

轨道交通地铁行业TIAS系统故障诊断与维护策略研究

李晓栋

北京和利时系统集成有限公司 北京 100000

摘要: 本文探讨了轨道交通地铁行业中TIAS系统的基本原理、结构及其在地铁行业的应用特点。通过分析地铁行业TIAS系统常见的故障原因,如设备老化、外部环境干扰和人为操作失误等,文章提出了多种故障诊断技术,包括自诊断功能、直接观察测量、替换对比与分段查找以及利用专业诊断软件与工具。文章还研究了TIAS系统的维护策略,包括日常维护计划的制定、预防性维护措施的实施以及维护人员的培训与技能提升。

关键词: 轨道交通; 地铁行业; TIAS系统; 故障诊断; 维护策略

1 TIAS 系统基本原理与结构

1.1 TIAS系统概述

TIAS系统,即列车综合自动化系统,是将传统信号系统和综合监控系统进行深度集成的系统,是地铁自动化控制领域的核心系统之一。其核心原理基于集成化与智能化控制理念,通过构建分层分布式架构实现对地铁运营全流程的协同管理。整个系统由下至上通常包括现场设备控制层、区域集中监控层和中央综合管理层。现场设备控制层直接对接轨道、供电、通信系统等各类现场设备,实时采集运行参数并执行控制指令;区域集中监控层负责汇总辖区内设备状态信息,进行局部调度与优化;中央综合管理层则从全局视角对地铁运营进行统筹规划、资源调配和应急指挥,实现运营效率与安全性的最大化^[1]。

1.2 TIAS系统结构分析

TIAS系统主要由现场控制终端、区域监控工作站、中央管理服务器及专用通信网络构成。现场控制终端集成传感器与执行器,负责实时监测轨道状况、设备运行参数并反馈至上层系统;区域监控工作站提供可视化操作界面,支持调度员进行列车运行监控、信号控制和设备状态管理;中央管理服务器作为系统核心,整合全线数据,实现列车运行优化、能耗管理和应急响应决策。高可靠性通信网络采用冗余设计,确保数据的实时、准确传输。另外,系统还配备工程师工作站,用于系统配置、程序更新和故障诊断,保障系统的持续稳定运行。

1.3 地铁行业中TIAS系统的应用特点

在地铁行业中, TIAS系统展现出显著的应用特性。其一,实现列车运行全流程智能化调度,通过实时分析客流数据、轨道状态和列车位置,动态调整行车计划,提升运营效率与乘客服务质量;其二,构建全方位安全监控体系,实时监测供电系统、隧道环境、设备状态

等关键指标,一旦检测到异常(如接触网故障、火灾隐患),立即触发报警并启动应急预案;其三,具备深度故障诊断能力,通过大数据分析与机器学习算法,快速定位故障根源并提供维修建议,显著缩短故障修复时间;其四,支持能源精细化管理,通过优化列车运行曲线、协调供电设备启停,降低地铁整体能耗,实现绿色运营。

1.4 地铁行业中TIAS系统的使用案例

北京和利时系统集成有限公司为北京大兴机场线、北京地铁17号线、北京地铁19号线自主研发的TIAS系统采用MACS-SCADA V4软件系统平台,深度集成列车自动监控系统、电力监控系统、环境与设备监控系统等多个系统,界面集成屏蔽门系统、闭路电视系统等,互联时钟系统、门禁系统等多个系统,同时连接列车控制和管理系统,将车辆信息落地。该系统具有内部逻辑运算处理能力,设置多种“模式”,帮助指挥中心对线路上的所有车辆、车站进行集中控制和联动处理。

TIAS系统让地铁在时速100公里下实现全自动运行。可实现列车全自动驾驶、自动休眠唤醒等功能,还能对车站供电系统、通风空调系统、站台门系统、广播等系统进行自动控制和紧急联动。

2 地铁行业 TIAS 系统常见故障原因剖析

2.1 设备老化与磨损

作为地铁运营的核心控制系统, TIAS系统长期处于高强度运行状态,其硬件设备如控制终端、传感器、通信模块等不可避免地面临老化问题。设备内部电子元件因频繁的数据处理与信号传输产生过热、氧化导致系统卡滞等故障。设备老化不仅增加系统故障率,还可能引发连锁反应,威胁地铁运行安全^[2]。

2.2 外部环境干扰

TIAS系统运行环境复杂,面临多种外部干扰。电

磁干扰是主要威胁之一，地铁内高压供电设备、无线通信系统产生的电磁信号易干扰系统数据传输，导致信号失真或误判；隧道内温湿度剧烈变化、粉尘堆积及震动冲击，会加速电子元件性能衰退，影响设备稳定性。此外，极端天气可能破坏通信线路或供电系统，间接引发TIAS系统故障。

2.3 人为操作失误与维护不当

人为因素是TIAS系统故障的重要诱因。操作人员因操作不规范、应急处置经验不足，可能误发控制指令或漏报故障信息，维护人员若对系统架构理解不足、技术更新滞后，易出现设备检修不到位、参数配置错误等问题。

3 轨道交通地铁行业 TIAS 系统故障诊断技术应用

3.1 自诊断功能与报警信息分析

TIAS系统内置的自诊断模块是其智能化故障诊断的核心。这一模块能够实时监测系统的硬件状态，包括但不限于CPU负载、内存占用率、通信链路的质量以及电源稳定性等关键参数。当检测到任何异常时，自诊断模块能够自动识别故障类型，并根据故障的严重程度触发分级报警机制。报警信息不仅包含具体的故障代码，还详细记录了故障发生的时间、影响的范围以及初步的原因分析，这些信息对于运维人员快速定位问题至关重要。另外TIAS系统会对运行过程中产生的各种模拟量数字量信号进行实时监测和分析。当信号出现异常变化，可据此判断相关设备或线路可能出现故障。例如，通过监测通信信号的质量和稳定性，及时发现通信系统中的故障隐患。

3.2 直接观察与测量法

尽管TIAS系统的自诊断功能日益强大，但直接观察与测量仍然是故障诊断不可或缺的基础手段。维修人员通过直观检查设备的外观，如指示灯的状态、线路连接的牢固性、元件是否有烧焦痕迹等，可以初步判断是否存在故障迹象。此外，聆听设备运行时的声音也是重要的诊断方法之一，因为异常的噪音往往预示着设备内部的问题。为了更精确地诊断故障，维修人员还会使用各种测量工具，如万用表、示波器和红外热成像仪等。这些工具能够测量电压、电流、信号波形和设备温度等关键参数，进一步验证故障点的存在。

3.3 替换对比与分段查找法

当直接观察与测量难以快速定位故障时，替换对比法和分段查找法便显得尤为重要。替换对比法通过替换疑似故障的部件，观察系统运行状态是否恢复，从而快速锁定故障点。这种方法虽然简单直接，但需要建立完善的备件库以支持快速替换。然而，其显著缩短了故障

排查时间，降低了对地铁运营的影响。分段查找法则是一种更为细致和系统化的诊断方法。它将整个TIAS系统划分为若干逻辑子系统，如供电监控模块、列车调度模块等。通过逐一隔离测试这些子系统，运维人员可以逐步缩小故障范围，最终精确到具体的故障元件。这种方法尤其适用于复杂系统的深度故障定位，虽然耗时较长，但准确性高^[3]。

3.4 利用专业诊断软件与工具

随着信息技术的飞速发展，专业诊断软件在TIAS系统故障诊断中的应用越来越广泛。这些软件通过整合系统运行数据，构建故障诊断模型，能够实现对设备状态的实时监测和故障预警。例如，基于神经网络算法的诊断软件能够分析设备振动频率、电流波动等多维数据，识别潜在的故障模式。频谱分析工具则能够检测信号干扰源，通过波形对比定位通信故障，确保地铁列车与中央控制系统之间的通信畅通无阻。另外，专业诊断软件还支持远程诊断功能，工程师可以通过网络实时获取设备状态信息，进行故障模拟和修复验证。这不仅提高了诊断效率和准确性，还减少了现场维修的工作量，降低了运维成本。同时，远程诊断还能够实现专家资源的共享和优化配置，使得地铁系统的整体运维水平得到显著提升。

4 轨道交通地铁行业 TIAS 系统维护策略研究

4.1 日常维护计划制定

科学的日常维护计划是确保TIAS系统持续稳定运行的基础。这一计划应涵盖硬件、软件、网络以及环境监控等多个维度，形成一套系统化的维护流程。（1）硬件维护：硬件是TIAS系统的物理基础，其状态直接影响系统的整体性能。日常维护中，需定期对设备进行清洁，去除积尘，保持散热通道畅通，避免因过热导致的性能下降或故障，检查线路连接是否紧固，防止因接触不良引起的信号失真或通信中断。散热系统的检查同样不可忽视，确保风扇、散热片等部件工作正常，避免因散热不良导致的硬件损坏。（2）软件维护：软件是TIAS系统的灵魂，其稳定性和安全性直接关系到系统的运行效率和数据安全。日常维护中，应定期备份系统数据，以防数据丢失或损坏，定期进行病毒查杀和补丁更新，及时修复安全漏洞，防止恶意软件的入侵。另外，还需关注软件的兼容性，确保新老硬件和软件版本之间的顺畅交互。（3）网络维护：网络是TIAS系统中信息传输的通道，其性能直接影响系统的响应速度和稳定性。日常维护中，应监测带宽利用率和链路延迟，及时发现并解决网络瓶颈问题，优化网络拓扑结构，提高网络的可靠

性和灵活性。(4) 环境监控: 机房环境对TIAS系统的运行有着重要影响。日常维护中, 需重点关注机房的温湿度、电磁干扰强度等参数, 确保它们处于系统运行的适宜范围内。另外, 还需定期检查机房的防火、防雷设施, 确保系统的安全运行。日常维护计划的制定应结合历史故障数据, 对高风险设备增加巡检频次, 同时预留灵活调整空间以应对突发情况。通过科学合理的日常维护, 可以有效延长设备的使用寿命, 降低故障发生率, 提高系统的整体性能。

4.2 预防性维护措施实施

预防性维护是通过一系列措施提前发现并解决潜在问题, 从而降低系统故障率的有效手段。在TIAS系统的维护中, 预防性维护措施的实施至关重要。(1) 系统升级与软件更新: 定期对TIAS系统进行软件升级, 不仅可以修复已知安全漏洞, 还可以优化功能模块, 提升系统性能。升级前, 需完成数据备份工作, 确保在升级过程中数据不丢失。同时, 进行兼容性测试, 确保新老软件版本之间的顺畅交互。升级后, 还需开展全流程功能验证, 确保新功能稳定运行且不影响原有业务。另外, 跟踪行业技术发展趋势, 适时引入新技术, 不断提升系统性能。(2) 硬件老化与磨损预测及更换: 硬件设备的老化和磨损是导致系统故障的重要原因之一。通过设备状态监测(如振动分析、绝缘电阻测试)和寿命预测模型, 可以评估硬件的剩余使用寿命。对接近使用寿命的关键部件(如核心控制器、通信模块等), 应提前制定更换计划, 并充分利用停运时段完成更换工作, 以减少对地铁运营的影响, 建立硬件备件库, 确保在紧急情况下能够迅速更换故障部件^[4]。(3) 网络通信稳定性与安全性提升: 网络通信的稳定性和安全性是TIAS系统正常运行的关键。优化网络拓扑结构, 采用双链路冗余设计, 可以增强网络的可靠性, 避免因单点故障导致的网络中断, 部署入侵检测系统、防火墙等安全设备, 加密敏感数据传输, 防范网络攻击和数据泄露。定期开展网络压力测试, 模拟高并发场景, 及时发现并解决潜在瓶颈问题, 确保网络通信的稳定性和高效性。

4.3 维护人员培训与技能提升

维护人员作为TIAS系统维护策略的核心执行者, 其

专业技能和知识水平的持续提升对于保障系统长期稳定运行至关重要。因此, 需建立一套全面的培训体系, 针对不同技术水平的维护人员实施分层培训。新员工需重点掌握系统原理、基础操作及安全规范, 通过系统培训快速融入工作; 而对于资深工程师, 则组织参与新技术研讨会、故障案例分析会等活动, 以促进对前沿技术的探索, 分享故障处理心得, 增强复杂问题解决能力和创新意识。培训过程中, 强调理论与实践的紧密结合, 通过模拟故障场景下的诊断与修复操作, 切实提升维护人员的实战能力和应急响应速度。同时引入定期技能考核与认证机制, 客观评价并发现技能短板, 为针对性培训提供方向, 并将考核结果作为晋升、奖励的参考依据, 激发持续学习动力。另外, 定期组织应急演练, 模拟重大故障场景, 检验应急预案的有效性, 增强应急处置与团队协作能力, 并根据演练反馈不断优化预案。为促进知识共享与技术进步, 搭建维护人员交流平台, 鼓励分享工作经验与技术心得, 利用网络渠道获取行业最新动态与解决方案。

结束语

综上所述, 轨道交通地铁行业TIAS系统的故障诊断与维护策略是确保地铁安全高效运行的关键。通过深入分析故障原因并采取有效的诊断与维护措施, 可以显著提升系统的稳定性和可靠性。未来, 随着技术的不断发展, 应进一步探索更加智能和高效的故障诊断与维护方法, 以适应地铁行业日益增长的安全与效率需求。

参考文献

- [1]花玲玲,常凯兵.现代有轨电车信号控制系统设计与关键技术研究[J].智慧轨道交通,2024,61(3):36-41.DOI:10.3969/j.issn.2097-0366.2024.03.006.
- [2]景顺利.一种有轨电车跟踪方法的设计与实现[J].铁路通信信号工程技术.2023,20(1).DOI:10.3969/j.issn. 1673-4440.2023.01.017.
- [3]刘昌录.轨道交通信号设备的维护与故障排除实践[J].经济师,2024,(08):288-289.
- [4]赵磊.轨道交通信号设备的故障定位方法研究[J].交通与运输,2024,40(04):64-68.