

文章编号:2095-6134(2016)05-0703-08

简报

# 长三角地区污染密集型产业空间演变 及其对污染排放格局的影响\*

邹 辉<sup>1,3</sup>, 段学军<sup>1,2†</sup>, 赵海霞<sup>1,2</sup>, 王 磊<sup>1,2</sup>

(1 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2 中国科学院流域地理学重点实验室, 南京 210008;  
3 中国科学院大学, 北京 100049)  
(2016 年 2 月 26 日收稿; 2016 年 3 月 31 日收修稿稿)

Zou H, Duan X J, Zhao H X, et al. Spatial evolution of pollution-intensive industries and its effects on pollution emissions in Yangtze River Delta[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2016, 33(5): 703-710.

**摘 要** 污染密集型产业是工业的重要组成部分,亦是环境污染的主要来源.对长三角地区污染密集型产业与工业污染排放的时空格局演变及相互关系进行研究.结果如下:1)污染密集型产业与污染排放在区域内整体呈现出扩散的过程与态势,总体表现为区域核心城市向非核心城市扩散的过程;行业及污染要素存在差异性,石油行业分布最为集聚,非金属行业反之;COD 排放最为集中,烟尘排放最为分散.2)污染密集型产业空间分布及演变与污染排放格局基本吻合,主要分布于沪宁沿线、杭州宁波一带,产业与污染份额增加的城市为苏州、宁波、南通等.3)污染密集型产业空间演变对污染排放格局的影响一定程度上反映区域生产技术与政策规制差异.提升清洁生产和加强环境管制等政策是区域产业发展与环境保护达到协调与双赢的关键.

**关键词** 污染密集型产业; 污染排放; 空间演变; 长三角地区

中图分类号:F129.9;X50 文献标志码:A doi:10.7523/j.issn.2095-6134.2016.05.019

## Spatial evolution of pollution-intensive industries and its effects on pollution emissions in Yangtze River Delta

ZOU Hui<sup>1,3</sup>, DUAN Xuejun<sup>1,2</sup>, ZHAO Haixia<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>1,2</sup>

(1 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;  
2 Key Laboratory of Watershed Geographic Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;  
3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** Pollution-intensive industry development is a principal source of pollution emissions. The Yangtze River Delta(YRD) is one of the most developed areas in China and also one of areas facing great pressure of environmental pollution. We studied spatial distribution of pollution-intensive industries (PII) and pollution emissions (PE) from 1999 to 2013 in the YRD. Results are shown as

\* 国家自然科学基金(71573250,41071085)资助  
† 通信作者, E-mail: xjduan@niglas.ac.cn

follows. 1) As the whole PII and PE present diffusion process from regional core cities to edge cities. Industrial sectors and pollution factors are different. 2) Spatial distribution patterns of PII and PE show consistence. Cities with high share and intensive pollution locate along the Shanghai-Nanjing line and in Hangzhou-Ningbo region. Cities with increasing PII and PE shares locate in Suzhou, Ningbo, Nantong, etc. 3) PII's effect on PE reflects differences between production technology and policy regulation. Policies and measures of promoting clean production and strengthening environmental regulation is the key to achieve a coordinated and win-win regional industry development and environmental protection.

**Key words** pollution-intensive industries; pollution emissions; spatial evolution; the Yangtze River Delta

区域发展过程中,基础工业在过去相当一段时间内给区域经济带带来迅速的发展,同时也带来日益严重的环境污染问题. 产业活动与环境污染之间关系的探讨由来已久,特别是在中国经济发展转型、生态文明建设、环境保护受到高度重视的当下,污染密集型产业的环境污染问题逐渐成为各界的关注热点. 关于污染密集型产业,学者们分析全国尺度的空间分布与转移路径<sup>[1-4]</sup>;并重点从转移机制方面展开较多研究<sup>[2, 5-6]</sup>. 20 世纪 80 年代以来,学者们提出“污染天堂假说”,较好地阐释了污染密集型产业在环境管制标准不同的地区间转移的规律<sup>[7]</sup>,亦探讨了环境管制影响下重点污染产业区位变动机制<sup>[6]</sup>. 国外学者对造纸<sup>[8]</sup>、水泥<sup>[9]</sup>、电力<sup>[10]</sup>等重点污染行业的污染排放及环境影响进行了研究<sup>[11]</sup>,同时提倡绿色化的产业发展是控制污染的有效途径<sup>[12]</sup>. 部分学者对中国省级区域间隐含污染转移<sup>[13]</sup>、工业污染转移<sup>[14-15]</sup>展开研究,指出区域贸易间污染转移的存在. 研究表明区域经济增长与环境污染之间存在不同程度的脱钩关系<sup>[16-17]</sup>,同时也存在一定的关联性<sup>[18-19]</sup>;产业转移对区域环境污染具有影响<sup>[20]</sup>,学者甚至指出“产业转移正在重塑中国产业地理格局,同时也推动了环境污染的扩散和转移”<sup>[4]</sup>.

产业空间演变是经济发展的客观规律,但其背后导致的污染问题变为区域可持续发展的重要课题,特别是欠发达地区通过“区域竞次”、“政策洼地”<sup>[21-22]</sup>来承接污染密集型产业,带来不同程度的环境污染问题. 而已有研究主要集中于全国范围大尺度,重点亦放在污染密集型产业空间演变机制、经济发展与环境污染关系等方面,然而污染密集型产业与环境污染关系探讨较少. 而且污染密集型产业虽然是环境污染高强度产业,但是

污染密集型产业内部行业、环境污染要素空间过程迥异. 那么,污染密集型产业及内部行业、污染排放时空演变规律如何,二者之间又有怎样的关系与影响. 基于这一问题,选择长三角地区(16 个城市)展开研究,以期为该地区产业分工与合作、污染密集型产业合理有序转移、工业污染防控及环境管制政策设计提供参考.

长三角地区是中国经济最为活跃的地区之一,近年来在推进区域一体化进程的同时产业呈现快速的空间演变特征,污染密集型产业尤为突出;同时面临着水环境(如 2007 年太湖水环境事件)、大气环境(如雾霾频发、酸雨严重)、固废环境(如垃圾围城)等诸多环境问题,严重制约区域可持续发展.

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 污染密集型产业界定

污染密集型产业是指污染物排放相对强度更高、规模更大的产业<sup>[23]</sup>. 目前界定标准与方法较多,本文基于大量已有研究<sup>[1, 3-5, 17, 20, 24-27]</sup>关于污染密集型产业划分的基础,并结合第一次全国污染源普查方案(2007),选择 10 类行业作为污染密集型产业,分别为采矿业,纺织业,造纸及纸制品业(造纸业,本文简称,下同),石油加工、炼焦及核燃料加工业(石油业),化学原料及化学制品制造业(化学原料业),化学纤维制造业(化纤业),非金属矿物制品业(非金属业),黑色金属冶炼及压延加工业(黑色金属业),有色金属冶炼及压延加工业(有色金属业),电力、热力生产和供应业(电力业). 下文对污染密集型产业的表述简称产业.

### 1.2 研究方法

采用地理集中度、偏离份额法测算产业及污

染份额演变状况,并采用 GIS 地图表达,来综合研究区域污染密集型产业、污染排放的时空演变规律以及产业与污染排放格局的相互关系。

1.2.1 地理集中度测算

采用绝对地理集中指数(MHHI)<sup>[28]</sup>表征地理集中度,以衡量要素的空间分布特征.其计算公式为:

$$c_i^k = w_{i,k} / \sum_{i=1}^n w_{i,k}, \text{MHHI}^k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i^k)^2}{n}}, \quad (1)$$

式中, $n$ 为区域内子区域个数, $w_{i,k}$ 为子区域*i*中的*k*属性值(产业产值或污染排放量), $c_i^k$ 反映子区域*i*中的*k*属性值占总区域*k*属性的份额,MHHI<sup>k</sup>为区域*k*属性值的绝对地理集中指数。

1.2.2 产业偏离份额测算

采用偏离份额法<sup>[3, 29]</sup>测算区域产业(行业)份额变化情况,公式如下

$$S_i^k = R_i^k - R^k, \quad (2)$$

式中, $R_i^k$ 为*i*子区域*k*行业的增长率, $R^k$ 为整个区域*k*行业的增长率。 $S_i^k$ 为*i*子区域*k*行业的产业份额变化系数,若 $S_i^k > 0$ ,份额增加;若 $S_i^k < 0$ ,份额减少.反映产业在区域空间分布上此消彼长的格局特征。

1.2.3 产业空间演变对污染排放变化的影响测算

理论上区域污染密集型产业产值与污染排放各自占区域的份额理应对等,而现实中可能由于发展阶段、生产技术、污染防控力度的不同而存在时空差异.即存在产业份额变化-污染排放份额变化-正向变化或逆向变化(高比例、同比例或低比例)的情形.采用子区域二者之间的份额差来测算,公式为:

$$D = I - (a \times P_1 + b \times P_2 + c \times P_3 + d \times P_4), \quad (3)$$

式中, $D$ 为份额差(子区域污染密集型产业产值份额与污染排放份额之差), $D$ 越大表明污染小产值多,且一定程度反映污染防控与环保技术更佳; $I$ 代表该年份该子区域污染密集型产业产值占区域污染密集型产业总产值份额; $P_1 - P_4$ 分别代表 COD、SO<sub>2</sub>、烟尘与固废排放占区域各自总排放份额; $a - d$ 为权重,分别为 0.33,0.33,0.17 与 0.17,权重参考《生态环境状况评价技术规范(HJ 192—2015)》。

1.3 数据来源

研究时期为 1999—2013 年,产业发展采用分

行业产值数据,污染排放采用工业废水排放量、工业 COD 排放量、工业废气排放量、工业 SO<sub>2</sub> 排放量、工业烟尘排放量与固体废气物产生量等 6 项指标数据(简称废水、COD、废气、SO<sub>2</sub>、烟尘与固废).数据主要来源于各地市统计年鉴(2000—2014),部分环境数据源自《中国城市统计年鉴》(2000—2014)、《中国环境统计年鉴》(2000—2014)以及城市环境状况公报。

2 结果

2.1 污染密集型产业时空演变格局

2.1.1 产业发展变化趋势

长三角地区污染密集型产业产值由 7 317.6 亿元(1999 年)增长到 71 018.0 亿元(2013 年),总体保持“S”型增长态势.地区污染密集型产业产值占地区工业总产值比重处于波动下降的态势,由 40.0% 下降到 37.9%.从各城市污染密集型产业产值占地区工业总产值比重来看,1999—2013 年间比重上升的城市包括台州、杭州、常州、宁波、嘉兴及绍兴,其中台州的比重上升明显,由 1.9% 提升到 25.2%;而比重下降城市中扬州最明显.而各城市污染密集型产业产值占地区污染密集型产业总产值比重方面,上海、南京、无锡比重下降;而比重上升城市中常州与宁波显著.另外,产业偏离份额测算结果表明(表 1),1999—2013 年间,上海、南京、无锡表现份额减少;泰州、台州、舟山、常州、嘉兴、宁波、南通等城市表现为份额增加。

表 1 污染密集型产业偏离份额系数  
Table 1 Transfer indexes of pollution-intensive industries

城市	系数
上海	-5.55
南京	-0.89
无锡	-1.51
常州	6.75
苏州	1.84
南通	4.76
扬州	1.51
镇江	2.54
泰州	7.20
杭州	3.65
宁波	4.08
嘉兴	5.47
湖州	0.89
绍兴	0.71
舟山	6.81
台州	7.20

2.1.2 产业空间格局演变

绝对地理集中指数测算结果显示,污染密集型产业该指数整体呈现逐年下降的趋势(近乎线性下降),由 0.089 下降为 0.071,表明长三角地区污染密集型产业空间集聚度逐步下降,呈扩散态势.分行业结果显示(图 1),石油业较高,说明其空间分布最为集聚;非金属业反之.而从发展趋势来看,黑色金属业、化学原料业与非金属业的指数下降趋势显著,说明该类型产业在长三角地区扩散型发展与“全面铺开”态势.而采矿业指数呈上升趋势,表明其空间分布的集中化与发展的相对萎缩.

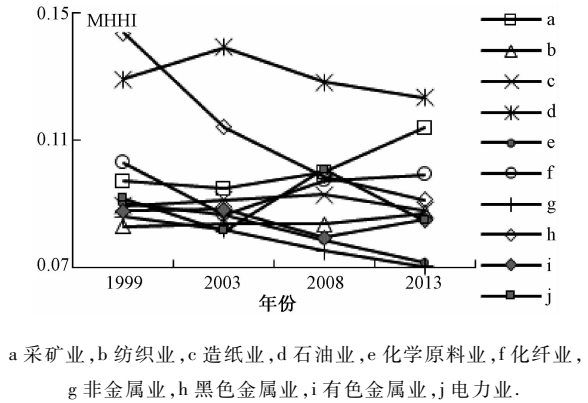


图 1 污染密集型产业分行业地理集中指数

Fig.1 MHHI of different divisions of pollution-intensive industries

通过各市污染密集型产业产值占地区污染密集型产业总产值的比重来考察污染密集型产业的 空间分布(图 2),结果呈现以上海为核心的污染 密集型产业集中区向长三角南北两翼扩散、“全 面铺开”的态势.1999—2013 年,上海占比由 27.7% 下降到 12.3%,降幅较大;同时比重下降 的还有无锡与南京;其他城市比重不同程度地提 高,提高幅度较大的城市包括常州、宁波、苏州、杭 州、南通与嘉兴,总体上看上海周边城市比重上升

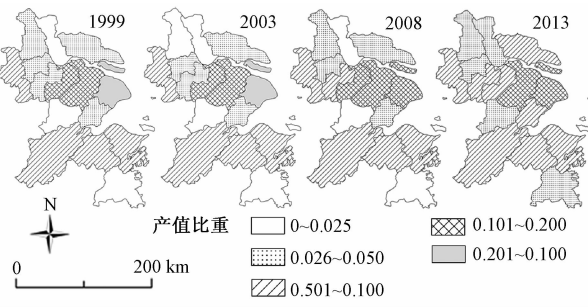


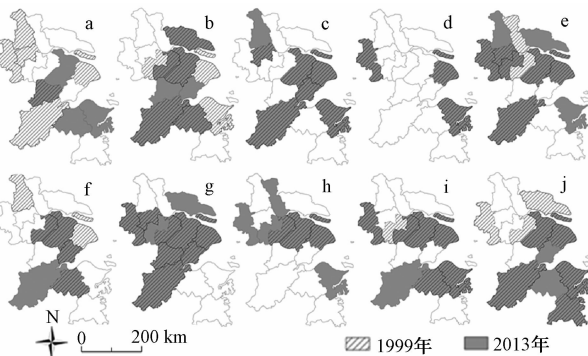
图 2 污染密集型产业空间格局演变

Fig.2 Space pattern evolution of pollution-intensive industries

较快,一定程度上反映上海污染密集型产业的 “就近转移”现象.

2.1.3 分行业空间格局演变

分行业分地区份额时空变化结果显示(图 3, 表 2),采矿业分布由上海、宁镇扬地区转变为苏 州、宁波等地.纺织业由原来的纺织业“龙头”上海 转变为绍兴、杭嘉湖、苏锡常地区.造纸业整体格局 变化不明显.石油业空间集中分布于上海、南京与 宁波.化学原料业分布较为分散,上海一直保持份 额最大,但自身份额亦表现出逐年下降.化纤业方 面,上海、扬州几乎完成了该产业的全部转出,而苏 州、杭州该产业迅速发展.非金属业分布相对广泛, 除南北两翼 6 个城市分布较少外,其他呈连片集中 分布格局.黑色金属业空间分布扩散显著,苏州、常 州份额上升明显.有色金属业空间分布格局变化相 对较小.电力业方面,上海一直处于首位,并呈现江 苏份额减少、浙江份额增多的趋势.



(1) a 采矿业, b 纺织业, c 造纸业, d 石油业, e 化学原料业, f 化纤业, g 非金属业, h 黑色金属业, i 有色金属业, j 电力业; (2) 图中表现的 2 个年份各行业主要分布区域为累积份额达 80% 的城市.

图 3 污染密集型产业分行业空间格局演变

Fig.3 Space pattern evolution of different divisions of pollution-intensive industries

表 2 污染密集型产业分行业主要份额增加与减少城市

Table 2 Main transfer-out and transfer-in cities in different divisions of pollution-intensive industries

行业	份额减少	份额增加
采矿业	扬州、上海、镇江、南京、杭州	苏州、宁波、绍兴
纺织业	上海、无锡	绍兴、南通、杭州、嘉兴
造纸业	上海、宁波	苏州、杭州、嘉兴、扬州
石油业	南京	泰州
化学原料业	上海、南京、无锡	南通、宁波、扬州
化纤业	上海、扬州	苏州、杭州、嘉兴、绍兴
非金属业	上海	常州、南通
黑色金属业	上海	苏州、常州
有色金属业	上海、常州	杭州
电力业	上海、无锡、南京	宁波、杭州、嘉兴、绍兴

2.2 污染排放时空格局演变

2.2.1 污染排放变化趋势

长三角地区 1999—2013 年废水排放总量由 49.1 亿 t 增至 53.9 亿 t. COD 排放总量由 74.1 万 t 减至 50.2 万 t. 废气排放由 15 628 亿标 m<sup>3</sup> 增加到 70 844 亿标 m<sup>3</sup>. SO<sub>2</sub> 排放由 154 万 t 减少到 123 万 t. 烟尘排放由 104 万 t 减少到 56 万 t. 固废由 4 547 万 t 增加到 13 395 万 t.

2.2.2 污染排放格局及其演变

污染排放指标地理集中指数结果显示(图 4),总体呈现小幅下降趋势,表明污染排放空间集聚度逐步下降、呈扩散态势. 其中,COD 最高,烟尘最低,说明前者相对更为集中,后者更为分散;废水与 COD 呈先下降后上升的趋势,特别是 2011 年以后上升态势明显,说明这 2 项排放在空间上呈现集聚的态势. 由前文可知,化纤业、有色金属业及纺织业的地理集中指数呈现出先下降后上升的趋势,与废水及 COD 地理集中指数的变化趋势一致,而这些产业正是“水环境污染密集型”产业<sup>[17, 20, 27]</sup>,表明这些产业集中程度与污染集中程度的吻合与关联.

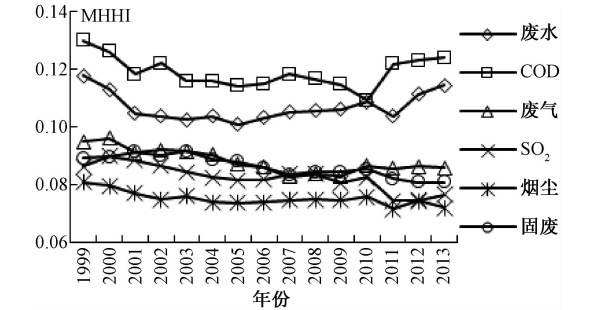
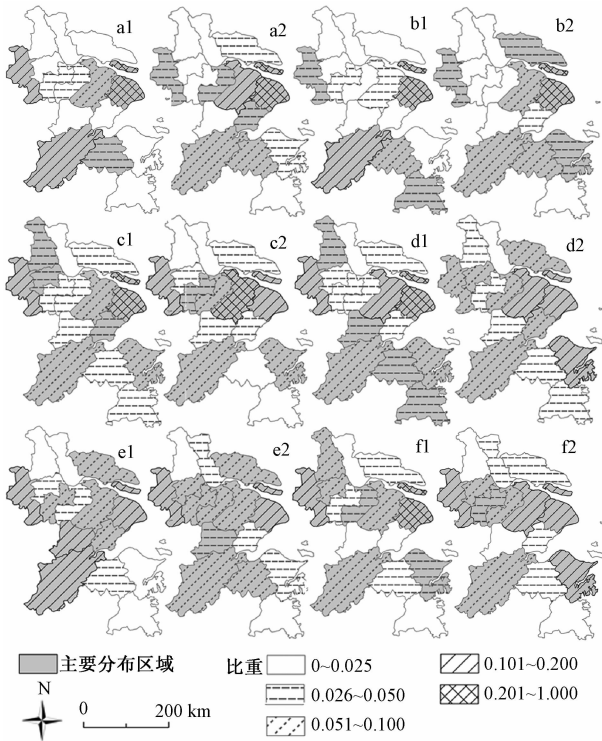


图 4 污染排放地理集中指数  
Fig. 4 MHHI of pollution emissions

长三角地区污染排放格局显示(图 5),整体呈“只”字型空间形态,以沪宁沿线及杭州、宁波为主. 废水方面,整体格局变化不大,杭州、南京比重下降,苏州、绍兴比重上升. COD 方面,同废水变化不同的是杭州比重明显下降(19% 降到 6%). 废气方面,镇江、扬州、嘉兴退出主要区域,而无锡与常州加入. SO<sub>2</sub> 方面,呈现浙江城市减少、江苏城市增多的趋势. 烟尘方面,分布格局最为分散,由湖州变为上海居首.

综合来看,废水及 COD 排放最为集中,废气、SO<sub>2</sub>、固废次之,烟尘排放最为分散,与地理集中指数分析结果吻合. 1999—2013 年上海是长三角



(1) a1、a2 代表 1999、2013 年废水, b1、b2 代表 1999、2013 年 COD, c1、c2 代表 1999、2013 年废气, d1、d2 代表 1999、2013 年 SO<sub>2</sub>, e1、e2 代表 1999、2013 年烟尘, f1、f2 代表 1999、2013 年固废; (2) 图中主要分布区域为排放累积份额达 80% 的城市.

图 5 污染排放空间格局演变

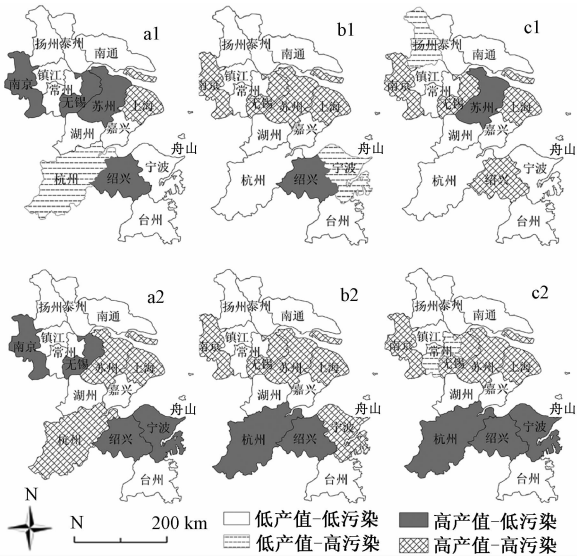
Fig. 5 Space pattern evolution of pollution emissions

工业污染排放的核心区域,废水与 COD 比重达 40% 以上,且未呈现出下降趋势,而其他污染指标(除烟尘以外)皆呈现明显比重下降趋势. 苏州与南京亦是排放的重点区域,但南京总体呈比重下降趋势,而苏州呈比重上升趋势. 另外一些城市逐步在各项指标中加入重点污染城市梯度,而一些城市亦退出重污染梯度,如扬州.

2.3 产业演变对污染排放的时空格局的影响

2.3.1 产业产出与污染成本的格局演变

基于“污染成本—产业产出”思路通过污染密集型产业产值与环境污染排放指标间的空间演变格局分析结果表明(图 6),水环境方面(COD),上海皆处于高产值高污染;南京、无锡、绍兴皆处于高产值低污染,说明这类城市发展及产业增长时污染排放更低,污染控制更为有效;苏州由高产值低污染演变为高产值高污染,杭州由低产值高污染演变为高产值高污染,说明前者水环境成本的提高,后者高污染排放态势下的高强度产业增长与发展.



(1) a1、a2: 产业—COD (1999、2013), b1、b2: 产业—SO<sub>2</sub> (1999、2013), c1、c2: 产业—固废 (1999、2013); (2) 采用 COD 代表水环境,SO<sub>2</sub> 代表大气环境;(3) 高低分级采用是否高于指标平均值来判断。

图 6 污染密集型产业发展与污染排放关联格局  
Fig.6 Spatial correlation between development of pollution intensive industries and pollution emissions

大气环境方面(SO<sub>2</sub>),沪宁沿线主要城市(上海、苏州、无锡、南京)一直处于高产值高污染状态,说明其在污染密集型产业大力发展及增长的同时带来了高强度的大气污染排放;杭州由低产值低污染状态演变为高产值低污染,说明其在产业增长时大气污染排放相对较少;而绍兴一直处于高产值低污染状态,可知其在产业发展的同时亦是大气污染排放控制的典范城市. 固废环境方面,格局变化相对较大,杭州、绍兴与宁波皆转变为高产值低污染. 综合来看,浙江地区较江苏地区表现更好,以相对较小的排放成本取得了更高的产业发展水平,产业份额演变对浙江地区污染排放格局的影响更小.

2.3.2 产业份额与污染排放份额的格局演变

污染密集型产业产值与污染排放各自所在区域份额差测算结果表明(图 7),整体上份额差区域差异逐步缩小<sup>①</sup>,一定程度上反映产业份额变

化带来的污染份额变化的比重逐步向均衡状态发展,同时反映清洁生产技术扩散、污染防控水平提升的演化过程. 综合来看,状态较好<sup>②</sup>的区域主要为无锡、苏州、宁波与绍兴;状态较差的区域主要为上海、杭州、南京、湖州与镇江;趋势较好的地区包括常州、杭州、台州;趋势较差的地区包括上海、无锡、苏州与宁波.

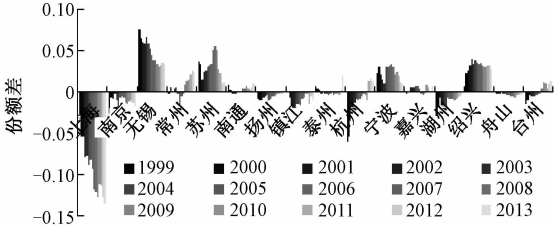


图 7 染密集型产业产值与污染排放份额差变化  
Fig.7 Portion difference values of pollution-intensive industries and pollution emissions

3 结论与讨论

1)污染密集型产业与污染排在区域内整体呈现出扩散的过程与态势,总体表现为区域核心城市向非核心城市扩散的过程,具体行业及污染要素存在差异性. 污染密集型产业产值占地区工业总产值比重呈波动下降,空间分布愈加分散并向南北两翼扩散. 石油行业分布最为集聚;非金属行业反之. 工业废水、COD 及 SO<sub>2</sub> 排放呈先上升后下降,废气与固废持续上升,烟尘持续下降;COD 排放相对最为集中,烟尘排放相对最为分散.

在区域发展政策的启示上,应完善产业发展环境准入门槛,加大环境管制力度. 长三角地区是中国制造业集聚地区之一,纺织、化工等污染密集型企业在全国占据重要的比重,如今大有向长三角外围地区、长江中上游地区转移的态势,应提高产业准入的环境门槛,在承接产业的招商引资中严把“环境关”. 同时,应转变由“竞次”到“竞优”的发展理念,改变以往压低地区社会福利及容忍环境破坏从而赢得竞争优势的发展模式,从低成本吸引到综合效益优先,实现“区域竞优”的绿色发展新理念.

①结合时间序列 16 个城市份额差的标准偏差测算(标准偏差系数反映相对于平均值的离散程度),结果显示从 0.070(1999 年)降到 0.058(2013 年),亦表明区域差异的缩小. ②状态较好含义为 15 年间份额差整体处于高值,一定程度上反映产业份额增加过程中污染份额表现为低比例增加,同时反映清洁生产技术与污染防控处于区域领先水平;状态较差反之. 趋势较好含义为近年来份额差整体逐步上升,一定程度上反映产业份额增加过程中污染份额增加比重逐步减少,同时反映清洁生产技术与污染防控水平的提升;趋势较差反之.

2)污染密集型产业空间分布及演变与污染排放格局基本吻合.二者空间分布一致,主要集中在沪宁沿线、杭州宁波一带;份额上升的城市亦主要包括苏州、宁波、南通等.产业份额增加地区与污染份额增加地区基本吻合,反映产业份额演变对污染排放的格局影响.在污染密集型产业发展与环境污染成本方面,浙江地区表现较江苏地区更佳,特别是大气环境与固废环境方面,能以相对较低的环境污染成本达到更高的产业发展水平,反映产业份额变化对浙江地区污染排放份额变化影响更小.已有研究表明产业转移会带来污染转移的问题<sup>[4,18-20]</sup>,本文从份额变化层面一定程度上印证了产业与污染之间的空间关联性,而从企业角度深入研究产业(企业)转移路径及对污染排放、环境质量的影响机理是下一步的重点研究切入点.

3)污染密集型产业空间演变对污染排放格局的影响一定程度上反映区域生产技术与政策规制差异,提升清洁生产、加强环境管制等政策保障是区域产业发展与环境保护达到协调与双赢的关键.本文研究结果表明,产业份额与污染份额变化的比例具有不对称性、时空差异性.上海、南京作为产业份额明显降低的地区,污染份额并没有成比例降低,体现一定滞后性.杭州作为主要产业份额增加地区,前期承担的污染排放更重,随后逐步改善,反映出产业增长过程中的清洁生产技术及污染防控水平的提升.无锡、苏州、绍兴、宁波是典型的相对高产值低污染地区,但是无锡、苏州、宁波发展趋势并不好,结合 2007 年太湖蓝藻爆发与无锡水危机事件可知,太湖流域的环境(特别是水环境)敏感程度较高,应该基于水环境容量约束对区域污染密集型产业空间开展优化<sup>[30-31]</sup>.

在政策启示上,应促进污染密集型产业清洁生产技术提升,双向消化污染排放,共同促进产业环境双赢.对于产业份额减少的地区,针对产业份额降低而居高不下的污染排放应及时“消化”(特别是上海);对于产业份额增加的地区,针对产业增长带来的污染上升亦应采取各项“消化”措施,以期达到产业环境双赢.

## 参考文献

[1] Zhu S, He C, Liu Y. Going green or going away: environmental regulation, economic geography and firms

‘strategies in China’ s pollution-intensive industries [J]. *Geoforum*, 2014, 55: 53-65.

[2] 何龙斌. 国内污染密集型产业区际转移路径及引申: 基于 2000—2011 年相关工业产品产量面板数据 [J]. *经济学家*, 2013(6): 78-86.

[3] 仇方道, 蒋涛, 张纯敏, 等. 江苏省污染密集型产业空间转移及影响因素 [J]. *地理科学*, 2013, 33(7): 789-796.

[4] 贺灿飞, 周沂, 张腾. 中国产业转移及其环境效应研究 [J]. *城市与环境研究*, 2014, 1(1): 34-49.

[5] 崔建鑫, 赵海霞. 长江三角洲地区污染密集型产业转移及驱动机理 [J]. *地理研究*, 2013, 34(3): 504-512.

[6] 沈静, 魏成. 环境管制影响下的佛山陶瓷产业区位变动机制 [J]. *地理学报*, 2012, 67(4): 467-478.

[7] Walter I, Ugelow J L. Environmental policies in developing-countries [J]. *Ambio*, 1979, 8(2/3): 102-109.

[8] Ashrafi O, Yerushalmi L, Haghighat F. Greenhouse gas emission by wastewater treatment plants of the pulp and paper industry: modeling and simulation [J]. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2013, 17: 462-472.

[9] Ali M B, Saidur R, Hossain M S. A review on emission analysis in cement industries [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(5): 2 252-2 261.

[10] Uliasz-Bohenczyk A, Mokrzycki E. Emissions from the Polish power industry [J]. *Energy*, 2007, 32(12): 2 370-2 375.

[11] Heras-Saizarbitoria I, Arana G, Boiral O. Exploring the dissemination of environmental certifications in high and low polluting industries [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 89: 50-58.

[12] Hoque A, Clarke A. Greening of industries in Bangladesh: pollution prevention practices [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 51: 47-56.

[13] 李方一, 刘卫东, 唐志鹏. 中国区域间隐含污染转移研究 [J]. *地理学报*, 2013, 68(6): 791-801.

[14] 龚峰景, 柏红霞, 陈雅敏, 等. 中国省际间工业污染转移量评估方法与案例分析 [J]. *复旦学报: 自然科学版*, 2010, 49(3): 362-367.

[15] 陈敏. 产业梯度转移中的污染转移问题研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2009.

[16] 赵海霞, 蒋晓威. 长江三角洲经济与工业污染重心演变及脱钩机理 [J]. *中国环境科学*, 2013, 33(10): 1 911-1 919.

[17] 刘航, 赵景峰, 吴航. 中国环境污染密集型产业脱钩的异质性及产业转型 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(4): 150-155.

[18] He C F, Huang Z J, Ye X Y. Spatial heterogeneity of economic development and industrial pollution in urban China [J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2014, 28(4): 767-781.

[19] 王怀成, 张连马, 蒋晓威. 泛长三角产业发展与环境污染的空间关联性研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(3): 55-59.

[20] 豆建民, 沈艳兵. 产业转移对中国中部地区的环境影响研

- 究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 96-102.
- [21] Olney W W. A race to the bottom? Employment protection and foreign direct investment [J]. Journal of International Economics, 2013, 91(2): 191-203.
- [22] 刘瑞强, 张沛. 新型城镇化背景下城市发展从“竞次”走向“竞优”的战略转型 [J]. 现代城市研究, 2014, 29(6): 108-114.
- [23] 贺灿飞, 谢秀珍, 潘峰华. 中国制造业省区分布及其影响因素 [J]. 地理研究, 2008, 27(3): 623-635.
- [24] 董广霞. 长江流域等重污染行业经济和污染贡献率剖析 [J]. 中国环境监测, 2005, 21(1): 72-76.
- [25] 赵细康. 环境保护和产业国际竞争力: 理论与实证分析 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2003.
- [26] 仇冬芳, 周月书. 我国环境规制与污染密集型产业发展的协整机制: VAR 模型和 VEC 模型的实证研究 [J]. 技术经济, 2013, 32(6): 65-71.
- [27] 刘巧玲, 王奇, 李鹏. 我国污染密集型产业及其区域分布变化趋势 [J]. 生态经济, 2012, 28(1): 107-112.
- [28] 王庆喜, 蒋烨, 陈卓咏. 区域经济研究实用方法: 基于 ArcGIS、GeoDa 和 R 的运用 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2014.
- [29] 吕卫国, 陈雯. 江苏省内一体化、制造业聚散与地区间分工演化 [J]. 地理科学进展, 2013, 32(2): 223-232.
- [30] Zhao H X, You B S, Duan X J, et al. Industrial and agricultural effects on water environment and its optimization in heavily polluted area in Taihu Lake Basin, China [J]. Chinese Geographical Science, 2013, 23(1): 1-13.
- [31] 赵海霞, 王梅, 段学军. 水环境容量约束下的太湖流域产业集聚空间优化 [J]. 中国环境科学, 2012, 32(8): 1 530-1 536.