地铁综合监控系统与机电设备联动控制优化

白冰清 罗景文

杭州杭港地铁有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：随着城市化进程的加速，地铁作为城市公共交通的重要组成部分，其运行的安全性和高效性愈发受到关注。地铁综合监控系统（ISCS）作为地铁运营管理的核心，对各类机电设备进行集中监控和管理，而机电设备的联动控制优化则是提升地铁运营效率、保障运行安全的关键环节。本文深入探讨了地铁综合监控系统与机电设备联动控制的现状、存在的问题，并提出了针对性的优化策略，旨在为地铁运营的智能化、高效化发展提供理论支持和实践指导。

关键词：地铁综合监控系统；机电设备；联动控制优化

1 引言

地铁具有大运量、快速、准点、环保等优点，成为解决城市交通拥堵问题的有效手段。地铁综合监控系统通过集成多个子系统，如电力监控系统（PSCADA）、环境与设备监控系统（BAS）、火灾自动报警系统（FAS）等，实现了对地铁车站及区间内各类机电设备的集中监视、控制和管理。机电设备的联动控制是指在不同工况下，综合监控系统根据预设的逻辑和条件，自动协调控制多个相关机电设备的运行，以实现特定的功能目标，如火灾工况下的排烟、疏散指示等。优化地铁综合监控系统与机电设备的联动控制，不仅可以提高地铁运营的自动化水平，减少人工干预，降低运营成本，还能在紧急情况下快速响应，保障乘客的生命财产安全，提升地铁运营的整体服务质量。

2 地铁综合监控系统与机电设备联动控制现状

2.1 综合监控系统架构与功能

目前，地铁综合监控系统通常采用分层分布式架构，主要包括中央级、车站级和现场级。中央级综合监控系统负责全线地铁设备的集中监控和管理，具有数据存储、分析、决策支持等功能；车站级综合监控系统对本车站及相邻区间的设备进行监控，接收中央级的指令并上传现场数据；现场级设备则直接与各类机电设备相连，完成数据的采集和设备的控制。综合监控系统通过集成各子系统，实现了设备状态的实时监测、故障报警、远程控制等功能，为地铁运营管理人员提供了全面的设备运行信息。

2.2 机电设备联动控制应用场景

在地铁运营中，机电设备的联动控制广泛应用于多种场景。例如，在正常运营模式下，通风空调系统根据车站内外环境参数自动调节送风量和排风量，以维持车

站内适宜的温度、湿度和空气质量；在火灾工况下，综合监控系统接收到火灾报警信号后，自动联动启动相关区域的排烟风机、防火卷帘门、应急照明等设备，引导乘客安全疏散；在列车进站和出站时，自动售检票系统（AFC）、屏蔽门系统、照明系统等设备按照预设的时序进行联动控制，确保列车运行的顺畅和乘客的安全上下车。

2.3 现有联动控制策略与方式

现有的联动控制策略主要基于预设的逻辑规则和条件判断。例如，在火灾联动控制中，当某个防火分区内的火灾探测器发出报警信号时，综合监控系统根据预先设定的联动逻辑，判断火灾发生的具体位置，然后依次启动相应的排烟风机、关闭防火阀、打开疏散通道的防火卷帘门等设备^[1]。联动控制方式包括硬线联动和软件联动。硬线联动通过电缆直接连接相关设备的控制回路，具有响应速度快、可靠性高的优点，但布线复杂、灵活性差；软件联动则通过综合监控系统的软件平台实现设备之间的联动控制，具有配置灵活、易于修改的优点，但对系统的稳定性和实时性要求较高。

3 地铁综合监控系统与机电设备联动控制存在的问题

3.1 联动逻辑复杂且缺乏灵活性

随着地铁线路的不断延伸和设备的日益增多，机电设备之间的联动关系变得越来越复杂。现有的联动逻辑往往基于固定的规则和条件设定，难以适应地铁运营过程中出现的各种复杂情况和特殊需求。例如，在不同季节、不同时间段，车站内的人员流量和环境参数差异较大，通风空调系统的联动控制逻辑可能需要相应调整，但目前的系统难以实现实时、灵活的逻辑修改。此外，当地铁进行改造或扩建时，新增设备与原有设备之间的联动关系需要重新规划和编程，工作量大且容易出错。

3.2 系统响应时间较长

在紧急情况下,如火灾发生时,机电设备的快速响应对于保障乘客生命安全至关重要。然而,目前地铁综合监控系统与机电设备的联动控制过程中,由于涉及多个子系统之间的数据交互、逻辑判断和设备控制指令的下发等环节,导致系统响应时间较长。例如,从火灾探测器发出报警信号到相关排烟设备启动,可能需要几秒钟甚至更长时间,这在一定程度上影响了火灾扑救和人员疏散的效果。

3.3 设备兼容性与通信协议不统一

地铁建设中涉及多个设备供应商,不同厂家的机电设备在通信协议、接口标准等方面存在差异,导致设备之间的兼容性较差。综合监控系统在与这些设备进行数据交互和联动控制时,需要进行复杂的协议转换和接口适配工作,增加了系统集成的难度和成本^[2]。此外,通信协议的不统一还容易导致数据传输错误、设备控制失灵等问题,影响地铁运营的安全性和可靠性。

3.4 缺乏有效的故障诊断与容错机制

在联动控制过程中,任何一个设备出现故障都可能导致整个联动过程的失败。目前,地铁综合监控系统对设备故障的诊断能力有限,往往只能检测到设备是否正常运行,而难以准确判断故障的具体位置和原因。同时,系统缺乏完善的容错机制,当某个设备出现故障时,无法及时采取有效的替代措施,导致联动控制功能无法正常实现,影响地铁运营的正常秩序。

3.5 人员操作与培训不足

地铁综合监控系统与机电设备的联动控制虽然具有较高的自动化程度,但在实际运营中,仍然需要运营管理人员进行一定的操作和干预。然而,目前部分运营管理人员对综合监控系统的功能和联动控制逻辑了解不够深入,缺乏实际操作经验,在面对紧急情况时,可能无法迅速、准确地做出判断和操作,从而影响联动控制的效果。此外,针对新设备、新技术的培训不足,也导致运营管理人员难以适应地铁运营的不断发展。

4 地铁综合监控系统与机电设备联动控制优化策略

4.1 优化联动逻辑,提高灵活性

(1) 引入智能算法:利用人工智能、模糊控制等智能算法,根据地铁运营的实时数据和历史数据,动态调整联动控制逻辑。例如,通过分析不同时间段、不同天气条件下车站内的人员流量和环境参数,自动优化通风空调系统的联动控制策略,实现更加精准的设备控制,提高能源利用效率。(2) 建立可配置的联动规则库:开发一套可配置的联动规则库,允许运营管理人员根据实

际需求灵活修改和添加联动规则。规则库采用图形化界面,方便操作人员进行配置和管理。同时,对规则库进行版本管理,确保规则的修改和更新可追溯、可验证。

(3) 采用事件驱动的联动控制方式:改变传统的基于时间或状态触发的联动控制方式,采用事件驱动的联动控制方式。当系统中发生特定事件(如火灾报警、设备故障等)时,综合监控系统根据事件类型和相关信息,自动调用相应的联动规则,实现快速、准确的设备联动控制。

4.2 缩短系统响应时间

(1) 优化系统架构与通信网络:对地铁综合监控系统的架构进行优化,采用分布式计算、边缘计算等技术,减少数据传输的层级和距离,提高系统的实时性。同时,升级通信网络,采用高速、稳定的通信协议(如工业以太网、5G等),提高数据传输的速度和可靠性,降低通信延迟。(2) 并行处理联动控制指令:在综合监控系统中,采用并行处理技术,对多个设备的联动控制指令进行并行下发和执行,减少指令下发的等待时间。例如,在火灾联动控制中,同时向排烟风机、防火卷帘门、应急照明等设备发送启动指令,使这些设备能够几乎同时动作,提高联动响应速度^[3]。(3) 预加载设备控制程序:对于一些常用的联动控制场景,如火灾工况、列车进出站等,在系统初始化时预加载相关设备的控制程序,减少控制指令的执行时间。当触发相应的联动条件时,系统可以直接调用预加载的程序,快速控制设备运行。

4.3 解决设备兼容性与通信协议问题

(1) 制定统一的通信协议标准:地铁建设单位应联合设备供应商,制定统一的机电设备通信协议标准,规范设备之间的数据交互格式和接口规范。新设备必须符合该标准才能接入地铁综合监控系统,从源头上解决设备兼容性问题。(2) 开发协议转换网关:对于已有的不符合统一标准的设备,开发专用的协议转换网关,实现不同通信协议之间的转换。协议转换网关应具备稳定可靠、实时性高的特点,确保数据能够准确、及时地在不同设备之间传输。(3) 加强设备选型管理:在地铁设备选型过程中,充分考虑设备的兼容性和通信协议标准,优先选择符合统一标准的设备。同时,要求设备供应商提供完善的技术支持和售后服务,确保设备在集成过程中能够顺利与综合监控系统对接。

4.4 建立有效的故障诊断与容错机制

(1) 完善设备故障诊断功能:在地铁综合监控系统中集成先进的故障诊断算法和模型,对机电设备的运行状态进行实时监测和分析。通过对设备传感器数据的采

集和处理,结合设备的运行历史数据和专家知识库,准确判断设备故障的类型、位置和原因,并及时发出报警信息。(2)设计容错控制策略:针对不同的设备故障情况,设计相应的容错控制策略。例如,当某个排烟风机出现故障时,系统自动切换到备用风机,并调整相关联设备的运行参数,确保火灾联动控制功能不受影响。同时,记录故障信息和容错处理过程,为后续的设备维护和系统优化提供依据^[4]。(3)定期进行设备维护与测试:建立完善的设备维护管理制度,定期对机电设备进行维护保养和功能测试。通过模拟各种故障情况,检验系统的故障诊断和容错能力,及时发现并解决系统中存在的问题,确保系统在紧急情况下能够可靠运行。

4.5 加强人员操作与培训

(1)开展系统培训课程:针对地铁运营管理人员,定期开展地铁综合监控系统与机电设备联动控制的培训课程。培训内容包括系统的功能介绍、操作流程、联动控制逻辑、故障处理方法等方面。通过理论教学、实际操作演练和案例分析等多种方式,提高运营管理人员对系统的熟悉程度和操作技能。(2)组织应急演练:定期组织地铁运营应急演练,模拟火灾、设备故障等紧急情况,检验运营管理人员在联动控制过程中的应急处理能力。通过演练,发现操作过程中存在的问题,及时进行总结和改进,不断完善应急预案和操作流程。(3)建立技术支持团队:地铁运营单位应建立专业的技术支持团队,为运营管理人员提供及时的技术支持和指导。技术支持团队成员应具备丰富的系统知识和实践经验,能够快速解决运营过程中出现的技术问题,确保地铁综合监控系统与机电设备的联动控制正常运行。

5 案例分析

以某城市地铁线路为例,该线路在初期运营过程中,地铁综合监控系统与机电设备的联动控制存在一些问题。例如,在火灾联动控制测试中,从火灾探测器报警到排烟设备启动的时间长达8秒,超过了规定的响应时间标准;通风空调系统的联动控制逻辑较为固定,无法根据车站实际客流量和环境变化进行灵活调整,导致能源浪费严重。针对这些问题,该地铁运营单位采取了一

系列优化措施。首先,引入智能算法对通风空调系统的联动控制逻辑进行优化,根据车站内实时的人员流量和温湿度数据,动态调整送风量和排风量。经过优化后,通风空调系统的能耗降低了15%左右。其次,对综合监控系统的架构和通信网络进行升级,采用工业以太网和边缘计算技术,缩短了系统响应时间。在后续的火灾联动控制测试中,排烟设备的启动时间缩短至3秒以内,大大提高了系统的应急响应能力。此外,该运营单位还加强了对运营管理人员的技术培训和应急演练,提高了人员的操作水平和应急处理能力。通过以上优化措施的实施,该城市地铁线路的综合监控系统与机电设备的联动控制性能得到了显著提升,地铁运营的安全性和效率得到了有效保障,同时也降低了运营成本,取得了良好的经济效益和社会效益。

结语

地铁综合监控系统与机电设备的联动控制优化是推动地铁运营智能化、高效化的关键。通过优化联动逻辑、提升响应速度、增强设备兼容性、完善故障诊断及容错机制、强化人员培训等措施,可显著提高运营安全性、可靠性与经济效益。各运营单位应结合自身特点,运用先进技术与管理经验,制定并持续改进适合自身的优化方案。随着物联网、大数据、人工智能等技术的发展,未来联动控制将更趋智能与自动,助力城市轨道交通可持续发展。后续研究应聚焦新技术的应用,实现更精准高效的控制,并加强系统在复杂环境下的安全与稳定运行研究,提升乘客出行体验。

参考文献

- [1]许焯毅.地铁综合监控系统的联动功能设计与实现[J].工程建设与设计,2021,(21):121-123.
- [2]孙朝政,胡炜,倪龙.地铁综合监控系统的联动功能设计分析[J].现代物业(中旬刊),2020,(07):18-19.
- [3]马云飞,王铮.地铁综合监控系统联动控制功能的应用[J].现代城市轨道交通,2018,(01):8-13.
- [4]涂仲新.基于综合监控系统的地铁消防联动应用研究[J].工程建设与设计,2019,(11):86-88.