

# 基于 POI 数据城市空间与轨道交通关系研究

王中奇<sup>1</sup>, 李鹏林<sup>1,2</sup>

(1. 交通运输部规划研究院, 北京 100028; 2. 清华大学 土木水利学院, 北京 100085)

**摘要:** 为研究城市轨道交通与城市空间的关系, 基于 POI 数据, 应用节点-场所模型对深圳市 240 座地铁站土地利用与交通协调程度进行分析。在从节点指数、场所指数两个维度对地铁站进行描述的基础上, 通过聚类分析进一步将地铁站进行了分类。通过节点-场所分析可以较准确地判断地铁站周边区域的未来发展潜力与需要改善的方向与程度, 并且对地铁站的合理分类将有助于实现科学规划与管理。

**关键词:** 地铁; 土地利用; 节点-场所模型

中图分类号: TU984.113; U121

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)06-0834-06

## Study on the relationship between urban rail transit and urban space based on POI data

WANG Zhongqi<sup>1</sup>, LI Penglin<sup>1,2</sup>

(1. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China;

2. School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100085, China)

**Abstract:** In order to study the relationship between urban rail transit and urban space, the node-place model is applied to analyze the degree of coordination between land use and transport in 240 metro stations in Shenzhen, using point of interest (POI) data. The metro stations are classified by clustering analysis based on identifying them by node index and place index. The node-place analysis can accurately recognize the development potential of metro stations' surroundings and the direction and extent of improvement. Additionally, a reasonable classification of metro stations can contribute to scientific urban planning and management.

**Key words:** metro; land use; node-place model

城市轨道交通站点周边的开发一直为城市规划领域所关注, 尤其以对 TOD 模式的探讨为热点。与道路交通相比, 地铁作为一种大运量的公共交通方式可以有效缓解由城市交通拥堵所带来的环境污染、经济损失、安全及健康风险等问题。在人口密集、经济活跃的地区, 特别是一些超大型城市, 地铁系统是实现可持续交通的重要方式<sup>[1]</sup>。虽然地铁巨大的投资额、正外部性和公益性导致地铁运营存在行业性亏损<sup>[2]</sup>, 但规划科学、运营高效的地铁系统的相关投资仍然是具有很高性价比的<sup>[3]</sup>。认识城市空间与轨道交通之间的关系是科学规划土地利用与交通系统的重要基础。

土地利用-交通反馈循环<sup>[4]</sup>可以很好地解释土地利用与交通之间的互动关系, 但其理论的复杂性及对数据的高需求使相关实证研究较难进行。

城市交通与城市空间之间的互动演化具有阶段性和持续性的特点, 并且存在动态平衡<sup>[5]</sup>。城市轨道交通对于站点周边土地利用的影响呈现出复杂的时空效应<sup>[6]</sup>。对于处于“成熟期”的城市而言, 定量分析地铁系统与土地利用的静态关系对此类城市优化开发模式和提高地铁运营效益具有更迫切的实际意义。

## 1 研究区域与 POI 数据

“深圳是按照规划或者人工设计发展的城市”已成为规划界的一种普遍认识, 交通路网和建筑是城市环境中最具有持续性和稳定性的因素, 虽然地块功能较容易发生变化, 但发轫于深圳城市总体规划的法定图则使得每个地块的功能和技术指标在法律上得到确认<sup>[7]</sup>。本文选择深圳市地铁系

收稿日期: 2022-04-29

修回日期: 2023-12-07

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFB1601200)

第一作者: 王中奇(1990—), 男, 博士, 工程师, 主要研究综合交通运输规划。E-mail: wangzhongqi90@163.com

通信作者: 李鹏林(1978—), 男, 硕士, 正高级工程师, 主要研究综合交通枢纽规划。E-mail: lip@tpri.org.cn

统作为研究对象,是因为与一些新兴地铁城市相比,深圳市及其地铁系统经过长期的发展已经形成一些较为稳定的特征,可以作为一般规律进行提炼和总结。

本研究所用数据为高德地图 POI(Point of interest)数据。POI,即城市兴趣点,由地理坐标及一些附加属性定义,通常包含经纬度、名称、类别、地址、开放时间和联系方式等信息。企业可以利用 POI 数据来提供服务、获取有价值的市场信息并做出更优的数据驱动的决策。移动设备的用户依靠 POI 来进行导航并在特定位置找到所需或感兴趣的便利设施和服务。POI 数据提供了城市功能的分布从而可以准确反映土地利用情况<sup>[6]</sup>。高德地图将 POI 数据分为 23 个大类、267 个中类、869 个小类。本研究通过高德地图 API 获取了深圳市除地名地址信息大类 POI 之外的 124 630 个 POI 的信息。

## 2 节点-场所模型与聚类分析

节点-场所模型是一种分析交通与土地利用之间的竞争和互补关系的工具,也可以揭示城市交通系统与土地利用系统可能的发展动态。节点指数对应于轨道交通站点的公共交通服务供给,场所指数衡量车站区域市民活动的强度和多样性<sup>[8]</sup>。从需求和供给的角度看,节点-场所模型是对土地利用产生的需求与交通供给(交通服务)之间的协调程度进行横断面分析。节点-场所模型根据节点指数和场所指数识别出五种理想典型情况(如图 1 所示)以定义土地利用与交通服务的协调程度。

轨道交通站点区域的土地利用和交通服务的极端状况可以用高度发达(极不发达)来做定性表述,在节点-场所模型中相对应地可以由最大(最小)场所值和最大(最小)节点值来表征。如果节点指数和场所指数在相同的尺度上衡量,相似的值表示交通供需基本平衡,形成图 1 中参考线(过原点斜率为 1 的直线)附近的“平衡”(Balance)站点区域。位于参考线顶部的“压力”(Stress)站点区域表明土地利用和交通运输潜力均得到充分开发。由于空间的高强度开发和有限性,土地利用与交通进一步发展对空间需求的冲突将在“压力”站点凸显。位于参考线底部的“从属”(Dependence)站点区域表示居民活动和交通服务均较少的这种空间开发不充分的情况。虽然“压力”和“从属”站点区域的交通供给基本适应土地利用的需要,但作为两种极端情况从“平衡”站点区域中分离出来。参

考线左上部“不平衡节点”(Unbalanced node)站点区域的交通供给超出土地利用的需要,而参考线右下部的“不平衡场所”(Unbalanced place)站点区域的交通供给则不能满足土地利用的需求。城市的发展和演化存在动态均衡,因此图 1 可以识别不平衡(“不平衡节点”、“不平衡场所”)向平衡(“平衡”、“压力”、“从属”)的动态趋势。

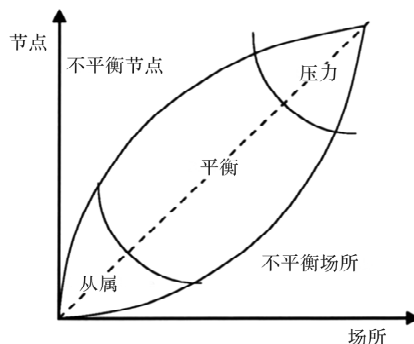


图 1 节点-场所模型<sup>[8]</sup>

Fig. 1 Node-place model

原始节点指数和场所指数的计算涉及种类繁多的数据来源,节点指数需要计算 9 种指标,场所指数也需要计算 6 种指标(具体计算方法参见文献<sup>[8]</sup>)。由于数据的可得性以及对土地利用与交通交互影响因素的不同观点,在模型发展过程中,一些模型应用对节点和场所指数的测量进行了不同程度的调整,这也使得节点-场所模型在不同的应用场景中更具有弹性<sup>[9]</sup>。以车站为中心,步行 800 m 或 10 min 的范围为 TOD 模式关注的区域。本研究选取深圳市目前正在运营的 240 座地铁站及地铁站周边 800 m 范围内的 POI 作为研究对象,与道路与交通设施用地相关的 POI 的数量(表征公共交通服务供给)作为节点指数,其他类型的 POI 数量(表征市民活动的强度和多样性)作为场所指数。

此外,本研究在从节点指数、场所指数两个维度对地铁站进行描述的基础上,采用离差平方和法对深圳 240 个地铁站进行聚类分析,个体间距离采用欧式距离。对站点进行分类是为现有车站的可持续发展提出合理化建议的重要评估方法<sup>[10]</sup>。

## 3 深圳地铁空间特征分析

根据《城市用地分类与规划建设用地标准》<sup>[11]</sup>对高德地图 POI 分类(大类、中类、小类)进行拆分与重组,具体分类如表 1 所示。240 个地铁站周边 800 m 范围归属深圳市管辖的面积共计 353.206 km<sup>2</sup>,约占深圳市面积的 17.68%。对地铁站周边 800 m 范围内的 POI 按照表 1 分类进行统计,并与

深圳全市 POI 进行比较, 结果如表 2 所示. 超过 50% 的居住用地 POI、公共管理与公共服务用地 POI、商业服务业设施用地 POI、道路与交通设施用地 POI 以及公用设施用地 POI 集中在地铁沿线 17.68% 的土地上, 深圳地铁线网布局与深圳城市功能空间布局呈现高耦合的特点.

城市轨道交通与城市空间形态之间的互动关系是一种典型的土地利用-交通反馈循环. 城市轨

道交通可以对城市用地、规模、功能布局产生影响, 同时城市的空间形态也是轨道交通线网布局、站点规划的重要考量. 在长时间尺度下的城市轨道交通与城市空间的互动在短时间尺度下表现出一定的稳定性, 可以看作是一种相互影响作用后的动态平衡. 如表 2 所示, 深圳重要城市功能聚集在地铁沿线, 深圳地铁系统起到了对城市空间形态的支撑与引导作用.

表 1 POI 的城市建设用地分类

Tab. 1 Classification of POI

用地类型	所属 POI 大类	所属 POI 中类
居住用地	商务住宅	商务住宅相关、楼宇(小类: 商住两用楼宇)、住宅区
公共管理与 公共服务用地	医疗保健服务	医疗保健服务场所、综合医院、专科医院、疾病预防机构
	风景名胜	风景名胜(小类: 纪念馆、寺庙道观、教堂、回教寺、红色景区)
	政府机构及社会 团体	政府及社会团体相关、政府机关、民主党派、社会团体、公检法机构、交通车辆管理、工商税务机构
	科教文化服务	科教文化场所、博物馆、展览馆、会展中心、美术馆、图书馆、科技馆、文化宫、档案馆、学校、科研机构
商业服务业 设施用地	汽车服务	汽车服务相关、加油站、汽车养护/装饰、洗车场、汽车俱乐部、汽车救援、汽车配件销售、汽车租赁、二手车交易、充电站
	汽车销售	汽车销售、各品牌汽车销售、货车维修
	汽车维修	汽车维修、汽车综合维修、各品牌汽车维修
	摩托车服务	摩托车服务相关、摩托车维修
	餐饮服务	餐饮相关场所、中餐厅、外国餐厅、快餐厅、休闲餐饮场所、咖啡厅、茶艺馆、冷饮店、糕饼店、甜品店
	购物服务	购物相关场所、商场、便民商店、家电电子卖场、超级市场、花鸟鱼虫市场、家居建材市场、综合市场、文化用品店、体育用品店、特色商业街、服装鞋帽皮具店、专卖店、特殊买卖场所、个人用品/化妆品店
	生活服务	生活服务场所、旅行社、售票处、物流快递、电讯营业厅、事务所、人才市场、美容美发、维修站点、摄影冲印店、洗浴推拿场所、洗衣店、中介机构、搬家公司、彩票彩券销售点、丧葬设施、婴儿服务场所、体育休闲服务、运动场馆、高尔夫相关、娱乐场所、度假疗养场所、休闲场所、影剧院
	医疗保健服务	诊所、医药保健销售店、动物医疗场所
	住宿服务	住宿服务相关、宾馆酒店、旅馆招待所
	商务住宅	楼宇
	科教文化服务	文艺团体、传媒机构、培训机构、驾校
	金融保险服务	金融保险服务机构、银行、银行相关、自动提款机、保险公司、证券公司、财务公司
	公司企业	公司企业、知名企业、公司、农林牧渔基地
工业用地	商务住宅	产业园区
	公司企业	工厂
物流仓储用地	生活服务	物流快递(小类: 物流仓储场地)
道路与交通 设施用地	交通设施服务	交通服务相关、机场相关、火车站、港口码头、长途汽车站、地铁站、公交车站、停车场、过境口岸、出租车、轮渡站、上下客区
公用设施用地	生活服务	邮局
绿地与广场 用地	风景名胜	风景名胜相关、公园广场、风景名胜

表 2 地铁站周边区域 POI 统计  
Tab. 2 Statistics of POI around metro stations

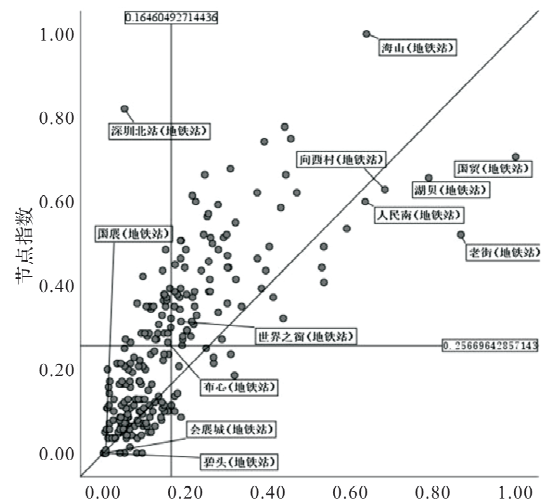
用地类别	全市	地铁站周边 800 m	地铁周边 POI 全市占比/%
居住用地/个	7 865	3 997	50.82
公共管理与公共服务用地/个	21 175	10 948	51.70
商业服务业设施用地/个	76 946	38 711	50.31
工业用地/个	2 459	602	24.48
物流仓储用地/个	21	6	28.57
道路与交通设施用地/个	11 610	5 941	51.17
公用设施用地/个	228	124	54.39
绿地与广场用地/个	4 326	1 473	34.05

4 深圳地铁与土地利用关系分析

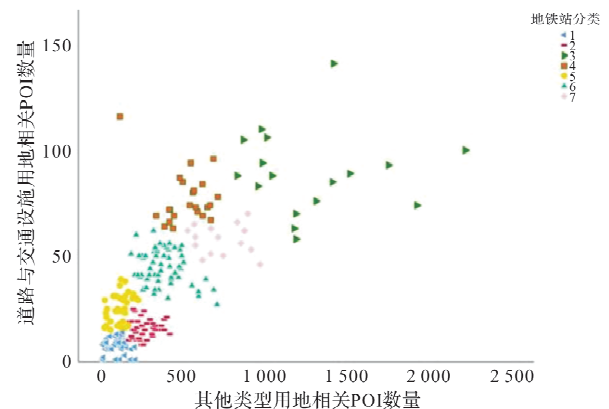
在本研究中, 每个地铁站的节点指数由站点周边 800 m 范围内的道路与交通设施用地相关的 POI 数量来衡量. 该类型 POI 中与地铁系统直接相关的是地铁口的数量. 通常换乘站地铁口数量多于非换乘站, 地铁口数量一般与换乘线路数量成正比, 因此地铁口数量可以表征一个地铁站在地铁线网中的重要性和乘客在该站地铁出行的便利程度. 公交车站数量反映了与地铁站接驳的城市公共交通的便利程度, 停车场、出租车相关 POI 的数量反映了可与地铁站接驳的其他城市交通出行方式的便利程度. 机场、火车站、港口码头等反映了与地铁站接驳的对外交通方式的便利程度. 本文所用节点指数可以综合、直观地评价地铁站周边区域交通服务水平. 地铁站的场所指数由除道路与交通设施用地之外的其他用地类型 POI 数量决定, 包括居住用地 POI、公共管理与公共服务用地 POI、商业服务业设施用地 POI、工业用地 POI、物流仓储用地 POI、公用设施用地 POI、绿地与广场用地 POI 等, 反映了站点周边区域所聚集的城市功能种类和设施数量.

分别计算各地铁站的节点指数与场所指数并进行 0-1 标准化处理. 如图 2(a)所示, 按照节点-场所模型的数据组织方式标示各地铁站, 并向 X 轴、Y 轴分别添加平均值参考线. 将地铁站按照节点-场所模型定义分为从属、压力、平衡、不平衡节点以及不平衡场所五类. “从属”站点主要集中于图 2(a)中节点指数与场所指数均小于平均值的区域. “从属”站点(如会展城站、碧头站、国展站等)的开发需要来自土地利用或交通方面的更新升级. 以湖贝站、向西村站、人民南站等为代表的“压力”站点表示站点周边土地开发强度高, 并且交通设施齐备基本能够支持周边城市功能的运作,

代表了现阶段一种土地利用与交通服务的饱和状态. 介于“从属”与“压力”之间的土地利用与交通服务基本适配的地铁站为“平衡”站点, 如世界之窗站、布心站等. 以海山站、深圳北站为代表的“不平衡节点”站点表示交通服务超出需求, 周边区域尚有土地开发的潜力, 可以作为下一步城市发展的重点区域. 以国贸站、老街站为代表的“不平衡场所”站点交通服务不能完全满足土地利用的需求, 交通设施需要改善提升.



(a) 深圳地铁节点-场所分析



(b) 深圳地铁分类

图 2 土地利用与交通关系

Fig. 2 Relationship between land use and transport

为进一步提取地铁站的特征,以节点指数、场所指数为变量对深圳 240 座地铁站进行聚类分析.本研究生成了 4 到 7 类的聚类方案.对于少于 7 类的方案,7 类中的相邻类形成了多种组合.某些站点的分类在各聚类方案中具有一致性,为获取更多有效信息,本研究选择 7 类方案,各类型统计信息见表 3.

表 3 POI 聚类统计  
Tab. 3 Statistics of classified POI

类型		数量	均值	标准差
1	场所指数相关 POI	45	93.73	56.286
	节点指数相关 POI	45	7.53	4.176
2	场所指数相关 POI	42	258.43	68.767
	节点指数相关 POI	42	15.76	4.627
3	场所指数相关 POI	17	1279.41	389.789
	节点指数相关 POI	17	89.59	19.831
4	场所指数相关 POI	23	518.57	137.748
	节点指数相关 POI	23	77.26	12.289
5	场所指数相关 POI	36	109.39	56.469
	节点指数相关 POI	36	25.19	6.840
6	场所指数相关 POI	60	379.20	117.520
	节点指数相关 POI	60	44.57	8.193
7	场所指数相关 POI	17	719.00	142.930
	节点指数相关 POI	17	57.82	6.821

在节点-场所框架下对各聚类类型进行分析,得到图 2(b).在分为 7 类的聚类方案中,第 3 类地铁站具有最便利的交通条件与最密集最多样的城市功能聚集,其周边区域通常为城市核心区域.第 4 类和第 7 类地铁站具有相似性,与第 3 类相比位于城市次核心区域,其中第 4 类地铁站的交通条件优于第 7 类地铁站,从交通承载力的角度看具备承担更多城市功能的空间,第 7 类地铁站周边区域的进一步发展需要同步改善交通条件.第 6 类地铁站数量最多,其场所指数相关 POI 数量与节点指数相关 POI 数量均趋于均值,是当前城市发展阶段一种土地利用与交通较为协调的状态.第 2 类和第 5 类地铁站周边区域城市功能相对单一,第 5 类地铁站交通条件较优,第 2 类地铁站土地开发程度较高.第 1 类地铁站通常位于城市边缘地带.

## 5 结论

本文以 POI 数据为基础,采用节点-场所模型分析深圳 240 座地铁站周边区域土地利用与交通之间的关系,在此基础上进一步对各地地铁站进行了聚类分析,丰富了对地铁站土地利用与交通关系的刻画.对地铁站进行合理分类是实现科学规划

与管理的第一步,节点-场所分析可以准确描述地铁站的未来发展潜力与需要改善的方向与程度,同类型的车站可以采用相似的发展模式并且可以相互借鉴.本文的分析结果表明:

(1)深圳市 POI 集中分布于地铁沿线,深圳地铁线网布局与深圳城市功能空间布局具有较高耦合性;

(2)以站点周边 800 m 范围内的道路与交通设施用地 POI 数量作为节点指数,以其他用地类型 POI 数量作为场所指数,能够有效识别从属、压力、平衡、不平衡节点及不平衡场所等类型;

(3)聚类分析中的 4、5 类地铁站周边区域具备进一步开发的交通设施条件;2、7 类地铁站周边区域的开发需要考虑提升交通设施;1、6、3 类虽然交通设施基本适应城市功能需要,但发展程度由低到高分处不同状态.

节点-场所模型简洁直观且所用指标具有弹性,可根据不同的数据来源和研究目的进行调整.本文所采用的节点指数与场所指数计算方法简单易操作,但仍需要增加微观细节的信息以更准确地反映地铁站的交通服务水平以及周边区域城市功能的种类与密度.下一步研究将结合其他数据来源,如地铁运营数据、土地利用数据等,来完善节点指数与场所指数的计算方法,以使得分析结论更加精确可靠.

## 参考文献 References

- [1] HAYASHI Y, MAI X, KATO H. The role of rail transport for sustainable urban transport [M]. New York: Springer, NY, 2011: 161-174.
- [2] 张泓,刘勇,董三喜.世界七大城市地铁投融资实例分析及其借鉴[J].城市轨道交通研究,2007(10):6-10.  
ZHANG Hong, LIU Yong, DONG Sanxi. Experiences of investment/financing on metro in Seven world cities[J]. Urban Mass Transit, 2007(10):6-10.
- [3] LITMAN T. Evaluating rail transit benefits: A comment[J]. Transport Policy, 2007, 14(1): 94-97.
- [4] WEGENER M. Overview of land use transport models [M]. Houston: Emerald Group Publishing Limited, 2004.
- [5] 王春才.城市交通与城市空间演化相互作用机制研究[D].北京:北京交通大学,2007.  
WANG Chuncai. Study on the interaction mechanism of urban transport and urban spatial evolution [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007.
- [6] 谭章智,李少英,黎夏,等.城市轨道交通对土地利用变化的时空效应[J].地理学报,2017,72(5):850-862  
TAN Zhangzhi, LI Shaoying, LI Xia, et al. Spatio-

- temporal effects of urban rail transit on complex land-use change[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(5): 850-862.
- [7] 罗军. 基于多尺度层次的深圳城市平面格局演进研究[D]. 广州:华南理工大学, 2017.
- LUO Jun. The planar pattern analysis of Shenzhen city based on multi-scale grade[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2017.
- [8] BERTOLINI L. Spatial development patterns and public transport: the application of an analytical model in the Netherlands[J]. *Planning Practice and Research*, 1999, 14(2): 199-210.
- [9] WANG Z, HAN Q, DE VRIES B, et al. Insights into the correspondence between land use pattern and spatial distribution of rail transit services[J]. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 2021, 14: 907-928.
- [10] REUSSER D E, LOUKOPOULOS P, STAUFFACH-ER M, et al. Classifying railway stations for sustainable transitions-balancing node and place functions[J]. *Journal of Transport Geography*, 2008, 16(3): 191-202.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城市用地分类与规划建设用地标准: GB 50137—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for classification of urban land use and planning standards of development land: GB 50137—2011[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.

(编辑 吴海西)

(上接第 833 页)

- [7] 马书红, 葛永, 孙言涵, 等. 基于效用模型的城市区域交通可达性研究[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2018, 37(5): 71-76.
- MA Shuhong, GE Yong, SUN Yanhan, et al. Research on urban regional traffic accessibility based on utility model[J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University(Natural Science Edition)*, 2018, 37(5): 71-76.
- [8] 李升朝, 黄花. 低碳出行下轨道交通对景点可达性的影响——基于社会网络分析法[J]. *长安大学学报(社会科学版)*, 2021, 23(6): 38-48.
- LI Shengchao, HUANG Hua. Impact of rail transit on scenic spot accessibility under low-carbon travel: Based on social network analysis method[J]. *Journal of Chang'an University(Social Sciences Edition)*, 2021, 23(6): 38-48.
- [9] 高玉祥, 韩峰, 李泽宇, 等. 基于 GIS 的轨道交通与旅游热点可达性耦合关系——以天水市为例[J]. *测绘工程*, 2019, 28(3): 57-60, 65.
- GAO Yuxiang, HAN Feng, LI Zeyu, et al. Coupling relationship between rail transit and tourism hotspot accessibility based on GIS: Taking Tianshui city as an example[J]. *Surveying and Mapping Engineering*, 2019, 28(3): 57-60, 65.
- [10] 邵春福, 谷远利. 交通规划[M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2012.
- SHAO Chunfu, GU Yuanli. Traffic planning[M]. Beijing: Beijing Jiaotong University Press, 2012.
- [11] 百度地图. 2021 年度中国城市交通报告[Z]. 2021.
- Baidu map. 2021 China urban traffic report[Z]. 2021.
- [12] 徐以群, 陈茜. 城市公共交通服务水平的指标体系[J]. *城市交通*, 2006(6): 42-46.
- XU Yiqun, CHEN Qian. Index system of urban public transport service level[J]. *Urban Transport*, 2006(6): 42-46.
- [13] 张静静, 李婧. 城市常规公共交通服务水平评价研究[J]. *大众标准化*, 2020(15): 176-178.
- ZHANG Jingjing, LI Jing. Research on the evaluation of urban conventional public transportation service level[J]. *Public Standardization*, 2020(15): 176-178.

(编辑 吴海西)