

# 不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究

彭 星<sup>1</sup>, 李 斌<sup>2</sup>

(1. 中国人民银行长沙中心支行, 湖南 长沙 410005;

2. 湖南大学 经济与贸易学院, 湖南 长沙 410079)

**摘 要:**资源环境约束下,通过环境规制设计来激励绿色技术创新及推动工业绿色转型具有重要意义。但现有研究忽视了不同类型环境规制及不同地区不同类型环境规制的差异性,因而难以提出有针对性和差异化的规制政策,进而难以有效促进工业绿色转型。文章在区分不同类型及不同地区不同类型环境规制的基础上,运用动态面板模型检验了环境规制对工业绿色转型的非线性影响效应。研究表明:不同类型环境规制对工业绿色转型的影响存在异质性,命令控制型环境规制的非线性影响效应并不存在,但经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制的增强,可明显提高绿色技术创新水平及促进工业绿色转型。东部地区命令控制型环境规制并未对绿色技术创新及工业绿色转型形成有效激励,但经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制的正向促进效应明显。中西部地区命令控制型环境规制有着负向影响效应,经济激励型环境规制和自愿意识型环境规制对绿色技术创新和工业绿色转型的激励效应不明显。文章对于不同类型环境规制的衡量有利于未来进一步扩展和细分环境规制的类型,以深入探讨不同类型环境规制的协同效应;研究结论对科学设定环境规制强度和合理选择环境规制形式以激励绿色技术创新及推动工业绿色转型具有启示意义。

**关键词:**环境规制;工业绿色转型;绿色技术创新

**中图分类号:**F062.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2016)07-0134-11

**DOI:**10.16538/j.cnki.jfe.2016.07.012

## 一、引言及文献综述

改革开放以来,中国工业快速增长对保持经济平稳发展贡献巨大,但这种以资源投入和规模扩张为特征的粗放型工业增长模式是不可持续的,快速增长的背后是大量的资源消耗和严重的环境污染。2013年中国工业共消耗29.12亿吨标准煤,工业废水排放量达492.48亿吨,工业废气排放量达66.93万亿立方米,工业固体废弃物产生量达31.30亿吨。2013年亚洲开发银行发布的《中国环境分析》报告显示,世界上污染最严重的10个城市中有7个在中国,2015年京津冀地区严重的雾霾事件更反映出中国工业污染治理的紧迫性。2015年11月在巴黎气候大会上中国政府承诺,到2030年中国单位GDP的二氧化碳排放量比2005年下降60%—65%。经济新常态背景下,面对资源环境约束,如何通过工业绿色转型来推动工业发展方式转变,并塑造可持续的工业竞争力,是一个紧迫且有重要现实意义的研

收稿日期:2015-10-02

基金项目:国家软科学重大项目(2011GXS1B001)

作者简介:彭 星(1986—),男,湖南永州人,中国人民银行长沙中心支行职员;

李 斌(1968—),女,湖南湘乡人,湖南大学经济与贸易学院教授。

究主题。

环境规制体系是中国环境管理正式制度中最为重要的政策体系,但环境规制增强真能有助于绿色技术创新和工业污染减排并推动工业绿色转型吗?关于环境规制与绿色技术创新之间的因果关系,现有研究文献并未得出一致的结论。静态条件下环境规制可能增加企业的生产成本并削弱技术创新能力(Gray和Shadbegian,2003),但变动约束条件下,合理的环境规制可以刺激被规制企业进行技术创新,并通过“创新补偿”效应来抵消企业的“遵循成本”(Hamamoto,2006;王国印和王动,2011)。此外,环境规制与绿色技术创新之间可能也不是简单的线性关系,而是表现出明显的非线性关系(张成等,2011;李斌和彭星,2011;李玲和陶锋,2012;沈能,2012;沈能和刘凤朝,2012;蒋伏心等,2013;张华和魏晓平,2014)。暂且不论环境规制与绿色技术创新之间存在正向、负向或者非线性关系,但上述研究文献均未就不同类型环境规制对绿色技术创新的影响效应进行研究。现有研究文献中仅有部分学者对不同类型环境规制与绿色技术创新的因果关系进行过理论研究(Montero,2002;Requate和Unold,2003;Rousseau和Proost,2005;Macho-Stadler,2008;许士春等,2012)或者实证研究(马富萍等,2011;李斌和彭星,2013)。

综上可知,相关文献并未探讨环境规制通过绿色技术创新影响工业绿色转型的机制,而且不同类型环境规制对工业绿色转型的影响效应有较大差别,不同地区不同类型的环境规制也有较大的异质性,现有文献均未对这些方面进行深入研究,因而难以提出有针对性和差异化的规制政策。本文的贡献之处在于:根据不同的特点对环境规制政策的类型进行了有效区分,并构建指标体系进行了衡量;针对不同类型的环境规制及不同地区不同类型的环境规制对绿色技术创新及工业绿色转型的影响进行了实证研究,论证了并非所有的环境规制政策与绿色技术创新之间都存在先下降后上升的关系,不同类型环境规制政策在不同地区的影响效应也存在差异。本文对不同地区不同类型环境规制的衡量与检验,丰富了国内关于环境规制与绿色技术创新关系的研究,研究结论对于实施不同类型的环境规制政策及不同地区制定差异化环境规制政策,以激励绿色技术创新及推动工业绿色转型具有一定的参考价值 and 现实意义。

## 二、研究设计与指标数据

(一)研究假设。相关文献已论证了环境规制与绿色技术创新之间存在非线性关系(张成等,2011;李斌和彭星,2011;李玲和陶锋,2012;沈能,2012;沈能和刘凤朝,2012;蒋伏心等,2013;张华和魏晓平,2014)。同时,绿色技术创新水平的提高有利于清洁生产和污染减排,从而有利于工业绿色转型(李斌等,2013),因此环境规制与工业绿色转型之间可能也存在非线性关系。而且,不同类型环境规制的执行效果存在差异,命令控制型环境规制的“技术强制性”、经济激励型环境规制的“市场灵活性”和自愿意识型环境规制的“自愿主动性”对绿色技术创新的激励效应将存在较大差别(李斌和彭星,2013)。此外,不同地区不同类型的环境规制也存在较大的空间异质性(陈德敏和张瑞,2012),东部沿海地区的不同类型环境规制与中西部地区的不同类型环境规制差异较大,从而会对绿色技术创新及工业绿色转型产生异质性的影响效应。因此,本文提出如下研究假设:环境规制与绿色技术创新及工业绿色转型之间呈现非线性关系,而且不同类型环境规制及不同地区不同类型环境规制的激励效应存在较大差异。

(二)模型设计。本文通过运用系统广义矩GMM估计方法来检验不同类型和不同地区不

同类型的环境规制与绿色技术创新及中国工业绿色转型之间的非线性关系。设定如下计量模型：

$$IGT_{it} = \alpha_0 + \varphi IGT_{it-1} + \alpha_1 ER_{it} + \alpha_2 ER_{it}^2 + \alpha_3 ER_{it} \times ET_{it} + \alpha_4 X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

模型中  $i$  是省份,  $t$  为时间。  $\mu_i$  表示个体效应,  $\varepsilon_{it}$  衡量随机扰动因素。  $IGT_{it}$  为工业绿色转型, 本文还加入其滞后一期来反映工业绿色转型的动态性和延续性。  $ER_{it}$  为环境规制, 并加入二次方项  $ER_{it}^2$  来考察非线性关系是否存在。  $ET_{it}$  为绿色技术创新, 并加入其与环境规制的交叉项  $ER_{it} \times ET_{it}$  来检验环境规制与绿色技术创新的互动效应对工业绿色转型的影响。  $X_{it}$  为相应的控制变量, 本文选取经济发展水平  $PGDP_{it}$ 、人力资本水平  $EDU_{it}$ 、科技创新水平  $RRD_{it}$ 、产业结构变量  $IS_{it}$ 、能源结构变量  $ES_{it}$ 、能源效率变量  $EE_{it}$  以及市场化程度变量  $MK_{it}$  来控制其他因素对工业绿色转型的影响。

(三) 指标和数据。 本文基于 2000—2012 年的中国省际面板数据来进行计量检验, 数据来源于历年相关年鉴。 指标选取如下：

1. 工业绿色转型。 工业绿色转型是个内涵丰富的概念, 既涉及工业增长方式的转变, 也体现工业污染减排的效果。 本文通过借鉴李斌等(2013)和中国社会科学院工业经济研究所课题组(2011)的思想, 扩展工业绿色转型的内涵为“工业实现增长方式由粗放到集约、污染控制由高碳污染到绿色减排的过程”。 鉴于用单个指标难以全面衡量和体现工业绿色转型的丰富内涵, 本文用综合评价指标体系法来对其进行测度。 本文构建的工业绿色转型综合评价指标体系运用三级指标体系, 从节能减排、结构优化、发展方式转型和绿色技术创新 4 个方面构建一级指标, 并扩展为资源节约、能效提高、污染减排、工业结构升级、产业结构优化、要素使用集约化、科技创新自主化、人力资本改善化、绿色治理投资和绿色技术研发 10 个二级指标, 在二级指标的基础上进一步扩展为 27 个三级指标。 此外, 鉴于现有研究用专家打分的方式来确定指标权重的方法主观性较强, 不能客观反映各指标内在的重要程度, 本文运用熵值法来进行客观赋权, 以消除指标权重设定过程中的主观因素。 考虑到环境规制体系、绿色技术创新指标和控制变量的部分指标已纳入工业绿色转型测算指标体系, 本文将这部分重合指标剔除, 重新用熵值法测算得到检验所需的工业绿色转型指数。

2. 环境规制。 环境规制内涵较广, 涉及政府、企业及居民三个主体, 包括命令控制型环境规制、经济激励型环境规制和自愿型环境规制。 鉴于现有文献对环境规制的衡量均有一定的片面性, 本文综合构建多指标来衡量环境规制。 陈德敏和张瑞(2012)将环境规制区分为环境规制法律体系、环境规制方法体系、环境规制支撑体系和环境规制监督体系, 并用多个指标衡量子体系, 各个子系统相互影响和制约, 相对而言比较全面。 但这种分类方式难以考察不同类型环境规制对绿色技术创新激励的影响效应, 因此本文对环境规制体系的相关指标重新进行有效划分, 将其明确区分为命令控制型、经济激励型及自愿意识型环境规制, 并通过熵值法赋权获得不同类型环境规制的分类指数, 环境规制的两种分类方式如表 1 所示。

本文将环境规制划分为命令控制型、经济激励型和自愿意识型环境规制, 并用合理指标加以衡量。 命令控制型环境规制是指政府部门或者环保机构制定的环境保护方面的法律、法规和政策, 强制性是其主要特点。 命令控制型环境规制也是中国应用最为广泛的环境规制手段, 本文用受理环境行政处罚案件数、两会环境提案数、环评制度执行率和“三同时”执行合格率等指标来衡量命令控制型环境规制强度。 经济激励型环境规制是指政府部门利用价格和费用等市场化手段, 通过激励企业绿色技术创新来降低环境污染水平, 市场性是其特点。 中国常见的经济激励型环境规制手段主要有排污费、补贴和可交易的排污许可证,

本文选取单位 GDP 排污费收入和单位 GDP 环保科研课题经费来衡量经济激励型环境规制。排污费有利于直接激励企业进行工业污染减排,而环保科研课题经费则通过引导的方式减少企业研发投入成本,有利于提升绿色技术创新水平。自愿意识型环境规制是指企业和居民自由参与的旨在节约资源和保护环境的承诺或行动,自愿性是其主要特点。自愿意识型环境规制以企业环保意识为主要表现形式,同时受到经济利益和企业管理者意识等的制约和影响。本文选取的自愿意识型环境规制指标主要有环保系统实有人数和“三废”综合利用产值占 GDP 的比重。其中,环保系统实有人数可作为企业自愿为提高节能减排技术和污染治理技术而付出的人力资本,而“三废”综合利用产值可体现企业节能减排和污染治理的现实努力程度。

表 1 不同类型环境规制体系

按照环境规制体系的分类标准										
分类标准	环境规制法律体系	环境规制方法体系						环境规制支撑体系		环境规制监督体系
衡量指标	受理环境行政处罚案件	工业污染治理完成投资	三同时执行环保投资额	建设项目限期治理投资	单位 GDP 排污费收入	环评制度执行率	排污许可证发放数	环保科研课题经费	环保系统实有人数	环境污染信访人数
按照环境规制类型的分类标准										
分类标准	命令控制型环境规制				经济激励型环境规制		自愿意识型环境规制			
衡量指标	受理环境行政处罚案件	两会环境提案数	环评制度执行率	三同时执行合格率	单位 GDP 排污费收入	单位 GDP 环保科研课题费	环保系统实有人数	三废综合利用产值占 GDP 的比重		

3.控制变量。绿色技术创新用工业绿色转型的分解指标绿色技术创新指数来衡量,经济发展水平用剔除价格因素的实际人均 GDP 表示,人力资本水平用各地区平均受教育年限来衡量,科技创新水平的计算方法是科技活动经费内部支出/GDP。产业结构的计算公式是工业增加值/GDP,能源结构用天然气消费占化石能源消费的比重来衡量清洁能源的使用程度,能源效率用通过数据包络分析 DEA 技术测算得到的各地区工业能源效率来衡量。市场化程度用政府财政支出占 GDP 的比重来表示,该值越低表明政府干预越少,市场化程度越高。

### 三、不同类型环境规制与工业绿色转型的实证研究

本文运用系统 GMM 估计方法来解决动态面板模型的内生性问题。面板数据 GMM 估计法分为差分 GMM 估计法和系统 GMM 估计法两种,差分 GMM 估计法用水平值的滞后项作为差分项的工具变量,但水平值的滞后项往往与差分项的相关性较弱,因此较易导致弱工具变量问题。系统 GMM 估计法在差分 GMM 估计法的基础上,将差分项的滞后变量作为水平值的工具变量,通过增加工具变量的个数来有效解决模型的内生性问题。此外,鉴于两步系统 GMM 估计法更适合有限样本估计,而且对异方差和序列相关问题的处理也比一步系统 GMM 估计法好,因此本文计量检验的方法主要是两步系统 GMM 估计法。

(一)不同类型环境规制对工业绿色转型的影响效应。

1.环境规制与工业绿色转型非线性关系的检验。本文根据被解释变量滞后一期的显著性、Sargan 检验和 AR(1)检验、AR(2)检验来判断动态面板模型的设定是否合理。表 2 所



示的估计结果显示,所有模型的被解释变量滞后一期均显著为正,反映出工业绿色转型具有延续性和动态性。*Sargan* 检验表明所选择的工具变量是有效的,AR(1)检验和 AR(2)检验也证明动态面板模型设定是合理的。

估计结果显示,环境规制可通过绿色技术创新影响工业绿色转型。模型(1)中环境规制的一次项和二次项系数的符号分别为负号和正号,并且均在 5%的水平上显著。这说明环境规制的逐步加大将使中国工业绿色转型指数出现先下降后上升的“U”形趋势,也就是说只有当环境规制越过一定的拐点时才能对工业绿色转型产生促进作用,环境规制对工业绿色转型的影响并不是简单的线性效应。模型(2)表明环境规制的增大有利于工业绿色转型,ER×ET 的系数显著为正说明,环境规制可通过促进绿色技术创新来降低工业污染排放和推动工业发展方式转变,从而有利于推动工业绿色转型。因此,模型(1)和模型(2)相结合揭示出,在绿色技术创新视角下,环境规制与工业绿色转型之间存在非线性关系。当环境规制水平较低时,“技术创新补偿效应”小于“治污技术进步效应”,工业企业可能将绿色技术研发的部分资金用于工业污染治理,进而对绿色技术创新产生抑制效应而不利于工业绿色转型;只有当环境规制增强到一定水平后,“技术创新补偿效应”才能充分发挥并明显超过“治污技术进步效应”,从而有利于绿色技术创新及工业绿色转型。

通过计算“U”形走势的拐点值可揭示出,环境规制对工业绿色转型非线性影响效应的突变点。本文计算出的拐点值为环境规制指数 0.03405,若现有的环境规制指数低于 0.03405,则不利于绿色技术创新及工业绿色转型;反之若现有环境规制指数大于 0.03405,则有利于绿色技术创新及工业绿色转型。根据本文测算得到的环境规制指数,发现只有浙江、江苏、辽宁、山东、福建和重庆等地区成功跨越了该拐点值,其他地区则还未跨越该拐点值。本文的结论与张成等(2011)和蒋伏心等(2013)的研究一致,但这些文献对环境规制的衡量都过于简单,本文构建的环境规制综合指数可较为全面地反映环境规制水平高低,所得到的研究结论也更稳健。

表 2 不同类型环境规制对工业绿色转型影响的估计结果

变量	环境规制		命令控制型环境规制		经济激励型环境规制		自愿意识型环境规制	
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
$IGT_{t-1}$	0.6136*** (7.57)	0.4341*** (5.87)	0.5118*** (7.45)	0.3142*** (3.24)	0.8674*** (27.11)	0.8721*** (33.64)	0.8733*** (30.07)	0.8716*** (31.89)
ER	-1.3281** (-2.08)	0.0032 (0.17)						
ER <sup>2</sup>	19.5012** (2.05)							
ER×ET		6.8215*** (6.83)						
ERC			-0.0155 (-1.53)	0.0403 (0.11)				
ERC <sup>2</sup>			0.5457* (1.93)					
ERC×ET				10.1102 (0.50)				
ERP					-0.4878*** (-3.63)	0.1007*** (3.97)		
ERP <sup>2</sup>					24.5539** (2.70)			
ERP×ET						32.9034*** (4.52)		

续表 2 不同类型环境规制对工业绿色转型影响的估计结果

变量	环境规制		命令控制型环境规制		经济激励型环境规制		自愿意识型环境规制	
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
ERS							-1.1832*** (-2.98)	0.0583* (1.71)
ERS <sup>2</sup>							79.4112*** (3.07)	
ERS×ET								31.2967*** (3.27)
lnPGDP	0.0003*** (3.23)	0.0001*** (3.38)	0.0002*** (3.19)	0.0001** (2.24)	0.0002*** (2.60)	0.0001*** (3.01)	0.0001** (2.71)	0.0001** (2.10)
EDU	0.0005*** (4.79)	0.0006*** (5.98)	0.0004*** (4.43)	0.0005*** (5.16)	0.0002*** (4.45)	0.0036*** (3.77)	0.0002** (2.72)	0.0001* (1.74)
RRD	0.0007*** (4.69)	0.0011* (1.95)	0.0016*** (3.21)	0.0018*** (3.21)	0.0014*** (3.76)	0.0002*** (4.53)	0.0002*** (5.51)	0.0002*** (3.78)
IS	0.0001*** (6.37)	0.0001*** (5.46)	0.0001*** (6.01)	0.0001*** (5.57)	0.0001*** (2.91)	0.0001* (1.75)	0.0001*** (5.30)	0.0002** (2.52)
ES	0.0002 (0.25)	0.0001 (0.30)	-0.0003 (-1.08)	-0.0001 (-1.02)	0.0002 (0.83)	0.0003 (0.15)	0.0001 (1.39)	0.0003 (1.10)
EE	0.0007** (1.96)	0.0011* (1.82)	0.0001 (0.91)	0.0008** (1.99)	0.0005* (1.85)	0.0006* (1.95)	0.0005** (2.44)	0.0005** (2.04)
MK	0.0001 (0.08)	0.0001 (0.54)	-0.0001 (-0.23)	0.0001 (0.30)	0.0001 (0.22)	-0.0001 (-0.05)	-0.0001 (-0.46)	-0.0001 (-0.66)
Sargan 检验	19.4119 [1.0000]	21.6586 [1.0000]	24.0249 [1.0000]	19.4762 [1.0000]	29.4402 [1.0000]	21.9435 [1.0000]	19.3812 [1.0000]	22.4212 [1.0000]
AR(1) 检验	-4.5476 [0.0000]	-4.3047 [0.0000]	-3.8583 [0.0001]	-3.9105 [0.0001]	-4.3302 [0.0000]	-4.2808 [0.0000]	-3.6432 [0.0000]	-4.1567 [0.0000]
AR(2) 检验	1.0899 [0.2758]	1.0539 [0.2919]	1.0833 [0.2787]	1.0202 [0.3076]	1.4602 [0.1442]	1.4407 [0.1495]	1.4321 [0.1534]	1.4256 [0.1556]
控制地区效应	是	是	是	是	是	是	是	是
控制时间效应	是	是	是	是	是	是	是	是
样本数	360	360	360	360	360	360	360	360

注:\*\*\*、\*\*和\*表示在1%、5%和10%的水平上显著,圆括号内为Z统计值或T统计值,中括号内为统计量的P值。下表同。

2.不同类型环境规制影响效应的检验。研究发现,不同类型环境规制对中国工业绿色转型的影响存在较大差异。模型(3)的估计结果显示,命令控制型环境规制的一次项和二次项符号虽仍为负号和正号,但却在5%的水平上不显著,这表明命令控制型环境规制与工业绿色转型之间并不存在先抑制后促进的变化趋势。而且模型(4)中命令控制型环境规制及其与绿色技术创新的交叉项未通过显著性检验,表明绿色技术创新视角下,命令控制型环境规制难以促进工业绿色转型。

经济激励型环境规制却有利于激励绿色技术创新和工业绿色转型。模型(5)中经济激励型环境规制的一次项系数显著为负而二次项系数显著为正,而且模型(6)中其与绿色技术创新的交叉项符号显著为正,这都表明经济激励型环境规制有利于通过提升绿色技术创新水平来促进工业绿色转型,同时其作用表现出先下降后上升的趋势。经济激励型环境规制的拐点值约为0.0014,本文测算结果显示,绝大多数年份和地区的经济激励型环境规制均大于0.0014,说明经济激励型环境规制水平的增强可以提高绿色技术创新水平,将成为工业绿色转型的重要推动力量。

自愿意识型环境规制的影响效应有待扩展。尽管模型(7)中自愿意识型环境规制的一次项系数和二次项系数在10%的水平上显著为负和正,但在5%的水平上却不显著,这说明工业企业和居民的环保意识仍比较淡薄。自愿意识型环境规制对工业绿色转型的影响表现出先下降后上升的趋势,计算得到相应的拐点值约为0.0079,且只有北京、天津、上海、福建

和海南等成功跨越了该拐点值,其他地区则均未实现跨越。模型(8)中自愿意识型环境规制及其与绿色技术创新的交叉项在5%的水平上均显著为正,这说明自愿意识型环境规制的增强可以明显提高绿色技术创新水平并以此来推动工业绿色转型。尽管其应用范围仍有待扩展,但仍是工业绿色转型的重要激励机制。本文的研究结论与马富萍等(2011)及李斌和彭星(2013)的研究一致,但本文对不同环境规制的衡量更为全面。

控制变量的估计结果显示,经济发展水平、人力资本水平和科技创新水平在所有模型中均显著为正,这表明地区的经济、教育和科技发展对绿色技术创新及工业绿色转型有着相当重要的影响。事实上,经济发展水平、人力资本水平和科技创新水平可能会制约环境规制对绿色技术创新、工业绿色转型的影响效应,若经济发展水平、人力资本水平和科技创新水平未能成功跨越拐点值,即使环境规制强度适当、环境规制形式合理,仍可能无法对绿色技术创新形成有效激励。产业结构优化升级和能源效率提升明显有助于促进工业绿色转型,但能源结构未对工业绿色转型产生显著促进作用,原因可能在于,中国的能源仍以煤炭为主,对天然气的开采和使用仍处于较低水平,能源结构不甚合理,这必然会增加工业污染排放,不利于工业绿色转型。市场化程度变量对工业绿色转型的影响也不显著,这说明中国的市场化程度仍有待提高,资源价格定价和要素分配利用还主要依靠行政手段,难以实现资源优化配置,对能源效率提升和技术创新可能会产生负面影响,从而制约了工业绿色转型。

(二)不同地区不同类型的环境规制对工业绿色转型的影响效应。鉴于环境规制与工业绿色转型均具有较大的空间异质性,东部沿海地区与中西部内陆地区在经济发展水平、人力资本水平及科技创新水平方面差异较大,可能导致环境规制对工业绿色转型的影响效应存在较大差别,本文还对不同地区的不同类型环境规制与工业绿色转型之间的关系进行了检验。尽管中部地区和西部地区之间在资源禀赋和发展基础方面有所差别,但两者仍具有较多相似之处,并均与东部地区差异较大,因此本文将中部地区6个省份与西部地区13个省市(自治区)合并为中西部地区。<sup>①</sup>

表3 不同地区不同类型的环境规制对工业绿色转型影响的估计结果

变量	环境规制		命令控制型环境规制		经济激励型环境规制		自愿意识型环境规制	
	东部	中西部	东部	中西部	东部	中西部	东部	中西部
$IGT_{t-1}$	0.2695** (2.03)	0.3530** (2.36)	0.4143*** (3.49)	0.3396** (2.10)	0.7535*** (6.14)	0.4384*** (3.29)	0.6807*** (6.27)	0.5179*** (4.34)
$ER$	-1.5321* (-1.88)	-0.3725* (-1.75)						
$ER^2$	17.2039* (1.68)	2.3612 (1.23)						
$ER \times ET$	8.2411*** (5.81)	-3.4379** (-2.00)						
$ERC$			-0.2770 (-0.78)	-0.3729** (-2.03)				
$ERC^2$			6.2328 (0.74)	0.8828 (0.10)				
$ERC \times ET$			6.3673 (0.96)	-4.4614*** (-6.50)				
$ERP$					-0.6669** (-2.32)	-0.1609 (-1.00)		

<sup>①</sup>东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南共11个省市,中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南共6个省,西部地区包括内蒙古、吉林、黑龙江、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆共13个省市(自治区)。

续表3 不同地区不同类型的环境规制对工业绿色转型影响的估计结果

变量	环境规制		命令控制型环境规制		经济激励型环境规制		自愿意识型环境规制	
	东部	中西部	东部	中西部	东部	中西部	东部	中西部
$ERP^2$					44.2329** (2.19)	12.1694 (1.09)		
$ERP \times ET$					53.5907*** (6.56)	-21.0579 (-1.56)		
$ERS$							-1.5368* (-1.82)	-0.7069 (-1.12)
$ERS^2$							96.0629* (1.83)	50.4659 (1.16)
$ERS \times ET$							53.4375*** (12.52)	-13.4193 (-0.87)
Sargan 检验	5.1238 [1.0000]	8.1312 [1.0000]	8.4979 [1.0000]	7.9203 [1.0000]	8.5299 [1.0000]	7.4202 [1.0000]	7.9532 [1.0000]	7.7912 [1.0000]
AR(1) 检验	-1.6227 [0.1047]	-2.8502 [0.0040]	-1.9969 [0.0458]	-2.5723 [0.0100]	-2.1685 [0.0301]	-2.9103 [0.0040]	-2.0458 [0.0408]	-3.1415 [0.0020]
AR(2) 检验	0.8692 [0.3847]	-0.1711 [0.8662]	1.1859 [0.2357]	-0.1500 [0.8770]	1.3994 [0.1617]	0.0500 [0.9592]	1.2895 [0.1972]	0.1711 [0.8674]
加入控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
控制地区效应	是	是	是	是	是	是	是	是
控制时间效应	是	是	是	是	是	是	是	是
样本数	132	228	132	228	132	228	132	228

注:鉴于东部地区和中西部地区相关控制变量的估计系数符号和显著性并未发生明显变化,本文不再提供相关控制变量的估计系数及其显著性检验结果。此外,所有交叉项的估计系数是另做模型估计出来,并非与 $ER^2$ 是一个模型,但限于篇幅本文将结果合并在一个表格当中。

1. 东部地区不同类型环境规制对工业绿色转型的非线性影响效应。环境规制综合指数的估计结果显示,模型(1)中环境规制的一次项系数显著为正,而二次项系数却显著为负,这表明环境规制对工业绿色转型存在非线性影响,只有跨越环境规制的拐点才能有效促进工业绿色转型。东部地区的拐点值为0.04453,跨越拐点值后才能有效激励绿色技术创新和工业绿色转型。模型(2)中环境规制及其与绿色技术创新的交叉项系数为正且显著,表明绿色技术创新视角下的环境规制有利于推动工业绿色转型。

东部地区不同类型环境规制的影响效应有差别。命令控制型环境规制的激励效应仍不显著,但经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制对工业绿色转型则表现出先抑制后激励的影响,并可以通过提升绿色技术创新水平来促进工业绿色转型,不过在统计上经济激励型环境规制比自愿意识型环境规制更为显著。经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制的拐点值分别为0.0075和0.0079,北京、天津、上海、福建和海南已成功跨越拐点值,东部地区其他省区则相对比较接近。经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制可以促进绿色技术创新,根源在于东部地区本身的优势,东部地区的经济发展水平、人力资本水平和科技创新水平较高,人们对环境质量和清洁生产的要求相对较高,可跨越清洁技术吸收所需的拐点。若设定相对合理的环境规制强度和形式,则必定可以有效激励绿色技术创新并促进工业绿色转型。

2. 中西部地区不同类型环境规制对工业绿色转型的非线性影响效应。估计结果显示,模型(1)中环境规制的一次项系数显著为负,但平方项却未通过显著性检验。表明环境规制对工业绿色转型不再存在非线性影响,而且环境规制对工业绿色转型有着负面的影响效应。模型(2)中 $ER \times ET$ 的系数显著为负,表明中西部地区的环境规制对绿色技术创新产生了抑制效应,不利于工业绿色转型。

不同类型环境规制对工业绿色转型的影响差异显著。命令控制型环境规制的作用效果



与环境规制综合指数保持一致,其对绿色技术创新及工业绿色转型均具有负面影响效应,不再表现为非线性效应。尽管其他两种环境规制均有利于推动工业绿色转型,但中西部地区的激励效应却并不显著,也未表现出先下降后上升的趋势,这与中西部地区的客观条件有关。中西部地区经济发展水平相对较低,经济增长仍是首要任务,同时也缺乏资金推进节能减排,人们对环境质量的要求和环保意识也不高,更重要的是难以跨越技术吸收所需的人力资本和科技创新门槛,因此,即便环境规制增强也难以对绿色技术创新及工业绿色转型形成有效激励。

#### 四、结论与政策启示

通过有效设计环境规制来激励绿色技术创新以推动工业绿色转型,是一个紧迫且具有重要现实意义的研究主题。但环境规制的增强并不必然会激励绿色技术创新,不同类型环境规制及不同地区不同类型环境规制的影响效应存在较大差别,现有文献未对环境规制的类型进行科学划分。本文对不同类型的环境规制及不同地区不同类型的环境规制进行有效区分和测度,运用动态面板模型检验不同类型和不同地区不同类型的环境规制对工业绿色转型的非线性影响效应。

本文的研究结论如下:(1)环境规制对工业绿色转型的影响呈现先下降后上升的趋势,只有当环境规制越过拐点值时,才能通过激励绿色技术创新来推动工业绿色转型,环境规制对工业绿色转型的影响并非简单的线性效应。(2)不同类型环境规制对工业绿色转型的影响存在较大差异,命令控制型环境规制与工业绿色转型之间不存在先抑制后促进的变化趋势,但绿色技术创新视角下经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制则有利于推动工业绿色转型。(3)东部地区的环境规制只有跨越拐点值才能有效促进工业绿色转型,命令控制型环境规制仍未对绿色技术创新及工业绿色转型形成有效激励,但经济激励型环境规制与自愿意识型环境规制的正向促进效应明显。(4)中西部地区环境规制对工业绿色转型有着负面的影响效应,命令控制型环境规制的作用效果与环境规制综合变量保持一致,而经济激励型环境规制和自愿意识型环境规制对绿色技术创新及工业绿色转型的激励效应不明显。

本文的研究结论对科学制定与合理设计环境规制强度及形式,进而激励绿色技术创新及推动工业绿色转型具有启示意义。(1)科学设定环境规制强度。环境规制强度不应盲目提高,相反应保持适度稳定,过高的环境规制将加重企业负担,反而加大“抵消效应”对“创新补偿效应”的制约作用。因此政府要因地制宜地制定环境规制强度:对环境规制强度已经越过拐点的东部沿海地区则应继续保持现有的环境规制强度,并注重环境规制形式对绿色技术创新的激励作用;对环境规制强度尚未跨越拐点的中西部内陆地区则应继续加大环境规制强度至拐点水平,避免中西部地区一味追求经济增长而忽视环境保护。(2)合理选择环境规制形式。环境质量标准、污染排放限额等命令控制型环境规制具有较强的强制性,对企业的绿色技术研发缺乏足够的激励效应;但环境税、排污费、环境补贴和排污权交易等经济激励型环境规制,可为企业运用清洁生产技术和污染治理技术提供较强的内在动力,有利于持续激励企业进行绿色技术研发;尽管自愿意识型环境规制没有强制性,但却可充分发挥市场主体的能动性。因此,政府既要充分发挥各种环境规制形式的优势,又要实现协同与互补。一方面逐步实现从命令控制型环境规制到经济激励型环境规制的转变,取长补短降低环境规制成本;另一方面还要针对不同地区的情况选择不同类型的环境规制政策。经济激励型环境规制主要适用于东部发达地区,可将命令控制型与经济激励型搭配运用于欠发达的中

西部内陆地区;工业污染严重且生态环境脆弱的地区需运用命令控制型环境规制,工业污染较轻且技术先进的地区应该将经济激励型与自愿意识型搭配使用,从而有利于激励企业进行绿色技术创新。

此外,本文还存在进一步深化和拓展的空间。一是本文将环境规制指标体系区分为命令控制型、经济激励型及自愿意识型,后续可考虑进一步扩展指标体系,根据现实情况的发展区分为更多类型或更细分的指标,以获得更有指导意义的研究结论。在经济激励型环境规制的衡量指标上,可考虑将排污许可证等形式的指标纳入进来;在自愿意识型环境规制的衡量指标上,可加入些更具有市场主体能动性的指标。二是可深入研究各种环境规制形式之间的协同性和互补性,并测算协同度和协同效率,通过实证结果为环境规制工具的协调设计提供客观依据。

#### 主要参考文献:

- [1]陈德敏,张瑞.环境规制对中国全要素能源效率的影响——基于省际面板数据的实证检验[J].经济科学,2012,(4): 49—65.
- [2]蒋伏心,王竹君,白俊红.环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究[J].中国工业经济,2013,(7): 44—55.
- [3]李斌,彭星,陈柱华.环境规制、FDI与中国治污技术创新——基于省际动态面板数据的分析[J].财经研究,2011,(10): 92—102.
- [4]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.
- [5]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[J].中国工业经济,2013,(4): 56—68.
- [6]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.
- [7]马富萍,郭晓川,茶娜.环境规制对技术创新绩效影响的研究——基于资源型企业的实证检验[J].科学学与科学技术管理,2011,(8): 87—92.
- [8]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.
- [9]沈能,刘凤朝.高强度的环境规制真能促进技术创新吗?——基于“波特假说”的再检验[J].中国软科学,2012,(4): 49—59.
- [10]王国印,王动.波特假说、环境规制与企业技术创新——对中西部地区的比较分析[J].中国软科学,2011,(1): 100—112.
- [11]许士春,何正霞,龙如银.环境政策工具比较——基于企业减排的视角[J].系统工程理论与实践,2012,(11): 2351—2362.
- [12]张成,陆旸,郭路,等.环境规制强度和生产技术进步[J].经济研究,2011,(2): 113—124.
- [13]张华,魏晓平.绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应[J].中国人口·资源与环境,2014,(9): 21—29.
- [14]中国社会科学院工业经济研究所课题组.中国工业绿色转型研究[J].中国工业经济,2011,(4): 5—14.
- [15]Gray W B, Shadbegian R J. Plant vintage, technology and environmental regulation[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46(3): 384—402.
- [16]Hamamoto M. Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries[J]. Resource and Energy Economics, 2006, 28(4): 299—312.
- [17]Macho-Stadler I. Environmental regulation: Choice of instruments under imperfect compliance[J]. Spanish Economic Review, 2008, 10(1): 1—21.
- [18]Montero J P. Permits, standards and technology innovation[J]. Journal of Environmental Economics and

Management, 2002, 44(1): 23—44.

- [19] Requate T, Unold W. Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up? [J]. European Economic Review, 2003, 47(1): 125—146.
- [20] Rousseau S, Proost S. Comparing environmental policy instruments in the presence of imperfect compliance—A case study [J]. Environmental and Resource Economics, 2005, 32(3): 337—365.

## On Green Industrial Transformation in China under Different Types of Environmental Regulation

Peng Xing<sup>1</sup>, Li Bin<sup>2</sup>

(1. Changsha Central Sub-branch, The People's Bank of China, Changsha 410005, China;

2. School of Economy & Trade, Hunan University, Changsha 410079, China)

**Abstract:** Under the constraints of resources and environment, the encouragement to green technology innovation and the promotion of green industrial transformation by the design of environmental regulation is of great significance. However, the existing research ignores the different types of environmental regulation and also the ones in different regions. Therefore, it is difficult to put forward targeted and differentiated regulation policies and then to effectively promote green industrial transformation. Based on the distinction between different types of environmental regulation and between ones in different regions, this paper uses dynamic panel model to make a nonlinear effect test of environmental regulation on green industrial transformation. The research results show that the influences of different types of environmental regulation on green industrial transformation are featured by heterogeneity, and the nonlinear effect of command & control environment regulation does not exist. However, the enhancement of economic-incentive environmental regulation and voluntary-consciousness environmental regulation can significantly improve the level of green technology innovation and the promotion of green industrial transformation. In East China, the command & control environment regulation has not yet formed effective incentives for green technology innovation and green industrial transformation, but the positive promotion effects of economic-incentive environmental regulation and voluntary-consciousness environment regulation are obvious. In West China and Central China, the command & control environment regulation has a negative effect, and the incentive effects of economic-incentive environmental regulation and voluntary-consciousness environmental regulation on green technology innovation and green industrial transformation are not obvious. Calculation of different types of environmental regulation is conducive to further expansion and subdivision of environmental regulation, in order to explore the synergistic effect of different types of environmental regulation. The research conclusions are of enlightenment significance to the scientific setting of environmental regulation intensity and the reasonable choice of environmental regulation modes in order to encourage green technology innovation and promote green industrial transformation.

**Key words:** environmental regulation; green industrial transformation; green technology innovation

(责任编辑 石头)