

文章编号: 1000-5862(2016)05-0525-06

# 最优化视角下环境规制对技术创新的影响效应研究 ——基于中国制造业29个行业面板数据的实证分析

徐 茉 陶长琪\*

(江西财经大学统计学院 江西 南昌 330013)

**摘要:** 采用 SYS-GMM 方法, 基于中国制造业 2005—2011 年 29 个行业的面板数据, 考察了环境规制对技术创新的影响效应; 利用门槛回归模型, 确定最优规制区间。研究结果显示: 环境规制与技术创新之间呈“U”型特征; 环境规制通过吸收外商优质资源、发挥大企业的双重优势、抑制企业的对外贸易能力, 间接影响着技术创新; 环境规制与技术创新之间存在双门槛效应, 规制强度较低时对技术创新的影响潜力不足, 在最优规制区间则显著利于技术创新, 规制强度较高时的促进效果减弱。

**关键词:** 环境规制; 技术创新; 最优化视角; 门槛模型

**中图分类号:** F 062.1 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2016.05.16

## 0 引言

随着我国经济的不断发展, 一方面, 资源消耗量大, 环境严重污染, 治污工作严峻。相关资料显示, 2014 年中国环境污染导致的直接经济损失高达 12.9 亿元<sup>①</sup>。日益恶化的生态形势促使政府相继出台有关环境保护方面的措施, 加强和提高环境规制水平。蒋为<sup>[1]</sup>指出严格的环境规制已成为政府政策的必然选择。另一方面, 经济增长的不竭动力源于技术创新, 实现高强度的环境规制需要技术创新。因此, 探究环境规制与技术创新之间的关联机制, 一直是学术界研究的热点问题。本文认为, 环境规制不仅会依赖自身对技术创新产生直接影响, 而且还会通过外商直接投资、对外贸易和企业规模等途径对技术创新产生间接影响。

关于环境规制的技术创新效应, 学术界普遍有 3 种观点: 1) 高强度的环境规制会抬高企业经营成本, 挤占研发投入资金, 削弱企业的技术创新能力。国内外一些学者支持环境规制对技术创新的负向作用<sup>[2-3]</sup>; 2) 高强度的环境规制反而促成“倒逼机制”, 激发环境规制的“补偿效应”。自从“波特假说”问世以来, 便引起了学者们的广泛关注, 引发了大量的理

论与实证研究。国内外许多学者也赞同环境规制对技术创新的正向影响<sup>[4-5]</sup>; 3) 陶长琪等<sup>[6]</sup>认为环境规制与技术创新之间的关系具有不确定性。李斌等<sup>[7]</sup>运用 1999—2009 年中国省际动态面板数据, 认为 2 者无论在时间上还是强度上均存在先降后升的“U”型动态关系。李勃昕等<sup>[8]</sup>计量检验了 2004—2010 年我国工业企业环境规制对技术创新效率的影响, 提出 2 者符合倒“U”型变化过程。王杰等<sup>[9]</sup>采用 1998—2011 年中国工业企业面板数据的研究结论显示, 环境规制与技术创新之间呈倒“N”型特征。

上述 3 种观点主要是针对环境规制对技术创新的直接影响展开的研究, 但随着我国对外开放程度的进一步提高, 环境规制通过外商直接投资、对外贸易能力及企业规模化水平对技术创新产生间接影响。张中元等<sup>[10]</sup>发现环境规制强度严重制约了外商直接投资的技术进步。C. Van Beers 等<sup>[11]</sup>指出较强的环境规制有助于进口企业、不利于出口企业的技术创新。成琰文等<sup>[12]</sup>对企业规模化差异基于环境规制对技术创新的影响展开了实证研究, 结果显示: 大企业证实了“波特假说”, 而小企业否定了“波特假说”。

基于此, 在经济新常态的背景下, 本文采用实证方法分析了在最优化视角下环境规制对技术创新的影响效应, 并依据实证结果提出政策建议, 这对于实

① 该数据来源于 <http://www.yicai.com/news/2015/06/4633133.html>。

收稿日期: 2016-03-18

基金项目: 国家自然科学基金(71273122, 71473109, 71463023, 41461025) 教育部人文社科课题(15YJA630079, 14YJCZH114) 江西省教育厅科技课题(GJJ150473, GJJ150476) 和江西省“十二五”规划课题(2015YJ 26) 资助项目。

通信作者: 陶长琪(1967-), 男, 江西临川人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事数量经济学研究。

现创新驱动型的绿色经济增长模式具有一定的指导意义。相较于以往文献,本研究以中国制造业 2005—2011 年 29 个细分行业的面板数据为样本,证实了环境规制对技术创新的直接影响、间接影响、动态影响和非线性影响,这不仅有利于克服理论层面上的主观性,而且为更加深刻地探究环境规制对技术创新的作用路径提供依据;其次,鉴于环境规制对技术创新影响效应的异质性,引入门槛模型,考察在不同门槛水平下,环境规制对技术创新的影响程度和作用方向,找到“波特假说”的实现条件,并提出存在最优规制区间的结论;最后,依据门槛区间,对行业具体情况进行细分,发现仍有大量行业未达到最优规制水平,这表明我国的环境规制工作有待进一步完善。

## 1 作用机制

技术创新是一种特殊的生产过程,它需要各要素相互作用、相互影响。借鉴 A. B. Jaffe<sup>[13]</sup> 的理论模型,引入环境规制来衡量直接影响,加入环境规制与各因素的交互项来反映间接影响,构建数量模型为  $Y = D(E_R) I(E_R F_{DI}, E_R X_M, E_R S_{IZE})$ , 其中  $D$  和  $I$  分别表示环境规制对技术创新的直接和间接作用轨道,  $E_R$  是企业执行环境规制措施所付出的代价,  $F_{DI}$ 、 $X_M$  和  $S_{IZE}$  分别代表企业的外商直接投资、对外贸易和企业规模。对上式两边分别关于  $E_R$  求导得  $dY/dE_R = IdD/dE_R + DdI/dE_R$ , 两边同除以  $Y$  得

$$\frac{dY/dE_R}{Y} = \frac{dD}{dE_R} \cdot \frac{1}{D} + \frac{1}{I} \left( \frac{\partial I}{F_{DI} \partial E_R} F_{DI} + \frac{\partial I}{X_M \partial E_R} X_M + S_{IZE} \frac{\partial I}{S_{IZE} \partial E_R} \right),$$

两边同乘以  $E_R$  得

$$\begin{aligned} \frac{dY}{dE_R} \cdot \frac{E_R}{Y} &= \frac{dD}{dE_R} \cdot \frac{E_R}{D} + \frac{\partial I}{F_{DI} \partial E_R} \cdot \frac{E_R F_{DI}}{I} + \\ &\frac{\partial I}{X_M \partial E_R} \cdot \frac{E_R X_M}{I} + \frac{\partial I}{S_{IZE} \partial E_R} \cdot \frac{E_R S_{IZE}}{I}, \\ E_{Y(E_R)} &= E_{D(E_R)} + E_{I(E_R F_{DI})} + \\ &E_{I(E_R X_M)} + E_{I(E_R S_{IZE})}, \end{aligned}$$

这里  $E_{Y(E_R)}$  用于衡量环境规制对技术创新的影响,它可以分解为直接影响和间接影响之和;  $E_{D(E_R)}$  表示环境规制对技术创新的直接影响。

面对严格的政府规制要求,企业运营通常会有 2 种表现: 1) 改进工艺,即企业通过提高治污技术和生产率水平,产生环境规制的技术激励效应; 2) 资金挤占,即企业单纯地为达到规制要求,增加规制投

入,削减研发创新和投资资金,产生环境规制的技术抑制效应。环境规制对技术创新既具有正面激励效应,又有负面抑制效应,双向效应可视为技术创新基于政府规制的直接反映。  $E_{I(E_R F_{DI})}$ 、 $E_{I(E_R X_M)}$ 、 $E_{I(E_R S_{IZE})}$  分别代表环境规制依托外商直接投资、对外贸易以及企业规模对技术创新造成的间接影响。

外商直接投资影响着内资企业的技术吸收和优质外资的加入。内资企业受益于外资企业的外溢效应,且内资企业人力资本水平的不断提升,使得内资企业整体的技术吸收能力显著增强。外商直接投资在某地区产生的规模经济、经济集聚吸引着更多优质外资的加入。

对外贸易影响着本土企业的国际竞争力和风险承载力。环境规制要求低、许可排污量高,致使出口企业在国际贸易中形成的比较优势,提升了企业的国际竞争力。高强度的环境规制造成企业成本上升,削弱企业在世界市场上的竞争势头。随着对外贸易数量的增加,企业生存能力的提高,相应地风险承载力会逐步增强。

企业规模影响着企业自身的资金水平和规模水平,一方面,企业的规模决定着环保投入的多寡,对企业的研发资金能否及时到位造成影响。另一方面,技术创新的高成本、高风险特性,使得只有具有一定规模的企业才能担此重任。

## 2 影响效应分析

### 2.1 模型设计

为衡量环境规制对技术创新产生的直接影响,通过构建含有技术创新滞后 1 期的动态面板以及在模型中引入环境规制的 2 次项进行分析。为测度环境规制对技术创新产生的间接影响,在模型中加入环境规制与外商直接投资、环境规制与对外贸易以及环境规制与企业规模的交互项来反映。为缓解方程可能存在的异方差等问题,对模型两边进行对数化处理,具体形式为

$$\begin{aligned} \ln R_{Dit} &= \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \ln R_{Dit-1} + \beta_2 \ln E_{Rit} + \\ &\beta_3 \ln^2 E_{Rit} + \beta_4 \ln E_{Rit} \ln F_{Dit} + \\ &\beta_5 \ln E_{Rit} \ln X_{Mit} + \beta_6 \ln E_{Rit} \ln S_{IZEit} + \varepsilon_{it}, \end{aligned}$$

其中  $R_{Dit}$ 、 $E_{Rit}$ 、 $F_{Dit}$ 、 $X_{Mit}$ 、 $S_{IZEit}$  分别表示第  $t$  期第  $i$  行业技术创新能力、环境规制水平、外商直接投资、对外贸易以及企业规模,  $\alpha_i$  代表不可观测的行业个体效应,  $\gamma_t$  解释了不随个体变化的时间效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。

2.2 变量及数据说明

技术创新能力( $R_{Dit}$ ) 选用行业研发经费内部支出表征. 相比于专利申请量、新产品销售收入等变量, 它更加直接地体现出一个行业在资金方面对技术创新的重视程度, 经费投入越多代表行业技术创新能力越强.

由于环境规制数据难以直接获取, 学术界大多使用替代变量加以衡量, 尚未形成统一观点. 相关文献有采用人均 GDP、污染物的排放强度以及工业污染治理投资总额等指标, 但均存在一定缺陷. 为此, 本文采纳 S. B. Kheder 等<sup>[14]</sup> 的方法, 用 GDP/Energy 测度环境规制的强度, 他们认为采用这个指标可以有效度量政府制定规制政策的作用效果, 且  $SO_2$  又是制造业污染物的主要构成之一, 基于该变量的优越性以及数据的可得性, 选用工业总产值与  $SO_2$  排放量的比值来表征制造业的环境规制水平( $E_{Rit}$ ).

外商直接投资  $F_{Dit}$ 、对外贸易  $X_{Mit}$  以及企业规模  $S_{IZEit}$  分别采用行业外商投资企业总产值、行业出口交货值占工业总产值的比例以及企业利润总额与企业数目的比值来反映.

本文实证分析主要基于 2005—2011 年中国制造业的面板数据. 在 30 个细分行业中, 考虑到数据

的可得性和连贯性, 剔除部分行业, 选取的样本对象包括食品制造业(C14)、酒、饮料和精制茶制造业(C15)、烟草制品业(C16) 等 29 个细分行业(其中 C14 是行业代码, 其他类同). 相关数据均来自中国经济与社会发展数据库, 通过搜集整理汇总得到.

2.3 模型结果分析

利用 Stata11.0 对上述模型进行回归, 采用 SYS-GMM 进行处理, 结果如表 1 所示.

从表 1 可以看出, 滞后 1 期的技术创新对当期技术创新的作用系数为 0.901 6, 且效果显著, 这说明技术创新具有时间上的动态性. Hansen 检验接受原假设表明工具变量设置合理. AR(1) 的  $p$  值拒绝原假设, 而 AR(2) 的  $p$  值却接受原假设, 这表示误差序列存在 1 阶自相关, 但不存在 2 阶序列相关. 考虑到运用 SYS-GMM 方法可能存在样本过少或弱工具变量的问题, 使得估计量发生较大偏差, 此处采用 S. R. Bond<sup>[15]</sup> 提出的一种判断是否出现较大偏差的办法, 即观察被解释变量滞后期的 SYS-GMM 估计系数是否位于 POLS 估计系数和 FE 估计系数之间. 由表 1 可知, 滞后 1 期的技术创新估计系数并没有出现较大偏差, 这些均显示模型设计合理.

表 1 模型估计结果

解释变量	$\ln R_{Dit}$		
	模型 1(SYS-GMM)	模型 2(FE)	模型 3(POLS)
$\ln R_{Dit(t-1)}$	0.901 6*** (209.56)	0.689 2*** (9.97)	0.968 6*** (58.69)
$\ln E_{Rit}$	-0.134 4** (-2.63)	0.228 4(0.77)	-0.051 1(-0.36)
$\ln^2 E_{Rit}$	0.012 4*** (3.61)	-0.008 6(-0.52)	0.006(0.64)
$\ln E_{Rit} \ln F_{Dit}$	0.006 8** (2.75)	-0.006 1(-0.54)	0.005 4(1.27)
$\ln E_{Rit} \ln X_{Mit}$	-0.009 3*** (-15.91)	-0.039 *** (-2.88)	-0.008 8(0.57)
$\ln E_{Rit} \ln S_{IZEit}$	0.004 7*** (9.15)	0.014 1*** (3.55)	0.001 7(0.57)
常数	0.956 4*** (4.79)	-0.224 4(-0.19)	0.419 6(0.82)
AR(1) $p$ 值	0.009		
AR(2) $p$ 值	0.476		
Hansen 检验 $p$ 值	0.145		
F test		2.71*** (0.0001)	
Wald test			5141.54*** (0.0000)

注: SYS-GMM、FE 和 POLS 分别表示系统广义矩估计、固定效应估计和混合回归估计, \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 显著性水平上通过检验, GMM 和 FE 括号内为相应的  $t$  值, POLS 括号内为相应的  $z$  值, F test 和 Wald test 括号内均为相应的  $p$  值.

通过分析表 1 中的结果发现:

1) 环境规制的 2 次项系数显著为正表明, 随着环境规制水平的提高, 企业的技术创新呈先下降后上升的“U”型变化特征, 即环境规制对技术创新存在非线性影响. 原因可能是, 最初在政府环境规制政策推行之前, 污染治理成本占总成本比例不高, 不足

以驱动企业开展以绿色排放为目的技术创新和制度管理, 反而更多的是挤出企业当期的研发投入, 环境规制的“抑制效应”占主导地位. 随着环境规制措施的逐步完善, 政府在要求企业提高污染治理水平的基础上, 必然会在资金和政策上给予企业扶持, 这将大大降低企业技术创新的风险<sup>[16]</sup>. 同时, 严格的环

境规制诱使企业不得不转变运营模式,提高生产率和技术工艺水平,产生环境规制的“激励效应”。“U”型曲线也说明,从长期来看实现“波特假说”需要一定的时间条件;

2) 外商直接投资的交互项回归系数为正表明,环境规制的加强可以有效吸纳优质外商资源来华投资,技术的外溢有利于提高本国的创新水平。对外贸易交叉项的影响系数为负说明,环境规制通过对外贸易间接抑制了企业的技术创新能力。原因可能在于:我国的出口多以加工制造业为主,利润微薄,环境规制的提高,占用了创新资金,降低了技术水平。企业规模交互项的估计系数为正显示,大企业在技术创新和研发投入上具有规模优势和资金优势,面对严苛的环境规制约束,往往会充分发挥两者的优势,激发企业的技术创新活力。

### 3 异质效应的最优规制

影响分析的计量结果显示,外商直接投资、对外贸易和企业规模在环境规制的约束下,对技术创新的影响具有异质性。这就意味着,环境规制水平在异质影响效应条件下是不同的,是否存在一致的最优

规制区间呢?为解决此问题,建立面板门槛模型。

#### 3.1 模型建立

以环境规制水平为门槛变量,分析在环境规制约束下外商直接投资对技术创新的门槛效应。模型为

$$\ln R_{Dit} = \theta_1 \ln E_{Rit} \ln F_{Dit} I(E_{Rit} \leq \gamma_1) + \theta_2 \ln E_{Rit} \ln F_{Dit} I(E_{Rit} > \gamma_1) + \alpha_1 \ln E_{Rit} + \alpha_2 \ln E_{Rit} \ln X_{Mit} + \alpha_3 \ln E_{Rit} \ln S_{IZEit} + \mu_i + \omega_{it}. \quad (1)$$

以环境规制水平为门槛变量,探讨在环境规制作用下对外贸易对技术创新的影响轨迹。模型为

$$\ln R_{Dit} = \theta_1 \ln E_{Rit} \ln X_{Mit} I(E_{Rit} \leq \gamma_1) + \theta_2 \ln E_{Rit} \ln X_{Mit} I(E_{Rit} > \gamma_1) + \alpha_1 \ln E_{Rit} + \alpha_2 \ln E_{Rit} \ln F_{Dit} + \alpha_3 \ln E_{Rit} \ln S_{IZEit} + \mu_i + \omega_{it}. \quad (2)$$

以环境规制水平为门槛变量,解析在环境规制门槛下企业规模对技术创新的作用效果。模型为

$$\ln R_{Dit} = \theta_1 \ln E_{Rit} \ln S_{IZEit} I(E_{Rit} \leq \gamma_1) + \theta_2 \ln E_{Rit} \ln S_{IZEit} I(E_{Rit} > \gamma_1) + \alpha_1 \ln E_{Rit} + \alpha_2 \ln E_{Rit} \ln F_{Dit} + \alpha_3 \ln E_{Rit} \ln X_{Mit} + \mu_i + \omega_{it}. \quad (3)$$

#### 3.2 最优规制区间

为了确定门槛个数和门槛值,估计了 Bootstrap 的  $p$  值。各模型的门槛检验如表 2 所示,门槛值和置信区间如表 3 所示。

表 2 门槛检验结果

门槛类型	门槛变量 $E_R$		
	模型(1)	模型(2)	模型(3)
单一门槛	27.312*** (0.003)	21.671*** (0.007)	14.232*** (0.007)
双重门槛	8.202** (0.023)	14.232*** (0.003)	15.100*** (0.003)
3重门槛	5.681 (0.170)	7.065** (0.030)	4.503 (0.140)

注:括号前面为门槛检验对应的  $F$  值,括号中为所对应的  $p$  值。

表 3 门槛值估计

模型	门槛变量	门槛值 $\gamma_1$		门槛值 $\gamma_2$	
		估计值	置信区间	估计值	置信区间
(1)	$E_R$	7.189	[6.937, 7.203]		
(2)	$E_R$	5.230	[5.199, 5.323]	7.065	[6.937, 7.266]
(3)	$E_R$	6.184	[6.054, 6.324]	6.942	[6.937, 7.104]

由表 2 和表 3 可知,模型(1)的环境规制存在单一门槛效应,模型(2)和模型(3)的环境规制具有双重门槛效应。

由表 4 可以看出,在不同的环境规制水平上,外商直接投资、对外贸易和企业规模对技术创新的影响是存在差异的。

外商直接投资对技术创新的环境规制门槛值为 7.189,且当无论环境规制低于或高于 7.189 时,影响系数显著为正。第 1 门槛区间的影响力度约为第 2 门槛区间的 2.5 倍,因而最优规制区间为  $E_R \leq$

7.189,这说明在适度降低环境规制的条件下,不断扩大外商投资规模有利于提高企业的技术创新能力。

对外贸易对技术创新的环境规制门槛值分别为 5.230 和 7.065。第 1 和第 2 门槛区间的影响为正表明,在环境规制还没达到一定“额度”之前,对外贸易对技术创新的正向推动作用还会持续一段时间;而到了第 3 门槛区间则显著为负,即当环境规制超过“额度”的限制后,继续扩张对外贸易带来的成本上升,会超过自主研发产生的利润,对技术创新产生

抑制作用. 随着环境规制门槛区间的变化, 对外贸易对技术创新的影响有一个倒“U”型过程, 最优规制区间为  $E_R \leq 7.065$ .

企业规模在环境规制的影响下对技术创新存在双重门槛, 门槛值分别为 6.184 和 6.942, 影响系数

均显著为正. 在第 1 和第 3 门槛区间上, 企业规模对技术创新的影响力度显著小于第 2 门槛区间, 所以最优规制区间为  $6.184 < E_R \leq 6.942$ , 这说明环境规制水平并非越高越好, 适度的环境规制有助于发挥企业规模对技术创新的正向影响.

表 4 门槛回归结果

模型(1)		模型(2)		模型(3)	
门槛区间	估计系数	门槛区间	估计系数	门槛区间	估计系数
$E_R \leq 7.189$	0.108 5*** (6.39)	$E_R \leq 5.230$	0.039 1* (1.79)	$E_R \leq 6.184$	0.038 8*** (6.53)
$E_R > 7.189$	0.049 7*** (4.10)	$5.230 < E_R \leq 7.065$	0.004 5(0.27)	$6.184 < E_R \leq 6.942$	0.057 3*** (9.18)
		$E_R > 7.065$	-0.045 4*** (-3.19)	$E_R > 6.942$	0.029 3*** (6.60)

注: 括号中为  $t$  统计量值.

根据上述门槛区间, 对行业具体情况进行细分, 发现位于最优规制区间的行业有 C17、C27、C29,

这表明该 3 个行业的规制强度设置合理. 具体结果如表 5 所示.

表 5 细分行业具体情况

	门槛区间	细分行业
模型(1)	$E_R \leq 7.189$	C14、C15、C17、C20、C22、C25、C26、C27、C28、C29、C31、C32、C33
	$E_R > 7.189$	C16、C18、C19、C21、C23、C24、C30、C34、C35、C36、C37、C39、C40、C41、C42、C43
模型(2)	$E_R \leq 5.230$	C22、C31
	$5.230 < E_R \leq 7.065$	C14、C15、C17、C20、C25、C26、C27、C28、C29、C32、C33
	$E_R > 7.065$	C16、C18、C19、C21、C23、C24、C30、C34、C35、C36、C37、C39、C40、C41、C42、C43
模型(3)	$E_R \leq 6.184$	C14、C15、C20、C22、C25、C26、C28、C31、C32、C33
	$6.184 < E_R \leq 6.942$	C17、C27、C29
	$E_R > 6.942$	C16、C17、C18、C20、C22、C23、C25、C26、C27、C28、C31、C32、C33、C34、C35、C36、C42、C43

从模型(1)、(2)、(3)的结果表明, 环境规制与技术创新之间并非是简单的线性关系, 而是存在一个门槛. 在门槛之下, 环境规制通过外商直接投资、对外贸易和企业规模对技术创新的刺激效应并不显著, 当规制达到一定水平之后, 显现出对技术创新的“倒逼机制”. 这说明合理有效的规制有利于激发企业的技术创新, “波特假说”的实现需要一定的强度条件.

4 结论及建议

本文利用 SYS-GMM 方法, 采用中国制造业 2005—2011 年 29 个细分行业的面板数据, 考察了环境规制对技术创新的影响效应; 基于门槛回归模型, 分析行业具体情况, 确定最优规制区间. 得出如下结论:

- 1) 环境规制对技术创新的影响由“抑制”转为“激励”, 两者之间呈“U”型特征, 这说明实现“波特假说”需要一定的时间条件;
- 2) 环境规制通过吸收外商优质资源、发挥大企

业的双重优势、抑制企业的对外贸易能力, 间接影响着技术创新;

3) 环境规制与技术创新之间存在双门槛效应, 当规制强度较低时对技术创新的影响潜力不足, 在最优规制区间则显著利于技术创新, 规制强度较高时的促进效果减弱, 这表明实现“波特假说”依赖一定的强度条件.

根据以上结论, 提出如下几点建议:

- 1) 强化研发资金的投入力度. 政府应为企业的技术创新予以更多的资金援助, 缩减“U”型曲线下降阶段“度”的限制, 确保出口企业的技术创新拥有足够的资金保障;
- 2) 转变招商引资思路. 抛弃“重效益轻质量”的引资方向, 协同驱动外资的技术溢出效应和内资的消化吸收能力, 进而提升内资企业的技术创新水平;
- 3) 继续发挥大企业的优势地位. 注重大企业在技术创新上的资金优势和规模优势, 提供良好的技术创新环境, 触发大企业在研发创新上的积极性;
- 4) 制定适宜的环境规制政策. 各地区各行业应根据自身经济发展水平与环境污染程度, 践行差异

化的环境规制政策 实现经济发展与环境保护的双赢.

## 5 参考文献

- [1] 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(2): 76-87.
- [2] Gray W B. The cost of regulation: OSHA, EPA and the productivity slowdown [J]. American Economic Review, 1987, 77(5): 998-1006.
- [3] 江珂, 卢现祥. 环境规制与技术创新: 基于中国 1997—2007 年省际面板数据分析 [J]. 科研管理, 2011, 32(7): 60-66.
- [4] Berman E, Bui L T M. Environmental regulation and productivity: Evidence from oil refineries [J]. Review of Economics and Statistics, 2001, 83(3): 498-510.
- [5] 马海良, 黄德春, 姚惠泽. 技术创新、产业绩效与环境规制: 基于长三角的实证分析 [J]. 软科学, 2012, 26(1): 1-5.
- [6] 陶长琪, 琚泽霞. 金融发展、环境规制与技术创新关系的实证分析: 基于面板门槛回归模型 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2015, 39(1): 27-33.
- [7] 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, 37(10): 92-102.
- [8] 李勃昕, 韩先锋, 宋文飞. 环境规制是否影响了中国工业 R&D 创新效率 [J]. 科学学研究, 2013, 31(7): 1032-1040.
- [9] 王杰, 刘斌. 环境规制与企业全要素生产率: 基于中国工业企业数据的经验分析 [J]. 中国工业经济, 2014(3): 44-56.
- [10] 张中元, 赵国庆. FDI、环境规制与技术进步: 基于中国省级数据的实证分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(4): 19-32.
- [11] Van Beers C, Van Den Bergh J C J M. An empirical multi-country analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows [J]. Kyklos, 1997, 50(1): 29-46.
- [12] 成琼文, 许正, 洪波, 等. 环境规制对氧化铝行业技术创新的影响: 基于企业规模差异的实证分析 [J]. 系统工程, 2014, 32(1): 146-151.
- [13] Jaffe A B. Real effects of academic research [J]. The American Economic Review, 1989, 79(5): 957-970.
- [14] Kheder S B, Zugravu N. The pollution haven hypothesis: A geographic economy model in a comparative study [J]. SSRN Electronic Journal, 2008. doi: 10. 2139/ssrn. 1266075.
- [15] Bond S R. Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice [J]. Portuguese Economic Journal, 2002, 1(2): 141-162.
- [16] 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.

## The Effect of Environmental Regulation on Technological Innovation from the Optimization Perspective

——Empirical Study Based on 29 Sub-Section of China's Manufacturing Industry

XU Mo, TAO Changqi\*

(College of Statistics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330013, China)

**Abstract:** With the method of SYS-GMM and taking the panel data of 29 sub-section from 2005 to 2009 in China's manufacturing industry as samples, the effect of environmental regulation on technical innovation is observed. Based on analysis of threshold regression model, the optimal range of environmental regulation is determined. The results show that there is a dynamic feature of "U" type about the influence of environmental regulation on technical innovation. Environmental regulation can indirectly affect the enterprise's technological innovation level by inspiring FDI technology spillover, large scale enterprise capital advantage and inhibiting foreign trade ability. There is a double threshold effect between environmental and technological innovation, the impact of technological is insufficient when the intensity of regulation is relatively low; it is significantly beneficial to technological innovation in the optimal regulation range, while promotion effect will be weakened if the intensity of regulation is relatively high.

**Key words:** environmental regulation; technological innovation; optimization perspective; threshold model

(责任编辑: 曾剑锋)