

重庆轨道交通 4 号线与环线跨线运营的配线设计

乐梅 文成祥 王宁宁 杨婧 蒋燕

(重庆市轨道交通(集团)有限公司,401120,重庆//第一作者,正高级工程师、高级经济师)

摘要 重庆轨道交通 4 号线与环线在民安大道站实现了跨线运营,但也反映出跨线交路受限于渡线设置不够灵活等问题。为此,从 4 号线 OD(起讫点)客流分析着手,提出制约开行跨线列车的前提条件——配线设置,并通过对比分析乘客下车换乘、现有配线开行跨线列车,以及优化配线开行跨线列车情况下乘客的出行时间情况及各种模式的优缺点,得出跨线运营的配线设置可行方案。

关键词 城市轨道交通;跨线运营;OD 客流;配线设计

中图分类号 U291.1⁺3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.004

Distribution Design of Cross Line Operation Between Metro Line 4 and the Circle Line in Chongqing City

LE Mei, WEN Chengxiang, WANG Ningning, YANG Jing, JIANG Yan

Abstract Cross line operation is realized at Min'an Avenue Station between metro Line 4 and the Circle Line in Chongqing City, but also reflects problems like the inflexibility of cross-over layout. For that reason, the OD (origin-destination) passenger flow analysis of metro Line 4 is taken as the starting point, the prerequisite as in distribution is put forward for restricting the operation of cross line trains. By comparing and analyzing the travel time of passengers, the merits and demerits of various modes under conditions including passengers in transfer, the existing station track for cross-line trains and the distribution priority in cross-line trains, a feasible plan for distribution layout for cross line operations is concluded.

Key words urban rail transit; cross line operation; OD passenger flow; distribution design

Author's address Chongqing Rail Transit (Group) Co., Ltd., 401120, Chongqing, China

根据国家发展改革委下发的《关于下达产业转型升级项目(增强制造业核心竞争力)2015 年中央预算内投资计划的通知》,重庆在第二轮规划线网

中设置了民安大道站、重庆西站站、保税港站、上湾路站 4 个跨线点,以实现所涉及线路的互联互通^[1-2]。从跨线线路的运营情况看,最核心的影响因素在于线路配线是否满足主跨线客流方向的需求,同时,由于轨道交通建成后,增加或改造配线极为困难,因此,在设计阶段做好配线设计显得极为重要^[3-4]。当前,针对城市轨道交通互联互通的研究主要集中在运营组织、列车运行计划等方面,而在互联互通配线设计上的研究不多^[5-6]。本文结合重庆轨道交通 4 号线和环线跨线运营所反映出来的问题,研究配线优化方案及其优缺点,以期为其他城市跨线运营的配线设计提供参考和借鉴。

1 重庆轨道交通 4 号线与环线基本情况

1.1 线路基本情况

重庆轨道交通 4 号线与环线示意图如图 1 所示。4 号线起于渝北区民安大道站,经重庆北站北广场、保税港、唐家沱等重要客流集散点,二期工程延伸至龙兴城市副中心,未来将成为承担龙兴片区百万级规划人口出行的重要选择^[7]。4 号线一期(民安大道站—唐家沱站)已开通运营,里程 15.64 km;二期工程(唐家沱站—石船站)正在施工,里程 32.6 km。

重庆轨道交通环线是线网中唯一闭合成环运行的线路,分别串联了重庆西站、重庆北站两个铁路枢纽,沙坪坝、冉家坝、南坪等商业或居住核心区^[8]。环线与全部已运营线路均可实现换乘。环线重庆图书馆站—重庆北站南广场站—二郎站已开通运营,运营里程 43.24 km;剩余 4 站、7.6 km 预计 2021 年开通运营。

1.2 跨线站配线设置情况

根据渡线设置,重庆轨道交通 4 号线与环线可实现唐家沱站—民安大道站—重庆图书馆站双向跨线运营(见图 2)。

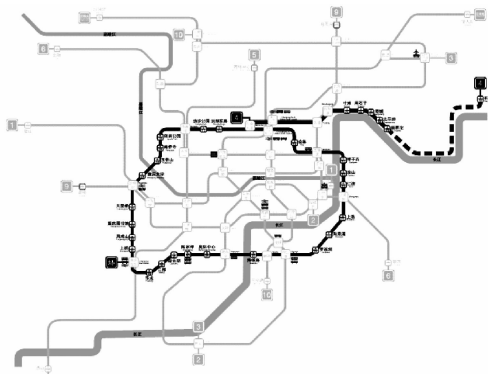


图1 重庆轨道交通4号线和环线示意图

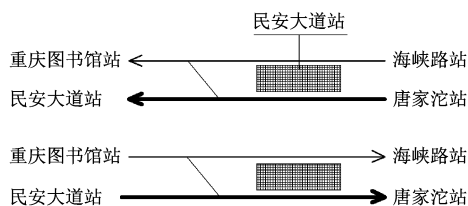


图2 民安大道站跨线渡线示意图

初期拟开行的行车交路(见图3)为:民安大道站—唐家沱站(4号线本线交路)、重庆图书馆站—民安大道站—唐家沱站(跨线交路)、重庆图书馆站—民安大道站—海峡路站(环线本线交路),其中,初期跨线交路的行车间隔为30 min。

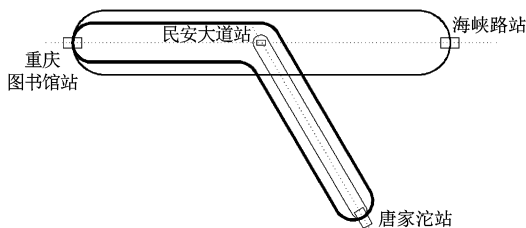


图3 重庆轨道交通4号线、环线和跨线行车交路图

2 重庆轨道交通4号线和环线跨线运营问题分析

在运营初期,重庆轨道交通4号线和环线的跨线运营效益不明显,其原因有二:①4号线尚未开通至龙兴城市副中心,现阶段客流相对较小,跨线运营的规模优势尚不明显;②根据民安大道站的配线设置条件,不能实现唐家沱站—民安大道站—海峡路站方向的跨线运营,导致该方向乘客无法实现直达出行。

为此,选取轨道交通4号线和环线的工作日(2020年1月8日)的客流进行OD分析。4号线进

站客流为11 519人次,其中:本线进出客流为1 517人次,占比13.2%;换乘前往环线出站的客流3 665人次,占比31.8%。跨线客流中,前往重庆图书馆方向1 682人次,占比45.9%;前往海峡路方向1 983人次,占比54.1%。

由此可见:轨道交通4号线客流大部分是前往环线或通过环线再次换乘前往其他线路,组织跨线运营对乘客直达出行的作用明显。同时,4号线到环线海峡路站方向和重庆图书馆站方向的客流基本相同,两个方向均有跨线出行的客流需求。但既有配线条件无法实现海峡路站方向的跨线交路,这是限制4号线与环线跨线运营效益的关键因素。为此,本文重点研究如何合理设计跨线运行配线问题。

3 跨线运行配线设置方案研究

为提高跨线运行交路组织的灵活性,本文以满足两条线路各个方向的跨线运行为目标,研究不同站台形式下的配线方案优化设置,并进行优缺点分析比较。为便于计算,本文暂定:列车上、下客时间为1 min,候车时间为环线行车间隔的1/2,即3 min;乘客步行速度为60 m/min;若列车司机需换端,换端时间为2 min。

3.1 未开行跨线运行列车情况

3.1.1 乘客出行时间分析

在不组织跨线运营的情况下,乘客通过换乘到达目的地,在换乘站(民安大道站)的换乘时间为:

1) 前往环线重庆图书馆站方向的4号线乘客,可以实现同站台换乘,乘客步行前往站台的时间可忽略不计,如图4所示。 $t_{\text{图}} = 4$ 号线列车进站下客时间 + 站台候车时间 + 环线列车进站上客时间 = 5 min。

2) 前往环线海峡路站方向的4号线乘客,其出行时间主要增加了步行到达下层站台的时间(上层站台—楼扶梯—下层站台—分散候车的距离平均约300 m),如图5所示。 $t_{\text{海}} = 4$ 号线列车进站下客时间 + 前往环线重庆图书馆方向时间 + 站台候车时间 + 环线列车进站上客时间 = 10 min。

3.1.2 优劣势分析

1) 优点:①工程量相对较小,施工工艺简单;②行车组织简洁,车站客运组织难度小。列车仅在本线交路运行,行车组织方案简单;同时,所有换乘乘客下车换乘,不易出现乘错列车的问题。

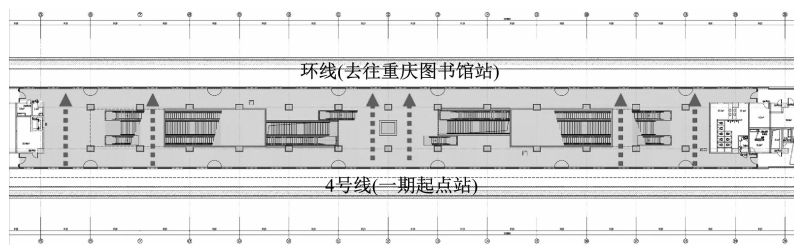


图4 前往环线重庆图书馆站方向乘客行走路线示意图

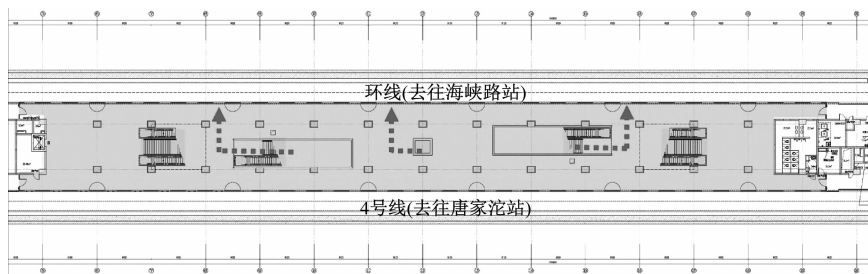


图5 前往环线海峡路站方向乘客行走路线示意图

2) 缺点:① 乘客出现时间相对较长;② 轨道交通列车资源共享效率较低。

3.2 现有跨线情况

3.2.1 乘客出行时间分析

在现有渡线条件下,4号线和环线仅可以开行唐家沱站—民安大道站—重庆图书馆站方向的跨线列车。

1) 前往环线重庆图书馆站方向的4号线乘客,直接乘坐跨线列车,不需换乘,在民安大道站所需时间仅为列车停车作业时间(上下客时间),如图6所示。 $t_{\text{图}}=4$ 号线列车进站上、下客时间 $=1\text{ min}$ 。

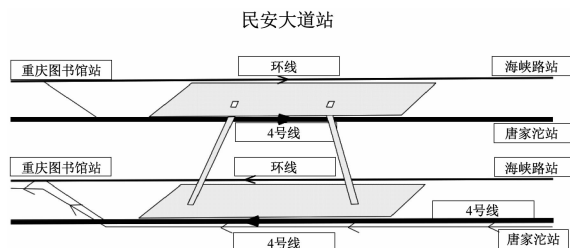


图6 重庆轨道交通4号线与环线跨线列车行进方向示意图

2) 前往环线海峡路站方向的4号线乘客,必须通过乘客下车换乘的方式来实现,该方式下,乘客换乘时间与未开行跨线列车的乘客出行时间一致,均为 10 min 。

3.2.2 优劣势分析

1) 优点:① 单方向乘客出行时间较短;② 渡线

设置相对简单。通过一组单渡线(上下层均设置)即实现了部分方向客流的跨线出行,工程量和施工难度增加有限。

2) 缺点:① 唐家沱站—民安大道站—海峡路站方向乘客出行耗时较长。② 跨线列车的行车组织难度和民安大道站的客运组织难度有所增加。

3.3 跨线设计方案优化

3.3.1 同平面双岛四线站台形式设置跨线条件

1) 配线设置及跨线交路。为实现两条线路各个方向的跨线行车,需要设置8组渡线,如图7所示。

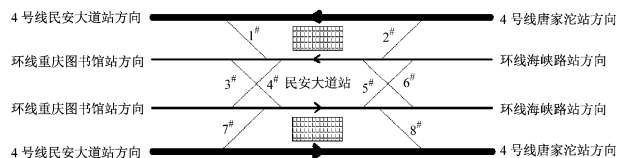


图7 同平面双岛四线站台形式渡线布置示意图

各跨线交路使用的渡线分别为:

交路1:4号线唐家沱站—环线重庆图书馆站双向,使用 $2^{\#}$ 渡线。

交路2:4号线民安大道站—环线海峡路站双向,使用 $7^{\#}$ 渡线。

交路3:4号线唐家沱站—环线海峡路站,使用 $2^{\#}+5^{\#}$ 渡线。

交路4:4号线民安大道站—环线重庆图书馆站,使用 $7^{\#}+3^{\#}$ 渡线。

交路5:环线海峡路站—4号线唐家沱站,使用6[#]+8[#]渡线。

交路6:环线重庆图书馆站—4号线民安大道站,使用4[#]+1[#]渡线。

2) 乘客出行时间分析。在交路1和交路2的情况下,乘坐跨线列车的乘客不需下车换乘,在跨线站的耗时主要是列车停站上下客时间,即: $t = \text{列车进站上、下客时间} = 1 \text{ min}$ 。在交路3、交路4、交路5、交路6的情况下,列车司机需要换端,为此,乘客出行时间主要由列车司机换端时间决定(采用双司机可解决)。即: $t = \text{列车司机换端时间} = 2 \text{ min}$ (单司机), $t = \text{列车进站上、下客时间} = 1 \text{ min}$ (双司机)。

3.3.2 双层双岛四线站台形式设置跨线条件

1) 配线设置及跨线交路。需要设置6组渡线及2组联络线(3[#]、4[#]),如图8所示。

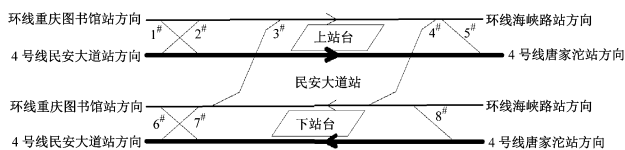


图8 双层双岛四线站台形式渡线布置示意图

各跨线交路使用的渡线分别为:

交路1:4号线唐家沱站—环线重庆图书馆站双向,使用6[#]或8[#]渡线。

交路2:4号线民安大道站—环线海峡路站双向,使用2[#]渡线。

交路3:4号线唐家沱站—环线海峡路站,使用8[#]+4[#]渡线。

交路4:4号线民安大道站—环线重庆图书馆站,使用2[#]+3[#]渡线。

交路5:环线海峡路站—4号线唐家沱站,使用4[#]+5[#]渡线。

交路6:环线重庆图书馆站—4号线民安大道站,使用3[#]+7[#]渡线。

2) 乘客出行时间分析。与同平面双岛四线站台形式类似,交路1和交路2情况下, $t = \text{列车进站上、下客时间} = 1 \text{ min}$ 。在交路3、交路4、交路5、交路6情况下, $t = \text{列车司机换端时间} = 2 \text{ min}$ (单司机), $t = \text{列车进站上、下客时间} = 1 \text{ min}$ (双司机)。

3.3.3 优缺点分析

1) 优点:① 上述两种优化方案,均可满足两条

线路各个方向的跨线出行需求,节约了乘客出行时间,实现了“人换乘”到“车换乘”的转变;② 可根据客流情况灵活地组织行车交路,充分挖掘列车运能。

2) 缺点:① 工程量及施工难度较高,特别是双层双岛四线站台形式,需设置坡度较大的联络线实现列车跨线;② 两种跨线模式均需设置较多渡线或联络线,对跨线车站周边的用地要求较高,工程成本高;③ 跨线列车运营组织复杂,为减少乘客等待时间,部分交路需设置双司机,对运营组织的要求较高。

4 结论

1) 开行跨线列车相较乘客下车换乘,在节约乘客出行时间、提高乘客出行效率方面效果显著。

2) 通过合理设置渡线,可以实现开行各方向跨线列车,但工程量、施工难度和工程成本将有所提高。

3) 从工程实施难度和运营组织的便捷度来看,同平面双岛四线站台形式较双层双岛四线站台形式的渡线设置更为合理,在跨线车站及相邻区间地形条件较好、横向宽度不受限制的情况下,宜优先采用。

4) 为提升跨线运营效率,可通过配置双司机的方式解决部分跨线交路涉及的列车司机换端问题。

参考文献

- [1] 张乃基,吕莎,余馨,等.重庆城市轨道交通网络化运行实践[J].都市快轨交通,2015(5):13.
- [2] 仲建华,梁青槐.城市轨道交通互联互通网络化运营的思考[J].都市快轨交通,2015(5):10.
- [3] 李中浩.城市轨道交通CBTC互联互通发展趋势及建议[J].城市轨道交通研究,2018(5):12.
- [4] 王克豹.轨道交通共线运营接轨站配线设计研究[J].铁道勘察,2017(6):100.
- [5] 董寅杰.城市轨道交通联络线联锁条件的设置及其对运营效率的影响分析[J].城市轨道交通研究,2018(增刊1):66.
- [6] 仲莹莹.城市轨道交通快慢车与跨线运行配线设计[J].都市快轨交通,2018(4):21.
- [7] 周刚,卢静.层次分析法在重庆轨道交通4号线制式选择中的应用[J].城市轨道交通研究,2012(9):58.
- [8] 余勇,周涛,刘海洲,等.重庆市主城区城市轨道交通独立环线适应性分析[J].城市轨道交通研究,2012(9):21.

(收稿日期:2020-04-01)