

城市轨道交通车载信号故障处理研究

马新成

通号城市轨道交通技术有限公司 北京 100070

摘要: 随着城市轨道交通系统的快速发展,车载信号系统的稳定性和可靠性对于确保列车安全、高效运行至关重要。本文针对城市轨道交通车载信号故障处理进行了深入研究。首先,概述了车载信号系统的基本组成和功能;接着,详细分析了常见的故障类型及其原因;然后,提出了一套系统的故障诊断流程和有效的故障处理措施;最后,为提高故障处理效率,提出了针对性的策略与建议。本文的研究成果旨在为城市轨道交通车载信号系统的故障处理提供科学依据和实践指导,确保列车运行的安全性和高效性。

关键词: 城市轨道交通; 车载信号; 故障处理

引言: 城市轨道交通作为现代城市公共交通的重要组成部分,其安全、高效运行对于缓解城市交通拥堵、提升城市形象具有重要意义。车载信号系统作为轨道交通列车的“大脑”,负责列车的安全防护、自动驾驶及与地面控制中心的通信,其稳定性和可靠性直接关系到列车运行的安全和效率。然而,在实际运营过程中,车载信号系统难免出现故障,影响列车正常运行。因此,开展城市轨道交通车载信号故障处理研究,对于提高列车运行安全性和效率、减少故障对运营的影响具有重要意义。

1 城市轨道交通车载信号系统概述

1.1 车载信号系统的组成与原理

(1) 硬件组成部分。城市轨道交通车载信号系统的硬件主要包括ATP(列车自动防护)系统、ATO(列车自动驾驶)系统以及通信单元(在全自动运行系统中还包含实现自动休眠唤醒的辅助驾驶设备)等。ATP系统负责列车的安全防护,确保列车在允许的速度和范围内运行,防止超速和追尾等事故。ATO系统则负责列车的自动驾驶,根据预设的运行图和线路条件,自动控制列车的加速、惰行和制动。通信单元负责列车与地面控制中心之间的数据传输,确保信息的实时性。在全自动运行系统中,辅助驾驶设备完成列车休眠唤醒过程中对整列车的供电和断电功能。(2) 软件系统与功能。车载信号系统的软件系统实现了对硬件设备的控制和监视功能。它根据ATP和ATO系统提供的数据,进行列车定位、速度监控、移动授权管理等操作。软件系统能够实时更新列车的运行状态,并根据需要调整列车的控制策略,确保列车安全、高效地运行^[1]。(3) 信号传输与处理机制。

车载信号系统的信号传输主要依赖于无线通信。无线通信具有传输速度快、覆盖范围广等优点,适用于列车与地面控制中心之间的远距离通信。

1.2 车载信号系统的作用与功能

(1) 超速防护与方向监督。ATP系统不断根据地面设备发送的移动授权对运行范围进行控制,防止列车进入未获得移动授权的轨道。确保列车在安全速度下运行,避免超速。同时,方向监督功能能够监测列车在“反方向”运行中的任何移动,一旦超过规定值,便实施紧急制动。(2) 车门监督与模式监督。车载信号系统能够监督车门的状态,确保在列车未停稳在站台时车门不会开启。同时,它还能对列车的驾驶模式进行监督,防止列车在不允许的驾驶模式下运行。(3) 自动驾驶与自动停车功能。ATO系统能够根据地面移动授权实现对列车迁移、制动、保证列车以恰当的速度的运行,包括列车精确停车和自动开关门作业等功能。它能够使列车按照最佳工况正点、安全、平稳地运行,同时减少牵引、惰行和制动之间的转换,降低能源消耗实现节能的目的。

2 城市轨道交通车载信号常见故障分析

2.1 故障类型与分类

(1) 板卡故障。硬件板卡是车载信号系统的核心组成部分,负责信号的处理和传输。然而,由于长时间运行、振动、灰尘积累等因素,板卡上的元件可能会出现老化、损坏或接触不良等问题,导致信号传输和处理异常。常见的板卡故障包括元件烧毁、焊点脱落、电容漏电等。(2) 电缆与连接器故障。电缆和连接器是连接车载信号系统各个部件的重要纽带。然而,由于环境侵蚀、振动、人为损坏等原因,电缆可能会出现断裂、磨损或短路等问题,连接器则可能出现接触不良或松动等情况。这些故障都会导致信号传输中断或失真,从而影

基金项目: 城市轨道交通装备信号系统检测及安全评估公共服务平台(2022-233-225)

响列车的正常运行^[2]。(3) 软件故障。软件是车载信号系统的“大脑”，负责控制列车的运行逻辑和状态监测。然而，由于软件程序本身的错误、数据异常或通信问题，软件故障时有发生。常见的软件故障包括ATP系统打叉（即ATP系统因异常而导向安全侧）、ATP系统降级（即无法正确识别列车位置或速度信息，导致列车无法高速行驶，需由司机目视行车）、ATO无法驾驶（即自动驾驶系统无法启动或无法正确执行驾驶指令）等。

(4) 外部干扰导致的故障。外部干扰也是导致车载信号系统故障的重要原因之一。常见的外部干扰包括雷电、电磁辐射、无线电信号等。这些干扰可能会干扰信号传输，导致通信中断或误报，甚至触发紧急制动等安全措施。

2.2 故障原因剖析

(1) 设备老化与磨损。随着使用时间的增加，车载信号系统的设备会逐渐老化，性能下降。元件的老化、磨损和松动等问题会逐渐显现，导致故障频发。(2) 环境因素影响。环境因素对车载信号系统的运行稳定性有着重要影响。过高的温度可能导致设备过热，降低性能；过大的湿度则可能导致电路短路或元件腐蚀。此外，灰尘、油污等污染物也可能对系统造成损害。(3) 人为操作失误或维护不当。人为操作失误或维护不当也是导致车载信号系统故障的重要原因之一。操作人员的疏忽大意、技能不足或维护不当都可能导致设备损坏或性能下降。(4) 系统设计与制造缺陷。系统设计和制造过程中的缺陷也可能导致车载信号系统出现故障。例如，设计不合理的板卡布局、元件选型不当或制造工艺不过关等问题都可能影响系统的稳定性和可靠性。

3 城市轨道交通车载信号故障处理方法

3.1 故障诊断流程

(1) 故障信息采集与存储。当车载信号系统出现故障时，首先需要通过系统的监测和诊断功能，采集故障发生时的相关信息，包括故障发生的时间、地点、故障类型、故障代码等。这些信息对于后续的故障分析和处理至关重要。为了确保信息的准确性和完整性，需要将采集到的故障信息及时存储到专用的故障数据库中，以便后续分析和追溯。(2) 故障代码分析与解读。故障代码是车载信号系统在出现故障时自动生成的，它包含了故障发生的原因、位置等关键信息。因此，对故障代码进行准确的分析和解读是故障诊断的关键步骤。需要根据车载信号系统的技术手册和故障代码对照表，对采集到的故障代码进行逐一分析，确定故障的具体类型和可能的原因。(3) 利用诊断工具进行故障定位。在确定了故障的大致类型和原因后，需要进一步利用车载信号系

统的诊断工具进行故障定位。这些诊断工具通常包括在线监测软件、示波器、万用表等，它们可以帮助技术人员快速、准确地找到故障的具体位置。通过连接诊断工具到车载信号系统的相关部件上，可以实时监测信号的状态、电压、电流等参数，从而确定故障的具体位置和性质^[3]。

3.2 故障处理措施

(1) 板卡替换与测试。对于板卡故障，通常需要采取替换和测试的处理措施。首先，需要找到故障板卡的具体位置，并将其从系统中拆除。然后，从备件库中取出相同型号的板卡进行替换。在替换完成后，需要对新板卡进行测试，确保其能够正常工作。测试过程中，需要重点关注板卡上的关键元件、接口和信号传输通道是否正常。(2) 电缆与连接器检查与更换。对于电缆与连接器故障，需要检查电缆的完整性、连接器的接触情况和绝缘性能。如果发现电缆断裂、磨损或连接器接触不良等问题，需要及时更换或修复。在更换或修复完成后，需要对电缆和连接器进行测试，确保其能够正常传输信号。测试过程中，需要关注信号的传输质量、稳定性和抗干扰能力。(3) 软件更新与重启。对于软件故障，通常需要通过软件更新或重启来解决问题。软件更新可以修复程序中的错误和漏洞，提高系统的稳定性和性能。而软件重启则可以将系统恢复到初始状态，消除由于配置错误或数据异常导致的故障。在进行软件更新或重启前，需要备份好系统中的重要数据，并确保更新或重启过程不会对系统的其他部分造成影响^[4]。(4) 外部干扰排除与系统重启。对于外部干扰导致的故障，需要首先排除干扰源。例如，对于雷电干扰，需要安装避雷针和防雷设备；对于电磁辐射干扰，需要采取屏蔽措施。在排除干扰源后，需要对系统进行重启，以恢复系统的正常运行状态。在重启过程中，需要关注系统的启动过程、信号传输情况和列车运行状态，确保系统能够正常工作。

4 提高车载信号故障处理效率的策略与建议

4.1 加强维护人员培训与技术提升

(1) 定期开展培训课程与技能考核。为了提升维护人员的专业技能和故障处理能力，应定期开展培训课程，内容涵盖车载信号系统的基本原理、故障类型、诊断方法以及处理技巧等。同时，结合实际操作案例进行演示和讲解，使维护人员能够更好地理解和掌握故障处理技能。此外，还应定期进行技能考核，通过模拟故障处理场景，检验维护人员的实际操作能力和故障处理效率，对于表现优秀的维护人员给予适当的奖励，以激励

其不断提高自身技能水平。(2)引入先进故障处理技术与工具。随着科技的发展,越来越多的先进故障处理技术和工具被应用于城市轨道交通领域。为了提升故障处理效率,应积极引入这些技术和工具,如智能诊断系统、远程监控平台等。这些技术和工具能够帮助维护人员快速定位故障、分析故障原因,并提供相应的处理建议,从而缩短故障处理时间,提高处理效率。

4.2 完善故障处理流程与规范

(1)制定详细的故障处理操作手册。为了规范故障处理流程,应制定详细的故障处理操作手册。该手册应涵盖各种故障类型、故障现象、故障原因、处理步骤以及注意事项等,为维护人员提供全面的故障处理指导。同时,手册还应定期更新,以反映最新的故障处理技术和经验。通过制定详细的故障处理操作手册,可以确保维护人员在处理故障时能够遵循统一的标准和流程,提高处理效率和准确性。(2)明确故障处理责任与分工。在故障处理过程中,应明确各个岗位的责任和分工。例如,调度员负责接收和记录故障信息,并协调相关部门进行处理;维护人员负责现场故障诊断和处理;技术支持人员负责提供技术指导和支

4.3 优化车载信号系统设计与制造

(1)提高设备质量与可靠性。车载信号系统的设备质量和可靠性是保障其稳定运行的关键。因此,在设计

4.4 建立故障预警与应急响应机制

(1)利用大数据与人工智能技术实现故障预测。大数据和人工智能技术的快速发展为故障预测提供了新的途径。构建智能运维系统,通过收集和分析车载信号系统的运行数据、历史故障数据以及外部环境数据等,可以构建故障预测模型,实现对系统故障的提前预警。这不仅可以帮助维护人员提前采取预防措施,减少故障发生的可能性;还可以为故障处理提供宝贵的时间窗口,提高处理效率。(2)制定应急响应预案并定期组织演练。为确保应对突发故障的高效性,需制定全面的应急响应预案。此预案应包含各类故障场景、处理流程、责任划分、资源调配及后续措施等,确保故障时相关人员能迅速、有序行动,减轻对列车运行的影响。定期组织演练至关重要,通过模拟真实故障,使维护人员在实战环境中提升应对能力,检验预案有效性,并据此调整和完善预案。此外,演练能增强维护人员的心理素质和应变能力。借助大数据与人工智能(AI)技术,构建智能应急指挥系统,将预案形成知识库,结合故障日志,运用自然语言处理(NLP)技术解析知识库,快速抽取关键信息辅助决策,能有效提升应急策略生成效率,使应急响应更加智能化和高效化。

结束语

综上所述,城市轨道交通车载信号故障处理研究对保障列车安全高效运行至关重要。本研究通过全面分析故障类型与成因,提出了针对性的诊断与处理措施,并强调了人员培训、流程优化、系统升级与预警机制构建的重要性。未来,应持续探索新技术应用,强化故障预防与应急响应能力,不断提升车载信号系统的稳定性和可靠性,为城市轨道交通的持续发展贡献力量,确保公众出行安全与便捷。

参考文献

- [1]胡昇鸣.探讨城市轨道交通车载信号速度传感器干扰问题[J].建筑技术科学,2024,(04):41-42.
- [2]何国娟.试论城市轨道交通车载信号故障处理[J].工程地质学,2020,(03):36-37.
- [3]徐慧星.试论城市轨道交通车载信号故障处理[J].工程地质学,2020,(10):98-99.
- [4]张丹,于洋.试论城市轨道交通车载信号故障处理[J].建筑技术科学,2021,(07):77-78.