

# 外商投资、环境监管与环境效率

——理论拓展与来自中国的经验证据

周杰琦<sup>1</sup>, 汪同三<sup>2</sup>

(1. 广东财经大学 经济学院, 广东 广州 510320; 2. 中国社会科学院 数量经济与技术经济研究所, 北京 100732)

**摘要:**在拓展 Grossman 与 Krueger 分析框架的基础上, 细致阐释了外商投资影响环境效率的机制, 并运用联立方程模型和面板门槛技术, 从数量与质量两个角度实证考察 FDI 影响环境效率的机理和效果, 结果表明: (1) FDI 数量通过产业结构途径阻碍了环境效率的提高, 但 FDI 数量与 FDI 质量均能通过环境技术渠道改善环境绩效; (2) FDI 数量因其给环境质量带来了负面影响而引致本地环境监管的强化, 而 FDI 质量作为各地政府竞相争夺的“潜在”资源, 倾向于弱化本地的环境监管; (3) 外资质量与外资规模对环境效率的作用均表现为基于环境监管强度的双重门槛特征。当环境监管强度较低与较高时, FDI 数量与质量对环境效率的影响表现为负面或不显著; 当环境监管强度处于合理水平时, FDI 数量对环境效率的负面效应减弱, FDI 质量对环境效率有正面的影响。因此, 政府在制定合理的环境监管、提高外资企业环境准入门槛、鼓励环保型外资企业进入等方面的协同努力, 对促进 FDI 正向的环境效应, 实现可持续发展至关重要。

**关键词:** FDI 质量; 环境监管; 环境效率; 产业结构绿色升级; 联立方程模型

**中图分类号:** F11; F42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-9301(2017)04-0067-13

## 一、引言

改革开放以来, 中国取得了举世瞩目的经济增长成就, 但也付出了沉重的环境代价。近年来频繁出现的雾霾天气, 其影响范围甚广, 覆盖了中国近一半的国土, 不仅对人们的生活与健康构成了严重的威胁, 也可能影响到中国“十三五”期间甚至更长时间的可持续发展。在环境质量持续恶化的压力下, 作为经济增长关键动力的外商直接投资(FDI)的环境效应备受关注与争议, 尤其是近年来“康菲漏油事件”等海外知名企业危害国内环境安全的事件屡见不鲜, 更是引发国内外的高度关注。因此, 如何依据具体国情制定合理的环境监管政策, 以优化外商投资结构、提升 FDI 质量、促进 FDI 对环境的积极效应, 就成为一项亟待解决的重要议题。

目前, 大多数文献聚焦于各国引资竞争下 FDI“数量”对东道国污染排放总量的影响, 其引申的政策含义较为模糊, 尤其是在国内经济步入减速换挡的新常态下, 寄望于通过限制外资进入来减少污染物排放, 将进一步放缓经济的增长。而进一步考虑环境因素的经济效率(即环境效率), 则被视为是维持经济增长的同时实现节能减排的一项重要战略举措。由此自然有这样的疑问, FDI“数量”

收稿日期: 2017-02-06; 修回日期: 2017-04-04

**作者简介:** 周杰琦(1983—), 男, 广东韶关人, 经济学博士, 广东财经大学经济学院讲师, 研究方向为环境经济理论与政策研究; 汪同三(1948—), 男, 湖北蕲春人, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员, 研究方向为经济模型与预测研究。

**基金项目:** 国家社科基金重大项目(15ZDC012); 教育部人文社科青年基金项目(15YJCZH242)

与“质量”究竟对中国环境效率有着怎样的影响?该影响依赖于哪些主要的传导途径?作为解决环境问题“市场失灵”的手段,政府环境监管在 FDI 环境效应中扮演了怎样的角色?在“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念引领下,深入分析上述问题,对于完整评判对外开放的环境效应,合理制定相互协同的外资政策、产业政策与环保政策有着重要的参考意义。

本文结构安排如下:第二部分对有关外商投资与环境污染关系的文献进行评述;第三部分阐述 FDI 影响环境效率的内在机制;第四部分为计量模型设定、指标选取及数据来源说明;第五部分是实证结果及分析;最后一部分是结论及政策启示。

## 二、文献评述

目前,关于外商直接投资环境效应的研究日趋丰富,产生了两大对立的假说:“污染避难所”与“污染光环”假说。早期相关文献聚焦于“污染避难所”假说,该假说最早由 Walter and Ugelow<sup>[1]</sup>提出,并经 Chichilnisky<sup>[2]</sup>等论证成为相对完善的理论。在该假说看来,由于严苛的环境标准提高了污染密集型产品的生产成本,发达国家通过国际直接投资向污染治理成本较低的东道国转移污染产业与低端生产环节,或在东道国选择以较低的环境控制技术进行生产,以实现治污费用的节约,从而对当地环境福利绩效产生负面影响,这一假说得到大量实证研究的验证<sup>[3-5]</sup>。和“污染避难所”假说密切相关的是“逐底竞赛”假说,即发展中国家政府会竞相降低环保标准或放松环境监管以吸引更多的 FDI<sup>[6]</sup>,从而诱发国际环境条件的两极分化。Røpke<sup>[7]</sup>甚至指出,这种“逐底竞争”的引资策略会使一些国家环保标准面临崩溃。如果上述假说成立,则外资进入给发展中东道国带来的不仅是污染密集产业的转移,更重要的是将埋下阻碍可持续发展的隐患。“污染光环”论认为,从外资企业自身角度看,发达国家较高的环保标准有利于倒逼企业发展方式转变与环境友好型技术升级,企业可通过产品结构调整与研究开发等途径应对日益增加的环境压力,不一定需要通过资本和产业转移的方式来降低污染治理成本。Nidumolu *et al.*<sup>[8]</sup>认为,坚持可持续发展战略的企业能够在环境监管的激励效应下通过技术创新降低生产成本与增加收益,从长期看能实现环境保护与经济绩效的“双赢”。鉴于环保投资的“沉没成本效应”,外资企业通常采用全球统一的环保标准,其会给东道国带来较本土企业更先进的环保技术与管理经验,并通过 FDI 的“示范效应”与东道国的“学习效应”提升本土企业环境绩效,进而促进东道国环境质量的改善。这一假说也不乏经验证据<sup>[9-10]</sup>。理论预期与经验结果间的互相冲突,意味着 FDI 对环境质量的影响可能存在更复杂和多维的传导机制。以 Grossman and Krueger<sup>[11]</sup>提出的国际贸易环境效应模型为基石,一些文献从规模、结构和技术三个维度综合考察 FDI 对东道国环境的影响机制<sup>[12-14]</sup>。

在针对发展中国家的经验文献中,多数研究发现,FDI 进入不仅扩大了东道国经济规模,也会促使产业结构朝高能耗、高污染的方向演变,由此 FDI 对东道国环境存在负向的规模效应与结构效应,如景维民等<sup>[15]</sup>认为东道国宽松的环境监管会诱导外资企业根据这种比较优势调整生产结构,从而通过产品结构效应对当地环境产生负面影响。然而,FDI 对东道国环境的技术效应则颇具争议:一方面,东道国环境的改善在一定程度上得益于外资技术溢出效应<sup>[16]</sup>,另一方面,如果考虑到外资带来的研发替代效应及发展中国家的制度扭曲因素,则外资进入对东道国企业技术的影响变得不再显著,甚至存在负的挤出效应<sup>[17]</sup>。

鉴于技术效应在 FDI 环境效应中的关键作用,一些学者近期开始专门探究外资技术溢出效应的产生机制与效果。Albornoz *et al.*<sup>[18]</sup>、陈媛媛等<sup>[19]</sup>、Song *et al.*<sup>[20]</sup>基于示范与学习、产业关联等机制,认为 FDI 技术溢出对东道国环境技术有积极的作用。然而,一些学者指出,外资迅速增加引致的过度竞争可能会挤压内资企业的利润,限制了其投资环保设备和清洁技术的意愿与能力,从而抑制环境绩效的提升<sup>[21]</sup>。此外,还有一种更折中的观点认为,FDI 技术溢出对环境的影响在实证文献中不尽相同,这与 FDI 技术效应受到东道国经济发展水平、研发投入、本土企业吸收能力等多种因素的综

合影响有关<sup>[22]</sup>。新近文献结合近年发展起来的异质性企业贸易模型,考察 FDI 企业异质性行为带来的环境效应,如 Manderson *et al.*<sup>[23]</sup>、Tang<sup>[5]</sup>、Gao<sup>[24]</sup>等从 FDI 污染集中度、FDI 不同动机、异质性人力资本等角度,探究了环境监管政策对 FDI 流入的差异化效应,但这些视角并不能很好地解释不同 FDI 企业在面对环境监管时的差异化行为机制,从而难以准确评估外资企业异质性行为对东道国环境福利的影响。

与既有文献相比,本文边际贡献为:(1)在对地区环境效率影响因素进行有效分解的基础上,从 FDI 数量与质量两个角度考察外资影响地区环境效率的机制和效果,丰富了研究视角,是对既有文献的有益补充。(2)现有研究较少从 FDI 流入的数量与质量的视角对环境监管进行内生化处理,从而难以以为 FDI 环境效应的形成机制提供更全面深刻的解释。因而,本文探讨了 FDI 流入对环境监管的影响,并构建联立方程组验证 FDI 数量与质量影响环境效率的机制,避免理论分析与实证研究的割裂。(3)考虑到中国作为后发不均质大国的现实国情,外资环境效应的方向与大小可能有赖于各地差异化的环境监管强度,本文以环境监管强度为门槛变量,利用面板门槛技术检验环境监管强度在外资规模与质量影响环境效率过程中扮演的角色,从而为中国合理制定环境监管政策,促进外资利用与环境保护的协调发展,提供决策依据。

### 三、理论分析框架

#### (一) 环境效率界定及因素分解

关于环境效率的度量指标,尽管一些学者认为环境效率是资本、劳动、能源等生产要素综合作用的结果而有“全要素”特征,但污染物排放强度不仅直观反映了污染物排放与 GDP 之间的投入产出关系,也是各国制定环境政策的重要依据。因此,本文采用该指标衡量环境效率,并从产业结构绿色升级与环境技术进步两个角度进行因素分解,找到影响环境效率的直接因素,这构成了理论分析的逻辑起点。

##### 1. 工业环境效率

中国现处于以重化工业迅速发展为特征的工业化中后期阶段,环境污染主要源于工业,工业是提升整体环境效率的关键领域,同时,也是 FDI 主要进入的领域,因此本文主要考察工业污染物排放。记  $Y_{i,t} = \sum_{j=1}^m Y_{i,t}^j$  为第  $i$  个地区第  $t$  期的工业增加值,  $Y_{i,t}^j$  是该地区行业  $j$  的工业增加值,记该地区第  $t$  期的工业污染物排放总量为  $TP_{i,t}$ ,将环境效率界定为:  $EP_{i,t} = TP_{i,t}/Y_{i,t}$ ,其值越低,表示单位工业增加值的污染物排放越少,工业环境效率越高。记全国工业污染物排放总量与工业增加值为  $TP_t/Y_t$ 。

##### 2. 与环保相关的产业结构指标

记  $S_{i,t}^j = Y_{i,t}^j/Y_{i,t}$  为行业  $j$  占地区  $i$  工业增加值的份额,衡量统计意义的工业内行业结构。鉴于各工业行业在要素使用、环境技术、环境监管等方面存在差异,各行业环境效率参差不齐,将行业  $j$  环境效率在基期的 ( $t=0$ ) 全国平均水平  $EP_0^j = TP_0^j/Y_0^j$  作为基准权重,对地区  $i$  所有行业增加值的份额进行加权加总,在环境经济学意义上,构建一个更能全面反映地区环保进程的产业结构指标:

$$Str_{i,t} = \frac{1}{\sum_{j=1}^J (S_{i,t}^j \times EP_0^j)} = \frac{Y_{i,t}}{\sum_{j=1}^J (TP_0^j \times Y_{i,t}^j / Y_0^j)} \quad (1)$$

$Str_{i,t}$  值越高,表示高污染密集型行业在地区工业部门的占比越低,产业结构越倾向于节能环保的转型升级,反之亦然。

##### 3. 环境技术指标

从环境技术动态演进的视角看,可将行业  $j$  环境效率在基期的全国平均水平  $EP_0^j$  看作一种基准技术,  $EP_0^j$  与  $Y_{i,t}^j$  的乘积  $\overline{TP}_{i,t}^j$  表示地区  $i$  行业  $j$  在采用该基准技术时的理论污染物排放总量,因此,地

区  $i$  污染物排放总量的理论水平为各行业理论污染物排放量的加总,即  $\overline{TP}_{i,t} = \sum_{j=1}^J \overline{TP}_{i,t}^j$ 。将地区环境技术指标界定为理论排污量和实际排污量之比:

$$Tec_{i,t} = \frac{\overline{TP}_{i,t}}{TP_{i,t}} = \frac{\sum_{j=1}^J (TP_0^j \times Y_{i,t}^j / Y_0^j)}{TP_{i,t}} \quad (2)$$

$Tec_{i,t}$  大于 1,表示地区  $i$  实际污染物排放量低于基准技术条件下的理论排放量,故其现实的环境技术比参考环境技术更先进。 $Tec_{i,t}$  反映了地区  $i$  第  $t$  期环境技术相对基年环境技术的变化状况,这种技术变化可归结为两个层面的推动力:一是由科技政策、节能减排政策、能源价格等外生性较强的因素导致的全国总体环境技术的变迁;二是由环境监管强度、环保研发投入等方面的地区差异所引发的地区间环境技术相对差异的变动,因此对  $Tec_{i,t}$  进一步分解为:

$$Tec_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^J (TP_0^j \times Y_{i,t}^j / Y_0^j)}{TP_{i,t}} = \frac{\sum_{j=1}^J (TP_t^j \times Y_{i,t}^j / Y_t^j)}{TP_{i,t}} \times \frac{\sum_{j=1}^J (TP_0^j \times Y_{i,t}^j / Y_0^j)}{\sum_{j=1}^J (TP_t^j \times Y_{i,t}^j / Y_t^j)} = RT_{i,t} \times WT_{i,t} \quad (3)$$

其中,  $RT_{i,t}$  刻画了地区  $i$  第  $t$  期现实的环境技术相对全国同期平均水平的领先程度,其值越大于 1,表示其环境技术领先于全国同期平均水平的程度越高。 $WT_{i,t}$  表示在地区各行业产值保持不变条件下,因技术基准的更替而导致的污染排放总量的变化,其值大于 1,说明以基期技术基准所计算的理论排污量,要高于以报告期技术基准所计算的理论排污量,意味着环境技术全国总体水平得到改善。

#### 4. 环境效率影响因素分解

由式(1)、(2)与(3)有:

$$EP_{i,t} = \frac{TP_{i,t}}{Y_{i,t}} = \frac{1}{Str_{i,t} \times Tec_{i,t}} = \frac{1}{Str_{i,t} \times RT_{i,t} \times WT_{i,t}} \quad (4)$$

式(4)表明,地区环境效率的提高直接源于两个层面的因素:一是产业结构从污染密集型朝着环境友好型的方向调整升级;二是环境技术的进步使得污染物排放得到有效控制,促进单位投入产出的提高,其可进一步分解为地区环境技术的相对进步( $RT$ )与全国总体环境技术进步( $WT$ )。

#### (二) FDI 对环境效率的影响:机理分析

在影响地区环境绩效的诸多因素中,外商投资无疑是备受关注与争议的重要方面。理论上,FDI 可从多种渠道影响地区环境绩效。在对环境效率进行分解,以及梳理与归纳现有文献的基础上,将政府环境监管这一影响渠道引入 Grossman 与 Krueger 的经典分析框架,可以归纳 FDI 对环境效率可能产生的影响:

首先,由式(4)可知,地区环境效率的提升取决于产业结构的“绿色”转型升级与环境技术进步,故 FDI 可通过影响产业结构调整与环境技术进步,进而对环境效率产生间接效应。外资基于产业结构调整影响环境效率的机制可归纳为:从需求角度看,若外资企业履行环保责任,则其基于后向关联效应增加对上游内资企业满足环保标准的中间投入品的采购,带动环保行业发展,减少当地对高耗能高污染行业的依赖。同时,由于具备较高的生产技术及推行国际环保标准,外资企业通常会采购环保节能的原材料,其产品更具绿色环保特征,这会通过环保消费行为的示范效应带动东道国消费者增加对绿色消费品的需求。从供给角度看,FDI 不仅可能直接构建绿色循环产业链,还基于包括外包在内的多种合作方式促进内资企业进行技术创新、设备更新及生产方式调整,推动东道国资源的重新配置与产业结构的优化。然而,鉴于 FDI 主要流入了发展中国家污染密集型行业,而较少进入技术密集型产业的特征事实,FDI 可能通过“比较优势陷阱”、“产业配套陷阱”及“国际外包陷阱”

等机制,对东道国产业升级与国家竞争力提升产生一定的负面影响<sup>[25]</sup>,尤其是对于中国这样一个实施财政分权体制的发展中国家,在 GDP、就业等指标的政绩考核压力下,地方政府间的引资竞争导致其竞相降低外资的环境准入门槛,盲目追求 FDI 规模而不是 FDI 的“绿色”程度。因此,外商投资基于产业结构渠道对环境效率有正反两方面的影响。

其次,外资基于环境技术途径影响环境绩效的机制可概括为:由于外资企业可能会执行更为严格的环保标准,FDI 不仅会引进母国先进的节能治污技术与设备,还通过示范、竞争、人力资本流动、前后向产业关联、内资企业治污技术学习效应等机制,间接提升东道国环保技术水平,从而促进当地环境效率的改善。许多经验文献也支持了 FDI 基于环保技术渠道对环境质量的促进作用。然而,跨国公司为保持技术垄断地位与超额利润,不会通过 FDI 向东道国转移最先进的技术,且由于技术依赖陷阱、技术差距、技术吸收和利用能力等因素的影响,“以市场换技术”发展战略下大规模引进的 FDI 对中国企业环境技术的影响可能表现为不确定性<sup>[26]</sup>。此外,FDI 引致的技术引进可能会对内资企业创新活动产生替代效应,从长期看东道国不仅可能缺乏自主创新能力,也将丧失经济发展的正常链条与产业生态,最终不利于环境绩效的改善。因此,外资对环境技术也存在正反两面的效应。

最后,外商投资还可通过与当地环境监管政策的相互作用对环境绩效构成间接影响。理论上,制定实施有效的环境监管政策不仅能提高污染企业的环境准入门槛,倒逼产业结构的“绿色”升级,也会激励企业为遵从环境监管的要求而加强环保技术研发<sup>[27]</sup>,由此环境监管能通过产业结构与环境技术对地区环境绩效产生间接影响。进一步地,作为政府环境管理领域的决策行为之一,环境监管强度可能受到多方面因素的影响,其中,作为各地政府招商引资的重要目标,外资会对环境监管强度造成一定影响<sup>[3]</sup>,理由是,一方面跨国公司为规避环境规制,存在较强动机通过游说、寻租等方式诱导当地政府实施更宽松的环境监管政策;另一方面,出口导向型 FDI 也可能有利于提高当地的环境监管强度,因为 FDI 企业为符合进口国严格的环保标准,有内在动力促进东道国提高环境标准。进一步地,环境监管强度是发挥 FDI 环境效应的先决因素。实际上,FDI 对东道国环境绩效的影响无论是遵从“污染光环”论,还是“污染天堂”论,关键在于 FDI 的流入是否主要是由发展中国家竞相降低环境标准所换来的结果。一般来说,政府环境监管的放松不仅会降低 FDI 的环境准入门槛,还可能削弱外资企业在环境技术上的比较优势,不利于其加强绿色技术研发,从而抑制外资企业环保技术的溢出效应。因此,若外资流入是以弱化环境监管为代价所换来的结果,则很难期望这类 FDI 能对环境绩效产生积极影响。

综上,可以从产业结构、环境技术、环境监管等渠道,探究 FDI 对环境绩效的作用机制。鉴于理论上外商投资对环境绩效的各种影响机制均存在方向相反的效应,且 FDI 基于环境监管渠道对环境绩效产生的净影响在理论上是不确定的。因此,为客观准确地评估 FDI 对环境效率的作用,应在理论分析基础上从外资的“质”与“量”两个角度进行实证考察。

#### 四、计量模型与变量说明

##### (一) 计量模型设计

鉴于 FDI 可通过诸多渠道影响地区环境效率,且变量之间存在互动机制,单方程回归分析不仅难以全面刻画变量间的互动机制,也不易解决由双向因果关系所引致的内生性问题。解决双向因果内生性问题的通常做法是在构建工具变量基础上,采用两阶段最小二乘法控制因变量对自变量的反向作用,然而,工具变量法难以准确判断其中的影响方向与强度。本文借鉴 Bao *et al.*<sup>[28]</sup>的思路,建立以下联立方程组,在控制 FDI 与环境效率双向因果关系的基础上,对 FDI 数量与质量影响环境效率的机制进行全面的经验识别:

$$\ln EP_{it} = - \ln Str_{it} - \ln RT_{it} - \ln WT_{it} \quad (5)$$

$$\ln Str_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln PGDP_{it} + \alpha_2 (\ln PGDP_{it})^2 + \alpha_3 \ln Kl_{it} + \alpha_4 \ln Sup_{it} + \alpha_5 \ln FDIS_{it} + \alpha_6 \ln FDIQ_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\ln RT_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Rd_{it} + \beta_2 \ln PGDP_{it} + \beta_3 \ln TP_{it-1} + \beta_4 \ln Sup_{it} + \beta_5 \ln FDIS_{it} + \beta_6 \ln FDIQ_{it} + \mu_{it} \quad (7)$$

$$\ln Sup_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln TP_{it-1} + \gamma_2 \ln PGDP_{it} + \gamma_3 (\ln PGDP_{it})^2 + \gamma_4 \ln Str_{it} + \gamma_5 \ln FDIS_{it} + \gamma_6 \ln FDIQ_{it} + \eta_{it} \quad (8)$$

$$\ln PGDP_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln Kl_{it} + \lambda_2 \ln EP_{i,t} + \lambda_3 \ln FDIS_{it} + \lambda_4 \ln FDIQ_{it} + \nu_{it} \quad (9)$$

其中,式(5)是由式(4)得出的地区环境效率的分解恒等式。

式(6)为产业结构回归模型,用以考察外资规模(*FDIS*)、外资质量(*FDIQ*)基于产业结构渠道对当地环境效率产生的作用。借鉴相关文献,控制变量包含:经济发展水平(*PGDP*),环境库兹涅茨曲线意味着与环保相关的产业比重随经济增长先下降后上升,故引入经济发展水平及其二次项;要素禀赋结构(*Kl*);环境监管强度(*Sup*)。式(7)是环境技术回归模型,旨在检验外资规模与外资质量通过环境技术渠道对地区环境效率产生的效应。将地区相对环境技术(*RT*)视为被解释变量,解释变量包括研发强度(*Rd*)、经济发展水平(*PGDP*)、滞后一期工业污染程度(*TP*)、环境监管强度(*Sup*)。式(8)是环境监管强度决定因素方程,旨在检验外资规模与外资质量基于环境监管渠道对地区环境效率产生的间接影响,控制变量包括:滞后一期工业污染程度(*TP*)、经济发展水平(*PGDP*)、产业结构(*Str*)。式(9)为经济发展决定因素模型,用于检验外资规模和外资质量通过经济发展机制对地区环境效率的改善作用。根据经典增长理论,经济发展水平取决于人均物质资本和全要素生产率(*TFP*)。此外,较低的环境绩效会给经济效率带来损失从而对经济增长产生负面的反馈效应。因此,将环境效率(*EP*)引入到模型中。

## (二) 指标度量与数据来源

1. 环境效率(*EP*) 我们将环境效率界定为  $EP = TP/Y$ ,其中,*TP*为省区工业综合污染指数,*Y*为省区实际工业增加值。*EP*取值越低,代表地区工业环境绩效越高。以往研究通常以工业“三废”中的单项或若干种污染物作为环境污染的评价指标,本文借鉴屈小娥<sup>[29]</sup>的思路,运用TOPSIS综合评价法,基于工业部门的废水、固体废弃物、烟尘、粉尘、SO<sub>2</sub>及废气等六类污染物指标,构建地区工业环境污染综合指数,具体评价方法可详见屈小娥<sup>[29]</sup>的研究。

2. 产业结构(*Str*) 为契合前面的理论分析,以式(1)代表的工业行业结构度量与环保相关的产业结构。选取分地区工业增加值、分地区工业分行业增加值、全国工业分行业增加值及其环境效率反映与环保程度相关的工业行业结构<sup>①</sup>,相关数据源于各省统计年鉴、《中国工业统计年鉴》与《中国环境年鉴》。

3. 地区相对环境技术(*RT*) 借鉴 Oh *et al.*<sup>[30]</sup>的做法,采用全局的Malmquist-Luenberger生产率指数度量环境全要素生产率,并将其分解为技术变化指数与效率变化指数,本文将前者视为反映环境技术进步的衡量指标。原因是,该方法不仅通过检测样本期内的生产技术构建一个全局生产前沿面,避免了“技术倒退”问题,还直接体现了考虑能源与污染排放约束下地区间环境技术进步的差异特征。在测度环境全要素生产率过程中涉及以下投入产出变量:期望产出,用各省实际GDP表示;非期望产出,用环境污染综合指数表示;资本存量(*K*),借鉴张军等<sup>[31]</sup>,运用永续盘存法估算实际资本存量;劳动力(*L*),以各省就业人数来衡量。具体构造方法可参考 Oh *et al.*<sup>[30]</sup>的研究。

4. 外商直接投资(*FDIS/FDIQ*) 鉴于存量指标能较好地反映各时期外资规模对产业结构、环境技术、环境监管及经济增长的长期累积影响,式(6)至(9)的外资规模用存量指标来表示。本文借鉴 Yao *et al.*<sup>[32]</sup>的做法,运用永续盘存法对外资存量进行估计,即:

$$FDIS_{it} = FDIS_{it-1}(1 - \delta_{it}) + FDI_{it} \quad (10)$$

其中,  $FDIS_{it}$  表示  $i$  省  $t$  年的外资存量规模;  $FDI_{it}$  表示  $i$  省  $t$  年实际利用外资额;  $\delta_{it}$  表示  $i$  省  $t$  年外资存量的折旧率, 取值为 9.6%。

测度 FDI 质量是本文的一个核心环节。由于外商投资在来源地、动机选择、进入方式等方面存在差异, 即便对于同样的 FDI, 在不同地区或发展阶段也可能给予不同的评价。因此, 对外资质量的评价比较复杂且没有一成不变的标准。本文借鉴邹建华等<sup>[33]</sup>的做法, 从以下两方面刻画外资质量:

(1) 外资资产贡献率( $FC$ ) 外资资产贡献率越高, 反映了外企有较多的留存利润, 意味着其除了能进行资本积累外, 还有能力进行研发创新。以外资工业企业资产贡献率与规模以上工业企业资产贡献率的比值来度量。

(2) 外资技术溢出潜力( $FS$ ) 本文收集 1999—2014 年累计实际对外商直接投资额前十位的国家或地区的数据, 估计不同来源地 FDI 在东道国溢出的研发存量, 并以各省实际利用外资额占全国实际利用外资额的比重为权重, 衡量各省外资技术溢出潜力, 计算公式为:

$$FS_{it} = \left( \sum_{j=1}^{10} \frac{FDI_{jt}}{GDP_{jt}} \times S_{jt}^d \right) \times W_{it} \quad (11)$$

其中,  $FDI_{jt}$ 、 $GDP_{jt}$  表示  $t$  年从  $j$  国流入中国的 FDI 和 GDP,  $S_{jt}^d$  为研发溢出国  $j$  的国内研发存量。  $W_{it}$  为省区  $i$  实际利用 FDI 额占全国的比重。数据源于世界货币基金组织的 World Economic Outlook Database, OECD Factbook 及《中国对外贸易统计年鉴》。本文用主成分分析法确定的权重对这两个指标进行加权, 得出能客观反映 FDI 质量属性的度量指标。

5. 环境监管强度( $Sup$ ) 在以往有关中国环境问题的文献中, 以下两类指标被广泛用于测度环境监管效果: 一是以污染物排放强度作为衡量环境监管效果的代理变量; 二是与环境污染治理相关的研发支出或环境保护投入。这些指标不仅存在严重的内生性问题, 也难以客观度量环境监管的真实效果。借鉴张宇等<sup>[14]</sup>的思路, 以单位 GDP 的环境污染立案数( $Case$ )来刻画环境监管强度。该指标的缺点在于,  $Case$  的增加既可归因于环境监管的强化, 也与地区环境技术水平低有关, 因此以地区相对技术进步  $RT$  修正该指标, 将环境监管强度界定为:

$$Sup_{it} = Case_{it}/RT_{it} \quad (12)$$

该指标构建的理由为, 对于追求相同的环境质量的两个地区而言, 环境技术相对落后区域的污染违法概率较大, 其可能受到更严格的环境管制。

其它控制变量: (1) 经济发展水平( $PGDP$ ) 用经 GDP 平减指数调整后的地区人均实际 GDP 来测度; (2) 人均资本( $KI$ ) 用物质资本存量与劳动力之比来度量; (3) 研发强度( $Rd$ ) 用地区研发经费内部支出占 GDP 比重来度量。

本文样本数据由 1999—2014 年 28 个省级行政区的面板数据组成。除特别说明外, 上述解释变量数据源于《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、各省统计年鉴及《中国环境年鉴》。

## 五、实证结果与分析

### (一) 联立方程模型估计结果与分析

鉴于方程(5)为分解恒等式, 仅需采用系统估计法对方程(6)至(9)构成的联立方程进行估计。方程(6)至(9)的秩条件和阶条件表明, 全部方程均是过度识别。考虑到面板数据异质性、变量的内生性及方程之间随机干扰项的相关性, 本文利用包含方程间误差成分的三阶段最小二乘法(EC3SLS)估计联立方程, 以提高估计结果的可靠性与稳健性。此外, 鉴于地区相对环境技术( $RT$ )用 DEA 方法来测度, 其取值介于 0 和 1 之间, 式(7)的因变量有截尾特征。因此, 本文借鉴林伯强等<sup>[34]</sup>的做法, 将式(5)至(9)视为联立方程 Tobit 模型, 采用条件最大似然估计法进行估计, 以得出更加有效和一致的估计结果, 结果见表 1。EC3SLS 与条件最大似然估计法的估计结果表明, 核心变量

系数的符号基本一致,仅在强度和显著性方面存在一些差异,表明回归模型具有较强的稳健性。因此,以包含方程间误差成分的3SLS的估计结果为主要说明对象。

表1 联立方程模型的估计结果

	包含方程间误差成分的三阶段最小二乘法				条件最大似然估计法			
	lnStr 方程(6)	lnRT 方程(7)	lnSup 方程(8)	lnPGDP 方程(9)	lnStr 方程(6)	lnRT 方程(7)	lnSup 方程(8)	lnPGDP 方程(9)
lnFDIS	-0.076 * (-1.83)	0.152 * (1.74)	0.136 *** (3.01)	0.227 *** (4.71)	-0.051 ** (-2.27)	0.164 ** (2.27)	0.114 ** (2.19)	0.281 *** (5.03)
lnFDIQ	-0.008 (-0.25)	0.047 ** (2.13)	-0.264 ** (-2.09)	0.105 *** (3.13)	0.021 (1.35)	0.035 *** (3.16)	-0.217 * (-1.78)	0.084 ** (2.25)
lnPGDP	-0.411 *** (-6.76)	0.370 *** (3.92)	-0.371 *** (-5.58)	—	-0.314 *** (-2.59)	0.452 *** (3.13)	-0.521 *** (-4.29)	—
(lnPGDP) <sup>2</sup>	0.147 ** (2.01)	—	0.109 (1.45)	—	0.131 ** (2.16)	—	0.085 (1.17)	—
lnRd	—	0.016 (1.56)	—	—	—	0.020 (1.43)	—	—
lnKl	-0.033 ** (-2.24)	—	—	0.558 *** (25.89)	-0.014 * (-1.77)	—	—	0.526 *** (22.08)
lnSup	0.021 (0.25)	0.151 *** (3.06)	—	—	0.017 (0.39)	0.132 *** (3.40)	—	—
lnEP	—	—	—	0.114 ** (2.34)	—	—	—	0.062 * (1.81)
L.lnTP	—	-0.031 ** (-2.28)	0.241 *** (4.37)	—	—	-0.107 (-3.32)	0.175 ** (2.29)	—
lnStr	—	—	-0.162 (-1.34)	—	—	—	0.137 (1.26)	—
常数项	0.453 *** (3.64)	-0.152 (-0.97)	0.178 (1.62)	0.853 ** (2.09)	0.495 *** (3.37)	-0.146 * (-1.87)	-0.342 (-1.54)	0.902 *** (2.94)

注:在EC3SLS估计中,lnStr、lnRT、lnSup、lnPGDP视为内生变量,其余变量视为外生变量;L.lnTP为工业污染程度的一阶滞后变量;\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%水平上显著;括号里的数为t值。

从方程(6)的估计结果看,FDI规模并没有促进当地产业结构向环境友好型的方向演变,而FDI质量对产业结构“绿色”转型升级的影响并不显著,原因可能为:一方面,在经济发展早期,中国存在降低环保标准吸引外资的动机,对FDI采取相对宽松的市场准入政策,发达国家借由中国在资源、环境上的比较优势向其转移了较多的污染密集型产业,直接造成当地工业偏向于高能耗、高污染行业,且源自这些污染密集型产业与上下游产业的关联效应,也进一步强化了当地产业结构的高污染属性;另一方面,尽管随着经济的发展,民众对于环境质量的诉求逐步提高,且最近几年中国逐渐改变引资策略,开始对高耗能、高污染的外资项目进行限制与禁止,但由于内外资企业技术差距较大、内资企业消化吸收能力较弱、环境监管较为宽松等方面因素的影响,外资质量没有明显促进当地产业结构的“绿色”升级。

从方程(7)的估计结果看,外资数量和外资质量对环境技术均有明显的促进作用,其原因为:一方面,外资规模越大,不但越有利于外资企业形成规模经济,从而有利于其开展绿色技术创新活动,且意味着外企拥有的员工数量越多,容易通过人力资本流动渠道产生技术溢出;另一方面,不同于外资企业对行业内知识产权的严格保护,由于污染防治技术研发的“沉没成本”属性与环境问题的公共属性,外资企业往往采用全球统一的环保标准及污染治理技术。因此,提升外资质量不仅有利于引进母国绿色环境技术与产品,还能够对上下游产业产生清洁技术溢出。

从方程(8)的估计结果看,FDI数量、FDI质量对地区环境监管强度存在差异化的影响:FDI数量会引致环境监管的强化,而FDI质量则倾向于弱化环境监管,原因可能是:一方面,随着引资规模的扩大,外资造成了日益严重的环境污染,由于沉没成本效应,外资企业一旦进入则不会仅仅由于环境

成本的上升而轻易撤离,从动态博弈视角看,政府将通过强化环境监管应对外资存量规模带来的环境污染;另一方面,高质量的外资是地方政府竞争的“潜在性”资源,某一地区 FDI 质量的提升可能会带动邻近地区提高其对外资“质量”的甄别。为实现比其他地区更好的经济发展质量及更快的增长速度,以至于在政治竞争中脱颖而出,地方政府存在环境“逐底竞争”动机。

从方程(9)的结果可知, $FDIS$ 、 $FDIQ$  的估计系数均显著为正,表明 FDI 数量、FDI 质量均有利于促进当地经济的增长。结合方程(6)和(7)的估计结果,总体来看,外资进入可以促进东道国经济规模的扩大和收入水平的提高,进而不仅能为环境污染治理提供资金支持,且有利于当地产业结构的“绿色”调整升级和环境技术水平的提升,继而有利于地区环境效率的改善。

## (二) 进一步研究:环境监管在 FDI 环境效应中扮演的角色

前文验证了 FDI 规模与质量通过产业结构、环境技术、经济增长及环境监管等渠道,对地区环境效率产生的影响,但还存在需要进一步研究的问题:其一,由于 FDI 基于上述影响途径对环境效率产生的细分效应或正或负,目前尚不确定 FDI 对环境绩效的“净”效应;其二,由于东道国环境监管强度会对 FDI 流入的数量与质量形成相应的激励,外资进入对地区环境效率的影响可能部分取决于当地环境监管强度,既有文献鲜有对这一问题予以经验分析。因此,运用 Hansen<sup>[35]</sup> 提出的门槛回归模型,进一步探讨 FDI“数量”与“质量”对环境效率的作用是否受到东道国环境监管强度的影响。本文首先设定以下单门槛回归模型:

$$\ln EP_{it} = \theta_1 \ln fdi_{it} I(thr_{it} \leq \gamma) + \theta_2 \ln fdi_{it} I(thr_{it} > \gamma) + \varphi X_{it} + f_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

其中, $i$  表示省区, $t$  表示年份, $\gamma$  为未知的门槛值, $thr_{it}$  表示环境监管强度的门槛变量,用前文界定的经地区技术进步修正的环境污染立案数来表征环境监管强度,此外,本文还以各行业污染治理运行费用占工业产值的比重来度量环境监管强度,以进行稳健性分析。 $I(\cdot)$  为示性函数。 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  分别是当  $thr_{it} \leq \gamma$  与  $thr_{it} > \gamma$  时,外资变量  $fdi$  的回归系数。因变量为地区环境效率( $EP$ ), $X$  为控制变量组成的向量,参考相关文献,选取以下控制变量:经济发展水平( $PGDP$ )的一次项及平方项、研发强度( $Rd$ )、产业结构( $Str$ )、环保意识( $Edu$ )<sup>②</sup>。 $f_i$  为固定效应, $v_t$  为时间效应。双重和多重门槛回归模型可在模型(13)基础上进行扩展。

从门槛回归模型检验结果看<sup>③</sup>,无论用环境污染立案数还是以各行业污染治理运行费用占工业产值的比重来衡量门槛变量,各模型的单门槛效应在 5% 显著性水平下都显著,双门槛效应在 10% 显著水平下都显著,而三门槛效应均不显著,故基于双门槛模型进行分析。表 2 中模型 1、模型 3 报告了以外资数量为核心解释变量的回归结果<sup>④</sup>,模型 2、模型 4 报告了以外资质量为核心解释变量的回归结果。模型 1、模型 3 的结果显示,当环境监管强度低于第一个门槛值时,增加外资数量对地区环境效率的改善产生负面作用,当环境监管强度介于第一个门槛值和第二个门槛值之间时,外资数量对环境效率的负面效应减弱。原因是,在较低的环境规制水平下,发展中国家对 FDI“绿色”程度审查不严,一些资源获取型的外资企业会借助当地在污染产品生产上的比较优势调整在华投资战略,导致投资偏向高能耗高污染项目<sup>[15]</sup>。随着环境监管强度适度加强,为应对当地严格的环境标准,外资企业有更强的动机开发与应用绿色技术及优化外商投资结构。

模型 2、模型 4 的结果显示,当环境监管强度低于第一个门槛值时,外资质量对环境效率的影响不显著,当环境监管强度介于第一个门槛值与第二个门槛值之间时,提升外资质量有利于环境绩效的改善,其原因为:一方面,随着地区逐步加大环境监管力度,一些生产效率低的高污染企业因边际环境治理成本和平均环境治理成本提高而越界迁移乃至被淘汰,因此,较强的环境监管对产业群体是一种强制性“清洗”,有利于发挥优胜劣汰机制,最终推动产业结构的“绿色”升级。同时,外资企业为降低污染物排放必须增加环境治理成本,从而激励其加强绿色技术创新,在长期内促进了地区环境效率的改善,并弥补政府环境管制带来的成本。另一方面,许多跨国公司脱胎于环境监管严格

的发达国家,更偏向于通过绿色技术研发来适应严格的环境标准,得益于当地政府适度环境监管的配合,外资企业可以在当地获得环境技术方面的竞争优势。因此,适度提高环境规制水平有利于吸引绿色 FDI 的流入。

表 2 的回归结果还表明,当环境监管强度越过第二个门槛值时,FDI 质量与 FDI 数量对地区环境效率的影响均不显著,本文结合相关文献给出四方面的解释:首先,中国当前在清洁品的生产与污染治理技术上并无比较优势,从短期来看,严格的环境监管会使得企业环境治理的边际成本明显增加,超过了其所能承受的负担,从而挤出技术引进与技术创新方面的投入,并削弱其生产率与竞争力。其次,盲目提高环境监管强度,尽管短期内能立即减少由官方经济活动带来的环境污染,但也通过扩大隐性经济规模、逼使污染密集型外资企业跨界迁移等方式加剧全国范围内的环境污染<sup>[36]</sup>。再次,根据要素禀赋理论,资本丰裕的地区(主要分布于东部地区)将专注于生产资本密集型产品,劳动力丰裕的地区(主要分布于中、西部地区)则刚好相反,由于资本密集型产业通常也是污染密集型产业,而资本丰裕的地区又往往具备更强的经济与技术能力弥补严格环境监管带来的短期损失,并能够从环境质量的长期改善中获益。由此环境监管严格的地区在一些污染密集型行业的竞争优势反而更加突出<sup>[37]</sup>,进而吸引一些以污染密集型商品出口为导向的 FDI 的进入。最后,环境规制可能只是促进绿色全要素生产率进而加快中国工业经济增长模式转变的一种政策措施,加强环境监管还必须同时跨越经济发展水平、科技创新水平、所有制结构等方面的门槛才能真正改善地区环境绩效<sup>[38]</sup>。综上,如果缺乏其他领域配套措施的协同作用,单纯加强环境监管未必有利于充分发挥外资对环境绩效的改善作用。

## 六、结论与启示

从环境监管强度内生于外资规模与外资质量的视角出发,在拓展 Grossman 与 Krueger 经典框架的基础上,阐释了外商投资对环境效率的影响机制,并收集 1999—2014 年中国省际面板数据,构造传统联立方程组和包含 Tobit 模型的联立方程组,检验 FDI 数量与质量对环境效率的作用机制,最后采用门槛回归方法,探讨环境监管在 FDI 数量与质量影响环境效率过程中所扮演的角色,得到以下结论及启示:

首先,外资进入在地区环境效率变化过程中扮演着“天使”与“魔鬼”的双重角色:一方面,FDI 规模通过引起产业结构朝着高污染的方向调整,阻碍了环境效率的提升,另一方面,FDI 规模与 FDI 质

表 2 面板门槛模型的回归结果

门槛变量	修正的环境污染立案数		各行业污染治理运行费用占比	
	FDI 规模指标 模型 1	FDI 质量指标 模型 2	FDI 规模指标 模型 3	FDI 质量指标 模型 4
<i>fdi</i> _1	0.065 *** (3.77)	0.028 (1.38)	0.052 * (1.84)	-0.034 (-1.43)
<i>fdi</i> _2	0.042 ** (2.28)	-0.024 ** (-2.19)	0.027 *** (2.75)	-0.020 * (-1.71)
<i>fdi</i> _3	-0.029 (-1.43)	-0.013 (-1.07)	0.019 (0.58)	0.040 (0.89)
lnPGDP	0.093 * (1.69)	0.296 ** (2.10)	0.237 ** (2.28)	0.329 *** (3.85)
(lnPGDP) <sup>2</sup>	-0.102 * (-1.90)	-0.166 (-0.95)	-0.261 (-1.25)	-0.193 * (-1.76)
lnRd	-0.021 (-1.59)	0.016 (0.78)	-0.010 (-1.41)	-0.013 * (-1.74)
lnStr	-0.095 *** (-3.51)	-0.093 *** (-3.64)	-0.080 ** (-2.21)	-0.084 ** (-2.26)
lnEdu	-0.032 (-1.14)	-0.035 (-1.32)	-0.029 * (-1.77)	-0.034 ** (-2.03)
常数项	-0.373 (-1.57)	0.049 (1.31)	0.503 (0.94)	-0.574 ** (-2.31)
F 值	252.36 [0.000]	287.09 [0.000]	171.74 [0.000]	190.53 [0.000]
R <sup>2</sup>	0.65	0.67	0.53	0.55

注:\*\*\*、\*\*和\*分别代表1%、5%和10%水平下显著;圆括号内为考虑异方差设定下的t统计值;方括号内为F检验的相伴概率;*fdi* \_1、*fdi* \_2、*fdi* \_3分别表示低于第一个门槛值、介于第一个门槛值与第二个门槛值之间、高于第二个门槛值条件下,外资变量回归参数的估计值。

量均能够通过环境技术和经济增长两个影响渠道改善环境效率。因此,首先,在政绩考核体系中应更强调经济发展与环境保护的协同性,构建与“环境友好型”FDI 相关的横向竞争机制,避免地方政府一味追求外资“规模”而忽视对 FDI“绿色”程度的甄别;其次,在大力优化外商投资环境的基础上,应对外企予以合理的引导与监控,严格控制其向国内转移污染产业,引导与鼓励外资逐步从一般加工向高附加值制造业、高端研发领域拓展;最后,鼓励具备环境技术优势的跨国公司的进入,并加强技术引进与自主研发,从而尽可能实现 FDI 对产业链利益相关方的技术溢出,降低其负面的产业结构效应。

其次,从 FDI 流入对环境监管强度的影响看,外资规模与质量对环境监管强度具有差异化的影响:由于外商投资本身的“沉没成本”属性,已进入某一地区的外资企业一般不会因环境监管的强化而轻易撤离,由此大量增加的外资规模会因其对环境污染形成的压力而引发当地环境监管的强化,而高质量的外资作为地方政府间竞争的“潜在”性资源,倾向于弱化政府的环境监管。上述经验结果意味着,在缺乏各区域协调配合下,本地单方面强化环境监管会将潜在高污染的外资企业逼入邻近地区,而本地区单边弱化环境监管,可能会吸引一些高质量的外资企业的进入,这在提升当地 FDI 规模与质量的同时,将导致邻近地区 FDI 的规模流失与质量恶化。如果进一步考虑 FDI 环境污染效应的空间溢出,则地方政府“单边”的环境治理努力可能因环境污染的这种“空间泄漏效应”而徒劳无功。因此,对于环境污染治理这一公共问题,各地政府应打破行政垄断,在全局规划基础上,因地制宜制定区域污染减排策略,并建立跨区域的环境污染联防联控机制,促进区域经济与环境的协调发展。

最后,适宜的环境监管是发挥外商投资对地区环境绩效积极效应的关键。当环境监管强度较低与较高时,外资数量、外资质量对地区环境绩效的影响表现为负面或不显著,当环境监管强度处于适度水平时,外资数量对环境绩效的负面作用减弱,外资质量对环境绩效存在积极的影响。因此,严格的环境规制不一定能够取得改善环境质量的效果,地方政府应掌握好环境监管的方式与力度,不能为盲目追求环保目标而通过命令、控制、措施型的环境规制影响企业的正常生产与技术创新。同时,应灵活地运用排放权交易、环境技术研发补贴、资源税等市场激励型的环境规制手段,提高外资企业的环境准入门槛。最后,应为不同所有制企业营造一个有利于公平竞争的“统一”环境监管标准,激励跨国公司在中国设立与能源节约与污染治理有关的技术研发中心,最终促进外资利用、经济增长和环境效率提升的协同性。

#### 注释:

- ①测算工业行业环境效率过程中,基于数据的完整性与可获得性,选取 25 个工业行业,涉及的工业行业污染物排放总量,采用屈小娥<sup>[29]</sup>的方法对污染排放数据进行汇总。
- ②环境效率、经济发展水平、研发强度、产业结构的度量与前文一致,环保意识的度量是难点,假设教育程度与环境意识正相关,因此用高中以上学历人口占 6 岁以上人口的比重衡量环保意识。
- ③门槛估计需要解决两个关键问题:一是估计门槛值和核心解释变量的回归参数;二是检验门槛效应的显著性与门槛值的真实性。门槛效应的显著性检验与门槛值真实性检验并非本文重点,限于篇幅,不在本文中报告。
- ④因篇幅所限,仅解释核心解释变量的估计结果。

#### 参考文献:

- [1] WALTER I, UGELOW J L. Environmental policies in developing countries [J]. *Ambio*, 1979, 8(2/3): 102 - 109.
- [2] CHICHILNISKY G. North-south trade and the global environment [J]. *American economic review*, 1994, 84(4): 851 - 874.
- [3] COLE M A, ELLIOTT R J R, FREDRIKSSON P G. Endogenous pollution havens: does FDI influence environmental regulations? [J]. *Scandinavian journal of economics*, 2006, 108(1): 157 - 178.

- [4] REZZA A A. FDI and pollution havens: evidence from the Norwegian manufacturing sector [J]. *Ecological economics*, 2013, 90: 140–149.
- [5] TANG J T. Testing the pollution haven effect: does the type of FDI matter? [J]. *Environmental and resource economics*, 2015, 60(4): 549–578.
- [6] ESTY D C, DUA A. Sustaining the Asia Pacific Miracle: environmental protection and economic integration [J]. *Asia pacific journal of environmental law*, 1997, 3(1): 150–152.
- [7] RØPKE I. Trade, development and sustainability—a critical assessment of the “free trade dogma” [J]. *Ecological economics*, 1994, 9(1): 13–22.
- [8] NIDUMOLU R, PRAHALAD C K, RANGASWAMI M R. Why sustainability is now the key driver of innovation [J]. *Harvard business review*, 2009, 87(9): 3–10.
- [9] WHEELER D. Racing to the bottom? Foreign investment and air pollution in developing countries [J]. *Journal of environment and development*, 2001, 10(3): 225–245.
- [10] ASGHARI M. Does FDI promote MENA region’s environment quality? Pollution halo or pollution haven hypothesis [J]. *International journal of scientific research in environmental sciences*, 2013, 1(6): 92–100.
- [11] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment [J]. *Quarterly journal of economics*, 1995, 110(2): 353–377.
- [12] HE J. Pollution haven hypothesis and environmental impacts of foreign direct investment: the case of industrial emission of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) in Chinese provinces [J]. *Ecological economics*, 2006, 60(1): 228–245.
- [13] 盛斌, 吕越. 外国直接投资对中国环境的影响——来自工业行业面板数据的实证研究 [J]. *中国社会科学*, 2012(5): 54–75.
- [14] 张宇, 蒋殿春. FDI、政府监管与中国水污染——基于产业结构与技术进步分解指标的实证检验 [J]. *经济学(季刊)*, 2014(2): 491–514.
- [15] 景维民, 张璐. 环境监管、对外开放与中国工业的绿色技术进步 [J]. *经济研究*, 2014(9): 34–47.
- [16] ZHANG C, ZHOU X. Does foreign direct investment lead to lower CO<sub>2</sub> emissions? Evidence from a regional analysis in China [J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2016, 58: 943–951.
- [17] 范承泽, 胡一帆, 郑红亮. FDI对国内企业技术创新影响的理论与实证研究 [J]. *经济研究*, 2008(1): 89–102.
- [18] ALBORNOZ F, COLE M A, ELLIOTT R J R, et al. In search of environmental spillovers [J]. *World economy*, 2009, 32(1): 136–163.
- [19] 陈媛媛, 李坤望. 中国工业行业 SO<sub>2</sub> 排放强度因素分解及其影响因素——基于 FDI 产业前后向联系的分析 [J]. *管理世界*, 2010(3): 14–21.
- [20] SONG M L, TAO J, WANG S H. FDI, technology spillovers and green innovation in China: analysis based on data envelopment analysis [J]. *Annals of operations research*, 2015, 228(1): 47–64.
- [21] PERKINS R, NEUMAYER E. Transnational linkages and the spillover of environment-efficiency into developing countries [J]. *Global environmental change*, 2009, 19(3): 375–383.
- [22] ZUGRAVU-SOILITA N. How does foreign direct investment affect pollution? Toward a better understanding of the direct and conditional effects [J]. *Environmental and resource economics*, 2017, 66(2): 293–338.
- [23] MANDERSON E, KNELLER R. Environmental regulations, outward FDI and heterogeneous firms: are countries used as pollution havens? [J]. *Environmental and resource economics*, 2012, 51(3): 317–352.
- [24] GAO J. Heterogeneous human capital and environment influence mechanism of FDI: an empirical research based on the panel data derived from provinces of China [J]. *Modern economy*, 2016, 7(3): 290–298.
- [25] 陈继勇, 盛杨怿. 外国直接投资与我国产业结构调整的实证研究——基于资本供给和知识溢出的视角 [J]. *国际贸易问题*, 2009(1): 94–100.
- [26] 唐未兵, 傅元海, 王展祥. 技术创新、技术引进与经济增长方式转变 [J]. *经济研究*, 2014(7): 31–43.
- [27] PORTER M E, LINDE C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. *Journal of economic perspectives*, 1995, 9(4): 97–118.

- [28] BAO Q, CHEN Y Y, SONG L G. Foreign direct investment and environmental pollution in China: a simultaneous equations estimation [J]. *Environment and development economics*, 2011, 16(1): 71 - 92.
- [29] 屈小娥. 中国工业行业环境污染综合评价——基于 Topsis 的实证分析[J]. *产业经济研究*, 2014(4): 51 - 59.
- [30] OH D H, HESHMATI A. A sequential Malmquist-Luenberger productivity index: environmentally sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology [J]. *Energy economics*, 2010, 32(6): 1345 - 1355.
- [31] 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.
- [32] YAO S J, WEI K L. Economic growth in the presence of FDI: the perspective of newly industrialising economies [J]. *Journal of comparative economics*, 2007, 35 (1): 211 - 234.
- [33] 邹建华, 韩永辉. 引资转型、FDI 质量与区域经济增长——基于珠三角面板数据的实证分析 [J]. *国际贸易问题*, 2013(7): 147 - 157.
- [34] 林伯强, 刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例[J]. *经济研究*, 2015(9): 127 - 141.
- [35] HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference [J]. *Journal of econometrics*, 1999, 93(2): 345 - 368.
- [36] 余长林, 高宏建. 环境监管对中国环境污染的影响——基于隐性经济的视角 [J]. *中国工业经济*, 2015(7): 21 - 35.
- [37] 陆旸. 环境监管影响了污染密集型商品的贸易比较优势吗? [J]. *经济研究*, 2009(4): 28 - 40.
- [38] 查建平. 环境规制与工业经济增长模式——基于经济增长分解视角的实证研究[J]. *产业经济研究*, 2015(3): 92 - 101.
- (责任编辑: 禾 日)

## Foreign investment, environmental regulation and environmental efficiency: theoretical expansion and empirical evidence from China

ZHOU Jieqi<sup>1</sup>, WANG Tongshan<sup>2</sup>

- (1. The Faculty of Economics, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China;  
2. Institute of Quantitative and Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

**Abstract:** Based on the extended Grossman and Krueger's classical framework, this paper explains the mechanisms of FDI affecting environmental efficiency, and employ simultaneous equations model and panel threshold regression model to test the mechanism and effect of FDI on environmental efficiency. The results show that: (1) The quantity of foreign investment obstructs the improvement of environmental efficiency through the industrial structure channel, but the quantity and quality of FDI can improve the environmental performance through the environmental technology channel; (2) The quantity of FDI will lead to strengthening of local environmental regulation because of its environmental pressure, while the quality of FDI, as a "potential" resource that local governments scramble for, tends to weaken the local environmental regulation; (3) There is a significant double threshold effect in the aspect of the effect of FDI's scale and FDI's quality on environmental efficiency. When the intensity of environmental regulation is too low or too high, the effect of FDI's scale and FDI's quality on environmental efficiency is negative or not significant. When the intensity of environmental regulation is moderate, the negative effect of FDI's scale on environmental efficiency becomes weaker. FDI's quality has a positive effect on environmental efficiency. The above conclusions are still robust after taking into account different measures and estimation methods. Therefore, it is very important for the government to formulate reasonable environmental regulation, improve the environmental access threshold of foreign-funded enterprises and encourage the environment-friendly foreign-funded enterprises to promote the positive effect of FDI on environmental efficiency and realize the sustainable development.

**Key words:** FDI quality; environmental regulation; environmental efficiency; industrial structure green upgrade; simultaneous equations model