

城市住区建成环境步行性需求评价及差异分析

——以武汉市五类住区为例

□ 申 洁, 淳 涛, 牛 强, 魏 伟, 彭 阳

[摘 要] 步行出行是人们的一种重要的出行方式,提升城市住区建成环境的步行性是提高城市环境品质的重要一环。文章结合步行性需求层级理论,构建了城市住区建成环境步行性需求评价体系,并应用 Pearson 相关性分析法和 Kano 模型,对武汉市主城区的五类住区展开了需求评价和差异化分析,确定了五类住区建成环境改善的重点,提出了针对性的规划设计优化策略,有助于推进城市规划管理向多元化和精细化转型。

[关键词] 城市住区;建成环境;步行性;需求评价;武汉

[文章编号] 1006-0022(2020)12-0038-07 [中图分类号] TU984.12 [文献标识码] B

[引文格式] 申洁,淳涛,牛强,等.城市住区建成环境步行性需求评价及差异分析——以武汉市五类住区为例[J].规划师,2020(12):38-44.

Evaluation and Difference Analysis of Built Environment Walking Demands in Urban Residential Areas: A Case Study of Five Types of Residential Areas in Wuhan/Shen Jie, Chun Tao, Niu Qiang, Wei Wei, Peng Yang

[Abstract] Walking is an indispensable part of people's participation in urban social and economic activities. Improving the built environment walking demands in urban residential areas is an important part of high quality urban environment development. Based on the hierarchy theories of walking demands, the evaluation index system of built environment walkability of urban residential areas is established. Pearson correlation analysis and Kano model are used to carry out demand evaluation and differentiation analysis for five types of residential areas in Wuhan. The key points to improve the built environment are identified, and respective planning strategies are proposed to promote diversified and refined urban planning and management.

[Keywords] Urban residential areas, Built environment, Walkability, Demand evaluation, Wuhan

0 引言

提升城市住区建成环境品质,实现高质量的发展已经成为当前城市规划的重要议题。步行出行是居民生产生活中不可或缺的一部分,满足建成环境步行性的需求,是住区品质提升的重要环节;强化规划设计做精做细的设计理念,是住区品质提升的关键所在。品质是多元多层级的,如何更好地响应居民的需求,是今后住区规划设计工作的重心,是适应新时代的发展要求,也是“以人民为中心”的价值导向。

以往的城市营建更重视机动交通出行需求,多使用定量模型探讨宏观结构与机动车出行特征之间的关系,

虽然主导思想是批判机动车的使用,但是目的并非为解决城市建成环境步行性问题,研究尺度也不适用于人的步行范围,忽略了人在步行距离范围内对中微观建成环境的诉求。目前,武汉市 17 岁以下的青少年步行出行的比例为 31.6%;在 18~59 岁的中青年群体中,步行与公车或地铁相结合的混合出行模式占比约为 44.34%;60 岁以上的老年人步行出行的比例高达 53.6%^[1]。可以看出,步行仍是武汉市居民交通出行的主要方式,建成环境步行性的改善将极大提高城市品质。

相较于西方国家,国内有关步行性评价的研究开展得较晚,大多研究又集中于现象描述和客观变量因素的测度与评价^[2-4]。然而,不同住区类型居民对步行环

[基金项目] 国家自然科学基金项目(51778053)、2020 年省级大学生创新创业训练计划项目(201708184016)

[作者简介] 申洁,博士,武汉科技大学城市建设学院讲师。

淳涛,高级工程师,湖北省城市规划设计研究院院长助理。

牛强,博士,武汉大学城市设计学院教授。

魏伟,博士,武汉大学城市设计学院教授。

彭阳,注册城乡规划师,武汉市土地利用和城市空间规划研究中心空间研究部主任。

境的满意程度与需求重点不尽相同，需准确分析和把握不同住区居民步行出行需求与发展规律。本文关注的重点是武汉市五类城市住区居民步行出行需求的差异，并非从不同步行出行目的来探讨城市住区建成环境步行性问题。因此，本文不做步行出行目的的分类讨论。

1 步行性需求的层级

美国学者 Michael Southworth 认为“步行性是环境对步行行为的支持程度，涵盖为行人提供舒适安全的环境、行人在合理的时间和体力范围内能够到达目的地，以及在步行网络中为行人提供视觉吸引力”^[5]。德国学者 Jens Bucksch 等人认为，步行性不仅仅是建立步行友好的建成环境，从其环境行为的意义上看，人们步行出行的重要“决定”来自环境的客观现状和居民的主观评价^[6]。本次研究中的步行性定义是住区建成环境支持和鼓励行走的程度，以及建成环境中行人的体验及感受。

在人本心理学领域，Abraham Harold Maslow 将“需求”理解为“驱动或动机”，即“由缺失感所表现出的意愿，最终产生的人的动机”^[7]。Robert L Barker 认为需求是由于受到紧张或不满足状态的驱动，实现可以使自身得到满足的目标^[8]。综上所述，需求是指外部的客观刺激作用于人的大脑引起的个体缺乏某种事物的状态，也可以说是个体感官对某种事物感到匮乏的心理状态。外部环境是个人需求满足的前提。这里的外部环境客观刺激是人对物质的需求，而个体感官匮乏状态是人对精神的需求。本次研究中的“需求”指居民对住区建成步行性的一种需要。这种需求并非仅由个人内在产生，也由人与建成环境步行性之间的交互刺激引发。

1.1 需求层级中的客观物质需求

马克思理论提出“人的需求即是人的本性”，马斯洛需求理论指出生理需求和安全需求是个体的基本需求，同属于生

存性的基本需要，环境行为学认为人的行为是人内在需求与环境共同作用的结果。住区建成环境步行性需求的产生，首先是源于个体“人”在身体体能允许范围内，以步行方式完成社会经济活动出行需求，这是从人的生理需要出发转向对物质环境顺畅、无障碍到达目的地的初级需求，即“可达性需求”。同样受体能和耐力的影响，步行行为选择都符合“最小原则”——选择最小的力气，获得最短、最省力的步行路径，即对行走路径的“便捷性需求”。此外，在步行出行行为已产生的前提下，步行“安全性需求”倾向于关注交通环境呈现在技术层面安全性的需求特征，保障步行过程中身体不受伤害。

1.2 需求层级中的主观精神需求

环境心理学认为人的行为发生的主要诱因是外在的环境通过人的主观精神起作用。当这些基础生存性需求，通过客观物质条件或因素得到满足时，则开始转向高级需求即主观精神层面的需求。

随着基础设施建设日益完善，人们的出行需求已不仅仅停留于达到目的地的位置移动，出行的情感效益和社会效益也逐步受到关注^[9-10]。Louis Kahn 认为“人际交往才是城市的本原”。令人愉快的步行场景能提供社交邂逅，更容易让人们产生步行出行意愿。步行过程中的“社交性需求”实现了精神的放松及情感的交流。此外，一段令人愉快、场景不断变换的建成环境更容易让人重复行走，居民步行的“审美性需求”也是行动的主要导向与源动力。塑造良好的住区街道景观与艺术体验，能提高居民出行的自由度与兴奋度，也能满足居民精神层面的需求^[11]。

1.3 需求层级中的差异性需求

社会生态学理论指出“生活方式环境”即居民不同的社会属性和背景也是决定步行行为的内在过程。探索不同类型住区居民步行出行对住区建成环境的需求，是改善住区建成环境步行性的关

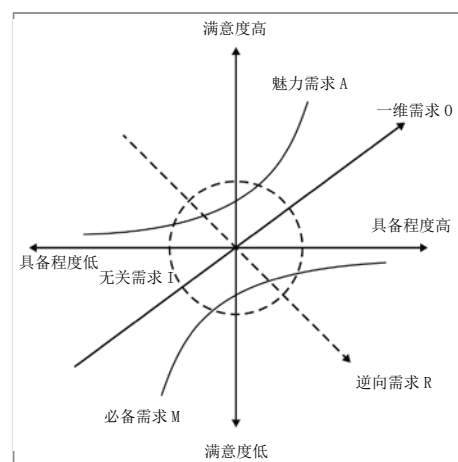


图1 魅力质量理论需求类型划分

键，也是城市规划干预居民步行出行的重要方法和路径。

魅力质量理论及分析模型（Kano 模型）由日本的狩野纪昭教授提出，该理论探讨了影响用户满意度的需求结构，划分了不同需求要素与满意度之间的作用关系^[12]。“并非每种需求的提供（缺失）均能提高（降低）服务对象的满意度，各项需求满足对满意度的作用（提高或降低）也存在差异”^[13]。依据对满意度的影响程度，可以将需求划分为必备需求、一维需求、魅力需求、无关需求和逆向需求五类（图1）。其中必备需求的具备程度与满意度之间呈“非线性”关系，需求的满足可能不会使满意度提升，但无法满足时会导致满意度急剧下降，属于五类需求中最为基础的内容。就住区建成环境步行性需求而言，魅力质量理论及 Kano 模型可以更加精准地展现居民对建成环境步行性需求的满足与满意度之间的关系。

2 城市住区步行性需求评价体系

研究结合马克思需求理论、马斯洛需求理论、环境行为学理论、环境心理学理论、社会生态学理论和魅力质量理论，建立城市住区建成环境步行性需求层级，并将城市住区步行性需求总结归纳为主客观维度下可达性需求、便利性需求、安全性需求、社交性需求和审美性需求（图2）。

可达性需求是最基本的步行需求，指步行者在步行阈值范围内多样目的地的可达性，是步行出行的必备需求。在城市住区建成环境步行性的需求表现为土地利用多样性和服务设施可达性，土地利用多样性被认为是建成环境要素中对步行性影响重要的因素之一。有关评价土地利用多样性的指标主要有两类：一类是源于 Robert Cervero 在 1997 年提出的“3Ds”理论，以土地利用混合度 (LUM) 为代表的计算多种用地类型的混合程度指标^[14-17]；另一类是以商业办公、公共服务设施等用地占总用地比例为代表的单一类型指标^[18-20]。一般而言，服务设施可达性越高，居民步行出行的概率越大。商店、餐厅、公交站和社区公园等服务设施对居民步行前往目的地有促进作用^[21-26]。此外，有研究指出当服务设

施与居住地距离小于 400 m 时，会有更多人选择步行出行^[23-24]。便利性需求指步行者能够在现有的条件下顺畅、快捷到达目的地或完成社会活动的需求，是出行的必要条件。受生理体能和耐力影响，步行者希望有就近的步行路径，行为符合“最小原则”。Reid Ewing 和 Robert Cervero 指出道路网络特征对步行性的影响具有长期“锁定效应”。因此，步行者对路网密度与宽度、交叉口密度和街区边长等有较高的要求^[5, 17, 27-30]。此外，绕路系数 PRD 和路径选择度也是步行便捷性的关键衡量影响因素之一^[31-32]。安全性需求是步行者能够达到目的地的必备条件，本文主要讨论的是道路技术层面的安全性需求。早在 19 世纪 20 年代雷德朋体系就提出了人车分离的交通

模式；第二次世界大战后，欧美国家陆续颁布了改善步行安全的交通政策；20 世纪 60 年代至今，交通安宁和共享街区理论被提出，以提高住区建成环境步行的安全性。此外，北欧和北美一些国家在交通设计中提出“零”死亡的愿景，对道路交通的速度控制、空间组织提出新的要求^[11]。还有研究指出，车行道数量、步行道商铺比例、过街设施密度和人行道宽度等是影响步行安全性的主要指标^[33-35]。社交性需求是人与人、人与自然、人与社会相互联系的本质体现。居民步行社交性需求，主要是指通过步行活动放松精神及交流邻里情感。居民的出行不仅是为了完成位置的移动，还要通过出行融入社会生活。完善的休憩设施、清洁的道路界面、不被侵占的步行道、夏季遮阳的行道树及冬季充分的日照都是促进人们社交的影响因素^[36-37]。此外，标识指引系统的清晰准确，完善的监视设备都能大幅度提高人们在步行过程中的社交参与度^[38-39]。

审美性需求与住区自然景观的街道风貌、人文景观的建筑风格特色及历史文化等有关。在住区建成环境中，自然景观提升街道视觉美观性；人文景观聚集地域文化、社会风俗等要素，能增强住区建成环境的辨识度，获得居民心理审美的认同，提高步行出行频率^[40-41]。同时，街道绿化率、建筑风格和立面装饰等都是影响审美性的主要因素^[42-44]。此外，沿街商业建筑的丰富性和通透性对于步行活动的吸引力较强^[45-47]。

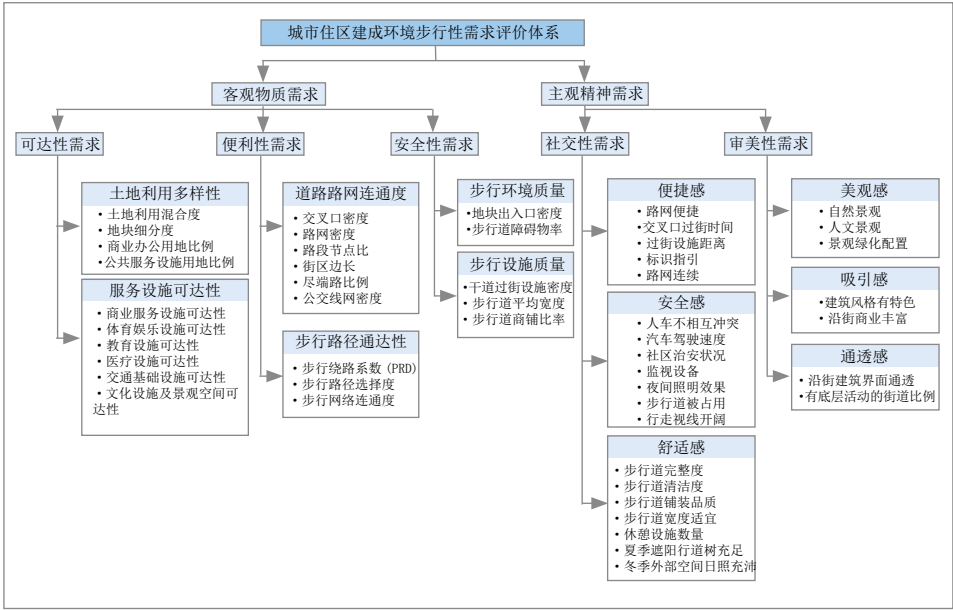


图2 住区建成环境步行性需求指标体系图

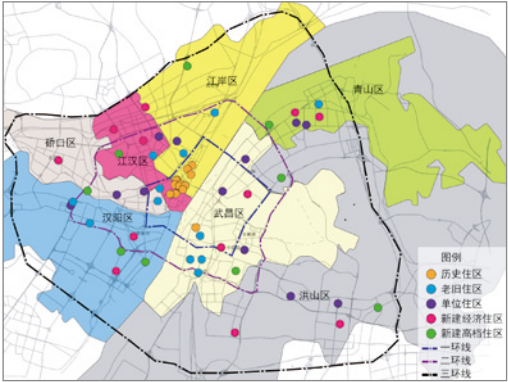


图3 武汉市城市住区建成环境研究范围示意图

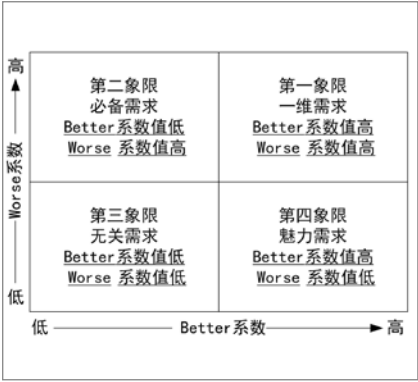


图4 重要需求指标四分位图

3 实证研究

3.1 研究设计及样本选取

依据上文步行性需求理论和评价体系，本次研究采用定性与定量相结合的研究路径。首先，通过理论分析和整理既有国内外研究中相关的评价因子，构建城市住区建成环境步行性评价体系，并进行客观环境指标数据的初步选择和主观需求调查问卷设计。其次，通过 GIS

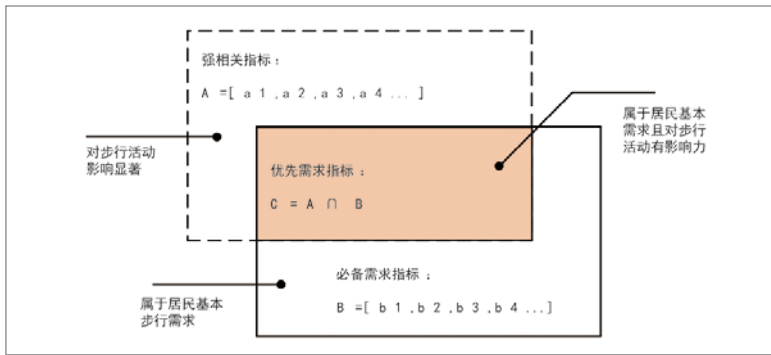


图5 优先需求指标分析示意图

表1 Kano模型的需求类型划分矩阵

能够满足需求时	无法满足需求时				
	很好	还行	无所谓	不太好	不喜欢
很好	Q	A	A	A	O
还行	R	I	I	I	M
无所谓	R	I	I	I	M
不太好	R	I	I	I	M
不喜欢	R	R	R	R	Q

注：M为必备需求，O为一维需求，A为魅力需求，I为无关需求，R为逆向需求，Q为可疑结果。

应用、实地踏勘和问卷调查采集研究数据。最后，研究分析每类住区的步行需求差异化特点，包括每类住区优先改进的需求层级和需求指标，确定步行建成环境改善需求的重点，并提出可行的改进策略。

选取武汉市主城区60个成熟的住区作为研究对象的依据如下：①涵盖了武汉市江岸、江汉、硚口、武昌、青山、汉阳和洪山7个不同的辖区；②按照武汉市城市住区类型与发展脉络选取；③以平均收入划分住区社会属性。据此，这60个城市住区样本被划分为五种类型：半殖民地半封建社会时期的历史住区、计划经济时期的单位住区、改革开放时期的老旧住区、市场经济初期的新建经济住区、市场经济发展时期的新建高档住区（图3）。同时，以居住小区作为住区步行单元，划定半径1000m的日常步行范围。

3.2 研究方法及数据采集

首先，通过样本评价验证指标体系的科学性。住区建成环境步行性需求指标存在量纲不同、均值差异大等特点，需对原指标数据进行标准化处理。根据每项指标数据分布特征，利用ArcGIS软件中的自然间断点分级，将每组指标数据由低至高划分为5个区间并赋予1~5的标准值。对单个指标的标准值和由德尔菲法得到的指标权重进行加权求和，得到住区建成环境步行性需求指数WRI (Walkability Requirement Index)：

$$WRI = \sum W_i X_i \quad \text{公式①}$$

其中， X_i 是第*i*个指标的标准值， W_i 是该指标的权重。

在计算出60个住区的步行性综合需求指数后，再计算同一类型12个住区样本的均值，并以同一类型12个住区样本的均值作为该类住区的综合需求指数。将步行性综合需求指数和住区步行性满意度评分进行比较，验证指标体系的科学性。

其次，分析五类住区中影响步行活动的强相关因素。采用Pearson相关系数法，选取60个住区的主客观指标数据作为自变量，将居民每周平均的步行出行频率数据作为因变量，Pearson相关系数的取值为-1~1，系数的绝对值越大，表示指标与居民步行出行频率之间的相关性越强，反之则相关性越弱。

再次，分析五类住区中的“必备需求”指标。研究利用Kano模型探讨居民对住区建成环境步行性指标的需求偏好情况，在对应问卷中设置正/反两方面的问题，将每个指标的问题及选项情况带入需求类型划分矩阵中进行初步分析（表1）。在此基础上，引入Better-Worse系数^①，以四分位图的形式确定每项指标的需求类别（图4）。其中，必备需求即居民最基本需求的满足，与居民满意度之间呈非线性关系，在现实中该需求的缺失将会极大降低居民的步行满意度，因此其是本次研究关注的重点。

最后，分析五类住区优先改进的需求指标和需求层级。将五类住区相关性分析、Kano模型分析结果的交集作为住

区建成环境步行性的“优先需求”指标（图5）。这些指标会显著影响居民的步行出行活动，对其的优化能够提高住区建成环境步行性。

本次研究的数据包括两部分：一部分为全部住区样本的24个客观物质需求指标数据，通过GIS和实地勘察的手段获取，数据源包括2016年武汉市主城区土地利用CAD文件、电子地图和遥感影像图等。研究还提取了用地面积、道路长度和设施POI等数据，通过实地勘测的方式对客观物质需求指标数据进行补充与修正。另一部分为全部住区样本的26个主观精神需求指标数据和50个指标的偏好度数据，这些数据通过问卷调查获得。其中，对26个主观精神需求指标的调查包括居民的社会属性信息、步行出行频率，以及这26个指标的需求满意度评价；偏好度调查为居民对全部指标的需求偏好情况。

3.3 研究结果及初步结论

根据样本评价结果，将步行性综合需求指数（图6）和问卷调查得到的总体需求满意度进行比较，两者的结果排序、线性分布趋势较为一致（图7）。说明步行性需求指数较低的住区总体需求满意度也处于较低水平，验证了构建的城市住区建成环境步行性需求评价指标体系的科学性和合理性。

研究依据Pearson相关性和Kano模型分析结果，得到各类住区建成环境步行性的“优先需求”指标。

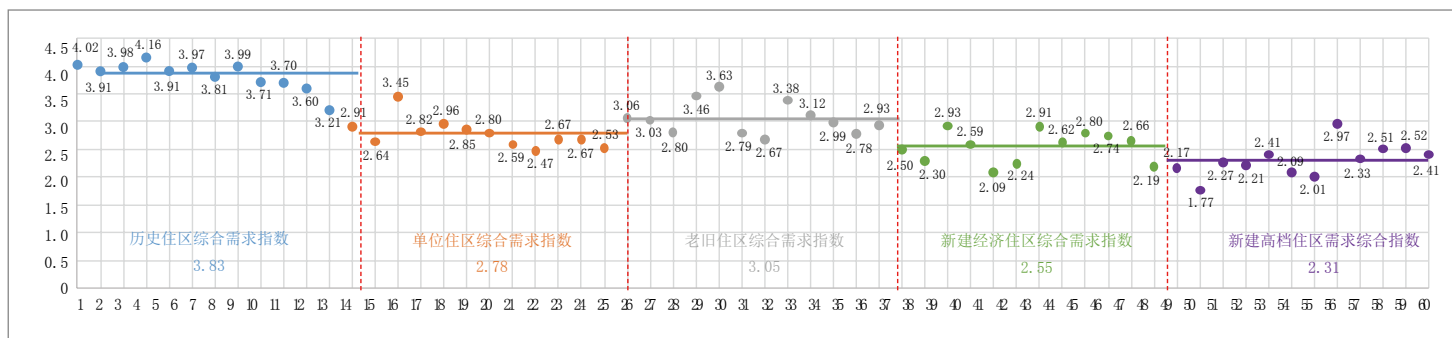


图6 60个住区样本步行性综合需求指数评价结果示意图

(1) 历史住区的5个优先需求指标为步行道商铺比率、社区治安状况、监视设备、夜间照明效果和步行道完整度。历史住区早期街道未经统一规划，步行道商铺比率低，街道自然监视作用未能充分发挥，无法满足居民对步行的安全性需求。该类住区的居民多为外来低收入租户，住区照明设施不足、监控设备缺乏及高破损率的步行道都增加了步行出行的隐患，降低了居民的出行意愿。

(2) 单位住区的6个优先需求指标为交叉口密度、步行道障碍物率、标识指引、步行道被占用、景观绿化配置和建筑风格有特色。单位住区没有完整的车行道路系统，住区交叉口密度低，增加了步行路径距离，无法满足便利性需求；缺少停车位，大量步行道空间被占用；对标识系统的管理不够重视，标识牌被无关物品阻挡，步行道被占用，无法形成活动场所；外部环境设计单调，绿地率较低且缺乏维护，建筑布局以行列式为主，不利于审美性需求的满足。

(3) 老旧住区的6个优先需求指标为步行网络连通度、干道过街设施密度、步行道平均宽度、人车不相互冲突、夏季遮阳行道树充足和沿街商业丰富。老旧住区街道缺乏统一规划，步行网络连通度差。现今为了方便私家车的出行需求，将原有道路拓展成双车道，提高了过街设施间距，但严重挤压了步行道的面积且增加了步行距离，人与机动车冲突日益严峻。夏季街道没有充足的行道树提供较好的遮阳效果，降低了居民步行出行的意愿。此外，住区内部的沿街

店铺业态种类匮乏，店铺立面布置随意，缺乏空间秩序。

(4) 新建经济住区的5个优先需求指标为商业服务设施可达性、街区边长、步行绕路系数（PRD）、路网便捷和休憩设施数量。住区居民对日常购物的需求较大，但与之对应的商业服务设施数量少且远离住宅，难以满足可达性需求。住区的封闭性导致支路不成系统，街区规模大，步行出行绕行的距离大。住区路网不便捷，休憩设施匮乏。

(5) 新建高档住区的5个优先需求指标为土地利用混合度、交通基础设施可达性、路网密度、过街设施距离和汽车驾驶速度。由于住区用地中居住用地比例过高，步行范围内服务设施数量过少，周边公交站点不足，导致可达性需求得不到满足。住区具有“宽马路、大街区”的典型特点，路网密度偏低。住区过街设施设置距离过大，行人穿越街道的步行距离长，未对机动车辆进行合理限速，导致居民更偏向私家车出行，步行意愿低。

4 规划优化策略

通过理论和实践调研分析发现，武汉市五类住区居民对于建成环境步行性需求侧重点有较大差异。这将决定规划策略的差异和资源配置的重点。对不同类型的住区采取最合适的规划策略，才能高效地满足居民步行出行需求。

(1) 对于历史住区，可加强对各类住房 and 基础设施的修缮，保留传统空间肌理，提高住区的步行道商铺比率，充分

利用街道的自然监视机制来满足居民的安全性需求；健全住区治理体系，让居民亲身参与住区事务管理，鼓励居民成立物业管委会，采取“居民集资+政府补助”的方式增设监控和照明设备，同时制定长期的步行道维修养护计划，依据修旧如旧原则，对步行道进行加固维修以改善步行环境。

(2) 对于单位住区，建议实施车辆管制政策，通过隔离设施划分行人和机动车空间，防止机动车挤占人行空间，满足步行安全性需求；打通住区断头路，形成更多的道路交叉口和完整路网体系；在醒目的位置设置标识指引，划定特定区域对车辆进行集中管理，避免步行道空间被商户和车辆侵占。此外，可结合住区独特的单位文化，提取和保留原有建筑风格元素，使整体建筑风格具有明显的特色，满足居民的审美性需求。

(3) 对于老旧住区，建议打通尽端路，织补现状路网，形成完整连续的步行网络；在住区人流量较大的地点设置立体过街设施，拆除步行道上废弃和不宜使用的设施，增加步行道实际可使用宽度；将原有支路的功能等级进行细分，对不同等级支路采取单向限行、限制机动车驶入等交通规制，并对沿街绿化进行补植，创造良好的步行环境，提高居民步行安全感；通过改良沿街店铺业态，提升步行的参与感，将参与性较高且有特色的店铺布置于重要地段，满足居民步行过程中的审美性需求。

(4) 对于新建经济住区，建议增加中小型零售商业设施，满足住区居民近距

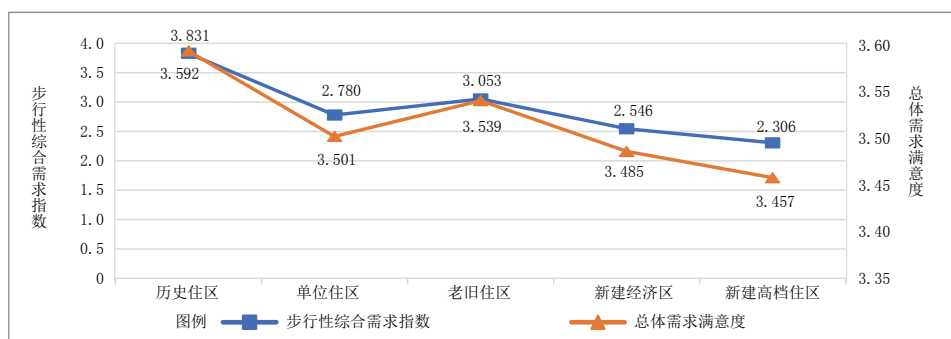


图7 五类住区步行性综合需求指数、实际需求评分结果比较示意图

离的购物休闲需求；开放住区路网，贯通各封闭住区的步行道路，缩小街区平均边长，使居民出行更加顺畅，增强居民步行过程中的便利性；建立公交微循环系统，满足居民“最后一公里”出行的需要，在社区广场等居民经常停留的区域增设座椅、凉亭等休憩设施，满足居民户外休闲的社交性需求。

(5) 对于新建高档住区，建议适度控制居住用地拓展速度，引入商业、服务业和公共服务用地，对用地内原有建筑功能进行扩展，如在商业建筑内增设文化、社区服务设施，在地块边界增设公交设施等；在后续规划中不再建设封闭小区，逐步开放内部道路，提高步行道路网络密度；在住区主要的进出道路上设置人行过街设施，避免居民长距离绕行，通过设置减速带、改造曲线路径的方式实现机动车限速，构建易步行、有活力的街。

5 结语

我国建成环境步行性评价研究和实践还在探索中，针对城市住区步行性的评价理论和实证研究仍有待加强。本文利用城市住区建成环境步行性需求理论，选取了武汉市主城区60个住区样本，结合Pearson相关性与Kano模型，展开对这60个样本五种不同类型住区的需求评价及差异分析的实证研究。探索过程将有助于研究者更好地了解五类住区居民步行出行的需求特点，帮助城市管理者制定更精准、更有指向性的规划策略与政策。然

而，住区建成环境系统具有复杂性和动态性特征，步行出行会受到多方面因素的影响，因此需进一步优化评价指标。城市住区规划与设计需要更多的实践研究，对已有住区规划提供优化的路径和依据，本次研究是在此领域的一个尝试。

[注 释]

①传统的Kano模型通过所占比例最大的需求属性来确定需求指标类型，忽视了在指标中的其他需求属性。改进后的Better - Worse系数法以定量化分析的方式衡量需求指标对居民满意度的影响。计算公式为： $Better/ SI = (T_A + T_O) / (T_A + T_O + T_M + T_I)$ ； $Worse/ DSI = -(T_O + T_M) / (T_A + T_O + T_M + T_I)$ 。其中，Better系数表示满意系数，值越接近1，说明居民越重视此类需求，对其进行优化能使居民满意；Worse系数表示不满意系数，值越接近-1，代表当需求无法满足时，会使居民不满意。

[参考文献]

- [1] 田诺凡. 武汉居民出行特点及交通优化建议：基于调查分析[J]. 人力资源管理, 2018(2): 162-163.
- [2] 邓一凌, 陈前虎, 过秀成. 步行性评价的研究与规划应用综述[J]. 现代城市研究, 2018(2): 101-107.
- [3] 陈前虎, 方丽艳, 邓一凌. 异质性视角下的街区复合环境与步行行为研究——以杭州为例[J]. 城市规划, 2017(9): 48-57.
- [4] 魏川登, 潘海啸. 轨道站点周边地区步行环境评价——以上海市静安寺地铁站为例[J]. 交通工程, 2017(3): 58-64.
- [5] Southworth M. Designing the Walkable City[J]. Journal of Urban Planning&Development, 2005(4): 246-257.

- [6] Bucksch J, Schneider S. Walkability: Das Handbuch Zur Bewegungsförderung in Der Kommune[M]. Bern: Verlag Hans Huber, 2014.
- [7] 亚伯拉罕·马斯洛, 许金声. 动机与人格[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- [8] Barker R L. The Social Work Dictionary, 6th Edition[M]. Nebraska: Nasw Press, 2013.
- [9] Bamberg S, Schmidt P. Incentives, Morality, or Habit? Predicting Students' Car Use for University Routes with the Models of Ajzen, Schwartz, and Triandis[J]. Environment and Behavior, 2003(2): 264-285.
- [10] Gatersleben B. Affective and Symbolic Aspects of Car Use[M]//Threats from Car Traffic to the Quality of Urban Life: Problems, Causes and Solutions. Bradford District: Emerald Group Publishing Limited, 2007.
- [11] 潘海啸, 高雅, 陈弢, 等. 多模式地面交通出行体验评价体系与改善策略——以广州为例[J]. 城市规划学刊, 2019(3): 24-32.
- [12] Kano N. Attractive Quality and Must-be Quality[J]. Hinshitsu(Quality, The Journal of Japanese Society for Quality Control), 1984(14): 39-48.
- [13] 侯冰, 张乐川. 社区居家养老服务需求层次及其优先满足序列——以上海市斜土路街道为例[J]. 城市问题, 2017(12): 4-11.
- [14] Cervero R, Kockelman K. Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and design[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1997(3): 199-219.
- [15] Handy S L, Boarnet M G, Ewing R, et al. How the Built Environment Affects Physical Activity: Views from Urban Planning[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2002(2): 64-73.
- [16] 曹阳, 李松涛. 高铁站区空间形态变化及其应对策略[J]. 规划师, 2017(12): 80-86.
- [17] Nyunt M S Z, Shuvo F K, Jia Yen Eng, et al. Objective and Subjective Measures of Neighborhood Environment (NE): Relationships with Transportation Physical Activity among Older

- Persons[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2015(1): 108-108.
- [18] Rutt C, Coleman K. Examining the Relationships among Built Environment, Physical Activity, and Body Mass Index in El Paso, TX[J]. *Preventive Medicine*, 2005(6): 831-841.
- [19] 董翊明, 潘聪林, 韦亚平. 街区土地利用、交通供给特征与大型超市购物出行模式研究——以杭州城西为例[J]. *浙江大学学报: 理学版*, 2013(1): 93-101.
- [20] Rhodes R E, Saelens B E, Claire Sauvage-Mar C. Understanding Physical Activity through Interactions between the Built Environment and Social Cognition: A Systematic Review[J]. *Sports Medicine*, 2018(8): 1893-1912.
- [21] Humpel N, Owen N, Iverson D, et al. Perceived Environment Attributes, Residential Location, and Walking for Particular Purposes[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2004(2): 119-125.
- [22] Lee C, Moudon A V. The 3Ds+R: Quantifying Land Use and Urban Form Correlates of Walking[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2006(3): 204-215.
- [23] Handy S L, Cao X, Mokhtarian P L. The Causal Influence of Neighborhood Design on Physical Activity within the Neighborhood: Evidence from Northern California[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2008(5): 350-358.
- [24] Handy S, Cao X, Mokhtarian P L. Self-selection in the Relationship between the Built Environment and Walking: Empirical Evidence from Northern California[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2006(1): 55-74.
- [25] Cervero R, Sarmiento O L, Jacoby E, et al. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá[J]. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2009(4): 203-226.
- [26] 王慧, 黄玖菊, 李永玲, 等. 厦门城市空间出行便利性及小汽车依赖度分析[J]. *地理学报*, 2013(4): 477-490.
- [27] Saelens B E, Sallis J F, Black J B, et al. Neighborhood-based Differences in Physical Activity: An Environment Scale Evaluation[J]. *American Journal of Public Health*, 2003(9): 1552-1558.
- [28] Frank L D, Schmid T L, Sallis J F, et al. Linking Objectively Measured Physical Activity with Objectively Measured Urban Form: Findings from Smartraq[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2005(2): 117-125.
- [29] Saelens B E, Handy S L. Built Environment Correlates of Walking: a Review[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2008(7): S550-S566.
- [30] Berrigan D, Pickle L W, Dill J. Associations between Street Connectivity and Active Transportation[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2010(1): 20-20.
- [31] Feng J, Glass T A, Curriero F C, et al. The Built Environment and Obesity: A Systematic Review of the Epidemiologic Evidence[J]. *Health & Place*, 2010(2): 175-190.
- [32] 陈泳, 何宁. 轨道交通站地区宜步行环境及影响因素分析——上海市12个生活住区的实证研究[J]. *城市规划学刊*, 2012(6): 96-104.
- [33] Hanson C S, Noland R B, Brown C. The Severity of Pedestrian Crashes: an Analysis Using Google Street View Imagery[J]. *Journal of Transport Geography*, 2013(33): 42-53.
- [34] Moudon A V, Lin L, Jiao J, et al. The Risk of Pedestrian Injury and Fatality in Collisions with Motor Vehicles, a Social Ecological Study of State Routes and City Streets in King County, Washington[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2011(1): 11-24.
- [35] Dumbaugh E, Rae R. Safe Urban Form: Revisiting the Relationship between Community Design and Traffic Safety[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2009(3): 309-329.
- [36] 徐磊青, 康琦. 商业街的空间与界面特征对步行者停留活动的影响——以上海市南京西路为例[J]. *城市规划学刊*, 2014(3): 104-111.
- [37] 曾煜朗, 董靓. 步行街道夏季微气候研究——以成都宽窄巷子为例[J]. *中国园林*, 2014(8): 92-96.
- [38] Cho G, Rodríguez D A, Khattak A J. The Role of the Built Environment in Explaining Relationships between Perceived and Actual Pedestrian and Bicyclist Safety[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2009(4): 692-702.
- [39] 张毅, 森田昌嗣, 马娃君, 等. 伦敦步行计划的公共设计战略[J]. *装饰*, 2017(3): 72-74.
- [40] Brownson R C, Hoehner C M, Day K, et al. Measuring the Built Environment for Physical Activity: State of the Science[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2009(4): S99-S123.
- [41] 卢宁, 李俊英, 闫红伟, 等. 城市公园绿地可达性分析——以沈阳市铁西区为例[J]. *应用生态学报*, 2014(10): 2951-2958.
- [42] 邓一凌, 陈前虎, 过秀成. 城市步行环境存在的问题及其解决途径[J]. *城市问题*, 2016(6): 47-52.
- [43] Giles-Corrit B, Broomhall M H, Knuiman M, et al. Increasing Walking: How Important is Distance to, Attractiveness, and Size of Public Open Space?[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2005(2): 169-176.
- [44] 金岩. 回归街道生活的步行社区街道设计策略[J]. *中国园林*, 2013(5): 72-75.
- [45] Cerin E, Mellecker R, Macfarlane D J, et al. Socioeconomic Status, Neighborhood Characteristics, and Walking within the Neighborhood among Older Hong Kong Chinese[J]. *Journal of Aging and Health*, 2013(8): 1425-1444.
- [46] Rioux L, Werner C M, Mokoukolo R, et al. Walking in Two French Neighborhoods: A Study of how Park Numbers and Locations Relate to Everyday Walking[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2016(48): 169-184.
- [47] 周钰, 赵建波, 张玉坤. 街道界面密度与城市形态的规划控制[J]. *城市规划*, 2012(6): 29-33.

[收稿日期] 2020-02-13