

产业集聚对城市生态环境的影响和演变规律

——基于2003—2013年数据的实证研究

刘习平¹ 盛三化²

(1. 湖北经济学院 碳排放权交易湖北省协同创新中心 湖北 武汉 430205;

2. 三峡大学 经济与管理学院 湖北 宜昌 443002)

摘要: 扩展了STIRPAT模型,测算出了中国286个地级及以上城市2003—2013年的产业集聚度、城市污染综合指数和环境规制水平,并探讨了城市产业集聚对城市环境的影响。产业集聚对城市环境的影响并不是简单地增加城市污染或减少城市污染的线性关系,而是存在着某个临界点,实证检验表明城市产业集聚对城市环境的影响呈现出“U”型演变的规律,产业集聚度的对数3.1161为拐点。基于此,提出了产业集聚生态化发展模式观点,包括生态工业园区发展模式和城市功能分区发展模式,使得产业在集聚过程中促进经济增长,但污染排放并不相应增加,从而产业集聚、经济增长与生态环境之间呈现一种良性互动关系。此外,合理控制城市人口规模、提高环境规制水平以及优化产业结构也是改善城市环境的重要途径。

关键词: 产业集聚; 城市环境; 影响; 演变规律

文章编号: 2095-5960(2016)05-0090-11; 中图分类号: F299.231; 文献标识码: A

一、引言

所有具有经济活力的地区都是产业集聚高度发达的地区,产业集聚与城市经济增长间的相关性日益明显(Henderson 2003)^[1]。过去,人们大多关注产业集聚所带来的经济效益,更多地研究了产业集聚对经济增长的影响,对于产业集聚所带来的环境问题关注比较少。随着可持续发展理念日益深入以及中国城市经济规模的扩大,有必要特别关注产业集聚所带来的环境问题。中国正处在工业化和城镇化快速发展的时期,产业集聚作为一种最具活力的空间组织形态,在一定时间内还会得到强化,生产要素向城市集聚的驱动力还将长期存在。同时,关注城市生态环境状况又是城市实现可持续发展的坚实保障,因此研究城市产业集聚对城市环境的影响对于城市经济的发展意义重大。

关于产业集聚对城市环境的影响,一部分研究认为产业集聚是造成城市群地区水资源短缺、土地占用、土壤退化、大气污染、生物多样性减少等一系列生态环境问题的主要原因之一(Frank 2001^[2]; Verhoef 2002^[3]; 于峰,齐建国 2007^[4])。还有一些文献从开放视角探讨FDI流入的规律,认为产业集聚的区域多是FDI流入集中的区域(Brennery 2001)^[5]。根据“污染避难所”理论和“向环境标准底线赛跑”假说,FDI大量流入会带来产业集聚的负环境外部性问题(Verhoef 2008)^[6]。也有相反的观点认为产业集聚具有正的环境外部性,例如产业集聚带来的技术扩散与知识外溢为企业采用环保型生产技术提供了可能(Hosoe et al. 2006)^[7]。集聚会引发竞争效应、技术进步及扩散,从而提升环境质量(陆铭,冯皓 2014^[8]; 杜震,卫平 2014^[9])。同时,市场竞争的压力将使得企业更加重视环境问题从而提升社会信誉(闫逢柱

收稿日期: 2016-03-02

基金项目: 2015年湖北经济学院校级青年基金项目“基于资源环境约束视角下我国新型城镇化转型路径研究”(编号: XJ201501)阶段性成果。

作者简介: 刘习平(1984—),男,湖北公安人,博士,讲师,研究方向为资源环境经济学; 盛三化(1976—),男,湖南汉寿人,博士研究生,讲师,研究方向为资源环境经济学。

等 2011)^[10]。另外,还有学者认为,产业集聚与城市环境污染之间可能存在着相互交替的关系。在经济发展水平较低的阶段,人们的环保意识和环境规制水平较低,促进经济发展将不可避免地牺牲环境;但随着生活水平的提高,人们对环境质量要求更高,污染治理资金更充裕,环境质量会得到一定程度的改善(许和连,邓玉萍 2012)^[11]。在市场化较低的阶段,工业集聚的污染效应较大,资源消耗的速度超过资源再生速度和环境承载极限,将导致环境污染加剧(李筱乐 2014)^[12]。此外,还有一些研究表明并非产业的集聚程度越高,产生的经济社会和环境效益越高,当产业高度集中,超过了该区域的环境承载力时,集聚所带来的环境负外部性增强(Duc 2007)^[13]。产业集聚如果仅提高了生产效率和扩大了生产规模,而对环保节能过程并无改进,将导致更多污染(张可,汪东芳 2014)^[14]。还有观点认为,生态环境的恶化并不是产业集聚本身造成的,而是粗放型的生产方式等其他原因造成的,所以不同的集聚程度可能对应不同的污染效应,它受到发展理念、环境政策和技术水平等因素的影响(盛广耀 2009)^[15]。

通过对这一问题研究结论的回顾,笔者认为,产业集聚对城市环境的影响可能不是简单地增加城市污染或减少城市污染的线性关系,而且存在着某个临界点,因为产业集聚与人口集中和城市化是相伴而生的。很显然,随着产业集聚度的增加,人口过度集中必将会超出该城市环境承载力,导致整个生态环境系统的破坏(Vernon 2003)^[16]。已有一些学者非常关注与产业集聚相伴而生的城市规模扩大而带来的“城市病”问题,认为“城市病”会出现种种后果。根据笔者的研究,产业集聚对城市环境的影响存在着正效应和负效应。正是这些效应的交互作用,才使得这一问题变得复杂起来。本文试着对这一问题进行深入研究,构建了理论框架,并从实证上进行检验,以便给我国现阶段城市化进程中的产业布局和可持续发展提供借鉴和指导。

以上文献对本文的研究提供了有益的借鉴和参考,相比于已有研究,本研究具有如下特色:(1)本文测算了产业集聚度、城市污染综合指数和环境规制水平,在计量指标选取中大大降低了选取单一指标进行计量分析而产生的偏误。(2)扩展了STIRPAT模型,由于产业集聚和环境规制对城市环境会产生影响,因此本文在STIRPAT模型中加入了反映产业集聚和环境规制的变量。(3)以往的研究缺乏产业集聚对城市环境影响的机理分析,理论上还不够深入和系统,本文构建了产业集聚对城市环境影响的理论体系,并使用地级市数据从实证上进行了验证,具有一定说服力。(4)提出了城市产业集聚的生态化发展模式。

二、产业集聚对城市环境的影响效应

(一) 正效应(减少环境污染)

产业集聚对城市环境影响的第一个正效应可称之为技术效应。城市化通过产业集聚的技术溢出效应提高能源使用效率(Lucas 1988)^[17],减少环境污染。由于技术效应存在边际技术递减的规律,所以在产业集聚程度较低的阶段,技术效应能够有效地改善城市环境,但随着产业集聚程度的增加,技术效应改善城市环境的作用逐步减弱(Liu 2009)^[18]。第二个正效应可称之为共生效应。产业集聚使得关联企业之间综合利用原料、能源以及“三废”资源,减少污染排放(冯薇 2006)^[19]。当前已有很多城市建设了生态工业园区,城市规划中也考虑了分区建设,将工业区与商业和居住区分开,这在一定程度上有利于资源综合利用以及废弃物的合理处置,从而改善环境质量。第三个正效应可称之为规制效应。产业集聚能够促进经济增长,随着人民收入水平的提高,环保意识增强,这将迫使政府提高环保标准,促进严格的环境规制,有利于环境质量的提高。规制效应很难量化,也不是单向的。在早期阶段,经济发展水平较低,当地政府为了促进本地经济发展,可能会忽视城市环境的生态保护,在后期,随着人民收入水平的提高和环保意识的增强,政府可能会实施较严格的环境管制,从而有利于改善城市环境质量。

(二) 负效应(城市环境污染增加)

产业集聚对城市环境影响的第一个负效应可称之为扩张效应。城市产业集聚带来城市规模的扩张,生产的扩大和消费总量的上升,会增加原材料的消耗,导致污染物呈递增态势增加。第二个负效应可称之为密集效应。以第二产业为主的都市生产方式消耗更多的资源和能源,排放更多的废弃物和污染物。随着城市化和工业化步伐的加快,城市污染物的排放还会逐步增加,加之受城市空间所限,产业集聚所带来的污染排放是递增的。第三个负效应可称之为锁定效应,即当前的环境质量会影响后期的环境质量。

马歇尔曾指出当一个产业在某个地方出现后,就趋向于在这个地区长时间发展^①,从而产生类似于锁定效应的结果。污染密集型企业短时间内可能不会搬迁,会加重当地城市环境污染,形成循环累积的环境负面效应。同时,当一个城市生态环境达到所能承载的环境容量时,环境恶化程度会进一步加剧。

(三) 演变特征

就产业集聚对城市环境的正效应而言,技术效应和共生效应起主导作用,由于技术效应具有边际技术递减规律,所以产业集聚对城市环境的正效应呈现出以下特点:产业集聚程度较低的阶段,产业集聚能够有效地减少污染,但随着产业集聚程度的提高,产业集聚带来的减少污染排放的作用逐步减弱。

就产业集聚对城市环境的负效应而言,扩张效应和密集效应起主导作用,由于扩张效应和密集效应都会导致污染排放物以递增的速度增加,所以产业集聚对城市环境的负面影响呈现出以下特点:产业集聚程度较低的阶段,产业集聚所带来的污染排放量较少,但随着产业集聚程度的提高,产业集聚带来的污染排放量以递增的速度增加。

我们用横轴表示产业集聚,纵轴表示环境污染,产业集聚对城市环境的正效应是一条从左上方向下倾斜的曲线,呈单调递减趋势;产业集聚对城市环境的负效应从左下方向右上方倾斜,呈单调递增的趋势。因此,在这两种效应的综合影响下,产业集聚对城市环境的影响呈现出先递减然后递增的“U”型趋势。

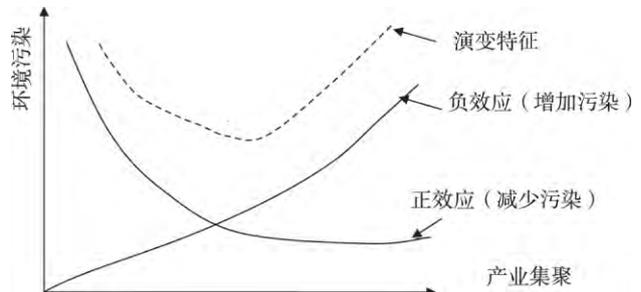


图1 产业集聚对城市环境的影响效应

三、相关指标的测算和说明

(一) 城市产业集聚度

关于产业集聚水平的度量,一些学者用行业集中度、赫芬达尔指数、空间基尼系数、空间集聚指数等作为产业集聚程度的指标。这几种指标选取的方法各有各的特点,也有各自的局限性。因为本文是从地级以上城市层面进行的研究,基于对数据可获得性的考虑,采用与 Henderson 等(1995)^[20]、Fan 和 Scott (2003)^[21] 相同的做法,选取区位商(LQ)表示产业集聚的程度和水平。

假设 x_{ij} 表示第 j 个城市第 i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 个行业的就业人数, X_i 是全国第 i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 个行业的就业人数^②。则城市 j 的 LQ 的计算公式为:

$$LQ_j = \sum_{i=1}^n [(x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}) / (X_i / \sum_{i=1}^n X_i)] \quad (1)$$

LQ_j 的值越大,说明城市 j 的产业集聚水平越高。从计算的产业集聚度来看,省会城市和直辖市的产业集聚度一般较高,这主要是因为省会城市和直辖市经济发展的基础较好,吸引更多的企业入驻,形成了规模经济。有些城市的产业集聚度开始降低,主要是一些产业集聚程度较高的城市,如北京、天津、呼和浩特等。可能的原因是,城市产业集聚程度的提高导致人口和产业过度集中,已经超出了城市所能承载的环境容量,带来生产成本的上升,因而一些产业选择迁出。同时,政府也提高了环保标准,使得一些高耗能的企业由于门槛限制被迫退出该城市。还有一些城市的产业集聚水平还在进一步提升,主要是一些产业集聚度较低的城市,这些城市正处在寻求产业集聚带来的规模经济的阶段。

(二) 城市污染综合指数

目前环境污染包括水污染、大气污染、固体废弃物污染等多方面,《中国城市统计年鉴》从2003年开始,报告了工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘三类污染指标。为了综合反映城市环境污染状况,本文利

①因为人们会发现与近邻之间从事相同的经济活动具有很大的优势。

②从2003年开始,共分为19个大的行业,包括农林牧渔业、采矿业、制造业、电力燃气及水的生产和供应业、建筑业、交通运输仓储及邮政业、信息传输计算机服务和软件业、批发和零售业、住宿餐饮业、金融业、房地产业、租赁和商业服务业、科学研究技术服务和地质勘查业、水利环境和公共设施管理业、居民服务和其他服务业、教育、卫生社会保障和社会福利业、文化体育和娱乐业、公共管理和社会组织。

用工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘排放量构建了环境污染综合指数 指数越大,说明污染越严重。环境污染综合指数计算如下:

首先 采用(2)式对各种污染物排放总量的原始数据进行无量纲化处理:

$$\bar{V}_{ij} = [V_{ij} - \text{Min}(V_j)] / [\text{Max}(V_j) - \text{Min}(V_j)] \quad (2)$$

其中, i 为城市, j 为污染物的种类, \bar{V}_{ij} 为标准化后的赋值, V_{ij} 为第 i 个城市第 j 种污染物排放量的初始值, $\text{Max}(V_j)$ 为第 j 种污染物的最大值, $\text{Min}(V_j)$ 为第 j 种污染物的最小值。

其次 采用层次分析法确定各种污染物在计算环境污染指数过程中所占的权重 这里参考已有的研究 确定工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘的权重分别为 0.40、0.36、0.24。

最后 根据(3)式对历年的环境综合指数进行计算:

$$POL_i = \sum_{j=1}^3 W_j \cdot \bar{V}_{ij} \quad (3)$$

POL_i 为第 i 个城市环境污染综合指数, W_j 为 j 种污染物的权重, \bar{V}_{ij} 为标准化后的赋值。

(三) 城市环境规制水平

目前 国内外学者主要从以下几个角度来度量环境规制:一是从环境规制政策上考察环境规制强度的高低;二是用治污投资占企业总成本或产值的比重来衡量^①;三是用治理污染设施运行费用来衡量^②;四是将人均收入水平作为衡量内生环境规制强度的指标^③;五是用环境规制机构对企业排污的检查和监督次数衡量^④;六是用环境规制下的污染排放量变化来度量^⑤。对于指标的选取 参照以往文献的做法 可供选择的指标通常包含各种代表性污染物的排放量 例如废水、废尘与二氧化硫的排放量等。《中国城市统计年鉴》从2003年开始 报告了工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘的排放量 本文选取工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘作为排放指标。基于指标的相对完善性和数据可得性的考虑 构造如下相对指标来度量环境规制水平 首先定义城市 i 第 l 种污染的相对排放水平:

$$pr_{li} = \frac{P_{li}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{lj}} \quad (4)$$

其中, pr_{li} 表示城市 i 第 l 种污染物的排放水平, p_{li} 表示城市 i 第 l 种污染物单位 GDP 的排放量, pr_{li} 的数值越大 表示城市 i 第 l 种污染物的排放水平越高。 n 表示城市的数量, $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{lj}$ 表示城市第 l 种污染物单位 GDP 的排放量的均值。由于本身 pr_{li} 是一个无量纲的变量 因此进行如下加总平均是有意义的:

$$REI_i = \frac{1}{3}(px_{1i} + px_{2i} + px_{3i}) \quad (5)$$

REI_i 为城市 i 的环境规制水平, 1、2、3 分别表示工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘这三种污染物。值得注意的是 这里 REI_i 的值越大 表明城市 i 的环境规制水平越低; REI_i 的值越小 表明城市 i 的环境规制水平越高。

四、实证检验

(一) 模型的设定和变量的选取

20世纪70年代, Erlich 和 Holdren 提出了环境影响决定因素的 IPAT 分析框架 将人类活动的环境压力分解为三部分 即 $I = P \cdot A \cdot T$ 其中 I 表示环境压力, P 代表人口因素, A 代表富裕度, T 代表技术水

①Gray(1987)、Berman&Bui(2001)和Lanoie et al.(2008)等采用了该指标。

②赵红(2007)和张成等(2010)等采用了该指标。

③Antweiler et al.(2001)等认为环境规制强度和收入水平之间的高度相关性;陆旸(2009)采用了人均收入水平作为衡量环境规制强度的内生性指标。

④Brunnermeier 和 Cohen(2003)等在研究中采用了该指标。

⑤Sancho et al.(2000)、Domazlicky 和 Weber(2004)等选择了该指标。

平^[22]。沿着IPAT分析框架, Dietz和Rosa在1994年发展出了STIRPAT模型, 加入随机性实现对城市化、产业结构等各种类型驱动因子对环境压力影响的分析^[23]。STIRPAT模型可表示为:

$$I_i = \alpha P_i^\beta A_i^\gamma T_i^\delta e_i \quad (6)$$

模型将环境影响 I_i 分解为人口(P_i)、富裕(A_i)、技术(T_i)的乘积; α 、 β 、 γ 、 δ 是要被估计的参数, e_i 是随机误差。IPAT等式实际上是STIRPAT模型的特殊形式($\alpha = \beta = \gamma = \delta = e_i = 1$)。下标 i 表明 I 、 P 、 A 和 T 在不同观测单元之间的变化。

本文认为, 产业集聚对城市环境会产生影响。同时, 环境规制程度也对环境产生影响。环境规制会抑制企业的排污行为(包群 2013^[24]; 黄茂兴等 2013^[25]), 同时过高的环境规制会影响企业的选址, 从而影响经济集聚(张可, 豆建民 2013)^[26]。因此, 笔者在STIRPAT模型的框架上加入了反应各城市产业集聚的变量和环境规制程度的变量, 因此方程可扩展变形为:

$$I_i = \alpha P_i^\beta A_i^\gamma T_i^\delta C_i^\omega E_i^\varphi e_i \quad (7)$$

上式(2)中, 用 C 来表示产业集聚, 用 E 表示环境规制水平, 其他变量和含义与(6)相同。将STIRPAT模型两边同时取对数, 可得模型的实证变换形式为:

$$\ln(I_{it}) = \alpha + \beta \ln(P_{it}) + \gamma \ln(A_{it}) + \delta \ln(T_{it}) + \omega \ln(C_{it}) + \varphi \ln(E_{it}) + e_{it} \quad (8)$$

其中 i 和 t 分别表示个体效应和时间效应。基于研究目的, 本文以 POL 代表环境污染水平; POP 代表人口数量; $PGDP$ 代表富裕程度; STR 代表技术水平; INC 代表产业集聚; ERI 代表环境规制水平, 由此得到本文实证分析的基本框架为:

$$\ln(I_{it}) = c + \beta \ln(POP_{it}) + \gamma \ln(PGDP_{it}) + \delta \ln(STR_{it}) + \omega \ln(INC_{it}) + \varphi \ln(ERI_{it}) + e_{it} \quad (9)$$

产业集聚对城市环境的影响可能不是简单增加城市污染或减少城市污染线性关系, 而且存在着某个临界点, 本文将产业集聚变量的二次项加入了方程中, 以此验证产业集聚与环境质量的“U”型关系是否成立, 因此本文的面板数据模型设定为:

$$\ln I_{it} = c + \alpha \ln(INC_{it}) + \beta (\ln INC_{it})^2 + \gamma \chi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

χ_{it} 为控制变量向量, 包括: 技术水平 STR 、人口 POP 和人均收入 $PGDP$, 控制变量中, 产业结构的变量采用第二产业占GDP的比值, 无须取对数处理, ERI 是指数, 也无须取对数, 人口 POP 和人均收入 $PGDP$ 取对数处理。 χ_{it} 可表示为:

$$\chi_{it} = (ERI_{it}, STR_{it}, \ln POP_{it}, \ln PGDP_{it}) \quad (11)$$

下面对本文所涉及的主要变量进行说明:

(1) POL 表示环境污染水平, 为了综合反映城市环境污染状况, 本文利用工业废水、工业二氧化硫和工业烟尘排放量构建了环境污染综合指数, 计算方法参见文章的第三部分, 指数越大, 说明污染越严重。

(2) INC 代表产业集聚度, 本文以19个行业为基础测算出了相关的产业集聚指数, 指数越大, 表明产业集聚度越高, 计算方法参见文章的第三部分, 这里计算的是相对产业集聚度。

(3) ERI 代表环境规制程度, 用文中第三部分测算的数据表示, ERI 的值越大, 表明该环境规制水平越低; ERI 的值越小, 表明该城市的环境规制水平越高。

(4) STR 代表技术水, 关于技术水平变量的选取问题, 学者们通常选取能够反映技术水平的变量包括碳排放强度、二三产业比重等。考虑到改革以来, 我国产业结构发生了很大的变化, 本文利用第二产业产值占当年GDP的比重来表示。一般而言, 第二产业所占的比重越大, 污染越严重。

(5) POP 代表人口数量的指标, 用各城市年末总人口表示, 总人口的单位为万人。一般来说, 人口越多, 环境污染程度越大。

(6) $PGDP$ 为人均收入, 用各城市地区生产总值除以年末总人口, 人均收入的单位是万元/人。地区生产总值以2003年为基准, 通过价格指数进行平减, 以消除价格因素的影响, 得到实际人均GDP。

本文以地级及以上城市为研究单位, 选取286个城市统计资料^①, 数据来源于2003—2013年《中国城

①由于西藏地区的数据整体缺失, 因此本文所选取的样本数据不包括拉萨市。

市统计年鉴》。本文所采取的都是市辖区数据,虽然对于污染排放量,《中国城市统计年鉴》只报告了全市的数据,但就本文所选取的污染变量而言,选取全市污染排放的数据也具有一定代表性。

表1 变量设计和数据来源

变量	符号	名称	单位
环境污染指标	WAT	工业废水	万吨
	GAS	工业二氧化硫排放量	吨
	DUS	工业烟尘排放量	吨
解释变量	INC	产业集聚度	—
控制变量	ERI	环境规制水平	—
	POP	年末总人口	万人
	PGDP	人均GDP	元/人
	STR	第二产业占GDP的比重	%

(二) 实证结果及说明

本文相关统计变量的最大值、最小值、平均值和标准差等统计性质如下表所示:

表2 变量的描述性统计

变量	最大值	最小值	平均值	标准差
POL	0.96	0.01	0.12	0.11
lnINC	4.16	1.78	2.95	0.25
ERI	40.32	0.01	1.08	2.05
STR	0.91	0.07	0.52	0.15
lnPOP	7.35	2.65	4.56	0.78
lnPGDP	12.45	6.62	9.89	0.78

对于面板数据,一般采用固定效应和随机效应,由于本文所采用的数据截面的样本比较大,时间短,因此适用于固定效应模型,通过hausman检验,也支持采用固定效应模型。同时,考虑到异方差的问题,采用截面加权估计法(cross-equation weighting)进行估计,以减少或消除截面的异方差问题。

表3 固定效应和随机效应检验

检验总结	卡法统计	卡方自由度	概率	结论
截面随机样本	24.7496	5	0.0002	固定效应模型

表4是计量分析的结果,本文设定了四种模型来检验结论的可靠性。通过模型1可以看出,产业集聚变量的一次项和平方项的系数分别为-0.0571、0.0092,且都在1%的显著性水平上通过了检验。模型2在模型1的基础上添加了表示产业结构的变量,产业集聚变量的一次项和平方项的系数分别为-0.0571、0.0093,产业结构变量的系数为0.0419,且都在1%的显著性水平上通过了检验。模型3在模型2的基础上添加了表示人口的变量,产业集聚变量的一次项和平方项的系数分别为-0.0540、0.0086,产业结构和人口变量的系数分别为0.0411、0.0355。模型4在模型3的基础上添加了环境规制程度的变量,产业集聚变量的一次项和平方项的系数依然分别为一负一正。模型5在模型4的基础上加入了人均GDP,其他各变量系数的正负号没有发生改变,但产业集聚变量的一次项和平方项发生了系数一些改变,而且产业结构变量的系数也发生了较大改变,可能的原因是产业集聚与人均GDP之间存在着相关性,因为产业集聚促进经济增长,导致经济规模的扩大,从而引起污染排放的增加。模型6和模型7通过剔除人均GDP的变量后,与模型1、模型2、模型3的结果基本一致,各系数都通过了显著性检验。通过模型1、模型2和模型3可以看出,产业集聚变量的一次项系数为正,二次项系数为负,因此验证了理论分析所提出了产业集聚对城市环境影响呈现出“U”型规律的观点。

表4 实证结果

解释变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7
常数项	0.1989*** (0.0272)	0.1792*** (0.0305)	0.0095 (0.0311)	-0.0508* (0.0285)	-0.2554*** (0.0214)	0.1469*** (0.0311)	0.0088* (0.0310)
lnINC	-0.0571*** (0.0119)	-0.0583*** (0.0208)	-0.0540*** (0.0154)	-0.0349* (0.0175)	-0.0341** (0.0128)	-0.0455** (0.0214)	-0.0526*** (0.0177)
(lnINC) ²	0.0092*** (0.0024)	0.0093*** (0.0036)	0.0086*** (0.0029)	0.0056** (0.0031)	0.0054** (0.0023)	0.0079** (0.0035)	0.0078*** (0.0032)
STR		0.0419*** (0.0043)	0.0411*** (0.0043)	0.0425*** (0.0041)	0.0132*** (0.0044)	0.0458*** (0.0042)	0.0344*** (0.0028)
lnPOP			0.0355*** (0.0022)	0.0367*** (0.0023)	0.0279*** (0.0019)		0.0415*** (0.0048)
ERI				0.0148*** (0.0008)	0.0230*** (0.0007)	0.0136*** (0.0006)	
lnGDP					0.0261*** (0.0005)		
Ad-R ²	0.9725	0.9689	0.9711	0.9715	0.9713	0.9708	0.9709
截面数	286	286	286	286	286	286	286
观测值	3146	3146	3146	3146	3146	3146	3146
模型类型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型

注: 括号里的数据为标准误, **、*** 分别表示在 5%、1% 的统计水平上通过了显著性检验。

从分析的结果来看,我们还可以得出如下结论:一是代表产业结构变量的系数都为正,且都在 1% 的显著性水平上通过了检验,这说明我国城市的工业化是一种粗放的发展模式,工业的发展恶化了城市环境。二是城市人口变量的系数为正,在 1% 的条件下通过了显著性检验,说明城市人口越多,对城市环境污染越严重。三是加入人均 GDP,对整个模型的估计结果产生了较大影响,去掉该变量后,模型 1、模型 2、模型 3 的验证结果基本一致。一种原因可能是产业集聚与人均 GDP 之间存在着相关性,另外一种可能的原因是人均 GDP 与城市环境之间可能不是简单的线性关系。比如在人均 GDP 较低的阶段,人们可能不太重视生态环境,但随着人民收入水平的提高和环保意识的增强,政府可能会实施较严格的环境管制,从而有利于改善城市环境质量。

(三) 内生性检验

为了说明研究结论的稳健性,下一步进行模型内生性检验。内生性检验将所有解释变量当期项替换为滞后一期项,这里仍然采用双固定效应模型重新估计。

表5 内生性检验

解释变量	被解释变量为污染指数	被解释变量为污染指数(解释变量滞后一期)
lnINC	-0.0349* (0.0175)	-0.0245* (0.0158)
(lnINC) ²	0.0056** (0.0031)	0.0036* (0.0021)
STR	0.0425*** (0.0041)	0.0329*** (0.0035)
lnPOP	0.0367*** (0.0023)	0.0221*** (0.0017)
ERI	0.0148*** (0.0008)	0.0025*** (0.0006)
Ad-R ²	0.97	0.98
截面数	286	286
观测值	2288	2288
模型类型	固定效应模型	固定效应模型

注: 括号里的数据为标准误, **、*** 分别表示在 5%、1% 的统计水平上通过了显著性检验。

估计结果见表5,变量的滞后一期项与当期项存在较高的相关性,采用滞后一期变量进行估计后,回归结果在系数的显著性和方向上却是高度一致的,这也增强了本文研究的稳健性。

(四) 趋势特征

根据模型估计的结果,我国城市产业集聚对城市环境的影响呈“U”型规律,根据表4中的模型4,产业集聚变量的一次项和平方项的系数分别为-0.0349、0.0056,因此“U”型曲线的对称轴为 $\ln INC = 3.1161$,而其他几个模型的模拟结果也在附近,因此将3.1161作为城市产业集聚对城市环境的影响的拐点。以2013年为例,共有68个城市已经跨入到了“U”型曲线的右侧,处于产业集聚所带来环境

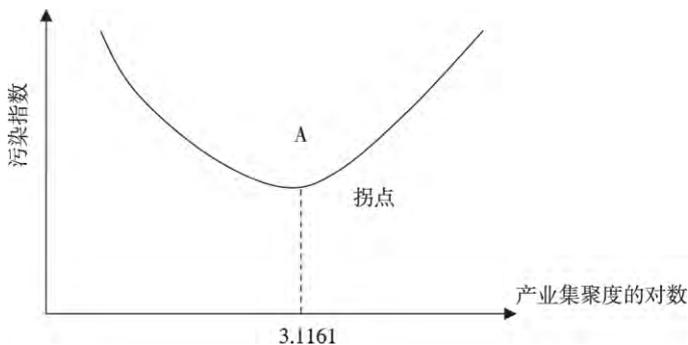


图2 演变特征

不经济状态。有218个城市还处在拐点的左侧,产业集聚与环境问题比较协调。

大庆市、北京市和东营市产业集聚已经达到较高水平,同时其带来的环境问题也日益严重;阳江市、惠州市、嘉峪关市产业集聚水平还处于比较低的阶段;周口市、长春市、昆明市产业集聚与环境问题比较协调;安庆市、忻州市刚刚跨过拐点,要特别重视产业集聚所带来的环境问题。

(五) 不同规模城市的产业集聚对环境的影响

为考察结论的稳健性,我们还对不同规模城市的产业集聚对城市环境的影响进行了检验,首先对286个研究对象按人口进行了分类,根据《全国中小城市发展报告(2010)》将市区常住人口小于50万的城市定义为小城市;50万至100万的定义为中等城市;100万以上,不满300万的城市定义为大城市;300万以上的定义为特大城市。按照此划分方法,可以把我国的286个地级及以上城市划分为特大型城市20个,大城市39个,中等城市81个,小城市146个。对于小城市而言,由于经济发展基础相对薄弱,城市产业集聚的特征还不是很明显,因此,按城市规模分类来研究小城市的产业集聚对环境的影响不具有代表性。基于以上考虑,本文选取了特大型城市、大城市和中等规模的城市进行分类研究。

表6 不同规模城市的计量结果

解释变量	特大型城市	大城市	中等城市
$\ln INC$	-2.2745*** (0.6015)	-0.5079*** (0.1951)	-0.1028** (0.0462)
$(\ln INC)^2$	0.3915*** (0.0998)	0.0779** (0.0305)	0.0198** (0.0092)
STR	0.0485 (0.0374)	0.0004 (0.0652)	0.0305*** (0.0089)
$\ln POP$	0.0741*** (0.0139)	0.0335** (0.0155)	0.0521*** (0.0059)
ERI	0.3458*** (0.0319)	0.0032*** (0.0004)	0.0935*** (0.0081)
$Ad - R^2$	0.9885	0.9432	0.9525
截面数	20	39	81
观测值	220	429	891
模型类型	固定效应模型	固定效应模型	固定效应模型

注:括号里的数据为标准误,***、**、*分别表示在5%、1%的统计水平上是显著的。

通过对不同城市规模的分类研究,我们可以发现特大型城市,大城市和中等城市产业集聚变量的一次项和二次项系数都分别为负和正,而且其他变量的系数都与预期的一致。这也说明了城市产业集聚对城市环境的影响呈现出“U”型演变规律的结论是可靠的。

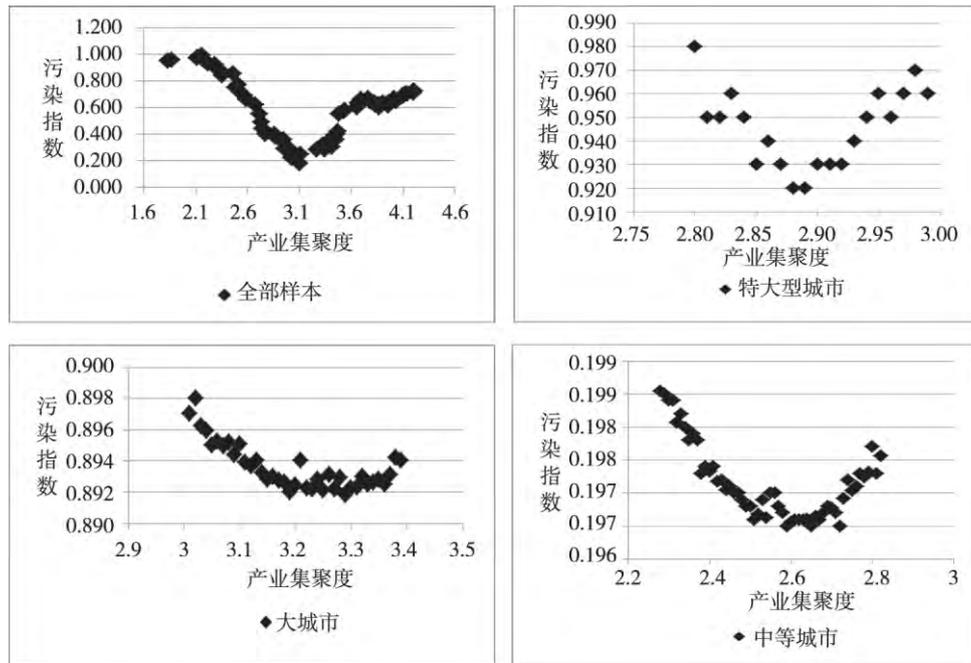


图3 不同规模城市产业集聚和污染指数之间的关系

五、产业集聚生态化

根据我们的理论和实证研究,城市产业集聚对城市环境的影响呈现出“U”型演变规律,当前,我国已有一部分城市已经跨入了拐点的右侧,那么,在其他条件不变的情况下,随着城市规模的扩大和产业集聚水平的提高,城市环境问题将会进一步恶化,产业集聚所带来环境不经济将会越来越明显。基于此,我们提出产业集聚生态化发展模式,使得产业集聚、经济增长与生态环境之间呈现一种良性互动关系。

(一) 发展理念

随着我国工业化和城镇化的加快推进,在一定时期内,生产要素向城市集聚的驱动力还将长期存在。在不考虑环境要素的情况下,产业集聚作为一种有效的发展模式,对推进产业成长、促进资源配置具有积极作用。但是,从城市可持续发展的角度来看,又必须兼顾经济增长和环境保护的关系。因此,我们提出产业集聚生态化的发展模式,即产业在集聚过程中促进经济增长,但污染排放并不相应增加,产业集聚与环境污染之间呈现“脱钩”发展,使得产业集聚、经济增长与生态环境之间呈现一种良性互动关系。根据前文的理论分析,产业集聚生态化的理念是加强正效应,降低负效应。

对于加强正效应而言,需要加强产业集聚发展的技术效应,并促使资源共生循环利用,提高环境规制水平,使得正效应曲线更趋近于横轴。对于降低负效应而言,就是使得产业在集聚过程中,资源消耗和环境污染增长的速率低于产业扩张的速度。产业的生态化、清洁生产,使得污染排放以低于产业集聚的速率增加。在图4中表现为负效应的斜率更小,线条更平坦,或者向下弯曲。

根据以上分析,产业集聚生态化使得负效应的斜率更小,线条更平坦,或者向下弯曲,正效应曲线更趋近于横轴。那么污染曲线不会随着产业集聚程度的提高而向上弯曲,而是基本与横轴平行的一条平缓的曲线,这样就会导致城市产业集聚推动经济增长的同时,污染排放保持在一定的水平上,而不是随着产业集聚水平的提高而增加(见图4)。

(二) 发展模式

产业不仅要集聚化,而且要向生态化方向发展,通过大力发展循环经济,采取生态工业园区发展模式和城市功能分区模式,从而实现污染排放的减少。

一是生态工业园区发展模式。从促进经济增长的角度看,产业集聚将会是一个大趋势,但产业集聚过程中要特别重视其对城市生态环境的影响。能够同时兼顾产业集聚和生态化发展的空间载体之一就

是生态工业园区。生态工业园区实现不同企业之间资源和能源的综合利用和传递,原料、能源和“三废”资源循环利用,提高经济效益,同时又减少对城市的污染。对于新创建的生态工业园区,要运用循环经济理论,按照生产者、消费者和分解者的功能引入企业和集聚产业。通过产业链和废物链的构建和完善、资源和废物的减量化等措施,大力发展生态产业。对于已有的工业园区,要用生态化的理念打造园区发展,实现产业集聚与生态化发展的有机结合。

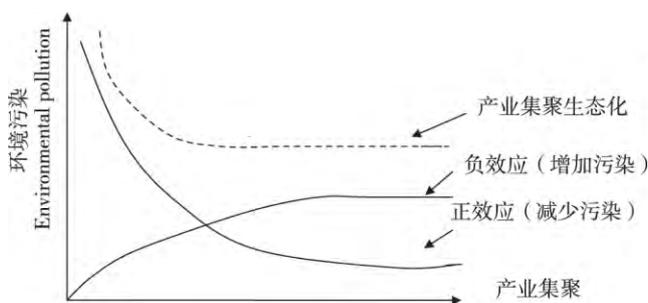


图4 产业集聚生态化

二是城市功能分区发展模式。城市是人口与产业集聚的空间载体,伴随着城市规模的扩大和产业结构的变化,内部功能逐步趋于分化。科学划分城市功能分区,一方面实现区域内部经济资源的集约性,实现城市经济资源价值最大化;另一方面把污染较严重的工业区与商业、行政、居住混合区分开,从而减少工业化和城镇化发展对城市居民生活带来的环境污染影响。对于新规划的城市,要把城市功能分区作为其中重要的内容,把工业区、居住区、商业区相应的分开。对于已经发展到一定规模的城市,要考虑将高污染的工业迁移出去,在产业集聚发展的基础上减少环境污染。

六、结论与建议

本文的主要结论是:(1)从理论上来看,产业集聚对城市环境的影响存在着正效应和负效应,正效应包括技术效应、共生效应和规制效应;负效应包括扩张效应、密集效应和锁定效应。正是这些效应的交互作用,使得产业集聚对城市环境的影响不存在简单的线性关系。(2)从实证上分析了产业集聚对城市环境的影响呈现出先递减然后递增的“U”型规律,而且有68个城市都已经步入到了“U”型曲线拐点的右侧,这类城市面临着产业集聚所带来的环境不经济状态。(3)产业集聚对城市环境的影响也取决于产业集聚的阶段和不同的集聚方式,未来城市的发展要提高产业集聚水平,同时要走产业集聚生态化发展之路,产业集聚与环境污染之间呈现“脱钩”发展,使得产业集聚、经济增长与生态环境之间呈现一种良性互动关系。

我们研究中的几点建议对于制定城市产业布局与可持续发展政策是重要的:(1)政府应加强城市产业集聚的培育与引导,以循环经济为理念构建生态工业园区,在发挥产业集聚规模效应的基础上实现清洁生产。同时,在城市规划中合理考虑城市功能分区,在产业集聚发展的基础上减少环境污染。(2)政府要通过制定循环经济相关法规和政策来优化城市产业集聚方式,使得经济增长的同时,污染排放保持在一定的水平上,而不随着产业集聚度的提高而增加。(3)此外,合理控制城市人口规模、提高环境规制水平以及优化产业结构也是改善城市环境的重要途径。

参考文献:

[1]Henderson J. V. Marshall's Scale Economies[J]. Journal of Urban Economics 2003(53) : 1 - 28.
 [2]Frank A. ,Moussiopoulos N ,Sahm P ,Bartonova A. Urban Air Quality in Larger Conurbations in the European Union[J]. Environmental Modeling & Software 2001(16) : 399 - 414.
 [3]Verhoef E. T. ,Nijkamp P. Externalities in Urban Sustainability - environmental versus Localization - type Agglomeration Externalities in a General Spatial Equilibrium Model of a Single - sectormonopolic Industrial city[J]. 2002(16) : 157 - 179.
 [4]于峰,齐建国. 开放经济下环境污染的分解分析[J]. 统计研究 2007(1) : 47 - 53.
 [5]Brennery T ,Weigeltz N. The Evolution of Industrial Clusters: Simulating Spatial Dynamics[J]. 2001(4) : 127 - 147.
 [6]Verhoef E. ,Nijkamp P. Urban environmental externalities ,agglomeration forces , and the technological dues ex machine [J]. Environment and Planning 2008(40) : 928 - 947.
 [7]Hosoe M. ,Naito T. rans - boundary Pollution Transmission and Regional Agglomeration effects - super[J]. 2006(85) : 99 - 120.

- [8]陆铭,冯皓.集聚与减排:城市规模差距影响工业污染强度的经验研究[J].世界经济,2014(7):86-114.
- [9]杜震,卫平.集聚经济、外部性治理与城市工业排放效率[J].城市问题,2014(10):23-28.
- [10]闫逢柱等.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].科学研究,2011(1):79-83.
- [11]许和年,邓玉萍.外商直接投资导致了中国的环境污染吗?[J].管理世界,2012(2):30-43.
- [12]李筱乐.市场化、工业集聚和环境污染的实证分析[J].统计研究,2014(8):39-45.
- [13]Duc T. A., Vachaud G., Bonnet M. P. et al. Experimental Investigation and Modeling Approach of the Impact of Urban Wastewater on a Tropical River: A Case Study of the Nhue River, Hanoi, Vietnam[J]. Journal of Hydrology, 2007(2):347-358.
- [14]张可,汪东芳.经济集聚与环境污染的交互影响与空间溢出[J].中国工业经济,2014(6):70-82.
- [15]盛广耀.城市化模式与资源环境的关系[J].城市问题,2009(1):11-17.
- [16]Vernon Henderson. The Urbanization Process and Economic Growth: the So - what Question [J]. Journal of Economic Growth 2003(8):47-71.
- [17]Lucas R. E. On the Mechanics of Economic Development[J]. Journal of Monetary Economics, 1988(22):3-42.
- [18]Liu, Yaobin. Exploring the Relationship between Urbanization and Energy Consumption in China Using ARDL(autoregressive distributed lag) and FDM(factor decomposition model) [J]. Energy, 2009(11):1846-1854.
- [19]冯薇.产业集聚与生态工业园的建设[J].中国人口.资源与环境,2006(3):51-55.
- [20]Henderson V. A. Kuncoro, M. Turner. Industrial Development in Cities [J]. Journal of Political Economics, 1995(103):1067-1090.
- [21]Fan C. C., A. J. Scott. Industrial Agglomeration and Development: A Survey of Spatial Economic Issues in East Asia and a Statistical Analysis of Chinese Regions [J]. Economic Geography, 2003(3):295-319.
- [22]Ehrlich P. R., Holdren J. P. Impact of Population Growth [J]. Science, 1971(171):1212-1217.
- [23]Dietz T., Rosa E. A. Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology [J]. Human Ecology Review, 1994(2):277-300.
- [24]包群.环境管制抑制了污染排放吗?[J].经济研究,2013(12):42-54.
- [25]黄茂兴.污染损害、环境管理与经济可持续增长[J].经济研究,2013(12):30-41.
- [26]张可,豆建民.集聚对环境污染的作用机制研究[J].中国人口科学,2013(5):105-116.

The Effect and Evolution Rule of Urban Industrial Agglomeration on Urban Environment

- based on test from 2003 to 2013

LIU Xi-ping¹, SHENG San-hua²

(1. Center of Hubei Cooperative Innovation for Emissions Trading System, Hubei University of Economics, Wuhan, Hubei 430205, China; 2. College of Economics & Management, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 44302, China)

Abstract: We expand the STIRPAT model and calculate industrial agglomeration, comprehensive polluting index and environmental regulation level about 286 prefecture-level cities from 2003 to 2013, mainly discusses the effect of urban industrial agglomeration to the urban environment. Industrial agglomeration effects on urban environment not there are simple linear relationship of increasing urban pollution or reduce the pollution of the city, but there is a certain critical point, the empirical test shows that urban industrial agglomeration effects on urban environment present a "U" shaped the evolution law of industrial concentration degree of logarithmic 3.1161 as a turning point. Based on this, this paper puts forward the ecological industrial cluster development mode, including ecological industrial park development pattern and urban functional zoning development mode, which makes industry agglomeration in the process of promoting economic growth, but the pollution emissions doesn't increase, industrial agglomeration, economic growth and ecological environment in a benign interaction among them. In addition, the reasonable control of the urban population scale, improvement of environmental regulation level and optimizing the industrial structure is an important way to improve the urban environment.

Key words: industrial agglomeration; urban environment; effect; evolution rule

责任编辑:张士斌