

# 产业集聚、外商直接投资与碳减排

——基于中介效应与面板门槛模型分析

谢波,徐琪

(昆明理工大学管理与经济学院,昆明650093)

**摘要:**作为当今世界碳排放量第一的国家,中国如何发展绿色低碳经济,走好可持续发展道路,备受国内外关注。选取2004—2017年我国省际面板数据,基于产业集聚外部效应视角,采用中介效应分析方法研究产业集聚对碳排放的影响,并以外商直接投资作为门槛变量,进一步分析二者关系。研究结论表明:①外商直接投资在产业集聚影响碳排放的过程中起到部分中介效应,中介效应值为31.1%;②产业集聚与碳排放之间存在双重门槛效应,二者关系呈倒U型。当外商直接投资处于低水平时,产业集聚会增加碳排放量,当外商直接投资水平跨越更高门槛值,产业集聚的正外部性凸显,抑制碳排放量增加;③经济发展水平和能源结构对碳排放量均产生显著正向影响,产业结构优化能抑制碳排放量增加;④经库兹涅茨曲线检验,产业集聚与碳排放关系为倒U型,且产业集聚临界值为2.389。

**关键词:**产业集聚;碳排放;中介效应;门槛效应

**中图分类号:**F403.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2019)12—0120—06

2006年,我国碳排放量首次超越美国跃居世界第一位。在随后十几年的发展过程中,我国GDP增速虽逐渐放缓,进入经济新常态模式,但碳排放量仍居高不下。随着全球变暖与气象灾害频发,中国不仅承担着国际社会的舆论压力,也面临着国内空气质量下降,雾霾污染严重的巨大困境。为承担起大国责任,应对全球变暖,改善我国环境质量,打赢“蓝天保卫战”,中国向世界作出承诺,到2030年单位GDP碳排放量将减至2005年一半。面对如此巨大的碳减排压力,如何节能减排,低碳发展具有重大现实意义。而在我国经济高速发展的过程中,各地区形成了不同规模的产业集聚区,集聚过程中产生的正负外部性也会对碳排放量产生不同的影响。关于产业集聚会加剧还是抑制碳排放量问题,大多学者仅仅直接考虑二者关系,却忽略了二者之间可能存在其他相关因素。因此,本文选取了外商直接投资作为中介变量和门槛变量,实证分析产业集聚与碳排放之间关系,以期为我国碳减排提供新的视角与政策支持,促进我国绿色低碳可持续发展。

## 1 文献综述

目前国内外关于产业集聚对碳排放影响的研究,主要分为以下三种看法:其一,产业集聚对碳排

放具有正向促进作用。杨帆等<sup>[1]</sup>以规模经济为切入点,通过分析影响产业污染排放的因素,得到产业集聚水平越高,污染排放强度越高的结论。尚海洋和毛必文<sup>[2]</sup>通过IPAT模型检验产业集聚与环境污染之间的关系,结果显示:产业集聚程度提高会加剧我国的环境污染,且具有区域异质性。闫逢柱等<sup>[3]</sup>以面板误差修正模型为基础,研究产业集聚对环境污染产生的影响,认为二者之间关系受时间影响,产业集聚在短期内可以抑制环境污染发展,但从长期来看二者关系尚未明晰。Verhoef和Nijkamp<sup>[4]</sup>通过构建空间平衡模型得出工业集聚会加重环境污染结论。其二,产业集聚对碳排放具有抑制作用。王涛<sup>[5]</sup>通过拓展STIRPAT理论模型,得出多样性的产业集聚程度的提高,有利于该地区碳排放的控制与减少的结论。李顺毅和王双进<sup>[6]</sup>实证分析了产业集聚对不同工业污染物排放的影响吸入法,得出结论:产业集聚对不同的工业污染物都产生显著的负面影响,即产业集聚可以减少工业污染物排放。Poter<sup>[7]</sup>认为产业集聚具有正外部性,通过产业集聚可以带来技术创新和竞争效应,降低环境污染。其三,产业集聚与碳排放为非线性。路正南和朱新朗<sup>[8]</sup>通过实证研究引入产业集聚二次项,发现产业集聚对碳排放影响呈倒U型曲线。刘小

收稿日期:2019—09—26

基金项目:国家自然科学基金“经济增长和碳减排目标下中国西部能源强度、环境规制与制造业转型升级研究”(71964017);云南省哲社规划项目“大数据驱动下云南生态安全预警及监管研究”(YB2019015)

作者简介:谢波(1979—),男,湖北随州人,数量经济学博士,昆明理工大学管经学院副教授,研究方向:人口、资源与环境研究;徐琪(1995—),女,河南淮阳人,昆明理工大学管经学院产业经济学硕士研究生。

铁<sup>[9]</sup>通过建立多重门槛回归模型,研究不同阶段的产业集聚水平对环境产生的影响,得出结果为:不同阶段的产业集聚水平会对环境产生不同的影响,目前我国正处于“N”型曲线两个转折点之间的阶段。杨仁发<sup>[10]</sup>认为产业集聚与环境污染为非线性关系,具有显著的门槛效应。原毅军和解荣辉<sup>[11]</sup>研究产业集聚水平对环境污染的影响,结果显示二者之间为倒“U”型关系。从上述研究来看,产业集聚对碳排放影响效应仍未确定,其主要原因在于二者之间的作用机制复杂,可能存在“中间变量”。国内外学者研究外商直接投资对产业集聚和碳排放的影响时,得到以下发现:李金凯等<sup>[12]</sup>构建面板平滑转移模型研究FDI(外商直接投资)对环境污染的影响,认为FDI将通过竞争、示范、溢出效应促进环保技术水平的提高,并不是影响我国环境污染恶化的主要原因。许和连和邓五萍<sup>[13]</sup>则认为产业集聚水平会受到FDI带来的技术进步和规模效应影响,进而影响国内的环境污染状况。

从梳理上述研究成果来看,目前国内外对于产业集聚与碳排放二者关系研究虽然深入,却仍无定论,其主要原因可能在于二者之间的作用机制复杂,存在“中间变量”。因此本文选取外商直接投资为二者中介变量,分析产业集聚是否可以通过外商直接投资间接影响碳排放,并进一步以外商直接投资为门槛变量,研究产业集聚对碳排放的具体影响机制。

## 2 理论分析与研究假设

产业集聚会通过外部规模经济影响碳排放量,而外部规模经济具有正外部性和负外部性。产业集聚的正外部性主要体现在:知识溢出效应、基础设施和劳动力效应。产业在空间上的集聚有利于低碳技术和绿色创新在企业之间传播,带来知识溢出效应,形成一条技术知识由创新到传播扩散最后进行模仿与再创新的循环路径,促进企业减少能源消耗和碳排放量。由于温室效应越发严重,我国政府对企业的污染排放物管控更加严格。企业集中分布同一区域内,可以协商购买排污设备,建立排污中心,不仅能节约成本,还能达到节能减排的要求。产业在空间集聚还会吸引各地人才至此就业发展,从而形成高素质、规模化的人才市场,为园区内企业提供更加专业高效劳动力,进一步提升劳动生产率,节约成本,促进企业能源节约和碳减排。产业集聚的负外部性体现在:一方面产业集聚区内企业为扩大和占据市场,不断扩张规模,在生产要素和产品市场上形成恶性竞争,加大能源消耗,增

加碳排放量。另一方面产业集聚会引起区域内经济活动密度增大,拥挤效应突出,造成产业集聚区内碳排放加剧。根据上述分析,提出以下假设:

产业集聚可以直接对碳排放产生影响,且正外部性要强于负外部性,对碳排放产生负向效果(H<sub>1</sub>)。

产业集聚可以直接影响碳排放外,还可以通过外商直接投资间接影响碳排放量。从产业集聚-外商直接投资-碳排放量这条间接影响路径而言,集聚会吸引大量外商直接投资,从而带来溢出效应、竞争效应、污染效应对碳排放量产生影响。外商直接投资企业为集聚区带来了高端生产技术与先进管理经验,国内企业通过借鉴与吸收,可改造升级我国大排放量设备,互相学习共享低碳生产工序,产生技术溢出效应。与此同时,外商直接投资企业可以激发出我国企业自主创新潜力,从低碳技术、治理污染、科学管理各环节入手,把低碳技术融入到每一步生产过程中,形成自主竞争优势,与外商直接投资企业在市场上展开激烈角逐,优胜劣汰。但目前从外商直接投资流向看,大多数资金流入高污染高耗能行业,而这些行业成为了集聚区内主要的碳排放者,此时产业集聚区成为了发达国家逃避本国严苛环境管制的“避难所”,该举措不仅增大了我国环保事业难度的也对我国低碳绿色发展的产生巨大压力。根据上述分析,提出以下假设:

产业集聚会通过外商直接投资路径间接作用碳排放量。外商直接投资带来的溢出效应和竞争效应影响会大于污染效应(H<sub>2</sub>)。

## 3 研究设计与实证分析

### 3.1 中介效应检验

#### 3.1.1 模型设定

本文选取碳排放量为被解释变量,产业集聚为核心解释变量,首先通过构建方程(1)检验产业集聚对碳排放的直接作用。

$$\ln c = \alpha_0 + \alpha_1 \ln agg + \alpha_2 control + \varepsilon_1 \quad (1)$$

其中: $\ln c$ 为碳排放量; $\ln agg$ 为产业集聚水平; $control$ 为控制变量,包括:技术创新、产业结构、经济发展水平、能源结构。

由上述分析可知,产业集聚会通过外商直接投资间接作用于碳排放量,将外商直接投资作为中介变量,检验中介效应是否存在。首先检验核心解释变量对被解释变量产生的直接效应,在式(1)中,若系数 $\alpha_1$ 显著,则通过构建方程(2)检验核心解释变量对中介变量是否具有显著性影响。

$$\ln fdi = \alpha_0 + \beta_1 \ln agg + \beta_2 control + \varepsilon_2 \quad (2)$$

其中: $\ln fdi$ 为中介变量,即外商直接投资。如

果系数  $\beta_1$  显著,说明核心解释变量对中介变量具有显著性影响。进行第三步,加入所有变量检验中介变量对被解释变量影响是否显著。具体模型构建如下:

$$\ln c = \alpha_0 + \delta_1 \ln agg + \delta_2 \ln fdi + \delta_3 control + \epsilon_3 \quad (3)$$

其中:若系数  $\delta_1$  不显著  $\delta_2$  显著则为完全中介效应,即核心解释变量产业集聚必须经过中介变量外商直接投资才可对被解释变量碳排放产生影响;若系数  $\delta_1, \delta_2$  均显著则为部分中介效应,即核心解释变量部分经过中介变量对被解释变量产生影响,部分中介效应具体数为  $\beta_1 \delta_2 / (\beta_1 \delta_2 + \delta_1)$ 。

### 3.1.2 变量说明

(1)被解释变量:碳排放量( $c$ )。目前国内外学者对于碳排放量的计算方法不一,本文借鉴王峰等<sup>[14]</sup>测算方法,加总煤炭、天然气、柴油、原油、煤油、汽油、焦炭、燃料油8类能源消耗过程中释放的碳排放量,通过乘以44/12,转换为二氧化碳系数。计算公式为

$$T_i(\text{CO}_2) = \sum_{i=1}^n T_i \times N_i \times \frac{44}{12}, n = 1, 2, 3, \dots, 8. \quad (4)$$

其中: $i$ 表示能源的类型; $N_i$ 表示*i*种能源的消费量; $T_i$ 表示第*i*种能源的碳排放系数。

(2)核心解释变量:产业集聚( $agg$ )。通过对产业集聚各种测度方法比较,本文选取区位熵测度产业的集聚程度,具体计算方法如下所示:

$$agg = \frac{\frac{X_{ij}}{\sum_i X_{ij}}}{\frac{\sum_j X_{ij}}{\sum_j \sum_{ij} X_{ij}}} \quad (5)$$

其中: $i$ 表示某产业,因本文研究的产业以工业为主,以工业产值代替; $j$ 表示某地区。分子表示某省的工业产值与总产值之比;分母表示全国工业总产值与总产值之比。若得出  $agg > 1$ ,则表示某地区产业集聚情况高于全国平均水平,反之则低于全国平均水平。

(3)中介变量:外商直接投资( $FDI$ )。本文选取各个省份历年来外商直接投资额进行衡量。

(4)控制变量:①技术创新( $I$ )。专利申请数是研发活动的直接产出和技术创新的结果,本文选取专利申请数来反映技术创新能力强弱。②产业结构( $IS$ )。选取第三产业与第二产业产值的比值来衡量产业结构是否优化。③经济发展水平( $GDP$ )。地区的经济发展水平与环境质量有密切联系,经济发展水平决定产业结构,进而影响碳排放量。本文采用人均GDP测度各地区经济发展水平。④能源结构

( $ES$ )。目前,煤炭在我国能源结构消费中占比70%以上,居于主导地位。因此本文选取煤炭消费量与能源消费总量的比值为代理变量,衡量能源消费结构。

本文采用2004—2017年我国30个省、自治区、直辖市面板数据进行实证分析。本文使用的初始数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》(未包含港澳台地区,西藏地区各能源消耗量数据缺失故将其剔除)。对于个别省份的变量缺失数据,根据变化趋势通过平滑处理对其补充。为避免模型中可能存在的异方差情况,首先对各变量取对数,变量描述性统计见表1。

表1 变量的描述性统计

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
lnc	420	10.146	0.826	7.118	11.886
lnagg	420	-0.133	0.242	-1.169	0.206
lnfdi	420	3.093	1.718	-1.897	7.081
lni	420	8.552	1.499	4.369	11.887
lnis	420	-0.135	0.352	-0.704	1.426
lngdp	420	10.177	0.7217	8.1895	11.680
lnes	420	-0.109	0.3996	-2.105	0.7076

### 3.1.3 实证结果分析

为避免模型内生性的存在,进行Hausman检验,结果显示  $p=0.0000$ ,故选择个体固定效应模型进行线性估计,表2为各方程详细回归结果。

表2 中介效应检验结果

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)
	lnc		lnfdi
lnfdi			-0.149*
			(0.138)
lnagg	-0.283**	0.233***	-0.287***
	(0.102)	(0.377)	(0.102)
lni	0.004	-0.053	0.003
	(0.0107)	(0.0378)	(0.011)
lnis	-0.230***	-0.0538**	-0.231***
	(0.0586)	(0.147)	(0.0586)
lngdp	0.547***	1.181***	0.565***
	(0.197)	(0.0454)	(0.0204)
lnes	0.607***	-0.418*	0.605***
	(0.0433)	(0.202)	(0.0733)
cons	4.543***	-7.766***	4.416***
	(0.155)	(0.527)	(0.195)
adj.R <sup>2</sup>	0.872	0.710	0.873

注:表中\*\*\*、\*\*、\*表示分别在1%、5%、10%水平上显著。

从回归结果来看模型(1)中,产业集聚对碳排放影响在5%的水平下显著,且系数为-0.283,产业集聚可以有效减少碳排放量。地区经济发展水平和能源结构对碳排放产生正向影响,产业结构可以抑制碳排放的增加,而技术创新对碳排放影响并不显著。

模型(2)回归结果验证了产业集聚对中介变量外商直接投资的作用效果。产业集聚能够促进外商直接投资的增加,回归系数为0.233。产业结构和能源结构均能减少外商直接投资额,地区经济发展水平能有效吸引外商投资额的增加,而技术创新对碳排放影响未通过显著性检验。

模型(3)检验了产业集聚和外商直接投资对碳排放的影响。从回归结果可以看出,中介变量外商直接投资对碳排放量的影响系数为-0.149,可以抑制碳排放量。产业集聚对碳排放的影响系数为下降为-0.287且通过了显著性检验,说明中介变量起到了部分中介效应,即产业集聚对碳排放产生的影响部分通过外商直接投资来实现的,具体中介效应数值为31.1%。此外,产业结构对碳排放会产生抑制作用,说明目前我国产业结构升级已经取得了初步成效。经济发展水平和能源结构对碳排放量的影响系数为正。

### 3.2 门槛效应实证检验

#### 3.2.1 门槛模型建立

本文采用Hansen<sup>[15]</sup>门槛模型构建方法,其单一门槛模型形式为

$$y_i = x_i\beta_i + \epsilon_i, q_i \leq \gamma; \quad (6)$$

$$y_i = x_i\beta_i + \epsilon_i, q_i > \gamma. \quad (7)$$

其中: $\beta$ 为参数; $q_i$ 为门槛变量; $\gamma$ 为门槛值。通过非线性最小二乘法估 $\beta$ 和 $\gamma$ 后进行门槛效应是否显著和门槛值是否为真实值检验。当有两个或以上门槛值时,需对该模型进行扩展。本文以双门槛模型代替多门槛模型,具体模型如下:

$$C_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 agg_{it} I(thr \leq \gamma) + \alpha_2 agg_{it} I(thr > \gamma) + \alpha_3 I_{it} + \alpha_4 Is_{it} + \alpha_5 gdp_{it} + \alpha_6 Es_{it} + \epsilon_{it}. \quad (8)$$

其中: $i$ 代表省份; $t$ 代表年份; $\alpha$ 为回归系数; $thr$ 为门槛变量; $I(\cdot)$ 为示性函数; $\gamma$ 为待估门槛值; $\epsilon$ 为误差项。

#### 3.2.2 门槛检验及实证分析

在进行门槛效应回归之前,首先需要对其是否存在门槛和门槛个数进行检验。借鉴Hansen<sup>[15]</sup>提出的门槛面板模型,分别假设不存在门槛、存在一个门槛、存在两个门槛和存在三个门槛值。得到 $F$ 并通过自举法(Bootstrap)得到 $P$ ,门槛效果检验的自抽样结果见表3。

由表3可知,以外商直接投资作为门槛变量时,单一门槛和双重门槛均在1%的水平显著且拒绝原假设,对应的 $P$ 分别为0.000和0.003,对应的门槛值为1.9755和4.3597。而三重门槛 $F$ 不显著且 $P$ 为0.103。因此,当以外商直接投资作为门槛变量时,产业集聚与碳排放之间存在双门槛效应且呈现倒U型关系。

从表4回归结果分析,在不同的外商直接投资水平下,产业集聚对碳排放影响效果也不同。外商直接投资小于1.9755时,系数为0.528且在1%水平显著。此时外商直接投资处于较低水平,产业集聚水平提高会加剧碳排放。产生这种现象的主要原因在于,此时规模效应在产业集聚的过程中占据主导地位,技术溢出效应并不显著,规模效应会导致企业产能不断增加,资源的消耗速度远远快于再生速度,最终导致碳排放增加。当外商直接投资水平处于1.9755~4.3597时,影响系数下降至0.163。随着外商直接投资水平的不断提高,技术溢出效应与规模效应不断扩大,产业集聚对碳排放产生的影响也在不断降低。当外商直接投资水平高4.3597时,影响系数变为-0.162,此时产业集聚对碳排放的影响发生了实质性的改变,产生了正外部性效应。集聚水平的提高,加大企业间前向后向联系。而这种联系的加强,一方面可以明确企业间分工与合作,提高生产效率,节约生产成本和交易成本,从而促使技术创新投资的间接增加。另一方面可以激发企业技术创新活力,增加产品技术含量,形成企业竞争优势,在一定程度上阻碍价值链末端、技术创

表3 门槛变量的显著性检验及门槛值估计

模型	$F$	$P$	BS次数	门槛估计值	95%置信区间	临界值		
						10%	5%	1%
单一门槛	44.69***	0.000	300	1.9755 [0.35 0.66]	20.17	11.03	9.94	
双重门槛	27.98***	0.003	300	4.3597 [-0.2 -0.04]	18.51	9.17	5.26	
三重门槛	7.34	0.103	300	-				

注:表中\*\*\*、\*\*、\*表示分别在1%、5%、10%水平上显著。

表4 门槛模型估计结果

解释变量	$\ln fdi < 1.9755$	$1.975 < \ln fdi < 4.3597$	$\ln fdi > 4.3597$	$\ln i$	$\ln s$	$\ln gdp$	$\ln es$	$cons$
门槛估计	0.528*** (7.58)	0.163*** (-2.64)	-0.162* (2.12)	-0.012 (1.25)	-0.349** (1.97)	0.472*** (1.47)	0.069*** (1.38)	10.58*** (24.16)

注:表中\*\*\*、\*\*、\*表示分别在1%、5%、10%水平上显著。

新能力弱的企业进入集聚区,形成区域进出壁垒,营造良好的区域创新氛围,推动技术和知识溢出效应,减少碳排放。

从其他控制变量来看,产业结构水平对碳排放表现出负向影响,且在5%上水平显著,说明目前我国产业结构不断优化,第二产业比重逐渐减小,第三产业比重逐步增加。经济发展水平和能源结构的估计系数都在1%水平上显著为正,目前我国经济仍处于发展阶段,生产效率仍需进一步提高,目前我国能源消耗仍然以煤炭为主,因此在经济增长过程中能源的过度消耗和工业污染排放物的增加,导致碳排放量提高。技术创新水平的提高会减少碳排放,但并未通过显著性检验,说明技术创新并不是影响减少碳排放的主要途径。

### 3.3 库兹涅茨曲线检验

#### 3.3.1 模型构建

通过库兹涅茨曲线进一步检验我国碳排放与产业集聚二者关系是否为倒U型及探寻产业集聚临界值,模型构建如下:

$$\ln cit = \beta_0 + \beta_1 \ln agg_{it} + \beta_2 (\ln agg_{it})^2 + \beta_3 (\ln agg_{it})^3 + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

表5 库兹涅茨曲线检验结果

变量	模型估计	$\ln c_{it}$	$(\ln c_{it})^2$	$(\ln c_{it})^3$	C	R <sup>2</sup>	Hausman-test	曲线形状	拐点
模型	FE	1.083*** (5.864)	-0.627** (-6.973)		-7.472* (-13.73)	0.892	8.423*	倒U型	2.389

## 4 结论与建议

本文以产业集聚对碳排放的作用机理为视角,选取外商直接投资作为中介变量和门槛变量,借助2004—2017年我国省际面板数据,实证检验外商直接投资在产业集聚影响碳排放中的作用。结论显示:外商直接投资在产业集聚影响碳排放的作用过程中起到部分中介作用,进一步将其作为门槛变量,进行检验得到产业集聚与碳排放之间存在两个门槛值,呈现倒U型非线性关系。经库兹涅茨曲线检验产业集聚与碳排放呈倒U型关系,且产业集聚临界值为2.389。当外商直接投资处于较低水平时,产业集聚会增加碳排放量,随着外商直接投资水平的不断提升,溢出效应和规模效应不断显现,产业集聚对碳排放的正向影响下降。当外商投资水平跨过门槛值后,产业集聚对碳排放的影响发生了实质性改变,显现出了正外部性,会抑制碳排放。与此同时,产业结构优化会促进碳减排,改善环境污染状况。经济发展水平和能源结构的影响系数为

通过满足约束条件的不同可将曲线形状分为以下几类:当 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ ,产业集聚与碳排放之间无关;当 $\beta_1 > 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$ 曲线为递增线性关系,随着产业集聚,碳排放量不断增加,反之 $\beta_1 < 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$ 曲线为递减线性关系,随着产业集聚,碳排放量递减增加;当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$ 时,曲线呈U型,即碳排放先减少后增加存在一个拐点,反之 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$ 时,曲线呈倒U型,此时也存在一个拐点,但碳排放先增加后减少;当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$ 时,曲线存在两个拐点呈N型,反之 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$ 时,曲线呈倒N型。

#### 3.3.2 实证分析

由表5实证结果表明 $agg_1$ 与 $agg_2$ 分别在1%和5%的水平下显著, $\beta_1 = 1.083, \beta_2 = -0.627$ 且 $\beta_3 = 0$ ,模型为倒U型且有一个拐点,根据拐点公式:

$$agg^* = \exp\left(-\frac{\beta_1}{2\beta_2}\right) \quad (10)$$

代入可得 $agg^* = 2.389$ ,当产业集聚程度小于2.389时,碳排放量会随着产业集聚而增加,当集聚程度跨过拐点大于2.389时,碳排放量会逐渐减少。

正且通过了显著性检验,二者会增加碳排放量。技术创新影响系数为负,但未通过显著性检验,说明技术创新会降低碳排放量,但并不是抑制碳排放量的主要途径。

根据本文结论提出以下政策建议:

(1)坚持对外开放,加大外商直接投资。当外商投资水平越过高门槛值时,产业集聚会减少碳排放量。但在引进外资时,不能盲目追求引进的数量,应制定合理政策引导外商直接投资向绿色清洁低碳产业,充分利用外商直接投资带来的技术溢出效应与资本累积效应,避免把产业集聚区当成“污染避难所”的情况发生。

(2)转变经济发展方式,优化产业结构。制定促进产业升级的导向性政策,引导外资投向第三产业,促进产业结构优化与绿色转型,减少碳排放。

(3)加强低碳技术创新,优化能源结构。未来应该激发科技创新活力,加大环保清洁技术研发力度,加强天然气、太阳能等清洁能源使用,充分发挥技术进步带来的碳减排效应。

## 参考文献

- [1] 杨帆,周沂,贺灿飞. 产业组织、产业集聚与中国制造业产业污染[J]. 北京大学学报, 2016(5): 563-573.
- [2] 尚海洋,毛必文. 基于IPAT模型的产业集聚与环境污染的实证研究[J]. 生态经济, 2016(6): 77-81.
- [3] 闫逢柱,苏李,乔娟. 产业集聚发展与环境污染关系的考察——来自中国制造业的证据[J]. 科学学研究, 2011(1): 79-83.
- [4] VERHOEF E T, NIJKAMP P. Externalities in urban sustainability environmental versus localization-type agglomeration externalities in a general spatial equilibrium model of a single-sector monocentric industrial city[J]. Ecological Economics, 2002(2): 57-72.
- [5] 王涛. 工业专业化、多样化集聚与碳排放[J]. 工业技术经济, 2019(6): 131-138.
- [6] 李顺毅,王双进. 产业集聚对我国工业污染排放影响的实证检验[J]. 统计与决策, 2014(8): 128-130.
- [7] PORTER M. E. Clusters and the new economics of Competition[J]. Harvard Business, 1998(6): 77-91.
- [8] 路正南,朱新朗. 政府干预视角下产业集聚对碳排放强度的影响分析[J]. 工业技术经济, 2018(2): 121-127.
- [9] 刘小铁. 我国制造业产业集聚与环境污染关系研究[J]. 江西社会科学, 2017(1): 72-79.
- [10] 杨仁发. 产业集聚、外商直接投资与环境污染[J]. 经济管理, 2015(2): 11-19.
- [11] 原毅军,谢荣辉. 环境规制的产业结构调整效应研究: 基于中国省际面板数据的实证检验[J]. 中国工业经济, 2014(8): 57-69.
- [12] 李金凯,程立燕,张同斌. 外商直接投资是否具有“污染光环”效应?[J]. 中国人口·资源与环境, 2017(27): 74-83.
- [13] 许和连,邓玉萍. 外商直接投资导致了中国的环境污染吗——基于中国省际面板数据的空间计量研究[J]. 管理世界, 2012(2): 30-43.
- [14] 王锋,吴丽华,杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010(2): 123-136.
- [15] HANSEN E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing and inference [J]. Journal of Econometrics, 1999(93): 345-368.

## Industrial Agglomeration, Foreign Direct Investment and Carbon Emission Reduction: Based on the Mediation Effect and Threshold Model Analysis

Xie bo, Xu qi

( Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** As the country with the world's largest carbon emissions, China is developing a green and low-carbon economy and taking a good road of sustainable development. Based on the inter-provincial panel data of 2004, 2017, and the external effect of industrial agglomeration, the mediation effect analysis method was used to study the impact of industrial agglomeration on carbon emissions, and foreign direct investment was used as a threshold variable to further analyze the relationship between the two. The following conclusions are drawn. ① Foreign direct investment plays a partial mediating role in the process of industrial agglomeration affecting carbon emissions, with a mediating effect value of 31.1%. ② There is a double threshold effect between industrial agglomeration and carbon emissions, and the relationship between the two is inverted U-shaped. When foreign direct investment is at a low level, industrial gatherings increase carbon emissions. When foreign direct investment levels cross a higher threshold, the positive externalities of industrial agglomeration are highlighted, and carbon emissions are suppressed. ③ The level of economic development and energy structure have a significant positive impact on carbon emissions, and industrial structure optimization can inhibit the increase of carbon emissions. ④ According to the Kuznets curve test, the relationship between industrial agglomeration and carbon emissions is an inverted U-shape, and the critical value of industrial agglomeration is 2.389.

**Keywords:** industrial agglomeration; carbon emission; mediation effect; threshold effect

(上接第119页)

## The Influences of Agglomeration of Producer Services on Growth of Green Total Factor Productivity in China

Zhang Chunji

(School of International Economics and Trade, Ningbo University of Finance and Economics, Ningbo 315175, Zhejiang, China)

**Abstract:** This paper adopts the panel data of 30 provinces in China from 2000 to 2014 to construct a dynamic panel data model, and uses system generalized moment estimation method to study the influences of producer services agglomeration on the growth of green total factor productivity. The main conclusions are as follows. Firstly, the agglomeration of producer services has the effect of promoting the growth of green total factor productivity. Secondly, the impact of producer services agglomeration on the growth of green total factor productivity is nonlinear, which is in accordance with the "Williamson Hypothesis". Finally, there are obvious regional and industry differences in the role of productive services agglomeration in promoting the growth of green total factor productivity.

**Keywords:** agglomeration of producer services; growth of green total factor productivity; dynamic panel data model; system GMM