DOI:10.11721/cqnuj20210318

环境规制工具选择对长江经济带工业绿色技术创新的影响*

岳晓峰[1]，张文卿[2]，刘蓝天[1]，陈宇科[1]
(1. 重庆师范大学 经济与管理学院，重庆 401331；2. 重庆大学 经济与工商管理学院，重庆 400044)

摘要:【目的】探究不同环境规制工具对长江经济带工业绿色技术创新的影响。【方法】利用长江流域 11 个省市 2000—2017 年面板数据，采用面板门槛模型实证分析了直接管制、经济管制、公众参与 3 种环境规制工具对长江经济带工业绿色技术创新的影响。【结果】1) 在上游地区，直接管制型环境规制对工业绿色技术创新有正向影响；经济管制型环境规制对工业绿色技术创新的影响存在单门槛效应，门槛值前后均可促进绿色技术创新的发展，跨过门槛值后促进效果更大。2) 在中下游地区，经济管制型环境规制对工业绿色技术创新有正向影响；直接管制型环境规制对工业绿色技术创新的影响存在单门槛效应，在达到门槛值之前直接管制可促进绿色技术创新的发展，跨越门槛值之后直接管制对绿色技术创新的促进作用减弱。3) 公众参与型环境规制工具对各区域的影响效果均不显著。【结论】根据实证研究结果，结合长江经济带各地区环境规制强度及发展趋势，为长江经济带绿色创新发展提出相应政策建议。

关键词:长江经济带；环境规制工具；绿色技术创新
中图分类号:X32；F426 **文献标志码**:A **文章编号**:1672-6693(2021)04-0129-12

长江经济带横跨中国东部、中部和西部三大经济区，与海岸经济带共同构成中国“T”型战略格局，是区域联动发展战略中一个重要而又极具潜力的经济区域。由于长期粗放式发展，长江流域多种类、多层次生态环境问题日益严峻，经济发展中的资源约束与环境制约问题不断突出。2018 年 4 月，习近平总书记在深入推动长江经济带发展座谈会上再次强调“把修复长江生态环境摆在压倒性位置”，长江经济带发展应当走“生态优先和绿色发展新路子”。工业发展是长江经济带经济发展的核心动力，也是生态环境系统的主要破坏源。国家先后出台的《长江经济带创新驱动产业转型升级方案》与《关于加强长江经济带工业绿色发展的指导意见》均强调应缓解工业发展与资源环境矛盾，完成工业发展新旧动能转换，实现工业的绿色改造与转型。其中，提高工业绿色技术创新效率是实现绿色转型的关键。发展绿色技术创新有利于工业企业降低经营成本，迎合绿色消费观念并扩大市场份额，使地区工业实现良性的再生产循环，促进地区经济集约化、高质量发展。2019 年 1 月，《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》的提出标志着绿色技术创新在国家发展战略中的地位得到进一步提升，为长江经济带发展绿色技术创新提供了良好的政策导向。

政府的环境规制政策直接影响企业绿色技术创新能力的提升和环境污染问题的解决。根据“波特假说”[1]，适当的环境规制会促进绿色技术创新效率的提升，在降低企业成本的同时解决了地区的环境污染问题；而另一方面，环境规制对绿色技术创新的影响效果会因所选用的环境规制工具不同而有所差异。长江流域各地区、省份合理选择环境规制工具，促进环境保护与地区工业经济和谐发展，对于推动“一带一路”经济建设，助力国家经济绿色发展、高质量发展具有重要意义。在当前“实行最严格的生态环境保护制度”大背景下，长江流域各地区环境规制强度不断提升、工具选择趋于多样化。那么对长江经济带而言，各类环境规制工具对工业绿色技术创新有怎样的影响？长江流域不同区域应当如何调整环境规制工具选择与政策强度，以促进本地区工业绿色技术创新？本研究将对上述问题进行有益的探讨。

* **收稿日期**:2020-06-03 **修回日期**:2020-09-28 **网络出版时间**:2021-05-21 14:11
资助项目:国家社会科学基金(No. 18BJY093)；重庆市教育委员会科技项目(No. KJ1600318；No. KJ1703068)；重庆市教育委员会人文社科项目(No. 17SKG036)
第一作者简介:岳晓峰，女，助理研究员，博士研究生，研究方向为绿色经济、管理心理学，E-mail:417589493@qq.com；**通信作者**:刘蓝天，男，E-mail:lltxymy@126.com
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20210519.1441.004.html

1 文献回顾

根据“波特假说”,适当的环境规制可以激励企业进行绿色技术创新以降低经营成本,达到企业综合竞争力提升与资源节约、环境保护双赢的目标。自“波特假说”被提出至今,检验该假说的正确性与环境适用性的成果已十分丰富,诸多文献通过实证研究证明了环境规制可以有效促进技术创新,即“波特假说”成立:Berman 等人[2]、Domazlicky 等人[3]分别基于冶炼与化工行业检验证实环境规制会促进技术创新;Cole 等人[4]、Rubashkin 等人[5]将法律强制度、产业能源强度引入实证模型进行研究,同样证实环境规制对技术创新效率存在正向影响;国内也有诸多研究提出环境规制可激励企业技术创新的结论[6-7]。而另一方面,由于环境规制增加了企业的环境遵循成本,也有大量文献认为环境规制对企业的创新行为无显著影响[8-9],或环境规制抑制技术创新[10],即“波特假说”在现实经济环境下难以成立。

针对既有研究结论差异较大的现实,部分研究认为不同环境规制工具对绿色技术创新的影响存在异质性,并进行了实证研究。多数相关文献在部分领域得到一致的结论:从整体上看,当前市场型、命令型、公众参与或软控制型环境规制对技术创新的激励效果依次下降[11-13];不同环境规制对技术创新的影响存在地区异质性[14-15]。但上述文献均从全国层面进行讨论,没有将研究扩展到具体的区域经济带,进而无法针对区域经济带给出具体的政策建议。

由于长江流域资源利用、生态保护问题的复杂性与严峻性,当下对长江流域绿色创新与绿色发展的研究正成为热点。对该领域的研究主要分为两类。第一类研究通过测算长江经济带绿色生产率,实现对长江流域绿色发展情况的整体认知。部分文献利用传统 DEA-malmquist 指数法、SBM-DEA 法、面板空间与面板门槛模型对长江流域绿色全要素生产率或工业绿色生产率进行测算,从侧面考察长江经济带绿色技术创新成果。其中多数研究认为,从时间演变规律看,长江经济带绿色全要素生产率整体呈下降趋势[16-17];绿色全要素生产率呈现出明显的空间异质性,且具有空间溢出效应[18-19];部分文献考察了环境规制对长江流域绿色生产率的影响,发现二者之间存在非线性关系[16-20]。但绿色生产率并不能准确反映绿色技术创新效率:全要素生产率受技术进步、规模效应、管理效率等多方面影响,对环境规制与绿色全要素生产率的关系进行考察,并不能准确反映“波特假说”相关内容,理论支撑有限。

另一类研究关注环境规制对长江经济带绿色技术创新投入与效率的影响。如杨恺钧等人[21]发现长江经济带 IFDI 与 OFDI 的技术溢出水平及这些技术对环境污染的治理效果在不同的环境规制水平下存在显著的门槛效应;裴潇等人[22]认为长江流域民间投资的增加有利于绿色技术创新发展,但长江流域民间投资与环境规制结合抑制了绿色技术创新。其中有部分研究涉及环境规制工具选择:李强[23]、苏昕等人[24]将环境规制分解为正式与非正式两种类型,发现两种环境规制均能促进长江流域环境污染治理效果,两种环境规制对长江流域各地区环境污染的治理作用存在差异;刘明玉等人[25]将环境规制分为命令控制型、经济激励型与自愿意识型这 3 类,研究发现不同类型环境规制对长江流域绿色创新效率的影响存在差异。

综上所述,现有的研究大多关注单一类型环境规制如何作用于长江经济带各区域绿色技术创新,或不同环境规制类型对长江绿色技术创新的整体影响,而少有文献将两种视角进行结合,考察不同环境规制对长江流域各地区绿色技术创新的影响,从而无法从创新激励角度,为不同地区的环境规制工具选择提供具体的政策建议。事实上,由于长江经济带横跨中国东部、中部和西部三大经济区,长江上、中、下游地区在经济发展水平、技术能力、产业结构、资源环境承载能力等方面存在巨大差异,各地区政府在长江生态补偿体系中的地位与职责也不尽相同,因而不同环境规制工具对各地区绿色技术创新的影响应当存在差异。长江流域各地区应当根据自身区位特征,选择适宜的环境规制工具并辅以适当政策强度,促进本地区工业绿色技术创新水平稳步提升,加速实现本区域绿色发展目标。

本研究基于长江流域 11 个省市 2000—2017 年工业企业数据,利用面板门槛模型实证分析了直接管制、经济管制、公众参与 3 种环境规制工具对长江经济带工业绿色技术创新的影响;进一步,根据长江流域不同地区当前的环境规制强度,分别为长江流域上游、中游、下游工业绿色技术创新发展提出建议。以期部分弥补当前的研究空白。

2 研究设计

2.1 理论分析

按政策执行工具的不同，可将环境规制划分为直接管制型、经济管制型、公众参与型这 3 类。直接管制型环境规制主要通过制定法律法规、排放限额等刚性的管控措施对企业的环境破坏行为形成控制；经济管制型环境规制在对能源或排污权定价的基础上，通过税收、交易、信贷等市场信号来影响企业决策；公众参与型规制对企业环保决策的干预作用源于公众环保理念，基于社会公共平台，具体通过信访举报制度、企业环境信息披露制度等“软手段”实现。

地区经济特征与制度环境影响着各环境规制工具的绿色创新激励效果，具体包括如下方面。1）市场完善程度。市场机制完善程度越高，企业间的竞争就越激烈，直接管制工具的成本越高、效率越低；在较为完善且活跃的市场中，能源与排污权等要素的价格富有弹性，相关交易更容易达成，经济管制工具的效率较高。2）政企关联。若地区政府与企业间多为显性政治关联，意味着企业寻租空间较大，此时直接管制效果较好[26]；若地区政府与企业间多为隐性政治关联，则可为企业技术创新提供融资便利和决策所需的有用信息，此时经济管制效果较好[27]。3）环保监管与执行体系。当地区环保监管与执行体系较为完善时，一方面可以有效激发社会公众履行环保监督权力，公众参与型规制效果较好[28]；但另一方面，企业可能为应对公众监督而长期支付额外成本，可能会抑制经济管制型规制对绿色技术创新的促进作用。4）研发政策优惠。当政府直接或间接为企业提供研发补贴或其他便利条件时，有利于企业及时弥补由直接管制、经济管制型规制政策所引致的环保“遵循成本”，进而激发企业绿色创新意愿[29]。

长江经济带横跨中国东部、中部和西部三大经济区，经济带内各地区间经济特征与制度环境有较大差异。具体而言：上游地区市场完善程度较低，政企间易形成显性政治关联，为承接东部、中部地区产业而制定的产业政策优惠力度较大，但研发优惠力度小；中下游地区市场完善程度较高，政企间易呈现隐性政治关联，环保监管与执行体系完善，为鼓励自主创新而制定的研发优惠力度大。

已有文献证实环境规制工具与绿色技术创新间存在非线性关系，即环境规制工具的绿色创新激励效果会受到自身强度的影响。关于直接管制，通常认为，在短期内直接管制型规制对绿色技术创新的影响效果强于经济管制和公众参与型规制[12-13]；而从长远来看，有研究认为长期保持高强度的直接管制将使企业对命令的“遵循成本”难以弥补，进而降低直接管制的绿色创新激励效果。关于经济管制，部分研究认为，高强度的经济管制型规制能够通过分摊环境成本，减弱企业投资短期化偏向，有效激励企业自发地增加绿色创新投入[30]；也有部分研究提出相反的观点：定量的排污费与累进制环保税将长期占用企业大量流动性，经济管制型规制强度的提高不利于企业进行绿色技术创新[31]。

综上所述，在特定的地区经济特征、社会环境下，不同环境规制工具的绿色创新激励效果会受到自身强度的影响。拟采用面板门槛模型，从长江流域上游、中游、下游共 3 个层面进行回归分析，全面阐述各环境规制工具对长江经济带工业绿色技术创新影响效果。

2.2 实证模型设定

设定绿色技术创新（G_{I}）受直接管制型环境规制（Q_{Z}）、经济管制型环境规制（J_{L}）、公众参与型环境规制（G_{Z}）及其他因素影响，如（1）式所示：

$$G_{\mathrm{I}_{i,t}}=f(Q_{\mathrm{Z}_{i,t}},J_{\mathrm{L}_{i,t}},G_{\mathrm{Z}_{i,t}},C_{\mathrm{control}_{i,t}},\varepsilon), \tag{1}$$

式中：C_{control}代表控制变量，ε 代表残差项。构建面板回归模型，对等式两边同时取对数，展开为：

$$\ln G_{\mathrm{I}_{i,t}}=\alpha+\beta_1\ln Q_{\mathrm{Z}_{i,t}}+\beta_2\ln J_{\mathrm{L}_{i,t}}+\beta_3\ln G_{\mathrm{Z}_{i,t}}+\beta_4\ln C_{\mathrm{Y}_{i,t}}+\beta_5\ln S_{\mathrm{SIZE}_{i,t}}+\beta_6\ln T_{\mathrm{TL}_{i,t}}+\varepsilon_{it}, \tag{2}$$

式中：S_{SIZE}代表企业规模，C_{Y} 代表产业结构，T_{TL}代表技术能力。

面板门槛回归模型最初由 Hansen 提出，他在将门槛变量纳入实证模型的基础上，通过对门槛值进行一系列检验，以门槛值为分段点构造分段函数以反映变量间的非线性关系。门槛回归基本模型为：

$$Y_{it}=u_i+X'_{it}\lambda_1 I(q_{it}<\gamma)+X'_{it}\lambda_2 I(q_{it}\geqslant\gamma)+\varepsilon_{it}, \tag{3}$$

式中：$i=1,2,3,\cdots,N$ 表示不同个体，$t=1,2,3,\cdots,T$ 表示时间，q_{it}代表门槛变量，Y_{it}表示被解释变量，X_{it}表示解释变量，$I(\cdot)$为门槛示性函数，当门槛变量小于 γ 时，$I(\cdot)$取为 0，反之则为 1，λ_1，λ_2 为相应的系数。

对面板门槛模型的估计方法做进一步探讨。1）固定效应与随机效应的选择问题。首先考虑模型设定层面，

消除个体固定效应是Hansen[32]面板门槛回归模型进行参数估计的条件之一,参见(3)式。若假设面板模型个体间拥有异质性的随机截距,除非样本量极大,无法利用面板门槛模型估计出唯一参数。其次,从经济社会现实层面,已有研究证实,环境承载力、要素市场完善程度、政策监管与执行体系完善程度等地区间经济、社会特征差异均会影响环境规制工具的绿色创新激励效果,但为防止模型出现过度拟合、严重的多重共线性问题,本文并未将上述变量直接纳入模型。这会使得随机误差项与自变量间在一定程度上相互干扰,因此估计面板门槛模型时应当考虑个体固定效应。2) 是否考虑时间固定效应。本研究样本数据来自2000至2017年,时间跨度较大,在此期间环境规制的绿色创新激励效果很可能呈现出时代性特征。本文通过设立时间虚拟变量的方式控制面板数据中年份进行控制。即在估计时采用双向固定效应。

因此,本研究以单门槛为例,设定如下3个面板门槛回归模型:

1) 模型1:以直接管制型环境规制为门槛变量,分析直接管制型环境规制对工业绿色技术创新的门槛效应,计算公式为:

$$\begin{aligned}\ln G_{I_{i,t}} = {} & B_1 \ln J_{L_{i,t}} + B_2 \ln G_{Z_{i,t}} + B_3 \ln C_{Y_{i,t}} + B_4 \ln S_{SIZE_{i,t}} + B_5 \ln T_{TL_{i,t}} + \\ & \beta_1 \ln Q_Z \times I(\ln Q_{Z_{i,t}} < \gamma_1) + \beta_2 \ln Q_Z \times I(\gamma_1 \leqslant \ln Q_{Z_{i,t}}) + u_i + v_t + \varepsilon_{it}。\end{aligned} \tag{4}$$

2) 模型2:以经济管制型环境规制为门槛变量,分析经济管制型环境规制对工业绿色技术创新的门槛效应,计算公式为:

$$\begin{aligned}\ln G_{I_{i,t}} = {} & B_1 \ln Q_{Z_{i,t}} + B_2 \ln G_{Z_{i,t}} + B_3 \ln C_{Y_{i,t}} + B_4 \ln S_{SIZE_{i,t}} + B_5 \ln T_{TL_{i,t}} + \\ & \beta_1 \ln J_L \times I(\ln J_{L_{i,t}} < \gamma_1) + \beta_2 \ln J_L \times I(\gamma_1 \leqslant \ln J_{L_{i,t}}) + u_i + v_t + \varepsilon_{it}。\end{aligned} \tag{5}$$

3) 模型3:以公众参与型环境规制为门槛变量,分析公众参与型环境规制对工业绿色技术创新的门槛效应,计算公式为:

$$\begin{aligned}\ln G_{I_{i,t}} = {} & B_1 \ln Q_{Z_{i,t}} + B_2 \ln J_{L_{i,t}} + B_3 \ln C_{Y_{i,t}} + B_4 \ln S_{SIZE_{i,t}} + B_5 \ln T_{TL_{i,t}} + \\ & \beta_1 \ln G_Z \times I(\ln G_{Z_{i,t}} < \gamma_1) + \beta_2 \ln G_Z \times I(\gamma_1 \leqslant \ln G_{Z_{i,t}}) + u_i + v_t + \varepsilon_{it}。\end{aligned} \tag{6}$$

2.3 变量选取与数据说明

1) 被解释变量。考察已有的文献,绿色技术创新(G_I)有多种衡量方法。部分学者用新产品单位能耗代表绿色技术创新[33],但该指标偏向于表达绿色生产工艺创新,不能全面代表整体绿色技术创新;且未考虑到绿色生产中的规模效应。也有部分学者采用研发经费与技术改造经费之和[34]、科技活动人员数[35]等指标衡量绿色技术创新,但这类指标选取方式将绿色技术创新与广义的技术创新相混淆,指标中无法体现出技术进步的能源节约效应等"绿色"特征。为克服上述指标缺陷,本研究参考王锋正等人[36]的处理方法,用地区工业企业内部投入与能源消耗总量之比衡量绿色技术创新。

2) 解释变量。① 直接管制型环境规制工具(Q_Z)由政府所主导,通过法律与政策制定直接对企业的环境破坏行为形成约束。工业污染物排放量的减少是直接管制型环境规制工具最主要的效果之一,选用各地区工业废水排放量与各地区工业总产值的比值来衡量直接管制型环境规制工具。当该比值越大,说明该地区的环境规制的强度越弱。② 经济管制型环境规制工具(J_L)主要通过价格、税收和排污处罚等手段来影响企业的排污行为,即通过增加企业的污染成本来约束企业的环境污染行为。利用工业污染治理投资完成额占地区生产总值的比重衡量经济管制型环境规制工具,比值越大说明管制能力越强。③ 公众参与型环境规制工具(G_Z)主要凭借个人或单位的生态保护意识与理念对企业进行施压和监督,采用环境信访上访批次来衡量公众参与型环境规制工具。

3) 控制变量。采用企业的固定资产净值来衡量企业规模(S_{SIZE});采用工业增加值与国内生产总值之比来衡量产业结构(C_Y);采用有研发活动的企业与企业的总数的比值衡量技术能力(T_{TL})。

本研究以长江流域11个省市的工业行业为样本进行分析,选取2000—2017年的面板数据进行实证研究,样本数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及《中国能源年鉴》。

表1报告了变量的描述性统计结果。表1显示在对各变量值取自然对数后,1) 被解释变量绿色技术创新的最大值为6.369 6,最小值为0.878 3,二者数值相差较大,其他核心解释变量也存在相似特征。由于本研究时间跨度较长,这说明变量值可能受地区差异和年际变化双重影响,有必要在回归分析时对地区和年份进行双向控制。2) 综合考察绿色技术创新变量均值、标准差与极值可知,该变量分布可能存在极端值。一方面,这进一步强

调了进行双向控制的必要性；另一方面，在实证研究中应进行稳健性检验以确保模型不存在指标测量偏误问题。

表 1　变量描述性统计

Tab. 1　Descriptive statistics of variables

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
$\ln G_{\mathrm{I}}$	198	4.589 6	1.035 1	0.878 3	6.369 6
$\ln Q_{\mathrm{Z}}$	198	2.939 2	0.871 3	1.613 5	5.074 0
$\ln J_{\mathrm{L}}$	198	−7.009 1	0.714 5	−8.947 4	−5.409 4
$\ln G_{\mathrm{Z}}$	198	7.516 2	1.125 6	2.397 9	9.199 9
$\ln C_{\mathrm{Y}}$	198	−0.962 9	0.161 9	−1.411 9	−0.622 1
$\ln T_{\mathrm{TL}}$	198	−2.235 6	0.553 4	−3.666 7	−0.839 9

3 实证结果分析

3.1 门槛检验

在对门槛模型进行回归之前，首先需要进行门槛效应检验，依据门槛效应检验结果判断是否存在门槛效应，并确定门槛值的个数。依次在单门槛、双门槛的设定下对(4)～(6)式进行估计，得到的 F 统计量和 p 值如表 2 所示，门槛值估计结果和置信区间如表 3 所示。

表 2　门槛效应检验

Tab. 2　Threshold effect test

地区	门槛变量	直接管制	经济管制	公众参与
上游地区	单门槛	3.76(0.800 0)	24.5**(0.034 0)	13.55(0.120 0)
	双门槛	5.69(0.328 0)	7.89(0.230 1)	6.28(0.250 0)
中游地区	单门槛	39.18***(0.000 8)	4.76(0.414 0)	5.78(0.618 0)
	双门槛	4.85(0.616 0)	1.07(0.958 0)	3.13(0.690 0)
下游地区	单门槛	18.78***(0.002 7)	3.04(0.606 0)	10.75(0.132 0)
	双门槛	5.52(0.344 0)	5.01(0.446 0)	3.59(0.324 0)
	重复次数	500	500	500

注：括号前数字代表门槛检验对应的 F 统计量，***，**，* 分别表示在 $p<0.01$，$p<0.05$ 和 $p<0.1$ 的水平上显著，括号内是相应的 p 值

表 3　门槛值估计

Tab. 3　Threshold estimation

地区	模型	指标	门槛值	
			估计值	95%置信区间
上游地区	2	经济管制	−7.635 1	[−7.676 3，−7.614 4]
中游地区	1	直接管制	4.049 0	[4.026 4，4.075 3]
下游地区	1	直接管制	3.848 6	[3.626 9，3.929 0]

3.2 参数估计结果

1) 直接管制型环境规制工具。由门槛效应检验结果可知，在长江中游和下游地区，以直接管制型环境规制工具为门槛变量时，直接管制型环境规制工具对绿色技术创新之间存在单门槛效应。① 在长江上游地区，直接管制型环境规制工具不存在门槛效应，回归系数为−0.507，通过 1%的显著性水平检验。说明对上游地区而言，直接管制型环境规制强度每上升 1%，地区工业绿色技术创新水平上升 0.507%。因而整体上直接管制型环境规制促进了上游工业绿色技术创新的发展。② 在中游地区，当直接管制型环境规制的强度小于门槛值时，直接

管制对绿色技术创新的影响回归系数为－0.740，当跨过门槛值之后，回归系数为－0.638，并且均通过了1%的显著性水平检验，说明直接管制型环境规制工具在长江中游地区促进了绿色技术创新的发展，并且力度越强促进效果越大。③ 在长江下游地区，当直接管制型环境规制的强度小于门槛值时，直接管制对绿色技术创新的的作用系数为－0.262，通过5%的显著性检验；当大于门槛值时，作用系数为0.039但并不显著。这说明在直接管制型环境规制的强度较高时，可显著促进绿色技术创新的发展；直接管制型环境规制的强度较低时，对绿色技术创新没有显著影响。

事实上，由于直接管制带有命令性、强制性特征，对于经济落后、市场机制不完善的中上游地区的效果更加明显[37]；同时从环境规制工具选择发展历程上看，中上游地区政府也更加倾向于利用强制性、命令性手段实现绿色发展，长期的摸索和改进使行政命令更有效率。下游地区工业企业平均绿色生产水平高于中上游地区，单位产品的“三废”排放量更低、循环再利用能力更强，因此下游地区工业企业对低强度的环境命令约束并不敏感；只有当直接管制强度提高到一定程度时，对企业绿色技术创新的正向影响才会显现。

表4 面板门槛模型估计结果

Tab.4 Estimated results of panel threshold model

变量	上游地区	中游地区	下游地区	变量	上游地区	中游地区	下游地区
$\ln C_Y$	－1.884***	－2.161***	－0.301	$\ln Q_Z \times I(\ln Q_Z < \gamma)$		－0.740***	－0.262**
	(－3.18)	(－7.67)	(－0.52)			(－6.32)	(－2.11)
$\ln S_{SIZE}$	－0.429	0.087	0.347***	$\ln Q_Z \times I(\ln Q_Z > \gamma)$		－0.638***	0.039
	(－0.40)	(0.97)	(3.12)			(－5.96)	(0.25)
$\ln T_{TL}$	0.313*	0.124	0.405**	$\ln J_L \times I(\ln J_L < \gamma)$	0.405***		
	(1.86)	(1.05)	(2.33)		(5.26)		
$\ln Q_Z$	－0.507***			$\ln J_L \times I(\ln J_L > \gamma)$	0.454***		
	(－4.06)				(4.85)		
$\ln J_L$		0.121*	0.371**	R^2	0.767 1	0.937 8	0.787 6
		(1.76)	(2.23)				
$\ln G_Z$	－0.019	0.005	－0.041				
	(－0.51)	(0.09)	(－0.29)				

注：括号内为t统计值；***，**和*分别表示在$p<0.01$，$p<0.05$和$p<0.1$的水平上显著，下同

2）经济管制型环境规制工具。① 在长江上游地区，以经济管制型环境规制工具为门槛变量时，经济管制型环境规制工具对绿色技术创新之间存在单门槛效应，当经济管制型环境规制强度低于门槛值时，对绿色技术创新为显著的正向影响，作用系数为0.405；当经济管制的力度跨过门槛值之后，对绿色技术创新也为显著的正向影响，作用系数为0.454，两者都通过了1%的显著性检验。② 在长江中游和下游地区，经济管制型环境规制对绿色技术创新不存在显著的门槛效应。经济管制型环境规制工具对长江中游地区绿色技术创新的影响的回归系数为0.121，并通过10%的显著性水平检验；经济管制型环境规制工具对长江下游地区绿色技术创新的回归系数为0.371，并通过5%的显著性水平检验。

排污费、环境税、排污权交易等手段可以通过优化产业结构与资源配置，对环境遵循成本进行对冲，从而激励企业进行绿色技术创新[29]。随着中国当前“排污费”改“环保税”进程加快，经济管制所带来的“创新补偿效应”得到了进一步提升[38]。实证结果表明，经济管制型环境规制对各地区工业绿色技术创新的均有正向影响，说明对长江经济带整体而言，环境税、排污费等市场化工具为工业企业所带来的“创新补偿效应”高于环境遵循成本所带来的“创新抵消效应”。这也与当前长江流域各省份整体排污费、环保税率高于全国平均水平有关。

3）在各地区层面，公众参与型环境规制工具的回归系数均不显著，说明信访制度对长江流域绿色技术创新均不存在显著的正向或负向作用。原因可能在于公众参与作为一种新兴的环境管制手段，发展时间不长，近些年来虽然中国对公众参与型环境规制工具的意识在逐渐加强，但是公众参与型环境规制工具对企业的促进影响仍然很微妙。同时大多数企业为规避对工业污染对公众的影响，通常会选择末端治理等行为，此时并不能对企

业的技术创新行为产生积极的促进作用，因而无法提升企业的整体绿色技术创新能力。

3.3 稳健性检验

为确保模型不存在指标测量偏误及严重的内生性问题，对回归结果进行稳健性检验。稳健性检验具体操作如下：1）参考朱平芳等人[39]和徐建中等人[40]提出的综合指标构建方法来测算直接管制的强度：选用各地区工业废水、废气和固体废物产生量来综合测算直接管制的强度；为了排除区域工业规模的影响，采用单位工业产值的污染物排放来进行测算。2）以各省份历年排污费解缴入库金额作为经济管制型环境规制的替代指标参与回归。3）以各省份历年行政处罚案件数作为公众参与型环境规制的替代指标参与回归。4）将直接管制型环境规制、经济管制型环境规制变量二次项纳入(2)式，通过考察变量一次项与二次项系数符号及显著性，判断直接管制型环境规制、经济管制型环境规制对绿色技术创新的影响。稳健性检验结果见表 5。

表 5 显示，上游地区经济管制型环境规制变量一次项、二次项系数均为正数且显著，说明经济管制型环境规制对绿色技术创新的正向影响会随着自身强度的提升而增强。中游地区、下游地区直接管制型环境规制变量一次项系数为正数、二次项系数均为负数，说明直接管制型规制对绿色技术创新存在“倒 U 型”影响。上述结果与面板门槛模型回归结果基本一致，说明面板门槛模型回归结果较为稳健。

表 5　稳健性检验结果

Tab. 5　Robustness test results

变量	上游地区	中游地区	下游地区	变量	上游地区	中游地区	下游地区
$\ln C_Y$	−1.531**	−2.259*	0.592***	$\ln^2 J_L$	0.051*	−0.022	−0.011
	(−2.26)	(−1.98)	(2.99)		(1.89)	(−0.85)	(−0.12)
$\ln S_{SIZE}$	−0.463*	−0.080	−0.312	$\ln G_Z$	0.076	−0.027	0.087
	(−1.89)	(−0.06)	(−0.87)		(0.80)	(−0.36)	(1.36)
$\ln T_{TL}$	0.243*	0.337	0.419**	常数项	6.795	2.952	−0.349
	(2.01)	(1.59)	(2.47)	F 检验	0.000 0	0.000 0	0.000 0
$\ln Q_Z$	1.010**	1.352***	1.080***	豪斯曼检验	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	(2.53)	(6.22)	(3.82)	个体效应	控制	控制	控制
$\ln^2 Q_Z$	0.586	−0.871	−2.103***	年份效应	控制	控制	控制
	(0.85)	(−1.10)	(−1.64)	R^2	0.682 7	0.856 2	0.778 7
$\ln J_L$	0.461***	0.337	0.207***				
	(2.61)	(0.79)	(2.05)				

3.4 关于区域环境规制强度的讨论

图 1 至图 3 分别统计了上游地区经济管制型环境规制、中游地区直接管制型环境规制、下游地区直接管制型环境规制强度。

根据门槛值估计结果，上游地区经济管制型环境规制工具的门槛值为−7.635 1，由图 1 可以看出，上游地区各省市经济管制型环境规制强度均在 2003 年跨过门槛值，中间稍有波动；但自 2014 年起呈整体下降趋势，2017 年回落到门槛值以下。可以从以下两方面解释近年来经济管制型环境规制强度的下降：1）从环保投资与环境治理绩效间关系来看。已有研究总结，2006—2013 年，中国企业环保投资与环境治理绩效间呈“拮抗中协调”关系，环保投资的环境治理效率不高；2014 年后二者间呈“高磨合协调”关系，即环保投资开始对环境治理产生显著且稳定的正向影响，环保投资的环境治理效率较高[41]。中国各地区地方政府开始依靠高质量的环保投资实现生态保护目标，相应地放松了对环境治理投资额增长率的把控。2）从产业结构方面来看。“供给侧改革”相关方案自 2015 年开始实行，重工业企业将“去产能”列入发展战略，高污染、高耗能产业也开始着眼于新旧动能转换，这两类产业的扩张性投资额有明显减少：以石油加工、化学材料、黑色金属冶炼行业为例，2011—2014 年 3 行业固定资产净值年增长率分别为 8.39%，18.53%和 10.61%，而 2014—2017 年仅为 3.68%，0.4%和−0.6%。扩张性投资额的下降直接导致了与之相关联的环保投资额的下降。

中游地区、下游地区直接管制型环境规制工具的门槛值分别为 4.049 0 和 3.846 8，由图 2、图 3 可知，近些年

来中游、下游地区直接管制型环境规制强度不断提高,当前中游、下游地区各省市直接管制型环境规制强度均处于门槛值以下。通常认为,直接管制能否引导企业实现“创新补偿”,决定于管制强度与管制执行成本的匹配程度。随着近些年来长江中下游地区要素市场日趋完善且活跃、环境规制执行与监管效率不断提高,地区直接管制规制执行成本持续提高,过于严苛的环保命令将使企业在相当长的时间窗口内无法摆脱环境规制所带来的成本负担[42]。因而近些年来长江中下游地区排放限额的制定更加科学、排污权交易制度加速完善、环保罚款持续减少而环境税费解缴额不断提高等现象,都说明了以经济激励代替直接管制将是该地区环境规制工具选择的大趋势。

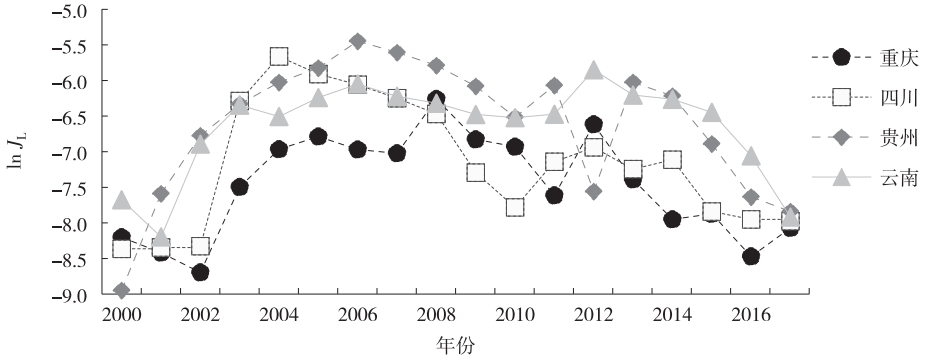

图1 长江上游地区经济管制型环境规制强度

Fig. 1 Intensity of economic regulatory environmental regulation in the upper reaches of the Yangtze river

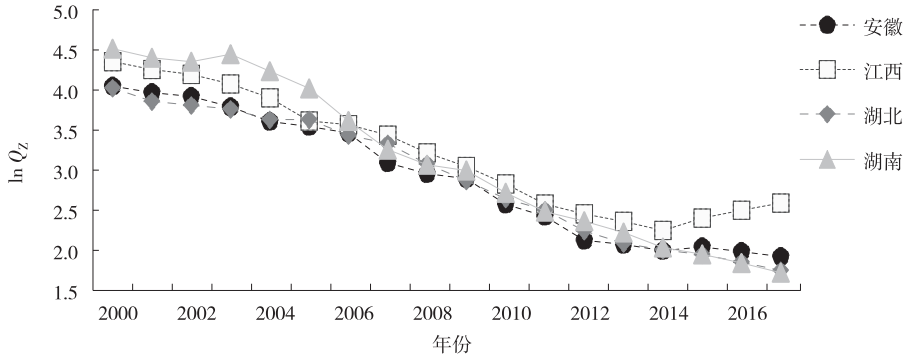

图2 长江中游地区直接管制型环境规制强度

Fig. 2 Intensity of direct environmental regulation in the middle reaches of the Yangtze river

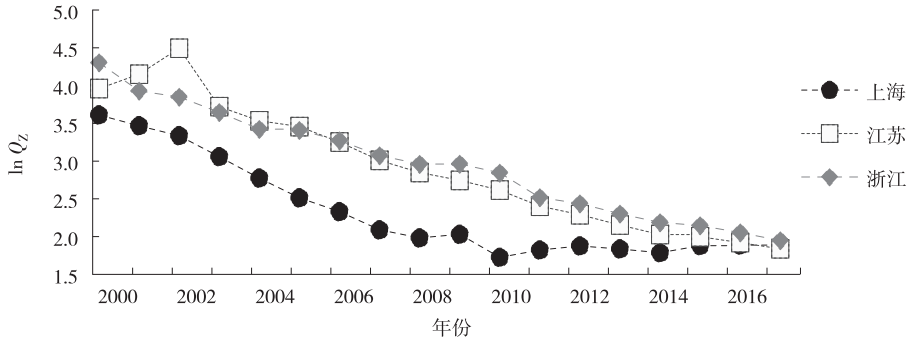

图3 长江下游地区直接管制型环境规制强度

Fig. 3 Intensity of direct environmental regulation in the lower reaches of the Yangtze river

通过与面板门槛模型回归结果相结合,上述对地区环境规制强度的探讨为各地区环境规制工具选择与政策强度调整提供了方向。

4 结论与建议

利用长江流域11个省市2000—2017年面板数据,采用面板门槛模型实证分析了直接管制、经济管制、公众

参与等 3 种环境规制工具对长江经济带工业绿色技术创新的影响。结果显示：

1）在上游地区，直接管制型环境规制工具可显著促进绿色技术创新的发展；经济管制型环境规制工具对绿色技术创新的影响存在单门槛效应，门槛值前后均可促进绿色技术创新的发展，但跨过门槛值后对绿色技术创新的促进效果更大。当前上游地区各省市经济管制型环境规制强度位于门槛值以下。

2）在中下游地区，经济管制型环境规制工具可显著促进绿色技术创新的发展；直接管制型环境规制工具对绿色技术创新的影响存在单门槛效应，在达到门槛值之前直接管制可促进绿色技术创新的发展，跨越门槛值之后直接管制对绿色技术创新的促进作用减弱。当前中游地区各省市直接管制型环境规制强度均未跨过门槛值。

3）公众参与型环境规制工具对各区域的影响效果均不显著。

根据实证结果，结合长江流域各地区环境规制强度，提出如下政策建议：

1）长江经济带上游地区政府在制定合理的环境质量标准、污染排放限额等强制性环境规制以促进本地区工业绿色技术创新水平提高的同时，要进一步加强环境税、排污费等经济、市场型规制力度，同时优化环境补贴、排污权交易等经济管控措施，使地区经济管制强度跨越门槛值，以更大的力度促进地区工业绿色技术创新。

2）长江经济带中游、下游地区政府应当在保持企业活力与竞争力的前提下，维持当下的直接管制型环境规制的强度；同时不断提升经济管制型环境规制强度，以最大程度的推动区域绿色技术创新。

3）工业污染较轻、公民环保意识较强的下游地区的各省市政府，应当率先完善公众参与制度，落实公众知情权，广泛普及环保知识教育，探索公众参与对绿色创新的影响机理，引导公众参与型环境规制推动地区绿色创新与绿色发展。为长江经济带全面推行公众参与环境规制提供理论与实践基础。

参考文献：

[1] PORTER M E. America's green strategy[J]. Scientific American,1991,264(4):193-246.

[2] BERMAN E,BUI L T M. Environmental regulation and productivity:evidence from oil refineries[J]. Review of Economics & Statistics,2001,83(3):498-510.

[3] DOMAZLICKY B R,WEBER W L. Does environmental protection lead to slower productivity growth in the chemical industry?[J]. Environmental & Resource Economics,2004,28(3):301-324.

[4] COLE M A, ELLIOTT R J R, FREDRIKSSON P G. Endogenous pollution havens: does FDI influence environmental regulations?[J]. The Scandinavian Journal of Economics,2006,108(1):157-178.

[5] RUBASHKINA Y,GALEOTTI M,VERDOLINI E. Environmental regulation and competitiveness:empirical evidence on the porter hypothesis from European manufacturing sectors[J]. Energy Policy,2015,83:288-300.

[6] 尤济红，王鹏. 环境规制能否促进 R&D 偏向于绿色技术研发：基于中国工业部门的实证研究[J]. 经济评论，2016(3):26-38.
YOU J H,WANG P. Can environmental regulation promote R&D tend to green technological research and development?[J]. Economic Review,2016(3):26-38.

[7] 邓峰，宛群超. 环境规制、FDI 与技术创新：基于空间计量学的经验分析[J]. 工业技术经济，2017,36(8):51-58.
DENG F,WAN Q C. Environmental regulation, FDI and technological innovation:based on the empirical analysis of spatial econometrics[J]. Journal of Industrial Technological Economics,2017,36(8):51-58.

[8] KNELLER R, MANDERSON E. Environmental regulations and innovation activity in UK manufacturing industries[J]. Resource and Energy Economics,2012,34(2):211-235.

[9] 谢荣辉. 环境规制、引致创新与中国工业绿色生产率提升[J]. 产业经济研究，2017(2):38-48.
XIE R H. Environmental regulation, induced innovation, and growth of green productivity in China[J]. Industrial Economic Research,2017(2):38-48.

[10] BLIND K. The influence of regulations on innovation:a quantitative assessment for OECD countries[J]. Research Policy,2012,41(2):391-400.

[11] 李斌，彭星. 环境规制工具的空间异质效应研究：基于政府职能转变视角的空间计量分析[J]. 产业经济研究，2013(6):38-47.
LI B,PENG X. Studies on spatial heterogeneity effcts of enviromental regulation instruments:spatial empirical analysis from the perspective of transformation of government functions[J]. Industrial Economics Research,2013(6):38-47.

[12] 王小宁，周晓唯. 西部地区环境规制与技术创新：基于环境规制工具视角的分析[J]. 技术经济与管理研究，2014(5):114-118.
WANG X N,ZHOU X W. Study onenvironmental regulation and technological innovation in west region:from the perspective of environmental regulation tools[J]. Journal of Technical Economics & Management,2014(5):114-118.

[13] 孔海涛.环境规制类型与地区经济发展不平衡[J].管理现代化,2018,38(3):48-50.
KONG H T. Types of environmental regulations and unbalanced regional economic development[J]. Modernization of Management,2018,38(3):48-50.

[14] 任胜钢,蒋婷婷,李晓磊,等.中国环境规制类型对区域生态效率影响的差异化机制研究[J].经济管理,2016,38(1):157-165.
RENG S G,JIANG T T,LI X L,et al. The differential mechanism study on the effect of types of environmental regulation to the regional eco-efficiency in China[J]. Economic Management,2016,38(1):157-165.

[15] 彭星,李斌.不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究[J].财经研究,2016,42(7):134-144.
PENG X,LI B. On green industrial transformation in China under different types of environmental regulations[J]. Financial Research,2016,42(7):134-144.

[16] 卢丽文,宋德勇,黄璨.长江经济带城市绿色全要素生产率测度:以长江经济带的108个城市为例[J].城市问题,2017(1):61-67.
LU L W,SONG D Y,HUANG C. Measurement ofgreen total factor productivity of cities in the Yangtze river economic zone: taking 108 cities in the Yangtze river economic zone as examples[J]. Urban Problem,2017(1):61-67.

[17] 易明,李纲,彭甲超,等.长江经济带绿色全要素生产率的时空分异特征研究[J].管理世界,2018,34(11):178-179.
YI M,LI G,PENG J C,et al. Research on the spatio:temporal differentiation characteristics of green total factor productivity in the Yangtze river economic belt[J]. Management World,2018,34(11):178-179.

[18] 吴新中,邓明亮.技术创新、空间溢出与长江经济带工业绿色全要素生产率[J].科技进步与对策,2018,35(17):50-58.
WU X Z,DENG M L. Technological innovation,spatial spillover and industrial green total factor productivity of the Yangtze river economic belt[J]. Science & Technology Progress and Policy,2018,35(17):50-58.

[19] 吴传清,张雅晴.环境规制对长江经济带工业绿色生产率的门槛效应[J].科技进步与对策,2018,35(8):46-51.
WU C Q,ZHANG Y Q. Study on thethreshold effect of environmental regulation on industrial green productivity in Yangtze river economic belt[J]. Science & Technology Progress and Policy,2018,35(8):46-51.

[20] 张娟,耿弘,徐功文,等.环境规制对绿色技术创新的影响研究[J].中国人口·资源与环境,2019,29(1):168-176.
ZHANG J,GENG H,XU G W,et al. Research on the influence of environmental regulation on green technology innovation[J]. China Population,Resources and Environment,2019,29(1):168-176.

[21] 杨恺钧,王婵.双向FDI、环境规制与环境污染:基于长江经济带面板数据的门槛模型分析[J].管理现代化,2018,38(4):75-77.
YANG K J,WANG C. Two-way FDI,environmental regulation and environmental pollution:analysis of threshold model based on panel data of Yangtze river economic belt[J]. Management Modernization,2018,38(4):75-77.

[22] 裴潇,蒋安璇,叶云,等.民间投资、环境规制与绿色技术创新:长江经济带11省市空间杜宾模型分析[J].科技进步与对策,2019,36(8):44-51.
PEI X,JIANG A X,YE Y,et al. Private investment,environmental regulation and green technological innovation:analysis of spatial Dubin model based on 11 provinces and cities in the Changjiang river economic belt[J]. Science & Technology Progress and Policy,2019,36(8):44-51.

[23] 李强.正式与非正式环境规制的减排效应研究:以长江经济带为例[J].现代经济探讨,2018(5):92-99.
LI Q. Research on theemission reduction effects of formal and informal environmental regulations:taking the Yangtze river economic belt as an example[J]. Modern Economic Research,2018(5):92-99.

[24] 苏昕,周升师.双重环境规制、政府补助对企业创新产出的影响及调节[J].中国人口·资源与环境,2019,29(3):31-39.
SU X,ZHOU S S. Dual environmental regulation,government subsidy and enterprise innovation output[J]. China Population, Resources and Environment,2019,29(3):31-39.

[25] 刘明玉,袁宝龙.环境规制与绿色创新效率的空间异质效应:基于长江经济带工业企业数据[J].财会月刊,2018(24):144-153.
LIU M Y,YUAN B L. The spatial heterogeneity effect of environmental regulation and green innovation efficiency:based on the data of industrial enterprises in the Yangtze river economic belt[J]. Finance and Accounting Monthly,2018(24):144-153.

[26] 严若森,华小丽,钱晶晶.组织冗余及产权性质调节作用下连锁董事网络对企业创新投入的影响研究[J].管理学报,2018,15(2):217-229.
YAN R S,HUA X L,QIAN J J. The impact of interlocking directorate network on innovation investment with the moderation of organization slack and nature of property right[J]. Chinese Journal of Management,2018,15(2):217-229.

[27] 张志昌,任淮秀.政府补贴、寻租与企业研发人力资本投入[J].云南财经大学学报,2020,36(3):92-103.
ZHANG Z C,REN H X. Government subsidy,rent:seeking and the R&D human capital investment of enterprises[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics,2020,36(3):92-103.

[28] 游达明,蒋瑞琛.我国环境规制工具对技术创新的作用:基于2005—2015年面板数据的实证研究[J].科技管理研究,2018,38

(15)：39-45.
YOU M D，JIANG R C. Therole of environmental regulation tools in technological innovation in China：empirical study based on panel data from 2005 to 2015[J]. Science and Technology Management Research，2018，38(15)：39-45.

[29] 于克信，胡勇强，宋哲. 环境规制、政府支持与绿色技术创新：基于资源型企业的实证研究[J]. 云南财经大学学报，2019，35(4)：100-112.
YU K X，HU Y Q，SONG Z. Environmental regulation，government support and green technology innovation：an empirical study based on resource：based enterprises[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics，2019，35(4)：100-112.

[30] 汪海凤，白雪洁，李爽. 环境规制、不确定性与企业的短期化投资偏向：基于环境规制工具异质性的比较分析[J]. 财贸研究，2018，29(12)：80-93.
WANG H F，BAI X J，LI S. Environmental regulation，uncertainty and short-term investment bias of firms：a comparative analysis based on heterogeneityof environmental regulation tools[J]. Finance and Trade Research，2018，29(12)：80-93.

[31] 何熙琼，杨昌安. 中国企业的创新持续性及其作用机制研究：基于成本性态视角[J]. 科学学与科学技术管理，2019，40(5)：105-121.
HE X Q，YANG C A. Research oninnovation persistence and its mechanism of Chinese enterprises：perspective on cost asymmetry[J]. Science of Science and Management of S&T，2019，40(5)：105-121.

[32] HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels：estimation，testing，and inference[J]. Journal of Econometrics，1999，93(2)：345-368.

[33] 李婉红，毕克新，孙冰. 环境规制强度对污染密集行业绿色技术创新的影响研究：基于 2003—2010 年面板数据的实证检验[J]. 研究与发展管理，2013，25(6)：72-81.
LI W H，BI K X，SUN B. Research on theeffect of environmental regulation intensity on green technological innovation of pollution intensive industries：empirical test based on panel data of 2003—2010[J]. R&D Management，2013，25(6)：72-81.

[34] 毕克新，杨朝均，黄平. 中国绿色工艺创新绩效的地区差异及影响因素研究[J]. 中国工业经济，2013(10)：57-69.
BI K X，YANG Z J，HUANG P. Study on theregional difference and influencing factors of green process innovation performance in China[J]. China Industrial Economics，2013(10)：57-69.

[35] 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 C E，LU J L. Research on the influence of environmental regulation on green technology innovation：evidence from Hunan province[J]. Economic Survey，2019，36(2)：126-132.

[36] 王锋正，陈方圆. 董事会治理、环境规制与绿色技术创新：基于我国重污染行业上市公司的实证检验[J]. 科学学研究，2018，36(2)：361-369.
WANG F Z，CHENG F Y. Boardgovernance，environmental regulation and green technology innovation：empirical test based on listed companies in China's heavy polluting industry[J]. Studies in Science of Science，2018，36(2)：361-369.

[37] 于连超，张卫国，毕茜. 环境税对企业绿色转型的倒逼效应研究[J]. 中国人口·资源与环境，2019，29(7)：112-120.
YU L C，ZHANG W G，BI Q. The study on the backward forcing effect of environmental tax on corporate green transformation [J]. China Population，Resources and Environment，2019，29(7)：112-120.

[38] 史长宽. 市场类环境工具对经济增长的影响效应与作用机制：基于产业结构的视角[J]. 中南大学学报(社会科学版)，2019，25(2)：78-88.
SHI C K. Effect and mechanism of market-based environmental tools on economic growth：based on the perspective of industrial structure[J]. Journal of Central South University(Social Sciences)，2019，25(2)：78-88.

[39] 朱平芳，张征宇，姜国麟. FDI 与环境规制：基于地方分权视角的实证研究[J]. 经济研究，2011，46(6)：133-145.
ZHU P F，ZHANG Z Y，JIANG G L. Empirical study of the relationship between FDI and environmental regulation：an intergovernmental competition perspective[J]. Economic Research Journal，2011，46(6)：133-145.

[40] 徐建中，王曼曼. 绿色技术创新、环境规制与能源强度：基于中国制造业的实证分析[J]. 科学学研究，2018，36(4)：744-753.
XU J Z，WANG M M. Green technology innovation，environmental regulation and energy intensity：an empirical study based on Chinese manufacturing industry[J]. Studies in Science of Science，2018，36(4)：744-753.

[41] 邬娜，王艳华，吴佳，等. 环保投资与资源环境变化关系分析[J]. 环境工程技术学报，2021，11(1)：187-193.
WU N，WANG Y H，WU J，et al. Analysis on the relationship between environmental protection investment and changes in resources and environment[J]. Journal of Environmental Engineering Technology，2021，11(1)：187-193.

[42] 闫莹，孙亚蓉，俞立平，等. 环境规制对工业绿色发展的影响及调节效应：来自差异化环境规制工具视角的解释[J]. 科技管理研究，2020，40(12)：239-247.

YAN Y, SUN Y R, YU L P, et al. Impact and regulatory effects of environmental regulation on industry green development: interpretation from the perspective of differentiated environmental regulation tools[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(12): 239-247.

Research on the Effect of Environmental Regulation Tool Selection on Industrial Green Technology Innovation in Yangtze River Economic Belt

YUE Xiaofeng[1], ZHANG Wenqing[2], LIU Lantian[1], CHEN Yuke[1]

(1. School of Economics and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;
2. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: [**Purposes**]Explore the impact of different environmental regulatory tools on industrial green technological innovation in the Yangtze River Economic Belt. [**Methods**]Using panel data of 11 provinces in the Yangtze River basin from 2000 to 2017, the panel threshold model is used to empirically analyze the impact of direct regulation, economic regulation and public participation on industrial green technology innovation in the Yangtze river economic belt. [**Findings**]1) In the upstream area, direct regulatory environmental regulation has a positive impact on industrial green technology innovation. There is a single threshold effect on the impact of economic regulatory environmental regulation on industrial green technology innovation. Both before and after the threshold value can promote the development of green technology innovation, and the effect is greater after the threshold value is crossed. 2) In the middle and lower reaches, the economic regulatory environmental regulation has positive influence on the innovation of industrial green technology. There is a single threshold effect on the impact of direct environmental regulation on industrial green technology innovation. Direct regulation can promote the development of green technology innovation before the threshold value is reached, and the promotion effect of direct regulation on green technology innovation is weakened after the threshold value is crossed. 3) The effect of public participation environmental regulation tools on each region is not significant. [**Conclusions**]Based on the results of empirical research, combined with the intensity and development trend of environmental regulations in various regions of the Yangtze River Economic Belt, propose corresponding policy recommendations for the green and innovative development of the Yangtze River Economic Belt.

Keywords: Yangtze River Economic Belt; environmental regulation tools; green technology innovation

(责任编辑 黄 颖)