

【产业经济】

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

蒋伏心, 王竹君, 白俊红

(南京师范大学商学院, 江苏 南京 211023)

[摘要] 环境保护与技术创新作为转变经济发展方式的重要战略,两者之间的关系一直是研究的热点问题。本文认为,环境规制不但会对技术创新产生直接影响,而且会通过FDI、企业规模、人力资本水平等因素产生间接影响。因此,本文运用2004—2011年江苏省28个制造业行业面板数据,采用两步GMM法实证分析了环境规制对技术创新的直接效应和间接效应。结果表明,环境规制与企业技术创新之间呈现先下降后提升的“U”型动态特征,随着环境规制强度由弱变强,影响效应由“抵消效应”转变为“补偿效应”;FDI和企业规模对技术创新具有显著的促进作用,但是环境规制会通过抑制FDI技术溢出效应和大企业规模效应的发挥,对技术创新产生间接影响;无论是否具有环境规制约束,人力资本水平和企业利润率对企业技术创新均具有促进作用。政府应通过制定合宜的环境规制和招商引资政策、加大研发资金的支持力度、提高人力资本水平等措施抵消环境规制对技术创新带来的负面影响。

[关键词] 环境规制; 技术创新; 双重效应; 制造业

[中图分类号]F062.2 [文献标识码]A [文章编号]1006-480X(2013)07-0044-12

一、问题提出

环境污染、生态失衡已经成为严重威胁人类生存的重要问题。随着经济的发展以及工业化、城市化进程的推进,中国生态环境遭到了严重的破坏。在2012年美国耶鲁大学和哥伦比亚大学联合推出的“年度全球环境绩效指数”(EPI)排名中,中国在132个国家中综合得分排名为116位,这不仅反映了中国环境污染的严重程度,也反映了相对较弱的环境规制强度。因此,加强环境规制成为中国的必然选择。然而中国仍是发展中国家,在转变经济发展方式的同时,应通过加强环境保护来实现环境规制与技术创新的协同发展。技术创新是实现环境保护和经济发展“双赢”目标的决定因

[收稿日期] 2013-06-10

[基金项目] 国家自然科学基金项目“考虑目标差异的政府R&D资助对企业技术创新的影响:基于吸收能力的视角”(批准号71203097);江苏省社会科学基金项目“江苏科教资源优势转化为创新资源优势研究”(批准号12DDB009);江苏省高校哲学社会科学研究重点项目“加快江苏科教资源转化、推进创新型经济发展研究”(批准号2013ZDIXM026)。

[作者简介] 蒋伏心(1956—),男,江苏盐城人,南京师范大学商学院院长,教授,博士生导师;王竹君(1989—),女,江苏丹阳人,南京师范大学商学院硕士研究生;白俊红(1982—),男,山西太原人,南京师范大学商学院副教授,博士。

素,环境规制对技术创新的影响一直是研究的热点问题。那么,这种影响究竟是正面的“补偿效应”还是负面的“抵消效应”?学者们各执己见,观点不一。

传统的新古典理论认为,环境保护会提高社会整体福利,但必然会以厂商的生产成本增加为代价,降低企业的技术创新能力。大量文献表明,从静态角度出发,在企业技术水平、生产过程及消费需求不变的假定下,环境管制必然不利于企业的技术创新。环境保护造成经济上过高的成本,严重妨碍了厂商生产率水平的提高和国际市场竞争力(Jaffe,1995)。与此不同,学者们从动态的角度出发,提出了捍卫环保的主张(Porter,1991);他们指出环境规制提高企业生产成本的同时,也会对企业的技术创新产生一定的激励作用,从而提出著名的“波特假说”(Porter, Van der Linde,1995)。国内关于环境规制与技术创新的研究则相对较晚,且现有的研究多是从宏观的角度进行分析。大量文献利用中国不同区域的面板数据分析表明环境规制与企业技术创新之间呈现“U”型关系(张成等,2011)。也有学者从生产率的角度测算了不同产业的最优环境规制强度的拐点,发现重度污染企业的环境规制强度比较合理,并能促进产业技术创新和效率的改进;中度和轻度产业的环境规制强度较弱,且与技术创新呈“U”型关系(李玲,陶锋,2012)。

客观地说,现有文献从不同角度分析了环境规制对技术创新影响的效应,为本文写作思路提供了借鉴。但是技术创新是一个多要素互动的过程(张宗和,彭昌奇,2009),还受到创新投入(Schumpeter,1928)、研发的基础设施(弗里曼,苏特,2004)、制度和文化(江小涓,2004)等因素的影响。在环境规制约束下,这些因素对技术创新的作用方向和程度可能会产生变化,从而间接反映了环境规制对技术创新的影响。同时,环境规制和技术创新都是一个长期、持续的过程,从动态角度分析更能真实反映两者之间的关系。因此,本文将从直接效应和间接效应两个角度分析环境规制对技术创新的影响机理;并采用动态 GMM 方法进行实证研究,对于中国破解全球价值链分工背景下的技术进步 and 环境保护难题以及加快转变经济发展方式具有重要的理论价值和实践意义。

二、环境规制对技术创新的影响机理分析

近年来,许多社会学者主张将环境保护作为一种基本的人类价值,因而也使其成为政府关注的一个基本的政策目标(柯武刚,史漫飞,2000)。环境规制措施的实施不但会通过污染治理成本增加、绿色财政补贴政策制定等方式直接影响企业的技术创新行为,而且会通过 FDI、企业规模、人力资本等间接渠道对企业技术创新产生影响。接下来,本部分内容将对这些直接效应和间接效应作逐一分析,以期能够较为全面地揭示环境规制对技术创新的影响机理。

1. 环境规制影响技术创新的直接效应

环境规制对企业技术创新既有正面的“补偿效应”,也有负面的“抵消效应”(见图 1)。

(1)政府采取严格的环境规制措施,对企业生产中产生的废气、废水等附属产品进行排放额的限制,要求企业必须执行严格的环境规制措施或者通过改良污染治理技术,降低污染排放量,这将



图 1 环境规制影响技术创新的直接效应

提高企业的污染治理成本。企业作为利润最大化的追求者,在面临环境规制时,为了控制污染排放,通常会采取两种方式:一是厂商可以通过一定的治污支出来控制污染水平,称为环境规制的“治污技术进步效应”;二是厂商可以通过改良生产工艺,提高企业的生产率水平。企业通过技术创新改进其生产工艺或提高治污能力,最终减缓或抵消政府环境规制给企业增加的环境成本,称为环境规制的“创新补偿效应”。尽管在这种情况下生产中的污染排放增多了,但是由于生产工艺的改进,提高了企业的收益,可以支付污染处理成本。

(2)政府采取环境规制措施,提高一国的环境保护水平必然会在财政政策和产业政策上对企业的技术创新进行一定的支持,这将从根本上解决企业创新资金不足的问题。同时,环境规制政策实施必然要求政府逐步调整现有的一些政策规定,制定有利于环境保护的政策措施。比如,政府会制定全面反映社会成本和环境成本的能源价格政策,或者对新能源、新材料的使用给予一定的政策优惠,这一系列政策措施的制定又会对绿色技术创新产生推动作用。

(3)环境规制也会给企业技术创新带来负面影响。一是创新资金的挤出效应。企业进行技术创新需要大量的投入,而环境规制会提高污染治理成本,要求企业将有限的资金投入生产领域中,减少了企业研发投入的资金。二是投资挤出效应。严格的环境规制会导致企业选择环境规制相对宽松的地区进行生产投资,从而会导致发展中国家或者环境规制宽松的国家成为“污染天堂”。根据传统的新古典经济学理论,受严格环境规制的企业面临着环境保护带来的沉重负担,引起运行和投资成本增加,导致企业在市场竞争中逐渐丧失其原有的竞争力,企业会倾向于选择规制水平较低的地区重新布置生产和投资,进行污染产业的转移,减少企业在当地的投资和创新投入份额。

2. 环境规制影响技术创新的间接效应

环境规制不但通过资源配置对企业的技术创新产生直接影响,而且通过影响外资企业的技术溢出效应、大企业的规模效应、人力资本的技术创新效应以及企业的利润率对技术创新产生间接影响。本文将环境规制通过间接渠道对技术创新产生的影响称为环境规制影响技术创新的间接效应(见图2)。

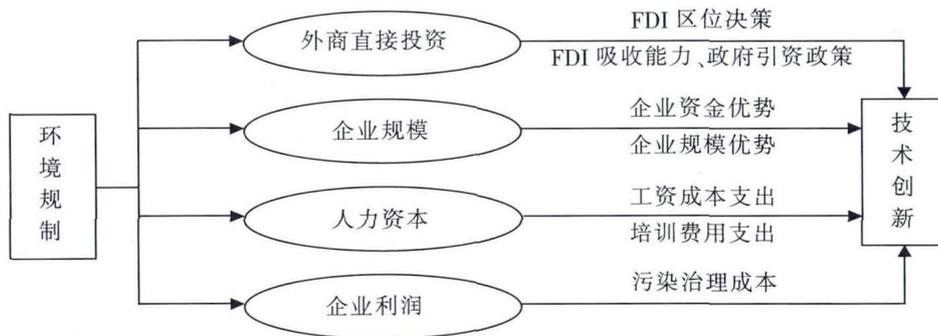


图2 环境规制影响技术创新的间接效应

(1)环境规制会改变 FDI 的投资区位选择、吸收能力和政府引资政策等,进而影响 FDI 的技术创新效应。在开放经济条件下,利用外商直接投资(FDI)已经成为发展中国家经济发展的重要推动力量。外资的进入不但弥补了东道国资本不足的问题,而且还为东道国带来了先进的管理理念和技术水平(江小涓,2004)。另外,FDI 可以通过技术溢出效应影响东道国的技术创新能力。FDI 在产业内的外溢效应主要是通过竞争效应、示范和模仿效应、人员培训和流动效应以及前后向关联效应等渠道发生作用。但是,在环境规制的约束下,FDI 的投资区位选择、内资企业的 FDI 吸收能力以及引资的政策都会对 FDI 的技术创新效应产生影响。一是环境规制影响了 FDI 的投资区位选择。“污染避难所假说”认为严格的环境规制会提高企业生产成本,为了追求利润最大化,企业会将污染密集

型的产业转移到环境规制相对较弱的地区 (Baumol, Oates, 1988)。二是环境规制影响内资企业的 FDI 吸收能力。在本土企业资源有限的情况下,环境规制导致的污染治理成本的增加,可能会挤占企业的研发资金和培训费用,降低本土企业的技术吸收能力,弱化 FDI 的技术溢出效应。三是环境规制对一国或地区引资政策的影响。随着一国或地区环保意识的提高,政府会调整外资引进政策,限制污染密集型外资企业的进入,鼓励引进资本密集型和技术密集型企业。

(2)环境规制会弱化大企业的规模优势和资金优势,从而影响企业的技术创新。由于技术创新具有成本高、风险大等特征,这必然导致只有资源丰富,且有相当规模的企业才能胜任。加尔布雷斯最早提出大企业更适合于从事技术创新行为;著名的阈值理论强调大规模和垄断的企业具有资金优势和较强的风险承受能力,因而在创新上具有较大的优势(熊彼特,1990)。但是,在环境规制的约束下,大企业的资金优势和规模优势是否会因生产成本的提高和资源的挤占而受抑制?一方面,为了达到环保标准,高投入、高产出的大企业往往需要更大的环保投入,从而弱化了大企业的资金优势和规模优势;另一方面,大企业特别是大型国有企业在比中小民营企业拥有更多物质资源和政治资源的同时,也往往承担着更大的社会责任。在严格的环境规制约束下,大企业将更具有向政府“寻租”的动机和行为,寻租行为本身及其所带来的资金占用会显著降低企业的创新水平。

(3)环境规制会降低企业工资成本支出和培训费用,影响人力资本的技术创新效应。技术进步作为现代经济增长的基础,不仅物化为具有较高技术等级的机器设备,还体现为劳动者知识和技术存量的增加。一方面,人力资本积累是提高技术创新能力的动力和源泉。一个国家引进和使用新技术的能力来自国内的人力资本存量,人力资本越高,技术进步越明显。另一方面,人力资本获取、吸收、消化和转化能力推动了企业的技术创新。技术通过人力资本转化为商品并在市场上销售得以实现其价值,从而获得经济效益才算是真正的技术创新(Solow, 1957)。因此,科研人员在结束对外来知识的转化后更应注重知识的利用,即将新知识、新技术应用于生产新产品和销售,实现真正意义上的技术创新。但是,环境规制会从两个方面对企业的人力资本水平产生影响:一是环境规制影响企业工资成本支出。环境规制提高了企业的污染治理成本,在企业预算控制范围内,企业可能通过调整生产投资预算、压缩劳动成本等措施,保持企业的利润水平。二是环境规制挤占了企业的培训费用。在企业资金预算有限的情况下,污染治理成本的提高,会降低企业的培训费用,从而会降低企业的技术吸收能力和创新能力。

(4)环境规制增加了企业的成本支出,降低企业的利润率,影响企业技术创新的资金来源。技术创新本质上是一种新知识的生产过程,需要投入各种资源,如科技人员、研发经费和固定资产等。资金作为企业技术创新的重要保障,来源主要包括内部融资和外部融资两种渠道。如果企业的增长过度依靠外部的资金来源,则会具有不可持续性。因此,要维持企业的稳定增长,为技术创新提供源源不断的资金支持,更多的是要依赖于企业内部资金的积累,这就需要企业维持稳定的利润率。但是,企业面对严格的环境规制,无论是通过增加治污支出控制污染排放,还是通过提高污染治理技术水平抵消政府环境规制所带来的成本支出的增加,都必然会增加企业的成本费用,降低企业的利润率。企业利润率的降低,导致企业研发投入资金难以有效保证,进而降低了企业的技术创新能力。

综上所述,环境规制对技术创新的影响具有双重效应,其不仅会通过“补偿效应”或“抵消效应”从资金、政策等角度对企业技术创新产生直接影响,还会通过 FDI、企业规模、人力资本、利润率等多种因素产生间接影响。下文以江苏制造业为例,对环境规制对技术创新影响的双重效应进行实证检验。

三、模型构建与指标选取

1. 模型构建及数据来源

本文构建了一个含有被解释变量滞后一期的动态回归模型,衡量环境规制对制造业技术创新

的直接影响效应,具体计量模型为:

$$R\&D_{i,t}=\beta_0+\beta_1ERS_{i,t}+\beta_2R\&D_{i,t-1}+\psi X+\tilde{\varepsilon}_i \quad (1)$$

其中, $R\&D_{i,t}$ 表示*i*行业*t*期的研发投入,衡量其技术创新能力; $ERS_{i,t}$ 表示*i*行业*t*期的污染排放强度,污染排放强度值越大,意味着污染排放量越大,越需要采取严格的环境规制措施。 X 变量由FDI、企业规模、利润率、人力资本等变量构成。

同时,为了分析环境规制对企业技术创新的间接影响,本文构建了环境规制与FDI、企业规模、利润率、人力资本等变量的交互项作为技术创新的影响因素,并构建间接影响效应模型:

$$R\&D_{i,t}=\beta_0+\beta_1EFDI_{i,t}+\beta_2ESIZE_{i,t}+\beta_3EPRO_{i,t}+\beta_4EWAGE_{i,t}+\beta_5R\&D_{i,t-1}+\tilde{\varepsilon}_i \quad (2)$$

其中 $EFDI_{i,t}$ 表示*i*行业*t*期的污染排放强度与FDI的交互项; $ESIZE_{i,t}$ 表示环境规制与企业规模的交互项; $EPRO_{i,t}$ 表示环境规制与企业利润率的交互项; $EWAGE_{i,t}$ 表示环境规制与企业人力资本水平的交互项。

式(1)和式(2)中的误差项 $\tilde{\varepsilon}_i=V_i+\varepsilon_{it}$,由于 $R\&D_{i,t}$ 是 V_i 的函数, $R\&D_{i,t-1}$ 也是 V_i 的函数,因此模型中解释变量 $R\&D_{i,t-1}$ 与 V_i 相关, X 也与 V_i 相关,即 $Cov(X, V_i) \neq 0$,表明解释变量和误差项之间存在相关性。如果直接对方程进行回归分析,所得出的回归结果不但是有偏的,而且是非一致的。当解释变量和误差项存在相关性时,可以通过扩大样本容量和引进工具变量的方法来解决面板回归过程中的自相关和内生性问题。在具体分析过程中,选择较多的工具变量是弱外生变量的滞后项,通过对弱外生变量进行一阶差分,消除变量的个体效应,获得一致性估计结果。但是考虑到一阶差分难以完全消除解释变量与残差项之间的自相关性,本文在实证分析中,采用动态GMM法对模型进行回归分析。动态GMM法通过引进滞后的弱工具变量,并在差分方程中引进一组滞后的解释变量,从而有效地克服了回归中的自相关性导致的有偏回归结果。

2. 变量选取

(1)被解释变量:技术创新($R\&D$)。技术创新的测度或指标的建立,与人们对创新过程的认识有关。在20世纪60年代,许多研究者把创新看成是研究、开发、生产、销售的一个线性过程。按照这一模式,创新活动水平的高低,取决于创新的投入水平,即R&D水平和科研人员的数量。出于这样的认识,很多学者采用R&D投入水平及科研人员数量作为衡量创新能力的指标。考虑到指标的可获得性,本文采用各行业的研发投入经费作为衡量技术创新能力的指标,研发投入资金越多,代表企业的技术创新能力越强。

(2)环境规制(ERS)。目前统计资料中,关于环境规制措施的直接数据较难获取,已有文献采取了多种不同的替代指标来衡量环境规制强度。一是采取定量指标衡量环境规制强度。其中使用比较多的方法是:采用人均GDP作为环境规制的替代指标,即随着收入水平的不断上升,环境规制更加严格(Antweiler et al., 2001);采用不同污染物的排放强度作为衡量一国环境规制强度的指标(Domazlicky, Weber, 2004),即污染排放强度越高,环境规制措施越严格;采取环境治理成本定量指标作为替代变量(张成等, 2011);采用污染治理设施运行费用来衡量(张成等, 2010)。二是采用城市环境治理达标情况、环境的补贴政策等定性指标,反映环境保护过程及其采取的环境保护措施。本文考虑到产业的性质不同,统计年鉴上许多指标在不同产业之间缺乏可比性,必须对相关指标进行标准化处理。因此,本文采用线性标准化的方法对环境规制指标进行处理,构建综合反映不同产业污染规制强度及其变化的指标体系,测算各行业的污染排放强度作为环境规制的替代指标,通常一个地区的污染排放强度越高,该地区的环境规制措施也越严厉。通过收集各行业的废水、废气、固体废物的污染排放量和各行业的工业产值,计算出各行业的主要污染物单位产值的污染排放值,再对各行业的单位污染排放量进行线性标准化并进行加权平均整理,从而得出污染排放强度。

具体的处理如下:一是对各行业的单位污染排放量进行线性标准化。

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

其中, UE_{ij} 为 i 行业 j 污染物的单位产值污染排放量, $\max(UE_j)$ 和 $\min(UE_j)$ 分别为各指标在所有行业中的最大值和最小值, UE_{ij}^s 为指标的标准化值。

二是计算各指标的调整系数 (W_j)。由于不同行业的性质差异较大, 行业间“三废”的污染排放比重相差较大, 即使属于同一行业, 不同污染物的排放强度也存在着较大的差异。使用调整系数可以近似地反映出这种污染特性的差异。其取值方法如下:

$$W_j = \frac{E_{ij}}{\sum_{i=1}^m E_{ij}} / \frac{O_i}{\sum_{i=1}^m O_i} = \frac{E_{ij}}{O_i} \times \frac{\sum_{i=1}^m O_i}{\sum_{i=1}^m E_{ij}} = \frac{E_{ij}}{O_i} / \frac{\sum_{i=1}^m E_{ij}}{\sum_{i=1}^m O_i} = UE_{ij} / \overline{UE_{ij}} \quad (4)$$

其中, E_{ij} 为 i 行业 j 污染物的污染排放量; $\frac{E_{ij}}{\sum_{i=1}^m E_{ij}}$ 为 i 行业 j 污染物的污染排放量占有所有工业的比重;

O_i 为行业 i 的产值; $\frac{O_i}{\sum_{i=1}^m O_i}$ 为 i 行业的产值占有所有工业行业的比重; 经转换变为: 产业 i 某污染

物 j 的单位产值排放 (UE_{ij}) 与某污染物 j 单位产值排放行业平均水平 $\overline{UE_{ij}}$ 之比。计算出各年份的指标权重后, 再计算样本期间的平均值。

三是通过各单项指标的标准化值和平均权重, 计算出各指标的环境规制与总的环境规制, 分别为:

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W_j UE_{ij}^s; \quad ERS = \sum_{i=1}^p S_i \quad (5)$$

(3) 外商直接投资 (FDI)。随着经济全球化进程的不断推进, 外资企业的创新研发过程不再局限于一国内部, 而是更多地通过整合全球各地的技术资源和人力资源, 形成技术、知识和信息的共享, 达到优势互补、协同提升企业技术创新能力的目的。如今中国招商引资规模持续扩大, 外资企业已成为中国研发和创新的重要组成部分。在此背景下, 本土企业不但要注重提高自身研发能力和吸收能力, 而且还需通过加强与外资企业的研发合作, 来提高其技术创新能力。此外, 人才的流动也有助于外资企业的技术溢出 (冼国明, 薄文广, 2006)。因此, 本文选择当年实际利用外资规模作为 FDI 的衡量指标。在具体分析过程中, 为了消除变量的量纲, 对指标进行了对数化处理。

(4) 企业规模 ($SIZE$)。企业规模作为市场结构的衡量指标之一, 一直是技术创新的主要影响因素。企业规模的扩大可以为企业带来规模经济、范围经济, 可以整合利用跨地区的资源优势, 分享企业的创新资源, 提高企业的技术创新能力。大企业的规模生产对工艺创新投入的补偿优势以及技术溢出效应对企业集聚的主导作用, 在产业技术创新中往往具有不可替代的作用 (张杰, 2007)。因此, 本文选择行业总产值与企业单位数的比值作为企业规模的衡量指标。

(5) 人力资本水平 ($WAGE$)。人力资本水平是影响企业技术创新能力的重要因素。企业的技术创新需要高水平的研发人员, 企业的技术创新是核心技术人员创造性成果的体现。同时, 在开放型经济的发展过程中, 中国充分利用区位优势、成本优势、商务优势等积极融入国际分工体系, 通过引进、消化、吸收再创新有力地推动了经济的快速发展。而人力资本正是影响技术引进、消化、吸收再创新的不可或缺的重要变量之一。囿于分行业教育水平的指标难以收集, 本文采用分行业的工资水平作为替代指标衡量各行业的人力资本水平, 通常工资水平越高表明企业的人力资本水平越高。

(6) 行业利润率 ($PROFIT$)。充足的研发资金是企业技术创新的必要条件。但是由于中国金融市

场体制仍然不够健全,以及技术创新的高风险特征,使得企业外部融资渠道有限,内部资金的支持对企业显得尤为重要。较高的利润率水平不但可以保证企业有足够的留存收益用于技术研发,而且利润率较高的企业对产业发展具有良好的预期,倾向于投入更多的资金从事研发活动。因此,本文在实证分析中引入利润率(*PROFIT*)这一指标,通过测算行业利润总额与固定资产净值比来衡量行业的利润率水平。

本文所有数据均来自于江苏省各年份的统计年鉴,通过计算整理获得,选取了食品加工和制造业等共 28 个行业作为样本。

四、实证分析

本文利用 STATA11.0 对直接效应和间接效应模型进行回归,为了有效地消除变量之间的自相关性,运用差分动态 GMM 方法对式(1)和式(2)进行估计,在分析过程中利用差分转换的方法消除个体的横截面效应。

1. 环境规制对企业技术创新的直接效应分析

根据上文的理论分析和模型的构建,为了避免变量之间的多重共线性,实证分析中通过逐个引进变量对直接效应模型进行回归分析,并得出了有价值的结论,具体结果见表 1。

表 1 环境规制对企业技术创新的直接效应

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
<i>R&D</i> ₋₁	1.1133*** (2937.1500)	1.1101*** (4047.8200)	1.1055*** (3926.5900)	1.0969*** (2495.9500)	1.0320*** (1162.0100)	1.0130*** (129.5700)
<i>ERS</i>	-1.6333*** (-6.4900)	-16.7186*** (-27.8800)	-16.4829*** (-20.0700)	-18.7070*** (-16.2300)	-6.1636*** (-2.9500)	-9.5275** (-2.4900)
<i>ERS</i> ²		22.3928*** (32.1300)	22.3277*** (23.2000)	25.6475*** (14.3000)	9.9013*** (3.4700)	13.2170** (2.4300)
<i>SIZE</i>			0.1072** (3.2000)	0.1573*** (4.4400)	0.1249*** (10.7200)	0.0824*** (6.2600)
<i>FDI</i>				0.9295*** (20.8300)	0.9236*** (11.0000)	0.5566*** (4.5300)
<i>PROFIT</i>					3.6708*** (90.27)	3.3461*** (37.3300)
<i>WAGE</i>						1.7568*** (4.9700)
<i>C</i>	1.5935*** (11.0000)	2.4948*** (12.9400)	2.2403*** (16.0900)	-6.8161*** (-13.6600)	-8.4253*** (-13.5500)	-21.7488*** (-6.9100)
Sargan 检验	23.7095 (0.3073)	22.2172 (0.3871)	22.8548 (0.3518)	25.0937 (0.2431)	23.2955 (0.3284)	24.6861 (0.2610)
AR(1)	-2.5760 (0.0100)	-2.5423 (0.0110)	-2.5263 (0.0115)	-2.5130 (0.0120)	-2.5536 (0.0107)	-2.5232 (0.0116)
AR(2)	-1.6338 (0.1023)	-1.5459 (0.1221)	-1.5092 (0.1312)	-1.3700 (0.1707)	-0.2128 (0.8315)	-0.2411 (0.8095)

注:①***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%水平上的统计显著性,括号中数据为 *z* 统计量;②Sargan 检验一栏中列出的为过度识别的检验值,AR(1)、AR(2)分别表示一阶和二阶差分残差序列的 Arellano-Bond 自相关检验。

表 1 中 Sargan 检验零假设的过度识别约束是有效的。该检验不但要求残差的一阶差分项是负相关的,而且要求不存在二阶以上的相关性。通过对式(1)进行回归,Sargan 检验的 P 值在 0.24—0.38 之间,接受了原假设,即表 1 模型中所引入的工具变量的选择均是合理有效的;差分方程得到的残差服从 AR(1)和 AR(2)过程,AR(1)的 P 值均为 0.01,表明拒绝不存在一阶自相关的原假设,变量之间存在一阶自相关;AR(2)的检验结果均在 0.1 以上,表明样本的残差序列只存在一阶负相关,不存在二阶以上的序列相关性。表 1 的 Sargan 检验、AR(1)和 AR(2)的结果均表明,模型中工具变量的选择是合理的,且模型的识别是有效的。通过分析表 1 的回归检验结果,我们发现:

(1)无论是单独对环境规制与技术创新进行回归分析,还是在模型中逐个引进解释变量,环境规制变量的二次项系数均显著为正,表明随着环境规制强度的逐渐提高,企业的研发投入呈现先下降后提升的“U”型动态特征。其原因可能在于,随着环境规制措施的逐步实施,起初,环境污染治理成本占企业的总成本比例较低,企业以节能减排为目的的技术创新和管理制度创新没有足够的驱动力(李玲,陶锋,2012),反而可能由于污染治理成本的增加而挤占了研发资金,产生显著的“抵消效应”。一般情况下,企业在生产过程中,会同时产生产品和污染排放物两种物品。当面对严格的环境规制时,企业需要投入一定的成本进行污染治理,以满足环境规制的要求。当这一成本较低,不足以激发企业进行研发创新时,环境污染治理成本的增加便会挤占企业的研发投入。但是,随着环境规制强度的进一步提高,便可能由于污染治理成本占企业总成本不断上升而形成“倒逼机制”,使得企业不得不通过增加研发投入来提高污染治理技术水平和生产工艺,从而达到节能减排和保持利润率的目的,产生环境规制对企业技术创新的“补偿效应”。

(2)企业规模对技术创新具有显著的正面影响,企业的研发投入具有显著的规模效应。本文的研究结论也验证了熊彼特关于企业规模与创新的假设,即大企业与小企业相比,大企业在创新方面具有如下优势:具有资金保障;能承担风险;在 R&D 上会有规模经济;在过程创新上有优势。

(3)FDI 系数均显著为正,表明外资的引进有利于制造业行业的技术创新。外资的进入不但带来了先进的技术水平,还会通过示范效应、模仿效应、竞争效应等技术溢出效应促进一国或地区的技术水平的提高(李晓钟,张小蒂,2008)。改革开放以来,长三角地区尤其是江苏省一直作为全国改革开放的示范区,外向型经济成为江苏省经济增长的主要推动力,而外资作为外向型经济的主要特征之一,是否会导致本土企业被锁定在全球价值链的低端环节,而不利于本土企业的转型升级呢?本文的研究表明,开放型经济发展与经济转型升级是并行不悖的,两者可以实现同步发展。

(4)利润率越高,企业的技术创新能力也越强。表 1 中模型(5)和模型(6)的回归结果显示,利润率每上升 1 个单位,研发投入约增加 3.34—3.67 个单位,且均在 1%显著性水平下显著。这也进一步表明,资金对企业技术创新的重要性。由于企业在创新的前期需要大量的资金投入以及短期收益不明显,加剧了企业的资金压力,只有那些盈利能力比较高、资金流比较充足的企业才能克服这一障碍,而一些盈利低的企业则会由于资金周转困难而无力创新。同时,模型(6)的回归结果表明,工资水平与研发投入之间具有显著的正相关性,工资水平每提高 1 个单位,研发投入增加 1.76 个单位左右。本文认为可能的原因有:工资水平的提高,意味着企业生产成本的上升,导致企业的利润率下降。企业为了维持正常的利润水平,必须通过技术创新等手段提高企业的利润率。另外,员工综合素质的提高也会导致工资水平的提高,高素质人才的引进为企业进行技术创新提供了人才保障,有利于促进企业从事研发活动。此外,滞后一期的相关系数为 1 左右,表明研发投入具有一定的惯性。企业的技术创新是一个长期的过程,上一期的研发投入对当期的研发投入具有一定的助推作用。

2. 环境规制对企业技术创新的间接效应分析

上文的分析表明,行业研发投入会受环境规制、FDI、企业规模等因素的影响。为了更好地分析在环境规制约束下,这些因素对企业技术创新的影响是否会出现变化,下面对式(2)进行两步 GMM 回归(结果见表 2)。

表 2 环境规制对企业技术创新的间接效应

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>R&D₋₁</i>	1.1129*** (2515.3800)	1.0908*** (1502.6700)	1.0923*** (1500.7400)	1.0909*** (802.7800)
<i>EFDI</i>	-0.1994*** (-6.4100)	-0.5835*** (-11.8400)	-0.5504*** (-22.7100)	-1.6907*** (-12.8100)
<i>ESIZE</i>		2.0412*** (15.8100)	-0.3981*** (-4.1200)	-0.8864*** (-3.7300)
<i>EPRO</i>			10.7341*** (38.9200)	11.6227*** (25.2000)
<i>EWAGE</i>				1.1861*** (7.9600)
C	1.6661*** (11.5900)	1.8935*** (10.8200)	1.8441*** (9.1600)	1.8879*** (9.3300)
Sargan 检验	23.9960 (0.2933)	22.8775 (0.3505)	21.4310 (0.4329)	21.0067 (0.4585)
AR(1)	-2.5791 (0.0099)	-2.4519 (0.0142)	-2.4272 (0.0152)	-2.4613 (0.0138)
AR(2)	-1.6398 (0.1010)	-0.5711 (0.5679)	-0.5625 (0.5738)	-0.6355 (0.5251)

注:①***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%水平上的统计显著性,括号中数据为 z 统计量;②Sargan 检验一栏中列出的为过度识别的检验值,AR(1)、AR(2)分别表示一阶和二阶差分残差序列的 Arellano-Bond 自相关检验。

表 2 中的 Sargan 检验 P 值在 0.29—0.46 之间,说明模型中所引入的工具变量的选择是合理有效的;AR(1)的 P 值均为 0.01,表明拒绝不存在一阶自相关的原假设,变量之间存在一阶自相关;AR(2)的检验结果均在 0.1 以上,模型 2、3、4 的检验结果均在 0.5 以上,表明样本的残差序列只存在一阶负相关,不存在二阶以上的序列相关性。差分方程得到的残差服从 AR(1)和 AR(2)过程,表 2 的 Sargan 检验和 AR(1)和 AR(2)的结果也表明,模型中工具变量的选择是合理的,且模型的识别是有效的。

通过对环境规制与企业规模、FDI 等解释变量的交互项与技术创新之间的关系进行回归分析,我们发现,在环境规制的约束下 FDI 和企业规模的影响系数发生了明显的变化,而利润率和工资水平的影响系数并没出现较大的变动。表 2 中,模型(1)—(4)中环境规制与 FDI 交互项的影响系数由正号变成负号,且均在 1%的显著性水平下显著;企业规模的影响系数随着模型中变量的不断增加,影响系数在 1%的显著性水平下从正号向负号的转变,表明环境规制显著改变了外商直接投资和企业规模对技术创新的影响,从而对企业技术创新产生间接影响。一方面,外资的技术溢出效应会受到一国或地区的环境规制政策的影响。前文的分析表明,外资的进入通过技术溢出效应,促进国内企业的研发投入,但是在环境规制约束下,外资的技术溢出效应并不显著。本文认为可能的原因:一是环境规制会影响企业的投资区位决策。正如学者提出的“污染避难所假说”等理论,大量学者通过实证分析发现环境规制会显著影响企业的投资区位选择,通过分析环境规制对美国各州吸收 FDI 的影响,认为某个地区的环境规制严格化会减少该地引进 FDI 的规模,比如美国亚利桑那州政府在环境管制上的支出每增加 1%,该州吸引来一家外国公司的概率就会下降 0.262%(John, Catherine, 2000)。国内学者也从分权的视角考察了环境规制对 FDI 的影响,发现中国的环境规制实际上对

FDI 的流入产生了显著的抑制效应(陈刚,2009)。二是在环境规制和外资的双重压力下,企业面临污染治理成本增加的同时,还要应对外资企业的竞争,导致很多企业会降低研发投入,更多依赖引进现成技术或模仿性创新,失去了自主研发的动力。外资的进入也会导致本土企业被锁定在全球价值链的低端环节,而不利于本土企业的转型升级(黎开颜,陈飞翔,2008)。尤其是对于江苏省而言,由于本土企业多是加工贸易型企业,这些企业利用生产环节上的低成本优势融入到跨国公司的全球价值链中。“代工微利”使得这些企业无法积累足够的资金从事研发创新,只能锁定在代工环节,严格的环境规制对这些企业而言,更是进一步挤占了其研发投入,从而降低了本土企业的自主创新能力。三是外资技术溢出效应的发挥需要本土企业具备较强的学习和吸收能力。在环境规制的约束下,企业可能不得不分散原本稀缺的人力、物力和财力资源,使得企业减少在技术引进和知识学习上的投入,导致吸收能力下降,从而弱化了外资的技术溢出效应。

另外,环境规制对大企业的研发投入具有负面影响。如前文所述,企业的技术创新具有规模效应,大企业在研发投入方面具有资金优势;但是在环境规制的约束下,这种规模效应抑制了企业的研发投入。这表明,大企业在传统的生产模式下,依靠资源优势 and 成本优势发挥了规模效应;但是在环境规制下,企业面临资源和污染治理成本的约束,弱化了大企业的资金优势和规模优势。可能的原因是:在严格的环境规制约束下,由于大企业承担的社会责任更大,可能首先成为政府检查的重点对象;大企业通过增加寻租成本或是增加污染治理成本来应对严格的环境规制,会弱化其资金优势和规模优势。

五、结论与政策启示

在“资源瓶颈”和“知识产权瓶颈”的约束下,中国制造业企业面临着转变发展方式和以创新促转型的客观需求,但是严格的环境规制不但会对技术创新产生直接影响,也会通过 FDI、企业规模、人力资本水平等因素间接影响企业技术创新水平。本文运用 2004—2011 年江苏省 28 个制造业行业面板数据,分析了环境规制对企业技术创新影响的双重效应。研究发现:①环境规制与企业技术创新之间呈现先下降后提升的“U”型动态特征,随着环境规制强度由弱变强,环境规制对技术创新的影响效应由“抵消效应”转变为“补偿效应”。在下降阶段,污染治理成本的增加挤占了企业的研发投入,从而弱化了企业的技术创新能力;在上升阶段,企业会通过提高治污技术水平和生产技术水平应对严格的环境规制措施,从而促进企业技术创新。②环境规制主要通过 FDI 和企业规模两个方面对企业技术创新产生间接影响。FDI 和企业规模对技术创新的影响会受到一国或地区的环境规制政策的影响,在没有环境规制约束的条件下,外资的引进通过技术溢出效应等促进了中国本土企业技术水平的提高。由于资金和规模的优势,规模越大越有利于企业进行技术创新。但是在环境规制约束条件下,FDI 和企业规模对技术创新产生明显的抑制作用。③利润率和工资水平对企业研发投入具有显著的正面促进作用,且不受环境规制的影响。同时,研发投入还具有一定的惯性,即滞后一期的研发投入会受上一期研发投入的影响。本文的研究结论蕴含着较强的政策启示,为了实现环境保护和技术创新的“双赢”,政府应重点采取以下措施:

(1)制定适宜的环境规制措施。目前,中国正处于经济转型和产业升级的机遇期,制定适宜的规制措施有益于技术创新活动的有效开展,进而也有利于经济的健康和可持续发展。环境规制对技术创新的影响不但取决于环境规制的严厉程度,还取决于其所执行的具体环境规制措施(Sartzetakis, Constantatos, 1995)。环境标准、排放限额等“控制型”环境规制工具由于具有较强的强制性,对企业缺乏足够的激励;而排污权交易、环境补贴等“激励型”环境规制工具对企业技术创新提供持续的激励,有利于提高企业治污创新能力(李玲,陶锋,2012)。因此,政府需要根据不同地区的经济发展水平和环境污染程度以及不同产业的现实特点,采取差异化的环境规制措施。对于环境污染比较严重的地区和污染密集型的产业,可以采取“控制型”环境规制工具,降低污染排放强度;

对于环境污染程度较轻的地区和技术密集型产业,可以灵活运用排污费、使用者收费、排污权交易等措施激励企业治污技术和生产技术创新,提高企业的污染治理能力和生产效率。

(2)加大研发资金的支持力度。针对环境规制会挤占研发资金和影响大企业规模效应发挥的现实情况,政府应该给予技术创新更多的资金支持 and 政策扶持。一是政府不但需要制定可持续的发展战略,给“短视的企业”在研究开发方面更多的资金支持,而且需要为企业研究开发活动提供更多的税收优惠和融资渠道,缩短“U”型曲线下阶段的时间,强化企业环境规制对技术创新“补偿效应”。二是政府应当注重大企业技术创新的规模效应。政府在制定环境规制措施时,要考虑到环境规制对大企业技术创新的间接影响效应,在资金方面给予大企业更多的财政补贴;为大企业提供更多的资金融通渠道;针对不同类型的大企业,采取差异化的环境规制措施,为大企业的技术创新提供较好的制度保障。

(3)制定合适的招商引资政策。政府应进一步加大开放力度,通过引进先进的技术和管理理念,促使企业在国际竞争中不断提高技术水平和国际竞争力。既要注重引进适宜的技术提高自主创新能力,也要改变过去因为短期利益而给予外资企业“超国民待遇”的环境政策优惠,这种以牺牲环境作为经济发展代价的行为不符合可持续发展战略要求。长期以来,地方官员出于对政绩的考虑,在引入外资的时候更注重外资对地方经济的短期促进作用,而忽略了地方长远的经济利益。因此,政府必须转变过去“重规模轻质量”的引资思路,在引进外资时要结合本地经济发展的现实基础,引进适宜的技术;要注重外资企业与当地主导产业的配套,通过引进高质量的外资企业提高本地的技术水平和外资企业对本土企业的技术溢出效应。另外,政府在制定环境规制措施时,要考虑到环境规制措施对外资企业技术溢出效应的间接影响,给予内资企业更多的政策扶持,提高内资企业的消化吸收能力和二次创新能力,促进内资企业的转型升级。

(4)提高企业的人力资本水平。人力资本从两方面影响企业的技术创新:一是人力资本积累形成的专业技能与知识,有利于提高本国的自主创新能力;二是人力资本的积累有利于提高本国对国外先进技术和管理经验的吸收能力。人力资本水平对技术创新具有显著的正面影响,且环境规制并不足以成为制约人力资本技术创新效应的重要瓶颈。因此,政府应通过提高人力资本水平,抵消环境规制带来的不利影响。针对中国目前人力资本的发展现状,在企业面临环境规制约束的背景下,政府在加大高等教育投入力度时,不仅要注重量的提高,更要注重质的提升和创新型人才的培养。企业应借鉴发达国家的先进经验,建立规范的职业培训体系和激励机制,为环境规制“补偿效应”的发挥提供良好的创新土壤。同时,政府和企业要制定合适的人才引进机制,为引进人才提供资金、平台建设、政策扶持等方面保障,通过“引智”解决本土创新型人才不足的现状,提高本土企业的技术创新能力。

[参考文献]

- [1]Jaffe Adam B., Robert N. Stavins. Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion[J]. Journal of Environmental Economics and Management,1995,29(3).
- [2]Porter Michael. America's Green Strategy[J]. Scientific American,1991,264(4).
- [3]Porter Michael, C. Van Der Linde. Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship [J]. Journal of Economic Perspectives,1995,9(4).
- [4]Joseph Alois Schumpeter. The Instability of Capitalism[J]. The Economic Journal,1928,151(38).
- [5]Baumol William,J., Wallace E. Oates. The Theory of Environmental Policy [M]. Cambridge University Press, 1988.
- [6]Robert. M. Solow. Technical Change and the Aggregate Production Function [J]. The Review of Economics and Statistics,1957,39(3).
- [7]Antweiler.W., Copeland, B. R., Taylor, M. S. Is Free Trade Good for the Environment [J]. American Economic Review,2001,91(4).
- [8]Domazlicky, B. R., Weber,W. L. Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the

- Chemical Industry[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2004, 28(3).
- [9] List John, A., Catherine, Y. Co. The Effects of Environmental Regulations on Foreign Direct Investment[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2000, 40(1).
- [10] Sartzetakis, E. S., Constantatos, C. Environmental Regulation and International Trade [J]. *Journal of Regulatory Economics*, 1995, 8(1).
- [11] 张成, 陆旻, 郭路, 于同申. 环境规制强度和生产技术进步[J]. *经济研究*, 2011, (2).
- [12] 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).
- [13] 张宗和, 彭昌奇. 区域技术创新能力影响因素的实证分析——基于全国 30 个省市区的面板数据[J]. *中国工业经济*, 2009, (11).
- [14] [英] 克里斯·弗里曼, 罗克·苏特. 工业创新经济学[M]. 华宏勋等译. 北京: 北京大学出版社, 2004.
- [15] 江小涓. 吸引外资对中国产业技术进步和研发能力提升的影响[J]. *国际经济评论*, 2004, (2).
- [16] 柯武刚, 史漫飞. 制度经济学——社会秩序与公共政策[M]. 韩朝华译. 北京: 商务印书馆, 2000.
- [17] [德] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 何畏, 易家译. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [18] 张成, 于同申, 郭路. 环境规制影响了中国工业的生产率吗——基于 DEA 与协整分析的实证检验[J]. *经济理论与经济管理*, 2010, (3).
- [19] 冼国明, 薄文广. 外国直接投资对中国企业技术创新作用的影响——基于地区层面的分析[J]. *经济科学*, 2006, (3).
- [20] 张杰. 中国制造业企业创新活动的关键影响因素研究——基于江苏省制造业企业问卷的分析[J]. *管理世界*, 2007, (6).
- [21] 李晓钟, 张小蒂. 外商直接投资对中国技术创新能力影响及地区差异分析[J]. *中国工业经济*, 2008, (9).
- [22] 陈刚. FDI 竞争、环境规制与污染避难所——对中国式分权的反思[J]. *世界经济研究*, 2009, (6).
- [23] 黎开颜, 陈飞翔. 深化开放中的锁定效应与技术依赖[J]. *数量经济技术经济研究*, 2008, (11).

The Dual Effect of Environmental Regulations' Impact on Innovation——An Empirical Study Based on Dynamic Panel Data of Jiangsu Manufacturing

JIANG Fu-xin, WANG Zhu-jun, BAI Jun-hong

(Business School of Nanjing Normal University, Nanjing 211023, China)

Abstract: As an important strategic transformation of economic development, the relationship of environmental protection and technological innovation has always been a hot issue. This paper argues that environmental regulation not only has a direct impact on enterprises' technological innovation, but also has an indirect impact through affecting FDI, firm size, human capital levels and other factors. Therefore, two-step GMM empirical method has been used on the panel data of 28 manufacturing industries in Jiangsu Province for years 2004—2011 to analyze the direct and indirect effect environmental regulation has on technological innovation. The results show that: there is a U-shaped dynamic relationship between environmental regulation and enterprise technology innovation. That is to say, "offset effect" will gradually transformed into "compensation effect" as the strength of environmental regulation become stronger, nevertheless, it has a positive "compensation effect" in the long term. FDI and enterprise's scale has a significant role in promoting technological innovations, however, environment regulation will have a indirect effect on technological innovation by inhibiting FDI technology spillover effect and large scale enterprise effect. Both the level of human capital and corporate profit margins will have a positive effect on enterprise innovation regardless of the constraints of environmental regulation. The conclusion is that government should formulate appropriate environmental regulation measures and foreign investment policy, increase the support for R&D funds, increase the level of human capital and take other measures to offset the negative impact of environmental regulation on technological innovation.

Key Words: environmental regulation; technological innovation; dual effect; manufacturing

JEL Classification: L59 Q55 Q58

[责任编辑:王燕梅]