

国家高新区与城市生态效率

——基于228个城市的准自然实验分析

■ 李子成 王珏

摘要:以国家高新区设立作为一项准自然实验,基于2006—2021年中国228个地级市面板数据,运用空间双重差分法探讨国家高新区设立对城市生态效率的影响。结果表明:我国城市生态效率呈波动上升趋势,在观察期内提高了36.84%;国家高新区设立有利于提高城市生态效率,尤其对地理邻近城市的生态效率具有显著促进作用,且经过一系列稳健性检验结果依旧显著;异质性检验表明,国家高新区设立对中小城市和大城市生态效率的影响更为显著;机制分析表明,国家高新区设立通过结构升级、政策倾向和技术进步三种途径提高了城市生态效率。

关键词:国家高新区;城市生态效率;准自然实验;空间DID

【中图分类号】TU984 doi:10.3969/j.issn.1674-7178.2024.02.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

当前,我国经济社会发展已进入加快绿色化、低碳化的高质量发展阶段。在这一时代背景下,城市作为推动经济、社会和环境协调发展的重要载体,其生态效率的提升显得尤为重要。国家高新区作为创新发展的重要平台,不仅承载着推动科技创新和产业升级的使命,更在提升城市生态效率、促进可持续发展方面发挥着举足轻重的作用。国家高新区通过集聚创新资源、优化产业结构、推动绿色技术创新等方式,为城市生态效率的提升提供了有力支撑。同时,高新区内的企业也积极践行绿色发展理念,通过采用清洁生产技术、提高资源利用效率等

措施,为城市生态环境的改善做出了积极贡献。《“十四五”国家高新技术产业开发区发展规划》明确表明为推动绿色低碳产业发展,要鼓励国家高新区谋划建设低碳产业专业园,培育新能源汽车、绿色环保等绿色产业集群,并支持园区推进产业绿色低碳转型,促进大数据、人工智能等新兴技术与绿色低碳产业深度融合,打造绿色工厂、绿色供应链、智能工厂等^[1]。然而,国家高新区在推动城市生态效率提升的过程中,也存在推动城市绿色发展与提升自身经济效益相悖、绿色研发投入不足、绿色创新技术的普及与应用难以深入、企业环保意识和责任感增

强难等困难和问题。因此,需要从国家高新区对城市生态效率的作用机制、国家高新区的城市生态效率异质性等方面,探讨国家高新区对城市生态效率的驱动效果,分析国家高新区在城市生态效率提升中的困难、挑战以及解决方案。

一、文献综述

作为一个相对完善的经济和社会系统,城市汇聚了人口、资源、数据和能源等各种创新要素,在世界城市化进程的加速和全球经济格局的演变中扮演着越来越重要的角色。然而,在经济发展的早期,城市建设更加追求经济总量的上升,忽略了生态环境保护,这显然不符合可持续发展理念。因此,为解决经济发展和生态环境保护“二选一”的问题,学者们从强化创新发展^[2]、加快建设新型数字基础设施^[3]、构建横向财政协调机制^[4]以及加快绿色金融创新^[5]等方面提出了解决方案。其中,政府制度尤其是经济制度的支持是驱动城市经济发展转型、实现绿色创新的核心因子^[6]。我国的高新区在建立初期主要走的是产业区或工业区的发展道路,引进大量技术含量较低、劳动密集型的低端制造业和大进大出、两头在外的外向型经济,之后在纵深发展阶段又存在投入规模不经济、产业结构转型困难等问题^[7]。显然,这种发展模式缺乏对生态环境保护的考量。

关于国家高新区的研究,学者们的视角主要集中在高新区建立与创新发展^[8-9]、产业协同集聚^[10-11]、环境改善^[12]等方面,同时也关注其发展的影响因素^[13]与建设效果的评价^[14]。张冀新等发现创新型产业集群政策对国家高新区高端化与创新能力提升具有显著促进作用^[15]。张嘉望等以“创新型产业集群建设工程”作为准自然

实验,实证考察国家高新区“以集群促发展”政策对所在城市创新水平的影响^[16]。解佳龙等考察了高新区的功能定位与演化路径,将高新区发展划分为要素群集、产业主导、创新突破、辐射联动和衰退/再创五个阶段,根据每一阶段阐释了高新区的阶段转换机制^[17]。

与本文研究密切相关的文献主要体现在高新区对环境改善的评价上,包括对创新生态系统适宜度的评价^[18]、高新区与绿色全要素生产率的关系^[19]以及与区域绿色经济增长的协同关系^[20]等。有学者基于共生视角下的创新生态系统理论,认为提升国家高新区绿色创新生态系统能级是将国家高新区培育成为质量卓越的绿色增长极的重要途径^[21]。付瑶等深入研究了国家高新区设立对城市绿色转型的影响,发现国家高新区对城市绿色转型起到了一定的抑制作用,尤其对非资源型城市绿色转型抑制作用更为强烈^[22]。通过对文献梳理可知,已有研究主要集中在高新区与环境改善间的关系分析上,但从生态效率的角度分析高新区设立的影响及其作用机制的文献较少,未能充分揭示高新区以何种路径对生态效率产生影响。

认知空间特征、把握空间规律、优化配置科技创新主体是城市生态效率提升的关键。国家高新区布局深刻影响城市生态效率整体效能,是从空间上支撑城市可持续发展、高质量发展的关键^[23]。基于此,本文可能的边际贡献在于:(1)尝试从产业结构、政策倾向和技术进步三大视角探析国家高新区提高生态效率的影响机制;(2)将国家高新区的政策效应扩展到对生态效率的研究,丰富了国家高新区高质量发展的理论内涵;(3)运用基于非期望产出的超效率SBM模型测算城市生态效率,从实证的角度构建空间双重差分模型,检验国家高新区设立对城市生态效率的驱动机制和空间效应;(4)基于

城市不同等级探讨国家高新区设立对城市生态效率的异质性特征,并分析其空间溢出效应。

二、作用机制与理论假说

作为我国区位导向性政策的核心内容,国家高新区是中央和地方政府进行资源整合和功能培育的重要途径^[24]。在推进国家高新区高质量发展过程中应始终坚持以绿色发展理念指导实际工作^[25]。本文从结构升级、政策倾向与技术进步三个方面阐述国家高新区的设立对城市生态效率的驱动机制。

(一)结构升级驱动机制

国家高新区依靠国家政策优惠吸引了丰富的创新资源,生产要素由低效率生产部门逐步向高效率生产部门转移^[26],推动了传统产业向高附加值、低能耗、低污染的新兴产业转型。此外,国家高新区的设立为高新技术产业集聚创造了良好的条件^[27],在其发展过程中也会产生显著的规模递增效应^[28],这将会吸引部分企业选择进入国家高新区。但企业申请进入国家高新区是存在门槛的,国家严控“三高”企业进入,这就对企业的种类和发展模式提出了要求,经济结构和要素种类随之发生变化,推动了产业结构高级化与产业结构合理化^[29]。国家高新区坚持发展绿色产业,极大地降低了传统企业在发展过程中存在的高污染风险,进一步提高了城市生态效率。基于此,可以得到:

假设1:国家高新区的设立可以通过结构升级提高城市生态效率。

(二)政策倾向驱动机制

国家为推动高新区绿色高质量发展,先后颁布了《国家高新区绿色发展专项行动实施方案》《“十四五”国家高新技术产业开发区发展规划》等具有导向性的指导文件,明确提出要加强

绿色低碳技术研发应用、推动绿色低碳产业发展、优化绿色生态环境。在这一过程中,不仅需要环境规制政策的有效实施,也要依靠绿色金融市场的支持^[30]。政府以政策导向和财政帮扶为手段完善园区绿色金融制度,制定了更加严格的环保政策和法规,同时强化绿色金融监管^[31],建立了绿色信贷风险补偿机制,并通过政府补贴、税收优惠等措施,降低了金融机构开展绿色金融业务的风险,提高金融机构的积极性。此外,政府积极引导金融机构加大投放,调整企业环境污染的机会成本^[32],并健全政府财税制度,加大对园区财政投资规模^[33],以此增强绿色供给动力,这在一定程度上提高了城市生态效率。基于此,可以得到:

假设2:国家高新区的设立可以通过政府政策支持提高城市生态效率。

(三)技术进步驱动机制

国家高新区作为地方政府落实国家创新驱动发展战略的重要抓手,是促进技术转化为生产力的重要政策,也是推动区域自主创新能力提升的制度设计^[34]。结合科技资源的优势推动技术进步是实施区域布局和协同发展的重要依托^[35]。一方面,国家高新区可以引入一大批高科技企业,这些企业以技术创新和知识产权为核心竞争力,通过技术研发和成果转化,从而提高生产效率和产品竞争力^[36]。另一方面,国家高新区作为技术创新的重要基地和引擎,不仅推动了新技术的研发,还促进了技术的转移和扩散,使得先进技术能够在更广泛的范围内得到应用。通过技术进步,国家高新区能够推动传统产业的改造升级,淘汰落后产能,降低资源消耗和环境污染,并通过采用节能减排技术,降低生产过程中的能耗和排放,提高资源利用效率,进而降低了对环境的压力。基于此,可以得到:

假设 3: 国家高新区的设立可以通过技术进步提高城市生态效率。

三、模型设计与变量说明

(一) 模型选择

双重差分法 (Difference-in-Differences, 简称“DID”) 是经济学中常用的一种用于评估政策效果的计量经济学方法。它通过比较政策实施前后以及受政策影响与未受政策影响的两组数据的变化, 来估计政策的净效应。这种方法能够有效地控制不可观测的固定效应和时间趋势, 从而提高估计的准确性。空间计量模型则是用于处理具有空间相关性的数据的一类统计模型。当研究对象在空间上存在相互依赖或相互影响时, 传统的回归分析方法可能会产生误导性的结果。空间计量模型通过引入空间权重矩阵来刻画这种空间依赖性, 从而能够更准确地估计变量之间的关系。

考虑到国家高新区设立会产生空间溢出效应, 因此本文参考查加斯 (André L.S. Chagas) 等的做法^[37], 采用双重差分法与空间计量模型相结合的形式, 构建面板空间双重差分模型 (Spatial Difference-in-Differences Models, 简称“SDID 模型”) 验证国家高新区设立能否提升城市生态效率。依据“是否建立国家高新区”这一政策虚拟变量将本文分为实验组和对照组。城市 i 设立国家高新区当年及之后赋值为 1, 之前年份赋值为 0。由于国家高新区是分批设立的, 因此需采用多期 DID 方法, 用一个政策虚拟变量表示城市 i 在当期 t 是否实施政策^[38]。

传统 DID 模型设置如下:

$$\ln UEE_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, UEE_{it} 为城市生态效率, DID_{it} 为国家高新区政策冲击与时间冲击的交互项, C_{it} 为控

制变量, β_0 为常数项, β_1, β_2 代表回归系数, μ_i 为空间效应, γ_t 为时间效应, ε_{it} 为随机误差项。

将双重差分模型与空间计量模型结合, 具体形式设置如下:

双重差分空间交叉模型 (SAC-DID):

$$\begin{cases} \ln UEE_{it} = \rho W_{ij} \ln UEE_{it} + \beta_1 DID_{it} + \alpha_1 C_{it} + \\ \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \\ \varepsilon_{it} = \tau W_{ij} \varepsilon_{it} + \theta_{it}, \theta_{it} \sim N(0, \sigma^2) \end{cases} \quad (2)$$

双重差分空间自回归模型 (SAR-DID):

$$\ln UEE_{it} = \rho W_{ij} \ln UEE_{it} + \beta_1 DID_{it} + \alpha_1 C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

双重差分空间误差模型 (SEM-DID):

$$\begin{cases} \ln UEE_{it} = \beta_1 DID_{it} + \alpha_1 C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \\ \varepsilon_{it} = \tau W_{ij} \varepsilon_{it} + \theta_{it}, \theta_{it} \sim N(0, \sigma^2) \end{cases} \quad (4)$$

双重差分空间杜宾模型 (SDM-DID):

$$\begin{cases} \ln UEE_{it} = \rho W_{ij} \ln UEE_{it} + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 W_{ij} DID_{it} \\ + \alpha_1 C_{it} + \alpha_2 W_{ij} C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \\ \varepsilon_{it} = \tau W_{ij} \varepsilon_{it} + \theta_{it}, \theta_{it} \sim N(0, \sigma^2) \end{cases} \quad (5)$$

其中, ρ, α_1, α_2 代表回归系数, θ_{it} 为随机误差项, 其余变量同上。 W_{ij} 为空间权重矩阵, 基于生态效率构建经济距离权重矩阵, 定义如下:

$$W_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{|x_i - x_j|}, i \neq j \\ 0, i = j \end{cases} \quad (6)$$

其中, $x_i(x_j)$ 表示 $i(j)$ 地区的生态效率值。

(二) 变量说明

1. 被解释变量

城市生态效率 (UEE): 借鉴已有文献^[39-40], 基于规模报酬可变的全局参比超效率 SBM 模型对城市生态效率进行测算。其中投入指标包括劳动、资本、土地和能源要素投入, 产出指标分为期望产出与非期望产出指标, 指标体系具体内容如表 1 所示。参考张军等^[41]的研究, 以 2006 年为基期对固定资本存量进行测算, 最终得到的生态效率值以百分比计算。

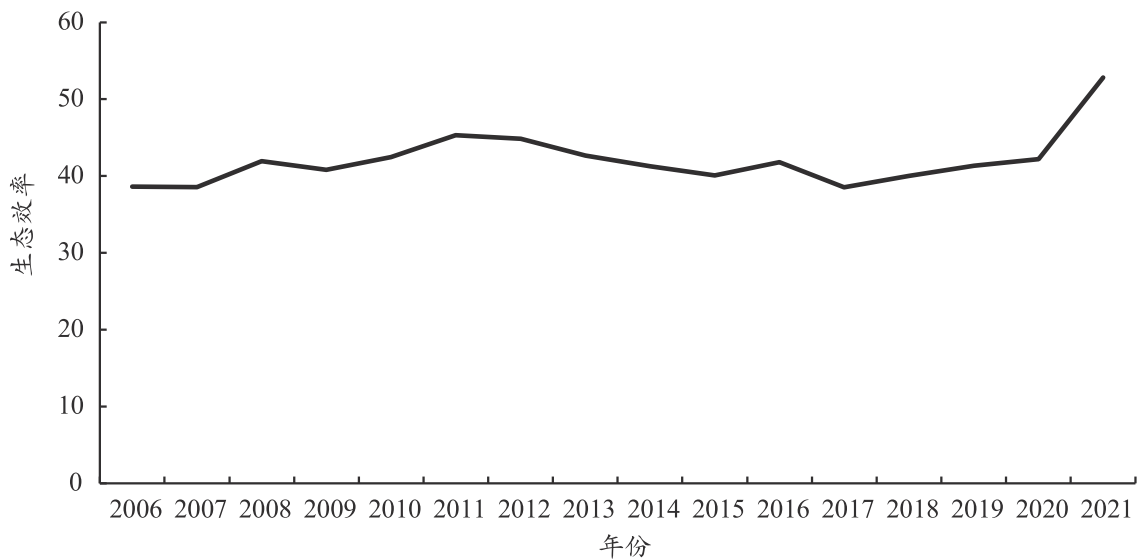


图1 城市生态效率时空演变趋势图

表1 城市生态效率指标体系

指标	要素类别	指标内容
投入	劳动投入	年末单位从业人员数(万人)
	土地投入	市区建成面积(平方千米)
	资本投入	固定资本存量(万元)
	能源投入	能源消耗总量(万吨标准煤)
期望产出	GDP	地区实际生产总值(亿元)
非期望产出	工业二氧化硫排放量	工业二氧化硫排放量(万吨)

图1为样本期内228个城市年均生态效率变化情况,整体呈上升趋势。具体来看,2006—2016年生态效率在波动变化,2016年有所下降,此后生态效率不断上升,这与滕玉华等人^[42]的研究结果相似。此后随着产业结构进一步调整优化,生态效率逐渐上升。

2. 中介变量

本文分别采用要素升级(E_u ,计算方式为资本存量与劳动力总量的比值)、财政科技支出占GDP比重(Fte)、人均获得专利数(In)表示结构升级、政策倾向和技术进步。

3. 控制变量

参考现有文献^[43-45],本文选取了如下控制变量:

经济发展水平($lnRgdp$):用人均GDP表示;

人口规模($lnPop$):用年末户籍人口数表示;

对外开放($Open$):用进出口总额占GDP比重表示;

基础设施($lnInf$):用互联网宽带接入用户数表示;

人力资本(Edu):用普通本专科及以上人口数占全市常住人口比重表示;

自然资源优势(Ele):用全社会用电量表示。

4. 数据来源

本文国家高新区城市名单来自《中国开发区审核公告目录》(2018年版),PM2.5数据(通

过稳健性检验)来自美国哥伦比亚大学社会经济数据与应用中心提供的全球 PM2.5 的年均浓度数据,其余数据来源于《中国城市统计年鉴》、各地级市统计年鉴以及国家电网。考虑到 DID 研究对象的局限性,本文剔除了 2006 年之前设立国家高新区的城市。经筛选,本文选取了 2006—2021 年 228 个城市作为研究样本,其中处理组城市共 86 个(宁波于 2007 年设立国家高新区,泰州与湘潭于 2009 年设立国家高新区,由于数量过少且设立时间与观察期时间较为接近,故不考虑在内。在观察期内,第一批国家高新区设立的时间节点集中在 2011 年),其余城市为对照组。参考曹清峰^[46]的做法,将上半年设立的国家高新区视为当年设立,下半年设立视为下一年设立。部分缺失数据采用插值法进行补齐。本文中的实证部分均在时间地区双固定下完成,故不再赘述。具体变量的描述性统计如表 2 所示。

四、实证分析

(一)传统 DID 回归分析

1. 基准回归

表 3 列示了传统 DID 模型的估计结果,列

(1)未考虑控制变量,列(2)考虑了控制变量。结果表明,国家高新区的设立对城市生态效率具有显著的提升作用,在加入控制变量后,DID 系数和显著性水平均有所下降,但仍然在 5% 的水平上显著。从控制变量来看,经济发展水平

表 3 传统 DID 回归结果

变量	(1)	(2)
<i>DID</i>	0.082*** (3.22)	0.062** (2.57)
<i>lnRgdp</i>		0.298*** (6.50)
<i>lnPop</i>		0.200*** (3.50)
<i>Open</i>		0.000*** (4.01)
<i>lnInf</i>		-0.080*** (-3.24)
<i>Edu</i>		-0.000 (-0.21)
<i>lnEle</i>		-0.053*** (-3.50)
<i>Constant</i>	3.563*** (224.21)	0.614 (1.07)
<i>N</i>	228	228
<i>R</i> ²	0.152	0.216

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10% 时有统计学意义,下同。

表 2 描述性统计

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>UEE</i>	3648	42.084	16.321	18.994	135.224
<i>DID</i>	3648	0.192	0.394	0.000	1.000
<i>lnRgdp</i>	3648	10.342	0.674	7.926	12.456
<i>lnPop</i>	3648	5.759	0.677	2.890	7.138
<i>Open</i>	3648	50.229	408.402	0.001	10868.050
<i>lnInf</i>	3648	5.881	1.048	2.332	8.655
<i>Edu</i>	3648	115.495	147.093	0.386	2435.710
<i>lnEle</i>	3648	13.034	1.152	8.994	16.355
<i>Eu</i>	3648	149.594	87.691	12.335	623.190
<i>Fte</i>	3648	120.822	149.200	0.004	3586.564
<i>In</i>	3648	6.427	22.425	0.000	766.731

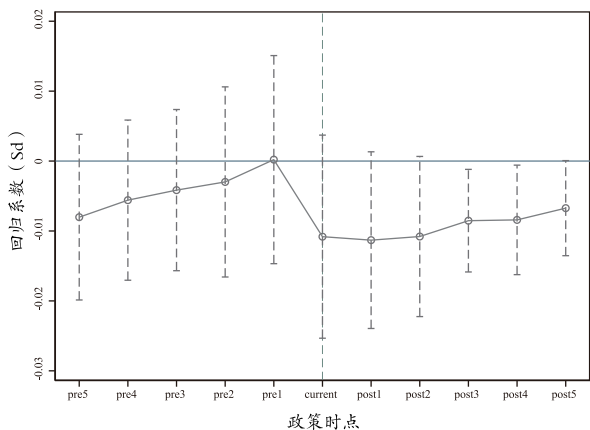


图2 平行趋势检验

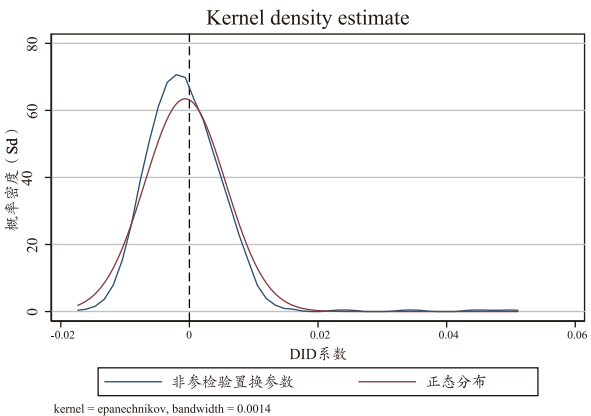


图3 安慰剂检验

是提高城市生态效率的主要原因,人口规模与对外开放均在1%的水平上显著为正,而基础设施与自然资源优势对城市生态效率起抑制作用。

2. 平行趋势检验

平行趋势是使用双重差分的前提假设,本文借鉴张国建等^[47]的研究框架,利用事件分析法检验平行趋势假设^[48]。具体模型如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{s=1}^5 \beta_{pre-s} D_{pre-s} + \beta_{current} D_{current} + \sum_{s=1}^8 \beta_{post-s} D_{post-s} + \alpha_2 C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中, D_{pre-s} 、 $D_{current}$ 、 D_{post-s} 分别代表国家高新区设立之前(仅考虑前5年)、启动之时以及之后8年的年份虚拟变量与对应政策虚拟变量的交互项。 β_{pre-s} 、 $\beta_{current}$ 、 β_{post-s} 为对应的系数, β_0 为常数项,其他符号的意义同式(1)。

如图2所示,国家高新区设立前5年的对应

表4 全局莫兰指数

Year	Moran's I	E(I)	Sd(I)	Z	P-value
2006	0.3724	-0.0044	0.0349	10.7821	0.0000
2007	0.3802	-0.0044	0.0351	10.9723	0.0000
2008	0.3955	-0.0044	0.0350	11.4145	0.0000
2009	0.4349	-0.0044	0.0350	12.5431	0.0000
2010	0.4475	-0.0044	0.0350	12.8985	0.0000
2011	0.3893	-0.0044	0.0350	11.2355	0.0000
2012	0.3951	-0.0044	0.0350	11.4110	0.0000
2013	0.3842	-0.0044	0.0349	11.1465	0.0000
2014	0.3803	-0.0044	0.0349	11.0200	0.0000
2015	0.3959	-0.0044	0.0351	11.4181	0.0000
2016	0.3818	-0.0044	0.0350	11.0322	0.0000
2017	0.3782	-0.0044	0.0351	10.8886	0.0000
2018	0.3555	-0.0044	0.0351	10.2505	0.0000
2019	0.3365	-0.0044	0.0351	9.6989	0.0000
2020	0.3381	-0.0044	0.0352	9.7326	0.0000
2021	0.2651	-0.0044	0.0352	7.6617	0.0000

系数均未通过显著性检验。这表明,在国家高新区设立前五年,实验组和对照组的生态效率变动趋势满足平行趋势检验,在政策发生当年及之后的年份里,对应系数均通过显著性检验,表明国家高新区的设立提高了城市生态效率。

3. 安慰剂检验

为排除其他不可观测因素的影响,通过非参置换的方法进行安慰剂检验,具体操作如下:对所有省级地区和政策时间进行不重复随机抽样,每次抽取 8 个省级地区及各省级地区对应的随机政策时间点,将 8 个省级地区对应的城市作

为虚拟处理组,余下城市作为虚拟控制组,将这个过程重复 500 次,从而获得 500 个虚拟处理组及虚拟政策时间交互的 DID 回归估计系数^[48],如图 3 所示。结果表明,生态效率估计系数近似服从于正态分布且接近于 0,通过了安慰剂检验,证明无其他因素干扰。

(二)空间 DID 回归分析

1. 空间自相关检验

表 4 为以被解释变量城市生态效率进行测算的全局莫兰指数,由表可知,在经济距离矩阵下,2006—2021 年城市生态效率的 Moran's I 指

表 5 空间 DID 回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	SAC	SAR	SEM	SDM
<i>DID</i>	0.053** (2.40)	0.053** (2.22)	0.054** (2.28)	0.046** (1.96)
<i>lnRgdp</i>	0.270*** (7.09)	0.225*** (6.54)	0.254*** (6.88)	0.305*** (7.18)
<i>lnPop</i>	0.174*** (2.99)	0.017 (0.31)	0.098 (1.55)	0.167*** (3.08)
<i>Open</i>	0.000*** (4.02)	0.000*** (5.73)	0.000*** (4.93)	0.000*** (4.37)
<i>lnInf</i>	-0.068*** (-3.26)	-0.083*** (-4.26)	-0.080*** (-3.99)	-0.073*** (-3.06)
<i>Edu</i>	0.000 (0.45)	0.000 (1.26)	0.000 (1.04)	-0.000 (-0.08)
<i>lnEle</i>	-0.041*** (-3.19)	-0.031*** (-2.72)	-0.037*** (-3.03)	-0.047*** (-3.38)
直接效应	0.055** (2.39)	0.042** (2.16)		0.045* (1.88)
间接效应	-0.019** (-2.09)	0.215* (1.69)		-0.059 (-1.01)
<i>rho</i>	-0.470*** (-3.82)	0.271*** (4.81)		0.209*** (3.27)
λ	0.654*** (11.03)		0.322*** (4.86)	
σ^2	0.029*** (11.22)	0.030*** (11.46)	0.030*** (11.26)	0.029*** (11.47)
<i>N</i>	228	228	228	228
<i>R</i> ²	0.010	0.055	0.030	0.145

数均在1%水平上显著为正,表明我国城市间生态效率存在显著的空间正相关关系,验证了空间效应的存在。

2. 基准回归

表5列示了四种空间DID模型的估计结果,DID回归系数均在5%的水平上显著为正,表明国家高新区设立会显著提高城市生态效率。在SAC和SDM模型下,经济发展水平、人口规模和对外开放对生态效率的影响显著为正,而基础设施与自然资源优势对城市生态效率的影响显著为负,这与传统DID得出的结论一致。除SAR模型外,国家高新区设立会产生正向的直接效应和负向的间接效应,表明本地区国家高新区设立会显著提高当地的生态效率,但会降低邻近地区的生态效率,可能的原因是:相对于其他城市而言,设立国家高新区的城市能产生高新技术集聚效应,在企业引进方面更有竞争性,更容易吸引具有高效率、低污染的高标准企业入驻国家高新区。

3. 稳健性检验

为检验结果具有稳健性,本文采用更换被解释变量、更换空间权重矩阵和缩尾处理等方法进行检验。

(1)更换被解释变量

将工业二氧化硫排放量改为PM2.5,利用超效率SBM模型计算生态效率,将其作为被解释变量,回归结果如表6列(1)至列(4)所示。在四种空间DID模型下,国家高新区设立的估计系数在0.04左右,且均在5%水平上显著为正,在SAC、SAR与SDM模型下,国家高新区设立的直接效应均显著为正,这与基准回归的结果相同,而间接效应则仍然为负。

(2)更换空间权重矩阵

将经济距离矩阵更换为地理距离矩阵(基于经纬度测算的地理距离权重矩阵),回归结果如表6列(5)至列(8)所示。在四种空间DID模型下,DID估计系数均显著为正,且直接效应同基准回归的结果一致,但间接效应的影响均显著为正,这与基准回归的结果存在较大差异。结合基准回归中的结果,其原因可能为:本地国

表6 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	SAC	SAR	SEM	SDM	SAC	SAR	SEM	SDM	SAC	SAR	SEM	SDM
<i>DID</i>	0.040** (2.18)	0.038* (1.92)	0.039** (2.02)	0.038** (1.97)	0.034* (1.73)	0.041** (2.17)	0.037* (1.89)	0.037* (1.94)	0.034* (1.73)	0.041** (2.17)	0.037* (1.89)	0.037* (1.94)
直接效应	0.041** (2.17)	0.038* (1.91)		0.035* (1.79)	0.034* (1.73)	0.042** (2.16)		0.044** (2.17)	0.034* (1.73)	0.042** (2.16)		0.044** (2.17)
间接效应	-0.015** (-2.00)	0.016 (1.64)		-0.105* (-1.95)	0.034 (1.05)	0.215* (1.69)		1.450* (1.65)	0.034 (1.05)	0.215* (1.69)		1.450* (1.65)
<i>rho</i>	-0.495*** (-4.73)	0.301*** (6.98)		0.250*** (4.80)	0.473*** (3.55)	0.832*** (30.53)		0.890*** (44.77)	0.473*** (3.55)	0.832*** (30.53)		0.890*** (44.77)
λ	0.694*** (14.42)		0.364*** (6.89)		0.863*** (16.82)		0.904*** (42.61)		0.863*** (16.82)		0.904*** (42.61)	
σ^2	0.020*** (12.28)	0.022*** (12.37)	0.021*** (12.24)	0.020*** (12.37)	0.020*** (12.54)	0.020*** (11.77)	0.019*** (11.84)	0.019*** (11.93)	0.020*** (12.54)	0.020*** (11.77)	0.019*** (11.84)	0.019*** (11.93)
<i>N</i>	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
<i>R</i> ²	0.003	0.077	0.024	0.153	0.007	0.026	0.005	0.002	0.007	0.026	0.005	0.002

表 7 异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)
	中小城市	大城市	特大及以上
<i>DID</i>	0.133** (2.31)	0.046* (1.88)	0.051 (1.14)
直接效应	0.153** (2.53)	0.047* (1.92)	0.047 (1.05)
间接效应	0.283 (0.95)	0.054 (0.71)	-0.152 (-0.65)
<i>rho</i>	0.292*** (3.32)	0.233*** (3.21)	0.280*** (3.59)
σ^2	0.041*** (3.81)	0.025*** (9.61)	0.031*** (7.03)
<i>N</i>	12	162	54
<i>R</i> ²	0.053	0.063	0.196

家高新区的设立会吸引与其经济发展水平相似城市的部分企业入驻,提高本地区的城市生态效率,但在吸收的过程中主要以经济发展水平相近的城市为主,而周边较落后地区具有高效低碳能力的企业数量并不多,因此对邻近城市的吸引力并不强。当国家高新区集聚能力不断增强后,其扩散效应也在逐渐体现,以反哺的形式向周边地区扩散,从而带动周边地区经济发展,在一定程度上提高了周边城市的生态效率。

(3)缩尾处理

为排除个别离群值对估计结果的影响,本文对因变量进行了 1% 右侧缩尾处理,结果如表 6 列(9)至列(12)所示。在四种空间 DID 模型下,DID 估计系数均在 5% 水平上显著,且直接效应显著为正,说明本文的结果是相对稳健的。

4. 异质性分析

受城市规模等因素影响,不同类型城市对国家高新区设立的政策冲击存在异质性反应。国务院于 2014 年公布的《关于调整城市规模划分标准的通知》将城市划分为小城市(常住人口低于 50 万)、中等城市(常住人口在 50 万~100

万)、大城市(常住人口在 100 万~500 万)、特大城市(常住人口在 500 万~1000 万)、超大城市(常住人口大于 1000 万)。由于样本原因,本文将常住人口低于 100 万的城市统一划分为中小城市,常住人口大于 500 万的城市划分为特大及以上城市,据此分析不同类型城市的异质性反应。结果如表 7 所示,对于中小城市和大城市而言,国家高新区设立会显著提高城市生态效率,而对特大及以上城市并无显著性影响,其原因可能是:特大及以上城市在产业结构、资源优势和城市规划等方面已经较为完善、发达,因此国家高新区设立对其生态效率的影响可能并不十分显著,而对于中小城市和大城市来说,在以上方面尚未具备较为完善的体系,因此设立国家高新区能够显著优化产业结构、发挥资源优势以及完善城市规划,从而提高其城市生态效率。

5. 机制分析

基于上述理论分析可知,国家高新区设立主要通过结构升级、政策倾向和技术进步三种途径影响城市生态效率,结合中介效应模型进行回归分析,结果见表 8。

结构升级方面,列(1)结果显示国家高新区设立对要素升级的间接效应显著为正,列(2) DID 估计系数为 0.041,在 10% 水平上显著为正,表明国家高新区设立可以通过结构升级提高城市生态效率,假设 1 得以验证。政策倾向方面,列(3)结果显示国家高新区设立对政策倾向的间接影响通过了显著性检验,列(4) DID 估计系数为 0.045,通过了 10% 的显著性检验,表明国家高新区设立可以通过政府政策的引导与支持提高城市生态效率,假设 2 得以验证。技术进步方面,列(5)结果显示国家高新区设立有助于促进技术进步,列(6)中 DID 估计系数为 0.044,依旧在 10% 水平上显著为正,表明技术进步在国

表 8 机制分析

变量	效应类型	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Eu	lnUEE	Fte	lnUEE	In	lnUEE
DID	直接效应	2.590 (0.41)	0.041* (1.76)	11.231 (1.37)	0.045* (1.91)	3.088** (2.13)	0.044* (1.86)
	间接效应	37.602** (2.28)	-0.086 (-1.45)	-107.668*** (-3.31)	-0.040 (-0.65)	6.694*** (2.96)	-0.062 (-1.03)
Eu	直接效应		0.000*** (2.75)				
	间接效应		0.000 (1.47)				
Fte	直接效应				0.000* (1.96)		
	间接效应				0.000 (1.01)		
In	直接效应						0.000 (1.18)
	间接效应						0.000* (1.68)
控制变量		是	是	是	是	是	是
ρ		0.271*** (5.50)	0.199*** (3.13)	0.229*** (3.82)	0.203*** (3.25)	-0.023* (-1.81)	0.208*** (3.25)
σ^2		1,478.510*** (8.30)	0.028*** (11.54)	10,495.647*** (2.75)	0.028*** (11.66)	348.818* (1.80)	0.029*** (11.45)
N		3,648	3,648	3,648	3,648	3,648	3,648
R ²		0.468	0.147	0.001	0.154	0.009	0.144

家高新区设立影响城市生态效率过程中发挥着中介作用,假设3得以验证。

五、结论与建议

国家高新区设立的主要目的是推动产业升级、促进技术创新、吸引投资、培育高新技术企业和人才,以及优化区域产业结构。这些目的旨在促进经济增长和科技发展,同时也有助于提升城市的整体竞争力和可持续发展能力。在这一过程中,提高城市的整体生态效率通常被视为国家高新区设立所带来的间接效应或长远目标之一。对国家高新区对于城市生态效率的影响进行评估,不仅有助于正确认识国家高新

区在城市发展中的角色和作用,还能为完善相关政策、探索符合我国国情的生态文明建设模式提供重要参考。本文基于2006—2021年中国228个地级市的面板数据,运用空间双重差分模型探究国家高新区对城市生态效率的作用机制。结果表明:(1)我国城市生态效率呈波动上升趋势,由2006年的38.60提高至2021年的52.82,增长了36.84%。(2)国家高新区设立有利于提高城市生态效率,经过平衡趋势检验、安慰剂检验、更换被解释变量、更换空间权重矩阵以及缩尾处理等稳健性检验,其结果依旧显著,经济发展水平、人口规模和对外开放是其主要推动力。(3)国家高新区设立对经济发展水平相近城市的生态效率具有负向影响,而对地理邻近

城市的生态效率具有促进作用。(4)国家高新区设立会显著提高中小城市和大城市的生态效率,而对特大及以上城市的生态效率则无明显影响。(5)国家高新区设立通过结构升级、政策倾向和技术进步三种途径提高了城市生态效率。

基于上述研究结论,可以得出以下启示:(1)统筹推进重点领域绿色低碳发展。推进产业数字化、智能化同绿色化深度融合,加快建设以实体经济为支撑的现代化产业体系,利用好国家高新区这一创新高地,大力发展战略性新兴产业、高技术产业、绿色环保产业、现代服务业,加强绿色科技创新,推进绿色低碳科技自立自强。(2)优化管理与运营。推进国家高新区管理和运营的优化进程,提升服务品质与效率,为企业打造优越的创新创业环境。通过科学的资源管理,提升资源使用效率,避免对自然资源的过度消耗,坚决守好生态环境保护底线。同时,加大投资力度,促进产业的升级和转型发展,实现资源利用和环境保护的高效协同。(3)协同推进发展。制定协调发展政策,处理好重点攻坚和协同治理的关系,促进国家高新区与周边城市之间的合作和交流,通过建立合作机制和平台,促进资源共享和优势互补,形成产业协同和生态补偿机制,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,全方位、全地域、全过程开展生态文明建设。(4)推进差异化发展战略实施。针对不同城市的特点和发展阶段,制定差异化的国家高新区发展政策和相应的政策措施和管理办法,促进当地城市生态效率提高,并通过合理规划产业布局,减少对敏感生态区的干扰,保护生态环境。此外,国家高新区的设立应根据城市的产业结构、发展需求和资源环境承载能力来决定。特大城市设立国家高新区并不一定带来生态效率的提高,反而可能因为资源过度消耗和生态

破坏而对生态环境产生负面影响。相反,中小城市和大城市在设立国家高新区时,更有可能通过优化产业布局、引进高端人才、加强科技创新等措施,促进生态效率的提高。(5)促进技术创新与环境保护。把减污降碳、多污染物协同减排、应对气候变化、生物多样性保护、新污染物治理、核安全等作为国家高新区基础研究和科技创新的重点领域,加强关键核心技术攻关。加强企业主导的产学研深度融合,引导企业、高校、科研单位共建一批绿色低碳产业创新中心,加大高效绿色环保技术装备产品供给。大力推广环保技术,降低生产过程中的环境污染,提高资源利用效率和环境保护水平,实现经济发展与生态环境的和谐共生。

参考文献:

- [1] 科技部:《“十四五”国家高新技术产业开发区发展规划》[EB/OL], 2022年9月21日, https://www.gov.cn/jzhengce/zhengceku/2022-11/10/content_5725958.htm, 访问日期:2024年3月20日。
- [2] 武汉大学国家发展战略研究院课题组:《长江中游城市群绿色发展与创新发展的战略思考》[J],《湖南师范大学社会科学学报》2023年第5期,第87-93页。
- [3] 简鹏、孟娜娜:《新型数字基础设施建设对中国工业绿色发展效率增长的影响研究》[J],《科研管理》2023年第12期,第50-60页。
- [4] 孙杰刚、杨军:《地方政府竞争与绿色全要素生产率》[J],《经济问题》2023年第11期,第114-121页。
- [5] Yanli Wang, Na Zhao, Xiaodong Lei and Ruyin Long, “Green Finance Innovation and Regional Green Development” [J], *Sustainability*, 2021(15): 8230-8249.
- [6] 徐君、高厚宾、王育红:《生态文明视域下资源型城市低碳转型战略框架及路径设计》[J],《管理世界》2014年第6期,第178-179页。
- [7] 程郁、陈雪:《创新驱动的经济增长——高新区全要素生产率增长的分解》[J],《中国软科学》2013年第11

期,第26-39页。

[8] 孙龙、雷良海、李娜:《国家级高新区比经开区更能促进地区创新发展吗?——基于准自然实验的证据》[J],《管理评论》2023年第5期,第77-88页。

[9] Shenglan Chen and Xiaoling Liu, "Innovation Spillovers in Production Networks: Evidence From the Establishment of National High-Tech Zones" [J], *China Economic Quarterly International*, 2022, 2(1): 42-54.

[10] 许士道、江静、郑洁:《国家级高新区设立推动产业协同集聚了吗?——基于双重差分法的实证检验》[J],《经济问题探索》2022年第11期,第113-127页。

[11] Shenglan Chen and Xiaoling Liu, "Research on Talent Ecosystem of High-End Equipment Manufacturing Industry in Zhenjiang High-Tech Zone" [J], *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 631(3): 1-5.

[12] 孙哲远、张雨:《产业政策能否改善城市空气质量——基于国家级高新区设立的准自然实验》[J],《华东经济管理》2022年第9期,第66-74页。

[13] 李金龙、何滔:《我国高新区行政管理体制的现状与创新路径选择》[J],《中国行政管理》2006年第5期,第60-63页。

[14] 王欣:《国家高新区管理体制、科技创新政策与创新绩效关系研究》[D],博士学位论文,中国科学技术大学,2017年,第1页。

[15] 张冀新、汤洁文:《创新型产业集群对国家高新区高端化发展和创新能力的影响》[J],《科技管理研究》2023年第24期,第10-16页。

[16] 张嘉望、李博阳、彭晖:《国家高新区“以集群促发展”政策是否提升了城市创新水平——兼论创新集群“中心—外围”结构的技术互补效应》[J],《经济学家》2023年第11期,第79-88页。

[17] 解佳龙、胡树华、王利军:《高新区发展阶段划分及演化路径研究》[J],《经济体制改革》2016年第3期,第107-113页。

[18] 甄美荣、江晓壮、杨晶照:《国家级高新区创新生态系统适宜度与经济绩效测度》[J],《统计与决策》2020年第13期,第67-72页。

[19] 张明、王巧瑜、张鹭、朱帮助:《国家高新区提升了城

市绿色全要素生产率了吗?——基于空间DID方法》[J],《系统工程理论与实践》2023年第9期,第2467-2483页。

[20] 周彩云、葛星:《高新区设立与区域绿色经济增长——基于PSM-DID模型》[J],《科技进步与对策》2020年第3期,第43-51页。

[21] 郑玉雯、张青芬:《共生视角下国家高新区绿色创新生态系统能级提升路径研究》[J],《科技进步与对策》2024年第20期,第1-12页。

[22] 付瑶、何维达:《国家高新区对城市绿色转型的影响——基于资源型城市与非资源型城市的对比》[J],《南京财经大学学报》2021年第2期,第36-45页。

[23] 刘承良、毛炜圣:《综合性国家科学中心体系布局优化:框架体系与实践策略》[J],《城市观察》2023年第3期,第6-20页。

[24] 晁恒、满燕云、王砾、李贵才:《国家级新区设立对城市经济增长的影响分析》[J],《经济地理》2018年第6期,第19-27页。

[25] 肖渊、高春东、魏颖、王振波:《关于做好国家高新技术产业开发区“高”和“新”两篇文章的一些思考》[J],《中国科学院院刊》2021年第1期,第86-92页。

[26] 张杰、毕钰、金岳:《中国高新区“以升促建”政策对企业创新的激励效应》[J],《管理世界》2021年第7期,第76-91页。

[27] Iago Cotrim Henriques, Vinicius Amorim Sobreiro and Herbert Kimura, "Science and Technology Park: Future Challenges" [J], *Technology in Society*, 2018, 53: 144-160.

[28] 胡贝贝、王胜光、张秀峰:《创新经济体知识生产中的规模递增效应——基于我国高新区的实证检验》[J],《科研管理》2017年第2期,第52-58页。

[29] 袁航、朱承亮:《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗?》[J],《中国工业经济》2018年第8期,第60-77页。

[30] 刘和旺、彭律、郑世林:《绿色金融改革创新试验区能提升企业产能利用率吗?》[J],《中南财经政法大学学报》2023年第5期,第134-148页。

[31] 杨兆廷:《雄安新区绿色金融和文化金融》[J],《甘肃社会科学》2019年第2期,第72-78页。

[32] 王馨、王营:《绿色信贷政策增进绿色创新研究》[J],《管理世界》2021年第6期,第173-188页。

[33] 李文群:《国家高新区“二次创业”的财税政策研究》[J],《当代经济研究》2008年第7期,第68-71页。

[34] 胡哲力、顾乃华:《高新区建设与制造业技术创新——基于区域异质性视角的实证检验》[J],《经济与管理研究》2023年第1期,第55-72页。

[35] 李梦芸:《科学城大科学设施空间布局研究——以张江科学城为例》[J],《城市观察》2022年第3期,第64-76页。

[36] 郭炳南、唐利、张浩:《城市低碳治理对生态效率的影响——基于低碳城市试点政策的准自然实验》[J],《华东经济管理》2023年第8期,第82-90页。

[37] André L.S. Chagas, Carlos R. Azzoni and Alexandre N. Almeida, “A Spatial Difference-in-Differences Analysis of the Impact of Sugarcane Production on Respiratory Diseases” [J], *Regional Science and Urban Economics*, 2016, 59: 24-36.

[38] 马丽亚、戴宏伟:《国家高新区、科技创新与产业集聚——基于空间双重差分模型的实证分析》[J],《山西财经大学学报》2023年第8期,第70-85页。

[39] R. Färe, S. Grosskopf, B. Lindgren and P. Roos, “Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Non-Parametric Malmquist Approach” [J], *Journal of Productivity Analysis*, 1992(3): 85-101.

[40] 万斯斯、李世杰、张明空、杨延哲:《河南省城市生态效率时空演变及影响因素》[J],《地域研究与开发》2021年第6期,第51-56页。

[41] 张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》[J],《经济研究》2004年第10期,第35-

44页。

[42] 滕玉华、邓慧、叶修群、刘长进:《保税区、出口加工区与地区生态效率》[J],《西安交通大学学报(社会科学版)》2022年第3期,第83-90页。

[43] 周茂、陆毅、杜艳、姚星:《开发区设立与地区制造业升级》[J],《中国工业经济》2018年第3期,第62-79页。

[44] 张华、冯烽:《非正式环境规制能否降低碳排放?——来自环境信息公开的准自然实验》[J],《经济与管理研究》2020年第8期,第62-80页。

[45] 梁琦、肖素萍、刘玉博:《环境政策对城市生态效率的影响与机制研究——基于生态文明先行示范区的准自然实验》[J],《西安交通大学学报(社会科学版)》2022年第3期,第61-70页。

[46] 曹清峰:《国家级新区对区域经济增长的带动效应——基于70大中城市的经验证据》[J],《中国工业经济》2020年第7期,第43-60页。

[47] 张国建、佟孟华、李慧、陈飞:《扶贫改革试验区的经济增长效应及政策有效性评估》[J],《中国工业经济》2019年第8期,第136-154页。

[48] 吴茵茵、齐杰、鲜琴、陈建东:《中国碳市场的碳减排效应研究——基于市场机制与行政干预的协同作用视角》[J],《中国工业经济》2021年第8期,第114-132页。

作者简介:李子成,云南民族大学经济学院副教授。王珏(通讯作者),云南民族大学经济学院硕士研究生。

责任编辑:卢小文