

# 环境规制、水平型 FDI 和垂直型 FDI 与绿色技术溢出 ——基于门槛效应的实证检验

赵凯 张方

(武汉理工大学经济学院, 武汉 430070)

**〔摘要〕** 本文以 2004~2020 年中国 29 个省、自治区、直辖市为研究对象, 使用 SBM 函数和 GML 生产率指数测算中国各省、自治区、直辖市的绿色全要素生产率, 运用线性模型分析水平型 FDI 和垂直型 FDI 对绿色技术溢出的影响, 最后运用面板门槛模型, 以环境规制为门槛变量, 分析水平型 FDI 和垂直型 FDI 绿色技术溢出的合理环境规制区间, 结果发现: (1) 水平型 FDI 相较于垂直型 FDI 更能发挥出绿色技术溢出效应; (2) 两类 FDI 对绿色技术溢出存在显著的环境规制双门槛效应。当环境规制强度超过第一门槛之后, 两类 FDI 均能发挥绿色技术溢出效应, 但仅水平型 FDI 显著; 而当环境规制强度提高到第二门槛值后, 水平型的 FDI 继续发挥显著的绿色技术溢出效应, 垂直型 FDI 由正向不显著的绿色技术溢出转为发挥出显著的绿色技术溢出效应。本文的研究结论对于引导和利用外资、制订相关政策有着深刻的现实意义。

**〔关键词〕** 环境规制 水平型 FDI 垂直型 FDI 绿色技术溢出 门槛效应 溢出效应

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2022.05.008

**〔中图分类号〕** F124.5; F125.2 **〔文献标识码〕** A

## 引言

FDI 在我国规模占比逐渐上升, 显著推动了中国经济的发展。我国在 2001~2020 年这 20 年间, 实际利用外资额增长了约 3 倍, 根据国家统计局发布的数据, 2020 年, 我国实际利用外资额达到 1443.7 亿美元, 同比增长 4.5%, 是继美国后第二大“吸引外资流入”的国家。然而, 我国现在的生态环境污染问题十分严峻, 其中部分生态环境的污染与外资引入息息相关。大量外资的引入对我国环境的影响在学术界中仍然存在着较大争议, 从理论上来说, 外资企业的进入给中国带来先进的生产理念和绿色技术、丰厚的资金, 有利于中国提高其绿色技术, 在推动经济发展的同时也保护生态环境。但实际上, 外商的绿色技术溢出受到东道国多种外部因素的制约, 现有学者将环境规制作为治理环境污染问题的重要手段<sup>[1]</sup>, 认为环境规制对外商的引入起着一定的过滤作用。宽松的环境规制是否让中国发挥着“污染避难所”效应? 环境规制对垂直型和水平型的 FDI 影响机

制如何? 我国如何制定合理的环境制度区间促进异质性 FDI 的绿色技术溢出? 如何平衡引入外资和保护环境之间的关系? 这些问题都亟待解决。

已有文献集中于环境规制<sup>[2,3]</sup>、产品内贸易<sup>[4]</sup>、国际贸易<sup>[5,6]</sup>、外商直接投资 (FDI)<sup>[7]</sup>、产业结构<sup>[8]</sup>等方面对绿色技术溢出影响进行考察, 少数文献对 FDI 绿色技术溢出的吸收能力及其吸收门槛<sup>[7]</sup>, 国际性绿色技术溢出对我国技术进步的影响<sup>[9]</sup>以及国内绿色技术溢出对区域环境绩效的作用<sup>[10]</sup>等问题进行探究。本文从异质性 FDI 视角出发, 以环境规制作为门槛变量, 研究环境规制对水平型 FDI 和垂直型 FDI 绿色技术溢出的影响以及两类 FDI 发挥绿色技术溢出合理的环境规制区间。

## 1 文献综述

对于 FDI 的技术溢出的研究最早可追溯到 20 世纪 60 年代初, Macdougall<sup>[11]</sup>首次将 FDI 的技术溢出作为一种重要的现象。越来越多的学者对此相继开展了研究。FDI 的技术溢出可以通过产业间垂直溢出和产业内水平溢出这两种方式产生。

收稿日期: 2022-02-11

作者简介: 赵凯, 武汉理工大学经济学院副教授, 博士, 硕士生导师。研究方向: 世界经济、产业经济、经济可持续发展等。张方, 通讯作者, 武汉理工大学经济学院硕士研究生。研究方向: 经济可持续发展。

产业间垂直溢出指的是外资企业与处在同一价值链上的本土企业产生前向和后向的关联,通过这种关联所带来的技术溢出。在此过程中通过前向(后向)产生的技术溢出称为前向关联效应(后向关联效应)<sup>[12]</sup>。产业内水平溢出指的是在同一产业中外资企业与本土企业之间的关联所带来的技术溢出,可以分为示范——模仿效应、竞争效应和劳动力溢出效应3种<sup>[13]</sup>。然而,外商投资对中国环境的影响这一现象在学术界饱受争议。目前,FDI发挥技术溢出效应对于中国环境存在“污染避难所”<sup>[14,1]</sup>和“污染光环假说”<sup>[15,16]</sup>两种影响,前者指的是跨国公司为了节约环境治理成本而将污染密集型产业或生产环节转移到环境规制较低的国家或地区,从而对东道国的生态环境造成污染;后者指的是外资企业拥有比本土企业更加环保的生产技术,从而改善东道国环境。惠炜和赵国庆<sup>[1]</sup>通过中国2000~2013年间30个省、自治区和直辖市的工业废物排放量,采用面板门槛回归方法得出外资和出口贸易存在污染避难所效应。邵朝队等<sup>[15]</sup>通过分析中国1998~2007年工业企业污染排放与生产的匹配数据,认为外资企业相较于本土企业而言污染排放强度更低,外资的进入有利于推动企业绿色技术进步并降低本土企业的污染强度。

以上两种观点表明,FDI的技术溢出有着污染型和绿色型两种观点。但是以上文献并没有对FDI进行分类,而是将其视为同质化资本,事实上,不同进入动机的FDI发挥绿色技术溢出有着不同的环节,对环境的管理能力也有所不同。FDI有多种分类方式,按照FDI来源地的不同,可以划分为中国港澳台FDI及其他国家FDI<sup>[17,18]</sup>,按照FDI投资动机的不同,可以划分为垂直型(出口导向型)FDI和水平型(市场导向型)FDI<sup>[19]</sup>。前者是将资本投入到母国所在行业的上下游,基于比较优势理论,目的是利用东道国廉价而丰富的资源来降低生产成本;后者是在东道国进行复制性产品生产,目的是拓展东道国市场并有效规避关税壁垒。

越来越多的学者从FDI的差异性着手,探讨

环境规制与异质性FDI之间的关系。Hu等<sup>[20]</sup>将FDI分为劳动型FDI和资本型FDI,发现在低环境规制下劳动型FDI具有显著的负溢出效应,而资本型FDI具有显著的正溢出效应;在高环境规制下两者均能发挥显著的正溢出作用。魏玮等<sup>[21]</sup>从不同进入动机的FDI出发,发现环境规制对垂直型的FDI有显著的负面影响,而对水平型的FDI影响不大。胡江峰等<sup>[2]</sup>将FDI分为劳动型FDI和资本型FDI,发现在动态门槛模型下环境规制强度超过第三门槛之后,两类FDI的绿色技术溢出效应均显著。傅京燕等<sup>[22]</sup>以不同来源FDI为视角,研究FDI、环境规制对绿色全要素生产率(GTFC)的影响,结果发现环境规制可以正向调节FDI对GTFC的影响,不同地区的FDI对绿色全要素生产率的影响不同。

然而,鲜有文献以垂直型FDI和水平型FDI为研究视角,探讨环境规制对两类FDI绿色技术溢出的影响。同时本文也是对“不同投资动机的FDI绿色技术溢出”现有研究进行补充。除此之外,大多数文献都着眼于直接研究环境规制对绿色全要素生产率的影响,少有文献(除了胡江峰等<sup>[2]</sup>)讨论合理的环境规制区间对异质性FDI的绿色技术溢出的影响。事实上,对于垂直型和水平型FDI区分合理的环境规制区间更有现实意义。

## 2 理论框架与模型构建

### 2.1 理论分析

垂直型FDI是指在东道国进行投资,经营着母国所在行业的上下游企业,和其母公司为纵向一体化的关系<sup>[21]</sup>。而位于行业价值链下游一般都是生产、加工制造环节,垂直型FDI利用东道国廉价的劳动力、土地等资源,往往从事劳动密集型加工行业,而该行业环境管制较低,企业发挥技术创新抑或是管理创新的动力较弱,企业难以发挥出其绿色技术溢出效应<sup>[20]</sup>。而且垂直型FDI与本土企业的直接竞争关系较弱<sup>[23]</sup>,很难通过产业内水平方式产生绿色技术溢出。当然,也存在本土企业在国际市场上销售产品与垂直型FDI产生竞争关系,从而促使本土企业进行技术创新,对本土企业产生一定的绿色技术溢出。另外,垂

直型 FDI 的生产产品销往国际市场, 为了达到国际市场产品的标准, 垂直型 FDI 会倾向于在国际市场购买中间投入品, 所以通过产业间垂直溢出不明显。总体来说, 垂直型 FDI 绿色技术溢出不明显。而水平型 FDI 从研发、生产、到销售都是在东道国完成, 为了抢占东道国市场而需要生产比本土企业更有竞争力的产品, 母公司需要持续不断地向海外子公司输送技术<sup>[24]</sup>, 这意味着本土企业有机会模仿和学习外资企业的技术, 而外资企业的行为会加剧企业间的竞争关系, 从而倒逼本土企业进行绿色技术创新, 通过产业内的水平溢出有利于本国企业的绿色技术进步的发展。同时, 水平型 FDI 生产的产品在国内销售, 为了降低成本、迎合消费者的需求, 更倾向于在国内市场购买中间投入品, 为了得到符合标准的中间产品, 会对提供商给予技术指导。另外, 水平型 FDI 生产的产品部分作为中间投入品进入下游企业, 并且给予下游企业相应的服务和技术<sup>[25]</sup>, 因此产业间垂直溢出明显。以此提出第一个理论假说。

假说 1: 相较于垂直型 FDI, 水平型 FDI 绿色技术溢出水平更高。

环境规制对污染物排放较多的企业通过征收环境税等方式提高企业的生产成本来达到减少对环境的目的, 对进入的外资提高准入门槛达到一定的筛选作用<sup>[2]</sup>。对于垂直型 FDI 而言, 其产品销往国际市场, 东道国的环境规制增加了其生产成本, 从而对产品的竞争力有一定的影响, 这导致部分不利于绿色技术溢出的垂直型 FDI 被迫转移到其他国家, 而让拥有绿色技术的垂直型 FDI 继续在东道国发挥绿色技术溢出效应, 同时随着环境规制门槛的提高, 能够促进环保技术先进的外资企业进入东道国<sup>[2]</sup>, 对于东道国而言则有利于本土企业的绿色技术进步和环境的保护。对于水平型 FDI 而言, 其产品在东道国销售, 环境规制同时增加了水平型 FDI 和其竞争对手的生产成本, 水平型 FDI 不会被转移到其他国家, 部分不利于产生绿色技术溢出效应的水平型 FDI 仍然存在于东道国。无论是水平型 FDI 还是垂直型 FDI, 随着东道国环境规制政策的执行和严厉程度的不断加

深, 都会在一定程度上加重企业负担, 不仅无法诱导企业进行绿色创新和管理创新, 而且难以发挥绿色技术溢出效应。以此提出第二个理论假说。

假说 2: 环境规制对垂直型 FDI 和水平型 FDI 的绿色技术溢出的影响具有差异性, 合理的环境规制有利于水平型和垂直型 FDI 发挥出绿色技术溢出效应。

## 2.2 模型构建

根据 Coe 和 helpman<sup>[26]</sup> 研究国际研发资本投入对全要素生产率影响时创建出的 C-H 模型, 并结合其他学者的做法, 将环境规制、外商直接投资、研发能力、贸易开放度、产业结构、经济发展水平等因素纳入到 C-H 模型中, 该模型广泛应用于开放经济的研究中, 符合经济全球化的现实特征。为了研究垂直型 FDI 和水平型 FDI 对绿色全要素生产率的影响差异, 构建以下两种模型, 为了减少异方差, 所有的变量取对数表示。

$$\ln gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln vf_{it} + \alpha_2 \ln er_{it} + \alpha_3 \ln rd_{it} + \alpha_4 \ln open_{it} + \alpha_5 \ln is_{it} + \alpha_6 \ln edl_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\ln gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln hf_{it} + \alpha_2 \ln er_{it} + \alpha_3 \ln rd_{it} + \alpha_4 \ln open_{it} + \alpha_5 \ln is_{it} + \alpha_6 \ln edl_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中,  $i$ 、 $t$  分别为地区和年份,  $gtfp_{it}$  为考虑非预期产出的绿色全要素生产率,  $vf_{it}$  和  $hf_{it}$  分别为垂直型 FDI 和水平型 FDI,  $er_{it}$  为环境规制,  $rd_{it}$  为研发能力、 $open_{it}$  为贸易开放度、 $is_{it}$  为产业结构、 $edl_{it}$  为经济发展水平,  $\mu_i$  为不随时间变化的地区个体固定效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。

为了考察垂直型 FDI 和水平型 FDI 发挥绿色技术溢出的合理环境规制区间, 本文采用 Hansen<sup>[27]</sup> 提出的面板门槛模型, 该模型适用于个体数量 ( $N$ ) 大于时间长度 ( $T$ ), 符合本文的短面板数据。本文以环境规制为门槛变量, 以双门槛模型为例构建门槛回归模型, 如式 (3)、(4) 所示。

$$\ln gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln vf_{it} (\ln er_{it} \leq \lambda_1) + \alpha_2 \ln vf_{it} (\lambda_1 < \ln er_{it} \leq \lambda_2) + \alpha_3 \ln vf_{it} (\ln er_{it} > \lambda_3) + \beta_1 \ln rd_{it} + \beta_2 \ln open_{it} + \beta_3 \ln is_{it} + \beta_4 \ln edl_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\ln gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln hf_{it} (\ln er_{it} \leq \lambda_1) + \alpha_2 \ln hf_{it} (\lambda_1 < \ln er_{it} \leq \lambda_2) + \alpha_3 \ln hf_{it} (\ln er_{it} > \lambda_3) + \beta_1 \ln rd_{it} + \beta_2 \ln open_{it} + \beta_3 \ln is_{it} + \beta_4 \ln edl_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中  $\gamma$  为门槛值,  $\alpha_0$  为截距项。

### 3 实证分析

#### 3.1 变量说明与数据来源

##### 3.1.1 被解释变量——绿色全要素生产率

一般而言,分析 FDI 对绿色技术溢出的影响可通过 FDI 对绿色全要素生产率回归的方法<sup>[28]</sup>。首先计算出 GTFC,本文选取数据包络分析法测算绿色全要素生产率。该计算方法中的非参数方向性距离函数能同时考虑到期望产出和非期望产出,还克服了因投入过度或者产出不足而导致的效率高等问题。因此,本文选择 SBM 方向性距离函数和 GML 生产率指数对中国各省、自治区、直辖市 2004~2020 年的 GTFC 进行测算。

对得到 GTFC 的相关数据进行以下说明:(1)投入要素有 3 类:劳动投入,资本投入和能源投入。其中,劳动投入的原始数据来自《中国劳动统计年鉴》中的各省、自治区、直辖市城镇单位就业人员数;资本投入采用永续盘存法<sup>[28]</sup>估算各省、自治区、直辖市 2004~2020 年的物质资本存量,数据来自《中国统计年鉴》;能源投入的数据来源于《中国能源统计年鉴》中的各省、自治区、直辖市能源消耗总量;(2)期望产出,选取中国各省、自治区、直辖市的地方生产总值,同时以 2000 年为不变价格进行折算。数据来源于国家统计局;(3)非期望产出。参考胡江峰等<sup>[2]</sup>的建议,选取废水(化学需氧量)和废气(二氧化硫、氨氮、烟/粉尘)的排放量为指标。数据来源于《中国环境年鉴》。

##### 3.1.2 核心解释变量

(1)环境规制(*er*)。考虑到非期望产出中选取的废水和废气排放量的指标,并结合数据的可得性,本文以各省、自治区、直辖市废气和废水治理成本进行加权平均并测算,采用的权重为投入处理废水或废气设施的比重。

(2)外商直接投资(*fdi*)。本文参考魏玮等<sup>[21]</sup>的方法,垂直型 FDI(*vf*)的目的是将产品销往国

际市场,因此选取外商投资企业的出口销售额作为垂直型 FDI 的数据指标。水平型 FDI(*hf*)的目的是在东道国本土销售产品,因此选取外商投资企业在中国市场的销售额作为水平型 FDI 的数据指标。由于国家统计局中提供了外商及港澳台投资工业企业工业销售产值(现价)数据、出口交货值数据,于是本文用“(工业销售产值-出口交货值)/工业销售产值 \* *fdi*”来计算水平型 FDI,垂直型 FDI 的计算公式为“出口交货值/工业销售产值 \* *fdi*”。其中 *fdi* 为实际利用外商直接投资金额。数据来自于国家统计局。

##### 3.1.3 其他变量

(1)研发能力(*rd*),采用各省、自治区、直辖市的 R&D 经费支出与地区生产总值之比衡量各地区的投入研发强度。

(2)贸易开放度(*open*),用进出口总额与地区生产总值的比值来测算。

(3)产业结构(*is*),采用我国的第二产业增加值占地区生产总值的比重来测算。

(4)经济发展水平(*edl*),采用人均地区产值的数据来衡量当地的经济发展水平。

其他变量的数据均来自《中国统计年鉴》、各省、自治区、直辖市的统计年鉴以及国家统计局。对于数据缺失的情况,如外商及港澳台投资工业企业工业销售产值(现价)数据、出口交货值数据只更新至 2016 年,物质资本形成额 2018~2020 部分地区数据没有更新,因此本文借鉴胡江峰等<sup>[2]</sup>方法,采用线性拟合方法将缺失值补齐。规模以上工业企业研发经费支出的数据是从 2004 年开始统计,因此本文选取 2004~2020 年各省、自治区、直辖市工业面板数据。在出口交货值中,由于西藏自治区、青海省未统计缺失大量数据故剔除这两个省份。数据单位及描述性统计如表 1 所示。

表 1 各变量定义及描述性统计

变量	变量名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>gtfp</i>	绿色全要素生产率	493	1.522	0.897	0.307	4.572
<i>hf</i>	水平型 FDI	493	8.589	0.348	7.375	9.153

续 表

变量	变量名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>vf</i>	垂直型 FDI	493	6.694	1.060	2.233	8.264
<i>er</i>	环境规制	493	5.021	0.967	1.841	7.256
<i>rd</i>	研发能力	493	0.009	0.006	0.001	0.032
<i>is</i>	产业结构	493	0.430	0.0833	0.160	0.620
<i>open</i>	贸易开放度	493	0.297	0.332	0.0249	1.464
<i>edl</i>	经济发展水平	493	4.127	2.840	0.424	16.49

### 3.2 实证结果分析

#### 3.2.1 面板回归结果分析

基于前文设定的模型,接下来运用两种回归方法对式(1)、(2)进行回归,回归结果如表2所示。表2中列(1)~(4)分别是使用固定效应模型(*RE*)、随机效应模型(*FE*)分析水平型 FDI 和垂直型 FDI 对绿色全要素生产率的影响作用最终得到的回归结果。通过面板回归方法,分析两类 FDI 对绿色技术溢出的影响。*Hausman* 检验推荐使用固定效应模型,本文以固定效应回归得到的结果为分析对象,随机效应模型作为参考。为了保证回归结果的稳健性,在运行过程中进行聚类分析(*Cluster*),同时用 *Robust* 调整标准误差。

从表2中的模型(1)、(3)来看,水平型 FDI 和垂直型 FDI 系数均为正,但是均不显著,说明两类 FDI 均对绿色技术溢出有影响,但效果不明

显。水平型 FDI 的系数为 0.0374,垂直型 FDI 的系数为 0.0213,说明水平型 FDI 相较于垂直型 FDI 而言更能发挥出绿色技术溢出效应,从而验证了假说 1。

从控制变量的检验结果来看,研发能力(*lnrd*)系数为正,说明加大研发成本的投入有利于提升我国绿色全要素生产率;产业结构(*lnis*)系数显著为负,说明工业化程度加深不利于中国的绿色技术溢出,可能是第二产业的增加仍然依赖着消耗资源而不是提高技术进步;环境规制(*lnrer*)显著为负,说明目前中国的环境规制不能提升绿色全要素生产率,可能是环境规制所需的成本远大于环境规制激发的绿色创新所带来的收益;贸易开放度(*lnopen*)的系数为负,但未通过显著性检验;经济发展水平(*lnedl*)显著为正,表明经济发展水平能够显著提升中国的绿色全要素生产率。

表2 水平型 FDI 和垂直型 FDI 对绿色技术溢出的影响作用回归结果

变量	(1) <i>FE</i>	(2) <i>RE</i>	(3) <i>FE</i>	(4) <i>RE</i>
<i>lnhf</i>	0.0374 (1.45)	0.0331 (1.58)		
<i>lnvf</i>			0.0213 (0.35)	-0.0169 (-0.28)
<i>lnrd</i>	0.0658 (1.52)	0.0168 (0.39)	0.0683 (1.61)	0.0245 (0.59)
<i>lnis</i>	-0.5677*** (-6.28)	-0.5444*** (-6.15)	-0.5574*** (-6.20)	-0.5388*** (-6.14)
<i>lnrer</i>	-0.1293*** (-5.21)	-0.1148*** (-4.64)	-0.1171*** (-4.63)	-0.1039*** (-4.15)
<i>lnopen</i>	-0.0051 (-0.15)	-0.0106 (-0.33)	-0.0497 (-1.36)	-0.0431 (-1.31)
<i>lnedl</i>	0.4664*** (10.53)	0.4519*** (10.15)	0.4597*** (12.46)	0.4294*** (11.64)
<i>_cons</i>	-0.6187 (-1.11)	-0.0984 (-0.18)	-0.4791 (-0.37)	0.0629 (0.05)
<i>N</i>	493	493	493	493
<i>r2</i>	0.6491		0.6526	

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著,括号内为t值,下同。

### 3.2.2 面板门槛效应检验

本文使用 Stata15.1 对数据进行门槛效应检验, 确定门槛的数量。为了使结果更准确, Bootstrap 次数取 500, 前后截去 1% 的观测值, 最终得到门槛值估计。结果如表 3 所示。结果显示, 环境规制检验并未通过三门槛检验, 但均通过了单

双门槛检验,  $p$  值在 5% 的水平下显著。这表明, 垂直型 FDI 和水平型 FDI 对绿色全要素生产率均存在双重环境规制门槛效应, 于是本文按门槛值将样本划分为低强度环境规制、中等强度环境规制和高强度环境规制 3 个区间。

表 3 面板门槛值估计和置信区间估计

门槛变量	FDI	门槛数	估计门槛值	F 值	10%	5%	1%	95%的置信区间
环境规制	水平型 FDI	单门槛	6.1944	48.54**	29.9800	39.0651	58.4724	
		双门槛	6.1944 5.4013	37.09**	26.1600	32.0054	46.8773	[5.3950, 5.4031] [5.4076, 5.4134]
		三门槛	5.4121	40.83	32.5999	43.5653	69.0375	
	垂直型 FDI	单门槛	6.1944	43.09**	27.6275	33.6533	45.3672	
		双门槛	6.1944 5.4013	34.30*	23.1357	29.5585	58.3721	[5.3950, 5.4031] [5.4076, 5.4134]
		三门槛	5.4121	35.10	34.9735	43.2566	60.8222	

图 1 和图 2 分别为水平型 FDI 和垂直型 FDI 两个门槛估计值 5.4013 和 6.1944 在 95% 置信区间的似然比函数图。其中, 虚线表示的临界值为 7.3523, 真实门槛值为 LR 统计量对应的最低点, 因为临界值大于两个门槛值, 因此存在上述门槛值。

得出面板门槛估计值后, 同时也得到水平型 FDI 与垂直型 FDI 的面板门槛回归结果, 具体内容见表 4。对于水平型 FDI 而言, 在区间 1 ( $\ln er \leq 5.4013$ ) 时, 水平型 FDI 的系数为 0.3125, 在区间 2 ( $5.4013 < \ln er \leq 6.1944$ ) 时, 其系数为 0.3494, 显著为正, 在区间 3 ( $\ln er \geq 6.1944$ ) 时, 系数显著为正为 0.3999。从系数的大小和显著性可以得出, 随着环境规制的门槛提高, 水平型 FDI 对绿色技术溢出的影响由不明显转为显著。只有门槛值超过 5.4013 时, 水平型 FDI 才能积极的发挥出绿色技术溢出效应。对于垂直型 FDI 而言, 在区间 1 ( $\ln er \leq 5.4013$ ) 时, 垂直型 FDI 的系数为 -0.0342, 在区间 2 ( $5.4013 < \ln er \leq 6.1944$ ) 时, 其系数为 0.0102, 在区间 3 ( $\ln er \geq 6.1944$ ) 时, 其系数为 0.0722, 显著为正。从系数的大小和显著性可以得出, 随着

环境规制的门槛提高, 垂直型 FDI 对绿色技术溢出的影响由负向关系转为正向但不显著, 最后变为正向显著。只有门槛值超过 6.1944 时, 垂直型 FDI 才能积极的发挥出绿色技术溢出效应。这也验证了假说 2, 环境规制对于两类 FDI 发挥绿色技术溢出效应是具有差异性的, 在区间 2 和区间 3 中, 水平型 FDI 能够发挥显著的绿色技术溢出效应, 而垂直型 FDI 在区间 3 才能发挥出显著的绿色技术溢出效应。通过对两类 FDI 分别设置合理的环境规制让二者均发挥出积极的绿色技术溢出效应。对于其他的控制变量, 将其与面板数据回归结果相比, 系数和显著性相差并不是太大, 而面板数据回归结果已经在前文中进行分析, 故不再赘述。

## 4 结论与政策建议

本文对相关文献进行梳理和解读, 结合现有的理论知识内容并在已有文献的基础上提出了相关的两个研究假说; 通过 SBM 函数和 GML 指数对中国 2004~2020 年 29 个省、自治区、直辖市的绿色全要素生产率进行测算, 得出绿色全要素生产率后, 运用线性回归模型和面板门槛模型对文

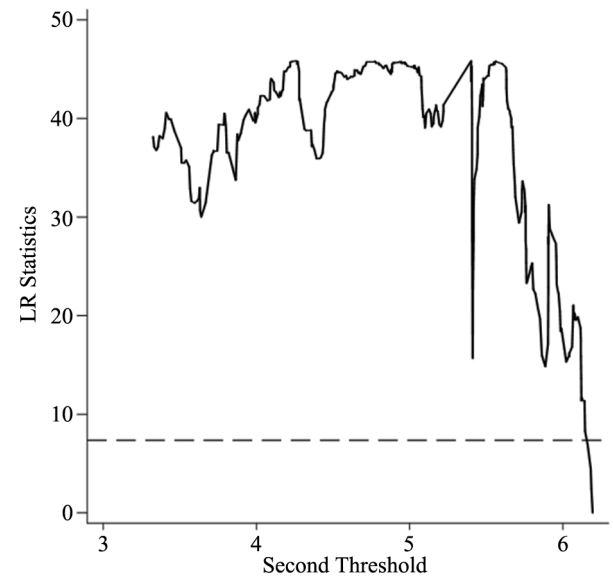
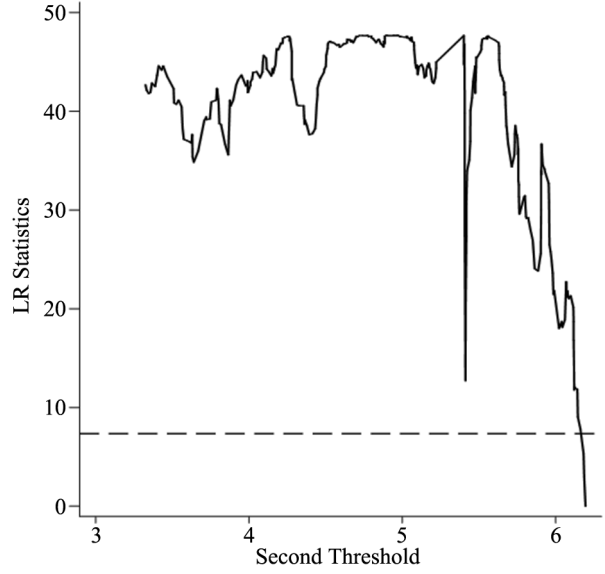
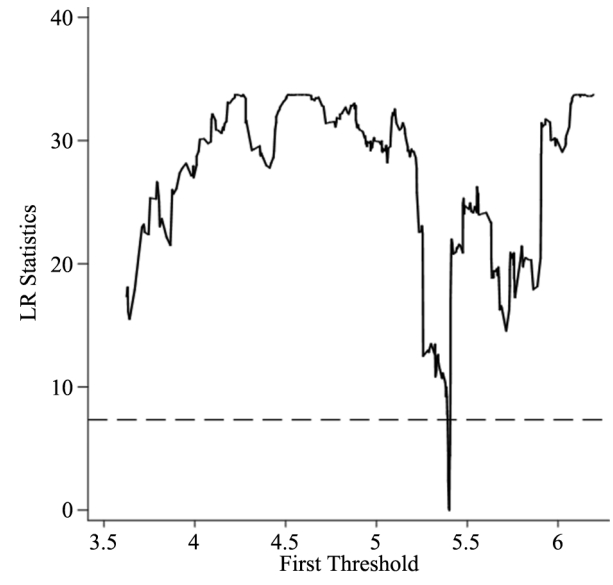
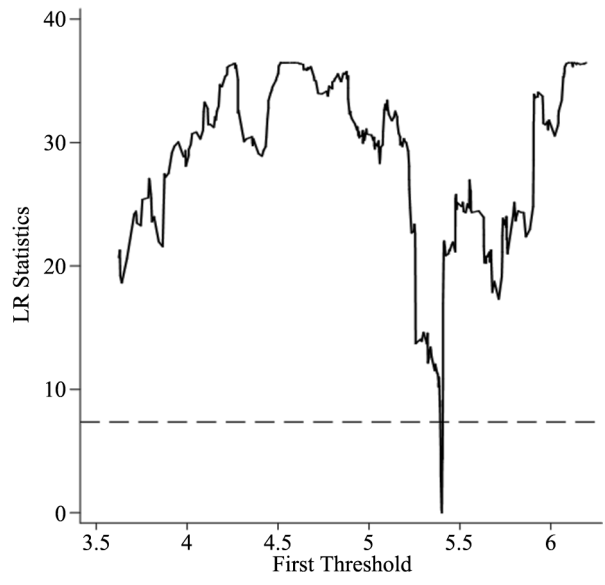


图1 水平型 FDI 环境规制双门槛估计结果

图2 垂直型 FDI 环境规制双门槛估计结果

注：两个图为门槛值 5.4013 和 6.1944 对应的估计结果。

注：两个图为门槛值 5.4013 和 6.1944 对应的估计结果。

中提出的假设进行实证检验。研究结果表明，在线性模型回归中，水平型 FDI 相较于垂直型 FDI 的系数更大，水平型 FDI 更能够发挥出绿色技术溢出效应。在面板门槛模型中，环境规制对垂直型 FDI 和水平型 FDI 绿色技术溢出的影响具有差异性。当环境规制强度低于第一门槛值时，水平型 FDI 对绿色技术溢出为正向关系；当环境规制强度在第一门槛值和第二门槛值之间时，水平型 FDI 的系数显著为正，说明其能够发挥出显著的绿色技术溢出效应，垂直型 FDI 对绿色技术溢出由负向转为正向溢出，其绿色技术溢出不明显；当环境规制强度超过第三门槛值后，水平型 FDI 和垂直型 FDI 均能发挥出显著的绿色技术溢出效应。

表4 门槛模型回归结果

变量	水平型 FDI ( <i>hf</i> )	垂直型 FDI ( <i>vf</i> )
<i>lnrd</i>	0.1872** (2.12)	0.1375 (1.57)
<i>lnis</i>	-0.9876*** (-5.28)	-1.0057*** (-5.32)
<i>lnopen</i>	0.0587 (0.84)	-0.0040 (-0.05)
<i>lnedl</i>	0.8342*** (9.11)	0.9771*** (12.40)
<i>lnrer</i>	-0.5690*** (-9.94)	-0.5671*** (-9.36)
区间 1	0.3125 (2.25)	-0.0342 (-0.91)
区间 2	0.3494*** (2.84)	0.0102 (0.28)
区间 3	0.3999*** (3.25)	0.0722** (1.99)
<i>_cons</i>	-1.1253 (-0.99)	1.7274*** (2.59)
N	493	493
r <sup>2</sup>	0.5925	0.6013

本文的结论对于制定政策具有重要的意义。对于中国而言,政府需要妥善处理好引入外资、发展经济以及保护生态环境这三者的关系,把握好三者之间的平衡关系,努力实现引入外资、发展经济和改善生态环境共赢的局面。(1)未来地方政府应建立并完善对引入外资企业的甄别机制。由于水平型 FDI 相较于垂直型 FDI 更能发挥出绿色技术溢出效应,可以加大引进水平型 FDI,有效发挥水平型 FDI 与本土企业的竞争,倒逼本土企业进行绿色技术创新,由看重外资的规模转为注重外资的质量;(2)根据外资企业的不同类别,未来地方政府需设置合理的环境规制区间。根据门槛回归结果得出水平型 FDI 跨过第一门槛值能够发挥出显著的绿色技术溢出效应,垂直型 FDI 则是跨过第二门槛值发挥出显著的绿色技术溢出效应,说明两类 FDI 发挥正向显著的绿色技术溢出所需的环境规制强度区间是不同的,因此不同地区政府应制定差异化环境规制强度。在中国现有的环境规制强度下,两类 FDI 的绿色技术溢出为正但均不明显,政府部门需加大力度设置相对严格的环境规制区间,特别是对垂直型 FDI 而言需设置更高的环境规制强度,不能以破坏生态环境为代价发展经济,只有这样才有利于生态环境的保护。

#### 参 考 文 献

[1] 惠炜,赵国庆.环境规制与污染避难所效应——基于中国省际数据的面板门槛回归分析[J].经济理论与经济管理,2017,(2):23~33.

[2] 胡江峰,王钊,黄庆华,等.异质性 FDI 绿色技术溢出环境规制门槛效应研究[J].科技进步与对策,2021,38(6):20~28.

[3] Jaffe A B. Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Values [J]. American Economic Review, 1986, 76 (5): 984~1001.

[4] 兰天,张哲.中欧制造业产品内贸易对中国绿色技术溢出效应的影响[J].科技进步与对策,2021,38(9):61~71.

[5] 王根强,鲍阳,李瑞红.开放视域下国际贸易的绿色技术溢出效应分析[J].商业经济研究,2020,(22):141~144.

[6] Jean Olson Lanjouw, Ashoka Mody, Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology [J]. Research Policy, 1996, (25): 549~571.

[7] 刘夏,颜婕,赵军峰. FDI 绿色技术溢出效应及其门槛检验[J].生态经济,2018,34(11):120~125.

[8] 陈艳春,韩伯棠,张宏雷.绿色技术溢出内在动力与影响因素研究[J].河北工业大学学报,2012,41(6):105~110.

[9] 岐洁,韩伯棠,陈艳春.国际性绿色技术溢出与我国技术进步[J].科研管理,2015,36(9):55~63.

[10] 肖海洋,韩伯棠,陈艳春.中国区域环境绩效与绿色技术溢出、环境溢出关系研究[J].科技管理研究,2018,38(1):233~238.

[11] Macdougall A. The Benefits and Costs of Private Investment from Aboard: A Theoretical Approach [J]. Economic Record, 1960, (36): 13~35.

[12] 许鸿文,方齐云.从创新能力看外商直接投资的产业间前、后向关联溢出效应[J].国际贸易问题,2012,(9):138~144.

[13] Das S. Externalities, and Technology Transfer Through Multinational Corporations——A Theoretical Analysis [J]. Journal of International Economics, 1987, 22 (1-2): 0~182.

[14] Levinson A, Taylor M S. Unmasking the Pollution Haven Effect [J]. International Economic Review, 2008, 49 (1): 223~254.

[15] 邵朝对,苏丹妮,杨琦.外资进入对东道国本土企业的环境效应:来自中国的证据[J].世界经济,2021,44(3):32~60.

[16] Eskeland G S, Harrison A E. Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis [J]. Journal of Development Economics, 2003, 70 (1): 1~23.

[17] 傅元海.我国不同类型 FDI 利用质量的比较[J].当代经济研究,2011,(1):79~85.

[18] 孙早,李春临,宋炜,等.不同来源地 FDI 对中国高技术产业的溢出效应[J].国际贸易,2014,(8):60~65.

[19] Elhanan Helpman, Marc J. Melitz, Stephen R. Yeaple. Export Versus FDI with Heterogeneous Firms [J]. The American Economic Review, 2004, 94 (1): 300~316.

[20] Hu J F, et al. Environmental Regulation, Foreign Direct Investment and Green Technological Progress—Evidence from Chinese Manufacturing Industries [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15 (2): 221~221.

[21] 魏玮,周晓博,薛智恒.环境规制对不同进入动机 FDI 的影响——基于省际面板数据的实证研究[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2017,(1):110~119.

[22] 傅京燕,胡瑾,曹翔.不同来源 FDI、环境规制与绿色全要素生产率[J].国际贸易问题,2018,(7):134~148.

[23] 王恕立,刘军,胡宗彪. FDI 流入、动机差异与服务产品垂直型产业内贸易[J].世界经济,2014,37(2):71~94.

- [24] 李怡, 李平. FDI对中国工业价值链升级影响的异质性考察 [J]. 世界经济研究, 2018, (5): 37~50, 135~136.
- [25] 王然, 燕波, 邓伟根. FDI对我国工业自主创新能力的影  
响及机制——基于产业关联的视角 [J]. 中国工业经济, 2010,  
(11): 16~25.
- [26] Coe D T, Helpman E. International R&D Spillovers [J]. Cepr  
Discussion Papers, 1993, 39 (5): 859~887.
- [27] Bruce E. Hansen. Threshold Effects in Non-dynamic Panels;  
Estimation, Testing, and Inference [J]. Journal of Economet-  
rics, 1999, 93 (2): 345~368.
- [28] Lin P, Liu Z M, Zhang Y F. Do Chinese Domestic Firms Be-  
nefit from FDI Inflow? [J]. China Economic Review, 2009, 20  
(4): 677~691.
- [29] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952~  
2000 [J]. 经济研究, 2004, (10): 35~44.

## Environmental Regulation, Horizontal FDI, Vertical FDI and Green Technology Spillover ——Empirical Test Based on Threshold Effect

Zhao Kai Zhang Fang

(School of Economics, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

[Abstract] Based on 2004~2020 Chinese 29 states, autonomous regions and municipalities as the study filed, the first to use SBM function and GML productivity index from Chinese states, autonomous regions and local governments that are directly subordinate to the central administration's green total factor productivity, then by using linear model to analyze the impact of horizontal FDI and vertical FDI on green technology spillover, finally using panel Taking environmental regulation as the threshold variable, the reasonable environmental regulation range of green technology spillover of horizontal FDI and vertical FDI is analyzed. The results show that: (1) horizontal FDI can play a better role in green technology spillover than vertical FDI. (2) The green technology spillover effect of the two types of FDI has significant environmental regulation threshold effect. While the strength of environmental regulations surpasses the initial threshold, two groups of FDI can have a knock-on effect on green technologies, but only horizontal FDI is significant. However, the moment the strength of the environmental regulations rises to the next threshold, horizontal FDI continues to play a significant green technology spillover effect, and vertical FDI's green technology spillover effect changes from a positive insignificant spillover to a significant spillover effect. This conclusion has profound practical significance for guiding and utilizing foreign investment and formulating relevant policies.

[Key words] environmental regulation; horizontal FDI; vertical FDI; green technology spillover; threshold effect; spillover effects

[Jel classification] Q27; F18

(责任编辑: 张舒逸)