

空间溢出、双向FDI与二氧化碳排放强度

路正南, 罗雨森

(江苏大学 管理学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:基于文献综述发现双向FDI(外商直接投资和对外直接投资)对碳排放强度的影响可能同时具有“污染光环效应”和“污染避难效应”。因此,选择2005—2017年中国30个省市(因数据缺失,不包括西藏地区和港澳台地区)的面板数据,通过莫兰指数(Moran's I)对中国外商直接投资、对外直接投资和二氧化碳排放强度的空间集聚特征进行刻画,并构建空间计量模型实证研究中国双向FDI对二氧化碳排放强度的影响效应。研究发现:中国二氧化碳排放强度与双向FDI都存在显著的空间正相关特征;中国双向FDI对本地区二氧化碳排放强度的影响效应均显著为正;中国双向FDI的空间溢出效应显著抑制中国二氧化碳排放强度增加。最后,提出了合理利用双向FDI的政策建议。

关键词:外商直接投资;对外直接投资;二氧化碳排放强度;空间溢出效应

中图分类号:F741 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)06—0102—10

一、引言

改革开放40多年来,以中国对外直接投资(outward foreign direct investment, OFDI)和外商直接投资(inward foreign direct investment, IFDI)为主要手段的对外开放为中国获取了大量的资金、技术、管理等生产要素,成为中国经济发展的重要驱动力之一。根据《中国对外直接投资统计公报》显示,2002—2017年,中国对外直接投资从27亿美元上升至1582.9亿美元,年均增长31.18%。中国实际利用外资额也从527亿美元上升至1363亿美元,年均增长率达到6.54%。中国已经成为双向FDI的投资大国(中华人民共和国商务部等, 2018)。

中国外商直接投资和对外直接投资在推动经济增长的同时,对环境又会产生什么样的影响?一方面,经济的增长离不开资源的消耗,中国双向FDI促进了经济的快速增长,从而加剧了对化石能源的使用,产生大量的二氧化碳。但另一方面,在国际资本跨区域流动的过程中,双向FDI通过绿色技术溢出、资源优化配置等途径又能促进国内产业结构升级和能源结构优化,抑制二氧化碳的产生。因此,双向FDI对环境的影响仍存在很大的不确定性(杨恺钧和王婵, 2018)。作为负责任的大国,中国提出了“到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放量要比2005年下降40%~45%”的碳减排目标,那么在“引进来”和“走出去”的战略背景下,如何发挥双向FDI对中国环境质量的改善效应,早日实现碳减排目标,也成了当今中国亟须解决的重要问题。

二、文献回顾

现有文献中,有关外商直接投资影响东道国碳排放的研究有很多,主要围绕“污染避难假说”和“污染光环假说”两个观点展开。Walter和Vgelow(1979)、Baumol和Oates(1988)等学者支持外商直接投资的“污染避难效应”,认为随着发达国家愈加严厉的环境规制和群众日益增强的环保意识,污染密集型产业的环境处理成本会增加,迫使企业外迁至环境规制较弱的发展中国家,加剧东道国的环境污染。同时,Omri et al(2014)认为,外资的流入会刺激东道国经济规模的扩张,增加二氧化碳排放。而学者如Letchumanan和Kodama(2000)、杨传明(2019)则对FDI的“污染光环效应”进行了阐述和实证分析,认为外资的流入伴随着先进的环境技术和严格的环境标准,有利于提升东道国的环境福利。Liang(2014)认为外资的流入会对国内一部分低效率的企业具有挤出效应,进而通过技术溢出和产业升级促进中国能源利用效率提升,减少国内的环境

收稿日期:2019—12—17

基金项目:国家自然科学基金面上项目“配额嵌入模式下CTP螺旋驱动的产业系统低碳演化及政策引导”(71673120);国家自然科学基金重大项目“企业和居民的绿色低碳行为研究”(71690242)

作者简介:路正南,博士,江苏大学京江学院教授,博士研究生导师,研究方向:产业经济与能源经济;罗雨森,江苏大学管理学院博士研究生,研究方向:低碳经济与能源经济。

污染。

近年来,有关对外直接投资对母国环境的影响也引起学者关注,但并没有得到一致结论。主要存在以下 3 种结论:一是 OFDI 的环境改善效应,即认为 OFDI 具有明显的污染规避特征,母国环境规制强度越严格,越倾向于将污染密集型产业外迁,从而改善了母国的环境质量(Dijstai et al, 2011), Yang 和 Liu(2013)探究了日本 OFDI 的碳排放效应,发现日本 OFDI 有效减少了母国碳排放量;二是 OFDI 的环境污染效应,王柏杰和周斌(2018)通过实证研究发现现阶段 OFDI 显著增加了我国的污染排放量;三是 OFDI 对母国的环境效应存在异质性,聂飞和刘海云(2016)指出中国 OFDI 对二氧化碳排放的影响受到城镇化水平的门槛约束。

通过对已有文献梳理发现,现阶段研究大多基于两个相互独立的视角,分别探究对外直接投资和外商直接投资的环境效应,而综合考察双向 FDI 对碳排放影响的文献还比较少,主要是刘海云团队的研究,例如,龚梦琪和刘海云(2018)从中国工业行业层面分析了双向 FDI 的环境效应;刘海云和龚梦琪(2018)通过构建联立方程研究了双向 FDI 对碳排放规模的影响。

相对以往研究,本文主要从以下几点进行了拓展:①随着经济全球化和中国“一带一路”倡议的推进,双向 FDI 的环境效应不容忽视。因此,本文将 IFDI 和 OFDI 置于同一分析框架,通过 STIRPAT 模型更全面地把握中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的影响;②由于双向 FDI 可能存在技术溢出等空间效应,传统最小二乘的估计可能存在偏差,但现有文献较少从空间的角度分析双向 FDI 对碳排放强度的影响效应。因此,本文还构建了空间计量模型对双向 FDI 的环境效应进行定量研究,并对二者的空间溢出效应进行分解和测算,以期为中国更好地“走出去”和“引进来”,实现经济低碳发展提供一定的理论参考。

三、双向 FDI 对碳排放强度的影响机制

(一)外商直接投资对碳排放强度的影响机制

外商直接投资对碳排放强度的影响可能存在“污染避难效应”“规模效应”和“污染光环”3 种作用机制,具体而言:

一方面,外商直接投资会通过“污染避难效应”和“规模效应”促进碳排放强度的增加。IFDI 的流入可以推动地区经济的快速增长,产生规模效应,加剧能源的消耗和碳排放的产生。而且,发展中国家或地区为了吸引外资落户,可能会产生“逐底竞争”,降低 IFDI 的进入门槛,从而造成发达国家将“高污染、高能耗、高排放”的三高企业向发展中国家转移,将发展中国家视为“污染避难所”,增加东道国的碳排放的产生。

另一方面,外商直接投资会产生“污染光环效应”对碳排放强度产生抑制作用。根据 Letchumanan et al(2000)提出的“污染光环假说”,IFDI 的流入可能会产生绿色技术溢出效应。外企的落户可能带来先进的生产技术和管理模式,对东道国的企业产生示范作用。而东道国的企业在模仿学习的过程中,可以发挥“后发优势”,实现绿色技术水平与环境管理水平的赶超,最终优化产业结构和生产流程,降低国内二氧化碳的排放。

结合中国情境,发现外商在华的投资存在较大比例的非耐心投资,只是为了追求廉价的生产要素,缺乏长期规划和技术更新动机,对中国的经济生态造成极大破坏(李娜娜和杨仁发,2019;随洪光等,2017)。因此,本文在此提出研究假设 1:

外商直接投资对中国碳排放强度的影响显著为正(H1)。

(二)对外直接投资对碳排放强度的影响机制

对外直接投资规模对碳排放强度的影响存在“规模效应”“挤出效应”“结构效应”和“技术效应”4 种作用机制,具体而言:

一方面,对外直接投资会通过“规模效应”和“挤出效应”促进碳排放强度的提升。母国企业通过对外投资,将国内大量的资本转向了国外,占用了企业的研发资金,对企业研发投入产生“挤出效应”,不利于企业的绿色技术进步和区域的环境治理。而且随着 OFDI 规模的扩大,经济增长的规模效应也加大,物质需求会显著提升,碳排放强度也会随之增加。

另一方面,对外直接投资可以通过“技术效应”和“结构效应”降低二氧化碳的排放强度。“技术寻求型”的对外直接投资可以通过在发达国家投资设厂、建立研发机构、合并收购等方式,获得逆向绿色技术溢出,助推国内企业绿色技术进步。而且根据“污染避难假说”,母国也可以通过对外投资,将污染密集型的产业向国外转移,进一步淘汰落后产能,实现产业结构升级和环境质量提升。

结合中国情境发现,中国对外直接投资的产业结构主要以服务业为主,资金大多流向国外的租赁和商务服务业、金融、批发和零售等产业,所产生的逆向技术溢出效应较弱,远低于对外直接投资的规模效应(路正南和罗雨森,2020)。因此,本文提出第2个研究假设:

对外直接投资对中国碳排放强度的影响显著为正(H2)。

(三)空间视角下双向FDI对碳排放强度的影响机制

由于外商直接投资和对外直接投资都可能产生绿色技术溢出效应。因此有必要从空间视角下分析二者对碳排放强度的影响机制,IFDI与OFDI对碳排放强度的影响机制可以分为“逐底竞争”和“绿色技术溢出”两种,具体表现如下:

一方面,双向FDI的“逐底竞争”效应会显著促进碳排放强度的提升。外资对经济增长的促进效应会使各地区竞相降低本地区的环境规制门槛来吸引外资,从而引入“黑色”外资,增加了碳排放强度。各地区对外投资规模的相互攀比也可能会加大OFDI的环境负效应。

另一方面,双向FDI的“绿色技术溢出效应”会抑制碳排放强度的提升。由于各地区间的合作交流机制,双向FDI的绿色技术溢出效应对周边地区的绿色创新能力和治理水平也会产生正影响,抑制各地区碳排放强度的增加。

结合中国情境发现,日趋严格的环境规制和公众监督会削弱双向FDI的空间负效应,提高外资准入门槛,进而加强了绿色技术溢出效应。因此,本文提出第3个研究假设:

双向FDI的空间溢出效应对中国碳排放强度的影响显著为负(H3)。

四、模型构建与实证分析

(一)模型构建

1. 空间自相关检验

空间自相关分析是揭示区域间二氧化碳排放强度和双向FDI的集聚特征,也是进行空间计量分析的必要条件。本文通过莫兰指数(Moran's I),从全域空间自相关和局域空间自相关两个维度对中国二氧化碳排放强度、双向FDI的空间集聚特征进行刻画。

全域 Moran's I 指数具体公式为

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (1)$$

其中: $n=30$ 表示省级行政区的个数(因数据缺失,不包括西藏地区和港澳台地区); x_i 和 x_j 表示 i 省份和 j 省份的属性值; $\bar{x}$ 表示各省份属性的平均值; W_{ij} 表示标准化的空间邻接矩阵; s 为样本方差,其计算公式为 $s = \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$ 。

局域 Moran's I 指数是全局 Moran's I 指数的分解,具体公式为

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s^2} \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) = z_i \sum_{j=1}^n W_{ij} z_j \quad (2)$$

其中: z_i 和 z_j 表示 i 省份和 j 省份标准化处理后的属性值。

Moran's I 指数的显著性一般通过 Z 统计量进行检验:

$$Z_i = \frac{1 - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}, E(I) = \frac{-1}{n-1}, Var(I) = E(I^2) - E(I)^2 \quad (3)$$

其中: $E(I)$ 和 $Var(I)$ 分别表示 Moran's I 指数的期望和方差。

2. 空间面板计量模型构建

考虑到各省份二氧化碳排放强度、双向FDI可能存在空间溢出效应,传统的面板计量模型的估计会带来测度偏误。因此本文构建了空间面板计量模型,以提高中国双向FDI对碳排放强度影响效应的估计精度,具体模型如式(4)所示:

$$\ln Y_{it} = \rho W \ln Y_{it} + \beta_0 + \beta_i X_{it} + \theta_i \times W \ln X_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} = \lambda m_i \varepsilon_t + v_{it} \quad (4)$$

其中: Y 表示将二氧化碳排放强度作为被解释变量; X 表示包含双向 FDI 在内的解释变量; W 表示空间权重矩阵; ρ 表示空间滞后系数, 度量 $W \ln Y_{it}$ 对 $\ln Y_{it}$ 的影响; β_i 表示解释变量的回归系数; θ_i 和 λ 分别表示解释变量和扰动项的空间回归系数, 度量各解释变量和扰动项的空间溢出效应; m_i 表示扰动项空间权重矩阵的第 i 行; δ_i 表示空间效应; μ_t 表示时间效应; ε_{it} 表示残差; v_{it} 表示服从正态分布的随机误差项。

当 $\lambda = 0$ 时, 则模型为空间杜宾模型 (SDM); 当 $\lambda = 0$ 且 $\theta_i = 0$ 时, 则模型为空间自回归模型 (SAR); 当 $\rho = 0$ 且 $\theta_i = 0$ 时, 则模型为空间误差模型 (SEM)。

3. 直接效应与间接效应的测度

空间面板模型中, 各省份的碳排放强度不仅受到本地区外部环境因素的影响, 同时还受到其他省份的影响。为了准确测度中国双向 FDI 对碳排放强度的影响, 本文参考 Elhorst (2014) 的研究, 采用偏微分法对双向 FDI 的环境效应进行分解。对式 (4) 变形得到:

$$\ln Y_{it} = (1 - \rho W)^{-1} (\ln X_{it} \beta + W \ln X_{it} \theta) + (1 - \rho W)^{-1} \beta_0 + (1 - \rho W)^{-1} \delta_i + (1 - \rho W)^{-1} \mu_t + (1 - \rho W)^{-1} \varepsilon_{it} \quad (5)$$

对式 (5) 中 $\ln X_{it}$ 求偏导数, 得到偏微分矩阵如式 (6) 所示:

$$\left[\frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln X_{it}} \times \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln X_{Nt}} \right] = \begin{bmatrix} \frac{\partial \ln Y_{1t}}{\partial \ln X_{1t}} \times \frac{\partial \ln Y_{1t}}{\partial \ln X_{Nt}} & & \\ & \vdots & \\ \frac{\partial \ln Y_{Nt}}{\partial \ln X_{1t}} \times \frac{\partial \ln Y_{Nt}}{\partial \ln X_{Nt}} & & \end{bmatrix} = (1 - \rho W)^{-1} \begin{bmatrix} \beta_t & W_{12} \lambda_t & \cdots & W_{1N} \lambda_t \\ W_{21} \lambda_t & \beta_t & \cdots & W_{2N} \lambda_t \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_{N1} \lambda_t & W_{N2} \lambda_t & \cdots & \beta_t \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中: 矩阵主对角线上元素的平均值度量了各解释变量对该地区碳排放强度的直接效应, 非对角线以外的元素的平均值测度了解释变量对其他地区碳排放强度的间接效应。

(二) 变量说明与数据来源

1. 变量说明

被解释变量——二氧化碳排放强度 (CI); 二氧化碳排放量的测算是本文实证研究的起点和基础。本文根据 IPCC (2006) 的方法, 选取煤炭、焦炭等 8 种主要化石能源对各个省份的二氧化碳排放量进行测算。具体计算公式为

$$CE = \sum_{i=1}^8 CE_i = \sum_{i=1}^8 E_i \times NCV_i \times CEF_i \quad (7)$$

其中: CE_i 表示化石能源的二氧化碳排放量; E_i 表示化石能源的消耗量; NCV_i 表示化石能源的平均低位发热量, $\text{KJ/kg}(\text{m}^3)$; CEF_i 表示化石能源的二氧化碳排放系数, $\text{kg} \cdot \text{CO}_2/\text{TJ}$, 见表 1。二氧化碳排放强度则由单位 GDP 所产生的二氧化碳排放量进行表征。

表 1 能源平均低位发热量与二氧化碳排放系数

能源	天然气	柴油	煤油	汽油	燃料油	原油	焦炭	煤炭
NCV_i	38931	46252	43070	43070	41816	41816	283435	20908
CEF_i	56100	74100	71500	70000	77400	73300	107000	95333

核心解释变量——外商直接投资 ($IFDI$) 和对外直接投资 ($OFDI$)。在产业转移和资本流动的过程中, $IFDI$ 和 $OFDI$ 可能通过绿色技术溢出效应和产业结构优化效应, 改善国内的环境质量。但另一方面, 双向 FDI 也可能通过规模效应增加碳排放强度。中国各地政府为了经济发展可能会通过降低环境规制来吸引“黑色外资”, 从而增加了国内的碳排放。因此, $IFDI$ 和 $OFDI$ 可能同时产生“污染光环效应”和“污染避难所效应”, 对碳排放强度的影响不定。

控制变量——人口规模 ($population$)。考虑到数据的可比性, 本文使用单位行政面积的人口数表征人口规模。一方面, 人口规模的扩大增加了对资源的消耗, 产生规模负效应; 而另一方面, 在有限的地理空间限制下, 人口的持续增长会产生集聚效应, 增加对公交、地铁等公共设施的使用, 可以减少碳排放的产生。因此人口规模与碳排放强度的关系不定。

经济发展水平 ($pgrp$) 由人均 GDP 来反映。根据环境库兹涅茨曲线假说 (EKC), 环境污染与经济增长之

间存在倒U型曲线关系,即环境污染一开始会随着经济水平的提升而增加,到达一定经济水平后,人类会提高对环境质量的要求,推动碳排放强度与经济发展水平“脱钩”(Luo et al, 2017)。但也有研究指出,环境质量与经济增长间还可能存在U型、N型和倒N型等曲线关系。因此,本文将经济发展水平分解为一次项、二次项和三次项,对EKC理论进行再检验。

技术水平(*patent*)通过专利申请量表征。技术可以分为环境处理技术和生产技术,环境处理技术的提升可以有效降低二氧化碳排放强度,而生产技术的提升一方面可以提高能源使用效率;另一方面却导致生产规模扩大,增加碳排放(Long et al, 2018)。

教育水平(*Edu*)通过每十万人人口平均高等学校在校生数表征。教育水平的提升可以更好地吸收双向FDI带来的国外先进的环境处理技术,环保意识也会得到增强,可能对碳排放强度具有负影响。因此预期影响系数为负。

2. 数据来源

本文选取2005—2017年各省市地区(因数据缺失,不包括西藏和港澳台地区)的面板数据进行分析。其中,能源消耗量的数据来自历年的《中国能源统计年鉴》。各省份GDP、人均GDP、人口密度和每十万人人口平均高等学校在校生数的数据来自《中国统计年鉴》;外商直接投资和对外直接投资流量额的数据分别来自各省市统计年鉴和《对外直接投资公报》;专利申请量的数据来自《中国科技统计年鉴》。具体变量的描述性统计分析见表2。

(三)实证分析

1. 中国双向FDI与二氧化碳排放强度的空间自相关分析

根据式(1),计算出2005—2017年中国双向FDI和二氧化碳排放强度的Moran's *I*指数,具体结果见表3。2005—2017年中国外商直接投资和二氧化碳排放强度的全域Moran's *I*值在1%的水平上统计显著,中国对外直接投资2009—2017年的全域Moran's *I*指数也基本通过显著性检验,这说明各省市地区的双向FDI与二氧化碳排放强度都表现出了空间集聚特征,这也说明着构建中国双向FDI对碳排放强度影响因素模型时需要考虑变量间的空间溢出效应。2005年和2017年中国碳排放强度的全域Moran's *I*值分别为0.488和0.421,这反映了中国二氧化碳排放强度的空间依赖性正逐步减弱。2005—2017年中国外商直接投资和对外直接投资的全域Moran's *I*值呈波浪形的变化趋势。

本文还采用局域Moran's *I*散点图对各省市地区二氧化碳排放强度、双向FDI的局域空间自相关特征进行刻画。由图1可知,各省市主要分布在第一象限和第三象限,反映了中国碳排放强度具有空间正自相关特征,呈现“俱乐部集团”现象。比较2005年和2017年中国二氧化碳排放强度局域Moran's *I*指数图,发现位于第三象限的省份数量显著增加,即中国二氧化碳排放强度“低-低”集聚的趋势在不断增强。图2中,各省市单元的外商直接投资也主要分布在第一和第三象限,呈现空间正相关的集聚特征。相较2005年,2017年中国IFDI局域Moran's *I*指数图中第二象限的省份数量小幅增加。图3中,中国对外直接投资2005年并没有呈现显著的空间集聚特征,2017年中国各个省市单元主要分布在第一、第三象限,占据了观测省份的76.7%,说明中国对外直接投资在空间上表现出与邻近地区相似的分布特征,即OFDI较多的省市在空间上彼此邻近,OFDI较少的地区在空间上也趋于集中。

表2 描述性统计分析

变量	单位	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>CI</i>	吨/万元	390	10.577	7.425	1.988	47.790
<i>population</i>	万人/平方公里	390	0.044	0.065	0.001	0.383
<i>pgrp</i>	元	390	11803.010	7452.547	3263.596	42212.620
<i>patent</i>	件	390	54266.650	90617.840	216	627834
<i>IFDI</i>	万元	390	72458960	118041500	573419	1189820000
<i>OFDI</i>	万元	390	868420.100	2011734	0	15920079
<i>Edu</i>	人/十万人	390	2359.762	1002.053	837.544	6897

表3 2005—2017年中国二氧化碳排放强度和双向FDI的全域Moran's *I*指数

年份	lnCI		lnIFDI		lnOFDI	
	Moran's <i>I</i>	Z	Moran's <i>I</i>	Z	Moran's <i>I</i>	Z
2005	0.488***	4.269	0.490***	4.277	0.035	0.659
2006	0.488***	4.276	0.508***	4.396	0.038	0.707
2007	0.436***	3.845	0.587***	5.032	-0.143	-0.895
2008	0.476***	4.159	0.553***	4.75	-0.187	-1.272
2009	0.466***	4.072	0.539***	4.652	0.123*	1.298
2010	0.459***	4.031	0.477***	4.151	0.196**	1.929
2011	0.434***	3.858	0.471***	4.097	0.118*	1.322
2012	0.443***	3.917	0.468***	4.085	0.021	0.465
2013	0.421***	3.733	0.485***	4.226	0.300***	2.756
2014	0.428***	3.796	0.488***	4.245	0.230***	2.213
2015	0.411***	3.622	0.513***	4.428	0.404***	3.572
2016	0.421***	3.733	0.545***	4.690	0.279***	2.552
2017	0.421***	3.757	0.458***	4.008	0.258***	2.444

注:*, **, ***分别表示为在10%、5%和1%的显著性水平上统计显著。

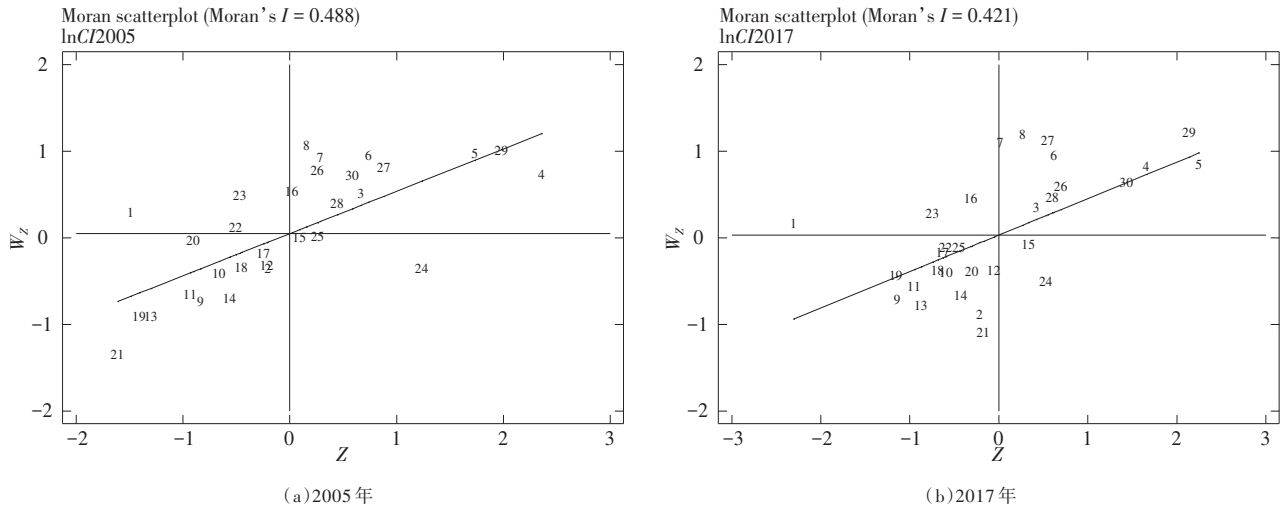


图 1 2005 年、2017 年各省市二氧化碳排放强度局域莫兰指数图

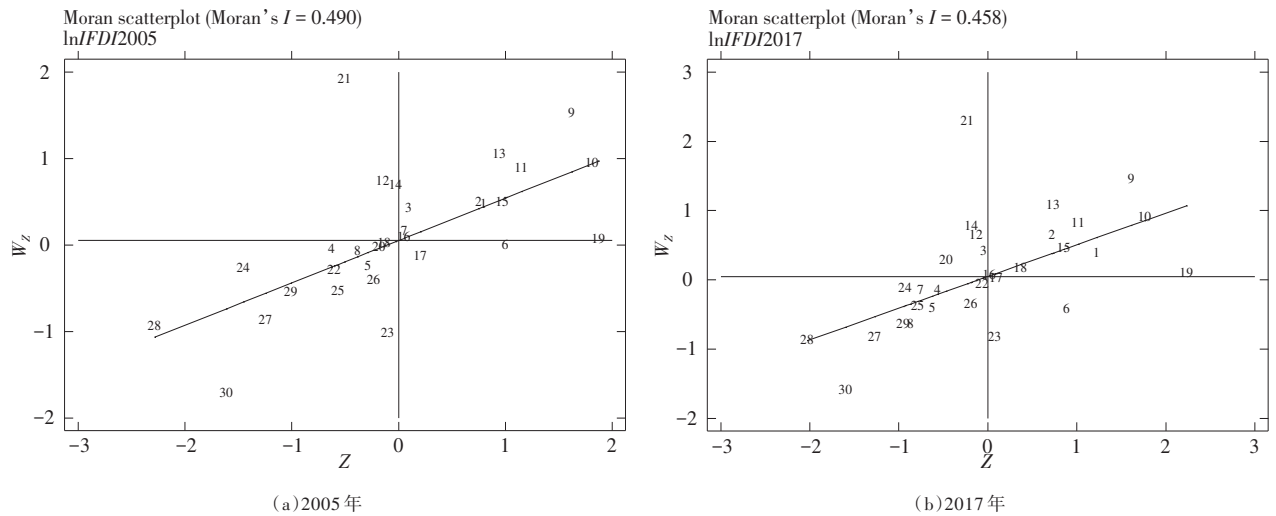


图 2 2005 年、2017 年各省市外商直接投资局域莫兰指数图

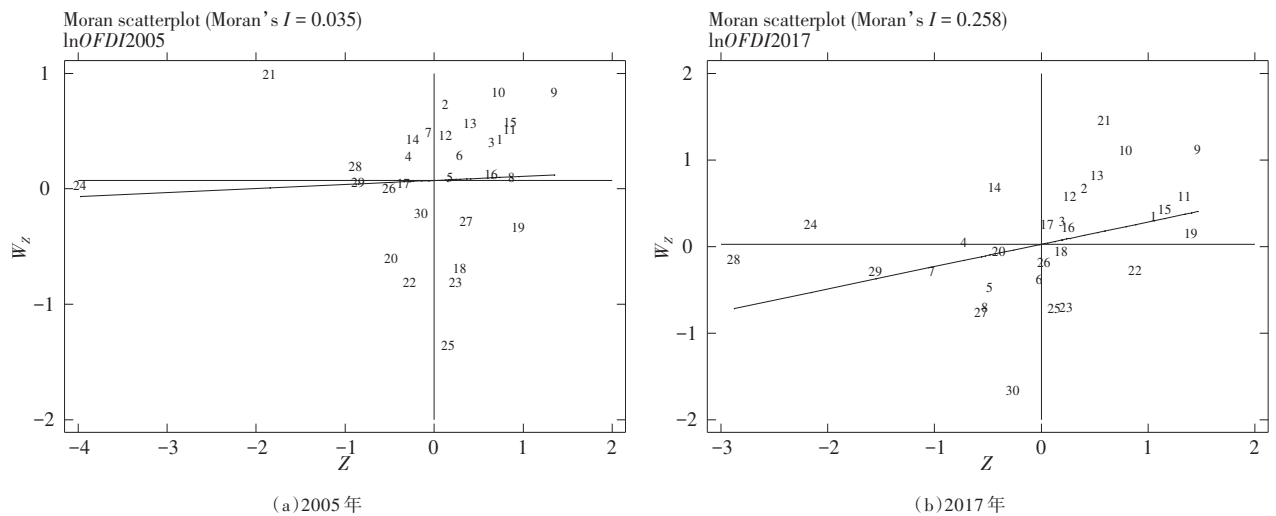


图 3 2005 年、2017 年各省市对外直接投资局域莫兰指数图

2. 中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的空间计量分析

中国二氧化碳排放强度之间表现出了显著的空间集聚特征,并非随机分布。本文进一步建立普通面板

模型,通过 LM(Lagrange Multiplier)检验对构建空间面板模型的适用性进行判断。由表 4 可知,中国 IFDI 对碳排放强度具有显著的负效应,而 OFDI 却显著增加中国碳排放强度。外资的流入同时带来了严格的环境标准和先进的环境处理技术,对地区环境质量产生正影响。而由于当地政府为了经济发展和防止工业资本外流设置了诸多政策壁垒,导致中国对外直接投资并未将高污染、高排放的企业转移出去。因此 OFDI 的环境改善效应并未实现。经济增长与环境污染之间存在一个“倒 N 型”的 EKC 曲线关系。人口密度的回归系数为负值,且在 1% 的水平上通过了显著性检验。技术水平的提升带动了能源效率的提高,降低了碳排放强度。变量的空间相关性检验(LM-Lag)和误差项空间相关性检验(LM-Error)的结果在 1% 的水平上分别拒绝了没有空间滞后和没有空间误差影响的原假设。因此构建空间计量模型分析中国双向 FDI 对碳排放强度的影响更加具有科学性。

考虑到各种空间因素对中国二氧化碳排放强度的复杂影响,本文分别构建了空间滞后模型、空间误差模型和空间杜宾模型,综合比较双向 FDI 对二氧化碳排放强度的影响。由表 5 可知,根据 Hausman 检验,普通面板模型、空间滞后模型和空间杜宾模型在 1% 的显著性水平上都拒绝了选择随机效应的原假设(H0)。因此本文建立了固定效应的空间滞后模型和空间杜宾模型进行分析。Wald(瓦尔德)统计量和 LR(Likelihood Ratio,似然比)检验的统计量在 1% 的水平上统计显著,即空间杜宾模型不能简化为空间滞后模型和空间误差模型。根据 Log-likelihood 和 R^2 的值,空间杜宾模型的拟合结果明显要优于空间滞后模型和空间误差模型。因此,本文根据空间杜宾模型的估计结果分析中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的影响。

表 4 中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的普通面板回归结果

变量	估计值	<i>t</i>	<i>p</i>
$\ln population$	-0.106***	-3.34	0.001
$\ln pgrp$	-167.629***	-5.30	0.000
$(\ln pgrp)^2$	18.193***	5.43	0.000
$(\ln pgrp)^3$	-0.657***	-5.57	0.000
$\ln patent$	-0.058*	-1.92	0.056
$\ln IFDI$	-0.209***	-5.28	0.000
$\ln OFDI$	0.061***	3.74	0.000
$\ln Edu$	0.404***	4.16	0.000
Constant	513.976***	5.17	0.000
LM-Lag 检验		66.121***	0.000
稳健的 LM-Lag 检验		24.345***	0.000
LM-Error 检验		104.425***	0.000
稳健的 LM-Error 检验		62.649***	0.000

注: *、**、*** 分别表示为在 10%、5% 和 1% 的显著性水平上统计显著。

表 5 中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的空间计量估计结果

变量	混合回归模型	固定效应模型	空间自回归模型	空间误差模型	空间杜宾模型
	$\ln CI$	$\ln CI$	$\ln CI$	$\ln CI$	$\ln CI$
$\ln population$	-0.106*** (0.032)	0.563*** (0.197)	0.526*** (0.184)	-0.255*** (0.073)	0.176 (0.248)
$\ln pgrp$	-167.6*** (31.650)	-125.5*** (13.840)	-120.7*** (12.970)	-123.4*** (12.83)	-146.9*** (12.690)
$(\ln pgrp)^2$	18.19*** (3.348)	13.51*** (1.495)	13.02*** (1.400)	13.24*** (1.382)	16.07*** (1.379)
$(\ln pgrp)^3$	-0.657*** (0.118)	-0.485*** (0.054)	-0.469*** (0.050)	-0.473*** (0.050)	-0.586*** (0.050)
$\ln patent$	-0.058* (0.030)	0.027 (0.019)	0.018 (0.017)	0.055*** (0.018)	0.034 (0.022)
$\ln IFDI$	-0.209*** (0.040)	0.007 (0.021)	0.004 (0.020)	0.025 (0.021)	0.054*** (0.021)
$\ln OFDI$	0.061*** (0.016)	0.027*** (0.006)	0.025*** (0.005)	0.032*** (0.005)	0.022*** (0.005)
$\ln Edu$	0.404*** (0.097)	0.354*** (0.079)	0.312*** (0.074)	0.247*** (0.077)	0.314*** (0.087)
$W \times \ln population$					2.803*** (0.460)
$W \times \ln IFDI$					-0.123*** (0.040)
$W \times \ln OFDI$					-0.017* (0.009)
ρ			0.208*** (0.061)		0.297*** (0.064)
Log-likelihood			342.958	241.074	377.378
R^2	0.495	0.560	0.558	0.302	0.617
Wald 检验: SDM 退化为 SAR					76.14***
LR 检验: SDM 退化为 SAR					68.84***
Wald 检验: SDM 退化为 SEM					67.75***
LR 检验: SDM 退化为 SEM					272.61***
Hausman 检验		21.27***	14.67**	3.76	56.56***
样本量	390	390	390	390	390

注: *、**、*** 分别表示为在 10%、5% 和 1% 的显著性水平上统计显著;括号内数值为标准误。

空间杜宾模型中,人均地区生产总值的一次项和三次项的回归系数为负,二次项系数为正,且在 1% 的显著性水平上都通过了显著性检验,这说明中国碳排放强度随着经济的增长表现出“恶化-改善-恶化”的倒 N 型非线性关系。

双向 FDI 对本地区的碳排放强度具有显著的正影响,验证了 H1 和 H2。根据 EKC 理论,双向 FDI 可以通过规模效应、技术效应和结构效应 3 种途径影响碳排放。从规模效应来看,双向 FDI 在推动经济增长的同时对化石能源也产生了大量的需求,加剧了二氧化碳的排放;而从技术效应和结构效应来看,双向 FDI 的增加也会产生绿色技术溢出和产业结构升级的正外部性,缓解碳排放的产生。从表 5 的结果来看,双向 FDI 带来的规模效应的负外部性大过技术效应和结构效应的正外部性。因此,中国在引进外资和对外投资时,要发挥双向 FDI 的技术正效应和结构正效应,缓解对环境产生的规模负效应。

引入空间效应后,空间杜宾模型中系数 ρ 显著为正,这说明二氧化碳排放强度存在显著的空间溢出效应,周边地区二氧化碳排放强度的增加对本地区碳排放强度带来正影响。因此,中国在制定碳减排政策时,需要考虑区域联控的合作政策,否则可能出现二氧化碳排放的“泄漏效应”,难以有效全面降低碳排放强度。

由于经济发展水平、技术水平等变量的空间滞后项并不显著,本文着重对人口规模和双向 FDI 的空间效应进行分析。相邻地区人口规模的增加对碳排放强度产生正影响,这主要是由于地理空间一定的情况下,周边人口规模的增加可能促使人口向本地区迁移,增加了能源需求,增加本地区的碳排放强度。周边地区外商直接投资的增加对本地区碳排放强度却产生负影响,且在 1% 的水平上统计显著。在控制其他变量不变的情况下,周边地区外商直接投资每增加 1%,本地区的二氧化碳排放强度降低 0.123%。说明周边地区外资流入的同时也引进了先进的生产技术和环境处理技术,产生了较强的技术溢出效应,降低了本地区的碳排放强度,表明“污染光环假说”和“污染避难假说”在现阶段的中国同时成立。中国 OFDI 与空间权重矩阵乘积的系数在 10% 的水平上显著为负,这说明周边地区的对外直接投资具有显著的逆向绿色技术溢出,对本地区的环境质量具有改善作用,验证了 H3。

3. 中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度的空间溢出效应

在引入空间效应后,由于包含了空间个体之间的复杂信息,原有的参数估计不能准确反映双向 FDI 对二氧化碳排放强度的影响效应。因此在空间杜宾模型估计结果的基础上,对中国双向 FDI、人口规模等因素求偏导,得到各自变量对因变量的直接效应、间接效应和总效应,具体结果见表 6。

直接效应反映了中国双向 FDI、人口规模、经济发展水平等因素对本地区的平均作用,间接效应反映了自变量的空间溢出效应,总效应则反映了变量对所有地区的平均作用。表 6 中,人口规模对本地区碳排放强度的直接效应、间接效应和总效应都显著为正。人口规模的扩大加剧了对能源的消耗,对环境产生规模负效应。教育水平对二氧化碳排放强度的直接效应、总效应显著为正,教育水平每提升 1%,直接效应和总效应分别提高 0.316% 和 0.332%。

IFDI 对本地区碳排放强度具有显著的正影响(0.046),但对邻近地区具有显著的负影响(-0.144),总效应为负(-0.098),该结论验证了 H3,说明 IFDI 具有强烈的空间溢出效应,外商直接投资的提高能够有效抑制中国整体二氧化碳排放强度的增加。对外直接投资对本地区二氧化碳排放强度的影响显著为正,OFDI 每提升 1%,本地区的碳排放强度上升 0.021%,反映了中国 OFDI 并没有向周边国家转移高污染、高能耗、高排放的企业来推动产业结构的优化。OFDI 的空间溢出效应未能通过显著性检验,但在一定程度上说明对外直接投资可以产生逆向绿色技术溢出效应,帮助中国早日实现碳减排目标。

表 6 中国双向 FDI 对二氧化碳排放强度空间溢出效应估计结果

变量	直接效应	间接效应	总效应
	$\ln CI$	$\ln CI$	$\ln CI$
$\ln population$	0.415*(0.252)	3.894*** (0.660)	4.310*** (0.710)
$\ln grp$	-148.4*** (12.940)	-46.75 (38.940)	-195.1*** (45.850)
$(\ln grp)^2$	16.26*** (1.406)	5.431 (4.280)	21.69*** (5.051)
$(\ln grp)^3$	-0.594*** (0.051)	-0.21 (0.157)	-0.803*** (0.185)
$\ln patent$	0.032 (0.021)	-0.014 (0.039)	0.019 (0.041)
$\ln IFDI$	0.046** (0.020)	-0.144*** (0.051)	-0.098* (0.053)
$\ln OFDI$	0.021*** (0.006)	-0.015 (0.012)	0.007 (0.014)
$\ln Edu$	0.316*** (0.084)	0.015 (0.175)	0.332* (0.175)

注:*, **, *** 分别表示为在 10%、5% 和 1% 的显著性水平上统计显著;括号内数值为标准误。

五、主要结论与政策建议

本文利用2005—2017年各省市地区的面板数据,构建空间计量模型分析了中国双向FDI对二氧化碳排放强度的影响效应,得到以下主要结论:①中国二氧化碳排放强度和双向FDI都具有显著的空间正相关特征,2005—2017年,中国二氧化碳排放强度的空间集聚趋势不断减弱,而双向FDI的空间集聚特征则呈现波浪形上升趋势;②经济增长与二氧化碳排放强度之间存在“倒N型”EKC曲线关系;③外商直接投资和对外直接投资对本地区的二氧化碳排放强度都产生显著的正影响,双向FDI分别提升1%,本地区的二氧化碳排放强度分别上升0.054%和0.022%;④中国外商直接投资和对外直接投资对二氧化碳排放强度具有显著的空间溢出效应。邻近地区提升1%的外商直接投资,本地区的二氧化碳排放强度分别降低0.123%和0.017%。

根据以上研究结论,为了早日完成国家的碳减排目标,提出以下政策建议:

(1)外商直接投资具有正向的空间自相关性。为了充分发挥外商直接投资的环境治理效应,外商直接投资水平较强的省域要加强与邻近省份的经济技术合作,增进区域环境治理主体的知识交换和共享,推动绿色技术溢出;而外商直接投资水平较弱的地区要积极打破地理区位的制约,通过正式或非正式途径,搭建与外商直接投资水平较强的省份间的交流合作平台,消化和吸收IFDI带来的绿色技术溢出效应,发展绿色技术,最终实现全面绿色发展。此外,各地方政府还要深化多元协作机制,如建立区域间环境治理协作机制、完善联合监督机制、健全区域利益协调机制和沟通交流机制,早日完成国家和各地区的碳减排目标。

(2)外商直接投资对中国周边地区的二氧化碳排放强度具有明显的抑制作用。因此,中国政府在坚定践行“引进来”开放战略的同时,要改变以往“重数量,轻质量”的引资模式,通过提升环境规制水平来提高IFDI的进入门槛,并对高技术、高效益、低能耗的“绿色”外资进行筛选,引导IFDI流向节能环保领域,充分发挥外商直接投资的“污染光环”效应。各地方政府还要引导企业学习和模仿国外先进的环境处理技术,引入严格的环境治理标准,在推动经济快速增长的同时,有效降低二氧化碳排放强度,实现低碳发展。

(3)对外直接投资对二氧化碳排放强度具有显著的正影响。中国的对外直接投资还处于初级阶段,资金主要流向了租赁和商务服务业,并未能形成逆向技术溢出效应,有效地降低国内的二氧化碳排放强度。因此,中国政府要进一步优化对外直接投资结构,发挥OFDI的环境正效应。一方面,各地方政府可以通过提高环境规制强度,将高能耗、高污染、高排放的“三高”企业进行外迁,实现国内产业结构的绿色升级;另一方面,企业要积极响应国家“走出去”的号召,进军国外新能源、新技术等环境友好型领域,推动OFDI的逆向绿色技术溢出的形成,掌握国外先进的绿色生产技术(如绿色可再生能源发电技术等)和绿色减排技术(如碳捕获与封存等技术),早日完成中国2030年的碳减排目标。

参考文献

- [1] 龚梦琪, 刘海云, 2018. 中国工业行业双向FDI的环境效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 28(3): 128-138.
- [2] 李娜娜, 杨仁发, 2019. FDI能否促进中国经济高质量发展[J]. 统计与信息论坛, 34(9): 35-43.
- [3] 刘海云, 龚梦琪, 2018. 要素市场扭曲与双向FDI的碳排放规模效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 28(10): 27-35.
- [4] 路正南, 罗雨森, 2020. 中国双向FDI对二氧化碳排放强度的影响效应研究[J]. 统计与决策, 36(7): 81-84.
- [5] 聂飞, 刘海云, 2016. 基于城镇化门槛模型的中国OFDI的碳排放效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 26(9): 123-131.
- [6] 随洪光, 余李, 段鹏飞, 2017. 外商直接投资、汇率甄别与经济增长质量——基于中国省级样本的经验分析[J]. 经济科学(2): 59-73.
- [7] 王柏杰, 周斌, 2018. 货物出口贸易、对外直接投资加剧了母国的环境污染吗? ——基于“污染天堂假说”的逆向考察[J]. 产业经济研究(3): 77-89.
- [8] 杨传明, 2019. 新旧常态下不同来源技术进步对中国产业碳强度的影响[J]. 技术经济, 38(2): 112-120.
- [9] 杨恺钧, 王婵, 2018. 双向FDI、环境规制与环境污染——基于长江经济带面板数据的门槛模型分析[J]. 管理现代化, 38(4): 75-77.
- [10] 中华人民共和国商务部, 国家统计局, 国家外汇管理局, 2018. 2017年度中国对外直接投资统计公报[R]. 北京: 中国统计出版社.
- [11] BAUMOL W J, OATES W E, 1988. The theory of environment policy [M]. Cambridge: Cambridge University Press: 257-284.
- [12] DIJSTRA B R, MATHEW A J, MUKHERJEE A, 2011. Environmental regulation: An incentive for foreign direct investment [J]. Review of International Economics, 19(3): 568-578.
- [13] ELHORST J P, 2014. Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels [M]. Berlin: Springer: 20-23.

- [14] IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories[R]. Japan: IGES.
- [15] LETCHUMANAN R, KODAMA F, 2000. Reconciling the conflict between the ‘pollution-haven’ hypothesis and an emerging trajectory of international technology transfer[J]. *Research Policy*, 29(1): 59-79.
- [16] LIANG F H, 2014. Does foreign direct investment harm the host country’s environment? Evidence from China[J]. *Current Topics in Management*(17): 105-121.
- [17] LONG X L, LUO Y S, WU C, et al, 2018. The influencing factors of CO₂ emission intensity of Chinese agriculture from 1997 to 2014[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13): 13093-13101.
- [18] LUO Y S, LONG X L, WU C, et al, 2017. Decoupling CO₂ emissions from economic growth in agricultural sector across 30 Chinese provinces from 1997 to 2014[J]. *Journal of Cleaner Production*, 159: 220-228.
- [19] OMRI A, NGUYEN D K, RAULT C, 2014. Causal interactions between CO₂ emissions, FDI, and economic growth: Evidence from Dynamic Simultaneous-equation Models[J]. *Economic Modelling*, 42: 382-389.
- [20] WALTER J L, UGELOW J, 1979. Environmental policies in developing countries[J]. *Ambio*, 8(2-3): 102-109.
- [21] YANG L G, LIU Y N, 2013. Can Japan’s outwards FDI reduce its CO₂ emissions? A new thought on polluter haven hypothesis[J]. *Advanced Materials Research*, 807-809: 830-834.

Spatial Spillover, Two-way FDI and Carbon Dioxide Emission Intensity

Lu Zhengnan, Luo Yusen

(School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the literature review, it is found that two-way FDI may have both “pollution halo effect” and “pollution heaven effect” on carbon emission intensity. Hence, a panel data of 30 provinces(excluding Tibet, Hongkong, Macao and Taiwan due to the missing data)in China from 2005 to 2017 is selected. Moran’s *I* index is employed to describe the spatial autocorrelation of two-way FDI(Inward Foreign Direct Investment, Outward Foreign Direct Investment)and carbon dioxide emission intensity. Moreover, Spatial econometric models are constructed to empirically analyze the impact of two-way FDI on carbon dioxide emission intensity. The results show as follows. Carbon dioxide emission intensity and two-way FDI in China have significant positive spatial correlation characteristics. The impacts of IFDI and OFDI on of carbon dioxide emission intensity in the local region is significantly positive. However, the spatial spillover effect of China’s two-way FDI significantly inhibits the increase of China’s carbon dioxide emissions. Finally, some policy suggestions on the rational use of two-way FDI are proposed.

Keywords: inward foreign direct investment; outward foreign direct investment; carbon dioxide emission intensity; spatial spillover effects