

尹春, 孙斌栋, 姚夏劫. 人口密度与城市宜居性关系的一般性规律探索 [J]. 地理科学, 2024, 44(2): 179-191. [Yin Chun, Sun Bindong, Yao Xiajie. Exploring the association of population density with urban livability. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(2): 179-191.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20221507

人口密度与城市宜居性关系的一般性规律探索

尹春^{1,2}, 孙斌栋^{3,4}, 姚夏劫⁵

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 武汉大学空间全生命周期健康国际研究中心, 湖北 武汉 430079;
3. 华东师范大学中国行政区划研究中心, 上海 200241; 4. 华东师范大学未来城市实验室,
上海 200241; 5. 上海市长宁区委办公室, 上海 200050)

摘要: 建设宜居的生活环境是人类社会实践一直追求的目标, 而优化城市人口密度是改善城市宜居环境的重要途径。本文在梳理相关学科理论基础, 以中国城市和美国城市作为主要研究案例, 比较不同情境下人口密度与城市宜居性关系的研究结果, 总结人口密度和城市宜居性的关系规律。研究发现, 在低密度情境下, 提高人口密度有助于缩短出行耗时, 减少空气污染, 提高居民身体健康水平和主观幸福感; 而在高密度情境下, 提高人口密度则会延长出行耗时, 加剧空气污染, 损害居民身体健康水平和主观幸福感。基于此, 本文认为在兼顾低密度和高密度情境下, 人口密度与城市宜居性之间的关系应遵循更具一般性的倒 U 型规律, 即在低密度情境下, 提高人口密度有助于增加城市宜居性; 而在高密度情境下, 提高人口密度则会降低城市宜居性。

关键词: 居住密度; 建成环境; 宜居城市; 健康城市; 国际比较

中图分类号: K901.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)02-0179-13

城市宜居性指的是城市环境对于满足居民各层级需求(如交通出行、社会交往、健康福祉等)的能力, 主要表现为城市居民在日常生活中所体验到的生活质量, 是城市建设“以人为本”思想的核心体现, 也是城市发展的永恒追求^[1-3]。随着快速的城市化进程, 全球超过 1/2 的人口都居住在城市, 城市宜居性不仅深刻影响着城市居民的生活质量和城市的可持续发展程度, 而且日益成为未来城市和社会进步的重要评价指标^[4]。为此, 联合国在《2030 年可持续发展议程》^[5] 中强调要通过城市建设和管理方式的重大转变, 以实现城市的可持续发展(即提高城市宜居性)。《2022 年新型城镇化和城乡融合发展重点任务》^[6] 也指出要“建设宜居、韧性、创新、智慧、绿色、人文城市”, 并将提高城市健康宜居安全水平列入当前国家新型城镇化的重点任务。

人口密度是刻画城市空间形态的重要指标, 不仅与城市基础设施供应和地块开发强度密切相关,

也与城市宜居性存在密切关联^[7-8]。高人口密度通常被视作紧凑型建成环境的代名词^[9-10], 意味着丰富且多样的活动目的地和文化生活、较高的可步行性和可骑行性、完善的公共交通网络、优质的公园和广场等^[11], 被认为能够有效提升城市宜居性^[12]。但是, 高人口密度的地区也常常伴随着交通拥堵、环境恶化、噪音与空气污染、疾病快速传播等一系列问题, 从而降低了城市的宜居性^[13]。因此, 明晰人口密度提高究竟会促进还是降低城市宜居性, 能够为宜居城市规划中调控人口密度的策略提供科学指导。

然而, 学术界至今仍未厘清人口密度与城市宜居性之间的关系。一方面, 现有关于人口密度与城市宜居性的相关理论大多源于低密度情境, 未必适用于高密度情境, 尚缺乏统一的理论框架将不同密度情境下人口密度与城市宜居性的关系进行整合。另一方面, 现有研究大多基于单个城市或国家, 只能反映特定研究区情境下人口密度与城市宜居性的

收稿日期: 2022-12-02; 修订日期: 2023-06-12

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(23ZDA049)资助。[Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China (23ZDA049).]

作者简介: 尹春(1992—), 男, 福建南平人, 博士, 副研究员, 主要从事健康地理和城市地理研究。E-mail: chun.yin1@outlook.com

通信作者: 孙斌栋。E-mail: bdsun@re.ecnu.edu.cn

关系,难以有效外推并上升成为更具一般性的规律。因此,迫切需要探索不同密度情境下人口密度与城市宜居性的关系,并将其凝练为适应不同密度情境城市的科学规律。

本文首先对不同学科视角下人口密度与城市宜居性关系的进行理论梳理;然后以低密度情境的美国城市与高密度情境的中国城市作为研究案例,比较中美既有实证研究发现,分析不同密度情境下人口密度与出行时耗、空气污染、身体健康、主观幸福感等城市宜居性指标的关联;最后,凝练人口密度与城市宜居性关系的一般性规律,以期对未来学术研究和城市规划实践提供依据。

1 不同学科视角下的人口密度与城市宜居性关系

人口密度作为影响城市宜居性的重要因素,其与城市宜居性的关系受到了许多学科的关注。地理学者擅长刻画人口密度的空间分布与格局演化,城市规划学者强调优化城市密度的方案构想,经济学者侧重人口密度所带来的成本和收益,心理学者主要关注人口密度对人们心理活动的影响,生态学者则更关注物种密度与增长率的关系。

1.1 地理学

人地关系是地理学研究的核心。人口密度作为人地关系的重要表现形式,其空间分布特征是地理学的重要研究议题。在全球尺度上,亚洲人口占全球人口的 55%,但其陆地面积仅占全球陆地面积的 29.4%,体现出明显的高人口密度特征^[14]。在国家尺度上,以中国为例,93.5%的人口居住在胡焕庸线以东,而只有 6.5%的人口居住在胡焕庸线以西,人口密度呈现“东南高,西北低”的分布特征^[15]。在城市尺度上,以克拉克为代表的地理学者发现并提出了“密度梯度”,强调城市人口密度随着远离市中心而降低^[16]。

虽然地理学研究擅长于描述人口密度的空间分布,但关于人口密度对城市宜居性影响的探究于近年来才刚刚兴起。尽管越来越多学者开始实证检验人口密度与城市宜居性的关联,但较少涉及理论分析,且现有研究发现和理论假说尚存争议。一方面,有学者认为高人口密度的典型特征是土地高度集约利用,人口、企业和相关服务设施密集,这有可能为居民出行提供便利,进而提高城市宜居性^[17];另一方面,也有学者指出高人口密度可能导致公共

服务设施稀缺,滋生贫穷、疾病、犯罪和污染,降低城市宜居性^[18]。

1.2 城市规划学

城市规划学侧重于研究城市建成环境,其核心研究内容是土地利用与物质空间规划,旨在通过优化各类资源在城市中的空间配置以促进城市发展和人民福祉。虽然城市规划学较早地在实践中对人口密度与城市宜居性的关系进行了摸索,但主要停留在规划构想层面,相对缺乏科学范式的检验和实证研究支持。在 20 世纪初,城市规划师对城市密度的判断形成了分散主义和集中主义 2 个派系^[8]。分散主义认为,高密度会导致生活拥挤、交通拥堵和环境恶化等问题,形成不宜居的城市,因而低密度是城市宜居性的重要保障。霍华德的田园城市规划建议城市人口密度应为 8 000 人/km²^[19]。基于这一构想,奥斯本在规划伦敦新城时指出新城的人口密度约为 3 750~6 250 人/km²^[20]。赖特的广亩城市设想则认为人们只有在 4 000 人/km²的低密度城市才可以充分利用机动化交通工具完成日常出行^[21]。然而,集中主义则认为高密度城市才是宜居的城市,要缓解交通拥堵和卫生环境问题,需要进一步提高建筑密度和高度,推动立体化交通建设、增加户外绿色空间面积,从而提高城市宜居性^[22]。柯布西耶提出了“架空城市”“现代城市”“光辉城市”等一系列规划方案来倡导城市集约发展,认为城市人口密度应达到 30 000 人/km²^[22-23]。

在 20 世纪后期,由于分散主义派系的主导,北美城市发展呈无序蔓延的趋势,人们愈发依赖于小汽车出行,引发了交通拥堵、环境污染等一系列问题,极大地损害了人们的健康水平^[24]。雅各布斯在调研了美国城市后,意识到生活宜居的城市应具有高密度的特征^[25],随后,为了积极倡导高密度发展、土地混合使用、住宅类型混合、建设适于步行的环境、发展公共交通等,美国城市规划界兴起了新城市主义思潮,提出了“传统邻里开发模式”“公共交通导向开发模式”“新城市主义宪章”“精明增长”等一系列策略^[26]。至今规划实践和学术理论普遍认为以高密度为代表的紧凑发展模式是促进城市宜居性和可持续发展的关键策略^[11, 27],紧凑发展理论成为指导北美甚至世界各国城市建设的主流理念。

1.3 经济学

经济学侧重于探究在稀缺条件下有效配置资源和分配财富,其核心概念包括成本和收益。集聚

经济认为人口和产业活动的地理集聚有助于降低生产、交易和知识交流方面的成本,进而产生正向收益;而集聚不经济则强调人口和产业活动的过度集聚会产生拥堵、环境污染等负外部性,进而降低收益水平^[28]。虽然集聚经济和集聚不经济通常会同时存在于人口和产业活动中,但随着集聚规模持续扩大,集聚不经济现象将会日益凸显,其带来的负外部性可能会超过集聚经济产生的正向收益^[29]。

Sarkar 和 Webster^[30] 基于集聚经济与集聚不经济等相关理论解释了人口密度与健康城市建设的关联。他们认为随着人口密度的增加,更多的城市居民可以共同分担基础设施和公共服务设施的建设成本,因而有助于增加健康城市的收益,集聚经济现象突显;然而,随着人口密度的进一步提高,城市必须新建和维护基础设施和公共服务设施,使得健康城市的边际收益越来越少;当人口密度过高时,交通拥堵、环境污染等一系列的城市病将增加城市建设成本,降低健康城市收益,使得集聚不经济超过集聚经济。基于这一理论,可以认为随着人口密度的提高,城市宜居性可能呈“先增加,后降低”的非线性关系趋势。然而,这一理论主要基于“理性人”假设,忽视了城市居民在住区选择时可能受到的种种限制(如房价、学区等),也忽视了人们对城市宜居性感知的主动能动性。

1.4 心理学

心理学作为研究人类心理现象的学科,探究人类在不同密度情境下的感知觉反应是其关键研究内容之一。超负荷理论认为,高密度环境呈现给个体的信息远超个体对信息的接收能力,使个体注意力处于超负荷状态,导致压力增加、判断失误、注意力涣散,从而更容易表现出疏远、冷漠等退缩型人际交往风格,丧失广泛的社会网络^[31-32]。这一理论暗示着,高密度环境可能增加居民拥挤感,从而损害城市宜居性。唤醒理论则认为,外界刺激(如人口密度)先通过影响唤醒水平,再作用于个体行为,而中等强度的外界刺激能引起最佳程度的唤醒水平^[33]。具体而言,当人口密度较低时,唤醒水平也较低,此时个体容易感到放松、愉快等积极情绪,但也容易产生厌倦、冷漠等消极情绪;当人口密度较高时,唤醒水平也较高,此时个体容易产生兴奋、激动等积极情绪,但也容易产生焦虑、不安等消极情绪。这一理论暗示着,人口密度与城市宜居性可能存在非线性关系,过低或过高的密度都可能不利于城市宜居

性。虽然这些心理学理论为理解人口密度与城市宜居性的关系提供了重要线索和理论基础,但它们并没有直接对人口密度与城市宜居性的关系进行分析和阐述。

1.5 生态学

生态学研究的是整个生物系统与其周围环境的相互关系。虽然人类也是生态学的研究对象之一,但现有生态学中关于密度与宜居性关系的理论,主要源于动物社会。因此,尽管相关理论能够对人口密度与城市宜居性的关系提供启示,但由于人类行为与动物行为存在明显差异,动物社会的理论未必适用于人类社会^[34]。

在生态学中,密度是影响种群增长的关键因素,而适宜种群增长的环境可以被认为是宜居环境。内分泌调节学说认为高密度环境降低了居住地的宜居性^[35]。具体而言,随着种群密度的提高,种群内个体心理压力呈增加趋势,加强了对中枢神经系统的刺激,进而影响脑垂体和肾上腺功能,导致生殖激素分泌减少和生长、代谢障碍,抵抗力减弱,最终增加种群死亡率^[35]。支持这一学说的经典案例是 Calhoun 的白鼠实验^[36],他发现在食物充足、环境舒适、没有天敌的高密度环境下,白鼠们出现了行为沦丧,如攻击性增加、繁殖异常等,由此证实了高密度环境对动物栖息地宜居性的巨大破坏力。

Allee 效应则指出种群密度与种群增长率呈倒 U 型关系^[37],即当种群密度较低时,增加了物种寻觅配偶的难度、不利于群居动物培养合作技能,降低了种群增长率;而当种群密度较高时,物种之间对有限资源的竞争愈发激烈,也不利于种群增长。因此,较低和较高的种群密度都不是适宜物种生存的环境。相应地,只有种群密度适中的环境才是宜居的环境。此时,物种的求偶率和受精率都较高,且有助于促进合作捕食和合作防御等行为,增加物种对环境的调节能力,因而种群增长率较高。

尽管不同学科的理论对于揭示人口密度与城市宜居性的关系具有重要启发意义,但受限于各学科特定的学科性质和研究对象,上述学科相关理论只是从特定方面揭示了人口密度与城市宜居性关系,并不足以完整把握人口密度与城市宜居性一般性关系规律。具体来说,地理学侧重于人口密度的时空特征描述,对人口密度与城市宜居性关系的理论探讨较为缺乏;城市规划学虽然认为人口密度会影响城市宜居性,但较少给出遵照科学范式的实证证据;

经济学、心理学和生态学理论也只能解释人口密度与部分城市宜居性指标(如城市交通、市民心理、物种增长)的关联。同时,既有学科理论主要由欧美发达国家学者基于其生活的低密度情境提出,缺乏对东亚尤其是中国高密度城市情境的考量,致使相关理论的前提条件和适用区域可能相对局限。因此,有必要将研究视野投向高密度的中国城市情境,为人口密度与城市宜居性的关系给出更具有一般性指导价值的分析结果,以指导理论研究和城市发展实践。

2 人口密度与城市宜居性关系的实证证据

中美两国城市在人口密度上具有明显的差异^[38],分别是高密度和低密度的代表。表 1 展示了中美主要城市在社区尺度的人口密度分布^[39-46]。总体来看,中国城市的研究中,社区人口密度均值明显高于美国城市社区。即使是美国社区人口密度最高的纽约市,其社区人口密度也远小于同等级的中国城市社区。从社区人口密度的分布范围来看,虽然中美城市在社区人口密度谱系中有一定重叠,但在中国城市中,社区人口密度的极小值明显高于美国社区人口密度的极小值;而美国城市中,社区人口密度的极大值则明显低于中国社区人口密度的极大值。这意味着,在既有实证研究中,基于美国情境的研究难以捕捉高密度情境下人口密度与城市宜居性的关

系,而基于中国情境的研究也不能完整捕捉低密度情境下人口密度与城市宜居性的关联。中美两国具有较高的可比性,归纳和比较两国城市以往的实证研究证据,有助于更完整地反映人口密度与城市宜居性的关系。在具体比较内容方面,基于宜居城市建设基本导则与相关学术文献,结合现有实证研究成果,将从生活便捷性、环境宜人性、安全健康性和社会和谐性 4 方面进行分析比较^[1]。

2.1 生活便捷性:交通出行

便捷畅通的交通出行是城市生活便捷性的重要体现。图 1 展示了人口密度对出行时耗的影响。出行总时耗成本通常是距离成本和拥堵成本的加和。在低密度情境下,拥堵成本通常较低,而提高人口密度有助于缩短居民到潜在目的地的距离,提高设施邻近性和可达性,减少距离成本,因而有助于缩短居民的出行时耗。在高密度情境下,提高人口密度对缩短距离以减少通勤时耗的影响已经趋于边际,而高密度意味着有出行需求的人口规模增加,导致驾车行为集中在较小的区域内,这可能更容易引发交通拥堵,反而会延长居民的出行时耗。

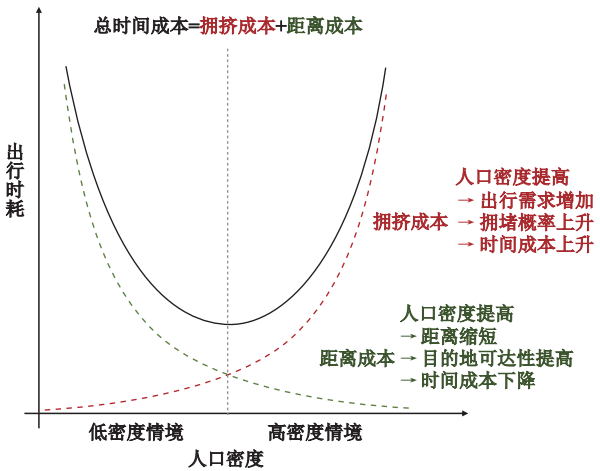


图 1 人口密度对出行时耗的影响
Fig.1 The effect of population density on travel duration

表 1 中美城市实证研究中的社区尺度人口密度

Table 1 Neighborhood population density in Chinese and American cities

城市	人口密度均值/ (人/km ²)	人口密度范围/ (人/km ²)	数据年份	资料来源
中国城市				
武汉	44 686	6 373~637 345	2015年	Xie等 ^[39]
广州	34 484	6 980~114 489	2015年	Yang等 ^[40]
上海	26 100	2 600~58 800	2009年	Sun等 ^[39, 41]
西安	9 810	620~40 540	2010年	Huang等 ^[42]
美国城市				
纽约市	15 564	0~74 913	2017年	Yang等 ^[43]
双城	3 450	22~10 774	2016年	Tao等 ^[44]
布法罗	3 215	0~20 154	2010年	Yin等 ^[45]
费城	2 538	0~25 304	2010—2014年	Guerra等 ^[46]

注:费城数据为2010—2014年均值。

在低密度的美国情境下,无论是全国尺度还是单个城市的研究都发现人口密度与出行时耗存在负向关联^[47-48]。Ewing 等^[49] 基于全美城市的实证研究发现,以高密度为代表的紧凑型建成环境对于交通拥堵的缓解作用强于其对交通拥堵的加剧作用。换言之,在低密度蔓延的美国城市,提高人口密度更有可能减少交通拥堵,缩短居民出行时

耗。Antipova 等^[48]基于美国巴吞鲁日的研究也发现了相似的结果,在控制了其他混淆变量后,相较于低密度社区,中等密度社区的居民具有更低的通勤时耗。具体来看,当美国大都市区的人口密度低于 2 895 人/km² 时,提高密度能够有效增加就业可达性,缩短通勤距离,减少出行时耗;当人口密度处于 2 895~3 861 人/km² 时,密度的提高虽仍能降低出行时耗,但降低的幅度趋缓(由于密度的提高也增加了交通拥堵的可能);当人口密度高于 3 861 人/km²,提高密度则会因加剧交通拥堵而延长出行时耗^[50]。

在高密度情境的中国,实证研究发现了人口密度与出行时耗具有正向关联。在全国尺度的研究中,Sun 等^[51]基于中国 56 个城市的个体出行研究发现,在控制了城市和社区尺度其他建成环境要素、个体社会经济属性特征后,社区尺度的人口密度(均值为 4 675 人/km²)与居民个体通勤时耗呈正向关联。Zhu 等^[52]对中国 106 个城市低收入居民的研究也发现,相较于低人口密度城市,中等密度城市的居民通勤时耗更高。在单个城市的研究案例中,基于上海的研究发现街道人口密度(均值为 18 700 人/km²)与出行时耗呈现正相关^[53]。基于广州的研究也发现,居住在人口密度大于 30 000 人/km² 的社区时,居民会经历更长的通勤时耗^[54]。

2.2 环境宜人性: 空气质量

良好的空气质量是城市环境宜人性的重要表现。鉴于人口密度与交通出行存在密切关联,而城市交通碳排放是空气污染的主要来源之一,所以人口密度也会对城市空气质量产生重要影响。在低密度情境下,提高人口密度降低了人们对小汽车的依赖,这有益于减少汽车尾气排放,改善城市空气污染。然而,在高密度情境下,提高人口密度也意味着人口、社会经济活动、交通出行等一系列潜在空气污染源集中分布,加之密集的建筑不利于空气流通,这将更容易形成污染物集聚区。

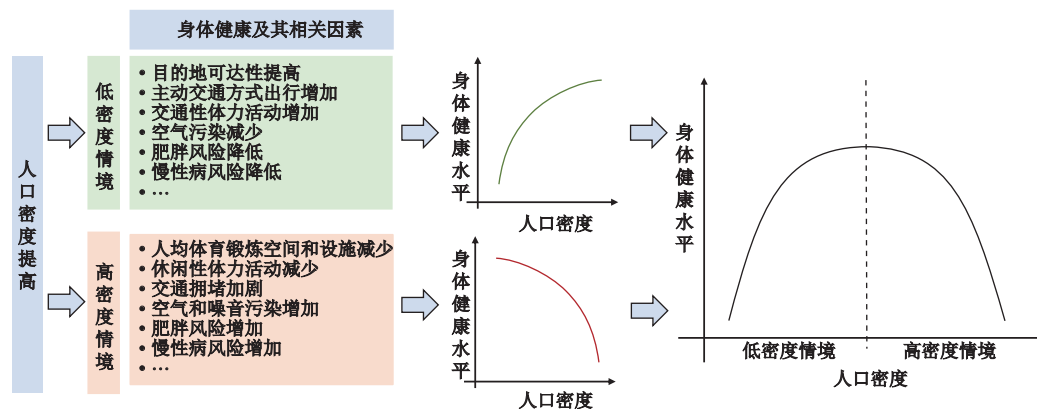
许多来自美国的实证证据都支持了提高人口密度能够减少空气污染这一观点^[55-57]。一方面,较高的人口密度缩短了人们到目的地的距离,使得人们不再依赖于小汽车出行,而更愿意选择步行、骑行和公共交通等更为环保的出行方式,从而减少了交通碳排放,改善了空气质量。具体来看,Wu 等^[58]基于双城市(人口密度均值约为 2 220 人/km²)的研究指出,密度与空气污染之间可能存在 U 型关系。具

体而言,当人口密度低于 2 470 人/km² 时,提升密度有助于减少交通碳排放,而当人口密度高于 2 470 人/km² 时,继续提升密度反而会增加交通碳排放。这一 U 型关系也得到了其他学者的研究支持^[59]。值得一提的是,由于这些发现都是基于低密度的美国情境,大部分样本都位于 U 型曲线的左侧,因而提高人口密度以降低空气污染的作用为主。

不同于美国的低密度城市情境,来自中国城市的实证研究大多发现提高人口密度会增加交通相关的空气污染。在全国尺度上,Liu 等^[60]基于中国 289 个地级市数据,分析了城市尺度人口密度(人口密度均值为 905 人/km²)和空气质量指数的关联,发现人口密度与空气质量指数存在正向关联,即提高人口密度会增加空气污染。在单个城市案例中,Han 等^[61]发现上海街道人口密度(均值约为 18 000 人/km²)与 PM_{2.5} 质量浓度具有显著的正向关联,并认为这可能是因为高密度地区的交通拥堵效应^[62]和污染集中效应^[63]强于提高密度带来的交通模式转换效应。Yang 等^[40]基于广州情境(人口密度均值约为 34 500 人/km²)探究了人口密度与交通碳排放之间的作用机制,发现提高人口密度能够通过增加非通勤出行的总距离这一路径来增加交通碳排放。这一中西方研究结果的差异很可能是因为中国城市的人口密度远高于美国,超出了上述的阈值范围,因此大部分样本个体位于 U 型曲线右侧。这意味着,在高密度的中国城市,进一步提高人口密度可能无法有效减少小汽车出行,反而因加剧交通拥堵而导致汽车尾气的集中排放。

2.3 安全健康性: 身体健康

城市安全性的内在目标是保障市民的生命健康,宜居城市应当是能让居民健康生活于其中的城市。作为身体健康的重要影响因素,人口密度主要通过体力活动水平和环境污染 2 条路径作用于居民健康(图 2)。在低密度情境下,提高人口密度促进了目的地可达性,使居民更倾向于使用步行和骑行等主动交通方式出行,不仅有助于增加居民的通勤性体力活动,也有助于减少空气污染,从而提高居民身体健康水平。然而,在高密度情境下,一方面,提高人口密度意味着较少的人均体育锻炼空间和设施,减少了居民参与体力活动的可能,增加了肥胖等健康风险;另一方面,较高的人口密度也会加剧交通拥堵,增加空气和噪音污染,导致居民健康水平的降低。综合考虑 2 种密度情境,人口密度与健



基于 Sun 等^[28] 修改

图 2 人口密度对身体健康水平的作用路径

Fig.2 The influential path of population density on physical health

康关系可能呈现倒 U 型关系。

由于西方城市大多处于低密度情境,位于人口密度与居民健康倒 U 型曲线关系的左侧区间,即提高人口密度有利于居民身体健康。就肥胖症而言,基于低密度城市情境的研究普遍发现提高人口密度有助于降低肥胖风险。一项基于全球 15 个城市(以低密度情境的城市为主)的研究发现,提高居住密度对居民的总体力活动水平、交通性步行时间和休闲性步行时间均有增加作用,还能够降低居民的肥胖风险^[64]。另一项基于美国 50 个大都市区的成年居民调查发现,相较于高密度都市区(人口密度大于 386 人/km²)的居民,居住在低密度社区(人口密度小于 193 人/km²)的居民肥胖风险更高,即人口密度与肥胖风险存在负向关联^[65]。其潜在原因是由于高密度促进了居民主动出行,减少了他们在私家车内的久坐时间,提高了体力活动水平,故而能够降低肥胖风险^[66]。就其他慢性病而言,西方低密度情境的实证研究也表明,提高城市人口密度有助于降低慢性病的患病率。一项基于美国县级尺度的实证研究发现,提高城市紧凑程度能够降低居民糖尿病、高血压、冠心病的患病率^[67];另一项针对澳大利亚 4 816 位居民长达 12 a 的追踪调查研究则表明,提高社区人口密度(中位数为 1 823 人/km²)有助于降低居民罹患糖尿病的风险^[68]。

在人口稠密的中国,城市人口密度更可能处于倒 U 型曲线右侧,一些研究已经发现了提高人口密度单调地降低了居民健康水平^[69-70]。就肥胖症而言, Sun 等^[71] 基于中国家庭追踪调查数据,采用结构方

程模型试图厘清人口密度、出行方式、居民肥胖之间的关系。研究结果显示,提高社区人口密度(均值为 8 400 人/km²)的总体效应是增加了肥胖风险。虽然人口密度的提高能够通过促进居民非机动化出行而降低肥胖风险,但这一出行模式转换效应已经趋于边际,不及肥胖增加因素的作用强度^[69]。因即使控制了出行方式的中介效应,人口密度对居民肥胖仍具有正向影响^[69]。该研究还指出了一些其他潜在的原因:第一,人均活动空间减少,静态活动时间增加;第二,餐饮设施密集提高了居民外出就餐频率;第三,快速的城市生活节奏造成进食速度过快且睡眠时间不足^[69]。一项使用中国健康和营养调查数据的实证研究证实了体育锻炼是人口密度与居民肥胖之间的中介路径之一^[72],即提高人口密度会通过降低居民体育锻炼时间,进而增加居民肥胖风险^[73]。就其他慢性病而言,张延吉等^[70] 采用中国社会综合调查的研究发现,提高人口密度增加了居民(尤其是中低阶层居民)罹患慢性病的风险,并推测这是由于提高密度减少了人均活动空间,并带来了噪音和空气污染等问题,故而对居民身体健康产生了负面影响。此外,基于上海(社区人口密度均值为 23 400 人/km²)^[74]、武汉(社区净人口密度均值为 44 686 人/km²)^[39] 等城市的研究也表明,提高人口密度会通过增加居民肥胖风险,进而提高居民罹患慢性病的风险。

鉴于中国幅员辽阔,区域之间的人口密度存在很大差异,既有许多人口密度较低的中小城市,也有着一些过高密度的超大城市,因而一些研究基于

中国情境探索了人口密度与居民肥胖的非线性关联。Yin 等^[75]采用梯度提升决策树的方法对 2014 年中国劳动力动态调查数据进行了分析,发现社区人口密度(均值为 22 300 人/km²)与居民中心型肥胖呈 U 型关联。Yin 等^[72]和 Sun 等^[28]利用面板固定效应模型,分别分析了 2004—2011 年和 2012—2014 年人口密度与居民中心型肥胖和全身型肥胖的非线性关联,同样表明人口密度与居民肥胖呈 U 型关联,并认为社区人口密度的阈值大概位于 25 000 人/km²处。这意味着,提高人口密度会先降低居民的肥胖风险;而当人口密度超过 25 000 人/km²的阈值后,进一步提高人口密度反而可能加剧居民肥胖的发生。这些发现支撑了人口密度与居民健康的倒 U 型关联原理,即在低密度城市情境下,提高人口密度有助于促进居民健康;而在高密度城市情境下,提高人口密度则会降低居民健康。

2.4 社会和谐性:主观幸福感

城市社会和谐性的最重要评价标准之一就是居民的主观幸福感。虽然人口密度会通过多种途径影响居民的主观幸福感,本文仅从与社会和谐性最直接相关的社会交往作为影响路径进行分析,探讨人口密度与主观幸福感之间的复杂关联。理论上,在低密度情境下,提高人口密度会促进社会交往,从而提升主观幸福感。一方面,人口密度的提高增加了人与人接触的可能,提高了居民参与社会交往的几率。另一方面,人口密度的提高促进了居民采取步行、骑行或公共交通等方式出行,增加了人与人之间非正式交往的可能。然而,在高密度情境下,进一步提升人口密度会使人们感到拥挤,加重人们的心理负担,导致社会退缩行为,反而会减少社会交往并降低居民主观幸福感。

在低密度的美国情境下,实证证据表明人口密度与居民的主观幸福感存在正向关联。基于美国 188 个大都市统计区的研究发现,大都市区人口密度的提高,会增加居民幸福感知指数,并认为这是因为高密度都市提供了更多的创新灵感交流、更多的就业和高质量服务机会^[76]。鉴于邻里满意度是居民主观幸福感的重要维度,许多地理和规划学者都探讨了其与人口密度的关联,也发现两者存在正向关联。例如, Hur 等^[77]在俄亥俄州中部富兰克林县的研究发现,建筑密度与居民的邻里满意度呈正相关。值得一提的是,即使在人口密度较低的美国城市,也有不少研究发现了人口密度与主观幸福感具有负

向关联,但其效应量较为微弱^[14, 78]。这说明人口密度与主观幸福感可能具有倒 U 型关系,且转折点位于人口密度较低的区间范围。换言之,只有当人口密度很低的时候,提高人口密度才能够促进居民主观幸福感;一旦超过了阈值范围,提高人口密度反而会降低居民主观幸福感。

在高密度的中国情境下,实证证据支持了提高人口密度将损害居民幸福感。在全国尺度的跨城市研究中,林杰等^[79]用 2012 年中国劳动力动态调查数据,发现提高人口密度显著降低了居民主观幸福感,并推测这是由于高人口密度伴随的交通拥挤、空气污染、治安环境恶化和社会资本降低等问题所导致。不少基于中国情境的研究都支持了这一发现,并指出另一个可能的原因是由于高人口密度增加了居民的心理压力^[80]。在基于上海(社区人口密度均值为 23 400 人/km²)^[74]、广州(社区人口密度均值为 64 500 人/km²)^[81]等城市的研究中,学者们也发现较高的人口密度对居民的主观幸福感和生活满意度都具有降低作用,并认为作用机制可能包括降低邻里融洽程度、增加居民精神压力和减少人均活动设施等。此外,许婧雪等^[82]基于杭州市的研究还发现,人口密度与居民感知的城市宜居性(生态宜居、健康舒适和交通便捷)均具有倒 U 型关联,且人口密度的阈值范围约为 15 000~20 000 人/km²。换言之,较低密度情境下,提高人口密度有益于提高居民感知城市宜居性;而在高密度情境下,提高人口密度则会降低居民感知城市宜居性。此外,这一密度阈值相较于前文述及的人口密度与居民肥胖的阈值(25 000 人/km²)更低,这说明个人主观感受对于人口密度的变化更为敏感。

3 人口密度与城市宜居性的倒 U 型关系规律

无论是理论还是实证文献,都表明人口密度对城市宜居性存在积极和消极的双重效应。在低密度的城市情境下,提高人口密度的积极效应强于其带来的消极效应,有助于缩短出行时耗、改善空气质量、提高身体健康水平和主观幸福感,从而提升城市的宜居性。然而,在高密度的城市情境下,提高人口密度的消极效应超过了积极效应,致使出行时耗增加、空气污染加剧、损害了居民的身体健康和主观幸福感,反而降低了城市宜居性。因此,以北美为

代表的低密度发达国家提倡的实施紧凑型城市发展模式以改善交通、环境和居民健康的理念,不完全符合中国高密度的城市发展情境。

鉴于中西方人口密度与城市宜居性的关系差异是由不同密度情境造成的,因而,综合考虑人口密度对城市宜居性的积极效应和消极效应,可以把中西方的研究发现统一在一个理论框架之内,形成更具有普遍性的规律认识,即人口密度与城市宜居性呈现倒 U 型关系(图 3)。具体而言,随着人口密度的提高,理论上人口密度带来的积极效应应该呈现“先快速上升,到一定阈值后缓慢上升”的趋势,而负面效应呈现“先缓慢上升,到一定阈值后快速上升”的趋势。因此,这两种效应的综合效果使城市宜居性的总效用表现为“先增加后降低”的倒 U 型曲线。当人口密度的积极效应与消极效应差值最大时,即城市宜居性的总效用达到峰值,此时的人口密度为理论上的城市最优密度阈值区间。

这一规律性认知至少从 2 个方面进一步深化了学术界对于人口密度与城市宜居性关系的理解。第一,更为全面地刻画人口密度与城市宜居性关系的规律,为中西方乃至全球宜居城市建设提供了更普适的参考依据,并填补了既有文献主要基于单一国家/城市情境、人口密度变化范围相对有限的不足。第二,为建成环境的非线性影响和阈值效应研究提

供了理论依据,强调了人口密度与城市宜居性具有非线性关联,打破了以往文献局限于线性关系假设的不足。

这一规律性认识对未来城市规划与建设实践工作也具有重要指导意义。第一,就中西方不同密度而言,在人口密度较低的西方情境下,提高人口密度的积极效应强于消极效应,有助于增加城市宜居性;而在人口密度较高的中国情境下,当人口密度过高时,进一步提高人口密度则会使消极效应超过积极效应,损害城市宜居性。因此,在规划高密度情境下的中国城市时,不应该直接照搬西方国家的相关理论,而需要首先考虑中西方密度情境的差异,并通过扎实的科学检验西方理论能否本土化。第二,就不同城市发展阶段而言,对于有待聚拢更多人口和资源的中小城市,应当鼓励提高人口密度,推动集聚正面效应的最大化,以促进城市宜居性的提升。因此,遵循联合国提倡的紧凑发展战略,促进紧凑集约的城市建设,有利于中小城市的宜居性提升和可持续发展。随着城市规模和人口密度提高到一定程度,进一步增加大城市和特大城市的人口规模或密度则可能降低城市宜居性。此时,针对高密度的大城市和超大城市,应合理设置人口密度阈值上限,鼓励发展多中心的城市空间格局,推动郊区新城建设。

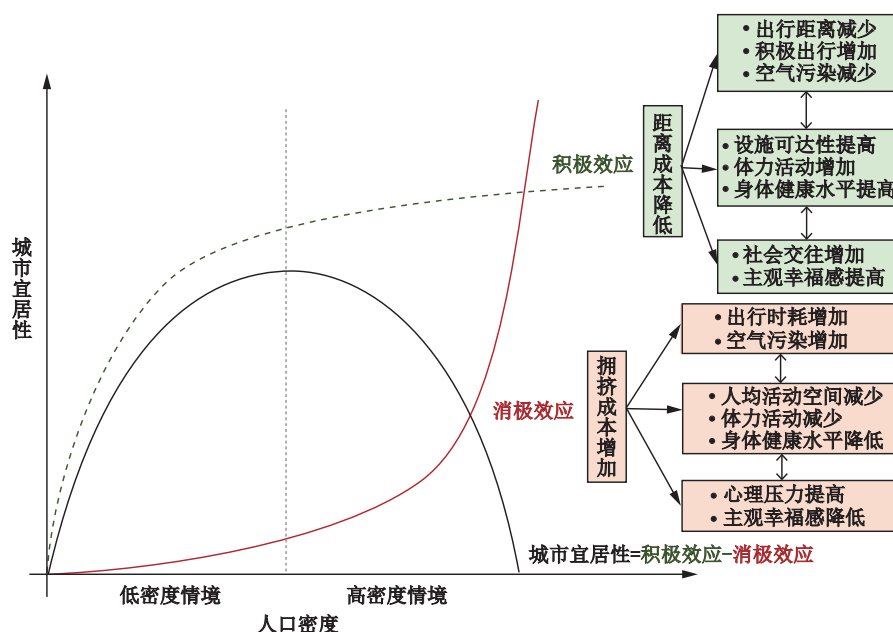


图 3 人口密度与城市宜居性关系的理论框架

Fig.3 The theoretical framework of the relationship between population density and urban livability

4 结论与启示

优化人口密度以提高城市宜居性是城市发展迫切需要厘清的前沿问题,也是指导未来城市规划的关键。本文在详细梳理不同学科关于人口密度与城市宜居性相关理论的基础上,比较了现有实证研究中不同密度情境下人口密度对城市宜居性的影响。结果表明,当人口密度处于低值时,城市宜居性随着人口密度的提高而提高;然而,当人口密度超过特定阈值后,进一步提高处于高值的人口密度,城市宜居性将呈下降趋势。据此,笔者得出人口密度与城市宜居性具有倒 U 型的一般性关系规律。这是因为人口密度的提升不仅会降低居民出行的距离成本,也会增加居民出行的拥挤成本。在低密度情境下,人口密度的提高将快速降低距离成本且对拥挤成本只具有缓慢增加作用,因而对城市宜居性产生“利大于弊”的促进作用,表现为积极出行方式的增加、空气污染的减少、居民身体和心理健康水平的提高。在高密度情境下,提高人口密度对于降低距离成本的作用趋于边际,而拥挤成本却呈快速增加趋势,因而对城市宜居性产生“弊大于利”的降低作用,表现为出行时耗和空气污染增加、居民身心健康水平下降。

人口密度与城市宜居性倒 U 型关系规律的发现为深化城市地理学理论和实践带来了一些启示。第一,在分析城市地理环境要素的作用时,不仅需要关注该要素在特定地方情境下的特殊性发现,还需要站在更宏观的全局视角,探究该要素在全球不同地方情境下的一般性作用规律。第二,比较城市化的研究思路和方法为探究和发展城市地理学理论提供了可行手段,通过有效整合单一城市、国家情境下特定地理要素谱系相对有限的研究发现,能够更全面地捕捉该地理环境要素在完整分布谱系的作用规律。第三,人口密度与城市宜居性的倒 U 型关系规律不仅指出了中西方城市在不同密度情境下城市人口密度规划策略的差异,也为中国不同等级城市的发展提供了更具针对性的人口密度优化模式,有力支撑了“全国城市都要根据实际合理控制人口密度”^[83]的重要论述,为深化推动中国大中小城市协调发展的新型城镇化格局提供了重要科学理论基础。

本文仍有不足亟待未来研究重点关注。第一,随着人们对更高生活质量的追求,城市宜居性的内

涵不断延伸,还包括了安全韧性、创新活力、风貌特色等方面^[84-85]。然而,现有实证研究中关于人口密度对上述方面影响的研究相对有限,故本文未进行分析。第二,由于人口密度通过不同机制对城市宜居性的影响可能存在不同的阈值区间,现有研究并未就最优人口密度达成共识。因此,未来应进一步加强人口密度与城市宜居性各方面关系的研究,厘清人口密度对城市宜居性各方面影响的阈值区间,以支持政府部门和规划师科学决策。

参考文献(References):

- [1] 张文忠. 宜居城市建设的核心框架[J]. 地理研究, 2016, 35(2): 205-213. [Zhang Wenzhong. The core framework of the livable city construction. *Geographical Research*, 2016, 35(2): 205-213.]
- [2] Zhan D, Kwan M-P, Zhang W et al. Assessment and determinants of satisfaction with urban livability in China[J]. *Cities*, 2018, 79: 92-101.
- [3] 张文忠, 湛东升. “国际一流的和谐宜居之都”的内涵及评价指标[J]. 城市发展研究, 2017, 24(6): 116-124+132. [Zhang Wenzhong, Zhan Dongsheng. Study on connotation and evaluation index of world-class metropolis of harmony and livability. *Urban Development Studies*, 2017, 24(6): 116-124+132.]
- [4] 张文忠. 未来城市, 宜居是标准[J]. 中国报道, 2008(7): 76-78. [Zhang Wenzhong. The city of the future, where livability is the norm. *China Report*, 2008(7): 76-78.]
- [5] United Nations General Assembly. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development [R]. New York: United Nations, 2015.
- [6] 国家发展和改革委员会. 国家发展改革委关于印发《2022年新型城镇化和城乡融合发展重点任务》的通知[N/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/22/content_5680416.htm. 2022-03-10. [National Development and Reform Commission. Notice of the National Development and Reform Commission on issuing the “Key tasks for new urbanization and urban-rural integrated development in 2022”. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/22/content_5680416.htm. 2022-03-10.]
- [7] Burdett R, Travers T, Czischke D et al. Density and urban neighbourhoods in London: Summary report[R]. London: Enterprise LSE Cities, 2005.
- [8] 郑德高, 董淑敏, 林辰辉. 大城市“中密度”建设的必要性及管控策略[J]. 国际城市规划, 2021, 36(4): 1-9. [Zheng Degao, Dong Shumin, Lin Chenhui. The necessity and control strategy of “medium density” in metropolis. *Urban Planning International*, 2020: 1-17.]
- [9] Sarkar C, Webster C, Gallacher J. Association between adiposity outcomes and residential density: A full-data, cross-sectional analysis of 419 562 UK Biobank adult participants[J]. *The*

- [Lancet Planetary Health](#), 2017, 1(7): e277-e288.
- [10] Ewing R, Cervero R. "Does compact development make people drive less?" The answer is yes[J]. [Journal of the American Planning Association](#), 2017, 83(1): 19-25.
- [11] Bibri S E, Krogstie J, Kärrholm M. Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability[J]. [Developments in the Built Environment](#), 2020, 4: 100021.
- [12] 康雷, 张文忠, 杨兆萍, 等. 北京城市建成环境对居民宜居满意度的影响[J]. 人文地理, 2020, 35(5): 52-60. [Kang Lei, Zhang Wenzhong, Yang Zhaoping et al. The influence of Beijing's built environment on residents' livability satisfaction. *Human Geography*, 2020, 35(5): 52-60.]
- [13] Cao X J. How does neighborhood design affect life satisfaction? Evidence from Twin Cities[J]. [Travel Behaviour and Society](#), 2016, 5: 68-76.
- [14] United Nations Department of Economic and Social Affairs. World population prospects 2022: Summary of results [R]. New York: United Nations, 2022.
- [15] 威伟, 刘盛和, 刘振. 基于“七普”的“胡焕庸线”两侧人口集聚新态势及影响因素[J]. 地理学报, 2022, 77(12): 3023-3040. [Qi Wei, Liu Shenghe, Liu Zhen. The novel pattern and driving factors of population spatial distribution on both sides of the "Hu Line" based on seventh census in China. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(12): 3023-3040.]
- [16] Clark C. Urban population densities[J]. [Journal of the Royal Statistical Society Series A \(General\)](#), 1951, 114(4): 490-496.
- [17] 罗雪瑶, 张文佳, 柴彦威. 15分钟生活圈的建成环境阈值效应研究[J]. 地理研究, 2022, 41(8): 2155-2170. [Luo Xueyao, Zhang Wenjia, Chai Yanwei. Research on threshold effects of built environment settings in 15-minute life-circles. *Geographical Research*, 2022, 41(8): 2155-2170.]
- [18] 蓝宇蕴. 我国“类贫民窟”的形成逻辑——关于城中村流动人口聚居区的研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2007, 47(5): 147-153. [Lan Yuyun. Causes of "slum-like" dwelling places in China: The floating population community in the "village in city". *Jilin University Journal Social Sciences Edition*, 2007, 47(5): 147-153.]
- [19] Howard E. Garden cities of tomorrow: A peaceful path to real reform[M]. London, UK: Swan Sonnenschein, 1902.
- [20] Osborn F J. New towns in Britain[J]. *Journal of the American Planning Association*, 1947, 13(1): 4-10.
- [21] Wright F L. Broadacre city: A new community plan[J]. *Architectural Record*, 1935, 77(4): 345-349.
- [22] Corbusier L. Urbanisme[M]. Paris: Arthaud, 1980.
- [23] Corbusier L. The city of to-morrow and its planning[Z]. New York: Dover Publications, 1929.
- [24] Frumkin H, Frank L, Jackson R J. Urban sprawl and public health: Designing, planning, and building for healthy communities[M]. Washington: Island Press, 2004.
- [25] Jacobs J. The life and death of great American cities[M]. New York: Random House, 1961.
- [26] Grant J. Planning the good community: New urbanism in theory and practice[M]. Abingdon: Routledge, 2005.
- [27] OECD. Compact city policies: A comparative assessment[M]. Paris: OECD Publishing, 2012.
- [28] Sun B, Yin C, Yao X. Densification and health in China: A U-shaped association between population density and obesity[J]. [Transactions in Planning and Urban Research](#), 2022, 1(1-2): 135-151.
- [29] Samuelson P, Nordhaus W. Economics[M]. New York: McGraw Hill, 2009.
- [30] Sarkar C, Webster C. Healthy cities of tomorrow: The case for large scale built environment-health studies[J]. [Journal of Urban Health](#), 2017, 94(1): 4-19.
- [31] Milgram S. The experience of living in cities[J]. *Science*, 1970, 167(3924): 1461-1468.
- [32] Evans G W, Palsane M N, Lepore S J et al. Residential density and psychological health: The mediating effects of social support[J]. [Journal of Personality and Social Psychology](#), 1989, 57(6): 994.
- [33] Berlyne D E. Conflict, arousal, and curiosity[M]. New York: McGraw Hill, 1960.
- [34] Freedman J L. Crowding and behavior[M]. San Francisco: WH Freedman, 1975.
- [35] Christian J J. The adreno-pituitary system and population cycles in mammals[J]. [Journal of Mammalogy](#), 1950, 31(3): 247-259.
- [36] Calhoun J B. Death squared: The explosive growth and demise of a mouse population[J]. [Proceedings of the Royal Society of Medicine](#), 1973, 66(1P2): 80-88.
- [37] Allee W C. The social life of animals[M]. London: Heinemann, 1938.
- [38] 王雪, 焦利民, 董婷. 高密度和低密度城市的蔓延特征对比——中美大城市对比分析[J]. 经济地理, 2020, 40(2): 70-78. [Wang Xue, Jiao Limin, Dong Ting. A comparative analysis of urban sprawl characteristics of high-density and low-density cities comparative analysis of large cities in China and America. *Economic Geography*, 2020, 40(2): 70-78.]
- [39] Xie B, Jiao J, An Z et al. Deciphering the stroke-built environment nexus in transitional cities: Conceptual framework, empirical evidence, and implications for proactive planning intervention[J]. [Cities](#), 2019, 94: 116-128.
- [40] Yang W, Cao X. Examining the effects of the neighborhood built environment on CO₂ emissions from different residential trip purposes: A case study in Guangzhou, China[J]. [Cities](#), 2018, 81: 24-34.
- [41] Sun B, Ermagun A, Dan B. Built environmental impacts on commuting mode choice and distance: Evidence from Shanghai[J]. [Transportation Research Part D: Transport and Environment](#), 2017, 52: 441-453.
- [42] Huang X, Lu G, Yin J et al. Non-linear associations between the built environment and the physical activity of children[J].

- Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2021, 98: 102968.
- [43] Yang H, Zhang Q, Helbich M et al. Examining non-linear associations between built environments around workplace and adults' walking behaviour in Shanghai, China[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2022, 155: 234-246.
- [44] Tao T, Wang J, Cao X. Exploring the non-linear associations between spatial attributes and walking distance to transit[J]. *Journal of Transport Geography*, 2020, 82: 102560.
- [45] Yin L, Zhang H. Building walkable and safe neighborhoods: Assessing the built environment characteristics for pedestrian safety in Buffalo, NY[J]. *Journal of Transport & Health*, 2021, 22: 101129.
- [46] Guerra E, Dong X, Kondo M. Do denser neighborhoods have safer streets? population density and traffic safety in the Philadelphia region[J/OL]. *Journal of Planning Education and Research*, 2019: 0739456X19845043.
- [47] Lee B, Gordon P, Richardson H W et al. Commuting trends in US cities in the 1990s[J]. *Journal of Planning Education and Research*, 2009, 29(1): 78-89.
- [48] Antipova A, Wang F, Wilmot C. Urban land uses, socio-demographic attributes and commuting: A multilevel modeling approach[J]. *Applied Geography*, 2011, 31(3): 1010-1018.
- [49] Ewing R, Tian G, Lyons T. Does compact development increase or reduce traffic congestion?[J]. *Cities*, 2018, 72: 94-101.
- [50] Levinson D M, Kumar A. Density and the journey to work[J]. *Growth and Change*, 1997, 28(2): 147-172.
- [51] Sun B, Yin C. Impacts of a multi-scale built environment and its corresponding moderating effects on commute duration in China[J]. *Urban Studies*, 2020, 57(10): 2115-2130.
- [52] Zhu Z, Li Z, Liu Y et al. The impact of urban characteristics and residents' income on commuting in China[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2017, 57: 474-483.
- [53] 孙斌栋, 尹春. 人口密度对居民通勤时耗的影响及条件效应——来自上海证据[J]. *地理科学*, 2018, 38(1): 41-48. [Sun Bindong, Yin Chun. Impacts and conditional effects of population density on commuting duration: Evidence from Shanghai. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(1): 41-48.]
- [54] Dai D, Zhou C, Ye C. Spatial-temporal characteristics and factors influencing commuting activities of middle-class residents in Guangzhou City, China[J]. *Chinese Geographical Science*, 2016, 26(3): 410-428.
- [55] Frank L D, Engelke P. Multiple impacts of the built environment on public health: Walkable places and the exposure to air pollution[J]. *International Regional Science Review*, 2005, 28(2): 193-216.
- [56] Zahabi S A H, Miranda-Moreno L, Patterson Z et al. Transportation greenhouse gas emissions and its relationship with urban form, transit accessibility and emerging green technologies: A Montreal case study[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, 54: 966-978.
- [57] Choi K, Zhang M. The net effects of the built environment on household vehicle emissions: A case study of Austin, T X[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2017, 50: 254-268.
- [58] Wu X, Tao T, Cao J et al. Examining threshold effects of built environment elements on travel-related carbon-dioxide emissions[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2019, 75: 1-12.
- [59] Hong J. Non-linear influences of the built environment on transportation emissions: Focusing on densities[J]. *Journal of Transport and Land Use*, 2017, 10(1): 229-240.
- [60] Liu H, Fang C, Zhang X et al. The effect of natural and anthropogenic factors on haze pollution in Chinese cities: A spatial econometrics approach[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 165: 323-333.
- [61] Han S, Sun B. Impact of population density on PM_{2.5} concentrations: A case study in Shanghai, China[J]. *Sustainability*, 2019, 11(7): 1968.
- [62] 王卉彤, 刘传明, 赵浚竹. 交通拥堵与雾霾污染: 基于职住平衡的新视角[J]. *财贸经济*, 2018, 39(1): 147-160. [Wang Huitong, Liu Chuanming, Zhao Junzhu. Traffic jam and haze pollution: A new perspective based on jobs-housing balance. *Finance & Trade Economics*, 2018, 39(1): 147-160.]
- [63] Yang J, Shi B, Shi Y et al. Air pollution dispersal in high density urban areas: Research on the triadic relation of wind, air pollution, and urban form[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 54: 101941.
- [64] Sallis J F, Cerin E, Kerr J et al. Built environment, physical activity, and obesity: Findings from the international physical activity and environment network (IPEN) adult study[J]. *Annual Review of Public Health*, 2020, 41: 119-139.
- [65] Yang J, Zhou P. The obesity epidemic and the metropolitan-scale built environment: Examining the health effects of polycentric development[J]. *Urban Studies*, 2020, 57(1): 39-55.
- [66] Lopez R P. Neighborhood risk factors for obesity[J]. *Obesity*, 2007, 15(8): 2111-2119.
- [67] 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.
- [68] Van Cauwenberg J, Dunstan D, Cerin E et al. Population density is beneficially associated with 12-year diabetes risk marker change among residents of lower socio-economic neighborhoods[J]. *Health & Place*, 2019, 57: 74-81.
- [69] 孙斌栋, 阎宏, 张婷麟. 社区建成环境对健康的影响——基于居民个体超重的实证研究[J]. *地理学报*, 2016, 71(10): 1721-1730. [Sun Bindong, Yan Hong, Zhang Tinglin. Impact of community built environment on residents' health: A case study on individual overweight. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(10): 1721-1730.]
- [70] 张延吉, 秦波, 唐杰. 基于倾向值匹配法的城市建成环境对居民

- 生理健康的影响[J]. 地理学报, 2018, 73(2): 333-345. [Zhang Yanji, Qin Bo, Tang Jie. The impact of urban built environment on residential physical health: Based on propensity score matching. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 333-345.]
- [71] Sun B, Yan H, Zhang T. Built environmental impacts on individual mode choice and BMI: Evidence from China[J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 63: 11-21.
- [72] Yin C, Sun B. Does compact built environment help to reduce obesity? Influence of population density on waist-hip ratio in Chinese cities[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(21): 7746.
- [73] Day K. Built environmental correlates of physical activity in China: A review[J]. *Preventive Medicine Reports*, 2016, 3: 303-316.
- [74] 尹春. 城市建成环境对居民健康的影响及其路径研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2020. [Yin Chun. Influence of the urban built environment on residents' health and its pathways: Evidence from Shanghai. Shanghai: East China Normal University, 2020.]
- [75] Yin C, Cao J, Sun B. Examining non-linear associations between population density and waist-hip ratio: An application of gradient boosting decision trees[J]. *Cities*, 2020, 107: 102899.
- [76] Halloran T M. Better together? Population density and well-being in the United States[D]. Washington, D C: Georgetown University, 2012.
- [77] Hur M, Nasar J L, Chun B. Neighborhood satisfaction, physical and perceived naturalness and openness[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2010, 30(1): 52-59.
- [78] Okulicz-Kozaryn A, Mazelis J M. Urbanism and happiness: A test of Wirth's theory of urban life[J]. *Urban Studies*, 2018, 55(2): 349-364.
- [79] 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 Jie, Sun Bindong. Impact of built environment on urban residents' subjective well-being: Evidence from the China labor-force dynamics survey. *Urban Development Studies*, 2017, 24(12): 69-75.]
- [80] Yin C, Shao C, Dong C et al. Happiness in urbanizing China: The role of commuting and multi-scale built environment across urban regions[J]. *Transportation Research Part D:Transport and Environment*, 2019, 74: 306-317.
- [81] 刘晔, 肖童, 刘于琪, 等. 城市建成环境对广州市居民幸福感的影响——基于15 min步行可达范围的分析[J]. 地理科学进展, 2020, 39(8): 1270-1282. [Liu Ye, Xiao Tong, Liu Yuqi et al. Impacts of urban built environments on residents' subjective well-being: An analysis based on 15-minute walking distance. *Progress in Geography*, 2020, 39(8): 1270-1282.]
- [82] 许婧雪, 张文忠, 谌丽. 杭州城市人口密度对人居环境感知的影响[J]. 地理科学, 2022, 42(2): 208-218. [Xu Jingxue, Zhang Wenzhong, Chen Li. Impact of urban population density on perception of human settlements in Hangzhou. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(2): 208-218.]
- [83] 习近平. 国家中长期经济社会发展战略若干重大问题[J/OL]. 求是, 2020(21). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2020-10/31/c_1126680390.htm. 2020-10-31. [Xi Jinping. Major issues concerning China's strategies for mid-to-long-term economic and social development. Qiu Shi, 2020(21). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2020-10/31/c_1126680390.htm. 2020-10-31.]
- [84] 张文忠. 中国宜居城市建设的理论研究及实践思考[J]. 国际城市规划, 2016, 31(5): 1-6. [Zhang Wenzhong. Theoretical research of the livable city construction and its practice reflection in China. *Urban Planning International*, 2016, 31(5): 1-6.]
- [85] 张文忠, 何炬, 谌丽. 面向高质量发展的中国城市体检方法体系探讨[J]. 地理科学, 2021, 41(1): 1-12. [Zhang Wenzhong, He Ju, Chen Li. Method system of urban physical examination for high quality development in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(1): 1-12.]

Exploring the association of population density with urban livability

Yin Chun^{1,2}, Sun Bindong^{3,4}, Yao Xiajie⁵

(1. *College of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China*; 2. *International Institute of Spatial Lifecourse Health (ISLE), Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China*; 3. *Research Center for China Administrative Division, East China Normal University, Shanghai 200241, China*; 4. *Future City Lab, East China Normal University, Shanghai 200241, China*; 5. *Office of The Communist Party of China, Shanghai Changning District Committee, Shanghai 200050, China*)

Abstract: Optimizing population density has been recognized as an important way to improve urban livability, which is also the ultimate goal that human society has been pursuing. Although many disciplines, such as geography, urban planning, psychology, economics, and ecology, have made some explorations on the relationship between population density and urban livability, none of the existing theories among these disciplines have directly and systematically introduced the relationship between population density and urban livability. Moreover, the existing theories are mainly based on low-density contexts, ignoring high-density contexts in East Asia, especially in China, leading to relatively limited applications of these theories. This paper takes Chinese and American cities as examples, which are proxies of high- and low-density contexts, respectively. By comparing the research findings in these contexts, we aim to seek a generalized relationship between population density and urban livability. After reviewing the current empirical evidence, we found that population density has an important impact on urban livability but its impacts differ between Chinese and American cities. First, in American cities, population density has positive associations with commuting durations. A possible reason is that a higher population density reduces distances to destinations and improves accessibility to facilities. However, Chinese cities provide opposite evidence, which shows that population density has a negative relationship with commuting durations. This may be because a higher population density in China often induces traffic congestion. Second, population density is mainly negatively related to air pollution in American cities, whereas it is mainly positively associated with air pollution in Chinese cities. Third, many American studies suggest that population density has a positive relationship with physical health, because a higher population density promotes active travel, leading to higher levels of physical activity. However, studies from Chinese cities show that population density has negative or inverted U-shaped associations with physical health due to limited space for physical activity. Fourthly, population density has positive associations with subjective well-being by enhancing social capital in American cities, whereas it is negatively associated with subjective well-being by reducing social capital in Chinese cities. An important explanation for the above differences is that the basis of population is different between the U.S. and China. That is, population density may have different effects on urban livability in low density contexts (i.e., American cities) and high density contexts (i.e., Chinese cities). Combining both contexts, we conclude that there is an inverted U-shaped law between population density and urban livability. In particular, in the low-density contexts, a higher population density promotes urban livability, because it is conducive to reducing travel duration, improving air quality, and enhancing citizens' physical health and subjective well-being. However, in high-density contexts, a higher population density tends to reduce urban livability, as it may prolong travel duration, worsen air quality, and decrease citizens' physical health and subjective well-being. This inverted U-shaped relationship between population density and urban livability reminds geographers and urban planners to reconsider the local contexts of population density when designing and building livable and sustainable cities in China and other countries all over the world.

Key words: residential density; built environment; livable city; healthy city; international comparison