

地铁全自动运行模式下的 FAS 系统优化设计

葛亚飞 赵宣皓 刘玉龙

郑州轨道交通运营有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 地铁全自动运行模式逐步成为城市轨道交通发展的主流方向,无人值守运营场景对消防自控体系的自主处置能力提出更高标准。本文结合全自动运行地铁的运行特征,系统梳理FAS系统的基础架构与跨系统联动机制,深度挖掘现有体系在架构适配、设备联动、信号传输及协同运行层面的各类适配问题。结合现存运行短板搭建全新的层级化系统架构,重构火灾处置运行流程,从探测终端、采集传输以及执行设备等维度完成硬件优化升级。

关键词: 地铁全自动运行; FAS系统; 消防联动; 系统架构; 硬件优化

引言: 城市轨道交通智能化建设持续推进,全自动运行地铁逐步普及,传统有人值守模式下的消防管控体系难以适配全新运营工况。FAS系统作为地铁消防自控的核心载体,承担火情探测、警报推送与多设备联动处置的关键职能。无人值守运营模式弱化人工应急干预能力,对系统自主判别、快速响应与协同处置水平提出全新要求。现阶段多数FAS系统沿用传统设计模式,在架构适配、信号交互与设备联动方面存在明显短板。开展系统优化设计,能够完善全自动地铁消防运行体系,提升轨道交通运营安全保障能力。

1 全自动运行地铁与FAS系统基础理论

1.1 地铁全自动运行系统运行逻辑

地铁全自动运行系统把列车唤醒出库、线路行驶、定点停靠、门扇启闭以及收车休眠各类运营环节,统一纳入自动化管控范畴。列车完成上电操作后,中控设施启动全线子系统状态自检作业,各项参数达到运行标准才可投入线路运营^[1]。车辆处于正线行驶阶段,能够参照运营时刻表自主调节行驶速率,完成站点对标停靠与门扇开合动作,全程无需操作人员介入操控。管控中心依托不间断数据传输链路,掌握全线车辆动态行驶状态,出现非正常工况便可远程接管控制权限,启动自动化防护处置流程。

1.2 地铁FAS系统基本组成与运行原理

火灾探测器件、手动报警组件、声光警示装置、消防语音播报设施、联动管控单元以及中心操作平台共同构成FAS系统整体框架。探测器件布设在车站大厅、候车平台、设备安置区域与隧道通行区间,实时捕捉环境温度数值、烟雾聚集程度以及明火辐射强度等火灾相关特征信息。探测获取数据触及预设管控数值,系统即刻触发声光警示动作,同步向中心操作平台推送火情相关信息。管控平台整合现场传回信息判定火情方位与危险层

级,自动启动联动管控流程。FAS系统运转流程按照信息感知状态判定警报推送设备调控依次推进,各运转环节依托统一通信规范完成信息交互,形成火情探测到应急处置的完整运转链条。

1.3 全自动运行场景下FAS系统运行特征

全自动运行模式取消随车操作人员,FAS系统独自承担火情出现后的全流程自动化处置工作。系统信息捕捉效率与火情判别精准程度,直接决定无人值守空间的安全防护水准,信号处置迟缓或是判别偏差都会引发连锁安全隐患。无人管控环境内的FAS系统具备更高层级自主处置能力,火情核实确认、运行模式切换以及管控指令下发,全部流程均可脱离人工操作独立完成。系统运转模式贴合全自动列车停靠管控与人员疏散运转规律,火情出现阶段可以依照管控指令,自动完成行驶降速、站点临时停车或是终止运营服务等车辆管控动作。

1.4 FAS系统与地铁自动化系统的联动逻辑

FAS系统和行车信号设施、环境调控装置、站台隔离门、应急照明设备以及语音播报单元建立互通协作关系。火情核实完成后,FAS系统向行车信号单元推送停车管控指令,约束着火区间内车辆行驶状态并保持门扇闭合形态。向环境调控单元下发模式切换指令,开启烟气排放与空气补给作业。向站台隔离门传输开启指令,打通人员疏散通道。同步启动应急照明与语音播报设备,指引站内人员有序撤离。各类设施依靠专属交互端口传递管控指令,动作协作流程遵循既定先后次序,火情处置相关指令拥有最高执行权限,能够覆盖设施常规运转管控命令。

2 全自动运行场景下FAS系统现存问题分析

2.1 系统架构适配性短板

早期FAS系统搭建阶段,并未结合无人值守的全自动行车工况设计整体框架,体系构造沿用人工操控车辆的

传统技术模式^[2]。中心管控平台和各类分支设施衔接紧密程度偏低,缺少适配无人作业环境的独立处置模块。火情出现阶段体系依旧需要人工核对信息,才可启动设备联动管控程序,这类运转模式不符合全自动运行自主处置的实际需求。多重防护构造重点针对单一设备设置备用部件,缺少控制流程层面的多重核对机制,单个管控节点出现异常状况,整体处置流程会出现衔接断裂。

2.2 设备联动响应的适配缺陷

FAS系统和行车信号、环境调控、站台隔离门等设施开展联动作业,指令执行动作存在时间排布不协调问题。火情信息确认完毕后,FAS系统向信号单元下发停车指令,全自动模式下信号设施指令判别流程步骤繁多,指令接收至车辆完全停稳耗费较长时长。环境调控设备接收排烟管控指令后启动速度偏慢,排风装置运转与通风阀门切换动作衔接不够顺畅,烟气扩散范围无法快速收拢控制。火情应急状态下站台隔离门开启动作,和FAS系统下发管控信号存在权限冲突,应急疏散过程各类设备启动次序划分模糊,人员通道开启节奏无法匹配现场疏散实际需求。

2.3 信号传输与交互的运行短板

FAS系统和其余自动化设施依靠传统通信规范传递数据,高频次信息交互工况中通信承载能力无法满足使用标准。火情警报信息跨设施传递期间,容易出现数据丢失或是送达滞后现象,运营高峰时段网络负载提升,信息输送稳定性能随之下降。不同设施配套交互端口规格存在区别,信息展示格式未能实现统一标准,FAS系统向各类设施推送管控指令,需要多次调整数据格式,拉长指令传递消耗时长。多重通信备用线路未能覆盖隧道深处通行区域,车辆行驶至区间隐秘位置,探测信息回传容易出现中断现象,管控平台无法实时掌握现场火情动态变化。

2.4 系统协同运行的适配局限

多类设施协同开展作业期间,FAS系统承担信息汇总整合工作,分支设施运转状态无法完整同步至汇总端口。全自动行车模式下车辆位置与承载人员数量持续变动,FAS系统难以实时抓取相关动态数据,只能参照通用处置规则下发管控命令,无法结合现场工况灵活调整处置方案。各类设施应对火情问题的作业范围划分模糊,多个设施同步响应单一突发事件,叠加推送的管控指令会降低现场处置效率。人员疏散作业环节,FAS系统和语音播报、照明设施动作排布缺少统一规划,各类设施独立开展作业,整体协同防护效果受到明显削弱。

3 地铁全自动运行FAS系统整体优化架构设计

3.1 系统优化设计基本原则

FAS系统构造调整升级过程,遵循运行稳定自主处置快速响应三类基础设计准则。运行稳定要求体系单个部件出现故障,依旧可以维持火情探测与设备管控基础功能,多重备用构造覆盖信息捕捉、数据输送与指令管控全部流程^[3]。自主处置要求体系脱离人工操作,独立完成火情识别判定直至管控指令下发整套流程,弱化现场操作人员对防护作业的干预作用。快速响应要求火情探测到设备联动启动全程缩短耗时,各项作业推进节奏贴合烟气扩散与火情蔓延实际速度。

3.2 整体优化架构搭建

调整过后的FAS系统采用边缘点位处理搭配中心平台统筹双层构造模式。边缘处置单元安置在车站站点与隧道区间位置,负责火情数据采集、初步信息判定以及就近设备管控,即便断开和中心平台的数据联络,依旧可以独立完成站点内部应急处置工作。中心统筹单元设置在全线管控中心,负责整体线路火情状态把控、跨站点设备协调以及处置方案动态调整。两层构造依托高网速低延迟专属通信线路保持数据互通,中心单元结合全线火情态势,向边缘点位下发差异化处置管控命令。框架搭建过程弱化部件之间硬性绑定关系,独立模块可以单独更新改造,不会干扰体系整体正常运转。

3.3 分层结构优化设计

分层改造将体系划分成信息捕捉层、数据输送层、指令判定层与设备执行层四个层级。信息捕捉层整合烟雾感应、温度探测、明火识别以及影像采集多种探测方式,借助数据整合运算提升火情判别精准程度。数据输送层搭建两条并行通信线路,两条线路互为备用防护,保障各类工况下火情信息稳定传递。指令判定层嵌入智能分析模块,结合火情方位、危险规模以及车辆行驶状态,自动拟定合理设备联动处置方案。设备执行层直接对接行车、通风、隔离门各类受控设施,把判定生成的管控指令转化为设备实际运转动作。

3.4 系统运行流程重构设计

运转流程重新规划围绕火情自动捕捉、智能信息判定、分级动作响应、多方协同处置四个阶段开展。捕捉阶段分布布设的探测器件持续采集环境参数,边缘处置点位完成基础数据梳理后上传中心平台。判定阶段智能模块整合多方传回信息核实火情状态,划分危险等级排除错误警报干扰。响应阶段参照火情危险级别匹配对应管控方案,高危火情直接启动全站应急防护模式,轻微火情优先开展局部烟气处理与车辆降速管控。处置阶段受控设施依照既定动作次序完成作业,FAS系统全程监测设备运转状态,结合现场变化灵活调整管控指令。全新流程

删减人工核对步骤,最大限度压缩整套处置流程耗时。

4 FAS系统硬件设备优化设计

4.1 前端探测设备布局优化

前端探测器件排布模式,结合全自动地铁车站空间构造与火情高发区域重新规划设计。传统器件均匀排布方式,无法全面覆盖无人值守场景的监控范围,容易形成信息捕捉空白区域^[4]。升级排布模式提升设备安置密度,重点倾斜设备存放区域、区间连通通道与电缆铺设夹层等危险点位。车站大厅加装空气采样探测管路,依靠气流抽取识别模式,弥补开阔空间内单点探测器件灵敏度不足的缺陷。候车平台边缘与车辆行驶轨道衔接位置,加装线型温度感应器件,及时察觉车辆底部设备过热引发的隐蔽火情。参照热量释放变化规律调整器件间距,保障任意位置出现火情,均可触发多类探测器件同步捕捉信号。

4.2 信号采集设备适配改造

全自动行车工况下火情数据采集作业,兼顾数值精准程度与外界抗干扰能力。原有采集部件运行期间,容易受到隧道内部电磁环境影响出现数据偏差,升级过后采集端头增设屏蔽防护结构,信号调理线路搭载自适应降噪算法,自动剔除车辆行驶产生的周期性干扰波形。数据采集通道提升数值识别精度,环境温度与烟雾浓度细微波动均可精准识别记录。采集部件供电线路和站内日常照明线路相互分隔,搭配不间断供电组件,断电工况依旧可以维持数据采集基础功能。各个采集点位加装时间同步部件,统一全线探测数据记录时点,为智能火情判定提供规整的数据参考依据。

4.3 传输设备结构优化设计

输送部件构造调整围绕网络带宽扩充与多重线路防护两大方向推进。传统单线环形输送构造存在运行缺陷,单段线路破损会中断区间全部数据往来。升级改造将线路更换为双环互备构造,两条线路分别承担常规警报数据与备用信息输送任务,单条线路出现故障,剩余线路可即刻承接全部传输工作。输送节点增设本地数据汇总单元,站点内部采集信息先完成整合梳理,再向上级平台传递,减轻主干网络数据输送压力。线路选用耐弯折

光学线缆,适配隧道内部复杂铺设环境。数据传递环节增设等级标注功能,火情警报数据拥有优先通行权限,网络拥挤时段依旧可以优先完成信息输送。

4.4 现场执行设备适配调整

声光警示装置、消防语音播报终端、排风操控柜体以及隔离门联动组件均纳入现场设备调整范围,改造重点提升指令响应速率与运转稳定程度。声光警示部件更换高速驱动模块,缩减指令接收至声光提示启动的间隔时长。语音播报设备增设备用放大通道,常规通道出现故障可自动切换备用线路,保障疏散提示语音不间断播放^[5]。排风控制柜体调整启动逻辑,设备处于待机预热状态,接收排烟指令即可快速完成启动运转。隔离门联动组件增设独立信号接收端口,断开和主控设施联络期间,依旧可以依靠本地接收火情指令完成门扇开启动作,稳定打通人员疏散通行路径。

结束语

全自动运行模式下FAS系统的优化设计涵盖架构重构与硬件升级两大维度。双层运行架构的搭建使边缘点位具备独立处置能力,中心平台统筹全线火情态势,信息流转效率得到显著改善。探测设备的差异化布局与信号采集部件的抗干扰改造,提升了火情捕捉的精准程度。双环互备传输链路与现场执行设备的适配调整,保障了指令传递的稳定性与设备响应的及时性。多层面优化相互协同,为无人值守地铁的消防安全防护提供了可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]侯稳强,单佳欣,党晓鹏.地铁全自动运行模式下的FAS系统优化设计[J].中国新技术新产品,2025(11):143-145.
- [2]曾希,冉师豪.多传感器数据融合在低FAS系统误报过滤中的应用研究[J].移动信息,2025,47(6):42-44.
- [3]朱晓峰.浅谈无锡地铁BAS系统主要接口及未来优化方向[J].城镇建设,2021(8):253-254.
- [4]张丽,张莹,宗清泽,等.地铁车载FAS系统通用化方案设计与研究[J].机电工程技术,2023,52(6):239-243.
- [5]魏庆慧,张海涛,白洪伟,等.地铁车站BAS系统设计和安装调试控制重点[J].建设监理,2024(12):110-114.