

碳交易政策对城市绿色低碳转型的多维影响

——兼析市场机制和外部环境的调节作用

王 娇¹, 孙 慧¹, 廖振良²

(1. 新疆大学 a. 新疆创新管理研究中心; b. 经济与管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;

2. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要:碳交易政策旨在通过“有效市场”与“有为政府”的协同作用促进绿色低碳发展。从减污绩效、节能绩效、降碳绩效3个维度评价城市绿色低碳转型水平,采用2006—2020年我国282个城市的数据分析发现:碳交易试点产生了显著的减污、节能、降碳效应,有效推动了试点城市绿色低碳转型;碳交易政策通过促进绿色技术创新和提升能源利用效率推动城市绿色低碳转型;在市场机制层面,较高和较稳定的碳价格、较强的市场流动性、较重的违规惩罚有利于碳交易政策效应的发挥;在宏观经济层面,经济发展水平较高、工业化水平较低、数字金融水平较高地区碳交易政策的绿色低碳转型效应更强;在地方政府层面,政府经济调控能力的增强、市场干预程度的降低以及环境规制的减弱会强化碳交易政策的绿色低碳转型效应。应完善碳交易市场制度,建立碳价格稳定和预警机制以及有效的监督和奖惩机制,并扩大碳市场规模、增强碳市场流动性;应加快经济发展、改善产业结构、提高数字金融水平,在增强地方政府经济调控能力的同时把握好政府干预市场的度,以更有效地推动绿色低碳转型。

关键词:碳排放权;碳交易;碳价格;碳市场;减污;节能;降碳

中图分类号:F205;F123.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-8131(2025)03-0079-17

引用格式:王娇,孙慧,廖振良. 碳交易政策对城市绿色低碳转型的多维影响——兼析市场机制和外部环境的调节作用[J]. 西部论坛,2025,35(3):79-95.

WANG Jiao, SUN Hui, LIAO Zhen-liang. Multi-dimensional impact of carbon trading policy on urban green and low-carbon transformation: The regulatory role of market mechanism and external environment[J]. West Forum, 2025, 35(3): 79-95.

* 收稿日期:2024-12-10;修回日期:2025-04-11

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2022B01010-1);科技部重大科技项目暨第三次新疆综合科学考察课题级项目(SQ2021xjkk01800-5);国家社会科学基金重大项目(21&ZD133);新疆大学2024年优秀博士研究生创新项目(XJU2024BS021)

作者简介:王娇(1986),女,山西原平人;博士研究生,主要从事资源与环境经济研究。孙慧(1963),女,江苏泗阳人;教授,博士,博士生导师,主要从事资源配置与可持续发展研究。廖振良(1970),男,江西抚州人;教授,博士,博士生导师,主要从事环境系统工程、碳交易研究。

一、引言

随着生产力的快速提升,日益加剧的环境污染、资源消耗以及气候变化对人类社会可持续发展提出了严峻挑战,发展方式的转变成为必然。尽管广义的绿色转型包含了低碳转型,但绿色转型通常强调减少污染物排放和资源消耗,而二氧化碳并不属于环境污染物。因此,考虑到主要由碳排放导致的气候变化对人类社会生存和发展的威胁日趋严重,使用“绿色低碳转型”比“绿色转型”能更全面地反映人类为实现可持续发展而作出的积极努力。从学界的研究来看,早期的文献大多分别对绿色转型和低碳转型进行分析,近年来逐渐重视对绿色低碳转型的探讨。相关研究在对绿色低碳转型进行理论阐释的基础上,开始从宏观、中观和微观层面对影响绿色低碳转型的因素进行实证检验,比如数字金融发展对城市绿色低碳转型的影响(朱悦等,2022)^[1]、数字贸易对制造业绿色低碳转型的影响(王珊珊,2024)^[2]、政府绿色基金投资对企业绿色低碳转型的影响(李雪琴等,2025)^[3]等。

实现人与自然和谐共生的现代化必须健全生态环境治理体系和绿色低碳发展机制,驱动绿色低碳转型需要有相应的环境规制。推动绿色低碳发展要将市场机制与环境保护联系在一起(吕越等,2021)^[4],设计和实施有效的碳减排政策是促进绿色低碳转型的有效措施之一(陈诗一等,2022)^[5]。作为一种典型的市场激励型环境规制,碳排放权交易(简称碳交易)制度是以市场为基础的碳定价工具和碳配额交易机制(梅林海等,2023)^[6],其通过经济激励引导企业的生产投资决策进而实现碳减排目标,具有方式灵活、节省成本等优点,是促进绿色低碳发展的有效手段。我国从2013年开始进行碳交易试点,全国碳交易市场于2021年正式上线。碳交易政策的实施有利于充分发挥市场在碳排放权和金融资源配置中的决定性作用,能够通过碳交易市场形成有效价格信号,从而引导全社会的资源配置和碳减排路径选择(武汉大学国家发展战略研究院课题组,2023)^[7]。碳交易政策不仅能够产生以碳减排为代表的环境效应(林鹏昇等,2024)^[8],还能够带来促进技术创新(曹翔等,2023)^[9]、增加经济福利(张跃军等,2022)^[10]、推动经济高质量发展(岳童等,2024)^[11]、提升企业价值(林萍等,2023)^[12]等多方面的经济效应。在环境效应方面,近期文献关注到了碳交易政策的双重效应,如减污降碳(王娇等,2024)^[13]、减排增效(崔学刚等,2025)^[14]、节能降碳(何琨玟等,2025)^[15]等。也有研究采用绿色全要素生产率(梁军等,2023)^[16]、环境绩效(李荣华等,2024)^[17]、碳绩效(王珮等,2023)^[18]、绿色治理绩效(张娆等,2022)^[19]等指标来考察碳交易政策的环境效应。

碳交易是基于市场上的碳价格信号实现的,因而碳交易政策的有效性依赖于碳交易的市场机制能否以及在多大程度上发挥作用(吴茵茵等,2021)^[20]。同时,我国碳交易政策的实施采取了从试点探索到经验推广的方式,各试点地区根据实际情况设计了不同的市场交易制度。基于此,碳交易的市场机制成为相关研究讨论的重点之一。从市场制度设计来看,碳配额的分配方式和核算方式是影响碳交易的关键因素。胡珺等(2023)^[21]分析认为,碳配额分配和核算方式等对碳交易的减排激励效果具有重要影响;曹翔和苏馨儿(2023)^[9]研究发现,在免费配发配额、碳价格较高的地区,碳交易政策促进碳中和技术创新的效应更强。此外,各碳交易试点市场还制定了不同的碳价格稳定机制。Mo等(2023)^[22]研究表明,具有明确价格走廊的碳价格稳定机制能更有效地促进企业全要素生产率提高。从市场运行状态来看,流动性的不足使碳交易市场的运行效率下降,进而导致市场机制失效(Montero,1998)^[23]。胡珺等(2020)^[23]研究发现,流动性较高的碳交易市场对企业技术创新的推动作用更明显。当然,也有研究认为碳交易市场机制的有效性不足。吴茵茵等(2021)^[20]、赵帅和何爱平(2023)^[25]研究发现,碳价格可能处于失灵状态,碳交易的市场机制对碳减排的影响有限,需要通过行政干预与市场机制的协同作用才能

强化减排效应;苏涛永等(2022)^[26]研究表明,碳交易的市场机制在碳交易政策与企业绿色转型之间没有发挥有效作用,碳交易政策的减排效应主要通过非市场机制实现。

总体来看,已有文献对碳交易政策的环境效应进行了较多研究,且大都提供了积极的经验证据,但碳交易政策影响城市(地区)绿色低碳转型的作用机制仍有待进一步的探究。一方面,对于城市绿色低碳转型水平的评价方法有待改进。在相关实证研究中,有的文献忽视了绿色低碳转型的多维性,采用绿色全要素生产率(朱悦等,2022)^[1]等单指标来衡量城市绿色低碳转型水平;有的文献虽然采用多指标对绿色低碳转型进行了多维评价,但最终得到的是一个综合评价指数(陈阳等,2025)^[27],仍然没有进一步分析碳交易政策能否同时产生节能、增效、减污、降碳等多维效应。另一方面,对于如何更有效地发挥碳交易政策推动城市绿色低碳转型的积极作用,现有文献尚未进行系统探讨。尽管有文献对碳交易的市场机制进行了讨论,但系统性不足,同时鲜有文献考察外部环境对碳交易政策效应的影响。有鉴于此,本文在已有研究的基础上,对城市绿色低碳转型进行减污绩效、节能绩效、降碳绩效三维分解和评价,进而分别检验碳交易政策的减污效应、节能效应、降碳效应,同时进一步分析碳交易市场机制和外部环境对碳交易政策效应的影响。

本文的边际贡献主要在于:第一,在研究方法上,从节能绩效、减污绩效、降碳绩效3个维度全面衡量城市绿色低碳转型水平,考察碳交易政策能否产生三维协同提升效应,为绿色低碳转型领域的实证研究提供了方法参考。第二,在研究内容上,探讨了碳交易政策通过促进绿色技术创新和提升能源利用率推动城市绿色低碳转型的路径,并进一步考察了碳交易市场机制(碳价格及其稳定性、市场流动性、违约处罚力度)、城市宏观经济环境(经济发展水平、工业化水平、数字金融水平)、地方政府能力和行为(经济调控能力、市场干预程度、环境规制强度)对碳交易政策的绿色低碳转型推动效应的调节作用,拓展和深化了碳交易政策的环境效应研究和城市绿色低碳转型的影响因素研究,并为如何更充分地发挥碳交易政策的积极效应以及进一步完善全国碳交易市场提供了借鉴和启示。

二、理论分析与研究假说

1. 碳交易政策对城市绿色低碳转型的影响

碳排放具有负外部性,而行政干预存在局限性,“双碳”目标的实现既需要政府引导,也需要借助市场化手段(林伯强,2022)^[28]。碳交易制度在碳排放总量约束下赋予碳排放权商品属性,使得企业能够通过碳交易优化资源配置。控排企业根据自己分配到的有限碳排放配额和实际排放需求,在碳市场上买卖碳配额,实现碳排放权的供需匹配(崔也光等,2017)^[29]。根据成本遵循假说,由于存在碳排放约束,为降低碳排放量,企业会购买清洁生产装置或降低产量,这将给企业造成额外成本负担,同时还会挤占企业资源,影响企业经济效益(Gray,1987)^[30]。同时,根据波特假说,合理而严格的环境规制能激励企业进行技术创新,弥补环境规制造成的额外成本,并提高企业生产能力和经济效益(Porter et al., 1995)^[31]。企业如何决策取决于对减碳成本和创新收益的权衡。根据新制度经济学理论,企业通常更倾向于从长远考虑,制定长期的环境治理方案(张娆等,2022)^[19],通过改进生产方式、提高技术水平进行环境治理。碳排放量大的企业可以根据自己的配额减少生产或者购买配额,但两者都有损企业效益;也可以通过节能改造、创新减排等减少自己的配额需求,并可通过将多余的排放额度出售给需要的企业来获取利润。碳排放量小的企业可以出售自己的盈余配额,从而获得经济收益;还可以通过低碳技术创新超额完成减排任务,从而拥有更多的盈余配额。因此,通过交易碳排放权可以实现碳排放量在企业间

的最优分配以及碳减排成本的最小化,进而提升城市的整体降碳绩效(陈晓红等,2012)^[32]。污染物与二氧化碳的产生具有一定的同根同源同过程性,能源消耗则是碳排放的主要来源,因此以降碳为导向的碳交易政策在实现碳减排的同时也能有效抑制污染排放、降低能源消耗,进而促进城市绿色低碳转型。

据此,本文提出假说 H1:碳交易政策能够产生减污节能降碳效应,有效推动城市绿色低碳转型。

2. 碳交易政策影响城市绿色低碳转型的机制

(1)促进绿色技术创新路径。合理而严格的环境规制能够有效激励企业进行技术创新(Porter et al.,1995)^[31]。首先,碳交易政策实施后,企业买碳有成本、卖碳有收益。在碳排放约束下,企业如果保持现有的生产技术,要么缩小生产规模,要么承担更高的生产成本,都将有损企业的利润增长。因此,企业更倾向于增加研发投入、吸引高素质科技人才,致力于污染减排、节能生产、温室气体控制等绿色低碳技术创新,从根本上减少碳排放。其次,碳交易政策会激励企业通过技术创新提高资源利用效率和生产力水平(He et al.,2023)^[33],或者倒逼企业通过改进生产方式和生产技术来实现清洁生产。最后,碳交易政策使投资者在做出投资决策时更加关注企业的环境、社会和治理绩效(David et al.,2023)^[34],企业为了获得更多外部资源,需要将更多资源投入绿色技术创新以提高其市场声誉和融资优势。当然,技术创新政策导向也可能促使企业进行较多的策略性创新活动,而策略性绿色技术创新虽然具有成本低的优势,但并不能真正促进绿色技术进步(黎文靖等,2016)^[35],只有实质性绿色技术创新才能有效促进绿色低碳转型。企业的绿色技术创新将推动城市整体的绿色技术进步,绿色技术广泛应用于城市生产生活系统的各个方面,进而产生城市层面的减污节能降碳效应。

(2)提升能源利用效率路径。碳交易政策通过市场化手段为企业提供了明确的碳价格信号,而碳价格直接决定了企业使用化石能源和排放二氧化碳的成本。具有碳减排优势的企业可以从碳交易中获得利润(宋德勇等,2024)^[36],而碳排放量大的企业要获得更多的碳配额需要花费相应的成本。碳交易政策将企业碳排放成本内部化,而化石能源消耗是碳排放的主要来源,企业为了实现碳减排目标,会积极调整能源使用结构,逐步减少对传统化石能源的消耗,并增加清洁能源投入。同时,碳交易政策还向企业传递了重视绿色发展的信号(吴茵茵等,2021)^[20],激励其采取绿色生产方式,通过提高利用效率降低对能源的消耗。因此,碳交易政策能够通过成本驱动作用和信号传递作用促使企业优化能源消费结构、提高能源使用效率,在降低能源消耗的同时实现碳减排。此外,碳交易政策还能够推动城市清洁能源产业的发展 and 能源消费结构的转型(许文立等,2023)^[37],在不降低城市总产值的情况下减少能源消耗和碳排放总量,进而加速城市绿色低碳转型。

据此,本文提出假说 H2:碳交易政策通过促进绿色技术创新和提升能源利用效率推动城市绿色低碳转型。

3. 碳交易市场机制与碳交易政策的绿色低碳转型效应

在碳交易试点中,各试点地区根据自身情况设计了不同的市场交易制度,因而市场运行机制有所不同。碳价格是决定碳交易的关键因素,其直接反映了控排企业的减排成本或收益空间。碳价格越高越能倒逼企业优化资源配置,实现节能减排,因此,碳价格较高的碳交易市场对城市绿色低碳转型的推动效应较强。除了碳价格的高低外,碳价格的稳定性也会影响企业的碳交易行为。碳价格稳定机制能够有效抑制碳价格的过度波动,为促进企业绿色低碳转型提供了明确的价格信号,有利于碳交易政策效应的发挥。魏丽莉和任丽源(2021)^[38]研究发现,政府维持碳价格稳定有利于强化碳交易政策对企业绿色

技术创新的促进作用;Mo等(2023)^[22]也认为,具有明确价格走廊的价格稳定机制提高了碳交易政策促进企业全要素生产率提高的有效性。碳价格及其波动还会影响碳交易市场的流动性。碳交易的主体主要包括具有履约义务的控排企业、以投资盈利为目的的机构和个人等非履约主体,正是非履约主体的交易行为盘活了碳交易市场的流动性。当碳交易的市场流动性降低时,企业通过技术创新节能减排进而出售盈余碳配额获取收益的动机会减弱。因此,碳交易市场流动性影响着企业的减排决策(胡珺等,2020)^[21],流动性提高有助于增强碳交易市场的价值发现功能,并产生更强的碳交易政策效应。此外,各试点地区对碳交易过程中的未履约行为制定了差异化的行政惩罚措施,而行政惩罚力度的大小一定程度上决定了碳交易政策对企业行为的约束力,惩罚力度越大越能引起企业重视,政策效应也就越强。

据此,本文提出假说 H3:从碳交易的市场机制来看,较高和较稳定的碳价格、较充足的市场流动性、较严格的违约处罚措施有利于碳交易政策充分发挥其对城市绿色低碳转型的推动作用。

4. 碳交易外部环境 with 碳交易政策的绿色低碳转型效应

政策实施的效果与其实施的环境有关。政策实施环境包括政治环境、经济环境、社会环境、法律环境、技术环境、人文环境等,这些环境相互交织、相互影响,共同决定了政策的制定、执行和落实,并影响着政策效应的发挥。这里主要从宏观经济环境、政府能力和行为两个方面分析碳交易外部环境对碳交易政策效应的影响。

从宏观经济环境来看,经济发展水平、工业化水平以及数字金融发展水平等都会对碳交易政策的绿色低碳转型效应产生影响。第一,经济较发达的地区往往市场化水平较高,更容易实现碳交易市场的碳价格发现功能;经济较发达的地区拥有较多的技术创新资源和较强的技术创新能力,公众的环保意识也较强,实施碳交易政策会产生较强的绿色技术创新效应和能源效率提升效应。因此,城市经济发展水平的提高会强化碳交易政策的绿色低碳转型效应。第二,不同产业对环境的污染程度和能源消耗强度具有显著差异,进行绿色低碳转型的难度也不同。从单位产值的污染物和碳排放以及能源消耗来看,工业通常高于其他产业,而且工业发展的路径依赖和技术锁定也较强,绿色低碳转型的成本较高。因此,当城市的产业结构中工业的占比较高(即工业化水平较高)时,整体上的绿色低碳转型较为缓慢,对环保政策的有效响应也较为迟缓,导致碳交易政策对绿色低碳转型的推动作用较弱。第三,数字普惠金融利用数字技术提升了金融服务的效率和质量(Ding et al., 2023)^[39],能够有效缓解经济主体在绿色低碳转型过程中的融资约束。因此,城市数字金融水平的提升为企业积极响应碳交易政策提供了更有效更便利的金融服务,有利于加快实现碳交易政策的减排目标,从而强化碳交易政策的绿色低碳转型效应。Zhou和Qi(2024)^[40]的研究也证明,碳交易政策的碳锁定降低效应在数字金融水平较高的城市更显著。

从政府能力和行为来看,地方政府进行经济调控的能力、对市场的干预程度以及环境规制强度等都会影响碳交易的政策效应发挥。地方政府的经济调控能力主要取决于其财力,而财力与财政分权相关。一般情况下,地方财政分权程度越高,地方政府的经济自主权越大,对本地经济进行宏观调控的能力越强,也就能够为各种政策实施提供更多的配套支持和经济保障。因此,地方政府经济调控能力的增强有助于碳交易政策效应的发挥。但是,这并不意味着地方政府对市场的干预越多政策实施的效果就越好。碳交易政策本身就是希望通过市场机制来决定资源配置,过度的政府干预将影响市场的自我调节功能,阻碍碳交易市场机制的有效运作,最终反而会弱化碳交易政策的绿色低碳转型效应。此外,城市的绿色低碳转型与环境规制密切相关。面对地区环境保护责任压力,地方政府高度重视环境问题,通常会增强环境规制强度、提高环保监管力度,以期加快绿色低碳转型。但是,过强的环境规制使得企业面临严格

的排放标准,承受较大的转型压力和高昂的合规成本,这也可能减弱碳交易的政策效应。

据此,本文提出假说 H4:从碳交易的外部环境来看,当城市经济发展水平较高、工业化水平较低、数字金融水平较高时,碳交易政策的绿色低碳转型效应更强;地方政府经济调控能力的提高、市场干预程度的降低会强化碳交易政策的绿色低碳转型效应,环境规制强度也可能对碳交易政策的绿色低碳转型效应产生调节作用。

三、实证研究设计

1. 基准模型构建

本文将碳排放权交易在多个地区分批开展试点作为一项准自然实验,采用多期双重差分模型来分析碳交易政策对城市绿色低碳转型的影响。构建如下基准模型:

$$GLCT_{it} = \beta_0 + \beta_1 CMarket_{it} + \beta_2 Con_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it}$$

其中,下标 i 、 t 分别表示城市和年份,被解释变量 ($GLCT_{it}$) “绿色低碳转型”为 i 城市 t 年的绿色低碳转型水平(包括“减污绩效”“节能绩效”“降碳绩效”3 个具体指标),核心解释变量 ($CMarket_{it}$) “碳交易试点”为 i 城市 t 年是否开展碳排放权交易试点的政策虚拟变量(试点城市开始碳排放权交易当年及以后年份取值为 1,否则取值为 0), Con_{it} 表示一系列控制变量; λ_i 为城市固定效应, μ_t 为年份固定效应, ε_{it} 为随机误差项。

(1)“减污绩效”“节能绩效”“降碳绩效”的测算方法。对城市减污绩效的测度参考戴翔和杨双至(2022)^[41]、钱娟和李新春(2023)^[42]的研究,基于工业三废(二氧化硫、废水、烟粉尘)排放量分别计算各城市各污染物单位排放量的经济产出(GDP 与污染物排放量之比),对其进行标准化处理得到各污染物排放绩效,计算各城市各年度 3 种污染物排放绩效的平均值,即为“减污绩效”变量。“节能绩效”用国内生产总值与能源消耗总量之比的自然对数值衡量,其中能源消耗总量根据全社会用电量、人工煤气和天然气供气总量、液化石油气供气总量计算(电折标准煤系数为 1.229 吨标准煤/万千瓦时,天然气折标准煤系数为 13.3 吨标准煤/万立方米,液化石油气折标准煤系数为 1.7143 吨标准煤/吨)。“降碳绩效”用国内生产总值与碳排放量之比的自然对数值衡量,其中碳排放量的计算采用丛建辉等(2014)^[43]的方法。

(2)控制变量的选取。借鉴吴茵茵等(2021)^[20]、许文立和孙磊(2023)^[37]的研究,选取以下城市层面的控制变量:一是“经济发展水平”,用人均地区生产总值的自然对数值衡量;二是“人口密度”,用单位面积人口数的自然对数值衡量;三是“金融发展水平”,用年末金融机构贷款余额与 GDP 之比衡量;四是“交通基础设施”,用道路面积占城市总面积的比例衡量;五是“绿化水平”,用城市人均绿地面积的自然对数值衡量。

2. 样本选择与数据处理

考虑到碳交易试点始于 2013 年,全国碳排放权交易于 2021 年 7 月 16 日开市,本文研究期间设定为 2006—2020 年;以我国地级及以上城市为研究样本,剔除数据缺失较为严重的城市,最终得到 282 个样本城市。所用数据主要来自《中国城市统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》,部分缺失数据通过线性插值法补全;碳交易试点信息来自国家发展和改革委员会及工业和信息化部官方网站,碳交易市场运行机制数据主要来自各碳交易试点市场网站。主要变量的描述性统计结果见表 1。

表 1 主要变量描述性统计结果

	变 量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	减污绩效	4 230	0.019	0.035	0.001	0.832
	节能绩效	4 230	2.624	0.768	-1.429	5.138
	降碳绩效	4 230	-0.447	0.921	-3.076	2.458
解释变量	碳交易试点	4 230	0.078	0.267	0.000	1.000
控制变量	经济发展水平	4 230	10.451	0.723	4.595	13.056
	人口密度	4 230	5.743	0.968	1.548	9.091
	金融发展水平	4 230	0.925	0.591	0.075	9.622
	交通基础设施	4 230	0.254	0.560	0.001	6.451
	绿化水平	4 230	2.241	1.069	-7.356	8.579

四、实证结果分析

1. 平行趋势检验与基准回归

应用双重差分模型进行政策效应分析需要满足平行趋势假设,即处理组和控制组在政策实施前的变化趋势应一致。本文参考 Jacobson 等(1993)^[44]和 McGavock(2021)^[45]的研究,采用事件分析法进行平行趋势检验,结果见图 1。在碳交易试点之前,处理组样本和控制组样本的“减污绩效”“节能绩效”“降碳绩效”均不存在显著差异,满足平行趋势假设。进一步从动态效应来看,在试点后,处理组样本的“减污绩效”和“节能绩效”逐渐显著高于控制组样本,“降碳绩效”也在一段时期内显著高于控制组样本,表明碳交易试点的政策效应明显。

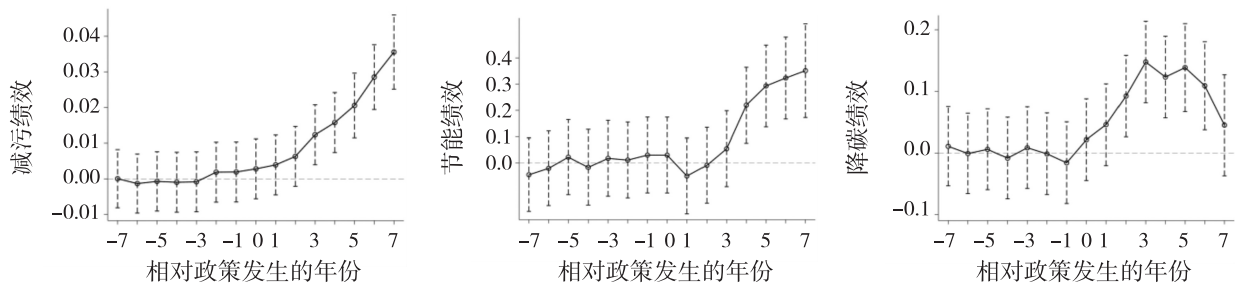


图 1 平行趋势检验结果

基准模型检验结果见表 2。无论是否添加控制变量,“碳交易试点”对“减污绩效”“节能绩效”“降碳绩效”的回归系数均显著为正,表明碳交易试点显著提升了试点城市的减污节能降碳绩效,即碳交易政策的实施显著推动了城市绿色低碳转型,假说 H1 得到验证。

表 2 基准回归结果

变 量	减污绩效		节能绩效		降碳绩效	
碳交易试点	0.013 *** (0.002)	0.011 *** (0.002)	0.130 *** (0.028)	0.061 ** (0.030)	0.100 *** (0.011)	0.040 *** (0.012)
经济发展水平		0.018 *** (0.003)		0.200 *** (0.047)		0.631 *** (0.108)

续表 2

变 量	减污绩效		节能绩效		降碳绩效	
人口密度	0.014 ***		0.053		0.069 ***	
	(0.003)		(0.042)		(0.022)	
金融发展水平	0.000		-0.030		-0.051 ***	
	(0.001)		(0.035)		(0.019)	
交通基础设施	0.010 **		0.395 ***		0.061 **	
	(0.004)		(0.103)		(0.024)	
绿化水平	-0.001		-0.041 **		-0.007 **	
	(0.001)		(0.017)		(0.003)	
常数项	0.018 ***	-0.250 ***	2.614 ***	0.250	-0.455 ***	-7.400 ***
	(0.000)	(0.042)	(0.006)	(0.560)	(0.003)	(1.221)
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230
R ²	0.625	0.637	0.770	0.778	0.967	0.981

注: *、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著,括号内数值为稳健标准误,下表同。

2. 内生性处理与稳健性检验

(1)工具变量法。为缓解基准模型可能存在的遗漏变量、反向因果关系等内生性问题,本文采用工具变量法进行内生性处理。参考 Hering 和 Poncet(2014)^[46]的研究,选取空气流通系数作为“碳交易试点”的工具变量。空气流通系数会影响城市的碳排放浓度,进而影响碳交易试点城市的选取,满足工具变量的相关性要求;空气流通系数取决于地理位置、气候等自然条件,对绿色低碳转型基本没有影响,满足工具变量的外生性条件。采取两阶段最小二乘法进行检验,第一阶段的回归结果显示,工具变量与“碳交易试点”显著负相关(估计系数为-0.253,在 1%的水平上显著),Wald F 统计值为 26.06(远大于 10),通过了弱工具变量检验;第二阶段的回归见表 3 的 Panel A,工具变量拟合的“碳交易试点”估计系数均显著为正,表明在缓解模型内生性问题后,碳交易政策推动了试点城市绿色低碳转型的结论依然成立。

(2)PSM-DID 估计。由于试点城市和非试点城市在资源禀赋、经济发展、人文环境等方面存在差异,可能产生样本选择偏误。为缓解样本选择偏误带来的内生性问题,本文借鉴余泳泽和潘妍(2019)^[47]的研究,以基准模型中的控制变量为匹配变量,分别采用核匹配和四近邻匹配方法为处理组样本匹配控制组样本。匹配后控制组和处理组的匹配变量标准化偏差均小于 10%,且 t 检验结果均不显著,表明匹配后处理组与控制组在匹配变量上已无明显差异,通过了平衡性检验。采用匹配后的样本进行模型检验,回归结果见表 3 的 Panel B,“碳交易试点”的回归系数均显著为正,表明在消除样本选择偏误后基准模型的分析结论依然成立。

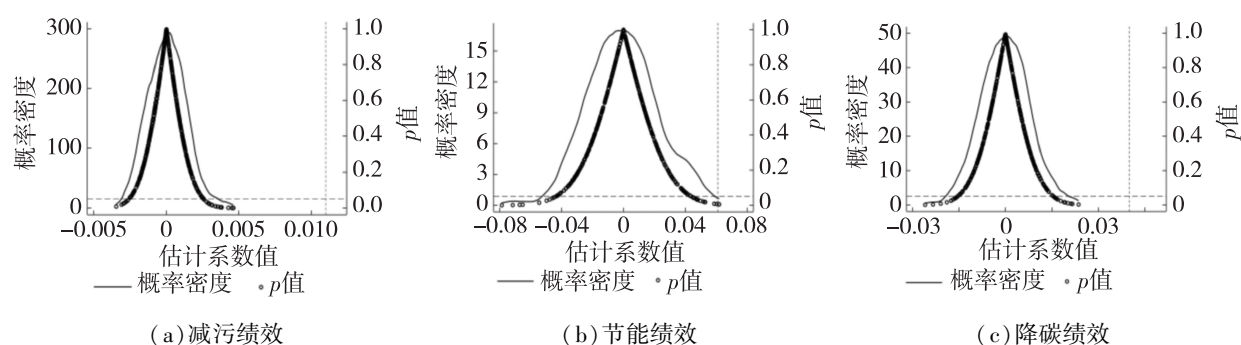
(3)安慰剂检验。参考史丹和李少林(2020)^[48]、范丹等(2022)^[49]的研究,本文进一步通过安慰剂检验来排除其他随机因素的影响。随机抽取与原处理组相同数量的样本作为处理组,并随机为处理组样本设定试点时间,构造伪政策虚拟变量,采用伪政策变量进行模型检验,重复 500 次。图 2 展示了 500 个伪政策变量回归系数的 p 值和概率密度分布。可以看出,随机试验的回归系数在 0 值附近呈正态分布,p 值大部分远离零值,仅有少数落在 5%的显著性水平内,而基准回归的系数显著异于随机试验的回

归系数,表明试点城市的减污节能降碳绩效提升是碳交易试点产生的政策效应,并非由其他随机因素导致。

表3 内生性处理结果

变 量	Panel A:工具变量法(2SLS)			Panel B:PSM-DID 估计					
	第二阶段			核匹配			四近邻匹配		
	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.065 *** (0.025)	0.710 * (0.408)	0.525 *** (0.166)	0.008 *** (0.002)	0.062 * (0.032)	0.038 *** (0.011)	0.007 * (0.003)	0.105 ** (0.050)	0.048 *** (0.016)
样本量	4 230	4 230	4 230	4 162	4 162	4 162	1 197	1 197	1 197
R ²				0.632	0.777	0.982	0.781	0.763	0.986

注:所有模型均控制了控制变量以及城市和年份固定效应,限于篇幅,控制变量和常数项估计结果略,下表同。



注:水平虚线表示显著水平为5%,纵向虚线的横坐标为基准回归的估计系数。

图2 安慰剂检验结果

(4)控制同时期其他政策干扰。在碳交易试点的同时,还有其他的试点政策可能影响城市的绿色低碳转型,如低碳城市试点和智慧城市试点,而且不同的试点在试点城市选取上存在一定的重合,这可能会对本文的分析结果产生干扰。参照Zhou和Qi(2024)^[40]的做法,本文构建“低碳城市试点”和“智慧城市试点”两个政策虚拟变量,分别将其纳入基准模型重新进行检验,回归结果见表4的Panel A。“碳交易试点”的回归系数均显著为正,表明在控制同时期类似政策的冲击后,碳交易政策对城市绿色低碳转型的推动效应依然显著。

(5)消除试点时间不同的影响。8个试点地区的碳交易启动时间不一致,启动较晚的地区可能学习借鉴前期试点地区的经验,这也可能对模型回归结果产生影响。对此,本文参考苏涛永等(2022)^[26]的方法,删除2013年之后启动碳交易试点的地区(重庆、湖北、福建)样本重新进行模型检验。回归结果见表4的Panel B。“碳交易试点”回归系数依然显著为正,表明基准回归的结果是稳健的。

(6)调整样本。第一,考虑到北京、上海、深圳的经济实力雄厚,在发展基础和潜力方面具有显著优势,比其他地区更易获得政策支持和资金投入,还执行了较严格的节能减排标准,剔除这3个城市的样本后重新进行检验。第二,考虑到重庆是西部唯一的试点地区,也是中西部唯一的直辖市,将其样本剔除后重新进行检验。第三,考虑到福建是最晚启动碳交易的试点地区,将其样本剔除后重新进行检验。上述检验结果见表4的Panel C,“碳交易试点”的回归系数均显著为正,进一步验证了基准回归结果的稳健性。

表 4 稳健性检验结果

变 量	Panel A:控制同时期其他政策干扰						Panel B:消除试点时间不同的影响		
	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.011 *** (0.002)	0.066 ** (0.030)	0.042 *** (0.012)	0.010 *** (0.002)	0.042 * (0.024)	0.037 *** (0.012)	0.017 *** (0.003)	0.113 *** (0.035)	0.026 * (0.014)
智慧城市试点	0.001 (0.001)	0.055 ** (0.023)	0.014 (0.009)						
低碳城市试点				0.001 (0.002)	0.072 *** (0.024)	0.015 (0.009)			
样本量	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	3 900	3 900	3 900
R ²	0.637	0.779	0.981	0.637	0.779	0.981	0.639	0.774	0.980

变 量	Panel C:调整样本								
	剔除北京、上海、深圳样本			剔除重庆样本			剔除福建样本		
	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.004 *** (0.002)	0.080 *** (0.029)	0.038 *** (0.013)	0.011 *** (0.002)	0.052 * (0.030)	0.039 *** (0.011)	0.015 *** (0.003)	0.092 *** (0.032)	0.034 *** (0.011)
样本量	4 185	4 185	4 185	4 215	4 215	4 215	4 095	4 095	4 095
R ²	0.633	0.777	0.981	0.636	0.779	0.981	0.640	0.778	0.981

(7) 替换被解释变量。将被解释变量替换为“PM2.5 浓度”和“二氧化硫减排绩效”(用 GDP 与二氧化硫排放量之比衡量),重新进行模型检验。回归结果显示,“碳交易试点”对“PM2.5 浓度”的估计系数在 1%的水平上显著为负(-0.074),对“二氧化硫减排绩效”的回归系数在 1%的水平上显著为正(0.222),表明进行碳交易试点显著降低了试点城市的 PM2.5 浓度,并显著提高了试点城市的二氧化硫减排绩效,再次验证了本文分析结果的稳健性。

3. 机制检验

为检验碳交易政策能否通过促进绿色技术创新效应和提升能源利用效率效应推动城市绿色低碳转型,本文参考李金昌等(2023)的做法^[50],先分析碳交易政策对中介变量的影响,再分析中介变量对城市绿色低碳转型的影响。根据前文理论分析,选取以下中介变量:一是“绿色发明专利”,采用城市人均绿色发明专利申请数(对数化处理)衡量,用以检验绿色技术创新的中介作用。二是“能源消耗强度”,采用能源消耗总量与 GDP 之比衡量,其值越大则能源利用效率越低,用以检验能源利用效率的中介作用。机制检验结果如表 5 所示。

从促进绿色技术创新路径来看(见表 5 的 Panel A):“碳交易试点”对“绿色发明专利”的回归系数显著为正,表明碳交易试点显著提高了试点城市的绿色技术创新水平,即碳交易政策的技术创新效应显著;“绿色发明专利”对“减污绩效”“节能绩效”“降碳绩效”的回归系数均显著为正,表明绿色技术创新水平的提高显著促进了城市绿色低碳转型。从提升能源利用效率路径来看(见表 5 的 Panel B):“碳交易试点”对“能源消耗强度”的回归系数显著为负,表明碳交易试点显著降低了试点城市的能源消耗强度,即碳交易政策的能源效率效应显著;“能源消耗强度”对“减污绩效”和“降碳绩效”^①的回归系数显著

① 由于“能源消耗强度”与“节能绩效”的经济含义类似,具有很强的共线性,本文只分析其对“减污绩效”和“降碳绩效”的影响。实际上,对能源利用效率的提升作用可视为对节能绩效的改善效应,该分析也可理解为碳交易政策通过节能效应产生减污效应和降碳效应,从而推动城市全面绿色低碳转型,体现了绿色低碳转型 3 个维度之间的协同性。

为负,表明能源消耗强度的降低显著促进了城市绿色低碳转型。上述结果表明,碳交易政策的实施能够通过提高绿色技术创新水平和降低能源消耗强度来推动城市绿色低碳转型,假说 H2 得到验证。

表 5 机制检验结果

变 量	Panel A:促进绿色技术创新路径				Panel B:提升能源利用效率路径		
	绿色发明专利	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	能源消耗强度	减污绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.275 *** (0.046)				-0.061 ** (0.030)		
绿色发明专利		0.003 *** (0.001)	0.029 ** (0.012)	0.014 *** (0.004)			
能源消耗强度						-0.006 *** (0.001)	-0.041 *** (0.007)
样本量	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230
R ²	0.891	0.635	0.779	0.981	0.778	0.638	0.981

五、进一步分析:市场机制与外部环境的影响

1. 市场机制与碳交易政策的绿色低碳转型效应

(1)碳价格高低的影响。根据《2021 年中国市场年报》中公布的碳交易试点市场开市至全国碳交易市场开市期间的碳交易成交均价,将 8 个碳交易试点市场划分为“低碳价”(深圳、福建)、“中碳价”(天津、重庆、湖北、广东)、“高碳价”(上海、北京)三组,分组检验的结果见表 6 的 Panel A。

(2)碳价格稳定性的影响。依据碳价格稳定机制将 8 个碳交易试点市场划分为“政府不干预碳价”(重庆、福建)和“政府干预碳价”(上海、天津、深圳、广东、北京、湖北,包括政府干预但是价格区间不明确和具有明确的价格区间两种情形)两组,分组检验的结果见表 6 的 Panel B。

(3)市场流动性的影响。参照胡珺等(2023)^[21]的做法,根据非履约主体的配额交易数据将 8 个碳交易试点市场划分为“流动性强”(湖北、广东、深圳、北京)和“流动性弱”(上海、天津、重庆、福建)两组,分组检验的结果见表 6 的 Panel C。

(4)行政惩罚力度的影响。参照吴茵茵等(2021)^[20]和 Liu 等(2021)^[51]的研究,根据各试点地区碳交易管理办法,将 8 个碳交易试点市场划分为“惩罚力度大”(北京、深圳、上海、重庆、湖北)和“惩罚力度小”(广东、福建、天津)两组,分组检验的结果见表 6 的 Panel D。

表 6 碳价格的异质性影响

变 量	Panel A:碳价格高低的异质性								
	减污绩效			节能绩效			降碳绩效		
	高碳价	中碳价	低碳价	高碳价	中碳价	低碳价	高碳价	中碳价	低碳价
碳交易试点	0.102 *** (0.025)	0.007 *** (0.002)	0.003 (0.005)	0.514 *** (0.191)	0.065 ** (0.032)	-0.144 ** (0.071)	0.084 ** (0.039)	0.031 *** (0.012)	0.050 * (0.030)
R ²	0.649	0.634	0.640	0.787	0.780	0.785	0.980	0.981	0.980
样本量	3 570	4 050	3 690	3 570	4 050	3 690	3 570	4 050	3 690
系数差异 P 值	0.000		0.487	0.016		0.004	0.009		0.463

续表 6

Panel B:碳价格稳定性的异质性						
变 量	减污绩效		节能绩效		降碳绩效	
	政府不干预	政府干预	政府不干预	政府干预	政府不干预	政府干预
碳交易试点	-0.008 *** (0.002)	0.015 *** (0.003)	-0.087 (0.064)	0.082 ** (0.032)	0.063 ** (0.029)	0.032 *** (0.011)
R^2	0.635	0.640	0.786	0.778	0.981	0.981
样本量	3 690	4 080	3 690	4 080	3 690	4 080
系数差异 P 值	0.000		0.011		0.240	
Panel C:市场流动性的异质性						
变 量	减污绩效		节能绩效		降碳绩效	
	流动性强	流动性弱	流动性强	流动性弱	流动性强	流动性弱
碳交易试点	0.015 *** (0.003)	-0.003 (0.002)	0.056 * (0.033)	0.025 (0.067)	0.030 ** (0.012)	0.065 *** (0.021)
R^2	0.638	0.635	0.779	0.784	0.981	0.981
样本量	4 050	3 720	4 050	3 720	4 050	3 720
系数差异 P 值	0.000		0.052		0.553	
Panel D:违规惩罚力度的异质性						
变 量	减污绩效		节能绩效		降碳绩效	
	惩罚力度大	惩罚力度小	惩罚力度大	惩罚力度小	惩罚力度大	惩罚力度小
碳交易试点	0.028 *** (0.006)	0.003 * (0.002)	0.122 ** (0.049)	0.022 (0.035)	0.060 ** (0.025)	0.054 *** (0.014)
R^2	0.619	0.612	0.756	0.755	0.979	0.979
样本量	3 750	3 960	3 750	3 960	3 750	3 960
系数差异 P 值	0.000		0.002		0.087	

注:系数差异 P 值为似无相关检验的结果。

根据表 6 的回归结果,总体上看,当碳交易市场的碳价格较高、碳价格较稳定、流动性较强、违约惩罚力度较大时,碳交易政策对城市绿色低碳转型的推动作用更显著。由此,假说 H3 得到验证。

2. 外部环境与碳交易政策的绿色低碳转型效应

(1)宏观经济层面变量的调节作用。基于前文理论分析,构建以下 3 个虚拟调节变量:一是“城市经济水平”,若城市的人均 GDP 高于中位数取值为 1,否则取值为 0;二是“工业化水平”,用工业产值与 GDP 之比衡量城市工业化水平,若城市的工业化水平高于中位数取值为 1,否则取值为 0;三是“数字金融水平”,用北京大学数字普惠金融指数衡量城市数字金融发展水平(由于数据从 2011 年开始,将样本期缩短为 2011—2020 年),若城市的数字金融发展水平高于中位数取值为 1,否则取值为 0。在基准模型中分别加入上述 3 个虚拟调节变量与“碳交易试点”的交互项,检验结果见表 7。交互项的回归系数均显著为正,表明在经济发展水平较高、工业化程度较低、数字金融发展水平较高的地区,碳交易政策推动城市绿色低碳转型的效果更强。

表 7 宏观经济层面变量的调节效应检验结果

变 量	经济发展水平的调节效应			工业化水平的调节效应			数字金融水平的调节效应		
	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.008 ** (0.003)	-0.146 *** (0.052)	0.022 * (0.013)	0.018 *** (0.004)	0.114 *** (0.039)	0.065 *** (0.012)	-0.004 (0.004)	-0.081 * (0.048)	-0.027 (0.023)
碳交易试点× 城市经济水平	0.005 (0.004)	0.302 *** (0.059)	0.033 * (0.017)						
碳交易试点× 工业化水平				-0.014 *** (0.004)	-0.030 (0.049)	-0.037 ** (0.018)			
碳交易试点× 数字金融水平							0.011 *** (0.004)	0.174 *** (0.044)	0.069 *** (0.025)
样本量	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	2 820	2 820	2 820
R ²	0.637	0.782	0.981	0.639	0.781	0.981	0.712	0.785	0.984

(2)政府层面变量的调节作用。根据前文理论分析,构建以下 3 个调节变量:一是“财政分权”,用财政预算内收入与支出之比来衡量(赵涛等,2020)^[52],反映地方政府的经济调控能力;二是“政府干预”,用地方财政一般公共预算支出与地区生产总值之比衡量(吴浩波等,2024)^[53];三是“环境规制”,用城市一般工业固体废物综合利用率衡量(魏丽莉等,2022)^[54]。在基准模型中分别加入上述 3 个调节变量与“碳交易试点”的交互项,检验结果见表 8。可以发现,财政分权程度的提高强化了碳交易政策的绿色低碳转型效应(主要体现在节能绩效和降碳绩效维度),政府干预程度的提高弱化了碳交易政策的绿色低碳转型效应(主要体现在减污绩效和节能绩效维度),环境规制强度的提高弱化了碳交易政策的绿色低碳转型效应(主要体现在节能绩效和减污绩效维度)。综合来看,地方政府经济调控能力的提升和市场干预程度的降低会强化碳交易政策对城市绿色低碳转型的推动作用,而过高的环境规制强度会在一定程度上弱化碳交易政策的绿色低碳转型效应。

综合上述分析,假说 H4 得到验证。

表 8 政府层面变量的调节效应检验结果

变 量	财政分权			政府干预			环境规制		
	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效	减污绩效	节能绩效	降碳绩效
碳交易试点	0.016 *** (0.005)	0.355 *** (0.048)	0.081 *** (0.022)	-0.003 (0.005)	0.312 *** (0.067)	0.064 ** (0.032)	0.045 *** (0.014)	0.287 *** (0.087)	0.031 (0.038)
碳交易试点× 财政分权	0.005 (0.006)	0.326 *** (0.053)	0.041 * (0.024)						
碳交易试点× 政府干预				-0.001 *** (0.000)	-0.013 *** (0.004)	-0.001 (0.001)			
碳交易试点× 环境规制							-0.000 *** (0.000)	-0.002 ** (0.001)	0.000 (0.000)
样本量	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230
R ²	0.636	0.777	0.981	0.637	0.776	0.981	0.638	0.776	0.981

六、结论与启示

本文采用2006—2020年我国282个地级及以上城市数据,从减污绩效、节能绩效、降碳绩效3个维度评价城市绿色低碳转型水平,以碳交易试点为准自然实验,考察碳交易政策对城市绿色低碳转型的多维影响。分析结果表明,碳交易政策有效推动了试点城市绿色低碳转型,且对减污绩效、节能绩效、降碳绩效均具有显著的提升作用;机制分析发现,碳交易政策通过促进绿色技术创新和提升能源利用效率推动城市绿色低碳转型;针对碳交易市场机制的异质性分析表明,当碳价格较高、设立碳价格稳定机制、碳市场流动性较强、违约惩罚力度较大时,碳交易政策对绿色低碳转型的推动作用更显著;针对碳交易外部环境的调节效应分析表明,在经济发展水平较高、工业化水平较低、数字金融水平较高的地区碳交易政策对城市绿色低碳转型的推动作用更强,地方政府经济调控能力的增强、市场干预程度的降低以及环境规制强度的减弱会强化碳交易政策对城市绿色低碳转型的推动作用。

本文的研究结论可为推进碳交易市场健康发展和加快城市绿色低碳转型提供以下启示:第一,积极推进全国碳交易市场建设,并不断完善碳交易市场制度。应设定合理的碳排放配额和拍卖机制,适当提高碳交易价格,并建立碳价格稳定机制和预警机制,防止碳价格波动过大;应扩大碳交易的地区和行业覆盖范围,增加碳交易品种,激励更多经济主体积极参与碳交易,提高碳交易市场规模和流动性;还应建立有效的碳交易市场监管和奖惩机制,以更有效地推动绿色低碳转型。第二,发挥“有效市场”与“有为政府”合力,增强碳交易市场建设对绿色低碳转型的推动作用。绿色低碳转型是一项系统性复杂工程,需要多主体共同参与、多政策协调联动。一方面,既要增强地方政府的经济调控能力,又要把握好政府干预市场的度。适度的政府干预是市场有效运行的保障,但政府干预不是越多越好,如环境规制的强度要与本地的经济发展水平、资源禀赋、产业结构等相适应。另一方面,要加快经济发展,改善产业结构,提高数字金融水平及其服务实体经济的功效,为碳交易等环保政策更有效地推动绿色低碳转型创造良好的外部环境。第三,大力开展绿色技术创新,不断提高能源利用效率。政府和企业应共同努力,加大绿色技术创新投入,提高绿色技术创新质量,加快绿色技术转化应用,尤其应重视和推动可能会带来重大技术进步的实质性绿色技术创新。要从源头上强化全社会对资源能源的节约和高效利用,促进清洁低碳能源发展,优化能源消费结构,提高能源利用效率,进而实现绿色低碳发展。

参考文献:

- [1] 朱悦,张军涛.数字金融发展对城市经济绿色低碳转型的影响研究[J].城市问题,2022(10):64-71+81.
- [2] 王珊珊.数字贸易对制造业绿色低碳转型的影响研究[J].商业研究,2024(4):23-31.
- [3] 李雪琴,郑酌基,韩先锋.政府绿色基金投资与企业绿色低碳转型:理论与证据[J].财政研究,2025(2):111-128.
- [4] 吕越,张昊天.打破市场分割会促进中国企业减排吗?[J].财经研究,2021,47(9):4-18.
- [5] 陈诗一,祁毓.“双碳”目标约束下应对气候变化的中长期财政政策研究[J].中国工业经济,2022(5):5-23.
- [6] 梅林海,崔婉玲.碳排放权交易制度对企业绿色创新的影响机制研究[J].产经评论,2023,14(4):38-58.
- [7] 武汉大学国家发展战略研究院课题组.推进制造业绿色低碳转型的路径选择[J].中国行政管理,2023(1):149-152.
- [8] 林鹏昇,李硕.行政手段与市场机制:中国气候政策碳减排效果的比较[J].世界经济,2024,47(6):149-175.
- [9] 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].中国人口·资源与环境,2023,33(7):94-104.
- [10] 张跃军,王霞.中国碳交易政策对可持续经济福利的影响研究[J].系统工程理论与实践,2023,43(2):309-320.
- [11] 岳童,童健.碳定价机制与“双碳”约束下我国经济高质量发展——目标协同与作用机理[J].统计研究,2024,41(7):48-63.
- [12] 林萍,林梦婷,林伯强.“双碳”背景下碳排放交易制度与企业价值研究[J].会计与经济研究,2023,37(1):135-147.

- [13] 王娇,孙慧,廖振良,等. 碳减排“双试点”政策能否发挥“减污降碳试验田”效能[J]. 技术经济,2024,43(10):124-139.
- [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(2024-11-18). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20241118.0853.004.html>.
- [15] 何琨玟,张文彬,张楠. 数智赋能与中国节能降碳效率:机制与效应[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2025,25(1):82-99.
- [16] 梁军,李佳艺. 碳交易是否提升了城市绿色全要素生产率? [J]. 上海经济研究,2023,35(3):97-114.
- [17] 李荣华,杜昊,张磊. 碳排放权交易政策如何影响企业环境绩效——来自中国上市公司的经验证据[J]. 南开经济研究,2024(7):163-181.
- [18] 王珮,黄珊,王瑶,等. 碳排放权交易对企业碳绩效的影响研究[J]. 科研管理,2023,44(12):158-169.
- [19] 张姚,郭晓旭. 碳排放权交易制度与企业绿色治理[J]. 管理科学,2022,35(6):22-39.
- [20] 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(8):114-132.
- [21] 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(4):77-94.
- [22] MO J L,TU Q,WANG J N. Carbon pricing and enterprise productivity: The role of price stabilization mechanism[J]. Energy Economics,2023,120(1):106631.
- [23] MONTERO J P. Marketable pollution permits with uncertainty and transaction costs[J]. Resource and Energy Economics,1998,20(1):27-50.
- [24] 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(1):171-189.
- [25] 赵帅,何爱平. 行政干预与市场机制双重视角下碳交易减排效应研究——基于283个城市的准自然实验[J]. 科技进步与对策,2023,40(12):54-65.
- [26] 苏涛永,孟丽,张金涛. 中国碳市场试点与企业绿色转型:作用效果与机理分析[J]. 研究与发展管理,2022,34(4):81-96.
- [27] 陈阳,刘文革. 数实融合驱动资源型城市绿色低碳转型效应分析[J/OL]. 环境科学,1-16(2025-05-27). <https://doi.org/10.13227/j.hjxx.202502011>.
- [28] 林伯强. 碳中和进程中的中国经济高质量增长[J]. 经济研究,2022,57(1):56-71.
- [29] 崔也光,周畅. 京津冀区域碳排放权交易与碳会计现状研究. 会计研究,2017(7):3-10+96.
- [30] GRAY W B. The cost of regulation: Osha, epa and the productivity slowdown[J]. The American Economic Review,1987,77(5):998-1006.
- [31] PORTER M E,VAN DER LINDE C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. Journal of Economic Perspectives,1995,9(4):97-118.
- [32] 陈晓红,王昽昽. 碳排放权交易价格影响因素实证研究——以欧盟排放交易体系(EUETS)为例[J]. 系统工程,2012,30(2):53-60.
- [33] HE M,ZHU X H,LI H L. How does carbon emissions trading scheme affect steel enterprises' pollution control performance? A quasi natural experiment from China[J]. Science of the Total Environment,2023,858:159871.
- [34] DAVID L K,WANG J L,ANGEL V,et al. Environmental commitments and innovation in China's corporate landscape: An analysis of ESG governance strategies[J]. Journal of Environmental Management,2024,349:119529.
- [35] 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]. 经济研究,2016,51(4):60-73.
- [36] 宋德勇,陈梁,王班班. 环境权益交易如何实现减污降碳协同增效:理论与经验证据[J]. 数量经济技术经济研究,2024,41(2):171-192.
- [37] 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(7):133-155.
- [38] 魏丽莉,任丽源.碳排放权交易能否促进企业绿色技术创新——基于碳价格的视角[J].兰州学刊,2021(7):91-110.
- [39] DING Q, HUANG J B, CHEN J Y. Does digital finance matter for corporate green investment? Evidence from heavily polluting industries in China[J]. Energy Economics, 2023, 117: 106476.
- [40] ZHOU C B, QI S Z. Can carbon emission trading policy break China's urban carbon lock-in? [J]. Journal of Environmental Management, 2024, 353: 120129.
- [41] 戴翔,杨双至.数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J].中国工业经济,2022(9):83-101.
- [42] 钱娟,李新春.有偏技术进步对环境污染的空间溢出效应——基于环境规制的调节作用[J].中国人口·资源与环境,2023,33(12):109-119.
- [43] 丛建辉,刘学敏,赵雪如.城市碳排放核算的边界界定及其测度方法[J].中国人口·资源与环境,2014,24(4):19-26.
- [44] JACOBSON L S, LALONDE R J, SULLIVAN D G. Earnings losses of displaced workers[J]. American Economic Review, 1993, 83(4): 685-709.
- [45] MCGAVOCK T. Here waits the bride? The effect of Ethiopia's child marriage law[J]. Journal of Development Economics, 2021, 149: 102580.
- [46] HERING L, PONCET S. Environmental policy and exports: Evidence from Chinese Cities[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2014, 68(2): 296-318.
- [47] 余泳泽,潘妍.中国经济高速增长与服务业结构升级滞后并存之谜——基于地方经济增长目标约束视角的解释[J].经济研究,2019,54(3):150-165.
- [48] 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(9):5-23.
- [49] 范丹,付嘉为,王维国.碳排放权交易如何影响企业全要素生产率? [J]. 系统工程理论与实践,2022,42(3):591-603.
- [50] 李金昌,连港慧,徐蔼婷.“双碳”愿景下企业绿色转型的破局之道——数字化驱动绿色化的实证研究[J].数量经济技术经济研究,2023,40(9):27-49.
- [51] LIU J Y, WOODWARD R T, ZHANG Y J. Has carbon emissions trading reduced PM2.5 in China? [J]. Environmental Science & Technology, 2021, 55(10): 6631-6643.
- [52] 赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020,36(10):65-76.
- [53] 吴浩波,李舒敏.非数字技术创新能够促进数字创业吗? [J].西部论坛,2024,34(6):48-63.
- [54] 魏丽莉,侯宇琦.数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J].数量经济技术经济研究,2022,39(8):60-79.

Multi-dimensional Impact of Carbon Trading Policy on Urban Green and Low-carbon Transformation: The Regulatory Role of Market Mechanism and External Environment

WANG Jiao¹, SUN Hui¹, LIAO Zhen-liang²

(1a. Xinjiang Innovation Management Research Center, b. School of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China; 2. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Summary: Achieving the “dual carbon” goals and sustainable high-quality development, green transformation and low-carbon development are crucial. Against this backdrop, the construction of a sound ecological environment governance system and a robust green and low-carbon development mechanism is

particularly urgent, with carbon trading policies being an important tool. At present, research on whether and how carbon trading policies, oriented towards carbon reduction, can more effectively achieve coordinated governance of green and low-carbon development is still relatively scarce.

Based on data from 280 prefecture-level and above cities in China from 2006 to 2020, this paper utilizes the difference-in-differences method to explore whether and how the carbon trading policy can effectively drive green and low carbon transformation, from the perspective of multi-dimensional performances. The study finds that: (1) The carbon trading policy has a significant positive effect on energy saving performance, pollution reduction performance, and carbon reduction performance, and effectively drives green and low-carbon transformation. (2) Mechanism analysis finds that carbon trading policy promotes urban green and low-carbon transformation by encouraging green technological innovation and improving the efficiency of energy use. (3) Based on the design of the carbon market system, the higher the carbon trading price, the stronger the carbon price stabilization mechanism, the higher the market liquidity, and the stronger the administrative penalties, the more obvious the positive effect of carbon trading policy on green and low-carbon transformation. (4) Based on the policy implementation environment, fiscal decentralization promotes the green and low-carbon effects of carbon trading policy, while regions with high intensity of government intervention and environmental regulations weaken the driving effect of carbon trading policy to a certain extent. The high level of regional economic development, high level of digital finance, and low level of industrialization are all conducive to the policy effect. This paper enriches the research perspective of green and low-carbon transformation and provides useful references for the optimized design and effective operation of the carbon market.

Compared with previous literature, the marginal contributions of this paper are as follows: (1) From the perspective of inputs and outputs, this paper constructs a green and low-carbon transformation assessment index that is more in line with the high-quality development of the economy and the construction of ecological civilization, and explores whether and how the carbon trading policy can achieve synergistic improvement of energy-saving performance, pollution-reduction performance, and carbon-reduction performance more effectively. (2) It analyzes the transmission channel of carbon trading policy to drive green and low-carbon transformation from the perspectives of source reduction effect and innovation effect. The empirical tests find that carbon trading policy helps urban green and low-carbon transformation by promoting substantive innovation and reducing energy intensity. (3) It systematically identifies the factors affecting the implementation of the policy from the aspects of internal system design and external implementation environment of the carbon market, so as to comprehensively clarify how the carbon trading policy can drive the urban green and low-carbon transformation more effectively.

This study deepens the research on carbon trading to some extent, provides evidence for the effective operation of the carbon market and the comprehensive green and low-carbon transformation of the economy and society, and aims to explore effective pathways for promoting urban green and low-carbon transformation and provide references for improving the national carbon market.

Keywords: carbon emission right; carbon trading; carbon price; carbon market; pollution reduction; energy saving; carbon reduction

CLC number: F205; F123.9

Document code: A

Article ID: 1674-8131(2025)03-0079-17

(编辑:朱 艳;刘仁芳)