

节能减排的绿色创新效应

董照樱子 魏尚进 张蔚文*

摘 要: 本文从成本收益不确定性的视角构建企业决策模型,在理论上探讨环境规制如何改变企业的要素投入配置,进而影响绿色创新产出。实证研究发现:节能减排政策可以促进绿色创新增量提质,但该效应存在一定的滞后性;而转移成本、信息成本及边际收入之差在其中发挥了重要作用。此外,激励机制和财政分权体制影响了政策的绿色创新效应,而企业投入绿色创新的主要动机在于降低生产成本。

关键词: 节能减排;绿色创新;创新质量

DOI: 10.13821/j.cnki.ceq.2025.03.14

一、引 言

近年来,为应对环境资源约束、产业转型压力以及气候危机频发所带来的严峻挑战,中央政府出台了一系列环境政策,以期应对经济发展中的负外部性问题。早在“十一五”规划中,中国便明确提出“节能减排”目标,即单位国内生产总值能耗降低 20% 左右、主要污染物排放总量减少 10%。为了实现规划目标,各省市基于自身产业结构基础和发展战略,逐步将节能减排指标完成情况纳入其政府综合评价体系中。由此可见,“节能减排”目标的提出,标志着我国环境规制逐步从“软约束”转向了“硬约束”(韩超等,2017;陶锋等,2021)。

环境规制能否促进创新从而实现经济和环保的双赢,一直是学者们关注的焦点。然而,环境规制对创新的影响并非单一方向的。一方面,环境规制促使污染外部性问题内部化,在增加企业生产成本的同时,会挤出企业在其他方面的投资(Dechezleprêtre and Glachant, 2014;冯志艳等,2022),此即为成本遵循效应;另一方面,为了减少甚至抵消短期内执行环境规制的成本,企业会加大研发投入,试图通过技术改进和突破,以获得先发优势进而实现长期收益最大化,实现创新补偿,此即为“波特假说”,反映出环境规制对创新的激励效应(Porter and Van der Linde, 1995; Popp, 2006)。近年来,不少学者将研究焦点转向绿色创新(Acemoglu et al., 2012;董直庆和王辉,2019;齐绍洲等,2018)。相关实证研究发现,环境规制在促进绿色创新和刺激经济增长方面具有巨大潜力(Johnstone

* 董照樱子,浙江大学中国新型城镇化研究院、浙江大学公共管理学院;魏尚进,美国哥伦比亚大学商学院、复旦大学国际金融学院;张蔚文,浙江大学中国新型城镇化研究院、浙江大学公共管理学院。通信作者及地址:张蔚文,浙江省杭州市西湖浙江大学紫金港校区公共管理学院 325 室,310058;电话:0571-56662158;E-mail:wwzh@zju.edu.cn。本课题是国家社科基金项目(24CGL113)的阶段性成果。

et al., 2010; Popp and Newell, 2012; 齐绍洲等, 2018); 但受资金限制, 也可能会降低其创新行为的投资 (Aghion et al., 2016; Noailly and Smeets, 2015)。

创新补偿效应和成本遵循效应分别侧重从收益和成本角度来分析环境规制对于企业决策的影响, 两种效应的同时存在会导致环境规制对创新的具体影响呈现不确定性。本文综合两种观点, 首先从企业决策的要素配置视角切入, 基于成本收益分析构建理论模型, 分析环境规制怎样影响企业在不同条件下的生产要素投入, 进而对绿色创新产生影响, 并探析其影响机制; 随后, 基于理论分析, 将 2000—2020 年间已授权发明专利的全样本数据作为创新的代理变量, 从专利种类 IPC 层面实证考察环境规制对创新活动, 尤其是绿色创新活动的影响。结果显示: 节能减排政策可以显著促进绿色创新数量的增加和质量的提升, 但该效应存在滞后性; 技术转移成本、信息成本、边际收入之差在其中起到了重要作用。异质性分析显示, 自上而下的激励机制和财政分权体制影响了政策的绿色创新效应。此外, 对于非公有制企业、非“双高”(即高污染、高耗能) 行业, 以及上游行业为“双高”行业的企业来说, 环境规制的创新激励效应更强。

与以往研究相比, 本研究的贡献体现在以下四个方面: 其一, 环境规制对创新的激励作用始于波特假说, 但该假说本身存在争议。例如, Palmer et al. (1995) 和 Jaffe et al. (1995) 认为, 创新源于企业获取更大收益的内生动机, 企业倾向于主动从事研发活动, 并不需要环境规制作为外生政策刺激。尽管 Ambec and Barla (2002) 等学者从组织失灵、行为经济学等视角, 对无环境规制条件下企业的创新动因做出了一定解释, 但少有研究分析其背后的作用机理。本文构建成本收益理论模型, 引入技术转移成本、信息成本、边际收入之差等概念, 尝试解答不同情形下企业如何进行要素投入分配, 并在理论上就“环境规制→技术转移成本、信息成本、边际收入之差→企业要素配置→绿色创新”的作用机理进行深入分析和实证检验, 拓展了环境规制对创新影响的机理研究。

其二, 相关研究多以上市公司的专利数据为样本来源 (齐绍洲等, 2018; 李青原和肖泽华, 2020; 王馨和王营, 2021); 但上市公司的融资渠道与一般创新主体有所差异, 因而样本缺乏代表性, 同时存在“幸存者偏差”问题。本文使用更具代表性的全样本授权专利数据, 并深入分析所有权性质、行业类别和产业关联等造成的差异化响应, 整合宏观表现和微观机理两个视角, 刻画企业在环境规制下进行绿色创新的内生动力和实际行动。

其三, 专利数量与创新质量间并不完全挂钩 (陶锋等, 2021), 前者可能指向“创新假象”, 后者相比之下更能客观衡量创新价值与能力 (张杰和郑文平, 2018)。既有环境政策对技术创新影响的相关研究多将专利数量作为绿色创新的衡量依据, 对创新质量的关注相对缺乏, 抑或将创新质量与发明专利直接画上等号 (王馨和王营, 2021), 难以有效捕捉各专利所包含的内部知识的复杂性。陶锋等 (2021) 使用专利知识宽度等方法衡量专利质量, 并发现环境规制导致创新质量下滑, 并进一步探析了其内在原因。本研究同时使用专利知识宽度和被引用次数来衡量专利质量, 并着重分析其内在作用机制, 更全面地衡量环境规制对绿色创新增量提质的影响。

其四, 节能减排政策是当前地方政府官员政绩考核评价体系中的重要组成部分。既有研究从环保绩效、经济增长等方面探析了环境规制的效应, 以及地方政府激励机制在

其中扮演的角色(He et al., 2020; 贾俊雪等, 2023), 但暂未考虑激励机制和财政分权体制如何影响环境规制的创新效应。考虑到创新的正面效应具有滞后性, 导致最终影响效应可能有所不同。本文实证检验了官员晋升动机、政府工作关注度、财政分权体制等自上而下的国家治理体系如何影响节能减排政策的创新绩效, 从而为波特假说等经典理论提供了来自中国特色政治制度背景下的经验证据。

二、理论模型

(一) 基本模型设置

环境规制对创新的影响并非单一方向的, 创新补偿效应和成本遵循效应的交织, 导致环境规制对创新的具体影响呈现不确定性。不难发现, 以上两种观点分别侧重从收益和成本角度来分析环境规制对于企业决策的影响。就创新行为而言, 企业进行创新投入的意愿, 取决于创新初始投资成本是否可以得到满足, 以及创新预期收益是否大于初始投资成本。因此, 本文从成本收益不确定性的角度构建企业微观决策模型, 同时引入转移成本、信息成本、边际收入之差等概念, 尝试解答有环境规制的情形下, 企业在不同条件下如何调整生产要素投入, 进而对绿色创新产生影响。

基本模型设置如下: 假设企业生产两种产品 X 与 Y , 分别需要 n_x 单位绿色技术(x) 和 n_y 单位非绿色要素(y , 包括非绿色技术)投入, 单位成本分别为 c_x 和 c_y , 共需要花费 E_x 和 E_y , 投入非绿色要素会对环境产生一定的负外部性。假定生产函数与要素投入的关系为:

$$\begin{aligned} X &= f(n_x) = f(E_x/c_x), \\ Y &= f(n_y) = f(E_y/c_y). \end{aligned}$$

满足以下预算约束 E :

$$n_x c_x + n_y c_y = E_x + E_y = E.$$

企业的收入函数为:

$$r = P_x \times X + P_y \times Y.$$

设每货币单位绿色技术和非绿色要素投入的边际生产收入分别为 w_x 和 w_y ,

$$w_x = \frac{\partial r}{\partial E_x} = \frac{\partial r}{\partial X} \times \frac{\partial X}{\partial n_x} \times \frac{\partial n_x}{\partial E_x} = P_x \times MP_x \times \frac{1}{c_x}, \quad (1)$$

$$w_y = \frac{\partial r}{\partial E_y} = \frac{\partial r}{\partial Y} \times \frac{\partial Y}{\partial n_y} \times \frac{\partial n_y}{\partial E_y} = P_y \times MP_y \times \frac{1}{c_y}, \quad (2)$$

其中, P_x 、 P_y 为产品 X 与 Y 的市场价格; MP_x 、 MP_y 为要素 x 与 y 的边际生产力。边际生产收入受到不同产品市场价格、要素边际生产力以及要素成本的影响。

企业的利润函数为:

$$\pi = P_x \times X + P_y \times Y - c_x \times n_x - c_y \times n_y. \quad (3)$$

式(3)表明企业根据利润最大化的原则进行生产, 在完全竞争的市场情形下, 可以得到 $P_j \times MP_j = c_j$ ($j = x, y$)。结合式(1)和式(2), 得出:

$$w_x = w_y. \quad (4)$$

式(4)表明,均衡状态下每单位货币要素投入的边际生产收入应该相等。

(二) 节能减排政策影响

节能减排政策将各类污染物排放标准纳入各级地方政府的政绩考核中,强化了环境治理在各级地方政府各类任务中的重要性。因此,不少地方政府会采取要求企业更换设备、征收排污费等措施,并对未达标准的企业进行惩罚,例如关停生产、缴纳大额罚金等。因此,政策的实施会使企业投入非绿色要素的负外部性内部化,打破原有的均衡状态,促使 w_x 和 w_y 发生变化。在该政策的“硬约束”下,以利益最大化为目标的企业会结合自身条件进行重新决策,调整资金投入分配,导致要素投入发生转移。一方面,非绿色投入要素的使用成本 c_y 上升,边际收入 w_y 下降;另一方面,绿色产品的正外部性得以显现, P_x 上升, w_x 上升。由于 w_x 和 w_y 不再相等,在要素投入总量保持不变的情况下,使得要素投入转移变得有利可图,企业需做出新的决策:是否对绿色技术和非绿色要素进行资金投入的重新分配(以下简称要素投入转移),即改变 E_x 和 E_y 。

资金的重新分配意味着要素投入转移,这一过程会受到各种因素的共同影响。首先,企业是否进行要素投入转移,部分取决于其对市场信息的可及性,因为有效地获取市场信息有利于企业及时调整策略、发现创新机会(沈坤荣等,2023;李磊等,2022);其次,受技术创新路径依赖的影响(Hidalgo et al., 2007),企业在进行要素投入转移和技术创新研发过程中所需要付出的成本和资源与其自身技术结构有关。因此,我们引入两类成本:一类是在要素投入转移之前需要付出的、具有确定性的一般性信息成本 θ ,另一类是要素投入转移过程中需要付出的不确定性转移成本 c_i 。对于企业 i 而言,虽然 c_i 的分布函数 $f(c)$ 已知,但只有在付出 θ 后才能获取 c_i 的具体信息。

面临环境规制约束的企业需要做出两阶段决定。第一阶段,是否投入一般性信息成本 θ 以获得不确定性转移成本 c_i 的具体信息;这取决于两种情形下(减少 E_y 增加 E_x ,或者维持现状不变)预期收益的大小比较。第二阶段,当投入 θ 后,是否进行要素投入转移;这取决于两种要素的边际生产收入之差 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 是否大于 c_i 。由此,在第二阶段,我们假设存在 $\tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$,当 $c_i < \tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 时,企业会进一步降低其他非绿色要素投入 E_y ,增加绿色技术投入 E_x 。最终, $F(\tilde{c})$ 比例的企业会增加绿色技术投入 E_x ,相应地, $1 - F(\tilde{c})$ 比例的企业会维持要素投入不变,但两类企业的非绿色要素投入均会降低。

(三) 机制分析

下面,我们来探讨在何种情形下,环境规制会促进企业转向绿色创新、增加绿色技术投入 E_x 。企业的第一阶段决策,主要根据预期收益做出,即是否承担一般性信息成本 θ ,可由式(5)表示:

$$F(\tilde{c})[\tilde{w}_x - \int_0^{\tilde{c}} f(c)c dc [F(\tilde{c})]^{-1}] + [1 - F(\tilde{c})]\tilde{w}_y - \theta \geq \tilde{w}_y, \quad (5)$$

不等式左边表示当发生要素投入转移时的预期收益,不等式右边表示不发生要素投入转

移时的预期收益,即获得确定性 $\tilde{w}_y$, 当式(5)左边(Left Hand Side, LHS)大于右边(Right Hand Side, RHS)时,企业会选择承担一般性信息成本 θ 。对式(5)进行转换后得到:

$$F(\tilde{c})(\tilde{w}_x - \tilde{w}_y) - \int_0^{\tilde{c}} f(c)c \, dc - \theta \geq 0.$$

因此,是否进行要素投入转移的决策取决于一般性信息成本 θ 、不确定性转移成本 c_i 的分布 $f(c)$, 以及边际生产收入之差 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 。

随着 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 增加,一开始式(5)中 $LHS < RHS$, 并没有企业愿意承担 θ , 此时没有发生要素投入转移;当 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 增加到一定程度后, $LHS > RHS$, 一些企业会选择承担 θ , 并考虑是否进行要素投入转移。其中,在获得不确定转移成本 c_i 的具体信息后,只有当 $c_i < \tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 时,企业会进一步将非绿色要素投入转移到绿色技术投入中去,即第二阶段决策。

特别地, c^* 为 $\tilde{c}$ 在 $F(\tilde{c})(\tilde{w}_x - \tilde{w}_y) - \int_0^{\tilde{c}} f(c)c \, dc - \theta = 0$ 时的取值,此时,承担 θ 与否的预期收益相同,没有企业会做出改变,也不会承担 θ 。假设 $f(c)$ 均匀分布 $[0, \bar{c}]$, 则可得:

$$c^* = (2\theta\bar{c})^{0.5}. \quad (6)$$

可见,当边际生产收入之差($\tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$)小于 c^* 时,没有企业选择承担 θ , 因此也没有发生要素投入转移;当边际生产收入之差($\tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$)超过门槛值 c^* 时,会有企业选择承担 θ , 其中 $c_i < \tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 的企业,会进一步将非绿色要素投入转移到绿色技术投入中。

综上,环境规制会降低包括非绿色技术在内的非绿色要素投入。在一定条件下,环境规制会促使部分企业转移要素投入,增加绿色技术要素投入。这一过程与如下因素相关:

1. 边际生产收入之差: $\tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$

节能减排等环境规制手段,主要通过将外部成本内部化,影响绿色技术要素和非绿色生产要素的每货币单位的边际生产收入 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$, 刺激企业要素投入转移。随着 $\tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 的上升,减少 E_y 增加 E_x 的预期收益变高,在第一阶段会有更多企业选择承担 θ ; 在第二阶段, $c_i < \tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 可能性越大,增加绿色技术投入(E_x)的企业比例 $F(\tilde{c})$ 越高。

2. 一般性信息成本 θ

一般性信息成本 θ 主要通过影响门槛值 c^* 影响企业第一阶段决策。 θ 上升,式(5) LHS 下降,式(6)门槛值 c^* 上升,边际生产收入之差 $\tilde{c} = \tilde{w}_x - \tilde{w}_y$ 超过 c^* 的可能性降低,影响企业的第一阶段决策,非绿色要素投入转到绿色技术投入的可能性降低。

3. 企业要素投入的转移成本 c_i

对于微观个体而言,是否进行要素投入转移同样也会受到转移成本 c_i 的影响。如果

c_i 较低,在第二阶段, $c_i < \hat{c} = \hat{w}_x - \hat{w}_y$ 可能性越大,企业越有可能把非绿色要素投入转移到绿色技术投入中去。

三、数据来源、变量说明与研究策略

(一) 被解释变量

1. 创新数量

基于 CnOpenData 中已授权发明专利的原始数据,我们根据专利申请人所在地、国际专利分类(IPC)4 位代码和专利申请年份,核算了每一年不同城市在不同 IPC 分类专利下的授权数量,作为创新数量的代理变量。如果某一城市在特定的专利种类里没有任何申请记录,则计值为零。本文重点关注 2001—2020 年已授权的发明专利(共 2 754 608 件),与实用新型和外观设计专利相比,发明专利的授权条件更高,创新性更强、含金量更高,也是近期文献中广泛应用的创新产出的代理变量(陶锋等,2021;李磊等,2022)。考虑到专利自申请到授权存在一定的时间差(平均为 1 135 天),以及从 2017 年开始,样本中已授权的申请专利数据总量显著下降,本文把主要分析时段限定在 2001—2016 年,而 2017—2020 年的数据则用于后续的稳健性检验分析中。

2. 创新质量

我们使用专利知识宽度来定义不同种类发明专利的质量。专利知识宽度是指专利涉及的知识范围,范围越广、内涵知识越复杂、模仿难度越大、专利质量也越高,是科学衡量企业专利质量以及创新活动质量的重要代理指标之一(Akcigit et al., 2016; 陶锋等, 2021)。^① 本文通过测算专利层面的知识宽度,基于均值法,在城市-IPC-年份层面加总;为保证结果的稳健性,进一步使用知识宽度中位数法和被引用次数作为专利质量的代理变量,具体结论详见附录 I。^②

(二) 核心解释变量

1. 政策冲击

2006 年启动的“十一五”规划,正式将节能减排设定为约束性目标,进入地方政府的政绩考核评价体系中,因此也被认为是我国节能减排政策正式实施的开端(韩超等, 2017; Shi and Xu, 2018)。因此,本文将 2006 年作为政策冲击的起始年份,年份在 2006 年之后,定义虚拟变量 $Post=1$,在此之前, $Post=0$ 。

2. 绿色创新分类

“十一五”规划纲要明确提出:“要围绕资源高效循环利用,积极开展替代技术、减量

^① IPC 专利分类号格式一般采取“部—大类—小类—大组—小组”的格式,分类号的第一个字母取值范围为 A—H,以表示 8 个大部,第 2 至第 3 个数字表示大类,第 4 个字母表示小类,大组和小组之间用“/”隔开。专利知识宽度的计算方法借鉴赫芬达尔指数的计算思路,具体为:知识宽度 $= 1 - \sum \alpha^2$,其中, α 表示各大组在某一类别中所占比例。各大组的分类号差异越大,表明该专利运用了更多种类的知识,知识宽度越大。

^② 限于篇幅,附录未在正文列示,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网(<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>)下载。

技术、再利用技术、资源化技术、系统化技术等关键技术研究”。同时,也指出要把环境科技创新和环保产业作为优先发展领域。本文中将节能减排的相关技术创新统称为绿色创新,并根据世界知识产权组织(WIPO)的绿色专利目录进行依次识别(李青原和肖泽华, 2020; Qi et al., 2021)。在此基础上,借鉴陶锋等(2021)的研究,视绿色创新为本文 DID 模型中的处理组,定义虚拟变量 $Green=1$,其他种类的创新为对照组, $Green=0$ 。

(三) 模型设定

双重差分(Difference-in-Difference, DID)被广泛用于经济学实证研究,包括评估环境政策效应。在基本回归中,本文使用双重差分从城市层面考察节能减排政策对创新的处理效应。模型如下:

$$Y_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 Post_t \times Green_j + \alpha X_{it-1} + \delta_i + \tau_j + \gamma_t + \epsilon_{ijt}, \quad (7)$$

其中, Y_{ijt} 表示城市 i 在 t 年专利 j 的发明数量或者专利质量的对数值; $Post_t$ 为政策实施前后的虚拟变量,在 2006 年以后取值为 1,反之为 0。 $Green_i$ 为是否为绿色创新(处理组)的虚拟变量。交乘项 $Post_t \times Green_i$ 衡量了节能减排政策实施以后的处理效应。 X_{it} 是随时间变化的可观测的影响创新的城市层面控制变量,包括城市的人均国内生产总值对数(GDP_PC)、总人口对数(POP)、人口密度(POP_DEN)、外商直接投资占 GDP 比重(FDI_GDP)和城市创新能力($INNO$),数据来自《中国城市统计年鉴》和《中国城市和产业创新力报告》。为排除路径依赖作用的可能影响,我们控制了因变量的滞后一期。 δ_i 和 τ_j 分别表示城市和专利种类的固定效应,用以控制不随时间变化的城市层面和技术层面的不可观测因素; γ_t 表示年份固定效应,用以控制随时间变化的外生冲击; ϵ_{ijt} 表示随机误差项。基于基本模型,我们进一步对节能减排政策的动态影响进行估计,动态效应模型的具体设置如下:

$$Y_{ijt} = \beta_0 + \sum_t \beta_t \times DYear_t \times Green_j + \alpha X_{it-1} + \delta_i + \tau_j + \gamma_t + \epsilon_{ijt}, \quad (8)$$

其中 $DYear_t$ 是年度虚拟变量,表示相对政策开始实施时(2006 年)的第 t 年。当年份为 t 年时, $Year_t$ 为 1,而其他年份为 0(例如,处于 2007 年的样本 $Year_1=1$,而其他年份样本 $Year_1=0$)。 $Year_t \times Green_i$ 反映了特定年份绿色创新相对于非绿色创新数量/质量的动态变化。参考 Beck et al.(2010)的做法,我们选择政策实施前一期作为参照组。其他变量与式(7)的定义相同。

所有变量的定义及描述性统计如表 1 所示。

表 1 变量定义与描述性统计

变量名	变量定义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Quantity</i>	城市获批某类专利总量	3 049 302	0.716	13.972	0	6606
<i>Quality</i>	城市获批某类专利的知识宽度均值	3 049 302	0.009	0.067	0	0.957
<i>GDP_PC</i>	人均国内生产总值对数	4 510	9.929	0.935	6.638	13.132
<i>POP</i>	总人口对数	4 521	5.846	0.720	0	9.315
<i>POP_DEN</i>	人口密度	4 222	424.184	370.940	4.7	11 564

(续表)

变量名	变量定义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>FDI_GDP</i>	外商直接投资/国内生产总值	4 299	0.004	0.145	0	0.381
<i>INNO</i>	城市创新能力	4 558	0.061	0.036	0	10.614
<i>Green</i>	绿色创新 <i>Green</i> =1, 反之 <i>Green</i> =0	669	0.164	0.37	0	1

四、实证结果

(一) DID 处理效应分析

表 2 显示了 DID 模型的基本回归结果。以专利数量为被解释变量时,交互项 $Post \times Green$ 显著为正(列(1)—(3)),表明节能减排这一环境规制手段对绿色创新的激励作用显著大于非绿色创新。就经济意义而言,列(3)的结果表明,与非绿色创新(对照组)相比,节能减排政策使得绿色创新增长 $2.32\% (e^{0.023} - 1)$ 。以专利质量为被解释变量的结果如列(4)—(6)所示,交乘项 $Post \times Green$ 均显著为正,说明政策实施之后,绿色创新质量的提升大于非绿色创新。就经济意义而言,列(6)的结果表明,与非绿色创新相比,节能减排政策使得绿色创新知识宽度增长 $0.60\% (e^{0.006} - 1)$ 。因此,表 2 证明了节能减排政策能够显著促进绿色创新增量提质。

表 2 DID 回归结果

	专利数量			专利质量		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Post \times Green$	0.031*** (0.005)	0.021*** (0.006)	0.023*** (0.005)	0.009*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.006*** (0.001)
Observations	3 037 929	2 703 429	2 703 429	3 037 929	2 703 429	2 703 429
R ²	0.669	0.682	0.696	0.094	0.130	0.186
控制变量	否	是	是	否	是	是
年份 FE	否	否	是	否	否	是
城市 FE	否	否	是	否	否	是
IPC FE	否	否	是	否	否	是
调整后 R ²	0.669	0.682	0.696	0.094	0.130	0.186

注:括号内为异方差稳健的标准差;*** $p < 0.01$,** $p < 0.05$,* $p < 0.1$;下同。

图 1 描绘了节能减排政策对创新数量影响的动态效应,基于式(8)逐年估计系数 β_i 在 95%置信区间下的数值,可以看到,整体而言,节能减排政策的实施对绿色创新的促进作用在第 3 年后开始显现;并且,该促进作用随时间推移逐渐增强,部分证明了创新的溢出和扩散效应;0 期之前的系数并不显著,平行趋势假设成立。图 2 显示了节能减排政策对创新质量影响的动态效应,表明政策的实施对绿色创新质量提升作用的经济意义在第 8 年后才较为明显。与图 1 相比,图 2 说明专利质量的提升慢于数量的增加,但一旦实现提升,质量提升会加速发展。这说明节能减排政策首先促进绿色创新数量的增加,随时间推移,对绿色创新质量的提升作用也加快显现。

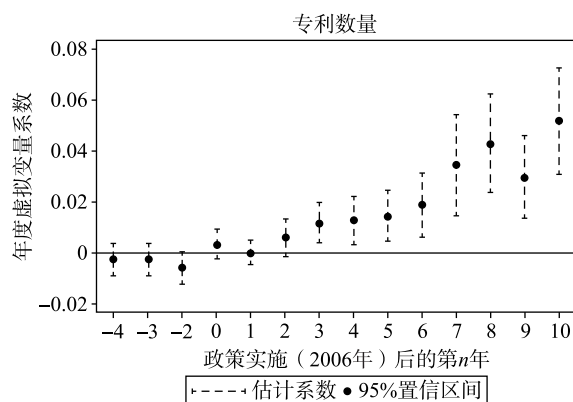


图1 节能减排政策对创新数量的动态效应

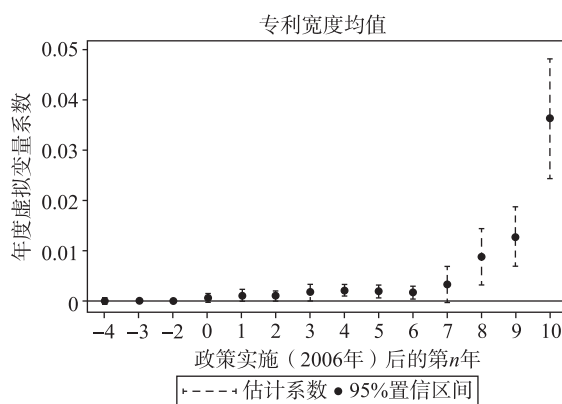


图2 节能减排政策对创新质量的动态效应

(二) 稳健性检验

为证明节能减排政策对绿色创新促进作用的稳健性,本文从以下几方面进行检验:(1)剔除同期新能源汽车政策、排污权交易、碳交易、大气十条^①、环境信息公开、低碳城市等政策的干扰影响;(2)随机化处理组的策略进行安慰剂检验;(3)重新定义绿色创新,使用增长率代替水平值,采取知识宽度中位数和年平均被引用次数衡量创新质量,以及调整样本研究区间。结果均证明了本文结论的稳健性,详见附录I。

(三) 机制分析

本小节通过构造 $Post \times Green$ 与边际收入之差、转移成本、信息成本的交乘项,验证理论模型指出的作用机制。节能减排政策影响机制变量的补充分析详见附录II。

1. 边际收入之差

绿色和非绿色投入为城市或企业带来的边际收入之差难以直接衡量,本文采取了以下的替代方法。其一,环境税费越高,非绿色要素投入的成本越高,每货币单位绿色技术

^① “大气十条”是2013年9月10日由国务院发布的《大气污染防治行动计划》的简称,旨在通过十条措施改善空气质量,重点治理以PM_{2.5}为特征的大气污染问题。

投入和非绿色要素投入的边际生产收入之差越大,向绿色技术创新的转换相对越容易。本文将各省对大气污染每当量所征收的污染费作为环境税费的代理变量,构造与 $Post \times Green$ 的交乘项加入模型,探析边际收入之差的作用(表 3 列(2)和列(7))。结果表明,污染费越高,节能减排的绿色创新效应越强。其二,本文测算了节能减排政策实施前后不同类别创新对城市 GDP 的影响,并提取其回归系数;该系数表示,创新每增加 1 单位, GDP 相应的增加量,以此衡量不同种类技术的边际收入。进一步地,构造该系数与 $Post \times Green$ 的交乘项进行回归(表 3 列(1)和列(6))。结果表明,边际收入系数越高,节能减排的绿色创新效应越强。以上结果间接证明,绿色要素投入和非绿色要素投入的边际生产收入之差越大,越容易发生非绿色要素向绿色要素的投入转移。

2. 信息成本

我们采用环境事件信访数量和污染源监管信息公开指数作为机制变量,以探讨信息成本在政策效果中的作用机制。其一,政府对环境事件信访的回应通常伴随相关环境信息的公开,这不仅推动政府改进信息披露机制,还提升了公众对环境问题的关注与参与。因此,我们使用各个省份历年的环境事件信访数量作为机制变量之一(表 3 列(3)和列(8))。研究发现,信访数量越多,节能减排政策对绿色创新数量增加效应越强,但对绿色创新质量的提升效应不显著。其二,污染源监管信息公开指数来源于公众环境研究中心(IPE)和自然资源保护协会(NRDC)共同研发的城市污染源监管信息公开评价体系(Piti),主要对城市污染源监管、污染处理工作、向公众公开信息等内容进行评价。然而,由于该指数涵盖了 113 个城市自 2008 年以来的环境信息公开情况,因此,在使用这一机制变量时,模型中仅能加入 $Piti \times Green$ 的交乘项。表 3 列(4)和列(9)表明,环境信息公开指数越高,节能减排的绿色创新效应越强。以上结果说明,信息成本越低,节能减排政策对绿色创新的正向影响越强。

3. 转移成本

经济演化理论认为,技术发展存在路径依赖性,即一个区域能否发展新技术或进入新的技术空间,取决于当地特定技术的已有知识和能力(Hidalgo et al., 2007)。如果一项待发展技术与区域本身技术知识结构密切相关,则技术发展难度较低,转移成本也较低。本文参考 Hidalgo et al.(2007)的研究,计算了各类专利的关联密度。关联密度越高,表明这项技术与当地多项成熟技术密切相关,技术转移成本也就越低,越容易发展这项新技术。如表 3 列(5)和列(10)所示,关联密度越高,技术转移成本越低,节能减排政策对绿色创新量质提升的作用越强。

表 3 机制分析

	边际收入之差		信息成本		转移成本
	污染费	边际收入系数	信访数量	信息公开	关联密度
Panel A: 专利数量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$Post \times Green$	0.004 (0.003)	-0.022*** (0.003)	0.013*** (0.003)		-0.061*** (0.005)

(续表)

	边际收入之差		信息成本		转移成本
	污染费	边际收入系数	信访数量	信息公开	关联密度
Panel A: 专利数量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$Post \times Green \times$ 机制变量	0.008*** (0.001)	0.000*** (0.000)	0.002*** (0.001)		0.008*** (0.001)
$Piti \times Green$				0.0005*** (0.000)	
调整后 R^2	0.696	0.696	0.705	0.738	0.697
Panel B: 专利质量	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
$Post \times Green$	0.004*** (0.001)	-0.000 (0.001)	0.006*** (0.001)		-0.008*** (0.001)
$Post \times Green \times$ 机制变量	0.001*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000 (0.000)		0.001*** (0.000)
$Piti \times Green$				0.0001*** (0.000)	
调整后 R^2	0.186	0.186	0.191	0.115	0.197
N	2 703 429	2 703 429	2 685 366	293 022	2 214 236
控制变量	是	是	是	是	是
年份 FE	是	是	是	是	是
城市 FE	是	是	是	是	是
IPC FE	是	是	是	是	是

(四) 异质性分析

1. 激励机制和财政分权体制的异质性影响

节能减排政策首次将环保各项目标和任务纳入地方政绩考核中。因此,政绩考核激励机制影响着地方政府对节能减排的重视程度和官员的实际努力程度(Jia et al., 2020; He et al., 2020)。同时,考虑到地方政府及其主要官员掌握着大量经济和创新资源,这势必影响资源分配走向,进一步影响环境规制的绿色创新效应。

就地方政府重视程度而言,我国各地级市在每年均会发布政府工作报告,总结当年政府各项工作,报告新年度政府工作计划和目标,从中可以分析出地方政府的发展方向和对某项事务的关注程度。本文参考王印红和李萌竹(2017)、陈诗一和陈登科(2018)的做法,提取各个城市政府工作报告中与节能减排相关的关键词(如环境保护、治理污染、能耗、低碳、绿色发展、环境质量等),并计算关键词出现词频,作为对节能减排政策关注度的代理变量。如表4列(1)和列(5)所示,随着政策关注度的提高,节能减排对绿色创新的正向影响也相应提升。这进一步证明了政府发展战略和工作目标在绿色创新中的重要作用。

就地方官员努力程度而言,考虑到官员在 57 岁之后晋升可能性较小,本小节参考 He et al.(2020)、Jia et al.(2020)、贾俊雪等(2023)的研究,当市委书记和市长的年龄大于 57 岁时,设置虚拟变量为 1,反之为 0,用以衡量其晋升动力,从而间接刻画其努力程度。表 4 列(2)—(3)和列(6)—(7)结果显示,当市委书记和市长的年龄大于 57 岁时,节能减排的绿色创新正向影响较强。这可能是因为创新的正面效应具有滞后性,那些具有更强晋升动机的官员更倾向于采取具有即时效果的节能减排措施,对绿色创新的支持倾向并不强。此外,地方政府政绩考核可分为约束性目标和预期性目标,约束性目标主要指环境保护、扶贫等,预期性目标则主要包括经济增长、财政收入等。一般来说,具有晋升动机的官员在确保约束性目标达标后,就会将更多努力投入预期性目标,而非追求约束性目标的高产出(Cao et al., 2023)。

地方政府环境治理的实际能力也是影响环境规制创新效果的重要因素。作为中国式分权改革的重要内容之一,财政分权在影响财政自主权的同时,也会影响地方政府的资源投放方向(陈思霞和卢盛峰,2014;范子英和赵仁杰,2020),很大程度上决定了地方政府在污染监管、技术创新补贴等方面的执行力度。参考李政和杨思莹(2018)、赵建国等(2021)的方法,我们使用地方人均财政支出/全国人均财政支出作为财政分权的代理指标。表 4 列(4)和列(8)表明,财政分权程度越高,节能减排的政策创新效应越强。这也与刘红芹和耿曙(2023)的研究结论不谋而合——地方政府越能自主支配其财政资源,越倾向于将资源投往长期发展方向。

表 4 激励结构和财政分权的异质性影响

	政策关注	市委书记年龄	市长年龄	财政分权
Panel A: 专利数量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.011*** (0.004)	0.047*** (0.009)	0.064*** (0.010)	−0.018*** (0.004)
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Attention</i>	2.587*** (0.575)			
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Shuji</i>		−0.029*** (0.004)		
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Shizhang</i>			−0.045*** (0.006)	
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Fiscal</i>				0.008*** (0.001)
调整后 R ²	0.710	0.696	0.696	0.706
Panel B: 专利质量	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.002*** (0.001)	0.010*** (0.002)	0.013*** (0.002)	−0.002*** (0.001)
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Attention</i>	1.289*** (0.240)			
<i>Post</i> × <i>Green</i> × <i>Shuji</i>		−0.004*** (0.000)		

(续表)

	政策关注	市委书记年龄	市长年龄	财政分权
Panel B: 专利质量	(5)	(6)	(7)	(8)
$Post \times Green \times Shizhang$			-0.007*** (0.001)	
$Post \times Green \times Fiscal$				0.002*** (0.000)
调整后 R ²	0.194	0.186	0.186	0.192
N	2 037 105	2 703 429	2 703 429	2 168 229
控制变量	是	是	是	是
年份 FE	是	是	是	是
城市 FE	是	是	是	是
IPC FE	是	是	是	是

2. 企业特征影响

本小节进一步比较不同所有权和污染性质企业的异质性响应,分析环境规制促进绿色创新的背后,究竟是补贴等降低转移成本的外生手段刺激,还是由于经济效率较高的内生动力驱动。就所有权性质而言,相对于非公有制企业,公有制企业更易取得融资和信贷补贴(喻坤等,2014);非公有制企业生产效率较高,风险投资成本较低(余琰等,2014),创新能力较强(李政和陆寅宏,2014)。此外,就污染性质而言,由于非污染行业本身绿色技术基础较好(董直庆和王辉,2019),更有可能在绿色创新领域取得先发优势(Acemoglu et al., 2012),且调整成本较低(童健等,2016),更容易向绿色技术转移。

基于工商局企业注册信息,本小节首先识别每个专利申请企业的所有权性质和行业类别,并在城市层面分别对公有制企业、非公有制企业、“双高”行业和非“双高”行业的不同类别专利授权数量进行加总分析。^①表5列(2)和列(6)中 $Post \times Green$ 系数的显著性水平和数值均大于列(1)和列(5),且组间差异检验显著,即政策对非公有制企业的绿色创新具有更强的正向影响,这与史贝贝等(2019)的研究结论类似。以上结果意味着相比于政府补贴等降低生产成本的外生手段,降低转移成本对绿色创新的内生激励作用更强。列(3)和列(4)显示,就专利数量而言,与非绿色创新相比,节能减排政策实施使得“双高”企业绿色专利增长0.8%,非“双高”企业绿色专利的增长率达到1.6%,组间差异检验结果显著。就专利质量而言(列(7)和列(8)),政策实施使得非“双高”行业专利质量提升0.5%,显著高于“双高”行业的0.1%,也间接证明了降低转移成本对绿色创新的显著作用。该结果也与陶锋等(2021)的结论类似,清洁行业在面临环境规制时更容易采取创新的方式以追求长久的竞争优势,而污染行业则更倾向于扩大生产规模以获得更低的排放强度,满足规制要求。

^① 其中,行业类型分为“双高”行业与非“双高”行业,根据“十一五”期间的《节能减排综合性工作方案》,结合《上市公司环保核查行业分类管理名录》、史贝贝等(2019)、齐绍洲等(2018)的分类,基于《国民经济行业分类》与(GB/T 4754—2017)的大类分类(2位行业代码),定义22个行业为“双高”行业。所有权性质分为公有制企业 and 非公有制企业。

表 5 所有权和行业异质性分析

	公有制	非公有制	“双高”	非“双高”
	(1)	(2)	(3)	(4)
Panel A: 专利数量				
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.002*** (0.001)	0.017*** (0.005)	0.008** (0.003)	0.016*** (0.004)
调整后 R ²	0.395	0.623	0.362	0.649
组间差异检验-chi2		484.84		123.1
组间差异检验-p 值		(0.000)		(0.000)
Panel B: 专利质量	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.001*** (0.000)	0.004*** (0.001)	0.001*** (0.000)	0.005*** (0.001)
调整后 R ²	0.088	0.161	0.074	0.184
组间差异检验-chi2		793.24		632.45
组间差异检验-p 值		(0.000)		(0.000)
控制变量	是	是	是	是
N	2 703 429	2 703 429	2 703 429	2 703 429
年份 FE	是	是	是	是
城市 FE	是	是	是	是
IPC FE	是	是	是	是

3. 产业关联影响

本小节通过产业关联分析,进一步探析绿色创新动力主要来源于生产成本压力还是市场需求变化。对于某个特定行业而言,其上游行业影响原材料供应,改变该行业要素投入的生产成本,其下游行业影响该行业的收入和现金流,进而影响研发决策。本小节基于全国投入产出表,在计算各个行业完全消耗系数的基础上,进行产业关联度分析(见附录Ⅲ)。

回归结果如表 6 所示。无论对于非“双高”行业还是“双高”行业,上游行业为“双高”行业时,节能减排政策对绿色创新质量和数量的正向影响更强。例如,对非“双高”行业而言,上游行业为“双高”行业时(列(3)和列(7)),节能减排政策促进绿色创新数量增长 1.3%、质量提升 0.4%;下游行业为“双高”行业时,节能减排政策促进绿色创新数量增长 0.04%(列(4))、质量提升 0.01%(列(8))。以上结果表明,节能减排政策实施后,降低生产成本、减弱对原材料的依赖是刺激企业进行绿色创新的主要内生动力。

表 6 产业关联影响

	“双高”类行业		非“双高”类行业	
	上游“双高”	下游“双高”	上游“双高”	下游“双高”
	(1)	(2)	(3)	(4)
Panel A: 专利数量				
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.005** (0.002)	0.0001** (0.000)	0.013*** (0.003)	0.0004*** (0.000)

(续表)

	“双高”类行业		非“双高”类行业	
	上游“双高”	下游“双高”	上游“双高”	下游“双高”
Panel A: 专利数量	(1)	(2)	(3)	(4)
调整后 R ²	0.302	0.048	0.557	0.157
组间差异检验-chi2		274.61		545.95
组间差异检验-p 值		(0.000)		(0.000)
Panel B: 专利质量	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Post</i> × <i>Green</i>	0.001***	0.00001**	0.004***	0.0001***
	(0.000)	(0.000)	(0.001)	(0.000)
调整后 R ²	0.065	0.0002	0.162	0.055
组间差异检验-chi2		243.79		1 126.29
组间差异检验-p 值		(0.000)		(0.000)
控制变量	是	是	是	是
N	2 703 429	2 703 429	2 703 429	2 703 429
年份 FE	是	是	是	是
城市 FE	是	是	是	是
IPC FE	是	是	是	是

(五) 进一步分析

1. 专利种类异质性分析

专利自身的特性也决定了其对政策的响应有所不同。结果显示,就专利数量而言,节能减排政策对行政监管与设计类以及农林类的刺激作用尤其明显。就专利质量而言,节能减排政策对行政监管与设计类,能源节约类,以及可替代能源生产类的促进作用较强。具体结论详见附录IV。

2. 效益检验

本小节在前文研究的基础上,对绿色创新的环境和经济效益进行分析。结果显示,绿色创新的数量在一定程度上会促进经济增长,减少碳排放,具有正的经济和环境效益。具体结果详见附录V。

五、政策含义

本文有以下政策启示:第一,节能减排对绿色创新具有明显的正向影响,但存在明显的滞后性,在不同行业 and 不同所有权类型的企业间也存在差异。因此,在规制前期对有潜力的创新主体进行适度补贴、以减弱短期内环境规制给部分创新主体经营和生存带来的不利影响,是非常有必要的。但是对于企业来说,依赖政府补贴进行绿色创新并不是

最具效率的方式,应从提升本身的生产效率等方面入手,内生地降低技术转移成本,促进绿色创新。

第二,提高企业对绿色技术创新相关信息的获取能力,降低一般性信息成本,能够促使企业将部分生产要素向绿色技术研发转移。因此,应抓住数字化契机,加速信息化建设,充分利用信息技术以减少市场信息不对称,激励企业发现创新机会、转向绿色创新活动。

第三,随着经济步入新常态,规范地方政府行为的环境规制是中央政府驱动经济高质量发展的重要工作内容。但研究表明,自上而下的激励机制有偏,地方官员高度重视经济增长等预期性目标,对节能减排等约束性目标的关注仅限于确保达标,对节能减排的绿色创新效应关注不足。为实现经济发展和环境保护的双赢,应从优化地方政府激励结构、纠偏地方官员行为激励方面着手,例如建立地方环境规制的长效评估机制以及在地方官员政绩考核中增加环境规制经济、社会效益的权重。

参 考 文 献

- [1] Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hémous, “The Environment and Directed Technical Change”, *American Economic Review*, 2012, 102(1), 131-166.
- [2] Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hemous, R. Martin, and J. van Reenen, “Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry”, *Journal of Political Economy*, 2016, 124(1), 1-51.
- [3] Akcigit, U., S. Baslandze, and S. Stantcheva, “Taxation and the International Mobility of Inventors”, *American Economic Review*, 2016, 106(10), 2930-2981.
- [4] Ambec, S., and P. Barla, “A Theoretical Foundation of the Porter Hypothesis”, *Economics Letters*, 2002, 75(3), 355-360.
- [5] Beck, T., R. Levine, and A. Levkov, “Big Bad Banks? The Winners and Losers from Bank Deregulation in the United States”, *The Journal of Finance*, 2010, 65(5), 1637-1667.
- [6] Cao, G., X. Weng, M. Xu, and L. A. Zhou, “Hybrid Contracts, Multitasking, and Incentives: Theory and Evidence from China’s Air Pollution Controls”, SSRN, 2023.
- [7] 陈思霞、卢盛峰,“分权增加了民生性财政支出吗?——来自中国‘省直管县’的自然实验”,《经济学》(季刊), 2014年第13卷第4期,第1261—1282页。
- [8] 陈诗一、陈登科,“雾霾污染、政府治理与经济高质量发展”,《经济研究》,2018年第53卷第2期,第20—34页。
- [9] Dechezleprêtre, A., and M. Glachant, “Does Foreign Environmental Policy Influence Domestic Innovation? Evidence from the Wind Industry”, *Environmental and Resource Economics*, 2014, 58(3), 391-413.
- [10] 董直庆、王辉,“环境规制的‘本地—邻地’绿色技术进步效应”,《中国工业经济》,2019年第1期,第100—118页。
- [11] 范子英、赵仁杰,“财政职权、征税努力与企业税负”,《经济研究》,2020年第55卷第4期,第101-117页。
- [12] 冯志艳、黄玖立、阎虹戎,“治污压力、环保激励与工业用地出让——来自土地交易微观数据的经验证据”,《经济学》(季刊),2022年第6期,第2085—2106页。
- [13] 韩超、张伟广、冯展斌,“环境规制如何‘去’资源错配——基于中国首次约束性污染控制的分析”,《中国工业经济》,2017年第4期,第115—134页。
- [14] He, G., S. Wang, and B. Zhang, “Watering Down Environmental Regulation in China”, *The Quarterly Journal*

- of Economics*, 2020, 135(4), 2135-2185.
- [15] Hidalgo, C. A., B. Klinger, A. L. Barabási, and R. Hausmann, "The Product Space Conditions the Development of Nations", *Science*, 2007, 317(5837), 482-487.
- [16] Jaffe, A. B., and K. Palmer, "Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study", *Review of Economics and Statistics*, 1997, 79(4), 610-619.
- [17] Jaffe, A. B., S. R. Peterson, P. R. Portney, and R. N. Stavins, "Environmental Regulation and the Competitiveness of US Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?", *Journal of Economic Literature*, 1995, 33(1), 132-163.
- [18] Jia, J., S. Ding, and Y. Liu, "Decentralization, Incentives, and Local Tax Enforcement", *Journal of Urban Economics*, 2020, 115, 103225.
- [19] 贾俊雪、罗理恒、顾嘉, "地方政府环境规制与经济高质量发展", 《中国工业经济》, 2023年第5期, 第99—117页。
- [20] Johnstone, N., I. Haščić, and D. Popp, "Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts", *Environmental and Resource Economics*, 2010, 45(1), 133-155.
- [21] 李磊、刘常青、韩民春, "信息化建设能够提升企业创新能力吗? ——来自‘两化融合试验区’的证据", 《经济学》(季刊), 2022年第3期, 第1079—1100页。
- [22] 李青原、肖泽华, "异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据", 《经济研究》, 2020年第9期, 第192—208页。
- [23] 李政、陆寅宏, "国有企业真的缺乏创新能力吗——基于上市公司所有权性质与创新绩效的实证分析与比较", 《经济理论与经济管理》, 2014年第2期, 第27—38页。
- [24] 李政、杨思莹, "财政分权、政府创新偏好与区域创新效率", 《管理世界》, 2018年第34卷第12期, 第29—42+110+193—194页。
- [25] 刘红芹、耿曙, "地方政府短视问题再考察: 财政联邦、晋升锦标与地方支出结构", 《社会学评论》, 2023年第4期, 第53—73页。
- [26] Noailly, J., and R. Smeets, "Directing Technical Change from Fossil-Fuel to Renewable Energy Innovation: An Application Using Firm-Level Patent Data", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2015, 72, 15-37.
- [27] Palmer, K., W. E. Oates, and P. R. Portney, "Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?", *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9(4), 119-132.
- [28] Popp, D., "International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NOX and SO2 Regulation in the US, Japan, and Germany", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2006, 51(1), 46-71.
- [29] Popp, D., and R. Newell, "Where Does Energy R&D Come from? Examining Crowding Out from Energy R&D", *Energy Economics*, 2012, 34(4), 980-991.
- [30] Porter, M., and C. van der Linde, "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9(4), 97-118.
- [31] 齐绍洲、林岫、崔静波, "环境权益交易市场能否诱发绿色创新? ——基于我国上市公司绿色专利数据的证据", 《经济研究》, 2018年第12期, 第129—143页。
- [32] Qi, S., C. Zhou, K. Li, and S. Tang, "Influence of a Pilot Carbon Trading Policy on Enterprises' Low-Carbon Innovation in China", *Climate Policy*, 2021, 21(3), 318-336.
- [33] 沈坤荣、林剑威、傅元海, "网络基础设施建设、信息可得性与企业创新边界", 《中国工业经济》, 2023年第1期, 第57—75页。
- [34] 史贝贝、冯晨、张妍、杨菲, "环境规制红利的边际递增效应", 《中国工业经济》, 2019年第12期, 第40—58页。
- [35] Shi, X., and Z. Xu, "Environmental Regulation and Firm Exports: Evidence from the Eleventh Five-Year Plan

- in China”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, 89, 187-200.
- [36] 陶锋、赵锦瑜、周浩, “环境规制实现了绿色技术创新的‘增量提质’吗——来自环保目标责任制的证据”, 《中国工业经济》, 2021 年第 2 期, 第 136—154 页。
- [37] 童健、刘伟、薛景, “环境规制、要素投入结构与工业行业转型升级”, 《经济研究》, 2016 年第 51 卷第 7 期, 第 43—57 页。
- [38] 王馨、王莹, “绿色信贷政策增进绿色创新研究”, 《管理世界》, 2021 年第 37 卷第 3 期, 第 173—188 页。
- [39] 王印红、李萌竹, “地方政府生态环境治理注意力研究——基于 30 个省市政府工作报告(2006—2015)文本分析”, 《中国人口·资源与环境》, 2017 年第 27 卷第 2 期, 第 28—35 页。
- [40] 喻坤、李治国、张晓蓉、徐剑刚, “企业投资效率之谜: 融资约束假说与货币政策冲击”, 《经济研究》, 2014 年第 5 期, 第 106—120 页。
- [41] 余琰、罗炜、李怡宗、朱琪, “国有风险投资的投资行为和投资成效”, 《经济研究》, 2014 年第 2 期, 第 32—46 页。
- [42] 张杰、郑文平, “创新追赶战略抑制了中国专利质量么?”, 《经济研究》, 2018 年第 53 期, 第 28—41 页。
- [43] 赵建国、齐默达、关文, “财政分权赋能经济发展的新路径——基于技术创新路径的检验”, 《财政研究》, 2021 年第 11 期, 第 73—85 页。

The Impact of Energy Saving and Emission Reduction Policy on Green Innovation

DONG Zhaoyingzi

(Zhejiang University)

WEI Shangjin

(Columbia University; Fudan University)

ZHANG Weiwen*

(Zhejiang University)

Abstract: A theoretical exploration is made on how environmental regulation affects green innovation investment and patent data based on a cost-benefit uncertainty decision-making model. The empirical results show that energy saving and emission reduction policy promotes the quantity and quality of green innovations, but this effect occurs with some delays. In addition, energy saving and emission reduction policy contributes to green innovations by altering the difference between switching cost, information costs and marginal income. What is more, incentive mechanisms and fiscal decentralization systems have influenced the green innovation effects of policies. Moreover, the primary motivation for inventing green innovation is to reduce costs from the upper stream.

Keywords: energy saving and emission reduction; green innovation; innovation quality

JEL Classification: Q52, Q55, Q58

* Corresponding Author: ZHANG Weiwen, Room 325, School of Public Affair, Zhejiang University, Xihu District, Hangzhou, Zhejiang 310058, China; Tel: 86-571-56662158; E-mail: wwzh@zju.edu.cn.