

# 工业集聚有助于污染减排吗？

秦炳涛 黄羽迪

**摘要** 工业集聚通过技术溢出效应和规模经济效应能够减少环境污染，但也会因为拥挤效应而增加污染物的排放。作者基于中国 2006—2017 年省级面板数据，采用固定效应模型和工具变量法考察工业集聚与环境污染之间的关系。结果发现，工业集聚与环境污染之间存在 U 型曲线关系，随着工业集聚程度的提高，环境污染呈现先降后升的趋势，目前我国整体工业集聚水平处于第一阶段，即促进工业集聚有利于改善环境；进一步地，环境污染对工业集聚具有显著的反向因果关系，限制了工业集聚程度的提高，从而削减了其潜在红利。在实际推进工业集聚的过程中不能忽略环境污染产生的负面影响，而仅追求经济效益。另外，研究发现外商直接投资与环境污染之间存在倒 U 型曲线关系，吸引外商直接投资、鼓励科技创新和转变能源消费结构是改善环境状况的重要途径。

**关键词** 工业集聚 环境污染 双向因果 工具变量法

【中图分类号】F061.5 【文献标识码】A 【文章编号】2095 - 851X (2019) 04 - 0051 - 12

## 一、引言

大多数国家和地区的发展过程表明，经济增长与环境污染都呈现“先污染后治理”的倒 U 型关系。经济增长本身往往也是一个工业集聚不断深化的过程。有理由相信，工业集聚和环境污染具有一定的相关性。一方面，大量企业在特定空间上聚集，地区内生产规模逐步扩张，污染物的排放规模也随之扩大，受地区自然生态承载能力和自我修复能力的限制，这种集聚达到一定程度便会受自然环境的制约，而一旦

【基金项目】教育部人文社会科学青年基金项目“中国地级市层面的能效提高与节能技术进步：基于前沿理论与空间计量方法的研究”（批准号：16YJC790083）；上海理工大学人文社科攀登计划项目“我国全要素能源生产率提高与区域协同机制研究”（批准号：SK17PB03）。

【作者简介】秦炳涛（1976 - ），上海理工大学管理学院副教授、硕士生导师，邮政编码：200093；黄羽迪（1995 - ），上海理工大学管理学院硕士研究生，本文通讯作者。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

集聚过度则会造成毁灭性的损失。此外,工业的集聚也带来人口的集聚,因而集聚区内生活和消费需求随之增加,其带来的环境问题不容忽视。另一方面,在增加当地环境压力的同时,大量企业的聚集对环境改善也具有一定的积极效果。首先,集聚水平越高的地区越容易吸引以外资企业为代表的高科技企业,这类企业往往也具有较先进的环保理念和环保技术,有利于当地企业借鉴,提高该地区的环保标准,从而改善环境质量。其次,由技术外部性带来的技术溢出是集聚的重要驱动因素(Krugman, 1991),集聚区内环保技术的外部性和“溢出效应”会带动整体技术水平的提高。企业间互相学习和借鉴更加高效的生产流程和更加先进的环保技术,各个企业的环保投入的溢出与辐射效应也会产生“1+1>2”的效果。最后,集聚所产生的“规模经济效益”能够降低企业的污染治理成本,使得环保投资产生更大的效果。例如,企业间可以通过共享污染治理技术和设备,降低成本、减少污染。

学术界关于产业集聚和环境污染之间的关系主要包括以下三类观点。第一类观点认为产业集聚加剧了环境污染。产业集聚带来产能扩张,能源消费需求的上升会增加污染物的排放,其排放强度超过了产业集聚所带来的规模经济效益、技术溢出效益等对环境治理的正向作用。De Leeuw等(2001)对欧盟200个城市的产业集聚与环境状况进行分析,发现它们之间存在显著的相关性。Verhoef和Nijkamp(2002)通过建立一般空间均衡模型展开研究,认为工业集聚会导致居民区环境质量的严重恶化。张可和豆建民(2013)构建了集聚的污染外部性作用机制理论框架,发现产出规模、产出结构和产出效率是导致环境污染的主要原因,其中产出规模的作用尤为明显。Cheng(2016)认为制造业集聚加重了环境污染,环境污染也会抑制制造业的集聚。Barra和Zotti(2018)通过选取120个国家2000—2009年的数据作为异质性样本,指出人口和工业产出的扩张会增加环境压力,导致更多污染物的排放。

与之相反的是第二类观点,认为产业集聚能够缓解环境污染。陈建军和胡晨光(2008)以长三角次区域1978—2005年的数据为样本,在构建垄断竞争增长分析框架的基础上,指出产业在既定空间集聚产生的自我集聚可以提高集聚区域居民的生活水平,促进地区技术进步。王海宁和陈媛媛(2010)采用DEA方法测度了全要素能源效率以及产业集聚程度指标,通过实证研究发现产业集聚及其所引致的外部性可以有效提高全要素能源效率和单要素能源效率,从而减少污染物的排放。李勇刚和张鹏(2013)认为产业集聚有利于降低环境污染的程度,近年来环境污染加剧的主要原因并非在于产业集聚,而且产业集聚对东部地区的正向环境外部效应大于中西部地区。Park和Behera(2015)以韩国蔚山市为主要研究对象,认为在集聚过程中,如果通过构建产业间的共生互惠关系达到能源和资源的最优利用效率,便能够减少环境污染,实现区域可持续发展。

第三类观点则认为产业集聚与环境污染之间不是简单的线性关系。李伟娜等(2010)认为制造业集聚与大气污染之间呈N型曲线关系,目前中国制造业处于中级集聚阶段,污染物排放强度随集聚度的提高而下降。闫逢柱等(2011)运用中国制

造业数据和面板误差修正模型实证考察了产业集聚发展和环境污染之间的关系，发现产业集聚在短期内有助于改善环境问题，但两者在长期内并不具有必然的因果关系。Gaigné 和 Thisse (2014) 在权衡了劳动力通勤环境成本和产品运输环境成本后，认为集聚所带来的生态效益具有不确定性，环境政策制定者应从系统生态效益出发，而不能仅仅考虑单个区域的效益。杨仁发 (2015) 认为产业集聚对环境污染的影响具有显著的门槛特征，当产业集聚水平低于门槛值时，产业集聚将加剧环境污染；当产业集聚水平高于门槛值时，产业集聚有利于改善环境污染。Otsuka 和 Goto (2017) 通过研究日本区域经济能源消耗情况，发现区域的集聚水平会显著影响能源消费强度，但是该影响会随工业集聚程度的不同而产生差异，在工业发达的乡村地区能源消费强度随集聚水平的上升而下降，而在工业较少的大城市能源消费强度随集聚水平的上升而上升。

综观相关研究成果，不难发现学术界对于产业集聚和环境污染间的关系研究未能达成一致观点，其原因是多方面的。首先是指标选取的不同。选取不同的产业集聚和环境污染指标其研究结论也不尽相同。已有文献衡量产业集聚程度的指标包括区位熵、赫芬达尔指数、产业集中度等，有的运用人口数据，有的则运用产值数据。就环境污染而言，由于不同产业排放的主要污染物种类不同，无法用单一指标来测度所有产业排放的污染物，现有研究主要采用二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业粉尘排放量等指标衡量。其次是关注的产业不同。由于产业间的污染异质性，不同行业集聚与环境污染之间的关系自然也会不同。例如，一般认为相较于现代服务业，工业集聚会带来更多的污染。所以，分行业研究二者间关系颇为重要。此外，两者之间的关系较为复杂，产业集聚对环境污染的作用机制不一定是简单的线性关系，基于线性假设的实证结果是不可靠的。

为了弥补上述不足，本文将研究对象聚焦于工业集聚的环境污染问题上。其原因在于，工业是产生环境污染的主要产业，并且具有污染规模大和密集性强的特点。此外，本文的实证研究基于特征性事实而非先验性假设，以期反映变量间的真实关系。特别地，由于现有研究较多关注集聚对环境污染的单向影响，而实际上环境污染也会对集聚产生反向抑制作用，即两者之间应该具有双向因果关系。基于此，为了消除实证模型可能存在的内生性问题，本文进一步地借助工具变量，分别采用两阶段最小二乘法、广义矩估计法和有限信息极大似然估计法进行回归，以使结论更加稳健。

## 二、研究设计

### (一) 特征性事实与理论假设

通过上述探讨不难发现，工业集聚与环境污染的关系很可能是非线性的，将二者局限在线性的思路框架内进行研究是不合理的。本文利用经验数据进行统计观察，以对特征性事实进行初步判断。从 2006—2017 年中国 30 个省份的污染排放（二氧化硫

排放强度的对数值)和工业集聚(区位熵)之间的关系(见图1),可以看出两者之间存在非线性的U型关系,这初步验证了上述观点。

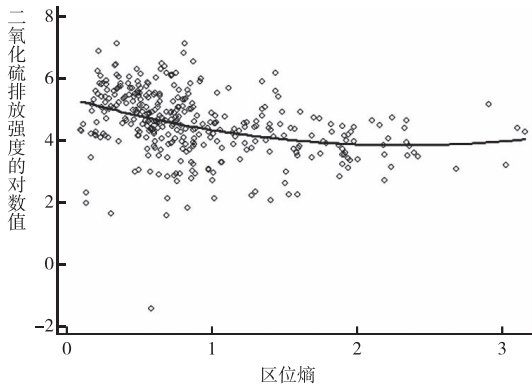


图1 中国工业集聚与环境污染的关系(2006—2017年)

为了验证这种U型关系是否稳健,还需要将其他相关变量纳入系统,进行科学严谨的实证分析。在理论分析和特征性事实的基础上,本文提出“工业集聚与环境污染之间呈U型曲线关系”的假设。在第一阶段,工业集聚度小于极值点,工业企业开始有集聚发展的倾向,这时集聚水平较低,污染物排放量尚未超过地区环境承载能力,工业集聚对环境的积极作用大于消极作用,因此在这一阶段,环境状况会随工业集聚水平的上升而得以改善,工业集聚具有正外部性。随着工业集聚水平的持续提高,一旦集聚度超过极值点,进入第二阶段后,污染排放超出了环境自我修复的能力范围,企业之间的竞争越来越激烈,知识和技术溢出效应与外部规模经济效益对环境问题的改善作用弱于第一阶段,工业集聚对环境的消极作用大于积极作用,因此在这一阶段,工业集聚水平越高,环境污染越严重,表现为负外部性。

## (二) 模型设计与数据来源

为了验证前文所提出的假设,探究不同程度工业集聚对环境污染的作用,本文在Grossman和Krueger(1991)模型的基础上,构建了如下基准回归模型:

$$\ln P_{it} = \alpha_1 \cdot agg_{it} + \alpha_2 \cdot agg_{it}^2 + \sum_{i=1}^5 \beta_i \times M_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $P_{it}$ 是被解释变量,表示*i*省份在*t*年的环境污染程度。目前学者对于如何构建综合指标来反映环境污染程度尚未达成共识,多数研究选取具体污染物的排放指标来衡量,如张可和汪东芳(2014)、杨仁发(2015)等。与液体污染物和固体污染物相比,用废气衡量环境污染更加合理。一是废气的排放与工业集聚间存在显著的个体差异,单个行业所排放的废气会随着工业集聚程度的变化而变化,这种变化会因行业的不同而具有个体差异;二是工业整体排放的废气会随着时间的变化而变化,气体

污染物相对于其他污染物而言累积效应不明显，只要排放的速度没有超过自然环境的净化能力，就不会积聚下来，即过去的污染一般不会对现在造成影响。而废气中尤以二氧化硫的排放量来测度环境污染最为常见。首先，二氧化硫是工业企业排放的主要污染物，同时也是重要的大气污染物；其次，我国对二氧化硫的排放量进行了严密监测，其数据具有统计连续性。所以本文采用工业二氧化硫排放强度来核算环境污染程度，即每单位工业增加值的二氧化硫排放量（吨/亿元），并取自然对数（ $\ln P$ ）。数据来源于各省份历年统计年鉴。

$agg_{it}$ 是核心解释变量，为*i*省份在*t*年的工业集聚度。本文选取区位熵测算工业集聚水平，以期消除区域规模差异的影响。具体计算公式为 $E_{it} = (b_{it}/B_{it}) / (c_t/C_t)$ 。其中， $E_{it}$ 为区位熵， $b_{it}$ 为*i*省份工业从业人员数， $B_{it}$ 为该省份全行业从业人员数； $c_t$ 为全国工业从业人员数， $C_t$ 为全国全行业从业人员数。区位熵数值与工业集聚水平成正比，如果区位熵大于1，就意味着该地区的工业在全国范围内具有优势，工业企业分布较为集中；反之则反。数据来源于各省份历年统计年鉴。

$M_{it}$ 表示影响环境污染的其他控制变量，主要包括以下方面。

(1) 外商直接投资（ $\ln fdi$ ）。“污染避难所”认为，污染密集型产业往往会集中于环境规制水平较低的国家，而相对落后的发展中国家为吸引国际资本发展本国经济，往往会主动降低环境规制水平。但也有观点认为，外资企业的入驻有利于提高当地的环境标准，其带来的税收增加能够提高政府在环境保护方面的投入。在研究发展中国家的环境问题时，外商直接投资的影响不容忽视。本文根据当年平均汇率将以美元计价的外商直接投资换算为以人民币计价（亿元），并取自然对数。

(2) 环境规制强度（ $environ$ ）。近年来“先污染后治理”发展模式的弊端逐渐凸显，政府以“抓铁有痕、踏石留印”的决心提高环境规制门槛，加大力度整治环境问题。例如，2007年国务院颁布的《节能减排综合性工作方案》提出“提高排污单位排污费征收标准”，2018年施行的《中华人民共和国环境保护税法》将环境保护费改税。环境规制作为污染治理成本间接减少了企业的利润，但也激发了企业减少污染物排放、改进和创新生产技术的内在动力，其重要性越来越值得关注。本文采用单位工业增加值所利用的工业废气污染治理项目完成投资额度量环境规制强度。

(3) 科技创新（ $\ln tech$ ）。内生经济增长理论认为，技术创新对生产率的提高具有关键的推动作用。科技创新通过工业企业集聚对环境污染的作用主要体现在两个方面。第一，集聚增强了地区知识和技术溢出效应，人才间信息交流的加强有助于缩短新技术的研发周期，企业共享新技术、降低研发成本更有可能出现，从而减少该地区污染物的排放；第二，集聚加剧了市场竞争，从而调动各企业增加创新投入的积极性，主动降低治污成本、提高竞争力。本文以工业企业R&D经费内部支出（亿元）的自然对数衡量科技创新水平。

(4) 能源消耗强度（ $energy$ ）。长期以来，我国的工业生产未能摆脱“三高”症状，能源高投入、高消耗是环境污染加剧的主要原因。本文采用单位工业增加值所消

费的能源量（万吨标准煤/亿元）来衡量能源消费强度。

(5) 工业增长 (*iar*)。如果一直延续资源利用效率不高的粗放发展模式，工业的快速增长便意味着环境污染的加剧。本文采用工业增加值率度量工业增长，即工业增加值与工业总产值的比值。

以上数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和各省份统计年鉴。表1列示了各变量的描述性统计结果。

表1 各变量的描述性统计

变量	观察值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnP</i>	360	4.486	1.050	-1.453	7.101
<i>agg</i>	360	0.910	0.589	0.105	3.154
<i>lnfdi</i>	360	5.275	1.646	0.0296	8.204
<i>environ</i>	360	13.235	14.584	0.0140	128.135
<i>lnitech</i>	360	4.472	1.492	-0.911	7.531
<i>energy</i>	360	2.636	1.460	0.0129	9.781
<i>iar</i>	360	0.356	0.161	0.0461	1.124

### 三、实证结果及稳健性检验

#### (一) 基准回归结果与分析

面板模型可以采用固定效应估计方法和随机效应估计方法进行回归估计，根据Hausman检验结果可知，特定省份之间存在不可观测的个体固定效应会显著影响集聚对环境污染作用的估计结果，因此本文在接下来的回归中均采用固定效应估计方法，回归结果如表2所示。

表2 环境污染程度与工业集聚水平关系的估计结果

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
<i>agg</i>	0.363 <sup>***</sup> (3.74)	-0.057(-0.23)	0.203(0.80)	-0.486 <sup>**</sup> (-2.27)
<i>agg</i> <sup>2</sup>		0.142 <sup>*</sup> (1.79)	0.080 <sup>*</sup> (1.76)	0.195 <sup>***</sup> (3.03)
<i>lnfdi</i>	-0.048(-0.82)	-0.054(-0.92)	0.447 <sup>***</sup> (3.42)	0.129(1.19)
<i>lnfdi</i> <sup>2</sup>			-0.059 <sup>***</sup> (-4.26)	-0.020 <sup>*</sup> (-1.70)
<i>energy</i>	0.175 <sup>***</sup> (3.41)	0.168 <sup>***</sup> (3.29)	0.197 <sup>***</sup> (3.92)	0.278 <sup>***</sup> (6.39)
<i>lnitech</i>	-0.672 <sup>***</sup> (-12.08)	-0.667 <sup>***</sup> (-12.03)	-0.587 <sup>***</sup> (-10.24)	-0.125(-1.27)
<i>environ</i>	0.001(0.28)	0.001(0.28)	0.001(0.46)	0.002(0.77)
<i>iar</i>	0.410 <sup>**</sup> (2.13)	0.402 <sup>**</sup> (2.09)	0.253(1.33)	0.053(0.33)
时间变量	未控制	未控制	未控制	控制
常数项	6.820 <sup>***</sup> (14.66)	7.063 <sup>***</sup> (14.62)	5.685 <sup>***</sup> (9.95)	4.916 <sup>***</sup> (9.75)
样本容量	360	360	360	360

续表

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
F 统计量	105.28	91.32	86.41	66.09
[p 值]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
R <sup>2</sup>	0.661	0.664	0.682	0.801

注：括号内数值为标准误，\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平下显著。

模型 1 的回归结果表明，工业集聚度在 1% 的水平下显著，说明环境污染与工业集聚之间存在线性关系。为进一步验证二者之间的非线性关系，模型 2 在模型 1 的基础上加入工业集聚度的二次方项，回归结果显示，工业集聚度的回归系数为负但不显著，而其二次方项的系数为正且在 10% 的水平下显著，说明我国的工业集聚与环境污染之间呈现 U 型曲线关系。模型 3 在模型 2 的基础上中加入外商直接投资的二次方项，回归结果表明，外商直接投资与环境污染之间存在倒 U 型曲线关系。考虑到潜在的时间异质性对回归结果的影响，模型 4 在模型 3 的基础上加入年份虚拟变量后，组内 R<sup>2</sup> 大幅上升（从 0.682 上升至 0.801），且工业集聚度的显著性水平明显提高，工业集聚度的二次项在 1% 的水平下显著。这表明环境污染与工业集聚之间存在显著且稳定的 U 型关系，证实了前文提出的假设。在我国工业发展的初级阶段，工业园区和技术开发区在各地如雨后春笋般涌现，地方政府纷纷出台税收优惠和减免土地使用费等政策招商引资。以工业为主的大批企业进驻工业开发区，带来了明显的规模经济效益。大量同质的工业企业集聚不仅能减少污染治理基础设施的建设成本，而且能减少政府部门的监管成本。根据估计结果可以算出 U 型曲线在最低点处的工业集聚度为 1.246。当工业集聚度小于这个临界值时，工业集聚对环境污染的负面影响还不突出，工业集聚水平的上升有利于缓解环境问题。但当工业集聚度达到这个临界值后，若继续扩大集聚规模，则不利于环境的改善。从各省份 2017 年的工业集聚状况（见表 3）可以看出，我国工业集聚水平整体偏低，平均值仅为 0.81，距离最优点 1.246 还有很大差距。这表明我国整体工业集聚水平仍有很大的上升空间。同时，各地区的工业集聚水平具有明显差异。全国只有 5 个省市的工业集聚度超过临界值，分别是天津市、江苏省、广东省、浙江省和上海市。山东省、山西省和河北省的工业集聚度接近临界值，其余省份的集聚度处于较低水平。由此可见，在环境规制政策和劳动力向内陆迁移的推动下，我国工业企业从经济发达的东部沿海地区向经济不发达的内陆转移，会带来内陆地区工业集聚的增加（赵菲菲、宋德勇，2018）。值得注意的是，由沿海向内陆转移的企业往往是高污染型的工业企业，这将使得内陆地区重走“边污染边发展，先污染后治理”的老路，而如何突破这一模式转入可持续发展的轨道则是这些地区的紧要课题。

从表 2 控制变量的回归结果来看，外商直接投资与环境污染之间存在倒 U 型关系，并不是简单地正向加剧了环境污染。能源消耗强度与环境污染的关系为显著正相关，且对环境污染的影响最大。因此，应该将提高能源使用效率作为解决环境污染问题的重要

抓手,扩大非化石能源的使用规模从而提高经济增长的质量。科技创新与环境污染之间呈现负相关关系。而环境规制和工业增长对环境污染均呈现不显著的正向影响。

表3 2017年中国30个省份的工业集聚水平

省份	工业集聚水平	省份	工业集聚水平
天津市	1.980	吉林省	0.706
江苏省	1.878	宁夏回族自治区	0.692
广东省	1.591	辽宁省	0.657
浙江省	1.530	陕西省	0.641
上海市	1.410	安徽省	0.639
山东省	1.091	四川省	0.567
河北省	1.071	广西壮族自治区	0.502
山西省	1.019	新疆维吾尔自治区	0.468
北京市	0.880	黑龙江省	0.454
河南省	0.866	内蒙古自治区	0.409
江西省	0.863	青海省	0.316
重庆市	0.854	贵州省	0.315
湖南省	0.784	甘肃省	0.300
福建省	0.758	云南省	0.215
湖北省	0.743	海南省	0.144

## (二) 稳健性检验

上述实证结果验证了工业集聚与环境污染的非线性关系,但在理论上并不能排除环境污染反向影响工业集聚的可能。新经济地理学认为,当集聚达到一定程度,“拥挤效应”将使企业的内部交易成本大于外部交易成本,导致地区的离心力大于吸引力,从而不可避免地产生离散效果。从环境污染角度来看,工业企业的过度集聚将使得污染水平超过地区生态承载力的极限,造成集聚区环境恶化,企业职工为了自身健康很有可能会放弃在该地的工作,从而导致集聚区劳动供给的下降。这意味着当地企业生产经营成本的上升和劳动生产率的下降,企业将被迫向周边的低污染地区分散。也就是说,工业集聚与环境污染可能存在双向因果关系,考虑到潜在的内生性问题对回归结果的影响,本文采用工具变量法重新估计模型。

本文参考王永进和张国峰(2016)以及Cainelli等(2016)的设定,选取1957—1966年中国各省份的公路密度和人口密度两个指标作为工具变量。数据来自《新中国五十年统计资料汇编》和《新中国六十年统计资料汇编》。由于数据缺失严重,下文的回归分析不包括天津市和内蒙古自治区。

本文在模型4的基础上进一步分析潜在的内生性问题,估计结果如表4所示。模型5至模型7分别使用两阶段最小二乘法(2SLS)、广义矩估计法(GMM)和有限信息极大似然法(LIML)进行估计。Hausman检验结果表明,模型强烈拒绝“使用工具变量的估计系数和不使用工具变量的估计系数没有显著性差异”的原假设,因此理论上存



在的内生性问题对于实际估计结果会造成显著影响。换言之，环境污染对工业集聚确实有显著的反向因果关系。从 Anderson LM 统计量、Wald F 统计量与 Sargan 统计量的检验结果来看，模型 5 至模型 7 均不存在工具变量识别不足、弱工具变量、过度识别等问题。此外，模型 5 至模型 7 的回归结果非常相近，表明加入了工具变量后的模型较为稳健。

表 4 工具变量估计结果

变量	模型 5:2SLS	模型 6:GMM	模型 7:LIML
<i>agg</i>	-3.154 * (-1.54)	-3.154 * (-1.54)	-3.471 * (-1.54)
<i>agg</i> <sup>2</sup>	1.379 * (1.64)	1.379 * (1.64)	1.477 * (1.63)
<i>lnfdi</i>	0.324 (1.29)	0.324 (1.29)	0.348 (1.30)
<i>lnfdi</i> <sup>2</sup>	-0.075 ** (-2.43)	-0.075 ** (-2.43)	-0.078 ** (-2.37)
<i>energy</i>	0.186 ** (2.38)	0.186 ** (2.38)	0.180 ** (2.17)
<i>lnitech</i>	-0.084 (-0.38)	-0.084 (-0.38)	-0.108 (-0.46)
<i>environ</i>	0.001 (0.12)	0.001 (0.12)	0.001 (0.17)
<i>iar</i>	0.733 * (1.67)	0.733 * (1.67)	0.772 * (1.66)
时间变量	控制	控制	控制
常数项	3.025 *** (2.64)	3.025 *** (2.64)	2.908 ** (2.37)
样本容量	340	340	340
Anderson LM 统计量	4.701 [0.095]	4.701 [0.095]	4.701 [0.095]
Wald F 统计量	5.536	5.536	5.536
Sargan 统计量	2.991 [0.094]	2.990 [0.095]	2.991 [0.094]

注：括号内数值为标准误，\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平下显著；模型 5 至模型 7 采用 Anderson LM 统计量来进行工具变量识别不足检验，采用 Wald F 统计量来进行弱工具变量检验，采用 Sargan 统计量来进行过度识别检验。

比较模型 4 和模型 5 的估计结果，可以发现加入工具变量后，估计结果仍保持一定的连贯性。首先，环境污染与工业集聚之间仍存在 U 型曲线关系。其次，2SLS 的回归结果算出的工业集聚度临界值为 1.14，仅略低于基准回归结果算出的 1.246，表明中国绝大部分地区的工业集聚水平依然没有超过临界值，而且工业集聚水平的上升对环境问题的改善作用更为明显。因此现阶段我国应在不放松环境监管的前提下，积极引导区域工业企业集聚，充分发挥集聚效应的红利。最后，基准回归分析发现，天津、江苏、广东、浙江和上海五省市超过极限值的结论依然有效。除此之外，其他控制变量的结果与基准回归基本保持一致，这表明在控制了潜在的内生性问题之后，基准回归结论依然稳健。

鉴于工业集聚数据本身可能存在有界性问题，本文进一步剔除了工业集聚度第 10 分位数和第 90 分位数的样本观测值（所剔除样本的工业集聚度平均值分别为 0.318 和 1.869），基准回归和加入工具变量后的回归估计结果如表 5 所示。模型 9 的估计结果与模型 8 非常接近，表明基准回归结果是稳健的。

表5 剔除离群值后的工具变量估计结果

变量	模型8	模型9:2SLS
<i>agg</i>	-0.434 ***(-4.28)	-1.764 *(-1.92)
<i>agg</i> <sup>2</sup>	0.174 *** (3.56)	0.667 * (1.82)
<i>lnfdi</i>	0.283 ** (2.06)	0.269 (1.57)
<i>lnfdi</i> <sup>2</sup>	-0.035 ** (-2.53)	-0.043 *** (-2.62)
<i>energy</i>	0.289 *** (6.01)	0.304 *** (5.30)
<i>lnitech</i>	-0.356 ** (-2.54)	-0.034 (0.40)
<i>environ</i>	0.004 ** (1.97)	0.007 ** (2.45)
<i>iar</i>	0.536 *** (2.73)	0.153 * (1.41)
时间变量	控制	控制
常数项	5.658 *** (8.13)	4.969 *** (7.84)
样本容量	288	272
Anderson LM 统计量	—	11.536 [0.003]
Wald F 统计量	—	6.558
Sargan 统计量	—	3.984 [0.071]

注：括号内数值为标准误，\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%的水平下显著。

## 四、结论与启示

本文利用我国2006—2017年省级面板数据对工业集聚与环境污染的关系进行实证检验，得到如下主要结论。(1) 工业集聚与环境污染之间存在U型曲线关系，目前我国绝大部分省份仍处于第一阶段，即环境状况会随着工业集聚水平的上升而得以改善。(2) 环境污染对工业集聚具有显著的反向因果关系，工业集聚会对环境污染产生影响，环境污染也会反过来抑制工业企业的集聚。(3) 外商直接投资与环境污染之间存在倒U型曲线关系，吸引外商直接投资、提高能源使用效率、增加科技创新投入能够显著地改善环境问题。

基于上述研究结论，可以得到如下政策启示。第一，应提倡工业集聚的发展方式，充分发挥集聚的减排红利。建立适当的集聚度与污染数据的动态监测系统，建立经济活动的空间集聚和污染的联动预警机制，降低污染对经济活动的负面影响，并优化产出结构，提升产品附加值，以降低污染型产出的比重。第二，应推广节能技术与节能产品、推行节能市场机制、完善相关节能标准、实行激励政策等措施。同时，各地区应在不降低环境规制门槛的前提下，积极吸引外商直接投资，并引导其流向科技创新领域，以更高的环保标准和技术水平来推动我国环保标准的提升和环保技术的改进。第三，促进节能减排，加快天然气等清洁能源的发展，支持风电和太阳能等新型

可再生能源的应用。积极推进以高投入、高消耗、高排放、低效率为特征的粗放型发展方式向绿色、低碳、可持续的发展方式转型。

## 参考文献

- 陈建军、胡晨光（2008）：《产业集聚的集聚效应——以长江三角洲次区域为例的理论和实证分析》，《管理世界》第6期，第68~83页。
- 李克国（2014）：《环境经济学》，北京：中国环境出版社。
- 李伟娜、杨永福、王珍珍（2010）：《制造业集聚、大气污染与节能减排》，《经济管理》第9期，第36~44页。
- 李勇刚、张鹏（2013）：《产业集聚加剧了中国的环境污染吗——来自中国省级层面的经验证据》，《华中科技大学学报（社会科学版）》第5期，第97~106页。
- 王海宁、陈媛媛（2010）：《产业集聚效应与工业能源效率研究——基于中国25个工业行业的实证分析》，《财经研究》第9期，第69~79页。
- 王永进、张国峰（2016）：《开发区生产率优势的来源：集聚效应还是选择效应？》，《经济研究》第7期，第58~71页。
- 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。
- 杨仁发（2015）：《产业集聚能否改善中国环境污染》，《中国人口·资源与环境》第2期，第23~29页。
- 杨仁发、王静（2019）：《生产性服务业集聚能否提升中国制造业全球价值链地位？》，《广西财经学院学报》第2期，第1~11页。
- 张可、豆建民（2013）：《集聚对环境污染的作用机制研究》，《中国人口科学》第5期，第105~116页。
- 张可、汪东芳（2014）：《经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出》，《中国工业经济》第6期，第70~82页。
- 赵菲菲、宋德勇（2018）：《环境规制能否推动产业区域转移？——基于中国261个地级市面板数据的实证分析》，《经济问题探索》第8期，第95~102页。
- Barra, C. and R. Zotti (2018), "Investigating the Non-linearity between National Income and Environmental Pollution: International Evidence of Kuznets Curve", *Environmental Economics and Policy Studies*, 20 (1), pp. 179 - 210.
- Cainelli, G., R. Ganau and D. Iacobucci (2016), "Do Geographic Concentration and Vertically Related Variety Foster Firm Productivity? Micro-Evidence from Italy", *Growth and Change*, 47 (2), pp. 197 - 217.
- Cheng, Z. (2016), "The Spatial Correlation and Interaction between Manufacturing Agglomeration and Environmental Pollution", *Ecological Indicators*, 61, pp. 1024 - 1032.
- De Leeuw, A. A. M., N. Moussiopoulos and P. Sahm, et al. (2001), "Urban Air Quality in Larger Conurbations in the European Union", *Environmental Modeling & Software*, 16 (4), pp. 399 - 414.
- Gaigné, C. and J. F. Thisse (2014), *New Economic Geography: Past and Future*, Berlin, Springer, pp. 539 - 568.

Grossman, G. and A. Krueger (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper*, 3914, pp. 1 – 57.

Krugman, P. (1991), "Increasing Returns and Economic Geography", *Journal of Political Economy*, 99 (3), pp. 483 – 499.

Otsuka, A. and M. Goto (2017), "Regional Determinants of Energy Intensity in Japan", *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 1 (1), pp. 1 – 22.

Park, H. S. and S. K. Behera (2015), *Cities and Sustainability*, New Delhi: Springer, pp. 23 – 48.

Verhoef, E. T. and P. Nijkamp (2002), "Externalities in Urban Sustainability: Environmental versus Localization-type Agglomeration Externalities in a General Spatial Equilibrium Model of a Single-sector Monocentric Industrial City", *Ecological Economics*, 40 (2), pp. 157 – 179.

Vernon, R. (1966), "International Investment and International Trade in the Product Cycle", *Quarterly Journal of Economics*, 80 (2), pp. 190 – 207.

## Is Industrial Agglomeration Beneficial to Reduce Emission?

QIN Bing-tao, HUANG Yu-di

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** Industrial agglomeration can lead to knowledge and technology spillover effect as well as external economies of scale, which are beneficial to reduce environmental pollution. However, it can also increase emission. Using panel data of 30 provinces in the 2006 – 2017 period, this paper investigates how industrial agglomeration influences environmental pollution in China with the estimation methods of fixed effect model and instrumental variables. Results show that there is a U-shaped relationship between industrial agglomeration and environmental pollution-namely. As the industrial agglomeration increases, pollution decreases first and then increases. Currently, industrial agglomeration in China is at the first stage, which can help ease the environmental pressure. Furthermore, improved evidence reveals that pollution does have significant reverse causal impact on industrial agglomeration, which may incur a sharp loss of potential profit as a result of constrained agglomeration. Therefore, we cannot neglect the negative influence of pollution and simply pursue the economic benefits of industrial agglomeration. The results also show that there is a reverse U-shaped relationship between FDI (Foreign Direct Investment) and pollution. Attracting FDI, encouraging technological innovation and changing energy consumption structure are the main approaches to improving the environment.

**Key Words:** industrial agglomeration; environmental pollution; bidirectional causality; instrumental variables

责任编辑: 庄立