

# 碳规制与绿色金融：基于市场互补理论的实证研究

王明喜, 罗 昊, 姚建峤

(对外经济贸易大学国际经济贸易学院, 北京 100029)

**摘 要** 绿色金融不仅是碳市场的“衍生品”, 还能盘活碳资产流动性, 强化碳市场价格发现功能, 因此碳市场与绿色金融市场之间存在互补关系. 为此, 本文搭建“碳交易-绿色金融”的市场互补理论, 演绎出“绿色金融有利于碳市场发展, 碳市场规制能够激励企业绿色创新积极性, 催生绿色金融投融资接口, 激发绿色金融市场活力”的结论, 据此提出可供实证检验的理论假说. 进而, 基于七省市碳交易试点地区经验数据, 建立固定效应面板模型和双重差分模型, 并引入绿色金融中介变量进行传导机制分析, 实证结果显示: 绿色金融工具对碳市场发展具有显著的激励效果, 即绿色金融水平提高 1%, 显著推动碳市场发展程度上升约 0.657%, 但这种推动作用具有滞后性; 碳市场规制政策对企业绿色创新具有显著挤进效应, 且大规模企业受到创新引导力度较强, 绿色投资和绿色信贷工具对该挤进效应起到正向调节作用; 最后, 证实了碳规制对绿色金融市场水平提升存在直接正向影响, 验证了碳市场和绿色金融之间的双向激励作用. 基于上述实证结论, 本文提出优化碳市场机制设计和完善绿色金融体系建设的相关政策建议, 以推进碳市场和绿色金融良性协同共生, 为企业低碳绿色创新筑巢, 高效有序实现双碳目标.

**关键词** 碳市场; 绿色金融; 互补理论; 双重差分模型

## Carbon Trading and Green Finance: A Complementary Theory and Empirical Analysis

WANG Mingxi, LUO Hao, YAO Jianqiao

(School of International Trade and Economics, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China)

收稿日期: 2023-01-04

基金项目: 国家自然科学基金 (71971062); 北京市自然科学基金 (9202015); 对外经济贸易大学“惠园杰出青年学者”人才培养项目 (21JQ01)

Supported by National Natural Science Foundation of China (71971062); Natural Science Foundation of Beijing (9202015); Excellent Young Scholar Foundation of UIBE (21JQ01)

作者简介: 王明喜, 博士, 教授, 研究方向: 低碳经济理论与政策评估, E-mail: mxwang@amss.ac.cn; 罗昊, 博士研究生, 研究方向: 碳市场的绿色创新机制, E-mail: ethelth@126.com; 姚建峤, 硕士研究生, 研究方向: 企业低碳创新博弈, E-mail: 18110024470@163.com.

**Abstract** Green finance plays two important roles. One is a “derivative” of the carbon market. The other is a “booster”. It can activate the liquidity of carbon assets and further strengthen the price discovery function of the carbon market. Thus, there is a complementary relationship between the carbon market and the green financial market. This paper first builds a complementary theory of carbon trading and green finance. In the theory, we conclude that green finance is conducive to the development of the carbon market, and carbon market regulation can stimulate enterprises’ green financial investment, thereby providing service targets for the green financial market. Meanwhile, a theoretical hypothesis, that can be tested empirically, is provided. Based on the empirical data of carbon trading pilots in seven provinces and cities, the fixed effect panel model and difference-in-difference model are established, respectively, and associated intermediary variables for mechanism analysis are presented. Through the robustness tests, the regression results show that green financial instruments have a significant promotion effect on the development of the carbon-trading market. As the level of green finance is increased by 1%, the development of the carbon market is significantly promoted by 0.657%, but this promotion effect is lagging. The carbon market regulation has a significant crowding effect on enterprises’ green innovation, while large-scale enterprises have been encouraged more in green investment. In addition, green investment and green credit instruments play a part in the intermediary effect; Finally, it confirms that carbon regulation has a direct positive impact on the improvement of the green financial market, which verifies the two-way incentive effects between the carbon market and green finance. Based on the empirical results obtained, we put forward some policy recommendations for optimizing the carbon-trading market and improving the green financial system, which is conducive to the achievement of carbon-peaking and carbon neutralization in China.

**Keywords** carbon market; green finance; complementary theory; difference-in-difference model

## 1 引言

2020年10月,党的十九届五中全会通过《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》,为推动绿色低碳发展、实现经济体绿色转型指明了方向。2021年1月,央行工作会议强调了“落实碳达峰、碳中和重大决策部署,完善绿色金融政策框架和激励机制”,自此碳市场和绿色金融的发展进入了快车道。立足于“双碳”目标,产业结构低碳化、生产技术绿色化是平衡能源、环境 and 经济之间矛盾关系、实现高质量可持续发展的最优解,应尽快构建市场化的绿色技术创新体系、推动绿色循环低碳发展。然而,绿色创新具有投资规模大、技术风险高、回报周期长等特点,企业自发创新动力不足,需要碳市场规制和绿色金融工具的双重激励和引导。碳市场是为了实现经济发展低碳转型,以制度法规为基础的“人造”市场,其排放配额总量设定既是减排政策目标的体现,也从供求关系上决定着市场交易的碳价水平和结构特征,影响着碳市场对企业低碳创新投资的激励效果,亦左右着碳排放权及其衍生品的最终配置流向,是判断绿色金融市场有效性的主要依据。而绿色金融是从生态环境保护角度重新调整传统金融业的经营理念、管理政策和业务流程,引

导信贷资金流向环保产业, 增强碳资产的市场流动性, 提升资源利用率, 以降低企业绿色研发成本, 增加企业低碳技术研发投资规模, 形成绿色金融发展的“减排效应”, 助力碳市场的良性发展 (严成樑, 李涛和兰伟 (2016), Chen, Hung and Wang (2017)). 换言之, 碳市场决定了企业选择怎样的减排路径兑现履约减排目标, 绿色金融市场则决定了履约企业减排成本的高低. 要想有序高效推进双碳目标, 碳市场和绿色金融市场在我国“十四五”规划的制度建设中必须合理融接.

未来已来, 碳交易和绿色金融互补发展曙光初现. 全国碳排放权交易市场 2021 年累计成交额 76.61 亿元, 超过半数排控企业参与了市场交易, 并有部分企业使用 CCER (国家核证自愿减排量) 抵销配额进行履约以降低履约成本, 这些 CCER 主要来源于水电、风电、光伏电等清洁能源产业, 成为它们的一个“副”收入来源, 从而激起金融机构对低碳绿色产业项目的投融资积极性. 据央行统计, 截至 2021 年年底, 我国约有 12 万亿元绿色信贷、8000 多亿元存量绿色债券 (林楠和杨方琴 (2021)), 促成了可再生能源发电累计装机容量突破 10 亿千瓦, 比 2015 年翻一番 (丁怡婷 (2022)). 但要实现双碳目标, 仍有大量未尽之事等待深究. 尽管绿色金融市场未来规模巨大, 但我国绿色金融发展尚处于起步阶段, 绿色金融工具不足、绿色金融产品匮乏、碳资产界定范围不明确、绿色金融制度不健全、绿色分类口径不统一等问题凸显, 如何通过绿色投融资体制改革引导金融机构、企业、个体投资者实现“寓义于利, 点绿成金”的投资模式, 是绿色金融市场建设过程中亟需解决的问题. 另外, 虽然碳市场前景广阔, 但如何优化碳市场的价格发现功能, 及时矫正碳排放权及其衍生品的误配, 保证碳资产的有效使用, 是碳市场能否助推金融业迈上“第二增长曲线”的核心关键.

鉴于此, 本文基于碳交易机制的市场属性, 定性分析碳市场规制建立、运营和发展对企业绿色创新投资的影响, 判断碳交易机制是否为绿色金融的诞生和业务拓展提供了良好的市场外部条件, 进而探讨绿色金融工具助力碳市场发展的作用机理, 得到“绿色金融有利于碳市场发展, 碳市场规制能够激励企业绿色创新积极性, 催生绿色金融投融资接口, 激发绿色金融市场活力”的定性结论, 据此提出可供实证检验的理论假说, 进而基于碳交易试点地区碳市场发展程度、绿色金融水平、企业层面绿色创新、绿色投资和绿色信贷面板数据, 采用固定效应面板模型、双重差分 (DID) 模型和中介效应模型验证了理论结果, 搭建起“碳交易-绿色金融”市场互补理论与实证分析框架. 具体地, 本文的贡献主要体现在以下四个方面: 1) 从理论建模角度, 不同于现有文献仅对碳市场与绿色金融之间的关系进行单向分析, 本文建立数学模型以演绎“碳交易-绿色金融”市场互补理论, 厘清了碳市场和绿色金融市场间双向影响的作用机理和传导机制, 为碳市场和绿色金融市场合理融接奠定理论基础; 2) 从数据应用角度, 通过构建碳市场发展程度和绿色金融市场发展水平的量化评价指标, 并将其应用于计量模型实证分析中, 为评估碳市场规制政策实施效果、完善绿色金融体制改革提供了切实依据; 3) 从模型方法角度, 现有研究分别检验了碳市场、绿色金融市场对绿色创新的推动作用, 但对三者之间的内在逻辑传导机制仅做定性分析, 而本文基于上市公司微观经验数据, 突破性地引入企业绿色金融指标作为中介变量, 检验绿色创新在“碳规制与绿色金融”市场互补理论中的传导作用, 进一步证实了“碳规制与绿色金融之间存在双向激励”的结论, 为碳市场规制设计、绿色金融体系完善和排控企业低碳创新管理提供必要数据支持和决策参考; 4) 本文沿用“理论建模-指标构建-实证检验”理论实证相结合的研究范式, 为学者研究碳排放权资

源有效配置和绿色金融工具体系建设, 提供了一种新的分析思路。

## 2 文献综述

本文以绿色创新为桥梁, 聚焦于碳规制和绿色金融之间的互补关系, 从碳市场与绿色金融、绿色金融与绿色创新、碳市场与绿色创新相互作用的视角对现有文献进行梳理、回顾和总结。

### 2.1 碳市场与绿色金融

在中国向世界宣布碳达峰和碳中和 (简称双碳) 的时间表之后, 经济绿色低碳转型被提到一个前所未有的高度, 碳市场与绿色金融发展处在一个有利的政策规制环境里, 未来可期。双碳目标意味着碳配额总量将是一个慢慢收紧、直至封顶的过程, 在保障经济增长的前提下, 碳价有充足的上涨空间。2022 年以来, 全国碳市场日收盘价在 56~62 元/吨之间, 价格稳中有升。碳价长期上涨的预期 (张希良, 黄晓丹和张达等 (2022)), 将推动企业把减排投资纳入生产决策、最终落实到减排行动中, 致使未来 30 年中国能源系统新增投资约 138 万亿元 (李国辉 (2021)), 到 2060 年中国清洁能源基础设施投资规模将达到 104 亿元 (季晓莉 (2021)), 进而促使碳排放权及其衍生品成为一个确定性高、时间跨度长的投资方式, 每年交易金额可达 600–5000 亿元 (程维妙 (2021)), 形成投资规模巨大、发展前景良好的绿色金融市场 (马险峰 (2021))。

然而, 目前涉及碳市场规制与绿色金融相关性的研究, 大多集中于环境政策和金融市场的耦合关系以及二者之间的协同作用 (王韧 (2019), 丁昕 (2022)), 鲜有学者对碳市场和绿色金融市场之间的互补关系和作用路径进行深入探讨, 或仅停留在定性分析层面 (安国俊 (2021), 苏静 (2022), 刘雅婷 (2022))。从二者之间的传导机制而言, 碳交易试点政策对企业产品绿色创新与技术低碳转型存在推动作用, 但绿色创新具有投资规模大、投资周期长、投资风险高等特点, 企业需要借助金融手段以获得稳定的资金支持 (徐佳和崔静波 (2020)), 由此加强了绿色信贷发展的动力; 此外, 碳交易政策的价格信号机制对产业结构升级、淘汰落后产能存在推动作用, 造成环保企业市值上升、高耗能企业市值下降, 促进绿色债券市场良性发展 (严金强和杨小勇 (2018))。进一步地, 当碳规制下的绿色经济发展到一定程度时, 绿色金融将发挥规模效应, 实现绿色金融市场的不断扩张 (Deyoung (2006))。

反之, 绿色金融市场给予企业明确的资源配置和资金投入调整信号, 促进企业通过资本积累实现绿色技术创新和资源配置优化, 同时积极推进技术共享, 将属于个体层面的低碳技术聚合为整体层面优势。同时, 由于具有低污染、低耗能等绿色技术优势的企业是绿色金融机构青睐的投资对象, 企业管理层也更倾向于开展绿色技术创新活动, 实现企业绿色创新的正向循环 (诸葛瑞阳和蔡雯霞 (2022))。由此, 绿色金融使碳排放权资源的有效配置作用充分发挥, 企业释放更多碳排放配额, 增加碳排放权交易机制的流动性, 强化碳市场价格发现功能 (张修凡和范德成 (2021)), 形成一个更加有效、活跃的碳市场 (鲁政委, 叶向峰和钱立华等 (2021))。因此, 绿色创新在碳市场和绿色金融市场的互补关系中起到了不可或缺的桥梁作用, 绿色技术创新的红利回馈将助推绿色金融发展。

但是, 碳市场和绿色金融市场之间是否存在双向激励作用仍需进一步研究。例如, 国际

清算银行研究数据指出,目前绿债贴标体系没有带来发行人碳排放的下降,即使发行人的部分资金投入绿色项目,发行人仍可能通过其它融资渠道进行大量的高碳排放活动,所以,并不是所有绿色金融产品都有利于碳市场的发展 (Ehlers, Mojon and Packer (2020)). 因此,需要进一步量化碳交易市场发展程度和绿色金融水平,形成客观指标体系,以避免评价偏差发生. 然而,目前对于碳市场评价指标体系的研究仍局限于使用基础指标进行综合评分,并根据分值相对大小定性分析,缺乏经济学解释,难以反映碳市场政策的有效性 (崔琨玉 (2016), 易兰, 李朝鹏和杨历等 (2018), 姚从容和曾云敏 (2019)). 而绿色金融发展水平则普遍使用绿色信贷、绿色债券、绿色投资等多个维度指标进行综合度量,现有文献大都集中于绿色金融对绿色创新和绿色发展的直接影响 (于冬菊 (2017), 杨阳和王国松 (2017), 陈诗一 (2019), 文书洋, 刘浩和王慧 (2022)), 缺乏绿色金融市场与碳市场互补关系和传导机制的研究. 因此,本文从更一般化角度,构建碳市场和绿色金融市场发展评价指标体系,建立碳市场发展和绿色金融水平双向激励关系的实证模型,验证理论基础提出的待检验假说,探讨绿色创新作为传导路径的作用机制,建立“碳交易-绿色金融”的市场互补理论.

## 2.2 绿色金融与绿色创新

企业绿色创新离不开绿色金融工具的支持,绿色金融发展则是企业绿色创新、经济体绿色转型的必然要求和引致结果. 企业绿色创新项目通常需要长期、大量、可持续的资金投入,不稳定的融资是企业开展绿色创新活动、提升绿色创新水平的主要制约因素 (鞠晓生, 卢荻和虞义华 (2013)). 而绿色金融工具具有融资期限长、资金投入量大的特点,可以解决绿色投融资中的期限错配问题,为企业绿色项目长期研发提供稳定保障 (张雪莹, 吴多文和王缘 (2022)). 同时,绿色金融将环境因素纳入融资评估标准,引导资金流向绿色产业,提高重污染企业和非绿色项目的融资成本,全面激发企业绿色创新积极性 (连莉莉 (2015), 滕云 (2021)). 而随着绿色创新水平的整体提升,环保企业为避免被认定为“漂绿”、竞争融资优先权,将提高自身环境信息透明度 (王丽萍, 徐佳慧和李创 (2021)), 使得金融机构能准确为更优质的绿色项目提供资金支持,优化绿色金融市场的资源配置效率. 此外,绿色创新产品化和市场化的不断推进有助于形成绿色消费市场,由此吸引更多绿色投资者,拓宽绿色融资渠道和规模,丰富绿色金融产品、完善绿色金融体系. 总而言之,绿色金融助力企业绿色创新,绿色创新为绿色金融市场提供服务对象、促进绿色金融发展.

目前,已有学者证实了绿色金融对企业绿色创新的推动作用 (王馨和王营 (2021), 王营和冯佳浩 (2022), 游莉群 (2022)), 但主要集中于绿色信贷、绿色债券等单一金融工具的影响和绿色金融试验区设立的政策效应分析,本文则借助中介效应模型,重点分析绿色创新在“碳交易-绿色金融”互补理论中的传导机制.

## 2.3 碳市场与绿色创新

企业绿色创新是碳市场政策与绿色金融发展之间双向作用的传导路径,但学术界关于碳市场对绿色创新的正向激励作用仍存在争议,主要集中于“波特假说”. 理论上,合理的环境规制能有效激发企业创新意愿,吸引更多绿色投资,提高企业创新绩效,对企业绿色创新存在“挤进效应” (Ambec and Barla (2002)). 这一理论结论被基于不同时段、不同地区的数据研究结果所证实,如 Johnstone, Hascic and Popp (2010) 基于 1978–2003 年 25 个国家绿

色专利数据、刘晔和张训常 (2017) 基于 2008–2015 中国上市公司绿色研发支出数据、齐绍洲, 林岫和崔静波 (2018) 基于 1990–2010 年上市公司绿色专利数据、李代花 (2022) 基于 2005–2019 年地级市绿色发明专利申请量数据, 这些文献均支持波特假说。而反对波特假说的学者则认为, 碳市场交易配额总量的硬约束增加了排控企业环保支出, 迫使企业将原本用于生产活动的投入资金必须预留一部分, 投入到减排的非生产性活动, 导致用于创新投入资金随之减少, 对企业绿色创新可能产生“挤出效应”, 增加了绿色金融风险 (Petroni, Bigliardi and Galati (2019)). 例如, 我国 2004–2015 年工业行业数据显示, 环境规制政策的实施并不能显著促进重污染行业技术创新水平的提升 (王超, 李真真和蒋萍 (2021)); 2015–2020 年中国工业上市公司数据也表明环境规制诱发了“挤出效应”, 挤占了技术创新的研发投入和人力资本 (黄依婷, 陈和和 杨永聪 (2022)). 此外, 彭甲超和肖建忠 (2021) 基于 2003–2017 年工业行业数据得出“命令控制型环境规制显著抑制了长江经济带绿色创新效率”的结论, 不支持“波特假说”; 而 2004–2018 年我国上市公司数据显示, 政府环境治理压力对重污染企业绿色创新的“挤出”效应显著高于轻污染企业 (王分棉和贺佳 (2022)). 那么, 我国碳交易市场作为市场型环境规制, 能否推动企业绿色创新, 为绿色金融市场发展孕育沃土?

我国七省市碳交易试点的实施具有准自然实验属性, 为捕捉“碳市场能否推动企业技术创新、是否存在投资挤进效应”提供了实验场景, 因此, 本文构建碳市场规制影响企业绿色创新的准自然实验理论框架, 基于 2000–2020 年中国 A 股上市公司数据, 采用双重差分实证模型检验波特假说是否成立, 并进行异质性分析和以绿色投资、绿色信贷为中介变量的机制检验, 为回答“碳市场规制能否为绿色金融市场创造新的交易产品”提供可靠依据。

综上所述, 现有文献对碳市场与绿色创新之间的相互关系、绿色创新与绿色金融之间的相互关系、碳市场与绿色金融之间协同效应进行了充分研究, 并取得了丰富的成果, 但对碳市场和绿色金融市场基于绿色创新的双向作用机制缺乏深入探讨和量化分析。基于此, 本文提出碳市场和绿色金融市场互补理论, 构建碳市场发展和绿色金融水平评价体系工具, 并借助碳交易试点这一准自然实验对理论进行实证检验, 得出相应结论和建议。

### 3 理论基础与检验假说

本节通过理论模型, 揭示碳市场和绿色金融市场互补发展的根源, 并就其影响展开探讨, 进而提出可供实证检验的待检验假说。

#### 3.1 基准理论模型

考虑一家高排放企业, 我们可以从两个角度理解企业绿色创新行为。首先, 在生产理论中, 企业生产一般处于生产可能性边界 (production possibility frontier, 简记为 PPF) 内, 此时, 它可以通过加强组织管理, 即可实现生产向 PPF 边界靠近, 在这一变化过程中, 生产投入组合不变, 产出增加, 单位产品的碳排放降低; 其次, 当企业生产接近 PPF 时, 无法再通过组织管理创新降低产品的隐含碳排放, 需要增加绿色技术研发投资, 突破现有生产技术或工艺, 使得 PPF 本身外移, 以降低单位产品的碳排放量。在本节模型中, 以上企业绿色创新投资行为可兼而有之, 我们不做区分。

基于中国绿色金融工具操作方式, 我们引入一个金融机构负责企业绿色创新投资的信贷

业务,考虑图 1 刻画的金融机构绿色信贷发放时机和方式,来分析绿色金融工具选择如何影响企业绿色投资行为. 金融机构有两种信贷发放方式:可以选择在企业绿色投资之前进行事前一次或多次的发放,以培育低碳产品市场为主要目的,引导企业绿色研发投入行为;也可以选择在企业绿色投资发生之后进行发放,主要是分担企业绿色研发成本,鼓励企业未来绿色研发积极性.

给定上述设定,为分析绿色金融对企业绿色投资行为的激励效果,我们需要先演绎企业在没有绿色金融政策下的自发创新投资行为作为比较基准. 令企业绿色创新投资收益为  $I$ . 当然,企业投资会有相应的成本,为便于计算,借鉴 Rogerson (2003),我们记该成本为  $\frac{1}{2}\mu I^2$ ,其中  $\mu$  为正,其取值越大,企业投资的边际成本越大. 企业在绿色创新投资时通常考虑的是净收益最大化,这样我们可以把企业的目标函数写成:

$$\pi(I) = \lambda I - \frac{1}{2}\mu I^2, \quad (1)$$

(1) 式中,  $\lambda$  表示企业绿色投资能否达到预期目标参数(或绿色研发成功的概率),且  $\lambda \in [0, 1]$ . 最大化目标函数 (1), 其唯一均衡解满足:  $I = \frac{\lambda}{\mu}$ . 此时,企业自发刻意减排投资水平为:

$$\Psi = \frac{1}{2}\mu I^2 = \frac{\lambda^2}{2\mu}. \quad (2)$$

企业创新能否成功,以及投资能否达到预期创新目标,通常是由企业内部因素决定的,而金融机构对企业绿色研发投入进行融资,只是解决了企业资金约束,并降低了企业投资风险,对企业创新成功概率没有实质性影响. 因此,在金融机构一次性融资方式下,企业的绿色投资目标函数则变为:

$$\pi(I) = \lambda I - \frac{1}{2}\delta\mu I^2, \quad (3)$$

其中  $\delta \in (0, 1)$ , 表示金融机构对企业绿色投资的成本分摊或激励程度. 最大化目标函数 (3), 可求得唯一均衡解  $I^* = \frac{\lambda}{\delta\mu}$  和企业的绿色投资水平:

$$\Psi^* = \frac{1}{2}\mu(I^*)^2 = \frac{\lambda^2}{2\delta^2\mu}. \quad (4)$$

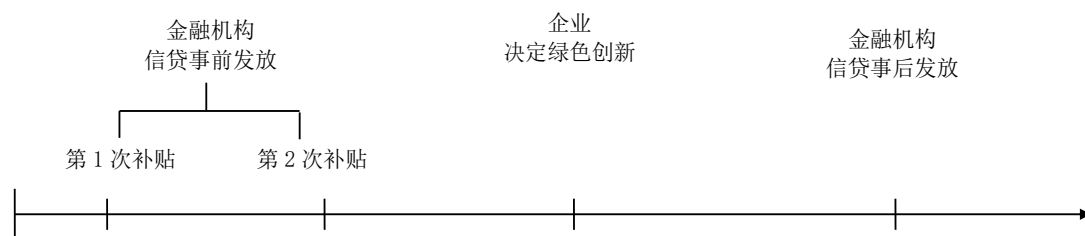


图 1 金融机构发放绿色信贷的时机和方式

若金融机构事前融资政策采取多次发放, 相当于企业的绿色投资决策为多期投资. 不失一般性, 我们以两期为例, 来探讨分期事前融资方式对企业绿色投资行为的影响. 此时, 企业绿色创新目标函数可以由下式表示:

$$\pi(I_1, I_2) = \left[ \lambda_1 I_1 - \frac{1}{2} \delta_1 \mu I_1^2 \right] + \left[ \lambda_2 I_2 - \frac{1}{2} \delta_2 \mu I_2^2 \right]. \quad (5)$$

其中下标 1 和 2 分别表示第 1 期和第 2 期. 通常而言, 随着时间推移, 企业员工知识和经验不断积累, 对研发会有更好的认知, 所以企业创新成功的概率将上升, 即  $\lambda_2 > \lambda_1$ . 类似于 (3) 式, 企业净收益最大化的绿色研发收益分别为  $I_1^* = \frac{\lambda_1}{\delta_1 \mu}$  和  $I_2^* = \frac{\lambda_2}{\delta_2 \mu}$ , 进而企业创新投资水平由下式决定:

$$\Psi_1^* = \frac{1}{2} \mu (I_1^*)^2 = \frac{\lambda_1^2}{2 \delta_1^2 \mu}, \quad \Psi_2^* = \frac{1}{2} \mu (I_2^*)^2 = \frac{\lambda_2^2}{2 \delta_2^2 \mu}. \quad (6)$$

由 (6) 式可知, 当分期融资方式为等额或减额发放 ( $\delta_1 \geq \delta_2$ ) 时,  $\frac{1}{2} \mu (I_1^*)^2 < \frac{1}{2} \mu (I_2^*)^2$ , 绿色金融激励企业绿色研发积极性, 即绿色金融工具推动碳市场发展; 当绿色金融政策选择融资增额发放 ( $\delta_1 < \delta_2$ ) 时,  $\frac{1}{2} \mu (I_1^*)^2$  与  $\frac{1}{2} \mu (I_2^*)^2$  的大小关系不确定, 所以现实很少采取增额融资方式.

在事前绿色融资水平既定的前提下, 绿色研发成功概率主要取决于企业内因, 通常受金融机构融资方式影响较小. 由此, 不妨令  $\delta_1 + \delta_2 = \delta$ ,  $\lambda_2 > \lambda_1 = \lambda$ , 以简化后文分析. 根据定义,  $\delta$  刻画绿色金融对企业研发成本的分摊程度,  $\lambda$  表征企业绿色研发成功的概率, 因此这一假定意味着绿色融资总额不变, 企业绿色研发成功可能性尽管随时间增加, 但独立于绿色融资方式. 结合 (2)、(4) 和 (6) 式的结果, 有下式成立:

$$\Psi_1^* + \Psi_2^* > \frac{\lambda_1^2 (\frac{1}{\delta_1^2} + \frac{1}{\delta_2^2})}{2 \mu} > \frac{\lambda^2}{2 \mu \delta^2} = \Psi^* > \Psi.$$

根据以上设定, 存在一个金融机构分摊企业绿色研发成本的取值区间, 当  $\delta$  在该区间变动时, 可得到如下结论:

**结论 1** 一旦满足  $\delta \in (0, 1)$ , 恒有  $\Psi_1^* + \Psi_2^* > \Psi^* > \Psi$ .

结论 1 表明, 金融机构通过事前绿色融资方式分担企业绿色研发成本, 多次融资方式对企业绿色研发的激励效果, 优于一次性融资方式, 但无论选择何种融资方式, 均能激励企业绿色研发投资的积极性.

为探讨不同绿色金融工具选择对碳市场发展的不同影响, 我们进一步分析事后融资方式对企业绿色投资水平的影响. 以专利为例, 事后融资方式相当于仅对绿色研发成功的企业实施鼓励, 而绿色研发失败的企业则不能获得绿色融资, 那么在事后绿色金融工具下, 研发成功企业的绿色投资目标函数为:

$$\pi(I) = I - \frac{1}{2} \delta \mu I^2. \quad (7)$$

对 (7) 式求其一阶条件,  $I^{**} = \frac{1}{\delta \mu}$ , 于是有下式成立:

$$\Psi^{**} = \frac{1}{2} \mu (I^{**})^2 = \frac{1}{2 \delta^2 \mu}. \quad (8)$$



因为事后政策以鼓励形式对企业的成功研发进行融资, 融资对象是已经发生事件, 所以, 融资方式采取一次还是多次, 对既定绿色投资水平没有影响, 具有相同的激励效果.

对比 (2) 和 (8) 两式, 可得结论:

**结论 2** 一旦满足  $\delta \in (0, 1)$ , 恒有  $\Psi^{**} > \Psi$ .

结论 2 意味着事后金融政策下, 研发成功企业的绿色投资水平总大于企业自发投资水平. 进一步, 事后金融政策激励企业绿色投资效果受参数  $\delta$  和边际投资成本  $\mu$  的影响, 而事前金融政策的激励效果除了受  $\delta$  和  $\mu$  的影响外, 还依赖于绿色研发成功的概率  $\lambda$ . 这一结果隐含着, 事前与事后金融政策对企业绿色研发投资的激励效果不具有可比性, 前者是普惠政策, 后者仅是“成功者”的嘉奖. 该结论与不少文献是一致的. 例如张同斌和高铁梅 (2012), 陆国庆, 王舟和张春宇 (2014), 柳光强 (2016) 都发现, 政府关于事前和事后补贴政策选择主要关注政策的导向性, 并非政策对企业激励效果.

接着, 为分析碳市场是否挤兑企业投资, 我们需要先演绎企业在没有碳市场规制下的自发投资行为作为比较基准. 在碳市场政策实施前, 碳排放是免费的, 所以企业产品价格及其生产成本不受碳价的影响. 为简化分析, 产品价格被正规化为 1, 碳基能源投入  $e$  价格为  $p$ , 其它投入要素被正规化为 0, 用于生产投入的创新研发投入仍记为  $I$ , 这样碳基能源和研发投入水平可以描述其产出情况  $Q$ , 生产函数设为 Cobb-Douglas 形式  $Q(e, I) = e^{\frac{1}{2}} I^{\frac{1}{2}}$ . 若创新研发投入是用于提高能源利用效率, 降低碳排放, 则企业生产的目标函数为:

$$\pi(e, I) = e^{\frac{1}{2}} I^{\frac{1}{2}} - p(e - rI) - \frac{1}{2} \mu I^2, \quad (9)$$

其中  $r$  表示研发投入降低能源消耗参数. 对 (9) 式求其一阶条件, 有下式成立:

$$I^{***} = \frac{p(r + \frac{1}{4p^2})}{\mu}, \quad e^{***} = \frac{r + \frac{1}{4p^2}}{4\mu p}. \quad (10)$$

若创新研发投入是用于能源之外的其它投入要素, 那么企业生产的目标函数则变为:

$$\pi(e, I) = e^{\frac{1}{2}} I^{\frac{1}{2}} - pe - \frac{1}{2} \mu I^2. \quad (11)$$

对应的唯一最优解为:

$$I^{****} = \frac{1}{4\mu p}, \quad e^{****} = \frac{1}{16\mu p^3}. \quad (12)$$

由 (10) 和 (12) 两式可知:

**结论 3**  $\frac{de^{***}}{dp} < 0$ ,  $\frac{dI^{****}}{dp} < 0$ ,  $\frac{de^{****}}{dp} < 0$ ; 一旦满足  $r > \frac{\mu}{4p^2}$ , 有  $\frac{dI^{***}}{dp} > 0$ .

碳市场规制政策的实施, 意味着碳基能源的投入成本增加, 因为企业除了支付能源购买价格外, 还要支付能源使用排放二氧化碳的碳价. 根据结论 3, 若企业绿色创新投资是用于碳减排, 则碳市场规制的实施能降低企业的碳排放量, 但只有在绿色创新达到一定效果之后, 即  $r > \frac{\mu}{4p^2}$ , 才能激励投资水平的上升; 若企业的研发投入是用于非能源投入要素, 那么在碳市场启动后, 能源投入成本的上升使得企业的碳排放量和创新研发投入均下降.

### 3.2 可供检验的理论假说

上一节的模型以绿色融资为例, 既对绿色金融政策选择的导向性给出了解释, 也对金融工具通过对企业绿色创新投资产生正向激励、促使企业通过绿色创新实现碳减排、改变企业碳配额需求从而影响碳市场发展的作用机制提供了理论依据。结论 1~3 发现: 如果金融机构提供绿色融资工具, 那么在绿色研发投资方面, 受融资的企业较其自发行为表现更加积极; 在绿色金融工具有效的情况下, 为了获得金融机构的绿色融资, 受融资的企业将提高当期的绿色研发投资水平, 导致在融资方式选择上, 多次融资方式对企业绿色研发激励效果优于一次性融资方式; 碳市场规制的实施能激励企业的绿色低碳投资, 但对企业研发的总投资可能有一定的抑制效应。因此, 我们提出如下的待检验假说:

可供检验的理论假说: 绿色金融工具能够推动碳市场发展, 且这种推动效果具有时滞性; 碳市场规制的实施对企业绿色创新具有挤进效应, 该效应能够丰富绿色金融产品, 激发绿色金融市场活力。

在第 5 节, 我们将基于七省市碳交易试点经验数据对上述假说进行检验。结合理论模型, 在具体实证检验中, 我们将假说分解为三部分: 一是在其他条件一样的情况下, 绿色金融工具能够推动碳市场的发展; 二是, 在各方面情况都相似的前提下, 绿色金融工具正向促进碳市场发展有滞后性; 三是, 碳市场启动对企业绿色研发投资有激励作用, 从而推动绿色金融市场发展。这样的实证检验分解与我们对  $\lambda$  的解释有关。一方面, 从企业绿色研发创新实践看, 事前企业不能确定研发一定成功, 虽然绿色金融工具降低了企业承担研发失败的成本, 但并不能完全规避失败风险 ( $0 < \lambda < 1$ ), 所以企业创新投资趋于保守。另一方面, 事后融资方式是基于绿色研发成果, 对研发成功企业的嘉奖 ( $\lambda = 1$ )。这样, 由于获得事前融资的企业绿色研发可能失败, 这些失败的融资属于无效融资, 而多次融资方式可以激励企业东山再起, 导致多次绿色融资政策对企业绿色研发效果, 进而对碳市场发展的推动作用具有一定时间滞后性。一般地, 由于融资成本的限制, 所有企业均存在不同程度的资金预算约束, 在碳市场启动后, 若企业用于能源投入成本增加, 那么用于非能源投入要素的绿色创新研发必然减少, 即碳市场政策的实施虽然降低企业碳排放, 但对企业绿色创新可能有抑制作用, 因此需要进一步验证该挤出效应是否存在。

## 4 实证模型

### 4.1 指标构建

#### 4.1.1 碳市场发展程度

从市场运行过程看, 碳市场与传统市场间存在相似特征, 因此, 可以将市场容量和资源配置效率作为碳市场发展程度的主要衡量标准 (易兰, 李朝鹏和杨历等 (2018))。但碳市场同时兼具金融市场特征, 因此需要充分考虑并兼顾碳市场的市场维度与金融维度两个方面。同时考虑到数据的可得性、可比性等实际操作问题, 我们从市场规模维度、市场效率维度和市场金融维度三个准则出发, 构建碳市场发展程度评价指标 (崔琨玉 (2016))。具体地, 碳市场初始配额以免费和拍卖发放为主, 履约年度还存在核查与履约等各项事宜, 所以在评价指标选取中考虑碳市场参与主体、交易方式等特征因素, 将碳市场与传统市场加以区分。首先, 市场规模是对碳市场资源配置和价格发现能力的直接反映, 是碳市场良性发展的必然要求, 而

碳交易的市场规模应从交易规模和主体规模两方面综合考量,碳市场纳入控排企业越多、市场初始配额和交易额越大,市场的发展程度也就越高。因此,市场规模指标具体包括市场参与交易的主体数量与结构和市场实际容纳的交易量。此外,要使碳市场在资源配置中的决定性作用更为充分发挥,市场效率的提高是基础和前提,而碳市场运行效率指标更能全面反映市场交易的频度、稳定性和市场资源配置能力,因此我们借助市场稳定性、市场敏感度、市场灵活性以及市场开放度等四个角度、六项具体指标对碳交易市场的运行效率发育度进行综合评价。最后,由于碳市场兼具市场与金融的双重特性,所以在选取指标对碳市场发展程度进行衡量的过程中,需同时兼顾碳市场的市场维度与金融维度两方面特征。因此,我们在指标中加入碳金融产品的发展状况,具体包括产品的丰富程度和交易活跃度。基于上述具体指标的选取,参照王倩和王硕(2014),张建军,段润润和蒲伟芬(2014),我们依据各指标的具体内涵,采取“自下而上”的指标体系构建方法,将其归纳为体现碳市场发展水平的评价指标体系,得出我国七省市碳交易试点的发展状况量化指标,指标所对应的具体定义及其数据来源见附录表 A1。由于湖北省与重庆市碳市场于 2014 年正式开市,我们使用 2014–2018 年 5 个履约期内碳交易试点的具体运行数据。考虑到指标构建的实用性和准确性(Zou, Yi and Sun (2006)),本文采用熵值法来进行不同指标权重的确定,获得碳市场发展程度。

#### 4.1.2 绿色金融水平

对绿色金融市场发展水平的测度通常使用多种指标加权的综合度量方法(陈鹏, 逯元堂和高军等(2016), 杨阳和王国松(2017)),综合考虑数据可得性和模型的经济含义,尽量兼顾现有绿色金融工具,我们选择绿色信贷、绿色债券、绿色保险、绿色股票四个基础准则,采用熵值法构建绿色金融水平指标,具体构建过程为,首先对各指标进行标准化处理:

$$y_{ti} = \frac{x_{ti} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \text{ (正向指标)}, \quad (13)$$

$$y_{ti} = \frac{\max(x_i) - x_{ti}}{\max(x_i) - \min(x_i)} \text{ (负向指标)}, \quad (14)$$

其中  $x_{ti}$  表示第  $t$  个时期的第  $i$  项指标,  $\max(x_i)$  和  $\min(x_i)$  则分别表示该指标的最大值和最小值,  $y_{ti}$  为标准化处理后的取值,则各指标的信息熵为:

$$E_i = -\ln t^{-1} \sum_i \sum_t p_{ti} \cdot \ln p_{ti}, \quad (15)$$

其中  $p_{ti} = \frac{y_{ti}}{\sum_i \sum_t y_{ti}}$ 。于是,指标权重为:

$$W_i = \frac{1 - E_i}{i - \sum_i E_i}. \quad (16)$$

由此,我们构建了区域绿色金融市场综合发展程度的评价指标,以此反映绿色金融市场的发展程度。其中,绿色信贷是指银行业依据国家环境经济政策和产业政策,为节能环保企业提供贷款支持,对绿色创新和绿色发展具有正向促进作用;绿色证券代表绿色评级较高的企业,通过发行债券或股票为其绿色项目融资,开辟低成本的绿色项目融资渠道,推动整个区域的绿色发展;不同省市内绿色上市企业的市值占比,可以反映局部绿色金融市场的发展程度;

绿色投资有助于扩大绿色项目的融资渠道; 绿色保险可视作一种保障经济可持续发展的金融工具, 有助于加强环境监管, 对区域绿色金融发展有推动作用. 具体指标评价体系见附录表 A2, 数据来源于 Wind 数据库、中国城市统计年鉴、中国保险年鉴和中国区域金融运行报告.

#### 4.1.3 企业绿色创新

学者经常采用专利申请信息衡量企业创新, 这是因为专利申请更接近发明时间, 也是企业对当前技术运用和创新的总结, 能较好反映企业在时期  $t$  内的绿色创新水平 (Johnstone, Managi and Rodríguez et al. (2017), 黎文靖和郑曼妮 (2016)). 此外, 已有文献指出, 发明专利、实用新型专利与外观设计专利的创新性依次降低 (齐绍洲, 林岫和崔静波 (2018)), 因此本文以绿色发明专利申请数量 (加 1 后取对数值) 作为企业绿色创新的代理变量. 此外, 为了进一步探究碳市场对企业绿色创新的影响机制, 验证绿色金融工具在其中是否存在正向作用, 我们使用企业绿色投资和绿色信贷两个指标作为中介变量进行机制检验. 参照文献张琦, 郑瑶和孔东民 (2019) 和赵领娣和王小飞 (2022), 绿色投资指标使用企业在建工程明细中与污染防治、生态环境治理、绿色生产等相关的直接投资支出, 如脱硫脱硝、污水处理、生态恢复、清洁化生产等项目, 并以期末总资产进行标准化处理; 而绿色信贷则以企业短期和长期银行借款之和表示 (孙魁华 (2022)), 同样进行标准化处理, 数据来自 Wind 和 CSMAR 数据库. 上述指标描述性统计如表 1.

表 1 模型指标描述性统计

| 指标           | 观测值  | 均值     | 标准差    | 最大值    | 最小值     |
|--------------|------|--------|--------|--------|---------|
| 碳市场发展程度 (CM) | 35   | 0.3909 | 0.1586 | 0.1335 | 0.6729  |
| 绿色金融水平 (GF)  | 35   | 0.4931 | 0.1243 | 0.1883 | 0.6657  |
| 企业绿色创新 (GI)  | 2716 | 0.4897 | 0.8350 | 0      | 5.1119  |
| 企业绿色投资 (GIN) | 2716 | 0.7897 | 1.6040 | 0.0002 | 13.8877 |
| 企业绿色信贷 (GC)  | 2716 | 0.1887 | 0.1508 | 0      | 1.3429  |

#### 4.2 模型建立

为减弱可能存在的变量多重共线性带来的估计误差, 提高有效性, 我们建立面板模型以分析绿色金融水平对碳市场发展程度的影响. 为降低估计误差, 在模型中加入控制变量, 包括: 经济发展程度 (Gdp, 以 2003 年为基期的人均 GDP)、产业结构 (Stru, 工业部门增加值占 GDP 的比值)、地区开放程度 (Open, 碳交易试点省市进出口总额与其 GDP 的比值)、城镇化水平 (Urb, 碳交易试点省市城镇人口数量比其总人口数量). 为检验绿色金融工具对碳市场发展的影响是否存在滞后性, 我们在实证模型中加入滞后一期和滞后两期的解释变量, 以准确反映碳市场与绿色金融二者之间的动态关系, 建立如下面板模型:

$$CM_{it} = \beta_0 + \beta_1 GF_{it} + \beta_2 GF_{i,t-1} + \beta_3 GF_{i,t-2} + \beta_4 Cons_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (17)$$

其中下标  $i$  代表区域, 下标  $t$  代表时期, CM 为碳试点市场发展程度指标, GF 为相应地区绿色金融水平指标, Cons 表示控制变量集合;  $\varepsilon_{it}$  为随机误差项.

为探讨碳市场规制政策的实施对企业绿色投资的影响,我们以 2013 年碳交易市场试点实施作为一次准自然实验,剔除不随时间变化且不可观测的因素,通过比较政策实施前后实验组(试点地区)与对照组(非试点地区)的绿色创新水平差异,构建 DID 模型如下:

$$GI_{i,k,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{time} \times \text{treated} + \beta_2 \text{Cons}_{i,k,t} + \lambda_t + \mu_k + \varepsilon_{i,k,t}, \quad (18)$$

其中下标  $i, k$  和  $t$  分别表示企业、行业和时间,  $GI$  表示企业绿色创新指标;  $\text{treated}$  为碳市场政策虚拟变量,当企业  $i$  处于碳交易试点区域时,  $\text{treated} = 1$ , 否则  $\text{treated} = 0$ ;  $\text{time}$  为时间虚拟变量,当碳交易试点投入运行、即年份  $t$  在 2013 年以后时,  $\text{time} = 1$ , 否则  $\text{time} = 0$ ;  $\text{time} \times \text{treated}$  为碳市场政策实施交互项,当且仅当企业  $i$  处于碳交易试点区域且年份  $t$  为碳市场政策实施年份时,交互项为 1, 否则为 0;  $\text{Cons}$  为控制变量集合,包含企业规模 (Size)、经营年限 (Age)、资产负债率 (Lev)、所有权性质 (Soe)、股权集中度 (Cocen)、固定资产投资 (Ppe) 和现金流量水平 (Cash), 具体变量定义见附录表 A3 (王怀明, 陈龙和魏珈玮 (2022));  $\lambda_t$  和  $\mu_k$  为需要控制的时间固定效应和行业个体固定效应,  $\varepsilon_{i,k,t}$  为随机误差项,由此评估碳交易规制对企业绿色创新的激励效用。

为探讨碳市场对企业绿色创新的影响机制,检验绿色金融对此是否存在间接效应,借助中介模型对传导路径进行识别检验 (温忠麟和叶宝娟 (2014)), 并设定企业绿色投资和绿色信贷两个中介变量,中介效应模型为:

$$X_{i,k} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{time} \times \text{treated} + \alpha_2 \text{Cons}_{i,k,t} + \mu_k + \lambda_t + \varepsilon_{i,k,t}, \quad (19)$$

$$GI_{i,kt} = \gamma_0 + \gamma_1 \text{time} \times \text{treated} + \gamma_2 X_{i,k,t} + \gamma_3 \text{Cons}_{i,k,t} + \mu_k + \lambda_t + \varepsilon_{i,k,t}, \quad (20)$$

其中  $X$  代表中介变量,若系数  $\alpha_1, \gamma_1$  和模型 (18) 中系数  $\beta_1$  均显著,则企业绿色投资和绿色信贷对于绿色创新具有中介效应,即绿色金融对碳市场的绿色创新激励效果具有正向调节作用。

为更深入分析碳市场对绿色金融发展的直接影响,再一次借助碳交易市场试点这一准自然实验,构建模型如下:

$$GF_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{time} \times \text{treated} + \beta_2 \text{Cons}_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (21)$$

其中下标  $i$  和  $t$  分别表示区域和时间,  $GF$  表示全国 30 省 (不含西藏自治区及港澳台地区) 绿色金融发展水平<sup>1</sup>;  $\text{treated}$  为碳市场政策虚拟变量,  $\text{time}$  为政策实施时间虚拟变量,  $\text{time} \times \text{treated}$  为碳市场政策实施交互项,控制变量集合  $\text{Cons}$  包含经济发展程度 (Gdp)、产业结构 (Stru)、地区开放程度 (Open)、城镇化水平 (Urb)、人力资本水平 (Hcap) 和教育水平 (Edu)<sup>2</sup>,  $\lambda_t$  和  $\mu_i$  为需要控制的时间固定效应和区域个体固定效应,  $\varepsilon_{i,t}$  为随机误差项。

基于上述模型,我们可以对碳市场与绿色金融二者之间的相互作用和基于绿色创新的传导机制进行全面分析。

<sup>1</sup>绿色金融指标构建方法同模型 (17), 具体见 4.1.2 节。

<sup>2</sup>人力资本水平由具备小学、初中、高中 (中职) 和大专及以上学历教育程度的从业人员比例加权值表示,教育水平由财政支出中的教育支出表示。

## 5 实证结果与分析

### 5.1 绿色金融对碳市场发展的促进效应

基于七省市碳交易试点 2014–2018 年省际面板数据, 模型 (17) 经 Hausman 检验 ( $p$  值大于 0.1) 选择固定效应面板模型进行回归. 固定效应模型控制了解释变量中可能与扰动项相关的不可观测因素, 能有效抑制模型设定造成的内生性影响 (陈康, 江嘉骏和刘琦等 (2018)). 具体回归结果见表 2 列 (1).

表 2 显示, 当期绿色金融水平对碳市场发展存在一定负向影响, 而滞后两期的绿色金融水平指标显著促进碳市场的发展进程. 这说明绿色金融市场使得流入高耗能产业资金减少, 倒逼高耗能产业调整生产工艺, 高能耗企业在碳交易市场中的参与度较低, 对当期碳市场的发展造成一定不利冲击. 但是, 绿色投资是典型的跨期投资, 周期长、不确定性高、风险大, 其投资管理模式需各种风险管理工具和方法的集成使用, 而绿色金融工具的期限转换和风险管理功能兑现均需要一段时间, 同时, 从低碳投资到绿色技术成果展示也同样需要研发时间, 所以, 绿色金融市场对碳市场发展的助力效果存在时滞性. 此外, 分析控制变量可知, 工业化程度对碳市场发展水平存在正向促进作用, 城镇化率对碳市场发展存在负向影响, 这说明工业化水平越高、城镇化率越低、高能耗行业越集中的地区, 碳排放绝对减排量越大, 碳市场发展程度也随之上升.

为说明模型 (17) 回归结果的合理性, 我们从变量选取角度对回归结果进行稳健性检验. 首先, 对控制变量进行替换, 用第三产业增加值占 GDP 比值来表示产业结构, 代替原本由工业部门增加值占比表示的产业结构变量 Stru, 回归结果见表 2 列 (2); 其次, 对被解释变量进行替换, 用绿色证券水平指标来代替整体绿色金融水平指标作为解释变量, 结果见表 2 列 (3). 此外, 为进一步消除内生性问题带来的影响, 我们使用绿色保险指标作为工具变量, 绿色保险与绿色金融发展水平显著相关, 但不影响碳市场发展程度, 可以有效地解决遗漏变量、样本选择、双向因果和测量误差造成的内生性问题, 回归结果见表 2 列 (4)<sup>3</sup>.

比较表 2 列 (1) 和列 (2) 的回归结果, 可以发现, 各解释变量和控制变量系数的符号和显著性未发生变化, 仅有替换后的产业结构变量 Stru 的系数变为负值. 这是因为第三产业相对于工业部门而言, 碳强度低, 碳配额需求量较少, 对碳市场依赖程度较弱, 系数符号由正变

表 2 固定效应面板模型回归及检验结果

| 变量           | 列 (1)      | 列 (2)      | 列 (3)      | 列 (4)     |
|--------------|------------|------------|------------|-----------|
| $GF_{it}$    | -0.4930*   | -0.5588*   | -0.2603*   | 0.9168    |
| $GF_{i,t-1}$ | -0.3503    | -0.3641    | 0.2103     | -0.2706   |
| $GF_{i,t-2}$ | 0.6566***  | 0.6816***  | 0.0525***  | 0.6078*** |
| Stru         | 0.7603***  | -0.6723*** | 0.2761***  | 0.9525*** |
| Gdp          | 0.1221***  | 0.1283***  | 0.0662***  | 0.0260*   |
| Open         | 0.1169*    | 0.0970*    | 0.1912*    | 0.3511    |
| Urb          | -3.2244*** | -3.2889*** | -2.0559*** | -0.7141   |

注: \* 和 \*\*\* 分别表示 10% 和 1% 的显著性水平.

<sup>3</sup>绿色保险指标通过工具变量外生性和有效性检验, 限于篇幅具体过程省略.

为负,符合现实情况;列(3)的回归结果与列(1)基本一致,二者均说明列(1)中的回归结果是稳健的。而列(4)的回归结果中绿色金融市场对碳市场发展程度的滞后两期推动作用始终显著,核心结论仍然成立,证实了绿色金融发展对碳市场建设的正向激励作用,且该作用存在滞后性。而现有文献均停留在“绿色金融推动碳市场发展”的定性分析阶段,本模型结果为第3节中的理论假说提供了依据,也对现有的定性研究提供了实证依据和理论补充,为进一步研究绿色金融市场有效性提供了一个可供选择的方向。

## 5.2 碳市场对企业绿色创新的挤进效应

我们选取2000–2020年中国A股上市企业作为初始样本,对原始数据进行以下处理:鉴于碳市场监管对象主要涉及石化、化工、电力等领域,考虑到不同行业企业的绿色创新差异性,我们删除了部分创新能力较弱的行业,保留20个行业的样本<sup>4</sup>,并以七省市碳交易试点地区的上市企业为处理组,其它地区的上市企业作为对照组;为保证模型估计的准确性,剔除控制变量存在缺失值的样本;为消除极端值的影响,降低模型的异方差性,对所有变量进行(1%, 99%)水平的缩尾处理,并进行自然对数转换。

模型(18)的回归结果见表3列(1),交互项系数在1%水平下显著为正,说明在控制了其他因素后,碳市场政策的实施显著推动了企业绿色创新数量的增加,通过激励企业进行绿色创新投资,对企业低碳创新投资具有挤进效应,与现有主流研究结论一致(吴力波,任飞州和少丹(2021),宋德勇,朱文博和王班班(2021))。其原因可能是:在相对严格的环境规制下,原有技术已无法满足碳减排的现实需求,迫使企业不得不进行技术研发和创新;特别是减排技术水平较高的企业,相较于直接将资金应用于购买碳排放权,进行绿色创新投资反而是节约成本的更佳选择,然后通过出售盈余的碳配额获得减排创新收益,弥补部分或全部创新成

表3 碳市场对企业创新效应回归结果

| 变量           | 列(1)       | 列(2)       | 列(3)       |
|--------------|------------|------------|------------|
|              | 模型(18)     | 大规模企业      | 小规模企业      |
| Time×Treated | 0.1832***  | 0.1986***  | 0.0467**   |
| Size         | 0.3591***  | 0.5110***  | 0.1349***  |
| Age          | -0.0143*** | -0.0163*** | -0.0044*** |
| Lev          | -0.0139**  | -0.1718*** | 0.0764***  |
| Soe          | 0.0618**   | 0.0404**   | -0.0114    |
| Cocen        | -0.0027*** | -0.0036*** | -0.0008**  |
| Ppe          | -0.4287*** | -0.2338*** | -0.1432*** |
| Cash         | -0.1530*   | 0.0825     | 0.0989**   |

注: \*, \*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%, 5% 和 1% 的显著性水平。

<sup>4</sup>20个行业为通用设备制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、电气机械及器材制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业、计算机通信和其他电子设备制造业、家具制造业、金属制品业、酒饮料和精制茶制造业、皮革毛皮羽毛及其制品和制鞋业、汽车制造业、食品制造业、铁路船舶航空航天和其它运输设备制造业、文教工美体育和娱乐用品制造业、橡胶和塑料制品业、医药制造业、仪器仪表制造业、有色金属冶炼及压延加工业、专用设备制造业。

本。一般地, 规模较大企业通常具有更高的减排技术、更强的减排潜力和减排意愿 (朱淀, 王晓莉和童霞 (2013)), 同时拥有更强的创新风险抵御能力, 受到碳市场的绿色创新激励效果也应更为明显。因此, 以企业总资产为依据将企业分为大规模企业和小规模企业进行异质性分析, 回归结果如表 3 中列 (2) 和列 (3)。对比两组结果可知, 大规模企业在碳市场规制的影响下表现出了更强的绿色创新积极性, 而小规模企业则由于创新能力差, 且面临更多的融资约束, 受到碳市场的绿色创新引导作用较弱, 与预期相吻合。

使用 DID 模型分析政策效应的一个重要前提条件是满足平行趋势假定, 即两组样本在冲击或者政策发生前必须具有可比性。如果处理组和控制组在事前就存在一定的差异, 那么模型结果就无法代表政策的净效应。因此, 我们使用事件研究法对样本进行平行趋势检验, 生成年份虚拟变量与处理组虚拟变量的交互项并作为解释变量进行回归, 交互项的系数反映政策实施前实验组和对照组的差异。基于此, 我们生成政策前三年虚拟变量并得到交互项, 命名为 Pre1、Pre2 和 Pre3; 对应地, 政策发生后交互项以 Post 表示, 然后将交互项作为解释变量进行回归, 结果见表 4。

由表 4 可知, 政策发生前虚拟变量交互项的系数均不显著, 这说明政策实施前实验组和对照组不存在明显差异, 满足平行趋势假设, 模型 (18) 所得结论是合理的。进一步生成动态效应检验图来呈现政策时点前后各期的系数的变化 (见图 2), 可知交互项系数在碳市场政策实施前在数值 0 附近波动, 而政策实施当年及之后几年内, 政策动态效应显著为正且不随时间变化而回落。这说明实验组和控制组的确是进行比较的, 且碳市场政策对企业绿色创新的激励不存在时滞性, 具有长期正向引导效果。由此可知碳市场对于企业绿色创新、丰富绿色金融市场产品有所助益。

| 表 4 平行趋势检验结果 |         |       |
|--------------|---------|-------|
| 变量           | 系数      | p 值   |
| Pre3         | -0.2173 | 0.685 |
| Pre2         | 0.0423  | 0.283 |
| Current      | 0.1006  | 0.003 |
| Post1        | 0.0967  | 0.004 |
| Post2        | 0.0771  | 0.021 |
| Post3        | 0.1963  | 0.000 |

注: 将政策前第一期作为基准组, 避免产生共线性问题。

5.3 碳市场推动企业绿色创新的机制检验

碳市场能够充分发挥市场配置资源的决定性作用、促进企业绿色创新, 需要长期稳定的资金支持, 因此绿色金融市场在其中的参与至关重要。而绿色金融本质上是基于环境信息的资源配置, 只有高效、切实可行绿色创新成果才能吸引稳定的资金流入、降低创新成本, 为进一步检验碳市场下企业绿色创新质量, 同时验证绿色金融工具在其中发挥的作用, 我们综合企业绿色投资和绿色信贷两个方面, 探究碳市场推动企业绿色创新的中介效应, 剔除关键变量存在缺失值的样本并对数据进行缩尾处理, 回归结果见表 5。

其中, 两组中介效应模型 (19) 回归结果见列 (1) 和列 (3), 模型 (20) 回归结果见列 (2) 和列 (4), 模型相应系数均显著, 证实了用于企业的绿色投资和绿色信贷工具均为影响绿色创新的中介变量, 但并非完全中介, 即绿色金融工具对碳市场推动企业绿色创新的正向激励效应有显著的正向调节作用, 且绿色投资的正向调节效果更为明显。模型结果所得的“碳规制和绿色金融促进企业绿色创新”这一结论与现有研究一致 (郭进 (2019), 王梦媛和方厚政 (2021)), 但我们从中介效应角度说明了碳市场和绿色金融的共同作用机制, 碳交易市场一方



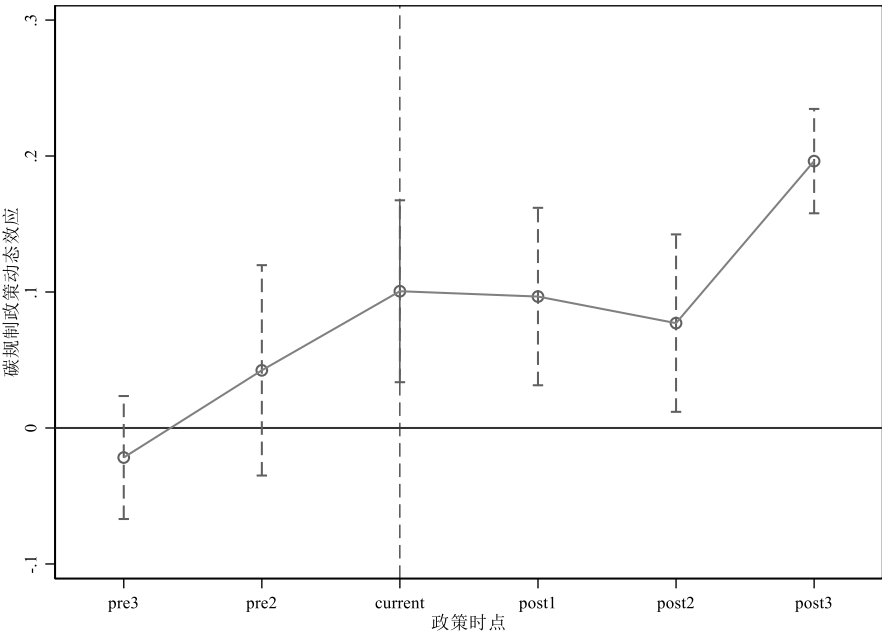


图 2 碳规制政策动态效应检验图

| 变量           | 绿色投资中介效应 |           | 绿色信贷中介效应  |           |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
|              | 列 (1)    | 列 (2)     | 列 (3)     | 列 (4)     |
| Time×Treated | 0.4782** | 0.1792**  | 0.0217*** | 0.1379*** |
| GIN          | -        | 0.0129*** | -         | -         |
| GC           | -        | -         | -         | 0.3733*** |
| Cons         | YES      | YES       | YES       | YES       |

注: \*\* 和 \*\*\* 分别表示 5% 和 1% 的显著性水平.

面通过生产要素价格调整直接作用于企业低碳创新源动力, 另一方面为绿色金融市场发展提供了产品市场和有利外部条件, 借助金融工具的资金导向功能更好地优化资源配置, 加强企业的绿色创新投入、减轻创新融资约束, 进而整体提升绿色创新水平和质量, 达到绿色发展的目的.

5.4 碳市场对绿色金融水平的促进作用

在绿色金融市场的发展中, 碳市场是不可或缺的一环, 上述内容已经充分说明了二者之间围绕绿色创新所建立的双向激励机制. 但为进一步证实“碳交易-绿色金融”市场互补理论, 我们借助碳交易试点这一准自然实验, 基于 DID 模型探究碳市场对绿色金融水平的直接影响, 沿用第 4 节构建的绿色金融水平测度体系, 计算出全国 30 省份 (不含西藏自治区及港澳

台地区) 2001–2019 年绿色金融水平指标, 对模型 (21) 进行回归, 结果见表 6<sup>5</sup>。

模型 (21) 回归结果表明碳市场政策的实施对绿色金融水平提升具有显著促进作用, 这为现有相关定性研究结论提供了实证补充, 也为碳市场规制和绿色金融市场之间的互补关系提供更为坚实的可靠的依据。至此, “碳交易-绿色金融” 互补关系和作用机制均已清晰, 应进一步完善碳市场和绿色金融市场合理、高效融接政策, 建立市场间反馈机制, 充分发挥二者在推动低碳创新、促进绿色发展上的协同互补作用。

表 6 碳市场影响绿色金融水平回归结果

| 变量           | 模型 (21)   |
|--------------|-----------|
| Time×Treated | 0.0434*** |
| Cons         | YES       |

注: \*\*\* 表示 1% 的显著性水平。

6 结论与政策建议

双碳目标对碳市场和绿色金融提出了更高的发展要求, 也提供了广阔的应用前景。碳市场激励企业绿色投资和低碳创新积极性, 催生绿色金融投融资接口, 而绿色金融市场通过增强资源流动性, 强化碳市场价格发现功能。这样, 绿色金融市场不仅是碳市场的“衍生品”, 又能推动碳市场的发展, 二者之间形成互补关系。为此, 本文建立了碳市场与绿色金融市场的互补理论, 得出“绿色金融能够推动碳市场发展, 碳市场规制驱动企业绿色创新投资, 为绿色金融市场提供服务对象, 激发绿色金融市场活力”的结论, 进而提出可供实证检验的理论假说, 基于碳交易试点地区碳市场发展程度、绿色金融水平、企业层面绿色创新、绿色投资和绿色信贷面板数据, 利用固定效应面板模型、双重差分模型和中介效应模型, 对理论结论进行了实证检验, 证实了碳市场与绿色金融以绿色创新为传导机制的双向激励作用。

基于碳市场和绿色金融之间的互补关系以及对于驱动绿色创新、加速绿色发展的协同作用, 我们提出如下政策建议: 1) 为完善绿色金融体系, 丰富绿色金融产品, 扩大绿色金融供给, 应建立合理的环境准入机制, 引导资金倾向绿色产业、绿色项目, 借助金融工具提高绿色投资收益、降低绿色融资成本, 为企业绿色创新、经济绿色发展提供源动力。2) 充分利用间接融资和直接融资工具, 推进绿色金融规模扩大和结构优化, 帮助各类市场主体管理碳资产, 强调碳市场价格发现功能, 推动碳市场平稳有效运行。3) 完善碳市场和绿色金融相关制度建设, 结合市场驱动与政策引导, 针对不同类型企业实施更灵活的融资模式、政策补贴和配套服务, 全面激发绿色创新和碳减排动力。4) 积极推进碳交易市场主体技术创新带来的生态盈余变现, 解决绿色成果度量和市场化问题, 有效平衡绿色低碳投资中激励、跨期和风险管理间的关系, 激发整体绿色发展活力。

参 考 文 献

安国俊, (2021). 碳中和目标下的绿色金融创新路径探讨 [J]. 南方金融, 534(2): 3–12.

An G J, (2021). Discussion on the Innovation Path of Green Finance under the Goal of Carbon Neutrality[J]. South China Finance, 534(2): 3–12.

陈康, 江嘉骏, 刘琦, 李欣, (2018). 空气质量、投资者情绪与股票收益率 [J]. 管理科学, 31(6): 145–160.

<sup>5</sup>限于篇幅, 平行趋势检验具体过程及结果省略。

- Chen K, Jiang J J, Li Q, Liu X, (2018). Air Quality, Invest or Sentiment, and Stock Returns[J]. Journal of Management Science, 31(6): 145–160.
- 陈鹏, 逯元堂, 高军, 徐顺青, (2016). 我国绿色金融体系构建及推进机制研究 [J]. 环境保护科学, 42(1): 52–56.
- Chen P, Lu Y T, Gao J, Xu S Q, (2016). Construction of Green Financial System in China and Its Promotion Mechanism[J]. Environmental Protection Science, 42(1): 52–56.
- 陈诗一, (2019). 绿色金融助力长三角一体化发展 [J]. 环境经济研究, 1(1): 1–7.
- Chen S Y, (2019). Green Finance Can Promote the Integrated Development of the Yangtze River Delta[J]. Journal of Environmental Economics, 1(1): 1–7.
- 程维妙, (2021). 风口下的碳中和: 金融机构集结, 全国碳市场总体架构渐明 [EB/OL]. [2021-04-13].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1696920580006070213&wfr=spider&for=pc>.
- Cheng W M, (2021). Carbon Neutralization: Financial Institutions Gather and the Structure of the National Carbon Market[EB/OL]. [2021-04-13].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1696920580006070213&wfr=spider&for=pc>.
- 崔琨玉, (2016). 中国碳交易试点发育程度比较研究 [D]. 西安: 陕西师范大学.
- Cui K Y, (2016). Comparative on the Development of Carbon Trading Pilots in China[D]. Xi'an: Shanxi Normal University.
- 丁昕, (2022). 环境规制与绿色金融协同对制造业高质量发展的影响研究 [D]. 南昌: 南昌大学.
- Ding X, (2022). Study on Synergy Impact of Environmental Regulations and Green Finance on High-quality Development of Manufacturing Industry[D]. Nanchang: Nanchang University.
- 丁怡婷, (2022). 解好可再生资源替代“多元方程”[J]. 国企管理, (1): 18.
- Ding Y T, (2022). Solve the “Multiple Equation” of Renewable Energy Substitution[J]. China State-Owned Enterprise Management, (1): 18.
- 郭进, (2019). 环境规制对绿色技术创新的影响——“波特效应”的中国证据 [J]. 财贸经济, 40(3): 147–160.
- Guo J, (2019). The Effects of Environmental Regulation on Green Technology Innovation — Evidence of the Porter Effect in China [J]. Finance and Trade Economics, 40(3): 147–160.
- 黄依婷, 陈和, 杨永聪, (2022). 环境保护费改税与污染企业转型: 环境权变抑或金融逐利 [J]. 环境经济研究, 7(2): 106–124.
- Huang Y T, Chen H, Yang Y C, (2022). Fee-to-Tax Reform of Environmental Protection and Polluting Enterprises Transformation: Active Adaptability or Short-run Profit Pursuing[J]. Journal of Environmental Economics, 7(2): 106–124.
- 季晓莉, (2021). 碳中和背景下, 绿色金融进入“快车道” [EB/OL]. [2021-10-12].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1713374911689263916&wfr=spider&for=pc>.
- Ji X L, (2021). Green Finance Enters the Fast Lane under the Carbon Neutrality[EB/OL]. [2021-10-12]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1713374911689263916&wfr=spider&for=pc>.
- 鞠晓生, 卢荻, 虞义华, (2013). 融资约束、营运资本管理与企业创新可持续性 [J]. 经济研究, 48(1): 4–16.
- Ju X S, Lu D, Yu Y H, (2013). Financing Constraints, Working Capital Management and the Persistence of Firm Innovation[J]. Economic Research Journal, 48(1): 4–16.
- 黎文靖, 郑曼妮, (2016). 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]. 经济研究, 51(4): 60–73
- Li W J, Zheng M N, (2016). Is it Substantive Innovation or Strategic Innovation: Impact of Macroeconomic Policies on Micro-enterprises' Innovation[J]. Economic Research Journal, 51(4): 60–73.
- 李代花, (2022). 低碳城市试点, 绿色技术创新与生产性服务业发展 [J]. 环境经济研究, 7(3): 43–60.

- Li D H, (2022). Low-carbon City Pilot, Green Technological Innovation and the Development of Productive Service Industries[J]. *Journal of Environmental Economics*, 7(3): 43–60.
- 李国辉, (2021). 碳中和愿景催生, 绿色金融大机遇 [J]. *中国金融家*, (6): 57–60.
- Li G H, (2021). The Vision of Carbon Neutrality Creates Great Opportunities for Green Finance[J]. *China Financialyst*, (6): 57–60.
- 连莉莉, (2015). 绿色信贷影响企业债务融资成本吗? —— 基于绿色企业与“两高”企业的对比研究 [J]. *金融经济研究*, 30(5): 83–93.
- Lian L L, (2015). Does Green Credit Influence Debt Financing Cost of Business? — A Comparative Study of Green Businesses and “Two High” Businesses[J]. *Financial Economics Research*, 30(5): 83–93.
- 林楠, 杨方琴, (2021). 发展绿色金融呼唤市场力量 [J]. *支点*, (9): 18–23.
- Lin N, Yang F Q, (2021). Developing Green Finance Calls for Market Power[J]. *Pivot*, (9): 18–23.
- 刘雅婷, (2022). 绿色金融支持碳市场建设的路径研究 [J]. *开发性金融研究*, (2): 43–53.
- Liu Y T, (2022). Research on the Path of Green Finance to Support Carbon Market Construction[J]. *Development Finance Research*, (2): 43–53.
- 刘晔, 张训常, (2017). 碳排放交易制度与企业研发创新 —— 基于三重差分模型的实证研究 [J]. *经济科学*, (3): 102–114.
- Liu Y, Zhang X C, (2017). Carbon Emission Trading System and Enterprise R&D Innovation: An Empirical Study Based on Triple Difference Model[J]. *Economic Science*, (3): 102–114.
- 柳光强, (2016). 税收优惠、财政补贴政策的激励效应分析 —— 基于信息不对称理论视角的实证研究 [J]. *管理世界*, (10): 62–71.
- Liu G Q, (2016). The Incentive Effects of Tax Preferences and Financial Subsidies: An Empirical Study Based on the Theory of Information Asymmetry[J]. *Management World*, (10): 62–71.
- 鲁政委, 叶向峰, 钱立华, 方琦, (2021). “碳中和”愿景下我国碳市场与碳金融发展研究 [J]. *西南金融*, (12): 3–14.
- Lu Z W, Ye X F, Qian L H, Fang Q, (2021). Research on the Development of China’s Carbon Emissions Trading System and Carbon Finance under the Vision of “Carbon Neutrality”[J]. *Southwest Finance*, (12): 3–14.
- 陆国庆, 王舟, 张春宇, (2014). 中国战略性新兴产业政府创新补贴的绩效研究 [J]. *经济研究*, 49(7): 44–55.
- Lu G Q, Wang Z, Zhang C Y, (2014). Research on the Performance of Subsidizing Innovation for China Strategic Emerging Industry[J]. *Economic Research Journal*, 49(7): 44–55.
- 马险峰, (2021). 碳达峰碳中和目标下的中国绿色金融发展 [J]. *环境经济研究*, 6(4): 1–7.
- Ma X F, (2021). The Development of Green Finance in China Aiming for Carbon Peaking and Carbon Neutrality[J]. *Journal of Environmental Economics*, 6(4): 1–7.
- 彭甲超, 肖建忠, (2021). 环境规制, 能源要素价格与绿色创新效率 —— 以长江经济带为例 [J]. *环境经济研究*, 6(1): 158–178.
- Peng J C, Xiao J Z, (2021). Environmental Regulation, Energy Factor Prices and Green Innovation Efficiency: Evidence from the Yangtze River Economic Belt[J]. *Journal of Environmental Economics*, 6(1): 158–178.
- 齐绍洲, 林岫, 崔静波, (2018). 环境权益交易市场能否诱发绿色创新 —— 基于我国上市公司绿色专利数据的证据 [J]. *经济研究*, 53(12): 129–143.
- Qi S Z, Lin S, Cui J B, (2018). Do Environmental Rights Trading Schemes Induce Green Innovation? Evidence from Listed Firms in China[J]. *Economic Research Journal*, 53(12): 129–143.
- 宋德勇, 朱文博, 王班班, (2021). 中国碳交易试点覆盖企业的微观实证: 碳排放权交易、配额分配方法与企

- 业绿色创新 [J]. 中国人口·资源与环境, 31(1): 37–47.
- Song D Y, Zhu W B, Wang B B, (2021). Micro-empirical Evidence Based on China's Carbon Trading Companies: Carbon Emissions Trading, Quota Allocation Methods and Corporate Green Innovation[J]. China Population, Resources and Environment, 31(1): 37–47.
- 苏静, (2022). “双碳”背景下绿色金融发展的现状、挑战及路径 [J]. 技术经济与管理研究, (9): 79–82.
- Su J, (2022). The Current Situation, Challenges and Paths of Green Finance Development in the Context of “Carbon Peaking and Carbon Neutrality”[J]. Journal of Technical Economics and Management, (9): 79–82.
- 孙魁华, (2022). 企业异质性、环保投资与银行贷款 —— 对我国绿色信贷政策实施效果的检验 [J]. 河南工业大学学报 (社会科学版), 38(5): 32–42.
- Sun K H, (2022). Enterprise Heterogeneity, Environmental Protection Investment and Bank Loans: Testing the Implementation Effect of China's “Green Credit” Policy[J]. Journal of Henan University of Technology (Social Science), 38(5): 32–42.
- 滕云, (2021). 绿色信贷政策对企业创新的影响 [J]. 合作经济与科技, (4): 66–69.
- Teng Y, (2021). The Impact of Green Credit Policy on Enterprise Innovation[J]. Co-Operative Economy & Science, (4): 66–69.
- 王超, 李真真, 蒋萍, (2021). 环境规制政策对中国重污染工业行业技术创新的影响机制研究 [J]. 科研管理, 42(2): 88–99.
- Wang C, Li Z Z, Jiang P, (2021). A Research on the Influence Mechanism of Environmental Regulation on Technological Innovation in China's Heavily Polluting Industries[J]. Science Research Management, 42(2): 88–99.
- 王分棉, 贺佳, (2022). 地方政府环境治理压力会“挤出”企业绿色创新吗 [J]. 中国人口·资源与环境, 32(2): 140–150.
- Wang F M, He J, (2022). Will Local Governments' Environmental Governance Pressure “Crowd Out” Firms Green Innovation?[J]. China Population, Resources and Environment, 32(2): 140–150.
- 王怀明, 陈龙, 魏珈玮, (2022). 碳市场促进了企业绿色创新吗? —— 基于“碳交易试点”政策的准自然实验[J]. 现代管理科学, (4): 33–42.
- Wang H M, Chen L, Wei J W, (2022). Does the Carbon Market Promote Enterprises' Green Innovation? A Quasi Natural Experiment of the Carbon Trading Pilots[J]. Modern Management Science, (4): 33–42.
- 王丽萍, 徐佳慧, 李创, (2021). 绿色金融政策促进企业创新的作用机制与阶段演进 [J]. 软科学, 35(12): 81–87.
- Wang L P, Xu J H, Li C, (2021). The Mechanism and Stage Evolution of Green Financial Policy Promoting Enterprise Innovation[J]. Soft Science, 35(12): 81–87.
- 王梦媛, 方厚政, (2021). 绿色金融能否促进高环境风险企业绿色技术创新? —— 基于中国上市公司绿色专利数据的证据 [J]. 浙江金融, (12): 59–66.
- Wang M Y, Fang H Z, (2021). Can Green Finance Promote Green Technology Innovation of Enterprises with High Environmental Risk? — Evidence Based on Green Patent Data of Chinese Listed Companies[J]. Zhejiang Finance, (12): 59–66.
- 王倩, 王硕, (2014). 中国碳排放权交易市场的有效性研究 [J]. 社会科学辑刊, (6): 109–115.
- Wang Q, Wang S, (2014). The Efficiency of China's Carbon Emission Trading Market[J]. Social Science Journal, (6): 109–115.
- 王韧, (2019). 绿色金融、技术创新与绿色政策 —— 基于耦合模型与灰色关联模型的实证分析 [J]. 金融理

- 论探索, (6): 60–70.
- Wang R, (2019). Green Finance, Technological Innovation and Green Policy — Based on the Coupling Model and Gray Relational Model[J]. *Exploration of Financial Theory*, (6): 60–70.
- 王馨, 王莹, (2021). 绿色信贷政策增进绿色创新研究 [J]. *管理世界*, 37(6): 173–188.
- Wang X, Wang Y, (2021). Research on the Green Innovation Promoted by Green Credit Policies[J]. *Management World*, 37(6): 173–188.
- 王莹, 冯佳浩, (2022). 绿色债券促进企业绿色创新研究 [J]. *金融研究*, (6): 171–188.
- Wang Y, Feng J H, (2022). Research on Green Bond Promoting Green Innovation of Enterprises[J]. *Journal of Financial Research*, (6): 171–188.
- 文书洋, 刘浩, 王慧, (2022). 绿色金融、绿色创新与经济高质量发展 [J]. *金融研究*, (8): 1–17.
- Wen S Y, Liu H, Wang H, (2022). Green Finance, Green Innovation, and High-quality Economic Development[J]. *Journal of Financial Research*, (8): 1–17.
- 温忠麟, 叶宝娟, (2014). 有调节的中介模型检验方法: 竞争还是替补 [J]. *心理学报*, 46(5): 714–726.
- Wen Z L, Ye B J, (2014). Different Methods for Testing Moderated Mediation Models: Competitors or Backups[J]. *Acta Psychologica Sinica*, 46(5): 714–726.
- 吴力波, 任飞州, 徐少丹, (2021). 环境规制执行对企业绿色创新的影响 [J]. *中国人口·资源与环境*, 31(1): 90–99.
- Wu L B, Ren F Z, Xu S D, (2021). Influence of Environmental Regulation Enforcement on Enterprises' Green Innovation[J]. *China Population, Resources and Environment*, 31(1): 90–99.
- 徐佳, 崔静波, (2020). 低碳城市和企业绿色技术创新 [J]. *中国工业经济*, (12): 178–196.
- Xu J, Cui J B, (2020). Low-carbon Cities and Firms' Green Technological Innovation[J]. *China Industrial Economics*, (12): 178–196.
- 严成樑, 李涛, 兰伟, (2016). 金融发展、创新与二氧化碳排放 [J]. *金融研究*, (1): 14–30.
- Yan C L, Li T, Lan W, (2016). Financial Development, Innovation and Carbon Emission[J]. *Journal of Financial Research*, (1): 14–30.
- 严金强, 杨小勇, (2018). 以绿色金融推动构建绿色技术创新体系 [J]. *福建论坛*, (3): 41–47.
- Yan J Q, Yang X Y, (2018). Promoting the Construction of Green Technology Innovation System with Green Finance[J]. *Fujian Forum*, (3): 41–47.
- 杨阳, 王国松, (2017). 绿色金融发展水平测度 —— 以上海为例 [J]. *海南金融*, (4): 20–26.
- Yang Y, Wang G S, (2017). Measurement of Green Finance Development Level: Taking Shanghai as an Example[J]. *Hainan Finance*, (4): 20–26.
- 姚从容, 曾云敏, (2019). 碳市场有效性及其评价指标体系 —— 基于有效市场假说的视角 [J]. *兰州学刊*, (12): 114–122.
- Yao C R, Zeng Y M, (2019). Effectiveness and Evaluation Index System of Carbon Market — From the Perspective of Efficient Market Hypothesis[J]. *Lanzhou Academic Journal*, (12): 114–122.
- 易兰, 李朝鹏, 杨历, 刘杰, (2018). 中国 7 大碳交易试点发育度对比研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 28(2): 134–140.
- Yi L, Li C P, Yang L, Liu J, (2018). Comparative Study on the Development Degree of China's 7 Pilot Carbon Markets[J]. *China Population, Resources and Environment*, 28(2): 134–140.
- 游莉群, (2022). 绿色金融与企业绿色技术创新 —— 基于绿色金融改革创新试验区的经验证据 [J]. *金融经济*, (10): 73–83.
- You L Q, (2022). Green Finance and Enterprises' Green Technology Innovation: Evidence from the Green Finance Reform and Innovation Pilot Zone[J]. *Finance Economy*, (10): 73–83.

- 于冬菊, (2017). 金融机构发展绿色金融的影响因素研究 —— 基于先行国家的实证检验 [J]. 财经问题研究, (12): 53–60.
- Yu D J, (2017). The Factors Influencing the Development of Green Finance by Financial Institutions: Empirical Test Based on Leading Countries[J]. Research on Financial and Economic Issues, (12): 53–60.
- 张建军, 段润润, 蒲伟芬, (2014). 国际碳金融发展现状与我国市场主体的对策选择 [J]. 西北农林科技大学学报 (社会科学版), 14(1): 87–92.
- Zhang J J, Duan R R, Pu W F, (2014). Current Development Status of Coal Financial Market and Development Model in China[J]. Journal of Northwest Agricultural and Forestry University: Social Science Edition, 14(1): 87–92.
- 张同斌, 高铁梅, (2012). 财税政策激励、高新技术产业发展与产业结构调整 [J]. 经济研究, 47(5): 58–70.
- Zhang T B, Gao T M, (2012). Finance and Taxation Policy Motivation, High-tech Industry Development and Industrial Structure Adjustment[J]. Economic Research Journal, 47(5): 58–70.
- 张琦, 郑瑶, 孔东民, (2019). 地区环境治理压力、高管经历与企业环保投资 —— 一项基于《环境空气质量标准》的准自然实验 [J]. 经济研究, 54(6): 183–198.
- Zhang Q, Zheng Y, Kong D M, (2019). Local Environmental Governance Pressure, Executive's Working Experience and Enterprise Investment in Environmental Protection: A Quasi-natural Experiment Based on China's "Ambient Air Quality Standards 2012"[J]. Economic Research Journal, 54(6): 183–198.
- 张修凡, 范德成, (2021). 我国碳排放权交易机制和绿色信贷制度支持低碳技术创新的路径研究 [J]. 湖北社会科学, (11): 71–83.
- Zhang X F, Fan D C, (2021). Research on the Path of Carbon Emission Trading Mechanism and Green Credit System to Support Low-carbon Technology Innovation in China[J]. Hubei Social Sciences, (11): 71–83.
- 张希良, 黄晓丹, 张达, 耿涌, 田立新, 等, (2022). 碳中和目标下的能源经济转型路径与政策研究 [J]. 管理世界, 38(1): 35–51.
- Zhang X L, Huang X D, Zhang D, Geng Y, Tian L X, et al. (2022). Research on the Pathway and Policies for China's Energy and Economy Transformation toward Carbon Neutrality[J]. Journal of Management World, 38(1): 35–51.
- 张雪莹, 吴多文, 王缘, (2022). 绿色债券对公司绿色创新的影响研究 [J]. 当代经济科学, 44(5): 28–38.
- Zhang X Y, Wu D W, Wang Y, (2022). The Impact of Green Bonds on Corporate Green Innovation[J]. Modern Economic Science, 44(5): 28–38.
- 赵领娣, 王小飞, (2022). 企业绿色投资及绿色费用能否提升经营绩效? —— 基于 EBM 和面板 Tobit 模型的经验分析 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 24(3): 28–42.
- Zhang L D, Wang X F, (2022). Can Corporate Green Investment and Green Expenses Improve Operating Performance?[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 24(3): 28–42.
- 朱淀, 王晓莉, 童霞, (2013). 工业企业低碳生产意愿与行为研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 23(2): 72–81.
- Zhu D, Wang X L, Tong X, (2013). Low-carbon Production Willingness and Behaviour of Industrial Companies[J]. China Population, Resources and Environment, 23(2): 72–81.
- 诸葛瑞阳, 蔡雯霞, (2022). 绿色金融对工业企业绿色创新的影响研究 —— 基于绿色金融改革创新试验区设立的准自然实验 [J]. 金融理论与实践, (11): 49–61.
- Zhuge R Y, Cai W X, (2022). Research on the Impact of Green Finance on Green Innovation of Indus-

- trial Enterprises: A Quasi-Natural Experiment Based on the Green Finance Reform and Innovation Pilot Zone[J]. *Financial Theory and Practice*, (11): 49–61.
- Ambec S, Barla P, (2002). A Theoretical Foundation of the Porter Hypothesis[J]. *Economics Letters*, 75(3): 355–360.
- Chen Y C, Hung M, Wang Y, (2017). The Effect of Mandatory CSR Disclosure on Firm Profitability and Social Externalities: Evidence from China[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 65(1): 169–190.
- Deyoung B R, (2006). Technological Progress and the Geographic Expansion of the Banking Industry[J]. *Journal of Money, Credit and Banking*, 38(6): 1483–1513.
- Ehlers T, Mojon B, Packer F, (2020). Green Bonds and Carbon Emissions: Exploring the Case for a Rating System at the Firm Level[R]. Switzerland: BIS Quarterly Review.
- Johnstone N, Hascic I, Popp D, (2010). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts[J]. *Environmental and Resource Economics*, 45(1): 133–155.
- Johnstone N, Managi S, Rodríguez M C, Hascic I, Fujii H, et al. (2017). Environmental Policy Design, Innovation and Efficiency Gains in Electricity Generation[J]. *Energy Economics*, 63(3): 106–115.
- Petroni G, Bigliardi B, Galati F, (2019). Rethinking the Porter Hypothesis: The Under Appreciated Importance of Value Appropriation and Pollution Intensity[J]. *Review of Policy Research*, 36(1): 121–140.
- Rogerson W P, (2003). Simple Menus of Contracts in Cost — Based Procurement and Regulation[J]. *American Economic Review*, 93(3): 919–926.
- Zou Z H, Yi Y, Sun J N, (2006). Entropy Method for Determination of Weight of Evaluating Indicators in Fuzzy Synthetic Evaluation for Water Quality Assessment[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 18(5): 1020–1023.



附录

表 A1 碳市场发展程度指标体系及数据来源

| 准则层  | 指标层          | 定义                | 数据来源             |
|------|--------------|-------------------|------------------|
| 市场规模 | 配额总市值        | 碳市场配额的总价值         | 发改委发布碳市场管理文件     |
|      | 交易量 (额)      | 碳市场配额交易总量 (额)     | 交易平台公布数据         |
|      | 拍卖量 (额)      | 碳市场成功拍卖量 (额)      | 碳资产管理公司碳市场年度报告   |
|      | 控排企业数量       | 碳市场纳入控排企业数量       | 试点省市市政府碳市场管理文件   |
| 市场效率 | 市盈率          | 碳市场配额价值增长率        | 交易平台公布数据         |
|      | 市场收益波动率      | 碳市场每日收益率波动情况      | 交易平台公布数据         |
|      | 交易中断频次       | 碳市场履约期内交易日中断次数    | 发改委发布碳市场管理文件     |
|      | 有效交易日比例      | 履约期内有交易天数占比       | 交易平台公布数据         |
|      | 交易量 (额) 集中度  | 履约日交易量前 20% 交易额占比 | 交易平台公布数据         |
|      | 配额拍卖比例       | 配额拍卖量占配额总量比重      | 试点省市市政府碳市场管理文件   |
| 市场金融 | 碳基金数量        | 碳市场投资碳基金数量        | 碳资产管理公司碳市场年度报告   |
|      | 碳金融产品种类      | 碳市场金融产品种类数        | 碳资产管理公司碳市场年度报告   |
|      | 碳金融产品交易量 (额) | 碳市场金融产品成交总量 (额)   | 碳资产管理公司碳市场年度报告   |
|      | 碳金融产品交易占比    | 碳金融产品交易占总成交额比重    | 试点省市市政府发布碳市场管理文件 |

表 A2 绿色金融发展水平指标体系及数据来源

| 准则层  | 指标层        | 数据来源            |
|------|------------|-----------------|
| 绿色证券 | 环保企业市值占比   | 环保企业市值/A 股总市值   |
|      | 两高一剩企业市值占比 | 两高一剩企业市值/A 股总市值 |
| 绿色信贷 | 环保项目信贷占比   | 环保项目信贷额/信贷总额    |
| 绿色投资 | 环保投入占比     | 环保投入/GDP        |
| 绿色保险 | 农业保险规模占比   | 农业保险支出/保险总支出    |
|      | 农业保险赔付率    | 农业保险支出/农业保险收入   |

表 A3 控制变量定义

| 变量            | 变量定义             |
|---------------|------------------|
| 企业规模 (Size)   | 企业期末总资产的对数值      |
| 企业经营年限 (Age)  | 企业上市年份           |
| 资产负债率 (Lev)   | 总负债/总资产          |
| 企业所有权性质 (Soe) | 国有企业为 1, 否则为 0   |
| 股权集中度 (Cocen) | 第一大股东持股比例        |
| 固定资产投资 (Ppe)  | 固定资产净额/总资产       |
| 现金流量水平 (Cash) | 经营活动产生的现金流净额/总资产 |