

# 轨道交通新线客流后评估分析

李珂 杨慧芳 乐北晨

(武汉地铁运营有限公司, 430030, 武汉)

**摘要** [目的] 在城市轨道交通建设和运营中, 提高新线客流预测精度已逐渐成为轨道交通行业关注的重点问题之一, 因此有必要对传统新线客流预测方法进行评估、改进和优化。[方法] 介绍了武汉地铁的新线开通情况, 分析了武汉地铁新开线路的客运量走势规律, 以及预测客流与实际客流的对比情况; 基于线路客运量、分站客流量、断面客流量等客流指标, 分析了预测客流产生误差的原因; 提出了新线客流预测方法的改进建议。[结果及结论] 预测方法自身的局限性、线路及车站属性考虑不足, 以及预测基础数据不足等因素, 是导致新线客流预测产生误差的主要原因, 新冠疫情对客流培育、基于服务角度考虑等因素是导致新线客流预测产生误差的次要原因。提高新线客流预测精度的方法主要包括: 优化相关预测参数; 通过引入修正系数浮动因子加强对不同线路及车站的属性分析; 加强城市交通基础数据的积累, 以及客流敏感性分析; 探索新线客流预测新方法, 或对传统预测方法进行动态优化。

**关键词** 城市轨道交通; 新线客流预测; 误差分析

**中图分类号** U293.13

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2025.05.007

## Post-evaluation and Analysis of Passenger Flow on New Rail Transit Lines

LI Ke, YANG Huifang, YUE Beichen

(Wuhan Metro Operation Co., Ltd., 430030, Wuhan, China)

**Abstract** [Objective] In the construction and operation of urban rail transit, improving the passenger flow forecasting accuracy for new lines has gradually become a key focus in the rail transit industry. Therefore, it is necessary to evaluate, improve and optimize the traditional passenger flow forecasting methods for new lines. [Method] The newly launched metro lines in Wuhan are introduced. The trend pattern of passenger volume, and the comparison between the forecast and actual passenger flows on the new lines are analyzed. Based on passenger flow indicators such as line passenger volume, passenger flow volume of each station, and sectional passenger volume, the reasons for the passenger flow forecasting errors are analyzed, and improvement suggestions for the passenger flow forecasting method on new lines are put forward. [Result & Conclusion] Main reasons for the new line passenger flow

forecasting errors include the limitation of the forecasting method itself, the insufficient consideration of line and station attribute, and the insufficient basic data for forecasting. The secondary reasons are the impact of the COVID-19 pandemic on passenger flow cultivation and insufficient consideration from the perspective of service. The methods to improve the accuracy of new line passenger flow forecasting include optimizing relevant forecasting parameters, strengthening the attribute analysis of different lines and stations by introducing correction coefficients and floating factors, strengthening the accumulation of basic urban traffic data and the analysis of passenger flow sensitivity, and exploring new methods for passenger flow forecasting of new lines or dynamically optimizing traditional forecasting methods.

**Key words** urban rail transit; passenger flow forecasting of new line; error analysis

目前, 武汉地铁已开通运营线路 12 条, 总运营里程达到了 518 km, 车站总数达到了 312 座。线网规模已日趋成熟, 为掌握新线开通后的客流情况, 把握客流特征和规律, 及时修正、优化新线客流预测方法, 本文对近年来开通的较为典型的线路客流情况进行评估分析, 以发掘客流规律, 指导后续新线的客流预测工作。

## 1 武汉地铁历年开通新线情况

在 2015 年武汉地铁 3 号线开通前, 运营单位才开始做较为系统、翔实的客流调查, 并主要据此开展开通首年的客流预测工作, 故本文仅列出 2015 年后开通的主要线路。2015 年—2022 年武汉地铁线路开通情况示意图如图 1 所示。

## 2 新线实际客流与预测客流对比分析

影响轨道交通客流的因素众多, 包括经济性因素和非经济性因素, 按影响时间划分一般包括长期、短期、季节性及临时性因素。新线开通后, 客流

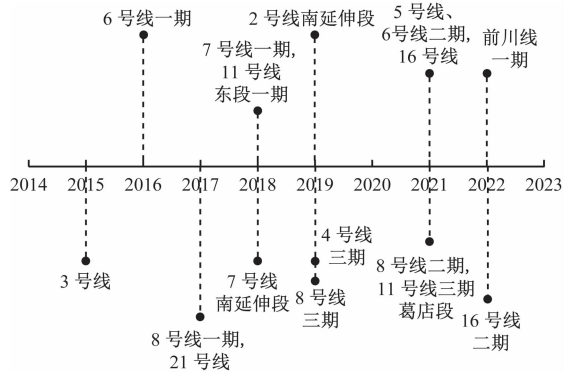


图1 2015年—2022年武汉地铁线路开通情况示意图

Fig.1 Schematic diagram of the opening of Wuhan Metro Lines from 2015 to 2022

情况会受到社会宏观因素(如人口规模、经济水平)、票价因素、线路规划建设和运营管理因素(如城市发展导向和土地开发、运输能力配置和交通衔接)、其他因素(重大事件、节假日、天气情况)等影响<sup>[1-2]</sup>。2015年以来,武汉地铁新线开通后的整体客流较预测情况偏低。

## 2.1 客运量对比分析

### 2.1.1 新线客运量走势一般规律

以新线开通后的全日客运量随时间的变化趋势为研究对象,新线开通后的客运量变化在整个规划期的走势大致可分为以下3类<sup>[3]</sup>:

1) S型。大部分新线开通后的客运量变化规律符合S型曲线增长规律,即开通后的客运量逐年增长至最大值后,趋于稳定。

2) 含有突变的S型。客运量走势总体符合S型曲线,但期间可能由于线网变化或其他外在因素导致客运量短期内出现突增或突降。

3) 高位下降。规划期内,新线开通后的客运量呈现先增长至最大值后下降的变化趋势。

### 2.1.2 武汉地铁新线客运量走势分析

轨道交通新线客流培育期一般为开通后3年,从近几年的客流情况来看,疫情前,武汉市大部分新线开通后的客运量呈逐年增长的变化趋势,以开通时间最久的武汉地铁3号线为例,2015年—2019年的年均客运量增长率达到了20.76%,开通第2年较首年的年均客运量增幅最大,达到了37.25%。武汉地铁6号线年均客运量的增长率为10.10%,开通第2年较首年的年均客运量增幅最大,达到了17.19%。但后期由于新冠疫情的爆发,线网客流打破常规客流变化规律,新线客运量也同步呈现出下

降的趋势。就目前的情况而言,新线客运量较符合含有突变的S型曲线,但在整个规划期内的客运量变化规律需结合后续情况进一步观察分析。2015年—2021年武汉地铁部分新线客运量走势如图2所示。

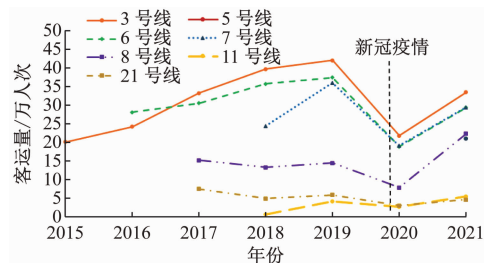


图2 2015年—2021年武汉地铁部分新线客运量走势

Fig.2 Passenger volume trends of some new Wuhan metro lines from 2015 to 2021

### 2.1.3 客运量预测差异分析

与开通首年客流预测相比,除市郊线武汉地铁11号线与线网联通运营后的首年实际客运量略高于预测值外,其余线路的实际客运量均低于预测值,尤其是2020年之后开通的线路,实际客运量远低于预测值。同时,由于工可预测的时间更早,线路开通后的实际客运量与其预测值差距则更为明显。2015年—2021年,武汉地铁主要新开线路开通首年预测客运量与实际值对比如图3所示,初期实际客运量与工可预测值对比如图4所示。

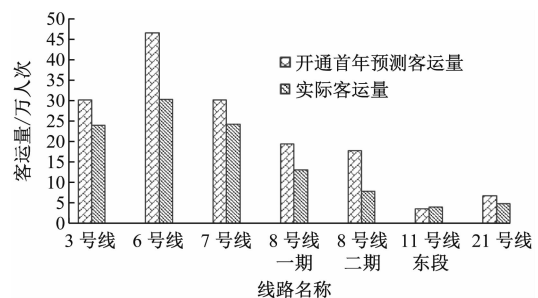


图3 2015年—2021年武汉地铁主要新开线路开通首年预测客运量与实际客运量对比

Fig.3 Comparison between the forecasted and the actual passenger volume in the first year of the main newly launched Wuhan metro lines from 2015 to 2021

## 2.2 分站客流对比分析

### 2.2.1 整体情况

车站客流与车站周边土地的用地性质有关,用地性质及发展水平不同对客流的吸引范围及客流属性也不同。与整体客运量不同,不同车站的实际

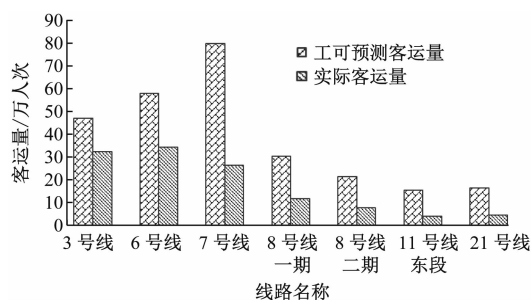


图4 2015年—2021年武汉地铁主要新开线路初期实际客运量与工可预测客运量对比

Fig.4 Comparison between the initial actual passenger volume and the passenger volume forecasted in the feasibility study of the main newly launched Wuhan metro lines from 2015 to 2021

客流可能高于或低于预测客流,这与开通前对于车站周边的用地分析、公交客流的统计及转化率、居民出行特征和结构等因素分析不够准确及深入有关。在本文所分析的130座车站中,与开通首年预测客流相比,约26座车站的客流预测误差在20%以内,其余104座车站的客流预测误差均大于20%。2015年—2021年,武汉地铁主要新线车站数量与车站客流预测误差范围统计图如图5所示。

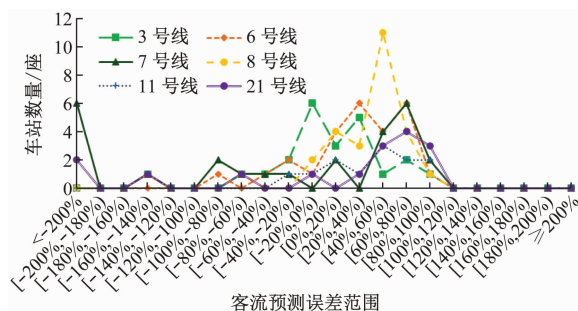


图5 2015年—2021年武汉地铁主要新线车站数量与车站客流预测误差范围统计图

Fig.5 Statistical chart of the number of stations of the main newly launched Wuhan metro lines and the error range of the station passenger flow forecasting from 2015 to 2021

## 2.2.2 典型线路分析

### 2.2.2.1 武汉地铁3号线

以武汉地铁3号线为例,开通首年实际客流高于预测客流的车站有11座,占比为48%,其中沌阳大道站的实际客流为2.17万人次,约为预测客流(0.90万人次)的2.4倍;实际客流低于预测客流的车站有12座,占比为52%,其中云飞路站的实际客流为0.44万人次,仅为预测客流(2.20万人次)的

20%。全线预测误差最小的车站为香港路站,其实际客流为2.65万人次,预测客流为2.66万人次,预测误差为0.38%。

值得关注的是,端点站(沌阳大道站、宏图大道站)的实际客流均高于预测客流。导致这一现象的原因在于,预测时未充分考虑线路端点站的接驳作用,仅依据客流调查数据进行预测,其他线路部分端点站也存在类似情况。武汉地铁3号线各客流预测误差范围的车站数量及占比统计如表1所示。

表1 武汉地铁3号线各客流预测误差范围的车站数量及占比统计

Tab.1 Statistics on the number and proportion of stations within different passenger flow forecasting error ranges of Wuhan Metro Line 3

序号	预测误差区间	车站数量/座	占比/%
1	$[-160\%, -140\%)$	1	4.35
2	$[-80\%, -60\%)$	1	4.35
3	$[-60\%, -40\%)$	1	4.35
4	$[-40\%, -20\%)$	2	8.70
5	$[-20\%, 0)$	6	26.08
6	$[0, 20\%)$	3	13.04
7	$[20\%, 40\%)$	5	21.73
8	$[40\%, 60\%)$	1	4.35
9	$[60\%, 80\%)$	2	8.70
10	$[80\%, 100\%)$	1	4.35
合计		23	100.00

注:表格中省略了客流占比为0的预测误差范围数值;余类同。

### 2.2.2.2 武汉地铁7号线

通过分析相关数据,武汉地铁7号线的客流预测误差较大,整体误差为156.26%,主要原因为7号线南延伸段的各车站实际客流普遍远高于预测客流,约为预测客流的4.36倍。因前期开通郊区线客流情况整体偏低,导致对7号线南延伸段的客流预测较为保守,最终导致预测结果偏低。武汉地铁7号线各客流预测误差范围的车站数量及占比统计如表2所示。

## 2.3 断面客流对比分析

### 2.3.1 高峰小时最大断面客流

高峰小时断面客流可为新线开通首年行车方案及客运组织方案的确定提供依据,其精确度尤为重要,但受限于客流调查数据的完整性和准确性等因素,对于断面客流的预测存在较大的难度。从近几年开通的新线运营情况来看,高峰小时断面客流



表2 武汉地铁7号线各客流预测误差范围的车站数量及占比统计

Tab.2 Statistics on the number and proportion of stations within different passenger flow forecasting error ranges of Wuhan Metro Line 7

序号	预测误差区间	车站数量/座	占比/%
1	$< -200\%$	6	23.08
2	$[-160\%, -140\%)$	1	3.85
3	$[-100\%, -80\%)$	2	7.69
4	$[-80\%, -60\%)$	1	3.85
5	$[-60\%, -40\%)$	1	3.85
6	$[-40\%, -20\%)$	1	3.85
7	$[0, 20\%)$	2	7.69
8	$[40\%, 60\%)$	4	15.37
9	$[60\%, 80\%)$	6	23.08
10	$[80\%, 100\%)$	2	7.69
合计		26	100.00

预测平均误差达到了32.80%。与总客运量预测情况不同,除武汉地铁8号线的实际客流较预测客流偏小外,其余线路的实际客流均高于预测客流。2015年—2021年武汉地铁主要新开线路高峰小时断面客流实际值与预测值对比如图6所示。

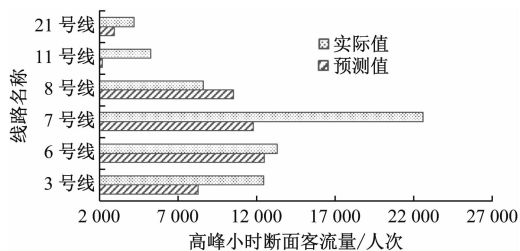


图6 2015年—2021年武汉地铁主要新开线路高峰小时断面客流实际值与预测值对比

Fig.6 Comparison of the actual and the forecasted sectional passenger flows during peak hours of the main newly launched Wuhan metro lines from 2015 to 2021

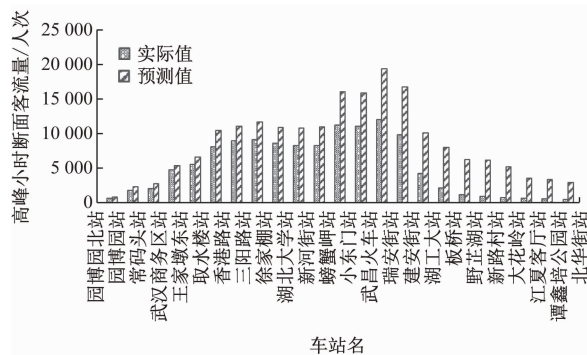
### 2.3.2 典型线路断面形态分析

线路高峰小时断面客流分布及形态预测是新线客流预测工作中最难的环节之一,基础数据的缺乏及对整体出行特征把握的偏差均极易导致预测结果的偏差。

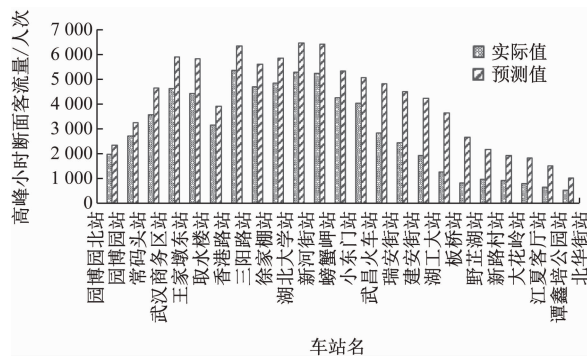
#### 2.3.2.1 武汉地铁7号线

以武汉地铁7号线为例进行分析,其开通首年高峰小时上、下行断面客流实际值与预测值对比,如图7所示。由图7可知:武汉地铁7号线开通后,

其高峰小时断面客流分布呈现中间大、两头小,总体呈现纺锤形,预测客流的形态分布总体符合实际客流的情况;但就具体数值而言,上、下行断面客流的预测值整体偏低,尤其在上行某些区段,其断面客流存在较大的偏差。



a) 上行



b) 下行

图7 武汉地铁7号线开通首年高峰小时上、下行断面客流实际值与预测值对比

Fig.7 Comparison of the actual and the forecasted sectional passenger flows in the up and down directions during the peak hours in the first year of Wuhan Metro Line 7 operation

由于新线开通首年客流预测时,未对武汉地铁7号线的全日断面客流形态进行预测,故将其开通后的全日断面客流分布与工可预测客流进行对比。武汉地铁7号线开通后的上、下行全日断面客流实际值与预测值对比,如图8所示。与图4的客运量情况类似,全日上、下行断面工可预测客流较实际客流普遍偏大,尤其是在过江断面(三阳路站—徐家棚站)上的预测偏差较大。

#### 2.3.2.2 武汉地铁8号线

以武汉地铁8号线为例,分析其高峰小时断面客流。武汉地铁8号线开通首年高峰小时上、下行断面客流实际值与预测值对比,如图9所示。武汉

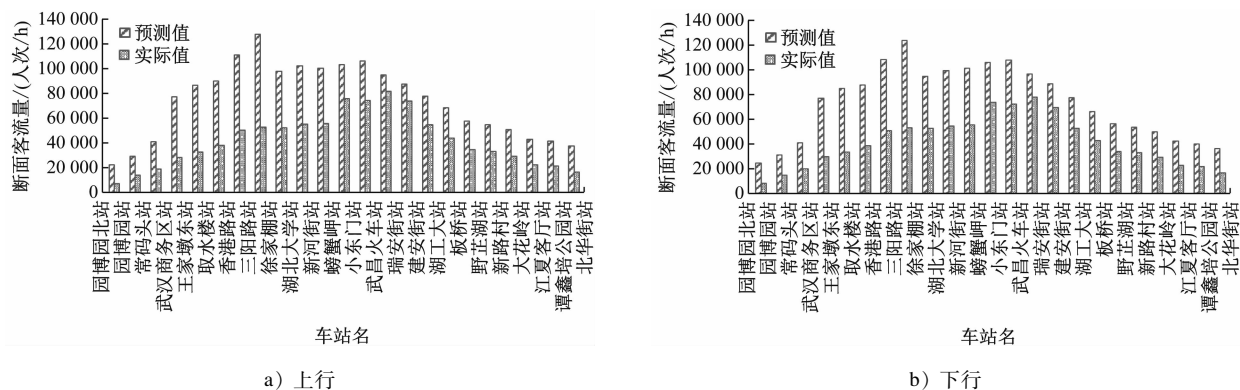


图8 武汉地铁7号线开通后的上、下行全日断面客流实际值与预测值对比

Fig. 8 Comparison of the actual and the forecasted full-day sectional passenger flows in the up and down directions after the launching of Wuhan Metro Line 7

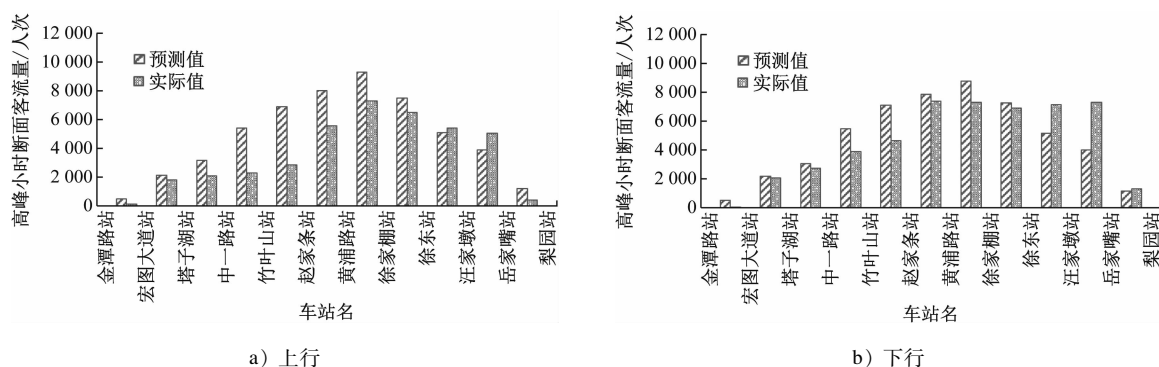


图9 武汉地铁8号线开通首年高峰小时上、下行断面客流实际值与预测值对比

Fig. 9 Comparison of the actual and the forecasted sectional passenger flows in the up and down directions during the peak hours in the first year of Wuhan Metro Line 8 operation

地铁8号线开通后的整体客流较预测客流偏低较多,因此在高峰小时断面客流方面,也呈现出实际客流值偏低的情况,但最大断面客流区间及整体形态仍较为一致。

将武汉地铁8号线开通后的全日断面客流分布

与工可预测客流进行对比。武汉地铁8号线开通后的上、下行全日断面客流实际值与预测值对比,如图10所示。与图4的客运量变化情况类似,武汉地铁8号线全日上、下行断面工可预测客流较实际客流普遍偏大。

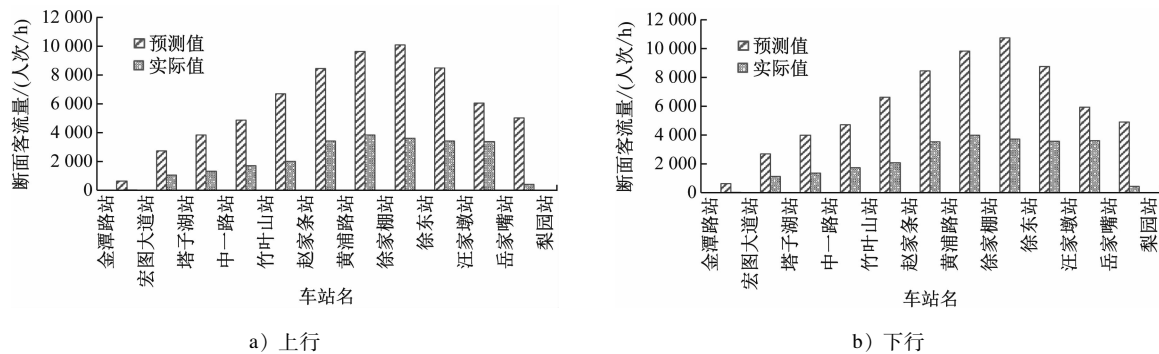


图10 武汉地铁8号线开通后的上、下行全日断面客流实际值与预测值对比

Fig. 10 Comparison of the actual and the forecasted full-day sectional passenger flows in the up and down directions after the launching of Wuhan Metro Line 8

### 3 原因分析

通过对近年来武汉地铁主要新线开通后的实际客流与预测客流进行对比分析可知,预测结果产生偏差的原因主要有以下 4 点:

1) 预测方法有所局限。无论是采用公交客流转化法还是传统四阶段法,均依赖于大量且准确的基础数据,当无法获得准确完备的基础数据时,客流预测工作难度较大。

2) 对线路及车站属性分析深度不足。在预测中,对线路和车站属性缺乏深入分析,差异性考虑不足,若简单地参考既有线路进行预测,会出现一定的偏差。

3) 疫情影响新线客流培育。受新冠疫情的影响,轨道交通客流出现大幅下降,后期开通的新线也随之受到影响,客流增长不如预期,且由于疫情形势复杂多变,难以准确考虑其对客流的影响,导致预测难度加大。

4) 基于服务角度考虑。新线客流预测是行车计划及客运组织的参考因素,基于服务角度考虑,在实际执行中往往会在一定程度上较基准值偏高进行预测。

某车站的日均进站量  $Q$  一般根据其周边公交上客量及公交客流转化率进行预测,再通过修正系数进行调整,可以表示为:

$$Q = Pe \sum_i M_i \quad (1)$$

式中:

$M_i$ ——第  $i$  个公交车站的上客量;

$P$ ——公交客流转化率;

$e$ ——修正系数。

在目前的客流预测中,修正系数的选取往往根据经验设定。以武汉地铁 3 号线的沌阳大道站、宏图大道站为例,因未考虑端点站对客流的影响,导致修正系数选取偏低,类似站点还有武汉地铁 6 号线的金银湖公园站、武汉地铁 7 号线青龙山地铁小镇站及武汉地铁 21 号线后湖大道站等。在武汉地铁 7 号线南延伸段中,因未考虑大花岭站周边学校对于客流的影响,也导致了客流预测结果偏低的情况。

综合考虑学校、医院、人口结构、路面交通状况、出入口所在位置等因素对修正系数的影响,有助于提高车站客流预测精度,因此引入修正系数浮

动因子  $\partial$ , 则式(1)可以修正为:

$$Q = (1 + \partial) Pe \sum_i M_i \quad (2)$$

### 4 相关建议

新线开通首年客流预测对于行车组织、客运组织、人员定编等具有重要意义,通过以上分析,本文就如何提高武汉地铁新线开通客流预测精度,提出以下建议:

1) 优化客流预测参数。由于开通首年客流预测基础数据主要来源于客流调查及公交上客量数据,调查数据的准确性直接影响了客流预测精度。在后续工作中,应优化调查工作,加强调查数据对预测工作的指导性。对于所获取的调查数据也应结合实际进行一定的调整,如公交客流转化率可参考目前轨道交通在全市公共交通的分担率、沿线公交线路接驳情况来进行优化调整,使调查数据更符合实际情况;又如不同年龄段人群对交通方式的选择也存在差异,相对而言,轨道交通对于年轻人的吸引力会更强,在确定相关参数时也应予以考虑。

2) 加强对不同线路及车站的属性分析。轨道交通线路之间的客流规律虽具有一定的相似性,在新线客流预测过程中,可在一定程度上参考既有线路的客流情况,但由于线路走向、车站出入口设置、车站周边用地、交通衔接、换乘站设置等情况的不同,其客流特征也具有独特性。在以往的客流预测中,对差异性缺乏深入分析。当缺乏基础数据时,简单地参考既有线路进行预测,这在断面客流预测偏差中体现得较为明显。故在后续客流预测过程中,建议对新开线路及车站属性进行更深入的分析,引入修正系数浮动因子,以提高客流预测精度。

3) 加强城市交通基础数据的积累。加强城市交通基础数据的日常积累,及时关注新线周边发展动态及相关政策,不断更新全市交通情况的基础资料,宏观上掌握居民出行结构、需求及出行心理等,加强整体把控,对于修正客流预测结果也有一定的作用。

4) 加强客流敏感性分析。由于众多因素的影响,目前要准确地进行新线的客流预测具有较大的难度,为了让客流预测结果对于客运组织及行车组织更具有指导性,且符合实际情况,应充分考虑各方面的客流影响因素,加强各因素对客流影响的敏感性分析。



5) 探索客流预测新方法。通过客流调查采集的数据准确性和完整性均不够,通过公交客流转换法得出的预测结果往往不够准确。而传统四阶段法中的交通生成、交通分布、交通方式划分及交通量分配各阶段又紧密联系、环环相扣,若一个阶段中的一小部分出现问题,均会导致最后预测结果的巨大差异,且该方法需要大量基础数据支撑,就目前来看缺乏预测的基础条件,为预测工作带来较高的难度,后续建议结合实际情况、以往开通新线客流特征及规律,积极探索适合本地轨道交通新线客流预测的新方法,或对传统方法进行改进,以提高客流预测精度。

## 5 结语

本文通过对武汉地铁部分新线实际客流指标与预测值进行对比,对新线客流进行评估分析,指出造成客流预测差异的几项主要因素,并就下一步如何提高新线客流预测精度给出了相关建议,为新线开通后的行车组织和客运组织提供参考。

## 参考文献

[1] 刘海洲,李棠迪. 重庆市轨道交通车站预测客流与实际客流

误差分析[J]. 铁道运输与经济, 2022, 44(4): 119.

LIU Haizhou, LI Tangdi. Analysis of error between predicted ridership and actual ridership in urban rail transit stations of Chongqing[J]. Railway Transport and Economy, 2022, 44(4): 119.

[2] 朱霞,毕艳祥. 上海轨道交通网络化对客流的影响研究[J]. 城市轨道交通研究, 2010, 13(3): 8.

ZHU Xia, BI Yanxiang. Effect of Shanghai rail transit network on passenger flow[J]. Urban Mass Transit, 2010, 13(3): 8.

[3] 陈方红,张成. 城市轨道交通客流预测结果分析[J]. 铁道运输与经济, 2007, 29(6): 50.

CHEN Fanghong, ZHANG Cheng. Analysis on passenger flow result of urban mass transit[J]. Railway Transport and Economy, 2007, 29(6): 50.

· 收稿日期:2023-03-31 修回日期:2023-05-15 出版日期:2025-05-10

Received:2023-03-31 Revised:2023-05-15 Published:2025-05-10

· 第一作者:李珂,工程师,like@wuhanrt.com

通信作者:杨慧芳,工程师,yanghuifang@wuhanrt.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

### (上接第34页)

LI Chuancheng, MAO Junya. Land development and profit model of Japanese railways[J]. Railway Transport and Economy, 2016, 38(10): 83.

[3] 贾光智,常山. 铁路土地综合开发策略初探[J]. 中国铁路, 2015(7): 21.

JIA Guangzhi, CHANG Shan. Preliminary study on comprehensive development strategy of railway land[J]. Chinese Railways, 2015(7): 21.

[4] 马强,吴斐琼. 国土空间规划“五级三类体系”强制性内容研究初探[C]//活力城乡 美好人居——2019中国城市规划年会论文集(16区域规划与城市经济). 重庆, 2019: 198.

MA Qiang, WU Feiqiong. Preliminary study on the mandatory contents of the "Five-level and Three-category System" of territorial spatial planning [C]//Vibrant Urban and Rural Areas · Beautiful Human Habitats—Proceedings of the 2019 Annual Conference of Urban Planning Society of China(16 Regional Planning and Urban Economy). Chongqing, 2019:198.

[5] 李晓江,蔡润林,尹维娜,等. 站城融合之综合规划[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2022.

LI Xiaojiang, CAI Runlin, YIN Weina, et al. Station-city integration: comprehensive planning[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2022.

[6] 何冬华. 土地增值收益再分配的博弈与干预: 刍议广州 TOD 的竞合关系[J]. 城市规划, 2018, 42(7): 79.

HE Donghua. Benefit game and intervention on the redistribution of land value increment: discussion on competition and cooperation of the transitoriented development in Guangzhou[J]. City Planning Review, 2018, 42(7): 79.

· 收稿日期:2023-12-06 修回日期:2024-01-07 出版日期:2025-05-10

Received:2023-12-06 Revised:2024-01-07 Published:2025-05-10

· 通信作者:董敏,高级经济师,zhaoqians456@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license