

# 基于热力图数据的轨道交通站点 服务区活力测度研究 ——以深圳市地铁为例

周雨霏<sup>1</sup> 杨家文<sup>1,†</sup> 周江评<sup>2</sup> 周佩玲<sup>3</sup> 刘海涛<sup>4</sup>

1. 北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院, 深圳 518055; 2. 香港大学建筑学院, 香港; 3. 哈尔滨工业大学(深圳) 建筑学院, 深圳 518055; 4. 天津市城市规划设计研究院, 天津 300000; † 通信作者, E-mail: yangjw@pkusz.edu.cn

**摘要** 以深圳市地铁为案例, 利用百度热力图, 通过热力平均值和热力离散系数构建轨道交通站点服务区活力测度体系。结果表明: 1) 深圳市人口聚集具有站点导向, 占深圳市总面积15%的轨道服务区在7—23时集聚全市38%~50%的人口, 呈现夜间少、日间多的人口聚集特征; 2) 测度体系将深圳市166个轨道站点服务区划分为低平衡成熟型、高平衡成熟型、高平衡孕育型和低平衡孕育型, 活力表现与建成环境有关, 成熟型服务区建设强度更高, 低平衡型服务区用地不均衡的情况更严重, 拥有规模性城中村的服务区更易表现出高平衡型特征。基于热力图数据的活力测度能帮助不同类型的轨道站点服务区采取相应的规划策略, 产生更理想的公共交通导向式土地开发(TOD)效益。

**关键词** 轨道站点服务区; 大数据; 城市活力; 深圳市

## Evaluating Vitality of Metro Station Service Area with Heat Map: A Case Study on Shenzhen Subway

ZHOU Yufei<sup>1</sup>, YANG Jiawen<sup>1,†</sup>, ZHOU Jiangping<sup>2</sup>, ZHOU Peiling<sup>3</sup>, LIU Haitao<sup>4</sup>

1. School of Urban Planning and Design, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055; 2. Faculty of Architecture, The University of Hong Kong, Hong Kong; 3. School of Architecture, Harbin Institute of Technology (Shenzhen), Shenzhen 518055; 4. Tianjin Urban Planning and Design Institute, Tianjin 300000; † Corresponding author, E-mail: yangjw@pkusz.edu.cn

**Abstract** Taking Shenzhen subway as an example, we use Baidu Heat Map to construct a system to evaluate vitality of station service area through heat average and heat coefficient of variation. Station service area, which accounts for 15% of Shenzhen municipal area, has 38%~50% of the city population from 7:00 to 23:00, less population gather at night and more during daytime. The 166 service areas can be classified into four groups: low-balance mature areas, low-balance developing areas, high-balance mature areas and high-balance developing areas. Their vitality characteristics are quite relevant to built environment. Mature areas have higher development density. High-balance areas have higher land use mixture. Station service areas with large-scale urban village are more likely to show high-balance. The evaluation can be beneficial to adopting available strategies for different types of station service area, and shed light on transit oriented development (TOD) planning and design.

**Key words** metro station service area; big data; urban vitality; Shenzhen

在“公交都市”的政策背景下, 我国城市轨道交通进入快速发展时期, “十三五”期间有50个城市纳入“公交都市”示范工程。公共交通导向式土地开发

(transit oriented development, TOD)和公共交通站点服务区逐渐受到关注<sup>[1]</sup>。以Cervero等<sup>[2]</sup>提出3D原则为代表, 轨道交通站点服务区的研究较多地聚焦

于建成环境,也涌现一批较成熟的基于建成环境指标的TOD评价体系<sup>[3]</sup>。随着公共交通领域的研究从环境建设向注重居民需求的转变<sup>[4]</sup>,交通站点服务区的城市活力逐渐受到重视<sup>[5]</sup>。美国佛罗里达州的TOD规划指引中,对职住平衡和公共活动时间提出指标要求,建议城市核心区的轨道站点周边至少满足18个小时的重要活动时间<sup>①</sup>;《TOD在中国:面向低碳城市的土地使用与交通规划设计指南》<sup>[6]</sup>和《广东省低碳生态城市规划建设指引》<sup>[7]</sup>中也强调轨道站点周边混合街区7天24小时活力的重要性。但是,关于轨道站点服务区活力的研究目前仍欠缺。

Jacobs<sup>[8]</sup>最早提出城市活力的概念,即人群流量在时间维度上的保持。Bosselmann等<sup>[9]</sup>和Montgomery<sup>[10]</sup>认为城市活力可以通过人群流量和移动设施的使用以及活动的密度来衡量。Ravenscroft<sup>[11]</sup>认为城市活力体现在街区不同时间和空间维度的繁忙程度。以往对这种城市活力的定量测度依赖传统的调查数据,虽然包含人群信息及活动类型等详细信息<sup>[12]</sup>,却存在调查样本量小、被采访者主观性强等缺点。随着地理信息技术的快速发展,大数据的应用使研究者能从更精细的尺度,动态地研究人群的时空行为,为城市规划和管理提供新思路<sup>[13-14]</sup>。例如,利用手机信令或热力图,可以实时获取人群分布及流量信息<sup>[15-16]</sup>。目前,热力图等大数据可在一定程度上填补城市活力研究中数据方面的空缺。

基于上述背景,本文利用热力图数据,通过人群流量在空间和时间维度的表现,建立包含热力平均值和热力离散系数的测度体系,衡量轨道站点服务区的城市活力。选取纳入首批“公交都市”创建示范城市的深圳市为研究区,收集一个工作日和一个周末的实时热力数据,进行轨道站点服务区活力测度,并开展站点案例分析,揭示建成环境与活力测度分类结果的内在联系。

## 1 研究区概况及数据介绍

深圳市是我国经济中心城市,2018年末人口密度达到6521人/km<sup>2</sup>,高居全国第一位。继北京、天津、上海和广州之后,深圳是中国大陆第五个拥有地铁系统的城市,其地铁运营总里程数也居第五位。深圳地铁于1999年开始建设,一、二、三期线路分别于2004,2011和2016年开通。深圳地铁客运

量增长迅速,2005年全年客运量为0.62亿人次,占公共交通的4%;到2018年末,地铁全年客运量达到18.75亿人次,占公共交通的48%。截至2018年,深圳市完成8条地铁线路的建设与运营,全长285 km,共计166个地铁站点。2018年10月,深圳地铁集团所辖7条运营线路(不包含香港铁路有限公司运营的4号线)日客运量达到466万人次/日。

本文所用数据包括以下3个方面。1) 百度地图的热力图数据。这是一款基于位置服务技术(location based services, LBS)的大数据可视化产品,其原理是通过中国电信和中国移动等运营商的无线电通信网络或外部定位,获得移动终端的位置信息,再通过地图上的叠加色块描述实时的人群聚集情况。本文选取工作日(2018年5月16日,周三)和周末(2018年5月19日,周六)7—23点的百度热力图数据。采集频率为每小时一次,共收集34幅数据。2) 2014年建筑普查数据和2016年土地利用数据,来源于深圳市规划和国土资源委员会。3) 轨道站点数据,来源于高德底图2016年POI(point of interest)数据。

首先在ArcGIS中对热力图数据进行地图配准,然后通过创建特征文件和最大似然法分类,将热力图的不同颜色赋予不同的人群密度值<sup>[17]</sup>,得到赋有数值信息的栅格图像,最后在ArcGIS中用统计工具计算站点服务区各时刻的热力密度值。

处理后的热力图只能反映百度产品使用者的地理位置信息,需要验证数据的有效性。由于工作日23点的百度热力人口数据最接近实际居住人口,因此将该数据与深圳市以街道为单位的第六次人口普查人口数据进行相关性检验,相关系数达到0.92,且通过5%水平的显著性检验,所以我们认为百度热力数据能代表真实的人口分布。某时刻经ArcGIS处理后的百度热力图(图1)反映深圳因自然山体阻隔和规划形成的组团式发展格局,热力值最高的区域分布在原特区内的罗湖区桂园、东门和南湖街道,福田区华强北和福田街道以及南山区南山街道。

## 2 站点服务区活力测度方法

### 2.1 站点服务区范围界定

通常认为地铁站点的影响范围为步行10分钟距离(800~1500 m)内,但需要根据地域来定义站点

① Florida Department of Transportation. Florida transit-oriented development, 2012

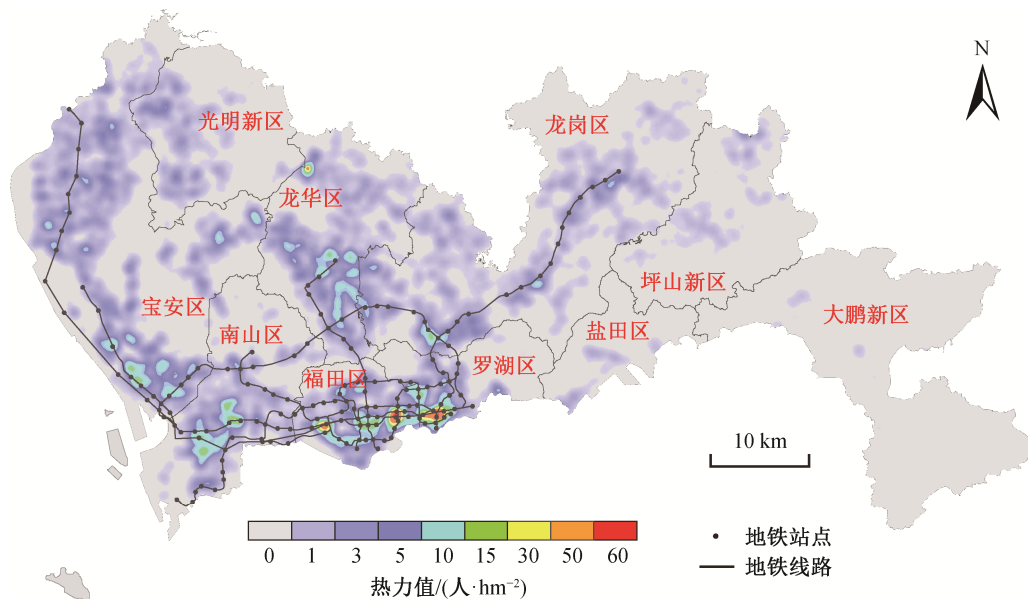


图1 周六 12:00 深圳市热力图  
Fig. 1 Heat map of Shenzhen at 12:00 on Saturday

服务区的范围。在对深圳市的相关研究中,王京元等<sup>[18]</sup>发现距站点 1 km 范围内地价下降明显,乐晓辉等<sup>[19]</sup>认为地价和容积率在 1 km 范围内呈现明显的站点导向性。因此,本研究将站点服务区定义为距站点 1 km 内的区域。用 7—23 时各整点时刻站点服务区内的热力人口除以该时刻市域热力人口,得到站点服务区内人口比例的折线图(图 2)。可以看出,站点服务区 7—23 时汇集全市 38%~50% 的人口,呈现夜间口少、日间人口多的聚集特征。然而,站点服务区面积只占市区总面积的 15.65%,说明人口聚集具有站点导向型的特征。

## 2.2 测度指标

假设深圳市域的总人口不随时间变化,以工作

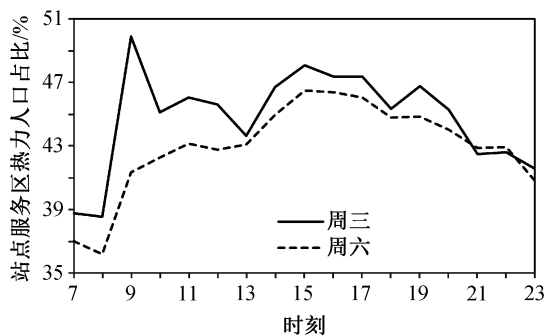


图2 深圳市站点服务区热力人口比例变化趋势  
Fig. 2 Trends of proportion of heat value of station service areas in Shenzhen

日 23 点的热力人口为基准,对各时刻的站点服务区热力密度进行标准校正,计算公式如下:

$$H_{ij} = \frac{h_{ij}}{H_j / H_{23}}, \quad (1)$$

式中,  $i=1, 2, \dots, 166, j=1, 2, \dots, 34, H_{ij}$  表示站点  $i$  在  $j$  时刻标准化后的热力密度值,  $h_{ij}$  表示站点  $i$  在  $j$  时刻的热力密度值,  $H_j$  表示  $j$  时刻深圳市热力密度值,  $H_{23}$  表示工作日 23 点深圳市热力密度值。

本文使用热力平均值和热力离散系数两个指标,从空间和时间两个维度描述站点服务区的城市活力。热力平均值  $M_i$  表示站点  $i$  服务区内工作日和周末 7—23 点共 34 幅热力图的热力密度平均水平,计算公式如下:

$$M_i = \sum_j^{34} H_{ij} / 34, \quad (2)$$

式中,  $i=1, 2, \dots, 166, j=1, 2, \dots, 34. M_i$  值越大,表示人口越密集。热力离散系数  $S_i$  表示站点  $i$  工作日和周末热力人口密度随时间变化的离散程度,计算公式如下:

$$S_i = \frac{\sqrt{\sum_j^{34} H_{ij}^2 - M_i^2 / 34}}{M_i}, \quad (3)$$

式中,  $i=1, 2, \dots, 166, j=1, 2, \dots, 34. S_i$  值越大,表示站点服务区内人口密度随时间的变化越剧烈。

### 2.3 测度结果

对深圳市166个站点服务区分别计算热力平均值和热力离散系数,再计算得到166个站点的热力平均值的总体均值(4.276人/hm<sup>2</sup>)和热力离散系数的总体均值(0.259)。以此为界线,将深圳市轨道站点服务区分为4类:1)低平衡成熟型,占24%,表现为站点服务区内热力平均值和离散系数均高于深圳市平均水平,代表人群密度高但时间维度上波动显著;2)低平衡孕育型,占13%,表现为站点服务区内热力平均值低但离散系数高,代表平均人群密度低且时间维度上波动显著;3)高平衡孕育型,占50%,表现为站点服务区内热力平均值和离散系数都低于平均水平,代表人群密度稳定性高但平均人口密度低;4)高平衡成熟型,占13%,表现为站点服务区内热力平均值高但离散系数低,代表人群密度高且随时间变化较平稳。

四象限分类图(图3)显示,高平衡孕育型和低平衡成熟型站点相对较多,热力平均值较高站点的离散系数都高于均值,说明人口密度大的站点更可能出现热力值随时间变化显著的情况。从提高公交使用率和缓解路面交通拥堵的目的出发,通常认为位于象限IV的高平衡成熟型站点是最理想的。在合理的数值范围内,热力平均值越大,说明站点周边城市空间对人群的吸引力越强,能更有效率地引导城市按轨道交通的结构发展,并提高公共交通使用率;热力离散系数越小,平衡度越高,说明站点周边的活动越丰富,能满足市民在不同时段对城市空间的需求。

低平衡成熟型服务区集中在中心商务区、大型商务办公区和文化休闲区,高平衡孕育型服务区则大多出现在远离各行政中心区的地铁线路段(图4)。这种分布特征引发如下问题:不同类型服务区的建成环境特征有何不同?要回答这一问题,容积率是首要考察指标。容积率由指定区块的建筑总面积除以区块总面积得出,表征建设强度。通过比较,我们发现以热力平均值为依据的成熟型和孕育型站点服务区的容积率差异明显。容积率总体平均值是2.10,低平衡成熟型和高平衡成熟型站点服务区平均容积率分别为2.45和3.28,低平衡孕育型和高平衡孕育型平均容积率分别为1.38和1.64。也就是

说,成熟型站点服务区比孕育型站点服务区的建设强度高一倍左右。

用地不均衡度是另一项建成环境测度指标,计算方法与标准差类似。首先求出各站点服务区内居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、工业用地、道路与交通设施用地以及其他用地共6类用地占建设用地的比例<sup>①</sup>,然后计算各站点服务区的加权后离均差平方和的平方根,权重由市域站点服务区范围各类用地的比例决定。计算公式如下:

$$E_i = \sqrt{\sum_j^6 L_j L_{ij} - L_j^2}, \quad (4)$$

式中, $i=1, 2, \dots, 166, j=1, 2, \dots, 6, E_i$ 表示站点服务区*i*的用地不均衡度, $L_{ij}$ 表示站点服务区*i*的*j*类用地比例, $L_j$ 表示*j*类用地比例均值。 $E_i$ 数值越大,表示用地越不均衡。通过比较可以发现,由热力标准差系数划分的低平衡型和高平衡型站点差异明显。用地不均衡度总体平均值是0.10,低平衡成熟型和低平衡孕育型的平均用地不均衡度分别是0.11和0.12,高平衡成熟型和高平衡孕育型的平均用地不均衡度分别是0.08和0.09。因此,低平衡型站点服务区比高平衡型站点服务区用地更不均衡。

站点服务区呈现的活力特征与城市空间发展策略存在密切联系。深圳特区成立之初的20世纪80年代,罗湖区因具有紧邻香港的地理交通优势而成为最早的城市中心。经过近20年的发展后,中心区功能西拓至福田区,2010年的城市总体规划中将福田中心和南山中心作为下一轮城市发展的主中心。从深圳地铁建设历程来看,2006年开通的一期工程将站点设置在人口稠密、土地发展成熟的罗湖区和福田区,随后的二期和三期工程除在中心区加密站点外,在外围设置更多的新站点。一方面,政府希望通过轨道交通带动城市建设,加强区域联系;另一方面,政府可通过轨道交通带来的土地溢价增加财政收入<sup>[20]</sup>。因此,作为2010年前重点发展的两大中心区,同时也是轨道交通早期选址的地区,成熟的城市建设条件和长时间的轨道发展为罗湖区和福田区轨道站点的人口聚集提供了前提,培育了大量的成熟型站点服务区。

① 分类依据为《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137—2011)。

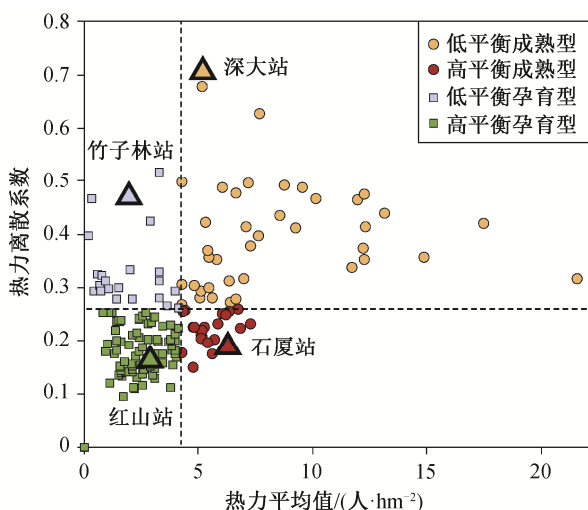


图3 深圳市站点服务区分类结果  
Fig. 3 Classification results of station service areas of Shenzhen

### 3 案例分析

#### 3.1 低平衡成熟型站点——深大站

低平衡成熟型站点服务区普遍出现在各行政区的中心。早期, 这些地区为了疏解交通拥堵, 选择在发展成熟的社区建设轨道交通, 土地腾挪困难, 实现TOD的难度较大, 站点服务区可能存在用地不均衡和土地混合度较低等问题, 城市活力呈现人群密度虽高, 但随时间波动较大的特征。

深大站位于国家六大“世界一流高科技园区”试点之一的高科技园旁, 其周边聚集深圳大学和腾

讯、联想等高新技术企业。站点承担大学和科技园的主要轨道交通功能, 建设强度较高, 容积率为2.47, 高于平均值(2.10); 土地开发充分, 建设用地比例高达97%。但是, 站点周边土地使用失衡, 用地不均衡度为0.12, 高于平均值(0.10)。除深圳大学等占用的教育用地(32%)外, 大部分是商务办公用地和承载高新科技功能的工业用地(18%), 居住用地缺乏, 唯一的城市住宅区(5%)位于站点以东600 m之外的大冲城市花园(图5(a))。人群密度的分布呈现两极特征, 工作日白天人群密度极高, 其他时间人气低迷(图6(a))。

与深大站类似, 高新园站等商务办公功能导向的站点, 工作日白天人口密度高, 其他时间无人问津。世界之窗站等休闲娱乐型站点, 工作日人口密度低, 周末人口密度高。由于该类站点服务区的人流量较大, 且土地资源稀缺, 为了增加城市活力的稳定性, 在土地利用方面, 应通过更新和改造来增加用地混合度, 或者在难以调整的区域通过微改造的手段植入多元功能; 在空间设计方面, 应合理地利用立体化的设计, 解决特定时段高涨的交通流量与有限土地资源的矛盾, 例如增设立体交通网和人性化的交通接驳系统。

#### 3.2 高平衡成熟型站点——石厦站

与低平衡成熟型站点服务区相比, 高平衡成熟型站点服务区更多地出现在城中村周围。成熟型站点服务区中, 高平衡型站点服务区内有城中村的比

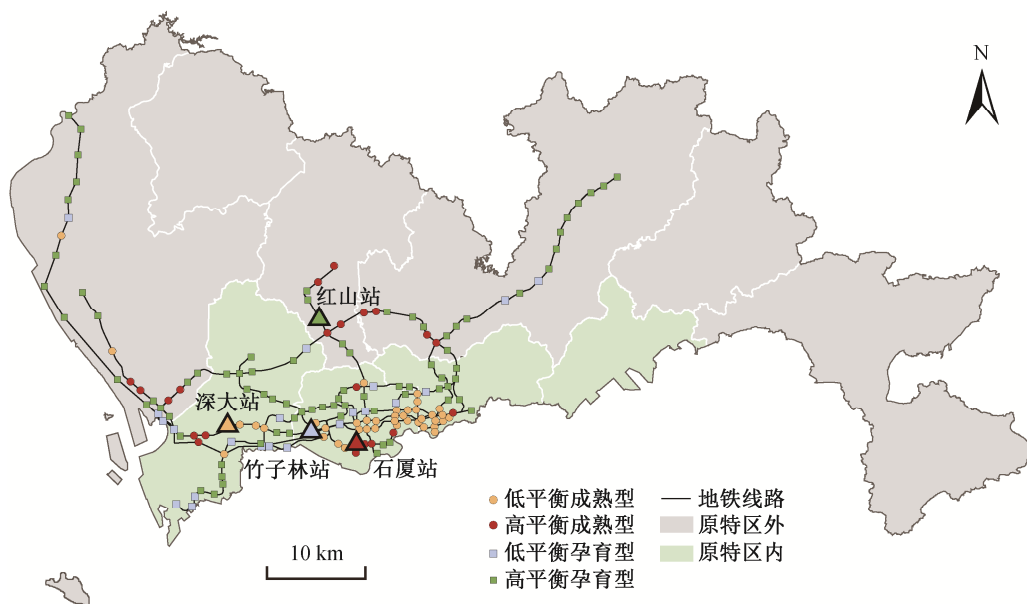


图4 深圳市站点服务区类型的空间分布  
Fig. 4 Distribution of station service area types in Shenzhen

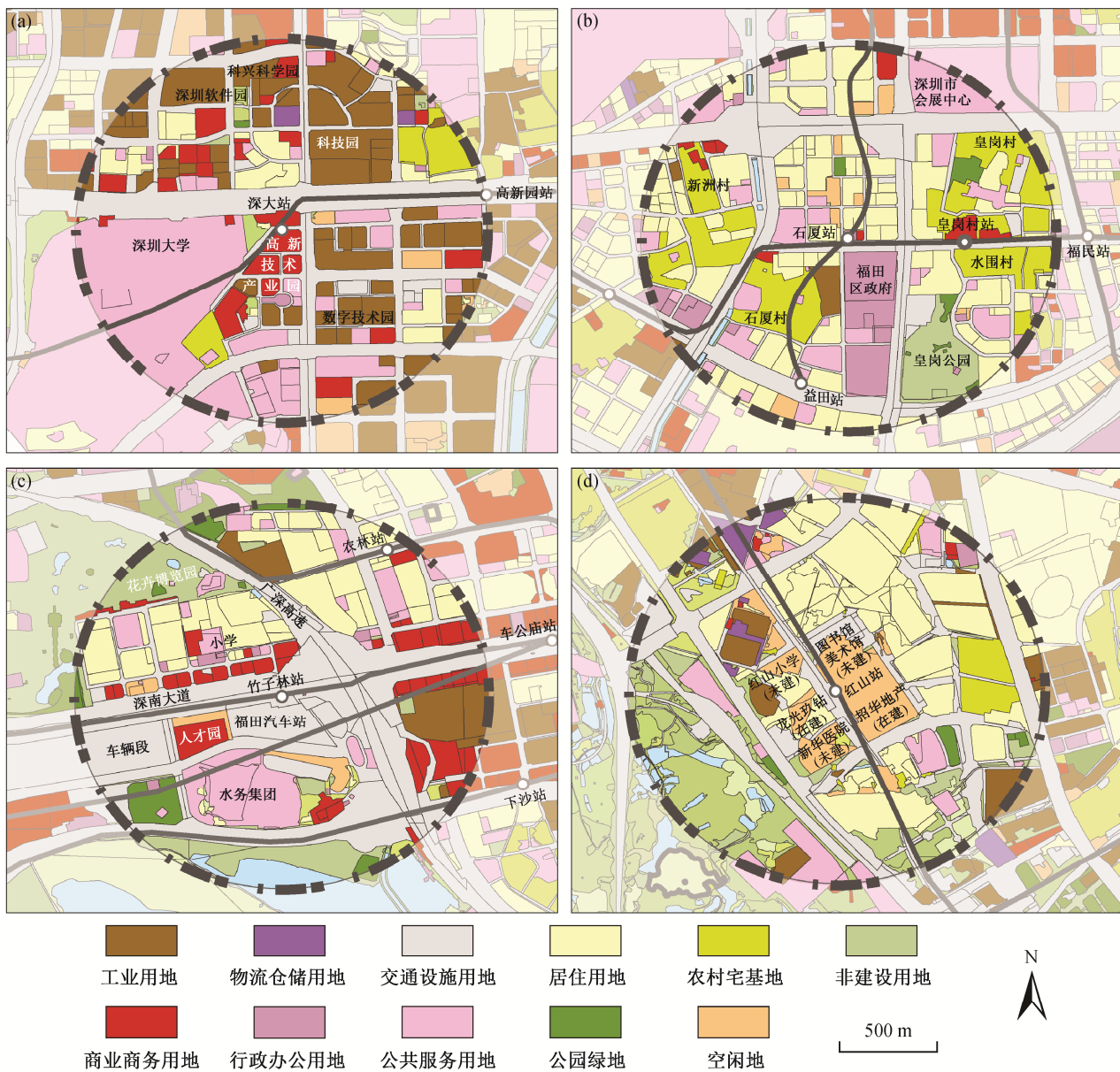


图5 案例站点服务区土地利用状况  
Fig. 5 Land use of station service areas of the cases

例达到60%，明显高于低平衡型站点服务区的27%。因此，可以认为城中村的高混合度、高密度是站点服务区热力密度高、稳定性大的重要因素。例如，3号线和7号线的换乘站石厦站，位于深圳中心区轴线南部，毗邻深港口岸。石厦站点服务区的容积率高达3.74，高于均值(2.10)，建设用地比例为95%，用地不均衡度仅为0.07，低于均值(0.10)。其中，城镇住宅用地(29%)和农村宅基地(16%)较多。站点北部是商品房小区，东南部是福田区人民法院和公安局等区级行政办公用地，也有皇岗村、水围村和石厦村等大面积城中村(图5(b))，站点周边的人口密

度高，且随时间的变化相对平稳(图6(b))。

TOD特性关注的混合度通常容易被理解为用地类型的混合。但是，用地类型是人群活动的基础，若想构建一个便捷、友善并充满活力的站点服务区，需要关注活动和人群的混合。一方面，需要通过多元业态与公共服务，扩大人们在服务活动中的选择机会。城中村是高混合度的经营活动(如租赁、餐饮、住宿、零售和娱乐等)聚集的载体<sup>[21]</sup>，这些业态为城中村内居民提供丰富的就业机会，为周边城市空间提供便捷的生活服务。近年来的“旧改”热潮使得城中村内商业用地有较大幅度的增长，

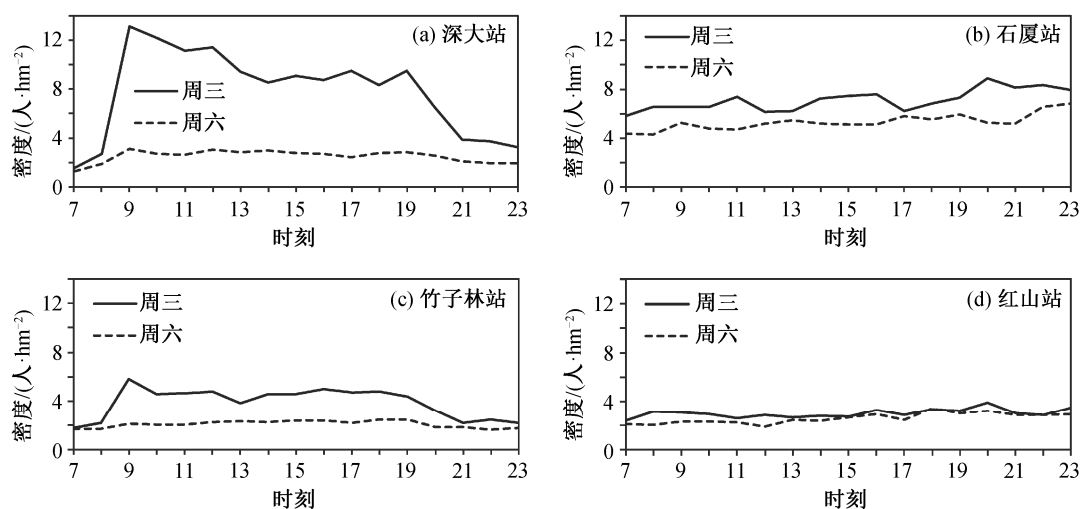


图6 案例站点服务区热力变化趋势

Fig. 6 Trends of heat value of station service areas of the cases

文化、教育和医疗等公共服务设施用地也在逐步地合理化。另一方面,在站点服务区范围内提升混合度还需兼顾多样化人群。因为无车及中低收入人群对城市公共交通有更大的依赖性<sup>[22]</sup>,选址在城中村旁的公交站点能起到稳定客流、增强城市活力的作用。我国倡导创建不同收入人群混合居住的站点服务区,例如,北京、深圳等部分城市陆续提出轨道交通沿线配建保障性住房的规划与政策,在地铁站点周边划定土地储备区域,优先建设保障性住房。2018年11月,深圳市规划和国土资源委员会首次提出城中村居住用地综合整治分区概念,指出综合整治分区内住房不得拆除重建,满足条件的城中村住房可纳入政策性住房保障体系<sup>[23]</sup>。在这项政策的指引下,城中村改造与TOD建设的联系将更加紧密。

### 3.3 低平衡孕育型站点——竹子林站

低平衡孕育型站点服务区普遍存在用地比例失衡、城市空间利用率低的问题。例如,竹子林站是地铁1号线上广深高速公路与深南大道交汇处的地下站点,靠近地铁车辆段。竹子林站点在两个活力维度上都表现不佳,呈现热力平均值低而离散系数高、工作日人口密度远高于周末的特征(图6(c)),与紧连的车公庙站形成鲜明的对比。

竹子林站属于城市综合交通枢纽站。在建成环境方面,片区内容积率为1.55,低于均值(2.10),建

设用地比例为83%,用地不均衡度为0.14,高于均值(0.10)。其中,道路与交通设施用地占比(51%)远超平均水平,商业服务业设施用地(7%)和居住用地(12%)占地较少(图5(c))。广深高速以东为福田区的中心车公庙片区,深南大道以北是发展成熟的住宅社区及大型沿街商务办公楼,竹子林站点南部被深南大道和滨海大道隔离成相对独立的片区,分布大面积的车辆段用地、福田汽车客运总站等交通用地,以及人才保障房、深圳水务集团等行政办公设施。该站点6个出入口中的4个服务于站点正上方的福田汽车客运总站,形成良好的交通接驳体系。但是,由于3条主干道和车辆段的割裂,该城市级的交通枢纽与周边空间没有形成良好的互动关系,驻留人群较少。

竹子林站点处于南面临海的中心商务区,需要盘活城市空间,提升潜在的土地价值,利用客运枢纽站的大量人群营造城市活力。该站点旁的大面积车辆段用地是为数不多的潜力用地。深圳市已在前海、横岗、蛇口西和塘朗4个已建成的地铁车辆段上方建设上盖物业,其中政府保障性住房建设面积共计185万 $m^2$ ,超过2.24万套<sup>①</sup>。另外,车辆段用地的上盖物业能捕获一部分轨道交通建设带来的溢价,返还给轨道交通公司进行基础设施建设的投资。开发过程中,需要关注功能业态的多样性、交通动线组织的合理性以及与城市环境的融合程度。

① 数据来自《深圳市地铁集团有限公司2017年年度报告》。

### 3.4 高平衡孕育型站点——红山站

原特区外的高平衡孕育型站点服务区存在配套设施不完善的特点。例如,红山站位于地铁4号线上,周边人群密度较低,工作日高于周末,并且存在明显的早、晚高峰(图6(d))。红山被划为未来龙华新城的一部分,红山站点服务区容积率为1.49,低于均值(2.10),建设用地比例仅为66%,用地不均衡度仅为0.08,低于均值(0.10)。站点周边是高层建筑林立的住宅用地(占建设用地面积的28%)。邻近站点的地块规划为商业、服务业用地和公共管理与服务设施用地,目前处于施工阶段(图5(d))。国内城市在轨道建设过程中,易出现“密度随着地铁走”的特殊现象,轨道交通公示将促进站点周边的土地开发,政府可以通过土地溢价的方式获得财政收入<sup>[19]</sup>。红山站就是典型的“密度随着地铁走”站点,虽然目前面临人口密度低的情况,等待发展成熟后才能积攒活力,但优势在于未建设的土地为TOD开发提供了更大的潜力。

由于该类站点的建设一般早于社区建设,因此在轨道交通网络规划阶段,应与城市总体规划协调,通过轨道交通引导城市发展;在控制性详细规划和城市设计阶段,在用地混合度适宜、人群密度待发育的情境下,倡导以TOD的要求进行规划、设计和建设,提升人居环境质量和社区魅力。在实施过程中,一方面可以借鉴香港铁路有限公司的“轨道+物业”模式,将地铁与上盖物业进行一体化开发;另一方面,可以利用规划管理的市场手段,鼓励开发商参与TOD建设。例如,为激励开发商与业主兴建二层步行连廊和公共空间,日本东京都政府采取容积率奖励模式;在上海市,每提供1 m<sup>2</sup>有效开放空间,允许增加一定的建筑面积作为奖励。此类做法可使规划建设的最最终成效有利于公众利益。

## 4 结语

本文基于百度热力图数据,对深圳市166个站点进行活力测度和站点分类,并对4种活力类型的站点服务区进行案例研究,从建成环境的角度解释活力测度结果。本文研究结果显示,建设强度和用地均衡对活力测度有明显的影响。成熟型站点服务区的建设强度比孕育型站点服务区高一倍左右;与高平衡型站点服务区相比,低平衡型站点服务区用地更不均衡。在原深圳关内,轨道建设一般滞后于社区建设,因此成熟型站点服务区在原特区内的罗

湖区和福田区分布较多。孕育型站点服务区在原特区内均有分布,便于用轨道交通引导土地开发,落实TOD建设思路,但积累城市活力需要一定的时间。可以采用差异化的方式,引导各类站点服务区周边土地利用实现合理的强度和均衡度。

本文方法可作用于TOD战略阶段和实施阶段,通过动态调整,辅助TOD一体化建设。首先,该活力测度能协助现有的TOD评估,反馈至城市规划、交通规划以及国土管理等多个机构,辅助完成优先投入、加强开发以及更新修正等决策,更大效率地制定本土化和精细化的TOD发展细则,切实提升TOD效果。第二,该活力测度能为沿线土地开发商提供投资建议,推动政府、轨道交通公司和开发商达成合作,降低投资风险,在一定程度上平衡城市开发潜力与公共交通的公众利益。第三,市民和社会组织能通过可视化评估结果,自下而上协助建设更高标准的TOD社区。

虽然本研究利用百度热力数据和建筑、土地利用数据做了大量的计算和分析,但以描述性分析为主。在下一阶段的工作中,将利用定量模型,更精确地测度各项建成环境因素对城市活力的影响。

## 参考文献

- [1] Zhou J, Wang Q, Liu H. Evaluating transit-served areas with non-traditional data: an exploratory study of Shenzhen, China. *Journal of Transport and Land Use*, 2018, 11(1): 1323-1349
- [2] Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research, Part D, Transport and Environment*, 1997, 2(3): 199-219
- [3] Institute for transportation and development policy. TOD standard [EB/OL]. (2017-06) [2018-09-23]. <https://www.itdp.org/publication/tod-standard/>
- [4] 杜洋, 柴彦威, 杨家文, 等. 基于GPS数据的北京市居民活动规律性与可预测性研究. *地理与地理信息科学*, 2015, 31(6): 47-51
- [5] 刘泉. 轨道站点地区TOD规划管理中的指标控制. *规划师*, 2018, 34(1): 48-58
- [6] 彼得·卡尔索普, 杨保军, 张泉. TOD在中国: 面向低碳城市的土地使用与交通规划设计指南. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014
- [7] 广东省住房和城乡建设厅. 广东省低碳生态城市规划建设指引[EB/OL]. (2018-01) [2018-09-23]. <http://www.gd.gov.cn/>

- //www.doc88.com/p-2438402091506.html
- [8] Jacobs J. The death and life of American great cities. New York: Random House, 1961
- [9] Bosselmann P, Elizabeth M, Kronmeyer T. Livable streets revisited. *Journal of the American Planning Association*, 1999, 65(2): 168–180
- [10] Montgomery J. Making a city: urbanity, vitality and urban design. *Journal of Urban Design*, 1998, 3(1): 93–116
- [11] Ravenscroft N. The vitality and viability of town centres. *Urban Studies*, 2000, 37(13): 2533–2549
- [12] Marquet O, Miralles-Guasch C. Neighborhood vitality and physical activity among the elderly: the role of walkable environments on active ageing in Barcelona, Spain. *Social Science & Medicine*, 2015, 135: 24–30
- [13] 吴志强, 叶锺楠. 基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例. *城市规划*, 2016, 40(4): 33–40
- [14] 张俊涛, 武芳, 张浩. 利用出租车轨迹数据挖掘城市居民出行特征. *地理与地理信息科学*, 2015, 31(6): 104–108
- [15] 张程远, 张淦, 周海瑶. 基于多元大数据的城市活力空间分析与影响机制研究——以杭州中心城区为例. *建筑与文化*, 2017(9): 183–187
- [16] 王德, 钟炜菁, 谢栋灿, 等. 手机信令数据在城市建成环境评价中的应用——以上海市宝山区为例. *城市规划学刊*, 2015(5): 82–90
- [17] 谭欣, 黄大全, 赵星烁, 等. 基于百度热力图的职住平衡度量研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 52(5): 622–627
- [18] 王京元, 郑贤, 莫一魁. 轨道交通 TOD 开发密度分区构建及容积率确定——以深圳市轨道交通 3 号线为例. *城市规划*, 2011, 35(4): 30–35
- [19] 乐晓辉, 陈君娴, 杨家文. 深圳轨道交通对城市空间结构的影响——基于地价梯度和开发强度梯度的分析. *地理研究*, 2016, 35(11): 2091–2104
- [20] Yang J, Chen J, Le X, et al. Density-oriented versus development-oriented transit investment: decoding metro station location selection in Shenzhen. *Transport Policy*, 2016, 51: 93–102
- [21] 刘毅华, 陈浩龙, 林彰平, 等. 城中村非正规经济的空间演变及其对土地利用的影响——以广州大学城南亭村为例. *经济地理*, 2015, 35(5): 126–134
- [22] 林雄斌, 杨家文, 丁川. 迈向更加可支付的机动性与住房——公交导向开发及其公平效应的规划解析. *城市规划*, 2018, 42(9): 122–130
- [23] 深圳市城中村(旧村)总体规划(2018—2025)(征求意见稿)[EB/OL]. (2018–11–08) [2019–05–22]. [http://www.szft.gov.cn/bmxx/qcsgxj/tzgg/201903/t20190327\\_16725411.htm](http://www.szft.gov.cn/bmxx/qcsgxj/tzgg/201903/t20190327_16725411.htm)