

多源数据视角下城市街道空间活力测度

姚宇超, 宣 蔚

(合肥工业大学建筑与艺术学院, 安徽 合肥 230601)

[摘要] 街道是城市空间的重要组成部分之一,而街道空间活力则是衡量城市街区空间品质的重要指标. 本文基于前人研究,在概念层面重新界定了城市街道空间活力,并从外在表征与内在构成要素两方面构建了城市街道空间活力的定量测度框架,使用 Pearson 相关性分析探索城市街道空间活力外在表征与内在构成要素的影响关系. 通过对合肥市政务区的实证研究发现:(1)不同时刻街区内的行人具有不同的空间分布规律;(2)城市街道空间活力的外在表征与绿视率、界面围合度、界面丰富度、相对步行道宽度、商业设施便利度、公共服务设施便利度、文化设施便利度等内在构成要素之间具有显著影响;(3)街道空间活力的外在表征与内在构成要素的影响程度随时间而改变. 合理的空间功能布局与精细化空间环境设计,是高效组织人群、提升街道活力的关键.

[关键词] 街区尺度,街道活力,POI 大数据,街景照片,相关性分析

[中图分类号] TU984.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2023)01-0055-09

Quantitative Measurement of Urban Street Space Vitality Based on Multi-Source Data

Yao Yuchao, Xuan Wei

(College of Architecture and Art, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

Abstract: Street is one of the most important parts of urban space, and urban street space vitality is an important indicator of space quality of urban blocks. Based on previous research, this paper redefines urban street space vitality at the conceptual level, and constructs a quantitative measurement framework for urban street space vitality in terms of both external representations and internal components, using Pearson correlation analysis to explore the relationship between external representations and internal components of urban street space vitality. The empirical study of Hefei's municipal and culture district found that: (1) Pedestrians in the block have different spatial distribution patterns at different times. (2) There are significant effects between the external representation of urban street space vitality and internal components such as green vision rate, interface enclosure, interface richness, relative walkway width, convenience of commercial facilities, convenience of public service facilities and convenience of cultural facilities. (3) The degree of influence between external representation and internal components changes with time. A reasonable space function layout and refined space environment design are the keys to efficiently organizing the crowd and enhancing the street vitality.

Key words: block scale, street vitality, POI big data, street view photos, correlation analysis

城市街道是构成一座城市的核心要素,是城市生活的中心区域. 城市生活的丰富与多彩造就了城市街道的万千形态^[1]. 城市街道不仅具有人车通行的交通属性,而且附加更重要的社会属性——城市中最基本的社会交往公共空间. 如今,随着交通工具的多样与交通环境的不断发展,城市街道的交通属性在不断强化,道路越修越宽、车辆越来越多;而社会属性则在不断减弱,空间品质差、人群活动受限等. 同时随着网络信息技术及 5G 技术的发展,人们逐渐依赖于虚拟网络社交空间,从而给城市实体公共社交空间带来了极大的冲击与挑战^[2].

如何提升街道空间活力,成为研究街道空间的重要环节. 而对于街道空间活力的理解,其关键在于

收稿日期:2022-03-10.

基金项目:国家自然科学基金项目(52008143)、安徽省哲学社会科学基金项目(AHSKY2021D74)、合肥工业大学哲社培育智库研究专项(JS2021ZSPY0034).

通讯作者:宣蔚,博士,教授,研究方向:城市设计. E-mail:569788031@qq.com

“活力”一词的内涵^[3]。凯文·林奇^[4]认为,活力是保持物种延续的力量;简·雅各布斯^[5]则认为,城市活力产生与人的活动及场所有关;扬·盖尔^[6]认为,城市空间的活力与人们的活动有关;我国学者蒋涤非^[7]认为,城市活力是由社会、经济及文化活力三者所共同构成的、用来描述城市发展潜力的综合概念。本文对于街道空间活力的定义建立在学者蒋涤非的观点基础之上,而影响一个区域街道空间活力的重要因素还应该包括该区域街道的物质空间环境及街道上的行人,由此本文对城市街道空间活力的定义是:城市街道空间活力是对城市中某个街区内的街道在物质环境、行人行为及该街区内的业态氛围等方面共同形成的空间环境评价,而业态氛围则包含了商业设施、公共设施、文化设施的空间分布状况,即对应城市的经济、社会、文化等要素。

早期研究多运用传统的实地调研方法:徐磊青等^[8]采用现场调研与问卷访谈结合的方式探索上海市南京西路的步行环境与步行者行为的关联;姜蕾^[9]采用现场调研的方法对街道行人活动与周边物质环境进行定量研究,建立关于城市街道活力的评价指标。随着网络技术的发展与智能手机的普及,大数据为城市街道活力的研究提供了相比传统调研方法更为客观与多样化的新视角与新方法:唐婧娴等^[10]使用街景照片图像数据和量化研究方法,对北京与上海的街道分别展开研究;苏景相^[11]使用城市路网开源数据、POI数据及人口数据等,构建街区活力评价体系;郑屹等^[12]利用百度地图街景照片数据,通过神经网络图像识别技术对街景照片进行地物分类,并对街道设计方法提出建议;苟爱萍等^[13]使用SD法对南京市区的9条街道展开评价。

总体上看,虽然有关城市街道空间活力的研究正不断增多,但所选取的研究对象多为北京、上海、南京等经济发达的一线城市,而对于二线城市的相对较少;且多以城市整体为研究对象,而对小尺度的街区展开的精细化研究相对较少;同时研究中较少考虑人的主观空间分布与客观环境之间的联系。

因此,本文以合肥市政务区某街区为研究对象,使用传统现场调研数据、街景照片、网络POI数据及路网数据等多源数据,从中观街区层面完善对街道空间活力的多维测度,并研究其物质空间与行人活动之间的关联影响。一方面能够为城市街道的设计提供更多可参考性资料,丰富提升街道空间活力的相关策略,具有一定的实际意义;另一方面在一定程度上能为后续展开更大范围的宏观研究做好前期的基础准备工作。

1 研究范围与数据

1.1 研究范围

本文研究对象为合肥市政务区的街区。合肥是安徽省会城市、中国长三角城市群副中心城市、综合性国家科学中心^[14]。研究区域位于合肥市蜀山区的笔架山街道社区内,以商业和居住为主要功能,面积约为59.5 hm²,东临合肥市市政府、南临安徽省电视台与天鹅湖,属于新城区的中心区位。

1.2 研究数据

本文所使用的数据主要包括城市路网矢量数据、百度地图业态POI大数据、百度地图街景照片大数据及现场调研GNSS定点数据等。路网矢量数据来自网络爬虫爬取的Open Street Map开源地图网站,使用ArcGIS软件表达其空间位置关系。GNSS定点数据则是使用手持GNSS设备,在研究区域对行人进行跟踪记录,将行人的行动轨迹通过定时打点的形式记录,经过后期整理,在ArcGIS软件中分析计算各时段的行人密度及行人流线密度等量化指标。为保持多源数据的统一性与结果的准确性,本研究中采用的数据空间坐标格式均为WGS1984地球坐标系,这是本文研究的基础。

城市业态POI(point of interest)大数据,又称城市兴趣点数据。本文采用百度地图API与Python编程代码,从百度地图开发平台获取了研究区域内的城市业态POI数据共950条。参照百度地图POI行业分类标准对数据进行清洗工作,将所获取的数据按一级行业分类分为18类,保留有效POI数据共939条(表1)。由POI数据所得到的核密度分析、泰森多边形可达性分析等是评价一个地区经济文化氛围指标的重要手段。

街景照片是近年随着网络信息技术和虚拟现实技术的发展而形成的一种新数据形式,由网络地图开发公司采用街景拍摄车沿车行道拍摄。本文使用网络抓取工具在百度地图开发者平台获取研究区域的车行道沿路的街景照片,并使用机器学习编程工具对抓取的街景照片进行地物识别,其原理是提供包含城市、郊外等各种环境的充足的样本照片以训练AI,从颜色、照片中物体相对位置等特征信息精确识别照片

中的地物. 街景照片经过机器识别后,再人工目视解译,以确保识别的精确性(图 1). 由于街景照片能够模拟人的视域信息,因此能够最直观、有效地反映一个地区的环境品质,通过识别的结果,计算照片内各类地物的像素占比,从而得到各种量化指标.

表 1 百度地图 POI 数据分类
Table 1 Classification of POI data of Baidu map

类别	美食	汽车服务	旅游景点	购物	交通设施	休闲娱乐	酒店	金融服务	运动健身
数量	114	28	3	215	63	5	2	15	3
类别	生活服务	房地产	医疗	丽人	公司企业	政府机构	教育培训	出入口	文化传媒
数量	77	117	7	47	90	16	41	78	18

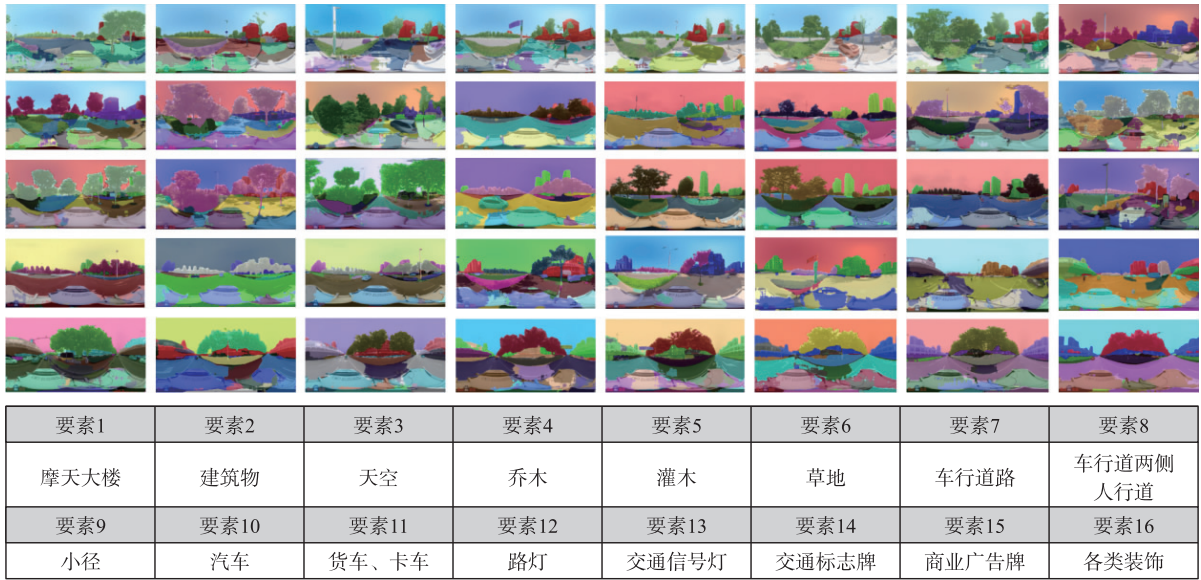


图 1 街景照片大数据处理
Fig. 1 Street view photo big data processing

2 研究技术路线与方法

2.1 技术路线

研究通过获取行人行为数据、POI 大数据及街景照片等数据,对街道空间活力从不同方面量化指标,从而形成行人行为研究、业态 POI 研究、物质空间环境研究三个层面对街道空间活力的量化测度. 对各指标进行 Pearson 相关性分析,重点在于探究行人行为与空间环境之间的关联性,从而为提升街道空间活力提供相关策略与参考(图 2).

2.2 研究方法

2.2.1 指标体系构建

城市街道空间产生活力的关键在于街道上从事各种活动的人,而街道的物质空间环境和周边业态则必然会对街道上行人产生影响,因此,对于街道空间活力的分析可从外在表征和内在构成 2 个维度展开^[15]. 街道空间活力的外在表征可通过街道空间行人密度和行人流线密度来反映;内在构成要素则包括街道自身特征及周边环境特征,即包括物质空间环境、经济业态氛围、社会服务氛围及文化氛围等.

2.2.2 指标体系量化

基于 ArcGIS 软件,对本文所构建的街道空间活力指标体系进行量化.

(1)外在表征指标的量化. 主要为记录街道上行人的空间分布与运动轨迹. 使用手持 GNSS 设备进行现场调研,为排除该区域内行人的上班、上学的通勤交通人流影响,使结果与街道空间活力的概念更契合,调研时间选取为休息日. 对于行人空间位置的记录,采用拍照记录的形式,在 7:00 至 21:00,每隔 1 h 对街道各空间拍照,后期通过照片中行人位置记录空间坐标,从而完成基础数据收集. 对于行人流线的记录,调研仍以休息日展开,由小组人员手持 GNSS 设备跟踪行人运动收集完成.

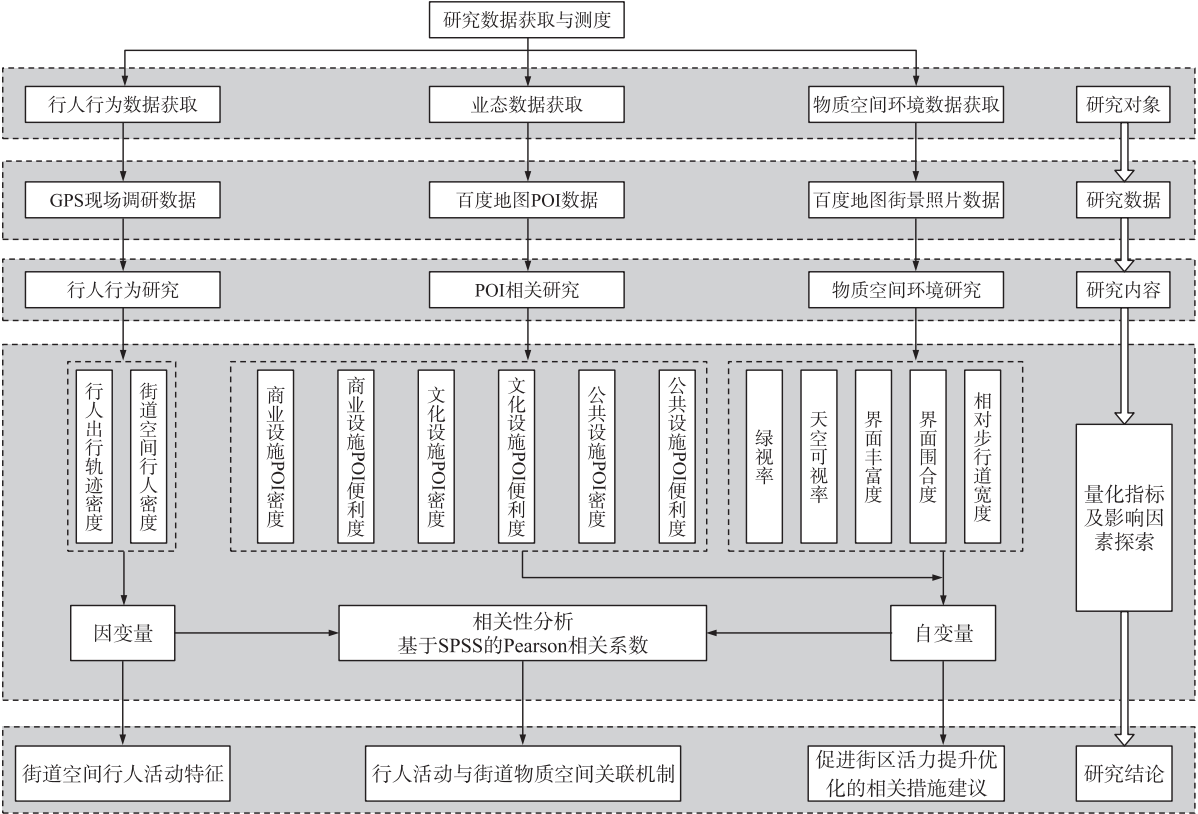


图 2 技术路线图

Fig. 2 Technology roadmap

(2) 内在构成要素(包括物质空间环境与业态氛围环境)指标的量化。物质空间环境采用街景照片大数据对其量化,本文在研究区域内沿道路每隔 20 m 均等设置观测点,获取该点位的街景照片。将批量获取的街景照片使用神经网络深度学习软件识别并分析照片内各地物的像素值占比,从而完成各指标的计算(表 2)^[16]。业态氛围环境主要包括业态设施 POI 密度与便利度 2 个方面,业态设施 POI 密度通过使用 ArcGIS 软件对百度地图中获取的 POI 设施点做核密度分析^[17]量化指标,业态设施 POI 便利度则通过对研究区域路网的观测点制作泰森多边形,统计多边形内各类设施 POI 数量进行量化评价^[18-19]。

表 2 物质空间环境、业态氛围环境指标计算公式

Table 2 Calculation formula of physical space environment and business environment indicators

指标名称	计算公式	注释
绿视率	$(S_{\text{树木}}+S_{\text{草地}}+S_{\text{植物}}+S_{\text{花卉}})/S_{\text{图片}}$	式中, $S_{\text{地物}}$ 表示该类别地物在照片中的像素面积, $S_{\text{图片}}$ 表示该街景照片的总像素面积
天空可视率	$S_{\text{天空}}/(S_{\text{图片}}-S_{\text{树木}})$	
界面围合度	$(S_{\text{建筑}}+S_{\text{房子}}+S_{\text{树木}}+S_{\text{墙体}}+S_{\text{摩天大楼}})/S_{\text{图片}}$	
相对步行道宽度	$S_{\text{步行空间}}/S_{\text{车行道}}$	
界面丰富度	$(n_1+n_2+\cdots+n_i)/150$	式中, n_i 表示该照片内识别到的地物类别,150 表示语义分割软件总共能识别的类别数
业态设施 POI 密度	$D=\frac{3(1-\text{Scale}^2)}{\pi r^2}$	使用核函数、利用点要素计算每单位面积的量值,以将各点拟合为光滑锥状表面
业态设施 POI 便利度	—	制作泰森多边形并统计多边形内点数量,以表示该指标

3 街道空间活力测度结果

3.1 街道空间活力的定量

通过现场调研对行人空间分布的点位进行记录,使用核密度分析法分析结果。在对区域进行了 10 次现场调研后,记录不同时刻的行人位置,利用自然断点法将计算结果分为“密度极低”“密度较低”“密度中等”“密度较高”“密度极高”等 5 个类别,并使用栅格计算器计算平均值以表示各时刻下的行人空间分布。研究发现,不同时刻下,行人空间分布存在不同特征(图 3):7:00,行人主要分布于地块中段的长河西

路,且清晨行人较少,其形成的高值聚集斑块也较小,同时该地靠近社区公园入口,物质环境良好;9:00,行人主要分布于地块南北向的聚云峰路中间偏南一带,是大量生活业态集聚的地区,同时也是物质环境较好的区域;11:00,行人开始显著向地块南部的万达商场靠近,由于万达商场的存在,此时大量外部人流进入地块消费;13:00,行人没有显著的集聚特征,较为离散地分布在空间的各位置;15:00,行人向聚云峰路南侧路段集聚;17:00,其行人分布特征与 11:00 类似,同样集聚于地块南部万达商场及中间路段一带;19:00,行人没有较明显的集聚分布特征,在地块中部社区公园附近、南部万达附近及南北向的聚云峰路上均有行人分布;21:00,行人则较集中分布于聚云峰路中南部及社区公园附近。

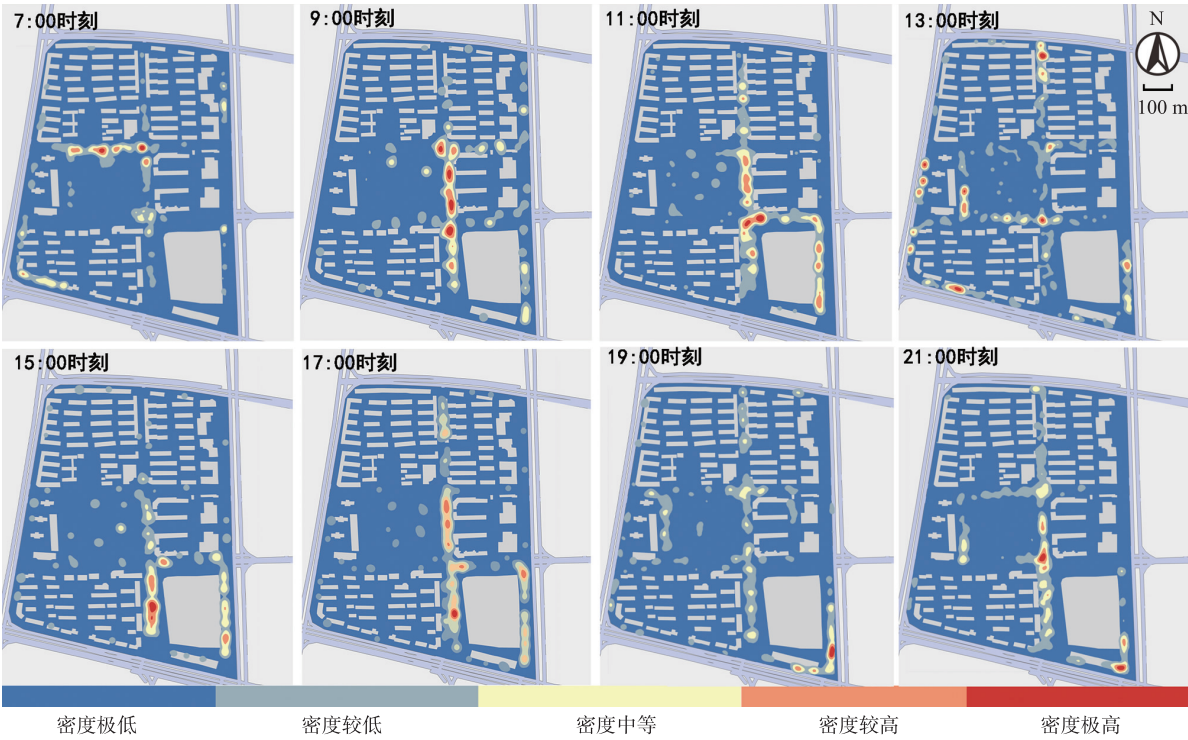


图3 行人空间分布分析图

Fig.3 Analysis diagram of pedestrian spatial distribution

通过对行人的流线跟踪分析行人运动流线密度(表3,图4),结果表明,该研究区域内,以步行方式出行的行人大多具有较明显的目的性,且行走路线的终点与各设施点 POI 关系密切,其主要活动区域位于地块中部的南北向聚云峰路,且该街道北部热力最高。

表3 行人流线行为调查

Table 3 Investigation of pedestrian streamline behavior		
运动起点	运动终点	出行目的
汇林阁西区(东门、北门、西门)	万达金街	购物、餐饮等消费
汇林阁东区(西门、北门)	早餐店、小饭馆	餐饮消费
合肥恒润花园(西门、北门、南门)	药店、社区卫生服务中心	医疗服务
水墨兰亭北区(东门、东1门)	超市、菜市、水果摊	买菜购物
水墨兰亭南区(北门、东门、南门)	公园、其他	游憩、其他

物质空间环境指标的量化由街景照片中像素面积占比计算得出,利用自然断点法分为“极低”“较低”“中等”“较高”“极高”等5类,并对计算结果进行可视化。在不同的指标中,深色表示该指标值较高的区域,浅色表示该指标值较低的区域,从而在图中表达出空间与数值2种信息(图5)。

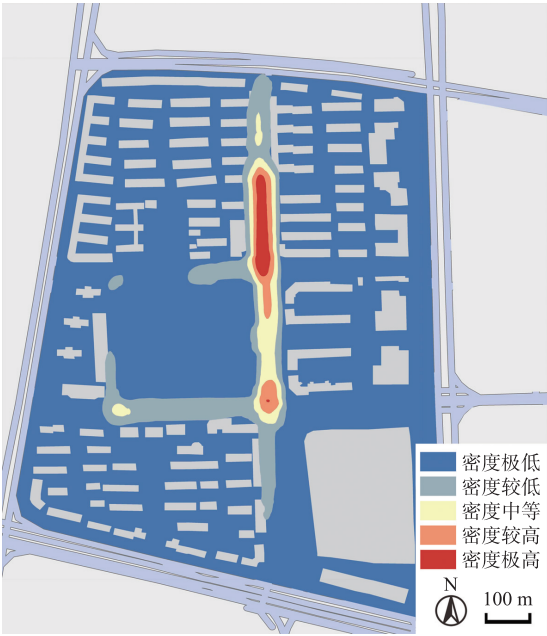


图4 行人流线密度分析图

Fig.4 Analysis diagram of pedestrian streamline density

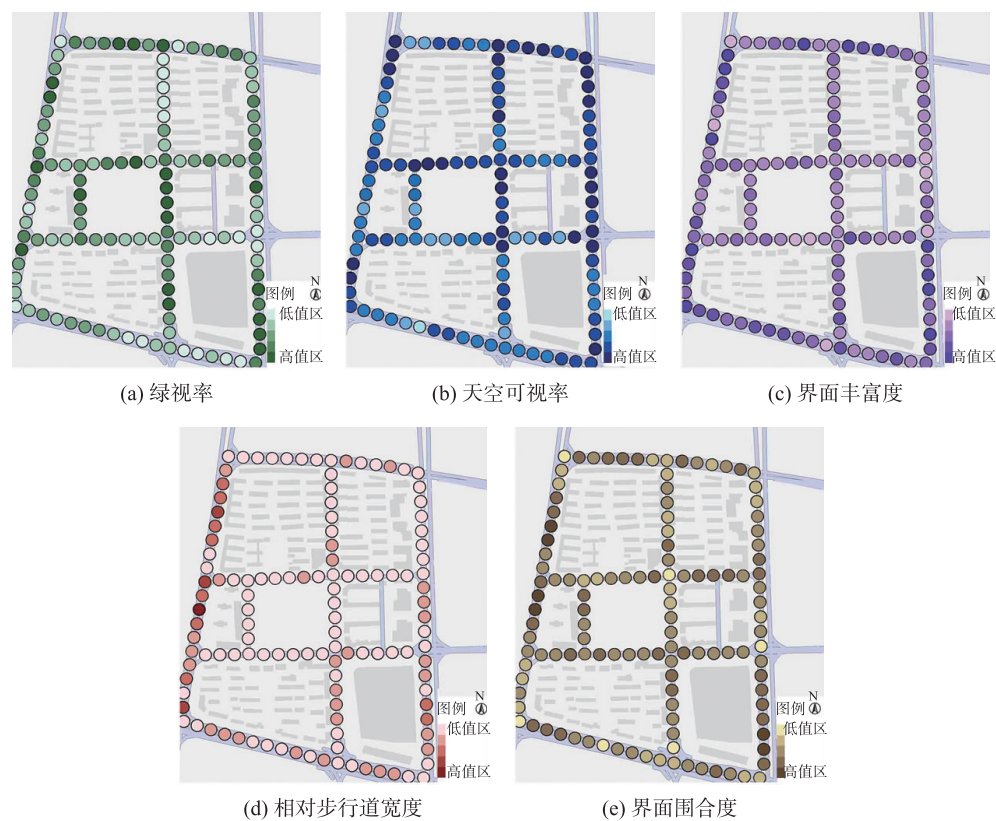


图 5 物质空间环境指标

Fig. 5 Indicators of physical space environment

就绿视率而言,其较高值分布于地块中部街道和东南部万达附近,而其他区域普遍较低或偶尔偏高。地块中间南北向的聚云峰路是人流来往密集的生活性街道,周边住户对空间环境品质要求较高,因此更注重对绿化环境的营造;东南侧万达附近由于其本身的商业属性,使得对绿化环境更为重视,所以该区绿化率较高。就天空可视率而言,地块内建筑层数较低且环境露天,因此天空可视率都处于较高水平。就界面丰富度而言,高值区域集中于东南侧万达附近,这与商业建筑丰富、有趣的外形特性有较大关系。就相对步行道宽度而言,高值区域主要集中于地块西侧,该侧道路属于主干路,车道较宽,而步行道也较宽,但由于获取的街景照片位于道路侧边的辅路,使得相对步行道宽度较高,经过实地考察核对,其地块内部各部分步行道宽度相差不大,但中间南北向街道较窄,大体符合测度结果。就界面围合度而言,高值区域主要集中于地块东南部万达附近,因其附近建筑高度较高、围合程度较强而导致。

业态氛围环境指标由经济、文化、社会 3 类 POI 密度与便利度组成,使用核密度分析法、泰森多边形法计算,结果见图 6。就商业设施而言,其 POI 密度高值区域主要集中于东南侧的万达商场附近,这也与实际情况相吻合。商场中聚集了大量不同类型的商业业态,从而使密度不断提升。而其他区域虽然也有住区周边的底商存在,但数量较少,密度较低;而在 POI 便利度方面,商业设施集中于东南侧万达商场和地块中心的街道两侧,该区域的便利程度较高,尤其是街道靠南部分便利程度最高。就公共设施而言,其 POI 密度高值区域同样集中于万达商场附近,但也有少部分散布在地块内几个住区的周边,由于公共服务设施数量较少,主要为快递站点、诊所、社区医院等,因此在空间上呈斑点状分布;其 POI 便利度高值区域同样集中于地块中部南北向的街道上,且南部便利度更高。而对于文化设施,其数量极少,仅有少数托儿所、幼托机构和教育培训机构,部分分布在万达商场中,其他分布在各小区内部。

3.2 外在表征与内在构成要素相关性分析

调研本研究区域发现,该区域的四周由于被城市道路所包围,车辆来往较多,道路两侧人行道的行人较少,而地块中间南北向的聚云峰路属于地块内部生活性道路,受汽车交通影响较小,且业态数据与环境数据样本丰富,因此选用区域内聚云峰路段作为研究对象,采用 Pearson 相关系数探究外在表征与内在构成要素之间的关系(表 4)。

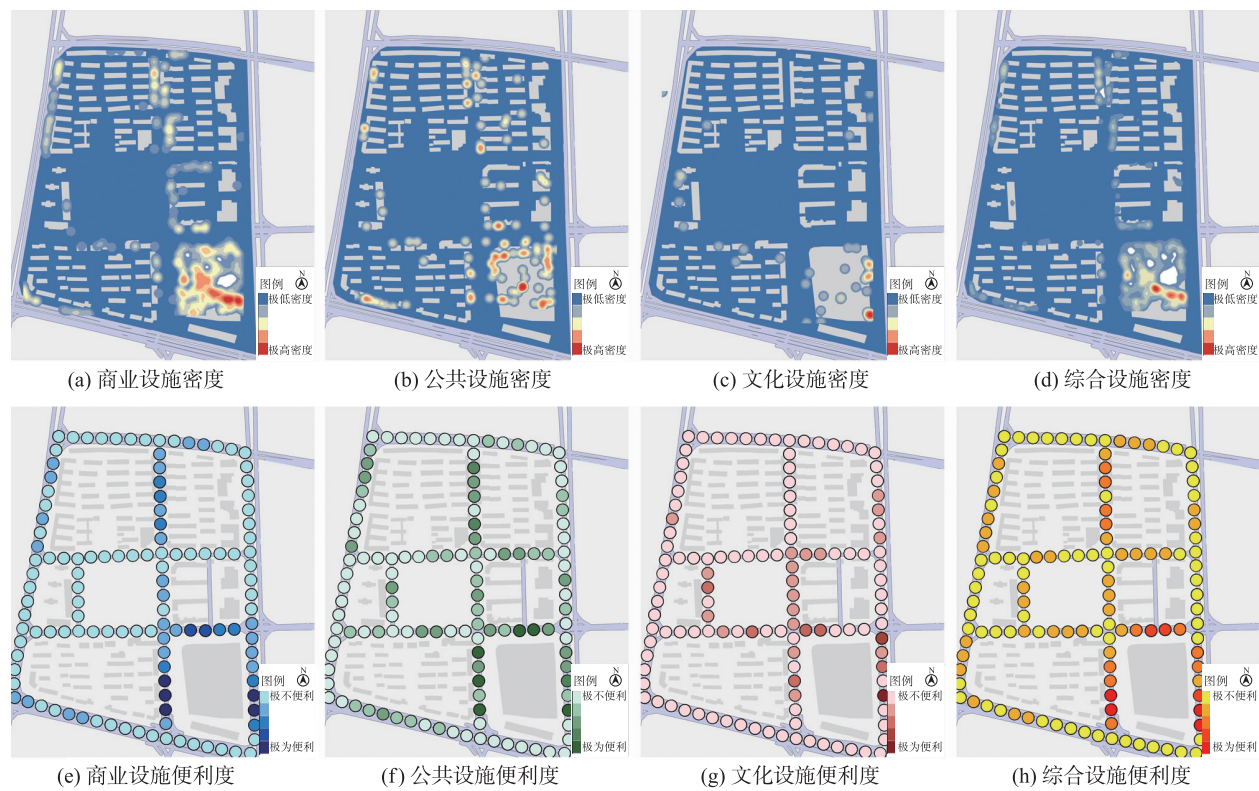


图 6 业态氛围环境指标

Fig. 6 Indicators of business environment

表 4 不同时段行人空间分布与物质空间环境、业态氛围环境的 Pearson 相关性分析

Table 4 Pearson correlation analysis of pedestrian spatial distribution and physical space environment, business environment in different time periods

指标	绿视率	天空 可视率	界面 丰富度	界面 围合度	相对步行道 宽度	商业设施 便利度	公共服务设施 便利度	文化设施 便利度
7:00 人流量	0.883 **	-0.054	0.064	0.378	0.218	0.245	-0.024	0.256
9:00 人流量	0.605 **	0.337	-0.075	0.217	0.122	0.071	-0.065	0.165
11:00 人流量	0.445 *	0.154	0.117	0.236	0.218	0.900 **	0.414 *	0.447 *
13:00 人流量	0.117	-0.124	0.136	0.508 **	0.294	0.844 **	0.486 *	0.490 **
15:00 人流量	0.636 **	0.087	0.175	0.456 *	0.178	0.579 **	0.260	0.433 *
17:00 人流量	0.465 *	0.108	-0.153	0.094	-0.194	0.461 *	0.235	0.026
19:00 人流量	0.189	0.150	0.481 *	0.165	0.391 *	0.818 **	0.454 *	0.482 *
21:00 人流量	0.394 *	0.044	0.055	0.043	0.017	0.685 **	0.258	0.214

注: *、** 分别表示相关性在 0.05、0.01 水平上显著(双尾)。

研究发现,不同时刻的行人空间分布与物质空间环境、业态设施便利度之间的相关性都不同。7:00,行人空间分布与街道绿视率显著正相关,结合实地调研发现,该时刻街道的行人大部分为当地居民,其出行活动以晨练为主,少量老人前往菜市场等地,因此,绿化环境能够对晨练、散步的居民形成有效吸引力。9:00,行人空间分布仍然与绿视率显著正相关,但其影响程度略有下降,该时刻行人出行目的较为复杂,各类活动均存在,因此与环境之间的关系并不密切。11:00,万达商场吸引了大量客流人群,行人空间分布与商业设施便利度呈显著正相关,同时社区医院、社区内托儿所、幼儿培训机构也吸引了部分人群,所以行人空间分布与公共服务设施便利度、文化设施便利度也具有正相关性,同时,行人空间分布与绿视率之间仍存在正相关影响。13:00,行人空间分布与商业设施便利度的正向相关性最为明显,与文化设施便利度和公共服务设施便利度正相关性也较高。除此之外,行人集聚与绿视率之间的影响显著下降,而与界面围合度之间正向关系显著,调研期间多为炎热的晴天,围合度较高的地区能够创造阴凉的环境,因此该指标显著性上升。15:00,行人空间分布与绿视率、界面围合度等环境指标正相关性较高,与商业设施便利度、文化设施便利度等业态氛围指标正相关性也较高。17:00,行人空间分布与商业设施便利度、绿视率等

指标相关性较高,街区内居民和外来商客均被商业消费所吸引,同时存在部分在街区内部进行散步、锻炼、游玩等休闲活动的人群。19:00,行人空间分布与设施便利度指标显著正相关,其中与商业设施便利度相关性最高,其次是界面丰富度。而21:00,除了商业设施对行人空间分布造成正向影响外,绿视率仍与行人空间分布之间存在些许正向影响作用。

纵向来看上述指标,设施便利度指标13次对行人空间分布产生显著影响,而物质空间环境指标仅10次对行人空间分布产生显著影响。由此可见,各类业态POI设施的布局对行人空间分布起了主导作用,而物质空间环境的营造则起辅助作用。人们的出行活动往往以目的为导向,各类POI设施是活动的目的地:游憩活动前往公园、休闲娱乐等POI设施;购物餐饮前往商场、饭店等POI设施;学习教育前往文化类POI设施。而出行过程中,物质空间环境则对行人的逗留驻足或径直离开产生影响:丰富的植物与多样的界面能够提高行人的步行体验,对行人逗留与集聚影响显著;在私密的环境营造出界面围合度高的空间能够使人停留,而在开放的空间中低围合度则会使人感到舒适;在人流拥挤的地方适当提升步行道宽度能够使空间更开阔,而在较为私密、幽静的环境中狭长的小径也能吸引人前往。

就本街区而言,在生活性强且人群活动丰富的聚云峰路及业态密集的万达商场周边应更加注重物质空间环境的设计,丰富绿化以提升绿视率,增加景观小品、修缮路边广告牌等以提高界面丰富度,提升行人的步行体验感;而对四周人流量较少的区域,则可适当增加业态设施,一方面能够便利周边人群的生活消费,另一方面也能够有效疏导街区中心过于拥挤的人流。

4 结论

本文基于前人的理论基础,对城市街道空间活力展开实践研究,利用多源数据,通过定量研究的方法,在概念层面重新界定了城市街道空间活力,并从外在表征与内在构成要素2个方面构建了城市街道空间活力的定量测度框架,使用Pearson相关性分析探索了城市街道空间活力的影响因素。通过对合肥市政务区某街区的实证研究发现:(1)不同时刻街区内的行人具有不同的空间分布规律;(2)城市街道空间活力的外在表征与绿视率、界面围合度、界面丰富度、相对步行道宽度、商业设施便利度、公共服务设施便利度、文化设施便利度等内在构成要素之间具有显著影响;(3)城市街道空间活力的外在表征与内在构成要素的影响程度随着时间变化而改变,合理的空间功能布局与精细化空间环境设计,是高效组织人群、提升街道活力的关键。

基于本文的研究并结合专业思考,从以下3个方面提出提高城市街道空间活力的建议与措施:

(1)完善、合理的功能业态布局是街区聚集人流、形成活力的基础。行人活动往往具有目的性,而各类功能业态的布局则驱使了行人的活动方向,将各类功能设施合理组织,能够引导行人在城市街区的聚集,在提升人群活动便利性的同时也能够有效提高街道活力。

(2)良好的街道物质空间环境是提升行人体验、提高街道活力的关键。对于人流量密集的地区,应当重点关注空间环境的营造,同时配合行人的心理与生理的双重需求,适宜地提高各项物质空间环境指标,有助于街道活力的提升。

(3)功能与环境之间既要保持有机联系,又要注重差异化发展,共同打造良好的街道活力空间。不能仅从环境因素讨论如何提升城市街道空间活力,也不能忽略行人活动的外在表征规律而探讨如何改善街道环境。对于城市街道空间活力的营造,应该在注重合理组织功能空间的同时,采取针对性、精细化的管理与设计,因地制宜地提升街道物质空间环境品质。

[参考文献]

- [1] 丁奇,梁健.北京西城街道设计导则编制的探索与思考[J].北京规划建设,2019(S2):117-124.
- [2] 龙瀛,张恩嘉.数据增强设计框架下的智慧规划研究展望[J].城市规划,2019,43(8):34-40.
- [3] 林润泽,邹诚,王梓凌,等.基于多源数据的城市中心区域街道活力与美景度研究——以福州市鼓楼区为例[J].南京师大学报(自然科学版),2021,44(3):63-69.
- [4] LYNCH K. Good city form[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1984.

- [5] JACOBS J. The death and life of great American cities[M]. New York:Vintage,1992.
- [6] GEHL J. Life between buildings[M]. New York:Van Nostrand Reinhold Company,1987.
- [7] 蒋涤非. 城市形态活力论[M]. 南京:东南大学出版社,2007.
- [8] 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.
- [9] 姜蕾. 城市街道活力的定量评估与塑造策略[D]. 大连:大连理工大学,2013.
- [10] 唐婧娴,龙瀛. 特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二三环和上海内环为例[J]. 规划师,2017,33(2): 68-73.
- [11] 苏景相. 基于 POI 数据的城市街区活力量化评价研究——以中山市中心城区为例[J]. 价值工程,2019,38(11): 190-193.
- [12] 郑屹,杨俊宴,李京津. 街景数据支持下的城市特色街道设计方法探究[C]//面向高质量发展的空间治理——2020 年中国城市规划年会,成都. 北京:中国建筑工业出版社,2021:851-860.
- [13] 苟爱萍,王江波. 基于 SD 法的街道空间活力评价研究[J]. 规划师,2011,27(10):102-106.
- [14] 丁成呈,张敏,束学超,等. 多尺度的城市生态网络构建方法——以合肥市主城区生态网络规划为例[J]. 规划师, 2021,37(3):35-43.
- [15] 龙瀛,李莉,李双金,等. 中国城市活力中心的街道步行环境指数测度[J]. 南方建筑,2021(1):114-120.
- [16] 杨俊宴,吴浩,郑屹. 基于多源大数据的城市街道可步行性空间特征及优化策略研究——以南京市中心城区为例[J]. 国际城市规划,2019,34(5):33-42.
- [17] 刘娜,广晓平. 基于 GIS 的青岛市中心城区道路网络可达性研究[J]. 地理空间信息,2021,19(3):68-71.
- [18] 朱子奇. 基于 GIS 平台下的宿迁市养老服务设施空间分布研究与评价[J]. 建材与装饰,2018(20):223-224.
- [19] 宋洁华,李少伟,赵志忠,等. 泰森多边形在居民点空间分布特征分析中的应用研究——以海南省临高县为例[J]. 海南师范大学学报(自然科学版),2013,26(2):223-226.

[责任编辑:丁 蓉]