引文格式：高富丽,王成芳. 广州主城区轨交站域活力时空分异与分类优化探讨[J]. 地理空间信息, 2024, 22(6): 61-65. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.06.014

广州主城区轨交站域活力时空分异与分类优化探讨

高富丽[1]，王成芳[2]
（1. 浙江省城乡规划设计研究院，浙江　杭州 310000；2. 华南理工大学 建筑学院，广东 广州 510641）

摘　要：基于GIS平台结合百度热力图工作日和休息日全时段数据，深度解析广州主城区164个地铁站域活力时空分布，并基于平均活力值和活力离散系数划分6种站点类型，分类解析及探讨优化提升策略。研究表明：①时间维度：工作日站域活力集聚比休息日早，整体持续时间长；空间维度：工作日和休息日热力空间分布整体无显著差异，呈“从中心向外围逐步衰减”圈层结构。②以“平均活力值”和“活力离散系数”双重指标将164个站点分为6种类型，其中“高活力-低离散型”站点占51.8%。③不同类型站点活力变化差异显著，低活力站点开发强度低、高离散站点用地不均衡现象严重，建议根据6类站点不同活力特征进行精细化空间优化提升。

关键词：百度热力图；轨交站域；平均活力值；活力离散系数；广州主城区
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）06-0061-05

Spatio-temporal Differentiation and Classification Optimization of Rail Transit Stations' Vitality in Main Urban Area of Guangzhou

GAO Fuli[1], WANG Chengfang[2]
(1. Zhejiang Institute of Urban and Rural Planning and Design, Hangzhou 310000, China;
2. School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: Based on the GIS platform and the full time data of Baidu heat map workday and rest day, we deeply analyzed the spatio-temporal distribution of 164 subway stations' vitality in the main urban area of Guangzhou, divided six types of stations based on the average vitality value and vitality dispersion coefficient, and classified and discussed the optimization and promotion strategies. The research shows that①The vitality of station area on working days is earlier than that on rest days, and the overall duration is longer. The overall thermal spatial distribution of workdays and rest days has no significant difference, showing a "gradual attenuation from the center to the periphery" ring structure. ②The 164 sites are divided into six types by the double indicators of "average vitality value" and "vitality dispersion coefficient", of which "high vitality-low dispersion" sites account for 51.8%.③The vitality of different types of sites varies significantly. The development intensity of low vitality sites is low, and the land-use imbalance of high discrete sites is serious. It is suggested to optimize and improve the refined space according to the different vitality characteristics of six types of sites.

Key words: Baidu heat map, rail transit station area, average vitality value, vitality dispersion coefficient, main urban area of Guangzhou

存量规划背景下，轨道交通站点区域（下文统一简称为“轨交站域”）建设与城市可持续发展紧密联系，以地铁为典型代表的大运量轨交站点对优化空间格局、集约建设用地、盘活存量用地都发挥积极促进作用。激发集聚城市核心资源的轨交站域活力，是实现轨交站点与公共活动中心空间耦合、城市资源高效配置的重要途径，也是存量时代实现城市可持续发展的重要基础。根据不同类型站点分类提出指引和管控措施，是精细化开展城市更新的必然要求。

目前关于城市活力相关研究在不同尺度均有涉及，但中观层面相关活力研究涉及相对较少。其中关于轨交站域活力研究受到一定关注，如叶锺楠[1]等利用空间使用强度系数和TOD指数对站域范围空间使用利用情况进行量化计算；周雨霏[2]等基于城市活力空间和时间维度的表现对站点进行划分分类研究；袁铭[3]等以使用强度和活动复合度评价公共空间使用绩效。但多数研究中活力测度指标设计以空间维度人群聚集情况表征活力指标，忽视了活力空间变化，且多

收稿日期：2023-02-07。
项目来源：国家自然科学基金面上项目（52078217）；亚热带建筑科学国家重点实验室自主研究课题资助项目（2021KA13）。
第一作者简介：高富丽（1995—），硕士研究生，助理规划师，研究方向为城市更新、城市设计，E-mail：gaofuli1995@163.com。
通信作者：王成芳（1978—），博士，副教授，研究方向为城市更新与保护、TOD等，E-mail：cfwang@scut.edu.cn。

为活力特征描述，实证研究较为缺乏。随着移动互联网和大数据时代的到来，各类城市新数据使城市活力量化研究变得更加精细和全面。本文以广州主城区164个轨交站域作为研究对象，基于网络开源数据解析其时间和空间双重维度的差异，结合其时空分异特征研判轨交站点类型，为站点空间活力优化路径提供实证参考和借鉴。

1 研究对象与范围

截至2022年5月，广州地铁运营里程为621 km，站点客流和活力一直稳居全国前列。目前运营轨交线路共16条、在建线路11条，其中有15条穿越主城区。故本文选取广州市主城区为研究范围，参照《广州市城市总体规划（2017–2035年）》划定的主城区范围，包括越秀、荔湾、天河、海珠四区，白云区北二环高速公路以南地区、黄埔区九龙镇以南地区及番禺区广明高速以北地区，面积约1 102 km^2，现开通运营的有164个地铁站点（不含APM站点）。

关于轨交站域范围划定主要来自交通导向发展（TOD）理论[4]，一般认为是10 min步行范围。亚洲国家学者多采用以500 m半径为研究范围[5-6]；住建部2015年发布的《城市轨道沿线地区规划设计导则》中划定300~500 m、500~800 m半径范围分别为核心区和影响区[7]；《城市居住区规划设计标准》（GB 50180–2018）将10 min生活圈对应500 m半径范围[8]。考虑研究可操作性和后期统计分析的一致性，本研究将轨交站域限定为半径500 m圆形边界。

2 基于时空双指标的轨交站域活力测度

2.1 数据来源与处理

百度热力图使用不同色块直观显示城市人口聚集情况，与其他数据相比，百度热力值数据采集方法简单，数据获取较容易，可以反映城市活力实时变化，近年来得到广泛应用，具体表现在衡量人在城市空间中的移动[9]、评价城市空间结构[10]、分析不同公共空间的活力时空分异特征[11-12]、测算职住平衡度[13]等方面。

本研究对站域活力测度综合考虑工作日和休息日，选取2021–05–17（周一）和2021年5月22日（周六）7：00–23：00，利用ArcGIS插件“百度采集工具箱”，以左下角坐标113.137 742，22.954 662，右上角坐标113.648 267，23.423 453数据范围，级别15为地图缩放级别，输出坐标为WGS84坐标系，每隔1 h采集百度热力图数据，共采集百度热力图34幅。基于ArcGIS平台统计，对每张百度热力图按照如下步骤处理：①利用Con函数将百度热力图分为0~7级，不同颜色代表不同热值，热值越高，人口密度越高，反之亦然；②按掩膜提取轨交站域热力值并矢量化处理，Union操作后赋予各站点热力值；③按照站点编号，运用函数计算不同时间点不同站点的活力值；④基于各站点不同时间活力值计算站域活力平均值、站域活力离散系数。之后对各站点的活力值参照区间[0–3–5–7]进行划分，分别为低、中、高活力站域。

2.2 测度指标的确定

轨交站域活力包括各站点活力分布横向对比和同一空间不同时间段的活力纵向变化情况，为了更精细解析站域活力变化特征，本研究通过“站域平均活力值”（V）和“站域活力离散系数”（D）2个指标对轨交站域活力进行纵向测度。

1）站域活力值，是对某站点某一时刻站域人群密度的度量，用该时刻人群活力值加权总量与轨交站域面积的比值来表示。数值越大，活力越高。为观察工作日和休息日站域活力差异，分别进行平均活力值的计算。

$$H_{ij}=\frac{\sum_{n=1}^{7}nS_n}{\pi r^2} \tag{1}$$

式中，i为站点编号，i=1，2，…，164；j为不同时刻，按照工作日、休息日从早到晚的顺序，j=1，2，…，34（前17个为工作日，后17个为休息日）；r设定为500 m；n为1~7级热力值；S_n为热力值为n的区域面积；H_{ij}为站点i在j时刻活力值。

2）站域平均活力值，是分别对工作日和休息日站域平均活力值进行加权计算。考虑到一周有7 d，工作日和休息日时间占比不同，因此以一周内工作日和休息日各占的天数比例为系数进行修正。

$$M_i=\frac{5\sum_{j=1}^{17}H_{ij}+2\sum_{j=18}^{34}H_{ij}}{119} \tag{2}$$

式中，M_i为轨道交通站点i一周的活力平均值。

3）站域活力离散系数，反映人群密度随时间变化情况，用标准差与一周站域平均活力值的比值表示。数值越小，站域活力波动越小，活力值越稳定。

$$CV=\frac{\sqrt{\frac{1}{119}\left[5\sum_{j=1}^{17}\left(H_{ij}-M_i\right)^2+2\sum_{j=18}^{34}\left(H_{ij}-M_i\right)^2\right]}}{M_i} \tag{3}$$

式中，CV为站点i工作日和周末热力值随时间变化的离散程度。

3　基于热力图的轨交站域活力时空分异

3.1　轨交站域活力时间变化特征解析

整体来看，工作日和休息日不同时间点活力变化趋势相近，均呈现上午时间段活力快速上升、中午到下午活力持稳，晚上到22：00后缓慢下降的波动模式。

具体到高、中、低3个级别活力的站点变化情况来看，工作日和休息日不同时刻不同空间活力等级的站域数量占比随着时间变化显著。

3.2　轨交站域活力空间分布特征解析

整体来看，工作日和休息日站域活力值从主城区中心向外围逐步衰减，呈现明显的圈层衰减结构。高活力站域主要集中分布且持续时间最长的在海珠区、天河区、越秀区和荔湾区。因篇幅所限，仅显示工作日和休息日各站平均活力空间分布。

具体来看，7：00并未出现明显的高活力站域，休息日相对于工作日更为明显。为了进一步解析站域活力与空间形态的关联，将7：00热力图与卫星图进行叠加发现：工作日的白天活力起点往往源于城中村和大型居住区，如棠东站、杨箕站；9：00活力值基本达到高活力区间，但仍存在部分外围站点低活力区间。此后高活力站域数量总体处于多数；低活力站域多位于主城区边缘的公服类站点，如白云新城站等；休息日低活力站域也主要集中在外围，尤其是非建设用地占比高的站点多处于低活力状态，如河沙、官洲、谢村、新造、暹岗、金峰、等站点。

4　基于双重指标的站点类型划分

4.1　一周站域平均活力和离散程度特征

一周站域平均活力和离散程度空间分布特征与区位之间的关系明显。一周站域平均活力从老城区中心向主城区外围，活力等级逐步降低。新老城市轴线及二者连接处均是活力最高的地方。离散系数可以反映站点活力变化程度，位于老城区的站点活力变化大多稳定，离散系数较小，向外则不同分级的离散系数都有分布，总体呈现主城区中心活力稳定性高、外围稳定性弱的规律。

4.2　六象限站点类型划分

《城市轨道沿线地区规划设计导则》中站点分类按照站点周边用地功能和站点交通服务水平划定，对站点指导具有重要作用，但缺乏从站点实际空间使用的角度出发对站点进行精细化分类。本研究采用“一周平均活力值”和“活力离散系数”双维度进行站点类型划分，可以结合站域活力强度和稳定性对既有站点进行更精准的研判。

前期参照周雨霏[2]等提出的四象限分类，以一周站域平均活力值均值和一周活力离散系数均值为划分为四类，但进一步研究发现该方法并不适用广州站点实际情况，分类过于宽泛致使各类特征并不明显。为了更加精细化研究广州主城区站域，本研究将活力值分为3个区间、离散系数分为2个区间，最终将164个站点分为高活力–低离散型（V_H–D_L）、高活力–高离散型（V_H–D_H）、中活力–低离散型（V_M–D_L）、中活力–高离散型（V_M–D_H）、低活力–低离散型（V_L–D_L）和低活力–高离散型（V_L–D_H）6个类型，如图1所示。

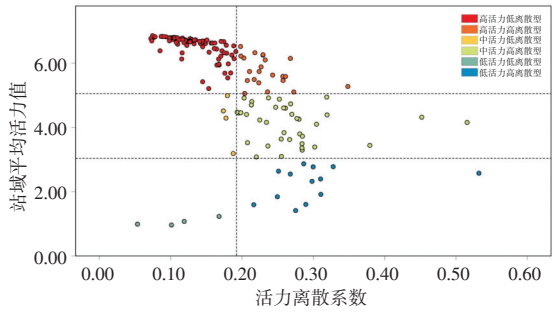


图1　广州主城区站点分类结果

5　基于双重指标的站点分类与优化思考

5.1　V_H–D_L高活力–低离散型

该类型站点主要分布在老城区，共计85个，占比51.8%，也从侧面反映出广州轨交站域建设较为成熟，站域活力整体较高且活力波动较平稳。总结这类站域功能形态主要为以下4种类型：以城中村为主、以商业办公为主、以成熟居住区为主、以专业市场为主。对此类型站点来说，总体策略是保持维护和优化现状空间要素。

其中，以城中村为主的站点，其活力与物质空间和社会环境的复杂性有着紧密关系。该类站点需要从提升物质空间的舒适性和社会环境的稳定性入手。一方面，优化空间环境，尽量开辟公共空间，引导用地与功能有序混合发展，纾解交通压力，优化和轨交站点衔接的慢行空间。另一方面，重塑不同群体对于共同生活环境的认同感，发挥本地村民和外来人口组织性，构建社区治安维护组织，优化社区治安环境。

以商业办公为主的站点多与城市中心体系结合，用地混合度较高，开发强度大，交通拥堵现象较为严重，如客村、珠江新城、体育西、石牌桥等站点，对于这类站点要尤其注重优化站点出入口的快速集散，避免造成高峰时段人流聚集而带来交通过大压力，轨交与其他交通方式的便捷衔接也需要更为关注。

以成熟居住为主的站点，一般位于老城区，居住人口密集但道路交通体系性不够，内部街巷密集但容易和机动交通造成过多交织，建议尽可能多地打通慢行交通线路，增强空间连通性，提倡和鼓励步行和非机动车换乘方式代替不必要的机动车出行。

以专业市场为主的站点，主要集中在西关、南关地区，专业市场带来大量人流物流。一方面需要优化商业与仓储空间的合理流线，科学管控空间发展强度；另一方面也需要提升慢行交通可达性，将场地内的街巷空间与城市路网最大化连通，避免造成站点地区的无序拥挤和干扰。

5.2 V_H–D_H高活力–高离散型

该类型站点在主城区中心和外围均有分布，大多位于综合商办区、大型居住区、大型批发城等，共计21个，占比12.8%，站域活力整体较高但活力值波动较显著。站点主导功能明显，功能相对单一，兼具高活力、高离散的特性，站点周边容易导致潮汐交通，出现职住不平衡的现象。如琶洲站以大型会展为主导功能，容易形成白天活力高夜晚活力低的现象。

该类站点建议保持维护好现状高活力空间要素，针对高离散的活力特征进行空间优化。区位因素是影响离散程度的关键要素，但站点的区位条件已经固定，多样化的功能密度和土地利用是该类站点优化的主要方向。对于空间使用效率低的用地，可通过更新改造的方式来提高其混合度，对于不易调整的地段，则可植入多元功能进行微改造。以鹤洞站为例，居住型导向的站点，鹤洞路北侧主要沿着东漖南路分布设施点，鹤洞路南侧的地块多为新建的高层居住，设施点极少，整个站域缺乏多元化服务设施功能。可以提高居住区底商的商家入驻率，将广州交通集团汽车修理基地置换为能够提供公共服务功能的设施，盘活存量用地。

5.3 V_M–D_L中活力–低离散型

该类型站点主要分布在主城区外围，只有4个，站域活力一般，活力值全天变化不大，往往也体现为站点建设尚不完善，建筑密度和容积率都比较低，功能业态也还发育不成熟，如滘口站、浔峰岗站等。

对于该类站点可以通过合理规划提倡集约化土地利用模式，增强用地多样性和土地开发强度，适当提高站点周边土地开发强度。如夏园站北侧的用地杂乱，工业园与城中村交杂，存在大面积的未利用空地。在资金允许的情况下，应该对片区进行重新的道路和用地规划，增加商业设施用地、公服用地，提高用地混合度。

5.4 V_M–D_H中活力–高离散型

该类型站点分布较为分散，共计37个，占比22.6%，站域活力一般，活力值波动比较显著。站域用地功能单一化现象明显，如新港东站周边为广交会展馆和公园，上午9：00之前活力低，9：00~18：00活力较高，18：00以后活力值迅速下降。

该类站点可通过增加用地功能混合度、提升路网密度等方式提升活力。发挥轨交站点优势，植入多元功能，盘活存量用地。如沙涌站周边的旧厂房可融入商业展销、餐饮、娱乐、休闲等设施，激活空间，构建珠江两岸的空间节点联系。如坦尾站周边的双桥路严重阻隔着北侧和南侧的用地，可通过下穿道路、人行天桥、增设地铁出站口等方式加强交通联系。注重开放空间整体轴线的打造，加强慢行空间联系。

5.5 V_L–D_L低活力–低离散型站点

该类型站点仅有4个，站域活力整体较低且活力变化也不大，主要分布各条地铁线路末端，大多在城市外围，站点周边发育不成熟，长期处于人口集聚较少的状态，站域多为农林用地或公园、物流园或工业园区等为主。整体来看，建筑密度低、开发强度小，土地利用粗放、类型单一，如长平站周边多为山体林地和村庄，很难实现高活力。

该类站点主要着眼于远期发展，建议充分结合TOD理念将站点周边的物质空间环境与站点本身的优势相匹配，建设地铁车站综合体，引导站点核心区域的高强度、高密度的土地开发，利用地铁车站通勤的优势，吸引和集聚人群。在空间设计过程中，要把握TOD的“3D”原则，保证相对高密度的土地开发，注重用地和功能混合度，提倡多样化交通方式，实现合理的设计保证环境的可达性。在具体实施过程中，加强政府和社会资本之间的合作，促使土地开发商完善轨道站点周边的服务性配套设施，如进行容积率奖励。在日本东京市的云雀丘站，针对主要交通线路沿途地块实施设施导入、行人网络整顿、周边空间整顿等街道重新规划的贡献项目，可以获得容积率补贴。上海市也提出能提供开放空间的，可获得符合规定的额外建筑面积。最终，加强站点与周边用地的联系，提高居民日常生活和交通出行的舒适度，提升人居环境质量。

5.6 V_L–D_H低活力–高离散型

该类型站点，共计13个，占比7.9%，站域活力整体较低且活力变化较大，主要分布在主城区外围，多为科学城周边，主要存在用地相对单一、职住失衡、空间利用率不高等问题。

该类站点建议可根据周边用地特征和其片区定位进行空间盘活，完善站域周边建设，增加用地混合度，关注功能业态多样性，提高空间使用率，打造主城区外缘的公共活动中心。同时，注重交通动线合理组织，改善站点接驳便利性。以科学城站为例，站域道路宽阔，绿化率高、景观丰富，可适当开拓非机动车路线，鼓励非机动车换乘；站点北侧公园可通过合理的路径与功能规划，加强与站点出入口之间的联系，引导该地区成为步行友好的空间和区域活力中心。

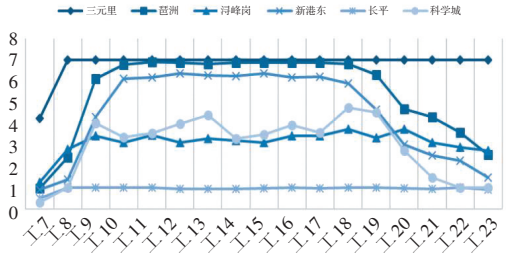


图2　6类典型站点工作日活力变化

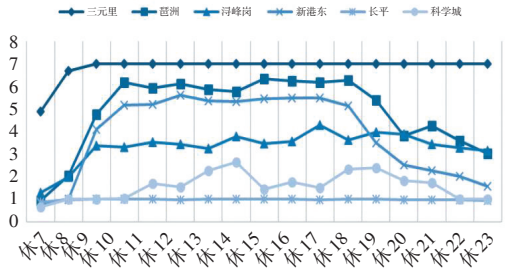


图3　6类典型站点休息日活力变化

6　结论与讨论

城市既有建成区域结合未来轨道交通站点的加密开展精细化城市更新，需要根据不同类型站点现状发展情况“因站制宜”，分类提出规划更新指引和管控措施，是未来城市高质量发展的必然趋势和要求。本研究利用百度热力图对广州主城区164个轨交站域活力进行时空变化特征解析，并基于一周平均活力值和活力离散系数将站点划分为6种类型，包括高活力低离散型（V_H–D_L）、高活力高离散型（V_H–D_H）、中活力低离散型（V_M–D_L）、中活力高离散型（V_M–D_H）、低活力低离散型（V_L–D_L）和低活力高离散型（V_L–D_H）这6类。研究结果表明：广州主城区不同站点类型的空间分布和所占比重不同。高活力低离散型站点比重最高，说明广州轨交站域的建设多数已经达到比较成熟的状态。建议针对不同站点采取差异化策略引导各类站点周边活力达到合理的强度和均衡度：V_H–D_L型站点应保持维护好当前好的空间要素，优化现有不利空间要素；V_H–D_H型站点应保持维护好当前高活力的空间要素，针对高离散的活力特征进行空间优化；V_M–D_L型站点应合理规划，稳步提升优化土地利用模式；V_M–D_H型站点应稳步提升活力同时均衡活力时间分布；V_L–D_L型站点应当进行站点周边的重点规划，实施开发；V_L–D_H型站点应在盘活空间的基础上均衡活力。

同时，高活力低离散型（VH–DL）站点是当前轨交站点发育相对最成熟的一种状态，但经过本研究分析，不管是处于哪种状态的站点均存在不同的空间发展问题，如高活力低离散型（V_H–D_L）站点主要面临着交通压力等，笔者希望结合本文研究思路动态监测站点的发展状态，不断优化站点存在的问题，各站点区位不同发展定位也有所不同，且和城市同步处于动态发展中，更重要的是需要针对各站点具体发展情况提出个性化优化提升策略，促进站点与周边协调发展，推动城市公共资源的高效配置。

参考文献

[1] Ye Z,Chen Y,Zhang L. The Analysis of Space Use Around Shanghai Metro Stations Using Dynamic Data from Mobile Applications[J]. Transportation Research Procedia,2017,25:3 147- 3 160

[2] 周雨霏,杨家文,周江评,等. 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[J]. 北京大学学报(自然科版),2020,56(5):875-883

[3] 袁铭,庄宇. 轨道交通站域公共空间使用绩效的评价与影响因素分析:以上海核心城区为例[J]. 建筑学报,2015(增刊):47-52

[4] 彼得·卡尔索普. 未来美国大都市:生态·社区·美国梦[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009

[5] 潘海啸,任春洋. 轨道交通与城市公共活动中心体系的空间耦合关系:以上海市为例[J]. 城市规划学刊,2005(4):76-82

[6] Sung H,Choi K,Lee S,et al. Exploring the Impacts of Land Use by Service Coverage and Station-level Accessibility on Rail Transit Ridership[J]. Joumal of Transport Geography,2014,36:134-140

[7] 城市轨道沿线地区规划设计导则:建规函[2015]276号[S].

[8] 城市居住区规划设计标准:GB 50180-2018 [S].

[9] 罗名海,谭波,秦思娴,等. 大数据视角下的武汉市人口格局探析[J]. 地理空间信息,2019,17(10):1-6

[10] 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[J]. 城市规划,2016,40(4):33-40

[11] 李志英,陈宁歆,汪琳. 成都历史文化街区热力研究[J]. 南方建筑,2020(6):36-41

[12] Long Y, Huang C. Does Block Size Matter? The Impact of Urban Design on Economic Vitality for Chinese Cities[J]. Environment. Planning,2019,46:406-422

[13] 杨昊彧,曾坚,田康. 人群聚集与用地构成关系下的职住平衡研究:以贵阳市主城区为例[J]. 南方建筑,2023(5):27-36