

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2026.03.013

武汉市轨道交通运营网络 多维度客流特征及启示

吴宁宁, 王东, 李玲琦, 高嵩, 肖逸影, 高文灿

(武汉市规划研究院(武汉市交通发展战略研究院), 武汉 430014)

摘要: 针对特大城市轨道交通网络化运营中存在的部分线路客流效益偏低问题, 以武汉市为研究对象, 构建“宏观—中观—微观”多层级联动分析框架, 系统性揭示客流形成机制, 并提出精细化的客流提升策略与预测技术优化路径。研究通过对比网络化不同阶段的客流演变趋势, 揭示客流增长呈现边际效益递减的规律; 在此基础上, 从线网、线路、站点及断面等多维度剖析客流时空分布特征, 并结合关联因素分析, 深入挖掘客流形成的内在机制。基于上述分析, 提出“核心区提质—中心区挖潜—外围区培育”的分圈层客流提升策略, 并构建“宏观多情景预测—廊道精准识别—全周期动态校准”的客流预测优化体系, 突破传统单一静态分析的局限。研究框架可为缓解客流不足与资源错配问题提供系统性技术参考。

关键词: 城市轨道交通; 网络化运营; 客流特征; 时空分布; 客流预测; 城市与交通协同

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2026)03-0101-09

Multi-Dimensional Passenger Flow Characteristics and Implications of Wuhan's Urban Rail Transit Network

WU Ningning, WANG Dong, LI Lingqi, GAO Song, XIAO Yiyi, GAO Wencan

(Wuhan Planning and Research Institute (Wuhan Transportation Development Strategy Institute), Wuhan 430014)

Abstract: To address low passenger flow efficiency in mega-cities' urban rail transit networks, this study takes Wuhan as a case, develops a multi-level framework to explore flow formation mechanisms, and proposes refined enhancement and prediction strategies. By comparing passenger flow evolution across different stages of networked operation, the study reveals a pattern of diminishing marginal returns in passenger flow growth, analyzes spatiotemporal characteristics at multiple levels, and identifies formation rules via correlation analysis. Based on the findings, a tiered strategy of “tapping the potential of core areas, improving the quality of central areas, and cultivating passenger demand in peripheral areas” is proposed, along with an optimized forecasting system that integrates macro-level multi-scenario prediction, corridor identification, and full-cycle dynamic calibration. The proposed framework provides systematic technical support for alleviating insufficient passenger flow and resource mismatch, offering practical value for sustainable urban rail transit development.

Keywords: urban rail transit; networked operation; passenger flow characteristics; spatiotemporal distribution; passenger flow prediction; urban-transport coordination

近年来, 我国城市轨道交通快速发展, 截至 2024 年底共 11 座城市大运能轨道交通里程突破 300 km^[1], 迈入网络化运营阶段。轨道交通客运量逐步超越常规公交, 在服务中长距离出行、缓解拥堵等方面作用显

收稿日期: 2025-07-29 修回日期: 2025-12-23

第一作者: 吴宁宁, 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为交通模型与信息化、轨道交通研究、城市交通规划, whjty_wnn@qq.com

基金项目: 武汉市交通运输局交通强国建设试点科技联合项目基金(2023-2-3)

引用格式: 吴宁宁, 王东, 李玲琦, 等. 武汉市轨道交通运营网络多维度客流特征及启示[J]. 都市轨道交通, 2026, 39(3): 101-109.

Wu Ningning, Wang Dong, Li Lingqi, et al. Multi-dimensional passenger flow characteristics and implications of Wuhan's urban rail transit network[J]. Urban rapid rail transit, 2026, 39(3): 101-109.

著。然而,目前多数城市面临实际公交客流低于预期的困境^[2],成为制约轨道交通高质量发展的突出问题,北上广深等城市陆续开展线网优化^[3-4]、低效车站识别和客流挖潜^[5-6]等相关研究与实践。

当前研究虽在数据分析技术方面不断优化,但多数仍缺乏从“宏观—中观—微观”多层级联动的视角,系统解析客流与出行结构、空间、用地、职住等要素之间的协同机制。由于缺失系统性分析框架,导致对客流形成机制的理解不足,造成客流预测模型与现实出行行为脱节,制约精准预测与科学挖潜策略的制定。

因此,构建多维度客流分析体系具有重要意义。从线网、线路、车站、断面等空间尺度出发,系统探究客流与宏观政策、空间布局、职住分布、用地开发等因素之间的关联机制。

武汉轨道交通已进入成熟网络化运营阶段。2024年城市轨道承担67%的公共交通客运量,站点800 m覆盖通勤比重为33%,位居全国前五^[7];据2020年居民出行调查,轨道交通平均出行距离达13.8 km,显著高于小汽车出行距离11.4 km^[8]。然而轨道交通日均客运强度仅0.82万人次/(km·d),客流表现低于预期。

基于此,以武汉轨道交通系统为研究对象,系统梳理其建设历程与客流演变规律,聚焦线网、线路、节点和断面4个层级,揭示客流空间分布特征及其关键驱动因素,进而总结客流效益挖潜与客流预测优化的有效路径。

1 武汉市轨道交通基本情况

1.1 线网演变及客流发展趋势

城市轨道交通成网过程中,客流随骨架线与新城区开通呈差异化、波动式发展,且受社会经济、机动化政策等外部因素的影响。结合线网建设与客流特征,武汉市轨道交通发展可划分为3个阶段(见图1)。

1.1.1 主城骨架形成与客流高速增长期(2012—2015年)

2012年起,武汉相继开通1号线、2号线、4号线、3号线,2015年底形成“工”字形主城骨架网络,总里程126 km,设站103座,实现三镇连通,有效填补主城用地成熟区域的设施空白,客流效益显著,实现客运量与强度双增长。2015年轨道交通日客运量约156万人次,客运强度为1.63万人次/(km·d)。

1.1.2 主城加密、新城拓展与客流效益调整期(2016—2019年)

主城区开通6号线、8号线、7号线,主城线网加密;



图1 轨道交通线网分布

Figure 1 Wuhan rail transit network at the different years

新城区开通21号线、11号线等,延伸2号线、1号线、7号线、8号线、4号线至新城区,实现新城区成轴发展。2019年底总里程340 km,其中主城区、新城区分别为195 km、145 km,共设站228座。

由于新开通的主城线路客运强度低于早期骨架线路,且新城线处于客流培育初期,因此客运强度逐渐下降,2019年日客运量337万人次,客运强度降至1.10万人次/(km·d)。

1.1.3 网络完善与客流调整期(2020—2024年)

主城区开通5号线,延伸8号线、11号线;新城区开通16号线、19号线,延伸7号线。2024年底总里程达518 km,其中主城区、新城区分别为260 km、258 km,共设站312座。

2019—2024年国内城市交通方式结构呈现“慢行与小汽车占比上升、公共交通下降”的趋势,如武汉市中心城区公交分担率从28%降至20%,北京从32%降至25%^[9]。在此背景下客运强度普遍面临先大幅下降、后期逐步恢复的趋势。截至2025年3月武汉城市轨道交通主要线路客运强度仅回升至2019年水平的9成。2024年日客运量约400万人次,客运强度降为0.82万人次/(km·d)。

1.2 城轨线网客流特征

2025年3月武汉轨道交通日均客运量约430万人次,进站量264万人次,换乘系数1.58,平均网络乘距12.9 km,高峰小时系数14.5%。

主城区与新城区轨道交通里程大致相当,但客流主要集中于三环内,且跨三环和三环外的客流占比逐

年增加。现状全日轨道交通出行 OD 中,起讫点均在三环内的占 63%,跨三环的占 30%,起讫点均在三环外的仅占 7%。与 2019 年相比,跨三环和三环外的客流占比合计增加 5%。

受“放射型、无环线”的网络格局影响,网络换乘系数 1.58,低于同等规模城市。线网平均乘距 12.9 km,在同类城市中处于中低水平,这与武汉市通勤距离分布及快线体系尚未成型有关。

网络化初期,由于覆盖范围扩大和城市空间拓展,平均网络乘距增长较快;进入成熟网络化阶段,网络乘距增速趋缓(见图 2)。乘距增速高于小汽车、常规公交等机动化方式,在提升中长距离出行效率和塑造城镇空间格局上逐渐发挥着不可替代的作用。未来随着“环+放射”与多层次线网体系的完善,换乘系数和平均乘距有望提升。

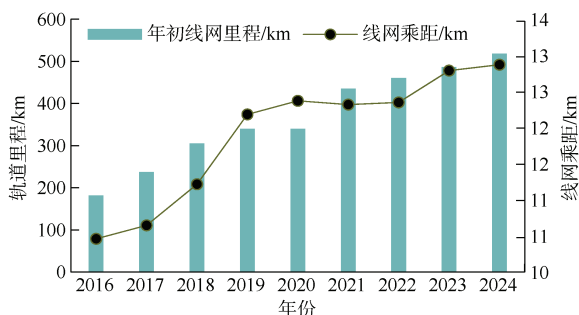


图 2 网络乘距变化趋势

Figure 2 Changes of network trip distance

1.3 线网客流及相关性分析

轨道交通客运量和客运强度是评价网络客流效益的关键指标,对两项指标的发展趋势和影响因素进行分析,有利于把握客流未来发展趋势。

2012—2025 年,武汉逐年网络客运量与站点 800 m 覆盖人口岗位规模之间呈显著正相关($R^2=0.97$),可见网络覆盖人口岗位是轨道交通引流的基础(见图 3)。

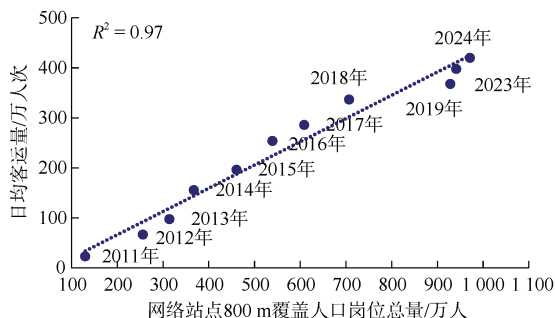


图 3 网络覆盖人口岗位和客运量回归分析

Figure 3 Regression analysis of network-covered population/jobs and flow

全网客运强度是评价轨道交通客运效益是否达标的指标,详细分析其指标构成可知,网络客运强度受“单位里程覆盖人口岗位”与“客转化率”直接驱动,计算公式见式(1)。

$$\text{客运强度} = \frac{\text{进站量} \times \text{换乘系数}}{\text{线网里程}} = \frac{\text{覆盖人口岗位} \times \text{单位人岗客转化率} \times \text{换乘系数}}{\text{线网里程}} \quad (1)$$

= 单位里程覆盖人口岗位 × 客转化率 × 换乘系数
式中,单位人岗客转化率(次/人·d)定义为站点覆盖人口岗位的日均轨道交通出行量,计为:网络进出站客流/站点 800 m 半径覆盖人口岗位总量。

分阶段客运强度演变趋势见表 1,轨道交通里程增加带来的客运边际效益先增后减。主城骨架形成期(2012—2015 年),单位里程覆盖人口岗位下降 46%,但客转化率上升 204%,客运强度显著提升。主城加密与新城拓展期(2015—2019 年),单位里程覆盖人口岗位下降 52%,客转化率上升 28%,客运强度下降。网络完善与客流调整期(2019—2025 年),单位里程覆盖人口岗位和客转化率均下降,导致客运强度进一步降低。

表 1 网络客流相关因素

Table 1 Factors related to network passenger flow

年份	2012 年	2015 年	2019 年	2025 年
年初里程/km	28.8	95.6	304.9	518.2
站点数/座	26	78	207	312
800 m 半径覆盖人口岗位/万人	256	461	708	938
单位里程覆盖人口岗位/(万人/km)	8.9	4.8 (-46%)	2.3 (-52%)	1.8 (-21%)
日客运量/(万人次/d)	23.1	155.6	336.7	423.2
平均客运强度/(万人次/km·d)	0.8	1.63	1.1	0.82
换乘系数	1.12	1.38	1.51	1.58
单位人岗客流转化率/(次/人·d)	0.16	0.49 (+204%)	0.62 (+28%)	0.56 (-12%)

上述指标中,单位里程覆盖人口岗位指标,随网络化过程中换乘站占比增加以及向新城区覆盖,呈边际效益递减趋势。而客转化率,呈现“先升后稳”的趋势,当前因经济下行、出行强度降低、公交分担率停滞,导致客转化率提升困难。

因此,网络化运营阶段轨道交通客流效益挖潜的核心是提升客转化率,具体措施包括:强化 TOD 发展,尤其是推动新城区人口岗位导入向站点周边集

聚；主城区优化机动化交通需求管控政策；适配网络格局与城市空间结构，提升轨道交通出行比例。

2 线路客流特征及成因分析

武汉市轨道交通线路基于空间区位与交通功能特征，可划分为穿城骨架线路、主城一般线路及新城线

路 3 类，各类线路客流特征存在显著差异(见表 2)。

从客流效益和增长趋势来看(见图 4)，全市 12 条线路进站客流量与覆盖人口岗位呈显著正相关($R^2=0.88$)。穿城骨架线与主城一般线因覆盖成熟建成区，客流增长较快，客运强度较高。而新城线普遍需 3~5 年的客流培育周期。

表 2 工作日城轨线路客流指标

Table 2 Passenger flow indicators for urban transit lines on a working day

分类	线路名	长度/km	站点数/座	日客运量/(万人次/d)	客运强度/(万人次/km·d)	三高断面/(万人次/h)	运距/km	高峰小时系数/%	方向不均衡系数	断面不均衡系数
穿城骨架线	2 号线	61	38	85~128	1.46	2.0	8.8	13.0	1.10	2.3
	4 号线	51	37	57~81	1.21	2.3	7.9	15.1	1.14	2.7
	7 号线	82	36	44~63	0.60	1.6	10.6	16.3	1.09	3.1
主城一般线	1 号线	39	32	34~43	0.90	1.2	7.2	14.0	1.01	2.5
	3 号线	30	24	35~50	1.39	1.7	6.1	17.1	1.01	2.1
	5 号线	38	27	34~46	0.96	1.7	7.2	13.7	1.17	2.7
	6 号线	43	32	39~51	1.00	1.2	6.5	14.3	1.01	2.5
	8 号线	38	26	34~45	1.00	1.3	6.8	15.0	1.01	2.0
新城线	11 号线	40	23	17~27	0.45	1.1	11.4	17.3	1.22	2.0
	16 号线	38	14	2~4	0.07	0.2	19.2	12.6	1.33	2.0
	19 号线	22	7	3~5	0.14	0.26	11.1	20.5	1.14	1.5
	21 号线	35	16	4~9	0.14	0.25	14.0	12.5	1.30	1.8
合计		518	312	390~550	0.82	—	8.2	14.8	—	—

注：线路客运量取工作日区间值，其他取值为 2025 年 3 月 25 日(周二)统计指标。

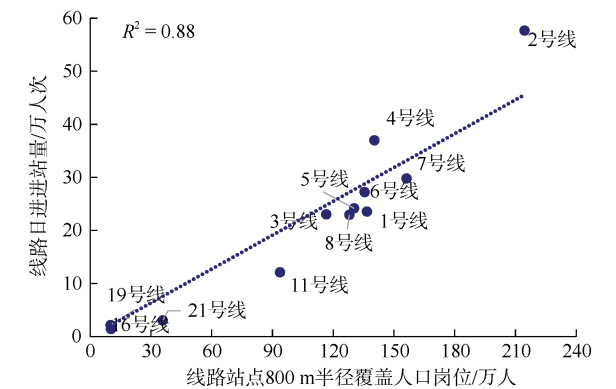


图 4 线路覆盖人口岗位与进站客流回归分析
Figure 4 Regression analysis of population and job coverage by line and inbound passenger flow

线路平均运距与区位、长度及站间距显著相关。出行起点在中心城区的轨道交通平均出行距离为 10.9 km，而出行起点在中心城区以外的平均出行距离则达 17.5 km。因此整体上新城线平均运距最高，超过 11 km；穿城骨架线次之，约 7.5~11 km；主城一般线最低，约 6~7.5 km。

高峰小时单向最大断面客流(“三高断面”)与客

运强度、运距、高峰小时系数、不均衡系数等指标呈显著正相关。以 2 号线和 4 号线为例(见图 5)，尽管 4 号线的客运强度、运距均低于 2 号线，但由于 4 号线高峰小时系数、方向不均衡系数、断面不均衡系数均显著高于 2 号线，导致 4 号线三高断面高于 2 号线。

不同类型线路的不均衡特征存在显著差异。新城线通勤功能突出，方向不均衡性更显著。而长骨架线路(如 4 号线、7 号线)断面客流呈现“核心区高、外围低”的分布形态，断面不均衡系数较高。

随着线网不断完善，线路客流特征亦发生动态演变。单条线路平均运距随着自身线路延伸而增加，随网络换乘体系的完善而降低。三高断面客流通常随着线路延伸而增加，随着平行线路开通则下降。

3 站点客流分布特征及成因分析

3.1 站点客流分布情况

全网共 312 座轨道交通站点(见图 6)，去除换乘站后共 272 座，客流分布呈显著的圈层差异化(见表 3)。二环内圈层，以 35%的站点规模承担全网 50%的进

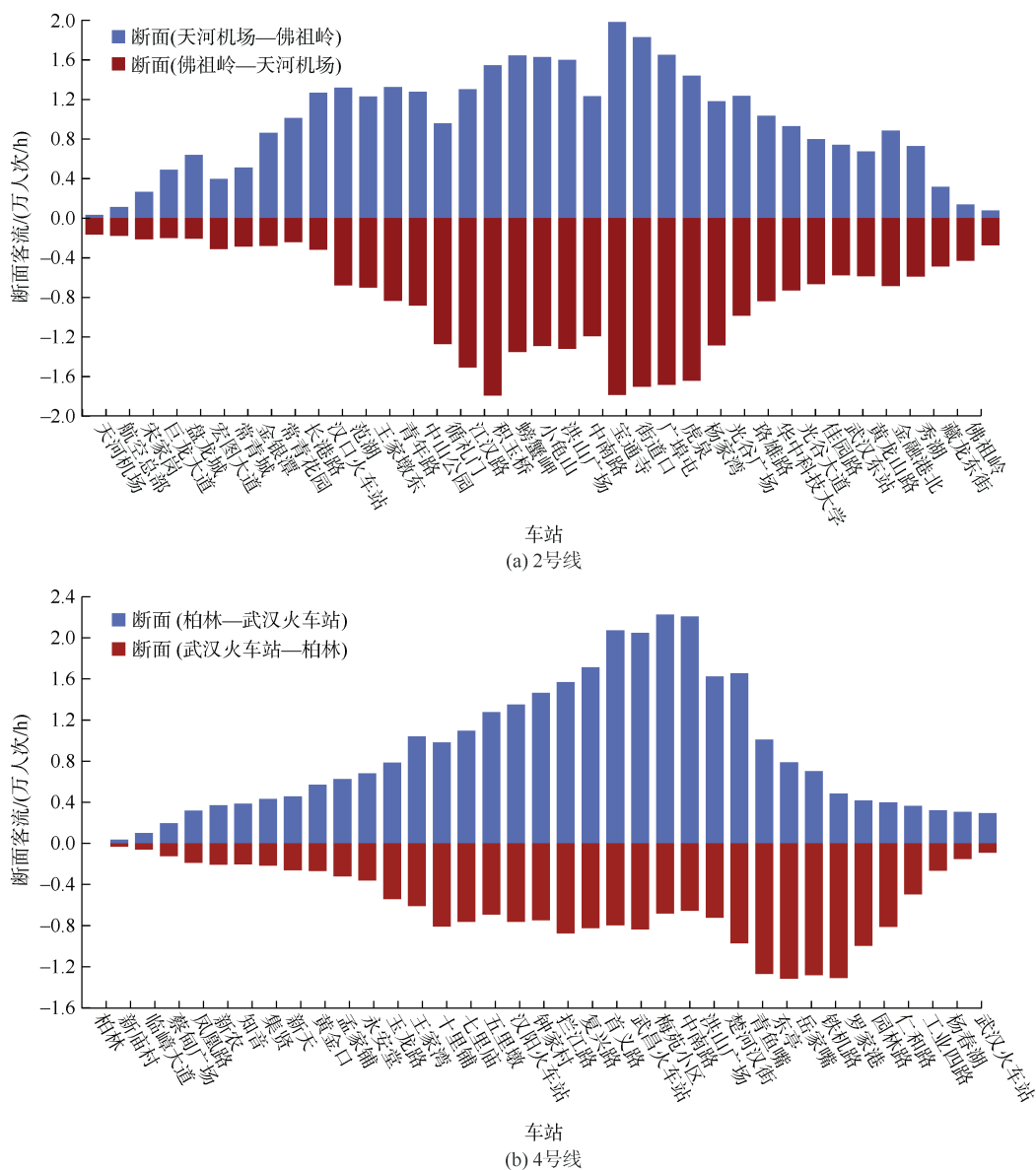


图5 2号线和4号线早高峰客流断面

Figure 5 Morning peak section passenger flow on Lines 2 and 4

站客流和83%的换乘客流，线网平均客运强度1.92万人次/(km·d)，站点人口岗位覆盖率87%，站均覆盖4.4万人口岗位，客流转化率为0.70次/(人·d)。该圈层站点覆盖人口岗位、客流效益均居于较高水平，周边商业、公服等建筑量占比明显高于其他圈层，对机动化出行依赖程度更高。可见二环内高客流，源于人岗聚集、高客流率的建筑业态密集、城轨发展条件成熟及道路拥堵等多重因素的“推拉效应”。因此，核心区客流提升策略重心，应从“增量扩张”转向“效率优化”，通过优化站点周边用地结构、提升“轨道+慢行”接驳效率和出行品质、探索错峰票价等多措并举，以提

升网络整体效能。

二环至三环圈层，以27%的站点规模承担全网29%的进站客流，线网客运强度0.92万人次/(km·d)，站均覆盖4.2万人口岗位。该区域虽人岗密集，然客流转化率仅0.47次/(人·d)，轨道交通的集约客运优势有待于挖潜。未来应立足将人口优势转化为实际客流，进一步优化线网布局与客流廊道的契合性，提升轨道交通的可达性和方式占比。

三环外圈层，以38%的站点规模承担全网21%的进站客流，线网客运强度0.27万人次/(km·d)，站均覆盖2.1万人口岗位，站点覆盖人岗密度、客流效益显著



图 6 轨道交通站点客流分布
Figure 6 Distribution of passenger flow at urban rail transit stations

表 3 武汉市分圈层站点客流指标
Table 3 Station coverage and passenger flow indicators by urban zone in Wuhan

指标	二环内 (0~7km)	二环—三环 (7~15km)	三环外 (>15km)	合计
线路长度/km	127.5	132.5	258.3	518.3
站点数/座	85	79	108	272
站间距/km	1.3	1.3	2.2	1.6
进站量/(万人次/d)	131	78	55	264
换乘量/(万人次/d)	131	15	12	159
覆盖人口岗位/万人	375	329	224	938
站均进出站客流/ (万人次/d)	3.08	1.97	1.02	1.94
单位人岗客流 转化率/(次/人·d)	0.7	0.47	0.49	0.56

低于其他圈层。该圈层客流转化率 0.49 次/(人·d)，略高于二环至三环圈层，是由于新城区线路站间距大、周边人口岗位密度较低，吸引范围远大于三环内中心城区。因此，新城区客流提升应从“建轨道”转向“建城市”，推进 TOD 开发夯实客流基础，强化站点综合交通衔接以扩展服务范围。

3.2 节点客流相关性分析

站点进站客流与 800 m 半径覆盖人口岗位总量呈现一定的正相关性(见图 7)，但相关性系数($R^2=0.44$)低于线路进站客流量与覆盖人口岗位的相关系数($R^2=0.88$)，可见站点层面进出站客流受更多因素的影响，如武汉站、汉口站等综合交通枢纽，以及江汉路、中山公园等核心商圈站点，进站客流远高于拟合值，体现了综

合交通枢纽和商业中心的客流聚集优势^[10]。

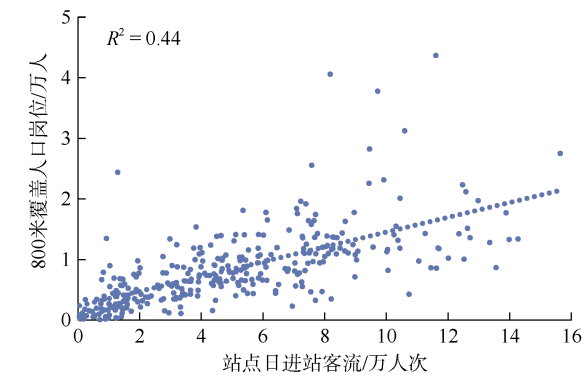


图 7 站点日进站客流与 800 m 覆盖人口岗位回归分析
Figure 7 Regression analysis of daily inbound passenger flow at stations and population and jobs within an 800 m catchment area

通过 Python 编程进行多元线性回归分析，挖掘站点客流与多要素间的关联程度，并且应用 F 检验法和 t 检验法对显著性进行检验。选择站点日进站客流、早高峰进站客流、早高峰出站客流作为因变量，引入站点覆盖人口总量、岗位总量和商业建筑面积、商务建筑面积、行政办公建筑面积、其他总建筑面积等指标作为自变量，分析客流与多指标之间的相关性(见表 4)。分析显示，早高峰出站客流的拟合优度最高(拟合优度 R^2 为 0.76)，且早高峰出站客流与人口总量、岗位总量、商业建筑面积的相关性最显著($P<0.05$)；全日进站客流的拟合优度值较好(拟合优度 R^2 为 0.53)，且受居住人口总量的影响较为显著；早高峰进站客流的拟合优度值较小(拟合优度 R^2 为 0.34)，但是与人口总量、岗位总量的相关性最显著。因此，采用站点覆盖人口、岗位、用地开发规模和用地性质等多因素，对站点预测客流指标进行校核，可在一定程度上提升客流预测精度。

表 4 Python 站点客流多元线性回归分析参数
Table 4 Parameters of the Python-based multiple linear regression analysis of station passenger flow

参数	全日进站客流		早高峰进站客流		早高峰出站客流	
	参数值	P 值	参数值	P 值	参数值	P 值
拟合优度 R^2	0.53		0.34		0.76	
常数项	3113	0.01	959	0.00	220	0.16
覆盖人口总量	0.16	0.01	0.05	0.00	-0.02	0.04
覆盖岗位总量	0.14	0.26	-0.05	0.04	0.11	0.00
商业建筑面积	0.10	0.61	-0.01	0.76	-0.06	0.03
商务建筑面积	-0.12	0.57	0.01	0.85	-0.02	0.40
行政办公建筑面积	0.32	0.53	-0.01	0.90	0.04	0.58
其他建筑面积	-0.12	0.16	-0.02	0.22	-0.02	0.16

4 断面客流特征及成因分析

4.1 断面客流分布特征

武汉市全日轨道交通高客流断面主要分布在二环核心区及从核心区至成熟新城间的交通廊道上。

高峰断面客流存在显著的方向不均衡性和断面波动性(见图8)。早高峰以进城客流为主,如过二环断面进城客流 18.9 万人次/h,出城客流 9.3 万人次/h,方向不均衡系数约 2.04,过三环断面进城客流 8.7 万人次/h,出城客流 5.3 万人次/h,方向不均衡系数约 1.62。

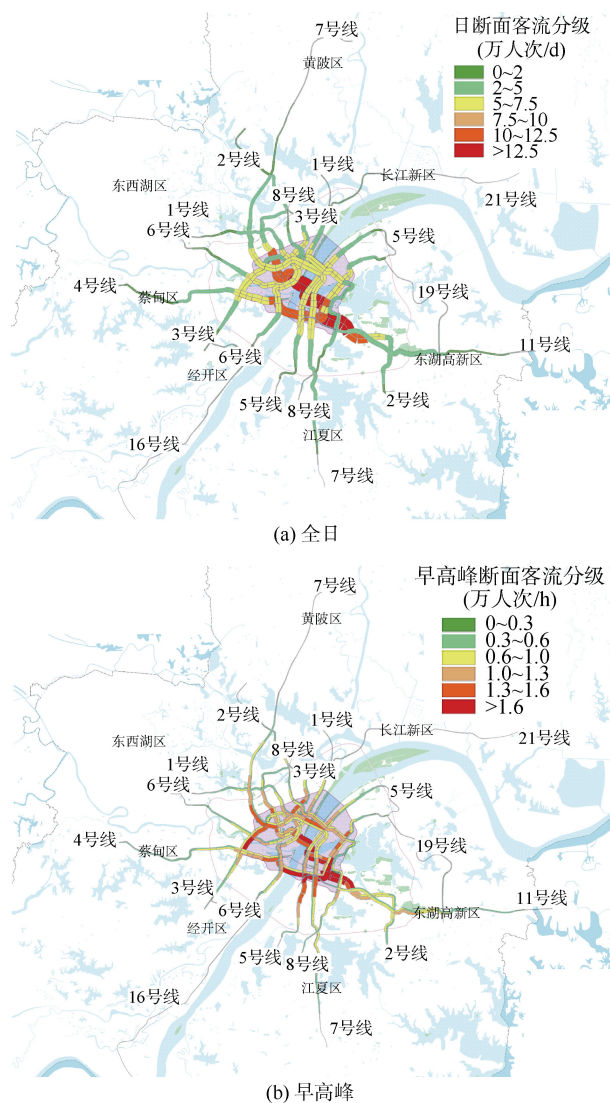


图8 工作日线网断面客流分布

Figure 8 Distribution of section passenger flow across the network on a working day

不同轴向线路断面客流特征呈现差异化。江夏、黄陂及东西湖等方向,呈现强进城通勤特征,早高峰进城/出城客流比值大于 1.7,展现出主城就业依赖性;东

湖高新方向,形成反向通勤,早高峰进城/出城客流比值约 0.8;经开区职住平衡相对较好,早高峰进城/出城客流比值介于 1.1~1.2。

4.2 高峰断面客流与职住关系

高峰断面客流的不均衡性较大程度上源于圈层性的职住分布差异性(见图9)。目前 70% 的就业主导型站点集中在二环内,88% 的居住主导型站点分布在二环外,导致早高峰大量外围居民进入核心区就业,线路客流沿外围向核心区累积,在二环附近达最大值,形成显著的潮汐特征。



图9 站点类型分布

Figure 9 Distribution of station types

职住失衡导致的潮汐特征和断面客流拥堵,不仅降低乘客体验,还造成运力资源浪费。需从两方面进行改善:宏观层面,通过培育外围就业次中心、构建多中心城市结构,减少跨圈层通勤比例,分散核心区客流集聚压力;中微观层面,结合不同圈层站点功能特征,通过 TOD 开发多样化用地业态,从源头减少长距离出行,缓解断面客流累积效应。

5 轨道交通客流特征对完善客流预测工作的启示

轨道交通客流预测是评价项目建设时序与方案设计的关键依据。其工作需综合城市社会经济、空间结构、土地利用、人口岗位、居民出行习惯及交通政策等现状与规划数据,对出行总量、空间分布、方式结构及轨道交通客运特征进行推演^[11-12],建模过程复杂,且存在多重不确定性。为提升预测准确性,建议从宏

观战略前提、建模算法与实施机制3个层面系统优化。

5.1 深化宏观战略研究,确立多情景预测框架

交通战略研究是客流预测的顶层框架,必须与城市发展愿景及资源约束相匹配。应摒弃单一的乐观假设,构建基准、乐观、保守等多情景分析模型,评估不同人口增长、经济增速、政策调控力度、新型出行模式下的客流潜力与风险。

同时,需结合不同时期的道路资源约束,科学制定公交分担率目标,并量化拥堵收费、停车管理等政策对客流的实际影响,为轨道交通发展提供清晰的战略导向。

5.2 提升通勤客流预测技术,实现廊道精准识别

精准识别客流廊道的时空分布与量级是提升预测精度的关键。多中心或单中心的空间格局,塑造截然不同的职住分布与出行特征,直接决定轨道客流断面的形态。以武汉为例,跨江穿湖、跨环线的职住联系特征及其导致的方向不均衡性,是高峰客流形成的决定性因素。

为此,需融合手机信令、POI等多源大数据,分析自然屏障与功能组团对出行OD的影响,并耦合空间演变趋势,优化交通廊道客流模型。在超大城市空间结构趋于稳定的背景下,结合大数据改进传统模型,引入出行链、活动链等新型建模算法,推动传统模型分析方法从宏观走向个体级、活动级的模拟,构建高精度通勤交通模型,提升预测的可靠性。

5.3 构建全周期客流预测动态校准机制

轨道交通预测工作贯穿规划、建设、运营全周期,各阶段聚焦重点和精度要求不尽相同。

线网规划阶段,应聚焦空间结构与骨干廊道的适配性,把握需求总量、廊道分布等演变趋势,确保客运量、负荷强度等关键指标精度合理。建设规划阶段,重点评估线路初期客运强度和远期三高断面等指标,应校核沿线人口岗位与预测客流的匹配性,支撑建设时序、明确规模、制式选择。工可/初设阶段,结合详细用地与交通接驳方案,精细预测站点分时段客流,为车站规模、出入口设计、车辆编组、运行图编制提供定量依据。因此,客流预测提升工作应贯穿所有阶段,必须建立“预测-建设-运营-反馈-修正”的闭环机制,利用最新客流、人口岗位、调查等数据持续校准模型参数,逐步提升客流预测精度。

6 结论

本文从线网、车站、断面等多维度系统分析武汉

轨道交通网络化进程中的客流空间分布特征及影响机理,提出分圈层差异化客流提升策略,构建多情景客流预测框架,增强研究成果的系统性与可操作性。主要结论如下。

1) 武汉轨道交通历经“主城骨架形成—主城加密与新城拓展—网络完善与客流恢复”三个阶段。骨架形成期实现客流规模与强度双增长,随着线网向新城延伸,客运强度随之下滑,呈现客流边际效益递减规律。

2) 覆盖人口与岗位规模是决定客流规模的核心因素。全网客运量和线路进站量与站点800 m覆盖人口岗位总量高度呈正相关。

3) 网络客运强度的核心驱动因素是单位里程覆盖人岗规模及客流转转化率。其中单位里程覆盖人岗指标呈边际效益递减趋势,而客流转转化率则呈现“上升—平稳”的趋势。

4) 提出“核心区提质、中心区挖潜、外围区培育”的分圈层精准提升策略。核心区客运强度已处高位,应从追求增量转向优化运营效率、乘客体验、政策支持。中心城区应重点挖潜人口优势,增强线网与客流廊道的匹配度。新城区应强化进TOD开发与综合交通衔接,缩短客流培育周期。

5) 依据空间分布与功能特征将线路划分为穿城骨架线、主城一般线及新城线三类。穿城骨架线和主城一般线因覆盖建成区,客流增速快、强度高;新城线普遍需3~5年培育期。平均运距与区位、长度及站间距显著相关,呈现“新城线>穿城骨架线>主城一般线”的特征。客流不均衡性方面,新城线主要表现为方向不均衡,长骨架线路则以断面不均衡为主。

6) 站点客流空间分布呈现显著圈层分化。二环内以35%的站点承担50%的进站客流和83%的换乘客流,客运强度达1.92万人次/(km·d);而三环外区域以38%的站点仅承担21%的进站客流,客运强度仅0.27万人次/(km·d)。

7) 断面客流时空分布呈明显的不均衡特征。由于70%的就业主导型站台集中于二环内,形成强烈的向心通勤流,早高峰客流呈现“核心区集聚”与方向不均衡特征。

8) 建议构建涵盖战略、技术与机制层面的多情景客流预测优化体系。战略层面,强调客流预测与城市空间结构、交通政策、方式结构目标的动态匹配,通过多情景分析避免过于乐观和超前建设风险;技术层

面,建议利用多源大数据、出行链和活动链等新型建模技术,提升通勤廊道客流预测的精度;机制层面提出分阶段客流动态校准机制,增强预测模型的适应性与可靠性。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 2024 年度统计和分析报告[R]. 北京, 2025.
China Urban Metro Association. 2024 Urban metro statistical and analysis report[R]. Beijing, 2025.
- [2] 汪光焘, 安健. 深化改革, 提升城市公共交通整体效能[J]. 城市交通, 2023, 21(6): 1-15.
Wang Guangtao, An Jian. Deepen reform to improve the integrated performance and overall efficiency of urban public transportation[J]. Urban transport of China, 2023, 21(6): 1-15.
- [3] 李向辉, 邱莅伟, 万涛, 等. 天津市轨道交通客流效能提升策略[J]. 都市快轨交通, 2022, 35(2): 105-110.
Li Xianghui, Qiu Liwei, Wan Tao, et al. Strategies for improving the passenger flow efficiency of Tianjin rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(2): 105-110.
- [4] 马小毅, 刘明敏, 何鸿杰, 等. 国土空间规划背景下广州低效城市轨道交通站点优化方法与实践[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(5): 85-95.
Ma Xiaoyi, Liu Mingmin, He Hongjie, et al. Optimization method and practice for ineffective urban rail transit stations under territorial spatial planning[J]. Railway transport and economy, 2025, 47(5): 85-95.
- [5] 沈云樟, 陈必壮, 王忠强, 等. 上海轨道交通 30 年客流特征分析[J]. 交通与运输, 2024, 40(2): 45-50.
Shen Yunzhang, Chen Bizhuang, Wang Zhongqiang, et al. Passenger volume characteristics of Shanghai rail transit in the past 30 years[J]. Traffic & transportation, 2024, 40(2): 45-50.
- [6] 王波, 张天然, 訾海波, 等. 上海轨道交通通勤客流特征研究[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(6): 23-32.
Wang Bo, Zhang Tianran, Zi Haibo, et al. Research on characteristics of Shanghai rail transit commuter flow[J]. Urban mass transit, 2024, 27(6): 23-32.
- [7] 住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室, 等. 2024 年中国主要城市通勤监测报告[R]. 北京, 2024.
Key Laboratory of Urban Transport Infrastructure Monitoring and Governance, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, et al. 2024 Commuting monitoring report of major chinese cities[R]. Beijing, 2024.
- [8] 武汉市自然资源和城乡建设局. 第四次武汉市居民出行试调查分析报告[R]. 武汉, 2020.
Wuhan Municipal Bureau of Natural Resources and Urban-Rural Construction. 4th Trial survey report on Wuhan residents' travel[R]. Wuhan, 2020.
- [9] 北京交通发展研究院. 2024 北京市交通发展年度报告[R]. 北京, 2024.
Beijing Transport Institute. 2024 Beijing Transport Development Annual Report[R]. Beijing, 2024.
- [10] 张鹏羽, 李正中, 张翕然, 等. 轨道交通客流影响因素的时空异质性与非线性分析: 以天津城市轨道交通为例[J]. 都市快轨交通, 2025, 38(2): 22-30.
Zhang Pengyu, Li Zhengzhong, Zhang Xiran, et al. Spatiotemporal heterogeneity and nonlinear analysis of factors influencing passenger flow in rail transit: a case study of Tianjin urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(2): 22-30.
- [11] 郑宣传, 秦勇, 郭建媛, 等. 基于多因素分析的地铁客流预测方法实证研究[J]. 都市快轨交通, 2025, 38(5): 57-63.
Zheng Xuanchuan, Qin Yong, Guo Jianyuan, et al. Empirical study of a multi-factor subway passenger flow forecasting method[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(5): 57-63.
- [12] 马超群, 王玉萍, 陈宽民. 城市轨道交通线网规划与客流预测分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2021: 193-239.
Ma Chaoqun, Wang Yuping, Chen Kuanmin. Urban rail transit network planning and passenger flow forecast analysis[M]. Beijing: China Communications Press, 2021: 193-239.

(编辑: 傅依萱)