

轨道交通火灾报警系统的安全性及可靠性分析

秦 峰

重庆市轨道交通（集团）有限公司 重庆 400020

摘 要：一个安全可靠的火灾报警系统，不仅能够及时准确地探测到火灾的发生，还能最大限度地减少误报和漏报的情况。误报会导致不必要的恐慌和资源浪费，影响轨道交通的正常运营；而漏报则可能使火灾在初期得不到及时的发现和处理，从而导致火势蔓延，造成更加严重的后果。因此，确保火灾报警系统的安全性及可靠性，是保障轨道交通运营安全的重要前提。

关键词：轨道交通；火灾报警系统；安全性与可靠性

引言：随着城市化进程的加速，轨道交通作为一种高效、便捷、环保的公共交通方式，在城市交通体系中占据着愈发重要的地位。无论是地铁在地下的穿梭，还是轻轨在城市半空的飞驰，都极大地缓解了城市地面交通的压力，为人们的出行提供了极大的便利。但是，由于轨道交通具有空间相对封闭、客流量大且人员密集、电气设备众多等特点，一旦发生火灾，其后果不堪设想。在这样的背景下，轨道交通火灾报警系统作为预防和应对火灾的关键防线，其安全性与可靠性就显得尤为重要。

1 轨道交通火灾报警系统的重要性

火灾报警系统具有强大的预警能力，它借助先进的传感器，实时监测各类火灾参数，比如烟雾浓度、温度变化以及可燃气体含量等。在火灾尚处于萌芽状态时，传感器便能敏锐捕捉到细微异常，迅速触发报警信号。

一旦火灾不幸发生，快速引导乘客疏散成为当务之急。火灾报警系统与广播、闭路电视等系统紧密联动。系统发出警报后，广播会第一时间向乘客清晰传达疏散路线和注意事项，闭路电视则能让工作人员直观了解现场情况，及时调整疏散策略^[1]。以某地铁车厢火灾为例，火灾报警系统启动后，广播有序引导乘客前往最近的安全出口，工作人员利用闭路电视发现部分乘客出现恐慌，及时通过广播安抚情绪，成功避免了踩踏等次生灾害，最终极大地减少了人员伤亡。

轨道交通设备长期高频运行，设备故障引发火灾的风险不容忽视。火灾报警系统肩负着设备状态监测的重任，它如同一个不知疲倦的守护者，时刻关注设备运行状况。一旦设备出现异常，如温度过高、电流过载等，系统会迅速捕捉并报告故障信息。这为设备维护人员提供了精准的故障位置和原因，使其能够快速响应，及时修复，将火灾隐患扼杀在摇篮中。

从经济层面来看，轨道交通火灾报警系统意义重大。城市轨道交通建设投入巨大，一旦发生火灾，不仅会造成人员伤亡和直接财产损失，还会导致运营中断。而运营中断会给城市交通带来混乱，间接经济损失难以估量。而火灾报警系统通过及时报警，迅速启动消防设施和防灾设备，有效控制火势蔓延，大幅度降低火灾造成的损失，有力保障了城市轨道交通系统的经济安全。

2 轨道交通火灾报警系统的安全性及可靠性分析

2.1 影响安全性的因素

2.1.1 设备故障

设备故障是轨道交通火灾报警系统安全性的首要威胁。探测器，作为系统的“眼睛”，其故障可能源于长期使用中的元件老化、污染或损坏。如，感烟探测器可能因内部元件受污染而降低敏感度，导致漏报；感温探测器则可能因热敏元件老化而无法及时响应温度变化。控制器作为系统的“大脑”，其故障同样严重，包括硬件故障如主板损坏、内存故障，以及软件故障如程序错误、数据丢失等，这些都可能导致系统无法正常工作，甚至引发误报。

2.1.2 环境干扰

轨道交通运行环境的复杂性对火灾报警系统构成了另一大挑战。温湿度变化、电磁干扰和粉尘污染是三大主要环境因素。极端温湿度可能导致探测器内部元件性能下降，电磁干扰则可能干扰信号传输，而粉尘污染则可能堵塞探测器滤网，影响探测效果。这些环境因素共同作用，使得系统稳定性下降，安全性受到威胁。

2.1.3 人为操作失误

人为因素同样不容忽视。人员误操作，如误按报警按钮，可能引发不必要的恐慌和混乱。维护不当，如未及时发现设备故障隐患或维修过程中操作不当，可能进一步损坏设备^[2]。违规施工，如损坏线路或设备，则可能

直接导致系统功能失效。这些因素都可能对系统的安全性造成严重影响。

2.2 影响可靠性的因素

2.2.1 设计缺陷

设计缺陷是火灾报警系统可靠性的首要障碍。探测器选型不当可能导致漏报,布线不合理可能引发信号传输不稳定,系统架构不完善则可能导致后期升级和维护困难。如,在通风良好的区域错误安装普通感烟探测器,可能无法及时探测到火灾;再加上线路与强电线路平行敷设,可能受到电磁干扰;系统通信协议不统一,也可能导致设备间无法无缝对接。

2.2.2 施工质量问题

施工质量问题同样对系统可靠性构成威胁。线路连接不牢固可能导致接触不良、电阻增大,进而影响信号传输。设备安装不规范可能导致探测效果下降,如探测器被安装在通风口附近,可能因强风影响而漏报。并且,施工过程中对设备造成损坏,如碰撞或误接电源,则可能直接导致设备故障。

2.2.3 软件漏洞

随着智能化发展,软件在火灾报警系统中扮演着越来越重要的角色。但问题是,软件漏洞同样不容忽视。算法不合理可能导致误报或漏报,如简单的阈值判断算法在复杂环境中易受干扰。兼容性问题可能导致系统间无法有效通信和协同工作,如火灾报警系统与消防联动系统通信协议不兼容。软件更新不及时则可能使系统存在安全隐患,无法适应新的火灾探测和报警需求。

3 提升轨道交通火灾报警系统安全性与可靠性的措施

3.1 设备优化与选型

在轨道交通火灾报警系统中,设备的优化与选型是确保系统安全性与可靠性的基础环节。选用高质量、高稳定性的设备是首要任务,这些设备能够在复杂多变的轨道交通环境中持续稳定运行,有效减少因设备自身质量问题导致的故障和报警失误。知名品牌的火灾探测器,其在研发和生产过程中,严格遵循相关标准和规范,采用先进的制造工艺和优质的原材料,确保了探测器的灵敏度、稳定性和抗干扰能力。

根据不同环境合理选择探测器类型也必不可少。在站台、站厅等人员密集、通风良好的区域,由于烟雾容易扩散,应选用灵敏度高、响应速度快的吸气式感烟探测器。这种探测器通过主动抽取空气样本进行分析,能够在火灾初期,即使烟雾浓度较低时,也能及时探测到火灾的发生。而在设备用房、电缆夹层等可能存在电气故障引发火灾的区域,感温探测器则更具优势。它能够

实时监测环境温度,当温度异常升高时,迅速发出报警信号,为及时处理电气故障、防止火灾蔓延提供保障。在一些存在易燃易爆气体的特殊区域,可燃气体探测器则成为了必不可少的设备,它能够对空气中的可燃气体浓度进行监测,一旦浓度超过设定的阈值,立即报警,有效预防爆炸等严重事故的发生。

3.2 抗干扰设计

轨道交通的运行环境中存在着各种干扰源,如电磁干扰、机械振动等,这些干扰可能会影响火灾报警系统的正常工作,导致误报或漏报。因此,抗干扰设计是提升系统安全性与可靠性的关键措施之一。

采用屏蔽、滤波等抗干扰技术是应对干扰的重要手段。对于火灾报警系统的线路,可采用屏蔽电缆,其外层的屏蔽层能够有效阻挡外部电磁干扰的侵入,保证信号传输的稳定性。在探测器和控制器等设备内部,设置滤波电路,能够对输入和输出的信号进行滤波处理,去除干扰信号,提高信号的质量^[3]。尤其是在一些电磁干扰较强的区域,如靠近变电站或通信基站的地方,通过合理选择屏蔽材料和优化滤波电路的参数,能够显著提高系统的抗干扰能力。

优化设备布局和线路走向也是减少干扰的有效方法。设备应尽量远离干扰源,尽可能避免与强电设备、通信设备等近距离放置。线路走向应避免与强电线路平行敷设,减少电磁感应的影响。在地铁车站的设备房内,将火灾报警系统的设备与其他系统的设备分开布置,同时合理规划线路走向,使火灾报警线路与强电线路保持足够的安全距离,从而降低了干扰的风险。

3.3 冗余设计

冗余设计是提高轨道交通火灾报警系统容错能力的重要策略,利用对关键设备和线路采用冗余配置,确保在部分设备或线路出现故障时,系统仍能正常运行,有效提高了系统的可靠性。

3.3.1 在关键设备方面,可采用热备冗余或冷备冗余的方式。

热备冗余是指两台或多台设备同时运行,其中一台为主设备,其他为备用设备。当主设备出现故障时,备用设备能够立即接管工作,实现无缝切换,确保系统的不间断运行。在火灾报警控制器的冗余设计中,采用双机热备的方式,两台控制器同时工作,实时同步数据,当其中一台控制器发生故障时,另一台控制器能够立即承担起整个系统的控制任务,保证火灾报警系统的正常运行。冷备冗余则是备用设备平时处于待机状态,当主设备出现故障时,通过人工或自动切换的方式,将备用

设备投入运行。

3.3.2 对于线路,可采用冗余线路的方式。

在轨道交通的区间隧道中,火灾报警系统的线路通常采用双回路冗余设计,即从控制中心到各个站点或设备区域,铺设两条独立的线路^[4]。当一条线路出现故障时,另一条线路能够继续传输信号,确保火灾报警信息的及时传递。值得肯定的是,冗余线路的设计不只是提高了系统的可靠性,还增强了系统的抗灾能力,在发生火灾、地震等灾害时,能够有效保障系统的通信畅通。

3.4 软件升级与维护

随着技术的不断发展和应用环境的变化,火灾报警系统的软件需要不断进行升级和维护,以确保系统的安全性与可靠性。

定期更新软件、修复漏洞是保障系统安全的重要措施。软件开发商会根据用户反馈和安全漏洞的发现,及时发布软件更新版本,这些版本一般包含了对已知漏洞的修复、性能的优化以及新功能的添加。轨道交通运营单位应建立完善的软件更新机制,及时获取并安装最新的软件版本。定期对软件进行漏洞扫描,发现潜在的安全风险,及时采取措施进行修复。

加强软件测试和验证也是确保软件质量的关键环节。在软件升级或修改后,应进行全面的测试,包括功能测试、性能测试、兼容性测试等。功能测试主要验证软件的各项功能是否正常运行,如火灾报警功能、联动控制功能等;性能测试则关注软件在不同负载情况下的运行性能,如响应时间、数据处理能力等;而兼容性测试则确保软件与其他系统和设备的兼容性,避免因兼容性问题导致系统故障。采取严格的测试和验证的,能够及时发现并解决软件中存在的问题,提高软件的稳定性和可靠性。

3.5 人员培训与管理

在提升轨道交通火灾报警系统安全性与可靠性的措施中,人员培训与管理扮演着至关重要的角色。为了确保这一关键系统的持续高效运行,必须从多个维度深化人员培训和优化管理制度。

第一,加强操作人员培训不仅关乎技能的掌握,更是对安全意识的培养。系统化的培训课程,使操作人员能够深入理解火灾报警系统的核心机制,包括但不限于传感器的工作原理、信号传输路径以及报警响应流程。实践操作演练更是不可或缺的一环,它能让理论知识与

实际操作紧密结合,提升操作人员在紧急情况下的应变能力和决策速度。另一方面,定期的技能考核不仅是对培训效果的检验,也是激励操作人员不断进步、追求卓越的重要手段。

第二,在管理制度层面,需构建一套既全面又细致的管理体系。操作规程的明确化、维护计划的周详制定,都是确保系统稳定运行的基础。并且,责任到人、流程清晰的管理机制能够有效避免工作疏忽和责任推诿,提升工作效率。对系统运行状态的持续监控和详尽记录,则是预防潜在风险、及时发现并解决问题的关键。在此基础上,故障报告和处理机制的建立与完善,更是对系统稳定性的一道坚实防线,它能确保任何异常或故障都能得到迅速响应和妥善处理。

第三,加强对人员的管理和监督,激发其责任心和工作积极性,是确保各项管理制度得以有效执行的核心。应用定期的绩效考核、激励机制的设立以及良好的团队文化建设,能够打造出一支高效、专业、富有责任感的运营团队,为轨道交通火灾报警系统的安全性 with 可靠性提供坚实的人力保障。

结语:轨道交通火灾报警系统的安全性 with 可靠性是保障轨道交通运营安全的重要基石。通过设备优化与选型、抗干扰设计、冗余设计、软件升级与维护以及人员培训与管理等综合措施的实施,可以有效增强轨道交通火灾报警系统的容错能力和抗灾能力,为轨道交通的安全运营提供有力保障。所以,轨道交通运营单位应持续关注系统的发展趋势,加强技术研发和创新,不断优化和完善系统功能,确保轨道交通火灾报警系统始终保持在行业领先地位,为城市轨道交通的安全、高效、便捷运营贡献力量。

参考文献

- [1]陈聪,宋辉.苏州轨道交通火灾自动报警系统功能梳理及改进建议[J].城市轨道交通研究,2022,25(5):117-120.
- [2]李鑫,黄伊聪.地铁火灾自动报警系统的组网配置分析探讨[J].现代物业(中旬刊),2022,21(6):37-39.
- [3]黄蕾蕾.轨道交通电气火灾监控系统误报频发分析及措施[J].电工技术,2022(21):169-170+174.
- [4]乔高林,何梦龙.地铁火灾自动报警系统的设计与应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(7):0041-0044.