

# 从“实验”到“实践”：绿色金融改革创新试验区的碳减排效应研究\*

史桂芬 周延 韦子军

**[摘要]** 设立绿色金融改革创新试验区是中国重要绿色金融政策之一，也是实现“双碳”目标的有力抓手。基于此，本文选取2011—2022年中国281个城市面板数据，运用多期双重差分模型探究绿色金融改革创新试验区政策的碳减排效应。研究发现：绿色金融改革创新试验区政策实施能显著降低城市碳排放强度，且能通过空间溢出对试点的周边地区产生邻地协同效应；异质性分析表明，绿色金融改革创新试验区政策的碳减排效应在大城市、非资源型城市和低经济发展水平城市中表现更为突出；机制分析进一步揭示，绿色金融改革创新试验区政策能通过促进产业集聚和提高能源效率抑制城市的碳排放增长。本文的研究为评估绿色金融改革创新试验区政策的碳减排效应补充了新的依据，同时也为进一步推广试验区政策提供经验支持。

**[关键词]** 绿色金融改革创新试验区 碳排放强度 溢出效应 多期双重差分

**[中图分类号]** F831.0；X196 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1009-8461(2025)10-118-16

## 一、引言

目前，全球变暖是世界各国共同面临的一项严峻挑战，积极应对气候变化已成为全球共识。囿于碳减排的现实需求，我国亟需转变经济发展方式以实现低碳转型。2020年9月，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出了中国碳中和、碳达峰两个目标，并将其融入了我国生态文明建设的总体战略。新时代十年，我国单位国内生产总值碳排放下降了34.4%，扭转了二氧化碳快速增长的态势。<sup>①</sup>尽管在碳减排方面取得了阶段性成果，中国依旧是世界上碳排放

\* 作者简介：史桂芬，东北师范大学经济与管理学院教授；周延，东北师范大学经济与管理学院硕士研究生；韦子军，东北师范大学经济与管理学院博士研究生。

基金项目：国家社会科学基金一般项目“农业转移人口流动新趋势与城乡融合效应研究”（25BJY199）；中国工程科技发展战略吉林研究院咨询项目“吉林省绿色金融高质量发展战略及实施路径研究”（JL2025-07）。

① 数据来源：《积极稳妥推进碳达峰碳中和》，《人民日报》2022年11月9日第1版。

量第一大国，2023年我国的二氧化碳排放量达到了126亿吨。<sup>①</sup>在“双碳”目标下，金融成为推动我国经济绿色低碳发展的关键力量，绿色金融作为环境保护的重要举措，能够优化资金配置以助力改善生态环境（严成樑等，2016）。同时，由于碳排放的负外部性，实现低碳经济转型需要依靠政府政策的制定和落实（陈诗一，2022）。2017年6月，中国人民银行联合国家发展改革委、财政部等七部委，针对浙江、江西、广东、贵州、新疆五省区的部分地区设立第一批绿色金融改革创新试验区（以下简称“试验区”），在创新绿色金融产品和服务等方面先试先行，旨在以绿色金融改革推动地区绿色低碳发展。截至2022年6月，试验区绿色贷款余额已占全部贷款比重的11.7%。<sup>②</sup>试验区政策实施已有多多年，基于我国经济社会向低碳深度转型的现实需求，有必要对试验区政策效果进行系统分析，以期绿色金融改革从局部“实验”到全面“实践”，促进实体经济低碳转型提供更持续的金融动力。基于此，本文以绿色金融改革创新试验区为研究对象，探究其碳减排效果和作用机制，以评估试验区政策的有效性。本研究对于绿色金融改革创新试验区政策的进一步深化和推广，及推动绿色金融改革服务于降碳减排协同增效具有理论与现实意义。

## 二、政策背景与文献综述

### （一）政策背景

绿色金融在推动经济可持续发展方面具有重要作用。作为践行生态文明可持续发展的重要一环，绿色金融可以运用市场化手段促进绿色低碳产业发展，驱动企业绿色转型。绿色金融政策的实施可以推动资金向低碳产业转移，助力国家实现环境保护和经济社会发展目标。在此背景下，经国务院批准，我国于2017、2019和2022年先后一共设立了第三批绿色金融改革创新试验区。由于在资源禀赋和经济发展水平等方面各不相同，各试验区因地制宜，基于自身优势制定和形成了不同的配套政策、金融产品和服务体系，构建了独具特色的绿色金融发展模式，以促进地区绿色低碳发展（见表1）。

绿色金融改革创新试验区的设立主要遵循以下三个原则：一是充分考虑地区地理位置的差异，需要包括我国主要行政区域；二是充分考虑资源禀赋的差异，发挥各地区的资源优势；三是充分考虑产业发展的差异，探索不同地区转型发展途径。目前，北京、上海、深圳等城市正积极申请成为绿色金融改革创新试验区，借助绿色金融全力推进城市绿色低碳发展。

表1 各试验区绿色金融发展模式

试点地区 (设立时间)	绿色金融发展模式
浙江(2017)	注重探索传统产业转型升级，推动绿色制造发展，在绿色金融信贷、债券、基金等产品上先行先试

<sup>①</sup> 数据来源：国际能源署网，《CO<sub>2</sub> Emissions in 2023》，<https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>。

<sup>②</sup> 数据来源：《绿色金融改革创新试验区再扩容 积累我国绿色金融体系“重庆经验”》，《证券日报》2022年8月27日。

(续表)

试点地区 (设立时间)	绿色金融发展模式
广东 (2017)	拥有突出的金融供给能力和绿色市场需求, 注重创新金融产品和服务, 推动碳金融产品、新能源产业等快速发展, 促进绿色金融改革和经济增长有机结合
贵州 (2017)	自然资源较为丰富, 侧重利用绿色资源优势探索经济可持续发展模式; 在为低碳领域企业提供金融支持的同时, 深入推进大数据、绿色产业和绿色金融的融合发展
江西 (2017)	通过创新绿色基金、绿色市政债和碳中和基金等, 推进绿色城市建设进程
新疆 (2017)	作为丝绸之路经济带的核心区, 基于独特的农业和清洁能源资源, 侧重于发展风电和光电等优势制造业, 推进沿线地区绿色发展
兰州 (2019)	位于黄河生态保护带, 在利用绿色金融支持流域保护以外, 创新绿色普惠金融产品, 持续推进绿色金融的普惠性发展
重庆 (2022)	位于长江经济带, 作为全国首个行政区全覆盖的绿色金融改革创新试验区, 侧重从多方位全面落实绿色发展目标

数据来源: 作者整理。

## (二) 文献综述

在“双碳”目标不断推进的背景下, 学术界围绕碳排放已经进行了系统的研究。从核算方法来看, 由联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC)、世界资源研究所 (WRI) 和国际标准化组织 (ISO) 等国际机构制定的温室气体排放指南具有较大的影响力, 已成为各国开展碳排放核算的蓝本 (卢露, 2021)。我国主要采用 IPCC 的测算方式构建中国碳核算数据库, 同时鉴于数据统计和方法的限制, 也有学者引入夜光灯数据估算网格尺度上的城市碳排放 (赵金彩等, 2017)。从影响因素来看, 碳排放量是由多种因素共同影响决定的。已有研究表明, 提高金融发展水平、促进技术进步、优化产业结构有利于降低碳排放量 (Jalil & Feridun, 2011; 杨莉莎等, 2019), 而人口规模的增长对碳排放存在正向影响 (Song & Zhou, 2015)。从现状特征来看, 全国城市碳排放强度出现显著下降, 总体上呈现“南低北高”的空间格局, 区域碳排放出现雪球效应, 在邻近区域存在显著空间集聚性 (李菁等, 2021)。目前中国正处于经济转型升级的关键时期, 降碳减排是实现我国长期发展战略的重要组成部分。

作为一种推进低碳发展、助力碳中和目标的新型绿色发展模式, 绿色金融逐渐被人们所重视。相较于传统金融, 绿色金融在促进经济高质量发展的同时, 还能满足碳减排的现实需求。学术界主要从绿色金融工具和绿色金融政策两方面研究绿色金融的环境效应。在绿色金融工具方面, 绿色信贷的借贷要求能促使企业提高绿色技术创新能力、着重优化自身产业结构, 有效抑制二氧化碳排放 (孙少岩等, 2023); 绿色债券的使用提高了发行主体的关注度, 缓解企业融资约束, 进而降低城市碳排放强度 (张科等, 2023)。在绿色政策方面, 碳市场政策可以在不抑制经济增长的前提下有效降低地区碳排放强度, 并且碳税与碳市场政策搭配使用能减小碳减排目标实现的代价 (吴茵茵等, 2021); 低碳城市试点政策可以通过降低电费消耗量和提高技术水平来减

少碳排放量，并且试点政策还能与创新城市政策相协调进一步增强碳减排效果（张华，2020）。此外，国家级生态文明先行示范区、国家级金融改革试验区等政策也展现出明显的碳减排效应（汪克亮等，2022；刘秉镰和孙鹏博，2022）。作为环境治理的重要手段，绿色金融可以通过合理配置资源、优化风险管理等方式助力我国“双碳”目标的实现（王遥和任玉洁，2022）。

作为实现生态文明建设目标的重要举措，试验区政策的实施是我国绿色金融又一次创新性尝试（Irfan et al., 2022）。自2017年第一批绿色金融改革创新试验区设立以来，学术界对于试验区政策的评估研究主要聚焦于其经济效应和环境效应。在经济效应评估方面，已有研究发现试验区政策能提升企业全要素生产率（张小勇等，2024）；针对绿色企业，试验区政策不仅可以增加企业信用和研发支出，提升企业生产效率（王修华等，2021），还能通过拓展融资渠道、提高经营效率和盈利能力实现企业长期价值的显著提高（Hu et al., 2021）；此外，赵亚雄等（2023）指出试验区政策能显著提高试点地区的绿色经济效率。在环境效应评估方面，主要从两个层面进行。微观层面上，试验区的设立一方面可以提高重污染企业的融资成本，抑制企业的污染排放（崔惠玉等，2023），另一方面也能倒逼重污染企业履行社会责任，提高企业技术创新能力，激励企业开展碳减排活动（沈璐和廖显春，2020）。但也有学者指出试验区政策没能倒逼企业通过技术进步实现碳减排，反而是缩减重污染企业的生产规模来降低污染排放，即短期“波特假说”不成立（崔惠玉等，2023）；同时Shi et al.（2022）也指出试验区政策并不存在“波特假说”所提出的创新补偿效应。宏观层面上，张振华等（2024）指出试验区政策的实施可以优化能源消费结构，进而促进城市降碳减排；除碳减排效应外，试验区政策还能显著降低近地面的臭氧污染，其中金融发展水平起到了正向的调节作用（张振华等，2022）；而从能源消耗的角度出发，试验区政策展现出了明显的节能效应，显著降低试点地区的能源强度（黄秀路等，2023）。

与既有文献相比，本文的边际贡献主要有以下两个方面：第一，以往研究由于数据可得性的问题只研究了第一批试点城市的碳减排效应，本文将第二批试点城市纳入样本范围，<sup>①</sup>构建多期双重差分模型研究试验区政策的碳减排效应，并检验其空间溢出效应，为进一步推广试验区政策提供了实证依据；第二，基于不同城市的规模、资源禀赋、经济发展水平的异质性，本文进行试验区政策实施效果异质性分析，为进一步有序推进碳减排工作提供参考。

### 三、理论分析与研究假说

#### （一）绿色金融改革创新试验区与碳排放强度

作为一种政府主导的金融改革政策，绿色金融改革创新试验区政策旨在应对气候变化、支持环境保护和促进低碳发展。试验区政策是我国重要的绿色金融政策之一，其与碳排放强度关系密切。从生产端来看，一方面，绿色金融改革创新试验区政策作为一项市场激励型低碳政策，可以引导资金投向绿色低碳产业和环保项目，拓宽绿色产业的融资渠道，从而降低碳排放量（张振华

<sup>①</sup> 截至目前，我国先后设立了第三批绿色金融试验区，由于第三批试点城市设立时间较晚，考虑到政策落地和实施的时滞性以及数据的可获得性，本文仅考虑第一、二批试点地区城市的政策效果。

等, 2024); 另一方面, 试验区政策提高了污染企业的融资成本和贷款门槛, 降低了污染企业的资金供给和可贷信用资金, 引导企业承担碳排放污染责任, 推进高能耗企业发展低碳技术, 倒逼企业进行能源消费结构转型(崔惠玉等, 2023)。从消费端来看, 试验区政策在提供大量绿色金融产品和服务的同时, 宣扬了绿色投资和消费理念, 强化了公众的环保意识, 从而减少了整个社会的二氧化碳排放(陈艳华和关钰桥, 2023)。因此, 绿色金融改革创新试验区政策强化了公众的绿色思维, 把金融资源从高污染产业向低碳产业转移, 在发展绿色产业的同时倒逼污染企业实现绿色转型, 进而实现碳减排。基于此, 本文提出假设 1。

假设 1: 绿色金融改革创新试验区政策能降低碳排放强度。

### (二) 绿色金融改革创新试验区对碳排放强度的影响机制

产业集聚作为产业高质量发展的关键, 在增强区域经济活力的同时还能促进碳减排。一方面, 绿色金融改革创新试验区政策的实施促使地区创新驱动绿色转型迈出实质性步伐, 以知识和科技密集为主的产业吸引了大量生产要素和人力资本, 在知识外溢的影响下形成了具有创新技术的产业集群, 通过提高劳动生产效率促进了城市碳减排(韩峰和谢锐, 2017)。另一方面, 试验区政策下地区产业呈现集聚状态, 有利于促使地区要素资源、公共设施等的最大化集约共享, 优化上下游产业链体系, 推动企业良性竞争, 降低生产成本和能源消耗, 提高资源综合利用率, 形成规模经济效应, 进而达到降碳减排的效果。此外, “双碳”目标的实现还需要我国对能源经济系统进行深刻转型。通过监管与调控试点地区的能源体系, 有利于改善当地的能源结构与质量, 促使试点地区在能源生产、使用等多方面实现绿色转型。绿色金融改革创新试验区政策的实施, 提高了金融配置的效率, 产生金融引擎作用, 引导资金从传统高耗能企业向低碳清洁行业转移、从第二产业向第三产业转移, 在优化产业结构和劳动力、能源等资源要素配置的同时, 提高了能源利用效率(李凯风和吴伟伟, 2018)。此外, 试验区政策能够激励企业主动革新生产工艺、转变生产方式、降低能源消耗量, 提高能源利用效率以实现碳减排(黄秀路等, 2023), 尤其对于“两高一剩”企业, 需要从外部融资环境干预并形成约束效应, 倒逼污染企业提高资源利用效率, 降低碳排放量。基于此, 本文提出假设 2。

假设 2: 绿色金融改革创新试验区政策通过促进产业集聚和提高能源效率降低城市碳排放强度。

### (三) 绿色金融改革创新试验区政策的空间溢出效应

将空间溢出效应纳入分析框架, 能更有效提升政策实施效果评估的准确性与科学性。绿色金融改革创新试验区的设立, 使得试点城市获得更多的资金和优惠利率, 促进地区产业结构升级, 并对周边地区产生示范效应。在政策优惠的背景下, 产业集聚会产生正向的溢出效应, 推动本地和邻近区域协同降碳减排(韩晶和姜如玥, 2024)。非试点城市在引入试点地区的先进技术、人才和管理理念后, 可以提高企业绿色创新能力, 进而实现碳减排。此外, 试验区的绿色生产消费观念会形成传播效应, 带动周边地区产生跟随行为和学习动机, 促使政府出台相关支持政策, 从而减少邻近地区的碳排放。基于此, 本文提出假设 3。

假设 3: 绿色金融改革创新试验区政策能通过空间溢出效应降低邻近城市的碳排放强度。

## 四、实证分析

### （一）模型构建

本文以绿色金融改革创新试验区为研究对象，根据是否为绿色金融试点地区，将样本分为实验组和对照组，在控制其他因素不变的情况下，利用双重差分法探讨试验区政策的碳减排效应，构建基准回归模型如式（1）所示。

$$CI_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 Control_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， $i$  和  $t$  分别为城市和年份； $CI_{it}$  为碳排放强度； $DID_{it}$  为政策虚拟变量； $Control_{it}$  为控制变量； $\mu_i$  为城市固定效应， $\nu_t$  为时间固定效应； $\varepsilon_{it}$  为随机误差项。

### （二）变量定义

#### 1. 被解释变量

被解释变量碳排放强度（CI）用碳排放量与地区生产总值的比值衡量。本文采用了吴建新等（2016）提出的方法测算碳排放量，将城市的二氧化碳排放划分为直接和间接两个层面，直接排放源于化石能源的直接消耗，如使用天然气和液化石油气，而间接排放则是电力和热能的消耗所形成的。二氧化碳排放量的计算方式如下所示：

$$CO_2 = kE_1 + vE_2 + \varphi E_3 + \frac{h \times he}{f} \times r \quad (2)$$

其中， $CO_2$  表示碳排放量； $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$  分别表示天然气排放量、液化石油气排放量和全社会用电量；天然气碳排放系数  $k=2.1622 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ ，液化石油气碳排放系数  $v=3.1013 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ ， $\varphi$  为中国电网发布的各区域电网基准线排放因子； $h$  为供热量，包括蒸汽供热和热水供热，热效率  $he=70\%$ ；城市供热主要以原煤为主，原煤发热量系数  $f=20908 \text{ kJ/kg}$ ，原煤二氧化碳排放系数  $r=1.9003 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ 。

#### 2. 解释变量

本文的解释变量（DID）代表城市是否实施试点政策。若城市为试点城市且时间为政策实施当年及以后，则 DID 为 1，否则为 0。因此解释变量的取值只有 0 和 1。

#### 3. 控制变量

参考前期文献研究（张振华等，2024），为了减少其他因素对于绿色金融改革创新试验区政策碳减排效应评估结果的干扰，本文选取了如下控制变量：规模以上工业企业数量（size）、政府宏观调控水平（gov）、外商直接投资水平（fdi）、产业结构（stru）、金融发展水平（fin）。

### （三）样本选择与数据来源

截至目前，我国先后设立了第三批绿色金融改革创新试验区，由于第三批试点城市设立时间较晚，考虑到政策落地和实施的时滞性以及数据的可获得性，本文仅将第一、二批试点地区城市作

为处理组，以保证政策评估结果的有效性。在剔除数据缺失较多的城市后，最终选取了我国 281 个地级市 2011—2022 年的数据作为样本进行研究，其中 9 个绿色金融改革创新试验区城市作为处理组，其余为对照组。<sup>①</sup> 相关数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《中国电力年鉴》等，部分缺失数据已用插值法补齐。各变量的描述性统计如表 2 所示。

表2 描述性统计

变量	符号	样本数 (个)	均值	标准差	最小值	最大值
碳排放强度	CI	3372	0.500	0.463	0.024	5.805
政策虚拟变量	DID	3372	0.015	0.123	0	1.000
规模以上工业企业数量	size	3372	6.636	1.068	3.045	9.536
政府支出水平	gov	3372	0.201	0.096	0.044	0.741
外商直接投资水平	fdi	3372	0.015	0.016	0	0.116
产业结构	stru	3372	0.453	0.118	0.095	0.893
金融发展水平	fin	3372	8.326	1.102	5.960	12.638

#### (四) 基准回归

本文采用基准模型考察试验区政策的碳减排效应，结果如表 3 所示。其中列 (1) 和列 (2) 分别显示在控制个体和时间固定效应的情况下，选择是否加入控制变量后的估计结果。结果表明，无论是否加入控制变量，DID 的系数均显著为负，说明试验区政策能显著降低试点城市的碳排放强度。具体而言，试点城市的碳排放强度比非试点城市降低 14.4%。综上，假设 1 得以验证。

表3 基准回归与稳健性检验

变量	(1) CI	(2) CI	(3) CI1	(4) CI	(5) CI	(6) CI
DID	-0.194*** (-3.261)	-0.144*** (-2.625)	-0.200** (-2.471)	-0.152*** (-2.628)	-0.147*** (-2.679)	-0.137** (-2.506)
size		-0.135*** (-2.982)	-0.144** (-2.427)	-0.127*** (-2.645)	-0.141*** (-3.111)	-0.133*** (-2.865)

<sup>①</sup> 绿色金融改革创新试验区包括江西赣州新区(南昌市和九江市)，贵州贵安新区(贵阳市和安顺市)，甘肃兰州新区(兰州市)，浙江省湖州市、衢州市，新疆维吾尔自治区哈密市、昌吉市和克拉玛依市，广东省广州市，重庆市，但囿于数据可得性，剔除哈密市、昌吉市和重庆市。由于《中国城市统计年鉴》(2024)中各地级市就业人员数据未更新，因此本文选取的样本数据区间为 2011—2022 年。

(续表)

变量	(1) CI	(2) CI	(3) CI1	(4) CI	(5) CI	(6) CI
gov		1.297*** (2.972)	1.424** (2.476)	1.251*** (2.728)	1.249*** (2.874)	1.576*** (3.240)
fdi		0.854 (1.191)	1.199 (1.275)	0.429 (0.559)	0.784 (1.087)	0.785 (1.087)
stru		0.098 (0.547)	0.101 (0.447)	0.145 (0.687)	0.107 (0.598)	0.109 (0.559)
fin		-0.147* (-1.694)	-0.132 (-1.186)	-0.164* (-1.810)	-0.154* (-1.770)	-0.148* (-1.674)
Constant	0.503*** (548.342)	2.309*** (3.223)	2.367** (2.560)	2.380*** (3.192)	2.400*** (3.354)	2.265*** (3.095)
City-FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	3372	3372	3372	2820	3324	3241
R <sup>2</sup>	0.731	0.749	0.728	0.751	0.751	0.751

注：1) \*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的置信水平下显著；2) 括号内为 t 值。下同。

### (五) 稳健性检验

为了避免回归误差，本文进行了以下稳健性检验，回归结果如表 3 所示。

(1) 替换被解释变量。借鉴任晓松等 (2020) 测算二氧化碳排放量的方法，重新计算城市碳排放强度，具体计算公式如下。

$$CI1 = C_1 + C_2 + C_3 = kE_1 + vE_2 + \rho(\eta \times E_3) \quad (3)$$

式 (3) 中， $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  分别是使用天然气、液化石油气和电产生的碳排放量；煤电燃料链温室气体排放系数  $\rho=1.3203 \text{ kg/kw} \cdot \text{h}$ ； $\eta$  为煤电占总发电量的比重。如表 3 列 (3) 所示，DID 系数显著为负，说明结果具有稳健性。

(2) 剔除碳排放权交易政策的影响。除了试验区政策以外，本文结果还会受其他各类绿色政策的影响，其中碳排放权交易政策的碳减排效果最好。早在 2013 年，我国就在深圳市、北京市、上海市、广东省和天津市陆续建立碳排放交易试点，2014 年湖北省、重庆市也启动碳排放交易试点，2016 年设立了福建省碳交易试点，因此本文在基准回归的基础上进一步剔除了以上 8

个碳试点交易地区进行回归。结果如表 3 列 (4) 所示, DID 的系数为 -0.152, 在 1% 的置信水平下显著为负, 说明回归结果是稳健可靠的。

(3) 剔除样本中的直辖市。考虑到直辖市与普通地级市存在不同的资源禀赋、经济发展水平和发展模式, 因此剔除直辖市以消除其对回归结果一般性的影响。表 3 第 (5) 列结果显示, DID 系数显著为负, 说明回归结果是稳健的。

(4) PSM-DID。为了减小双重差分法的样本选择误差和估计偏误, 本文采用倾向得分匹配法进行稳健性检验。具体而言, 本文采用核匹配进行样本筛选, 再基于匹配后的样本进行回归。结果如表 3 列 (6) 所示, DID 系数显著为负, 说明试验区政策具有碳减排效应。

(六) 平行趋势检验和安慰剂检验

双重差分模型假设事前实验组和对照组趋势相同, 以确保估计量的无偏, 而在政策实施后随着时间的变化, 实验组将不再保持和对照组一样的趋势。为检验该假设是否成立, 本文使用事件研究法对试验区碳排放强度进行平行趋势检验, 在公式 (1) 的基础上构建了如下公式 (4)。

$$CI_{it} = \alpha_0 + \sum_{t=2011}^{2021} \alpha_t D_{it} + \alpha_1 Control_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中,  $D_{it}$  为一组虚拟变量, 如果城市在  $t$  时刻是绿色金融改革创新试验区, 则取值为 1, 否则为 0;  $\alpha_t$  反映了试验区政策的碳减排效果。本文参考了 Wang (2013) 的做法, 把政策发生前一年定位为基期并去除以避免多重共线性。本文使用 Stata 18.0 软件进行计算, 平行趋势检验结果如图 1 所示, 在政策实施前, 估计系数都不显著, 说明实验组和对照组的碳排放强度变化趋势并无显著差别; 政策实施当年系数不显著, 说明试验区政策存在一定的时滞性; 而从政策实施下一年开始, 估计系数均通过显著性检验, 碳排放强度出现下降趋势。因此, 本文所用的基准回归模型满足平行趋势假设。

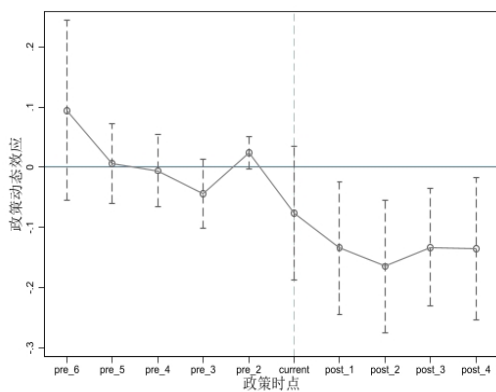


图 1 平行趋势检验结果

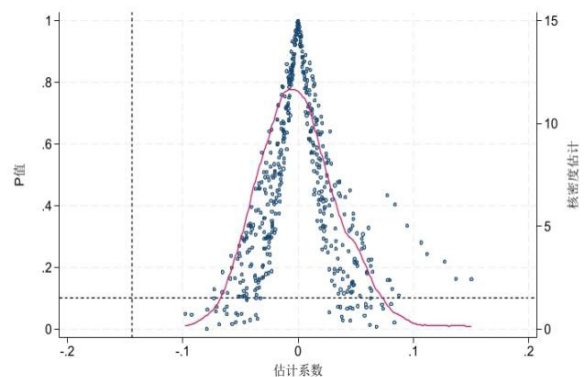


图 2 安慰剂检验结果

为了减少不可观测因素的干扰, 检验试验区政策的碳减排效应是否受到政策以外其他因素的影响, 本文通过在 281 个样本中随机选取 8 个试验区来构造反事实实验进行安慰剂检验, 并将上

述过程重复 500 次以增加安慰剂检验的效力，最终画出估计系数核密度图和对应的 p 值分布。安慰剂结果如图 2 所示，估计系数分布在 0 值附近，而政策变量的回归系数值为 -0.144，位于分布图左侧明显属于异常值。这表明试验区政策的碳减排效应受随机因素的影响较小，进一步验证了回归结果的稳健性。

## 五、进一步分析

### （一）异质性分析

前文的实证研究主要探讨的是试验区政策的平均碳减排效应，对于政策在不同城市的实施效果表现仍需进一步研究，因此，本文从城市规模异质性、资源禀赋异质性和经济发展水平异质性三个层面研究试验区政策的碳减排效应。

#### 1. 城市规模异质性

不同规模城市在产业结构和产业规模等方面的差异性会带来政策效果的不同。基于此，本文依据国务院发布的《关于调整城市规模划分标准的通知》，将试点城市分为特大城市、大城市和中小城市三类进行估计。其中地区常住人口在 500 万人以上的为特大城市，100~500 万人的为大城市，低于 100 万人的为中小城市。回归结果如表 4 前三列所示，特大城市的政策变量系数不显著，大城市的政策变量系数显著为负，中小城市的系数不显著，说明大城市实施试验区政策的碳减排效应更强。究其原因，主要是大城市的产业结构较为完整，其在产业规模适度性、资源整合能力等方面更具优势，为绿色金融改革创新试验区政策的实施提供了有利条件。相较而言，特大城市可能因产业过度集聚、产业结构复杂等问题，政策效果不能及时显现；中小城市则可能存在资金短缺、科技创新能力不足等问题，导致政策激励效应较弱。

#### 2. 资源禀赋异质性

城市资源禀赋的差异性特征与其碳排放强度之间具有较高的关联性。本文根据国务院发布的《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》中的“全国资源型城市名单（2013年）”，把 281 个城市样本分为 113 个资源型城市 and 168 个非资源型城市，分组回归探究不同资源禀赋下试验区政策的碳减排效应。结果如表 4 列（4）和列（5）所示，非资源型城市和资源型城市的政策变量系数都显著为负；进一步进行费舍尔组合检验，P 值为 0.018，说明两组数据间存在显著差异，且非资源型城市试验区政策的碳减排效应更强，进一步说明非资源型城市具有更合理的产业结构及较强的技术创新能力，有利于政策实施及碳减排目标的实现。

#### 3. 经济发展水平异质性

作为绿色金融改革创新试验区政策的试点地区，浙江省和广东省相较于其他地区具有更高的经济发展水平及金融发展水平，因此试验区政策的碳减排效应存在差异。本文采用地区生产总值（GDP）的对数来衡量经济发展水平，按照第 50 分位数把样本分为低经济发展水平和高经济发展水平两组。结果如表 4 列（6）和列（7）所示，低经济发展水平组的政策系数显著为负，说明试验区政策能显著降低低经济发展水平地区的碳排放强度；高经济发展水平组的政策估计系数为负但不显著，说明试验区政策对高经济发展水平地区的碳减排效果有限。其主要归因于，相较于

高经济发展水平城市，低经济发展水平城市内部的金融业如银行等竞争较小，企业融资约束较大，因此绿色金融改革创新试验区政策的信号作用和激励效果更强，使企业更易低成本获得信贷资金，加速企业绿色转型升级及地区碳减排。

表4 异质性检验结果

变量	城市规模异质性			资源禀赋异质性		经济发展水平异质性	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	特大城市	大城市	中小城市	资源型城市	非资源型城市	低经济发展水平	高经济发展水平
	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI
DID	-0.018 (-0.817)	-0.129* (-1.813)	-0.121 (-1.588)	-0.140* (-1.680)	-0.150* (-1.937)	-0.205*** (-3.142)	-0.058 (-0.770)
Constant	3.268*** (4.214)	3.247** (2.167)	2.071** (2.531)	2.114** (2.563)	2.517** (2.199)	1.512* (1.902)	3.979*** (2.665)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	252	960	2160	1356	2016	1686	1686
R <sup>2</sup>	0.839	0.815	0.745	0.838	0.696	0.778	0.725

## (二) 机制检验

### 1. 变量选取与模型构建

本文使用产业集聚和能源效率作为中介变量进行机制检验。产业集聚 (Emd) 参照张华明等 (2021) 的做法，使用单位面积土地上的就业人口来表示。能源效率 (EG) 采用 GDP 与能源消费总量的比值来表示 (张少华和蒋伟杰, 2016)，其中能源消费总量是能源折算成标准煤后的数据，计算公式如式 (5) 所示。

$$Z_j = \sum_{j=1}^n X_j W_j \quad (5)$$

$j$  为能源类型， $Z_j$  是能源消费总量， $X_j$  是能源消耗量， $W_j$  是标准煤折算系数。<sup>①</sup>

参照江艇 (2022) 采用的中介检验方法构建中介效应模型，如式 (6) 所示，其中， $M_{it}$  是中介变量，其他符号含义与前文相同。

<sup>①</sup> 天然气的标准煤折算系数是 1.3300 kgce/m<sup>3</sup>，液化石油气的标准煤折算系数是 1.7143 kgce/kg，电的标准煤折算系数是 0.1229 kgce/kwh。

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DID_{it} + \gamma_2 Control_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

## 2. 机制回归结果分析

表5列(2)中政策变量系数显著为正,说明试验区政策促进了地区产业集聚。绿色金融改革创新试验区政策的实施优化了城市产业结构,促使资源配置更加合理,进而增强了城市的集聚能力。已有研究表明,产业集聚的提升能使单位能源的经济产出得到提高,进而降低碳排放(邵帅等,2019)。列(3)中DID的系数在1%的置信水平下显著为正,说明试验区政策对能源效率有显著的正向作用。试验区政策通过缓解信息不对称等问题,增加金融供给、降低绿色环保企业融资成本,有助于提高企业绿色技术创新能力,从而推动能源效率的提高。此外,已有研究表明降低能源消耗、提高能源利用效率能降低二氧化碳排放量(Atef & Mounir, 2015)。综上,试验区政策可以通过促进产业集聚和提高能源效率来实现降碳减排,验证了本文的假设2。

表5 机制分析

变量	(1) CI	(2) Emd	(3) EG
DID	-0.144*** (-2.625)	0.001* (1.885)	10.797*** (4.231)
Constant	2.309*** (3.223)	-0.013 (-0.793)	54.815 (1.182)
控制变量	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes
N	3372	3372	3372
R <sup>2</sup>	0.749	0.957	0.576

### (三) 空间溢出效应

由于二氧化碳会随着要素流动、产业转移等因素发生空间流动,因此本文基于空间溢出的视角,通过构建空间杜宾模型探究绿色金融改革创新试验区政策碳减排的空间关联效应。具体模型设定如下。

$$CI_{it} = \lambda_0 + R\omega_{it} \times CI_{it} + \lambda_1 DID_{it} + \lambda_2 Control_{it} + \eta_1 \omega_{it} \times DID_{it} + \eta_2 \omega_{it} \times Control_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中, $\lambda_0$ 为空间自回归系数, $\omega_{it}$ 表示空间权重矩阵, $\omega_{it} \times CI_{it}$ 表示碳排放强度的空间滞后项, $\omega_{it} \times DID_{it}$ 表示试点政策的空间滞后项,其他符号含义与前文相同。由于不同城市的经济发展与周边城市相关,因此本文使用空间经济距离矩阵 $\omega_{it}$ 进行估计,权重矩阵设定如下。

$$\omega_{it} = \begin{cases} \frac{g}{d_{ij}^2} (i \neq t) \\ 0 (i = t) \end{cases} \quad (8)$$

其中， $g$  表示城市人均国内生产总值， $d_{ij}$  表示地理距离。

表 6 展示了空间杜宾模型的回归结果。列（1）结果显示碳排放强度的空间滞后性显著为正，说明碳排放存在空间溢出效应，即本地碳排放的增加会提高邻地的碳排放水平；绿色金融试验区政策的空间项显著为负，说明试验区政策对碳排放的影响存在负向的空间溢出效应，即本地试验区政策的实施能有效降低邻近城市的碳排放强度。为了更好地衡量试验区政策的空间溢出效应，本文将政策对碳排放的影响分为直接效应、间接效应和总效应（表 6 后三列），实证结果显示政策变量系数均显著为负。综上，试验区政策不仅可以降低本地区的碳排放强度，还能对邻近地区的降碳减排产生协同效应，验证了本文的假设 3。

表6 空间效应检验结果

变量	(1) 空间效应 CI	(2) 直接效应 CI	(3) 间接效应 CI	(4) 总效应 CI
DID		-0.1324*** (-2.80)	-0.3156*** (-2.73)	-0.4481*** (-3.43)
$\omega \times \text{DID}$	-0.2844*** (-2.73)			
Spatial-rho	0.0824** (2.39)			
sigma2_e	0.0535*** (41.04)			
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
N	3372	3372	3372	3372
R <sup>2</sup>	0.028	0.028	0.028	0.028

## 六、结论与政策建议

本文基于 2011—2022 年我国 281 个城市面板数据，使用多期双重差分模型分析绿色金融改革创新试验区政策的碳减排效应。研究发现：第一，绿色金融改革创新试验区政策能显著降低城

市碳排放强度,且能通过空间溢出对周边地区产生邻地协同效应;第二,由于城市规模、资源禀赋和经济发展水平的不同,试验区政策的碳减排效应在不同地区存在差异;第三,绿色金融改革创新试验区政策能通过促进产业集聚和提高能源效率降低城市碳排放强度。

综上,本文提出四点政策建议。第一,加快绿色金融发展,健全绿色金融体系。加大对绿色金融的支持力度,提升绿色金融发展水平,完善绿色金融法律法规,健全绿色金融体制机制建设,协同发展绿色金融政策体系和市场体系,进一步释放绿色金融减排潜力。第二,扩大绿色金融改革创新试验区的辐射范围,构造绿色金融长效机制。结合各城市发展特点,在发挥试点城市示范效应的同时,因地制宜建设各具特色的试验区;出台相关政策并完善立法,推进法律法规与实际情况相适应,建立全方位的监管体系及长效的监管工作机制。第三,充分发挥绿色金融引领型政策的激励作用,加大对企业绿色技术创新的支持力度。完善绿色创新成果转化机制,提高企业的绿色创新意愿,引导社会资本进入绿色创新领域,支持企业绿色创新技术研发;针对高污染企业,建立绿色资金监管制度,完善信息披露机制,避免企业“漂绿”风险的产生。第四,创新绿色金融产品和服务体系,拓展绿色企业融资渠道。金融机构应开发更具特色的金融产品与服务,为不同地区的绿色环保产业提供多样化的融资选择,提高绿色金融的使用深度,以发挥绿色金融“加速器”作用。

#### 参考文献

- 陈诗一,2022:《低碳经济》,《经济研究》第6期。
- 陈艳华、关钰桥,2023:《绿色金融对空气污染的影响》,《金融与经济》第5期。
- 崔惠玉、王宝珠、徐颖,2023:《绿色金融创新、金融资源配置与企业污染减排》,《中国工业经济》第10期。
- 韩峰、谢锐,2017:《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》,《数量经济技术经济研究》第3期。
- 韩晶、姜如玥,2024:《数字经济赋能低碳发展:理论逻辑与实践路径》,《统计研究》第4期。
- 黄秀路、武宵旭、袁圆、王小雨,2023:《绿色金融改革的节能效应与机制》,《中国人口·资源与环境》第8期。
- 江艇,2022:《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》,《中国工业经济》第5期。
- 李菁、李小平、郝良峰,2021:《技术创新约束下双重环境规制对碳排放强度的影响》,《中国人口·资源与环境》第9期。
- 李凯风、吴伟伟,2018:《绿色金融规制下江苏省城市全要素能源效率研究》,《生态经济》第12期。
- 刘秉镰、孙鹏博,2022:《国家级金融改革试验区如何影响碳生产率》,《经济学动态》第9期。
- 卢露,2021:《碳中和背景下完善我国碳排放核算体系的思考》,《西南金融》第12期。
- 任晓松、刘宇佳、赵国浩,2020:《经济集聚对碳排放强度的影响及传导机制》,《中国人口·资源与环境》第4期。
- 邵帅、张可、豆建民,2019:《经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验》,《管理世界》第1期。
- 沈璐、廖显春,2020:《绿色金融改革创新与企业履行社会责任——来自绿色金融改革创新试验区的证据》,《金融论坛》第10期。

- 孙少岩、王笑音、高翠云, 2023 :《绿色信贷能发挥碳减排效应吗?》,《中国人口·资源与环境》第 8 期。
- 汪克亮、许如玉、张福琴、苗壮, 2022 :《生态文明先行示范区建设对碳排放强度的影响》,《中国人口·资源与环境》第 7 期。
- 王修华、刘锦华、赵亚雄, 2021 :《绿色金融改革创新试验区的成效测度》,《数量经济技术经济研究》第 10 期。
- 王遥、任玉洁, 2022 :《“双碳”目标下的中国绿色金融体系构建》,《当代经济科学》第 5 期。
- 吴建新、郭智勇, 2016 :《基于连续性动态分布方法的中国碳排放收敛分析》,《统计研究》第 1 期。
- 吴茵茵、齐杰、鲜琴、陈建东, 2021 :《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》,《中国工业经济》第 8 期。
- 严成樑、李涛、兰伟, 2016 :《金融发展、创新与二氧化碳排放》,《金融研究》第 1 期。
- 杨莉莎、朱俊鹏、贾智杰, 2019 :《中国碳减排实现的影响因素和当前挑战——基于技术进步的视角》,《经济研究》第 11 期。
- 张华, 2020 :《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》,《经济管理》第 6 期。
- 张华明、元鹏飞、朱治双, 2021 :《中国城市人口规模、产业集聚与碳排放》,《中国环境科学》第 5 期。
- 张科、熊子怡、黄细嘉, 2023 :《绿色债券、碳减排效应与经济高质量发展》,《财经研究》第 6 期。
- 张少华、蒋伟杰, 2016 :《能源效率测度方法：演变、争议与未来》,《数量经济技术经济研究》第 7 期。
- 张小勇、郭爱君、雷中豪, 2024 :《绿色金融提高企业全要素生产率了吗? ——基于绿色金融改革创新试验区的准自然实验》,《济南大学学报(社会科学版)》第 2 期。
- 张振华、陈曦、汪京、冯严超, 2024 :《绿色金融改革创新试验区政策对碳排放的影响效应——基于 282 个城市面板数据的准实验研究》,《中国人口·资源与环境》第 2 期。
- 张振华、汪京、冯严超、田文佳, 2022 :《绿色金融改革创新试验区对臭氧污染的影响效应》,《中国人口·资源与环境》第 12 期。
- 赵金彩、钟章奇、卢鹤立、吴乐英、陈玉龙, 2017 :《基于夜间灯光的城市居民直接碳排放及影响因素——以中原经济区为例》,《自然资源学报》第 12 期。
- 赵亚雄、王修华、刘锦华, 2023 :《绿色金融改革创新试验区效果评估——基于绿色经济效率视角》,《经济评论》第 2 期。
- Alshehry, A. S. and M. Belloumi, 2015, “Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: The Case of Saudi Arabia” , *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 237–247.
- Hu, J., J. Li, X. Li, Y. Liu, W. Wang, and L. Zheng, 2021, “Will Green Finance Contribute to A Green Recovery? Evidence from Green Financial Pilot Zone in China” , *Frontiers in Public Health*, 9, 794195.
- Irfan, M., Razaq, A., Sharif, A., and Yang, X. D., 2022, “Influence Mechanism between Green Finance and Green Innovation: Exploring Regional Policy Intervention Effects in China” , *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121882.
- Jalil, A. and Feridun, M., 2011, “The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis” , *Energy Economics*, 33(2), 284–291.
- Shi, J., C. Yu, Y. Li, and T. Wang, 2022, “Does Green Financial Policy Affect Debt–Financing Cost of Heavy–Polluting Enterprises? An Empirical Evidence Based on Chinese Pilot Zones for Green Finance Reform and Innovations” ,

*Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121678.

Song, M. and Y. Zhou, 2015, “Analysis of Carbon Emissions and Their Influence Factors Based on Data from Anhui of China” , *Computational Economics*, 46(3), 359–374.

Wang, J., 2013, “The Economic Impact of Special Economic Zones: Evidence from Chinese Municipalities” , *Journal of Development Economics*, 101, 133–147.

## **From “Experiment” to “Practice” : A Study on the Carbon Reduction Effects of Green Financial Reform and Innovation Pilot Zones**

SHI Guifen   ZHOU Yan   WEI Zijun

**Abstract :** The establishment of green financial reform and innovation pilot zones is one of China’s key green financial policies and a powerful tool for achieving the carbon peaking and carbon neutrality goals. Based on this, this paper uses panel data of 281 cities from 2011 to 2021 and applies a multi-period difference-in-differences model to explore the carbon emission reduction effects of green financial reform and innovation pilot zone policies. The findings reveal that the policy of establishing green finance reform and innovation pilot zones can significantly reduce urban carbon emission intensity and generate spillover effects on surrounding areas through spatial spillover. Heterogeneity analysis indicates that the carbon emission reduction effects of the policy are more pronounced in large cities, non-resource-based cities, and cities with lower levels of economic development. Mechanism analysis further reveals that the policy can suppress urban carbon emission growth by promoting industrial agglomeration and improving energy efficiency. This study provides new evidence for assessing the carbon emission reduction effects of green financial reform and innovation pilot zone policies and also offers experience-based support for further promoting pilot zone policies.

**Keywords :** Green Financial Reform and Innovation Pilot Zone; Carbon Emission Intensity; Spillover Effect; Multi-Period DID

【责任编辑：严若谷】