

湖南“一湖四水”工业集聚与水污染程度的时空演变及关联机制

焦胜^{1, 2} 吴寿盛^{1, 3} 韩宗伟^{1, 4} 彭科¹¹

(1. 湖南大学建筑与规划学院, 中国湖南 长沙 410082;

2. 丘陵地区城乡人居环境科学湖南省重点实验室, 中国湖南 长沙 410082;

3. 广东省城乡规划设计研究院有限责任公司, 中国广东 广州 510000;

4. 铜仁学院 旅游与地理系, 中国贵州 铜仁 554300)

【摘要】: 突破工业发展与污染治理间的行政壁垒, 对区域经济转型与环境保护协同具有重要意义。选取湖南省 2007、2012、2017 年面板数据, 利用地理集中度指数、标准差椭圆、面板回归模型等方法分析湖南省工业集聚和水污染程度的时空演变特征与计量关系。研究表明: ①工业集聚维持“东高西低”的分布格局, 水污染程度空间分布由“多点极化”演变为以湘东北为核心向外逐渐递减。②工业集聚与水污染程度同步耦合效应总体稳定显著, 空间错位现象局部波动变化, 2017 年长沙、湘潭、岳阳为高一高耦合型式, 减排任务艰巨。③工业与水污染影响范围随时间推移分别呈现收缩与扩张趋势。④工业集聚度每提升 1%, 水污染程度下降 0.85%, 上游水污染状况等因素抵消了工业集聚的减排效果。鉴于此, 湖南省应有有机统筹“四大板块”与“五大流域”的产业及环境政策, 加强流域上下游工业与污染的协同管理, 重点清退湘东北及其上游地区的落后产能。

【关键词】: 工业集聚 水污染 长江经济带 区域协同发展 环境治理 技术创新 流域

【中图分类号】: X322; F427 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2022) 04-0132-09

工业集聚作为产业演化过程中的地缘现象^[1], 推动了区域经济发展, 同时其环境外部性是影响工业污染排放的重要机制^[2]。2020 年十九届五中全会提出“十四五”时期中国经济将进入新的发展阶段, 对高质量发展有了更高要求。经过“十三五”时期发展, 我国在产业结构优化与效益提升等方面具有显著优势和条件, 同时也面临着国内外环境深刻变化, 风险挑战增多, 重点领域改革任务艰巨的困境。其中, 过去长期依靠大量资源消耗的粗放式发展严重透支水环境承载力^[3], 工业污染在流域内的空间转移, 促使水环境污染逐渐演变为流域性、区域性^[4]。区域经济发展与流域环境污染在空间上表现出高度复杂性与不确定性,

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFD1101304); 湖南省重点领域研发计划项目 (2019SK2101、2020SK2095); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目 (黔教合 KY 字 [2017] 313); 湖南省自然科学基金面上项目 (2020JJ4197); 广东省软科学研究领域重点项目 (2019B101001012)

作者简介: 焦胜 (1973—), 男, 湖南长沙人, 博士, 教授, 研究方向为城市生态规划。E-mail: jiaosheng2008@163.com
吴寿盛 (1994—), 男, 福建南平人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展与城乡规划。E-mail: wushousheng178@163.com

使得当前条块分割、部门壁垒的行政机制难以应对经济与环境协调发展的挑战，严重制约政府治理效能。基于新发展阶段的高质量发展需求，从流域视角动态处理工业发展与水污染的空间关系、破除行政壁垒、统筹产业与环境政策，对优化工业发展模式与保障水生态安全具有重大意义。

工业集聚与环境污染的关联研究一直是区域经济学和地理学界的关注热点，国外学者提出了“污染天堂假说^[5]”“波特假说^[6]”和“环境库兹涅茨曲线^[7]”等重要理论，关注内容集中在工业集聚环境外部性^[8]、空间溢出效应^[9]、污染区域转移^[10]、动力机制挖掘^[11]等方面，研究普遍认为外商直接投资、经济结构、工业化进程、技术水平是影响污染程度的关键因素。国内学者主要聚焦工业集聚与环境污染的空间关联及计量分析，采用核密度分析^[12]、赫芬达尔指数^[13]、标准差椭圆^[14]、空间自相关^[3]、热点探测器^[15]、STIRPAT模型^[16]、空间计量模型^[13, 17]等方法，发现中国的工业污染中心受不同经济效应的影响在向东、向西之间“抉择移动”^[18]，证实不同尺度工业污染存在显著的时空分异和影响因素差异^[19]。但是，当前学术界对工业集聚与环境污染的关系并未达成一致共识，主要有三种观点^[17, 20]：工业集聚通过提高产出规模、效率成本和能源消费需求，加剧了环境污染^[21]；工业集聚能促进技术进步、外企环保理念输入，进而改善环境污染^[22]；工业集聚与环境污染关系不确定，在不同地域和尺度存在门槛特征差异^[23]。综上，从研究视角来看，现有研究多集中于工业集聚与环境污染的时空分异特征，较少学者从形态角度进一步探究工业与污染的动态演变规律；由于水流的地表流动性，同一流域内上游水污染会对下游水环境产生单向影响，然而在进行影响机制分析时较少学者考虑上游水污染情况。从研究尺度来看，现有研究多关注地市或省域行政区划，以流域单元为研究对象的工业集聚与环境污染关联分析较少。从研究目标来看，现有研究多偏重理论探索，缺乏对产业与环境政策的区域协同发展进行探讨。

湖南省是长江经济带的重要组成部分和促进中部崛起的战略支点，境内河网密布，水敏感性强，其中洞庭湖是长江流域重要的调蓄湖泊和国际湿地，这要求湖南省积极推进生态文明建设，构建和谐人水新关系。然而当前湖南省面临产业结构调整阵痛、工业布局不合理、区域协同形势严峻等问题，严重威胁湖南省水生态环境，主要污染物排放量居高不下，流域环境风险加剧，水生态功能持续退化。因此本文选取湖南省2007、2012、2017年面板数据，利用地理集中度指数分析湖南省工业集聚与水污染程度的时空演变特征，利用标准差椭圆挖掘流域视角下工业集聚与水污染程度的形态分布规律，构建STIRPAT模型解析工业集聚与水污染程度的计量关系，以期对湖南省流域工业布局优化与水污染协同治理提供参考，并为长江经济带在生态修复中推动产业发展贡献湖南经验。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

湖南省位于长江中游，国土面积21.18万km²，占全国的2.2%，全省共14个地级行政区划，2017年末全省常住人口6860.2万人，占全国的4.93%，2017年末全省GDP总量达33902.96亿元，占全国的4.10%。当前湖南经济进入“中高速”发展新常态，工业发展与环境质量的关系仍然复杂，大多数工业仍处于国际产业链中低端环节，2017年全省工业废水排放34772.63万t，较2007年显著下降，但生态压力依然较大。湖南省作为中部地区和长江流域实现产业升级的重要抓手和生态安全屏障，推进工业高质量发展与水污染科学治理具有紧迫性。

湖南省属于长江流域洞庭湖水系，该水系约占全省总面积的96.7%（其中在湘江上游郴州有部分属于西江流域和北江流域），湘资沅澧四大水系均沿地势汇入洞庭湖，而后由城陵矶注入长江。依据水系特征，湖南省可划分为“一湖四水”五大流域，即洞庭湖、湘江、资水、沅水和澧水流域^[24-25]。为统筹流域与市域的空间管控范围以便分析并提出政策建议，参考唐常春^[26]等人的做法，将研究载体转换成以市州行政区划作为基本分析单元，主要包括2个步骤：首先，在ArcGIS10.6中叠加湖南省“一湖四水”五大流域自然矢量界线与市州行政区划矢量界线；然后，计算各行政区的几何中心，作为市州划入相应流域的依据。其中常德、益阳的几何中心分别位于沅水、资水流域，但其与洞庭湖区经济联系较为密切，因此划入洞庭湖流域，由此界定研究区域如图1所示。

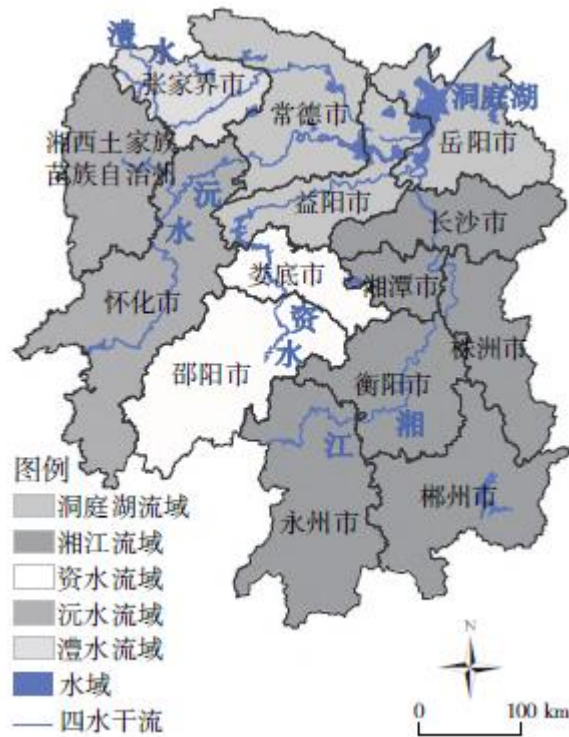


图 1 湖南省“一湖四水”五大流域

注：1. 洞庭湖流域包括湘资沅澧四水流域，覆盖了湖南省大部分区域以及湖北、贵州、广西、重庆等省市局部区域。本文为分析方便，只考虑湖南部分，分为五个流域单元，将四水下游入湖的常德、益阳、岳阳三市全境定义为洞庭湖流域（与洞庭湖经济区保持一致），因此本文所指的洞庭湖流域为狭义概念。2. 文中地图基于审图号 GS(2019)1822 号制作，底图无修改，图 2-图 5 同。

1.2 研究方法与数据来源

1.2.1 地理集中度

地理集中度指数能有效测度要素在地域空间的集聚程度，在刻画空间分布差异的同时，又能反映某一区域在整体区域的地位与影响^[27]，因此引入地理集中度，表征工业集聚度和水污染程度，其计算公式如下：

$$R_{agg_i} = \frac{agg_i / \sum_{i=1}^n agg_i}{S_i / \sum_{i=1}^n S_i}, \quad (1)$$

$$R_{pol_i} = \frac{pol_i / \sum_{i=1}^n pol_i}{S_i / \sum_{i=1}^n S_i} \quad (i = 1, 2, 3 \dots, n)$$

式中： R_{agg_i} 和 R_{pol_i} 分别表示区域 i 的工业集聚度和水污染程度； agg_i 表示区域 i 的工业销售产值； pol_i 表示区域 i 的工业废水排放量； S_i 表示区域 i 的行政区域面积； n 为研究区域数量。

1.2.2 标准差椭圆

标准差椭圆具有中心性、展布性、密集性、方位及形态五大特征^[14]，能够准确刻画工业、污染同流域的方向分布关系，定量描述其动态演变趋势。椭圆的长半轴表征要素分布方向，短半轴表征要素离散情况，椭圆重心刻画了要素的中心性、方位角刻画了要素的趋势性、面积刻画了要素分布的主体范围，具体测度公式见相关文献^[14]。

1.2.3 影响因素计量模型

水环境污染是工业集聚的必然结果，其污染程度受到多种因素影响。借助经济环境领域广泛应用的 STIRPAT 模型，选取工业集聚度作为核心解释变量，水污染程度作为被解释变量。考虑水污染在流域上下游之间的地表流动特征，参考 Yoon^[28]、卢越^[29]的方法，将上游水污染状况作为解释变量纳入计量模型。同时，参考众多研究^[19, 23, 30]对工业集聚驱动水环境污染的影响因素探讨，引入环境治理水平、技术创新水平、区域开放水平、人口密度、产业结构作为其他控制变量。

由此，构建湖南省工业集聚影响水污染程度的面板回归模型，取对数形式降低异方差和非平稳性，研究各因素对水污染程度的影响效果，公式如下：

$$\begin{aligned} \ln pol_{it} = & \alpha + \beta_1 \ln agg_{it} + \beta_2 \ln ups_{it} + \beta_3 \ln inv_{it} + \\ & \beta_4 \ln tech_{it} + \beta_5 \ln open_{it} + \beta_6 \ln pop_{it} + \\ & \beta_7 \ln ind_{it} + \mu_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

$(i = 1, 2, 3 \dots n; t = 2007, 2012, 2017)$

式中： i 和 t 表示个体成员和时间跨度； α 表示截距项，反映 14 市州水污染程度的差异； μ_{it} 表示随机误差项； $\ln pol$ 表示被解释变量水污染程度； $\ln agg$ 表示核心解释变量工业集聚度； $\ln ups$ 、 $\ln inv$ 、 $\ln tech$ 、 $\ln open$ 、 $\ln pop$ 、 $\ln ind$ 为其他控制变量，分别表示上游水污染状况、环境治理水平、技术创新水平、区域开放水平、人口密度、产业结构； $\beta_1 \sim \beta_7$ 分别表示各变量的弹性系数。

1.2.4 数据来源

经济社会环境指标主要来源于 2008、2013、2018 年《湖南统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》以及各市州城市统计年鉴。流域边界数据来源于湖南省地理信息公共服务平台 (<http://www.dzmap.cn/>)。空间地图数据、河湖数据来源于国家基础地理信息中心 (<http://www.ngcc.cn/ngcc/>) 和地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>)。

2 工业集聚与水污染程度的时空格局特征与形态演变

2.1 工业集聚与水污染程度的时空格局特征

基于式 (1) 分别计算 2007、2012、2017 年湖南省 14 市州工业集聚度和水污染程度，利用 ArcGIS 自然断点法将工业集聚度和水污染程度分为 6 个等级 (1、2 为低值，3、4 为中值，5、6 为高值)，如图 2、图 3 所示。

2.1.1 工业集聚地域分异特征明显，区域工业发展差距逐渐增大

工业集聚维持“东高西低”的空间特征，湘东北高集聚向心趋势愈发显著 (图 2)。2007 年工业高集聚城市主要集中在湘东

北地区，包括长沙、湘潭、株洲、岳阳、娄底，湘西、湘南的工业集聚度普遍较低。2012年工业高集聚城市数量由5个减少至4个，娄底降为中集聚城市，长沙、湘潭、岳阳工业集聚度得到提升，湘西州、永州等城市工业集聚度显著下降，东西发展差异更加明显。2017年娄底工业集聚度上升，高集聚城市数量由4个增加至5个，2007—2017年湘东北地区的益阳、长沙、湘潭工业集聚度持续提升，湘西地区的湘西州、张家界、怀化工业集聚度持续降低，其他城市工业集聚度波动变化。2007年长株潭城市群获批为两型社会建设综合配套改革试验区，被赋予推动中部崛起的重大使命，此后大湘南、大湘西、洞庭湖生态经济区先后被纳入国家级战略，分别担任国家级承接产业转移示范区、武陵山片区扶贫攻坚试点和对接长江经济带先锋区的重要角色，湖南省“四大板块”经济布局分工逐渐明确。然而，由于历史和环境的原因，湖南省工业分布不平衡特征较为突出，经过10年发展，湘东北工业集聚核心持续强化，“东高西低”的发展鸿沟难以弥合。

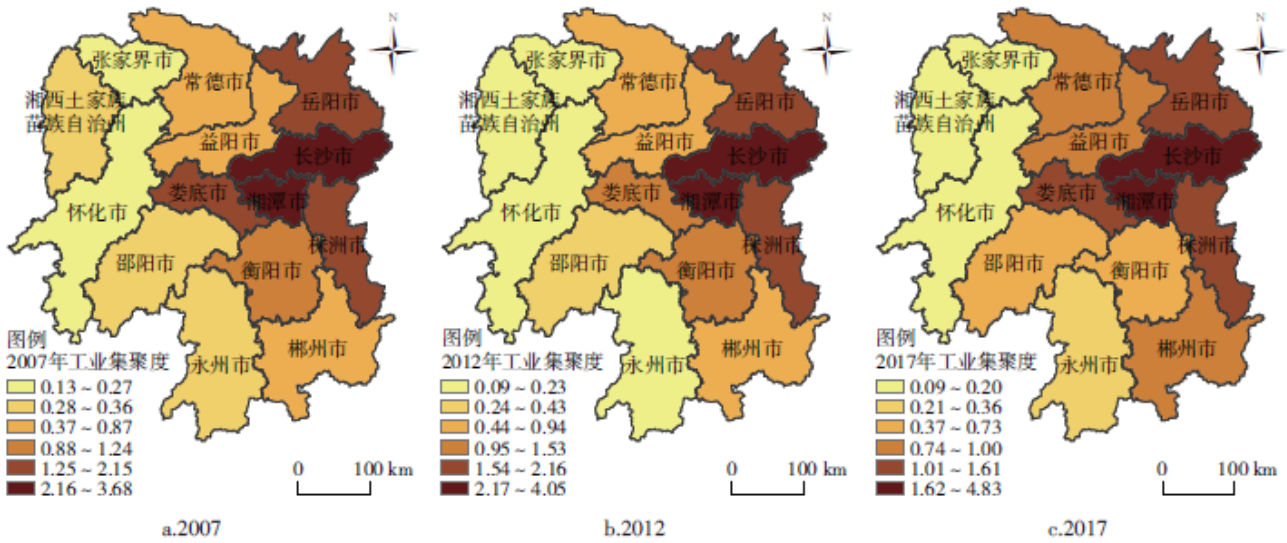


图2 2007—2017年湖南省工业集聚空间格局

2.1.2 水污染程度较高城市持续减少，空间分布由分散向湘东北转移

水污染程度较高城市由“多点极化”的空间形态，转变为以湘东北为核心呈扇形向外逐渐递减的污染格局（图3）。2007年水污染程度较高城市有湘潭、娄底、岳阳、常德、株洲，水污染程度中等城市随机散布在其周围，水污染程度较高城市“多点极化”特征显著。2012年水污染呈现向东、向北转移趋势，水污染程度较高城市数量由5个减少为4个，分别为湘潭、娄底、岳阳、衡阳。2017年长沙、岳阳、益阳水污染程度分别比2007年提升169.3%、77.0%、55.5%，湘潭水污染程度有所降低但仍维持高位，水污染程度较高城市数量继续减少至3个，最终形成长沙、湘潭、岳阳工业废水高污染组团，益阳、常德、娄底、衡阳、株洲、郴州等水污染程度中等城市成环状围绕高污染组团分布，其他城市维持较低程度水污染，水污染程度高值从湘东北核心区呈扇形由高到低向外逐渐递减。2007—2017年湖南省实施“十一五”“十二五”“十三五”环境保护规划，对“一湖四水”五大流域执行了提高准入门槛、整治污染企业、增加治污设施等环境管控措施，水污染程度较高城市数量持续减少，工业废水污染总量排放得到了有效控制，然而环境污染与经济矛盾的矛盾依然尖锐。

2.2 工业集聚与水污染程度的空间耦合效应

利用 ArcGIS 将工业集聚和水污染程度高 (H)、中 (M)、低 (L) 属性相互叠加^[31]，按照不同组合分类方式将各市州实际指标归纳成匹配型 (H-H、M-M、L-L)、错位型 (H-M、H-L、M-H、M-L、L-H、L-M) 两类空间耦合型式。结果发现，湖南省工业集聚与水污染程度同步耦合效应总体稳定显著，空间错位现象局部波动变化（图4）。匹配型空间由2007年占全省面积比例的76.01%

逐渐增加至 2017 年的 81.03%，错位型空间由 2007 年占全省面积比例的 23.99% 逐渐下降至 2017 年的 18.97%，说明工业集聚是影响水污染的重要因素。从流域视角来看，“一湖四水”五大流域工业集聚与水污染程度的耦合型式差异较大。

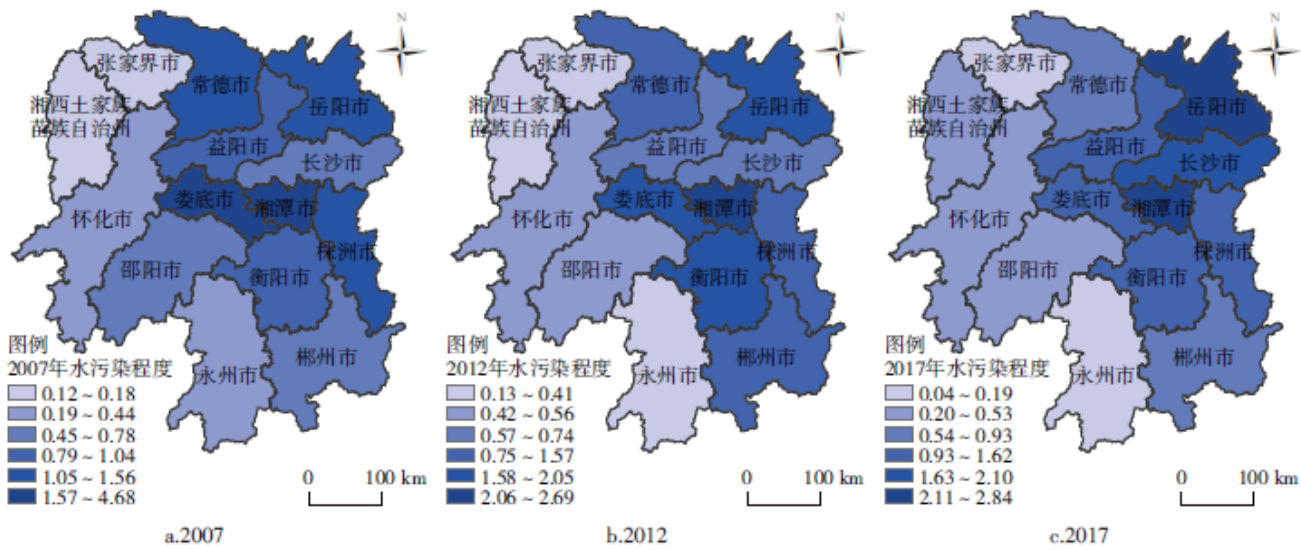


图 3 2007—2017 年湖南省水污染程度空间格局

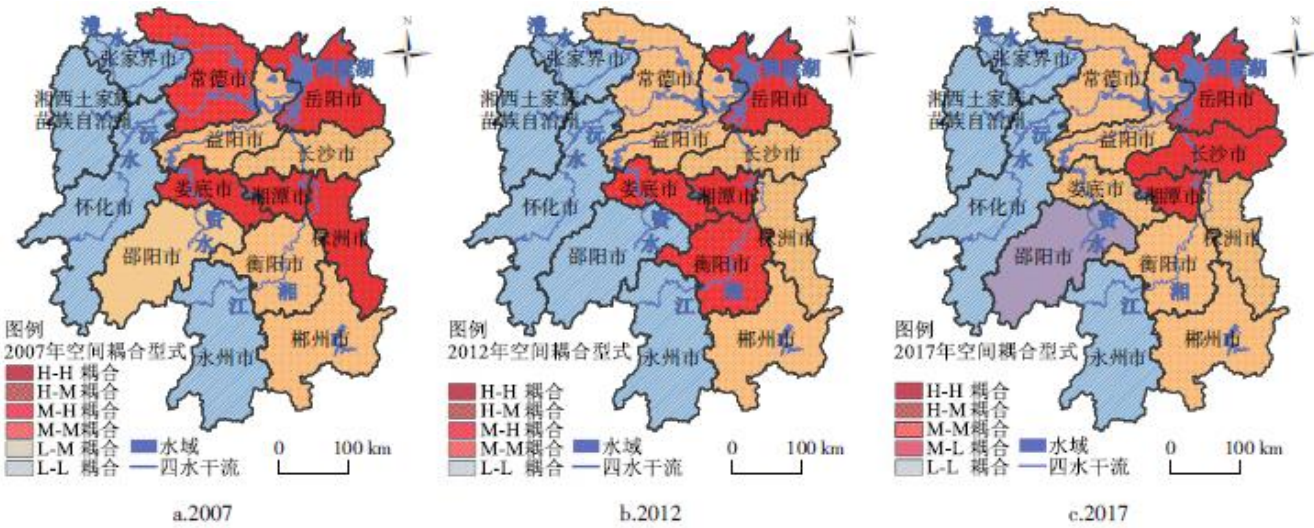


图 4 2007—2017 年湖南省工业集聚与水污染程度的空间耦合型式

2007 年洞庭湖流域匹配型空间占比为 59.92%，其余为错位型空间，到 2012 年洞庭湖流域工业集聚与水污染程度的空间耦合关系趋于稳定，匹配型空间占比达 100%，说明洞庭湖流域工业集聚水平与工业废水排放呈现较强的同步作用，2017 年岳阳、益阳、常德分别呈现 H-H、M-M、M-M 的空间耦合型式。流域内造纸印染、采矿采砂等产业维持高污染排放，芦苇等工业原料肆意生长严重影响水质，减排任务艰巨。

湘江流域工业集聚与水污染程度的空间耦合型式波动变化。匹配型空间占比由 2007 年的 86.09% 波动上升至 2017 年的 86.76%，错位型空间占比波动减少。长沙与株洲在 H-M 和 H-H 耦合型式之间交替变化，湘潭、衡阳、郴州、永州大致维持 H-H、M-M、M-

M、L-L 的匹配耦合关系。流域上下游经济发展差异较大，污染治理形势复杂，株洲清水塘重工业基地每年向湘江排放含重金属的工业废水达 4030 万 t，严重影响其下游湘潭、长沙的水环境^[32]，2018 年底清水塘地区污染企业全部关停，有效缓解区域污染，而衡阳水口山、郴州三十六湾等地仍需加大重金属污染整治力度。

资水流域工业集聚与水污染程度呈现错位发展趋势，错位型空间占比由 2007 年的 71.98% 波动变化至 2017 年的 100%。娄底从 H-H 转变至 H-M 耦合型式，邵阳则由 L-M 发展成 M-L 耦合关系。多年来资水流域严格处理重金属污染、砂石开采等历史遗留问题，积极调整产业结构，经济发展与污染治理初见成效。

沅水与澧水流域生态环境优越，张家界、湘西州、怀化 2007—2017 年均均为 L-L 匹配耦合型式。流域经济发展水平较为落后，工业现代化程度较低，工业集聚与水污染程度持续呈现低水平的同步耦合作用，应借助大湘西扶贫开发战略优化发展环境，增强经济活力。

2.3 工业集聚与水污染程度的形态演变

利用 ArcGIS 度量地理分布模块，选择一级标准差，计算 2007、2012、2017 年湖南省工业集聚与水污染程度的标准差椭圆主要参数（图 5），重点关注工业和污染最为集中的区域，以便更准确地描述分布趋势。

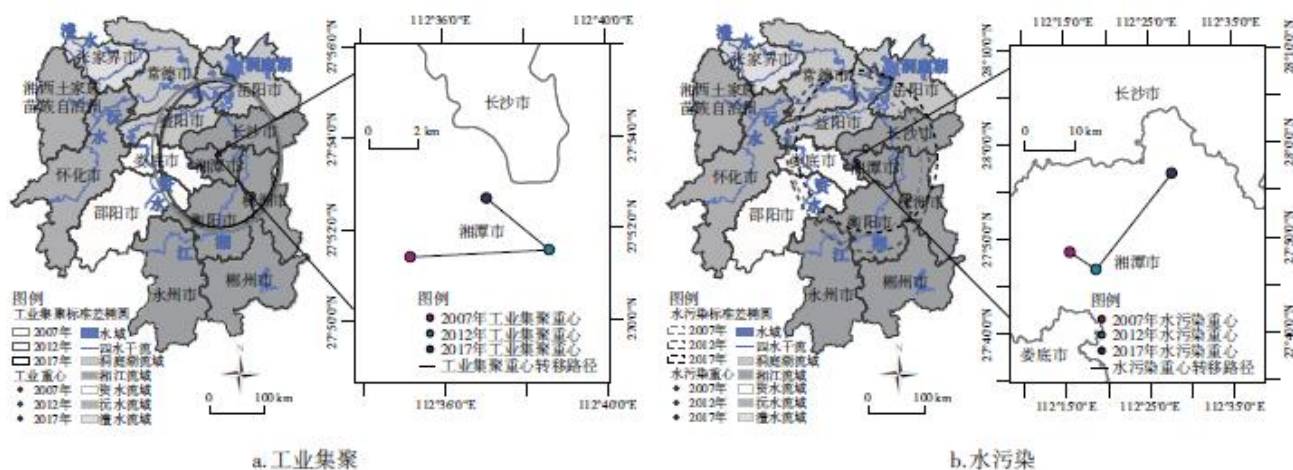


图 5 2007—2017 年湖南省工业集聚与水污染程度的标准差椭圆及重心移动轨迹

从重心坐标来看，工业集聚与水污染标准差椭圆重心均呈现不规则移动轨迹，且始终位于湘江流域内。工业集聚重心先向东移动 5.89km，再向西北移动 3.67km，水污染重心先向东南移动 6.77km，再向东北移动 24.38km，工业集聚与水污染重心整体向北转移，水污染重心转移幅度更大，表明湘北地区污染治理能力没有匹配工业的快速发展，导致水污染态势逐渐严峻，驱动湖南省污染重心北移。从长短半轴来看，工业集聚与水污染均呈现南北轴线发展、东西轴线蔓延的特征，其分布方向与湘江大致吻合。工业集聚标准差椭圆长半轴 2007—2017 年逐渐减短，表明工业发展在南北方向上出现收缩趋势，水污染标准差椭圆长半轴 2007—2017 年波动伸长，表明水污染在南北方向上延展性较强。工业集聚和水污染标准差椭圆短半轴 2007—2017 年均均为逐渐伸长，表明二者在东西方向都存在扩散趋势。

从方位角来看，工业集聚与水污染演变方向具有一致性，均逐渐由“西北—东南”向“正北—正南”发展。工业集聚标准差椭圆方位角 2007—2017 年均偏转 0.89°，水污染标准差椭圆方位角 2007—2017 年均偏转 0.57°，水污染标准差椭圆方位角平均变化速率小于工业集聚标准差椭圆方位角，说明水污染空间转移慢于工业集聚。

从标准差椭圆面积来看,工业集聚标准差椭圆面积由 2007 年的 51354.39km² 逐渐缩减至 2017 年的 45454.03km²,形成以湘东北为核心的工业极化特征。水污染标准差椭圆面积由 2007 年的 50048.44km² 波动扩大至 2017 年的 59221.77km²,水污染影响范围集中在“一湖四水”五大流域的下游地区,显著大于工业集聚影响范围,当前湖南工业发展仍面临水污染过度排放的巨大压力。

3 工业集聚与水污染程度的计量关系

基于 2007、2012、2017 年湖南省数据样本,运用 Eviews8.0 对式(2)进行面板回归分析,经过 Hausman 检验显示卡方 P 值小于 0.1,因此拒绝随机效应而采用固定效应方法。为控制异方差,采用截面加权的 GLS 估计法调试固定效应模型,显示调整后的 R² 值为 0.91,表明该模型拟合程度较高,能够较好地解释工业集聚与水污染程度之间的关系。

结果显示,工业集聚弹性系数为负,表现出 0.01 的显著性水平,说明工业集聚水平上升对污染具有抑制作用,工业集聚度每提升 1%,水污染程度下降 0.85%,然而湖南省当前显示出较强的工业与水污染同步耦合作用,说明其他不利因素抵消了工业集聚的减排效应。

上游水污染状况弹性系数为 0.15,在 0.05 的统计水平下显著,证实上游水污染会对下游水环境产生不良影响,上游水污染程度每增加 1%,下游水污染程度增加 0.15%,流域上下游水污染协同治理已成为当前重要任务。

环境治理、技术创新和区域开放水平弹性系数分别为-0.20、-0.17、-0.19,都通过 0.01 的显著性水平检验,表明三者是降低水污染程度的重要因素,当前湖南省应着重加强污水处理设施建设与合理布局,提高科研经费投入并吸引外商投资以促进生产技术水平进步,从而减少污水排放。

人口密度和产业结构分别呈现 5.04、1.03 的正向弹性系数,都表现出 0.01 的显著性水平,说明过高的人口密度会加剧资源消耗,严重影响生态环境,第二产业占比过大也一定程度造成水污染排放的增加,当前高集聚高污染的产业结构亟待转变。

4 结论与政策建议

4.1 结论

识别湖南省 2007—2017 年工业集聚与水污染程度的时空演变格局特征,对二者耦合型式、形态演变和计量关系等关联机制展开分析,主要得到以下结论:

湖南省工业集聚与水污染程度在空间分布上具有相似性,区域非均衡发展趋势显著。工业集聚维持稳定的“东高西低”分异格局,2007 年起“四大板块”陆续进入国家级战略,区域产业分工逐渐明确,发展差距不断扩大。水污染程度较高城市逐渐向湘东北转移,历版环境保护规划对“一湖四水”五大流域污染的控制有正面作用,水污染总量持续降低。

“一湖四水”五大流域工业集聚与水污染程度的空间耦合型式差异明显。洞庭湖、湘江、沅水和澧水流域工业集聚与水污染程度呈现不同水平的空间匹配耦合效果,资水流域工业集聚与水污染程度呈现波动的空间错位现象。湘江下游和洞庭湖地区是湖南高集聚高污染核心区域,优化工业发展路径,协同流域污染治理刻不容缓。

湖南省工业集聚与水污染程度的椭圆重心分布在湘江流域下游,二者均沿湘江延展布局,澧水和沅水流域处于工业发展与水污染双边缘化地带。工业集聚与水污染演变方向具有一致性且水污染空间演变趋势延迟于工业集聚,二者影响范围随时间推移分别呈现收缩和扩张特征,表明湖南省呈现工业核心极化而水污染溢出效应增强的发展趋势。工业集聚有利于抑制水污染排

放,工业集聚度增加 1%,水污染程度降低 0.85%。然而上游水污染状况、产业结构、人口密度显著加剧污染水平,这些不利因素抵消了工业集聚的污染减排效应。环境治理、技术创新和区域开放水平则能够有效降低水污染水平。

4.2 政策建议

推动湖南省“四大板块”与“五大流域”的产业发展及环境保护政策有机融合。面向“十四五”规划国土空间治理体系转型需求,弥补当前以城市群为导向的产业发展战略和以流域为导向的环境保护政策在空间实施层面的不确定性,推动条块结合,统筹制定保护与开发策略。首先,融合“板块”发展与“流域”治理的管控边界,明确地方政府权责。然后,加强多层次、多部门在数据共享、问题诊断、规划实施等方面的有效衔接。最后,保障产业发展与环境保护全过程、全领域的要素耦合与空间协调,动态反馈调整政策以提高决策效能。

加强流域上下游工业合理布局与水污染协同治理。响应长江经济带“共抓大保护,不搞大开发”的号召,加强湘资沅澧“四水”源头生态保护,提高流域上游产业准入门槛,建立相应的经济补偿机制。大力发展第三产业,调整产业结构与整体布局,引导工业集聚发展以提高减排效应。积极推进科研投入与对外开放,改进企业清洁生产技术,实现生产方式的挖潜增效与工业用水的循环利用。加快污水处理设施建设与合理配置,控制流域污染排放。

基于地域发展差异分区施策,重点清退湘东北及其上游地区落后产能。第一,洞庭湖流域传统制造业高集聚高污染态势严峻,应着重引导制浆造纸等产业疏解腾退,推动芦苇清洁化利用和产业链延伸,整治非法采砂,保障洞庭湖生态经济区水功能安全,促进湖南省加快融入长江经济带。第二,湘江流域内经济发展水平与自然资源条件差异较大,长株潭城市群应依托良好的产业基础,加快推动产业两型化发展,重点加强重金属污染治理,严格控制污染排放;大湘南地区应强化与珠三角地区的分工合作,推动新兴产业培育与创新技术引进,清退衡阳水口山、郴州三十六湾等地的落后产能,促进经济环境协调发展。第三,资水、沅水和澧水流域应持续整治非法采砂和重金属污染,同时应依托武陵山等世界级山水文化资源和新一轮扶贫开发契机,促进农旅融合带动区域发展。

参考文献:

- [1]王子龙,谭清美,许箫迪.产业集聚水平测度的实证研究[J].中国软科学,2006(3):109-116.
- [2]胡志强,苗长虹,袁丰.集聚空间组织型式对中国地市尺度工业SO₂排放的影响[J].地理学报,2019(10):1-17.
- [3]周侃,王强,樊杰.经济集聚对区域水污染物排放的影响及溢出效应[J].自然资源学报,2019,34(7):1483-1495.
- [4]王毅.改革流域管理体制促进流域综合管理[J].中国科学院院刊,2008(2):134-139.
- [5]Copeland B R,Taylor M S.North-South trade and the environment[J].Quarterly Journal of Economics,1994,109(3):755-787.
- [6]Porter M.America's green strategy[J].Scientific American,1991,264(4):168.
- [7]Grossman G M,Krueger A B.Environmental impacts of a North American free trade agreement[R].Cambridge MA: NBER Working Paper,1991.
- [8]Verhoef E T,Nijkamp P.Externalities in urban sustainability:environmental versus localization-type

agglomeration externalities in a general spatial equilibrium model of a single-sector monocentric industrial city[J]. *Ecological Economics*, 2002, 40(2):157-179.

[9] Hosseini H M, Kaneko S. Can environmental quality spread through institutions?[J]. *Energy Policy*, 2013, 56(2): 312-321.

[10] Cole M A, Elliott R J R, Fredriksson P G. Endogenous pollution havens: Does FDI influence environmental regulations?[J]. *Scandinavian Journal of Economics*, 2006, 108(1):157-178.

[11] Cherniwchan J. Economic growth, industrialization, and the environment[J]. *Resource and Energy Economics*, 2012, 34(4):442-467.

[12] 张姗姗, 刘存丽, 张落成. 苏南太湖流域污染企业空间布局演化及未来产业发展方向研究[J]. *经济地理*, 2018, 38(2): 162-171.

[13] 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.

[14] 任嘉敏, 马延吉. 东北地区工业污染时空格局演变研究[J]. *环境科学学报*, 2018, 38(5):2108-2118.

[15] 张杰, 唐根年. 浙江省制造业空间分异格局及其影响因素[J]. *地理科学*, 2018, 38(7):1107-1117.

[16] 刘习平, 宋德勇. 城市产业集聚对城市环境的影响[J]. *城市问题*, 2013(3):9-15.

[17] 刘耀彬, 袁华锡, 封亦代. 产业集聚减排效应的空间溢出与门槛特征[J]. *数理统计与管理*, 2018, 37(2):224-234.

[18] 陈祖海, 雷朱家华. 中国环境污染变动的时空特征及其经济驱动因素[J]. *地理研究*, 2015, 34(11):2165-2178.

[19] 李花, 赵雪雁, 王伟军, 等. 基于多尺度的中国城市工业污染时空分异及影响因素[J]. *地理研究*, 2019, 38(8):1993-2007.

[20] 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, 25(2):23-29.

[21] 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, 128.

[22] Dogan E, Inglesi-lotz R. The impact of economic structure to the environmental kuznets curve(EKC) hypothesis:evidence from European countries[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(11):12717-12724.

[23] 刘满凤, 谢晗进. 我国工业化、城镇化与环境经济集聚的时空演化[J]. *经济地理*, 2015, 35(10):21-28.

[24] 郑文武, 李伯华, 刘沛林, 等. 湖南省传统村落景观群系基因识别与分区[J]. *经济地理*, 2021, 41(5):204-212.

[25] 敬阳, 肖化顺, 龙时胜, 等. 湖南省“一湖四水”流域栎类次生林林分质量时空分异特征[J]. *中南林业科技大学学报*, 2021, 41(7):88-95.

-
- [26]唐常春,孙威.长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J].地理学报,2012,67(12):1587-1598.
- [27]钟业喜,陆玉麒.鄱阳湖生态经济区人口与经济空间耦合研究[J].经济地理,2011,31(2):195-200.
- [28]Yoon T,Rhodes C,Shah F A.Upstream water resource management to address downstream pollution concerns:a policy framework with application to the Nakdong River basin in South Korea[J].Water Resources Research,2015,51(2):787-805.
- [29]卢越.产业集聚对流域水污染的影响分析:以海河流域为例[J].北京交通大学学报:社会科学版,2019,18(2):61-68.
- [30]王亚平,曹欣欣,程钰,等.山东省污染密集型产业时空演变特征及影响机理[J].经济地理,2019,39(1):130-139.
- [31]张姗姗,张磊,张落成,等.苏南太湖流域污染企业集聚与水环境污染空间耦合关系[J].地理科学,2018,38(6):954-962.
- [32]刘迪,孙娟,刘璟.结合棕地治理与改造的规划编制研究——以株洲清水塘老工业区控规为例[J].城市规划学刊,2014(1):99-105.