

轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用

常 涛

宁波市轨道交通集团有限公司智慧运营分公司 浙江 宁波 315000

摘 要：本文围绕轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用展开深入探讨。首先阐述了通信传输系统的概况，包括其构成与功能、特点与要求，这为理解系统在轨道交通中的角色奠定了基础。接着分析了多种传输技术，涵盖传统、现代主流以及新技术发展趋势，展现了技术的演进和发展方向。重点关注系统在运营中的应用，详细说明了在列车运行控制、乘客信息服务和视频监控系统中的作用。同时，针对系统可能出现的故障，剖析了常见故障类型，并介绍了相应的诊断方法和维护策略，旨在保障轨道交通通信传输系统的稳定可靠运行，为轨道交通的高效运营提供有力支持。

关键词：轨道交通；通信传输系统；运营应用

引言：随着现代城市化进程的加速，轨道交通作为一种高效、便捷的公共交通方式得到了广泛发展。在轨道交通的运行过程中，通信传输系统扮演着至关重要的角色。它犹如神经系统一般，连接着各个子系统和设备，保障信息的准确、快速传递。从列车的运行控制到为乘客提供及时准确的信息服务，再到保障整个轨道交通系统的安全监控，通信传输系统无处不在。其良好的运行不仅关乎乘客的出行体验，更是保障轨道交通的关键因素。因此，深入研究轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用具有重要的现实意义。

1 轨道交通通信传输系统概述

1.1 系统构成与功能

轨道交通通信传输系统主要由以下几个部分构成：一是传输介质，其中光纤是核心部分。光纤具有高带宽、低损耗、抗干扰能力强等优点，能够满足大量数据的长距离传输需求。在轨道交通复杂的电磁环境中，光纤能有效保障信号质量。二是传输设备，包括光端机、复用器等。光端机负责光信号和电信号的转换，复用器则将多个低速率信号复用成高速率信号进行传输，提高了信道利用率。三是接口设备，它实现了通信传输系统与其他轨道交通子系统（如列车自动控制系统、乘客信息系统等）的连接。其功能丰富多样。在语音通信方面，保障了车站工作人员之间、车站与列车司机之间的清晰通话，确保运营指令准确传达。数据传输功能支持列车运行数据、设备状态数据等的实时传输，是列车自动控制的关键。图像传输功能则用于视频监控系统，实时监控车站、列车内的情况，保障乘客安全和运营秩序

1.2 系统特点与要求

轨道交通通信传输系统具有以下显著特点：高可靠

性是首要特点。由于轨道交通关系到大量乘客的安全和出行，通信传输系统必须保证持续稳定运行。任何传输中断都可能导致列车运行故障、乘客信息混乱等严重问题，因此系统需要有冗余设计和备份机制。高带宽是满足多种业务需求的关键。列车自动控制系统、乘客信息系统、视频监控系统等同时运行，需要传输大量的数据，包括实时控制指令、高清视频流、音频信息等，这就要求系统具备足够的带宽来保证数据的快速传输。抗干扰能力强也是重要特点之一。轨道交通环境中存在大量的电磁干扰源，如牵引供电系统、其他电子设备等。通信传输系统需要能够有效抵御这些干扰，保证信号传输的准确性和稳定性。基于这些特点，对系统也有相应的要求。在传输速率方面，要满足不同业务的实时性要求，例如列车控制数据的传输需要低时延、高速度。安全性要求系统有完善的加密和访问控制机制，防止数据泄露和非法篡改^[1]。

2 轨道交通通信传输技术分析

2.1 传统传输技术

传统的轨道交通通信传输技术主要包括PDH（准同步数字系列）和SDH（同步数字体系）。PDH采用异步复用方式，不同等级的信号有各自的帧结构和复用规律。其优点是在早期能实现一定程度的数字信号传输，但缺点明显，如缺乏统一标准光接口、复用结构复杂、上下业务困难等，在复杂的轨道交通环境中应用受限。SDH是基于时分复用的同步传输体制，有标准化的帧结构和丰富的开销字节用于网络管理。它具有良好的兼容性、自愈能力和高速大容量传输特性，能有效保障轨道交通通信的稳定性，曾在轨道交通通信中广泛应用，为语音、数据和图像等业务传输提供了可靠方案，但随着

业务发展,其灵活性不足等问题逐渐显现。

2.2 现代主流传输技术

现代主流的轨道交通通信传输技术有工业以太网和MPLS-TP。工业以太网以以太网技术为基础,具有成本低、开放性强的特点。它能轻松实现不同设备间的互联互通,支持多种拓扑结构,可灵活组网以适应轨道交通复杂的线路布局。其高带宽能满足如列车控制系统、乘客信息系统等大量数据的传输需求。MPLS-TP结合了MPLS的标签交换优势和传送网的特点,能为多种业务提供高效可靠的承载。通过标签快速转发数据,可有效提高网络传输效率,同时支持区分服务,保障重要业务的优先传输和高质量服务,在应对轨道交通中多种业务融合的复杂情况时表现出色,保障了通信传输的可靠性和灵活性。

2.3 新技术发展趋势

在轨道交通通信传输领域,新技术发展前景广阔。5G技术是重要趋势之一,其低时延、高速率、大容量的特点可极大提升轨道交通通信水平。在车-地通信方面,能实现更精准的列车控制和状态反馈,支持列车高速行驶下的稳定通信。对于乘客信息服务和视频监控,可满足高清视频等大数据量传输。量子通信技术也备受关注。基于量子力学原理,其具有超高的安全性。在轨道交通中可用于传输关键控制数据和敏感信息,量子密钥分发能有效防止信息被窃取和篡改,保障通信安全。此外,软件定义网络(SDN)等技术的发展也将为轨道交通通信传输系统带来更灵活的网络管理和资源配置能力^[2]。

3 轨道交通通信传输系统在运营中的应用

3.1 列车运行控制中的应用

(1) 通信传输系统为列车自动防护(ATP)系统提供了稳定的数据交互通道。ATP系统需要实时获取列车的位置、速度等信息,并将这些数据传输至地面控制中心。通过通信传输系统,这些数据能够以极高的频率准确无误地传输,确保地面控制人员对列车运行状态了如指掌。例如,当列车接近限速区域时,ATP系统能及时通过通信传输系统接收指令,调整列车速度,避免超速行驶。(2) 对于列车自动运行(ATO)系统而言,通信传输系统保障了其指令的精确执行。ATO系统负责实现列车的自动驾驶,从启动、加速、匀速到减速、停车等一系列操作都依赖于通信传输系统传递的指令。它能够确保列车在预设的时间和位置精确停车,提高运行效率和乘客舒适度。而且,在多列车运行的情况下,通信传输系统可以协调不同列车之间的运行间隔,实现高效的列车间距控制,保障行车安全。(3) 在列车自动监控

(ATS)系统中,通信传输系统发挥着整合信息的作用。它收集来自各个列车和沿线设备的状态信息,如车门状态、设备故障报警等,并将这些信息汇总到控制中心,ATS系统向列车发送调度指令、运行计划等,都依靠通信传输系统的可靠传输。这使得控制中心可以对整个列车运行网络进行全面监控和灵活调度,即使在复杂的运营场景下,如高峰时段或临时调整运行计划时,也能保证列车运行的有条不紊。

3.2 乘客信息服务中的应用

在车站内,该系统是传递各种出行相关信息的核心。它将列车时刻表信息准确地从后台系统传输到各个显示终端,包括电子站牌和大厅的综合信息显示屏。乘客可以通过这些显示屏清晰地了解到下一趟列车的到达时间、停靠站台等关键信息,合理安排自己的候车时间。而且,当列车出现晚点、故障或线路调整等特殊状况时,通信传输系统能迅速将运营方发布的公告信息传播出去,避免乘客长时间等待或盲目换乘,减少乘客的焦虑和不满。对于列车内部的乘客信息服务,通信传输系统同样不可或缺。它支持将多种类型的信息传输到列车上的显示设备和广播系统。例如,通过与列车控制系统的连接,实时显示列车的当前位置、即将到达的站点等,还能将广告、新闻、天气预报等多媒体内容传递给乘客,丰富乘客在旅途中的信息获取。在音频方面,广播系统依靠通信传输系统播放列车到站提醒、安全提示等内容,确保乘客不会错过下车站点,并增强乘客的安全意识。

3.3 视频监控系统中的应用

轨道交通视频监控系统的有效运行高度依赖通信传输系统。在视频数据采集环节,通信传输系统保障了各个监控摄像头所拍摄画面的稳定传输。无论是安装在车站大厅、站台、通道等区域的固定摄像头,还是列车车厢内的移动摄像头,它们所捕捉到的实时视频数据都需要通过通信传输系统传送到控制中心。例如,在车站入口处的高清摄像头,能够清晰地拍摄到进出站人员的面部特征和行为举止,这些数据通过高速稳定的通信传输链路,源源不断地传送到监控中心的存储设备和显示终端,为安全监控提供了最原始的数据。在数据传输过程中,通信传输系统需要满足视频监控的高要求。由于视频数据量巨大,尤其是高清视频,需要很高的带宽来保证画面的流畅传输。通信传输系统通过先进的技术和合理的网络架构设计,确保大量视频数据在不出现卡顿、延迟的情况下进行传输,对于多摄像头同时工作的情况,如在大型换乘站,通信传输系统能够有效地对数据

进行分流和整合,避免数据拥塞,使监控人员可以实时、清晰地观察到各个监控区域的情况。在存储和后续应用方面,通信传输系统也起着关键作用。它将接收到的视频数据准确无误地存储到存储服务器中,以便后续的查询、回放和分析。在安全事件发生后,这些存储的视频资料可以作为重要证据^[3]。

4 轨道交通通信传输系统的故障诊断与维护

4.1 常见故障类型

设备老化是常见问题,如长时间运行的光端机、交换机等可能出现电子元件损坏,影响信号处理和传输。此外,物理损坏也时有发生,像光纤被施工挖断、设备受到撞击或震动导致内部结构受损等,直接破坏通信链路或设备功能。软件漏洞可能导致系统崩溃或异常,例如程序代码中的错误可能使数据传输出现丢包、错序现象。软件版本不兼容问题也很突出,在系统升级或新软件安装时,与原有软件配合不佳,影响通信功能正常发挥。网络拥塞会在数据流量高峰时出现,大量数据堆积使传输时延增大甚至丢包。路由故障会导致数据转发错误,使信息无法准确到达目的地,可能是路由表错误或路由协议故障引起。轨道交通环境复杂,电磁干扰强,可能干扰通信信号。温度、湿度变化也可能使设备性能下降,如高温导致设备散热不良而死机,高湿度引起短路等问题。

4.2 故障诊断方法

依据专家经验和历史故障数据制定规则。如“若某设备指示灯变红且通信中断,则设备硬件故障可能性高”。当故障发生时,通过观察故障现象与规则对比来判断故障类型,快速定位问题所在。通过实时监测网络性能参数,如带宽利用率、丢包率、时延等。当丢包率突然增大且带宽利用率接近饱和时,可判断网络拥塞。根据参数变化趋势来分析故障根源,确定是链路问题还是设备处理能力不足。利用神经网络等智能算法。先收集大量故障样本训练神经网络,使其学习故障模式。当新故障出现时,神经网络能快速识别,即使是复杂的多因素故障也能有效诊断,如同时涉及硬件和软件问题的

故障场景。

4.3 维护策略和措施

定期巡检设备,查看设备运行状态、外观有无损坏、线缆连接是否牢固等。对设备进行清洁,防止灰尘堆积影响散热。同时,按照计划对设备进行校准和功能测试,确保设备性能处于最佳状态,预防故障发生。对重要的配置文件、软件程序和数据进行备份。当出现软件故障或数据丢失时,可以迅速从备份中恢复,减少系统停机时间。定期检查备份的完整性和有效性,确保在需要时能正常使用。建立应急响应小组,当故障发生时迅速响应。储备充足的备件,如光模块、电源等关键设备部件,以便快速更换故障硬件。同时,制定详细的故障恢复流程,指导维护人员在最短时间内修复故障,恢复通信传输系统正常运行^[4]。

结束语

综上所述,轨道交通通信传输系统是轨道交通高效、安全运营的关键支撑。通过对其系统构成、功能特点、传输技术、运营应用以及故障诊断维护等方面的深入分析,我们清晰地认识到它在列车运行控制、乘客信息服务和视频监控等环节的重要作用。随着科技的不断发展,从传统传输技术到现代主流技术,再到新技术的涌现,轨道交通通信传输系统正朝着更高效、更安全、更智能的方向迈进。未来,我们应持续关注新技术在该领域的应用和融合,不断优化系统设计与维护策略,进一步提升轨道交通的服务质量和运营效率,为乘客创造更加优质的出行体验,推动轨道交通行业的蓬勃发展。

参考文献

- [1]黄志星.轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用[J].工程学研究,2022,1(4).
- [2]宁波,胡静.城市轨道交通中通信传输系统的应用发展[J].电子通信与计算机科学,2023,5(2).123-145
- [3]彭延锋.城市轨道交通中通信传输系统的应用[J].工程管理与技术探讨,2023,5(13).155-167
- [4]郭勤.轨道交通中通信传输系统技术研究[J].工程建设与设计,2019(12):103-104.189-190