

企业数字化转型、政策组合协同与企业绿色创新

——基于环保与创新政策的交互视角

董明放, 李庆一

西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年7月23日; 录用日期: 2026年8月6日; 发布日期: 2026年9月23日

摘要

本文以2005~2023年中国A股上市公司为样本, 构建多时点双重差分模型, 考察数字化转型视角下环保与创新组合政策协同对企业绿色创新的影响效应及作用机制。研究发现: 第一, 数字化转型视角下双政策协同显著促进了企业绿色创新, 且效果优于单一政策; 第二, 双政策协同主要通过数字赋能效应和人才集聚效应这两条路径发挥作用; 第三, 受数字化网络影响, 双政策协同效应对周边150~200公里范围内的城市存在正向空间溢出效应。本文为理解数字化转型视角下双政策协同与企业绿色创新的关系提供了实证依据, 并为优化政策组合提供了参考。

关键词

绿色创新, 数字化转型, 环境保护税, 创新型城市, 政策协同

Enterprise Digital Transformation, Policy Mix Coordination and Enterprise Green Innovation

—Based on the Interactive Perspective of Environmental Protection and Innovation Policy

Mingfang Dong, Qingyi Li

School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an Shaanxi

Received: July 23, 2026; accepted: August 6, 2026; published: September 23, 2026

Abstract

Based on the sample of China's A-share listed companies from 2005 to 2023, this paper constructs a multi-time difference-in-difference model to examine the impact and mechanism of the synergy of environmental protection and innovation portfolio policies on corporate green innovation from the perspective of digital transformation. The study found that: First, from the perspective of digital transformation, dual policy synergy has significantly promoted corporate green innovation, and the effect is better than a single policy; second, the dual policy synergy mainly plays a role through the two paths of digital empowerment effect and talent agglomeration effect. Thirdly, due to the influence of digital network, the synergistic effect of the two policies has a positive spatial spillover effect on the cities within the range of 150~200 km. This paper provides an empirical basis for understanding the relationship between dual policy coordination and enterprise green innovation from the perspective of digital transformation, and provides a reference for optimizing the policy mix.

Keywords

Green Innovation, Digital Transformation, Environmental Protection Tax, Innovative City, Policy Synergy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前,我国经济正由高速增长阶段转向高质量发展阶段。加快经济社会发展全面绿色转型,建设美丽中国,并以数字化转型驱动生产方式深层次变革尤为迫切。企业作为资源消耗与污染排放的重要主体,其绿色创新面临成本约束强、动力不足、技术支撑弱等现实困境。然而,单一政策工具往往难以兼顾环境治理、创新激励与数字化转型三重目标。2018年实施的《中华人民共和国环境保护税法》¹是我国第一部以环境保护为目标的单行税法,其“费改税”的特性形成了天然的准自然实验。同年,创新型城市政策新增17个试点城市,为研究两类政策的协同效应提供了独特契机。在企业数字化转型加速推进的背景下,绿色税收政策碰上创新驱动政策,是否会产生“1+1>2”的效果?如果答案是肯定的,那么仅从孤立视角研究单一政策的效果,就可能会造成政策协同赋能的绿色创新红利损失。如若确实存在协同作用,那其内在机制是否能以数字化转型为关键传导渠道?又是否存在空间特性?理清这些问题,对于响应国家号召,统筹实现数字赋能、绿色转型与创新驱动发展战略具有重要的理论和现实意义。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 数字化转型视角下组合政策协同对企业绿色创新的影响

环境保护税通过对排放污染物的行为进行征税,从而提高了污染的经济成本,倒逼企业采用更加环保的生产方式。企业的数字化转型需求结合这种经济压力也促使企业加大对绿色技术的研发投入,从而开发出更加环保、数字化程度更高的生产工艺和产品[1]。虽然也有少数研究认为有环境保护税对绿色创新具有抑制作用或者两者关系是不确定的[2]。但即便如此,这些研究也普遍提出是由于企业环境治理压

¹https://www.mee.gov.cn/ywgz/fbgz/fl/201811/t20181114_673632.shtml

力过大,才导致降低了企业参与环境治理的积极性[3]。基于此,我们认为,相较于单一环境规制政策,结合其他可以缓解企业治理压力的政策,就能具备更明显的绿色创新激励效果。而创新型城市其通过完善数字基础设施、提高信息化水平、提高人才聚集度等方式来提高企业技术水平,又在数字化转型和双碳目标的约束下使得创新活动趋于绿色化和数字化。环境保护税与创新型城市政策分别从“约束”和“激励”两端协同作用:环保税提供外部压力,而创新型城市政策通过金融补贴等降低创新壁垒,使企业不仅有意愿更有能力开展绿色创新,实现政策效果的乘数效应。基于上述分析,本文提出以下理论假设:

H1: 环保与创新组合政策协同能够促进企业绿色创新,且效果大于单一政策。

2.2. 数字化转型视角下组合政策协同影响企业绿色创新的机制

在原本的生产过程中,企业采取的末端处理方式以及对整个过程的监管可能相对原始,而环境保护税的实施会倒逼企业完善环境管理体系。为了降低成本,企业会借助数字化技术,从而实现对生产过程更加精细化的监测与管理,形成低能耗、高效率的经济发展模式,提高核心竞争力[4]。而创新型城市建设则通过完善数字基础设施、促进产学研协同以推动数字技术在企业间的扩散以及配套出台相关政策,提供资金补贴和制度保障等,为企业数字化转型提供了良好的外部环境,降低了企业数字化转型的技术门槛和实施成本。内部生产管理的数字化需求和外部所提供的良好数字化环境协同可以更好地促进企业数字化转型,从而实现企业绿色创新。因此,我们认为企业数字化转型是组合政策协同赋能绿色创新的核心机制。基于上述分析,本文提出以下假设:

H2: 环保与创新组合政策通过实现企业数字化转型赋能企业绿色创新。

研发人员作为企业创新活动的核心主体,其数量和结构也会直接影响企业创新能力,甚至人才投入的创新作用会大于资金投入的创新作用[5]。理论上来说,企业数字化转型程度越高,人才聚集效应越明显。同时创新型城市建设通过完善人才引进与激励政策,为企业优化人力资本结构创造有利条件。环境保护税所带来的数字化技术升级压力与创新型城市所提供的人才资源相结合,帮助企业加快研发团队建设,提高研发人员在企业员工结构中的占比。而研发人员占比的提升则增强了企业知识创造能力,也更好地促进了绿色技术研发和成果转化,从而促进企业绿色创新。基于上述分析,本文提出以下假设:

H3: 环保与创新组合政策通过提升研发人员占比赋能企业绿色创新。

2.3. 数字化转型视角下组合政策协同对企业绿色创新影响的空间溢出效应

在数字化平台与知识溢出网络的影响下,企业受环境保护税影响,为了降低成本会选择更绿色的工艺和生产路径。从产业链层面来说,试点城市企业往往会将绿色技术要求和工艺标准传导至上下游企业,推动邻近地区配套企业同步开展绿色技术改进。对于创新型城市试点来说,我们认为,政策强化了研发投入保障、创新平台建设和高端人才集聚。研发人员和管理经验等会随企业投资和人才流动向周边城市转移,降低了外地企业的学习成本。也就是说,双试点城市更容易为周边城市的企业提供可复制的范式,这种优势也更容易通过知识溢出、产业关联和制度示范形成稳定的空间扩散效应,从而推动周边城市企业绿色创新水平的协同提升。基于以上分析,本文提出以下假设:

H4: 环保与创新组合政策对企业绿色创新的赋能效果存在空间溢出效应。

3. 研究设计

3.1. 样本选择与数据来源

本文的研究样本覆盖 2005 至 2023 年间所有在中国 A 股市场上市的公司,企业绿色创新的相关数据来源于国家知识产权局专利数据库,并按照世界知识产权组织(WIPO)发布的绿色专利清单进行筛选与匹配。

在对环境保护税法试点城市进行分组时, 本文将 2018 年环境保护税法正式实施后环境保护税实际税率出现显著上调的城市设置为试点城市, 并根据得到的实验组和对照组构建多时点双重差分模型中的政策变量[6]。

3.2. 变量定义

被解释变量。本文采用绿色专利授权总量(*GPL*)衡量企业绿色创新水平[7], 该指标能够直接反映企业绿色技术研发活动最终获得市场与法律认可的产出成果。

核心解释变量。本文采用双重差分法, 将环境保护税法与创新型城市试点政策的共同作用作为核心解释变量, 用 *DID* 虚拟变量来表示。*DID* 由 *treat_{it}* 与 *post_{it}* 相乘得到。*treat_{it}* 为政策分组变量, 若企业 *i* 同时满足: 该企业所在的城市被纳入创新型城市试点, 并且在 2018 年环境保护税法实施后税率显著上调, 则将其列为实验组并将赋值为 1; 否则设置为对照组, 赋值为 0。*post_{it}* 是政策时间虚拟变量, 实验组的城市在环境保护税法实施后且同时在获批为创新型城市试点时间之后则赋值为 1, 其余年份赋值为 0; 对照组城市赋值为 0。由于创新型城市试点存在多批城市, 故本文在处理 *DID* 虚拟变量时严格按照城市施行政策的时间, 进行了多时点处理。

中介变量。企业数字化转型指数(*Digital*), 对互联网商业模式、数字技术应用、现代信息系统、智能制造四个维度 99 个数字化相关词频进行统计[8]; 研发人员占比(*RDPersonRatio*), 用企业中研发人员占全体人员的比例来衡量。

控制变量。本文对其他可能影响企业绿色创新水平的变量做控制: 公司规模(*Size*); 企业上市年龄(*Age*); 盈利能力(*ROA*); 资产负债率(*LEV*); 企业性质(*Govcon*); 营业收入增长率(*growth*); 股权集中度(*top10_HHI*)。

3.3. 模型设定

本文基于企业层面的绿色专利数据, 采用多时点双重差分模型, 见式(1):

$$Y_{it} = \alpha + \beta DID_{it} + \sum \gamma X_{it} + Corporate_i + Year_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Y_{it} 为被解释变量, 代表 *t* 年份、*i* 城市的绿色创新水平; DID_{it} 为核心解释变量, 即双试点的虚拟变量; α 为常数项值, 系数 β 反映了双政策协同对企业绿色创新的净影响。控制变量集合 X_{it} 包含了若干个影响企业绿色创新的控制变量; $Corporate_i$ 表示企业个体固定效应; $Year_t$ 为年份固定效应; ε_{it} 为随机误差项。本文的回归模型中所有标准误均聚类到企业与城市层面。

为捕捉空间依赖性, 我们构建距离带 *DID* 模型, 见(2)式所示:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \sum_k \theta_k Ring_{it}^k + \sum \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中 Y_{it} 为城市 *i* 在第 *t* 年的企业绿色专利授权数量平均值, $Ring_{it}^k$ 为距离带虚拟变量, 若城市 *i* 在年份 *t* 与至少一个处理组城市的直线距离落在区间 $(k-50, k]$ 公里内取 1, 否则取 0。

4. 实证结果和分析

4.1. 描述性统计分析

在统计了 47,157 个观测后, 绿色专利授权总量的均值为 3.863, 而标准差为 23.81, 与均值相比处于较高水平, 这说明: 样本企业整体绿色创新产出仍处于相对较低的水平, 但是企业与企业之间绿色创新表现存在显著的差异。其他变量的数据均符合现实企业经营情况。各变量 *VIF* 值均小于临界值 10, 表明解释变量与控制变量之间不存在多重共线性问题。

4.2. 基准回归结果

本文的基准回归结果见表 1。政策交互项虚拟变量 *DID* 的系数为 1.979, 且在 1%的水平上高度显著。该结果初步验证了本文的研究假设 H1: 环保型政策与创新型政策能够协同促进企业绿色创新。

基准回归以绿色专利授权总量衡量企业绿色创新水平。尽管该指标具有公认的权威性, 但从专利申请到获得授权之间存在审查周期, 这可能导致政策效应的滞后。因此, 为确保基准回归的稳健性, 本文进行滞后检验。当被解释变量分别滞后一至三期时, 核心解释变量的估计系数依然在 1%的水平上显著为正。这说明在考虑了绿色专利授权总量的滞后性后, 结果仍保持稳健。

Table 1. The regression results of enterprise green innovation ability
表 1. 企业绿色创新能力的回归结果

变量	(1) 无滞后 <i>GPL</i>	(2) 滞后一期 <i>GPL</i>	(3) 滞后二期 <i>GPL</i>	(4) 滞后三期 <i>GPL</i>
<i>DID</i>	1.979*** (0.607)	2.166*** (0.656)	2.308*** (0.721)	2.415*** (0.808)
控制变量	是	是	是	是
观测值	46,333	41,007	36,468	32,569
<i>R</i> ²	0.618	0.641	0.659	0.676
固定效应	是	是	是	是
聚类	是	是	是	是

注: *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%的统计水平上显著; 括号内为稳健标准误。下表同。

4.3. 平行趋势检验

我们将政策实施前一期(*pre_1*)作为基准予以剔除。结果见图 1 所示, 包含了政策实施当年向前五年和向后三年的平行趋势检验。说明在环境保护税与创新型城市试点政策实施之前, 实验组与对照组之间不存在系统性差异。政策实施后, 实验组和对照组的企业绿色创新能力出现了显著的差别。

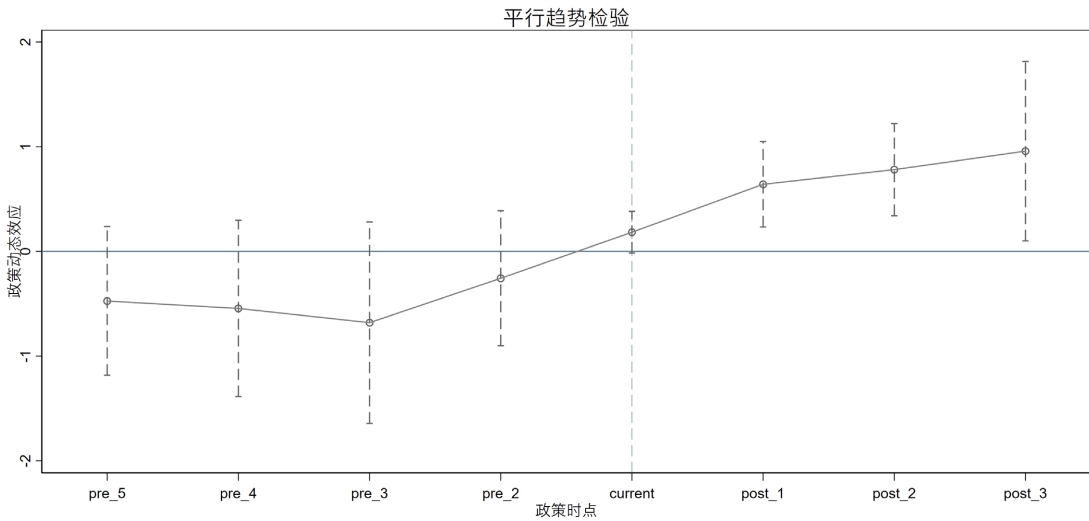


Figure 1. Parallel trend test chart
图 1. 平行趋势检验图

4.4. PSM-DID

为缓解样本由自选择偏差导致的内生性问题, 本研究采用倾向得分匹配法(PSM)对样本进行再处理。选取基准回归中所包含的全部控制变量作为匹配协变量, 采用卡尺范围为 0.01 的 1:1 近邻匹配方法进行匹配。

核密度估计结果表明, 匹配前实验组与对照组的倾向得分分布存在较明显的差异, 而匹配后两条曲线高度重合, 这说明匹配结果非常好。随后本文基于匹配后的样本重新进行回归分析, 发现核心解释变量 *DID* 的系数为 1.8981, 且在 5% 的水平上显著, 这进一步保证了本文的稳健性。

4.5. 安慰剂检验

为排除不可观测因素对基准回归结果的干扰, 本文对样本数据采用随机生成处理组的安慰剂检验。经过 500 次随机重复后得到以下结果, 见图 2 所示, 随机实验得到的系数均值接近于零, 且绝大多数估计值不显著, 其分布形态与正态噪声一致, 符合无效处理的预期。

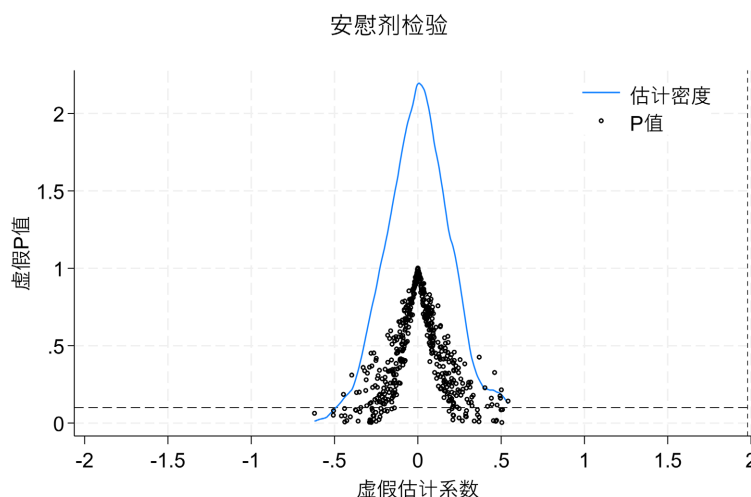


Figure 2. The placebo test of false estimation coefficient and false P value

图 2. 虚假估计系数与虚假 P 值的安慰剂检验

5. 进一步分析

5.1. 协同效应分析

本文通过样本重构与系数比较进行检验, 判断环境保护税与创新型城市试点政策之间是否存在协同效应[9]。具体做法如下: 首先剔除既非创新型城市试点、也非环境保护税政策实验组的观测样本, 保留仅受单一政策影响或同时受两种政策影响的样本作为分析对象。在该样本框架下, 双重差分变量 *DID1* 或 *DID2* 的系数捕捉到的效应对应着单政策试点城市成为双政策试点城市对该城市的企业绿色创新能力的净效应。

结果见表 2 所示, 第(1)列表示先成为环境保护税实验组城市再成为创新型城市的回归结果, 其政策虚拟变量 *DID1* 的系数为 1.789, 且在统计上显著, 表明原环境保护税试点城市在加入创新型城市政策后, 企业绿色创新水平得到进一步提升。第(2)列表示先成为创新型城市再成为环境保护税实验组城市的回归结果, 其政策虚拟变量 *DID2* 的系数为 2.641, 且在统计上显著, 说明原创新型城市试点在叠加环境保护税政策后, 企业绿色创新水平也得到进一步提升。这证实了环境保护税与创新型城市试点政策可以协同

促进企业绿色创新。至此, 已经完整地证实了本文的假设 H1。

Table 2. Synergy analysis
表 2. 协同作用分析

变量	(1) <i>GPL</i>	(2) <i>GPL</i>
<i>DID1</i>	1.789*** (0.595)	
<i>DID2</i>		2.641*** (0.632)
控制变量	是	是
观测值	15,170	22,647
<i>R</i> ²	0.140	0.096
固定效应	是	是
聚类	是	是

5.2. 中介效应

本章采用两步法进行机制分析[10], 第一步, 确立核心解释变量(*DID*)对被解释变量的因果效应, 这一步已由前文的双重差分模型完成; 第二步, 检验核心解释变量(*DID*)对潜在中介变量(*M*)的影响。

对企业数字化转型的第二步检验结果见表 3 第(1)列所示。数字化转型(*Digital*)的系数显著为正, 表明双政策协同能显著深化数字化转型程度。而众多文献已证实认为企业数字化转型能够显著提升企业绿色技术创新能力, 数字化转型程度越深的企业, 绿色创新能力越强[11]。也就是说, 双政策协同促使企业进行数字化转型以应对环境规制和创新政策的要求, 数字化转型则将政策压力与支持转化为实际的企业绿色创新。至此, 通过严谨的实证和分析, 本文证实了假设 H2: 环境保护税和创新型城市政策会通过企业数字化转型从而促进企业绿色创新。

对研发人员占比的第二步检验结果见表 3 第(2)列所示。研发人员占比(*RD Person Ratio*)的系数显著为正, 表明双政策协同能显著促进企业提高研发人员占比。而人才政策支持又能够显著促进企业实现绿色创新的“量质齐升”, 这表明企业中人才政策越积极, 企业中研发人员占比就越大, 就越能促进企业的

Table 3. Mediation effect test
表 3. 中介效应检验

变量	(1) <i>Digital</i>	(2) <i>RD Person Ratio</i>
<i>DID</i>	0.140** (0.0648)	1.906** (0.802)
控制变量	是	是
观测值	44,707	23,999
<i>R</i> ²	0.455	0.306
固定效应	是	是
聚类	是	是

绿色创新[12]。至此,通过严谨的实证和分析,本文证实了假设 H3:环境保护税和创新型城市政策会通过增加企业研发投入从而促进企业绿色创新。

5.3. 空间溢出效应

本文通过构建距离带 *DID* 模型检验环境保护税与创新型城市试点政策对企业绿色创新的协同效应是否存在空间溢出[13]。空间溢出效应见表 4 和图 3 所示,结果表明:受数字化网络和知识溢出影响,双政策试点城市对周边 150~200 公里范围内城市的企业绿色创新具有显著带动效应,但超过 200 公里后效应不显著。当距离过近,如在 50~100 公里,周边城市可能与政策试点城市处于同一劳动力市场或产业链的紧密竞争关系中,易受“虹吸效应”影响,正向溢出被抵消;约 150 公里时,知识外溢与产业协同效应充分释放,产生显著正向溢出;在超过 200 公里时,政策溢出的渠道受阻,带动效应难以持续,溢出效应不再显著。综上,假设 H4 得证。

Table 4. Distance band *DID* model test results

表 4. 距离带 *DID* 模型检验结果

变量	(1) GPL	变量	(2) GPL
控制变量	是	250 km	-0.198 (0.484)
<i>DID</i>	1.180* (0.695)	300 km	0.177 (0.483)
50 km	-0.402 (0.741)	350 km	-0.357 (0.587)
100 km	0.191 (0.667)	cons	-33.486*** (6.527)
150 km	1.091** (0.438)	观测值	13290
200 km	-0.009 (0.482)	R^2	0.439

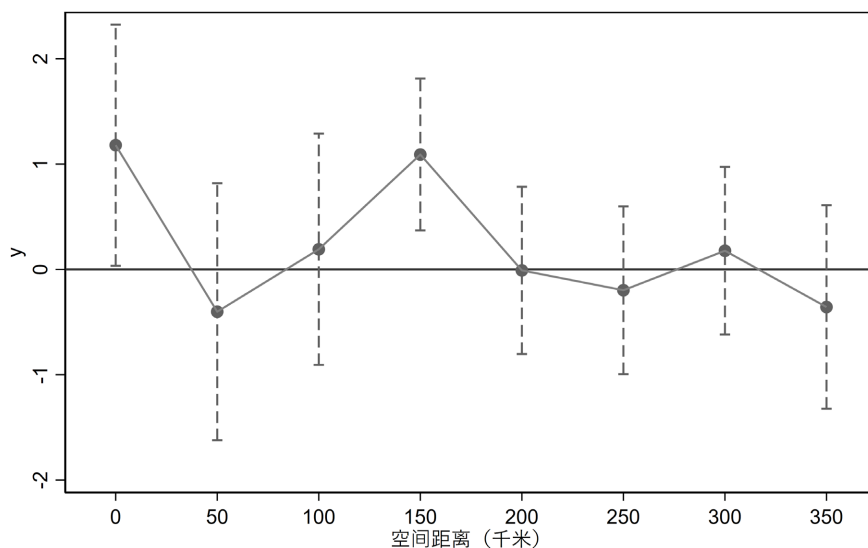


Figure 3. Spatial spillover effect

图 3. 空间溢出效应

6. 结论与启示

研究表明:一是数字化转型视角下环境保护税与创新型城市政策协同能够显著促进企业绿色创新,

且协同激励效果明显优于单一政策实施效果, 此结论在经过一系列稳健性检验后依然成立。二是环保与创新组合政策通过实现数字赋能效应和人才聚集效应促进企业绿色创新。三是双政策试点城市受数字化网络影响会对周边 150~200 公里范围内城市的企业绿色创新具有显著带动效应。基于此本文提出如下政策建议: 一是政府要建立环保部门与科技部门的信息共享平台, 借助数字化科技实现排污数据与创新数据的联动监测, 同时将企业绿色专利产出纳入创新型城市试点考核指标体系, 并对积极开展绿色创新的企业给予适当税收优惠; 二是相关部门设立企业数字化转型专项补贴, 对制造业企业购买数字化设备、建设智能生产线给予资金补贴, 并设立“绿色技术人才专项基金”, 破解企业研发人才短缺瓶颈; 三是企业要对接双政策红利, 设立绿色技术研发部门并重视研发人才队伍建设, 制定绿色技术人才引进计划并将绿色专利产出与薪酬晋升挂钩, 同时与高校、科研院所建立产学研合作机制。

基金项目

长安大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(300102235502)。

参考文献

- [1] 许士春, 何正霞, 龙如银. 环境规制对企业绿色技术创新的影响[J]. 科研管理, 2012, 33(6): 67-74.
- [2] 蒋伏心, 王竹君, 白俊红. 环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2013(7): 44-55.
- [3] 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.
- [4] 徐元国, 刘歆. 环境保护税对企业数字化转型的影响研究——基于《环境保护税法》的准自然实验[J]. 工业技术经济, 2024, 43(4): 57-66.
- [5] 裴政, 罗守贵. 人力资本要素与企业创新绩效——基于上海科技企业的实证研究[J]. 研究与发展管理, 2020, 32(4): 136-148.
- [6] 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? [J]. 经济研究, 2022, 57(1): 72-88.
- [7] 宋德勇, 李超, 李项佑. 新型基础设施建设是否促进了绿色技术创新的“量质齐升”——来自国家智慧城市试点的证据[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(11): 155-164.
- [8] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 114-129.
- [9] 苏涛永, 刘姝伶, 吴甲春. 数字经济背景下知识链管理与市场环境对高新技术企业创新质量的协同影响机制[J]. 管理评论, 2025, 37(4): 83-97.
- [10] 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.
- [11] 宋德勇, 朱文博, 丁海. 企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察[J]. 财经研究, 2022, 48(4): 34-48.
- [12] 罗双成, 刘建江, 熊智桥. 人才政策支持与重污染企业绿色创新绩效——来自高层次人才补助的经验证据[J]. 产业经济研究, 2024(1): 56-70.
- [13] 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(7): 43-60.