

产业集聚动态演化的污染减排效应研究

——基于中国地级市面板数据的实证检验

谢荣辉 原毅军*

摘要: 本文以产业集聚的环境外部性为切入点,利用2003–2012年中国279个地级市的面板数据,在区分专业化和多样化集聚的基础上,通过构建线性计量模型和面板门限模型,进一步从产业集聚动态演化的视角考察了集聚发展阶段变迁对污染减排的差异化影响。线性模型的结果表明,基于环境保护的角度,多样化集聚的发展模式优于专业化集聚。面板门限回归模型的结果显示,专业化集聚对环境污染产生了先抑制后促进的作用,两者之间呈现一种“U”型关系;多样化集聚的面板门限模型具有3个门限值,表明技术创新、专业的环保产业、闭合的物质循环系统,以及“拥堵效应”、路径依赖和结构僵化等因素的交替作用,使多样化集聚与污染减排的关系更为复杂。

关键词: 专业化集聚; 多样化集聚; 动态演化; 污染减排; 门限效应

一、引言

产业集聚是基于分工深化而形成的空间组织形式,不仅兼具了市场与企业的双重优势,且通过规模报酬递增效应和知识溢出效应等机制,在提升产业竞争力、优化资源配置和激励企业技术创新等方面发挥了积极作用,其对国民经济增长的贡献已成为各国经济发展的特征性事实。为了获得集聚效应、降低交易成本,中国大量企业选址于市场经济更为发达和活跃的沿海地区,东部沿海省份的工业企业总数在全国占比已由1978年的44.39%攀升至2008年的72.10%,虽受到2008年全球金融危机的冲击,该指标至2012年仍然高达64.58%。在产业集聚快速发展的同时,中国污染减排工作也初具成效。单位产出 SO_2 排放量自1980年的0.3520(万吨/亿元)降至2013年的0.0036。^②简单的数据分析显示,产业集聚与污染减排之间可能具有某种内在关联。

理论上,产业集聚对污染减排可产生三个层面的积极作用:第一,新地理经济学的相关

*谢荣辉,大连理工大学管理与经济学部,邮政编码:116023,电子信箱:sparking_rh@126.com;原毅军,大连理工大学管理与经济学部,邮政编码:116023,电子信箱:yjyuan@dlut.edu.cn。

本文受到国家社会科学基金重大项目“加快我国传统产业向中高端升级发展的微观机制和政策创新研究”(项目编号:15ZDA025)、国家社会科学基金重点项目“污染减排对产业结构调整倒逼传导机制及政策研究”(项目编号:11AZD029)和国家教育部博士点基金项目“中国污染减排政策的传导机制及有效性研究”(项目编号:20130041110040)的资助。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见。当然,文责自负。

②数据来源:作者根据历年《中国工业经济统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》计算得到。

研究认为,技术的外部性与企业间技术溢出是经济活动集聚的主要驱动力(师博、沈坤荣,2013)。而技术进步在污染治理中的关键作用已成为国内外学者的共识,大部分文献的研究结果均表明,环境污染程度随着技术水平的提高单调递减(Grossman and Krueger,1991),因此,旨在分享技术溢出效应的产业集聚提供了协同创新的环境,大大提高了清洁技术的研发效率,具备了促进污染减排的可能。第二,产业集聚能够为集群内的企业提供多种基础设施(周文,1999),其中便包括公共治污设施,甚至形成专门的环保产业。产业集聚不仅能够提供高度专业化的治污服务,且实现了污染治理的规模效应,显著降低了单个企业的平均治污成本。第三,在产业集聚的过程中,企业之间会因存在物质交换而呈现共生状态(Enrenfeld,2003),即一个企业的副产品或废弃物可能恰是另一个企业生产所必需的原材料或中间投入品,由此可在集群内形成物质资源的循环利用,从而减少污染排放。

鉴于此,本文运用2003-2012年中国279个地级市的面板数据,对产业集聚与污染减排的关系进行实证检验。接下来的结构安排如下:第二部分对产业集聚与污染减排的关系研究进行述评;第三部分是本文的研究设计及模型构建;第四部分首先对专业化和多样化集聚的污染减排效应进行了线性考察,继而就集聚的发展阶段变迁对污染减排的不同影响进行了门限检验和非线性估计;最后是本文的基本结论。

二、文献综述

根据集聚外部性是否来源于同一产业,产业集聚可划分为专业化集聚和多样化集聚两种模式,而哪一种模式对一个国家或城市的经济增长贡献更大,一直是学术界争论不休的问题。专业化集聚经济理论最早可回溯到Marshall的“产业区观点”(industrial district-argument)。他着重强调同行业的知识溢出营造了协同创新的环境,促进了创新效率的提高及企业信息成本的降低(Marshall,1920)。与此相反,Jacobs(1969)则认为重要的知识溢出往往来自于产业之外,互补知识在产业间的溢出更能促进创新搜寻,因此地理空间上的产业多样化集聚更有利于区域经济增长。以Marshall和Jacobs的理论为依据,学者们围绕专业化或多样化集聚对经济增长相对贡献的问题,从不同角度开展了大量的实证检验。基于区域经济增长的角度,孙晓华和周玲玲(2013)、Simonen等(2015)的研究结果均表明,适度的专业化和多样化均对区域经济增长发挥了积极作用,但受到城市规模和集聚结构等条件的影响。李金滢和宋德勇(2008)的研究则表明,多样化更能促进经济的城市集聚,这是因为生产者和消费者对于多样化城市的偏好存在着相互促进的自我强化的集聚机制。从产业发展的角度,Henderson等(1995)认为多样化集聚对高科技产业具有更大的吸引力,而专业化集聚更有利于成熟产业的发展。薄文广(2007)对中国的研究表明,专业化水平与产业增长负相关;多样化水平与产业增长之间具有非线性关系,随着多样化水平的不断提高,会对产业增长产生先抑制后促进的影响。基于技术创新视角的大部分文献认为多样化集聚具有更高的研发效率,显著促进了技术创新;而无论在产业层面还是企业层面,专业化集聚则具有对创新激励不足且高风险的劣势(Feldman and Audretsch,1999;Duranton and Puga,2000)。

近年来,随着环境污染问题的逐渐凸显,产业集聚作为重要的经济发展模式之一,其环境外部性问题亦得到越来越广泛的关注。部分学者验证了产业集聚发挥了正的环境外部性。Zeng和Zhao(2009)的研究证明了制造业集聚能够减轻“污染天堂”效应。Wagner和

Timmins(2009)认为化工行业的集聚效应是提高 FDI 流入的环境门槛的重要因素。另有学者则指出,产业集聚环境正外部性的发挥需要一定的条件。闫逢柱等(2011)运用面板误差修正模型考察了产业集聚与环境污染的关系,认为集聚发展只能在短期内有助于降低环境污染,而在长期内与环境污染之间并不具有必然的因果关系。师博和沈坤荣(2013)的研究表明,只有市场机制主导的产业集聚能够显著提高能源效率、改善环境质量,而政府主导型的产业集聚由于扭曲了资源配置,导致其抑制了能源效率的改进。李筱乐(2014)验证了工业集聚与环境污染的非线性关系,认为市场化水平是影响工业集聚环境外部性的重要因素:当市场化水平较低时,工业集聚会导致环境污染;随着市场化水平跨越较高的门限值,工业集聚则会改善环境。

由上述文献的梳理可知,一方面,已有文献验证了不同的集聚模式对资源配置、产业结构、技术创新等作用机制的差异,而关于其环境外部性的研究却并未区分不同的集聚模式以进行更深入的探讨;另一方面,现有文献多基于静态视角进行分析,而产业集聚的发展表现为一个逐渐推进的、周期性的演化过程,处于不同演化阶段的产业集群具有不同的特征(王宏起、王雪原,2008),因此亦可能产生不同的环境外部性,但现有文献尚未从产业集聚动态演化的视角分析其对污染减排的影响。基于现有文献的不足,本文将尝试从以下几个方面进行拓展:(1)专业化和多样化是产业集聚的两种不同模式。笔者猜想,两种集聚模式环境外部性的产生机理和作用机理也应不同。因此,分别对专业化和多样化集聚的环境外部性进行考察就显得尤为重要。(2)“集群生命周期”理论认为集聚处于生命周期的不同阶段,其在资源配置效率、研发效率、竞争程度、公共设施建设及企业间的合作等方面均呈现不同的特征(Eva et al., 2013; Mads and Torben, 2013)。因此,产业集聚与环境污染之间存在非线性关系的可能。本文从产业集聚动态演化的视角,运用面板门限模型考察了集聚发展阶段变迁所产生的不同的污染减排效应。(3)在中国问题的实证研究中,现有文献大多数使用中国省级面板数据,然而中国各省的面积普遍较大,导致省内各个地区和城市之间在经济发展水平、产业结构、资源禀赋等方面依然存在较大差异。因此,本文采用地级市数据,以更好的刻画不同城市的集聚发展对污染减排的相对贡献。

三、研究设计

(一)模型与研究方法

假设城市中的企业具有规模收益不变的生产技术,但受益于 Marshall 和 Jacobs 外部性。同时,由于污染具有负外部性,政府会设定一定环境规制水平(R)以控制污染排放,企业为了满足环境规制的要求而将 θ 份额的产出投资于污染治理。本文借鉴李筱乐(2014)模型思路,将两种集聚模式的集聚函数引入城市生产函数。因此,选址于城市 i 的企业 j 最终的实际产出为:

$$Y_{ij} = f\left(\sum_j L_{ij}\right) \cdot K_{ij}^\alpha L_{ij}^{1-\alpha} \cdot g\left(\sum_j L_{ij}, \dots, \sum_j L_{ij}\right) \cdot (1 - \theta) \quad (1)$$

(1)式中: Y_{ij} 是城市 i 中企业 j 的总产出, K_{ij} 和 L_{ij} 分别是该企业的资本和劳动投入量, $f(\cdot)$ 表示专业化集聚,是同行业总就业人员的增函数, $g(\cdot)$ 表示多样化集聚函数,是城市内每个行业就业人数的函数。

借鉴黄菁和陈霜华(2011)的方法,将企业排污函数设定为:

$$P_{ij} = A^{-1} \cdot f\left(\sum_j L_{ij}\right) \cdot K_{ij}^{\alpha} L_{ij}^{1-\alpha} \cdot g\left(\sum_j L_{1j}, \dots, \sum_j L_{ij}\right) \cdot (1-\theta)^{\beta}$$

$$= A^{-1} \cdot Y_{ij} \cdot (1-\theta)^{\beta-1} \quad (2)$$

(2)式中: $\beta > 1$,保证了生产在经济上的有效性,即总产出 Y_{ij} 在扣除生产过程污染排放 $Y_{ij} \cdot (1-\theta)^{\beta-1}$ 后还有剩余; $P'(\cdot, \theta) < 0, P''(\cdot, \theta) > 0$,表明生产过程的污染排放 $P_{ij} = P(A, Y, \theta)$ 为 θ 的减函数,即环境规制水平越高,污染排放越少。 A 表示技术进步,其与污染排放负相关。由于发展中国家的技术进步主要通过自主研发($R\&D$)和外资技术溢出(FDI)两种途径获得,因此技术进步函数可表述为:

$$A = h(R\&D, FDI) \quad (3)$$

进而,与之相对应的计量模型设置如下。为了避免异方差,对所有变量进行取对处理。

$$\ln pol_{it} = \alpha + \beta_1 \ln MAR_{it} + \beta_2 \ln JAC_{it} + \beta_3 \ln GDP_{it} + \beta_4 \ln IND_{it} + \beta_5 \ln RD_{it} +$$

$$\beta_6 \ln FDI_{it} + \beta_7 \ln REG_{it} + \varepsilon_t \quad (4)$$

(4)式中: pol_{it} 表示污染排放; MAR_{it} 为专业化集聚指标; JAC_{it} 为多样化集聚指标; GDP_{it} 表示经济发展水平; IND_{it} 表示产业结构特征; RD_{it} 表示研发投入; FDI_{it} 为外商直接投资; REG_{it} 表示环境规制水平; ε_t 为随机误差项。根据傅十和和洪俊杰(2008)的论证,产业集聚专业化程度和多样化程度之间并无线性关系,而是存在非线性关系。因此,在线性回归模型中同时包含这两个变量,并不会导致多重共线性。

进一步的,为了分别检验专业化集聚与多样化集聚的不同发展阶段的内在特征对污染减排的异质性影响,本文将线性模型扩展为非线性模型。传统检验变量间非线性关系的方法是引入核心变量的二次项,但此方法无法描述产业集聚的阶段性演化,从而无从分析其影响污染减排的非线性特征。因此,本文采用 Hansen(1999)发展的面板门限回归模型。模型构建如下所示:

$$\ln pol_{it} = \alpha_1 + \beta_{11} \ln MAR_{it} \cdot I(q_{it} \leq \gamma_1) + \beta_{12} \ln MAR_{it} \cdot I(q_{it} > \gamma_1) + \beta_3 \ln GDP_{it} +$$

$$\beta_4 \ln IND_{it} + \beta_5 \ln RD_{it} + \beta_6 \ln FDI_{it} + \beta_7 \ln REG_{it} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\ln pol_{it} = \alpha_2 + \beta_{21} \ln JAC_{it} \cdot I(q_{it} \leq \gamma_2) + \beta_{22} \ln JAC_{it} \cdot I(q_{it} > \gamma_2) + \beta_3 \ln GDP_{it} +$$

$$\beta_4 \ln IND_{it} + \beta_5 \ln RD_{it} + \beta_6 \ln FDI_{it} + \beta_7 \ln REG_{it} + \varepsilon_t \quad (6)$$

(5)、(6)式中: $I(\cdot)$ 为示性函数, q_{it} 表示门限变量, $\gamma_i (i=1,2)$ 为待估计的门限值,其他变量的含义不变。门限回归模型采用面板固定效应模型方法对门限值和参数值进行估计。得到门限估计值后,需进一步利用自举法(Bootstrap法)模拟似然比检验F统计量的渐进分布及其临界值(重复1000次),以检验门限效应的显著性和门限估计值的真实性。

对于是否存在“门限效应”,可以检验原假设 $H_0: \beta_{i1} = \beta_{i2}, i=1,2$ 。在此约束下所得到的残差平方和记为 SSR^* ,无约束的残差平方和记为 $SSR(\hat{\gamma})$,且 $SSR^* > SSR(\hat{\gamma})$ 。如果接受原假设,则不存在门限效应;若拒绝原假设,则表明存在门限效应。 $[SSR^* - SSR(\hat{\gamma})]$ 越大,则越倾向于拒绝原假设。

对门限估计值的真实性检验,可以利用似然比检验统计量 $LR(\gamma)$ 来计算 γ 的置信区间:

$$LR(\gamma) = [SSR(\gamma) - SSR(\hat{\gamma})] / \hat{\sigma}^2$$

其中, $\hat{\sigma}^2 = SSR(\hat{\gamma}) / n(T-1)$ 为扰动项方差的一致估计。

上文只介绍了单门限模型的设置和估计方法,双门限模型与多门限模型与之类似。限于篇幅,不再赘述。

(二) 变量选取及数据处理

本文选取 2003–2012 年中国 279 个地级市的面板数据^①, 原始数据主要来自历年《中国城市统计年鉴》。所有货币量均按相关价格指数调整为可比价格, 基期为 2003 年。变量的经济学涵义说明如下:

(1) 污染排放指标(pol_u): 选取各地级市工业 SO_2 排放量以衡量其环境污染状况。

(2) 相对专业化集聚指数(MAR_u): 对专业化集聚水平的衡量, 代表性的有区位商指数等。为了去除宏观层面的比较优势对地区专业化程度的影响, 且便于城市间的横向比较, 本文采用相对专业化指数测算城市专业化集聚水平。

$$MAR_i = \max_j (s_{ij}/s_j)$$

其中, s_{ij} 是城市 i 产业 j ($j=1, 2, 3$) 的就业人数占城市 i 总就业人数的比重, s_j 是产业 j 的就业人数占全国总就业人数的比重。具体而言, 选取工业中所包括的 3 个行业进行指标的测算, 即采矿业, 制造业, 电力、燃气及水的生产和供应业。相对多样化集聚指数的测算与此相同。

(3) 相对多样化集聚指数(JAC_u): 为了与相对专业化指数对应, 本文选用相对多样化集聚指数:

$$JAC_i = 1 / \sum_j |s_{ij} - s_j|$$

其中, s_{ij} 和 s_j 的含义同上。该指数越大, 表明城市的产业多样化程度越高。

(4) 控制变量: ①经济发展水平(GDP_u): 选用人均 GDP 衡量, 并用中国各省份历年的居民消费价格指数(CPI)进行相应的价格平减, 其中 CPI 数据来源于中经网数据库; ②产业结构特征(IND_u): 用城市第二产业产值占该市 GDP 的比重表示; ③研发投入(RD_u): 基于数据的可得性, 选取地方财政预算支出中科学技术支出的比重来衡量; ④外商直接投资(FDI_u): 选用当年实际使用外资额^②占城市 GDP 的比重来衡量。⑤环境规制强度(REG_u): 用 SO_2 去除率^③表示。

四、计量结果及分析

本文将上文中构建的计量模型式(4)、(5)和(6)分别记为模型 1、模型 2 和模型 3, 并进行内生性检验。结果表明, 模型 1 和模型 3 存在内生性, 而模型 2 通过显著性检验, 即不存在内生性。为了消除内生性给估计结果带来的偏误, 本文采用两步 GMM 方法对模型 1 进行估计, 而对模型 3 进行被解释变量滞后一期处理。

①在样本的时间窗口内, 中国地级市的行政区划发生了些微的变化, 为了统一口径, 本文剔除中卫市、陇南市、巢湖市、毕节市、铜仁市和三沙市的数据。由于拉萨市的数据缺失严重, 故其数据未包含在内。另外, 为了保证样本间的可比性, 北京、天津、上海和重庆 4 个直辖市的数据亦予以剔除。279 个地级市中, 数据缺失的样本均运用统计方法进行了缺失值处理。

②FDI 的原始单位为百万美元, 利用 2003–2012 年的中美年均汇率换算成以人民币为货币单位的相应数值, 再进行计算。

③《中国城市统计年鉴(2004–2011)》公布了工业 SO_2 的排放量和去除量的数据, 因此, SO_2 去除率 = SO_2 去除量 / (SO_2 排放量 + SO_2 去除量); 而 2012–2013 年的年鉴中公布了工业 SO_2 的排放量和产生量, 相应地, SO_2 去除率 = (SO_2 产生量 - SO_2 排放量) / SO_2 产生量。

(一)线性模型回归结果及分析

当变量存在内生性问题时,OLS 的估计结果会有偏误,而两步 GMM 估计不仅能有效解决内生性的问题,还能同时处理个体效应的影响,使估计结果更加准确。本文使用内生变量的滞后一期和滞后二期作为工具变量。回归结果见表 1 所示。

表 1 线性模型回归结果(模型 1)

表 1-1 Two-Step GMM 回归结果								
变量	lnMAR	lnJAC	lnGDP	lnIND	lnRD	lnFDI	lnREG	constant
估计结果	-0.0118 (0.0340)	-0.5923 *** (0.0543)	0.3746 *** (0.0422)	0.3241 *** (0.1127)	-0.1344 *** (0.0232)	-0.0297 * (0.0171)	0.0279 ** (0.0142)	-1.8819 *** (0.5477)
Hausman 检验:Chi2(8)= 18.96 (P=0.0151)					R ² =0.2438			

表 1-2 固定效应回归结果								
变量	lnMAR	lnJAC	lnGDP	lnIND	lnRD	lnFDI	lnREG	constant
估计结果	0.0609 (0.0417)	-0.0869 * (0.0515)	0.2046 *** (0.0290)	0.2028 * (0.1090)	-0.0215 *** (0.0060)	-0.0014 (0.0124)	-0.0606 *** (0.0088)	-0.6177 (0.3938)
Hausman 检验:Chi2(8)= 53.08 (P=0.0000)					R ² =0.1831			

注:(1)括号里的数字代表标准差;(2)***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上变量显著。

表 1 给出了分别用两步 GMM 方法和传统面板回归方法的估计结果。由表 1-1 和表 1-2 估计结果的对比分析可知,无论是拟合优度还是参数估计的显著性,两步 GMM 方法均优于固定效应模型,因此本文将着重对表 1-1 的估计结果进行分析。由表 1-1 可知:就本文所关心的产业集聚指标而言,相对专业化指数与环境污染负相关,但并未通过显著性检验;相对多样化指数亦与环境污染负相关,且在 1% 的显著性水平下显著,影响系数为 -0.5923,表明多样化集聚能够作为促进污染减排的有效手段。可见,基于环境保护的视角,线性模型的估计结果更加支持多样化集聚的发展模式。

中国的专业化集聚主要可分为两类,一类以一家或少数几家大型国有企业为主导,由于其垄断地位而普遍缺乏创新激励,加之其较大的市场势力易与政府形成制衡之势,地方政府可能因为利益驱使而放松环境管制,纵容企业的污染行为;另一类则主要由同质化的中小企业组成,以加工贸易、为外资企业贴牌生产为主,彼此临近、易于模仿,但缺乏广泛的前后向联系(张公嵬、梁琦,2010),这种“企业扎堆”的现象并非真正意义上的产业集聚,反而会导致重复建设、产能过剩和能源过度消耗。因此,专业化集聚尚未有效发挥减排效应。而多样化集聚更能充分发挥竞争效应,市场规律在资源配置中发挥了主要作用。企业为了提高竞争力而努力降低能源消耗和边际治污成本,而激烈的竞争将驱使企业间的联盟合作,从而企业间的环境技术外溢更加显著,大大提高了环境创新的效率而降低了创新风险,因此能够显著促进污染减排。

经济规模和产业结构均为造成环境污染的主要因素,这是因为传统重化工业在经济发展中仍占有重要地位,中国业已形成的高污染、高能耗的经济发展模式以及能源驱动的产业格局尚未改变。研发投入与环境污染负相关,影响系数为 -0.1344,再次证明了技术进步在污染减排中的关键作用。FDI 亦与环境污染负相关,影响系数为 -0.0297,表明中国并未成为发达国家的“污染避难所”。环境规制强度与环境污染正相关,这一结果与预期不符。这在一定程度上反映了中国现有环境规制体系尚不完善,规制强度普遍偏低,各地企业超排、

偷排现象屡禁不止,并未有效促进污染减排。

(二) 面板门限模型回归及结果分析

1. 门限效应检验

根据门限回归模型的原理可知,门限变量既可以是模型中的解释变量,也可以是其他的独立变量。Menzel 和 Fornahl(2009)指出产业集聚的演化发展可以从“量”和“质”两个维度进行衡量。“量”是指集群内的企业数量、就业人数等;“质”则指集群内知识、技术的多样性。由于“质”的维度难以定量测度,本文从“量”的维度选取能够衡量集聚发展阶段变迁的指标。根据空间经济学理论,新企业在城镇选址的目的是为了获取集聚经济效益,其结果是随着企业数量的不断增多,城镇规模也越来越大(孙祥栋等,2015)。因此,产业集聚是城镇产生和发展的主要驱动力,并决定了城市的规模(Au and Henderson,2006)。基于此,本文将城市规模的变迁视作产业集聚发展阶段演化的外在表现,从而选取城市人口数量作为门限变量。分别对单门限、双门限和三门限模型进行显著性检验,结果见表2所示。

表2 门限效应检验结果

门限变量:城市规模(<i>lncitypop</i>)				
门限检验	模型 2		模型 3	
	LR 检验统计量	门限值	LR 检验统计量	门限值
单门限	82.3136	5.7982 **	122.0056	5.7982 **
双门限	27.1978	6.0526	68.6356	4.6570 **
三门限	17.6725	6.4369	47.2448	5.6744 **

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上变量显著。

由表2可知,模型2通过单门限检验,城市规模(*lncitypop*)的LR统计量为82.3136,对应的Bootstrap-P值为0.0433^①,表明城市规模在5.7982处存在且仅存在单一门限,将样本内生性地分为两组;模型3通过三门限检验,*lncitypop*的LR统计量为47.2448,对应的Bootstrap-P值为0.0167,表明存在3个门限值,分别为4.6570,5.6744和5.7982,可将样本分为4组。

2. 面板门限回归结果及分析

表3报告了面板门限模型的回归结果。模型2中,专业化集聚与环境污染之间呈现一种“U”型关系,表明专业化集聚对环境污染产生了先抑制后促进的作用,且在城市人口为329.7056万人^②处出现拐点。当城市人口数量小于等于329.7056万人时,表明专业化集聚尚处于初步形成或成长阶段,有利于降低污染排放,影响系数为-0.1846;当城市人口数量跨越329.7056万人这一门限值后,专业化集聚规模不断扩张,演化至成熟或衰退阶段,此时对环境污染的影响系数变为0.1971,表明随着集聚规模的继续扩大,专业化集聚的“拥塞效应”超过集聚效应,增加了污染排放。这是因为,首先,在专业化集聚从形成到成长、成熟的发展过程中,集群内的资源配置不断优化,并吸引人才的集聚,为环境创新和技术创新带来了丰富的知识供给。人才之间的沟通、交流与合作促进了知识的溢出,尤其是企业环保知识和环

^①限于篇幅,表2中未列出相应的Bootstrap-P值,仅用星号(*)标注其显著性检验的结果。

^② $lncitypop = 5.7982$,故 $citypop = e^{5.7982} = 329.7056$ 万人,下同。

保技术的外溢,有助于激发“创新补偿”效应。其次,专业化集群内相同产业的生产活动将产生相同或相似的污染物,因此公共治污设施可实现污染治理的专业化操作和规模效应。此时,专业化集聚的集聚效应占主导地位,充分发挥了其环境正外部性。

表 3 面板门限模型回归结果

变量	模型 2	变量	模型 3
lnMAR	ln $citypop \leq 5.7982$ -0.1846 *** (0.0626)	lnJAC	ln $citypop \leq 4.6570$ -1.3032 *** (0.1360)
			4.6570<ln $citypop \leq 5.6744$ -0.2707 *** (0.0727)
			5.6744<ln $citypop \leq 5.7982$ -0.8323 *** (0.0843)
	ln $citypop > 5.7982$ 0.1971 *** (0.0610)		ln $citypop > 5.7982$ 0.1434 * (0.0779)
lnGDP	0.0185 (0.0156)	lnGDP	0.0474 *** (0.0143)
lnIND	0.2867 *** (0.1007)	lnIND	0.9531 *** (0.0918)
lnRD	-0.0450 *** (0.0081)	lnRD	-0.0483 *** (0.0061)
lnFDI	0.0018 (0.0085)	lnFDI	0.0080 (0.0079)
lnREG	-0.0555 *** (0.0091)	lnREG	-0.0127 (0.0083)

注:(1)括号里的数字代表稳健标准差;(2)***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上变量显著。

然而,集群内的各类资源都是有限而稀缺的,其承载能力亦不是无限扩大的。当集聚达到一定规模时,区内企业数量趋于饱和,进一步的扩张将使集群内的资源供给出现短缺,“拥挤效应”开始占主导地位。此时,集群规模接近极值,不断扩张的生产规模必然将产生更多的污染;但公共治污设施逐渐成为稀缺资源而导致企业间的过度竞争,新的设施又不可能在当期就迅速扩建,企业的治污成本上涨导致“偷排”、“超排”行为增多。另一方面,集聚效应的外部性开始逐渐减弱。在短期内,人们之间的交流有利于知识的传播和获得,但在长期内,同样一群人的集聚,有知识同化的倾向,所以时间将削弱知识外部性(梁琦,2005)。此时,企业为了生存而更可能增加产品创新或生产技术的研发投入,环境技术的创新活动则极有可能因资金短缺而被迫停止。因而,专业化集聚的环境正外部性逐渐被环境负外部性所抵消,表现为其对环境污染的影响由抑制作用变为促进作用。

多样化集聚演化的阶段性特征对环境污染的影响更加复杂。模型3的估计结果显示,4组子样本中多样化集聚指标的估计系数具有显著差异。当 $citypop \leq 105.3196$ 万人时,多样化集聚与环境污染呈负相关,影响系数为-1.3020;当 $105.3196 \text{ 万人} < citypop \leq 291.3135$ 万人时,多样化集聚依然对环境污染产生抑制作用,但影响系数变为-0.2707;当城市人口规模跨越第二个门限值而落入 $(291.3135, 329.7056]$ 区间时,多样化集聚对环境污染的抑制作用显著回弹,影响系数变为-0.8323;当 $citypop > 329.7056$ 万人时,多样化集聚对环境污染的影响方向发生突变,由抑制作用变为促进作用,影响系数为0.1434。

当城市规模较小,即落入 $[0, 105.3196]$ 的区间时,多样化集聚正处于初步形成阶段,集

群内的企业数量较少,企业间的合作关系和上下游关联未形成,尚不存在完整的价值链条。因此,较小的生产规模意味着较低的污染排放水平。此时,基础的污染治理设施或最先迁入集群内的环保企业足以满足这一阶段的治污需求。最先进入集群的企业获得了先动优势和超额利润,从而强烈吸引着外部厂商的进入。集群内不同行业的企业数量不断增加,多样化集聚加速扩张,集聚效应逐渐显现。该阶段中,多样化集聚依然具有正的环境外部性。企业间逐渐频繁的交流和技术合作促进了知识溢出。Ciccone(2002)指出,跨行业的知识外溢效应往往是重大创新的主要原因。因此,这一阶段的技术创新效率显著提高。然而,生产规模的扩大必然伴随污染排放量的攀升;而技术创新的成果转化存在一定的时间滞后,加之技术进步可能产生的“回弹效应”(Rebound Effect),即技术进步会扩大生产规模进而间接带动能源消耗攀升,使得技术进步的节能减排效应具有不确定性(Khazzoom,1980)。上述因素的综合作用,导致该阶段多样化集聚对减排的积极影响被大大削弱。

随着多样化集聚规模的进一步扩大,集聚效应带来的超额利润逐渐下降,企业数量的增加速度放缓,集聚规模趋于稳定,污染排放量亦收敛于某一特定值域。首先,企业之间在长期的竞争与合作中经过频繁的交流 and 人员流动,形成特定的协同创新路径,且经过前一时期的高效率的技术创新和积累,此时集群内已具有相对成熟和先进的技术,包括清洁生产技术和污染治理技术。其次,经过长期的发展,集群内的支持性产业已逐步完善,尤其是提供专业环保服务的企业。因此,多样化集聚已不仅限于公共治污设施的共享,而是形成了专门的环保产业,以进行专业化的污染治理,治污效率显著提高。再次,集群内不同类型企业间的关联更加密切,甚至呈现共生状态,一个企业产生的废弃物可能恰是另一个企业生产所必需的原材料或中间投入品,因而可以在集群内形成闭合的物质流,实现了废弃物的循环利用。

集群容量的渐进饱和将产生一系列的负外部性,如劳动力成本上涨、土地资源稀缺和环境污染等(Phelps and Ozawa,2003)。此时,“拥塞效应”逐渐超过集聚效应而占据主导地位。出于对有限资源的恶性竞争,原有的集聚企业将阻止新企业的进入和成长,以防止集群规模的进一步扩大。这种自阻碍机制同时阻止了新技术和新知识的进入,而将集群结构、知识溢出和技术创新等锁定在特定的路径上,企业只能接受过时的技术和知识(Martin and Sunley,2006),而失去了获得突破原有发展路径的机会,多样化集聚逐渐走向衰退。此时,多样化集聚的环境负外部性最终抵消其正外部性,环境质量开始恶化。

五、结论

随着中国市场经济体制的逐步完善和改革开放的不断深入,产业集聚成为拉动国民经济高速增长的重要发展模式。与此同时,中国的环境质量趋于恶化。2012年以来,在全国范围内集中爆发的严重雾霾天气,以及频频曝光的恶性污染事件,使中国的环境压力越来越大。因此,产业集聚发展的环境外部性问题逐渐得到学者们的关注。本文利用2003-2012年中国279个地级市的面板数据,在区分专业化和多样化集聚的基础上,从产业集聚动态演化的视角研究了集聚发展阶段变迁对污染减排的差异化影响。本文的结论如下:(1)两步GMM的估计结果表明,专业化集聚对环境污染的影响不显著,而多样化集聚能够有效促进污染减排。因为多样化的产业在地理空间的融合具有更显著的竞争效应,企业为了提高竞争力而努力降低能源消耗和边际治污成本;知识在互补产业间的溢出激发了不同主体之间知识的碰撞,增加了创新产出,更有助于“创新补偿”效应的实现。可见,基于环境保护的视

角,多样化集聚的发展模式优于专业化集聚。(2)专业化集聚与环境污染之间呈“U”型关系,即专业化集聚对环境污染产生了先抑制后促进的作用。当专业化集聚处于形成或成长阶段时,集群内环保知识、技术的外溢和集体学习,大大提高了清洁生产技术和节能治污技术的水平,而公共治污设施的共享实现了污染治理的规模效应。此时,专业化集聚有利于污染减排。当专业化集聚进一步演化、扩张,区内资源供给出现短缺,“拥塞效应”超过集聚效应,专业化集聚的环境正外部性逐渐被负外部性所抵消。(3)多样化集聚的阶段性演化对环境污染的影响更为复杂。当集聚初步形成时,较小的生产规模意味着较低的污染排放水平,因此,基础的治污设施足以满足此时的需求;进而,集聚规模的加速扩张导致污染排放量大幅攀升,加之技术进步可能产生的“回弹效应”,虽然仍具有环境正外部性,但其减排效应被大大削弱;随着集聚规模趋于稳定,污染排放量亦收敛于某一特定值域。此时,由于成熟的技术、专业的环保产业以及多样化产业间形成的物质循环系统等因素的综合作用,多样化集聚对污染的抑制作用再次得到充分发挥;最终,当集群的容量渐进饱和,过时的技术和僵化的结构将集聚锁定在既已形成的发展路径中,多样化集聚的衰退不可避免地导致了环境质量的恶化。

参考文献:

- 1.薄文广,2007:《外部性与产业增长——来自中国省级面板数据的研究》,《中国工业经济》第1期,第37-44页。
- 2.傅十和、洪俊杰,2008:《企业规模、城市规模与集聚经济》,《经济研究》第11期,第112-125页。
- 3.黄菁、陈霜华,2011:《环境污染治理与经济增长:模型与中国的经验研究》,《南开经济研究》第1期,第142-152页。
- 4.李金滢、宋德勇,2008:《专业化、多样化与城市集聚经济——基于中国地级单位面板数据的实证研究》,《管理世界》第2期,第25-34页。
- 5.李筱乐,2014:《市场化、工业集聚和环境污染的实证分析》,《统计研究》第8期,第39-45页。
- 6.师傅、沈坤荣,2013:《政府干预、经济集聚与能源效率》,《管理世界》第10期,第6-18页。
- 7.梁琦,2005:《空间经济学:过去、现在与未来》,《经济学(季刊)》第4期,第1067-1086页。
- 8.孙祥栋、郑艳婷、张亮亮,2015:《基于集聚经济规律的城市规模问题研究》,《中国人口·资源与环境》第3期,第74-81页。
- 9.孙晓华、周玲玲,2013:《多样化、专业化、城市规模与经济增长——基于中国地级市面板数据的实证检验》,《管理工程学报》第2期,第71-78页。
- 10.王宏起、王雪原,2008:《基于高新技术产业集群生命周期的科技计划支持策略》,《科研管理》第3期,第53-59页。
- 11.闫逢柱、苏李、乔娟,2011:《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》,《科学学研究》第1期,第79-83页。
- 12.张公崑、梁琦,2010:《出口、集聚与全要素生产率增长——基于制造业行业面板数据的实证研究》,《国际贸易问题》第12期,第12-19页。
- 13.周文,1999:《产业空间集聚机制理论的发展》,《经济科学》第6期,第96-101页。
- 14.Au, C., and J.V.Henderson.2006. "Are Chinese Cities Too Small?" *Review of Economic Studies* 73(2): 549-576.
- 15.Ciccone, A.2002. "Agglomeration Effects in Europe." *European Economic Review* 46(2): 213-227.
- 16.Duranton, G., and D.Puga. 2000. "Diversity and Specialization in Cities: Where and when Does It Matter?" *Urban Studies* 37(3): 533-555.
- 17.Ennenfeld, J. 2003. "Putting the Spotlight on Metaphors and Analogies in Industrial Ecology." *Journal of Industrial Ecology* 7(1): 1-4.
- 18.Eva, J., D.Pavelkova, B.D.Magdalena, and L.Homolka. 2013. "The Age of Clusters and Its Influence on Their Activity Preferences." *Technological and Economic Development of Economy* 19(4): 621-637.

19. Feldman, M. P., and D. B. Audretsch. 1999. "Innovation in Cities: Science-based Diversity, Specialization and Localized Competition." *European Economic Review* 43(2):409-429.
20. Grossman, M., and A. B. Krueger. 1991. "Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement." NBER Working Paper 3914.
21. Hansen, B. E. 1999. "Threshold Effects in Non-dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference." *Journal of Econometrics* 93(2):345-368.
22. Henderson, V., A. Kuncoro, and M. Turner. 1995. "Industrial Development in Cities." *Journal of Political Economy* 103(5):1067-1090.
23. Jacobs, J. 1969. *The Economy of Cities*. New York: Vintage Books USA.
24. Khazzoom, J. D. 1980. "Economic Implications of Mandated Efficiency Standards for Household Appliances." *Energy Journal* 1(4):21-39.
25. Mads, B. I., and D. Torben. 2013. "Cluster Facilitation from a Cluster Life Cycle Perspective." *European Planning Studies* 21(4):556-574.
26. Marshall, A. 1920. *Principles of Economics*. London: Macmillan and Co., Ltd.
27. Martin, R., and P. Sunley. 2006. "Path Dependence and Regional Economic Evolution." *Journal of Economic Geography* 6(4):395-437.
28. Menzel, M. P., and D. Fornahl. 2009. "Cluster Life Cycles - Dimensions and Rationales of Cluster Evolution." *Industrial and Corporate Change* 19(1):205-238.
29. Phelps, N., and T. Ozawa. 2003. "Contrasts in Agglomeration: Proto-industrial and Post-industrial Forms Compared." *Progress in Human Geography* 27(5):583-604.
30. Simonen, J., S. Rauli, and A. Juutinen. 2015. "Specialization and Diversity as Drivers of Economic Growth: Evidence from High-Tech Industries." *Papers in Regional Science* 94(2):229-247.
31. Wagner, U. J., and C. D. Timmins. 2009. "Agglomeration Effects in Foreign Direct Investment and the Pollution Haven Hypothesis." *Environment and Resource Economics* 43(2):231-256.
32. Zeng, D., and L. Zhao. 2009. "Pollution Havens and Industrial Agglomeration." *Journal of Environmental Economics and Management* 58(2):141-153.

Research on the Pollution Abatement Effect of Industrial Agglomeration's Evolution

Xie Ronghui and Yuan Yijun

(Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology)

Abstract: Based on the perspective of environmental externality of industrial agglomeration, by distinguishing industrial agglomeration into two types, specialization and diversification, this paper uses the panel data of China's 279 prefecture-level cities from 2003 to 2012 and analyzes the heterogeneous impact of evolution of agglomeration on pollution abatement. The findings from linear model are in favor of diversification in line with the purpose of environmental protection. Furthermore, empirical results driven from the threshold panel data model show that the relationship between specialization and pollution is U-shaped. When comes to diversification, the model has three thresholds, which indicates that samples have been divided into four groups. It indicates that joint effects among factors of innovation, development of environmental protection industry, material recycle system, congestion effect and structural stiffening make the relationship between diversification and pollution far more complicated.

Keywords: Specialization, Diversification, Evolution of Agglomeration, Pollution Abatement, Threshold Effect

JEL Classification: C23, O13, Q53

(责任编辑:彭爽)