

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2023.04.010

空气质量生态补偿对企业绿色技术创新的影响 ——基于三重差分模型的实证研究

王素凤, 李化夫

(安徽建筑大学 经济与管理学院, 安徽 合肥 230022)

摘要: 研究环境规制对企业绿色技术创新活动的影响对于提高我国可持续发展能力具有重要意义。因此, 基于2015—2019年安徽、江西、湖南与山西4省的A股上市企业微观数据, 以安徽省2018年实施的空气质量生态补偿政策为准自然实验, 运用三重差分模型检验空气质量生态补偿政策对企业绿色技术创新的影响。研究发现: 第一, 空气质量生态补偿政策显著提高了安徽省空气污染行业内上市企业的绿色专利申请所占比例, 但主要作用于绿色实用新型专利的申请。第二, 就样本企业性质而言, 国有企业对政策的反应强度比非国有企业更显著。第三, 通过改变政策实施时间、平行趋势假设检验, 以及随机匹配伪处理组等方法, 对结果进行稳健性检验, 研究结论基本不变。基于上述研究, 我国应积极推进和完善空气质量生态补偿政策, 灵活制定补偿标准, 并加大对企业实质性创新行为的激励, 充分发挥补偿政策的绿色技术创新效应。

关键词: 空气质量生态补偿政策; 绿色技术创新; 绿色专利; 波特假说; 三重差分

中图分类号: F273.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2023)04-0063-08

引文格式: 王素凤, 李化夫. 空气质量生态补偿对企业绿色技术创新的影响: 基于三重差分模型的实证研究[J]. 湖南工业大学学报, 2023, 37(4): 63-71.

Impact of Air Quality Ecological Compensation on Corporate Green Technology Innovation: A Case Study of DDD-Based Empirical Research

WANG Sufeng, LI Huafu

(School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230022, China)

Abstract: Due to the fact that studying the impact of environmental regulations on green technology innovation activities of enterprises is of vital significance for an improvement of China's sustainable development capacity, based on micro data of A-share listed enterprises in Anhui, Jiangxi, Hunan and Shanxi provinces from 2015 to 2019, taking as a quasi natural experiment the air quality ecological compensation policy implemented in Anhui Province in 2018, a difference-in-difference-in-difference model has thus been used to test the impact of air quality ecological compensation policy on corporate green technology innovation. It is found that firstly, the air quality ecological compensation policy significantly increases the proportion of green patent applications by listed companies in the air pollution industry in Anhui Province, but with a major effect on the application of green utility model patents. Secondly, in terms of the

收稿日期: 2022-06-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71972064); 安徽建筑大学科研储备库培育基金资助项目(2021XMK05)

作者简介: 李化夫(1998-), 男, 安徽涡阳人, 安徽建筑大学硕士生, 主要研究方向为环境经济学,

E-mail: 2810125256@qq.com

通信作者: 王素凤(1978-), 女, 安徽固镇人, 安徽建筑大学教授, 硕士生导师, 主要研究方向为城市生态与环境治理,

E-mail: wangsufeng927@ahjzu.edu.cn

nature of the sample enterprises, the response intensity of state-owned enterprises to policies is more significant than that of non-state-owned enterprises. Thirdly, a robustness test is conducted on the results by changing the time of policy implementation, parallel trend hypothesis test and random matching of pseudo treatment groups, with the research conclusions remaining basically unchanged. Based on the above study, it is study that China should actively promote and improve the air quality ecological compensation policy, flexibly set the compensation standard and increase the incentive for substantive innovation behavior of enterprises, so as to give full play to the green technological innovation effect brought about by the compensation policy.

Keywords: air quality eco-compensation policy; green technology innovation; green patent; Porter hypothesis; difference-in-difference-in-difference (DDD)

0 引言

随着经济的快速发展,能源消耗和环境污染问题相继出现。自 2013 年出现了较严重的雾霾天气侵袭我国大部分地区后,雾霾污染受到全社会的关注。面对影响居民正常生活、危害人体健康的空气污染问题,政府出台了一系列政策法规对其进行治理。

近年来政府不再只依赖于命令型环境规制,而是更加倡导用市场型环境规制改善生态环境^[1]。其中,生态补偿(payment for environmental service, PES)是市场环境规制中一项重要的制度设计,在环境污染治理中发挥着重要作用。生态补偿一般理解为“生态环境或服务的服务付费”,主要通过经济手段对环境资源的使用者与保护者产生激励,以“谁保护、谁受益”与“谁受益、谁付费”为原则,带动利益相关者对生态保护与建设的积极性。目前,我国生态补偿措施主要有退耕还林(草)工程、森林生态效益、流域和湖泊生态补偿以及生态转移支付等,主要集中在草原、森林、耕地、流域等多个自然资源领域。

近些年,政府越来越重视生态补偿机制在空气污染治理中所发挥的作用,部分省市先后出台了一些相关政策,尝试将生态补偿机制运用于当地空气污染防治工作中。现阶段我国治理空气污染的生态补偿办法主要包括以下几种:一是山东省 2014 年颁布的《山东省环境空气质量生态补偿暂行办法》,湖北、河南和安徽也接连颁布了该项政策;二是天津市 2016 年颁布了《〈天津市清新空气行动考核和责任追究办法(试行)〉补充办法》;三是河北省 2018 年颁布了《河北省城市及县(市、区)环境空气质量通报排名和奖惩问责办法(试行)》。虽然生态补偿政策在大气领域进行了一些尝试,但总体上还处于研究与实践的初级阶段,如何把生态补偿机制成功应用于更为复杂的空气污染治理还需要进一步探索。

鉴于此,本文以安徽省空气质量生态补偿政策为

研究对象,考察政策实施效果和作用机理,主要研究其对企业绿色技术创新的影响,尝试从微观视角探究市场型环境规制对我国经济可持续发展的影响,为政府合理制定环境规制提供经验支持。

1 文献综述

1.1 生态补偿政策相关研究

我国生态补偿机制建立后,学术界对其做了大量研究,但这些研究成果大多数集中在流域^[2]、草原^[3]和森林^[4]等领域。相较于其他自然资源领域,大气领域的相关研究历史较短、成果较少。如淦振宇等^[5]检验了地方生态补偿政策的减污效应,研究发现空气质量生态补偿政策的实施显著降低了城市各类空气污染物浓度;杜纯布^[6]讨论了在治理空气污染过程中引入生态补偿机制的必要性和所面临的难题。认为当前在我国区域性雾霾协同治理中,合理构建生态补偿机制是必要的,同时指出现阶段空气污染治理工作中所实施的生态补偿政策在补偿对象、补偿标准以及补偿方式等方面存在诸多亟待解决的问题。

1.2 企业绿色技术创新相关研究

根据欧盟委员会对“绿色技术创新”的定义,企业绿色技术创新可理解为企业在遵循自然生态经济规律的基础上,为了节约资源和能源,消除或减少环境污染行为及实现生态负效应最小化目标而进行的技术、工艺和产品等创新活动的总称。目前,如何科学地从企业宽泛的创新活动中识别出绿色技术创新是一个难题。专利数据的可得性和信息全面性以及专利技术分类特征,使得专利数据逐渐成为衡量创新的关键指标。因此,越来越多的研究者开始采用绿色专利数据衡量绿色技术创新。

梳理现有文献发现,学术界对企业绿色技术创新的关注点主要集中在企业绿色技术创新的影响因素与作用机理两方面。首先,部分学者从企业年龄与产

权性质^[7]、劳动与资本投入^[8]、环境规制^[9]、媒体关注与公众参与^[10]等角度检验了其对企业绿色技术创新的影响;其次,关于企业绿色技术创新的作用研究。学者们主要从推动经济高质量发展^[11]和减少环境污染^[12]等方面检验企业绿色技术创新发挥的作用。

1.3 环境规制与企业绿色技术创新相关研究

对于环境规制是否能有效提高企业技术创新水平的问题,已有大量学者进行了检验。1991年, M. E. Porter^[13]较早地提出了波特假说,他认为实施环境规制一定程度上能够带动企业创新,从而提高企业的生产效率和市场竞争力。目前,关于波特假说,学术界主要存在3种观点^[14]。第一种观点认为,合理的环境规制政策对创新有促进作用,即支持波特假说。第二种观点与波特假说相悖,认为外部的环境规制政策会给企业带来额外的成本投入,可能会占用企业创新领域的资本投入。第三种观点认为,环境规制与创新存在着复杂的非线性关系,环境规制自身的质量以及当地经济发展阶段等多种因素都会对创新产生影响。

基于此,本文主要梳理了我国大气领域中其他环境规制对企业绿色技术创新的影响研究。部分学者运用不同方法,结合绿色专利数据或研发支出数据,分别验证了低碳试点城市^[15]、排污权交易^[16]、碳排放交易^[17]等政策存在显著的绿色技术创新效应。但也有学者研究的结论与波特假说不符,周迪等^[18]以环境规制“大气十条”为准自然实验,结合企业微观数据,研究结果表明“大气十条”政策并没有显著促进企业研发创新水平。

综上所述,关于生态补偿和企业绿色技术创新,国内外学者已经从不同角度进行了分析。部分学者检验了大气领域其他环境规制对企业绿色技术创新的影响,但是对于空气质量生态补偿政策这一重要的环境规制对企业绿色技术创新的影响分析还比较少。与现有文献相比,本文的主要贡献体现在:1)本文首次从微观角度探讨了空气质量生态补偿政策对企业绿色技术创新的影响,扩展了空气质量生态补偿政

策效果评估方面的研究。2)三重差分(difference-in-difference-in-difference, DDD)是政策效果评估领域较前沿的方法,其在提炼空气质量生态补偿政策与绿色技术创新的因果性方面比双重差分具备一定优势。3)进一步研究了专利类型以及企业所有制的异质性,使研究结论更加全面。

2 数据来源与模型设计

2.1 样本与数据来源

1)初始样本。本文以2015—2019年间安徽、江西、湖南与山西4省所有A股上市企业作为初始研究样本。理由如下:首先,本文的分析时间段设定为2015—2019年,主要是为了剔除2020年新型冠状病毒疫情爆发等不可控因素对分析结果的影响。其次,安徽省是政策实施地区,江西、湖南和山西未实施该项政策。安徽、江西、湖南和山西同属于中部6省行列,各种变量因素较为相似。选择这些地区的上市企业作为研究样本可以一定程度上控制内生性问题。

2)样本分类。鉴于空气质量生态补偿政策主要针对空气污染行业^[18],本文将上市企业样本按行业分为空气污染企业 and 非空气污染企业。以行业污染属性区分处理组和对照组,空气污染企业为处理组,非空气污染企业为对照组。其中,借鉴刘晔等^[17]已有研究结果并结合上市公司行业分类标准,筛选出空气污染行业分类名单(见表1),将其作为企业是否属于空气污染行业的区分标准。

3)数据筛选。首先,为保证研究样本稳定性和丰富性,在研究样本期间为避免新上市企业对结果造成的偏差影响,在初始研究样本中只保留2016年前上市的企业。其次,参考熊广勤^[15]、任胜钢^[19]等的做法,剔除金融、教育、ST和*ST等企业样本,以及缺失值较严重的企业。最后,选取219家上市企业作为检验空气质量生态补偿政策绿色创新效应为研究样本,共计1 095个有效观测值。其中,安徽上市企业共79个,江西、湖南与山西上市企业共140个。

表1 证监会行业对照表
Table 1 SEC industry cross-reference table

行业	行业分类三级代码	行业分类三级行业名称	行业分类一级行业名称
造纸	C22	造纸及纸制品业	制造业
化工	C26	化学原料及化学制品制造业	
建材	C30	非金属矿物制造业	
石化	C25	石油加工、炼焦及核燃料加工业	
钢铁	C31	黑色金属冶炼及压延加工业	
有色	C32	有色金属冶炼及压延加工业	电力、热力、燃气及水生产和供应业
电力	D44, D45	电力、热力、燃气的生产和供应业	
航空	G56	航空运输业	
			交通运输、仓储和邮政业

4) 数据来源。作为被解释变量的上市企业绿色专利数据来源于 CNRDS (Chinese Research Data Services) 数据库, 作为控制变量的各企业层面经济特征数据来源于 CSMAR (China Stock Market & Accounting Research Database) 数据库, 数据处理软件为 STATA 16.0。

2.2 模型设计

本文以安徽省空气质量生态补偿政策为准自然实验, 通过三重差分模型研究空气质量生态补偿政策对企业绿色技术创新的影响。目前政策效果的评估方法主要有 4 种, 即工具变量法、RD、双重差分与倾向匹配方法。本文之所以选取三重差分方法而放弃上面几种方法的原因如下: 1) 与传统的三重差分相比, 三重差分可以应用于不满足平行趋势假设前提的情况, 且空气质量生态补偿政策主要针对空气污染行业, 行业之间的政策效果存在明显差异, 双重差分无法精准提炼出该政策的绿色技术创新效应; 2) 工具变量法有效识别政策效应的前提条件是研究对象的异质性不影响决策, 而该政策对不同行业之间存在明显异质性影响; 3) RD 是一种“局部随机实验”, 仅能根据临界值来判断断点处的因果关系, 对本文来说如何选取可靠的绿色创新水平作为临界值较为困难; 4) 倾向匹配方法作为一种非参数方法, 其对数据量要求极大, 而本文研究样本较少。

因此, 为了能更好地提炼空气质量生态补偿政策对企业绿色技术创新的影响效应, 本文在双重差分模型基础上, 引入行业的污染属性作为第三重差分。由于空气质量生态补偿政策主要针对的是空气污染行业, 其对空气污染行业带来的相关环境压力远大于非空气污染行业。于是, 通过区分比较空气质量生态补偿政策对空气污染行业与非空气污染行业的绿色技术创新活动的影响, 可以进一步剔除掉生态补偿政策之外的因素, 最大程度上把空气质量生态补偿的政策效果从无法观察到的因素中筛选出来。

空气质量生态补偿政策与企业绿色专利申请所占比例的三重差分模型如下:

$$V_{innovation_{ijt}} = \beta_0 + \beta_1 V_{treat_t} \times V_{time_t} \times V_{pollution_j} + \beta_2 V_{treat_t} \times V_{time_t} + \beta_3 V_{time_t} \times V_{pollution_j} + \beta_4 V_{treat_t} \times V_{pollution_j} + \rho X_{it} + r_t + \alpha_i + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

式中: i 为企业; t 为时间; j 为行业; r 为地区; ε_{ijt} 为随机扰动项; X_{it} 为影响企业绿色技术创新的一系列控制变量; r_t 与 α_i 分别为时间、行业固定效应; $V_{innovation}$ 为上市公司绿色专利申请所占比例。

第一重: V_{treat} 为政策地区虚拟变量, 如果企业所在省份为安徽省, 则取值为 1, 若为其他省份则取值为 0。第二重: V_{time} 为政策时间虚拟变量, 2018 年及之后取值为 1, 2018 年之前取值为 0。第三重: $V_{pollution}$ 为空气污染行业虚拟变量, 企业为空气污染行业取值为 1, 为非空气污染行业取值为 0。

1) 被解释变量

本研究选取上市企业的绿色专利申请所占比例 (当年绿色专利申请 / 当年所有专利申请) 作为被解释变量。理由如下:

第一, 绿色专利具有可量化特征, 通过数量上的变化可以更直观地反映企业某阶段的绿色技术创新活动。另外, 专利数据还具有研发投入所不具备的技术性质分类优势, 通过专利分类可以进一步分析创新活动的不同价值贡献^[20]。

第二, 考虑到目前安徽省空气质量生态补偿政策实施时间相对较短, 而专利由申请到授权过程耗时比较长。因此相较于绿色专利授权, 绿色专利申请可以更及时有效地检验政策的绿色技术创新效应。

第三, 单纯的绿色专利申请数量可能会受到企业规模等企业内部因素的影响, 选用绿色专利申请所占比例更能反映企业对绿色创新的相对重视程度。最后, 根据技术性质对专利进行分类, 进一步分析空气质量生态补偿政策对不同绿色专利类型的影响作用。绿色专利包括绿色发明专利和绿色实用新型专利两种类型, 一般来说, 绿色发明专利在创新性和实质性进步方面要高于绿色实用新型专利, 这里用 V_{invent} 和 $V_{practical}$ 表示上市企业绿色发明专利申请占比和绿色实用新型专利申请所占比例。

2) 核心解释变量

$V_{treat_t} \times V_{time_t} \times V_{pollution_j}$ 是政策地区虚拟变量、政策时间虚拟变量与空气污染行业虚拟变量的三重交乘项, 也是本文的核心解释变量。系数 β_1 是其估计量, 也是本文最关心的系数, 表示空气质量生态补偿政策的绿色技术创新效应。若系数 β_1 为正, 表示该政策促进了企业绿色技术创新水平, 若系数 β_1 为负, 则该政策对企业绿色技术创新具有抑制作用, 预期该系数为正。

3) 控制变量

本文借鉴刘晔^[17]、周迪^[18]等的研究, 选用影响企业创新活动的企业微观经济数据作为控制变量。主要包括企业规模、企业成熟度、总资产净利润率、股权集中度以及资产负债率等企业层面经济数据作为控制变量, 具体如表 2 所示。

表2 企业层面的控制变量表
Table 2 Corporate control variable table

变量名称	变量符号	变量解释
企业规模	V_{size}	对企业每年年末总资产(亿元)取对数
企业成熟度	V_{age}	政策实施年份-企业创立年份+1
总资产净利润率	V_{roa}	企业净利润/年末资产总额
资产负债率	$V_{leverage}$	负债总额/资产总额
股权集中度	V_{cocen}	第一大股东持股比例

3 实证结果与分析

3.1 描述性统计

描述性统计结果如表3所示。在所有上市企业样

本中,绿色专利申请所占比例均值仅为0.068,这说明在上市企业中绿色专利申请占有所有专利申请中的比例并不大。目前企业创新手段主要包括实质性创新与策略性创新,进行实质性创新的企业更多的是寻求技术进步下的企业可持续发展能力,主要体现在专利质量上。而采取策略性创新的企业更多是为了迎合政府的监管或者应对外部压力,主要体现为专利申请的申请速度和数量上。进一步分析绿色专利类型异质性发现,在申请所占比例上,绿色发明专利要高于绿色实用新型专利。这表明研究的所有上市企业样本在申请绿色专利时,可能更偏向于实质性创新,倾向于申请创造性与研发价值更高的发明型专利。

表3 变量描述性统计
Table 3 Descriptive statistics of variables

变量	指标含义	平均值	标准差	最小值	最大值
$V_{innovation}$	绿色专利申请所占比例	0.068	0.165	0	1
V_{invent}	绿色发明专利申请所占比例	0.043	0.132	0	1
$V_{practical}$	绿色实用新型专利申请所占比例	0.025	0.078	0	1
V_{size}	企业规模	9.738	0.549	8.089	11.252
V_{age}	企业成熟度	21.342	4.224	11	36
V_{roa}	总资产净利润率	0.030	0.071	-0.636	0.305
$V_{leverage}$	资产负债率	0.448	0.208	0.031	1.118
V_{cocen}	股权集中度	34.114	14.499	6.06	89.99

3.2 实证结果

本文通过三重差分方法探究空气质量生态补偿

政策对企业绿色技术创新的影响,所得分析结果如表4所示。

表4 三重差分模型检验结果
Table 4 DDD model test results

变量	$V_{innovation}$ (绿色专利申请占比)		V_{invent} (绿色发明型)		$V_{practical}$ (绿色实用新型)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$V_{treat} \times V_{time} \times V_{pollution}$	0.042(0.98)	0.025(0.59)	-0.010(-0.30)	-0.021(-0.61)	0.052**(2.33)	0.047**(2.08)
$V_{treat} \times V_{time}$	-0.004(-0.21)	-0.002(-0.09)	0.003(-0.19)	-0.001(-0.08)	-0.001(-0.10)	-0.001(-0.04)
$V_{time} \times V_{pollution}$	0.004(0.16)	0.013(0.54)	0.005(0.24)	0.011(0.58)	-0.001(-0.06)	-0.002(0.12)
$V_{treat} \times V_{pollution}$	-0.029(-1.02)	-0.023(-0.81)	-0.038(-1.63)	-0.033(-1.40)	0.009(0.59)	0.010(0.65)
V_{size}		0.018 (1.57)		0.005 (0.52)		0.013** (2.19)
V_{age}		-0.002 (-1.76)		-0.001 (-1.32)		-0.001 (-1.30)
V_{roa}		-0.001 (-0.15)		-0.048 (-1.00)		0.047 (1.28)
$V_{leverage}$		0.115*** (3.99)		0.074*** (3.13)		0.041*** (2.74)
V_{cocen}		0.001 (1.57)		0.000 (1.25)		0.000 (1.04)
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	1 095	1 095	1 095	1 095	1 095	1 095
R^2	0.316	0.339	0.300	0.314	0.162	0.183

注:括号内为 t 值,*、**和***分别表示显著性水平为10%,5%,1%。

由表4可知,其中模型(1)(3)(5)未加入控制变量,(2)(4)(6)加入了控制变量。检验结果显示,空气质量生态补偿政策的实施对企业的绿色专利申请产生一定的促进作用,但不显著。从政策效应大小来看,加入控制变量后,空气质量生态补偿

政策会使得安徽省空气污染上市企业的绿色专利申请所占比例提升0.025。

进一步细分空气质量生态补偿政策对企业两种类型绿色专利申请的影响。由模型(5)和(6)可知,无论是否加入控制变量,该政策都对企业绿色实用新

型专利申请具有显著的促进作用。在加入控制变量的情况下,该政策会使企业绿色实用新型专利申请所占比例提高 0.047,且在 5% 水平下显著。值得注意的是,该政策对企业绿色发明专利申请表现出不明显的负向作用,数值虽不大但与波特假说相悖。出现绿色发明专利申请与绿色实用新型专利申请政策反应强度差异明显这种情况,可能是以下原因所致:首先,绿色发明专利在审核手续和流程、前期研发投入以及成果转化等方面投入的精力和时间要远大于绿色实用新型专利^[21]。其次,政府的外部环境监管压力可能会促使空气污染企业进行相关的绿色创新活动,但政府文件并未明确要求企业绿色创新产出形式。因此,相关企业为了迎合政府的环境监管,往往会进行策略性绿色创新,如片面追求绿色实用新型专利数量等较为简单的绿色创新活动。换言之,在空气质量生态补偿政策调控下,污染企业为了逃避处罚或为了获得减排补偿,短期内可能选择投入更多精力在难度较低的实用新型专利研究中,从而一定程度上减少了绿色发明专利的研究投入。

关于控制变量。就研究样本而言,企业规模与资产负债率对企业绿色技术创新有一定的促进作用,而企业的年龄、总资产利润率与股权集中度的系数均不显著,说明其对企业绿色技术创新没有明显影响。

3.3 稳健性检验

为了保证分析结果的可靠性,进一步对空气质量生态补偿政策显著促进绿色实用新型专利申请的结果进行检验。

1) 改变政策实施时间。本文通过改变政策发生时间来进行稳健性检验。分别假定安徽省空气质量生态补偿政策实施的起始时间为 2016 年和 2017 年,其他变量不改变,并进行三重差分。若模型结果显著,则说明存在政策之外的因素干扰。若模型结果不显著,则说明结论具有稳定性。改变政策发生时间的模型结果显示,无论是否加入控制变量,绿色实用新型专利申请的三重交乘项并没有得到与真实效应相同的显著效应,结果说明本文上述结果稳健。因篇幅限制,没有展示估计结果。

2) 三重差分模型的平行趋势假设检验。平行趋势假设的含义是指在空气质量生态补偿政策实施之前,空气污染行业和非空气污染行业的绿色实用新型专利申请的时间变化趋势尽可能一致。如图 1~2,横轴表示时间,纵轴表示绿色实用新型专利申请所占比例均值,以 2018 年为分界线。图 1 为未实施政策的江西、山西和湖南 3 省的绿色实用新型专利申请变化趋势图,可以看出在 2015—2019 年间空气污染行业

与非空气污染行业的绿色实用新型专利申请变化趋势基本相同。图 2 为实施政策的安徽省的绿色实用新型专利申请变化趋势图,图中所示在 2018 年之前,空气污染行业与非空气污染行业的绿色实用新型专利申请变化趋势基本相同,而在 2018 年及之后,空气污染行业的绿色实用新型专利申请所占比例发生了显著的增长。从上述中可以看出本文的平行趋势假设基本得到支持。

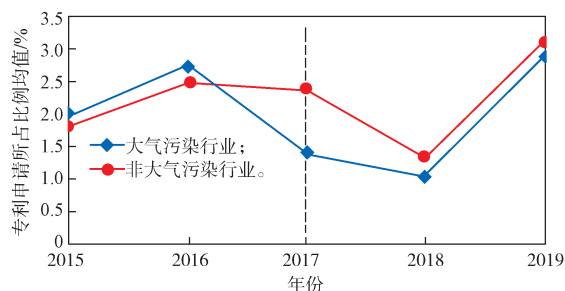


图 1 江西、湖南和山西绿色实用新型专利申请变化趋势
Fig. 1 Trends in green utility model patent applications in Jiangxi, Hunan and Shanxi provinces

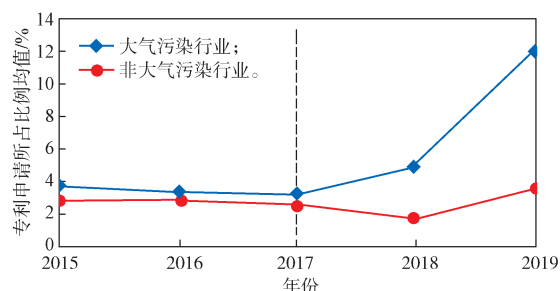


图 2 安徽省绿色实用新型专利申请变化趋势
Fig. 2 Change trend of green utility model patent applications in Anhui province

3) 随机匹配处理组。为了证明其显著性是由政策效应诱发的,属于偶然情况。将通过计算机在所有企业样本中随机生成伪处理组,执行间接安慰剂检验。在其他条件保持一致的基础上进行三重差分,重复上述操作 500 次。图 3 是重复 500 次的绿色实用新型专利申请所占比例的 t 统计值概率分布图。

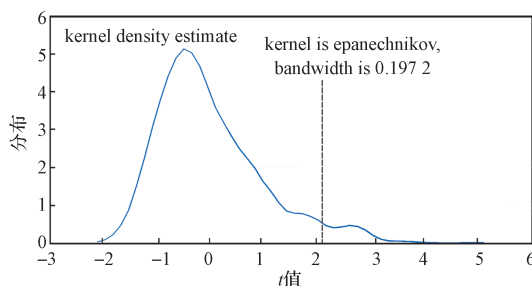


图 3 随机匹配处理组 t 值概率分布图

Fig. 3 Probability distribution of t -values for the random matching treatment group

从图 3 中可以看出, t 统计值主要分布在 0 值附近。由于真实 t 值为 2.08, 图中对应的概率分布值很小, 因此通过检验。

4) 企业所有制异质性检验。不同的企业所有制属性会对其技术创新活动产生影响^[22]。因此, 将企业样本分为国有企业和非国有企业, 进一步考察空气质量生态补偿政策对于不同企业类型的绿色技术创新效应是否存在异质性。从表 5 可以得知空气质量生态补偿政策显著促进了安徽省国有空气污染企业的绿色实用新型专利申请。从政策效应大小来看, 该政策会使得国有空气污染企业的绿色实用新型专利申请所占比例提升 0.080, 且在 1% 水平下显著。相反, 对非国有空气污染企业并没有显著影响。笔者认为可能由以下两个原因造成: 第一, 在我国空气污染行业中, 国有企业的资产规模远大于非国有企业。通过整理中国统计年鉴中的行业资产总额发

现, 2015—2019 年间的空气污染行业内国有企业的资产总额规模占总规模的 3/4 左右, 而非国有企业仅占 1/4。本文的研究样本也满足国有企业规模远大于非国有企业规模这一特征。空气质量生态补偿政策主要针对空气污染行业, 相较于非国有企业, 规模上占优的国有企业可能对政策更为敏感。第二, 国有企业承担更多的社会责任, 并更多地着眼于非经济目标的实现^[23]。面对针对空气污染行业的空气质量生态补偿政策, 相关国有企业可能面临更多的压力来实现其环境保护的非经济目标。综上所述, 在空气污染行业中, 规模上占优的国有企业在面对空气质量生态补偿政策时比非国有企业更敏感且承受更多环保压力, 这往往使得相关国有企业采取策略性创新手段, 即倾向于申请难度较小的绿色实用新型专利迎合政府监管, 这一结论与王珍愚等^[24]的研究结论一致。

表 5 企业所有制异质性检验结果
Table 5 Heterogeneity test results of enterprise ownership

变量	国有企业			非国有企业		
	$V_{innovation}$	V_{invent}	$V_{practical}$	$V_{innovation}$	V_{invent}	$V_{practical}$
$V_{treat} \times V_{time} \times V_{pollution}$	0.031 (0.59)	-0.048 (-1.13)	0.080*** (2.72)	-0.006 (-0.08)	-0.014 (-0.25)	0.008 (0.24)
$V_{treat} \times V_{time}$	0.010 (0.38)	0.026 (1.19)	-0.016 (-1.05)	-0.013 (-0.44)	-0.025 (-1.04)	0.012 (0.81)
$V_{time} \times V_{pollution}$	-0.012 (-0.41)	0.002 (0.09)	-0.014 (-0.88)	0.062 (1.47)	0.041 (1.17)	0.021 (0.99)
$V_{treat} \times V_{pollution}$	0.003 (0.09)	0.019 (0.65)	-0.016 (-0.79)	-0.056 (-1.17)	-0.088** (-2.23)	0.032 (1.31)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	575	575	575	520	520	520
R^2	0.292	0.277	0.189	0.434	0.410	0.228

注: 括号内为 t 值, *、** 和 *** 分别表示显著性水平为 10%、5%、1%。

4 结论与政策建议

4.1 研究结论

本文以安徽省 2018 年实施的空气质量生态补偿政策为准自然实验, 结合 2015—2019 年间安徽、江西、湖南与山西 4 省的 A 股上市企业微观数据, 通过构造三重差分模型, 检验空气质量生态补偿政策对企业绿色技术创新的影响。主要得出以下结论: 第一, 空气质量生态补偿政策显著促进了安徽省空气污染行业内上市企业的绿色创新活动, 但该政策对企业绿色技术创新的促进作用主要针对于绿色实用新型专利。第二, 企业所有制异质性分析发现, 空气污染行业内的国有企业的绿色技术创新活动对该政策的诱发反应强度比非国有企业更显著。第三, 通过改变政策实施时间、平行趋势假设检验以及随机匹配伪处理组等方法对结果进行稳健性检验, 研究结论基本不变。

这些发现扩充了空气质量生态补偿政策效果评估等相关领域的研究。

4.2 政策建议

基于以上研究结论, 为推进空气质量生态补偿政策和企业绿色技术创新提供了如下政策建议:

1) 基于因地制宜的原则, 积极推进空气质量生态补偿政策的实施。一方面一部分实践研究已经证明了地方空气质量生态补偿政策可以显著降低城市空气污染物浓度; 另一方面, 本文的实证结果也验证了空气质量生态补偿政策对实施地区空气污染企业的绿色创新活动具有明显的局部促进作用。有利于企业长期内的可持续发展, 提高我国的经济发展质量。因此, 积极推进和落实空气质量生态补偿政策对减少地区空气污染和提高企业长久竞争力都是有利的。

2) 在完善空气质量生态补偿政策的同时, 加大对实质性创新行为的激励。空气质量生态补偿政策开

展时间较短、经验不足,在补偿对象、补偿标准和补偿方式等方面存在许多需要解决的问题。建议政府在推进政策实施的同时,要积极完善空气质量生态补偿机制。另外,考虑到政策对不同所有制的企业所带来的政策效果差异,要灵活制定相关企业创新补偿标准、配合政策优惠和财政补贴等方式带动企业进行绿色技术创新活动,从而实现降污减排的目标。

4.3 研究局限性与展望

本文初步检验了空气质量生态补偿政策与企业绿色技术创新的影响关系,但依然存在一些不足。主要包括以下两个方面:1)本文的研究样本期较短,需要更长样本期的企业绿色专利数据对该政策的绿色技术创新动态效应进行检验。2)本文以安徽、江西等4省的上市企业作为研究样本,相较于全国范围来说,研究区域相对有限,研究样本相对较少。处理组和对照组均需要纳入更多省份、更多企业样本来进一步验证有关结论。随着国内空气质量生态补偿实践的进一步发展,样本量显著增加,上述问题有望得到深入剖析。

参考文献:

- [1] 王班班,齐绍洲.市场型和命令型政策工具的节能减排技术创新效应:基于中国工业行业专利数据的实证[J].中国工业经济,2016(6):91-108.
WANG Banban, QI Shaozhou. The Effect of Market-Oriented and Command-and-Control Policy Tools on Emissions Reduction Innovation: An Empirical Analysis Based on China's Industrial Patents Data[J]. China Industrial Economics, 2016(6): 91-108.
- [2] CHENG X Y, FANG L, MU L, et al. Watershed Eco-Compensation Mechanism in China: Policies, Practices and Recommendations[J]. Water, 2022, 14(5): 777.
- [3] 王海春,高博,祁晓慧,等.草原生态保护补助奖励机制对牧户减畜行为影响的实证分析:基于内蒙古260户牧户的调查[J].农业经济问题,2017,38(12):73-80,112.
WANG Haichun, GAO Bo, QI Xiaohui, et al. Empirical Analysis on the Impact of the Grassland Ecological Protection Subsidies and Incentives Policies on Herdsmen's Reduced-Livestock Behavior: Based on the 260 Herdsmen Households in Inner Mongolia[J]. Issues in Agricultural Economy, 2017, 38(12): 73-80, 112.
- [4] 马橙,高建中.森林生态补偿、收入影响与政策满意度:基于陕西省公益林区农户调查数据[J].干旱区资源与环境,2020,34(11):58-64.
MA Cheng, GAO Jianzhong. Forest Ecological Compensation, Income Impact and Policy Satisfaction[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2020, 34(11): 58-64.
- [5] 淦振宇,踪家峰.生态补偿能改善城市空气质量吗?[J].中国人口·资源与环境,2021,31(10):118-129.
GAN Zhenyu, ZONG Jiafeng. Can Ecological Compensation Improve Urban Air Quality?[J]. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(10): 118-129.
- [6] 杜纯布.雾霾协同治理中的生态补偿机制研究:以京津冀地区为例[J].中州学刊,2018(12):29-34.
DU Chunbu. Ecological Compensation Mechanism in Synergy Governance of Haze: A Case Study of Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2018(12): 29-34.
- [7] 廖中举,程华.企业环境创新的影响因素及其绩效研究:基于环境政策和企业背景特征的视角[J].科学学研究,2014,32(5):792-800,716.
LIAO Zhongju, CHENG Hua. The Antecedents and Outcomes of Firm's Environmental Innovation-from the Perspective of Environmental Policy and Firm's Background Characteristics[J]. Studies in Science of Science, 2014, 32(5): 792-800, 716.
- [8] 邝嫦娥,路江林.环境规制对绿色技术创新的影响研究:来自湖南省的证据[J].经济经纬,2019,36(2):126-132.
KUANG Chang'e, LU Jianglin. Research on the Influence of Environmental Regulation on Green Technology Innovation: Evidence from Hunan Province[J]. Economic Survey, 2019, 36(2): 126-132.
- [9] LIU J J, ZHAO M. Does Environmental Regulation Promote Green Technology Innovation in Chinese Manufacturing?[J]. Open Access Library Journal, 2020, 7: 1-16.
- [10] ZHAO L, ZHANG L, SUN J X, et al. Can Public Participation Constraints Promote Green Technological Innovation of Chinese Enterprises?: The Moderating Role of Government Environmental Regulatory Enforcement[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2022: 121198.
- [11] 朱于珂,高红贵,肖甜.工业企业绿色技术创新、产业结构优化与经济高质量发展[J].统计与决策,2021,37(19):111-115.
ZHU Yuke, GAO Honggui, XIAO Tian. Green Technology Innovation, Industrial Structure Optimization and High-Quality Economic Development of Industrial Enterprises[J]. Statistics & Decision, 2021, 37(19): 111-115.
- [12] MA N, LIU P Y, XIAO Y D, et al. Can Green Technological Innovation Reduce Hazardous Air Pollutants?: an Empirical Test Based on 283 Cities in

- China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(3): 1611.
- [13] PORTER M E. America's Green Strategy[J]. Scientific American, 1991, 264(4): 193-246.
- [14] 范金, 胡静, 姜卫民. 环境规制与技术创新的相关性研究: 对“波特假说”的检验[J]. 工业技术经济, 2021, 40(5): 75-81.
- FAN Jin, HU Jing, JIANG Weimin. Research on the Correlation Between Environmental Regulation and Technological Innovation: A Test of the Porter Hypothesis[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2021, 40(5): 75-81.
- [15] 熊广勤, 石大千, 李美娜. 低碳城市试点对企业绿色技术创新的影响[J]. 科研管理, 2020, 41(12): 93-102.
- XIONG Guangqin, SHI Daqian, LI Meina. The Effect of Low-Carbon Pilot Cities on the Green Technology Innovation of Enterprises[J]. Science Research Management, 2020, 41(12): 93-102.
- [16] LUO S, HE G H. Research on the Influence of Emission Trading System on Enterprises' Green Technology Innovation[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2022, 2022: 1-9.
- [17] 刘晔, 张训常. 碳排放交易制度与企业研发创新: 基于三重差分模型的实证研究[J]. 经济科学, 2017(3): 102-114.
- LIU Ye, ZHANG Xunchang. Carbon Emissions Trading System and Enterprise R&D Innovation: An Empirical Study Based on Triple Difference Model[J]. Economic Science, 2017(3): 102-114.
- [18] 周迪, 彭小玲, 黄晴. 命令型环境规制能否推动企业研发创新活动? 以“大气十条”为例[J]. 科研管理, 2022, 43(10): 81-88.
- ZHOU Di, PENG Xiaoling, HUANG Qing. Can Imperative Environmental Regulation Help Promote Enterprises' R & D Innovation Activities?: Taking “Ten Measures on Air Pollution Prevention and Control” as an Example[J]. Science Research Management, 2022, 43(10): 81-88.
- [19] 任胜钢, 郑晶晶, 刘东华, 等. 排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率: 来自中国上市公司的证据[J]. 中国工业经济, 2019(5): 5-23.
- REN Shenggang, ZHENG Jingjing, LIU Donghua, et al. Does Emissions Trading System Improve Firm's Total Factor Productivity: Evidence from Chinese Listed Companies[J]. China Industrial Economics, 2019(5): 5-23.
- [20] POPP D. Induced Innovation and Energy Prices[J]. American Economic Review, 2002, 92(1): 160-180.
- [21] POPP D, NEWELL R. Where Does Energy R&D Come from? Examining Crowding Out from Energy R&D[J]. Energy Economics, 2011, 34(4): 980-991.
- [22] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 178-196.
- XU Jia, CUI Jingbo. Low-Carbon Cities and Firms' Green Technological Innovation[J]. China Industrial Economics, 2020(12): 178-196.
- [23] 高小玲. 企业道德风险及基于中国企业的实证研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006.
- GAO Xiaoling. Corporate Moral Hazard and an Empirical Study Based on Chinese Companies[D]. Shanghai: Fudan University, 2006.
- [24] 王珍愚, 曹瑜, 林善浪. 环境规制对企业绿色技术创新的影响特征与异质性: 基于中国上市公司绿色专利数据[J]. 科学学研究, 2021, 39(5): 909-919, 929.
- WANG Zhenyu, CAO Yu, LIN Shanlang. The Characteristics and Heterogeneity of Environmental Regulation's Impact on Enterprises' Green Technology Innovation: Based on Green Patent Data of Listed Firms in China[J]. Studies in Science of Science, 2021, 39(5): 909-919, 929.

(责任编辑: 姜利民)