

基于综合监控系统的城市轨道交通在线 车辆故障信息可视化方案

张 涛

(厦门轨道建设发展集团有限公司, 361004, 厦门//高级工程师)

摘 要 目的: 为了指导调度人员现场排除故障, 提升调度指挥决策效率、故障处置能力及处置时间, 需要对城市轨道交通在线车辆故障信息可视化进行研究。方法: 从在线车辆故障显示的准确性判断、对信息系统网络传输的要求高等方面阐述了在线车辆故障信息可视化研究的难点。以厦门 3 条轨道交通线路为研究对象, 分析了综合监控系统的功能, 提出了基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化方案, 并从列车故障信息的同步传输、列车故障处理指导意见系统的增设、车辆屏和信号屏复视系统的完善及车载 CCTV (闭路电视) 优化等方面详细阐述了该方案。结果及结论: 基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化系统可根据不同的故障等级, 将重要的故障信息和关键的列车状况信息通过无线通信系统实现实时监控, 实现智能化监控管理, 确保列车运营安全可靠、故障处置快速有效、方案决策有依可凭。

关键词 城市轨道交通; 在线车辆; 车辆故障; 信息可视化; 综合监控系统

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.10.028

Visualization Scheme for Urban Rail Transit On-track Vehicle Fault Information Based on Comprehensive Monitoring System

ZHANG Tao

Abstract Objective: To guide dispatch personnel through on-site fault resolution, enhance dispatch command decision-making efficiency, fault handling capability, and response time, it is essential to research the visualization of urban rail transit on-track vehicle fault information. Method: The research challenges on visualization of on-track vehicle fault information are discussed, including judgment of fault display accuracy and high requirements for information system network transmission. Taking three rail transit lines in Xiamen City as research objects, the functionality of the comprehensive monitoring system is analyzed. A visualization scheme for on-track vehicle fault information based on comprehensive monitoring system is proposed. The scheme is expounded from aspects in-

cluding synchronized transmission of train fault information, addition of train fault handling guidance system, improvement to vehicle and signal screen replays, and optimization of on-board CCTV (closed-circuit television). Result and Conclusion: The visualization system for on-track vehicle fault information based on comprehensive monitoring system can achieve real-time monitoring of critical faults and key train status information via wireless communication system according to different fault levels. This intelligent monitoring management ensures safe and reliable train operation, efficient fault resolution, and informed decision-making.

Key words urban rail transit; on-track vehicle; vehicle fault; information visualization; comprehensive monitoring system

Author's address Xiamen Rail Construction Development Group Co., Ltd., 361004, Xiamen, China

城市轨道交通在线车辆发生故障的情况在国内城市频频发生, 由于不能及时掌控在线车辆故障的具体状况, 为确保线网行车组织运营安全、顺畅, 不产生乘客乘车服务事件, 行车调度会根据司机或车站值班员上报的故障信息, 第一时间采取对在线故障车辆下线或者抽线的方式, 调用备用车辆投入至正常行车组织中, 确保在线车辆按照运行图的实施方案有效运行。

在行车组织过程中, 一般发生车辆故障时, 均由司机根据车辆本身故障的基本情况作出判断并向行车调度员报告, 行车调度员再做出行车组织安排。在线车辆故障无论大小, 以及是否影响其正常运行, 由于不能直观、准确地判断其具体情况, 因此, 无论选择下线或抽线方式, 还是增加在线行车组织和车辆调度的指挥流程, 均会增加城市轨道交通的正常运营成本。对此, 亟待提出城市轨道交通在线车辆故障可视化策略, 以提升调度行车组织和应急处置的效率。

厦门轨道交通目前形成了三线出岛的网络化运营线路。研究在线车辆故障的可视化,是厦门轨道交通行车组织调度管理中的一项重要工作,也是非常有必要的项目。

1 在线车辆故障信息可视化研究的目的

结合目前国内城市轨道交通运营管理系统的运行情况,从应急处置和安全管理角度出发,城市轨道交通在线故障信息可视化的实施主要有4个特征。

1.1 指导调度人员现场排除故障

通过综合监控系统模块反馈线上列车实时工作情况,使运营控制中心指导司机和地铁运维人员更直观、更快速地了解列车故障情况,能够第一时间参与故障处置,为现场司机提供指导意见,提高故障处理效率。

1.2 提升调度指挥决策效率

采用可视化手段可实时监管城市轨道交通的列车号、车辆火灾、紧急呼叫、紧急解锁、紧急制动、车门状况、电气盖板、牵引及运行模式等运行状况。通过综合监控系统,对城市轨道交通列车运行过程中各组件部位的异常情况予以报警,并将故障信息及其处理意见进行可视化展示,使得行车调度员能够更直观地确定列车是否继续运营及清客等,进一步提升决策效率。

1.3 提升故障处置能力

通过综合监控系统实时采集列车位置、牵引、制动、车门、开关、车速、空调、温度、牵引/电制动、空气制动、空气压缩机状况、辅助系统状况、紧急对讲、蓄电池及火灾报警状况等动态实时监测数据等,实时监管列车的运行状况,提高监管人员的工作效率,方便城市轨道交通运维人员直观了解列车运行信息,充分利用列车运行的监控数据形成专题报表,有助于车辆技术人员迅速判断列车故障点,提升故障处理能力,优化运行成本。

1.4 提升列车故障救援处置模式时间

厦门轨道交通对列车故障处理时间有明确要求,当行车间隔大于或等于5 min,前方列车发生故障4 min时,需对准备担当救援任务的载客列车发布清客及列车救援命令;列车在发生故障后7 min仍不能动车时,向故障列车发布救援命令。但在实际生产中,列车发生故障的开始时间仅能以司机报告时间为基准,这将使得相同故障场景下的救援时机存在较大差异。通过综合监控实时反馈列车故

障的信息和时间,可以明确列车故障救援的时机,使得行车调整能有充分时间,进一步采用列车故障救援处置模式。

2 在线车辆故障信息可视化研究的难点

2.1 在线车辆故障显示的准确性判断

随着科技不断升级更新,我国城市轨道交通车辆功能逐步健全,车辆在出场时根据功能需求,已完成了其自身综合监控系统设备的加载。原本可以通过对车辆位置、牵引、制动、车门开关、车速、空调系统、温度及照明等进行控制。车辆在正常运行过程中,一旦发生设备故障,司机要通过车辆自有的车载系统判断故障所处位置、故障分类,以及能否继续正常运营等情况,待司机初步判断故障后向行车调度员报告,行车调度员凭司机反馈信息对在线故障车辆做出处置决策。整个判断、收集信息的过程会消耗大量时间,且判断的准确率出现偏差的几率非常大,容易造成行车资源的浪费和干扰正常运行图。

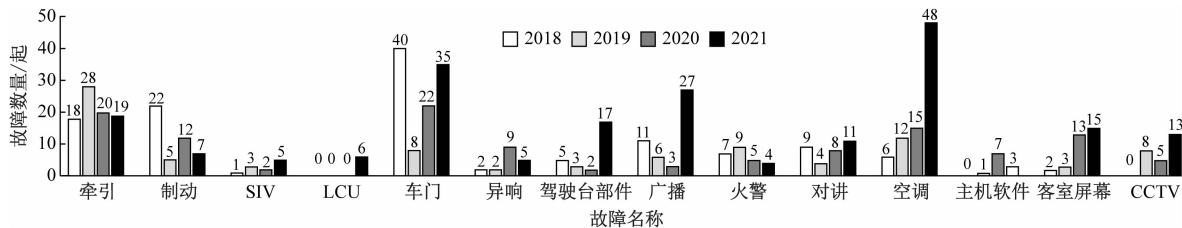
2.2 对信息系统网络传输的要求高

城市轨道交通在线车辆故障信息可视化的实现,一是可以解决对车辆故障的快速、精准判断;二是能有效提升行车调度员对在线车辆故障情况的应急处置;三是完善行车组织管理与车辆故障之间的信息高效传输,提升联动应急处置和故障处理判断的能力。

目前,国内城市轨道交通行车信息均依靠常规的无线网络传输。鉴于无线网络本身存在的不稳定性,很难将车辆本身从牵引、制动、SIV(辅助逆变器)、车门、CCTV(闭路电视)、驾驶台等故障信息传输加载到调度指挥大厅的终端综合监控设备中,对此稳定的网络、高效的传输是车辆和终端综合监控设备实现在线车辆故障信息可视化有效、畅通应用的难点。图1为2018—2021年厦门地铁1、2、3号线在线车辆故障统计,这些故障信息皆无法实现采用既有网络进行传输。

3 厦门轨道交通线路综合监控系统功能分析

针对目前已开通运营的3条轨道交通线路综合监控系统中车载系统界面的显示应用,当选择某一车辆段或停车场查看信息总览时,若XX车发生故障,综合监控系统界面将会闪现车辆故障信息。综



注:LCU 为列车控制单元。

图1 2018—2021 年厦门地铁 1、2、3 号线在线车辆故障统计

Fig.1 Fault statistics of Xiamen Metro Line 1,2,3 on-track vehicles from 2018 to 2021

合监控系统主界面将列车按车组号进行划分,可以直观地观察到该系统与车载系统的通信状况与车厢载客率。

根据车载系统的报警闪现情况,行车调度员可及时选择综合监控系统提示的报警故障车厢,点击查询具体故障情况,此时该综合监控系统会显示该车厢载客率、乘客紧急报警、火灾报警、空气压缩机故障、广播系统故障、视频系统故障、车门系统故障、空调系统故障、制动系统故障、SIV 故障、通信故障、回风温度故障、牵引故障、受电弓故障等详细信息,但仅能简单、直接地展示出在线车辆状况,即显示器仅能显示出故障或正常。

结合当前城市轨道交通综合监控系统对在线车辆故障的判断,除以上操作系统外,当在综合监控系统上选择全线命令时,列车运行主界面会展示全线列车位置监控图、列车占用信号计轴的全线信息主界面等。其中,车载系统主界面还能展示运营控制中心车载 CCTV 信息,可根据人工需求对综合监控系统的功能进行选择。当选择相应的车组号及 CCTV 编号时,可将该车厢 CCTV 内容投放至运营控制中心大屏,为当班行车调度员掌控和观察在线车辆状况提供比较清晰、明了的信息画面,为行车组织调度提供最为基础的保障。

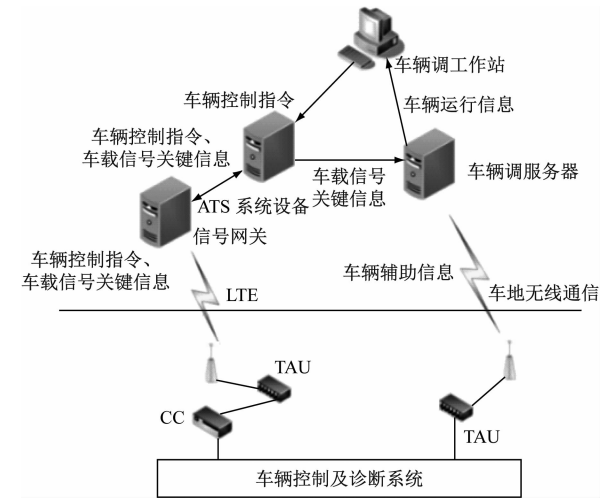
结合以上功能分析,目前还不能通过既有设备将在线车辆故障准确地传输至运营控制中心,行车调度员必须通过手持终端设备同车辆司机沟通确认,并向行车调度员反馈,行车调度员才能根据信息反馈做出下一步行车组织安排和调整。这对于整个行车组织的运作而言,会直接影响现场处置效率,降低乘客服务度。

4 基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化方案

为了在行车组织过程中,充分利用既有的综合

监控系统对车辆本身的控制系统信息掌握,需要对既有综合监控系统设备的功能进行优化和开发。一方面,发挥既有综合监控系统同车辆系统的相互兼容和车辆设备系统的信息互通;另一方面,直观地将车辆运营过程中的偶发故障信息通过系统网络传输至调度指挥大厅的综合监控系统上,行车调度员会在第一时间根据反馈信息做出应急判断,从而更好、更高效地进行行车组织,为乘客出行提供安全、便捷、有序的行车组织。为此,提出了基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化方案。在线车辆故障信息可视化系统的建立,可实现将车辆的人机界面信息以画面感、可触屏的方式呈现到行车调度工作台前,对在线车辆故障按照处理指南内容精简,以及综合其他规章制度、作业要求等编制行车调度应急处置所需要的关键提示信息。基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化方案将通过获取车辆屏各分系统界面,完成关键提示信息面板制作,再通过相应工具合成一个面板,将该面板存放于各行车调度工作台前的触摸屏调度台,达到通过综合监控系统对在线车辆故障信息的可视化掌控。基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化系统见图2。

建立基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化系统时,需要完善既有的网络传输或设置专网传输,在线车辆故障信息可视化系统将在在线车辆故障数据畅通传递,以网络层推的方式实现故障信息数据快速传递至中央监控系统中显示预警。同时,健全的网络接口系统包括物联网、互联网、交换机、路由器及防火墙等网络通信模块。从应用展示来划分,在线车辆故障信息可视化系统的主要功能必须达到实时监控、统计分析、实时报警、系统管理及用户管理,这样可将上述信息直接传输至调度大厅,为行车调度员提供最为直观的判断信息,以更高效地应对在线车辆故障时的行车调动指挥。



注:ATS 为列车自动监控;LTE 为长期演进;TAU 为车载接入单元;CC 为车载控制器。

图 2 基于综合监控系统的在线车辆故障信息可视化系统
Fig. 2 Information visualization system of on-track vehicle faults based on comprehensive monitoring system

1) 列车故障信息的同步传输。结合当前既有列车监控设备及综合监控系统,设置专用的无线网络传输系统。通过无线网络传输,结合在线车辆状况信息显示,增加车载车辆屏、信号屏,并将其显示报文故障信息同步到运营控制中心的综合监控系统。当车载车辆屏、信号屏出现故障报警时,综合监控系统界面上将第一时间弹出故障报警信息并报警,并第一时间切换至相应的界面。为提升行车调度员更快速判断在线车辆故障的具体、准确信息,为当班行车调度员做好现场应急处置做好基础保障工作,可采用综合监控系统将在线车辆故障信息通过显示屏幕直接显示出来,更清晰地让行车调度员作出详细判断,为高效率应急处置作出决策。列车故障信息内容显示见表 1。

表 1 列车故障信息内容显示	
Tab. 1 Display of train fault information content	
故障图标	故障内容
	XX 次 XX 车 XX 端 XX 号车门开门故障
	XX 次 XX 车 XX 端 XX 号车门关门故障
	XX 次 XX 车牵引故障
	XX 次 XX 车 ATC 故障

注:ATC 为列车自动控制。

发生相应故障时,综合监控系统界面除弹出相应故障的窗及语音提醒外,同时根据故障在其告警弹窗下方弹出故障处理建议,如:建议立即停车处理;列车不具备运营条件,建议退出服务;建议立即复位 XX 空开等信息。综合监控系统应能按故障情况显示故障处理流程:当现场司机完成相应处置步骤时该系统界面能够有信息显示,如车门切除、合旁路开关、切除列车气制动等。在发生故障或故障处理结束后,列车有限速要求也能够在此系统界面显示,如:切除 1 个列车气制动,自动限速 70 km/h;2 个牵引逆变器故障,AMC(自适应调制编码)无法动车,此时应手动驾驶,牵引级位需大于 60%,建议手动限速 50 km/h,就近清客退出服务等。

3) 车辆屏和信号屏复视系统的完善。当发生故障时,调度员可通过综合监控系统调阅车辆屏和信号屏,并投放至大屏相应位置,为当日当值行车调度员处置在线车辆故障提供帮助。

4) 车载 CCTV 的优化。结合当前应用的调度中心车载 CCTV 控制系统功能,在选择调阅 CCTV 时,可通过选择车次号或服务号完成调取。当使用车组号进行调取时,需人工将车次号、车组号换算为对应的车底号,建议对车次号或服务号的选择进行优化。

综上所述,综合监控系统可实现故障信息的可视化:将在线车辆故障及状况信息实时上传,根据不同的故障等级,将重要的故障信息和关键的列车状况信息通过无线通信系统实现实时监控,实现智能化监控管理,确保列车运营安全可靠、故障处置快速有效、方案决策有据可依。

5 结语

厦门轨道交通在网络化运营模式下实现了车辆运行与行车组织的互联互通。为确保厦门轨道交通对突发事件的应急处置,达到安全受控目标,提出了城市轨道交通基于综合监控系统车辆故障信息可视化方案,旨在实现对车辆故障的统计分析、诊断、健康评估及预测,提升调度行车组织决策效率,确保列车运营的安全性与可靠性。

参考文献

[1] 阳若宁.城市轨道交通综合监控系统的组成与应用[J].湖南广播电视大学学报,2011(3):53.

- (5): 12.
- [2] 许晓东, 陈青云. 城市轨道交通融合智能运维方案研究[J]. 现代城市轨道交通, 2020(8): 115.
XU Xiaodong, CHEN Qingyun. Research on integration of intelligent operation and maintenance scheme on urban transit network[J]. Modern Urban Transit, 2020(8): 115.
- [3] 姚啟航. 轨道交通网络安全智能运维平台的设计[J]. 电子技术与软件工程, 2021(14): 250.
YAO Qihang. Design of intelligent operation and maintenance platform for rail transit network security[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2021(14): 250.
- [4] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[A]. 北京: 中国城市轨道交通协会, 2020.
China Association of Metros. Smart urban rail development guideline of urban rail transit in China[A]. Beijing: China Association of Metros, 2020.
- [5] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案[A]. 北京: 中国城市轨道交通协会, 2022.
China Association of Metros. Green urban rail development action plan of urban rail transit in China[A]. Beijing: China Association of Metros, 2022.
- [6] 魏志恒, 王文斌, 李明航, 等. 面向绿色化的城轨基础设施检测模式分析[J]. 现代城市轨道交通, 2022(8): 75.
WEI Zhiheng, WANG Wenbin, LI Minghang, et al. Analysis of urban rail transit infrastructure testing model for greenification[J]. Modern Urban Transit, 2022(8): 75.
- [7] 魏志恒, 徐栋, 陈万里, 等. 城市轨道交通基础设施综合检测技术应用研究[J]. 现代城市轨道交通, 2021(11): 81.
WEI Zhiheng, XU Dong, CHEN Wanli, et al. Research on application of comprehensive inspection technology for urban rail transit infrastructure[J]. Modern Urban Transit, 2021(11): 81.
- [8] 李洋, 赵正阳, 王文斌, 等. 城市轨道交通基础设施运维数据治理方法研究与实践[J]. 现代城市轨道交通, 2022(6): 94.
LI Yang, ZHAO Zhengyang, WANG Wenbin, et al. Research and practice on data regulation method of urban rail transit infrastructure operation and maintenance[J]. Modern Urban Transit, 2022(6): 94.
- [9] 徐栋, 赵正阳, 王文斌, 等. 双碳背景下城市轨道交通基础设施运维管理平台建设[J]. 现代城市轨道交通, 2022(8): 56.
XU Dong, ZHAO Zhengyang, WANG Wenbin, et al. Construction of urban rail transit infrastructure operation and maintenance management platform under the background of carbon peaking and carbon neutrality[J]. Modern Urban Transit, 2022(8): 56.

(收稿日期: 2023-03-08)

(上接第161页)

- YANG Ruoning. On the composition and application of urban track traffic integrated monitoring system[J]. Journal of Hunan Radio and Television University, 2011(3): 53.
- [2] 段玉玲, 张三多. 车辆在线监测系统的升级改造[J]. 轨道交通装备与技术, 2017(2): 29.
DUAN Yuling, ZHANG Sanduo. Upgrading of vehicle online monitoring system[J]. Rail Transportation Equipment and Technology, 2017(2): 29.
- [3] 易志刚. 网络化运营条件下轨道交通线网综合运营调度系统的研究[J]. 铁道运输与经济, 2016, 38(12): 91.
YI Zhigang. Study on the integrated operation and dispatching system of rail transit under network operation[J]. Railway Transport and Economy, 2016, 38(12): 91.
- [4] 马新娜, 施文锐. 高速列车状况监测大数据的预警可视化分析研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2019, 33(7): 21.
MA Xinna, SHI Wenrui. Research on visual analysis of condition monitoring big data for high speed train[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2019, 33(7): 21.
- [5] 张黎璋. 东莞地铁车辆信息化与智能化运维探索[J]. 现代城市轨道交通, 2019(6): 22.
ZHANG Lizhang. Exploration on informatization and intelligent operation and maintenance of Dongguan metro vehicles[J]. Modern Urban Transit, 2019(6): 22.
- [6] 岳一博, 李启明. 基于案例的地铁运营突发事件规律性统计分析[J]. 建筑施工, 2021, 43(3): 511.
YUE Yibo, LI Qiming. Statistical analysis on regularity of subway operation accidents based on cases[J]. Building Construction, 2021, 43(3): 511.
- [7] 劳建江. 广州地铁1号线车辆在线安全监测系统[J]. 都市快轨交通, 2008, 21(4): 71.
LAO Jianjiang. On-line vehicle security monitor system of Guangzhou Metro Line 1[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2008, 21(4): 71.

(收稿日期: 2023-02-27)

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址: tougao. umt1998. com