

引用格式:袁丽静,郑晓凡. 环境规制、政府补贴对企业技术创新的耦合影响[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 911-923. [Yuan L J, Zheng X F. Coupling induction of environmental regulation and government subsidy on enterprise technological innovation[J]. Resources Science, 2017, 39(5): 911-923.] DOI: 10.18402/resci.2017.05.11

# 环境规制、政府补贴对企业技术创新的耦合影响

袁丽静, 郑晓凡

(东北财经大学经济与社会发展研究院, 大连 116025)

**摘要:** 尽管世界各国都在致力于环境保护和经济增长的双赢发展, 但是规制目标和规制效果之间的差距表明对此的研究仍需更进一步。以往文献多集中在环境规制和企业技术创新的单层关系剖析上, 对政府干预的多政策耦合影响关注不够。本文基于优势互补视角, 分析政府补贴在环境规制和企业技术创新中的协调作用, 构建环境规制、政府补贴对企业技术创新的综合影响模型。研究发现: 政府补贴的加入并没有影响环境规制与企业技术创新的“U型”关系, 适当使用政府补贴反而可以弱化环境规制对技术创新的负面影响, 促进企业提前开展技术创新。通过 1998-2008 年 30 个省份面板数据的验证, 得出中国环境规制强度的阶段性门槛和政府补贴适度区间, 进而提出不同地区环境规制和政府补贴配合使用的调整方案, 为其他相关研究和政府政策设计提供新的思路和可能的借鉴。

**关键词:** 环境规制; 政府补贴; 技术创新; 耦合影响

DOI: 10.18402/resci.2017.05.11

## 1 引言

环境规制是工业化和时代进步的产物, 是政府这只看得见的手迫于人类生存危机而采取的应对措施。而技术创新作为经济持续增长的根本动力一直备受关注, 各国也出台了多项扶持政策力促其发展。不过由于环境规制对企业的约束天然地影响了技术创新, 近些年二者的关系研究始终是业界的热点之一。只是企业的技术创新不仅受环境规制的影响, 针对技术创新的政府补贴在世界各地都比较普遍, 所以在环境规制对企业技术创新影响的研究中不应忽视政府补贴的作用。目前对于政策影响机制分析的一个趋势是, 多政策的交叉综合研究。环境规制和政府补贴对企业技术创新耦合影响分析将是该领域亟待关注的重点之一。

## 2 文献综述

### 2.1 环境规制对企业技术创新影响的争论

最直观的环境规制是政府出台的一些技术标

准。例如, 规定设备的使用、技术的引进、排放的废弃物种类和数量。其次再通过排污权、排污费等手段多方位的补充调节不同环保成本在企业间的分配, 尽量减少环境规制给生产带来的负面影响, 同时实现更有效的规制。

关于环境规制对企业技术创新的影响研究主要有三类观点: 第一类, 环境规制和技术创新无关论。典型的代表有 Brännlund 等和 Nakano 的研究, 认为环境规制对技术进步和效率改进没有明显的促进作用<sup>[1,2]</sup>。Walley 等在《绿色发展不是那么容易》一文中也提出“不能直接说明环境规制提高或者降低 TFP, 环境规制只是一种潜在改善因素”<sup>[3]</sup>。第二类, 环境规制阻碍企业技术创新。Christiansen 等在 1981 年的研究中指出, 环境规制实质上是增加了企业生产决策的束缚, 会导致 TFP 的下降<sup>[4]</sup>。Clift 等则强调对于那些环境影响较大的企业, 其成本增加比较明显<sup>[5]</sup>。Gray 等对美国造纸厂的研究进一步证明了这一点<sup>[6]</sup>。第三类, 从长期看环境规制

收稿日期: 2016-11-28; 修订日期: 2017-02-15

基金项目: 辽宁省社会科学规划基金项目(L16AJY004); 辽宁省教育厅基地项目(ZJ2015018)。

作者简介: 袁丽静, 女, 辽宁沈阳市人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为产业经济学、技术创新等。E-mail: christina7971@163.com

有利于企业技术创新。此类观点最著名的当属“波特假说”,认为污染排放交易等设计较为合理的规制手段反而能激发企业通过技术创新和产品质量提升获得更大的利润空间。Jaffe 等和 Campbell 拓展了该假说,将环境规制分为“强势”、“弱势”、“狭义”三种,研究哪种方式更能激发企业的创新力<sup>[7,8]</sup>。Ambec 等、Greenstone 等、王兵等、李树等对环境规制和 TFP 之间又进行了较为深入的分析,提出环境规制还会增加企业学习能力的观点<sup>[9-12]</sup>。

近期的国内文献也出现了更为复杂的研究,得出环境规制对技术创新的“U型”、“N型”动态影响判断。例如李玲等根据污染排放强度划分三类产业,分别研究了环境规制和技术创新的“U型”关系及相应的拐点,不同污染分类间“U型”曲线的开口方向甚至是相反的<sup>[13]</sup>。张成等则根据地域的不同对工业部门 1998-2007 年的面板数据进行了差异化分析,指出环境规制和技术创新的“U型”关系并不总是存在,东北和中部地区这一特征较为明显,西部地区并不显著<sup>[14]</sup>。王杰等的研究说明,企业的 TFP 会随着环境规制强度的增加呈现出“倒 N 型”,即先下降后上升再下降的折线走向<sup>[15]</sup>。

## 2.2 政府补贴对企业技术创新作用的分歧

技术创新是可以给企业带来收益的一项投资,但由于技术知识普遍存在的外溢性和风险性,创新行为多在制度完善、市场发达的国家比较活跃。劳动力廉价、环境规制较松的地区往往创新乏力,政府惯常使用项目资助、税收减免或绿色采购等手段给予引导和支持。

政府补贴对企业技术创新作用的研究有三类不同观点:第一类,正向积极作用。Martin 和 Hewitt-Dundas 等提出政府的补贴机制会促进企业的创新活动,进而加速技术发明、工业革新和产品创新<sup>[16,17]</sup>。而 Feldman 等从企业技术创新之后的项目融资能力角度论证了政府科技资助的好处<sup>[18]</sup>。Kleer 的研究则补充说明了政府补贴在促进企业创新行为基础上吸引外部私人投资的作用<sup>[19]</sup>。王业斌经过研究也得出类似的观点,但认为政府补贴的作用会随着国有经济比重的提高而降低<sup>[20]</sup>。第二类,消极负面影响。Cohen 等通过研究发现政府 R & D 补贴不仅无法实现目标,还存在资源的浪费<sup>[21]</sup>。

Goolsbee 和 Guelle 等则分别从供求关系和资源配置角度阐释了政府补贴对创新的无效作用,指出政府补贴扭曲了市场价格,在研发资源方面产生了抬高价格的不良后果<sup>[22,23]</sup>。第三类,适度补贴。毛其淋等的研究指出政府补贴对企业技术创新的影响不确定,也不是补贴越高越好,只有适度的补贴才能够显著地激励企业创新行为<sup>[24]</sup>。

## 2.3 环境规制和政府补贴对企业技术创新的综合影响

以往文献多是集中在环境规制和技术创新或者政府补贴和技术创新的单层关系上,关于环境规制、政府补贴对企业技术创新耦合影响的研究并不多。较具代表性的有何小钢针对绿色技术创新的研究,提出理论模型来分析公共政策对绿色技术创新的诱发过程,认为企业的技术创新活动可以通过研发补贴更好的适应环境规制<sup>[25]</sup>。孙伟等运用博弈论方法构建线性模型,讨论了 31 个省的人力投入、企业资金投入、政府投入和环境规制的专利产出弹性,提出环境规制和政府投入可促使企业技术创新的观点<sup>[26]</sup>。江炎骏等通过中国 2007-2012 年省级面板数据,采用线性模型研究 31 个省的政府干预在环境规制与技术创新关系中的调节作用,其中政府干预由市场化指数表示,认为政府干预程度的强弱与环境规制创新效应的强弱成反向关系<sup>[27]</sup>。

通过以上梳理不难发现,环境规制和政府补贴对企业技术创新的耦合作用多以理论解释和单向影响为主,缺乏相关的实证研究和企业视角下的微观决策分析。这里存在两个重要问题值得注意:

(1)环境规制和企业技术创新以及政府补贴与企业技术创新的单层关系研究存在多种分歧观点,近些年的文献越发的偏向“U型”、“N型”的复杂关系分析,简单的线性模型已不足以真实地反映经济运行的实际。

(2)企业生产决策实际上是在环境规制和政府补贴双重作用下的结果,这方面的研究还刚刚起步,亟待丰富和完善。所以,本文在以往单项政策影响研究的基础上开展环境规制、政府补贴对企业技术创新作用的机理分析,构建多政策综合影响模型。在理论上,通过微观分析展现实证结果所不能体现的政策组合对企业技术创新的影响机制;在实证上,通过阶段性评价展现环境规制和政府补贴互

2017年5月

动的逻辑,这正是各级政府制定环境规制和政府补贴政策的出发点和参考依据。

### 3 环境规制和政府补贴对企业技术创新的双重耦合作用分析

环境规制的目的是减少废弃物的排放、提高资源利用效率,无论企业是否进行创新都会因此产生一定的治污成本,这一点对工业企业尤甚。“九五”期间,中国实行限期达标排放措施,关停和淘汰了一批能耗高、污染大的生产企业。2003年《中华人民共和国清洁生产促进法》正式实施,对企业生产工艺、废弃物排放有了明确的规定和具体的执行办法。大幅度提高相关工业企业的折旧成本和环保设备支出。政府希望通过环境规制对经济活动进行诱导,实现经济增长方式和产业结构的转型升级。

环境规制对企业技术创新产生两种影响:第一,提高环保标准直接增加企业成本,相应的就挤占了一部分技术创新资金;第二,环境规制诱发企业进行技术创新,进而带来生产成本的节约。企业在进行决策时主要权衡以下相关支出:排污费 $C_0$ ,末端治理成本 $C_1$ ,技术创新成本 $C_2$ ,政府补贴 $Subs_1$ ,技术创新带来的成本节约 $Subs_2$ 。环境规制诱发的技术创新有两类:一类是通过直接购买除污设备或为集中排污处理付费的较低级的技术改进,这里指 $C_0$ 、 $C_1$ ,而 $C_2$ 则是更能体现技术创新本质的科研活动、工艺改进和技术发明行为。企业是否进行技术创新主要是比较以下三类成本: $C_0$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ - $Subs_1$ - $Subs_2$ ,其中 $Subs_1 < C_2$ 。哪个方案成本小企业就选择哪种。

首先考虑没有政府补贴的情况。如图1所示, $S$ 是企业的供给曲线,为了分析的方便,用企业的边际成本表示; $D$ 为企业面临的需求曲线。假设没有环境规制时,企业的供给曲线是 $S^*=MC$ 。当出现环境规制时,企业生产成本增加,变为 $S_0=MC+C_0$ 和 $S_1=MC+C_1$ 。即根据应对环境规制的手段不同,企业的供给曲线分别向左上方移动 $C_0$ 、 $C_1$ 距离。因此,规制下的企业不得不对此进行相应的调整,进行“相机而择”。在没有政府补贴的情况下,企业主要权衡环境治理成本、技术创新成本和技术创新带来

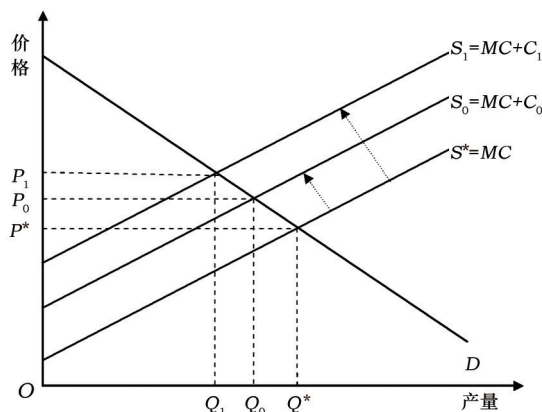


图1 环境规制下企业成本的增加

Figure 1 The cost increase under environmental regulation

的成本节约三个因素。当污染环境的惩罚较低,特别是低于末端治理成本时,企业往往不会采取任何措施,直接缴纳排污费照常生产。此时 $C_0$ 是所有生产方案中成本最小的,企业会选择支付排污费,处于 $S_0=MC+C_0$ 位置;随着环境规制强度的加强,不对废弃物进行任何处理就排出的行为不被允许时,企业开始考虑末端治理投资,如果末端治理所涉及的设备等支出低于技术创新的成本,即小于已经扣除新技术带来的成本节约部分的技术创新总费用,企业还是不会展开技术创新活动。此时 $C_1$ 是所有生产方案中成本最小的,企业会对生产排放进行末端治理,处于 $S_1=MC+C_1$ 位置;以上两种状态一般会出现在环境规制的初期,属于“抵御性支出”,该阶段环境规制强度较弱、手段单一,企业尚不考虑技术创新。从短期来看,环境规制给企业带来的成本负担不仅没有起到激发自主创新的作用,还有可能挤占研发资金,阻碍企业的技术创新。显然,这并非政府实施环境规制想要得到的结果。但当末端治理成本高于技术创新支出,或者创新带来的成本节约能够弥补并超过技术创新较末端治理多出的费用时,企业技术创新行为就变得有利可图,企业将开展技术创新活动。

下面讨论加入政府补贴的情形。环境规制对企业技术创新存在正负两种影响,而针对技术创新补贴的初衷是尽可能的消除环境规制给企业带来的不利因素以及技术创新的外部性。如图2所示, $S$ 为供给曲线, $D$ 为企业面临的需求曲线。这里有两



种情况:

第一种是企业依然不进行技术创新。此时环境污染的惩罚力度非常低,即  $C_0 < C_1$ , 同时  $C_0 < C_2 - Subs_1 - Subs_2$ 。即排污费过低以至于低于已经扣除创新带来的成本节约和政府补贴两部分后的技术创新成本。但相比没有政府补贴的情景,政府补贴的存在使得企业不采取任何措施应对环境规制的空间变小了,此时的排污费必须更低才能保证不等式的成立。换句话说,政府补贴加速了企业技术创新的进程;同样,随着环境规制逐渐加大,企业选择末端治理的可能性也变小了,因为  $C_1$  是不断提高的,而技术创新的成本除了创新成本节约抵消的部分,还有政府补贴的弥补作用。对于  $C_1 < C_2 - Subs_1 - Subs_2$ , 不等式左边继续小于右边的情况变得越来越不可能。

第二种情况是企业决定进行技术创新。随着环境规制强度的加大,企业的环境治理成本不断增加,当企业为了达到国家规定的环保标准所支付的费用超出承受范围,维持原有生产模式将无利可图甚至破产倒闭时,企业就开始通过技术革新来降低环境规制带来的负面影响。进一步又分为两种情形:一是技术创新成本较高,即使减去成本节约仍高于抵御性支出。但政府补贴恰好弥补了这部分成本,使得选择技术创新的成本反而低于抵御性支出。即  $C_0 > C_2 - Subs_1 - Subs_2$ ,  $C_1 > C_2 - Subs_1 - Subs_2$ , 其中  $C_0 < C_2$ ,  $C_1 < C_2$ 。此时企业位于图2中  $S_2 =$

$MC + C_2 - Subs_1 - Subs_2$  的位置;二是环境规制带来的成本过高,大于技术创新节约扣除成本节约的部分,即使没有政府补贴,企业也会开展技术创新活动。即  $C_0 > C_2 - Subs_2$ ,  $C_1 > C_2 - Subs_2$ 。此时政府补贴  $Subs_1$  将作为额外奖励更加激励企业技术创新,如图2的  $S'_2 = MC + C_2 - Subs_1 - Subs_2$  所示。政府补贴使得向左上方移动的供给曲线又向右下方折回移动,最后处在了产量更大、价格更低的位置。

所以,环境规制和政府补贴的配合使用促进企业更早的开展技术创新,合理的政府补贴可以提高环境规制的技术创新效果。不过以上机制机理分析涉及到排污费、末端治理成本、技术创新成本、成本节约和政府补贴5个变量,在实际经济活动中却是直接暗含在企业行为决策中的,即排污费不是足够低、末端治理相比技术创新并非最优选择、技术创新成本是已经扣除了成本节约的部分。所以,下文的实证分析在控制了一些区域经济、人力资本水平等特征变量后,对企业技术创新、政府补贴和环境规制进行耦合关系分析。

## 4 指标选择和模型构建

### 4.1 指标的选择

(1)技术创新(Patent):对技术创新的指标选择是不断变化的,大致有投入指标和产出指标两类。投入类指标表示投入与技术创新水平呈正比,例如研发经费支出;产出类指标体现的是科技创新成果,例如专利申请量、专利授权量、新产品项目数、科技项目数、新产品产值及比值等。本文选择专利申请数量作为代表指标,该指标越大说明企业的技术创新能力越强。

(2)环境规制(ER):环境规制是指政府采用严格的行政手段限制企业的非环保行为,既有命令式的排放标准要求,又有环境税、押金退款、可转让排污权等手段。所以,代表环境规制的指标有很多,通常有以下几类:①Domazlicky等所使用的不同污染物的排放强度<sup>[28]</sup>;②张成等在2011年论文中用到的污染治理设施运行费用<sup>[14]</sup>;③Zugravu等和江珂都采用的GDP/能耗<sup>[29,30]</sup>;④Keller等和沈能等分别在2002年和2012年研究中所提出的环境规制评价指标,赵细康在2014年提到的综合指数法<sup>[31-33]</sup>;⑤Low

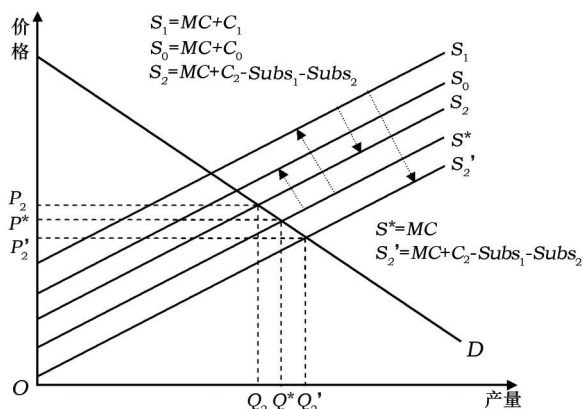


图2 加入政府补贴后环境规制下企业技术创新的成本变化

Figure 2 The cost change of technological innovation under environmental regulations and subsidy policy

2017年5月

等所使用的环境规制政策指标<sup>[34]</sup>;⑥Gray和Berman等所提到的治污投资占企业总成本或产值的比重等<sup>[35,36]</sup>。本文用第二类指标,参照赵红的研究,以每千元工业产值的污染治理成本来表示环境规制<sup>[37]</sup>。其中,污染治理成本是工业废水和工业废气污染治理设施当年的运行费用之和。环境规制( $ER_1$ )=(污染治理成本/工业总产值) $\times 1000$ 。这个比值越大说明环境规制强度越大,反之,环境规制强度较弱。在稳健性检验时,选用每千元规模以上工业企业主营业务收入所对应的治污费用作为替代指标,环境规制( $ER_2$ )=(污染治理成本/主营业务收入) $\times 1000$ 。

(3)政府补贴( $SUBS$ ):政府补贴是一种政府行为,财政拨款、贴息、税收返还、无偿划拨非货币性资产等都属于政府补贴的形式。例如王一卉所采用的“企业获得的政府技术补贴/企业全部收入”<sup>[38]</sup>;冯宗宪等所提出的“地方政府对大中型工业企业创新活动资助额/地区总科技经费筹集金额”<sup>[39]</sup>。鉴于数据统计口径的一致性和指标的可获得性,选取各地区大中型工业企业科技活动经费筹集来自于政府资金的部分作为政府补贴指标<sup>[40]</sup>。

(4)控制变量:环境规制和政府补贴因地区和企业不同而有所差异,为了消除这种影响,设定如下控制变量:

①人力资本( $L$ )。作为技术创新的重要载体和核心竞争力,选用各省大中型工业企业全时人员当量来代表。

②企业自有资金( $ENT$ )。除了政府补贴,企业自有资金对于技术创新的影响也非常关键。选用“科技经费筹集中的企业资金”来代表。

③企业规模( $Size$ )。大、小企业的创新动力不同,规模大的企业创新能力更强也更长久,小企业的创新行为往往受到很多制约。所以选用各省大中型工业企业工业总产值除以相应大中型工业企业数来表示企业规模。

④经济发展水平( $GDP$ )。中国各地区经济发展水平差异较大,经济发达省份的技术创新较为频繁,落后省份则无论从技术创新的数量还是影响力上都落后。考虑到经济实力对技术创新支持的滞后性,选取滞前一期的各省人均GDP(1997-2007年)作为控制变量。

⑤对外开放程度( $OPEN$ )。控制对外开放程度目的是避免由于创新活跃和思想意识的不同导致的估计偏差。用各省按境内目的地和货源地分货物进出口总额(千美元,根据各年人民币兑美元的年平均汇价折算)占该地区GDP(亿元)的比重,再乘以10来表示,即对外开放程度=(进出口总额/GDP) $\times 10$ <sup>[41]</sup>。

## 4.2 模型的构建

仅有的一些环境规制、政府补贴对技术创新综合影响的研究多是线性的,而单纯的考虑环境规制对企业技术创新的影响,目前还没有统一的认识,近期研究中非线性结论是主流。上文的机制分析也指出,弱环境规制下企业用于交纳排污费或末端治理的资金会在一定程度上挤占企业研发费用。但强环境规制时追求利润最大化的企业,是在比较不同方案的成本收益后才决定是否进行技术创新,环境规制和企业的技术创新之间并非简单地此消彼长。所以本文借鉴张成等2011年提出的“U型”模型,并控制一些影响企业技术创新的因素,提出环境规制和技术创新研究的基本框架模型1<sup>[44]</sup>。如公式(1)所示:

$$\ln(Patent_{it}) = \beta_0 + \beta_1 ER_{it} + \beta_2 ER_{it}^2 + \beta_3 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其次,仅就政府补贴对企业技术创新的影响而言,虽然也是存在不同观点,但经过上文的耦合影响分析可以看出,企业在进行技术创新决策时是环境规制和政府补贴共同作用的结果。所以,改造基础模型1,加入政府补贴项,构成模型2,具体如公式(2)所示。

$$\ln(Patent_{it}) = \beta_0 + \beta_1 ER_{it} + \beta_2 ER_{it}^2 + \beta_3 \ln(SUBS_{it}) + \beta_5 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

最后,为了更好地分析政府补贴在环境规制与技术创新关系中的直接及间接影响,在模型2的基础上增加政府补贴与环境规制的交互项构建模型3,如公式(3):

$$\ln(Patent_{it}) = C + \beta_1 ER_{it} + \beta_2 ER_{it}^2 + \beta_3 \ln(SUBS_{it}) + \beta_4 \ln(SUBS_{it}) \times ER_{it} + \beta_5 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

公式(1)-公式(3)中 $Patent_{it}$ 代表企业 $i$ 在第 $t$ 年的技术创新水平, $ER_{it}$ 代表的是企业 $i$ 在第 $t$ 年所处的环境规制强度。 $SUBS$ 代表企业所得到的政府技术补贴, $SUBS \times ER$ 为其与环境规制的交互项。 $X_{it}$

是一组包含控制变量的向量,包括人力资本、企业自有资金、企业规模、经济发展水平和对外开放程度; $C$ 为不随个体变化的截距项; $\beta$ 为待估参数; $\varepsilon_{it}$ 为随机误差项。为了保证数据平稳性和便于分析,环境规制和对外开放程度指标采取调整后的比值,而专利申请数量、政府补贴额度、人力资本、企业自有资金、企业平均规模、经济发展水平指标采用对数形式。

### 4.3 数据来源

不同于以往研究,本文选择以中国30个省市自治区为单元的大中型工业企业面板数据进行实证研究,出于数据缺失的原因剔除了港澳台和西藏。所有原始数据来源于《中国科技统计年鉴》<sup>[42]</sup>、《中国环境统计年鉴》<sup>[43]</sup>、《中国统计年鉴》<sup>[44]</sup>和《中国能源统计年鉴》<sup>[45]</sup>。其中专利申请量、全时人员当量、政府补贴、企业自筹资金来自《中国科技统计年鉴》<sup>[42]</sup>,工业总产值、GDP、进出口总额来自《中国统计年鉴》<sup>[44]</sup>,治污费用来自《中国能源统计年鉴》<sup>[45]</sup>。但由于2011年以后的《中国科技统计年鉴》用规模以上工业企业代替了大中型工业企业进行相关数据报告,导致专利申请量、政府补贴、企业自筹资金三项数据口径发生较大变化。而2010年以后《中国科技统计年鉴》<sup>[42]</sup>不再报告企业层面的全时人员当量。2009年和2010年的年鉴则修改了大中型工业企业政府资金的统计口径,不再从科技经费筹集角度报告,而是在R & D经费内部支出栏目下表示,企业自筹资金数据也存在同样问题。所以,本文选择

1998-2008年间的的数据来验证环境规制、政府补贴对企业技术创新的非线性耦合研究思路以及方法。未来当按照新口径统计的样本期足够长时,可以对三者关系走势进行重新的评估和测算。

## 5 实证分析与稳健性检验

### 5.1 研究变量的描述性统计

从表1变量的描述性统计来看,环境规制强度代表性指标最大值为16.471、最小值为0.815、均值为3.360,最大值和最小值之间差距较大,均值也相对较低,在稳健性检验中的替代指标也存在这样的特征,说明样本区间内中国环境规制强度存在明显的区域差异且规制强度总体偏弱,与现实情况基本一致。从对外开放程度指标看,样本期间内中国对外开放程度也存在显著的区域差异,这与各行政区的地理位置有关,沿海城市较内陆地区在对外开放程度方面有着明显的优势。政府补贴额度变化速度的最大值和最小值之间也有一定距离,说明不同地区对技术创新的扶持存在各自的特点。企业的自有资金也有很大不同,表明各类企业的选择比较全面。其他指标取值正常,均在合理的范围。

### 5.2 面板数据的平稳性检验

为了避免由于数据自身的非平稳而出现估计误差,先通过LLC方法进行单位根检验。根据表2面板数据单位根检验结果显示,模型中的各变量面板序列均拒绝了原假设,说明数据是平稳的,可以进行回归。

### 5.3 回归结果与分析

通过stata13.0对模型1-模型3进行计量回归,

表1 变量的描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables

变量	变量涵义	样本容量	最大值	最小值	均值	标准差
$\ln(Patent)$	专利申请数量(项,取自然对数)	330	10.409	1.609	6.032	1.627
$ER_1$	(污染治理成本/工业总产值) $\times 1000$ ,每千元工业产值的污染治理成本	330	16.471	0.815	3.360	1.731
$ER_2$	(污染治理成本/主营业务收入) $\times 1000$ ,每千元企业主营业务收入所对应的治污费用	330	16.098	0.870	3.420	1.748
$\ln(SUBS)$	政府补贴(万元,取自然对数)	330	12.252	2.708	9.492	1.447
$\ln L$	全时人员当量(人年,取自然对数)	330	15.740	7.936	12.476	1.409
$\ln(ENT)$	企业自有资金(万元,取自然对数)	330	12.087	4.443	9.185	1.273
$\ln(Size)$	企业工业总产值(万元)/工业企业数(个),取自然对数	330	11.790	9.205	10.503	0.647
$\ln(GDP)$	人均GDP(元/人,取自然对数)	330	11.036	7.719	9.179	0.651
$OPEN$	(进出口总额/GDP) $\times 10$	330	16.682	0.405	3.121	3.730



2017年5月

并进行 Hausman 检验,三个模型均支持固定效应。30个省市自治区中,环境规制和政府补贴对大中型工业企业技术创新的作用效果如表3所示。

模型1的回归结果显示,环境规制和技术创新

表2 面板数据单位根检验结果

Table 2 Panel data unit root test

变量	LLC 检验	
	统计量	P 值
$\ln(Patent)$	-10.611***	0.000
$ER$	-4.069***	0.000
$ER^2$	-4.125***	0.000
$\ln(SUBS)$	-5.780***	0.000
$\ln(ENT)$	-11.694***	0.000
$\ln L$	-11.686***	0.000
$\ln(Size)$	-4.037***	0.000
$\ln GDP$	-3.655***	0.000
$OPEN$	-3.360***	0.000
$\ln(SUBS) \times ER$	-3.312***	0.001

注:\*\*\*、\*\*分别表示在1%和5%的水平下显著。

表3 回归结果

Table 3 Regression results

变量	模型1	模型2	模型3
$ER$	-0.138** (0.055)	-0.138** (0.055)	-0.501*** (0.147)
$ER^2$	0.009** (0.004)	0.009** (0.004)	0.007* (0.004)
$\ln(SUBS)$		-0.106 (0.073)	-0.202** (0.080)
$\ln(ENT)$	0.587*** (0.120)	0.580*** (0.120)	0.606*** (0.119)
$\ln L$	0.208** (0.098)	0.232** (0.099)	0.168* (0.101)
$\ln(Size)$	0.075 (0.160)	0.053 (0.161)	0.044 (0.159)
$\ln GDP$	0.622** (0.311)	0.779** (0.328)	0.763** (0.325)
$OPEN$	0.102*** (0.030)	0.104*** (0.030)	0.116*** (0.030)
$\ln(SUBS) \times ER$			0.042*** (0.016)
$R^2$	0.789	0.790	0.795
$Adj-R^2$	0.763	0.764	0.769
F统计量	156.410	137.660	125.720

注:1.括号内中的数字表示标准差;2.\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%、10%的显著性水平下通过了检验。

之间的关系是非线性的,技术创新随着环境规制强度的增加而呈现出先下降后上升的趋势,即正“U型”的变动态势,其拐点为7.667。即在其他条件不变的情况下,当每千元工业产值的污染治理成本为7.667元时,环境规制对企业技术创新的影响将从消极的负面作用转为积极地推动作用,这一点和前文的预测基本符合。印证了环境规制对企业技术创新存在双向影响的观点。所以若想发挥环境规制的积极作用,必须合理设定环境规制的强度。支持了张成等和孙伟等的研究结论<sup>[14,26]</sup>。从各省的基本情况看,表1中1998-2008年环境规制指标的平均值为3.360,小于拐点7.667,位于拐点的左侧,说明此阶段国内大部分地区环境规制的强度尚处于挤占企业创新成本、负效应明显的区域,有加强环境规制强度的要求。

环境规制和政府补贴对于企业技术创新的耦合作用主要参考模型2、模型3的结果。模型2与模型1的回归结果相比,环境规制的一次项、二次项系数以及显著性没有本质变化,其他控制变量的系数和显著性也没有较大差别。不过,政府补贴与企业的技术创新之间呈现的是不显著的负相关关系,这表示在环境规制下政府补贴对企业技术创新的直接影响微乎其微。但不能因此就认为针对技术创新的政府补贴是没有用的。

模型3是本文研究的主要模型,如表3最后一列所示,环境规制与技术创新之间的关系依然是显著的正“U型”。即当环境规制强度达到一定程度时,企业才会进行技术创新,这与模型1结论相同。但弱化环境规制的负面影响,强化环境规制对企业技术创新的诱导才是政府干预的终极目标。模型3中加入政府补贴变量,意在通过政策优势互补使企业尽早展开技术创新。也就是说,模型3比模型1的进步之处在于通过适度的补贴移动模型3的拐点,使其位于7.667的左侧。经测算, $\ln SUBS$ 的值需大于9.373。这个环境规制强度弱于模型1中的环境规制强度,也就是说模型3降低了技术创新发生的条件。根据1998-2008年中国30个省市自治区大中型工业企业所获政府补贴的数据看, $E(\ln SUBS)$ 为9.492,大于模型3临界点要求下的拐点9.373,说明样本期内的中国大部分地区大中型工业企业所

获得的政府补贴基本满足改善环境规制诱发技术创新的条件,有助于企业摆脱环境规制成本负担,开展技术创新活动。

另一方面,加入了政府补贴和环境规制的交互项之后,政府补贴变量前的系数由模型2中的不显著为负变为显著为负,而交互项前面的系数显著为正。说明政府补贴对企业技术创新的影响通过环境规制显现出来。但保证政府补贴对企业技术创新发挥积极作用的前提条件是,模型3中的 $\beta_3 \ln(SUBS_{it}) + \beta_4 \ln(SUBS_{it}) \times ER_{it} > 0$ 。在其他条件不变的情况下,当环境规制强度大于4.810时,上式成立,即保证政府补贴对企业技术创新发挥正向影响。否则,当环境规制强度低于4.810时,环境规制给企业带来的负面影响低于企业技术创新带来的收益,企业就会选择抵御性支出。此时的政府补贴基本会被用到支付排污费或罚款、末端治理上,而非生产工艺的改进和产品的创新等方面,属于较低级的技术创新行为;若没有政府补贴,企业就会减少产量提升价格,以此保证自身的正常利润。当环境规制强度大于4.810时,政府补贴恰好在补充企业技术创新资金上发挥积极作用,实现了环境规制的技术创新导向。相应的,在保证环境规制拐点位于4.810右侧时,政府补贴应满足 $\ln SUBS < 10.325$ 。

经过上述分析,1998-2008年间环境规制和政府补贴在耦合作用下若产生积极地效应,存在以下两个范围区间。第一,环境规制强度大于4.810;第二,政府补贴在调节环境规制和技术创新之间的关系中,只有在[9.373, 10.325]区间发挥积极作用。满足上述两个条件下,环境规制和政府补贴对企业技术创新的综合政策效果最为理想。

此外控制变量对于企业技术创新也有较为显著地影响。除对外开放外,其余控制变量前的系数都代表了弹性。经分析可以发现,在其他条件不变的情况下,企业的自有资金、人力资本、经济发展水平每增加(或者减少)1%,专利申请数量都会分别增加(或减少)0.606、0.168、0.763。也就是说,企业的自有资金增多会使技术创新的资金投入更加充沛。人力资本作为知识的重要载体,研发和技术工人水平的提高增加技术创新成功的概率。地区经

济发展水平和对外开放程度也对技术创新有积极影响。一个地区越开放,所受的冲击和接受的新生事物越多,各类先进生产要素才能集聚于此。但是从模型1-模型3的所有回归中,企业规模对技术创新的影响均不显著,说明在本文研究框架下,企业规模对技术创新的作用不大。这方面与孙伟等的观点一致<sup>[26]</sup>。

## 5.4 稳健性检验

为了保证研究结果的科学性,通过两种方法进行稳健性检验。一是更换重要解释变量,即用每千元规模以上工业企业主营业务收入治污费用取代原有指标来表示环境规制,进行再次回归。如表4方法一稳健性检验所示,其回归结果和上文已有的结论基本一致,环境规制对技术创新的影响依然呈现正“U型”,回归系数的符号和显著性没有变化,特别是交互项的系数也显著为正。二是用剔除部分样本。中国幅员辽阔,再加上特殊的地理位置和历

表4 方法一稳健性检验回归结果

变量	模型1	模型2	模型3
<i>ER</i>	-0.155*** (0.056)	-0.155*** (0.056)	-0.543*** (0.144)
<i>ER</i> <sup>2</sup>	0.010** (0.004)	0.010** (0.004)	0.008* (0.004)
<i>ln(SUBS)</i>		-0.106 (0.072)	-0.211*** (0.080)
<i>ln(ENT)</i>	0.586*** (0.120)	0.579*** (0.120)	0.609*** (0.119)
<i>lnL</i>	0.204** (0.098)	0.227** (0.099)	0.156 (0.101)
<i>ln(Size)</i>	0.068 (0.160)	0.046 (0.156)	0.035 (0.158)
<i>lnGDP</i>	0.636** (0.309)	0.792** (0.327)	0.777** (0.323)
<i>OPEN</i>	0.101*** (0.030)	0.103*** (0.030)	0.116*** (0.030)
<i>ln(SUBS) × ER</i>			0.045*** (0.015)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.790	0.792	0.797
<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	0.764	0.765	0.771
<i>F</i> 统计量	157.400	138.530	127.210

注:1.括号内中的数字表示标准差;2.\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%、10%的显著性水平下通过了检验。



2017年5月

史因素等原因,各地区经济发展水平、对外开放程度等方面存在较大的差异。其中,广东、上海、天津、江苏等地的对外开放程度很高,而河南、湖南、青海、贵州等地的对外开放程度较低,在1998-2008年期间广东平均的对外开放程度水平为14.338,而河南的平均对外开放水平则只有0.606,前者大约是后者的23.660倍。为避免这些样本对研究结论的影响,剔除部分异常样本:首先计算出样本期内各省市对外开放程度的均值,然后把均值按从大到小的顺序进行排序,把排在最前边的两个和排在最后边的两个省市剔除掉,剔除掉的4个样本分别为广东、上海、河南和湖南四个省市,最终剩下26个样本。然后对这些样本再进行回归,具体结果如表5方法二稳健性检验所示。除了人力资本变量变得不显著之外,其他变量的回归系数及符号与显著性均没有太大变化,与前文研究结论基本一致。通过检验说明本文的回归结果是比较稳健的。

表5 方法二稳健性检验回归结果

Table 5 Method II Robust test tegression results

变量	模型1	模型2	模型3
<i>ER</i>	-0.168*** (0.059)	-0.169*** (0.059)	-0.523*** (0.155)
<i>ER</i> <sup>2</sup>	0.011*** (0.004)	0.011** (0.004)	0.009** (0.004)
<i>ln(SUBS)</i>		-0.096 (0.079)	-0.194*** (0.087)
<i>ln(ENT)</i>	0.549*** (0.133)	0.546*** (0.133)	0.567*** (0.132)
<i>lnL</i>	0.188* (0.106)	0.209* (0.107)	0.137 (0.110)
<i>ln(Size)</i>	0.117 (0.175)	0.100 (0.175)	0.096 (0.174)
<i>lnGDP</i>	0.647* (0.345)	0.778** (0.361)	0.765** (0.357)
<i>OPEN</i>	0.092** (0.044)	0.094** (0.044)	0.113** (0.044)
<i>ln(SUBS) × ER</i>			0.041** (0.017)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.770	0.772	0.777
<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	0.741	0.742	0.748
<i>F</i> 统计量	121.190	106.430	97.170

注:1. 括号内中的数字表示标准差;2. \*\*、\*和\*分别表示在1%、5%、10%的显著性水平下通过了检验。

## 6 结论及政策建议

### 6.1 结论

本文在环境规制、政府补贴对企业技术创新的耦合作用分析基础上,构建了3个固定效用模型,选择中国30个省份(除港澳台和西藏外)大中型工业企业1998-2008年的面板数据进行计量分析和验证,得出环境规制、政府补贴对企业技术创新综合影响的相关结论:

(1)环境规制对企业技术创新单层影响上存在非线性的“U型”关系。在其他条件不变的情况下,企业的技术创新水平会随着环境规制强度的增加呈现先下降后上升的态势,环境规制存在阶段性拐点,1998-2008年间的拐点处环境规制强度为7.667。

(2)实际中企业技术创新决策是政府多政策共同干预的结果,往往受环境规制和政府补贴的双重影响,而政府补贴的出台本身就具有一定的政策互补含义。从缓解规制负面影响的角度,政府补贴在配合环境规制对企业技术创新发挥促进作用上存在一个适度区间,1998-2008年间中国政府补贴的适度范围为[9.373,10.325]。同时,此阶段环境规制强度存在下线,需大于4.810。

### 6.2 政策建议

根据以上结论提出以下政策建议:

(1)重视环境规制、政府补贴对企业技术创新影响的非线性关系,有差异的调整环境规制政策。从本文的模型估计结果看,样本期间内中国各省的环境规制强度相对较弱,大都处于“U型”拐点的左侧,即环境规制政策更多发挥着负面作用,处在遏制企业技术创新的阶段,且地区间的差异较为明显。所以,“十二五”以来国家对工业企业生产环保标准的不断提高,大批能耗大、污染大的企业关停并转,基本符合环境规制强度加大倒逼企业技术创新的逻辑。同时建议政府相关部门:在未来尝试设立一个环境规制指标的基准线,以后每年据此测算,在当期进行下一期的调整;二是根据每个省市自治区产业结构的差异设定不同的环境规制强度,切忌“一刀切”。例如,重化工业大省节能减排任务较重,转型成本较高。若提高相应的排污要求和清洁生产水平,需以各地区稳步进入环境规制有利于技术创新的区间为原则。

(2)明确政府补贴的适度区间。由于创新的正外部性特征,再加上环境规制对企业研发资金的挤占效应,企业技术创新天然的存在供给不足问题。所以,政府从平衡和弱化环境规制对技术创新负面影响的角度,可以通过适度的资金支持和政策扶持与之形成优势互补。1998-2008年中国大部分地区的政府补贴额度是能满足这一要求的,进一步支持了提高环境规制强度和增加政府补贴政策的组合使用。但政府补贴并非越多越好,在与环境规制的配合使用中存在临界值和有效范围。当环境规制跨越了拐点,进入了激励技术创新的阶段,针对技术创新的政府补贴可以相应的减少,甚至取消。建议先建立一个各省政府补贴额度的标准,将环境规制强度纳入到指标体系;其次,考虑到地区差异,重点针对还没有进入到技术创新有效区间的省份加大补贴力度,减少不必要省份的补贴,将政府资金投入社会更为稀缺的领域或者公共服务领域;再次,加快完善排污权交易市场和相关管理机制,规避企业逆向寻求补贴的行为,确保政府补贴发放和使用的透明性和有效性。

(3)摒弃过去过于担心环境规制负面影响的观点,鼓励企业利用有利政策进行自主创新。由于长久以来国内资源环境的定价过低,甚至是不考虑资源环境成本,使得很多中国企业养成了“宁愿支付罚款而继续从事污染环境、附加值低的生产,而不愿意去开展工艺改进和产品创新”的习惯。即使是现在,国内大部分工业企业的创新力仍然十分匮乏,其实根据环境规制和政府补贴耦合作用模型,在一定条件下企业是可以通过技术创新实现更多的盈利,从抵御性支出过渡到绿色创新模式是实现收益和环保双赢的有效途径。

(4)从研究思路和方法上看,多政策的混合影响分析将是未来产业政策研究的热点之一,单项政策的制定和实施需要考虑其他具有较强关系的政策影响。在政策效果评估方面,简单的线性关系在一定程度上存在局限,定性式的分析对实践的指导意义也越来越差,产业政策的研究会逐渐的过渡到复杂的非线性分析中。

最后,由于数据的搜集和选择问题,本文拐点的发现和补贴适度空间的界定对现阶段环境规制

和政府补贴调整的直接指导作用不强。随着未来经济发展环境的改变,环境规制、政府补贴对企业技术创新影响的趋势将不断变化,相关分析也有必要延伸到地市级层面。所以,在新时期数据积累和指标处理逐渐完善的基础上,可以根据现有的研究思路和方法展开更为贴近实际的研究。

## 参考文献(References):

- [1] Brännlund R, Färe R, Grosskopf S. Environmental regulation and profitability: an application to Swedish pulp and paper mills [J]. *Environmental and Resource Economics*, 1995, 6(1): 23-36.
- [2] Nakano M. Can environmental regulation improve technology and efficiency?: an empirical analysis using the Malmquist productivity index[J]. *Eaere*, 2003, 6: 28-30.
- [3] Walley N, Whitehead B. It's not easy being green[J]. *Harvard Business Review*, 1994, 72(3): 46-51.
- [4] Christensen B G, Haveman H R. Contribution of environmental regulations to the slowdown in productivity growth[J]. *Journal of Environmental Economics & Management*. 1981, 8(4): 381-390.
- [5] Clift R, Wright L. Relationships between environmental impacts and added value along the supply chain[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2000, 65(3): 281-295.
- [6] Gray W B, Shadbegian R J. Plant vintage, technology, and environmental regulation[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2003, 46(3): 384-402.
- [7] Jaffe A B, Palmer K. Environmental regulation and innovation: a panel data study[J]. *Review of Economics and Statistics*, 1997, 79(4): 610-619.
- [8] Campbell N. Does trade liberalization make the Porter Hypothesis less relevant?[J]. *International Journal of Business and Economics*, 2003, 2(2): 129-140.
- [9] Ambec S, Barla P. Can environmental regulations be good for business? An assessment of the Porter hypothesis[J]. *Energy Studies Review*, 2006, 14(2): 601-610.
- [10] Greenstone M, List J A, Syverson C. The effects of environmental regulation on the competitiveness of U.S. manufacturing [R]. Cambridge: NBER Working Paper. 2012.
- [11] 王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 环境管制与全要素生产率增长: APEC的实证研究[J]. *经济研究*, 2008, 5(1): 19-32. [Wang B, Wu Y R, Yan P F. Environmental regulation and total factor productivity growth: An empirical study of the APEC Economies[J]. *Economic Research Journal*, 2008, 5(1): 19-32.]
- [12] 李树, 陈刚. 环境管制与生产率增长——以 APPCL2000 的修

2017年5月

- 订为例[J]. 经济研究, 2013 (1): 17-31. [Li S, Chen G. Environmental regulation and the growth of productivity in China——Evidence from the revision of Air Pollution Prevention and Control Law in 2000[J]. *Economic Research Journal*, 2013(1): 17-31.]
- [13] 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视角[J]. 中国工业经济, 2012 (5): 70-82. [Li L, Tao F. Selection of optimal environmental regulation intensity for Chinese manufacturing industry——Based on the green TFP perspective[J]. *China Industrial Economics*, 2012 (5): 70-82.]
- [14] 张成, 陆旸, 郭路, 等. 环境规制强度和生产技术进步[J]. 经济研究, 2011 (2): 113-124. [Zhang C, Lu Y, Guo L, et al. The intensity of environmental regulation and technological progress of production[J]. *Economic Research Journal*, 2011 (2): 113-123.]
- [15] 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. [Wang J, Liu B. Environmental regulation and enterprises' TFP——An empirical analysis based on China's industrial enterprises data[J]. *China Industrial Economics*, 2014 (3): 44-56.]
- [16] Martin S. R & D joint ventures and tacit product market collusion [J]. *European Journal of Political Economy*, 1996, 11 (4): 733-741.
- [17] Hewitt-Dundas N, Roper S. Output additionality of public support for innovation: evidence for Irish manufacturing plants [J]. *European Planning Studies*, 2010, 18(1): 107-122.
- [18] Feldman M P, Kelley M R. The ex ante assessment of knowledge spillovers: Government R&D policy, economic incentives and private firm behavior[J]. *Research Policy*, 2006, 35 (10): 1509-1521.
- [19] Kleer R. Government R&D subsidies as a signal for private investors[J]. *Research Policy*, 2010, 39(10): 1361-1374.
- [20] 王业斌. 政府投入、所有制结构与技术创新——来自高技术产业的证据[J]. 财政监督, 2012 (4): 70-72. [Wang Y B. Government investment, ownership structure and technological innovation——Evidence from high-tech industry[J]. *Financial Supervision*, 2012 (4): 70-72.]
- [21] Cohen L R, Noll R G. The technology pork barrel[M]. Washington, DC: Brookings Institution Press, 1991.
- [22] Goolsbee A. Does government R&D policy mainly benefit scientists and engineers[J]. *American Economic Review*, 1998, 88 (2): 298-302.
- [23] Guellec D, Van Pottelsberghe B. The impact of public R & D expenditure on business R & D[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2003, 12(3): 225-243.
- [24] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响——基于补贴强度“适度区间”的视角[J]. 中国工业经济, 2015 (6): 94-107. [Mao Q L, Xu J Y. The effect of government subsidy on firms' new product innovation——An analysis based on the moderate interval of subsidy intensity[J]. *China Industrial Economics*, 2015(6): 95-107.]
- [25] 何小钢. 绿色技术创新的最优规制结构研究——基于研发支持与环境规制的双重互动效应[J]. 经济管理, 2014 (11): 144-153. [He X G. Research on optimal regulation structure of green technology innovation——Based on the dual interactive effect of R&D support and environmental regulation[J]. *Economic Management Journal*, 2014(11): 144-153.]
- [26] 孙伟, 江三良, 韩裕光. 环境规制、政府投入和技术创新——基于演化博弈的分析视角[J]. 江淮论坛, 2015, 270(02): 34-38. [Sun W, Jiang S L, Han Y G. Environmental regulation, government input and technology innovation——An analysis based on evolutionary game[J]. *Jianghuai Tribune*, 2015, 270 (02): 34-38.]
- [27] 江炎骏, 杨青龙. 地方政府干预、环境规制与技术创新——基于我国省际面板数据的研究[J]. 安徽行政学院学报, 2015 (3): 35-39. [JIANG Y J, YANG Q L. Local government intervention, environmental regulation and technological innovation [J]. *Journal of Anhui Administration Institute*, 2015(3): 35-39.]
- [28] 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): 301-324.
- [29] Zugravu N, Ben Kheder S. The pollution haven hypothesis: A geographic economy model in a comparative study[R]. Milano: FEEM Working Paper. 2008.
- [30] 江珂. 环境规制对中国技术创新能力影响及区域差异分析——基于中国 1995-2007 年省际面板数据分析[J]. 中国科技论坛, 2009 (10): 28-33. [Jiang K. Impacts of environmental regulations on China's technological innovation capacity and regional disparities: An analysis based on 1995-2007 panel data in China[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2009 (10): 28-33.]
- [31] Keller W, Levinson A. Pollution abatement costs and foreign direct investment inflows to U.S. states[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2002, 84(4): 691-703.
- [32] 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): 49-59. [Shen N, Liu F C. Can intensive environmental regulation promote technological innovation?: "Porter Hypothesis" reexamined[J]. *China Soft Science*, 2012(4): 49-59.]
- [33] 赵细康. 环境政策对技术创新的影响[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2004, 4(1): 24-28. [Zhao X K. Environmental regulation and technical innovation[J]. *Journal of China Univer-*



- sity of Geosciences (Social Sciences Edition), 2004, 4(1): 24-28.]
- [34] Low P, Yeats A. Do "dirty" industries migrate?[A]. Low P. International Trade and the Environment[C]. Washington, DC: World Bank, 1992: 89-104.
- [35] Gray W B. The cost of regulation: OSHA, EPA and the productivity slowdown[J]. *The American Economic Review*, 1987, 77(5): 998-1006.
- [36] 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.
- [37] 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. [Zhao H. Empirical study impact of environmental regulation on enterprises' technological innovation——take large and medium-sized industrial enterprises in 30 provinces of China for an example[J]. *Soft Science*, 2008(6): 121-125.]
- [38] 王一卉. 政府补贴、研发投入与企业创新绩效——基于所有制、企业经验与地区差异的研究[J]. *经济问题探索*, 2013(7): 138-143. [Wan Y H. Government subsidy, R&D investment and enterprise innovation performance: A study based on ownership, enterprise experience and regional difference[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2013(7): 138-143.]
- [39] 冯宗宪, 王青, 侯晓辉. 政府投入、市场化程度与中国工业企业的技术创新效率[J]. *数量经济技术经济研究*, 2011, 28(4): 3-17, 33. [Feng Z X, Wang Q, Hou X H. Government investment, degree of marketization and technological innovation efficiency of China's industrial enterprises[J]. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2011, 28(4): 3-17, 33.]
- [40] 肖文, 林高榜. 政府支持、研发管理与技术创新效率——基于中国工业行业的实证分析[J]. *管理世界*, 2014(4): 71-80. [Xiao W, Lin G B. Government support, R&D management and technological innovation efficiency: An empirical analysis based on Chinese industry[J]. *Management World*, 2014(4): 71-80.]
- [41] 朱华友, 王文鹏. 环境规制、对外开放与自主创新——基于省级动态面板数据的实证研究[J]. *经济问题探索*, 2015(12): 33-44. [Zhu H Y, Wang W P. An Empirical Study about environmental regulation, opening-up and independent innovation——Based on inter-provincial dynamic panel data[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2015(12): 33-44.]
- [42] 国家统计局, 科学技术部. 中国科技统计年鉴 1999-2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999-2009. [National Bureau of Statistics, Ministry of Science and Technology. China Statistical Yearbook on Science and Technology 1999-2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 1999-2009.]
- [43] 国家统计局, 环境保护部. 中国环境统计年鉴 1999-2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999-2009. [National Bureau of Statistics, Ministry of Environmental Protection. China Statistical Yearbook on Environment 1999-2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 1999-2009.]
- [44] 国家统计局. 中国统计年鉴 1998-2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999-2009. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook 1998-2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 1998-2009.]
- [45] 国家统计局, 能源统计司. 中国能源统计年鉴 1999-2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999-2009. [National Bureau of Statistics, Department of Energy Statistic. China Energy Statistic Yearbook 1999-2009[M]. Beijing: China Statistic Press, 1998-2009.]

## Coupling induction of environmental regulation and government subsidy on enterprise technological innovation

YUAN Lijing, ZHENG Xiaofan

*(Institute of Economic and Social Development, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China)*

**Abstract:** Although lots of countries are committed to win-win development of environmental protection and economy growth, the gap between regulatory results and objectives shows that the study about the field still needs to go further. More attention has been paid to the single-layer relationship between environmental regulation and enterprise technological innovation, while the coupling induction of multi-policy was ignored. Nowadays one of the trends in the analysis of policy impact mechanisms is multi-policy study, since business decisions are the result under multiple policies in practice, and the effectiveness of individual policies is closely related to other policies. This paper analyzes the coordinative role of government subsidy between environmental regulation and enterprise technological innovation based on complementary advantages, and constructs a comprehensive influence model of environmental regulation and government subsidy to enterprise technological innovation. The study finds that the government subsidy does not affect the U-shaped relationship between environmental regulation and enterprise technological innovation, but the appropriate government subsidy can weaken the negative impact of environmental regulation on technological innovation and promote enterprises to implement technological innovation earlier. Through the analysis of large and medium-sized industrial enterprises in 30 provinces during 1998-2008, the paper puts forward the threshold of the intensity of China's environmental regulation and the moderation range of government subsidy, and then proposes the adjustment plan of environmental regulation and government subsidy in different provinces, which contributes to related research and policy development.

**Key words:** environmental regulation; government subsidy; technological innovation; coupling induction