

FDI与区域CO₂排放关系研究

——基于知识产权保护动态门槛效应

贾真¹, 杨小辉²

(1. 河北工业职业技术学院, 石家庄 050091; 2. 石家庄铁道大学, 石家庄 050043)

摘要: 外国直接投资(FDI)促进中国经济发展的同时,也带来了环境污染。为了分析FDI对CO₂排放的非线性影响,本文基于2005—2016年省际面板数据,将知识产权保护作为门槛变量,利用GMM方法构建了FDI对不同地区CO₂排放影响的非线性动态门槛效应模型。结果表明:东北地区FDI对CO₂排放具有双门槛效应,知识产权保护最优区间为(8.8939, 10.4714),华北地区不存在门槛效应。东部沿海、东南沿海、黄河中游、长江中游、西北和西南6个区域存在单门槛效应。其中黄河中游地区,知识产权保护水平高于门槛值为最优区间,而其他5个区域知识产权保护低于门槛值为降低碳排放的最优区间。各地区应合理确定知识产权保护水平和外国直接投资负面清单,并通过金融优惠、构建技术共享平台等方式降低碳排放水平。

关键词: 外国直接投资; CO₂排放; 知识产权保护; 门槛效应

中图分类号: F062.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2020)9—0101—09

近30年来,发达国家和发展中国家都经历了外国直接投资(FDI)的显著增长。外国直接投资已成为中国经济发展的最重要推动力之一^[1],但是外国直接投资促进经济增长的同时也带来了污染密集的产业,从而造成了严重的环境污染^[2-3]。党的十九大提出,把建设美丽中国作为全面建设社会主义现代化强国的重大目标。虽然环境治理取得了显著进步,但与公众期盼仍有差距。根据世界环境绩效指数(EPI),中国只有1%的城市符合世界卫生组织(WHO)规定的空气质量标准^[4]。因此,探索如何有效利用外国直接投资的同时改善区域环境问题,对于中央及地方政府实现绿色发展都具有借鉴意义。

外国直接投资与环境污染的关系已经引起了学术界的广泛关注。然而,已有实证结果存在较大争议及不确定性,这些差异会导致政策制定出现矛盾之处。第一种观点认为FDI对环境污染的影响遵循污染避风港假说(PHH)^[5],大量研究也验证了FDI会导致能源消耗增加、恶化环境条件的假说^[6-7]。第二种观点遵循污染晕假说,该假说认为FDI的引入有利于改善区域环境条件^[8-9]。这主要由于能源效率的提高^[10]和绿色技术的引进^[11]。Shahbaz等^[12]则认为FDI与环境退化之间表现为非线性关系。实证结论的差异来源于多种因素的影响。一方面,区域发展水平不同对FDI带来的环境做出的反应不同;另一方面,环境改善与FDI技术溢出效果有关,而知识产权保护水平影响着技术溢出效果。因此,本文认为FDI与CO₂排放的复杂关系可能同时受到地区异质性和知识产权保护水平的双重影响。可见,分区域探索知识产权保护水平如何影响FDI与CO₂排放间的非线性关系,对于实现经济增长与减排双赢,制定更精准的碳减排措施具有指导意义。

本文拟在以下方面对现有研究进行扩展:一是将知识产权保护作为门槛变量纳入到FDI与CO₂排放的非线性关系模型中;二是考虑中国现阶段区域经济发展特点,将研究对象分为东北、华北、东部沿海、东南沿海、黄河中游、长江中游、西南地区 and 西北地区,研究在不同区域FDI对CO₂排放的门槛效应。

一、文献综述

FDI流入与CO₂排放之间的关系是近年来学者们关注的焦点。现有的研究可分为两类,但实证结果表现

收稿日期:2020—03—10

基金项目: 河北省科技厅软科学研究专项“京津冀生态环境治理机制及对策研究”(19456228D);河北省高等学校社科研究2019年度项目“空间视角下多重制度环境对河北省‘一带一路’投资区位与进入模式选择影响研究”(SQ191077);河北省高等学校社科研究2020年度青年拔尖项目“促进京津冀绿色发展的环境规制协同机制及对策研究”(BJ2020078)

作者简介: 贾真(1990—),女,河北石家庄人,河北工业职业技术学院建筑工程系讲师,研究方向:能源经济、绿色建筑;(通讯作者)杨小辉(1985—),男,河北定州人,技术经济及管理博士,石家庄铁道大学经济管理学院管理科学与工程系讲师,研究方向:低碳经济,资源与环境政策。

出一定争议和不确定性。第一种观点是悲观主义。最早支持这一观点的是污染天堂假说。该假说认为:由于东道国环境规制薄弱,一些污染程度高、消费水平高的产业会通过 FDI 进行转移,导致污染物排放大幅增加。此后, AliNasir^[13]、Liu^[14]和 Lan^[15]大量研究证实 FDI 流入加剧了环境污染。一些研究通过考虑其他控制变量,比如经济增长、贸易开放、研发水平、能源消耗、城市化等,分析了 FDI 对环境退化的影响^[16]。Omri 和 Nguyen^[17]发现 FDI 与环境污染之间存在双向因果关系, FDI 流入加剧了环境污染。郑翔中^[18]分析了政府在吸引外资及提高能源效率中的作用。Wang 等^[1]研究了 FDI 与环境污染的关系,指出 FDI 促进了国内生产和生产效率,但也增加了环境污染。Shahbaz 等^[12]研究了高、中、低收入国家的 FDI 与环组织国家和经合组织国家的能源需求。环境退化之间的非线性关系,结果表明外国直接投资加剧了环境退化。Khan 和 Khan^[19]研究了能源消耗与经济增长之间的联系,认为外国直接投资促进了中、高收入国家、非经合组织国家和经合组织国家的能源需求。

另一种观点是乐观主义,即污染晕轮假说^[20]。这一假设的结论是:从事外国直接投资的跨国公司可以给东道国带来高标准的生产模式和先进的技术,从而有助于减少当地污染物的排放。Pao 和 Tsai^[21]发现 FDI 流入将有助于减少新兴市场的 CO₂ 排放。Zhu 和 Duan^[22]利用分位数回归方法得出 FDI 有利于东道国降低污染水平的结论。基于线性面板模型, Zhang 和 Zhou^[23]发现 FDI 流入与 CO₂ 污染物呈负相关关系,支持了污染晕轮假说。Liu 等^[3]采用线性空间面板回归分析了中国城市层面的数据,发现 FDI 流入有利于 CO₂ 浓度的降低。Sung 和 Song^[24]的研究也为污染晕轮假设提供了一些证据,该假设认为流入的 FDI 有助于降低 CO₂ 排放的浓度。Xu 和 Miao^[25]以空气污染物为研究对象,验证了 FDI 不仅能积极促进环保技术的应用,还能有效加强地方环保监管。

综上所述,现有关于 FDI 与环境污染关系的研究已取得大量成果,但仍有一定改进空间:一是对于外来直接投资对污染物排放的直接影响是否符合污染天堂或污染晕轮假说尚无定论。中国从高速增长逐步进入中高速增长过程中,二者是否表现出显著的非线性关系有待验证;二是 FDI 的跨国转移过程同时也是知识、技术和管理经验的跨国转移过程。知识产权保护作为影响创新及知识扩散的重要制度对两者间关系的影响分析涉及较少;三是中国不同区域发展水平差异较大,区域异质性对 FDI 与碳排放非线性关系的影响较少分析。因此,本文依据地区不同将研究对象划分为 8 个,将 FDI、知识产权保护水平与 CO₂ 排放纳入到一个框架中,研究 FDI 对碳排放的作用是否受到知识产权保护的影响,是否因区域的不同而表现出不同的知识产权保护效应。

二、FDI、知识产权保护对 CO₂ 排放影响机制

FDI 对碳排放的影响机制如图 1 所示,分为直接机制和间接机制。关于直接机制,在经济增长的最初阶段,东道国技术缺乏,知识产权保护水平较低。知识产权保护对 FDI 具有正向影响^[26],外资流入使得各国依靠燃烧化石燃料来满足其经济发展和能源需求,从而释放出大量的二氧化碳。当经济增长达到一定水平时,公民会更加关注环境质量,迫使行业改进能源效率。知识产权保护水平逐步提升,可能导致外资获取垄断利润而有动力进一步改善能源效率,从而降低碳排放水平。

关于间接机制,健全的知识产权保护制度有利于减少机会主义行为,保护外商投资企业或其他企业的创新成果,增加其在高新技术投资中的附加值。知识产权保护有利于绿色技术创新以及绿色技术溢出,从而降低二氧化碳排放。相反,如果缺乏完善的知识产权保护体系,外商投资或其他企业拥有的绿色技术将受到威胁。其科研产出产品成为“公共产品”的可能性增加,削弱了高附加投资。不利于东道国企业获得绿色技术溢出,从而导致本土企业较高的碳排放水平。如果知识产权保护强度过高,会增加本土企业的模仿成本,增强外资实力。企业的垄断力量导致市场扭曲和资源配置失衡,降低外资企业优质技术创新动力,甚至出现许多污染性的技术,从而导致更多 CO₂ 排放。

综上所述,本文认为只有适当的知识产权保护才能吸引外资的同时起到降低碳排放的作用。

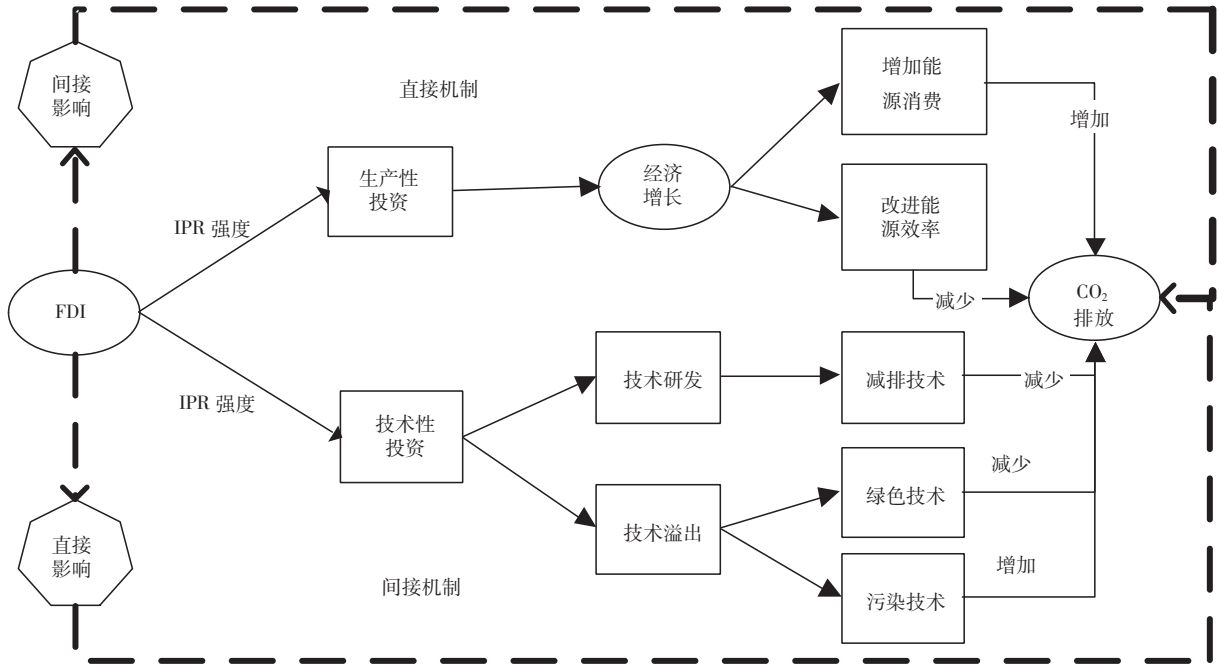


图1 IPR强度对FDI与CO₂排放关系影响机制

三、研究设计

(一)基本模型

为了研究FDI的直接和溢出效应, Liobikien和Butkus^[27]引入了 $\ln FDI$ 和 $\ln GDP$ 作为解释变量,建立了回归模型。此外, Kaab和Sharifi^[28]、Zhang和Zhou^[4]、Zhu和Duan^[22]也将 $\ln PEO$ 、 $\ln ENE$ 和 $\ln TRA$ 作为附加变量来揭示人口、技术和贸易对CO₂排放的影响。模型的基本表达形式如下:

$$\ln CO_{2it} = \mu + \alpha_1 \ln GDP_{it} + \alpha_2 \ln FDI_{it} + \theta_1 \ln PEO_{it} + \theta_2 \ln ENE_{it} + \theta_3 \ln TRA_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中: CO_{2it} 表示第*i*个样本在时间*t*的CO₂排放量; GDP_{it} 表示第*i*个样本在时间*t*的人均GDP, FDI_{it} 表示第*i*个样本在时间*t*的外国直接投资净流入; PEO_{it} 表示第*i*个样本在时间*t*的总人口; ENE_{it} 表示第*i*个样本在时间*t*的能源强度; TRA_{it} 表示第*i*个样本在时间*t*的贸易开放程度; μ 为常数项; ε 为随机误差项; α_1 、 α_2 、 θ_1 、 θ_2 和 θ_3 分别表示各自变量的影响系数。

(二)门槛模型

模型(1)未考虑知识产权保护门槛效应,为真实发现知识产权保护在FDI影响碳排放中的作用,在式(1)的基础上,将知识产权保护(IPR_{ij})作为门槛变量,构建FDI驱动碳排放的动态门槛模型(以单门槛为例)。门槛模型由美国经济学家Hansen^[29]引入,后来被其他学者所采用,它根据设定的阶段定位关键阈值点并进行回归。对于门槛变量知识产权保护(IPR_{ij}),首先假设一个阈值点, λ 代表门槛值,其回归函数如下:

$$\ln CO_{2it} = \mu + \alpha_1 \ln GDP_{it} + \alpha_2 \ln FDI_{it} \times \text{th}(IPR_{ij} \leq \lambda) + \alpha_3 \ln FDI_{it} \times \text{th}(IPR_{ij} \geq \lambda) + \theta_1 \ln PEO_{it} + \theta_2 \ln ENE_{it} + \theta_3 \ln TRA_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

以 IPR_{ij} 为门槛变量,检验FDI对CO₂排放的门槛效应。系数矩阵 β 和变量 χ 分别为

$$\beta = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\chi = \begin{pmatrix} \ln FDI_{ij} \times \text{th}(IPR_{ij} \leq \lambda) \\ \ln FDI_{ij} \times \text{th}(IPR_{ij} \geq \lambda) \end{pmatrix} \quad (4)$$

上述函数可以表示为

$$\ln CO_{2ij} = \beta^T \chi_{ij}(\lambda) + \mu_i + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

$$Y^* = [\chi(\lambda)^*]^T \beta + e^* \quad (6)$$

其中: Y^* 表示因变量的伴随矩阵; $\chi(\lambda)^{*T}$ 表示变量 χ 的伴随矩阵的转置; e^* 为残差项的伴随矩阵。

残差项的平方和为

$$SSE(\lambda) = [e^*(\lambda)]^T e^*(\lambda) = Y^{*T} (I - [\chi^*(\lambda)]^T \{[\chi^*(\lambda)]^T \chi^*(\lambda)\}^{-1} \chi^*(\lambda)^T) Y^* \quad (7)$$

门槛值的估计如下:

$$\hat{\lambda} = \underset{\lambda}{\operatorname{argmin}} SSE(\lambda) \quad (8)$$

双重门槛函数表达式及门槛值估计如下:

$$\ln CO_{2it} = \mu + \alpha_1 \ln GDP_{it} + \alpha_2 \ln FDI_{it} \times \operatorname{th}(IPR_{ij} \leq \lambda_1) + \alpha_3 \ln FDI_{it} \times \operatorname{th}(\lambda_1 \leq IPR_{ij} \leq \lambda_2) + \alpha_4 \ln FDI_{it} \times \operatorname{th}(IPR_{ij} \geq \lambda_2) + \theta_1 \ln PEO_{it} + \theta_2 \ln ENE_{it} + \theta_3 \ln TRA_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$LR_n(\lambda) = n \frac{S(\lambda) - S(\hat{\lambda}_n)}{S(\hat{\lambda}_n)} \quad (10)$$

(三) CO₂ 排放计算

根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 推荐的方法^[30], 计算 CO₂ 排放量如下:

$$CE = \sum_{i=1}^3 EC_i \times EF_i \times \frac{44}{12} \quad (11)$$

排放按能耗计算, 其中 CE 为 CO₂ 排放; EC_i ($i=1, 2, 3$) 为第 i 种一次能源消耗。 EF_i 为第 i 种一次能源的碳排放系数, 因子 $44/12$ 为 CO₂ 与 C 的分子量之比。本文计算了煤、原油和天然气 3 种能源。碳排放系数分别为 0.7476、0.5854 和 0.4479 (t C/t 标准煤)。

(四) 变量选取及数据统计性描述

表 1 给出了变量和数据来源。样本期设定为 2005—2016 年。考虑到西藏和港澳台地区数据的不完整性, 本文的对象是中国其他 30 个省、市、自治区。表 1 给出了各变量解释及数据来源, 表 2 给出了各变量统计性描述。

表 1 变量及数据来源

变量	解释	数据来源
CO ₂	各省 CO ₂ 排放	《中国能源统计年鉴》
FDI	各省外资流入	《中国统计年鉴》
GDP	各省 GDP	《中国统计年鉴》
IPR	各省国外专利申请数量	《中国科技统计年鉴》
PEO	各省年末人口数量	《中国统计年鉴》
ENE	各省能源密集度(能源消耗/GDP)	《中国能源统计年鉴》
TRA	各省贸易开放度(贸易量/GDP)	《中国统计年鉴》

表 2 样本描述性统计

变量	均值	最小值	最大值	方差
CO ₂	302.01	7.55	1499.06	254.17
FDI	191.758	0.12	1262.67	185.23
GDP	15454.9	251.21	80854.91	14366.37
IPR	8.754	3.784	12.505	1.717
PEO	4.34×10 ⁷	0.277×10 ⁷	9.94×10 ⁷	2.71×10 ⁷
ENE	1.731	0.596	5.437	0.863
TRA	0.292	0.001	2.497	0.329

四、实证检验和结果分析

大部关于碳排放的研究基于省域层面或笼统将中国分为东、中、西 3 个区域进行分析。但是, 发改委研究报告指出将中国分为东、中、西部已经不符合当下中国区域经济发展的现状。本文基于中国都市圈的发展现状, 将中国划分为东北、华北、东部沿海、东南沿海、黄河中游、长江中游、西南地区和西北地区 8 个经济发展具有较强空间依赖特征的地区。

(一) 动态门槛估计

传统的阈值面板模型是使用固定效应进行回归分析的静态阈值面板模型^[29]。事实上, 固定效应估计量是向下倾斜的, 因为回归量可能与未观察到的固定效应相关。工具变量估计器——特别是 GMM 方法——可以很好地解决任何内生性问题^[31]。新开发的动态阈值面板模型结合了 GMM 方法的特点和阈值模型上已有的时间序列技术, 可以有效地解决潜在的内生性问题^[32]。

首先进行门槛检验, 检验不同地区 FDI 与碳排放的知识产权保护水平的门槛值及门槛值个数, 进而确定模型的具体表达形式。以知识产权作为门槛变量, 分别检验在单重门槛、双重门槛设定下对模型 (2) 和模型 (9) 进行检验。图 2 表明不同地区 FDI 对于 CO₂ 排放存在不同门槛效应(根据 LR 检验结果)。图 2~图 8 中所示分别为东北、东部沿海、东南沿海、黄河中游、长江中游、西北和西南地区门槛值, 华北地区不存在 FDI 对碳排放的门槛效应。其中东北地区为双门槛效应, 而其他地区则为单门槛效应。综上, 知识产权保护对不同地区 FDI 与碳排放的影响呈现出不同于简单线性特点的复杂非线性门槛效应, 据此本文对单门槛效应和双重门槛效应进行实证分析。此后, 对不同地区 FDI 的知识产权保护门槛值进行估计和检验(表 3)。

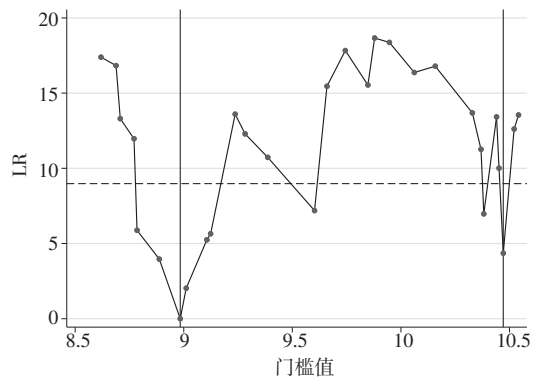


图2 东北地区LR检验

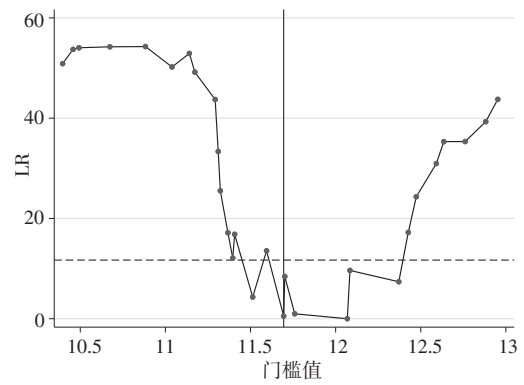


图3 东部沿海地区LR检验

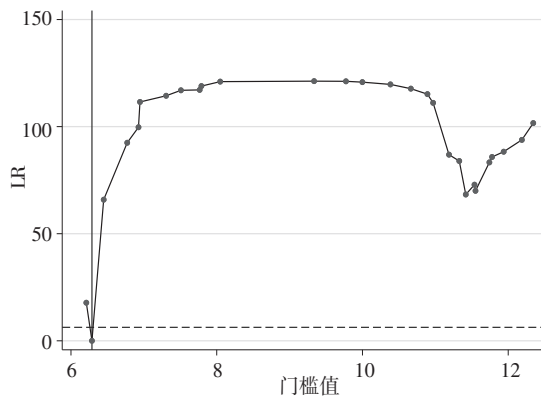


图4 东南沿海地区LR检验

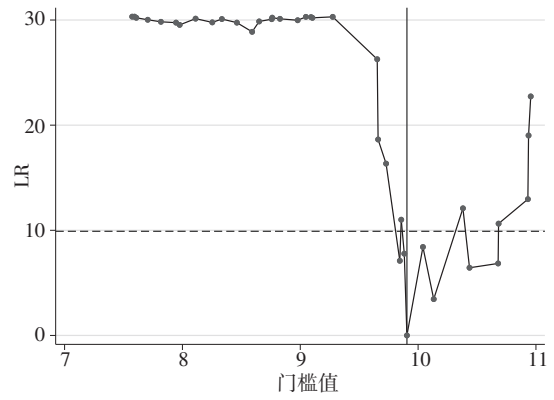


图5 黄河中游地区LR检验

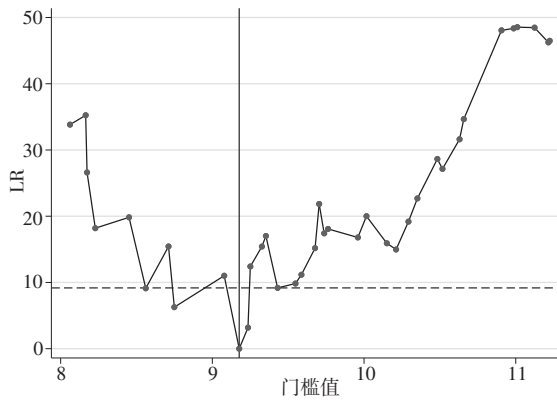


图6 长江中游地区LR检验

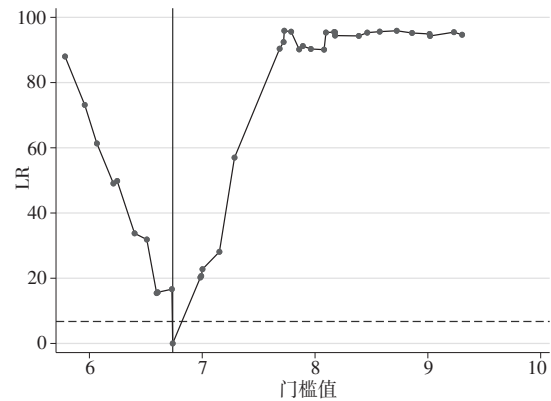


图7 西北地区LR检验

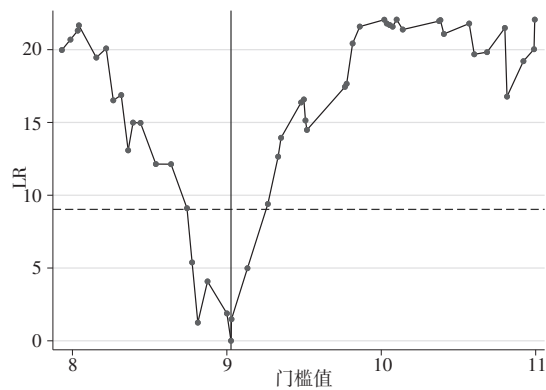


图8 西南地区LR检验

表 3 不同地区门槛回归结果

变量	东北	华北	东部沿海	东南沿海	黄河中游	长江中游	西北	西南
门槛值	8.8939 ~ 10.4714	不存在	11.6947	6.2106	9.9050	9.1771	6.7382	9.0269
GDP	1.715** (0.017)	3.442*** (0.000)	2.361* (0.058)	2.038* (0.073)	1.904** (0.031)	2.737*** (0.000)	2.245 (0.448)	2.146* (0.088)
FDI ($IPR < \lambda_1$)	0.0477 (0.628)	无	-0.116** (0.022)	-0.034 (0.841)	0.1205* (0.052)	-0.3283** (0.012)	-1.630*** (0.000)	-0.266*** (0.001)
FDI($\lambda_1 < IPR < \lambda_2$)	-0.2107*** (0.000)	无						
FDI ($IPR > \lambda_2$)	-0.1317** (0.029)	无						
FDI ($IPR > \lambda_1$)		无	0.187* (0.082)	0.528*** (0.000)	-0.034* (0.077)	-0.1942(0.121)	0.249* (0.083)	-0.048 (0.347)
PEO	0.423 (0.515)	1.477*** (0.000)	1.554** (0.032)	1.682*** (0.004)	1.184 (0.168)	1.371* (0.052)	0.658 (0.349)	1.035* (0.065)
ENE	0.896* (0.091)	0.942** (0.018)	0.507* (0.072)	0.324** (0.025)	0.833 (0.209)	0.692 (0.627)	1.241*** (0.007)	0.762* (0.083)
TRA	0.055 (0.797)	0.166* (0.068)	0.235** (0.030)	0.314*** (0.006)	0.020 (0.318)	0.164* (0.011)	0.039 (0.334)	0.191* (0.061)
Cons	4.956*** (0.000)	2.434*** (0.000)	3.974*** (0.000)	2.438*** (0.000)	6.138*** (0.000)	5.978*** (0.000)	4.932*** (0.000)	5.418*** (0.000)
R ²	0.706	0.791	0.747	0.788	0.686	0.789	0.784	0.631
Wald test	31063.19***	5318.90***	4311.69**	6063.21***	2752.93***	5917.71***	6738.20***	3902.69***

注:***、**、*分别表示 1%、5%、10% 显著性水平。

(二) 门槛估计结果及分析

从表 3 可知,基于 LR 检验将知识产权保护分为单门槛值和双门槛值,基于单门槛值可将知识产权保护水平分为弱知识产权保护和强知识产权保护两个影响区间,基于双门槛值可将知识产权保护分为弱知识产权保护、中等知识产权保护和强知识产权保护 3 个影响区间。由此,可以分析 FDI 对 CO₂ 排放门槛效应在不同区域的空间差异。

结果表明,FDI 在东北地区的知识产权保护门槛分别为 8.8939 和 10.4714。当知识产权低于第一个门槛值时,FDI 在东北地区对 CO₂ 排放的影响为正,但不能通过 10% 显著性检验。当东北地区知识产权保护水平处于(8.8939, 10.4714)区间时,FDI 对东北地区 CO₂ 排放的影响显著为负(-0.2107),表明当知识产权保护水平跨过 8.8939 时,FDI 的技术进步效应开始显现。当知识产权保护跨国第二个门槛值(10.4714)时,FDI 对东北地区 CO₂ 排放仍为负影响,但影响系数弹性变小,表明 FDI 对 CO₂ 抑制作用降低。由此可知,知识产权保护在东北地区对于 CO₂ 排放存在最优区间(8.8939, 10.4714),过高或过低的知识产权保护水平都不利于碳减排目标的实现。当东北地区知识产权水平低于第一个门槛值时,外资的流入受到限制较少,促进东北地区经济较快发展的同时,也产生了大量能源需求。此时主要通过直接机制影响碳排放,主要表现为能源消费增加。当 IPR 位于(8.8939, 10.4714)区间时,一方面国外企业改进能源效率;另一方面中国企业吸收外资企业绿色技术溢出。碳排放的减少同时受到直接机制和间接机制的影响。当 IPR 超过 10.4714 时,国内企业在技术竞争中处于不利地位,外资企业的垄断地位使其丧失绿色技术投入动力,可能导致污染技术副产品的产生。

LR 检验结果表明 FDI 在华北地区对 CO₂ 排放不存在门槛效应。表明知识产权保护在华北(尤其京津冀地区)协同度不够。尽管吸引了大量外资,但在该地区直接机制中增加能源消费(河北地区)和改进能源效率(北京、天津)作用相互抵消,间接作用中绿色技术创新(北京地区)和污染技术溢出(河北地区)作用相互抵消。因此,不存在显著门槛效应。

非线性回归结果表明,FDI 在东部沿海地区对 CO₂ 排放存在单门槛效应。门槛值为 11.6947,东部沿海地区门槛值显著高于东北地区。当知识产权保护水平低于 11.6947 时,FDI 对东部沿海地区 CO₂ 排放的影响为负(-0.1168),促进 CO₂ 排放,但影响系数并不显著。当知识产权保护水平跨过门槛值 11.6947 时,FDI 对 CO₂ 排放对影响系数为正,且弹性变大(0.287),在 10% 的显著水平下成立。当东部沿海地区 IPR 低于 11.6947 时,间接效应中的绿色技术研发和绿色技术溢出以及直接效应中的能源效率改进同时存在,表现为“污染晕轮效应”。当知识产权水平进一步提高,东部沿海地区吸引的外资表现出“污染避难所”效应,东部地区提高知识产权保护并未能显著降低碳排放,这与东部沿海地区 FDI 投资产生污染技术溢出紧密相关。

FDI 在东南沿海地区对 CO₂ 排放同样具有单门槛效应。当知识产权保护水平低于 6.2106 时,FDI 对 CO₂

排放的影响为负(-0.034),但未能通过10%水平下的显著性检验。当知识产权保护水平跨过门槛值6.2106时,FDI对东南沿海地区CO₂排放影响系数在1%显著水平下为正(0.528)。表明在东南沿海地区,知识产权保护水平过高同样不能起到抑制碳排放的作用,反而造成了CO₂排放的增加。当知识产权保护水平低于6.2106时,直接效应中能源效率改进和间接效应中绿色技术溢出效应在东南沿海地区占据主导地位。当知识产权保护水平超过6.2106时,间接效应中的污染技术溢出会发挥更大作用。

FDI在黄河中游地区对CO₂排放的影响存在明显的门槛效应。门槛值为9.9050,当知识产权保护水平低于门槛值9.9050时,FDI对黄河中游地区CO₂排放影响系数为0.1205,且在10%的显著性水平下成立。当知识产权保护水平跨过门槛值9.9050时,FDI对CO₂排放的影响同样在10%显著性水平下成立,影响系数由正转负(变为-0.034)。这表明知识产权保护水平的提升对于黄河中游地区CO₂排放具有显著的抑制作用。当知识产权达到较高水平时,促进绿色技术向该地区转移,从而产生了环境的正外部性效应。由于黄河中游地区产业结构和发展水平与东部和东南沿海相比差异较大,因此门槛效应也颇为不同。当知识产权保护水平低于门槛值9.9050时,主要是直接效应中的能源消费增加发挥作用。当知识产权保护水平跨过门槛值9.9050时,绿色技术研发以及绿色技术溢出逐步发挥作用。

FDI在长江中游地区对CO₂排放的影响存在单门槛效应。门槛值为9.1771,当知识产权保护水平到达门槛值之前,外国直接投资对长江中游4省份的碳排放存在显著的抑制作用。而当知识产权保护水平跨过门槛值时,外国直接投资对碳排放的影响为负,影响系数的绝对值降低,而且影响系数不显著。这说明长江中游地区知识产权保护水平不宜过高,应当与自身发展阶段相适应。当知识产权保护水平低于9.1771时,FDI通过直接机制改进能源效率,并通过间接机制激励自主创新和绿色技术溢出3种路径降低碳排放。当跨过门槛值9.1771时,绿色技术溢出效应减弱,因此,总体减排效应降低。

FDI在西北地区对CO₂排放存在显著的单门槛效应。门槛值较低为6.7382,当知识产权保护水平未达到6.7382,FDI对西北地区CO₂排放影响系数为-1.630,而且影响系数在1%的显著水平下成立。当知识产权保护水平跨过6.7382时,FDI显著促进CO₂排放,影响系数为0.249,影响系数在10%的显著水平内成立。这表明与其他地区相比,适宜西北地区的知识产权保护水平需更低,才能实现碳减排的目标。由于西北地区总体技术积累薄弱及产业结构偏向工业、农业等高排放行业。在较低的知识保护水平下,间接效应中的绿色技术溢出略高于直接效应中的能源需求增加效应。当知识产权保护水平跨过门槛值6.7382时,不利于本地企业技术吸收,只表现为能源消耗增加。

FDI在西南地区对CO₂排放同样存在显著的单门槛效应。门槛值为9.0269,当知识产权保护水平到达9.0269前,FDI对该地区CO₂排放影响显著为负,而且在1%显著水平下成立。当知识产权保护水平跨过9.0269后,FDI对CO₂排放影响系数显著降低(-0.048),且影响系数在10%水平下不显著存在。这表明西南地区知识产权保护水平低于9.0269,更有利于降低碳排放。由于西南地区成都、重庆等中心城市较高的技术资源积累,其门槛值高于西北地区。当知识产权保护水平低于门槛值9.0269时,通过间接机制中的能源效率改进、绿色技术研发及扩散有效降低了碳排放,表现为“污染晕轮效应”。当知识产权保护超过门槛值9.0269时,绿色技术扩散效应受阻,因此,“污染晕轮效应”降低。

五、研究结论及政策建议

(一)研究结论

本文基于2005—2016年省际面板数据,将知识产权保护作为门槛变量,利用GMM方法构建了FDI对不同地区CO₂排放影响的非线性动态门槛效应模型。研究结论表明知识产权保护在8个不同区域门槛值不同,且随着门槛值的变化,FDI对碳排放影响的直接机制和间接机制也随之变化。具体结论如下:知识产权保护水平的最优区间具有空间差异性,IPR处于不同门槛值区间内FDI的作用机制不同。在东部、东南沿海和西北地区,随着知识产权保护水平跨越单门槛值,FDI对CO₂排放影响由负变正。低于门槛效应时,能源效率改进、绿色技术研发和绿色技术溢出主导。高于门槛效应时,能源消费增加或污染技术扩散发挥主导。黄河中游地区相反,FDI对CO₂排放影响由负变正,但同样受到直接作用机制和间接作用机制中的多种效应共同影响。在长江中游地区和西南地区,FDI的影响随着知识产权保护跨过门槛值始终为负,但影响系数绝对值都出现降低。低于门槛值时,同样是能源效率改进、绿色研发和绿色技术扩散3种作用共同存在。但跨过

门槛之后,绿色技术进步效应减弱。东北地区知识产权保护最优区间为 8.8939~10.4714,直接和间接机制影响下,过高或过低的知识产权保护水平都不利于碳减排目标实现。华北地区由于知识产权保护水平低协同度,未表现出显著的门槛效应。

(二)政策启示

基于以上研究结论,可得出如下政策启示:

第一,从对环境影响角度,不同地区知识产权保护水平的设定应结合自身技术积累和产业结构。东部、东南和西北地区,知识产权保护要低于各自门槛值。在知识产权保护水平提升过程中,防止外资企业垄断出现,通过命令型和市场型环境规制约束污染性技术的扩散。黄河中游地区需保持其知识产权保护水平高于最低门槛值。长江中游和西南地区要确保其知识产权保护水平不高于其门槛值,同时利用政府补贴等手段促进绿色技术扩散效应。东北地区知识产权保护既不能太低也不应太高,太低的知识产权保护会导致更多高排放的外资企业流入,从而产生更多的碳排放。过高的知识产权保护也会导致垄断发生,不利于能源效率改进。华北(尤其京津冀)地区则应提升三地间知识产权保护工作的协同度。

第二,对外资的引入要设置合理的负面清单。应当将具有改进能源使用效率的生产性投资、提升绿色技术的技术型投资作为 FDI 引进重要参考指标,将单纯提升 GDP、增加能源消耗或污染技术转移的外资列入负面清单。同时,可采用金融优惠、政府补贴的方式促进绿色技术研发。适度增加交通基础设施和技术交易平台的建设,提升绿色技术扩散效率。

参考文献

- [1] WANG D T, CHEN W Y. Foreign direct investment, institutional development, and environmental externalities: Evidence from China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, 135: 81-90.
- [2] LI M, ZHANG L. Haze in China: Current and future challenges[J]. *Environmental Pollution*, 2014, 189: 85-86.
- [3] LIU Q, WANG Q. How China achieved its 11th Five-Year Plan emissions reduction target: A structural decomposition analysis of industrial SO₂ and chemical oxygen demand[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 574: 1104-1116.
- [4] ZHANG H, WANG Z. Exploring spatiotemporal patterns of PM_{2.5} in China based on ground-level observations for 190 cities [J]. *Environmental Pollution*, 2016, 216: 559-567.
- [5] WALTER I, UGELOW J L. Environmental policies in developing countries[J]. *Journal of the Human Environment*, 1979, 8 (2): 102-109.
- [6] WANG S, ZHOU C. The characteristics and drivers of fine particulate matter (PM_{2.5}) distribution in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 142: 1800-1809.
- [7] COLE M A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages [J]. *Ecological Economics*, 2004, 1: 71-81.
- [8] 李强. 财政分权、FDI与环境污染: 来自长江经济带的例证[J]. *统计与决策*, 2019(4): 173-175.
- [9] 尹慧, 李学迁. 长三角区域 FDI 引进质量与环境污染的关系[J]. *生态经济*, 2019, 35(1): 150-153.
- [10] DINCER I. *Thermal energy storage: Systems and applications*[M]. USA: Wiley, 2011: 191-207.
- [11] FRANKEL J A. *The Environment and globalization*[J/OL]. National Bureau of Economic Research, 2003, DOI: 10.2307/1121305.
- [12] SHAHBAZ M, NASREEN S. Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries[J]. *Energy Economics*, 2015, 51: 275-287.
- [13] ALINASIR M, HUYNH T. Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging ASEAN[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 242: 131-141.
- [14] LIU Y, HAO Y. The environmental consequences of domestic and foreign investment: Evidence from China[J]. *Energy Policy*, 2017, 108: 271-280.
- [15] LAN J. Foreign direct investment, human capital and environmental pollution in China[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2012, 51: 255-275.
- [16] YIN Z, DING R. FDI, human capital, R&D and China's energy efficiency[J]. *Finance & Trade Economics*, 2008, 58: 95-98.
- [17] OMRI A, NGUYEN D K. Causal interactions between CO₂ emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models[J]. *Economic Modelling*, 2014, 42: 382-389.
- [18] 郑翔中, 高越. FDI 与中国能源利用效率: 政府扮演着怎样的角色?[J]. *世界经济研究*, 2019(7): 78-89.
- [19] KHAN M A, KHAN M Z. Global estimates of energy-growth nexus: Application of seemingly unrelated regressions [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2014, 29: 63-71.
- [20] BIRDSALL N, WHEELER D. Trade policy and industrial pollution in Latin America: Where are the pollution Havens[J].

- Journal of Environment and Development, 1993, 2: 137-149.
- [21] PAO H T, TSAI C M. Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries[J]. Energy, 2011, 36: 685-693.
- [22] ZHU H, DUAN L. The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression[J]. Economic Modelling, 2016, 58: 237-248.
- [23] ZHANG C, ZHOU X. Does foreign direct investment lead to lower CO₂ emissions? Evidence from a regional analysis in China[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2016, 58: 943-951.
- [24] SUNG B, SONG W Y. How foreign direct investment affects CO₂ emission levels in the Chinese manufacturing industry: Evidence from panel data[J]. Economic Systems, 2018, 42: 320-331.
- [25] XU S C, MIAO Y M. Regional differences in impacts of economic growth and urbanization on air pollutants in China based on provincial panel estimation[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 228: 455-466.
- [26] LAI L C. International intellectual property rights protection and the rate of product innovation [J]. Journal of Development Economics, 1998, 55: 133-153.
- [27] LIOBIKINE G, BUTKUS M. Scale, composition, and technique effects through which the economic growth, foreign direct investment, urbanization, and trade affect greenhouse gas emissions[J]. Renewable Energy, 2019, 132: 1310-1322.
- [28] KAAB A, SHARIFI M. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production[J]. Energy, 2019, 181: 1298-1320.
- [29] HANSEN B. Threshold effects in non dynamic panels: Estimation, testing and inference[J]. Journal of Economics, 1999, 93: 345-368.
- [30] IPCC. IPCC third assessment report: Climate change 2006[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [31] ARELLANO M, BOND S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations[J]. The Review of Economic Studies, 1991, 58(2): 277-297.
- [32] DANG V A. Asymmetric capital structure adjustments: New evidence from dynamic panel threshold models[J]. Journal of Empirical Finance, 2012, 19(4): 465-482.

The Relationship between FDI and Regional CO₂ Emission: Dynamic Threshold Effect Based on Intellectual Property Protection

Jia Zhen¹, Yang Xiaohui²

(1. Hebei College of Industry and Technology, Shijiazhuang 050091, China;

2. Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The inflow of foreign direct investment not only promotes China's economic development, but also brings environmental pollution. In order to analyze the nonlinear effect of FDI on CO₂ emission, The intellectual property protection is took as the threshold variable and the GMM method is used to construct a nonlinear dynamic threshold effect model for the impact of FDI on CO₂ emissions in different regions on the basis of the inter-provincial panel data from 2005 to 2016. The results show that FDI has a double threshold effect on CO₂ emission in northeast China, and the optimal interval for intellectual property protection is (8. 8939, 10. 4714), while there is no threshold effect in north China. The single threshold effect exists in the east coast, southeast coast, middle reaches of Yellow River, middle reaches of Yangtze River, northwest and southwest. In the middle reaches of the Yellow River, the optimal interval for the intellectual property protection level is higher than the threshold value, while the optimal interval for the intellectual property protection level is lower than the threshold value in the other five regions. All regions should reasonably determine the level of intellectual property protection and adjust the structure of investment, and reduce carbon emissions through financial incentives and technology sharing platforms.

Keywords: FDI; CO₂ emission; intellectual property protection; threshold effect