

杨振,敖荣军,王念,等.中国环境污染的健康压力时空差异特征[J].地理科学,2017,37(3):339-346.[Yang Zhen, Ao Rongjun, Wang Nian et al. Spatio-temporal Difference Characteristic of Pollution's Health Stress of China. Scientia Geographica Sinica,2017,37(3):339-346.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.03.003

中国环境污染的健康压力时空差异特征

杨振,敖荣军,王念,丁启燕

(华中师范大学城市与环境科学学院/地理过程分析与模拟湖北省重点实验室,湖北 武汉 430079)

摘要:构建基于环境污染的人口健康压力指数模型,引入空间集聚和收敛性检验方法,对中国各省区2005~2014年的污染健康压力的时空差异特征进行研究,结果表明:① 2005~2014年各省区的污染健康压力指数发生明显下降,省际差异程度有所降低,但“东高、西低、中部居中”的基本格局没有变化。② 各省区健康压力指数的空间分布在宏观上呈现出一定的空间集聚性,集聚趋势随时间有所弱化。③ 在控制城市化率、人均GDP、人口死亡率、森林覆盖率等变量的条件下,考察时段内各省区健康压力指数变化存在微弱的收敛性,各省区的健康压力预期将逐步趋同于某一较低水平。

关键词:环境污染;健康压力;地区差异;空间集聚;收敛性检验

中图分类号:X503.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2017)03-0339-08

一个国家或地区的人口健康水平与当地的环境质量密切相关,适量的光照、清洁的空气、洁净的水源、肥沃的土地对控制人体生物节律、增强免疫功能、促进生长发育具有积极作用^[1]。然而,快速城市化、工业化带来的大量污水和废气,以及农业现代化过多的依赖化肥和农药的施用,直接或间接恶化了水源和空气、污染了土壤、降低了作物品质,导致严重的健康隐患^[2]。王学渊等研究发现,工业废水排放强度对食管癌、胃癌和结直肠癌的死亡率有显著正向效应^[3];陶庄发现人群肝癌的标化死亡率随河流累积的COD水平增加呈现单调上升趋势^[4]。农药在抑草杀虫的同时,也会部分残留或累积于瓜果、蔬菜和粮食中,引起急性或慢性危害。氮、磷是作物生长必需的大量元素,但过多施用氮肥会使作物果实中的硝酸盐含量急剧增加,食用后易引发高铁血红蛋白血症(俗称蓝色婴儿症)。磷肥中常夹杂砷、镉等化合物,通过食物链富集于人体,可在一定条件下诱发骨痛病等^[5]。除环境学、地理学和医学工作者高度关注环境与健康问题以外,经济学、社会学领域的研究者也注意到环境污染对健康的不利影响,提出了健

康生产函数概念,认为在生命周期中除年龄外,环境污染是影响健康折旧率的重要因素,污染严重地区的居民普遍面临着健康存量加速折旧的冲击^[6]。同时还发现,环境污染的健康效应存在明显的年龄、收入与教育差异^[7],认为少年儿童身体发育不健全、老年人身体机能衰退,对污染的抵抗力要弱于青壮年人群;低收入者往往生活、工作条件差,为生计所迫在面对污染冲击时能够采取的选择较少,承受的不利影响较多、较重;文化程度高者一般收入也高,拥有的环境、健康知识相对丰富,获取信息的渠道更多,对污染的负面影响往往更能做出准确的判断并采取有效的防治措施。另有一些学者考察了人口分布、医疗设施与政府卫生管理等因素的健康效应^[8],发现相比于广阔的乡村地区,人口密集的大中城市在遭受污染侵袭时,健康经济损失往往更为严重;政府在卫生宣传、环境教育、人员培训、医疗设施建设与科技研发等方面的有效投入,对减弱污染冲击、提高国民体质不可或缺。

综合而言,当前关于环境污染与人口健康关系的研究已引起学界的高度关注,但研究主题多限于单项污染源对少数群体的微观影响,研究场

收稿日期:2016-04-13;修订日期:2016-08-04

基金项目:国家自然科学基金项目(41301187,71103073)资助。[Foundation: National Nature Sciences Foundation of China (41301187, 71103073).]

作者简介:杨振(1978-),男,山东菏泽人,博士,副教授,从事人口发展与健康地理研究。E-mail:yangzhen0971@163.com

域多限于单个城市、工业区或生活区,比较缺乏较大尺度的宏观分析。改革开放以来,中国经济社会发展取得举世瞩目的成就,但伴随而来的环境污染压力也与日俱增^[9]。为协调经济发展、环境保护与人口健康之间的关系,当前迫切需要从宏观上对环境污染导致的健康压力进行评价,以准确把握污染健康压力的空间分布格局与变化规律。本研究通过构建基于环境污染的健康压力指数模型,引入空间集聚和收敛性检验方法,对中国各省区2005、2014年两个代表年份的污染健康压力进行评价分析(不包括港、澳、台地区),为政府相关决策提供参考依据。

1 基于污染的健康压力评价方法

1.1 指标体系

本研究主要关注省区层面的人口健康压力问题,环境污染为压力源。在各类工业或农业生产活动中,污染物通过各种渠道排放到大气、水体、土壤等自然环境中,经口、鼻、皮肤接触等途径进入人体,危害身体健康。显然,不同地区污染物的危害程度与污染物的种类和排放水平有关,同时与该地区人口健康的社会脆弱水平密切相关。这里从环境污染的危险性与人口健康的脆弱性两个角度出发,构建基于环境污染的健康压力评价指标体系。具体是,遵循科学性、系统性、数据可得性等原则,选择地表水COD负荷、森林SO₂负荷、农地化肥与农药施用强度等4个指标,反映水污染、大气污染、土地污染等对人口健康冲击的危险

性水平。这些指标均为正向指标,数值越大,对人口健康影响的危险性越高。同时,选择地区人口密度、老少人口占比、人口文盲率、万人病床数、人均可支配收入、人均财政医疗投入等6个指标,反映人口健康在地理分布、年龄结构、健康素养、医疗供给水平、经济支付能力、卫生投入强度等方面的脆弱性。其中,前3个指标为正向指标,数值越大,地区人口健康的脆弱性水平越高;后3个为负向指标,数值越大,地区人口健康的脆弱性越低。各项指标的含义与计算方法见表1。

需要指出的是,由于森林在吸纳废气、释氧固碳、调节气候等方面具有重要意义,森林面积的大小在一定程度上反映了一个地区对大气污染承载能力的高低,因此这里使用单位森林面积承载的SO₂负荷作为地区大气污染危险性水平的表征指标。另外,由于2006年及以前的地方财政支出中没有将医疗卫生支出单列,且缺乏合适的替代指标,因此这里使用2007~2014年的增长均速逆向推算出各地区2005年的财政医疗卫生支出水平,从而计算出人均量。上述10个指标均为相对量,便于地区之间的横向比较,计算中使用的基础数据均来自于相应年份的《中国统计年鉴》^[10]、《中国环境统计年鉴》^[11]、《中国农村统计年鉴》^[12]等。

1.2 指标权重

采用基于专家知识的层次分析法(Analytic hierarchy process, AHP),定性、定量相结合确定各指标的权重系数。首先,将表1中二、三级因子分别作为AHP结构模型的准则层和方案层;然后征求

表1 污染健康压力评价指标
Table 1 Evaluation index of pollution's health stress

二级因子	三级因子	指标含义与计算方法,单位	属性	权重
环境污染的危险性	水环境污染	地表水COD负荷=COD排放量/地表水资源量,kg/m ³	正向	0.0940
	大气环境污染	森林SO ₂ 负荷=SO ₂ 排放量/森林面积,kg/hm ²	正向	0.1936
	农地化肥施用	化肥施用强度=化肥折纯量/农用地面积,kg/hm ²	正向	0.0543
	农地农药施用	农药施用强度=农药施用量/农用地面积,kg/hm ²	正向	0.1581
人口健康的脆弱性	人口地理分布	人口密度=人口数量/国土面积,人/km ²	正向	0.0566
	人口年龄结构	老少人口占比=(14岁及以下少儿+65岁及以上老人数量)/总人口, %	正向	0.0660
	人口健康素养	人口文盲率=15岁及以上文盲人口数/总人口, %	正向	0.0479
	医疗供给水平	万人病床数=医疗卫生机构床位数/总人口×10 ⁴ ,张/万人	负向	0.0683
	经济支付能力	人均可支配收入=城镇居民人均可支配收入×城市化率+农村居民×人均纯收入×(1-城市化率),元/人	负向	0.1786
	卫生投入强度	人均财政医疗投入=地方财政医疗卫生费用支出/总人口,元/人	负向	0.0826

多位社会医学和环境健康领域的专家、学者,对因子指标进行两两比较打分;最后,在综合分析各专家打分意见和一致性检验的基础上,采用“和积法”计算得到各三级因子指标的权重系数 α_j ($j=1, 2, \dots, 10$)。如表1所示,10个三级因子指标的权重系数相差较大,其中反映大气污染危险性水平的森林 SO_2 负荷权重最大,为0.193 6,人均可支配收入、农药施用强度紧随其后,权重分别为0.178 6、0.158 1;水环境污染(0.094 0)、卫生投入强度(0.082 6)、医疗供给水平(0.068 3)、人口年龄结构(0.066 0)等指标的权重依次降低;权重最小的3个指标分别是人口地理分布(0.056 6)、农地化肥施用(0.054 3)与人口健康素养(0.047 9)。

1.3 评价模型

将各指标按照相应权重进行合成,得到污染健康压力的综合评价模型。在合成之前,为消除各指标量纲和量级不同对评价结果造成的偏差,还需要预先对各指标数据进行标准化处理。由于上述指标有正、负之分,故采用极差标准化方法进行处理。由于本研究要对2005、2014年两个年份进行纵向比较分析,为统一标准,这里对传统的极差标准化方法进行改进。

$$\left\{ \begin{array}{l} z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\{X_{ij,t_1,t_2}\}}{\max\{X_{ij,t_1,t_2}\} - \min\{X_{ij,t_1,t_2}\}} \quad (\text{正向指标}) \\ z_{ij} = \frac{\max\{X_{ij,t_1,t_2}\} - X_{ij}}{\max\{X_{ij,t_1,t_2}\} - \min\{X_{ij,t_1,t_2}\}} \quad (\text{负向指标}) \end{array} \right\} \quad (1)$$

式中, z_{ij} 为某年份地区 i 指标 j 的标准化值, X_{ij} 为该年份地区 i 指标 j 的原始值, $i=1, 2, \dots, 31$, 代表31个大陆省区(不包括港、澳、台地区), $j=1, 2, \dots, 10$, 代表10个三级因子指标。 $\min\{X_{ij,t_1,t_2}\}$ 、 $\max\{X_{ij,t_1,t_2}\}$ 分别表示所有年份中各地区指标 j 的最小、最大值, t_1 、 t_2 分别代表2005、2014年。

将上述10个指标进行线性加权合成,得到各地区的污染健康压力指数(Pollution's health stress index, PHSI)。

$$PHSI_i = \sum_{j=1}^{10} \alpha_j \times z_{ij} \quad (2)$$

式中, $PHSI_i$ 为某年份地区 i 的污染健康压力指数,该指数越高,说明该地区人口承受的健康压力相对越大,反之越小;权重系数反映了各指标对健康压力评价结果的相对重要程度,为保持评价结果的纵向可比性,这里设定各指标权重 α_j 在两个年

份里保持不变。

2 污染健康压力的时空对比特征

根据式(1、2)计算得到各地区2005、2014年两个代表年份的污染健康压力指数(图1)。可以发现,两个年份里各地区的压力指数均发生了幅度不等的下降,其中上海下降幅度最大,为0.415 8;河北的下降幅度最小,为0.069 5,二者相差近6倍。2005年,各地区压力指数最小值出现于黑龙江,为0.339 3,最大值出现于上海,为0.697 5;各地区的压力指数平均值为0.432 2,标准差为0.071 9。相比而言,2014年健康压力的最小、最大值分别出现于北京(0.167 0)和山东(0.433 7),平均值为0.280 1,标准差为0.063 1。因此从总体上看,10 a间各地区的健康压力指数均值减少了0.152 1,标准差减少了0.008 8,最大、最小值的差异也从0.358 2减少到0.266 7,说明在研究时段内全国污染健康压力的总体水平在下降,同时省际差异也在下降。同时,方差分析表明,两个年份的压力指数序列通过方差齐性检验,存在着明显的差异($F=75.755, P<0.05$)。

根据历年中国统计年鉴中对全国三大地带划分标准(图1),分区统计发现,2005年东、中、西三大地带内部的健康压力平均值分别为0.464 4、0.435 1、0.400 7,东部最高,中部次之,西部最低;2014年3个地带的压力均值变化为0.297 2、0.297 1、0.253 1,分别减少了0.167 2、0.138 0、0.147 6,健康压力的空间格局仍然保持为“东高、西低、中部居中”的基本态势(表2)。这一特征与中国经济发展的地理格局存在较高相关性,东部地区经济相对发达,城市化、工业化水平高,污染排放的绝对量和相对量均高于中、西部地区,且人口稠密,老龄人口多,污染排放对健康的危险性较高;虽然拥有相对丰富的医疗资源和较高的经济支付能力,在一定程度上降低了健康的脆弱性,但所有因素作用的净效应仍然导致较高的健康压力。从各地带内部差异看,2005年东、中、西三大地带内部的标准差分别为0.090 9、0.061 6、0.036 1,2014年的变化为0.077 5、0.054 3、0.040 1,说明东、中部地带内的地区差异程度随时间变化在逐渐降低,而西部各地区的差异水平则有所增加。从三大地带之间的差异看,2005年,东、西部健康压力均值差最大,为0.063 7,中、西部差异(0.034 4)次之,东、中部差

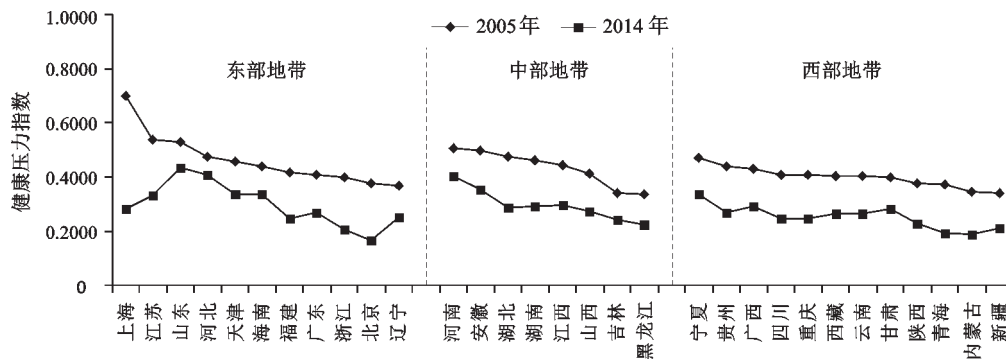


图1 污染健康压力指数的地区差异与变化

Fig.1 Difference and change of pollution's health stress index

表2 污染健康压力指数变化统计特征

Table 2 Statistics characteristic and its change of pollution's health stress index

项目	2005年	2014年	差值
东部地带平均值	0.4644	0.2972	-0.1672
中部地带平均值	0.4351	0.2971	-0.1380
西部地带平均值	0.4007	0.2531	-0.1476
东部地带标准差	0.0909	0.0775	-0.0134
中部地带标准差	0.0616	0.0543	-0.0073
西部地带标准差	0.0361	0.0402	0.0041
东、中部均值差	0.0293	0.0001	-0.0294
东、西部均值差	0.0637	0.0441	-0.0196
中、西部均值差	0.0344	0.0440	0.0097

异(0.029 3)为最小。2014年东、西部差异(0.044 1)居首,稍高于中西部差异(0.044 0),东中部差异(0.000 1)最小(见表2),说明在两个代表年份里,东中部和东西部的差异均有所减少,中西部差异有所拉大。

3 污染健康压力的空间集聚变化特征

空间集聚性是污染健康压力分布的重要性质,描述了与地理位置相关的压力指数之间的空间联系特征。这里引入空间自相关的全局Moran's I 指数的计算和检验来分析^[13]。Moran's I 指数的取值范围为 $[-1, 1]$,计算方法如下:

$$\text{Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (PHSI_i - \overline{PHSI})(PHSI_j - \overline{PHSI})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (PHSI_i - \overline{PHSI})} \quad (3)$$

式中, $PHSI_i$ 、 $PHSI_j$ 分别表示地区 i 、 j 的污染健康压力指数, \overline{PHSI} 为 $PHSI$ 的全国均值, n 为地区个数; w_{ij} 为空间邻接矩阵中的元素,如果两地区 i 、 j 存在邻接关系,则 $w_{ij}=1$,否则 $w_{ij}=0$ 。基于正态分布假设,对 Moran's I 指数采用其标准化的统计量 $Z(I)$ 检验所有地区之间是否存在显著的空间集聚趋势。

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}} \quad (4)$$

式中, I 为 Moran's I 指数; $E(I)$ 表示 Moran's I 的数学期望, $\text{VAR}(I)$ 表示方差。当 $Z(I)$ 为正且显著时,表明各地区健康压力存在正的空间自相关,意味着压力相似的地区趋于空间集聚,在地理空间上形成一个或多个明显的高值集聚区或低值集聚区;当 $Z(I)$ 为负且显著时,表明存在负的空间自相关,表示健康压力相似的地区趋于分散分布;当 $Z(I)$ 为零时,健康压力观测值呈独立随机分布。

利用地理信息系统软件 ArcGIS10.0 和空间计量软件 GeoDa 095i,根据式(3、4)计算两个年份各地区污染健康压力的 Moran's I 指数及其标准化的统计量 $Z(I)$,相应的标准化散点分布情况如表3所示。结果显示,2005年各地区健康压力的 Moran's I 指数为 0.375 5,且通过 5% 的显著性检验,表明中国各地区的污染健康压力存在显著的正向自相关,说明从统计学意义上看,各地区健康压力分布并非表现出完全的随机性,而是在宏观上呈现出一定的空间集聚趋势,压力较高的省区相对地趋向于和较高压力的省区相邻,压力较低的省区相对地趋向于和较低压力的省区相邻。

表3 Moran散点图各象限地区分布

Table 3 Provincial distribution in each quadrant of Moran scatter plot

年份	第1象限(高-高)	第2象限(低-高)	第3象限(低-低)	第4象限(高-低)
2005	湖北、河北、安徽、河南、山东、天津、江苏、上海、江西	北京、浙江、广东	黑龙江、吉林、辽宁、新疆、青海、四川、福建、重庆、云南、西藏、甘肃、陕西、山西、内蒙古	广西、海南、湖南、宁夏、贵州
2014	湖北、河北、安徽、河南、山东、天津、江苏	北京、浙江、广东、陕西、山西、内蒙古	黑龙江、吉林、辽宁、新疆、青海、四川、福建、重庆、云南、西藏、贵州	广西、海南、湖南、宁夏、上海、江西、甘肃

与2005年相比,2014年健康压力的Moran's I 指数降低为0.371 7,且均通过5%的显著性检验,说明该年份各地区的健康压力也存在显著的空间自相关,但空间聚集趋势与2005年相比有所弱化。

根据Rey提出的时空跃迁测度法分析表3中各象限单元的变化特征^[14],发现在所有的31个省份中,合计有24个在两个年份里所处的象限未发生变化。其中,湖北、河北、安徽、河南、山东、天津、江苏等7个省市始终位于第1象限,呈现“高-高”型空间集聚模式;北京、浙江、广东等3个省市始终位于第2象限,呈现“低-高”型集聚模式;黑龙江、吉林、辽宁、新疆、青海、四川、福建、重庆、云南、西藏等10个省区始终位于第3象限,呈现“低-低”型集聚模式;广西、海南、湖南、宁夏等4个省区始终位于第4象限,呈现“高-低”型集聚模式。另外7个省份在两个时点上发生了象限转移,其中受自身健康压力降低的影响,主动发生跃迁而改变象限的省份为贵州,从第4象限(高-低)跃迁到第3象限(低-低);甘肃则由于自身压力的升高由第3象限(低-低)跃迁到第4象限(高-低)。上海和江西受周边省区压力相对减少的影响,被动发生跃迁而改变象限,由第1象限(高-高)跃迁到第4象限(高-低);陕西、山西和内蒙古则由于周边压力的相对增高,被动地由第3象限(低-低)跃迁到第2象限(低-高)。

4 污染健康压力变化的收敛性检验

对污染健康压力时空变化的收敛性进行检验,有利于明晰压力变化的未来趋势,为相关优化策略提供依据。由于研究时段内所有地区的健康压力指数均有所降低,因此收敛性检验的实质是确定压力指数初始水平较高的地区是否具有比低水平地区更高的降低速度,以此判断不同地区

的压力水平在未来是否存在所谓的趋同趋势。借鉴经济学研究中经典的收敛性检验方法^[15],本研究构建的污染健康压力变化收敛性检验模型,见式(5)。

$$\frac{1}{T-t} \ln \frac{PHRI_{it}}{PHRI_{it}} = a + b \ln PHRI_{it} + \Psi X_{it}^T + \varphi_{it} \quad (5)$$

式中, $PHRI_{it}$ 表示地区 i 在考察期初 t 的健康压力指数, $PHRI_{iT}$ 表示地区 i 在考察期末 T 的压力指数; $T-t$ 为考察时长; a 为常数, b 为待估的收敛系数。对 b 而言,如果估计结果显著为负,则认为各地区的健康压力在研究时段内存在明显收敛趋势,绝对值越大,收敛速度越快;若 b 显著不小于0,表示各地区健康压力变化则存在明显的发散态势。 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 为一组控制变量, $\Psi=(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n)$ 为控制变量对应的系数, φ_{it} 为随机误差项。

根据式(5)对2005~2014年间的健康压力收敛性进行检验。考虑到造成各地区健康压力差距的一些主导因素和数据的可得性,从社会、经济、健康基础、自然条件等视角选取城市化率、人均GDP、人口死亡率和森林覆盖率等指标构建控制变量集合。一般来说,普通最小二乘(OLS)法是当前广泛使用的参数估计方法^[16],但由于上述5类变量相互重叠,彼此之间存在较高的共线性,直接使用这一方法将严重扩大模型误差并破坏模型的稳健性,导致估计结果存在较大偏差,使用主成分回归方法能有效克服这一缺陷。首先,对5个自变量做主成分分析,提取全部主成分 z_j ($j=1, 2, \dots, 5$) 与因变量进行回归建模:

$$y = \alpha + \mu_1 z_1 + \mu_2 z_2 + \dots + \mu_5 z_5 + \varepsilon \quad (6)$$

式中, y 为污染健康压力指数(即PHSI); α 为常数; $\mu_1 \sim \mu_5$ 为各主成分自变量的系数; ε 为残差;采用OLS方法进行估计并逐步删除 t 检验不显著的主成分,仅保留通过检验的主成分(表4)。显然,这些相互直交的主成分避免了在一般回归参

表4 主成分荷载与回归系数

Table 4 Principal component load and regression coefficient

自变量	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	回归系数 r_i
x_1	0.1830	0.8990	0.1290	-0.3760	0.0030	-0.0020
x_2	0.9410	-0.0050	0.2360	0.1140	-0.2120	-0.0104
x_3	0.9400	0.1040	0.1470	0.2070	0.2030	-0.0103
x_4	-0.6020	0.5330	0.3920	0.4450	-0.0220	0.0066
x_5	-0.1670	-0.3840	0.8840	-0.2080	0.0330	0.0018

数估计时使用OLS方法的困难,并且由于各主成分均为原自变量的线性组合,转换后可以得到关于原自变量与因变量的回归关系:

$$y = \beta + r_1 x_1 + r_2 x_2 + \cdots + r_5 x_5 + \eta \quad (7)$$

式中, β 为常数; $r_1 \sim r_5$ 为原自变量 x 的系数; η 为残差。为增加模型估计的稳健型,反映2005~2014年的总体情况,这里将初始健康压力指数的自然对数(x_1)以及研究时段内城市化率均值的自然对数(x_2)、人均GDP均值的自然对数(x_3)、人口死亡率均值的自然对数(x_4)、森林覆盖率均值的自然对数(x_5)作为模型的自变量。计算中使用的基础数据均来源于相应年份的《中国统计年鉴》^[10]、《中国人口统计年鉴》^[17]等。

主成分回归结果显示,只有第一主成分在5%的水平上通过检验,相应的估计方程为 $y = 0.034 - 0.011 z_1$ 。其他4个主成分变量对健康压力变化无显著影响。回归方程的 F 值为7.334, R^2 为0.202 0,说明健康压力变化的20.20%可由其初始水平进行解释。经过变量代换,健康压力变化关于原自变量 x_i ($i=1, 2, \cdots, 5$)的回归系数见表4。可以发现,初始健康压力指数的自然对数(x_1)的系数 $b = -0.002 0 < 0$,表示在控制其他4个变量的条件下,各地区健康压力指数存在微弱的收敛趋势,表明初始水平较低地区的健康压力降速慢于水平较高的地区,初始水平较高地区的健康压力降速则快于初始水平较低的地区,因而两类地区之间的压力差异存在随时间变化而减小的未来趋势。意味着若假以时日,各地区的健康压力指数预期将会逐步趋同于某一较低水平。显然,这一变化趋势与中国健康压力的地区差距有所降低、空间集聚性有所弱化的基本特征具有内在的一致性。

5 结论与讨论

健康是人的基本权利,也是中国建设小康社

会的重要目标之一^[18]。本研究对中国环境污染导致的健康压力时空差异特征与变化规律进行探索,主要结论如下:

1) 2005~2014年中国各省区的污染健康压力指数发生明显下降,省际差异程度有所降低,但“东高、西低、中部居中”的基本格局没有发生变化。

2) 各省区健康压力指数的空间分布并非表现出完全的随机性,而是在宏观上呈现出一定的空间集聚性,压力较高(低)的省区相对地趋向于和较高(低)水平的省区相邻;与2005年相比,2014年的健康压力集聚趋势有所弱化。

3) 在控制城市化率、人均GDP、人口死亡率、森林覆盖率等变量的条件下,考察时段内各省区健康压力指数变化存在微弱的收敛性,说明各省区的健康压力预期将逐步趋同于某一较低水平,这一变化趋势与健康压力的地区差距减小、空间集聚弱化的基本特征具有内在的一致性。

上述结果为政府优化调控环境与健康之间的复杂关系提供了部分依据,特别是本文构建的压力指数综合考虑了污染的危险性和健康的脆弱性两个因素,在计算中直接使用来自政府公布的统计数据,所得结果比较客观。但本研究仅对2005、2014年两个代表年份进行了比较分析,得到一些有意义的结论,下一步将根据经济社会发展的阶段性,对不同历史时期各地区健康压力的时空变化特征进行综合比较研究。

致谢:华中师范大学的龚胜生、张涛参加本文研讨,提出一些建设性意见,谨表谢忱。

参考文献(References):

- [1] 苟晓霞. 世界各国预期寿命差异及影响因素定量分析[J]. 南京人口管理职业学院学报, 2013, 29(3): 31-36. [Gou Xiaoxia. Quantitative analysis of life expectancy and its influencing actors in different countries of the world. Journal of Nanjing College for

- Population Programmer Management, 2013, 29(3):31-36.]
- [2] 明艳.我国人口健康水平区域间差异性与区域内不平衡性的聚类分析[J].人口研究,2009, 33(22):67-73. [Ming Yan. Cluster analysis on the inter-provincial differences and intra-provincial imbalances of health in China. Population Research, 2009, 33 (22):67-73.]
- [3] 王学渊,潘康婷.中国工业水污染的公众健康影响研究:来自肿瘤登记地区的经验证据[J].中共浙江省委党校学报,2015,(4): 61-68.[Wang Xueyuan, Pan Kangting. The China's industrial water pollution to public health impact study: From the empirical evidence of cancer registration area. Journal of Zhejiang Party School of C. P. C., 2015,(4): 61-68.]
- [4] 陶庄,杨功煊.环境因子对人群健康影响的测量与评估方法[J].环境与健康杂志,2010,27(4):342-345.[Tao Zhuang, Yang Gonghuan. On the impact of environmental factors on population health survey and evaluation method. Journal of Environment and Health, 2010, 27(4):342-345.]
- [5] 韩洪云,蔡书凯.农药施用健康成本及其影响因素研究:基于粮食主产区农户调研数据[J].中国农业大学学报,2011,16(5): 163-170.[Han Hongyun, Cai Shukai. Study on the health cost of pesticide application and its determining factors: An empirical study based on a field survey of rice households in Anhui Province.Journal of China Agricultural University, 2011, 16(5): 163-170.]
- [6] 苗艳青,陈文晶.空气污染和健康需求:Grossman模型的应用[J].世界经济,2010,(6):140-160.[Miao Yanqing, Chen Wenjing. Air pollution and health needs: The application of the Grossman's model.The Journal of World Economy,2010(6):140-160.]
- [7] 于晓薇,胡宏伟,吴振华.我国城市居民健康状况及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(2):151-156. [Yu Xiaowei, Hu Hongwei, Wu Zhenhua. The health status of citizens in China and its influencing factors. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(2):151-156.]
- [8] 林相森,艾春荣.对中国医疗服务利用不平问题的实证检验[J].中国人口科学,2009,(3):86-112.[Lin Xiangsen, Ai Chunrong. Empirical tests on the in equal use of Chinese medical services.China Journal of Population Science, 2009, (3):86-112.]
- [9] 何雄浪,张泽义.经济活动空间分布的探究:技术溢出、环境污染与贸易自由化[J].地理科学,2015,35(2): 161-167.[He Xionglang, Zhang Zeyi. Exploration on the distribution of economic activity: technology spillover, environmental pollution and trade liberalization. Scientia Geographica Sinica, 2015,35 (2): 161-167.]
- [10] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社, 2006-2015.[National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [11] 国家统计局,环境保护部.中国环境统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2006-2015.[National Bureau of Statistics, Ministry of Environmental Protection of China. China Statistical Yearbook on Environment. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [12] 国家统计局.中国农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社, 2006-2015.[National Bureau of Statistics.China Rural Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [13] 张荣天,焦华富.长江三角洲地区城镇化效率测度及空间关联格局分析[J].地理科学,2016,36(4):433-439.[Zhang Rongtian, Jiao Huaifu. Measurement and spatial correlation pattern of urbanization efficiency in the Changjiang river delta. Scientia Geographica Sinica, 2016,36(4):433-439.]
- [14] Rey S J. Spatial empirics for economic growth and convergence [J]. Geographical Analysis, 2001, 33(3): 195-214.
- [15] 韩海彬,赵丽芬.环境约束下中国农业全要素生产率增长及收敛分析[J].中国人口·资源与环境,2013, 23(3):70-76.[Han Haibin, Zhao Lifen. Growth and convergence of agricultural total factor productivity in China under environmental regulations. China Population, Resources and Environment, 2013, 23 (3):70-76.]
- [16] 王新刚,孔云峰.基于时空窗口改进的时空加权回归分析——以湖北省黄石市住房价格为例[J].地理科学,2015,35(5): 615-621.[Wang Xingang, Kong Yunfeng. An improved spatio-temporally weighted regression analysis based on spatio-temporal windows: A case study of housing price of Huangshi City, Hubei Province. Scientia Geographica Sinica, 2015,35 (5):615-621.]
- [17] 国家统计局.中国人口统计年鉴[M].北京:中国统计出版社, 2006-2015.[National Bureau of Statistics. China Population Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [18] 吕添贵,吴次芳,李洪义.人口城镇化与土地城镇化协调性测度及优化——以南昌市为例[J].地理科学,2016,36(2):239-246. [Lyu Tiangui, Wu Cifang, Li Hongyi. The coordination and its optimization about population and land of urbanization:A case study of Nanchang City. Scientia Geographica Sinica,2016, 36 (2):239-246.]

Spatio-temporal Difference Characteristic of Pollution's Health Stress of China

Yang Zhen, Ao Rongjun, Wang Nian, Ding Qiyan

(*College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University; Key Laboratory of Geological Process Analysis and Simulation of Hubei Province, Wuhan 430079, Hubei, China*)

Abstract: Health is the basic right of human beings, and is also one of the important goals of the construction of well-off society in China. Nowadays, the rapid urbanization and industrialization have resulted in serious environmental pollution, which did harm to human health. To harmonize the relationships between economic development, environmental conservation and population health, it is necessary to measure the health pressure caused by environmental pollution at macro level to explore the spatial distribution pattern and changing rules of pollution's health pressure. This paper established the population health pressure model based on environmental pollution, and used the spatial agglomeration and convergence test model to study the temporal and spatial differences characteristics of health pressure caused by pollution in China in the recent decade. At first, this paper built the index system of pollution health pressure. And then, the analytic hierarchy process based on expert knowledge was employed to determine the weight of index. And the findings showed that: 1) The pollution health pressure of each province decreased from 2005 to 2014, as well as the provincial differences, while the spatial pattern of "high in the east, middle in the central and low in the west" still existed; 2) The spatial agglomeration was one of the main characteristics of health pressure distribution, which could describe the spatial relations of geographic position and pressure index. This paper used the spatial autocorrelation and the global exponential of Moran's I to study the spatial agglomeration. The spatial distribution of provincial pollution health pressure was not completely random. But instead it present the trend of spatial agglomeration, which meant that the high (low) pressure provinces were tend to adjacent high(low) level provinces. And compared with 2005, the space agglomeration in 2014 of pollution health pressure decreased; 3) Studying the convergence of temporal and spatial changes of health pressure helped learning the changing trends of health pressure, which could provide references for the formulation of relevant optimization policy. And the statistical test shown that the provincial pollution health pressure in 2005-2014 present the weak convergence trend while controlling the variables (urbanization rate, per capita GDP, population mortality and the forest coverage rate). And it meant that the provincial health pressure would be tend to the low-level convergence, in accordance with the continual decrease of health pressure difference and the weaker tendency of spatial agglomeration. Obviously, this article aimed at exploring the temporal and spatial differences characteristics of health pressure caused by environmental pollution in China, and the findings could provide references for government to optimize and coordinate the complicated relationships between environment and health.

Key words: environmental pollution; health pressure; regional difference; spatial agglomeration; convergence test