

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

周 沂^{1,2}, 贺灿飞^{1,2}, 王 锐³, 王洁玉⁴

- (1. 北京大学 城市与环境学院, 北京 100871;
2. 北京大学-林肯研究院城市发展及土地政策研究中心, 北京 100871;
3. 美国加州大学洛杉矶分校城市规划系, 洛杉矶, 美国;
4. 北京大学城市规划与设计学院, 深圳 518055)

摘要: 随着城市生态环境的恶化, 发达地区环境管理力度不断加强, 使得污染企业的空间分布表现出强烈的环境容量制约性和政府规制主导性。为应对这种制约与规制, 在城市内部, 污染企业向城市边界和环境准入门槛低的区域迁移, 使得污染企业空间分布及其所形成的城市污染格局更加复杂。利用2007年深圳市污染源普查数据, 通过OLS和稳健回归分别探讨了废水、废气和固体废弃物污染企业环境外部性及其城市内空间分布特征。研究发现: 深圳废水与固体废弃物污染严重企业具有明显地靠近城市外围边界但远离香港、经济特区分布的特征, 以邻为壑的污染转嫁将辖区内的环境负外部性扩展到邻近城市, 以避免对本城区的污染。同时, 废水排放较多的污染企业也有明显的靠近城市环境功能较低的外流河分布的特征。企业所有制性质、经营时间等在一定程度上影响企业的排污能力, 进而影响污染企业的空间分布。另外, 不同排污类型的企业空间分布也具有显著的差异。本研究对于转型期正确制定城市产业结构空间调整政策, 合理引导经济环境协调发展, 尤其是避免跨界流域河道等成为转移负外部性的通道具有重要启示。

关键词: 环境外部性; 空间分布; 污染企业; 深圳

DOI: 10.11821/dlyj201405002

1 引言

中国环境污染和生态破坏造成的经济损失不断增加。近十几年来, 由于环境污染造成的经济损失约占GDP的10%左右。其中, 由工业企业污染造成的污染问题占很大的比例。城市作为直接的受害者, 随着社会环境意识的增强, 经济发展较好的地方政府已经意识到了污染企业对环境危害的严重性, 不断加大环境管理力度。对于未落户污染企业, 不断提高投资的“环境门槛”; 对于已落户污染企业, 为了降低环境污染造成的损害以及环境污染成本, 开始向环境成本相对较低的地区“大迁徙”。区域层面出现东部污染企业向中西部地区迁移^[1], 引起居民与当地政府和污染企业严重的冲突。厦门PX(对二甲苯)项目事件、大连PX(对二甲苯)项目事件以及2012年发生在江苏启东和四川什邡的居民反

收稿日期: 2013-01-29; 修订日期: 2013-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271130)

作者简介: 周沂(1988-), 硕士, 主要从事区域经济学, 环境与区域经济发展等。E-mail: zhouyi308@163.com

通讯作者: 贺灿飞(1972-), 博士, 教授, 主要从事经济地理、产业与区域研究。

E-mail: hecanfei@urban.pku.edu.cn

污染事件,使得企业环境问题得到越来越多的关注。在城市层面,城区污染企业开始向城市外围迁移。这使得环境污染以更加隐蔽、分散和危险的方式存在着,其治理与控制的难度也随之加大。在此背景下,本文研究污染企业于城市内部空间分布特征,其可反映城市污染型产业的空间格局,对其研究增加了理解城市空间结构的环境视角,同时也是从经济地理视角理解环境问题,对优化城市内部产业布局以实现城市可持续发展具有重要启示。

环境污染是一种外部不经济的表现。外部不经济是指经济系统中当事人的经济活动导致其他经济主体无偿支付成本,并使得个人利益和社会利益,个人成本和社会成本出现不一致。排污企业将应由自身承担的私人成本(如污染成本)转嫁为外部成本,并由全社会共同分担,即污染企业产生环境负外部性。然而,环境规制与区域条件等的差异使得这种外部性在不同地区对社会总福利的影响不同,尤其是在区域分权的环境管理体制下,搭便车的环境行为使得边界地区的环境质量日益恶化。在美国,州郡边界地区癌症发病率显著高于州郡内部^[2]。国外学者对其进行了大量的研究。Sigman利用联合国全球环境监测项目数据,对美国以及跨国河流水质进行研究,发现跨国边界附近的河流中的污染增加了40%左右^[3]。同时,在美国具有独立环境管理的州郡,其河流下游水质量退化了4%,环境管理的搭便车行为显著^[4]。Helland利用美国1987-1996年污染排放清单数据研究这种搭便车行为,发现与其他州接壤的县郡空气污染物以及水体污染物的排放要显著高于其他地区^[5]。Novello发现当挥发性、有机化合物或氮氧化合物的排放只影响下风向的州郡时,环境规制的执行就会松懈^[6]。在我国同样也存在跨行政区流域污染的行为。曾文慧采用1994-2002年中国各省的面板数据,研究负外部性对环境规制强度的影响,发现上游地区具有搭便车向下游转移污染的激励,导致了流域水质的整体恶化^[7]。在省域内部,污染企业也主要转移至省域边界地区。Duvivier等以河南省为例,发现污染企业更多的分布在河南省边界区县,而且趋势也日益明显^[8]。在城市内部,城市内地理环境的差异使得对污染的容纳能力不一,加上不同地理环境功能要求的差异,污染企业也倾向于向城市外围搬迁,其实质是通过污染企业迁移来降低环境负外部性对于城区的影响。一方面,地方政府为了实现本地经济的发展和缓解本地群众与污染企业乃至政府间的矛盾,将污染企业规划在城市边缘地区可方便地将自己辖区的污染未加严格处理扩展到下游地区,从而转移辖区内的环境负外部性。另一方面,对于污染企业,城区较高的环境标准加上政府严格的管制,出于环境成本的考虑,其自身也可能选择靠近城市边缘或经济欠发达等环境成本较低的地区分布。为转移环境负外部性,污染企业以邻为壑地集中在城市边界地区,跨界污染使得城市污染空间格局也变得更加复杂。

在城市内部,污染企业的空间分布主要受到政府规制以及传统区位因素的影响。政府的规制主要体现在城市空间规划以及环境成本的决定上。企业环境行为的改善也主要靠政府的强力推动^[9],政府、公众和市场已成为企业环境压力的重要来源^[10]。企业选择环境要求较低地区分布的行为在大量污染避难所的实证研究得到了证实^[11-15]。然而目前的研究也主要集中在某类企业尤其是外资企业在大尺度的研究中,对于污染企业在城市内部的研究还较少。尺度对于企业空间分布的研究具有重要影响。Jeppesen等通过研究表明,小尺度条件下其他影响因素都较为一致,而在较大区域范围内变量的空间异质性对分析结果影响较大^[16]。目前仅有城市尺度的研究也主要是关于环境规制对于污染密集型产业区位的影响。高爽等研究无锡市污染密集型制造业区位选择,发现交通可达性、土地价格、开发区规划等影响显著,环境规制开始成为重要影响因子^[17]。沈静在对佛山陶瓷产业区位变动影响研究,发现环境规制是影响污染产业区位变化的重要因素,而且政府与企业行为相互影响^[18]。实际上,在城市内部,政府将污染企业规划在沿城市边界等环境要求较低的

工业园区，其本质就是对环境负外部性的转移。可见，环境负外部性对污染企业空间分布具有重要影响。另外，作为转移环境负外部性通道，城市的自然地理条件对污染企业空间分布也具有重要作用，例如城市河流、风向等。高爽等对污染物分布格局和污染密集型制造业集聚程度进行评价，发现无锡市区的污染密集型制造业呈现向郊区和环境非敏感区集聚的趋势，污染强度主要以运河为轴线向两翼地区逐渐衰减^[19]。王立平等发现造成中国环境污染溢出的主要原因是地理因素而非经济因素^[20]。其实，地理学家很早就提出污染企业区位选择需将经济与自然相结合，并提出建设用地条件评价、严格区域河流方向以及上下游关系、城市风向等企业布局原则，其也成为企业选址的重要依据^[21]，而这些原则也是污染企业空间分布的重要特征。由于环境负外部性，污染企业的空间分布带有强烈的政府规划和企业环境成本规避特征，这也使得污染企业的空间分布变得更加复杂。

除环境外部性外，污染企业空间分布也受到传统区位因素的影响。影响企业空间分布的区位要素概括起来主要分为四个方面：成本因素、市场特征、集聚经济效应和制度因素^[22]。成本要素是企业首先关注的区位要素，目前的研究主要从交通和生产成本两大类出发，认为企业更多分布在对节约成本、增加利润有利的位置^[23-25]。市场特征和集聚经济效应是转型期影响企业的重要区位要素^[26-28]。制度因素也逐渐成为学术界的重要研究内容，例如，政府对外资企业的政策^[29]以及环境规制等对污染企业的约束^[11,30]等。不同类型企业其影响因素也有较大的差异。制造业企业更多地考虑城市交通、劳动力和市场可达性等因素^[31,32]。孟晓晨发现深圳三资制造业空间分布具有规划效应、通道效应、边界效应、中心效应和联系方向效应，其中的通道效应和边界效应即指三资制造业企业沿交通线路和城市边界分布的特征^[32]。外资企业对交通通达性、集聚经济、制度等具有较强的依赖性^[22,26,33-34]。城市地价、交通状况等对办公企业具有重要影响^[35]。可见，交通基础设施对几乎所有类型企业都具有重要影响，然而一些研究也表明随着城市交通网络密度的增加以及交通成本的降低，使得交通基础设施对企业决策的作用在逐渐降低^[36]。另外，由于污染企业对交通枢纽等存在污染等问题，污染企业也可能远离交通基础设施分布。除此以外，企业的环境行为与企业的规模、经营时间、所有制等密切相关^[37]，因此，其对污染企业城市内空间分布也具有一定的影响。Wang发现国有企业以及面临紧张财政问题的企业在排污权上具有更大的讨价还价能力，也将会支付更少的排污费^[38]。同时，企业在城市的经营时间也可能影响其排污的讨价还价能力^[39-40]，这些都将对污染企业空间分布产生重要影响。

深圳市作为中国制造业基地以及最具区位优势的经济特区，是中国南部美丽的滨海城市，东临大亚湾和大鹏湾，西濒珠江口和伶仃洋，南边隔深圳湾、深圳河与香港相望；有辽阔海域连接南海及太平洋。经济特区南与香港接壤，城市功能空间结构典型。改革开放以来，深圳市经济实现了快速发展，但在此过程中产生的污染问题也给深圳市带来了挑战。在经济转型期，深圳市产业结构也在进行重大调整，尤其对于污染密集型产业。深圳市污染企业是否具有沿边界甚至以邻为壑的空间分布特征？深圳污染企业空间分布特征是否有别于其他类型企业？其空间分布与企业自身属性有何联系？本文从环境外部性出发研究深圳污染企业的空间分布特征，其实质也是探讨环境外部性对企业区位的影响，是对其他区位研究的补充和完善；同时，研究成果也可反映城市内污染型产业的地理空间格局，从环境视角理解城市内部结构，对城市规划以及城市可持续发展也具有现实指导意义。

2 深圳市污染企业城市内空间分布

过去的20多年里，深圳工业一直保持着高速增长。以“三来一补”政策为契机，深

圳工业经历了从无到有、从小到大、从低端到高端、从粗放经营走向集约优化的发展历程。在空间扩张上,则呈现出一个由点到线、到面的发展过程。从1979年到1985年,“三来一补”和“三资”、“内联”企业大量进入,工业空间呈据点状布局,主要集中在地理条件优越的罗湖和蛇口。1986年到1995年以来深圳产业结构不断优化,以劳动密集型产业为主,工业布局以点带线,带状组团特征初步显现,此时的空间扩展主要受到城市工业开发及交通建设的刺激,交通条件较好的区位发展迅速。此阶段主要以罗湖和福田为中心扩张,并有向特区外迁移的趋势。1996年以来,深圳产业结构不断优化、升级,产业定位不断明确,高新技术产业开始崭露头角。由于地价上涨等的影响,工业由内向外梯度递变,城市工业向特区外迁移增加,城市中心开始西移,福田开始成为城市的中心。在产业升级调整的过程中,从2005年开始到今,以深圳、东莞为代表的珠三角城市着手建立环保淘汰机制,关闭污染严重的企业。深圳市在2010年完成了重污染行业产业升级优化,逐步实现经济增长方式由高消耗、高污染、低产出向低消耗、低污染、高产出转变,城市企业尤其是污染企业的分布随着产业结构的调整呈现较明显的空间分布特征。

为了分析深圳市污染企业的空间分布特征,根据2007年深圳市污染源普查以及2007年深圳市城市规划相关基础地图,建立了2007年深圳市污染源企业空间数据库。污染源普查是国务院组织领导在全国范围统一组织实施的普查活动。污染源普查对象为各辖区内所有排放污染物的工业源、农业源、生活源和集中式污染治理设施。本文主要利用污染源普查中的工业污染源数据,其涵盖了国民经济行业中第二产业除建筑业外的39个行业中的工业污染源。数据库中每个污染源企业均统计了其单位名称、法人代码、行政区代码、经纬度、单位地址、行业分类、企业登记注册类型、开业时间、工业产值、三废排放量等。污染源普查数据库中每个企业排污种类可能包含一种或者多种,因此,数据库中不同污染类型的企业数量是不一样的。其中,具有废弃物排放的废水污染企业样本1905个,废气污染企业样本215个,固体废弃物污染企业样本1513个。这些具有污染物排放的污染源企业(污染物排放大于0)即为本文所要研究的污染企业。

通过将污染企业落到深圳市地图上,可以看出大多数污染企业分布在宝安区和龙岗区,少部分分布在南山区和福田区,罗湖和盐田区也有少量分布。三种类型的污染企业均有靠近城市外围边界以及城市主要公路分布的特点(图1、图2、图3)。相对于废气污染企业,废水和固体废弃物污染企业远离深港边界分布更加明显,而企业靠近港口、机场、货运站等交通基础设施分布的规律并不明显,有待进一步研究。废水污染企业有靠近外流河分布的特征,尤其向茅洲河、龙岗河、坪山河和观澜河集中分布的特点明显,但靠近深圳河分布的现象并不明显,有待进一步讨论分析。深圳市河流划分为珠江三角洲、东江中下游和粤东沿海三大水系。在这三大水系的310条河流中,流域面积大于100 km²的外流河有5条,分别为深圳河、茅洲河、龙岗河、坪山河、观澜河。十几年的高速发展,深圳市的河流不同程度地受到了污染。宝安、龙岗等原特区外区域是深圳典型的工业化带动城市化的工业制造大区,早期的发展在环境方面付出了很大代价,全区都呈现出“有水皆污”的局面,区内主要河流水质均劣于地表水V类标准(宝安区和龙岗区的主要河流有茅洲河、观澜河、坪山河、龙岗河)。深圳河是香港与深圳的界河,深圳一侧占60%,包括繁华的罗湖区和福田区;香港一侧占40%,是香港重要的渔农区。河流的城市功能要求较高,近年来水污染治理取得了较好的成绩。可见,城市河流功能对于污染企业空间分布具有重要的影响。另外,深圳市属亚热带向热带过渡的海洋性气候,常年主导风向为东北偏东风,废气污染企业也较多选择靠近深圳市西北和西南地区。

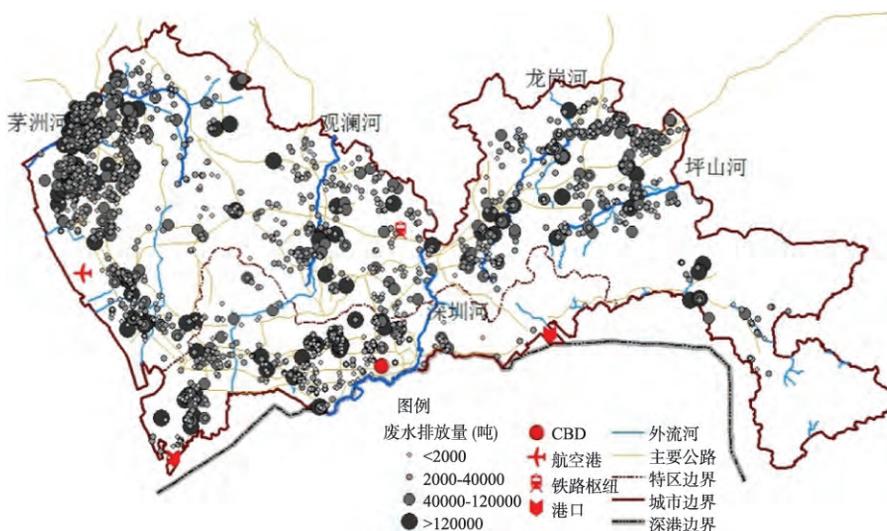


图1 深圳市废水污染企业空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of wastewater pollution enterprises in Shenzhen

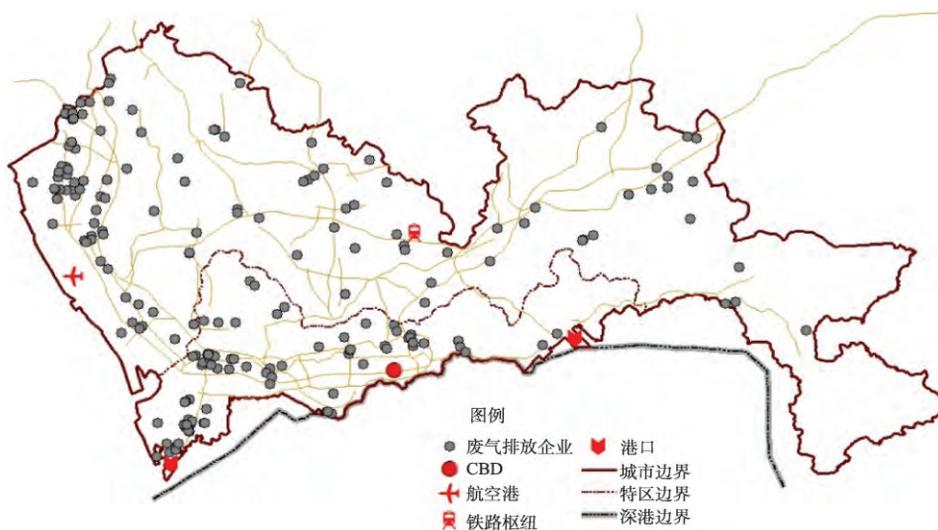


图2 深圳市废气污染企业空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of wastegas pollution enterprises in Shenzhen

3 环境外部性与污染企业空间分布特征

3.1 模型与变量设计

为进一步探讨深圳污染企业空间分布特征统计上的规律，本文引入反映不同类型污染企业空间分布的特征变量，采用排放强度 (Waste/Revunue) 和排放绝对值(Waste)为解释变量，通过计量模型来研究污染企业空间分布特征，模型定义如下：

$$Wastewater = \beta_0 + \beta_1 D_bound + \beta_2 D_HK + \beta_3 D_tr\ ansportion + \beta_4 d_SEZ + \beta_5 D_river + \beta_6 Z + \varepsilon$$

$$Wastegas = \beta_0 + \beta_1 D_bound + \beta_2 D_HK + \beta_3 D_tr\ ansportion + \beta_4 d_SEZ + \beta_5 Wind + \beta_6 Z + \varepsilon$$

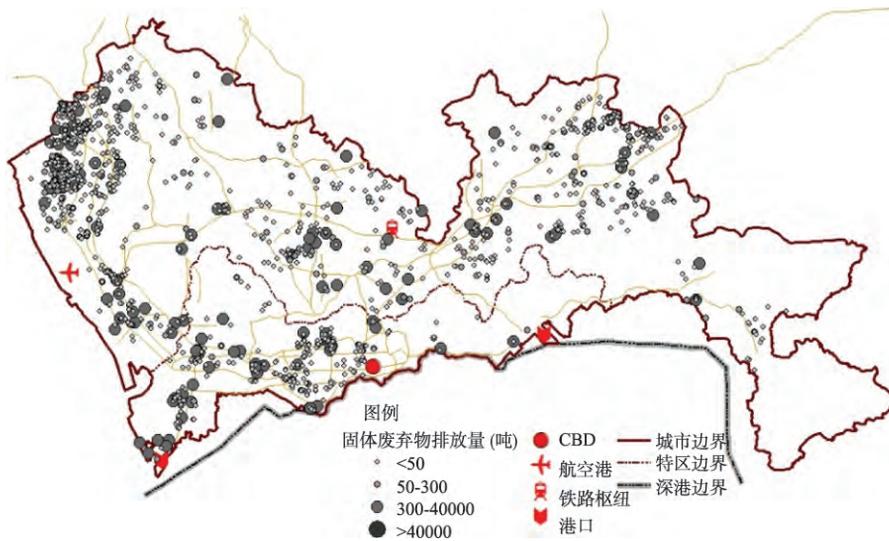


图3 深圳市固体废物污染企业空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of wastesolid pollution enterprises in Shenzhen

$$Wastesolid = \beta_0 + \beta_1 D_bound + \beta_2 D_HK + \beta_3 D_tr\ ansortion + \beta_4 d_SEZ + \beta_5 pdensity + \beta_6 Z + \varepsilon$$

其中, *Wastewater*、*Wastegas*、*Wastesolid* 将分别以污染企业的废水、废气、固体废弃物的排放强度和排放绝对量表示。其他变量设置如下:

污染企业环境外部性: 为转移污染企业产生的环境负外部性, 加上城区高的环境成本使得污染企业分布在城市外围边缘地区, 以企业到城市边界的最短距离 (D_bound) 来衡量是否存在以邻为壑转移环境负外部性的现象。而考虑到深圳市靠近香港的区位特点, 两地政府在环境保护中的博弈对于深圳市污染企业的分布也具有重大的影响。迫于两地环境保护的压力, 深圳市污染企业也可能选择远离香港来避免污染企业负外部性对香港的影响, 以企业距深港边界的最短距离 (D_HK) 来解释。针对深圳经济特区对于区域环境的要求, 以企业是否位于特区内 (d_SEZ) 来刻画特区对于污染企业分布的影响。

由于污染物处理以及对环境影响的方式不同, 不同排污类型的企业, 转移环境负外部性的介质途径也有所不同。废水污染企业主要考虑城市河流对其污水排放的承载力, 废气污染企业更多考虑城市风向对其污染物扩散的影响, 固体废弃物污染企业需考虑城市人口分布对其的影响。因此, 选择企业距最近外流河的距离 (D_river) 来刻画废水污染企业是否具有靠近城市外流河分布。同时, 结合深圳河、茅洲河、龙岗河、坪山河和观澜河于深圳市的空间分布以及河流功能特征, 本文再选取距这5条主要河流的最短距离 ($D_maozhou$ 、 $D_shenzhen$ 、 $D_guanlan$ 、 $D_longgang$ 、 $D_pingshan$) 重点考察城市河流功能对废水污染企业分布的影响。对于废气污染企业, 根据深圳市2007年常年东北偏东风的主导风向的实际情况, 以深圳CBD为中心点分区设置虚拟变量 (*Wind*)。固体废弃物污染企业应避免影响城市居民生活, 选取企业所在城市街道人口密度 (*Pop density*) 衡量人口密度对污染企业分布的影响。

交通基础设施需求: 交通基础设施对企业分布具有较大影响。外资企业等具有明显的靠近交通基础设施的特点^[22]。对于污染企业, 由于其可能对交通枢纽产生影响, 加上环境成本的限制, 其也可能呈远离交通枢纽而靠近交通基础设施线路分布。选择与城市主要公

路、港口、货运枢纽以及机场的最短距离 (D_road、D_port、D_rail、D_air)来探究其影响关系。

企业属性控制变量：污染企业自身属性对于企业分布具有重要影响。国有及国有控股企业拥有更多的政策保护，较大的排污能力以及经营能力使得其拥有更多的排污优惠，从而拥有更多的选择空间^[38]。而对于在城市中具有较长经营年限的企业，其为地方政府的重要财政来源，地方政府有可能放松对企业的环境规制以获得更多的财政收益，污染企业可能也会具有较大的排污能力^[39,40]。这些企业属性特征都将影响企业的空间分布，因此，本文设置d_SOE和open time分别进行控制，具体变量设置如表1。

本文研究数据主要来源于2007年深圳市污染源调查、深圳市城市总体规划（2007-2020）地图以及2008年深圳统计年鉴。2007年深圳市城市总体规划是2006年8月正式启动编制的，规划现状基础数据为2007年底。距离变量主要是通过GIS数字化2007年深圳市城市总体规划相关图件，并利用GIS空间统计工具进行测距。值得说明的是本研究是采用统计数据来验证污染企业在城市内部的地理空间特征，不是对其区位选择或者地理分布的趋势分析。因此，采用2007年深圳市污染源普查数据及相关基础设施数据是可行的。另外，污染源普查数据库中，部分污染源企业存在不仅排放一类污染物的情况，因此，整个样本的描述性统计（表2）中存在某类污染物排放为0的污染源企业。而在下文的回归分析中，对于每一类污染企业则是指该类污染物排放大于0的污染源企业。

3.2 回归结果

本文采用OLS和稳健性回归分别对3种污染类型的企业的空间分布特征进行实证检验。在回归分析前，对连续变量进行对数变换，由于部分连续变量的统计值为0，在取对数过程中，对变量进行了Log(var+1)处理。对变量进行斯皮尔曼相关分析，距深圳河的

表1 解释变量定义及其符号

Tab. 1 Definitions of independent variables and expected signs

变量	定义	预期方向		
		废水	废气	固废
D_bound	距深圳市行政边界的最短距离(不包括深圳市海域部分)	-	-	-
D_HK	距深港边界的最短距离	+	+	+
d_SEZ	特区内的企业赋值为1, 否则为0	-	-	-
D_road	距公路的最短距离	-	-	-
D_port	距蛇口-赤湾、盐田两个港区的最短距离	不确定	不确定	不确定
D_rail	距平湖货运站的最短距离	不确定	不确定	不确定
D_air	距宝安国际机场的最短距离	不确定	不确定	不确定
D_river	距外流河的最短距离	-		
D_maozhou	距茅洲河的最短距离	-		
D_shenzhen	距深圳河的最短距离	+		
D_guanlan	距观澜河的最短距离	-		
D_longgang	距龙岗河的最短距离	-		
D_pingshan	距坪山河的最短距离	-		
Wind	市中心为原点的“X”, 正西部赋值为1, 否则为0		+	
Pop density	企业所在街道的人口密度	-	-	-
d_SOE	国有及国有控股企业赋值为1, 否则为0	+	+	+
open time	到2007年止, 企业成立经营的时间	+	+	+
Revenue	企业工业生产总值	+	+	+

表2 统计样本描述性统计
Tab. 2 The descriptive statistics analysis of samples

	平均值	中位数	最大值	最小值	标准差	样本数
Wastewater/Revenue	57.33	9.95	44262.86	0	1006.24	1951
Wastegas/Revenue	0.41	0	348.43	0	8.19	1951
Wastesolid/Revenue	0.12	0.01	40	0	1.25	1951
Wastewater	37312.4	6000	2489287	0	139045.7	2003
Wastegas	2764.38	0	623665	0	28387.05	2003
Wastesolid	221.62	10	93012	0	2480.21	2003
d_SOE	0.03	0	1	0	0.17	2003
Revenue	14447.23	800	1660000	0	86757.87	2003
D_road	720.25	460.08	6462.37	0.06	818.5	2003
D_port	21611.8	19907.38	40713.06	469.94	8457.9	2003
D_rail	22080.36	22619.15	40972.5	611.4	9523.46	2003
D_air	26789.14	24373.85	73129.88	1987.66	16536.96	2003
D_bound	3889.92	3435.28	13585.36	14.25	2655.27	2003
d_SEZ	0.29	0	1	0	0.46	2003
D_HK	16955.81	15997.26	37758.47	26.66	11166.45	2003
D_river	2143.6	1904.5	9229.18	7.55	1622.53	2003
Pop density	0.98	0.8	7.62	0.03	0.93	2003
Wind	0.15	0	1	0	0.36	2003
Opentime	9.1	8	109	0	6.58	1921
D_maozhou	20211.81	20999.95	64254.63	22.09	14821.68	2003
D_shenzhen	18517.81	16822.03	39771.01	61.36	12277.71	2003
D_guanlan	17432.22	17950.11	49107.87	7.51	9146.3	2003
D_longgang	23519.98	21868.82	46876.96	4.15	14707.45	2003
D_pingshan	29770.51	29868.99	53739.56	14.48	16035.62	2003

距离与距深港边界的距离间的相关系数大于0.6。进一步对变量的共线性进行统计诊断, 废水模型中自变量D_HK变量与河流变量具有较强的共线性, 因此, 将D_HK变量与河流变量置入两个不同的模型中。考虑到截面数据回归经常受到异方差(heteroskedasticity)的影响, 通过报告异方差稳健标准误差(heteroskedasticity robust standard error)来修正OLS。表3、表4和表5分别表示废水、废气、固体废弃物污染企业回归结果。

对于废水污染企业, D_bound显著为负说明废水排放大的企业具有明显的靠近城市外围边界的特征, 这也验证了本文关于污染企业选择城市外围边界以避免污染城区的假设, 也证明城市范围内污染转移现象的存在; D_HK显著为正说明废水污染严重企业也具有远离香港分布的特点。过去, 深港合作主要表现在产业上“前店后厂”的分工合作, 而随着深港合作的进一步推进, 在环境保护上也具有重大的突破, 污染企业的空间分布特点正是深港合作保护环境, 减少双方环境摩擦的重要体现。d_SEZ显著为负, 说明污染严重的企业也具有远离特区的分布特点。城市内交通基础设施变量D_road、D_port、D_air不显著, 说明废水污染企业没有明显的靠近公路、港口和机场分布的特征, 这与张华和贺灿飞^[22]研究的外资企业对于交通通达性的较高要求不同, 说明污染企业更多的考虑了环境成本; D_rail显著为正, 即靠近货运枢纽的废水排放企业其废水排放量以及排放强度都较小, 这也反映了公共交通枢纽对于环境的要求; D_river不显著, 但深圳主要河流中D_maozhou、D_longgang、D_pingshan显著为负, 说明废水排放大的企业更多的分布在靠

表3 废水污染型企业模型结果

Tab. 3 Regression results of wastewater pollution enterprises

	OLS				Robust Regression			
	Wastewater/ revenue	Wastewater/ revenue	wastewater	wastewater	Wastewater/ revenue	Wastewater/ revenue	wastewater	wastewater
D_bound	-0.219*** (0.000)	-0.198*** (0.000)	-0.267*** (0.000)	-0.267*** (0.000)	-0.219*** (0.000)	-0.208*** (0.000)	-0.233*** (0.000)	-0.229*** (0.000)
D_HK	0.352*** (0.000)		0.322*** (0.001)		0.369*** (0.000)		0.431*** (0.000)	
d_SEZ	-0.141** (0.010)	-0.153** (0.013)	-0.352*** (0.000)	-0.345*** (0.001)	-0.175*** (0.002)	-0.163*** (0.008)	-0.308*** (0.000)	-0.259*** (0.001)
D_road	-0.0146 (0.568)	-0.0124 (0.634)	-0.0128 (0.725)	-0.00739 (0.842)	-0.0219 (0.406)	-0.0212 (0.430)	0.00110 (0.974)	0.0000870 (0.998)
D_port	-0.0710 (0.421)	0.0713 (0.480)	0.0255 (0.853)	0.186 (0.236)	-0.117 (0.181)	0.0780 (0.442)	-0.196* (0.077)	0.155 (0.229)
D_rail	0.214*** (0.002)	-0.00731 (0.957)	0.355*** (0.000)	0.191 (0.344)	0.228*** (0.001)	-0.0461 (0.735)	0.298*** (0.001)	-0.113 (0.513)
D_air	0.0945* (0.096)	-0.0911 (0.287)	0.0626 (0.416)	-0.181 (0.121)	0.108* (0.065)	-0.130 (0.157)	0.0708 (0.327)	-0.254** (0.026)
D_river	-0.0184 (0.507)	0.0157 (0.658)	0.00921 (0.816)	0.0548 (0.291)	-0.0195 (0.490)	0.0172 (0.616)	-0.0285 (0.428)	-0.00107 (0.980)
D_maozhou		-0.111*** (0.008)		-0.109* (0.053)		-0.108** (0.018)		-0.0793 (0.167)
D_shenzhen		0.237** (0.011)		0.226* (0.082)		0.277*** (0.002)		0.353*** (0.002)
D_guanlan		0.0359 (0.527)		-0.00516 (0.950)		0.0465 (0.457)		0.108 (0.172)
D_longgang		-0.0936*** (0.008)		-0.131*** (0.009)		-0.100*** (0.010)		-0.108** (0.028)
D_pingshan		-0.0923* (0.091)		-0.118 (0.138)		-0.130** (0.021)		-0.161** (0.024)
Pop density	0.175 (0.177)	0.121 (0.409)	0.139 (0.484)	0.119 (0.588)	0.225* (0.092)	0.193 (0.199)	0.237 (0.161)	0.204 (0.285)
d_SOE	0.249*** (0.003)	0.253*** (0.003)	0.464*** (0.000)	0.466*** (0.000)	0.227*** (0.007)	0.231*** (0.006)	0.328*** (0.002)	0.334*** (0.002)
Open time	0.00619*** (0.006)	0.00628*** (0.005)	0.00792** (0.013)	0.00796** (0.013)	0.00468** (0.030)	0.00481** (0.026)	0.00736*** (0.007)	0.00765*** (0.005)
Revenue	-0.422*** (0.000)	-0.420*** (0.000)	0.375*** (0.000)	0.378*** (0.000)	-0.431*** (0.000)	-0.427*** (0.000)	0.377*** (0.000)	0.384*** (0.000)
_cons	0.621 (0.341)	3.149*** (0.000)	0.400 (0.662)	3.212*** (0.006)	0.696 (0.299)	3.497*** (0.000)	1.118 (0.178)	3.984*** (0.000)
N	1796	1796	1831	1831	1796	1796	1831	1831
R ²	0.378	0.377	0.322	0.322	0.379	0.378	0.360	0.361
F	92.60	72.19	81.58	60.57	90.69	67.49	85.34	64.02

OLS 模型括号中 P 值为基于异方差稳健标准误差的结果

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表4 废气、固体废弃物污染型企业模型结果

Tab. 4 Regression results of wastegas and wastesolid pollution enterprises

	废气				固体废弃物			
	OLS		稳健性回归		OLS		稳健性回归	
	Wastegas/ revenue	wastegas	Wastegas/ revenue	wastegas	Wastesolid /revenue	wastesol id	Wastesolid/ revenue	wastesol id
D_bound	0.0544 (0.464)	-0.139 (0.578)	-0.0177 (0.320)	-0.182 (0.516)	0.00413 (0.247)	-0.128*** (0.004)	-0.00243*** (0.007)	-0.114*** (0.006)
D_HK	-0.0749 (0.456)	-0.428 (0.448)	-0.0277 (0.434)	-0.433 (0.441)	0.00445 (0.652)	0.353*** (0.004)	0.00750*** (0.000)	0.394*** (0.000)
d_SEZ	-0.231** (0.030)	-0.268 (0.499)	0.00602 (0.825)	-0.307 (0.474)	0.0433** (0.011)	0.0609 (0.549)	0.00441*** (0.004)	0.0377 (0.598)
D_road	0.00134 (0.977)	-0.00604 (0.972)	-0.00684 (0.544)	0.0224 (0.901)	0.00238 (0.549)	-0.0267 (0.472)	-0.00117* (0.097)	-0.0348 (0.287)
D_port	-0.239* (0.053)	-0.200 (0.654)	0.0283 (0.375)	-0.169 (0.739)	0.0238** (0.026)	-0.285* (0.065)	0.000214 (0.931)	-0.250** (0.028)
D_rail	-0.0440 (0.820)	0.270 (0.643)	0.0725* (0.073)	0.374 (0.554)	-0.0110 (0.173)	0.290*** (0.004)	0.00271 (0.164)	0.315*** (0.001)
D_air	-0.122 (0.488)	0.117 (0.835)	0.0906** (0.029)	0.221 (0.726)	-0.0130 (0.194)	0.0131 (0.868)	0.00334** (0.031)	0.0963 (0.180)
Pop density	0.0580 (0.742)	-1.762** (0.035)	-0.0713 (0.223)	-1.656* (0.076)	-0.0354 (0.277)	0.519** (0.020)	0.0116*** (0.005)	0.668*** (0.000)
d_SOE	0.216 (0.231)	-0.121 (0.811)	-0.0434 (0.201)	-0.0744 (0.891)	-0.0172* (0.079)	0.339* (0.100)	-0.00254 (0.295)	-0.112 (0.284)
Wind	-0.0116 (0.920)	-0.506 (0.222)	-0.0453 (0.149)	-0.607 (0.211)				
Open time	-0.00797* (0.063)	0.00998 (0.477)	0.00134 (0.197)	0.00758 (0.647)	0.000348 (0.396)	0.00151 (0.597)	-0.0000888 (0.125)	-0.00132 (0.624)
Revenue	-0.125*** (0.000)	0.266*** (0.009)	-0.0323*** (0.000)	0.305*** (0.002)	-0.0330*** (0.000)	0.286*** (0.000)	-0.00707*** (0.000)	0.318*** (0.000)
_cons	2.711 (0.102)	3.780 (0.448)	-0.437 (0.204)	2.726 (0.615)	0.0935 (0.375)	-0.672 (0.498)	-0.0153 (0.409)	-1.634* (0.057)
N	211	214	211	214	1453	1465	1453	1465
R ²	0.147	0.090	0.165	0.090	0.151	0.177	0.252	0.231
F	3.78	2.03	3.26	1.65	11.68	21.45	44.11	39.61

OLS模型括号中P值为基于异方差稳健标准误差的结果

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

近茅洲河、龙岗河和坪山河的区域。茅洲河为深圳和东莞的界河，目前，茅洲河的水质仍为劣V类，呈重度污染状况。虽然两市政府已签署相关合作议程，但合作项目进展缓慢，跨界流域面临“公地悲剧”。龙岗河和坪山河均为深圳与惠州间的跨境河，河流的治理同样面临由于政府间的博弈而消极治理问题。D_shenzhen显著为正说明废水排放多的企业更多的远离深圳河分布，这主要与深圳河的区位和河流功能有关，深圳河自深圳中部经特区汇入深圳湾，为深港界河，深圳在经济发展上对香港的依赖使得两地政府在环境保护上具有一定的约束。研究结果验证了不同的河流功能对污染企业地理分布具有不同影响的假设。d_SOE显著为正，表明国有企业在废水排放上具有较多的指标和讨价还价能力，这与Wang^[38]等关于污染企业排污能力的研究具有一致性。Open time显著为正，同样也验证了

企业较长的经营时间使其拥有较大排污能力的假设。

对于废气污染企业，并没有明显的靠近城市外围边界以及交通基础设施分布的特征；Pop density显著为负，说明废气排放量大的污染企业具有远离人口密集区分布的特征，与城市对污染企业的区位规划要求一致；与废水污染企业相同，高废气排放强度企业也有远离特区分布的特点。另外，预期的wind变量并不显著，说明城市主导风向对深圳市废气污染企业地理分布的影响不存在显著的统计规律，但从图2来看，废气污染企业还是较多的分布在深圳市主导风向下风位。

对于固体废弃物污染企业，与废水污染企业相同，D_bound显著为负，D_HK显著为正，即固体废弃物污染严重的企业也有靠近城市外围边界和远离香港的分布特点。d_SEZ排放强度显著为正，与废水污染企业不同，特区内固体废弃物污染企业排放强度较大，特区内较完善的污染物处理基础设施可为其提供污染处理保证。固体废弃物污染企业对城市交通基础设施更为敏感。排放强度模型中D_road系数为负，即排放强度大的企业趋于靠近公路分布；排放绝对值模型中D_port显著为负，说明污染排放量大的企业具有靠近港口分布的特点，但排放强度D_port显著为正，这也说明由于其较高的生产效率，交通基础设施相较于环境成本对固体废弃物污染企业更为重要；D_rail和D_air排放强度显著为正，即排放强度小的企业更多的靠近货运枢纽与机场分布；与废气污染企业不同，Pop density显著为正，即固体废弃物排放大的企业所在的区域人口密度也较大，这类企业大多为劳动力密集型企业，对于劳动力的较高需求要求其靠近人口密集区分布，另外，固体废弃物运输集中处理，相对废水等污染企业，其对当地环境的影响也较小。d_SOE排污绝对值模型中显著为正，排放强度模型中显著为负，说明国有企业虽然排污量较大，但也具有较高的经济效率。

4 结论与讨论

本文利用2007年深圳市污染源普查数据，以污染企业为研究对象，分别探讨废水、废气和固体废弃物污染企业环境外部性及其城市内空间分布特征。研究发现，深圳污染企业大多分布在宝安区和龙岗区，并具有明显的靠近城市外围边界分布的特点；同时，废水污染企业具有明显的靠近城市外流河分布的特点。统计分析表明：环境外部性显著影响深圳污染企业空间分布，深圳废水与固体废弃物污染企业靠近城市外围边界分布，以此避免对城区的污染；相较于废气、固体废弃物污染企业，废水污染严重企业更多的选择靠近河流功能较低的外流河分布，尤其是城市跨界河流，以邻为壑的转移辖区内的环境负外部性。研究还发现，由于环境成本以及交通枢纽对环境的较高要求，相较于交通基础设施对外资企业等的吸引，废水和废气污染企业靠近交通基础设施枢纽分布的特征并不明显，固体废弃物出于污染物处理的需要，污染排放越大的企业越是靠近城市交通枢纽。企业属性、经营时间与污染企业空间分布格局也具有密切联系。国有废水污染企业存在排放量大但排放强度也大的特点，较长经营时间的企业为地方政府重要财政来源，地方政府放松对企业的环境规制以获得更多的财政收益。政策的默许也使企业获得了更多的污染物排放指标以及更小的环境成本，从而将影响污染企业空间分布。因此，相较于传统交通条件等区位要素，环境外部性显著影响了污染企业的空间分布。然而，以邻为壑的污染转嫁将更加不利于区域环境污染的改善。

协调城市经济发展与环境保护之间的矛盾是实现可持续发展的重要命题。而为转移环境负外部性,降低环境污染造成的损害,污染企业靠近城市外围边界和跨界河流分布。但单纯地将污染企业迁离城区并不能减少污染排放总量,以邻为壑的污染转移反而使得环境污染更加的隐蔽,使得跨界河流的治理更加困难,同时也将引起更多的社会冲突。因此,增强区域环境治理整体意识,完善区域环境管理的相关制度法规,避免流域河道成为转移负外部性的通道,对于提高环境治理成效尤为重要。同时,相较于交通通达性对于外资等企业的吸引,污染企业更多分布在环境成本较低的区域。污染企业的空间格局也显著影响了城市尤其是城市产业空间结构,这为转型期正确制定城市产业结构调整政策,对城市规划以及如何保证城市经济环境协调发展具有一定的指导意义。但是,本文主要从环境外部性视角研究污染企业的空间分布特征,而在城市内部,污染企业空间分布格局的形成机制是什么,政府环境规制、产业组织以及企业自身决策对其区位选择有何影响,这种环境规制对企业的污染排放行为的影响如何?这些问题都值得更加深入的研究。

参考文献(References)

- [1] 肖宏. 环境规则约束下的污染密集型企业越界迁移和治理[D]. 上海: 复旦大学, 2008. [Xiao Hong. The cross-border relocation of pollution intensive firms under environmental regulation and the governance [D]. Shanghai: Fudan University, 2008.]
- [2] Kahn M E. Domestic pollution havens: Evidence from cancer deaths in border counties. *Journal of Urban Economics*, 2004, 56: 51-69.
- [3] Sigman H. International spillovers and water quality in rivers: Do countries free ride? *American Economic Review*, 2002, 92(4): 1152-1159.
- [4] Sigman H. Transboundary spillovers and decentralization of environmental policies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2005, 50: 82-101.
- [5] Helland E, Whitford A B. Pollution incidence and political jurisdiction: evidence from the TRI. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2003, 46: 403-424.
- [6] Novel D P. The OTC challenge: Adding VOC controls in the Northeast. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 1992, 42(8): 1053-1056.
- [7] 曾文慧. 流域越界污染规制: 对中国跨省水污染的实证研究. *经济学(季刊)*, 2008, 7(2): 447-464. [Zeng Wenhui. Regulation on trans-boundary water pollution: A study on inter-judiciary river-basin pollution in China. *China Economic Quarterly*, 2008, 7(2): 447-464.]
- [8] Duvivier C, Xiong H. Transboundary pollution in China: A study of polluting firms' location Choices in Hebei province. *Environment and Development Economics*, 2011: 1-25.
- [9] 王宜虎, 陈雯, 陈江龙, 等. 江苏沿江地区工业企业环境压力的 LISREL 模型分析. *地理研究*, 2007, 26(4): 705-711. [Wang Yihu, Chen Wen, Chen Jianglong, et al. Analysis of the environmental pressures on industrial firms with LISREL model in the zone along the Yangtze River of Jiangsu Province. *Geographical Research*, 2007, 26(4): 705-711.]
- [10] 陈雯, Dietrich Soye, 左文芳. 工业绿色化: 工业环境地理学研究动向. *地理研究*, 2003, 22(5): 601-608. [Chen Wen, Dietrich Soye, Zuo Wenfang. The greening of industry: A research approach of industrial environmental geography. *Geographical Research*, 2003, 22(5): 601-608.]
- [11] McConnell V D, Schwab R M. The impact of environmental regulation on industry location decisions: The motor vehicle industry. *Land Economics*, 1990, 66(1): 67-81.
- [12] List J U S. County-level determinants of inbound FDI: Evidence from a two-step modified count data model. *International Journal of Industrial Organization*, 2001, 19: 953-973.
- [13] Keller W, Levinson, A. Environmental regulations and FDI inflows to U.S. States: The potential for a 'Race to the Bottom' of environmental stringency. Paper prepared for the ISIT99 Conference, 1999, June 4-5.
- [14] List, J., McHone, W. Measuring the effects of air quality regulations on "Dirty" firm births: Evidence from the

- neo- and mature-regulatory periods. *Papers in Regional Science*, 2000, 79(2): 177-190.
- [15] List J, McHone W, Millimet D. Effects of environmental regulation on foreign and domestic plant births: Is there home field advantage? *Journal of Urban Economics*, 2004, 56(2): 303-326.
- [16] Jeppesen T, List J A, Folmer H. Environmental regulation and new plant location decisions: Evidence from a meta-analysis. *Journal of regional science*, 2002, 42(1): 19-49.
- [17] 高爽, 魏也华, 陈雯. 环境规制对无锡市区污染密集型制造业区位选择的影响. *湖泊科学*, 2012, 24(6): 883-890. [Gao Shuang, Wei Yehua, Chen Wen. Effects of environmental regulation on location choice of pollution-intensified manufacturing enterprises in Wuxi City. *Journal of Lake Sciences*, 2012, 24(6): 883-890.]
- [18] 沈静. 环境管制影响下的佛山陶瓷产业区位变动机制. *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.]
- [19] 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. *地理研究*, 2011, 30(5): 902-912. [Gao Shuang, Wei Yehua, Chen Wen, Zhao Haixia. Study on spacial- 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.]
- [20] 王立平, 管杰, 张纪东. 中国环境污染与经济增长: 基于空间动态面板数据模型的实证分析. *地理科学*, 2010, 30(6): 818-825. [Wang Liping, Guan Jie, Zhang Jidong. Environmental pollution and economic growth in China: A dynamic spatial panel data model. *Scientia Geographica Sinica*, 2010, 30(6): 818-825.]
- [21] 陆大道. *中国工业布局的理论和实践*. 北京: 科学出版社, 1990. [Lu Dadao. *Theory and Practice of China's Industrial Layout*. Beijing: Science Press, 1990.]
- [22] 张华, 贺灿飞. 区位通达性与在京外资企业的区位选择. *地理研究*, 2007, 26(5): 984-994. [Zhang Hua, He Canfei. Locational accessibility and location of foreign enterprises in Beijing. *Geographical Research*, 2007, 26(5): 984-994.]
- [23] Lee K S, Banque mondiale. The location of jobs in a developing metropolis: patterns of growth in Bogota and Cali, Colombia. World Bank, 1989.
- [24] Alfred Weber. *Theory of the Location of Industries*. Chicago: University of Chicago Press, 1929: 102-112.
- [25] Smith D M. *Industrial Location: An Economic Geographical Analysis*. New York: Wiley, 1981.
- [26] Wu F. Modelling intrametropolitan location of foreign investment firms in a Chinese city. *Urban Studies*, 2000, 37(13): 2441-2464.
- [27] 贺灿飞, 魏后凯. 信息成本、集聚经济与中国外商投资区位. *中国工业经济*, 2001, (9): 38-451. [He Canfei, Wei Houkai. Information costs, cluster economies and FDI location in China. *China Industrial Economy*, 2001, (9): 38-45.]
- [28] He C. Location of foreign manufacturers in China: Agglomeration economies and country of origin effects. *Papers in Regional Science*, 2003, 82(3): 351-372.
- [29] Fu J. *Institutions and investments: foreign direct investment in China during an era of reforms*. University of Michigan Press, 2000.
- [30] Levinson A. Environmental regulations and manufacturers' location choices: Evidence from the census of manufactures. *Journal of Public Economics*, 1996, 62(1): 5-29.
- [31] 楚波, 梁进社. 基于OPM模型的北京制造业区位因子的影响分析. *地理研究*, 2007, 26(4): 723-734. [Chu Bo, Liang Jinshe. Studies on the location factors' impacts of manufacturing industry in Beijing with Ordered Probit Model. *Geographical Research*, 2007, 26(4): 723-734.]
- [32] 孟晓晨, 石晓宇. 深圳“三资”制造业企业空间分布特征与机理. *城市规划*, 2003, 27(8): 19-251. [Meng Xiaochen, Shi Xiaoyu. The spatial distribution of fdi manufacturers in shen zhen city. *City Planning*, 2003, 27(8): 19-25.]
- [33] Lambert D M, McNamara K T. An application of spatial poisson models to manufacturing investment location. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2006, 38(1): 105-121.
- [34] Holl A. Manufacturing location and impacts of road transport infrastructure: Empirical evidence from Spain. *Regional Science and Urban Economics*, 2004, 34(3): 341-363.
- [35] Ihlanfeldt K R, Raper M D. The intrametropolitan location of new office firms. *Land Economics*, 1990, 66(2): 182-198.
- [36] Banister D, Berechman J. *Transport Investment and Economic Development*. London: UCL Press, 2000.
- [37] 陈江龙, 陈雯, 王宜虎, 等. 太湖地区工业绿色化进程研究: 以无锡市为例. *湖泊科学*, 2006, 18(6): 621-626. [Chen

- Jianglong, Chen Wen, Wang Yihu et al. Development of the greening of industry firms in Taihu Basin: A case study in wuxi. *Journal of Lake Sciences*, 2006, 18(6): 621-626.]
- [38] Hua Wang, Nlandu Mamingi, Benoit Laplante, et al. Incomplete enforcement of pollution regulation: Bargaining power of Chinese factories. Development Research Group, World Bank, 2002.
- [39] Taguchi H, Murofushi H. Evidence on the interjurisdictional competition for polluted industries within China. *Environment and Development Economics*, 2010, 15(3): 363-378.
- [40] 贺灿飞, 高翔, 潘峰华, 等. 城市可持续发展和企业的环境行为: 对昆明市企业环境行为的分析. *城市发展研究*, 2010, 17(7): 29-35. [He Canfei, Gao Xiang, Pan Fenghua et al. A comparative study on popularizing mode for energy efficiency retrofit for existing residential building in China. *Urban Study*, 2010, 17(7): 29-35.]

Environmental externalities and the location of polluting firm in intra-city: A case study of Shenzhen, China

ZHOU Yi^{1,2}, HE Canfei^{1,2}, WANG Rui³, WANG Jieyu⁴

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Peking University-Lincoln Institute Center for Urban Development and Land Policy, Peking University, Beijing 100871, China; 3. Luskin School of Public Affairs, University of California at Los Angeles, CA, USA; 4. School of Urban Planning and Design, Shenzhen 518055, Guangdong, China)

Abstract: With the rapid development of urban economy, China's urban environmental quality has become a global concern. Based on the data from the 2007 survey of pollution sources in Shenzhen, this paper explored the role played by environmental externalities in the intra-city space distribution of polluting enterprises. We found that polluting enterprises were located close to regions with lower environmental costs. Water and solid polluting enterprises were located significantly close to the city boundary but away from Hong Kong and Shenzhen Special Economic Zone so that they would not contaminate the central city and expand the negative environmental externalities to adjacent cities. Different polluting enterprises have significantly different space distribution characteristics. Water polluting enterprises were likely to be located near outflow rivers, which pollutes the cross-border river basins even more severely. Polluting enterprises were not likely to be located close to the transportation infrastructures because of the environmental costs. Ownership and operation time of enterprises have impact on pollution abatement to a certain extent. Therefore, the adjustment of the industrial layout in the transitional economy should take into account the integrity of the regional environment so that cross-border rivers would not become victims of negative externalities. This study sheds light not only on the policies of industrial structure adjustment but also on the location theory, which enlightens coordinated development of urban economy and environment.

Key words: environmental externality; spatial distribution; polluting enterprises; Shenzhen