

环境规制、行业污染与生产率增长

——基于行业动态面板数据的实证研究

蔡濛萌, 薛福根

(福建江夏学院 经济贸易学院 福建 福州 350108)

[摘要]在当前我国环境质量恶化和经济增速下降的双重压力下,一些行业陷入了环境规制与生产率增长的两难境地。本文在构建环境规制强度指标、行业污染强度指标和全要素生产率指标的基础上设计了一个非线性理论模型,并以我国27个典型工业行业2003-2014年的面板数据为分析对象,用GMM方法对模型进行估计。研究发现:环境规制提高所带来的生产率变化具有明显的行业异质性,除少数行业的环境规制对生产率影响较小外,大多数行业的环境规制会导致其生产率出现非线性的“U”型或倒“U”型变化。同时,无论研发投入带来的内生性绿色技术进步还是贸易开放中获得的环境规制技术溢出,均会给不同污染程度的行业的生产率增长带来正向影响。因此,我国的环境规制应充分考虑行业发展阶段等异质性特征,运用市场化政策工具,在更多的研发投入和更大程度的对外开放中引导企业推动行业的绿色化转型升级。

[关键词]环境规制;行业污染;生产率增长;工业行业;经济增速;环境保护;技术创新

[中图分类号]F124.5 [文献标识码]A [文章编号]1003-8353(2016)02-0178-06

DOI:10.15981/j.cnki.dongyueluncong.2016.02.026

一、引言

随着近年来对既有经济增长模式的反思不断深化,我国对可持续发展的重视程度也显著提高,特别是《大气污染防治行动计划》的发布和《环境保护法》在修订后的颁布实施,都成为我国环境规制显著加强的重要标志。但目前现实中仍然存在以发展经济为借口对环境污染坐视不管甚至变相鼓励的做法,其主要逻辑是认为环境管制将会提高企业经营成本、损害企业投资积极性和竞争力,从而影响地方的招商引资乃至经济增长。上述认为环境保护和生产率提高存在“两难悖论”的观念和做法的存在,已经成为我国推动实现可持续发展中不容忽视的重要问题。

在20世纪90年代以前,新古典经济学的外部性分析

认为环境规制的加强实际上提高了企业的私人成本,并可能抵消环境规制创造的经济福利。针对此类观点,Porter和Linde(1995)^①提出的“波特假说”认为,适当的环境管制将有助于刺激企业进行技术创新从而提高生产效率和竞争力,该假说的提出使环境规制的技术经济效益成为经济学研究中的争论焦点之一。此后学术界就环境规制对生产率的影响方向及程度展开了深入研究和讨论,并获得了一系列丰富的实证研究成果,主要包括以下三种假说:第一种假说认为环境规制对生产率的影响是线性的,环境规制会降低或提升生产率(Daron,2012)^②;第二种假说认为环境规制对生产率的影响是非线性的,环境规制加强影响下的企业生产率先下降后上升的“U”型或倒“U”型特征(张成等,2011)^③;第三种假说则认为环境规制与生产率之间相关关系并不显著(Jaffe,1997)^④。

[基金项目]福建省社会科学规划项目“产业转型升级与生态环境优化互动关系研究”(项目编号:2014C040)。

[作者简介]蔡濛萌(1984-)福建江夏学院经济贸易学院讲师,博士;薛福根(1982-)福建江夏学院经济贸易学院讲师,博士。

①Porter M. E, Van Der Linde C. *Toward a New Conception of the Environment - Competitiveness Relationship*. *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9(4): 97-98.

②Daron A., Philippe A., Leonardo B., David H. *The Environment and Directed Technical Change*. *American Economic Review*, 2012, 102(1): 133-166.

③张成,陆隋暘,郭路,于同申《环境规制强度和生产技术进步》,《经济研究》2011年第2期。

④Jaffe A., Palmer K. *Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study*. *Review of Economics and Statistics*, 1997, 4: 610-619.

总体来看,既有成果主要采用国家或地区层面的工业或制造业整体数据进行静态分析,且较少考虑生产率增长的动态性带来的内生性问题。由于样本选择、研究方法等方面存在的差异,相关研究也未取得具有高度一致性的研究结论。

本文认为,由于工业行业间技术差异性的存在,单位产值造成的环境污染水平并不相同;由于各工业行业发展阶段不同,政府政策对各行业环境规制的强度也存在差异。相应地,环境规制与生产率变化的关系在不同行业间不会完全相同,反而可能存在明显的异质性。本文拟在对工业行业进行基于污染程度的测算分类基础上,分析环境规制给不同污染程度行业的生产率带来的动态变化。

二、理论模型构建

(一) 环境规制强度指标

国内外衡量环境规制强度的流行方法主要有以下三种:用排污费衡量(Levinson,1996)^①、用治污成本衡量(Berman,2001^②)、用各污染物排放密度衡量(Cole,2005)^③。由于不同工业行业污染物排放种类和数量均存在较大差异,单一方法并不能准确反映出环境规制强度的行业差异,因此选择以环境规制综合指标衡量工业行业环境规制强度。环境规制综合指标由三个二级指标组成,分别是衡量废水指标的废水排放达标率、衡量废气指标的二氧化硫去除率及固体废弃物指标综合利用率。分别对三个二级指标进行线性标准化处理去除量纲,使原本不同量纲的二级指标之间具有可加性并借鉴赵细康(2003)^④的方法对各二级指标进行赋权:

$$W_{ij} = \frac{POL_{ij} / G_{ij}}{\sum POL_{ij} / \sum G_{ij}} = \frac{POL_{ij} * \sum G_{ij}}{G_{ij} * \sum POL_{ij}} = \frac{POL_{ij} / \sum POL_{ij}}{\sum G_{ij} / \sum G_{ij}} = UPOL_{ij} / \overline{UPOL_{ij}} \quad (1)$$

其中, W_{ij} 为 i 行业 j 污染物的权重, POL_{ij} 为 i 行业 j 污染物的单位产值排放水平, $\overline{UPOL_{ij}}$ 为 i 行业 j 污染物单位产值排放的全国平均水平, G_{ij} 为 i 工业行业 j 污染物的总产值,按照权重 W_{ij} 对三个二级指标废水排放达标率、二氧化硫去除率和固体废弃物指标综合利用率进行赋权来计算各工业行业环境规制强度系数 ER_{ij} 。

(二) 行业污染强度指标

国内外相关研究通常选择同行业各类污染排放物加

权求和的方法计算行业污染强度,但考虑到同行业排放多种污染物之间量纲的不可加性,需要在对各类污染物排放指标进行线性标准化后再进行加权平均来计算各行业的污染程度。

首先计算各工业行业单位产值的主要污染物排放量:

$$UPOL_{ij} = POL_{ij} / G_{ij} \quad (2)$$

其中 POL_{ij} 为 i 行业主要污染物 j 的总排放量, G_{ij} 为 i 工业行业的总产值。

接着进行线性标准化的调整:

$$UPOL_{ij}^s = [UPOL_{ij} - \min(UPOL_j)] / [\max(UPOL_j) - \min(UPOL_j)] \quad (3)$$

$UPOL_{ij}^s$ 为 i 行业标准化后的单位产值污染物排放量, $\max(UPOL_j)$ 和 $\min(UPOL_j)$ 分别为 j 污染物排放在各行业的最大最小值。

最后进行等权算术平均计算污染物排放量:

$$NUPOL_i = \sum_{j=1}^n POL_{ij}^s / n \quad (4)$$

公式(4)中 j 为不同污染物 j 的范围从 1 到 n , $NUPOL_i$ 为 i 行业的平均污染物排放量。

将平均污染物排放量汇总作为行业历年总污染程度系数 r 的平均值,并根据 r 值大小及考虑不同类别工业行业数量基本均等对各工业行业进行分类。

(三) 全要素生产率指标

传统的全要素生产率测算是利用索洛余量法计算得出,即用产出经济增长率减去资本和劳动对经济增长的贡献之后的余量作为全要素生产率,因而此方法也被称为“余值法”。但该方法的计算过程存在明显缺陷,除资本和劳动以外的所有要素的贡献都被认为是技术进步的贡献水平,不能真实反映类似于我国这样处于高速增长或转型过程中的发展中国家的全要素生产率。而且由于索罗模型本身存在规模报酬不变的假设前提,导致此方法测算出的 TFP 是有偏估计。目前解决这一问题的流行方法是使用 Malmquist 生产率指数法,即将全要素生产率 TFP 分解为技术进步 TECH 与技术效率 EFFCH 两个部分,而后者又分解为纯技术效率 PECH 与规模效率 SECH 两部分:

$$TFPCH_i = TECH_i \times PECH_i \times SECH_i \quad (5)$$

这里选择用三个 Malmquist 生产率指数的几何平均

①Levinson A. *Environmental Regulation and Manufacturers' Location Choices: Evidence from the Census of Manufactures*. Journal of Public Economics, 1996 62(1): 5-29.

②Berman E., Bui L. T. M. *Environmental Regulation and Productivity: Evidence from Oil Refineries*. Review of Economics and Statistic 2001 83: 498-510.

③Cole M. A., Elliott R. J. R. *FDI and the Capital Intensity of dirty sectors: A missing Piece of the Pollution Haven Puzzle*. Review of Development Economics 2005 9: 530-548.

④赵细康《环境保护与产业国际竞争力:理论与实证分析》,北京:中国社会科学出版社 2003 年版,第 473 页。

值来计算生产率的变化。

(四) 模型设定

用 AIC 准则检验公式 $AIC = -2L/n + 2K/n$,首先确定滞后阶数 操作方法为多取几次滞后建立模型 ,分别建立一阶、二阶、三阶模型 ,各模型都会有一个 AIC 和 SC 统计量 ,只需考虑 AIC 和 SC 统计量之中的一个即可 ,通常用 AIC 值进行比较 选择最小的 AIC 值来最终确定模型的滞后阶数 ,发现最优阶数为一阶滞后。为防止模型出现函数形式误设问题可能导致的内生性 ,需要对模型进行误设检验 ,建立含自变量平方项和交叉项的新模型进行 F 检验 ,将不同次数的 ER_{it} 变量作为增补的回归元引入模型 重做回归方程 依次把 ER_{it} 二次方项和三次方项放入模型并根据残差的图形进行推断 ,发现初始模型被误设 ,进行 Ramsey 检验后确定模型为非线性 ,由于 ER_{it} 的二次方项残差图形最优 因此最终确定模型引入 ER_{it} 的二次方项。

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it-1} + \beta_2 ER_{it} + \beta_3 ER_{it}^2 + \beta_4 NUPOL_{it} + \beta_5 X + \varepsilon \quad (6)$$

其中 Y_{it} 为 i 行业第 t 年的生产率 , Y_{it-1} 为 i 行业第 $t-1$ 年的生产率 ER_{it} 为 i 工业行业第 t 年的环境规制强度系数 $NUPOL_{it}$ 为 i 工业行业第 t 年主要污染物的平均物排放量。X 为包括该行业的 R&D 水平和开放程度 OP 的

控制变量。β 为各变量系数 ε 为随机误差项。

三、实证分析

(一) 行业污染强度测算及分类

根据工业行业统一的分类标准 ,研究选取了 15 个轻工业行业和 12 个重工业行业在环境规制、污染排放及生产率方面的相关数据。由于我国自《中国统计年鉴 2004》开始使用新的行业分类标准(GB/T4754-2002) ,考虑统计口径一致性及数据可得性将数据样本区间确定为 2003-2014 年。其中 27 个行业的 R&D 水平和开放程度 环境规制数据、排污数据与生产率增长数据均由历年《中国统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》的原始数据相关整理得出。其中模型中的数据取对数处理后使用 ,经济含义变为生产率增长率。按照理论模型中的行业污染强度测算方法对相关数据进行整理计算可以得出 27 个行业的污染强度系数 ,其中家具制造等 9 个行业的污染系数在 0 到 0.097 之间 属轻度污染行业;医药制造等 9 个行业的污染系数在 0.097 到 0.112 之间 属于中度污染行业;造纸等 9 个行业的污染系数在 0.112 到 0.430 之间 属重度污染行业。

表 1 工业行业污染强度系数

污染程度	污染系数 r	行业分类
轻度污染	(0 0.097)	家具制造、烟草加工、仪器仪表、交通设备、印刷媒介、电器机械、木材加工、电子通讯、机械制造
中度污染	(0.097 0.112)	医药制造、食品制造、皮革毛皮、橡胶制品、塑料制品、金属制品、服装纤维、文教体育、其他制造
重度污染	(0.112 0.430)	造纸及纸、石油加工、化学原料、化学纤维、纺织业、非金属矿、黑色金属、有色金属、饮料制造

注:数据由《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》整理得出

(二) 模型检验

通常存在异方差的情况下如果难以确定异方差的来源和形式 ,无法确定权重变量的话 ,可以使用 GMM 方法得到比 OLS 方法更加有效的估计 ,由于动态面板数据模型(6) 存在一阶滞后项且生产率增长本身受多种因素影响 ,可能与误差项相关导致内生性问题 ,因此选择 GMM 估计法以降低因内生性导致的误差。首先 ,DWH 检验模型(6) 发现存在异方差 ,在有限样本下的一步系统 GMM 法无法排除异方差的干扰 ,选择两步系统 GMM 法更有效。

一些非平稳的经济时间序列往往可能表现出共同的变化趋势 ,而这些序列间本身却并不一定存在直接关联性 ,如果直接对这样的时间序列进行回归分析 ,即使 R 平方项较高 ,该估值结果也并没有实际意义 ,即出现了伪回归 ,为防止存在伪回归现象 ,需要对面板数据进行单位根检验与协整检验 ,现有的面板数据单位根检验的方法众多 ,区别在于分别适用于“同根”和“不同根”两种情形 ,分别选择适用于“同根”情形的 LLC 检验法和“不同根”情形的 IPS 检验法对各变量进行平稳性检验 ,如果在 LLC

检验法和 IPS 检验法中均拒绝存在单位根的原假设则我们说此序列是平稳的 ,反之则不平稳。结果样本中各变量的检验统计量均在 1% 水平上显著 ,即模型(6) 中变量协整关系存在 ,可以做回归分析。模型估计结果如表 2。

由表 2 的估计结果可知 ,环境规制对处于轻度污染程度水平的工业行业生产率影响存在差异。其中烟草加工、仪器仪表、交通设备、印刷媒介、电器机械、木材加工、电子通讯和机械制造的 ER 变量一次项符号在 10% 水平上显著为负 ,二次项符号分别在 10% 或 5% 水平上显著为正 ,表明随着环境规制变的更加严格 ,这些行业的生产率增长速度先下降后上升 ,即环境规制强度和生产率增长速度关系呈 U 型特征。一个可能的解释是随着环境规制变得更加严格 ,这些行业中企业的资本除了用于扩大生产规模和提高生产技术之外 ,还要提取一部分资本用于减污 ,而根据新古典增长理论的解释 ,这一行为将导致短期内生产率增长速度降低。但随着长期中环境规制强度持续增加 ,相关行业内部生产率较低或减污水平不达标企业会逐渐被淘汰 ,资本会逐渐集中到生产率较高且污染排放较少的企业 ,这不会促进生产规模的进一步

扩大和生产技术水平的继续提高,也会带来生产率增长速度的提升。在轻度污染行业中,所选择的样本行业中家具制造行业数据结果未通过检验,可能的原因是受到该行业环境规制形式与自身特点的影响,并未呈现出显著关系。

研发投入对处于轻度污染程度水平的工业行业生产率存在正效应。其中家具制造、仪器仪表、交通设备、印刷媒介、电器机械、木材加工、电子通讯和机械制造行业的 R&D 变量符号分别在 1% 和 5% 水平上显著为正,表明这些行业的生产率会随着研发投入水平的提升而加速提升,这一结果与内生增长理论的主要结论相吻合。其中烟草加工行业的 R&D 变量符号虽然为正,但结果并不显著。可能的原因是烟草加工行业所处政策环境与其他处于轻度污染程度水平的工业行业存在差异。

表 2 的估计结果也显示出,开放程度对处于轻度污染水平的工业行业生产率作用效果显著为正,其中仪器仪表和电子通讯的 OP 变量符号在 1% 水平上显著为正,家具制造、烟草加工、交通设备、印刷媒介、电器机械、木材加工、机械制造行业的 OP 变量符号在 5% 水平上显著为正。这表明在样本区间内,随着行业贸易开放程度的不断扩大,处于轻度污染水平的相关工业行业的劳动生产率增长速度不断提升。可能的解释主要包括以下三点:首先,贸易开放促进了同行业不同经济体间技术转移和扩散的重要渠道的形成,随着贸易开放程度的不断扩大,扩大开放的技术溢出效应被不断强化,促进了相关开放行业生产率的不断提升;其次,贸易开放扩大了相关行业市场,由于规模效应的作用,生产成本不断降低,劳动生产率增长速度逐渐加快;另外,扩大开放程度有助于加

速行业资本的形成,进一步扩大了生产规模,推动规模效应的实现。

表 3 的估计结果显示,食品制造、服装纤维、其他制造行业的 ER 变量一次项符号在 5% 水平上显著为正,二次项符号在 5% 水平上显著为负。这表明随着环境规制由比较宽松变得更加严格,这些行业会选择更为集约型的技术进行生产,从而加快生产率增长速度。但是当环境规制强度继续提高达到一定程度时,则可能由于行业技术溢出壁垒的限制或技术水平已接近同行业领先水平等原因,相关行业生产技术水平继续提升的空间变小,因此生产率增长速度开始下降。长期来看,这些行业中环境规制强度和生产率增长速度关系呈现出倒 U 型特征。在中度污染行业中,医药制造、皮革毛皮、橡胶制品、塑料制品、金属制品、文教体行业的 ER 变量一次项符号在 5% 水平上显著为负,二次项符号分别在 1% 或 5% 水平上显著为正,表明该行业的环境规制强度和生产率增长速度关系同大部分轻度污染行业相似呈现 U 型特征。此外,金属制品一次项和二次项的符号虽然分别为负为正,但在所选择的样本区间内估计结果未通过显著性检验。

表 3 的估计结果表明,研发投入对处于中度污染程度水平的工业行业生产率存在正效应,其中医药制造、食品制造、橡胶制品、金属制品、服装纤维、其他制造的 R&D 变量符号在 5% 水平上显著为正,皮革毛皮、塑料制品和文教体育的 R&D 变量符号在 1% 水平上显著为正。这一估值结果表明,研发投入水平的不断提升促进了相关行业生产率的提升,样本区间内研发投入通过技术效应对中度污染行业生产率的提升效果显著。

表 2 轻度污染行业动态面板二步系统 GMM 估计值

	家具制造	烟草加工	仪器仪表	交通设备	印刷媒介	电器机械	木材加工	电子通讯	机械制造
Y	0.556**	0.429***	0.710***	0.582**	0.316***	0.482**	0.105**	0.144**	0.375***
ER	-0.006	-0.011*	-0.005*	-0.034*	-0.020*	-0.024*	-0.007*	-0.009*	-0.156*
ER ²	0.001	0.002***	0.001***	0.011**	0.008***	0.012***	0.002***	0.003***	0.024**
NUPOL	-0.021*	-0.259*	-0.164*	-0.657*	-0.850*	-0.716*	-0.048*	-0.083*	-0.428*
R&D	0.076**	0.260	0.255***	0.167**	0.013**	0.014***	0.026**	0.054**	0.046***
OP	0.029**	0.052**	0.019***	0.037**	0.141**	0.097**	0.075**	0.082***	0.068**
常数项	24.184*	16.028*	28.775*	4.198***	19.752*	15.842*	14.982*	25.112*	17.504*
B-p 值	4.297	2.533	1.632	3.675	1.386	2.874	4.532	7.741	3.257
DW 值	29.054	15.641	18.495	24.184	25.795	22.544	14.718	7.705	42.527
AR(1)	0.021	0.056	0.014	0.020	0.013	0.002	0.071	0.016	0.012
AR(2)	0.342	0.146	0.100	0.185	0.098	0.100	0.451	0.132	0.074
Sargan	0.292	0.736	0.958	0.798	0.861	0.914	0.893	0.569	0.401

注:***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著,AR(1)、AR(2) 检验残差的自相关,Sargan 值检验模型是否存在过度限制约束

表3 中度污染行业动态面板第二步系统 GMM 估计值

	医药制造	食品制造	皮革毛皮	橡胶制品	塑料制品	金属制品	服装纤维	文教体育	其他制造
Y	0.236**	0.481**	0.353***	0.073**	0.150***	0.402**	0.327**	0.201***	0.045**
ER	-0.004**	0.021**	-0.003**	-0.024**	-0.032**	-0.014	0.002**	-0.008**	0.064**
ER ²	0.002**	-0.003**	0.001**	0.012**	0.017**	0.004	-0.001**	0.001***	-0.02**
NUPOL	-0.012**	-0.023**	-0.327**	-0.342**	-0.165**	-0.087**	-0.016**	-0.037**	-0.272*
R&D	0.242**	0.312**	0.015***	0.197**	0.064***	0.088**	0.012**	0.076***	0.061**
OP	0.027***	0.078**	0.042***	0.078**	0.174**	0.095**	0.026***	0.060***	0.013**
常数项	45.272*	3.645**	13.354*	52.172*	12.574*	14.798*	75.258*	5.921**	21.947*
B-p 值	2.195	2.435	3.714	2.959	5.214	4.279	2.141	4.562	5.945
DW 值	47.284	55.176	19.710	21.175	7.772	6.287	4.517	35.751	21.857
AR(1)	0.025	0.021	0.023	0.004	0.017	0.010	0.011	0.009	0.014
AR(2)	0.203	0.192	0.214	0.129	0.052	0.142	0.402	0.014	0.031
Sargan	0.452	0.925	0.821	0.724	0.627	0.861	0.804	0.573	0.743

注:***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著,AR(1)、AR(2) 检验残差的自相关,Sargan 值检验模型是否存在过度限制约束

对于处于中度污染水平的工业行业,开放程度对相关行业生产率存在正向作用,其中医药制造、皮革毛皮、服装纤维和文教体育行业的 OP 变量符号在 1% 水平上显著为正,食品制造、橡胶制品、塑料制品、金属制品、其他制造的 OP 变量符号在 5% 水平上显著为正。这一估值结果表明,随着中度污染相关工业行业的贸易开放程度不断扩大,劳动生产率增长速度不断提升。贸易开放的技术溢出效应、扩大市场后的规模效应和资本效应对处于中度污染水平的相关行业作用效果显著。

表 4 中的估计结果显示,造纸及纸制品、化学原料、化学纤维、纺织业、非金属矿、饮料制造行业的 ER 变量

一次项符号在 5% 水平上显著为正,二次项符号分别在 1% 或 5% 水平上显著为负,这些行业的环境规制强度与生产率增长速度也呈现倒 U 型特征。除了环境规制趋近情况下企业需要提取更多减排资本的原因之外,一个可能的解释是重度污染行业的边际治污成本往往相对较低,环境规制相对较弱的情况下的减排措施并不会显著降低生产率增长速度。而重度污染行业中的石油加工、黑色金属、有色金属行业随着环境规制逐渐严格,生产率增长速度先提升后下降,估计值结论呈现与食品制造、服装纤维、其他制造估值结果类似的 U 型特征。

表4 重度污染行业动态面板第二步系统 GMM 估计值

	造纸及纸	石油加工	化学原料	化学纤维	纺织业	非金属矿	黑色金属	有色金属	饮料制造
Y	0.421**	0.235**	0.726**	0.507**	0.530**	0.212***	0.244**	0.561**	0.294**
ER	-0.004**	0.012**	-0.007**	-0.014**	-0.019*	-0.017**	0.008**	0.009**	-0.008**
ER ²	0.002***	-0.004**	0.002**	0.008**	0.009**	0.009**	-0.002**	-0.003**	0.002**
NUPOL	-0.043**	-0.142**	-0.689**	-0.247**	-0.132**	-0.243**	-0.053**	-0.062**	-0.024**
R&D	0.086**	0.304**	0.343**	0.275**	0.024**	0.018**	0.037**	0.013***	0.055**
OP	0.021*	0.013*	0.023**	0.017**	0.041**	0.093**	0.087**	0.018**	0.049**
常数项	25.995*	4.914***	3.957***	24.952*	12.912*	7.298***	14.264*	21.954*	9.875***
B-p 值	7.931	1.386	8.276	7.862	2.138	7.971	3.768	4.638	3.087
DW 值	2.927	23.786	13.746	17.686	3.165	7.228	4.313	6.712	3.298
AR(1)	0.078	0.013	0.019	0.017	0.082	0.052	0.094	0.033	0.053
AR(2)	0.453	0.131	0.1079	0.752	0.035	0.106	0.156	0.278	0.430
Sargan	0.340	0.591	0.375	0.720	0.641	0.952	0.824	0.615	0.706

注:***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著,AR(1)、AR(2) 检验残差的自相关,Sargan 值检验模型是否存在过度限制约束

表4的估计结果表明,对于处于高度污染程度水平的工业行业而言,研发投入对相关工业行业生产率存在正效应。其中造纸及纸制品、石油加工、化学原料、化学纤维、纺织业、非金属矿、黑色金属、饮料制造的R&D变量符号在5%水平上显著为正,有色金属的R&D变量符号在1%水平上显著为正。这一估值结果表明,伴随着研发投入水平的提升,高度污染行业的生产率增长速度不断加快,样本区间内研发投入通过技术效应对高度污染行业生产率提升效果显著。

开放程度对处于高度污染水平的工业行业生产率同样存在正向作用,其中化学原料、化学纤维、纺织业、非金属矿、黑色金属、有色金属、饮料制造的OP变量符号在5%水平上显著为正,造纸及纸制品和石油加工的OP变量符号在10%水平上显著为正。这一估值结果表明在样本区间内扩大贸易开放程度可以有效提升处于高度污染水平的工业行业生产率增长速度。处于高度污染水平的工业行业同处于轻度和中度污染水平的行业一样,贸易开放呈现出显著的技术溢出效应、规模效应和资本效应。

四、结论与启示

本文选择27个工业行业2003—2014年的数据作为样本,在构建行业动态面板模型的基础上,利用二步系统GMM估计法对不同污染程度的工业行业环境规制与生产率变化的关系进行了分析。研究得到如下三个主要结论:第一,除家具制造和金属制品行业外,绝大多数样本区间内工业行业的环境规制强度与生产率增长速度关系显著,这意味着环境规制与行业生产率无关的假说并不成立。第二,环境规制程度的提高对工业生产率的影响存在明显的行业异质性。轻度污染行业中除家具制造这一未通过检验的行业外,其他行业的环境规制强度与生产率增长速度关系基本呈U型特征,这意味着对轻度污染行业提高环境规制强度短期内可能导致该行业的生产率增长速度降低,但在长期中有利于促进该行业生产率的提升;中度或重度污染行业并无明显的总体特征,而是基于不同行业环境规制强度与生产率增长速度关系呈U型或倒U型,这意味着对中度污染和重度污染的工业行业加强环境规制程度带来的生产率增长速度的变化会因行业差异而有所区别。第三,对计量模型中控制变量的分析结果表明,研发投入和开放程度对工业行业生产率的影响并不受到行业污染程度的影响,而是均表现出显著的正向作用,这在很大程度上是由研发投入带来的自主性技术进步和贸易开放中获得的技术溢出效应所致。

上述研究结论蕴含着丰富的政策启示,主要包括以下四个方面:

第一,我国应在总体上持续提升而非放松环境规制

强度,但在具体实施上应更加注重科学性和多样化。我国当前的环境治理形势总体上仍不容乐观,特别是重化工业阶段的大量排放给环境规制带来的压力并未减少,因此持续提高环境规制强度仍是当前乃至今后相当长时期的重要任务。但在具体的环境规制手段上,应加快推动环境规制措施从以传统的“关停并转”为主向更多的引导性市场化手段转变。特别是要更多运用排污权交易、减排补贴和税收机制等市场化程度较高的政策工具,以较小的经济成本实现较大的环境规制效果。

第二,环境规制应更加注重对不同行业污染排放的异质性特征和行业发展的阶段性特征。在行业异质性方面,应在对各行业的污染排放特征进行分析分类的基础上确定差异化的环境规制推进速度。如对环境规制导致生产率“U”型变动的行业,应适当加快提高环境规制强度,使其更快获得环境规制的生产率提升效应,加快实现行业的绿色化转型升级;对环境规制导致生产率倒“U”型变动的行业,则应合理把握环境规制强度的提高速度,避免因过快的环境规制导致的行业生产率骤降。在行业发展阶段性方面,则应在准确把握行业发展规律和趋势的基础上,确定与行业发展阶段相适应的环境规制强度和政策工具,避免因相关规制政策过于落后或超前而制约相关工业行业的正常发展。

第三,环境规制的具体措施应充分发挥技术进步的推动作用。通过总产量控制、停产整顿等措施控制企业污染排放在见效迅速的同时,也存在对企业生产经营影响较大,容易导致行业波动的潜在弊端,而解决此类问题的有效路径之一就是更多的内生性技术进步推动环境规制水平和行业劳动生产率的科学提高。大力提升对关键性生产技术与节能减排技术的研发力度,推动企业提高生产技术绿色化水平、升级企业环保装备,鼓励企业通过将生产率提高与节能减排相结合,提升企业的绿色技术竞争力,实现经济效益和环境效益的双赢目标。

第四,应更多发挥贸易开放和对外经济合作在推动我国环境规制中的作用。经验表明,发展中国家可以在与发达国家的国际贸易合作中获得一定程度的技术溢出,除生产技术以外,环境保护和污染治理技术的溢出也是其中的重要内容。我国应继续扩大与国外企业在环保技术及项目中的合作,从而提升我国企业在污染治理技术等方面的自主创新能力。同时,我国的环境规制政策应充分考虑产业结构的绿色化调整与贸易结构调整的互动性,通过适时主动调整出口产品结构,逐步降低高环境成本和资源消耗行业产品在出口产品中的比重,从而降低国民经济增长对污染型行业的依存度。

[责任编辑:王成利]