

肇庆市老年人口健康水平的人居环境影响因素*

李宇坤^{1,2,3}, 刘晔^{1,3}, 黄柏石^{1,3}, 孙志涯⁴

1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510006
2. 贵阳学院城乡规划与建筑工程学院, 贵州 贵阳 550005
3. 广东省公共安全与灾害工程技术研究中心 / 广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广东 广州 510006
4. 肇庆市统计局, 广东 肇庆 526040

摘要: 基于2020年肇庆市乡镇街道地理尺度的人口普查数据, 运用描述性统计方法揭示肇庆市老年人口健康水平的群体差异和空间格局, 采用Tobit回归模型识别影响老年人口健康水平的人居环境要素, 并探讨了多维人居环境要素对老年人口健康水平可能存在的混杂影响。结果表明: 1) 肇庆市城镇老年人口的健康水平优于乡村, 老年人口健康水平存在性别差异, 70岁后呈现女性健康优势被男性反转的特征。2) 老年人口的健康水平呈现东南高西北低的特征, 在城区、城关镇、建制镇组成的城市内部空间结构中存在等级分异格局。3) $PM_{2.5}$ 和地区健康老人比例有显著的负相关关系, 年均绿量对健康老人比例的影响并不显著, 但在乡村地区年均绿量可以缓解 $PM_{2.5}$ 和健康老人比例的负相关关系, 污染企业数量和区域贫困剥夺指标则会加剧 $PM_{2.5}$ 对乡村健康老人比例的负向影响; 优质的住房条件有助于提高健康老年人比例, 医疗床位数、无主要收入来源、贫困剥夺、高龄对健康老人比例呈负向的预测作用。

关键词: 老年人口; 健康水平; 人居环境; 人口普查; Tobit回归模型

中图分类号: K901.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2024)01-0045-11

Health determination of the human settlement environment of the elderly population in Zhaoqing

LI Yushen^{1,2,3}, LIU Ye^{1,3}, HUANG Baishi^{1,3}, SUN Zhiya⁴

1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China
2. Urban planning and Architectural Engineering Department, Guiyang University, Guiyang 550005, China
3. Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation / Guangdong Provincial Engineering Research Center for Public Security and Disaster, Guangzhou 510006, China
4. Zhaoqing Municipal Bureau of Statistics, Zhaoqing 526040, China

Abstract: Based on the seventh national census data, this study utilizes descriptive statistical analysis and the Tobit regression model to depict the spatial pattern of townships and identify the factors regarding human settlement that affect the health of the elderly population in Zhaoqing, Guangdong Province. The results are as follows: 1) The health level of the urban elderly population was better than that of rural areas in Zhaoqing. Moreover, the gap between urban and rural areas becomes more pronounced with age and the health advantage for women over men after the age of 70 has been reversed. 2) The spatial

* 收稿日期: 2022-07-06 录用日期: 2022-12-16 网络首发日期: 2023-12-28

基金项目: 国家自然科学基金(42171196); 肇庆市第七次全国人口普查项目(2021003)

作者简介: 李宇坤(1988年生), 女; 研究方向: 城市地理学; E-mail: liyush66@mail2.sysu.edu.cn

通信作者: 刘晔(1986年生), 男; 研究方向: 人口、健康和城市地理学; E-mail: liuyue25@mail.sysu.edu.cn

characteristics of a healthy environment reveal the uneven distribution of environmental resources. There were noticeable spatial and urban-rural differences in the health level of the elderly population, generally showing a pattern of high in urban areas and low in urban areas. 3) Air quality ($PM_{2.5}$) has a significant negative correlation with the proportion of healthy elderly. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) plays a positive role in regulating $PM_{2.5}$ in rural areas, while the number of polluting enterprises and poverty deprivation aggravate the negative impact of $PM_{2.5}$ on rural health elderly. High-quality housing conditions have a significant positive impact on the health status of the elderly; economic status without primary income and social deprivation negatively predicted the proportion of healthy elderly; the proportion of the senior elderly (>80 years) has a negative impact on the proportion of healthy elderly. Medical security has a positive impact on the health of the disabled elderly in rural areas. This study provides the theoretical basis and decision-making reference for Zhaoqing City to promote the construction of a livable environment for the elderly.

Key words: elderly population; health level; human settlement; census; the Tobit regression model

人口老龄化的加速与环境社会资源的需求增长之间的矛盾,是关系到区域和人类可持续发展的核心问题(林宝,2021)。截至2020年,中国60岁以上的老年人口已达2.64亿,占总人口比重18.7%,相比2010年上升了5.44%(国务院卫健委,2021)。随着我国人口老龄化程度不断加深,目前各地仍普遍存在着居家养老社区建设滞后、城乡养老资源设施不足、面向老年人口的社会服务体系尚未建立等问题,营造老年宜居环境已成为刻不容缓的社会任务(周素红等,2020)。世界卫生组织提出“健康老龄化”的人类发展战略(WHO,2015)。国务院卫健委等部门近期也联合出台了《“十四五”健康老龄化规划》,指出健康是根本性的民生问题,以老年人健康需求为导向,建立综合连续、覆盖城乡的老年人健康服务体系(国务院卫健委,2022)。提升老年人的健康水平和生活质量能够促进我国积极应对深度老龄化的国情,缓解家庭和社会的老年抚养压力,使全社会各年龄段的居民都从中受益(符建华和曹晓晨,2021)。

世界卫生组织已明确指出,个体的健康受多种因素的综合影响,包括居住环境、生活方式、生物学基础和卫生服务等(郑振华和彭希哲,2019)。人居环境代表了人类聚居生活的空间,涵盖了自然生态、建筑环境、社会经济等多个要素(吴良镛,2018)。在各种人居环境中暴露程度不同,可能导致健康不平等问题(丁宏等,2018),环境暴露导致的健康效应会因时空效应、个体或群体差异和环境多因素的混杂效应呈现不同特征(周素红等,2020),老年群体因其活动特征和生理弱势更易承担环境风险(郑振华和彭希哲,

2019)。随着年龄增长,老年人的身体机能和认知能力会出现连续性衰退。对于能力下降的老年人,宜老的支持性环境既能保证老年人维持基本生活能力的功能发挥,也可以预防或延缓疾病,动态改善适老化人居环境对其健康至关重要(于一凡和刘旭辉,2021)。

我国早期的健康地理学较为关注存在特殊健康状况(如传染病、地区病)的局部地区(如癌症村、长寿村等),近年学术界的关注焦点开始转向了地区的客观环境和物质条件差异对慢性疾病和整体健康水平的影响(高晓路等,2015)。在研究自然生态环境与健康的领域,许多研究采用了宏观空间范围的养老追踪调查、人口普查等数据,以揭示城市和乡村地区的污染、气温、蓝绿空间(水域和绿地)等因素与老年人健康水平之间的联系(黄柏石等,2020;潘泽瀚等,2022;Browning & Rigolon,2018;Mitchell & Popham,2008)。特别值得注意的是,空气污染被认为是当前全球范围内最普遍存在的人居环境健康风险之一(Klompaker et al.,2019)。研究表明,空气污染会增加老年人患认知功能下降、癌症等疾病的风险(Fan et al.,2022)。然而,空气污染、蓝绿空间以及它们对老年人健康的调节作用存在时空差异,因此关于地区环境暴露对老年人健康效益的宏观机制研究尚不清晰(Schüle et al.,2019)。在城市建成环境与健康的方面,学者们关注后城镇化时代的老年宜居社区的品质和老年人的生活福祉,主要研究公共服务设施的可达性和多样性、交通环境的安全性、家庭环境的适老性,以及多维环境因素对老年人健康的综合影响(于一凡和刘旭辉,2021)。在建成

环境要素中,住房条件被多项研究证实对老年人健康的影响程度较高(Gu & Ming, 2021)。在社会经济环境与健康的领域,学者们逐渐认识到地区环境问题背后是社会经济问题的延伸,特别是中小城市正经历工业化的发展阶段,更有可能在城市发展效益和生态环境保护之间权衡取舍,而地区发展过程可能伴随环境污染等问题危害健康(艾斌, 2022)。一些学者发现,中国的城镇化快速发展对老年人的健康产生积极影响,东、中、西部城市的老年人健康状况呈现明显的空间差异(黄柏石等, 2020; 潘泽瀚等, 2022),同时乡村地区老年人的自评健康状况通常低于城市老年人(赵雪雁等, 2017)。尽管在上述人居环境因素与健康的研究方面取得了一些进展,但其中多数研究仍然集中在单一环境暴露要素的影响,如风险要素强调空气污染暴露的负向健康效益;福祉要素强调绿地等要素对老年群体健康水平存在影响,忽略了多维度环境因素相互作用的综合效应(Stephens et al., 2019)。研究多维环境因素如何影响老年人健康并实行政策干预是一项复杂的任务,政策干预可能包括改善医疗保健体系、加强生态居住环境、提高住房支持条件等,识别各个人居环境因素对不同城市的特定问题和特定人群的影响差异,才能提高地区的老年人口健康水平。

目前我国人居环境对老年人健康水平的影响研究还存在一些局限:首先,部分研究使用一手调查数据因样本数量、空间覆盖度等原因存在代表性不足的问题,导致研究估计值有偏差。而采用宏观的二手调查数据较难获取老年群体的空间地理信息和人居环境数据,因此较多研究遗漏了对健康影响的环境变量;其次,尽管有少数研究使用大样本的普查数据,但该类研究仅在较为宏观地理尺度上研究省域或者地级单元,较少在宏观空间范围研究微观地理单元(如乡镇街道尺度)的老年人健康状况的空间差异及其影响因素;再次,既有研究大多以经济发达的大型城市为案例地,对按人口规模等级划定的中小城市关注不足。我国中小城市普遍存在产业发展动力不足、生态环境脆弱等问题,部分城镇还要承接周边大城市外移的传统污染产业,经济发展和生态环境保护之间存在尖锐矛盾。同时,中小城市劳动力大量外迁,老龄化呈现加速态势,老年抚养比普遍低于大城市,社会养老负担较大,养老资源配套供应能力有限(艾斌, 2022)。因此深入研究中城市

老年人口的健康水平差异,揭示影响老年人健康的环境问题根源,对老年宜居环境的理论和实施提供科学依据。

肇庆市位于珠三角城市群的外围地区,城乡发展不平衡,人口老龄化程度却远超珠三角平均水平,是一个典型已步入老龄化的中等城市,在中小城市中具有代表性。鉴于此,本文选取肇庆为研究案例,基于全国第七次人口普查数据(简称七普),拟回答以下几个问题:1)2020年城、镇、村的老年人健康水平存在何种人群特征差异?2)乡镇街道尺度上的老年人健康水平存在何种空间格局?3)影响肇庆市老年人健康水平的人居环境因素有哪些,人居环境要素在城乡地区对老年人健康水平的影响是否存在异质性?多维环境要素之间对老年人健康的影响是否存在一些混杂效应?本文研究结果以期对肇庆市健康老龄化的推进、老年人健康政策的制定、适老化环境规划建设提供参考。

1 研究数据和方法

1.1 研究区概况

肇庆市位于广东省,地处珠江三角洲西部山地丘陵区,下辖3个市辖区和一个高新区、4个县,代管四会市(见图1)。其中端州区、鼎湖区、高要区、高新区和四会市属于珠三角经济圈,怀集县、广宁县、封开县和德庆县位于粤西北山区,因此形成肇庆“半山半珠”的地理区位,但肇庆市域属于粤港澳大湾区的组成部分。截至2020年,肇庆市共有105个乡镇街道单元,其中城区街道7个,常住人口411.36万人,老年人口占总人口的16.1%,是珠三角城市群中唯一即将进入深度老龄化阶段的城市(广东省统计局, 2021)。肇庆市老龄化逐步加深以及与之相伴的养老需求激增将会给老年宜居环境建设带来冲击和挑战。

1.2 数据来源

本文人口数据来源于肇庆市统计局提供的2020年肇庆市全国第七次人口普查数据,研究区是105个乡镇街道普查单元(林场和南江工业园管委会因功能特殊被排除)。人口普查数据按各乡镇单元所在的城区、镇区、乡村3个分组填报。城区是指在市辖区和不设区的市,区、市政府驻地的实际建设连接到的居民委员会和其他区域。镇区是指在城区以外的县人民政府驻地镇名为城关镇,以及其他建制镇,即政府驻地的实际建设连接到

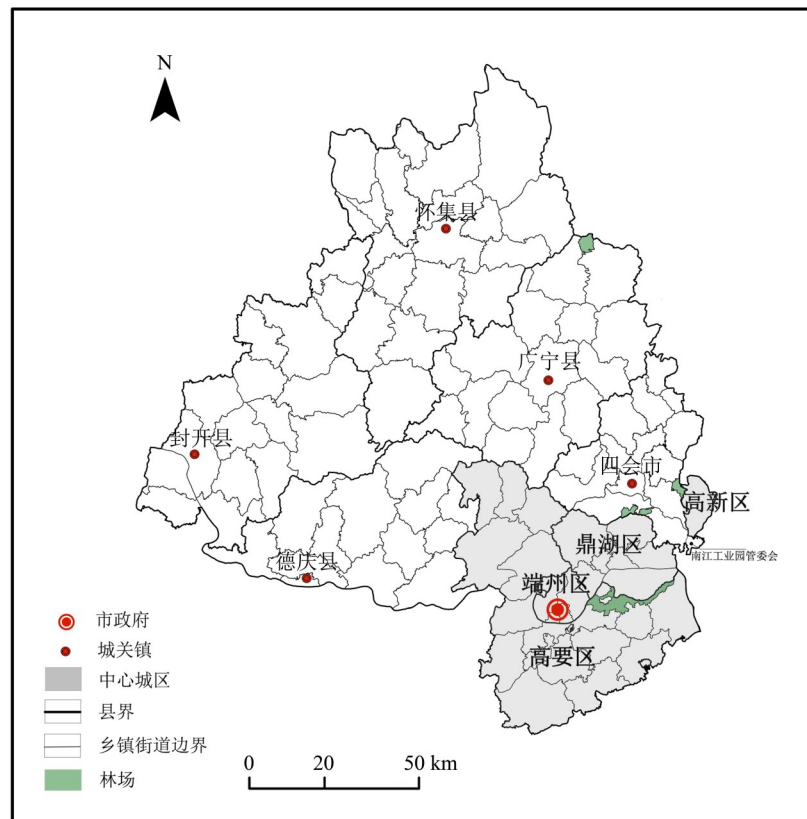


图1 肇庆市行政区划图

Fig. 1 Administrative map of Zhaoqing

的居民委员会和其他区域。乡村是指除去上述城区和镇区以外的区域。详情参考《统计上划分城乡的规定》(https://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/200610/t20061018_8666.html)。研究提取的多项人口、社会、经济属性指标都源于普查数据,包括老年人口自评健康、住房条件及社会经济背景等。环境数据使用了 Google Earth Engine 信息系统平台下载的 landsat8 栅格数据(空间尺度约为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$) 计算代表地区年均绿量的归一化植被指数 NDVI (normalized difference vegetation index) 和水域覆盖率 2 个指标,使用了 MAIAC 1 km AOD 数据集和时空统计模型生成 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的指标(He et al., 2021)。污染企业名称来源于肇庆生态环境局政府信息公开平台(<https://www.zhaoqing.gov.cn>)。POI 数据从高德地图获取(<https://www.amap.com>)。医疗卫生床位数来源于肇庆市综合医院官方网站。肇庆市行政单元矢量数据来源于国家基础地理信息中心(<https://www.ngcc.cn>)。

1.3 研究方法

Tobit 模型是拟合解释变量和受限被解释变量关系的一种断尾回归方法(陈强, 2015)。因变量

采用肇庆市域乡镇街道空间单元内健康老年人口数量占老年人口总数的比例,以此反映地区老年人自评健康水平。该数据是连续变量,取值范围在 $0 \sim 1$ 之间,但数据左右断尾被压缩在一个区间,普通的 OLS 模型无法反映这种特征,因此选取 Tobit 模型反映因变量是比例的数据类别差异,得到解释变量和被解释变量之间稳健独立关系(黄柏石等, 2020)。计算公式为

$$y_i^* = \alpha_i + \beta_i x_i + \varepsilon_i,$$

$$y_i = \begin{cases} 0, & y_i^* \leq 0, \\ y_i^*, & 0 < y_i^* < 1, \\ 1, & y_i^* \geq 1, \end{cases}$$

式中 y_i 为可观测地区 i 的健康老年人口比例, y_i^* 为不可观测的被解释变量, α 为常数项, x_i 为环境变量在 i 地区的观测值, β_i 为待估参数, ε_i 为扰动项。

为探讨肇庆市不同地区的生态污染程度以及其他环境变量对因变量是否存在混杂影响,在分组样本的 Tobit 回归模型上引入交互项(周广肃等, 2014)。计算公式为

$$y_i^* = \alpha_i + \beta_1 x_1 + \beta_2 M + \beta_3 x_1 M + \varepsilon_i,$$

式中 x_1 为主效应, M 表示调节变量, β_1 为主效应环境变量的待估参数, β_2 为调节变量的待估参数, β_3 为主效应和调节变量中心化(变量减去它的均值)后的交互项。调节效应显著性结果需要满足基础模型中主效应系数 β_1 显著,并且加入了调节变量交互项系数 β_3 显著。

本文结合截面数据的Tobit模型,研究老年人口健康水平的人居环境影响关系。模型结果综合考虑方程的复杂性及拟合程度,进一步采用阿开克信息准则(AIC)和偏差信息准则(BIC)对模型拟合度进行评价。AIC和BIC值越低,表明模型的拟合程度越好。

1.4 变量选取

在我国年龄在60岁以上的人被定义为老年人,已有研究采用了人口普查中老年人自评健康状况指标评估各地区的老年人口的健康水平。该指标源于第六次和第七次全国人口普查针对老年人的问卷调查:“一般来说,你会如何评价你过去一个月的健康状况?”对应4个选项回答:“健康”、“基本健康”、“不健康但生活能自理”、“生活不能自理”(失能)。参照以往研究的方法,“健康”和“基本健康”的老年人被归类为健康老年人,“不健康但生活能自理”、“生活不能自理”被归类为不健康老年人(黄柏石等,2020)。本文因变量是乡镇街道尺度健康的老年人口比例(下文简称为健康老人比例),即健康和基本健康的老年人数量之和占老年人口总数的比例。2020年,全国自评为

健康老人比例为87.25%,肇庆市的健康老人比例为91.36%。

自变量选取参考关于健康宜老人居环境、环境剥夺的多维度模型(Davern et al., 2020; Richardson et al., 2013; 黄柏石等, 2020),综合纳入可能对身体健康产生影响的环境指标,包括生态污染环境、社会经济环境、住房环境和人口学特征等(如表1)。生态污染环境相关变量主要包括PM_{2.5}年均质量浓度、污染企业数量、年均绿量NDVI和水域覆盖率;住房环境相关变量,包括住房条件综合指数(王洋等,2017)(表2);交通环境变量包括县级以上路网密度指标(路网密度);社会经济环境相关变量,包括区域贫困剥夺指数(Adams et al., 2004; Markey et al., 2023)、无主要收入来源的老人比例和千人指标的医疗卫生床位数;人口学特征变量包括80岁以上高龄老人比例。

已有研究表明,可吸入颗粒物PM_{2.5}及污染企业排放的废水废气废渣会对老年人健康产生威胁(马静等,2019),而地区的蓝绿空间对提升老年人健康水平存在积极影响(陈玉洁等,2020),故生态污染环境变量选取PM_{2.5}年均质量浓度、污染企业数量、年均绿量和水域覆盖率指标。指标体系还引入了住房条件综合指数,用以反映住房环境的老旧程度、拥挤程度、生活设施和无障碍设施情况,这一指数是基于人口普查数据的多个指标降维计算得出,是评估老年人居家养老住房质

表1 变量的描述性统计信息¹⁾

Table 1 Descriptive statistics of variables

变量维度	变量名	符号	平均值	标准差	最小值	最大值	预期关系
因变量	健康老人比例	Health	0.91	0.04	0.74	0.97	
	乡村健康老人比例	Rural Health	0.83	0.23	0.76	0.97	
生态污染环境	PM _{2.5} 年均质量浓度/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	PM _{2.5}	3.22	0.03	3.14	3.28	-
	污染企业数量/个	Factory	2.69	6.01	0.00	34.00	-
	年均绿量	NDVI	0.59	0.11	0.16	0.71	+
	水域覆盖率	River	0.04	0.13	0.00	0.87	+
住房环境	住房条件综合指数	House	0.34	0.32	0.06	1.75	+
交通环境	县级以上路网密度/($\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$)	Road	1.16	1.91	0.11	13.63	+
社会经济环境	千人指标医疗床位数/个	Hospital	4.70	1.83	3.80	13.00	+
	区域贫困剥夺指数	Deprive	0.51	0.15	0.01	0.94	-
	无主要收入来源的老人比例	No income	0.63	0.15	0.09	0.86	-
人口学特征	80岁以上高龄老人比例	Older80	0.03	0.01	0.01	0.06	-

1)七普数据分城、镇、乡3组填报,预期关系为环境自变量对因变量影响估计系数的正负关系;老人比例基数为 ≥ 60 岁人口数。

表 2 住房条件综合指数的信息熵和权重结果¹⁾

Table 2 The information entropies and weights of the comprehensive index of house conditions in Zhaoqing

项目	建成年代	建筑结构	人均建筑面积	住房生活设施
信息熵	0.92	0.94	0.92	0.93
冗余度	0.08	0.06	0.08	0.07
权重	0.27	0.20	0.28	0.25

1) 根据肇庆市人口普查数据长表住房指标采用熵值法计算得到, 具体参考王洋等(2017)。

量的有效衡量标准(王洋等, 2017)。为了考虑地区交通状况对老年人的健康影响, 建成环境指标纳入了县级以上道路密度, 该指标可反映区域内的交通通达性, 同时在一定程度上也能反映交通噪声污染程度(Klomp maker et al., 2019)。鉴于地区社会贫困阶层的老年人群在经济收入、社会地位以及就医资源等方面通常处于较弱势地位, 易受到社会贫困剥夺导致的健康不平等。因此纳入了地区的贫困剥夺指数、没有主要收入来源的老年人比例以及千人指标下的医疗卫生床位数(Browning & Rigolon, 2018; Wan & Su, 2016)。需要强调的是, 本研究使用了衡量经济弱势群体分布特征的区域贫困剥夺指数, 计算是根据西方国家的人口普查数据广泛应用的Z分数汤森剥夺指数法, 采用我国人口普查数据中与区域经济弱势相关的4个指标, 包括初中及以下学历的人口比例、月租房的家庭比例、无住房所有权和无汽车所有权的家庭比例。考虑了家庭住房来源和汽车拥有权状况, 这些因素在同为乡村属性的不同乡镇街道也会存在差异, 如住房所有权受村民集体土地所有权和商品住房开发情况的影响, 而汽车拥有对于偏远的农村家庭可能有不同的意义(Ouyang et al., 2022)。最后, 考虑到年龄与健康状况密切相关, 纳入80岁以上高龄老年人比例, 以便更稳妥地控制回归分析中的混淆因素, 确保结果的可靠性。此外, 考虑到建成环境的一级指标(包括土地利用、密度、可达性、设计等)较为宽泛(Li et al., 2022), 本文选择了一些具体的相关指标替代, 如遥感数据年均绿量NDVI替代了土地利用中绿地用地面积, 采用PM_{2.5}和污染企业数量代替工业用地比例, 以及更为精细的住房条件综合指标代替居住用地密度。研究未选择反映主观感知类指标(如美观设计、感知评价)等, 因为这些指标不如客观数据容易科学量化。在进行模型分析前, 首先对所有变量进行共线性和相关性检验, 结果显示需要剔除路网密度指标, 因其方

差膨胀因子VIF值为10.02且与年均绿量、水域覆盖率、医疗床位数等变量相关性大于0.8(一般不大于0.6)。检验后选取的控制变量VIF均小于6, 模型不存在多重共线性问题。

2 肇庆市老年人口健康水平的群体差异和空间差异

2.1 老年人口健康水平人群特征差异

2010年肇庆市健康老年人口比例为91.07%, 2020年为91.36%, 总数为61.67万人。各街镇健康老人比例范围是74%~97%, 均值为90%。其中, 肇庆城区的城东街道、城西街道和南岸街道健康老人比例高达93%以上, 而四会市罗源镇、封开县江川镇和怀集县甘洒镇的健康老人比例低于80%。端州区、鼎湖区和高新区的老年人自评健康水平高于其余县区。

城镇和乡村的健康老人比例存在较大的差距, 且随着老年人年龄的增长差距愈加明显(如图2)。城市的健康老人比例略优于镇, 但明显优于乡村。从年龄因素分析, 肇庆市城乡地区60~69岁的健

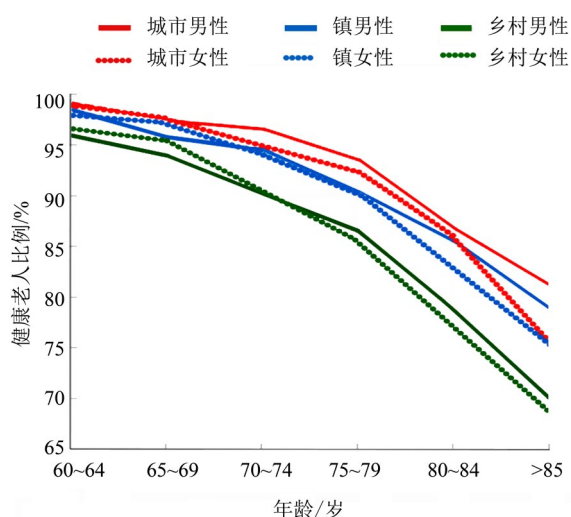


图2 2020年肇庆城镇乡地区老年人群特征健康水平差异
Fig. 2 Proportion of health status of different characteristics of the elderly in Zhaoqing urban, town and rural areas in 2020

康老人比例都在90%以上;70~80岁的健康老人比例在80%以上,高龄健康老人比例的城、镇和乡村差距进一步拉大,城市高龄健康老人比例为80%以上,而乡村高龄老人比例仅约65%。伴随着老人年龄的增长,健康人口比例呈现明显的下降趋势,高龄老人的健康水平比低龄老人的更趋于消极。从不同性别的老年人健康差异分析,在65~69岁之前的年龄段,女性老人健康水平略优于男性,而随着年龄增长,女性健康状况急剧下降,男性逐渐优于女性。进入80岁以后,老年人健康水平的性别差异持续显现。该结果符合“男女健康生存悖论(Male-female health-survival paradox)”(Oksuzyan et al., 2008),即高龄男性老年人的自评健康水平优于女性,但女性平均预期寿命高于男性,背后存在生物学(如基因)、行为科学(如危险行为)和社会学(如性别角色)的原因。

2.2 老年人口健康水平的空间格局

我国中小城市市域城镇体系规划的等级结构是按城区-城关镇-建制镇3个层级划分(王春程和罗小龙, 2022),城区、县城城关镇、建制镇对周围临近乡村均可辐射并共享其公共服务设施资源(如医疗、道路等),在城乡一体化的政策引导下,城乡统筹的基础空间单元扩大,在市域空间内部形成城乡发展组团(高相铎等, 2018)。因此观察城区、县城城关镇、建制镇的规模和职能地位的梯度等级差距,可判断其辐射能力强弱和与周边乡村的城乡人居环境发展融合程度。肇庆作为珠三角边缘的成长型地级市,2020年城镇化率仅为51%,不仅低于广东省的74%,还低于全国平均水平65%(广东省统计局, 2021)。肇庆市属于珠三角城市群的东南主城区辐射能力有限,区域贫困剥夺指数较高的乡镇都位于西北山区,西北山区四县经济总量仅占全市三成。

肇庆市老年人口的健康水平总体空间格局呈现东南高西北低的特征、城区、县城城关镇、建制镇呈现等级差距(如图3)。肇庆市东南部城区老年人健康水平较好,中部和西北部县域地区老年人健康水平相对较差。从各街镇的空间格局分析,健康情况良好的老年人主要集中在南部肇庆市和四会城区以及广宁县和怀集县的县政府所在的城关镇等经济发展水平优势街镇,整体呈现自中心向外侧逐渐降低的趋势。因此,相较于肇庆中部和西北部四个县镇,以及代管的四会市,肇庆东南部地处珠三角的端州区、鼎湖区、高要区、高

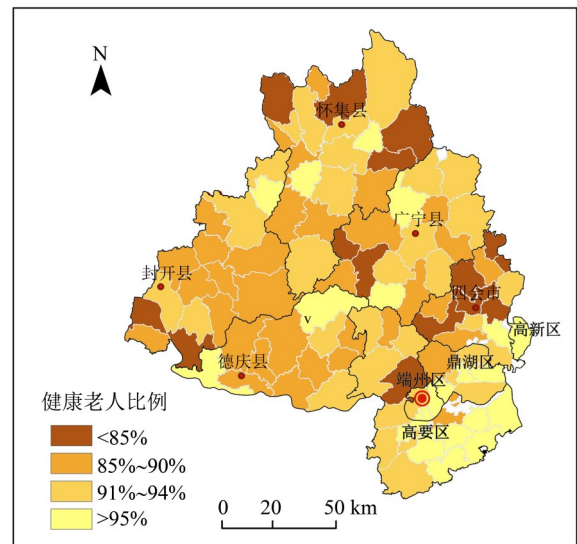


图3 2020年肇庆市各乡镇老年人口健康水平空间格局

Fig. 3 Spatial Distribution of health status of elderly population in townships of Zhaoqing in 2020

新区具有区域社会经济发展和健康效应优势。各县政府所在城关镇与建制镇的城乡差异也较为明显。究其原因,一是城关镇相较于其他建制镇,区域贫困剥夺指数较低、住房条件较好、医疗卫生设施资源较丰富,优势资源都倾向于分配给优先发展的城镇。二是居住在环境优质地区的老年人,大部分具有主要收入来源,老年生活有较稳定的经济保障,因此其自评健康水平相对较高。

3 影响肇庆市老年人口的人居环境因素

运用Tobit回归模型揭示各种人居环境因素对老年人口健康水平的影响,模型结果如表3所示。其中Model 1是因变量为全市健康老人比例的模型,并将其中人居环境条件较为落后的乡村地区分了对照组(Model 2)。

实证结果总体呈现以下特征:①对比全样本组与乡村组回归结果,空气质量、住房条件、医疗保障、贫困剥夺、老年抚养比指标对健康老人比例的影响,估计系数绝对值乡村组比全样本组更大,说明老人的健康水平在乡村地区受到环境因素的影响程度相对更大。②生态污染环境、社会经济环境、人口学特征等多因素变量与健康老人比例的相关性显著。各因素具体影响程度如下:

在生态污染环境方面,PM_{2.5}年均质量浓度对健康老人比例有显著的负相关关系。PM_{2.5}年均质量浓度每增加1%,健康老人比例降低1.2%,乡村

表3 模型估计结果¹⁾
Table 3 Estimation results of Tobit models

指标	Model 1(Health)		Model 2(Rural Health)	
	估计系数	标准误	估计系数	标准误
PM _{2.5}	-0.012**	0.005	-0.045**	0.020
Factory	-0.001	0.001	-0.003	0.003
NDVI	-0.080	0.062	-0.107	0.241
River	0.001	0.001	0.001	0.002
House	0.030**	0.014	0.116**	0.054
Deprive	-0.047*	0.025	-0.339***	0.097
Noincome	-0.001**	0.001	-0.001	0.001
Hospital	-0.006*	0.003	-0.089***	0.012
Older80	-0.040***	0.008	-0.031	0.031
Cons	1.335***	0.136	2.019***	0.534
<i>N</i>	105		98	
AIC	-404.761		-118.058	
BIC	-372.914		-86.210	

1) 根据肇庆市七普数据全样本和乡村地区分组计算得到; ***显著性为 $P<0.01$, ** $P<0.05$, * $P<0.1$ 。

健康老人比例降低4.5%。PM_{2.5}对老年人健康水平的负向预测作用,与众多研究发现基本一致(Klompaker et al., 2019; Liu et al., 2022)。此外,肇庆市污染企业数量、年均绿量、水域覆盖率与健康老人比例在统计上未存在显著的关联。

在住房环境方面,住房条件综合指数每提高1个单位,健康老人比例提升3%,乡村健康老人比例提升11.6%。由此可知,建筑年代、建筑结构、住房拥挤程度和住房生活设施是影响老年人健康水平的重要指标。将住房环境与老年人身体机能联系起来的研究由来已久。老年人身体机能和活动能力弱势且改造环境能力不足,长时间居家,居住条件简陋,缺少独立性生活空间和基础生活设施,都会对其健康带来长期的不良影响(Gu & Ming, 2021)。因此,老年人住房环境的宜居性是老人健康维持和改善的基础保障。

在社会经济环境方面,贫困剥夺指数和健康老人比例有显著的负相关关系。贫困剥夺性高的老年群体没有能力更换到更优质的养老居住环境,可能终身生活在位置边缘、资源匮乏的地区,因此导致了环境健康剥夺的产生(Poortinga et al., 2008; Wan & Su, 2016)。无主要收入来源的老人比例提高1%,健康老人比例将减少0.1%。养老的经济来源是老年人维持基本生活的保障,还影响康养和就医选择。千人指标的医院卫生院床位数

对健康老人比例的预测系数为负值,这一发现与预期不符,但此结果与黄柏石等(2020)采用相同数据在全国范围地级单元的研究结论一致。解释其可能的原因是医院附近的街道多为病毒和感染源集中地区,虽方便就医,但并不利用老年人长期居住。医疗保障资源是支持或破坏个人健康的关键因素(潘泽瀚等, 2022),但居住地在乡镇街道的医院附近并不利于居民健康。

在人口学特征方面,反映人口学特征的年龄指标对老年人健康水平呈现显著的影响。80岁高龄老人比例提高1%,健康老人比例会减少4%。表明年龄是影响老人健康状况的一项重要因素,随着高龄老人的增多,健康老人规模将快速下降,该结果与人体机能随年龄的增长而逐渐衰退的自然规律相吻合(敖荣军等, 2017)。

进一步探究PM_{2.5}、年均绿量和污染企业等生态污染指标对健康老人比例是否存在混杂影响,以及贫困剥夺地区污染环境暴露对老年人健康是否存在加剧影响。在表3基础模型中,加入中心化后的PM_{2.5}与年均绿量、PM_{2.5}与污染企业数量以及PM_{2.5}与贫困剥夺三组交互项。统计结果得出全地区样本模型上述交互项均不显著,但乡村地区模型中统计上显著(见表4),说明乡村老年人的健康水平在面临PM_{2.5}危害时表现出较强的敏感性和脆弱性。

分析乡村地区3组调节效应模型结果:年均绿

量与 $PM_{2.5}$ 的交互项估计系数显著为正(模型3a), 且与主效应 $PM_{2.5}$ 估计系数符号相反, 说明年均绿量会削弱 $PM_{2.5}$ 对老年人健康水平的负向影响。 $PM_{2.5}$ 与污染企业数的交互项估计系数显著为负(模型3b), 表明 $PM_{2.5}$ 浓度提高会加剧污染企业数量对老年人健康水平的损害程度。深入分析 $PM_{2.5}$ 与污染企业数量的关系, 可以注意到在二者的交互项加入后, $PM_{2.5}$ 对因变量的影响关系由显著(模型2)变为不显著(模型3b), 而污染企业数量对因变量的影响关系由不显著(模型2)变为显著模型。可解析的原因是在肇庆乡村地区, 污染企业的数量集聚对老年人的健康产生了不利影响, 这些企业排放废气和污染物对老年人的健康水平构成了威胁, 而老年人健康产生影响的主要污染物不是 $PM_{2.5}$, 而是其他更危害健康的空气污染物, 但 $PM_{2.5}$ 的浓度会随着污染企业的废气排出一起升高, 从而 $PM_{2.5}$ 浓度提高会加剧污染企业数量对老年人健康水平的损害程度。最后, $PM_{2.5}$ 与地区贫困剥夺指数有关的交互项估计系数显著为负(模型3c), 说明 $PM_{2.5}$ 在乡村地区中贫困剥夺指数高的乡镇街道中, 会加剧对老年人健康水平的危害。此结论与已有研究结果较为一致(Liu et al., 2022)。这一结果证明了社会经济环境和物理环境对健康的复合影响, 这一观点也得到其他研究的支持(Liu et al., 2022; Poortinga et al., 2008)。城镇和乡村老年人之间健康差异的形成原因可能在于地区经济发展

水平不同, 这导致了老年人群的经济状况差异, 同时影响了他们应对环境风险的能力, 拥有社会资本群体有能力积极应对人居环境中空气污染、绿地缺失、住房条件简陋等问题(Poortinga et al., 2008; Wan & Su, 2016)。因此政府要重点关注遭受贫困剥夺且体能弱勢的乡村地区老年人群, 他们规避环境风险、改造环境的能力严重受到限制, 可能受到环境、贫困、健康不平等的多重剥夺。

综上所述, 中小城市在城镇体系谱序中常被忽略, 与城区环境资源优势明显、辐射能力较强的大型城市不同, 中小城市内部空间结构发展不协调, 城区与周边乡镇无法形成“城区主导”或“城乡平等”一体化融合的空间体系, 城区有益于老年人健康的环境资源也难以辐射到周边(高相铎等, 2018)。宜老健康的环境建设是一项长期重要的任务, 多数中小城市宜老健康的环境影响因素研究还基本空白, 老年宜居环境需要考虑环境资源的改善与老年人健康需求相协调。本文采用乡镇尺度人口普查数据, 并结合遥感影像、POI等多源环境数据, 补充了同类型中小城市人居环境的老年人健康效应的研究实证。本研究通过分组回归和调节效应分析来强化多维人居环境要素和老年人健康的相关关系论证, 这补充了敖荣军等(2017)、马静等(2019)学者以地区总人口为对象的生态学研究思路。此外, 一些单一环境因素对老年人健康的影响结果与前人尚未达成一致, 如

表4 乡村地区调节效益模型估计结果¹⁾

Table 4 The results on the moderating effect of Tobit models in rural areas

指标	Model 3a		Model 3b		Model 3c	
	估计系数	标准误	估计系数	标准误	估计系数	标准误
$PM_{2.5}$	-0.046**	0.017	-0.026	0.019	-0.046**	0.020
NDVI	0.080	0.243	-0.198	0.223	-0.135	0.247
Factory	-0.001	0.003	-0.006**	0.003	-0.005	0.066
Deprive	-0.154	0.101	-0.047	0.093	-0.091	0.102
$PM_{2.5} \times NDVI$	0.907***	0.212				
$PM_{2.5} \times Factory$			-0.014***	0.002		
$PM_{2.5} \times Deprive$					-0.390***	0.113
Cons	2.183***	0.523	1.880***	0.488	2.249***	0.538
<i>N</i>	98		98		98	
AIC	-120.035		-136.377		-114.327	
BIC	-88.187		-104.53		-82.48	

1)根据肇庆市七普数据乡村地区分组计算得到, 其他控制变量与表3一致, 被纳入模型但未列出; ***显著性为 $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, * $P < 0.1$ 。

住房条件对老年人健康存在显著的关联影响,与于一凡和刘旭辉(2021)的研究未显著关联的结果不同,这说明了中小城市肇庆与以上海为代表的特大城市的情况有所区别。而年均绿量 NDVI 和肇庆乡镇街道的老年人没有关联,该结果与黄柏石等(2020)使用全国市级尺度普查数据发现的年均绿量 NDVI 和老年人正相关关系并不一致,说明两者相关关系因空间范围和尺度单元的异质性存在影响差异。本研究采样的普查数据仅能获取截面数据,未来研究将运用长时间序列的自评健康数据,探索肇庆市人居环境因素与老年人健康水平之间的关系,并且后续研究会采样个人层面数据开展更细致的调查,并会继续探索更多维的环境变量指标对老年人健康水平的非线性影响关系。

4 结 论

本文以肇庆市 105 个乡镇街道为研究对象,基于第七次人口普查的老年人口自评健康数据,并结合遥感影像、POI 等多源环境数据,采用空间可视化与统计建模等方法,分析了多维环境要素对老年人口健康水平的影响关系,得到如下结论:

- 1) 城、镇、乡的老年人健康状况存在梯度递减

趋势。老年人健康水平的性别差异也较为明显,在 70 岁后,男性较女性的健康状况优势更为明显并持续扩大。

- 2) 城乡二元结构的分化不仅体现在人居环境维度,也体现在肇庆市老年人健康水平在城区、城关镇、建制镇组成的空间结构中也存在等级差异。

- 3) 环境因素中的生态污染环境、社会经济环境、住房环境等多因素变量与健康老人比例的相关性显著,其中 $PM_{2.5}$ 浓度、贫困剥夺与老年人健康水平存在负向关联,且在乡村地区多维环境因素之间对老年人健康水平具有混杂影响,地区绿量仅在乡村地区对 $PM_{2.5}$ 浓度产生的不良健康效应存在缓冲作用,污染企业数量集聚则会加剧 $PM_{2.5}$ 浓度的不良健康效应。乡村老年人的健康水平在面临空气污染危害时有较强的脆弱性,其中居住在贫困剥夺的乡镇街道的老年人群更为明显。

综上,人居环境对老年人健康的影响是多元复杂而非单一维度,不能忽视环境要素的地域性和群体健康效益的差异。

致谢:感谢武汉理工大学资源与环境工程学院的何青青副教授在数据获取上给予的帮助,感谢中山大学地理与规划学院的姚泽仪、张建行、蔡丽敏、陈安琪在数据采集和整理上给予的帮助,感谢编辑和审稿专家提出了宝贵的修改建议。

参考文献:

- 艾斌,2022.老年人健康不平等的发展趋势研究[J].人口与经济,(4):42-60.
- 敖荣军,李浩慈,杨振,等,2017.老年人口健康的空间分异及影响因素研究——以湖北省为例[J].地理科学进展,36(10):1218-1228.
- 国家卫生健康委,2021.2020年度国家老龄事业发展公报[EB/OL].http://www.nhc.gov.cn/ljknews_index.shtml.
- 国家卫生健康委,2022.关于印发“十四五”健康老龄化规划的通知[EB/OL].中华人民共和国中央人民政府:<http://www.gov.cn>.
- 陈强,2015.计量经济学及 Stata 应用[M].北京:高等教育出版社:239-241.
- 陈玉洁,袁媛,周钰荃,等,2020.蓝绿空间暴露对老年人健康的邻里影响——以广州市为例[J].地理科学,40(10):1679-1687.
- 丁宏,成前,倪润哲,2018.城镇化的不平等、市民化与居民健康水平[J].南开经济研究,(6):20-35.
- 符建华,曹晓晨,2021.人口老龄化对中国经济高质量发展的影响研究[J].经济问题探索,(6):44-55.
- 高相铎,陈天,孟兆阳,2018.“乡村人”视角的城乡关系转型及规划策略——基于天津典型村庄的生活体验式调查[J].城市规划,42(8):29-35.
- 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):1480-94.
- 广东省统计局,2021.广东统计年鉴[G].北京:中国统计出版社:4-5.
- 黄柏石,李思思,全广乾,等,2020.中国老年人口自评健康水平的空间分异及影响因素研究[J].人文地理,35(3):37-47.
- 林宝,2021.积极应对人口老龄化:内涵、目标和任务[J].中国人口科学,(3):42-55+127.
- 马静,周创文,PRYCE G,2019.环境公正视角下空气污染和死亡人数的空间分析及关系研究——以河北省为例[J].人文地理,34(6):45-52+98.
- 潘泽瀚,吴连霞,卓冲,等,2022.2010—2020年中国老年人口健康水平空间格局演变及其影响因素[J].地理学报,77(12):3072-3089.
- 王春程,罗小龙,2022.中部地区“边缘化”的小城镇发展:对湖南省岳阳市城镇化的思考[J].现代城市研究,(8):99-105.
- 王洋,金利霞,张虹鸥,等,2017.广州市居民住房条件的空间

- 分异格局与形成机制[J].地理科学,37(6):868-875.
- 吴良镛,2018.加强人居环境规划建设管理与教育科研工作的思考[J].人类居住,(4):3-4.
- 于一凡,刘旭辉,2021.建成环境健康影响研究的行为变量及其中介效应——以上海市社区老年人的健康行为为例[J].科技导报,39(8):94-101.
- 赵雪雁,王伟军,万文玉,2017.中国居民健康水平的区域差异:2003-2013[J].地理学报,72(4):685-698.
- 郑振华,彭希哲,2019.社区环境对老年人行为与健康的影响研究——不同年龄阶段老年人的群组比较[J].地理研究,38(6):1481-1496.
- 周广肃,樊纲,申广军,2014.收入差距、社会资本与健康水平——基于中国家庭追踪调查(CFPS)的实证分析[J].管理世界,(7):12-21+51+187.
- 周素红,张琳,林荣平,2020.地理环境暴露与公众健康研究进展[J].科技导报,38(7):43-52.
- ADAMS J, RYAN V, WHITE M, 2004. How accurate are Townsend Deprivation Scores as predictors of self-reported health? A comparison with individual level data[J]. J Public Health,27(1):101-106.
- BROWNING M, RIGOLON A, 2018. Do income, race and ethnicity, and sprawl influence the greenspace-human health link in city-level analyses? Findings from 496 cities in the United States [J]. Int J Environ Res Public Health, 15(7):1541.
- DAVERN M, WINTERTON R, BRASHER K, et al, 2020. How can the lived environment support healthy ageing? A spatial indicators framework for the assessment of age-friendly communities[J]. Int J Environ Res Public Health, 17(20):7685.
- FAN H, WANG Y, WANG Y, et al, 2022. The impact of environmental pollution on the physical health of middle-aged and older adults in China[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 29(3):4219-4231.
- GU J, MING X, 2021. The influence of living conditions on self-rated health: Evidence from China[J]. Int J Environ Res Public Health, 18(17): 9200.
- HE Q, ZHANG M, SONG Y, et al,2021. Spatiotemporal assessment of PM2.5 concentrations and exposure in China from 2013 to 2017 using satellite-derived data[J]. J Clean Prod, 286:124965.
- KLOMPMAKER J O, JANSSEN N A H, BLOEMSMA L D, et al, 2019. Residential surrounding green, air pollution, traffic noise and self-perceived general health[J]. Environ Res,179:108751.
- LI Z, CHRISTENSEN G M, LAH J J, et al, 2022. Neighborhood characteristics as confounders and effect modifiers for the association between air pollution exposure and subjective cognitive functioning[J]. Environ Res,212:113221.
- LIU L, YAN L L, LV Y, et al, 2022. Air pollution, residential greenness, and metabolic dysfunction biomarkers: Analyses in the Chinese longitudinal healthy longevity survey [J]. BMC Public Health, 22(1):885.
- MARKEY C, BELLO O, HANLEY M, et al,2023. The use of area-level socioeconomic indices in evaluating cancer care delivery: A scoping review[J]. Ann Surg Oncol,30(5): 2620-2628.
- MITCHELL R, POPHAM F,2008. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: An observational population study[J]. Lancet, 372(9650):1655-1660.
- OKSUZYAN A, JUEL K, VAUPEL J W, et al, 2008. Men: good health and high mortality. Sex differences in health and aging[J]. Aging Clin Exp Res, 20(2):91-102.
- OUYANG Y, CAI H, YU X, et al, 2022. Capitalization of social infrastructure into China's urban and rural housing values: Empirical evidence from Bayesian Model Averaging[J]. Econ Model, 107:105706.
- POORTINGA W, DUNSTAN F, FONE D, 2008. Neighbourhood deprivation and self-rated health: The role of perceptions of the neighbourhood and of housing problems [J]. Health Place, 14(3):562-575.
- RICHARDSON E A, PEARCE J, MITCHELL R, et al,2013. A regional measure of neighborhood multiple environmental deprivation: Relationships with health and health inequalities[J]. Prof Geogr,65(1):153-170.
- SCHÜLE S A, HILZ L K, DREGER S, et al, 2019. Social inequalities in environmental resources of green and blue spaces: A review of evidence in the WHO European region[J]. Int J Environ Res Public Health, 16(7):1216.
- STEPHENS C, SZABÓ Á, ALLEN J, et al,2019. Livable environments and the quality of life of older people: An ecological perspective[J].Gerontologist, 59(4):675-685.
- WAN C, SU S, 2016. Neighborhood housing deprivation and public health: Theoretical linkage, empirical evidence, and implications for urban planning[J].Habit Int,57:11-23.
- WHO, 2015. China country assessment report on ageing and health[EB/OL]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509312>.