

基于网络数据的地铁站点周边空间使用评价——以深圳市地铁 1 号线为例

张海涛, 周恺

(湖南大学建筑学院, 长沙市, 410082)

摘要: 以网络多源地理数据为基础, 通过空间使用强度、功能混合度、公交便捷可达性 3 个指标对深圳市地铁 1 号线各站点周边空间使用状况进行分析, 并基于工作日和周末时段、不同半径圈层差异的比较研究, 得出站点周边空间使用强度特征及其与区位、用地功能的相关性, 以及站点周边业态发展的多元性和公交可达程度差异, 从而为特大城市地铁站点周边空间优化、设施布局 and 开发运营提供一定借鉴。

关键词: 城乡规划与设计; 轨道交通; 地铁周边地区; 空间使用; 网络多源数据

中图分类号: TU984

Evaluation of space use around subway stations based on network data: a case study of Shenzhen Metro Line 1

ZHANG Haitao, ZHOU Kai

(Architecture School, Hunan University, Changsha City, 410082)

Abstract: Based on the network multi-source geographic data, this paper analyzes the use of space around the stations of Shenzhen Metro Line 1 through three indicators: space use intensity, function mixing degree and public transport accessibility, and characteristics of space use intensity around the stations and its correlation with location and land use function are obtained. In addition, the diversity of industry development and the difference of public transport accessibility around the station based on the comparative study of working days and weekends, and the differences of different radius circles, which can provide some reference for the optimization of the space around the subway station, the layout of facilities and the development and operation of the subway station in mega cities.

Keywords: urban and rural planning and design; rail transit; subway surrounding areas; space use; network multi-source data

0 引言

随着我国城市化的快速发展, 地铁已然成为解决我国特大城市及大城市交通拥堵问题的重要途径, 同时, 地铁对于沿线地区尤其是站点周边地区的发展起着显著性影响, 因此加强对站点周边地区发展状态和实施运行情况的研究分析, 有利于指导未来此类区域的空间布局 and 开发运营。

在有关地铁站点周边地区开发模式的研究中, 以公共交通为导向的发展模式 (TOD 模式) 广为世界各城市认可和接受, 并在多年规划设计实践中形成了 3D 原则——“高密度开发、多样化利用、良好的设计”^[1], 该原则本质反映了 TOD 的目标是空间的高强度利用、功能的混合使用、以及公共交通的便捷可达^[2]。

作者简介: 张海涛 (1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 区域发展与城市空间形态

通信联系人: 周恺 (1981-), 男, 副教授, 博士生导师, 主要研究方向: 收缩城市研究、共享城市研究、规划伦理与社会公正、GIS 方法应用. E-mail: zhokai_nju@hotmail.com

而在我国,随着移动互联网的快速发展,LAD、LBS 技术得到普遍应用,海量用户的数字足迹有效展现了城市人口流动的轨迹和时空聚集状态,弥补了传统城市调研和空间规划的缺陷^[3],因此不少学者开始借助动态、海量、反映实际运行状态的网络地理数据,从“实施评价”的角度对地铁站点周边进行研究和测度评价,以弥补单纯采用“用地性质”“容积率”、“开发强度”等静态规划指标所导致的缺陷^[2]。

在相关研究中,梁雄飞^[4]从空间句法和功能混合度两个维度定量评价了广佛地铁线的 TOD 站点,叶锺楠^[2]通过百度热力数据测度了上海地铁 10 号线站点周边的空间使用强度,王桂林^[5]则从城市活力的角度使用百度热力图评价了天津市中心城区地铁站点周边地区活力,并就影响因素进行了相关性分析,张森^[6]利用热力数据分析了居住型站点周边地区的人群活动特征。

上述研究对于地铁站点周边地区的发展状态和运行情况做出了一定探讨,但多聚焦在某一类站点或主要围绕“空间使用强度”、“人群活力”进行阐述,未能完全涵盖“3D”原则而对地铁周边空间使用和运行状况做出较为系统完整的评价。本文即在上述研究基础上,充分利用网络多源地理数据,以深圳市地铁 1 号线站点周边地区为研究对象,以百度慧眼实时数据表征空间使用强度、以百度地图 POI 数据表征功能混合度、以公交站点服务范围 and 密度表征公交便捷可达性,分析得出其空间运行特征和使用规律,进而从实施角度对地铁站点周边空间使用做出评价,以期对站点周边地区进一步空间优化和深度开发提供一定建议。

1 研究数据与方法

截止 2020 年 8 月,深圳市共运营地铁 11 条,线路总长 411 公里,车站 283 座,覆盖深圳市所辖行政区域,有效缓解了深圳这一特大城市日益繁重的交通压力。深圳地铁 1 号线是深圳市修建最早、客流量最大的地铁线,辖有 30 个站点,自西向东贯穿宝安中心、高新园、福田 CBD 等城市核心区域以及宝安机场、罗湖口岸等重要交通枢纽。本文借鉴深圳地铁相关研究^[7]并综合考虑 1 号线站距特性,分别以 200 米、500 米、800 米为半径划定圈层,表征为站点周边地区(图 1)。对于该线路站点周边空间使用和发展运行状态的研究分析,有利于为其他特大城市或大城市建设、运营发展地铁提供较强的借鉴意义。

相关研究多采用百度热力图片为数据来源,其存在二手转译、表征特定尺度、无法体现绝对用户数量的缺陷,而百度慧眼数据以百度 app 庞大用户的地理信息为基础,基于位置聚类而计算得出该聚类区域的用户数量,相比之下其数据更加可靠、精确和科学。本研究即通过百度慧眼平台,获取深圳市 2020 年 7 月 5 日(周末)、8 日(工作日)各 24 小时的实时地理数据,并借鉴相关研究^[2],以空间使用强度表征地铁站点周边的人群集聚情况和空间活力程度,运用 ArcGIS 进行核密度分析和重分类得出站点周边地区的空间使用强度值,其公式为:

$$Q_{rt} = \frac{\sum(nS_n)}{S_r}$$

其中 Q_n 为 t 时刻站点周边半径为 r 的范围内的空间使用强度值 ($t=0-23, r=200, 500, 800$) ,
 n 为核密度值 ($n=1-7$) , S_n 为研究范围内核密度值为 n 的区域面积, S_r 为站点周边半径为 r
范围内的用地面积。

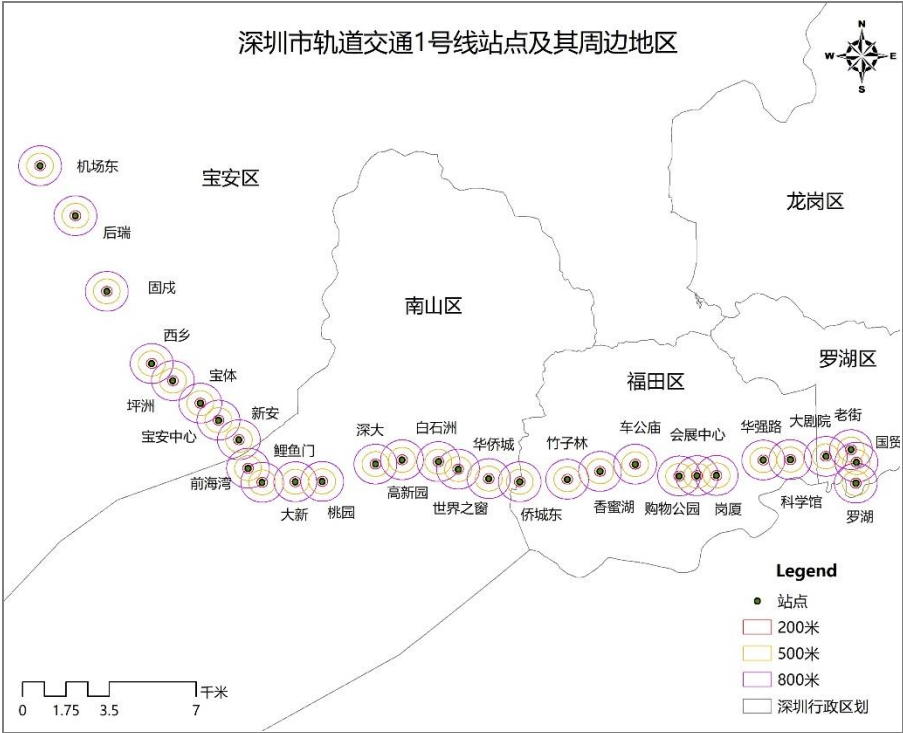


图 1 深圳市地铁 1 号线站点及其周边地区

Fig. 1 Shenzhen Metro Line 1 station and its surrounding areas

空间熵可以反映一定空间内功能的混合度, 熵值越高, 表明功能类型越多, 各功能类型的
数量相差越小^[8], 该区域的产业形态也更多元和均衡。本研究即以百度地图 POI (2021 年)
为数据来源, 分析得出站点周边地区的产业多样化程度。其公式为:

$$P_i = \frac{A_i}{A} = A_i / \sum_i^N A_i$$

$$H = - \sum_{i=1}^N P_i \times \log P_i$$

其中 N 为 POI 类型 ($N=17$) , A_i 为 i 类型 POI 的数量 ($i=1,2,\dots,N$) , A 为 POI 总数, H
即为信息熵值。

2 研究内容

2.1 空间使用强度

2.1.1 整体特征、站点类型和工作日与周末差异

对每个站点周边 24 小时的空间使用强度总和进行算术平均, 得出日均空间使用强度,

由图 2 可知, 1 号线各站点周边空间使用强度总体趋势一致, 未发生大的改变, 同时根据各站点强度特征及周边主导用地功能, 将 1 号线站点划分为 8 类站点 (表 1)。

交通枢纽/口岸型站点 (机场东、后瑞、罗湖) 周边主要对接区域性交通设施, 其使用强度一般且稳定, 周末与工作日均未发生显著性变化。

居住 (城中村) 密集型站点 (固戍、西乡、坪洲、大新、桃园) 周边以居住功能为主, 分布有密集的城中村, 其居住人群的大量流动导致站点周边使用强度较高, 也相对比较稳定, 同时作为居住型站点, 其周末强度大于工作日, 这也符合居住区人群周末居家休息的规律特征。

旅游景点型站点 (世界之窗、华侨城、侨城东、香蜜湖) 总体强度较低, 同时内部存在较大差异。世界之窗站点周边周末空间使用强度显著高于工作日, 这是由于周末游客游玩集聚所致。而华侨城、侨城东、香蜜湖站点周边则周末、工作日的强度均低, 一方面可能与旅游景点自身的运营状况相关, 另一方面与上述区域的服务对象和目标密切关联。香蜜湖周边为高尔夫球场和度假村高档酒店, 华侨城亦为民俗村、高档酒店和艺术中心, 服务层次高级, 服务人群小众, 因此人流量低于世界之窗之类景点。

开发建设型站点 (前海湾、鲤鱼门) 位于前海片区, 空间使用强度值维持在 2-3 左右, 无论周末还是工作日、抑或不同半径圈层, 均处于 1 号线最低水平。尽管前海片区规划定位为前海深港现代服务业合作区、深圳城市“双中心”之一, 上述站点也规划定位为深圳市六大重要交通枢纽之一、未来穗莞深城轨和西部深港快线的换乘通道, 然而当下整个前海片区 (囊括站点) 尚处于规划建设开发阶段, 整个区域多处于施工状态, 因此人流量少、空间使用低, 距离接近、实现规划目标尚有一段时间。

商务办公 (产业园) 型站点 (深大、高新园) 周末和工作日的空间使用强度变化最大, 工作日日均空间使用强度远远高于周末, 这是因为此两站均位于深圳高新产业园区, 驻有大量高新科技办公企业, 为深圳首屈一指的商务办公区, 因此工作日上下班人群流动量大、空间使用频繁活跃, 而到了周末休息日, 则人流骤降, 地铁周边流量也随之减少。

CBD 职住均衡型 (购物公园、会展中心、岗厦) 位于福田 CBD 区域, 分布有大量企业总部、商业广场、政府职能部门, 市民广场公园, 同时分布有一定居住区和极大解决居住容量的城中村, 因此职住比较平衡, 其日均空间使用强度较高、相对稳定, 且由于其完善的公共设施和居住群体, 周末出行需求较高, 因此强度稍高于工作日。

发展成熟型站点 (华强路、科学馆、大剧院、老街、国贸) 位于福田 CBD 以东, 靠近香港和罗湖口岸, 是深圳改革开放以来最早建设的地区, 其发展成熟, 人口稳定, 功能混合度较为均衡, 基础设施完善, 尺度较为宜人, 因此日均强度较高、相对稳定、周末相对来说稍高于工作日。

其他站点 (宝体、宝安中心、新安、白石洲、竹子林、车公庙) 周边功能较为复杂, 强度特征不明显, 有待进一步深入观察探讨。

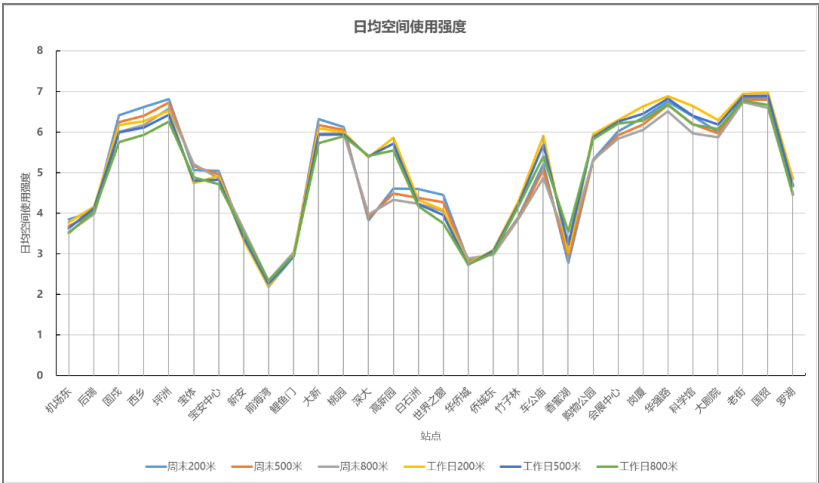


图 2 各站点日均空间使用强度

Fig. 2Average space use intensity per day of each station

表 1 站点类型及其日均空间使用强度特征

Tab. 1 Station types and characteristics of average space use intensity per day

站点类型	站点名称	日均空间使用强度特征
交通枢纽/口岸型	机场东、后瑞、罗湖	强度一般、比较稳定
居住（城中村）密集型	固戍、西乡、坪洲、大新、桃园	强度较高、相对稳定、周末高于工作日
旅游景点型	世界之窗、华侨城、侨城东、香蜜湖	强度低或周末高于工作日
开发建设型	前海湾、鲤鱼门	整体强度最低
商务办公（产业园）型	深大、高新园、	周末远远低于工作日
CBD 职住均衡型	购物公园、会展中心、岗厦	强度较高、相对稳定、周末高于工作日
发展成熟型	华强路、科学馆、大剧院、老街、国贸	强度较高、相对稳定、周末高于工作日
其他	宝体、宝安中心、新安、白石洲、竹子林、车公庙	特征不明显

2.1.2 不同圈层半径下的空间使用强度特征

130 站点周边由于发展规模、功能性质的差异，其所辐射的区域尺度也有所不同，以 200 米、500 米、800 米为半径，比较各站点不同圈层规模下的日均空间使用强度。如图 3 所示，无论周末还是工作日，1 号线站点周边总体保持“强度随圈层半径增加而降低”的趋势，这符合距离衰减规律。而圈层半径增加、强度反而明显升高的三个站点——宝体、前海湾、香蜜湖则具有其自身特性。宝体站点周边为大型体育场馆，因此除非举办重大赛事，日常情况下 500 米范围内人群活动较少，而 800 米已超出体育中心范围，囊括大型居住区、小学，因此空间使用强度反而增加；前海湾归因于开发建设问题；香蜜湖 500 米范围尚在度假景区之内，因此人流较少，而 500 米半径之外囊括一定居住区，因此空间使用强度增加。

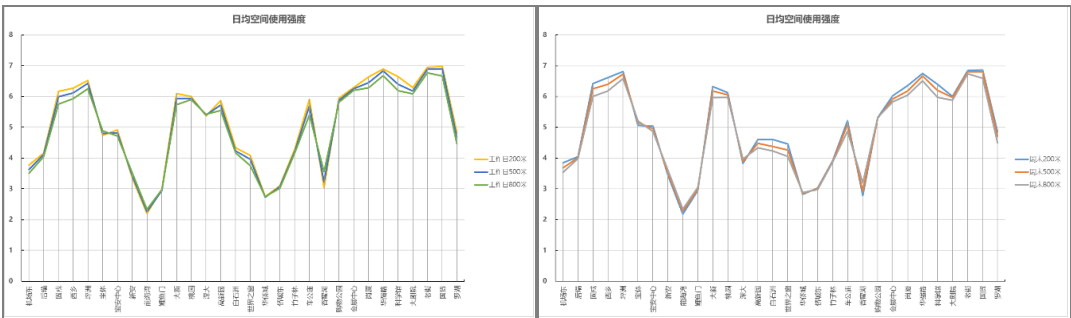


图 3 不同圈层规模下站点日均空间使用强度

Fig. 3 Average space use intensity of stations per day in different circle scale

2.1.3 典型站点周边空间使用强度特征

地铁是当下特大城市解决交通拥堵问题的重要公共交通方式,其站点周边空间使用强度的高低亦侧面反映了不同类型站点一定的通勤特征,因此选择商务办公型、居住(城中村)密集型、CBD 职住均衡型、发展成熟型站点探讨不同类型站点周边的通勤特征。如图 4 所示,商务办公型站点在工作日早上 9 时达到强度峰值,尔后晚上 19 时强度开始迅速下降,这符合一般通勤作息规律,9 点赴往企业工作,晚上 7 点离开园区。居住(城中村)密集型站点周边在工作日 8 时达到通勤峰值,尔后晚上 20 时开始走向稳定,此时下班高峰逐渐平稳。其在周末则在 6(7)-8(9) 时达到两个高峰期,随后趋向平缓,表明居民存在错峰出行的活动行为。CBD 职住均衡型站点周边在周末和工作日显示出不一样的空间使用特征,其周末没有明显的早晚高峰期,除却岗厦在 11 点达到最高峰值外,3 个站点均在下午 15 时达到峰值,随后人群呈下降趋势,这与该区域公园广场众多、商业广场发达、满足了周末人群休闲娱乐的需求有关。而在工作日,3 个站点周边均在早上 9 时达到最高峰值,这符合上班通勤时间特征,尔后 18-19 时购物公园和会展中心站点周边进入下班高峰期,而岗厦站点则一直保持高强度状态,直到 22 时方呈现下降趋势,这是因为岗厦站点周边既是商务办公区,又是城中村密集地带,因此晚上既是人群流出、也是人群流入区域。发展成熟型站点周边的空间使用强度在周末与工作日差异较少,且呈现出较为共性的特征。于工作日而言,其在 6 时和 8 时呈现高峰期,随后逐渐稳定,而周末则是在 7 时和 9 时达到高峰期,随后逐渐平缓。这也符合周末和工作日的作息特征。

2.2 功能混合度

根据上述计算模型,基于 POI 数据分别计算得出不同站点周边、不同圈层的空间熵(图 5),从而表征站点周边地区的功能混合度,从而测度其是否得到多样化利用、是否呈现多元化的发展业态。就圈层而言,1 号线呈现“圈层距离越大、空间熵值越高、功能混合性越强”的总体特征,这表明,对于特大城市而言,地铁站点辐射距离较远,土地开发空间较大。就站点而言,在 500 米-800 米圈层范围内,各站点空间熵值未有较大差异,而在 200 米圈层范围内发生较大变化,呈现剧烈下降特征的是开发建设型站点(前海湾和鲤鱼门)和交通枢纽/口岸型站点(机场东、罗湖)。如前所述,开发建设型站点周边尚处于规划开发建设阶段,因此行业尚未进驻,尚不存在功能混合之说。交通枢纽/口岸型站点则囿于交通设施占地面积较大、靠近边境口岸,因此功能极为受限。

2.3 公交便捷可达性

地铁站点与公交站点的便捷换乘程度能够反映 TOD 的建设水平和发展程度,是“良好的设计”这一原则重要表征之一。为了较好的测度 1 号线站点周边的公交便捷程度,从公交站点服务范围和公交站点密度 2 个角度进行相关分析。以 500 米为公交站点服务半径进行缓

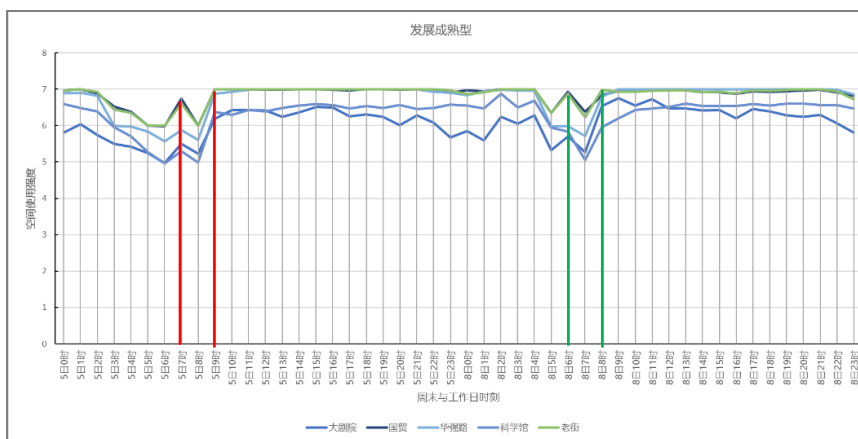
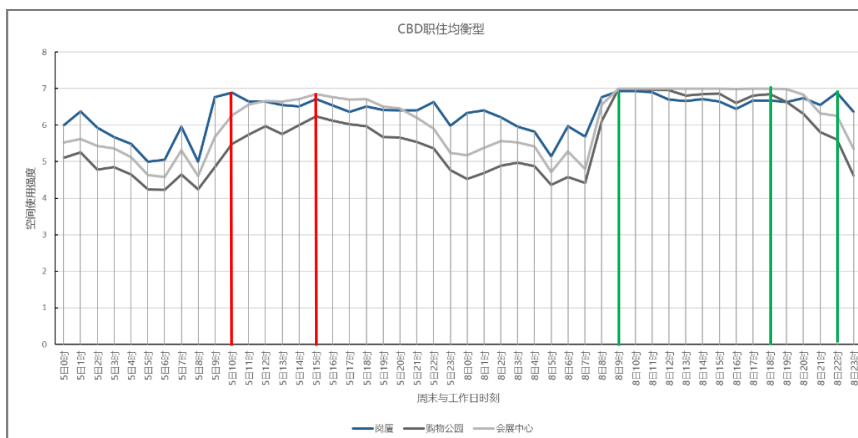
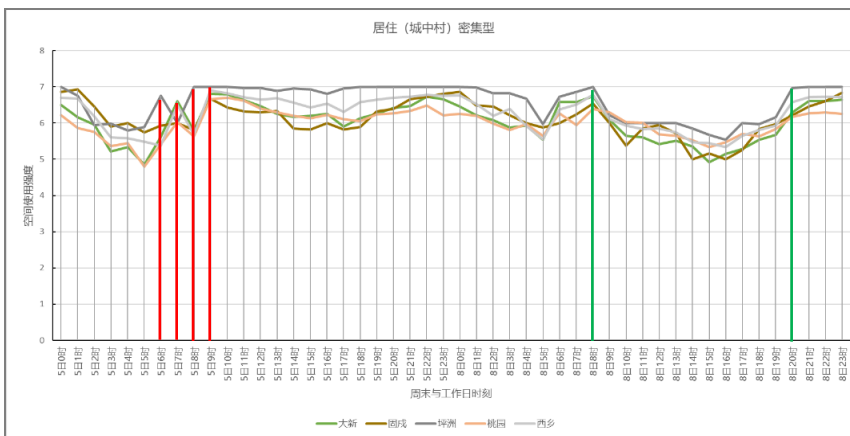
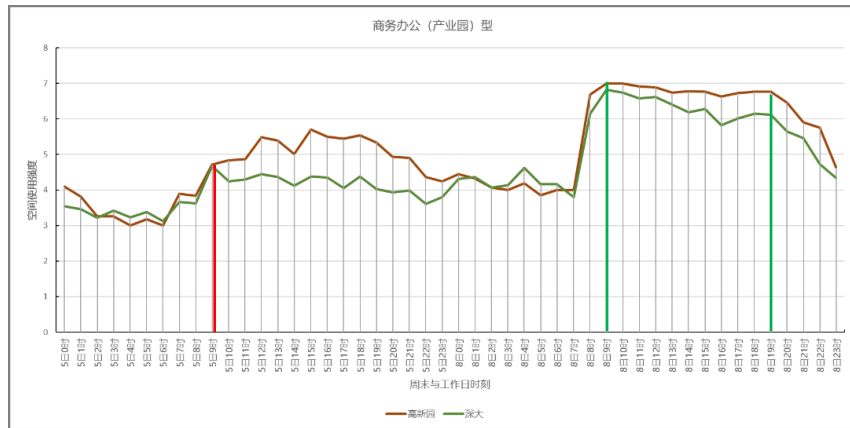


图 4 典型站点周边的空间使用强度特征

Fig. 4 Characteristics of space use intensity around typical stations

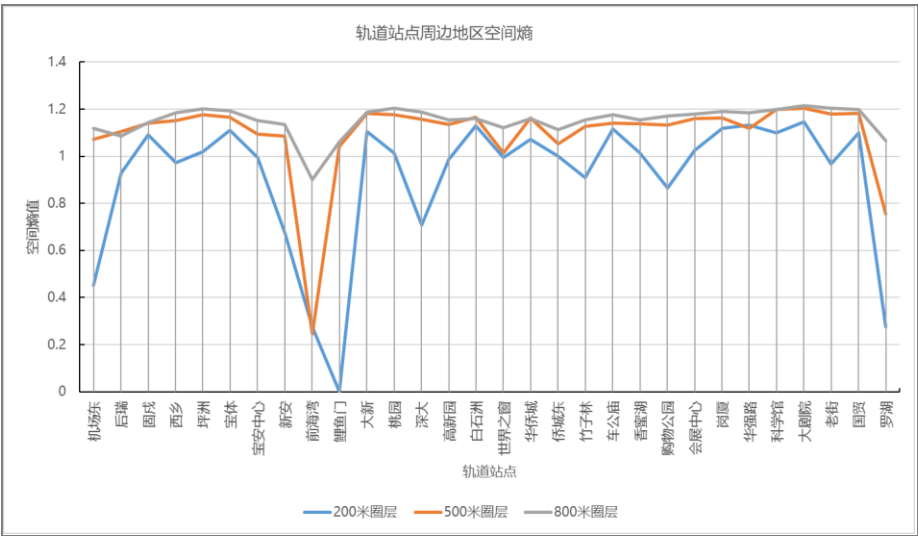


图 5 轨道站点周边地区空间熵

Fig. 5 Spatial entropy of the area around the rail station

冲区可知（图 6），地铁站点周边 200 米范围内均在公交站点服务范围之内，500 米半径只有罗湖站点南侧未在公交可达范围，这是因为南侧为罗湖口岸，靠近深港边界，因此不便设置。就公交站点密度而言（图 7），总体呈现“密度随圈层半径增大而减少”的趋势特征，200 米圈层与 500 米圈层公交站点密度差异较小，800 米圈层与 500 米圈层差异较大。发展成熟型站点（华强路、科学馆、大剧院、老街、国贸）周边的公交密度相对来说高于其他站点，这是因为老城区发展较为成熟，道路密度相对较高、街道尺度较为宜人，公共基础设施较为完善所致。

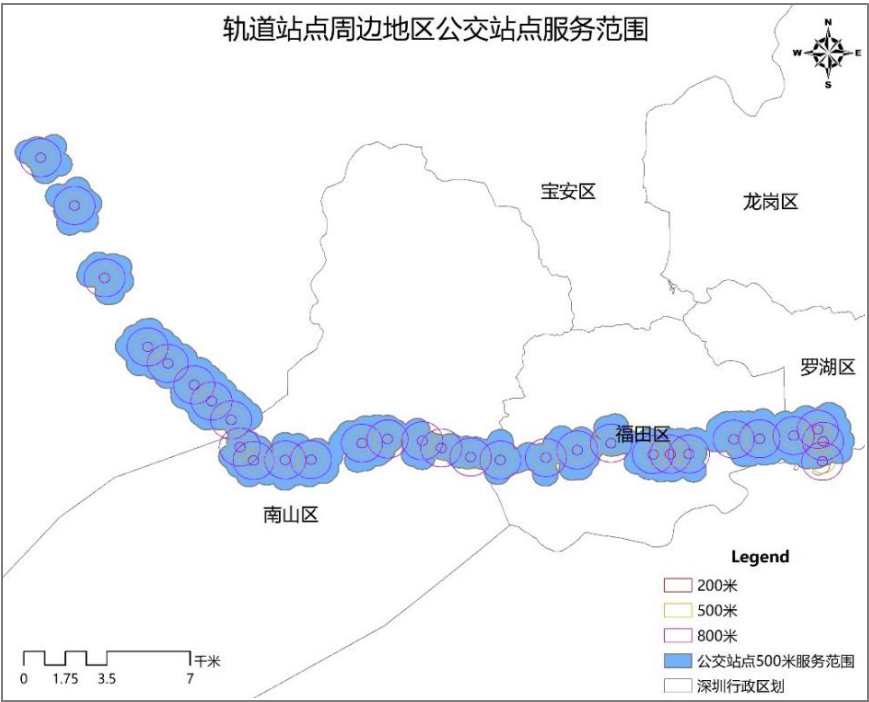


图 6 站点周边公交服务范围

Fig. 6 Bus service scope around the station

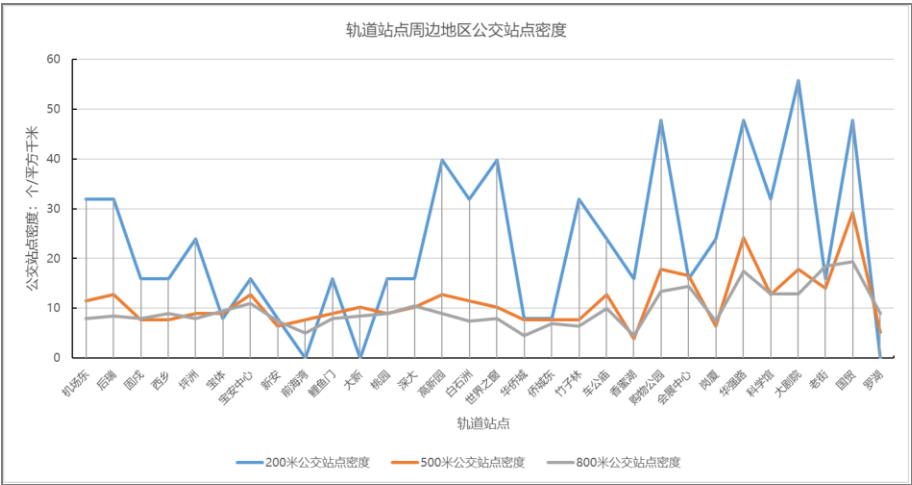


图 7 站点周边公交密度
Fig. 7Bus density around the station

3 结论

本文基于网络地理数据，从空间使用强度、功能混合度、公交便捷可达性 3 个方面对深圳市地铁 1 号线站点周边空间状况进行了分析。研究表明，各站点周边空间使用强度总体趋势一致，可分为交通枢纽/口岸型、居住（城中村）密集型、旅游景点型、开发建设型、商务办公（产业园）型、CBD 职住均衡型、发展成熟型和其他站点共 8 大类型，各类型站点周边强度特征、工作日与周末差异与其区位功能存在密切联系，也从侧面反映了所在区域一定的通勤特征，同时随着圈层半径的增大，其总体强度随之减少，这符合距离衰减规律，也意味着站点周边实施梯级开发的合理性。就功能混合度而言，1 号线站点周边总体较为均衡，且随圈层距离增大而混合性增强，这意味着站点周边土地开发幅度尚有较大空间，同时开发建设型和交通枢纽型站点周边因开发建设、设施用地、边界管制等原因而呈现较为单一的产业形态。站点周边公交可达性强，基本被公交站点所覆盖，且公交密度随圈层半径增大而减少，同时由于建设基础、发展历史等差异，其在老城区密度较高。

随着轨道交通的进一步发展，其不再是纯粹的交通运输工具，以 TOD 为代表的发展模式促使站点周边的巨大开发价值得以挖掘，因此对站点周边空间使用特征和运行状况的研究，有利于为深圳地铁 1 号线未来建设站点周边区域（前海）提供规划开发和运营策略，为现有站点进一步优化空间、布局设施提供相关建议，同时也可为特大城市和大城市开发建设地铁周边地区、实现土地和站点的协调发展提供一定参考。

致谢

感谢我导周恺老师的指导和鼓励，此外，本研究最初思路来源于研究生课程《城市交通学》，在原作业的基础上不断充实完善，在此感谢肖艳阳老师的指导和宝贵意见。

[参考文献] (References)

- [1] 彼得卡尔索普. 未来美国大都市--生态社区美国梦[M]. 郭亮, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 叶锺楠,陈懿慧.基于网络数据的轨道交通站点周边空间使用量化研究--以上海地铁 10 号线沿线为例[J]. 上海城市规划,2017(06):122-128.
- 220 [3] 王录仓.基于百度热力图的武汉市主城区城市人群聚集时空特征[J].西部人居环境学刊,2018,33(02):52-56.
- [4] 梁雄飞. TOD 规划的定量评价与反思--以广佛地铁线 TOD 站点为例[C]. 中国城市规划学会、贵阳市人民政府.新常态: 传承与变革--2015 中国城市规划年会论文集(05 城市交通规划).中国城市规划学会、贵阳市人民政府:中国城市规划学会,2015:529-535.
- 225 [5] 王桂林. 地铁站点周边地区的活力评价和影响因素分析--以天津市中心城区为例[C]. 中国城市规划学会、重庆市人民政府.活力城乡美好人居--2019 中国城市规划年会论文集(05 城市规划新技术应用).中国城市规划学会、重庆市人民政府:中国城市规划学会,2019:213-226.
- [6] 张森,郭亮. 居住型地铁站点周边慢行空间优化策略研究--以武汉市建安街地铁站为例[C]. 中国城市规划学会城市交通规划学术委员会.交通治理与空间重塑--2020 年中国城市交通规划年会论文集.中国城市规划学会城市交通规划学术委员会:中国城市规划设计研究院城市交通专业研究院,2020:1157-1168.
- 230 [7] 张艳,曹康,何奕苇,周维.土地使用与轨道交通的空间适配探讨--深圳地铁 2 号线的实证分析[J].城市规划,2017,41(08):107-115.
- [8] 李苗裔,马妍,孙小明,王静远,党安荣.基于多源数据时空熵的城市功能混合度识别评价[J].城市规划,2018,42(02):97-103.