

能同时停靠地铁列车和有轨电车的复合车站站型 及其线路布设方案

张 杰

(云南交通运输职业学院轨道交通应用技术系, 650300, 昆明)

摘 要 [目的]大运量轨道交通与中低运量系统的互联互通,在一些城市的主城区与副中心衔接区域内逐渐显示出必要性。为此,有必要对既能停靠地铁列车又能停靠有轨电车的复合车站站型及线路布设进行研究。[方法]以不接入出入段线的地铁 B 型车、100%低地板有轨电车为研究案例,根据地铁和有轨电车间的接驳需求,分析了两种制式间无缝衔接的技术难点。从折返形式上提出了 4 种复合车站站型方案,分别为方案 1(有轨电车站前折返+地铁列车站前折返组合方案)、方案 2(有轨电车站后折返+地铁列车站前折返组合方案)、方案 3(有轨电车站前折返+地铁列车站后折返组合方案)、方案 4(有轨电车站后折返+地铁列车站后折返组合方案)。在此基础上,根据岛式站台、侧式站台的布置要求,进一步细分了各方案的组合方式,并对各种组合方式的车站布置型式、配线设置、折返方式、换乘距离等进行分析。[结果及结论]复合站台站型及线路布置形式可为大运量轨道交通系统与中小运量轨道交通系统的衔接提供参考,为乘客同站台换乘两种制式轨道交通提供了具体的技术方案,也为有轨电车和地铁间跨线运行及场段资源共享等提供了线路条件。

关键词 地铁;有轨电车;制式融合;车站站型;配线布置
中图分类号 U482.1;U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.04.036

Composite Station Type and Line Layout Technology for Simultaneous Accommodation of Metro Trains and Trams

ZHANG Jie

(Department of Applied Technology of Rail Transit, Yunnan Vocational College of Transportation, 650300, Kunming, China)

Abstract [Objective] The interoperation between high-capacity rail transit and medium-low capacity systems is becoming increasingly necessary in connecting areas between the main urban center districts and sub-centers of some cities. Therefore, it is necessary to explore the composite station types and line layouts that can accommodate both metro trains and trams.

[Method] Taking the B-type metro car without access to en-

try/exit lines and 100% low-floor tram as study case, the technical challenges of seamless integration between the two systems based on metro and tram interchange needs are analyzed. Four composite station type schemes in the form of turn-around are proposed: Scheme 1 (tram station front turn-back+metro train station front turn-back combination), Scheme 2 (tram station rear turn-back+metro train station front turn-back combination), Scheme 3 (tram station front turn-back+metro train station rear turn-back combination), and Scheme 4 (tram station rear turn-back+metro train station rear turn-back combination). On this basis, according to the layout requirements for island and side platforms, the classification of combinations in each scheme is further refined. Aspects including station layout types, auxiliary line settings, turn-back format, interchange distance for each combination mode are analyzed. [Result & Conclusion] The composite station types and line layouts provide reference for the integration of high-capacity rail transit systems with medium-low capacity rail transit systems. Specific technical solutions for passengers interchanging between the two rail transit systems on the same platform are offered, and line conditions for cross-line operation and shared resources between tram and metro are provided.

Key words metro; tram; format integration; station type; auxiliary line layout

为了在规划层面做好不同层次轨道交通系统间的高效衔接,对大运量轨道交通与中低运量轨道交通系统有机融合的研究越来越迫切。大运量、中低运量轨道交通系统的互联互通在一些城市主城区与副中心的区域衔接上也逐渐显示出其必要性。本文对地铁与有轨电车两种制式的有效接驳及两者的无缝衔接、资源共享进行研究,提出能同时停靠地铁列车和有轨电车的车站站型及线路布设方案。

1 地铁、有轨电车起/终点站的常规布置线型

本文主要研究地铁与有轨电车两种制式间无缝

衔接的车站及线路布置形式。为缩小车站规模,均在两种制式线路的起/终点站设置交叉渡线,作为线路的折返线。

本文以不接入出入段线的地铁 B 型车作为地铁系统的研究案例。设定地铁车站的站台高度为 1.05 m,站台长度为 120 m。地铁起/终点站一般采用带折返线的岛式车站或侧式车站站型,其配线布置型式如图 1 所示^[1-2]。

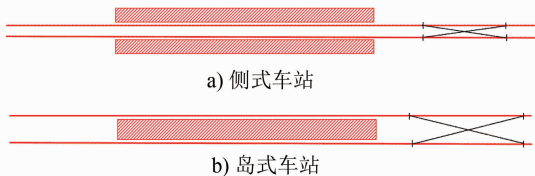


图 1 地铁起/终点站采用岛式或侧式站型时的配线布置
Fig. 1 Auxiliary line layout of metro starting/terminating stations for island or side stations

本文选取的有轨电车为 100% 低地板有轨电车,其站台高度为 0.3 m,列车长度设定为 30 m。有轨电车起/终点站也采用带折返线的岛式车站或侧式车站站型,其配线布置型式如图 2 所示。

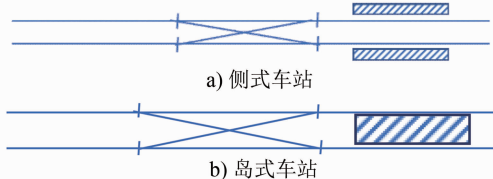


图 2 有轨电车起/终点站采用岛式或侧式站型时的配线布置
Fig. 2 Auxiliary line layout of tram starting/terminating stations for island or side stations

2 需解决的关键技术

根据图 1 及图 2 的车站布置形式,地铁和有轨电车间的有效接驳需解决以下关键技术难题:

- 1) 地铁站台与有轨电车站台布置于同一个站台实体内,该站台需同时满足地铁列车和有轨电车的停靠需求。
- 2) 结合线路的安全设置需求,需解决两种站台之间存在的高度差问题,以实现地铁与有轨电车的同站台换乘。
- 3) 解决地铁线路与有轨电车线路之间的连通,使二者具备连通运营的条件,同时还应为两种制式共用同一个场段资源提供线路条件。
- 4) 线路布置需满足安全要求,以确保两种制式的列车在同一个车站内停靠时的安全。

5) 应有效控制车站规模,尽量减少工程投资。

3 技术方案

本研究分别从地铁和有轨电车的折返形式和车站站台型式两个层面进行分析,提出各自的换乘技术方案。从折返形式上,将两种制式进行有机融合,形成了 4 个组合方案^[3-4],分别为方案 1(有轨电车站前折返+地铁列车站前折返组合方案)、方案 2(有轨电车站后折返+地铁列车站前折返组合方案)、方案 3(有轨电车站前折返+地铁列车站后折返组合方案)、方案 4(有轨电车站后折返+地铁列车站后折返组合方案)。

针对这 4 个组合方案,本文提出了采用不同车站站型式(岛式或侧式)时相应的车站设计、配线设置及车站换乘方案。

3.1 方案 1

方案 1 为有轨电车站前折返+地铁列车站前折返组合方案。方案 1 下,有轨电车及地铁列车均为站前折返,车站型式较为灵活,岛式及侧式车站均可采用。根据不同站型的布置要求,可将方案 1 进一步细化为 4 个组合方式,分别为方式 1-1、方式 1-2、方式 1-3、方式 1-4,其车站及配线布置如图 3 所示。

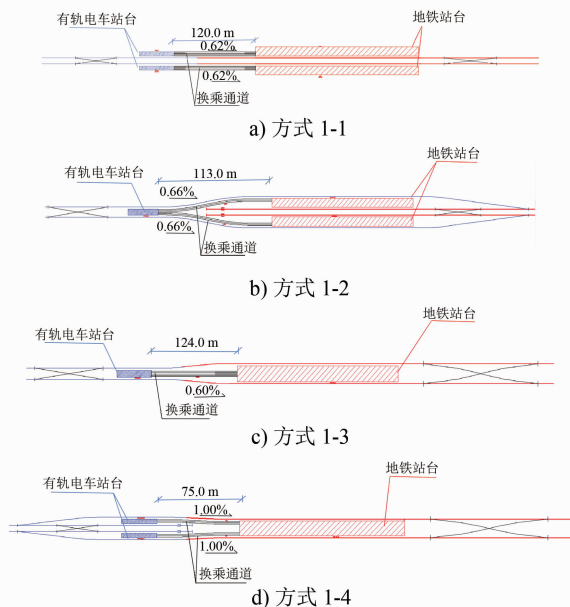


图 3 方案 1 下根据不同站型布置要求细分的 4 种组合方式
Fig. 3 Four combination modes subdivided according to the layout requirements of different station types in Scheme 1

3.1.1 方式 1-1

方式 1-1 为有轨电车及地铁列车均为站前折

返,且有轨电车、地铁均采用侧式站台的组合方案,其车站及配线如图 3 a) 所示。图 3 a) 中:两种制式的线间距均为 5 m,上下行线直接连通,以实现两种制式列车的跨线运行功能;为保证各自的停车安全,两种制式车站端部之间需保证 120.0 m 的安全距离,该安全距离亦为两种制式车站的换乘距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.62% 的坡度予以连接。

3.1.2 方式 1-2

方式 1-2 的车站及配线布置如图 3 b) 所示。图 3 b) 中:有轨电车站采用岛式站台,地铁车站采用侧式站台,二者均在站前设有交叉渡线;有轨电车上、下行线向地铁车站方向延伸,外包地铁站台,进而实现两种制式列车的跨线运行功能;为保证地铁列车的停车安全,地铁需设置 75.0 m 的安全线;为保证不侵入地铁安全线限界,有轨电车站台端与地铁站台端的距离约为 113.0 m,该距离亦为两种制式站台间的换乘距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.66% 的坡度予以连接。

3.1.3 方式 1-3

方式 1-3 的车站及配线布置如图 3 c) 所示。图 3 c) 中:有轨电车站、地铁车站均采用岛式站台,二者均在站前设置了交叉渡线,以实现列车的折返功能;两种制式的上下行线直接连通,以实现两种制式列车的跨线运行功能;由于有轨电车站和地铁车站采用的岛式站台宽度不同,两条线路需通过喇叭口顺接。两种制式车站间的换乘距离约 124.0 m。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.60% 的坡度予以连接。

3.1.4 方式 1-4

方式 1-4 的车站及配线布置如图 3 d) 所示。图 3 d) 中:有轨电车站采用侧式站台,站前设置交叉渡线实现折返功能;地铁车站采用岛式站台,站前设置交叉渡线;地铁的上下行线继续向有轨电车站方向延伸,外包有轨电车站台,实现两种制式列车的跨线运行功能;为保证有轨电车的停车安全,有轨电车需设置 45 m 安全线;为保证地铁列车的停车安全距离及不侵入有轨电车安全线限界,有轨电车站台端与地铁站台端的距离需达 75.0 m,该距离亦为两种制式站台间的换乘距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 1.00% 的坡度予以连接。

方案 1 的主要适用场景为:地铁及有轨电车线

路客运量不大,两种制式线路不需再延伸,运能足以满足两种制式线路的客流行车需求。方案 1 的 4 个细化方案换乘距离均较短,换乘较为便捷。

3.2 方案 2

方案 2 为有轨电车站后折返+地铁列车站前折返组合方案。方案 2 下,若有轨电车采用岛式站台的站后折返方式,则与地铁站台间的换乘通道会被折返线切断,故有轨电车不能采用岛式站台站型。地铁为站前折返时,不会对两种制式间的换乘产生影响,故地铁车站采用侧式站台、岛式站台均可。因此,根据不同站型的布设要求,将方案 2 进一步细化为 2 个组合方式:方式 2-1、方式 2-2,其车站及配线布置如图 4 所示。

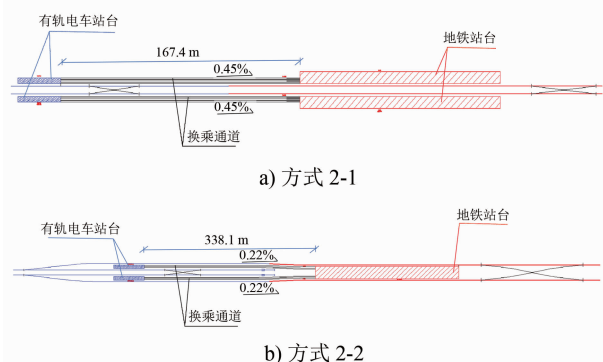


图 4 方案 2 下根据不同站型布设要求细分的 2 种组合方式
Fig. 4 Two combination modes subdivided according to the layout requirements of different station types in Scheme 2

3.2.1 方式 2-1

方式 2-1 的车站及配线布置如图 4 a) 所示。图 4 a) 中:有轨电车站采用侧式站台,站后设置交叉渡线实现折返功能;地铁车站采用侧式站台,站前设置交叉渡线;有轨电车及地铁线间距均为 5 m,两种制式的上下行线直接连通,实现两种制式列车的跨线运行功能;有轨电车站台与地铁站台间的换乘距离为 167.4 m。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.45% 的坡度予以连接。

3.2.2 方式 2-2

方式 2-2 的车站及配线布置如图 4 b) 所示。图 4 b) 中:有轨电车站采用侧式站台,站后设置交叉渡线,以实现折返功能;地铁车站采用岛式站台,站前设置交叉渡线,以实现折返功能;有轨电车上、下行线出车站后继续向地铁延伸,外包地铁站台,进而实现两种制式列车的跨线运行功能;为同时保证有轨电车的折返距离、地铁列车的停车安全距离及不侵

人有轨电车折返线限界,有轨电车站台端与地铁站台端的距离需达 338.1 m,该距离亦为两种制式站台间的换乘距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.22% 的坡度予以连接。

采用方案 2 时,有轨电车的折返条件较好,但地铁运能受到一定的限制;方式 2-1 下两种制式间的换乘距离较短;方式 2-2 下两种制式间的换乘距离较远。

3.3 方案 3

方案 3 为有轨电车站前折返+地铁列车站后折返组合方案。与方案 2 的折返组合方式类似,方案 3 下的站台组合方案仅有两种:方式 3-1、方式 3-2,其车站及配线布置如图 5 所示。

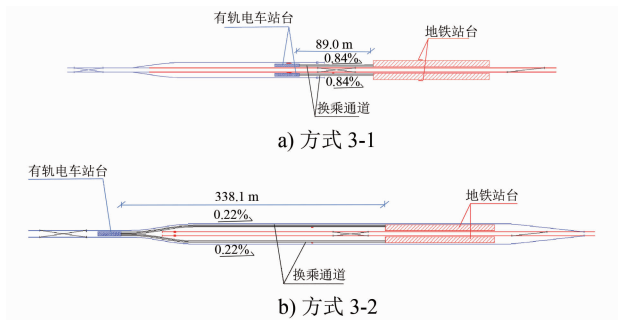


图 5 方案 3 下根据不同站型布设要求细分的 2 种组合方式
Fig. 5 Two combination modes subdivided according to the layout requirements of different station types in Scheme 3

3.3.1 方式 3-1

方式 3-1 的车站及配线布置如图 5 a) 所示。图 5 a) 中:有轨电车车站采用侧式站台,站前设置交叉渡线,以实现折返功能;地铁车站采用侧式站台,站后设置交叉渡线,以实现折返功能;两种制式线间距均为 5 m,上下行线直接连通,进而实现两种制式列车的跨线运行功能;为尽量缩短换乘距离,将有轨电车站台设置在地铁折返线范围内,从有轨电车上下行线引出两条线至有轨电车站台外侧,供有轨电车停站及上下客。两种制式站台间的换乘距离为 89.0 m。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.84% 的坡度予以连接。

3.3.2 方式 3-2

方式 3-2 的车站及配线布置如图 5 b) 所示。图 5 b) 中:有轨电车车站采用岛式站台,站前设置交叉渡线,以实现折返功能;地铁车站采用侧式站台,站后设置交叉渡线,以实现折返功能;地铁上下行线出站后继续向有轨电车延伸,外包有轨电车站台,进而

实现两种制式列车的跨线运行功能;有轨电车站台端与地铁站台端的距离需达 338.1 m,该距离亦为两种制式站台间的换乘距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.22% 的坡度予以连接。

采用方案 3 时,地铁的折返条件较好,方式 3-1 下有轨电车的运能受限,但换乘距离较短;方式 3-2 下不影响有轨电车的运能,但换乘距离较远。

3.4 方案 4

方案 4 为有轨电车站后折返+地铁列车站后折返组合方案。方案 4 下,有轨电车车站、地铁车站均为站后折返。若有轨电车站台采用岛式,则与地铁换乘的通道会被折返线切断,故有轨电车站台不能采用岛式站台。因此,方案 4 下,有轨电车与地铁均只能采用侧式站台,其车站及配线布置方式如图 6 所示。

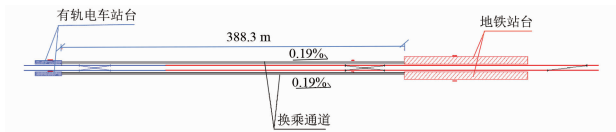


图 6 方案 4 下有轨电车、地铁的车站及配线布置方式
Fig. 6 Tram station, metro station and auxiliary line layout in Scheme 4

图 6 中:两种制式的线间距均为 5 m,上下行线直接连通,以实现两种制式列车的跨线运行功能;两种制式车站均在站后设置交叉渡线,以实现列车的折返功能。为保证各自的折返及停车安全要求,两种制式车站需保证 388.3 m 的距离。由于地铁站台和有轨电车站台存在 0.75 m 的高差,需采用 0.19% 的坡度予以连接。

采用方案 4 时,地铁及有轨电车的折返条件均较好,可满足线路的最大运能,但换乘距离较远,对应用场景的要求较高。

4 方案的优点及技术创新点

本文提出的 4 个方案,其优点及技术创新点如下:①有利于轨道交通综合枢纽的打造;②可实现大运量地铁系统与中小运量有轨电车系统之间的无缝衔接;③可实现有轨电车与地铁共用复合站台,乘客在同一个站台内即可实现两种轨道交通制式的换乘,换乘便捷;④基于有轨电车站台与地铁站台的高差及安全线布设需求,实现了两种制式间的连接,结构布置紧凑,空间利用率高;⑤实现了有轨电车轨道与地铁轨道的无缝连接,为地铁与有轨电车贯通运

营提供了技术条件,也为两种制式共享同一个场段资源提供了条件。

5 结语

本文提出的复合站台布置形式可为大运量轨道交通系统与中小运量轨道交通系统的衔接提供参考。在城市轨道交通线网规划阶段,应根据客流需求、运营组织设计方案及运营需求,将中小运量有轨电车系统和大运量地铁系统进行融合,在规划层面为该车站型式布局及后期实施预留工程条件。在设计过程中,还应根据有轨电车和地铁的各自特点、工程条件、客流情况等进行综合分析和布局,以较小的工程代价打造轨道交通综合枢纽,实现有轨电车与地铁的无缝衔接。

参考文献

[1] 邓澄远. 基于运营特点的有轨电车配线设计要点[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(12): 148.
DENG Chengyuan. Key points of tram auxiliary line design based on operation characteristics[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(12): 148.

[2] 方江华, 姜平伟, 郭朋亮, 等. 富水砂层大断面暗挖隧道施工地层演化[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(20): 8621.
FANG Jianghua, JIANG Pingwei, GUO Pengliang, et al. Stratigraphic evolution of large section bored tunnel construction in water-rich sand layers[J]. Science Technology and Engineering, 2021, 21(20): 8621.

[3] 范雨, 苏艺, 袁勇, 等. 复合地层双线地铁隧道施工地表沉降规律研究[J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(增刊 2): 762.
FAN Yu, SU Yi, YUAN Yong, et al. Study on ground settlement law of double-line subway tunnel construction in composite stratum[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2020, 16(S2): 762.

[4] 廖少明, 徐进, 孙瑁, 等. 盾构施工引起的横向沉降模式及其识别[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(4): 777.
LIAO Shaoming, XU Jin, SUN Xun, et al. Ground settlement patterns induced by shield tunneling and its recognition[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2012, 8(4): 777.

(12): 148.

[2] 凌景文. 基于运营经验的地铁配线设置研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(3): 132.
LING Jingwen. Metro auxiliary line setting based on operation experience[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(3): 132.

[3] 沈景炎. 我国现代有轨电车的发展、标准与规划探讨[J]. 都市快轨交通, 2015, 28(6): 6.
SHEN Jingyan. Discussion on development, criterion and planning of tram in China[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2015, 28(6): 6.

[4] 杨寿军. 有轨电车车站站形布置及站位设置的技术要点[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(11): 128.
YANG Shoujun. Technical key pints in station layout and station setting for streetcar[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(11): 128.

· 收稿日期:2022-09-29 修回日期:2022-12-30 出版日期:2024-04-10
Received:2022-09-29 Revised:2022-12-30 Published:2024-04-10

· 作者:张杰,高级工程师, 378071500@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 190 页)

[5] 赵宗智, 孙建平, 崔明, 等. 考虑盾构隧道轴线倾角的施工地表变形评价[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(增刊 1): 46.
ZHAO Zongzhi, SUN Jianping, CUI Ming, et al. Evaluation of surface deformation considering inclination angle of shield tunneling axis[J]. Tunnel Construction, 2021, 41(S1): 46.

[6] 刘丽花. 建筑垃圾回填区间盾构受阻处理技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2016(3): 26.
LIU Lihua. Disposal technology for shield machine hampered by interval construction waste backfilling[J]. Railway Construction Technology, 2016(3): 26.

[7] 付文辉. 区间城市隧道人工填土段矿山法施工方案及沉降报警[J]. 企业技术开发, 2016, 35(10): 7.
FU Wenhui. Construction schedule and settlement forecast in city tunnel with mining method[J]. Technological Development of Enterprise, 2016, 35(10): 7.

· 收稿日期:2021-12-07 修回日期:2022-01-04 出版日期:2024-04-10
Received:2021-12-07 Revised:2022-01-04 Published:2024-04-10

· 第一作者:崔巍,高级工程师, 24193779@qq.com
通信作者:孙玮泽,高级工程师, 7614412@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license