

# 低碳城市试点政策如何影响城市碳排放量?

曹 静, 任梓彤

(东北财经大学 公共管理学院, 辽宁 大连 116025)

**摘要:** 低碳城市试点政策是中国实现低碳发展的一项重要政策, 是应对气候变化的重要抓手, 为实现碳达峰碳中和提供了实践经验。本文以低碳城市试点政策为准自然实验, 基于2005—2019年中国280个地级市的面板数据, 采用多时点双重差分模型实证分析了低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响及其作用机制。研究结果显示: 低碳城市试点政策显著降低了城市碳排放量, 在经过一系列稳健性检验后, 回归结果依然成立; 低碳城市试点政策具有明显的地区异质性和资源禀赋异质性, 其对城市碳排放量的影响在东部地区和非资源型城市更明显; 低碳城市试点政策通过促进数字经济发展和提升绿色技术创新水平降低城市碳排放量。因此, 应进一步优化低碳城市试点政策, 因地制宜地完善各地区的低碳发展模式, 通过发展数字经济更好地实现碳减排效果, 构建区域间减碳协作机制, 从而为在全国范围内推进低碳城市建设提供经验支持。

**关键词:** 低碳城市试点政策; 城市碳排放量; 数字经济; 绿色技术创新; 碳达峰碳中和

**中图分类号:** F062.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-176X(2024)01-0057-15

## 一、问题的提出

气候变化问题已成为世界各国所面临的共同问题, 它被各国政府提上议事日程。2020年9月, 国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上指出: “中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和。”2021年3月, 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出: “落实2030年应对气候变化国家自主贡献目标, 制定2030年前碳排放达峰行动方案。”2022年10月, 党的二十大报告提出: “积极稳妥推进碳达峰碳中和。”

中国政府在实现低碳经济、低碳生活和低碳社会方面付出了诸多努力。2010年7月, 《国家发展改革委关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》提出: “将调整产业结构、优化能源结构、节能增效、增加碳汇等工作结合起来, 明确提出本地区控制温室气体排放的行动目标、重点任务和具体措施, 降低碳排放强度, 积极探索低碳绿色发展模式。”2012年11月, 《国家发展改革委关于开展第二批国家低碳省区和低碳城市试点工作的通知》提出: “把全面协调可持续作为开展低碳试点的根本要求”。为了扩大低碳城市试点范围, 鼓励更多的城市探索和总结低碳发

收稿日期: 2023-11-03

基金项目: 辽宁省教育厅项目“辽宁省农村财政减贫成效及机制优化研究”(LN2020Q02)

作者简介: 曹 静(1982-), 女, 辽宁海城人, 副教授, 博士, 主要从事公共政策研究。E-mail: jingjiao\_6234@163.com  
任梓彤(1999-), 女, 辽宁辽阳人, 硕士研究生, 主要从事公共政策研究。E-mail: renzit\_1015@163.com

展经验,中国开启了第三批低碳城市试点工作。2017年1月,《国家发展改革委关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知》提出:“结合本地区自然条件、资源禀赋和经济基础等方面情况,积极探索适合本地区的低碳发展模式和发展路径”。

环境保护和经济发展绝不是两个相悖的议题。中国政府正在积极探索一条具有中国特色的高质量发展道路,在实现高质量发展的过程中,坚持生态环境保护与经济增长同步进行。数字经济在全球迅猛发展,这也给中国经济社会的持续、健康发展带来了新的机遇。党的二十大报告提出:“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。”随着5G、大数据和云计算时代的到来,数字经济的蓬勃发展也给“双碳”目标的实现提供了新的机遇。

近年来,国内外学者对低碳城市试点和碳减排等议题给予了大量的关注,通过梳理现有文献可以发现,与本文研究密切相关的文献主要集中在以下三类:

第一类文献聚焦于低碳城市试点政策的实施效果。大多数学者从空气污染和经济增长等宏观视角展开实证研究。低碳城市试点工作是在城市发展低碳经济,是实现经济增长和环境保护双赢的举措。王亚飞和陶文清<sup>[1]</sup>采用双重差分模型和系统GMM估计方法研究发现,低碳城市试点政策显著提升了城市绿色全要素生产率,从企业视角出发亦得出相同的结论<sup>[2-3]</sup>。随着5G、大数据和云计算时代的到来,一系列低碳技术相继问世,为经济社会发展注入了新的活力<sup>[4]</sup>。低碳城市建设也分别提升了城市<sup>[5-6]</sup>和企业<sup>[7-8]</sup>的绿色技术创新水平,对绿色技术创新质量的作用大于对绿色创新数量的作用<sup>[9]</sup>,对行政级别高的城市影响更显著<sup>[6]</sup>。类似地,宋弘等<sup>[10]</sup>采用双重差分模型研究发现,低碳城市建设显著降低了城市空气污染程度。彭璟等<sup>[11]</sup>进一步研究发现,低碳城市试点政策平均降低了16.3%的二氧化硫排放量。Gehrsitz<sup>[12]</sup>发现,德国低碳区政策降低了本地空气中的细颗粒物浓度,能显著改善空气质量。除上述研究外,王锋和葛星<sup>[13]</sup>基于2007—2019年中国上市公司的微观数据,采用渐进双重差分模型研究发现,低碳城市试点政策能够增加约5.1%的就业。景国文<sup>[14]</sup>采用2004—2018年中国地级市面板数据研究发现,低碳城市试点政策显著抑制了FDI的流入。沙文兵和彭徐彬<sup>[15]</sup>通过匹配2007—2015年中国海关数据和上市公司数据发现,低碳城市试点政策显著提升了企业出口产品质量。

第二类文献进一步聚焦于低碳城市试点政策的碳减排效果。目前学者对低碳城市试点政策的碳减排效果得出了比较一致的结论,即低碳城市建设显著降低了碳排放量<sup>[16-18]</sup>。但有关碳排量的计算、碳减排的作用机制、研究方法和研究对象等方面仍有所差异。郭沛和梁栋<sup>[17]</sup>采用超效率SBM模型计算了城市碳排放效率。王连芬等<sup>[18]</sup>采用IPCC方法测算了天然气、液化石油气、电力、交通运输和供暖等五类城市碳排放来源。史修艺和徐盈之<sup>[19]</sup>基于工业视角,采用广义Bonferroni曲线和双重差分模型对经济发展的公平性和碳减排效果进行了测度。董梅<sup>[20]</sup>基于合成控制法对24个低碳试点城市的工业污染物净减排效应进行分析。黄寰等<sup>[21]</sup>以第二批和第三批低碳城市试点为一项准自然实验,采用倾向得分匹配倍差法分析低碳城市试点政策对城市碳排放的影响,并基于“胡焕庸线”视角发现,低碳城市试点政策显著减少了城市碳排放。此外,还有学者采用Tapi脱钩模型考察低碳试点城市经济增长与碳排放总量之间的关系。在作用机制方面,相关研究主要集中在产业结构升级<sup>[21-23]</sup>和绿色技术创新<sup>[5, 8]</sup>等方面。

第三类文献聚焦于数字经济、绿色技术创新对城市碳排放量的影响。2023年的政府工作报告提出:“加快传统产业和中小企业数字化转型,着力提升高端化、智能化、绿色化水平。”目前,部分学者发现,数字经济具有显著的碳减排效应<sup>[24-26]</sup>,数字经济与碳排放呈现倒U型特征<sup>[27-28]</sup>。王军等<sup>[29]</sup>从制造业的角度进行考察发现,数字金融发展对制造业碳强度具有先促进、后抑制的非线性影响。徐维祥等<sup>[30]</sup>从空间视角研究发现,数字经济对碳排放具有明显的空间效应,对东部地区的影响较大,长三角地区成为重要的数字经济高水平集聚区。数字经济作为一种

新的经济形态<sup>[31]</sup>，有助于减少温室气体排放。在聚焦绿色技术创新水平方面，已有文献主要从城市和企业两个维度展开研究。在城市方面，低碳城市建设也能够显著提升城市绿色技术创新水平，对行政级别高的城市和非资源型城市的作用更明显<sup>[5, 9]</sup>。在企业方面，低碳城市建设有助于增强企业绿色技术创新活力，在国有企业和非高新技术企业中这一效应更为明显<sup>[8, 32-34]</sup>。

本文的边际贡献主要体现在：笔者利用多时点双重差分模型实证分析了低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响，并从数字经济和绿色技术创新水平两个方面检验了低碳城市试点政策对城市碳排放量的作用机制，为中国实现碳达峰碳中和提供了实践经验。

## 二、政策背景、理论分析与研究假设

### （一）政策背景

在单一的官员晋升模式下<sup>[35]</sup>，环境保护让步于经济增长。为了摆脱部分地区以牺牲资源环境为代价<sup>[36]</sup>寻求经济增长的路径依赖<sup>[37]</sup>，降低碳排放量、治理生态环境和实现高质量发展已经成为地方政府迫在眉睫的任务。对此，中国采取了一系列碳减排措施，自2010年开始实施低碳城市试点政策，截至目前共进行了三批试点。

从国家和地方政府发布的相关政策来看，低碳城市试点政策可以分为三个阶段：2007—2010年是低碳城市试点政策的起步阶段，2010年第一批低碳试点城市以自上而下的方式指定，确定了5个省份和8个城市；2012—2015年是低碳城市试点政策的探索阶段，2012年在总结第一批低碳试点城市经验的基础上，更加公开、透明地进行试点城市的申报与遴选工作，最终确定了1个省份和28个城市（地区）。至此，除湖南省、宁夏回族自治区、西藏自治区和青海省以外，其余省份（不含港澳台）至少有1个低碳试点城市；2016年至今是低碳城市试点政策的提升阶段，2017年国家发展和改革委员会正式确定了45个城市（区、县）为第三批低碳试点城市。在此过程中，中国低碳城市试点政策不断完善，以实现碳排放峰值目标、控制碳排放总量、探索低碳发展模式和推进低碳发展为主线，赋予地方政府一定程度的自主性，在遵循基本原则的前提下进行有益探索，为其他地区提供可推广、可复制的工作模式和先进经验。三批低碳城市试点工作在空间范围上逐步扩展，目前覆盖31个省份，并且逐步由省、地级市推进至区、县，这表明低碳城市试点政策能够因地制宜地结合地方特色开展工作，试点工作内容也变得更加具体和细化。

表1是低碳城市试点工作概况。

表1 低碳城市试点工作概况

批次	第一批	第二批	第三批
实施时间	2010年7月	2012年11月	2017年1月
试点范围	5个省份和8个城市	1个省份和28个城市（地区）	45个城市（区、县）
具体任务	编制低碳发展规划；制定支持低碳绿色发展的配套政策；加快建立以低碳排放为特征的产业体系；建立温室气体排放数据统计和管理体系；积极倡导低碳绿色生活方式和消费模式	明确工作方向和原则要求；编制低碳发展规划；建立以低碳、绿色、环保、循环为特征的低碳产业体系；建立温室气体排放数据统计和管理体系；建立控制温室气体排放目标责任制；积极倡导低碳绿色生活方式和消费模式	明确目标和原则；编制低碳发展规划；建立控制温室气体排放目标考核制度；积极探索创新经验和做法；提高低碳发展管理能力

### （二）理论分析与研究假设

低碳城市试点政策是城市层面的综合性环境规制政策，目的在于建设以低碳排放为特征的产业体系和消费模式，为“双碳”目标的实现提供实践经验。从宏观层面看，中国制定了诸多综合

性的环境保护政策。2007年以来,国务院有关部门组织部分省份开展了排污权有偿使用与交易试点工作;2010年,《国家发展改革委关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》下发;2011年,《国家发展改革委办公厅关于开展碳排放权交易试点工作的通知》下发。顶层设计为各地区控制碳排放量提供了正式环境规制及命令控制型规制工具,直接助力城市碳减排。从中观层面看,低碳城市试点政策提倡低碳生产和低碳消费,大多数试点城市都将公共汽车换为新能源汽车,严格执行乘用车和轻型商用车燃料消耗量限值标准等政策。同时,低碳城市还会加快低碳建筑、低碳交通体系建设,积极发展公共交通,这些都有利于减少城市碳排放<sup>[38]</sup>。从微观层面看,各地区不断调整产业结构,低碳城市试点政策显著促进了战略性新兴企业的成长<sup>[39]</sup>,对企业或行业的环境污染进行规制。同时,企业作为转变经济发展方式的主力军,会受到更严格的低碳指标考评,这样企业不得不通过技术升级提高能源使用效率。注重企业在实现“双碳”目标中的主体地位,能够促进企业高质量发展<sup>[40]</sup>,从而助力各个行业实现碳减排。综上所述,笔者提出如下假设:

**假设1:** 低碳城市试点政策能降低城市碳排放量。

低碳城市试点政策通过促进数字经济发展降低城市碳排放量。一方面,低碳城市试点政策能够促进数字经济发展。低碳城市试点政策既是环境规制政策,也是支持低碳经济发展的配套政策。随着城市低碳经验的不断积累,试点城市被要求加快低碳技术研发并进行推广,以期获得更好的碳减排效果。同时,低碳城市试点政策要求各地区建立碳排放数据统计和管理体系<sup>[12]</sup>,为城市数字基础设施低碳建设提供切实可行的新思路和新途径<sup>[41]</sup>。另一方面,发展数字经济最主要的目的之一是实现产业智能化,应在促进数字经济发展过程中更好地发挥政府作用<sup>[42]</sup>,以5G、云计算和人工智能等技术为基础推动生产力发展。在推动生产力发展的过程中,产业数字化是由数字技术赋能传统产业,催生新产业、新业态、新模式,从而促进传统产业全方位、全链条绿色低碳转型升级<sup>[24]</sup>,并催生了新能源产业、脱碳技术等相关的产业形态和技术类型。与传统产业相比,数字经济本身具有污染物排放量低和经济驱动力强等特征。此外,从消费者视角出发,数字经济以需求为导向,这在一定程度上取代了以供给为导向的传统经济,从而在源头上减少了部分原材料的无效消耗,并且数据要素作为新型创新要素也能为经济增长带来巨大价值<sup>[11]</sup>。同时,数字经济发展正改变着社会公众的消费理念,激发了城市居民对绿色低碳产品和服务的选择偏好<sup>[43]</sup>。从生产者视角出发,数字技术发展改变了生产者的生产方式。越来越多的生产者选择“线上+线下”相结合的方式实现各个环节的流通,这会减少信息不对称,降低交易成本,提高生产效率,从而显著降低碳强度<sup>[44]</sup>。综上所述,笔者提出如下假设:

**假设2a:** 低碳城市试点政策通过促进数字经济发展降低城市碳排放量。

党的二十大报告提出:“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略”。在低碳技术创新方面,各行各业都在不断探索,以低碳技术替代原有技术,降低了城市碳排放量,从而取得了许多突破<sup>[17]</sup>。一方面,就低碳城市试点政策本身而言,其在顶层设计过程中推出了一系列创新政策,如财政和税收等优惠政策<sup>[38]</sup>,通过创新政策的导向功能促进城市绿色技术创新水平的提升。同时,作为命令控制型工具,低碳城市试点政策也能倒逼企业将部分资金投入环保中。随着环保装备、相关知识储备人才需求的增大,这将推动企业探索绿色发展模式,并有助于低碳转型企业吸取先行“领导者”的成功经验<sup>[21]</sup>。另一方面,绿色技术创新水平的提升有助于降低城市碳排放量<sup>[21, 38]</sup>。绿色技术创新不仅体现在低碳生产方面,还体现在绿色智能交通体系建设等低碳生活领域<sup>[18]</sup>。综上所述,笔者提出如下假设:

**假设2b:** 低碳城市试点政策通过提升绿色技术创新水平降低城市碳排放量。

### 三、研究设计

#### （一）变量选取

##### 1.被解释变量

本文被解释变量是城市碳排放量（C），参考丛建辉等<sup>[45]</sup>与张华<sup>[16]</sup>的做法，将工业生产过程、交通、建筑、农林业、土地利用变化、废弃物处理、电能和热能等消耗产生的碳排放汇总得到每个地级市的碳排放量，并对其取自然对数。

##### 2.解释变量

本文解释变量是低碳城市试点政策（Did=Treat×Post）。其中，Treat表示分组虚拟变量，处理组为试点城市，Treat=1；控制组为非试点城市，Treat=0。Post表示时间虚拟变量，2010年、2013年、2017年为政策冲击当年及之后的时间段，Post=1；2005年至实施试点年份前为政策冲击之前的时间段，Post=0。由于第二批低碳试点城市通知的下发时间是2012年11月，政策所带来的冲击很难在当年产生政策效应，本文借鉴宋弘等<sup>[10]</sup>的做法，将2013年作为第二批低碳试点城市的起始年份。2010年试点地区以省份为主，其后的试点批次中与第一批试点城市存在交叉的城市，以第一批低碳试点城市的实施时间作为起始年份。根据民政部2019年公布的《中华人民共和国行政区划统计表》，其中有4个直辖市和293个地级市。因部分城市数据缺失，研究样本中剔除地级市中海南省的三沙市和儋州市，贵州省的毕节市和铜仁市，青海省的海东市，西藏自治区、新疆维吾尔自治区的全部地级市，以及港澳台地区。

##### 3.中介变量

数字经济（Dig），本文参考赵涛等<sup>[46]</sup>的做法，根据已有数据使用国际互联网用户数、移动电话用户数、电信业务总量及信息传输、计算机服务和软件从业人员数4个指标刻画数字经济，并使用主成分分析（PCA）法对上述4个指标进行降维处理，最终得到城市层面的数字经济综合发展指数。绿色技术创新水平（Gpat），本文参考郭丰等<sup>[5]</sup>的做法，采用城市绿色发明专利申请数衡量。

##### 4.控制变量

为了控制其他相关变量对回归结果的影响，本文参考张华<sup>[16]</sup>与黄寰等<sup>[21]</sup>的做法，选取如下控制变量：经济发展水平（Pgdp），采用人均GDP的自然对数衡量；人口密度（Pop），采用地级市总人口与行政区域面积比值的自然对数衡量；政府干预程度（Gov），采用政府财政预算支出与地区生产总值的比值衡量；人力资本水平（Edu），采用普通本专科在校生人数与总人口的比值衡量；金融发展（Fin），采用金融机构各项贷款余额与地区生产总值的比值衡量；创新水平（Inno），采用科技支出与财政支出的比值衡量。

#### （二）模型构建

为了验证低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响，本文将低碳城市试点政策视为一项准自然实验，评估该试点政策的实施效果。本文参考Wolff<sup>[47]</sup>的做法，使用多时点双重差分模型评估低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响，比较试点城市和非试点城市的碳排放量在试点前后的差异，构建基准回归模型如下：

$$C_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Did_{it} + \sum_{j=2}^7 \alpha_j X_{ijt} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，i和t分别表示城市和年份； $X_{ijt}$ 表示上述一系列控制变量； $\delta_i$ 表示城市固定效应； $\mu_t$ 表示年份固定效应； $\varepsilon_{it}$ 表示随机扰动项。

#### （三）数据来源

本文以2005—2019年中国280个地级市的面板数据为研究样本。碳排放量数据来源于《中国

城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》,后经过手工整理得到最终数据。其他数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国数字经济发展白皮书》,缺失的数据根据中经网统计数据库、EPS数据库进行补充,考虑到数据的科学性和可获取性,部分缺失值采用线性插值法进行补充。同时,为了保证数据的平稳性,消除异方差的影响,经筛选处理,对所有连续变量在1%和99%分位数上进行Winsor2缩尾处理,最终得到4 200个地级市年度观测数据。

表2是本文主要变量的描述性统计结果。

表2 主要变量的描述性统计结果

变 量	符 号	观 测 值	均 值	标 准 差	最 小 值	最 大 值
城市碳排放量	C	4 200	6. 1000	1. 2049	1. 9305	9. 5330
低碳城市试点政策	Did	4 200	0. 2248	0. 4175	0	1
数字经济	Dig	4 200	0. 0000	0. 9452	-0. 6245	12. 0420
绿色技术创新水平	Gpat	4 200	0. 3720	1. 0231	0. 000	16. 6105
经济发展水平	Pgdp	4 200	10. 3319	0. 7356	7. 7816	12. 2807
人口密度	Pop	4 200	5. 7398	0. 9133	1. 5475	7. 9224
政府干预程度	Gov	4 200	0. 1776	0. 1005	0. 0426	1. 4852
人力资本水平	Edu	4 200	0. 0166	0. 0221	0. 0001	0. 1442
金融发展	Fin	4 200	0. 8720	0. 5343	0. 1122	7. 4502
创新水平	Inno	4 200	0. 0139	0. 0170	0. 0001	0. 5824

## 四、实证结果分析

### (一) 基准回归结果分析

表3是低碳城市试点政策对城市碳排放量影响的基准回归结果。

表3 基准回归结果

变 量	(1)	(2)	(3)
Did	-0. 0573** (0. 0232)	-0. 0611** (0. 0317)	-0. 0488** (0. 0226)
Pgdp		0. 8583*** (0. 0217)	0. 5624*** (0. 0423)
Pop		0. 2491*** (0. 0156)	0. 3760*** (0. 1386)
Gov		-1. 3910*** (0. 1467)	0. 3104** (0. 1430)
Edu		3. 1247*** (0. 7479)	-1. 9103** (1. 0204)
Fin		0. 4323*** (0. 0230)	-0. 0629** (0. 0244)
Inno		0. 3791 (0. 8685)	-0. 6934 (0. 4921)
城市固定效应	控制	不控制	控制
年份固定效应	控制	不控制	控制
常数项	6. 1129*** (0. 0078)	-4. 3770*** (0. 2427)	-1. 8203** (0. 8687)
观 测 值	4 200	4 200	4 200
R <sup>2</sup>	0. 9094	0. 5608	0. 9150

注: \*\*\*、\*\*和\*分别表示在10%、5%和1%水平上显著,括号内为稳健标准误,下同。

表3列(1)是未加入控制变量的回归结果,表3列(3)则是进一步加入控制变量的回归结果。表3列(1)和列(3)的回归结果显示,无论是否加入控制变量,低碳城市试点政策(Did)的回归系数显著为负,这表明低碳城市试点政策的实施能显著降低城市碳排放量。假设1得以验证。表3列(2)未加入城市固定效应和年份固定效应,无论是否加入城市固定效应和年份固定效应,低碳城市试点政策对城市碳排放量都有显著负向影响。对于控制变量而言,从表3列(3)

可以看出,经济发展水平(Pgdp)、人口密度(Pop)和政府干预水平(Gov)的回归系数均显著为正。经济发展水平的回归系数显著为正,这表明经济发展水平对城市碳排放量的影响在初期出现碳排放量上升的趋势,这与Zhang等<sup>[48]</sup>的研究结论一致。人口密度的回归系数显著为正,这表明人口密度越高,城市碳排放量越大。人口密度大所带来的交通、电力等方面的需求增加,对环境承载能力提出了更高的要求<sup>[4]</sup>,这与Zhou和Wang<sup>[49]</sup>的研究结论一致。人力资本水平(Edu)和金融发展(Fin)的回归系数显著为负,这表明人力资本水平和金融发展能够降低城市碳排放量。其可能的原因是,人力资本水平提高可以通过技术创新等多种渠道改变传统生产和生活方式,进而降低城市碳排放量。

## (二) DID估计有效性检验

### 1. 平行趋势检验

为了准确识别低碳城市试点政策的效果,需要确保双重差分模型满足平行趋势假设,即处理组与对照组的城市碳排放量在政策冲击前具有相同的时间变动趋势。因此,本文考察动态异质性下低碳城市试点政策的效果差异。基于事件研究法,本文参考赵振智等<sup>[50]</sup>的做法,具体构建平行趋势检验模型如下:

$$C_{it} = \alpha_0 + \sum_{r=-6}^{-1} n_r d_r + n_0 d_0 + \sum_{s=1}^6 n_s d_s + \sum_{j=1}^6 \alpha_j X_{ijt} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,  $n_0$ 表示低碳城市试点政策出台当年的虚拟变量,  $n_r$  和  $n_s$  分别表示低碳城市试点政策出台前  $r$  年和低碳城市试点政策出台后  $s$  年的虚拟变量, 其他变量的含义同模型(1)。模型(2)中的系数  $n_r$ 、 $n_0$  和  $n_s$  分别表示低碳城市试点政策出台前、出台当年和出台后城市碳排放量的变化情况,  $n_r$  是本文重点关注的系数, 该系数反映了低碳城市试点政策出台前  $r$  年处理组城市与控制组城市碳排放量的差异。

图1是平行趋势检验结果。在低碳城市试点政策实施的前6年,系数估计值始终在0附近波动,这表明试点城市和非试点城市的碳排放量无显著差异。但在低碳城市试点政策实施当年,系数估计值显著为负,且政策效果具有持续性,这表明本文满足平行趋势假设。

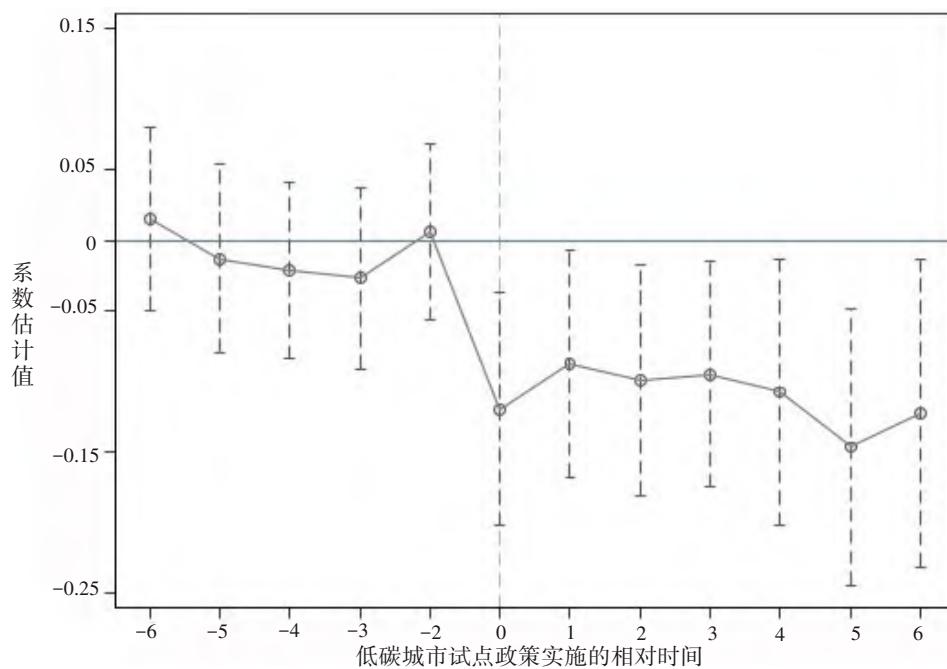


图1 平行趋势检验结果

## 2. 安慰剂检验

基准回归结果显示,低碳城市试点政策显著降低了城市碳排放量,且通过了平行趋势检验。尽管已经在模型中控制了固定效应并选取了相应的控制变量,但样本期内仍可能存在一些其他无法观测到的、与低碳城市试点政策无关的外生因素对城市碳排放量产生影响。

为了克服遗漏变量可能导致的模型估计偏误,进一步说明上述研究结论的可靠性,本文参考王峰和葛星<sup>[13]</sup>与宋弘等<sup>[10]</sup>的做法,通过随机选取处理组的方式进行安慰剂检验。在研究样本中,试点城市共有120个,通过随机抽取相应个数的城市作为虚拟处理组进行回归,其余城市作为虚拟控制组。具体的做法是:本文对原样本进行1 000次抽样,每次随机选取120个地级市作为实施政策的处理组,其余城市作为控制组,相应地,产生了1 000个虚拟处理组与时间交互的估计系数。图2是安慰剂检验结果,汇报了估计系数的密度分布情况,可以发现,估计系数集中在0附近,基本符合正态分布。这一结果表明基准回归结果可以排除其他不可观测因素的干扰,证明了低碳城市试点政策对城市碳排量的影响并非来源于其他无法观测的因素。

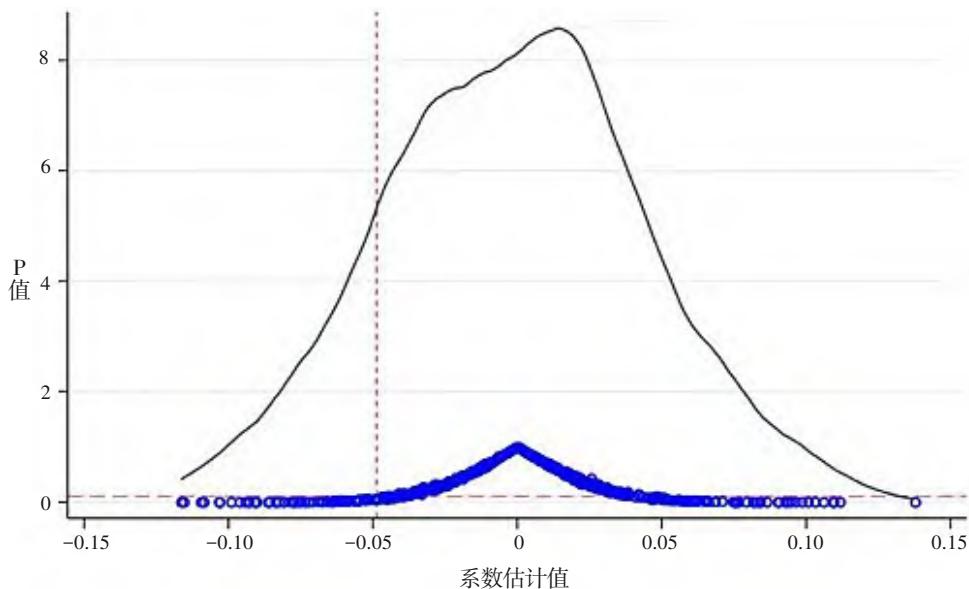


图2 安慰剂检验结果

## 3. 多期DID有效性检验

本文在基准回归模型中加入了双向固定效应。双向固定效应的双重差分模型假设所有个体的政策干预时间完全相同。在处理组城市受到政策冲击时间不一致的情况下,模型可能会出现估计偏误。为了处理这一问题,本文借鉴Gardner<sup>[51]</sup>的做法,采用两阶段双重差分模型来解决异质性处理效应问题,回归结果如表4所示。低碳城市试点政策的回归系数显著为负,与预期结果一致,这进一步验证了本文结论的可靠性。

表4 多期DID有效性检验的回归结果

变 量	(1)	(2)
Did	-2.1236*** (0.1173)	-1.3124*** (0.2013)
控制变量	不控制	控制
城市固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
观测值	4 200	4 200

### (三) 稳健性检验

#### 1.PSM-DID

低碳试点城市的选择过程是先由各省市根据自身实际状况自行申报，再由国家经过统筹考虑后确定，因而低碳试点城市的选择可能不具备随机性。本文进一步引入 PSM-DID 模型进行稳健性检验，以缓解选择性偏误导致的内生性问题。本文将控制变量作为协变量，采用无放回 1:1 近邻匹配法进行匹配，并删除未匹配的样本数据，基于匹配后的数据重新进行估计。回归结果如表 5 列(1) 和列(2) 所示，低碳城市试点政策的回归系数显著为负，与基准回归结果一致。

#### 2. 改变样本期限

一项政策付诸实施后的效果可能会受当年各种复杂因素的影响，从接收政策信息到产生政策效果可能存在时滞性，因而本文将数据更换为 2007—2018 年重新进行回归。回归结果如表 5 列(3) 和列(4) 所示，与基准回归结果一致，这再次证明本文研究结论是稳健的。

#### 3. 改变控制组样本

考虑到城市等级的不同，各地方政府的经济发展状况、政策实施情况和财政干预力度等均存在差异，因而本文剔除了各省会城市的样本数据。回归结果如表 5 列(5) 和列(6) 所示，低碳城市试点政策的回归系数显著为负，这进一步说明了本文结论的稳健性。

#### 4. 剔除相关政策的影响

在低碳城市试点政策实施过程中，同时期其他相关政策可能会对本文城市碳排放量识别机制产生一定的干扰。中国自 2007 年开始实施排污权交易试点政策，为排除此政策对本文研究结论的影响，将该政策的虚拟变量加入模型(1) 中重新进行回归。回归结果如表 5 列(7) 和列(8) 所示，低碳城市试点政策的回归系数均显著为负，这表明基准回归结果是稳健的。

表 5 稳健性检验的回归结果

变 量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Did	-0.0556** (0.0232)	-0.0478** (0.0226)	-0.0438* (0.0247)	-0.0433* (0.0243)	-0.0432** (0.0251)	-0.0410* (0.0240)	-0.0568** (0.0232)	-0.0480** (0.0226)
Pgdp		0.5666*** (0.0424)		0.4644*** (0.0504)		0.6223*** (0.0448)		0.5625*** (0.0422)
Pop		0.4000*** (0.1391)		0.3503** (0.1612)		0.4325*** (0.1499)		0.3757*** (0.1385)
Gov		0.3716** (0.1673)		0.2413 (0.1910)		0.2358 (0.1471)		0.3304** (0.1433)
Edu		-1.8326* (1.0215)		-1.3640 (1.1219)		-2.6043** (1.2918)		-1.8813* (1.0201)
Fin		-0.0645*** (0.0245)		-0.0512** (0.0244)		-0.0186 (0.0289)		-0.0621** (0.0244)
Inno		-1.5621** (0.7457)		-0.9674 (0.8752)		-0.2850 (0.9254)		-0.7183 (0.4921)
排污权交易 试点政策								0.0691** (0.0341)
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	6.1116*** (0.0078)	-2.0006** (0.8735)	6.1241*** (0.0085)	-0.5510 (1.0009)	5.9857*** (0.0083)	-2.0640** (0.9190)	6.0884*** (0.0142)	-1.8476** (0.8685)
观测值	4 198	4 198	3 360	3 360	3 855	3 855	4 200	4 185
R <sup>2</sup>	0.9099	0.9151	0.9226	0.9260	0.9000	0.9070	0.9095	0.9151

#### (四) 异质性分析

##### 1. 基于地区的异质性分析

中国各地区间的经济发展状况和治理模式等方面有较大差异。因此,本文按地理位置将样本城市分为东部地区、中部地区和西部地区分别进行分组检验,回归结果如表6所示。

表6 地区异质性分析的回归结果

变 量	(1)	(2)	(3)
	东部地区	中部地区	西部地区
Did	-0.1290*** (0.0298)	-0.0577 (0.0407)	0.1516** (0.0619)
Pgdp	0.6530*** (0.0667)	0.4131*** (0.0667)	0.8169*** (0.1363)
Pop	-0.6461*** (0.1864)	1.1390*** (0.2298)	1.8366*** (0.4213)
Gov	0.4755** (0.2041)	0.8575*** (0.3030)	-0.1041 (0.3039)
Edu	0.6918 (1.4900)	-0.5111 (1.4114)	-13.4234*** (3.2799)
Fin	-0.0121 (0.0439)	-0.0517* (0.0312)	-0.0090 (0.0745)
Inno	-0.2271 (0.5071)	2.5935** (1.1162)	-7.5533*** (2.3702)
城市固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
常数项	3.5734*** (1.2769)	-4.8381*** (1.3152)	-12.0962*** (2.7397)
观测值	1 695	1 620	870
R <sup>2</sup>	0.9301	0.8864	0.9004

从表6可以看出,低碳城市试点政策显著降低了东部地区城市碳排放量。中国东部地区经济增长快<sup>[40]</sup>、人口密度高、高等教育资源丰富<sup>[21]</sup>、低碳技术较为先进成熟、低碳配套措施完善、在产业结构调整与升级过程中处于领先地位,其具有较高的低碳城市建设意识;低碳城市试点政策对中部地区城市碳排放量的影响不显著。低碳城市试点政策对西部地区城市碳排放量有显著正向影响,原因可能是西部地区城市承担着东部地区、中部地区城市产业转移的重任<sup>[40]</sup>。

##### 2. 基于资源禀赋的异质性分析

根据《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》,本文将样本城市划分为资源型城市和非资源型城市,以考察低碳城市试点政策的效果差异,结果如表7所示。

表7 资源禀赋异质性分析的回归结果

变 量	(1)	(2)
	资源型城市	非资源型城市
Did	-0.0107 (0.0426)	-0.0698*** (0.0256)
Pgdp	0.7376*** (0.0710)	0.2327*** (0.0546)
Pop	1.8089*** (0.2837)	-0.4271*** (0.1538)
Gov	-0.0077 (0.2392)	0.6452*** (0.1740)
Edu	-0.7960 (2.7655)	-2.7879*** (1.0229)
Fin	-0.0481 (0.0378)	-0.1010*** (0.0323)
Inno	-0.1561 (0.6658)	-1.3580** (0.7908)
城市固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
常数项	-11.3886*** (1.4832)	6.4858*** (1.1031)
观测值	1 680	2 520
R <sup>2</sup>	0.8756	0.9364

从表7可以看出，低碳城市试点政策对非资源型城市碳排放量的影响在1%水平上显著为负，这与杨明鑫和易艳春<sup>[52]</sup>的结论一致。低碳城市试点政策对资源型城市的影响不显著，不具有统计学上的意义。其可能的原因是，非资源型城市在发展过程中由于条件的限制可能倾向于发展低污染、低能耗的非资源密集型产业，在进行低碳试点城市建设后，更倾向于绿色发展，从而促进低碳城市试点政策效果的发挥<sup>[43]</sup>。

### (五) 机制检验

从前文的理论分析和研究假设可以得知，低碳城市试点政策能够通过促进数字经济发展和提升绿色技术创新水平降低城市碳排放量。为了检验上述影响机制，本文参考胡山和余泳泽<sup>[53]</sup>与刘梦莎等<sup>[54]</sup>的做法，检验低碳城市试点政策对上述中介变量的影响，构建机制检验模型如下：

$$Med_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Did_{it} + \sum_{j=2}^7 \alpha_j X_{ijt} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中， $Med_{it}$ 为中介变量，包括数字经济和绿色技术创新水平，其他变量含义同模型(1)。根据现有样本数据可知，数字经济和绿色技术创新水平在试点城市的均值均高于非试点城市。

表8是机制检验的回归结果。

表8 机制检验的回归结果

变 量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Dig	Dig	Gpat	Gpat
Did	0.1395*** (0.0181)	0.1093*** (0.0177)	0.3926*** (0.0361)	0.3115*** (0.0328)
Pgdp		-0.1710*** (0.0330)		-0.6554*** (0.0612)
Pop		1.2287*** (0.1082)		4.3445*** (0.2008)
Gov		-0.7616*** (0.1117)		-1.5394*** (0.2072)
Edu		1.3943** (0.7966)		-5.9554*** (1.4783)
Fin		0.0039 (0.0191)		0.0330 (0.0354)
Inno		2.6482*** (0.3842)		10.3451*** (0.7129)
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	4 200	4 185	4 200	4 185
R <sup>2</sup>	0.9098	0.9159	0.6958	0.7529

表8列(1)和列(2)的回归结果显示，低碳城市试点政策对数字经济的回归系数均在1%水平上显著为正，这表明低碳城市试点政策显著促进了数字经济发展，从而降低了城市碳排放量。假设2a得以验证。表8列(3)和列(4)的回归结果显示，低碳城市试点政策对绿色技术创新水平的回归系数均在1%水平上显著为正，这表明低碳城市试点政策显著提升了绿色技术创新水平，从而降低了城市碳排放量。假设2b得以验证。

## 五、研究结论与政策建议

### (一) 研究结论

低碳城市试点政策是中国实现低碳发展的一项重要政策，是应对气候变化的重要抓手，为实现碳达峰碳中和提供了实践经验。本文以低碳城市试点政策为准自然实验，基于2005—2019年中国280个地级市的面板数据，采用多时点双重差分模型实证分析了低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响及其作用机制。研究结果显示：低碳城市试点政策显著降低了城市碳排放量，在经过一系列稳健性检验后，回归结果依然成立。异质性分析结果显示，低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响具有明显的地区异质性和资源禀赋异质性。具体来说，低碳城市试点政策对中国东部地区和非资源型城市的碳排放量有更明显的抑制作用。机制检验结果显示，低碳城市试点政策

通过促进数字经济发展和提升绿色技术创新水平降低城市碳排放量。

## （二）政策建议

根据上述研究结论，笔者提出如下政策建议：

首先，应进一步优化低碳城市试点政策。本文通过定量分析得出了低碳城市试点政策能够显著降低城市碳排放量这一主要结论，这表明低碳城市试点政策符合新发展理念。因此，政策制定者可以根据试点地区的低碳发展经验，通过总结归纳提炼低碳发展模式的共性，扩大低碳试点城市的范围。地方政府应通过低碳生产和低碳消费，发挥“双碳”目标下低碳城市试点政策的碳减排作用。政府应给予那些减碳积极性高的城市一些政策支持和指导，从而激励非试点城市的低碳发展。对于低碳试点城市而言，应总结过去的成功经验，并在此基础上通过产业结构优化升级、发展数字经济和提升绿色技术创新水平等方式，采取更加合理、更加有效的绿色生产生活方式，以点带面，树立榜样示范作用，引导全国走绿色低碳发展道路。在过去三批低碳试点城市中，不同规模等级的城市可以根据自身的发展情况探索具有地方特色的低碳发展道路，从而激发具有相似特征的城市或邻近城市进行学习。

其次，因地制宜地完善各地区的低碳发展模式。异质性分析结果表明，低碳城市试点政策对城市碳排放量的影响有显著差异，各类城市可结合自身情况因地制宜地制定合适的碳减排措施，找到适合自身的绿色低碳发展新路径，寻求各地区协调均衡的碳减排模式。在现有试点城市基础上，可以扩大中部地区、西部地区的低碳试点范围。中部地区、西部地区可以结合实际对自身的产业结构进行调整与升级，引进东部地区的绿色创新技术和知识密集型人才。国家应加大对资源型城市的低碳干预和扶持力度，在制定碳减排政策时，充分考虑各地资源禀赋和经济发展等方面的异质性，深入基层主动了解城市发展的实际情况。与此同时，各地方政府还应借鉴低碳试点城市建设的成果经验，但要避免照搬照抄。低碳发展模式的不断完善是低碳城市建设的基础，在此过程中，应根据各地特色，采用差异化的低碳发展模式，尽早实现各地区的碳达峰。

再次，在努力实现“双碳”目标的过程中，可以通过发展数字经济更好地实现碳减排。从机制分析结果可以看出，互联网、大数据和区块链等是大数据时代的必然趋势，因而应厘清低碳城市试点政策与数字经济之间的关系，通过发展数字经济更好地实现碳减排。一方面，发展数字经济能够持续推进传统产业的数字化转型，地方政府应加强各个行业之间的数字化协调运作，实现绿色低碳转型；数字经济的发展提升了清洁技术的创新水平，能更好地预测碳排放趋势，各地区可以致力于建设新型数字基础设施和激活数据要素潜能，打造工业零碳互联网数据中心，主导数字赋能绿色发展，全方位、多领域、深层次助力低碳城市建设，将绿色城市与智能化城市相结合。另一方面，数字经济的不断发展使得地方政府可以建立网格化环境监管体系，扫除环境监管盲区，打造“线上+线下”的双驱监管机制。线上监控可以全方位实时跟进碳减排情况，考察执行人员的执行力度，纠正“运动式”减碳。

最后，构建区域间减碳协作机制。中国化石燃料消耗主要集中在东部、中部地区，而碳汇资源及可再生资源主要集中在西部地区，特别是西北地区。对此，应构建区域间减碳协作机制，发挥低碳试点城市的带动作用，促进各地区协作减碳，牢牢把握“减污降碳、协同增效”的总要求，达到一加一大于二的效果；构建区域间减碳协作机制能够突破地理范围限制，产生空间溢出效应，从而有利于降低各区域的碳排放量，让中心城市发挥“头雁”作用，不能单打独斗；构建区域间减碳协作机制还能够为城市管理者提供更多的城市治理手段。地方政府在治理过程中不是只有减碳一件事情，在碳减排时也要综合地考虑政治、经济和民生等问题。构建区域间减碳协作机制不仅可以有效地控制碳排放量，同时也为地方政府带来了更多的选择。在此过程中，应坚持政府的主导作用，本着多方共赢的合作原则实现绿色低碳发展。基于此，可以不断扩大低碳试点城市的覆盖范围，发挥碳减排的正外部性作用。

**参考文献:**

- [1] 王亚飞,陶文清.低碳城市试点对城市绿色全要素生产率增长的影响及效应[J].中国人口·资源与环境,2021,31(6):78-89.
- [2] 张兵兵,周君婷,同志俊.低碳城市试点政策与全要素能源效率提升——来自三批次试点政策实施的准自然实验[J].经济评论,2021(5):32-49.
- [3] 赵振智,程振,吕德胜.国家低碳战略提高了企业全要素生产率吗?——基于低碳城市试点的准自然实验[J].产业经济研究,2021(6):101-115.
- [4] 吴传清,邓明亮.数字经济发展对中国工业碳生产率的影响研究[J].中国软科学,2023(11):189-200.
- [5] 郭丰,杨上广,柴泽阳,等.低碳城市建设能够提升城市绿色技术创新吗?——来自准自然实验的证据[J].软科学,2023,37(1):40-49.
- [6] 邵帅,李嘉豪.“低碳城市”试点政策能否促进绿色技术进步?——基于渐进双重差分模型的考察[J].北京理工大学学报(社会科学版),2022,24(4):151-162.
- [7] 邓思远,杨湘浩,叶旭.低碳城市试点政策对企业技术创新的影响研究——基于断点回归设计的实证分析[J].产业经济评论,2022(6):71-85.
- [8] 刘娟,刘梦洁.低碳转型影响企业对外直接投资了吗——来自中国低碳试点城市的经验证据[J].国际贸易问题,2023(3):53-70.
- [9] 王星.低碳城市试点如何影响城市绿色技术创新?——基于政府干预和公众参与的协同作用视角[J].兰州大学学报(社会科学版),2022,50(4):41-53.
- [10] 宋弘,孙雅洁,陈登科.政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J].管理世界,2019,35(6):95-108+195.
- [11] 彭璟,李军,丁洋.低碳城市试点政策对环境污染的影响及机制分析[J].城市问题,2020(10):88-97.
- [12] GEHRISITZ M. The effect of low emission zones on air pollution and infant health [J]. Journal of environmental economics and management, 2017, 83(3):121-144.
- [13] 王锋,葛星.低碳转型冲击就业吗——来自低碳城市试点的经验证据[J].中国工业经济,2022(5):81-99.
- [14] 景国文.低碳城市试点政策与FDI的区位选择[J].华东经济管理,2021,35(12):43-51.
- [15] 沙文兵,彭徐彬.低碳经济转型与企业出口产品质量:基于低碳城市试点的准自然实验[J].世界经济研究,2023(4):103-118+136.
- [16] 张华.低碳城市试点政策能够降低碳排放吗?——来自准自然实验的证据[J].经济管理,2020,42(6):25-41.
- [17] 郭沛,梁栋.低碳试点政策是否提高了城市碳排放效率——基于低碳试点城市的准自然实验研究[J].自然资源学报,2022,37(7):1876-1892.
- [18] 王连芬,赵园,王良健.低碳试点城市的减碳效果及机制研究[J].地理研究,2022,41(7):1898-1912.
- [19] 史修艺,徐盈之.低碳城市试点政策的公平性碳减排效果评估——基于工业碳排放视角[J].公共管理学报,2023,20(1):84-96+173.
- [20] 董梅.低碳城市试点政策的工业污染物净减排效应——基于合成控制法[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(5):16-30.
- [21] 黄寰,何广,肖义.低碳城市试点政策的碳减排效应[J].资源科学,2023,45(5):1044-1058.
- [22] 邓翔,任伊梦,王国华.低碳城市建设与产业结构优化升级——来自低碳城市试点工作的经验证据[J].软科学,2023,37(2):10-19.
- [23] 周迪,周丰年,王雪芹.低碳试点政策对城市碳排放绩效的影响评估及机制分析[J].资源科学,2019,41(3):546-556.
- [24] 杨刚强,王海森,范恒山,等.数字经济的碳减排效应:理论分析与经验证据[J].中国工业经济,2023(5):80-98.
- [25] 张传兵,居来提·色依提.数字经济、碳排放强度与绿色经济转型[J].统计与决策,2023,39(10):90-94.

- [26] 余群芝,吴柳,郑洁.数字经济、经济聚集与碳排放[J].统计与决策,2022,38(21):5-10.
- [27] 缪陆军,陈静,范天正,等.数字经济发展对碳排放的影响——基于278个地级市的面板数据分析[J].南方金融,2022(2):45-57
- [28] 刘潭,徐璋勇.数字经济、异质性技术创新与二氧化碳排放[J].科技进步与对策,2023,40(13):1-10.
- [29] 王军,王杰,王叶薇.数字金融发展如何影响制造业碳强度?[J].中国人口·资源与环境,2022,32(7):1-11.
- [30] 徐维祥,周建平,刘程军.数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J].地理研究,2022,41(1):111-129.
- [31] 王硕,王海荣.双碳目标背景下中国数字经济健康发展的策略研究[J].当代经济管理,2022,44(8):11-16.
- [32] 徐佳,崔静波.低碳城市和企业绿色技术创新[J].中国工业经济,2020(12):178-196.
- [33] 熊广勤,石大千,李美娜.低碳城市试点对企业绿色技术创新的影响[J].科研管理,2020,41(12):93-102.
- [34] 殷杰兰.低碳试点城市与企业绿色技术创新[J].郑州大学学报(哲学社会科学版),2023,56(4):67-72.
- [35] 蒋德权,姜国华,陈冬华.地方官员晋升与经济效率:基于政绩考核观和官员异质性视角的实证考察[J].中国工业经济,2015(10):21-36.
- [36] 林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019,54(2):119-132.
- [37] 黄溶冰,谢晓君.领导干部自然资源资产离任审计与地区环境质量——基于自然资源禀赋视角[J].资源科学,2023,45(6):1091-1106.
- [38] 范贤贤,郭平.低碳城市试点政策对城市经济高质量发展的影响[J].经济经纬,2023,40(4):3-14.
- [39] 马点圆,孙慧.低碳城市试点政策与战略性新兴企业成长——基于A股上市公司的实证研究[J].华东经济管理,2023,37(1):84-94.
- [40] 王贞洁,王惠.低碳城市试点政策与企业高质量发展——基于经济效率与社会效益双维视角的检验[J].经济管理,2022,44(6):43-62.
- [41] 闫华飞,章雷敏,肖静.“宽带中国”和低碳城市双试点政策的碳减排效应——基于283个地级市的准自然实验[J].南京财经大学学报,2023(5):69-78.
- [42] 王海,郭冠宇,闫卓毓.机器人应用对城市碳排放影响的机理与效应研究[J].财经问题研究,2023(5):52-63.
- [43] 郭秋秋,马晓钰.“宽带中国”战略和低碳城市双试点的减污效应研究[J].产业经济研究,2023(5):129-142.
- [44] 柳毅,赵轩,毛峰.数字经济驱动共同富裕的发展动力与空间溢出效应研究——基于长三角面板数据和空间杜宾模型[J].中国软科学,2023(4):98-108.
- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] WOLFF H. Keep your clunker in the suburb: low-emission zones and adoption of green vehicles[J]. The economic journal,2014,124(578):481-512.
- [48] ZHANG K, ZHANG Z Y, LIANG Q M. An empirical analysis of the green paradox in China: from the perspective of fiscal decentralization[J]. Energy policy,2017,103(4): 203-211.
- [49] ZHOU C, WANG S. Examining the determinants and the spatial nexus of city-level CO<sub>2</sub> emissions in China: a dynamic spatial panel analysis of China's cities[J]. Journal of cleaner production,2018,171 (1):917-926.
- [50] 赵振智,程振,吕德胜.国家低碳战略提高了企业全要素生产率吗?——基于低碳城市试点的准自然实验[J].产业经济研究,2021(6):101-115.
- [51] GARDNER J. Two-stage differences in differences[R]. Working Paper,2021.
- [52] 杨明鑫,易艳春.低碳城市试点政策有利于碳减排吗?——基于准自然实验的研究[J].湖北师范大学学报(哲学社会科学版),2023,43(2):8-18.
- [53] 胡山,余泳泽.数字经济与企业创新:突破性创新还是渐进性创新?[J].财经问题研究,2022(1):42-51.
- [54] 刘梦莎,邵淇,阮青松.数字化转型对企业债务融资成本的影响研究[J].财经问题研究,2023(1):63-72.

## How Does Low-Carbon City Pilot Policy Affect Urban Carbon Emissions?

CAO Jing, REN Zi-tong

(School of Public Administration, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China)

**Summary:** As an important issue in recent years, climate change has been put on the agenda of governments around the world. As the world's largest developing country, China has actively implemented strategies, measures, and actions to address climate change in the process of carbon reduction, contributing Chinese strength and wisdom to global climate change and environmental governance. Low-carbon city pilot policy is a comprehensive environmental regulation policy at the city level, aimed at building an industrial system and consumption mode characterized by low-carbon emissions, and providing practical experience for achieving the "dual carbon" goal. Evaluating the effectiveness of low-carbon city pilot policy is of great significance for accelerating policy implementation and enhancing policy effectiveness. Therefore, each pilot city should leverage its own advantages, combine with actual situations, and improve the environment in a targeted manner, thereby reducing carbon emissions.

Low-carbon city pilot policy is an important policy for China to achieve low-carbon development and an important lever to address climate change, providing practical experience for reaching peak carbon emissions and achieving carbon neutrality. This article takes low-carbon city pilot policy as a quasi-natural experiment. Based on panel data from 280 prefecture-level cities in China from 2005 to 2019, this article uses a difference-in-differences (DID) model to empirically analyze the impact of low-carbon city pilot policy on urban carbon emissions and its mechanism. The research results show that low-carbon city pilot policy has significantly reduced urban carbon emissions. After a series of robustness tests, the regression results are still robust. The results of heterogeneity analysis show that low-carbon city pilot policy has significant regional heterogeneity and resource endowment heterogeneity, and its impact on urban carbon emissions is more pronounced in the eastern region and non-resource-based cities. The mechanism test results show that low-carbon city pilot policy reduces urban carbon emissions by promoting the development of the digital economy and improving the level of green technology innovation. Therefore, it is necessary to further optimize the low-carbon city pilot policy, improve the low-carbon development models in various regions according to local conditions, better achieve carbon reduction effects through the development of digital economy, strengthen regional joint carbon reduction mechanisms, and provide empirical support for promoting low-carbon city construction nationwide.

The marginal contribution of this article is mainly reflected in the empirical analysis of the impact of low-carbon city pilot policy on urban carbon emissions using the DID with multiple time periods. The mechanism of the effect of low-carbon city pilot policy on urban carbon emissions is tested from aspects of digital economy and green technology innovation, providing a basis for China to reach peak carbon emissions and achieve carbon neutrality.

**Key words:** low-carbon city pilot policy; urban carbon emissions; digital economy; green technology innovation; reaching peak carbon emissions and carbon neutrality

(责任编辑:孙艳)

[DOI]10.19654/j.cnki.cjwtyj.2024.01.006

[引用格式]曹静,任梓彤.低碳城市试点政策如何影响城市碳排放量?[J].财经问题研究,2024(1):57-71.