

城市蔓延和产业结构对环境污染的影响

陈 阳 孙 婧 逯 进

〔摘 要〕 以我国 35 个大中城市为样本,采用固定效应模型和面板门槛模型,从线性和非线性影响的角度,考察了城市蔓延、产业结构对环境污染的协同效应。结果显示:城市蔓延会加剧环境污染,当产业结构跨越门槛值后,其对环境污染的加剧作用将有所下降;产业结构优化升级可减轻环境污染,当城市蔓延水平跨越门槛值后,其对环境污染的减轻作用将被部分抵消;固定资产投资仍是环境污染的主要来源,外商直接投资在一定程度上缓解了大中城市的环境污染。据此认为,在继续推动产业结构优化升级的同时,深圳、上海、北京等经济增长中心应发展为紧凑型多中心城市,其他大中城市则应通过增强人口吸聚力,减少城市蔓延对环境产生的负面影响。

〔关键词〕 城市蔓延;产业结构;环境污染

〔中图分类号〕 F299.21;X22

〔文献标识码〕 A

一 引言

伴随经济增长而产生的环境污染问题是学术界研究的热点,产业结构与环境污染的关系已有较为丰富的研究成果。一是研究产业结构与环境污染的线性关系,多数学者认为产业结构升级有利于减少环境污染^[1-3],但也发现产业结构对生态环境综合质量具有负向影响,且负向影响增加的幅度和速度存在不断扩大的趋势^[4];也有研究表明产业结构与环境污染之间的关系不显著^[5]。二是研究产业结构与环境污染的非线性关系,以亚洲国家或地区数据为样本的研究表明,在不同经济发展阶段,产业结

构演变与环境污染水平之间呈现倒“U”型关系^[6];也有研究表明,产业结构调整与环境污染之间不一定符合倒“U”型关系,结果取决于研究对具体污染形式的选择^[7]。基于中国省际面板数据的研究也证实了这一观点^[8]。

城市蔓延是我国经济发展和城镇化进程中的另一重要现象,表现为土地城镇化以快于人口城镇化的速度发展。随着城市规模的迅速扩张,建设用地的粗放低效开发增加了土壤、水等资源的承载压力,基础设施建设的大幅增加也加剧了工业污染。此外,扩张型城市的通勤主要依靠汽车,由此引发了更多汽车尾气排放,造成了更严重的空气污染。自 20 世纪 60 年代以来,城市蔓延所诱发的生态环境问题

〔作者简介〕 陈 阳(1987—),女,江苏无锡人,青岛科技大学经济与管理学院讲师,博士,研究方向为人口经济问题;孙 婧(1980—),女,山东烟台人,青岛大学商学院讲师,博士,研究方向为资源环境问题;逯 进(1974—),男,甘肃兰州人,青岛大学经济学院教授,博士研究生导师,研究方向为区域经济学。

〔基金项目〕 山东省自然科学基金项目(ZR2017BG005)。

〔收稿日期〕 2017-09-12

〔修回日期〕 2017-10-18

引发了学者的广泛关注,但已有研究相对较少。一般而言,城市蔓延对环境质量会产生显著的负面影响^[9-10],其主要通过占用耕地、损害湿地和污染环境等方面破坏生态环境^[11],也会导致雾霾等严重的空气污染^[12]。然而,也有研究认为,城市蔓延也可通过提高能源利用效率减轻城市环境污染^[13]。

综上可知,产业结构调整和城市蔓延都会对环境造成影响,但研究结论存在较大争议,这表明这些影响很可能表现为复杂的非线性关系。目前,城市蔓延现象在我国大中城市的发展中日益突出,而这些城市恰好是产业升级的先锋。工业化与城镇化进程的交错重叠,意味着二者对环境的影响很可能存在协同效应,也为环境污染的治理提出了更高要求。因此,综合考虑产业结构与城市蔓延对环境污染的线性和非线性影响,并研究二者对城市环境污染的协同效应,有利于对不同城市类型的环境问题得出更丰富稳健的结论。本文拟结合已有研究,从线性和非线性影响的角度,探讨我国 35 个大中城市^①的城市蔓延、产业结构对环境污染的协同效应,由此判断不同城市环境污染的主要来源,并提出相应的对策建议。

二 数据说明与描述性统计

当前,中国城市蔓延较为严重的是大中城市^[13-14],且大中城市的产业结构升级特征更为明显,因此,本文以我国 35 个大中城市为例,研究城市蔓延和产业结构对环境污染的协同效应。该样本涵盖了我国所有副省级城市及除西藏外的 30 个省的省会,不仅能够由此分析各大中城市的共性特征,而且能够辨析我国东中西部区域间、区域内差异,获得丰富充实的研究结论。基于数据可得性考虑,并参考已有研究^[15-16],以工业二氧化硫排放量表征环境污染,以市辖区城市建成区面积与市辖区非农人口的比值表征城市蔓延,以第三产业产值占 GDP 的比重表征产业结构,在此基础上采用固定资产投资、实际 GDP、FDI、人均绿地面积等作为影响环境污染的控制变量。样本时间跨度为 2003-2015 年,数据来源于历年《中国城市统计年鉴》,GDP 数据折合为 2003 年的不变价 GDP。为消除异方差的影响,部分变量在计算中进行了对数化处理。变量的具体说明及描述性统计结果见表 1。

表 1 变量说明及描述性统计

变量	符号	指标	均值	标准差	最小值	最大值
环境污染	pollution	工业二氧化硫排放量对数值	3.481	3.111	0.009	17.473
城市蔓延	sprawl	市辖区建成区面积/市辖区非农人口	1.129	0.472	0.379	4.216
产业结构	indus	第三产业产值/GDP	49.191	8.265	34.930	79.650
交叉项	sprawl.indus		55.883	25.971	17.633	182.668
控制变量	invest	固定资产投资对数值	16.555	1.032	13.657	18.826
	rgdp	不变价 GDP 对数值	16.864	0.970	14.185	19.072
	FDI	实际利用外资额对数值	11.592	1.612	6.621	14.557
	pgreen	绿地面积/常住人口	64.002	78.922	12.017	808.93

本文为研究城市蔓延与产业结构对环境污染的协同效应,绘制了 2015 年各城市的城市蔓延与产业结构水平趋势图(图 1),由此对二者的基本态势进行判断。由图 1 可知,目前我国 35 个大中城市第三产业产值占 GDP 的比重绝大多数都超过了 50%,相对而言,东部、中部、西部依次递减,但差异较小。城市蔓延则有微弱的从东至西提升的趋势,城市蔓延水平排名前五的依次是深圳、呼和浩特、合肥、乌鲁木齐、昆明,这与已有研究^[13]的结论一致。城市蔓延体现了城市规模与人口规模的相对程度,反映了土地城镇化与人口城镇化的相对速度。北京、上海的城市蔓延水平并不高,即人口规模的扩大并未引起城市规模的大幅提升,人

口密度越来越高,而中西部地区城市蔓延水平的提高很大程度上是由于土地城镇化水平超过了人口城镇化水平。

此外,图 1 显示了产业结构与城市蔓延的趋势并不一致,各城市工业化与城镇化的节奏并不同步。一般而言,第三产业产值占 GDP 比重的提升通常能缓解工业环境污染,而表现为人口分散布局的城市蔓延则可能加剧环境污染。同一时期各城市的城市蔓延和产业结构发展存在差异,且不同时期同一城市的城市蔓延和产业结构水平也处于不同发展阶段。因此,本文将综合考虑工业化与城镇化发展对环境污染的影响,即研究产业结构、城市蔓延对环境污染的作用,并考察二者对环境污染的

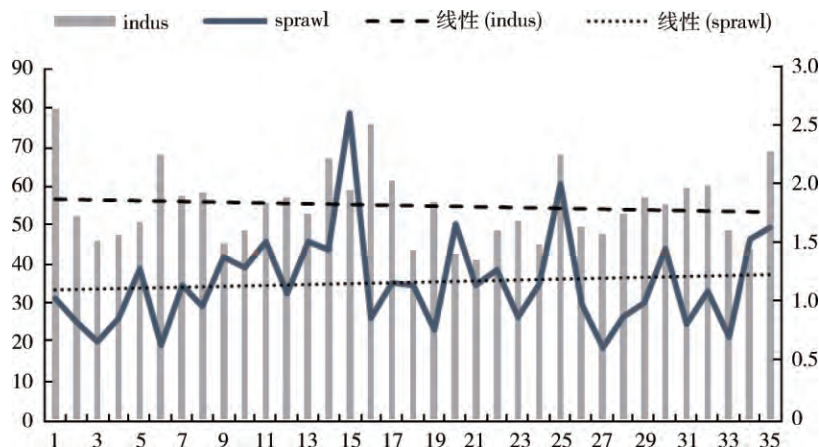


图1 2015年35个大中城市的城市蔓延与产业结构水平

注: 图中横轴1-35代表35个城市,按照东、中、西依次排列,其中1-16为东部城市,17-24为中部城市,25-35为西部城市。

协同效应。

三 具体分析

已有研究大多分别探讨了城市蔓延、产业结构对环境污染的影响,而城市蔓延与产业结构的发展也息息相关,工业化的分阶段发展同时伴随着城镇化进程的推进,而土地城镇化与人口城镇化的不协调也进一步导致了城市蔓延水平的提升或下降。因此,城市蔓延、产业结构二者交互作用,对环境污染存在协同效应。本文对协同效应的分析基于两个层面,一是通过交叉项的引入,分析一个变量如何线性影响另一个变量对环境污染的边际影响;二是观察一个变量的边际影响如何随着另一个变量的分阶段变化而变化,即非线性影响。具体而言,首先,采用固定效应模型考察全国层面和东中西部区域层面的影响,测度城市蔓延、产业结构及二者的交叉项对环境污染的影响程度,并分析该影响的区域差异。随后,采用面板门槛模型考察城市蔓延、产业结构处于不同发展阶段时如何影响环境污染,并深入分析各城市的具体阶段,从而提出相应的对策建议。

1. 线性影响—固定效应模型

构建基本的面板数据模型如式(1),对式(1)求一阶偏导数,可得式(2)和式(3)。

$$\text{pollution}_{it} = \mu_i + \beta_1 \text{sprawl}_{it} + \beta_2 \text{indus}_{it} + \beta_3 \text{sprawl}_{it} \text{indus}_{it} + \gamma' X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\partial(\text{pollution}_{it}) / \partial(\text{sprawl}_{it}) = \beta_1 + \beta_3 \text{indus}_{it} \quad (2)$$

$$\partial(\text{pollution}_{it}) / \partial(\text{indus}_{it}) = \beta_2 + \beta_3 \text{sprawl}_{it}$$

(3)

式(1)中, pollution_{it} 、 sprawl_{it} 、 indus_{it} 分别表示环境污染、城市蔓延、产业结构,变量的具体含义见表1, X_{it} 表示控制变量,下同。式(2)表明城市蔓延对环境污染的边际影响取决于产业结构。式(3)表明产业结构对环境污染的边际影响受到城市蔓延水平的影响。因此,通过交叉项的系数值 β_3 可分析二者的协同效应。

以全国数据为样本,按照式(1)逐步引入变量构建面板数据模型,估计结果如表2中模型1-3所示。三个模型的拟合优度不断提升, Hausman 检验均在1%的显著性水平下拒绝原假设,表明应当构建固定效应模型,表2中所列即为固定效应模型估计结果。由模型1可知,城市蔓延对环境污染有较为显著的正向影响,即城市规模的扩张会导致环境污染增加;产业结构则有显著的负向影响,即第三产业的发展有利于缓解环境污染。模型2引入二者的交叉项后,交叉项系数显著且为负值,表明一个变量值的提升将减轻另一变量对环境污染的边际影响。模型3引入控制变量后,拟合优度提升,并反映出了更多的信息。从控制变量来看,固定资产投资显著提升了环境污染水平;经济增长水平对环境污染的影响为正,表明我国仍处于环境库兹涅茨“倒U型”曲线的左边,尚未跨越其最高值;FDI对环境污染的影响为负,本文研究样本均为各省份经济较发达地区,所引入的外商直接投资质量较高,不仅未加剧环境污染,反而对环境有一定积极影响;人均绿地面积反映了城市环境污染的吸纳能力,结果表明当前人

表 2 固定效应模型估计结果

解释变量	全国			东部	中部	西部
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
sprawl	0.211 **	1.081 ***	0.817 *	1.120	5.348 ***	0.325
indus	-0.039 ***	-0.016	-0.020 *	-0.035 *	0.105 ***	-0.034
sprawl. indus		-0.018 **	-0.015 *	-0.025 *	-0.115 ***	-0.002
lninvest			0.132 ***	0.510 ***	-0.102	0.041
lnrgdp			1.238 *	0.757	2.188	0.466
lnfdi			-0.152 ***	-0.573 ***	-0.120	-0.033
pgreen			0.001	0.000	0.015 *	0.002
cons	12.822 ***	11.759 ***	11.912 ***	12.654 ***	8.471 ***	10.980 ***
R ² within	0.123	0.137	0.178	0.358	0.249	0.180
sigma_u	1.031	1.044	1.023	1.305	0.685	0.769
sigma_e	0.435	0.432	0.425	0.451	0.318	0.366
Hausman chi2	36.09 ***	28.62 ***	47.69 ***	52.79 ***	40.31 ***	32.50 ***

注: ***, **, * 表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下拒绝原假设。

均绿地面积对环境污染并没有显著的抵消作用。从核心变量来看,土地城镇化快于人口城镇化形成的城市蔓延,加剧了环境污染;产业结构升级则有效降低了环境污染水平。二者的交叉项系数表明,随着城市蔓延水平的不断提升,产业结构升级对环境污染的缓解效应将被部分抵消,环境污染更多受城市蔓延的影响;而城市蔓延本身会加剧环境污染,产业结构升级将减轻这种负面影响。因此,对各城市而言,城市蔓延水平上升和产业结构升级对环境污染的影响此消彼长。

鉴于 35 个大中城市所处的区域经济发展水平及自然环境资源各不相同,且已有研究多表明我国东中西部三大区域间差距较为显著,因此,将样本划分为东部、中部、西部三个区域,按照式(1)再次构建面板数据模型,Hausman 检验结果同样表明应采用固定效应模型进行参数估计。由表 2 中模型 4-6 可知,从控制变量来看,固定资产投资显著加剧了东部地区的环境污染,但对其他区域的影响不甚显著,这与自 2003 年以来东部地区大中城市的大规模投资密切相关;外商直接投资在不同程度上减轻 3 大区域的环境污染水平,东部地区最为显著,这反映了东部地区外商直接投资的环境友好程度更高,中西部地区的外商投资规模和质量相对较低。从核心变量来看,城市蔓延均对环境污染产生正向影响,但东部和西部地区的参数估计值在统计意义上并不显著,这主要由东部 16 市和西部 11 市的区域内异质性特征明显所致。

进一步地,由模型 2-5 的交叉项系数值 β_3 为负值可知,城市蔓延(产业结构)对环境污染的边际影响与产业结构(城市蔓延)呈负相关,但各城市各

时间段的产业结构(城市蔓延)水平差异较大,本文按照式(2)和式(3)计算不同地区不同时间段城市蔓延(产业结构)对环境污染的边际影响,并对所得的计算结果绘制核密度估计图。由计算结果可知,城市蔓延对环境污染的边际影响系数均值为 0.079,标准差为 0.124,分布于 -0.377 和 0.293 之间。图 2 也表明,城市蔓延对环境污染的边际影响差异较大,大多数城市的城市蔓延会加剧环境污染,且存在双峰,而少数城市的城市蔓延却减轻了环境污染,这种差异主要源自产业结构水平的不同。由计算结果可知,产业结构对环境污染的边际影响系数均值为 -0.037,标准差为 0.007,分布于 -0.082 和 -0.025 之间。图 3 表明,产业结构对环境污染的边际影响差异相对较小,绝大多数集中在 -0.05 以上。因此,综合考虑交叉项的作用和区域差异后,城市蔓延与产业结构对环境污染的边际影响呈现出更复杂的特征。面板门槛回归有助于对此现象作出进一步解析。

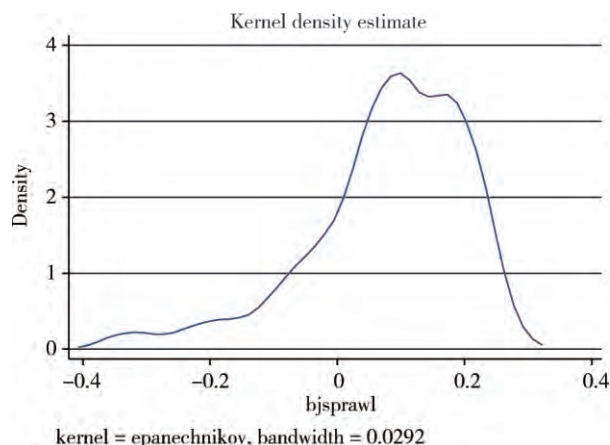


图 2 城市蔓延对环境污染的边际影响

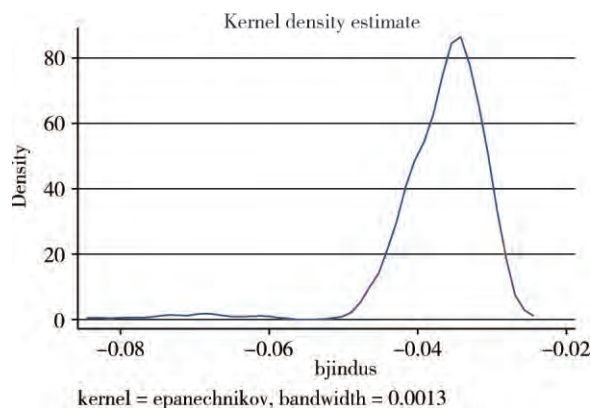


图3 产业结构对环境污染的边际影响

综上,城市蔓延、产业结构及二者的交叉项对环境污染影响显著,但分区域样本估计结果并不十分显著,图1也显示城市蔓延、产业结构的区域内差异比区域间差异更为明显,不同区域内都存在显著较高和较低的样本。同时,城市蔓延(产业结构)对环境污染的边际影响与产业结构(城市蔓延)水平密切相关。因此,将35个大中城市置于同一样本,采用门槛面板回归模型内生性地划分样本组,并观察以城市蔓延(产业结构)为门槛变量的情况下产业结构(城市蔓延)的影响系数,可得出更充实稳健的

研究结论。

2. 非线性影响—面板门槛模型

前文表明,产业结构优化升级有助于缓解环境污染,而城市蔓延则会加剧环境污染,二者的交互作用同时影响环境污染。那么,当产业结构、城市蔓延处于不同阶段时,对环境污染有什么影响?由于城市蔓延、产业结构水平在东部、中部、西部三大区域间的差异相对区域内差异不明显,因此本文采用面板门槛模型进一步研究。相比主观地人为划分样本,面板门槛模型可根据数据自身属性内生性地划分门槛区段,可更有效和全面地考察核心变量与被解释变量之间的非线性关系,并识别不同城市所属门槛区段,从而更清晰地观察不同类型城市蔓延或产业结构对环境污染的影响。

构建面板门槛模型首先需要确定模型中是否存在门槛及门槛的数量,即进行门槛效应检验。本文考察城市蔓延和产业结构的协同效应,因此,分别将其中一个变量作为门槛变量,观察另一个变量对环境污染的影响系数变化,检验结果见表3。结果表明,以indus或sprawl为门槛变量时,单一门槛的F统计量值在5%和10%的显著性水平下拒绝原假设,双重门槛和三重门槛的检验结果不显著。

表3

面板门槛模型门槛效应检验结果

门槛变量	门槛类型	RSS	MSE	F值(P值)	Crit10	Crit5	Crit1
indus	单一门槛	71.139	0.161	30.04(0.046)	25.490	33.757	50.830
	双重门槛	69.282	0.156	11.85(0.227)	17.136	21.311	8.809
	三重门槛	67.110	0.151	13.30(0.103)	13.934	16.955	22.680
sprawl	单一门槛	73.638	0.166	20.02(0.093)	19.454	25.190	33.120
	双重门槛	72.239	0.163	8.56(0.443)	14.981	18.687	25.896
	三重门槛	70.950	0.160	8.03(0.630)	19.427	23.134	30.016

注: crit10、crit5、crit1 为10%、5%、1%显著性水平下的临界值,通过bootstrap反复抽样300次得到。

因此,本文以sprawl和indus两个变量为核心变量和门槛变量,分别构建两个面板门槛模型,如式(4)和式(5)。

$$\text{pollution}_{it} = \mu_i + \varphi_1 \text{sprawl}_{it} I(\text{indus}_{it} \leq \gamma) + \varphi_2 \text{sprawl}_{it} I(\text{indus}_{it} > \gamma) + \delta \text{indus}_{it} + \sigma' X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\text{pollution}_{it} = \mu_i + \varphi_1 \text{indus}_{it} I(\text{sprawl}_{it} \leq \rho) + \varphi_2 \text{indus}_{it} I(\text{sprawl}_{it} > \rho) + \eta \text{sprawl}_{it} + \chi' X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中 I 为示性函数, γ 和 ρ 分别为 indus_{it} 和 sprawl_{it} 的门槛估计值,门槛估计值由样本数据内生决定。对于任意门槛值,可用OLS对方程进行一致

估计,得到估计系数及残差平方和 $\text{SSR}(\gamma)$,对于 $\gamma \in \{q_{it}; 1 \leq i \leq n, 1 \leq t \leq T\}$ (γ 最多有 nT 个可能取值),选择 γ ,使得 $\text{SSR}(\gamma)$ 最小,满足此条件的观测值即为门槛值。Stata14.0运行结果显示,当indus作为门槛变量时,门槛估计值为53.4%,95%置信区间为(53.090%,53.500%),当sprawl作为门槛变量时,门槛估计值为0.925,95%置信区间为(0.916,0.931);相应的LR似然比检验图见图4、图5。

按照式(4)和式(5)构建面板门槛模型,参数估计结果见表1,模型7和模型8分别以产业结构indus和城市蔓延sprawl为门槛变量。首先,固定资

产投资仍是环境污染的显著影响因素,FDI 对环境污染产生显著的负向影响,实际 GDP 在一定程度上促进环境污染,这与前文固定效应模型的结论一致。其次,当第三产业产值占 GDP 的比重低于其门槛值 53.4% 时,城市蔓延在 5% 的显著性水平下导致环境污染加剧;而当产业结构升级,第三产业产值占比提高到门槛值以上后,城市蔓延可在一定程度上减轻环境污染,但影响系数并不显著。可以确定的是,产业结构升级可降低城市蔓延对环境污染的加剧作用,这是对前文有关交叉项结论的验证和补充。相对于第二产业而言,第三产业对土地要素的需求较低,且生产方式更为灵活,更为集中地布局于市民生活居住场所周边。因此,随着产业结构升级,土地城镇化与人口城镇化相互之间更为协调,城市蔓延所导致的环境恶化也会有所缓解。最后,当城市蔓延水平较低,人口分布较为集中时,第三产业对环境污染产生负向作用;而当城市蔓延水平超过门槛值后,产业结构升级对环境的改善作用有所抵消。究其原因,城市蔓延水平过高会导致土地城镇化水平大大超过人口城镇化水平,人口布局过于分散,一方面不利于第三产业的规模化发展,从而抵消了其对环境污染的缓解作用,另一方面相应的基础设施建设缺乏规模效应,增加了对环境的压力。

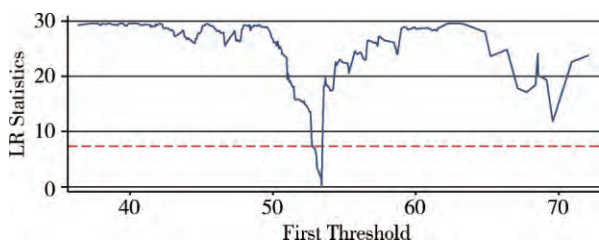


图 4 indus 单一门槛 LR 图

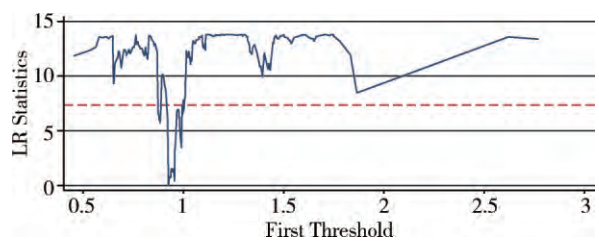


图 5 sprawl 单一门槛 LR 图

结合前文研究结论可知:产业结构升级,不仅能减轻环境污染,同时也有利于降低城市蔓延对环境的负面影响;城市蔓延水平提升,不仅加剧环境污染,同时还会部分抵消产业结构升级对环境的正面

影响。换言之,若某地区产业结构水平较高而城市蔓延水平较低,则该地区环境污染的压力相对较低。因此,本文以 indus 和 sprawl 的门槛值为基准,依据 2015 年各城市的产业结构和城市蔓延水平是否跨越了门槛值,将我国 35 个大中城市划分为四种类型,展示各城市的区域差异,并以此提出缓解环境污染的对策建议。

表 4 面板门槛模型估计结果

解释变量	模型 7	模型 8
sprawl (indus < 53.4%)	0.209 **	
sprawl (indus > = 53.4%)	-0.101	
sprawl		0.337 ***
indus (sprawl < 0.925)		-0.041 ***
indus (sprawl > = 0.925)		-0.037 ***
indus	-0.026 ***	
lninvest	0.131 ***	0.143 ***
lnrgdp	1.207 *	1.087
lnfdi	-0.125 ***	-0.162 ***
cons	11.804 ***	12.436 ***
F 值	36.19	36.63
R ² within	0.468	0.445
between	0.148	0.169
overall	0.183	0.188

注:***、**、* 表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下拒绝原假设。

由表 5 可知,17 个城市的第三产业产值占比高于 53.4%,且大多集中于东部地区,产业结构水平低于门槛值的城市,其第三产业产值占比也接近 50%,仅包括合肥、银川、长春、南昌等在内的部分中西部城市相对较低。这意味着近年来我国大中城市产业优化升级效果比较明显,第三产业比重持续增加,从而缓解了由粗放式工业发展带来的环境污染压力。从原始数据来看,各城市产业结构水平跨越了门槛值的时间不同。北京、广州、海口、乌鲁木齐在 2003 年第三产业产值占比就高于 53.4%,随后广州、呼和浩特、上海、太原、广西、西安等依次跨越门槛值,杭州、厦门、昆明、兰州等于 2014 年跨越门槛值。以上事实表明,无论是产业结构水平还是其跨越门槛值的时间,我国 35 个大中城市并不存在较明显的东部、中部、西部“梯度推移”的区域差异,这在很大程度上源于各大中城市均为各省区的经济增长中心,产业升级得益于市场力量或政策支持,因此进一步表明面板门槛模型的估计比分区面板模型更切合实际。

从城市蔓延水平来看,目前深圳、厦门、广州等 11 个东部城市都存在比较明显的城市蔓延,表现为

较突出的土地城镇化水平超过人口城镇化水平的特征,人口居住分散,对环境产生的压力较大。同时,呼和浩特、乌鲁木齐、银川、昆明等西部地区城市的蔓延水平也高于门槛值,与东部地区不同的是,这些

城市的城市蔓延更多源自人口吸纳能力较低,土地扩张速度高于人口集聚速度,从而导致土地城镇化与人口城镇化水平不协调。

表 5

35 个大中城市类型划分

	产业结构高于门槛	产业结构低于门槛
城市蔓延低于门槛	A 海口 (0.872/75.84)、西安 (0.829/59.55)、哈尔滨 (0.775/55.92)、上海 (0.645/67.76)	B 成都 (0.888/52.81)、武汉 (0.883/51.02)、沈阳 (0.878/45.73)、天津 (0.851/52.15)、西宁 (0.714/48.66)、石家庄 (0.679/45.84)、重庆 (0.624/47.70)
城市蔓延高于门槛	C 深圳 (2.619/58.78)、呼和浩特 (2.016/67.86)、乌鲁木齐 (1.650/68.88)、厦门 (1.529/55.71)、昆明 (1.471/55.28)、广州 (1.458/67.11)、太原 (1.177/61.34)、南京 (1.159/57.32)、兰州 (1.103/59.98)、济南 (1.083/57.18)、北京 (1.046/79.65)、贵阳 (1.006/57.17)、杭州 (0.980/58.24)	D 合肥 (1.676/42.75)、银川 (1.551/43.81)、青岛 (1.523/52.79)、宁波 (1.394/45.24)、福州 (1.308/48.66)、大连 (1.300/50.83)、郑州 (1.291/48.64)、长沙 (1.170/45.06)、长春 (1.161/43.69)、南昌 (1.157/41.22)、南宁 (0.998/49.68)

注:各城市后面括号中前一个数值为城市蔓延水平,后一个数值为产业结构水平;每种类型各城市按城市蔓延水平进行排序。

对照本文的研究结果,表 5 所划分的四种类型中,最优类型为城市蔓延低于门槛、产业结构高于门槛的组合,最差类型为城市蔓延高于门槛、产业结构低于门槛的组合,其余两种类型分别存在城市蔓延程度过高和产业结构水平过低的问题。因此,海口等 A 类城市的产业结构和城市蔓延水平有利于缓解环境污染。成都等 B 类城市的土地城镇化和人口城镇化相对较协调,可通过加快调整产业结构改善环境质量,特别是沈阳、西宁、石家庄、重庆等城市。深圳等 C 类城市的主要问题在于城市蔓延水平过高,在一定程度上加剧了环境污染。对于 C 类中的东部城市,可借助第三产业的分区域多中心发展,带动人口合理布局,减少城市资源集中于单个增长区域导致的“大城市病”;而对于中西部城市而言,应利用其产业结构升级的契机,增强对外来人口的吸纳能力,推动由土地城镇化到人口城镇化的城市发展方式转变,减小经济增长与土地财政间的“路径依赖”。合肥等 D 类城市则同时存在城市蔓延水平过高与产业结构水平过低的问题,政府应放缓供地节奏,并加快产业结构升级,在吸聚人口的同时合理规划城市布局,防止城市过度扩张,防范其产生 B 类或 C 类的问题。

四 结论与建议

本文基于 2003—2015 年中国 35 个大中城市的面板数据,实证研究了城市蔓延、产业结构对环境污染

的协同效应。具体而言,固定效应模型证实了城市蔓延对环境污染存在正向的线性影响,产业结构对环境污染存在负向的线性影响,且交叉项的系数值为负,表明城市蔓延对环境污染的影响强度因产业结构水平的变化而变化,反之亦然。随后,面板门槛模型展现了城市蔓延、产业结构对环境污染的非线性影响。实证研究表明,当产业结构水平跨越门槛值后,城市蔓延对环境污染的加剧作用得以减轻;当城市蔓延水平跨越门槛值后,产业结构升级对环境污染的缓解作用也被部分抵消。线性和非线性影响的结论相辅相成,互为补充,均表明城市蔓延、产业结构对环境污染有显著的协同效应。当前仅海口等 4 个城市的产业结构和城市蔓延水平有利于缓解环境污染,成都等城市需通过加快产业结构调整改善环境质量,深圳等城市可借助第三产业的分区域多中心发展解决城市蔓延带来的环境问题,而部分中西部城市则需增强对外来人口的吸纳能力,推动土地城镇化向人口城镇化转变,合肥、银川等城市则面临城市蔓延水平过高但产业结构水平过低的问题,环境污染缓解或环境质量提升的压力较大。

基于实证研究结论,本文提出以下几点对策建议。第一,继续推动产业结构升级,因地制宜发展环境友好型的第三产业,如沈阳、长春等东北资源型城市的积极转型,青岛等城市发展的旅游业,贵阳发展的大数据产业等都有利于环境污染的缓解。第二,深圳、上海、北京等经济增长中心应发展紧凑型多中心城市。在工业化和城镇化快速发展阶段,人口不

断向大城市集聚是基本规律,经济密度高于人口密度必定吸引更多人口聚集。为了降低城市蔓延水平,与其采用行政力量限制人口规模,不如适应市场规律发展紧凑型多中心城市。紧凑型多中心城市可减少人们的通勤距离,提高基础设施运行效率,有利于缓解环境污染,也有利于通过知识溢出提高城市的劳动生产率,推动产业结构升级。第三,对大批不在大城市周围或城市群内,也没有足够经济实力的中小城市和小城镇,在相当长时期内的工作重点应是生态和文化保护,而不是土地财政诱致的规模扩张。同时,产业结构升级可带动经济增长水平的提升,吸纳人口流入,减少因土地城镇化快于人口城镇化对环境带来的负面影响。第四,打破行政边界,加强区域污染的联合防治。环境污染具有较强的空间溢出效应,因此应当建立区域间污染联防联控机制,在确定污染减排目标的基础上,统一的监测信息共享机制、联防联控机制、执法监管机制和预警应急机制等,都有利于以更低的成本和更高的效率促进各城市环境质量的提升。

【Abstract】 Based on the sample of 35 large and medium cities of China, this essay studies the synergistic effect of urban sprawl and industrial structure on environmental pollution using Fixed Effect Model and Panel Threshold Model, covering both the linear and nonlinear influences. The results show that urban sprawl aggravates environmental pollution in cities, and its effect will fall when industrial structure level crosses the threshold value; whereas industrial structure upgrading reduces environmental pollution and its effect will be partially offset when urban sprawl level crosses the threshold value. Besides, fixed asset investment is still the main source of environmental pollution and FDI will reduce the pollution of large and medium-sized cities to a certain extent. Accordingly, during the upgrading of industrial structure, the economic growth center such as Shenzhen, Shanghai and Beijing should develop into compact cities with several centers. Other large and medium-sized cities should reduce the negative impact of urban sprawl on the environment by increasing the attraction of population.

【Key words】 urban sprawl; industrial structure; environmental pollution

注释

- ① 中国 35 个大中城市包括:东部的北京、天津、石家庄、沈阳、大连、上海、南京、杭州、宁波、福州、厦门、济南、青岛、广州、深圳、海口;中部的太原、长春、哈尔滨、合肥、南昌、郑州、武汉、长沙;西部的呼和浩特、南宁、重庆、成都、贵阳、昆明、西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐。

参考文献

- [1] 周景博. 北京市产业结构现状及其对环境的影响分析[J]. 统计研究, 1999(8): 40-44
- [2] 李文君, 杨明川, 史培军. 唐山市资源型产业结构及其环境影响分析[J]. 地理研究, 2002(4): 511-518
- [3] 王青, 赵景兰, 包艳龙. 产业结构与环境污染关系的实证分析——基于 1995-2009 年的数据[J]. 南京社会科学, 2012(3): 14-19
- [4] 韩峰, 王琢卓. 产业结构变迁对生态环境质量的影响研究——以湖南省为例[J]. 科技与经济, 2010(4): 12-15
- [5] 许正松, 孔凡斌. 经济发展水平、产业结构与环境污染——基于江西省的实证分析[J]. 当代财经, 2014(8): 15-20
- [6] Grossman G M, Krueger A B. Economic Growth and the Environment[M]. Oxford University Press, 1995: 25-30
- [7] Brajer V, Mead R W, Xiao F. Searching for an Environmental Kuznets Curve in China's air pollution[J]. China Economic Review, 2011(3): 383-397
- [8] 李姝. 城市化、产业结构调整与环境污染[J]. 财经问题研究, 2011(6): 38-43
- [9] Van Meter P C, Mahler B J, Furlong ET. Urban Sprawl leaves its PAH signature[J]. Environment of Science and Technology, 2000(19): 4064-4070
- [10] Fallah B N, Partridge M D, Olfert M R. Urban sprawl and productivity: Evidence from US metropolitan areas[J]. Papers in Regional Science, 2011(3): 451-472
- [11] 王家庭, 张邓嫫, 赵丽. 中国城市蔓延的成本—收益测度与治理模式选择[J]. 城市问题, 2015(7): 2-9
- [12] 刘修岩, 李松林, 秦蒙. 开发时滞、市场不确定性与城市蔓延[J]. 经济研究, 2016(8): 159-171
- [13] 李强, 高楠. 城市蔓延的生态环境效应研究——基于 34 个大中城市面板数据的分析[J]. 中国人口科学, 2016(6): 58-67
- [14] 张帆. 中国城市蔓延的影响因素分析——基于 35 个大中城市面板数据的实证研究[J]. 湖北社会科学, 2012(5): 69-72
- [15] 洪世键, 张京祥. 城市蔓延机理与治理: 基于经济与制度的分析[M]. 东南大学出版社, 2012: 175-209
- [16] 刘飞宇, 赵爱清. 外商直接投资对城市环境污染的效应检验——基于我国 285 个城市面板数据的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2016(5): 130-141

(编辑: 崔 剑; 责任编辑: 李小敏)