

城市建成环境对循环系统疾病死亡率的影响：以中国 17 个城市为例

翟星星^{1,2,3}, 沈育生^{1,2,3}, 崔胜辉^{1,2,3}

1. 福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002
2. 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 福建 厦门 361021
3. 厦门市城市代谢重点实验室, 福建 厦门 361021

摘要：

[背景] 针对循环系统疾病, 此前研究多集中在空气污染、气象因素对它的影响, 忽略了城市建成环境会影响循环系统疾病的发生。

[目的] 探讨中国城市建成环境对循环系统疾病死亡的影响, 并量化其影响效果。

[方法] 以中国 17 个城市为研究对象, 收集 2000—2019 年循环系统疾病死亡数据和城市建成环境数据(涉及城市绿化、城市用地、城市土地混合、城市道路设施、城市医疗设施)。采用多元线性回归方法分析循环系统疾病死亡率与建成环境的关系, 并进行定量分析。深入探究当城市经济发展水平相异、空气质量状况不同的情况下, 建成环境会对循环系统疾病死亡产生何种影响。

[结果] 城市建成环境会对循环系统疾病死亡率造成影响, 具有统计学意义($P < 0.05$)。其中, 城市绿地面积以及商业用地面积与循环系统疾病死亡率呈负相关关系, 其回归系数分别为 -0.550 、 -0.280 ($P < 0.05$); 相反, 城市道路面积的扩大、居住密度的升高以及土地混合度的增大则伴随着循环系统疾病死亡率的升高, 其回归系数分别为 0.322 、 0.283 、 0.176 ($P < 0.05$)。当城市经济发展水平较低时, 商业用地占比对循环系统疾病的影响表现得更加明显, 回归系数为 -0.476 ($P < 0.05$)。在城市空气污染状况加重时, 人均绿化面积与人均道路面积对疾病的影响作用更加突出, 回归系数分别为 -0.528 、 0.372 ($P < 0.05$)。

[结论] 城市建成环境与循环系统疾病死亡率存在相关性。人均绿化覆盖面积、商业用地占比与循环系统疾病死亡率呈负相关; 人均城市道路面积、居住用地占比、土地混合度与循环系统疾病死亡率呈正相关。

关键词： 循环系统疾病; 死亡率; 多元线性回归; 建成环境; 健康城市

Influence of built environment on circulatory disease mortality: A case study of 17 cities in China ZHAI Xingxing^{1,2,3}, SHEN Yusheng^{1,2,3}, CUI Shenghui^{1,2,3} (1. College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, Fujian 361021, China; 3. Xiamen Key Laboratory of Urban Metabolism, Xiamen, Fujian 361021, China)

Abstract:

[Background] In view of circulatory diseases, most previous studies focused on the impacts of air pollution and meteorological factors, while ignoring the influence of built environment.

[Objective] To investigate and quantify the impact of built environment on circulatory diseases in China.

[Methods] Circulatory disease mortality data and built environment data (including urban greenery coverage, urban land use, urban land use mix, urban road facilities and urban medical facilities) of 17 cities in China from 2000 to 2019 were collected. Multiple linear regression was used to analyze which built environment elements had significant influence on circulatory diseases, and to quantify their effects. Furthermore, the changes of built environment indicators on circulatory disease mortality were evaluated under different levels of urban economic development and various air quality.



DOI 10.11836/JEOM21224

基金项目

中国科学院国际伙伴计划项目(132C35KYSB 20200007)

作者简介

翟星星(1997—), 女, 硕士生;
E-mail: xxzhai@iue.ac.cn

通信作者

崔胜辉, E-mail: shcui@iue.ac.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-05-14

录用日期 2021-12-26

文章编号 2095-9982(2022)02-0161-07

中图分类号 R126.2

文献标志码 A

►引用

翟星星, 沈育生, 崔胜辉. 城市建成环境对循环系统疾病死亡率的影响: 以中国 17 个城市为例 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(2): 161-167.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21224

Funding

This study was funded.

Correspondence to

CUI Shenghui, E-mail: shcui@iue.ac.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2021-05-14

Accepted 2021-12-26

► To cite

ZHAI Xingxing, SHEN Yusheng, CUI Shenghui. Influence of built environment on circulatory disease mortality: A case study of 17 cities in China[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(2): 161-167.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21224

[Results] The built environment affected the mortality of circulatory diseases during the study period ($P < 0.05$). Urban green space and commercial land area were negatively correlated with circulatory disease mortality, and regression coefficients were -0.550 and -0.280 , respectively ($P < 0.05$). On the contrary, the increase of urban road area, residential land ratio, and the degree of land use mix were positively associated with circulatory disease mortality, and their regression coefficients were 0.322 , 0.283 , and 0.176 , respectively ($P < 0.05$). When the level of urban economic development was low, the impact of commercial land use ratio on circulatory diseases was stronger, and the regression coefficient was -0.476 ($P < 0.05$). When urban air pollution worsened, the impacts of per capita green coverage area and per capita urban road area on the disease were more prominent, and the regression coefficients were -0.528 and 0.372 , respectively ($P < 0.05$).

[Conclusion] There is a significant correlation between urban built environment and mortality of circulatory diseases. To be specific, circulatory disease mortality has a negative correlation with per capita green coverage area and commercial land use ratio, and a positive correlation with per capita urban road area, residential land ratio and degree of land use mix.

Keywords: circulatory disease; mortality; multiple linear regression; built environment; healthy city

全球循环系统疾病死亡率从 2007 年开始逐年上涨,成为公共卫生中关键的议题^[1]。2016 年,全球约有 1.79×10^7 人死于循环系统疾病,占总死亡人数的 31%,位列死因首位^[2]。2018 年,中国城市居民中循环系统疾病致死率达到 283.61/10 万,在各疾病死亡率中排名第一^[3]。循环系统疾病对人类健康有着极大的威胁。循环系统疾病的获得与遗传、环境、个人生活方式有关^[4-5],诸如遗传、肥胖、高血压、气象因素、空气污染、自然环境、社会环境以及所处的建成环境等。人体内在因素与自然环境、社会环境、建成环境相结合最终影响个体健康^[6]。在这诸多因素中,目前研究多聚焦于疾病与个人因素或气象因素、空气污染关系的探讨^[7-8],忽视了城市建成环境对循环系统疾病的重要影响。

建成环境是指相对于自然环境而言的一种人造环境,指由土地利用、交通规划和城市设计组成的城市规划环境,包括土地使用状况、建筑密度和强度、街道规模和密度等^[9-10]。建成环境涵盖范围广,在健康城市领域,常把建成环境分为绿地和开放空间、土地使用、空间形态、道路交通四方面^[11],建成环境是通过促进公众体力活动与邻里交往,影响空气质量,进而影响居民身心健康^[11-12]。合理规划城市建成环境有助于改善居民健康状况。国内外科研工作者对此进行了一定的探究。贺娜等^[13]进行了城市环境和交通规划与循环系统疾病的系统综述,表明城市环境与循环系统疾病存在关联。曹阳等^[12]搭建了建成环境与居民健康关系的研究框架。王冬根等^[14]表示健康城市研究是近些年兴起的研究热点,围绕建成环境对个体健康的影响展开探讨。王兰等^[11]将建成环境分为绿地与开放空间、土地使用、道路交通等要素。其中,城市绿地对循环系统疾病死亡率有影响^[15-16]。Wang 等^[17]在对中国香港主城区的老龄人口进行研究发现,生活在高度城

市化地区的老年人,绿地覆盖率越高,循环系统疾病死亡率的风险就越低。居住用地、工业用地、商业用地、土地混合度在以往研究中,被选作土地使用要素的重要指标^[16, 18-20]。道路交通作为建成环境要素的一部分影响着城市居民健康^[12, 21-22]。医疗设施作为公共服务设施的要素,在研究建成环境与健康关系时被纳入考量范围^[16, 23-24]。

《“健康中国 2030”规划纲要》指出要把健康城市和健康村镇建设作为推进健康中国建设的重要抓手,如何有效地落实此项国家发展战略将是未来发展的关键^[25]。本研究以中国 17 个城市作为研究对象,针对中国城市建成环境与循环系统疾病之间的关系进行研究,探讨建成环境要素对循环系统疾病死亡率的影响,并量化其影响效果。旨在回答以下两个科学问题:哪些城市建成环境要素与循环系统疾病有关?城市建成环境如何影响循环系统疾病?研究结果可作为健康城市规划的参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究变量

为厘清中国城市建成环境对循环系统疾病的影响,并针对其效果量化。选用以下研究变量作为衡量及分析指标。应变量选取循环系统疾病(心血管和脑血管等疾病的统称)的死亡率(1/10 万)。根据《国际疾病分类》第 10 版,其编码为 I00~I99。依据数据的可获得性和城市的空间分布位置,收集 2000—2019 年 17 个中国大陆城市中可获得的循环系统疾病年度死亡率数据。所收集的城市为哈尔滨、沈阳、北京、青岛、连云港、徐州、南通、无锡、上海、苏州、南京、深圳、广州、桂林、重庆、成都、乌鲁木齐。

自变量则根据建成环境的内涵,依据前人研究成果中选取的指标,并结合实际可收集到的数据情况,

选取如下建成环境指标: (1)反映城市居住密度的居住用地占比(%)^[16, 19], (2)表示城市工业用地状况的工业用地面积占比(%)^[16, 20], (3)体现城市商业用地比重的商业用地面积占比(%)^[16, 18, 26], (4)代表城市蔓延状况的人均城市道路面积($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)^[12, 21, 26-27], (5)体现城市医疗水平的人均拥有医疗单位技术人员数 $[\text{人} \cdot (\text{万人})^{-1}]$ ^[16, 23-24], (6)代表城市绿化水平的人均建成区绿化覆盖面积($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)^[15-17, 23], (7)反映土地混合度的熵指数(entropy index, EI)^[20, 24]。熵指数公式如下:

$$V_{EI} = \frac{-\sum (A_{ij} \ln A_{ij})}{\ln N_j} \quad (1)$$

式中, V_{EI} 为熵指数, 其数值越大表示混合程度越高; A_{ij} 表示 j 城市中各城市用地 i 占总建设用地面积的百分比; N_j 为 j 城市中各城市用地 i 的数量^[28]。

本研究涉及到的其他用于分类的指标: (1)人均地区生产总值($\text{元} \cdot \text{人}^{-1}$), 是用来衡量城市的经济发展状况, 对于城市建成环境建设有重要影响; (2)空气质量达到二级良好的天数(d), 是用来探讨在空气质量状况不同的情况下, 建成环境要素对循环系统疾病产生的影响。

1.2 资料来源

循环系统疾病死亡数据来源如下: 广州市(2010—2018年)与深圳市疾病数据(2000—2018年)分别通过向广州市疾病预防控制中心与深圳市疾病预防控制中心申请获得。重庆市、青岛市与南京市循环系统疾病数据分别来源于《重庆卫生健康统计年鉴》(2016—2019年)、《青岛卫生健康年鉴》(2003—2017年)、《南京卫生健康年鉴》(2007—2019年)。其余12个城市的循环系统疾病数据来自各城市统计年鉴(2001—2020年)。

各项城市建成环境指标来源情况如下所示: 17个城市2002—2019年的人均城市道路面积、商业用地面积占比、工业用地面积占比、居住用地面积占比指标均取自于《中国城市建设统计年鉴》(2002—2019年); 熵指数是由《中国城市建设统计年鉴》(2002—2019年)中的资料计算得出。2000年和2001年的上述指标是来自相应年份各城市统计年鉴。各城市2000—2019年的人均建成区绿化覆盖面积指标取自于《中国城市统计年鉴》(2001—2020年)。人均拥有医院卫生院技术人员来自各城市统计年鉴(2001—2020年)。此外, 各城市各年份的人均地区生产总值是从《中国城市统计年鉴》(2001—2020年)获得。由于部分城市的疾病死亡统计工作是近年来才

开展的, 以及部分城市卫生健康委员会与疾病预防控制中心因数据需再加工缘由不予提供, 所以部分城市的部分年份数据有所缺失。为保证数据的真实可靠性, 选择尊重客观事实, 样本量共计144。建成环境指标的时间与空间尺度与疾病数据的时空尺度一致。

为保证模型的真实有效性及科学性, 在本研究中, 循环系统疾病死亡率未做任何填补, 仅针对建成环境指标中的5项指标(人均道路面积、居住用地占比、工业用地面积占比、商业用地占比、土地混合度)进行填补。针对建成环境指标进行填补的原因在于建成环境要素年际间变化较小, 且有规律可循, 故进行了合理填补, 填补比率占总体数据的7%。因研究需要, 对数据进行填充的方法有: 比例插补(比率插补)、均值填充法。比例插补是利用目标变量和辅助变量之间的关系, 建立一个比率模型, 利用建立的模型插补缺失数据^[29]。均值填充法是利用研究数据属性的已观测数据的均值作为缺失值的替代值^[30]。人均道路面积、土地混合度选用比例插补法填充。居住用地占比、工业用地占比、商业用地占比用均值填充法填充。

1.3 统计学分析

本研究利用多元线性回归分析的统计方法, 分析循环系统疾病死亡率与建成环境的关系, 并采用SPSS 25.0软件进行操作。进行多元线性回归分析时, 根据变量资料, 校估出一个多元回归方程式, 同时通过一些检验指标, 确定所校估模式的正确性及稳定性。模型通过 F 检验及共线性检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。多元回归方程式如下:

$$\hat{Y} = Xb + \varepsilon \quad (2)$$

式中, $\hat{Y}$ 表示应变量行向量; X 表示预测变量矩阵; b 表示回归参数行向量; ε 表示误差行向量。

在通过多元回归分析找到与循环系统疾病死亡率有关联的指标基础上, 进一步分析不同经济发展水平的城市, 其城市建成环境指标与循环系统疾病死亡率的关系。按照人均地区生产总值达到10万元为界, 将17个城市分成两个经济发展水平等级, 并构建两个多元回归分组模式(人均GDP分组模式)。以全年空气质量达到二级良好的天数为衡量指标, 超过300d为空气状况较好, 低于300d为空气状况较差, 分别构建两个多元回归分组模式(空气质量达标天数分组模式)。

2 结果

2.1 疾病与建成环境要素的描述性统计结果

循环系统疾病在空间上不具有传染性,即不具有空间相关性。一个城市循环系统疾病死亡率的高低受当地居民的生活方式、饮食习惯、当地环境等因素的影响。研究对象中各城市因功能定位、规模、所处地域等悬殊差异,导致各研究变量间变化幅度大。表 1 是基于 2000—2019 年 17 个城市各研究变量的总体描述性分析。表 2 为各城市研究变量的均值统计结果。

2.2 多元线性回归分析结果

2.2.1 基础模式 本研究所构建的多元线性回归模式,符合线性、独立、正态、方差齐等设定,为最佳线性不偏估计式。 F 值为 12.116, $P < 0.05$, 具有统计学意义。研究变量除了人均医护人员数、工业用地占比不具统计学意义($P > 0.05$),其余变量均具有统计学意义($P < 0.05$)。其中,人均城市道路面积、居住用地占比、土地混合度与循环系统疾病死亡率同步增长,其回归系数分别为 0.322、0.283、0.176。而人均绿化覆盖面积、商业用地占比与疾病死亡率呈负相关,其回归系数分别为-0.550、-0.280。上述具有统计学意义的变量中,贡献最大的分别是人均城市道路面积与人均绿化覆盖面积。所有指标均通过共线性检验,具体分析情况如表 3 所示。

表 1 17 城市循环系统疾病死亡与建成环境要素的描述性统计结果(2000—2019 年)

Table 1 Descriptive statistics results of circulatory disease mortality and built environment elements in 17 cities (2000—2019)

变量	$\bar{x} \pm s$	Min	Max
循环系统疾病死亡率/($\times 10^{-5}$)	190.910 $\pm$ 88.332	16.400	524.669
人均绿化覆盖面积/($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	22.731 $\pm$ 11.566	2.683	61.956
人均城市道路面积/($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	7.205 $\pm$ 3.470	1.087	18.852
人均医护人员数/[人·(万人) $^{-1}$]	64.553 $\pm$ 20.503	22.417	121.888
居住用地占比/%	30.2 $\pm$ 4.4	11.6	40.6
工业用地占比/%	24.6 $\pm$ 11.2	1.6	35.3
商业用地占比/%	6.4 $\pm$ 6.2	0.1	39.1
土地混合度(无量纲)	0.836 $\pm$ 0.041	0.735	0.924
人均地区生产总值/(元·人 $^{-1}$)	70 470.108 $\pm$ 39 577.867	7 100.008	185 942.456
空气质量达到二级良好天数/d	282.765 $\pm$ 59.078	139.000	365.000

2.2.2 分组模式 分组模式具体情况如表 4 所示。相同之处,两模式都表明居住用地密度与循环系统疾病死亡呈正相关、城市绿化与循环系统疾病死亡呈负相关。相异之处,人均城市道路面积、商业用地占比在经济水平高的分模式中不具有统计学意义($P > 0.05$),但在经济水平较低的分组模式中具有统计学意义($P < 0.05$),其回归系数分别为 0.251、-0.476。

表 2 研究城市的循环系统疾病与建成环境要素均值(2000—2019 年)

Table 2 The mean value statistics of circulatory diseases and built environment elements from study areas (2000—2019)

研究城市	循环系统 疾病死亡率/($\times 10^{-5}$)	人均绿化 覆盖面积 /($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	人均城市 道路面积 /($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	人均医护人员数 /[人·(万人) $^{-1}$]	居住用地 占比/%	工业用地 占比/%	商业用地 占比/%	土地 混合度 (无量纲)	人均地区生产总值/ (元·人 $^{-1}$)	空气质量达 到二级良好 天数/d
南通($n=2$)	304.879	13.819	7.012	67.199	30.647	26.192	7.105	0.842	121 751.930	293.000
徐州($n=5$)	290.725	10.285	3.029	42.020	26.687	16.377	0.675	0.874	36 269.215	282.400
青岛($n=2$)	285.120	12.206	6.535	41.781	28.534	23.221	5.277	0.888	48 805.176	333.000
上海($n=19$)	281.043	15.194	4.586	61.737	36.153	27.396	3.896	0.791	71 976.987	305.579
重庆($n=4$)	278.125	18.996	7.918	60.945	31.182	20.523	6.369	0.866	59 778.914	288.250
南京($n=14$)	243.108	36.269	13.667	69.119	27.528	23.824	5.161	0.871	83 923.932	275.429
广州($n=9$)	216.870	34.468	8.598	90.635	30.673	28.555	7.880	0.824	124 354.458	314.333
北京($n=6$)	214.067	27.517	5.001	81.001	24.853	15.012	4.523	0.854	46 086.625	212.167
苏州($n=1$)	206.653	11.379	6.152	45.626	28.908	28.302	5.965	0.798	59 519.670	324.000
无锡($n=15$)	199.409	14.752	8.063	44.628	30.076	29.472	8.516	0.817	69 647.638	193.681
桂林($n=7$)	193.978	6.014	1.755	51.575	27.984	21.244	0.628	0.859	30 177.533	330.571
沈阳($n=20$)	188.471	19.380	7.153	68.840	30.190	23.439	3.682	0.849	53 231.263	277.400
哈尔滨($n=1$)	182.826	9.625	2.685	40.888	29.151	23.441	9.589	0.859	21 094.148	308.000
成都($n=10$)	176.911	17.741	5.525	86.108	33.972	17.379	6.169	0.853	67 676.530	247.100
乌鲁木齐($n=8$)	102.205	40.076	7.107	96.597	30.892	18.264	5.492	0.891	49 480.912	249.375
连云港($n=2$)	94.700	19.536	5.766	59.556	38.426	22.503	8.567	0.827	55 643.786	284.500
深圳($n=19$)	25.332	32.264	8.893	49.196	26.356	31.834	14.779	0.798	98 042.912	352.789

表 3 建成环境与循环系统疾病多元回归分析结果
Table 3 Multiple linear regression on built environment and circulatory diseases

变量	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	共线性统计量	
				容差	VIF
常量	—	-1.612	0.109	—	—
人均绿化覆盖面积/(m ² ·人 ⁻¹)	-0.550	-4.658	<0.001	0.324	3.082
人均城市道路面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.322	3.262	0.001	0.466	2.146
人均医护人员数/[人·(万人) ⁻¹]	0.144	1.491	0.138	0.484	2.067
居住用地占比/%	0.283	3.610	<0.001	0.736	1.359
工业用地占比/%	-0.007	-0.091	0.928	0.774	1.292
商业用地占比/%	-0.280	-3.644	<0.001	0.765	1.307
土地混合度(无量纲)	0.176	2.097	0.038	0.645	1.551

[注]VIF: 方差膨胀因子。

表 4 人均 GDP 分组模式下建成环境与循环系统疾病多元回归分析结果

Table 4 Multiple linear regression on built environment and circulatory diseases grouped by per capita GDP

变量	人均GDP≥10万元			人均GDP<10万元		
	<i>b</i>	<i>P</i>	VIF	<i>b</i>	<i>P</i>	VIF
常量	—	<0.001	—	—	0.796	—
人均绿化覆盖面积/(m ² ·人 ⁻¹)	-0.671	0.008	7.921	-0.384	0.003	2.617
人均城市道路面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.322	0.109	5.473	0.251	0.020	1.890
人均医护人员数/[人·(万人) ⁻¹]	0.315	0.117	5.490	0.035	0.748	1.938
居住用地占比/%	0.421	0.005	2.665	0.189	0.043	1.425
工业用地占比/%	0.303	0.071	3.762	0.049	0.593	1.395
商业用地占比/%	-0.061	0.581	1.735	-0.476	<0.001	1.429
土地混合度(无量纲)	0.574	0.001	3.272	0.045	0.645	1.595

[注]VIF: 方差膨胀因子。

空气质量达标天数分组模式具体分析结果如表 5 所示。空气质量较好时,居住用地占比、商业用地占比、土地混合程度对循环系统疾病有影响($P<0.05$)。居住用地占比、商业用地占比、土地混合度的回归系数分别为 0.715、-0.217、0.489。空气污染严重时,城市绿化水平与循环系统疾病死亡率呈负相关,人均绿化覆盖面积的回归系数为-0.528,具有统计学意义($P<0.05$)。与之相反,人均城市道路面积与循环系统疾病死亡率呈正相关,回归系数为 0.372,具有统计学意义($P<0.05$)。

表 5 空气质量达标天数分组模式下建成环境与循环系统疾病多元回归分析结果

Table 5 Multiple linear regression on built environment and circulatory diseases grouped by days with qualified air quality

变量	空气质量达到二级 良好天数≥300 d			空气质量达到二级 良好天数<300 d		
	<i>b</i>	<i>P</i>	VIF	<i>b</i>	<i>P</i>	VIF
常量	—	<0.001	—	—	0.408	—
人均绿化覆盖面积/(m ² ·人 ⁻¹)	-0.154	0.562	11.256	-0.528	0.011	3.352
人均城市道路面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.090	0.689	8.093	0.372	0.017	1.937
人均医护人员数/[人·(万人) ⁻¹]	0.084	0.414	1.686	0.245	0.167	2.572
居住用地占比/%	0.715	<0.001	2.405	-0.120	0.338	1.296
工业用地占比/%	-0.027	0.765	1.320	0.141	0.322	1.663
商业用地占比/%	-0.217	0.033	1.607	0.025	0.846	1.421
土地混合度(无量纲)	0.489	0.000	2.290	-0.014	0.923	1.756

[注]VIF: 方差膨胀因子。

3 讨论

人均建成区绿化覆盖面积可反映城市绿化水平,与循环系统疾病死亡率呈负相关。究其原因,可分为三方面,首先,在生理健康方面,绿化植被对空气污染物有净化作用,树木挥发的物质有杀菌作用^[31],从而能提高城市对污染物的自净代谢能力,降低循环系统疾病死亡率。其次,在心理健康方面,城市绿化带是城市建成环境中不可多得的自然景观,而自然景观能缓解人们生活工作的压力,进而降低循环系统疾病致死率。最后,在社会健康方面,城市绿化空间常提供市民休闲娱乐社交的场所,不仅能增加社交活动,还能提升身体活动量,间接影响循环系统疾病的发生与死亡^[32]。

研究表明城市居住密度的提高会加重循环系统疾病,可能与居住拥挤度提高所衍生的心理压力有关^[33]。谢波等^[19]以武汉为例,证实了居住用地密度与脑卒中患病风险呈正相关,即高密度居住环境下更容易患脑卒中,与本研究结果一致。在所选城市中商业用地比重的提高会增加居民步行活动量,从而降低循环系统疾病死亡率。适宜步行的环境无形中提高了居民运动量,降低肥胖发生率,进而影响疾病的发生。Hirsch 等^[18]的研究也证实了这一点。经济发展水平有限的城市,娱乐活动方式相对单一,仅有的商业服务设施成为城市居民休闲娱乐的最佳场所。因此,这种情况在经济水平较低的城市中表现得更加明显。

人均城市道路面积增大与循环系统疾病致死率呈正向相关,即道路扩张对疾病产生威胁。这种情况

在空气质量状况较差,经济发展水平较低的城市当中尤为明显。由于城市道路面积扩大导致机动车使用率上升,空气污染物浓度增加,使得循环系统疾病死亡率上升。而城市扩张与机动车使用率,往往形成一个反馈闭环,循环往复继而加重循环系统疾病死亡的状况^[34]。可吸入颗粒物附着的细菌、病毒与重金属进入体内,深达并沉积于肺泡,继而进入血液循环,使机体产生炎症与免疫反应,最终诱发循环系统疾病^[31]。另外,Ewing等^[35]指出城市外延拓展所导致的通勤时间延长,使得坐式活动时间增加,并减少了健身休闲的时间,促使肥胖率增加,进而加重循环系统疾病。总而言之,城市规划干预可以通过减少空气污染和加强身体活动两种路径实现^[17]。

熵指数是衡量土地混合程度的指标。本研究显示土地混合度的提高会增加循环系统疾病死亡率。前人研究表明土地混合程度与循环系统疾病致死率呈正向相关的背后原因,可能与社区污染源增多所造成的空气污染物质排放有关^[24,36]。由于各国的发展程度及城市土地利用类型不尽相同,Ewing等^[35]研究显示,土地混合度与循环系统疾病致死率呈负向关系,是因为居民能够以步行方式在周边完成生活所需各项服务,从而减少机动车驾驶率,无形中增加运动量,防范疾病发生。

本研究存在一定的局限性:第一,本文主要针对城市建成环境对循环系统疾病的影响展开分析,难以排除已发现的环境因素对循环系统死亡的影响。第二,建成环境概念涵盖范围广,难以涉及建成环境的方方面面。因数据的可获得性有限,本研究仅选择了建成环境的重要指标,后续研究中应考虑加入体育设施指标以及能更好地反映住房环境的相关指标。

合理城市规划能够促进人体健康,本研究发现城市建成环境与循环系统疾病死亡率存在关联,并为健康城市规划提供理论支持,为降低循环系统疾病死亡率提供新的思路。具体建议如下:(1)城市绿化环境对居民身心健康起到长效调理作用,将绿色植被与建成环境结合是城市规划者可以采取的有效措施。(2)避免城市道路面积增大对减少循环系统疾病死亡率也大有裨益。城市不能过度扩张,应重视小而紧凑的发展方式。(3)改善居住环境,在合理范围内适度增大商业用地面积,使居民尽可能公平地享受城市基础设施也是规划者需要考虑的方面。综上所述,避免城市无序扩张,适度提高城市绿化率以及城市商业用地比重等建议,不仅可以降低循环系统疾病死亡率,还能作

为健康城市建设的关键要素。

参考文献

- [1] GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016[J]. *Lancet*, 2017, 390(10100): 1151-1210.
- [2] World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs)[EB/OL]. [2020-11-12]. [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-disease-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-disease-(cvds))
- [3] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴2019[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2019: 284-287.
National Health Commission. China health statistical yearbook 2019[M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2019: 284-287.
- [4] 胡盛寿, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告2018》概要[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(3): 209-220.
HU SS, GAO RL, LIU LS, et al. Summary of the 2018 report on cardiovascular diseases in China[J]. *Chin Circ J*, 2019, 34(3): 209-220.
- [5] 张延吉. 城市建成环境对慢性病影响的实证研究进展与启示[J]. *国际城市规划*, 2019, 34(1): 82-88.
ZHANG YJ. The influence of built environment on chronic disease: review and enlightenment[J]. *Urban Plan Int*, 2019, 34(1): 82-88.
- [6] SARKAR C, GALLACHER J, WEBSTER C. Built environment configuration and change in body mass index: the Caerphilly Prospective Study (CaPS)[J]. *Health Place*, 2013, 19: 33-44.
- [7] 张永利, 莫哲, 易井萍, 等. 舟山市大气PM_{2.5}对居民循环系统疾病日死亡人数的影响[J]. *环境与职业医学*, 2017, 34(3): 224-229.
ZHANG YL, MO Z, YI JP, et al. Effect of PM_{2.5} on daily mortality of circulatory diseases in Zhoushan city[J]. *J Environ Occup Med*, 2017, 34(3): 224-229.
- [8] 郑晶, 刘晓秋, 刘芳, 等. 哈尔滨市大气污染与居民循环系统疾病死亡风险的相关分析[J]. *环境与职业医学*, 2018, 35(10): 885-891.
ZHENG J, LIU XQ, LIU F, et al. Correlation analysis between air pollution and risk of death from circulatory diseases of residents in Harbin[J]. *J Environ Occup Med*, 2018, 35(10): 885-891.
- [9] HANDY S L, BOARNET M G, EWING R, et al. How the built environment affects physical activity: views from urban planning[J]. *Am J Prev Med*, 2002, 23(2 Supplement 1): 64-73.
- [10] 李孟飞. 城市建成环境健康性研究综述[J]. *北京联合大学学报(自然科学版)*, 2017, 31(4): 37-43.
LI MF. Review of research on health impact of the urban built environment[J]. *J Beijing Union Univ (Nat Sci)*, 2017, 31(4): 37-43.
- [11] 王兰, 廖舒文, 赵晓菁. 健康城市规划路径与要素辨析[J]. *国际城市规划*, 2016, 31(4): 4-9.
WANG L, LIAO SW, ZHAO XJ. Exploration of approaches and factors of healthy city planning[J]. *Urban Plan Int*, 2016, 31(4): 4-9.
- [12] 曹阳, 甄峰, 姜玉培. 基于活动视角的城市建成环境与居民健康关系研究框架[J]. *地理科学*, 2019, 39(10): 1612-1620.
CAO Y, ZHEN F, JIANG YP. The framework of relationship between built environment and residents' healthy based on activity perspective[J]. *Sci Geogra Sinica*, 2019, 39(10): 1612-1620.
- [13] 贺娜, 李东泽, 贾禹, 等. 城市环境和交通规划与心血管疾病的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(2): 140-143.
HE N, LI DZ, JIA Y, et al. City environments and transport planning on

- cardiovascular diseases[J]. *Adv Cardiovasc Dis*, 2020, 41(2): 140-143.
- [14] 王冬根, 毛子丹. 城市环境与健康专栏导论[J]. *人文地理*, 2021, 36(1): 21.
WANG D G, MAO Z D. A introduction to urban environment & health[J]. *Hum Geogr*, 36(1): 21.
- [15] LI C, SONG Y, TIAN L, et al. Urban form, air quality, and cardiorespiratory mortality: a path analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(4): 1202.
- [16] KIM D H, YOO S. How does the built environment in compact metropolitan cities affect health? A systematic review of Korean studies[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(16): 2921.
- [17] WANG D, LAU K K L, YU R, et al. Neighbouring green space and mortality in community-dwelling elderly Hong Kong Chinese: a cohort study[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(7): e015794.
- [18] HIRSCH J A, MOORE K A, CLARKE P J, et al. Changes in the built environment and changes in the amount of walking over time: longitudinal results from the multi-ethnic study of atherosclerosis[J]. *Am J Epidemiol*, 2014, 180(8): 799-809.
- [19] 谢波, 郑依玲, 李志刚, 等. 中国城市高密度居住环境对居民脑卒中的影响——对武汉的实证[J]. *城市规划*, 2021, 45(5): 30-39.
XIE B, ZHENG Y L, LI Z G, et al. Influence of urban high-density living environment on stroke risk: a case study of Wuhan[J]. *City Plan Rev*, 2021, 45(5): 30-39.
- [20] PATINO J E, HONG A, DUQUE J C, et al. Built environment and mortality risk from cardiovascular disease and diabetes in Medellín, Colombia: an ecological study[J]. *Landsc Urban Plan*, 2021, 213: 104126.
- [21] 杨秀, 王劲峰, 类延辉, 等. 城市层面建成环境要素影响肺癌发病水平的关系探析: 以126个地级市数据为例[J]. *城市发展研究*, 2019, 26(7): 81-89.
YANG X, WANG J F, LEI Y H, et al. Analysis for the impact of urban built environment factors on the lung cancer incidence: an empirical study of 126 Chinese cities[J]. *Urban Dev Stud*, 2019, 26(7): 81-89.
- [22] 李经纬, 欧阳伟, 田莉. 建成环境对公共健康影响的尺度与方法研究[J]. *上海城市规划*, 2020, 2(2): 38-43.
LI J W, OUYANG W, TIAN L. Study on the scale and method of impacts of built environment on public health[J]. *Shanghai Urban Plan Rev*, 2020, 2(2): 38-43.
- [23] 林杰, 孙斌栋. 建成环境对城市居民主观幸福感的影响——来自中国劳动力动态调查的证据[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(12): 69-75.
LIN J, SUN B D. Impact of built environment on urban residents' subjective well-being: evidence from the China labor-force dynamics survey[J]. *Urban Dev Stud*, 2017, 24(12): 69-75.
- [24] SHEN Y S, LUNG S C C. Multiple impacts and pathways of urban form and environmental factors on cardiovascular mortality[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 738: 139512.
- [25] 中共中央, 国务院. 《“健康中国2030”规划纲要》[EB/OL]. [2020-11-12]. https://baike.so.com/doc/24468687-25312554.html#refer_24468687-25312554-14318398.
The State Council of the People's Republic of China. “Healthy China 2030” planning framework[EB/OL]. [2020-11-12]. https://baike.so.com/doc/24468687-25312554.html#refer_24468687-25312554-14318398.
- [26] 王兰, 蒋希冀, 孙文尧, 等. 城市建成环境对呼吸健康的影响及规划策略——以上海市某城区为例[J]. *城市规划*, 2018, 42(6): 15-22.
WANG L, JIANG X J, SUN W Y, et al. Impact of urban built environment on respiratory health and its planning strategy: a case study of a district in Shanghai[J]. *City Plan Rev*, 2018, 42(6): 15-22.
- [27] 范晨璟, 田莉, 李经纬. 城市形态对空气质量影响研究的国内外进展[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(12): 92-100.
FAN C J, TIAN L, LI J W. Research progress of impacts of urban form on air quality[J]. *Urban Dev Stud*, 2017, 24(12): 92-100.
- [28] MANAUGH K, KREIDER T. What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix[J]. *J Transp Land Use*, 2013, 6(1): 6-72.
- [29] 杨军, 赵宇, 丁文兴. 抽样调查中缺失数据的插补方法[J]. *数理统计与管理*, 2008, 27(5): 821-832.
YANG J, ZHAO Y, DING W X. On imputation methods of missing data in survey sampling[J]. *Appl Stat Manag*, 2008, 27(5): 821-832.
- [30] 曹凯鑫, 汤猛猛, 葛建鸿, 等. 大气污染物PM_{2.5}缺失数据插值方法的比较研究: 基于北京市数据[J]. *环境与职业医学*, 2020, 37(4): 299-305.
CAO K X, TANG M M, GE J H, et al. Comparison of methods to interpolate missing PM_{2.5} values: based on air surveillance data of Beijing[J]. *J Environ Occup Med*, 2020, 37(4): 299-305.
- [31] 阙青敏, 陈玉婷, 高伟. 室外建成环境因子与人体健康关联性研究进展[J]. *广东园林*, 2018, 40(6): 6-11.
QUE Q M, CHEN Y T, GAO W. Research progress on the relevance between outdoor built environmental factors and human health[J]. *Guangdong Landsc Arch*, 2018, 40(6): 6-11.
- [32] KUO M. How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway[J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 1093.
- [33] 齐兰兰, 周素红, 闫小培, 等. 医学地理学发展趋势及当前热点[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(8): 1276-1285.
QI L L, ZHOU S H, YAN X P, et al. Trend and hot topics of medical geography[J]. *Prog Geogr*, 2013, 32(8): 1276-1285.
- [34] POLLOCK K. Policy: urban physics[J]. *Nature*, 2016, 531(7594): S64-S66.
- [35] EWING R, MEAKINS G, HAMIDI S, et al. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity—update and refinement[J]. *Health Place*, 2014, 26: 118-126.
- [36] LUNG S C C, HSIAO P K, WEN T Y, et al. Variability of intra-urban exposure to particulate matter and CO from Asian-type community pollution sources[J]. *Atmos Environ*, 2014, 83: 6-13.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)