

碳排放交易、基础研究与实质性绿色创新*

刁海璨¹ 张延群²

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190;

2. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732)



内容提要:在“双碳”目标引领下,碳排放交易这一市场型环境规制与企业基础研究的协同效应,对助力企业突破绿色技术创新瓶颈、促进实质性绿色创新具有关键作用。本文利用 2006—2020 年中国 A 股上市公司数据,运用多期双重差分模型,探讨碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响以及基础研究的调节效应。研究结果显示,碳排放交易显著提升了企业的实质性绿色创新水平,企业基础研究对碳排放交易推动实质性绿色创新的效果具有调节作用。机制检验表明,企业基础研究通过人力资本升级、数字技术转型和缓解融资约束等渠道,强化了碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响。进一步研究发现,在环境规制强度较高、论文质量较高且规模较大的企业中,基础研究对碳排放交易提升企业实质性绿色创新的调节作用更为显著。本文丰富了碳排放交易与基础研究协同促进企业实质性绿色创新的经验证据,为推进高质量绿色创新、加快经济社会发展全面绿色转型提供一定的政策启示。

关键词:碳排放交易 企业基础研究 实质性绿色创新 创新激励

中图分类号:F272 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2025)07—0107—18

一、引言

党的二十大报告明确指出,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。顺应绿色转型和发展新质生产力的发展趋势要求,《中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》进一步强调发挥科技创新支撑作用,强化应用基础研究,指出着力加强绿色低碳领域应用基础研究,激发颠覆性技术创新。自 2011 年起,我国开启碳排放权交易试点工作,并于 2013—2014 年陆续在“两省五市”启动碳市场交易。此后,碳排放交易正式迈入实质性运行阶段。目前这一交易体系已覆盖钢铁、电力、水泥等 20 多个行业,涉及近 3000 家企业。在“双碳”目标引领下,我国加速推进碳达峰、碳中和进程,将降碳、减污、扩绿、增长协同作为经济社会全面绿色转型的重要路径,将绿色发展理念融入经济社会各个领域。2021 年中国碳排放交易市场正式运行,交易规模稳步上升,取得了显著的环境与经济成效。截至 2023 年底,中国绿色低碳专利的有效量已达到 24.3 万件^①,位居全球绿色低碳专利申请公开量之首。绿色低碳专利同比增速高出全球平均水平 7.1%,在化石能源降碳领域优势尤为突出。然而,尽管中国绿色低碳专利申请公开量占当年专利申请公开总量的比重逐年上升,从 2016 年的 4.7% 上升到 2023 年的

收稿日期:2025-04-10

* 基金项目:国家自然科学基金重大项目“宏观大数据建模和预测研究”(71991475);中国社会科学院学科建设“登峰战略”资助计划——优势学科“数量经济学”(DF2023YS29)。

作者简介:刁海璨,女,助理研究员,管理学博士,研究领域为企业创新、基础研究,电子邮箱:dhc_330@163.com;张延群,女,教授,博士生导师,经济学博士,研究领域为经济预测与大数据模型研究,电子邮箱:yqzhang@cass.org.cn。通讯作者:刁海璨。

① 国家知识产权局.绿色低碳专利统计分析报告(2024)[EB/OL].https://www.cnipa.gov.cn/art/2024/7/29/art_88_193996.html。

5.5%,但这一比例仍相对较低,且多数专利集中于绿色实用新型专利和外观设计专利,反映出“策略性”绿色创新的特征,专利质量与世界顶尖水平相比仍有待提升。深入研究碳排放交易和基础研究对实质性绿色创新的影响,不仅能够有效推动企业的绿色创新质量和效益提升,促进实质性、颠覆性绿色技术创新突破,还能为实现高质量发展和经济社会全面绿色转型提供重要的理论支撑与实践指导。

碳排放交易作为一种市场化手段,通过设定碳排放限额并允许限额的买卖,激励企业减少碳排放。这种机制促使企业加大对实质性绿色创新的投入,从而在降低碳排放的同时获得经济效益。然而,碳排放交易政策的波特效应存在异质性,对绿色创新的促进效应更多体现在量而非质上,对高质量和实质性绿色创新的提升作用有限(张杨等,2024)^[1]。企业基础研究是科技创新和产业创新的重要源泉,能够帮助企业提升技术吸收和扩散能力(Aghion等,2021)^[2],借助溢出效应累积内外部创新知识。作为一种动态能力,基础研究可以突破现有知识边界,推动更具突破性的颠覆式、实质性创新(Benner和Tushman,2003)^[3]。聚焦于绿色技术的前沿领域,基础研究能够为实质性绿色创新提供坚实的技术支撑和理论基础。通过开展深入的绿色创新理论和技术研究,企业能够突破核心技术瓶颈,并通过专利申请、授权以及生产技术革新等渠道推动绿色创新质量的提升以及实质性绿色创新的转化。值得一提的是,既有研究多聚焦碳排放交易的直接创新效应而忽视调节机制,缺乏对企业内部动态能力的探讨,对于微观企业基础研究激励效果的评估及其在环境规制政策分析框架中的作用研究较为匮乏。推动企业实质性绿色创新的关键在于实现企业内部研发能力和外部环境规制的协同,借助基础研究的吸收能力和动态能力突破绿色创新瓶颈,能更好地推动实质性绿色创新成果转化。

作为科技创新的微观主体,企业在培育绿色原始创新能力、推动绿色技术创新以及实现绿色转型发展进程中肩负着不可推卸的重要使命(宋德勇等,2022)^[4]。基于现实背景和理论研究局限,为更好地识别碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响,本文构建多期双重差分模型,采用2006—2020年中国A股上市企业面板数据开展实证分析,试图回答以下研究问题:第一,碳排放交易是否会促进企业实质性绿色创新?第二,基础研究水平是否可以调节碳排放交易对企业实质性绿色创新的提升作用,是通过何种机制产生影响的?第三,上述影响是否在不同企业间具有异质性。本文研究结论有助于厘清驱动企业实质性绿色创新成果创造性转化的路径,进而推动企业在碳排放交易背景下实现更高质量、更实质性的绿色创新发展。

本文的边际贡献体现在三个方面:在研究视角方面,本文构建“政策响应—内生动力—创新突破”理论框架,将碳排放交易、基础研究和企业实质性绿色创新纳入统一分析框架,揭示了企业基础研究对碳排放交易创新激励效果的调节作用,克服了“波特假设”忽视企业内生能力的局限性。在机制研究方面,拓展了基础研究动态调节企业绿色创新的相关研究,为破解“伪绿色创新”困境提供新的理论解释。既有文献大多关注碳排放交易的经济和社会效应,而忽视微观调节机制。本文探讨了企业基础研究通过人力资本升级、数字技术转型和缓解融资约束等渠道调节碳排放交易影响企业实质性绿色创新的机制,为完善碳市场政策设计提供了新的微观视角。在政策建议方面,为碳排放交易等市场激励型规制政策的差异化设计提供参考。既有研究大多基于“波特假设”制定微观主体的响应方案,忽视了企业内生研发动力。本文探究了企业基础研究的调节效应及该效应的异质性,从碳排放交易市场政策和基础研究能力培育的协同视角提出了推进企业实质性绿色创新的建议,为企业培育和壮大绿色新质生产力提供政策启示。

二、理论分析与研究假设

碳排放交易作为一种市场激励型环境规制工具,通过将外部环境成本内部化,形成动态价格

信号。在碳排放交易市场机制下,政府部门科学设定碳排放总量上限目标,向市场主体分配或者出售初始的碳排放配额。随着碳排放配额逐渐递减,企业面临两种选择:一是购买碳排放权,承担逐年上升的碳排放配额交易成本;二是增加绿色创新投入,通过绿色技术更新迭代和节能减排来减少碳排放。碳排放权的市场化定价机制能有效激励企业开展高效节能减排工作,对企业和区域产业的绿色技术创新和转型产生调节作用。

1. 碳排放交易对企业绿色创新的影响

现有研究从碳市场激励(陶锋等,2021)^[5]、碳价格信号(曹虹剑等,2024)^[6]和政策监管等角度探讨了碳排放交易对企业绿色创新的影响(Guo等,2020)^[7]。从理论层面,波特假说提供了适当的环境管制会激发企业技术革新的理论基础(Porter和Class,1995)^[8]。Jaffe和Palmer(1997)^[9]也指出,正确设计的环境规制和灵活的政府监管可能会促进创新。然而,碳排放交易引发的环境外部性以及研发创新带来的知识外部性,使得传统市场力量在推动绿色创新时面对诸多困难。传统市场机制主要基于短期的经济利益考量,难以有效内部化这些外部性因素,因此,无法为绿色创新提供持续的动力支持。当前碳排放交易对企业绿色创新的激励效果仍存在争议。支持“强波特假设”的学者认为,碳排放交易能够通过价格信号与成本内部化机制驱动企业技术创新(Barunik和Křehlík,2018^[10];胡珺和黄楠,2020^[11])。Borghesi等(2015)^[12]进一步提出,相比传统技术创新,绿色技术创新更加强调环境规制特别是市场型环境政策的重要作用。在实践层面,近些年中国愈发重视市场型环境规制对技术创新的激励作用。政府通过试点碳排放交易和支持绿色技术创新,在减排的同时实现能源利用结构的优化升级。企业在碳排放交易政策要求下,会重新评估边际减排成本(Dale,1968)^[13],采取清洁技术更新(Yao等,2021)^[14]、生产工艺改进以及要素组合优化(李俊青等,2022)^[15]等多种举措来实施减排,这种成本倒逼效应在一定程度上通过政策压力筛选出了高研发、低排放的优质企业,间接提升了市场的整体创新效率。

从企业实际运营角度来看,碳排放权交易机制的建立促使企业对生产工艺和设备进行优化升级(叶云岭和张其仔,2024)^[16]。面对碳排放配额约束,企业为了降低因购买额外碳排放权而产生的成本,会积极引入高效能设备并优化生产流程,从而在提高能源资源利用效率的同时减少碳排放量。此外,碳排放权交易还激励企业改进运营管理方式,提升企业内部管理的精细化水平。在碳排放权交易政策的成本压力下,企业为了节省购买碳排放配额的成本,会逐渐用清洁能源替换传统化石能源。随着清洁能源技术的不断成熟,其规模经济效应逐渐显现。

然而,碳排放交易的政策效果在实践中较为复杂。碳排放交易会增加企业的合规成本,导致企业将更多资源投入生产与创新以达到减排目标,对企业绿色创新产生“挤出效应”(Chen等,2021)^[17],这类碳规制的经济后果易受规制政策强度和企业异质性特征(Oestreich和Tsiakas,2015)^[18]的影响。此外,部分企业在面对碳排放交易约束时,更倾向于被动减产而非主动创新,这种适应性行为可能会压缩利润空间,最终抑制绿色创新(曹翔和苏馨儿,2023)^[19]。从短期来看,减排边际成本较低的企业优先通过绿色技术创新降低排放,并出售剩余配额获取收益。此时,企业倾向于通过更新设备和生产技术来实现绿色生产,易产生实质性绿色创新(Yu等,2022)^[20];而减排边际成本较高的企业则购买配额延缓技术改造压力,通过边际技术改进规避短期成本压力,即开展策略性绿色技术创新。从长期来看,碳排放交易通过优化生产要素配置和提升产业链效率,能够推动试点地区的结构调整和产业绿色转型(余典范,2023)^[21]。高成本企业仍会因购买配额成本上升被迫加速技术迭代,而低成本企业则通过技术突破形成长期竞争优势。因此,本文提出如下假设:

H₁:碳排放交易有助于提升企业的实质性绿色创新水平。

2. 企业基础研究的调节作用

企业能力的异质性导致其对碳排放交易的政策响应呈现显著差异。首先,基础研究能够提升企业对外部碳减排技术的吸收能力,缩短绿色技术从实验室到市场的转化周期,显著提升绿色创新的转化效率。内生增长理论强调,企业内部的知识和技术积累对经济增长至关重要(Romer, 1986)^[22]。基础研究作为企业原始创新的内在动力,能够动态调节企业响应碳排放交易规制的程度(Teece, 2007)^[23]。Arora等(2021)^[24]和Akcigit等(2021)^[25]发现,基础研究的溢出效应更为广泛,能够显著增强企业的技术创新能力。企业基础研究通过加速知识创造、吸收和转化,不断强化创新补偿的效果,在提升研发效率的同时,将研发资源科学配置至绿色技术研发领域,通过绿色产品和服务的差异化形成独特的竞争优势。这种动态强化机制需要以强大的知识积累和基础研究能力为基础,否则,可能使企业局限于策略性的绿色创新,无法实现实质性绿色创新水平的提升。

其次,开展基础研究活动有助于企业优化配置包含人力、知识、信息等在内的组织智力资源,形成创新动力(Rehman等, 2022)^[26]。尽管基础研究投入短期内会增加企业成本,但基础研究能力的提升可促使企业突破传统要素组合模式,实现知识型生产要素对传统要素的边际替代,并通过优化企业生产函数将合规成本转化为长期技术资产。同时,通过降低边际减排成本,企业可以释放更多现金流开发更前沿、更具突破性的减排技术和工艺,从而在碳排放交易市场中获得更多的配额或减少配额购买需要,实现减排成本的规模经济(Jaffe等, 2005)^[27]。这恰恰验证了创新补偿理论,即当环境规制与内生创新能力形成动态匹配时,企业能够将成本约束转化为创新竞争优势(毕茜和于连超, 2016)^[28]。

最后,基础研究能够推动企业从策略式绿色创新向实质式绿色创新的转变。一方面,基础研究推动了新知识的创造、储备和共享(Albort-Morant等, 2016)^[29],并通过长期累积形成专用性知识资产,有助于突破创新路径锁定(Abbas和Sagsan, 2019)^[30]。这种知识吸收和技术替代能力使得企业能够将显性环境规制压力转化为隐性知识资本,进而实现创新补偿(Cohen和Levinthal, 1990)^[31]。另一方面,企业基础研究能力的差异还会导致绿色创新类型分化,在碳价格信号的引导下,具备更强基础研究能力的企业能更高效地整合资源,开展更高质量的实质性绿色创新。因此,本文提出如下假设:

H₂:企业基础研究在碳排放交易与企业实质性绿色创新之间发挥调节作用。

3. 碳排放交易、基础研究影响实质性绿色创新的作用机制

首先,碳排放交易通过内部成本化机制影响企业对劳动力等要素的需求结构,短期内可能抑制对研发人员的投入。而基础研究通过“干中学”形成动态人力资本积累机制,有效缓冲政策冲击带来的负面影响(林毅夫和张鹏飞, 2005)^[32],不仅能够提升员工环境技术吸收能力,将政策压力转化为对高技能、高学历劳动力的需求(Acemoglu, 2002)^[33],还可以通过知识溢出效应促进人力资本协同(Munawar等, 2022)^[34],提高企业人才和技术的匹配效率。这一过程降低企业对低技能劳动力的路径依赖,同时,促使企业在人力资本市场识别具有技术禀赋的创新主体,激励企业优化高技能人力资本配置(Fleisher等, 2010)^[35]。企业对绿色技术创新相关高技能人力资本的重视,不仅夯实了企业当下原始创新的人才基础,还为未来的可持续发展提供了强劲的人才支持(辛雅儒等, 2024)^[36]。因此,本文提出如下假设:

H₃:碳排放交易在企业基础研究的调节下推动人力资本升级,进而提升企业实质性绿色创新水平。

其次,碳排放交易政策可能加剧企业的创新技术路径依赖,企业为了规避技术迭代带来的风险,往往会持续提升现有技术的边际效率,推动一般性的渐进式创新(王博和康琦, 2023)^[37]。这种技术固化现象虽然在短期内有助于企业降低成本,但可能会抑制突破式创新的出现。基础研究通

过降低新技术开发的不确定性阈值,能够推动前沿技术对传统技术的迭代更新,有助于突破创新锁定的困境(Foray 和 Gröbler,1990)^[38]。企业通过基础研究积累的长期创新知识储备,还能增强对前沿技术(如碳捕集技术)的识别与商业化能力,从而实现从渐进式绿色创新向突破式绿色创新的跨越。

为应对环境规制带来的成本压力,降低管理难度,企业倾向于采用大数据、物联网等数字技术对碳排放数据进行搜集整理。这一举措不仅能够为绿色创新提供坚实的数据基础,还能有效降低绿色技术的搜索成本(Yoo 等,2012^[39];师博和常青,2024^[40])。然而,数字化转型也会因组织惯性的存在而导致企业资源消耗加剧,在这种情况下,基础研究的调节作用尤为关键。基础研究推动企业优化内部管理和生产流程,减少管理费用等一系列内部代理成本,同时,推动清洁生产工艺创新以降低单位产出的能源与排放强度(祝继高和梁晓琴,2022)^[41],产生显著的成本节约效应。企业基础研究活动的开展不仅有助于增强企业技术吸收能力,而且通过优化环境技术合作网络提高知识共享效率(刘畅等,2023)^[42],从而提升数字技术的应用深度;还促使企业加快推进数据要素的市场化配置,推动数字技术的内外部协同。这种协同不仅能在企业之间形成更为紧密的合作关系,还有助于企业更好地利用数字技术为绿色创新提供数据支撑,进一步提升企业的实质性绿色创新水平。因此,本文提出如下假设:

H₄:碳排放交易在企业基础研究的调节下实现数字技术转型,进而提升企业实质性绿色创新水平。

最后,碳排放交易虽然可能增加企业的合规成本,进而加剧企业融资风险,但基础研究能够有效缓解这一冲击。一方面,通过基础研究的效率提升,企业能够释放出更多资金,形成创新补偿循环。企业可以将这部分资金用于绿色技术研发和先进设备投资,借助规模经济效益降低边际减排成本,避免企业陷入举债研发的困境(Kesidou 和 Demirel,2012)^[43]。另一方面,企业在基础研究活动的推动下,通过公开信息向社会传递优质信号,有效缓解市场的信息不对称,对自身信息环境产生积极影响。尽管基础研究在媒体报道上可能不如应用研究突出,但在当前绿色转型的社会背景下,ESG 评级能够向市场传递企业的良好声誉和技术优势信号,帮助投资者以更低的搜寻成本获取更有效的企业信息,从而吸引更多社会资金流向企业的基础研究与绿色创新活动(Dyck 等,2008)^[44],有助于企业拓宽多元化的科研资金渠道,树立良好的绿色企业形象。此外,较高的市场透明度能够约束企业的资金流向及科研主体行为(江轩宇等,2021)^[45],限制科研基金的挪用与浪费,从而提高科研资金的利用效率,激励企业的长期研发投入。因此,本文提出如下假设:

H₅:碳排放交易在企业基础研究的调节下缓解融资风险,助推企业提升实质性绿色创新水平。

综上所述,本文的理论框架如图 1 所示。

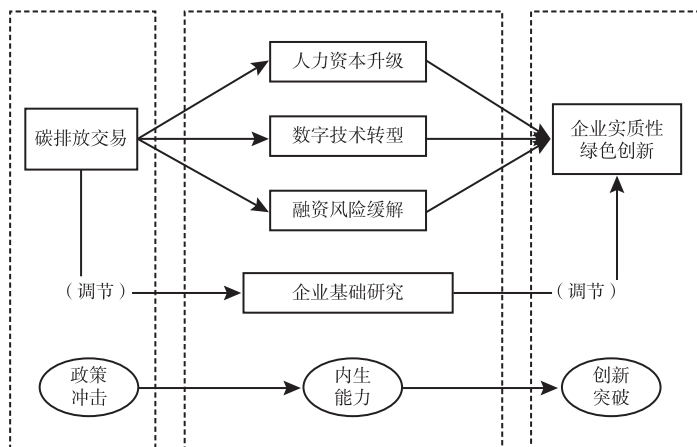


图 1 理论框架

三、研究设计

1. 数据来源

为评估在企业基础研究调节作用下,碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响,本研究选取2006—2020年中国沪深A股上市企业为研究样本,并剔除非正常上市状态、已退市与数据严重缺失的样本,剔除当年IPO及上市以前的数据。为确保数据的稳健性,本文对连续变量进行1%的缩尾处理。主要数据来源如下:(1)碳排放交易数据。2013年,北京、天津、上海、广东和深圳试点碳市场陆续启动;2014年,重庆和湖北的碳交易市场也正式投入运行,碳排放交易试点进入实质性运行阶段。本文使用2013年和2014年的碳排放交易试点数据进行实证分析。(2)企业实质性绿色创新数据。本文使用企业当年申请的绿色发明专利数量测度企业的实质性绿色创新水平,在稳健性检验中,使用企业授权的绿色发明专利数量进行替换。数据来自Wind数据库,并使用CNRDS数据库补充缺失值。(3)企业基础研究数据。本文的企业基础研究数据来源于中国知网(CNKI)和Web of Science数据库。通过以上上市公司名称作为作者单位进行精确检索,手工剔除相近或模糊的单位名称,得到各上市公司的论文数据。(4)企业层面的其他数据。财务数据主要来源于CSMAR和Wind数据库。机制检验中的员工数据、数字技术相关数据来自上市公司披露年报和CSMAR数据库,ESG评级来自世界银行和华证指数。

2. 变量选择与说明

(1)被解释变量:实质性绿色技术创新(*GreenInno*)。参照黎文靖和郑曼妮(2016)^[46]的方法,本文使用绿色发明专利数量衡量企业的实质性绿色创新。与一般绿色创新相比,实质性绿色创新更强调在节能减排、资源循环利用等关键领域的突破性进展,具有更高的技术含量和创新价值。借助绿色发明专利数量这一衡量指标,能够有效反映企业在减排扩绿方面的突破性绿色创新。具体地,本文采用企业当年申请的绿色发明专利数量加1后取自然对数测度。

(2)核心解释变量:碳排放交易虚拟变量(*DID*)。用于捕捉实验组和对照组在试点政策实施前后实质性绿色创新水平的差异。尽管国家发展和改革委员会在2011年下发了碳排放权试点通知,但并未真正进入实质性的市场交易阶段。碳排放交易对企业等主体的实质性影响主要是通过碳市场的交易活动来体现的。我国真正的碳排放权交易始于2013年北京、天津、上海等七个地区的碳排放试点交易。在2013年之后,企业等市场主体真正参与到碳排放交易的市场机制中,直接受到碳排放交易的政策激励和约束。同时,在2013—2014年间实施试点政策的省市在碳排放特征、经济发展水平以及产业结构等诸多方面存在显著差异,能够较好地反映碳排放交易政策在不同经济发展和资源环境条件下的实施效果。因此,本文设定当企业位于试点地区且在2013年或2014年及之后时,*DID*取值为1,表示该企业受到碳排放交易政策的影响;反之,取值为0。

(3)调节变量。参照刁海璨(2025)^[47]的方法,本文使用上市公司的科学论文发表数据衡量企业基础研究(*BRD*)。较强的企业基础研究能力代表企业拥有较高的绿色研发水平和较为充足的知识储备,这不仅能够加速企业对绿色技术的开发和迭代,也能使得企业更易应对新的环境规制要求。

(4)控制变量。参考胡先锋等(2025)^[48]的方法,本文控制了可能影响企业实质性绿色创新的变量,具体包括:①企业年龄(*Age*):公司成立年份与统计年份差额,取自然对数;②企业规模(*Size*):企业总资产,取自然对数;③股权性质(*SOE*):国有企业取值为1,其余企业取值为0;④第一大股东持股比例(*Top1*):公司中持有股份最多的单一股东或股东实体所持有的股份占公司总股份的比例;⑤资产收益率(*ROA*):净利润除以平均总资产;⑥资产负债率(*Lev*):年末总负债除以年末总资产;⑦研发支出(*RDspend*):企业研发支出总额,取自然对数。本文使用企业层面的聚类标

准误。

主要变量的描述性统计结果如表 1 所示。其中,被解释变量企业实质性绿色创新的最小值和最大值差距较大,表明绿色创新水平在不同企业中存在较大的异质性。在样本期间,企业的实质性绿色创新水平呈逐年上升趋势,显示出企业对高质量绿色创新的重视程度不断提升。具体来看,2006 年开展实质性绿色创新的企业占样本企业的比例约为 1.154%,而 2020 年,这一比例已增至 15.246%^①。本文对主要变量的相关性进行检验,发现企业实质性绿色创新与碳排放交易显著为正,表明二者之间存在较强的正相关关系,同时,企业实质性绿色创新与企业基础研究也存在正相关关系^②。方差膨胀因子(VIF)均值为 1.171,表明各变量之间的相互关联性较弱,不存在严重的多重共线性问题,模型较为稳健。

表 1
 描述性统计

变量类型	变量符号	变量名称	均值	标准差	最小值	最大值	均值
被解释变量	<i>GreenInno</i>	企业实质性绿色创新	60315	0.116	0.002	0.000	6.328
解释变量	<i>DID</i>	碳排放交易	60315	0.165	0.002	0.000	1.000
调节变量	<i>BRD</i>	企业基础研究	60315	0.135	0.002	0.000	5.429
控制变量	<i>Age</i>	年龄	60315	1.411	0.006	0.000	4.143
	<i>Size</i>	企业规模	60315	1.825	0.006	0.000	3.389
	<i>SOE</i>	产权性质	60315	0.224	0.002	0.000	1.000
	<i>Top1</i>	第一股东持股比例	60315	0.204	0.001	0.000	0.900
	<i>ROA</i>	总资产净利润率	60315	0.022	0.002	-64.819	64.755
	<i>Lev</i>	资产负债率	60315	0.295	0.002	-5.420	6.807
	<i>RDspend</i>	研发支出	60315	11.313	0.034	0.000	24.104

3. 模型设定

碳排放交易作为一项市场型环境规制政策,为本文通过多期双重差分方法开展政策评估提供了一个准自然实验。本文将在 2013 年和 2014 年实施碳排放交易试点政策的省份作为实验组,同年度的非试点省份为对照组,时间跨度为 2006—2020 年。

$$GreenInno_{it} = \alpha + \beta DID_{it} + Controls_{it} + \gamma_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

其中,被解释变量 *GreenInno_{it}* 为企业实质性绿色创新水平,核心变量 *DID_{it}* 为碳交易政策的虚拟变量。*Controls* 为企业层面的一系列控制变量集, ε_{it} 为随机扰动项。通过加入企业固定效应 γ_i 和年份固定效应 φ_t ,控制了不可观测的异质性,从而更准确地评估碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响。在此基础上,加入企业基础研究来检验其对于碳排放交易影响企业实质性绿色创新的调节作用,模型构建如下:

$$GreenInno_{it} = \chi + \lambda_0 DID_{it} + \lambda_1 BRD_{it} + \lambda_2 DID_{it} \times BRD_{it} + Controls_{it} + \gamma_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

其中,*BRD_{it}* 衡量企业 *i* 在 *t* 时期的基础研究水平,参考 Arora 等(2021)^[24] 的研究,本文使用企业当年的学术出版物(论文)数量进行测算。企业基础研究水平是衡量其研发能力和技术储备的重要指标。强大的基础研究能力不仅影响企业开发新技术的能力,也影响企业应对新政策的速度和效率。拥有丰富技术储备的企业更容易适应新的环境规制要求。

① 因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。
 ② 因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。

四、实证分析

1. 基准回归

表2列示了基准回归结果。其中,列(1)和列(2)仅包含核心解释变量以及个体、年份固定效应,列(3)和列(4)加入企业年龄、规模、产权性质和第一大股东持股比例控制变量,以及资产收益率、资产负债率和研发支出等控制变量。列(1)和列(3)估计结果显示,碳排放交易的系数在1%的显著性水平上为正,表明碳排放交易环境规制能够显著促进企业的实质性绿色创新。列(2)和列(4)结果显示,碳排放交易和企业基础研究的交互项在1%的显著性水平上为正,表明企业基础研究强化了碳排放交易对实质性绿色创新水平的正向激励效果。这一结果验证了假设H₁和假设H₂,即碳排放交易能够驱动企业提升实质性绿色创新水平,而企业基础研究能力能够正向强化这一提升效应。

表2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>GreenInno</i>			
<i>DID</i>	0.105*** (0.013)	0.096*** (0.012)	0.050*** (0.014)	0.039*** (0.013)
<i>BRD</i>		0.050*** (0.007)		0.046*** (0.007)
<i>DID×BRD</i>		0.046*** (0.017)		0.053*** (0.016)
<i>Age</i>			0.024*** (0.003)	0.023*** (0.003)
<i>Size</i>			0.035*** (0.007)	0.037*** (0.007)
<i>SOE</i>			0.018 (0.017)	0.009 (0.017)
<i>Top1</i>			-0.128*** (0.042)	-0.124*** (0.041)
<i>ROA</i>			0.003 (0.002)	0.003 (0.002)
<i>Lev</i>			0.019* (0.011)	0.021* (0.011)
<i>RDspend</i>			0.005*** (0.001)	0.004*** (0.001)
常数项	0.098*** (0.002)	0.091*** (0.002)	-0.027*** (0.008)	-0.031*** (0.008)
样本量	60315	60315	60315	60315
R ²	0.509	0.513	0.519	0.523
企业/年份固定效应	是	是	是	是

注: *、**和***分别表示在10%、5%与1%的水平下显著;括号内的数值为标准误,下同

2. 平行趋势检验

为全面评估碳排放交易政策对企业实质性绿色创新的影响,本文以试点政策实施当年为基

准年份进行平行趋势检验,通过分析各期系数的变化探讨政策的动态效应。此外,为避免共线性问题,本文剔除了事前一期的数据。为确保多期双重差分模型的准确性,研究将政策实施前最早一期定义为政策实施前的第六年及以前,而政策实施后最晚一期定义为实施后的第六年及之后。通过这种方法,本文对数据进行了缩尾处理。研究结果(如图2所示)显示,在政策实施之前,核心解释变量系数不显著异于0,呈现微弱的下降趋势;自政策实施后的第二年起,核心解释变量系数显著异于0,表明处理组企业在实质性绿色创新水平上的提升效果显著优于对照组企业,实证结果具有稳健性。

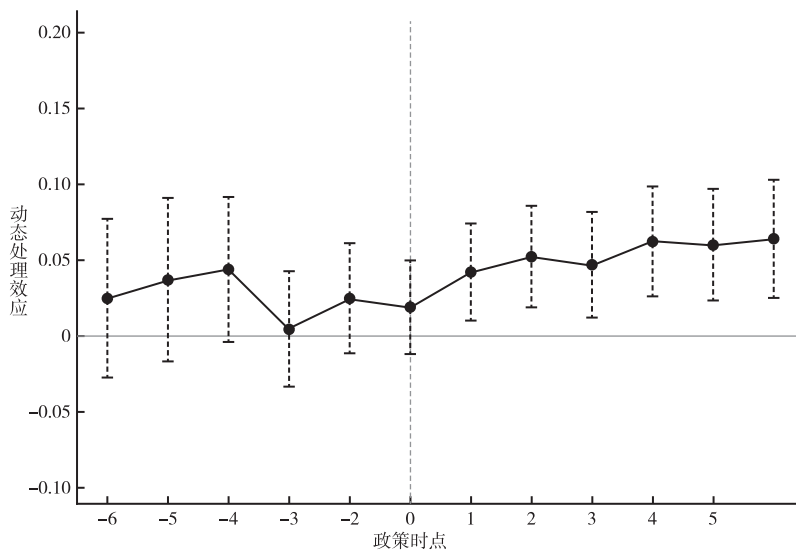


图2 平行趋势检验

3. 内生性分析

为了避免实验组选择产生的内生性问题,本文对核心解释变量碳排放交易进行2SLS工具变量回归。参考李创等(2023)^[49]的方法,本文选择样本企业所在省市的年平均气温($ln\text{tem}$)作为碳排放交易工具变量。碳排放交易的核心目标是通过减排控制温室气体排放,进而阻止全球气候变暖,即影响气温变化,因此,地区气温变化与碳排放强度存在显著关联,满足工具变量的相关性。同时,年平均气温取决于地理位置和气候特征,是自然状态的表征,独立于企业的实质性绿色创新行为和决策,满足外生性条件。

表3列示了工具变量的两阶段回归结果。第(1)列结果显示,解释变量碳排放交易与工具变量企业所在地区气温显著相关。弱工具变量检验的第一阶段F值均远大于10,工具变量在1%的显著性水平上为正,拒绝识别不足的原假设,是核心解释变量的强工具变量。工具变量的回归系数0.116显著高于基准回归系数,一定程度上缓解了OLS可能产生的遗漏变量偏差等问题。Kleibergen-Paap rk LM统计量的检验结果显著,同时,F统计量超过了10%的临界值,这表明,第一阶段工具变量的估计系数显著不为零,工具变量的选择合理。同时,弱工具变量检验结果也表明存在弱工具变量的可能性较小。列(2)中,第二阶段回归结果显示,碳排放交易与企业实质性绿色创新为显著正相关,并且企业基础研究 with 碳排放交易的交互项系数也显著为正。这些估计结果表明,在考虑内生性问题后,碳排放交易仍显著促进实质性绿色创新,企业基础研究的调节作用依然存在,上述回归结论基本稳健且可靠。

4. 稳健性检验

(1)替换被解释变量。为保证被解释变量的可靠性,本文参照乔菲等(2022)^[50]的方法,使用绿

色发明专利的授权数量替换被解释变量。从表4第(1)列可以看出,替换被解释变量后,碳排放交易(*DID*)和企业基础研究(*BRD*)的估计系数仍显著为正,交互项(*DID*×*BRD*)系数在5%的显著性水平上为正,验证了回归结果的稳健性。

表 3 内生性分析

变量	(1)	(2)
	第一阶段	第二阶段
	<i>DID</i>	<i>GreenInno</i>
<i>IV</i>	0.116*** (0.005)	
<i>DID</i>		0.267*** (0.057)
<i>BRD</i>	-0.009** (0.004)	0.036*** (0.013)
<i>DID</i> × <i>BRD</i>	0.002 (0.003)	0.021*** (0.006)
控制变量	控制	控制
样本量	60315	60315
KP rk LM 值	324.262	

(2)替换核心解释变量。考虑到碳排放交易和企业基础研究对企业实质性绿色创新的影响具有滞后性,本文对核心解释变量、调节变量以及控制变量均进行滞后一阶的处理,以反映规制政策和基础研究的长期影响和滞后效应。根据表4第(2)列的结果可知,在更改解释变量的计算方式后,碳排放交易对实质性绿色创新的影响系数虽为正,但显著性较低,而基础研究和碳排放交易的交互项系数显著为正,表明企业基础研究显著增强了碳排放交易对企业实质性绿色创新的正向影响。这可能是因为,碳排放交易对实质性绿色创新的影响存在调整成本与惯性约束。在试点政策实施初期,企业需承担的生产工艺改造等沉没成本挤占了研发资源,导致政策红利释放存在时滞,而实质性绿色创新需要的周期更长,滞后一期观测窗口可能无法捕捉完整创新周期(Popp, 2006)^[51]。而基础研究积累的专用性知识使企业能快速识别政策信号,加速外部知识内部化进程,并将价格信号转化为技术迭代激励。

(3)更换标准误方法。为了更精准计算标准误,克服潜在的异方差问题,本文使用稳健标准误进行计算。估计结果列示在表4中第(3)列。结果显示,在基础研究的调节下,碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响仍显著为正,再次证实了碳排放交易和基础研究对实质性绿色创新的促进作用,这一结论在更换标准误聚类方法后保持不变。

表 4 其他稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)
	替换被解释变量	替换解释变量	更换标准误方法
<i>DID</i>	0.012** (0.005)		0.039*** (0.007)
<i>BRD</i>	0.007** (0.003)		0.046*** (0.005)
<i>DID</i> × <i>BRD</i>	0.011** (0.005)		0.053*** (0.012)
<i>LDID</i>		0.023* (0.013)	

续表 4

变量	(1)	(2)	(3)
	替换被解释变量	替换解释变量	更换标准误方法
<i>l.BRD</i>		0.029*** (0.007)	
<i>l.DID</i> × <i>l.BRD</i>		0.045*** (0.017)	
控制变量	控制	控制	控制
样本量	36313	56294	60315
R ²	0.430	0.540	0.523
企业/年份固定效应	是	是	是

五、机制检验

基于前文研究假设,本文发现,企业的基础研究能够在碳排放交易机制与企业实质性绿色创新之间发挥调节作用。因此,本文进一步从人力资本升级、数字技术转型和缓解融资风险三条路径揭示基础研究发挥调节作用的内在机理。

1. 人力资本升级

碳排放交易的规制政策驱动企业增加对高技能、高学历劳动力的需求。本文参考王珏和祝继高(2018)^[52]的方法,使用企业的研发人员数量和研发人员占员工总数的比例衡量高技能员工,使用企业研发经费投入占营业总收入的比例衡量研发强度,即企业为高水平人力资本提供的资金支持。回归结果如表 5 所示。结果显示,碳排放交易显著抑制了研发人员数量的增长,表明在短期政策冲击下企业的研发资源被挤出。交互项系数均显著为正,表明基础研究能增强碳排放交易对人力资本升级的促进作用。通过提升技术吸收能力,企业能够将政策压力转化为对高技能劳动力的相对需求和技术投入,将高技能人才配置至高附加值的前沿绿色创新环节,从而为提升实质性绿色创新水平奠定人才基础。由此,验证了假设 H₃。

表 5
 人力资本升级渠道

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>RDratio</i>	<i>RDperson</i>	<i>RDintensity</i>	<i>GreenInno</i>	<i>GreenInno</i>	<i>GreenInno</i>
<i>DID</i>	-5.664** (2.421)	-0.146 (0.345)	-0.252 (0.160)			
<i>BRD</i>	-0.053 (0.067)	-0.002 (0.006)	-0.020 (0.043)			
<i>DID</i> × <i>BRD</i>	0.384*** (0.149)	0.023** (0.011)	0.129* (0.070)			
<i>RDratio</i>				0.004*** (0.001)		
<i>RDperson</i>					0.031*** (0.009)	
<i>RDintensity</i>						0.002* (0.001)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	15517	16883	24565	15517	16883	24565
R ²	0.925	0.940	0.777	0.772	0.773	0.701
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是	是

2. 数字技术转型

在企业基础研究作用的加持下,碳排放交易试点通过推动数据要素优化配置与数字技术内外协同,实现企业数字技术转型升级。本文使用与数字化转型相关的论文发表数量和专利申请维度衡量企业数字技术研究能力,使用企业所在地区的互联网规模衡量数字环境支撑水平。估计结果如表6所示。列(1)~列(2)结果显示,碳排放交易有利于提升企业的数字技术研究能力,交互项结果显示,基础研究能够显著增强碳排放交易对数字技术研究能力的提升效果。这表明,企业在碳排放交易试点政策推动下,通过加强基础研究投入,能够更有效地利用政策优势,优化数据要素配置,提升数字技术研发水平。列(3)结果显示,碳排放交易和交互项回归系数均显著为正,表明碳排放交易和基础研究对企业所处的数字环境同样产生了积极影响。列(4)~列(6)显示,数字技术转型对于企业实质性绿色创新具有显著正向影响。由此,验证了假设H₄。

表6 数字技术转型渠道

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>DigiThes</i>	<i>DigiPat</i>	<i>DigiEn</i>	<i>GreenInno</i>	<i>GreenInno</i>	<i>GreenInno</i>
<i>DID</i>	0.013* (0.007)	0.005 (0.005)	4.243*** (0.366)			
<i>BRD</i>	0.021*** (0.005)	0.005* (0.003)	-0.295*** (0.096)			
<i>DID×BRD</i>	0.014* (0.008)	0.011** (0.006)	0.939*** (0.185)			
<i>DigiThes</i>				0.071*** (0.016)		
<i>DigiPat</i>					0.249*** (0.034)	
<i>DigiEn</i>						0.001*** (0.000)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	28988	28988	28988	30738	30738	30738
R ²	0.619	0.430	0.955	0.700	0.703	0.700
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是	是

3. 缓解融资风险

环境规制下,企业面临的合规成本和融资约束极大制约了企业参与绿色技术研发创新的意愿和动力,而基础研究能够缓解这一成本压力。本文参考谢红军等(2017)^[53],采用ESG评级得分作为衡量企业声誉风险的指标;借鉴Kaplan和Zingales(1997)^[54]的方法,计算企业年度SA指数,作为其面临融资约束的代理变量。其中,SA指数越大,表明企业面临的融资约束问题越严重。估计结果列示在表7中。列(1)~列(2)显示,碳排放交易显著提高了企业的声誉评级,同时,缓解了融资约束。交互项的估计结果表明,企业基础研究显著增加了碳排放交易对缓解融资风险的作用,有效减轻了企业的融资约束,并能够凭借良好的声誉从信贷市场上获得更多的资金支持,为企业的绿色创新活动提供资金支持。由此,验证了假设H₅。

表7 缓解融资风险渠道

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ESG</i>	<i>SA</i>	<i>GreenInno</i>	<i>GreenInno</i>
<i>DID</i>	0.007*** (0.002)	-0.001 (0.005)		

续表 7

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	ESG	SA	GreenInno	GreenInno
BRD	0.004*** (0.001)	-0.005*** (0.001)		
DID×BRD	0.003* (0.001)	-0.008** (0.003)		
ESG			0.015*** (0.004)	
SA				-0.465*** (0.091)
控制变量	控制	控制	控制	控制
样本量	31660	35273	32338	37199
R ²	0.546	0.941	0.681	0.641
企业/年份固定效应	是	是	是	是

六、异质性分析

碳排放交易和企业基础研究对实质性绿色创新的影响因企业微观特征不同而存在差异。本文依据环境规制强度、论文质量和企业规模对样本企业进行分组识别,为针对性地制定促进企业实质性绿色创新的政策提供实证依据。

1. 环境规制强度

环境规制强度反映了企业面临的环境治理约束强度。借鉴刘畅等(2023)^[55]的方法,本文采用上市公司当年废气废水污染治理投入金额占工业产值的比重来衡量环境规制强度。具体而言,若企业所面临的环境规制强度高于(低于)当年所在行业的中位数水平,则将其界定为高(低)环境规制组。估计结果如表 8 所示。列(1)和列(2)结果显示,无论在环境规制强组还是弱组,碳排放交易均能显著促进实质性绿色创新水平提升。但仅在强环境规制组中,基础研究能够显著正向调节碳排放交易对企业绿色实质性创新的影响,在弱环境规制组中,这一调节作用并不显著。可能的原因在于,在面对高强度的环境规制时,企业在技术改进、减排扩绿等方面承受着更高的成本压力。这种情况下,企业更倾向于增加对绿色基础研究的内部投入,加大在实质性绿色创新方面的资金和资源投入力度,以满足内部绿色技术创新需求和外部碳排放约束要求。

2. 论文质量

本文参考 Babina 等(2023)^[56]的方法,基于论文的被引用次数构建论文质量的衡量指标。如果论文的引用次数高于(低于)当年及其所在领域的中位数,则将该论文定义为高(低)引用论文。一篇论文的被引用次数表明了其学术影响力,可以衡量该论文自公开发布之日起通过引用产生的溢出和扩散效应。回归结果如表 8 所示。根据列(3)和列(4)结果可以看出,对于具有高质量论文的企业,基础研究会显著促进碳排放交易对企业实质性绿色创新的积极影响,助力企业在碳减排目标下实现绿色技术突破。对这一现象可能的解释是,论文的高频引用反映了企业在该技术领域的前沿知识积累深度,拥有的高质量论文越多,表明企业可以利用原创性成果进行实质性创新转化的概率越高。高引用论文作为企业研发质量的信号,能够吸引政府研发补贴、风险投资及产学研合作资源向企业倾斜,进一步激励企业开展绿色创新。

3. 企业规模

本文以企业规模中位数为划分依据,将样本企业分为大规模和小规模两个组别,并在表 8 中列

示了回归结果。列(5)和列(6)结果显示,在规模较大的企业中,基础研究显著增强了碳排放交易对企业实质性绿色创新的促进作用。大规模企业通常拥有更完善的组织体系和更高的资源配置效率,这使得它们能够投入更多资源于研发活动,并可能由于规模经济效应而获得更高的创新效率。此外,大型企业在市场上具有较强的影响力,能够更容易地吸引和保留优秀研发人才,同时,通过与高校、研究机构及其他企业的合作,获得新的知识和技术。相比之下,由于绿色创新领域的激励机制尚不完善,小规模企业受环境规制带来的成本压力影响,难以承担高昂的研发成本和风险,通常会减少非主营业务方面的研发支出。然而,由于具备较高的灵活性和快速响应市场变化的能力,这些企业也能够快速吸收和利用新技术或新知识,从而有效地将基础研究成果转化为商业机会。

表 8 异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	强环境规制	弱环境规制	高质量论文	低质量论文	大规模	小规模
<i>DID</i>	0.086*** (0.016)	0.052** (0.021)	0.096*** (0.013)	0.125 (0.102)	0.174*** (0.026)	0.002 (0.016)
<i>BRD</i>	0.050*** (0.008)	0.032*** (0.012)	0.051*** (0.007)	-0.060 (0.055)	0.050*** (0.009)	0.008 (0.009)
<i>DID×BRD</i>	0.053** (0.025)	0.030 (0.018)	0.045*** (0.017)	-0.007 (0.045)	0.039* (0.021)	0.019 (0.018)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	43872	15902	59264	772	39705	20007
<i>R</i> ²	0.486	0.703	0.515	0.732	0.602	0.605
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是	是

七、结论与政策建议

本研究利用 2006—2020 年中国 A 股上市企业的面板数据,以 2013 年和 2014 年的碳排放交易试点作为准自然实验,探究在企业基础研究的调节下,碳排放交易对企业实质性绿色创新的影响及作用机制。研究发现:第一,碳排放交易对企业实质性绿色创新水平具有显著正向影响,企业基础研究在碳排放交易与企业实质性绿色创新之间发挥调节作用,能够正向强化这一提升效应。第二,碳排放交易在企业基础研究的调节下,通过人力资本升级、数字技术转型和融资风险缓解三个渠道提升企业实质性绿色创新水平。第三,在面临高环境规制、拥有高质量论文和较大规模的企业中,碳排放交易和基础研究对企业实质性绿色创新的促进效果更为明显,可以通过政策设计强化差异性的创新激励。

基于上述结论,本文为激励和驱动企业实质性绿色创新、实现绿色高质量发展有以下重要启示:

第一,完善碳市场动态调节机制,强化价格信号对绿色创新的引导作用。本文研究发现,环境规制强度较高的企业受碳排放交易和基础研究的影响更显著,合规成本和融资约束会影响企业的实质性绿色创新成效。因此,对于环境规制强度较高企业,可实施基础研发费用加计扣除比例与企业减排效果挂钩的弹性激励政策,激发企业开展基础研究的内生动力,推动企业实现从环境规制压力到创新知识积累、再到实质性绿色创新突破的链式反应。首先,发挥全国碳排放权交易市场的作用,进一步完善绿色转型的配套制度保障,逐步扩大碳市场的覆盖行业和领域,通过实施渐进式碳定价机制,有效提升减排的成本效益。同时,动态调整配额分配中绿色专利权重,确保碳定价真实反映企业的环境成本,认可企业实质性创新的减排贡献,将实质性绿色创新指标纳入地方政府政绩考核体系。其次,健全资源环境要素市场化配置体系,缓解企业融资约束,加大金融机构

对科技、绿色型中小企业的扶持力度,建立金融、保险及社会资金参与科技成果转化的分担机制,完善与绿色低碳转型相关的财税金融政策和相关市场化机制,鼓励对实质性绿色低碳技术的长期投资。再次,针对不同行业的技术特征,可以实施差异化的配额储备与拍卖机制,给予绿色生产率提升显著的企业配额结转优惠,倒逼企业突破技术创新路径依赖,形成“减排-创新-收益”的良性循环。

第二,强化基础研究,提升绿色知识创造与创新成果转化效率。本文研究发现,企业基础研究通过优化人力资本、促进数字技术转型等渠道提升碳排放规制下的实质性绿色创新水平,且该提升作用具有显著的异质性。拥有高质量论文的企业与大规模企业能够更显著放大碳排放交易和基础研究对绿色创新的促进作用。基于此,对于拥有高质量论文的知识密集型企业,政府应进一步完善绿色知识产权保护制度,缩短高质量专利审查周期,并允许其技术许可收益享受税收减免。对于大规模企业,应鼓励和引导其承担供应链协同创新责任,进一步巩固其在绿色科技创新中的核心主体地位。在此基础上,加快绿色关键技术领域的原创策源地建设进程,充分发挥实质性绿色创新技术在行业内的扩散和引领作用。此外,通过设立专项核心技术研发基金,有组织、有规划地开展战略导向和市场导向的探索性绿色基础研究,优先支持具有环境技术突破潜力的基础性研究项目,推动新能源、绿色低碳、可再生能源技术等领域的研发和应用推广。建立学术成果与产业应用的衔接机制,将高质量论文、实验数据等纳入碳资产质押范围,允许企业通过知识产权证券化获取研发资金,并为高风险、高回报的绿色技术研发项目提供创新补贴或税收优惠,缓解企业长期研发融资约束。

第三,以市场需求为导向,构建绿色低碳技术创新体系。本文研究发现,数字技术转型有助于增强企业基础研究对实质性绿色创新的促进效应。基于此,政府应积极引导各类创新资源向绿色低碳产业汇聚,加速推动绿色创新成果的商业化应用和转移转化,为绿色产业发展注入强劲创新动能。同时,着力完善数字要素市场建设,为企业数字技术转型和绿色技术转型提供数据支持。充分凸显企业在科技创新中的主导地位,鼓励龙头企业牵头申报国家重大绿色科技课题,打造绿色低碳核心技术攻关联盟,协同推进基础技术、关键材料以及颠覆性技术的研发和突破;进一步加大财政投入和补贴力度,为中小企业绿色技术研发提供更多资助,激发各类所有制企业积极投身相关国家科技计划项目。建设绿色工业互联网平台和国家级“双碳”数字中台,整合能源消耗、碳排放、供应链碳足迹等数据,对接入平台的企业给予算力补贴。创新市场化环境信息披露机制。建立 ESG 数据资产交易所,在上海数据交易所下设绿色数据交易板块,将企业环境信息披露质量纳入贷款风险评估体系,倒逼企业提升信息透明度。

第四,创新人才培养模式,为绿色转型提供智力支撑。本文研究发现,人力资本升级是推动碳排放交易有效提升实质性绿色创新水平的关键路径,要注重发挥高技能创新人才的作用。因此,一方面,强化高水平创新人才培育机制。创新人才培养的方式方法,优化高校学科专业布局,为绿色转型提供坚实智力支撑。同时,鼓励多渠道的产学研合作,支持高校、科研机构和企业搭建联合实验室等产学研合作平台,培育复合型应用人才,并促进跨学科和跨行业的创新思维碰撞。另一方面,通过匹配资金支持、税收优惠或共享研发设施等方式开展政企合作,促进隐性知识共享和跨组织的技术转移,进而加速绿色技术的商业化过程。同时,注重引进国际高端绿色技术人才,加速全球绿色知识要素向本土创新网络的流入。

参考文献

[1]张杨,袁宝龙,郑晶晶,邓亚玲.策略性回应还是实质性响应?碳排放权交易政策的企业绿色创新效应[J].天津:南开管理评论,2024,(3):129-140.

- [2] Aghion, P., C. Antonin, and S. Bunel. The Power of Creative Destruction; Economic Upheaval and the Wealth of Nations [M]. Cohen-Tanugi J, tran. England: The Belknap Press of Harvard University Press, 2021.
- [3] Benner, M.J., and M.L. Tushman. Exploitation, Exploration, and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited [J]. The Academy of Management Review, 2003, 28, (2): 238–256.
- [4] 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]. 上海: 财经研究, 2022, (4): 34–48.
- [5] 陶锋, 赵锦瑜, 周浩. 环境规制实现了绿色技术创新的“增量提质”吗——来自环保目标责任制的证据 [J]. 北京: 中国工业经济, 2021, (2): 136–154.
- [6] 曹虹剑, 易玉凌峰, 姜建刚. 碳市场绿色创新的动力机制: 产权界定还是市场交易? [J]. 上海: 财经研究, 2024, (7): 80–94.
- [7] Guo, J., F. Gu, Y. Liu, X. Liang, J. L. Mo, and Y. Fan. Assessing the Impact of ETS Trading Profit on Emission Abatements Based on Firm-Level Transactions [J]. Nature Communications, 2020, 11, (1): 2078.
- [8] Porter, M.E., and V.D. Claas. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship [J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9, (4): 97–118.
- [9] Jaffe, A.B., and K. Palmer. Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study [J]. The Review of Economics and Statistics, 1997, 79: 610–619.
- [10] Baruník, J., and T. Křehlík. Measuring the Frequency Dynamics of Financial Connectedness and Systemic Risk [J]. Journal of Financial Econometrics, 2018, 16, (2): 271–296.
- [11] 胡珺, 黄楠. 市场激励型环境规制可以推动企业技术创新吗? ——基于中国碳排放权交易机制的自然实验 [J]. 北京: 金融研究, 2020, (1): 171–189.
- [12] Borghesi, S., G. Cainelli, and M. Mazzanti. Linking Emission Trading to Environmental Innovation: Evidence from the Italian Manufacturing Industry [J]. Research policy, 2015, 44, (3): 669–683.
- [13] Dale, J.H. Pollution, Property, and Prices: An Essay in Policy-making [M]. Toronto: University of Toronto Press, 1968.
- [14] Yao, S., X. Yu, S. Yan, and S. Y. Wen. Heterogeneous Emission Trading Schemes and Green Innovation [J]. Energy Policy, 2021, 155, 112367.
- [15] 李俊青, 高瑜, 李响. 环境规制与中国生产率的动态变化: 基于异质性企业视角 [J]. 北京: 世界经济, 2022, (1): 82–109.
- [16] 叶云岭, 张其仔. 碳排放规制与制造业企业新质生产力研究: 基于碳排放权交易机制的准自然实验 [J]. 北京: 中国软科学, 2024, (11): 100–112.
- [17] Chen, Z. F., X. Zhang, and F. L. Chen. Do Carbon Emission Trading Schemes Stimulate Green Innovation in Enterprises? Evidence from China [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 120744.
- [18] Oestreich, A.M., and I. Tsiakas. Carbon Emissions and Stock Returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme [J]. Journal of Banking & Finance, 2015, 58: 294–308.
- [19] 曹翔, 苏馨儿. 碳排放权交易试点政策是否促进了碳中和技术创新? [J]. 济南: 中国人口·资源与环境, 2023, (7): 94–104.
- [20] Yu, H., Y. Jiang, Z. Zhang, W. L. Shang, C. J. Han, and Y. J. Zhao. The Impact of Carbon Emission Trading Policy on Firms' Green Innovation in China [J]. Financial Innovation, 2022, 8, (1): 55.
- [21] 余典范, 蒋耀辉, 张昭文. 中国碳排放权交易试点政策的创新溢出效应——基于生产网络的视角 [J]. 北京: 数量经济技术经济研究, 2023, (3): 28–49.
- [22] Romer, P.M. Increasing Returns and Long-Run Growth [J]. Journal of Political Economy, 1986, 94, (5): 1002–1037.
- [23] Teece, D.J. Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance [J]. Strategic Management Journal, 2007, 28, (13): 1319–1350.
- [24] Arora, A., S. Belenzon, and L. Sheer. Knowledge Spillovers and Corporate Investment in Scientific Research [J]. American Economic Review, 2021, 111, (3): 871–98.
- [25] Akecigit, U., D. Hanley, and N. Serrano-Velarde. Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy and Growth [J]. Review of Economic Studies, 2021, 88, (1): 1–43.
- [26] Rehman, A.U., E. Aslam, and A. Iqbal. Intellectual Capital Efficiency and Bank Performance: Evidence from Islamic Banks [J]. Borsa Istanbul Review, 2022, 22, (1): 113–121.
- [27] Jaffe A.B., R.G. Newell, and R.N. Stavins. A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy [J]. Ecological Economics, 2005, 54, (2–3): 164–174.
- [28] 毕茜, 于连超. 环境税的企业绿色投资效应研究——基于面板分位数回归的实证研究 [J]. 济南: 中国人口·资源与环境, 2016, (3): 76–82.

- [29] Albort-Morant, G., A. Leal-Millán, and G. Cepeda-Carrión. The Antecedents of Green Innovation Performance: A Model of Learning and Capabilities[J]. Journal of Business Research, 2016, 69, (11): 4912–4917.
- [30] Abbas, J., and M. Sağsan. Impact of Knowledge Management Practices on Green Innovation and Corporate Sustainable Development: A Structural Analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 229: 611–620.
- [31] Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation [J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35: 128–152.
- [32] 林毅夫, 张鹏飞. 后发优势、技术引进和落后国家的经济增长[J]. 北京: 经济学(季刊), 2005, (4): 53–74.
- [33] Acemoglu, D. Technical Change, Inequality, and the Labor Market[J]. Journal of Economic Literature 2002, 40, (1): 7–72.
- [34] Munawar, S., H. Q. Yousaf, M. Ahmed, and S. Rehman. Effects of Green Human Resource Management on Green Innovation through Green Human Capital, Environmental Knowledge, and Managerial Environmental Concern[J]. Journal of Hospitality and Tourism Management, 2022, 52: 141–150.
- [35] Fleisher, B., H. Z. Li, and M. Q. Zhao. Human Capital, Economic Growth, and Regional Inequality in China [J]. Journal of Development Economics, 2010, 92, (2): 215–231.
- [36] 辛雅儒, 申晨, 冯锐, 马永喜. 机器人应用、CEO绿色经历与企业绿色技术创新[J]. 北京: 经济管理, 2024, (7): 129–145.
- [37] 王博, 康琦. 数字化转型与企业可持续发展绩效[J]. 北京: 经济管理, 2023, (6): 161–176.
- [38] Foray D., and A. Grübler. Morphological Analysis, Diffusion and Lockout of Technologies: Ferrous Casting in France and the FRG [J]. Research Policy, 1990, 19, (6): 535–550.
- [39] Yoo, Y., R. J. Boland, K. J. Lyytinen, and A. Majchrzak. Organizing for Innovation in the Digitized World[J]. Organization Science, 2012, 23, (5): 1398–1408.
- [40] 师博, 常青. 企业数字化转型赋能绿色创新的效果与机制研究[J]. 北京: 经济管理, 2024, (11): 67–88.
- [41] 祝继高, 梁晓琴. 企业标准化建设与成本弹性研究——来自中国 A 股制造业上市公司的证据[J]. 北京: 经济研究, 2022, (12): 31–50.
- [42] 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]. 北京: 中国软科学, 2023, (4): 121–129.
- [43] Kesidou, E., and P. Demirel. On the Drivers of Eco-Innovations: Empirical Evidence from the UK [J]. Research Policy, 2012, 41, (5): 862–870.
- [44] Dyck, A., N. Volchkova, and L. Zingales. The Corporate Governance Role of the Media: Evidence from Russia [J]. The Journal of Finance, 2008, 63, (3): 1093–1135.
- [45] 江轩宇, 朱琳, 伊志宏. 网络舆论关注与企业创新[J]. 北京: 经济学(季刊), 2021, (1): 113–134.
- [46] 黎文靖, 郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新? ——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 北京: 经济研究, 2016, (4): 60–73.
- [47] 刁海璨. 企业基础研究与新质生产力培育[J]. 北京: 数量经济技术经济研究, 2025, (3): 91–110.
- [48] 韩先锋, 郑酌基, 李雪琴, 石大千. 能效信贷政策对企业实质性绿色创新的影响[J/OL]. 北京: 科研管理, 2025, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.g3.20250210.1030.002.html>.
- [49] 李创, 王智佳, 王丽萍. 碳排放权交易政策对企业绿色技术创新的影响——基于工具变量和三重差分的检验[J]. 天津: 科学与科学技术管理, 2023, (4): 1–19.
- [50] 乔菲, 文雯, 冯晓晴. “国家队”持股能促进企业绿色创新吗——重污染行业的异质性分析[J]. 武汉: 科技进步与对策, 2022, (22): 92–102.
- [51] Popp D. International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2006, 51, (1): 46–71.
- [52] 王珏, 祝继高. 劳动保护能促进企业高学历员工的创新吗? ——基于 A 股上市公司的实证研究[J]. 北京: 管理世界, 2018, (3): 139–152, 166, 184.
- [53] 谢红军, 蒋殿春, 包群. 官司、声誉与上市企业更名[J]. 北京: 经济研究, 2017, (1): 165–180.
- [54] Kaplan, S. N., and L. Zingales. Do Investment-Cash Flow Sensitivities Provide Useful Measures of Financing Constraints? [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1997, 112, (1): 169–215.
- [55] 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]. 北京: 中国软科学, 2023, (4): 121–129.
- [56] Babina, T., A. X. He, S. T. Howell, E. R. Perlman, and J. Staudt. Cutting the Innovation Engine: How Federal Funding Shocks Affect University Patenting, Entrepreneurship, and Publications [J]. The Quarterly Journal of Economics, 2023, 138, (2): 895–954.

Carbon Emission Trading,Basic Research,and Substantive Green Innovation

DIAO Hai-can¹,ZHANG Yan-qun²

(1.Institutes of Science and Development,Chinese Academy of Sciences,Beijing,100190,China;

2.Institute of Quantitative and Technological Economics,Chinese Academy of Social Sciences,Beijing,100732,China)

Abstract: Under the leadership of the “dual-carbon” goal, the synergistic effect of carbon emissions trading, a market-based environmental regulatory tool, and enterprise basic research is crucial in helping enterprises break through the barriers to green technological innovation and promoting substantive green innovation. In response to the requirements of the social development trend of green transformation and the cultivation of new quality productive forces, China has further emphasized the need to strengthen applied basic research, focusing on strengthening applied basic research in the field of green low-carbon and stimulating subversive technological innovation. The key leading role of innovation in green transformation will be brought into play. As the micro-body of science and technology innovation, enterprises have an important mission to cultivate green original innovation capability, promote green technological innovation and realize green transformation and development. An in-depth study of the impact of carbon emissions trading and basic research on substantive green innovation can not only effectively promote the improvement of the quality and efficiency of enterprises’ green innovation, and facilitate the breakthroughs of substantive and disruptive green technological innovation, but also provide important theoretical support and practical guidance for the realization of high-quality development and the comprehensive green transformation of the economy and society.

This paper utilizes the data of Chinese A-share listed companies in 2006 and 2020 to construct a multi-period double-difference model to explore in depth the role mechanism of carbon emission right trading on substantive green innovation of enterprises and the moderating effect of basic research. The study shows that carbon emissions trading contributes significantly to substantive green innovation in firms, while enterprise basic research significantly moderates substantive green innovation. The mechanism test shows that basic research has enhanced the impact of carbon emission trading on the substantive green innovation of enterprises through channels such as the upgrading of human capital, digital technology transformation, and the alleviation of financing constraints. Further research finds that the moderating effect of basic research on the enhancement of substantive green innovation of enterprises by carbon emissions trading is more significant in enterprises with higher intensity of environmental regulation, higher quality of papers and larger scale.

Compared to established studies, this paper has three marginal contributions as follows: First, it constructs a theoretical framework of “policy response – endogenous motivation – innovation breakthrough” and integrates carbon emission trading, basic research, and substantive green innovation of enterprises into a unified analytical system. This reveals the moderating role of basic research in the innovation incentive effect of carbon emission trading and overcomes the limitations of the “Porter Hypothesis,” which neglects the endogenous capabilities of enterprises. Second, it extends the research on the dynamic regulation of basic research on corporate green innovation and provides new theoretical explanations for solving the dilemma of “pseudo-green innovation.” This paper explores the mechanisms through which basic research moderates the impact of carbon emission trading on corporate substantive green innovation via channels such as the upgrading of human capital, digital technology transformation, and alleviation of financing constraints, offering a new micro-perspective for improving carbon market policy design. Third, it provides policy insights for the differentiated design of market-based incentive policies such as carbon emission trading.

The research in this paper enriches the empirical evidence of carbon emissions trading and enterprise basic research to promote green innovation of enterprises, and provides valuable references for promoting green new quality productivity and high-quality innovation as well as strengthening enterprise basic research. First, improve the dynamic adjustment function of the carbon market and strengthen the guiding role of price signals on green innovation. Second, strengthen basic research to enhance the efficiency of green knowledge creation and innovation transformation. Third, build a green low-carbon technology innovation system oriented by market demand. Fourth, innovate talent training mode to provide intellectual support for green transformation.

Key Words: carbon emission trading; enterprise basic research; substantial green innovation; creative incentives

JEL Classification: O32, Q55

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2025.07.006

(责任编辑:闫梅)