

基于关键运营信息的全自动运行线路运营辅助支持系统

吴 敏

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海)

摘 要 [目的] 目前,全自动运行线路通过各自独立的专业系统下达运营管控指令,且各系统之间缺乏协同联动机制。为确保全自动运行线路各岗位人员信息获取一致性和联动处置高效性,有必要基于关键运营信息建立全自动运行线路的运营辅助支持系统,并搭建多岗位协同平台,提升全自动运行线路运营安全管控水平。[方法] 从需求分析出发,介绍了运营辅助支持系统的整体架构,详细阐述了辅助支持系统的功能,结合相关规划对未来辅助支持系统的网络化建设提出建议。[结果及结论] 全自动运行线路运营辅助支持系统基于各专业的关键运营信息,以智能化分析和协同联动引擎技术为依托,能实现多岗位信息共享、协同处置,能实现控制中心、车站和列车多职能队员的高效沟通和互控,从而有效提高故障应急处置效率。

关键词 城市轨道交通;全自动运行线路;运营管理;运营辅助支持系统

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.11.017

Operation Auxiliary Support System for FAO Lines Based on Key Operational Information

WU Min

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

Abstract [Objective] Currently, FAO (fully automatic operation) line operational control commands are issued through independent specialized systems with no synergetic collaboration mechanism among them. To ensure consistency in information acquisition and efficiency in synergetic response among personnel in various positions on FAO lines, it is necessary to establish an operation auxiliary support system based on key operation information, and build a multi-position collaboration platform to enhance the operational safety management and control level of FAO lines. [Method] Starting from requirement analysis, the overall architecture of the operation auxiliary support system is introduced, and the functions of this system are elaborated in detail. Recommendations for the future networked construction of operation auxiliary support system are

provided based on related planning. [Result & Conclusion] Based on key operational information from various specialties and relying on intelligent analysis and collaborative linkage engine technology, the operation auxiliary support system for FAO lines enables information sharing and synergetic response across multiple positions. It facilitates efficient communication and mutual control among the control center, stations, and train multifunctional teams, thereby significantly improving the efficiency of fault emergency response.

Key words urban rail transit; FAO line; operation management; operation auxiliary support system

上海轨道交通已迈入了超大规模网络化运营阶段,列车运行密度高、运输强度大,运营准点要求高^[1]。全自动运行线路运营场景多样、专业间联动功能紧密复杂。全自动运行线路在控制中心部署高度集成的行车指挥控制系统,实时汇集设备状态信息及故障监测信息,实现了运营控制与管理的高度集中控制。

当设备发生故障需要应急处置时,由于全自动运行线路各层级间为单线沟通,故车站和列车上的多职能队员等岗位所掌握设备信息状态不全面,无法直接获取设备实时运行信息、设备故障及乘客服务设备启用的技术手段,通常只能通过集群调度或专用电话等方式来获取动态运营信息、控制中心处置命令和远程操作状态信息等,无法有效确保信息共享的时效性和联合处置协同性。

为确保全自动运行线路各岗位人员信息获取一致性和联动处置高效性,需要构建基于关键运营信息的全自动运行线路运营辅助支持系统(以下简称“辅助支持系统”),实现多岗位信息共享、辅助决策和协同处置。

1 需求分析

目前,全自动运行线路的综合监控系统功能进

进一步加强,不仅能作为辅助应急监视系统,还能利用各类监控设备来监督关键设备的状态,实现了复杂场景下多专业应急联动功能——当车站发生火灾或在大客流时,联动各子系统协同工作,以保证列车运行环境的安全。

为匹配上海轨道交通高质量发展,持续构建全自动线路高效安全的运营体系,切实提升各类情况下对运营安全的把控水平和应急处置效率,需考虑建立辅助支持系统,以需求为导向,主要实现功能如下:

1) 打通传统线路各专业间信息壁垒,实现各子系统的协同工作,确保各岗位人员能实时获取关键设备的运行状态和运营信息,匹配远期区域化动态值乘管理目标。

2) 结合场景和业务需求,加强特定故障或事件中多岗位人员的协同性,确保异常信息及时告知,过程信息实时互通,安全措施全程盯控。

3) 提供可靠信息传输通道,满足信息传输的安全性、保密性及完整性要求,同时充分考虑与现有设备复用,实现资源利用的最大化。

2 辅助支持系统的工作架构及功能

2.1 工作架构

辅助支持系统工作架构如图 1 所示。辅助支持系统全面融合了信号、车辆、电力、机电等核心专业的数据,实时反馈各专业设备状态、智能推荐辅助决策;协同联动引擎,为控制中心、车站、车辆及基地等核心运营岗位提供全新的沟通和协同模式。

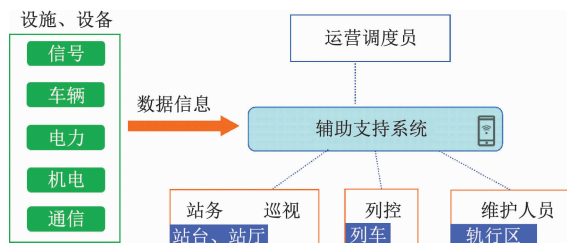


图 1 辅助支持系统工作架构示意图

Fig. 1 Architecture diagram of auxiliary support system work

2.2 辅助支持系统的主要功能

辅助支持系统基于运营管理制度,实现全自动运行线路的全过程监督、智能化分析及联动互控等功能。

2.2.1 全过程监督

辅助支持系统通过全面采集信号系统及相关

专业的数据,采用大数据分析手段对多专业融合数据进行实时分析。在应急场景和故障场景中,辅助支持系统对关键步骤和操作进行监督和卡控。例如,当站台发生夹人夹物事件时,若站务人员未能及时按压 ESP(紧急制动)按钮,则应及时提醒多职能队员(站控)和多职能队员(巡视)人员按压 ESP 按钮,同时提醒控制中心运营调度员在 ESP 按钮未及时按压的情况下及时扣车。

针对全过程监督的结果,应以实时报警或提醒事件的方式推送到各岗位人员终端设备上,通过文字、光及语音等方式及时提醒,督促相关人员按应急预案指引快速处置。

2.2.2 智能化分析

辅助支持系统以运营场景为驱动,以关键运营数据为基础,对多专业融合数据进行智能化分析。针对站台门关门异常等严重影响运营的安全事件,辅助支持系统智能分析功能通过关联算法,融合分析信号系统关门指令、站台门关闭锁紧信号及屏蔽门每扇门的实时运行状态,进而定位关门故障位置,初步分析原因,确定受影响列车及站台等,可以让多职能队员(站控、巡视和列车控制)等相关处置人员快速、高效地进行应急处置。

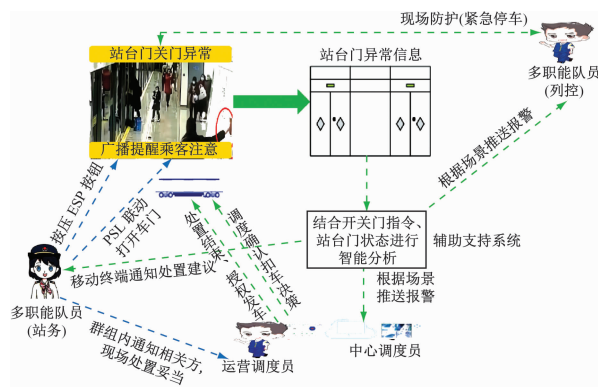
2.2.3 联动互控

辅助支持系统建立多职能队员(巡视、站控、列车控制)和运营调度等多岗位协同平台,并支持在该平台共享处置进展、设备状态及操作信息等,同时支持以运营调度为核心的调度指挥、信息发布等功能。

多岗位协同平台对严重影响运营的故障或事件支持一键启动应急处置功能。辅助支持系统根据故障位置和类型,自动建立协同处置团队,并在协同处置团队中高效、实时地共享文字、语言、图片、视频形式的信息。

联动互控应以全自动运行下的应急场景、设备故障类场景和卡控类场景为基础,建立以场景为驱动的联动互控逻辑和规则,根据场景实时分析判断操作和防护措施是否到位;如果某个操作未及时执行,应及时提醒相关岗位进行互控;如果某个场景下 ESP 按钮未及时按下,应提醒运营调度及时进行站台扣车操作,从而达到联动互控的效果。

现以站台门关门异常为例,辅助支持系统的过程监督、智能分析和协同处置等功能演示如图 2 所示。



注:PSL 为端头控制盒。

图 2 辅助支持系统功能演示图

Fig. 2 Display diagram of auxiliary support system functions

2.2.4 应急预案及排故指导

辅助支持系统对每个应急处置场景提供符合运营规程要求的智能化应急处置指导功能,包括故障定位、原因分析、影响范围、排故指引等。排故指导采用可视化应急预案流程、文字、操作视频等,可确保准确、可靠、高效地进行应急处置。此外,辅助支持系统需要围绕专业化数据信息采集,提取特征结果匹配制度和专家规则,对应急处置全过程进行自动分析和实时监督,赋能各岗位人员进行高效决策,提升应急处置运营安全。辅助支持系统可根据系统特点、管理制度和操作规定等持续演进,匹配全自动运营场景。

2.2.5 信息安全

从信息安全的角度,为保障运营安全,辅助支持系统应确保信息的保密性、真实性与完整性。此外,辅助支持系统是高度集成化、智能化的大集成应用,其相关专业系统也会涉及数据信息的产生、传输、显示和存储等,故须对相关专业系统实施信息安全防护:应能够有效保护主要资源,能够发现安全漏洞和安全事件,并能够在主要资源遭到损害后,较快恢复绝大部分功能;应构建安全计算环境、安全区域边界、安全通信网络及安全管理中心。

3 辅助支持系统的路网级规划

上海轨道交通的辅助支持系统线路级建设已基本完成。在后续新建线路项目和既有线路大修改造项目的实施过程中,将完成辅助支持系统的路网级建设。对此,提出辅助支持系统的路网级规划。

3.1 专业的无线通道

随着无线技术的飞速发展,结合上海轨道交通

无线通信网络的建设现状,站厅与站台区无线网络按照主频率为 1.8 GHz 的 LTE(长期演进)制式进行建设,多条线路共用 EPC(演进型分组核心)单元。基于网络级辅助支持系统的无线网络覆盖需求和 LTE 通信建设要求一致,可直接复用,确保资源共享和信息保密,亦可结合基于各岗位职责和运维需求,进一步评估 LTE 操作终端复用的可行性。

3.2 线网内关键运营信息的统一规划和接口

为了实现辅助支持系统实时、精准地推送关键设备的运营信息,适时建立协同联动机制^[2],需要明确定义线网内各专业关键设备状态信息,并与控制中心操作席位上信号专业或综合监控专业的终端显示信息一致,还需要利用辅助支持系统的 FEP(前端处理器)外部接口,在满足信息安全前提下,实时传输给辅助支持系统。

3.3 管理类、智能运维类接口

在人工智能及大数据等新兴技术快速发展并日益成熟的背景下,城市轨道交通信号、车辆等各专业智能运维系统在快速迭代。运维系统智能化等级和决策指导能力不断提升,可以更好赋能各岗位员工,提升全过程的管控能力^[3-4]。对此,有必要在各专业智能运维系统建设过程中预留网络级辅助支持系统接口,基于运维需求,长效化提升应急处置效率及辅助决策水平。

4 结语

辅助支持系统融合运营规程制度,基于运营需求,集成了各专业的关键信息,以智能化分析和协同联动引擎技术为依托,实现了多岗位信息共享、协同处置。

辅助支持系统已于 2022 年在上海轨道交通 15 号线试点实施应用。实际应用情况表明,辅助支持系统能在 3 s 内实现控制中心、车站和列车各多职能队员的高效沟通和互控,有助于使用人员实时掌握相关设备及防护措施落实的实时信息。可见,该系统能有效提高故障应急处置效率,保障全自动运行线路的运营安全。

参考文献

- [1] 张春明. 上海轨道交通超大规模网络运营安全管理实践及对策[J]. 物流工程与管理, 2023, 45(8): 162.

(下转第 82 页)

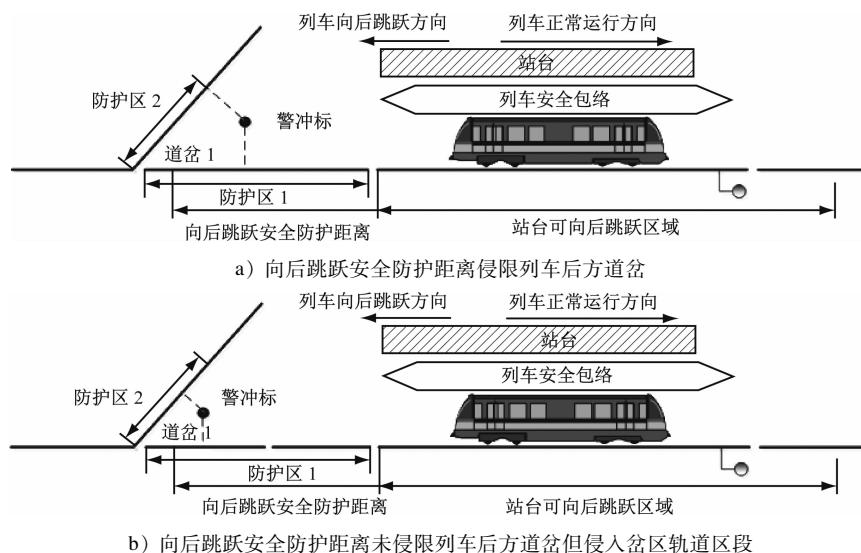


图5 锁闭区段设计的可用性考虑

Fig. 5 Availability considerations in the locked section design

本文提出的双向移动授权管理方法已成功应用于郑州市域铁路(郑州机场—许昌)、北京地铁3号线等多条具备无人驾驶功能的城市轨道交通线路CBTC信号系统中,应用效果良好,可为类似项目提供参考。

参考文献

- [1] 夏庭楷, 崔科. 城市轨道交通下一代 CBTC 系统发展展望[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(5): 43.
XIA Tingkai, CUI Ke. Prospect for the development of CBTC system in the next generation[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(5): 43.
- [2] 高翔, 刘会明. 新一代 CBTC 系统关键技术发展研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(7): 80.

GAO Xiang, LIU Huiming. Research on new generation CBTC system key technology development [J]. Urban Mass Transit, 2022, 25 (7) : 80.

- [3] 汪小勇. 城市轨道交通基于车车通信的列车自主运行系统探讨[J]. 中国铁路, 2020(9): 77.
WANG Xiaoyong. Discussion on train autonomous circumambulate system based on vehicle-to-vehicle communication in urban rail transit[J]. China Railway, 2020(9): 77.

• 收稿日期:2024-04-24 修回日期:2024-05-20 出版日期:2024-11-10
Received:2024-04-24 Revised:2024-05-20 Published:2024-11-10

• 通信作者:夏庭楷, 高级工程师, xiatingkai@casco.com.cn

• ©《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 77 页)

- ZHANG Chunming. Safety management practice and countermeasures for Shanghai rail transit super-scale network operation [J]. Logistics Engineering and Management, 2023, 45(8): 162.
- [2] 张劭阳, 左怀远, 王丹. 基于互操作概念下的城市轨道交通综合监控系统与多专业系统间的联动实现[J]. 科技与创新, 2018(18): 1.
- ZHANG Shaoyang, ZUO Huaiyuan, WANG Dan. Realization of linkage between integrated supervisory control system and multi-professional systems based on the concept of interoperability [J]. Science and Technology & Innovation, 2018(18): 1.
- [3] 王向阳, 朵建华, 刘懂懂, 等. 城市轨道交通多专业数字化运维体系[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(11): 212.
- WANG Xiangyang, DUO Jianhua, LIU Dongdong, et al. Multi-disciplinary digital operation and maintenance system for urban rail

transit[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(11): 212.

- [4] 郑敬醒. 城市轨道交通信号专业智能运维的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021(15): 175.
- ZHENG Jingxing. Application of intelligent operation and maintenance of urban rail transit signaling discipline [J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2021(15): 175.

· 收稿日期:2024-03-18 修回日期:2024-04-24 出版日期:2024-11-10
Received:2024-03-18 Revised:2024-04-24 Published:2024-11-10

· 通信作者:吴敏,高级工程师,121493996@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