

沈静, 刘伟, 魏也华. 环境管制对佛山市污染密集型企业空间格局变化的影响——基于2004年、2008年、2013年经济普查数据的实证[J]. 地理科学, 2019, 39(12): 1972-1981. [Shen Jing, Liu Wei, Yehua Dennis Wei. The Impact of Environmental Regulation on the Spatial Pattern Evolution of Pollution-intensive Enterprises in Foshan City: An Empirical Study Based on 2004 to 2013 Economic Census Data. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(12): 1972-1981.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.12.016

# 环境管制对佛山市污染密集型企业 空间格局变化的影响

## ——基于2004年、2008年、2013年经济普查数据的实证

沈静<sup>1</sup>, 刘伟<sup>1</sup>, 魏也华<sup>2</sup>

(1. 中山大学地理科学与规划学院城市与区域规划系, 广东广州 510275; 2. 犹他州大学地理系, 美国盐湖城 84112)

**摘要:**以佛山市2004年、2008年和2013年3次经济普查数据库中的污染密集型企业为研究对象,采用格数据空间回归模型,研究了佛山市污染密集型企业空间格局变化特征,并探究了环境管制对污染密集型企业及不同行业的企业空间格局变化的影响。研究发现:① 环境管制严格程度的变化使其从影响企业区位变动次要因素逐渐成为推动企业空间格局变化的重要因素,说明了环境管制变化会引起其对污染密集型企业区位变动作用程度的变化。② 在城市内部尺度,地方政府权衡污染行业整治利弊后,针对不同区域不同行业制定的差异化环境管制力度和模式,形成了不同行业空间格局响应的差异。研究结果对理解环境管制影响污染行业空间格局变化提供更微观的视角,对环境管制政策实现企业更替和产业升级具有一定启示,也对政府产业和环境政策制定具有借鉴意义。

**关键词:**环境管制;污染密集型企业;企业分布;佛山市

**中图分类号:**K902 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2019)12-1972-10

环境管制是政府解决环境污染问题的重要手段,不同国家或区域之间环境管制的差异会促使发达国家和地区的污染密集型产业转移到环境标准较低的发展中国家和地区,同时带来污染的转移,使得后者成为前者的“污染天堂”,学者们称这一现象为“污染避难所”假说(Pollution Heaven Hypothesis, PHH)<sup>[1,2]</sup>。虽然PHH假说是否存在尚有争议,但是政策制定者越来越关注环境管制在区域竞争中对污染产业区位变动的作用。

近年来,环境管制对污染密集型产业的区位变化影响的相关研究已成为研究热点,但关于这种影响的作用强度和作用机制还未取得一致的结论。就作用强度而言,部分研究者认为宽松的环境管制会影响到污染产业的区位,即环境管制宽松的地区会吸引更多的污染企业进入<sup>[3-6]</sup>;而部分研究者认为严格的环境管制会影响到污染产业的

区位<sup>[7,8]</sup>,如Tole等发现金矿企业倾向于选择环境管制相对严格的发达国家<sup>[7]</sup>;还有一些研究者认为由于污染产业属于资本密集型产业,其对环境管制造成的环境成本增加不敏感,因此污染产业的区位对环境管制不是很敏感<sup>[9-11]</sup>。目前越来越多的学者从行业异质性<sup>[12-15]</sup>、企业所有制形式<sup>[16]</sup>、企业规模<sup>[17,18]</sup>、外资来源国<sup>[19]</sup>等企业异质性的角度理解环境管制对污染产业区位变动的影响。就作用机制而言,部分学者从环境成本的角度提出环境管制使环境成本企业内部化,治污成本的升高是引起企业区位变化的重要原因<sup>[20,21]</sup>。另一部分学者从企业和政府互动行为的角度理解环境管制作用机制<sup>[18,22,23]</sup>,如对地方经济贡献较大的企业在面临环境管制时常常具备较强的与政府议价能力,而当企业的经济地位下降后,地方政府将会重新权衡利弊以决定是否采取一定的调控手段促使企业

**收稿日期:**2018-10-07; **修订日期:**2019-01-10

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41871111, 41371138)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41871111, 41371138).]

**作者简介:**沈静(1976-),女,陕西安康人,副教授,博导,主要从事经济地理学、城市与区域规划研究。E-mail: shenjing@mail.sysu.edu.cn

的退出。还有一部分学者认为这和环境管制本身有关。沈静等发现随着环境管制强度的上升,陶瓷企业的行为模式是不同的,即在弱环境管制下,陶瓷企业环保意识薄弱,由于治污成本的上升存在一定的消极规避,寻求新的“污染天堂”;随着环境管制趋严,企业环保意识增强并积极应对环境政策,在选择新区位时出于规避环境风险的考虑,倾向于环境管制较严格的地区<sup>[24]</sup>。

空间尺度是研究环境管制对污染密集型企业空间格局影响的重要视角,现有研究主要集中在国家之间、区域之间、城市之间等宏中观尺度,而近来学者们倡导从更微观的空间尺度探究环境管制的效应<sup>[25]</sup>。许多实证研究证实了发达国家的污染产业向发展中国家转移和环境管制相关<sup>[26,27]</sup>。在区域之间污染产业转移方面也有较多研究<sup>[13-15,28-30]</sup>。而城市内部尺度研究不多,且较关注污染企业的空间分布<sup>[31,32]</sup>,停留在静态区位研究中,并忽略了环境管制这一重要因素。事实上,在城市内部尺度可以探究环境管制与污染密集型企业区位变化更加细微的关系,是对现有研究的重要补充。

## 1 数据与方法

### 1.1 案例地选取

佛山市是珠江三角洲地区重要的制造业基地之一(图1),污染密集型产业的产值更是在全省名列前茅,2000~2015年佛山市环境管制强度经历了一个由宽松向严格的变化过程,“十一五”期间更承担了广东省约1/3的主要污染物减排总量<sup>①</sup>,具有代表性。动态变化的环境管制在改善城市环境质量的同时,也对污染密集型企业空间格局变化产生重要影响,对研究环境管制变化对城市内部污染密集型企业空间格局变化过程的影响具有典型意义。因此本文选取2004年、2008年和2013年3期数据,采用格数据空间回归模型等方法,分析动态变化的环境管制对城市内部污染密集型企业的空间格局变化影响城市内部不同行业在环境管制下的空间格局响应差异,及环境管制作用行业异质性。

### 1.2 数据处理

#### 1.2.1 污染密集型企业的界定

本文将污染密集型企业界定为属于污染密集

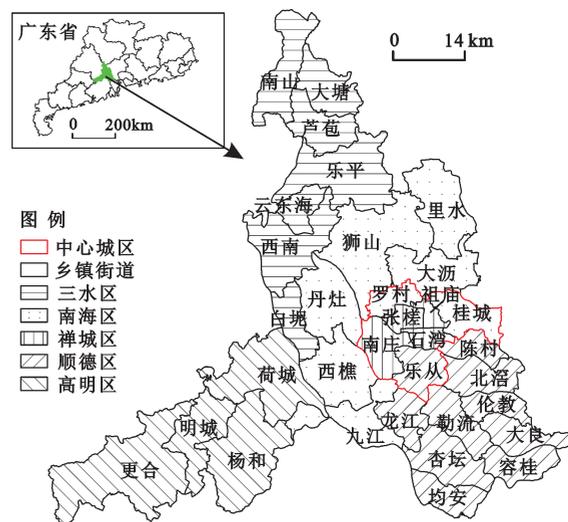


图1 佛山市行政区划与中心城区

Fig.1 Administrative division and central city of Foshan

型企业的企业。基于第一次《全国工业污染源普查数据集》,根据国民经济行业分类标准,按照污染排放强度划分到行业小类,最终确定共11类行业大类中的140个行业小类为污染密集型企业<sup>②</sup>。

#### 1.2.2 数据处理过程

本文采用调研所得2004年、2008年和2013年的佛山市经济普查数据,包括所有登记注册企业名称、地址、4位数行业分类代码等信息。根据行业代码筛选出污染密集型企业;利用Geocoding软件解译企业的地理坐标,并剔除未解译和解译错误的企业(剔除率低于5%),建立了污染密集型企业空间数据库。经识别,本研究确定2004年、2008年和2013年佛山市分别有3 535、5 769、5 398个污染密集型企业。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 格数据空间回归模型

为了更好地表述污染密集型企业的空间演化特征,本文将研究区域分割成1 679个1.5 km×1.5 km的格网,格网大小参照公式(1)选取:其中 $Q$ 表示每个格网的大小, $A$ 是研究区域的面积,而 $n$ 是研究区域内企业点的数量<sup>[33]</sup>。

$$Q = \frac{2A}{n} \quad (1)$$

建立格数据空间回归模型分析污染密集型企业

① 广东省环境保护局文件粤环[2006]92号,《关于印发各地级以上市“十一五”主要污染物排放总量控制目标的通知》,2006年。

② 农副食品加工业(14),食品和饮料制造业(10),纺织业(10),造纸及纸制品业(5),石油加工、炼焦及核燃料加工业,化学原料及化学制品制造业和化学纤维制造业,医药制造业,非金属矿物制品业(22),黑色金属冶炼及压延加工业,有色金属冶炼及压延加工业,电力、热力的生产和供应业和水的生产和供应(4),括号内数字为其包含的行业小类,未标示的行业包含所有行业小类。

业空间演化的影响因素。一是空间滞后模型(SLM),见公式(2),当考虑因变量之间的空间相关性时,这是一种比较准确的模型。另一个是空间误差模型(SEM),如公式(3),当空间依赖性是通过忽略了的变量产生作用时应该使用该模型<sup>[34]</sup>。在实际应用中,本文采用Anselin提出的标准来判别这两个模型哪个更加符合客观情况<sup>[35]</sup>。

$$Y = X\beta + \rho WY + \varepsilon \quad (2)$$

$$Y = X\beta + \lambda W\varepsilon + \xi \quad (3)$$

式中, $Y$ 是对随机变量的 $N \times 1$ 个向量观测值, $X$ 是对解释变量的 $N \times M$ 向量观测值 $M \in (1, N)$ , $\beta$ 是待估计回归系数, $W$ 是 $N \times N$ 空间权重矩阵, $WY$ 表示空间滞后的因变量, $\rho$ 是空间自回归系数。 $\varepsilon$ 是随机误差项的向量, $\lambda$ 是空间自相关系数, $\xi$ 是一个良性误差项。

### 1.3.2 模型变量说明

在模型中因变量是表征企业区位变动的变量,即每个格网内的企业退出或企业进入的数量。自变量方面着重强调环境管制因子对污染密集型企业空间格局变化的影响,除此之外考虑了集聚经济、通达性、政府干预<sup>[36]</sup>、边界效应<sup>[32,37]</sup>和自然因素等5类因素的影响。各变量具体定义如表1所示。相关性分析结果显示各个变量的VIF值低于7.5,表明变量间不存在多重共线性问题。

在环境管制指标定义上,之前的研究尺度几乎都以省、市等为单位,本文在借鉴相关指标定义的基础上,考虑在城市内部定义环境管制指标,选

取了城市内各区SO<sub>2</sub>减排量占全市SO<sub>2</sub>减排量之比来衡量各区环境管制的严格程度,具体理由如下:国内环境管制带有强烈的政府主导性,“十一五”和“十二五”期间,SO<sub>2</sub>一直被政府列为控制排放的主要污染物,具有一定的时间连续性;就佛山而言,其承担了相当一部分的全省SO<sub>2</sub>减排任务,相比较其他污染物,SO<sub>2</sub>减排工作最为严格,因此将SO<sub>2</sub>排放因子作为衡量佛山市各区环境管制严格程度的指标是比较合适的。另外本文考虑到以2008年为时间节点,环境管制经历了一个由宽松向严格的转变,所以将研究期环境管制指标分解为2个时段,避免因使用平均环境管制水平所带来的信息漏失。

## 2 佛山市污染密集型企业空间格局的变化特征

### 2.1 产业总体空间格局的变化

2004~2013年佛山市污染密集型企业空间格局经历了先向中心城区外围集聚后向郊区边缘扩散,总体呈现出以2008年为时间拐点,先扩张后微缩的特点,具有明显的郊区化和边界化趋势(图2)。图2a~c分别显示2004年、2008年和2013年佛山市污染密集型企业的空间格局,可以发现2004年企业大部分集中于中心城区的近郊区如张槎、南庄等乡镇,除顺德区外其它区较少分布。2008年中心城区及其近郊区的分布范围企业密度增加,并扩

表1 模型各变量定义

Table 1 Definition of variables in the model

变量类型	变量名称	变量定义	预期作用方向
因变量	$Y_1$	2004~2008年格网内退出的企业数量	
	$Y_2$	2004~2008年格网内进入的企业数量	
	$Y_3$	2008~2013年格网内退出的企业数量	
	$Y_4$	2008~2013年格网内进入的企业数量	
环境管制	$ER_1$	2004~2008年佛山市各区SO <sub>2</sub> 排放减少量与全市SO <sub>2</sub> 减排总量之比	未知
	$ER_2$	2008~2013年佛山市各区SO <sub>2</sub> 排放减少量与全市SO <sub>2</sub> 减排总量之比	未知
集聚经济	$AE_1$	2004年格网内的企业数量	正向
	$AE_2$	2008年格网内的企业数量	正向
通达性	$TA_1$	格网中心到港口最近距离	负向
	$TA_2$	格网中心到主要道路最近距离	负向
政府干预	$IP$	格网中心位于经济开发区/工业园区赋值为1,其它为0	正向
边界效应	$BE_1$	格网中心到佛山市界最近距离	负向
	$BE_2$	格网中心到广佛边界最近距离	负向
自然因素	$RD$	格网中心到河流最近距离	正向

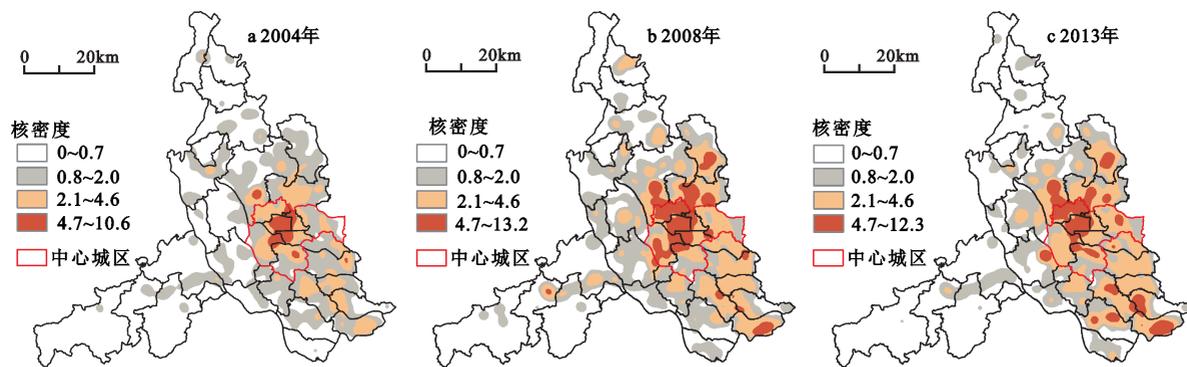


图2 2004年、2008年、2013年佛山市污染密集型企业的空间核密度

Fig.2 Kernel density estimation of pollution intensive enterprises (PIEs) in Foshan in 2004, 2008 and 2013

展到距离中心城区更远一些的近郊区如狮山、大沥等地,另外可以发现广佛边界地区企业密度有明显的增加,2004~2008年既有大量企业退出也有大量企业进入,二者空间格局类似,主要是中心城区内的企业更替,但整体是一个空间扩张、数量增加的特点。2013年企业数量减少不大,中心城区及近郊区企业密度降低,远郊区的大良、容桂等地企业密度增加,广佛边界地区仍保持较高的企业密度,企业进入以远郊区和中心城区为主,企业退出仍以中心城区为主,整体是空间微缩的特点。

## 2.2 不同行业空间格局的变化

本文选取佛山市4类典型行业,即非金属矿物制品业、化工业、有色金属冶炼与压延业和纺织印染业等为4个行业大类(包含100个行业小类),进一步探究不同行业在环境管制下的空间格局响应。它们是佛山市污染密集型企业数据库中企业数量最多的4类行业,并且污染强度相对较大,被市政府列为污染减排重点整治的行业,企业空间格局变化大,具有一定的典型性和代表性。

非金属矿物制品业集中在中心城区的张槎、南庄,企业密度先上升后下降。图3a~c分别显示了2004年、2008年和2013年非金属矿物制品企业的空间格局,可以发现2004年非金属矿物制品业集中在中心城区的近郊区张槎、南庄等地,其它地区很少分布。2008年,在原有核心区域和离中心城区更远的近郊区如罗村等地企业密度都有所上升。2013年,非金属矿物制品业企业密度明显下降,说明向区域外部转移明显。

化工业逐渐向工业园区集中,集聚重心向城市远郊区的容桂、杏坛和大良等镇转移。图3d~f

分别表示2004年、2008年和2013年化工企业的空间格局,可以发现2004年化工企业主要集中在中心城区和顺德区,其它区很少分布。2008年化工企业数量增加,分布更广,在南海区的里水和狮山等地企业密度也有明显的增加。2013年化工企业的集聚重心明显转移到了位于容桂、大良、杏坛的顺德经济开发区,明显受“集中入园管治”政策影响。

有色金属冶炼与压延业主要是位于近郊区的大沥有色金属园,其企业密度先上升后急剧下降。图3g~i分别显示了有色金属冶炼与压延企业的空间格局,可以发现2004年企业主要集中在大沥,其他地区很少分布。2008年大沥地区的企业密度明显增加,其附近地区里水和狮山等地企业密度也有所增加。2013年企业数量大量减少,大沥的企业密度急剧下降,说明该行业向区外转移明显。

纺织印染行业集聚重心由中心城区向近郊区的西樵、龙江等城区外围纺织园区转移。图3j~l分别表示2004年、2008年和2013年纺织印染企业的空间格局,可以发现2004年纺织印染企业集聚重心位于中心城区张槎、乐从等地,城区外围如西樵、龙江等地较少分布。2008年乐从企业密度下降,而西樵、龙江等地企业密度明显上升,集聚重心由中心城区转移到城区外围地区。2013年中心城区和城区外围地区企业密度都明显下降,说明纺织印染企业受原材料成本上涨和持续的环保整治行动影响很大。

## 3 环境管制对城市内部污染密集型企业空间格局变动的的影响

### 3.1 环境管制动态变化对产业空间格局变化影响

根据LM检验统计量的显著性,企业退出采用

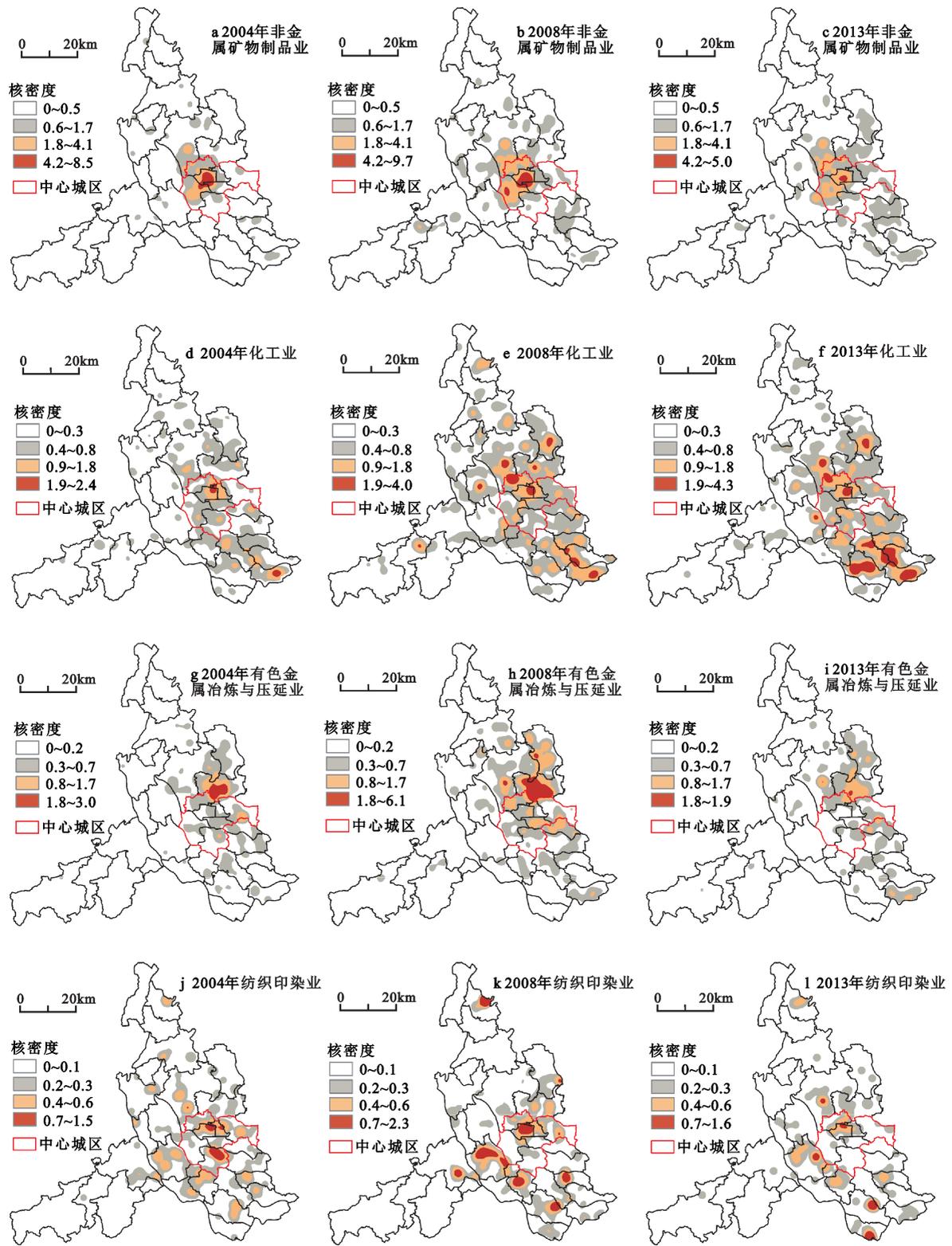


图3 2004、2008、2013年佛山市4类污染密集型企业空间核密度  
 Fig.3 Kernel density of 4 kinds of PIEs in Foshan in 2004, 2008 and 2013

空间误差模型,企业进入采用空间滞后模型更加合适。另外考虑到企业退出的定义,企业退出模

型 SEM1 和 SEM2 中加入上一期企业数量没有意义。模型结果如表 2 所示,空间权重矩阵 W 和空

表2 企业退出和企业进入的模型结果

变量	SEM 1 (Y <sub>1</sub> )	SLM 1 (Y <sub>2</sub> )	SEM 2 (Y <sub>3</sub> )	SLM 2 (Y <sub>4</sub> )
W	—	0.2454***	—	0.1518***
LAMBDA	0.5280***	—	0.4274***	—
常数	2.6005**	1.7451***	2.1716***	0.6572**
ER <sub>1</sub>	-0.0459**	-0.0213**	—	—
ER <sub>2</sub>	—	—	0.0532***	0.0352***
AE <sub>1</sub>	—	0.5178***	—	—
AE <sub>2</sub>	—	—	—	0.3407***
IP	0.0663	0.3567	0.6569	0.0557
TA <sub>1</sub>	-0.0095	-0.0071	-0.0063	-0.0032
TA <sub>2</sub>	-0.2017***	-0.2110***	-0.3927***	-0.1481***
RD	0.050	0.1113**	0.1358*	0.0892**
BE <sub>1</sub>	0.0879***	0.0345	0.1385***	0.0120
BE <sub>2</sub>	-0.0124*	-0.0137**	-0.0312***	-0.0121**
样本数	1679	1679	1679	1679
Breusch-Pagan test	723.94***	1240.53***	891.78***	3440.31***
Likelihood ratio test	241.23***	42.84***	139.85***	15.82***
Pseudo-R <sup>2</sup>	0.3191	0.3088	0.2453	0.4044

注: \*P<0.1, \*\*P<0.5, \*\*\*P<0.01; “—”为无此项。

间自相关性系数LAMBDA分别具有显著性,反映出因变量之间存在明显的空间自相关。

环境管制对于污染密集型企业空间格局变化具有显著作用,且随着环境政策趋严,环境管制影响企业区位选择的作用方向发生了改变。2004~2008年企业的退出与进入模型中环境管制系数显著为负,反映出该时期企业的进入和退出都与环境管制强度负相关,由于污染减排指标分配给了高明区和三水区,相比而言禅城、南海、顺德的环境管制相对宽松,企业进入和退出更集中在这3个区。进一步分析发现,2004~2008年环境政策是以初步控制环境污染和生态破坏,缓解环境问题为主要任务,污染企业的空间区位变动更多地受成本因素和集聚效应的影响,以及政府的相关产业转移政策的推动,相比而言环境管制只是次要因素。企业因面临环境保护压力构成企业搬迁的硬性约束占比不高<sup>[38]</sup>。

2008~2013年企业退出和企业进入模型中环境管制系数都显著为正,说明这一时期污染企业的空间格局变化和严格的环境管制有关。此时禅城、顺德、南海减排压力大,环境管制相对严格,严

格的环境管制迫使大量高污染企业关停或迁移,而新进入的企业倾向于选择环境管制严格的地区。这种环境管制作用方向的改变可能是因为随着环境政策由弱向强的转变,企业环保意识增强,通过主动增加环保投资达到更高的环境标准,且愿意选择环境管制严格但具有集聚效应的区域。这一时期环境政策趋严,环境管制作为政府强制性的干预手段成为影响污染密集型企业空间格局变化的重要因素,仅“十一五”期间,全市强制关停高耗能、高污染企业600多家<sup>①</sup>。虽然2008年爆发的金融危机逼迫了部分企业的退出或转型,但这一时期污染密集型企业数量变化不大,因此在严格的环境管制治理下污染密集型企业逐渐向低环境影响的方向转型。

模型结果也显示其他解释变量,如集聚经济、河流、边界效应、通达性等对企业的进入和退出具有显著作用,但作用不同。集聚经济影响为正,与预期作用方向相同。到河流距离系数显著为正,表明企业退出和进入主要是在远离河流的地区。广佛行政边界系数显著为负,说明企业的进入与退出主要集中在临近广佛行政边界地区。通达性的影响比较复杂,到港口距离系数为负但不显著,到主要道路距离显著为负,说明企业更倾向临近公路而非港口分布,这可能和企业更依靠陆路运输有关。8个重点产业园区对于企业的进入和退出作用不显著。这可能是因为佛山市污染密集型企业多数为微小型的私营企业,面对8个重点产业园区较高的准入门槛,它们更倾向于到一些较低等级的工业园区去。

### 3.2 环境管制对不同污染密集型企业空间格局演变的作用

本文进一步对佛山市4类典型行业分别建立空间回归模型,探究环境管制下不同行业的空间格局响应差异,并分析差异形成的原因,得到模型结果如表3所示。首先,根据环境管制因子的显著性,2004~2008年企业退出模型中环境管制系数除化工业和有色金属冶炼与压延业外不显著,企业进入模型中环境管制系数均不显著;2008~2013年企业退出和进入模型中环境管制系数均显著为正。这说明环境管制在最初的弱环境政策时期不影响这4类企业的区位选择,而随着环境政策趋严,环境管制成为污染企业退出和进入的重要因

① 佛山市环境保护局,佛山市2010年环境状况公报, <http://www.foshanepb.gov.cn/zwgk/ghbz/tjsj/>。

表3 分行业企业退出和企业进入的回归结果

Table 3 Estimation results of the spatial pattern evolution of PIEs sectors

变量	非金属矿物制品业				化工业				有色金属冶炼与压延业				纺织印染业			
	$Y_{1非}$	$Y_{2非}$	$Y_{3非}$	$Y_{4非}$	$Y_{1化}$	$Y_{2化}$	$Y_{3化}$	$Y_{4化}$	$Y_{1有}$	$Y_{2有}$	$Y_{3有}$	$Y_{4有}$	$Y_{1纺}$	$Y_{2纺}$	$Y_{3纺}$	$Y_{4纺}$
$W$	—	0.3670***	—	0.1979***	—	0.1789***	—	0.4254***	—	0.5528***	—	0.1258***	—	0.3534***	—	0.1544***
LAMBDA	0.6512***	—	0.5325***	—	0.3509***	—	0.2397***	—	0.4915***	—	0.5788***	—	0.4701***	—	0.3988***	—
常数	0.3098	-0.2076	-0.1584	-0.1519	0.6336***	0.6299***	0.4649***	0.098	0.2719***	0.1078	0.3211	0.1156**	0.1179*	0.1341**	0.1469*	-0.0234
$ER_1$	-0.0072	-0.0013	—	—	-0.013***	-0.0060	—	—	-0.0059*	0.0005	—	—	-0.0019	-0.0023	—	—
$ER_2$	—	—	0.0174**	0.0063**	—	—	0.0113***	0.0066**	—	—	0.0081*	0.0023*	—	—	0.0040*	0.0027**
$AE_1$	—	0.1403	—	—	—	0.0959***	—	—	—	0.0501***	—	—	—	0.0278***	—	—
$AE_2$	—	—	—	0.0942***	—	—	—	0.0661***	—	—	—	0.0312***	—	—	—	0.0083***
$IP$	-0.0950	-0.0142	-0.1047	0.0047	0.0889	0.2506*	0.2891**	0.0101	-0.0411	-0.0574	-0.0264	-0.0806	-0.0137	0.1184**	0.1732***	0.1072**
$TA_1$	-0.0006	0.0017	0.0011	0.0007	-0.0022	-0.003	-0.0018	-0.0015	0.0005	0.0017	0.0035	0.0002	-0.0013	-0.0005	-0.0018	0.0009
$TA_2$	-0.0362	0.0032	-0.0557	0.0029	-0.0283**	-0.0675***	-0.0913***	-0.0433*	-0.0215**	-0.0323*	-0.0834**	-0.0325**	-0.0101	-0.0133*	-0.0161	-0.0048
$RD$	0.0027	0.0032	0.0205	-0.0055	0.0047	0.0347**	0.0424**	0.0240	0.0188**	0.0278**	0.0663**	0.0280**	0.0027	0.0031	0.0039	-0.0007
$BE_1$	0.0575***	0.0481***	0.1084***	0.0294***	0.0062	-0.0044	0.007	-0.0117	0.0082	0.0006	0.0164	-0.0062	0.0103**	-0.0050	0.0029	-0.0007
$BE_2$	-0.0013	0.0011	-0.0022	0.0007	-0.0016	-0.0044**	-0.0066***	-0.0008	-0.0028**	-0.0039**	-0.0111***	-0.0032***	-0.0003	0.0001	-0.0011	0.0003
样本数	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679	1679
Breusch-Pagan test	2234.23***	3950.11***	3244.57***	3190.35***	525.40***	811.54***	405.56***	1227.00***	639.99***	671.89***	458.51***	1395.84***	966.92***	670.96***	447.35***	1226.35***
Likelihood ratio Test	445.30***	102.81***	247.56***	26.79***	79.97***	18.76***	33.82***	144.43***	199.98***	286.12***	326.59***	9.25***	148.80***	96.82***	125.93***	12.12***
Pseudo- $R^2$	0.3641	0.2912	0.2716	0.3067	0.1453	0.1349	0.0988	0.2899	0.1909	0.2814	0.2707	0.1414	0.1486	0.1434	0.1279	0.0341

注: \* $P < 0.1$ , \*\* $P < 0.5$ , \*\*\* $P < 0.01$ ; “—”为无此项。

素,4类企业均倾向选择环境管制严格的地区。在这个过程中环境管制的行业异质性表现为两方面:一是对不同行业退出和进入的影响强度不同,二是环境管制通过影响其他因素而造成不同行业空间格局响应的差异。比如工业园区对四类企业退出和进入的作用不同,非金属矿物制品业和有色金属冶炼与压延业的空间格局变化与重点工业园区没有显著关系,而化工企业和纺织印染企业的空间格局变化与工业园区显著相关,这和佛山市政府针对后者采取的“入园管理,集中治污”政策有关,这种环境管制措施上的差异使得不同行业工业园区因子有所不同。进一步分析形成这种差异的原因,发现这与不同行业的污染特性和政府差异化的环境管制方式直接相关。佛山市对非金属制品业和有色金属冶炼与压延业采取了“关停、转移、提升”的管制思路,以被纳入中心城区的非金属制品业如陶瓷企业为例,由于税收比重的下降和沉重的环境代价,则通过土地置换形式被高附加值产业替代,原有陶瓷企业外迁或者关闭;有色金属冶炼与压延企业也因无法承受高昂的环

保投入费用选择了外迁或者关闭。对化工和纺织印染行业,佛山市采取了向产业园区转移、集中治污的管制方式;在化工业方面,佛山市统筹布局化工行业定点基地,加强环境监控和管理;对纺织业而言,则相继规划西樵纺织园等产业集中区,采取“三集中”的治污模式全面推进清洁生产。这种环境管制方式的差异是因为2004~2013年佛山市环境管制以控制废气排放为主,其次是废水处理,因此对排放大量废气的非金属制品业和有色金属冶炼与压延业主要采取“逼退”的形式,对排放废水为主的化工和纺织印染行业则采取“集中治污”的模式。

其他影响因素如边界效应、河流因素和通达性对4类行业的影响存在行业差异,集聚效应的行业异质性不明显。广佛边界对化工业和有色金属冶炼与压延业影响更显著,对另两个行业不显著,说明化工业和有色金属冶炼与压延业更倾向临近广佛边界集中。河流因子对化工业和有色金属冶炼与压延业空间格局变化的影响更显著,这可能和佛山市对其的“河流治污行动”有关。通达性因

子对化工工业和有色金属冶炼与压延业影响更显著,这可能和其偏好通达性好的区位有关。集聚效应对4类行业的进入均显著为正,行业差异不明显,说明集聚经济的存在是4类行业在区位选择过程中共同考虑的因素。

## 4 结论与讨论

本文分析了2004~2013年佛山市污染密集型企业环境政策由宽松趋向严格下的空间格局变化特征,探究了环境管制对企业空间格局变化和不同行业的影响。研究得出以下几点结论。

1) 佛山市污染密集型企业空间格局具有向中心城区外围及远郊区扩散的郊区化特征和向广佛边界地区逐渐集聚的边界化特征。郊区化趋势与南京市污染制造业类似<sup>[6]</sup>,但边界化特征与深圳市污染企业的临近边界分布特征有所差异<sup>[32]</sup>,区别在于其仅仅与广佛边界有显著相关性,可能与广佛区域一体化有关。此外,不同行业存在更细微的空间格局变化趋势的差异,化工工业和纺织印染企业逐渐向郊区的工业园区集聚,而非金属制品业和有色金属冶炼与压延业企业大量退出,向区外转移明显,这反映了地方政府对不同污染密集型企业的环境管制方式不同。

2) 环境管制严格程度的变化使其从影响企业区位变动的次要因素逐渐成为推动企业空间格局变化的重要因素。对比现有文献多从环境成本和企业、政府之间互动行为等角度解释环境管制对污染密集型企业区位变化的影响机制<sup>[18,20-24]</sup>,本研究从环境管制强度的动态变化角度分析其对污染密集型企业区位变动的作用程度的变化,这一发现是对现有文献具有补充价值的结论。

3) 不同于中宏观尺度的研究,在城市内部尺度上能更直观地观测到环境管制对不同污染密集型企业区位变化的影响不同,即地方政府在权衡污染行业整治利弊后,对于不同区域不同污染行业采取差异化的环境管制政策和方式,从而直接影响本地产业的升级和空间格局变化。差异化的环境管制政策不仅影响不同行业的经济绩效和生态效益<sup>[39]</sup>,还影响不同行业在城市中的空间格局,这也说明环境管制政策同时也是城市一项很重要的产业政策。

研究结果对环境管制政策实现企业更替和产业升级具有一定启示,也对政府产业和环境政策制定具有借鉴意义。一是广佛两地政府需要加强

对广佛交界地区污染企业整治的合作,二是地方政府应实施更精细化的环境管制和产业整治政策,不宜采用按行业大类“一刀切”的方式。

受于数据限制,本文还有几点不足之处。首先,数据的限制使得本文从企业异质性角度分析环境管制对企业空间格局变化的影响作用受限。第二,关于退出和进入企业的定义带来的偏差可能会对分析结果造成一定影响。未来可以从企业异质性的角度进一步完善和补充本研究。

## 参考文献(References):

- [1] Walter I, Ugelow J L. Environmental policies in developing countries[J]. *Ambio*, 1979, 8(2/3): 102-109.
- [2] Copeland B R, Taylor M S. Trade, growth, and the environment[J]. *Journal of Economic Literature*, 2004, 42(1): 7-71.
- [3] Becker R, Henderson V. Effects of air quality regulations on polluting industries[J]. *Journal of Political Economy*, 2000, 108(2): 379-421.
- [4] List J A, Millimet D L, Fredriksson P G et al. Effects of environmental regulations on manufacturing plant births: Evidence from a propensity score matching estimator[J]. *Review of Economics & Statistics*, 2003, 85(4): 944-952.
- [5] Lombard P. The impacts of environmental regulations on industrial activity: Evidence from the 1970 & 1977 clean air act amendments and the census of manufactures[J]. *Journal of Political Economy*, 2002, 110(6): 1175-1219.
- [6] Xing Y, Kolstad C D. Do lax environmental regulations attract foreign investment?[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2002, 21(1): 1-22.
- [7] Shimamoto K. The effect of environmental regulation on the locational choice of Japanese foreign direct investment[J]. *Applied Economics*, 2008, 40(11): 1399-1409.
- [8] Tole L, Koop G. Do environmental regulations affect the location decisions of multinational gold mining firms?[J]. *Journal of Economic Geography*, 2010, 11(1): 151-177.
- [9] Ederington J, Levinson A, Minier J. Footloose and pollution-free[J]. *Review of Economics & Statistics*, 2005, 87(1): 92-99.
- [10] Manderson E, Kneller R. Environmental regulations, outward FDI and heterogeneous firms: Are countries used as pollution havens?[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2012, 51(3): 317-352.
- [11] Matthew A, Cole R J R. E. FDI and the capital intensity of "dirty" sectors: A missing piece of the pollution haven puzzle[J]. *Review of Development Economics*, 2005, 9(4): 530-548.
- [12] Wagner U J, Timmins C D. Agglomeration effects in foreign direct investment and the pollution haven hypothesis[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2009, 43(2): 231-256.
- [13] 沈静, 向澄, 符文颖. 环境管制对珠三角污染产业空间分布的影响研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(6): 717-724. [Shen Jing,

- Xiang Cheng, Fu Wenyong. The impact of environmental regulation on the spatial distribution of pollution industries in the Pearl River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(6): 717-724.]
- [14] Shen J, Wei Y D, Yang Z. The impact of environmental regulations on the location of pollution-intensive industries in China [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 148: 785-794.
- [15] Wu J, Wei Y D, Chen W et al. Environmental regulations and redistribution of polluting industries in transitional China: Understanding regional and industrial differences [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 206: 142-155.
- [16] Zhou Y, Zhu S, He C. How do environmental regulations affect industrial dynamics? Evidence from China's pollution-intensive industries [J]. *Habitat International*, 2017, 60: 10-18.
- [17] Dam L, Scholtens B. Environmental regulation and MNEs location: Does CSR matter? [J]. *Ecological Economics*, 2008, 67(1): 55-65.
- [18] Zhu S, He C, Liu Y. Going green or going away: Environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries [J]. *Geoforum*, 2014, 55: 53-65.
- [19] Dean J M, Lovely M E, Wang H. Are foreign investors attracted to weak environmental regulations? Evaluating the evidence from China [J]. *Journal of Development Economics*, 2009, 90(1): 1-13.
- [20] Dasgupta S, Laplante B, Mamingi N et al. Inspections, pollution prices, and environmental performance: Evidence from China [J]. *Ecological Economics*, 2001, 36(3): 487-498.
- [21] Keller W, Levinson A. Pollution abatement costs and foreign direct investment inflows to U.S. States [J]. *Review of Economics & Statistics*, 2002, 84(4): 691-703.
- [22] Janeba E. Tax competition in imperfectly competitive markets [J]. *Journal of International Economics*, 1998, 44(1): 135-153.
- [23] 刘颖, 周沂, 贺灿飞. 污染企业迁移意愿的影响因素研究——以浙江省上虞市为例 [J]. *经济地理*, 2014, 34(10): 150-156. [Liu Ying, Zhou Yi, He Canfei. Influence factors of polluting firms' propensity to relocate: A case study of Shangyu City in Zhejiang. *Economic Geography*, 2014, 34(10): 150-156.]
- [24] 沈静, 魏成. 环境管制影响下的佛山陶瓷产业区位变动机制 [J]. *地理学报*, 2012, 67(4): 467-478. [Shen Jing, Wei Cheng. Relocation mechanisms of the ceramics industry impacted by the environmental regulations in Foshan City. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4): 467-478.]
- [25] Liu L. Geographic approaches to resolving environmental problems in search of the path to sustainability: The case of polluting plant relocation in China [J]. *Applied Geography*, 2013, 45(5): 138-146.
- [26] Cole M A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages [J]. *Ecological Economics*, 2004, 48(1): 71-81.
- [27] Eskeland G S, Harrison A E. Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis [J]. *Journal of Development Economics*, 2003, 70(1): 1-23.
- [28] 仇方道, 蒋涛, 张纯敏, 等. 江苏省污染密集型产业空间转移及影响因素 [J]. *地理科学*, 2013, 33(7): 789-796. [Qiu Fangdao, Jiang Tao, Zhang Chunmin et al. Spatial relocation and mechanism of pollution-intensive industries in Jiangsu Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(7): 789-796.]
- [29] 沈静, 向澄, 柳意云. 广东省污染密集型产业转移机制——基于2000-2009年面板数据模型的实证 [J]. *地理研究*, 2012, 31(2): 357-368. [Shen Jing, Xiang Cheng, Liu Yiyun. The mechanism of pollution-intensive industry relocation in Guangdong Province, 2000-2009. *Geographical Research*, 2012, 31(2): 357-368.]
- [30] Shen J, Wang S, Liu W et al. Does migration of pollution-intensive industries impact environmental efficiency? Evidence supporting "Pollution Haven Hypothesis" [J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 242: 142-152.
- [31] 高爽, 魏也华, 陈雯, 等. 发达地区制造业集聚和水污染的空间关联——以无锡市区为例 [J]. *地理研究*, 2011, 30(5): 902-912. [Gao Shuang, Wei Yehua, Chen Wen et al. Study on spatial-correlation between water pollution and industrial agglomeration in the developed region of China: A case study of Wuxi City. *Geographical Research*, 2011, 30(5): 902-912.]
- [32] 周沂, 贺灿飞, 王锐, 等. 环境外部性与污染企业城市内空间分布特征——基于深圳污染企业的实证分析 [J]. *地理研究*, 2014, 33(5): 817-830. [Zhou Yi, He Canfei, Wang Rui et al. Environmental externalities and the location of polluting firm in intra-city: A case study of Shenzhen, China. *Geographical Research*, 2014, 33(5): 817-830.]
- [33] Wong D W S, Lee J. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [34] 毕硕本. 空间数据分析 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2015. [Bi Shuoben. *Spatial data analysis*. Beijing: Peking University Press, 2015.]
- [35] Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: An introduction to spatial data analysis [J]. *Geographical Analysis*, 2006, 38(1): 5-22.
- [36] 吕卫国, 陈雯. 制造业企业区位选择与南京城市空间重构 [J]. *地理学报*, 2009, 64(2): 142-152. [Lu Weiguo, Chen Wen. Manufacturing industry enterprises location choice and the urban spatial restructuring in Nanjing. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(2): 142-152.]
- [37] Duvivier C, Xiong H. Transboundary pollution in China: A study of polluting firms' location choices in Hebei Province [J]. *Environment & Development Economics*, 2013, 18(4): 459-483.
- [38] 刘力, 张健. 珠三角企业迁移调查与区域产业转移效应分析 [J]. *国际经贸探索*, 2008(10): 74-79. [Liu Li, Zhang Jian. Investigation on Pearl River Delta enterprise migration and effect analysis of regional industry transfer. *International Economics and Trade Research*, 2008(10): 74-79.]
- [39] Yuan B, Ren S, Chen X. Can environmental regulation promote the coordinated development of economy and environment in China's manufacturing industry?—A panel data analysis of 28 sub-sectors [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 149: 11-24.

## The Impact of Environmental Regulation on the Spatial Pattern Evolution of Pollution-intensive Enterprises in Foshan City: An Empirical Study Based on 2004 to 2013 Economic Census Data

Shen Jing<sup>1</sup>, Liu Wei<sup>1</sup>, Yehua Dennis Wei<sup>2</sup>

(1.School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China;

2.Department of Geography, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112, USA)

**Abstract:** Little attention has been paid attention to the intra-urban scale of spatial distribution of pollution-intensive enterprises (PIEs). Most previous studies have examined the macro-middle scale impact of environmental regulation (ER) on the location changes of pollution-intensive industries (PIIs). Foshan City, in Guangdong Province, China, provides an excellent location-based case study regarding ER effect on PIEs. From the Foshan's experience, we can exam how ER affects the spatial pattern of PIEs location within a metropolitan area. And in the Foshan study, it improves the air quality and other environmental factors by adherence to decades of environmental controls. Thus, this article employs the data of National Economic Census of 2004, 2008 and 2013 and analyzes the PIEs in Foshan City according to industry codes of Industrial Classification for National Economic Activities. Using kernel density estimation and spatial autoregression model, investigators explore the evolution of spatial distribution of PIEs in Foshan City in 2004, 2008 and 2013. Moreover, the article emphasizes the influence of dynamic ER on the location changes of PIEs at the incorporated municipal district, or urban level. In addition, we selected 4 typical firms in 4 industry sectors, so as to examine the spatial responses of different PIIs operating under ER controls. This study's findings indicate that PIEs first concentrate in the periphery of the central city, then spread into the suburban areas which is consistent with the trend of suburbanization and borderization. Also ER has gradually become an important factor affecting relocation of PIEs at the municipal level. However, the sign of ER coefficient in the model is not static, but rather reversed as environmental policies being stricter. In detail, new businesses preferred areas with lax ER and under weak environmental controls. In contrast, enterprises tend to enter areas with stringent ER and agglomeration effect as environmental controls becoming stricter. We attribute this shift to improvement of industry awareness of environmental protection and more environmental investment to achieve higher environmental standards. Furthermore, we find the spatial response of different industries under ER differs, and there is industry heterogeneity when ER affects the spatial distribution evolution of PIEs. We attribute this pattern to difference in industry characteristics and pollution situations. These findings indicate that the governments could design proper regulations for each industry after they have weighted comprehensive interests such as consequences business relocation. The differences in environmental policies have made differentiated spatial patterns in 4 different PIEs. This article aims to complement research on the impact of ER on PIEs on the intra-urban scale by examining, in detail, the spatial pattern evolution of PIEs at the municipal level. Our results provide a finer geographic perspective for understanding the location changes of PIIs, and offer policy implications for governments to achieve business replacement and industry upgrading.

**Key words:** environmental regulation; pollution-intensive enterprises; enterprise distribution; Foshan City