

我国工业化和城镇化协调的空间偏效应 与污染集聚治理研究

——基于 SLXM 模型

谢晗进^{1,2}, 刘满凤³, 江雯⁴

(1. 华东交通大学 经济管理学院 江西 南昌 330013; 2. 华东交通大学 新型工业化与城镇化研究院 江西 南昌 330013;
3. 江西财经大学 产业经济研究院 江西 南昌 330013; 4. 南昌大学 经济管理学院 江西 南昌 330031)

摘要: 为了应对因工业化和城镇化进程加快而带来的污染集聚效应,从理论上探索“两化”协调发展方式,即运用系统动力学基本结构流程图模型构建“两化”协调效应机制,论证“两化”协调对污染集聚的治理作用。同时,运用 SLXM 的空间计量模型,实证检验我国 30 个省市的“两化”协调效应。结果表明,“两化”协调确实有助于污染集聚的治理,一方面,工业化对污染集聚估计系数从协调前的 3.696 5 下降为协调后的 0.931 8,城镇化进程也能产生治理效应,从协调前的 14.070 8 下降为协调后的 11.468 4,并在城镇化溢出效应作用下总体下降为 -0.333 9;另一方面,城镇化进程和“两化”耦合协调度产生的间接溢出效应对污染集聚治理也具有正向作用。此外,劳动力集聚和技术集聚均直接地产生污染集聚的治理效应,而资本聚集却促使了污染集聚的产生。由此提出我国应该通过加快城镇化进程,提高城镇化水平;增加劳动力投入,提高劳动者报酬;降低资本投入,适当稳定资本收益等相关政策建议。

关键词: 工业化; 城镇化; 空间偏效应; 污染集聚; 治理效应

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6049(2019)03-0090-09

一、引言

工业化促进了经济发展,城镇化维持了工业化持续发展,也带来了围绕城市建设兴起的产业发展和社会保障,工业化和城镇化(简称“两化”)共同推动社会经济发展。但是,工业化和城镇化呈现出“两张皮”各自发展,各自为战。一方面,工业化的快速覆盖,使得人口聚集和污染聚集日益严峻,公共产品供给不足、社会保障力度不够、工业污染处理不到位、政策施行不足等问题层出不穷;另一方面,城镇化发展注重土地城镇化和户籍城镇化等数据变化,而忽视了人口聚集后对消费、住房、娱乐和出行等方面的需求,也无视与产业融合的空间协同,逐渐演变成了“房地产化”,也出现了“产业空心化”。

十九大报告再次提出“四化”同步发展,要“促进新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展”,为我国高质量创新发展提出切实可行的解决办法。而从本质和内涵剖析可以发现,“四化同步”的本质是“四化”形成良好的互动关系,工业化创造供给,城镇化创造需求,工业化和城镇化是区域经

收稿日期: 2019-03-18; 修回日期: 2019-05-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(71864011); 江西省教育厅科技重点项目(GJJ180292); 国家自然科学基金项目(71764007)

作者简介: 谢晗进(1988—),男,江西南昌人,华东交通大学经济管理学院讲师,博士,研究方向为区域经济环境协调; 刘满凤(1964—),女,江西吉安人,江西财经大学产业经济研究院教授,研究方向为产业经济学; 江雯(1991—),女,江西新余人,南昌大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为企业经济。

济协调发展的核心;农业现代化为工业化、城镇化提供支撑和保障;信息化推进工业化、城镇化与农业现代化进程中“量”与“质”的深化和优化。

因此,实现区域经济协调发展,核心在于把握工业化和城镇化之间的协调关系;而加强农业现代化的保障力度和加大信息化与“三化”的融合深度是提升工业化和城镇化协调发展的重要举措。本文将工业化与城镇化的协调发展为基础,研究“两化”协调效应对污染集聚治理的积极作用,从而展开深入的机制探索和实证检验。

二、文献回顾

Ryan^[1]主要研究工业集聚中的环境规制成本,认为工业化水平与环境污染排放总量之间存在EKC关系,即工业化水平的提高会使得环境状况自发地遵循“先恶化、后改善”的路径。对于城镇化与环境污染之间的研究却出现了较大争议,York^[2]以欧盟各个国家为样本,论证得出城市化进程确实带来了环境污染,杨仁发^[3]对城镇化进程中产业集聚现象与环境污染的门槛效应进行检验,得出产业集聚在高于门槛值时有利于改善环境质量这一结论,有效地支撑了城镇化对环境污染具有一定的抑制作用,但条件是高度、成熟的城镇化带来的高水平产业集聚度才能有效地抑制环境污染、降低污染处理成本和提高废物回收利用率;Martinez and Maruotti^[4]论述了发展中国家的二氧化碳排放量与城市化水平之间的非线性关系。杜雯翠等^[5]全面细致地从国内外文献研究、国外经验借鉴与比较中提出一些适合我国工业化与城市化进程对于环境污染的对策建议,并指出在国际上,高城市化率国家其空气质量指数越高;在国内,高城市化率和高工业化率的省份(如北京、上海、广东等)总体情况较好,工业化水平关系到大气污染状况,城市化水平关系到水污染状况。

关于工业化和城镇化协调发展的文献有:Renaud^[6]论述了巴西在没有经过工业化创造的优越条件的基础上,推进城镇化是难以持续的,最终导致大量农村人口没有得到就业机会而被迫转移至贫民窟。虽然巴西在2000年城市化率就高达80%以上,但因其工业化程度低、经济基础差,使得国家出现大量的社会问题和矛盾。事实上,透过工业化和城镇化的表象,不难发现两者在推进过程中,产业层面的变化是巨大的,即制造业与服务业之间的产业协调和融合是工业化和城镇化关系协调的微观基础。Alderson^[7]验证了竞争、成本优势是在全球化趋势、国际专业化分工大环境下选择“去工业化”的依据。由此又展开了关于服务业发展的诸多研究和实践,Gary and Sanchez^[8]认为服务业快速发展甚至超越制造业的趋势恰好加快和强化了城镇化进程,带来了新的增长极。然而,过度的城镇化进程又会诱发服务业的过度发展,致使制造业急剧萎缩,放缓全社会生产率的增长,也难以应对经济系统出现的危机,最终又会产生“再工业化”的内生需求^[9],使得工业化进程与城镇化进程难以共存而激发出矛盾。由此看来,工业化和城镇化进程的内在协调在于制造业和服务业之间的协调,Baumol^[10]认为服务业对制造业具有外部性,能提高制造业的效率;制造业对服务业也具有外部性,也能提高服务业的效率。Porter^[11]同样认为服务业和制造业具有相互依赖、共生发展的互补性关系,只有两者协同发展才能提高社会生产率并保障经济的稳健增长。

而国内研究大多集中于“三化”协调和“四化”同步方面。李刚和魏佩瑶^[12]采用模糊数学的综合评价方法,根据模糊数学的隶属度理论定量分析和评价我国工业化和城镇化的协调度。董梅生和杨德才^[13]通过VAR计量模型实证分析农业现代化、工业化与城镇化的协调关系,论证了我国农业现代化、工业化、城镇化和信息化之间存在融合度不够、互动不足、协调较差等问题。徐维祥等^[14]构建出“四化”协调度评价指标体系,采用PLS途径模型和空间距离测度模型对我国“四化”同步发展水平进行测度和评价,认为城镇化落后于工业化。徐维祥等^[15]同样运用耦合协调度模型测算“四化”协调度,并检验得出我国“四化”协调度存在显著的空间自相关性。李裕瑞等^[16]通过测算“四化”耦合协调度发现我国各地区间协调度存在较大差异,东部沿海和北部协调度较高。

因此,我国工业化和城镇化协调的有关研究重点大多关注协调度评价,而缺乏“两化”协调效应理论分析和实证检验。而事实上,工业化和城镇化的推动又为污染治理提供了便利,工业化带来了税收和资金,城

镇化提供了人口和产业集中的空间聚集载体,使得政府监管、市场调节对污染的治理更加得心应手。

三、工业化和城镇化协调治理效应的机制分析

我们拟通过系统动力学方法来分析“两化”协调治理污染集聚的路径,即假定工业化和城镇化进程协调使得人口、产业等要素相匹配增长,经济集聚度也会相应提高。同样假定污染集聚度下降便能引起环境经济集聚协调度提高(图1)则有包括技术创新治理污染集聚的正反馈路径、“两化”协调的负反馈路径以及经济集聚度强化效应的正反馈路径共5条正反馈路径和2条负反馈路径。值得注意的是,污染处理技术水平代表环保产业企业技术水平,能够处理生产企业污染物排放,也能够治理城市污染物

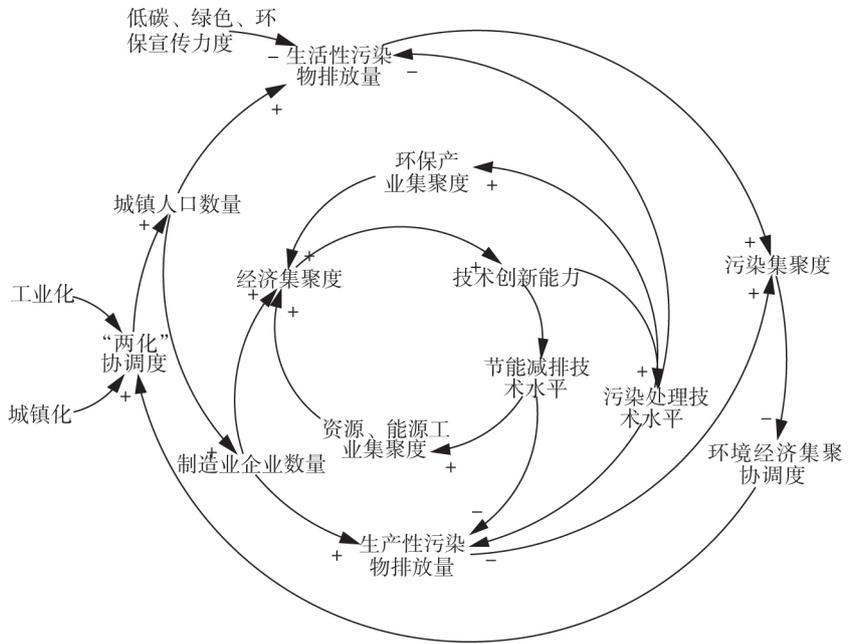


图1 “两化”协调传导路径的系统动力学模型

排放;节能减排技术水平代表生产企业在生产过程中对资源和能源利用率的提升以及新能源、新材料的替代使得生产性污染物会减少。

(一) 5条正反馈路径

(1) 技术创新治理生活性污染集聚的正反馈路径1: “两化”协调度↑→城镇人口数量↑→制造业企业数量↑→经济集聚度↑→技术创新能力↑→污染处理技术水平↑→生活性污染物排放量↓→污染集聚度↓→环境经济集聚协调度↑。

(2) 技术创新治理生产性污染集聚的正反馈路径2 “两化”协调度↑→城镇人口数量↑→制造业企业数量↑→经济集聚度↑→技术创新能力↑→污染处理技术水平↑→生产性污染物排放量↓→污染集聚度↓→环境经济集聚协调度↑。

(3) 技术创新治理生产性污染集聚的正反馈路径3 “两化”协调度↑→城镇人口数量↑→制造业企业数量↑→经济集聚度↑→技术创新能力↑→节能减排技术水平↑→生产性污染物排放量↓→污染集聚度↓→环境经济集聚协调度↑。

(4) 环保产业集聚加强经济集聚效应的正反馈路径4: 经济集聚度↑→技术创新能力↑→污染处理技术水平↑→环保产业集聚度↑→经济集聚度↑。

(5) 资源、能源工业集聚加强经济集聚效应的正反馈路径5: 经济集聚度↑→技术创新能力↑→节能减排技术水平↑→资源、能源工业集聚度↑→经济集聚度↑。

(二) 2条负反馈路径

(1) “两化”协调的负反馈路径1: “两化”协调度↑→城镇人口数量↑→生活性污染物排放量↑→污染集聚度↑→环境经济集聚协调度↓。

(2) “两化”协调的负反馈路径2 “两化”协调度↑→城镇人口数量↑→制造业企业数量↑→生产性污染物排放量↑→污染集聚度↑→环境经济集聚协调度↓。

此外,工业化和城镇化的协调发展不仅能够提升技术创新能力,还能够带来充足的资本存量和良好的投资环境,丰厚的物质基础也将带来环保产业、能源产业等技术进步从而最终实现环境经济集聚协调

发展。同时,“两化”协调最核心的要素是“人”,以人为本的导向将使得人与自然的更加和谐。

四、模型设定与数据来源

(一) 工业化和城镇化耦合协调度模型设定

我们运用系统耦合协调度指数来评价工业化和城镇化的协调度,具体公式如下:

$$C_i = \left\{ \frac{Ind_i \times Cty_i}{[(Ind_i + Cty_i) / 2]^2} \right\}^k \quad (1)$$

其中 $k = 2$ 表示协调度模型由两个系统组成; Ind_i 和 Cty_i 分别代表地区 i 的工业化水平和城镇化水平。考虑到工业化与城镇化协调还与工业化与城镇化发展水平有关,即既存在“两化”发展水平较低但协调高的情况,也同样存在“两化”发展水平较高而协调度也较高的情况。为了区分不同发展水平上的协调度,对(1)式进行修正,引入实际的“两化”发展水平,修正方法如下:

$$COD_i = \sqrt{C_i \times T_i} \quad (2)$$

其中 COD_i 用于度量地区 i 的工业化和城镇化的协调度; $T_i = \alpha Ind_i + \beta Cty_i$, α 和 β 分别表示工业化和城镇化的重要程度。考虑到工业结构的工业化和城镇化水平在指标意义上不具有可比性,根据城镇化长期落后于工业化的现状,以及刘满凤和谢晗进^[17] 门槛效应模型检验结果,令 $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.7$; 而人口结构的工业化和城镇化水平具有可比性,视为两系统同等重要,则令 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

(二) SLXM 模型设定

为了研究污染集聚度的治理效应,首先要建立污染集聚度相关的理论模型。借助 Ushifusa and Tomohara^[18] 的产出密度模型,由于生产过程中的产出分为“期望”产出和“非期望”产出,既可以将经济产量指标作为产出,也可以将环境污染指标作为产出,故将污染集聚度指标作为“非期望”产出引入到产出密度模型中,具体公式如下:

$$p_i = A_i (l_i^\alpha k_i^\beta)^\rho (p_i)^{(\lambda-1)/\lambda} \quad (3)$$

其中 p_i 为地区 i 单位面积的污染物排放量,经标准化处理可得到相同的地理集中度指数形式,故 p_i 可认为就是文中研究的污染集聚度; l_i 为地区 i 单位面积的劳动力数量,即为劳动力集聚度; k_i 为地区 i 单位面积的资本存量,即为资本集聚度。

经过对数变换,得到形式为:

$$\ln p_i = \lambda \ln A_i + \lambda \rho \alpha \ln l_i + \lambda \rho \beta \ln k_i \quad (4)$$

其中 A_i 采用与李标等^[19] 相同的处理方法,即通过工业化和城镇化影响技术进步指标或全要素生产率指标,将 A_i 展开为:

$$\ln p_i = \lambda \ln A_0 e^{\eta \ln Ind_i + \theta \ln Cty_i} + \lambda \rho \alpha \ln l_i + \lambda \rho \beta \ln k_i \quad (5)$$

再对(4)式进行调整,具体形式为:

$$\ln p_i = \lambda \ln A_0 + \lambda \eta \ln Ind_i + \lambda \theta \ln Cty_i + \lambda \rho \alpha \ln l_i + \lambda \rho \beta \ln k_i \quad (6)$$

由于污染集聚度存在空间自相关性^[20],故应该采用空间计量模型进行估计,将(6)式变换为空间计量模型形式,包括 SLM、SEM、SLXM、SDM、SACM、SDEM 和 GNSM。根据 Vega and Elhorst^[21] 在自己研究基础上衍生出全面细致的空间模型选择方法,既可以从一般到特殊,也可以从特殊到一般,其中最为重要的一点是补充了自己研究中 SDM 的空间自回归系数不显著的情况,即自变量空间滞后模型(Spatial Lag X Model, SLXM)以及将 Kelejian-Prucha 和 Manski 的一般模型形式分别定义为空间自回归模型(Spatial Autoregressive Combined Model, SACM)和一般空间模型(General Nesting Spatial Model, GNSM),具体模型选择方式和模型形式如图 2 所示。以“两化”协调治理效应模型为例,自变量空间滞后模型(SLXM)设定形式为:

$$\begin{aligned} POL_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 COD_{it} + \beta_2 IND_{it} + \beta_3 CTY_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \beta_6 RD_{it} + \beta_7 GOV_{it} + \beta_8 DUMMY_{it} \\ & + \beta'_1 W \times COD_{it} + \beta'_2 W \times IND_{it} + \beta'_3 W \times CTY_{it} + \beta'_4 W \times K_{it} + \beta'_5 W \times L_{it} + \beta'_6 W \times RD_{it} \\ & + \beta'_7 W \times GOV_{it} + \beta'_8 W \times DUMMY_{it} + \nu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

其中 $\ln POL_{it}$ 为 i 地区 t 时期的污染集聚度^[20]; $W \ln POL_{it}$ 为 i 地区在 t 时期空间滞后加权的被解释变量,为空间滞后项; W 为 $N \times N$ 空间权值矩阵; ρ 为空间回归系数; $\ln ECO_{it}$ 为 i 地区 t 时期的经济集聚度^[20]; IND_{it} 和 CTY_{it} 分别为工业化和城镇化率,其中工业化水平是采用工业增加值占 GDP 比重来表示,城镇化水平仍然采用城镇人口比重来表示; K_{it} 和 L_{it} 分别表示 i 地区 t 时期的资本集聚度和劳动力集聚度,与经济集聚度和污染集聚度计算方式相同,均采用地理集中度指数测算; COD_{it} 表示 i 地区 t 时期的“两化”耦合协调度,用来检验“两化”内部协调度; $DUMMY_{it}$ 为“两化”协调状态的虚拟变量,将“两化”协调度处于“不协调”状态记为“0”,处于“协调”状态记为“1”,用来检验“两化”外部协调度; RD_{it} 表示 i 地区 t 时期的研发投入强度; GOV_{it} 表示 i 地区 t 时期的政府行为。

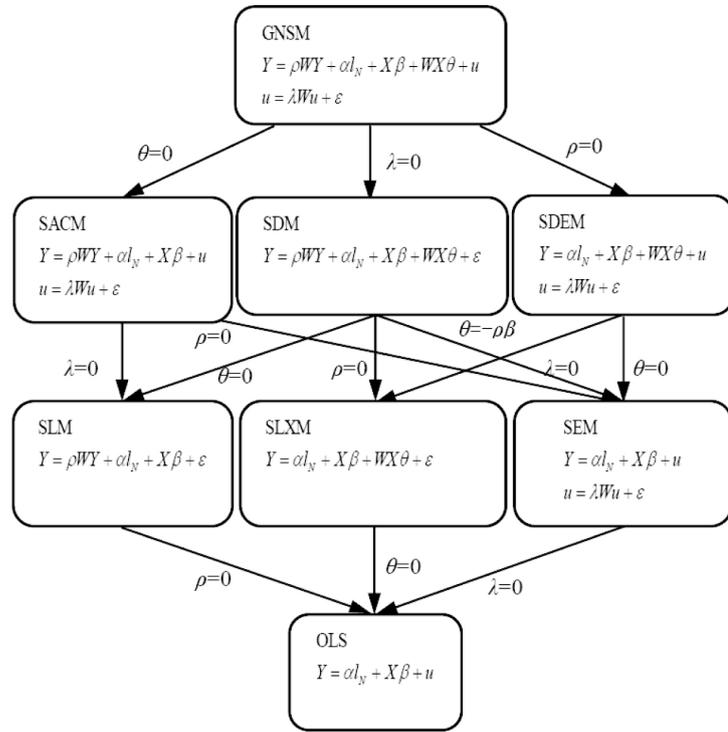


图2 空间计量模型的选择路径^[21]

(三) 数据来源

构建我国 30 个省市(中国香港、中国澳门、中国台湾及西藏自治区除外)的 SLXM 空间计量模型 模型设定中涉及的污染集聚度、工业化、城镇化、资本集聚度、劳动力集聚度和空间权重矩阵数据来源如下:

- (1) 污染集聚度。将二氧化碳排放量作为污染物进行测算,即参考 2007 年政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告中提供的二氧化碳排放量核算方法,选取九大类能源消费种类(煤炭、焦炭、原油、柴油、燃料油、天然气、煤油、汽油和电力^[22])。数据来源于《中国能源统计年鉴》。
- (2) 工业化水平。采用工业增加值占 GDP 的比重,数据来源于《中国统计年鉴》。
- (3) 城镇化水平。采用城镇人口比重表示,数据来源于《中国统计年鉴》。
- (4) 资本集聚度。资本存量测算方法普遍采用永续盘存法,参考张军等^[23]所采用的方法,在估计一个基准年的资本存量后运用永续盘存法按照不变价格计算我国 30 个省市的资本存量,采用地理集中度指数测算。
- (5) 劳动力集聚度。采用年末社会从业总人数表示,数据来源于《中国统计年鉴》,同时由《中国人口和就业统计年鉴》以及各省市地方统计年鉴加以补充,采用地理集中度指数测算。
- (6) 空间权重矩阵。采用 ROOK 一阶空间权值矩阵,即区域 i 和区域 j 相邻时 $w_{ij} = 1$; 区域 i 和区域 j 不相邻时 $w_{ij} = 0$,设定权重矩阵后对行向量进行归一化处理。

五、实证检验

(一) SLXM 模型的实证检验结果分析

从 SLXM 检验结果来看,虚拟变量的滞后项($W \times DUMMY$)与资本集聚度的滞后项($W \times K$)显著拒绝 $\theta=0$ 的原假设,故认为 SLXM 是更为适合的模型。SLXM 为污染集聚度的治理效应检验最优模型形式,具体检验过程可参考文献[24]。由表 1 可知,SLXM 的检验结果中非空间滞后项系数和空间滞后项系数分别表示各系数对污染集聚度的直接影响和间接影响。直接影响的检验结果中,除了政府

行为变量以及“协调”等级的虚拟变量系数不显著外,工业化水平、城镇化水平、资本集聚度、劳动力集聚度、研发投入强度和“两化”协调度对污染集聚度的影响均显著;而间接影响的检验结果中仅有城镇化水平与“协调”等级的检验结果显著。需要说明的是,“两化”协调等级的虚拟变量很直观地表示出“协调”状态和“不协调”状态对污染集聚度的影响,可以视为“两化”协调对污染集聚治理的外部性作用。“两化”协调度变量是由工业化和城镇化水平经过耦合协调度模型演算而来,故具有与交互项和调节变量相似的功能,能够对工业化和城镇化产生污染集聚的这一过程实现内部协调作用。

“两化”协调是治理污染集聚的有效措施,提高本地劳动力集聚度也能够达到控制污染集聚度的目标;劳动力集聚度与技术创新的治理作用差异不大,以提高技术创新能力为核心的污染集聚度治理手段已经得到定性分析,即污染处理技术和节能减排技术的进步和创新能够促进本地经济集聚度提高,同时也能较好地控制污染集聚度的增加;资本集聚度均对污染集聚度产生促进作用,意味着生产过程中对于资本要素和劳动力要素投入的选择应更倾向于增加劳动力投入。

(二) 工业化和城镇化协调的空间偏导效应分析

从“两化”协调度和“协调”等级两变量的直接效应来看,本地区“两化”协调度及“协调”状态均对污染集聚度产生治理作用,即“两化”协调内外部同时产生积极作用,但“协调”状态检验结果不显著。故本地区“两化”协调主要体现在对工业化和城镇化进程内部的协调,使得工业化和城镇化在持续推进过程中产生更小的污染集聚度甚至能够治理污染集聚,验证了协调工业化和城镇化进程是治理污染集聚有效的手段之一。再从间接效应来看,本地区受到周围地区“协调”状态的溢出效应和外部作用,表明空间上集聚是有利于改善污染集聚状况的,尤其是周围地区协调的“两化”进程产生的污染治理技术、节能减排技术以及更有效率的生产方式对本地区均有积极的溢出作用;同时我们也要防止工业化和城镇化水平的粗放式溢出,因为它会加速恶化本地区的污染集聚现状,虽然研究表明这种溢出效应不显著,却要引起监管部门的高度关注。

“两化”协调等级由“不协调”提高到“协调”状态能够使污染集聚度至少下降 0.732 0(表 2)。但是与“两化”协调产生的内部作用相比仍差距较大,因此相较而言,“两化”协调度内部作用将起决定性作用。但是,工业化和城镇化之间形成的协调作用对工业化、城镇化促进污染集聚这一过程中的内部协调状态尚未用数据形式表现出来,即工业化和城镇化进程之间的协调作用应该会削弱甚至逆转污染集聚度,从定量角度就是使得表 1 SLXM 中工业化和城镇化对污染集聚度的估计系数变小。为了验证这一结论,并且根据(1)式和(2)式协调度测算模型特点,采用与交互作用模型中以交叉项作为调节变量的处理方法,将协调度模型展开并通过分别对工业化和城镇化水平变量求偏导数,进一步求得工业化和城镇化对污染集聚度的偏效应。

经工业结构和人口结构的“两化”协调度对污染集聚度的检验结果来看,工业结构的“两化”协调度更能对污染集聚度产生有效的治理作用,故对工业结构的“两化”协调度检验结果做进一步的研究。由于表 1 中 $W \times COD$ 的检验结果不显著,则令其系数等于 0,即对污染集聚度不产生任何影响,也就不对 $W \times COD$ 求偏导数。因此,对(7)式的协调度展开并求偏导数,分别得到工业化和城镇

表 1 SLXM 模型估计结果

变量	SLXM 估计	变量	SLXM 估计
ρ		GOV	-0.001 4 (-0.092 6)
λ		$W \times IND$	0.844 1 -0.187 9
IND	3.696 5** -2.070 8	$W \times CTY$	-11.802 3* (-1.706 4)
CTY	14.070 8*** -4.732	$W \times COD$	10.004 8 -1.111
COD	-7.008 3** (-2.033 3)	$W \times DUMMY$	-0.732 0*** (-3.004 1)
$DUMMY$	-0.168 3 (-1.322 6)	$W \times K$	-0.078 1 (-1.249 1)
K	0.496 8*** -20.662	$W \times L$	-0.281 9 (-1.112 4)
L	-0.493 2*** (-4.611 6)	$W \times RD$	-0.073 (-0.231 2)
RD	-0.482 3** (-2.337 1)	$W \times GOV$	-0.024 9 (-1.007 1)
R^2			0.992 5
$Log-L$			-441.694 8
$Hausman$			118.542 5***
LR			293.746 7***

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著;括号内为 t 统计量。

化水平对污染集聚度的偏效应方程:

$$\frac{\partial POL}{\partial IND} = \beta_2 + \beta'_2 + \beta_1 \times \left[\begin{array}{l} -8 \times IND \times CTY \times (IND + CTY)^{-3} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{\frac{1}{2}} \\ + 4 \times CTY \times (IND + CTY)^{-2} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{\frac{1}{2}} + 0.6 \\ \times IND \times CTY \times (IND + CTY)^{-2} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{-\frac{1}{2}} \end{array} \right] \quad (8)$$

$$\frac{\partial POL}{\partial CTY} = \beta_3 + \beta'_3 + \beta_1 \times \left[\begin{array}{l} -8 \times IND \times CTY \times (IND + CTY)^{-3} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{\frac{1}{2}} \\ + 4 \times IND \times (IND + CTY)^{-2} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{\frac{1}{2}} + 1.4 \\ \times IND \times CTY \times (IND + CTY)^{-2} \times (0.3IND + 0.7CTY)^{-\frac{1}{2}} \end{array} \right] \quad (9)$$

将工业化和城镇化变量的均值代入(8)式和(9)式,得到在“两化”协调的内在作用下工业化和城镇化进程对污染集聚度的影响程度,分解为直接效应和间接效应两部分,这里将不显著的变量视为系数为0或污染集聚度不产生任何作用。结果表明(表2),在“两化”协调作用下,工业化和城镇化进程对污染集聚度的促进作用明显弱化,这从量化角度证明“两化”协调的重要性;虽然本地区城镇化对污染集聚度的影响仍然位于14.0708的较高水平,但受到周围地区城镇化进程溢出效应的影响,在总效应系数上逆转为抑制作用,呈现出对污染集聚度的治理效应。这再一次证明城镇化进程的重要性,而且提高城镇化水平不能仅从一个地区或小范围区域考虑,应该从全国层面进行提高,这样才能发挥出城镇化进程对污染集聚度的治理效应。

表2 直接效应、间接效应和总效应

变量	直接效应	间接效应	总效应
IND	0.9318**	-4.7650	0.9318
CTY	11.4684***	-11.8023*	-0.3339
DUMMY	-0.1683	-0.7320***	-0.7320
K	0.4968***	-0.0781	0.4968
L	-0.4932***	-0.2819	-0.4932
RD	-0.4823**	-0.0730	-0.4823
GOV	-0.0014	-0.0249	0

注: *、**、*** 分别表示在10%、5%和1%水平上显著。

通过偏效应分析得到工业化和城镇化进程对污染集聚度的边际影响,但是在“两化”协调过程的内部,工业化和城镇化相互之间的这种边际影响也是可以测度的,故将(8)式和(9)式再进行一次混合偏导数计算,可以得到工业化对城镇化边际影响的影响程度以及城镇化对工业化边际影响的影响程度。以Y、X₁和X₂分别代表污染集聚度、工业化和城镇化变量,其二阶混合偏导形式为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Y}{\partial X_1 \partial X_2} = \frac{\partial^2 Y}{\partial X_2 \partial X_1} = \beta_1 \times & \left[\frac{4(0.3X_1 + 0.7X_2)^{\frac{1}{2}}}{(X_1 + X_2)^2} + \frac{3X_1}{5(0.3X_1 + 0.7X_2)(X_1 + X_2)^2} \right. \\ & + \frac{7X_2}{5(0.3X_1 + 0.7X_2)(X_1 + X_2)^2} - \frac{8X_2(0.3X_1 + 0.7X_2)^{\frac{1}{2}}}{(X_1 + X_2)^3} - \frac{4X_1X_2}{(0.3X_1 + 0.7X_2)^{\frac{1}{2}}(X_1 + X_2)^3} \\ & \left. + \frac{24X_1X_2(0.3X_1 + 0.7X_2)}{(X_1 + X_2)^4} - \frac{21X_1X_2}{100(0.3X_1 + 0.7X_2)^{\frac{3}{2}}(X_1 + X_2)^2} \right] \quad (10) \end{aligned}$$

经计算得到工业化对城镇化的边际影响的影响程度以及城镇化对工业化的边际影响的影响程度为-11.4053,这意味着,假设工业化和城镇化均保持对污染集聚的促进作用,在“两化”协调作用下,工业化水平每提高1%将使得城镇化对污染集聚的促进作用下降11.4053%,即表1中城镇化的影响系数由14.0708下降到12.4660;同理,城镇化水平每提高1%将使得工业化对污染集聚的促进作用由3.6965下降至3.2749。但是,如果工业化、城镇化或“两化”在未来经济发展的长河中对污染集聚产生了负效应,一方面“两化”协调作用不再是反向作用而是强化作用;另一方面也要适当对工业化和城镇化进程的质量再一次协调以控制“两化”协调可能产生的负面效应。

六、结论与政策建议

由于目前对“两化”协调产生的积极效应研究较少,本文就“两化”协调对污染集聚的治理效应机制采用系统动力学基本结构流图进行深入分析,得到5条正反馈路径和2条负反馈路径。在理论分析基础上,根据空间计量模型选择路径,由一般到特殊,再由特殊到一般,反复验证得出SLXM为“两

化”协调效应检验的最优模型形式。因此,污染集聚度不仅受到本地区工业化、城镇化、“两化”协调度、资本、劳动力、研发投入强度和政府行为的影响,还受到了其他地区这些变量的溢出效应影响。从检验结果来看,基于耦合协调度的“两化”内部协调较大幅度地削弱了“两化”的污染集聚效应,而且城镇化在间接溢出作用下,发生了由污染集聚效应向治理效应的转变。资本集聚度越高产生的污染集聚度越高,意味着生产过程中对于资本要素和劳动力要素投入的选择应更倾向于增加劳动力投入。以提高技术创新能力为核心的污染集聚度治理手段,经由污染处理技术和节能减排技术的进步和创新,能够促进本地经济集聚度提高,同时也能较好地控制污染集聚度的增加。为此,本文提出以下相关政策建议:

首先,我国应该通过加快城镇化进程、提高城镇化水平使“两化”协调度得以提升,从而实现治理污染集聚的良好效应。要在《国家新型城镇化规划》顶层设计指导下,完善城镇化保障体系,从文化、娱乐、住房和消费等方面提升城镇化的生活环境,构建与城镇化相融合的工业生产体系。同时,在加快推进新型城镇化进程中,要关注“三农”遗留问题,通过新型城镇化构建辐射农村、带动农民、提升农业以及实现乡村振兴和全面建设的小康社会。

其次,要逐步增加劳动力投入,提高劳动者报酬,稳步建立我国的大工业体系。一方面本地劳动力投入增加能够治理污染集聚,另一方面周围地区劳动力集聚的溢出效应也有利于本地区污染集聚度的治理效应。同时还要降低资本投入,削弱投资和资本收益,逐步建立稳定的经济体系。

最后,虽然政府行为在空间计量检验中不显著,但仍然要完善服务型政府职能,为企业提供有效的帮助和引导。在推进治理污染集聚时应加强技术进步效应,提升现有技术水平,减少甚至淘汰高消耗高污染的生产技术。同时政府应该通过减税、补贴等多种形式对环保类产业给予大力支持,帮助其从产品设计、工艺设计和排污治污等方面与传统工业企业进行绿色融合,进而治理环境污染。

参考文献:

- [1] RYAN S P. The costs of environmental regulation in a concentrated industry [J]. *Econometrica* 2012, 80(3): 1019-1061.
- [2] YORK R. Demographic trends and energy consumption in European Union Nations, 1960—2025 [J]. *Social science research*, 2007, 36(3): 855-872.
- [3] 杨仁发. 产业集聚能否改善中国环境污染 [J]. *中国人口·资源与环境* 2015(2): 23-29.
- [4] MARTINEZ Z I, MARUOTTI A. The impact of urbanization on CO₂ emissions: evidence from developing countries [J]. *Ecological economics* 2011, 70(7): 1344-1353.
- [5] 杜雯翠, 朱松, 张平淡. 我国工业化与城市化进程对环境的影响及对策 [J]. *财经问题研究* 2014(5): 22-29.
- [6] RENAUD B. National urbanization policy in developing countries [M]. Oxford: Oxford University Press, 1981.
- [7] ALDERSON A S. Explaining deindustrialization: globalization failure or success [J]. *American sociological review* 1999, 64(5): 701-721.
- [8] GARY P G, SANCHEZ L. Does manufacturing still matter [J]. *Population research and policy review*, 2007(26): 529-551.
- [9] 黄永春, 郑江淮, 杨以文, 等. 中国“去工业化”与美国“再工业化”冲突之谜解析——来自服务业与制造业交互外部性的分析 [J]. *中国工业经济* 2013(3): 7-19.
- [10] BAUMOL W J. Macroeconomics of unbalanced growth: the anatomy of urban crisis [J]. *American economic review* 1967(3): 415-426.
- [11] PORTER M E. Clusters and the new economics of competition [J]. *Harvard business review*, 1998, 76(6): 77-90.
- [12] 李刚, 魏佩瑶. 中国工业化与城镇化协调关系研究 [J]. *经济问题探索* 2013(5): 72-79.
- [13] 董梅生, 杨德才. 工业化、信息化、城镇化和农业现代化互动关系研究——基于 VAR 模型 [J]. *农业技术经济* 2014(4): 14-24.
- [14] 徐维祥, 舒季君, 唐根年. 中国工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展测度 [J]. *经济地理* 2014(9): 1-6.

- [15]徐维祥,舒季君,唐根年.中国工业化、信息化、城镇化和农业现代化协调发展的时空格局与动态演进[J].*经济动态* 2015(1):76-85.
- [16]李裕瑞,王婧,刘彦随,等.中国“四化”协调发展的区域格局及其影响因素[J].*地理学报* 2014(2):199-212.
- [17]刘满凤,谢晗进.我国工业化与城镇化的环境经济集聚双门槛效应分析[J].*管理评论* 2017 29(10):21-33.
- [18]USHIFUSA Y, TOMOHARA A. Productivity and labor density: agglomeration effects over time[J]. *Atlantic economic journal*, 2013, 41(2):123-132.
- [19]李标,吴贾,陈妹兴.城镇化、工业化、信息化与中国的能源强度[J].*中国人口·资源与环境*, 2015, 25(8):69-76.
- [20]刘满凤,谢晗进.中国省域经济集聚性与污染集聚性趋同研究[J].*经济地理* 2014 34(4):25-32.
- [21]VEGA S H, ELHORST J P. The SLX model[J]. *Journal of regional science*, 2015, 55(3):339-363.
- [22]IPCC. Climate change 2007: the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. England: Cambridge University Press 2007.
- [23]张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J].*经济研究* 2004(10):35-44.
- [24]XIE H J, LIU M F, JIANG W. Balanced development and industrialization and urbanization serving as a strategy for pollution agglomeration control[J]. *Ekoloji*, 2019, 107(28):2431-2441.

(责任编辑:康兰媛;英文校对:葛秋颖)

China's Spatial Partial Derivatives Effect of Coordination between Industrialization and Urbanization and Pollution Agglomeration Control Based on SLXM

XIE Hanjin^{1,2}, LIU Manfeng³, JIANG Wen⁴

(1. School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. New-type Industrialization and Urbanization Research Institute, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

3. Institute of Industrial Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China;

4. School of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: In order to cope with the pollution agglomeration effect brought by the industrialization and urbanization process, this paper theoretically explores the coordinated development mode of industrialization and urbanization, that is, using the system dynamics basic structure flow graph model to construct the coordinated effect mechanism of industrialization and urbanization, which demonstrates the governance role of coordination of industrialization and urbanization on pollution agglomeration. Meanwhile, SLXM's spatial measurement model is adopted to empirically test the coordinated effect of industrialization and urbanization of 30 provinces and cities in China. The research shows that the coordination of industrialization and urbanization do contribute to the governance of pollution agglomeration. Moreover, through the coordinated partial effect of industrialization and urbanization, it further verifies that the coupling coordination degree of industrialization and urbanization can weaken the pollution agglomeration effect of industrialization and urbanization process. On the one hand, the estimated coefficient of industrial pollution agglomeration drops from 3.696 5 to 0.931 8 after coordination, and the estimated coefficient of urbanization drops from 14.070 8 to 11.468 4 after coordination, the overall decline is -0.333 9 under the spillover effect of urbanization. On the other hand, the urbanization process and the indirect spillover effect generated by coupling coordination degree of industrialization and urbanization also have a positive effect on pollution agglomeration governance. In addition, labor agglomeration and technological agglomeration directly produce governance effects of pollution agglomeration, while capital accumulation promotes the generation of pollution agglomeration. In this regard, China should accelerate the process of urbanization, improve the level of urbanization, increase labor input, improve labor compensation, reduce capital investment, and appropriately stabilize capital gains.

Key words: industrialization; urbanization; spatial partial derivatives effect; pollution agglomeration; control effect