

中国工业污染重心与经济重心转移路径对比分析

马姣娇 赵永琪 徐颂军

摘要 改革开放以来,中国经济高速增长的同时工业污染问题日益严重,相关研究也越来越为学界所关注。作者利用2000年~2013年中国各省份的GDP及工业废水、工业废气和工业固体废弃物排放量数据,分别测算出经济重心及工业污染重心的转移路径,从移动方向、移动距离、移动速度等方面探究了二者的空间转移动态变化规律,并从路径对比、空间相关性等方面研究经济重心和工业污染重心的空间联系。结果表明,2000年~2013年间,经济重心和工业污染重心总体上均向西北方向移动,但工业污染重心移动速度明显大于经济重心移动速度,移动总距离排序情况如下:工业废气重心(560.07km) > 固体废弃物重心(435.15km) > 工业废水重心(267.22km) > 经济重心(66.27km);经济重心与工业污染重心在东西方向上的相关性显著,但在南北方向上并不明显。

关键词 经济重心 工业污染重心 转移路径 中国

[中图分类号] F129.9; K902 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X (2016) 02-0080-15

一、引言

改革开放以来,中国的经济发展正在逐步向市场经济并轨。一方面,中国的综合国力显著增强,工业化进程加快,人口总数和GDP稳步上升,社会经济各个方面取得了持续有序的发展;但另一方面,区域经济差异显著、环境污染严重、人口压力加

【基金项目】国家自然科学基金项目“基于信息图谱的珠三角人工红树林次生湿地生态系统健康研究”(批准号:41271060)。

【作者简介】马姣娇(1991-),华南师范大学地理科学学院硕士研究生,邮政编码:510631;赵永琪(1991-),华南师范大学文化产业与文化地理研究中心硕士研究生;徐颂军(1962-),华南师范大学地理科学学院教授、博士生导师,本文通讯作者。

致谢:感谢审稿专家匿名评审,当然文责自负。

大等问题也随之而来。工业作为国民经济的重要组成部分，在地区经济发展过程中发挥重要作用，但也导致了严重的环境污染。随着中国逐步进入后工业化时代，工业污染所带来的环境问题也越来越为社会各界所关注。其中，重心模型被广泛应用于经济、人口、产业和环境等方面的研究。“重心”的概念源于牛顿力学，是指物体各点所受重力产生合力的作用点（陈志刚等，2007）。区域重心是指区域社会空间中各个方向上的“力量”能够维持均衡的点（冯宗宪、黄建山，2005），是可以用来衡量国家或区域发展方向、空间均衡以及评估政策效果的指标（冯宗宪、黄建山，2006）。

近年来，国内学者利用重心模型在社会、经济和环境等相关领域做了许多深入研究。乔家君和李小建（2005）分析了中国1952年~2000年中国经济重心的移动路线，冯宗宪和黄建山（2006）研究了1978年~2003年中国经济重心和产业重心的动态轨迹，认为中国经济重心一直处在豫皖的交界地带，且处于不停的变化之中。徐建华和岳文泽（2001）则利用重心模型分析了1978年~1997年中国人口重心的转移路径，认为中国人口重心一直位于豫楚交界处，并保持缓慢向西南移动。在区域一体化的驱动下，分析跨区域的经济、环境等重心轨迹要素之间的相互关系已经成为一种新的趋势（苗长虹，1999）。如黄海峰（2006）运用GIS技术探讨了珠三角地区环境与经济协调发展之间的关系，陈志刚等（2007）、王磊等（2009）、张蕾等（2011）、赵海霞和蒋晓威（2013）等先后对长三角地区经济重心和工业污染重心的动态转移路径及其驱动因素进行研究，结果都表明区域的经济重心与工业污染重心之间存在密切的关联性。总的来看，目前的研究有以下特点：就研究对象而言，主要是对经济、人口、产业、土地等重心的分析；就研究角度而言，现有研究多为定量分析，或者是对重心轨迹影响因素的深入解析（叶明确，2012）；就研究范围而言，既有省级尺度的研究（包玉海等，1998；韩书成、濮励杰，2008），也有跨区域（陈志刚等，2007）和全国尺度的研究（黄建山、冯宗宪，2005；廉晓梅，2007），还有全球尺度的研究（Grether and Mathys，2010）；就研究手段而言，多与GIS等地理信息技术紧密结合（黄海峰，2006；白丽月、伍世代，2009）。

虽然重心模型在相关领域的研究已经取得了较多成果，但仍缺少对近些年来经济重心和工业污染重心的综合分析，尤其是在全国尺度上对经济重心和工业污染重心进行综合比较。基于此，本文对21世纪以来中国工业污染重心和经济重心的动态转移路径进行了对比分析，并进一步探讨各要素之间的空间关联性，以期为中国生态文明建设提供参考借鉴。

二、研究方法和数据处理

（一）研究方法

1. 重心计算法

本文采用几何重心法来衡量某一属性的空间分布状况（胡琳等，2011），计算公

式如下:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n M_i X_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, Y = \frac{\sum_{i=1}^n M_i Y_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (1)$$

其中, X 、 Y 分别表示经济重心或工业污染重心的经度值、纬度值, 准确表达了重心的地理位置; X_i 、 Y_i 分别为第 i 个次级区域 (即每一个省级行政单元) 中心城市的经度值、纬度值; M_i 为次级区域 i 某属性的量值。由式 (1) 可知, 影响重心迁移的因素是各省级行政单元中心城市的地理坐标和研究指标的数量值, 因为研究期间各省级行政单元中心城市的地理坐标并无变化, 所以指标的数量值直接决定了重心位置的变化。相应地, 区域重心的变动也清楚反映出该指标发展变化的轨迹、空间差异及均衡程度。

2. 重心的移动距离

由于活动空间属性的不均衡分布, 区域重心会产生对应的分离。通过研究重心的移动距离便可得知该属性发展变化的转移路径及空间分布差异性 (黄建山、冯宗宪, 2006), 计算公式如下:

$$D_{ab} = C \times \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2} \quad (2)$$

其中, a 、 b 代表不同的年份; D_{ab} 表示两个年份间重心偏移的距离; X_a 、 Y_a 和 X_b 、 Y_b 分别表示第 a 年和第 b 年由式 (1) 所得出的重心坐标; C 表示由地球表面坐标单位 (度) 转化为平面距离 (km) 的系数, 且 $C = 111.111\text{km}$ 。当某次级区域的指标属性值所占比重较大且增长速度较快时, 重心会靠近并持续向该方向移动, 移动的距离能间接地反映该地区属性值的增长幅度。

3. 重心的移动方向与角度

为了更好地量化表达偏移的方向, 本文计算了偏移的具体角度, 具体公式如下:

$$\theta_{ab} = \begin{cases} \text{degrees} \{ \arctan [(Y_a - Y_b) / (X_a - X_b)] \}, & X_a > X_b, Y_a \neq Y_b. \\ \text{degrees} \{ \arctan [(Y_a - Y_b) / (X_a - X_b)] + \pi \}, & X_a < X_b, Y_a > Y_b. \\ \text{degrees} \{ \arctan [(Y_a - Y_b) / (X_a - X_b)] - \pi \}, & X_a < X_b, Y_a < Y_b. \\ 0^\circ, & X_a > X_b, Y_a = Y_b. \\ \pm 180^\circ, & X_a < X_b, Y_a = Y_b. \\ 90^\circ, & X_a = X_b, Y_a > Y_b. \\ -90^\circ, & X_a = X_b, Y_a < Y_b. \end{cases} \quad (3)$$

其中, $\text{degrees} \{ \}$ 表示将弧度转为角度, θ ($-180^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$) 表示不同年份之间重心偏移的角度, 其具体代表的偏移方向如表 1 所示。偏移方向能直观反映研究指标的总体变化趋势, 具体的偏移角度能定量比较重心在某一方向上的变化幅度。特别是持续朝某一方向偏移时, 偏移角度更能反映指标的细微变化。

表 1 重心偏移方向与角度对应关系表

偏移角度	0°	(0°,90°)	90°	(90°,180°)	±180°	(-180°,-90°)	-90°	(-90°,0°)
偏移方向	正东	东北	正北	西北	正西	西南	正南	东南

(二) 指标选取和数据来源

在地理坐标的选取上，本文以 31 个省级行政区划（不包括港澳台地区）的行政中心所在地的地理坐标作为各省份的重心，并默认其在研究期间保持不变。在重心指标的选取上，本文以 GDP 来表征经济重心；以工业废气排放量、工业废水排放量、工业固体废弃物排放量作为统计指标，分别表征工业废气重心、工业废水重心和工业固体废弃物重心，并合称工业污染重心。本文的研究时段为 2000 年~2013 年，GDP 数据主要来源于历年《中国统计年鉴》，工业污染排放数据主要来源于历年的《中国环境统计年鉴》和《中国环境统计公报》。

三、结果分析

(一) 中国工业污染重心的演变路径及其特征

根据式（1），利用中国各省份 2000 年~2013 年的工业“三废”排放量数据，计算各年份工业污染重心的地理坐标，得到工业废水、工业废气、工业固体废弃物的动态转移路径（图 1）。由工业污染重心的路径演变可以看出，2000 年~2013 年中国的工业污染重心一直位于 113°50'E~115°50'E，30°50'N~34°50'N 之间。工业固体废弃物重心和工业废气重心总体趋势均是向西偏移，而工业废水重心在 2007 年之前向西南偏移，之后向东北偏移，但是变化幅度比工业废气重心和工业固废重心都小。因此，可以认为 2000 年~2013 年中国工业污染重心总体上向西偏移。

根据式（2）和式（3），分别计算 2000 年~2013 年中国工业污染重心的移动方向和距离，结果如表 2 所示。

表 2 2000 年~2013 年中国工业污染重心的移动方向和距离

年份	废水重心			废气重心			固体废弃物重心		
	角度(°)	距离(km)	方向	角度(°)	距离(km)	方向	角度(°)	距离(km)	方向
2000 年	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001 年	-25.99	19.96	东南	-67.49	17.68	东南	-49.40	55.23	东南
2002 年	-103.98	33.12	西南	166.41	16.41	西北	121.43	21.65	西北
2003 年	-124.43	23.42	西南	78.97	35.15	东北	103.25	26.66	西北
2004 年	-94.87	4.46	西南	173.21	11.08	西北	130.40	35.26	西北
2005 年	-67.01	11.61	东南	53.92	38.14	东北	40.74	24.59	东北
2006 年	-43.19	6.35	东南	99.71	29.82	西北	-41.51	11.48	东南

续表

年份	废水重心			废气重心			固体废弃物重心		
	角度(°)	距离(km)	方向	角度(°)	距离(km)	方向	角度(°)	距离(km)	方向
2007 年	-116.01	35.72	西南	-131.62	110.36	西南	168.87	21.01	西北
2008 年	123.23	13.76	西北	14.58	81.62	东北	-87.52	29.70	东南
2009 年	41.33	10.33	东北	-166.95	47.88	西南	39.08	10.13	东北
2010 年	56.21	37.10	东北	163.97	42.07	西北	155.76	39.93	西北
2011 年	35.74	34.61	东北	-98.21	89.09	西南	135.09	81.22	西北
2012 年	104.48	27.21	西北	-177.16	18.42	西南	-168.36	21.88	西南
2013 年	-165.98	9.56	西南	138.46	22.37	西北	-24.45	57.42	东南

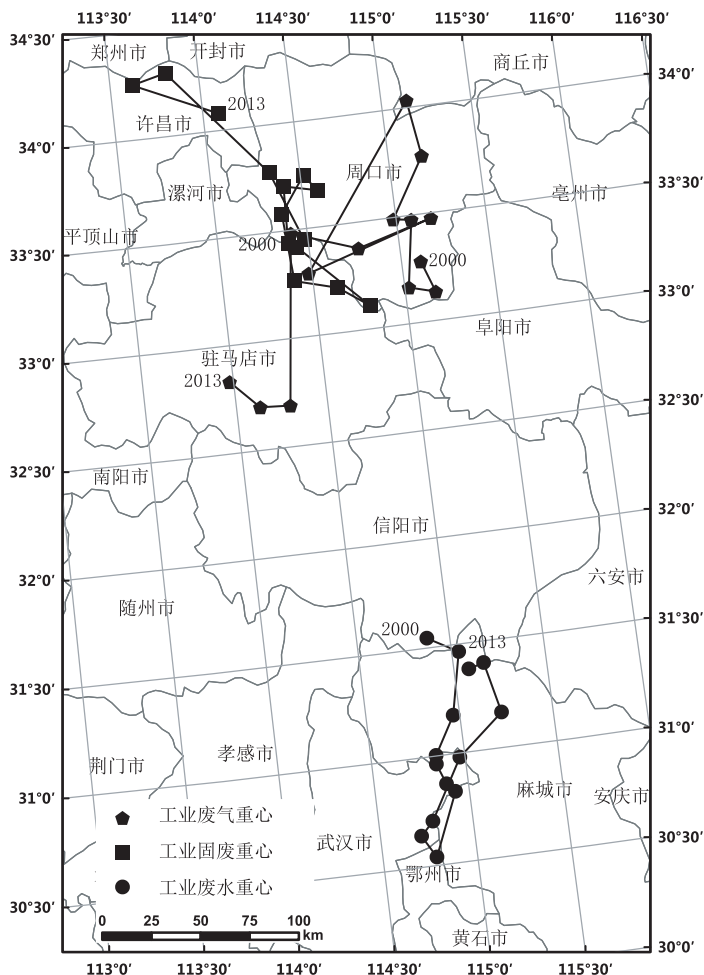


图 1 2000 年~2013 年中国工业污染重心的转移路径

1. 工业废水重心的路径演变及其特征

结合 2000 年~2013 年中国工业废水重心的转移路径（图 2）及表 2 中工业废水重心的移动方向和距离，可以看出，中国工业废水重心长期位于湖北省北部。在移动方向上，工业废水重心先是向南移动，在 2007 年出现转折，开始向东北方向移动，但 2012 年之后又开始向西移动。在移动距离和速度上，13 年间共移动了 267.22km，平均每年移动 20.55km；南北方向移动速度明显大于东西方向，即工业废水重心主要在南北方向上移动。

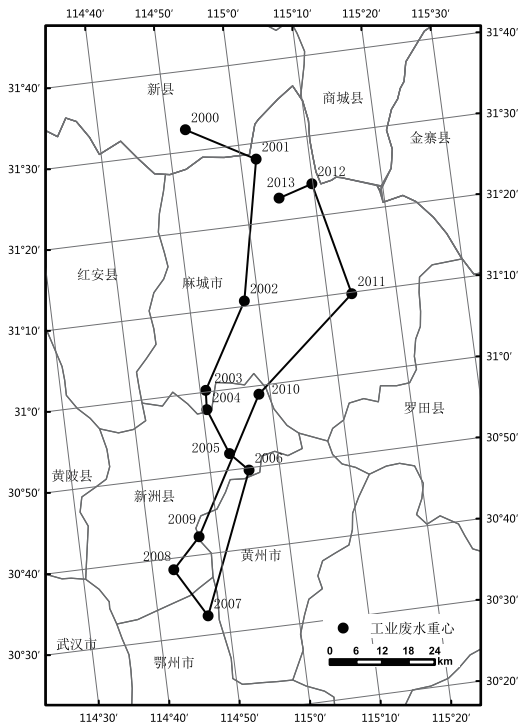


图 2 2000 年~2013 年中国工业废水重心的转移路径

2. 工业废气重心的路径演变及其特征

结合 2000 年~2013 年中国工业废气重心的转移路径（图 3）及表 2 中工业废气重心的移动方向和距离，可知工业废气重心位于河南省东部边缘即周口市内。在移动方向上，工业废气的整体重心向西南方向移动。从移动的速度和距离来看，2000 年~2006 年移动速度较慢，6 年时间仅移动 148.68km；2007 年~2013 年工业废气重心移动迅速且路径复杂。2000 年~2013 年期间，工业废气重心共移动了 560.07km，平均每年移动 43.08km。其中，经向向西移动 1.127°，约 125.1km；纬向向南移动了 0.448°，约 49.73km。东西方向移动速度明显大于南北方向，即工业废气重心主要在东西方向上移动。

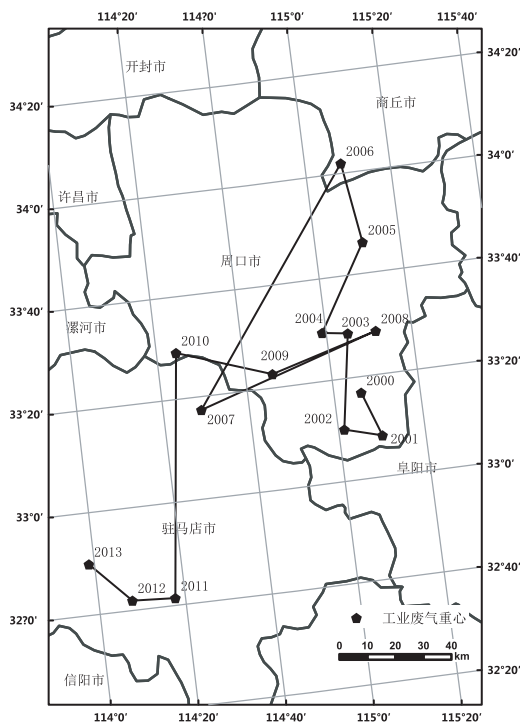


图3 2000年~2013年中国工业废气重心的转移路径

3. 工业固体废弃物重心的路径演变及其特征

结合2000年~2013年中国工业固体废弃物重心的转移路径(图4)及表2中工业固体废弃物重心的移动方向和距离,可以看出,工业固体废弃物重心主要分布在河南省中部偏东方向,从周口市与驻马店市交界地带到许昌市呈狭长状分布。在移动方向上,工业固体废弃物重心整体向西北方向移动,2000年~2006年移动路径复杂无明显规律,但2006年之后持续向西北方向移动,直到2011年才有所回移。从移动的距离和速度来看,13年间共移动了435.15km。其中在经向上向西移动 0.662° ,约73.49km;在纬向上向北移动了 0.341° ,约38.41km。东西方向移动速度明显大于南北方向,即工业固体废弃物重心同样主要是在东西方向上移动。

综上所述,各工业环境污染要素变化不完全一致,工业废气重心和工业固体废弃物重心总体上往西北方向移动,重心移动轨迹变化大;工业废水重心移动轨迹变化小,总体上向东南移动。总的看来,中国工业的污染重心向西北移动,但仍然位于中国几何中心($103^{\circ}50'E$, $36^{\circ}N$)的东南部。其中,工业固体废弃物重心、工业废气重心位于河南省境内,而工业废水重心位于湖北省北部。

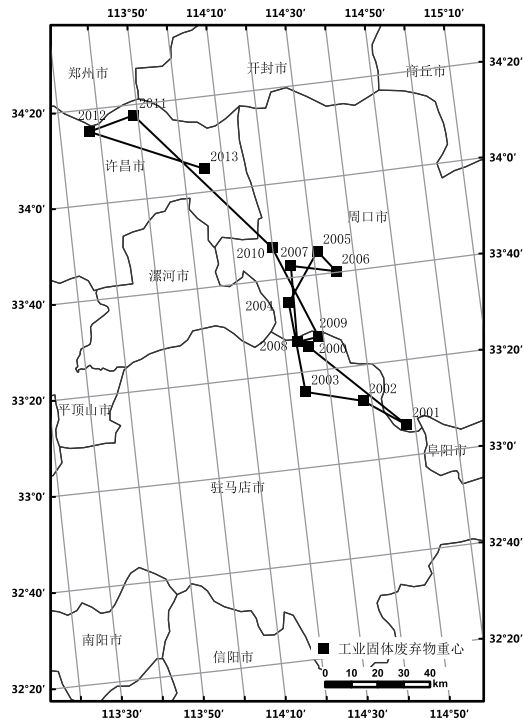


图 4 2000 年 ~ 2013 年中国工业固体废弃物重心的转移路径

(二) 中国经济重心的演变路径及其特征

根据式 (1)，利用 2000 年 ~ 2013 年各省份的 GDP 数据，计算各年份中国经济重心的地理坐标，得到中国经济重心的转移路径，如图 5 所示。

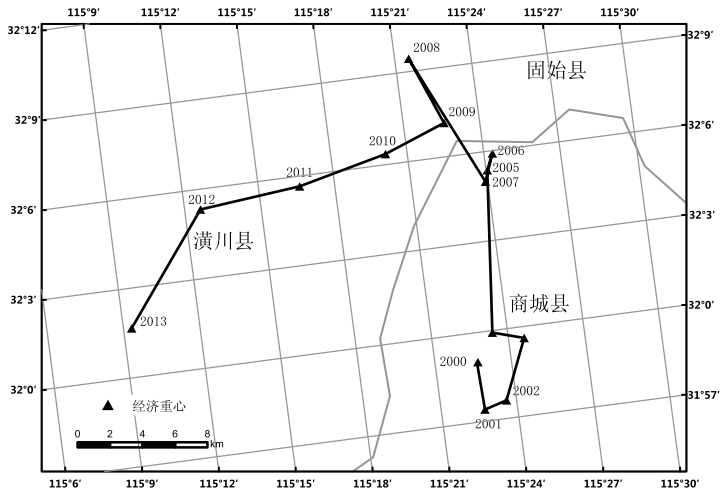


图 5 2000 年 ~ 2013 年中国经济重心的演变路径

根据式(2)和式(3),分别计算2000年~2013年中国经济重心的移动方向和移动距离,结果如表3所示。

表3 2000年~2013年中国经济重心的移动方向和距离

年份	空间位置		移动角度 (°)	移动距离 (km)	方向	年份	空间位置		移动角度 (°)	移动距离 (km)	方向
	经度(°)	纬度(°)					经度(°)	纬度(°)			
2000年	115.38	31.98	—	—	—	2007年	115.40	32.08	-114.85	1.86	西南
2001年	115.38	31.96	-87.58	2.95	东南	2008年	115.36	32.16	118.08	9.32	西北
2002年	115.39	31.96	13.46	1.70	东北	2009年	115.38	32.12	-65.35	4.69	东南
2003年	115.41	31.99	63.06	4.15	东北	2010年	115.34	32.11	-162.42	4.78	西南
2004年	115.39	32.00	165.23	2.32	西北	2011年	115.28	32.09	-168.76	6.65	西南
2005年	115.40	32.09	83.28	10.15	东北	2012年	115.21	32.09	-175.14	7.43	西南
2006年	115.41	32.10	61.25	1.13	东北	2013年	115.16	32.03	-132.03	9.13	西南

由图5和表3可以看出,2000年~2013年,中国的经济重心地处河南省与湖北省交界处,位于中国几何中心($103^{\circ}50'E$, $36^{\circ}N$)的东南方向。与南北方向相比,经济重心在东西方向上更加远离几何中心,说明我国经济发展的东西不平衡要大于南北不平衡。相比于工业污染重心,中国经济重心移动缓慢,13年来仅移动了66.27km,平均每年5.10km。其中,东西方向上向西移动了 0.222° ,约24.64km;南北方向上向北移动了 0.044° ,约4.93km。经济重心总体上由东南向西北方向移动,2000年~2008年总体趋势是向北移动,2008年以后基本上是向西移动。这说明中国西部及北部地区的经济总量在逐渐提升,其占全国经济总量的比值在不断增高,东西部的经济总量差距正在减小。

(三) 中国经济重心与工业污染重心的对比分析

由式(1)可知,研究点的地理坐标和所研究指标的属性值是重心地理坐标的决定因素,而研究点的地理坐标在研究期间保持不变,因此重心的移动表示其所反映的属性值的变化。2000年~2013年,中国工业污染重心和经济重心的转移路径各有特点。本文进一步从整体分布格局、移动方向与速度、经向转移路径、纬向转移路径等方面分析经济重心与工业污染重心之间的关联性。

1. 整体格局的对比分析

从整体格局上看,经济重心的位置在我国几何中心的东部,工业污染各要素重心环绕经济重心分布(图6)。其中,工业废水重心在经济重心的南侧,工业废气重心和固体废弃物重心位于经济重心的北侧。说明东部经济实力明显强于西部;北方地区的工业废气和工业固体废弃物排放量比重较大,而南方地区的工业废水排放量比重较大。

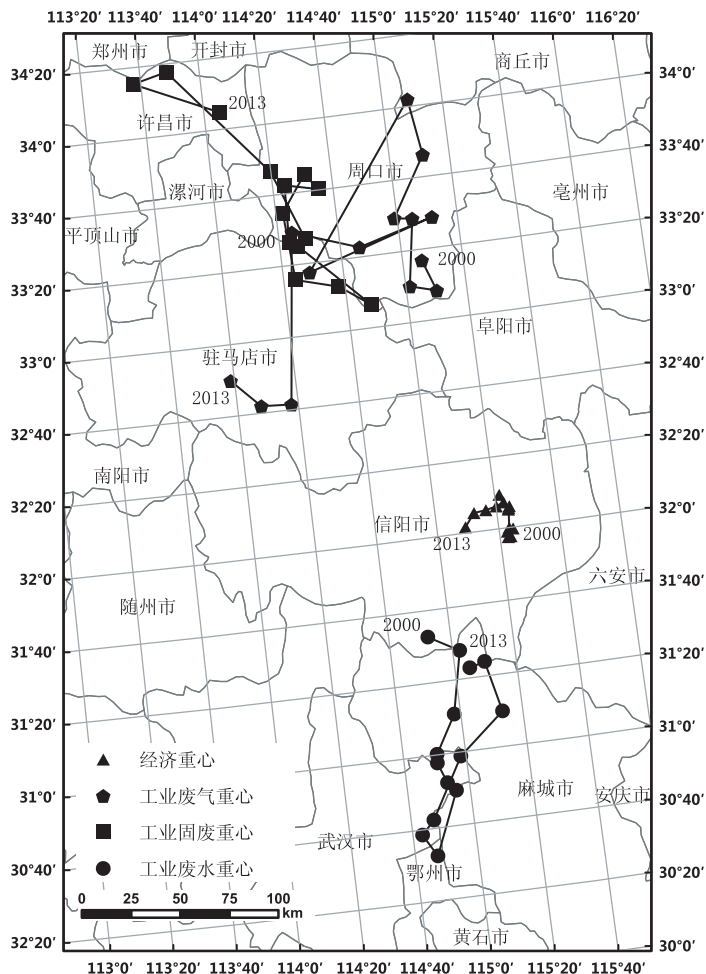


图6 2000年~2013年中国工业污染重心和经济重心的转移路径对比

2. 移动方向和速度的对比分析

就移动方向而言，经济重心及工业污染重心均有向西北移动的趋势。工业废水重心近几年持续朝北移动，工业固体废弃物重心、工业废气重心和经济重心则继续向西北移动。就移动速度和距离而言，总移动距离大小依次为工业废气重心（560.07km）>工业固体废弃物重心（435.15km）>工业废水重心（267.22km）>经济重心（66.27km），工业污染各要素的重心变化幅度明显大于经济重心。

3. 纬向（东西方向）对比分析

由各重心在经度上的转移路径（图7）可知，中国经济重心变化幅度较小，2008年后略向西移动；工业污染重心变化幅度较大，工业废气和工业固体废弃物重心基本

保持向西移动，工业废水重心基本介于工业固体废弃物重心和工业废气重心之间，并在2008年后向东移动。说明西部的经济实力增强的同时，工业污染也进一步加重，特别是工业废气和工业固体废弃物排放量增加趋势明显。同时，中国的工业污染重心始终位于经济重心的西侧，说明西部单位产值的污染排放较高，经济增长方式较东部粗放。

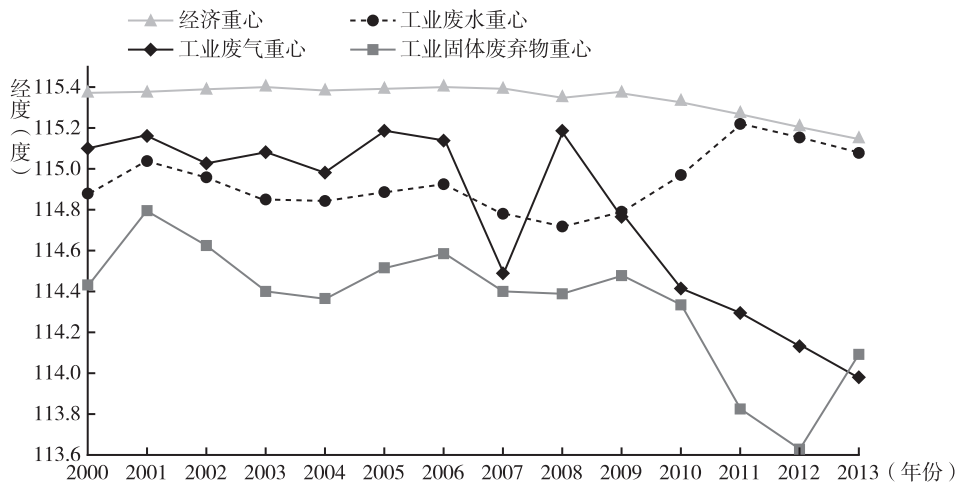


图7 2000年~2013年中国工业污染重心和经济重心在经度上的转移路径对比

就经济重心与工业污染重心在经度上的相关性而言（表4），工业固体废弃物重心与经济重心显著正相关（0.8915），其次是工业废气重心（0.7817），工业废水重心则与经济重心呈负相关（-0.7523）。这可能是由于工业废水排放不只取决于社会经济水平，高耗水企业的选址很大程度上受水资源等自然条件影响。因此，可以认为经济重心与工业污染重心在经度上的相关性较为显著，且二者大致均向西移动。

表4 中国工业污染重心与经济重心在经度上的相关性

	经济重心	工业废水重心	工业废气重心	工业固体废弃物重心
经济重心	1			
工业废水重心	-0.7523	1		
工业废气重心	0.7817	-0.5627	1	
工业固体废弃物重心	0.8915	0.5730	0.8039	1

4. 经向（南北方向）对比分析

从纬度上看（图8），经济重心缓慢向北移动，并介于工业污染各要素中间；工业废水重心一直在经济重心南侧，工业固体废弃物重心和工业废气重心则一直在经济

重心的北侧。这说明我国南方地区的工业废水污染要较北方严重，而北方地区的工业废气和固体废弃物污染则较为严重。工业废水重心的北移和工业废气重心的南移可能是由于南方地区工业废水污染和北方大气污染状况的改善。

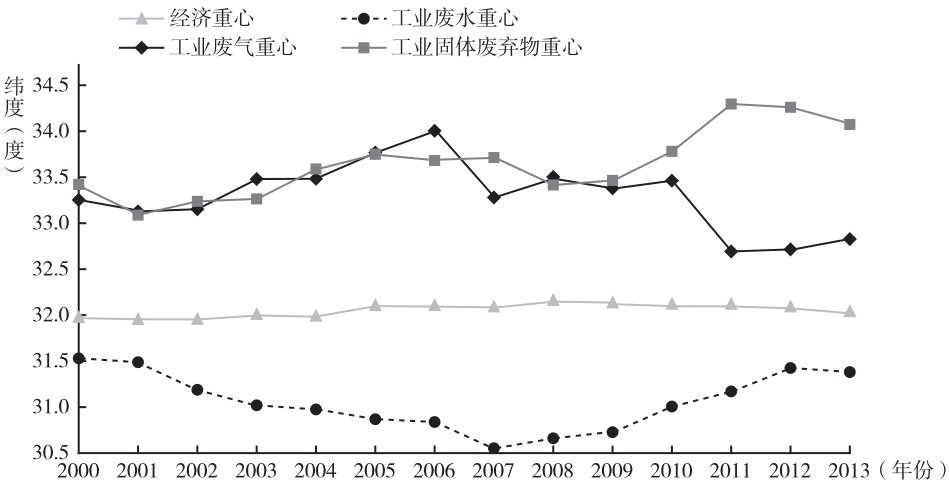


图8 2000年~2013年中国工业污染重心和经济重心在纬度上的转移路径对比

相比于在经度上的相关性，工业污染重心与经济重心在纬度上的相关性较弱（表5）。工业废气重心与经济重心在纬度上的相关性仅为0.1460，工业固体废弃物重心为0.5603，而工业废水重心与经济重心有较强的负相关，相关系数为-0.8323。中国经济重心南偏的同时，工业污染重心呈北移趋势，但二者在南北方向上的偏移程度均很小，所以相关性并不明显。

表5 中国工业污染重心与经济重心在纬度上的相关性

	经济重心	工业废水重心	工业废气重心	工业固体废弃物重心
经济重心	1			
工业废水重心	-0.8323	1		
工业废气重心	0.1460	-0.5249	1	
工业固体废弃物重心	0.5603	-0.0056	-0.3944	1

四、结论与讨论

本文基于2000年~2013年中国31个省份的GDP及工业废水、工业废气和工业固体废弃物排放量数据，运用重心公式、重心移动距离及方向计算公式等，计算了经

济重心和工业污染重心的具体地理坐标、移动方向及速度,结合各重心的转移路径,讨论了中国工业污染重心与经济重心之间的相关性。

总体上看,经济重心、工业污染重心均位于 $113^{\circ}50'E \sim 115^{\circ}50'E$, $30^{\circ}50'N \sim 34^{\circ}50'N$ 之间,处在我国几何中心的东南侧。经济重心整体上位于各工业污染重心中间偏东位置,工业废水重心位于经济重心南侧,工业固体废弃物重心和工业废气重心在其西北侧。就移动速度及距离而言,工业污染重心的移动幅度明显大于经济重心,各重心的总移动距离排序为:经济重心(66.27km) < 工业废水重心(267.22km) < 工业固废重心(435.15km) < 工业废气重心(560.07km)。就移动方向而言,经济重心及工业污染重心总体上均向北移动。其中,经济重心和工业固体废弃物重心向西北方向移动;工业废水重心东西方向变化不大,主要体现在南北方向上的变化;工业废气重心的转移路径较为复杂,但总体上朝西北移动。相关性分析结果表明,经济重心与工业污染重心在东西方向上显著相关,其中经济重心与工业固体废弃物重心、工业废气重心呈正相关,与工业废水呈负相关;但经济重心与工业污染重心在南北方向上的相关性并不显著。

经济重心与工业污染重心的移动变化与我国国家发展战略的调整有直接关系。21 世纪初中国先后提出西部大开发、振兴东北老工业基地和中部崛起等战略,国家政策向这些地区倾斜,也反映在经济重心与工业污染重心的移动上。可以预测在“一带一路”等战略的影响之下,经济重心与工业污染重心未来十年将会继续向西移动。但西部地区经济效率低、单位产值能耗大,环境压力不容乐观。与已有的相关研究相比,本文结合 GIS 等空间技术论证了中国经济重心与工业污染重心的关联性,对认识中国经济与环境现状的关系具有一定的现实意义和参考价值。但是,本文仍缺少对重心移动背后的原因与机理的深入探讨,这也是本文进一步研究的方向。

参考文献

- 白丽月、伍世代(2009):《基于 GIS 的人口时空演变研究——以福州市为例》,《福建师范大学学报(自然科学版)》第 4 期,第 120 ~ 124 页。
- 包玉海、乌兰图雅、香宝等(1998):《内蒙古耕地重心移动及其驱动因子分析》,《地理科学进展》第 4 期,第 49 ~ 56 页。
- 陈志刚、王青、黄贤金等(2007):《长三角城市群重心移动及其驱动因素研究》,《地理科学》第 4 期,第 457 ~ 462 页。
- 冯宗宪、黄建山(2005):《重心研究方法在中国产业与经济空间演变及特征中的实证应用》,《社会科学家》第 2 期,第 77 ~ 80 页。
- 冯宗宪、黄建山(2006):《1978—2003 年中国经济重心与产业重心的动态轨迹及其对比研究》,《经济地理》第 9 期,第 249 ~ 254 页。
- 韩书成、濮励杰(2008):《江苏土地利用综合效益空间分异研究》,《长江流域资源与环境》第 6 期,第 853 ~ 859 页。

胡琳、苏静、张侠等 (2011):《陕西经济重心与大气污染物排放重心路径演变分析》,第 28 届中国气象学会年会论文,第 1~6 页。

黄海峰 (2006):《珠三角地区环境与发展协调研究及 GIS 技术应用》,广州:中国科学院研究生院(广州地球化学研究所)博士学位论文。

黄建山、冯宗宪 (2005):《我国产业经济重心演变路径及其影响因素分析》,《地理与地理信息科学》第 5 期,第 49~54 页。

黄建山、冯宗宪 (2006):《陕西省社会经济重心与环境污染重心的演变路径及其对比分析》,《人文地理》第 4 期,第 117~122 页。

廉晓梅 (2007):《我国人口重心、就业重心与经济重心空间演变轨迹分析》,《人口学刊》第 3 期,第 23~28 页。

苗长虹 (1999):《区域发展理论:回顾与展望》,《地理科学进展》第 4 期,第 296~305 页。

乔家君、李小建 (2005):《近 50 年来中国经济重心移动路径分析》,《地域研究与开发》第 1 期,第 12~16 页。

王磊、段学军、田方等 (2009):《长江三角洲人口与经济的空间分布关系研究》,《经济地理》第 10 期,第 1619~1623 页。

徐建华、岳文泽 (2001):《近 20 年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析》,《地理科学》第 5 期,第 385~389 页。

叶明确 (2012):《1978—2008 年中国经济重心迁移的特征与影响因素》,《经济地理》第 4 期,第 12~18 页。

张蕾、陈雯、陈晓等 (2011):《长江三角洲地区环境污染与经济增长的脱钩时空分析》,《中国人口·资源与环境》第 S1 期,第 275~279 页。

赵海霞、蒋晓威 (2013):《长江三角洲经济与工业污染重心演变及脱钩机理》,《中国环境科学》第 10 期,第 1911~1919 页。

Grether, J. M. and A. N. Mathys (2010), "Is the World's Economic Centre of Gravity Already in Asia?", *Area*, 42(1), pp. 47~50.

A Comparative Analysis on the Movement of Industrial Pollution Gravity Center and Economic Gravity Center in China

MA Jiao-jiao¹, ZHAO Yong-qí^{1,2}, XU Song-jun¹

(1. School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;

2. Cultural Industry and Cultural Geography Research Center,
South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: Since China's economic reform and opening-up, its economic strength grows rapidly, while the problem of industrial pollution is becoming increasingly serious. At the same time the correlative research is recognized more and more. Based on the data of the total regional GDP and the emissions of industrial waste water, industrial waste gas and solid industrial wastes in 31 provinces during 2000 to 2013, the authors calculate the transfer path

of the economic gravity center and industrial pollution gravity center respectively. Also, the authors explore the dynamic change regularity of the movement of industrial pollution gravity center and economic gravity center from the perspective of offset direction, moving distance, moving speed and slope, as well as the spatial relation between the economy gravity center and industrial pollution gravity center from the transfer path comparison and the spatial relativity. Results show that the industrial pollution and economic gravity center move towards the Northwest as a whole during 2000 to 2013, while the movement speed of the industrial pollution gravity center is much faster than that of economic gravity center. The order for the total moving distance of gravity centers is listed as following: industrial waste gas emissions (560.07km) > industrial solid waste (435.15km) > industrial waste water (267.22km) > economic (66.27km); and there is a significant correlation between the economic gravity center and industrial pollution gravity center in the east-west direction, but not in the north-south direction.

Key Words: economic gravity center; industrial pollution gravity center; variation track; China

责任编辑: 庄立