

城市轨道交通全自动运行场景下的 智能管控平台研究

张春明

(上海申通地铁集团有限公司安监部, 201103, 上海)

摘要 [目的] 现有运营机制主要为运营管理制度驱动人员进行操作管理,运营人员通过电话或对讲设备沟通信息,并使用各自独立的专业系统下达运营管控指令,在系统与系统之间只有少数固定的联动,这种模式下运营管理人员负荷较高,阻碍了运营管控效率的进一步提升。研究全自动运行中严重影响运营、乘客、设备设施等安全的场景,探索全自动运行运营安全管控机制和智能管控平台,提升全自动运行线路运营安全管控水平。[方法] 采用智能化、数字化、信息化、高可信等技术手段将静态的运营规则和工作制度提升为动态的联动联控和应急处置管控措施的方法;构建服务于车站、车辆以及中心调度等多岗位信息共享、协同处置机制和智能管控平台,提高故障应急处置以及排故效率。[结果及结论] 上海全自动运行线路的实践证明,搭建运营安全智能管控平台,加强运营安全监督、构建关键岗位协同处置机制、实现制度驱动系统安全高效地进行专业设施设备联动联控、智能辅助决策等功能,能更好地保障和提升全自动运行线路的应急处置效率和运营安全管控水平。

关键词 全自动运行线路;运营安全;多岗位协同;联控互控;安全卡控;智能分析;智能管控平台

中图分类号 TP31: U285.4⁺9

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.01.041

Research on Intelligent Control Platform in Urban Rail Transit FAO Scenario

ZHANG Chunming

(Safety Supervision Department of Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China)

Abstract [Objective] The existing operational mechanisms primarily rely on operational management systems that drive personnel to perform operational tasks. Operational staff communicate information through phones or intercom devices and issue operational control commands using their respective independent professional systems, there are only a few fixed linkages between systems. In this mode, operational management personnel bear heavy workload, hindering further improvement in operational control efficiency. Scenarios severely impacting safety in FAO (fully automatic operation), involving opera-

tions, passengers, and equipment facilities are explored. It is aimed to investigate the safety management-control mechanism and an intelligent control platform for FAO, enhancing the safety control level of FAO lines. [Method] Utilizing intelligent, digital, informational, and highly reliable technologies, static operational rules and work systems are transformed into dynamic interlinked and controlled methods for emergency response management-control measures. A platform serving stations, vehicles, and central dispatch is constructed to facilitate multi-post information sharing, collaborative response mechanism, and intelligent control, thereby improving the efficiency of fault emergency response and resolution. [Result & Conclusion] Practice on FAO lines in Shanghai demonstrates that establishing an intelligent management-control platform for operational safety, strengthening operational safety supervision, building collaborative response mechanisms for critical positions, and achieving system-driven efficient interlinked control of professional facilities and intelligent auxiliary decision-making functions can better guarantee and enhance the emergency response efficiency and operational safety control of FAO lines.

Key words FAO line; operational safety; multi-post collaboration; joint and mutual controls; safety checking and control; intelligent analysis; intelligent management-control platform

运营安全是指在轨道交通运营过程中,维护安全行车秩序,保证乘客安全、高效、绿色出行,保障员工生命和设备设施安全等工作的集合^[1]。受空间、外围环境等因素影响,若全自动运行线路非信号设备发生故障,仍会存在运营安全风险。目前,全自动运行线路的站台巡视人员和车辆值乘人员仅配置无线对讲机。在故障应急处置中,这些未配备数字化技术手段的相关人员无法及时获得线路异常事件或故障信息,其应急处置主要依靠人工经验,容易乱中出错。此外,若未建立各岗位间有效的信息共享和协同处置平台,也不利于高效、精准、快速地进行故障应急处置和应急指挥,容易扩大故

障影响,影响运营效率和安全。

对此,有必要基于全自动运行系统中严重影响运营、乘客、设备设施等的安全运营场景,进一步研究和探索全自动运行模式下的安全管控机制和管理方法;规范和改进故障应急处置流程和方法,避免人为失误;进一步提升关键设备可靠性以及探测和感知水平的手段。通过管理和技术手段的改进,进一步提升和保障全自动运行运营安全。

1 现有运营机制分析

现有轨道交通线路运营机制中,非运营时段的施工、检修、维护,运营前准备,以及运营中的列车监控、设备管理、乘客服务和应急处置等工作,主要

由运营管理制度来驱动运营人员进行操作管理,且运营人员主要通过电话或对讲等设备来沟通信息,并使用各专业独立的系统下达运营管控指令,在不同专业系统间只有少数固定的联动。现有运营机制如图 1 所示。这种运营机制中运营管理人员负荷较高,阻碍了运营安全管控效率的进一步提升。

对于全自动运行线路,驾驶工作由高度自动化的系统设备执行,并由控制中心少数运营指挥人员进行集中监督和控制。运营指挥人员面对着更高的系统集中度,更为复杂的运行场景和更高的乘客服务要求。当发生故障和应急事件时,控制中心各运营调度岗位与车站及车辆段的运营人员存在频繁且复杂的工作交流互动,信息共享和协同处置效率不高。

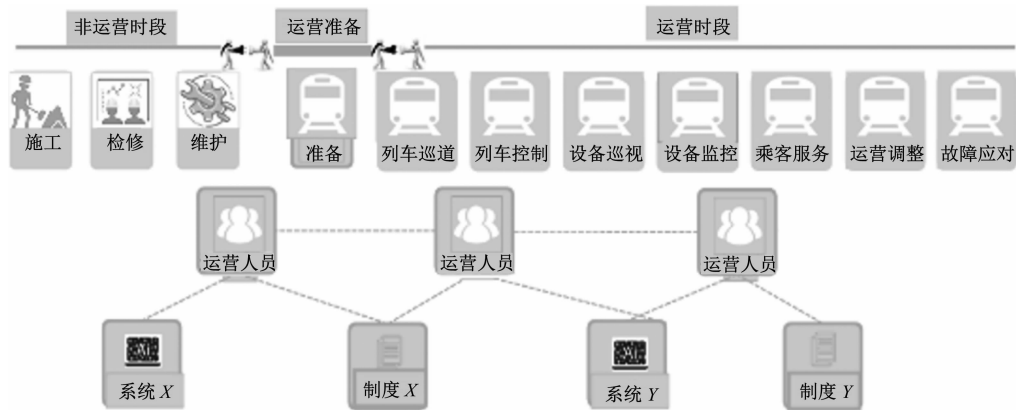


图 1 现有运营机制

Fig. 1 Existing operational mechanism

因此,各地运营单位迫切需要改善现有运营机制和现有系统架构,进而由准确定义的制度来驱动日常运营、维护以及施工系统之间的全联动控制,管理人员仅需对智能决策的关键步骤结果进行确认和监督,从而实现快速恢复现场故障、智能辅助决策、降低维护成本、提高乘客服务水平、更好地保证运营安全。

面对全自动运行更为复杂的场景并达到制度驱动系统全联动的需求,现有分立建设的各专业监控或指挥系统存在先天不足:

1) 机电、供电、行车、通信等各专业监控系统各自分立建设^[2]。虽综合监控系统实现了对供电、机电和乘客服务设施的统一操控,但仍与最为核心的列车自动监控系统缺乏有效融合,无法实现围绕全自动运行系统的全专业数据贯通,故跨专业的安全、协同联动控制也无从谈起。

2) 现有运营调度指挥系统中的列车自动监控

系统和综合监控系统分立设置,缺乏融合多专业数据的智能分析及辅助决策能力,无法匹配“制度驱动系统智能联动联控”的技术需求。制度和运营规程是运营领域专家通过长期实践总结的高层次智慧,是匹配人工分析结果下的决策执行。为与之相匹配,新的管控平台需要具备与人相当的自主数据分析能力,不仅能对多专业采集数据信息进行智能分析,提取特征结果匹配制度和专家规则,还能对应急处置场景关键操作进行自动分析和安全卡控,从而辅助指挥人员进行高效决策并联动执行,降低误操作、提升应急处置和运营安全。

2 智能管控平台的设计思路

针对现有运营机制的不足,本文提出构建面向全自动运行运营安全的智能管控平台,该平台全面融合信号、车辆、电力、机电等核心专业数据,以协同联动引擎为核心,实现运营制度驱动平台安全高

效地对各专业设施设备进行联动联控、智能辅助决策等功能;同时改变以往单纯依靠电话、对讲设备沟通协作的现状,以智能管控平台为核心,建立控制中心、车站、车辆、基地等核心运营岗位全新的信息共享和协同模式。以智能管控平台为核心的运营机制的整体架构如图 2 所示。

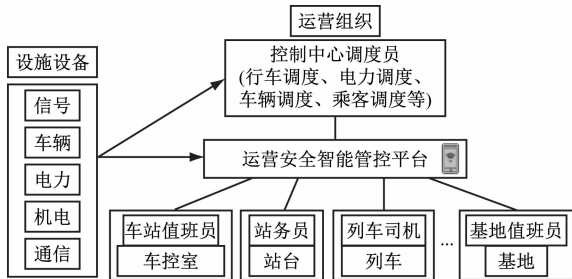


图 2 以智能管控平台为核心的运营机制整体架构

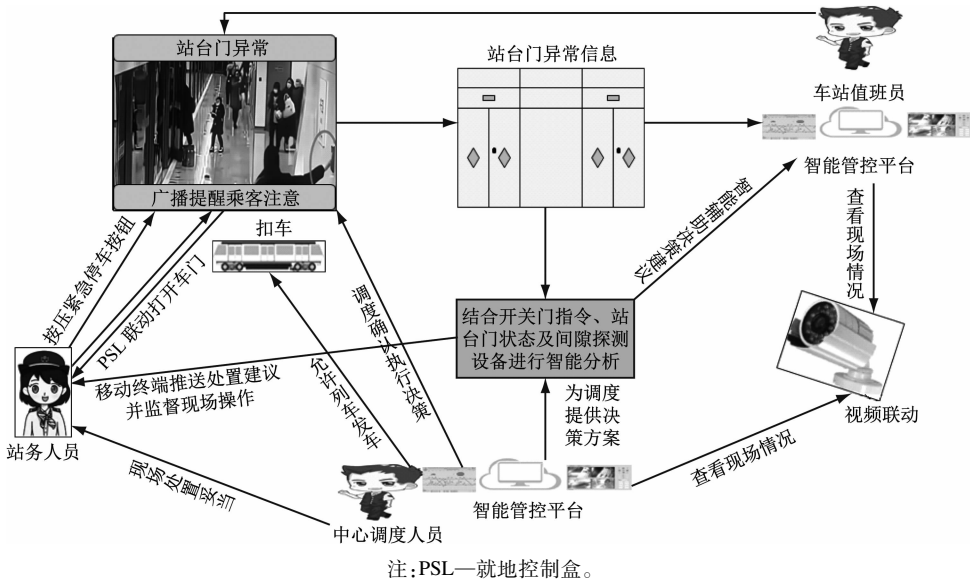
Fig. 2 Operational mechanism overall framework with core of intelligent management and control platform

智能管控平台以运营场景为驱动,将由运营人员之间的信息传达,以及人工操控专业设备完成工作任务的模式提升为由经过优化的制度流程植入系统、辅助分析决策并在人工确认后,自动联动各专业设施设备执行。图 3 为站台门异常场景下平台及关键岗位协同处置流程。本研究从功能和安全的角度提出对智能管控平台的具体要求。

2.1 功能要求

2.1.1 全息感知

为了全面监督全自动线路严重影响运营的关键设备故障和运行信息,智能管控平台需要全面采集信号以及场景相关系统数据,为实现全自动驾驶线路的安全监督、智能分析、联动互控等功能打下数据基础。其主要专业数据包括信号行车数据、信号车载数据、车辆关键设备及运行数据、站台门数据、供电数据等。



注:PSL—就地控制盒。

图 3 站台门异常场景下的平台及关键岗位协同处置流程

Fig. 3 Platform and crucial position collaborative treatment process in platform door abnormal scenario

2.1.2 智能化分析

智能化分析应以运营场景为驱动、以全息数据为基础,依托智能化分析方法进行多专业融合分析。针对屏蔽门关门异常等严重影响运营的安全事件,智能分析功能通过关联算法,融合分析信号系统关门指令、屏蔽门关闭锁紧信号及屏蔽门每扇门的实时运行状态,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,以便多职能站控、站务和多职能列车控制等岗位的相关人员快速、高效地进行应急处置。

2.1.3 安全监督

智能管控平台应通过多专业数据融合,采用大数据技术进行数据实时分析,重点识别和分析严重影响运营和乘客的设备故障和运营事件,实现运营风险实时监督。在应急场景和故障场景协同处置时,智能管控平台应对关键步骤和操作进行监督和卡控。例如,当站台门发生夹人夹物故障时,若站务人员无法及时按压 ESP(紧急停车)按钮,则应及时提醒多职能站控人员或多职能站务人员执行按压,同时提醒控制中心运营调度在 ESP 按钮未及时

激活的情况下及时执行扣车。

针对安全监督的结果,应以实时报警或提醒事件的方式推送到各个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。

2.1.4 联控互控

智能管控平台应支持多职能站务、多职能站控、多职能列车控制及运营调度等岗位高效协同,支持在该平台中共享处置进展、设备状态、操作等信息。此外,智能管控平台还须支持以运营调度为核心的调度指挥及信息发布等功能(包括调度命令及运营信息的发布)。

联动互控应以应急场景、设备故障类和卡控类场景等全自动运行场景为基础。总体建立以场景为驱动的联控互控逻辑和规则,依据场景实时分析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。

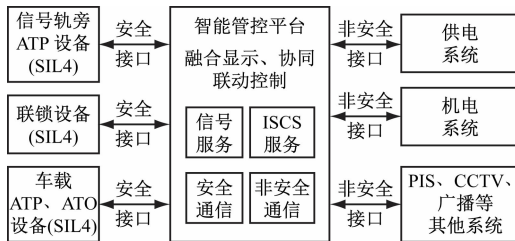
2.1.5 应急预案及排故指导

智能管控平台对每个应急处置场景提供符合运营规程和制度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、可视化操作指引等。排故指导包括可视化应急预案流程、文字、操作视频等,以确保准确、可靠、高效地进行应急处置。

2.2 安全要求

作为保障运营安全的重要平台,智能管控平台的设计必须遵循“故障-安全”原则,最大限度确保行车和运营安全。智能管控平台的功能安全至少需满足 SIL2(完整性等级为 2 级)的要求。智能管控平台同轨旁 ATP(列车自动保护)信号设备、联锁设备及其他安全等级高的设备接口采用安全接口。安全接口采用 HILC 安全控制协议及 VCP/FSFB2 安全算法,以保证接口安全。如图 4 所示。智能管控平台的功能安全及接口安全等保障,不仅能确保基于场景的行车指挥和协同联动可以安全地执行,还能实现效率的大幅提升。

从信息安全的角度,信息的保密性、真实性与完整性是其原则,主要体现在信息的封闭性与连贯性^[2]。智能管控平台是高度集成化、智能化的大集成应用,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,信息安全防护对于该平台同样至关重要。智能管控平台安全等级保护定级为第三级,应满足第三级的安全保护能力及其安全保



注:ATO—列车自动运行;PIS—乘客信息系统;CCTV—闭路电视;ISCS—综合监控系统。

图 4 智能管控平台的接口安全

Fig. 4 Interface security of intelligent management and control platform

护的技术要求和管理要求,即:应能够有效防护主要资源损害,能够发现安全漏洞和安全事件,并能够在遭到损害后,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、安全通信网络以及安全管理中心^[2]。

3 应用探索情况

为了验证智能管控平台在保障全自动运行运营安全方面的效果,上海申通地铁集团有限公司于 2022 年联合卡斯柯信号有限公司在上海轨道交通 15 号线(以下简称“15 号线”)试点实施并应用了智能管控平台。15 号线智能管控平台全面集成了信号、站台门、车辆等专业关键信息,以及结合部信息,以智能化分析和协同联动引擎技术为依托,是服务于多职能站控、多职能站务、多职能列车控制以及中心运营调度等多岗位的信息共享和协同处置平台。15 号线智能管控平台融合了运营规程制度,负责重点识别和分析严重影响乘客和运营安全的故障和事件,能实现控制中心、车站和列车间的高效沟通和互控,能显著提高故障应急处置效率,提升运营安全。

此外,15 号线智能管控平台依托 LTE-M(地铁长期演进)技术,搭建了多岗位信息共享通道,实现了多职能列车控制值乘信息化,实现了故障排除智能化、电子化,实现了调度命令、信息发布电子化等运营指挥功能提升,显著提升了多职能队伍人员作业效率和全自动运行指挥效率,从而更有效地保障了运营安全。

4 结语

本文从提升全自动运行运营安全的角度出发,重点分析了现有的运营机制,主要为运营制度驱动

人员进行人工操作,人与人之间传达操作结果、运营相关系统之间部分联动,以及这种机制存在的问题,进而提出构建面向全自动运行运营安全的智能管控平台的意义,详细阐述该平台的设计思路,以及探索应用情况。实践表明,该平台在提升和保障全自动运营安全方面更具优势。随着对该平台探索和思考的不断提升,相信该平台在后续全自动运行线路建设和运营安全提升方面能够发挥更重要的作用。

参考文献

- [1] 王潇骁,赵华华,楚彭子,等.全自动智能化运行平台安全指南研究[J].城市轨道交通研究,2022,25(1):53.
WANG Xiaoxiao, ZHAO Huahua, CHU Pengzi, et al. Research on safety guidelines for intelligent fully automatic operation platform[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(1): 53.
- [2] 林立,裴加富,巩林玉,等.北京地铁6号线行车综合自动化系统的实现[J].城市轨道交通研究,2014,17(10):110.
LIN Li, PEI Jiafu, GONG Linyu, et al. Implementation of integrated traffic control automation system for Beijing Metro Line 6[J]. Urban Mass Transit, 2014, 17(10): 110.
- [3] 孙来平,洪海珠,施聪,等.城市轨道交通运行安全、运营安全与信息安全的矛盾与统一[J].城市轨道交通研究,2019,22(6):15.
SUN Laiping, HONG Haizhu, SHI Cong, et al. Contradiction and unity between railway operation safety, service safety and information safety[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(6): 15.
- [4] 钱江.以行车指挥为核心的城轨交通多业务联动研究及应用[J].铁道通信信号,2015,51(7):78.
QIAN Jiang. Study and application of traffic control centered multi-

service cooperation of urban rail transport[J]. Railway Signalling & Communication, 2015, 51(7): 78.

- [5] 宋丽梅,周琪.城市轨道交通全自动无人驾驶安全性分析[J].信息通信,2020,33(3):148.
SONG Limei, ZHOU Qi. Safety analysis of automatic unmanned driving in urban rail transit[J]. Information & Communications, 2020, 33(3): 148.
- [6] 吴越.城市轨道交通运行安全与运营效率的矛盾和统一[J].城市轨道交通研究,2020,23(11):14.
WU Yue. The contradiction and unification between urban rail transit operation safety and revenue efficiency[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(11): 14.
- [7] 朱莉,胡恩华.全自动无人驾驶一体化智能运控系统研究[J].铁道通信信号,2019,55(10):69.
ZHU Li, HU Enhua. Study of integrated intelligent completely automated and driverless train operation control system[J]. Railway Signalling & Communication, 2019, 55(10): 69.
- [8] 杨志慧,楚彭子,王潇骁,等.城市轨道交通全自动一体化智能运行系统研究[J].铁道通信信号,2020,56(4):73.
YANG Zhihui, CHU Pengzi, WANG Xiaoxiao, et al. Study on integrated intelligent fully automatic operation system for urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2020, 56(4): 73.

· 收稿日期:2023-03-23 修回日期:2023-04-19 出版日期:2024-01-10
Received:2023-03-23 Revised:2023-04-19 Published:2024-01-10
· 作者:张春明,高级工程师,zcm15821783901@126.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223页)

- [5] 李利平,王力.广州地铁西朗车辆段大修架修扩容改造设计[J].城市轨道交通研究,2009,12(7):36.
LI Liping, WANG Li. Overhaul capacity expanding design for Xilang depot of Guangzhou Metro[J]. Urban Mass Transit, 2009, 12(7): 36.
- [6] 柳明.新型检修模式下的地铁车辆大架修工艺匹配关系优化分析[J].智能城市,2020,6(4):132.
LIU Ming. Optimization analysis of matching relationship of metro vehicle overhaul technology under new maintenance mode[J]. Intelligent City, 2020, 6(4): 132.
- [7] 张雄.地铁车辆段大架修移位作业工艺设计研究[J].铁道工

程学报,2016,33(10):122.

ZHANG Xiong. Research on the flow process workshop design of car overhaul and heavy repair works in metro depots[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(10): 122.

· 收稿日期:2021-07-07 修回日期:2021-08-23 出版日期:2024-01-10
Received:2021-07-07 Revised:2021-08-23 Published:2024-01-10
· 第一作者:周再玲,高级工程师,zhouzailing@ dtsjy.com
通信作者:龚辉波,高级工程师,gonghuibo@ dtsjy.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