
不同类型环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响比较研究——以长江经济带为例^{*1}

郭庆宾^{1, 2} 刘琪² 张冰倩^{3*}

(1. 中南财经政法大学应用经济学博士后流动站, 湖北武汉 430073;

2. 湖北大学商学院, 湖北武汉 430062;

3. 广西大学商学院, 广西南宁 530004)

【摘要】: 基于 2003 ~ 2014 年长江经济带的省际面板数据探讨了不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响, 通过熵值法客观赋权, 构建命令控制型、市场激励型和自愿参与型 3 种环境规制指数, 进一步考察了不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出的影响。研究表明: (1) 环境规制对国际 R&D 溢出水平呈现“反 N 型”曲线关系, 虽然类型不同, 但随着环境规制强度不断提升, 国际 R&D 溢出效应均呈现先下降、后上升、再下降的趋势; (2) 不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出的作用具有异质性, 当前在长江经济带发挥作用的主要是命令控制型和市场激励型环境规制, 自愿参与型环境规制对国际 R&D 溢出效应的激励作用尚未完全显现。结论在一定程度上印证了“波特假说”在开放条件下也是成立的, 最后依据上述结论提出了相应的政策建议。

【关键词】: 环境规制; 国际 R&D 溢出效应; 长江经济带

【中图分类号】: F062 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004-8227(2017)11-1752-09

DOI: 10. 11870 /cjlyzyyhj201711004

十八大以来, 中国不断提高环境保护力度, 划定生态保护红线、实行资源有偿使用制度和生态补偿制度、改革生态环境保护管理体制, 一方面倒逼企业通过技术升级改进生产方式来减少污染, 另一方面也可能会挤占企业用于技术改造的资本, 从而抑制技术创新, 因此, 研究环境规制对技术进步的影响成为一个热点问题^[1, 2]。1995 年美国哈佛教授 Porter^[3] 研究了环境规制对技术创新的影响, 认为强度适宜的环境规制可以兼顾环保和创新, 此后“波特假说”在学术界被热烈讨论^[4~6], 近年来考察不同类型的环境规制对技术创新的影响成为了相关领域的学术前沿。在开放经济条件下, 一个国家的技术进步不仅依赖于国内的技术创新和研发投入, 还依赖于国际 R&D 溢出效应。很多发展中国家希望通过国际 R&D 溢出效应来学习发达国家的先进技术, 进而提升本国的技术水平。那么, 在这一背景下, 不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响则是一个值得探究的问

¹ 收稿日期: 2017-04-07; 修回日期: 2017-05-25

基金项目: 国家社会科学基金项目(14CJL037) [National Social Science Foundation of China (14CJL037)]

作者简介: 郭庆宾(1984 ~), 男, 博士后, 副教授, 主要从事技术经济学、区域经济学研究。 E-mail: gqbhust@aliyun. com

* 通讯作者 E-mail: zbq_bessie@qq. com

题。

自 2014 年建设长江经济带被写入政府工作报告中后,长江流域的生态保护和创新发展就受到了较多关注。一方面长江经济带地理位置优越,不仅关系到东中西互动合作和协调发展,而且影响到沿海沿江沿边全方位对外开放的新格局,同时也是中国创新驱动的策源地。另一方面长江经济带目前由于过度开发,生态环境不容乐观。因此,充分发挥绿色 GDP 的指挥棒作用,建立务实有效的环保制度,加强对长江流域的环境保护迫在眉睫,习总书记也在讲话中指出长江经济带的发展必须走“生态优先、绿色发展”的道路。面对日趋严峻的环境保护攻坚战,政府在实践中不断摸索,如何在保证资源环境可持续的前提下,兼顾经济发展,这就需要技术创新。本文以长江经济带为考察对象,研究不同类型的环境规制对国际 R & D 溢出效应的影响,不仅可以补充现有的理论研究,而且可以为长江经济带地区有针对性地制定环境政策制定提供一定决策支持。

新古典经济学家认为,环境规制可以改善整个社会的环境质量,提升社会整体福利,但是会提高企业的生产成本,对创新产生“挤出效应”^[6]。但是也有经济学家认为环境规制可以促进创新,如 Jaffe 等^[7]发现环境规制对企业的研发支出有正向促进作用。Hotte 等^[8]研究在日本制造业对工业固体废物施加一定规制之后,发现生产率没有增长,而是带来了技术创新。更多的学者对“波特假说”进行了研究,这一理论认为“严格而适宜”的环境规制可以促进企业创新,弥补企业的生产成本。一定程度的环境规制可以激发被管制企业创新,产生“创新补偿作用”,减少生产费用,提高产品质量,从而使国内企业在国际市场上获得竞争优势,提高生产效率。Zárate-Marco 等^[9]使用西班牙的面板数据为“波特假说”提供了经验支持,验证了严格的环境税政策比强制的环境监管更能提高生产力,因为企业减少纳税可以推动企业的组织和技术的变革。Hayashida^[3]使用 2002 ~ 2013 年日本国内制造业部门的面板数据,发现环境规制和环境相关的研发开支呈现非线性关系,即在短期内增加环境规制强度,制造业将会提高研发比例,从而有利于创新,但是当环境法规变得太过严格时,相关研发比例会逐渐降低,甚至相关投资会转移到国外。李斌等^[10]发现环境规制与治污技术创新之间存在“U”型关系,提高环境规制强度有利于创新,FDI 的引进可以促进治污技术创新,但环境规制过于严苛不利于 FDI 引进。王杰等^[11]发现环境规制和全要素生产率符合“反 N 型”关系,因为较弱的环境规制不够激发企业的创新动机,过强的规制政策也不利于创新,都会降低企业的生产效率,只有合理范围中的环境规制强度才能激发创新,提升全要素生产率。还有部分学者则认为环境规制对于技术创新的影响主要取决于产业结构、环境规制强度、经济发展水平等。郭际等^[1]利用中国 2003 ~ 2012 年中国省际面板数据,发现环境规制对技术创新的影响存在显著的地区差异,环境规制的增强抑制了东部地区的技术创新,促进了西部地区的创新。

关于国际 R & D 溢出对技术创新的影响方面,学者们也从不同角度进行了探索。Coe 等^[12]发现一国开放程度越高,进口渠道的国际 R & D 溢出对其技术进步的促进作用越大,且国际 R & D 溢出对技术进步的激励作用要大于国内技术研发。Hejazi 等^[13]利用 OECD 国家的数据发现 1970 年至 1990 年间从美国流入 OECD 国家的 FDI 通过研发溢出效应显著提升了东道国企业的生产效率。Schiff 等^[14]通过对发展中国家产业数据进行实证分析,发现发达国家的 R & D 通过贸易可以显著提高发展中国家的生产率。同时,国内学者也做了相关研究。李平等^[15]验证了进口和外资渠道的技术溢出可以提升生产效率,并且其对技术进步的影响存在显著的地区差异。上官绪明^[16]利用中国 1998 ~ 2013 年面板数据,并使用工具变量法证实国际 R & D 溢出效应显著促进了省际技术进步。张云等^[17]发现国际 R & D 效应可以显著促进中国高技术产业技术创新。实际上,国际 R & D 溢出渠道还有国际期刊、专利许可、工业间谍等,但由于计量的困难和数据的相对缺乏,研究比较有限。

在环境规制工具的选择上,国外学者也展开了激烈的讨论。Requate 等^[18]比较了不同的环境规制工具对企业采用减排技术的激励,环境税比许可有更强的激励作用,拍卖和免费许可相同,排放标准可能比许可激励作用更强。Coria 等^[19]比较了环境税和可交易许可证对企业技术变革的影响,认为选择环境规制工具应该考虑的一个因素是能否鼓励受监管的企业采用新的减排技术,而基于市场激励的环境工具被大量采用的原因是它们的动态激励效果,对污染排放附加明确的价格,从而激励企业持续投资于减少污染排放的技术。李斌等^[20]使用中国 1999 ~ 2010 年省级面板数据,研究发现基于市场的环境规制工具比命令式的环境规制更能促进环境技术进步,市场激励型环境规制工具通过直接效应和技术创新间接效应,可以实现更低的排放水平,因此得出环境规制工具对环境技术创新具有空间异质效应。张平等^[21]比较了费用型环境规制和投资型环境规制对技术进步的影响,得出费用型环境规制对技术创新产生了“挤出效应”,而投资型环境政策工具则对创新产生了“激励效应”。

对国内外学者的研究成果进行大致梳理，可以目前环境规制对技术进步的影响相关研究已经比较丰富，现有文献通常以一种或两种环境规制工具做为环境规制的代理变量，将环境规制作为一个整体从总量上进行研究，很少有将环境规制工具分类讨论并比较，因此给出的建议也比较笼统，缺乏针对性。那么不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应有什么样的影响？目前学术界对于这一问题的研究还比较少，比较相关的研究也是以一个或两个环境规制工具作为环境规制的代理变量，来考察环境规制对国际 R&D 溢出的影响^[22]。因此，本文在研究环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响时，不仅将研究范围锁定在长江经济带，而且还将环境规制进一步分类，为政府更有针对性地规制环境污染提供一定借鉴参考。

1 数据来源和指标选取

1.1 数据来源和变量说明

本文考虑到数据的可得性，将样本期选择在 2003 ~ 2014 年期间。特别需要说明的是，由于长江经济带的定义在数十年内发生了一些变化，因此，为了使本文的研究对象进一步明确，根据 2014 年 9 月 12 日《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》，长江经济带统计范围为上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州等 11 省市。原始数据来源于历年《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、国研网数据库、CEIC 数据库、《World Investment Report》、《OECD Fact book》、World Development Indicators(WDI) 数据库、长江经济带各省市的地方统计年鉴等。

(1) 国际 R&D 溢出 IMS_{it} 和 FDIS_{it}

关于国际 R&D 溢出存量的来源，本文借鉴郭庆宾等^[23]研究国际 R&D 溢出的做法，根据一国或地区进口和 FDI 的主要来源和各国研发存量多少，选取 G7 和韩国等十个国家或地区作为研究样本，考察基于进口贸易和 FDI 渠道的国际 R&D 溢出效应。针对这些来源国或地区的 R&D 溢出，本文采用 Lichten berg 等^[24]的测度进口贸易和 FDI 渠道的国际 R&D 溢出存量方法，即：

$$IMSP_{it} = \sum_{j \neq i} \frac{M_{ijt}}{Y_j} SD_{jt} \quad (1)$$

$$FDISP_{it} = \sum_{j \neq i} \frac{FDI_{ijt}}{Y_j} SD_{jt} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中：IMSP_{it}是国家或地区 i 在第 t 年通过进口贸易渠道获得的国际 R&D 溢出存量；FDISP_{it}表示国家或地区 i 在第 t 年通过 FDI 渠道获得的国外研发资本溢出存量；M_{ijt}代表国家或地区 i 在第 t 年从国家或地区 j 的进口贸易总量；FDI_{ijt}是在第 t 年从国家或地区 j 流向 i 的直接投资；Y_{jt}代表国家或地区 j 在 t 年的国内生产总值；SD_{jt}表示国家或地区 j 在第 t 年的国内研发存量。

关于测度 j 国或地区研发存量的指标选取方面，采用永续盘存法来进行估算：

$$SD_t = (1-\delta) SD_{t-1} + RD_t \quad (3)$$

式中：SD_t和 SD_{t-1}分别表示 j 国或地区 t 年和 t-1 年的国内研发存量；δ 表示研发资本折旧率；RD_t为 t 年研发支出额。

需要说明的是，由于目前并没有关于各省市层面的 FDI 来源国相关数据的专门统计，只有各省市自治区进口贸易来源国的

相关统计。因此，一方面考虑到长江经济带横跨东中西部，在一定程度上与中国整体一致，另一方面鉴于数据获取和计算的方便，本文借鉴郭庆宾等^[23]的做法对长江经济带各省市的国际 R&D 溢出存量进行测算，即首先根据式(1)和式(2)计算出中国国家层面的 FDI 和进口渠道的溢出存量；然后用长江经济带各省市 FDI 占全国 FDI 的比重与国家层面的 FDISP 相乘，得到长江经济带各省市的 FDISP；最后 IMSP 的处理方法与 FDISP 类似，使用长江经济带各省市进口与中国总进口量的比值和中国国家层面 IMSP 相乘，以此得到各省市的 IMSP。此外，所得出的长江经济带各省市的 FDISP 与 IMSP 数据均采用各省市历年 GDP 平减指数按照 2003 年不变价格进行折算。

(2) 环境规制强度 ER

为了比较不同类型的环境规制政策对国际 R&D 溢出效应的影响，本文选取不同类型环境规制中有代表性的环境规制工具来进行观察，并使用熵值法客观赋权计算，以尽可能获得每个指标中的信息。关于环境规制的分类，学者们使用了不同的方法。陈德敏等^[25]将环境规制进行体系分类，分别为环境规制法律体系、方法体系、监督体系、和支撑体系，相较于其他学者而言比较全面。但这种分类方式不利于比较不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响，因此，本文对环境规制类型的相关指标重新进行有效划分，按照赵玉民等^[26]的分类，将其分类为命令控制型、市场激励型以及自愿参与型环境规制，具体的测度指标在彭星等^[27]的基础上进行调整，且通过熵值法客观赋权获得 3 种不同类型环境规制的分类指数。基于数据的可得性和指标的完善性，现将相关指标展示如表 1。

表 1 环境规制相关指标

类型	指标
命令控制型 (ER ₁)	工业污染治理完成额投资与财政支出之比
	城镇环境基础设施建设投资与财政支出之比
	“三同时”环保投资额与财政支出之比
	当年受理环境行政处罚案件数与规模以上工业企业数之比
	工业固体废物综合利用率
市场激励型 (ER ₂)	单位 GDP 排污费收入
	车船税占地方财政收入比重
	消费税占财政收入比重
自愿参与型 (ER ₃)	平均每十万人中各地区环保系统年末实有人数
	平均每十万人来信总数
	平均每十万人来访人数

熵值法是一种比较客观的给变量赋权的方法，因此通过熵值法计算得出的指标权重比主观赋权的方法更具可信度和精确度。主要测算指标的信息熵，依据指标相对变化程度对整体影响确定指标权重，相对变化程度大的指标权重较大。

①由于各指标的单位 and 数量级都有一定差异，所以为消除单位和数量级影响结果的客观性，对指标进行标准化：

$$X_{ij} = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4)$$

式中： x_j 为第 j 项指标的数值； x_{\max} 和 x_{\min} 分别为第 j 项指标的最大值和最小值； X_{ij} 为标准化之后的数值。

②第 j 项指标第 i 年的比重为 y_{ij} ：

$$y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (5)$$

式中： $0 < y_{ij} < 1$ 。由此，我们可以建立数据的比重矩阵 $y = \{y_{ij}\}_{m \times n}$ 。

③则第 j 项指标的熵值为：

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (6)$$

式中： K 是一个常数， $K = \frac{1}{\ln m}$ 。

指标的信息价值取决于这项指标的信息熵 e_j 和 1 的差，即 $d_j = 1 - e_j$ ， d_j 就直接决定了权重的大小。 d_j 越大，则这个指标就越重要，其权重也越大。

④则第 j 项指标的权重为：

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^m d_j} \quad (7)$$

权重的大小直接反映了这个指标的重要程度。

⑤最后加权求和计算样本的综合评价价值 U ：

$$U = \sum_{i=1}^n y_{ij} w_j * 100 \quad (8)$$

式中：U 为指标的综合评价值； n 为指标个数。显然 U 越大，样本所呈现的信息量越大，指标就越有效。

(3) 控制变量

考虑到长江经济带各省市经济发展、资源禀赋、政策倾斜等地区差异，在模型中加入控制变量：①人力资本(H) 采用各省市受高等教育人数比例来表示，很多学者认为人力资本是影响环境规制和技术进步的重要因素^[28]；②地区经济发展水平(ED) 以历年地区 GDP 平减指数来平减得到的人均实际 GDP 来衡量，地区经济发展水平越高越有利于该地集聚资源，利用国外资本的外溢效应就越大，有利于提升企业的创新水平，本文采用其对数形式减少异方差，并使用人均 GDP 平减指数对其进行平减，后文相同；③所有制结构(OS) 使用长江经济带 11 省市规模以上工业企业资产中国有及国有控股工业资产所占比重来表示，以考察企业的行政管制对其技术进步效率的影响；④企业规模(SIZE) 采用长江经济带 11 省市规模以上工业企业资产与规模以上工业企业数的比值来表示，来考察企业的规模对其技术进步效率的影响。

2 实证检验

2.1 模型构建

将前面测算得出的基于 FDI 渠道溢出的技术存量 $FDISP_{it}$ 和基于进口渠道溢出的技术存量 $IMSP_{it}$ 作为因变量，为剔除价格因素，使用 2003 ~ 2014 年 GDP 平减系数对其进行平减。以 3 种类型的环境规制指数为自变量，探索不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响。借鉴王杰等^[11]的实证研究，构建本文计量模型如下：

$$FDISP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ER_{it} + \alpha_2 ER_{it}^2 + \alpha_3 ER_{it}^3 + \alpha_4 X_{it} + V_i + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$IMSP_{it} = \beta_0 + \beta_1 ER_{it} + \beta_2 ER_{it}^2 + \beta_3 ER_{it}^3 + \beta_4 X_{it} + Z_i + \delta_{it} \quad (10)$$

$$X_{it} = \lambda_1 H_{it} + \lambda_2 LnED_{it} + \lambda_3 OS_{it} + \lambda_4 SIZE_{it} \quad (11)$$

式中：α 和 β 表示待估参数， V_i 和 Z_i 表示个体效应， ε_{it} 和 δ_{it} 表示随机误差项。

式(9) 和(10) 分别考察了环境规制对基于 FDI 和进口两个渠道的国际 R&D 溢出效应。

式(11) 为相关控制变量，为减少异方差，将人均 GDP 取对数，并使用各省份人均 GDP 平减系数对其进行平减。此外，由于其他指标数值较小，大多小于 1，取对数之后会改变数据的特征，因此保留原值。

2.2 描述性统计

为了更加直观地了解各指标的数量特征，将各变量进行描述性统计，结果如表(2)。

表2 主要变量的描述性统计

变量	符号含义	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
FDISP	FDI 渠道溢出	132	1.12	1.044	0.005 97	5.358
IMSP	进口渠道溢出	132	1.121	1.007	0.102	5.26
ER1	命令控制型环境规制	132	0.13	0.060 7	0.046 2	0.366
ER2	市场激励型环境规制	132	0.088 8	0.069 9	0.012 9	0.391
ER3	自愿参与型环境规制	132	0.303	0.463	0.003 16	3.819
lnED	人均 GDP	132	0.541	0.714	-0.994	2.141
H	高等教育人数比例	132	0.081 6	0.052 6	0.018	0.271
OS	国有及国有控股工业资产/ 规模以上工业企业资产	132	0.513	0.191	0.14	0.85
SIZE	规模以上工业企业资产/规 模以上工业企业数	132	1.549	0.86	0.491	4.877

可以看出, 2003~2014 年, 在长江经济带命令控制型环境规制指数的均值为 0.13, 市场激励型环境规制指数均值为 0.0888, 标准差分别为 0.0607 和 0.0699。自愿参与型环境规制指数均值为 0.303, 最小值为 0.00316, 最大值为 3.819, 后者是前者的数千倍, 可以看出长江经济带 11 个省市的自愿参与型环境规制强度存在一定差距, 可能是由于各地区经济发展水平、资源禀赋、群众环保意识存在较大差异。此外, 自愿参与型环境规制存在较大自主性, 各省市存在一定差距是正常的。

2.3 回归结果分析

为了检验不同类型的环境规制对 FDI 和进口贸易渠道的国际 R&D 溢出效应的影响, 以 2003 ~ 2014 年为观察期, 利用 Stata12.0 对长江经济带的情况进行实证检验。本文分别将通过熵值法计算的 3 种类型的环境规制指数与两种渠道的国际 R&D 溢出量进行回归。其中表(3) 反映了 3 种环境规制对 FDI 渠道和进口贸易渠道溢出的回归结果如表(3), 由回归结果得出以下结论:

表3 3 种类型环境规制对国际 R&D 溢出效应影响的回归结果

变量	FDISP	IMSP	FDISP	IMSP	FDISP	IMSP
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
ER ₁	-12.5140*	-10.7896*				
	(-1.672)	(-1.917)				
ER ₁₂	74.4590**	64.7251**				
	(2.697)	-2.552				

ER ₁₃	-112.3404* (-1.905)	-97.8183** (-2.379)				
ER ₂			-13.3404*** (-3.145)	-12.1136*** (-3.010)		
ER ₂₂			76.1468*** (2.720)	69.1832*** (2.605)**		
ER ₂₃			-120.8509** (-2.459)	-110.2528** (-2.364)		
ER ₃					-0.6089* (-1.685)	-0.6171* (-1.810)
ER ₃₂					0.4776 (1.500)	0.439 (1.461)
ER ₃₃					-0.0849 (-1.326)	-0.0747 (-1.237)
LnED	1.2810*** (4.425)	1.2281*** (4.464)	0.8096*** (3.162)	0.8048*** (3.313)	0.8081** (3.075)	0.7825*** (3.156)
H	6.5437*** (2.753)	6.9363*** (3.070)	7.8847*** (3.287)	8.1213*** (3.568)	7.5074*** (3.020)	7.6454*** (3.261)
OS	2.5336*** (2.841)	2.3576** (2.782)	1.2236 (1.459)	1.1978 (1.506)	1.1425 (1.329)	1.0442 (1.287)
SIZE	-0.0944 (-1.376)	-0.0947 (-1.451)	-0.0904 (-1.312)	-0.0893 (-1.367)	-0.0988 (-1.422)	-0.0990 (-1.511)
_cons	-0.7165 (-1.288)	-0.7101 (-1.343)	-0.9850** (-2.049)	-0.9406** (-2.062)	-0.2670 (-0.515)	-0.2050 (-0.419)
F 值	30.37***	33.98***	30.60***	34.39***	27.49***	31.59***
Hausman (FEvsRE)	43.56 0	38.93 0	71.16 0	84.47 0	15.5 0.301	14.27 0.0466

R ²	0.651	0.676	0.6526	0.6786	0.6279	0.6598
样本量	132	132	132	132	132	132

注：括号内为 t 统计量，其中***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的置信水平下显著；拐点值单位为%。下同。

①Hausman 检验 P 值趋近于 0，表明固定效应均优于随机效应。从长江经济带的实证结果来看，所有的模型中环境规制的一次项为负、二次项为正、三次项为负，命令控制型、市场激励型和自愿参与型环境规制与两种渠道的技术溢出均呈现“反 N 型”曲线关系，但是自愿参与型环境规制与技术溢出的“反 N 型”关系并不明显。在低水平的环境规制政策下，提高 3 种环境规制政策强度会增加企业生产成本，对国际 R&D 溢出产生“挤出效应”。随着规制水平的不断提升，跨越第一个拐点之后，环境规制会对国际 R&D 溢出产生“创新补偿效应”，激励长江经济带地区吸收国外先进技术，刺激创新驱动和产业转型。但是过于严苛的环境规制也不利于地区的创新和发展。因此，严格实施的环境规制可以实现环境保护和技术创新的协调互动。这一结论与李婉红^[2]等一致。同时表明“波特假说”在开放条件下也可以成立。

②对比 3 种类型的环境规制政策的统计结果，我们可以看到在长江经济带发挥作用的主要是命令控制性环境规制和市场激励型环境规制，可能由于环保意识还需要进一步提升和地方长期忽视对环境保护的宣传，自愿参与型环境规制对创新的激励作用尚未显现，这一结论与很多学者^[27, 29, 30]的研究结论一致。投资型环境规制政策对企业创新产生了一定程度的激励，因为这类政策可以降低企业的创新风险，增强企业技术创新的信心，并且通过比较不同的投资性环境规制政策，发现城市环境基础设施建设投资对创新的激励作用最显著；市场型环境规制可以激励国际 R&D 溢出效应的原因由于市场激励型环境规制应用具有灵活性，给予企业一定的选择权，使他们主动减排以适应相关政策，从而降低成本以激励创新；自愿参与型环境规制并不显著，说明在中国目前的环境治理背景下，自愿参与型环境规制要发挥其作用，需要加强环境管制的压力。

③控制变量：地区发展水平(lnED)的提升有利于环境保护和国际 R&D 溢出水平的提升；高等教育的人口比例(H)会显著提升两种渠道的溢出，一方面是由于受高等教育的人群具有更加系统的专业知识和工作技能，可以更加快速地吸收国外的先进技术，另一方面他们一般也具有更高的环保意识，因此，提高高等教育的人口数量和质量不仅可以提升环境保护水平，更有利于长江经济带地区吸收外资，引进先进技术；企业规模(SIZE)对国际 R&D 溢出效应存在不显著的抑制效应；值得注意的是在这一模型中，所有制结构(OS)的系数在模型(1)和(2)中显著为正，但是在模型(3)~(6)中并不显著，这说明在命令控制型环境规制条件下，国有企业相比于其他私有企业具有更多吸引国外技术优势，如政策倾斜或者是国家资本激励等，但是在其他类型的环境规制政策下国企并没有显著优势。

3 结论与政策建议

文章基于 2003 ~ 2014 年长江经济带 11 个省市的面板数据，检验了不同类型的环境规制对国际 R&D 溢出效应的影响：(1)命令控制型、市场激励型和自愿参与型环境规制与国际 R&D 溢出水平均呈现“反 N 型”曲线关系，但是自愿参与型环境规制与国际 R&D 溢出水平的“反 N 型”曲线关系并不明显。在低水平的环境规制政策下，提高 3 种环境规制政策强度会增加企业生产成本，对国际 R&D 溢出效应产生“挤出效应”。随着规制水平的不断提升，跨越第一个拐点之后，环境规制会对国际 R&D 溢出效应产生“创新补偿效应”，激励长江经济带地区吸收国外先进技术，刺激创新驱动和产业转型。但是过于严苛的环境规制也不利于地区的创新和发展；(2)对比 3 种类型的环境规制政策的统计结果，可以看到在长江经济带发挥作用的主要是命令控制性环境规制和市场激励型环境规制，可能由于环保意识还需要进一步提升和地方长期忽视对环境保护的宣传，自愿参与型环境规制对创新的激励作用尚未显现。

依据以上结论，为了促进国际研发成果在长江经济带更好地在本地进行转化利用，以创新驱动引领产业转型升级，立足长江经济带“生态优先、绿色发展”的长远战略，我们可以从以下几个方面着手：①政府应合理制定长江经济带环境规制政策。一方面，要结合长江经济带不同省市现有的环境规制现状，在考虑地区发展的基础上兼顾节能减排，制定“严格且适当设计”的环境规制水平，因地制宜，使环境规制水平较低的地区尽快跨越“反 N 型”曲线的第一个拐点，兼顾环境保护和创新驱动发

展,促进长江流域经济协调可持续发展。另一方面,要利用恰当的环境规制形式,环境规制对国际 R&D 溢出的影响不仅和环境规制的强度有关,还取决于政府采用的环境规制形式。针对长江经济带各省市的实际情况,政府应该灵活运用多元化的政策手段,发挥命令控制型环境规制工具和市场激励型环境规制工具对国际 R&D 溢出的促进作用,激励地方企业加强对国外技术的吸收利用,促进创新成果在本地进一步转化。②政府要摒弃传统的政绩观念,实行生态考核机制,加大环保监管力度,从源头上治理污染,充分协调政绩与国民整体福利的关系。要尽快完成长江流域生态红线的勘察和落地,根据法律划定长江流域生态保护红线,完善相关配套管理措施、生态补偿、绩效考核和责任追究办法,建设生态红线监管平台,加大对重点生态保护区域的监控。此外,环境保护是长江流域整体层面的“一盘棋”,涉及利益格局分配,不仅需要中央层面纲举目张,而且需要地方政府和社会形成合力,共同打通长江经济带。③企业也应该着眼自身发展的长远利益,主动把握当前绿色发展的机遇,积极引进外资,学习国外先进的环保技术,创新生产工艺,优化产业结构,主动寻找环境保护策略,利用税收减免、融资优惠等政策,在满足政府环境规制要求的同时,以技术创新促进自身发展。

参考文献:

[1] 郭际,张扎根. 环境规制强度对技术创新影响的差异性研究——基于 2003 ~ 2012 年省级数据的实证分析[J]. 工业技术经济, 2015, 34(03) : 85—90.

【GUO J, ZHANG Z G. A. Study on the differences of the impact of environmental regulation on technological innovation: an empirical analysis based on provincial data from 2003 to 2012 [J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2015, 34(03) : 85—90. 】

[2] 李婉红,毕克新,曹霞. 环境规制工具对制造企业绿色技术创新的影响——以造纸及纸制品企业为例 [J]. 系统工程, 2013, 32(10) : 112—122.

【LI W H, BI K X, CAO X. The influence of environmental regulation tools on the green technology innovation of manufacturing enterprises—taking papermaking and paper products enterprises as an example[J]. Systems Engineering, 2013, 32 (10) :112—122. 】

[3] PORTER M, LINDE C. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship [J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4) : 97—118.

[4] HAYASHIDA A. The economic impact of environmental regulations on R&D in manufacturing industry : an empirical analysis of the validity of the porter hypothesis about the recent Japanese manufacturing industry [J]. Journal of the Graduate School of Asia-Pacific Studies, 2016, 31(3) : 129—148.

[5] AMBEC S, COHEN M, ELGIE S, et al. The porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? [C] // LERNA, University of Toulouse, 2010.

[6] WALLEY N, WHITEHEAD B. It' s not easy being green [J]. Harvard Business Review, 1994, 72(3) : 46—51.

[7] JAFFE A B, PALMER K. Environmental regulation and innovation: a panel data study [J]. Review of Economics & Statistics, 2006, 79(79) : 610—619.

-
- [8] HOTTE L, WINER S L. The demands for environmental regulation and trade [J]. 2007.
- [9] ZóRATE-MARCO A, VALLÉS-GIMÉNEZ J. Environmental tax and productivity in a decentralized context: new findings on the Porter hypothesis [J]. *European Journal of Law and Economics*, 2015, 40(2) : 1–27.
- [10] 李斌, 彭星, 陈柱华. 环境规制、FDI 与中国治污技术创新——基于省际动态面板数据的分析 [J]. *财经研究*, 2011, 37(10) : 92–102.
- 【LI B, PENG X, CHEN Z H. Environmental regulation, FDI and China ' s pollution prevention technology innovation an analysis based on inter-provincial dynamic panel data [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2011, 37(10) : 92–102. 】
- [11] 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(03) : 44–56.
- 【WANG J, LIU B. Environmental regulation and enterprise total factor productivity: an empirical analysis based on Chinese industrial enterprises [J]. *China Industrial Economics*, 2014(03) : 44–56. 】
- [12] COE D T, HELPMAN E. International R&D spillovers [J]. *Social Science Electronic Publishing*, 1995, 39(5) : 859–887.
- [13] HEJAZI W, SAFARIAN A E. Trade, foreign direct investment, and R&D spillovers [J]. *Journal of International Business Studies*, 1999, 30(3) : 491–511.
- [14] SCHIFF M, OLARREAGA M, Wang Y. Trade-related technology diffusion and the dynamics of north-south and south-south integration [J]. *Policy Research Working Paper*, 2002, 23(7) : 80–86.
- [15] 李平, 钱利. 进口贸易与外国直接投资的技术溢出效应——对中国各地区技术进步的实证研究 [J]. *财贸研究*, 2005(06) : 40–45, 50.
- 【LI P, QIAN L. Technology spillover effects of import trade and foreign direct investment: an empirical study of technological progress in China' s regions [J]. *Finance and Trade Research*, 2005(06) : 40–45, 50. 】
- [16] 上官绪明. 技术溢出、吸收能力与技术进步 [J]. *世界经济研究*, 2016(08) : 87–100, 136–137.
- 【SHANG GUAN X M. Technology spillover, absorptive capacity and technological progress [J]. *World Economy Studies*, 2016(08) : 87–100, 136–137. 】
- [17] 张云, 赵富森. 国际技术溢出、吸收能力对高技术产业自主创新影响的研究 [J]. *财经研究*, 2017, 43(03) : 94–106.
- 【ZHANG Y, ZHAO F S. Research on the influence of international technology spillover and absorptive capacity on the independent innovation of high-tech industry [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2017, 43(03) : 94

[18] REQUATE T, UNOLD W. Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: : Will the true ranking please stand up? [J]. European Economic Review, 2003, 47(1) : 125—146.

[19] CORIA J, HENNLOCK M. Taxes, permits and costly policy response to technological change [J]. Environmental Economics and Policy Studies, 2012, 14(1) : 35—60.

[20] 李斌, 彭星. 环境规制工具的空间异质效应研究——基于政府职能转变视角的空间计量分析 [J]. 产业经济研究, 2013(06) : 38—47.

【LI B, PENG X. A study on spatial heterogeneity of environmental regulation tools—a spatial econometric analysis based on the transformation of government function [J]. Industrial Economics Research, 2013(06) : 38—47. 】

[21] 张平, 张鹏鹏, 蔡国庆. 不同类型环境规制对企业技术创新影响比较研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2016(04) : 8—13.

【ZHANG P, ZHANG P P, CAI G Q. A comparative study on the impact of different types of environmental regulation on enterprise technological innovation [J]. China Population, Resources and Environment, 2016(04) : 8—13. 】

[22] 郭庆宾, 刘琪, 张冰倩. 环境规制是否抑制了国际 R&D 溢出效应——以长江经济带为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(12) : 1807—1814.

【GUO Q B, LIU Q, ZHANG B Q. Does environmental regulation suppress international R & D spillover effect—taking yangtze river economic belt as an example [J], Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(12) : 1807—1814. 】

[23] 郭庆宾, 柳剑平. 国外 R&D 溢出的动态效果: 基于我国省际动态面板数据模型的分析 [J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(11) : 57—64.

【GUO Q B, LIU J P. Dynamic effect of foreign R & D spillovers:an analysis based on China' s provincial dynamic panel data model [J]. Science of Science and Management of S. &T. , 2011, 32(11) : 57—64. 】

[24] LICHTENBERG F R. International R&D Spillovers: A Comment [J]. European Economic Review, 1998, 42(8) : 1483—1491.

[25] 陈德敏, 张瑞. 环境规制对中国全要素能源效率的影响——基于省际面板数据的实证检验 [J]. 经济科学, 2012(04) : 49—65.

【CHEN D M, ZHANG R. The impact of environmental regulation on china' s total factor energy efficiency: an empirical test based on provincial panel data [J]. Economic Science, 2012(04) : 49—65. 】

[26] 赵玉民, 朱方明, 贺立龙. 环境规制的界定、分类与演进研究 [J]. 中国人口. 资源与环境, 2009(06) : 85

【ZHAO Y M, ZHU F M, HE L L. A study on the definition, classification and evolution of environmental regulation [J]. China Population, Resources and Environment, 2009 (06) :85—90.】

[27] 彭星, 李斌. 不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究 [J]. 财经研究, 2016(07) : 134—144.

【PENG X, LI B. Study on green transformation of China's industry under different types of environmental regulation [J]. Journal of Finance and Economics, 2016(07) : 134—144.】

[28] 江珂, 卢现祥. 环境规制与技术创新——基于中国 1997~ 2007 年省际面板数据分析 [J]. 科研管理, 2011(07) :60—66.

【JIANG K, LU X X . Environmental regulation and technological innovation: an analysis based on China ' s provincial panel data from 1997 to 2007 [J]. Science Research Management, 2011(07) : 60—66.】

[29] 任胜钢, 蒋婷婷, 李晓磊等. 中国环境规制类型对区域生态效率影响的差异化机制研究 [J]. 经济管理, 2016(01) :157—165.

【REN S G, JIANG T T, LI X L, et al. A study on the differentiation mechanism of the impact of China's environmental regulation on regional ecological efficiency [J]. Economic Management Journal, 2016(01) : 157—165.】

[30] 王红梅. 中国环境规制政策工具的比较与选择——基于贝叶斯模型平均(BMA) 方法的实证研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2016(09) : 132—138.

【WANG H M. Comparison and selection of China's environmental regulation policy tools: an empirical study based on bayesian model average (BMA) [J]. China Population, Resources and Environment, 2016(09) : 132—138.】