

全自动运行线路区间疏散自动防护方案分析

刘春荣

(上海轨道交通维护保障有限公司, 200235, 上海)

摘要 [目的]城市轨道交通FAO(全自动运行)线路列车上没有值乘人员,区间疏散场景下存在非常大的安全风险,须对FAO线路的区间疏散自动防护方案进行研究。[方法]以FAO线路的区间疏散自动防护应用为背景,分析了区间疏散自动防护的必要性。提出了FAO线路区间疏散自动防护的3个方案,对这3个方案进行了比选分析,推荐采用方案3。进一步研究了方案3的区间疏散自动防护措施。[结果及结论]方案3增加了信号系统和OCC(运营控制中心)调度员的灵活处置措施,使区间疏散防护处置措施更为灵活、更为安全。

关键词 城市轨道交通;全自动运行;区间疏散

中图分类号 U231.96;U284.48

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.09.015

Automatic Protection Scheme Analysis for Fully Automatic Operation Line Section Evacuation

LIU Chunrong

(Shanghai Metro Maintenance and Guarantee Co., Ltd., 200235, Shanghai, China)

Abstract [Objective] There are no train crew on the train that runs on the fully automatic operation (FAO) line of urban rail transit, leading to very big safety risks in the evacuation scenario. Therefore, it is necessary to study the automatic protection scheme for section evacuation on FAO lines. [Method] Based on the application of automatic protection in section evacuation on FAO lines (hereinafter referred to as the automatic protection), the necessity of the automatic protection is analyzed. Three schemes for the automatic protection are proposed, and comparison analysis is conducted on the schemes. Scheme 3 is recommended. Further research is done on the automatic protection measures for section evacuation in Scheme 3. [Result & Conclusion] Scheme 3 additionally includes the flexible handling measures for signal system and OCC (operation control center) dispatchers, making the protection handling measures in the section evacuation more flexible and much safer.

Key words urban rail transit; fully automatic operation; section evacuation

列车在区间运行出现紧急情况时,通常需要运行至前方车站,在站台进行乘客疏散。若因列车故障或其他原因导致列车在区间内无法继续前行,可由乘客激活列车上的紧急手柄,打开列车车门或紧急逃生门,通过逃生通道或线路区间进行疏散。此时若乘客的逃生路径或对向线路上有其他列车在开行时,有可能发生人车冲突。

对于有人驾驶线路,当乘客在区间拉动列车紧急手柄请求紧急疏散时,一般是由调度员或其他应急管理人员与司机进行沟通,司机根据应急管理规程,引导列车上的乘客进行区间疏散。此时由调度员和司机共同保证区间疏散过程的安全。

而对于FAO(全自动运行)线路,该运营场景存在非常大的安全风险。列车在区间故障停车后,信号系统须及时处理乘客的疏散请求,在确认乘客可安全下车的前提下,方可释放列车车门或紧急逃生门装置的门保持关闭指令。反之,对于乘客一些误操作或没有必要的疏散请求,信号系统须采用灵活的方式进行远程处理。本文结合上海轨道交通18号线的工程应用,从技术方案、工作方法和手段等方面进行分析,提出FAO线路区间疏散自动防护的方案。

1 区间疏散防护的必要性及区间防护功能

1.1 必须实施区间疏散的运营场景

区间疏散时,要统筹故障预计恢复时间、事故情况、列车上设备情况、乘客安全及其他相关因素。紧急情况时,须立即执行区间疏散。实施区间疏散,一般分为以下2种情况:

1) 由于列车自身故障、供电系统故障或其他设备故障,或突发列车脱轨、列车冲突等事故,导致列车无法动车,需要按照区间疏散规程,引导乘客进行区间疏散;

2) 列车上发生火灾、爆炸、积水、恐怖袭击等具有很大危害的事故,须在最短时间内将乘客疏散至

非危险区域。

1.2 区间疏散防护的必要性

对于有人驾驶线路,当乘客或司乘人员期望区间疏散时,可通过激活紧急手柄发出区间疏散请求,在相应的列车车门或逃生门解锁后,打开列车车门或逃生门。在司乘人员的指引下,乘客通过区间线路步行至站台。在乘客下车前,调度员应保证乘客所有可能行走路径上的列车均已停车,并确认区间疏散路径外方(包括对向线路)的列车不会进入乘客疏散路径区域。

FAO 线路列车上无司乘人员,列车正常运行时,信号系统将持续输出门保持关闭指令,防止列车车门或逃生门被车上乘客错误打开。乘客激活紧急手柄后,信号系统根据列车位置自动激活预定义的区间疏散防护区,使得该防护区内相邻(或对向)线路的列车保持停车状态,并禁止其他列车进入该疏散防护区。必要时,OCC(运营控制中心)调度员还应根据区间疏散路径,人工增设额外的疏散防护区域。上述工作完成后,调度员才授权乘客步行进入线路。

1.3 区间疏散的防护功能

乘客通过激活车门或逃生门紧急手柄触发区间疏散请求:① VOBC(车载控制器)采集到紧急手柄被激活的信息后,在 OCC 工作站上进行报警提示;② 综合监控系统联动紧急手柄激活对应区域画面,将画面推送至 OCC 大屏。

信号系统将根据列车的运行状态及所在位置,采取相应的处理措施:

1) 列车在区间内运行。紧急手柄被激活时,列车继续运行至下一站,在站台对标停车后自动扣车,将车门、站台门保持敞开状态。车站多功能站务人员确认紧急手柄已复位,OCC 调度远程确认列车具备发车条件后,关闭列车车门和站台门,列车自动发车。

2) 列车在站台上停车。紧急手柄被激活时,列车车门和车站站台门保持打开。车站多职能站务人员确认紧急手柄已复位,OCC 调度远程确认具备发车条件后列车自动发车。

3) 列车在区间内停车。紧急手柄被激活时,信号系统向列车施加紧急制动指令,同时信号系统自动激活区间疏散防护区。信号系统自动联动对应的乘客紧急对讲设备,调度员通过紧急对讲设备与乘客沟通,并通过 CCTV(闭路电视)观察车厢内情

况。必要时,调度员应组织乘客进行区间疏散。

2 区间疏散自动防护方案

2.1 区间疏散自动防护的备选方案

FAO 线路以 OCC 为核心对线路进行运营管理。紧急手柄被激活后,通过乘客、信号系统和调度员之间的信息交互,确保乘客区间疏散的防护安全。该场景下,需要 OCC 调度员通过某些技术手段和措施实现区间疏散的监督和管理。

根据 GB/T 12758—2023《城市轨道交通信号系统通用技术条件》的要求,列车在区间运行时,乘客拉下紧急手柄后,信号系统将控制列车继续运行至下一站,列车停车后令车门保持打开状态,待司机上车确认列车可继续运行后,将紧急手柄复位。列车在区间停稳时,若紧急手柄被拉下,信号系统通过释放门保持关闭指令,授权乘客人工开门下车。该运营场景下的区间疏散主要有 3 个方案:

1) 方案 1:信号系统无延时,立即释放门保持关闭指令。

2) 方案 2:信号系统启动延时计时器(时间可灵活设置),在确认相邻 FAO 列车不会进入区间疏散防护区后,释放门保持关闭指令。

3) 方案 3:信号系统启动延时计时器(时间可灵活设置),在延时结束前,信号系统允许调度员根据区间疏散实际场景需要,通过 ATS 子系统界面操作提前释放门保持关闭指令,也可在计时结束后不授权释放门保持关闭指令,此时须再次远程人工确认释放门保持关闭指令,授权列车发车。

2.2 方案比选

以上 3 个方案基本上覆盖了当前各信号厂家对区间疏散场景的管理措施。从安全和效率上看,3 个方案各有优缺点。本文以区间火灾(须待调度员确认疏散路径后方可授权乘客下车)、列车火灾(乘客须立即下车)2 个运营场景为例,对比了这 3 个方案的优缺点,如表 1 所示。

表 1 火灾工况下 3 个区间疏散方案的优缺点对比

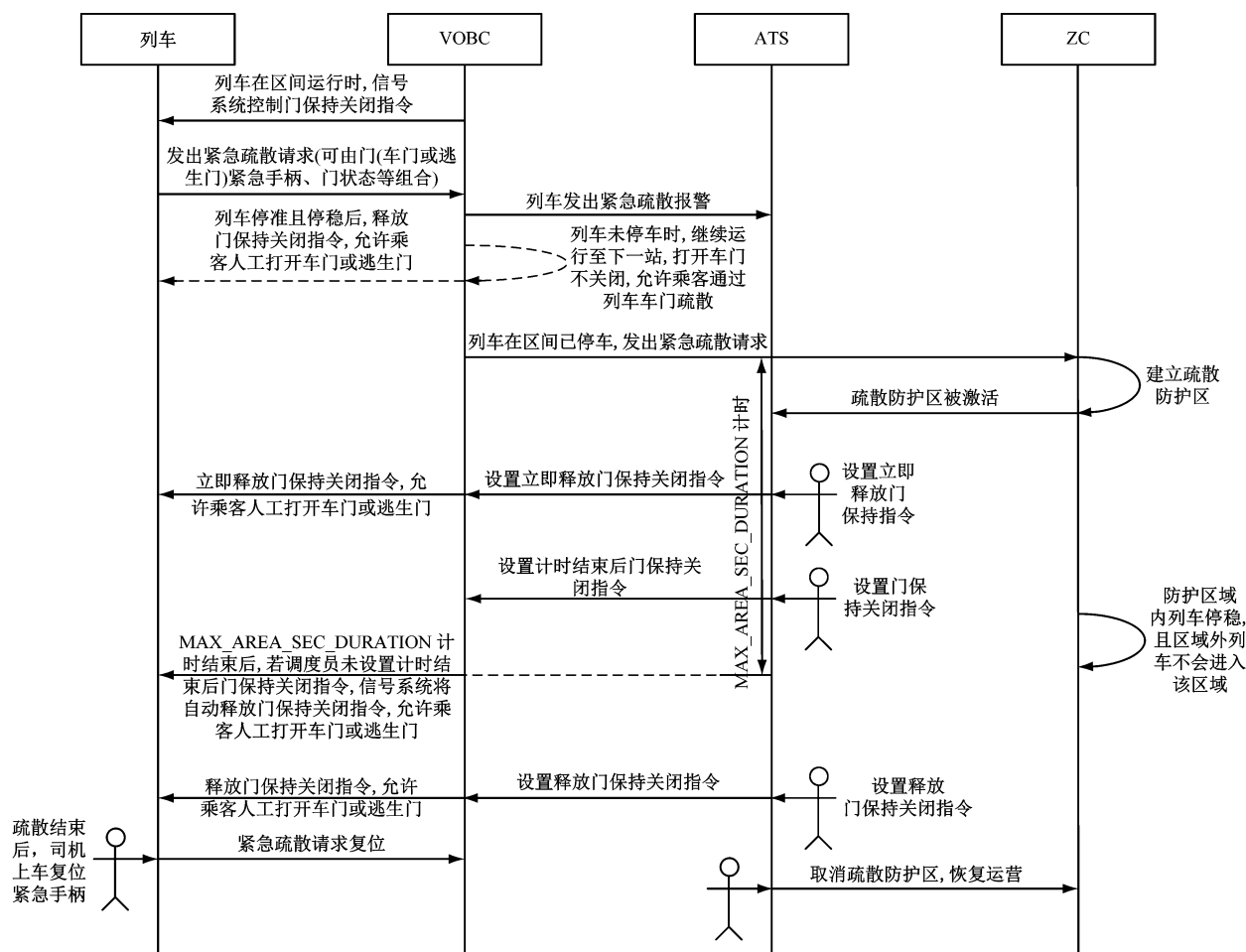
Tab. 1 Comparison of advantages and disadvantages of the three section evacuation schemes under fire conditions

疏散方案	处置的灵活性	2 种火灾工况下的安全性	
		区间火灾	列车火灾
方案 1	低	低	高
方案 2	适中	较高	低
方案 3	高	高	较高

表1中,3个方案均考虑了释放门保持关闭指令问题,不同之处在于指令的释放时机。综合比较各方案的灵活性和安全性,本文推荐采用方案3。

2.3 方案3的区间疏散自动防护措施

方案3下区间疏散的信息交互过程如图1所示。



注:ZC—区域控制器;MAX_AREA_SEC_DURATION 是计时器的英文名称。

图1 方案3下区间疏散的信息交互过程

Fig.1 Information interaction process of section evacuation under Scheme 3

2.3.1 紧急疏散请求

列车在区间运行时,若乘客激活紧急手柄,信号系统将控制列车继续运行,并在OCC工作站上弹出告警,提示调度员予以关注。此外,信号系统和综合监控系统还将自动联动摄像头,由调度员根据现场情况决定是否需要立即逼停列车,以实施区间疏散。

列车在区间停车后,若乘客激活紧急手柄,VOBC将立即向ZC发送紧急疏散请求。

2.3.2 区间疏散防护区

VOBC发出紧急疏散请求后,ZC将根据列车位置,激活相应的区间疏散防护区,向防护区内的

列车发送紧急制动停车指令,并禁止区域外的列车进入该区域。

在信号系统设计过程中,须基于乘客所有可能的行走路径确定区间疏散防护区的范围。防护区一般为两站一区间,同时综合考虑区间是否有联络通道、道岔等情况,对区间疏散防护区进行设置。方案3的区间疏散防护区如图2所示。

图2中:若疏散位置不影响对向轨道,区间疏散防护区应针对每个区间单独设置,如图2的疏散防护区1、疏散防护区2;若疏散位置影响对向轨道,区间疏散防护区须包含上下行区间,如图2的疏散防护区3。

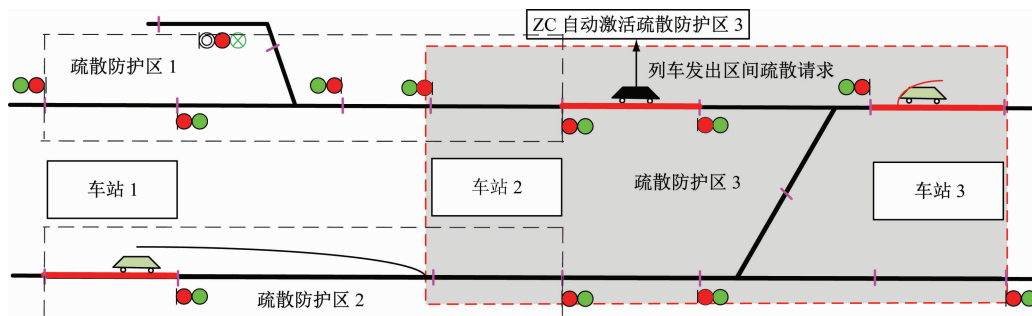


图2 方案3的区间疏散防护区

Fig. 2 Section evacuation protection zone of Scheme 3

2.3.3 释放门保持关闭指令

VOBC 触发区间疏散请求后,信号系统将启动计时器 MAX_AREA_SEC_DURATION。计时结束后,信号系统将释放列车车门或逃生门的门保持关闭指令,允许乘客人工开门下车。

而在实际运营场景下,列车区间疏散的原因较为复杂。为了在区间火灾、列车火灾、车地无线通信中断等不同场景下均能实施灵活处置,调度员可根据实际情况人工介入释放车门或逃生门保持关闭指令:

1) 计时结束前,若需对疏散路径外的区域进行防护,调度员可设置“计时结束后门保持关闭指令”;计时结束后,信号系统将继续输出门保持关闭指令,待调度员人工确认设置好防护后,可人工取消车门或逃生门的门保持关闭指令。

2) 计时结束前,若需尽快让乘客下车,调度员可设置“立即释放门保持关闭指令”,允许乘客人工开门下车。

3) 计时结束后,若调度员未进行任何操作,信号系统将自动释放车门或逃生门保持关闭指令。

2.3.4 取消区间疏散防护区

乘客均已进入站台后,司机上车将紧急手柄复位。在确认区间疏散已结束且没有其他危害场景后,司机通知 OCC 调度员。OCC 调度员通过 ATS 界面取消区间疏散防护区,线路恢复正常运营。

3 结语

考虑 FAO 线路设备的高可靠性,区间疏散事件的发生概率极小,但区间疏散事件一旦发生,应在保证安全的前提下尽量降低对运营的影响。此外,由于列车区间疏散原因较复杂,不同运营场景下的

运营处置需求差异也较大,须在项目设计阶段明确不同区间疏散场景下的功能需求。方案3以乘客安全疏散为前提,增加了调度员人工介入的灵活处置措施,这使得区间疏散防护处置措施更为灵活,希望能为城市轨道交通 FAO 线路区间疏散设计提供参考。

参考文献

- [1] 胡松. 地铁全自动运行线路区间疏散信号系统功能分析[J]. 智慧轨道交通, 2023, 60(4): 37.
HU Song. Functional analysis of interval evacuation signal system of metro fully automatic operation line[J]. Smart Rail Transit, 2023, 60(4): 37.
- [2] 秦凤杰. 城市轨道交通自动疏散功能的室内测试方案研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(7): 119.
QIN Fengjie. Study on automatic evacuation FIVP indoor test scheme of urban rail transit[J]. Technology Innovation and Application, 2023, 13(7): 119.
- [3] 刘俐. 城市轨道交通区间疏散问题分析[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(11): 93.
LIU Li. Analysis of evacuation problems at urban rail transit intervals[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(11): 93.
- [4] 周广浩. 城市轨道交通地下区间应急疏散[J]. 交通工程, 2022, 22(3): 65.
ZHOU Guanghao. The emergency evacuation of the urban rail transit underground section[J]. Journal of Transportation Engineering, 2022, 22(3): 65.

· 收稿日期:2023-04-28 修回日期:2023-07-19 出版日期:2024-09-10

Received:2023-04-28 Revised:2023-07-19 Published:2024-09-10

· 通信作者:刘春荣,工程师,21391853@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