

基于差异层级大数据的地铁站域街道空间品质多维评价 ——以成都市中心城区为例

胡 昂¹, 郭仲薇¹, 戴维维¹, 牛韶斐¹, 李 想²

(1. 四川大学 建筑与环境学院, 四川 成都 610064; 2. 四川大学 经济学院, 四川 成都 610064)

摘要: 高质量的站域空间设计需要科学的测度方法为支撑. 为了实现地铁站域街道空间品质的大规模测度, 依托街道网络、POI、街景图片等多源大数据的巨量规模和高精度优势, 构建了以连通性、便利性与舒适性为核心的多维评价体系. 同时以成都市中心城区的 73 个地铁站域为例进行实证研究, 发现中心城区地铁站域内街道便利性与舒适性普遍较好, 连通性较差. 以站域为单位测度各维度水平, 发现站域各维度评价结果在空间和数量分布特征差异显著. 同时针对不同层级站点, 从不同圈层尺度上进行了差异化研究, 发现各层级站域核心区的连通性与便利性普遍高于辐射影响区, 舒适性则相反. 结论为成都地铁场站一体化城市设计及 TOD 圈层规划提供了定量参照和科学支撑.

关键词: 差异层级; 大数据; 地铁站域; 街道空间品质; 多维评价

中图分类号: TU984.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2020)05-0740-12

Multi-dimensional evaluation of street space quality in metro station catchment areas based on big data at different hierarchy ——take downtown Chengdu as an example

HU Ang¹, GUO Zhongwei¹, DAI Weiwei¹, NIU Shaofei¹, LI Xiang²

(1. school of Architecture & Environment, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. School of Economics, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: High-quality spatial design of the catchment area needs the support of scientific measurement methods. With the goal of realizing large-scale measurement of street space quality in the metro station catchment area, a multi-dimensional evaluation system with connectivity, convenience and comfort as the core is built, relying on the huge scale and high precision of multisource big data such as street network, POI, street view pictures, etc. Meanwhile, an empirical study is conducted on the 73 catchment areas in downtown Chengdu, and it is found that the convenience and comfort of the streets in the catchment areas in downtown Chengdu are generally good, but the connectivity is poor. It is found that the spatial and quantitative distribution characteristics of catchment areas differ significantly in each dimension. Also for each hierarchy of stations, differentiated research from different circle scales. It is found that the core area have higher connectivity and convenience than the radiation-affected area, while the opposite is true for comfort. The conclusion provides quantitative reference and scientific support for the integrated urban design of metro stations and TOD circle planning in Chengdu.

Key words: hierarchy of differences; big data; metro station catchment area; street space quality; multi-dimensional evaluation

地铁作为大容量、高效率、安全可靠的城市轨道交通客运系统, 既是提升公共交通承载力水平的必由之路, 也是缓解“大城市病”的重要途径. 与此同时, 中国的地铁通车里程稳居世界第一, 运营规模、建设规模仍持续稳定增长. 一方面, 中国的地铁建设普遍滞后于城市发展, 地铁站点的后天植入必然对周边原有的城市空间模式与空

间秩序产生重大影响^[1], 城市空间与群体行为在新的出行方式下相互作用、动态演化产生了站域空间(station catchment area)这一新的城市空间. 另一方面, 地铁站点作为城市轨道交通线网中的关键节点, 其特殊的建设条件与地理属性决定着使用者必须采用步行、自行车、公交等多样化方式与之换乘, 从而实现起始地、地铁站点与目的地

收稿日期: 2020-05-28

修改稿日期: 2020-09-04

基金项目: 中央高校基本科研业务费项目(20826041C4133)

第一作者: 胡 昂(1974—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究 TOD 模式开发与利用. E-mail: ang.hu6@scu.edu.cn

通信作者: 戴维维(1996—), 女, 硕士生, 主要研究人居环境与市政工程. E-mail: 13853795123@163.com

三者间的空间位移,需要在地铁站点周边构建与之匹配的城市空间,才能最大程度地发挥地铁对于城市的引导和带动作用。街道作为连接其他建成环境与地铁站点的空间通道,通过提升街道空间品质,不仅能提升与地铁站点和目的地之间的畅通程度,而且能显著提高公共交通服务水平^[2]。实现站域街道空间品质的评价亟需新的综合方法,既能协助实现更科学高效的宏观规划,也能实现更精准合理的微观设计指引,创建城市管理动态反馈机制。

现有对于街道空间品质的研究主要基于环境行为学、环境心理学等理论,通常着眼于使用者感知行为和街道空间环境特征两个重要的主客观维度^[3],其定量研究多从三个方面切入:基于大数据的空间测度^[4-5]、基于实地调研的指标体系^[6]与基于访谈记录的步行感知^[7]。定量研究呈现出精确度高、覆盖面广、易于操作的特性,弥补了以主观经验为主的街道空间品质研究的客观性^[8]。与此同时,TOD(transit-oriented development)理论开创了对站域步行空间研究的先河,该理论的设计要点之一就是建设“步行友好”的站域社区环境,以减少私家车的使用^[9-10]。相关研究成果随着经济社会的发展被概念化为5D:即高密度(density)、土地的混合利用(diversity of land use)、兼顾安全与舒适的设计(design including safety and amenity)、目的地可达性(destination accessibility)和到公共交通的距离(distance to public transport)^[11],其中设计(design)即为舒适的步行环境和便捷的换乘空间设计。国内外学者利用TOD理论对站域空间设计进行了大量研究^[12-13],但是相关定量研究多为“引介—应用”模式,普遍集中于单一站点^[14]、单一维度^[15]或单一圈层^[16]的测度上,对于同时结合了不同层级站点、多维度评价与站域不同圈层的街道空间品质研究鲜有涉及。此外,传统的定量研究面临大规模数据难以精细化,而局部数据又难以具有代表性的两难境地,导致大规模街道层面的建成环境数据难以取用。新的数据源(如街景图片等)与技术(如sDNA等)的出现提升了街道空间量化研究的精细化、规模化与便利化^[17]。综上所述,扎根于站点发展实际、大数据应用与多维度评价的方法框架并不清晰,鲜少有针对不同等级站点的圈层分析。

1 研究范围与目标

截止2020年初,全球已有超过220个城市拥

已建成地铁,地铁早已成为促进城市发展水平的有力引擎、形成产业集聚的重要载体,担负着引领高质量发展、促进生活水平提升的历史使命。

成都市作为中国西部的科教中心与金融中心^[18],正在大力推进以地铁为主的多样化轨道交通发展模式,不断向轨道交通加速成网目标迈进,推行以TOD理念为主导的地铁站域土地综合开发,为本文提供了丰富的研究素材。本文将研究区域界定为成都市三环路以内的成都市中心城区,研究具体对象为该区域内2019年12月前建设完成的73个地铁站域,基于成都市地铁发展的现实情况与《成都市轨道交通场站一体化城市设计导则》、《成都市城市轨道交通建设“十三五”规划》等文件的基本要求,综合考量地铁站域内经济社会、城市功能、服务范围等要素,将地铁站点分为城市级、片区级、组团级与一般站点四个层级。同时以站点为圆心划定800 m缓冲区^[19],剔除缓冲区内长度少于其总里程40%的街道。研究范围内仅涵盖建成环境较为完善、空间形态生长成熟的街道,并涉及街道两侧建筑或构筑物围合而成的三维空间(见图1)。

本文通过对站域街道空间的研究以期探求如下问题:(1)如何构建站域街道空间品质的多维评价体系?(2)各评价指标之间是否存在相关性?(3)研究范围内各维度街道空间品质如何?(4)不同层级地铁站域在不同圈层范围内的街道空间品质如何?

2 多维度评价体系的构建

2.1 数据收集

研究所收集的大数据如图2所示,其中,路网和建筑基础数据来源于OSM地图(<https://www.Openstreetmap.org>),并通过路网拓扑处理得到街道中心线。POI(point of interest)数据则通过调用应用程序编程接口,在Amap上进行抓取。街景图片则是基于路网数据,以经纬度为参数,每间隔60 m在道路网格上生成采样点,通过HTTP URL调用Amap的API,设置视点位置坐标、视线水平和垂直的角度,最终生成每个样本点的街景图片。视线的垂直角度为0°,水平角度抓取0°、90°、180°和270°,即平行于道路的前后左右四张街景图,以保证各采样点的全视角观察,最终从抓取每个采样点上采集到4张街景图片(图片的分辨率为1 280×70像素)。

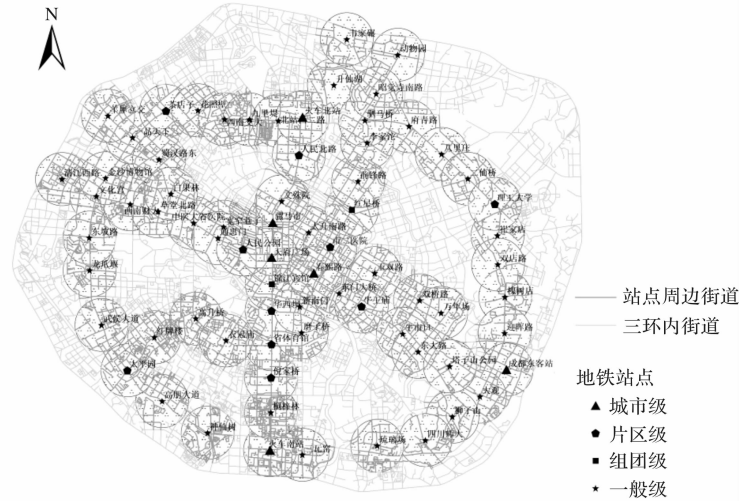


图 1 研究范围

Fig. 1 Scope of the study

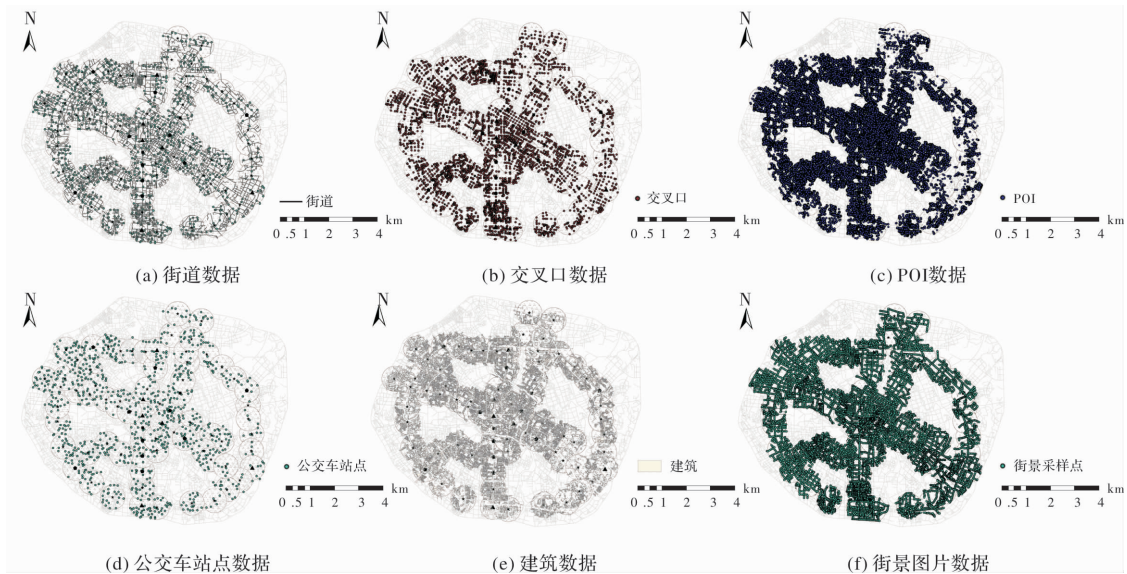


图 2 多源大数据

Fig. 2 Multisource big data

2.2 多维度评价体系的指标与构建

在经典的城市设计理论和 TOD 理论研究基础上, 基于可量化与可操作性原则, 选取影响各维度的核心指标。

(1) 连通性: 即连续畅通的街道网络, 其较大程度地影响着轨道交通系统的运行效率。研究具体采用 sDNA 分析与 GIS 二维分析, 利用步行和骑行的中间性指标、交叉口密度(intersection density)度量连通性。其中, 中间性(betweenness)在街道网络中的引入主要基于最短路径的假设提出, 即出发地与目的地的联系通常是沿着最短的路径, 是一种可表征要素(地点或街道)潜在交通流大小的指标。中间性越高代表路网通过性越强, 相应地便承载着较多的通过性车流^[20]。研究采用卡

迪夫大学(Cardiff University)建立的 sDNA(空间设计网络分析, <http://www.cardiff.ac.uk/sdn>)计算基于角度距离的中间性(angular betweenness)^[21], 以此作为道路网络可达性的度量值。sDNA 是一种更加综合的城市街道网络分析工具, 可以有效测度由街道空间组构所决定的可达性高低^[22]。此外, 不同分析半径下的可达性结果, 对应着街道段承载相应距离出行行为的发生潜力^[23]。即步行和骑行中间性分别为街道段承担步行或骑行行为的发生潜力。国内的相关研究普遍将 500 m 作为步行的舒适距离, 将 2 000 m 作为骑行的舒适距离, 故本研究选择 500 m 和 2 000 m 的半径分别进行中间性运算, 借此反映街道组织结构对步行和骑行的可达性。

(2) 便利性: 即丰富多样的沿街商业设施以及布局合理的公共服务设施等^[24]。街道作为重要的城市公共空间, 便利性是显示其服务水平和活力程度的重要指标。本研究筛选出站域内各街道 50 m 缓冲区内的 POI 数据, 剔除地址名、公交站点等, 将其分为医疗、科教、住宅、餐饮、购物、金融、办公、交通、文化、体育休闲和生活服务 11 大类设施, 然后进行 POI 密度(POI density)和基于香农-威纳指数(Shannon Wiener Index)的多样性量化分析, 并利用公交站点密度分析公共交通便利程度。

(3) 舒适性: 即宜人的街道尺度、舒适的视觉观感等空间心理感知。研究选取绿视率与天空可视指数(sky visibility index)衡量自然环境舒适性, 选取贴线率(build-to-line ratio)和街道 D/H 衡量人工环境的舒适性。一方面, 通常绿视率和天空可视指数与舒适的视觉感受成正相关, 其计算方法是基于 python 的 PSPNet 语义图像分割算法对街景图像进行处理, 切割出图像中的绿化、建筑、天空和道路等要素, 以绿化和天空的像素尺度为变量分别对采样点进行聚类, 进而整合到街道上, 得到街道绿视率和天空可视指数。另一方面, 贴线率多用来衡量街道空间视觉的连续性, 贴线率越高, 街道界面越整齐, 视觉感知越平直开阔, 越能给人愉快安全感^[25]。最后, 利用街道 D/H 衡量建筑物对街道的围合程度^[26]。

为消除各指标之间的量纲差异, 本文对多维度的数据结果进行了归一化处理, 并借鉴德尔菲

法的合理内核, 寻访了 25 位规划、建筑、交通领域的专家、学者与政府工作人员, 对各个指标和影响因子使用 Likert5 量表进行打分并得到权重(见表 1)。通过各指标归一化处理后叠加重权, 本文得到了 6821 条街道多维度的得分并整合获取了街道品质的总分, 最后采用 ArcGis10.2 的 Natural Break 法, 将得分聚类分为高、较高、中、较低、低 5 个等级, 完成了站域街道品质的测度。根据已有研究, 除 D/H 值外, 各因子与街道品质均为线性递增关系。依据芦原义信的理论成果, 当街道 $D/H < 1$ 时, 比值越小, 空间越趋于封闭和压抑; 当 $1 < D/H < 2$ 时, 二者关系均衡匀称, 有恰当的封闭感与围和感; 当 $D/H > 2$ 时, 空间内聚性较差, 空旷感和迷失感随即而生。故在街道 D/H 值的数据进行归一化处理时, 保留 $D/H < 1$ 的数值, 将 D/H 为 1—2 的赋值为 1, $D/H > 2$ 的数值进行离差标准化处理, 从而满足以上关系。

2.3 相关性分析

为判断在本文的评价体系下, 各指标是否相互独立, 研究利用 SPSS22.0 计算皮尔森相关系数, 对街道空间品质评价的 10 个分项因子进行分群, 以相关系数来量化表达不同变量之间的相关程度, 定量挖掘不同指标之间的影响作用为判断。结果显示(见表 2), 除步行可达性与骑行可达性、交叉口密度与 POI 密度间呈弱相关以外, 其余变量之间均无显著相关性, 研究选取的指标间独立性良好, 评价结果科学合理。

表 1 各级指标及其权重
Tab. 1 Indexes and weights at all levels

一级 指标	权重	二级指标			权重
		指标	计算公式	量化解释	
连通性	0.432	步行可达性 (WAI)	$OD(y,z,x) = \begin{cases} 1, x \text{ 位于 } y \text{ 到 } z \text{ 最短路径上} \\ 1/2, x = y \neq z \\ 1/2, x \neq y = z \\ 1/3, x = y = z \\ 0, \text{其它情况} \end{cases}$	OD(y, z, x)为搜索半径内通过节点 x 的节点 y 与 z 之间的最短拓扑距离。	0.420
		骑行可达性 (BAI)	$\text{Betweenness}(x) = \sum_{y \in N} \sum_{z \in R_y} W(y)W(z)$ $P(z)OD(y,z,x)$		0.369
		交叉口密度 (IDI)	$IDI = N_{\text{交叉口}} / L_{\text{街道}}$	IDI 为交叉口密度, $N_{\text{交叉口}}$ 为街道上除尽端路的交叉口数量, $L_{\text{街道}}$ 为街道长度。	0.211

续表 1

一级 指标	权重	二级指标			权重
		指标	计算公式	量化解释	
便利性	0.310	POI 密度 (PDI)	$PDI = N_{POI} / L_{街道}$	PDI 为 POI 密度, N_{POI} 为街道上 50 m 缓冲区内的 POI 数量, $L_{街道}$ 为街道长度.	0.371
		POI 多 样性 (SWI)	$SWI = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$	SWI 为香农指数, S 为 POI 总数, P_i 为第 i 类 POI 占总数的比例.	0.353
		公交站 密度 (BDI)	$BDI = N_{公交} / L_{街道}$	BDI 为公交站密度, $N_{公交}$ 为街道上的公交车数量, $L_{街道}$ 为街道长度.	0.276
舒适性	0.258	绿视率 (GVI)	$G_i = G_f / 4 \times 100\%$ $GVI = \frac{1}{n} \sum_1^n G_i \frac{1}{n} \sum_1^n G_i \frac{1}{n} \sum_1^n G_i$	GVI 为绿视率, G_i 为街道上各取样点的绿视率, $G_i G_f$ 为四个方向绿化占比, n 为街道上取样点的数量.	0.266
		天空 可视 指数 (SVI)	$S_i = S / 4 \times 100\%$ $SVI = \frac{1}{n} \sum_1^n S_i \frac{1}{n} \sum_1^n G_i \frac{1}{n} \sum_1^n G_i$	SVI 为天空可视指数, S_i 为街道上各取样点的天空可视指数, $S_i G_f$ 为四个方向天空占比, n 为街道上取样点的数量.	0.234
		贴线率 (BLR)	$BLR = \sum_{i=1}^n B_i / L \frac{1}{n} \sum_1^n G_i \frac{1}{n} \sum_1^n G_i$	BLR 表示贴线率, B_i 表示第 i 段街墙立面线长度, L 表示该段街道内建筑控制线总长度.	0.208
		街道 D/H (DHI)	$DHI = D/H$	DHI 为街道高宽比, D 为街道宽度, H 为临街遮阳建筑高度.	0.292

表 2 相关性分析

Tab. 2 Relevance analysis

	WAI	BAI	IDI	PDI	SWI	BDI	GVI	SVI	BLR	DHI
WAI	—	0.452**	0.281**	0.146**	0.016**	−0.041**	−0.008	−0.039**	−0.138**	−0.020
BAI		—	0.124**	0.058**	0.023	0.080**	−0.100**	0.021	−0.135**	0.029*
IDI			—	0.555**	0.018	−0.059**	−0.142**	−0.018	−0.129**	−0.156**
PDI				—	0.064**	−0.035**	−0.121**	−0.028*	−0.071**	−0.095**
SWI					—	−0.003	−0.041**	−0.027*	0.014	0.022
BDI						—	0.003	0.056**	−0.014	0.049**
GVI							—	0.049**	0.064**	0.102**
SVI								—	0.049**	0.049**
BLR									—	0.350**
DHI										—

* 表示在 0.05 的水平上显著(双尾检验); ** 表示在 0.01 的水平上显著(双尾检验).

3 成都地铁站域街道空间品质的多维评价

3.1 站域街道的多维度特征评价

地铁站域街道的建设是地铁站点可持续发展的基础保障, 也是提供高效服务的先决条件。本文对 73 个地铁站域内的 6 821 个街道进行初步分析(见图 3), 发现街道空间品质(图 3(a))分布较为均匀, 各区间值较为均匀地散布在各站域内。在街道频数分布上呈现明显的正态分布, 峰值两侧数值区间的街

道频数随着与峰值差距的增大而减少。进一步探究多维度的街道特征, 街道连通性(图 3(b))整体较差, 高低值频数差距巨大, 高值街道较少, 且多分布在城市南北中轴线与外圈层的交汇处的一般级站点内。街道便利性(图 3(c))高值多集聚在城市中心区及其东西两侧, 以及外圈层北侧的站域内, 低值则多零散分布于外圈层的站域内。街道舒适性(图 3(d))呈现出中低外高, 西低东高的分布态势。综上所述, 成都市中心城区地铁站域内街道便利性与舒适性普遍较好, 而连通性亟待提升。

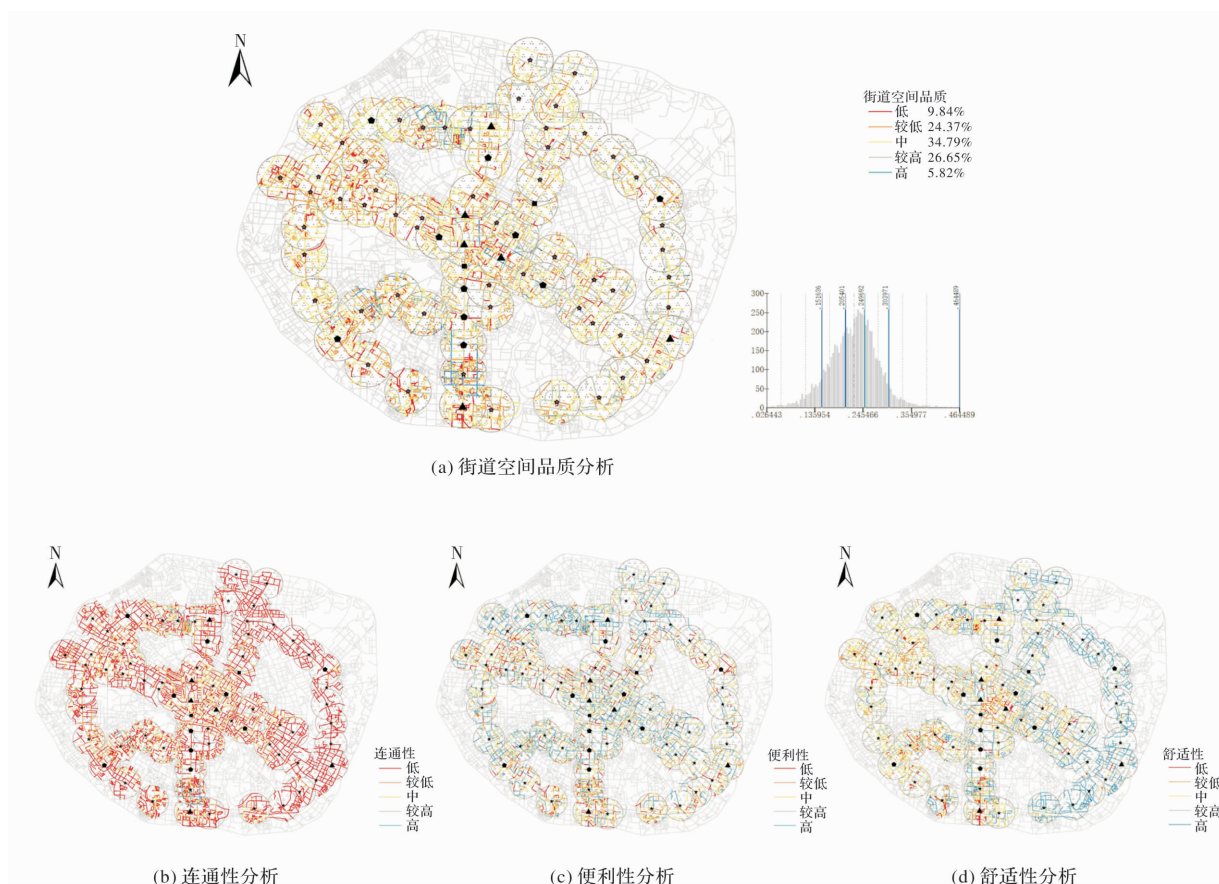


图 3 站域街道各维度分析结果

Fig. 3 Results of the analysis of multi-dimensional of catchment area streets

3.2 地铁站域的多维度特征评价

地铁站域作为城市设计更精细化的空间基础, 同时也是 TOD 开发的关键节点。因而, 将站域作为街道空间品质评价分析的核心研究对象, 有利于面向成都 TOD 时代的政策落地与机制调控。研究通过对各个站域内街道的多维度评价取得分均值, 衡量站域的多维度水平。就地铁站域空间品质而言(见图 4), 从数量上来看, 34.25% 的站域得分低于中等水平, 尚有较大的提升空间。从空间分布上来看, 街道空间品质高值的站域多位于城市外圈层的东部和北部, 其中站域街道空间品

质最高的为桐梓林、九里堤和西南交大站均为一般级地铁站域。此外, 低值站域多位于城市中心及城市南北中轴线左翼, 除太平园站外均为一般级地铁站域。由此可见, 一般级地铁站域多受周边社区环境影响, 街道空间品质差异较大。

在连通性方面(见图 5), 39.73% 的站域通达性(图 5(a))较差, 站域的连通性水平空间分布呈现出中心高, 外围低的分布态势。通过进一步探究站域街道网络形态结构发现, 步行可达性(图 5(b))整体布局呈现出中心高值, 低值集聚在城市南北中轴线东翼, 沿东北与东南方向延伸的扇形

放射状布局. 骑行可达性(图 5(c))与步行可达性低值拟合度较高, 高值集中在城市中心区及城市中轴线上. 此外, 交叉口密度(图 5(d))呈现出中心高值, 外圈层南高北低的分布态势, 城市东西轴线北侧站域均值明显低于南侧站域. 其中, 桐梓林、西南交大和九里堤站在站域通达性的三个指标测度上呈现出持续高值.

在便利性方面(见图 6), 便利性(图 6(a))较高的站域呈现出带状平行于城市东西轴线密集分布的态势, 说明部分站域及地铁沿线已形成了多元化的商业模式. 其中, 36.99%的站域便利性低于中值, 46.58%的站域便利性较高. 均值较低的站

域大分散于外圈层, 小集中在西北、东北与正南方向, 火车南站与成都东客站作为城市级的综合交通枢纽站域, 配套服务设施与其应发挥的城市功能不匹配等问题突出. 进一步探究便利性指标, POI 多样性(图 6(c))与便利性在数量统计、空间分布高度相似, 而 POI 密度(图 6(b))多在高等院校附近维持较高水平, 在其余地区低值数量显著上升, 凸显了科教系统对于站域内街道 POI 密度的显著影响. 公交站密度(图 6(d))则整体呈现出北高南低, 西高东低的分布态势, 其中, 理工大学与倪家桥站作为片区级站点, 公交站点配套严重不足.

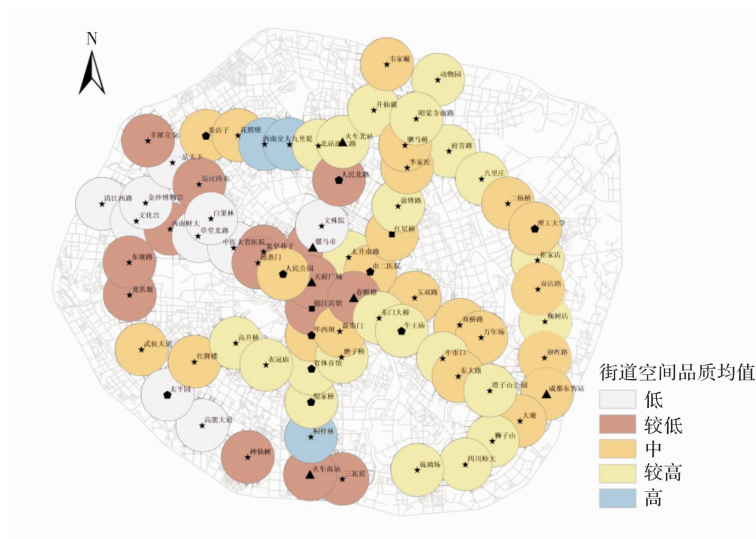


图 4 站域街道空间品质分析结果

Fig. 4 Results of spatial quality analysis of catchment areas

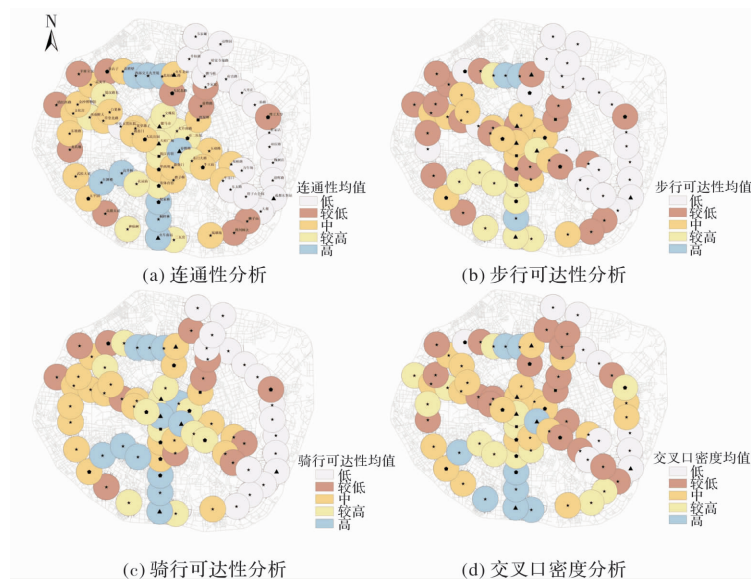


图 5 站域连通性分析结果

Fig. 5 Results of catchment area connectivity analysis

在舒适性方面(见图7),23.29%的站域舒适性较差,站域的舒适性水平(图7(a))整体呈现出中低外高,西低东高的分布态势,部分城市级站域低值明显,如天府广场、春熙路与火车南站。进一步探究舒适性各指标,可发现受城市区域发展水平影响,在城区外圈层东北至西南方向,绿视率(图7(b))显著降低。由于铁路站点周边人工建成环境复杂,对自然要素生存空间挤压更多,使得绿视率较低而天空可视指数较高,如成都东客站的站域表现极为明显。贴线率(图7(d))则呈现出东高西低的分布态势,

因东部多为新建、改扩建城区,对街道界面有了一定的数值控制标准。同时,因城市中心街道界面较外围圈层更为复杂,天空可视指数(图7(c))与街道D/H值(图7(e))大体呈现出中心低外围高的空心式分布。

综上所述,站域的多维度评价结果在个体数量和空间分布特征上差异显著。通过对成都中心城区地铁站域多维度的分布特征、特性规律及存在的问题进行具体识别,为提升站域街道空间品质提供了坚实的基础信息储备,有助于推动评估导控落地。

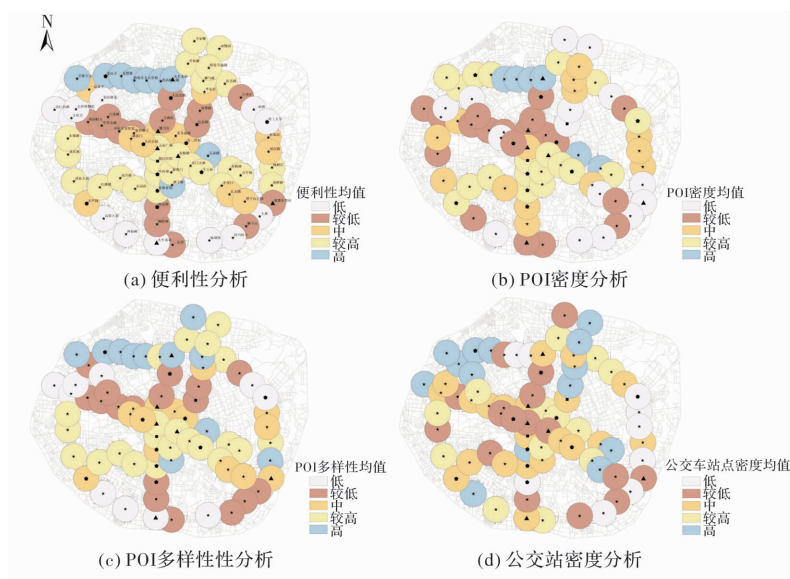


图6 站域便利性分析结果

Fig. 6 Results of catchment area convenience analysis

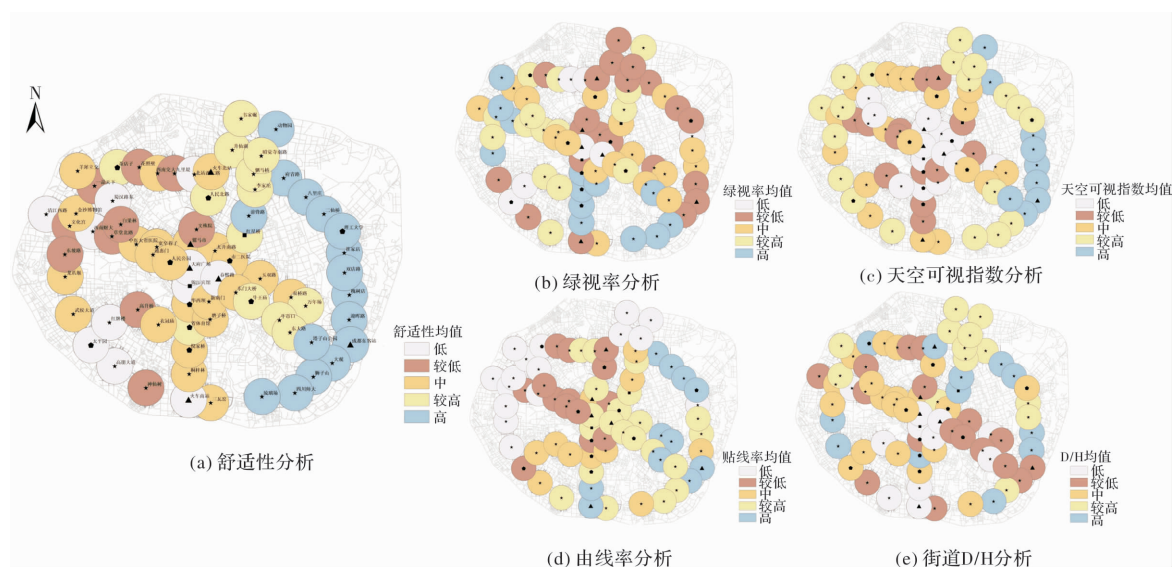


图7 站域舒适性分析结果

Fig. 7 Results of catchment area comfort analysis

3.3 各层级站域圈层特征

TOD 规划多对站域进行圈层划分, 以便在开发强度、设施配置等方面做出因地制宜的规划指引^[27]. 在站域内不同圈层的划分上, 相关研究多在彼得·卡尔索普(Peter Calthorpe)的基础上, 根据不同城市的实际情况进行调整, 以构建符合当地规划建设要求的结构模式. 根据相关研究的经

验与研究区域的客观实际, 如图 8 所示, 本文依次划定四个层级地铁站点为核心区与辐射影响区两个圈层, 半径分别为(500 m、800 m), (500 m、800 m), (300 m、800 m), (300 m、500 m). 通过站点层级筛选出各圈层内的街道, 并整合各圈层内的街道多维评分均值, 以此作为圈层的各维度水平.

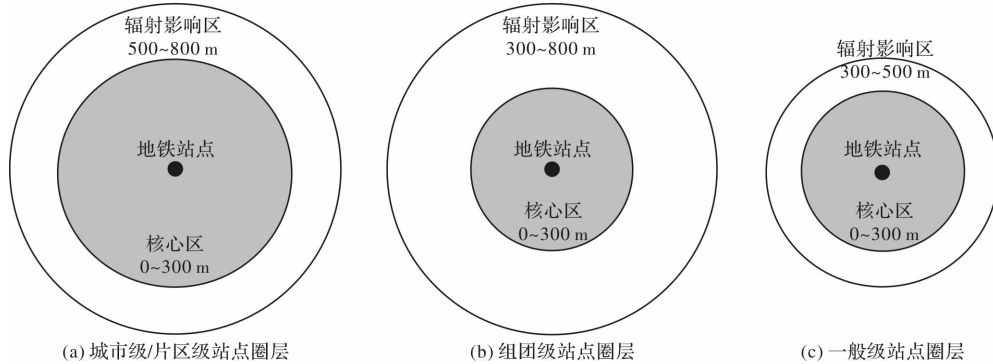


图 8 各层级站域圈层范围

Fig. 8 Circle scoping of catchment areas at each hierarchy

各层级站点圈层的分析结果如表 3 所示. 城市级站点多位于城市主中心或综合交通枢纽地带, 其核心区的连通性和便利性均高于辐射影响区, 使得整体的街道空间品质在核心区圈层较高, 但在舒适性上核心区显著低于辐射影响区, 且各站点数据波动较大. 片区级站点多位于各区的次中心或综合服务中心, 其核心区的便利性与舒适性均低于辐射影响区, 仅连通性略高于辐射影响区. 不难看出, 当前片区级站域核心区产业功能聚集不强, 且舒适性营造不足, 宜鼓励进行城市综合体开发建设. 组团级站点通常位于组团公共服务中心, 其核心区各维度指标均高于辐射影响区,

并呈现出一定的级差效应. 一般级站点周边多为社区级公共服务中心, 其核心区街道空间品质、连通性与便捷性均略高于辐射影响区, 而辐射影响区的舒适性较核心区更高. 综合来看, 相较于辐射影响区, 核心区的连通性与便利性普遍更高, 而舒适性较低. 连通性较好与地铁选线有关, 地铁站出入口多位于城市干道附近, 路网结构较为完善. 通过便利性结果可分析站点对城市功能的集聚呈现出一定的空间引力. 与此同时, 地铁站点的兴建与填充式开发对城市肌理带来了一定的冲击与改变, 可能在一定程度上降低原有街道空间的舒适性.

表 3 各层级站点圈层分析结果

Tab. 3 Circle analysis results for each hierarchy of catchment areas

		街道空间品质	连通性	便利性	舒适性
城市级站点($n=6$)	核心区(0~500 m)	0.326	0.336	0.239	0.415
	辐射影响区(500~800 m)	0.319	0.312	0.221	0.448
片区级站点($n=10$)	核心区(0~500 m)	0.302	0.248	0.226	0.484
	辐射影响区(500~800 m)	0.308	0.245	0.230	0.508
组团级站点($n=2$)	核心区(0~300 m)	0.309	0.256	0.247	0.473
	辐射影响区(300~800 m)	0.294	0.240	0.227	0.465
一般级站点($n=55$)	核心区(0~300 m)	0.297	0.240	0.231	0.472
	辐射影响区(300~500 m)	0.299	0.235	0.228	0.490

对成都市中心城区的地铁站域而言, TOD 开发的实施在很大程度上是一个在既定的约束边界内努力寻求次优解决方案的过程。从圈层视角来看, 成都中心城区样本站域的街道空间综合品质并没有呈现出像 TOD 开发密度一样的级差效应, 且各圈层分值整体差距较小。这与成都市尚未在功能分布及混合度、开发强度、设施配置和空间形态等方面实施明确的圈层规划设计有关, 建议未来通过 TOD 规划对地铁站域构建更加合理的布局模式(圈层边界和圈层结构), 按照不同区位关系优化片区的功能配置和强度形态, 以加强不同圈层规划管理的针对性, 合理化分配和利用有限空间资源, 从而有效促进开发建设向地铁站域集聚与不同圈层梯度发展目标的实现。

4 结论

本文为大规模站域街道设计的评价研究提供了新思路, 有效减轻了数据采集的负担, 不仅可用于不同建设阶段, 不同圈层结构的评估, 而且可作为动态反馈的辅助工具。一方面, 本文显著扩大了样本规模, 在 TOD 理论的基础上整合交通要素、功能空间要素和景观要素三个方面构建了独立多维评价体系, 另一方面, 充分利用多源大数据大规模与高精度的优势, 兼顾了人本尺度的分析精度、城市尺度的分析广度和站域尺度的分析深度。通过对成都市中心城区 73 个站点站域街道的实证研究, 检验了研究方法的可行性, 研究发现: (1)成都市中心城区地铁站域内街道便利性与舒适性普遍较好, 连通性通常较差; (2)各维度的站域街道测度结果空间分布特征差异显著, 囿于其所在区域环境的影响, 部分级别站域的街道尚不足以匹配其承担的城市功能; (3)各层级站域核心区的连通性与便利性普遍高于辐射影响区, 舒适性则相反。研究为站域开发的宏观规划与精准引导提供了街道层面的科学支撑, 随着更多新技术和新数据的出现, 可以进一步简化、优化和深化传统站域空间的相关研究。

本文创新点在于利用大数据和新技术进行站域街道空间品质的测度, 但也受限于二者的客观局限性, 不可避免的存在一些偏差。一方面, 受到技术条件与物理条件的限制, 极少数街道空间

因缺乏街景图片数据而未能被纳入, 可能对分析结果造成细微影响, 可后续进行人工实地补拍。另一方面, 部分研究指标学界尚未确定统一的标准, 如本文 D/H 的指标评分基于芦原义信的道路美学理论, 将[1, 2]内定义为最佳。在站域内部分街头绿地与广场的存在会使街道 D/H 评分较低, 但休闲因素会增强使用者的舒适感, 后续研究中可加入街道等级、公共空间等要素进行综合考量。

参考文献 References

- [1] 卢济威, 陈泳. 推进地铁站地区体系化: 上海市轨道交通 10 号线四川北路站地区城市设计[J]. 建筑学报, 2008(1): 29-33.
LU Jiwei, CHEN Yong. Promoting the systematization of subway station area: urban design of sichuan north road station of shanghai rail transit line 10[J]. Architectural Journal, 2008(1):29-33.
- [2] 赫磊, 束昱, 王璇. 地铁车站及周边地上、地下空间城市设计探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2006(S1): 1199-1203.
HE Lei, SHU Yu, WANG Xuan. Investigation on urban design with integration of above-and-under ground space around subway station[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2006(S1): 1199-1203.
- [3] 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.
LONG Ying, TANG Jingxian. Large-scale quantitative measurement of the quality of urban street space: the research progress [J]. City Planning Review, 2019, 43(6):107-114.
- [4] YU Bailang, LIU Hongxing, WU Jianping, et al. Automated derivation of urban building density information using airborne LiDAR data and object-based method[J]. Landscape and Urban Planning, 2010, 98(3/4): 210-219.
- [5] ZHANG Fan, ZHOU Bolei, LIU Liu, et al. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 180: 148-160.
- [6] 王德, 卢银桃, 朱玮等. 社区日常服务设施可步行性评价系统开发与应用[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2015(12): 1815-1822.

- WANG De, LU Yintao, ZHU Wei, et al. Development and application of walkability evaluation system for community daily service facilities[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2015 (12): 1815-1822.
- [7] 巴蒂 M, 史密斯 A H, 陈宇琳. 城市设计中的可视化分析、智慧城市与大数据[J]. 城市设计, 2016(3): 6-15.
- BATTY M, SMITH A H, CHEN Yulin. Visual analytics, smart cities, and big data in urban design[J]. Urban Design, 2016(3): 6-15.
- [8] FRUIN J. Pedestrian: planning and design[M]. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.
- [9] CALTHORPE P. The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream [M]. New York: Princeton Architectural Press, 1993, 24-25.
- [10] WEY W M, CHIU Y H. Assessing the walkability of pedestrian environment under the transit-oriented development [J]. Habitat International, 2013, 38: 106-118.
- [11] EWING R, CERVERO R. Travel and the built environment: A meta-analysis[J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3): 265-294.
- [12] WEINSTEIN Agrawal A, SCHLOSSBERG M, IRVIN K. How far, by which route and why? a spatial analysis of pedestrian preference[J]. Journal of Urban Design, 2008, 13(1): 81-98.
- [13] SCHLOSSBERG M, BROWN N. Comparing transit-oriented development sites by walkability indicators [J]. Transportation Research Record, 2004, 1887: 34-42.
- [14] 杨俊宴, 曹俊. 动·静·显·隐: 大数据在城市设计中的四种应用模式[J]. 城市规划学刊, 2017(4): 39-46.
- YANG Junyan, CAO Jun. Dynamic, static, explicit and implicit: four application modes of big data in urban design [J]. Urban Planning Forum, 2017 (4): 39-46.
- [15] 赫磊, 束昱, 王璇. 地铁车站及周边地上、地下空间城市设计探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2006(S1): 1199-1203.
- HE Lei, SHU Yu, WANG Xuan. Investigation on urban design with integration of above-and-under ground space around subway station[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2006 (S1): 1199-1203.
- [16] 段德罡, 张凡. 土地利用优化视角下的城市轨道交通站点分类研究: 以西安地铁2号线为例[J]. 城市规划, 2013, 37(9): 39-45.
- DUAN Degang, ZHANG Fan. Study on classification of urban rail transit stations from the perspective of land use optimization: a case study on Xi'an Subway Line 2[J]. City Planning Review, 2013, 37(9): 39-45.
- [17] CERVERO R, KOCKELMAN K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design[J]. Transportation Research Part D, 1997, 2(3): 199-219.
- [18] 蒋永穆, 李想. 川渝黔经济一体化助推成渝地区双城经济圈建设研究[J/OL]. 西部论坛: 1-14. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1200.C.20200701.1121.002.html>.
- JIANG Yongmu, LI Xiang. Research on the economic integration of Sichuan, Chongqing and Guizhou to boost the construction of Chengdu Chongqing economic circle [J/OL]. West Forum: 1-14. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1200.C.20200701.1121.002.html>.
- [19] SOHN K, SHIM H. Factors generating boardings at metro stations in the Seoul metropolitan area[J]. Cities, 2010, 27(5), 358-368.
- [20] 古恒宇, 孟鑫, 沈体雁, 等. 基于 sDNA 模型的路网形态对广州市住宅价格的影响研究[J]. 现代城市研究, 2018(6): 2-8.
- GU Hengyu, MENG Xin, SHEN Tiyan, et al. A study on the influence of urban road network on the housing price in Guangzhou based on sDNA model [J]. Modern Urban Research, 2018(6): 2-8.
- [21] 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.
- FAN Jun, TANG Haoming, YE Yu. Multi dimensional evaluation and guidance and control strategy of street slow traffic quality [J]. Planners, 2019, 35 (14): 5-11.
- [22] HILLIER B, PENN A, BANISTER D, et al. Configurational modelling of urban movement network[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1998, 25(1): 59-84.
- [23] 张灵珠, 晴安蓝. 三维空间网络分析在高密度城市中心区步行系统中的应用: 以香港中环地区为例[J]. 国

- 际城市规划, 2019, 34(1): 50-57.
- ZHANG Lingzhu, QING Anlan. Application of 3D spatial network analysis in pedestrian system of high density urban center: a case study of Central Hong Kong[J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 50-57.
- [24] 董世永, 龙晨吟. 基于模糊综合评价的住区可步行性测度方法及发展策略研究: 以重庆典型住区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2015, 30(1): 106-112.
- DONG Shiyong, LONG Chenyin. Research on the measurement method and development strategy of residential walkability based on fuzzy comprehensive evaluation[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2015, 30(1): 106-112.
- [25] 周钰. 街道界面形态规划控制之“贴线率”探讨[J]. 城市规划, 2016, 40(8): 25-29, 35.
- ZHOU Yu. Exploration on “build-to-line ratio” in urban planning control on street interface[J]. City Planning Review, 2016, 40(8): 25-29, 35.
- [26] 方智果, 宋昆, 叶青. 芦原义信街道宽高比理论之再思考: 基于“近人尺度”视角的街道空间研究[J]. 新建筑, 2014(5): 136-140.
- FANG Zhiguo, SONG Kun, YE Qing. Reflection of Yoshinobu Ashihara's research about the proportion of street width to building height: A study of street space based on Human Scale[J]. New Architecture, 2014(5): 136-140.
- [27] 刘泉. TOD地区规划圈层结构划分的影响要素[J]. 国际城市规划, 2017, 32(5): 72-79.
- LIU Quan. Factors affecting circle structure of TOD concentric models [J]. Urban Planning International, 2017, 32(5): 72-79.
- (编辑 桂智刚)
-
- (上接第 652 页)
- [12] 张维. 会展建筑展厅综合性能提升策划设计策略探讨[J]. 南方建筑, 2017(5): 20-23.
- ZHANG Wei. Discussion on the architectural programming and design strategies to enhance the overall performance of the exhibition hall in exhibition and convention center [J]. South Architecture, 2017(5): 20-23.
- [13] 程建春, 田静. 创新与和谐: 中国声学进展[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 576-586.
- CHENG Jianchun, TIAN Jing. Innovation and harmony: The development of acoustics in China [M]. Beijing: Science Press. 2008: 576-586.
- [14] 陈静, 马蕙. 大空间建筑声环境分析[J]. 南方建筑, 2019(3): 48-53.
- CHEN Jing, MA Hui. analysis of the acoustic environment in large interior spaces [J]. South Architecture, 2019(3): 48-53.
- (编辑 桂智刚)