

新能源示范城市政策的空气污染治理效应

张海燕

南华大学数理学院

DOI:10.32629/eep.v9i4.3161

[摘要] 基于2010—2020年277个地级市面板数据,将2014年新能源示范城市政策视为一项准自然实验,在倾向得分匹配的基础上采用双重差分模型(PSM-DID),系统考察该政策对城市空气质量的影响及其可能作用机制。研究发现:新能源示范城市政策显著降低了试点城市的空气污染水平,政策实施后城市AQI整体呈下降趋势。机制分析显示,新能源示范城市政策显著提升了城市绿色创新水平,并推动了产业结构升级,二者可能是政策改善空气质量的重要传导渠道。综上所述,以新能源示范城市建设为代表的政策工具,在推动能源转型的同时,能够产生积极的环境治理效应。

[关键词] 新能源示范城市政策; 空气质量指数; PSM-DID; 机制分析

中图分类号: TU241.91 **文献标识码:** A

Study on the Air Pollution Control Effects of the New Energy Demonstration City Policy

Haiyan Zhang

School of Mathematics and Physics, University of South China

[Abstract] Based on panel data from prefecture-level cities in China, this study regards the New Energy Demonstration City policy as a quasi-natural experiment and applies a PSM-DID model to examine its impact on urban air quality and the underlying mechanisms. The findings show that the policy significantly reduced air pollution in pilot cities, with AQI generally declining after policy implementation. Mechanism analysis further indicates that the policy improved urban green innovation and promoted industrial structure upgrading, both of which may serve as important channels for improving air quality. Overall, the New Energy Demonstration City policy not only promotes energy transition but also generates positive environmental governance effects.

[Key words] New Energy Demonstration City Policy; Air Quality Index; PSM-DID; Mechanism Analysis

1 引言

在全球气候异常、环境污染灾害频繁发生的背景情形之下,大气污染物排放相关问题变得越发严峻起来,这使得各个国家都深切认识到,空气质量的改善是保障经济社会能够持续发展的一项基础条件。

1.1 研究现状

目前学术界关于新能源示范城市政策的研究主要体现在以下方面:首先是新能源示范城市政策对传统能源影响。刘丰,龚泳超^[1]等研究表明为了发展,政策会促使传统工业向新型产业转型。张恒硕^[2]则在研究中表明随着全球能源转型和应对气候变化的深入推进,发展新能源已成为各国实现可持续发展的重要战略选择^[3]。其次是新能源示范城市政策对未来的一些规划。杨冰、朱紫嫣等在^[3]所涉及的相关文献里,对第一批示范城市、产业园区的规划目标、实施路径还有建设成效做了系统研究。最后是一些相关的实证分析^[4-6]。研究表明由于中国作为能源消费大国,面临着能源结构偏煤、碳排放强度高、环境污染压

力大等突出问题。

综上所述,学术界对新能源示范城市的系统性研究还未完全展开,缺少新能源示范城市政策对污染防治的全面评估。新能源示范城市政策是推动可再生能源发展和构建“绿水青山就是金山银山”生态文明体系的重要举措,所以基于第一批新能源示范城市和产业园区名单展开深入研究,对客观评价环境保护有着重要的理论价值。

1.2 机制分析与研究假说

新能源示范城市建设主要围绕可再生能源的规模化应用展开,重点推进太阳能(热利用与光伏)、分布式风电、生物质能、垃圾能源化、地热与空气能利用及新能源交通,同时强化配套技术进步,并建立适应新能源发展的管理架构与政策机制^[7]。基于此,提出假设1。

H_1 : 新能源示范城市制度能够显著降低城市空气污染水平。

绿色创新于空气污染治理中有着非常重要的作用,是促使

城市朝着可持续发展方向迈进的关键推动力量。新能源示范城市政策经由引导地方政府和企业踊跃投身绿色创新,让城市渐渐降低对化石燃料的依赖程度,进而达成更为突出的减排成效^[8]。基于此,提出假设2。

H_2 : 新能源示范城市政策能够通过提升城市绿色创新水平,进而改善空气质量。

产业结构整体升级是完成经济水平高质量发展的核心举措,促进了能源效率提升,进而改善了空气质量。新能源示范城市政策通过市场调控对不同产业施加差异化压力,促使大多数产业向绿色环保方向转型,并借助推动产业结构的全面升级来实现空气质量的改善^[9]。基于此,提出假设3。

H_3 : 新能源示范城市政策能够通过促进产业结构整体升级,进而降低城市空气污染水平。

2 研究设计

2.1 模型构建

基准模型

以“十二五”规划中提出的可再生能源发展框架为基础,国家能源局于2014年推出新能源示范城市政策,新能源示范城市正式在81个城市和8个创新示范区展开试点,将这些地区是否实施政策作为模拟实验条件^[10],并结合城市层面数据可得性对样本进行进一步筛选。为了解决双重差分模型中平行趋势假设不满足的问题^[11]。构建PSM-DID模型为:

$$\ln AQI_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 \ln X_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中 AQI_{it} 为城市 i 在 t 年的空气质量, AQI_{it} 为被解释

变量, DID_{it} 表示新能源示范城市政策虚拟变量, X_{it} 是一系列控制变量,其中包括对外开放程度、经济发展水平、政府干预程度、城镇化率; $\beta_0 \sim \beta_2$ 表示待估计的参数向量,反映新能

源示范城市政策对空气质量的净效应, μ_i 、 δ_i 分别表示城市

固定效应和时间固定效应, ε_{it} 表示随机误差项。

在机制分析中,政策对产业结构整体升级和绿色创新水平起的正向作用,模型设定^[12]为:

$$\ln M_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 \ln X_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中 M_{it} 表示机制变量,包括绿色创新水平和产业结构整体升级。

2.2 变量测试及说明

变量选取

控制变量: 借鉴周安华^[13]等研究,设置对外开放程度、经济发展水平、政府干预程度和城镇化率等为控制变量。

核心解释变量: $treat_i \times year_i$, 借鉴李豫新等^[14]的研究。

被解释变量: 空气质量指数(AQI), 借鉴郑书瑶^[15]的做法,以城市年均AQI测度空气污染水平。

机制变量: 借鉴牛成英^[16]等研究,选取的机制变量包括绿色创新水平和产业结构整体升级。

3 实证分析

3.1 匹配结果平衡性检验

在整理相关文献的基础上,采用倾向得分匹配法(PSM)中的近邻匹配方法,对处理组与控制组样本进行1:2匹配,以提高两组样本在政策实施前的可比性。匹配前后的核密度函数曲线如图所示。

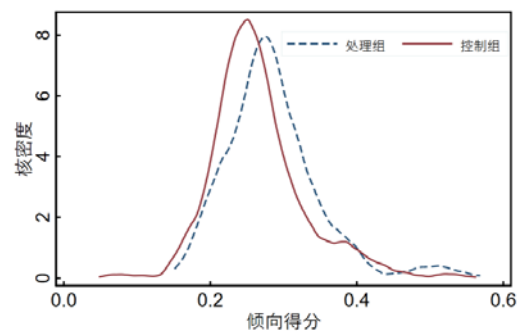


图1 匹配前核密度曲线

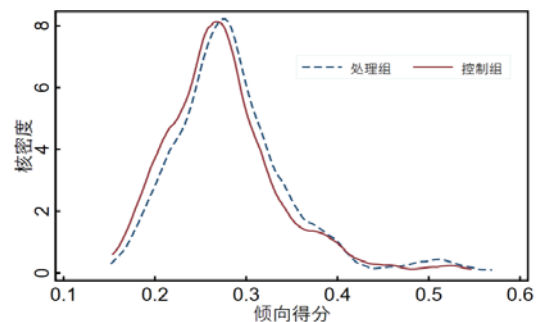


图2 匹配后核密度曲线

图1、图2展示了倾向得分匹配前后的概率密度分布。匹配前,处理组与控制组的密度曲线存在明显分离,表明两组样本在可观测特征上具有系统性差异,若直接进行双重差分估计,可能因选择偏差而导致估计结果失真。经过匹配后,两组的概率密度分布趋于一致,样本平衡性得到显著改善,这有助于降低模型误设风险,满足DID方法对共同支撑假设的要求。

由下表可以看出,匹配前后处理组和控制组之间的均值差异显著变小,各控制变量标准化偏差均大幅降低,降幅均在50%以上,同时,匹配后各变量的t检验结果均未通过显著性检验。说明研究选取的控制变量和匹配方法可靠,结果优良。

3.2 平行趋势检验

由平行趋势检验结果可知,2014—2020年间,所有年份的政策效应系数均为负值,表明新能源示范城市政策持续降低了空气污染水平。这一结果验证了研究假设。政策实施初期(2014年),政策效应为负值,但尚未达到统计显著水平,说明政策效果

存在一定的滞后性。2015年政策效应增强,并在2016年达到峰值,表明政策实施后2-3年效果最为显著。

表1 平衡性检验

变量		均值		标准化偏差/%	偏差减少幅度/%	t 检验	
		处理组	控制组			t 值	p 值
ln(open)	U	-2.573	-2.5463	-1.9	69.8	-0.960	0.000
	M	-2.5758	-2.5838	0.6		-0.290	0.768
ln(gov)	U	-1.6901	-1.6804	-2.3	59.3	0.660	0.007
	M	-1.6893	-1.6933	0.9		-0.900	0.367
ln(gdp)	U	2.3543	2.3652	-3.9	91.7	2.500	0.002
	M	2.3732	2.3741	-0.3		0.000	0.997
ln(urb)	U	-0.58313	-0.6459	22.1	99.8	5.180	0.000
	M	-0.58448	-0.58462	0.1		0.230	0.816

3.3 PSM-DID基准回归结果

模型1仅控制双向固定效应,未加入控制变量;模型2进一步纳入城市特征控制变量。结果显示,核心解释变量系数均显著为负,表明新能源示范城市政策显著降低了处理组城市AQI水平,降幅约为1.1%—2.3%。这说明该政策有效改善了空气质量,验证了研究假说。

3.4 稳健性检验

由此可知,对处理组进行500次随机抽样后,得到的估计系数集中分布于0附近。同时,绝大多数随机抽样估计系数对应的P值大于0.1,未通过10%的显著性水平检验。上述结果表明,在安慰剂检验中,随机构造的处理组均未产生显著的政策效应,从而排除了基准回归结果由其他未观测因素驱动的可能性。

3.5 机制效应回归分析

在机制检验中,模型1—2显示,新能源示范城市政策对城市绿色创新的估计系数显著为正,表明该政策能够提升绿色创新水平。绿色创新通过促进清洁技术研发与扩散、提高能源利用效率、降低污染排放强度,进而改善空气质量,说明绿色创新是政策发挥环境治理效应的重要机制。

新能源示范城市政策显著促进产业结构升级。产业结构升级有助于降低高污染、高耗能产业比重,提高绿色产业和高技术产业占比,从而改善城市空气质量。因此,产业结构升级也是政策产生环境治理效应的重要机制。

4 结论

选取2010—2020年城市面板数据,采用PSM-DID模型考察该政策对空气质量的影响,结合实证结果,得到以下结论:

(1)通过PSM-DID模型的分析发现,加入控制变量后政策实施使试点城市的AQI指数相比非试点城市显著降低,这表明新能源示范城市政策在改善城市空气质量方面发挥了积极作用。(2)绿色技术创新和产业结构整体升级构成了新能源示范城市政策

影响空气质量的机制路径。机制效应回归结果显示,新能源示范城市政策能够有效促进绿色技术创新水平提升,并推动产业结构向优化升级方向发展。

【参考文献】

[1]刘丰,龚泳超,王维国.能源转型对工业化的影响研究——基于中国新能源示范城市政策的双重差分模型[J/OL].系统科学与数学,1-27[2026-04-11].

[2]张恒硕.能源转型试点政策的化石能源消耗减控效应研究[D].东北石油大学,2025.

[3]杨冰,朱紫嫣.数字乡村振兴战略对农民增收的影响研究——基于PSM-DID检验[J].信阳师范大学学报(哲学社会科学版),2025,45(02):46-51.

[4]陆安顿,周建国.区域大气污染协同治理能促进空气质量改善吗?——基于中国279个城市的PSM-DID实证研究[J].长江流域资源与环境,2025,34(03):652-667.

[5]李玲,孟仲修,杜依涵.入选成份股与股票流动性,相得益彰还是窒碍难行?——基于PSM-DID方法的实证分析[J].会计之友,2025,(05):77-84.

[6]杜佳凝,周霞.政府引导基金对企业成长性的影响——基于PSM-DID的实证分析[J].商业会计,2025,(04):111-114.

[7]赵耀辉.新能源示范城市政策对资源型城市产业结构优化的作用研究[D].山西财经大学,2024.

[8]王茜.新能源示范城市建设对城市经济韧性的影响研究[D].河北经贸大学,2024.

[9]刘蜜芬.新能源示范城市政策对新能源产业集聚的影响研究[D].杭州师范大学,2024.

[10]张瑶.新能源示范城市政策对绿色经济效率的影响研究[D].杭州师范大学,2024.

[11]孟函.新能源示范城市建设对绿色全要素生产率的影响研究[D].广西民族大学,2024.

[12]林育妙,程秋旺,许安心.新能源示范城市建设的碳减排效应研究[J].调研世界,2024,(01):26-36.

[13]周安华,王赛鸽.中国新能源示范城市政策对新能源企业绿色创新的影响及其作用机制[J].资源科学,2023,45(12):2463-2479.

[14]李豫新,程洪飞,倪超军.能源转型政策与城市绿色创新活力——基于新能源示范城市政策的准自然实验[J].中国人口·资源与环境,2023,33(01):137-149.

[15]郑书瑶,段琳,刘心洁.2016—2023年抚州城区空气污染特征与气象条件分析[J].河南科技,2026,53(05):110-115.

[16]牛成英,韩玉香,申宇.用能权交易制度对城市绿色全要素生产率的影响机制分析[J].河北环境工程学院学报,2025,35(04):68-75.

作者简介:

张海燕(2001--),女,汉族,甘肃白银人,就读于南华大学数理学院,硕士研究生,学生,主要从事因果效应和计算数学。