

成都地铁首班车多点发车方案研究*

刘骄阳¹ 贾文峥^{2,3} 熊振兴¹ 刘悦^{2,3} 崔学忠^{2,3}

(1. 成都轨道交通集团有限公司运营公司, 610051, 成都;

2. 交通运输部科学研究院城市公共交通智能化交通运输行业重点实验室, 100029, 北京;

3. 城市轨道交通运营安全管理技术及装备交通运输行业研发中心, 100029, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘要 分析了较长地铁线路采用首班车单点发车方案时存在的问题。阐述了首班车多点发车方案的思路。提出空驶列车投入载客服务、提前安排线上存车及优化检修程序等 3 个可行措施。建立了全线服务时间、局部区段服务时间、空驶列车数和可用施工时间等 4 个评价指标。以成都地铁 2 号线为例, 对首班车发车方案的效果进行分析评价, 并计算了成都地铁全网采用首班车多点发车方案的服务时间。研究结果表明, 将空驶列车作为首班车的首班车多点发车方案最优, 可有效提早线路中间区段车站的首班车服务时间, 延长线路服务时间, 提高服务质量。

关键词 地铁; 首班车; 多点发车

中图分类号 U292.4; U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.04.010

Study on the Scheme of Chengdu Metro First Train Multi-point Departure

LIU Jiaoyang, JIA Wenzheng, XIONG Zhenxing, LIU Yue, CUI Xuezhong

Abstract The problems existing in long metro lines adopting first train single-point departure scheme are analyzed. The idea of first train multi-point departure scheme is expounded. Three feasible measures including putting empty train into passenger service, arranging online train storage in advance, and optimizing maintenance procedures are proposed. Four evaluation indexes are established, including full line service time, local section service time, number of empty trains and available maintenance time. Taking Chengdu Metro Line 2 as an example, the performance of first train departure scheme is analyzed and evaluated, and the service time of Chengdu Metro adopting first train multi-point departure scheme for whole network is calculated. Research results show that using empty trains as first trains in the scheme of first train multi-point departure is optimal, effectively advancing the first train service time of line middle section stations, prolonging line service time, in-

creasing service quality.

Key words metro; first train; multi-point train departure

First-author's address Chengdu Rail Transit Group Co., Ltd., 610051, Chengdu, China

北京、上海、广州、深圳、南京及成都等地的城市轨道交通(以下简称“城轨”)均出现了客流分布不均衡及短期客流高度聚集等特征, 这就对长大线路运营组织提出了新的要求。

文献[1-6]基于正在规划的线路, 提出了新建专用线路、大小交路运行及快慢车开行等方案, 以缩短线路服务时间、提高出行效率。本文以已投用的成都地铁 2 号线(以下简称“2 号线”)为例, 提出首班车多点发车方案, 充分利用现有设施设备条件来提高服务水平。

1 传统早班车发车方案存在的问题

2 号线线路全长 42.40 km, 共设 32 座车站, 2 号线西起犀浦站, 东至龙泉驿站, 途经成都东客站, 其全线采用站站停模式运行。列车单向全线运行耗时约为 71 min。2019 年, 2 号线日均进站量 56.2 万人次, 日均客运量 81.19 万乘次, 早晚高峰时段客运量占全天客运量的 38%。经分析, 2 号线中间区段车站服务于密集居住区, 早上需赶到成都东客站换乘铁路出行的乘客较多, 对首班车提前有较大的需求。在线路运行前期, 2 号线早班车发车采用传统的首班车单点发车方案。从端头站开始, 以某个时间点作为首班车发车时间, 1 个运行方向仅以 1 列列车作为首班车, 则后续车站的首班车时间为该列车运行至车站的时间。经分析, 在首班车单点发车方案下, 2 号线面临以下 2 种选择:

1) 不改变始发站首班车时间。此时, 中间区段

* 国家重点研发计划项目(2018YFC0809905-03); 交通运输部科技示范工程项目(2016012)

首班车服务时间较晚,乘客满意度较低。犀浦站上行方向首班车发车时间为06:10,该车于06:15到百草路站,06:21到金科北路站、06:28到羊犀立交站、06:32到蜀汉路东站。可见,线路中间区段车站的首班车时间相对较晚,无法满足乘客换乘铁路出行的需求,故乘客满意度比较低。

2) 压缩施工作业时间,提前始发站首班车发车时间。然而由于线路长、站点多,施工作业数量多、作业时间较长,故压缩的施工作业时间有限,中间段车站的首班车到站时间仍然较晚。此外,经计算,若要中间区段车站的首班车时间为06:10左右,则犀浦站首班车发车时间需提前到05:45左右。此时,地铁员工的工作时间也需要相应提前,而此时犀浦站基本无人候车,造成资源的浪费,

可见,首班车单点发车方案无法满足2号线的实际需求。

2 首班车多点发车的思路

若既要提高中间车站的首班车服务水平,又要保障施工作业时间,则在始发站发车时间不变的情况下,就需要在中间区段的多座车站同时开行首班车,即多点发车。就2号线具体情况而言,需在百草路站至龙平路站区段增发首班车,使端头站与中间站首班车时间相差不大。这样既可以提升服务水平,满足大多数乘客的出行需要,也体现了地铁开行的经济合理性。

2.1 首班车多点发车的实施措施

首班车多点发车方案需先在线路上提前布车,再组织多座车站同时开行。为了满足郊区站点市民早间出行需求,选择2号线早间客流量较大的犀浦站、百草路站、金科北路站、羊犀立交站及蜀汉路东站等作为首班车发车站,且首班车发车时间均设为06:10。2号线首班车多点发车开行方案如图1所示。

为确保更好地实现2号线多点发车方案,需采取以下一系列措施。

2.1.1 将空驶列车投入载客服务

列车运营前需进行轨道作业。为保证早高峰时段全线路有足够的列车,在轨道车后一般会组织后续列车陆续出段。在设定的首班车前,其余通过车站的列车均为空驶列车,且线路越长、运行间隔越密,空驶列车就越多。因此,可充分利用空驶列

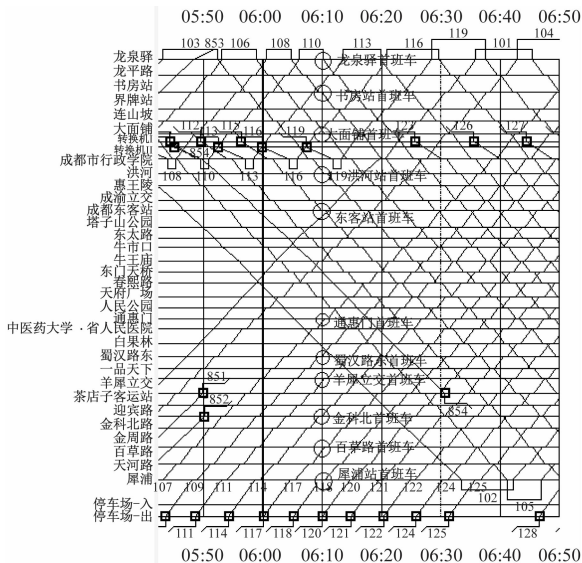


图1 2号线首班车多点发车开行方案截图(部分)

Fig.1 Operation scheme of Line 2 first train multi-point departure (partly)

车,将其作为多点发车方案的首班车开行,既可减少列车空驶率,又可提高服务水平。

图1中的109次、111次、114次及117次均为空驶列车作为首班车开行,提前投入载客服务。在首班车发车站:一方面,车站站务人员及安检人员等应按新的首班车发车要求提前到岗;另一方面,在满足相关作业时间要求的条件下,首班车出车时间应能满足其开行时间要求。

2.1.2 采用线上提前存车

如果停车场或车辆段(以下简为“场段”)设于线路中部,且端头站没有衔接场段,则可在端头站存车线或折返线夜间存放电客车。如场段设于线路两端,则可在线路中部车站的存车线夜间存放电客车。夜间存放的电客车可在次日作为轨道车或首班车,以节省场段出车时间。

采用线上存车方式时,线路及车辆的修程修制应能满足正线停车的需要。此外,为满足施工检修需求,需定期调整停车线路,使其满足所有线路符合检修时间的要求。未对修程修制进行综合优化的,基本无法实施线上存车。

2.1.3 优化施工检修程序

为了适当压缩施工作业时间,目前大多长线路采取分段请销点方式来优化施工检修流程。虽然乘客对首班车早发车的需求在不断增加,但因施工作业时间有严格要求,压缩施工时间会造成设备检修无法保障,因此施工检修流程的优化空间有限。

2.2 首班车多点发车方案的评价指标

- 1) 全线服务时间。即全线车站从首班车开始到末班车结束的运营服务时间。全线服务时间越长,则服务水平越好。
- 2) 局部区段服务时间。即部分区段车站从首班车开始到末班车结束的运营时间。局部区段服务时间越长,则服务水平越好。
- 3) 空驶列车数。即在列车运行图中不载客运营的列车开行数。空驶列车数越少,则列车利用情况越好。
- 4) 可用施工时间。在线路运营时间不变的情况下,可利用天窗组织施工作业。可用施工时间越长,则组织效率越高;如可用施工时间不变,则应增加全线或局部区段的运营服务时间,以提高服务水平。

3 方案效果评价

3.1 2 号线的早班车发车方案评价

- 基于 2 号线的客流情况,本文提出 3 个首班车发车方案。上行方向的首班车时间如表 1 所示。
- 方案一为空驶列车作首班车方案。犀浦站的首班车时间为 06:10;在犀浦路站首班车之前,2 号线上共有 5 列空驶列车,到达百草路站及金科北路站等首班车发车站点后,与始发站首班车同时投入载客服务。第 1 列空驶列车出场段时间为 05:20。
- 方案二为传统的首班车发车方案。在轨道交通后,从犀浦站 05:45 发空驶列车,其后的第 1 列列车作为犀浦站首班车,沿列车运行方向依次投入载客。第 1 列空驶列车出场段时间为 05:20。

- 方案三为夜间存车+提前出车方案。除了 1~2 列夜间存车的列车之外,其他空驶列车提前 30 min 从场段出车,逐次停放在犀浦站及百草路站等 11 座车站的正线,并于 06:10 后同时投入载客服务。由于提前出车到站,故要求车站工作人员提前上岗,并要求将施工检修时间压缩到 230 min。该方案的第 1 列空驶列车出场段时间为 04:50。
- 经比较:方案二犀浦站的首班车时间最早,而成都东客站等中间车站的首班车时间却略晚;方案三的上线列车数为 11 列,数量较多,需提前 30 min 出车;方案一既能满足部分区段提前首班车的目的,也不需提前出车时间。3 种方案的主要指标如表 2 所示。

表 1 2 号线上行方向首班车发车时间对比

Tab.1 Comparison of Line 2 up direction first train departure time

车站	首班车发车时间		
	方案一	方案二	方案三
犀浦站	06:10	05:50	06:10
百草路站	06:10	05:56	06:15
金科北路站	06:10	06:01	06:12
羊犀立交站	06:10	06:07	06:12
蜀汉路东站	06:10	06:12	06:10
通惠门站	06:10	06:18	06:10
春熙路站	06:18	06:24	06:12
成都东客站站	06:30	06:33	06:10

表 2 各方案评价指标的参数值

Tab.2 Parameters of evaluation index of each scheme

方案	全线服务时间/min	局部区段服务时间/min	空驶列车数/列	施工时间/min
方案一	1 010	1 070	2	260
方案二	1 030	1 030	10	260
方案三	1 010	1 080	2	230

为综合比较 3 个方案,将全线服务时间、局部区段服务时间、空驶列车数与施工时间等 4 个指标的权重分设置为 0.25、0.40、0.10 及 0.25,以方案中单个指标最优的为满分,其他方案相应指标按照与最优值比例计算得分,得到各方案评价结果如表 3 所示。

表 3 各方案评价结果表

Tab.3 Index score table of each scheme

方案	各指标得分				总分
	全线服务时间	局部区段服务时间	空驶列车数	施工时间	
方案一	24.5	38.9	10.0	25.0	98.4
方案二	25.0	38.2	2.0	25.0	90.2
方案三	24.5	40.0	10.0	22.1	96.6

由表 3 可见,方案一评价得分最高。考虑服务水平、列车利用率及员工通勤车等因素,优先采用方案一。方案三与方案一得分接近,因此如施工作业时间可压缩到 4 h 内,则也可考虑选用方案三。

3.2 全网首班车多点发车方案效果

成都地铁现阶段所有线路都采用了夜间正线存车,也有少量空驶列车,全线网均具备早班车开行多点发车方案的条件。采用方案一对 7 条线路首

班车发车方案进行优化,得到局部区段服务时间延长指标见表 4。

由表 4 可见:各线局部区段的运营服务时间分别延长了 30 ~ 50 min,平均为 37 min;空驶列车数减

少 8 列;线网整体采用该方式,不会影响线网换乘匹配关系,对线网运营服务质量的提升起到了积极作用。

表 4 成都地铁多点发车方案局部区段服务时间延长表

Tab. 4 Extension of service time at local sections in Chengdu Metro multi-point departure scheme						
线路	运行方向	首班车时间	局部区段	优化前服务时间/min	优化后服务时间/min	延长服务时间/min
1 号线	上行	06:10	天府广场站—火车北站站	1 015	1 055	40
	下行	06:10	省体育馆站—兴隆湖站			
2 号线	上行	06:10	通惠门站—龙平路站	1 020	1 050	30
	下行	06:10	成都东客站站—天河路站			
3 号线	上行	06:10	太平园站—石油大学站	995	1 035	40
	下行	06:10	春熙路站—三里坝站			
4 号线	上行	06:10	宽窄巷子站—明蜀王陵站	1 020	1 060	40
	下行	06:10	市二医院站—杨柳河站			
5 号线	上行	06:10	石羊立交站—柏水场站	1 000	1 030	30
	下行	06:10	赛云台站—龙马路站			
7 号线	上行	06:15	三瓦窑站—理工大学站	1 010	1 060	50
	下行	06:15	九里堤站—双店路站			
10 号线	上行	06:00	双流机场 2 号航站楼站—簇锦站	1 020	1 050	30
	下行	06:00	新津站—刘家碾站			

4 结语

较长的轨道交通线路如采用传统首班车单点发车方案,则线路中间区段站点的首班车服务时间会较晚。通过采用线上存车、将空驶列车调整为载客列车等多点发车措施,可以有效延长局部区段的运营服务时间。为更好地实施首班车多点发车方案,可在规划设计阶段对车站存车线及场段位置等进行优化,使车站配线、车辆段设计等前期基础设施满足运营需求,还要对车辆、线路等设施的修程修制进行配套优化,通过综合措施来提升较长线路首班车的运营服务水平。

参考文献

[1] 赵昕,顾保南. 2018 年中国城市轨道交通运营线路统计和分析[J]. 城市轨道交通研究,2019 (1):1.
ZHAO Xin, GU Baonan. Statistical analysis of urban rail transit lines in 2018 China[J]. Urban Mass Transit, 2019(1):1.
[2] 刘海洲,周涛,高志刚. 轨道交通长大线路存在的问题及思考[J]. 都市快轨交通,2012 (1):54.
LIU Haizhou, ZHOU Tao, GAO Zhigang. Problems and consider-

ations about long lines of rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2012(1):54.
[3] 史海欧,孙元广. 地铁系统能力和服务水平的若干设计标准探讨[J]. 城市轨道交通研究,2012 (6):23.
SHI Haiou, SUN Yuanguang. On standards of metro transport capacity and level of service[J]. Urban Mass Transit, 2012(6):23.
[4] 况璐,安轲,郭秀云,等. 网络条件下成都轨道交通 13 号线运营路网研究[J]. 综合运输,2019 (3):71.
KUANG Rong, AN Ke, GUO Xiuyun, et al. Study on the operation routing of Chengdu Rail Transit Line 13 under network conditions[J]. China Transportation Review, 2019(3):71.
[5] 矫丽丽. 城市轨道交通客运服务质量测评与优化研究[D]. 南京:南京理工大学,2013.
JIAO Lili. Research on evaluation and optimization of passenger service quality of urban rail transit[D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2013.
[6] 张文韬,姜彦臻. 西安地铁 1、2 号线首班车开行方式分析及优化[J]. 科技创新导报,2016 (28):14.
ZHANG Wentao, JIANG Yanlin. Analysis and optimization of first train operation mode of Xi'an Metro Lines 1 and 2[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2016(28):14.

(收稿日期:2020-04-13)