高浩宇,黄荣荣,陈 亮.产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善效应 [J]. 中国环境科学, 2025,45(8):4688-4698.
Gao H Y, Huang R R, Chen L. Research on the improvement effect of industrial transformation and upgrading demonstration zone on urban air quality [J]. China Environmental Science, 2025,45(8):4688-4698.

产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善效应

高浩宇[1],黄荣荣[1*],陈 亮[2,3] (1.中国人民大学经济学院,北京 100872；2.中国人民大学中国经济改革与发展研究院,北京 100872；3.中国人民大学全国中国特色社会主义政治经济学研究中心,北京 100872)

摘要：以产业转型升级示范区设立为准自然实验,基于2010~2020年我国261个地级及以上城市面板数据,采用双重差分法研究了产业转型升级示范区政策对城市空气质量的影响及其作用机制.研究发现:在样本期内,产业转型升级示范区政策使得示范区城市 $PM_{2.5}$ 浓度平均下降了 3.238μg/m^3,约占政策前示范区城市 $PM_{2.5}$ 浓度均值的 7.711%,显著改善了示范区城市的空气质量.这一结论在经过平行趋势检验、安慰剂检验,PSM-DID 方法等稳健性检验后仍然成立.机制分析表明,示范区政策主要是通过推动示范区城市产业结构优化、加强环境规制改善了城市空气质量.异质性分析发现,与资源型城市、东部地区和北方地区相比,示范区政策对城市空气质量的改善效应在老工业城市和复合型城市、中西部地区和南方地区中更为显著.调节效应分析发现,中国式分权在示范区建设和空气质量改善二者间存在调节效应:相比于集群式示范区和在年度考核中仅获得合格评价的示范区,单一式示范区和获得优秀和良好评价的示范区对空气质量的改善作用可能更加显著.

关键词：产业转型升级示范区；空气质量；老工业城市；资源型城市；双重差分模型
中图分类号：X820.6 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6923(2025)08-4688-11

Research on the improvement effect of industrial transformation and upgrading demonstration zone on urban air quality.

GAO Hao-Yu[1], HUANG Rong-Rong[1*], CHEN Liang[2,3] (1.School of Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China；2.Institute of China's Economic Reform & Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China；3.National Research Center for Political Economy of Socialism with Chinese Characteristics, Renmin University of China, Beijing 100872, China). *China Environmental Science*, 2025,45(8)：4688~4698

Abstract：Based on the simple data of 261 cities from 2010 to 2020, the impact and mechanism of the policy of industrial transformation and upgrading demonstration zones on urban air quality were studied using the difference in differences method. It was found that the policy of industrial transformation and upgrading demonstration zones significantly improved the air quality of the demonstration zone cities: during the sample period, the concentration of $PM_{2.5}$ in the demonstration zone cities was reduced by an average of 3.238μg/m^3, which accounted for approximately 7.711% of the average $PM_{2.5}$ concentration in the demonstration zone cities before the policy was implemented. This conclusion remained valid after robustness tests such as parallel trend testing, placebo testing, and the PSM-DID method. This conclusion remained valid after robustness tests such as parallel trend testing, placebo testing, and the PSM-DID method. Mechanism analysis revealed that the policy of demonstration zones mainly improved urban air quality by promoting the optimization of urban industrial structure and strengthening environmental regulations. Heterogeneity analysis found that, compared with resource-based cities, eastern and northern regions, the improvement effect of demonstration zone policies on urban air quality was more significant in old industrial cities, composite cities, central and western regions, and southern regions. The moderation effect analysis revealed that Chinese-style Decentralization had a moderating effect between the construction of demonstration zones and the improvement of air quality: compared with cluster-style demonstration zones and those that only received a qualified evaluation in the annual assessment, single-style demonstration zones and those that received excellent and good evaluations might have a more significant effect on air quality improvement.

Key words：industrial transformation and upgrading demonstration zone；air quality；old industrial city；resource-based city；difference-in-differences method

老工业城市和资源型城市是我国两种特殊的城市类型.随着进入新发展阶段,这些城市都不同程度地面临资源逐渐枯竭、经济发展动力不足、基础设施落后、能源消耗和污染排放强度大以及生态环境

收稿日期：2025-01-03
基金项目：国家社会科学基金重大项目(24&ZD027);国家社科基金项目(24SGC030)
* 责任作者, 博士, huang9810@ruc.edu.cn

遭到严重破坏等矛盾和问题.这些矛盾和问题已经成为老工业基地和资源型城市实现高质量发展的制约因素[1],难以完全依靠市场解决,亟需通过深化改革推动城市绿色转型发展.

国内早期研究主要围绕老工业城市和资源型城市的发展状态和衰退机制[2]、转型困境和转型路径[3]展开.进入 21 世纪后,国家相继出台政策文件推动资源型城市转型发展和老工业基地城市的振兴.一些学者采用定性分析方法对资源型城市转型发展和老工业基地振兴战略的相关政策体系及效果进行了梳理总结[4],另一些学者则采用定量研究方法,将视角转向城市转型绩效的测度和相关政策的效应评估[5].与本文密切相关的研究主要聚焦于评估产业转型升级示范区的政策效应:从经济效应来看,示范区政策通过缓解融资约束显著促进了当地企业的创新投入,促进示范区城市产业结构升级[6-7];从环境效应来看,示范区政策不仅能够降低示范区城市的碳排放水平,也能显著促进城市全要素碳生产率和土地绿色利用效率提升,进而推动示范区城市实现低碳绿色转型发展[8-9].但老工业城市和资源型城市产业转型升级示范区在改善城市空气质量方面的作用及机制研究较少.基于此,本文聚焦于 2017 年起分批次推进的老工业基地和资源型城市产业转型升级示范区政策,以 2010~2020 年中国 261 个地级及以上城市面板数据为样本,运用双重差分模型研究产业转型升级示范区政策对地区空气质量的改善效应及其作用机制.

1　理论分析与研究假说

1.1　产业转型升级示范区对城市空气质量的影响

为了探索老工业城市和资源型城市产业转型升级的经验,2017 年国家发展改革委等五部门联合印发《关于支持首批老工业城市和资源型城市产业转型升级示范区建设的通知》(以下简称《通知》),确定辽宁中部(沈阳–鞍山–抚顺)、吉林中部(长春–吉林–松原)、内蒙古西部(包头–鄂尔多斯)、河北唐山、山西长治、山东淄博、安徽铜陵、湖北黄石、湖南中部(株洲–湘潭–娄底)、重庆环都市区、四川自贡、宁夏东北部(石嘴山–宁东)等 12 个城市(经济区)为首批产业转型升级示范区.2019 年 8 月,进一步确定北京京西、大连沿海、黑龙江大庆、江苏徐州、江西萍乡、河南西部、广东韶关、贵州六盘水等建设第二批产业转型升级示范区.

示范区建设旨在通过创造良好政策环境,重点支持产业转型升级示范区和示范园区改革创新,探索各具特色的产业转型升级路径,引领带动全国老工业城市和资源型城市振兴发展,包括协同推进产业结构调整、城市更新改造、绿色低碳转型等.在政策实施过程中,示范区建设可以通过影响政府和企业的行为对城市空气质量产生影响:一方面,示范区的设立在某种程度上改变了地方政府官员的绩效考核体系,从而减少示范区城市为了发展经济而在环境标准上进行逐底竞争的可能性,有助于城市空气质量的改善;另一方面,示范区建设明确要求依法依规淘汰钢铁、煤炭等原材料工业落后产能和处置过剩产能,鼓励企业推进以智能化、绿色化、服务化为重点的技术改造,能够有效降低企业污染物的排放,从而改善城市空气质量.基于上述分析,提出以下假设:

假说 1:产业转型升级示范区政策可以明显改善城市空气质量.

1.2　产业转型升级示范区改善城市空气质量的作用机制

首先,示范区建设可以通过优化产业结构改善城市空气质量.与重工业相比,以高端制造业和信息技术产业为代表的战略性新兴产业和现代服务业污染排放较少,相对来说具有绿色和清洁的特点[10].而产业结构单一、以采掘业和重工业为主的传统产业比重偏高是老工业城市和资源型城市的普遍问题.因此,产业转型升级示范区政策可以通过改造传统产业、培育新兴产业以及发展服务业 3 个方面推动示范区城市产业结构优化升级.一方面,示范区城市可以通过实施重点技术改造项目,推动本地传统优势产业实现智能化、高端化和绿色化,有条件的示范区城市还可以根据自身资源禀赋优势,抓住机遇积极承接沿海发达地区先进制造业梯度转移,引进带动能力强的龙头产业,推动本地区培育形成新一代战略性新兴产业集群;另一方面,示范区城市可以依托自身产业基础,大力培育生产性服务业,有条件的示范区城市还可以加大对工业遗产的保护利用力度,推动工业和创意产业深度融合发展.基于以上分析,提出以下假设:

假说 2a:产业转型升级示范区通过优化产业结构进而改善城市空气质量.

其次,示范区建设可以通过加强环境规制改善城市空气质量.根据波特假说,虽然严格的环境规制可能会加重污染企业的负担,导致其短时间内因难以转型而退出市场,但从中长期的角度来说,环境规制会倒逼市场上的企业主体增加绿色技术应用和创新投入,采取更加绿色环保的生产方式[11].产业转型升级示范区政策可以通过限制高污染企业进入、倒逼落后产能退出以及加大违规处罚力度等环境规制措施,推动示范区城市实现绿色转型发展.一方面,示范区城市可以通过限制污染密集型行业的新增产能,提高绿色制造和清洁生产标准并限制高耗能、高污染项目开工,倒逼一部分产能过剩、技术落后和转型困难的传统企业退出本地市场.另一方面,对于虽然不属于落后产能和过剩产能但依然存在违规排放的企业,示范区城市可以提高环境监管能力和处罚标准,加大环保执法力度和处罚金额,问题严重或者不合格的企业甚至可以责令其停产整改及关停,从而减少本地企业的污染排放.据此,本文提出:

假说 2b:产业转型升级示范区通过加强环境规制进而改善城市空气质量.

1.3 中国式分权的调节作用

研究表明,中国式分权可以有效解释我国经济快速发展和环境污染长期存在的现象,政治集权和财政分权的条块结合行政治理模式是其中一个显著特征[12].条对应央地关系,分税制改革重塑了中央和地方政府之间的财政关系,形成了财权上移和事权下沉的非对称财政分权;块对应各级地方政府,以GDP 为主要内容的官员政绩考核激发了地方政府间的相互竞争,实现了增长型政府的发展模式.纵向财政分权和横向地方政府竞争的制度安排虽然推动我国经济实现了长期快速发展,同时也造成了地方保护主义盛行、地区间重复过度建设、产业同质化严重以及生态破坏恶化、环境污染严重等诸多问题[13].

从横向地方政府竞争来看,各示范区均成立了以市领导为组长的领导小组,并且配备了专职机构和人员,因而产业转型升级示范区建设成效不仅有赖于地方政府官员对经济增长和产业转型的权衡,而且也会受到地方政府竞争的影响.如果缺乏相应的协调机制,不同城市间的政策差异很容易引起以邻为壑或者搭便车等常见的问题,这些都可能影响示范区建设的成效.因此在示范区建设初期,集群式示范区可能会因为城市间尚未形成良好的跨区域协作机制,区域间分工体系尚不明确,甚至因为相互邻近而在招商引资等方面存在一定的竞争关系,从而对示范区享受的政策红利产生负面的政策稀释效应.据此,本文提出:

假说 3a:相比于集群式示范区,单一式示范区对空气质量的改善作用可能更加显著.

从纵向财政分权来看,中央政府对示范区建设采取了政策支持和评估考核相结合的方式,不仅能够有效缓解地方财政缺口,也能促使示范区城市更加重视转型发展.具体来说:在政策支持上,中央政府出台了产业、创新、投资、金融等各种政策助力示范区建设,包括但不限于发挥国家战略性新兴产业创业投资引导基金的作用支持示范区新兴产业项目建设、加大对示范区科技创新的支持力度等;在评估考核上,中央政府对示范区建设进展和效果进行年度评估,建立奖惩激励机制和动态调整的管理体系,对成效明显的示范区进一步加大政策支持力度,并对其典型经验和特色做法在全国进行宣传推广,对进展缓慢的示范区实施取消资格不再享受相应政策的惩罚措施.那么,地方政府出于获取更多政策支持的动机,往往会选择真抓实干、充分利用政策优势积极推动当地产业转型升级,以期在该年度评估考核中得到更高的评价.据此,提出以下假设:

假说 3b:相比于仅获得合格评价的示范区,在年度考核中获得优秀和良好评价的示范区对空气质量的改善作用可能更加显著.

2 研究设计和数据说明

2.1 模型设置

产业转型升级示范区于 2017 年和 2019 年分两批成立,因此本文构建渐进双重差分模型估计产业转型升级示范区建设对城市空气质量的影响.具体地,将两批示范区中涉及到的 26 个地级及以上城市作为处理组,其他未获批的城市作为对照组.基准回归模型设定如下:

$$Y_{it}=\alpha_0+\alpha_1\mathrm{DID}_{\mathrm{it}}+\alpha_2\mathrm{control}_{\mathrm{it}}+\mu_i+\delta_t+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中:i 表示城市,t 表示年份,被解释变量 Y_{it} 为城市空气质量,DID_{it} 为产业转型升级示范区政策的虚拟变量,$\mathrm{Control}_{it}$ 是城市层面可能影响空气质量的一组控制变量,μ_i 和 δ_t 分别代表城市和年份固定效应,ε_{it} 是随机扰动项.

前文理论分析指出,产业转型升级示范区政策可能会通过推动产业结构升级、加强环境规制等机制改善城市空气质量.为了验证上述机制是否成立,参考江艇的研究[0],本文构建机制检验模型如下:

$$M_{it}=\alpha_0+\alpha_1\mathrm{DID}_{it}+\alpha_2\mathrm{Control}_{it}+\mu_i+\delta_t+\varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中:M_{it} 代表机制变量,包括产业结构和环境规制水平,其余变量含义同式(1).若模型(2)中的 α_1 显著时,表明产业转型升级示范区政策通过影响地区产业结构和环境规制进而提升城市空气质量.

3.1　变量设定

3.1.1　被解释变量　本文选取 $PM_{2.5}$ 年均浓度作为被解释变量城市空气质量的代理变量.之所以选择 $PM_{2.5}$ 浓度而非空气质量指数(AQI)作为空气质量的代理变量,主要是因为后者的统计口径在本文研究区间内发生过较大变动.AQI 在 2014 年之后才开始广泛统计,2014 年之前使用的主要指标是空气污染指数(API),二者统计内容存在较大差异.

3.1.2　核心解释变量　产业转型升级示范区政策(DID)是核心解释变量.如果城市 i 在第 t 年入选产业转型升级示范区,则城市 i 在第 t 年及以后年份取值为 1,否则为 0.

3.1.3　控制变量　选取控制变量如下:①经济发展水平(lnpgdp),采用人均实际 GDP 的对数进行衡量.②政府干预程度(Gov),采用一般公共预算支出占 GDP 比重衡量.③财政压力(Fiscal),使用一般公共预算收入与一般公共预算支出的比值衡量.④对外开放水平(lnFDI),采用实际使用外资金额的对数衡量.⑤科教支持力度(STinput),采用一般公共预算支出中科技支出与教育支出之和的比重衡量.⑥金融发展水平(Fin),采用金融机构贷款余额与 GDP 的比值衡量.

3.2　数据说明

基于数据可得性,本文研究样本为中国 2010~2020 年 261 个地级及以上城市的面板数据(未涉及港澳台地区).为了将样本统一到地级市层面,本文剔除了第一批示范区中的重庆环都市区和宁夏宁东地区,以及第二批示范区中的北京京西地区,最终选择了 26 个城市作为处理组,其余城市作为对照组.空气质量数据来自国家青藏高原数据中心发布的中国高分辨率高质量近地表空气污染物数据集,其他社会经济数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》.各变量描述性统计见表 1.

表 1　描述性统计

Table 1　Descriptive statistics of the main variables

变量	平均值	标准差	最小值	最大值
$PM_{2.5}$	41.993	15.031	11.614	108.526
DID	0.027	0.163	0.000	1.000
Inpgdp	10.618	0.585	8.576	13.056
Gov	0.206	0.110	0.044	1.485
Fiscal	3.072	1.933	0.896	17.508
InFDI	0.003	0.003	1.386	13.728
Stinput	0.574	0.343	0.083	3.209
Fin	0.901	0.515	0.118	9.622

4　实证分析

4.1　基准回归结果

表 2　基准回归结果

Table 2　Benchmark regression results

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$
DID	−1.883	−2.937***	−2.927***	−2.947***	−3.269***	−3.242***	−3.238***
	(1.162)	(1.055)	(1.050)	(1.003)	(0.980)	(0.978)	(0.977)
Inpgdp		−4.394***	−4.327***	−4.481***	−3.887***	−4.002***	−3.978***
		(0.861)	(0.878)	(0.864)	(0.887)	(0.898)	(0.903)
Gov			0.563	−10.02***	−14.13***	−15.84***	−16.19***
			(2.719)	(3.431)	(3.326)	(4.252)	(4.506)
Fiscal				1.075***	1.348***	1.518***	1.523***
				(0.206)	(0.232)	(0.368)	(0.365)

续表 2

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$
InFDI					−0.413***	−0.410***	−0.408***
					(0.136)	(0.135)	(0.135)
Stinput						−1.278	−1.295
						(1.794)	(1.784)
Fin							0.119
							(0.571)
Cons	42.045***	88.732***	87.907***	88.417***	88.042***	89.770***	89.462***
	(0.032)	(9.145)	(9.481)	(9.354)	(9.137)	(9.409)	(9.472)
City	是	是	是	是	是	是	是
Year	是	是	是	是	是	是	是
N	2871	2870	2870	2870	2451	2451	2451
R^2	0.934	0.936	0.936	0.938	0.943	0.943	0.943

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%的显著性水平下显著;括号内为聚类到城市层面的聚类标准误.下表同.

本文根据基准回归模型式(1)估计产业转型升级示范区的空气质量改善效应,估计结果如表 2 所示.表 2 第(1)列仅展示了包含城市和时间固定效应的结果,第(2)~(7)列逐步加入了控制变量.表 2 显示,当未加入控制变量时,产业转型升级示范区对城市 $PM_{2.5}$ 浓度的估计系数不显著,这可能是因为遗漏了控制变量导致估计结果偏差,也有可能是因为政策效果在城市间存在异质性,导致整体政策效应不显著;在逐步加入控制变量后,估计结果为负且在 1% 水平上保持显著.第(7)列展示了包含完整控制变量的基准回归结果:相较于非示范区城市,示范区城市在获得产业转型升级示范区批准后 $PM_{2.5}$ 浓度下降了 3.238μg/m^3,约占政策前示范区城市 $PM_{2.5}$ 浓度均值的 7.711%,这说明产业转型升级示范区政策对示范区城市空气质量有明显的改善效果.

4.2 稳健性检验

4.2.1 平行趋势检验 使用双重差分模型进行政策评估的重要前提是处理组和对照组满足平行趋势假定,即在产业转型升级示范区政策之前,示范区城市和非示范区城市的空气质量变化趋势不存在明显差异.为此,本文借鉴事件研究法的思路进行平行趋势检验[15],如图 1 所示,在产业转型升级示范区政策发生之前,估计系数的置信区间均包含 0 轴,这说明在政策实施之前处理组和对照组的空气质量变化不存在显著差异,基准回归模型中的被解释变量在政策实施前满足平行趋势假定.

4.2.2 安慰剂检验 通过随机生成虚拟政策试点的方法进行安慰剂检验,具体操作是:先随机生成一组与试点城市数量相同的政策试点城市名单,并随机选择政策实施年份,然后对式(1)重新进行估计.本文共进行 1000 次随机抽样,得到的估计系数和 P 值分布如图 2 所示.可以看出,随机生成的政策虚拟变量估计系数近似服从均值为 0 的正态分布,基准回归结果的发生为极小概率事件.因而,可以推断产业转型升级示范区政策对地区空气质量的改善效应是真实存在的,并不是其他不可观测因素导致的结果.

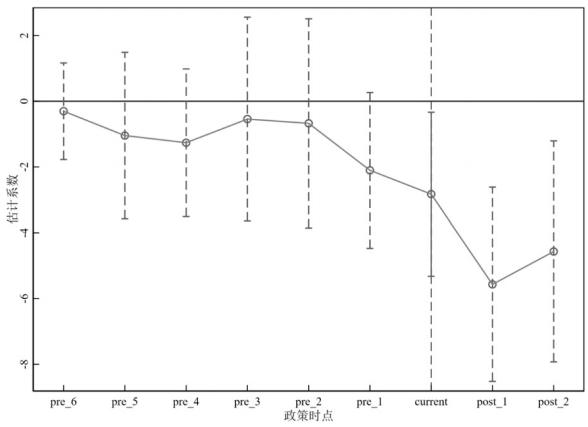


图 1 平行趋势检验

Fig.1 Parallel trend test

倾向得分匹配(PSM–DID) 国家十三五规划《纲要》提出要在具备条件的老工业城市建设一批产业转型升级示范区和示范园区,这说明示范区城市的选择可能存在一定的自选择性.为了排除选择性偏差问题的干扰,本文采用 PSM–DID 方法进行稳健性检验.具体做法是:将产业转型升级示范区政策

的虚拟变量作为被解释变量,将基准回归模型中的控制变量作为协变量,采用 1:1 的近邻匹配和核匹配对样本进行配对,并对匹配后的样本重新进行回归估计.结果如表 3 第(1)~(2)列所示,核心解释变量 DID 的估计系数与基准回归结果基本保持一致,方向、大小以及显著性都没有明显变化.这说明产业转型升级示范区政策对地区空气质量的改善效应是稳健的.

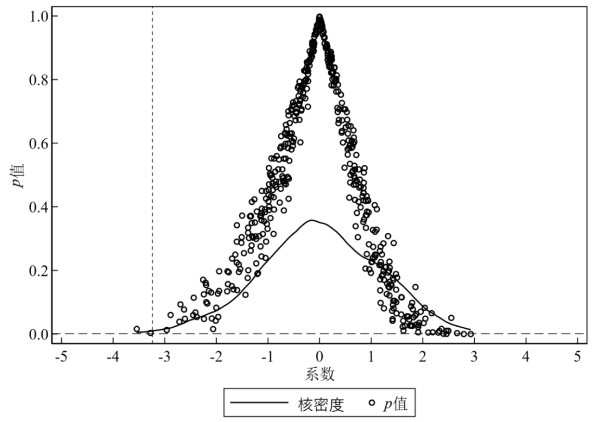


图 2　安慰剂检验结果

Fig.2　Placebo test

表 3　稳健性检验

Table 3　Robustness tests

变量	PSM–DID		样本筛选	缩短样本区间	排除其他政策干扰	更换被解释变量
	卡尺匹配	核匹配				
	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	AQI
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DID	−3.179***	−3.284***	−3.345***	−2.956***	−3.304***	−3.837*
	(1.063)	(0.977)	(0.999)	(0.927)	(0.854)	(2.009)
Cons	是	是	是	是	是	是
City	是	是	是	是	是	是
Year	是	是	是	是	是	是
N	840	2446	1411	1957	2451	1447
R^2	0.923	0.936	0.942	0.841	0.946	0.740

4.2.4　样本筛选　一个需要注意的事实是,产业转型升级示范区建设的一个重要任务是促进示范区城市经济转型发展,提高示范区城市经济发展的质量和效益,为全国同类城市转型发展探索经验.将非老工业城市和资源型城市纳入控制组进行对比,可能会由于这些城市本来空气质量就更好一些而对政策效果产生高估或低估的情况.因此,本文将研究样本限定在《全国资源型城市可持续发展规划(2013−2020 年)》和《全国老工业基地调整改造规划(2013–2022 年)》中规划的老工业城市和资源型城市范围内,重新对产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善效应进行估计.估计结果如表 3 第(3)列所示,在对样本进行筛选之后,估计系数的显著性和大小没有发生明显变化.

4.2.5　缩短时间区间　在基准回归模型的研究区间内,第一批产业转型升级示范区设立于 2017 年,第二批示范区设立于 2019 年.与此同时,为了避免 2013 年《全国资源型城市可持续发展规划(2013–2020 年)》以及《全国老工业基地调整改造规划(2013–2022 年)》出台带来的影响,本文将研究区间缩短至 2014~2019 年重新进行估计.估计结果如表 3 第(4)列所示,估计系数有所减小但依然在 1%的水平上保持显著,这说明即使排除了第二批示范区的干扰,示范区政策对城市空气质量的改善效应依然保持稳健.

4.2.6　排除其他政策干扰　在产业转型升级示范区建设期间,同时期发生的其他环境政策可能会对估计结果产生影响,较为典型的有 2017−2019 年分三批进行的北方地区冬季清洁取暖试点城市政策,以及 2018 年开始实施的《中华人民共和国环境保护税法》和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等.本文参考其他文献的做法,通过将以上政策虚拟变量纳入基准回归模型进行估计,结果如表 3 第(5)列所示.可以看出,在排除了上述同期政策干扰后,估计系数依然显著为负,这说明产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善效应未受到这些政策影响.

4.2.7　更换被解释变量　在基准回归中,本文选择基于卫星遥感观测得到的 $PM_{2.5}$ 浓度作为城市空气质量的代理变量.该数据虽然弥补了地面监测站点分布不均的缺点,具有全方位、大空间范围的连续观测 $PM_{2.5}$ 污染源分布的技术优势[16],但精度受模型参数、气象条件等因素影响较大[17].而通过地面站点监测获得的 AQI 虽然在时间区间和空间分布上有所限制,但数据精度较高,整体质量更加可靠[18].本文将被解释变量替换为 AQI,对基准回归模型重新进行估计,估计结果汇报在表 3 第(6)列.可以看到,与基准回归估计结果相比,估计系数大小没有明显变化,虽然在显著性上有所下降,但依然在 10%的水平上保持显著.

4.3　机制检验

4.3.1 产业结构优化 产业结构单一、工业结构偏重是现阶段我国老工业城市和资源型城市存在的普遍问题,也是这些城市空气质量不佳的主要原因.产业转型升级示范区不仅鼓励示范区城市结合当地产业基础和发展导向,积极发展类型丰富、特色鲜明的现代服务业,比如物流中心、资源产业工程和管理咨询等生产性服务业,以及自然风光旅游、特色工业旅游、红色旅游等生活性服务业;而且通过金融政策、土地政策等支持示范区城市对本地传统优势产业实现智能化、高端化、绿色化的技术升级,推动示范区建设取得阶段性成效和长期高质量发展.

参考薛飞等[8]的做法[32],采用第三产业增加值占地区生产总值的比重作为产业结构服务化的代理变量;采用电力、热力、燃气及水生产和供应业就业人员占工业就业人员比重作为工业结构清洁化的代理变量,该比重越小,工业结构更加清洁.估计结果如表 4 第(1)~(2)列所示,示范区政策不仅显著提高了示范区城市第三产业占比,也促进工业结构清洁化转变,假说 2a 得以验证.

表 4 机制检验

Table 4 Mechanism tests

变量	产业转型升级		加强环境监管	
	第三产业占比	工业结构清洁化	环境处罚	工业污染排放
	(1)	(2)	(3)	(4)
DID	0.228***	−0.010*	0.002**	−0.026*
	(0.0641)	(0.007)	(0.001)	(0.014)
Cons	是	是	是	是
City	是	是	是	是
Year	是	是	是	是
N	2312	2383	2383	2383
R^2	0.717	0.833	0.911	0.960

4.3.2 加强环境规制 环境行政处罚是地方政府环保执法部门依据环境法律法规对存在环境违法行为的单位或个人实施的行政处罚[19],可以在一定程度上缓解环境污染的负外部性问题.示范区城市可能会通过加大环境处罚力度以提高企业的污染成本,倒逼企业改善生产技术[20],增加环境治理过程中的投入与创新;但在短期内,企业也可能会通过减产行为应对环境处罚,而非增加环保投资和改进生产技术[21].无论治标还是治本,研究表明更加严格的环境监管可以起到改善环境绩效的作用[22].

参考相关研究[23],本文采用公众环境中心公布的企业环境违法违规行为在城市层面的加总作为城市环境处罚强度的代理变量,选取工业废水排放量、工业二氧化硫排放量和工业粉尘排放量反映城市污染物排放水平.估计结果如表 4 第(3)~(4)列所示,示范区政策显著提高了示范区城市环境处罚力度,并降低了城市污染物排放水平,假说 2b 得以验证.

4.4 异质性分析

基准回归结果得到的是产业转型升级示范区政策对地区空气质量的平均处理效应,这可能会掩盖具有不同特征的样本之间存在的差异性影响.为此,本文进一步分析产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善效应在不同样本间是否存在异质性.

4.4.1 城市类型异质性 老工业城市和资源型城市虽然具有一定程度的重合,但本质上是两个不同的概念.本文将样本区分为老工业城市、资源型城市和复合型城市三种类型,分组进行回归.表 5 第(1)~(3)列估计结果表明,只有在老工业城市和复合型城市中估计系数才在 5%的水平上显著为负,而在资源型城市样本中核心解释变量 DID 的估计系数并不显著.这说明相比于老工业城市和复合型城市,资源型城市的路径依赖更严重、转型难度更大,更容易受到资源诅咒效应的影响,尤其是对于资源枯竭型城市来说.从城市规模上来看,资源型城市以小城市为主,而老工业城市以中等城市为主,产业基础较为雄厚,经济韧性较强,更有利于接续产业培育和城市绿色转型.

表 5 异质性分析:基于城市类型异质性

Table 5 Heterogeneity test results based on type differences

变量	老工业城市	资源型城市	复合型城市
	(1)	(2)	(3)
DID	−2.651**	−0.838	−2.974**
	(1.187)	(1.305)	(1.365)
Cons	是	是	是
City	是	是	是
Year	是	是	是
N	1400	1599	492
R^2	0.942	0.946	0.945

4.4.2 城市区位异质性 由于区域政策环境、贸易开放环境等发展环境差异,和产业载体、投资载体、科技载体等增长动能差异,我国东、中西部地区间和南北地区间存在较大差距.尤其是 2013 年以后,南北

地区不仅在经济总量上差距逐渐扩大,经济增速也出现较大差距,南北差距扩大成为我国区域协调发展的新问题.本文将样本城市区分为东部、中西部地区和南、北方地区,进行分组回归.估计结果如表 6 第(1)~(2)列,在中西部地区城市样本中,核心解释变量 DID 的估计系数显著为负,在东部地区城市中则不显著.这可能是因为:一方面,东部地区城市群分布广泛且发展程度较为成熟,边缘城市容易受到中心城市产业、科技以及政策等方面溢出效应的影响;另一方面,东部地区示范区主要位于环渤海地区,该地区为我国重工业布局的集中地且地势较为平坦,空气质量容易受到周围其他城市影响,示范区政策反而不太明显.表 6 第(3)~(4)列为南北地区的异质性效应,南方地区样本中估计系数显著为负,北方地区则不显著.除了南方地区对国家战略响应更加迅速的原因外[24],还有一个原因可能是北方地区老工业城市和资源型城市由于资源开发较早导致产业发展动能不足,而且在结构性供给侧改革背景下承担的钢铁、煤炭、电力等领域的去产能任务更重,推动城市经济和产业绿色转型经历的阵痛更加剧烈.

表 6　异质性分析:基于区位异质性

Table 6　Heterogeneity test results based on regional differences

变量	东部地区	中西部地区	北方地区	南方地区
	(1)	(2)	(3)	(4)
DID	−3.230	−3.387***	−2.329	−3.563***
	(2.136)	(0.976)	(1.485)	(1.311)
Cons	是	是	是	是
City	是	是	是	是
Year	是	是	是	是
N	919	1532	842	1609
R^2	0.953	0.940	0.947	0.947

4.5　调节效应检验

根据《通知》,产业转型升级示范区中既包括辽宁中部(沈阳–鞍山–抚顺)、吉林中部(长春－吉林–松原)等集群,也包括河北唐山、山西长治等单一城市.这种示范区布局类型上的差异可能会对产业转型升级示范区的政策效应产生差异性影响.参考彭飞等的研究[25],将处理组城市划分为集群式示范区和单一式示范区,分别赋值为 0 和 1,并与核心解释变量 DID 进行交互处理.估计结果如表 7 第(1)~(2)列所示,无论是否加入控制变量,核心解释变量 DID 与示范区类型的交互项估计系数均显著为负.这说明相比于集群式示范区,单一式示范区对城市空气质量的改善效应更为明显,假说 3a 得以验证.

为推进产业转型升级示范区建设工作取得实效,相关部门会根据《产业转型升级示范区建设年度进展评估办法》对各示范区进行年度进展评估并通报,考核结果分为优秀、良好和合格三个等级.由于本年度评估结果为优秀和良好的示范区在下一年度将会获得更大额度的中央预算内投资和相关政策支持,因此这种奖惩激励机制也可能会对产业转型升级示范区的政策效应产生影响.本文将考核结果为优秀、良好和合格的示范区城市分别赋值为 3、2 和 1,并与核心解释变量 DID 进行交互处理.估计结果如表 7 第(3)~(4)列所示,无论是否加入控制变量,核心解释变量 DID 与示范区考核结果的交互项估计系数显著均显著为负.这说明相比于考核结果仅为合格的示范区,被评估为优秀和良好的示范区空气质量改善效应得到了强化,假说 3b 得以验证.

表 7　调节效应分析

Table 7　Moderating effect analysis

变量	示范区类型		示范区考核结果	
	(1)	(2)	(3)	(4)
DID_交互项	−7.170***	−6.283***	−1.743***	−1.270***
	(2.167)	(1.927)	(0.344)	(0.326)
Cons	否	是	否	是
City	是	是	是	是
Year	是	是	是	是
N	2871	2869	2871	2869
R^2	0.935	0.938	0.935	0.938

5　空间溢出效应

5.1　空间计量模型设定

在前文中假设政策效果不存在空间溢出效应,但这种溢出效应实际上可能发生.为进一步考察示范区政策对城市空气质量的空间溢出效应,本文设定空间计量模型如下:

$$\begin{aligned} Y_{it} = {} & \alpha_0 + \rho W Y_{it} + \phi_1 W\mathrm{DID}_{\mathrm{it}} + \alpha_1 \mathrm{DID}_{\mathrm{it}} + \\ & \phi_2 W\mathrm{control}_{\mathrm{it}} + \alpha_2 \mathrm{control}_{\mathrm{it}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{3}$$

式中:ρ代表空间自回归系数;$\boldsymbol{W}$ 是基于经纬度计算的空间地理距离权重矩阵;α_1 和α_2 为核心解释变量以及控制变量空间交互项的待估系数;其余变量及符号的含义与基准回归模型保持一致.需要说明的

是,空间计量模型估计依赖强平衡面板数据,因而本模型样本数据相较于基准估计有所缩减,城市样本数量从 261 个减少至 259 个.

5.2 空间相关性检验

在考察示范区政策的空间溢出效应之前,首先要进行空间自相关检验.本文选取基于地理距离权重矩阵的全局莫兰指数检验被解释变量 $PM_{2.5}$ 浓度的空间自相关性,结果如表 8 所示,在样本期间被解释变量 $PM_{2.5}$ 浓度每年的全局莫兰指数都显著大于零,这表明 $PM_{2.5}$ 浓度整体上存在空间自相关性,满足采用空间双重差分模型考察示范区政策空间溢出效应的前提条件.

为了选择合适的空间计量模型本文首先进行 LM 检验.基于空间滞后模型(SAR)的 LM Lag、LM Lag(Robust)统计量和基于空间误差模型(SEM)的 LM Error、LM Error(Robust)统计量均通过显著性检验,这表明空间滞后模型、空间误差模型均可适用.考虑到空间杜宾模型(SDM)兼具空间滞后模型(SAR)和空间误差模型(SEM)的优点,本文采用空间杜宾模型(SDM)检验示范区政策的空间溢出效应.

表 8 2010~2020 年 Moran's I 指数

Table 8 Moran's I index, 2010~2020

年份	Moran's I	SD	*P*
2010	0.218***	0.006	0.000
2011	0.201***	0.006	0.000
2012	0.194***	0.006	0.000
2013	0.200***	0.006	0.000
2014	0.195***	0.006	0.000
2015	0.236***	0.006	0.000
2016	0.238***	0.006	0.000
2017	0.225***	0.006	0.000
2018	0.240***	0.006	0.000
2019	0.246***	0.006	0.000
2020	0.256***	0.006	0.000

5.3 空间溢出效应分析

为了与基准回归模型保持一致,本文采用城市和年份双向固定效应,并对所有变量做空间滞后一期处理,以考虑空气质量改善的滞后效应,表 9 报告了空间溢出效应的检验结果.从列(1)可以看出,被解释变量的空间自回归系数为 0.558,在 1%的统计水平上显著为正,这说明邻近地区的空气质量存在一定的空间依赖性,具有显著的空间溢出效应;示范区政策及空间交互项系数至少在 5%的水平下显著为负,这说明本地区的空气质量不仅受本地区示范区政策的正向影响,还会受到邻近地区空气质量的正向影响.本文进一步将示范区政策对空气质量的影响分解为直接效应、间接效应和总效应,分解结果如第(2)−(4)所示.由于间接效应是本文判断是否存在空间溢出效应的依据,因而从列(3)来看,示范区政策能够显著改善周边城市的空气质量,存在明显的空间溢出效应.

表 9 空间计量模型估计结果

Table 9 Spatial effect model estimation results

变量	Main (1)	LR_Direct (2)	LR_Indirect (3)	LR_Total (4)
DID	−4.349*** (0.573)	−5.017*** (0.649)	−13.095*** (3.397)	−18.113*** (3.743)
rho	0.558*** (0.021)			
W×DID	−3.682** (1.525)			
Sigma^2_e	15.570*** (0.419)			
Cons	是	是	是	是
City	是	是	是	是
Year	是	是	是	是
N	2849	2849	2849	2849
R^2	0.6764	0.6764	0.6764	0.6764

6 政策建议

第一,充分发挥示范区建设对老工业城市和资源型城市转型发展模范引领作用.一方面,谨慎有序扩大产业转型升级示范区试点范围,在总结十三五时期示范区建设典型经验做法的基础上,在全国范围内进行推广学习.另一方面,鼓励各省开展县(区)级产业转型升级示范区建设试点工作,强化多层次、多领域政策协同,争取形成支持产业转型升级示范区建设的合力.

第二,重视产业结构转型和环境规制的协同效应.在产业结构转型升级方面,一是通过推进以智能化、绿色化、服务化为重点的技术改造,支持传统优势产业改造促转型升级;二是以高速宽带网络基础设施和信息技术产业为支撑,加大移动互联网、云计算、大数据、物联网等新一代信息技术与传统优势领域的融合创新,培育新技术、新产业、新模式、新业态;三是积极引导制造业企业发展服务型制造,通

过制造业与服务业融合发展培育科技、物流、电子商务等生产性服务业.在环境规制方面,支持老工业城市和资源型城市建立项目环境准入标准,并尽快完成新一轮产业结构调整指导目录和政府核准投资项目目录的修订,在促进与发达地区进行产业合作的同时防止污染转移,继续发挥环境规制对于落后产能、过剩产能退出的作用,推进绿色制造和清洁生产,为高新技术和高附加值产业腾出发展空间.

第三,因地制宜推动示范区建设和推广工作,积极探索符合本地实际、各具特色的产业转型升级路径和模式.地方政府应该在中央决策部署的总体要求上,充分发挥禀赋优势,加强示范区建设与其他区域重大战略、区域协调发展战略的协同程度,将产业转型升级作为促进城市转型发展的重点工作来抓.对于成效明显的示范区,要加大政策支持力度,充分调动示范区政府推动本地区产业转型升级的积极性;对于成效不明显的示范区,要通过学习典型经验等方式解决问题,尽量对部分示范区短期转型失败提供较大程度的宽容.

第四,地方政府横向竞争容易扭曲资源配置方式,不利于通过示范区建设探索老工业城市和资源型城市转型发展经验的政策目标.一方面,合理设定经济增长目标,弱化地区间经济增长竞争,真正将环保绩效纳入地方官员考核体系,强化地方政府多维竞争,激励和引导地方政府将发展重点转移到高质量发展上来.另一方面,通过支持示范区城市与国家中心城市加强产业配套合作,形成错位发展、分工协作的格局;鼓励毗邻的老工业城市和资源型城市在相对集中的成片区域内试点加强产业协同发展,促进要素流动和资源整合,强化产业链上下游的衔接配套,推进共同转型.

7　研究结论

产业转型升级示范区政策是十四五期间推动老工业城市和资源型城市开拓振兴发展新局面的重大举措和主要抓手,肩负着为全国老工业城市和资源型城市探索转型发展经验的重要使命.本文以产业转型升级示范区设立为准自然实验,基于2010~2020 年我国 261 个地级及以上城市面板数据,采用双重差分法系统研究了产业转型升级示范区政策对城市空气质量的改善作用及其机制,得到以下主要结论:

6.1　在样本期内产业转型升级示范区政策使得示范区城市 $PM_{2.5}$ 浓度平均下降了 3.238μg/m^3,约占政策前示范区城市 $PM_{2.5}$ 浓度均值的 7.711%,显著改善了示范区城市的空气质量.这一结论在经过安慰剂检验、PSM–DID 等一系列稳健性检验后依然成立.

6.2　产业转型升级示范区建设可以通过推动产业结构升级和加强环境规制两条路径改善城市空气质量.但示范区政策对空气质量的改善效应在不同城市间呈现出异质性:与资源型城市相比,老工业城市和复合型城市空气质量的改善较为明显;与东部地区和北方地区城市相比,示范区政策对空气质量的影响在中西部地区和南方地区表现得更加显著.

6.3　示范区类型和示范区考核结果会对产业转型升级示范区政策的空气质量改善效应产生调节效应.与集群式示范区和考核结果为合格的示范区相比,单一式示范区和考核结果为优秀、良好的示范区城市的空气质量改善效果更好.

参考文献:

[1] 滕雅丽,谢苗苗,王回茴,等.资源型城市土地利用转型及其对生境质量的影响——以乌海市为例 [J]. 生态学报, 2022,42(19):7941−7951.
Teng Y, Xie M, Wang H, et al. Land use transition in resource-based cities and its impact on habitat quality: A case of Wuhai City [J] Acta Ecologica Sinica, 2022,42(19):7941−7951.

[2] 王成金,王　伟.中国老工业城市的发展状态评价及衰退机制 [J]. 自然资源学报, 2013,28(8):1275−1288.
Wang C J, Wang W. Developing level of old industrial cities and decline mechanism [J]. Journal of Natural Resources, 2013,28(8): 1275−1288.

[3] 张复明.资源型区域面临的发展难题及其破解思路 [J]. 中国软科学, 2011,(6):1−9.
Zhang F M. Development dilemma and its solution in resource−based regions [J]. China Soft Science, 2011,(6):1−9.

[4] 张文忠,余建辉.中国资源型城市转型发展的政策演变与效果分析 [J]. 自然资源学报, 2023,38(1):22−38.
Zhang W Z, Yu J H. Policy evolution and transformation effect analysis of sustainable development of resource−based cities in China [J]. Journal of Natural Resources, 2023,38(1):22−38.

[5] Chen W, Shen Y, Wang Y N. Evaluation of economic transformation and upgrading of resource−based cities in Shaanxi Province based on an improved TOPSIS method [J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 37:232−240.

[6] 付　奎,张　杰,刘炳荣.产业转型政策能否推动城市低碳转型——来自资源型和老工业城市产业转型升级示范区的证据 [J]. 中国环境科学, 2023,43(5):2590−2600.
Fu K, Zhang J, Liu B R. Can industrial transformation policies

promote urban low-carbon transformation?——Evidences from demonstration zones of industrial transformation and updating [J]. China Environmental Science, 2023,43(5):2590-2600.

[7] 佟孟华,李 慧,张国建.区位导向性政策的创新驱动效应——基于产业转型升级示范区的证据 [J]. 经济管理, 2022,44(4):63-79.
Tong M H, Li H, Zhang G J. innovation-driven effects of place-based policies: evidence from industrial transformation and upgrading demonstration zones [J]. Business and Management Journal, 2022,44(4):63-79.

[8] 薛 飞,周民良,刘家旗.产业转型升级能否降低碳排放?——来自国家产业转型升级示范区的证据 [J]. 产业经济研究, 2023,(2):1-13.
Xue F, Zhou M L, Liu J Q. Can industrial transformation and upgrading reduce carbon emissions? evidence from national industrial transformation and upgrading demonstration zones [J]. Industrial Economics Research, 2023,(2):1-13.

[9] 张倩华,边志强.产业转型升级示范区建设对城市土地绿色利用效率的影响研究 [J]. 中国土地科学, 2024,38(10):105-114.
Zhang Q H, Bian Z Q. The impact of industrial transformation and upgrading demonstration zones on urban land green utilization efficiency [J]. China Land Science, 2024,38(10):105-114.

[10] 李 涛,薛 领,赵 威.产业结构调整对城市 $PM_{2.5}$ 的影响机理 [J]. 经济地理, 2023,43(5):180-192.
Li T, Xue L, Zhao W. Influencing mechanism of industrial structure adjustment on urban $PM_{2.5}$ in China [J]. Economic Geography, 2023, 43(5):180-192.

[11] 孙 慧,扎恩哈尔·杜曼.异质性环境规制对城市环境污染的影响——基于静态和动态空间杜宾模型的研究 [J]. 华东经济管理, 2021, 35(7):75-82.
Sun H, Duman Z. The Impact of heterogeneous environmental regulation on urban environmental pollution:research based on static and dynamic spatial durbin model [J]. East China Economic Management, 2021,35(7):75-82.

[12] 张慧慧,胡秋阳,张 云.纵向分权和横向竞争:行政治理模式如何影响地级市城市化与工业化协调发展 [J]. 财贸经济, 2022,43(2):112-127.
Zhang H H, Hu Q Y, Zhang Y. Vertical decentralization and horizontal competition: how administrative governance affects the coordinated development of urbanization and industrialization [J]. Finance & Trade Economics, 2022,43(2):112-127.

[13] 申 亮,刘 浩,王玉燕.经济增长目标动员是否加剧了雾霾污染?——基于中国地级市的研究 [J]. 计量经济学报, 2024,4(4):1149-1171.
Shen L, Liu H, Wang Y Y. Does the mobilization of economic growth targets aggravate haze pollution? — research based on prefecture- level cities in China [J]. China Journal of Econometrics, 2024,4(4):1149-1171.

[14] 江 艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应 [J]. 中国工业经济, 2022,(5):100-120.
Jiang T. Mediating effects and moderating effects in causal inference [J]. China Industrial Economics, 2022,(5):100-120.

[15] LI P, LU Y, WANG J. Does flattening government improve economic performance: evidence from China [J]. Journal of development economics, 2016,123(6):18-37.

[16] Yao L and Lu N. Spatiotemporal distribution and short-term trends of particulate matter concentration over China, 2006~2010 [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2014,21(16):9665-9675.

[17] 向 娟,陶明辉,郭 玲,等.基于卫星遥感的近地面 $PM_{2.5}$ 浓度反演进展 [J]. 遥感学报, 2022,26(9):1757-1776.
Xiang J, Tao M H, Guo L, et al. Progress of near-surface $PM_{2.5}$ concentration retrieve based on satellite remote sensing [J]. National Remote Sensing Bulletin, 2022,26(9):1757-1776.

[18] 王 玉,刘文璋.清洁取暖政策试点的空气质量改善效应评估——基于三批试点地级市的准自然实验 [J]. 中国环境科学, 2024,44(1): 581-592.
Wang Y, Liu W Z. Evaluating the effect of Clean Heating Policy Pilot on air quality improvement: A quasi-experimental study based on three batches of pilot cities in China [J]. China Environmental Science, 2024, 44(1):581-592.

[19] 刘莉亚,周舒鹏,闵 敏,等.环境行政处罚与债券市场反应 [J]. 财经研究, 2022,48(4):64-78.
Liu L Y, Zhou S P, Min M, et al. Environmental administrative penalties and bond market reaction [J]. Journal of Finance and Economics, 2022, 48(4):64-78.

[20] Taschini L, Chesney M, Wang M. Experimental comparison between markets on dynamic permit trading and investment in irreversible abatement with and without non-regulated companies [J]. Journal of Regulatory Economics, 2014,46(1):23-50.

[21] 崔广慧,姜英兵.环境规制对企业环境治理行为的影响——基于新《环保法》的准自然实验 [J]. 经济管理, 2019,41(10):54-72.
Cui G H, Jiang Y B. The influence of environmental regulation on the behavior of enterprise environmental governance:based on a quasi-natural experiment of new environmental protection law [J]. Business and Management Journal, 2019,41(10):54-72.

[22] 陈晓艳,肖 华,张国清.环境处罚促进企业环境治理了吗?——基于过程和结果双重维度的分析 [J]. 经济管理, 2021,43(6):136-155.
Chen X Y, Xiao H, Zhang G Q. Do Environmental punishments promote corporate environmental governance? an analysis based on the process and outcome dual dimensions [J]. Business and Management Journal, 2021,43(6):136-155.

[23] 熊雪锋,原志听,昌敦虎,等.生态环境质量监测事权改革的政策效应研究——以环境空气质量监测为例 [J]. 中国环境科学, 2023,43 (12):6740-6754.
Xiong X F, Yuan Z T, Chang D H, et al. Assessing policy effects of the ecological environment quality monitoring authority reform: A case study on ambient air quality monitoring. [J]. China Environmental Science, 2023,43(12):6740-6754.

[24] 杨明洪,巨 栋,涂开均.南北差距:中国区域发展格局演化的事实、成因与政策响应 [J]. 经济理论与经济管理, 2021,41(4):97–112.
Yang M H, Ju D, Tu K J. "North-south gap": facts, causes and challenges of China's regional development pattern evolution [J]. Economic Theory and Business Management, 2021,41(4):97-112.

[25] 彭 飞,金慧晴.区域产业政策有效性评估——基于中国资源型和老工业城市的证据 [J]. 产业经济研究, 2021,(3):99-111.
Peng F, Jin H Q. An effectiveness evaluation of regional industrial policy: based on evidencefrom resource-based and old industrial cities in China [J]. Industrial Economics Research, 2021,(3):99-111.

作者简介：高浩宇(1994-),男,山西运城人,中国人民大学经济学院博士研究生,主要从事环境经济和区域经济研究.发表论文 3 篇.ghy420@ruc.edu.cn.