

地铁通信系统施工质量通病成因分析与全过程管控措施

王 新

中国铁路通信信号上海工程局集团有限公司 上海 200436

摘 要：地铁通信系统支撑轨道交通行车调度、信息传输与应急联动，施工品质直接影响线路长期运营状态。整套工程工序繁杂且多专业交叉作业，管线敷设、设备安装、线路接续、系统调试环节容易滋生各类质量通病。本文梳理各类施工缺陷外在表现，从前期技术筹备、现场作业流程、物料设备管理、过程监管层面剖析问题诱因，按照施工时序搭建分阶段管控方案，落实前置防控、动态监管与闭环核查，削减各类施工瑕疵，维持地铁通信系统长期稳定运行。

关键词：地铁通信系统；施工质量通病；全过程管控；弱电施工

引言：地铁通信系统属于轨道交通不可或缺的弱电基础设施，众多功能模块依靠完整的硬件链路实现信息交互。地下封闭空间、多工种穿插施工的场景，让通信施工面临较多客观限制，工序容错空间相对有限。各类不规范操作催生持续性质量隐患，干扰信号传输稳定性，增大后期运维处置压力。认清各类施工通病的形成规律，理清问题产生内在缘由，沿着施工完整周期搭建可行管控手段，能够减少施工缺陷留存，保障通信设施持续发挥既定功能。

1 地铁通信系统施工运行架构与施工实施逻辑

1.1 地铁通信系统整体架构与组成模块

地铁通信系统是轨道交通正常运转的重要基础设施，整体架构呈现模块化、立体化的搭建形式，承担轨道交通行车联络、信息传输、场景调度及应急联动等多项基础功能。系统整体可划分为传输承载、公务调度、无线对讲、闭路监控、广播播报、时钟同步及弱电配套等多个功能模块。各模块承担独立的工作职能，覆盖地铁日常运营、场景管控、应急处置的各个环节。不同模块依托统一的传输链路完成数据交互，形成结构完整、层级清晰的通信运行体系^[1]。

1.2 地铁通信系统施工的作业特征

地铁通信系统施工区别于普通建筑弱电施工，作业开展具备较强的系统性与精密性。施工场景集中于地下隧道、站台夹层、设备机房等封闭狭小空间，场地作业条件受限明显。施工内容涵盖管线预埋、线缆敷设、设备固定、端口对接及系统调试等多层工序，各工序精密程度要求较高。施工环节需要与土建、机电、信号等多个专业交叉穿插，工序排布会受到整体工程进度的约

束。施工工艺容错空间较小，任一工序出现偏差，都会影响后续模块的功能发挥与全线通信稳定性。

1.3 地铁通信系统施工的整体实施流程

地铁通信系统施工遵循循序渐进、分层落地的实施节奏，形成完整的阶段化作业流程。施工前期以图纸核对、点位复测、管线预埋及孔洞预留为主要内容，搭建系统运行的基础传输载体。施工中期聚焦各类通信设备安装、线缆铺设、端口压接与线路接驳，完成硬件体系的实体搭建。施工后期开展线路核查、设备通电、模块联调与功能校验，排查施工阶段留存的隐性问题。各施工阶段层层衔接，前序工序的施工状态，直接决定后序作业的推进条件，构成连贯完整的施工实施体系。

1.4 施工质量管控对通信系统运行的支撑逻辑

施工质量是决定地铁通信系统运行稳定性与使用寿命的关键因素。标准化施工能够保障管线排布规整、设备安装牢固、链路传输通畅，维持各功能模块的正常运转状态。严谨的质量管控可以规避线路接触不良、链路干扰、设备错位等施工遗留问题，弱化施工缺陷对数据传输的负面作用。稳定的施工质量能够夯实系统长期运行的基础条件，维持轨道交通通信链路的持续性与完整性，让整套通信架构可以持续满足地铁日常运营、现场调度与应急保障的使用需求。

2 地铁通信系统施工常见质量通病表现

2.1 管线敷设施工的质量通病

管线敷设是地铁通信系统施工的前置基础工序，施工质量直接影响后续线缆布设与设备运行状态。管线施工阶段易出现管材选型不规范、敷设走向偏移等问题，

管线排布无法契合施工设计要求。部分预埋管线存在弯曲弧度不合理、管口打磨粗糙的问题,会对后续穿线作业造成阻碍。管线固定点位设置不均,固定卡扣松动缺失,长期使用后易出现管线移位、下垂变形等问题。管线接口密封处理不到位,地下潮湿环境中的水汽与粉尘容易进入管体内部,逐步造成线缆外皮腐蚀损伤^[2]。管线间距排布杂乱、分层划分混乱,会让后期线路检修、运维整改的开展难度大幅提升。

2.2 设备安装施工的质量通病

地铁通信设备多为精密弱电设备,安装工序对施工精度与作业规范有着较高要求。设备安装阶段常出现机架固定不稳固、安装水平度偏差超标等问题,机架整体倾斜会改变设备受力结构。设备箱体贴合墙面不紧密,预留缝隙宽窄不均,破坏设备安装的规整性。各类通信终端、调度设备、监控设备安装位置出现偏移,无法匹配现场使用与运维标准。设备接地施工处理不规范,接地线路排布混乱、连接不牢靠,会削弱设备抗干扰能力。设备标识张贴缺失、标识内容错乱,不利于后期设备运维、故障排查与系统管理工作开展。

2.3 线路接续布设的质量通病

线路接续布设是保障通信信号稳定传输的核心工序,施工瑕疵会直接影响数据传输质量。线缆布设过程中易出现线缆拖拽、弯折过度的情况,线缆内部芯线容易出现隐性损伤。线缆布设松紧度把控失衡,布线杂乱冗余,多余线缆随意堆叠缠绕,占用设备机房与夹层有限空间。线路接续工序施工不规范,芯线剥离长度把控不当,压接、焊接工艺处理粗糙,容易引发线路接触不稳的问题。线路接驳后防护包裹不严密,绝缘防护层破损缺失,会提升线路短路、信号干扰的出现概率,影响通信链路的整体稳定性。

2.4 系统调试对接的质量通病

系统调试对接是施工收尾的关键工序,用于检验整套通信系统的运行性能。调试阶段容易出现模块功能对接不完整的问题,部分子系统功能未完成全面校验,隐性运行问题无法及时排查。各通信模块之间联动适配不足,独立模块运行正常,但整体系统联动响应存在卡顿、延迟等问题。调试参数设置随意,参数匹配度不足,无法适配现场施工完成后的系统运行状态。调试记录内容简略、关键信息缺失,问题排查与整改记录不够完整,无法为后续系统运维、故障溯源提供有效参考,留存运行隐患。

3 地铁通信系统施工质量通病的诱发成因

3.1 施工前期技术筹备存在短板

施工前期技术筹备是把控通信施工质量的首要环节,筹备工作存在疏漏,会为现场施工埋下各类质量隐患。技术人员对施工图纸研读不够深入,对管线布设点位、设备安装标高、线路走向等关键参数把握模糊,前期技术交底工作流于形式,无法为现场作业提供有效指导。专项施工方案编制较为笼统,没有结合地铁地下封闭空间、多专业交叉施工的特殊场景细化操作细则。技术预判工作存在缺失,未能提前梳理现场施工难点,也没有做好前期质量风险预判工作^[3]。不完善的前期技术准备,会让现场施工缺少清晰的技术指引,作业推进存在较强盲目性,逐步滋生管线偏移、设备错位、线路布设紊乱等各类施工问题。

3.2 现场施工作业流程不够规范

标准化的现场作业流程是规避施工质量通病的核心,作业操作不规范,会造成施工缺陷持续堆积。一线施工人员对通信专项施工工艺掌握不够扎实,现场作业多依托传统施工经验开展,忽视弱电工程精细化、标准化的施工要求。工序推进未严格遵循既定施工顺序,多专业交叉作业过程中,常出现简化施工步骤、省略关键工艺的情况。线缆敷设、设备对接、管线密封等精细工序操作粗糙,工艺精度把控不到位。施工人员普遍质量认知薄弱,对细微施工缺陷缺乏整改意识,各类细小问题无法及时修正、持续积累,最终形成影响整体工程质量的系统性隐患。

3.3 施工物料与设备管控不够严谨

施工物料与施工机具的管理水平,直接决定地铁通信工程的基础施工品质。物料进场核验工作落实不到位,管材、线缆、通信设备等核心用材未经过严格参数核对与质量筛查,部分不符合施工标准的物料直接投入现场使用。现场物料存放缺乏规范管理,管线、线缆等易损材料随意堆放,长期处于潮湿、多尘的地下施工环境,容易出现材质老化、外皮破损等质量损伤。施工机具缺少常态化检修与精度校准工作,老旧机具精度衰减,难以适配精密通信施工的作业需求。粗放的物料机具管理模式会从源头拉低施工基础水准,大幅提升各类施工质量问题的发生概率。

3.4 施工过程管控体系存在漏洞

科学完善的过程管控体系,是规范现场作业、稳定施工质量的重要保障。当前地铁通信施工管控重心偏向竣工收尾验收环节,对前期预埋、中期设备安装、后期系统调试的全流程动态监管存在缺失。现场质量巡检工

作频次不足,巡检覆盖范围存在盲区,无法及时发现并纠正不规范的施工行为。质量核查标准执行力度偏弱,针对轻微施工缺陷,缺少对应的整改约束机制。施工管控未形成完整闭环,问题排查、整改复核、资料留存等关键环节落实不够扎实。管控体系存在的短板,难以对现场作业形成有效约束,各类施工不规范问题无法从根本上杜绝,持续拉低通信工程整体施工品质。

4 地铁通信系统施工全过程质量管控措施

4.1 施工前期筹备阶段的质量前置管控

施工前期筹备是从源头降低质量通病发生概率的关键环节,能够为现场施工提供稳定的技术支撑。项目启动后,技术人员需要深度研读施工图纸,逐一核对管线点位、设备标高、线路走向等关键参数,梳理图纸中存在的不合理细节并完成优化调整。针对地铁地下施工环境复杂、多专业交叉施工的特点,细化通信施工专项方案,明确各工序施工工艺、操作标准与施工重难点。落实精细化技术交底工作,将施工要求、工艺标准与质量注意事项传递至每一位作业人员。提前开展施工现场勘查,结合场地条件预判施工难点,制定针对性防控手段,减少现场作业的盲目性,从筹备阶段夯实工程质量基础^[4]。

4.2 施工现场作业阶段的动态质量管控

施工现场是质量问题滋生的主要场景,动态化管控可以持续规范作业行为,规避施工缺陷累积。施工过程严格遵循既定工序流程,杜绝随意简化工艺、颠倒施工顺序的行为。针对线缆敷设、设备对接、管线密封等精细作业,强化工艺标准落实,严控施工精度,弱化人为操作带来的质量偏差。强化作业人员质量意识,引导工作人员重视细微施工缺陷,发现不规范施工部位及时开展整改修复。安排专人开展常态化现场巡查,重点排查隐蔽工程与关键工序施工状态,及时纠正各类不规范作业行为,维持现场施工的标准化作业秩序。

4.3 施工物料设备的全流程规范管控

物料与施工机具的规范管理,是保障通信工程施工品质的基础条件。建立严格的物料进场核验机制,对管材、线缆、通信设备等核心用材开展参数核对与质量检查,杜绝不合格材料投入施工环节。优化现场物料存放管理模式,对易损线缆、管材分类规整存放,隔绝潮湿、多尘环境带来的材质损伤,维持物料原始性能状态。搭建施工机具常态化管护机制,定期开展设备检修、精度校准与故障排查,及时更替老旧、精度失效的施工机具,保障各类施工设备可以稳定适配精密通信作

业需求,筑牢物料设备层面的质量防线。

4.4 施工收尾阶段的闭环质量管控

施工收尾阶段的质量管控,用于排查施工遗留隐患,实现施工全流程质量闭环。设备安装、线路布设完成后,对整体施工内容开展全面核查,逐一校验管线排布、设备固定、线路接驳等工序的施工质量。细化系统调试标准,完整校验各通信子系统运行状态与模块联动性能,全面排查隐性运行缺陷。针对调试过程发现的问题,逐项落实整改工作,完成整改后再次复核校验,保证各类质量隐患彻底清除。完善施工资料整理归档工作,详实记录施工整改、设备调试等关键内容,为后期运维工作提供完整的资料支撑。

4.5 施工质量长效管控体系搭建

长效管控体系能够持续规范施工管理模式,稳定通信工程施工质量水平。搭建覆盖施工全周期的质量监管机制,将管控范围延伸至前期筹备、现场作业、物料管控、收尾调试各个环节,填补阶段性监管空白。完善现场质量考核机制,将工艺落实情况、问题整改质量纳入作业考核范围,约束岗位施工行为。定期组织施工工艺与质量管控培训,提升作业人员专业能力与质量管控意识。持续优化施工管控流程,结合现场施工实际完善管控细则,形成常态化、规范化的质量管控格局,长久保障地铁通信施工的整体品质。

结束语

地铁通信施工包含多层连续工序,任一环节管控疏漏都容易催生质量通病,干扰整套通信架构稳定运行。管线布设、设备装配、线路接驳以及系统调试存在的各类缺陷,源自技术筹备、现场作业、物料管理与监管机制等多个维度。沿着施工时序落实前置管控、现场动态监督、物料规范管理以及收尾闭环核验,搭配长效管理机制持续规范作业行为。多层管控举措能够减少施工瑕疵积累,降低设施运行故障概率,为轨道交通通信设施可靠运转夯实基础。

参考文献

- [1] 穆君志. 地铁通信工程质量通病及施工技术要点[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(9):1999-2000.
- [2] 陈龙吟. 地铁通信系统工程的过程控制与质量管理探讨[J]. 模型世界,2023(29):137-140.
- [3] 丁东旭. 视频监控系统在地铁通信中的集成与施工应用[J]. 中国高新科技,2026(2):68-70.
- [4] 杜连发. 地铁工程弱电系统施工质量控制与管理策略[J]. 建筑与施工,2024,3(13):1-2.