

长江三角洲城市群经济发展的环境尺度效应分析

侯 勃^{1,2}, 马仁锋^{1,2*}, 窦思敏^{1,2}

(1. 宁波大学 人文地理与城乡规划研究所, 浙江 宁波 315211;

2. 宁波大学 宁波大学昂热大学联合学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 运用 SPSS 22.0、ArcGIS 10.0 等工具, 分析长三角城市群 2000~2015 年经济发展和环境质量数据, 验证长三角城市群经济发展的环境库兹涅茨曲线(EKC)及市际环境污染的空间相关性, 检视经济发展的环境时空效应。结果表明: (1)长三角各类城市的 EKC 动态存在于经济的非稳态中, 虽然各城市经济增长对环境污染影响不存在单一模式(存在倒“U”型、正“U”型、正“N”型和倒“N”型), 但总体存在 EKC 特征。(2)长三角多数城市的环境库兹涅茨曲线拐点已来临, 说明经济发展水平总体较高, 环境质量逐渐好转, 在首尾两头城市组较为显著, 第二梯队城市污染加剧。(3)长三角市域环境污染存在显著的空间正自相关, 表现出环境污染指数 E_p 值之间的空间集聚格局, 如泰州、衢州、宿迁等周边呈污染增长趋势; 上海、杭州、南京周边虽当量下降, 但总量仍较高。(4)长三角 25 市 EKC 存在尺度溢出效应, 但第二和第三梯队城市正向吸收较高、辐射较弱。
关键词: 城市群; 环境质量; 环境库兹涅茨曲线; 空间溢出

中图分类号: X22; F129.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 02-0108-07

20 世纪 90 年代末, 格鲁斯曼和克鲁格发现大多数环境污染变动趋势与人均收入水平变动趋势呈倒“U”型曲线^[1-2], 帕纳约托随即将该关系曲线称为环境库兹涅茨曲线(EKC)^[3], 该曲线表征了经济发展阶段演进与环境质量的内在关联^[4]。西方学者开始尝试投入产出、能量守恒等模型刻画经济与环境的关系^[5-6], 以及将环境作为主要要素考察经济增长对环境的影响^[7]。中国学者运用 GM(1,1)等模型预测地级市、省域或省际的经济-环境系统状态、趋势及曲线形态^[8-11], 也将耦合协调度模型^[12]、ARMA 模型^[13]纳入经济-环境关系分析中。这些研究关注到经济发展对环境影响的阶段性规律, 构建了多种 EKC 曲线予以解释。但是忽略了不同空间尺度下经济发展的环境效应, 即区域经济发展的环境效应存在尺度性。

长江三角洲是全球重要的先进制造业基地, 中国经济增长高地。江苏、上海、浙江的陆域面积占国土面积的 2.19%, 2000 年以来长三角地区地方

生产总值占全国 GDP 持续保持在 20%以上。然而经济发展带来的环境问题日益突出, 长三角地区工业“三废”排放增量与经济增速趋正相关。面对严峻的环境问题, 如何实现经济与环境的可持续发展成为长三角各地亟需解决的难题。

本文以 2001~2016 年《中国城市年鉴》及江苏、上海、浙江 2016 年统计年鉴为数据来源, 模拟长三角地区经济发展的环境库兹涅茨曲线类型, 解析市域环境污染的空间关联, 判别经济发展形势和环境保护策略转向。

1 研究区域、数据与方法构建

1.1 研究区域与数据源

长江三角洲地区的边界已从自然地理范围演化到经济区或城市群。本研究指上海市、江苏省、浙江省所有的城市。原始数据源自 2001~2016 年《中国城市年鉴》及上海、江苏、浙江 2016 年统计年鉴。

收稿日期: 2017-04-05. 宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41771174); 宁波市科技重大项目(2015C110001)。

第一作者: 侯勃(1993-), 女, 黑龙江牡丹江人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 经济地理。E-mail: 1690519452@qq.com

*通信作者: 马仁锋(1979-), 男, 湖北枣阳人, 博士/副教授, 主要研究方向: 经济地理、区域与城市规划。E-mail: marfx@126.com

1.2 研究方法

采用三次函数模型模拟长三角城市群的经济-环境关系,诠释各市经济-环境发展轨迹;随后运用 GeoDA 9.5 分析城际经济-环境的空间特征,揭示城市群内是否存在经济-环境的跨界效应。

(1)各市 EKC 拟合方法遴选。比对已有 EKC 函数模型,运用 SPSS 22.0 和 EXCEL 软件对长三角城市数据进行多种函数拟合,发现三次函数能较好地反映人均 GDP 与工业“三废”排放量之间的关系,拟合模型为:

$$z = b_0 + b_1y + b_2y^2 + b_3y^3,$$

其中: z 为环境变量指标(本文采用工业废水排放量、工业 SO_2 排放量和工业烟尘排放量); y 为经济变量指标(人均 GDP); b_0 为常数, b_1 、 b_2 、 b_3 为变量系数。

(2)区域环境污染的空间效应计量采用: (1)全局空间自相关计量 Moran's I 检验区域环境污染是否存在空间上的相关性及其平均程度; (2)局部空间相关(LISA)模型刻画区域内部特定单元与相邻单元的联系模式^[12],当需要研究区域内部单元环境污染是否存在局域空间集聚,特别是考虑到进行空间分析过程中出现非平稳性状态,就需要进行局域空间自相关分析。

(3)区域经济-环境关系空间溢出计量。首先采用均值法对环境变量进行标准化处理,随后采用灰色系统理论计算人均 GDP 与工业“三废”排放的关联,计算“三废”排放量在环境污染体系中的权重,构建如下环境污染空间效益计量模型:

$$E_p = \alpha_1 I_{p1} + \alpha_2 I_{p2} + \alpha_3 I_{p3},$$

其中: E_p 为环境污染指数; I_{p1} 、 I_{p2} 、 I_{p3} 分别为工业废水、工业 SO_2 和工业烟尘排放量无量纲化后的指标值; α_1 、 α_2 、 α_3 为经过灰色系统理论计算得出的各自权重($\alpha_1=0.34$, $\alpha_2=0.33$, $\alpha_3=0.33$)。

2 不同视角城市分类与长三角城市 EKC 拟合

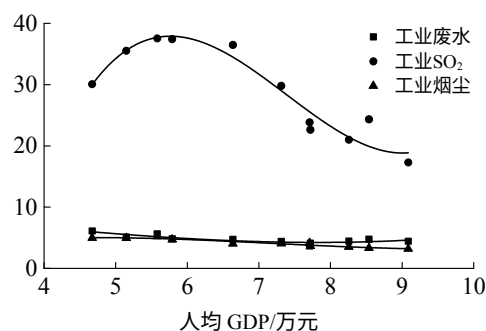
采用传统城市规模刻画指标城镇人口和经济当量环境污染排放强度两种视角,将长三角城市分类(表 1),随后利用三次曲线拟合长三角各市环境库兹涅茨曲线(图 1),图 1 中横坐标为 2000~2015 年人均 GDP,纵坐标为 2000~2015 年环境变量。

(1)人口规模视角下城市 EKC 拟合。依据 2015

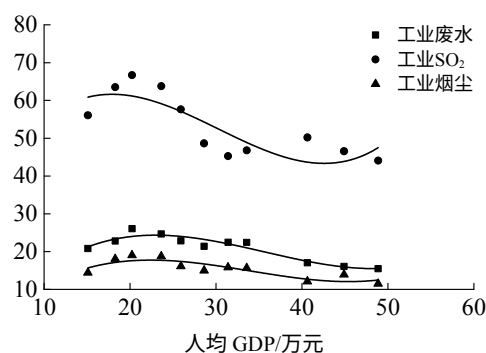
表 1 不同视角下长三角城市规模分类

等级	人口规模视角 ¹⁾	排放当量视角 ²⁾
1	上海	上海、温州、台州
2	南京、无锡、苏州、杭州	南京、无锡、常州、扬州、杭州
3	宁波、温州、常州、镇江、舟山	苏州、宁波、镇江、连云港、盐城、宿迁
4	徐州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、泰州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、台州	徐州、南通、淮安、泰州、绍兴、金华、丽水
5	宿迁、衢州、丽水	嘉兴、湖州、衢州、舟山

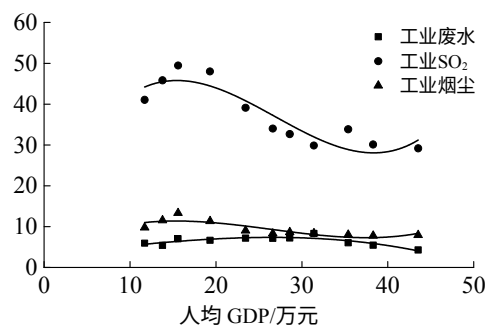
注: 1)表示人口规模是以城市非农业人口为准,但是江苏省早在 2003 年已取消农业户口和非农业户口,此处以城镇人口及城镇人口比重大小为标准划分城市规模。2)表示以长三角各市单位 GDP 环境污染排放大小为依据进行系统聚类,单位 GDP 环境污染排放大小=各市环境污染总量/各市 GDP。



(a) 人口规模等级 1



(b) 人口规模等级 2



(c) 人口规模等级 3

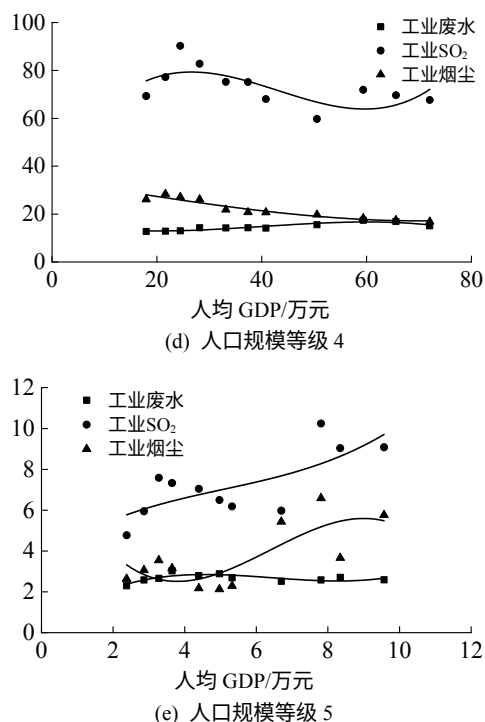


图1 不同人口规模等级城市环境污染 EKC 拟合结果

年长三角地区各市城镇人口数量及城镇人口比重大小, 运用 SPSS 22.0 将长三角地区城市按不同规模等级分为 5 类(表 1), 图 2 和表 2 为 5 类城市 EKC 拟合结果. 从图 2 和表 2 可知, 城镇人口规模视角下工业 SO_2 与经济发展仅宿迁、衢州、丽水呈倒“U”型, 其余城市都成正“N”型; 工业烟尘与经济发展关系在 1、2、3、5 类规模城市组呈正“N”型, 4 类城市组呈倒“U”型; 工业废水与经济发展关系在 1、3、4 组城市呈倒“U”型, 2、5 组城市呈正“N”型. 表明长三角 EKC 已经过拐点正在降低过程, 但工业 SO_2 、工业烟尘呈波动上升趋势, 工业废水在工业结构较轻型城市组中呈正常发展态势, 在重型工业城市中呈波动上升趋势.

(2) 当量环境污染视角下城市 EKC 拟合. 依据 2015 年长三角地区各地市单位 GDP 环境污染物排放大小, 运用 SPSS 22.0 将长三角地区 25 个城市按不同污染水平分为 5 类(表 1), 对不同污染等级城市的环境污染排放总量进行 EKC 拟合(图 2). 从图

表2 不同视角下长三角城市分类 EKC 拟合方程

等级	人口规模视角城市组 EKC 拟合方程	排放当量视角城市组 EKC 拟合方程
1	$Z(\text{SO}_2) = (1e-8)y^3 - 0.0027y^2 + 185.79y - (4e6)$ $Z(\text{废水}) = (3e-11)y^3 - (2e-0.5)y^2 - 3.0721y + 164234$ $Z(\text{烟尘}) = (2e-10)y^3 - (4e-0.5)y^2 + 2.3403y + 10320$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.9112, R^2(\text{废水}) = 0.8604, R^2(\text{烟尘}) = 0.9306$	$Z(\text{SO}_2) = (3e-8)y^3 - 0.0049y^2 + 212.67y - (2e6)$ $Z(\text{废水}) = (6e-9)y^3 - 0.0009y^2 + 43.388y - 360039$ $Z(\text{烟尘}) = (3e-10)y^3 - (4e-5)y^2 + 0.9187y + 68717$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.9126, R^2(\text{废水}) = 0.7718, R^2(\text{烟尘}) = 0.9411$
2	$Z(\text{SO}_2) = (3e-9)y^3 - 0.0006y^2 + 36.921y - 111086$ $Z(\text{废水}) = (1e-9)y^3 - 0.0003y^2 + 20.679y - 229396$ $Z(\text{烟尘}) = (1e-9)y^3 - 0.0002y^2 + 16.501y - 177789$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.7433, R^2(\text{废水}) = 0.9005, R^2(\text{烟尘}) = 0.851$	$Z(\text{SO}_2) = (5e-9)y^3 - 0.0009y^2 + 52.752y - 389290$ $Z(\text{废水}) = (1e-9)y^3 - 0.0003y^2 + 17.901y - 136361$ $Z(\text{烟尘}) = (2e-9)y^3 - 0.0003y^2 + 17.466y - 141283$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.8925, R^2(\text{废水}) = 0.9072, R^2(\text{烟尘}) = 0.8666$
3	$Z(\text{SO}_2) = (5e-9)y^3 - 0.0008y^2 + 34.826y - 7513.9$ $Z(\text{废水}) = (2e-10)y^3 + (1e-5)y^2 + 0.796y + 35625$ $Z(\text{烟尘}) = (1e-9)y^3 - 0.0002y^2 + 10.542y - 44456$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.8452, R^2(\text{废水}) = 0.6723, R^2(\text{烟尘}) = 0.7105$	$Z(\text{SO}_2) = (3e-10)y^3 + 0.0001y^2 - 16.158y + 933990$ $Z(\text{废水}) = (-8e-10)y^3 + 0.0001y^2 - 4.9059y + 169865$ $Z(\text{烟尘}) = (-3e-11)y^3 + (3e-5)y^2 - 3.5375y + 228054$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.5787, R^2(\text{废水}) = 0.5471, R^2(\text{烟尘}) = 0.7622$
4	$Z(\text{SO}_2) = (1e-10)y^3 + (5e-9)y^2 + 0.3737y + 57057$ $Z(\text{废水}) = (1e-9)y^3 - (8e-5)y^2 + 1.9671y + 13431$ $Z(\text{烟尘}) = (-4e-9)y^3 - 0.0003y^2 - 6.231y + 65308$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.5796, R^2(\text{废水}) = 0.4922, R^2(\text{烟尘}) = 0.5649$	$Z(\text{SO}_2) = (6e-9)y^3 - 0.0006y^2 + 15.44y + 299604$ $Z(\text{废水}) = (5e-11)y^3 - (4e-5)y^2 + 3.2827y + 38214$ $Z(\text{烟尘}) = (6e-10)y^3 - (3e-5)y^2 - 1.6173y + 205513$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.1834, R^2(\text{废水}) = 0.8416, R^2(\text{烟尘}) = 0.8074$
5	$Z(\text{SO}_2) = (2e-8)y^3 - 0.0018y^2 + 54.653y + 279077$ $Z(\text{废水}) = (-2e-9)y^3 + 0.0002y^2 - 4.7386y + 164344$ $Z(\text{烟尘}) = (4e-10)y^3 + (5e-6)y^2 - 4.5629y + 346479$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.4876, R^2(\text{废水}) = 0.8745, R^2(\text{烟尘}) = 0.9114$	$Z(\text{SO}_2) = (5e-9)y^3 - 0.0007y^2 + 30.523y - 175051$ $Z(\text{废水}) = (-3e-10)y^3 + (5e-5)y^2 - 1.7682y + 63810$ $Z(\text{烟尘}) = (-6e-10)y^3 + (9e-5)y^2 - 3.2333y + 99436$ $R^2(\text{SO}_2) = 0.9059, R^2(\text{废水}) = 0.8486, R^2(\text{烟尘}) = 0.4254$

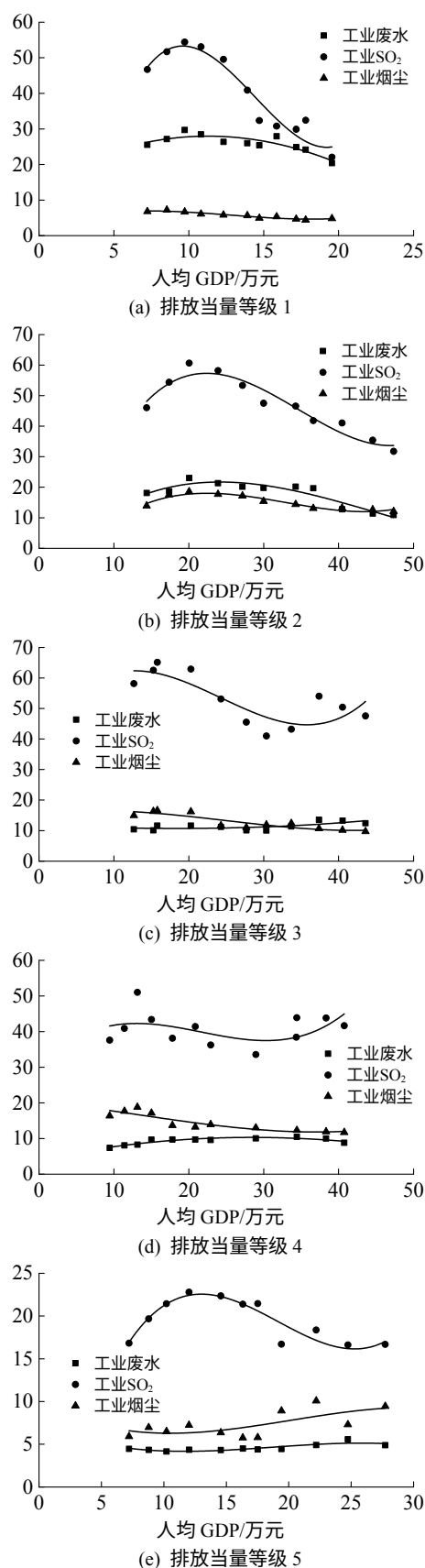


图2 长三角不同污染等级城市环境污染 EKC 拟合结果

2 可知, 当量环境排放视角下工业 SO₂ 仅苏州、宁波、镇江、连云港、盐城、宿迁呈正“U”型, 其余城市呈正“N”型; 工业烟尘在上海、温州、台州、苏州、宁波、镇江、连云港、盐城、宿迁呈正“U”型, 其余城市为倒“N”型; 工业废水仅在苏州、宁波、镇江、连云港、盐城、宿迁、嘉兴、湖州、衢州、舟山城市呈倒“N”型, 其余城市为倒“U”型。

对比图 1 与图 2 可知: (1)长三角地区各类城市的 EKC 拟合曲线不尽相同, 不同类型城市的拟合模型不仅存在倒“U”型, 还存在正“U”型、正“N”型和倒“N”型。(2)长三角地区多数城市的环境库兹涅茨曲线拐点已经来临, 表明长三角地区的经济发展水平总体仍较高, 环境质量多数逐渐好转, 少数城市污染加剧。即 25 个城市的经济总量快速扩张并没掩盖结构转型的 EKC 趋势, 主要是在长三角第一和二梯队城市, 虽然其 EKC 稳定在拐点之后, 但是呈上升趋势。(3)处于第三梯队城市趋向重型增长模式无疑加速了 EKC 的进程, 但是并没有降低单位经济量的环境效应, 且 EKC 总体较为波动。(4)长三角末尾城市由于经济结构轻型且体量较小, EKC 状态近似于第一梯队, 但是发展趋势较平缓。(5)总体看来, 环境质量的改善不是经济增长的内生结果, 环境污染问题不能在经济增长过程中得到自动解决; 但是城市群内存在首尾两级城市组 EKC 有显著的转型与稳态发展, 而夹心层城市组虽然过了“U”型和“N”型拐点, 但是波动增长趋势显著。

3 长三角城市经济发展环境影响的空间效应

对长三角城市群各市进行环境污染的全局自相关性检验, 对比分析 2000 年、2010 年、2015 年 3 个年份, 结果见表 3。表 3 显示, 2000 年、2010 年和 2015 年长三角环境污染的 Moran's I 指数分别为 0.114 8、0.246 5、0.225 7, 其伴随概率值均能通过 5% 的显著性水平检验, 说明整体上长三角地区市

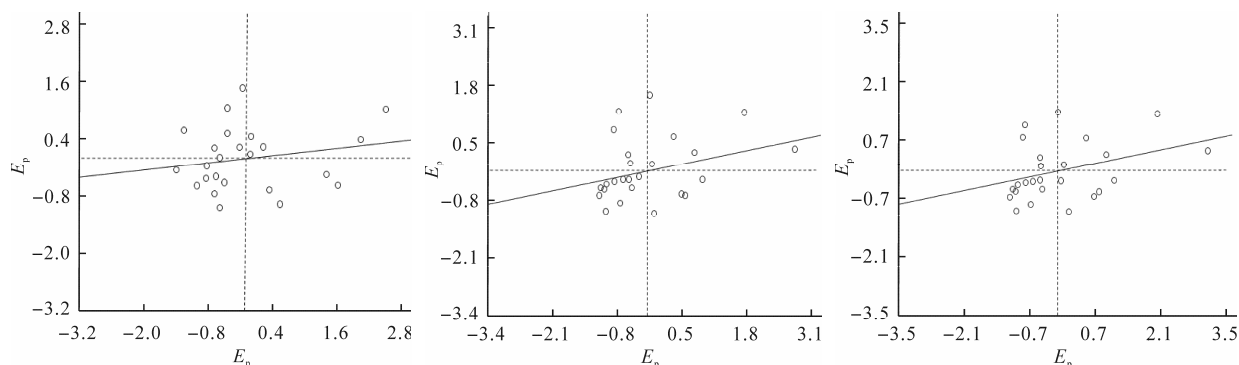
表3 长三角区域环境污染全局空间自相关检验结果

年份	I	$E(I)$	$SD(I)$	Z 值	P 值
2000 年	0.114 8	-0.041 7	0.138 4	1.103 2	0.050 0
2010 年	0.246 5	-0.041 7	0.136 4	1.969 5	0.050 0
2015 年	0.225 7	-0.041 7	0.144 9	1.963 1	0.050 0

域环境污染在空间分布上存在明显的正自相关关系,表现出相似值之间的空间集聚,因此在研究区域环境污染问题时环境空间效应不容忽视。

图3和图4为长三角地区各地市环境污染的局域自相关性检验结果。从图3和图4可知,长三角区域环境污染表现出了空间集聚性,在选取的3个年份中均存在较高环境污染县域与相对较高环境污染县域邻近(位于第一象限),较低环境污染县域与相对较低环境污染县域邻近(位于第三象限)现象。对比2000年、2010年与2015年的环境污染Moran's I 空间集群(图4)可以看出:(1)3个年份均存在较为明显的环境污染高值区和低值区,其中以宿迁为中心的苏北地区和以温州、丽水为中心的

浙南地区表现为较稳定的环境污染低值集聚区,在选取的3个年份中变化不大;徐州表现为稳定的高值区,被低值区包围;湖州表现为稳定的低值区,被高值区包围;嘉兴在2000年表现为环境污染低值区,而在2010年和2015年则表现为环境污染高值区;上海和苏州表现为显著的环境污染高值区;南京、杭州、宁波为环境污染高值区,被低值区包围。(2)上海和苏州一直以来为长三角乃至中国经济发展最活跃的地区,工业规模庞大、工厂企业数量众多,环境污染物排放量大。虽然近年来环境污染物排放量有所下降,但总体环境形势依然严峻。徐州为苏北工业重镇,人口众多,仍是粗放式经济发展模式,三次产业结构比重表明其尚处于工业



2000年位于第一象限地市为:上海、苏州、无锡、南通、镇江;第二象限地市为:嘉兴、湖州、常州、绍兴、泰州、舟山;第三象限地市为:宿迁、扬州、衢州、金华、连云港、台州、盐城、淮安、丽水、温州;第四象限地市为:南京、杭州、宁波、徐州。
2010年位于第一象限地市为:上海、苏州、无锡、嘉兴、绍兴、南通;第二象限地市为:湖州、舟山、泰州、常州;第三象限地市为:宿迁、扬州、镇江、衢州、金华、连云港、台州、盐城、淮安、丽水、温州;第四象限地市为:南京、杭州、宁波、徐州。
2015年位于第一象限地市为:上海、苏州、无锡、嘉兴、绍兴、南通;第二象限地市为:湖州、舟山、泰州、常州;第三象限地市为:宿迁、扬州、镇江、金华、连云港、台州、盐城、淮安、丽水、温州;第四象限地市为:南京、杭州、宁波、徐州、衢州

图3 2000年、2010年和2015年长三角市域环境污染 Moran's I 散点图

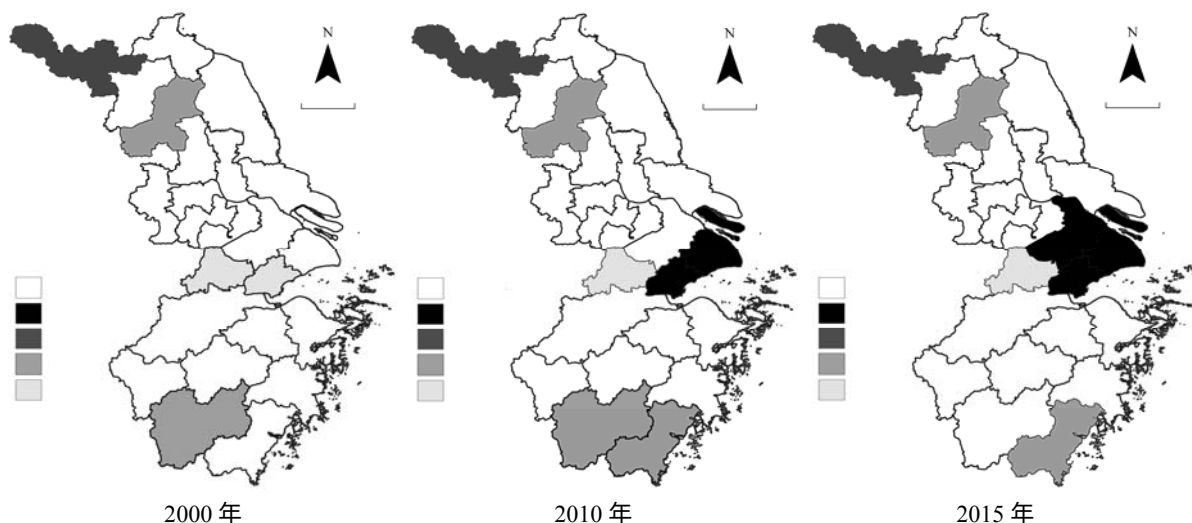


图4 2000年、2010年、2015年长三角市域环境污染 Moran's I 空间集群

化中期阶段,环境污染相对周边地市更严重。浙南和苏北城市受地理位置限制,加之经济基础差,工业发展水平较低,工业污染物的排放量相对较少,从而形成了环境污染的相对低值区,但近年上述地区的环境污染物排放总体呈现出增长趋势。嘉兴处于上海和杭州两大都市区之间,近年来得益于承接上海产业转移和浙江省环杭州湾经济带建设,工业经济发展迅速,环境污染物排放量也相对增加,因而处于环境污染相对高值区。(3)长三角地区环境污染排放量与各市经济发展水平呈显著正相关性,即经济总量越大,环境污染排放量也相应越多。从区域视角看,上海都市圈、南京都市圈、杭州都市圈为环境污染高值区域;江苏中北部、浙江南部地区为环境污染低值区域。从发展趋势看,以上海、南京、杭州等为核心的经济相对发达地区的环境污染物排放呈下降趋势,而以宿迁、泰州、衢州、丽水等为中心的经济欠发达地区的环境污染物排放则有上升的趋势。

4 结论与讨论

长江三角洲地区经济发展的环境效应研究表明:

(1)长三角地区各类城市的环境库兹涅茨曲线动态地存在于经济的非稳态中,虽然各城市经济增长对环境污染影响不存在单一模式(存在倒“U”型、正“U”型、正“N”型和倒“N”型),但是总体存在EKC特征。

(2)长三角地区多数城市的环境库兹涅茨曲线拐点已经来临,说明经济发展水平总体较高,环境质量逐渐好转,在首尾两头城市组较为显著,第二梯队城市污染加剧。

(3)长三角市域环境污染存在显著的空间正自相关关系,表现出 E_p 值之间的空间集聚格局,如泰州、衢州、宿迁等周边呈污染增长趋势,上海、杭州、南京周边虽呈当量下降趋势,但总量仍较高。

(4)长三角25市环境库兹涅茨曲线存在尺度溢出效应,但是第二和第三梯队城市正向吸收较高、辐射较弱。因此,在研究区域污染问题时应考虑相邻单元的环境空间效应。

总体而言,长三角25市大多处于“两难”阶段,总体环境与经济增长不够协调。得益于产业转

型快或者产业较为轻型,首尾两类城市组已经快速进入“双赢”阶段;中间城市组经济发展的环境治理仍任重道远。尺度变化引起的经济与环境的空间重构是尺度效应产生的重要原因,长三角地区经济与环境在空间上存在溢出效应,这是相邻单元间相互作用的体现。经济与环境的尺度效应特征表明,经济与环境在空间上具有复杂性,单一尺度的研究难以全面反映经济与环境的空间特征,各尺度的空间特征又有各自的内涵,因此,掌握经济与环境的空间尺度效应是探讨经济与环境深层次规律的有效途径。

促进长三角地区经济与环境可持续发展建议:

(1)用技术效应和结构效应改善环境,加大研发投入,推动技术进步,提高劳动生产率和资源的使用效率,降低工业生产对环境的影响;不断优化产业结构,把传统的劳动力密集型产业和能源密集型产业向低污染、低能耗的服务业和知识密集型产业转变。

(2)不断完善市场机制,通过市场机制的调节,使企业利用自然资源的成本相应增加,从而迫使企业不断提高自然资源的使用效率,促使传统企业向低资源密集的技术型发展,最终达到减少自然资源使用量,起到改善环境质量的目的。

(3)变革环境规制,通过制定和完善环境保护政策,健全有关污染者、污染损害、地方环境质量等相关信息,加强对污染企业或污染源的管理及处置能力,同时做好环境保护宣传工作。

(4)在制定相关规划和政策时,应针对经济发展在不同环境尺度的空间特征做出不同层次的安排,以利于经济与环境的协调发展。

参考文献:

- [1] 庄大昌,叶浩.广东省经济发展与滨海环境污染的关系[J].热带地理,2013,33(6):731-736.
- [2] 许登峰,刘志雄.广西环境库兹涅茨曲线的实证研究[J].生态经济,2014,30(2):52-56.
- [3] 吴丹丹,马仁锋,王腾飞.中国沿海城市经济增长与环境污染脱钩研究[J].世界科技研究与发展,2016,38(2):415-418.
- [4] 李彦明.南京市工业“三废”排放的环境库兹涅茨特征研究[J].世界科技研究与发展,2007,29(3):82-86.
- [5] Hettelingh J P. Modelling and information system for environmental policy in the Netherlands[D]. Amsterdam:

- Free University, 1985.
- [6] Wuy J, Rosen M A. Assessing and optimizing the economic and environmental impacts of cogeneration district energy systems using an energy equilibrium model[J]. *Applied Energy*, 1999, 62(3):141-154.
- [7] Ramon L. The environment as a factor of production[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1994, 7(2):163-184.
- [8] 史亚琪, 朱晓东, 孙翔. 区域经济环境复合生态系统协调发展动态评价[J]. *生态学报*, 2010, 30(15):4119-4128.
- [9] 吴玉鸣, 田斌. 省域环境库兹涅茨曲线的扩展及其决定因素[J]. *地理研究*, 2012, 31(4):627-640.
- [10] 万鲁河, 张茜, 陈晓红. 哈大齐工业走廊经济与环境协调发展评价指标体系——基于脆弱性视角的研究[J]. *地理研究*, 2012, 31(9):1673-1684.
- [11] 关伟, 刘勇凤. 辽宁沿海经济带经济与环境协调发展的时空演变[J]. *地理研究*, 2012, 31(11):2044-2054.
- [12] 马丽, 金凤君, 刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. *地理学报*, 2012, 67(10):1299-1307.
- [13] 韩瑞玲, 佟连军, 朱绍华, 等. 基于 ARMA 模型的沈阳经济区经济与环境协调发展研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(1):32-39.

Environmental scale effects on economic development of urban agglomeration in Yangtze River Delta

HOU Bo^{1,2}, MA Ren-feng^{1,2*}, DOU Si-min^{1,2}

(1. Institute of Human Geography & Urban-rural Planning, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Ningbo University-University of Angers Joint Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Using the tools of SPSS 22.0 and ArcGIS 10.0, the economic development and environmental quality statistical data of urban agglomeration is analyzed for the Yangtze River Delta from 2000 to 2015. The analytical results validate the Environmental Kuznets Curve (EKC) of the economic development of urban agglomeration in the Yangtze River Delta. Analysis is also conducted on the spatial correlation of environmental pollution among cities with examination on the temporal and spatial effect of economic development. The study results indicate: (1) The EKC of various cities in the Yangtze River Delta exists unsteadily in terms of economy. Although there is no single pattern of economic growth impact on the environment pollution in cities (there are inverted “U” “U” “N” and inverted “N” type), the EKC features can be noted in general. (2) The turning point of the Environmental Kuznets Curve of most cities in the Yangtze River Delta has been approaching, which shows that the level of economic development is generally fast and the ecological quality is gradually improving. The urban ecology of the second echelon is aggravated. (3) There is a significant spatial positive autocorrelation between the environmental pollution and the spatial pattern of EP concentration. (4) There are scale spillover effects of EKC in 25 cities in Yangtze River Delta, but the second and third echelon cities have higher positive absorption and weaker radiation.

Key words: urban agglomeration; environmental quality; EKC; spatial spillover effect

(责任编辑 史小丽)