

引用格式: 连昭阳, 仲佳, 徐定德, 曹莎, 刘邵权. 中国山丘区人口老龄化时空演变与影响因素[J]. 山地学报, 2024, 42(4): 519-534.

LIAN Zhaoyang, ZHONG Jia, XU Dingde, CAO Sha, LIU Shaoquan. Spatial-temporal evolution and influence factors of population aging in the hilly regions of China [J]. Mountain Research, 2024, 42(4): 519-534.

# 中国山丘区人口老龄化时空演变与影响因素

连昭阳<sup>1,2</sup>, 仲佳<sup>3</sup>, 徐定德<sup>4</sup>, 曹莎<sup>5</sup>, 刘邵权<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610299; 2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049;

3. 西华大学 应急管理学院, 成都 610039; 4. 四川农业大学 四川省农村发展研究中心, 成都 611130;

5. 山东师范大学 地理与环境学院, 济南 250358)

**摘要:** 中国人口老龄化趋势自 21 世纪以来日益加剧, 特别是在地形复杂、经济发展相对滞后的山丘区域, 其人口年龄结构的变迁对资源优化配置及社会经济发展构成了深刻影响。既有研究多聚焦于全国或特定区域的老龄化现象及其机制, 而对山丘区这一特定地貌类型下的人口老龄化发展轨迹及其驱动因素探究不足。本文基于 2010—2020 年分县人口普查数据, 分析中国山丘区人口老龄化时空演变, 利用地理探测器对其影响因素进行探讨。结果表明: (1) 研究期内中国山丘区的人口老龄化程度显著加深, 表现为人口老龄化率的持续攀升和人口老龄化类型的复杂化; 区域间差异明显, 中部山丘区逐渐超越东部, 成为老龄化最为严峻的地区; 地形分布上, 丘陵县的老龄化程度持续高于平原县与山区县, 展现出独特的地域特征。(2) 空间布局上, 老龄化趋势自东向西蔓延, 全局性空间集聚效应应随时间推移呈现减弱趋势; 局部区域中, 低-低聚集模式显著减少, 而高-高聚集模式则表现出更为集中的同时, 亦呈现出向外扩散的态势。(3) 山丘区的人口老龄化空间分异性是人口构成、社会经济状态及自然环境要素综合影响的结果, 主导因素随着时间动态变化, 各因素间存在交互效应。(4) 山区县和丘陵县的人口老龄化受社会经济因素的直接影响相对较小, 更多地受人口结构和自然环境因素的影响。本研究可以为山丘区可持续发展以及人口老龄化政策措施的制定提供数据支持与科学依据。

**关键词:** 人口老龄化; 时空演化; 地理探测器; 影响因素; 山丘区

**中图分类号:** K901

**文献标志码:** A

自 21 世纪以来, 人口老龄化已成为全球人口结构转变的普遍趋势<sup>[1]</sup>。中国于本世纪初步入老龄化阶段, 老龄化程度逐年加剧。根据第七次中国人口普查数据, 中国人口老龄化率已达 13.52%, 比 2000 年提高 6.42 个百分点, 且第七次人口普查相较于第六次人口普查的增长幅度比五普到六普的增长幅度高出 2.78 个百分点<sup>①</sup>。

随着中国人口老龄化问题的凸显, 学术界对此

展开了广泛而深入的研究。研究视角从宏观层面向微观地域系统内部差异逐步深化, 研究内容则涵盖了老龄化的时空特征、区域差异、经济效应、养老模式及老年人口个体等多个维度<sup>[2]</sup>。

在人口老龄化的时空特征研究方面<sup>[3-11]</sup>, 学者们通过多尺度分析揭示了中国人口老龄化在空间分布上的异质性及区域间的显著差异。在近二十年的时间尺度中, 中国人口老龄化发展程度较高的地区

收稿日期 (Received date): 2024-05-06; 改回日期 (Accepted date): 2024-08-23

基金项目 (Foundation item): 四川省国土空间规划 (2019—2035) 编制及相关专题研究 (Y9D2850)。[Sichuan Province Territorial Space Planning Preparation (2019-2035) and Related Topical Studies (Y9D2850)]

作者简介 (Biography): 连昭阳 (1998-), 女, 河南平顶山人, 博士研究生, 主要研究方向: 山区可持续发展。[LIAN Zhaoyang (1998-), female, born in Pingdingshan, Henan province, Ph.D. candidate, research on mountain sustainable development] E-mail: Lianzy@imde.ac.cn

\* 通讯作者 (Corresponding author): 刘邵权 (1968-), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向: 山区聚落可持续发展。[LIU Shaoquan (1968-), male, Ph.D., professor, research on sustainable development of mountain settlements] E-mail: liushq@imde.ac.cn

① 根据第五次到第七次中国人口普查分县数据计算。

始终保持在胡焕庸线东南部分<sup>[9,12-13]</sup>。中国人口老龄化的发展存在城乡间、民族自治区与非民族自治区、不同经济水平地区、不同生态区之间不平衡现象<sup>[14-15]</sup>。

关于人口老龄化的成因,学者们普遍认为这是人口自然变动和机械变动的综合结果<sup>[2,16]</sup>,其中经济、社会、文化、制度等外部因素通过影响生育率、死亡率、人口的迁移流动作用于人口老龄化<sup>[17-19]</sup>。

在研究方法上,标准差椭圆分析、空间自相关指数、冷热点分析等空间分析工具被广泛应用于人口老龄化时空特征的分析,而人口老龄化驱动机制分析则多借助地理探测器<sup>[20]</sup>、空间计量模型<sup>[21]</sup>、结构方程模型<sup>[22]</sup>等技术。

山区是中国人地关系地域系统中的重要一环<sup>[23]</sup>,人口是山区人地系统的基础性要素<sup>[24-26]</sup>。中国山丘区由于其相对贫瘠的自然条件,人地矛盾比平原地区更为严峻,这进一步加剧了人口老龄化对社会经济发展的影响。一方面,城镇化进程中农村空心化现象与人口老龄化交织,对山丘区农村养老提出严峻考验<sup>[24,27]</sup>;另一方面,山丘区作为中国农业的重要发展地,人口老龄化通过影响农业劳动供给和土地规模转换,对农业生产和农业可持续发展形成冲击<sup>[28]</sup>。

当前人口老龄化研究在山区视角的探讨上仍显不足。关于山区人口的研究关注了山区人口分布<sup>[29-30]</sup>、山区人口与经济的协同发展<sup>[31]</sup>等话题,研究区域多侧重于典型山区,基于大尺度的山丘区人口变化的研究较为少见,缺乏对中国山丘区人口老龄化的演变规律和机制分析。

本文基于县域尺度,以山区县(市)和丘陵县(市)为研究区域,分析山丘区人口老龄化在2010、2020年的演化特征,并将山区县(市)、丘陵县(市)分别与平原县(市)对比探究差异,利用空间自相关指数揭示空间分异特征,运用地理探测器探明山丘区人口老龄化的影响因素并讨论其交互方式。研究成果对促进山丘区可持续发展以及地方政策的审视和调整具有重要意义。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域

研究区域为山丘区,包括山区县(市)和丘陵县

(市),不包含香港特别行政区、澳门特别行政区以及台湾省。山区县(市)、丘陵县(市)、平原县(市)的界定依据《中国县(市)社会经济统计年鉴(2012)》<sup>[32]</sup>划定名单。为保持数据的统一性和可对比性,以2020年为基准年对行政区划有所调整的地区进行匹配和对准,最终得到896个山区县、534个丘陵县,共计1430个县域单元,占全国县(区)总数的47.83%。除上海市,其余30个省市均有所分布,涵盖了中国广大的地域范围(图1)。2020年,山区县人口27516万人,丘陵县人口25444万人,两者合计共52960万人,占全国总人口的37.57%。

### 1.2 研究数据

本文人口数据取自于各时期《中国人口普查分县资料》<sup>[33-35]</sup>和《中国县域统计年鉴》<sup>[36-37]</sup>,新设地区的人口数据利用人口普查分乡镇数据<sup>[38]</sup>加和得出。影响因素中社会经济数据取自《中国县域统计年鉴》<sup>[36-37]</sup>和《中国区域经济统计年鉴》<sup>[39]</sup>,部分缺失值从各省、市、县级统计年鉴和统计公报补齐;平均受教育年限、15~64岁妇女平均活产子女数(人)来自《中国人口普查分县资料》<sup>[34-35]</sup>;地形起伏度取自中国1 km地形起伏度数据集<sup>[40]</sup>;平均坡度通过对中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn>)下载的1 km全国DEM数据提取得到;降水数据通过对国家青藏高原科学数据中心(<https://data.tpdc.ac.cn>)发布的中国1 km分辨率逐月降水量数据集<sup>[41-45]</sup>计算取得;气温数据来源于欧盟及欧洲中期天气预报中心等组织发布的ERA5-Land数据集。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 人口老龄化界定

本文以人口老龄化率来判定人口老龄化程度,即65岁及以上人口占地区总人口比重,总人口指常住人口总数。根据联合国标准确定人口老龄化类型,具体如表1所示。

表1 人口老龄化类型判定标准

Tab. 1 Criteria for determining the types of population aging

人口老龄化率/%	老龄化类型	人口老龄化率/%	老龄化类型
[0,7)	未步入老龄化社会	[14,20)	深度老龄化社会
[7,14)	老龄化社会	[20,100)	超老化社会



图1 中国山丘区空间分布图

Fig. 1 Spatial distribution of the hilly regions of China

(审图号: GS(2020)4630 号)

### 1.3.2 空间自相关指数

空间自相关可以识别地理现象在空间上的相关性,本文利用全局自相关指数(Moran's  $I$  指数)来评估中国山丘区人口老龄化在空间上是否具有聚集现象,计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中, $I$  为全局自相关指数; $n$  为县域单元的数量; $x_i$  为第  $i$  个县域单元的人口老龄化率; $\bar{x}$  为全部县域人口老龄化率的平均值; $W_{ij}$  为空间权重矩阵,定义为距离越远,权重越小。Moran's  $I$  指数值域为  $[-1, 1]$ ,指数等于 1 则表示空间高度正相关,指数等于 -1 表示空间高度负相关,指数等于 0 时表示没有空间相关性。

局部自相关指数(LISA 指数)可以进一步分析地区集聚现象的主导类型,计算公式如下:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

式中, $I_i$  为局部自相关指数; $S^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2$ ,结果分为:H-H(高值聚集型)、H-L(高低聚集型)、L-H(低高聚集型)、L-L(低值聚集型)四种类型。

### 1.3.3 地理探测器

地理探测器能够分析空间的分异性,并揭示背后的驱动力<sup>[46]</sup>。本文利用地理探测器的因子探测和交互作用探测功能来探查中国山丘区人口老龄化空间分异的驱动机制。

(1) 因子探测能够测度各影响因子对人口老龄化空间分异的解释值,计算公式为:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (3)$$

式中, $q$  数值代表各单因子对人口老龄化空间的解释力度,值域为  $[0, 1]$ ;  $L$  为因子  $X$  的分层; $N_h$  和  $N$  分别为层  $h$  和全区的单元数; $\sigma_h^2$  和  $\sigma^2$  分别为层  $h$  和全区  $Y$  值的方差。

(2) 交互探测通过在回归模型中检验两因子乘积项的统计显著性来识别不同因子间的交互作用,

交互作用类型如下:

非线性减弱:  $q(X1 \cap X2) < \min(q(X1), q(X2))$

单因子非线性减弱:  $\min(q(X1), q(X2)) < q(X1 \cap X2) < \max(q(X1), q(X2))$

双因子增强:  $q(X1 \cap X2) > \max(q(X1), q(X2))$

独立:  $q(X1 \cap X2) = q(X1) + q(X2)$

非线性增强:  $q(X1 \cap X2) > q(X1) + q(X2)$

式中,  $\min(q(X1), q(X2))$  指在  $q(X1), q(X2)$  两者取最小值;  $q(X1) + q(X2)$  指两者求和;  $\max(q(X1), q(X2))$  指在  $q(X1), q(X2)$  两者取最大值;  $q(X1 \cap X2)$  指  $q(X1), q(X2)$  两者交互。

## 2 结果与分析

### 2.1 2010、2020 年中国山丘区人口老龄化的时间演变特征

2010—2020 年, 中国山丘区的人口老龄化程度进一步加剧(图 2)。2010 年, 中国山丘区老年人口(指 65 岁及以上人口)共 5065 万人, 人口老龄化率 9.29%, 山区县和丘陵县人口老龄化率分别为 9.08% 和 9.51%, 均高于全国 8.92% 的平均水平, 老龄化趋势显著。到 2020 年, 山丘区人口老龄化程度持续加深。其中老年人口达 7628 万人, 对比六普

增幅 50.61%, 人口老龄化率为 14.4%, 比六普增长 5.11 个百分点, 上升幅度超全国 0.51 个百分点。山区县、丘陵县人口老龄化率分别为 13.68% 和 15.19%, 六普到七普之间分别增长 4.6 和 5.68 个百分点。山区县和丘陵县的老年人口绝对数量均处于加剧阶段, 六普到七普之间的增幅分别为 47.95% 和 53.30%, 无论是老年人口数量还是人口老龄化率, 丘陵县的人口老龄化态势明显比山区县更严峻。

尽管山丘区老年人口的绝对数量有所增长, 但占全国老年人口的比重却在下降。2010 年, 山丘区整体、山区县和丘陵县的老年人口数量占全国老年人口比重分别为 42.59%、21.39% 和 21.19%。2020 年, 山丘区整体下降了 2.58%, 山区县和丘陵县分别为 19.75% 和 20.27%, 降幅分别为 1.64% 和 0.92%, 其中山区县降幅较大。

根据表 1 的划分标准判定人口老龄化类型, 2010 年中国山丘区整体步入老龄化社会, 2020 年迈向深度老龄化社会。将 1430 个县域单元的人口老龄化类型进行测度分析, 揭示中国山丘区人口老龄化类型的演绎过程(图 3)。结果表明, 中国山丘区人口老龄化类型出现由集中到发散、由单一到多元的转变。2010 年, 中国山丘区共 1110 个县区步入老龄化阶段, 占总数的 77.62%, 其中主要以老龄化社会类型为主(76.99%), 深度老龄化社会类型较少(0.63%), 未步入老龄化的地区数量较为可观, 占总数的 22.38%。到 2020 年, 山丘区人口老龄化类型分化明显, 整体以老龄化社会类型(44.48%)和深度老龄化社会类型(40.84%)为主, 未步入老龄化社会类型急剧减少, 下降到了总数的 7.69%。具体来看, 原未步入老龄化类型中有 193 个县区升级为老龄化社会类型、18 个升级为深度老龄化社会类型; 原老龄化社会类型变化最大, 其中降至未步入老龄化类型 1 个、提升为深度老龄化社会类型 564 个、提升为超老龄化社会类型 93 个; 原深度老龄化社会类型转向超老龄化社会类型 7 个。

为进一步识别山丘区人口老龄化的差异性, 分别在三大地形和三大地带间进行对比分析。图 2 显示, 三大地形中, 丘陵县的人口老龄化最严重, 其次是平原县和山区县。丘陵县人口老龄化率以及增长幅度持续高于平原县和山区县, 山区县的人口老龄化率和增长幅度最低。人口老龄化类型上, 丘陵县

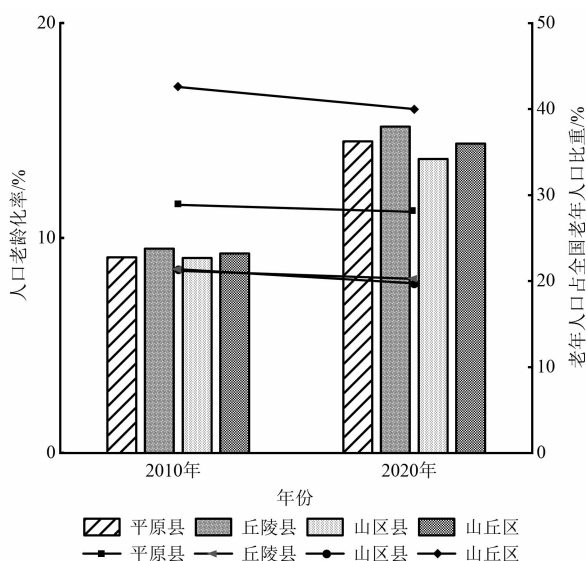


图 2 2010、2020 年不同地形县人口老龄化变化

Fig. 2 Changes of population aging in the different terrain regions of China in 2010 and 2020

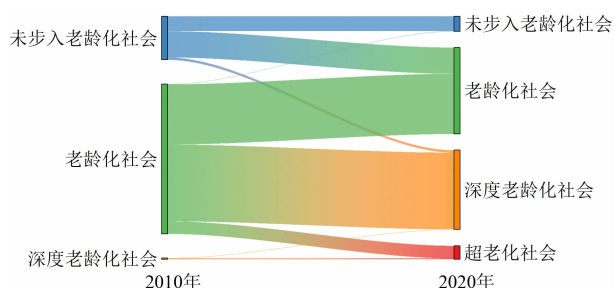


图3 2010—2020 中国山丘区人口老龄化类型变化

Fig. 3 Changes of population aging types in the hilly regions of China from 2010 to 2020

和平原县由老龄化社会演变为深度老龄化社会,山区县则一直处于老龄化社会。

从三大地带来看(图4),中国山丘区人口老龄化区域分化动态性明显、增势迅猛,差异性进一步扩张。2010年,东部山丘区人口老龄化最为严重,其次是西部和中部;到2020年,中部山丘区老龄化加剧,比2010年增长6.03个百分点,跃升为老龄化最为严重的区域,其次为东部和西部。三大地带中,山丘区的人口老龄化具有内部差异,并且差异有所扩大。2010—2020年,东部山区县人口老龄化率稳步高于丘陵县,西部丘陵县持续高于山区县,中部则是丘陵县逐步领先山区县。具体而言,2010年人口老龄化水平从高到低分别为西部丘陵县(10.40%)、东部山区县(10.02%)、东部丘陵县(9.26%)、中部山区县(9.09%)、中部丘陵县(8.89%)、西部山区县(8.50%)。2020年人口老龄化水平从高到低分别为西部丘陵县(16.21%)、中部丘陵县(15.24%)、东部山区县(14.88%)、中部山区县(14.73%)、东

部丘陵县(14.08%)、西部山区县(12.30%)。

## 2.2 2010、2020 年中国山丘区人口老龄化的空间演变特征

中国山丘区的人口老龄化在空间上具有明显的分异特征(图5)。2010年,老龄化社会类型广布于中国山丘区,但多数位于胡焕庸线东南半壁;未步入老龄化社会类型集中于以青藏高原、内蒙古高原等为主体的山丘区中,具体包括内蒙古、西藏、青海、四川以及新疆、云南等省份;深度老龄化社会类型以点状在川渝、东部沿海山丘区中零星散落(图5a、图5c、图5e)。2010年山丘区人口老龄化率的Moran's  $I$  指数为0.48,通过1%的显著性检验,表明存在空间集聚现象,主要聚集类型为H-H(高-高)型和L-L(低-低)型(图6a)。其中H-H(高-高)型广布于中国东部沿海、川渝鄂黔湘桂以及内蒙古中南部等地的山丘区中,其中在山东、川渝鄂黔桂湘、闽浙苏皖等省份的山丘区中形成明显的高值集群,其余分别在内蒙古、东南沿海、东北等山丘区聚集成团状弥散分布。L-L(低-低)型多集中分布在中国山丘区的西部和东北部,另有少量散落于晋冀豫赣等省份山丘区中。H-L(高-低)和L-H(低-高)聚集类型数量较少,镶嵌分布在H-H(高-高)型和L-L(低-低)型周边。

2020年,人口老龄化大幅向西蔓延(图5b、图5d、图5f)。未步入老龄化社会类型大幅减少并退至新疆、西藏和青海等省份;深度老龄化社会类型在原有基础上大范围扩张,共覆盖了26个省份,横跨中国东、中、西三大板块,并在小兴安岭和长白山、太

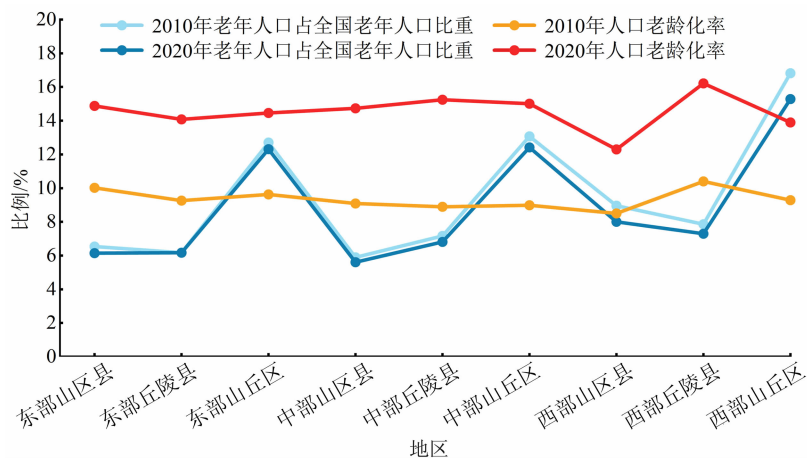


图4 2010、2020 年不同地带县区人口老龄化变化

Fig. 4 Changes of population aging in the different topography regions of China in 2010 and 2020



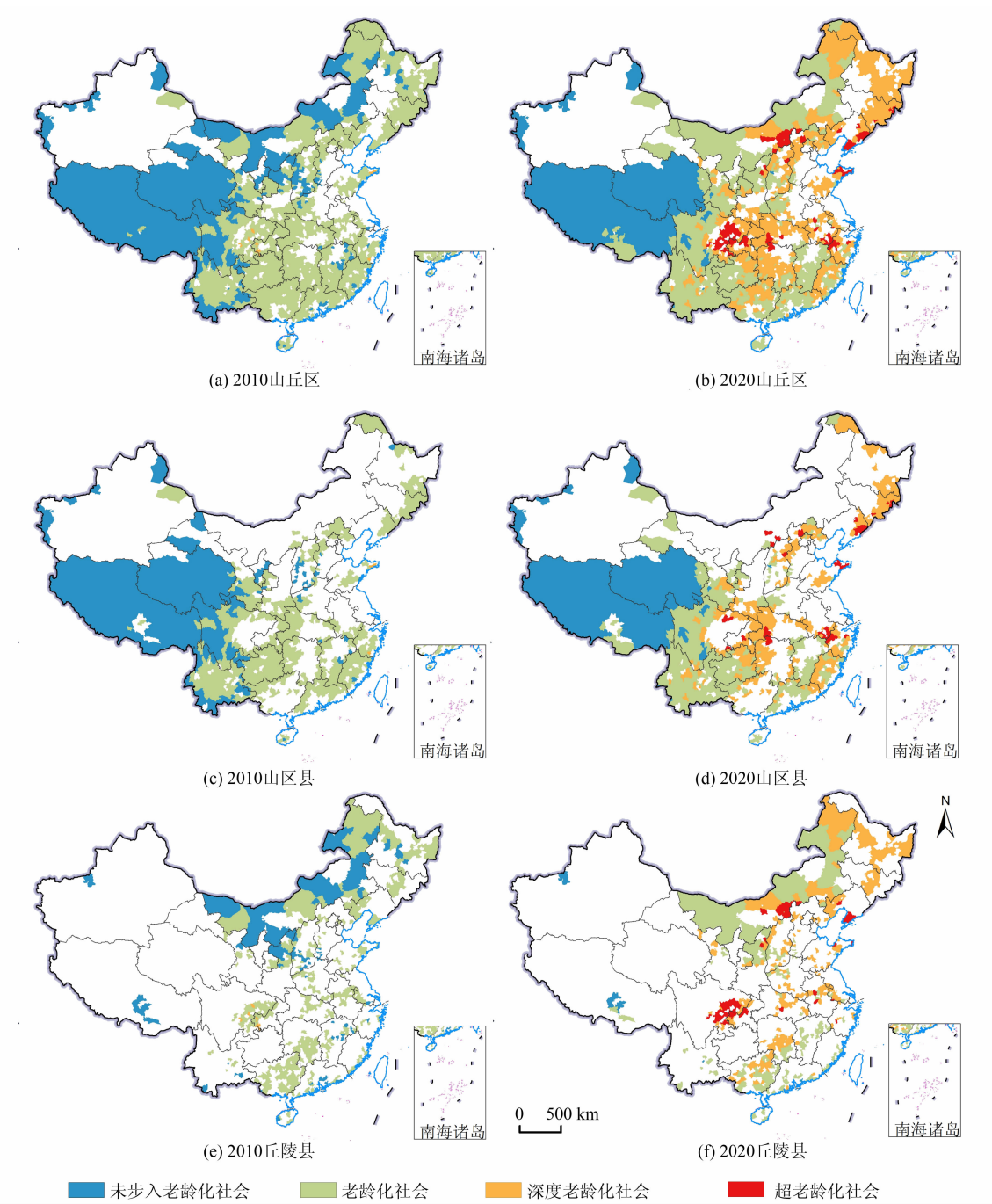


图5 中国山丘区 2010、2020 年人口老龄化空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of population aging in the hilly regions of China in 2010 and 2020

行山脉、大巴山脉等周边的山丘区呈现组团式分布；深度老龄化社会类型组团在向外辐射延伸的同时，内部点状爆发超老化社会类型，以内蒙古南部、四川东部、浙江西北部、辽宁东南部为顶点构成平行四边形的空间格局。从山丘区内部来看，丘陵县的人口老龄化趋势明显北上，未步入老龄化社会类型数量急速降低，大量老龄化社会类型向深度老龄化和超

老化社会类型过渡；山区县的西北部还保留着相对较多的未步入老龄化社会类型，整体人口老龄化程度大致呈现出由东向西梯度性递减的分布格局。

2020 年，中国山丘区人口老龄化率的 Moran's *I* 指数为 0.44，这表明整体空间集聚水平有所下降，聚集现象趋向减少。局部上，H-H 聚集类型逐渐向北部移动，原本在东北和内蒙古中南部山丘区团状

分布的高值聚集类型大幅扩张成连绵聚集带,而中国南部山丘区中原有的高值聚团则向川渝、皖浙方向进一步收敛集中(图 6b)。原本分布在内蒙古山丘区中的 L-L(低-低)聚集类型逐渐消解,其余 L-L(低-低)聚集类型依旧大量集中于西部山丘区。H-L(高-低)和 L-H(低-高)聚集类型在空间上仍为不均匀镶嵌分布。总体来看,六普到七普之间中国山丘区人口老龄化的显著性聚类更趋于集中,其中 H-H(高-高)聚集类型具有集中北移并扩张的转变特征,L-L(低-低)聚集类型则朝西南方向收缩。

2.3 中国山丘区人口老龄化的影响因素

2.3.1 指标选取

人口老龄化反映了一定地区内老龄人口占比逐

渐攀升的现象。从理论上来说,年轻人口下降和老年人口增长的协同发展是人口老龄化的直接发展动力,但是在城乡要素快速互通融合的背景下,地区间还存在经济、教育等方面的差异,这些差异也将影响人口老龄化的发展,使得人口老龄化的驱动机制具有复杂性。据前人研究,人口老龄化是人口年龄结构的变动以及社会经济、自然环境等外因共同驱动的结果<sup>[16-17]</sup>,因此本文从人口、社会经济以及自然环境三个要素方面选取十二个指标来探查中国山丘区人口老龄化的分异机制(表 2)。

首先,人口要素考虑老龄人口存量规模、人口流动和生育率。基期老龄人口存量规模是人口结构老化的核心基础,参考前人研究<sup>[8]</sup>,分别用 2000、2010

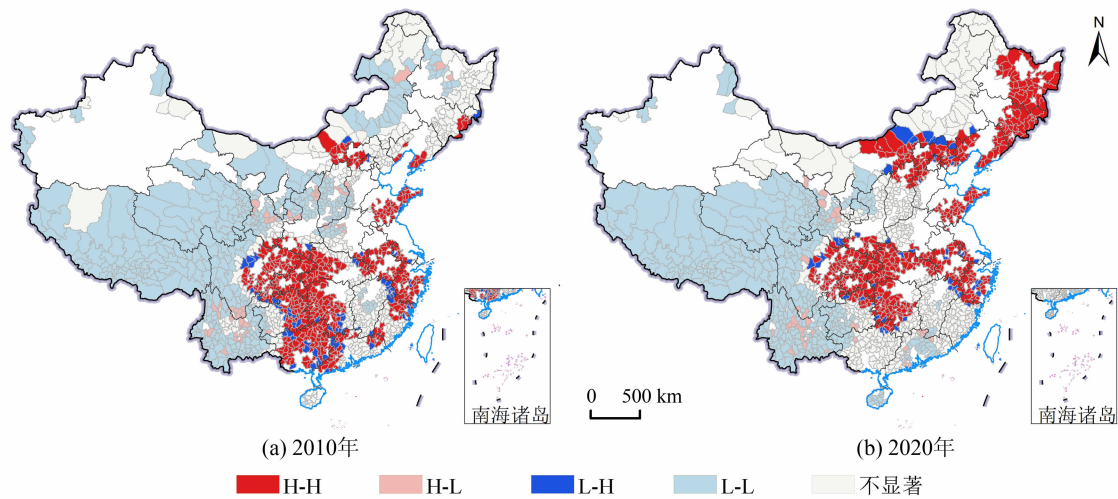


图 6 中国山丘区 2010、2020 年人口老龄化率的 LISA 图

Fig. 6 LISA agglomeration of population aging in the hilly regions of China in 2010 and 2020

表 2 中国山丘区人口老龄化影响因素指标选取

Tab. 2 Selection of influencing factors of population aging in the hilly regions of China

要素层	指标层	编号	指标含义
人口	基期老龄人口比重	X1	反映老龄人口存量规模
	净流动率	X2	反映人口净流动活跃程度
	15~64 岁妇女平均活产子女数	X3	反映新生人口数量
	少数民族人口比重	X4	反映少数民族水平
社会经济	人均国内生产总值	X5	反映地区经济发展状况
	城镇化率	X6	反映城镇化发展水平
	医院、卫生院床位数	X7	反映医疗资源供给能力
	平均受教育年限	X8	反映教育水平
自然环境	地形起伏度	X9	反映地形地貌
	年均气温	X10	反映热量状况
	年降水量	X11	反映干湿状况
	平均坡度	X12	反映基础地形

年 55 ~ 64 岁人口占总人口比重表示。人口流动能够造成人口流入地和流出地人口年龄结构的改变,是区域人口老龄化的重要影响因素<sup>[19]</sup>,参考前人研究<sup>[47]</sup>,以净流动率这一指标来表示,即净流动人口与总人口的比重。生育率的下降是人口老龄化发展的关键原因,用 15 ~ 64 岁妇女平均活产子女数表示。同时,山丘区多聚集少数民族,而少数民族生育政策较宽松,使得少数民族地区生育率和出生率较高<sup>[48]</sup>,因此将少数民族人口比重纳入机制分析。其次,社会经济要素方面选取人均国内生产总值、城镇化率表示地区总体经济发展水平;选取医院、卫生院床位数和平均受教育年限表示地区医疗资源供给能力和教育水平。最后,由于山丘区中山地广布、地貌多样,独特的地理环境对于人口分布、人口迁移流动以及健康长寿具有重要作用<sup>[18,49-51]</sup>,可能对人口老龄化造成影响,因此在数据可获得基础上选取地形起伏度和平均坡度体现基础自然地形,选取年均气温和年降水量体现地区整体热量和干湿程度的差异。因双湖县是 2012 年新建县,指标缺失严重,故未纳入影响因素探究。

2.3.2 人口老龄化空间分异的主导因子识别

表 3 展示了 2010、2020 年中国山丘区人口老龄化空间分异的因子探测结果。

从不同要素来看,人口要素是影响山丘区人口老龄化空间分异的决定性要素,其中基期老龄人口

比重具有显著且稳固的作用力,老年人口存量的历史贡献凸显,这与当前许多研究结论一致<sup>[13,20]</sup>。净流动率也具有较 强的影响力,但影响力趋于下降。代表生育率的 15 ~ 64 岁妇女平均活产子女数、少数民族人口比重作用力持续加强。在全国生育率持续走低的背景下,部分山丘区相对较高的生育率能够改变其人口年龄结构,从而影响人口老龄化进程。社会经济要素对山丘区人口老龄化的空间分异的影响力最低,但整体具有上升趋势,尤以城镇化率的升高最为明显。自然环境要素对山丘区人口老龄化的空间分异具有重要影响,地形起伏度和年均气温影响力较强。这是由于山丘区多数分布于山脉交错地区,特殊的地形地貌限制交通、教育等方面的发展,交通便捷性直接影响人口流动,教育则能够重塑年轻一代的生育观念和老年人口的健康保健意识,从而影响整体生育率和预期寿命。同时,高龄人口聚集与自然地理环境条件也具有强关联性<sup>[52-53]</sup>,说明自然环境因素可以通过多种途径影响地区的老龄化程度。

从因子探测值来看,基期老龄人口比重、净流动率、年均气温、平均受教育年限、地形起伏度是 2010 年山丘区人口老龄化的主导因子( $q$  值排名前五)。随着时间的增长,少数民族人口比重作用力逐渐高于净流动率,因子间排名有所变化,从大到小依次为基期老龄人口比重、地形起伏度、年均气温、少数民

表 3 中国山丘区人口老龄化空间分异的因子探测结果  
Tab.3 Factor detection results of spatial differentiation of population aging in the hilly regions of China

要素层	指标层	2010 年			2020 年		
		山丘区	山区县	丘陵县	山丘区	山区县	丘陵县
人口	基期老龄人口比重 X1	0.62 ***	0.61 ***	0.65 ***	0.81 ***	0.83 ***	0.74 ***
	净流动率 X2	0.28 ***	0.29 ***	0.30 ***	0.22 ***	0.19 ***	0.30 ***
	15 ~ 64 岁妇女平均活产子女数 X3	0.01	0.01	0.03	0.15 ***	0.12 ***	0.15 ***
	少数民族人口比重 X4	0.16 ***	0.21 ***	0.07 *	0.29 ***	0.33 ***	0.13 ***
社会经济	人均国内生产总值 X5	0.03 ***	0.05 *	0.04 *	0.02 **	0.02	0.01
	城镇化率 X6	0.03 ***	0.06 ***	0.03	0.18 ***	0.22 ***	0.10 ***
	医院、卫生院床位数 X7	0.14 ***	0.15 ***	0.13 ***	0.10 ***	0.12 ***	0.04 **
	平均受教育年限 X8	0.26 ***	0.32 ***	0.20 ***	0.29 ***	0.38 ***	0.10 ***
自然环境	地形起伏度 X9	0.26 ***	0.35 ***	0.12 ***	0.34 ***	0.40 ***	0.11 ***
	年均气温 X10	0.28 ***	0.35 ***	0.18 ***	0.30 ***	0.36 ***	0.18 ***
	年降水量 X11	0.22 ***	0.25 ***	0.30 ***	0.08 ***	0.16 ***	0.07 ***
	平均坡度 X12	0.06 ***	0.06 ***	0.03	0.13 ***	0.08 ***	0.08 ***

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示  $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 。



族人口比重、平均受教育年限。

不同时期下各类型县区人口老龄化的主导因子具有异质性。2010年,基期老龄人口比重、净流动率、平均受教育年限、年均气温是山区县和丘陵县的主导因子,除此之外山区县还受地形起伏度作用,而丘陵县更受年降水量影响。气温适宜、水资源丰裕能够体现地区良好的生态环境,对人口,尤其是高龄人群产生拉力<sup>[52]</sup>,因此海拔相对较低、降水丰沛和气温适宜的丘陵县更容易聚集老年人口,由此推动人口老龄化水平的增长。山区县往往位于高山、高海拔地区,地广人稀且人均预期寿命较低,因此人口老龄化率较低。按照因子探测值大小,山区县主导因子分别为基期老龄人口比重、年均气温、地形起伏度、平均受教育年限、净流动率;丘陵县为基期老龄人口比重、净流动率、年降水量、平均受教育年限、年均气温。2020年,山区县主导因子变为基期老龄人口比重、地形起伏度、平均受教育年限、年均气温、少数民族人口比重;丘陵县主导因子为基期老龄人口比重、净流动率、年均气温、15~64岁妇女平均活产子女数、少数民族人口比重。

### 2.3.3 人口老龄化空间分异的交互作用识别

地理探测器交互探测结果显示中国山丘区人口老龄化的影响因子均非独立作用,交互类型分别为双因子增强和非线性增强类型(图7),表明因子交互后的作用力比单独作用对人口老龄化的解释强度更高。整体看,基期老龄人口比重、净流动率与其他因子交互后对山丘区人口老龄化的解释力更强,并随着时间有所提升。

从不同类型县区看,各因子的交互力度存在波动变化,但自然环境要素、人口要素的因子交互力对人口老龄化的解释力普遍较强。具体而言,对于山区县,基期老龄人口比重的因子协同作用对人口老龄化的解释力明显高于其余因子的交互。其中,2010年基期老龄人口比重与地形起伏度的交互力度最高,2020年基期老龄人口比重与年均气温的交互力度最高。人口要素中,2010年净流动率与其余因子间的互动强度较高,但随着时间的推移有所下降,反而少数民族人口比重的因子协同作用有所上升,说明人口流动对于山区县人口老龄化的影响趋于稳定,生育率的影响力逐渐走高。除此之外,平均受教育年限、地形起伏度和年均气温与其余因子的交互对山区县人口老龄化具有持续性影响。对于丘

陵县,基期老龄人口比重、净流动率的因子交互作用对其人口老龄化的解释力更强,其中2010年基期老年人口比重与年降水量交互力最高,2020年基期老年人口比重与净流动率交互力最高。15~64岁妇女平均活产子女数与少数民族人口比重、城镇化率、平均受教育年限交互力有所提升,表明生育水平对丘陵县人口老龄化的空间分异影响逐渐增强。少数民族地区由于较为宽松的生育政策,总和生育率较高<sup>[48,54]</sup>,而城镇化率和受教育水平的提高则会导致生育率的降低<sup>[55]</sup>,从而对人口老龄化造成影响。

## 3 讨论

本文将丘陵县和山区县结合起来,探究了中国山丘区2010、2020年人口老龄化的发展态势、区域差异、空间格局变化以及影响因素,是对中国山地地区人口研究的有益补充,能够为山丘区人口老龄化的现状研判以及相关研究提供参考价值。从发展现状来看,2010—2020年中国山丘区人口老龄化持续飞速发展,丘陵县发展势头猛于山区县,空间格局具有梯度性的特点。前人研究同样发现高龄人口的分布具有阶梯形特征,山地、高原地区的高龄人口聚集现象不如平原丘陵、盆地地区明显<sup>[53]</sup>。可以说,地理环境是塑造人口老龄化空间分异格局的重要力量<sup>[9]</sup>。在影响因素的分析中,也证明了这一点。其中,地形起伏度和年均气温作用显著,与已有研究结果相似<sup>[13,56]</sup>。同时,本文发现中国山丘区的人口老龄化是多种要素相互叠加造就的,尤其是人口、社会经济和独特的自然禀赋,该结论与先前的研究结果一致<sup>[17,20]</sup>。

中国山丘区人口老龄化空间分异格局是独特的自然禀赋和相对薄弱的经济发展水平相互叠加造就的结果。因地制宜化解人口老龄化风险、灵活应对不同人口老龄化发展阶段的现实问题并把握衍生的经济机遇将是未来山丘区发展的重要课题之一。本研究发现,当前中国山丘区的人口老龄化趋势日益严重,尤以东北三省、川渝以及川渝以东的长江沿江城市内的山丘区为甚。对于这些发展程度深、发展速度快的山丘区,政府应重视老龄事业的发展,加强老年友好型社会的建设。首先确保老年人的基本生活和医疗保障,鼓励多元主体参与养老产业,丰富养老服务的产业结构内容,并着力构建“政府+市场”

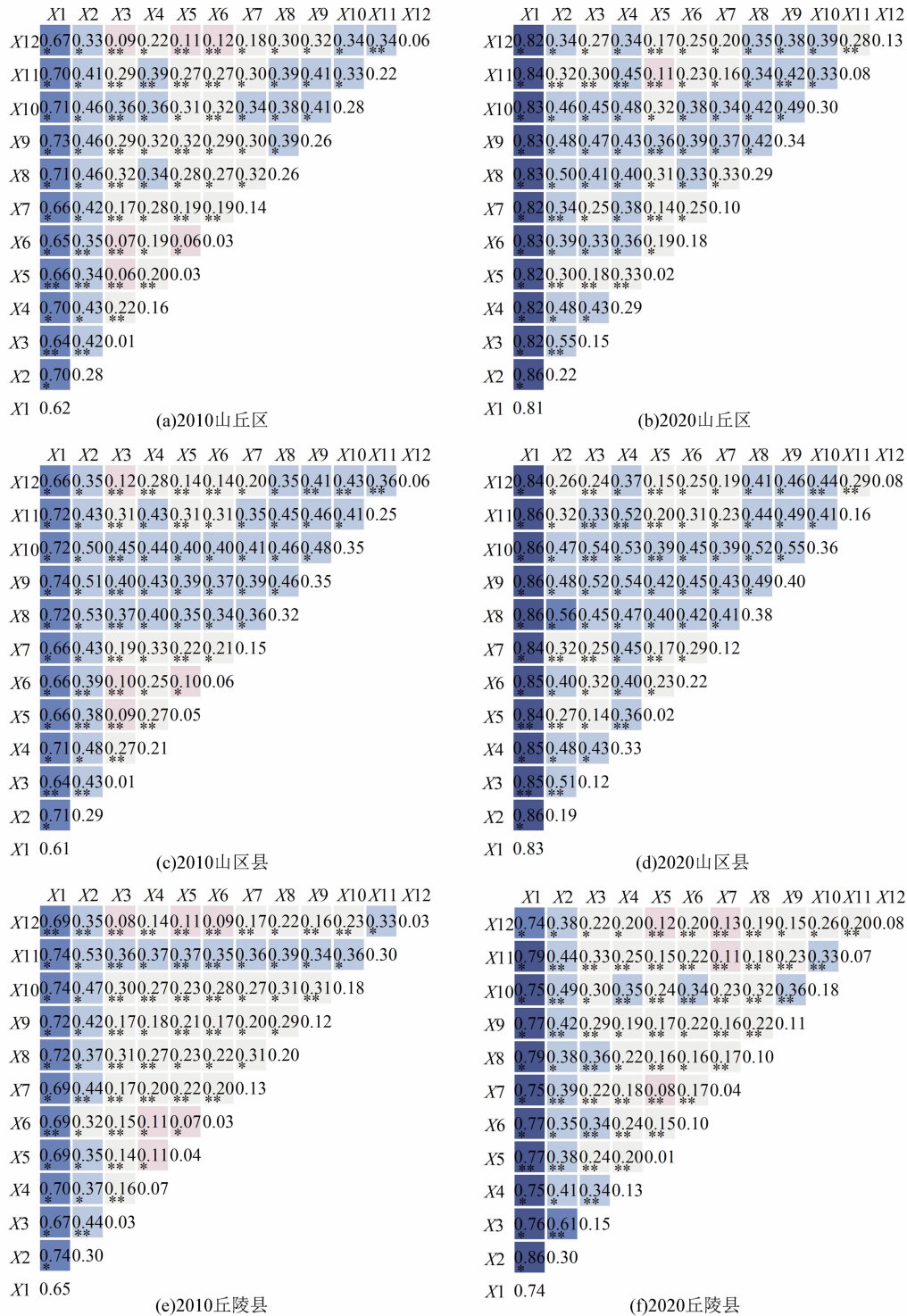


图 7 中国山丘区 2010、2020 年人口老龄化交互探测结果图

Fig. 7 Interactive detection results of population aging in the hilly regions of China in 2010 and 2020

双管齐下的发展模式,切实保证并满足老年人在生活、保健、养老上的权益和需求。其次要关注人口老龄化对社会经济造成的冲击,重点关注人口老龄化

对农村农业发展的影响,对于人口老龄化程度高、连片集聚且为农业主产区的山丘区,政府应探索激活农户种植粮食积极性的方式、拓宽农业技术培训渠

道并设立联通有效的农业生产技术交流平台,弥补农业人口老龄化对农业生产的不良影响。另外,山丘区中的山区县和丘陵县人口老龄化的发展程度、影响因素不同,因此政策的制定应当分类施策、因地制宜。当前山丘区中丘陵县的人口老龄化发展程度较深,影响因子中人口的自然变动以及人口流动的贡献较大,因此丘陵县应立足于社会实际情境,为实现资源均等化配置、构建适宜生育的社会环境提供支持和保障;其次通过改善住房和教育政策、优化人居环境等措施引导人口的合理流动;最后挖掘老龄产业潜力并创造新型经济点,在促进人口均衡发展的同时推动养老和经济发展的良性循环,缓解人口老龄化和经济提升的双重压力。山区县的人口年龄结构较为年轻,但经济条件和生态系统也更为脆弱,政府应当时刻关注人口老龄化演进态势,提前部署相关政策,以便应对可能出现的风险。

人口老龄化的影响因素繁多,作用机制复杂。本文在指标选取方面囿于数据的可获得性,忽略了社会文化、劳动力回流等因素。同时,地理探测器无法判断影响因素的具体作用路径以及正负效应,未来可运用其他方法做进一步探索分析。

## 4 结论

本文基于六普、七普分县数据,运用数理统计和空间分析对中国山丘区 1430 个县域单元的人口老龄化进行测度和空间格局的分析,使用地理探测器探查中国山丘区人口老龄化空间分异的影响因素。

(1)在六普到七普之间,中国山丘区的人口老龄化率呈现了显著上升的趋势,整体进入了深度老龄化社会阶段。中国山丘区的人口老龄化程度存在着区域间和区域内部的差异,在三大地形中,丘陵县的人口老龄化率和增幅高于平原县,而平原县又高于山区县;在三大地带中,中部山丘区的人口老龄化发展迅速,逐渐超过东部山丘区,成为老龄化程度最为严重的地区,并且三大地带中山丘区内部也具有差异。

(2)空间上,中国山丘区人口老龄化具有显著的扩张和西移态势,整体呈现出东高西低的特征,其中以东北三省、东南沿海以及川渝等长江流域城市等山丘区人口老龄化形势更为严峻。中国山丘区人

口老龄化具有空间集聚性,但集聚性日益减弱;集聚类型主要包括高值聚集和低值聚集,其中低值聚集区稳定分布在以青藏高原、云贵高原等为主体的西部山丘区中,而高值聚集类型则具有逐渐向北集中并扩散的趋势,整体形成四足鼎立的极化格局。

(3)中国山丘区的人口老龄化空间分异是人口、社会经济以及自然环境要素综合影响的结果。因子探测结果显示,基期老龄人口比重、净流动率、少数民族人口比重、平均受教育年限、地形起伏度、年均气温是影响中国山丘区人口老龄化空间分异的主要因子。在不同研究时期,影响山区县和丘陵县的人口老龄化空间分异的主导因子类型有所变化,但总体来看受社会经济因素的影响较小,受人口结构和自然环境因素的影响更大。交互分析结果显示,中国山丘区人口老龄化的影响因子存在交互作用,交互类型包括双因子增强和非线性增强。

## 参考文献 (References)

- [1] 彭希哲, 胡湛. 公共政策视角下的中国人口老龄化[J]. 中国社会科学, 2011 (3): 121 - 138 + 222 - 223. [PENG Xizhe, HU Zhan. China's population aging from the perspective of public policy [J]. Social Sciences in China, 2011(3): 121 - 138 + 222 - 223]
- [2] 高晓路, 吴丹贤, 许泽宁, 等. 中国老龄化地理学综述和研究框架构建[J]. 地理科学进展, 2015, 34(12): 1480 - 1494. [GAO Xiaolu, WU Danxian, XU Zening, et al. A review and frame-work setting of geographical research on aging in China [J]. Progress in Geography, 2015, 34(12): 1480 - 1494] DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.12.001
- [3] 吴连霞, 赵媛, 吴开亚, 等. 中国人口老龄化区域差异及驱动机制研究[J]. 地理科学, 2018, 38(6): 877 - 884. [WU Lianxia, ZHAO Yuan, WU Kaiya, et al. Regional variations and driving mechanism of aging population in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(6): 877 - 884] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.06.006
- [4] 王辉, 杨卿栩. 新中国 70 年人口变迁与老龄化挑战: 文献与政策研究综述[J]. 宏观质量研究, 2019, 7(2): 30 - 54. [WANG Hui, YANG Qingxu. Seventy years of population dynamics and the current aging challenge: A literature review and policy analysis [J]. Journal of Macro-Quality Research, 2019, 7(2): 30 - 54] DOI: 10.13948/j.cnki.hgzlyj.2019.02.002
- [5] 李琼, 李松林, 张蓝澜, 等. 粤港澳大湾区人口老龄化时空特征及其经济效应[J]. 地理研究, 2020, 39(9): 2130 - 2147. [LI Qiong, LI Songlin, ZHANG Lanlan, et al. The spatio-temporal characteristics of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area's population aging and its economic effects [J]. Geographical

- Research, 2020, **39** (9): 2130 – 2147 ] DOI: 10.11821/dlyj020200360
- [6] 李帅, 程杨, 高斯瑶. 京津冀地区人口老龄化空间差异研究[J]. 人口与发展, 2017, **23**(1): 2 – 12. [ LI Shuai, CHENG Yang, GAO Siyao. The regional difference of population aging in Beijing – Tianjin-Hebei region [J]. Population and Development, 2017, **23**(1): 2 – 12 ] DOI: 10.3969/j.issn.1674 – 1668.2017.01.001
- [7] 康江江, 丁志伟, 张改素, 等. 中原地区人口老龄化的多尺度时空格局[J]. 经济地理, 2016, **36**(4): 29 – 37. [ KANG Jiangjiang, DING Zhiwei, ZHANG Gaisu, et al. Multi-scale spatio-temporal pattern of aging population in central plains region [J]. Economic Geography, 2016, **36**(4): 29 – 37 ] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2016.04.005
- [8] 王录仓, 武荣伟. 中国人口老龄化时空变化及成因探析——基于县域尺度的考察[J]. 中国人口科学, 2016(4): 74 – 84 + 127. [ WANG Lucang, WU Rongwei. A study on spatial-temporal pattern of population ageing and its factors in China: Based on county-scale examination [J]. Chinese Journal of Population Science, 2016(4): 74 – 84 + 127 ]
- [9] 武荣伟, 王焱崑, 王远鑫, 等. 2000—2020 年中国县域人口老龄化分布格局及其影响因素[J]. 热带地理, 2024, **44**(8): 1500 – 1512. [ WU Rongwei, WANG Houyin, WANG Yuanxin, et al. Spatial-temporal patterns and driving factors of population aging in China at the county level during 2000 – 2020 [J]. Tropical Geography, 2024, **44**(8): 1500 – 1512 ] DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.20230643
- [10] 李少星, 王先芝, 纪小乐, 等. 乡镇尺度上的山东省人口老龄化空间格局演变与影响因素研究[J]. 地理科学进展, 2019, **38**(4): 567 – 576. [ LI Shaoxing, WANG Xianzhi, JI Xiaole, et al. Spatial change and influencing factors of population aging in Shandong Province at the township scale [J]. Progress in Geography, 2019, **38**(4): 567 – 576 ] DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.04.009
- [11] 应奎, 李旭东. 贵阳市人口老龄化的乡镇空间格局变化研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2020, **38**(5): 64 – 72. [ YING Kui, LI Xudong. The spatial pattern changes of population aging in township in Guiyang City [J]. Journal of Guizhou Normal University ( Natural Sciences ), 2020, **38**(5): 64 – 72 ] DOI: 10.16614/j.gznuij.zrb.2020.05.012
- [12] 周榕, 庄汝龙, 黄晨熹. 中国人口老龄化格局演变与形成机制[J]. 地理学报, 2019, **74**(10): 2163 – 2177. [ ZHOU Rong, ZHUANG Rulong, HUANG Chenxi. Pattern evolution and formative mechanism of aging in China [J]. Acta Geographic Sinica, 2019, **74**(10): 2163 – 2177 ] DOI: 10.11821/dlxb201910015
- [13] 邬林果, 武荣伟, 杨德刚. 2000—2020 年中国人口老龄化时空演变及影响因素研究[J]. 世界地理研究, 2024, **33**(5): 163 – 176. [ WU linguo, WU Rongwei, YANG Degang. Spatial-temporal patterns and influencing factors of population aging in China from 2000 to 2020 [J]. World Regional Studies, 2024, **33**(5): 163 – 176 ] DOI: 10.3969/j.issn.1004 – 9479.2024.05.20220367
- [14] 张伟, 蒲春蓉, 黎芳, 等. 中国人口老龄化城乡倒置现象的时空演变特征及其驱动机制[J]. 热带地理, 2021, **41**(5): 928 – 942. [ ZHANG Wei, PU Chunrong, LI Fang, et al. Spatial-temporal evolution characteristics and its driving mechanism of urban-rural inversion of population aging in China [J]. Tropical Geography, 2021, **41**(5): 928 – 942 ] DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.003379
- [15] 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[J]. 地理科学进展, 2016, **35**(8): 921 – 931. [ WANG Lucang, WU Rongwei, LIU Haimeng, et al. Spatial patterns and regional differences of population ageing in China based on the county scale [J]. Progress in Geography, 2016, **35**(8): 921 – 931 ] DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.08.001
- [16] 郭远智, 周扬, 韩越. 中国农村人口老龄化的时空演化及乡村振兴对策[J]. 地理研究, 2019, **38**(3): 667 – 683. [ GUO Yuanzhi, ZHOU Yang, HAN Yue. Population aging in rural China: Spatial-temporal pattern and countermeasures for rural revitalization [J]. Geographical Research, 2019, **38**(3): 667 – 683 ] DOI: 10.11821/dlyj020180967
- [17] 敖荣军, 常亮. 基于结构方程模型的中国县域人口老龄化影响机制[J]. 地理学报, 2020, **75**(8): 1572 – 1584. [ AO Rongjun, CHANG Liang. Influencing mechanism of regional ageing in China based on the structural equation model [J]. Acta Geographic Sinica, 2020, **75**(8): 1572 – 1584 ] DOI: 10.11821/dlxb202008002
- [18] 陆杰华, 汪洪波, 潘漪. 中国县(区)人口长寿水平的影响因素分析[J]. 人口与经济, 2004(5): 13 – 18. [ LU Jiehua, WANG Hongbo, PAN Yi. Analysis of determinants of population longevity at county level in China [J]. Population and Economics, 2004(5): 13 – 18 ]
- [19] 刘涛, 张家瑞, 曹广忠. 人口流动对区域老龄化进程的影响——一个方法论探讨[J]. 地理研究, 2022, **41**(10): 2680 – 2696. [ LIU Tao, ZHANG Jiarui, CAO Guangzhong. The effect of internal migration on regional aging: A decomposition method [J]. Geographical Research, 2022, **41**(10): 2680 – 2696 ] DOI: 10.11821/dlyj020211052
- [20] 周鹏, 邓伟, 张少尧. 四川省人口老龄化的地域特征及影响因素[J]. 经济地理, 2019, **39**(12): 39 – 47. [ ZHOU Peng, DENG Wei, ZHANG Shaoyao. Regional characteristics and influencing factors of population aging in Sichuan [J]. Economic Geography, 2019, **39**(12): 39 – 47 ] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2019.12.005

- [21] 吴媛媛, 宋玉祥, 于婷婷. 东北地区人口老龄化空间格局演变及影响因素研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2021, **53**(3): 139–146. [WU Yuanyuan, SONG Yuxiang, YU Tingting. Spatial pattern evolution and influence factors of population aging in northeast China [J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 2021, **53**(3): 139–146] DOI: 10.16163/j.cnki.22-1123/n.2021.03.023
- [22] 常亮, 敖荣军. 中国边界县区人口老龄化的时空格局及其影响因素研究[J]. 世界地理研究, 2021, **30**(2): 410–421. [CHANG Liang, AO Rongjun. Spatio-temporal pattern and influencing mechanism analysis of population ageing in China's border counties [J]. World Regional Studies, 2021, **30**(2): 410–421] DOI: 10.3969/j.issn.1004-9479.2021.02.2019444
- [23] 刘彦随. 中国山区土地资源开发与人地协调发展探讨[G]//2010年全国山区土地资源开发利用与人地协调发展学术研讨会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 2010: 19–26. [LIU Yansui. Land resources exploitation and man-land harmonious development in mountain areas [G]// Proceedings of the 2010 Conference of Land Resources Exploitation and Man-land Harmonious Development in Mountain Areas. Beijing: China Science and Technology Press, 2010: 19–26]
- [24] 侯晓静, 喻忠磊, 李雨婷, 等. 中国山区县域人口收缩的空间格局及其形成机制[J]. 地理研究, 2024, **43**(5): 1205–1224. [HOU Xiaojing, YU Zhonglei, LI Yuting, et al. Spatial pattern and mechanism of depopulation in the mountainous counties in China [J]. Geographical Research, 2024, **43**(5): 1205–1224] DOI: 10.11821/dlyj020230303
- [25] 苏芳, 常江波. 脱贫山区县域生计效率评估与仿真研究——以陕南秦巴山区为例[J]. 山地学报, 2024, **42**(3): 359–375. [SU Fang, CHANG Jiangbo. Assessment and simulation of county livelihood efficiency in poverty-alleviation areas: A case study of the Qinba mountainous area of southern Shaanxi, China [J]. Mountain Research, 2024, **42**(3): 359–375] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000829
- [26] 陈勇, 陈国阶, 王益谦. 山区人口与环境互动关系的初步研究[J]. 地理科学, 2002, **22**(3): 282–287. [CHEN Yong, CHEN Guojie, WANG Yiqian. A preliminary study on the interactive relationship between population and environment in mountains [J]. Scientia Geographica Sinica, 2002, **22**(3): 282–287] DOI: 10.3969/j.issn.1000-0690.2002.03.005
- [27] 李君甫. 走向终结的村落——山区人口流失、社会衰微与扶贫政策思考[J]. 理论导刊, 2006(5): 41–43. [LI Junpu. Villages coming to an end: Population loss, social decline and reflections on poverty alleviation policies in mountainous areas [J]. Journal of Socialist Theory Guide, 2006(5): 41–43] DOI: 10.3969/j.issn.1002-7408.2006.05.014
- [28] 王笏旭, 李朝柱. 农村人口老龄化与农业生产的效应机制[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2020, **19**(2): 60–73. [WANG Jiaxu, LI Chaozhu. Effect mechanism of rural population aging on agricultural production [J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2020, **19**(2): 60–73] DOI: 10.7671/j.issn.1672-0202.2020.02.006
- [29] 史莎娜, 谢炳庚, 胡宝清, 等. 桂西北喀斯特山区人口分布特征及其与自然因素的关系[J]. 地理科学, 2019, **39**(9): 1484–1495. [SHI Shana, XIE Binggeng, HU Baoqing, et al. The relationship between population distribution characteristics and natural factors in the karst mountainous area of the northwestern Guangxi, China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, **39**(9): 1484–1495] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.09.014
- [30] 牛叔文, 刘正广, 郭晓东, 等. 基于村落尺度的丘陵山区人口分布特征与规律——以甘肃天水为例[J]. 山地学报, 2006, **24**(6): 684–691. [NIU Shuwen, LIU Zhengguang, GUO Xiaodong, et al. Population distribution characteristics and pattern on hill and mountainous region basing on village scale—taking Tianshui as an example [J]. Mountain Research, 2006, **24**(6): 684–691] DOI: 10.3969/j.issn.1008-2786.2006.06.008
- [31] 敬博, 李同昇, 温伯清, 等. 基于地形因素的秦巴山区人口-经济空间格局及其影响机制研究[J]. 地理科学, 2020, **40**(5): 793–803. [JING Bo, LI Tongsheng, WEN Boqing, et al. Population-economy spatial pattern and impact mechanism of the Qinba mountain area based on topographic factors [J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, **40**(5): 793–803] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2020.05.014
- [32] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县(市)社会经济统计年鉴2012 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012: 461–478. [Rural Social and Economic Survey Department of the National Bureau of Statistics. China county statistical yearbook 2012 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012: 461–478]
- [33] 国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和社会科技统计司. 中国2000年人口普查分县资料[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003: 102–297. [Population Census Office under the State Council, Department of Population and Social Science and Technology Statistics National Bureau of Statistics. Tabulation on the 2000 population census of the People's Republic of China by county [M]. Beijing: China Statistics Press, 2003: 102–297]
- [34] 国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和就业统计司. 中国2010年人口普查分县资料[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012: 1–813. [Population Census Office under the State Council, Department of Population and Employment Statistics National Bureau of Statistics. Tabulation on the 2010 population census of the People's Republic of China by county [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012: 1–813]
- [35] 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室. 中国2020年人口普查分县资料[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022: 1–867. [Office of the Leading Group of the State Council for the Seventh National Population Census. Tabulation on 2020 China population



- census by County [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022; 1–867]
- [36] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县(市)社会经济统计年鉴2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011: 3–418. [Rural Social and Economic Survey Department of the National Bureau of Statistics. China county statistical yearbook 2011 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2011: 3–418]
- [37] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县域统计年鉴2021(县市卷) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2022: 3–421. [Rural Social and Economic Survey Department of the National Bureau of Statistics. China statistical yearbook 2021 (county-level) [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022: 3–421]
- [38] 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室. 中国2020年人口普查分乡、镇、街道资料 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2023: 831–847. [Office of the Leading Group of the State Council for the Seventh National Population Census. Tabulation on 2020 China population census by township [M]. Beijing: China Statistics Press, 2023: 831–847]
- [39] 国家统计局国民经济综合统计司. 中国区域经济统计年鉴2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011: 460–559. [Department of Comprehensive Statistics of National Bureau of Statistics. China statistical yearbook for regional economy 2011 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2011: 460–559]
- [40] 游珍, 封志明, 杨艳昭. 中国1km地形起伏度数据集[J]. 全球变化数据学报, 2018, 2(2): 151–155+274–278. [YOU Zhen, FENG Zhiming, YANG Yanzhao. Relief degree of land surface dataset of China (1km) [J]. Journal of Global Change Data & Discovery, 2018, 2(2): 151–155+274–278] DOI: 10.3974/geodp.2018.02.04
- [41] 彭守璋. 中国1km分辨率逐月降水量数据集(1901–2022) [M]. 北京: 国家青藏高原科学数据中心, 2020. [PENG Shouzhong. 1 km monthly precipitation dataset for China (1901–2022) [M]. National Tibetan Plateau /Third Pole Environment Data Center, 2020] DOI: 10.5281/zenodo.3114194
- [42] DING Yongxia, PENG Shouzhong. Spatiotemporal trends and attribution of drought across China from 1901–2100 [J]. Sustainability, 2020, 12(2): 477. DOI: 10.3390/su12020477
- [43] PENG Shouzhong, DING Yongxia, WEN Zhongming, et al. Spatiotemporal change and trend analysis of potential evapotranspiration over the Loess Plateau of China during 2011–2100 [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2017, 233: 183–194. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.11.129
- [44] PENG Shouzhong, GANG Chengcheng, CAO Yang, et al. Assessment of climate change trends over the Loess Plateau in China from 1901 to 2100 [J]. International Journal of Climatology, 2018, 38(5): 2250–2264. DOI: 10.1002/joc.5331
- [45] PENG Shouzhong, DING Yongxia, LIU Wenzhao, et al. 1 km monthly temperature and precipitation dataset for China from 1901 to 2017 [J]. Earth System Science Data, 2019, 11(4): 1931–1946. DOI: 10.5194/essd-11-1931-2019
- [46] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116–134. [WANG Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: Principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116–134] DOI: 10.11821/dlxb201701010
- [47] 戚伟, 赵美凤, 刘盛和. 1982–2010年中国县市尺度流动人口核算及地域类型演化[J]. 地理学报, 2017, 72(12): 2131–2146. [QI Wei, ZHAO Meifeng, LIU Shenghe. Spatial statistics and regional types evolution of China's county-level floating population during 1982–2010 [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(12): 2131–2146] DOI: 10.11821/dlxb201712002
- [48] 陈国阶等. 2003中国山区发展报告 [M]. 北京: 商务印书馆, 2004: 156. [CHEN Guojie et al. Report of mountain development in China in 2003 [M]. Beijing: The Commercial Press, 2004: 156]
- [49] 胡焕庸. 中国人口的分布、区划和展望[J]. 地理学报, 1990, 45(2): 139–145. [HU Huanyong. The distribution, regionalization and prospect of China's population [J]. Acta Geographica Sinica, 1990, 45(2): 139–145] DOI: 10.11821/dlxb199002002
- [50] 王洁晶, 张沐华, 王霓霓. 中国流动人口分布的空间格局和影响因素——基于人口普查分县数据的研究[J]. 人口学刊, 2023, 45(4): 82–96. [WANG Jiejing, ZHANG Muhua, WANG Nini. Spatial pattern and influencing factors of China's migrant population distribution: A study based on county-level data from national population censuses [J]. Population Journal, 2023, 45(4): 82–96] DOI: 10.16405/j.cnki.1004-129X.2023.04.007
- [51] 周亮, 徐建刚, 林蔚, 等. 秦巴山连片特困区地形起伏与人口及经济关系[J]. 山地学报, 2015, 33(6): 742–750. [ZHOU Liang, XU Jiangang, LIN Wei, et al. Relationship of terrain relief degree and population economic development and evaluation of development suitability in continuous poor areas: A case study on Qinba of national contiguous special poverty-stricken areas [J]. Mountain Research, 2015, 33(6): 742–750] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000090
- [52] 曾通刚, 赵媛, 许昕. 中国人口高龄化空间格局演化及影响因素研究[J]. 地理与地理信息科学, 2017, 33(6): 72–79. [ZENG Tonggang, ZHAO Yuan, XU Xin. Research on spatial evolution pattern of hyper-aged population and its influence factors in China [J]. Geography and Geo-Information Science, 2017, 33(6): 72–79] DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2017.06.012
- [53] 许昕, 赵媛, 张新林, 等. 中国县域高龄人口地域分异特征及环境成因[J]. 地理科学, 2018, 38(9): 1449–1457. [XU Xin, ZHAO Yuan, ZHANG Xinlin, et al. Regional differentiation characteristics and environmental causes of elderly population in

- China based on county scale [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, **38**(9): 1449 – 1457] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.09.007
- [54] 王东晖, 靳永爱, 刘涛. 中国少数民族生育转变: 过程及影响因素[J]. *人口研究*, 2022, **46**(3): 30 – 43. [WANG Donghui, JIN Yongai, LIU Tao. Fertility transition of Chinese ethnic minorities: Trends and determinants [J]. *Population Research*, 2022, **46**(3): 30 – 43] DOI: 10.3969/j.issn.1000 – 6087.2022.3.rkyj202203003
- [55] 许昕, 赵媛, 夏四友, 等. 中国分县城乡人口老龄化时空差异与机理[J]. *经济地理*, 2020, **40**(4): 164 – 174. [XU Xin, ZHAO Yuan, XIA Siyou, et al. Spatial and temporal characteristics and mechanism of urban and rural population ageing in China [J]. *Economic Geography*, 2020, **40**(4): 164 – 174] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2020.04.019
- [56] 应奎, 李旭东, 程东亚. 贵州人口老龄化空间格局演变及环境成因[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, **29**(2): 334 – 345. [YING Kui, LI Xudong, CHENG Dongya. Spatial pattern evolution and environmental causes of population aging in Guizhou Province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, **29**(2): 334 – 345] DOI: 10.11870/cjlyzyyhj202002006

## Spatial-Temporal Evolution and Influence Factors of Population Aging in the Hilly Regions of China

LIAN Zhaoyang<sup>1,2</sup>, ZHONG Jia<sup>3</sup>, XU Dingde<sup>4</sup>, CAO Sha<sup>5</sup>, LIU Shaoquan<sup>1\*</sup>

(1. *Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu 610299, China*; 2. *College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3. *School of Emergency Management, Xihua University, Chengdu 610039, China*; 4. *Sichuan Center for Rural Development Research, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China*; 5. *College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China*)

**Abstract:** The trend of population aging in China has been intensifying since the 21st century, especially in the hilly regions of China with complex topographical conditions and relatively lagging economic development, where the transformation of population age structure had a profound impact on the allocation of resource elements and socio-economic development. Past studies cared about the aging phenomenon and associated mechanisms on a national or specific regional levels, but poorly grasped the development and causes of population aging in hill districts.

Based on the county-level census data in 2010 and 2020, this paper analyzed the spatio-temporal evolution of population aging in the hilly regions of China and used Geodetector to explore its influencing factors.

During the research period of 2010 to 2020, the degree of population aging in China's hilly regions had significantly deepened, characterized by a continuous rise in the aging rate and the complexification of aging types; there were clear inter-regional differences, with the central hilly areas gradually surpassing the eastern areas to become the most severely aging region; in terms of terrain distribution, the aging degree in hilly counties had remained higher than that in plain and mountainous counties, showing a unique regional characteristic.

In terms of spatial layout, the aging trend had spread from east to west, with the global spatial agglomeration effect showing a weakening trend over time; in local areas, the low-low aggregation pattern had significantly decreased, while the high-high aggregation pattern had become more concentrated and had also shown a tendency to diffuse outward.

The spatial differentiation of population aging in hilly regions was the result of a combination of demographic

composition, socio-economic status, and natural environmental factors. The dominant factors changed dynamically over time, and there were interactive effects among these factors.

The population aging in hilly counties and mountainous counties were relatively less directly affected by socio-economic factors and more influenced by demographic structure and natural environmental factors.

This study can provide data support and scientific evidence for sustainable development and policy making for population aging in hilly regions of China.

**Key words:** population aging; spatial-temporal evolution; Geodetector; influencing factor; hilly regions of China

(责任编辑 朱颖彦)