

广州市城市轨道交通车站及线路分类

孙泽彬^{1,2,3}, 熊思敏^{1,2,3}, 李冠耀^{1,2,3}, 徐茹玉⁴, 郑煜铭¹, 赵永明¹

(1. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060; 2. 广州市资源规划和海洋科技协同创新中心, 广东 广州 510060; 3. 广东省城市感知与监测预警企业重点实验室, 广东 广州 510060; 4. 吉林大学交通学院, 吉林 长春 130000)

摘要: 城市轨道交通在带动沿线经济发展的同时, 也出现了与城市功能发展不协调、运力资源利用不充分不平衡的问题。基于广州市12条城市轨道交通线路185个车站周边地区的人口、用地、客流量、POI、道路网和公共汽车交通设施等5类66项指标数据, 采用K-均值聚类方法将城市轨道交通车站划分为极端就业型、高度开发偏就业型、高度开发偏居住型、中度综合开发型、低度开发偏就业型、低度开发偏居住型6类。以不同城市轨道交通线路中各类型车站比例和运营指标数据为依据, 将城市轨道交通线路划分为梯度平衡型、职住极化型、功能混合型、客流不足型4类。最后, 提出广州市应以城市轨道交通廊道为整体来策划沿线车站的功能定位、周边用地开发强度和配套设施, 从而推动形成城市轨道交通廊道上的职住梯度平衡。

关键词: 交通规划; 城市轨道交通; 车站分类; 线路分类; 职住梯度平衡; 广州市

Classification of Urban Rail Transit Stations and Lines in Guangzhou

SUN Zebin^{1,2,3}, XIONG Simin^{1,2,3}, LI Guanyao^{1,2,3}, XU Ruyi⁴, ZHENG Yuming¹, ZHAO Yongming¹

(1. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou Guangdong 510060, China; 2. Guangzhou Collaborative Innovation Center of Natural Resources Planning and Marine Technology, Guangzhou Guangdong 510060, China; 3. Guangdong Enterprise Key Laboratory for Urban Sensing, Monitoring and Early Warning, Guangzhou Guangdong 510060, China; 4. Transportation College of Jilin University, Changchun Jilin 130000, China)

Abstract: While urban rail transit has contributed to economic development along its lines, it also has emerging issues such as misalignment with urban functional development and insufficient and imbalanced utilization of transportation resources. Based on data from areas of 185 urban rail transit stations across 12 lines in Guangzhou, this paper analyzes 66 indicators across five categories, including population, land use, passenger flow, points of interest (POI), road networks, and bus facilities. Using a K-means clustering method, the paper classifies urban rail transit stations into six types: extreme employment-oriented, highly developed employment-oriented, highly developed residential-oriented, moderately developed mixed-use, low-developed employment-oriented, and low-developed residential-oriented. Additionally, based on the proportion of station types and operational indicators along different rail transit lines, urban rail transit lines are categorized into four types: gradient-balanced, job-residential polarized, functionally mixed, and underutilized. Finally, the paper proposes that Guangzhou should develop an integrated planning strategy for urban rail transit corridors, aligning the functions of stations and the development intensity of surrounding areas and supporting facilities, to promote a gradient balance between jobs and residential areas along the rail transit corridors.

Keywords: transportation planning; urban rail transit; station classification; line classification; job-residential gradient balance; Guangzhou

收稿日期: 2024-02-01

基金项目: 广州市资源规划和海洋科技协同创新中心项目“空天地海一体化自然资源智能监测评价技术研究”(2023B04J0301)、广州市城市规划勘测设计研究院科技基金项目“城市交通数字治理关键技术研发与平台化应用”(RDI2230205061)

作者简介: 孙泽彬(1982—), 男, 广东潮州人, 硕士, 高级工程师, 交通规划设计所副所长, 研究方向为综合交通及战略规划、城市交通治理, 电子邮箱751649289@qq.com。

0 引言

城市轨道交通具有客运量大、通勤时段客流密度高等特征，成为超大城市的主要公共交通方式，带动了沿线经济发展。随着线路里程的增长，城市轨道交通与沿线城市功能发展之间的不协调以及运力资源利用不充分、不平衡的问题逐渐显现。例如2023年广州市地铁1号线客运强度达到4.36万人次·km⁻¹·d⁻¹，而地铁14号线及其支线客运强度仅0.34万人次·km⁻¹·d⁻¹。2023年11月，《住房和城乡建设部关于全面推进城市综合交通体系建设的指导意见》(建城〔2023〕74号)提出要有序推进城市快速干线交通系统建设、聚焦优化轨道交通线网及提升客流效益等重点任务、积极发挥轨道交通优化城市功能布局的作用，开展城市轨道交通建成项目效益评估。因此，对城市轨道交通车站和线路科学分类以准确评估使用特征，对于优化城市轨道交通与沿线城市功能的耦合关系以及解决城市轨道交通客流差异化和资源利用不足等问题具有重要意义。

国内外相关研究主要基于地铁刷卡数据通过聚类方法对城市轨道交通车站进行分类。基于北京市14个工作日地铁客运量数据，尹芹等^[2]采用K-均值聚类方法将地铁车站划分为8种不同类型，分析其客流特征和空间分布规律。基于广州市136个地铁车

站刷卡数据，谭章智等^[3]采用主成分分析法和K-均值聚类方法将地铁车站划分为7类。徐威等^[4]使用苏州市地铁1号线、2号线车站属性信息和周边环境信息，采用数据标准化、主成分分析、K-均值聚类等方法将车站划分为5类。利用2018年成都市兴趣点(Point of Interest, POI)、地铁刷卡、出行调查等数据，崔叙等^[5]基于“客流行为—用地结构”视角将乘客行为和实体空间进行关联聚类，通过K-均值聚类方法将136个城市轨道交通车站划分为7类，分析其空间格局与客流OD的通勤特征。基于武汉市城市轨道交通刷卡数据，李清嘉等^[6]使用引入客流特征的期望最大化(Expectation Maximum, EM)聚类方法将城市轨道交通车站划分为6类，并通过无序多分类Logistic回归模型定向分析车站客流吸引范围内建成环境因素对不同类别车站客流特征的影响。基于地铁刷卡数据，Yang Z.等^[7]，Chen Y.等^[8]采用随机森林的机器学习方法分析武汉与上海不同类型城市轨道交通车站的空间分布特征。基于高斯混合模型(Gaussian Mixture Model, GMM)与地铁刷卡数据，M. Meekyung^[9]运用混合聚类算法进行无监督学习，将首尔市233个地铁车站划分为8类。

既有对城市轨道交通车站分类的研究主要集中在客流特征、用地、建成环境等单一维度或双维度的分析，难以综合考虑车站周边多维度的城市开发情况；且既有研究多从独立的城市轨道交通车站角度解读城市功能，缺乏城市轨道交通线路分类以及与周边用地协同发展对策的研究。基于此，本文利用广州市12条城市轨道交通线路185个车站周边地区的人口、用地、客流量、POI、道路网和公共汽车交通设施等多源数据对车站进行分类，研究其空间分布特征，并以每条线路的车站分类和运营指标数据为依据对城市轨道交通线路进行分类，由此提出推动城市轨道交通与周边用地协同发展的对策建议。

1 数据来源及处理

以城市轨道交通车站周边800 m范围内人口集聚、客流变化、用地开发、公共服务配套、交通设施为研究对象，分析相关特征指标。其中车站周边人口密度和客流量通过手机信令数据分析得到，各类用地面积通过第三次全国国土调查(以下简称“三调”)获

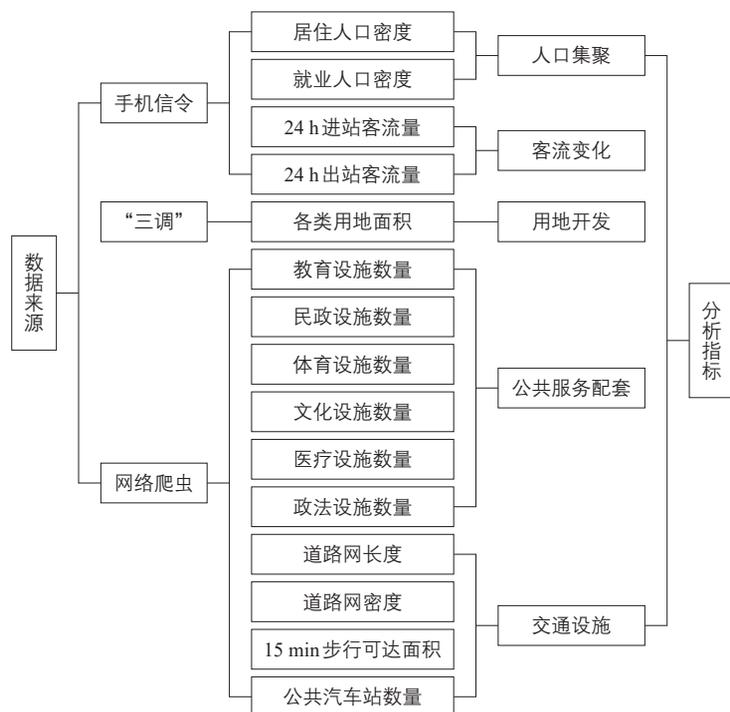


图1 数据来源及分析指标

Fig.1 Data sources and analysis indicators

取, 公共服务配套和交通设施数据通过Python网络爬虫技术获取(见图1)。

手机信令数据采集时间为2021年6月, 主要记录用户在该期间的短信收发、电话拨打以及静态条件下固定时间间隔的时空状态, 数据包含匿名用户唯一识别码、时间、基站、信令类型等信息, 通过在基站的停留时长识别用户的居住地和就业地。由于轨道基站具有不同的位置区码(Location Area Code, LAC), 乘客在进出城市轨道交通车站时会产生一条手机信令数据记录, 由此识别每小时进出车站客流量, 其中0:00—5:00列车停运无数据。进出车站客流量统计以2021年6月25日5 min 颗粒度手机信令数据为基础。

基于“三调”数据可以统计城市轨道交通车站周边800 m范围内各类用地的面积, 用地类型主要包括城镇住宅用地、商业服务业设施用地、城镇村道路用地等18类。

基于网络爬虫抓取的POI数据, 统计城市轨道交通车站周边800 m范围内教育设施、民政设施、体育设施、文化设施、医疗设施以及政法设施的数量。基于网络爬虫抓取的开放街道地图(OpenStreetMap, OSM)数据统计车站800 m范围内的道路网长度和道路网密度, 并通过GIS软件统计以车站为中心15 min步行可达面积。同时, 基于网络爬虫抓取的公共汽车站数据, 统计城市轨道交通车站100 m范围内的公共汽车站数量。

2 研究方法

2.1 城市轨道交通车站分类方法

经统计, 城市轨道交通车站的人口集聚、客流变化、用地开发、公共服务配套、交通设施数据分别有2, 36, 18, 6, 4个特征指标, 共计66个维度。本文采用主成分分析法进行数据的降维与特征提取, 再利用K-均值聚类方法对数据进行聚类, 由此将城市轨道交通车站划分为不同类型。首先, 对每一维数据进行标准化处理, 确保在相同尺度下对不同数据进行计算与比较。然后, 基于奇异值分解协方差矩阵的方法对数据进行主成分分析, 获得35个主成分作为降维后的特征。基于特征提取的结果, 进一步采用K-均值聚类方法对车站进行聚类分析。平方欧式距离下层次聚类数(K值)结果如图2所示, 由于本文考虑的特征指标较多, 图中并未出现明显拐点, 但在K值为6和14时存在一定斜率变化。结合相关文献对城市轨道交通

车站的分类数量结果^[2-9], 最终将K值设置为6。

2.2 城市轨道交通线路分类方法

基于城市轨道交通车站分类结果, 计算城市轨道交通线路中各类型车站的比例, 并结合线路客运强度、早高峰最大断面客流量、早高峰满载率与平均运距等运营数据, 对城市轨道交通线路进行分类。

3 基于多源数据的城市轨道交通车站分类

3.1 分类结果及特征

基于K-均值聚类方法将广州市具有完整数据的185个城市轨道交通车站划分为6类: 极端就业型, 高度开发偏就业型, 高度开发偏居住型, 中度综合开发型, 低度开发偏就业型, 低度开发偏居住型。分类结果和指标特征分别见表1和表2。

1) 极端就业型。

极端就业型城市轨道交通车站周边800 m范围内平均就业人口密度5.28万人·km⁻²、平均居住人口密度2.48万人·km⁻², 职住比2.13, 远超其他类型车站。用地类型以城镇住宅用地(26%)、城镇村道路用地(23%)、商业服务业设施用地(22%)、科教文卫用地(13%)为主, 有相对完善的公共服务设施, 车站周边交通接驳条件较好。客流具有典型的通勤潮汐性特征, 早高峰时段出站、晚高峰时段进站客流强度大。典型车站有珠江新城、体育西路、猎德等。

2) 高度开发偏就业型。

高度开发偏就业型城市轨道交通车站周边800 m范围内平均就业人口密度4.27万人·km⁻²、平均居住人口密度3.44万人·km⁻²,

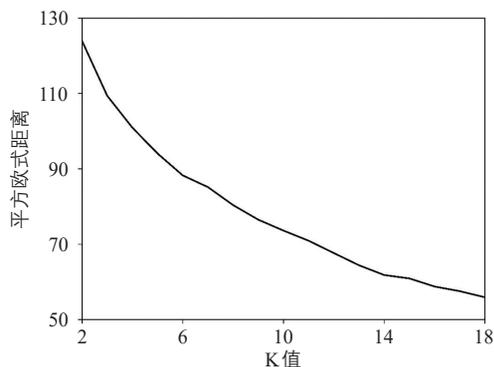


图2 平方欧式距离下的层次聚类数变化

Fig.2 Changes in hierarchical clustering numbers based on squared Euclidean distance

职住比 1.24。用地类型以城镇住宅用地(37%)、城镇村道路用地(15%)、商业服务业设施用地(11%)、科教文卫用地(10%)为主,公共服务设施完善度最高,车站周边交通接驳条件好、可达性高。客流出站早高峰和进站晚高峰特征较为明显,也存在一定的进站

早高峰和出站晚高峰,总体而言就业属性较居住属性更强。典型车站有五羊邨、动物园、区庄等。

3) 高度开发偏居住型。

高度开发偏居住型城市轨道交通车站周边 800 m 范围内平均就业人口密度 3.94 万

表1 广州市城市轨道交通车站分类结果

Tab.1 Classification of urban rail transit stations in Guangzhou

类型	数量/个	车站
极端就业型	5	珠江新城、体育西路、猎德、杨箕、广州火车站
高度开发偏就业型	13	五羊邨、动物园、区庄、东山口、烈士陵园、小北、农讲所、团一大广场、北京路、海珠广场、公园前、纪念堂、西门口
高度开发偏居住型	25	体育中心、石牌桥、岗顶、员村、燕塘、车陂、三元里、鹭江、客村、晓港、江泰路、昌岗、江南西、市二宫、一德路、陈家祠、长寿路、华林寺、黄沙、文化公园、同福西、凤凰新村、沙园、宝岗大道、燕岗
中度综合开发型	41	黄村、沙河顶、广州东站、越秀公园、中山八、西场、西村、植物园、江夏、黄边、梅花园、长湴、同和、大石、东晓南、坑口、花地湾、大沙地、车陂南、永泰、白云大道北、飞翔公园、林和西、洛溪、科韵路、潭村、天平架、黄花岗、鹅掌坦、赤岗、天河客运站、石溪、花果山公园、同德、南洲、花城路、鹤洞、东湖、中大、上步、如意坊
低度开发偏就业型	49	厦滘、鱼珠、西塱、白江、夏园、新塘、官洲、市桥、大学城北、萧岗、大学城南、五山、嘉禾望岗、文冲、芳村、会江、大塘、人和、东圃、龙归、沙村、香雪、南岗、白云公园、番禺广场、增城广场、萝岗、从化客运站、新沙、广州塔、菊树、聚龙、广州北站、磨碟沙、新港东、石壁、沙涌、龙溪、万胜围、钟村、员岗、汉溪长隆、清塘、石井、花都广场、花都汽车城、广州南站、琶洲、马鞍山公园
低度开发偏居住型	52	镇龙、山田、官湖、双岗、南海神庙、龙洞、太平、柯木塱、汤村、高塘石、南沙客运港、赤草、黄陂、三溪、广隆、白云东平、夏良、太和、神岗、朱村、塘坑、新和、坑贝、知识城、红卫、钟落潭、竹料、苏元、镇龙西、枫下、科学城、镇龙北、裕丰围、旺村、何棠下、南浦、飞沙角、凤岗、东风、金峰、石潭、小坪、滘心、亭岗、莲塘、飞鹅岭、沥滘、高增、清布、南横、南村万博、谢村

表2 广州市城市轨道交通车站周边特征指标

Tab.2 Characteristic indicators of areas surrounding urban rail transit stations in Guangzhou

特征指标		极端就业型	高度开发偏就业型	高度开发偏居住型	中度综合开发型	低度开发偏就业型	低度开发偏居住型
人口集聚	平均就业人口密度/(人·km ²)	52 775	42 696	39 378	22 692	10 859	5 175
	平均居住人口密度/(人·km ²)	24 771	34 437	40 056	23 868	11 060	5 781
	职住比	2.13	1.24	0.98	0.95	0.98	0.90
用地开发	主要用地类型及面积比例	城镇住宅用地 26%、城镇村道路用地 23%、商业服务业设施用地 22%、科教文卫用地 13%	城镇住宅用地 37%、城镇村道路用地 15%、商业服务业设施用地 11%、科教文卫用地 10%	城镇住宅用地 45%、城镇村道路用地 17%、商业服务业设施用地 13%、科教文卫用地 10%	城镇住宅用地 27%、商业服务业设施用地 19%、城镇村道路用地 17%、科教文卫用地 9%	商业服务业设施用地 18%、城镇村道路用地 18%、城镇住宅用地 18%、空闲地 8%	乔木林地 19%、城镇住宅用地 18%、商业服务业设施用地 13%、城镇村道路用地 13%
	教育设施数量/个	10	19	16	10	4	3
公共服务配套	民政设施数量/个	10	25	17	7	2	1
	体育设施数量/个	1	4	1	0	0	0
	文化设施数量/个	2	7	2	1	0	0
	医疗设施数量/个	20	22	10	7	3	1
	政法设施数量/个	3	3	3	1	1	0
交通设施	道路网长度平均值/km	21.6	19.6	19.3	19.9	17.7	11.1
	道路网密度平均值/(km·km ²)	11	10	10	10	9	6
	15 min 步行可达面积/km ²	0.60	1.16	1.00	1.11	1.64	0.73
	公共汽车站数量平均值/个	3	3	3	3	3	2

人·km⁻²、平均居住人口密度4.00万人·km⁻²，职住比0.98。用地类型以城镇住宅用地(45%)、城镇村道路用地(17%)、商业服务业设施用地(13%)、科教文卫用地(10%)为主，公共服务设施完善度较高，车站周边交通可达性条件较好。客流进站早高峰和出站晚高峰特征较为明显，也存在一定的出站早高峰和进站晚高峰，总体而言居住属性较就业属性更强。典型车站有体育中心、石牌桥、岗顶等。

4) 中度综合开发型。

中度综合开发型城市轨道交通车站周边800m范围内平均就业人口密度2.27万人·km⁻²、平均居住人口密度2.39万人·km⁻²，职住比0.95。用地类型以城镇住宅用地(27%)、商业服务业设施用地(19%)、城镇村道路用地(17%)、科教文卫用地(9%)为主，公共服务设施条件中等，车站周边交通可达性条件中等。客流特征相对多样化，部分为就业主导、部分为居住主导。典型车站有广州东站、林和西、黄花岗、天河客运站等。

5) 低度开发偏就业型。

低度开发偏就业型城市轨道交通车站周边800m范围内平均就业人口密度1.09万人·km⁻²、平均居住人口密度1.1万人·km⁻²，职住比0.98。用地类型以商业服务业设施用地(18%)、城镇村道路用地(18%)、城镇住宅用地(18%)、空地(8%)为主，公共服务设施条件一般，车站周边交通可达性条件一般。主要车站客流出站早高峰和进站晚高峰特征较为明显，也存在一定的进站早高峰和出站晚高峰，总体而言就业属性较居住属性更强，但相较于高度开发偏就业型车站其客运强度更低。典型车站有新塘、东圃、番禺广场、花都广场等。

6) 低度开发偏居住型。

低度开发偏居住型城市轨道交通车站周边800m范围内平均就业人口密度0.52万人·km⁻²、平均居住人口密度0.58万人·km⁻²，职住比0.90。用地类型以乔木林地(19%)、城镇住宅用地(18%)、商业服务业设施用地(13%)、城镇村道路用地(13%)为主，公共服务设施条件较差，车站周边交通可达性条件也较差。主要车站客流进站早高峰和出站晚高峰特征较为明显，也存在一定的出站早高峰和进站晚高峰，总体而言居住属性较就业属性更强，但相较于高度开发偏居住型车站其客运强度更低。典型车站有太和、南浦、滘心等。

3.2 空间分布

不同类型城市轨道交通车站的空间分布



图3 广州市不同类型城市轨道交通车站空间分布

Fig.3 Spatial distribution of different types of urban rail transit stations in Guangzhou

表3 不同城市轨道交通线路中各类型车站比例

Tab.3 Proportions of different station types in various urban rail transit lines

线路名称	车站类型					
	极端就业型	高度开发偏就业型	高度开发偏居住型	中度综合开发型	低度开发偏就业型	低度开发偏居住型
1号线	12	31	25	19	13	0
2号线	5	13	22	30	26	4
3号线	13	0	20	13	47	7
3号线北延段	9	0	8	50	25	8
5号线	20	20	5	35	15	5
6号线	0	17	17	33	8	25
7号线	0	0	0	0	75	25
8号线	0	0	41	22	22	15
9号线	0	0	0	18	46	36
13号线	0	0	0	0	64	36
14号线	0	0	0	0	17	83
14号线支线(知识城线)	0	0	0	0	7	93

如图3所示,可以看出车站的圈层化分布较为明显,其中极端就业型、高度开发偏就业型与高度开发偏居住型车站主要分布在内圈层,中度综合开发型车站和低度开发偏就业型车站主要分布在中圈层,而低度开发偏居住型车站主要分布在外圈层。极端就业型车站主要分布在天河CBD,是全市性的就业中心;高度开发偏就业型车站主要分布在越秀区,有较多的传统商圈和就业点,配套设施完善、综合条件较好,TOD开发相对完善;高度开发偏居住型车站主要分布在荔湾区北部和海珠区西部,是广州市传统老城区,也是大型居住区和城中村集聚的区域;中度综合开发型车站主要分布在天河区、白云区、番禺区等中圈层人口相对集聚的区域,车站周边开发有一定提升空间;低度开发偏就业型车站主要分布在海珠区、番禺区、黄埔区等开发时间相对较晚的区域,是外围TOD开发的潜力点;低度开发偏居住型车站主要分布在增城、从化与南沙等区域,车站周边开发程度较低。

4 基于车站类型的城市轨道交通线路分类

对不同城市轨道交通线路中各类型车站

的比例进行计算(见表3),将高度开发偏就业型和高度开发偏居住型车站合并、低度开发偏就业型和低度开发偏居住型车站合并,最终得到4类城市轨道交通车站。基于不同城市轨道交通线路中4类车站的比例和运营指标数据(见表4),将广州市城市轨道交通线路划分为4类:梯度平衡型,职住极化型,功能混合型,客流不足型。不同类型城市轨道交通线路空间分布和运营模式如图4和图5所示。

1) 梯度平衡型。

梯度平衡型线路特征如图5a所示,典型线路为地铁1号线和5号线,主要特征为4种类型车站比例相对较为均衡。沿线土地开发相对充分且功能复合,车站周边公共服务设施和交通可达性条件较好。客运强度较高,早高峰满载率高但未超负荷,线路运能利用率较高,平均运距呈现中短距离特点。该类型线路呈现中短距离小平衡、中长距离大平衡的职住平衡格局,即就业相对分散、就业与居住沿城市轨道交通线路间隔布置,职住关系在不同的梯度范围内都可以达到相对平衡的状态。从城市轨道交通与周边用地协同发展角度来看是相对理想的运营模式。

2) 职住极化型。

职住极化型线路的运营模式如图5b所

表4 广州市城市轨道交通线路分类及运营指标分析

Tab.4 Classification of urban rail transit lines and analysis of operational indicators in Guangzhou

线路类型	线路名称	车站类型比例/%				客运强度/(万人次·km ⁻¹ ·d ⁻¹)	早高峰最大断面客流量/(万人次·h ⁻¹)	早高峰满载率/%	平均运距/km	平均运距占线路长度的比例/%
		极端就业型	高度开发型	中度开发型	低度开发型					
梯度平衡型	1号线	12	56	19	13	4.10	3.88	83	4.9	26
	5号线	20	25	35	20	3.01	4.32	101	6.7	21
职住极化型	3号线	13	20	13	54	3.08	5.03	115	7.5	22
	3号线北延段	9	8	50	33	2.09	4.47	128	9.6	29
功能混合型	2号线	5	35	30	30	3.20	3.05	63	6.9	22
	6号线	0	34	33	33	1.75	1.67	71	6.3	15
	8号线	0	41	22	37	2.24	2.99	89	5.7	17
客流不足型	7号线	0	0	0	100	1.17	0.86	54	6.9	37
	9号线	0	0	18	82	0.49	0.49	48	9.2	46
	13号线	0	0	0	100	0.41	0.82	55	14.3	53
	14号线	0	0	0	100	0.26	1.19	82	18.5	34
	14号线支线(知识城线)	0	0	0	100	0.18	0.18	21	9.6	45

注:早高峰最大断面客流量和早高峰满载率为断面数据,其中1号线为西门口—公园前、5号线为员村—潭村、3号线为客村—广州塔、3号线北延线为燕塘—广州东站、2号线为三元里—广州火车站、6号线为黄沙—文化公园、8号线为昌岗—晓港、7号线为汉溪长隆—南村万博、9号线为清塘—高增、13号线为裕丰围—鱼珠、14号线为白云东平—嘉禾望岗、14号线支线(知识城线)为旺村—汤村。

资料来源:文献[10]。

示，典型线路为地铁3号线和3号线北延线，主要特征为中度开发型和低度开发型车站比例较高，就业岗位集中分布在天河CBD区段，其他区段以居住为主、缺乏就业吸引点，因此线路沿线的就业目的地单一。平均运距呈现中长距离特点，客运强度在所有类型中虽然不是最高，但是早高峰满载率远超负荷。线路全天运能利用率以及城市轨道交通与周边用地的协同发展均有待提升。

3) 功能混合型。

功能混合型线路特征如图5c所示，是梯度平衡型和职住极化型的混合，部分区段呈梯度平衡，部分区段呈职住极化。典型线路为地铁2号线、6号线和8号线，主要特征为高度开发型、中度开发型、低度开发型车站比例较高，沿线用地功能相对混合，客运强度、早高峰最大断面客流量较梯度平衡型和职住极化型线路相对低，早高峰满载率适中，平均运距适中。综上所述，该类型线路沿线用地开发强度仍有进一步提升的潜力。

4) 客流不足型。

客流不足型线路特征如图5d所示，典型线路为地铁7号线、9号线、13号线、14号线、14号线支线(知识城线)，沿线普遍是低度开发型车站。车站周边公共服务设施和交通可达性条件较差，主要客流需要在换乘站进行换乘，最终目的地仍以主城区为主，平均运距较长。客运强度、早高峰客流量均较低，运力资源未得到充分发挥，沿线用地

有待进一步开发建设。

5 城市轨道交通与周边用地协同发展对策建议

城市轨道交通沿线的车站类型(功能)分布对线路运营影响显著：1)梯度平衡型线路

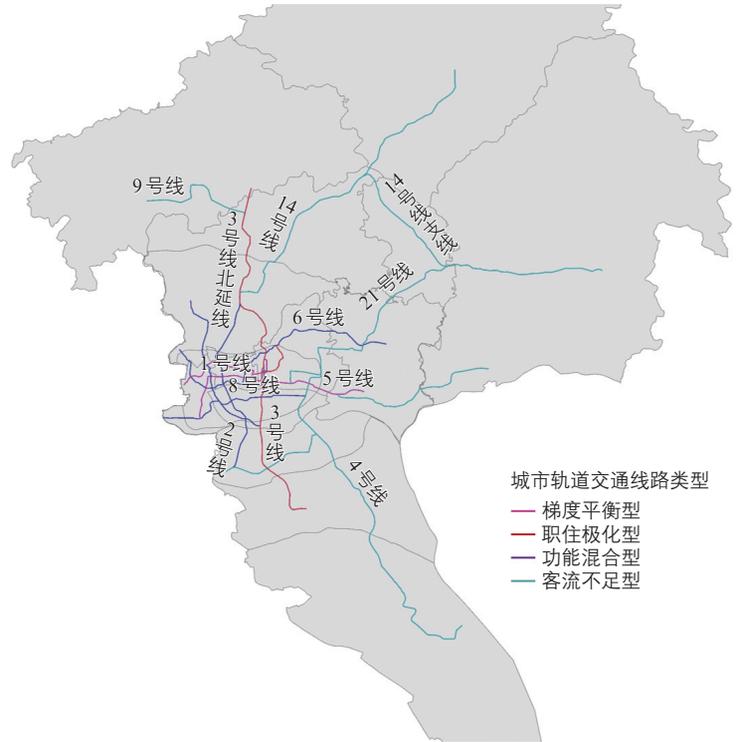
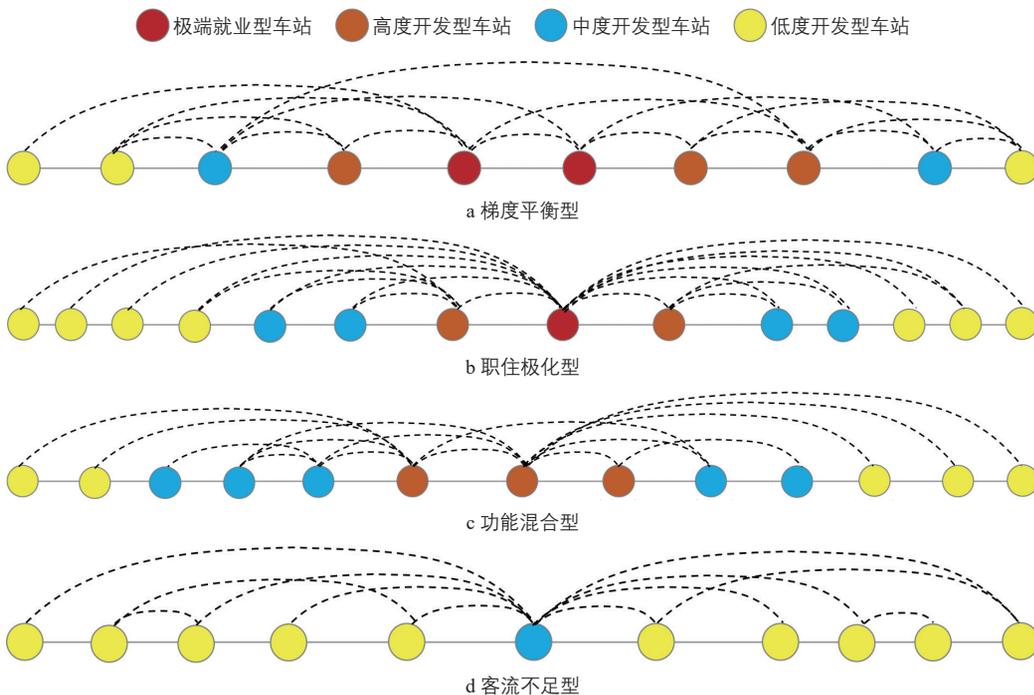


图4 广州市不同类型城市轨道交通线路空间分布

Fig.4 Spatial distribution of different types of urban rail transit lines in Guangzhou



注：图中虚线表示早晚高峰时段不同类型车站之间的主要通勤OD联系。

图5 不同类型城市轨道交通线路特征

Fig.5 Characteristics of different types of urban rail transit lines

沿线车站的功能极配较为合理,从城市轨道交通与周边用地协同发展的角度来看,是一种相对理想的模式;2)职住极化型线路沿线就业目的地单一,城市轨道交通与周边用地的协同发展有待提升;3)功能混合型线路介于梯度平衡型和职住极化型线路之间,中心城区区段呈现梯度平衡型线路的特征,外围地区区段呈现职住极化型线路的特征;4)客流不足型线路沿线用地开发不足,运力资源未得到充分发挥,沿线用地有待进一步开发建设。

根据国内外先进城市的发展经验,城市轨道交通是调节职住关系的重要抓手。例如:伦敦^[11]提出“新职住战略”(New Jobs and Homes),要求围绕公共交通可达性高的区域新增住宅区和就业岗位,以促进良性增长,实现交通与空间的协同发展;东京^[12]沿轨道交通线路圈层递进式布局城市功能,引导居住和就业沿轨道交通廊道实现平衡;北京^[13]倡导建立以轨道交通为导向的空间资源分配体系,面向都市圈构建“枢纽群+廊道”空间组织模式。

广州市已全面进入存量发展时期,预计到2035年之前将推进城市更新面积约300 km²、城中村改造272个^[14],而城市轨道交通仍是未来新增的重点交通基础设施,约有1400 km以上的地铁建设任务^[15]。因此,本文建议以城市更新为契机、以城市轨道交通为调控工具优化空间资源分配,推动城市轨道交通廊道沿线整体功能优化和运力资源合理利用。

1)针对职住极化型线路,应分散极端就业型车站的客流压力,在城市外围地区培育中度或高度开发型车站并增加就业岗位,培育形成功能更全面、全天运能利用率更高的车站分布格局,将“强中心、长距离”出行模式调整为“多中心、中距离”出行模式,使得线路沿线客流分布更加均衡高效。

2)针对功能混合型线路,应优化城市外围地区车站周边的用地功能,借鉴东京的经验^[12],在城市外围地区车站周边建设学校、大型游乐设施与休闲设施等,提高城市外围地区车站的用地开发强度,提升线路外围区段的运能利用率。

3)针对客流不足型线路,应逐步提升车站周边的用地开发强度,并在城市外围地区培育就业中心,以便这些地区的居民在周边获得就业岗位和生活服务,实现运力资源的充分发挥。

6 结束语

在优化城市轨道交通线网、提升客流效益的发展要求下,本文基于城市轨道交通车站周边的人口、用地、客流量、POI、道路网和公共汽车交通设施等多源数据开展城市轨道交通车站和线路的分类研究:将城市轨道交通车站划分为极端就业型、高度开发偏就业型、高度开发偏居住型、中度综合开发型、低度开发偏就业型、低度开发偏居住型6类;将城市轨道交通线路划分为梯度平衡型、职住极化型、功能混合型、客流不足型4类。

从城市轨道交通与周边用地协同发展角度来看,梯度平衡型线路是较为理想的模式;针对职住极化型、功能混合型、客流不足型3类线路,应定期开展运营效益评估,针对性地调整线路沿线用地功能和开发强度,统筹制定运营效益优化提升方案及沿线车站周边用地开发方案,引导居住和就业沿城市轨道交通廊道实现平衡。

本文进行城市轨道交通线路分类时主要基于线路的整体运营指标,对于不同时段、不同区段的运营情况缺乏考虑,未来可以进一步对城市轨道交通线路类型进行更细致、更科学的划分。

参考文献:

References:

- [1] 广州市地铁集团有限公司. 广州地铁2023年度报告[R]. 广州: 广州地铁集团有限公司, 2023.
- [2] 尹芹, 孟斌, 张丽英. 基于客流特征的北京地铁站点类型识别[J]. 地理科学进展, 2016, 35(1): 126-134.
YIN Q, MENG B, ZHANG L Y. Classification of subway stations in Beijing based on passenger flow characteristics[J]. Progress in geography, 2016, 35(1): 126-134.
- [3] 谭章智, 李少英, 黎夏, 等. 基于地铁客流的广州地铁站点类型识别[J]. 热带地理, 2017, 37(1): 102-111.
TAN Z Z, LI S Y, LI X, et al. Clustering of metro stations in Guangzhou based on passenger flow[J]. Tropical geography, 2017, 37(1): 102-111.

(下转第10页)