

# 基于多源大数据的街道空间品质测度及其对街道活力的影响\*——以广州历史城区为例

Street Space Quality Measurement Based on Multi-source Big Data and Its Impact on Street Vitality: A Case Study of Guangzhou's Historic Urban Area

黄志强 李智轩 郎 崑 HUANG Zhiqiang, LI Zhixuan, LANG Wei

**摘 要** 提升空间品质和街道活力是全面推进高质量城市发展的核心内容之一。以广州历史城区为例,利用街景图片、百度热力图等数据和机器学习等分析技术,基于需求层次理论构建空间品质测度体系,对街道空间品质进行大规模测度,并运用空间计量模型揭示街道空间品质对街道活力的影响及空间溢出效应。结果发现:(1) 广州历史城区街道空间品质呈“中心高—外围低”圈层式分布特征,且高品质街道和低品质街道集聚特征显著;(2) 广州历史城区街道空间综合品质与街道空间活力呈显著正相关,且街道空间活力具有显著的空间溢出效应;(3) 街道空间活力受多个街道空间品质指标的综合影响,步行可达性、设施密度、设施混合度、天空开阔度、界面围合度、可步行指数和社交界面指数越大,交通标识占比越低的街道活力越高。除直接效应外,街道空间品质各维度指标中绝大多数指标对街道活力还具有间接空间溢出效应。

**Abstract** Improving the quality of space and street vitality is one of the core contents of comprehensively promoting the development of high-quality cities. This paper takes the historic city of Guangzhou as an example, uses street view pictures, Baidu heat map, and other data and machine learning analysis techniques to build a spatial quality measurement system based on the hierarchy of needs theory, measures street spatial quality on a large scale, and uses the spatial econometric model to reveal the spatial heterogeneity of the influence of street space quality elements on street vitality. The results find that: 1) The spatial quality of streets in the historical urban area of Guangzhou is characterized by "high in the center, low in the periphery", and the agglomeration characteristics of high-quality streets and low-quality streets are significant; 2) There is a significant positive correlation between the overall quality of the street space and the street space vitality, and the street space vitality has a significant spillover effect; 3) Street space vitality is comprehensively affected by multiple street space quality indexes. The larger the pedestrian accessibility, facility density, facility mixing degree, openness, interface circumference, walkability index, and social interface index, and the lower the traffic sign ratio, the higher the street vitality. In addition to direct effects, most of the indexes of street spatial quality also have indirect spatial spillover effects on street vitality.

**关键词** 空间品质;街道活力;评价体系;影响机制;空间计量模型

**Key words** spatial quality; street vitality; evaluation system; influence mechanism; spatial econometric model

文章编号 1673-8985 (2023) 06-0122-09 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230616

## 作者简介

黄志强  
南京大学建筑与城市规划学院 硕士  
李智轩  
南京大学建筑与城市规划学院 硕士  
郎 崑 (通信作者)  
中山大学地理科学与规划学院  
中国区域协调发展与乡村建设研究院  
副教授, 博士, langw3@mail.sysu.edu.cn

## 0 引言

街道空间是城市公共空间的重要组成部分,具有交通、商业、休闲、社会交往等多重属性,是展现城市活力的重要界面和窗口。早期以凯文·林奇、阿兰·B·雅各布斯、芦原义信等为代表的大量学者从视觉美学、公共交往、感

知意向等角度指出街道空间营造的关键要素,为街道空间研究奠定了理论基础<sup>[1]35, [2]36, [3]25</sup>。随着人们对街道空间认识的不断深入,相关研究逐渐从单一交通功能导向转为多元混合功能导向,从机动车导向转为兼顾多群体利益的“完整街道”导向,从静态物质空间优

\*基金项目:国家自然科学基金项目“以农房为核心的乡村建设:国家与农户互动的空间响应和区域差异”(编号42371206)资助。

化转为人的行为和心理需求引导等多重价值转变<sup>[4]</sup>。实践方面,自2004年《伦敦街道设计导则》发布以来,国内外大量城市开始重视街道对提升城市空间品质的促进作用,开展了相关规划编制和设计实践。分析街道空间品质及其对街道活力的影响对推动“以人为本”的街道空间规划设计、建设活力宜居城市具有重要意义。

街道空间品质的测度一直是街道空间研究的核心话题之一。经典的街道空间品质测度研究主要从视觉美学角度出发,以构建符合人本感知的空间为目标开展量化评价。其中,尤因和克莱门特(Ewing & Clemenet)在《度量城市设计》中提出围合度、人性化尺度、通透性、复杂性和意象化5种可操作化测量的街道空间品质,受到学界普遍认可<sup>[5]</sup>。后续大量研究以此为基础进行拓展:一方面,测度的时空维度不断丰富。有学者对不同社会经济背景城市之间及城市内部不同区域之间街道的评价维度进行区分,以构建因地制宜的测度指标体系<sup>[6], [7]<sup>48</sup></sup>;也有学者从时间维度出发,关注街道环境在不同时间传递的感知差异<sup>[8]</sup>。另一方面,空间品质的定义不断扩展。街道空间的安全、健康、绿色、可达性、便利性等方面的需求受到关注<sup>[7]<sup>49</sup>, [9]<sup>20</sup></sup>。整体而言,尽管现有测度指标设置大多以主观感受和功能实现为出发点,但其与人的需求之间尚未形成较为完整的映射关系,从而可能导致测度的价值导向出现偏差。

数据方面,传统街道空间品质分析主要通过实地观察和问卷调查等形式,受数据获取成本等因素限制,研究往往难以从城市和区域层面展开大规模调查分析<sup>[9]<sup>19</sup></sup>。近年来,三维建筑数据、街景图像等海量数字化大数据形式充分扩展了街道空间品质的评价维度,并极大提升了其分析广度和精度<sup>[10]<sup>109</sup></sup>。其中,城市街景图像由于较好地模拟了人眼观察到的街道空间特征而受到广泛的应用。特别是在卷积神经网络、图像分割等技术迅速发展的推动下,街景图像已成为大规模精细化分析街道空间品质的重要手段之一<sup>[10]<sup>109</sup></sup>。一些

学者用图像内不同类物面积占比来表征空间品质,例如绿视率、天空可见度、步行道面积、街道高宽比等<sup>[11-12]</sup>。但这类研究一定程度上重新回归到对静态物质空间要素的考量,而部分忽略了对街道使用者切实需求的关注。也有学者试图通过机器学习技术,将主观评价结果进行人工标注,并通过深度学习方法拓展到海量图像中,从而实现人本感知与全局评价的有机结合<sup>[13]</sup>。这类研究目前仍处于起步阶段,且普遍囿于单一街景视角,缺少面向多源数据的综合指标构建。

在测度的基础上,许多研究进一步关注街道空间品质对城市活力、犯罪行为、居民健康等问题的影响机制<sup>[14], [15]<sup>52</sup>, [16]</sup>。特别在以人为本思潮和活力城市建设要求的推动下,客观环境表征的街道空间品质对人群活动表征的街道活力的影响成为研究热点<sup>[17-18], [19]<sup>81</sup></sup>。街道物理空间要素、交通条件、区位条件、街道行为活动、功能设施等建成环境因子已被证实对活动强度、活动类型、人群类型等街道活力因子有显著影响<sup>[20], [21]<sup>33</sup></sup>。分析方法上,早期研究主要是在环境行为学理论框架下,通过对街道环境和人群行为活动的观察记录,得出建成环境影响街道活力的经验性结论<sup>[1]<sup>10</sup>, [2]<sup>93</sup></sup>。随着研究数据不断丰富,已有研究借助POI、矢量建筑数据、热力图等网络开源数据大规模量化建成环境与行为要素,利用相关性分析、回归分析、主成分分析等模型方法,在市域、城区尺度开展建成环境对街道活力影响的定量研究<sup>[19]<sup>83</sup>, [21]<sup>33</sup></sup>。

综上,现有研究中街道空间品质测度指标体系的构建较少从人的需求角度出发,尤其缺少多源大数据层面的综合分析,且关于不同需求层次的空间品质对街道活力的影响机制也不明晰。基于此,本文从需求层次理论出发分析人对街道空间不同层次的需求,利用POI、街景等多源大数据构建了街道空间品质测度指标体系,并以广州市历史城区为例,分析其街道空间品质的空间分布特征,用空间计量模型分析其对街道活力的影响机制。本文试图从人本视角完善街道空间品质的评价体系,

明确其对空间活力提升的多层次意义,从而为高质量发展时期需求导向的街道空间品质提升行动提供参考。

## 1 街道空间品质与活力测度

### 1.1 街道空间的界定

城市街道是人流货流的运输通道,同时也承载着生活服务、商业、社交、风貌展示等功能。街道空间不单指道路平面空间,而是由路面与建筑立面、街道绿化、沿街设施等要素构成的三维空间。因此,本文定义的街道空间是路面与道路红线外一定范围内的环境空间。参考《广州市街道设计导则》和《广州市城乡规划技术规定》中关于道路红线宽度和临街建筑退界要求,以道路中心线为基准向外拓展一定区域作为街道空间范围,其中主干道向两侧各拓展55 m,次干道各拓展50 m,支路各拓展40 m。

### 1.2 街道空间品质的测度

#### 1.2.1 测度体系的构建

街道的空间品质既反映了街道空间物质环境的质量水平,也反映街道设施满足人进行各种日常活动需求的能力。以人为本的评价体系需要注重人的感受,考虑城市居民不同层次的空间需求。马斯洛需求层次理论将人类需求层次分为生理需求、安全需求、爱的需求、尊重需求和自我实现需求<sup>[22]</sup>。周素红<sup>[23]</sup>将马斯洛需求层次对应到城市空间中,将人在城市中的空间需求归纳为基本生存需求(居住、工作、游憩、交通)、高级生存需求(安全感、幸福感、归属感)、自我实现需求(尊重、参与)3个层次。杨慧祎<sup>[24]</sup>通过街道使用者需求问卷调查发现:居民对于街道的第一层级需求是交通功能需求;第二层级的需求是城市活力需求,包括舒适需求、活动需求和场所需求;第三层级需求是艺术审美需求,包括审美、生态需求和营造归属感的需求。结合上述相关研究结论,本文认为街道空间环境特征对人的影响包括“诱发街道空间活动—产生街道空间主观感知和选择偏好—激发自我认同和归属感”3个层

次,层层递进。交通可达性和功能服务性是使用者对街道的基本空间需求,而街道的安全性、舒适性、社会交往性是更高级的空间需求,同时使用者也希望可以参与到街道的规划建设和管理中来,共同缔造大家喜爱的街道,自我实现的需求则位于需求金字塔顶端(见图1)。由于自我实现需求属于质性因素,目前无法进行量化。因此,本文从街道空间的基本空间需求和高级空间需求两个维度构建指标评价体系,从交通可达性、功能服务性、空间舒适性、感知安全性和场所交往性5个方面选取评价指标。

### 1.2.2 测度指标的选择与量化

在交通可达性上,阿兰·B·雅各布斯<sup>[21]29</sup>、扬·盖尔<sup>[25]</sup>等认为良好的街道空间品质应注重步行友好性而非机动交通便捷程度,因此本文选择步行可达性作为交通可达性指标。在功能服务性上,街道功能服务设施的密度决定服务承载力,设施的多样性决定了可开展活动的丰富度,因此本文选取街道设施密度和设施混合度表征街道功能服务能力。宜人的街道尺度<sup>[31]64</sup>、令人愉悦的街道色彩<sup>[31]75</sup>、优美的景观环境<sup>[31]70</sup>和良好的场所感<sup>[23]0</sup>都能提高空间舒适度,故笔者选取绿视率、天空开阔度、界面围合度作为评价空间舒适性的指标。街道的安全性受机动车的影响最大,交通肇事事故、汽车尾气污染往往给街道使用者带来心理上的恐惧和威胁,而充足舒适的步行空间能够大大提高步行者的感知安全,因此本文参考相关文献<sup>[26]24</sup>,选取可步行性指数、机动车干扰指数和交通标识占比作为评价感知安全性指标。社会交往活动的产生需要人、活动和交往场所3个必要因素,交往场所是活动发生的基础,临街商业建筑提供多样服务功能,吸引人流聚集从而激发社会交往活动。本文参考相关文献<sup>[26]23</sup>,选取社交往界面指数作为场所交往性表征指标。综合以上分析,本文构建了“人本视角”的街道空间品质测度指标体系(见表1)。

在指标量化上,借助广泛应用于城市交通通达性研究的空间句法<sup>[27]</sup>,参考十五分钟

生活圈的半径划定标准和相关文献<sup>[28]</sup>,选择以800 m为半径的空间句法整合度作为步行可达性的度量值。计算功能服务性时,参照相关文献的分类方法<sup>[15]54</sup>,将有效的POI兴趣点进行归类,进而计算街道空间设施密度和设施混合度。空间舒适性、感知安全性计算数据来源于百度街景图片。利用Python爬虫程序对每个视点4个方向的街景图片进行抓取,每隔50 m选取一个街景视点,并通过基于125层的CNN神经网络DeepLab-V3+算法模型和机器深度学习数据集(Cityscapes Dataset)对街景中人、车、道路、植物等19种要素进行识别,统计指定要素所占图片面积比例。场所交往性中社交往界面指数测算数据来源于广州市土地利用数据、高德地图AOI数据和建筑轮廓数据,通过土地利用类型和AOI功能识别临街商业建筑,并基于ArcGIS的多缓冲区功能计算道路中心线与临街商业建筑断面相交的最大值<sup>[29]</sup>,进而计算社交往界面指数。各指标的具体量化方法和计算公式见表1。由于各评价因子的量纲和数量级存在差异,本文利用极差法进行指标数据标准化处理。

本文采用AHP层次分析法建构层次结构模型,邀请15位城乡规划领域的专家根据专业知识和主观经验对层次结构模型中各层因素的重要性进行打分,并根据广州历史城区街道空间实际特征,构建成对比较矩阵,通过

MATLAB实现指标权重计算及一致性检验,确定各指标权重,进而构建街道空间品质测度模型。

### 1.3 街道活力测度

本文中的街道活力主要指社会活力,反映人在街道空间中进行休憩、交流、运动和购物等社会活动的总和。相关研究认为,街道空间上的人口密度是街道社会活力最直接的表征<sup>[30]</sup>。百度热力图不能代替实际人口密度,但已被证实可以有效反映人口在空间上的相对集聚程度<sup>[31]</sup>。通过Python爬虫脚本在百度地图中采集研究区域内以1 h为时间间隔的百度热力切片数据,矢量栅格大小为2 m×2 m,数据精度较高。研究按照相同的标准将每张热力栅格图的热力值进行栅格重分类分为7级。为减少日间通勤活动对人口密度分布规律的影响,且考虑到使用者在夜间对街道空间环境感知较弱,本文选取一周7天,每天10:00—12:00、14:00—17:00的百度热力等级均值来表征街道活力值。

## 2 街道空间品质与活力的空间特征

广州历史城区以彰显地域文化特色的商业业态为主,具有岭南及近代西方建筑风格的特色历史建筑共同塑造了独特的街道风貌,街道形态和功能上均具有一定典型性。因此,本文选取广州历史城区作为研究

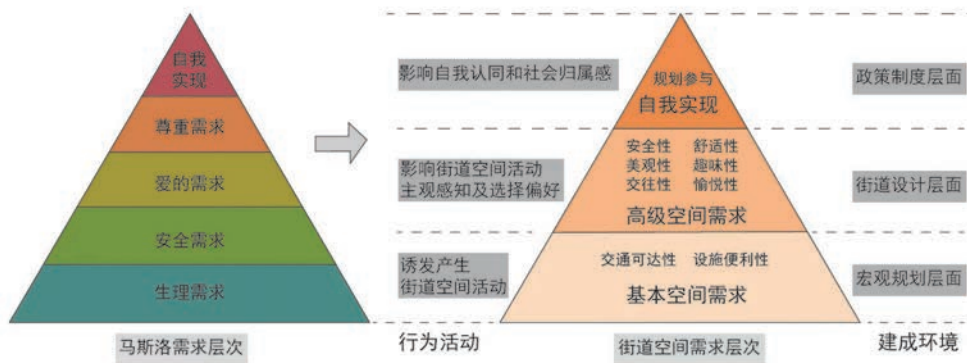


图1 基于马斯洛需求层次的街道空间需求层次  
Fig.1 Street space demand hierarchy based on Maslow's demand hierarchy

资料来源:笔者自绘。

表1 街道空间品质测度指标体系  
Tab.1 Index system of street space quality measurement

需求类型	一级指标	二级指标	指标权重	计算公式	量化解释	相关性
基本空间需求	交通可达性	步行可达性	0.116	$WA=(n-2)/2(MD_i-1)$	空间句法模型中, $D_i$ 为元素 <i>i</i> 的深度值; $MD_i=TD_i/(n-1)$ , $TD_i$ 为元素 <i>i</i> 的全局深度值, $n$ 为系统中元素总数	正相关
		设施密度	0.092	$PD=POI/L$	POI指街道两侧缓冲区内的POI总数量, $L$ 表示街道长度	正相关
	功能服务性	设施混合度	0.128	$PV=-\sum(P_i \times \ln P_i)$ ( $i=1,2,\dots,n$ )	$P_i$ 表示某类POI占该街道POI总数的比例, $n$ 表示该街道POI类别数	正相关
		绿视率	0.136	$GV=G/A$	$G$ 为街景图片中的树木所占像素量, $A$ 为街景图片总像素	正相关
空间舒适性	天空开阔度		0.091	$SV=S/A$	$S$ 为街景图片中的天空像素量, $A$ 为街景图片总像素	正相关
		界面围合度	0.114	$ED=B/A$	$B$ 为街景图片中的建构物、墙体及树木的像素量, $A$ 为街景图片总像素	正相关
	高级空间需求	可步行性指数	0.123	$SW=W/R$	$W$ 为街景图片中步行道像素量, $R$ 为街景图片中步行道和车行道的像素量之和	正相关
感知安全性	机动交通干扰指数		0.057	$VI=V/N$	$V$ 表示街景图片中机动车的像素量, $N$ 为整张图片中机动车道的像素总量	负相关
			0.038	$IT=T/R$	$T$ 为街景图片中交通信号灯及交通指示牌的像素量, $R$ 为图片中车行和步行道面域像素之和	负相关
场所交往性	社交界面指数	0.104	$SI=I/L$	$I$ 为沿街商业服务类建筑长度, $L$ 为街道长度	正相关	

资料来源:笔者自制。

区域。《广州历史文化名城保护规划》划定的广州历史城区具体范围是由东濠涌、小北路、环市中路等道路形成的封闭环状地区(见图2)。

## 2.1 街道空间品质的空间分异格局

### 2.1.1 街道空间品质总体格局

广州历史城区街道空间品质呈圈层分布特征,且集聚特征显著。广州历史城区受珠江分割形成南北两片相对独立的区域,而珠江南部和北部区域的街道空间品质均呈现“中心高一外围低”的圈层分布特征(见图3)。珠江北部区域的東西两侧形成两片高品质街道的集聚区,西侧的中山七路、光复路、人民路、康王路及其周边邻近街道,以及东侧的德政路、文明路、文德路及其周边邻近街道的街道品质普遍较高。两片高品质街道集聚区外围的街道空间品质普遍较低,主要集中在内环路、沿江西路、沿江东路沿线以及东风路以北区域。珠江南部区域的江南大道、同福路沿线街道的空间品质相对较高,而外围的内环路、滨江西路和昌岗路及周边街道的空间品质普遍较低。对街道空间品质进行局部空间自相关分析,绘制街道空间品质LISA聚类图(见图4),可以看出高品质街道和低品质街道集聚特征显著。

### 2.1.2 街道空间品质分维度格局

①交通可达性方面,广州历史城区内街道步行可达性由中心向外围形成“低—高一低”圈层结构,形成中心“可达性洼地”街道集聚区、中间高可达性街道集聚区和外围低可达性街道集聚区3个圈层。②功能服务性方面,广州历史城区中部街道设施密度高,若干个高值区零散分布,外围街道设施密度低。整体上各街道功能设施的混合度处于中高水平,反映了广州历史城区内街道功能设施能满足多样需求。③空间舒适性方面,广州历史城区内街道绿化程度普遍较高,东风西路、东北中路和中山八路沿线及沿珠江道路绿视率最高。历史城区中部街道天空开阔度普遍处于低水平,天空开阔度高的街道主要分布在珠江沿岸以及东风路以北的两个大型公园周边。界面围合度高的街道主要分布在历史城区西部的康王路西侧区域以及历史城区东部的德政北路、德政中路和文明路一带。④感知安全性方面,广州历史城区整体街道可步行性水平较高,适合人们步行和驻足停留。街道机动交通干扰指数和交通标识指数的空间分布特征具有显著相似性,海珠区西部和南部区域街道的机动交通干扰指数和交通标识指数较高。⑤场所交往性方面,社交界面指数呈现“中心高,外围

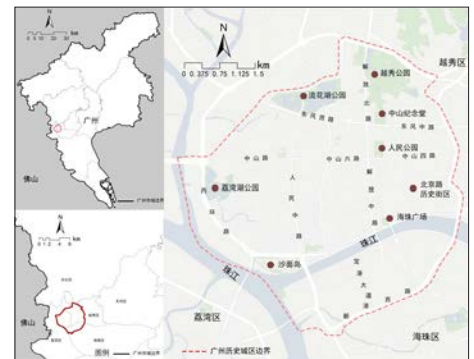


图2 广州历史城区范围  
Fig.2 Historical urban area of Guangzhou

资料来源:笔者自绘。

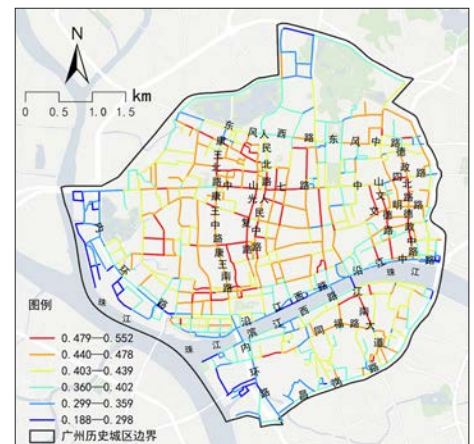


图3 街道品质空间分布图  
Fig.3 Spatial distribution of street quality

资料来源:笔者自绘。

低”的空间分布特征,珠江两侧、东风路沿线及越秀公园、流花公园周边街道社交界面指

数普遍较低(见图5)。

## 2.2 街道活力的空间分异格局

广州历史城区街道活力普遍较高,且分布较为零散。等级较高的主次干路街道活力最高,解放路、东风路、康王路、内环路、昌岗路和宝岗大道等干路街道活力明显高于其他街道,且与干路邻接的街道活力普遍较高。广州历史城区内干路两侧聚集多个大型商业

设施、高等级公共服务设施及商务办公楼,且江南西、北京路和淘金等多个商圈围绕主次干路布局,吸引大量人流,因而街道活力高。低活力街道主要集聚在珠江两岸沿江区域及海珠区西部。沿江区域道路受水系阻隔,路网连通性较差,且功能设施较少,空间吸引力弱。海珠区西部区域街道出现较多的空间破败现象,道路和建筑质量低,导致街道活力水平低。

作用,SDM模型更为全面,同时考虑被解释变量和解释变量的空间溢出效应。

## 3.1 空间计量模型的构建

### 3.1.1 变量选择

本文以街道空间活力值为因变量,分别以街道空间综合品质及街道空间品质评价体系的10个指标为解释变量,由总到分深入探析街道空间品质对街道空间活力的影响作用。控制变量方面,参考相关研究<sup>[15][56]</sup>,选取街道长度、到最近商业中心距离、到最近商业综合体距离、到最近地铁站距离、公交站密度、道路交叉口密度6个指标作为控制变量。公交站密度为街道两侧公交站点数量与街道长度的比值。道路交叉口密度选取的是街道中心线500 m缓冲区内道路交叉口的密度。

### 3.1.2 街道空间综合品质对街道空间活力影响的模型选择

进行变量共线性检验并通过后,对模型进行LM检验,包括LM—Lag、稳健的LM—Lag、LM—Error和稳健的LM—Error检验,来判断空间效应类型。从检验结果来看(见表2),LM—Lag、稳健的LM—Lag和LM—Error通过

## 3 街道空间品质对街道活力的影响机制

从上文分析可知街道空间活力集聚特征显著,采用空间邻接权重矩阵测算街道活力的全局Moran's I指数,全局Moran's I指数为0.586,且通过1%显著性检验,说明街道空间活力具有显著的空间正相关性,有必要建立空间计量模型评估街道空间品质对街道活力的影响。

目前应用广泛的空间计量模型主要包括空间滞后模型(SLM)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM)。SLM模型主要探讨被解释变量的空间溢出效应,SEM主要通过空间误差项解释邻近区域之间的空间相互

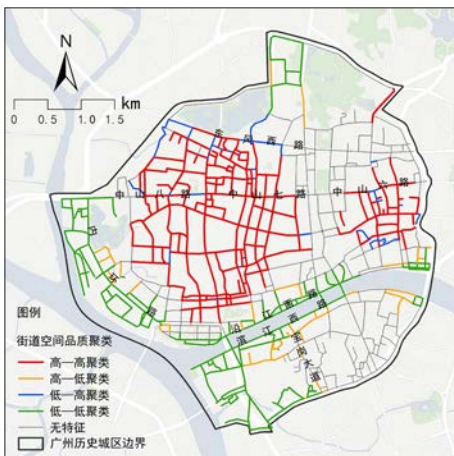


图4 街道品质LISA聚类图  
Fig.4 Street quality LISA cluster

资料来源:笔者自绘。

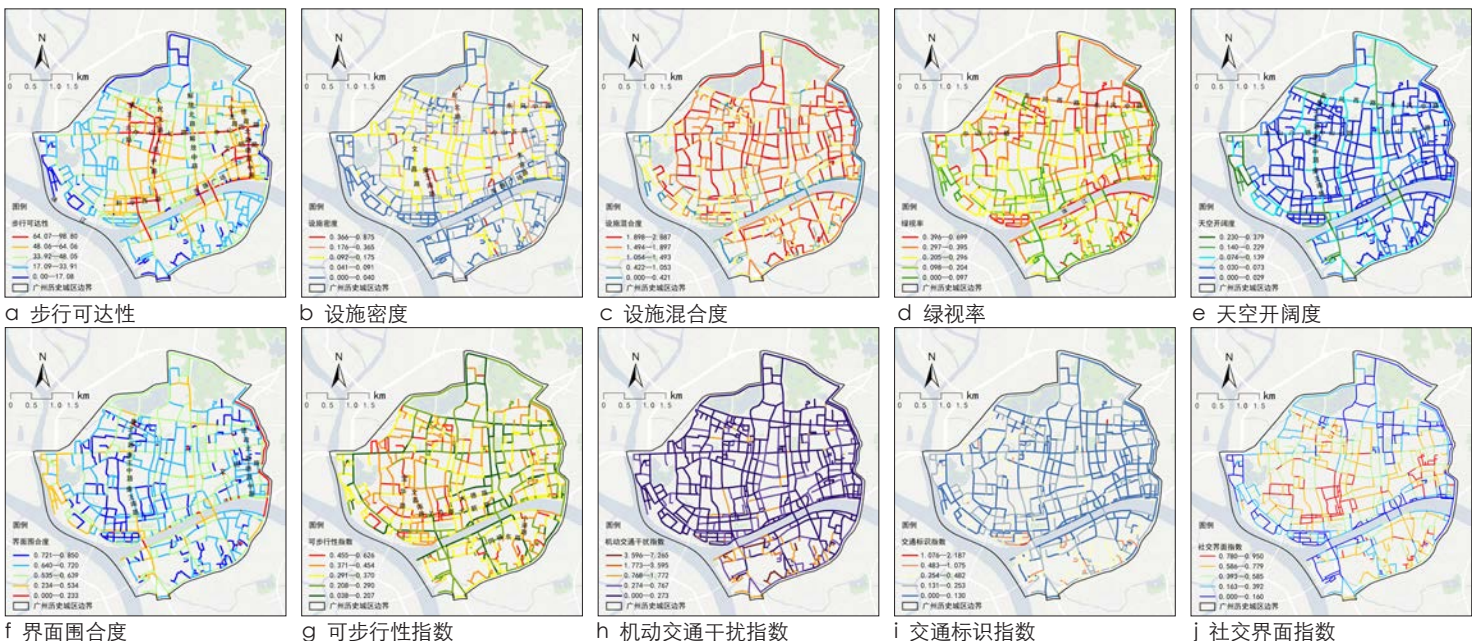


图5 街道空间品质各指标空间格局  
Fig.5 Spatial pattern of street spatial quality indicators

资料来源:笔者自绘。

显著性检验,而稳健的LM—Error未通过检验。说明本文所选样本中街道空间综合品质对街道空间活力的影响具有显著的空间滞后效应,应选择SLM模型。

### 3.1.3 街道空间品质各维度指标对街道空间活力影响的模型选择

与上文检验过程相同, LM—Lag、稳健的LM—Lag、LM—Error和稳健的LM—Error检验均通过显著性检验(见表2),说明样本中街道空间综合品质对街道空间活力的影响具有空间滞后和空间误差自相关双重效应,应优先考虑选择SDM模型进行评估。

为进一步确定选择SDM模型具有合理性,本文分别构建了SLM模型、SEM模型和SDM模型。对比3个模型结果来看(见表3),SDM模型最大似然估计值最大,AIC值和BIC值最小,表明3个模型中SDM模型拟合结果最优。综上,选择SDM模型更合适。

## 3.2 空间计量结果分析

### 3.2.1 街道空间综合品质对街道空间活力的影响

根据表4中SLM模型结果来看,街道空间综合品质与街道空间活力呈显著正相关。表明随着街道空间环境品质和功能服务能力的改善,街道空间的吸引力将大幅提升,引导使用者驻足停留并开展活动,进而提高场所空间活

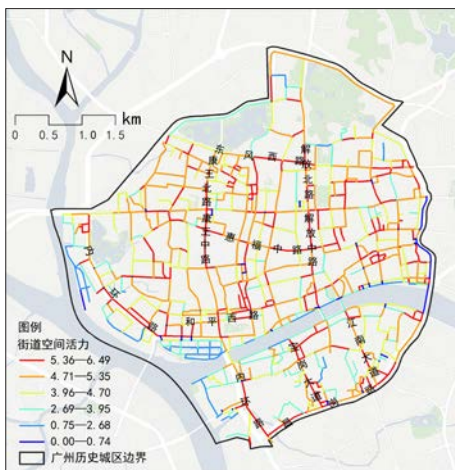


图6 街道空间活力空间分布图

Fig.6 Spatial distribution map of street vitality

资料来源:笔者自绘。

力。同时,街道空间活力也具有显著的空间溢出效应(见表4)。

### 3.2.2 街道空间品质各维度指标对街道空间活力的影响

空间杜宾模型同时考虑了解释变量和被解释变量的空间溢出效应,因此需要将SDM

模型中解释变量的影响分解为直接效应和间接效应(见表5)。直接效应为本街道空间街道品质要素对本街道空间活力的影响,间接效应为空间溢出效应,体现相邻街道空间品质要素对本街道空间活力的影响。

①交通可达性方面,步行可达性直接效

表2 LM检验

Tab.2 LM test

检验	街道空间综合品质对街道空间活力影响的模型		街道空间品质各维度指标对街道空间活力影响的模型	
	LM检验	P值	LM检验	P值
LM—Lag检验	506.733	<0.001	425.108	<0.001
稳健的LM—Lag检验	21.538	<0.001	79.360	<0.001
LM—Error检验	486.008	<0.001	347.038	<0.001
稳健的LM—Error检验	0.813	0.367	1.290	<0.001

资料来源:笔者自制。

表3 模型回归结果

Tab.3 Estimation model results

变量	SLM模型	SEM模型	SDM模型
步行可达性	0.106	0.835***	1.009***
设施密度	0.912***	0.490*	0.379*
设施混合度	0.894***	0.732***	0.789***
绿视率	-0.485***	-0.165	0.038
天空开阔度	0.096	0.085	0.801***
界面围合度	0.364	0.677*	0.278*
可步行性指数	0.520	0.119	0.012
机动交通干扰指数	-0.760**	-0.135	-0.003***
交通标识占比	-1.251***	-0.442	-0.810**
社交界面指数	0.364***	0.229*	0.237*
街道长度	-2.723***	-2.258***	-2.660***
到最近商业中心距离	0.271*	-0.028	0.122
到最近商业综合体距离	0.132	-0.254	0.183
到最近地铁站距离	-0.012	-0.010	0.350
公交站密度	0.984**	-0.049	-0.083
道路交叉口密度	0.426	0.050	-0.002
W×步行可达性	—	—	-0.645***
W×设施密度	—	—	0.257
W×设施混合度	—	—	0.392
W×绿视率	—	—	-1.272***
W×天空开阔度	—	—	-1.682***
W×界面围合度	—	—	1.454**
W×可步行指数	—	—	0.981**
W×机动交通干扰指数	—	—	-1.547***
W×交通标识占比	—	—	-0.546
W×社交界面指数	—	—	0.080
W×控制变量	—	—	控制变量滞后项
ρ	0.312***	—	0.716***
λ	—	0.859***	—
Log—L	-1 034.01	-926.54	-915.43
AIC	2 106.0	1 891.1	1 800.9
BIC	2 196.5	1 981.6	1 967.6

注:\*\*\*、\*\*、\*分别代表在1%、5%、10%的显著性水平下显著。

资料来源:笔者自制。

表4 街道空间综合品质估计模型结果

Tab.4 Street space quality estimation model results

变量	SLM模型
街道空间综合品质	2.690***
街道长度	-2.275***
到最近商业中心距离	0.132
到最近商业综合体距离	0.288
到最近地铁站距离	-0.052
公交站密度	1.456***
道路交叉口密度	0.140
$\rho$	0.373***
Log-L	-1 079.21
AIC	2 178.4
BIC	2 226.1

注:\*\*\*、\*\*、\*分别代表在1%、5%、10%的显著性水平下显著。

资料来源:笔者自制。

应系数为0.857且显著,表明步行可达性对街道空间活力的提升具有促进作用。可达性高的公共空间往往会集聚更多的使用者,使用者的访问频率也更高。步行可达性的间接效应系数为-0.080且通过显著性检验,即相邻街道的步行可达性会对本街道活力产生负向影响作用。

②功能服务性方面,设施密度的直接效应系数分别为0.466且显著,表明设施密度的增加能够显著提高街道活力。设施混合度直接效应为0.946且显著,意味着设施混合度对街道活力具有显著正向作用。同时设施混合度存在显著的空间溢出效应,相邻街道的设施混合度提高,本街道的空间活力随之提高。充足多样的功能设施提供了完备的功能服务,能够满足人群的多元服务需求,从而增强空间吸引力,提升街道活力。而邻近街道的设施多样性提升,吸引人群的访问目的也更为多元,本街道空间的人群访问概率随之提高。

③空间舒适性方面,绿视率对街道活力的直接效应不显著,但其间接效应系数为-2.429且显著,同时街道绿视率的总效应系数为-2.597且显著,意味着街道的绿视率提高将会降低街道空间活力。虽然已有研究表明绿视率越高越能使人产生积极的心理感知<sup>[32]</sup>,而模型中出现此结果或是因为广州历史城区内存在大量骑楼街,街道无法种植行

表5 解释变量的影响效应分解结果

Tab.5 Effect decomposition results of explanatory variables

变量	直接效应	间接效应	总效应
步行可达性	0.857***	-0.080***	0.777***
设施密度	0.466*	1.031	1.497*
设施混合度	0.946***	1.865***	2.812***
绿视率	-0.167	-2.429***	-2.597***
天空开阔度	0.619**	-0.162***	0.457*
界面围合度	0.072*	-0.448**	0.376*
可步行指数	-0.313	0.847**	0.534**
机动车干扰指数	-0.258	-3.021***	-3.279***
交通标识占比	-0.996**	-2.196	-3.192
社交界面指数	0.251**	0.175	0.426***

注:\*\*\*、\*\*、\*分别代表在1%、5%、10%的显著性水平下显著。

资料来源:笔者自制。

道树,街道绿视率低。而骑楼街独特的建筑形制能够为商贸交易和社会交往活动提供充分的公共空间,其空间活力水平往往较高。天空开阔度的直接效应系数为0.619,间接效应系数为-0.162,两个效应均显著,说明天空开阔度与街道空间活力呈正相关,且相邻街道的天空开阔度与本街道空间活力呈负相关。界面围合度的直接效应系数为0.072且通过显著性检验,表明界面围合度越大,街道活力越高。街道界面围合性越好,塑造的空间场所感越强,容易吸引人们在街道空间进行游憩、社交等活动,促使街道活力提升。界面围合度的间接效应系数为-0.448且显著,说明邻近街道界面围合度增加会对本街道空间活力产生负向影响作用。

④感知安全性方面,可步行指数的直接效应未通过显著性检验,间接效应系数为0.847且通过显著性检验,表明相邻街道的可步行指数对本街道空间活力具有显著的正向溢出效应。连续的步行空间是持续进行步行活动的基础,相邻街道的步行空间越充足越有可能与本街道形成连续的步行空间,进而提高本街道的空间活力。机动车干扰指数未产生显著的直接效应,而其间接效应系数为-3.021且显著,意味着相邻街道的机动车干扰指数越大,会降低本街道空间的活力。由于街道空间具有网络化连通特征,邻近街道之间的机动车交叠流通,相邻街道的机动车干扰很容易影响本街道,引起街道活力下降。交通标识占比对街道活力具有显著的

负向作用,复杂的道路交通状况容易降低使用者的安全感,在街道空间开展活动的意愿随之降低。

⑤场所社交性方面,社交界面指数直接效应系数为0.251且显著。社交场所为人群活动和社交行为提供了空间基础,充足的社交场所能够提升消费活力,营造浓厚的生活气息,为街道增添活力。

#### 4 结论和结语

良好的街道空间品质是激发街道活力的重要前提,大规模精细化测度街道空间品质并揭示其对街道活力的影响机制,对街道空间营造提升具有重要意义。本文立足人对于街道空间的基本空间需求和高级空间需求,构建了人本视角下的街道空间品质评价指标体系,对广州历史城区街道空间品质进行大规模测度,并借助空间计量模型探析街道空间总体品质及街道空间品质分维度指标对街道活力的影响作用。研究主要结论有:

(1) 广州历史城区街道空间品质呈“中心高一外围低”圈层式分布特征,且高品质街道和低品质街道集聚特征显著。珠江北部东西两侧形成两片高品质街道集聚区,珠江南部以江南大道为中心形成小范围高品质街道集聚区,珠江两侧沿江区域街道空间品质普遍较低。

(2) 广州历史城区街道空间总体品质与街道空间活力呈显著正相关,且街道空间活力具有显著的空间溢出效应。随着街道空间环境

品质和功能服务能力改善,场所空间活力将大幅提升。

(3) 广州历史城区街道空间活力受多个街道空间品质指标的综合影响,步行可达性、设施密度、设施混合度、天空开阔度、界面围合度、可步行指数和社交界面指数越大,交通标识占比越低的街道活力越高。除直接效应外,街道空间品质各维度指标中绝大多数指标对街道活力还具有间接空间溢出效应。相邻街道设施混合度和可步行指数的提高将会提升本街道活力,相邻街道步行可达性、绿视率、天空开阔度、界面围合度和机动交通干扰指数的提高会使本街道活力降低。

基于以上结论,本文提出以下街道空间规划设计和活力营造的政策建议:一是考虑街道空间互动影响效应,坚持连片优化改造。街道空间品质要素和街道活力均具有空间溢出效应,相邻街道的空间活力和空间品质要素均会对本街道活力产生影响。街道空间优化应坚持连片更新改造,加强规划设计与实施统筹,在升级改造中推动连片高品质街道集聚区形成。二是街道空间设计应立足于“完整街道”理念,以满足使用者不同层次的空间需求为导向,从交通组织、功能业态、绿化景观、沿街界面、文化风貌和场所营造等多方面综合优化,增加路网连通性,植入多元业态功能,增强街道视觉美感和舒适度,塑造品质活力街道。

受数据获取限制,本文中街道活力测度数据采用百度热力图热力值表征街道活力相对值,但对于城区尺度的研究来说,研究区域外部周边的热力极值可能会对其内部的热力值产生一定影响。同时,本文只选择广州历史城区作为研究区域,其街道功能和风貌具有一定特殊性,街道空间品质对街道活力的影响作用分析结果普适性有待验证。■

## 参考文献 References

- [1] LYNCH K. The image of the city[M]. Cambridge: The MIT Press, 1960.
- [2] JACOBE A B. Great streets[M]. Cambridge: The MIT Press, 1995.
- [3] 芦原义信. 街道的美学[M]. 尹培桐,译. 天津:百花文艺出版社, 1989.
- [4] ASHIHARA Y. The aesthetic townscape[M]. YIN Peitong, translate. Tianjin: Baihua Wenyi Press, 1989.
- [4] 叶朕,李瑞敏. 完整街道政策发展综述[J]. 城市交通, 2015, 13(1): 17-24.
- [5] YE Zhen, LI Ruimin. Overview of the development of integrated street policy[J]. Urban Transport of China, 2015, 13(1): 17-24.
- [5] EWING R, CLEMENTE O, NECKERMAN K M, et al. Measuring urban design: metrics for livable places[M]. Washington, DC: Island Press, 2013.
- [6] 刘莹莹,孙帅. 女性视角下对历史文化街区空间品质的评价[J]. 安徽建筑, 2021, 28(2): 6.
- [6] LIU Yingying, SUN Shuai. Evaluation on the spatial quality of historical and cultural blocks from the perspective of women[J]. Anhui Architecture, 2021, 28(2): 6.
- [7] 贺慧,戴梦缘,李婷婷,等. 儿童友好型城市生活性街道空间品质识别研究——以武汉市南京路与尚隆路为例[J]. 上海城市规划, 2020(3): 47-53.
- [7] HE Hui, DAI Mengyuan, LI Tingting, et al. Spatial quality identification of child-friendly urban living streets: a case study of Nanjing Road and Shanglong Road in Wuhan City[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2020(3): 47-53.
- [8] 李智,龙瀛. 基于动态街景图片识别的收缩城市街道空间品质变化分析——以齐齐哈尔为例[J]. 城市建筑, 2018(6): 22-26.
- [8] LI Zhi, LONG Ying. Analysis of the spatial quality change of shrinking city streets based on dynamic street scene image recognition: taking Qiqihar as an example[J]. Urbanism and Architecture, 2018(6): 22-26.
- [9] 叶宇,张昭希,张啸虎,等. 人本尺度的街道空间品质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 22-31.
- [9] YE Yu, ZHANG Zhaoxi, ZHANG Xiaohu, et al. Human-scale quality on streets: a large-scale and efficient analytical approach based on street view images and new urban analytical tools[J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 22-31.
- [10] 龙瀛,唐婧娴. 城市街道空间品质大规模量化测度研究进展[J]. 城市规划, 2019, 43(6): 107-114.
- [10] LONG Ying, TANG Jingxian. Research progress on large-scale quantitative measurement of urban street space quality[J]. City Planning Review, 2019, 43(6): 107-114.
- [11] 樊钧,唐皓明,叶宇. 街道慢行品质的多维度评价与导控策略——基于多源城市数据的整合分析[J]. 规划师, 2019, 35(14): 5-11.
- [11] FAN Jun, TANG Haoming, YE Yu. Multi-dimensional evaluation and guidance and control strategy of street slow walking quality: based on the integrated analysis of multi-source city data[J]. Planners, 2019, 35(14): 5-11.
- [12] LI X, ZHANG C, LI W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. Urban Forestry Urban Greening, 2015, 14(3): 675-685.
- [12] LI X, ZHANG C, LI W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. Urban Forestry Urban Greening, 2015, 14(3): 675-685.
- [13] YU Y, WEI Z, SHEN Q, et al. The visual quality of streets: a human-centred continuous measurement based on machine learning algorithms and street view images[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(8): 1439-1457.
- [13] YU Y, WEI Z, SHEN Q, et al. The visual quality of streets: a human-centred continuous measurement based on machine learning algorithms and street view images[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(8): 1439-1457.
- [14] LU Y, SARHAR C, XIAO Y. The effect of street-level greenery on walking behavior: evidence from Hong Kong[J]. Social Science & Medicine, 2018, 208: 41-49.
- [14] LU Y, SARHAR C, XIAO Y. The effect of street-level greenery on walking behavior: evidence from Hong Kong[J]. Social Science & Medicine, 2018, 208: 41-49.
- [15] 龙瀛,周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016(1): 52-57.
- [15] LONG Ying, ZHOU Yin. Quantitative evaluation on street vibrancy and its impact factors: a case study of Chengdu[J]. New Architecture, 2016(1): 52-57.
- [16] 贾晋媛,宋菊芳. 城市活力与建成环境“3D”特征的关系研究——以武汉市为例[J]. 现代城市研究, 2020(8): 59-66.
- [16] JIA Jinyuan, SONG Jufang. Study on the relationship between urban vitality and the "3D" characteristics of the built environment: taking Wuhan as an example[J]. Modern Urban Research, 2020(8): 59-66.
- [17] 郎崑,克里斯托弗·约翰·韦伯斯特. 紧凑下的活力城市:凯文·林奇的城市形态理论在香港的解读[J]. 国际城市规划, 2017, 32(3): 28-33.
- [17] LANG Wei, WEBSTER C J. A dynamic city under compactness: an interpretation of Kevin Lynch's urban form theory in Hong Kong[J]. Urban Planning International, 2017, 32(3): 28-33.
- [18] 周新刚,郎崑. 面向就业活动紧凑度的紧凑城市规划策略[J]. 城市规划学刊, 2016, 250(3): 38-45.
- [18] ZHOU Xingang, LANG Wei. Planning for compact city from the perspective of employment activities[J]. Urban Planning Forum, 2016, 250(3): 38-45.
- [19] 吴莞姝,钮心毅. 建成环境功能多样性对街道活力的影响研究——以上海市南京西路为例[J]. 南方建筑, 2019(2): 81-86.
- [19] WU Wanshu, NIU Xinyi. Impact of built environmental functional diversity on street vitality: a case study of Nanjing West Road in



- Shanghai[J]. *South Architecture*, 2019(2): 81-86.
- [20] 郝新华, 龙瀛, 石森, 等. 北京街道活力: 测度、影响因素与规划设计启示[J]. *上海城市规划*, 2016 (3): 37-45.  
HAO Xinhua, LONG Ying, SHI Miao, et al. The vitality of Beijing streets: measurement, influencing factors and planning and design enlightenment[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2016(3): 37-45.
- [21] 陈利花. 基于主成分分析的商业街道活力空间影响因素研究[J]. *城市建筑*, 2020 (21): 36-37.  
CHEN Lihua. Study on the influencing factors of commercial street vitality space based on principal component analysis[J]. *Urban Architecture*, 2020(21): 36-37.
- [22] 亚伯拉罕·马斯洛. 动机与人格[M]. 许金声, 等译. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.  
MASLOW A. Motivation and personality (third edition)[M]. XU Jinsheng, et al., translate. Beijing: China Renmin University Press, 2013.
- [23] 周素红, 陈菲, 戴颖宜. 面向内涵式发展的品质空间规划体系构建[J]. *城市规划*, 2019 (10): 13-21.  
ZHOU Suhong, CHEN Fei, DAI Yingyi. Study on the construction of high quality spatial planning system from perspective of connotative development[J]. *City Planning Review*, 2019(10): 13-21.
- [24] 杨慧祎. 基于使用者需求分析的生活性街道城市设计策略研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2017.  
YANG Huiyi. Research on urban design strategies for living streets based on user needs analysis[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2017.
- [25] 扬·盖尔. 交往与空间 (第四版) [M]. 何人可, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.  
GEHL J. Life between buildings[M]. HE Renke, translate. Beijing: China Architecture & Building Press, 2003.
- [26] 缪岑岑. 基于街景图片数据的城市街道空间品质测度与影响机制研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.  
MIU Cencen. The measurement and influence mechanism of urban street spatial quality based on street view image data[D]. Nanjing: Southeast University, 2018.
- [27] 傅搏峰, 吴娇蓉, 陈小鸿. 空间句法及其在城市交通研究领域的应用[J]. *国际城市规划*, 2009, 24 (1): 79-83.  
FU Bofeng, WU Jiaorong, CHEN Xiaohong. Research on space syntax application within the city transportation area[J]. *Urban Planning International*, 2009, 24 (1): 79-83.
- [28] 刘星, 盛强, 杨振盛. 步行通达性对街区空间活力与交往的影响[J]. *上海城市规划*, 2017 (1): 56-61.  
LIU Xing, SHENG Qiang, YANG Zhensheng. The influence of pedestrian accessibility on spatial vitality and interaction of blocks[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2017(1): 56-61.
- [29] 姜洋, 辜培钦, 陈宇琳, 等. 基于GIS的城市街道界面连续性研究——以济南市为例[J]. *城市交通*, 2016 (4): 1-7.  
JIANG Yang, GU Peiqin, CHEN Yulin, et al. Continuity of street facade analysis with GIS: a case study of Ji'nan City[J]. *Urban Transport of China*, 2016(4): 1-7.
- [30] 黄生辉, 王存颂. 街道城市主义: 武汉市街道活力量化及影响因素分析[J]. *上海城市规划*, 2020 (1): 105-113.  
HUANG Shenghui, WANG Cunsong. Street urbanism: quantitative evaluation on Wuhan street vibrancy and its impact factors[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(1): 105-113.
- [31] 汪程, 黄春晓, 李鹏飞, 等. 城市中心区人群空间利用的时空特征及动因研究——以南京市新街口地区为例[J]. *现代城市研究*, 2016 (7): 59-67.  
WANG Cheng, HUANG Chunxiao, LI Pengfei, et al. Study on the temporal and spatial characteristics and motivation of the spatial utilization of people in urban central areas: taking the Xinjiekou area of Nanjing as an example[J]. *Modern Urban Research*, 2016(7): 59-67.
- [32] LU Y. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 191: 103435.