

文章编号: 1009-444X(2010)01-0060-06

上海地铁周客流量的数值分析与预测

郝 勇

(上海工程技术大学 航空运输学院, 上海 201620)

摘要: 构建周客流日均量的回归模型, 测算上海地铁周客流日均量趋势值, 并估测重大节假日前客流量的可能范围. 经实证检验, 系统实际客流量预测误差为2%左右. 该方法关注节日前夕最大客流量达到的量, 而忽略到达的具体时间.

关键词: 客流7日均量; 周客流量; 突变特征; 回归模型; 客流预测; 上海地铁

中图分类号: U 293.1⁺3 **文献标志码:** A

Numerical Analysis and Forecasting for Weekly Volume of Passenger Flow in Shanghai Metro

HAO Yong

(College of Aeronautic Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: A regression model of daily average volume of passenger flow per week was established. From that, the daily average volume was calculated and possible range of passenger flow volume before main holidays was forecasted. The verification shows that the forecast error is about 2%. The main point of the method is to forecast the maximum volume rather than the arriving time of the passenger flow before main holidays.

Key words: 7-day average volume of passenger flow; weekly passenger volume; characteristics of change; regression model; passenger flow forecasting; Shanghai Metro

城市规模的逐年扩大, 使得上海城市轨道交通呈现客流量增加, 部分线路运输能力紧张的状况. 因此, 如何清晰地掌握乘客流动的状态, 稳定地提高运输安全程度, 合理地分配运输能力, 高效地利用有限的城市轨道交通资源, 更好地为社会经济发展服务, 成为亟待深入研究的一个问题.

客流量是评价城市轨道交通系统经济效益的重要指标. 客流量的变化特征分为时间分布特征和

空间分布特征^[1]. 由于系统中各条线路的走向和区域分布不同, 形成各条线路客流量具有不同的变化周期、波动趋势、变化幅度和突变点等规律特征. 同时, 不同时间周期的客流量变化, 也会具有不同的分布规律, 它们对安排运输能力、组织客运服务等方面的影响也不同. 因此, 需要寻找合适的、最能反映客流量波动特征的描述量. 城市轨道交通客流的时间分布与城市居民出行时间的规律性密不可分.

收稿日期: 2009-06-08

基金项目: 上海市教委重点学科建设资助项目(J51401)

作者简介: 郝 勇(1960-), 男, 教授, 研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: haoyong6960@sues.edu.cn.

分,因此本研究重点考虑上海地铁客流的时间分布特征.

1 日客流量的描述

为提高轨道交通系统的运营效率和安全性,将分析的主体确定为系统总客流量和主要线路的日客流量.日客流量能够反映居民出行总量在线路上分配的使用频次,反映客流吸引力,通过比较日客流量,可以找出客流量的突变点,发现影响客流量

的主要因素及其影响程度^[2].日客流量变化的随机性比较强,因此,考虑构造了一个能够突显客流变化规律性特征的和波动图线相对平滑的“日客流量”,即客流 n 日均量.

选取上海城市轨道交通 1 号线 2004 年 1 月 1 日—2007 年 9 月 30 日的日客流量数据(数据来源于上海地铁运营公司的日报表),分别绘制日客流量波动图和客流 14 日均量波动图(如图 1、2 所示),分析比较日客流量与对应的客流 n 日均量变化规律的显著性.

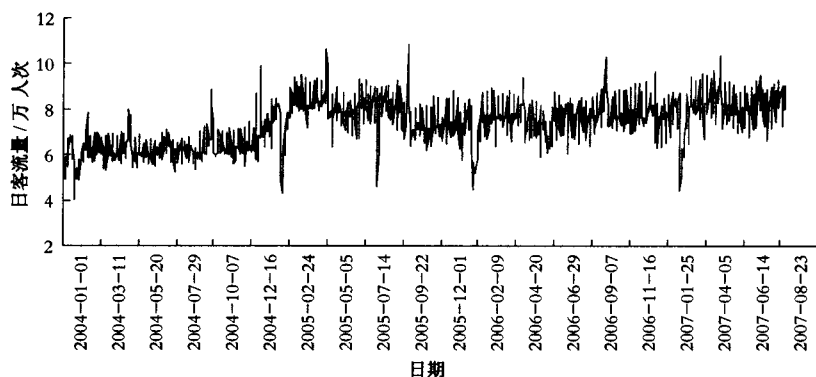


图 1 1 号线日客流量波动图

Fig. 1 Daily passenger volume diagram of Line 1

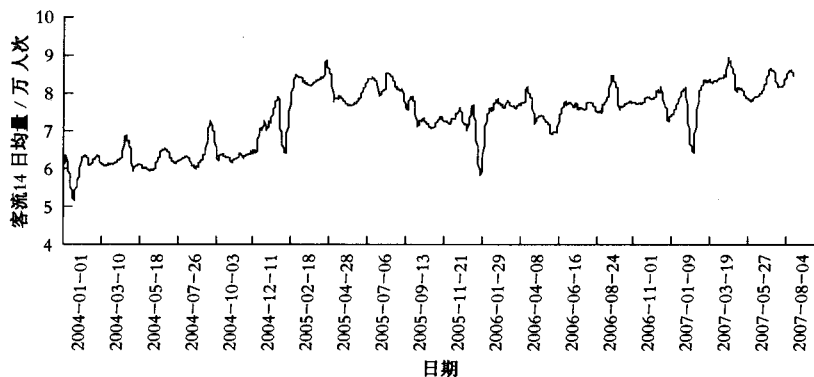


图 2 1 号线客流 14 日均量波动图

Fig. 2 14-day average passenger volume diagram of Line 1

由图 1、2 可见,日客流量波动的规律与特征不十分明显,客流 14 日均量的波动状况显得比较平滑,有较明显的规律性.在类似的研究中发现,不同的时间阶段、不同的线路、不同的客流 n 日均量都有同样的特征,但需要选择与确定合适的 n 值,以便能够尽可能准确地反映日客流量的波动状况.

客流 n 日均量 = $\sum n$ 日客流量 / n , 利用统计学中移动平均的基本概念,确定客流 n 日均量的实质是考虑移动平均的周期(n 日),其主要有两方面的

问题:

1) 选择移动平均的周期较短时,反映日客流量变化比较及时,变化的随机性比较强;选择移动平均的周期较长时,日客流量变化的规律性特征比较明显,反映日客流量变化的时间点有一定的滞后性.

2) 按时间周期选取的习惯,往往选用 5 日或 7 日及其倍数,城市轨道交通客流的基本特征反映城市居民生活与工作的规律性,反映人们出行的周期

性,因此,以 7 日及其倍数作为时间周期进行研究。
以 1 号线日客流量为例,选取 2007 年 10 月 28

日—12 月 8 日,共 42 日的数据,进行日客流量与
客流 7 日、14 日、21 日均量的比较,如图 3 所示。

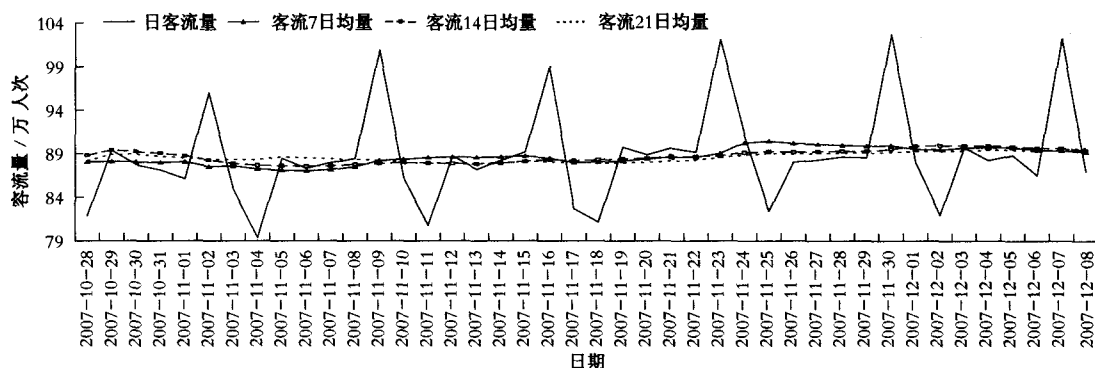


图 3 日客流量与客流 n 日均量比较图

Fig. 3 Comparison diagram of daily volume and n -day average volume

依据图 3,可得到两个主要特征:

1) 日客流量的波动幅度比较大、随机性比较强,在数据量不大的情况下,基本显现出 7 日为一个波动周期;

2) 客流 7 日、14 日、21 日均量的波动比较平稳,规律性特征比较容易把握.其中,客流 7 日均量与日客流量的同步性比较好,其时间滞后性的幅度最小.因此,确定客流 7 日均量作为日客流量变化特征的分析量,既具有随机性,又具有明显的趋势性、周期性等特征。

2 周客流量的描述及特征分析

法定节假日期间、大型商贸会的举办、轨道交通新措施的实施、持续的高温,以及寒冷天气、台风降雨季节等情况,均会对客流量变化有持续多日的影响,因此,考虑运用周客流量进行客流量描述和变化特征分析。

经研究,周客流量与周客流日均量的变化趋势和变化特征完全相同.选取 2004 年 1 月 5 日—2007 年 12 月 30 日的周客流量数据(由上海地铁运营公司日报表整理所得),作相应的系统周客流日均量的波动线和趋势线,如图 4 所示。

由图 4 可知:

1) 系统周客流量变化有一明显的波动中心线(增长趋势线),即系统周客流量增长的速率几乎固定的,其主要由新线或新段的开通引起,增长趋势线的斜率体现城市轨道交通线路的建设速率。

2) 系统周客流量的增长趋势线有纵向平移的现象,纵向平移的距离体现每次开通线路长度的运输能力,也有轨道交通运营规则的间段修改、新措施的不断实施等原因。

3) “五一”节和“十一”节前夕,该周的周客流日均量高于趋势线 16% 左右;元旦前夕,该周的周客流日均量高于趋势线 15% 左右。

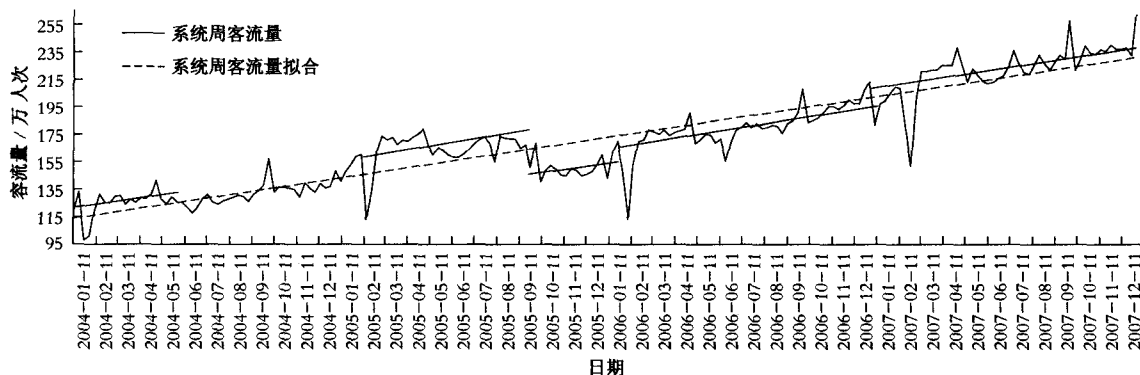


图 4 系统周客流量波动图

Fig. 4 Fluctuation diagram of weekly passenger volume

4) 城市公共交通政策的调整、局部公交系统结构的变化,如公交汽车联乘优惠、某区域公交线路调整和某地铁枢纽站改造等,对轨道交通客流量变化几乎没有什么影响。

3 系统客流总量的趋势预测

3.1 预测模型的构建

根据图 4,初步判断系统周客流日均量的增长趋势(波动中心线)基本符合线性规律,因此,运用一元线性回归方法拟合,进而预测未来若干个时间节点的系统周客流日均量。

设系统客流量 y 随时间 t 变化,则 $y = b_0 + bt$, 其中: y 为系统周客流日均量; t 为周数; b_0 为客流量拟合的初始值; b 为客流量增长的速率^[3]。

选取上海城市轨道交通系统 2004 年 1 月 5 日—2008 年 12 月 28 日的周客流日均量数据,进行模型构建与检验,其中:2004 年 1 月 5 日—2007 年 12 月 30 日数据作为拟合样本,2008 年 1 月 6 日—2008 年 12 月 28 日数据作为检验样本,并取 2004 年 1 月 5 日开始的周客流量对应的时间 $t = 1$,使用 SPSS 软件运行样本数据,输出结果如表 1 所示^[4]。

表 1 系统周客流日均量的一元线性回归参数^[5]
Tab. 1 Linear regression parameters of daily average passenger volume

周客流 日均量	回归系数及其 显著性 t 检验		方程的相关性和 显著性检验		残差检验			
	常数项	一次项系数	调整的 R^2	F 值	标准差	均值	正态图	散点图
1 号线	635 744 (70.78)	1 299 (17.43)	0.594	304	1.0	0	标准	均匀
2 号线	389 648 (50.71)	1 186 (18.62)	0.627	347	1.0	0	标准	均匀
全系统	1 132 151 (60.29)	5 658 (36.35)	0.865	1 321	1.0	0	标准	均匀

注:回归系数及其显著性 t 检验项中,括号内数据为 t 值。

根据表 1 可见,系统周客流日均量与时间变量的线性关系比较显著,构建的一元线性回归方程的拟合优度比较好,均通过多项统计假设检验。建立的系统周客流日均量与时间的回归模型为 $y = 1132150 + 5660t$ 。

3.2 系统日客流量的特征分析

城市轨道交通存在生产性客流和生活性客流,由于重大节假日和轨道交通新措施实施等原因,使得客流量存在突变性特征。预测时,需要在掌握客流量变化特征的基础上进行客流量迭加。

2003 年以后,由于各条线路及路段的逐步开通,上海城市轨道交通由单线运营向网络化运营发展,系统客流总量以及原有线路客流量受到很大的影响。选取 4 整年的客流样本容量可以包含闰年的因素,因此,选取 2003 年 12 月 31 日—2007 年 12 月 31 日日客流量数据,进行系统客流总量及其 1 号线、2 号线客流量的一般性分析和突变性特征分析。系统客流 7 日均量与系统周客流日均量的波动趋势类似,都呈现出几乎固定速率增长的趋势,围绕着拟合上升趋势线上下波动,并有周期性客流突变出现,存在重大节假日前的客流量突变点。因此,

使用日客流量与客流 7 日均量的相对变化率对平时、“十一”节和元旦等时间节点的客流量变化特征分析。

某日客流量对前 7 日均量的相对变化率 =

当日客流量 - 前一个客流 7 日均量

前一个客流 7 日均量

3.2.1 周客流量变化的规律性特征

每周 7 日按平时(周一至周四)、周五、周六、周日分别进行统计,比较它们客流量的波动范围和波动幅度等,结果如表 2 所示。

表 2 日客流量与客流 7 日均量相对变化率比较表
Tab. 2 Change rate comparison of daily passenger volume and 7-day average passenger volume

客流量相对变化		系统	1 号线	2 号线
平时	密集波动区域	0~6	-2~3	3~8
	众数	3	0, 2	5
周五	密集波动区域	9~17	8~16	12~21
	众数	13	11, 14	13, 18
周六	密集波动区域	-11~-2	-5~2	-19~-7
	众数	-5	-3	-11
周日	密集波动区域	-18~-8	-13~-2	-23~-16
	众数	-15, -12	-8	-20

由表2可知,其一,平时各线路和系统客流量的增减状况不确定,客流量的波动幅度比较小;其二,各线路和系统的周五客流量均增加,周日客流量均减少(一般情况下,周日的客流量低于客流7日均量的10%左右)。

据此,客流量波动的正常范围为系统总量的18%~17%,超出这个范围则为非正常客流;若系统总量超过客流7日均量的25%,则认为出现大

客流状况。

3.2.2 “五一”、“十一”客流量的变化特征

主要分析节日期间(“五一”为4月30日—5月12日,“十一”为9月30日—10月12日),各线路和系统的日客流量变化率。2004—2007年1号线、2号线、全系统在“十一”节期间日客流量与客流7日均量的相对变化率(“五一”期间日客流量变化状况与此相似),如图5所示。

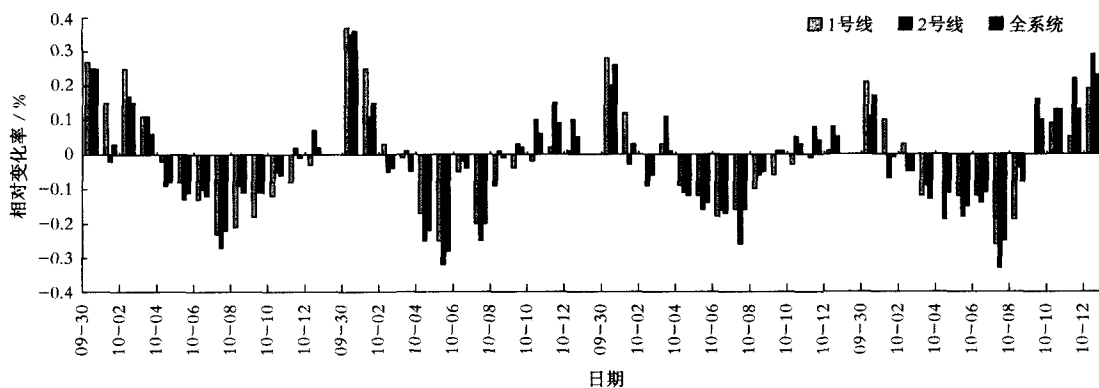


图5 “十一”节期间日客流量与客流7日均量的相对变化率

Fig. 5 Relative change rate of daily volume with 7-day average volume during National Day period

由图5可知:

1) “十一”(“五一”)期间,均在30日出现最大客流量,随后客流量逐步减小;至7日达到节日期间的最小量,然后客流量再逐步增大;到10—12日再次出现客流高峰。

2) 节前(30日)客流量同比增长速率基本不变,节后(10~12日)客流量同比增长速率加大。前几年,节后客流量恢复到平时周末客流量水平;近几年,节后客流量增加到节前客流量水平。

3) 节前(30日)的日客流量一般高于前7日均量25%~40%。前几年,节前客流量属爆发性增大;近几年,节前客流量的相对变化率减小,说明30日之前日客流量已经在缓慢持续增大。

3.2.3 圣诞节和元旦客流量的变化特征

除传统的大客流发生点“五一”、“十一”期间外,近几年,圣诞节和元旦期间出现大客流状况的趋势越来越明显。按照“五一”节、“十一”节客流量变化特征的分析思路,选取12月24日—1月3日的日客流量数据,圣诞节和元旦期间日客流量与客流7日均量相对变化率的分析结果如下:

1) 圣诞节前一日(平安夜)、元旦放假前一日客流量的增量较大,具有平时周五客流量或者稍高的水平,其中,元旦放假前一日的客流量一般高于

前7日均量20%~35%。

2) 元旦1—3日期间客流量持续减少,3日的客流量最小,一般相当于前一年下半年周日客流量水平。

3.3 节假日系统日客流量预测

运营工作中,重点关注大客流量出现的时间节点和量的程度,进行节日前的客流预测的步骤如下:

1) 运用建立的周客流日均量的一元线性回归模型,即 $y = 1132150 + 5660t$,计算所求时间节点的周客流日均量的趋势值;

2) 公式中: t 为从2004年1月5日开始的周数,元旦至“五一”节按17周计算,“五一”节至“十一”节按22周计算,“十一”至元旦节按13周计算;

3) “五一”节和“十一”节前夕,所在周的周客流日均量 = $(1 + 16\%) \times$ 周客流日均量趋势值,大客流量的可能范围 = $[1 + (25\% \sim 40\%)] \times$ 周客流日均量;

4) 元旦前夕,所在周的周客流日均量 = $(1 + 15\%) \times$ 周客流日均量趋势值,大客流量的可能范围 = $[1 + (20\% \sim 35\%)] \times$ 周客流日均量。

运用建立的一元线性回归模型,进行未来几年容易出现大客流时间点的日客流量进行预测,结果

如表 3 所示.

表 3 系统日客流量预测值

Tab. 3 Forecasting of daily passenger volume						万 人 次
客 流 量	2008 年			2009 年		2010 年
	“五一”前夕	“十一”前夕	元旦前夕	“五一”前夕	“十一”前夕	元旦前夕
趋势计算值	240.56	253.02	260.38	270.00	282.45	289.81
周客流日均量	279.05	293.50	299.44	313.20	327.64	333.28
最高日客流量	390.68	410.90	404.24	438.48	458.70	449.93
最低日客流量	348.82	366.88	359.33	391.50	409.55	399.94
客 流 量	2010 年			2011 年		2012 年
	“五一”前夕	“十一”前夕	元旦前夕	“五一”前夕	“十一”前夕	元旦前夕
趋势计算值	299.43	311.88	319.24	328.86	341.31	348.67
周客流日均量	347.34	361.78	367.13	381.48	395.92	400.97
最高日客流量	486.27	506.49	495.62	534.07	554.29	541.31
最低日客流量	434.17	452.23	440.56	476.85	494.90	481.16

日客流量预测区间的上限与下限相对差幅基本在 12 % 以内. 因为关注大客流发生的时间点和
大客流量偏离趋势线的程度, 这里以 2008 年、2009 年相应的日客流量数据作为检验样本, 计算客流量
实际值与预测值之间的相对误差, 如表 4 所示.

表 4 系统日客流量预测误差

Tab. 4 Forecasting error of daily passenger volume						万 人 次
客 流 量	2008 年			2009 年		
	“五一”前夕	“十一”前夕	元旦前夕	“五一”前夕	“十一”前夕	
实际最大日客流量	382.83	368.54	430.74	442.30	473.46	
实际值与预测值误差 / %	低于上限 2.01	高于下限 0.45	高于上限 6.15	高于上限 0.86	高于上限 3.12	

由表 4 可知, 一般情况下, 重大节假日前的实际最大日客流量接近预测区间的上限值, 相对偏差幅度平均在 2 % 左右. 2008 年奥运会期间, 人们出行频次较高, 而造成“十一”节前夕人们出行频次相对降低, 客流增长没有达到往年的程度, 客流量略高于预测区间的下限; 同时, 也造成下一个长假, 即 2009 年元旦前夕的客流量急剧增长, 超出预测区间上限较多; 另外, 为迎接 2010 年上海世博会, 2009 年底, 上海城市轨道交通新开通的线、段较往年同期明显增多, 预计也会造成 2010 年元旦前夕的客流量急剧增长.

4 结 语

以模型测算值为基础, 未来 3 年的趋势计算值的相对偏差基本在 2 % 左右. 该方法可以在较长时间周期内进行客流量预测, 其存在明显的优势, 但仍有不足:

1) 一元线性回归方法适用于城市轨道交通系统的均匀建设发展时期, 适用于非稳定、不成熟运营状态下客流量的预测和客流量变化总趋势的

预测;

2) 该方法关注节日前夕最大客流量达到的量, 而忽略最大客流量到达的具体时间, 即不用考虑节日前的“换休”问题;

3) 该方法产生 2 种系统误差, 即线性规律误差和时间节点误差; 产生 3 次计算误差, 即趋势值计算、周客流日均量计算、客流范围计算误差. 因此, 可以考虑与其他预测方法相结合进行研究.

参考文献:

[1] 陶志祥, 张宁, 杜波. 城市轨道交通时空客流分析研究[J]. 城市公共交通, 2004(2): 33 - 35.

[2] 周淮, 王如璐. 上海轨道交通运营客流简析[J]. 地下工程与隧道, 2005(4): 1 - 9.

[3] DIEBOLD F X. Elements of Forecasting[M]. 北京: 中信出版社, 2003.

[4] 王志平, 张海帆. 中国工业时间序列分析及预测[J]. 统计与决策, 2004(8): 17 - 18.

[5] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2005.