

城市轨道交通专用通信系统运维难点及策略研究

王渤翔

徐州地铁运营有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

摘要:城市轨道交通专用通信系统是保证行车组织、调度指挥、客运服务和应急处置的重要基础设施, 业务种类多、系统链路长、接口关系复杂、连续运行要求高。伴随着城市轨道交通网络化运营的不断推进, 专用通信系统也从原来的单线支撑转变为跨线联动、集中管理、多专业协同, 运维工作也面临着设备老化、系统异构、故障定位难、作业窗口少、人员能力结构不均衡等现实问题。根据城市轨道交通专用通信系统组成特点及运行规律, 从运维难点出发, 从日常检修、故障处理、资源保障、管理机制等角度进行分析, 并就状态感知、制度优化、流程协同、智能化支撑四个方面提出相应的对策。研究认为, 提高专用通信系统运维水平的关键是创建起以预防为主、状态为辅、响应及时、闭环管理的运行维护体系, 依靠健全的技术监测手段、标准化的作业流程、完备的备件及应急体系、专业的队伍组建来不断提升系统的可靠性、可维护性以及运营保障水平。

关键词:城市轨道交通; 专用通信系统; 运维管理; 故障诊断; 智能化维护

Research on operation and maintenance difficulties and Strategies of urban rail transit dedicated communication system

Wang Boxiang

Xuzhou Metro Operation Co., Ltd, China Jiangsu Xuzhou 221000

Abstract: The special communication system for urban rail transit is an important infrastructure to ensure traffic organization, dispatching command, passenger service and emergency disposal. It has many business types, long system links, complex interface relationships and high requirements for continuous operation. With the continuous promotion of network operation of urban rail transit, the special communication system has also changed from the original single line support to cross line linkage, centralized management, and multi-disciplinary collaboration. The operation and maintenance work is also faced with practical problems, such as aging equipment, heterogeneous systems, difficult fault location, few operation windows, and unbalanced human capacity structure. According to the composition characteristics and operation rules of the special communication system for urban rail transit, starting from the difficulties of operation and maintenance, this paper analyzes it from the perspectives of daily maintenance, fault handling, resource guarantee and management mechanism, and puts forward corresponding countermeasures from four aspects of state perception, system optimization, process coordination and intelligent support. The research shows that the key to improving the operation and maintenance level of the special communication system is to establish an operation and maintenance system with prevention as the main, state as the auxiliary, timely response and closed-loop management, and continuously improve the reliability, maintainability and operation guarantee level of the system by relying on sound technical monitoring means, standardized operation process, complete spare parts and emergency system, and professional team formation.

Keywords: Urban rail transit; Dedicated communication system; Operation and maintenance management; Fault diagnosis; Intelligent maintenance

0 引言

城市轨道交通专用通信系统要完成列车运行控制信息传递、调度指挥联络、乘客信息发布、视频监控传输、应急通信保障等众多任务, 所以它的稳定对城市轨道交通的安全、服务质量以及应急处置都起到决定性的作用。与一般的公共通信网络相比, 轨道交通专用通信系统有封闭性

强、实时性高、业务耦合紧、运行不中断要求严格等特点, 一旦发生通信中断、时钟不准、链路抖动、终端故障等, 都会对行车调度、现场处置、乘客体验造成连锁影响。网络化运营之下, 线路之间、中心和车站之间、多专业系统之间接口增多, 运维工作也不再是单纯的设备检修, 而变成全生命周期的系统性管理工作。因此, 对专用通信系统

运维难点及优化策略进行研究,既有着现实的工程意义,也有利于给城市轨道交通高可靠、强韧性运行提供支持。

1 城市轨道交通专用通信系统运维面临的主要难点

城市轨道交通专用通信系统一般包含传输系统、无线通信系统、调度通信系统、时钟系统、广播系统、视频监控传输、乘客信息系统以及相关网络和终端设备等,设备种类繁多,厂家众多,协议标准不完全统一。在实际运维中首先要面对的就是系统层级复杂导致的排查问题。专用通信不是单个设备独自运行,它依靠骨干传输、站内接入、车地通信、各类终端以及后台平台形成一个链式系统,任何一处出现故障都会导致局部通信失灵、信息滞留、画面卡顿、业务中断等问题发生,运维人员需要具有多专业判断力才能找到原因。其次,轨道交通运营对于窗口期的要求十分严格,很多检修工作只能在夜间短时的天窗内进行,检修时间短,预防性维护、深度排查很难得到充分的实施,一旦错过隐患处理的最佳时机,故障就会在高峰期集中显现出来。再次,专用通信系统同行车、供电、信号、机电等专业联系紧密,很多故障不是通信设备本体出现异常,而是电源波动、环境温湿度变化、接地干扰、光纤衰减、施工扰动等外部因素造成,问题来源分散,责任界限不清,增大了运维管理难度。与此同时,一些线路在建设、开通之初就注重功能的实现,对全生命周期维护考虑不够,造成台账资料不齐全、备件配置不合理、接口文档更新缓慢,给以后的运维留下隐患。再加上部分维护人员对于单项设备的熟悉程度不如系统架构、联动逻辑、故障演化路径掌握得深入,很容易在紧急情况下采取经验性的处理措施,短期内可以恢复业务,但是很难从根本上消除潜在的风险。由此可以看出,城市轨道交通专用通信系统运维的难点不单是设备故障本身,而是由系统复杂性、时间限制、专业协作以及管理机制等各方面因素相互交织而成的一种综合难题。

2 城市轨道交通专用通信系统运维管理的优化方向

2.1 完善全生命周期台账和状态管理机制

提高专用通信系统运维水平首先要从基础管理入手,建立覆盖规划、建设、调试、开通、运行、检修和更新改造全过程的台账体系。对每一个设备、每一个机柜、每一个链路、每一个接口都应该有一个详细的资产信息,即型号、厂家、安装位置、投运时间、版本信息、维护记录、故障记录、更换记录等,并及时进行更新。只有台账准确、

资料齐全,运维人员遇到异常情况的时候才能迅速找到设备边界、技术参数以及相关关联的关系,从而减少因为盲目排查而造成的浪费。同时状态管理不能只是停留在静态记录上,还要结合设备运行日志、告警信息、性能指标、巡检结果等形成动态画像,逐步由原来的“设备是否在线”变为现在的“设备运行是否健康”。对运行时间长、故障次数多或者处在重要节点上的设备要加大重点监控力度,提高巡检频率,加强专项检测,增加备件储备等手段来减少故障发生的概率。台账和状态管理不是简单的资料管理工作,它是后面精准维护、风险预警和应急处置的基础支撑,只有基础数据真实可靠,运维策略才有可执行性、可验证性。

2.2 建立以预防性维护为核心的检修模式

专用通信系统运维不能一直依靠故障之后的抢修,应该逐步向预防性维护和状态检修相结合的模式转变。对传输设备、无线基站、交换设备、核心平台、时钟同步系统等关键设施,按照设备重要程度、运行环境、历史故障规律、厂家技术要求等进行分级分类的检修计划,把周期性巡检、专项测试、性能评价、隐患排查纳入统一安排。预防性维护重点不在于清理、修缮、换易损件,而在于对性能衰减趋势加以剖析,以便提早察觉到光链路衰减变大,供电电压起伏,风扇老去,端口错误率增加,语音品质变差这些风险信号。对这些异常特征做趋势分析,可以给维护决策提供依据,防止设备在高负荷时段突然失效。与此同时检修模式还要强调工单化、闭环化管理,即每一个维护任务都要有明确的责任人、时间节点、处置措施和验收标准,检修完成后及时复核效果并记录结果,形成可以追踪、可以评价的维护链条。把经验性的修理变成标准化的、流程化的、数据化的维护,能有效提高检修质量并改善资源利用状况。

2.3 强化跨专业协同与标准化作业流程

城市轨道交通专用通信系统中许多问题不是通信专业单独可以解决的,因此运维管理必须打破“各管一段”的思维定式,创建起跨专业协同机制。通信系统同供电、信号、机电、土建、综合监控等存在许多接口,任何一个接口的状态发生变化都会对通信设备的正常运转造成影响,在施工改造、线路转换、设备扩容以及灾害应急等情况下,协调不周容易引发重复作业、判断失误或者处置冲突。因此要创建起统一的联动沟通机制,确定各个专业对于故障发现、信息汇报、现场处置、恢复检验等环节所承担的责任界限,塑造起一条“发现—研判—处理—复查—归档”

的标准流程。标准化作业不但可以用于日常的维护工作,也可以用在应急抢修以及大修技改中,只有把关键的步骤、关键的参数和风险点写入作业指导书,才能保证在复杂的环境下处置的一致性。标准化并不等于机械化的执行,而是在统一的规范之下留有灵活判断的空间,使运维人员在遵守制度的基础上根据现场情况采取更为合理的措施。跨专业协同、标准化流程相融合,可以缩减信息断层,加强处置速度,也能削减因人为因素造成的次生危险。

3 面向高可靠运行的专用通信系统运维策略

3.1 构建分层分级的监测与预警体系

为了提高城市轨道交通专用通信系统运行可靠性及风险防控水平,应该建立一个包含核心层、传输层、接入层和终端层的分层监测体系,对关键设备、关键链路和关键业务实行全过程、全要素、全时段的监控。专用通信系统包含传输网络、调度通信、无线通信、广播系统、视频监控系统、时钟系统等众多子系统,各个子系统之间存在着复杂的相互作用,任何一个子系统的异常都会造成连锁反应。因此运维部门应该以统一监控平台为依托,把网络管理系统、设备管理系统、综合监控平台三者有机地融合起来,实现运行数据的集中采集、集中存储、集中分析,创建起一个可视化的、数字化的监测环境。监测内容除了包含设备在线状态、端口运行状态、链路质量、网络流量、误码率、丢包率等技术指标外,还需要包含机房温湿度、电源电压、蓄电池状态、空调运转情况等环境参数,从而达到对设备运行状况和业务运行状况双重感知的目的。

应当创建起科学合理的分级预警体系,依照故障影响范围,业务重要性以及风险等级对告警信息加以分类管理。对一般的告警可以由值班人员进行远程确认和跟踪处理;对影响到关键业务运行的重要告警要立即启动专业技术人员响应机制;对可能危及行车安全或者造成大面积通信中断的重大告警要同时通知运营调度、设备管理部门和相关专业负责人,一起开展应急处置工作。确定不同级别的告警响应流程、处置时限、责任人等,防止出现由于告警过多而造成“告警疲劳”的情况,从而提高故障响应速度。

3.2 推进故障诊断的智能化和知识化应用

专用通信系统规模越大、接口越多,故障定位越是依靠经验积累和技术整合。传统的运维模式下,故障诊断依靠现场排查、逐段测试和人工判断,虽然直接性高,但是效率低,且对人员的经验要求较高。为了提高诊断的效率,可以把历史故障案例、处置过程、恢复方法、验证结果等沉淀到知识库中,再利用设备日志、告警规律、拓扑

关系来构建辅助诊断机制,使系统在出现异常的时候可以给出可能的原因和排查的路径。对于重复出现的链路中断、通信丢包、时钟偏移、画面延迟等问题,可以建立故障特征库和处置规则库,使运维人员可以迅速缩小排查范围。智能化诊断不是完全取代人工,而是对复杂的信息进行归纳、关联分析,给现场人员提供更加清晰的判断依据。在知识化应用的过程中还要加强故障分析结果同人员培训相结合。通过制作典型案例的培训教材、仿真演练场景、技术交流资料等方式,使运维人员掌握故障形成机理、分析方法、处置流程等综合技术能力。随着运维数据的不断积累、知识库的不断完善,故障诊断会向着标准化、智能化、精准化的发展方向前进,给城市轨道交通专用通信系统的安全稳定运行提供更强大的技术保障。

3.3 完善备件保障与应急联动体系

专用通信系统对于连续运行的要求很高,一旦核心设备或者关键链路出现故障,恢复时间就会直接影响到运营安全和乘客服务,所以备件保障以及应急联动必须成为运维体系中的重要部分。备件管理不能只追求数量充足,还要注重结构合理、型号匹配、时效可控,特别是对易损件、停产件、关键模块、高故障率部件要提前设置安全库存,根据设备老化情况动态调整。应急预案不能只在纸上,应该根据典型的场景开展实战性的演练,即核心交换异常、车地无线中断、时钟系统失灵、视频传输中断、机房供电断电等,用演练检验人员响应速度、协作效率以及恢复路径是否合理。应急联动要强化与运营调度、车站值守、机电保障、外部厂家等各方面的协作,确定哪些问题由内部快速处理,哪些问题需要厂家配合,哪些问题必须上报到运营指挥层决策。只有把备件、预案、演练、联动机制有机地结合起来,在发生突发状况时才能加快恢复速度,减小故障给运营带来的影响。

3.4 加强人员培养与持续改进机制建设

任何先进的系统最终都会依靠人来运维,专用通信系统也不例外。由于系统牵涉到通信、网络、电子、自动化等诸多技术领域,运维人员既需要掌握设备的操作以及基本的检修技能,又得要有对网络拓扑结构有认识,可以对协议展开剖析,并且能够对故障进行推演以及协调系统判断的能力。因此人员培养应该由原来的岗位培训转变为分层分类的能力建设,既要对新员工进行基础培训,又要对骨干人员进行专题提升和案例复盘。培训内容不能只停留在设备说明、制度条文上,应该联系实际故障场景进行分析训练,使运维人员在问题识别、原因判断、处置验证的

过程中不断积累经验。除了培训外,更关键的是创建持续改进机制,把每次的故障处理、每次的检修成果、每次的演练反馈作为制度改良、流程修订的依据。通过定期复盘找出重复性的问题以及管理上的不足之处,不断改进标准、改善工具、提升能力,才能使运维体系保持动态的发展。从长远来看,专用通信系统运维水平的提高不单是技术手段的更新,更是组织能力、人才梯队、改进文化成熟度的体现。

4 结语

城市轨道交通专用通信系统属于运营组织的信息支撑体系,其运维工作有着很强的专业性、系统性以及连续性需求。面对设备异构、系统耦合、窗口受限、应急压力等种种难题,单靠经验化抢修和传统巡检已经不能满足高可靠运行的要求了。本文从运维难点入手,对专用通信系统在基础管理、检修模式、协同机制、人员能力等各方面的实际问题进行了分析,并提出了分层监测、智能诊断、备件保障、应急联动、持续改进等策略。城市轨道交通专用通信系统运维本质是主动预防故障的发生,依靠完善的体系、技术支持把隐患消灭在萌芽状态,将风险控制在可控范围之内。随着轨道交通网络不断拓展,数字化水平不断

提高,专用通信系统运维将会越来越重视依靠数据、精细化管理并实现跨专业协同。只有坚持以安全为方向、问题为方向、效能为方向不断推进运维模式变革工作,才能给城市轨道交通安全、稳定、高效运行提供有力支持。

参考文献:

- [1] 李德麟. 城市轨道交通专用无线通信系统制式分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(12): 164-167.
 - [2] 修鑫鹏, 邹劲柏, 许哲谱等. 基于多制式融合的城市轨道交通专用无线通信检测系统的设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2025, 34(2): 83-88.
 - [3] 苏永阳. 城市轨道交通通信专用电话系统的若干组网模式探讨[J]. 人民公交, 2024(18): 102-104.
 - [4] 林绍勇, 丘伟珣. 城市轨道交通全自动运行线路专用通信系统的设计思考[J]. 长江信息通信, 2024, 37(4): 124-126.
 - [5] 辛鑫, 李洁, 张致宏. 城市轨道交通专用通信综合网络管理系统的方案设计[J]. 铁路计算机应用, 2023, 32(12): 80-84.
- 作者简介: 王渤翔(1991.11-), 男, 汉族, 江苏徐州人, 本科, 工程师, 研究方向: 城市轨道交通运维管理。