

城市轨道交通ATS系统自动化运维优化策略研究

郑涛

云南建轨道交通投资建设有限公司, 中国·云南 昆明 650000

摘要: 随着城市轨道交通网络化、高密度化运营发展, ATS 系统作为行车调度指挥的核心信号设备, 其运行稳定性直接关系行车组织效率与运营安全。传统 ATS 运维模式以人工巡检、事后故障处置、经验化维保为主, 存在运维效率偏低、故障发现滞后、数据利用率不高、运维成本较高等问题。本文结合轨道交通信号现场运维实际, 从自动化运维体系构建、设备状态监测、故障智能诊断、预防性维护、班组运维管理等方面展开研究, 提出针对性的 ATS 系统自动化运维优化策略, 通过完善自动化监测手段、优化故障处置流程、建立数据驱动的维保机制, 实现 ATS 系统从被动抢修向主动预防、人工经验向智能运维的转变。经现场应用验证, 优化策略可有效提升 ATS 设备运行可靠性、降低故障发生率、缩短故障处置时长, 为轨道交通 ATS 信号系统运维管理提供实践参考。

关键词: 城市轨道交通; ATS 系统; 信号设备; 自动化运维; 故障诊断; 优化策略

Research on Optimization Strategies for Automated Maintenance of Urban Rail Transit ATS Systems

Zheng Tao

Yunnan Jingjian Rail Transit Investment and Construction Co., Ltd., China Yunnan Kunming 650000

Abstract: With the development of urban rail transit towards networked and high-density operations, the ATS system, as the core signaling equipment for train dispatching and command, directly affects the efficiency of train operation organization and operational safety. The traditional ATS maintenance mode mainly relies on manual inspection, post-fault handling, and experience-based maintenance, which leads to low maintenance efficiency, delayed fault detection, low data utilization, and high maintenance costs. This paper, based on the actual maintenance of rail transit signaling equipment, conducts research from the aspects of constructing an automated maintenance system, equipment status monitoring, intelligent fault diagnosis, preventive maintenance, and team maintenance management. It proposes targeted optimization strategies for the automated maintenance of ATS systems. By improving automated monitoring methods, optimizing fault handling processes, and establishing a data-driven maintenance mechanism, the ATS system can shift from passive repair to proactive prevention and from manual experience to intelligent maintenance. Field application verification shows that the optimization strategies can effectively improve the reliability of ATS equipment operation, reduce the incidence of faults, and shorten the time for fault handling, providing practical references for the maintenance management of rail transit ATS signaling systems.

Keywords: Urban rail transit; ATS system; Signaling equipment; Automated maintenance; Fault diagnosis; Optimization strategies

0 引言

ATS 作为城市轨道交通行车组织的核心系统, 承担列车监控、调度等关键职能, 是保障列车安全高效运行的“中枢神经”, 其稳定运行直接决定轨道交通运营安全与服务品质, 是支撑轨道交通高质量运营的关键。当前 ATS 系统普遍采用传统人工运维模式, 该模式在运营初期可满足简单需求, 但随着运营负荷提升、设备复杂度增加及可靠性要求提高, 其短板日益凸显, 高度依赖人员经验, 存在故障判断滞后、处置低效、误判率高及无法实时监测预警等问题, 已成为制约运营效率与安全的瓶颈。

在数字化智能化技术快速发展背景下, 自动化、智能化运维成为轨道交通信号系统发展必然趋势, 依托大数据、人工智能等技术, 可推动 ATS 运维从“被动抢修”向“主动预防”“人工操作”向“智能管控”转变, 有效破解传统运维痛点, 契合行业高质量发展需求。因此, 优化 ATS 运维模式具有重要现实意义与研究价值, 可从运营安全、运维成本、作业效率三个层面, 为轨道交通高效安全运营提供支撑。

1 ATS 系统运维现状及存在问题分析

当前 ATS 系统传统人工运维模式已难以适配高负荷、

高可靠的运营需求,在实际运维过程中暴露出诸多突出问题,主要集中在六个方面,严重制约了运维效率与运营安全。

(1) 监测手段单一,传统运维主要依赖运维人员人工巡视、现场检查的方式开展设备监测,缺乏自动化、智能化的实时状态监测手段,无法实现对系统设备运行状态的 24 小时不间断监测,往往只能在设备出现明显故障后才能发现问题,难以捕捉早期隐患。

(2) 故障处置被动,传统运维模式以“事后抢修”为核心,缺乏对设备故障的提前预警和预判能力,无法通过数据分析提前识别设备潜在故障,往往是在故障发生、影响行车运营后才启动处置流程,导致故障处置滞后,增加了运营风险与损失。

(3) 数据管理薄弱,ATS 系统运行过程中产生的设备运行数据、故障记录、巡检结果等分散存储在不同的终端或台账中,未形成统一的自动化分析体系,数据无法实现共享、整合与深度分析,难以通过数据挖掘发现设备运行规律、预判故障趋势,数据价值未得到充分发挥。

(4) 维保方式粗放,传统运维采用“定期维保、一刀切”的模式,无论设备运行状态好坏、老化程度高低,均按照固定周期开展维保工作,既造成了维保资源的浪费,也无法针对运行状态较差、隐患较多的设备实施差异化、精准化维护,维保效果不佳。

(5) 运维效率偏低,人工台账记录繁琐、耗时耗力,且易出现记录错误;跨站故障排查需要运维人员往返不同站点,耗时较长;同时,班组之间的协同配合缺乏高效的沟通机制,信息传递不及时,导致整体运维效率偏低,无法快速响应运营需求。

(6) 人员经验依赖强,故障判断、隐患排查主要依靠运维人员的个人经验积累,缺乏标准化的故障诊断流程和自动化的辅助诊断工具,导致故障误判率较高,且运维水平受人员专业素养、经验差异影响较大,标准化、自动化程度不足,难以保障运维质量的稳定性。

2 实施自动化运维优化的必要性

实现轨道交通 ATS 系统自动化运维,是城市轨道交通未来发展的必然趋势,其必要性体现于:

(1) 提升 ATS 系统的可靠性:

轨道交通 ATS 系统作为提高行车效率的重要系统,自动化运维能够实现对设备状态实时监测、故障提前预警和快速处置,有效降低设备故障发生率,缩短故障处置时间,确保 ATS 系统持续稳定运行。

(2) 降低人工成本,提升班组运维规范化水平:

自动化运维通过智能化、自动化设备替代人工完成巡检、数据记录、故障初判等重复性工作,大幅减少运维人员的现场作业量,降低员工劳动强度;同时,自动化运维依托标准化的流程和数据支撑,规范运维操作,减少人为操作差异,提升运维班组的规范化、标准化水平。

(3) 减少人为造成设备故障的可能性:

在传统模式中,ATS 系统的运维对运维人员的经验要求很高,员工对设备不熟悉会导致在运维过程中人为造成设备故障。自动化运维通过智能诊断工具实现故障精准定位、标准化处置,减少对人工经验的依赖,有效降低人为导致故障的可能性;同时,实时监测与预警机制能够让运维人员在故障发生初期,提供大量可用的信息给维护人员,减少故障对运营的影响。

3 ATS 系统自动化运维优化具体策略

3.1 构建自动化实时状态监测体系

构建自动化实时状态监测体系是 ATS 系统自动化运维优化的基础,核心是实现设备状态的全方位、无死角监测,替代传统人工巡检,提升监测效率与精准度,具体从四个方面推进。一是建立 ATS 设备多维度自动化监测项,全面覆盖 ATS 系统核心设备与关键环节,包括服务器运行状态、工作站操作状态、通信网络链路稳定性、各系统接口联动状态、软件进程运行情况、磁盘使用率、内存占用等,确保监测无遗漏,精准捕捉设备各类异常信号。二是搭建远程自动化监测平台,整合中心与车站 ATS 设备监测资源,实现中心对全线路车站 ATS 设备的集中监控,打破地域限制,运维人员可通过平台实时查看所有设备运行状态,无需现场值守,大幅提升监测的便捷性。三是配置异常状态自动告警、声光提醒、分级推送机制,根据异常严重程度划分告警等级,轻微异常仅推送至对应运维班组,严重异常同步推送至运维管理部门,同时触发声光提醒,确保运维人员第一时间知晓异常情况,快速响应处置。四是实现监测数据自动存储、自动记录,系统自动留存所有监测数据、异常信息,形成标准化电子台账,替代传统人工巡检台账,既减少人工记录工作量,又确保台账信息的准确性、完整性,为后续数据分析、故障追溯提供可靠数据支撑。

3.2 优化故障自动化诊断与快速处置策略

针对传统故障处置被动、效率低下的问题,优化故障自动化诊断与快速处置策略,核心是实现故障“自动识别、精准研判、快速处置、闭环管理”,具体优化措施包括四

点。一是梳理 ATS 典型故障库, 全面汇总 ATS 系统运行过程中常见的设备故障、通信故障、软件故障等, 明确各类故障的特征、表现形式及处置方法, 建立故障特征与告警信息的关联规则, 为故障自动诊断提供数据支撑。二是实现故障信息自动抓取、故障类型自动识别、故障原因初步研判, 依托自动化监测平台, 系统自动抓取故障告警信息, 结合故障库关联规则, 快速识别故障类型, 初步研判故障发生原因、影响范围, 减少人工判断环节, 降低误判率。三是制定标准化自动化故障处置流程, 针对不同类型的故障, 固化处置步骤、操作规范, 明确处置责任与时限, 简化人工排查步骤, 引导运维人员按照标准化流程快速处置故障, 提升处置效率。四是实现故障处置过程电子化记录、自动归档, 系统自动记录故障发生时间、告警信息、处置过程、处置结果等内容, 完成处置后自动归档至故障库, 形成“故障发生—诊断—处置—归档”的可追溯闭环, 为后续故障分析、运维优化提供参考。

3.3 推行基于状态的自动化预防性维护

打破传统“定期维保、一刀切”的粗放模式, 推行基于设备运行状态的自动化预防性维护, 实现维保精准化、高效化, 具体从四个方面落实。一是利用自动化采集的运行数据, 通过大数据分析技术, 深入分析设备老化趋势、故障高发周期、运行负荷与故障的关联关系, 精准掌握每台设备的运行状态, 识别设备潜在隐患。二是建立差异化维保计划, 根据设备运行状态、老化程度、故障高发情况, 为不同设备制定个性化维保方案, 替代固定周期的粗放式维保, 对运行状态较差、隐患较多的设备加密维保频次, 对运行稳定的设备适当延长维保周期, 合理分配维保资源, 提升维保效果。三是实现维保任务自动提醒、执行进度自动跟踪、维保效果自动评估, 系统根据差异化维保计划, 自动向运维班组推送维保任务提醒, 实时跟踪维保任务执行进度, 维保完成后, 结合设备后续运行数据, 自动评估维保效果, 及时调整维保策略。四是针对重复故障开展自动化统计分析, 系统自动统计重复发生的故障类型、发生地点、影响范围, 深入分析故障重复发生的根源, 从设备配置、运行环境、维护流程等方面优化, 从源头改善设备运行状态, 减少重复故障发生。

3.4 运维流程自动化与班组管理优化

围绕运维流程简化、班组效率提升, 推进运维流程自动化与班组管理优化, 实现运维工作标准化、高效化, 具体优化措施包括四点。一是实现运维报表、巡检记录、故障报告自动生成, 系统根据监测数据、故障记录、维保情

况, 自动生成各类运维报表、巡检记录和故障报告, 减少人工填报工作量, 避免人工填报错误, 提升报表数据的准确性与及时性。二是实现班组运维任务自动化派发、作业完成度自动统计, 运维管理部门可通过系统下发运维任务, 系统自动将任务派发至对应班组及个人, 实时统计任务完成进度、完成质量, 便于管理部门掌握运维工作开展情况, 合理调配人力。三是建立运维知识库, 整合故障案例、处置方法、运维规范等内容, 实现故障案例自动推送, 当发生同类故障时, 系统自动向运维人员推送相关案例及处置方案, 帮助运维人员快速掌握处置方法, 尤其提升新人的故障处置能力。四是强化班组协同, 搭建班组协同沟通平台, 实现跨站 ATS 故障信息实时共享、远程协助, 当某一车站出现复杂故障时, 其他车站运维人员可通过平台提供技术支持, 减少跨站故障排查耗时, 提升班组协同效率。

3.5 系统备份与应急保障自动化优化

为提升 ATS 系统抗风险能力, 确保系统故障后快速恢复, 优化系统备份与应急保障自动化水平, 具体从三个方面推进。一是实现 ATS 系统配置、运行日志、关键数据自动化定时备份, 根据系统运行需求, 设置合理的备份周期, 系统自动完成数据备份, 备份数据存储在专用服务器, 确保数据安全, 防止因数据丢失导致系统无法正常恢复。二是固化应急操作流程, 针对系统崩溃、重大故障等异常情况, 制定标准化应急操作流程并固化到系统中, 实现异常情况下一键应急切换、快速恢复, 减少人工操作环节, 缩短应急处置时间, 降低故障对运营的影响。三是完善冗余设备自动化切换测试, 定期对 ATS 系统冗余设备进行自动化切换测试, 检查冗余设备运行状态、切换灵敏度, 及时发现冗余设备存在的问题并整改, 确保系统冗余可靠, 当主设备出现故障时, 冗余设备能够自动无缝切换, 保障系统持续稳定运行。

4 结语

本文围绕 ATS 系统运维优化展开研究, 针对传统人工运维模式存在的监测单一、故障处置被动、维保粗放等突出问题, 提出了一套全面的自动化运维优化策略。通过构建自动化实时状态监测体系、优化故障自动化诊断与快速处置策略、推行基于状态的自动化预防性维护、优化运维流程与班组管理, 同时完善系统备份与应急保障自动化机制, 形成了覆盖“监测—诊断—维保—管理—应急”全流程的自动化运维方案。实践表明, 上述自动化运维优化手段, 能够有效替代传统人工运维中的重复性、烦琐性工作, 显著提升 ATS 系统运维质量与效率, 降低设备故障发

生率和故障处置时间,减少人工劳动强度与人为失误,降低运营安全风险,符合轨道交通自动化专业发展方向,具备较强的现场应用价值,能够为城市轨道交通 ATS 系统稳定、高效运行提供可靠支撑。

参考文献:

[1] 李勇. 城市轨道交通列车巡检自动化与智能化应用现状及展望[J]. 隧道与轨道交通, 2025(04):40-43+75. DOI:10.13547/j.cnki.dxgcysd.2025.04.005.

[2] 沈里洋. 基于自动化技术的城市轨道交通智能运维研究[J]. 自动化应用, 2022(11):87-89+93.DOI:10.19769/j.

zdh.2022.11.022.

[3] 王保红, 冯瑜, 刘国帅. 城市轨道交通智能运维需求探讨[J]. 郑州铁路职业技术学院学报, 2022, 34(03):1-5. DOI:10.13920/j.cnki.zztlyjssxyxb.2022.03.012.

[4] 牛涛, 张辉. 城市轨道交通智能运维系统方案研究[J]. 铁道运输与经济, 2022, 44(04):99-105.DOI:10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.2022.04.15.

作者简介: 郑涛(1997.03-), 男, 汉族, 云南昆明人, 硕士研究生, 云南京建轨道交通投资建设有限公司, 工程师, 研究方向: 主要从事轨道交通方向研究。