}\times Post_{i,t}$ 为国家级大数据综合试验区政策虚拟变量，$X_{i,t}$ 表示一系列可能影响企业绿色技术创新的控制变量，μ_i 为企业个体固定效应，σ_t 为年份固定效应，$\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项（i，t 分别代表企业和年份），α_0 为常数项，α_1 为核心解释变量估计系数，α_2 为控制变量的估计系数。其中，α_1 在模型检验中应重点关注，其数值为正则说明该项政策显著促进企业绿色技术创新，反之则为负相关。

进一步地，为证实国家级大数据综合试验区的设立与企业绿色技术创新关系中存在中介效应，参考温忠麟等[23]的研究，以模型(1)为基础，构建下列模型：

$$M_{i,t}=\beta_0+\beta_1(Treat_{i,t}\times Post_{i,t})+\beta_2X_{i,t}+\mu_i+\sigma_t+\varepsilon_{i,t}；\quad(2)$$

$$GreInnov_{i,t}=\gamma_0+\gamma_1(Treat_{i,t}\times Post_{i,t})+\gamma_2M_{i,t}+\gamma_3X_{i,t}+\mu_i+\sigma_t+\varepsilon_{i,t}。\quad(3)$$

式中，$M_{i,t}$ 为中介变量组，其余设定同模型(1)。在 α_1，β_1，γ_2 显著的情况下，若 γ_1 不显著，则中介变量发挥着完全中介效应；若 γ_1 显著但系数小于 α_1，中介变量则发挥着部分中介效应。

2.2　变量设定

2.2.1　被解释变量

借鉴唐亮等[2]的做法，以企业每年绿色专利申请数衡量绿色技术创新数量（$GrePat$），以企业每年绿色发明型专利申请数衡量企业绿色技术创新质量（$GreInv$）。同时为避免 0 值影响，将绿色专利申请数（绿色发明型专利申请数）加 1 再取自然对数进行处理。在稳健性检验中，参考徐佳和崔静波[24]的研究，用企业绿色专利申请数占比替换原有变量，具体而言，以企业绿色专利申请数与其当年所有专利申请数的比值衡量企业绿色技术创新数量（$RatioGrePat$）；以企业绿色发明型专利申请数与其当年所有专利申请数的比值衡量企业绿色技术创新质量（$RatioGreInv$）。

2.2.2　解释变量

本文构建多期双重差分模型研究国家级大数据综合试验区的设立对企业绿色技术创新的影响，需设计两个虚拟变量。一是国家级大数据综合试验区组别虚拟变量（$Treat$）：以贵州省、京津冀、珠江三角洲、内蒙古自治区、河南省、上海市、重庆市和沈阳市这些试点地区内的企业为处理组，其余省市地区的企业为控制组。当企业在处理组时，$Treat$ 取 1，否则为 0。二是时间虚拟变量（$Post$）：企业所属地区设立国家级大数据综合试验区当年及以后的年份取 1，否则为 0。由此形成核心解释变量：组别虚拟变量与时间虚拟变量的交互项（$Treat\times Post$）。

2.2.3　中介变量

政府补贴（$Subsidy$）：借鉴李金昌等[25]的做法，采用政府补助金额加 1 后取自然对数来衡量。企业经营状况（$Profit$）：借鉴王海等[26]的研究，采用企业利润总额来衡量。

2.2.4　调节变量

在丁红乙和成琼文[27]研究的基础上，采用企业专利授权总量加 1 后取自然对数来衡量企业家创新精神（IT）。

2.2.5　控制变量

为提高研究的准确性，本文参考王馨和王营[28]的做法，引入一系列微观企业层面的控制变量，具体包括：企业规模（$Size$）、资产负债率（Lev）、净资产收益率（Roe）、现金流比率（$Cashflow$）、固定资产比例（$Fixed$）、独立董事比例（$Indep$）、两职合一（$Dual$）、公司成立年限（$Firmage$）、审计意见（$Opinion$）、员工规模（$Employee$）。各变量定义见表 1。

表 1　变量定义

变量类型	变量名称	变量代码	变量定义
被解释变量	绿色技术创新数量	*GrePat*	企业每年绿色专利申请数加 1 后取自然对数
	绿色技术创新质量	*GreInv*	企业每年绿色发明型专利申请数加 1 后取自然对数
解释变量	国家级大数据综合试验区政策虚拟变量	*Treat*×*Post*	国家级大数据综合试验区组别虚拟变量与时间虚拟变量的交互项
中介变量	政府补贴	*Subsidy*	政府补助金额加 1 后取自然对数
	企业经营状况	*Profit*	企业利润总额
调节变量	企业家创新精神	*IT*	企业专利授权总量加 1 后取自然对数
控制变量	企业规模	*Size*	企业年总资产的自然对数
	资产负债率	*Lev*	企业年末总负债除以年末总资产
	净资产收益率	*Roe*	企业净利润除以所有者权益平均余额
	现金流比率	*Cashflow*	企业经营活动产生的现金流量净额除以总资产
	固定资产比例	*Fixed*	企业固定资产净额除以总资产
	独立董事比例	*Indep*	企业独立董事人数除以董事人数
	两职合一	*Dual*	若董事长与总经理是同一个人为 1,否则为 0
	公司成立年限	*Firmage*	当年年份减去企业成立年份加 1 后取自然对数
	审计意见	*Opinion*	若企业当年的财务报告被出具了标准审计意见,则取值为 1,否则为 0
	员工规模	*Employee*	企业员工人数的自然对数

2.3　数据来源

本文研究对象主要为沪深 A 股上市公司,由于 2013 年为我国“大数据元年”,因此将 2013 年设定为研究初始年份,研究区间划定为 2013－2022 年。上市公司专利数据来源于国家知识产权局,公司层面数据来源于国泰安数据库。同时对数据进行如下处理:(1)剔除异常市场状态(ST,*ST)样本;(2)剔除资不抵债的上市公司;(3)剔除信息过度缺失样本后,采用线性插值法对相关数据进行填补;(4)为避免异常值影响,对连续型变量进行上下 1%的缩尾处理。相关变量描述性统计结果见表 2。

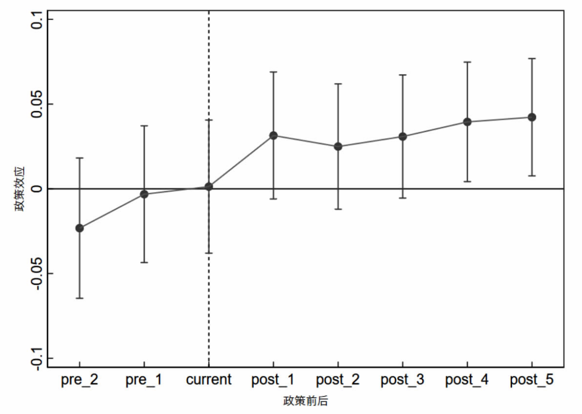
表 2　描述性统计结果

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
GrePat	32 904	0.350	0.761	0.000	3.638
GreInv	32 904	0.240	0.611	0.000	3.219
Treat×*Post*	32 904	0.315	0.464	0.000	1.000
Subsidy	32 904	15.990	2.829	0.000	20.250
Profit	32 904	8.360e+08	2.867e+09	－1.601e+09	2.232e+10
IT	32 904	1.510	1.528	0.000	5.768
Size	32 904	22.340	1.433	19.970	27.330
Lev	32 904	0.426	0.211	0.057	0.924
Roe	32 904	0.060	0.135	－0.643	0.366
Cashflow	32 904	0.047	0.068	－0.157	0.244
Fixed	32 904	0.198	0.156	0.002	0.679
Indep	32 904	37.760	5.330	33.330	57.140
Dual	32 904	0.298	0.457	0.000	1.000
Firmage	32 904	2.957	0.310	2.079	3.555
Opinion	32 904	0.970	0.172	0.000	1.000
Employee	32 904	7.671	1.267	4.804	11.330

3　实证结果与经济解释

3.1　平行趋势检验

多期双重差分模型在一定程度上可以缓解由变量内生引发的问题，但是运用该模型的前提条件是需要满足平行趋势检验。因此，在国家级大数据综合试验区设立之前，实验组与对照组的企业绿色技术创新水平应具有相似的变化趋势，以此证明样本的有效性。基于此，本文设置前置虚拟变量（pre_1，pre_2）、当期虚拟变量（current）以及后置虚拟变量（post_1，post_2，post_3，post_4，post_5），将这些纳入回归模型后检验结果如图 1 所示。政策实施前的估计系数在 95％水平上的置信区间均包含 0 点，说明实验组与对照组的差异并不显著，满足平行趋势检验。需要注意的是，在政策实施后的三年内存在政策滞后效应，第四年及以后回归系数显著异于 0，说明该项政策对于企业绿色技术创新具有长期正向促进作用。



注：上下垂直的短实线为 95％水平上的置信区间

图 1　平行趋势检验

3.2　基准回归

基于模型（1），本文针对理论分析中所构建的“宏观政策—微观效应”完整链条，实证检验国家级大数据综合试验区的设立对企业绿色技术创新的影响，回归结果如表 3 所示。列（1）显示交互项的估计系数为 0.092 且在 1％的水平上显著为正；列（2）显示将控制变量纳入回归模型后交互项的估计系数仍显著为正；为进一步避免内生性偏误，列（3）为控制了年份固定效应以及个体固定效应的结果，交互项的估计系数仍通过了显著性检验。据此得出结论，假说 1 成立。从外部环境来看，国家级大数据综合试验区设立这种政策的支持不仅会为企业绿色技术创新提供基础性资金支持，而且试点政策所带来的“光环效应”也会提高投融资机构对试点内企业的认可度，从而有效缓解融资约束，助推企业绿色技术创新。从内部动力来看，大数据等数字技术的引进能够加速产业升级，为企业绿色转型提供基础支撑，提高企业绿色发展水平，为企业高质量发展持续赋能。

表 3　基准回归结果

变量	*GrePat* (1)	*GrePat* (2)	*GrePat* (3)
Treat×*Post*	0.092***	0.066***	0.022*
	(10.405)	(6.874)	(1.790)
Size		0.024***	−0.004
		(3.422)	(−0.389)
Lev		0.026	0.019
		(0.970)	(0.629)
Roe		0.055**	0.054**
		(2.235)	(2.165)
Cashflow		−0.069	−0.104**
		(−1.476)	(−2.170)
Fixed		−0.132***	−0.034
		(−3.713)	(−0.823)
Indep		0.001*	0.001
		(1.667)	(1.591)
Dual		0.000	−0.003
		(0.036)	(−0.338)
Firmage		−0.014	0.005
		(−0.735)	(0.074)
Opinion		0.016	0.023
		(0.946)	(1.344)
Employee		0.054***	0.045***
		(7.506)	(5.001)
Constant	0.331***	−0.601***	−0.068
	(32.661)	(−5.103)	(−0.285)
样本量	32 904	32 904	32 904
R^2	0.003	0.006	0.014
年份固定效应	NO	NO	YES
个体固定效应	NO	NO	YES

注：*，** 和 *** 分别为在 10％，5％和 1％的水平上显著。括号内数值均为 t 值。下同。

由表 3 中列(2)可知,控制变量的估计结果总体符合预期,企业规模、净资产收益率、独立董事比例和员工规模不同程度地促进了企业绿色技术创新;而固定资产因具有使用年限长等特点,其比例越高意味着企业沉没成本越高,同时原有资产无法满足数字化生产要求,因而不能有效促进企业进行绿色技术创新;其余控制变量虽不显著,但是能够进一步保证回归的准确性。

3.3 稳健性检验

3.3.1 更换被解释变量

绿色专利申请数是衡量企业绿色技术创新水平的重要指标之一,借鉴已有研究,运用比例指标可进一步排除影响分子和分母的混淆因素,因此将企业绿色专利申请数替换为企业绿色专利申请数占其当年所有专利申请数的比值进行稳健性检验,结果如表 4 中列(1)所示:交互项的估计系数在 1%的水平上显著为正,说明国家级大数据综合试验区的设立能够显著促进企业绿色技术创新,这佐证了上述基准回归结果的稳健性。

3.3.2 时间安慰剂检验

本文借鉴张兵兵等[29]的稳健性检验做法,将国家级大数据综合试验区的设立时间提前一年进行时间反事实检验,若交互项的估计系数显著,表明未通过反事实检验,企业绿色技术创新水平的提升可能来自试验区设立以外的其他因素;如果交互项的估计系数不显著,则说明该项政策能够促进企业绿色技术创新,结果稳健。表 4 中列(2)展示了时间安慰剂检验结果:交互项的估计系数为 0.018 且不显著,说明企业绿色技术创新水平提升是由于国家级大数据综合试验区的设立,而非其他因素,由此印证了基准回归结果的稳健性。

3.3.3 混合安慰剂检验

为进一步控制由遗漏变量导致的结果偏误,本文通过构建"伪交互项"进行混合安慰剂检验,具体做法如下:首先在样本数据中随机抽取与原处理组数量相同的企业作为"伪处理组",其余企业作为"伪控制组",生成"伪组别虚拟变量";然后再随机抽取一个年份作为"伪政策时间";最后生成"伪交互项"纳入回归模型进行实证分析。为保证结果准确可靠,过程重复 500 次,将 500 个估计系数及对应的 p 值绘制成核密度图,结果如图 2 所示:一方面,交互项的估计系数主要集中在 0 值附近,满足正态分布,且与基准回归系数(0.022)具有显著差异;另一方面,绝大多数交互项的估计系数 p 值大于 0.1,即不满足在 10%的水平上显著,这进一步证明了基准回归结果的可靠性。

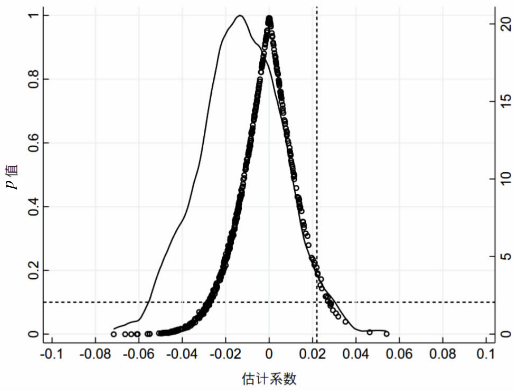


图 2 混合安慰剂检验

3.3.4 更换回归模型

鉴于国家级大数据综合试验区是逐年推进的,且 2016 年为政策主要实施年份,本文借鉴石玉堂和王晓丹[30]的做法,将 2015 年第一批政策试点内企业样本剔除,仅将 2016 年作为政策实施年份,用传统双重差分模型进行实证分析,结果如表 4 中列(3)所示:交互项的估计系数显著为正,表明基准回归结果稳健。

表 4 稳健性检验

变量	*GrePat*		
	更换被解释变量	时间安慰剂检验	更换回归模型
	(1)	(2)	(3)
Treat×*Post*	0.009***	0.018	0.023*
	(3.198)	(1.253)	(1.883)
Constant	0.100*	−0.067	−0.070
	(1.768)	(−0.283)	(−0.292)
样本量	32 904	32 904	32 646
R^2	0.002	0.014	0.014
控制变量	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES

3.4　异质性分析

3.4.1　股权异质性

不同产权性质的企业主体在国家级大数据综合试验区政策下其绿色转型动机是不同的。基于此,本文根据股权性质将样本划分为国有企业和非国有企业两类进行分组回归,以深入探究数字经济政策对不同类型企业绿色技术创新的影响。分组回归结果如表 5 中列(1)和列(2)所示:国有企业样本交互项的估计系数不显著,非国有企业交互项的估计系数在 5%的水平上显著为正。可能存在的原因是:一方面,相较于非国有企业,国有企业是国民经济的中流砥柱,承担着更多的社会责任,绿色转型升级意愿相对较弱;而非国有企业多以盈利为主要目标,为维持市场竞争地位会有更强的意愿加大绿色创新,而且国家级大数据综合试验区的设立能够为非国有企业提供其更为迫切需要的数据要素,加速其绿色技术创新的步伐。另一方面,国有企业的发展历程具有多重政策倾斜效应,更容易获得财政支持,因此对于国家级大数据综合试验区设立所带来的优惠其“边际效用”不够显著;而非国有企业在市场竞争中常存在融资困境,因此对于国家级大数据综合试验区设立提供的一系列优惠政策具有高度敏感性,而且这些优惠政策能够使其有效缓解融资约束。

3.4.2　污染程度异质性

重污染企业相对于非重污染企业具有发展模式粗放、污染突出等问题,而不同污染程度的企业在数字经济政策驱动下绿色技术创新效果是不尽相同的。基于此,本文将样本划分为重污染企业和非重污染企业两类进行分组回归,进一步分析不同污染程度下数字经济政策对企业绿色技术创新的影响效果。借鉴李井林等[31]的做法,依照《上市公司行业分类指引》和《上市公司环保核查行业分类管理名录》,将属于行业分类国标代码 B06,B07,B08,B09,C15,C17,C18,C19,C22,C25,C26,C27,C28,C29,C31,C32,D44,D45 的企业定义为重污染企业,其余为非重污染企业。分组回归结果如表 5 中列(3)和列(4)所示:重污染企业交互项的估计系数不显著,非重污染企业交互项的估计系数显著为正。可能的原因为:一方面,重污染企业排污问题较为严重,是政府环境监管的重点对象,同时在多项刚性环境规制工具的交叉施压约束下,其为实现经营目标不得不进行绿色技术创新,在这种情况下,重污染企业对于以国家级大数据综合试验区为代表的非刚性政策工具所引起的绿色技术创新的效果就会大打折扣,数字经济政策驱动效果也就会不显著。另一方面,重污染企业在长期发展中已具备成熟的传统生产模式,在大数据试点政策外部冲击下难以摒弃已有的依赖路径,较大的沉没成本使之无法更快速地适应以大数据、互联网为代表的新型发展方式;而非重污染企业在外部数字基础建设的政策支持下,能够快速把握数据要素,构建以数字化为特色的绿色发展渠道,数字技术的渗透与扩散较为快速,从而助推企业进行绿色技术创新,实现企业高质量发展。

表 5　异质性分析结果

变量	*GrePat*			
	国有企业	非国有企业	重污染企业	非重污染企业
	(1)	(2)	(3)	(4)
Treat×*Post*	−0.010	0.037**	−0.015	0.028*
	(−0.510)	(2.311)	(−0.696)	(1.870)
Constant	1.428***	−1.035***	0.895**	−0.518*
	(3.030)	(−3.534)	(1.983)	(−1.782)
样本量	10 733	22 171	9 084	23 820
R^2	0.016	0.015	0.008	0.020
控制变量	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES

4 进一步研究

4.1 国家级大数据综合试验区的设立是否能促进企业绿色技术创新的“量质齐升”?

在数字经济宏观背景下,企业绿色技术创新的“量质齐升”是实现经济高质量发展的题中之义。企业作为市场经济的主要承担者,尽管其所处的行业与资源禀赋不尽相同,提升创新数量还是质量的偏好也存在差异,但毋庸置疑的是,只有绿色技术创新“量质齐升”,其才能取得更好的创新效果[32]。鉴于此,本文采用审查更为严格的绿色发明型专利申请数来衡量企业绿色技术创新质量,然后参照基准回归模型实证检验国家级大数据综合试验区的设立是否能够促进企业绿色技术创新质量。同时为保证结果稳健,将企业绿色发明型专利申请数替换为企业绿色发明型专利申请数占比再次进行回归,结果如表 6 所示:列(1)-(6)中交互项的估计系数均显著为正,表明国家级大数据综合试验区的设立能够使企业绿色技术创新实现“量质齐升”。

表 6 进一步研究——“量质齐升”

变量	*GreInv*			*RatioGreInv*		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Treat×*Post*	0.076***	0.055***	0.024**	0.011***	0.010***	0.008***
	(10.583)	(6.996)	(2.355)	(8.676)	(7.521)	(4.063)
Constant	0.221***	−0.578***	−0.070	0.025***	−0.024	0.047
	(27.371)	(−6.063)	(−0.359)	(23.004)	(−1.565)	(1.277)
样本量	32 904	32 904	32 904	32 904	32 904	32 904
R^2	0.003	0.005	0.010	0.002	0.002	0.003
控制变量	NO	YES	YES	NO	YES	YES
年份固定效应	NO	NO	YES	NO	NO	YES
个体固定效应	NO	NO	YES	NO	NO	YES

4.2 国家级大数据综合试验区的设立影响企业绿色技术创新的中介效应

前文分别从“宏观政策—外部政府补贴赋能—微观效应”和“宏观政策—内部经营绩效发力—微观效应”两条扩展研究链条对国家级大数据综合试验区设立促进企业绿色技术创新进行了理论分析。为验证上述假设,本文运用模型(2)和模型(3)进一步进行实证检验,结果如表 7 所示。

表 7 进一步研究——中介效应

变量	*Subsidy*	*GrePat*	*GreInv*	*Profit*	*GrePat*	*GreInv*
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Treat×*Post*	0.197***	0.021*	0.023**	47 118 906.144*	0.022*	0.024**
	(4.038)	(1.713)	(2.294)	(1.659)	(1.763)	(2.336)
Subsidy		0.005***	0.003**			
		(3.179)	(2.499)			
Profit					0.000***	0.000*
					(2.674)	(1.856)
Constant	4.970***	−0.091	−0.085	−1.348e+10***	0.025	−0.017
	(5.259)	(−0.384)	(−0.437)	(−24.508)	(0.104)	(−0.088)
样本量	32 904	32 904	32 904	32 904	32 904	32 904
R^2	0.113	0.014	0.010	0.205	0.014	0.010
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES

表 7 中列(1)－(3)展示了政府补贴对国家级大数据综合试验区的设立影响企业绿色技术创新发挥中介效应的结果，列(1)交互项的估计系数显著为正，表明国家级大数据综合试验区的设立能够吸引政府补贴。进一步分析，将解释变量与中介变量同时放入模型进行回归，结果显示，在创新数量方面，交互项的估计系数显著为正，由 0.022 变为 0.021；在创新质量方面，由 0.024 降低为 0.023，但显著为正，说明政府补贴这一中介变量在国家级大数据试验区设立对企业绿色技术创新"量质齐升"的促进作用中发挥着部分中介效应。由此假说 2 成立。表 7 中列(4)－(6)展示了企业经营状况对国家级大数据综合试验区设立影响企业绿色技术创新的作用结果，同理分析可证，数字经济政策能够通过提高企业经营状况加快企业绿色技术创新，由此假说 3 成立。在国家级大数据综合试验区政策背景下，政府通过补贴的形式让渡部分利益于试点内企业，能够缓解企业资金压力、降低融资成本，为企业绿色转型持续赋能；随着数字经济的不断深入，在政府补贴赋能的作用下，企业经营状况得以改善，经济实力得以提升，经营信心逐渐增强，从而促使企业进行绿色技术创新、提高核心竞争力、巩固市场地位。

4.3　企业家创新精神对数字经济政策与企业绿色技术创新关系的调节效应

为了探讨企业家创新精神对数字经济政策驱动企业绿色技术创新的支撑效应，本文构建国家级大数据综合试验区组别虚拟变量、时间虚拟变量与企业家创新精神的交互项($Treat \times Post \times IT$)，在模型(1)的基础上将其纳入回归模型，回归结果如表 8 所示：不论是创新数量还是创新质量，交互项($Treat \times Post \times IT$)的估计系数均为 0.023 且在 1% 的水平上显著为正，表明在数字经济政策与企业绿色技术创新的关系中企业家创新精神是重要的支撑因素。这是因为具有创新精神的企业家在数字经济时代下会投入更多的资金和人才，在一定程度上能够优化资源配置；同时在企业资源整合过程中，企业家会通过深入剖析市场了解企业内外部发展环境，持续强化创新实践，拓展创新渠道，从而推进企业绿色技术创新。

表 8　进一步研究——调节作用检验

变量	*GrePat*	*GreInv*
	(1)	(2)
$Treat \times Post \times IT$	0.023***	0.023***
	(4.506)	(5.353)
Constant	−0.232	−0.146
	(−0.999)	(−0.757)
样本量	32,904	32,904
R^2	0.064	0.039
控制变量	YES	YES
年份固定效应	YES	YES
个体固定效应	YES	YES

5　研究结论与政策建议

5.1　研究结论

本文以 2013－2022 年沪深 A 股上市公司为研究对象，构建多期双重差分模型实证检验了以国家级大数据综合试验区为准自然实验的数字经济政策对企业绿色技术创新的影响。研究发现：(1)国家级大数据综合试验区的设立能够显著促进企业绿色技术创新，该结论通过替换被解释变量、安慰剂检验和使用单期双重差分模型等一系列稳健性检验后依然成立；(2)异质性分析表明，相对于国有企业和重污染企业而言，国家级大数据综合试验区设立所产生的绿色激励效应对非国有企业和非重污染企业更大；(3)进一步研究发现，国家级大数据综合试验区的设立能够促进企业绿色技术创新的"量质齐升"，其中，吸引政府补贴和改善企业经营状况是重要的中介变量，企业家创新精神发挥调节作用。

5.2　政策建议

第一，加快国家级大数据综合试验区试点在全国推广，促进企业绿色技术创新"量质齐升"。一方面，政府应完善信息技术基础设施，加速普及互联网、大数据、人工智能等新技术的应用，推动数据要素与传统生产要素深度融合，从而为数字化、智慧化赋能企业绿色技术创新筑牢基础、提供保障；另一方面，环境监管部门在从多维度衡量宏观地区环境绩效的同时，应

当关注微观企业的研发创新动态和生态保护成效，通过“政企齐发力”推动中国可持续发展，助力企业绿色技术创新实现“量质齐升”。

第二，精准研判企业发展的内外部环境，构建“因企制宜”的绿色技术创新互联互通新发展模式。一方面，在数字经济时代机遇下，企业应始终贯彻科技创新与绿色发展相统一的原则，既要精准研判企业发展的内外部环境，以充分释放政策红利，更需借助政府补贴等外部倾斜政策扩大自身绿色技术创新优势，并在生产、销售各环节改善经营状况，充分激发企业绿色技术创新效能。另一方面，政府应强化顶层设计，依托“数字中国”战略充分发挥数字经济优势，建立健全环境绩效监督考核制度；同时，针对不同类型的企业，制定差异化、个性化的数字驱动绿色发展机制，以“因企制宜”为核心，构建兼具共性与异质性的绿色技术创新互联互通发展新模式。

第三，着力塑造企业家创新精神，实现“有为政府与有志企业”的协同统一。并非所有的企业家都是创新者，但具有创新精神的企业家往往拥有长远的发展眼光，因此在数字经济政策与企业绿色技术创新的关系中，企业家创新精神发挥着关键支撑作用。首先，企业应与高校、环保事业单位紧密联系，加强人才与政策交流，营造“全企绿色创新”的良好氛围。其次，在数字经济背景下，具有创新精神的企业家应聚焦企业内部数字化管理变革、数字资源优化，助力企业构建“数字＋绿色”的创新生态。最后，政府在政策制定与倾斜中应发挥“顶天”引领作用，企业则应在政策响应、创新培育中坚定“立地”实践，二者协同发力，共同推动企业绿色技术创新。

参考文献：

[1] 许宪春，任雪，常子豪. 大数据与绿色发展[J]. 中国工业经济，2019(4)：5－22.

[2] 唐亮，姜海锋，郑军，等. 生态法治建设如何引领绿色发展转型：新《环保法》实施对企业绿色技术创新的影响[J]. 中国软科学，2023(8)：43－53.

[3] 解学梅，朱琪玮. 企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题？[J]. 管理世界，2021，37(1)：128－149.

[4] 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.

[5] 郭捷，杨立成. 环境规制、政府研发资助对绿色技术创新的影响：基于中国内地省级层面数据的实证分析[J]. 科技进步与对策，2020，37(10)：37－44.

[6] 陈晓东，杨晓霞. 数字经济发展对产业结构升级的影响：基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J]. 改革，2021(3)：26－39.

[7] 陈文，常琦. 大数据赋能了企业绿色创新吗?：基于国家级大数据综合试验区的准自然实验[J]. 财经科学，2022(8)：76－92.

[8] 邱子迅，周亚虹. 数字经济发展与地区全要素生产率：基于国家级大数据综合试验区的分析[J]. 财经研究，2021，47(7)：4－17.

[9] 张修凡，范德成. 数字经济发展赋能我国低碳经济转型研究：基于国家级大数据综合试验区的分析[J]. 科技进步与对策，2023，40(19)：118－128.

[10] 魏丽莉，修宏岩，侯宇琦. 数字经济对城市产业生态化的影响研究：基于国家级大数据综合试验区设立的准自然试验[J]. 城市问题，2022(11)：34－42.

[11] 郭炳南，王宇，张浩. 大数据试验区设立能否驱动中国城市经济增长质量提升？[J]. 南京财经大学学报，2022(4)：98－108.

[12] 孙哲远. 数字经济发展如何影响制造业企业“脱虚向实”?：来自国家级大数据综合试验区的证据[J]. 现代经济探讨，2022(7)：90－100.

[13] 孙鹏，柳力群，周可憧. 数字经济与企业全要素生产率：来自国家级大数据综合试验区的证据[J]. 海南大学学报(人文社会科学版)，2023，41(5)：114－123.

[14] 曾祥炎，魏蒙蒙，周健. 数字经济发展如何影响企业转型升级?：基于国家级大数据

综合试验区的准自然实验[J]. 福建论坛(人文社会科学版),2023(9):74－91.
[15] 王晓红,李娜. 数字技术发展、产学研合作与企业创新能力:基于国家级大数据综合试验区的分析[J]. 科技管理研究,2022,42(17):1－8.
[16] 甄美荣,江晓壮. 环境税对企业绿色技术创新的影响:基于政府质量和绿色购买的调节效应[J]. 大连理工大学学报(社会科学版),2021,42(4):26－36.
[17] 邓沛琦. 排污费税标准改革与企业绿色技术创新:基于 2004～2017 年沪深 A 股上市工业企业的实证分析[J]. 税务与经济,2022(6):39－47.
[18] 高峰,吕雁琴,陈静,等. "智慧城市"试点的企业绿色技术创新效应研究[J]. 科研管理,2023,44(6):85－94.
[19] 刘伟丽,陈腾鹏. 智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响研究:基于数字化转型的调节效应分析[J]. 经济纵横,2023(7):68－78.
[20] 赵沁娜,李航. ESG 评级是否促进了企业绿色技术创新:来自中国上市公司的微观证据[J]. 南方经济,2024(2):116－135.
[21] 朱德胜. 不确定环境下股权激励对企业创新活动的影响[J]. 经济管理,2019,41(2):55－72.
[22] 韩书成,梅心怡,杨兰品. 营商环境、企业家精神与技术创新关系研究[J]. 科技进步与对策,2022,39(9):12－22.
[23] 温忠麟,张雷,侯杰泰,等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报,2004(5):614－620.
[24] 徐佳,崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济,2020(12):178－196.
[25] 李金昌,连港慧,徐蔼婷. "双碳"愿景下企业绿色转型的破局之道:数字化驱动绿色化的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究,2023,40(9):27－49.
[26] 王海,郭冠宇,尹俊雅. 数字化转型如何赋能企业绿色创新发展[J]. 经济学动态,2023(12):76－91.
[27] 丁红乙,成琼文. 数字化创新、企业家精神与制造企业绿色发展[J]. 科研管理,2024,45(1):84－97.
[28] 王馨,王营. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. 管理世界,2021,37(6):173－188.
[29] 张兵兵,陈思琪,曹历娟. 城市因"智慧"而低碳吗?:来自智慧城市试点政策的探索[J]. 经济评论,2022(6):132－149.
[30] 石玉堂,王晓丹. 大数据综合试验区设立能否驱动企业数字化转型?:基于准自然实验的实证研究[J]. 科学学研究,2024,42(7):1482－1492.
[31] 李井林,阳镇,陈劲,等. ESG 促进企业绩效的机制研究:基于企业创新的视角[J]. 科学学与科学技术管理,2021,42(9):71－89.
[32] 蔡绍洪,俞立平. 创新数量、创新质量与企业效益:来自高技术产业的实证[J]. 中国软科学,2017(5):30－37.

(责任编校:李秀荣)