

中国老年人口分布的集疏格局及其形成机制

赵东霞^{1,2}, 韩增林¹, 王 利³

(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 大连 116029; 2. 辽宁师范大学管理学院, 大连 116029; 3. 辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029)

摘要: 中国已全面进入快速老龄化社会, 研究老龄人口空间集疏格局及形成机制, 不仅是开展老龄人口空间研究的理论基础, 也是指导面向老龄化社会城市更新问题的关键所在。选取地级以上行政单元为研究对象, 基于五普、六普老年人口数据, 采用老龄化率、集聚度和空间自相关等方法, 定量分析2000年和2010年全国城市老年人口分布的集疏格局及空间关联。研究表明: 全国地级以上城市总体处于老龄化中期水平, 城市间老龄化空间分异较大, 老年人口密集区城市主要分布在胡焕庸线以东, 稀疏区城市则均位于胡焕庸线以西, 这与总人口分布状况基本一致; 高密度城市基本都分布在东部沿海地区, 中密区主要分布在长三角、珠三角、中原、山东半岛、成渝和京津冀地区, 为中国分布范围最广的老年人口集聚区; 城市间人口老龄化存在较强的空间正相关特征, 空间集聚状况有所增强, 人口老龄化空间格局表现出以热点区为中心, 逐渐向外围过渡的“中心—外围”结构; 自然环境、经济环境、城市化建设、人口环境等是导致老年人口集疏格局的关键形成因素。

关键词: 老年人口分布; 集疏格局; 形成机制; 地级城市; 中国

DOI: 10.11821/dlxb201710003

1 引言

中国已全面进入快速老龄化社会, 六普数据显示, 全国60岁及以上人口比例为13.26%, 比五普增加了2.93个百分点。根据OECD的人口发展预测, 到2030年, 中国65岁以上人口占比将超过日本, 成为全球人口老龄化程度最高的国家。人口老龄化将对21世纪中国的崛起构成巨大挑战^[1], 中国如何应对老龄化挑战, 将决定它能否变成一个繁荣和稳定的发达国家^[2]。

人口空间分布地域格局最直观和最集中的体现是人口集聚与疏散。自1935年胡焕庸先生提出著名的“瑗珲—腾冲线”, 开创了中国人口空间分布研究的历史先河, 地理学者及人口学者一直追随“胡焕庸线”产生了大量的有关人口分布研究的相关成果, 其中不乏对老年人口的分布与空间演变的研究。国外不同时期具有代表性的学者主要有Hilnter 1974年对美国俄亥俄州托利多(TOLEDO)市进行实地研究, 发现中心城区人口老龄化程度较高, 而郊区和新建城区较低, 中心城区年轻劳动力流出是形成的主要原因^[3]; Flynn 1980年关注老年人口分布的区域差异研究, 得出美国的老年人口分布明显集中在

收稿日期: 2016-08-30; 修订日期: 2017-04-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41601136) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41601136]

作者简介: 赵东霞(1979-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副教授, 主要从事人文地理与公共管理研究。

E-mail: zhaodx99@126.com

通讯作者: 韩增林(1956-), 男, 山东商河人, 教授, 博士生导师, 中国地理学会理事(S110001642M), 主要从事人文地理、区域开发与规划的研究。E-mail: hzl@lnmu.edu.cn

1762-1775 页

市区的中心城区与边远的乡村聚落,形成两级分化的典型的“退休”中心^[4];Rogers等1990年将美国、英国等多个国家老龄化的总体空间分布进行了对比,结果表明国外老年人分布在都会区的核心区及偏远的乡村聚落中,并且城市郊区的老龄化是必然的发展趋势^[5];Shrestha 2000年针对发展中国家人口老龄化现象进行分析,发现发展中国家老龄化人口增长速度明显快于工业化国家,各大洲老龄化水平差异较大^[6];Sekhar 2010年运用热点分析法研究澳大利亚阿德莱德地区的人口空间分布,结论再次验证了Flynn、Rogers、Watk-ins等观点^[7];Lee等2011年开始关注老年人口与经济发展间的关系,得出经济是导致人口老龄化的重要因素^[8-9]。近几年,国外学者发现老年人口的空间分布是随着城市发展阶段不断发生变化的,但中心城区集聚与郊区集聚两级化特点仍然存在,原因是年轻人口居住更倾向于四周郊区,而退休及经济条件较好的老年人也会选择郊区生活。中国近年来有关老年人口发展趋势及老年人口数量预测的研究成果在迅速增加^[10-13],说明人口老龄化所带来的影响和压力正受到越来越多的关注。同时城市老年人的空间问题也在加剧,集中反映在老年人口的集疏分布对当地养老资源的影响^[14-17]。从全国尺度看,老年人口分布与人口分布一样因生存环境、经济环境和人口流动等因素呈现“东密西疏”格局^[17],从区域尺度讲,主要探究一个地区人口老龄化的演变过程^[18-20]、特征及原因^[21-24]、生活行为^[25-26]、时空格局与区域差异^[27-32],发现老年人口的空间分布因城市不同,或趋于集中,或趋于分散,并且伴随房地产行业兴起、年轻劳动力向城区流动等影响,老年人开始向郊区化发展。

综上,学者们虽然利用ArcGIS、GeoDa等技术,提出了大量新的观点,获取新的成果,相对认同中国在区域上老龄人口空间演变更多表现为老年人口向中心城区集聚的同时向外慢速离心扩散、远郊区老龄人口快速向心集聚的特征,同时区域间差异较为明显。但是,从全国尺度结合“胡焕庸线”刻画人口老龄化程度与集疏分布状态,及其形成机制尚未引起关注;反映人口空间分布大多通过计算人口密度,而人口密度只能表述人口空间的静态分布^[14],如果引入人口集聚度分级评价方法^[14]来测量老年人口的集疏特征,就可以揭示不同地区老年人口分布的内在规律,有助于整体把握老年人口的分布态势。因此,本文旨在基于2000年、2010年人口普查数据,对中国大陆333个地级以上城市区域的人口老龄化空间分布集疏格局、关联特征及其形成机制进行探究,以期对城市发展、空间规划、养老资源配置、公共服务设施建设等提供参考依据。

2 数据和方法

2.1 指标选取和数据来源

本文选取反映人口老龄化的一个重要指标,即老年人口比重,就是老年人口在总人口中所占比例,表示老龄化水平。运用人口集疏模型测度老龄人口空间变化,运用空间自相关来揭示研究区域内相邻单元的相关性和依赖性。根据中国人口统计年龄分类标准,选取60岁以上人口作为老年人标准。数据主要来源于全国第五次、六次分县人口普查公报(2000年、2010年),以及中国科学院资源环境科学数据中心提供的2010年全国分市行政区划地图,研究范围包括中国大陆地级单位城市区域,不包括香港、澳门和台湾。通过ArcGIS 10.2软件将老年人口及相关数据输入到全国分市行政区划图,建立全国地级单位城市人口老龄化地理数据库。

2.2 研究方法

老龄化率:国际上通常把60岁以上的人口占总人口比例看做老龄化指标,因此用当

老年人口总数与总人口总数之比来表示,反映老年人口在总人口中所占比例不断变化的过程。当比值达到10%,说明该国已经进入老龄化社会,比值越高老龄化程度就越高;当比值小于5%,说明老年人口数占总人口数较低,尚未进入老龄化社会,其计算公式为:

$$P = \text{老年人口总数} / \text{总人口数} \times 100\% \quad (1)$$

老年人口集聚度:是指一个地区相对于全国老年人的人口集聚程度,可以用某一地区以占全国1%的国土面积上集聚的全国老年人口的比重(%)来表示,与人口丰沛度具有同等的意义。计算公式为:

$$JJD_i = \frac{(p_i/p_n) \times 100\%}{(A_i/A_n) \times 100\%} = \frac{p_i/A_i}{p_n/A_n} \quad (2)$$

式中: JJD_i 是 i 市的人口集聚度; p_i 是 i 市的老年人口数量(人); A_i 是 i 市的土地面积(km^2); A_n 是全国土地面积(km^2); P_n 是全国老年人口总数(人)。

全局空间自相关:主要是揭示某个观测变量在地理空间上的整体分布状况,即从区域空间的整体层面上反映区域某项指标活动的空间分布与集聚状况。全局相关性常用 Moran's I 指数来衡量,其计算公式为:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} \quad (3)$$

式中: n 是空间研究单元的样本数; w_{ij} 为区域空间权重矩阵,定义研究单元空间相邻为1,不相邻为0; x_i 表示第 i 个空间单元的观测值(属性值); S 表示空间单元观测值的标准差; \bar{x} 是表示所有观测值(属性值)的平均值。

热点分析(Getis-Ord G_i^*):这是局域空间自相关的一种有效方法,用来衡量区域内局部区域与相邻空间单元的相关性。 G_i^* 指标可用来分析区域内研究单元 i 和 j 间的空间异质性,得到高值或低值要素在空间发生聚类的位置,计算公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (4)$$

式中: x_j 是要素 j 的属性值; w_{ij} 是要素 i 和 j 之间的空间权重; n 为要素总数,且:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}, \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (5)$$

3 中国老年人口空间分布的集疏格局

3.1 人口老龄化的空间格局

根据人口普查数据,利用式(1)分别计算2000年、2010年全国地级以上城市(包括盟、自治州、直辖市等)60岁以上老年人口数量及其占总人口比重(老龄化率)的空间分布,其中空白处是非地级行政单元地域,按数值缺失处理。根据国际标准将老龄化

率分成几个阶段：5%以下为成长型初期；5%~7%为成长型后期，7.1%~10%为老龄化初期，10.1%~15%为老龄化中期，15.1%以上为老龄化后期^[15]。结合2000年老龄化率空间分布结果，比较各城市老龄化率的发展阶段和变化趋势，可知全国总体处在老龄化中期水平，并呈现上升趋势。不同城市间有明显不同，主要体现在：2010年老年人口占比最高的前十个城市为上海、南通、苏州、无锡、嘉兴、威海、北京、常州、泰州和镇江，大多位于长三角地区，老年人口占比最低的前十位分别为海西、林芝、阿里、那曲、果洛、拉萨、和田、柯尔克孜、日喀则和海北，多位于青藏高原地区；青海、西藏、新疆南部、内蒙古中西部地区城市老龄化程度不高，与2000年相比变化不明显，还处在老龄化初期，其中西藏阿里、那曲和林芝地区城市出现了老龄化率下降的趋势；东北、内蒙古中东部、贵州、广西、海南等地老龄化程度有所加深，其中，辽宁大部地区已进入深度老龄化阶段；成渝、长三角和环渤海部分地区的城市也处在老龄化后期，老龄化程度明显加深，此外，从陕西关中平原起，向西经河西走廊到新疆，沿着古丝绸之路，正形成一条带状老龄化高值区。

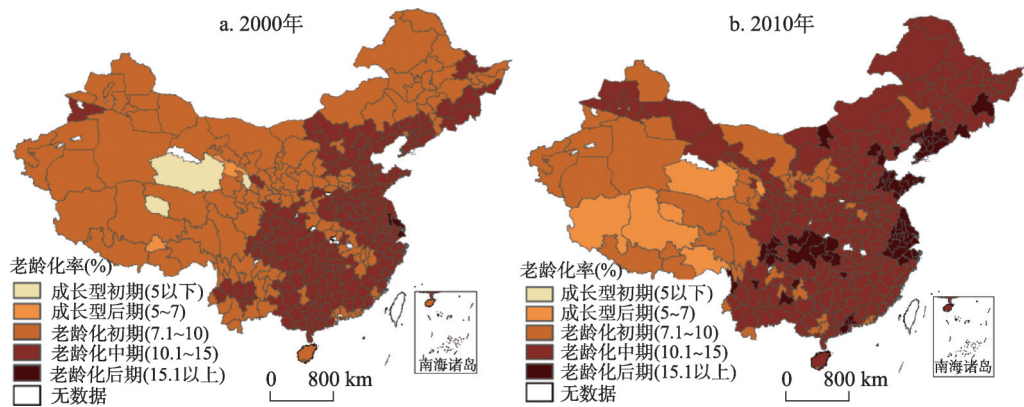


图1 2000年和2010年中国各城市老龄化率
Fig. 1 Urban aging population rate in China in 2000 and 2010

3.2 老年人口的集疏格局

根据封志明等对全国人口集疏程度分级评价标准，即人口密集区（JJD > 2）、人口均值区（0.5 < JJD < 2）和人口稀疏区（JJD < 0.5）3个类别，其中人口密集区又进一步分为高密区（JJD ≥ 8）、中密区（4 < JJD < 8）、低密区（2 < JJD < 4）；人口均值区分为均上区（1 < JJD < 2）、均下区（0.5 < JJD < 1）；人口稀疏区分为相对稀疏区（0.2 < JJD < 0.5）、绝对稀疏区（0.05 < JJD < 0.2）和极端稀疏区（JJD ≤ 0.05）8个级别^[14]，利用式（3）计算出地级城市区域的全国老年人口集聚度的研究结果（表1，图2）。

从表1和图2可见，老年人口密集地区城市个数最多，有156个城市集聚度都在2以上，总人口达到11572.1万人，占全国老年人口总数的69.33%，但这些老年人却分布在152.12万km²，只占全国总面积的16.61%，平均每平方千米生活着91位老年人。其中高度密集区有15个城市，它们分别是上海、汕头、南通、无锡、嘉兴、南京、成都、广州、泰州、常州、厦门、苏州、佛山、深圳和北京，基本都在东部沿海地区，其中，上海老年人口集聚度最高，人口密度在547.26人/km²，也就是说每平方千米上居住着547个老年人。与之相对的是老年人口稀疏地区城市最少，总计有55个城市单元集聚度在0.5以下，人口总数为774.3万人，占全国老年人口总数的4.44%，分布在540.43万km²的土

表1 2010年中国基于地级城市区域的老年人口集聚度分类统计

老年人口集聚度地区		人口		土地		老年人口密度(人/km ²)	
分类(个)		总量 (万人)	比例 (%)	面积 (万 km ²)	比例 (%)	极值 (最小值/最大值)	平均值
老年人口 密集地区	高度密集区(15)	1828.5	10.48	12.04	1.31	149.91/547.26	199.80
	中度密集区(76)	5457.6	31.28	56.29	6.13	74.99/146.10	98.19
	低度密集区(65)	4739.8	27.16	86.14	9.38	37.02/72.53	55.46
	小计(156)	11572.1	69.33	154.47	16.82	37.02/547.26	90.91
老年人口 均值地区	密度均上区(79)	3337.7	19.13	128.53	14.00	18.87/36.62	26.81
	密度均下区(43)	1312.0	7.52	97.58	10.62	9.58/18.21	13.54
	小计(122)	4578.7	26.24	226.11	24.62	9.58/36.62	22.09
老年人口 稀疏地区	相对稀疏区(19)	410.8	2.35	66.55	7.25	4.02/8.69	6.23
	绝对稀疏区(17)	240.5	1.38	129.74	14.13	1.16/3.44	1.98
	极端稀疏区(19)	123.0	0.70	344.14	37.47	0.02/0.89	0.44
	小计(55)	774.3	4.44	540.43	58.85	0.02/8.69	2.92

地上，老年人口密度处在0.02~8.69人/km²之间。其中极端稀疏区有19个城市，主要分布在青藏高原、新疆和内蒙古西部等地广人稀的地区。总体来说，大陆老年人口分布与总人口分布极其相似，密集区城市绝大部分位于胡焕庸人口分界线以东的地区，而稀疏区城市全部位于胡焕庸人口分界线以西的地区，其中青藏高原的西部和南部、内蒙古高原东部和西部地区、阿尔泰山南麓地区、塔里木盆地东端地区由于自然环境恶劣，基本属于无人区^[17]。

从集疏格局来看，大陆地级城市单元老年人口向沿海、沿江、沿线集聚的趋势显著，已形成区域性人口集聚中心，而丘陵山地沙漠等西部、北部地区人口稀疏，老年人口分布空间不平衡日益加剧，与人口的西疏东密格局相似难以突破（表2，图3）。

从表2和图3可见，长江三角洲有16个城市，老年人口集聚度最高，属于高密度区，人口密度为162.58人/km²，老年人口比重占全国老年人口的9.54%，也就是说每100位老年人中就有接近10位老人生活在长三角地区。此外，珠三角、中原、山东半岛、成渝和京津冀都属于中密区，老年人口集聚度在4~8之间，人口密度为75.83~100.97人/km²，其中成渝和京津冀地区老年人口比重较高，分别约占全国老年人口的8.83%和7.73%。海峡西岸、长江中游、关中和东北地区的老年人口集聚度相对较低，在2~4之间，属于低密区，平均每平方千米有近53位老年人，但长江中游25个城市老年人口总数占全国老年人口总数的8.58%，仅次于长三角和成渝地区。总体而言，中国老年人口密集区主要分布

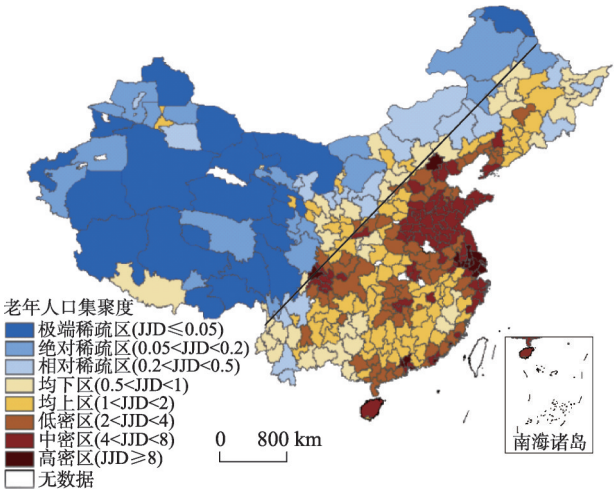


图2 2010年中国各地级城市区域老年人口集聚度
Fig. 2 Aging population aggregation degree in prefecture-level districts in China in 2010

表2 2010年中国主要城市群老年人口集聚中心对比

Tab. 2 Comparison among the aggregation center of aging population in main cities in China in 2010

名称	总人口(万人)	占全国比重(%)	人口密度(人/km ²)	集聚度
长江三角洲(16)	1 664.96	9.54	162.58	8.79
珠江三角洲(9)	423.80	2.43	100.97	5.46
中原城市群(8)	499.13	2.86	97.74	5.28
山东半岛(8)	670.52	3.84	90.36	4.88
成渝地区(15)	1 540.46	8.83	80.93	4.37
京津冀(13)	1 348.71	7.73	75.83	4.10
海峡西岸(16)	863.24	4.95	71.69	3.87
长江中游(25)	1 497.50	8.58	54.18	2.93
关中城市群(6)	332.51	1.91	49.19	2.66
东北城市群(21)	1 144.74	6.56	37.14	2.01
合计	9 985.57	57.23	82.06	4.44

于中东部的平原地区，其中黄淮海平原和长江中下游平原以东地区构成了中国最大的老年人口集聚区，包括京津冀、中原地区、长三角三大人口集聚中心；西部地区仅有成渝、关中平原和东北地区属于人口较密集区。十大城市群中老年人口总数为9985.57万人，约占全国老年人口总数的一半以上，基本位于胡焕庸线以东地区，与中国人口分布态势较为吻合。

3.3 城乡老龄化率的空间差异特征

现代化的过程，也是中国从“乡土中国”向“城市中国”不断转变的过程。从人口老龄化的视角观察当前中国城乡人口老龄化的空间差异，对于深入推进城乡一体化具有重要意义。本文采用2010年到区县的人口普查数据，将各地级以上城市的市辖区人口数、市辖区60岁以上的老年人口数进行汇总，并结合公式（1），得到该地的城市人口老龄化率；鉴于数据的可获取性，本研究采用总人口减去市辖区人口表示农村人口数，并汇总各城市的农村人口总数和农村老年人口数，进而得出农村人口老龄化率，将城市老龄化率减去农村老龄化率得出城乡老龄化率的空间差异图（图4）。

对比全国城市老龄化率空间分异图和农村老龄化空间分异图可以看出，2010年时，市辖区与非市辖区的老龄化水平基本一致，二者在老龄化程度上无明显差别，城市老龄化水平高的地区，也是农村老龄化水平较高的地区。城乡老龄化率空间分布差异与图1中总体趋势基本相似，老龄化后期的城市分布变化较明显，主要体现在：山东半岛和京津冀有所收缩，这与其人口基数增大导致的老龄化数值减少有关，表明这些地区存在较

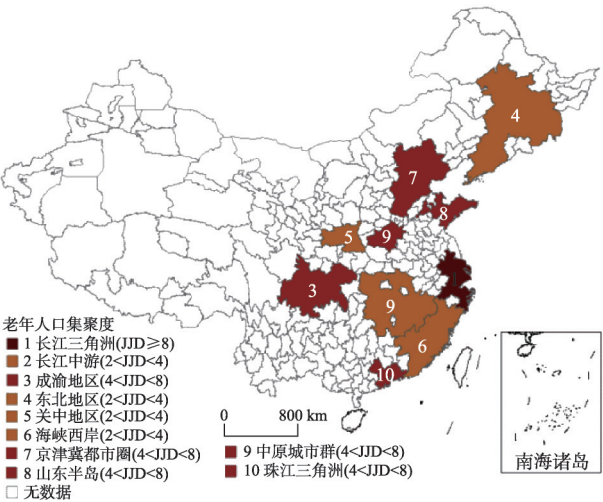


图3 2010年中国主要城市群老年人口集聚度

Fig. 3 Aging population aggregation degree in major cities in China in 2010

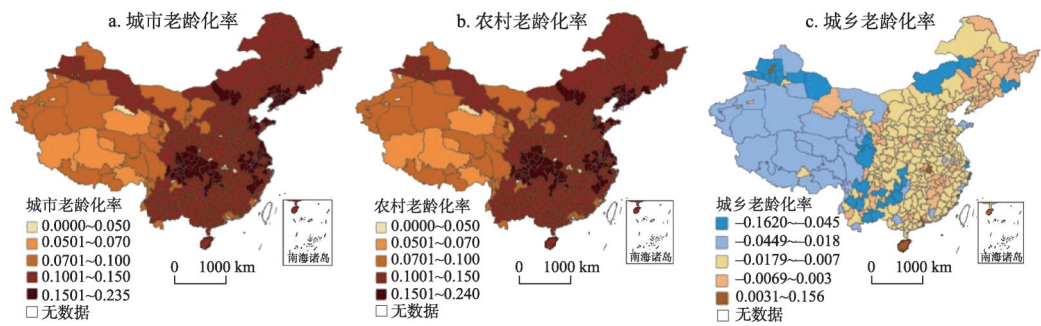


图4 2010年中国城乡老龄化率的空间差异

Fig. 4 Spatial differentiation of aging rates between towns and countries in China in 2010

大的人口数，潜在老龄化压力较大；长三角地区变的更为分散，表明长三角地区的老年人口总量较多，且多居住在城市，而安徽等周边地区存在着农村老龄化率较高等问题；成渝地区的集聚态势更为明显，与部分长江中游城市连为一体，表明这些地区存在着农村人口比重较大和城乡劳动年龄人口相对不足等问题。以城市老龄化率减去农村老龄化率，分析城乡老龄化率的具体差异，可以发现，多数地区城市老龄化率小于农村老龄化率，其中，西部地区的差距最为明显，这与西部地区城市人口结构较为年轻化有关；城市老龄化率高于农村老龄化率的城市主要分布在东北、江西和西部部分地区，沿海大部分地区城乡老龄化率差别不大，城市老龄化水平略低于农村地区。从城乡老龄化率的空间差异可以看出，当前，人口老龄化的区域差距要明显大于城乡差距，经济发展水平对城乡差距的影响较为显著，即经济发展水平相对较高的地区，城乡老龄化差异较小，多处在0%~5%之间，而经济相对欠发达的地地区的城乡老龄化差异较大，东北地区主要是由于历史原因，城市的老龄人口较多，因此城市的老龄化率明显大于农村。

4 中国老年人口分布的空间关联特征

4.1 总体空间关联特征

通过公式（3）计算2000年、2010年老龄化率的全局Moran's *I*指数估计值和相关指标，可以进一步准确判断老年人口空间分布的变动趋势，结果如表3所示。Moran指数的取值范围为-1~1之间，当Moran's *I* > 0时，老年人口呈集聚分布；当Moran's *I* < 0时，老年人口呈扩散或均匀分布；等于0则代表不相关。由此可见，2000年时，全局Moran's *I* 的估计值大于0，且通过显著性水平检验，说明五普时时域单元之间人口老龄化存在较强的正相关，在空间内处于较集中趋势，反映出老龄化较高的地区与同为较高老龄化地区相邻的特征，反之亦然。而到2010年六普时，全局Moran's *I* 的估计值进一步增大，系数为0.490，显著性提升，说明全国市域人口老龄化的空间集聚进一步增强，即老年人口比重较高的城市，其周边城市的老龄人口比率也明显增高，总体格局保持了一定的连续性，同时也印证了地区间人口老龄化空间差异是客观存在。

4.2 局部空间关联特征

全局空间自相关可以判断此现象在空间中是否有聚集特性存在，但不

表3 2000年和2010年中国城市老龄化率的全局Moran's <i>I</i> 估计值			
Tab. 3 The estimates of Global Moran's <i>I</i> of aging rate in cities of China in 2000 and 2010			
年份	Moran's <i>I</i>	Z(I)	<i>P</i> 值
2000年	0.452	22.657	< 0.001
2010年	0.490	24.609	< 0.001

能确切指出聚集在哪些地区。而局部空间自相关则可以观测单元属性和其周边单元属性相近（正相关）或差异（负相关）程度，并揭示空间异质，说明空间依赖是如何随位置而变化的^[3]，因此运用公式（4）局域G*系数法探测全国各城市老龄化的局部关联性，结果如图5所示。两个年份中，人口老龄化的高集聚（热点区）和低集聚（边缘区）表现出较强劲的空间演变特征，但演变具有一定的规律性，即高集聚在东部沿海地区并向内陆迁移，低集聚则从内蒙、青海向南部的西藏、云南迁移，从西部新疆、甘肃向东部迁移，热点区向边缘区递进需经过过渡区。

具体来看，2000年热点区主要分布在江淮、辽河平原和四川盆地，高热点区主要集中在山东、江苏、安徽、上海、浙江、福建等沿海城市；2010年发生明显的空间跃迁，除部分仍分布在辽宁、山东半岛、京津冀、长三角等外，四川盆地（成渝地区）表现的尤为突出，不仅成为高热点区域，还呈向西扩张趋势，而江浙城市群却从高热点区大幅降为热点区，但向北至辽宁、内蒙东部影响增强；大小兴安岭、东北地区中东部城市也开始向热点区过渡。边缘区演进方向表现的并不明显，2000年边缘区呈面状分布在西部、北部及云南、大小兴安岭地区，其中高边缘区主要集中在内蒙的阿拉善盟、甘肃各城市及青海的海西、海南、果洛藏族自治州，向东延伸到陕西的榆林市，向西跳跃在新疆南部和北部区域；而2010年边缘区则完全集中到了新疆中南部、青海、西藏、云南、甘肃东部、鄂尔多斯市及广东、海南等地区的城市。综上，人口老龄化热点区的演变属于跳跃式，聚集在长江三角洲和成渝地区周围；边缘区则在东北收缩、在西南部及广东、福建沿海扩张式突变，人口老龄化空间格局表现出以热点区为中心，逐渐向外围地区过渡的“中心—外围”结构。估算随着时间的推移，边缘区的范围会逐渐缩小，不断向东部、北部方向退化，其空间辐射效应变得越来越强，折射出中国未来人口老龄化“稀释”能力将面临严峻挑战。

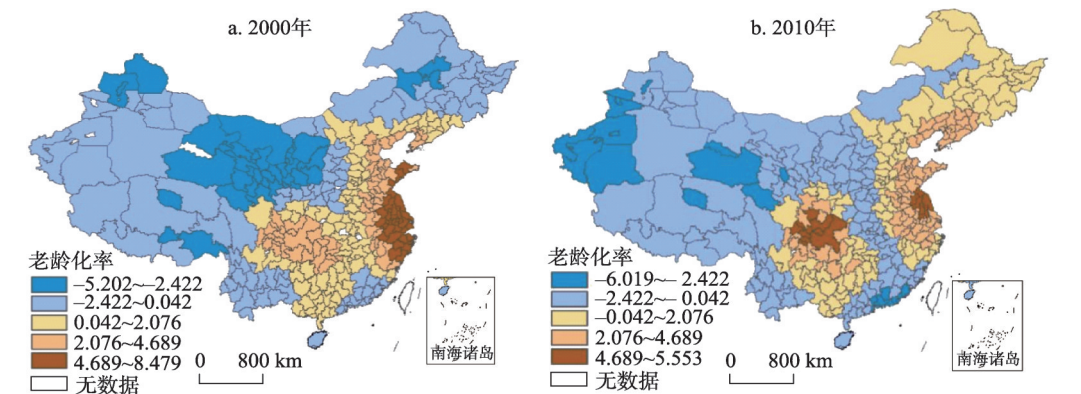


图5 2000年和2010年中国各城市老龄化率空间格局演变
Fig. 5 The spatial pattern evolution of aging rate in China's cities in 2010 and 2010

5 中国老年人口集疏格局的形成机制

老年人口集疏格局的形成和演化实际上是由自然变动和机械变动共同作用的结果，参考其他研究，并基于数据的可获取性，最终选择了9个自然环境指标和社会经济指标作为影响因子。自然环境指标中，海拔高程、干燥度（气温影响）和湿润度（降水影响）能够反映各地区的自然环境状况，直接影响当地居民生活的宜居度。社会经济指标

中，初始人口密度影响各地区人口的基本分布状况和集聚程度，人均GDP、每千人拥有床位数、人口迁入率分别表征各地区经济发展水平、健康保障能力以及对外吸引能力，对地区人口结构变化有重要影响^[34-35]。考虑到少数民族的计划生育政策差异和城乡户籍对生育率的不同影响，进而影响老龄化水平，因此，本文选取少数民族人口比重和非农业户口人口比重指标来表征户籍制度、城市化对人口老龄化的作用。其中，少数民族人口比重和非农业户口人口比重通过六普数据获取；干燥度、湿润度等数据来自于中国科学院资源环境科学数据中心的DEM数据提取获得；初始人口密度为城市的户籍人口总数、人口迁入率通过六普数据中的“本省其他县（市）、市区”、“外省”迁入本市的人口数与本市的户籍人口总数相比得出。据此，本文构建如下计量模型：

$$\begin{aligned} \text{agpop}_i = & \beta + \beta_1 \text{elev}_i + \beta_2 \text{dryn}_i + \beta_3 \text{wett}_i + \beta_4 \text{depop}_i + \beta_5 \text{GDPPC}_i + \beta_6 \text{thoubeds}_i + \\ & \beta_7 \text{movpop}_i + \beta_8 \text{minopop}_i + \beta_9 \text{nonagr}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{5}$$

变量的含义与基本统计信息如表4所示，所有自变量间的相关系数均小于0.5，且VIF值均小于3，没有明显的共线性问题。本文采用逐步回归方法，对全部样本及分区域、民族（少数民族人口比重大于30%为准）差异进行完全模型估计，结果列于表5。剔除数据缺失项，共获得有效样本322例。

表 4 变量基本统计信息

Tab. 4 Basic statistics of variables

变量	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
老龄化率	agpop	322	0.13	0.03	0.03	0.24
海拔高程	elev	322	517.56	842.35	0	4506
干燥度	dryn	322	1612.74	4572.02	-9	73756
湿润度	wett	322	1603.34	3484.16	-5886	10937
初始人口密度	depop	322	277.20	254.56	0.19	2156.50
人均GDP	GDPPC	322	41228.16	28193.14	5035	249040
每千人拥有床位数	thoubeds	322	12.39	7.99	0	43.49
人口迁入率	movpop	322	0.11	0.12	0	0.80
少数民族比	minopop	322	13.96	25.07	0.01	97.19
非农人口比	nonagr	322	29.72	15.68	6.49	86.23

模型估计结果显示，全样本估计中，人口老龄化主要受海拔高程、湿润度、人均GDP、人口迁入率、少数民族比、非农人口比等因素的影响。其中，海拔高程、人口迁入率和少数民族比对老龄化率呈负影响关系，即海拔越高、人口迁入越多、少数民族人口越多的地区，老龄化率就相对越低，这3个变量中，人口迁入率对老龄化水平的影响最为显著。在正向作用的因素中，非农人口比的影响最为明显，即非农业人口比重（城市化）越高的地区，老龄化水平也相对越高。分区域模型中，东部地区的老龄化水平主要受海拔高程、人均GDP、人口迁入率、非农人口比等因素的影响；而湿热环境条件、初始人口密度、每千人拥有床位数和少数民族比重等因素影响不明显，即东部地区的老龄化主要取决于地形条件、经济发展水平、人口流动状况和城市化水平的影响，气候状况、户籍人口数量、医疗条件和少数民族因素对东部地区老龄化状况影响不大。具体来看，人口迁入率是促使东部老龄化率降低的最主要因素，在推动老龄化率提高的因素中，非农人口比（城市化）影响最明显。

中部地区的老龄化水平主要受湿润度、人口迁入率和非农人口比3个因素的影响，其中湿润度和非农人口比为正向影响，人口迁入率为负向影响。与东部地区相比，海拔

表5 计量模型估计结果
Tab. 5 Estimate results of measurement model

变量	全部 样本	分区域模型			分民族模型	
		东部	中部	西部	少数民族城市	非少数民族城市
elev	-0.0000037** (-2.52)	0.0000051** (2.09)		-0.0000072*** (-3.68)	-0.0000057** (-2.63)	-0.0000095*** (-3.11)
dryn						-0.0000037** (-2.11)
wett	0.0000017*** (4.62)		0.0000017*** (3.51)	0.0000020*** (4.04)	0.0000025*** (4.21)	
depop				0.0000636*** (4.41)	0.0000922** (2.40)	
GDPPC	0.0000001** (2.13)	0.0000003** (2.45)				
thoubeds				0.0007962*** (3.03)	0.0008799*** (3.35)	
movpop	-0.1172386*** (-8.99)	-0.1398665*** (-7.71)	-0.0811986*** (-3.59)	-0.1522751*** (-4.32)	-0.1575366*** (-4.21)	-0.0997951*** (-8.69)
minopop	-0.0003505*** (-6.06)			-0.0001609** (-2.35)		
nonagr	0.0003270*** (3.60)	0.0004778** (2.60)	0.0002273** (2.16)	0.0007538*** (3.54)	0.0008126*** (4.11)	0.0003293*** (3.46)
Intercept	0.1314035*** (36.36)	0.1271678*** (18.19)	0.1275000*** (33.87)	0.1120069*** (13.57)	0.0945765*** (11.45)	0.1429136*** (44.93)
N	322	100	114	108	55	267
调整R ²	0.386	0.408	0.218	0.733	0.745	0.265
F	36.04	18.04	11.47	41.83	27.33	24.93

注：括号内为t值；*：p<0.1，**：p<0.05，***：p<0.01。

高程和人均GDP对老龄化的影响作用在下降，而环境湿润度的影响作用在不断提高，即湿润度越高的地区，老龄化也相对越高。西部地区的老龄化率影响因素较多，其中正向影响因素包括湿润度、初始人口密度、每千人拥有床位数、非农人口比，负向影响因素包括海拔高程、人口迁入率、少数民族比，干燥度和人均GDP对西部地区的老龄化程度影响不明显。这表明西部地区的老龄化率主要是受医疗水平、城市化水平、户籍人口数量及气候湿润度的影响而提高，与中东部地区相比，人口迁入率对西部地区老龄化率的稀释作用更加明显，少数民族因素对西部影响也较突出，而经济发展水平因素对老龄化率的影响不大。

分民族模型中，少数民族比重较大的城市老龄化影响机制更加复杂，主要受海拔高程、湿润度、初始人口密度、每千人拥有床位数、人口迁入率、非农人口比等因素的影响，与西部地区的老龄化影响机制相似。除海拔高程和初始人口密度的影响程度有所下降外，其余因素均在加强，即气候湿润度、医疗水平、城市化水平和人口流动状况对少数民族比重较大的城市影响更加显著。非少数民族城市中，主要受到非农人口比、人口迁入率、湿润度和海拔高程的影响，其中正向影响因素仅有非农人口比，这表明非少数民族城市主要是受到城市化的影响导致老龄化率的加深，人口流动的负向作用仅略强于中部地区。

总体来看，不同模型中，非农人口比和人口迁入率始终是不可或缺的重要影响因素，非农人口比促进老龄化水平的提升，人口迁入率则对老龄化水平下降具有重要影

响;经济发展水平对东部地区的老龄化率提升具有较大影响;气候湿润度对中部地区影响较为明显;西部地区则受医疗水平、少数民族因素和户籍人数等因素影响较大;少数民族城市与西部地区的影响机制相似,受非农人口比和人口迁入率因素的影响更加突出;气候干燥度对非少数民族城市的影响有所增加。

6 结论与讨论

6.1 结论

本文通过老龄化率、老年人口集聚度指数、全局 Moran's I 指数、Getis-Ord G_i^* 指数等空间分析指标,分析了2000年和2010年间中国地级行政单元人口老龄化程度、集疏格局以及空间关联特征,进而指出导致这格局的形成机制,结果表明:

(1) 中国地级城市区域内总体处在老龄化中期水平,老龄化水平不断加深,东部地区老龄化程度高于西部地区;从陕西关中平原起,向西经河西走廊、新疆,沿着古丝绸之路,正形成一条带状老龄化高值区。从老年人口分布来看,集聚度在2以上的密集区城市有156个,绝大部分位于胡焕庸人口分界线以东地区,而集聚度在0.5以下的稀疏区城市有55个,全部位于胡焕庸人口分界线以西的地区,这与人口分布情况基本相似。

(2) 从集疏格局来看,老年人口沿海、沿江、沿线集聚趋势显著,已形成区域性人口集聚中心,而丘陵山地沙漠等西部、北部地区人口稀疏,老年人口分布空间不平衡日益加剧,与人口的西疏东密格局相似难以突破。高度密集区有15个城市,它们基本都分布在东部沿海地区,其中上海老年人口集聚度居全国之首;十大城市群老年人口集聚程度也都在2以上,属于密集区,其中长江三角洲、珠江三角洲、中原城市群、山东半岛、成渝地区和京津冀城市群构成中国最大的老年人口集聚区域。

(3) 从空间关联特征来看,市域间人口老龄化存在较强的空间正相关特征,空间集聚进一步增强,总体格局保持了一定的连续性。人口老龄化热点区的演变属于跳跃式,人口老龄化空间格局表现出以热点区为中心,逐渐向外围地区过渡的中心—外围结构,空间辐射效应变得越来越强,未来人口老龄化“稀释”能力将面临严峻挑战。

(4) 从形成机制来看,导致这一格局的因素是多方面的,总体来说是自然变动和机械变动共同作用的结果,其中非农人口比(城市化)和人口迁入率始终是不可或缺的重要影响因素。经济发展水平对东部地区的老龄化率提升具有较大影响;气候湿润度对中部地区影响较为明显;西部地区则受医疗水平、少数民族因素和户籍人数等因素影响较大;少数民族城市与西部地区的影响机制相似,受非农人口比和人口迁入率因素的影响更加突出;气候干燥度对非少数民族城市的影响有所增加。因此,自然环境、经济发展水平、城市化建设、人口因素等是促成老年人口分布状态的关键。

6.2 讨论

中国正处在城镇化发展的转型期,城市空间发展面临着诸多挑战与瓶颈,在应对快速老龄化产生的公共空间缺乏、服务设施不足、宜居环境恶化等问题时,城市规划应根据老年人口的集疏格局及变动趋势来增强空间资源调配的杠杆作用。因此,了解老年人口的分布情况与空间分异,将有利于城市的决策者和相关部门能有效加强养老设施与配套建设、管理以及政策方面的支持,探索一条符合中国国情的老龄化城市空间发展途径,从而引导老年人口合理的分布。但是,人口老龄化的城市内部演变差异、区分不同类型人口老龄化的演化,判别集疏城市老年人口演变趋势差异,及探讨各城市老年人口

与养老资源匹配的合理性与偏差等,将成为今后老龄化经济学的重要研究方向,也是本研究将继续深入的内容。

参考文献(References)

- [1] The Office of Policy Research Division of the National Committee on Ageing. The Research Report on Projections of Trends of Population Aging in China. 2006-02-24. [全国老龄工作委员会办公室政策研究部. 中国人口老龄化发展趋势预测研究报告[Z/OL]. 2006-02-24.]
- [2] Jackson R, Howe N. The graying of the Middle Kingdom: The demographics and economics of retirement policy in China. Washington Center for Strategic and International Studies (CSIS) and Prudential Foundation, 2004.
- [3] Hilinter Smith. Intraurban location of the elderly. *Journal of Gerontology*, 1975, 30(4): 473-478.
- [4] Flynn C B. General versus aged interstate immigration, 1970-1986. *Research on Aging*, 1980(2): 141-154.
- [5] Rogers A, Watkins J F, Woodward J A. Interregional elderly migration and population redistribution in four industrialized countries: A comparative analysis. *Research on Aging* September, 1990, 12: 251-293.
- [6] Shrestha L B. Population aging in developing countries. *Health Affairs*, 2000(19): 204-212.
- [7] Sekhar V C S, Shiptonmd Bruce. Investigating the spatial distribution of the elderly and its implications for service provision in Adelaide metropolitan area//Australasian Transport Research Forum Proceedings, 2010.
- [8] Lee Ronald Demos, Mason Andrew. *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective*. Edward Elgar Publishing Limited, 2011.
- [9] Mason Andrew, Lee Sang Hyop. Population aging and economic progress in Asia: A bumpy road ahead. *Asia Pacific*, 2011, 99(2): 1-8.
- [10] Li Ribang, Wang Wuyi, Tan Jianan, et al. The development stages and trend of population aging and its regional differences in China. *Geographical Research*, 1999, 18(2): 113-121. [李日邦, 王五一, 谭见安, 等. 我国人口老龄化发展的阶段、趋势和区域差异. *地理研究*, 1999, 18(2): 113-121.]
- [11] Chen Yihua, LiYongsheng, Su Changgui. Radial basis function neural network model applied in the forecast of population aging: Taking Hunan Province as an example. *Economic Geography*, 2012, 32(4): 32-37. [陈毅华, 李永胜, 苏昌贵, 等. 径向基神经网络模型在人口老龄化预测中的应用: 以湖南省为例. *经济地理*, 2012, 32(4): 32-37.]
- [12] Zhai Zhenwu, Chen Jiaju, Li Long. Aging in China: General trends, new characteristics and corresponding policies. *Journal of Shandong University (Philosophy and Social Sciences)*, 2016(3): 27-35. [翟振武, 陈佳鞠, 李龙. 中国人口老龄化的大趋势、新特点及相应养老政策. *山东大学学报(哲学社会科学版)*, 2016(3): 27-35.]
- [13] Yao Jing, Li Shuang. Characteristics, causes and countermeasures of population aging in China. *Human Geography*, 2000, 15(5): 24-29. [姚静, 李爽. 中国人口老龄化的特点、成因及对策分析. *人文地理*, 2000, 15(5): 24-29.]
- [14] Liu Ruiwen, Feng Zhiming, You Zhen. Chinese tour population and the study on the forming mechanism of sparse pattern. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(3): 89-94. [刘睿文, 封志明, 游珍. 中国人口集疏格局与形成机制研究. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(3): 89-94.]
- [15] Yi Chengdong, Zhang Chun, Wu Shuping, et al. Spatial restructuring of senior population in Beijing from 2000-2010. *Urban Development Studies*, 2014, 21(2): 66-71. [易成栋, 张纯, 吴淑萍, 等. 2000-2010年北京市老年人口空间分布及其变动研究. *城市发展研究*, 2014, 21(2): 66-71.]
- [16] Zhou Jie. Spatial distribution characteristics and evolution trends of urban elderly population. *City Planning Review*, 2014, 38(3): 18-25. [周婕. 城市老龄人口空间分布特征及演变趋势. *城市规划*, 2014, 38(3): 18-25.]
- [17] Qi Wei, Liu Shenghe, Zhao Meifeng. Study on the stability of Hu Line and different spatial patterns of population growth on its both sides. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 551-566. [戚伟, 刘盛和, 赵美凤. “胡焕庸线”的稳定性及其两侧人口集疏模式差异. *地理学报*, 2015, 70(4): 551-566.]
- [18] Wang Zhibao, Sun Tieshan, Li Guoping. Regional differences and evolutions of population aging in China. *Population Research*, 2013, 37(1): 66-77. [王志宝, 孙铁山, 李国平. 近20年来中国人口老龄化的区域差异及其演化. *人口研究*, 2013, 37(1): 66-77.]
- [19] Liu Huajun, He Liwei, Yang Qian. Spatial inequality and distributional dynamics of population aging in China. *Population Research*, 2014, 38(2): 71-82. [刘华军, 何礼伟, 杨骞. 中国人口老龄化的空间非均衡及分布动态演进: 1989-2011. *人口研究*, 2014, 38(2): 71-82.]
- [20] Zhang Kaizhou, Chen Nan. Characteristics of spatial-temporal evolution in population aging and driving mechanism at

- county level in Fujian Province during 1990-2010. *Progress in Geography*, 2014, 33(5): 605-615. [张开洲, 陈楠. 1990-2010年福建省县域人口老龄化时空演变特征及其驱动机制. *地理科学进展*, 2014, 33(5): 605-615.]
- [21] Zhang Chun, Cao Guangzhong. On spatial differences of elderly distribution and its influencing factors in Beijing city. *Urban Studies*, 2007, 14(2): 56-61. [张纯, 曹广忠. 北京市人口老龄化的空间特征及影响因素. *城市发展研究*, 2007, 14(2): 56-61.]
- [22] Li Yang, Liu Hui, Jin Fengjun, et al. Spatiotemporal transition of the aging population based on ESDA-GIS in Beijing City. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(11): 131-138. [李扬, 刘慧, 金凤君, 等. 北京市人口老龄化时空变化特征. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(11): 131-138.]
- [23] Yu Taofang. China's aging population and its spatial features in city areas (2000-2010). *Urban Planning Forum*, 2013(6): 58-66. [于涛方. 中国城市老龄化空间特征及相关因素分析: 基于“五普”和“六普”人口数据的分析. *城市规划学刊*, 2013(6): 58-66.]
- [24] Zhou Chunshan, Li Yixuan, Tong Xinmei. Spatial change and influence factors of population aging in Guangzhou during 2000-2010. *Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science Edition)*, 2016, 55(1): 114-122. [周春山, 李一璇, 童新梅. 2000-2010年广州市人口老龄化空间变动及其影响因素研究. *中山大学学报(自然科学版)*, 2016, 55(1): 114-122.]
- [25] Chai Yanwei, Li Changxia. The spatial characteristics of shopping behavior of the Chinese urban elderly: A case study of Beijing, Shenzhen and Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(3): 401-408. [柴彦威, 李昌霞. 中国城市老年人日常购物行为的空间特征: 以北京、深圳和上海为例. *地理学报*, 2005, 60(3): 401-408.]
- [26] Chai Yanwei, et al. *Activity Space of the Elderly in Urban China*. Beijing: Science Press, 2010. [柴彦威, 等. *中国城市老年人的活动空间*. 北京: 科学出版社, 2010.]
- [27] Zhang Xiaoqing, Li Yujiang. A study on spatial disparity and forming mechanism of Shandong population aging. *Northwest Population*, 2005(6): 30-33. [张晓青, 李玉江. 山东省人口老龄化空间分异及其形成机制研究. *西北人口*, 2005(6): 30-33.]
- [28] Li Xiuli, Wang Liangjian. A study on regional differences and difference decomposition of population aging in China. *Northwest Population*, 2008, 29(6): 104-107. [李秀丽, 王良健. 我国人口老龄化水平的区域差异及其分解研究. *西北人口*, 2008, 29(6): 104-107.]
- [29] Wang Zhibao, Sun Tieshan, Li Guoping. Regional differences and evolutions of population aging in China. *Population Research*, 2013, 37(1): 66-77. [王志宝, 孙铁山, 李国平. 近20年来中国人口老龄化的区域差异及其演化. *人口研究*, 2013, 37(1): 66-77.]
- [30] Chen Minghua, Hao Guocai. Research on regional difference decomposition and influence factors of population aging in China. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(4): 136-141. [陈明华, 郝国彩. 中国人口老龄化地区差异分解及影响因素研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(4): 136-141.]
- [31] Wei Xiumei, Li Ding, Zhang Chao, et al. Study on spatial disparity and its influencing factors of Gansu population aging. *Resource Development & Market*, 2015, 31(5): 283-287. [魏秀梅, 李丁, 张超, 等. 甘肃省人口老龄化空间分异及影响因素研究. *资源开发与市场*, 2015, 31(5): 283-287.]
- [32] Wang Lucang, Wu Rongwei, Liu Haimeng, et al. Spatial patterns and regional differences of population ageing in China based on the county scale. *Progress in Geography*, 2016, 35(8): 921-931. [王录仓, 武荣伟, 刘海猛, 等. 县域尺度下中国人口老龄化的空间格局与区域差异. *地理科学进展*, 2016, 35(8): 921-931.]
- [33] Niu Qiang. *GIS Application Guide for Urban Planning*. Beijing: China Building Industry Press, 2012. [牛强. *城市规划GIS技术应用指南*. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.]
- [34] Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao, et al. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution. *Journal of Geographical Sciences*, 2008, 28(10): 237-246.
- [35] Feng Zhiming, Yang Yanzhao, You Zhen, et al. Research on the suitability of population distribution at the county level in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(6): 723-737. [封志明, 杨艳昭, 游珍, 等. 基于分县尺度的中国人口分布适宜度研究. *地理学报*, 2014, 69(6): 723-737.]

The spatial pattern of aging population distribution and its generating mechanism in China

ZHAO Dongxia^{1,2}, HAN Zenglin¹, WANG Li³

(1. Marine Economy and Sustainable Development Research Center, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China; 2. School of Management, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China; 3. College of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

Abstract: China has stepped into a rapid aging society. The study on the spatial pattern and generating mechanism of the aging population is not only the theoretical foundation for the spatial research on aging population, but also the guiding principle of the upgrading of aging society. This study selected administrative units above the prefecture level as subjects and quantitatively analyzed the spatial pattern and association of the aging population distribution in cities in 2000 and 2010, based on data of the fifth and sixth censuses and the methods like aging population rate, aggregation degree and spatial autocorrelation. The results showed that, cities above prefecture level all over the county are generally in the middle stage of aging, aging spatial differentiation is greater among cities, cities in densely aging-populated areas are mainly located to the east of Hu Line, and cities in sparsely aging-populated areas are all found to the west of Hu Line, which coincide with the national population distribution. Most of the cities with high density are distributed in the eastern coastal areas, and cities with medium density are mostly in the Yangtze River Delta, Pearl River Delta, Central Plains, Shandong Peninsula, Chengdu-Chongqing Region and Beijing-Tianjin-Hebei, which dominate the aging population areas. There is an obvious positive spatial association in aging population among cities, the spatial aggregation is further enhanced, and the spatial pattern of population aging shows a "Core-Periphery" structure with the hot-spots as the center and gradually spreading to the outskirts; natural environment, economic condition, urbanization construction, and population environment and the like are the key factors influencing the spatial pattern of the aging population.

Keywords: aging population distribution; spatial pattern; generating mechanism; prefecture-level city; China