

城市轨道交通全自动运行车辆司机室 区域技术方案分析

王锦畅 范庆宝 林一帆

(上海申通轨道交通研究咨询有限公司, 200070, 上海//第一作者, 助理工程师)

摘要 针对目前城市轨道交通行业内关注较多的 FAO (全自动运行) 车辆司机室区域的设置方式问题, 选取司机室疏散门、侧门、隔断等 3 个关键部件作为讨论对象, 结合 FAO 需求和 FAO 车辆的运行特点, 详细分析了上述部件在不同设置方式上的优缺点, 引用国内 FAO 轨道交通线路的应用方案加以说明, 最后给出了适用不同运营目标的推荐方案。

关键词 城市轨道交通; 全自动运行; 车辆; 司机室

中图分类号 U260.38:U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.02.027

Technical Scheme Analysis of Driver's Cabin Area on Urban Rail Transit FAO Vehicle

WANG Jinchang, FAN Qingbao, LIN Yifan

Abstract Aiming at the widely focused issue of setting up the driver's cabin area on urban rail transit FAO (fully automatic operation) vehicle, the three key components of evacuation door, side door, and partition of driver's cabin are selected as the discussion objects. Considering the FAO requirements and FAO vehicle operating characteristics, the advantages and disadvantages of the above components in different setting schemes are analyzed in detail. The scheme applied on rail transit FAO lines in China is cited for explanation, and finally the recommended solutions suitable for different operation objectives are given.

Key words urban rail transit; FAO; vehicle; driver's cabin

Author's address Shanghai Shentong Rail Transit Research & Consultancy Co., Ltd., 200070, Shanghai, China

FAO(全自动运行)系统是未来城市轨道交通发展的主流方向,其运行模式包括 DTO(有人值守的全自动运行)和 UTO(无人值守的全自动运行)^[1]。司机室是实现列车 FAO 功能的重要组件。其中,列车端头疏散门、司机室侧门、司机室隔断作为司机室中的关键部件,在应急疏散、行车作业组

织等方面发挥着重要作用。目前,国内不少城市对 FAO 列车是否需要设置疏散门和司机室侧门还存在争议,对司机室隔断方式的配置还有待建立适用的标准。对此,本文结合 FAO 场景和 FAO 车辆的运行特点,讨论上述关键部件在不同设置方式上的优缺点,旨在为后续 FAO 车辆司机室的设计提供参考。

1 司机室疏散门设计方案

1.1 疏散门设置的必要性分析

1) 规范层面。GB 50157—2013《地铁设计规范》^[2]第 28.2.4 条区间的安全疏散应符合下列规定:“道床面应作为疏散通道,道床步行面应平整、连续、无障碍物。”GB 51298—2018《地铁设计防火标准》^[3]第 5.4.6 条规定:“需行驶于地下区间的列车头、尾节应设置疏散门,各节车厢之间应贯通。”根据上述标准的要求可知,线路道床是乘客区间疏散的主要通道,而疏散平台一般作为检修和应急人员进入区间的通道。当列车车门设置侧向疏散方式时,在疏散平台不连续的情况下,乘客最终还是由疏散平台步行至道床并撤离至安全区域;设置端头疏散方式时,可以让乘客直接由端头疏散门步行至道床进行快速疏散。

2) 车辆设计层面。GOA4(无人干预列车运行)级 FAO 系统下的列车客车门设计与有人驾驶系统不同,正常情况下当列车在区间运行或临时停在区间时,信号系统会禁止车门解锁以防止乘客自行进入区间。端头疏散门的控制回路可独立于车门进行设计,以增加疏散情况下设计的容错性,即当中央授权车门解锁失效或某些疏散场景下,端头疏散门将为疏散逃生提供新的选择方式,同时疏散门的增设将大大提高紧急情况下的疏散能力。因此,建议 FAO 车辆设计时,应同时保留车门侧向疏

散与端头疏散门的设计方案。

3) 运营需求层面。由于 FAO 线路的特殊性,在某些紧急情况下,司机或多职能队伍不能立即抵达事故列车并进行疏散引导,故运营部门通过远程列车广播、远程乘客对讲、远程车门解锁等方式引导乘客自行操作列车设备实现区间疏散是十分必要的。疏散方案需综合事故发生的具体情况与环境、列车所处的线路位置、列车载客情况、事故紧急程度及列车设备配置等进行制定,如表 1 的疏散方式将覆盖所有疏散场景的需求。

表 1 FAO 线路区间的疏散方式

Tab.1 FAO line interval evacuation methods	
疏散方式	适用场景
仅通过疏散平台,乘客从列车客室侧门撤离	区间水患
仅通过道床,乘客从列车端头疏散门撤离	区间火灾
通过道床和疏散平台同时进行疏散	列车火灾

例如,列车前方隧道区间发生较大程度的火灾,需采取隧道内疏散方案时,若仅通过侧向疏散,乘客在恐慌情绪下,可能在走出列车后往不同的两个方向进行逃生,此时往错误方向逃生的乘客反而会陷入危险;但如果通过列车端头疏散门疏散,则可以在 OCC(运营控制中心)的引导下,解锁并使用安全方向端的疏散门进行疏散,从而大大提高了乘客疏散过程的安全。再如,列车中部发生火灾时的客流较大,仅通过侧向疏散无法在短时间内完成全部人员的安全撤离,此时可采取侧向和两端端头同时疏散的方式,从而达到最快程度的疏散。因此,保留疏散门对提升紧急情况下的灵活性和多样性具有重要作用。

1.2 疏散门设置的注意事项

1) 从美观角度考虑,疏散门的设计需与司机室内装浑然一体。疏散门的设计既要考虑美观、操作方便,同时又要保证绝对安全。建议疏散门宽度不小于 650 mm,高度不小于 1 800 mm。疏散门可设置在司机室正中或侧边(见图 1 和图 2)。

2) 疏散门的使用者可能是从未受过操作训练的乘客,建议打开的方法应简单,且操作步骤不应超过 4 个。疏散门宜采用一体式设计,疏散踏板和门板在结构上允许合二为一,司机室区域亦应配置操作流程标识、图像视频等辅助信息,对乘客的操作进行提示。



图 1 疏散门正中设置

Fig.1 Evacuation door setting up in the middle



图 2 疏散门侧边设置

Fig.2 Evacuation door setting up on the side

2 司机室侧门设置方案

2.1 设置司机室侧门

设置司机室侧门后司机室相对独立,司机仍可从侧门上下车,适合运营早期以 DTO(有人值守的全自动运行)模式为主、后期逐步过渡至 UTO(无人值守的全自动运行)模式的 FAO 线路,但存在以下缺点:

1) 司机室门锁设计复杂,为确保 FAO 模式下司机室区域人员安全,门锁内部限位开关触点需考虑串入车门锁闭回路、列车安全回路、列车监控回路,以及 UTO 模式的建立条件等。门锁可靠性涉及多系统回路,若故障频发将影响 FAO 周期内的行车效率。

2) 后续改造工程量较大。国内部分城市 FAO 线路在运营初期使用侧门功能,过渡至 GOA4 级 FAO 模式后,通过机械改造永久封闭侧门。但针对涉及电气控制等硬件回路的改造,后续将增加运营单位改造及整改后的安全评估工作量。

3) 非全自动和 FAO 模式下,司机会出现两种不同的登乘方式,且对运营管理、库内及存车线登

乘平台的设置有一定的规范要求。

2.2 不设置司机室侧门

FAO 线路远期运营目标的定位均是实现 GOA4 级下的 UTO 模式,故从 UTO 角度来讲,无设置司机室侧门的必要。目前,上海轨道交通 14 号线、15 号线、18 号线,南宁轨道交通 5 号线等 FAO 线路列车均采用司机室与客室一体化设计的方式,取消司机室侧门单元。图 3 为上海轨道交通 18 号线司机室外观图。此种设置方式能取得较好的运用效果,具备如下优势:

1) 外观及内装视觉上较为美观,司机室区域的电气柜设计方案更为灵活。

2) 避免由于侧门及其门锁故障引起的列车无法牵引动车的隐患。

3) 不同运营模式下,外部登乘平台设计方案与登乘管理要求统一。



图3 上海轨道交通 18 号线司机室外观

Fig.3 External appearance of the driver's cabin of Shanghai Rail Transit Line 18

通过两种方案的对比,建议不设置司机室侧门,但需保留司机室侧窗,便于在列车降级运行、应急救援等事件中,多职能人员通过侧窗瞭望列车侧方信号机位置以及获取站台设备的状态信息。

3 司机室隔断方案

3.1 全封闭半永久式隔断

全封闭半永久式隔断是统筹考虑有人驾驶和 FAO 两种运营模式需求的隔断方案。如图 4 所示,在运营初期有人驾驶模式下,使用全封闭硬隔断可保持完整、独立的司机室区域,且多职能人员可在司机室内值守。

待 FAO 线路后期实现 UTO 模式后,可适时卸除全封闭隔断,驾驶台通过盖板锁闭,司机室区域完全对乘客开放,如图 5 所示。需注意,半永久隔断应方便安装和拆卸,且拆卸后仅需对地板做简单整改,不需对客室其他内饰做任何改动,就能实现客室与司机室的统一。



图4 有人驾驶模式下的隔断设置

Fig.4 Partition settings under manned mode



图5 FAO 模式下的隔断设置

Fig.5 Partition settings in FAO mode

当 FAO 模式降级至人工驾驶模式时,司机室与客室间可采用简易、半高、全封闭的幕布作为临时隔断,如图 6 所示。



图6 临时隔断司机室效果

Fig.6 Rendering of temporary partition of driver's cabin

3.2 半开放式简易隔断

半开放式简易隔断,通过预埋临时的透光遮挡隔断设备形成司机室封闭的效果。图 7 为济南轨道交通 2 号线半开放式司机室隔断图。半开放式简易隔断同样能满足 FAO 线路运营初期 DTO 模式下司机室的封闭、后期 UTO 模式下司机室开放的运营需求。该隔断方式的优点是司机室通透,线路开通初期乘客就能感受到全新的运行视角,乘车体验较好;但该隔断方式留给司机室电气柜的空间较小,后续需对司机室的电气设备布局做优化调整。



图7 济南轨道交通2号线半开放式司机室隔断

Fig.7 Driver's cabin semi-open partition of Ji'nan Rail Transit Line 2

3.3 全开放式临时隔断

司机室区域采用开放式结构,即取消传统的固定隔断,将原司机室区域变成乘客站立区,只设置临时隔断,在特殊情况下需多职能人员登车处置操作时,为其提供相对独立的区域。如,上海轨道交通14号线、15号线、18号线均采用的是开放式司机室(见图8),即通过司机台、座椅、紧急隔离带的合理设计,实现FAO模式与有人驾驶模式的灵活切换,既保证运营功能,又能使乘客充分享受通透明亮的车内空间,提升乘车体验。



图8 上海轨道交通15号线全开放式司机室

Fig.8 Fully open driver's cabin of Shanghai Rail Transit Line 15

需考虑,全开放式司机室内所有由工作人员操作的设备均要封闭,如司控台需使用盖板封闭,并对其封闭状态进行监控,以防乘客误动。同时司机台内需提供折叠式隐藏座椅,供特殊情况下多职能

队员使用。

4 结语

1) 综合考虑行业规范标准、车辆安全设计及FAO线路运营需求,建议FAO车辆配置端头疏散门。该设置方式能最大程度地提升应急情况下乘客疏散的快速性和灵活性,保障乘客安全。

2) 基于实现GOA4级UTO的运营目标定位,FAO车辆无需设置司机室侧门。与设置司机室侧门相比,该方式更有利于司机登乘管理,同时也能保障行车安全且可有效避免后期侧门改造问题,使得后期FAO线路的运营效率将得到有效保证。

3) 对于FAO列车,建议司机室隔断设计时应综合考虑线路运营目标与定位、美观通透、乘客干扰,以及FAO模式下列车故障发生时需要工作人员上车降级操作等各方面因素。对于存在多阶段运营模式过渡的线路,可采用全封闭半永久隔断。对于一次性开通的GOA4级FAO线路,车辆司机室可直接采用全开放式临时隔断。

参考文献

- [1] 朱翔,陈丽君. 地铁全自动运行系统运营场景的几点探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(10): 228.
ZHU Xiang, CHEN Lijun. Research of operation scenarios for metro fully automatic operation system[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(10): 228.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计防火标准: GB 51298—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for fire protection design of metro: GB 51298—2018[S]. Beijing: China Planning Press, 2019.

(收稿日期:2022-10-09)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—56830728 转 821