

城市轨道交通全自动运行系统应急处置效率提升途径

谢锦杰

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海)

摘要 [目的]城市轨道交通全自动运行系统的高自动化程度和复杂性带来了故障和突发事件处置的挑战,应急处置效率低会导致地铁列车晚点、危害乘客人身安全,严重影响乘客按时出行的需求。对此,有必要研究应急处置效率的提升途径。[方法]以上海轨道交通 15 号线为例,从全自动运行线路的应急场景出发,阐述了应急处置效率的影响因素,深入剖析了应急处置面临的主要问题,探讨综合运用理论沙盘推演、培训模拟机实操、“技术比武”和跨部门故障联合演练等多元化培训途径,着重讲述联合实战演练的方式。[结果及结论]应急处置面临的主要问题包括维护人员对设备和故障现象的熟悉程度不足、缺乏实际操作经验、跨部门沟通不畅,以及信息反馈和处置流程的生疏。通过多元化培训途径,上海轨道交通 15 号线平均故障处置时间已由 27.2 min 降低至 19.9 min。其中定期的模拟演练和实战培训是检验全自动运行系统维护人员应急处置效率提升的有效途径,对保障城市轨道交通运营安全、提升乘客服务体验具有重要意义。

关键词 城市轨道交通;全自动运行系统;应急处置效率;模拟演练;跨部门沟通;故障处置时间

中图分类号 F530.7; U231.96

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.11.015

Approaches to Emergency Response Efficiency Enhancement in Urban Rail Transit FAO System

XIE Jinjie

(Telecom & Signal Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China)

Abstract [Objective] The high level of automation and complexity in urban rail transit FAO (fully automatic operation) systems brings challenges in fault and emergency handling. Inefficient emergency response can lead to metro train delays, endanger passenger safety, seriously affect the passengers' timely travel needs. Thus, it is crucial to explore methods to improve emergency response efficiency. [Method] Using Shanghai Rail Transit Line 15 as an example, starting from emergency scenarios on FAO lines, the factors affecting

emergency response efficiency are examined. The primary issues faced during emergency responses are analyzed in-depth. The comprehensive use of diverse training approaches, including theoretical simulations, practical training with simulators, technical drills, and cross-departmental fault joint drills is explored. Special emphasis is placed on the approach of integrated practical drills. [Result & Conclusion] Key issues in emergency response include inadequate familiarity of maintenance personnel with equipment and fault phenomena, lack of practical experience, poor inter-departmental communication, and unfamiliarity with information feedback and response processes. Through diverse training approaches, the average fault response time on Shanghai Rail Transit Line 15 is reduced from 27.2 minutes to 19.9 minutes. Regular simulation drills and practical training are effective ways for enhancing emergency response efficiency of maintenance personnel in FAO systems. These improvements are significant for ensuring urban rail transit operational safety and improving passenger service experiences.

Key words urban rail transit; FAO system; emergency response efficiency; simulation drill; cross-departmental communication; fault handling time

城市轨道交通全自动运行系统的推广应用,提升了城市轨道交通的运营效率和服务水平^[1],也对运营人员、维护人员的应急处置效率提出了挑战。2024 年 6 月,上海轨道交通 7 号线列车在早高峰期间发生故障。由于运营人员对故障现象的判断准确度不足,应急处置效率低,造成列车严重晚点,影响了乘客正常出行。2022 年 1 月,在上海轨道交通 15 号线(以下简称“15 号线”)祁安路站发生的站台门夹人事件中,运营人员对应急处置流程的熟悉程度不足,不仅应急处置效率低,而且危害了乘客的人身安全^[2]。由此可见,有必要研究全自动运行系统应急处置效率的提升途径。

1 全自动运行系统的应急场景

1.1 系统或设备故障场景

1.1.1 联锁双系宕机故障

集中站联锁双系宕机故障现象为:调度工作站、大屏中的故障集中站对应显示区域显示灰色;该集中站车站工作站界面显示灰色;无法进行任何操作,影响故障区域列车运行。运营人员需要在设备发生故障期间,通知维护人员故障现象,并通知列车司机转换列车运行模式维持线路的正常运营,而维护人员须在 20 min 内到达现场,并完成日志分析、故障诊断及排除、联锁重启、联锁主备模式切换等操作。

目前,上海轨道交通联锁故障面临的挑战尤为严峻。每起联锁故障的平均处置时间已超过 20 min,这不仅反映了故障本身的复杂性,更揭示了当前应急处置中存在的诸多问题。其中,最突出的问题便是相关人员对设备和故障处置流程不熟悉,这在关键时刻极大地制约了应急响应的效率与效果。此外,各单位之间缺乏有效的联动机制,使得在紧急情况下,资源整合与信息共享受阻,进一步延长了故障排查与修复的时间,影响了应急处置效率。这些问题无疑加大了联锁故障对地铁运营的影响,也对乘客的出行体验造成了不小的干扰。因此,从提升人员技能水平到加强跨部门间沟通协作,有必要在各个方面寻求改进与创新,以期在最短的时间内,有效应对联锁故障,确保城市轨道交通运营的安全与顺畅。

1.1.2 三开道岔故障

在城市轨道交通的动脉上,三开道岔的健康状态是保障列车顺畅运行的关键。当道岔遇到左开位或右开位的失表故障时,列车的行进路线选择、折返操作及常规运行皆会遭受影响。运营调度人员必须迅速而精准地判断出道岔故障,在确保线路稳定运营的同时,及时通知维保团队介入。维护人员必须在 20 min 内抵达故障现场,迅速完成故障诊断与排除工作。

当道岔发生故障时,除了运营人员的及时处置与维护人员的专业技术支持至关重要之外,各单位之间的高效应急联动不仅是确保问题迅速得到解决的核心,更是提升应急处置效率的关键所在。对此,迫切需要精细优化应急处置的每一个环节,以确保在紧急情况下能够迅速、准确地做出反应,从而大幅提升应急处置的效率,确保城市轨道交通的

稳定运行和乘客的安全。

1.2 突发事件场景

1.2.1 电力供应中断

在遭遇电力供应中断时,首要任务是迅速切换至备用电源,以确保关键设备和照明系统的持续运作。对于正在运行的列车,一旦动力突然丧失,必须立即执行紧急制动措施,以保证列车安全停靠。此外,提供必要的乘客服务也至关重要,特别是在高温等极端环境下,应为乘客提供饮用水和医疗急救支持。维护人员到达现场后,须对损坏的部分进行紧急修复,以尽快恢复主电源供电,恢复城市轨道交通正常运营。

1.2.2 自然灾害

对于洪水、地震、台风等不同类型的自然灾害,应及时采取加固设备、排水、防风等相应的预防措施,以降低自然灾害带来的损失。在自然灾害发生时,启动紧急响应机制,包括暂停服务、关闭受影响区域等。灾后,迅速进行救援和修复工作,尽快恢复运营,以减少自然灾害对交通和生活的影响。

1.2.3 恐怖袭击或暴力事件

面对恐怖袭击或暴力事件,应立即启动反恐预案,包括锁定嫌疑人和隔离威胁区域,以确保公众的安全。在此过程中,首要任务是确保乘客安全,避免恐慌情绪蔓延,有序地进行疏散或就地避难;同时,还应迅速通知警察和特种部队介入,处理紧急情况。事后,为受影响的乘客和员工提供心理疏导和支持也是必不可少的。

2 应急处置效率的影响因素

结合上述全自动运行系统的应急场景,将应急处置效率的影响因素总结为以下三点:

1) 维护人员对故障现象判断的准确程度和故障处置方式的熟悉程度。15 号线为全自动运行线路,其 2022—2024 年的故障数如图 1 所示。由图 1 可见,开通初期(2022 年及 2023 年)各类设备故障占用了大量列车正常的运行时间。其中一项原因是维护人员对故障现象的判断准确程度不足,导致应急处置效率较低,在一段时间内故障发生概率相当,维修时间的延长变相增加了故障时间,从而缩短了列车正常的运行时间。另一项原因是维护人员对故障处置方式熟悉程度不足,导致了设备的二次故障,故延长了故障的处置时间,降低了应急处置效率。

2) 维护人员的设备熟悉程度和故障处置经验。

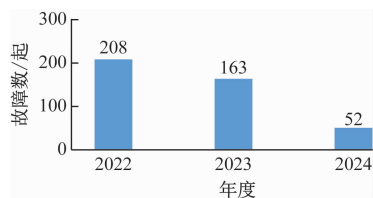


图1 15号线2022—2024年故障数

Fig. 1 Number of faults on Line 15 from 2022 to 2024

在全自动运行系统的设备维护中,维护人员设备熟悉程度和故障处置经验是确保维护工作高效的关键。理论学习和实际操作之间存在差距,若维护人员缺乏实践训练来加强理论知识,未能熟悉设备的操作和维护,导致故障处置的实践经验不足,则维护人员在面对不断增多的真实故障时,可能会感到不自信和准备不充分,其故障处置能力可能会逐步下降,进而导致诊断和处理故障的效率降低^[3]。具体而言,若某个维护人员只负责维护全自动运行系统的某一小部分,而没有足够的机会去接触和解决更广泛的问题,则他可能不会完全理解整个全自动运行系统的工作原理,以及各个组件之间的相互作用,在面对涉及多个子系统的综合故障时,他可能无法看到问题的根本原因,不知道如何入手解决问题。这意味着,随着故障数量的增加,维护人员对于每个故障的处理效率不是提高而是降低。由此可能延长故障处理时间,影响应急处置的效率,甚至可能带来更大的损害和更高的维修成本^[4]。

3) 不同岗位人员的信息反馈通畅程度及故障处置流程熟悉程度。维护人员、运营调度人员与车站工作人员之间的有效联动是保障运营顺畅的关键。各岗位之间无法有效联动、故障现象反馈不明确、故障处置流程不熟悉,也会影响应急处置的效率。例如,车站工作人员发现车门发生故障,但未能立即上报给控制中心,或者控制中心接到报告后由于不了解具体的故障处置流程而无法快速通知运营调度人员和维护人员,则整个故障处理过程就会受阻,增加了故障处置的时间,影响应急处置的效率^[5]。

3 全自动运行系统应急处置效率提升途径

3.1 应急处置过程存在的问题

以联锁双系宕机故障及三开道岔故障为例,分析应急处置过程存在的问题。

2023年3月22日,上海地铁维护保障有限公司通号分公司维护七部携手上海地铁第三运营有限公司15号线管理部开展了第一次联合故障演练——联锁双机故障专项演练。本次演练的参演

岗位包括值班调度长、运营调度员、多职能队长(车站)、多职能队员(站控)、多职能队员(巡视)及上海地铁维护保障有限公司通号分公司维护七部相关参演人员,采用理论与实际相结合的方式,在演练过程中,维护人员严格依照《上海轨道交通通号分公司应急排故手册》的联锁故障处置方式要求,对设备进行应急处置。运营人员严格按照《上海轨道交通15号线信号系统应急处置手册》的联锁故障处置办法,维持正常列车运营。从而加强运营人员对相关应急预案及现场处置方案等规章的掌握,提高应急处置的熟练程度,提升运营相关人员的应急处理能力、业务技能及各方协同能力。

联锁双机故障专项演练暴露了以下问题:①维护人员对联锁设备不够熟悉,对故障现象的判断不够准确,对联锁设备的重启操作不够熟练;②运营部门与维护部门之间沟通不足,组织过程中信息有偏差,没有满足故障处理的需要;③维护人员的分工不够明确,人员之间沟通不够顺畅;④对联锁故障突发情况的准备不够充分。

2023年7月26日由上海地铁维护保障有限公司通号分公司维护七部牵头组织,上海地铁第三运营有限公司15号线管理部协同参与,在15号线桂林路站开展了三开道岔故障演练,模拟了三开道岔失表时的手摇道岔作业,以及手摇道岔作业无法到位情况下的手扳轴作业。本次演练由通号维护人员、运营调度人员及车站工作人员参与。三开道岔故障演练现场照片如图2所示。



图2 三开道岔故障演练现场照片

Fig. 2 Photo of three-way turnout failure drill site

三开道岔故障演练暴露了以下问题:①运营人员手扳轴使用不够熟练;②对人车同区故障处置场景经验缺乏;③在故障处置阶段,各部门之间的信息互通不够顺畅;④在故障处置阶段,抢修人员之间分工不够明确,运营人员与维护人员之间操作划分不够准确。

3.2 应急处置效率提升途径

针对联锁双机故障专项演练及三开道岔故障演练暴露的问题,提出一系列提升应急处置效率的途径:

1) 针对维护人员对设备不熟悉的问题,须采取多种方法来提升其技能和知识,确保维护人员能够熟练掌握设备和系统。①组织维护人员进行理论沙盘推演,在实际操作前,使其更好地理解设备的运作原理;②设置系统性的培训课程,涵盖设备基本操作、高级功能应用及紧急情况下的快速响应操作,逐步提高维护人员的技术水平;③通过严格的考核制度对维护人员的技能水平进行评估,并根据其对设备及系统熟悉程度的不同,进行分级管理,以确保每一位维护人员都能在其能力范围内进行有效的设备维护。由此最终达到提高整体维护效率和质量的目标^[6]。

2) 针对故障突发情况准备不足的问题,在培训模拟机器上开展一系列应急预案的操作训练,提高维护人员对故障突发情况的应对能力。这些应急预案不仅涵盖了系统故障、机柜失电故障或硬件故障等各种故障现象,还提供了详尽的处置方案和处置流程。由于在培训模拟机器上安装了与实际运营使用的相同软件,并搭建了模拟运营场景设备,维护人员可以对应急预案进行更加贴近实际情境的模拟操作,进一步加深对设备运行状态和故障处理流程的认识;通过模拟训练,维护团队能够积累宝贵的实战经验,增强应对突发事件的自信和能力。

3) 针对处置实际故障场景经验缺乏的问题,通过多种培训方法来积累维护人员对实际故障场景的应对经验。①“技术比武”为每年的必要形式,不但增加了培训的趣味性,还激发了维护人员之间的竞争意识,促使他们在实践中快速提升技术水平。②维护人员每月会汇总故障平台中上海轨道交通全路网的“故障专报”并协同运营人员讨论与分析,由此维护人员能够了解各类故障发生的环境、原因及解决过程,从而更好地总结经验教训,提高未来面对类似情况时的响应能力。这些培训方式确保了维护团队在面对真实故障时能够迅速、准确地采取措施,使潜在的风险和损失最小化。

4) 针对跨部门人员之间沟通不畅的问题,定期进行现场模拟故障联合演练,以提高运营人员和维护人员在实际工作环境中的故障处理能力。这些演练精确模拟了真实操作环境中可能遇到的各种故障情况,让维护人员在实践中深入理解并掌握故

障处置流程,增加跨部门人员之间的沟通。现场模拟故障演练不仅能够使维护人员熟悉故障处置的全流程及具体操作步骤,还能够训练其在压力下冷静思考和有效沟通的能力。随着演练次数的增加,维护团队能够更加熟练地应对突发故障,确保在发生真实故障时能够迅速且正确地完成故障排除,提高各部门之间的沟通协作能力,提高故障的应急处置效率^[7]。

4 应用效果

2023 年 3 月至 2024 年 5 月,上海地铁维护保障有限公司通号分公司维护七部已在 15 号线组织了 14 次联合演练,分别涉及联锁、信号机、LATS(车站列车自动监控)、ZC(区域控制器)、LC(线路控制器)、三开道岔、中央侧应用服务器、计轴等系统或设备。

经过联合演练,影响运营的年均故障数、平均故障处置时间、维护人员的业务能力、跨部门人员之间沟通不畅的问题得到明显改善:

1) 对 15 号线实际故障处置时间进行粗略计算发现:联合演练实施后,平均故障处置时间显著下降,2022 年平均每起故障处置时间为 27.2 min,2024 年均每起故障处置时间仅为 19.9 min;造成运营列车晚点 5 min 以上的通号类故障数,由 2022 年的 3 起,降至 2024 的 1 起。

2) 维护人员的业务能力得到明显提高。在 2022 年,每个班组只有班组长和副班组长能够独立完成故障处置工作;2023 年每个班组内 2 名班组长及 2 名技术骨干人员可独立完成故障处置工作。到了 2024 年,经过 14 次应急联合演练之后,在每个班组中,2 名班组长和 6 名技术骨干人员都能够独立进行故障处置。

3) 运营人员和维护人员之间建立了故障沟通机制,形成了有效联动。运营人员能够精准判断故障现象,并及时与维护人员进行沟通,缩短维护人员确认故障设备的时间。这一显著进步,充分体现了应急联合演练对应急处置效率提升的有效作用。

5 结语

本文针对全自动运行系统面临的应急场景,分析了影响应急处置效率的关键因素。这些关键因素为:维护人员对故障现象的判断准确度、对故障处置方式的熟悉程度、设备熟悉度及故障处理经验,以及不同岗位人员间的信息沟通与故障处理流程的熟悉度。针对这些关键因素,可以利用理论沙

盘推演、培训模拟机故障实操、“技术比武”、跨部门模拟故障联合演练等。而故障模拟演练无疑是检验应急处置效率提升途径最有效性的方法,而应急处置效率的提升也是备战的关键环节。实战化演练,可以模拟真实故障情境,评估和优化应急响应流程,确保每一个环节都能达到高效、精确的执行标准。这样的准备工作不仅提高了团队的应变能力,也确保了在真正的紧急情况下能够有效地缩短地铁故障的影响时间,提高应急抢修的效率。因此,演练不仅是测试和提升应急处置能力的手段,更是为可能出现的任何突发事件做好充分准备的重要一环。通过这些训练,可以将应急处置理论知识转化为实践经验,将备战提升到一个新的水平,确保团队在实际面对挑战时能以最佳状态应对,从而在故障中保持秩序,最小化损害,快速恢复城市轨道交通的正常运行。

参考文献

- [1] 裴加富,包亮强,林立,等.城市轨道交通全自动运行车辆移动值乘辅助系统研究与应用[J].铁道通信信号,2024,60(2):19.
PEI Jiafu, BAO Liangqiang, LIN Li, et al. Research and application of mobile duty assistance system for FAO vehicles of urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2024, 60(2):19.
- [2] 李焕海.提升城市轨道交通运营应急处置能力的研究与思考[J].城市轨道交通,2024(1):36.
LI huanhai. Research and reflection on improving the emergency response and handling capacity of urban rail transit operation[J]. China Metros, 2024(1):36.
- [3] 宁滨,郝春海,李开成,等.中国城市轨道交通全自动运行系统技术及应用[J].北京交通大学学报,2019,43(1):1.
NING Bin, GAO Chunhai, LI Kaicheng, et al. Technology and application of fully automatic operation system for urban rail transit in China[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2019, 43(1):1.
- [4] 刘洁,吕楠,顾御坤,等.城轨交通行车调度应急演练虚拟联动技术研究及应用[J].铁路技术创新,2023(3):195.
LIU Jie, LYU Nan, GU Yukun, et al. Research and application of virtual linkage technology for urban rail transit train dispatching emergency drill[J]. Railway Technical Innovation, 2023(3):195.
- [5] 葛淼,褚红健,党聪.城市轨道交通应急指挥系统研究[J].江苏科技信息,2021,38(28):40.
GE Miao, CHU Hongjian, DANG Cong. Research on the emergency command system of urban rail transit[J]. Jiangsu Science & Technology Information, 2021, 38(28):40.
- [6] 张陆.深圳地铁运营与地面交通应急处理机制及模式[J].公路与汽运,2008(1):32.
ZHANG Lu. Mechanism and mode of emergency handling of Shenzhen subway operation and ground transportation[J]. Highways & Automotive Applications, 2008(1):32.
- [7] 王英龙,王佳南.地铁运营应急演练管理工作实践与思考[J].城市轨道交通研究,2018,21(1):120.
WANG Yinglong, WANG Jianan. Practice and reflection of emergency exercise management in subway operation[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(1):120.
- 收稿日期:2024-03-18 修回日期:2024-04-12 出版日期:2024-11-10
Received:2024-03-18 Revised:2024-04-12 Published:2024-11-10
· 通信作者:谢锦杰,助理工程师,747832115@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 65 页)
- [4] 郭欣茹,杨云帆,凌亮,等.防滑控制策略对机车车轮的损伤影响研究[J].机械工程学报,2023,59(22):369.
GUO Xinru, YANG Yunfan, LING Liang, et al. Effect of anti-slip control strategy on locomotive wheel tread damage[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2023, 59(22):369.
- [5] 苏超,周志茹,段晴龙,等.基于模糊控制策略的高速列车防滑控制研究[J].现代城市轨道交通,2022(11):24.
SU Chao, ZHOU Zhiru, DUAN Qinglong, et al. Research on anti-skid control of high-speed trains based on fuzzy control strategy[J]. Modern Urban Transit, 2022(11):24.
- [6] 宋剑伟.城市轨道交通信号系统的典型测速定位方案比较[J].城市轨道交通研究,2021,24(4):26.
SONG Jianwei. Comparison of urban rail transit signaling system train velocity measurement and positioning schemes[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(4):26.
- [7] 王一阁,易海旺,周博渊,等.高速铁路 ATO 系统功能优化研究[EB/OL].(2023-11-02)[2024-06-27].https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202307030008.
WANG Yige, YI Haiwang, ZHOU Boyuan, et al. Research on functional optimization of high-speed railway ATO system[EB/OL].(2023-11-02)[2024-06-27].https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202307030008.
- [8] 朱文良,周嘉俊,孔靖森,等.动车组制动防滑控制建模仿真与试验研究[J].城市轨道交通研究,2020,23(12):50.
ZHU Wenliang, ZHOU Jiajun, KONG Jingsen, et al. Modeling simulation and testing research of anti-skid control of EMU braking[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(12):50.
- 收稿日期:2024-04-24 修回日期:2024-05-09 出版日期:2024-11-10
Received:2024-04-24 Revised:2024-05-09 Published:2024-11-10
· 通信作者:乔志远,高级工程师,qiao_zy@foxmail.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