

地铁消防系统的自动化联动控制机理探讨

汪涛

中电建武汉建设管理有限公司 湖北武汉 430000

DOI:10.32629/ems.v8i6.20620

[摘要] 为探究地铁消防系统自动化联动控制的内在规律与工程应用价值,文章以武汉地铁11号线中的武汉东站物业区和光谷五路站物业区消防系统设计和联调为依据。采用案例分析与数据对比方法,剖析联动系统构成、控制逻辑及实现机理。研究表明,地铁消防联动控制依赖多系统集成与闭环控制,设备调试滞后、接口不兼容等问题制约联动效能。结论认为,需通过标准化设计、规范化施工与高效协同管理,提升地铁消防联动系统稳定性,为地下空间消防安全提供技术支撑。

[关键词] 地铁消防; 自动化联动; FAS系统; BAS系统; 消防验收

引言:

随着社会经济的高速发展,交通负荷日益严重,地铁作为交通堵塞问题的解决方式之一,越来越受到人们的青睐,城市轨道交通的运营里程也在不断增多^[1]。消防验收是地铁建设工程中极其重要的专项验收,是专家评审前必须完成的7项前置任务(质量监督、消防验收、特种设备、人防验收、卫生评价、环保验收、档案验收)之一。完成消防验收,才能为下一步开展初期运营前安全评估,及开通初期运营奠定基础。消防验收涉及风水电、综合监控系统(ISCs)、火灾报警系统(FAS)、环境与设备监控系统(BAS)、乘客信息系统(PIS)、气体灭火系统、土建、建筑、装修、电梯、站台门等众多专业。自动化联动作为地铁消防的核心技术,整合多子系统实现火灾快速处置,其控制机理与实施水平直接影响应急救援成效。

1 地铁消防自动化联动系统的核心构成

1.1 核心控制层:联动中枢的统筹调度

核心控制层是地铁消防自动化联动的“大脑”,主要由火灾自动报警系统(FAS)与环境与设备监控系统(BAS)的控制主机、消防控制室设备组成,承担火灾信号接收、逻辑运算、指令下发、状态监控等核心功能。FAS系统作为火灾探测与报警的核心,由消防主机、火灾探测器、手动报警按钮、模块箱、消防电话、报警指示灯等设备组成,是联动控制的触发源头与决策中心。从武汉地铁调试点位台账数据来看,光谷火车站物业区FAS工程量194项;光谷五路站物业区FAS工程量838项,涵盖烟感、温感、消报及手报、排烟风机、

消防泵、模块箱等关键设备。FAS主机可实时接收烟感、温感探测器的火灾信号,以及手动报警按钮的人工报警信号,通过内置逻辑程序判定火灾位置与等级,向各联动子系统下达启动指令。BAS系统作为机电设备监控的核心,由各类控制柜、控制箱、传感器等设备组成,主要负责监控通风、空调、给排水、电梯、照明等机电设备运行状态,是联动控制的执行协调中心。

同一系统内不同设备调试进度差异明显,部分关键控制设备滞后会直接影响整体联动响应。光谷火车站物业区BAS设计工程量76项,光谷五路站物业区BAS设计工程量196项,涉及箱柜组网、防火阀、水泵控制柜、电梯、风机盘管控制箱等设备。

1.2 现场执行层:联动动作的落地实施

现场执行层是地铁消防自动化联动的“手脚”,涵盖消防水系统、防排烟系统、气体灭火系统、应急疏散系统、通信广播系统等多个专业子系统,接收核心控制层指令后,完成灭火、排烟、防护、疏散引导等具体动作,直接决定火灾处置效果^[2]。

消防水系统是地铁灭火的核心执行系统,由消火栓泵、喷淋泵、稳压泵、湿式报警阀、消火栓、喷淋头、管网等组成,承担初期火灾扑救与持续供水任务。消防验收中,消防水系统联动试验为核心测试项目,通过模拟火警信号,远程启动消火栓水泵,验证主备泵切换功能。防排烟系统是控制浓烟蔓延、保障疏散通道安全的关键,由排烟风机、加压风机、防火阀、排烟口、送风口等组成,火灾时排出烟雾、补

充新鲜空气，为人员疏散与救援创造条件。

气体灭火系统主要应用于 400V 房间、弱电设备间、信号机房等重要电气设备房，由气体灭火控制盘、气瓶、电磁阀、放气指示灯、声光报警器等组成，采用惰性气体或洁净气体灭火，避免水渍损坏电气设备。武汉地铁防排烟调试记录显示，400V 房间、弱电设备间均纳入气灭联动范围，触发手报、烟感信号后，自动启动声光报警、关闭通风空调与防火阀、启动气灭电磁阀、点亮放气指示灯，完成气体喷放灭火，保障重要设备安全。应急疏散与通信广播系统由应急照明、疏散指示标志、消防广播、声光报警器、门禁与闸机等组成，火灾时引导人员快速疏散、传递应急指令。联动动作包括：强制点亮应急照明、切换疏散指示方向、启动消防广播播报疏散指令、触发声光报警器警示、释放门禁与自动售检票闸机、切除非消防电源，打通疏散通道、保障疏散秩序。

1.3 通信传输层：联动数据的高效互通

通信传输层是地铁消防自动化联动的“神经”，由通信线缆、网络交换机、光纤、通信机柜、传输模块等组成，负责

核心控制层与现场执行层、各子系统之间的数据传输与指令交互，保障联动信号稳定、精准、实时传输^[3]。地铁消防联动通信采用“有线为主、冗余备份”的模式，FAS 与 BAS 之间通过专用通信线缆或工业以太网连接，实现双向数据互通。各现场设备通过信号模块、控制模块接入 FAS 或 BAS 主机，形成闭环通信网络。从调试点位台账来看，光谷火车站物业区通信点位设计 51 项。光谷五路站物业区通信点位设计 61 项，涵盖摄像头、电话、机柜等设备，为联动控制提供通信支撑。

2 地铁消防自动化联动控制的逻辑分析

2.1 信号触发逻辑

双信号触发即“探测器信号+手动报警信号”或“两个不同类型探测器信号”同时触发，作为联动启动的必要条件。现场放烟联动试验中，通过释放烟雾弹模拟火灾，空气采样探测器、感烟探测器先后报警，同时按下手动报警按钮，形成两个有效火警信号，传输至 FAS 主机后，触发全流程联动动作。为清晰呈现双信号触发下的典型联动动作，下表 1 列出公共区与设备房在双信号触发后的基础联动清单。

表 1 公共区与设备房在双信号触发后的基础联动清单

触发信号类型	应用区域	联动设备	联动动作
手报+烟感	公共区	排烟风机、防火阀、消防广播	启动排烟、关闭无关防火阀、播放疏散指令
手报+烟感	电气设备房	声光报警、气灭电磁阀、通风空调	声光报警、关闭空调、延时喷气灭火

2.2 分区联动逻辑

一般情况下，地下地铁车站地下一层为站厅公共区、地下二层为站台公共区，且上下划分为同一防火分区^[4]。地铁地下车站空间大、功能分区多，火灾发生位置不同，联动需求差异较大，自动化联动控制采用“防火分区为单元、功能区域为补充”的分区联动逻辑，针对公共区、设备房、区间隧道等不同区域，制定差异化联动方案，实现“小火小联动、大火全联动”。

公共区是乘客主要活动区域，空间开阔、人员密集，火灾易快速蔓延、浓烟扩散快，联动核心目标是排烟控烟、引导疏散。公共区按防火分区划分联动单元，光谷火车站公共区分为防火分区 1（26—36 轴）、防火分区 2（36—43 轴），每个分区独立配置排烟风机、防火阀、广播、声光报警等设备。火灾发生在某一防火分区时，仅启动该分区及相邻关键

区域排烟风机、关闭其他区域防火阀，避免烟气扩散；同步启动该区域消防广播、声光报警、应急照明，引导人员向安全出口疏散，不影响其他区域正常运营。设备房为电气、机电、信号等重要设备集中区域，空间密闭、设备价值高、易因电气故障引发火灾，联动核心目标是快速灭火、设备防护。400V 房间、弱电设备间等电气设备房采用气体灭火联动方案，触发双火警信号后，先启动声光报警、提醒人员撤离，延时 30 秒后关闭通风空调、防火阀，启动气体灭火系统，喷放灭火气体，保护设备安全，而非电气设备房火灾则联动消防水系统，启动喷淋泵、喷淋头喷水灭火。

3 地铁消防自动化联动控制的实现机理

3.1 信号采集：多源感知，全面捕捉火情

信号采集是联动控制的起始环节，通过分布在车站、区间、设备房的各类探测器、传感器、手动报警按钮，实

时采集火灾相关信号,传输至FAS主机,为逻辑运算提供数据支撑。

火灾探测器是信号采集的核心设备,分为感烟探测器、感温探测器、空气采样探测器等,分布在站厅、站台、通道、设备房等区域,实时监测烟雾浓度、环境温度、空气颗粒物浓度,一旦超过预设阈值,立即发送火警信号^[5]。光谷火车站物业区烟感探测器72个、温感探测器24个,光谷五路站物业区烟感探测器213个、温感探测器104个,实现车站全覆盖探测。手动报警按钮作为人工补充采集设备,分布在疏散通道、出入口、设备房等关键位置,人员发现火情后可手动按下,发送人工报警信号,与探测器信号形成双源校验。

3.2 逻辑运算:程序判定,精准匹配联动

联动逻辑程序基于地铁消防设计规范、验收标准、现场布局编写,将车站划分为多个防火分区、功能区域,预设每个区域火灾对应的联动设备清单、启动时序、联动范围。例如,光谷火车站防火分区1火灾,程序自动匹配排烟风机、防火阀、广播、声光报警、应急照明、消防泵等设备,按预设时序生成启动指令。逻辑运算过程中,系统实时校验信号有效性,过滤误报信号、故障信号,仅对有效双火警信号执行联动逻辑,同时接收BAS主机反馈的设备状态信号,若设备故障则调整联动指令,切换至备用设备或提示故障,保障联动逻辑的灵活性与可靠性。

3.3 指令传输:双向互通,稳定传递指令

指令传输是联动控制的桥梁环节,通信传输层接收FAS主机生成的联动指令,通过专用通信网络稳定、实时传输至各现场执行设备,同时将设备动作状态反馈至主机,形成双向闭环传输,保障指令下达与状态反馈同步。

FAS主机生成联动指令后,通过工业以太网传输至各区域控制模块,控制模块解析指令后,通过信号线缆传输至对应设备控制回路,驱动设备启动,设备动作完成后,将动作状态信号(如风机已启动、阀门已关闭、水泵已运行)通过信号回路反馈至控制模块,再传输回FAS主机,主机实时更新设备状态,形成可视化监控界面,便于值班人员查看联动执行情况。武汉地铁消防验收中,消防通信组通过全线段随机抽查,验证通信传输稳定性,确保指令无延迟、无丢失、无错传。

3.4 状态反馈:闭环监控,实时优化联动

状态反馈是联动控制的收尾与优化环节,现场设备动作完成后,实时将运行状态、动作结果反馈至FAS、BAS主机,主机汇总状态信息,形成联动执行报告,值班人员可通过报告掌握联动全过程,及时发现异常、优化联动动作,形成闭环控制。

状态反馈涵盖设备运行状态、动作执行结果、故障报警信息等,例如排烟风机启动后,反馈运行正常、转速达标;防火阀关闭后,反馈关闭到位。FAS主机实时显示所有联动设备状态,若出现动作失败、故障报警,立即触发故障提示,值班人员可快速定位问题、手动干预,保障火灾处置不受影响。项目消防验收中,通过现场联动试验,全面测试状态反馈功能,确保设备动作后实时反馈、主机精准显示、异常及时预警,为联动控制闭环提供保障。

4 结束语

综上所述,地铁消防系统自动化联动控制是地下空间火灾防控的核心支撑,文章系统阐明了联动系统层级构成、核心控制逻辑及闭环实现机理。研究证实,多系统协同、标准化管控是提升联动效能的关键。未来还需融合智能化、数字化技术优化联动逻辑,强化系统故障自愈能力,持续完善施工与验收标准,推进地铁消防联动技术迭代升级,筑牢城市地下空间消防安全防线。

[参考文献]

- [1]郭青青.地铁建设工程中给排水及水消防系统设计研究[J].工程建设与设计,2024,(16):44-46.
 - [2]刘云龙.地铁车站给排水及消防系统工程施工技术[J].中华建设,2024,(07):119-121.
 - [3]汪朝涛.地铁工程给排水和消防系统设计分析及实施策略[J].中国勘察设计,2024,(05):91-94.
 - [4]董梅.地铁消防验收中的安全问题分析及对策[J].石材,2023,(05):72-74+77.
 - [5]高煌.地铁车站消防验收中防排烟重难点问题设计探讨[J].铁道建筑技术,2022,(04):74-77.
- 作者简介:汪涛(1982.04-),男,汉族,湖北武汉,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:机电、电气、自动化。