

城市轨道交通智能综合监控系统及关键技术

蒋国韬

重庆市铁路集团(有限)公司, 重庆, 400000

摘要: 随着我国国民经济的持续快速发展, 城市轨道交通系统日益复杂, 对智能化、信息化、自动化的需求急剧增加。城市轨道交通智能综合监控系统作为现代城市公共交通的重要支撑, 通过集成多种先进技术, 实现了对轨道交通线路上所有电力、设备及相关系统的全面监控与管理。该系统不仅提升了轨道交通的运行效率和服务质量, 还显著增强了安全保障能力和应急响应速度。本文深入探讨了城市轨道交通智能综合监控系统的构成、关键技术及其在提升轨道交通整体效能方面的作用, 为未来城市轨道交通的智能化发展提供了重要参考。

关键词: 城市轨道交通; 智能综合监控系统; 关键技术

引言

随着社会经济的不断进步与城市化进程的加快, 城市轨道交通作为缓解城市交通拥堵、提升公共交通服务品质的重要手段, 其建设规模与运营复杂度均呈现出快速增长的趋势。在这一背景下, 城市轨道交通智能综合监控系统的应用与发展显得尤为重要。该系统在自动化、信息化、智能化深度融合方面发挥着关键作用, 不仅满足了轨道交通运营过程中日益增长的信息集成与信息安全需求, 还推动了综合监控系统向更高层次的智能化方向发展。城市轨道交通智能综合监控系统是一个集数据采集、传输、智能分析、自动化控制及信息安全于一体的综合性系统。它通过对列车状态、乘客流量、环境参数、设备运行状况等多源数据的实时监测与智能分析, 实现了对轨道交通运营全过程的精准掌控。同时, 该系统还具备强大的自动化控制能力, 能够确保列车按照预设的安全间隔和时刻表运行, 并在紧急情况下迅速启动应急响应机制, 保障乘客安全。此外, 城市轨道交通智能综合监控系统还注重与其他子系统的无缝对接与信息共享, 通过遵循统一的通信协议和标准, 实现了信号系统、电力系统、票务系统等多个子系统之间的协同工作。这种高度集成的特性不仅提升了轨道交通的整体运营效率, 还为实现更加智能化、人性化的乘客服务提供了可能。

1. 城市轨道交通智能综合监控系统的定义

城市轨道交通智能综合监控系统(Integrated Supervisory Control System, ISCS)是一个高度集成化、智能化、网络化的综合管理平台, 旨在通过先进的信息技术手段, 对城市轨道交通系统中的各类设备、子系统及运营环境进行全面、实时、精确的监控与管理。该系统不仅集成了信号系统、通信系统、电力监控系统、环境与设备监控系统(BAS)、火灾自动报警系统(FAS)、自动售检票系统(AFC)等多个关键子系统, 还通过统一的软硬件架构和高效的信息处理机制, 实现了跨系统间的

信息共享、协同工作和智能决策^[1]。ISCS系统不仅关注于列车运行的安全性和效率, 还注重乘客体验的提升和运营成本的优化。通过实时监测列车运行状态、客流量变化、环境参数等关键指标, 系统能够自动分析并预测潜在问题, 及时发出预警或采取相应措施, 确保轨道交通系统的安全、可靠、高效运行。同时, 系统还具备强大的数据处理和分析能力, 能够深入挖掘运营数据背后的价值, 为管理者提供科学的决策支持。

2. 城市轨道交通智能综合监控系统的结构

2.1 中央级系统

控制中心:作为整个系统的“大脑”, 控制中心负责接收并处理来自各个子系统的数, 进行集中监控和智能决策。控制中心内设有实时服务器、历史服务器、工作站等设备, 以及相应的操作界面和软件系统。

数据库:存储系统运行过程中产生的各类数据, 包括实时数据、历史数据、报警信息等, 为数据分析、故障排查和决策支持提供基础。

网络管理系统:负责监控和管理系统内部及与外部网络的通信状态, 确保数据传输的可靠性和安全性。

2.2 车站级系统

车站综合监控系统:部署在各个车站, 负责对本车站范围内的设备、子系统进行监控和管理^[2]。车站级系统通过通信网络与控制中心进行实时数据交互, 接收并执行控制中心的指令。

前端处理设备:如PLC(可编程逻辑控制器)、FEP(前端处理器)等, 负责采集和处理现场设备的数据, 并将其上传至车站级系统或控制中心。

2.3 现场级系统

各类现场设备:包括信号设备、通信设备、电力设备、环境控制设备等, 它们是轨道交通系统的基础组成部分, 直接参与列车的运行和环境的控制。

传感器与执行器:用于实时监测现场设备的状态和环境参数,并根据控制指令执行相应的动作。

2.4 通信网络

构成系统的神经网络,负责各层级系统之间的数据传输和通信。通信网络通常采用冗余设计,以确保数据传输的可靠性和稳定性。通信网络包括有线网络(如光纤通信、以太网)和无线网络(如Wi-Fi、4G/5G)等多种形式。

3. 城市轨道交通智能综合监控系统的应用优势

3.1 提升运营效率

智能综合监控系统通过集成列车自动驾驶(ATO)和自动防护(ATP)技术,实现了列车运行的自动化控制与优化调度。系统能够根据实时路况、客流需求及列车状态等信息,自动调整列车运行计划,减少等待时间和延误,提高整体运营效率。系统集成了多个关键子系统,实现了跨系统间的信息共享与协同工作^[3]。这避免了信息孤岛现象,使得各子系统能够高效配合,共同服务于轨道交通的整体运营目标。例如,环境与设备监控系统(BAS)可以根据客流变化自动调节车站环境,为乘客提供更加舒适的候车环境,同时也减少了能源浪费。

3.2 增强安全性

智能综合监控系统具备强大的实时监测能力,能够持续监测列车运行状态、环境参数、设备状态等关键指标。一旦发现异常情况或潜在危险,系统会立即发出预警信号,提醒相关人员及时处理,有效避免事故的发生。系统内置了故障诊断与快速响应机制。当设备发生故障时,系统能够迅速定位故障源,并自动或辅助人工进行故障排查与修复。这大大缩短了故障处理时间,降低了故障对运营的影响。

3.3 改善乘客体验

智能综合监控系统能够实时发布列车到站信息、换乘指引、站内导航等乘客服务信息。乘客可以通过车站内的显示屏、手机APP等多种渠道获取所需信息,方便快捷地规划出行路线和安排时间。通过与BAS系统的联动,智能综合监控系统能够根据客流变化自动调节车站内的温度、湿度、照明等环境参数,为乘客营造更加舒适、宜人的候车环境。此外,系统还能监测并改善空气质量,确保乘客的健康安全。

3.4 降低运营成本

智能综合监控系统通过实时监测设备能耗情况,结合客流变化等因素,优化能源使用策略。例如,在客流低谷时段自动降低照明和空调等设备的功率,减少不必要的能源浪费。这有助于降低运营成本,提高经济效益。

系统具备设备维护与保养的智能化功能。通过数据分析预测设备寿命和故障风险,提前安排维护与保养工作。这减少了因设备故障导致的停运时间和维修成本,提高了设备的可靠性和使用寿命。

3.5 促进可持续发展

智能综合监控系统通过提供实时交通信息和舒适的乘车环境,鼓励乘客选择轨道交通作为出行方式。这有助于减少私家车使用,降低交通拥堵和空气污染,推动绿色出行理念的普及。作为智慧城市的重要组成部分,智能综合监控系统为城市管理者提供了全面的轨道交通运营数据。这些数据为城市规划、交通管理、环境保护等方面的决策提供有力支持,促进了智慧城市的可持续发展。

4. 城市轨道交通智能综合监控系统关键技术分析

4.1 数据采集与预处理

高精度传感器技术:采用先进的传感器技术,如光纤传感器、激光传感器、红外传感器等,实现对列车运行状态、环境参数(如温度、湿度、气压、振动)、乘客流量等数据的精确采集^[4]。这些传感器具有高精度、高灵敏度、抗干扰能力强等特点,能够确保数据的准确性和可靠性。

物联网(IoT)技术:通过物联网技术,将各类现场设备、传感器与执行器连接成一个庞大的网络,实现数据的实时采集和传输。物联网技术使得系统能够覆盖更广泛的区域,获取更全面的数据,为智能分析和决策提供丰富的数据源。

数据清洗与预处理:由于数据采集过程中可能存在噪声、异常值等问题,因此需要对采集到的数据进行清洗和预处理。这包括数据去噪、异常值检测与处理、数据格式统一等步骤,以确保后续分析结果的准确性和有效性。

4.2 智能分析与决策

大数据处理技术:利用大数据技术,对海量数据进行快速处理和分析。大数据技术包括分布式存储、并行计算、数据挖掘等技术手段,能够高效处理轨道交通系统中产生的海量数据,提取有价值的信息。

人工智能与机器学习:通过人工智能和机器学习算法,对处理后的数据进行深度学习和智能分析。这些算法能够自动识别数据中的规律和趋势,预测潜在问题,并生成相应的决策建议。例如,利用机器学习算法预测列车故障、优化列车调度计划、分析乘客行为模式等。

专家系统:结合轨道交通领域的专家知识和经验,构建专家系统。专家系统能够根据实时数据和历史数据,模拟专家的思维过程,为系统提供更为准确和专业的决策支持。

4.3 自动化控制

列车自动驾驶(ATO)技术:通过ATO技术,实现列车的自动驾驶。ATO系统能够根据预设的运行图和实时路况信息,自动调整列车的运行速度、加减速和制动等参数,确保列车按照预定的时间和路线运行。

自动防护(ATP)技术:ATP系统负责列车运行的安全防护。它能够实时监测列车的位置、速度、间隔等关键参数,并与信号系统紧密配合,确保列车在规定的范围内安全运行。一旦检测到异常情况或潜在危险,ATP系统会立即采取相应措施,防止事故发生。

环境与设备监控系统(BAS):BAS系统负责对车站内的环境参数(如温度、湿度、照明)和设备状态进行实时监控和调节。通过自动化控制手段,BAS系统能够确保车站环境舒适性和设备的正常运行。

4.4 信息安全

加密与认证技术:采用先进的加密技术和认证机制,确保数据传输和存储过程中的安全性。通过加密技术,将敏感数据转换为密文传输,防止数据被窃取或篡改;通过认证机制,验证数据传输双方的身份和权限,防止非法访问和操作。

防火墙与入侵检测系统(IDS):部署防火墙和入侵检测系统,构建系统的安全防护网。防火墙能够过滤非法数据包,阻止恶意攻击;IDS能够实时监测网络流量和系统日志,发现潜在的安全威胁并及时报警。

容灾备份与恢复技术:建立完善的容灾备份和恢复机制,确保系统数据的完整性和可用性。通过定期备份系统数据和配置文件,以及建立灾难恢复计划,能够在系统故障或灾难发生时迅速恢复系统正常运行。

5. 城市轨道交通智能综合监控系统发展趋势

5.1 智能化升级

大数据与人工智能:随着大数据和人工智能技术的不断发展,城市轨道交通智能综合监控系统将更加注重数据的深度挖掘和智能分析。通过大数据分析,系统能够更准确地预测客流变化、设备故障等,为运营决策提供科学依据^[5]。同时,人工智能算法的应用将进一步提升系统的自动化和智能化水平,如实现列车的自动驾驶、智能调度等。

云计算技术:云计算技术为城市轨道交通智能综合监控系统提供了强大的数据处理和存储能力。通过云计算平台,系统能够实时处理海量数据,并实现跨地域、跨系统的信息共享和协同工作。这将有助于提高系统的整体运行效率和可靠性。

智能运维:未来城市轨道交通智能综合监控系统将更加注重智能运维的实现。通过引入智能诊断、预测性维护等技术手段,系统能够提前发现并解决潜在问题,

降低故障率并延长设备使用寿命。

智能客服:智能客服系统的建设将提升乘客的出行体验。乘客可以通过手机APP、智能终端等设备查询列车实时信息、购票、规划行程等,享受更加便捷、个性化的服务。

5.2 集成化发展

跨系统集成:城市轨道交通智能综合监控系统将更加注重与上层生产调度计划、质量管理、安全管理等系统的集成。通过实现跨系统的信息共享和协同工作,系统能够更全面地掌握轨道交通的运营状况,提高整体运营效率和安全性。

一体化设计:在系统设计阶段就注重一体化设计思路的应用。通过采用分层分布的系统结构、模块化设计等技术手段,实现系统的灵活配置和快速响应。

数据共享:建立统一的数据共享平台或利用云计算等技术手段实现数据的集中存储和共享。这将有助于打破信息孤岛现象,提高数据资源的利用效率。

协同工作:通过加强各子系统之间的协同工作能力,实现资源的优化配置和高效利用。例如,在紧急情况下,各子系统能够迅速响应并协同工作以应对突发事件。

6. 结语

城市轨道交通智能综合监控系统是现代城市轨道交通智能化的关键所在,通过集成多种先进技术,实现了对轨道交通系统的全面监控和智能管理。随着技术的不断进步和应用需求的不断增加,ISCS系统将在未来发挥更加重要的作用,为城市轨道交通的安全、高效、便捷运行提供有力保障。

参考文献:

- [1]付志永.城市轨道交通网络化阶段面临的综合交通智能一体化挑战[J].智能城市,2021,7(24):127-128. 2021.24.060.
- [2]霍万新.基于人工智能技术的城市轨道交通综合监控系统设计研究[J].计算机产品与流通,2020,(11):21.
- [3]张春杰,武智博,张硕桐.物联网及人工智能技术在城市轨道交通综合监控系统中的应用探究[J].电子世界,2020,(07):55-56. 2020.07.029.
- [4]王莹莹.城市轨道交通智能综合监控系统及关键技术分析[J].通信电源技术,2018,35(04):63-64. 2018.04.024.
- [5]王富章,李平,刘德山.城市轨道交通智能综合监控系统及关键技术[J].交通运输系统工程与信息,2004,(03):24-28. 2004.03.006.