

# 基于客流特征分析的西安地铁 2 号线 行车组织优化措施

刘峻峰 程 涛

(西安市地下铁道有限责任公司, 710016, 西安//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 以西安地铁十字换乘的两条线路运营现状为背景, 重点分析了地铁 2 号线断面客流的时空分布特征和运能运量匹配情况; 提出了目前 2 号线存在高峰(尤其早高峰)时段运能不足、上下行不均衡程度大、换乘站客流压力大等问题。根据客流特征分析, 从错开北大街列车到站时间、加开备用车、上下行不均衡运输组织、开行大小交路等方面, 提出了行车组织优化措施, 为西安地铁 2 号线下阶段行车组织提供参考。

**关键词** 西安地铁 2 号线; 断面客流; 行车组织; 优化措施  
**中图分类号** U292.4

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2019.01.026

## Traffic Organization Optimization of Xi'an Metro Line 2 Based on Passenger Flow Characteristics Analysis

LIU Junfeng, CHENG Tao

**Abstract** Taking the operation status of Xi'an metro lines as the background, the temporal-spatial distribution characteristics of the section passenger flow and the transport capacity matching of metro Line 2 are selectively analyzed. The existing problems on metro Line 2, such as the shortage of transport capacity especially in the morning rush hours, the larger uplink and downlink imbalance degree, and the higher passenger flow pressure at transfer stations are discussed. According to the characteristics of passenger flow, the optimization of traffic organization measures is proposed, including staggering the train arrival times at the North Street Station, starting the standby trains, traffic organization for uplink and downlink imbalance, operation for the full & part routes, in order to provide a reference for the next phase of traffic organization on metro Line 2.

**Key words** Xi'an metro Line 2; section passenger flow; traffic organization; optimization measures

**Author's address** Xi'an Metro Co., Ltd., 710016, Xi'an, China

有 40 座(含换乘站 1 座), 日均客运量达到 90 万人次/d, 客运强度达 1.77 万人次/(km·d)。作为主干线路的西安地铁 2 号线(以下简为“2 号线”)自 2014 年 6 月 16 日南段开通以来, 客流迅速增长, 出现了高峰时段车厢拥挤、部分时段区段运能不足等现象。本文重点对 2 号线断面客流特征进行分析, 结合当前运营现状, 分析其存在的问题, 研究相应的行车组织优化措施。

## 1 现状分析

### 1.1 运营现状

2 号线北起北客站站, 站南至韦曲南站, 线路长 26.133 km, 有 21 座地下车站, 平均站间距为 1.31 km。北端渭河车辆段与北客站站相接, 南端渭河停车场与韦曲南站相接, 并与西安地铁 1 号线在北大街站换乘。

2 号线全天运营时间约为 17 h, 全天采取单一交路(北客站站至韦曲南站), 两端一场一段出入车。工作日运营时段按客流量划分为高峰时段、平峰时段及低谷时段, 高峰时段最大上线列车数为 21 列、最小行车间隔为 297 s; 周六、日运营时段按客流量划分为高峰时段及低谷时段, 高峰时段最大上线列车数为 20 列、最小行车间隔为 312 s。

西安地铁目前日均客运量达 90 万人次/d, 承担了西安市区约 7% 的交通出行(建成区有 480 万人口, 日交通出行 1 050 万人次, 地铁承担 77 万人次, 地铁换乘系数为 1.22)。2014 年第三季度, 2 条地铁线路客运强度位居全国第三位, 线路运营效率也随之不断提升。

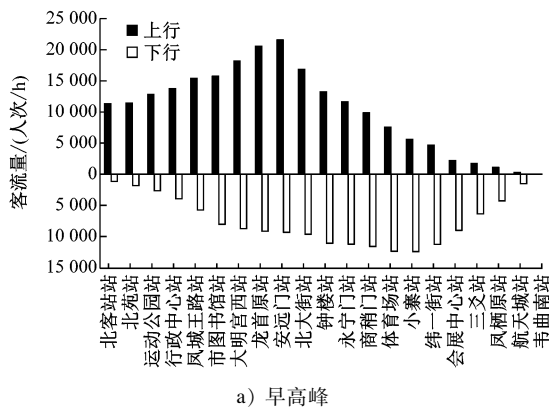
### 1.2 客流特征

本文以 2014 年 9 月客流数据为例, 对 2 号线工作日断面客流特征进行详细分析。

目前, 西安地铁运营线网长 50.9 km, 运营车站

### 1.2.1 工作日高峰时段客流特征

#### 2 号线工作日早晚高峰时段的上下行断面客流



量空间分布如图1所示。

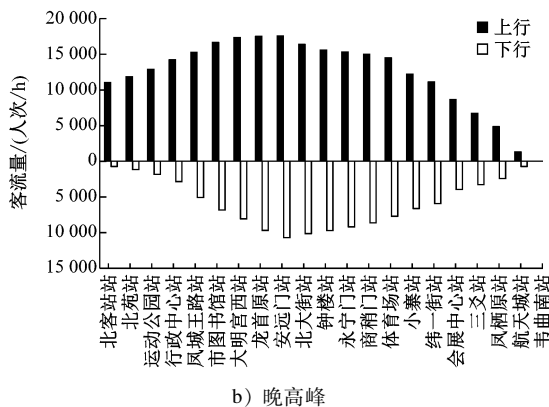


图1 工作日高峰时段2 号线上下行断面客流量分布图

由图1可得,2 号线工作日高峰时段客流特征为:

(1) 工作日早高峰时段,上下行客流量高峰断面具有明显的偏心分布特征。在早高峰时段,上行方向由北客站站至北大街站的断面客流量较大;北大街站之后,断面客流逐步减少。下行方向,小寨站至体育场站区段断面客流量最大,小寨站后,断面客流量逐步减少。

(2) 工作日晚高峰时段上下行客流量分布基本对称,呈正态分布特征。安远门站至钟楼站区段客流量最大,且上行方向北段客流量大于南段客流量。相反的下行方向南段客流量大于北段客流量。

(3) 早晚高峰时段上下行客流量分布不均衡,早高峰时段上下行客流不均衡程度尤为突出。早高峰时段上行断面客流量远大于下行断面客流量,不均衡系数约为1.27;晚高峰时段上行断面客流大于下行断面客流,不均衡系数约为1.24。

#### 1.2.2 工作日客流量全日分时分布

2 号线上下行断面客流量分布不均衡,其断面客流时间分布特征分析以上行为主。相应客流特征为:

(1) 2 号线尚处于客流培育期,工作日早晚高峰时段客流分布差异较大。早高峰时段的断面客流量,周一的高于其他工作日的;晚高峰时段的断面客流量,周五的高于其他工作日的。

(2) 工作日早晚高峰特点明显,早高峰时段的断面客流量大于晚高峰的断面客流量。

(3) 2 号线工作日客流量最大断面出现在周一早高峰时段的安远门站—北大街站上行区间,最大

断面客流量达到2.16 万人次/h,超过2 号线的运能水平。

#### 1.2.3 客流特征问题分析

从客流特征上分析,2 号线存在以下问题。

(1) 早晚高峰时段断面客流量差异大。主要表现在:早晚高峰的断面客流量明显不同,早高峰断面客流量远超过晚高峰断面客流量。

(2) 上行、下行客流量极不均衡。特别是早晚高峰时段的上、下行方向客流量不均衡程度更为突出。早高峰上行最大断面客流量远大于下行最大断面客流量,最大方向不均衡系数高达1.27。

(3) 周一早高峰时段的2 号线运能最为紧张,其乘客满意度及舒适度较低。根据客流分析,目前2 号线周一早高峰上行方向运能不能满足客流需求,其满载率超过121%,拥挤程度极高。受车底数量的限制,目前无法通过增加车底运用数量来缩短行车间隔。

(4) 高峰时段北大街站换乘压力较大,其客流控制措施已逐渐常态化。当有列车同时到站时,北大街站换乘客流会在短时间内集中,其换乘通道已接近饱和,客流压力很大。

根据统计,某日北大街站全天瞬时最大客流量出现在晚高峰时段的18:15—18:20。在这5 min里,北大街站瞬时客流量接近2 000 人次。客流按不同进出站口及换乘方向形成了16 个流向,随着乘客对不同的通道和出入口的选择,共形成52 条流线。北大街站2 号线站台楼梯要承担1 700 人次的客流,并面对10 种以上的流向,致使楼梯通道能力紧张,存在安全隐患。乘客步速不同,上下楼方

向各异,也极易形成客流对冲及摩擦。

## 2 行车组织优化措施

为缓解 2 号线运能紧张问题,在增购列车未交付使用前,应根据客流分布的时间和空间规律,优化运输组织方式。主要采用行车组织方法,梯度递进,将有限运能集中投放到重点时段和区段;同时,辅以优化客运组织手段,减缓大客流压力。

### 2.1 调整北大街站列车到站时间

根据列车运行时刻表,在 18:15—18:20 期间,有 3 列列车同时到达北大街站,从而导致换乘客流骤增。现采用调整时刻表手段,使得高峰时段到达北大街站的列车错开 8 s 以上,有效减小了瞬时换乘客流量。

### 2.2 加开备用车

由 2 号线的 15 min 断面客流分析可知,早晚高峰时段极大客流持续时间一般不超过 45 min,且均处于安远门站至北大街站区段。在突发大客流或临时可预见大客流情况下,可采取直接加开备用车来缓解客流压力<sup>[1]</sup>。备用车可存放于市图书馆站存车线,在出现紧急情况时,直接加开至大客流车站(如北大街车站)。

### 2.3 不均衡运输组织,提升单向运力

目前 2 号线高峰时段部分区间运力不足,且上下行断面客流极不均衡。故早高峰可采用上下行不均衡运输组织方法。在高峰时段,单方向加车,提升某一方向运力,减缓高峰峰值时刻客流压力。在安远门站至北大街站区段,原来早高峰时段上线 20 列列车,运能约为 1.60 万人次/h。现采用不均衡运输组织方法,在上行方向增开 1 列列车,小时运能提升至 1.78 万人次/h。可见,在运用车数不变的情况下,上行方向高峰峰值时刻(7:26—7:57)的运力提升了 11%。

### 2.4 高峰时段开行大小交路,提升高密度区段运力

目前 2 号线配车 22 列,以单一交路运行。列车全部上线时的最大运能约为 1.86 万人次/h(严重超载时约为 2.4 万人次/h)。当客流持续增长或特殊节假日时,2 号线的运能矛盾将会凸显。

当连续区段出现运力不足时,可采用大小交路来提高高客流区段的运力<sup>[4]</sup>。根据客流分析,2 号线断面客流量具有中间大、两端小的特点,为减少运用车数,提高满载率和运营效益,在线路配线及信号设备功能满足的前提下,在高峰时段可按大小

交路运行。

小交路的选择主要以高峰时段单向断面客流量为依据。考虑旅客换乘方便及节约列车,建议小交路为北客站站—会展中心站,大交路为北客站站—韦曲南站。在 22 列列车全部上线的前提下,大小交路开行比例按照 1:1 开行。具体大小交路开行方案如表 1 所示。

开行大小交路的优点是:① 共线段运能较单一交路提升 0.17 万人次/h;② 1:1 开行比例的非共线段行车间隔优于其它开行比例,使乘客容易接受。缺点是:① 非共线段服务水平低,满载率偏高,社会关注度较大;② 行车组织及客运组织均较单一交路复杂。

表 1 2 号线大小交路开行方案

项目	大交路	小交路
运行周期	104 min	82 min 35 s
车底数量/列	12	10
行车间隔	8 min 40 s	4 min 20 s
单向运能/(万人次/h)	1.02	2.03

## 3 结语

断面客流分布特征及最大断面客流量是地铁设计选型及行车组织的重要制约指标。在“以车定运”的情况下,关键在于掌握客流分布的时间和空间规律,进一步挖潜增效,将有限运能集中投放到重点时段和区段,提升运营效率。目前西安地铁十字形线网结构及城市功能空间布局,决定了当前客流分布呈现以北大街站为中心的正态分布形态,易于进行行车组织。随着后续线路开通,换乘站的增加及临潼线等郊区线路的引入,会出现多峰客流及单向客流等客流形态,需要制定更高效复杂的行车组织方案。

## 参考文献

- [1] 熊银玉,魏巍.城市轨道交通备用客车的运用及优化[J].城市轨道交通研究,2010(2):87.
- [2] 王修志,宋建业.断面客流不均衡条件下的地铁行车组织方法[J].铁道运营技术,2009(1):16.
- [3] 梁强升.城市轨道交通线路高峰期的不均衡运输组织研究与应用[J].都市轨道交通,2014(8):30.
- [4] 李素莹,陈光华,车永兵.上海轨道交通 1 号线开行大小交路运行方案的实践[J].城市轨道交通研究,2007(1):50.

(收稿日期:2017-06-26)