

碳交易对城市绿色转型的影响研究

——基于中国“碳市场”试点政策的证据

杨冕¹, 陈奕钊¹, 李强谊²

(1. 武汉大学 经济与管理学院, 湖北 武汉 430072;

2. 广西师范大学 经济管理学院, 广西 桂林 541006)

[摘要] “碳市场”作为中国实现“双碳”目标的重要举措,是推动城市绿色转型的一项重大制度创新。文章基于中国2009—2019年城市面板数据,采用多时点双重差分(DID)模型分析“碳市场”试点政策的实施效果。研究发现,“碳市场”试点政策显著推动了城市绿色转型进程,经过改变变量度量方式、安慰剂检验等一系列稳健性检验后该结论依然成立。机制分析表明,该政策通过绿色创新推动技术升级和产业低碳转型,提升能源效率并减少碳排放;促进产业绿色化,压缩高污染企业规模并为绿色产业提供生存空间;利用绿色金融机制约束污染企业融资,引导其寻求政府支持并转向绿色投资,从而共同对城市绿色转型产生影响。异质性分析显示,在政府对环境关注程度较低的地区,碳市场的政策效果更为明显,而可再生能源禀赋丰富的城市表现出更强的转型潜力。本研究为深化碳市场建设、实现“双碳”目标提供了理论支撑与实践参考,对优化区域差异化政策设计具有重要意义。

[关键词] 环境规制;“碳市场”;绿色转型;DID

[中图分类号] F124.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-6973(2025)02-0061-18

一、引言

作为全球最大的能源消费和碳排放国,中国承诺力争于2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和,即“双碳”目标。党的二十届三中全会强调“健全绿色低碳发展机制”“积极稳妥推进碳达峰碳中和”。2024年《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》更是明确提出要加快经济社会发展全面绿色转型。在党中央的高度重视和全国人民的共同努力下,我国碳减排初见成效。然而,实现“双碳”目标仍面临诸多挑战。一是,中国能源消费仍以煤炭消费为主^[1]。二是,受制于以往粗放的经济发展模式、城市无序扩张等问题,绿色低碳转型的进程依旧缓慢。

在此背景下,碳排放权交易市场的出现为城市绿色转型提供了新契机。碳市场作为碳交易的关键“利器”,承载着实现更高减排目标与可持续发展期望的使命。在宏观政策维度,政策制定者要

[收稿日期] 2025-01-10

[基金项目] 国家社科基金重点项目“协同推进降碳、减污、扩绿、增长的体制机制研究”(23AZD060)。

[作者简介] 杨冕(1983—),男,江苏灌云人,博士,教授,博士生导师,研究方向为能源与环境经济学;陈奕钊(1999—),男,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为资源与低碳经济;通信作者:李强谊(1986—),男,湖南岳阳人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为资源与环境经济。

求积极推进碳市场建设,将其视为推动低碳转型的关键工具;在微观运行层面,现行碳交易机制主要依托碳定价的市场化调节功能,通过将碳排放外部性内部化,引导企业进行能源结构优化、能效提升及低碳技术创新等行为。而企业作为城市绿色发展的核心主体,碳市场能否通过企业的减排行为产生更广泛的外部效应,进而显著促进城市绿色转型?“碳市场”试验区是通过何种渠道影响城市绿色转型?这些问题仍需深入探索,同时,对这些问题的回答关乎碳交易市场建立的有效性以及后续的政策优化。因此本研究将深化对碳交易市场的理解,揭示其助推城市绿色转型的机制“黑箱”,从而为中国未来的碳市场完善提供政策建议,驱动经济发展方式的绿色蝶变,助力中国顺利实现“双碳”目标。

关于碳市场和绿色转型,根据研究内容,主要归纳为两支文献,其一,关于“碳市场”带来的环境和经济效应。作为市场型环境规制的碳排放权交易政策具有显著的减排效果,并存在空间溢出效应^[2]。具体到微观企业,“碳市场”通过倒逼企业提升绿色创新能力^[3-5]、更新生产设备^[6]和强化末端治理^[7-9]实现减排目标,以提高企业的环境绩效^[10]。至此,大量理论和实证探讨均发现“碳市场”是有效的减排政策^[11-14]。“波特假说”指出,合理的环境规制可以实现经济发展与环境保护的双赢^[15]。“碳市场”的经济红利可以体现在宏微观两个层面。宏观上,其可助力产业结构高级化^[16-17],促进全要素生产率提升^[18-20],扩大地区就业规模^[21],提高居民收入水平并缓解收入不平等^[22-23],同时提升能源使用效率^[24]。微观企业研究视角层面,大部分研究发现“碳市场”正向促进企业的投资效率、经营业绩^[25-26],也有学者认为“碳市场”增加了企业投资的不确定性^[14],同时高昂的减排成本可能不利于企业进行技术创新^[27]。另一支文献主要集中在绿色转型层面,现有文献从技术冲击、市场环境和政策干预等层面对其进行了深入剖析。企业绿色转型是指企业以绿色发展理念为指导,以资源集约利用和环境友好为导向,在生产全过程中贯彻绿色化原则的行为^[7]。绿色转型的实现离不开技术创新^[28-29],尤其是近年来的数字技术使用^[30],数字技术的使用推动企业从绿色结构化到绿色杠杆化的转型,企业绿色创新技术乘风而起^[29]。在环境规制未能显著发挥政策效应的情形下,金融发展能协同环境规制促进经济绿色转型^[31]。此外市场化治理机制,如 ESG 评级通过缓解融资约束、增加研发投入等途径促进企业绿色转型^[32]。此外,学者也对碳市场与绿色转型的关系进行了有益探索。通过研究发现,碳市场对企业绿色转型存在区域、行业差异性,且影响渠道也因此存在差异性^[33]。纳入碳交易市场的企业能够产生绿色信号,对企业绿色投资产生影响,进而促进绿色转型^[34]。除了技术创新这一传统影响渠道外,碳交易市场可以提升企业 ESG 绩效以此实现企业绿色转型^[27]。

虽然大量文献研究了碳市场的政策效益,但现有研究存在三点不足:一是视角单一,当前研究主要聚焦于减排效应或经济影响的独立分析;二是研究尺度存在断层,现有成果多数聚焦在微观企业层面和宏观省级/国家层面,而缺乏对城市区域层面的深入探讨;三是研究链条不完整,特别是关于碳市场与区域绿色转型的文献,忽略了碳市场机制通过企业和行业的减排行为如何拓展形成区域层面的转型效应。这种宏观效应与微观机制之间的衔接断裂,在一定程度上制约了对碳市场政策区域协同效应的深入理解,使得碳市场在推动区域绿色转型中的作用机制尚未得到充分阐释。

综上,本文的边际贡献体现在以下三个方面:第一,本文突破了现有文献主要关注碳市场对企业微观影响的局限,系统考察了碳交易政策通过企业传导机制对试点地区整体环境绩效和经济发展产生的区域性影响,为理解碳市场的外部性效应提供了新的证据。第二,在传导路径检验方面,

本文构建了“绿色技术创新—产业结构升级—绿色金融支持”的三维分析框架,相较于既有省级和国家层面的宏观研究,揭示了更具区域特色的政策传导机制,完善了碳市场影响区域发展的理论链条。第三,针对区域绿色转型测度标准不统一的问题,本文基于《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》(2024 年)的政策导向,整合权威机构评价方法,构建了包含环境质量、资源效率、低碳发展等维度的城市绿色转型综合评价指标体系,为相关研究提供了可借鉴的测量工具。本文章节安排如下:第二部分为政策背景与理论假说;第三部分为研究设计;第四部分为实证结果分析;第五部分为机制分析;第六部分为结论与政策建议。

二、政策背景与理论假说

(一)政策背景

2010 年 9 月,国务院发布《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》,首次提出建立和完善主要污染物及碳排放权交易制度,为我国碳市场建设奠定了政策基础。随后,2011 年 3 月,“十二五”规划进一步明确了逐步建立碳市场、推进低碳试点示范的目标。同年 10 月,国家发展改革委发布《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》,批准北京、上海、天津、重庆、湖北、广东和深圳七个省市率先开展碳交易试点,标志着我国碳市场建设进入实质性阶段。2013 年 6 月,中国首个碳排放权交易市场在深圳正式启动,随后,其他六个试点市场相继开始交易,推动全国碳市场探索实践进入关键期。此后,福建省获批成为全国第八个试点碳市场,进一步拓展了碳交易试点的地域范围。四川省虽未列入国家试点范围,但于 2016 年获批开设碳市场,成为首个在国家备案下设立碳交易机构的非试点地区。

作为驱动城市绿色转型的关键政策工具,碳市场通过配额约束与价格信号重塑城市生产要素配置路径。本研究基于试点碳市场的差异化机制设计,揭示市场机制与城市绿色转型的互动逻辑:其一,行业覆盖广度(如深圳纳入建筑/交通部门)倒逼高碳产业退出,推动清洁技术对传统产能的替代;其二,配额分配方式(北京拍卖留存、湖北动态调节)通过成本内部化效应,加速企业低碳设备更新与能效提升;其三,抵消机制的区域导向(福建林业碳汇、四川新能源专项)激活了本地绿色禀赋优势,形成“市场激励→产业绿色转型→生态价值转化”的正向循环。

(二)理论假说

1. “碳市场”试点政策对城市绿色转型的影响

“碳市场”试点政策的实施旨在通过市场化机制推动绿色低碳发展,其核心作用在于提高绿色技术创新资源的配置效率,从而有效促进城市绿色转型。一方面,碳市场试点政策通过“限额交易”机制将碳排放外部性内部化,赋予碳排放权明确的经济价值。超额排放企业需通过市场交易购买配额,而减排成效显著的企业则可通过出售盈余配额获取额外收益。这一市场化政策工具不仅提高了高碳生产行为的边际成本,同时为低碳转型提供了经济激励,从而促使企业主动优化生产流程、提升能源利用效率或转向清洁能源结构。与此同时,传统高耗能产业通过技术创新降低碳排放强度,逐步实现向高端化与绿色化转型,进而提升城市产业体系的可持续竞争力。另一方面,碳市场试点政策通过与地方环境规制(如环保法规、能耗双控等)的协同配合,辅以绿色金融支持、税收优惠等配套政策,构建了多维政策约束体系,进一步加速低碳技术扩散与产业升级,推动新能源、节能环保等战略性新兴产业的集群发展,驱动城市经济社会的系统性绿色转型。

基于上述理论分析,本文提出研究假设 1:

H1:碳市场试点政策对城市绿色转型具有显著促进作用。

2. “碳市场”试点政策推动城市绿色转型的作用机制

(1)绿色创新机制

“波特假说”认为合理的环境规制不但不会损害企业的竞争力,还会提高企业的绿色创新活动。作为环境规制的方式之一,“碳市场”推动企业绿色创新,并通过技术扩散促进产业链降本增效,最终形成区域间绿色经济生态,为城市绿色转型奠定了坚实基础。在环境规制的作用下,企业会主动寻求绿色创新从而通过提升能源使用效率^[35]、优化能源结构等方式^[36],成为推动城市绿色转型的重要力量。首先,“碳市场”通过将碳排放成本内部化,促使企业为降低排放费用而加大对低碳技术和节能技术的投入。这种创新提高了能源的利用效率,使企业在同等产量下消耗更少的能源资源,从而显著减少了工业过程中的碳排放。并且绿色创新还可以增加清洁能源的使用比例,随着更多企业将清洁能源融入生产过程,城市整体的能源结构得到优化。其次,绿色创新使绿色产品的生产成本逐渐降低,增强了绿色产品在市场中的竞争力,从而引领绿色消费趋势。这激励企业进一步扩大绿色产品供应,形成供需两端的良性互动。同时,绿色创新带来的成本下降和产品升级吸引了更多资本和技术投入绿色产业中,为城市构建绿色经济生态系统奠定了基础。

综上所述,本文提出假设 2:

H2:“碳市场”试点政策能够通过绿色创新推动城市的绿色转型。

(2)产业绿色化机制

“碳市场”对城市绿色转型的另一重要推动机制体现在产业绿色化上,尤其是在污染企业 and 非污染企业的相对规模变化方面。“碳市场”通过限制高污染行业的排放额度,并设置碳成本,促使污染企业在市场中缩小规模或退出市场,而低碳、清洁行业则逐渐扩展,从而实现城市产业结构的绿色转型。

“碳市场”通过对污染企业设定排放配额和交易价格,将排放量转化为企业的经济负担。这种内化成本的方式使得高污染企业在经营上面临更高的碳成本,不得不承担额外的合规费用,以购买排放配额或支付更高的排放成本。在这种压力下,污染企业的利润空间逐渐被压缩,市场竞争力下降,难以维持原有的市场份额,迫使高污染企业减少产能甚至逐步退出市场,从而导致污染企业在行业中的整体规模下降。随着高污染企业的市场占比减少,由于低碳行业和非污染企业在“碳市场”中的发展相对轻松,不必承担高额的碳排放成本,其市场竞争力得到增强,因此绿色、低碳行业在市场中的份额逐步上升,并逐渐形成绿色企业占主导的产业格局,这有助于优化城市的整体能源结构和产业结构。随着高污染行业逐渐被清洁行业取代,城市的就业结构也在向绿色化转型。绿色产业的发展不仅创造了更多绿色就业机会,还吸引了资本和技术的投入,形成绿色经济发展的新动能。城市的产业结构从依赖高污染、高耗能的传统模式,逐步转向低碳、清洁的现代产业体系,为城市绿色转型和可持续发展提供了长期支持。

基于此,本文提出假设 3:

H3:“碳市场”试点政策能够通过产业绿色化驱动城市绿色转型

(3)绿色金融机制

绿色转型要求金融部门和环保监管部门等共同发挥作用^[31]。具体言之,即持续推进企业污染

减排以促进经济绿色低碳转型,既需要健全和严格执行环境规制,也需要金融部门发挥资金支持和引导作用,从而提升企业污染治理能力^[37],最终实现城市的绿色转型。

“碳市场”使高污染企业面临额外的碳成本压力和财务风险,特别是在融资方面。由于高污染、高排放企业的环境风险和财务压力增加,金融机构对这类企业的融资意愿下降,甚至会提高其融资成本。这种融资难度的提升使高污染企业在经营和财务决策上更谨慎,并促使其考虑低碳转型。为了缓解财务压力,企业会主动寻求政府的绿色补贴,并在此后改变自身决策进行更多的绿色投资以完成自身的绿色转型从而适应外部环境的变化。在“碳市场”中,绿色投资行为不仅体现在污染企业努力降低碳排放成本,更体现在更多非污染企业将绿色投资视为提升市场竞争力和维护品牌形象的重要手段。这种在企业层面逐步加大的绿色投资进一步推动了清洁能源的广泛应用,增强了城市的绿色产业基础。

综上所述,本文提出假设 4:

H4:“碳市场”试点政策通过绿色金融助力城市整体的绿色转型。

三、研究设计

(一)模型设定

为更准确地捕捉碳市场启动后的政策效应,在借鉴相关学者研究的基础上,本文依据每个试点的具体启动年份设定处理年份,以反映不同试点地区碳市场对绿色转型的具体影响。同时,将除深圳市外的其他七个试点地区作为处理组,其他非试点地区(除西藏及港澳台地区外)作为控制组,构建以下多时点双重差分模型进行实证检验:

$$CGR_{it} = \alpha + \beta CBM_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中, CGR_{it} 为城市的绿色转型指数, α 为常数项; CBM_{it} 为解释变量,如果 i 市 t 年处于“碳市场”试点政策范围内的城市,则 $CBM_{it} = 1$,否则 $CBM_{it} = 0$ 。其中, β 是本文重点关注的系数,用于衡量“碳市场”试点政策对城市绿色转型的作用效果; X_{it} 为控制变量,具体包含当地的经济水平、城市化水平、城市产业结构、政府收入水平、固定资产投资和城市绿化水平。 $\mu_i, \lambda_t, \epsilon_{it}$ 分别表示城市固定效应、年份固定效应以及随机误差项。

(二)变量说明

1. 被解释变量

城市转型绩效涵盖了能源供给侧、需求侧低碳发展与碳吸收三端的转型情况。根据 2024 年《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》的文件精神,并参考 Shen et al (2023)关于低碳与绿色转型的度量方式以及世界经济论坛(World Economic Forum)在其能源转型工作报告(Fostering Effective Energy Transition,2024)中所提出的能源转型框架。将报告中所提出的 ESP 指数作为城市绿色转型(CGR)的代理指标,其原因在于 ESP 指数涵盖了城市的能源结构、碳排放以及污染物排放等各个方面,并且进一步从城市的能源结构、城市的发电结构、城市的人均能耗量、城市的能耗强度、城市的碳强度、城市的人均碳排放量以及城市的 PM2.5 浓度等七个方面进行度量(见表 1)。

表 1 ESP 指标计算方法

总指标	一级指标	二级指标
ESP	能源系统结构(50%)	能源结构(25%)
		发电结构(25%)
		能源强度(25%)
		能耗总量(25%)
	环境可持续性(50%)	碳强度(33%)
		人均碳排放(33%)
		PM2.5(33%)

2. 解释变量

在本文的多期 DID 模型中, CBM_{it} 虚拟变量通过地区虚拟变量与时间虚拟变量的交互项来构建,具体来说,不同试点地区的虚拟变量取值如下:对于北京市、天津市、上海市和广东省这几个地区内的城市,其 CBM_{it} 在 2013 年之前为 0,在 2013 年之后为 1(深圳市隶属广东省,故不单独考虑);对于湖北省内的城市和重庆市,其 CBM_{it} 在 2014 年之前为 0,在 2014 年之后为 1;对于四川省和福建省内的城市,其 CBM_{it} 在 2016 年之前为 0,在 2016 年之后为 1。类似的,所有非试点地区的城市,其 CBM_{it} 始终为 0。如果“碳市场”试点政策可以促进城市的绿色转型,则 β 显著为正。

3. 控制变量

借鉴许文立和孙磊^[36],江深哲等^[38]的研究,本文选取了一系列可能影响城市绿色转型的控制变量。主要包括(1)经济发展(PGDP),以城市 GDP 总量除以总人口数表示;(2)城市化(URB),以城镇人口占总人口的比例表示;(3)产业结构(IND),以第二产业增加值占 GDP 总值的比例表示;(4)外商投资水平(FDI),以外商直接投资额表示;(5)财政收入水平(FREV),以地方财政收入占 GDP 的比例表示;(6)固定投资水平(FINV),以人均固定资产投资金额表示;(7)绿化程度(PGREEN),以城市绿地覆盖率(绿化面积占城市总面积的比例)表示。

(三)数据来源与描述性统计

本研究基于 2009—2019 年中国 275 个城市的宏观面板数据进行实证分析,因西藏及港澳台地区的城市层面数据缺失较为严重,故未纳入研究范围。本文核心变量 CGR 采用 ESP 指数进行衡量^[39]。为减少变量尺度差异对估计结果的影响,并提升变量间关系的线性稳定性,除以比例表示的变量外,其余控制变量均取对数处理。在机制检验部分,企业层面数据来源于上市公司数据库,其他宏观数据主要来自 CSMAR 数据库、《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及各城市统计年鉴,碳排放权交易试点城市名单由作者依据政府官方网站资料整理。企业层面数据处理方面,本研究剔除了非正常交易的上市公司(包括 ST、ST* 及 PT 类企业),以及存在关键数据缺失的样本,以确保数据质量与研究的可靠性,具体统计结果详见表 2。

表 2 主要变量统计性描述

变量名称	变量符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
城市绿色转型	CGR	3025	51.375	17.529	6.213	91.14
碳市场	CBM	3025	0.115	0.3191	0	1
经济发展	PGDP	3025	2.359	0.0592	1.524	2.569

变量名称	变量符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
城市化水平	URB	3025	0.5442	0.09557	0.2989	0.896
产业结构	IND	3025	3.838	0.274	2.276	4.465
外商投资水平	FDI	3025	2.541	2.112	-7.395	16.387
财政收入水平	FREV	3025	13.839	1.099	10.471	18.087
固定资产投资水平	FINV	3025	6.944	0.976	-1.522	9.894
绿化程度	PGREEN	3025	3.783	1.173	0.516	9.451

四、实证结果分析

(一)基准回归结果

本文根据式(1)运用 Stata17 软件对面板数据进行回归分析,回归结果如表 3 所示。其中,第(1)列在未加入控制变量的情况下,政策变量 CBM 对城市绿色转型进程(CGR)的回归系数为 3.033,并在 10%的显著性水平上显著;当引入城市层面的控制变量后,第(2)列中 CBM 的回归系数上升至 3.403,且显著性提高至 1%水平。这表明“碳市场”试点政策对城市绿色转型具有显著的正向促进作用。同时,为了使结果更可信,本文还对 CGR 进行了对数化处理,回归结果如第(3)和(4)列所示。对数化后的绿色转型进程(lnCGR)在第(4)列中回归系数为 0.053,且在 1%的显著性水平下显著为正。表明“碳市场”试点对城市绿色转型的影响在对数化处理后依然显著,进一步确认了该政策对城市绿色转型的促进效果,假设 H1 得证。

表 3 基准回归结果

变量	(1) CGR	(2) CGR	(3) lnCGR	(4) lnCGR
CBM	3.033* (1.597)	3.403*** (1.034)	0.034 (0.032)	0.053*** (0.018)
控制变量	否	是	否	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R ²	0.931	0.939	0.914	0.921
观测值	3025	3025	3025	3025

注: *、* *、* * * 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

(二)稳健性检验

1. 平行趋势检验

满足 DID 模型估计的前提是符合平行趋势假定,即没有实施碳市场政策前,处理组和控制组的城市绿色转型应该存在相同的变化趋势。本文使用事件研究法进行平行趋势检验,具体模型设定如下:

$$CGR_{it} = \alpha + \sum_{n=-6}^6 \beta_n CBM_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

本研究构造的政策变量基于试点政策实施的相对年份设定。具体而言,若某城市属于试点省份且该年已进入政策实施期,则赋值为 1;而非试点省份的城市,该变量始终为 0。为保证估计的稳健性,本文将样本数据覆盖时间范围内的首年作为基准年,并以其回归系数作为对照,其他变量定

义与基准回归模型保持一致。

若政策实施前的各年份回归系数在统计上不显著且未显著偏离零,则说明平行趋势假设得到支持。在此基础上,本文进一步绘制了政策效应在 95% 置信区间下的动态影响图(如图 1 所示),以直观展现政策实施对城市绿色转型的影响的演化趋势。图 1 展示了事前 6 期以及事后 6 期的回归结果,很显然,在政策发生之前,处理组和控制组的绿色转型指数并没有显著的差距,在政策实施之后,尤其是政策实施五年之后,控制组和处理组的 CGR 有着显著的差距,证明处理组和控制组满足平行趋势假设。

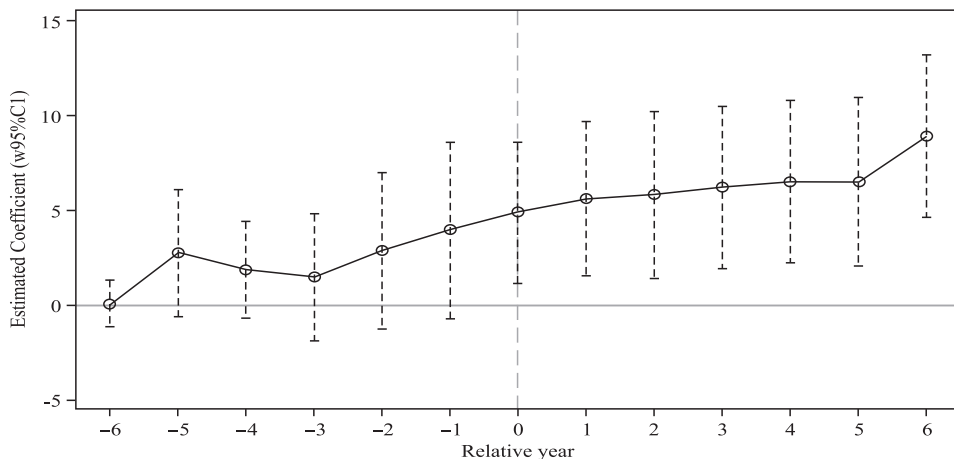


图 1 平行趋势检验

2. 异质性处理效应的稳健估计

Goodman—Bacon^[40]在其研究中首次揭示了双向固定效应(TWFE)模型中的估计量实际上是由四类子样本的 DID 估计量加权平均所得,并且指出,不同子样本之间的比较可能导致估计权重分布不均,进而影响 DID 估计的有效性和可解释性。因此,本文基于 Goodman—Bacon^[40]的研究思路,对基准回归结果进行培根分解,以验证其稳健性。表 4 汇报了培根分解的结果,处理组与从未处理组的差分结果对总体估计的影响权重最大,且政策效应与基准回归中的方向、显著性完全一致,而后处理组和先处理组的权重表示的坏的差分结果权重仅 2.99%,由此可见可能导致估计效应偏误的估计量在总体估计水平中的占比较低,基准回归估计结果依然稳健。

表 4 培根分解

变量	系数	权重
先处理组和后处理组	-2.194	0.0301
后处理组和先处理组	2.9438	0.0299
处理组和从未处理组	3.204	0.9398

3. 替换被解释变量

在进行稳健性检验时,为了提高研究结果的可信度,我们需要进一步验证 CGR(绿色转型)作为因变量的可靠性。CGR 的衡量指标为 ESP 指数,该指数综合考虑了能源使用、碳排放和污染物浓度三个方面。由于这三个维度在城市绿色转型过程中起到的作用可能存在差异,因此,本文将在稳健性检验中,分别对这三个维度进行单独回归分析。基于数据的可得性,通过分别检验能源、碳排放和污染物浓度这三个具体指标对 CGR 的影响,可以更加全面地验证“碳市场”试点对城市绿色

转型的实际作用,并提升结果的稳健性。

借鉴韩峰和谢锐^[41]的研究方法,构建地级市层面的能源使用指标,以进一步分析“碳市场”政策对能源结构优化及绿色转型的影响。能源结构指标(ES)由煤炭消耗占比来衡量;碳排放方面,本文主要以城市人均碳排放总量(CO₂)以及碳强度(CI)来衡量;污染物排放方面,本文选择以城市年度平均PM2.5浓度来衡量,数据来自加拿大达尔豪斯大学大气成分分析组。替换被解释变量后的稳健性检验的回归结果如表5所示,在所有回归中,碳排放权交易试点(CBM)的系数均在统计上显著,且符合预期方向。稳健性检验结果进一步支持了“碳市场”试点在推动城市绿色转型方面的有效性。

表5 替换被解释变量回归结果

变量	(1) ES	(2) CO ₂	(3) CI	(4) PM2.5
CBM	-0.0257*** (0.005)	-0.0327** (0.013)	-0.1136*** (0.036)	-0.0737*** (0.0213)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R ²	0.914	0.988	0.935	0.964
观测值	3025	3025	3014	3025

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

4. 替换模型—PSM—DID

考虑到区域发展环境的复杂性以及城市系统演化过程中可能存在的异质性,研究样本的选择可能无法完全控制某些难以观测的潜在因素,从而引发样本选择偏误。为降低数据内生性问题,并减少基准双重差分法(DID)可能带来的估计偏差,本文借鉴 Heckman 等^[42]提出的倾向得分匹配—双重差分(PSM—DID)方法,对样本进行重新筛选与匹配,以增强估计的稳健性。在具体操作上,本文选取经济发展水平、对外开放程度、产业结构、绿化条件及城市化进程等关键变量,计算各城市的倾向得分,并采用最近邻匹配与半径匹配的方法,将特征相似的城市进行匹配,从而减少不同城市在碳排放方面的系统性差异。表6展示了PSM—DID回归估计结果。可以发现,核心解释变量的估计系数依然在1%的水平上显著。证明本文回归结果的稳健性。

表6 PSM—DID 回归结果

变量	最近邻匹配	半径匹配
CBM	2.291*** (0.741)	3.08*** (1.063)
控制变量	是	是
城市固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
R ²	0.957	0.957
观测值	2018	580

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

5. 排除同期政策干扰

为了实现“双碳”目标,加快绿色转型进程,国家层面还出台了一系列其他的政策。这些政策也

可能对本文所研究的政策效果产生干扰。除了“碳市场”试点政策以外,“低碳城市”试点政策、“大气十条”以及“新能源城市”试点政策都有可能对城市的绿色转型产生影响,进而影响估计结果的可靠性。因此本文选择将上述政策作为控制变量纳入基准回归,再次观察基准回归的系数以及显著程度,以此控制其他政策的干扰。表7中的回归结果显示,在控制了同期政策的干扰之后,回归的结果依然显著且与基准回归方向一致,说明“碳市场”的政策效果并没有因为同期政策的干扰而出现过大偏差。基准回归结果依然稳健。

表7 剔除同期政策干扰回归结果

变量	(1) CGR	(2) CGR	(3) CGR
CBM	3.461*** (1.017)	3.395*** (1.018)	3.560** (1.339)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
低碳城市	Y	N	N
新能源城市	N	Y	N
大气十条	N	N	Y
R ²	0.940	0.940	0.940
观测值	3025	3025	3025

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

(四)异质性分析

由于城市自身条件不同,“碳市场”试点政策对城市绿色转型的驱动效应的政策效果存在异质性特征。区域间资源禀赋结构的差异将系统性地调节碳定价的边际减排成本,而地方政府的关注度则通过改变政策执行刚性影响当地绿色转型的进度。因此,本文将从政府环境关注度和区域的自然禀赋两个方面,对“碳市场”试点政策的作用效果进行异质性分析。

1. 政府环境关注度异质性

参考陈诗一和陈登科^[43]的研究方法,本文借助 Python 软件对市级政府工作报告文本进行分词处理,统计每份报告中与环境相关的关键词(如“减污”“降碳”“环保”“能源”等)的词频,以此构建衡量地方政府环境关注度的代理变量。进一步地,参考许文立和孙磊^[36]的做法,本文对各城市在样本期内的词频数据取平均值,并依据该指标将样本划分为高政府关注度组与低政府关注度组:高于全样本平均值者划入高关注组,否则划入低关注组。回归结果如表8中的列(1)与列(2)所示。结果显示,在政府绿色议题关注度较高的城市中,碳市场政策对城市绿色转型的估计系数为正,但统计不显著,表明尽管政策方向一致,但由于地方政府在此类地区可能已通过行政命令、财政补贴、产业规划等方式主动推进绿色转型,碳市场作为补充机制的边际推动效应受到一定抑制,出现“政策拥挤”或“治理替代”现象。相较之下,在政府关注度较低的城市中,碳市场政策的估计系数不仅显著为正,且效应强度高于基准回归结果,说明在政府干预不足或行政驱动较弱的背景下,碳市场机制反而更能有效发挥其市场约束和资源配置功能,对推动城市绿色转型产生了更强的政策激励作用。这一发现凸显了碳市场在不同治理环境中的差异化表现,并强调其在治理能力相对薄弱地区的潜在制度替代价值。

2. 自然资源禀赋异质性

可再生能源不仅是维护气候安全、能源安全和生态环境安全的核心要素,也是推动区域绿色转型的重要驱动力。可再生能源的资源禀赋及其空间分布格局,直接影响地区在规模化开发、经济可行性以及低成本利用方面的能力,进而塑造能源替代和低碳转型的路径。故本文借鉴许文立和孙磊^[36]的研究方法,构建可再生能源丰裕度指数。该指数综合衡量水力资源理论蕴藏量、陆地 70 米高度风能资源储量、太阳能资源分布以及生物质资源储量^①,指数值越高表示可再生能源越充足,指数值越低则表明资源较为有限。依据指数值的排序,本文将样本地区划分为可再生能源丰裕组(前 50%)和可再生能源贫乏组(后 50%),以深入考察可再生能源禀赋对碳市场政策效应的影响。

表 8 异质性检验结果

变量	(1) 高政府关注度	(2) 低政府关注度	(3) 资源丰富	(4) 资源匮乏
CBM	1.922 (1.392)	4.990*** (1.043)	4.184** (1.531)	2.967*** (0.858)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R ²	0.937	0.931	0.936	0.945
观测值	1463	1562	1551	1474

注: *、* *、* * * 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

表 8 的列(3)和列(4)结果显示,“碳市场”试点政策在可再生能源丰富组和匮乏组对城市绿色转型进程均有显著促进作用,但影响程度存在差异。在可再生资源丰富组中,CBM 系数为 4.184,且在 5%水平上显著,而在可再生资源匮乏组中,CBM 系数为 2.967,且在 1%水平显著,尽管政策效应显著,但影响相对较弱。可能的原因在于:可再生资源丰富地区依托能源禀赋优势,政策更易撬动市场潜力,形成技术、资本与产业的良性循环,进而形成规模效应;而可再生资源匮乏地区因能源结构相对固化,转型需突破传统路径依赖,尽管政策有效,但受限于资源约束和技术转换成本,边际效应相对减弱。

五、机制检验

前文理论分析部分指出,“碳市场”试点政策促进城市绿色转型的机制主要表现为:绿色创新、产业结构绿色化以及绿色金融等三种作用渠道。因此,本文将按照理论分析的逻辑,并且分别从宏观的城市层面以及微观的企业层面分别考察“碳市场”试点政策如何促进城市的绿色转型。参考江艇^[44]等的研究思路,机制检验模型跟式(1)基本保持一致,其中,将被解释变量替换为机制变量。同时,企业层面的控制变量包括企业规模(Size)、托宾 Q 值(TobinQ)、账面市值比(BM)、第一大股东持股占比(Top1)、总资产净利润率(ROA)以及企业年龄(FirmAge)。

(一)绿色创新机制

根据前文的理论分析,“碳市场”可以通过绿色创新机制推动城市绿色转型。“碳市场”所带来的成本内部化、市场竞争加速技术扩散、研发投入增加、跨行业合作等因素都可以驱动绿色创新。

① 数据来源于国家可再生能源中心的《可再生能源数据手册 2015》。

城市层面,参考王馨和王营^[45]的方法,将城市当年绿色专利的申请总数量(GP)作为城市绿色创新的代理变量。企业层面,企业的创新能力与效率分别由企业当年的绿色专利申请数量(EGP)与绿色专利的研发效率(GPE)衡量。其中,绿色专利的研发效率测算方法借鉴曹霞和于娟^[46]的变量选取标准,以企业的研发人员数量和研发经费支出作为投入要素,并将企业绿色专利的申请数量和授权数量作为产出指标。本文采用SBM-DEA模型进行计算,以综合评估企业在绿色创新活动中的研发效率。相关数据来源于CSMAR和CNRDS数据库。表9结果显示,“碳市场”试点政策从宏观层面显著促进了整个城市的绿色创新规模。在微观企业层面,试点政策不仅显著提升了企业的绿色创新数量,还显著促进了企业的绿色研发效率。说明绿色创新可以通过扩散效应和产业链联动,优化城市的能源使用、降低碳排放强度并且减少污染物浓度,从而对城市的绿色转型产生了显著的推动作用。综上所述,假设H2得证。

表9 绿色创新机制检验结果

变量	(1) GP	(2) EGP	(3) GPE
CBM	0.17*** (0.057)	2.139** (1.019)	0.0096*** (0.0036)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
R ²	0.949	0.751	0.676
观测值	3025	12738	11272

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

(二)产业绿色化机制

结合前文理论分析,将绿色企业数量和污染企业规模作为关键的代理变量,从污染企业规模变化和绿色企业的发展两个方面,探讨绿色产业如何通过资源配置优化和市场调节作用,推动绿色转型的实现。从而验证产业绿色化机制对城市绿色转型的推动效果。

1. 污染企业规模渠道

污染企业的规模变化直接反映了传统高污染、高能耗行业在经济中的地位。本文以企业规模(企业的账面市值B为代理变量)为关键指标,通过DDD模型分析“碳市场”试点政策对污染企业规模变化的影响。污染企业的识别如下:本文依据环保部于2008年发布的《上市企业环境核查分类管理名录》(环办函[2008]373号)中界定的14个高污染行业,并将其与证监会2012年发布的《上市公司行业分类指引》进行匹配,以确定重污染行业的上市公司范围。在此基础上,构建重污染行业的二分类变量Pol,若企业所属行业被认定为重污染行业,则Pol取值为1;反之,则设为0。表10展示了“碳市场”试点对污染企业规模的影响,分别从污染企业规模占比(PMVR)、试点地区企业规模(MV)以及试点地区污染企业规模(PMV)三个层面进行了回归分析。表10的估计结果显示,“碳市场”试点对污染企业规模的约束效应显著,且在不同层面表现出差异化影响。第(1)列和第(3)列的回归结果表明,“碳市场”试点显著减少了污染企业在城市经济中的规模占比并且显著减少了试点地区污染企业的规模。而第(2)列不显著则表示“碳市场”试点政策的作用在于限制污染企业规模的扩张,而非全面压缩区域内企业的经济活动。

2. 绿色企业的发展渠道

“碳市场”作为一种环境规制手段,可以通过限制污染企业的发展,促进绿色产业发展来推动产业的绿色化。本文涉及的绿色企业(GI)包括节能产业、绿色基础设施(GII)以及绿色服务业(GSI)等一系列具有显著环保效益的产业。数据来自中国公共政策和绿色发展研究数据库(CPPGD)以及 CSMAR 数据库。为避免共线性的影响,在对试点地区绿色企业数量进行回归分析时,在控制变量中剔除了城市层面的产业结构变量。根据表 10 的第(4)列至第(6)列可以看出,在“碳市场”试点政策的推动下,试点地区绿色企业的数量相较于非试点地区显著增加。并且在细分行业中,绿色服务型产业与绿色基础设施产业的增长尤为显著。这一结果表明,“碳市场”试点政策在促进绿色产业发展方面发挥了重要作用。

表 10 产业绿色化机制检验结果

变量	污染企业规模			绿色企业发展		
	(1) PMVR	(2) MV	(3) PMV	(4) GI	(5) GII	(6) GSI
CBM	-0.039** (0.018)	-0.171 (0.383)	0.127*** (0.033)	0.758* (0.457)	0.338** (0.148)	0.336** (0.157)
CBM * Pol			-0.139*** (0.0297)			
Pol			-0.065 (0.103)			
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
R ²	0.936	0.947	0.943	0.881	0.885	0.852
观测值	2244	2244	10351	3025	3025	3025

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著,括号内数值是聚类标准误

综上所述,“碳市场”试点政策通过限制污染企业规模、促进绿色企业扩张,成功实现了污染企业向绿色企业的资源转移,为城市绿色转型提供了有力支撑。综上,假设 H3 得到验证。

(三)绿色金融机制

绿色金融机制是推动城市绿色转型的重要渠道。结合前文理论分析,本文从污染企业的融资情况、政府绿色补贴以及企业绿色投资三个方面进行分析,估计结果如表 11 所示。通过实证回归,我们可以更清晰地了解“碳市场”政策在资金流向和企业行为调整中的作用,从而验证绿色金融机制对城市绿色转型的推动效果。

1. 污染企业的融资渠道

在市场融资方面,当企业污染排放较多时,企业尤其重污染企业会面临更高的融资门槛和成本^[47-48]。在财务困境的回归中,本文选择以上市公司的违约距离,即由 Merton 模型所计算得到的 Merton DD 指数作为财务困境的代理指标^[49]。Merton 指数越大,则该企业面临的财务违约风险越低。在本文中,如果企业的 Merton 指数越小,则说明该企业在金融市场上面临更差的融资情况。根据表 11 第(1)列和第(2)列的回归结果显示,试点政策对全样本和污染企业的 Merton 指数均产生了显著的负向影响,表明试点地区面临更高的债务风险和更差的融资条件。这一结果表明,“碳市场”试点政策的主要影响仍然集中于高污染行业,而非污染企业虽可能受到区域性或链条性影

响,但其程度较弱且未对整体融资情况产生显著扰动。

表 11 绿色金融机制检验结果

变量	企业融资		企业绿色补助		企业绿色投资	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	DD	DD	GS	GS	GI	GI
CBM	-0.727** (0.316)	-1.061** (0.453)	0.646** (0.268)	1.260** (0.520)	0.700* (0.381)	1.324** (0.622)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本范围	全样本	污染企业	全样本	污染企业	全样本	污染企业
R ²	0.437	0.501	0.491	0.499	0.902	0.882
观测值	11341	4037	11880	4158	11429	4444

注: *、* *、* * * 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著、括号内数值是聚类标准误。受篇幅影响,本表未报告非污染企业组,根据估计结果显示,在非污染企业组,企业融资、企业绿色补助、企业绿色投资三种渠道中的 CBM 的系数均不显著,这表明政策效应主要集中在污染企业,而不是非污染企业

2. 政府绿色补贴渠道

政府的绿色补贴作为外部支持,为企业的绿色技术研发和低碳项目建设提供了关键的资金保障。表 11 第(3)列和第(4)列回归结果表明,“碳市场”试点政策显著提升了试点地区企业获得绿色补贴。对于整体样本,政策变量 CBM 的系数为 0.646,在 5% 的显著性水平下显著,说明“碳市场”政策通过政府补贴的形式有效支持了试点地区企业的绿色转型。在污染企业组中,CBM 的系数为 1.260,同样在 5% 的水平下显著,表明相对于非污染企业,污染企业在政策约束和排放压力下,能够获得更多的政府补贴支持,用于技术改造和低碳化转型。

3. 企业绿色投资渠道

绿色投资作为衡量绿色金融政策成效的重要指标,对于评估企业环境治理与可持续发展能力具有关键作用。结合绿色投资的概念,本文参考张琦等^[50]的方法,从上市公司年报的在建工程科目中筛选与环境保护直接相关的支出以测算企业年度绿色投资总额。表 11 第(5)列和第(6)列中的回归结果显示,对于整体样本,政策变量 CBM 的系数为显著为正,表明“碳市场”政策整体上对绿色投资具有显著的促进作用。在污染企业组中,回归系数为 1.324,且显著,表明试点政策效应对污染企业的影响效果更大。这证明了污染企业因面临更高的排放约束和融资成本,更倾向于通过绿色投资来优化生产模式、降低排放成本和增强市场竞争力。

综合本节所有回归的结果,绿色金融机制通过融资约束、投资激励和财政扶持的协同作用,不仅推动了资源配置的绿色化,也加速了高污染行业的转型升级,为试点地区的经济结构优化和城市绿色转型提供了关键动力。这一机制的精准性和差异化特征,强化了政策对企业行为的引导,推动城市的绿色转型发展。综上所述,假设 H4 得证。

六、结论与政策建议

(一)研究结论

当今经济的快速发展使资源消耗与环境污染问题日益严峻,如何推动绿色转型成为社会关注的核心议题。本文基于“碳市场”试点政策这一准自然实验,利用 2009—2019 年城市层面数据,系

统考察其对城市绿色转型的影响。研究发现,“碳市场”试点政策显著促进了试点城市的绿色转型,提升了能源效率,增加了清洁能源使用比例,降低碳排放强度,并抑制污染物排放,使城市整体绿色转型指数持续增长。异质性分析显示,该政策在可再生资源禀赋较高、政府环境关注度较低的地区作用更显著,政策效果更明显。进一步的机制分析表明,“碳市场”通过三条路径推动绿色转型:一是绿色创新机制,政策内化碳排放成本,激励企业加大绿色技术研发力度;二是产业绿色化机制,抑制高污染企业扩张,推动低碳行业发展,优化产业结构;三是绿色金融机制,提高污染企业融资约束,强化政府对绿色产业的资金支持,助力绿色转型。总体而言,“碳市场”政策以市场化手段促进低碳发展,为全球气候治理提供了中国经验,并为优化全国碳市场、制定差异化区域政策和完善绿色金融体系提供了实践依据和政策启示。

(二)政策建议

基于上述研究结论,本文的政策启示如下:

第一,完善“碳市场”制度建设,强化市场激励作用。进一步推进“碳市场”的制度化和规范化建设,逐步确立市场机制在碳减排领域的主导地位。在现有“碳市场”框架下,完善碳排放数据的统计、核查和报送机制,健全交易规则和监督体系,增强市场透明度。鼓励“碳市场”产品创新,提高市场参与主体的多样性和交易工具的丰富度。此外,在推动企业履约的同时,注重通过市场交易降低减排成本,实现减排目标与经济效率的统一。

第二,构建协同推进机制,多方位推动能源转型。推动能源结构转型需要从供给侧和需求侧双向发力。重点加强能源供给侧的改革,优化产业结构,促进绿色技术创新和绿色金融发展。同时,应加强政策协同效应,将碳排放权交易政策与环境政策、财政政策、金融政策有效衔接。多措并举,推动生产端的清洁低碳发展和消费端的低碳生活方式转变,例如倡导绿色出行、低碳消费,完善公众参与机制,提升社会各主体的环保意识和行动力。

第三,聚焦重点地区和重点行业,精准施策推进绿色转型。针对工业化水平高、碳排放量大的地区和企业,应采取针对性政策,引导其加快绿色转型升级。强化绿色技术研发支持,鼓励企业深化产品绿色设计理念,推动装备智能化和产业生态化发展。同时,依托区域内的可再生能源资源禀赋,优化资源配置,推动风能、太阳能、生物质能等可再生能源的开发与利用,并提升能源储能技术和跨区域输电技术水平。充分吸收试点城市成功经验并扩大政策实施范围,加快碳市场升级扩容。通过制定因地制宜的“双碳”路线图,确保不同地区在实现“双碳”目标的过程中优势互补、协同推进。

第四,平衡政府与市场作用,构建稳定高效的政策体系。在“碳市场”建设中,科学界定政府与市场的角色边界,充分发挥市场机制的价格发现功能,同时确保政府在制度建设、监督管理和资源调配方面的积极作用。政府应完善法律法规和监管体系,加强对“碳市场”的监控,防范市场失灵和价格失衡问题。在初期阶段,适当运用行政干预手段确保“碳市场”的有序运行,但在市场机制逐步完善后,应将更多资源配置权交还市场,引导企业基于成本效益原则参与碳交易,实现经济效益与环境效益的双赢。

[参 考 文 献]

- [1] 张赞懿,苏彤,王思泉,等.行稳方能致远:中国煤炭市场运行特征与价格政策评估[J].管理世界,2025,41(02):101—119.

- [2] 董直庆,王辉.市场型环境规制政策有效性检验——来自碳排放权交易政策视角的经验证据[J].统计研究,2021,38(10):48—61.
- [3] Zhu J M, Fan Y C, Deng X H, et al. Low-carbon innovation induced by emissions trading in China[J]. Nature Communications, 2019,10:4088.
- [4] 胡珺,黄楠,沈洪涛.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].金融研究,2020(01):171—189.
- [5] 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].数量经济技术经济研究,2023,40(03):28—49.
- [6] 史丹,李鹏.中国工业70年发展质量演进及其现状评价[J].中国工业经济,2019,09:5—23.
- [7] 万攀兵,杨冕,陈林.环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型——基于技术改造的视角[J].中国工业经济,2021,09:118—136.
- [8] 章政,郭雨蕙,吴瀚然.环境规制的水污染减排效应研究——来自水污染物排放标准提升的微观证据[J].改革,2023(10):113—129.
- [9] 孙晓华,张竣楠,李佳璇.市场型环境规制与制造企业转型升级——来自“排污权交易”的微观证据[J].数量经济技术经济研究,2024,41(01):90—109.
- [10] 李雪松,杨泉,周敏.市场型环境规制、碳减排与企业环境绩效:来自中国碳市场的证据[J].中国软科学,2024(08):200—210.
- [11] Zhang D, Rausch S, Karplus V J. Quantifying regional economic impacts of CO₂ intensity targets in China [J]. Energy Economics, 2013,40:687—701.
- [12] Cheng B, Dai H, Wang P. Impacts of low-carbon power policy on carbon mitigation in Guangdong Province, China[J]. Energy Policy, 2016,88:515—527.
- [13] 吴茵茵,齐杰,鲜琴,等.中国碳市场的碳减排效应研究——基于市场机制与行政干预的协同作用视角[J].中国工业经济,2021(08):114—132.
- [14] 崔学刚,毕煜晗,姜鑫,等.碳排放权交易制度的“微观双赢效应”及其机制分析[J/OL].南开管理评论,1—27[2025-03-30].
- [15] Porter M, Linde C van der. Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship [J]. Journal of Economic Perspectives, 1995,9(4):97—118.
- [16] 谭静,张建华.碳交易机制倒逼产业结构升级了吗?——基于合成控制法的分析[J].经济与管理研究,2018,39(12):104—119.
- [17] 高云虹,王文铎.低碳城市建设能否提升城市绿色经济效率? [J].江南大学学报(人文社会科学版),2023,22(04):74—89.
- [18] Hu Y. C., Ren S. G., Wang Y. J., Chen X. H. Can Carbon Emission Trading Scheme Achieve Energy Conservation and Emission Reduction? Evidence from the Industrial Sector in China[J]. Energy Economics, 2020,85,104590.
- [19] 贾智杰,林伯强,温师燕.碳排放权交易试点与全要素生产率——兼论波特假说、技术溢出与污染天堂[J].经济学动态,2023(03):66—86.
- [20] 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,2023,58(04):77—94.
- [21] Yang X Y, Jiang P, Pan Y. Does China's carbon emission trading policy have an employment double dividend and a Porter effect[J]. Energy Policy, 2020,142:111492.
- [22] Zhang G L, Zhang N. The effect of China's pilot carbon emissions trading schemes on poverty alleviation: a quasi-natural experiment approach[J]. Journal of Environmental Management, 2020,271:110973.
- [23] Yu F, Xiao D, Chang M S. The impact of carbon emission trading schemes on urban-rural income inequality in China: a multi-period difference-in-differences method[J]. Energy Policy, 2021,159:112652.
- [24] Hong Q Q, Cui L H, Hong P H. The impact of carbon emissions trading on energy efficiency: evidence from quasi-experiment in China's carbon emissions trading pilot[J]. Energy Economics, 2022,110:106025.

- [25] 周畅,蔡海静,刘梅娟.碳排放权交易的微观企业财务效果——基于“波特假说”的PSM-DID检验[J].财经论丛,2020(03):68-77.
- [26] 张涛,吴梦萱,周立宏.碳排放权交易是否促进企业投资效率?——基于碳排放权交易试点的准实验[J].浙江社会科学,2022(01):39-47,157.
- [27] Liu, L., Liu, L., Liu, K., & Jiménez-Zarco, A. I. Climate policy and corporate green transformation: Empirical evidence from carbon emission trading[J]. Research in International Business and Finance, 2025,74,102675.
- [28] 刘金科,刘霁萱,晁颖.绿色信贷与低碳转型:资本整合还是技术创新?——来自准自然实验的证据[J].数量经济技术经济研究,2024,41(06):151-171.
- [29] 高华川,王划璞,董珍.智能驱动与企业绿色创新——基于国家人工智能试验区的准自然实验[J].江南大学学报(人文社会科学版),2024,23(06):55-69.
- [30] 曹裕,李想,胡韩莉,等.数字化如何推动制造企业绿色转型?——资源编排理论视角下的探索性案例研究[J].管理世界,2023,39(03):96-112+126+113.
- [31] 张建鹏,陈诗一.金融发展、环境规制与经济绿色转型[J].财经研究,2021,47(11):78-93.
- [32] 胡洁,于宪荣,韩一鸣.ESG评级能否促进企业绿色转型?——基于多时点双重差分法的验证[J].数量经济技术经济研究,2023,40(07):90-111.
- [33] 王明喜,罗昊.创新视角下碳市场推动经济体绿色转型的微观机理[J].中国人口·资源与环境,2024,34(09):10-21.
- [34] 杨松令,吕紫薇,刘亭立.碳交易能促进工业企业绿色转型吗?[J].产业经济研究,2023(03):44-56.
- [35] 史丹,李少林.排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证[J].中国工业经济,2020(09):5-23.
- [36] 许文立,孙磊.市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据[J].数量经济技术经济研究,2023,40(07):133-155.
- [37] 陈诗一,张建鹏,刘朝良.环境规制、融资约束与企业污染减排——来自排污费标准调整的证据[J].金融研究,2021(09):51-71.
- [38] 江深哲,杜浩锋,徐铭桢.“双碳”目标下能源与产业双重结构转型[J].数量经济技术经济研究,2024,41(02):109-130.
- [39] Shen Y, Shi X, Zhao Z, Sun Y, Shan Y. Measuring the low-carbon energy transition in Chinese cities[J]. iScience, 2023.
- [40] Goodman-Bacon A. Difference-in-differences with variation in treatment timing[J]. Journal of Econometrics, 2021,225(2):254-277.
- [41] 韩峰,谢锐.生产性服务业集聚降低碳排放了吗?——对我国地级及以上城市面板数据的空间计量分析[J].数量经济技术经济研究,2017,34(03):40-58.
- [42] Heckman J J, Ichimura H, Todd E P. Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a Job training programme[J]. Review of Economic Studies, 1997,65(4):605-654.
- [43] 陈诗一,陈登科.雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J].经济研究,2018,53(02):20-34.
- [44] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022(05):100-120.
- [45] 王馨,王营.绿色信贷政策增进绿色创新研究[J].管理世界,2021,37(06):173-188+11.
- [46] 曹霞,于娟.创新驱动视角下中国省域研发创新效率研究——基于投影寻踪和随机前沿的实证分析[J].科学学与科学技术管理,2015,36(04):124-132.
- [47] 蔡海静,汪祥耀,谭超.绿色信贷政策、企业新增银行借款与环保效应[J].会计研究,2019(03):88-95.
- [48] 苏冬蔚,连莉莉.绿色信贷是否影响重污染企业的投融资行为?[J].金融研究,2018(12):123-137.
- [49] Merton R C. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates[J]. The Journal of finance, 1974,29(2):449-470.
- [50] 张琦,郑瑶,孔东民.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(2012)》的准自然实验[J].经济研究,2019,54(06):183-198.

(责任编辑:闫卫平)

Research on the Impact of Carbon Trading on Urban Green Transformation: Evidence from China's Carbon Market Pilot Policy

YANG Mian¹, CHEN Yi-zhao¹, LI Qiang-yi²

(1. School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. School of Economics and Management, Guangxi Normal University, Guilin, 541006, China)

Abstract: As a key initiative for China to achieve its "dual carbon" goals, the "carbon market" represents a major institutional innovation to promote urban green transformation. Based on city-level panel data from 2009 to 2019 in China, this study employs a multi-period difference-in-differences (DID) model to analyze the effects of the "carbon market" pilot policy. The findings indicate that the policy significantly accelerates urban green transformation, a conclusion that remains robust after a series of tests, including alternative variable measurements and placebo tests. Mechanism analysis reveals that the policy drives green innovation, facilitating technological upgrading and industrial low-carbon transition, thereby improving energy efficiency and reducing carbon emissions. It also promotes the greening of industrial structures by shrinking high-pollution firms and expanding green enterprises, while leveraging green finance mechanisms to tighten financing constraints on polluting firms, steering them toward government support and green investments—collectively contributing to urban green transformation. Heterogeneity analysis shows that the cities with high government environment concern face slower progress, whereas those rich in renewable energy resources exhibit greater transformation potential. This study provides theoretical and practical insights for advancing carbon market development and achieving the "dual carbon" goals, offering important implications for optimizing regionally differentiated policy design.

Key words: Environmental regulation; Carbon market; Green transition; Difference-in-Differences model