

一种双移动闭塞制式下的区间折返方法

张亚影

(卡斯柯信号有限公司,200071,上海//工程师)

摘 要 以上海轨道交通 2 号线 TBTC(基于轨道电路的列车控制)系统改造为例,结合城市轨道交通 TBTC 及 CBTC(基于通信的列车控制)系统的信号系统技术特点,介绍了一种基于区间方向控制的 TBTC+CBTC 双移动闭塞系统融合下的区间折返智能管理方法。其能可靠地保证列车在不同系统间自适应混合运营下的安全,同时又可有效地提高 TBTC+CBTC 双移动闭塞融合系统在区间混跑下的区间折返通过能力。

关键词 城市轨道交通;双移动闭塞系统;区间方向控制;折返通过能力

中图分类号 U231.7;U284.44
DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.01.049

An Interval Turn-back Method under Double Moving Block System Format
ZHANG Yaying

Abstract Taking the TBTC (track-circuit based train control) system transformation of Shanghai Rail Transit Line 2 as an example, combined with the technical characteristics of urban rail transit TBTC and CBTC (communication-based train control) signaling system, an intelligent management method of interval turn-back under TBTC+CBTC dual moving block system integration is introduced. It can reliably ensure the safety of trains during the adaptive mixed operation among different

systems, while effectively improve the interval turn-back passing capacity of TBTC+CBTC dual moving block fusion system during interval mixed operation.

Key words urban rail transit; double moving block system; interval direction control; turn-back passing capacity

Author's address Casco Signal Co., Ltd., 200071, Shanghai, China

1 TBTC+CBTC 系统概述

上海轨道交通 2 号线(以下简称“2 号线”)正线既有信号系统采用的是美国联合道岔与信号国际公司提供的基于 AF904(数字轨道电路)和计算机联锁的 TBTC(基于轨道电路的列车控制)准移动闭塞信号系统。改造后将新增 CBTC(基于通信的列车控制)系统作为主用信号系统,并与既有 TBTC 准移动闭塞信号系统兼容使用。新设的计算机联锁设备和 ATS(列车自动监控)子系统设备与既有 TBTC 准移动闭塞信号系统设备相兼容,具备在准移动闭塞指示下通过升级后的 AF904 和 TWC(车-地通信)实现对列车 ATO/ATP(自动列车驾驶/自动列车防护)的控制功能^[1]。改造后的系统架构图如图 1 所示。

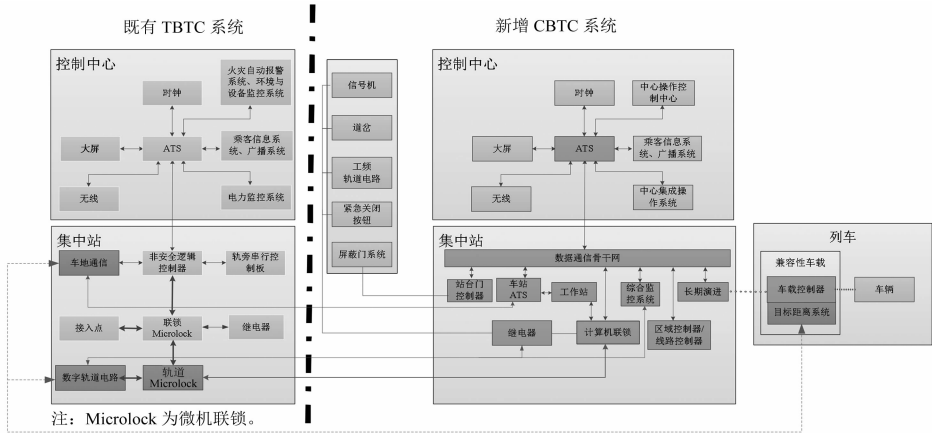


图 1 改造后系统架构图
Fig. 1 Diagram of system architecture after transformation

为实现双信号系统的融合,CI(计算机联锁)子系统除了需要完成对轨旁信号设备状态的监控,还需要对双信号融合系统下的列车运行方向进行智能化管理,比如不同类型列车运行方向的实时计算以及混跑下运行方向的无缝切换等。

2 TBTC+CBTC 融合系统下的区间折返管理

2.1 运行方向管理

根据 2 号线既有的 I-MLK(联锁-微机联锁)防

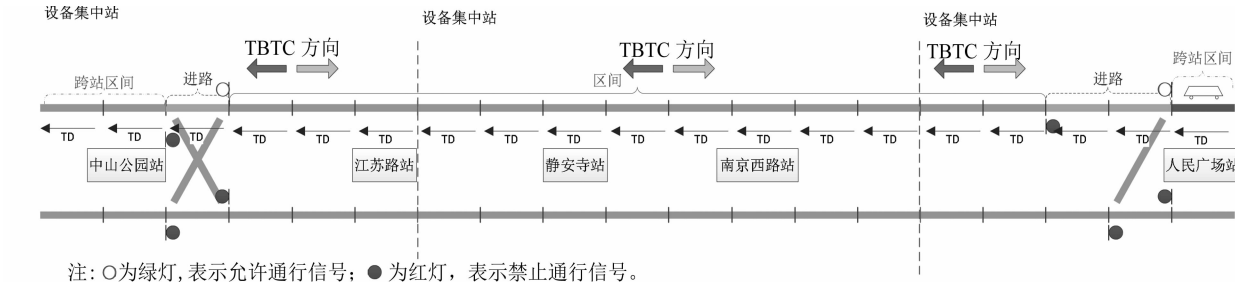


图 2 轨旁信号平面布置
Fig. 2 Trackside signal plane layout

数字轨道电路正常工作的情况下,进路闭塞由 CI 实现列车安全间隔防护;当进路内方任一数字轨道电路出现故障时,仅 CBTC 系统列车具备正常运营条件,且该进路内方列车安全间隔防护由 CI 及轨旁 ZC 一起确保;区间闭塞则由 CI、T-MLK 及轨旁 ZC 共同完成安全间隔防护,以确保多列车在列车区间的安全追踪运行。

2.2 区间折返类型

根据列车不同运行交路的需求,系统以区间运行方向为标准,对区间折返类型进行定义:当列车在区间折返作业时牵入进路方向与区间方向一致时,定义为“正向折返”;反之则定义为“反向折返”。

在既有 TBTC 系统的设计中,区间线路运行方向是作为一个整体来管理,当需要进行区间折返时,必须等待整个区间方向更改后,才能为待折返列车建立相应方向的移动授权。如区间已有通过列车在运行,则需要等待区间通过列车停稳或者驶出区间后,才可更改区间运行方向,因此极大地制约了区间折返通过能力。鉴于此提出一种区间折返智能化管理设计,可以使得 TBTC+CBTC 双移动闭塞融合系统区间混跑下的区间折返通过能力得到明显提升。

护原则,道岔防护信号机至反向终端信号机所包含的区段被划分为进路防护范围;两个设备集中站之间所有无岔线路部分被划分为区间防护范围,属于进路闭塞+区间闭塞结合的方式。改造为 TBTC+CBTC 双信号融合系统后,CI 以每个区段为单位,向轨旁 ZC(区域控制器)提供 CBTC 系统列车 TD(运行方向);以区间和进路为单位,向轨道控制器 T-MLK(轨道-微机联锁)提供 TBTC 运行方向,以满足不同类型列车混跑下的方向运营需求。改造后的轨旁信号平面布置如图 2 所示。

2.3 区间折返智能化管理流程

信号系统应根据区间的不同状态,如检查区间当前方向、区间通过列车运行位置等,结合折返列车类型,激活区间折返智能化管理,自动选择触发不同的折返类型,以满足区间折返通过能力。基于区间方向控制的双移动闭塞制式下的区间折返智能化管理流程如图 3 所示。

2.4 区间折返举例

结合 2 号线实际车站分别对区间正向折返及区间反向折返进行详细举例说明。

2.4.1 区间正向折返

1) 正向折返牵入作业。其作业流程示意如图 4 所示。待牵入列车 1 停在信号机 X6 外方,CI 检查牵入范围内方空闲后,基于 ATS 自动触发命令可自动触发办理具有折返进路模式的牵入进路(无需区分列车类型);牵入进路内方的 TBTC 方向/CBTC 方向随着牵入进路建立而同步建立,区间方向依然保持既有方向。待牵入信号 X6 开放后待折返列车 1 即可实现与区间通过运行列车 2 的顺向追踪运行。由 CI、T-MLK 和 ZC 共同实现对两种不同类型列车的安全追踪间隔防护。

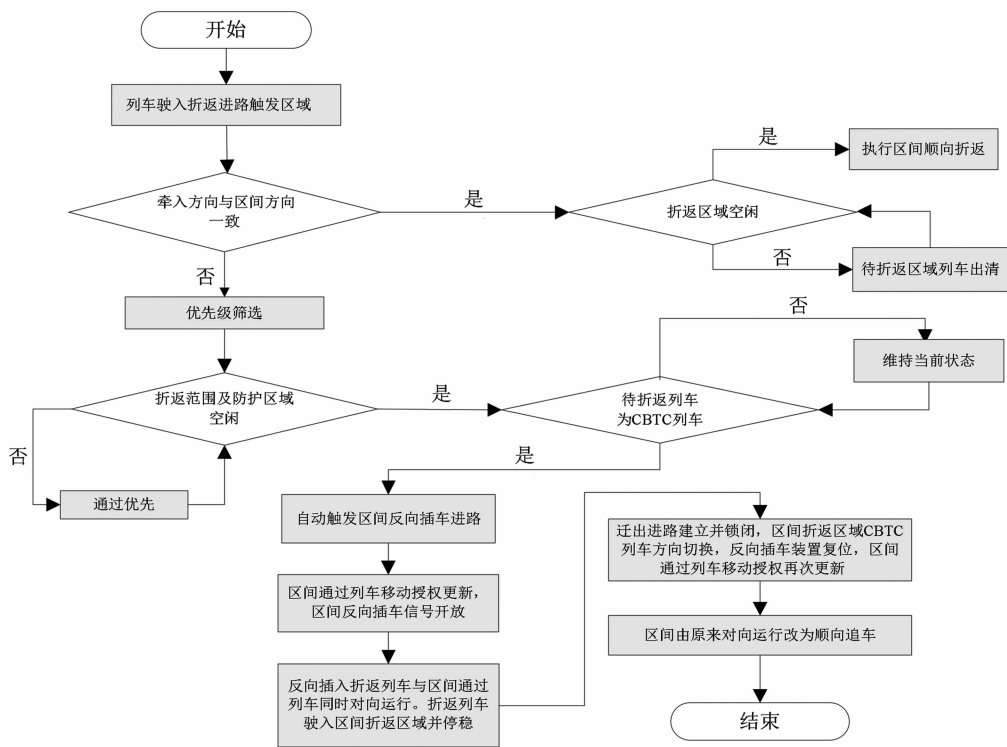
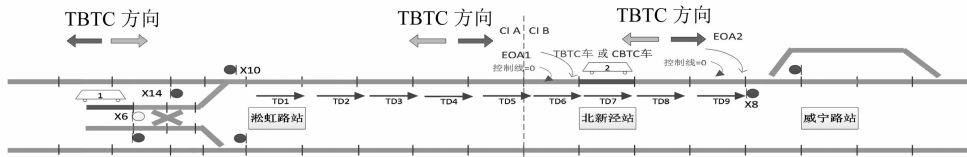


图 3 区间折返智能化管理流程

Fig. 3 Flow chart of interval turn-back intelligent management



注: X6、X8、X10、X10 为不同的信号机设备; EOA1 为往区间折返的列车 1 的移动授权终点; EOA2 为区间通过运行的列车 2 的移动授权终点; CI A、CI B 为属于不同的联锁设备集中站; TD1—TD9 为基于区段为单位的 CBTC 列车对应不同区段的运行方向; ←→ 为区间 TBTC 系统列车指示的运行方向(以下各图同)。

图 4 2 号线部分线路区间正向折返牵入作业流程示意图

Fig. 4 Diagram of interval forward turn-back draw-in operation procedure on part of the Line 2 track

2) 正向折返牵出作业。其作业流程示意如图 5 所示。折返列车 1 为 CBTC 系统模式时(见图 5 a)),当 CI 收到折返列车 1 在区间折返区域停稳且牵出信号 X10 为始端的进路建立且锁闭后,列车 1 所在区段的 CBTC 系统运行方向 TD1 自动切换为牵出方向,然后折返列车 1 随着牵出信号开放允许信号获得移动授权后在 CI 及 ZC 的共同防护下自动运行,同时不会影响区间正在运行的列车 2。折返列车 1 为 TBTC 模式时(见图 5 b)),因该模式下列车无法向轨旁发送停稳信息,故当列车 1 驶入区间折返区域且牵出信号开放后,需要司机人工驾驶列车 1 先驶入允许的牵出信号 X10 内方后,列车 1 才可再次获得 TBTC 下的移动授权;列车 1 在 CI、

T-MLK 的共同防护下方可自动运行,同时不会影响区间正在运行的列车 2。

2.4.2 列车区间反向折返

CBTC 系统反向折返防护区域如图 6 所示。当列车进行区间反向折返时,折返列车运行方向与区间列车运行方向相反,信号系统必须对相向而行的列车进行安全防护,以避免列车迎面冲突的风险。信号系统应根据列车的最大运行速度、最大加速度、可保障紧急制动率和系统延时等参数,并结合线路条件计算出“插车防护区域”。CI 建立牵入进路之前,必须检查牵入进路以及折返列车 1 移动授权终点下游方向“反向折返防护区域”空闲,以避免待折返列车与区间运行列车发生迎面冲突。

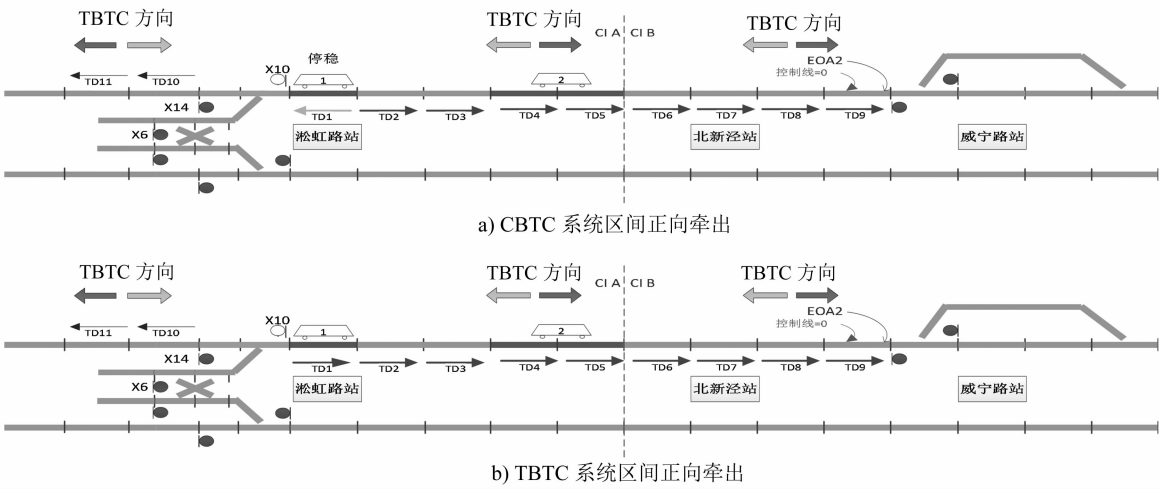


图 5 2 号线部分线路区间正向折返牵出作业流程示意图

Fig. 5 Diagram of interval forward turn-back draw-out operation procedure on part of the Line 2 track

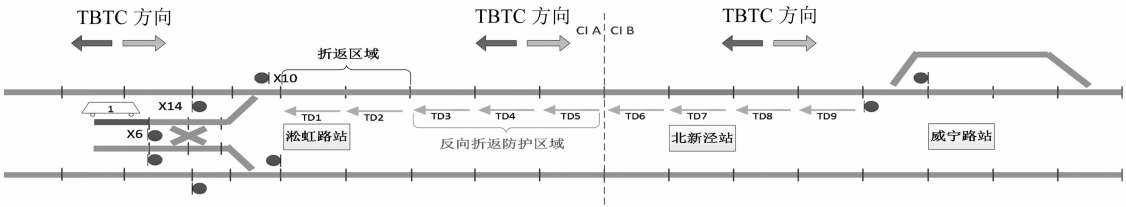


图 6 CBTC 系统反向折返防护区域

Fig. 6 CBTC system reverse turn-back protection area

2.4.2.1 反向折返牵入作业

场景 1:待折返列车为 CBTC 系统模式且“反向折返防护区域”无车。待折返 CBTC 系统列车 1 进入折返进路触发区域后,当 CI 检查区间通过列车 2 在“反向折返防护区域”范围外时,可以为 CBTC 系统列车 1 办理反向折返牵入进路,授权列车 1 进入淞虹路下行站台。在授权 CBTC 系统列车 1 进入区间之前,随着折返牵入进路建立,联锁会先切除区间折返区域所在的 TD 方向,使得 ZC 及时回撤区间 CBTC 系统列车 2 的移动授权,同时激活区间折

返区域所在站台的紧急停车区域,使得 T-MLK 及时更新区间 TBTC 列车 2 控制线目标距离的计算,实现区间列车 2 的 CBTC 系统移动授权终点 EOA2 及 TBTC 控制线从区间反向折返优先(见图 7)到区间反向折返牵入(见图 8)的调整后,CI 才允许折返区域所在的 TD 设置为折返牵入方向。随后往区间的反向折返列车 1 与区间在运行的通过列车 2 可对向运行,由 CI、ZC 及 T-MLK 共同确保列车迎面运行的安全。

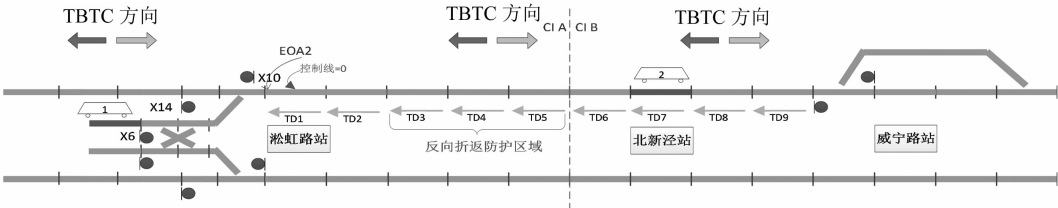


图 7 区间反向折返优先

Fig. 7 Priority of interval reverse turn-back

场景 2:待折返列车为 CBTC 系统模式且“反向折返防护区域”有车。待折返 CBTC 系统列车 1 进入折返进路触发区域后,当 CI 检查列车 2 在“反向折返防护区域”范围内或者已经驶入反向折返牵入

进路内方时,不具备为 CBTC 系统列车 1 办理反向折返牵入进路条件,需先等列车 2 通过淞虹路站后,方具备授权 CBTC 系统列车 1 进入区间进行反向折返牵入作业。区间通过优先如图 9 所示。

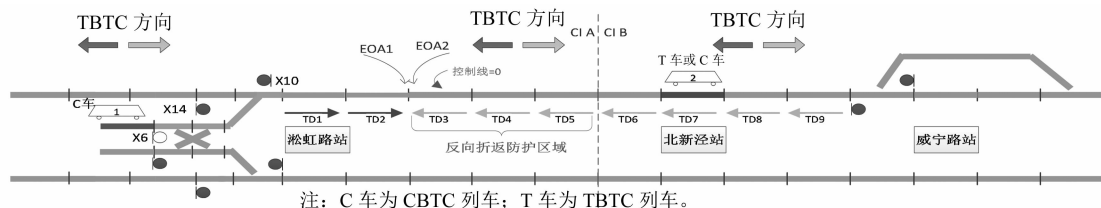


图 8 区间反向折返牵入

Fig. 8 Interval reverse turn-back draw-in

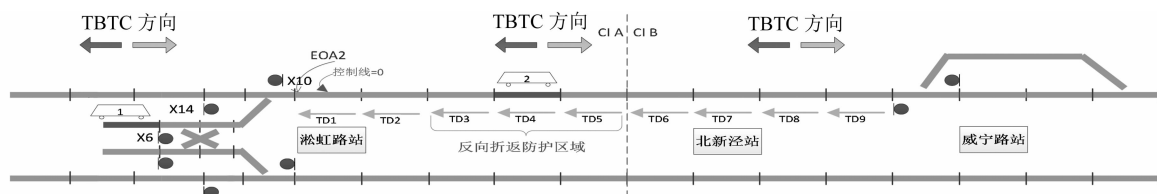


图 9 区间通过优先

Fig. 9 Interval passing priority

场景 3: 待折返列车为 TBTC 模式。对于 TBTC 列车, 不具备以区段为单位切换运行方向的功能, 因此为了避免 TBTC 列车进入区间后影响整个区间的折返通过能力, 当待折返 TBTC 列车 1 进入折返进路触发区域后, CI 此时不会授权 TBTC 列车 1 自动进入区间。TBTC 列车不授权区间自动反向折返如图 10 所示。

2.4.2.2 反向折返牵出作业

当待折返 CBTC 系统列车 1 驶入区间折返区域

并且停稳后, 随着折返牵出进路建立锁闭, CI 将折返区域所在 CBTC 系统列车运行方向 TD1 切换为牵出方向, 即与既有区间方向一致, TD2 也随之切换为既有区间方向, 并同步取消站台折返区域所在站台紧急停车区域的激活, 使得区间通过列车 2 的移动授权 EOA2 从折返列车与通过列车相向运行 (见图 11) 调整至折返列车通过列车正向追踪运行 (见图 12), 此时在区间通过的列车 2 与反向折返的列车 1 变为顺向追踪运行。

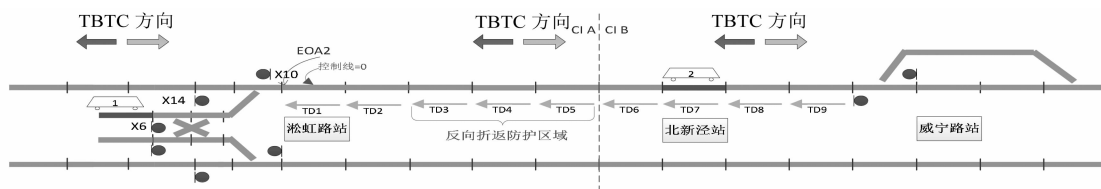


图 10 TBTC 列车不授权区间自动反向折返

Fig. 10 Automatic reverse turn-back of TBTC train in non-authorized interval

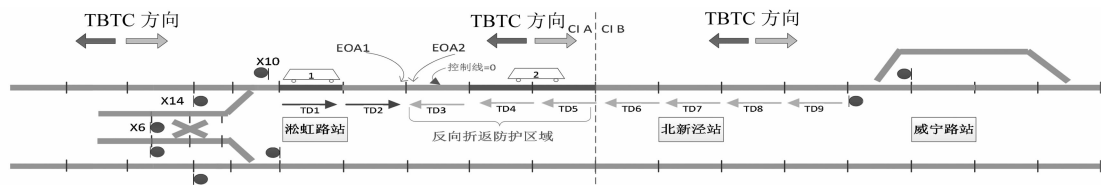


图 11 折返列车与通过列车相向运行

Fig. 11 Turn-back train and passing train running in opposite directions

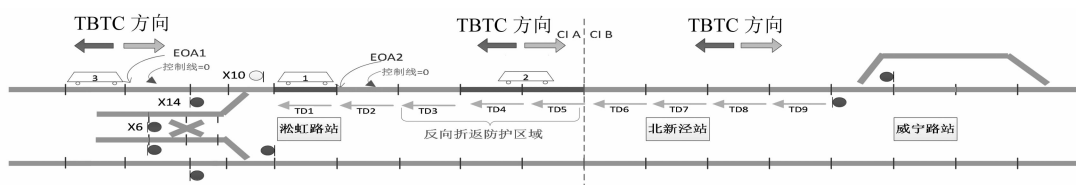


图 12 折返列车与通过列车正向追踪运行

Fig. 12 Turn-back train and passing train forward tracking operation

3 结语

基于区间方向控制的 TBTC+CBTC 双移动闭塞融合系统的特性,采用上述区间折返智能化管理方案,可实现对区间不同类型的折返列车的智能化管理,解决了既有 TBTC 系统在区间折返能力无法满足运能需求的问题,既能可靠保证列车在不同信号系统间自适应混合运营下的安全,又能有效提高 TBTC+CBTC 双移动闭塞融合系统在区间混跑下的区间折返通过能力。

随着近些年城市轨道交通领域的高速发展,既有的准移动闭塞系统都可能面临升级改造。本文提出的 TBTC+CBTC 双移动闭塞融合系统折返智能化管理方案,可在利用原有 TBTC 系统的基础上

(上接第 234 页)

本文仅分析了日本轨道交通车站的导视系统工作成果,并没有深入探究良好的导视系统对疏散客流的作用。除此之外,对于中国城市轨道交通导视系统的工程实践建议,由于建议采纳和工程建设周期较长,还没有分析落地实施后的效果及后期评价。后续工作将量化分析上述两方面研究成果,以期更为客观、科学地阐述合理设计和布设导视系统的重要性。

参考文献

[1] 马伶俐,李得伟.墨西哥城地铁的特点及其对北京地铁的启示[J].都市快轨交通,2012,25(5):139.

进一步提高系统的区间折返通过能力,对于后续城市轨道交通 TBTC 系统的升级改造能够起到一定的借鉴作用。

参考文献

[1] 张郁.上海轨道交通 2 号线信号系统的更新改造[J].城市轨道交通研究,2020,23(6):126.
ZHANG Yu. Signal system renewal and transformation of Shanghai Urban Transit Line 2[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(6):126.
[2] 罗志兵.上海轨道交通 2 号线信号系统的升级方案[J].城市轨道交通研究,2021,24(4):22.
LUO Zhibing. Upgrading scheme of Shanghai Rail Transit Line 2 signaling system[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(4):22.
(收稿日期:2022-01-18)

MA Lingling, LI Dewei. Features of Mexico Metro and their inspirations to Beijing Metro[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2012, 25(5):139.
[2] JEON G Y, HONG W H. An experimental study on how phosphorescent guidance equipment influences on evacuation in impaired visibility[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2009, 22(6):934.
[3] 陈明磊,刘伟.城市轨道交通车站外导向标志设计研究[J].都市快轨交通,2015,28(5):50.
CHEN Minglei, LIU Wei. Study on design of guide signs outside of the urban rail transit station[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2015, 28(5):50.
(收稿日期:2020-09-09)

中国首列齿轨列车在四川资阳正式下线

2022 年 11 月 24 日,国内首列齿轨列车在四川资阳成功下线,这是我国国内首创、拥有完全自主知识产权的新制式车辆,填补了中国在齿轨列车领域的空白。

该列车研发和制造商中车资阳机车有限公司牵头编制了四川省《山地齿轨车辆通用技术条件》地方标准,修建了国内首个齿轨轮驱装置试验台和首条齿轨列车试验线,为齿轨列车成功研制奠定了坚实基础,也为打造国内首个山地齿轨车辆研制基地创造了条件。此次下线的齿轨列车,将运用于国内首条齿轨铁路——都江堰至四姑娘山之间(以下简称“都四线路”)。该列车创新采用了“轮轨+齿轨”双制式牵引模式,在轮轨段最高运行速度可达 120 km/h,在齿轨段最高运行速度可达 40 km/h。列车采用 4 节编组,额定载客数 145 人。齿轨列车是一种运用于登山铁路的新型轨道交通列车,通过在车辆走行部配备一个或多个齿轮的方式,列车在爬坡时与安装于轨道中间的齿条啮合,借助齿轮齿条的咬合力稳步行进,最高可在 480%的坡道上安全行驶。

由于齿轨铁路安全性好、适应性强、环境友好和建设成本低,齿轨列车特别适宜山区或旅游景区的观光线路,未来将会成为我国国内山地轨道交通及观光旅游的重要交通工具之一。都四线路预计首段 2023 年底开通运营,2026 年全线通车。都四线路建成后,游客可在都江堰站直接换乘该齿轨列车前往四姑娘山景区旅游,两地出行时间将由原来的 5 h 缩短至 2 h。

(来源:中国新闻网)