

中部地区工业 SO₂ 排放的集聚特征与影响因素

——基于不同空间权重矩阵

吴帆, 卫会芳, 宁刘宁

(河南大学 黄河文明与可持续发展中心, 河南 开封 475001)

摘要:采用探索性空间数据分析和空间计量经济模型研究基于门槛距离和经济距离空间权重矩阵下 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放的空间格局及影响因素。研究发现:①应用经济距离空间权重矩阵得到的特征更为显著和精确。②工业 SO₂ 排放强度具有显著的全局自相关特征;工业 SO₂ 排放强度的高一高集聚区和低一低集聚区具有显著的南北分异特征。③经济发展水平、人口规模、工业化程度的提升,有利于降低工业 SO₂ 污染强度,能源强度的提升会增加污染强度。

关键词:中部地区;工业 SO₂ 排放;经济距离空间权重矩阵;空间计量模型

中图分类号:F061.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2018)08-0008-07

工业 SO₂ 排放所造成的环境污染问题,如酸雨和 PM_{2.5} 等日益受到人们的关注。作为工业废气污染、工业污染、大气污染等环境污染中最主要的污染源之一,控制工业 SO₂ 的排放已成为减排的关键。工业的发展对于我国经济快速平稳发展起着重要的推动作用。而经济发展与环境保护之间的关系则是当前我国发展阶段中亟待理清的关系之一。中部地区作为目前我国工业化较快发展,承接国内外劳动密集型、资源密集型等产业转移的重要阵地,且重工业基础较为雄厚的具有战略意义的经济板块,其经济的快速发展与环境保护的矛盾已到达需要解决和突破的瓶颈阶段。以工业 SO₂ 排放为代表,探讨当前中部地区工业污染的空间集聚特征和影响因素,对理清工业污染现状和成因,评估中部地区崛起政策的效果,总结欠发达地区边发展边保护的典型经验具有重要的理论意义和现实意义。

工业污染的集聚特征及其影响因素一直得到学者的广泛关注。聚焦到工业 SO₂,对其集聚特征的探讨多从时间维度的连续性和发展趋势^[1-7]以及空间维度上的空间自相关^[8-10]进行度量。对其影响因素的剖析,从研究数据上看,以时间序列数据^[1-7]关注长时期的变化特征及成因,有以某研究年份为截面的

数据^[10-11]探讨当前情境下的影响因素,有面板数据^[12-15],有加入空间因素的空间截面数据和空间面板数据^[8-9]整体分析;从研究方法上看,主要集中于筛选指标体系构建模型的传统计量分析方法^[3,11-14],以结构分解法、拉氏指数分解法、迪氏指数分解法等建立工业污染影响因素分解模型,对工业污染影响因素进行分解分析^[2,5-6,15-16],运用灰色关联法分析各地区工业污染的主要影响因素及效应^[1],运用空间滞后模型和空间误差模型分析影响因素^[8-9]。而加入空间因素的对工业 SO₂ 排放集聚特征及影响因素的研究成为地理学研究该类问题的切入点和独特之处。其中空间因素的加入多以空间权重矩阵作为对现实情况的表达和抽象。而纵观国内外学者的研究成果,在研究方法上,从地理学视角出发对工业 SO₂ 污染可能存在的空间溢出效应研究相对薄弱,且对于空间权重矩阵的探讨略显不足,大多数文章并未说明其所用的空间权重矩阵的类型,尤其是不同空间权重矩阵对结果的影响还需要进一步探究;从研究尺度看,已有研究多以单个地市、省域或全国尺度作为探讨对象,对中观尺度如基于地市尺度的中部地区研究仍相对较少。

在此基础上,本文基于两种不同的空间权重矩

收稿日期:2018-05-13

作者简介:吴帆(1994—),女,河南洛阳人,河南大学黄河文明与可持续发展中心,硕士研究生,研究方向:经济地理与区域发展。

阵,即门槛距离空间权重矩阵和经济距离空间权重矩阵,通过探索性空间数据分析方法研究 2015 年中部地区地市尺度工业 SO₂ 排放总量及强度的空间格局与变化,并构建空间计量经济模型,探讨影响其空间格局的主要因素,检验其是否存在空间溢出效应。以期通过实证来分析不同空间权重方案对结果的影响,为进一步精准揭示中部地区工业 SO₂ 集聚特征和影响因素奠定基础。

1 研究对象与数据来源

本文研究区域为基于 2015 年行政区划的我国中部地区 80 个地级市(剔除河南省济源市、湖北省恩施土家族苗族自治州、仙桃市、天门市、潜江市、神农架林区以及湖南省湘西土家族苗族自治州 7 个无数据地市)。本文研究对象为 2015 年中部地区各地市工业 SO₂ 排放总量及强度。2015 年中部地区各地市的工业 SO₂ 排放量和经济社会发展数据来源于《中国城市统计年鉴(2016)》和相关省市 2016 年统计年鉴。

2 研究方法

2.1 空间权重矩阵

空间分析是基于空间权重矩阵的,为得到较好的空间分布的内在规律需要较为符合真实地理情况的权重矩阵^[17]。空间关系概念化大致分为 3 类:①邻接法,根据邻接性的不同可分为车矩阵(共边)和后矩阵(共边共点)两种;②距离权重法;③ k-近邻方法^[18]。相应地,空间权重矩阵也分为三类^[19]。本文在空间集聚特征分析及空间计量模型回归中选择基于门槛距离的距离权重。

另外,以往考察空间相关性的权重起点是空间地理上的邻接关系和地理距离的远近,但是由于区域在经济发展水平、社会风俗习惯、居民文化素质等方面联系更加紧密,使得利用经济矩阵考察空间相关性成为可能并且更为现实可信。经济距离反映了地理位置相对较远的城市之间可能具有更好的通信基础设施,更低的成本信息收集和不确定性以及类似的经济和就业结构。在这背景下,本文采用 stata 软件 spwmatrix 分析包^[20]中所应用的 Fingleton and Le Gallo 的基于经济变量的经济距离空间权重^[21]。本文以中部地区各地市 2015 年人均 GDP 作为该经济变量。

2.2 空间集聚特征研究方法

1)全局空间自相关。空间自相关反应研究对象在空间范围内的相互依赖关系。全局莫兰指数(Moran's I)常用来衡量全局空间自相关的程度。计算公式为:

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

式(1)中: I , n , x_i , x_j 和 $w_{i,j}$ 分别为莫兰指数,研究对象个数, i 区域、 j 区域工业污染排放总量或强度,工业污染排放总量或强度的均值和空间权重矩阵。全局莫兰指数的值介于 -1 与 1 之间,并结合 P 值、 Z 值判断空间相关性。

2)局部空间自相关。局部空间自相关(Local Indicators of Spatial Association,简称 LISA),通常反应在地理空间上,不同要素之间所出现的聚类或异常情况。常用 Local Moran's I 衡量,其公式如下:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^n w_{i,j} Z_j \quad (2)$$

式(2)中, Z_i , Z_j 分别为研究对象值的标准化形式:

$$Z_i = (x_i - \bar{x}) / \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad Z_j = (x_j - \bar{x}) / \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}$$

其余变量含义与公式(1)相同。

2.3 空间计量经济模型

1)模型构建。对工业污染影响因素的考察多用常规的 OLS 模型,而该模型缺少对空间相互关系的关注,因此引入空间计量经济模型,主要有两类:空间滞后模型(SLM)和空间误差模型(SEM)^[22]。

空间滞后模型主要探讨相邻区域对研究区域是否有溢出效应,即所研究区域的工业二氧化硫排放总量或强度受到的与其相邻区域的影响,表达式为:

$$Y = \rho W_y + \beta X + \epsilon \quad (3)$$

式(3)中: Y , ρ , W , β , X 与 ϵ 分别表示工业 SO₂ 排放总量或强度, Y 的空间滞后系数,空间权重矩阵,自变量系数,自变量参数构成的矩阵及随机误差项。

空间误差模型主要探讨存在于扰动误差项之中的空间依赖作用,即研究区域工业二氧化硫排放总量或强度所受到的相邻区域隐藏于误差项中可能被忽视的影响因素,表达式为:

$$Y = \beta X + \epsilon \quad \epsilon = \lambda W_y + \mu \quad (4)$$

式(4)中: μ 和 λ 分别正态分布的随机误差项及空间误差系数,其余变量含义与式(3)相同。

2)指标选取。在研究工业 SO₂ 污染的影响因素的文章中,经济、工业化、人口等社会经济因素和技术、政策等环境治理因素是作者们探讨的重点^[1-16]。基于此,在数据具有科学性和可获取的基础上,本文从经济发展水平、人口规模、工业化程度、经济外向程度、环境治理和能源强度等 6 个方面对工业 SO₂ 污染的影响因素进行考察(表 1)。

表 1 变量定义与解释

	变量	含义	代码
因变量	SO ₂ 总量	工业 SO ₂ 排放总量(吨)	so ₂
	SO ₂ 强度	工业 SO ₂ 排放总量/工业总产值(吨/亿元)	rsso ₂
自变量	经济发展水平	GDP 增长率(%)	grgdp
	人口规模	年平均人口(万人)	pop
	工业化程度	第二产业占 GDP 的比重(%)	industry
	经济外向程度	当年实际使用外资金额(万美元)	open
	环境治理	工业 SO ₂ 排放量/工业 SO ₂ 产生量(%)	govern
	能源强度	工业用电量/工业总产值(万千瓦时/亿元)	energy

3 结果分析

3.1 中部地区工业 SO₂ 排放空间集聚格局

3.1.1 全局空间自相关

根据全局自相关公式,分别计算了基于门槛距离和经济距离空间权重矩阵下的 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放总量及强度的全局 Moran 指数(表 2)。根据全局 Moran 指数及相关检验指标可以发现,基于门槛距离空间权重矩阵下的中部地区工业 SO₂ 排放总量及强度的全局 Moran 指数均大于零,且 Z 值均大于 1.96 临界值,并通过了显著性水平 1% 的检验。这说明中部地区工业 SO₂ 排放总量及强度均存在着显著的空间自相关性。而基于经济距离空间权重矩阵下的中部地区工业 SO₂ 排放强度的全局 Moran 指数均大于零,且 Z 值均大于 1.96 临界值,并通过了显著性水平 1% 的检验,而中部地区工业 SO₂ 排放总量则表现出空间分布的负相关性,但不显著。需要指出的是,表 2 所得 P 值是基于 999 次蒙特卡洛随机检验得出的,实际上根据随机检验次数不同(GeoDa 1.10 提供了 99 次、199 次、499 次等多种随机检验方式),所得 P 值会发生一定变化,即使同为 999 次随机检验、每次所得 P 值也不尽相同,尽管整体上不影响对显著性水平的判断,但仍有可能导致相关评价结果在某种程度上存在不确定性。因为本文目的是分析在不同空间权重矩阵下,中部地区工业 SO₂ 排放的集聚特征及影响因素的不同之处,尤其是经济距离空间权重矩阵的引入是否比地理距离空间权重矩阵更有效地表征空间特征,并且工业 SO₂ 排放总量在经济距离空间权重矩阵下不显著,所以,下文将仅对工业 SO₂ 排放强度的局部空间自相关和影响因素进一步讨论。

3.1.2 局部空间自相关

本文采用基于门槛距离(图 1)和经济距离空间权重矩阵下(图 2)的 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放

强度的 LISA 显著性和集聚地图,较为直观地反应中部地区工业 SO₂ 排放强度的局部空间自相关性。总的来看,基于经济距离空间权重矩阵下的工业 SO₂ 排放强度空间集聚具有较大的局部空间自相关性,对比二者的显著性地图,可以看出,各地市的显著性水平被提高到 0.001,而不显著的地市由门槛距离空间权重矩阵下的 63 个减少至 8 个。由空间集聚地图可以看出,对于高高,高低,低高,低低四种集聚类型的识别更加精细化。

表 2 工业 SO₂ 全局 Moran 指数统计值

	工业 SO ₂ 排放总量		工业 SO ₂ 排放强度	
	门槛距离	经济距离	门槛距离	经济距离
Moran's I	0.412 1	-0.002 2	0.348 8	0.028 0
Z(I)	5.543 7	0.866 8	5.119 3	3.945 4
P	0.001 0	0.156 0	0.001 0	0.006 0

基于门槛距离空间权重矩阵下的 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度局部空间自相关显著性较为集中地分布于山西省的大部分地市和河南省、湖北省及其省际交界区域。在空间上呈“人”字型分布。山西省朔州市、忻州市、太原市、阳泉市、晋中市和临汾市是显著的高—高集聚区。说明以上六个地市是工业 SO₂ 排放强度较大的地区,且在空间上呈现集聚态势,并且其相邻个地市也是高排放强度地区,与现实生活中,山西省作为我国资源大省,尤其是煤炭工业发达的省份是紧密相关的。低—低集聚区分布在河南省的新乡市、开封市、许昌市、周口市和信阳市,湖北省的随州市、襄阳市以及安徽省的马鞍山市和铜陵市,工业 SO₂ 排放强度较低可以有两个方面的原因,一是工业 SO₂ 排放总量较少,可能与该地市工业化程度和产业结构有紧密联系,二是工业总产值较大,一定程度上降低了工业 SO₂ 排放强度。对于原因的探讨,我们将在下文进一步分析。以上 9 个地市工业 SO₂ 排放强度低,且被同样工业 SO₂ 排放强度低的

地市所包围。而河南省平顶山市成为了被工业 SO₂ 排放强度低的地市所包围的显著的排放强度高值区。河南省平顶山市作为煤炭大市,工业 SO₂ 排放强度高也是与现实情况相符合。最后,湖南省常德市成为被工业排放强度高的地市所包围的显著的排放强度低值区。

基于经济距离空间权重矩阵下 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度局部空间自相关显著性明显提高,江西省由在门槛距离空间权重矩阵下的不显著转变为较多地市空间集聚显著的省份。不显著的 8 个地市在门槛距离空间权重矩阵下也是不显著的。高一高集聚区由 6 个地市转变为 3 个,其中山西省的朔州市和忻州市仍然是排放强度高值聚类区,而山西省运城市由门槛距离空间权重矩阵下的不显著地市成为了显著的排放强度高值聚类区。河南省平顶山市依然是被工业 SO₂ 排放强度低的地市所包围的显著的排放强度高值区,而山西省的太原市、阳泉市、晋中市和临汾市则被识别为显著的高一低集聚区,与在门槛距离空间权重矩阵下有明显不同。除此之外,山西省大同市、吕梁市、长治市,安徽省的淮南市、湖北省的鄂州市,湖南省的怀化市、娄底市、衡阳市以及江西省的萍乡市、新余市也被识别为高一低集聚区。河南省的新乡市、周口市,湖北省随州市,安徽省马鞍山市由门槛距离下的低值集聚区转变为经济空间权重矩阵下的被排放强度高值区包围的低值区,另外,湖北省武汉市、十堰市、咸宁市,江西省鹰潭市、九江市,河南省三门峡市、漯河市、南阳市,安徽省蚌埠市、淮北市、芜湖市也为低一高集聚区。而在门槛距离空间权重矩阵下识别出的低一高集聚区湖南省常德市,在经济距离空间权重矩阵下成为 39 个低一低集聚区之一。排放强度低值聚类区分散分布在除了山西省的其他五个省份,并在各省份呈现集中连片的趋势。

加入经济指标(在本文指各地市人均 GDP)的局部自相关分析中,空间集聚特征有了较为明显的转变。各地市排放强度的相互影响由地理距离的对称性转变为经济—地理距离的非对称性,其他地市对某个地市的影响不再是门槛距离内的相等的权重,经济的相互联系和作用也会使得空间上不够临近的地市产生更加紧密的联系。体现在空间上,局部空间自相关的显著性水平有了较大的提高,且高高,高低,低低,低高四种空间集聚类型包含的地市更加多样。值得注意的是,在两种空间权重矩阵下均识别出的排放强度高值集聚区,即山西省的朔州市和忻州市,以及被排放强度较低的地市包围的排放强度高值区,即河

南省平顶山市,这 3 个地市在 2015 年的时间截面上体现出较高的工业 SO₂ 排放强度及对其他地市产生的影响需要当地政府引起关注,加大治理力度,切实落实工业 SO₂ 减排工作。

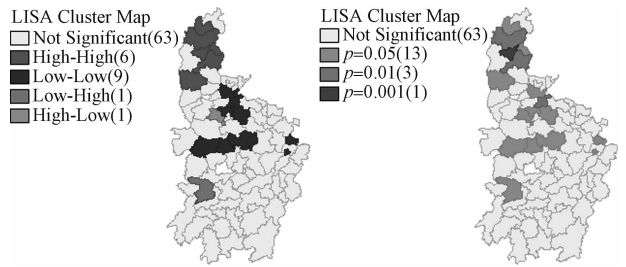


图 1 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度的 LISA 图(基于门槛距离空间权重矩阵)

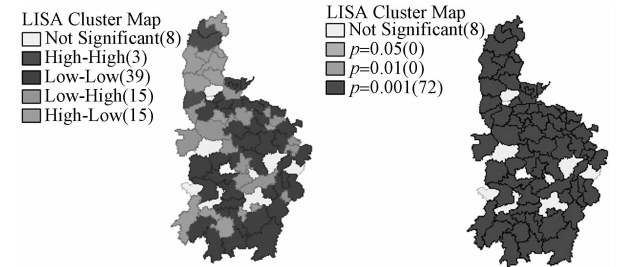


图 2 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度的 LISA 图(基于经济距离空间权重矩阵)

3.2 中部地区地市尺度工业 SO₂ 污染的影响因素

3.2.1 模型检验

采用 Anselin 等^[22]提出的拉格朗日乘子 LM-LAG 和 LM-ERROR 及其对应的 R-LM 标准来判断对 SLM 和 SEM 模型进行检验判断,若 LMLAG 较 LMERR 在统计上更加显著,且 R-LMLAG 显著,而 R-LMERR 不显著,则可以断定 SLM 更为可取;相反,若在统计上 LMERR 较 LMLAG 更为显著,且 R-LMERR 显著而 R-LMLAG 不显著,则判定 SEM 更为合适^[10]。SLM 和 SEM 的检验结果见表 3。

表 3 工业 SO₂ 排放强度空间依赖性检验结果

	门槛距离		经济距离	
	Value	Prob	Value	Prob
LM(lag)	1.111 3	0.029 17	0.289 2	0.049 07
RLM(lag)	4.247 1	0.039 32	0.296 6	0.048 60
LM(error)	0.269 1	0.060 39	0.049 2	0.082 45
RLM(error)	3.404 8	0.065 01	0.056 6	0.081 19

从表 3 可以看出,基于门槛距离和经济距离的空间权重矩阵下的工业 SO₂ 排放强度的空间依赖性检

验结果虽有不同,但判断结果一致。即空间滞后模型对于解释这两种空间权重矩阵的工业 SO₂ 排放强度更为合适。

3.2.2 结果分析

因 GDP 增长率指标有负值存在,所以对各变量直接回归,不采取对数形式。并对 SLM 和 SEM 采用极大似然估计。表 4 给出了基于门槛距离和经济距离空间权重矩阵下,2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度的 OLS、SLM、SEM 三种模型的估计结果。

若拟合优度 R² 越高、自然对数似然函数值(LIC)越大、赤池信息准则(AIC)和施瓦茨准则(SC)越小,模型拟合效果越好。综合以上各种指标,在考虑空间效应下,SLM 和 SEM 模型比 OLS 模型解释力更强。同时,两种不同空间权重矩阵下的工业 SO₂ 排放强度的 OLS、SLM、SEM 三种模型的估计结果也有不同,使得回归结果分析更加复杂但有对比性。由 3.2.1 可知,两种不同的空间权重矩阵下,空间滞后模型的解释力度更强。

表 4 OLS、SLM 和 SEM 计量回归分析结果

	门槛距离			经济距离		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
ρ/λ		0.115 42	-0.144 31		0.265 69	-0.784 95
constant	178.590 00***	166.294 00***	181.775 00***	178.590 00***	171.069 00***	181.490 00***
grgdp	-3.928 80***	-3.584 51***	-4.038 48***	-3.928 80***	-3.940 37***	-4.021 30***
industry	-2.149 90***	-2.037 20***	-2.205 86***	-2.149 90***	-2.136 60***	-2.213 19***
pop	-0.056 89***	-0.055 05***	-0.057 12***	-0.056 89***	-0.056 31***	-0.059 59***
govern	0.067 89	0.095 67	0.062 55	0.067 89	0.061 42	0.093 97
energy	0.020 15**	0.018 90***	0.021 25***	0.020 15***	0.019 98***	0.021 19***
open	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.000 01
R ²	0.595 49	0.601 46	0.600 77	0.595 49	0.627 82	0.604 20
LIC	-359.357 00	-358.887 00	-359.018 62	-359.357 00	-349.184 00	-358.751 68
AIC	732.715 00	731.774 00	732.037 00	732.715 00	724.367 00	731.503 00
SC	749.389 00	747.831 00	748.711 00	749.389 00	743.424 00	748.178 00

注: *、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 水平上显著。

在两种空间权重矩阵下,经济发展水平与工业 SO₂ 排放强度均呈显著负向关系,GDP 增长率每增加一个百分点,亿元工业总产值的工业 SO₂ 排放量将分别减少 3.584 51 吨(门槛距离)和 3.940 37 吨(经济距离)。说明随着经济发展水平的提高,其对工业 SO₂ 排放已经产生明显作用。尤其是经济增长速度越快,产业升级、技术进步、人们环境意识的增强及管制措施的加强,会使中部地区工业 SO₂ 排放强度降低。另外基于门槛距离空间权重矩阵和经济距离空间权重矩阵下的工业化程度对工业 SO₂ 排放强度的回归系数为负且影响显著,即第二产业比重越高,污染强度越低。一定程度上意味着,中部地区工业化程度越高,即工业总产值越大,在相同的工业 SO₂ 排放总量的情况下,其排放强度则随之降低。但这种强度的降低只是名义上的减少,并不从根本上解决工业污染的问题。第二产业的占比,随着产业结构的不断优化,是不断降低的过程,必须通过减少工业 SO₂ 排放总量的方式降低排放强度。而中部地区目前处于工业化的快速发展阶段,在国家加大力度管控环境污

染的条件下,虽然工业 SO₂ 排放强度有所降低,但很大程度上却是依赖工业总产值不断扩大所带来的效果。中部地区若能在工业化不断加深的情况下,积极改进工艺,真正做到减少污染产业的排污,则是降低排放强度的合理道路。人口规模与工业 SO₂ 排放强度呈负向关系且显著,年平均人口每增加 1 万人,基于门槛距离空间权重矩阵的工业 SO₂ 排放强度降低 0.055 05,基于经济距离空间权重矩阵的工业 SO₂ 排放强度减少 0.056 31。说明在人口规模较大的区域,工业 SO₂ 的排放强度较低。基于门槛距离空间权重矩阵下亿元工业总产值工业用电量每增加 1 万千瓦时,工业 SO₂ 排放强度增加 0.018 90,在经济距离空间权重矩阵下,亿元工业总产值工业 SO₂ 排放量减少 0.019 98 吨。即能源强度高的地区,工业 SO₂ 排放强度越大。说明工业用电量的增加一定程度上加剧了工业 SO₂ 的排放量。另外,两种空间权重矩阵下,工业 SO₂ 排放量占工业 SO₂ 产生量的比重越大,工业 SO₂ 的排放强度越大,但该影响在统计上不显著,即环境治理越有力则可能降低污染排放强度。经

济外向化程度对工业 SO₂ 排放强度影响较小且不显著,但从正相关关系也可分析,实际利用外资水平增加有可能加剧中部地区的污染。

总的来说,不同空间权重矩阵下,各指标对工业 SO₂ 排放强度的具体影响值不同,但选取的 6 个指标中,经济发展水平、人口规模、工业化程度与工业 SO₂ 排放强度均成显著负相关关系,能源强度与工业 SO₂ 排放强度呈正向关系且显著,经济外向程度和环境治理与工业 SO₂ 排放强度成正向关系,但在统计上不显著。

4 结论与讨论

本文将中部地区 80 个地级市作为研究对象,通过设置门槛距离和经济距离两种不同的空间权重矩阵,探讨 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放总量及强度的集聚特征与影响因素,并对比不同空间权重矩阵下的分析结果。研究发现:

第一,基于门槛距离空间权重矩阵下检验工业 SO₂ 排放总量及强度的全局和局部空间自相关特征具有一定的局限性;应用经济距离空间权重矩阵的方案能更为充分地体现中部地区 80 个地市经济发展水平等要素对工业 SO₂ 排放强度的影响,所得局部自相关评价结果更为可靠。

第二,2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度具有显著的全局自相关特征;工业 SO₂ 排放强度的高一高集聚区和低—低集聚区具有显著的南北分异特征,山西省作为能源大省,其工业 SO₂ 排放强度明显呈现空间高值集聚的特征,低—低集聚区则分散分布在其他五个省份,并在各省份内部呈现集中连片的趋势。由于中部地区经济—地理要素的地市差异显著,因此在实施工业 SO₂ 减排措施的过程中,应当充分考虑经济发展水平、产业结构特征等因素在各地市之间的相互影响,更精确得识别某地市工业 SO₂ 排放强度在空间上的集聚特征,尽可能地避免“一刀切”问题。

第三,两种不同空间权重矩阵下,中部地区工业 SO₂ 排放强度的主要影响因素均为经济发展水平、人口规模、工业化程度和能源强度。其中 GDP 增速、年平均人口、第二产业占 GDP 的比重与工业 SO₂ 排放强度均成显著负相关关系,亿元工业总产值工业用电量与工业 SO₂ 排放强度呈正向关系且显著。

本文应用经济距离空间权重矩阵对 2015 年中部地区工业 SO₂ 排放强度的空间自相关特征的研究中得到了比基于门槛距离空间权重矩阵下更为显著可靠的结果,而两种空间权重矩阵在探讨工业 SO₂ 排放强度的影响因素中差别并不明显。空间权重矩阵

只能近似表达评价目标的空间关系,错综复杂且动态变化的现实情况需要我们尽可能准确地识别研究对象的时空格局,以期采用更加精准的空间权重矩阵。后续研究还需考虑其他污染物类型,进一步筛选影响因素指标,探讨更为符合现实的空间权重矩阵,加入更长时期的数据,从较长的时间段去观察污染空间集聚特征的变化,并考虑采用空间面板模型识别影响因素,以期达到更好的结果。本文存在的不足还需在后续研究中不断完善。

参考文献

- [1] 曲国利,陈林,徐改花,吴云. 关联度分析和等标污染负荷法在工业废气分析中的应用[J]. 能源与环境,2016(5):74-75.
- [2] 贾小爱,李云发,李丽. 山东工业 SO₂ 排放量变化趋势及驱动因素分析[J]. 山东工商学院学报,2016,30(3):32-37.
- [3] 李青松,邓素君,郭子龙,孟庆香,郝晨晨. 基于库兹涅茨曲线的濮阳市经济与环境间关系研究[J]. 河南农业大学学报,2015,49(1):101-106.
- [4] 周闽军,柳平生. 福建省经济增长与环境污染关系探析[J]. 集美大学学报:哲学社会科学版,2012,15(3):16-21.
- [5] 李从欣,张举钢,李国柱. 中国环境污染影响因素分解及其实证分析[J]. 资源与产业,2012,14(6):121-125.
- [6] 刘睿劼,张智慧. 中国工业二氧化硫排放趋势及影响因素研究[J]. 环境污染与防治,2012,34(10):100-104.
- [7] 王菲,董锁成,毛琦梁,黄永斌,李俊. 宁蒙沿黄地带产业结构的环境污染特征演变分析[J]. 资源科学,2014,36(3):620-631.
- [8] 秦晓丽,于文超. 政府科技投入对 FDI 环境效应的影响——基于 257 个地级市空间相关性的实证研究[J]. 中央财经大学学报,2016(10):3-12.
- [9] 徐志伟,常旭蕊. 投资增长加重了中国工业二氧化硫的排放吗——基于空间面板模型的总量判断与结构比较[J]. 贵州财经大学学报,2016(2):90-99.
- [10] 胡志强,苗健铭,苗长虹. 中国地市尺度工业污染的集聚特征与影响因素[J]. 地理研究,2016,35(8):1470-1482.
- [11] 周侃,樊杰. 中国环境污染源的区域差异及其社会经济影响因素——基于 339 个地级行政单元截面数据的实证分析[J]. 地理学报,2016,71(11):1911-1925.
- [12] 王芳,周兴. 影响我国环境污染的人口因素研究——基于省级面板数据的实证分析[J]. 南方人口,2013,28(6):8-18.
- [13] 王学渊. 浙江省工业污染排放的影响因素研究——基于 2000—2010 年市县级面板数据的纠偏 LSDV 估计[J]. 中共浙江省委党校学报,2014,30(3):54-62.
- [14] 徐辉,杨烨. 人口和产业集聚对环境污染的影响——以中国的 100 个城市为例[J]. 城市问题,2017(1):53-60.
- [15] 夏会会,丁镭,曾克峰,刘超. 1996~2013 年长江经济带工业发展过程中的大气环境污染效应[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(7):1057-1067.

(下转第 104 页)

Research on the Relationship between Knowledge Human Capital, Low-end Value Chain Production and Total Factor Productivity in Guangxi

GAO An-gang, QIN Bo

(Economic and Management School, Qinzhou University, Qinzhou Guangxi 535000, China)

Abstract: The knowledge-based human capital, low-end value chain, and total factor productivity is measured from 1996 to 2015 in Guangxi. The regression analysis is used to study the impact of knowledge-based human capital and the low-end value chain on total factor productivity. TFP of Guangxi shows a “two-stage” leap feature. Knowledge-based human capital shows a “two ladder” growth trend and has a significant positive effect on total factor productivity. The low-end value chain shows a “U” trend, and the impact on total factor productivity is inverted “U”. Further research find that the China-ASEAN Free Trade Area has a positive effect on the growth of total factor productivity in Guangxi, but it is not significant. Finally, related countermeasures and suggestions are proposed.

Key words: knowledge-based human capital; low-end value chain; total factor productivity

(上接第 13 页)

- [16] 肖闯. 基于 LMDI 的我国工业行业二氧化硫排放影响因素分解[J]. 商, 2015(51): 199—201.
- [17] 马洪超, 李德仁. 基于空间统计学的空间数据窗口大小的确定[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2001(1): 18—23.
- [18] 翟卫欣, 程承旗. 一种空间权重矩阵的优化方法[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2017, 42(6): 731—736.
- [19] ANSELIN L, REY S. Properties of tests for spatial dependence in linear regression models[J]. Geographical Analysis, 2010, 23(2): 112—131.
- [20] P WILNER JEANTY. SPWMATRIX; Stata module to generate, import, and export spatial weights[J]. Statistical Software Components S457111, Boston College Department of Economics, revised 15 Mar 2014.
- [21] FINGLETON B, J LE GALLO. Estimating spatial models with endogenous variables, a spatial lag and spatially dependent disturbances; finite sample properties[J]. Papers in Regional Science, 2008, 87(3): 319—339.
- [22] ANSELIN L. Spatial econometrics: methods and models [M]. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1988.

Agglomeration Characteristics and Influencing Factors of Industrial SO₂ Emission in Central China

——Based on different spatial weight matrix

WU Fan, WEI Hui-fang, NING Liu-ning

(The Center for Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Kaifeng Henan 475001, China)

Abstract: To explore the difference of threshold distance and economic distance spatial weight matrix on accurately revealing the agglomeration characteristics and causes of industrial SO₂ emission, this paper uses exploratory spatial data analysis and spatial econometric model to investigate the geographical concentration and influencing factors of the total amount and intensity of industrial SO₂ emission based on the industrial pollution data of the Central China (80 cities) in 2015. The main conclusions are as follows: ① The spatial autocorrelation of industrial SO₂ emission which uses economic distance spatial weight matrix is more pronounced and accurate. ② The intensity of industrial SO₂ emission in the central region in 2015 has a significant global autocorrelation feature; the high-high and low-low agglomeration areas have obvious differences between North and South. ③ Under the two different spatial weight matrixes, the improvement of economic development level, population size, and industrialization level will help reduce the intensity of industrial SO₂ pollution, and the increase in energy intensity will increase the intensity of pollution.

Key words: Central China; industrial SO₂ emission; economic distance spatial weight matrix; spatial econometric model