

文章编号: 1000-5862(2019)03-0260-08

相邻区域环境规制促进或抑制当地技术创新投入? ——基于技术溢出与污染溢出角度

徐 晔 孙家豪

(江西财经大学统计学院 江西 南昌 330013)

摘要: 该文从环境规制的技术溢出效应与污染溢出效应 2 个角度,分析相邻区域环境规制对当地技术创新投入的影响。研究在这 2 种效应强弱对比发生变化的情况下,相邻区域环境规制溢出影响的异质性。在此基础上采用 2003—2015 年长三角地区 26 个主要城市数据,使用 EBM 模型测度绿色创新效率,利用中介效应检验程序与空间面板杜宾模型对理论分析结论进行实证检验。结果表明:相邻区域环境规制强度提升会促进当地绿色创新效率的增加;在施行环境规制政策的前期,相邻区域环境规制强度提升会造成当地技术创新投入减少;在施行环境规制政策一段时间后,相邻区域环境规制强度提升会造成当地技术创新投入增加。

关键词: 环境规制; 技术创新投入; 空间溢出

中图分类号: F 224.0 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2019.03.08

0 引言

随着我国经济的发展,我国进入了新旧动能转换的重要时期。在这次结构调整中,以高新技术为支撑的现代制造业和战略性新兴产业是调整的主要方向。2016 年我国研发经费投入强度为 2.11%,与 OECD 国家的平均水平 2.40% 还有一些差距。同时,在 2015—2016 年世界 R&D 投入百强名单中,有 61.2% 的中国企业研发投入强度在 5% 以下,而美国上榜企业中只有 27.2% 的企业落入这一区间。这说明中国企业的技术创新投入亟待提高。自 2003 年提出科学发展观以来,中国逐年加大了环境规制的监管力度:2017 年全国立案查处环境违法案件数为 23.3 万件,而 2005 年仅为 2.3 万件。地方政府之间政绩的竞争关系使得地方政府在制定环境政策时只追求本地的经济和技术发展。研究相邻区域环境规制的溢出效应能够帮助中央政府了解地方政府环境政策之间的相互影响,进而制定更为有效的政策使得地区间协同发展。那么,相邻区域环境规制对当地技术创新投入的影响机制到底是怎样的? 该问题值得思考。

绿色创新效率结合了绿色全要素生产率和创新效率,它是一种在测度绿色全要素生产率方法的基础上,在投入和产出中加入了创新要素来衡量绿色创新产出的效率测度方法。学者们通常采用 DEA-SBM 模型解决在测度绿色创新效率时存在的非期望产出效率评价问题^[1-2]。而任耀等^[3]使用了具有非径向、非角度及加性结构特点的 DEA-RAM 模型测度绿色创新效率。

环境规制对绿色创新效率影响的研究可分为 2 类:(i) 环境规制强度对绿色创新效率的直接影响,将环境规制分为正式环境规制和非正式环境规制,J. Horbach^[4]认为正式环境规制工具可触发绿色创新效应, Lee Chengwen^[5]认为非正式环境规制与绿色创新不存在显著相关关系;(ii) 环境规制强度对绿色创新效率的溢出影响,相关研究主要集中在相邻区域多因素对当地绿色创新效率的总体溢出影响的实证研究^[6]。

环境规制对技术创新投入影响的研究也可分为 2 类:(i) 环境规制对技术创新投入的直接影响,何兴邦^[7]与 M. Hamamoto^[8]分别使用国内与日本的相关数据进行实证,发现环境规制对企业的技术创新投入有积极的影响;袁宝龙^[9]对我国制造业研究

收稿日期: 2018-12-15

基金项目: 国家自然科学基金(71773041, 71473109, 71463023), 江西省自然科学基金(2018ACB29001, 2018BAA208028), 江西省高校人文社科重点研究基地课题(JD16044)和江西省高校人文社科课题(170470)资助项目。

作者简介: 徐 晔(1962-),女,江西南昌人,教授,博士生导师,主要从事数量经济研究。E-mail: xuye_525@163.com

后发现,环境规制对我国制造业研发投入具有显著的挤出效应;(ii)环境规制对技术创新投入的溢出影响,王文普等^[10]通过全国省际数据实证分析得出相邻省份环境规制会对本省技术创新投入产生负向影响。

目前测度绿色创新效率的方法普遍使用的是单一径向或非径向模型,但在实际测度过程中,数据可能同时存在径向与非径向特征,这使得测度结果存在偏差,本文使用的 DEA-EBM 模型可以避免该误差。关于相邻区域环境规制对当地技术创新投入溢出影响的研究,已有文献忽视了污染溢出在其中发挥的中介作用,使得现有研究遗漏了该溢出影响的异质性,并且相关研究普遍忽视了对理论模型传导机制的实证检验。本文在环境规制对技术创新投入溢出影响机制中,加入污染溢出和技术溢出作为中介变量,借此探索相邻区域环境规制溢出影响的异质性,并且通过实证检验了该理论传导机制。

1 理论机理

1.1 环境规制对技术创新投入的溢出影响路径

本文通过环境规制的污染溢出效应和技术溢出效应 2 条路径,研究相邻区域环境规制对当地技术

创新投入的空间溢出影响。

环境污染呈现出非常明显的空间相关、空间溢出特征,中国各地区的雾霾污染具有显著的正向空间自相关性^[11-12]。当相邻地区环境规制强度提升后,其污染排放量减少^[13],污染溢出随之减少,这将造成当地污染排放量减少,进而使得当地治污成本减少^[14],而治污成本减少则会引起绿色创新效率的提升^[15]。绿色创新效率增加使得企业单位技术创新投入导致的治污成本减少量增加,当地企业倾向于增加技术创新投入,这是环境规制的污染溢出效应。

当相邻地区环境规制强度提升后,其产业转移将增加^[16-17],进而造成其技术溢出水平增加,当地技术创新水平随之提升^[18-19],因为边际报酬递减,单位技术创新水平产生的边际收益减少,技术创新水平与技术创新投入存在正向关系,因此企业增加单位技术创新投入产生的边际收益也大幅减少,从而当地企业倾向于减少技术创新投入,这是环境规制的技术溢出效应。

随着相邻区域环境规制强度的提升,这 2 种效应产生的效果相反,它们的强弱对比会影响最终当地技术创新投入的增减。具体机制如图 1 所示。

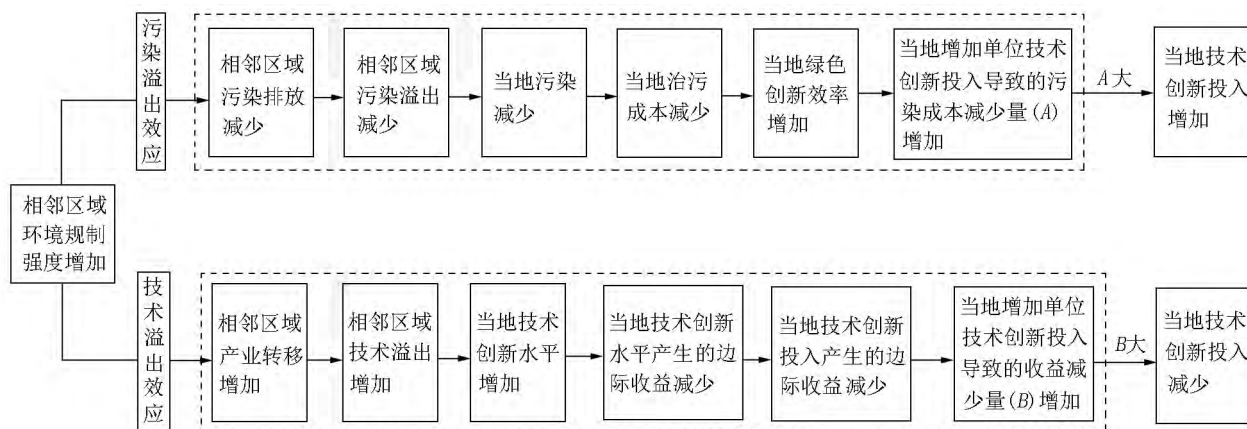


图1 环境规制强度对技术创新投入的影响机制图

1.2 机理分析

范承泽等^[20]建立了 FDI 影响国内企业技术创新投入的微观机制模型,本文将技术溢出和污染溢出 2 个因素加入该模型中,用环境规制代替 FDI,研究相邻区域环境规制通过技术溢出和污染溢出对当地技术创新投入影响的总体效应。

假设 1 王鹏等^[21]发现企业技术创新有利于促进工业“三废”综合利用产品产值的增加,并有效提高工业 SO₂ 的去除率。C. Kemfert^[22]认为 R&D 投

资支出可以从实质上降低污染排放量的成本。因此,假设随着技术创新投入增加,企业治污成本下降,即 $\partial Z_w / \partial T < 0$ 。

假设 2 依据边际报酬递减,假设 $V'' = \partial^2 V / \partial^2 J_c < 0$, $\partial^2 J_c / \partial T^2 < 0$, $\partial^2 Z_w / \partial T^2 > 0$ 。

假设 3 内生增长理论认为,与固定资产类投资不同,创新是生产要素的重新组合,不仅可以提高企业生产率,而且能够提高其他要素的生产效率,对企业价值的边际贡献更高,在市场上表现为更高的收益。因此,假设企业收益随技术创新水平增加而增

加,即 $V' = \partial V / \partial J_C > 0$.

假设 4 随着自主技术创新投入增加,自主技术创新水平升高,且 $\partial J_C / \partial T > 0$.

假设 5 相邻地区环境规制强度的增加将推动其产业转移^[16-17],产业转移会导致技术溢出^[18-19],因此,假设相邻地区技术溢出水平随其环境规制强度增加而增加,即 $\partial J_{CY} / \partial E_S > 0$.

假设 6 依据环境规制的污染溢出效应,假设随着相邻地区环境规制强度增加,单位创新投入导致的污染成本减少量增加,即 $\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S < 0$.

假设一个地区的企业通过选择合理的技术创新投入,提升技术创新水平,从而实现利润最大化.企业提升技术创新水平有 2 种途径:增加自身技术创新投入或者接受相邻区域企业的技术溢出,因此可以将企业利润表示为

$$P_b = V[J_{CY}(E_S) + J_C(T)] - Z_W(E_S, T) - T, \quad (1)$$

其中 J_{CY} 表示相邻区域技术溢出水平, E_S 表示相邻区域环境规制强度, J_C 表示自主技术创新水平, T 表示自身技术创新投入, Z_W 表示治污成本, $V[J_{CY}(E_S) + J_C(T)]$ 表示该公司的收益函数, P_b 表示利润. 对 (1) 式关于 T 的求导得到企业利润最大化的隐函数满足

$$V' \partial J_C / \partial T - \partial Z_W / \partial T - 1 = 0. \quad (2)$$

对 (2) 式求关于 T 和 E_S 的全微分得到当地技术创新投入随相邻区域环境规制强度变化的函数为 $dT/dE_S = (-\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S + \partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S) / (2(\partial J_C / \partial T)^2 V'' + 2\partial^2 J_C / \partial T^2 V' - \partial^2 Z_W / \partial T^2)$. (3)

由于 $V'' < 0$, $\partial^2 J_C / \partial T^2 < 0$, $V' > 0$, $\partial^2 Z_W / \partial T^2 > 0$, 所以 (3) 式分母小于 0; $\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S < 0$, $\partial J_C / \partial T > 0$, $\partial J_{CY} / \partial E_S > 0$. (3) 式中 $-\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S > 0$, $\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S < 0$. 当 $|\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S| > |\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S|$ 即相邻区域环境规制的污染溢出效应更强时, $dT/dE_S > 0$, 当地技术创新投入随相邻区域环境规制强度增加而增加; 当 $|\partial Z_W / \partial T \partial E_S| < |\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S|$ 即相邻区域环境规制的技术溢出效应更强时, $dT/dE_S < 0$, 当地技术创新投入随相邻区域环境规制强度增加而减少.

根据环境规制的污染溢出效应,相邻区域环境规制强度增加也会造成相邻地区污染减少,污染溢出减少,使得当地污染量减少,当地治污成本减少.治污成本的减少则引起当地绿色创新效率增加.

结论 1 相邻地区环境规制强度提升会造成当地绿色创新效率增加.

在我国环境规制政策施行的初期,受环境规制政策的不合理、产业结构绿色化程度较低、技术创新水平较低等因素影响,我国环境规制政策并不会造成污染溢出减少,在 2001—2007 年间,我国环境规制强度的上升加重了地区污染排放^[23]. 在这段时期,污染溢出效应较弱,技术溢出效应较强,即 $|\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S| < |\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S|$, 相邻区域环境规制强度增加,当地技术创新投入下降 ($dT/dE_S < 0$).

结论 2 实施环境规制政策前期,相邻区域环境规制强度提升会造成当地创新投入减少.

经过一段时间环境规制政策施行,污染企业的产业转移逐渐结束,环境规制政策的技术溢出效应逐渐减弱,同时环境规制政策趋于合理,环境规制政策倒逼企业淘汰落后产能并选择向绿色清洁型产业转化^[24],地区污染溢出逐渐减少^[13],环境规制的污染溢出效应逐渐增强. 在这段时期,相邻区域环境规制政策的技术溢出效应弱于污染溢出效应,即 $|\partial^2 Z_W / \partial T \partial E_S| > |\partial J_C / \partial T \cdot V'' \cdot \partial J_{CY} / \partial E_S|$, 相邻区域环境规制强度增加,当地技术创新投入升高 ($dT/dE_S > 0$).

结论 3 实施环境规制政策后期,相邻区域环境规制强度提升会造成当地创新投入增加.

2 实证检验

2.1 实证模型

温忠麟等^[25]结合 R. M. Baron 等^[26]提出的部分中介效应检验方法和 C. M. Judd 等^[27]提出的完全中介效应检验方法建立了一套较为完整的中介效应检测方式. 本文将空间面板 Durbin 模型与该中介效应检测方式结合,建立了模型 1 与模型 2. J. P. Elhorst 等^[28]认为采用极大似然估计法 (MLE) 可以有效解决模型中可能存在的内生性问题,因此本文采用极大似然估计法进行回归估计.

模型 1 检验相邻区域环境规制强度对当地绿色创新效率的影响,该模型中以污染排放量作为中介变量进行中介效应检验.

$$G_{CRE_{it}} = \beta_0 + \beta_1 h_{git} + \beta_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} h_{gjt} + \beta_3 X_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

$$P_{ollu_{it}} = \beta'_0 + \beta'_1 h_{git} + \beta'_2 X'_{it} + \varepsilon''_{it}, \quad (5)$$

$$G_{CRE_{it}} = \beta''_0 + \beta''_1 h_{git} + \beta''_5 P_{ollu_{it}} + \beta''_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} h_{gjt} +$$

$$\beta_4'' \sum_{j=1}^n w_{ij} P_{ollu_{jt}} + \beta_3'' X_{it} + \mu_{it}' + \varepsilon_{it}' , \quad (6)$$

其中 i 表示第 i 个城市, t 表示第 t 期, $G_{CRE_{it}}$ 是绿色创新效率增长率, $h_{g_{jt}}$ 是环境规制强度, w_{ij} 为空间权重矩阵元素, 反映相邻城市的空间联系, X_{it} 和 X_{it}' 皆表示控制变量, 其中 X_{it} 包括人力资本 (R_{cost}) 和绿色创新效率滞后一期 (G_{cre}) 的值, X_{it}' 包括 FDI 和 GDP, $P_{ollu_{it}}$ 是污染排放量, μ_{it} 和 μ_{it}' 表示空间固定效应, ε_{it} 和 ε_{it}' 是随机干扰项。

模型 2 检验相邻区域环境规制强度对当地技术创新投入的影响。该模型中以污染排放量和产业转移作为中介变量进行中介效应检验。

$$C_{reinput_{it}} = \beta_0 + \beta_1 h_{g_{it}} + \beta_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} h_{g_{jt}} + \beta_3 X_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it} , \quad (7)$$

$$P_{ollu_{it}} = \beta_0' + \beta_1' h_{g_{it}} + \beta_2' X_{it}' + \varepsilon_{it}' , \quad (8)$$

$$I_{ndus_{it}} = \beta_0'' + \beta_1'' h_{g_{it}} + \beta_2'' X_{it}'' + \varepsilon_{it}'' , \quad (9)$$

$$C_{reinput_{it}} = \beta_0''' + \beta_1''' h_{g_{it}} + \beta_6 P_{ollu_{it}} + \beta_7 I_{ndus_{it}} + \beta_2''' \sum_{j=1}^n w_{ij} h_{g_{jt}} + \beta_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} P_{ollu_{jt}} + \beta_5 \sum_{j=1}^n w_{ij} I_{ndus_{jt}} + \beta_3' X_{it} + \mu_{it}' + \varepsilon_{it}' , \quad (10)$$

其中 $C_{reinput_{it}}$ 表示技术创新投入, X_{it} 、 X_{it}' 、 X_{it}'' 都是控制变量, X_{it} 包括 FDI、行业利润率 (P_{rof})、人力资本, X_{it}' 包括 FDI 和 GDP, X_{it}'' 包括 FDI 和 GDP 滞后一期 (B_{GDP}) 的值, μ_{it} 和 μ_{it}' 表示空间固定效应, $I_{ndus_{it}}$ 是衡量产业转移程度的变量。

2.2 数据说明与测算

考虑到数据获取问题, 本文选用创新能力较强、经济发展程度较高的 2003—2015 年长江三角洲地区 26 个地级市数据展开实证研究。因为 2006 年以前与 2007 年以后年鉴部分数据口径不一致且无法换算成相同口径, 模型 1 使用 2007—2015 年的数据。原始数据来源于《中国城市统计年鉴》以及部分地级市统计年鉴。以下所有变量皆进行了归一化处理, 对相关变量的具体说明如下:

(i) 绿色创新效率增长率 (G_{CRE})。采用 K. Tone 等^[29]提出的 EBM 模型核算绿色创新效率, 受限于数据, 投入变量选择研发经费投入、能源投入和研发人员投入, 期望产出为 GDP, 非期望产出用工业排放二氧化硫与工业废水排放量的等权和表示, 研发经费用政府科技支出衡量, 能源投入用工业用电 (换算成万吨煤) 衡量, 研发人员投入用科研人员数衡量。使用 $\ln G_{CRE_t} - \ln G_{CRE_{t-1}}$ 表示绿色创新效率增

长率。

(ii) 技术创新投入 ($C_{reinput}$)。使用科研人员数和研发投入的等权和表示。

(iii) 环境规制强度 (h_g)。采用生活污水处理率、固体废物利用率与工业二氧化硫去除率的等权和表示。

(iv) 污染排放量 (P_{ollu})。采用工业废水排放量与工业二氧化硫排放量的等权和表示。

(v) 产业转移衡量变量 (I_{ndus})。当前大部分学者测度区域产业转移, 主要是采用了产值、增加值和就业指标, 将产业转移定义为各地产业份额的上升和下降。因此本文使用地区第 2 产业产值与地区生产总值的比值变量和从业总人口变量的等权和表示地区产业的情况, 该值减少则当地产业转移增加, 反之则当地产业转移减少。

(vi) 空间权重矩阵 (W)。为提高模型估计结果的稳健性, 参照 A. C. Case 等^[30]和张征宇^[31]的做法, 采用经济-地理嵌套式空间权重矩阵

$$W_n^{GE} = \alpha W_n^C + (1 - \alpha) W_n^E , \quad (11)$$

其中 W_n^{GE} 为经济-地理嵌套式空间权重矩阵, W_n^C 为地理邻接权重矩阵 (地方政府所在距离小于 350 km 被认为相邻, 权重取 1; 大于 350 km 被认为不相邻, 权重取 0), W_n^E 为经济意义权重矩阵, α 为地理邻接矩阵的权重, W_n^E 的计算方式为

$$W_{ij}^E = 1 / |\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| (i \neq j), W_{ij}^E = 0 (i = j) ,$$

$$\bar{Y}_i = \sum_{t=T_0}^T Y_{it} / (T - T_0) ,$$

其中 Y 为 GDP, T 表示时间。

(vii) 控制变量。人力资本和绿色创新效率的滞后变量会对绿色创新效率的增长率产生影响; FDI 和 GDP 是污染排放的主要影响因素; FDI 和 GDP 的滞后变量将显著影响产业转移; 行业利润率和人力资本会影响地区技术创新投入, 因此选定上述变量作为实证过程中的控制变量^[1,10]。这里人力资本 (R_{cost}) 采用劳动工资表示; 绿色创新效率滞后一期 (G_{cre}) 的值采用前一期绿色创新效率表示; F_{DI} 采用外商直接投资与地区生产总值的比值表示; G_{DP} 采用地区生产总值表示; 行业利润率 (P_{rof}) 采用利润总额与固定资产净值的比值表示; GDP 滞后一期 (B_{GDP}) 的值用前一期地区生产总值表示。

2.3 实证结果与分析

2.3.1 相邻区域环境规制强度对当地绿色创新效率的影响

模型的 moran 检验结果为 0.27,这说明

该模型中存在空间自相关关系.通过 Hausman 检验和 LR 检验,模型选择空间固定效应模型.实证模型 1 空间溢出影响的结果如表 1 所示.

表 1 模型 1 的实证结果

	(4) 式			(5) 式			(6) 式		
	地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2	地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2	地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2
h_g	0.11*** (2.63)	0.26** (1.98)	0.30** (2.09)	-0.86*** (-3.06)	0.27** (1.97)	0.24** (2.05)	0.26** (2.03)		
P_{ollu}					-0.13*** (-3.86)	-0.09*** (-3.75)	-0.11* (-1.67)		
R_{cost}	-0.05*** (-3.17)	-0.06 (-1.15)	-0.08* (-1.67)		-0.07** (-1.85)	-0.06 (-1.35)	-0.07* (-1.69)		
G_{cre}	-0.30*** (-7.74)	-0.02 (-0.14)	-0.05 (-0.33)		-0.13 (-0.98)	-0.01 (-0.09)	-0.07* (-1.72)		
F_{DI}				0.26*** (2.94)					
G_{DP}				0.26*** (6.02)					

注:括号外数字为回归系数,括号内数字为 t 值,***、**和* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著,下同.

表 1 描述了模型 1 的实证结果.(4) 式结果表明:当仅存核心解释变量环境规制强度时,它对绿色创新效率的溢出影响稳健为正,这说明相邻区域环境规制强度提升对当地的绿色创新效率有正向的促进作用.(5) 式结果表明:环境规制强度增加对污染排放量的直接影响显著为负,这说明核心解释变量环境规制强度会对中介变量污染排放产生影响.(6) 式结果表明:当同时存在环境规制强度和污染排放量时,相邻区域污染排放量增加对当地绿色创新效率有抑制作用,相邻区域环境规制强度提升对当地绿色创新效率有促进作用.在不同空间嵌套权重矩阵下,以上结果稳健.表 1 结果验证了相邻区域环境规制强度提升会影响其污染排放量,进而对当地的绿色创新效率产生正向的影响.

2.3.2 相邻区域环境规制强度对当地技术创新投入的影响

表 2 给出了模型 2 在 2003—2010 年间数据回归的结果.(7) 式结果表明:当仅存在核心解释变量环境规制强度时,它的系数显著为负,这说明在环境规制政策施行的前期,相邻区域环境规制强度提升对当地技术创新投入存在显著的负向影响.(8) 式结果表明:环境规制强度对污染排放量的影响系数是 -0.18,这说明环境规制强度增加会导致污染排放量减少,环境规制强度提升对中介变量污染排放量有抑制作用.(9) 式结果表明:环境规制强度对产业转移衡量变量的影响系数是 -0.12,这说明环境规制强度提升促进了产业转移,环境规制强

度提升对中介变量产业转移有促进作用.(10) 式结果表明:相邻区域污染排放量减少对当地技术创新投入有促进作用,相邻区域产业转移增加对当地技术创新投入有抑制作用,相邻区域环境规制强度增加对当地技术创新投入有抑制作用.在不同空间嵌套权重矩阵下,以上结果稳健.表 2 的结果验证了在环境规制政策施行的前期,相邻区域环境规制强度提升会影响其污染排放量和产业转移,进而抑制当地技术创新投入增加.

表 3 给出了模型 2 在 2011—2015 年间数据回归的结果.(7) 式结果表明:当仅存在核心解释变量环境规制强度时,相邻区域环境规制强度提升对当地技术创新投入存在显著的正向影响.(8) 式结果表明:环境规制强度对污染排放量的影响系数是 -0.22,与表 2 中(8) 式对应的 -0.18 相比,该系数绝对值更大,这说明 2011—2015 年环境规制强度提升对污染排放量也存在负向的影响,且该影响比 2003—2010 年更强,因此该时期相邻区域环境规制强度的污染溢出效应较之前增强了.(9) 式结果表明:环境规制强度对产业转移衡量变量的影响系数是 -0.10,这说明环境规制强度增加促进了产业转移,与表 2 中(9) 式对应的系数 -0.12 相比,该系数绝对值减少了,这表示该时期较之前产业转移逐渐减少,相邻区域环境规制强度的技术溢出效应减弱了.(10) 式结果表明:相邻区域污染排放量减少对当地技术创新投入有促进作用,相邻区域产业转移

增加对当地技术创新投入有抑制作用,相邻区域环境规制强度提升对当地技术创新投入有促进作用。在不同空间嵌套权重矩阵下,以上结果稳健。表 3 的结果验证了在环境规制政策施行的后期,相邻区域环境规制强度会影响其污染排放量和产业转移,进而促进当地技术创新投入增加。

表 2 模型 2 的实证结果(2003—2010 年)

	(7) 式			(8) 式	(9) 式	(10) 式		
	地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2			地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2
h_g	-0.29** (-2.17)	-0.48** (-2.21)	-1.09** (-2.27)	-0.18*** (-3.09)	-0.12*** (-3.12)	-0.75*** (-5.71)	-1.21*** (-3.48)	-1.29*** (-3.16)
P_{ollu}						-0.55*** (-4.36)	-0.98** (-2.53)	-1.37*** (-2.75)
I_{ndus}						0.22** (2.15)	0.81** (2.03)	0.36** (2.20)
F_{DI}	0.14** (2.15)	0.40* (1.84)	0.82* (1.78)	0.19*** (3.31)	0.20*** (3.47)	0.01 (0.19)	0.51** (2.50)	0.55** (2.04)
G_{DP}				0.27*** (4.13)				
B_{GDP}					0.47*** (6.01)			
P_{rof}	0.26* (1.84)	0.06 (0.19)	0.35 (0.86)			0.16* (1.82)	0.05 (0.13)	0.21 (0.50)
R_{cost}	-0.24 (-1.35)	-3.15*** (-4.81)	-3.49*** (-4.57)			-0.11 (-0.64)	-2.97*** (-4.92)	-3.00*** (-4.52)

表 3 模型 2 的实证结果(2011—2015 年)

	(7) 式			(8) 式	(9) 式	(10) 式		
	地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2			地理矩阵	嵌套权重 矩阵 1	嵌套权重 矩阵 2
h_g	3.50** (2.28)	3.08*** (3.37)	2.13** (2.22)	-0.22*** (-3.00)	-0.10*** (-2.80)	0.55** (2.32)	1.29*** (3.04)	0.30*** (2.64)
P_{ollu}						-0.23* (-1.78)	-0.33*** (-2.70)	-0.25** (-1.99)
I_{ndus}						0.28** (2.23)	0.19** (2.24)	0.22** (1.97)
F_{DI}	0.30 (1.00)	0.69* (1.80)	0.97* (1.82)	0.03* (1.79)	0.15*** (4.40)	0.20*** (3.00)	0.21 (0.45)	0.22*** (3.25)
G_{DP}				0.03** (2.20)				
B_{GDP}					1.01*** (21)			
P_{rof}	0.02 (1.50)	0.05** (2.20)	0.03 (1.20)			0.01* (1.65)	0.01 (0.55)	0.01** (2.30)
R_{cost}	-4.49*** (-5.89)	-5.40*** (-3.30)	-7.85*** (-3.69)			-0.86*** (-3.10)	-4.95*** (-4.30)	-0.55 (-0.60)

3 结论与建议

本文在 FDI 影响国内企业技术创新投入的微观机制模型的基础上^[20],将技术溢出和污染溢出 2 个因素加入该模型,用环境规制代替 FDI,建立理论模

型研究相邻区域环境规制对当地技术创新投入的传导机制,并对理论分析的过程与结果进行了实证检验。研究表明:施行环境规制政策的前期,相邻区域环境规制的污染溢出效应弱于其技术溢出效应,当地的技术创新投入将随相邻区域环境规制强度增加而减少;施行环境规制政策的一段时间之后,相邻区

域环境规制的污染溢出效应强于其技术溢出效应, 当地的技术创新投入将随相邻区域环境规制强度增加而增加. 同时, 在研究相邻区域环境规制的污染溢出效应时发现, 相邻区域环境规制强度增加将使得当地绿色创新效率增加. 鉴于此, 分别对地方政府和中央政府提出建议:

1) 相邻地方政府间应增加环境规制的合作, 协作共同加强地区的环境规制. 目前国内地方政府间普遍存在环境规制的恶性竞争. 根据本文结论表明, 相邻区域环境规制强度的提升对当地绿色创新效率和技术创新投入都有促进作用, 因此相邻区域环境规制强度提升对当地发展也存在促进作用, 地方政府间可以尝试进行合作共同提升环境规制, 达到共同发展经济, 同时响应国家政策保护资源环境的目的.

2) 考虑环境规制政策的施行效果具有地区异质性, 地方政府在制定环境政策时, 要充分考虑当地的情况, 因地制宜地选择针对性的环境政策, 并依据施行结果及时、灵活地进行调整.

3) 中央政府应增强环境管理集权, 制止地方政府环境政策的恶性竞争, 引导地区间环境规制趋向合作提升. 早期中央政府可以采取一定措施引导相邻地区政府进行环境规制合作并提升环境规制强度. 地方政府发现环境规制强度提升的相互促进作用后, 自然会转向良性合作的环境政策.

4 参考文献

- [1] 冯志军. 中国工业企业绿色创新效率研究 [J]. 中国科技论坛, 2013(2): 82-88.
- [2] 孔晓妮, 邓峰. 中国各省区绿色创新效率评价及其提升路径研究: 基于影响因素的分析 [J]. 新疆大学学报: 哲学·人文社会科学版, 2015, 43(4): 14-18.
- [3] 任耀, 牛冲槐, 牛彤, 等. 绿色创新效率的理论模型与实证研究 [J]. 管理世界, 2014(7): 176-177.
- [4] Horbach J. Determinants of environmental innovation: new evidence from German panel data sources [J]. Research Policy, 2008, 37(1): 163-173.
- [5] Lee Chengwen. The effect of environmental regulation on green technology innovation through supply chain integration [J]. International Journal of Sustainable Economy, 2010, 2(1): 92-112.
- [6] 肖黎明, 高军峰, 韩彬. 中国省际绿色创新效率的空间溢出效应: 同质性和异质性检验 [J]. 工业技术经济, 2018, 37(4): 30-38.
- [7] 何兴邦. 环境规制、政治关联和企业研发投入: 基于民营上市企业的实证研究 [J]. 软科学, 2017, 31(10): 43-46, 51.
- [8] Hamamoto M. Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries [J]. Resource and Energy Economics, 2006, 28(4): 299-312.
- [9] 袁宝龙. 制度与技术双“解锁”是否驱动了中国制造业绿色发展? [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(3): 117-127.
- [10] 王文普, 印梅. 空间溢出、环境规制与技术创新 [J]. 财经论丛, 2015(12): 92-99.
- [11] Maddison D. Modeling sulphur emissions in Europe: a spatial econometric approach [J]. Oxford Economic Paper, 2007, 59(4): 726-743.
- [12] 白俊红, 聂亮. 环境分权是否真的加剧了雾霾污染? [J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(12): 59-69.
- [13] 钱争鸣, 刘晓晨. 环境管制、产业结构调整与地区经济发展 [J]. 经济学家, 2014(7): 73-81.
- [14] 吴伟平, 何乔. “倒逼”抑或“倒退”? 环境规制减排效应的门槛特征与空间溢出 [J]. 经济地理, 2017, 39(2): 20-34.
- [15] 曹霞, 于娟. 绿色低碳视角下中国区域创新效率研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(5): 10-19.
- [16] 钟茂初, 李梦洁, 杜威剑. 环境规制能否倒逼产业结构调整: 基于中国省际面板数据的实证检验 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 107-115.
- [17] Becker R, Henderson V. Effects of air quality regulation on in polluting industries [J]. Population Studies, 1997, 31(1): 43-57.
- [18] Blomström M, Persson H. Foreign investment and spillover efficiency in an underdeveloped economy: evidence from the Mexican manufacturing industry [J]. World Development, 1983, 11(6): 493-501.
- [19] 关爱萍, 陈超. 区际产业转移对承接地行业内技术溢出效应的联动研究: 以甘肃省为例 [J]. 软科学, 2015, 29(1): 87-91.
- [20] 范承泽, 胡一帆, 郑红亮. FDI 对国内企业技术创新影响的理论与实证研究 [J]. 经济研究, 2008(1): 89-102.
- [21] 王鹏, 谢丽文. 污染治理投资、企业技术创新与污染治理效率 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 51-58.
- [22] Kemfert C. Induced technological change in a multi-regional, multi-sectoral, integrated assessment model (WIA-GEM): impact assessment of climate policy strategies [J]. Ecological Economics, 2005, 54(2/3): 293-305.
- [23] 徐志伟. 工业经济发展、环境规制强度与污染减排效果: 基于“先污染, 后治理”发展模式的理论分析与实证检验 [J]. 财经研究, 2016, 42(3): 134-144.
- [24] 原毅军, 谢荣辉. 环境规制的产业结构调整效应研究:

- 基于中国省际面板数据的实证检验 [J]. 中国工业经济 2014(8): 57-69.
- [25] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用 [J]. 心理学报 2004, 36(5): 614-620.
- [26] Baron R M, Kenny D A. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic and statistical considerations [J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1986, 51(6): 1173-1182.
- [27] Judd C M, Kenny D A. Process analysis: estimating mediation in treatment evaluations [J]. Evaluation Review, 1981, 5(5): 602-619.
- [28] Elhorst J P, Fréret S. Evidence of political yardstick competition in France using a two-regime spatial Durbin model with fixed effects [J]. Journal of Regional Science 2009, 49(5): 931-951.
- [29] Tone K, Tsutsui M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA: a third pole of technical efficiency [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1554-1563.
- [30] Case A C, Rosen H S, Hines J R. Budget spillovers and fiscal policy interdependence: evidence from the states [J]. Journal of Public Economics, 1993, 52(3): 285-307.
- [31] 张征宇, 朱平芳. 地方环境支出的实证研究 [J]. 经济研究 2010, 45(5): 82-94.

The Adjacent Government Environmental Regulation Promotes or Reduces Local Technology Innovation Investment?

——Based on the Perspectives of Technology Spillover and Pollution Spillover

XU Ye, SUN Jiahao

(School of Statistic, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330013, China)

Abstract: From the two perspectives of technology spillover effect and pollution spillover effect of environmental regulations, the spillover effect of the adjacent regions' environmental regulation on the local technology innovation input is explored through theoretical research, and a mathematical model is established to analyze the heteroskedasticity of adjacent regions' environmental regulation spillover effect when the intensity contrast between these two spillover effects changes. On this basis, the data from 2003 to 2015 of 26 major cities in Yangtze River Delta region is adopted, and the EBM model is used to measure the green innovation efficiency, and an empirical test of the theoretical research process and results is made by mediating effect test routine and Spatial Durbin panel Model. Results show that the increase in intensity of adjacent regions' environmental regulation improves the local green innovation efficiency. At the early stage of environmental regulation policies implementation, the increase in intensity of adjacent regions' environmental regulation reduces the local technology innovation investment. While after a period of time, the increase in intensity of adjacent regions' environmental regulation promotes the local technology innovation investment.

Key words: environmental regulation; technological innovation input; space spillover

(责任编辑: 曾剑锋)