

城市轨道交通全自动运行信号系统探究

王坤全

徐州地铁运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘要: 本文探究了城市轨道交通全自动运行信号系统。阐述了其组成部分,包括智能列车自动监控系统(iATS)、先进列车自动防护系统(aATP)、智能列车自动运行系统(iATO)和智能计算机联锁系统(iCBI)。分析了关键技术,论述了系统的自动驾驶、自动调度、自动监控和故障自诊断等功能。探讨了该系统在提高运营效率、确保行车安全、降低运营成本和提升乘客体验方面的特点与优势。最后,针对系统实际运用中存在的问题提出了相应对策。

关键词: 城市轨道交通;全自动运行;信号系统

引言: 随着城市化进程的加速,城市轨道交通的重要性日益凸显。全自动运行信号系统作为现代城市轨道交通的关键技术,正逐渐成为研究的焦点。它能够实现列车的自动控制、监控和调度,极大地提高了城市轨道交通的运营效率和安全性。本文将对城市轨道交通全自动运行信号系统进行深入探究,分析其组成、关键技术、功能、特点与优势,以及实际运用中存在的问题与对策,为推动城市轨道交通的智能化发展提供参考。

1 城市轨道交通全自动运行信号系统的组成

1.1 智能列车自动监控系统(iATS)

iATS如同全自动运行信号系统的“智慧大脑”,起着核心的监控和调度作用。它利用先进的传感器技术和高速通信网络,实时收集列车的位置、速度、运行状态以及线路上各种设备的信息。通过强大的数据分析和处理能力,iATS可以自动调整列车的运行计划。当线路出现故障或特殊情况时,它能迅速作出反应,优化后续列车的运行路径和速度,避免延误扩散。例如,在高峰时段,iATS可根据实时客流数据动态调整列车发车间隔,提高运输效率。同时,为调度人员提供直观的可视化界面,方便他们实时监控列车运行,以便在必要时进行人工干预。

1.2 先进列车自动防护系统(aATP)

aATP是保障列车运行安全的关键防线。它集成了多种高精度传感器,如激光雷达、毫米波雷达等,实时监控列车周围环境和自身运行状态。通过与轨道电路、应答器等设备的交互,aATP能够精确计算列车的位置和速度,并与预设的安全限制进行对比。一旦列车运行超出安全范围,如速度过快或与前方列车距离过近,aATP会立即触发紧急制动,确保列车安全。在列车接近关键位置如弯道、道岔和车站时,aATP会根据安全参数自动调

整列车速度,防止碰撞和脱轨事故发生。aATP与列车的制动系统和牵引系统紧密配合,实现对列车速度的精准控制。

1.3 智能列车自动运行系统(iATO)

iATO是实现列车自动驾驶的核心子系统。它依据iATS发送的运行指令和aATP提供的安全信息,自动控制列车的加速、减速和巡航等运行状态。在运行过程中,iATO能够精确控制列车速度,实现平稳启动和制动,提高乘客舒适度。例如,在列车进站时,iATO会根据预设的停车位置和速度曲线,自动控制列车减速并精确停车,确保车门与站台屏蔽门对齐。同时,iATO还能根据线路的坡度、弯道等条件自动调整列车运行速度,实现节能运行。

1.4 智能计算机联锁系统(iCBI)

iCBI确保车站内列车运行的安全和高效。它通过与iATS、aATP等子系统的通信,实现对车站内道岔、信号机和轨道电路等设备的联锁控制。当列车接近车站时,iCBI会根据列车运行方向自动控制道岔转换到正确位置,并开放相应信号机,引导列车安全进站。iCBI具备强大的故障自诊断功能,能够及时发现和处理系统中的故障,确保车站内列车运行安全。

2 全自动运行信号系统的关键技术分析

全自动运行信号系统作为城市轨道交通的关键技术体系,其关键技术的应用对于实现高效、安全的运行至关重要。(1)自动控制技术作为核心,在实现列车无人驾驶方面起着决定性作用。通过先进的算法设计和优化,自动控制技术能够精确地控制列车的加速、减速、巡航等运行状态。例如,采用智能模糊控制算法,可以根据不同的运行场景和条件,自动调整列车的运行参数,实现更加平稳、高效的运行^[1]。(2)列车防护技术

是保障列车安全运行的重要手段。紧急制动系统能够在紧急情况下迅速使列车停止,防止事故的发生。该系统需要具备高可靠性和快速响应能力,能够在最短的时间内检测到危险情况并触发制动。障碍物检测系统则可以实时监测列车运行前方的障碍物,提前预警并采取相应的措施。例如,利用激光雷达、毫米波雷达等先进的检测技术,能够准确地检测到各种障碍物,并及时通知列车控制系统采取避让措施。(3)通信传输技术是全自动运行信号系统的重要支撑。高可靠性和低延迟的信息传输对于确保系统的稳定运行至关重要。无线通信和光纤通信等方式被广泛应用于全自动运行信号系统中。无线通信可以实现车地之间的实时数据传输,使列车能够及时接收来自控制中心的指令和信息。光纤通信则具有高带宽、低损耗的特点,能够保证大量数据的快速传输。

3 城市轨道交通全自动运行信号系统的功能

3.1 自动驾驶功能

全自动运行信号系统的自动驾驶功能是其核心功能之一。通过先进的传感器、控制算法和通信技术,列车能够实现自动加速、自动减速、自动巡航和自动精确停车。在自动驾驶模式下,列车根据预设的运行计划和调度规则,实时调整运行速度和位置,确保高效、安全的运行。自动加速和减速功能使得列车能够根据线路条件和运行需求,平稳地调整速度,避免急加速和急减速对乘客造成的不适。自动巡航功能则能够使列车在稳定的速度下行驶,提高运行的平稳性和能源利用效率。而自动精确停车功能更是至关重要,它能够确保列车准确地停在站台指定位置,使车门与站台屏蔽门完美对齐,方便乘客上下车,提高运营效率。

3.2 自动调度功能

自动调度功能能够根据实时的客流情况和线路状况,自动调整列车运行间隔、运行路线和运行时刻表,实现高效、合理的运营。通过实时监测客流数据,系统可以自动调整列车运行间隔,增加或减少列车的发车频率,以适应不同时间段的客流需求。在客流高峰时段,缩短运行间隔,增加列车数量,提高运输能力;在客流低峰时段,延长运行间隔,减少列车数量,降低运营成本。自动调整列车运行路线功能可以在遇到线路故障或突发事件时,快速调整列车的运行路径,避免影响整个线路的运营。例如,当某一区间发生故障时,系统可以自动调整列车的运行路线,绕过故障区间,确保其他区间的正常运行。自动调整列车运行时刻表功能则可以根据实际运行情况,实时调整列车的发车时间和到达时间,确保列车准点运行。

3.3 自动监控功能

自动监控功能能够自动监测列车运行状态、线路状况和设备运行状态,及时发现和处理各种异常情况。在列车运行过程中,系统通过传感器实时监测列车的速度、位置、加速度等运行参数,以及车门、制动系统、牵引系统等设备的运行状态。一旦发现异常情况,系统会立即发出警报,并采取相应的措施,如自动减速、紧急停车等,确保列车的安全运行。系统还可以自动监测线路状况,包括轨道的平整度、道岔的位置、信号设备的状态等。如果发现线路存在安全隐患,系统会及时通知维修人员进行处理,避免事故的发生。此外,自动监控功能还可以对设备运行状态进行监测,包括信号设备、通信设备、供电设备等。系统可以实时监测这些设备的运行参数和故障情况,及时进行维修和更换,确保设备的正常运行。

3.4 故障自诊断功能

故障自诊断功能能够自动检测系统故障、定位故障位置、分析故障原因,并提供相应的解决方案。当系统出现故障时,故障自诊断功能会立即启动,自动检测故障类型和位置。通过对故障信息的分析,系统可以快速确定故障原因,并提供相应的解决方案。例如,如果是设备故障,系统会自动通知维修人员进行维修;如果是软件故障,系统会自动进行修复或升级。故障自诊断功能还可以对系统进行实时监测,预防故障的发生。通过对系统运行参数的分析和预测,系统可以提前发现潜在的故障隐患,并采取相应的措施进行预防,提高系统的可靠性和稳定性。

4 全自动运行信号系统运行方面的特点与优势

4.1 提高运营效率

全自动运行信号系统能够极大地提高城市轨道交通的运营效率^[2]。(1)系统实现了列车的自动驾驶,无需人工干预,减少了人为因素对列车运行的影响,提高了列车运行的准确性和稳定性。列车能够根据预设的运行计划和调度规则,自动调整运行速度和位置,实现高效的运行。(2)自动调度功能可以根据实时的客流情况和线路状况,自动调整列车运行间隔、运行路线和运行时刻表,使列车的运行更加灵活和高效。在客流高峰时段,能够及时增加列车的发车频率,提高运输能力;在客流低峰时段,能够适当减少列车数量,降低运营成本。(3)系统的故障自诊断功能能够快速检测和定位故障,并提供相应的解决方案,减少了故障处理时间,提高了系统的可用性和可靠性。这些都有助于提高城市轨道交通的运营效率,为乘客提供更加便捷、快速的出行

服务。

4.2 确保行车安全

在城市轨道交通中，行车安全至关重要。全自动运行信号系统在确保行车安全方面发挥着关键作用。它凭借精确的自动控制和实时监控，对列车运行状态进行全方位监测。一旦检测到潜在风险，系统内置的安全协议会迅速响应，自动采取减速或紧急制动等措施，有效降低事故发生概率，保障乘客和工作人员的生命安全。此外，系统的冗余设计是一道坚实的安全防线。即使部分设备出现故障失效，系统仍能维持基本运行，极大地提高了系统的鲁棒性。这种可靠的设计确保了在各种复杂情况下，城市轨道交通都能安全稳定地运行，为人们提供安全、高效的出行方式，也为城市的发展和稳定奠定了坚实的基础。

4.3 降低运营成本

全自动运行信号系统在降低运营成本方面表现卓越。一方面，减少对司机和调度人员的依赖，大幅降低了人力成本。不再需要大量的人力进行列车驾驶和调度工作，为运营商节省了可观的人员开支。另一方面，其高自动化程度能够更有效地管理能源消耗。系统可根据实际运行情况自动调整列车速度和运行模式，减少不必要的能源浪费。同时还能精准预测维护需求，提前进行维护规划，避免突发故障带来的高额维修费用。从长期来看，这种成本节约效应显著，为运营商改善财务状况提供了有力支持。有了更多的资金，运营商可以投入到系统升级和服务改进中，进一步提升城市轨道交通的运营质量和服务水平，为乘客带来更好的出行体验，实现城市轨道交通的可持续发展。

4.4 提升乘客体验

全自动运行信号系统为乘客带来了显著的出行体验提升。其提供的服务更加平稳、准时，没有司机操作误差使得列车启动和停止极为平滑，极大地减少了乘客的不适感。乘客在旅途中能享受到更加舒适的乘坐环境。同时，系统高度可靠，增强了乘客对城市轨道交通的信任。无论是日常通勤还是出行游玩，乘客都能放心选择轨道交通。而且，全自动系统的实施为未来引入更多智能化服务奠定了基础。例如动态信息服务能让乘客随时了解列车位置和运行状态，个性化出行方案则可根据乘

客需求提供最佳路线建议。这些智能化服务将进一步提升乘客满意度，使城市轨道交通成为人们出行的首选，推动城市交通的可持续发展，为城市的繁荣和居民的生活质量提升做出贡献。

5 全自动运行信号系统的实际运用存在问题与对策探讨

全自动运行信号系统在城市轨道交通中的应用带来了诸多优势，但在实际运用中也存在一些问题。一方面，技术复杂性带来维护难题。全自动运行信号系统涉及众多先进技术，对维护人员的专业技能要求极高^[1]。一旦出现故障，可能需要较长时间进行排查和修复，影响运营效率。对策是加强对维护人员的培训，提高其技术水平，同时建立完善的故障预警和快速响应机制，以便在故障发生时能够及时处理。另一方面，公众对全自动运行系统的信任度有待提高。由于人们对新科技存在一定的疑虑，可能会对全自动运行的安全性有所担忧。为此，应加强对全自动运行信号系统的宣传和科普，让公众了解其工作原理和安全保障措施，增强公众对系统的信任。此外，系统的兼容性问题也可能出现。随着技术的不断发展，新的设备和系统可能需要与现有的全自动运行信号系统进行融合，这可能会带来兼容性挑战。解决办法是在系统设计和升级过程中充分考虑兼容性，采用标准化的接口和协议，确保新老系统能够顺利协同工作。

结语：城市轨道交通全自动运行信号系统的发展为城市交通带来了新的机遇和挑战。通过对其组成、关键技术、功能、特点与优势的分析，以及对实际运用中问题的探讨和对策的提出，我们可以看到该系统在提高城市轨道交通的运营效率、安全性、降低成本和提升乘客体验方面具有巨大潜力。然而，要充分发挥全自动运行信号系统的优势，还需要不断地进行技术创新和优化，加强系统的稳定性和可靠性，提高运营管理水平。

参考文献

- [1]黄荣光,王冬海.城市轨道交通全自动运行列车车辆段出库信号系统设计[J].城市轨道交通研究,2020(009):023.
- [2]焦日里,陈建兵.全自动运行城市轨道交通的列车控制管理系统[J].城市轨道交通研究,2020,23(6):41-43.
- [3]蓝文,李景虎.城市轨道交通全自动运行系统运营参与建设的思考[J].隧道与轨道交通,2021(S01):36-37.