

环境规制、能源要素价格与绿色创新效率

——以长江经济带为例

彭甲超 肖建忠*

摘要:以“共抓大保护、不搞大开发”为导向推动长江经济带发展,需掌握不同环境规制类型与能源要素价格对长江经济带绿色创新的影响。本文运用面板门槛回归模型聚焦讨论能源要素价格与不同环境规制类型对长江经济带绿色创新效率的影响。研究表明:命令控制型环境规制和市场激励型环境规制显著抑制了长江经济带绿色创新效率,不支持“波特假说”;自愿型环境规制显著提高了长江经济带绿色创新效率,验证了“波特假说”。环境规制对长江经济带绿色创新存在显著的空间异质性,且在能源要素价格的不同区间下环境规制带来的影响具有明显差异。不同环境规制下的能源要素价格指标函数均不一致,但存在交叉区间,而在主要环境规制类型下能源要素价格对长江经济带绿色创新效率的影响显著为负。控制变量的研究表明,产业结构和产业规模均在一定程度上显著地积极影响长江经济带绿色创新效率,而社会购买力在一定程度上削减了长江经济带绿色创新效率。因此,政府需要进一步深化能源价格市场化改革,多角度、差异化实施环境规制行为,共同发挥社会团体对绿色创新的影响。

关键词:环境规制;能源要素价格;绿色创新效率;面板门槛模型

一、引言

2016年出台的《长江经济带发展规划纲要》提出要把长江经济带建设成生态文明建设先行示范带、创新驱动引领带。长江经济带既要坚持生态优先、绿色发展的战略地位,又要实现创新驱动产业转型升级,绿色创新理应成为重要的“催化剂”,而绿色创新要素的投入产出效

*彭甲超,中国地质大学经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮箱: PengJC91@foxmail.com;肖建忠(通讯作者),中国地质大学经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮箱: xjianzhong@cug.edu.cn。

本文系国家自然科学基金面上项目“中国天然气市场价格扭曲的关键因素识别与纠偏路径选择研究”(71673257)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的建设性修改意见,文责自负。

率则是影响“催化效应”的关键,它不仅能够在一定程度上减少或避免生态环境破坏,还能促进创新资源综合集成,有利于实现长江经济带高质量发展。当前,环境规制成为化解长江经济带严峻污染形势、实现绿色发展的必由之路。环境规制一方面能够有效保障自然生态环境质量,同时也影响能源资源等投入要素的使用、避免陷入“资源诅咒”困境。能源资源要素价格能够有效调节经济社会对能源资源的使用,而能源资源使用量的多少又对自然环境质量有着重要影响,进而影响区域绿色创新质量水平。

关于环境规制与绿色创新,现有文献多考察环境规制对绿色创新效率的影响。这主要是因为现有文献并无明确的绿色创新定义,而绿色创新效率能够满足绿色创新的广义特征(彭甲超等,2019)。已有文献在探讨环境政策对绿色创新效率的影响关系方面基本围绕“波特假说”,但“波特假说”的有效性还不明确:虽然部分学者的实证研究支持“波特假说”,如Porter和van der Linde(1995)、蒋为(2015)、Berrone等(2013)、Bergek和Berggren(2014)、Jefferson等(2013)等;但也有学者认为“波特假说”并不能够有效提升企业经营业绩,反而可能加大企业生产压力,损害企业市场地位,降低市场竞争力,如Zhao和Sun(2016)、Levinson和Taylor(2008)等。此外,在验证“波特假说”的过程中,越来越多的学者从不同角度进行了实证研究,在环境规制方面,不同学者采用工业污染排放数据或某个环境政策衡量环境规制力度,如碳排放交易政策(齐绍洲等,2018;Cui et al.,2018)、两控区政策(盛丹、张国峰,2019)、低碳城市试点(熊广勤等,2020;徐佳、崔静波,2020)等;绿色创新效率方面,更多的学者将企业层面专利数据纳入到绿色创新的核算指标框架中(Popp,2002;Calel & Dechezleprêtre,2012),测算绿色创新效率或绿色创新生产率(田红彬、郝雯雯,2020)。

关于能源要素价格与绿色创新,已有文献从理论和实证角度检验能源价格对刺激及诱导绿色创新的作用。自Hicks(1932)提出能源价格诱导创新假设以来,不同学者基于不同层面的数据验证能源价格对绿色创新水平的促进作用,如Ley等(2016)从宏观层面讨论经合组织成员国能源价格对绿色创新的促进作用,Nicolli和Vona(2016)基于欧盟成员国的研究数据验证了电力价格能够提高可再生能源的创新水平,Nunes和Catalão-Lopes(2020)的研究结果表明油价对替代能源专利申请数量产生显著的积极影响。然而,Kruse和Wetzel(2015)基于OECD组织26个成员国的实证结果表明能源价格仅对部分绿色创新技术存在积极影响。此外,Lin和Chen(2019)的研究表明电价对可再生能源绿色创新影响的短期效果并不明显。

综上,现有文献讨论能源价格对绿色创新的影响主要基于Hicks(1932)价格诱导创新假设,但研究结论尚未统一;环境规制对绿色创新的影响文献着重验证“波特假说”,其结论也不明确。环境规制与绿色创新密切相关,而绿色创新过程受到能源要素的影响,且能源要素价格对绿色创新又存在极强的反馈作用(Popp,2002;郑新业、吴悠,2018;Kong et al.,2020)。基于此,针对已有文献鲜有同时分析环境规制、能源要素价格和绿色创新效率,且忽视能源要素

价格的门槛效应,本文选择极具时代意义和历史背景的长经济带为研究样本,主要的边际贡献包括:一是提出适用于环境规制、能源要素价格和绿色创新效率的理论分析框架,实证讨论能源要素价格与差异化环境规制对绿色创新效率的异质性影响;二是基于面板门槛模型分析能源要素价格对绿色创新效率的非线性影响,并检验环境规制、能源要素价格对绿色创新效率的作用机理。

二、理论分析与作用机理

(一)能源要素价格和环境规制的内涵解析

能源对国家经济发展具有重要的意义,能够保证经济得到有序发展,是经济发展的重要物质保证。通常而言,能源既是一种重要的生产要素,又是一种重要的消费资料,本文将能源视为一种经济发展的重要要素投入,因而下文能源价格即是能源要素价格。2020年《中共中央国务院关于新时代加快完善社会主义市场经济体制的意见》进一步反映了国内对于能源价格改革的系统谋划。

对于环境规制的认识,学术界不断探讨并逐步深入。起初,部分学者将环境规制定义为政府的行政式直接规制,即政府主要以行政命令对环境资源利用及配置过程等进行直接干预。随着规制手段不断多样化,环境规制的内涵也逐渐被修正、完善,一方面不仅包括了政府的正式行政式命令型规制,另一方面还涵盖了基于市场的激励型环境规制和自愿性协议等。随后,“非正式规制”的提出,再次扩展了环境规制的含义。在原有政府行政式“正式规制”的基础上,将扩展信息不对称条件下的团体性谈判或协商规则行为等“非正式规制”也视作环境规制(Pargaland & Wheeler, 1995),即将“非正式规制”引入到原有的“正式规制”中。“非正式规制”多涉及到除政府等其他利益相关方,其目的是为追求自身利益最大化而提升环境质量。除此以外,对发展中国家和发达国家的区分研究,衍生出不同地区的环境规制区别(Konar & Cohen, 1997; Lanoie et al., 1997);对环境规制的自身异质性属性区分,衍生出显性规制和隐形规制等(赵玉民等, 2009;原毅军、谢荣辉, 2015)。关于环境规制的指标选取,本文基于赵玉民等(2009)、全禹澄和李志青(2020)等研究中对环境规制的分类办法,选用市场激励型环境规制、自愿型环境规制、命令控制型环境规制三类环境规制,具体如表1所示。

表1 环境规制类型及其主要内容

规制类型	主要内容	主要特征
市场激励型	排污税费、使用者税费、产品税费、补贴、排污许可证、押金返还等	市场机制,市场信号
自愿型	环境认证、环境审计、生态标签、环境协议等	软约束,具备很大的自主性
命令控制型	法律、法规、政策及制度等	强制性,硬约束

资料来源:根据赵玉民等(2009)整理而成。

(二)能源要素价格、环境规制影响绿色创新效率的作用机理

参考部分学者对绿色创新效率的影响因素论述,本文阐释能源要素价格及环境规制作用于区域绿色创新效率的机理。具体来说:

第一,能源要素价格单向影响区域绿色创新效率。当能源要素价格上涨,导致部分行业的生产成本增加,进而部分企业或整个行业需重新考虑研发或者引入能够有效提升能源资源使用效率的节能技术和服务,从而达到节约能源的目的。创新技术的应用能够实现减少环境污染、保护自然资源的目的,最终有助于实现工业节能环保及可持续发展的目标。在此过程中,部分行业的技术创新逐步偏向环境友好型,从而有助于提高行业技术创新的绿色绩效,这将有利于提升区域整体绿色创新效率。此外,如果区域绿色创新效率提高,区域空间的示范效应能够得到快速溢出,进而引发部分行业普遍引入环境友好偏向型绿色节能技术,从而使市场上能源需求量日益减少,能源价格将有所下降,由此也会进入到能源价格下降的影响路径中,这种路径的存在势必进一步提升区域绿色创新效率水平。

第二,环境规制类型单向影响区域绿色创新效率。当政府加强行政命令式环境规制时,企业用于应付行政式惩罚的成本增加(吴磊等,2020),企业环境污染处理的费用将会提高,从而导致部分行业企业的营业外支出增加,进一步降低其净利润,压缩此类企业生产空间,促使其寻找新出路,开发新的绿色生产工艺及空间,实现绿色转型(Levinson & Taylor, 2008; Zhao & Sun, 2016)。为了减少排污罚款或者排污设备运行的费用,企业需要对原有的生产工艺进行革新,提高绿色产出能力,使得技术创新的绿色水平有所提高,从而促进区域绿色创新效率的提升。此外,由于政府的环境规制通常是法令、规章制度等形式,具有一定的强制性和稳定性。所以,区域绿色创新效率不是一种市场行为,较难发生反向调节环境规制强度的情况。

第三,环境规制与能源要素价格共同影响区域绿色创新效率。在众多的环境规制手段中,对能源消费征收环境补偿税,从而对能源要素价格进行了调整,这些调整会直接影响区域绿色创新效率的提升;同理,如果能源要素价格能够反映和补偿由于能源消费带来的环境问题,会提升环境规制效果,也会推动企业的绿色创新,提高区域绿色创新水平。

三、模型构建与变量选择

(一)模型构建

如前所述,政府通过能源要素价格诱导绿色创新,但现行的阶梯性定价对这种诱导存在不同影响(Lin & Chen, 2019; Liu et al., 2020)。为进一步探讨这种阶梯性价格区间下环境规制对区域绿色创新效率的影响结果,本文采用面板门槛效应模型分析能源要素价格在不同范围时环境规制对绿色创新的影响。自Tong(1978)提出门槛自回归模型(TAR)以来,这种非线性时间序列模型在经济和金融领域得到了广泛的应用。虽然TAR模型被大量应用于时间序列

资料,但 Inclán 和 Tiao(1994)等利用此方法分析横截面资料或面板资料。TAR 在计量方法上有较客观的研究方式,利用门槛变量来决定不同的分界点,进而利用门槛变量的观察值估计出适合的门槛值,这可以有效避免研究者使用主观判定分界点法所造成的偏误。在估计 TAR 时,必须首先检验是否存在门槛效应。由于未知参数的存在将导致检验统计量的分布是非标准的,因此, Hansen(1999)采用“自体抽样法”来计算检验统计量的渐进分布,以便分析门槛效应的显著性。本文主要通过面板门槛模型分析能源要素价格对区域绿色创新效率的实际影响,基本模型设定如式(1)所示:

$$y_{it} = u_i + x'_{it}\beta_1 \times I(q_{it} \leq \gamma) + x'_{it}\beta_2 \times I(q_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $i=1, 2, \dots, N$ 表示不同的个体, $t=1, 2, \dots, T$ 表示时间, q_{it} 为门槛变量, ε_{it} 为随机误差项, y_{it} 和 x'_{it} 分别为被解释变量和解释变量, $I(\cdot)$ 为一个指标函数,相应的条件成立时取值为 1, 否则取值为 0。依据门槛变量 q_{it} 与门槛值 γ 的相对大小,将样本观察值分成两个不同区间,区间的差异表现在回归系数 β_1 和 β_2 上。为了保证 β_1 和 β_2 可以被估计,因而 x'_{it} 中不能包含诸如特定变量等不随时间改变的虚拟变量。同时,面板门槛模型也要求门槛变量具备特定性质。假设 ε_{it} 服从 0 均值、方差 σ_ε^2 有限的独立同分布,即 $\varepsilon_{it} \sim i.i.d N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 。i.i.d 的假设使得解释变量中不能包含被解释变量的滞后期,也即公式(1)是一个静态模型。公式(1)中仅有一个门槛,但在许多现实情况下门槛的个数可能不止一个,因而还需要进一步考虑多重门槛模型。双重门槛模型的设定如式(2)所示,其中 $\gamma_1 < \gamma_2$:

$$y_{it} = u_i + x'_{it}\beta_1 \times I(q_{it} \leq \gamma_1) + x'_{it}\beta_2 \times I(\gamma_1 < q_{it} \leq \gamma_2) + x'_{it}\beta_3 \times I(q_{it} > \gamma_2) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

(二)变量选择

1.绿色创新效率

鉴于经济社会发展过程中污染物等非期望产出的深远影响(Zheng et al., 2020), Färe (2010)所提出的传统生产环境技术模型已经不能有效满足现阶段的研究需要,而网络结构更符合生产过程的连续性。绿色创新是以绿色发展为重要目标任务的创新驱动发展,是以创新驱动发展为重要手段的绿色发展,是绿色发展与创新驱动的深度融合。绿色创新的概念通常与生态创新、环境创新和可持续创新联系在一起,是指以避免或减少环境破坏为目的“创造性破坏”行为(彭甲超等, 2019)。因此,本文定义的绿色创新效率是“一定区域或产业,在一定时期内,综合考虑生态和资源环境要素前提下,生产和技术创新过程中各种投入要素的有效利用程度”。根据绿色创新效率定义,本文利用两阶段网络 DEA 模型测算长江经济带绿色创新效率作为被解释变量^①。测算长江经济带 11 省市绿色创新效率涉及的主要指标包括:(1)投入要素方面,主要选取研究与试验发展(R&D)人员全时当量和 R&D 经费支出;(2)产出结果方面,兼顾

^①本文采用两阶段网络 DEA 模型,具体设置方法参考彭甲超等(2019)关于两阶段网络 DEA 模型描述。

“绿色、创新”主题,选取专利授权数(中间产出)、新产品销售收入(间接产出)、区域内工业企业营业利润(总产出)以及覆盖环境变化的非期望产出指数,包括地区间规模以上工业企业废气、废水、COD和危险废物排放量。环境变化的非期望产出指数主要通过动态因子分析方法构建,避免综合指数评价的主观权重选择(层次分析法等)和忽略时间效应的影响(熵权法等)。

2.能源要素价格

截至目前,我国官方尚未有明确的能源价格的相关统计数据,学术界研究的能源价格指数包括两种:一是根据煤炭、石油、天然气等资源的消费权重及其工业出厂价格计算得到综合性能源价格指数(何凌云等,2016);二是选取燃料、动力类购进价格指数作为能源价格的替代变量(江洪、陈亮,2017)。本文借鉴第二种做法,选取燃料、动力类购进价格指数(后更名为工业生产者购进价格指数)衡量能源价格。由于燃料、动力类购进价格指数是以“上年=100”进行测量的,直接使用价格指数存在省份之间不可比的问题,因此,本文参考何凌云等(2016)、江洪和陈亮(2017)的做法,将燃料、动力类购进价格指数按照长江经济带11省市的能源消费量占比进行加权平均,且剔除通货膨胀的干扰并以2000年为基期折算后得到能源价格指数,计算公式为:

$$price_{it} = \frac{price_{1t}W_{1,consumption} + \dots + price_{11t}W_{11,consumption}}{\sum_1^{11}W_i} \times (1 + inflation_t) \quad (3)$$

其中 $price_{it}$ 表示第 i 省第 t 期能源要素价格, $W_{1,consumption}$ 表示第1个省市能源消费占总体比重, $price_{1t}$ 表示第1个省市第 t 期燃料、动力类购进价格指数, $inflation_t$ 表示第 t 期通货膨胀水平。

3.环境规制类型

如表1所示,环境规制的实施依赖于地方政府的意愿、地区经济发展水平和环境污染现状等,即使国家制定统一的规制政策在不同地区的实施情况也可能存在差异。因此对环境规制的度量是一个困难且复杂的问题。参考国内外相关文献,本文总结了目前较为流行的衡量环境规制的方法:(1)通过治污投资占企业总成本或总产值比重衡量个体遵守正式环境规制的程度(Lanoie et al., 2008; 沈能, 2012);(2)使用治理污染设施运行费用或人均运行费用(张成等, 2010);(3)基于正式环境规制强度与收入水平之间的高度相关性,将人均收入水平作为衡量内生性正式环境规制强度的代理变量(陆旸, 2009);(4)结合正式环境规制下的污染排放量或单位产值污染排放强度变化度量环境规制(Domazlicky & Weber et al., 2004; 张文彬等, 2010);(5)傅京燕和李丽莎(2010)、李玲和陶锋(2012)采用综合指数方法构建中国制造业正式环境规制强度的综合测量体系,利用AHP构建一个目标层(环境规制强度)和三个评价指标层(废水、废气、废渣),通过对不同污染物赋予不同的权重,计算出单项污染物的正式环境规制强度和行业总的正式环境规制强度;(6)以空气流通系数度量环境规制(沈坤荣等, 2017),当空气污染物排放相同时,空气流通系数低的城市倾向于采用严格的环境规制工具。

关于环境规制的指标选取,本文基于赵玉民等(2009)研究中对环境规制的分类办法,选

用市场激励型环境规制、自愿型环境规制、命令控制型环境规制三类环境规制。其中,市场激励型环境规制选用排污费征收额(*sewage*)代替;自愿型环境规制选取地区环境上访人数(*petition*)代替;命令控制型环境规制选取地区环境机构从业人员(*labor*)指标代替。

4.控制变量

为避免不必要的内生性问题,本文在参考已有研究的基础上(Zheng et al., 2020),选择产业结构(*industrial*)、产业规模(*scale*)、社会购买力(*retail*)以及对外开放程度(*open*)作为主要的控制变量。产业结构升级和变动的一个重要特征是第三产业增长率要快于第二产业增长率(刘习平等, 2017),因而本文采用第三产业增加值/第二产业增加值比值来衡量产业结构(*industrial*)。产业规模变量参照原毅军和谢荣辉(2015)的做法,使用全社会固定资产投资来衡量,社会购买力(*retail*)则使用社会零售总额衡量。对外开放程度则通过区域进出口总额表示。从出口来看,区域对外贸易可以通过资源分配、整合、优化以及技术转移等途径提高创新效率,进而促进产业结构升级(Mazumdar, 1996);从进口来看,通过引进国外新的技术及管理模式等产生的溢出效应可以加速区域创新质量的提升,因而本文用区域进出口额(*open*)代表对外开放程度。

5.数据说明及来源

本文采用2003—2017年的数据研究长江经济带11省(市)能源要素价格、环境规制对绿色创新效率的影响,其中涉及的主要变量包括:工业燃料动力类购进价格指数(*price*)、排污费征收额(*sewage*)、地区环境上访人数(*petition*)、地区环境机构从业人员(*labor*)、第三产业增加值/第二产业增加值(*industrial*)、全社会固定资产投资(*scale*)、社会零售总额(*retail*)、进出口总额(*open*)。

以上变量中,工业的能源要素价格数据来源于《中国能源统计年鉴(2004—2018)》《中国价格统计年鉴(2004—2018)》以及国家统计局城市社会经济调查司;工业污染数据及环境相关数据来源于《中国环境统计年鉴(2004—2018)》;产业增加值及利润率、销售收入数据来源于《中国工业经济统计年鉴》;工业燃料动力类价格指数来源于《中国经济统计年鉴(2004—2018)》。综上,本文主要变量汇总如表2所示。

表2 指标内容汇总

变量指标	变量性质	样本期	缩写
工业燃料动力类购进价格指数	能源要素价格	2003—2017年	<i>price</i>
排污费征收额	环境规制1	2003—2017年	<i>sewage</i>
地区环境上访人数	环境规制2	2003—2017年	<i>petition</i>
地区环境机构从业人员	环境规制3	2003—2017年	<i>labor</i>
第三产业增加值/第二产业增加值	产业结构	2003—2017年	<i>industrial</i>
全社会固定资产投资	产业规模	2003—2017年	<i>scale</i>
社会零售总额	社会购买力	2003—2017年	<i>retail</i>
进出口总额	对外开放程度	2003—2017年	<i>open</i>

四、长江经济带绿色创新效率的估计

(一) 门槛模型的估计检验

1. LR 统计检验

图1—图3表示以排污费增收额 (*sewage*)、地区环境上访人数 (*petition*) 和地区环境机构从业人员数 (*labor*) 为核心变量下能源要素价格的门槛估计值在 LR 统计量下的 95% 置信区间表现。图1、图2和图3表示门槛变量似然比序列, 门槛值函数的趋势变化。单一门槛模型 LR 统计量 95% 的置信区间在 (5, 10), 在图1中可以观察到, 仅单一门槛模型存在一定显著范围的门槛。由图2可知单一门槛模型 LR 统计量 95% 的置信区间位于 (5, 10) (图2a); 双重门槛模型 95% 的置信区间位于 (0, 8) (图2b), 即单一门槛模型和双重门槛模型均存在一定显著范围的门槛。地区环境机构从业人数单一门槛模型 LR 统计量 95% 的置信区间在 (6, 8) (图

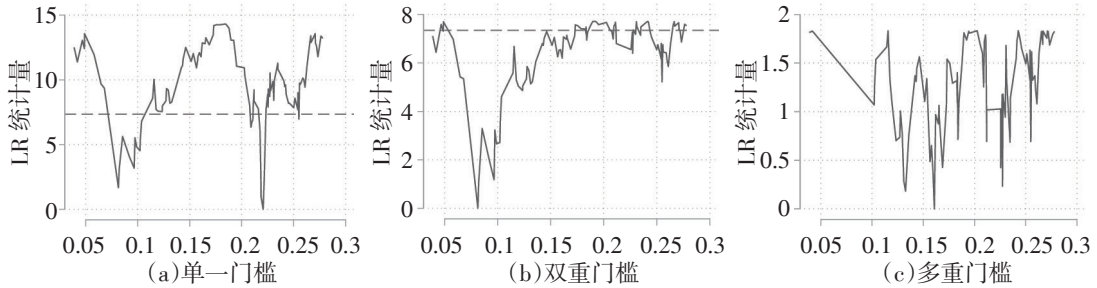


图1 *sewage* 类型下长江经济带总体能源要素价格门槛分布

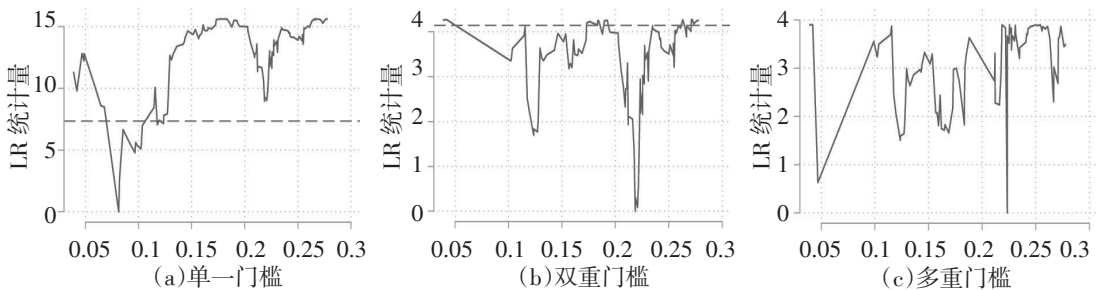


图2 *petition* 类型下长江经济带总体能源要素价格门槛分布

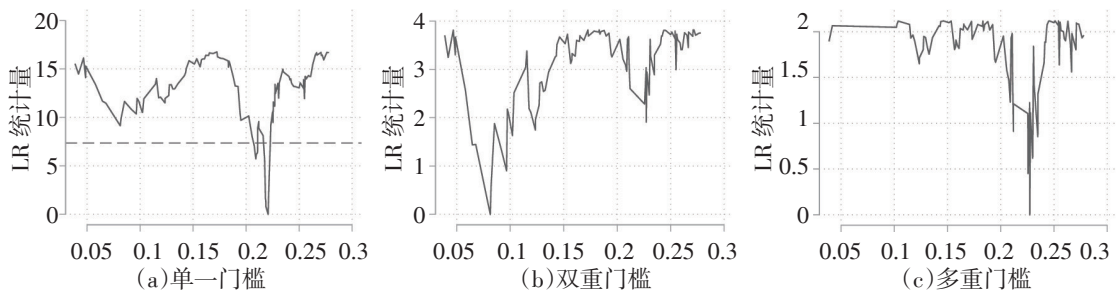


图3 *labor* 类型下长江经济带总体能源要素价格门槛分布

3a),即单一门槛模型存在一定显著范围的门槛。

2.区域门槛估计结果

本文从长江经济带总体及分区域角度进一步检验门槛估计,排污费征收额、地区环境上访人数以及地区环境机构从业人员数分区域门槛检验结果如表3所示。其中以排污费征收

表3 区域门槛估计结果汇总

数据	区域	模型	门槛值	95%置信区间下界	96%置信区间上界	显著性
Panel A	长江经济带	单一门槛	0.221	0.217	0.222	**
		双重门槛	0.221 0.223	0.219	0.223	**
		三重门槛	0.255	0.245	0.256	
	长江经济带 上游	单一门槛	0.028	0.012	0.039	*
		双重门槛	0.028 0.209	0.206	0.211	
		三重门槛	0.228	0.212	0.222	
	长江经济带 中游	单一门槛	0.265	0.259	0.267	
		双重门槛	0.265 0.159	0.157	0.165	*
		三重门槛	0.218	0.216	0.223	
	长江经济带 下游	单一门槛	0.259	0.255	0.263	
		双重门槛	0.259 0.119	0.114	0.131	*
		三重门槛	0.218	0.211	0.219	
Panel B	长江经济带	单一门槛	0.058	0.045	0.065	*
		双重门槛	0.058 0.081	0.068	0.082	**
		三重门槛	0.127	0.124	0.128	*
	长江经济带 上游	单一门槛	0.081	0.0340	0.085	*
		双重门槛	0.081 0.047	0.039	0.099	
		三重门槛	0.223	0.222	0.226	
	长江经济带 中游	单一门槛	0.159	0.129	0.165	
		双重门槛	0.159 0.267	0.265	0.267	
		三重门槛	0.127	0.124	0.192	*
	长江经济带 下游	单一门槛	0.259	0.255	0.263	
		双重门槛	0.259 0.227	0.225	0.227	
		三重门槛	0.235	—	—	
Panel C	长江经济带	单一门槛	0.221	0.217	0.222	*
		双重门槛	0.221 0.224	0.217	0.239	
		三重门槛	0.255	0.254	0.256	
	长江经济带 上游	单一门槛	0.209	0.183	0.211	
		双重门槛	0.209 0.162	0.161	0.179	
		三重门槛	0.047	0.039	0.065	*
	长江经济带 中游	单一门槛	0.159	0.157	0.165	
		双重门槛	0.159 0.267	0.265	0.267	
		三重门槛	0.184	0.173	0.188	
	长江经济带 下游	单一门槛	0.255	0.245	0.259	*
		双重门槛	0.255 0.169	0.166	0.173	
		三重门槛	0.042	0.037	0.049	

注:Panel A、Panel B、Panel C分别表示以排污费征收额、地区环境上访人数、地区环境机构从业人员数为核心变量估计的门槛值结果;“—”表示置信区间估计结果不存在;其中*、**、***分别代表门槛值在10%、5%和1%的水平上显著通过检验。

额为核心变量估计的长江经济带总体、上游、中游和下游的能源要素价格门槛值为 $\gamma_{\text{总}1} = 0.221$, $\gamma_{\text{总}2} = 0.223$, $\gamma_{\text{总}3} = 0.255$; $\gamma_{\text{上游}1} = 0.028$, $\gamma_{\text{上游}2} = 0.209$, $\gamma_{\text{上游}3} = 0.228$; $\gamma_{\text{中游}1} = 0.265$, $\gamma_{\text{中游}2} = 0.159$, $\gamma_{\text{中游}3} = 0.218$; $\gamma_{\text{下游}1} = 0.259$, $\gamma_{\text{下游}2} = 0.119$, $\gamma_{\text{下游}3} = 0.218$ 。以地区环境上访人数为核心变量估计的长江经济带总体、上游、中游和下游的能源要素价格门槛值分别为 $\gamma_{\text{总}1} = 0.058$, $\gamma_{\text{总}2} = 0.081$, $\gamma_{\text{总}3} = 0.127$; $\gamma_{\text{上游}1} = 0.081$, $\gamma_{\text{上游}2} = 0.041$, $\gamma_{\text{上游}3} = 0.223$; $\gamma_{\text{中游}1} = 0.159$, $\gamma_{\text{中游}2} = 0.267$, $\gamma_{\text{中游}3} = 0.127$; $\gamma_{\text{下游}1} = 0.259$, $\gamma_{\text{下游}2} = 0.227$, $\gamma_{\text{下游}3} = 0.235$ 。以地区环境机构从业人员数为核心变量估计的长江经济带总体、上游、中游和下游的能源要素价格门槛值分别为 $\gamma_{\text{总}1} = 0.221$, $\gamma_{\text{总}2} = 0.224$, $\gamma_{\text{总}3} = 0.255$; $\gamma_{\text{上游}1} = 0.209$, $\gamma_{\text{上游}2} = 0.162$, $\gamma_{\text{上游}3} = 0.047$; $\gamma_{\text{中游}1} = 0.159$, $\gamma_{\text{中游}2} = 0.267$, $\gamma_{\text{中游}3} = 0.184$; $\gamma_{\text{下游}1} = 0.255$, $\gamma_{\text{下游}2} = 0.169$, $\gamma_{\text{下游}3} = 0.042$ 。表3给出了长江经济带不同地区的能源要素价格门槛估计值及其95%置信区间。从总体上来看,单一门槛和双重门槛模型的F统计量均在5%的水平上显著;其他地区的门槛模型仅在10%的水平上显著,但门槛模型结果并不一致,这也说明环境规制与能源要素价格间的非均衡关系研究具有一定的合理性,但长江经济带上、中、下游能源要素价格门槛显著性存在较大不一致。

(二) 门槛模型结果分析

1. 排污费征收额

以排污费征收额 (*sewage*) 为核心变量的能源要素价格门槛回归估计结果如表4所示。模型(1)一模型(4)控制变量的回归估计结果中,产业结构、产业规模对长江经济带绿色创新效率的影响为显著正向相关,社会购买力则为显著负向相关。其中,模型(1)为单门槛回归结果,门槛值为0.221,能源要素价格在10%的水平上显著为负。能源要素价格在区间 $(-\infty, 0.221)$ 时,环境规制系数在1%检验水平下为负;在区间 $[0.221, +\infty)$ 时,环境规制系数为负,且在10%检验水平通过检验。模型(2)的门槛回归结果显示能源要素价格系数为负,在1%的水平上通过检验。三种模型的门槛值估计分别为0.221、0.223和0.255,仅双门槛的估计结果显著。双门槛的估计结果表明,区域能源要素价格变化在区间 $(-\infty, 0.221)$ 时,环境规制系数为负;在区间 $[0.221, 0.223)$ 时,环境规制系数在1%检验水平下为负,且每提升1个单位,长江经济带绿色创新效率水平降低0.949;在区间 $[0.223, +\infty)$ 时,环境规制系数在1%检验水平下为负,且每提升1个单位,长江经济带绿色创新效率水平降低1.327。模型(3)至模型(5)均为稳健性质的回归估计结果。从结果上来看,模型(3)和模型(4)与模型(2)的区别仅仅表现在F统计量的结果及参数估计标准差值上。模型(5)为面板数据的固定效应估计结果,虽然面板数据固定效应估计结果在变量的正负性上保持一致,但是变量对长江经济带绿色创新效率的影响结果明显低于面板门槛模型估计结果,且F统计量及T检验也低于门槛面板估计

结果。总体来说,门槛面板结果优于一般面板固定模型估计结果。

表4 排污费征收额(*sewage*)对长江经济带绿色创新效率的门槛效应

	(1)BS300	(2)BS300	(3) BS300	(4)BS400	(5)FE
门槛值	$\gamma_1=0.221$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.223,$ $\gamma_3=0.255$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.223,$ $\gamma_3=0.255$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.223,$ $\gamma_3=0.255$	
<i>industrial</i>	0.733*** (0.258)	0.736*** (0.254)	0.645** (0.259)	0.645** (0.259)	0.609** (0.275)
<i>scale</i>	0.843*** (0.209)	0.782*** (0.209)	0.743*** (0.211)	0.743*** (0.211)	0.899*** (0.223)
<i>retail</i>	-0.694** (0.323)	-0.641** (0.320)	-0.545* (0.326)	-0.545* (0.326)	-0.630* (0.346)
<i>open</i>	-0.106 (0.123)	-0.0607 (0.121)	-0.117 (0.133)	-0.117 (0.133)	-0.0724 (0.132)
<i>price</i>	-0.947* (0.494)	-1.619*** (0.537)	-1.136** (0.504)	-1.136** (0.504)	-0.335 (0.509)
$(-\infty, \gamma_1)$	-0.859*** (0.240)	-0.252 (0.331)	-0.252 (0.331)	-0.252 (0.331)	
$[\gamma_1, \gamma_2)$	-0.183* (0.1)	-0.949*** (0.322)	-0.949*** (0.322)	-0.949*** (0.322)	
$[\gamma_2, +\infty)$		-1.327*** (0.352)	-1.327*** (0.352)	-1.327*** (0.352)	
<i>sewage</i>					-0.134 (0.141)
常数项	-0.103 (0.423)	-0.320 (0.423)	-0.320 (0.423)	-0.320 (0.423)	-0.197 (0.438)
R ²	0.411	0.435	0.435	0.435	0.316
F	23.010*** (0.000)	22.480*** (0.000)	21.690*** (0.000)	21.690*** (0.000)	18.720*** (0.000)
个体效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制
协整情况	协整	协整	协整	协整	协整

注:括号中为标准误;模型(5)FE为面板固定效应回归结果;BS300代表自主抽样300次得到的结果,BS400代表自主抽样400次得到的结果,模型(3)是经过栅格数据搜索得到的估计结果;*、**、***分别代表门槛值在10%、5%和1%的水平上显著通过检验。下同。

表4估计结果表明以排污费征收额为代表的环境规制对长江经济带绿色创新效率的主要影响为负,能源要素价格的门槛区间虽然显示环境规制的系数大小存在差异,但总体来说排污费征收额度高低并不能够有效提升长江经济带绿色创新效率,可能原因在于:一是虽然长江经济带绿色创新效率得益于环境治理,但排污费征收额的执行力度不足;二是以排污费征收额为代表的环境规制强度虽然有所增加,但不能忽视环境治理过程中还可能存在的污

染排放,这也验证了以排污费为代表的环境规制并不支持“波特假说”。上述结果表明能源要素价格在0.221和0.223左右时,长江经济带绿色创新效率对排污费征收额的反应敏感度均发生明显变化。根据模型构建的预期假设,本文认为排污费征收额度变化对长江经济带绿色创新效率产生影响的敏感区间为 [0.221, 0.223),即能源要素价格指标函数:

$$I_{sewage}(\cdot) = \begin{cases} 0, & price_{it} \geq 0.223; price_{it} < 0.221 \\ 1, & 0.221 \leq price_{it} < 0.223 \end{cases} \quad (4)$$

2.地区环境上访人数

以地区环境上访人数 (*petition*) 为核心变量的能源要素价格门槛回归结果如表5。其

表5 地区环境上访人数 (*petition*) 对长江经济带绿色创新效率的门槛效应

	(6)BS300	(7)BS300	(8)BS300	(9) BS400	(10)FE
门槛值	$\gamma_1=0.058$	$\gamma_1=0.058,$ $\gamma_2=0.081,$ $\gamma_3=0.127$	$\gamma_1=0.058,$ $\gamma_2=0.081,$ $\gamma_3=0.127$	$\gamma_1=0.058,$ $\gamma_2=0.081,$ $\gamma_3=0.127$	
<i>industrial</i>	0.549** (0.266)	0.435 (0.259)	0.435 (0.264)	0.435 (0.264)	0.493* (0.279)
<i>scale</i>	0.810*** (0.210)	0.783*** (0.201)	0.783*** (0.207)	0.783*** (0.207)	0.783*** (0.220)
<i>retail</i>	-0.574* (0.325)	-0.485 (0.317)	-0.485 (0.320)	-0.485 (0.320)	-0.418 (0.338)
<i>open</i>	-0.072 (0.128)	-0.075 (0.125)	-0.075 (0.127)	-0.075 (0.127)	-0.138 (0.133)
<i>price</i>	0.082 (0.434)	0.162 (0.424)	0.162 (0.437)	0.162 (0.437)	-0.520 (0.421)
$(-\infty, \gamma_1)$	0.297*** (0.074)	0.276*** (0.091)	0.276*** (0.092)	0.276*** (0.092)	
$[\gamma_1, \gamma_2)$	0.026 (0.032)	0.527*** (0.109)	0.527*** (0.112)	0.527*** (0.112)	
$[\gamma_2, \gamma_3)$		0.115* (0.063)	0.115* (0.064)	0.115* (0.064)	
$[\gamma_3, +\infty)$		0.007 (0.032)	0.007 (0.033)	0.007 (0.033)	
<i>petition</i>					0.050 (0.033)
常数项	-0.186 (0.423)	-0.417 (0.422)	-0.417 (0.424)	-0.417 (0.424)	-0.366 (0.441)
R ²	0.390	0.426	0.426	0.426	0.324
F	29.110*** (0.000)	30.930*** (0.000)	30.930*** (0.000)	30.930*** (0.000)	26.860*** (0.000)
个体效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制
协整情况	协整	协整	协整	协整	协整

中,模型(6)单门槛回归结果表明 γ 为0.058:能源要素价格在区间 $(-\infty, 0.058)$ 时,环境规制系数在1%检验水平下为正;在区间 $[0.058, 0.081)$ 时,环境规制系数为正,但并未通过显著性检验。模型(7)的门槛回归结果显示门槛值分别为0.058、0.081和0.127。能源要素价格在区间 $(-\infty, 0.058)$ 时,环境规制系数为正,在1%检验水平显著通过检验;能源要素价格在区间 $[0.058, 0.081)$ 时,环境规制系数在1%检验水平下为正,即地区上访人数每增加1人,长江经济带绿色创新效率水平提升0.527;能源要素价格在区间 $[0.081, 0.127)$ 时,环境规制系数在10%检验水平下为正,且地区上访人数每增加1人,长江经济带绿色创新效率水平提升0.115。

模型(8)至模型(10)均为稳健性质的回归结果。表5的估计结果表明以地区环境上访人数为代表的环境规制提升了长江经济带绿色创新效率,支持“波特假说”,这就表明地区的环境上访人数越多越有助于提高地区环境治理,提升区域绿色创新水平,且这种效果较为明显,主要是因为公众环保意识越强,通过上访、新闻媒体宣传等可能进一步影响地区官员的环境治理政绩,这种潜在的声誉损失会影响官员升迁(吴磊等,2020),这也从侧面表明了当前可能存在的“环境竞标赛”。上述的分析结果表明能源要素价格在0.058、0.081和0.127左右时,长江经济带绿色创新效率对以地区上访人数为代表的环境规制的反应敏感度均发生明显变化。根据模型构建的预期假设,判定地区环境上访人数变化对长江经济带绿色创新效率产生影响的敏感区间为 $[0.058, 0.127)$,即能源要素价格指标函数:

$$I_{petition}(\cdot) = \begin{cases} 0, & price_{it} \geq 0.127; price_{it} < 0.058 \\ 1, & 0.058 \leq price_{it} < 0.127 \end{cases} \quad (5)$$

3.地区环境机构从业人员数

以地区环境机构从业人员数(*labor*)为核心变量的能源要素价格门槛回归结果见表6。其中,模型(11)为单门槛回归结果,门槛值为0.221,能源要素价格的估计结果在5%的水平上显著为负。模型(12)的门槛回归结果表明,门槛值分别为0.221、0.224和0.255,能源要素价格估计系数在5%的水平上显著为负。能源要素价格在区间 $(-\infty, 0.221)$ 时,环境规制系数仍为负;能源要素价格在区间 $[0.221, +\infty)$ 时,环境规制系数为负,但估计结果并未通过显著性检验。由此可见,模型仅在单一门槛下存在显著解。这就表明以地区环境机构从业人员数为代表的环境规制对长江经济带绿色创新效率的门槛模型接受“仅存在一个门槛”的原假设而拒绝“至少存在两个门槛”的备择假设。

表6的面板门槛回归结果表明环境规制仅在能源要素价格区间 $[0, 0.221)$ 才会对长江经济带绿色创新效率产生显著负向影响,即以地区环境机构从业人员数为代表的环境规制不支持“波特假说”,这可能是政府加强行政命令式环境规制时,由于信息不对称,政府会最大化选择不同程度的环境规制执行力度,企业用于应付行政式惩罚成本将会增加,导致“挤出”用于增加绿色创新技术的成本费用,最终降低绿色创新水平。上述的研究结果表明能源要素价格在

表6 地区环境机构从业人员数(*labor*)对长江经济带绿色创新效率的门槛效应

	(11) BS300	(12) BS300	(13) BS300	(14) BS400	(15) FE
门槛值	$\gamma_1=0.221$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.224,$ $\gamma_3=0.255$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.224,$ $\gamma_3=0.255$	$\gamma_1=0.221,$ $\gamma_2=0.224,$ $\gamma_3=0.2551$	
<i>industrial</i>	0.853*** (0.259)	0.792*** (0.260)	0.792*** (0.260)	0.792*** (0.260)	0.704** (0.277)
<i>scale</i>	0.829*** (0.200)	0.774*** (0.202)	0.774*** (0.202)	0.774*** (0.202)	0.862*** (0.215)
<i>retail</i>	-0.779** (0.308)	-0.688** (0.310)	-0.688** (0.310)	-0.688** (0.310)	-0.587* (0.329)
<i>open</i>	0.090 (0.150)	0.072 (0.153)	0.072 (0.153)	0.072 (0.153)	0.099 (0.161)
<i>price</i>	-0.988** (0.400)	-1.062** (0.410)	-1.062** (0.410)	-1.062** (0.410)	-0.832* (0.429)
$(-\infty, \gamma_1)$	-0.455* (0.264)	-0.445 (0.271)	-0.445 (0.271)	-0.445 (0.271)	
$[\gamma_1, +\infty)$	-0.232 (0.272)	-0.086 (0.304)	-0.086 (0.304)	-0.086 (0.304)	
<i>labor</i>					-0.559* (0.283)
常数项	0.581 (0.435)	0.504 (0.435)	0.504 (0.435)	0.504 (0.435)	-0.148 (0.437)
R ²	0.430	0.445	0.445	0.445	0.332
F	23.310*** (0.000)	21.680** (0.000)	30.930*** (0.000)	30.930*** (0.000)	20.430*** (0.000)
个体效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制
协整情况	协整	协整	协整	协整	协整

0.221左右时,长江经济带绿色创新效率对以地区环境机构从业人员数为代表的环境规制的反应敏感度均发生明显变化。根据模型构建的预期假设,可以判定能源要素价格指标函数:

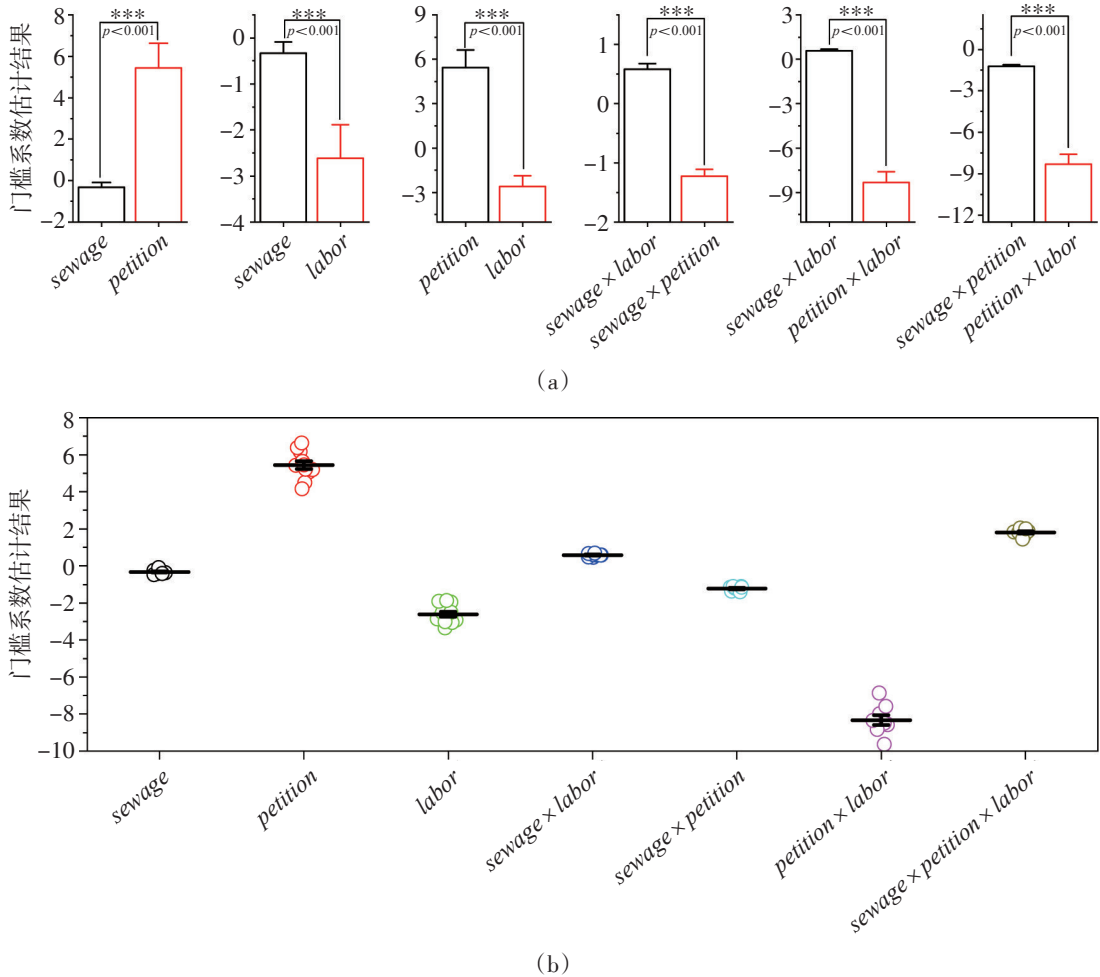
$$I_{labor}(\cdot) = \begin{cases} 0, & price_{it} \geq 0.221 \\ 1, & price_{it} < 0.221 \end{cases} \quad (6)$$

(三)讨论

1.环境规制交互效应对比分析

本文基于三种环境规制模型详细讨论了能源要素价格对长江经济带绿色创新效率的影响,但仅仅是从单变量角度分析以及验证研究机理方面着手,而不同环境规制的交互作用可能也会影响区域绿色创新效率。因此,本文继续讨论能源要素价格不同区间下环境规制交互组合项对长江经济带绿色创新效率的影响,结果如图4所示。图4a表明估计结果的门槛值t

统计量在1%水平显著,稳健性较好。从估计结果来看,两种或三种不同环境规制组合对长江经济带绿色创新效率的影响效应较为平均,而地区环境上访人员数和地区环境机构从业人员数的交互效应($petition \times labor$)显著差于其他环境规制类型的影响。



注:(a)为不同环境规制类型估计结果的样本t检验及±95%区间变化;(b)为不同环境规制类型及交互作用的统计检验散点图对比。

图4 不同环境规制类型及交互作用的估计结果统计检验

就环境规制的现实情况而言,自1989年《环境保护法》出台,我国又相继出台了《海洋环保法》《大气污染防治法》《水污染防治法》等一系列法律规制,表明我国环境规制的叠加效应明显;而且“十二五”规划明确提出了节能减排的目标,实现经济绿色低碳循环发展。但是,环境规制所特有的行政式命令在一定程度上“伤害”能源资源市场价格形成,从而在一定程度上引起长江经济带绿色创新效率水平的降低(图4a中 $sewage$ 和 $labor$ 的影响效应为负),这就验证了“行政式”环境规制的负向作用。长期以来,上述与环境规制相关的法律的错配在一定

程度上抑制了对于发展环保事业以及引导企业开发引进节能技术等自愿型“非正式”环境规制的重要作用(图4中 $petition \times labor$ 的影响效应)。

2.能源要素价格估计结果对比分析

模型(2)和模型(12)的结果表明长江经济带能源要素价格变化对区域绿色创新效率的回归系数分别在1%及5%的水平下显著为负,这表明能源要素价格显著约束绿色创新效率。市场激励型的排污费征收一方面有效抑制了能源资源等要素使用量的增加,也在另一方面使得部分工业企业短期内生产成本上升,从而在一定时间内滞后于绿色创新效率的提升。以环境机构从业人员数为核心变量的模型估计下,能源要素价格对长江经济带绿色创新效率的影响仍然为负,并在5%的水平上显著。上述两个核心变量均为政府行政命令影响下的环境规制,与政府行政命令关系较大,因而其作用较为明显。通过市场激励及命令控制型环境规制,当前长江经济带的能源要素禀赋环境使得依靠粗放廉价能源资源要素的企业利润降低,价格变化对绿色技术创新的敏感程度明显高于自愿型环境规制(地区环境上访人数),最终影响长江经济带绿色创新效率。进一步地,当能源要素价格上涨,导致部分行业的生产成本增加,同样可能“挤出”部分企业或整个行业等考虑研发或者引入能够有效提升能源要素使用效率的节能技术和服,从而降低长江经济带绿色创新效率水平。

3.其他控制变量估计结果对比分析

产业结构对长江经济带绿色创新效率有显著的正向影响。从模型的估计结果来看,三种环境规制类型均在不同程度上影响长江经济带绿色创新效率,以排污费征收额为代表的市场激励型环境规制的门槛模型及地区环境机构从业人员数门槛模型均显示产业结构能够有效促进长江经济带绿色创新效率。但环境机构从业人员数有效提升长江经济带绿色创新效率水平的程度远高于市场激励型环境规制,这主要是由于环境机构从业人员在获取信息、宣传方式等方面灵活多变,在区域市场内对新技术、新产品的消化吸收能力有着较高的积极作用。因此随着经济的平稳发展,生态环境的其他影响要素作用日益显现,而这些需要环境机构的从业人员评估其对生态环境的具体作用,这对绿色创新发展有着积极作用。

产业规模对长江经济带绿色创新效率有显著的正向影响。长江经济带内的全社会固定资产投资能够有效地促进绿色创新效率水平,这主要是由于当前对生态环境的大力维护,固定资产投资发挥了积极作用(严翔等,2017; Peng et al., 2019)。近20年我国的基建投资持续增加,如污水、生活垃圾等处理设施建设,城市园林绿化建设,以及“三废”综合利用等污染治理项目的持续投资,长江经济带也在一定程度发展立体生态工程,这些都带动了生态环境的保护与治理,从而有效地促进长江经济带的绿色发展创新水平。

社会购买力对长江经济带绿色创新效率有显著的负向影响。从模型的估计结果来看,社会购买力增加在一定程度上降低了区域绿色创新效率。这可能是因为社会购买力增加,消费

的升级会消耗更多的能源资源等要素,从而造成能源资源的消耗甚至环境污染等外部性,从而不利于区域绿色创新发展。

(四)稳健性检验

为了进一步验证估计结果的稳健性,本文从多个角度进行了稳健性检验,其结果未产生重要变化。第一,考虑到遗漏变量可能影响能源要素价格对区域绿色创新效率的影响,本文一方面在面板门槛模型中加入核心变量的交互项,结果如图4a和图4b所示,估计结果的正负号未改变;另一方面考虑时间效应的影响,参考张丹和陈乐一(2019),对变量取滞后一期重新估计,结果也未有较大改变。第二,考虑区域差异和国家区域政策差异等,本文在原有的个体固定效应与时间固定效应的基础上,将长江经济带各省份区分为上游、中游和下游,构建区域内空间权重矩阵,进一步控制区域固定效应和时间固定效应的交叉项,表征时变的区域差异影响,估计结果表明主要核心变量的系数未发生明显变化。上述不同方法的稳健性结果表明本文的基本结论较为准确。

五、结论及政策建议

在长江经济带经济发展方式由高污染、高能耗向资源节约、环境友好转型的关键时期,不同能源要素价格区间内如何合理地利用环境规制提升绿色创新效率,使其不仅成为第一环保力,更成为长江经济带绿色高质量发展中重要的改革驱动力,是当前长江经济带协调创新、经济转型和升级中亟需解决的重要问题。本文选取2003—2017年长江经济带11省(市)面板数据,运用面板门槛回归模型在不同环境规制类型下讨论了长江经济带能源要素价格对其区域绿色创新效率的影响。本文的主要结论如下:

第一,稳健性估计结果表明不同环境规制对长江经济带的影响存在较大差异,以排污费征收额和地区环境机构从业人员数为代表的环境规制显著抑制了长江经济带绿色创新效率,不支持“波特假说”;而以地区环境上访人数为代表的环境规制则显著提升了长江经济带绿色创新效率,验证了“波特假说”。两种或三种不同环境规制组合对长江经济带绿色创新效率的影响效应较为平均,而地区环境上访人员数和地区环境机构从业人员数的交互效应显著差于其他环境规制。环境规制对长江经济带绿色创新效率的影响具有显著空间异质性。

第二,主要环境规制类型下能源要素价格对长江经济带绿色创新效率的影响为显著负向抑制作用。由于长江经济带的能源要素禀赋环境及其价格变化对绿色创新的敏感程度明显高于自愿型环境规制,最终影响长江经济带绿色创新效率。

第三,产业结构的合理化和高度化对长江经济带绿色创新效率有显著的促进作用。环境机构的积极作为也对新技术、新产品的消化吸收能力有着较高的促进作用,进而提升绿色创新水平。加大环境治理的投资规模对长江经济带绿色创新效率有显著的促进作用。

本文主要的政策启示包括:

首先,进一步深化能源价格市场化改革。本文的研究结果表明当前长江经济带能源要素价格显著影响了区域绿色创新效率,不同区间的影响程度存在差异。能源市场化改革促使短期内能源要素价格变化波动较快,会迫使那些严重消耗资源的企业转型,驱动企业节能减耗,节约要素的使用,使能源要素价格与企业使用成本、区域绿色创新形成内在关联,整个经济体系会朝着健康方向发展,提升区域绿色创新水平。

其次,多层次、差异化地实施环境规制行为。本文的结果表明应不断加大环境规制强度。为了提高长江经济带绿色创新效率,应坚持实施环境规制由行政命令式转为市场激励,发挥市场对资源配置的决定性作用,激发行业或企业增加研发投入、努力提高其绿色创新效率。此外,政府需要在发挥市场化的积极作用基础上,逐步规范和推动工业企业排污费、化石能源使用税等税费改革,进一步完善排污权交易市场制度及体系,以此来提高工业企业绿色技术创新水平,提升区域绿色创新效率。

最后,多方位广泛联系社会团体,发挥社会团体对环境保护的积极作用。现阶段自愿型环境规制下能源要素价格能够有效提高长江经济带绿色创新效率。对于企业而言,自愿型环境规制赋予其更多灵活的空间制定并执行符合企业实际情况的环境管理措施。当然,在中国社会经济背景下如何选择和实施自愿型环境规制并提供可操作性强的政策建议还需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 傅京燕,李丽莎. 环境规制、要素禀赋与产业国际竞争力的实证研究——基于中国制造业的面板数据[J]. 管理世界,2010,(10):87-98.
- [2] 何凌云,杨雪杰,尹芳,钟章奇. 能源价格及资源税杠杆的减排效应比较研究[J]. 资源科学,2016,38(7):1383-1394.
- [3] 江洪,陈亮. 能源价格对能源效率倒逼机制的空间异质性——基于面板门槛模型的实证分析[J]. 价格理论与实践,2017,(2):96-99.
- [4] 蒋为. 环境规制是否影响了中国制造业企业研发创新?——基于微观数据的实证研究[J]. 财经研究,2015,41(02):76-87.
- [5] 李玲,陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济,2012,(5):70-82.
- [6] 刘习平,盛三化,王珂英. 经济空间集聚能提高碳生产率吗?[J]. 经济评论,2017,(6):107-121.
- [7] 陆旸. 环境规制影响了污染密集型商品的贸易比较优势吗?[J]. 经济研究,2009,(4):28-40.
- [8] 彭甲超,许荣荣,付丽娜,易明,许耀东. 长江经济带工业企业绿色创新效率的演变规律[J]. 中国环境科学,2019,39(11):4886-4900.
- [9] 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[J]. 经济研究,2018,53(12):129-143.
- [10] 全禹澄,李志青. 寻找合适的环境规制强度指标——基于中国排污收费政策的视角[J]. 环境经济研

究,2020,5(1):56-77.

- [11] 沈坤荣, 金刚, 方娴. 环境规制引起了污染就近转移吗?[J]. 经济研究, 2017, 52(5): 44-59.
- [12] 沈能. 环境效率、行业异质性与最优规制强度——中国工业行业面板数据的非线性检验[J]. 中国工业经济, 2012, (3): 56-68.
- [13] 盛丹, 张国峰. 两控区环境管制与企业全要素生产率增长[J]. 管理世界, 2019, (2): 24-42.
- [14] 田红彬, 郝雯雯. FDI、环境规制与绿色创新效率[J]. 中国软科学, 2020, (8): 174-183.
- [15] 吴磊, 贾晓燕, 吴超, 彭甲超. 异质型环境规制对中国绿色全要素生产率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(10): 82-92.
- [16] 熊广勤, 石大千, 李美娜. 低碳城市试点对企业绿色技术创新的影响[J]. 科研管理, 2020, 41(12): 93-102.
- [17] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020, (12): 178-196.
- [18] 严翔, 成长春, 金巍, 周亮基. 基于经济门槛效应的创新能力与生态环境非均衡关系研究[J]. 中国科技论坛, 2017, (10): 112-121.
- [19] 原毅军, 谢荣辉. FDI、环境规制与中国工业绿色全要素生产率增长——基于Luenberger指数的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2015, (8): 84-93.
- [20] 张成, 于同申, 郭路. 环境规制影响了中国工业的生产率吗——基于DEA与协整分析的实证检验[J]. 经济理论与经济管理, 2010, (3): 11-17.
- [21] 张文彬, 张理芃, 张可云. 中国环境规制强度省际竞争形态及其演变——基于两区制空间Durbin固定效应模型的分析[J]. 管理世界, 2010, (12): 34-44.
- [22] 赵玉民, 朱方明, 贺立龙. 环境规制的界定、分类与演进研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 85-90.
- [23] 张丹, 陈乐一. 环境规制、产业结构升级与经济波动——基于动态面板门槛模型的实证研究[J]. 环境经济研究, 2019, 4(2): 92-109.
- [24] 郑新业, 吴悠. 促进能源体系绿色发展的价格机制创新[J]. 价格理论与实践, 2018, (4): 12-16.
- [25] Berrone, P., A. Fosfuri, L. Gelabert, et al. Necessity as the Mother of 'Green' Inventions: Institutional Pressures and Environmental Innovations[J]. Strategic Management Journal, 2013, 34(8): 891-909.
- [26] Bergek, A. and C. Berggren. The Impact of Environmental Policy Instruments on Innovation: A Review of Energy and Automotive Industry Studies[J]. Ecological Economics, 2014, 106(10): 112-123.
- [27] Calel, R. and A. Dechezleprêtre. Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market[J]. Review of Economics and Statistics, 2012, 98(1): 551-574.
- [28] Cui, J., J. Zhang, and Y. Zheng. Carbon Pricing Induces Innovation: Evidence from China's Regional Carbon Market Pilots[J]. AEA Papers and Proceedings, 2018, (108): 453-457.
- [29] Domazlicky, B. R. and W. L. Weber. Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry?[J]. Environmental & Resource Economics, 2004, 28(3): 301-324.
- [30] Färe, R. Directional Distance Functions and Slacks-Based Measures of Efficiency[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 200(1): 320-322.
- [31] Hansen, B. E. Threshold Effects in Non-dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.
- [32] Hicks, J. R. The Theory of Wages[M]. London: Macmillan & Co, 1932.
- [33] Inclán, C. and G. C. Tiao. Use of Cumulative Sums of Squares for Retrospective Detection of Changes of Variance[J]. Journal of the American Statistical Association, 1994, 89(427): 913-923.
- [34] Jefferson, G. H., S. Tanaka, and W. Yin. Environmental Regulation and Industrial Performance: Evidence

from Unexpected Externalities in China[J]. Social Science Electronic Publishing, 2013, 111(12): 108–142.

[35] Kong, D., X. Yang, and J. Xu. Energy Price and Cost Induced Innovation: Evidence from China[J]. Energy, 2020, 192: 116586.

[36] Konar, S. and M. A. Cohen. Information as Regulation: The Effect of Community Right to Know Laws on Toxic Emissions[J]. Journal of Environmental Economics & Management, 1997, 32(1): 109–124.

[37] Kruse, J. and H. Wetzel. Energy Prices, Technological Knowledge, and Innovation in Green Energy Technologies: A Dynamic Panel Analysis of European Patent Data[J]. CESifo Economic Studies, 2015, 62(3): 397–425.

[38] Lanoie, P., B. Laplante, and M. Roy. Can Capital Markets Create Incentives for Pollution Control?[R]. 1997.

[39] Lanoie, P., M. Patry, and R. Lajeunesse. Environmental Regulation and Productivity: Testing the Porter Hypothesis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2008, 30(2): 121–128.

[40] Levinson, A. and M. S. Taylor. Unmasking the Pollution Haven Effect[J]. International Economic Review, 2008, 49(1): 223–254.

[41] Ley, M., T. Stucki, and M. Woerter. The Impact of Energy Prices on Green Innovation[J]. Energy Journal, 2016, 37(1): 41–75.

[42] Lin, B. and Y. Chen. Does Electricity Price Matter for Innovation in Renewable Energy Technologies in China?[J]. Energy Economics, 2019, 78: 259–266.

[43] Liu, Y., S. Liu, X. Xu, et al. Does Energy Price Induce China's Green Energy Innovation?[J]. Energies, 2020, 13(15): 4034.

[44] Mazumdar, K. Level of Development of a Country: A possible New Approach[J]. Social Indicators Research, 1996, 38: 245–274.

[45] Nicolli, F. and F. Vona. Heterogeneous Policies, Heterogeneous Technologies: The Case of Renewable Energy[J]. Energy Economics, 2016, 56: 190–204.

[46] Nunes, I. C. and M. Catalão-Lopes. The Impact of Oil Shocks on Innovation for Alternative Sources of Energy: Is There an Asymmetric Response When Oil Prices Go up or down?[J]. Journal of Commodity Markets, 2020, 19: 100108.

[47] Pargaland, S. and D. Wheeler. Informal Regulation of Industrial Pollution in Developing Countries: Evidence from Indonesia[J]. Policy Research Working Paper, 1995, 104(4): 1314–1327.

[48] Peng, J., J. Xiao, L. Wen, et al. Energy Industry Investment Influences Total Factor Productivity of Energy Exploitation: A Biased Technical Change Analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 237: 117847.

[49] Popp, D. Induced Innovation and Energy Prices[J]. American Economic Review, 2002, 92(1): 160–180.

[50] Porter, M. E. and C. van der Linde. Toward a New Conception of the Environment–Competitiveness Relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97–118.

[51] Tong, H. On a Threshold Model[J]//Chen, C. H. Pattern Recognition and Signal Processing[M]. Amsterdam: Sijthoff & Noordhoff, 1978.

[52] Zhao, X. and B. Sun. The Influence of Chinese Environmental Regulation on Corporation Innovation and Competitiveness[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 112 (4): 1528–1536.

[53] Zheng, Y., J. Peng, J. Xiao, et al. Industrial Structure Transformation and Provincial Heterogeneity Characteristics Evolution of Air Pollution: Evidence of a Threshold Effect from China[J]. Atmospheric Pollution Research, 2020, 11(3): 598–609.

Environmental Regulation, Energy Factor Prices and Green Innovation Efficiency: Evidence from the Yangtze River Economic Belt

Peng Jiachao and Xiao Jianzhong

(School of Economics and Management, China University of Geosciences)

Abstract: In order to develop the Yangtze River Economic Belt by promoting well-coordinated environmental conservation and avoiding excessive development, it is crucial to grasp the impact of different types of environmental regulations and energy factor prices on green innovation. We use the panel threshold regression model to focus on the impact of energy factor prices and different types of environmental regulations on the efficiency of green innovation in the Yangtze River Economic Belt. The research results show that command-and-control environmental regulations and market-incentive environmental regulations have been significantly inhibit the efficiency of green innovation in the Yangtze River Economic Belt, and the conclusion does not support the "Porter Hypothesis", while voluntary environmental regulations are greatly improved the efficiency of green innovation in the Yangtze River Economic Belt, which proves "Porter hypothesis". Environmental regulations have significant spatial heterogeneity on green innovation in the Yangtze River Economic Belt, and the impacts of environmental regulations are significantly different under different ranges of energy factor prices. The energy factor price index functions are inconsistent under different environmental regulation, but there is a cross interval. Under the main environmental regulation types, the impact of energy factor prices is clearly negative on the green innovation efficiency of the Yangtze River Economic Belt. Research on control variables shows that industrial structure and industrial scale have an evident positive impact on the efficiency of green innovation in the Yangtze River Economic Belt to a certain extent, while social purchasing power has reduced the efficiency of green innovation. Therefore, the government needs to further deepen the market-oriented reform of energy prices, implement environmental regulations from multiple angles and differences, and jointly exert the influence of social groups on green innovation.

Keywords: Environmental Regulation; Energy Factor Price; Green Innovation Efficiency; Panel Threshold Model

JEL Classification: L51, O32, R48

(责任编辑:朱静静)