

基于城市轨道交通既有站改造背景下的 运营组织方案研究 ——以重庆轨道交通6号线为例^{*}

王辰宇^{1,2}

(1. 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安;

2. 陕西省铁道及地下交通工程重点实验室(中铁一院), 710043, 西安//工程师)

摘要 目的:为适应城市发展和规划调整,需要对未预留延伸条件的既有城市轨道交通车站进行较大规模的改造,并通过研究改造期间和改造后的运营组织方案来减少既有站改造对运营的影响。**方法:**以重庆轨道交通6号线为例,因规划调整导致其三期工程原线路路由不能满足最新的规划要求,因此对既有刘家坪站进行改造,实现6号线主支线运营。从配线方案、服务水平、中断时间、运营功能、工程投资等方面对具有独立运营条件和不具有独立运营条件的两种支线方案进行综合比选。结合中断运营期间客流预测、列车运行交路、场段核算等提出合理的临时运营组织方案。**结果及结论:**通过比选,认为不具有独立运营条件的支线方案不仅中断运营时间较短、工程投资较省,同时也能满足运营需求,中断运营期间的运营组织方案合理可行。既有线(站)的改造不可避免地会造成部分线路运营的中断,改造期间需统筹考虑中断运营期间的运营组织方案,将运营影响降到最低,改造后应结合客流特征合理规划全线运营组织方案。

关键词 城市轨道交通;既有站改造;运营组织

中图分类号 F530.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.07.013

Operational Organization Plans for Urban Rail Transit Existing Station Reconstruction: A Case Study of Chongqing Rail Transit Line 6

WANG Chenyu

Abstract Objective: To adapt to urban development and planning adjustments, significant reconstruction is required for existing urban rail transit stations without reserved extension conditions. This research aims to minimize the impact of existing station reconstruction on operations by studying the operational organizational plans during the reconstruction period and

after the reconstruction. Method: Taking Chongqing Rail Transit Line 6 as an example, the original route of its phase III project cannot meet the latest planning requirements due to planning adjustments. Therefore, the existing Liujiaping Station is reconstructed to enable the operation of Line 6 and its branch line. Two comprehensive branch line schemes, one with independent operation conditions and the other without, are compared in terms of routing plan, service level, interruption time, operational functions, and project investment. Reasonable temporary operational organizational plans are proposed considering passenger flow predictions, train schedules, and depot calculations during their interruption period. Result & Conclusion: Through the comparison, it is concluded that the branch line scheme without independent operation conditions not only has a shorter interruption time, and lower project investment but also meets operational requirements. The proposed operational organizational plan during the interruption period is deemed reasonable and feasible. The reconstruction of existing lines (stations) inevitably causes interruptions in certain line operations. Therefore, during the reconstruction period, it is necessary to consider comprehensive operational organizational plans for the interruption period, minimizing the impact on operations. After the reconstruction, a comprehensive operational organizational plan should be developed reasonably based on passenger flow characteristics.

Key words urban rail transit; existing station renovation; operation organization

Author's address China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

城市轨道交通既有线路是在特定时期的城市

^{*} 中铁第一勘察设计院集团有限公司科研课题(2021KY55YB-09)

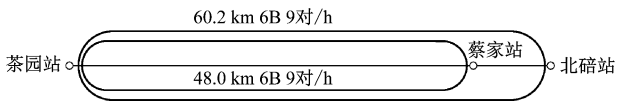
规划背景下建设的,建设时期人地矛盾远小于当前,导致既有线与规划线路、既有线延伸线的网络关系不再满足当前城市发展的需要^[1-2]。因此,有必要对既有线进行改造,以使其适应存量时代的新规划^[3]。既有站的改造涉及范围较大、影响面较广,为适应渐进式更新的城市发展要求,不仅需要根据城市规划、客流预测对全线运营组织进行统筹规划^[4],还需对既有线路在中断运营期间的运营组织进行合理安排,以实现便捷服务和节省成本的双重要求^[5]。

本文以重庆轨道交通 6 号线(以下简称“6 号线”)为例,从城市空间布局、改造规模、运营功能、中断运营期间影响等方面入手,确定合理的既有站改造后主支线运营组织方案及中断运营期间的运营组织方案,在保证运营功能的基础上,以最小的代价实现较优的服务。

1 重庆轨道交通 6 号线运营概况

6 号线一期工程设计时全线范围为上新街站—礼嘉站。二期工程分南北两段,南段为茶园站—上新街站,北段为礼嘉站—北碚站,已于 2014 年年底开通运营。

随着城市化推进,以及北碚组团与茶园组团间的客流量增加,自 2018 年 11 月 19 日起至今,运营调整为全天开行茶园站—北碚站、茶园站—蔡家站大小交路,开行比例为 1:1。工作日高峰时段最小发车间隔为 200 s,开行列车对数约为 18 对/h,现状高峰期列车运行交路示意图如图 1 所示;非高峰时段发车间隔约为 320 s,开行列车对数约为 11.25 对/h。



注:60.2 km、48.0 km 为交路长度;6B 表示列车编组为 6 辆 B 型车;9 对/h 为高峰期开行列车对数。

图 1 现状高峰期列车运行交路示意图
Fig. 1 Diagram of peak-hour train routing in current phase

2 既有刘家坪站改造后主支线运营组织方案

根据《重庆市中长期铁路网规划(2016—2030 年)》,重庆东站选址于茶园组团。但 6 号线一、二期规划过程中,除茶园站外其余车站均未预留延伸

至重庆东站的接轨条件。此外,从茶园站引出向东延伸至重庆东站沿线周边土地利用规划以工业地块为主,与大客流点的客流现状不匹配。考虑以上因素对 6 号线东延线的线路走向进行研究,并提出适应城市更新要求的解决方法。

《重庆市城市轨道交通第四期建设规划(2020—2025 年)》提出优化方案,6 号线延伸段将从既有的刘家坪站引出接入到重庆东站,届时该线将会形成主、支线运营的模式。刘家坪站接轨的两个方向分别连接重庆东站和茶园站,线路走向示意图见图 2。

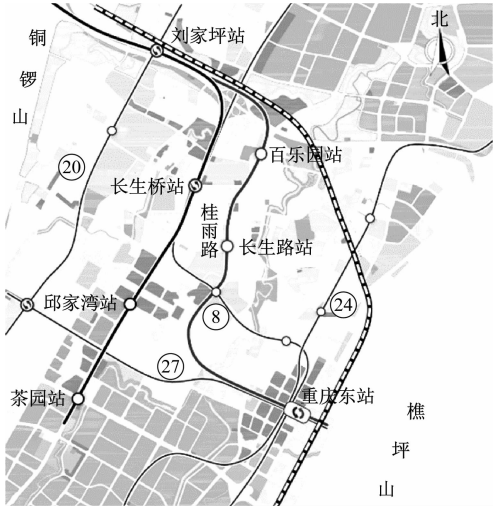


图 2 6 号线刘家坪站接轨方案线路走向示意图
Fig. 2 Diagram of route direction in Line 6 Liujiaping Station rail connection scheme

根据《重庆市国土空间总体规划(2019—2035)》和《重庆市中长期铁路网规划(2016—2030 年)》要求及客流预测结果,提出了具备独立运营条件的支线方案和不具备独立运营条件的支线方案^[6]。两种支线方案对比见表 1。

根据客流预测,初期茶园站—刘家坪站方向高峰时段最大断面客流量为 0.89 万人次/h,重庆东站—刘家坪站方向最大断面客流量为 0.78 万人次/h。本线列车采用 B 型车 6 辆编组,定员 1 460 人。茶园站—刘家坪站方向高峰时段开行列车 7 对/h,重庆东站—刘家坪站方向高峰时段开行列车 6 对/h,即可满足客流出行需求。主、支线两个方向高峰小时最大断面客流量相近,宜采用 1:1 的开行比例。

考虑到茶园组团为城市副中心及长江生态文明创新试验区和国家物联网基地,重庆东站为大型综合交通枢纽,对两个方向均应适当提高服务频率。同时,结合 GB 50157—2013《地铁设计规范》

站的改扩建,届时部分区段及长生停车场需要停运。因此,在改扩建期间,不仅需要根据中断范围和客流预测结果合理组织运营,以减少中断运营期间的的影响范围,同时还需要核算长生停车场停运后,其他车辆段(大竹林车辆段和龙凤溪车辆段)的运用、检修能力是否满足中断运营期的需求。

3.1 中断范围及客流预测

结合 6 号线既有工程的配线设置情况,紧邻刘家坪站西端的新上街站设置站后单停车线,江北城站设置站前单渡线,均可组织临时交路。但为减少影响范围,在刘家坪站改造期间可利用新上街站组织临时交路,其中有 4 个站点受到影响,分别为:刘家坪站、长生桥站、邱家湾站及茶园站。

根据最新客流数据,6 号线工作日日均客流量约为 60.95 万人次,高峰时段最大断面客流量为 2.28 万人次/h。

中断运营后将造成断面客流量整体下滑,但考虑设计包容性,本次研究依旧采用现状运营数据为基准,不考虑客流折减。基于现状客流预测的中断运营期早高峰断面客流特征,上、下行断面客流量不均衡,北碚站—上新街站方向最大断面客流出现在花卉园站—红旗河沟站,为 2.23 万人次/h;上新街站—北碚站方向最大断面客流出现在花卉园站—大龙山站,为 2.30 万人次/h。

3.2 中断运营期间临时运营组织方案

结合中断运营期间早高峰断面客流特征可知,中断运营后的客流形态与之前的客流形态保持一致,宜开行大小交路。

从断面客流回落情况分析,高断面客流在光电园站后剧烈下滑,因此,宜在 1/2 断面客流处开行比例 1:1 的大小交路。南端 1/2 断面在小什字站—上新街站区间,结合既有站配线设置情况,在既有上新街站设置站后单停车线,因此,南端小交路点宜选择在上新街站。北端 1/2 断面在康庄站—大竹林站区间,结合既有站配线设置情况,在曹家湾站—康庄站未设置折返线,在蔡家站设置站后双停车线,因此,北端小交路点宜选择在蔡家站。综上分析,中断运营期间推荐大交路为上新街站—北碚站,推荐小交路为上新街站—蔡家站。

6 号线目前共计配属列车 53 列,其中,运用车底数 43 列,检修车底数 5 列,备用车底数 5 列。现状 6 号线列车旅行速度为 42 km/h。本方案考虑利用既有运用车底尽可能提升服务水平。根据旅行

速度、折返时间等计算高峰期开行列车对数,计算公式为:

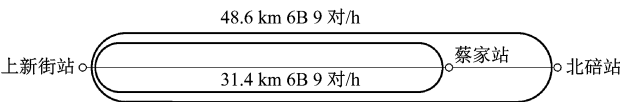
$$n_{\text{对}} = \frac{P_{\text{运用}}}{2L/V + T_{\text{折返}}} \tag{1}$$

式中:

- $n_{\text{对}}$ ——高峰时段开行列车对数,单位 对/h;
- $P_{\text{运用}}$ ——运用车底数,单位 列;
- L ——交路长度,单位 km;
- $T_{\text{折返}}$ ——列车折返时间,单位 h;
- V ——旅行速度,单位 km/h。

根据式(1)计算结果,利用既有运用车底组织高峰期大小交路,最多可按 1:1 各开行列车 10 对/h。

刘家坪站改造完成并恢复全线运营后,须保证全线服务水平不低于中断运营期间服务水平。恢复全线运营后高峰期开行 10 对/h + 10 对/h,需运用车底数 56 列,但既有运用车底数只有 43 列,无法满足运营需求。因此,本次中断运营期间高峰期开行大小交路列车均为 9 对/h。中断运营期间列车运行交路见图 4。



注:48.6 km、31.4 km 为交路长度;9 对/h 为高峰期开行列车对数。

图 4 中断运营期间列车运行交路方案

Fig. 4 Train routing scheme during the interrupted operation period

3.3 中断运营期间车辆基地能力核算

根据建设时序,6 号线东延段计划于 2025 年底建成通车,长生停车场停用期间全线共 53 列配属车保持不变。

6 号线既有场段用地按原设计年限远期控制,列车运用、检修设施按原设计年限近期规模实施,同时预留远期发展规模。既有车辆基地规模见表 3。

中断运营期间高峰期大小交路按 1:1 各开行 9 对/h。根据式(1)计算结果,需运用车底数 37 列。根据 GB 50157—2013,备用车底数通常按运用车底数 10% 取值,因此需备用车底数 4 列。中断运营期为 2~4 个月,对大架修、定修无影响,因此仅需计算周月检检修车数量,计算公式为:

$$P_{\text{检修}} = N_{\text{双周检}} T_{\text{双周检}} + N_{\text{三月检}} T_{\text{三月检}} \tag{2}$$

式中:

表 3 6 号线既有车辆基地规模

Tab.3 Size of the existing vehicle bases of Line 6

单位:列位

场段	架修		临修 (建成)	定修 (建成)	周月检 (建成)	静调 (建成)	停车列检	
	建成	预留					建成	预留
大竹林车辆段(一期)	1	1	1	2	3	1	30	6
龙凤溪车辆段(二期)			1	1	3	1	18	24
长生停车场(二期)			1		2		16	10
总计	1	1	3	3	8	2	64	40

$P_{检修}$ ——周月检修修车数量;
 $N_{双周检}$ 、 $N_{三月检}$ ——双周检、三月检全日检修量;
 $T_{双周检}$ 、 $T_{三月检}$ ——双周检、三月检单次检修时间。

根据式(2)计算结果,需检修车底数 4 列,共计配属列车 45 列,将会有 8 列配属列车闲置。

中断运营期间需停车列检位 41 列位(运用车底数 37 列、备用车底数 4 列)、周月检 4 列位(检修车底数 4 列)。长生停车场停运期间,大竹林车辆段和龙凤溪车辆段共计可提供停车列检 48 列位、周月检 6 列位,满足中断运营期间停车及检修的需求。

4 结语

经过长期发展,我国城市轨道交通线网逐步成型,但随着城市发展进入存量时代,规划与现状不匹配的现象也日益突出。为了使城市轨道交通线网适应最新的城市发展需求,需要对既有线进行改造,尽可能减少建设过程的阵痛期,实现城市轨道交通线网的有机更新。本文以 6 号线为例,结合运营条件、配线设置、工程投资、城市发展等因素,阐述了 6 号线主支线运营组织方案及中断运营期间运营组织方案,并提出以下建议:

- 1) 结合全线既有配线设置及运营组织方案,选择合适的支线接轨点,以适应城市的发展需求。
- 2) 结合客流特征合理规划全线运营组织方案,在满足客流出行需求的前提下,选择合适的交路折返点,组织大小交路、主支线运营,以减少运营成本。
- 3) 既有线(站)的改造不可避免地会造成部分线路运营的中断,改造期间需统筹考虑中断运营期间的运营组织方案,将运营影响降到最低。

通过既有线(站)改造实现城市轨道交通服务能力的综合提升,有利于城市轨道交通线网适应城

市发展的要求。我国城市轨道交通既有线(站)改造落地项目较少,存在诸多技术难点。本文研究了既有站改造背景下 6 号线的运营组织方案,可为后续类似项目提供一定参考。

参考文献

[1] 武丽华, 杨兴山. 对城市轨道交通既有线技术改造的思考[J]. 都市快轨交通, 2009, 22(2): 32.
WU Lihua, YANG Xingshan. Considerations about technical reform for the operated urban rail transit lines[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2009, 22(2): 32.

[2] 张奔. 快轨大连站扩能改造方案研究[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(8): 83.
ZHANG Ben. Research on the capacity expansion project of R3 Line Dalian Station[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(8): 83.

[3] 梁青槐, 林一泓, 王恒, 等. 国内外地铁线路改造案例剖析及启示[J]. 都市快轨交通, 2020, 33(5): 80.
LIANG Qinghuai, LIN Yihong, WANG Heng, et al. Cases study on and takeaways from the renovation of existing metro lines[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2020, 33(5): 80.

[4] 杨令, 沈增涛. 既有地铁车站功能性改造的客流适应性分析[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(11): 145.
YANG Ling, SHEN Zengtao. Passenger flow adaptability analysis for functional transformation of existing metro stations[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(11): 145.

[5] 梁广深. 城市轨道交通降低运营成本刍议[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(5): 6.
LIANG Guangshen. Discussion on urban rail transit operation cost reduction[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(5): 6.

[6] 周宏昌. 城市轨道交通既有车站改造方案研究: 以重庆轨道交通 6 号线刘家坪站改造方案为例[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(12): 124.
ZHOU Hongchang. Study on reconstruction scheme of existing stations of urban rail transit—taking the reconstruction scheme of Liujiaoping Station of Chongqing Rail Transit Line 6 as an example [J]. Railway Standard Design, 2022, 66(12): 124.

(收稿日期:2023-02-16)