环境规制对绿色技术创新的影响

——“波特效应”的中国证据*

郭　进

内容提要:在我国环境规制实现区域污染治理的过程中,会遭遇污染产业转移、投资领域变迁等规避问题。为检验有关规制措施的有效性,本文基于省际面板数据考察了环境规制与绿色技术创新的关系,研究发现,与环境行政处罚和颁布地方性法规相比,收缴排污费和增加环境保护财政支出更加有效,这说明依靠环境规制推动绿色技术创新的关键在于规制工具的选择。总体而言,财、税、费等市场调控类环境规制工具更适合我国国情。中介效应检验发现,收缴排污费和环境保护财政支出倒逼企业提高研发强度,进而推动绿色技术创新,且二者对绿色技术创新的促进作用均呈现由弱变强、由不显著到显著的门槛效应。值得注意的是,严厉的行政处罚阻碍绿色技术创新,且不管规制强度如何,地方性法规对绿色技术创新并无显著影响。因此,为加强环境治理,促进绿色技术创新,需要构建市场化环境规制体系、注重环境规制顶层设计的落地,并适当提高环境规制强度。

关 键 词:环境规制　绿色技术创新　中介效应　门槛效应

作者简介:郭　进,南京师范大学商学院讲师、博士,210023。

中图分类号:F273.1,X196　**文献标识码**:A　**文章编号**:1002-8102(2019)03-0147-14

一、引　言

近年来,随着我国经济建设进入高质量发展阶段、人民生活进入美好生活新时代,环境保护在各个领域成为人们关注和讨论的热点。鉴于环境问题的强烈外部性,政府以规制手段约束企业的污染行为是进行政策评价时绕不开的话题。但是,环境规制是手段不是目的,“波特假说”认为“适当的环境规制将刺激技术革新”(Porter 和 Van-der-Linde,1995)。由此可见,通过规制手段倒逼或激励企业增加研发投入以提高污染治理能力和产品科技含量,进而促进绿色技术创新,才是设计和实施环境规制的最终落脚点。

然而,环境规制一定能促进绿色技术创新吗?显然,答案是不一定的:其一,企业面临环境规

* 基金项目:江苏省社会科学基金“健全我国绿色技术创新的市场导向机制研究”(17JDB005);国家自然科学基金青年项目“多目标约束下产城融合的耦合机理与优化路径研究”(71803086);国家社会科学基金青年项目“人工智能装备创新应用背景下构建合理有序的收入分配格局研究”(18CGL030)。作者感谢审稿专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

制时有多种规避策略,常见的如转移到环境规制较宽松的地区(傅京燕,2008;沈坤荣等,2017)、转向类金融等环境污染强度较低的投资领域(王书斌、徐盈之,2015),这些策略在一定时间内可能带来环境污染程度的降低,但从跨区域角度来看是一种"零和游戏",也有可能损害制造业发展的基础;其二,环境规制是一个包含多种政策手段的工具箱,包括但不限于收缴排污费、环境行政处罚、环境保护财政支出、颁布环境法规和规章等,不同的环境规制工具或通过财政税费等经济手段,或通过命令控制等行政手段影响污染企业的生产行为,有的环境规制工具侧重于事后惩罚,有的则侧重于事前引导,不同的环境规制工具有不一样的作用机制,对于促进绿色技术创新自然也存在差异化的效果;其三,环境规制强度与绿色技术创新有着非常重要的间接关系,强度过低无法改变污染企业与政府间的博弈均衡,也就无法改变企业继续污染环境的策略选择,强度过高则有可能造成大量企业外迁或财务状况恶化,不仅损害区域经济发展,也与绿色技术创新无益。

综上所述,"波特假说"关于环境规制与绿色技术创新的描述似乎是多种结果中最理想的。鉴于改革开放四十余年我国对粗放式生产方式的路径依赖,本文认为"波特假说"是多种情景下最理想的结果。那么,这种最理想的结果是否真实存在呢?如果环境规制推动了我国绿色技术创新,那么哪种环境规制工具在什么样的规制强度下最有效呢?本文构建了2006—2010年中国省际面板数据,采用绿色技术授权专利数和绿色技术获科学技术奖励数之和来衡量地区的绿色技术创新水平,引入当下使用频率最高的四种环境规制工具——收缴排污费、环境行政处罚、环境保护财政支出、颁布地方性环境法规和规章,实证分析环境规制促进绿色技术创新的效果、异质性和门槛值。本文的研究对于厘清环境规制与绿色技术创新之间的关系,继而为从绿色技术创新层面推进污染治理和环境保护,具有重要的理论价值和现实意义。

二、文献综述

与本文研究主题相关的文献分两支:一支着重研究环境规制本身,包括环境规制的内涵和外延、环境规制工具的分类、环境规制的策略选择等;第二支着重研究环境规制的经济效应和社会效应,其中经济效应集中于对区域经济结构转型升级的影响,社会效应主要关注了环境规制对污染治理和环境保护所起到的作用。

就第一支文献而言,虽然环境问题的强烈负外部性早已成为共识,但环境规制的内涵和外延仍在不断地变化和调整中。起初,环境规制仅涵盖政府以行政手段发布的如禁令、规章制度、非市场转让性许可证等命令控制。随后,以市场调控为基础的经济激励和约束政策(如环境税、补贴等),以及以群众自觉意识为基础的行为规范(如信息纰漏、群众举报等)也不断地纳入环境规制的范畴(赵玉民等,2009)。基于此,学者们通常将环境规制工具划分为三类:以行政命令、法律法规等为载体的命令控制型;以市场调控为手段的经济激励与约束型以及其他与环保观念、环保意识、环保态度和环保认知等相关联的隐性环境规制(Testa 等,2011)。当然,不同的研究视角下,环境规制工具也有其他分类方式(Böcher,2012;原毅军、刘柳,2013)。从本质上来说,不管哪种类型的环境规制工具,其作用途径均是实现污染企业外部成本的内部化,进而改变污染企业与代表公共利益的政府间的博弈均衡(潘峰等,2015),促使企业重新选择有利于生态环境的生产策略。然而,当综合考虑本地经济发展、产业政策、环境禀赋以及跨区域地方政府竞争(韩超等,2016)等因素后,环境规制的策略选择则变得尤为重要,主要体现在对规制工具的选择和规制强度的把握上(李胜兰等,2014;Ambec 等,2013),但关于环境规制时点选择的研究尚未涉及,即事后惩罚和事先引

导哪个更加有效,可能的原因是对于环境规制工具的事前或事后性质难以准确界定。

第二支文献研究进展较快,内容也更加丰富。经济效应层面的研究涉及环境规制与生产效率(Lanoie 等,2008;Albrizio 等,2017;徐彦坤、祁毓,2017)、环境规制与企业选址(Levinson,1996;Dechezleprêtre 和 Sato,2017;沈坤荣等,2017)、环境规制与区域经济增长(赵霄伟,2014;Oueslati,2014;Özokcu 和 Özdemir,2017)、环境规制与产业结构转型(原毅军、谢荣辉,2014;钟茂初等,2015)以及环境规制与进出口贸易(He,2006;任力、黄崇杰,2015),其观点大致可以分为三类:一是环境规制优化了企业的生产行为进而产生了积极的经济效应;二是环境规制增加了企业的额外成本进而不利于经济发展;三是受到具体环境规制工具类型以及环境规制强度的影响,环境规制与经济指标间存在倒 U 型、门槛型等非线性关系。社会效应层面的研究主要集中于探讨和检验环境规制是否有利于污染治理上,例如 Goldar 和 Banerjee(2004)检验了环境规制与印度水污染治理的关系;王书斌、徐盈之(2015)检验了环境规制与中国大气污染治理的关系;范庆泉、张同斌(2018)构建了包括企业治污资本投入、政府实施环境税和减排补贴两种环境规制政策的理论模型,并模拟了其均衡解。这些研究均支持环境规制有利于污染治理的结论,但对于环境规制在污染治理中所扮演的角色却莫衷一是,主要争论集中在“波特效应”是否真实存在。反对的观点有两个:一是环境规制与污染产业转移说,或污染避难所假说,这种观点比较普遍,认为环境规制会带来污染产业向周边区域转移,进而实现本地区的污染治理;二是环境规制与投资领域变迁说,认为环境规制将使污染企业砍掉污染强度较高的制造业,转向投资污染强度较低的服务业或类金融业,进而实现污染治理。

环境规制推动绿色技术创新是检验“波特效应”最直接的方式,但是囿于环境规制与污染治理存在内生性、绿色技术创新难以准确衡量、环境规制的影响效应存在非线性等方面的限制,现有研究虽然进行了积极的尝试,但也存在不足。例如,Hernandez-Sancho 等(2000)、Domazlicky(2004)以污染物的排放总量或达标排放率作为环境规制的衡量指标,这类衡量办法将污染治理的结果等同于环境规制本身,但由于地区间的起始污染水平存在差异,因而不能简单地认为污染物排放量少、达标率高其环境规制强度就高。Johnstone 等(2010)、Chakraborty 和 Chatterjee(2017)、蒋伏心等(2013)等以专利申请量、研发投入来衡量技术创新水平,但是未能严格区分绿色技术创新和其他非环保类的技术创新。李斌等(2013)从考虑非期望产出的视角测算了工业行业的绿色技术效率和绿色全要素生产率,规避了无法准确区分绿色技术创新和其他非环保类技术创新的障碍。但是,张江雪等(2015)发现,企业绿色技术效率和绿色全要素生产率的提升不完全来源于企业自身的绿色技术创新,还有可能来源于绿色技术引进和转化。Guo 等(2017)采用结构方程模型(SEM)探讨了环境规制、技术进步与绿色经济效率之间的关系,认为环境规制有利于推动技术进步,但环境规制能否带来绿色经济效率的提升依然不确定。贾军、张伟(2014)依据 OECD 公布的《技术领域与 IPC 分类号对照表》提出了划分绿色技术创新和非环保类技术创新的办法,为环境规制与绿色技术创新的研究做出了重要贡献。贾军、张伟(2014)提出的绿色技术创新专利不仅包括企业,还包括其他机构,因此其针对环境规制推动绿色技术创新的因果关系检验存在前后对象的非一致性问题。Xie 等(2017)基于 SBM 测算方法和 Luenberge 生产率指数对中国省际工业绿色生产率进行了评估,并区分命令控制型环境规制和市场调控类环境规制,分析了不同类型环境规制对绿色生产率的影响,不足之处在于未能清楚回答环境规制促进绿色生产率提升是否来源于绿色技术创新。Zefeng 等(2018)将对“波特效应”的检验从单一环境规制扩展到多维环境规制层面,着重探讨了环境规制之间的相互影响,但缺乏对环境规制与绿色技术创新关系的检验。

综上所述,本文指出审慎地检验环境规制与绿色技术创新的关系需要克服两方面的障碍:第一,需要从环境规制本身入手构建衡量环境规制强度的办法,区分规制手段和治理效果,从而解决环境规制与污染治理间的内生性问题;第二,需要提取企业层面的绿色技术创新指标以衡量绿色技术创新水平,从而剔除非环保类技术创新的影响。首先,本文选取排污费收缴额、环境行政处罚案件数、环境保护财政支出额、地方政府颁布的环境法规和规章数来直接衡量环境规制强度,并将四类环境规制划分为事后惩罚类环境规制和事先引导类环境规制,①不仅克服了环境规制与污染治理间的内生性问题,也对现有文献未涉及环境规制时点选择的研究进行有益补充,具有一定的创新性。其次,本文从《中国环境统计年报》中直接提取了绿色技术授权专利数和绿色技术获科学技术奖励数作为地区绿色技术创新水平的代理变量,从而规避了绿色技术创新与非环保类技术创新的问题,并以企业研发强度为中介变量,检验了企业在促进地区绿色技术创新过程中的作用。最后,本文在实证分析过程中引入门槛回归模型,对环境规制促进绿色技术创新的门槛效应进行了讨论,对于进一步把握环境规制工具的适用性具有重要意义。

三、研究设计

(一)计量模型构建

本文的研究设计遵循如图 1 所示的思路展开:首先,区别于以往研究大都关注环境规制通过污染产业转移或投资领域变迁以实现区域污染治理的研究设计,本文着重检验"波特效应",即环境规制通过促进绿色技术创新进而实现区域污染治理;其次,在基准模型的基础上,引入中介效应模型,以企业研发强度 *R&D* 为中介变量,分析环境规制促进绿色技术创新的作用机制;最后,鉴于不同强度的环境规制对绿色技术创新可能会产生异质性的作用效果,本文构建门槛回归模型,对环境规制与绿色技术创新之间的非线性关系进行分析。

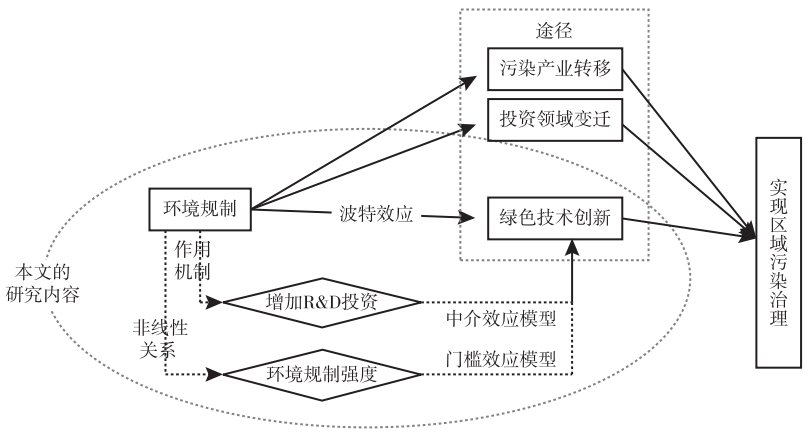

图 1　环境规制促进绿色技术创新的研究设计

① 本文依据规制的实施时点与企业污染行为的先后关系,对四类环境规制事前或事后的性质进行界定。当然,若从跨期角度考虑环境规制的滞后效应时,同一环境规制有可能存在事前和事后双重性质。本文做法的意义在于对现有文献未涉及环境规制时点选择的研究进行有益补充,感谢审稿专家提出的建设性修改意见。

1. 基准回归模型

本文以绿色技术创新指标 GTI_{it} 为被解释变量，以环境规制工具 RE 为核心解释变量，纳入各控制变量 X，构建如式(1)所示的计量模型。同时，考虑到环境规制促进绿色技术创新可能存在滞后性，因此本文同时将滞后一期的绿色技术创新指标 GTI_{it+1} 和滞后两期的绿色技术创新指标 GTI_{it+2} 作为被解释变量纳入计量模型，得到：

$$GTI_{it}, GTI_{it+1}, GTI_{it+2} = \alpha + \beta RE_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \upsilon_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

式(1)中，i、t 分别代表地区和年份，μ、υ、ε 分别表示地区固定效应、时间固定效应和随机扰动项。本文选取四种地方政府使用频率最高的环境规制工具 RE，即收缴排污费 fee、环境行政处罚 pun、环境保护财政支出 fin、地方性法规规章 law。

由于收缴排污费和环境行政处罚一般为地方政府相关部门在了解企业污染环境行为之后对污染企业进行的处罚，而环境保护财政支出和地方性法规规章则一般在事先进行。为了进一步考察环境规制时点对绿色技术创新的异质性效应，本文将收缴排污费 fee 和环境行政处罚 pun 两类环境规制工具划分为事后惩罚类环境规制 $RE\text{-}after$，将环境保护财政支出 fin 和地方性法规规章 law 划分为事先激励类环境规制 $RE\text{-}before$。同时，考虑到环境规制工具之间的相互影响，例如新的地方性法规规章 law 的颁布有可能带来环境行政处罚 pun 案件数和排污费 fee 收缴额的增加，因此本文纳入环境规制工具的交叉项 $law \times pun$ 和 $law \times fee$，进一步考察环境规制工具之间的相关性对绿色技术创新的调节效应。基于此，式(1)可以进一步拓展为：

$$\begin{aligned} GTI_{it}, GTI_{it+1}, GTI_{it+2} = {} & \alpha + \underbrace{\beta_1 fee_{it} + \beta_2 pun_{it}}_{RE-after} + \underbrace{\beta_3 fin_{it} + \beta_4 law_{it}}_{RE-before} + \beta_5 law_{it} \times pun_{it} \\ & + \beta_6 law_{it} \times fee_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \upsilon_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{2}$$

2. 中介效应模型

“波特假说”认为，环境规制实现污染治理是通过绿色技术创新实现的，而环境规制促进绿色技术创新的途径是企业提高了对技术研发的投资。从现有文献看，环境规制实现污染治理同样有可能通过污染产业转移、投资领域变迁来实现。因此，为了检验环境规制促进绿色技术创新进而实现污染治理的正当性，本文以企业研发强度 $R\&D$ 为中介变量，构建如式(3)、式(4)所示的中介效应模型：

$$R\&D_{it} = \alpha + \theta RE_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$GTI_{it} = \alpha + \beta' RE_{it} + \sigma R\&D_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \upsilon_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

式(3)中系数 θ 检验了环境规制与企业研发强度的关系，预期回归系数显著为正，即环境规制促使企业提高对技术研发的投资；式(4)为在式(1)的基础上，纳入中介变量——企业研发强度 $R\&D$。在中介效应模型中，本文主要关注环境规制系数 β' 的变化：相对于式(1)，若系数出现了降低，即 $\beta' < \beta$，且企业研发强度的系数 σ 显著为正，则说明环境规制通过提高企业研发强度促进了绿色技术创新(程令国等，2015；张勋等，2018)。

3. 门槛回归模型

环境规制促进绿色技术创新毫无疑问会受到规制强度的影响，规制强度太低则不足以覆盖企业污染环境的负外部性，规制强度太高则有可能损害企业正常生产的经济基础，均不能推动绿色技术创新。基于此，本文将四种环境规制工具依次作为门槛变量 T 构建门槛回归模型。假设存在

k 个门槛,则环境规制对绿色技术创新的影响效应会被截取为 $k+1$ 段,如式(5)所示:

$$GTI_{it} = \alpha + \delta_1 RE_{it}(T \leqslant \lambda_1) + \delta_2 RE_{it}(k_2 < T \leqslant \lambda_2) + \cdots + \delta_{k+1} RE_{it}(\lambda_k < T) + \gamma X + \mu_i + \upsilon_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式(5)中,T 依次为收缴排污费 *fee*、环境行政处罚 *pun*、环境保护财政支出 *fin*、地方性法规规章 *law*。$\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_k$ 为待估算的门槛值。δ_k 代表某一环境规制工具的规制强度跨过第 $k-1$ 个门槛后,其对绿色技术创新的影响效应。

(二)变量与数据

1. 变量。(1)被解释变量,采用各地区每年的企业绿色技术授权专利数和绿色技术获科学技术奖励数之和来衡量绿色技术创新水平 *GTI*,进而将技术创新限定在环境保护类别中。(2)核心解释变量,分别选取地区人均排污费解缴入库金额 *fee*、地区人均环境行政处罚案件数 *pun*、环境保护财政支出占地方财政一般预算支出比重 *fin* 以及地方政府颁布的法规规章数 *law* 四种环境规制工具来衡量环境规制强度,其中收缴排污费、环境行政处罚、环境保护财政支出均剔除了地区经济规模因素,而地方性法规规章数与地区经济规模无关,故直接采用绝对值。(3)中介变量,采用科研业务费支出占规模以上工业企业主营业务收入的比重来衡量企业研发强度 *R&D*。(4)控制变量,参考相关领域其他学者的研究,采用人均地区生产总值 *gdp* 来控制经济发展水平的影响,采用第二产业生产总值占地区生产总值的比重来控制工业产业结构 *str* 的影响,采用外商直接投资总额占地区生产总值的比重来控制地区吸引外资水平 *FDI* 的影响,采用城镇常住人口占年末总人口的比重来控制地区城镇化率 *urb* 的影响。

2. 数据。本文使用的数据来源于历年《中国环境统计年报》、《中国环境统计年鉴》以及《中国统计年鉴》。由于本文将技术创新限定在环境保护类别中,而该指标在《中国环境统计年报》中仅有 2006—2010 年分省份统计,因此本文构造了包含 30 个省份① 2006—2010 年的平衡面板数据。表 1 汇报了主要变量的描述性统计结果。

表 1　　主要变量的描述性统计结果

变量	单位	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
GTI	件	150	10.5337	33.3415	0.0000	167.0000
fee	元/人	150	13.6395	11.0275	1.5824	81.5985
pun	起/万人	150	0.6635	0.8797	0.0000	7.7072
fin	%	150	3.1237	1.4467	0.5734	8.4131
law	件	150	1.7333	2.6789	0.0000	23.0000
R&D	$\% \times 10^{-6}$	150	0.1537	0.1832	0.0000	0.9511
gdp	万元/人	150	2.5919	1.5155	0.6339	7.4537
str	%	150	48.0540	7.4466	23.4966	57.9922
FDI	%	150	2.5654	2.0787	0.0004	8.1983
urb	%	150	49.2947	14.3109	27.4526	89.2749

资料来源:根据 Stata 15.0 计算整理得到。

① 受到数据的限制,剔除港澳台地区和西藏自治区。

四、实证结果分析

（一）基准回归模型

Hausman 检验显示 p 值为 0.0000，拒绝扰动项与个体特征不相关的原假设，故本文选择固定效应模型进行回归分析。表 2 汇报了基准模型的回归结果。考虑到环境规制的实施到促进绿色技术创新存在滞后性，本文将被解释变量加入 *GTI* 滞后一期和滞后两期，回归结果分别如模型（2）和模型（3）所示。

从表 2 可以看出：在绿色技术创新水平 *GTI* 不被滞后和滞后两期的模型（1）和模型（3）中，四种环境规制工具对绿色技术创新的回归系数 β 均未通过显著性检验；而在绿色技术创新水平 *GTI* 被滞后一期的情况下，模型（2）显示，收缴排污费 *fee* 和环境保护财政支出 *fin* 对绿色技术创新产生显著的促进作用。这一回归结果说明：一方面，企业从面临环境规制到产生绿色技术创新成果存在滞后；另一方面，环境规制迫使污染企业必须在短时间内对污染治理和环境保护方面做出反应，否则第二年仍然要接受惩罚或监督，因此绿色技术创新相对于其他层面的创新具有更短的周期。

比较两种事后惩罚类环境规制工具可以发现，相对于环境行政处罚 *pun*，收缴排污费 *fee* 对绿色技术创新的促进作用更加有效。可能的原因是，收缴排污费直接影响企业的投入产出情况，促使污染企业外部成本的内部化转变。同时，收缴排污费几乎可以覆盖到任何存在排污行为的企业，而环境行政处罚往往只针对排污行为足够严重的企业。另外，部分环境行政处罚方式如警告、罚款、停业整顿等很难落到实处，如污染企业可能选择“态度上敷衍、行动上无视”的应对办法，既不能改善排污行为，更不可能在绿色技术创新上取得突破。

比较两种事前引导类环境规制工具可以发现，相对于地方政府颁发法规规章 *law*，地方政府扩大环境保护财政支出 *fin* 对绿色技术创新的促进作用更加有效。可能的原因是，环境保护财政支出可以在一定程度上弥补企业开展绿色技术创新活动的成本支出，降低企业进行绿色技术创新的风险，且环境保护财政资金在使用上受到相关部门的监督，对于环境问题的改善更有针对性。然而，地方性法规规章大多是地方政府对污染治理和环境保护的顶层设计，在策略性和方向性上具有指导意义，但其落地实施仍然有赖于更加细致具体的对策措施，因而对绿色技术创新活动的激励引导效果相对间接。

交叉项的回归结果显示，地方性法规规章和环境行政处罚的交叉项 $law \times pun$ 对绿色技术创新产生了显著的促进作用，说明地方性法规规章有利于巩固环境行政处罚的震慑力，进一步倒逼企业开展绿色技术创新活动。然而，地方性法规规章和排污费收缴额的交叉项 $law \times fee$ 对绿色技术创新的影响则不显著，可能的原因是各地方对于排污费的收缴都具有相对完善的收缴方案和企业名单，新的地方性法规规章的颁布对于排污费收缴的影响相对有限。

控制变量方面，地区经济发展水平对绿色技术创新产生积极的促进作用，说明地区经济水平越发达，该地区就越有能力和意识来推进绿色技术创新；工业产业结构对绿色技术创新产生显著的阻碍作用，说明地区的产业结构中工业占比越大，其生产模式就越有可能固化对资源环境的路径依赖，阻碍绿色技术创新；外商直接投资对绿色技术创新的影响不显著，说明在我国环境规制水平相对较低的背景下，外商直接投资有可能促使污染密集型的产业向我国转移，不利于绿色技术创新；同时，城镇化率对绿色技术创新的影响也不显著，说明我国农村人口向城市流动的动力主要来源于劳动密集型工业化的发展，对绿色技术创新未产生积极的促进作用，且带来日益严峻的城市病。

表 2　　环境规制与绿色技术创新的基准模型回归结果

被解释变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)
	GTI	L1. *GTI*	L2. *GTI*
fee	0.0123	0.0144*	0.0061
	(1.26)	(2.01)	(0.97)
pun	-0.0007	-0.0093	0.0015
	(-0.11)	(-0.48)	(0.17)
fin	0.0416	0.0900***	0.0476
	(1.81)	(3.47)	(0.90)
law	0.0904	0.0765	0.0802
	(0.17)	(0.42)	(0.46)
law × *pun*	0.0004*	0.0005*	0.0001
	(2.21)	(2.32)	(1.47)
law × *fee*	0.0067	-0.0007	0.0029
	(0.12)	(-1.39)	(0.80)
pgdp	0.4167	5.7361*	3.8013
	(0.27)	(2.14)	(1.69)
str	-2.0471**	-2.0404**	-0.0338
	(-2.58)	(-2.49)	(-0.62)
FDI	0.0503	0.0782	0.0209
	(0.85)	(0.70)	(0.52)
urb	0.0004	0.0004	0.0003
	(0.18)	(0.14)	(0.06)
FE	是	是	是
R-sq	0.2140	0.2283	0.1035
Prob > F	0.0001	0.0013	0.3892
Obs	150	120	90

注:括号内数值为回归系数的 T 值,***、** 和 * 分别表示回归系数通过了 1%、5% 和 10% 的显著性检验。下同。

资料来源:根据 Stata15.0 计算整理得到。下同。

(二)中介效应模型

本文采用绿色技术创新 *GTI* 滞后一期作为被解释变量,表 3 汇报了企业研发强度在环境规制促进绿色技术创新过程中的中介效应回归结果。其中,表 3 的上半部分汇报了四种环境规制工具对企业研发强度 *R&D* 的回归结果,即针对式(3)的检验;表 3 的下半部分汇报了将企业研发强度 *R&D* 作为中介变量时,环境规制对绿色技术创新的回归结果,即针对式(4)的检验。从表 3 可以看出以下方面。

首先,四种环境规制工具中,收缴排污费 *fee*、环境行政处罚 *pun* 和环境保护财政支出 *fin* 三种环境规制工具显著增强了企业的研发强度 *R&D*,而地方性法规规章 *law* 对企业研发强度 *R&D* 的回归系数不显著。原因同样可以借鉴基准模型的结果分析,此处不再赘述。纳入中介变量后,企业研发强度 *R&D* 对绿色技术创新 *GTI* 的回归系数显著为正,说明企业研发强度的提高能够显著地推动绿色技术创新。

其次,比较企业研发强度在两种事后惩罚类环境规制工具中的中介效应可以发现,纳入中介变量后,收缴排污费 *fee* 对绿色技术创新 *GTI* 的回归系数由 0.0144 下降到 0.0007,且在统计上也由显著变得不显著。同时,环境行政处罚 *pun* 对绿色技术创新 *GTI* 的回归系数虽然也呈现下降,但

统计上依然不显著。基于此,本文对两种事后惩罚类环境规制工具促进绿色技术创新的作用机制进行梳理:收缴排污费和环境行政处罚两种事后惩罚类环境规制工具的实施,增加了企业污染环境的成本,倒逼污染企业通过增加研发支出来提高污染治理能力和产品科技含量,进而推动地区绿色技术创新水平的提升。然而,由于收缴排污费相对于环境行政处罚能够更加直接地影响企业投入产出,实现污染企业外部成本的内部化,因此收缴排污费在促进绿色技术创新方面显得更加有效。

再次,比较企业研发强度在两种事先引导类环境规制工具中的中介效应可以发现,纳入中介变量后,环境保护财政支出 *fin* 对绿色技术创新 *GTI* 的回归系数依然显著为正,且系数值由 0.0900 下降到 0.0265,而地方性法规规章 *law* 对绿色技术创新 *GTI* 的回归系数依然未通过显著性检验。基于此,本文对两种事先引导类环境规制工具促进绿色技术创新的作用机制进行梳理:地方政府扩大环境保护财政支出弥补了企业开展绿色技术创新活动的成本支出,降低了企业进行绿色技术创新的风险,显著激发了企业进行绿色技术创新的积极性,进而推动地区绿色技术创新水平的提升。然而,由于法规规章从地方政府的顶层设计到具体的落地实施仍然有赖于更加细致的对策措施,因此对引导企业增加研发投入的作用相对间接,造成地方性法规规章对绿色技术创新的促进效果不显著。当然,本文的研究结论并非否定地方性法规规章的意义,而是建议地方政府应从顶层设计到落地实施制定完整的政策措施体系。

最后,比较事后惩罚类环境规制和事先引导类环境规制可以发现,环境规制时点对绿色技术创新并未带来明显的异质性效应,事后惩罚类环境规制中的收缴排污费和事先引导类环境规制中的环境保护财政支出均能够显著推动绿色技术创新水平的提升,而事后惩罚类环境规制中的环境行政处罚和事先引导类环境规制中的地方性法规规章对绿色技术创新均无显著促进作用。基于此,本文认为,环境规制工具是否能够促进绿色技术创新关键不在于干预时点,而在于环境规制工具的载体和手段。总体而言,财、税、费等以市场调控为载体和手段的环境规制工具比以行政命令、法律法规等为载体的命令控制型环境规制工具更加有效,可能的原因在于市场调控类环境规制工具在实现污染企业外部成本内部化方面更加直接,实施过程中的措施细则更加清晰且落地性和针对性更强。本文这一研究结论与 Xie 等(2017)的研究结论可以相互印证,即根据中国的实际情况,以市场为基础的环境规制所驱动的生产率效应要比命令控制型环境规制所驱动的生产率效应强很多。

表 3　　环境规制与绿色技术创新的中介效应回归结果

环境规制变量		*fee*	*pun*	*fin*	*law*
式(3)	被解释变量	*R&D*			
	环境规制变量的回归系数	4.2608*** (2.88)	33.0166** (2.22)	49.6140*** (2.92)	34.4525 (0.17)
式(4)	被解释变量	L1. *GTI*			
	环境规制变量的回归系数	0.0007 (0.16)	−0.0366 (−1.51)	0.0265*** (4.97)	−0.1261 (−0.44)
	中介变量 *R&D* 的回归系数	0.0030*** (24.16)			
	law × *pun*	0.0002** (2.79)			
	law × *fee*	−0.0014 (−0.62)			

续表 3

环境规制变量		*fee*	*pun*	*fin*	*law*
式(4)	被解释变量	L1. *GTI*			
	pgdp	4.3400* (1.85)			
	str	−1.2981** (−2.76)			
	FDI	0.0701 (0.23)			
	urb	0.0004 (0.54)			
	FE	是			
	R-sq	0.8580			
	Prob > F	0.0000			
	Obs	120			

(三)门槛回归模型

表 4 汇报了环境规制与绿色技术创新的单门槛值、双门槛值以及对应门槛区间内的回归结果。在单门槛回归中,当人均排污费解缴入库金额 *fee* 低于 12.4392 元时,其对绿色技术创新的回归系数为负,但不显著,而当其超过门槛值 12.4392 元后,其对绿色技术创新的回归系数变得显著为正,说明过低的排污费收缴强度不能完全覆盖企业污染环境的外部成本,因而无法改变企业的排污行为,只有排污费收缴强度使得污染企业的外部成本完全内部化之后,污染企业无法继续从排污中获益,才会转向绿色技术创新。双门槛的回归结果更加清晰地展示了排污费收缴强度与绿色技术创新的关系:当人均排污费解缴入库金额 *fee* 低于 12.4392 元时,其对绿色技术创新的回归系数为负,但不显著,而当人均排污费解缴入库金额 *fee* 超过第一个门槛 12.4392 元但小于第二个门槛 14.2071 元时,其对绿色技术创新的回归系数变为正,但也不显著。进一步地,当人均排污费解缴入库金额 *fee* 超过第二门槛值 14.2071 元时,其对绿色技术创新的回归系数变为正,且显著。

表 4　　环境规制与绿色技术创新的门槛回归结果

门槛变量		门槛区间	回归系数	门槛变量		门槛区间	回归系数
fee	单门槛	*fee* ≤ 12.4392	−0.0011 (−0.22)	*pun*	单门槛	*pun* ≤ 0.4719	−0.13003 (−0.72)
		fee > 12.4392	0.0764*** (5.81)			*pun* > 0.4719	−0.4352*** (−3.88)
	双门槛	*fee* ≤ 12.4392	−0.0144 (−0.78)		双门槛	*pun* ≤ 0.4719	−0.7282 (−1.02)
		12.4392 < *fee* ≤ 14.2071	0.0069 (0.13)			0.4719 < *pun* ≤ 0.5882	−0.1414 (−1.17)
		fee > 14.2071	0.0783*** (5.92)			*pun* > 0.5882	−0.4396*** (−4.21)

续表 4

门槛变量		门槛区间	回归系数	门槛变量		门槛区间	回归系数
fin	单门槛	$fin \leqslant 2.8461$	-0.0230 (-0.21)	*law*	单门槛	$law \leqslant 1$	5.8718 (0.65)
		$fin > 2.8461$	0.0815* (2.06)			$law > 1$	0.6001 (0.83)
	双门槛	$fin \leqslant 2.7038$	-0.0770 (-0.59)		双门槛	$law \leqslant 1$	5.8693 (0.72)
		$2.7038 < fin \leqslant 2.8461$	0.0453 (1.68)			$1 < law \leqslant 3$	4.0534 (0.46)
		$fin > 2.8461$	0.0841* (2.04)			$law > 3$	0.3058 (0.76)

环境行政处罚 *pun* 的单门槛回归结果显示,当每万人环境行政处罚案件数 *pun* 少于 0.4719 起时,环境行政处罚对绿色技术创新的回归系数为负,但不显著。当每万人环境行政处罚案件数 *pun* 超过门槛值 0.4719 起后,其对绿色技术创新的回归系数变得显著为负,即宽松的环境行政处罚强度无法带来绿色技术创新水平的显著提升,而过于严厉的环境行政处罚强度反而阻碍了地区绿色技术创新的发展。双门槛下环境行政处罚对绿色技术创新的回归系数呈现与单门槛相似的结论。本文给出的解释是:在宽松的环境行政处罚强度下,企业污染环境的行为被抓到的概率较低。即使被抓到后,宽松的环境行政处罚强度也倾向于判罚污染企业诸如警告或罚款等不太严厉的处罚措施。而当环境行政处罚强度变严厉后,企业污染环境的行为被抓到的概率大大提高,污染企业被抓到后也往往面临“停产、停业、关闭、暂扣、吊销许可证或者其他具有许可性质的证件”等严厉的处罚措施。由于企业的生产活动存在惯性,而环境行政处罚又太过刚性。当突然面临严厉的环境行政处罚强度时,企业来不及调整生产活动,不仅损害正常生产经营的基础,反而阻碍地区绿色技术创新。

针对环境保护财政支出 *fin* 的门槛回归结果得到了与收缴排污费 *fee* 相似的结论,即当环境保护财政支出占地方财政一般预算支出比重 *fin* 过低时(低于第一个门槛值 2.7038%),其对绿色技术创新产生阻碍作用,但不显著;随着环境保护财政支出占地方财政一般预算支出比重 *fin* 不断提高,表现为先后跨过第一个门槛 2.7038% 和第二个门槛 2.8461%,其对绿色技术创新开始产生积极的促进作用,统计上也变得越来越显著。同理,不同门槛区间下环境保护财政支出对绿色技术创新所呈现的门槛效应,可以借鉴不同强度下收缴排污费促进绿色技术创新的思路进行解释,不再赘述。

颁布地方性法规规章 *law* 对绿色技术创新的门槛回归结果显示,随着地方政府颁布的法规和行政规章数量的增多,其对绿色技术创新的回归系数为正,但在不同的门槛区间内均不显著,且系数值呈现不断降低的趋势。对此本文给出的解释是:第一,地方政府针对环境问题不断颁布新法规和行政规章,显示了地方政府对环境问题的重视,但繁杂的法规规章也有可能让企业做出“口号多于行动”的判断,进而使得地方性法规规章对绿色技术创新呈现“一鼓作气,再而衰,三而竭”的门槛效应;第二,法规和行政规章大都是地方政府对环境保护的顶层设计,在策略性和方向性上具有指导意义,但落地实施仍然有赖于更加细致具体的对策措施,因而对绿色技术创新的作用效果比较间接。

五、结论与建议

在我国环境规制实现区域污染治理的过程中,会遭遇污染产业转移、投资领域变迁等规避问题。为检验有关规制措施的有效性,本文直接考察了环境规制与绿色技术创新的关系。研究发现,四类常见的环境规制工具中,与环境行政处罚和颁布地方性法规规章相比,收缴排污费和环境保护财政支出对于促进绿色技术创新更加有效,这说明依靠环境规制推动绿色技术创新的关键在于环境规制工具的选择。总体而言,财、税、费等以市场调控为载体和手段的环境规制工具影响更加直接且更具弹性,因此以行政命令、法律法规等为载体的命令控制型环境规制工具更加有效。中介效应检验发现,收缴排污费增加了企业污染环境的成本,倒逼企业增加研发支出以提高污染治理能力和产品科技含量;环境保护财政支出可以弥补企业开展绿色技术创新活动的成本支出,降低绿色技术创新的风险,两种环境规制工具均可通过提高企业研发强度以促进绿色技术创新。门槛效应检验发现,随着环境规制强度的提升,收缴排污费和环境保护财政支出对绿色技术创新呈现由弱变强、由不显著到显著的非线性效应。值得注意的是,严厉的环境行政处罚对绿色技术创新反而起到显著的阻碍作用,而不管规制强度如何,颁布地方性法规规章对绿色技术创新并无显著影响。

本文的研究对于厘清环境规制与绿色技术创新之间的关系,并通过绿色技术创新以推进污染治理和环境保护具有重要的理论价值和现实意义。基于此,本文提出如下对策措施。

第一,构建以市场调控为主要载体和手段的环境规制体系。财、税、费等市场调控类环境规制工具在实现污染企业外部成本内部化方面更加直接,实施依据清晰且落地性和针对性更强,因而比相对间接和刚性的命令控制型环境规制工具更加有效。总的来说,改革开放 40 年来我国的经济发展模式是“重经济、轻环保”的。当前,在我国促进经济高质量发展过程中,需要认识到传统环保措施的历史局限性,选取更具弹性且能够给污染企业留下一定调整时间的市场调控类环境规制工具,避免太过刚性的命令控制型环境规制工具对企业生产经营的不利影响。

第二,强化环境规制的顶层设计,并注重具体措施的落地。环境问题具有强烈的外部性,必须依赖代表公共利益的政府部门进行规制干预。事实表明,地方政府的环境规制政策在实现污染治理和环境保护过程中扮演了非常重要的角色,但也确实存在“口号多于行动”的问题,导致污染企业疲于应付繁杂的法规规章。因此,地方政府基于本地区的具体情况制定更具策略性和指导性的顶层设计必不可少,并制定从顶层设计到落地实施的完整政策措施体系,以提高实施效果。

第三,当前阶段可以适当提高收缴排污费、环境保护财政支出等环境规制强度。本文的研究发现,收缴排污费和环境保护财政支出两种规制工具对绿色技术创新的促进作用呈现由弱变强、由不显著到显著的门槛效应,且没有出现倒 U 型曲线所示的拐点效应;统计数据也发现,目前我国大部分省份的排污费收缴和环境保护财政支出还没有跨过门槛值或刚刚跨过门槛值,环境规制强度总体偏低。因此,需要循序渐进地提高收缴排污费收缴标准、环境保护财政支出等环境规制的强度,以实现污染企业外部成本内部化,促进绿色技术创新。

参考文献:

1. 程令国、张晔、沈可:《教育如何影响了人们的健康? ——来自中国老年人的证据》,《经济学(季刊)》2015 年第 1 期。

2. 范庆泉、张同斌:《中国经济增长路径上的环境规制政策与污染治理机制研究》,《世界经济》2018 年第 8 期。

3. 傅京燕:《我国对外贸易中污染产业转移的实证分析——以制造业为例》,《财贸经济》2008 年第 5 期。

4. 韩超、张伟广、单双:《规制治理、公众诉求与环境污染——基于地区间环境治理策略互动的经验分析》,《财贸经济》2016 年第 9 期。

5. 贾军、张伟:《绿色技术创新中路径依赖及环境规制影响分析》,《科学学与科学技术管理》2014 年第 5 期。

6. 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》,《中国工业经济》2013 年第 7 期。

7. 李斌、彭星、欧阳铭珂:《环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于 36 个工业行业数据的实证研究》,《中国工业经济》2013 年第 4 期。

8. 李胜兰、初善冰、申晨:《地方政府竞争、环境规制与区域生态效率》,《世界经济》2014 年第 4 期。

9. 潘峰、西宝、王琳:《基于演化博弈的地方政府环境规制策略分析》,《系统工程理论与实践》2015 年第 6 期。

10. 任力、黄崇杰:《国内外环境规制对中国出口贸易的影响》,《世界经济》2015 年第 5 期。

11. 沈坤荣、金刚、方娴:《环境规制引起了污染就近转移吗?》,《经济研究》2017 年第 5 期。

12. 王书斌、徐盈之:《环境规制与雾霾脱钩效应——基于企业投资偏好的视角》,《中国工业经济》2015 年第 4 期。

13. 徐彦坤、祁毓:《环境规制对企业生产率影响再评估及机制检验》,《财贸经济》2017 年第 6 期。

14. 原毅军、刘柳:《环境规制与经济增长:基于经济型规制分类的研究》,《经济评论》2013 年第 1 期。

15. 原毅军、谢荣辉:《环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验》,《中国工业经济》2014 年第 8 期。

16. 张江雪、蔡宁、毛建素、杨陈:《自主创新、技术引进与中国工业绿色增长——基于行业异质性的实证研究》,《科学学研究》2015 年第 2 期。

17. 张勋、王旭、万广华、孙芳城:《交通基础设施促进经济增长的一个综合框架》,《经济研究》2018 年第 1 期。

18. 赵霄伟:《地方政府间环境规制竞争策略及其地区增长效应——来自地级市以上城市面板的经验数据》,《财贸经济》2014 年第 10 期。

19. 赵玉民、朱方明、贺立龙:《环境规制的界定、分类与演进研究》,《中国人口·资源与环境》2009 年第 6 期。

20. 钟茂初、李梦洁、杜威剑:《环境规制能否倒逼产业结构调整——基于中国省际面板数据的实证检验》,《中国人口·资源与环境》2015 年第 8 期。

21. Albrizio, S., Kozluk, T., & Zipperer, V., Environmental Policies and Productivity Growth: Evidence across Industries and Firms. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 81, 2017, pp. 209 – 226.

22. Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P., The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?. *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 7, No. 1, 2013, pp. 2 – 22.

23. Böcher, M., A Theoretical Framework for Explaining The Choice of Instruments in Environmental Policy. *Forest Policy and Economics*, Vol. 16, 2012, pp. 14 – 22.

24. Chakraborty, P., & Chatterjee, C., Does Environmental Regulation Indirectly Induce Upstream Innovation? New Evidence from India. *Research Policy*, Vol. 46, No. 5, 2017, pp. 939 – 955.

25. Dechezleprêtre, A., & Sato, M., The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 11, No. 2, 2017, pp. 183 – 206.

26. Domazlicky, B. R., & Weber, W. L., Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in The Chemical Industry?. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 28, No. 3, 2004, pp. 301 – 324.

27. Goldar, B., & Banerjee, N., Impact of Informal Regulation of Pollution on Water Quality in Rivers in India. *Journal of Environmental Management*, Vol. 73, No. 2, 2004, pp. 117 – 130.

28. He, J., Pollution Haven Hypothesis and Environmental Impacts of Foreign Direct Investment: The Case of Industrial Emission of Sulfur Dioxide (SO_2) in Chinese Provinces. *Ecological Economics*, Vol. 60, No. 1, 2006, pp. 228 – 245.

29. Hernandez-Sancho, F., Picazo-Tadeo, A., & Reig-Martinez, E., Efficiency and Environmental Regulation. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 15, No. 4, 2000, pp. 365 – 378.

30. Johnstone, N., Haščič, I., & Popp, D., Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 45, No. 1, 2010, pp. 133 – 155.

31. Lanoie, P., Patry, M., & Lajeunesse, R., Environmental Regulation and Productivity: Testing the Porter Hypothesis. *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 30, No. 2, 2008, pp. 121 – 128.

32. Levinson, A., Environmental Regulations and Manufacturers' Location Choices: Evidence from the Census of Manufactures. *Journal of Public Economics*, Vol. 62, No. 1 – 2, 1996, pp. 5 – 29.

33. Guo, L. L., Qu, Y., & Tseng, M. L., The Interaction Effects of Environmental Regulation and Technological Innovation on Regional Green Growth Performance. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 162, 2017, pp. 894 – 902.

34. Oueslati, W., Environmental Tax Reform: Short-term versus Long-term Macroeconomic Effects. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 40, 2014, pp. 190 – 201.

35. Özokcu, S., & Özdemir, Ö., Economic Growth, Energy, and Environmental Kuznets Curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 72, 2017, pp. 639 – 647.

36. Porter, M. E., & Van-Der-Linde, C., Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9, No. 4, 1995, pp. 97 – 118.

37. Testa, F., Iraldo, F., & Frey, M., The Effect of Environmental Regulation on Firms' Competitive Performance: The Case of the Building & Construction Sector in Some EU Regions. *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, No. 9, 2011, pp. 2136 – 2144.

38. Xie, R., Yuan, Y., & Huang, J., Different Types of Environmental Regulations and Heterogeneous Influence on "Green" Productivity: Evidence from China. *Ecological Economics*, Vol. 132, 2017, pp. 104 – 112.

39. Zefeng, M., Gang, Z., Xiaorui, X., Yongmin, S., & Junjiao, H., The Extension of The Porter Hypothesis: Can the Role of Environmental Regulation on Economic Development Be Affected by Other Dimensional Regulations?. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 203, 2018, pp. 933 – 942.

The Effects of Environmental Regulation on Green Technology Innovation

——Evidence of the Porter Effect in China

GUO Jin (Nanjing Normal University, 210023)

Abstract: In view of the various paths between environmental regulation and regional pollution control like changing polluting industries' location or enterprises' investment area, we studied the relationship between environmental regulation and green technology innovation directly in this paper based on inter-provincial panel data. The results indicate that sewage charge and fiscal expenditure on environmental protection are more efficient with respect to environment administrative punishment and issuing local laws. This suggests that the time of environmental regulation is not the key factor in promoting green technology innovation, and such environmental regulation tools as finance, tax and fee, which based on market mechanism, are more suitable for Chinese conditions. The mediation effect test indicates that sewage charge and fiscal expenditure on environmental protection have promoted green technology innovation by forcing and stimulating enterprises' R&D intensity. In addition, their effects have experienced threshold effects growing from weak to strong and from insignificant to significant. In addition, severe environment administrative punishment has generated a blocking effect and issuing local regulations shows no effect in promoting green technology innovation. Finally, we put forward our suggestions like building a market-oriented environmental regulation system, emphasizing top-layer design's implementation and properly intensifying environmental regulation.

Keywords: Environmental Regulation, Green Technology Innovation, Mediation Effect, Threshold Effect

JEL: C52, Q55, Q56

责任编辑:锦　心