

西安地铁一号线运营初期客流分析及运输组织建议

程涛 赵雯 杜丽娟

【摘要】地铁二号线南段开通运营后，西安地铁双线十字骨干网运营里程达51KM，出现爆发性客流增长的特征。二号线所配22列车全部上线，客流压力仍较大。在此背景下，为避免一号线出现“以车定运”的局面，本文以西安地铁运营历史数据为依据，探寻历史客流发展变化规律，总结客流影响因素；同时结合运营现状，对一号线客流进行了分析和预测，提出了一号线近期运输组织对列车配置的建议，为一号线增购列车提供参考与依据。

【关键词】城市轨道交通；客流预测；运输组织；列车配置

0 引言

2011年9月16日地铁二号线开通试运营，西安步入地铁时代；2013年9月15日地铁一号线开通试运营，2014年6月16日二号线南段开通试运营，西安地铁步向双线运营，客运量呈爆发性增长态势，当前双线日均客运量94.73万人次（10月份），三季度客流强度1.75，仅次于北京地铁、广州地铁，位居全国第三。其中，9月30日双线总客运量122.61万人次，创历史新高。一号线客运量由2013年的24.15万人次/日增长至目前的37.39万人次/日，不到一年的时间增长了近55%。在此情况下，如何不断提升运营服务水平，确保一号线列车运能充分满足运量需求，避免出现以车定运的局面，显得尤为紧迫。

1 一号线运营概况

地铁一号线一期西起后卫寨东至纺织城，运营线路长24.807km，设19座车站，均为地下站，平均站间距1.38 km/h。车辆段及综合维修基地设在后围寨，停车场设在纺织城。全线设主变电站两座，分别位于劳动路和金花路附近。一、二、三号线共用一个控制中心，位于二号线渭河车辆段处。一号线的电客车为B2型车，列车采用6辆编组（3动3拖），正线线路最高运行速度为80km/h，定员载荷为1468人/列（6人/m²）。信号系统采用西门子的基于无线通信的移动闭塞ATC系统，在CTC控制状态下可以实现最小为90S的列车追踪间隔。2013年9月15日一号线开通运营，截至目前运营状况良好，线网日均客运量89.02万人次，一号线日均客运量35.15万人次。

2 一号线客流现状分析

2.1 设计客流与实际客流对比情况

《二号线运营初期阶段客流预测分析报告》^[1]中预测二号线运营初期（2014年）客运量为25.5万人次，《一号线工程可行性研究报告》^[2]中预测一号线运营初期（2016年）客运量为30.6万人次，根据二号线客流增长规律，按照年度10%的增长率，则倒推一号线2014年的预测客流为25.29万人次。则一、二号线2014年设计预测客运量为50.79万人次。

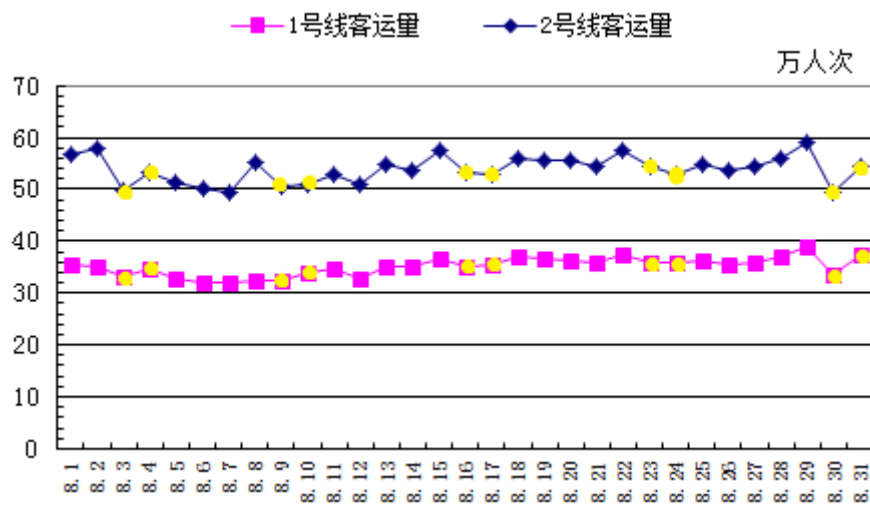
近期（8月份）二号线日均客运量为53.87万人次，是设计值的2.11倍，一号线日均客运量为35.15万人次，是设计值的1.39倍，双线日均客运量为89.02万人次，是设计值的1.75倍。实际客流远远超过设计预测值，双线客流设计值与实际值对比情况见表1

表1 双线客运量设计预测值与运营实际值对比表（单位：万人次）

线路	设计值	实际值		实际值与设计值比
		日均	最高日	
一号线	25.29	35.15	41.74	139%
二号线	25.5	53.87	63.69	211%
双线	50.79	89.02	105.43	175%

2.2 日客运量现状分析

一号线8月份日均客运量为35.15万人次，环比增长0.80%。其中工作日日均 35.29万人次，环比增长0.63%；周六日日均34.85万人次，环比增长1.6%。此阶段工作日客运量大于周六日客运量。排除天气影响，周五客运量处于一周最高值，周日客运量处于一周最低值。一号线8月份客运量趋势见图1。



注：黄色标记为周六日客运量

图1 双线8月份客流趋势图

2.3 车站集散量现状分析

8月份，一号线进出站客运量前三位分别为：纺织城站（日均62569人次）、五路口（日均59058人次）、后卫寨站（日均56606人次）。其余大客流车站依次为康复路站、汉城路、通化门（日均超过3.0万人次）。一号线车站日均进出站情况见下图2。

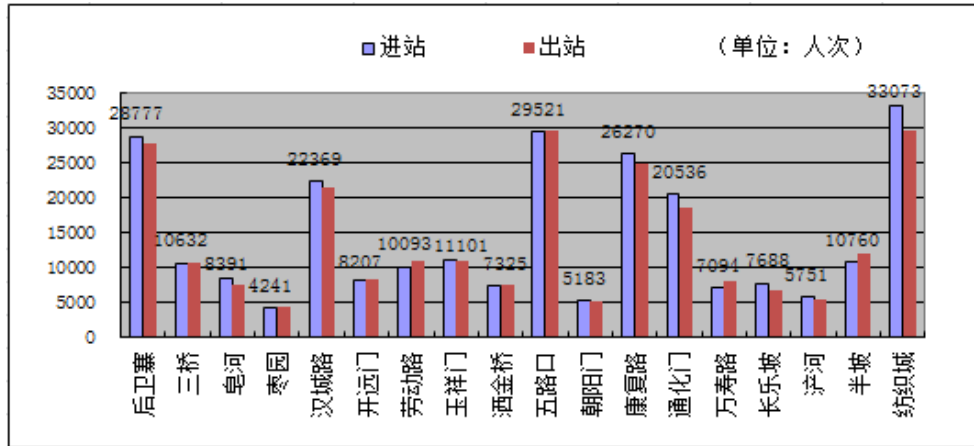


图2 一号线8月份车站进出站客运量情况

2.4 断面客流现状分析

从8月份小时断面情况来看，早高峰最大小时断面产生于周一早高峰7:30-8:30洒金桥-北大街上行，其中最大值为1.17万人次。晚高峰最大小时断面产生于周五晚高峰17:30-18:30时段五路口-北大街下行，其中最大值为1.08万人次。周一全天各时段上行方向最大小时断面见图3，周五全天各时段上行方向最大小时断面见图4。

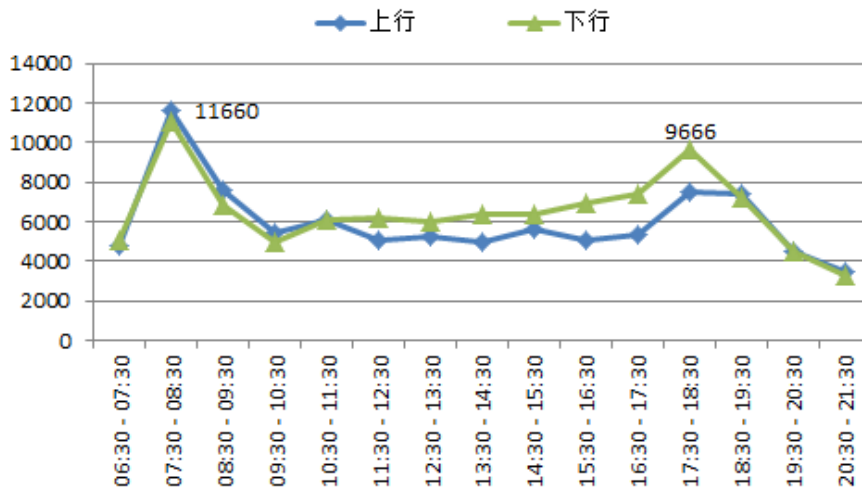


图3 周一全天断面客流情况图 (单位: 人次)

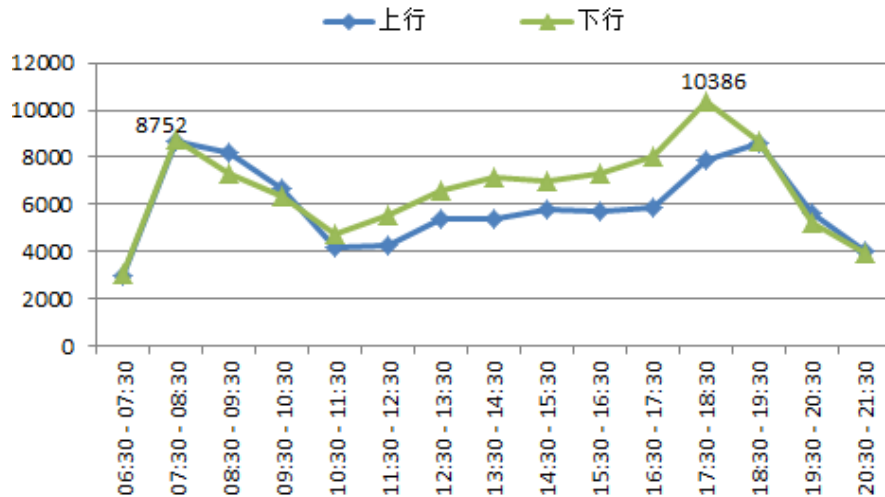


图4 周五全天断面客流情况 (单位: 人次)

周六日高峰期最大小时断面产生于周六17:30-18:30时段五路口-北大街下行, 其中最大值为0.95万人次, 均值为0.88万人次。周六日全天各时段上行方向最大小时断面见图5。

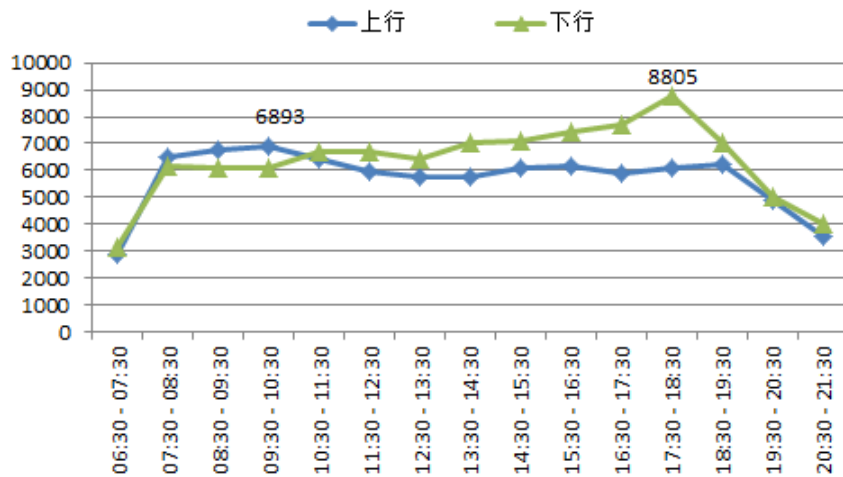


图5 周六日全天断面客流情况 (单位: 人次)

3 一号线运营现状分析

一号线后卫寨至纺织城运营线路长24.807km, 信号系统实现了CTC (连续式控制系统), 全周转时间为99分钟, 全天运营时间约17个小时, 工作日设早晚高峰、平峰、低峰, 高峰期最大上线17列车, 最小行车间隔5分49秒; 周六日设高、低峰, 高峰期最大上线16列车, 最小行车间隔6分11秒。正常情况下, 终点站均采用站后折返; 后卫寨站和纺织城站最小全折返时间均为4分50秒。具体行车技术参数如表2。

表 2 当前一号线行车技术参数列表

	单程运行时间	停站时间	技术速度	旅行速度
上行(后卫寨-纺织城)	44分40秒	11分10秒	44.43 m/h	33.32 m/h
下行(纺织城-后卫寨)	44分40秒	11分10秒	44.43 m/h	33.32 m/h

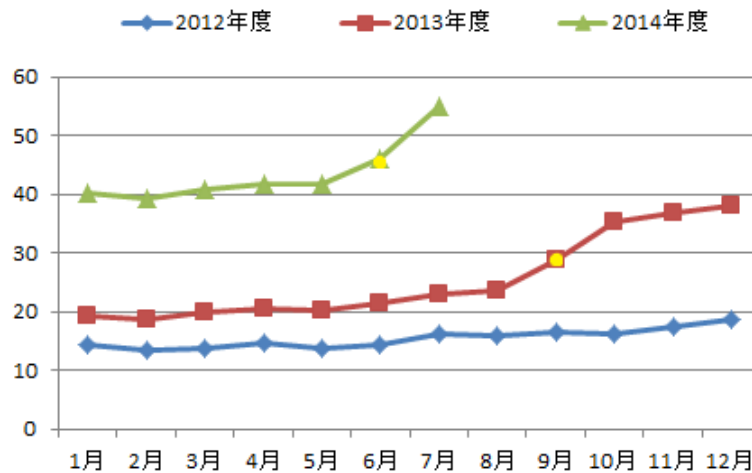
目前工作日高峰期上线17列车，单向小时运能为1.51万人次；非工作日高峰期上线16列车，单向小时运能为1.42万人次。结合当前客流现状分析，工作日高峰期最大断面客流为1.17万人次/小时，非工作日高峰期最大断面客流为0.95万人次/小时。从当前断面客流量与运力相对比，则当前一号线运力满足运量需求，工作日高峰期列车满载率77.5%，则每平方米4.6人，非工作日高峰期列车满载率为67%，每平方米4人，乘车舒适度较高。

4 一号线客流分析

4.1 西安地铁运营以来客流变化分析

由于一号线开通时间较短历史数据有限，因此将二号线开通以来各阶段日客运量、高峰小时断面历史数据作为类比数据进行分析。

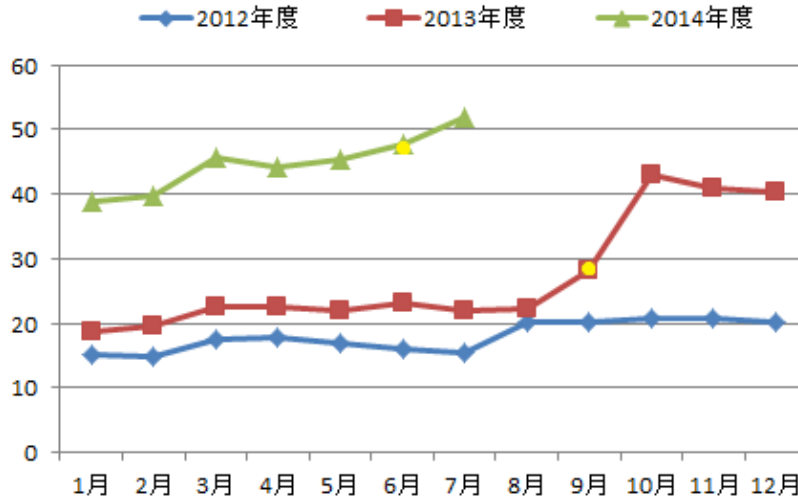
4.1.1 日客运量变化趋势分析



注：黄色图标表示受新线开通影响月份

图 6 二号线 2012-2014 年度工作日客运量 (单位: 万人次)

如图6所示，二号线全年工作日客运量成稳定增长趋势，各年度月波系数普遍具有一定规律性，一般在12月份达到年度最高值，在2月受春节影响处于全年最低水平。其主要原因为工作日主要客流组成为通勤客流，受天气温度等变化影响较小，随着运营服务水平的不断提升以及运营线路的扩展，乘车人群不断积累。

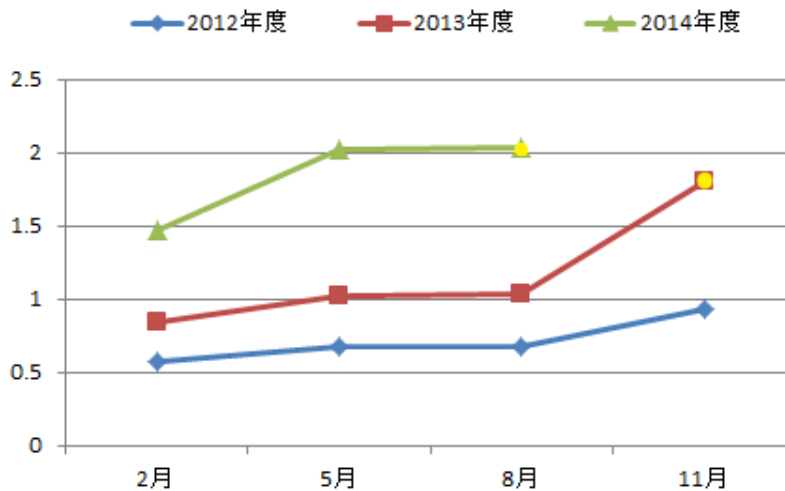


注：黄色图标表示受新线开通影响月份

图7 二号线 2012-2014 年度非工作日客运量 (单位: 万人次)

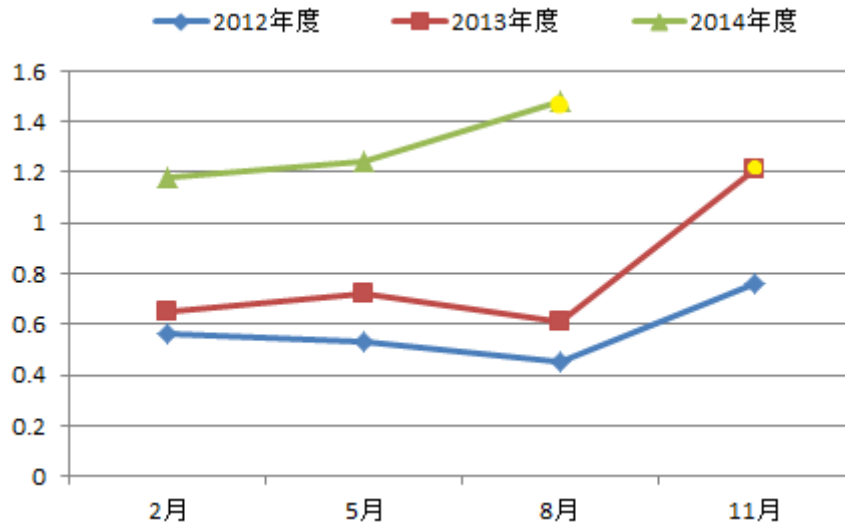
如图7所示，二号线全年非工作日客运量波动性较大，但各年度月波动系数同样具有一定规律性，一般在10月份达到年度最高值，春节期间以及7、8月份客运量处于较低全年水平。其主要原因为非工作日出行目的较为复杂，一般由外出探亲、购物、旅游观光等多种客流群体组成，受季节变化等影响较大，月波动性较工作日更加明显。如受天气炎热情况及学生暑假影响，客运量一般会在7、8月份出现下降趋势，此时段工作日客运量大于周六日客运量。

4.1.2 高峰断面客流变化趋势分析



注：黄色图标表示受新线开通影响月份

图8 二号线 2012-2014 年度工作日高峰期最大小时断面 (单位: 万人次)



注：黄色图标表示受新线开通影响月份

图9 二号线 2012-2014 年度非工作日高峰期最大小时断面（单位：万人次）

如图8、图9所示，二号线各年度工作日、非工作日的最大小时断面客流变化趋势与客运量变化十分类似，同时其更能反映出不同阶段的运量需求特点。其中工作日受季节变化影响较小，高峰断面客流成稳定增长趋势，仅2014年8月份由于受南段线路开通影响出现异常波动。非工作日受季节变化影响较大，如各年度均在8月份最大小时断面客流明显减小，而2014年8月份受南段开通影响出现明显增长。

4.2 影响因素分析

一号线沿线的土地开发利用、商业圈的日益发展、季节气候的变化以及新线开通运营将是客流发生波动的主要因素。

(1) 季节温度变化会影响小时断面客流，尤其对非工作日产生较大影响。通过分析历史客流数据，在排除其他因素影响的情况下，2月份、7-8月份的周六日的日均客运量值、最大小时断面客流值均处于年度内较低水平。

(2) 新线开通

根据最新建设安排3号线开通时间有所推移，预计在2016年年底开通运营。若考虑工期提前等不确定因素影响，预计新线开通主要对2016年第四季度客流产生影响。

4.3 运营初期客流预测

4.3.1 2015 年客流预测

4.3.1.1 客运量预测

根据客流特征，一号线2015年日客运量分工作日、非工作日分别预测。本次预测以2014年8月份一号线日客运量为基数，以二号线月度波动系数、年度波动系数为参考依据进行预

测。2015年工作日以年度波动系数1.3为调整系数，2015年非工作日以年度波动系数1.2为调整系数。具体结果如表3所示。

表 3 2015 年日客运量预测表（单位：万人次）

日期分类	预测值												均值
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
工作日	35.6	33.7	38.8	40.4	39.4	41.3	44.8	45.3	44.9	44.1	44.8	46.3	41.61
非工作日	36.2	35.1	43.7	43.5	42.6	42.7	40.7	46.9	49.7	52.0	51.1	49.7	44.5

4.3.1.2 断面客流预测

一号线 2015 年最大小时断面客流预测分工作日、非工作日分别预测。同时本次预测以 2014 年 8 月份一号线最大小时断面为基数，以二号线月度波动系数、年度波动系数为参考依据进行预测。2015 年工作日以年度波动系数 1.3 为调整系数，2015 年非工作日以年度波动系数 1.2 为调整系数。具体结果如表 4 所示。

表 4 2015 年高峰小时断面预测表（单位：万人次/小时）

年度	日期分类	预测值				均值
		2月份	5月份	8月份	11月份	
2015	工作日	1.19	1.42	1.43	1.48	1.38
	非工作日	1.13	1.16	1.12	1.35	1.19

4.3.2 2016 年客流预测

4.3.2.1 客运量预测

本次预测以2015年各月份预测结果为基数，以二号线月度波动系数、年度波动系数为参考依据，其中前三季度的工作日以常规年度波动系数1.3为调整系数，非工作日以1.2为调整系数。第四季度在常规基础上考虑新线开通影响，工作日、非工作日分别以1.6、1.5为调整系数。具体结果如表5所示。

表 5 2016 年日客运量预测表（单位：万人次）

日期分类	预测值												均值
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
工作日	42.7	39.7	50.4	52.5	51.2	53.6	58.3	58.9	58.3	70.5	71.6	74.1	56.8
非工作日	43.4	40.4	52.5	54.3	53.3	54.7	50.8	56.3	59.7	77.9	76.6	74.5	57.9

4.3.2.2 断面客流预测

2016 年最大小时断面客流预测以 2015 年各月份预测结果为基数，其中前三季度的工作

日以常规年度波动系数 1.3 为调整系数，非工作日以 1.2 为调整系数。第四季度在常规基础上考虑 3 号线新线开通影响，工作日、非工作日分别以 1.5、1.35 为调整系数。具体结果如表 6 所示。

表 6 2016 年高峰小时断面预测表（单位：万人次/小时）

年度	日期分类	预测值				均值
		2 月份	5 月份	8 月份	11 月份	
2016	工作日	1.54	1.84	1.86	2.22	1.87
	非工作日	1.35	1.39	1.34	1.83	1.48

5 运营初期运输组织建议

5.1 列车运行交路及服务水平设定原则

在一号线二期西延线未开通之前，一号线将按照后卫寨至纺织城单一大交路组织行车。全周转时间与现状保持一致。

目前二号线高峰期最大小时断面客流较大，但由于受列车数量限制，只能“以车定运”，高峰运能较为紧张。原则上，在满足本线客流的情况下，要确保一号线的服务水平与二号线相匹配。

5.2 一号线 2015 年配属列车建议

2015年四季度二号线首批增购车将投入使用，预计早高峰最大小时客流可达到2.5万人次/小时，届时单位小时需开行16对，行车间隔约在3分40秒左右。一号线2015年四季度小时最大断面客流为1.48万人次，当前运能配置即可满足，考虑到本线客流的培育及服务水平提升，与2号线行车间隔匹配，根据当前运力配置比率，建议2015年四季度工作日高峰期运能配置为1.96万人次，按6人/m²，则高峰小时开行13对，需要运用列车22列，检修备用6列，共需配属列车28列。与当前一号线配置列车数相比则不足3列。即2015年年底，一号线要与二号线服务水平相匹配，则一号线需增购列车3列。

5.3 一号线 2016 年配属列车建议

3号线计划于2016年年底开通试运营，届时将会对1、2号线客流产生较大影响，预计2号线第四季度早高峰最大小时客流可达到3.0万人次/小时，届时单位小时需开行20对，行车间隔约在3分钟。一号线四季度小时最大断面客流为2.22万人次，按6人/m²，需开行16对，需要运用列车26列，检修备用7列，共需配属列车33列。则2016年需再增购5列。

5.4 一号线近期各年度配属列车建议

根据最新线网规划调整,以2016年最大断面客流量为基数,考虑客流自然增长及4号线、临潼线、1号线2期等新线开通影响因素,估算一号线近期未来几年最大小时断面,并推断与之匹配的上线列车如表7所示。

表 7 一号线近期各年度所需配属列车数表 (单位: 万人次/小时)

年度	最大断面预测值 (万人次)	上线列数 (列)	配属列车 (列)	行车间隔
2015	1.48	22	28	4' 30"
2016	2.22	26	33	3' 49"
2017	2.89	33	37	3'
2018	3.7	42	47	2' 22"

增购车的审批、购车合同招投标、设计联络、生产、调试等周期长,且涉及一场一段列车停放检修能力及相关设施设备接口等多方面因素,需要多部门协作,制定详细的方案报批。以上通过客流分析预测,提出运营初期运输组织所面临的“以车定运”问题,抛砖引玉,为一号线增购车启动时机提供参考。

【参考文献】

- [1] 《二号线运营初期阶段客流预测分析报告》: 长安大学, 2011 年。
- [2] 《一号线工程可行性研究报告》: 中铁第一勘察设计院, 2008 年。

【作者简介】

程涛, 男, 硕士, 西安地铁运营分公司, 工程师。电子信箱: 9588847@qq.com