

环境规制对技术创新的影响研究

——基于中国工业行业异质性分析

李玉琴¹,陈颖²,戴一鑫³

(1. 南京财经大学 马克思主义学院 江苏 南京 210023; 2. 南京财经大学 国际经贸学院 江苏 南京 210023;
3. 南京大学 商学院 江苏 南京 210093)

摘要: 利用 2006—2014 年 36 个工业行业面板数据,将工业行业归类为资源密集型、劳动密集型和资本密集型,基于工业行业异质性,利用 SYS-GMM 方法研究环境规制对技术创新的影响,结果表明:在工业行业中,环境规制正向作用于资源密集型产业的技术创新;负向作用于劳动密集型产业的技术创新;对资本密集型产业的技术创新的作用效果不明显。政府应充分考虑工业行业的异质性,有针对性地制定相应的环境规制政策,以更好地促进工业企业的技术创新。

关键词: 环境规制; 技术创新; 工业行业; 异质性

中图分类号: F403.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6049(2017)04-0027-09

一、引言

改革开放以来,我国加快了工业化进程,成为世界制造业第一大国。工业企业是我国制造业的主体,工业产值在 GDP 中占据了相当大的比重。根据《中国工业经济统计年鉴》的相关数据,2014 年,我国工业产值占 GDP 的比重高达 35.8%。但与此同时,工业发展所带来的资源浪费、污染严重、生态恶化等问题也日益严峻,给人们的生存环境和生活质量带来了严重的负面影响,极大地制约了我国经济的可持续发展。为了遏制生态环境的不断恶化,政府一方面不断加大环境规制力度,从加强环境规制理念、手段等方面对环境保护做出新的政策导向;另一方面又提出实施创新驱动战略,要靠创新来驱动发展,提高经济质量和效益,使企业成为技术创新决策、研发投入、科研组织和成果应用的主体。由此可见,如何处理好环境规制与技术创新的关系,是正处于转型升级阶段的中国工业企业必须面对且亟待解决的现实问题。

对环境规制与企业技术创新两者关系的研究是近年来国内外学界关注的热点。从现有的研究成果来看,学界对两者关系主要形成了正相关、负相关、无关系以及有条件相关等四种观点。第一种正相关的观点认为,环境规制可以促进企业技术创新,主要以“波特假说”及其支持者为代表。Porter^[1]认为,合理的环境规制能够刺激企业创新生产技术和生产工艺、优化资源配置、提高生产效率,从而激

收稿日期:2017-05-06

基金项目:国家社会科学基金青年项目(12CJY004);江苏省高校哲学社会科学研究重点项目(2012ZDIXM025);江苏省高校优势学科建设工程项目

作者简介:李玉琴(1970—),女,江苏金坛人,南京财经大学马克思主义学院副教授,法学博士,研究方向为经济伦理学;陈颖(1990—),女,江苏宿迁人,南京财经大学国民经济学硕士研究生,研究方向为经济发展战略与产业规划;戴一鑫(通讯作者)(1991—),男,江苏无锡人,南京大学商学院博士研究生,研究方向为产业经济学。

发企业的“创新补偿”效益,抵消环境规制可能带来的成本,实现环境质量改善与企业竞争力提升的“双赢”。波特这一观点被称为“波特假说”。后来 Berman *et al.* [2-5] 学者通过实证分析,发现适度的环境规制可以促进技术创新,且对生产率有显著的正面影响,验证了“波特假说”。国内赵红等 [6-7] 学者对环境规制与我国大中型工业企业技术创新之间的关系进行了实证研究,也得出了环境规制可以促进工业企业提高生产率,并对其技术创新具有激励作用的结论;李阳等 [8] 则利用 2004—2011 年我国工业 37 个细分行业的面板数据对环境规制与技术创新关系进行了研究,结果发现,环境规制对技术创新能力具有显著的长短期促进效应。第二种负相关的观点认为,环境规制会阻碍企业的技术创新,持这一观点的主要是传统学派与“波特假说”的质疑者。传统学派认为,环境规制是以厂商利益为代价的,会增加企业的成本支出,降低企业的技术创新能力和市场竞争力 [9]。Lanoie *et al.* [10] 通过实证研究也认为环境规制会给企业的生产决策以及各种机会带来限制,从而削弱了企业的技术创新能力。国内学者王国印等 [11] 在对我国中东部地区进行比较分析的基础上指出,环境规制不仅会增加企业的经济成本,还会严重妨碍企业自身生产力的增长及市场竞争力,更谈不上实现环境保护和企业技术创新力提升的“双赢”了。第三种无关系的观点认为,环境规制在实践中对企业技术创新未能起到明显作用。Nakano [12] 以日本纸浆和造纸工业企业为例进行了实证研究,结果表明严格的环境规制并没有明显推动企业的技术进步。国内王兵等 [13-14] 学者基于各省数据对环境规制与企业技术创新之间关系进行了实证研究,结果显示两者之间的关系是不确定的,“波特假说”难以得到实证支撑。第四种有条件性相关的观点认为,环境规制与企业技术创新的关系会因环境规制政策、强度以及企业性质的不同而不同,具有一定的差异性和不确定性,两者之间的关系应根据具体情况来判断。Conrad *et al.* [15-16] 学者通过对欧美国家相关产业进行实证分析,发现环境规制对技术创新的影响是不确定的,既有促进作用,也有抑制作用。国内学者刘金林和冉茂盛 [17] 利用我国 2000—2011 年 30 个省份的面板数据进行环境规制与企业技术创新方面的实证研究,结果表明:环境规制对不同行业生产技术进步的影响存在差异,部分行业呈现出显著的“U”型或倒“U”型的关系,其他行业则不存在显著性关系。李斌等 [18] 学者的研究结果则显示,环境规制对企业技术创新的作用方向是随着规制强度的变化而变化的。张成等 [19] 学者以工业部门 1996—2011 年 18 个行业的版面数据为样本,研究环境规制强度变化率对生产技术进步变化率的非线性影响,结果表明,只有适度的环境规制强度变化率才能引致理想的生产技术进步变化率。

以上不同的观点表明,环境规制与企业技术创新之间并不存在必然的单一或同一关系,同时也表明,来自环境规制所激发的“创新补偿效应”也不会自动发生。尽管上述国内外研究所得出的结论存在一定的分歧,但在政策建议方面都明确提出了需要加大环境规制强度,以此来促进企业提高技术创新能力。由于在研究方法、数据及变量选取等方面存在一定的差异,学界关于环境规制对企业技术创新影响的研究还未形成一致性的结论。而且通过对不同观点文献的梳理发现,现有文献在理论和实证方面对环境规制对技术创新的影响研究都存在一些不足,理论研究方面多以“波特假说-创新补偿”和“传统理论-遵循成本”两种理论为基础,缺乏创新;实证研究方面,国内外学者多以分地区的工业行业整体的数据为基础,采用面板数据方法,忽略了工业行业异质性对研究结果的影响,由于不同类型工业行业的影响机制和效果可能有所不同,因此,政策建议也缺乏针对性。另外,计量过程也没有考虑内生性问题。为进一步准确判断环境规制对我国工业企业技术创新的影响,本文将利用 2006—2014 年 36 个工业行业的面板数据,基于工业行业的异质性,将工业行业分为资源密集型产业、劳动密集型产业和资本密集型产业,运用 SYS-GMM 方法来进一步研究环境规制对工业企业技术创新的影响。

二、分类说明与假说提出

(一) 工业行业的分类

本文采用韩燕和钱春海 [20] 对工业行业的分类,将 36 个工业行业归类分为资源密集型、劳动密集

型和资本密集型,采用的是资源集约度产业分类方法^①将36个工业行业部门与联合国SITC标准^②进行对照,将其分为表1所示的三类。

表1 36个工业行业的归类

资源密集型产业	劳动密集型产业	资本密集型产业
I(1) 煤炭开采和洗选业	I(8) 水的生产和供应业	I(23) 文教体育用品制造业
I(2) 农副食品加工业	I(9) 石油和天然气开采业	I(24) 石油加工、炼焦及核燃料加工业
I(3) 食品制造业	I(10) 黑色金属矿采选业	I(25) 化学原料及化学制品制造业
I(4) 饮料制造业	I(11) 有色金属采矿业	I(26) 医药制造业
I(5) 烟草制品业	I(12) 非金属采矿业	I(27) 化学纤维制造业
I(6) 电力、热力的生产和供应业	I(13) 纺织业	I(28) 非金属矿物制品业
I(7) 燃气生产和供应业	I(14) 纺织服装鞋帽制造业	I(29) 黑色金属冶炼业
	I(15) 皮革毛皮羽毛制造业	I(30) 有色金属冶炼业
	I(16) 木制品制造业	I(31) 通用设备制造业
	I(17) 家具制造业	I(32) 专用设备制造业
	I(18) 造纸及纸制品业	I(33) 交通运输设备制造业
	I(19) 印刷业和记录媒介的复制	I(34) 电气机械及器材制造业
	I(20) 橡胶和塑料制品业	I(35) 电子设备制造业
	I(21) 金属制品业	I(36) 仪器仪表制造业
	I(22) 工艺品及其他制造业	

(二) 理论分析与研究假设

已有研究表明,环境规制对企业技术创新的影响是具有一定差异性和行业异质性的。环境规制对污染程度不同的行业企业的技术创新影响有所不同。据此,本文做出以下分析:对于污染严重的产业而言,考虑到长期收益,企业会倾向通过技术创新减少环境污染的治理成本,但是在短期之内,环境规制会使重度污染的产业耗费过多的治污资本,这一方面会使其生产成本大幅增加,生产效率降低;另一方面,由于利润的减少,可能还会挤占较多的研发成本,使其没有足够的资本进行技术创新。这也就意味着对污染严重产业实施环境规制的成本效应要大于创新补偿效应。因此,对于污染严重的产业而言,实施环境规制对其技术创新的负向作用较为明显。根据《中国工业统计年鉴》相关数值测算,2005—2014年工业行业中的资源密集型产业平均每单位产值的污水排放量为0.0005吨,相对于劳动密集型产业和资本密集型产业,属于污染最为严重的产业。根据以上分析,本文提出:

假设1:环境规制对工业行业中资源密集型产业的技术创新作用为负向。

对于中度污染产业而言,环境规制会使其生产成本增加的幅度不大,挤占研发资本也比较少,即中度污染产业还具备促进技术创新的研发资本,这也就意味着对中度污染产业实施环境规制的创新补偿效应大于成本效应。考虑到长期的利益,这时企业会倾向于通过促进技术创新减少环境污染治理成本,收获长期利益。因此,对于中度污染产业而言,实施环境规制对其技术创新的正向作用较为明显。经《中国工业统计年鉴》相关数值测算,2005—2014年工业行业中的劳动密集型产业平均每单位产值的污水排放量为0.0004吨,相对于资源密集型产业和资本密集型产业而言,属于中度污染产业。根据以上分析,本文提出:

假设2:环境规制对工业行业中劳动密集型产业的技术创新作用为正向。

对于轻度污染产业而言,由于产业本身的污染度很小,环境规制使其生产成本的增长幅度也较

^①资源集约度分类方法是指根据不同的产业在生产过程中对资源的依赖程度,将产业大致分为资源密集型、劳动密集型和资本密集型。

^②按照联合国SITC的分类标准,通常将0—8类的产品简单的分为三类,即0—4类表示资源密集型产品;5和7类是资本密集型产品;5和8类是劳动密集型产品。

小。考虑到长期利益,可能存在一些企业认为,如果通过技术创新来减少治污的成本大于长期治污的成本,企业会选择长期支付较小的治污成本而不进行技术创新;另一些企业则认为,如果通过技术创新来减小治污的成本小于长期治污的成本,则会选择进行技术创新。因此,对轻度污染的产业而言,实施环境规制对技术创新的作用不明显。经《中国工业统计年鉴》相关数值测算,工业行业中的资本密集型产业 2005—2014 年平均每单位产值的污水排放量为 0.000 1 吨,相对于资源密集型产业和劳动密集型产业而言,属于轻度污染的产业。根据以上分析,本文提出:

假设 3:环境规制对工业行业中资本密集型产业的技术创新作用不明显。

三、实证研究与结果分析

(一) 模型的建立

参照沈能和刘凤朝^[21]、朱华友和王文鹏^[22]以及蒋伏心等^[23]的相关研究成果,本文建立以下计量模型:

$$T_{i,t} = C + \beta_1 T_{i,t-1} + \beta_2 ER_{i,t-1} + \beta_3 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

模型中 $T_{i,t}$ 表示 i 行业 t 年的技术创新水平; $T_{i,t-1}$ 表示 $T_{i,t}$ 的滞后一期; $ER_{i,t-1}$ 表示 i 行业 $t-1$ 年的治理污染设施运行的费用,用来表示 i 行业 $t-1$ 年环境规制的程度; $X_{i,t}$ 是由 i 行业 t 年 R&D 经费内部支出 (K)、R&D 人员 (L)、新产品经费支出 (N) 以及行业产值 (GDP) 组成的控制变量。模型中解释变量中含有滞后的因变量,所以,此模型为动态面板模型,由于动态面板模型存在组内估计量非一致问题,所以会出现动态面板偏差,这主要是由滞后因变量所引起的内生性问题造成的。

(二) 数据来源和变量的说明

1. 数据的来源

本文实证模型选取 2006—2014 年的工业行业专利申请数、治理污染设施运行费用、R&D 经费内部支出、R&D 人员、新产品经费支出和行业产值等相关数据进行实证分析,其中,专利申请数、R&D 经费内部支出、R&D 人员和新产品经费支出的数据来自《中国科技统计年鉴》,治理污染设施运行费用的数据来自《中国环境统计年鉴》,行业产值的数据来自《中国工业统计年鉴》。

2. 变量的描述性统计

表 2 变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
T	324	8 235.395	15 445.05	6	103 504
ER	324	526 794.2	1 302 783	103	12 024 734
K	324	1 516 805	2 211 958	1 457	13 925 133
L	324	68 694.94	93 356.46	503	505 581
N	324	1 487 296	2 566 303	2 107	17 822 715
GDP	324	183 545 865	987 827 326	2 757 430	6 671 568 618

(三) 全样本实证结果与分析

1. 全样本实证结果

采用 SYS-GMM 估计方法,首先对 36 个工业行业进行回归分析,由于变量之间可能存在多重共线性问题,所以,本文通过逐个引入变量得出实证结果。实证结果如表 3 所示。

2. 全样本实证结果的分析 and 稳健性检验

表 3 中模型(1)显示,环境规制对技术创新的影响在 5% 的置信水平下显著,环境规制强度每增加一个单位,技术创新的强度会增加 0.001 2 个单位,为了验证这一结果的稳定性,本文逐步向模型(1)增加对技术创新有重要影响的控制变量。

根据李斌^[18]、张慧明^[24]和杜运苏^[25]的研究,本文选择 R&D 经费内部支出、R&D 人员、新产品开发费用以及行业产值这 4 个对技术创新有着重要影响的控制变量,并逐步加入模型(1)中,验证模型(1)回归结果的稳健性。

表3 全样本环境规制对技术创新作用的实证结果

解释变量	被解释变量技术创新 T				
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)	模型(5)
滞后一期 T	1.106 1*** (77.22)	0.706 6*** (11.95)	0.688 0*** (15.06)	0.527 4*** (6.57)	0.523 2*** (6.73)
环境规制 $ER(-1)$	0.001 2** (0.017)	0.000 8** (2.28)	0.000 9** (3.17)	0.001 1*** (3.39)	0.001 1*** (3.52)
研发经费 内部支出 K		0.003 3*** (5.28)	0.004 4*** (7.03)	0.001 7*** (4.73)	0.001 7*** (4.92)
研发人员 L			-0.024 2*** (-2.65)	-0.005 0 (-0.84)	-0.005 5 (-0.94)
新产品 开发费用 N				0.002 4** (3.64)	0.002 4*** (3.72)
行业产值 GDP					7.08 (1.53)
C	355.23** (1.91)	-1 768.21** (-2.26)	-1 692.12** (-2.34)	-1 544.37** (-2.20)	-1 596.41** (-2.27)
Arellano-Bond AR(1)	0.012 1	0.009 9	0.011 8	0.115 4	0.010 46
Arellano-Bond AR(2)	0.165 2	0.264 2	0.228 4	0.365 1	0.339 2
Sargan 检验 统计量	24.732 1	29.202 0	30.12	31.25	31.06
Sargan 检验 P 值	0.169 5	0.212 6	0.180 7	0.146 6	0.152 1
观察值个数	324	324	324	324	324
行业	36	36	36	36	36

注: (1) ***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著。(2) 表中 2-7 为各变量在模型中的系数值, 括号内为 Z 统计量。(3) Arellano-Bond AR(1) 和 Arellano-Bond AR(2) 中所列的一阶和二阶序列相关的 P 值。(4) $ER(-1)$ 为环境规制的滞后一期。

模型(2)在模型(1)的基础上加入了控制变量 R&D 经费内部支出 K , 回归结果显示, 环境规制对技术创新的影响效应仍在 5% 的置信水平下显著, 系数变为 0.000 8, 说明控制变量 K 的加入完全没有影响模型(1)结果的稳健性。模型(2)中显示, R&D 经费内部支出 K 对环境规制有正向的影响, 即 K 每增加一个单位, 技术创新就增加 0.003 3 个单位, 这是因为 K 的增加, 会增加技术创新的资本投入, 进而促进技术创新。

模型(3)在模型(1)的基础上加入了控制变量 R&D 经费内部支出 K 和 R&D 人员 L , 回归结果显示环境规制对技术创新的影响效应仍在 5% 的置信水平下显著, 系数变为 0.000 9, 表明模型(1)的回归结果依旧稳定。模型(3)中显示研发人员对技术创新有负向的作用, 即研发人员的增加会降低技术创新, 这显然与现实不相符, 究其原因, 这可能是由于变量 L 、 ER 、 K 共同作为解释变量时, L 的数值组相对于 ER 和 K 的数值组较小, 以至于 L 对技术创新的影响被错估了。

模型(4)在模型(1)的基础上加入了控制变量 R&D 经费内部支出 K 、R&D 人员 L 和新产品开发费用 N , 回归结果显示, 环境规制对技术创新的影响效应在 1% 的置信水平下显著, 系数变为 0.001 1, 说明控制变量 N 的加入完全没有影响模型(1)的稳健性。模型(4)中显示 N 的增加会促进技术创新, 即 N 每增加一个单位, 技术创新会增加 0.002 4 个单位。这可能是因为新产品开发费用的增加, 会促进新产品的增加, 进而促进技术创新。

模型(5)在模型(1)的基础上加入了控制变量 R&D 经费内部支出 K 、R&D 人员 L 、新产品开发费

用 N 和行业产值 GDP ,回归结果显示 ,环境规制对技术创新的影响效应在 1% 的置信水平下显著 ,系数为 0.001 1 ,说明模型 (1) 的回归结果依旧稳定。在模型 (5) 中显示行业产值的增加对技术创新是没有显著作用的。

综上所述 ,不管是加入一个或是几个控制变量 ,都不影响环境规制对技术创新的正向显著作用 ,且作用系数的波动范围在 0.000 8 ~ 0.001 2 之间 ,这说明环境规制对技术创新的作用是稳健的。

3. 全样本实证结果的内生性检验

基于横截面数据的实证研究 ,容易出现内生性问题 ,内生性一般是由于遗漏变量、测量误差以及反向因果问题导致的 ,内生性问题的存在可能导致估计的参数存在不一致。本文运用 SYS-GMM 方法进行实证检验 ,也可能存在内生性问题 ,即技术创新能力的不断提高会使环境规制内生于技术创新。因此 ,本文选取环境规制 (ER) 更高阶的滞后值作为工具变量 ,引入到回归模型当中 ,检验环境规制对技术创新的影响是否存在内生性问题 ,为实证结果的可靠性提供进一步的证据。

表 4 环境规制(内生变量)对技术创新的影响

解释变量	被解释变量技术创新 T				
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)	模型(5)
滞后一期 T	1.124 3*** (170.17)	0.731 7*** (16.52)	0.680 8*** (22.36)	0.580 4*** (15.24)	0.477 2*** (10.73)
工具变量 ER	0.000 2** (2.29)	0.001 1* (1.73)	0.000 1* (1.17)	0.000 1** (2.76)	0.000 1** (2.09)
研发经费 内部支出 K		0.003 1*** (10.95)	0.004 2*** (16.43)	11.75*** (0.001 9)	0.002 0*** (12.92)
研发人员 L			-0.022 9*** (-15.52)	-0.006 7* (-1.78)	-0.007 2 (-0.354)
新产品 开发费用 N				0.001 9*** (17.54)	0.001 9*** (11.71)
行业产值 GDP					6.21 (4.53)
C	881.34*** (13.30)	-1 203.23** (-7.43)	-980.62** (-3)	-859.31*** (-6.37)	-1 596.41** (-2.27)
Arellano-Bond AR(1)	0.016 1	0.012 8	0.027 0	0.115 2	0.010 67
Arellano-Bond AR(2)	0.970 1	0.179 6	0.236 8	0.309 2	0.296 2
Sargan 检验 统计量	34.087 6	29.46	41.403 7	26.977	31.42
Sargan 检验 P 值	0.651 0	0.838 0	0.763 0	0.908 9	0.765 7
观察值个数	324	324	324	324	324
行业	36	36	36	36	36

注:(1)***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著。(2)表中 2-7 行所列为各变量在模型中的系数值,括号内为 Z 统计量。(3) Arellano-Bond AR(1) 和 Arellano-Bond AR(2) 中所列为一阶和二阶序列相关的 P 值。

表 4 中显示环境规制内生性的检验结果:在引入各个控制变量之后 ,环境规制变量依然在 10% 以内的置信水平下显著 ,说明环境规制变量通过了内生性的检验 ,即随着技术创新程度的提高并没有使环境规制内生于技术创新 ,环境规制对技术创新是单向的作用。

(四) 分产业样本实证结果与分析

1. 分样本实证结果

表 3 显示 36 个工业行业整体的环境规制对技术创新有正向促进作用 ,考虑到不同产业环境规制对技术创新作用不同 ,本文根据韩燕^[20]对工业行业的分类 ,将 36 个工业行业归类分为 7 个资源密集型产业、14 个劳动密集型产业和 15 个资本密集型产业 ,分别进行系统 GMM 的回归分析 ,实证结果如表 5。

表5 分样本环境规制对技术创新作用的实证结果

解释变量	被解释变量技术创新 T					
	资源密集型产业		劳动密集型产业		资本密集型产业	
滞后一期 T	0.873 2*** (8.92)	0.191 1 (0.52)	0.942 1*** (19.12)	0.234 8* (1.68)	0.976 2*** (7.91)	0.410 8** (2.00)
环境规制 $ER(-1)$	-0.000 8** (-2.71)	-0.000 6** (-1.97)	0.001 2** (3.47)	0.001 0** (2.11)	0.002 7 (2.13)	0.003 3 (1.35)
研发经费 内部支出 K		0.001 1* (1.67)		-0.006 6 (-0.57)		0.000 5 (1.34)
研发人员 L		-0.004 4 (0.69)		0.006 0 (0.18)		-0.001 5 (-0.14)
新产品 开发费用 N		0.003 4*** (4.9)		0.004 7** (6.49)		0.003 7** (2.85)
C	765.72* (3.12)	542.23* (1.76)	-673.78** (-1.21)	-172.83* (-0.37)	-342.43* (-2.30)	-1076.62 (-0.40)
Arellano-Bond AR(1)	0.321 2	0.199 7	0.168 9	0.158 0	0.127 6	0.165 7
Arellano-Bond AR(2)	0.452 3	0.716 0	0.537 6	0.706 9	0.439 1	0.469 7
Sargan 检验	6.43	7.32	9.68	8.25	10.33	8.26
Sargan 检验 P 值	0.324 2	0.176 1	0.233 2	0.998 8	0.976 2	0.998 8
观察值个数	63	63	135	135	126	126
行业	7	7	15	15	14	14

注: (1) **、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著。(2) 2-7 行表中所列为各变量在模型中的系数值, 括号内为 Z 统计量。(3) Arellano-Bond AR(1) 和 Arellano-Bond AR(2) 中所列为二阶和一阶序列相关的 P 值。(4) $ER(-1)$ 为环境规制的滞后一期。

2. 分样本实证结果分析

表5显示36个工业行业中资源密集型产业、劳动密集型产业和资本密集型产业的环境规制对技术创新的回归结果,从表4可以看出,这三个样本的系统GMM回归结果存在较大的差异。对资源密集型产业而言,环境规制对其技术创新的负向作用在5%的水平下显著,表明对工业行业中的资本密集型产业实施更强程度的环境规制会抑制技术创新,验证了假设一;对劳动密集型产业而言,环境规制对其技术创新的正向作用在5%的水平下显著,表明对工业行业中劳动密集型产业实施更强程度的环境规制会促进劳动密集型产业的技术创新,验证了假设二;对资本密集型产业而言,环境规制对技术创新没有明显的作用,表明无论工业行业中资本密集型产业的环境规制程度是增强还是减弱,都不会影响资本密集型产业的技术创新,验证了假设三。

以上分析可知,将36个工业行业分成资源密集型产业、劳动密集型产业以及资本密集型产业进行回归分析,得出的结果是不同的,这可能是产业性质不同造成的。对于资源密集型产业,在进行生产活动时需要大量的开采和消耗自然资源,同时伴随着生态破坏和环境污染,属于污染较为严重的产业,实施环境规制会使企业花费大量资金用于环境治理,进而增加企业的生产成本,挤占企业的研发资本,抑制其技术创新。所以,资源密集型产业实证结果得出环境规制负向作用于技术创新,这刚好符合环境规制对技术创新影响的传统观点,即遵循成本的观点;对于劳动密集型产业,劳动力是其主要的生产要素,在进行生产活动时虽然无需耗用大量的自然资源,但是其废水、废气排放量较大,会造成中度的环境污染问题,实施环境规制会使企业的治污成本提升,在这种情况下,从长期的角度出发,企业一般都会选择通过技术创新来减少废水、废气的排放。所以,劳动密集型产业实证结果得出环境规制正向作用于技术创新,这刚好符合“波特假说”的观点;对于资本密集型产业,资本是其主要的生产要素,虽然这种产业不消耗大量的自然资源,但是对环境还是有一定破坏性的,由于这种产业中多数为重工业,所以在实施环境规制时,政府会对一部分企业进行财政补助,不会对其资本收益率产生

较大的影响,所以对资本密集型产业而言,环境规制对企业技术创新无影响,这刚好符合环境规制对技术创新作用不明显的观点。

四、政策建议

第一,政府应继续重视发挥环境规制对工业企业技术创新的激励作用。面对当前环境污染严峻的形势和创新驱动战略的实施,政府应继续重视发挥环境规制对工业企业技术创新的引导与激励作用。要提高环境规制强度,充分激励工业企业真正成为技术创新决策、研发投入、科研组织和成果应用的主体,从而实现依靠技术手段来解决当前依然严峻的工业污染问题。此外,政府还应努力创新环境规制政策与措施,实现环境保护和经济发展的共赢。

第二,对于重度污染的资源密集型产业,环境规制对其技术创新产生的是负向作用。对于一些排污量高、产能又过剩的企业,政府应采取强制性措施加以淘汰;对于产值较高、必须发展的企业,政府在进行较高强度环境规制的同时,应给予其一定的治污补偿,以减轻其因治污成本升高而带来的利益损失,并通过技术引进转化的方式促进行业技术创新,达到既能维持其发展,又能降低污染的双赢结果。

第三,对于中度污染的劳动密集型产业,环境规制对其技术创新的影响是正向的,也即无论是现在还是将来,环境规制对该类行业企业的技术创新产生的都是正向作用。所以,对它们总体应维持或适度提高环境规制水平,并灵活运用税收优惠、排污权交易、绿色补贴、绿色信贷等规制手段,进一步提高环境规制效率,最大限度地引导企业开展更多的技术创新。

第四,对于轻度污染的资本密集型产业,环境规制对其技术创新影响作用不是很明显。但为响应创新驱动战略的实施,对它们总体上应提高环境规制的强度,加快低碳产品认证、ISO标准实施等自愿性环境规制工具的应用,并辅之以环境补贴等手段,引导该类行业的企业能够选择进行技术创新而放弃支付较小的治污成本。

总之,不同污染程度的工业行业在技术创新方面对环境规制的反应是不同的,政府应当针对不同行业的特点,制定相应的环境规制政策,这样才能提高规制效率,最终实现环境规制与经济的双赢。

参考文献:

- [1] PORTER M E. American's green strategy [J]. Scientific American, 1991(4):168-189.
- [2] BERMAN E, BUI L T. Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries [J]. Review of economics and statistics, 2001, 88(3):498-510.
- [3] HAMAMOTO M. Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries [J]. Resource and energy economics, 2006(28):299-312.
- [4] LANJOUW J O, MODY A. Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology [J]. Research policy, 1996, 25(4):549-571.
- [5] JAFFE A B, PALMER J K. Environmental regulation and innovation: a panel data study [J]. Review of economics and statistics, 1997, 79(4):610-619.
- [6] 赵红. 环境规制对企业技术创新影响的实证研究:以中国30个省份大中型工业企业为例[J]. 软科学, 2008(6):121-125.
- [7] 李强, 聂锐. 环境规制与中国大中型企业工业生产率[J]. 中国地质大学学报, 2010(4):55-59.
- [8] 李阳, 党兴华, 韩先峰. 环境规制对技术创新长短期影响的异质性效应[J]. 科学学研究, 2014, 32(6):937-949.
- [9] ALPAY E, BUCCOLA S, KERKIDIE J. Productivity growth and environmental regulation in Mexican and U. S. food manufacturing [J]. American journal of agriculture economics, 2002, 84(4):887-901.
- [10] LANOIE P, TANGUAY G A. Dix exemples de rentabilité financière liés à une saine gestion environnementale [M]. CIRANO, 1998.
- [11] 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]. 中国软件科学, 2011(1):100-112.

- [12] NAKANO T ,AHN D S ,AHN J K ,et al. Evidence for a narrow $S = +1$ baryon resonance in photoproduction from the neutron [J]. Physical review letters 2003 91(1).
- [13] 王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 环境规制与全要素生产率:APEC 的实证研究[J]. 经济研究 2008(5):19-32.
- [14] 黄德春, 刘志彪. 环境规制与企业自主创新——基于波特假说的企业竞争优势构建[J]. 中国工业经济 2006(5):100-106.
- [15] CONRAD K ,WASTEL D. The impact of environmental regulation on productivity in German industries [J]. Empirical economics ,1995 20(4):615-633.
- [16] BOYD G A ,MCCLELLAND J D. The impact of environmental regulation constraints on productivity improvement in integrated paper plants [J]. Journal of environmental economics and management ,1999 38(2):121-142.
- [17] 刘金林, 冉茂盛. 环境规制对行业生产技术进步的影响研究[J]. 科研管理 2015 36(7):107-114.
- [18] 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分析[J]. 中国工业经济 2013(4):56-68.
- [19] 张成, 郭炳南, 于同申. 污染异质性、最优环境规制强度与生产技术进步[J]. 科研管理 2015 36(3):138-144.
- [20] 韩燕, 钱春海. FDI 对我国工业部门经济增长影响的差异性——基于要素密集度的行业分类研究[J]. 南开经济研究 2008(6):147.
- [21] 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):52-54.
- [22] 朱华友, 王文鹏. 环境规制、对外开放与自主创新——基于省际动态面板数据的实证研究[J]. 经济问题探索 2015(12):35-37.
- [23] 蒋伏心, 王竹君, 白俊红. 环境规制对技术创新的双重效应——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):47-50.
- [24] 张慧明, 李廉水, 孙少勤. 环境规制对中国重化工业技术创新与生产效率影响的实证分析[J]. 科技进步与对策, 2012 29(16):85.
- [25] 杜运苏. 环境规制影响我国制造业竞争力的实证研究[J]. 世界经济研究 2014(12):72-73.

(责任编辑:王顺善;英文校对:陈芙蓉)

The impact of environmental regulation on technological innovation: based on the heterogeneity of China's industrial sectors

LI Yuqin¹, CHEN Ying², DAI Yixin³

(School of Marxism, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China;

School of International Economics and Trade, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China;

School of Business, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: This paper uses panel data of 36 industrial sectors from 2006 to 2014 to classify the industrial sectors into resource intensive industries, labor intensive industries and capital intensive industries. Based on the heterogeneity of industry, SYS-GMM method is adopted to study the impact of environmental regulation on technological innovation. The result shows that environmental regulation plays a positive role in the technological innovation of resource intensive industries in industry and a negative role in the technology innovation in labor-intensive industries in industry and the effect of technological innovation in capital intensive industries is not obvious. The government should give full considerations to the heterogeneity of the industrial sector formulate corresponding environmental regulation policies to promote technological innovation of industrial enterprises.

Key words: environmental regulation; technological innovation; industry; heterogeneity