

# 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

张延吉<sup>1</sup>, 秦波<sup>2</sup>, 唐杰<sup>2</sup>

(1. 福州大学建筑学院城乡规划系, 福州 350116; 2. 中国人民大学城市规划与管理系, 北京 100872)

**摘要:** 伴随着城市化和机动化进程, 肥胖及其引致的慢性疾病已成为中国严峻的社会问题。本文利用2010年中国社会综合调查、空间兴趣点POI、道路网等数据, 探究城市建成环境对居民生理健康状况的影响, 并通过倾向值匹配法控制自选择机制的干扰。研究发现: ① 高密度的土地利用对居民总体的身体健康状况具有负向影响, 而功能混合、支路网通达的城市肌理、以及充足的健康设施在降低身体质量指数BMI、抑制超重和减少慢性病方面发挥着积极作用。② 各类建成环境特征对中高社会阶层的影响集中在主观的健康感知, 对中低阶层人群的影响则主要作用于客观的健康指标。③ 小尺度范围内的建成环境与中低阶层群体的身体健康水平存在更为密切的关联, 但这一规律在中高社会阶层并不明显。本研究证明了主动式空间干预手段在促进居民生理健康过程中的有效性, 进而就建成环境的优化策略提出了初步建议。

**关键词:** 建成环境; 生理健康; 倾向值匹配; 中国社会综合调查

DOI: 10.11821/dlxb201802009

## 1 引言

伴随着城市化和机动化进程, 慢性非传染性疾病已经取代急性传染病, 成为城市公共健康的首要威胁, 对市民生活、经济发展与社会和谐造成了一系列负面影响。以中国为例, 1992年至2013年, 城市居民中的超重人数年均增长4.5%; 2013年, 与肥胖相关的高血压、心脏病、脑血管病等慢性病发生率达20.4%; 其中, 心脏病和脑血管病跃升为城市居民的第二、第三大死亡病因<sup>[1]</sup>。慢性疾病的蔓延有损于劳动生产率, 由此导致的间接经济损失将在2025年占到全国GDP的8.73%<sup>[2]</sup>。加之弱势群体抵御疾病风险的能力不及高收入群体, 公共健康问题还会激化贫富差距等社会矛盾<sup>[3]</sup>。

体力活动不足和高热量饮食是诱发肥胖及相关慢性疾病的主要原因<sup>[4]</sup>。从能量输出端来看, 缺乏运动增加了罹患冠心病、II型糖尿病、结肠癌、乳腺癌的概率, 同时减少了预期寿命<sup>[5]</sup>; 而久坐行为也与心脏病、心血管疾病和糖尿病的发生存在一定关联, 并对青少年和儿童的肥胖率具有直接影响<sup>[6]</sup>。从能量输入端来看, 全球每年约有263万人的死因与水果蔬菜摄入不足有关<sup>[7]</sup>。

面对慢性疾病的严峻挑战, 与医学技术被动式的治疗手段相比, 城市建成环境优化旨在通过主动式的空间干预政策, 营造有利于体力活动和均衡膳食的人居环境, 具有改善提升的可行性、作用效果的长期性、惠及人群的广泛性、社会成本的经济性等诸多优势<sup>[8-9]</sup>。因此, 自世界卫生组织启动“健康城市”项目以来, 建成环境对居民身体健康的

收稿日期: 2017-02-16; 修订日期: 2017-09-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371007) [Foundation: National Nature Science Foundation of China, No.41371007]

作者简介: 张延吉(1989-), 男, 上海人, 博士, 讲师, 研究方向为城市地理学。E-mail: chairman7up@126.com

333-345 页

影响已成为交叉学科的研究热点<sup>[4, 8, 10-11]</sup>。2016年颁发的《“健康中国2030”规划纲要》也明确指出,应把健康融入城市规划、建设、治理的全过程。而厘清各类建成环境要素与居民生理健康之间的关联则是编制健康城市规划、优化城市建成环境的基础。

现有的国际研究大多基于城市生态系统理论,认为生理健康状况既受到个体的经济社会属性、遗传基因、行为习惯等影响,也与社会资本、经济发展水平、物质建成环境、自然生态条件等外在因素有关<sup>[12-13]</sup>。其中,城市建成环境对减少肥胖及慢性病发生的影响机制主要有二:一是通过环境设计增加体力活动,以促进热量消耗并增强体质;二是通过食物环境的改善,抑制热量的过多摄入<sup>[10]</sup>。就前者而言,高密度、混合型、密路网的土地利用模式压缩了不同目的地之间的时空距离,为绿色出行和开展有氧运动创造了条件<sup>[14]</sup>,对降低居民的身体质量指数(Body Mass Index, BMI)和慢性病发生率具有积极作用<sup>[10, 15-16]</sup>。相反,建成区的蔓延趋势越强烈、城市功能越单一,中高强度的体力活动就会不断减少<sup>[17-18]</sup>,由此导致BMI、肥胖率、以及高血压、心脏病、糖尿病等慢性病患者率显著提高<sup>[19-22]</sup>。这一规律在弱势群体<sup>[23]</sup>和长期住户中尤为明显<sup>[24]</sup>。此外,增加公园绿地、文体设施和公交站点的可达性也有助于抑制肥胖、减缓BMI上升和提高健康状况的自我感知<sup>[20, 25-27]</sup>。就食物环境的作用而言,相对于较多销售垃圾食品的便利店和快餐铺,邻近大型超市能有效减少肥胖和高血压的发生,因为超市中涵盖的食物种类更为丰富、蔬果更为易得、营养更为均衡<sup>[28-30]</sup>。

需要指出的是,既有的西方实证研究仍存在如下局限。首先,不同文献的空间分析单元不尽相同,以行政辖区为单元的宏观层面研究可能存在生态谬误问题<sup>[21]</sup>,社区内部的微观层面研究则因分析尺度不同而易引起结果差异<sup>[31]</sup>。其次,居民确定住所的过程并非是非随机的,该决策受到个体经济社会属性、居住偏好、行为习惯等影响,因此其身体健康状况可能是由所处建成环境导致的,也可能与上述混淆变量更为相关。由于这一自选择机制(self-selection)的存在,简单将不同建成环境中的居民健康状况进行比较会产生结论偏误,而广泛采用的OLS回归也无法证实建成环境与身体健康之间的因果关系<sup>[32-33]</sup>。最后,各类研究在测量建成环境时所用的变量具有不确定性<sup>[10]</sup>,评价生理健康状况的方式常在主观感知与客观指标间游离<sup>[19]</sup>,研究地域<sup>[30, 34]</sup>和研究对象<sup>[23, 35]</sup>也不尽相同,这些因素都会削弱结论的稳健性和普适性。尤其是绝大多数基于发达国家的理论成果难以直接用于指导发展中国家的健康城市规划<sup>[4]</sup>。

而在国内,目前该领域的研究刚刚起步,主要集中于文献综述和理念探讨<sup>[36-37]</sup>,将空间结构与生理健康相结合的实证分析十分有限,或聚焦某类小群体<sup>[38]</sup>、或选择个别社区进行案例分析<sup>[39]</sup>、或只关注影响居民健康的环境污染因素<sup>[40-41]</sup>。仅有孙斌栋等基于中国家庭追踪调查,发现高密度、设施可达性较好的建成环境与肥胖率具有正相关性,认为这与密集的功能分布减少了出行距离和体力消耗有关<sup>[42]</sup>。不过,该研究尚存在遗漏变量和未能有效控制自选择机制等不足。

为弥补现有研究空白,本文利用中国综合社会调查(Chinese General Social Survey, CGSS)数据、全国空间兴趣点(Point of Interest, POI)和道路网络等地理数据,通过倾向值匹配法(P propensity Score Matching, PSM)控制自选择机制的干扰,定量分析城市建成环境对公众身体健康的影响,以期明晰促进居民生理健康的主动式空间干预手段。具体而言,研究旨在探讨的主要问题是:土地利用密度、功能混合度、支路网肌理、设施可达性等建成环境特征能否在降低BMI、抑制超重、减少慢性病、以及提升身体健康感知的过程中发挥显著作用?而对处于不同经济社会阶层的人群而言,城市建成环境对生理健康状况的影响是否又存在明显差异?

## 2 研究设计

### 2.1 数据来源

本文使用的微观个体数据来源于中国人民大学数据调查中心组织的2010年中国社会综合调查。该项目采取分层三阶段概率抽样方式,对中国内地31个省、自治区、直辖市的480个居(村)委会开展入户调查,样本具有较好的代表性。在剔除位于农村和缺失变量的样本后,本文共获取278个城市社区中的6740个样本<sup>①</sup>。

为测量各类城市建成环境特征,本文以278个社区的居委会所在地为圆心,抓取1 km半径范围内某地图网站2010年的POI和路网数据,并将POI按功能归入31类用地性质<sup>②</sup>。稳健起见,分析中同时考虑了500 m和1 km两种搜索半径下的空间尺度范围。

### 2.2 解释变量:建成环境特征

在测量城市建成环境特征的过程中,既有研究或将诸多变量浓缩为一个综合指数(如城市蔓延指数<sup>[22]</sup>、步行适宜性指数<sup>[15]</sup>),或以若干代理变量反映建成环境的不同维度。但合成单一指数的做法掩盖了各类建成环境要素可能存在的差异化影响,任意选取代理变量则会产生效度问题和共线性问题<sup>[10]</sup>。

为避免随意设置变量,本文参考既有文献<sup>[10]</sup>,根据Cervero等提出的3D维度(包括密度Density、混合度Diversity、设计Design)<sup>[43]</sup>以及Ewing等在此基础上提出的5D维度(新增目的地可达性Destination Accessibility、到公交的距离Distance to Transit)<sup>[44]</sup>,选取15个相关变量。

在初次主成分分析中,公交站点密度、餐饮类POI占搜索区内总体POI的比重在各主因子的载荷量均低于0.5。出于效度考虑<sup>[45]</sup>,将两变量剔除后进行正式的主成分分析,最终分别把500 m和1 km搜索半径内13个反映建成环境特征的变量浓缩成4个主因子。按照旋转后的因子载荷矩阵(表1),将其依次命名为土地利用密度、功能混合度、支路网肌理、健康设施可达性。四者分别涵盖了500 m和1 km搜索半径内原有变量82.3%和80.4%的信息,表明因子提取效果较为理想。

为便于PSM分析,本文将主因子得分大于中位数的样本归为处理组(treatment group)。即在4次准实验中,居住环境具有高密度特征、多样化功能、通达支路网、充足健康设施的样本被分别作为处理组。而主因子得分低于中位数的样本则属于对照组(control group),即分别将处于低密度、单一功能、稀疏支路网、缺乏健康设施环境中的样本归入4次准实验的对照组。进而可依次从4个维度比较两组建成环境中居民的生理健康状况。

### 2.3 被解释变量

样本个体层面的身体健康水平是研究的被解释变量。客观指标和主观感知均被用以评价生理健康程度,但两者与建成环境之间的关联可能存在差异<sup>[19]</sup>。鉴于此,本文同时纳入BMI、是否超重、是否患有慢性病等客观指标以及健康总体状况的自我评价。

① 有关CGSS的详细信息可参见<http://www.chinagss.org/>,本文内容由作者自行负责。为保护调查对象的隐私,分析时数据库已对样本做了匿名处理,其地理定位仅至居委会尺度,未涉及具体住所地址。

② 参考城市建设用地分类标准(GB50137-2011),依据POI的小类或名称,将其归入行政办公(A1)、文化设施(A2)、教育科研(A3)、体育(A4)、医疗卫生(A5)、社会福利(A6)、文物古迹或宗教(A7、A9)、外事(A8)、零售商业(B11)、批发(B12)、餐饮(B13)、旅馆(B14)、金融保险(B21)、艺术传媒(B22)、其他商务设施(B29)、娱乐康体(B3)、加油加气(B41)、其他公用设施(B49)、其它服务设施(B9)、公园(G1)、广场(G3)、一类住宅(R11)、二三类住宅(R21、R31)、服务设施(R12、R22、R32)、城市道路(S1)、轨道交通(S2)、综合交通枢纽(S3)、公共交通设施(S41)、社会停车场(S42)、工业(M)、物流仓储(W)等31类用地性质。

表 1 旋转后的因子载荷矩阵  
Tab. 1 Rotated component matrix

变量	500 m 半径内建成环境的主因子				1 km 半径内建成环境的主因子			
	1	2	3	4	1	2	3	4
常住人口密度 <sup>①</sup>	0.792				0.850			
POI 密度	0.719				0.809			
交叉口密度	0.953				0.963			
道路网密度 <sup>②</sup>	0.928				0.938			
道路面积占搜索区面积的比重	0.911				0.924			
POI 用地类型的 HH 指数 <sup>③</sup>		-0.842				-0.819		
POI 用地类型的熵指数 <sup>④</sup>		0.746				0.745		
零售类 POI 占搜索区内 POI 的比重		0.647				0.678		
支路面积占道路总面积的比重			0.989				0.978	
支路长度占道路总长度的比重			0.980				0.966	
菜场类 POI 占搜索区内 POI 的比重				0.844				0.836
公园广场类 POI 占搜索区内 POI 的比重				0.667				0.583
体育用地类 POI 占搜索区内 POI 的比重				0.839				0.845

注：① 常住人口数为 2010 年第六次人口普查中居委会所在街道的常住人口数；② 道路网密度为道路长度与搜索区面积之比；③  $HH = \sum_{i=1}^{31} (S_i - x_i)^2$ ， $S_i$  为搜索范围内  $i$  类 POI 占搜索区内 POI 的比重， $x_i$  表示全国  $i$  类 POI 占总体 POI 的比重；④  $EI = \sum_{i=1}^{31} [S_i \times \ln(\frac{1}{S_i})]$ ， $S_i$  为搜索范围内  $i$  类 POI 占搜索区内 POI 的比重。

其中，BMI 通过体重（kg）除以身高（m）的平方计算而得。按照中国标准， $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$  属于超重， $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$  属于肥胖。CGSS 2010 的数据显示，当年中国城镇居民的超重率高达 34.9%，肥胖率达到 7.3%。与肥胖相伴的慢性疾病包括高血压、糖尿病、心脏病、哮喘等，本文将患有上述病症一种及以上的被调查者视为慢性病患者<sup>③</sup>。除客观指标外，本文还纳入被调查者对自身生理健康状况的总体评价，以 5、4、3、2、1 分别表示“很健康”、“比较健康”、“一般”、“比较不健康”、“很不健康”5 种主观感知水平。

2.4 倾向值匹配法

如前所述，居民所处的建成环境并非是随机选择的结果，个体属性、行为偏好、生活习惯等因素都会影响确定住所的过程。由于这一自选择机制的存在，简单将两组环境中居民健康状况进行比较而得的回归系数不具有统计上的一致性。基于独立随机假设的 OLS 回归也难以处理反向因果关系和遗漏变量等内生性问题，加之本身存在线性假设和多重共线性等不足，极易产生有偏估计<sup>[33]</sup>。社会实验是解决样本随机性问题的最佳途径，但在观察性研究中难以实施。PSM 方法则借鉴实验设计思路，通过对处理组和控制组中样本的逐一匹配，达到随机分配效果，为控制自选择机制、进而厘清建成环境与生理健康之间的因果关系提供了“准实验”式的分析工具<sup>[14, 46]</sup>。

PSM 的基本过程是：首先根据可观测的混淆变量，通过 probit 回归估计每个样本归入处理组（即所住环境具有高密度、或多样化功能、或通达支路网、或充足健康设施）的概率，得到其倾向得分。然后，将倾向值最为接近、但分属两组的样本逐一进行匹

③ CGSS 2010 仅针对出生于 1 月、4 月、6 月、8 月的被调查者搜集了罹患慢性疾病的信息，样本量为 2174 人。除该变量外，其余所有变量的样本数为 6740 人。



配,倾向值“极端”而未能匹配的样本被舍弃。为稳健起见,研究采取邻近匹配、半径匹配<sup>④</sup>和核心匹配3种方法,并通过平衡性检验,确认混淆变量在“再抽样”后的两组中不存在显著差异,以获得类似于随机实验的设计效果。最后,比较匹配后两组样本的身体健康水平,分别得到高密度、功能混合、通达支路网和充足健康设施对多项健康指标的平均影响效应(Average Treatment Effect on Treated, ATT)及其显著性。

考虑到不同阶层人群的行为特征不尽相同,对建成环境的敏感度也可能有所差异<sup>[23, 35]</sup>,本文在关注全体样本的基础上,还对中低社会阶层和中高社会阶层分别进行PSM分析<sup>⑤</sup>,以探究建成环境对居民生理健康的影响是否存在因人而异的规律。

在混淆变量的选取上,研究基于城市生态系统理论,首先引入性别、收入、年龄、是否有配偶、受教育年限<sup>[15]</sup>、本地居住时长<sup>[39]</sup>、是否拥有非农户口、是否参加社会医疗保险等个体经济社会属性。同时,纳入看电视或上网等久坐行为的频率、参与体育锻炼的频率、是否有车等反映体力活动状况的因素<sup>[6]</sup>;并用每周工作时长体现工作强度。其次,以参与社交、与亲戚聚会、与朋友聚会的频率均值构建社会资本指数,反映社会网络密度和获得社会支持的情况<sup>[24]</sup>。然后,引入居住地空气、水和噪音污染的严重程度,以控制自然环境对健康状况可能产生的影响<sup>[40-41]</sup>。最后,用所在区县当年的人均GDP衡量经济发展水平。为规避4个建成环境维度间的相互干扰,在进行某一维度的PSM分析时,将另3个维度的主因子得分也作为混淆变量加以控制。

### 3 实证发现

#### 3.1 准实验1:高密度与低密度环境中居民生理健康状况的比较

准实验1关注土地利用密度对居民身体健康的影响。从总体情况来看,在PSM控制了自选择机制的干扰后,高密度环境中居民的健康自我评价显著低于低密度环境中居民的健康感知。与之吻合,高密度环境中居民的BMI、超重比例和慢性疾病发生率均明显更高。由此可见,无论是对主观的身体健康感知、还是对于客观的生理健康指标,土地利用密度在总体上表现出负面影响。该发现与一些基于北美城市的实证结论恰好相反,这或与中国城市整体较高的土地利用强度有关。较之于西方城市低密度蔓延对公共健康带来的消极影响,在中国相对紧凑的城市环境下,更高密度的建成环境反而容易造成居民的精神压力、对出行安全的担忧、活动空间的缺乏、以及噪音和空气污染等问题,继而会对身体健康产生负面作用<sup>[36, 38]</sup>。诚如Giles-Corti所言,规划师在优化土地利用密度的过程中,往往面临着促进社会互动和避免健康风险的两难困境<sup>[4]</sup>。

有意思的是,城市密度对各阶层人群的影响不尽相同。就中高社会阶层而言,高密度对主观健康感知起到了显著的负向影响,但对客观健康指标并无明显作用。与之相对,高密度对中低社会阶层的客观健康指标具有显著的负面效应,但对其自身健康评价的影响尚不显著。换言之,高密度建成环境对中高阶层居民的影响集中在主观的健康感知上,对中低阶层居民的影响则主要作用于客观的健康状况。

④ 参考Rosenbaum等的建议<sup>[47]</sup>,半径大小采用样本估计的倾向值标准差的1/4。

⑤ CGSS 2010在对阶层的自我评价时,将社会群体分为10个等级,以10分代表社会最顶层阶层,以1分代表最底层阶层。在正式分析中,本文根据被调查者的主观判断,将填写5分及以下的样本归入中低社会阶层、6分及以上的样本归入中高社会阶层,两者比例为4.4:1。此外,本研究还基于“家庭经济状况在当地属于哪一档”(以李克特5点量表测量),将收入高于平均水平者作为中高社会阶层、处于平均水平或低于平均水平者作为中低社会阶层,就建成环境对不同阶层生理健康状况的影响差异进行稳健性检验,其结论与正式分析相似。受篇幅所限,读者可向作者索取分析结果。

表 2 变量的描述性统计  
Tab. 2 Descriptive statistics of variables

变量	测量方法	均值	标准差	最小值	最大值
一、解释变量：城市建成环境特征					
密度(主因子1)	500 m搜索半径, 方法详见2.2节	0.00	1.00	-1.45	3.04
	1 km搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-1.51	2.72
混合度(主因子2)	500 m搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-5.10	1.06
	1 km搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-5.60	0.99
支路网肌理 (主因子3)	500 m搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-3.00	1.31
	1 km搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-3.53	2.14
健康设施可达性 (主因子4)	500 m搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-2.52	2.48
	1 km搜索半径, 方法同上	0.00	1.00	-1.45	2.46
二、被解释变量：个体生理健康状况					
BMI	BMI=体重(kg)/身高(m) <sup>2</sup>	22.90	3.33	13.32	39.79
是否超重	是(BMI ≥ 24 kg/m <sup>2</sup> )=1, 否=0	0.35	0.48	0.00	1.00
是否患有慢性病	是=1, 否=0	0.32	0.47	0.00	1.00
健康自我评价	5点量表: 很健康=5~很不健康=1	3.71	1.06	1.00	5.00
三、混淆变量					
性别	男=1, 女=0	0.48	0.50	0.00	1.00
收入	5点量表: 远高于社会均值=5~远低于社会均值=1	2.67	0.76	1.00	5.00
年龄	岁	46.43	16.05	17.00	94.00
是否有配偶	是=1, 否=0	0.77	0.42	0.00	1.00
受教育年限	年	10.02	4.28	0.00	25.00
本地居住时长	年	34.84	21.05	0.00	94.00
户口	非农户口=1, 农业户口=0	0.67	0.47	0.00	1.00
社会医疗保险	参加=1, 未参加=0	0.84	0.37	0.00	1.00
看电视或上网等久坐行为的频率	每天=5, 一周数次=4, 一月数次=3, 一年数次或更少=2, 从不=1	3.50	0.93	1.00	5.00
参加体育锻炼的频率	同上	2.51	1.51	1.00	5.00
是否拥有汽车	是=1, 否=0	0.16	0.36	0.00	1.00
每周工作时长	小时。未工作者若从事家务劳动的计为10小时, 学生计为60小时, 其余计为0小时	28.84	28.20	0.00	138.00
社会资本指数	取“参加社交”、“与亲戚聚会”、“与朋友聚会”的频率均值, 三者的Cronbach $\alpha$ 系数为0.819, 说明信度较好。频率以5点量表测量: 总是=5~从不=1	2.48	0.70	1.00	5.00
空气污染程度	4点量表: 很严重=4~一点也不严重=1	2.37	0.46	1.00	4.00
水污染程度	同上	2.20	0.43	1.00	4.00
噪音污染程度	同上	2.38	0.46	1.00	4.00
人均GDP	元/人	41511.22	32472.80	4365.00	167923.00

值得注意的是, 当测量建成环境的尺度范围扩大时, 总体居民及中低阶层人群的BMI、是否超重和是否患有慢性病的ATT值与其显著性均呈下降态势, 1 km搜索半径内的高密度环境甚至对总体居民大部分的客观健康指标不再具有显著影响。这表明, 与居民的身体健康状况、尤其是与中低阶层人群客观健康指标更为相关的, 往往是住所周边较小空间尺度范围内的土地利用密度。

### 3.2 准实验2: 功能混合与功能单一环境中居民生理健康状况的比较

准实验2聚焦功能混合度对居民身体健康的影响。从主观健康感知受到的总体平均影响效应来看, 在功能混合环境中生活的居民, 其健康自我评价显著高于功能单一环境中居民的身体健康感知。不过, 尽管中低阶层的ATT值符号为正, 混合度与健康自我评价的正向关联在0.05的统计水平下仅对中高阶层群体显著。这一因果关系在两种空间尺度范围内都是稳定的。

由客观健康指标的ATT值可见, 如果居住在包含多样化功能的建成环境中, 居民将普遍拥有更低的BMI, 发生超重的比例也显著小于生活在城市功能相对单一环境中的居民。这或与功能混合使得不同出行目的地之间相距较近, 有利于居民选择绿色出行和开展体力活动有关。各个社会阶层都呈现出这一规律, 但中低阶层的ATT绝对值及显著水平均大于中高阶层, 显示功能混合度对肥胖的抑制作用在中低阶层人群中更为强烈。上述发现与土地利用密度对生理健康状况的负面效应大相径庭, 间接反映出高密度不等同于高混合度。这在一些城市郊区的大型居住社区中表现得尤为明显。

此外, 城市功能混合对减少慢性疾病也具有积极作用, 但强度及显著性低于功能混合度对BMI和是否超重的影响, 反映出慢性病可能与城市建成环境以外的更多因素(如遗传基因等)有关。

### 3.3 准实验3: 支路网通达与支路网稀疏环境中居民生理健康状况的比较

准实验3关注支路网肌理对居民身体健康的影响。PSM分析显示, 在500 m搜索半径内, 若居住在拥有通达支路网的建成环境中, 居民会获得显著更高的健康自我评价, 但在中低阶层人群中同样表现得不够显著。而当建成环境的搜索半径扩大到1 km后, 密集支路网对主观健康感知的影响力有所下降。

从客观生理健康指标的ATT值来看, 在拥有通达支路网的建成环境中, 居民表现出较低的BMI、超重比例和慢性病发生率。一些研究发现, 由于主干道对人流穿行具有阻隔作用, 其周边的小微商业氛围和城市活力相对不足<sup>[48]</sup>, 而人性化功能的减弱将无益于有氧活动的开展。另外, 主干道及其周边往往是由机动化主导的空间, 对骑行或步行行为起到了明显的抑制效果; 相反, 支路上的车流较少、车速更慢, 使得出行环境的安全性得以提升, 有利于增进居民的体力活动和健康状况<sup>[49]</sup>。不过, 与准实验1的发现类似, 拥有通达支路网的支路网肌理对客观健康指标的积极影响大多只在500 m搜索半径的较小尺度范围内、对中低阶层人群显著。

### 3.4 准实验4: 健康设施充足与缺乏健康设施环境中居民生理健康状况的比较

准实验4聚焦食物环境、开敞空间和文体设施可达性对居民身体健康的影响。与前3个准实验不同, 充足的健康设施对两类人群的主观健康感知都起到了显著的促进作用。尤其是就中低阶层群体而言, 尽管充足的健康设施对健康自我评价的ATT值仍略低于中高社会阶层, 但在2个尺度范围内均呈显著。这可能与公园、广场、文体设施、菜场等场所比抽象意义上的混合度、路网肌理等因素更为具象有关。

而从各个客观生理健康指标的ATT值来看, 同高密度、功能混合、通达支路网的影响类似, 如果在拥有充足健康设施的建成环境中生活, 居民将在总体上具有显著更低的BMI和超重率, 罹患慢性疾病的比例也明显小于居住在缺乏健康设施环境中的居民。

与前3次准实验相似, 随着尺度范围扩大, 健康设施可达性对中低社会阶层的影响力稍有下降。但与前3个建成环境维度的差异在于, 当搜索半径增加后, 健康设施可达性对中高阶层群体客观健康状况的影响力反而略有提高。在建成环境的测量范围扩大到1 km半径后, 该阶层BMI和是否超重等指标的ATT值开始呈现显著, 表明中高社会阶层的身体健康状况与较大空间尺度范围内的食物环境、开敞空间和文体设施更为相关。

表 3 高密度对生理健康影响的 PSM 分析  
Tab. 3 PSM analysis of high density's impact on physical health

搜索半径	匹配方法	A. 总体 ATT			B. 中低阶层 ATT			C. 中高阶层 ATT					
		健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病
500 m	近邻	-0.123***	0.336***	0.031*	0.036*	-0.080	0.552***	0.051**	0.050*	-0.187***	0.041	0.022	0.032
	半径	-0.122***	0.310***	0.033**	0.031*	-0.046	0.499***	0.052**	0.043*	-0.183***	0.181	0.021	0.029
	核心	-0.115***	0.299***	0.034**	0.043*	-0.039	0.435***	0.052**	0.043*	-0.179***	0.201	0.023	0.041
1 km	近邻	-0.191***	0.055	0.017	0.012	-0.149	0.342**	0.034*	0.042*	-0.220***	0.103	0.005	0.011
	半径	-0.189***	0.114*	0.020	0.021	-0.151	0.331**	0.032*	0.030*	-0.224***	0.135	0.008	0.021
	核心	-0.199***	0.213*	0.028*	0.029	-0.156*	0.230*	0.033*	0.029*	-0.222***	0.140	0.014	0.023

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.01、0.05、0.1的水平下显著。

表 4 功能混合对生理健康影响的 PSM 分析  
Tab. 4 PSM analysis of diverse function's impact on physical health

搜索半径	匹配方法	A. 总体 ATT			B. 中低阶层 ATT			C. 中高阶层 ATT					
		健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病
500 m	近邻	0.103***	-0.396***	-0.054***	-0.035**	0.022	-0.515***	-0.065***	-0.071**	0.118*	-0.377**	-0.041**	-0.022
	半径	0.098***	-0.358***	-0.055***	-0.022*	0.026	-0.499***	-0.055***	-0.045*	0.117***	-0.280**	-0.038*	-0.020
	核心	0.083***	-0.340***	-0.045***	-0.023*	0.031	-0.371***	-0.049***	-0.046*	0.104***	-0.282**	-0.032*	-0.015
1 km	近邻	0.125***	-0.308***	-0.046***	-0.046**	0.097*	-0.399***	-0.071***	-0.062**	0.107**	-0.220	-0.036*	-0.032
	半径	0.091***	-0.325***	-0.045***	-0.030	0.058	-0.405***	-0.059***	-0.047*	0.111**	-0.237*	-0.030*	-0.012
	核心	0.096***	-0.329***	-0.049***	-0.036	0.061	-0.377***	-0.056***	-0.046*	0.112***	-0.270*	-0.038**	-0.011

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.01、0.05、0.1的水平下显著。



表5 支路网通达对生理健康影响的PSM分析  
Tab. 5 PSM analysis of accessible road network's impact on physical health

搜索半径	匹配方法	A. 总体 ATT			B. 中低阶层 ATT			C. 中高阶层 ATT					
		健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病
500 m	近邻	0.104**	-0.151	-0.031	-0.017	0.071	-0.226***	-0.041**	-0.040*	0.124*	-0.008	-0.013	-0.010
	半径	0.097***	-0.158*	-0.024	-0.012	0.072	-0.235***	-0.043**	-0.023*	0.110***	-0.040	-0.012	-0.009
	核心	0.089***	-0.164*	-0.017	-0.010	0.065	-0.257**	-0.038**	-0.020*	0.105**	-0.037	-0.014	-0.008
1 km	近邻	0.067	-0.130	-0.022	-0.012	0.038	-0.134	-0.037**	-0.023	0.100*	-0.012	-0.013	0.005
	半径	0.080	-0.153	-0.018	-0.014	0.039	-0.145	-0.032*	-0.022	0.099*	-0.022	-0.004	-0.004
	核心	0.079	-0.229	-0.020	-0.015	0.041	-0.215*	-0.030*	-0.024	0.086*	-0.017	0.008	-0.003

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.01、0.05、0.1的水平下显著。

表6 健康设施充足对生理健康影响的PSM分析  
Tab. 6 PSM analysis of adequate health facilities' impact on physical health

搜索半径	匹配方法	A. 总体 ATT			B. 中低阶层 ATT			C. 中高层 ATT					
		健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病	健康自评	BMI	是否超重	是否患有慢性病
500 m	近邻	0.114***	-0.236***	-0.051***	-0.031**	0.098**	-0.512***	-0.072***	-0.050**	0.133***	-0.031	-0.022	-0.019*
	半径	0.120***	-0.205***	-0.047***	-0.022*	0.101**	-0.490***	-0.069***	-0.045**	0.132***	-0.023	-0.024	-0.009
1 km	核心	0.115***	-0.241***	-0.050***	-0.021*	0.094**	-0.520***	-0.076***	-0.039*	0.129***	-0.039	-0.019	-0.011
	近邻	0.104***	-0.196**	-0.047**	-0.028*	0.099**	-0.312***	-0.061**	-0.040**	0.118*	-0.191*	-0.037**	-0.022*
	半径	0.109***	-0.190**	-0.046***	-0.021*	0.090**	-0.301**	-0.058**	-0.029*	0.108**	-0.175*	-0.034*	-0.017
	核心	0.114***	-0.204**	-0.051***	-0.022*	0.105**	-0.326***	-0.060**	-0.031*	0.114***	-0.193*	-0.041**	-0.014

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.01、0.05、0.1的水平下显著。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文利用中国社会综合调查、POI、道路网等数据,通过倾向值匹配法控制自选择机制的干扰,首次在全国尺度实证检验了城市建成环境中的4个维度对居民生理健康状况的影响。研究证明,城市规划与管理者完全能够通过各种主动式的空间干预手段,实现降低肥胖率、减少慢性疾病、以及提高健康感知的政策目标。研究的主要发现包括:

(1)从总体来看,与北美大部分低密度蔓延的城市不同,在中国城市中土地利用密度对住户的生理健康状况具有显著的负面影响。而与其它国际研究相似,城市功能的混合多样、支路网络的紧密通达、健康设施的充足完善都能对BMI、超重现象和慢性病的发生起到有效的抑制作用,同时有助于提升居民主观的身体健康感知。

(2)城市建成环境对生理健康的影响在不同阶层人群中存在明显差异。除较为可见的健康设施外,大部分建成环境特征仅与中高阶层群体的健康自我评价具有显著关联。但就BMI、是否超重、是否患有慢性病等客观指标而言,中低阶层群体受到各类建成环境特征的平均影响效应要明显强于中高阶层群体。这表明,城市建成环境对中高社会阶层的影响主要集中在心理层面的主观健康感知,而对中低阶层的影响则作用于事实层面的客观健康状况。

(3)城市建成环境对居民身体健康的影响程度同空间尺度范围密切相关。尤其是对处于相对弱势地位的中低社会阶层而言,由于日常活动半径相对有限,与其生理健康状况最具紧密关系的是社区周边较小范围内的建成环境品质。但这一规律在中高阶层群体中并不明显,甚至是较大尺度范围内的一些建成环境特征(如健康设施可达性)对其健康状况更有影响力。

### 4.2 讨论

可见,健康城市规划应重点突出公平性的价值导向。尽管中高阶层群体在主观上更为重视所处建成环境对自身生理健康的潜在影响,但相较于更有能力从市场上获得医疗保健和体育健身服务的中高社会阶层,城市空间的公共品供给和环境品质与弱势群体的客观健康水平具有更为紧密的关联。为此,在城市建成环境优化的过程中,应适度集约利用土地,慎重采信西方文献中一味强调提高开发密度的做法,以避免空气噪音污染、活动场所匮乏、以及安全性缺失等问题。同时,强化用地性质的功能混合,推广具有通达支路网的都市肌理,注重开敞空间的合理布局,并且增加文体设施的人口覆盖率,为居民就近开展体育锻炼和促进有氧出行提供适宜的建成环境。此外,应评估与纠正部分城市近年来实施的合并或拆除菜市场等政策,以为居民营造有利于均衡科学膳食的食物环境。

受数据和篇幅所限,本文仍存在如下不足:①倾向值匹配法仍会受到遗漏变量问题的干扰,研究所用的CGSS数据尚未纳入饮食习惯、基因体质<sup>[50]</sup>等混淆变量。②本文聚焦于居住地建成环境的影响,缺乏对工作地和游憩地周边环境的关注,需在未来研究中克服地理背景不确定性问题(UGCoP)<sup>[51]</sup>。③目前倾向值匹配对连续性自变量的处理尚不完善,体力活动、城市安全、社会资本等因素的中介作用<sup>[4]</sup>也有待厘清。

## 参考文献(References)

- [1] National Health and Family Planning Commission. Statistical Yearbook of Health and Family Planning 2016. Beijing: China Union Medical College Press, 2016. [国家卫生和计划生育委员会. 2016中国卫生和计划生育统计年鉴. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2016.]

- [2] Popkin B M. Will China's nutrition transition overwhelm its health care system and slow economic growth? *Health Affairs*, 2008, 27(4): 1064-1076.
- [3] Jie E. The economic impact of chronic diseases in Chinese residents. *World Economic Papers*, 2011(3): 74-86. [解堃. 中国居民慢性病的经济影响. *世界经济文汇*, 2011(3): 74-86.]
- [4] Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, et al. City planning and population health: a global challenge. *The Lancet*, 2016, 388(10062): 2912-2924.
- [5] Lee I, Shiroma E J, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 2012, 380(9838): 219-229.
- [6] Thorp A A, Owen N, Neuhaus M, et al. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: A systematic review of longitudinal studies, 1996-2011. *American Journal of Preventive Medicine*, 2011, 41(2): 207-215.
- [7] Lock K, Pomerleau J, Causer L, et al. The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: Implications for the global strategy on diet. *Bulletin of the World Health Organization*, 2005, 83(2): 100-108.
- [8] Loon J V, Frank L. Urban form relationships with youth physical activity: Implications for research and practice. *Journal of Planning Literature*, 2011, 26(3): 280-308.
- [9] Gibson J M, Rodriguez D, Dennerlein T, et al. Predicting urban design effects on physical activity and public health: A case study. *Health & Place*, 2015, 35(9): 79-84.
- [10] Feng J, Glass T A, Curriero F C, et al. The built environment and obesity: A systematic review of the epidemiologic evidence. *Health & Place*, 2010, 16(2): 175-190.
- [11] Kerr J, Rosenberg D, Frank L. The role of the built environment in healthy aging: Community design, physical activity, and health among older adults. *Journal of Planning Literature*, 2012, 27(1): 43-60.
- [12] Barton H, Grant M. A health map for the local human habitat. *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 2006, 126(6): 252-261.
- [13] Barton H. Land use planning and health and well-being. *Land Use Policy*, 2009, 26(12): S115-S123.
- [14] Cao X, Fan Y. Exploring the influence of density on travel behavior using propensity score matching. *Environmental and Planning B: Planning and Design*, 2012, 39(3): 459-470.
- [15] Frank L D, Sallis J F, Conway T L, et al. Many pathways from land use to health: Associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. *Journal of the American Planning Association*, 2006, 72(1): 75-87.
- [16] Poulou T, Elliott S J. Individual and socio-environmental determinants of overweight and obesity in Urban Canada. *Health & Place*, 2010, 16(2): 389-398.
- [17] Frank L D, Andresen M A, Schmid T L. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*, 2004, 27(2): 87-96.
- [18] Lopez-Zetina J, Lee H, Friis R. The link between obesity and the built environment: Evidence from an ecological analysis of obesity and vehicle miles of travel in California. *Health & Place*, 2006, 12(4): 656-664.
- [19] Kelly-Schwartz A C, Stockard J, Doyle S, et al. Is sprawl unhealthy? A multilevel analysis of the relationship of metropolitan sprawl to the health of individuals. *Journal of Planning Education and Research*, 2004, 24(24): 184-196.
- [20] Joshi C E, Beehmer T K, Brownson R C, et al. Personal, neighbourhood and urban factors associated with obesity in the United States. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2008, 62(3): 202-208.
- [21] Lathey V, Guhathakurta S, Aggarwal R M. The impact of subregional variations in urban sprawl on the prevalence of obesity and related morbidity. *Journal of Planning Education and Research*, 2009, 29(2): 127-141.
- [22] Ewing R, Meakins G, Hamidi S, et al. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity: Update and refinement. *Health & Place*, 2014, 26(2): 118-126.
- [23] Forsyth A, Oakes J M, Lee B, et al. The built environment, walking, and physical activity: Is the environment more important to some people than others? *Transportation Research Part D*, 2009, 14(1): 42-49.
- [24] Doyle S, Kelly-Schwartz A, Schlossberg M, et al. Active community environments and health: The relationship of walkable and safe communities to individual health. *Journal of the American Planning Association*, 2006, 72(1): 19-31.
- [25] Samimi A, Mohammadian A, Madanizadeh S. Effects of transportation and built environment on general health and obesity. *Transportation Research Part D*, 2009, 14(1): 67-71.
- [26] MacDonald J M, Stokes R J, Cohen D A. The effect of light rail transit on body mass index and physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 2010, 39(2): 105-112.

- [27] Xu Y, Wen M, Wang F. Multilevel built environment features and individual odds of overweight and obesity in Utah. *Applied Geography*, 2015, 60(S1): 197-203.
- [28] Morland K, Roux A V D, Wing S. Supermarkets, other food stores, and obesity: The atherosclerosis risk in communities study. *American Journal of Preventive Medicine*, 2006, 30(4): 333-339.
- [29] Fraser L K, Clarke G P, Cade J E, et al. Fast food and obesity: A spatial analysis in a large united kingdom population of children aged 13-15. *American Journal of Preventive Medicine*, 2012, 42(5): e77-e85.
- [30] Chi S H, Grigsby-Toussaint D S, Bradford N, et al. Can geographically weighted regression improve our contextual understanding of obesity in the US? Findings from the USDA Food Atals. *Applied Geography*, 2013, 44(4): 134-142.
- [31] James P, Berrigan D, Hart J E, et al. Effects of buffer size and shape on associations between the built environment and energy balance. *Health & Place*, 2014, 27(3): 162-170.
- [32] Frank L D, Engelke P O. The built environment and human activity patterns: Exploring the impacts of urban form on public health. *Journal of Planning Literature*, 2001, 16(2): 202-218.
- [33] Guo Shenyang, Fraser M W. *Propensity Score Analysis: Statistical Methods and Applications*. Chongqing: Chongqing University Press, 2012. [郭申阳, 弗雷泽 M W. 倾向值分析: 统计方法与应用. 重庆: 重庆大学出版社, 2012.]
- [34] Xu Y, Wang L. GIS-based analysis of obesity and the built environment in the US. *Cartography and Geographic Information Science*, 2015, 42(1): 9-21.
- [35] Frank L D, Kerr J, Sallis J F, et al. A hierarchy of sociodemographic and environmental correlates of walking and obesity. *Preventive Medicine*, 2008, 47(2): 172-178.
- [36] Lin Xiongbiao, Yang Jiawen. Built environment and public health review and planning in North American metropolitan areas. *Planners*, 2015, 31(6): 12-19. [林雄斌, 杨家文. 北美都市区建成环境与公共健康关系的研究述评及其启示. 规划师, 2015, 31(6): 12-19.]
- [37] Wang Lan, Liao Shuwen, Zhao Xiaojing. Exploration of approaches and factors of healthy city planning. *Urban Planning International*, 2016, 31(4): 4-9. [王兰, 廖舒文, 赵晓菁. 健康城市规划路径与要素辨析. 国际城市规划, 2016, 31(4): 4-9.]
- [38] Xu F, Li J, Liang Y, et al. Residential density and adolescent overweight in a rapidly urbanizing region of mainland China. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2010, 64(11): 1017-1021.
- [39] Alfonzo M, Guo Z, Lin L, et al. Walking, obesity and urban design in Chinese neighborhoods. *Preventive Medicine*, 2014, 69: S79-S85.
- [40] Chen J, Chen S, Landry P F. Migration, environmental hazards, and health outcomes in China. *Social Science & Medicine*, 2013, 80: 85-95.
- [41] Ma J, Mitchell G, Dong G, et al. Inequality in Beijing: A spatial multilevel analysis of perceived environmental hazard and self-rated health. *Annals of the American Association of Geographers*, 2017, 107(1): 109-129.
- [42] 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. [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. 地理学报, 2016, 71(10): 1721-1730.]
- [43] Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research D*, 1997, 2(3): 199-219.
- [44] Ewing R, Cervero R. Travel and the built environment. *Transportation Research Record*, 2001, 1780: 87-114.
- [45] An Taisheng. *AMOS and Research Method*. Chongqing: Chongqing University Press, 2009: 84-86. [安泰生. AMOS 与研究方法. 重庆: 重庆大学出版社, 2009: 84-86.]
- [46] Hu Anning. Propensity score matching and causal inference: A methodological review. *Sociological Studies*, 2012(1): 221-242. [胡安宁. 倾向值匹配与因果推论: 方法论述评. 社会学研究, 2012(1): 221-242.]
- [47] Rosenbaum P R, Rubin D B. Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity score. *The American Statistician*, 1985, 39(1): 33-38.
- [48] Sheng Qiang. Distribution logic of local public space: A spatial configuration analysis on the local shops inside 222 urban blocks in the Third Ring of Beijing. *Urban Planning International*, 2012, 27(6): 61-68. [盛强. 社区级活力中心分布的空间逻辑: 以北京三环内222个街区小商业集聚为例. 国际城市规划, 2012, 27(6): 61-68.]
- [49] Zhao P. The impact of the built environment on bicycle commuting: Evidence from Beijing. *Urban Studies*, 2014, 51(5): 1019-1037.
- [50] Zick C D, Hanson H, Fan J X, et al. Re-visiting the relationship between neighbourhood environment and BMI: An instrumental variables approach to correcting for residential selection bias. *International Journal of Behavioral Nutrition*



and Physical Activity, 2013, 10: 27.

- [51] Kwan M P. The uncertain geographic context problem. *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, 102 (5): 958-968.

## **The impact of urban built environment on residential physical health: Based on propensity score matching**

ZHANG Yanji<sup>1</sup>, QIN Bo<sup>2</sup>, TANG Jie<sup>2</sup>

(1. Department of Urban and Rural Planning, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2. Department of Urban Planning and Management, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

**Abstract:** With the process of urbanization and motorization, obesity and chronic diseases have become a serious social problem, but the empirical study on the impact of urban built environment on public physical health is still lacking in Chinese context. In this paper, we use the data from China's general social survey in 2010 and select 6740 samples in 278 urban communities throughout 31 provincial areas. Other geographical data are also introduced into the analysis, such as point of interests and road network surrounding each community. In order to control the interference of self-selection mechanism, this research uses a quasi-experimental method called propensity score matching. According to this empirical analysis, firstly, the study indicates that high-density land use has a negative impact on the overall physical health of the residents, which is contrary to comparatively low density developed cities in Western countries. Nevertheless, similar to international literatures, all of the mixed urban function, urban texture with an accessible branch network, and adequate health facilities play a positive role in reducing BMI, inhibiting overweight and lowering chronic diseases. Secondly, these built environment elements have various impacts on different social classes. The upper class is mainly influenced in the subjective physical health perception while the lower class is more affected in the objective physical health status. Thirdly, there is a closer relationship between the ambient built environment characteristics of small spatial scale and the health status of middle- and low-stratum groups, but this rule is not obvious among middle and high social classes, which reflects that the surrounding environmental quality of public space has a more direct and important impact on the physical health of vulnerable groups. In conclusion, this study proves the effectiveness of active spatial intervention in the process of improving public physical health as well as alleviating health inequality problem, and then puts forward some suggestions on optimization strategy of urban built environment in China.

**Keywords:** built environment; physical health; propensity score matching; Chinese general social survey