

# 城市轨道交通通信工程建设要点分析

周文博

中铁电气化局集团有限公司 北京 100071

**摘要:**城市轨道交通通信工程是保障线路安全高效运营的核心基础设施。本文围绕通信系统功能需求、核心技术、建设管控及运维保障四大维度,剖析前期规划、设备选型、施工工序、质量安全、联调联试等关键环节要点,阐述传输网络、无线通信等核心技术应用逻辑,提出全流程管控与标准化运维策略。研究旨在梳理建设关键控制点,为提升通信工程建设质量、保障系统长期稳定运行提供实践参考。

**关键词:**城市轨道交通;通信工程;核心环节;建设要点

引言:随着城市化进程加快,城市轨道交通迎来规模化发展,对通信系统的稳定性、兼容性与智能化提出更高要求。通信工程作为轨道交通信号传输、调度指挥、安全管控的核心载体,其建设质量直接影响线路运营效能与安全。当前建设中仍面临跨专业协同不足、设备适配性差等问题。本文基于工程实践,系统分析通信工程建设全流程要点,为破解建设难题、优化管控模式提供思路,支撑轨道交通高质量发展。

## 1 城市轨道交通通信系统功能需求与建设目标

### 1.1 核心功能需求

首要需求为运营调度通信,要实现行车调度、车站调度、应急指挥的实时语音互通,保障列车运行指令精准传达。其次是车地通信需求,要构建稳定可靠的无线传输链路,支撑列车与控制中心间的状态数据、调度信息交互,满足自动驾驶、精准停靠等功能。同时兼顾公众通信覆盖需求,实现车站、隧道内手机信号无缝覆盖,提升乘客出行体验。此外需满足视频监控、应急广播、数据传输等辅助功能,为安全管控和应急处置提供数据支撑。

### 1.2 建设目标

短期目标是搭建兼容性强、可靠性高的通信基础网络,实现各子系统互联互通,满足线路开通运营的基本需求,确保通信无中断、数据无丢失。长期目标是构建智能化、可扩展的通信体系,适配轨道交通线网化运营需求,支持5G、物联网等新技术融合应用,提升系统运维效率。同时以经济性和安全性为核心,控制建设与运维成本,建立完善的安全防护机制,抵御网络攻击、设备故障等风险,保障通信系统长期稳定运行,助力轨道交通实现高效、安全、智能运营<sup>[1]</sup>。

## 2 城市轨道交通通信工程核心技术

### 2.1 传输网络技术

传输网络技术是城市轨道交通通信系统的数据传输核心载体,承担着各类业务信号的稳定传输任务。其需具备高带宽、低时延特性,满足多业务并发传输需求,同时具备良好的自愈能力,可在链路出现故障时快速切换至备用路径,保障传输连续性。该技术以光传输为核心架构,依托光信号的高速传输优势构建骨干传输网,实现车站与控制中心、车站间的大容量数据交互。同时整合接入层传输技术,实现各终端设备与核心网络的高效互联,形成层次清晰、架构稳定的传输体系,为后续各类通信业务提供基础支撑。

### 2.2 无线通信技术

无线通信技术针对轨道交通移动场景与固定场景的通信需求构建专属网络,兼顾移动性与覆盖完整性。车地无线通信需适配列车高速移动状态,解决多普勒频移、信号衰减等问题,保障移动过程中通信链路的稳定性与可靠性,实现列车与地面的实时数据交互。公众通信覆盖技术需结合隧道、车站等不同场景的空间特性,优化天线布局与信号调校,消除信号盲区与干扰,实现各类公众通信信号的均匀覆盖。同时采用抗干扰技术提升网络抗干扰能力,避免不同无线系统之间的信号冲突,确保无线通信质量满足实际运营要求。

### 2.3 语音与调度通信技术

语音与调度通信技术以专用通信网络为基础,构建面向轨道交通运营的专属语音通信体系,核心在于保障调度指令的精准传递。采用数字语音处理技术,提升语音信号的清晰度与抗干扰能力,过滤环境噪音对语音通信的影响。构建分级调度架构,实现行车调度、车站调度、应急调度等不同场景的语音通信需求,支持单呼、组呼、广播等多种通信模式,满足不同运营场景下的调度指令传达需求。同时具备优先级设置功能,确保应急状态下高优先级语音通信的优先传输,保障应急指挥指

令的及时传达。

#### 2.4 视频监控与应急通信技术

视频监控技术依托前端采集设备与后端处理系统,实现轨道交通全域可视化监控覆盖,核心在于图像采集的清晰度与实时性。采用高清图像采集技术,结合智能编码压缩技术,在保证图像质量的同时降低传输带宽占用。应急通信技术作为独立于常规通信的备用通信体系,在常规通信系统故障时启动,保障应急处置过程中的通信畅通。其具备快速部署与切换能力,可快速搭建应急通信链路,支持语音、视频、数据等多业务应急传输,为应急指挥决策提供实时信息支撑<sup>[2]</sup>。

### 3 城市轨道交通工程建设核心环节实施与管控要点

#### 3.1 工程前期规划与勘察设计要点

工程前期规划与勘察设计要从源头把控合理性与可行性,保障后续施工有序推进。(1)需求梳理与精准定位。全面对接运营、施工、运维等多方主体,明确通信系统核心业务边界与性能指标,梳理各专业协同需求,规避设计偏差。结合线网整体规划,明确单条线路通信系统定位,确保与线网其他线路兼容互通,构建统一通信架构体系。(2)现场勘察与环境适配。组织专业团队对车站、隧道、区间、控制中心等关键点位全域排查,记录地质条件、空间布局、电磁环境等核心信息,为设计提供精准数据。针对隧道封闭、区间狭长、车站人员密集等特殊环境,制定针对性设计方案,降低环境因素对系统的影响。(3)跨专业协同规划。建立与土建、信号、供电等专业的协同机制,同步推进设计,明确接口标准与施工时序。结合土建进度预留设备安装空间、线缆通道及孔洞,避免后期凿改影响质量与进度。

#### 3.2 通信设备选型与材料质量管控要点

通信设备与材料要强化全流程管控,保障选型合理、质量稳定。(1)设备选型管控。遵循兼容性、可靠性、扩展性原则,所选设备需符合行业标准与线网技术规范,实现新旧设备互联互通。优先选用成熟度高、口碑良好、运维完善的品牌,规避小众品牌后期运维与配件风险。结合运营寿命预留性能冗余,适配技术迭代与业务扩展,同时严格核查生产资质、检测报告,确保参数达标,满足高稳定性、抗干扰性要求。(2)材料质量把控。线缆、接头、支架等辅助材料需与核心设备适配,选用符合国标产品,重点核查耐磨损、抗腐蚀、抗干扰性能,特殊环境材料需强化环境适应性。建立进场检验制度,逐批次抽样检测,核查合格证明,杜绝不合格材料进场,对次品及时清退并追溯来源。(3)仓储与运输管理。搭建专用仓储场地,分区存放设备与材料,

做好防潮、防火、防尘、防静电处理,精密设备配备专用存储设施并控制温湿度。制定规范运输方案,精密设备采用防震防撞包装,选择合规物流公司全程跟踪。

(4)供应商协同管控。选择资质齐全、技术过硬、履约可靠的供应商,签订规范采购合同,明确质量、交付、售后条款。

#### 3.3 通信工程施工关键工序要点

施工工序规范性直接影响工程质量与系统运行稳定性,需强化关键工序管控,严格遵循规范标准。(1)线缆敷设管控。敷设前清理通道并排查尖锐杂物、积水,做好防护处理。按线缆类型划分路径,强弱电分开敷设并保持安全间距,规避电磁干扰,线缆弯曲半径符合规范。隧道、区间线缆用专用支架均匀固定,车站线缆沿预留桥架敷设并做好标识。敷设完成后及时开展绝缘、通断测试,排查破损、接触不良问题,合格后方可进入下一工序。(2)设备安装管控。安装前核查基础与预留空间,清理作业区域。按说明书与规范精准定位、牢固固定设备,精密设备严控水平度、垂直度并做好接地。接口连接规范紧固,室外及潮湿环境接口采用专用密封件做好防水防尘,防止受潮氧化。(3)接口施工与协同作业。明确各专业接口标准与分工,搭建协同机制。对接土建、信号、供电等专业确认接口位置、规格,按方案施工后组织联合验收。交叉作业合理安排时序,狭小空间、隧道作业制定专项方案,明确范围与安全要点,避免相互干扰。(4)特殊环境施工管控。针对高温、潮湿、狭小空间制定专项方案,配备防护设备与应急措施。高温环境优化作业时间,做好设备与人员防护;潮湿环境加强通风除湿,做好防潮测试;狭小空间保障通风,配备应急设施并严控作业人数。

#### 3.4 工程质量控制与安全管理要点

质量与安全要建立全流程管控体系,强化过程监督,杜绝隐患与事故。(1)质量管控体系构建。建立“施工自检、监理抽检、建设验收”三级管控体系,明确各主体责任并落实到人。制定详细验收标准与流程,明确各工序质量控制点,上道工序验收合格方可进入下道工序,杜绝质量遗留问题。(2)隐蔽工程质量管控。强化隐蔽工程全过程管控,施工前核查方案与技术准备,施工中专人旁站监督并记录细节参数。完工后施工单位自检、监理抽检,合格后组织联合验收并签署记录,方可覆盖隐蔽,不合格部位立即整改复验。(3)安全风险防控。辨识高空、用电、动火、隧道作业等高危环节风险,制定防控措施。规范施工人员操作,要求持证上岗、佩戴防护用品,严格遵循安全规程。高空作业

搭建防护设施,用电作业规范布线并配备漏电保护,动火作业办理审批并配备消防器材与监护人员。(4)安全应急与责任落实。制定安全应急预案,明确火灾、触电等突发事件处置流程、分工与措施,定期组织演练。建立责任追究制度,对违规操作、管理缺位严肃追责。

### 3.5 通信系统联调联试与优化要点

联调联试是检验系统性能、排查隐患的关键,需通过系统性调试优化,确保达到设计标准。(1)单系统调试管控。子系统安装完成后开展调试,核查设备参数、信号质量、功能实现情况,确保独立运行稳定。详细记录调试过程,及时调整参数、排查故障,整改后复验直至指标达标。(2)多系统联调组织。制定科学联调方案,明确范围、项目、时序与分工,协调各方协同参与。重点测试子系统互联互通性能,核查信号传输稳定性、及时性与准确性,排查接口不兼容、信号干扰问题。(3)系统优化调整。针对联调问题制定优化方案,从参数、链路、信号调校等方面调整,持续跟踪测试效果,避免影响其他系统。重点优化车地通信、调度通信稳定性,降低丢包率与时延。(4)联调验收与闭环管理。联调完成后组织联合验收,对照标准核查性能与功能,合格后签署报告。对验收问题明确整改要求与时限,跟踪落实并复验,形成闭环管理,确保系统具备投用条件<sup>[3]</sup>。

### 3.6 工程进度管控与成本优化要点

进度与成本需协同平衡,在保障质量安全的前提下,合理控制进度与成本,提升建设效益。(1)进度计划编制与动态调整。结合总体目标编制详细进度计划,明确各工序起止时间、周期与资源配置,将目标分解到周、日并落实到班组。用管理工具实时跟踪进度,对比分析偏差原因,及时调整滞后工序计划与资源配置,保障总目标落地。(2)资源配置优化。合理调配人力、设备、资金等资源,按进度制定配置计划,避免闲置或短缺。优化人力资源分工,适配工序技术要求;做好设备维护保养,保障正常运行,延长使用寿命,规避故障影响进度。(3)成本管控关键点把控。建立成本台账,精准核算各项支出,实时监控成本动态。通过集中采购、比价采购降低设备材料成本,严控材料损耗;优化施工方案,减少冗余工序,降低人工与机械成本。

## 4 运维体系搭建与后期保障措施

完善的运维体系与保障措施,是城市轨道交通通信系统长期稳定运行的关键,需立足实际运营需求,构建全流程运维管控机制。(1)运维体系标准化搭建。建立中心、车站、区间分级运维管理制度,明确各层级职责,划分日常巡检、故障处置、定期维保工作边界,压实岗位责任。制定标准化运维流程,规范设备巡检周期、维保内容及故障响应时限,形成“巡检-记录-分析-整改-复盘”闭环机制。搭建数字化运维管理平台,整合设备运行数据、故障记录与维保档案,实现运维工作精准化、高效化管控。(2)设备全生命周期保障。针对传输、无线、调度等核心设备,结合运行年限与性能衰减规律,制定预防性维保计划,定期检修并更换老化部件,从源头规避故障风险。建立故障应急处治体系,梳理常见故障类型,明确快速排查与修复方案,配齐应急备件及专用工具,保障故障快速响应、高效处置,最大限度缩短停机时长。(3)运维能力与技术支持。强化运维人员专项培训,覆盖设备操作、故障处置及新技术应用,考核合格后方可上岗,定期组织技能演练提升实战能力。对接设备供应商建立技术支持机制,保障复杂故障获得专业支持,同步跟踪技术迭代,为系统升级优化提供保障,适配轨道交通长期运营需求<sup>[4]</sup>。

结束语:城市轨道交通通信工程建设是多技术、多环节协同的系统工程,需兼顾技术适配性、施工规范性与运维可持续性。本文从前期规划到后期保障的全链条要点分析,明确了各环节核心管控方向。未来要结合5G、物联网等新技术迭代,持续优化建设与运维模式,强化跨专业协同与风险防控。

### 参考文献

- [1]王嵩.城市轨道交通通信工程中常见故障分析及措施[J].移动通信,2023,45(6):331-333.
- [2]张英杰.城市轨道交通工程通信传输系统建设研究[J].中国新通信,2021,23(21):1-2.
- [3]柴娜.轨道交通通信工程施工技术要点与质量控制探讨[J].中国宽带,2025,21(11):187-189.
- [4]王先磊.城市轨道交通通信智能运维系统体系构建关键技术研究[J].城市轨道交通研究,2025,28(7):217-221.