

# 碳交易与企业数字创新

## ——基于全国碳交易市场启动的准自然实验

肖祖沔, 刘晓源, 戴安然, 向丽锦

(山东财经大学 金融学院, 山东 济南 250002)

**摘要:**在“双碳”战略背景下,碳交易制度作为市场化环境规制的重要工具,正在深刻改变企业的创新行为与发展模式。文章以 2021 年全国碳排放权交易市场启动为准自然实验,基于 2017—2023 年 A 股高碳行业上市公司的数据,将纳入全国碳市场的发电行业上市公司作为处理组,其余未纳入全国碳市场的上市公司作为对照组,通过构建双重差分模型来识别全国碳市场启动对企业数字创新的驱动作用。研究发现,全国碳交易市场的启动显著提升了纳入管制行业企业的数字创新能力,具体表现为这些企业的数字开放性创新能力、数字可供性创新能力和数字自生长性创新能力显著增加。机制分析表明,全国碳交易市场启动通过碳信息披露质量、技术整合能力以及研发投入扩张这三条路径激发了企业全方位提高数字创新能力。异质性分析显示,碳交易对企业数字创新的驱动作用在高 ESG 评分企业、未纳入地方碳交易市场的企业中更为显著。文章从碳交易与数字创新融合的微观视角出发,丰富了市场化环境规制与企业技术变革的研究。文章发现全国碳排放权交易市场不仅具备减排功能,也驱动了企业数字创新。由此可见,持续稳步推进高碳行业纳入全国碳交易体系,是实现“双碳”战略与数字化转型双重目标的重要政策。

**关键词:**碳排放权交易;数字创新;碳市场;双碳目标

**中图分类号:**F273.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2025)12-0032-15

**DOI:**10.16538/j.cnki.jfe.20251119.201

### 一、引言

在全球气候变化持续加剧的背景下,推动碳达峰与碳中和已成为各国应对环境挑战、实现可持续发展的核心战略导向。随着我国经济持续增长,能源消耗与环境污染之间的结构性矛盾日益凸显,因此,强化对企业碳排放的约束成为我国推动高质量发展的关键制度安排。2021 年 7 月,全国碳排放权交易市场(以下简称“全国碳交易市场”)在八个地方试点碳交易市场的基础上正式启动,率先纳入发电行业,成为全球规模最大的碳交易市场。该制度通过“总量控制与交易”,对重点排放单位施加严格的碳约束,引导企业探索低碳化与高效化的技术路径。历经四年发展,全国碳交易市场运行日趋成熟稳定。2025 年 3 月,我国进一步推动碳交易市场扩容,将钢

收稿日期:2025-08-27

基金项目:国家社会科学基金项目(23BJY089)

作者简介:肖祖沔(1985—),男,湖北孝感人,山东财经大学金融学院副教授,博士生导师;

刘晓源(2001—),女,山东济南人,山东财经大学金融学院硕士研究生;

戴安然(1993—)(通讯作者),女,湖南长沙人,山东财经大学金融学院副教授,硕士生导师;

向丽锦(1991—),女,湖北鄂州人,山东财经大学金融学院副教授,硕士生导师。

铁、水泥、电解铝等高排放行业纳入交易范围,强化了碳排放的市场化调控能力,为“双碳”目标的实现提供了更加系统的政策支撑。

与此同时,数字经济的蓬勃发展正深刻重塑经济运行逻辑。作为继农业经济、工业经济之后的新型经济形态,数字经济以数据为关键生产要素,以信息通信技术为核心驱动力,持续推动经济结构转型与动能转换。田秀娟和李睿(2022)指出,数字技术在传统产业中的深度融合有效促进了产业结构升级,重塑了增长动力;黄勃等(2023)进一步强调,数字技术与实体经济的有机结合是构建现代化经济体系的重要路径。值得关注的是,数字创新不仅具有经济价值,还展现出显著的社会与环境正外部性。金星晔等(2025)研究发现,企业的数字技术应用能够有效降低运营成本、激发创新活力和缓解融资约束,进而提升全要素生产率;王连等(2025)则指出,数字创新具有明显的区域知识溢出效应,对地方经济增长具有积极推动作用;王兆敏(2025)进一步强调,数字创新是推动供应链绿色转型、实现“双碳”目标与经济绿色高质量发展的关键支撑力量。由此可见,数字创新并非企业被动应对碳约束的权宜之计,而是兼具长期经济与社会价值的战略选择。

碳交易政策作为市场化的环境规制工具,不仅通过碳价信号与配额约束激励企业开展节能减排,也深刻影响了企业的创新行为与资源配置。Porter(1991)提出的“波特假说”认为,设计合理的环境规制可通过“创新补偿效应”提升企业竞争力。我国学者也围绕碳交易的创新激励效应展开了广泛研究,普遍验证了该假说的适用性。郭蕾和肖有智(2020)认为,碳交易制度能够有效激发企业微观主体的创新活力;黄楠等(2019)指出,合理的配额设定与分配机制有助于经济主体实现环境效益与经济红利的双赢;张芳(2021)基于SBM模型发现,碳交易市场能够将减排潜力转化为实际绩效,推动企业开展创新活动;涂正革和谌仁俊(2015)从“波特效应”视角验证了碳交易对企业生产效率与技术进步的促进作用;胡珺等(2023)则指出,碳交易机制通过激励与约束并重的方式,引导企业主动实施转型与创新。然而,现有研究大多聚焦碳交易市场对企业绿色技术创新的影响。例如,沈洪涛等(2019)发现,碳交易制度能够持续激发企业的绿色创新能力;王薇等(2023)指出,该制度显著提升了制造业绿色发明专利质量;王丹丹等(2023)强调,碳交易市场通过税收优惠与资金支持等机制增强企业绿色技术创新的意愿与质量。这些研究为理解碳交易的创新激励效应奠定了基础,但仍主要局限于绿色技术创新的范畴。

近年来,有关碳交易的研究视角逐渐从绿色创新延伸至企业整体创新体系。Li等(2025)指出,碳交易不仅能促进绿色创新,还通过制度激励推动企业在数字化方向优化资源配置;Guo和Pang(2025)发现,在碳交易背景下,数字技术在碳数据监测、能效调度与ESG信息披露等方面发挥了关键作用,使数字创新成为降低减排成本、提升管理效率与增强竞争力的重要路径;戚聿东和沈天洋(2023)强调,数字技术作为通用目的技术,正深度嵌入企业生产与管理体系,重塑传统创新模式;刘洋等(2020)指出,数字创新体现为信息、计算与连接技术在产品、流程及商业模式中的综合应用,其成果大多反映在专利申请与创新产出上(Zhang等,2024);Zhuo等(2024)进一步证明,数字技术对绿色创新具有显著促进作用;而Feng等(2023)发现碳交易市场可通过创新激励机制诱导企业开展数字驱动的绿色产品创新。然而,现有研究尚缺乏对碳交易市场如何通过内部机制影响企业数字创新的系统分析,尤其在碳信息披露、技术整合与研发投入等微观机制识别方面仍存在明显不足。为此,本文基于全国碳交易市场启动这一政策冲击,构建双重差分模型,系统检验碳交易市场对企业数字创新能力的影响,并深入分析其内在作用机制。

本文的研究贡献主要体现在以下四个方面:第一,拓展了碳交易政策影响企业创新的研究边界。既有文献主要关注碳交易市场对绿色技术创新、污染治理和环境绩效的影响(王薇,2023;

胡逸群等, 2025), 本文则将研究视角延伸至数字创新领域, 揭示碳交易市场不仅是环境规制工具, 也是推动企业数字化转型的重要制度激励, 为环境经济学与数字经济的交叉研究提供了新的理论视角。第二, 系统识别了碳交易市场影响企业数字创新的三条主要路径。本文基于企业层面数据, 构建了碳信息披露质量、技术整合能力与研发投入扩张三条中介通道, 较之以往基于宏观或单一指标的研究, 更细致地揭示了碳政策如何通过企业内部资源配置与战略调整促进企业数字创新能力提升。第三, 构建了数字创新能力的多维度测度体系, 提升了指标的理论适配性与解释力。现有研究大多采用年度数字专利数量作为单一代理变量(马震, 2025; 王兆敏, 2025), 本文则将数字创新能力解构为数字开放性创新(*O-DICs*)、数字可供性创新(*A-DICs*)与数字自生长性创新(*G-DICs*)三个维度, 形成更加系统、精准的测量框架。第四, 从异质性视角提出了更具针对性的政策启示。本文进一步识别了碳交易市场对企业影响的异质性特征, 发现位于无地方碳交易市场地区的企业以及 ESG 表现较好的企业对政策反应更为敏感。这一发现为高碳行业制定分层次、差异化的数字化转型策略提供了经验依据, 也为全国碳交易市场未来扩容与制度优化提供了决策参考。

## 二、理论分析与研究假说

在“双碳”目标的战略引领下, 碳交易作为典型的环境规制市场化工具, 正逐步重塑企业的生产组织方式与技术演进路径。传统观点普遍认为, 环境规制会因增加合规成本而抑制企业技术创新。然而, 自 Porter 和 van der Linde(1995)提出“波特假说”以来, 学界逐渐意识到, 设计合理且具备激励导向的环境规制, 反而可能成为激发企业技术创新的重要制度动力。依据“创新补偿效应”理论, 由创新所带来的收益能够弥补甚至超过环境规制引致的额外成本, 从而助力企业在长期发展中实现净收益提升(关成华, 2020)。

作为以“总量控制与交易”为核心的制度, 全国碳交易市场将温室气体排放的外部性内生化为企业生产成本, 激励企业借助数字化手段优化能源结构与减排路径, 进而在碳约束条件下推进绿色转型(胡逸群, 2024)。王丹丹(2024)的研究进一步指出, 碳排放权交易制度通过倒逼机制、激励机制与赋能机制三条路径推动控排企业开展绿色技术创新, 其中企业声誉资源与绿色融资能力发挥了显著的正向调节作用。由此可见, 碳限额政策不仅驱动企业从资源依赖型生产模式向技术驱动型模式转型, 还为数字技术在排放监测、流程优化与供应链透明化等环节的应用提供了现实场景。同时, 碳交易制度的实施促使企业面临更为严格的信息披露与碳资产管理要求, 从而加速了企业数字化治理体系的构建。

根据 Chen(2023)的研究, 在低碳发展导向下, 环境规制具有典型的补偿效应, 能够有效促进企业推进数字化转型; 刘和旺和宋康婕(2024)基于实证研究发现, 碳排放权交易试点政策通过提升企业投融资效率、激发绿色技术创新以及增强风险缓释能力等渠道, 显著加快了企业数字化转型进程; 董雨(2023)进一步指出, 碳交易政策在企业数字化推进过程中发挥了关键作用, 尤其在数据要素驱动的经济形态中, 数字经济以其低能耗、低排放的天然属性, 在节能降碳与生产效率提升之间形成协同增益效应。综上所述, 全国碳交易市场的正式运行为企业提供了制度压力与转型激励, 推动其加快布局并深化数字技术融合应用, 从而系统提升数字创新能力。基于上述理论分析, 本文提出如下研究假说:

假说 1: 全国碳交易市场的启动促进了企业数字创新能力的提升。

全国碳交易市场的启动, 在为纳入管制企业带来碳排放成本内部化压力的同时, 也显著提升了各方对企业碳信息披露质量与透明度的要求。在此制度背景下, 企业有动力进一步完善碳

信息披露机制，构建系统化、透明化的碳治理体系，进而可能推动其数字技术创新战略的深化。根据宋晓华等(2019)的研究，碳信息披露可划分为低碳战略与低碳治理两个维度，具体涵盖碳减排目标设定、减排行动实施和碳排放核算方法等内容。此类披露要求促使企业构建数字化的碳数据管理系统、智能化的碳监测平台，并加速内部信息体系与外部报告机制的融合(Clarkson等, 2007; Ding等, 2022)。这类数字平台本身就具备显著的技术创新属性，从而有助于系统提升企业的数字创新能力。

碳信息披露在精细化与动态化方面的内在需求，与数字技术的功能特性形成内在契合。一方面，碳减排目标的逐层分解与碳排放核算的多维度验证，要求企业突破传统人工统计在效率与精度上的局限，倒逼其引入物联网传感、边缘计算等技术，以实现碳数据的实时采集与动态监测(孙宝娣等, 2025)；另一方面，全国碳交易市场对数据报送的标准化要求，推动企业构建业财一体、碳数联动的数字平台，实现财务、生产与环保数据的系统整合，此类数据治理能力的提升为数字创新提供了底层支撑(吕希琛等, 2025)。此外，碳信息披露所面临的第三方核查与合规压力，也促使企业探索区块链等技术在碳数据存证与溯源中的应用，相关技术落地过程中的算法优化与系统适配，本身就是数字创新的重要体现(李菲菲等, 2023)。

既有研究表明，碳信息披露质量的提升能够显著增强企业绿色创新能力(Zheng等, 2025; Zhong等, 2025)，而环境信息披露的强制性与透明化要求，则会直接激发企业对数字工具有的深度应用，推动技术实践向创新成果转化(Chen, 2023)。同时，高质量的碳披露有助于改善企业融资环境和缓解信息不对称，这不仅为数字技术创新提供了制度激励，也为其提供了必要的资源保障。基于上述理论分析，本文提出如下研究假说：

假说 2：全国碳交易市场能通过提升企业碳信息披露质量促进企业数字创新能力提升。

根据Fabrizi等(2018)的研究，强制性环境规制能够显著提升企业专利的知识多样性，从而增强其技术整合能力；Cohen等(2009)进一步研究发现，知识结构的多元化有助于增强企业实现突破性创新的潜力，并提升其识别、吸收与应用外部新兴技术的能力。数字技术创新的本质在于多学科知识的交叉融合与系统性重构，其复杂程度远高于传统技术创新(Liu等, 2025)。例如，人工智能算法的优化需融合计算机科学与运筹学理论，工业互联网平台的搭建则涉及通信技术、生产管理与数据科学的深度融合(吴超楠等, 2024)。而在碳交易市场制度背景下，MRV(监测、报告与核查)系统、碳足迹追溯平台等具体应用场景的出现，进一步强化了跨领域技术整合的现实必要性(鲁锦涛等, 2025)。

碳交易市场制度通过强化监管信号，促使企业加快突破原有行业内的技术路径依赖，转向跨界融合的创新模式。以温室气体排放的监测、报告与核查(MRV)系统为例，其实施需结合区块链、云计算等前沿数字技术(刁海璨, 2025)。李星等(2025)指出，相较于传统绿色创新聚焦于节能工艺与流程优化，数字技术创新更依赖于多学科知识的融合，如人工智能、工业互联网与高端芯片等复杂技术领域，均要求企业具备更强的技术整合能力。随着跨领域技术的不断融合与转化，企业得以突破原有技术路径的依赖，构建更广泛的知识基础，从而实现技术要素的整合与复用(习明明, 2025)。作为强制性环境规制工具，碳交易市场迫使企业突破能源、制造等单一领域界限，通过融合数字经济中的新兴技术，推动创新模式向数字化、系统化转型，进而提升数字创新的深度与广度(于洋等, 2025)。基于上述理论分析，本文提出如下研究假说：

假说 3：全国碳交易市场能通过增强企业技术整合能力促进企业数字创新能力提升。

创新投入作为企业开展技术创新活动的关键资源配置行为，在环境规制背景下对企业创新路径与绩效具有重要影响。依据波特假说(Porter和van der Linde, 1995)中的“创新补偿效应”，

碳交易市场作为典型的市场化环境规制工具,通过将碳排放权商品化形成可预期的成本约束,促使企业将创新资源从传统高碳技术领域,转向低碳化与数字化相融合的新兴技术方向(胡逸群等,2025)。李长胜(2025)进一步发现,碳价波动在发挥价格发现功能的过程中能够强化碳成本信号、降低绿色创新的不确定性,从而激励企业增加针对绿色新产品与低碳技术的研发投入。

在企业实践层面,扩大研发投入是应对环境规制压力和提升创新产出的核心路径。孔进(2024)指出,具有创新资源集聚效应的政策,往往能够通过资金引导与制度激励推动企业加大研发投入力度,进而提升整体创新质量;郭丰(2025)也发现,研发投入的增加有助于缓解企业在数字技术创新项目中所面临的现金流压力,从而有效分担其创新过程的高风险,为数字创新活动提供稳定的资金保障。类似地,郭祥和陈富永(2023)强调,企业研发资金投入与创新产出之间存在显著正向关系,研发资源配置水平越高,越能支持企业开展具有较高风险与不确定性的前沿创新活动。基于上述理论分析,本文提出如下研究假说:

假说 4: 全国碳交易市场能通过增加企业研发投入促进企业数字创新能力提升。

### 三、研究设计

#### (一) 计量模型设定

2021 年 7 月 16 日,全国碳交易市场正式启动并开始运行,将高碳排放密度行业中的发电行业纳入市场,强化了该行业企业的碳排放约束力度。本文以此次全国碳交易市场的启动作为一项准自然实验,旨在识别这一全国性碳交易政策对发电行业企业数字创新能力的影 响。考虑到截至 2016 年末,我国各地方试点碳交易市场已全面投入运营,为避免地方试点政策的干扰,本文选取 2017—2023 年 A 股高碳行业上市公司数据作为研究样本,将发电行业企业作为处理组,其他行业作为对照组。具体而言,将 2021 年被纳入全国碳交易市场的发电行业上市公司作为处理组,其他尚未纳入全国碳交易市场的上市公司作为对照组,构建如下双重差分(DID)基准回归模型:

$$DICs = \alpha_0 + \alpha_1 \times DID_{it} + \alpha_2 \times Controls_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $DICs$ 为被解释变量,表示企业*i*在第*t*年的数字创新能力; $DID_{it}$ 为核心解释变量,表示企业 2021 年是否被纳入全国碳交易市场; $Controls_{it}$ 表示对企业数字创新能力产生影响的控制变量集;下标*i*和*t*分别表示企业和年份。为缓解不可观测的个体异质性与时间趋势对企业数字创新能力的影响,模型控制了企业固定效应 $u_i$ 和年份固定效应 $v_t$ 。 $\varepsilon_{it}$ 为随机扰动项。

#### (二) 变量选取

1. 被解释变量:数字创新能力( $DICs$ )。本文借鉴曲冠楠等(2025)的研究,将数字创新能力(Digital Innovation Capabilities,  $DICs$ )定义为企业通过开发与运用数字技术以赋能整体创新过程的能力,具体划分为三个子维度:数字开放性创新能力( $O-DICs$ )、数字可供性创新能力( $A-DICs$ )以及数字自生长性创新能力( $G-DICs$ )。曲冠楠等(2025)开发了企业数字创新能力量表并验证了其 对创新绩效的影响机制,但在上市公司层面难以直接实施量表测量。因此,本文采用可获取的专利 IPC 细分分类号数据,对上述三类数字创新能力进行量化测度。

(1) 数字开放性创新能力( $O-DICs$ )。该维度反映企业借助数字技术强化内外部信息交互、拓展资源获取渠道以及提升知识吸收与学习效率的能力。本文参考胡增玺和 马述忠(2023)的研究思路,首先,基于国家知识产权局发布的《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表(2018)》,将企业专利的主分类号匹配至相应行业;其次,结合《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,识别出属于数字经济范畴的专利;最后,以企业每年获得的数字经济相关专利数量(加 1 后取自然对数)作为数字开放性创新能力( $O-DICs$ )的衡量指标。

(2)数字可供性创新能力(*A-DICs*)。该维度体现企业在多样化情境中运用数字技术支持创新活动、拓展功能边界并增强行动灵活性的能力。根据国家知识产权局《关键数字技术专利分类体系(2023)》所界定的技术范围,该体系聚焦人工智能、高端芯片、量子信息、物联网、区块链、工业互联网和元宇宙等七大关键数字技术领域,能够反映企业在前沿数字技术方面的创新投入与技术布局。本文借鉴李雪琴等(2024)的研究方法,利用该体系提供的IPC分类号信息,筛选企业当年在七类关键数字技术领域的发明专利申请数量,并进行对数化处理(加1后取自然对数),以此度量数字可供性创新能力(*A-DICs*)。

(3)数字自生长性创新能力(*G-DICs*)。该维度指企业在数字创新过程中,通过技术积累与学习效应实现自我演进并形成多元化创新成果的能力。《关键数字技术专利分类体系(2023)》将人工智能列为首要关键技术,其涵盖的专利涉及智能感知、推理与决策等前沿技术领域,能够反映企业高阶数字技术方面的创新活跃度。本文依据该体系中的人工智能相关IPC分类号,识别企业当年专利申请中属于人工智能领域的专利数量,并计算其占当年专利申请总量的比例,以此衡量数字自生长性创新能力(*G-DICs*)。

2. 核心解释变量:是否纳入全国碳交易市场(*DID*)。其中, $DID = treat \times post$ ,将纳入全国碳交易市场的发电行业上市企业作为处理组( $treat = 1$ ),其余高碳行业上市企业作为对照组( $treat = 0$ );全国碳交易市场启动后即对纳入管制企业形成明确的碳约束预期与合规要求,企业当年便会启动技术调整与创新布局。因此,本文参考孙传旺等(2025)和廖文龙等(2020)的做法,在处理组中,将全国碳交易市场启动当年及之后年份的 $post$ 赋值为1,否则为0;对高碳行业上市公司的划分参照Tang等(2022)的行业分类标准,将行业代码为C22、C25、C26、C30、C31、C32、D44、D45和G56的行业界定为高碳行业,其余行业为低碳行业。

3. 控制变量。本文在企业层面的控制变量包括:①企业规模(*size*),用企业资产总额的自然对数表示;②资产负债率(*lev*),用总负债与总资产的比值表示;③盈利能力(*roa*),用企业净资产收益率表示;④企业固定资产比率(*gdzc*),用固定资产净额与资产总额之比表示;⑤企业成长性(*growth*),以营业收入增长率度量;⑥企业治理结构(*twoo*),董事长与总经理两职合一取值为1,否则为0;⑦企业年龄(*age*),以公司成立年限衡量。

### (三)数据处理和说明

本文在基准回归与稳健性检验中采用两类主要数据库:上市公司基本信息数据来源于国泰安数据库(CSMAR),专利信息数据来源于中国研究数据服务平台(CNRDS)。机制检验中使用的ESG数据取自Wind数据库中的华证ESG评级指标。为确保样本数据的代表性与估计结果的可靠性,本文按如下步骤对原始样本进行筛选与处理:①剔除退市、ST、\*ST的企业样本;②排除在全国碳交易市场启动之后(2021年7月16日后)新上市的企业;③保留高碳行业上市公司样本;④剔除

关键变量存在缺失的观测值;⑤为缓解极端值对估计结果的影响,对所有连续变量在1%和99%分位进行缩尾处理。经过上述处理,最终获得2017—2023年间513家上市公司共3591个企业—年度有效观测值,构成后续实证分析的基础样本。主要变量的描述性统计如表1所示。

表1 主要变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>O-DICs</i>	3 591	1.810	1.636	0.000	5.858
<i>A-DICs</i>	3 591	0.899	1.087	0.000	4.369
<i>G-DICs</i>	3 591	0.044	0.105	0.000	0.682
<i>size</i>	3 591	22.800	1.427	20.040	26.470
<i>lev</i>	3 591	0.454	0.201	0.069	0.967
<i>roa</i>	3 591	0.035	0.068	-0.260	0.242
<i>gdzc</i>	3 591	0.337	0.171	0.025	0.775
<i>growth</i>	3 591	0.169	0.411	-0.520	2.591
<i>twoo</i>	3 591	0.219	0.414	0.000	1.000
<i>age</i>	3 591	22.330	5.169	11.000	37.000

### 四、实证结果分析

#### (一) 基准回归结果

为检验全国碳交易市场启动对企业数字创新能力的影 响，本文对方程(1)所设定的双重差分模型进行估计，结果汇报于表 2 的列(1)–列(6)。其中，列(1)、列(3)与列(5)仅考察全国碳交易市场启动对企业数字创新能力的净效应，列(2)、列(4)与列(6)进一步加入企业层面的控制变量，所有模型均控制年份与企业固定效应。结果显示，核心解释变量(DID)的系数至少在 1% 的水平上显著为正，这表明全国碳交易市场的启动显著提升了企业的数字创新能力。具体来看，当未加入控制变量时，O-DICs、A-DICs 和 G-DICs 的系数分别为 0.4347、0.3397 和 0.0376，且均在 1% 的水平上显著；在加入控制变量后，上述变量的系数大小与显著性水平均未发生显著变化，这说明估计结果具有较强的稳健性。以上结果一致支持全国碳交易市场对企业数字创新能力具有显著促进效应的结论。假说 1 由此得以验证。

表 2 全国碳交易市场启动对企业数字创新能力的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	O-DICs	O-DICs	A-DICs	A-DICs	G-DICs	G-DICs
DID	0.4347*** (0.1296)	0.4329*** (0.1213)	0.3397*** (0.0980)	0.3432*** (0.0959)	0.0376*** (0.0133)	0.0363*** (0.0134)
gdzc		-0.5990** (0.2397)		-0.1882 (0.1904)		-0.0650** (0.0252)
growth		0.0114 (0.0450)		-0.0226 (0.0287)		0.0051 (0.0042)
roa		-0.5740 (0.3633)		-0.1955 (0.2423)		-0.0838** (0.0356)
size		0.3808*** (0.0741)		0.2341*** (0.0578)		-0.0018 (0.0073)
age		0.1096 (0.0682)		0.0035 (0.0395)		0.0050 (0.0036)
lev		-0.0014 (0.2729)		0.0486 (0.1829)		0.0005 (0.0249)
twoo		-0.0541 (0.0685)		-0.0753* (0.0415)		0.0034 (0.0057)
常数项	1.3818*** (0.0381)	-9.0738*** (2.0322)	0.6584*** (0.0260)	-4.6028*** (1.4540)	0.0361*** (0.0029)	0.0030 (0.1610)
时间与个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	3 591	3 591	3 591	3 591	3 591	3 591
R <sup>2</sup>	0.1187	0.1431	0.0818	0.0991	0.0186	0.0257

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。下表同。

#### (二) 事前趋势检验

事前趋势检验是 DID 方法应用中最重要的前提。对于本文而言，满足事前趋势平行的假设意味着在全国碳交易市场启动之前，处理组企业的数字创新能力与其他行业企业的数字创新能力有着近似的趋势。因此，本文参考 Callaway 和 Sant’Anna(2021)的做法，采用事件研究法(Event Study)进行检验，构建以下模型：

$$DICs = \alpha_0 + \alpha_1 \times \sum_{t=-4}^2 Event_{it} + \alpha_2 \times Controls_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, *Event*代表样本所处年份相对于全国碳交易市场启动年份的时间距离变量; *t*表示政策实施前后的第*t*年, *t*取值为0时表示政策实施当年; 其余变量均与基准回归模型保持一致。以最初一期即2017年作为基准期, 检验处理组企业与对照组企业的数字创新能力在全国碳交易市场启动前后的动态趋势变化。结果如图1、图2和图3所示, 事前*Event*的回归系数在统计意义上均与0没有显著差异。这意味着在事件发生前, 处理组企业与对照组企业在数字创新能力上的表现未拒绝事前趋势平行的假设。在全国碳交易市场启动之后, 回归结果出现显著异于0的情况, 这说明全国碳交易市场启动有效提升了企业数字创新能力。

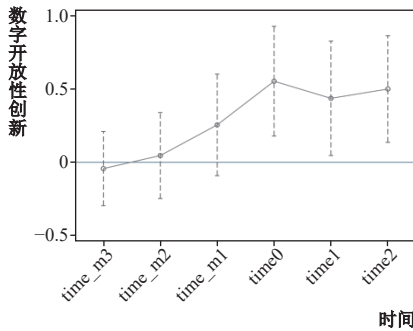


图1 数字开放性创新(O-DICs)事前趋势检验

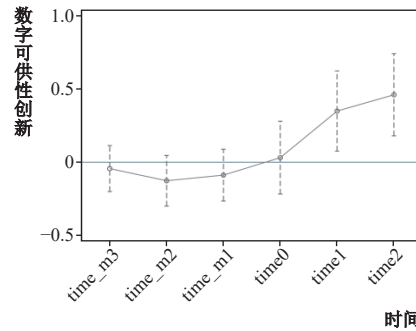


图2 数字可供性创新(A-DICs)事前趋势检验

(三) 稳健性检验<sup>①</sup>

为排除不可观测因素、模型设定偏误以及样本选择偏差的潜在干扰, 本文采取了安慰剂检验、PSM-DID、排除重大外生冲击干扰、预期效应检验以及行业间混杂效应检验等一系列稳健性检验。经过上述检验, 本文的基准回归结论依然成立。

(四) 机制检验

根据前文的理论分析, 2021年启动的全国碳交易市场作为一项市场化的环境规制工具, 全方位地提高了企业的数字创新能力。本文认为, 碳交易市场主要通过碳信息披露机制、技术整合能力机制、研发投入扩张机制这三条核心路径对企业数字创新能力产生影响。接下来, 本文将延续上述逻辑, 对全国碳交易市场激发企业数字创新能力之间可能存在的三条作用机制进行检验。

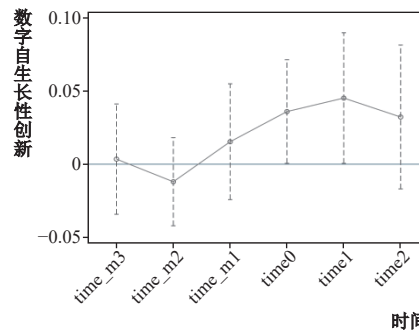


图3 数字自生长性创新(G-DICs)事前趋势检验

1. 碳信息披露机制。从信号传递理论的角度看, 企业需借助合适的渠道和机制向外部利益相关者传递信息, 以缓解信息不对称带来的决策偏差(Clarkson等, 2008; Cohen等, 2023)。在环境治理背景下, 碳信息披露已成为反映企业履行环境责任与应对气候风险能力的重要信号载体。由于碳信息披露质量难以直接观测, 本文借鉴黄胜忠(2025)的研究思路, 利用上市公司披露的社会责任报告文本, 通过关键词频率分析法测度企业碳信息披露质量。具体而言, 本文参考孙晓华等(2023)的方法, 选取企业年报与社会责任报告作为文本数据来源, 并结合吴非等(2021)的

<sup>①</sup> 受篇幅限制, 此处未报告详细的稳健性检验结果, 备索。



做法,从国家层面的碳相关政策文件中提取碳战略关键词,构建关键词词典。关键词提取以《“十二五”控制温室气体排放工作方案》《“十三五”控制温室气体排放工作方案》《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》为基础,并辅以《碳排放权交易管理办法(试行)》《低碳产品认证管理暂行办法》《全国节能宣传周和全国低碳日宣传重点》等文件作为补充。本文参考李雪婷等(2017)和宋晓华等(2019)的研究,对关键词进行分类整合,最终形成企业碳信息披露词表。利用该词典对企业年报与社会责任报告文本进行识别与计频,本文得到企业碳信息披露质量的文本指标。参考郭四代等(2023)的碳信息披露质量评价体系,本文将企业年报与社会责任报告的碳披露词频分别取自然对数(加1后取对数),以此衡量企业碳信息披露质量水平,并重点考察全国碳交易市场启动后该指标的变化情况。

表3列(1)与列(2)的回归结果显示,无论以年报还是社会责任报告作为度量依据,交互项(*DID*)的系数均显著为正,这表明全国碳交易市场的启动显著提升了企业碳信息披露质量。这一结果符合碳交易市场运行的内在逻辑,即随着碳排放权成为可交易的稀缺资源,企业面临更强的合规压力与披露需求,必须提升碳数据的透明度与可靠性。周德良(2025)指出,碳信息披露质量的提升与企业引入智能数据采集与处理技术密切相关;柳学信(2024)也强调,碳交易制度对企业形成倒逼效应,推动其主动加强碳信息管理与公开。由此可见,碳交易市场通过强化碳信息披露要求,促使企业在碳监测、数据处理与信息系统建设中加大数字技术投入,从而系统提升其数字创新能力。假说2由此得以验证。

2. 技术整合机制。技术整合能力是企业应对外部环境约束并实现持续创新的关键基础,而知识宽度作为衡量企业技术整合程度的核心指标,能够有效反映其跨领域知识融合与协同创新水平。本文借鉴张杰和郑文平(2018)的研究方法,采用基于大类专利分类的赫芬达尔-赫希曼指数(*HHI*)加权测度企业专利知识宽度。具体而言,企业专利所覆盖的大类国际专利分类(*IPC*)分布越分散,表明其创新活动所涉及的知识领域越广泛,跨领域技术整合能力越强,进而体现企业在多技术路径协同与融合创新方面的综合能力。该指标为识别全国碳交易市场通过技术整合路径影响企业数字创新能力提供了可行的度量方法。

表3列(3)的实证结果显示,*DID*交互项的系数在统计上显著为正,这说明全国碳交易市场的建立显著拓展了企业的知识宽度,提升了其技术整合能力。这一发现表明,碳约束政策在推动企业低碳转型的过程中,也促进了其在多技术领域的协同创新。其内在逻辑在于,实现碳减排目标不仅依赖于单一技术突破,更需在不同技术路径之间形成系统化协同。正如赵玉荣(2023)所指出的,发电行业的低碳转型涉及发电技术升级、可再生能源与储能技术、智慧电网建设、碳捕集与封存以及能效提升等多个技术维度,唯有通过有效的技术整合,才能为企业的绿色转型提供持续动力。

碳交易市场通过“总量控制与交易”机制形成配额约束与价格信号的双重作用,既强化了企业的减排压力,也为其提供了寻求跨领域技术解决方案的制度激励。数字技术作为具有高度通用性与融合特征的赋能工具(刘洋等,2020),在企业具备较强技术整合能力的前提下,能够更有效地在政策驱动下实现数字创新跃迁。姚艳红等(2024)的研究进一步表明,知识宽度对数字创新绩效具有显著促进作用,组织知识结构越多元,越有利于数字化技术的吸收、融合与再创造。在数字创新的复杂环境中,企业需打破传统知识边界,整合异质性技术资源,以拓展创新的广度与深度。全国碳交易市场的实施不仅推动企业突破原有技术路径依赖,也激励其提升跨界整合能力,促进传统技术资源与数字技术的深度融合,从而系统提升数字创新能力。假说3由此得以验证。

3. 研发投入机制。在碳配额制度约束不断强化的背景下,企业需通过产业结构调整与战略升级探索低碳转型与高质量发展路径。碳排放权交易政策作为重要的市场激励工具,能够有效提升参与企业的研发投入强度,激发其开展创新活动的积极性(廖文龙等, 2020)。本文以企业研发投入增长率为核心指标,考察全国碳交易市场是否通过研发投入扩张机制影响企业数字创新能力。表3列(4)的实证结果显示, *DID* 估计系数显著为正,这表明全国碳交易市场的启动显著促进了企业研发投入的增长,且表现出持续性与扩张性特征。数字创新具有高初始投入与强系统协同的特征,需要企业保持长期、稳定的研发资源支持,以逐步积累系统化技术能力(Nambisan 等, 2019)。

碳交易制度作为外部激励手段,促使企业将研发资源配置从传统工艺向数字化赋能的绿色技术方向倾斜,从而增强其在碳数据智能管理、绿色算法开发等前沿领域的创新能力。刘自强(2025)指出,研发投入是企业开展数字创新活动的基础保障,随着研发资金的持续增加,企业在数字技术创新中所面临的资金约束得以缓解,进而提升整体创新水平(郭丰, 2025)。在数字化转型过程中,稳定的研发投入不仅推动数字技术的自主开发,也有助于企业积累数字资源、构建数字化生产体系,以更好地应对技术不确定性与市场波动(戚聿东和蔡呈伟, 2020)。此外,研发投入的扩张还能够促进生产技术变革、业务流程重构与价值活动升级,引导资金有效配置于关键创新环节,从而系统提升企业数字创新能力(周杰, 2023)。综上所述,全国碳交易市场通过激励企业增加研发投入,有效增强了其数字创新能力。假说4由此得以验证。

表3 机制检验

	(1) 年报碳信息	(2) 社会责任报告碳信息	(3) 专利知识宽度	(4) 研发投入增长率
<i>DID</i>	0.3704*** (0.0855)	0.4716*** (0.1451)	0.1556*** (0.0353)	0.4389** (0.1935)
常数项	-11.2406*** (2.2275)	-7.4084*** (1.9244)	-1.4207*** (0.4195)	-3.6466* (2.1346)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间与个体控制变量	控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	3 591	3 591	3 591	3 585
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.6145	0.2540	0.0891	0.0792

### (五)异质性分析

1. 基于地方碳交易市场是否设立的异质性分析。为进一步识别全国碳交易市场政策在不同区域制度背景下的差异化作用,本文将国家发改委设立的七个地方碳交易市场所在省市(北京市、天津市、上海市、重庆市、广东省、湖北省和福建省)划分为地方碳交易市场试点地区和非试点地区。在企业地理划分上,本文以上市公司注册地为识别标准。注册地通常决定企业所面临的地方制度环境与碳政策约束,且与地方碳交易市场行政边界一致,保证企业所在地与地方政策环境的有效对应。最终样本中,来自地方碳交易市场试点地区的企业共有1008个观测值,非试点地区为2583个,分布与全国上市公司区域结构基本一致,具有代表性。

基于上述划分,本文分别对两类样本进行双重差分模型估计,以比较全国碳交易市场在碳交易基础不同区域中对数字创新能力的差异化影响。表4的实证结果显示,在非试点地区企业中,全国碳交易市场的启动显著提升了数字开放性创新能力(*O-DICs*)与数字自生长性创新能力(*G-DICs*)。究其原因,非试点地区缺乏地方碳交易市场的前期制度铺垫,企业在数字技术

参与的广度与自主技术成长潜力方面基础相对薄弱。全国碳交易市场的统一规则提供了明确的减排导向与市场信号,推动这些企业从较低起点系统构建数字创新能力。具体而言,政策一方面通过拓展数字经济全产业链布局提升数字开放性创新能力,另一方面通过激发自主创新动力增强自主技术成长潜力。相比之下,在地方碳交易市场试点地区,全国碳交易市场政策对数字开放性创新能力与自主技术成长潜力的影响未呈现统计显著性。这可能源于地方试点长期运行的碳交易机制已为企业提供了较为成熟的低碳管理工具与数字基础设施,形成了数字创新的先发优势。这些企业已具备较好的开放性创新与自生长创新基础,因而对全国性政策的边际响应相对有限。

值得关注的是,试点地区中企业数字可供性创新能力(*A-DICs*)的提升效应显著,而非试点组中该效应不显著。其原因在于,地方碳交易市场在早期实践中已建立起较为完善的排放核算、配额交易与信息披露体系,这为企业数字化碳管理积累了经验与数据基础。全国碳交易市场启动后,试点地区企业能够迅速将数字技术嵌入碳资产管理、绿色技术创新等环节,显著提升其数字可供性创新能力;而非试点地区企业受制于数字开放性创新能力与自主技术成长潜力不足,短期内难以实现数字技术的系统整合与深度应用,导致政策对其数字可供性创新能力的促进作用尚不显著。

总体来看,全国碳交易市场并未对地方试点政策产生挤出效应,反而促使试点地区企业在数字创新方面向更深层次推进,形成了地方与全国碳交易市场协同共进的制度格局。从政策演进视角看,地方碳交易市场试点政策发挥了先行探索与经验积累的作用。未来可通过推进数据互认、提升市场流动性等机制,进一步增强地方与全国碳交易体系的制度联动,协同放大其对企业数字创新的激励效果。

表 4 地方碳交易市场试点地区异质性分析

	地方碳交易市场试点地区			非地方碳交易市场试点地区		
	<i>O-DICs</i>	<i>A-DICs</i>	<i>G-DICs</i>	<i>O-DICs</i>	<i>A-DICs</i>	<i>G-DICs</i>
<i>DID</i>	0.3074 (0.2186)	0.5949*** (0.1447)	0.0332 (0.0221)	0.4795*** (0.1407)	0.1879 (0.1277)	0.0356** (0.0178)
常数项	-10.1179** (4.2235)	-5.9969** (2.6694)	0.6728* (0.3786)	-8.0982*** (2.0531)	-3.5299** (1.7639)	-0.1637 (0.1436)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间与个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	1 008	1 008	1 008	2 583	2 583	2 583
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.1555	0.1434	0.0714	0.1448	0.0894	0.0184

2. 基于企业 ESG 水平的异质性分析。为深入考察全国碳交易市场政策在不同 ESG 表现企业中的异质性影响,本文依据企业年度 ESG 评分进行分组回归。本文参考方先明和胡丁(2023)的研究方法,采用华证 ESG 评级体系,将 C 至 AAA 九个等级依次赋值为 1—9 分,并按季度加权平均计算年度 ESG 综合得分。样本中 ESG 评分高于年度均值 3.9 的企业共 2 251 个观测值,占总样本约 62%;低于 3.9 的企业共 1 340 个观测值,占比 38%。该分布符合当前我国上市公司 ESG 披露水平整体偏低、得分右偏的典型特征(刘钢, 2025),以均值作为分组阈值能够有效区分 ESG 水平高低的企业群体。

表 5 的结果显示,全国碳交易市场的启动对高 ESG 企业的数字创新能力具有显著促进作用,而在低 ESG 企业组中该效应较弱,且对数字可供性创新能力(*A-DICs*)无显著影响。这表明碳排

放权交易政策为 ESG 治理水平较高的企业带来了更强的创新激励，有效推动其数字创新能力的提升。高 ESG 企业在环境信息披露、社会责任履行与公司治理结构方面具备较好基础，能够更敏锐地识别政策信号并将其转化为技术战略与创新行动；相比之下，低 ESG 企业受限于治理机制不完善与信息透明度不足，对碳政策反应相对迟缓，创新行为呈现滞后与被动特征。此外，高 ESG 企业通常更易获得绿色信贷等金融资源支持，为数字创新提供稳定的资金保障；而低 ESG 企业因社会责任表现较弱，面临较高的融资约束，这在一定程度上抑制了其创新投入意愿与能力。

全国碳交易市场启动对高 ESG 企业数字创新的促进效应更强，体现了内部治理质量与外部政策激励的交互作用。政策制定者可在未来碳配额分配与绿色金融政策中，将企业 ESG 治理水平纳入激励考量因素，以实现碳约束与数字创新激励的双重目标。

表 5 ESG 评分异质性分析

	ESG评分较高			ESG评分较低		
	<i>O-DICs</i>	<i>A-DICs</i>	<i>G-DICs</i>	<i>O-DICs</i>	<i>A-DICs</i>	<i>G-DICs</i>
<i>DID</i>	0.5899*** (0.1584)	0.5578*** (0.1399)	0.0445** (0.0189)	0.3268* (0.1749)	0.0881 (0.0935)	0.0382* (0.0198)
常数项	-8.8745** (3.9967)	-5.1868** (2.4057)	-0.0337 (0.2191)	-7.4575*** (2.0352)	-4.7793** (1.9691)	0.1119 (0.3033)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间与个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	2 251	2 251	2 251	1 340	1 340	1 340
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.1635	0.1272	0.0394	0.1125	0.0704	0.0247

## 五、结论与政策启示

本文基于 2017—2023 年沪深 A 股上市公司数据，结合国家统计局《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》与国家知识产权局《关键数字技术专利分类体系(2023)》的权威统计口径，构建了企业数字创新能力(*DICs*)的三维指标体系，即数字开放性创新能力(*O-DICs*)、数字可供性创新能力(*A-DICs*)和数字自生长性创新能力(*G-DICs*)，用以衡量企业数字创新能力，通过双重差分法系统分析了全国碳交易市场启动对企业数字创新的影响。主要研究结论如下：(1)全国碳交易市场的启动显著提高了企业的数字创新能力。(2)碳交易市场通过提高企业碳信息披露质量、提高企业技术整合能力和加速企业研发投入扩张这三条路径促进了企业数字创新能力的提升。(3)在非地方碳交易市场试点地区的企业和 ESG 评分较高的企业中，政策效应更为显著。基于以上结论，本文提出如下政策建议：

第一，持续稳步推进全国碳交易市场覆盖行业扩容，释放碳交易市场的数字创新动力。本文实证结果显示，碳交易市场制度已对企业数字创新行为产生显著的正向激励效应，且在非地方碳交易市场试点地区中的激励效应显著强于试点城市，从而印证了碳交易市场作为总量控制与交易的环境规制，能有效驱动企业数字创新。这既为将该政策拓展至其他行业提供了坚实的实证基础，也是实现“双碳”战略与数字化转型双重目标的重要路径。全国碳交易市场于 2025 年扩容，新增钢铁、水泥和铝冶炼行业作为履约主体，有望进一步激发新纳入行业的数字创新活力。因此，建议政府在总结现有实践经验的基础上，加快将化工、有色金属等更多高碳行业纳入全国碳交易体系，扩大政策覆盖面与政策外溢效应；同步制定各行业精准化、差异化的

配额分配和履约规则,将企业数字创新投入占比、数字减排技术应用成效等指标纳入配额分配考量,提升市场化碳排放治理效率,充分释放碳交易市场对企业数字创新的驱动作用,助推“双碳”目标与数字化转型协同发展。

第二,优化碳配额分配与价格机制,强化数字创新激励导向。有效的碳交易市场价格信号与科学的配额分配机制,是激发企业数字创新动力的核心保障。当前碳交易市场存在流动性不足、价格发现功能不充分等问题,这削弱了其对企业数字化转型的约束与激励效应。因此,应逐步降低免费配额比例,提高竞价配额占比,在配额分配中引入数字创新系数,对采用工业互联网、智能监测等数字技术实现减排的企业,给予额外配额奖励;可借鉴上海试点预配额提前发放机制,对完成履约的企业提前发放下一年度 80% 预分配配额,允许用于市场交易,提升企业碳资产管理灵活性与市场活跃度;应健全碳交易市场与绿色金融联动机制,发展碳期货等衍生产品,稳定碳价预期,使碳价充分反映碳排放成本;应将企业数字创新投入产生的减排量纳入碳信用抵消机制,允许通过数字技术实现的超额减排量在市场交易,赋予数字创新直接经济价值;应依托全链条数字化碳交易市场管理平台,强化碳价信号传导机制,倒逼企业将数字技术创新嵌入生产流程,通过智能碳排放监测、能源数字化管理等手段降低碳排放成本,持续提升数字创新能力。

第三,完善碳信息披露机制,建立分阶段强制披露体系。本文的研究结论证实,碳信息披露质量的提升是碳交易市场促进数字创新的关键路径,碳信息透明度不仅是企业履行环境责任的体现,更是激发其数字创新的内生动力。因此,可借鉴欧盟 CSRD 分阶段实施框架,建议监管方构建梯度推进、标准统一的强制披露体系,实现从鼓励披露向全面强制披露的有序过渡;尝试以 ESRS E1 气候标准和 GHG Protocol 为核算依据,要求企业全面披露直接排放(Scope1)、能源间接排放(Scope2)和价值链间接排放(Scope3),并计算碳排放强度与净营收的关联数据,未披露的排放源需说明合理理由;强制企业运用物联网、区块链等数字技术开展碳数据采集、实时监测与智能分析,推动原始数据、核算过程、核查结论等全环节上链存证,确保数据可追溯、不可篡改;搭建全国统一的碳信息披露平台,引入智慧核查大模型提升数据核验效率,对主动采用数字技术提升披露质量的企业,给予绿色信贷优惠、税收减免等激励。

第四,构建基于 ESG 评级的差异化政策工具,强化数字创新与可持续发展的协同。本文的异质性分析表明,ESG 评分较高的企业在碳配额约束下表现出更强的数字创新能力,这说明环境、社会与治理水平直接影响企业对碳交易市场政策的响应效率。碳交易市场对 ESG 高评分企业的数字创新驱动作用显著优于低评分企业,这为构建差异化政策工具提供了实证支撑。因此,政府应强化对企业 ESG 表现的动态识别与分级评估,将 ESG 评级结果全面纳入碳配额分配、碳定价机制和绿色金融授信决策中;在此基础上,还可探索设立 ESG 表现优异企业的碳信用奖励等制度工具,进一步引导企业建立可持续发展与数字创新能力协同演进的长期战略。

#### 主要参考文献:

- [1]方先明,胡丁.企业 ESG 表现与创新——来自 A 股上市公司的证据[J].经济研究,2023,(2):91-106.
- [2]郭蕾,肖有智.碳排放权交易试点的创新激励效应研究[J].宏观经济研究,2020,(11):147-161.
- [3]郭四代,雷高文,苏伟洲,等.企业碳信息披露的碳减排效应及其作用机制[J].中国人口·资源与环境,2023,(12):51-59.
- [4]胡珺,方祺,龙文滨.碳排放规制、企业减排激励与全要素生产率——基于中国碳排放权交易机制的自然实验[J].经济研究,2023,(4):77-94.

- [5]胡增玺, 马述忠. 市场一体化对企业数字创新的影响——兼论数字创新衡量方法[J]. 经济研究, 2023, (6): 155-172.
- [6]黄勃, 李海彤, 刘俊岐, 等. 数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. 经济研究, 2023, (3): 97-115.
- [7]金星晔, 李涛, 张铭睿, 等. 企业数字技术应用与全要素生产率提升[J]. 经济学动态, 2025, (9): 59-77.
- [8]李雪琴, 郑酌基, 韩先锋. 乘“数”而上: 政府数据治理赋能企业数字创新[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, (12): 68-88.
- [9]廖文龙, 董新凯, 翁鸣, 等. 市场型环境规制的经济效应: 碳排放交易、绿色创新与绿色经济增长[J]. 中国软科学, 2020, (6): 159-173.
- [10]刘钢. 企业 ESG 表现、金融错配与财务绩效[J]. 统计与决策, 2025, (16): 142-146.
- [11]刘和旺, 宋康婕. 碳排放权交易对企业数字化转型的影响及其后果[J]. 咨询与决策, 2024, (4): 55-74.
- [12]刘洋, 董久钰, 魏江. 数字创新管理: 理论框架与未来研究[J]. 管理世界, 2020, (7): 198-217.
- [13]戚聿东, 蔡宏伟. 数字化对制造业企业绩效的多重影响及其机理研究[J]. 学习与探索, 2020, (7): 108-119.
- [14]沈洪涛, 黄楠. 碳排放权交易机制能提高企业价值吗[J]. 财贸经济, 2019, (1): 144-161.
- [15]孙传旺, 陈智龙, 孙博文. 碳排放权交易制度、产业绿色转型及其外部性[J]. 经济研究, 2025, (6): 134-151.
- [16]孙晓华, 车天琪, 马雪娇. 企业碳信息披露的迎合行为: 识别、溢价损失与作用机制[J]. 中国工业经济, 2023, (1): 132-150.
- [17]田秀娟, 李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界, 2022, (5): 56-71.
- [18]涂正革, 谌仁俊. 排污权交易机制在中国能否实现波特效应?[J]. 经济研究, 2015, (7): 160-173.
- [19]张杰, 郑文平. 创新追赶战略抑制了中国专利质量么?[J]. 经济研究, 2018, (5): 28-41.
- [20]Callaway B, Sant'Anna P H C. Difference-in-Differences with multiple time periods[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 200-230.
- [21]Clarkson M P, Li Y, Richardson D G, et al. Revisiting the relation between environmental performance and environmental disclosure: An empirical analysis[J]. *Accounting, Organizations and Society*, 2007, 33(4-5): 303-327.
- [22]Cohen S, Kadach I, Ormazabal G. Institutional investors, climate disclosure, and carbon emissions[J]. *Journal of Accounting and Economics*, 2023, 76(2-3): 101640.
- [23]Ding J X, Lu Z, Yu C H. Environmental information disclosure and firms' green innovation: Evidence from China[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2022, 81: 147-159.
- [24]Fabrizi A, Guarini G, Meliciani V. Green patents, regulatory policies and research network policies[J]. *Research Policy*, 2018, 47(6): 1018-1031.
- [25]Guo X, Pang W Y. The impact of digital transformation on corporate ESG performance[J]. *Finance Research Letters*, 2025, 72: 106518.
- [26]Li R R, Wang Q, Yang T. Digital economy and carbon efficiency: The roles of population aging and human capital[J]. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2025, 12(1): 646.
- [27]Porter M E, van der Linde C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9(4): 97-118.

# Carbon Trading and Corporate Digital Innovation: A Quasi-natural Experiment Based on the Launch of China's National Carbon Market

Xiao Zumian, Liu Xiaoyuan, Dai Anran, Xiang Lijin

(School of Finance, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250002, China)

**Summary:** Under the background of the “dual-carbon” strategy, the carbon trading system, as an important tool of market-oriented environmental regulation, is profoundly changing corporate innovation behaviors and development models.

This paper constructs a quasi-natural experiment based on the official launch of China's national carbon market in July 2021. Using a DID model and panel data from A-share listed companies in high-carbon industries between 2017 and 2023, it empirically examines the impact of the national carbon market on corporate digital innovation capabilities. The results show that the national carbon market significantly enhances corporate digital innovation capabilities. Specifically, it drives marked improvements in three interrelated key dimensions: digital open innovation capability (O-DICs), reflected by enterprises' digital-economy-related patent counts; digital affordance innovation capability (A-DICs), measured by patents in key digital technology fields; and digital generative innovation capability (G-DICs), shown by the share of AI-related patents in enterprises' total patent applications. Mechanism testing further identifies three primary transmission channels: strengthening mandatory carbon information disclosure requirements, which pushes enterprises to adopt digital tools for real-time carbon monitoring and systematic data management; boosting technological integration capacity by helping enterprises break single technical field constraints and expand patent knowledge coverage; and stimulating R&D investment expansion to support high-risk digital innovation. Heterogeneity analysis indicates that the policy effect is more pronounced for enterprises with higher ESG ratings and those in regions without prior local carbon market pilots, highlighting the important moderating roles of internal governance quality and regional institutional foundations.

This paper contributes to the literature by extending the research on environmental regulation from traditional green innovation to the emerging field of digital innovation, identifying three specific transmission mechanisms, constructing a multidimensional measurement system for digital innovation capability, and providing nuanced policy implications based on heterogeneous effects. The conclusions underscore that the national carbon market serves not only as an essential policy tool for emission reduction, but also as a significant institutional driver for corporate digital transformation.

**Key words:** carbon emission trading; digital innovation; carbon market; dual carbon goals

(责任编辑 景 行)