

城市轨道交通通信研究现状分析

王 熠

南京嘉环网络通信技术有限公司 江苏 南京 320100

摘 要：城市轨道交通通信系统作为保障列车安全高效运行的神经中枢，在智能化、信息化进程中扮演着关键角色。当前，通信技术制式呈现多元发展态势，从传统的专用通信系统到新兴的5G、Wi-Fi6等技术并存，系统集成度不断提升，实现多业务融合；市场规模也因城市轨道交通建设热潮持续增长。展望未来，5G技术深度融合、智能化运维广泛应用、网络安全防护强化及与物联网全面协同将成为主要发展趋势，为城市轨道交通通信系统带来新的变革与机遇。

关键词：城市轨道交通；通信；现状

引言

随着城市化进程加速，城市轨道交通以其大运量、高效率的特点，成为缓解交通拥堵的重要手段。通信系统作为城市轨道交通的关键组成部分，承担着信息传输、列车调度、安全监控等核心功能。近年来，通信技术快速迭代，城市轨道交通通信领域也不断创新发展。本文将深入分析城市轨道交通通信研究现状，探讨其技术发展趋势，为推动城市轨道交通通信系统的升级与完善提供参考。

1 城市轨道交通通信系统概述

城市轨道交通通信系统作为确保行车安全、提高运营效率、实现系统自动化管理的核心技术支撑，由传输、公务电话、专用电话、无线集群、广播、视频监控、时钟、乘客信息等多个子系统构成。各子系统既相互独立又紧密协作，通过构建可靠的信息传输网络，实现语音、数据、图像等信息在控制中心、车站、车辆段及列车之间的实时交互与共享。传输系统作为通信网络的基础架构，采用光纤通信技术构建骨干网络，为其他子系统提供大容量、高可靠性的传输通道。公务电话系统主要服务于轨道交通运营管理部门日常办公通信需求，与公用电话网互联互通，实现语音通信功能。专用电话系统专为运营指挥、行车调度设计，具备直通电话、组呼、群呼等功能，为行车调度员、车站值班员等提供快速、可靠的指挥通信手段。无线集群通信系统采用数字集群技术，为列车司机、维修人员、站务人员等提供双向无线语音和数据通信服务，保障运营过程中各岗位人员之间的即时联络。广播系统在车站和列车内设置扬声器，可实现语音播报、紧急广播等功能，用于发布列车运行信息、安全提示、应急通知。视频监控系统通过分布于车站、区间、车辆段的摄像机，实时采集现

场图像，为运营管理人员提供直观的现场画面，用于日常运营管理和安全防范。时钟系统为整个轨道交通系统提供统一的时间基准，确保各系统设备时间同步。乘客信息系统通过车站和列车内的显示屏，为乘客提供列车运行信息、换乘指引、广告资讯等内容，提升乘客出行体验。这些子系统协同运作，共同保障城市轨道交通系统安全、高效、有序运行。

2 城市轨道交通通信研究现状分析

2.1 通信技术制式多元发展

在城市轨道交通通信领域，通信技术制式呈现多元发展的态势，这一特征深刻影响着行业的发展进程。随着轨道交通业务需求的不断拓展与复杂化，单一的通信技术已难以满足多样化的应用场景需求，由此催生出多种技术制式协同发展的局面。无线通信领域，长期演进技术（LTE）凭借其高带宽、低延迟的特性，成为城市轨道交通车地通信的主流选择之一。它能够为列车运行控制系统提供稳定可靠的数据传输通道，确保列车的安全、高效运行，同时也为乘客信息系统提供高清视频、实时资讯等多媒体服务奠定了基础。与此同时，第五代移动通信技术（5G）也逐步在轨道交通领域崭露头角。5G具备的超高速率、海量连接和超低时延等优势，使其在支持智能运维、车路协同等新兴应用场景方面展现出巨大潜力。例如，5G网络可实现列车关键设备状态数据的实时、海量上传，助力运维人员快速精准地进行故障诊断与预测性维护。在有线通信方面，光纤通信技术凭借其大容量、抗干扰能力强等突出优势，成为轨道交通骨干通信网络的核心。它构建起稳定可靠的通信传输链路，保障了语音、数据、图像等各类信息在车站、车辆段与控制中心之间的高效传输。工业以太网技术在轨道交通内部局域网建设中广泛应用，以其灵活的组网方式

和良好的兼容性,实现了站内各子系统之间的互联互通与信息共享。多种通信技术制式相互补充、协同工作,共同构建起适应城市轨道交通复杂业务需求的通信网络体系,推动行业朝着更加智能化、高效化的方向发展^[1]。

2.2 系统集成度不断提升

城市轨道交通通信系统集成度的不断提升,是行业发展的重要趋势,也是应对日益复杂运营需求的必然选择。早期的轨道交通通信系统,各子系统相对独立,存在信息孤岛现象,系统间的协同工作能力较弱,不仅增加了运营管理的难度,也限制了整体系统性能的发挥。随着技术的不断进步与行业需求的演变,通信系统逐渐向高度集成化方向发展。现代城市轨道交通通信系统将传输系统、无线通信系统、公务电话系统、专用电话系统、乘客信息系统、时钟系统等多个子系统进行深度融合。通过统一的网络架构和标准化接口设计,打破了子系统之间的壁垒,实现了信息的高效共享与交互。例如,在列车运行过程中,传输系统能够将无线通信系统获取的列车位置、运行状态等信息,快速准确地传输至控制中心,同时将控制中心的指令及时下发至列车;乘客信息系统则可实时获取列车运行信息,并将其展示给乘客,为乘客提供便捷的出行指引。系统集成度的提升不仅优化了系统架构,减少了设备冗余,降低了建设与运维成本,还显著提高了系统的可靠性与稳定性。通过集成化的管理平台,运营人员能够对整个通信系统进行集中监控与管理,及时发现并处理故障,保障系统的正常运行。高度集成的通信系统还为实现轨道交通的智能化运营提供了有力支撑,使得各系统之间能够更好地协同工作,提升运营效率和服务质量,满足城市轨道交通日益增长的运营需求。

2.3 市场规模持续增长

城市轨道交通通信市场规模的持续增长,是行业蓬勃发展的直观体现,受到多种因素的共同驱动。随着城市化进程的加速推进,城市人口规模不断扩大,交通拥堵问题日益严峻,城市轨道交通凭借其大运量、高效、准时等优势,成为缓解城市交通压力的重要手段,各地纷纷加大对轨道交通建设的投入,这直接带动了通信市场的发展。从新建线路来看,每一条新的轨道交通线路建设都需要配套建设完整的通信系统,涵盖通信设备采购、系统集成、工程建设等多个环节,为通信市场创造了大量的业务机会。既有线路的升级改造需求也不容忽视。随着技术的不断更新换代以及运营需求的变化,既有线路的通信系统需要进行性能提升、功能扩展和设备更新,以适应新的运营模式和服务要求,这进一步推动

了市场规模的增长。在 market 需求的刺激下,通信设备供应商、系统集成商等各类企业纷纷加大研发与市场拓展力度,不断推出更先进、更适配轨道交通需求的产品与解决方案,市场竞争也愈发激烈。这种竞争不仅促使企业不断提升产品质量和服务水平,也在一定程度上推动了技术创新和行业发展,进而吸引更多的资源投入到该领域,形成良性循环,持续推动城市轨道交通通信市场规模的扩大。随着未来城市轨道交通建设的持续推进以及智能化、数字化转型的深入,通信市场规模有望继续保持增长态势,展现出广阔的发展前景^[2]。

3 城市轨道交通通信发展趋势

3.1 5G技术深度融合

(1) 5G凭借其超高速率、低时延和海量连接特性,为城市轨道交通通信带来革命性变革。在车地通信领域,5G可实现高清视频监控数据的实时传输,使调度中心能够清晰掌握列车运行状态、车厢内乘客情况以及轨道沿线环境,为应急处理提供精准依据。5G支撑的车车通信可提升列车运行控制的精度,优化列车追踪间隔,进而提高轨道交通系统的整体运输能力。(2) 5G与轨道交通通信的深度融合,能够有效满足智能列车对大量数据交互的需求。列车自动驾驶系统需要实时接收并处理轨道状态、周边列车位置等海量信息,5G的高速传输和低时延特性确保数据传输的及时性和准确性,为列车自动驾驶的安全稳定运行筑牢基础。5G还可赋能轨道交通的智能服务,如为乘客提供流畅的高清视频娱乐、实时精准的出行信息推送等。(3) 在基础设施建设方面,5G基站的部署可与轨道交通既有设施相结合,实现资源共享与高效利用。通过对5G网络进行优化,可保障列车在隧道、站台等复杂环境下通信的连续性和稳定性,解决传统通信技术存在的信号盲区、带宽不足等问题,全面提升城市轨道交通通信系统的性能和服务质量,推动轨道交通向智能化、高效化方向迈进。

3.2 智能化运维广泛应用

(1) 智能化运维通过引入大数据分析、人工智能和机器学习等先进技术,能够对城市轨道交通通信系统的各类设备进行实时监测与故障预警。利用传感器采集设备运行过程中的温度、振动、电流等数据,结合历史数据和预设模型,对设备的健康状态进行评估,提前发现潜在故障隐患,改变传统运维模式中被动维修的局面,降低设备故障率和维修成本。(2) 在故障诊断方面,智能化运维系统可基于海量的运行数据和故障案例,运用人工智能算法快速定位故障点,分析故障原因,并提供针对性的解决方案。这大大缩短了故障处理时间,减少

了因通信故障导致的列车延误和运营中断,保障了轨道交通系统的正常运行。智能化运维还能对设备的性能进行预测性分析,为设备的更新换代和维护计划制定提供科学依据。(3)智能化运维的广泛应用还体现在实现运维资源的优化配置上。通过对设备运行数据的分析,系统能够合理安排维护人员和维修设备,提高运维工作的效率和精准度。借助虚拟现实、增强现实等技术,可实现远程指导和培训,提升运维人员的技能水平和应急处理能力,使城市轨道交通通信系统的运维更加高效、智能和可靠^[3]。

3.3 网络安全防护强化

(1)随着城市轨道交通通信系统智能化、网络化程度不断提高,网络安全面临的威胁日益严峻,强化网络安全防护成为必然趋势。在通信网络层面,采用先进的加密技术对数据进行保护,防止数据在传输和存储过程中被窃取、篡改。部署入侵检测与防御系统,实时监测网络流量,识别并阻断恶意攻击行为,保障通信网络的完整性和可用性。(2)针对通信设备的安全防护,对设备固件进行定期更新和漏洞修复,防止黑客利用设备漏洞进行攻击。通过设置严格的访问控制策略,限制非法设备接入通信网络,确保只有授权设备才能进行数据交互。建立设备安全认证机制,对设备的身份进行验证,防止仿冒设备接入系统,从源头上保障通信设备的安全。(3)在数据安全方面,建立完善的数据备份与恢复机制,防止因数据丢失导致系统瘫痪。对数据进行分级分类管理,根据数据的敏感程度和重要性采取不同级别的保护措施。加强对员工的网络安全意识培训,规范操作流程,减少因人为因素导致的网络安全风险,构建全方位、多层次的网络安全防护体系,为城市轨道交通通信系统的安全运行保驾护航。

3.4 与物联网全面协同

(1)物联网技术与城市轨道交通通信的全面协同,能够实现对轨道交通系统各类设备和设施的全面感知与互联互通。通过在轨道、桥梁、隧道、列车等关键部位部署大量传感器,实时采集温度、湿度、压力、位移

等物理信息,并将这些数据通过通信网络传输至管理平台。基于这些数据,系统能够对设备运行状态进行实时监测和分析,实现对设备的精细化管理。(2)物联网与轨道交通通信的协同应用,可有效提升乘客服务质量。在车站内,通过物联网设备实现对乘客流量的实时监测,优化候车区域布局和引导标识,提高乘客候车体验。利用物联网技术实现智能票务管理,如支持电子支付、无感乘车等功能,为乘客提供更加便捷的出行服务。物联网还可实现对站内商业设施的智能化管理,提升商业运营效率。(3)在运营管理方面,物联网与通信技术的协同可促进各部门之间的信息共享与协同工作。将列车运行、设备维护、乘客服务等数据整合分析,运营管理人员能全面掌握系统运行状况,优化调度方案,提升资源利用率。基于物联网的智能决策支持系统可根据实时数据和预设规则,自动生成运营决策建议,实现轨道交通运营管理的智能化和自动化^[4]。

结语

综上所述,城市轨道交通通信系统在技术制式、系统集成和市场规模方面已取得显著进展。多元发展的通信技术满足了多样化需求,系统集成度提升实现了资源优化配置,市场规模增长体现了行业蓬勃发展。面向未来,5G技术深度融合、智能化运维、网络安全强化及物联网协同等趋势,将进一步提升城市轨道交通通信系统的性能与可靠性,为城市轨道交通行业的高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1]赵琪.城市轨道交通通信系统的发展分析与现状研究[J].企业科技与发展,2020(10):68-69,72.
- [2]陈自勇.城市轨道交通通信系统的发展分析与现状研究[J].通信电源技术,2021,38(18):108-110.
- [3]苏嘉杰.城市轨道交通通信系统的发展及现状分析[J].运输经理世界,2021(17):1-3.
- [4]刘晶.城市轨道交通通信系统的现状及发展[J].百科论坛电子杂志,2020(15):375.