

绿色金融政策对碳排放的空间溢出效应研究

张 颖 邹国昊

摘 要 绿色金融政策是推进经济低碳转型升级的重要工具,但在减排降碳实际效果方面存在减少还是转移的争议。基于中国 277 个地级市的面板数据,构造空间双重差分模型探究该政策对碳排放的影响机理及作用边界,结果表明:绿色金融政策对试点城市具有显著的减排降碳作用,且能通过空间溢出对周边地区产生邻地协同效应,其影响阈值约为 300 公里;区域资源禀赋过高、工业基础固化、碳中和进程过快三方面均不利于绿色金融政策促进降碳;绿色技术进步和能源结构调整是绿色金融政策减排降碳效应的两种作用机制,且后者贡献优于前者。基于此,建议持续优化绿色金融政策,稳步推进能源结构调整、创新推动绿色技术升级,合理规划政策试点布局。

关键词 绿色金融;碳排放;空间溢出;能源结构;技术进步

中图分类号 F832;X321 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7320(2024)05-0060-13

基金项目 国家社会科学基金项目(22BGL029)

党的二十大报告指出,完善支持绿色发展的财税、金融、投资、价格政策和标准体系,发展绿色低碳产业。2023 年 10 月,中央金融工作会议进一步提出要做好科技金融、绿色金融、普惠金融、养老金融、数字金融五篇大文章。当前中国已成为全球最大的能源消费和碳排放国^[1](P56-71),以往粗放型经济增长模式使国内生态环境持续承压,同时国家间环境协同治理不畅给全球低碳转型蒙上阴影^[2](P92-94)。囿于减排的现实需求^[3](P24-41, 204-205),我国亟须通过多元政策工具提高降碳工作成效,发挥金融部门在环境治理中的作用。然而,我国长期依赖命令控制型环境政策^[4](P72-88),难以覆盖不同层次的生态治理目标,更难以调动区域协调一致达成联动减排。而绿色金融政策作为应对气候变化和可持续发展等问题的专项金融服务,能够优化资金配置以助力改善生态环境。基于此,探究创新型绿色金融政策能否提升环境治理成效成为重要议题。

在“双碳”目标持续推进背景下,学界围绕碳排放已展开系统研究。从测算方法看,有学者基于 IPCC 的测算方式构建中国碳排放核算数据库^[5](P170-201),也有学者采用 DMSP/OLS^[6](P523-533)或 NPP/VIIRS^[7](P116082)夜间灯光数据测算碳排放;从空间特征看,中国碳排放总量整体呈现东部地区高于中西部地区的格局^[8](P738-749),能源消耗带来的碳排放存在地区内存在高排放聚集^[9](P414-428);从影响因素看,我国经济增长与碳排放未“脱钩”^[10](P158-161),人口增长、产业结构等因素对碳排放有正向影响^[11](P204-214)。其次,学界对于绿色金融政策研究亦日趋丰富。从宏观经济视角看,绿色金融发展与宏观经济增长存在显著正向关系^[12](P103604),同时绿色金融政策将环境风险评估纳入贷款评价体系,提高了“两高一剩”产业的融资成本^[13](P31-48)。从金融机构视角看,开展绿色信贷业务有助于改善商业银行的核心竞争力和成本效率,抑制不良贷款率的攀升,降低商业银行信用风险^[14](P113156)。从重污染企业视角看,绿色贷款门槛提升给重污染企业带来信贷约束^[15](P174-192),迫使企业转变发展方式,降低环境污染程度。结合各种观点来看,现有关于绿色金融与碳排放关系的文献多集中于评估各类

绿色产品的碳减排效应。具体而言,绿色信贷能够通过信贷约束和成本效应抑制企业层面的碳排放^[16](P104900),与之相比,绿色债券的减排降碳效果不明显,只有经过独立第三方认证的绿色债券才会降低信息不对称,表现出更好的减排降碳效果^[17](P499-516)。然而,当前鲜有研究对绿色金融政策助力地区碳减排的潜在路径和空间溢出有效边界进行深入探讨,这阻滞了绿色金融政策进一步发挥减排降碳作用。

基于此,本文以设立绿色金融改革创新试验区为准自然实验,采用277个地级市的面板数据,实证检验了绿色金融政策的生态治理效应,准确识别其助力生态治理的作用路径,并基于空间视角深入揭示了其溢出效应与有效边界。本文可能的贡献有:在理论方面,既有研究聚焦于排污权交易制度和命令型环境规制对降碳减排的影响,绿色金融改革与传统环境规制在政策目标、工具及实施效果方面存在差异,本文深入解析绿色金融改革政策的环境治理成效及实现路径,并从空间视角上拓宽绿色金融政策效果研究视野。在实践方面,本文的研究结果明确了路径依赖、基础固化等均会影响地区生态治理成效,并具体探究了绿色金融政策助力地区环境改善的作用边界,有助于政策制定者因地制宜地制定绿色金融政策,并借鉴空间视域下环境政策的辐射阈值,为有效实现全局环境目标提供经验证据。

一、理论分析与研究假设

绿色金融作为促进经济低碳转型发展的重要举措^[18](P51-64,147),能够为本地技术创新提供战略投资和资金支持,推动地区能源结构转型,并能在生态治理上形成地区竞争、示范和联动,多渠道改善地区环境治理成效。

(一) 直接影响

绿色金融政策通过环境约束影响信贷配给,引导更多的金融资本投资绿色清洁项目,从而在促进地区碳减排中发挥积极作用。具体而言,一是有利于引导信贷配置。通过降低利率、贷款倾斜、降低门槛等政策对绿色产业增加信贷投放,并对“两高一剩”产业施加信贷限制^[19](P153-166),让资本更多流向绿色生产活动,促进产业结构绿色化转型^[20](P27-43),减少碳排放量。二是有助于企业绿色技术创新。通过资金支持企业技术创新,促进清洁技术的大力发展,从而提高碳排放效率,促进碳减排^[21](P173-188,11)。基于此,本文提出如下假设:

H1:绿色金融政策能够显著降低本地碳排放。

(二) 空间影响

绿色金融政策通过区域环境规制影响碳排放空间分布,倒逼高耗能产业就近转移,加剧绿色金融治理地区生态的复杂性。具体而言,一是提升区域环境规制强度。绿色金融政策带来的严格环境规制,可能倒逼部分高能耗产业向邻近城市转移^[22](P44-59),加剧邻近城市的碳排放。二是影响区域经济联系。绿色金融发展也可能通过与周边的经济金融联系影响邻近城市的信息交换、资本积累以及产业升级,对其技术创新水平和产业结构产生影响,从而协同推动降低地区碳排放。基于此,本文提出如下假设:

H2:绿色金融政策通过空间效应影响周边地区碳排放。

(三) 作用机制

本文从技术减排效应和能源结构效应两个维度着手,探究绿色金融政策对地区碳减排潜在的作用机制,为后续实证分析奠定理论基础。

1. 技术减排效应。技术进步是绿色金融政策助力碳减排的重要驱动因素,绿色创新是助推环境可持续发展的重要战略手段^[23](P126315)。第一,绿色金融政策能够通过缓解融资约束、分散创新风险助力技术进步。从缓解融资约束看,绿色金融政策能够引导金融机构将环境风险纳入投融资评价体系,对绿色低碳、可循环产业给予更优惠的利率和更充足的资金,从而缓解绿色产业的融资约束;从分散创新风险看,绿色金融市场能为投资者提供满足不同风险偏好的金融产品,从而汇聚充足的绿色资本投入创

新项目,为技术创新提供期限较长的资金支持。第二,绿色金融政策推动了技术进步,从而进一步降低碳排放^[24](P118-132)。首先,技术进步提高了能源利用效率。绿色技术进步能够创新能源循环利用方式,从而提高能源使用效率,降低单位产值所需的碳排放量;其次,技术进步改进了清洁生产工艺。绿色技术进步能够助推先进节能、清洁生产工艺替代高耗能、高污染生产工艺,促进产业结构绿色转型,降低地区碳排放。基于此,本文提出如下假设:

H3:绿色金融政策通过技术进步影响地区碳排放。

2. 能源结构效应。绿色金融政策能够通过促进清洁能源开发、提高能源使用效率助力能源使用结构的完善。第一,绿色金融政策通过提供金融支持,加速了清洁能源的发展和利用。绿色金融政策的资金支持可以促进可再生能源项目和节能项目的发展,降低对传统化石能源的依赖,进而减少能源消耗和碳排放^[25](P203-214);绿色金融政策还能提升能源效率,推动产业结构向低碳方向转型,引导企业和个人采取环保措施,以降低能源消耗和碳排放。第二,绿色金融政策推动了能源使用结构的完善,从而进一步降低了碳排放。与传统化石能源相比,采用具有替代性的可再生能源是降低碳排放的推动力,在不降低能源消费总量的情况下,采用非化石燃料替代高碳煤的方法,是完善能源消费结构以降低碳排放的关键手段。绿色金融政策工具将更多信贷资源转移到节能环保部门,增加清洁能源需求,促使能源结构向低碳环保方向优化。基于此,本文提出如下假设:

H4:绿色金融政策通过优化能源结构影响地区碳排放。

(四) 异质性特征

考虑发展特征差异,绿色金融改革创新试验区政策对地区碳排放的影响效应存在异质性。我们可以根据图1加以详述。

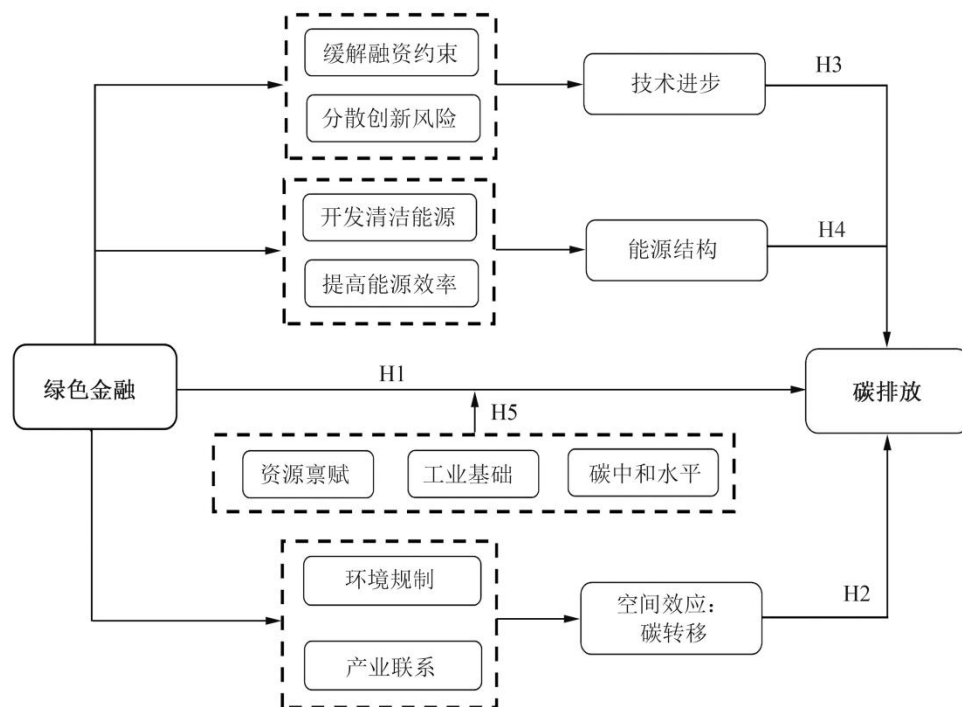


图1 绿色金融政策对碳排放的影响示意图

第一,地区资源禀赋方面,资源型地区的减排效应会与其他地区存在差异^[25](P203-214)。资源型城市依托丰厚的自然资源,发展初期多依赖自然资源的开采、加工等,更易形成以高能耗和高排放为特征

的产业结构^[26](P86-105),致使资源型城市摒弃粗放产业结构、提高碳排放效率和降低碳排放均面临较大困难,绿色金融政策对此类资源禀赋较高地区带来的碳减排效果将相对有限。第二,地区工业基础方面,在重工业发展较好城市,第二产业的高占比导致城市能耗水平和碳排放偏高,出现资源过度消耗和环境污染等问题,同时此类城市产业结构易出现锁定效应和挤出效应,阻碍了该地区产业结构升级^[27](P920-927),从而产生路径依赖,因此,在面临严峻的减排降碳形势时,绿色金融政策的碳减排效应可能并不显著。第三,地区碳中和进程方面,碳中和指数低的地区在能源使用结构、能源强度、火电发电比例等方面表现较差,未来仍存在较大改善空间,绿色金融能够为其带来更多的绿色资金支持^[28](P610-623),引导地区经济转型,发展更加清洁、绿色的产业,促进该地区实现更显著的碳减排。基于此,本文提出如下假设:

H5:绿色金融政策对地区碳排放影响存在资源禀赋、工业基础以及碳中和水平异质性。

根据上述理论分析,得到绿色金融政策对地区碳排放的影响示意图,如前所示图1。

二、研究设计

本文构造双重差分模型探究该政策对碳排放的影响效应,同时参考董直庆和王辉^[29](P48-61)的研究思路,在基准模型基础上构建动态DID模型,以检验绿色金融政策实施后的动态影响效应。

(一)模型构建

为准确评估绿色金融政策对地区碳排放的影响,本文以2017年发布的绿色金融改革创新试验区政策作为一项准自然实验,构建双重差分模型检验政策实施前后,试验区和非试验区在碳排放方面是否存在显著差异。模型如下:

$$Carbon_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Treat_{it} \times Post_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \gamma_t + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标*i*和*t*分别表示城市和年份;*Carbon_{it}*为被解释变量,表示该城市碳排放;*Treat_{it} × Post_{it}*为核心解释变量,表示政策在*i*城市的第*t*年实施与否;*Control_{it}*为一系列控制变量;此外本文控制了时间(γ_t)和个体(η_i)双向固定效应; ε_{it} 表示随机扰动项。

考虑到绿色金融政策具有一定持续性,因此,本文构建动态DID模型,控制时间平行趋势,综合检验绿色金融政策实施后的动态影响效应:

$$Carbon_{it} = \alpha + \sum_{t=2017}^{t=2021} \varphi_1 (Treat_{it} \times Post_{it}) + \varphi_2 Control_{it} + \gamma_t + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,*Post_{it}*为时间虚拟变量,本文以政策前一期为基期进而控制平行趋势,*Post_{it}*分别取值2017-2021年,其他参数定义与基准模型一致。

(二)变量选择

本文首先借鉴已有研究设计,构造被解释变量与核心解释变量,之后从经济、政府及社会层面选取相关特征变量,并作详细阐释,保证本文变量选择的科学性。

1. 被解释变量。本文的被解释变量是碳排放强度,用地区碳排放总量与GDP比值的自然对数来衡量,相较总量指标,碳排放强度衡量单位经济产出带来的碳排放,表征经济增长与碳排放的相对关系,该值降低更能代表经济增长造成的环境成本下降,也更符合“双碳”目标的经济学含义。具体有两种衡量方法,一是参考丛建辉等^[30](P19-26)的做法,根据三大范围核算城市碳排放量,并进一步采用碳排放总量与该地GDP比值的自然对数衡量碳排放强度(*Carbon1*)。二是采用全球大气研究排放数据库(EDGAR)核算城市碳排放量,随后采用地区碳排放量与该地区GDP比值的自然对数最终衡量地区碳排放强度(*Carbon2*)。

2. 核心解释变量。本文将2017年设立的绿色金融改革创新试验区作为准自然实验,将交互项*Treat × Post*作为核心解释变量。

3. 控制变量。为控制其他影响城市碳排放强度的因素,本文参考张艳^[31](P49-63)、王少剑^[9](P414-428)、韩峰和谢锐^[32](P40-58)等的观点,分别从经济、政府以及社会三个维度选取一系列控制变量,其中经济层面控制变量包括经济发展水平、工业化水平、金融发展水平、对外开放水平、消费水平、城市经济密度;政府层面控制变量包括政府干预程度、政府自洽能力;社会层面控制变量包括人口密度、城镇化水平、环境规制、城市科创投入、城市教育投入。

(三)数据来源及描述性统计

本文以 2008-2021 年中国 277 个地级市的面板数据为样本,将 2017 年中国人民银行等七部门联合发文的绿色金融改革创新试验区政策视为准自然实验。计算碳排放强度所需的能源消耗数据来源于《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》,相关控制变量数据来源于《中国统计年鉴》与 WIND 数据库,个别样本缺失值结合统计年鉴与政府官网公报手工补足或者采用插值法补齐。变量描述性统计结果与已有研究保持一致,不存在异常值(囿于篇幅未列示,备索)。

三、实证结果分析

本文首先检验绿色金融改革创新试验区政策对地区碳排放强度的影响,随后通过平行趋势检验考察双重差分模型因果效应估计的可靠性,并进一步从资源禀赋、工业基础以及碳中和水平三个角度探讨绿色金融政策效应的异质性影响。

(一)基准回归

本文首先汇报基准回归结果,探究绿色金融政策对地区碳排放的影响方向和强度,随后进行平行趋势检验,确保基准回归结果的稳健性。

1. 双重差分回归结果。表 1 汇报了基准回归结果与动态影响效应,所有回归均控制双向固定效应,

表 1 基准结果

变量	(1)Carbon1	(2)Carbon1	(3)Carbon2	(4)Carbon2
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	-0.147** (0.057)		-0.091** (0.043)	
<i>tp2008</i>		0.047 (0.091)		0.064 (0.075)
<i>tp2009</i>		0.122 (0.086)		0.088 (0.065)
<i>tp2010</i>		0.036 (0.080)		0.029 (0.061)
<i>tp2011</i>		0.050 (0.073)		-0.001 (0.062)
<i>tp2012</i>		0.048 (0.053)		-0.003 (0.048)
<i>tp2013</i>		0.002 (0.037)		0.004 (0.038)
<i>tp2014</i>		0.032 (0.035)		0.001 (0.023)
<i>tp2015</i>		0.013 (0.019)		0.010 (0.010)
<i>tp2017</i>		-0.065** (0.025)		-0.060* (0.032)
<i>tp2018</i>		-0.117*** (0.039)		-0.041* (0.024)
<i>tp2019</i>		-0.058*** (0.016)		-0.058** (0.023)
<i>tp2020</i>		-0.152*** (0.031)		-0.081*** (0.024)
<i>tp2021</i>		-0.147*** (0.042)		-0.085** (0.034)
经济发展水平	-0.055 (0.061)	-0.048 (0.060)	-0.117* (0.065)	-0.111* (0.065)
工业化水平	-0.232*** (0.085)	-0.231*** (0.086)	-0.081 (0.052)	-0.081 (0.052)
金融发展水平	0.103*** (0.020)	0.104*** (0.021)	0.070*** (0.017)	0.071*** (0.017)
对外开放水平	0.097 (0.308)	0.100 (0.307)	-0.857*** (0.301)	-0.854*** (0.301)
消费水平	0.221*** (0.067)	0.223*** (0.068)	0.148** (0.067)	0.149** (0.068)
城市经济密度	0.020 (0.019)	0.021 (0.020)	0.006 (0.014)	0.007 (0.014)
政府干预程度	0.468 (0.334)	0.461 (0.335)	0.538* (0.301)	0.534* (0.302)

续表

变量	(1)Carbon1	(2)Carbon1	(3)Carbon2	(4)Carbon2
政府自洽能力	-0.180*** (0.048)	-0.182*** (0.048)	-0.070 (0.051)	-0.072 (0.051)
人口密度	-0.046*** (0.018)	-0.045*** (0.017)	-0.030 (0.028)	-0.030 (0.028)
城镇化水平	-0.110 (0.089)	-0.114 (0.089)	-0.073 (0.104)	-0.075 (0.104)
环境规制	-0.038* (0.023)	-0.037 (0.023)	0.031 (0.026)	0.033 (0.026)
城市科创投入	-0.797** (0.357)	-0.790** (0.358)	-1.291** (0.541)	-1.295** (0.543)
城市教育投入	0.462** (0.191)	0.470** (0.191)	0.127 (0.215)	0.134 (0.215)
时间/个体效应	Yes	Yes	Yes	Yes
城市层面聚类	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	1.284*** (0.151)	1.277*** (0.150)	1.003*** (0.196)	0.999*** (0.196)
N	3430	3430	3430	3430
adj. R ²	0.968	0.968	0.950	0.950
F	11.317***	15.104***	7.952***	7.483***

注：括号中为稳健标准误差，***、**、*分别表示0.01、0.05、0.10的显著性水平，下表同。

在城市层面进行聚类调整(后续回归结果与此处设置一致,不再赘述)。第(1)(3)列的结果表明,实施绿色金融政策至少在5%水平下显著降低了地区碳排放强度,回归系数分别为-0.147和-0.091,在采用替换因变量、控制时间趋势项、倾向得分匹配(PSM)、进一步控制相关遗漏变量、安慰剂检验等方法进行检验后结论依旧可靠^①。第(2)(4)列的结果表明,绿色金融政策实施效果的时间效应整体增强,绿色金融政策实施后各年份回归系数均显著为负,这表明绿色金融政策在推动绿色经济发展与提升碳排放效率中发挥巨大作用,其带来的绿色投资促进地区绿色转型发展,在兼顾经济发展效率基础上,也实现了环境保护^[33](P115-129)。

2. 平行趋势检验。如图2所示,使用双重差分模型的前提条件是,在政策颁布前处理组和对照组具

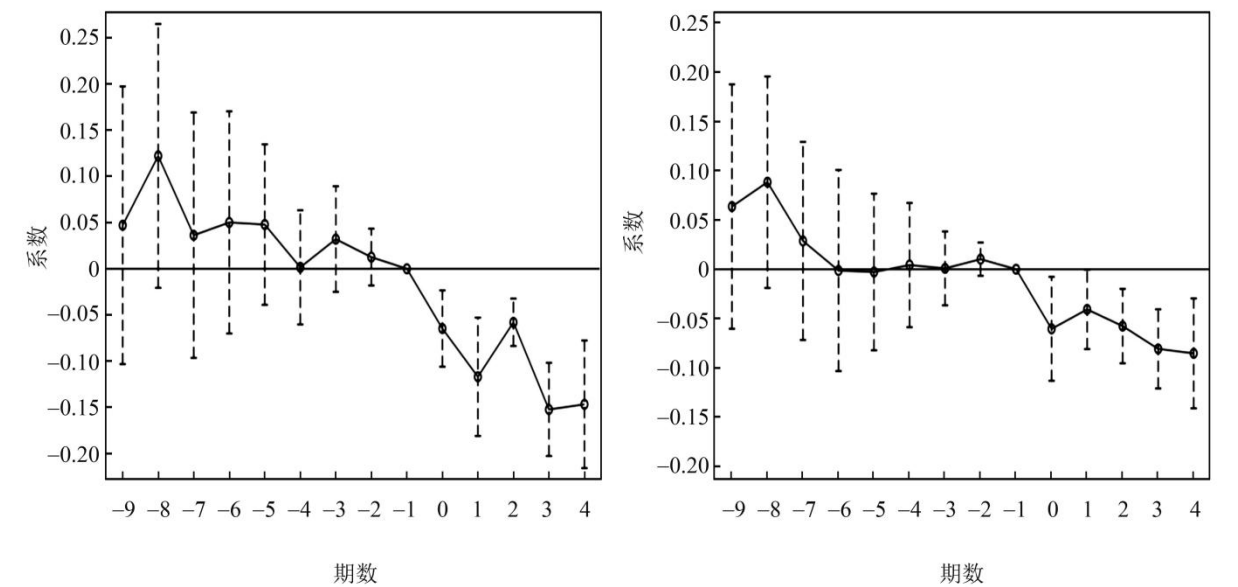


图2 平行趋势检验图

注：左图对应因变量为 Carbon1 的检验结果，右图对应因变量为 Carbon2 的检验结果。

① 囿于篇幅,内生性检验与稳健性测试结果未列示,备索。

有一致的发展趋势,本文进行平行趋势检验,可以发现政策颁布前虚拟变量($Treat \times Post$)系数均不显著,这表明试点与非试点地区在政策实施前并无显著偏差,本研究样本通过平行趋势检验,基准回归结果稳健性较强。

(二) 异质性分析结果

本文着眼于地区发展特征的差异,从资源禀赋、工业基础以及碳中和水平三个维度探究绿色金融政策对地区碳排放影响的异质性特征。

1. 地区资源禀赋。资源禀赋较高地区易形成路径依赖和资源诅咒,因此,本文从地区资源禀赋异质性入手,以《全国资源型城市可持续发展规划(2013-2020年)的通知》相关规定为依据进行分组回归。由表2中Panel A结果可知,在非资源型城市,绿色金融政策对碳排放强度的影响系数显著为负,而在资源型城市影响系数并不显著。可能的原因是:(1)路径依赖较强:部分资源型城市在转型过程中仍存在较强的资源依赖和路径依赖,依靠投入更多生产要素来促进地区经济增长,资源消耗过度致使该地区环境污染严重,对绿色化转型造成较大阻碍。(2)规模效应偏低:资源型城市存在较严重的产业失衡和技术锁定,较多资本集聚在回报更高的工业领域,阻滞了该地产业结构优化进程,导致新兴绿色产业培育不足、规模效应偏低,绿色化转型进程有所迟滞,在样本期内未表现出显著减排降碳效果。

表2 异质性分析结果

Panel A: 基于地区资源禀赋的异质性分析结果				
变量	非资源型城市		资源型城市	
	(1)Carbon1	(2)Carbon2	(3)Carbon1	(4)Carbon2
$Treat*Post$	-0.107 ^{**} (0.053)	-0.092 ^{**} (0.041)	0.182(0.130)	-0.045(0.125)
Constant	1.124 ^{***} (0.259)	0.698(0.465)	1.039 [*] (0.613)	1.257 ^{***} (0.142)
F	12.142 ^{***}	5.793 ^{***}	11.684 ^{***}	8.976 ^{***}
Panel B: 基于地区工业发展基础的异质性分析结果				
变量	非老工业基地城市		老工业基地城市	
	(1)Carbon1	(2)Carbon2	(3)Carbon1	(4)Carbon2
$Treat*Post$	-0.069 ^{***} (0.025)	-0.181 ^{***} (0.055)	-0.211(0.214)	-0.280(0.194)
Constant	1.322 ^{***} (0.170)	1.334 ^{***} (0.149)	1.155 [*] (0.557)	0.339(0.942)
F	14.087 ^{***}	17.749 ^{***}	175.448 ^{***}	8.684 ^{***}
Panel C: 基于地区碳中和发展水平的异质性分析结果				
变量	低碳中和指数城市		高碳中和指数城市	
	(1)Carbon1	(2)Carbon2	(3)Carbon1	(4)Carbon2
$Treat*Post$	-0.299 ^{**} (0.122)	-0.296 ^{**} (0.132)	-0.058(0.037)	-0.066(0.047)
Constant	0.855 ^{***} (0.254)	0.852(0.526)	2.001 ^{***} (0.266)	1.412 ^{***} (0.334)
F	8.088 ^{***}	3.381 ^{***}	14.839 ^{***}	7.442 ^{***}

注:表2中均控制所有特征变量、双向固定效应。

2. 地区工业发展基础。重工业集聚地区更易形成高排放、高能耗的产业结构,并影响地区碳排放强度。基于此,本文以地区工业发展基础为依据进行分组回归。由表2中Panel B结果可知,在非老工业基地城市,绿色金融政策对碳排放强度影响的系数显著为负,而在老工业基地城市,影响系数并不显著。可能的原因是:(1)产业结构固化:产业结构是影响地区碳排放的重要因素,相较非老工业基地,老工业基地产业结构以第二产业为主,尤其是重工业发达,易形成长期依赖,导致该地区在绿色金融政策影响下产业结构升级进程仍较为迟滞,因此绿色金融政策的减排降碳效果有限。(2)城市收缩影响:扩张型和收缩型城市在碳排放模式上存有较大差异,东北等老工业基地面临城市收缩影响,人口外流使此类城市面临基础设施冗余带来的能源虚耗,产生结构性经济问题,亦带来碳排放效率下降和碳排放强度持续走

高,绿色金融政策较难从根本上改善老工业基地面临的碳排放困境,因而政策效果并不显著。

3. 地区碳中和发展水平。碳中和进程中将不断淘汰落后产能,推动新能源技术与制造业的深度融合,开发利用新能源进而直接影响到地区碳排放水平。本文以碳中和指数为依据,进行分组回归。由表2中Panel C结果可知,在碳中和指数低的地区,绿色金融政策对碳排放强度影响系数显著为负,在碳中和指数高的地区,影响系数并不显著。可能的原因是:(1)碳中和水平较低的城市往往具有更高的能源消费强度、较低绿色技术水平以及较高的火电发电比率,导致其绿色转型空间较大,绿色金融政策为其带来更多的绿色资金,从而支持了碳中和水平较低城市的产业结构转型升级,为其发展清洁绿色产业提供基础,使得绿色金融政策促进该地区的碳减排效果更加显著。(2)碳中和水平较高的城市环境基础较好,其碳排放强度已有显著改善,而碳中和指数低的地区在环境治理方面仍需更多支持,在具有针对性和地区特色的绿色金融改革创新试验区政策影响下,减排降碳效果得到充分释放。

四、绿色金融政策减排降碳的传导机制

本文基于技术进步、能源结构两条路径,重点探讨政策改善地区生态治理成效的内在机理,并借鉴宋弘等^[34](P95-108,195)的设计思路,对各潜在减排路径进行机制分解。

(一) 技术进步

为验证技术进步机制,借鉴王馨和王营^[21](P173-188,11)、黎文靖和郑曼妮^[35](P60-73)的做法,本文通过绿色技术创新质量(*Greeinn_qua*)、绿色技术创新数量(*Greeinn_num*)及绿色技术创新总量(*Greeinn_tot*)等机制变量进行检验,采用绿色发明专利申请数衡量绿色技术创新质量、绿色实用新型专利申请数衡量绿色技术创新数量、绿色发明专利申请数和绿色实用新型专利申请数之和来衡量绿色技术创新总量,上述数值均采用加1取自然对数的处理方式,以消除右偏分布问题。在已有三段式机制检验基础上,构造中介变量对被解释变量进行回归的四段式检验方法。

技术进步的机制检验与贡献分解结果分别如表3和表4所示,绿色技术创新质量的机制检验结果如

表3 技术进步机制分析结果

Panel A:绿色技术创新质量的机制检验结果					
变量	(1) <i>Greeinn_qua</i>	(2) <i>Carbon1</i>	(3) <i>Carbon1</i>	(4) <i>Carbon2</i>	(5) <i>Carbon2</i>
<i>Treat*Post</i>	0.298*** (0.079)	-0.074*** (0.027)		-0.051** (0.025)	
<i>Greeinn_qua</i>		-0.026*** (0.004)	-0.026*** (0.004)	-0.014*** (0.004)	-0.014*** (0.004)
N	3276	3276	3276	3276	3276
Panel B:绿色技术创新数量的机制检验结果					
变量	(1) <i>Greeinn_num</i>	(2) <i>Carbon1</i>	(3) <i>Carbon1</i>	(4) <i>Carbon2</i>	(5) <i>Carbon2</i>
<i>Treat*Post</i>	0.126* (0.076)	-0.078*** (0.027)		-0.053** (0.025)	
<i>Greeinn_num</i>		-0.031*** (0.005)	-0.031*** (0.005)	-0.014** (0.006)	-0.014** (0.006)
N	3276	3276	3276	3276	3276
Panel C:绿色技术创新总量的机制检验结果					
变量	(1) <i>Greeinn_tot</i>	(2) <i>Carbon1</i>	(3) <i>Carbon1</i>	(4) <i>Carbon2</i>	(5) <i>Carbon2</i>
<i>Treat*Post</i>	0.181*** (0.061)	-0.074*** (0.027)		-0.052** (0.025)	
<i>Greeinn_tot</i>		-0.042*** (0.005)	-0.042*** (0.005)	-0.015*** (0.006)	-0.016*** (0.006)
N	3276	3276	3276	3276	3276
Panel D:能源结构的机制检验结果					
变量	(1) <i>Enerconint_city</i>	(2) <i>Carbon1</i>	(3) <i>Carbon1</i>	(4) <i>Carbon2</i>	(5) <i>Carbon2</i>
<i>Treat*Post</i>	-0.133*** (0.051)	-0.112*** (0.027)		-0.058*** (0.023)	
<i>Enerconint_city</i>		0.160*** (0.026)	0.167*** (0.027)	0.196*** (0.024)	0.200*** (0.024)
N	3233	3233	3233	3233	3233

注:表3均控制所有特征变量、双向固定效应与地区层面聚类效应。

Panel A 所示,第(1)列结果表明绿色金融政策对绿色技术创新质量的影响系数显著为正,这说明绿色金融政策显著增加绿色技术创新质量。第(2)(4)列将绿色技术创新质量纳入回归模型,发现绿色金融政策对碳排放强度的影响系数至少在 5% 水平下仍显著为负,绿色技术创新质量的回归系数均在 1% 水平下显著为负,这说明绿色技术创新质量在绿色金融政策的碳减排效应中起到了部分中介作用,即绿色金融政策既可以直接对地区碳排放强度产生影响,也可以通过提升地区绿色技术创新质量进而发挥碳减排效应。第(3)(5)列是绿色技术创新质量对碳排放强度进行回归的检验结果,回归系数均在 1% 的水平下显著为负,增强了实证链条的完备性。

Panel B、Panel C 结果与 Panel A 结果相似,绿色技术创新数量、绿色技术创新总量均在绿色金融政策的碳减排效应中起到了部分中介作用。此外,为增强结论稳健性,本文对该作用机制进行了 Sobel 检验,所有回归结果均通过检验(囿于篇幅未列示,备索)。

表 4 碳减排效应的机制贡献分解结果

Panel A: 被解释变量为 Carbon1 时碳减排效应的传导机制贡献分解结果					
年份	机制变量	φ_i	β_i	α_i	贡献结果
2008-2021	技术创新	-0.026***	0.298***	-0.147***	5.27%
	能源结构	-0.160***	0.133***	-0.147***	14.48%
Panel B: 被解释变量为 Carbon2 时碳减排效应的传导机制贡献分解结果					
年份	机制变量	φ_i	β_i	α_i	贡献结果
2008-2021	技术创新	-0.014***	0.298***	-0.091***	4.58%
	能源结构	-0.196***	0.133***	-0.091***	28.65%

注:相较实用新型专利,发明专利更能体现技术创新程度,因而此处采用绿色技术创新质量进行衡量。

(二) 能源结构

为验证能源结构这一机制,本文采用单位 GDP 的煤炭消耗量作为机制变量进行检验。表 3 中 Panel D 第(1)列结果表明绿色金融政策对能源结构的影响系数显著为负,这说明绿色金融政策显著改善地区能源结构。第(2)(4)列将能源结构代理变量(*Enerconint_city*)纳入回归模型,发现绿色金融政策对碳排放强度的影响系数在 1% 水平下仍显著为负,能源结构代理变量(*Enerconint_city*)的回归系数均显著为正,这说明能源结构在绿色金融政策的碳减排效应中起到了部分中介作用,即绿色金融政策既可以直接对地区碳排放强度产生影响,也可以通过优化地区能源结构进而发挥碳减排效应。第(3)(5)列是能源结构与碳排放强度直接回归的检验结果,回归系数均在 1% 的水平下显著为正,表明中介机制检验结果较为稳健。综上所述,绿色金融政策基于环境规制,有效促使地区能源结构向低碳环保方向优化,在我国当前以煤炭等化石燃料为主体的能源体系中^[1](P56-71),使用清洁能源替代煤炭等化石能源是降低地区碳排放强度的有效措施,能持续推进地区经济的绿色发展。

(三) 机制贡献分解

为进一步明晰绿色技术进步和能源结构调整在绿色金融政策减排降碳效应中的贡献,本文参照宋弘等^[34](P95-108,195)的研究,对两条减排路径进行机制分解,两个机制变量的贡献情况如表 4 所示。首先考察被解释变量为 *Carbon1* 时的结果,绿色技术进步对城市碳减排的贡献占比约为 5.27%,能源结构调整的贡献为 14.48%,后者贡献高于前者。同样地,表 4 中 Panel B 对应被解释变量为 *Carbon2* 的机制变量贡献结果,与 *Carbon1* 整体保持一致,在此不再赘述。

五、对碳转移效应的进一步分析

本文从空间溢出视角,探讨绿色金融政策对周边城市可能存在的碳排放转移效应,构建空间双重差分模型(SDID)如下:

$$Carbon_{it} = \alpha_0 + R\omega \times Carbon_{it} + \alpha_1 treat_{it} \times post_{it} + \alpha_2 Control_{it}$$
$$+ \beta_1 \omega \times treat_{it} \times post_{it} + \beta_2 \omega \times Control_{it} + \eta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

(3)

其中, ω 表示空间权重矩阵, $\omega \times Carbon_{it}$ 表示地区碳排放强度的空间滞后项, $\omega \times treat_{it} \times post_{it}$ 表示试点政策的空间滞后项,通过空间双重差分模型能够准确估计绿色金融改革创新试验区政策的溢出效应。运用空间计量模型的前提是变量存在空间自相关性,须根据被解释变量(碳排放强度)计算其全局莫兰指数,表5报告了2008-2021年地级市层面碳排放强度的全局莫兰值,该指标在1%水平下均显著为正,说明总体上地区间碳排放强度呈现空间正相关性。此外,本文还绘制了碳排放强度的莫兰散点图,可以得到大部分地区处于第一、三象限,样本地区的碳排放水平呈现出“高一高”和“低—低”的空间集聚状态,进一步说明存在明显的空间自相关性。

表5 碳排放强度的全局莫兰指数

变量	Carbon1		Carbon2	
	I	Z	I	Z
2008	0.045***	8.456	0.041***	7.836
2009	0.050***	9.344	0.038***	7.255
2010	0.051***	9.484	0.043***	8.120
2011	0.058***	10.755	0.043***	8.020
2012	0.050***	9.374	0.038***	7.170
2013	0.047***	8.852	0.035***	6.694
2014	0.050***	9.417	0.038***	7.160
2015	0.049***	9.209	0.044***	8.201
2016	0.061***	11.294	0.054***	9.978
2017	0.070***	12.766	0.052***	9.756
2018	0.067***	12.332	0.069***	12.617
2019	0.091***	16.370	0.091***	16.473
2020	0.092***	16.689	0.097***	17.575
2021	0.104***	18.752	0.102***	18.435

(一) 空间计量检验结果

表6报告了绿色金融改革创新试验区的设立对城市碳排放强度的SDID模型检验结果。将试验区

表6 空间效应的检验结果

被解释变量	Carbon1	Carbon2
直接效应	-0.087*** (0.022)	-0.076*** (0.023)
间接效应	-2.449*** (0.889)	-2.332*** (0.516)
总效应	-2.537*** (0.895)	-2.409*** (0.519)
Controls	Yes	Yes
时间/个体效应	Yes	Yes

设立对城市碳排放强度的总效应分解为直接效应和间接效应,发现其能显著降低试点城市碳排放强度,且对空间关联地区的碳排放强度亦具有抑制作用,这表明试验区设立未造成城市碳排放向周边地区显著转移,相反产生了邻地示范效应,不仅能促进本地碳减排,还能够对邻近地区减排降碳产生协同效应。绿色金融政策的实施使试点城市与周边的经济金融联系加强,促进信息交换、资本积累以及产业升级,同时本地资本投入、知识积累以及技术进步也会正向辐射邻近城市,对技术进步产生促进作用,从而带动地区整体技术水平提高和发展方式转型升级,协同推动地区减排降碳。

(二) 空间溢出效应的地理阈值

本文对距离试点城市 500 公里范围内的样本分别检验了空间溢出效应。通过图 3 估计结果可知,对于试点城市 300 公里范围内的周边城市,绿色金融政策的空间溢出效果显著为负,距离为 400 公里和 500 公里范围时,空间溢出效果不显著,这表明在 300 公里左右的地理距离内,存在一个确定阈值,此时绿色金融政策对试点城市存在显著减排降碳作用,且能带动试点周边城市协同减排。

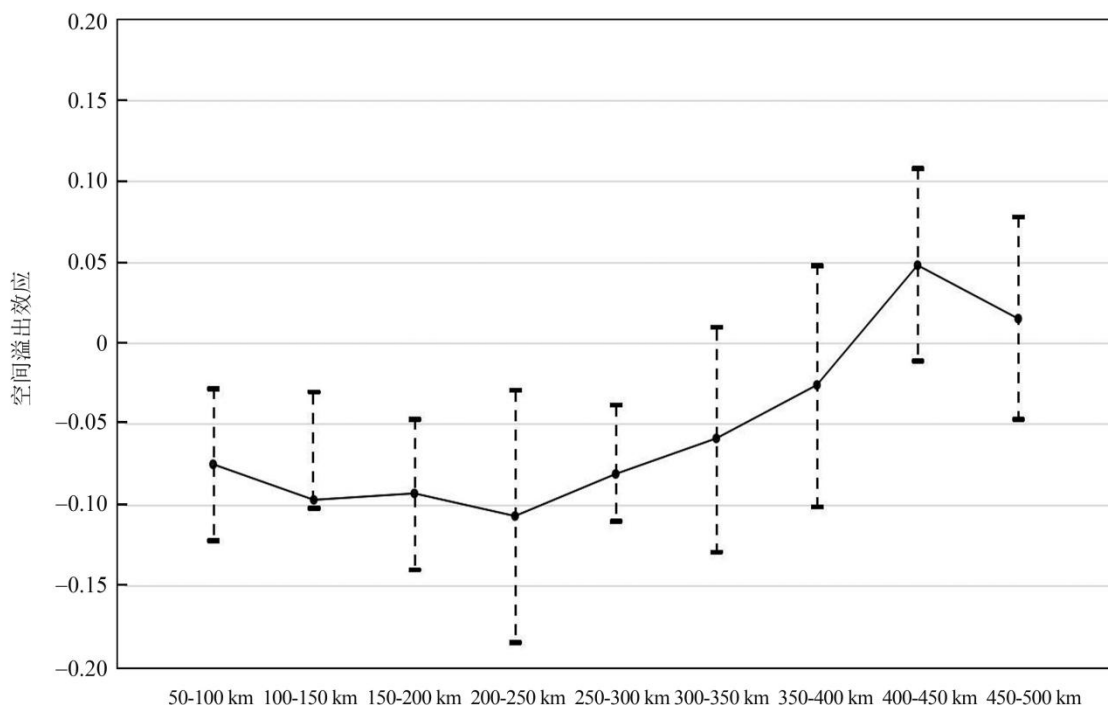


图3 空间溢出效应地理阈值的估计结果

六、研究结论与政策建议

本文基于 2008-2021 年中国地级市层面的面板数据,论证了绿色金融政策通过实质减少而非转移实现减排降碳的关键事实。主要研究结论如下:

第一,绿色金融政策能减少试点城市碳排放,且未造成其碳排放向周边地区转移,并带动周边 300 公里范围内城市协同减排。

第二,绿色金融政策能推动技术创新和能源结构调整,从而抑制试点地区碳排放,其中能源结构调整贡献度更高。

第三,过高的资源禀赋导致路径依赖,工业基础固化制约城市生产方式转型,碳中和进程过快也会降低地区对创新型政策敏感度,制约绿色金融政策减排降碳成效。

基于上面结论,本文提出三点建议:

一是推动绿色技术升级,助力能源结构调整。绿色金融政策能够降低地区碳排放强度,这一作用随时间延续并通过促进绿色技术创新、优化能源结构进一步增强。积极培育健全地区绿色金融基础设施,加大绿色金融资金支持力度,建立绿色金融科技平台,实现对绿色新兴项目的智能识别、评估和监测,推动绿色金融政策精准发力、落地见效^[36](P102-111),同时积极发挥技术创新和能源结构在畅通绿色金融助力地区减排降碳中的作用,做好绿色金融大文章。

二是着眼区域异质性,深化绿色金融改革。面向具有长期性、复杂性、全局性的气候变化,绿色金融

在助力区域减排降碳的进程中要聚焦城市异质性特征,采取更切实有效的绿色金融措施来助推地区低碳转型、长远发展,如在资源型城市探索绿色保险、绿色股权等期限结构更长的多元金融产品,关注老工业基地发展模式转变。

三是合理规划试点布局,发挥协同治理优势。实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,从绿色金融政策的空间效果看,其能够带动周边300公里范围内地区协同减排,需关注绿色金融政策的邻地协同效应,厘清绿色金融政策的空间互动效应与作用边界,实时动态跟踪地区碳排放的空间关联性与互动效应强度,从互动效应的溢出方向、强度及路径等层面综合评估绿色金融政策对地区环境的综合改善成效。

参考文献

- [1] 林伯强.碳中和进程中的中国经济高质量增长.经济研究,2022,(1).
- [2] B. M. Sanderson, R. Knutti. Delays in US Mitigation Could Rule out Paris Targets. *Nature Climate Change*, 2017, 7(2).
- [3] 邹庆治.“碳政治”的生态帝国主义逻辑批判及其超越.中国社会科学,2016,(3).
- [4] 刘金科,肖翊阳.中国环境保护税与绿色创新:杠杆效应还是挤出效应?经济研究,2022,(1).
- [5] Y. L. Shan, D. B. Guan, H. R. Zheng et al. China CO₂ Emission Accounts 1997-2015. *Scientific Data*, 2018, 5.
- [6] K. F. Shi, Y. Chen, B. L. Yu et al. Modeling Spatiotemporal CO₂ (Carbon Dioxide) Emission Dynamics in China from DMSP-OLS Nighttime Stable Light Data Using Panel Data Analysis. *Applied Energy*, 2016, 168.
- [7] S. D. Yang, X. Yang, X. Gao et al. Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Carbon Emissions and Their Drivers in Shrinking Cities in China: Empirical Evidence Based on the NPP/VIIRS Nighttime Lighting Index. *Journal of Environmental Management*, 2022, 322.
- [8] S. J. Wang, C. L. Fang, X. L. Guan et al. Urbanisation, Energy Consumption, and Carbon Dioxide Emissions in China: A Panel Data Analysis of China's Provinces. *Applied Energy*, 2014, 136.
- [9] 王少剑,苏泳娴,赵亚博.中国城市能源消费碳排放的区域差异、空间溢出效应及影响因素.地理学报,2018,(3).
- [10] 徐国泉,刘则渊,姜照华.中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995-2004.中国人口·资源与环境,2006,(6).
- [11] S. J. Wang, X. P. Liu. China's City-level Energy-related CO₂ Emissions: Spatiotemporal Patterns and Driving Forces. *Applied Energy*, 2017, 200.
- [12] H. Q. Ouyang, C. Guan, B. Yu. Green Finance, Natural Resources, and Economic Growth: Theory Analysis and Empirical Research. *Resources Policy*, 2023, 83.
- [13] 史代敏,施晓燕.绿色金融与经济高质量发展:机理、特征与实证研究.统计研究,2022,(1).
- [14] M. Umar, X. F. Ji, N. Mirza et al. Carbon Neutrality, Bank Lending, and Credit Risk: Evidence from the Eurozone. *Journal of Environmental Management*, 2021, 296.
- [15] 陆菁,鄢云,王韬璇.绿色信贷政策的微观效应研究——基于技术创新与资源再配置的视角.中国工业经济,2021,(1).
- [16] M. Yan, X. S. Gong. Impact of Green Credit on Green Finance and Corporate Emissions Reduction. *Finance Research Letters*, 2024, 60.
- [17] C. Flammer. Corporate Green Bonds. *Journal of Financial Economics*, 2021, 142(2).
- [18] 张颖,刘霄雅,施志奇等.银行经营与社会责任:绿色信贷对商业银行资产质量的影响研究.东南大学学报(哲学社会科学版),2023,(3).
- [19] 沈洪涛,马正彪.地区经济发展压力、企业环境表现与债务融资.金融研究,2014,(2).
- [20] 刘霄雅,张颖.绿色金融有助于提升共同富裕水平吗.现代经济探讨,2024,(8).
- [21] 王馨,王营.绿色信贷政策增进绿色创新研究.管理世界,2021,(6).
- [22] 沈坤荣,金刚,方娴.环境规制引起了污染就近转移吗?经济研究,2017,(5).
- [23] P. D. Hegeman, R. Sørheim. Why Do They Do It? Corporate Venture Capital Investments in Cleantech Startups. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 294.
- [24] 杨莉莎,朱俊鹏,贾智杰.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,2019,(11).
- [25] K. Y. Wang, M. Wu, Y. Sun et al. Resource Abundance, Industrial Structure, and Regional Carbon Emissions Efficiency in

- China. *Resources Policy*, 2019, 60.
- [26] 宋洋, 贺灿飞, YEUNG Godfrey 等. 中国资源型城市产业结构升级对土地利用效率的影响. *地理研究*, 2023, (1).
- [27] Z. Li, S. Shao, X. P. Shi et al. Structural Transformation of Manufacturing, Natural Resource Dependence, and Carbon Emissions Reduction: Evidence of a Threshold Effect from China. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 206.
- [28] G. F. Feng, P. Niu, J. Z. Wang et al. Capital Market Liberalization and Green Innovation for Sustainability: Evidence from China. *Economic Analysis and Policy*, 2022, 75.
- [29] 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. *统计研究*, 2021, (10).
- [30] 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. *中国人口·资源与环境*, 2014, (4).
- [31] 张艳, 郑贺允, 葛力铭. 资源型城市可持续发展政策对碳排放的影响. *财经研究*, 2022, (1).
- [32] 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. *数量经济技术经济研究*, 2017, 34(3).
- [33] 杜莉, 郑立纯. 中国绿色金融政策质量评价研究. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2020, (3).
- [34] 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. *管理世界*, 2019, (6).
- [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. *经济研究*, 2016, (4).
- [36] 张颖, 邹国昊, 杨楚风. 金融服务新质生产力发展的多维认知与创新路径. *江苏社会科学*, 2024, (4).

Research on Spatial Spillover Effects of Green Finance Policy On Carbon Emissions

Zhang Ying, Zou Guohao (Southeast University)

Abstract Green finance policy is a crucial tool for advancing the low-carbon transition and upgrading of the economy. However, there exists a debate regarding whether the policy leads to a reduction or a mere transfer of emissions. With panel data from 277 prefecture-level cities in China, a spatial difference-in-difference model is constructed to explore the mechanisms and limits of the policy on carbon emissions. The results find that: Firstly, green finance policy has a significant effect on reducing carbon emissions in pilot cities and can produce a synergy effect in surrounding areas through spatial spillover, with an impact threshold of approximately 300 kilometers; Secondly, factors such as high regional resource endowment, entrenched industrial base and too tight a schedule of carbon neutrality are not conducive to the promotion of carbon reduction by green finance policy; Thirdly, progress in green technology and adjustment of the energy structure are two mechanisms through which green finance policies achieve emission reduction and carbon lowering effects, with the latter contributing more significantly than the former. Based on these findings, it is recommended to continuously optimize green finance policy, steadily promote energy structure adjustments, innovatively drive green technology upgrades, and reasonably plan the layout of policy pilot projects.

Key words green finance; carbon emissions; spatial spillover; energy structure; technological progress

-
- 作者简介 张 颖, 东南大学经济管理学院教授, 江苏 南京 210096;
邹国昊(通讯作者), 东南大学经济管理学院博士研究生。
- 责任编辑 何坤翁