

铁路信号系统全生命周期施工质量控制研究

王越敏

新朔铁路大准铁路分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 铁路信号系统施工贯穿筹备、土建预埋、设备安装调试及运维衔接多个阶段,各阶段质量管控存在明显薄弱环节。本文围绕全生命周期视角,梳理了前期技术准备不足、土建预埋偏差累积、设备安装精度失控及调试衔接断层等突出问题,并从现场环境、工艺技术、人员操作与过程管理四个维度剖析质量影响因素。在此基础上,提出筹备阶段精细化管控、土建预埋全过程盯控、安装调试作业升级及全流程管理体系优化等对策,为提升铁路信号系统施工质量的系统性与稳定性提供技术参考。

关键词: 铁路信号系统;全生命周期;施工质量控制;工序管理;质量隐患

引言: 铁路信号系统是保障列车运行安全的关键基础设施,施工质量直接关系到系统长期运行的可靠性与稳定性。信号系统施工涉及土建预埋、设备装配、线缆敷设与系统调试等多道工序,各阶段质量管控的精细化程度参差不齐。筹备阶段技术梳理粗放、预埋工程偏差累积、安装作业精度不足以及调试衔接管控断层等问题,已成为制约施工质量提升的主要障碍。围绕全生命周期梳理各阶段质量短板并提出针对性控制对策,对保障信号系统施工质量具有实际价值。

1 铁路信号系统全生命周期施工阶段划分

1.1 施工前期筹备阶段

铁路信号系统施工开展前需要完成全方位的前置准备工作,为后续现场施工作业开展筑牢基础支撑。该阶段主要围绕技术准备、资源统筹、现场勘测及施工规划开展系列工作。技术准备工作聚焦信号系统施工技术内容梳理,完成施工技术内容的梳理整合与工艺标准确认,明确各类信号设备施工的技术要求。资源统筹工作针对施工所需机具、精密仪器、施工物料与人力配置开展统筹规划,合理调配各类施工资源,匹配不同施工环节的实际建设需求。现场勘测作业针对线路区间、站场区域的施工环境与作业条件开展细致排查,掌握现场施工环境的实际状态。施工规划工作结合线路施工整体布局与信号系统建设需求,细化整体施工推进节奏,梳理各施工环节的衔接逻辑,为后续各阶段施工作业有序推进搭建稳定前置条件。

1.2 现场土建预埋施工阶段

土建预埋施工是铁路信号系统施工的基础环节,直接决定后续设备安装与线路敷设的施工质量^[1]。该阶段作业内容涵盖信号管线沟槽开挖、管线铺设、基础浇筑、预埋孔洞预留及隐蔽工程施工等核心内容。施工开展过

程中需要依托线路走向与信号点位布设需求,规范开展沟槽成型处理与管线埋设作业,保障管线排布规整且贴合信号传输布设要求。各类设备基础浇筑作业需要把控成型精度与结构稳定性,适配后续信号机、应答器等设备的安装固定标准。预埋孔洞与管线接口的预留作业需要匹配设备后期装配尺寸,规避结构偏差引发的装配适配问题。该阶段多数作业内容属于隐蔽施工范畴,施工质量的精细化把控能够有效规避后续设备安装及系统运行阶段的各类质量隐患。

1.3 设备安装调试施工阶段

设备安装调试施工是铁路信号系统成型落地的核心施工环节,承接土建预埋施工成果,完成系统设备装配与功能适配工作。设备安装作业包含室外信号设备、室内机柜设备、传输线缆及配套附属设施的装配布设,严格依照精密施工要求完成设备固定、线缆搭接与线路排布作业,保障各类设备安装位置与装配精度满足系统运行标准。设备安装作业全部完成后进入系统调试施工环节,通过层级化的作业模式完成单体设备状态校验、设备间联动适配及整体系统运行状态调校。持续优化系统运行参数,修正设备装配与线路布设产生的细微偏差,保障信号系统各项运行功能可以正常发挥,实现信号系统整体架构的完整成型。

1.4 后期运维衔接施工阶段

后期运维衔接施工串联工程施工收尾与常态化运维工作,实现施工建设与设备运维的平稳过渡。该阶段依托前期安装调试施工成果,开展施工现场规整、设备防护处理、施工缺陷整改及运行状态复核等工作。针对施工全过程留存的细微施工瑕疵开展针对性修整,完善设备外部防护结构,清理施工现场多余物料与施工遗存设施。结合铁路信号设备长期运行的管控需求,梳理设备

装配参数与施工状态信息,完善设备运行基础资料。落实设备常态化防护处置,提升信号设备对线路运行环境的适配能力,保障信号系统可以长期保持稳定的运行状态,衔接后续常态化运维管控工作。

2 铁路信号系统各阶段施工质量现存问题

2.1 前期筹备阶段质量隐患问题

铁路信号施工前期筹备工作的落实质量,直接影响后续全流程施工的推进水准。部分施工筹备工作存在技术梳理不够细致的情况,施工技术内容梳理流于表面,对不同线路场景下的信号施工技术细节挖掘不足。施工资源调配缺乏科学规划,各类施工机具与物料的调配排布缺乏合理统筹,容易出现施工物资匹配度不足的情况^[2]。现场勘测工作开展较为粗放,对站场及区间施工环境的细节摸排不够全面,无法精准掌握现场施工的客观条件。施工规划内容细化程度不足,施工推进节奏排布不够合理,各施工环节的衔接逻辑梳理不够清晰,会为后续现场施工开展埋下隐性质量隐患。

2.2 土建预埋施工质量偏差问题

土建预埋施工的精细化不足,容易产生各类施工偏差,干扰后续信号设备的装配与使用。沟槽开挖作业容易出现尺寸偏差与走势偏移,沟槽成型规整度不足,难以满足管线规整布设的施工要求。管线埋设过程中存在排布无序、固定不牢的情况,管线铺设的规整性无法得到保障。设备基础浇筑作业把控力度不足,结构成型精度存在误差,基础结构的稳定性难以适配精密信号设备的安装需求。各类预留孔洞及管线接口位置容易出现偏移误差,隐蔽工序的施工把控力度不足,细微施工偏差积累后会持续影响后续设备装配精度。

2.3 设备安装施工质量缺陷问题

信号设备安装施工环节的操作不规范,会催生各类实质性施工缺陷。室内外各类信号设备的安装定位存在细微偏移,设备固定稳固性把控不到位,难以适配长期线路运行的环境条件。线缆敷设与搭接作业把控不严,线路排布杂乱,线缆搭接松紧度把控不均,容易引发线路接触不良的隐患。附属设施装配贴合度不足,设备整体装配的规整性与统一性较差。精密信号设备对安装精度标准要求较高,安装过程中的细微操作疏漏会逐步累积,造成设备装配质量不达标,影响信号系统整体的装配完整性。

2.4 调试及衔接施工质量漏洞问题

系统调试与运维衔接施工环节的管控缺失,会形成多处质量管控漏洞。层级化调试工作开展不够细致,单体设备运行状态校验不够全面,设备之间的联动适配调

校不够细致,系统运行参数调校不够精准。调试过程中对细微运行偏差的排查不够彻底,部分隐蔽性运行问题无法得到及时修正。施工收尾阶段的缺陷修整不够彻底,细微施工瑕疵留存于设备表层及线路衔接位置。施工现场规整与设备防护工作落实不到位,施工资料整理不够完善,设备运行基础数据留存不够完整,不利于后续运维工作的有序开展,造成施工与运维衔接环节出现管控断层。

3 铁路信号系统施工质量影响因素分析

3.1 现场施工环境影响因素

铁路信号施工作业多依托露天线路区间与站场区域开展,复杂多变的现场环境会对施工质量产生直接干扰。户外施工场景易受气象条件干扰,温度湿度的动态变化会改变施工材料性能与设备装配状态,影响土建预埋及线缆敷设的施工精度^[3]。线路施工区域空间条件受限,轨道周边作业区域狭窄,各类施工工序开展会受到周边土建、轨道、电气化施工的交叉干扰。野外施工环境存在粉尘、水汽及风沙等自然介质,这类介质会附着于精密信号设备与施工接触面,降低设备装配贴合度,干扰调试工序的正常推进。复杂的现场环境条件会持续增加施工作业的管控难度,造成各类精细化施工工序难以维持稳定作业标准。

3.2 施工工艺技术影响因素

施工工艺技术的落实水平,决定铁路信号系统施工的整体质量层级。部分施工工序沿用传统工艺模式,技术精细度无法匹配新型信号设备的装配与布设要求。管线预埋、设备固定及线缆搭接等关键工序的工艺标准落实不到位,工序操作精细度不足,容易滋生细微施工偏差。工艺调校与技术适配工作开展不足,针对不同施工场景的工艺优化力度欠缺,固定化施工模式难以适配差异化施工场景。信号系统联动调试的技术管控不够细化,参数调校与系统适配技术落实不充分,会造成设备运行匹配度不足,引发各类隐性质量问题。

3.3 施工人员操作影响因素

一线施工人员的专业素养与操作熟练度,和施工质量稳定性密切相关。部分作业人员对信号施工精细化标准认知不足,实操过程中存在操作流程简化、工序落实不到位的情况。精密设备装配与系统调试这类专业工序,对作业熟练度要求较高,实操经验储备不足会造成工序处理不够规范,产生装配偏差与调试疏漏。部分作业人员对新型信号设备的施工特点掌握不够透彻,传统操作习惯难以适配新式施工要求,持续影响现场施工工序的落地质量,造成各类重复性施工缺陷出现。

3.4 施工过程管理影响因素

完善的过程管理是稳定施工质量的重要基础,管理疏漏会造成施工质量控制出现多处短板。施工全流程的管控力度不均衡,对隐蔽工序、精细工序的监管力度偏弱,粗放化管理模式难以捕捉细微施工偏差。施工工序的衔接管理不够规范,各施工环节的交接核验标准落实不严,工序交接过程容易出现质量遗漏。质量管控的动态跟进力度不足,阶段性施工问题无法得到及时整改,微小施工缺陷不断累积。粗放的过程管理模式弱化各环节质量管控力度,导致整体施工质量难以维持统一标准。

4 铁路信号系统全生命周期施工质量控制优化对策

4.1 施工前期筹备质量管控优化

强化施工筹备阶段的精细化管控,从源头规避各类施工质量隐患。深化施工技术筹备工作,细致梳理信号系统施工的各项技术细则,结合线路施工环境特性细化技术执行标准,补齐技术筹备的细致度短板^[4]。科学开展施工资源统筹配置,依据各施工环节的作业需求合理调配施工机具、精密设备及施工物料,保障各类施工资源可以充分适配现场作业需求。细化现场勘测工作内容,全方位摸排站场与区间的施工环境条件,精准掌握作业区域的空间布局与环境特点。完善施工规划编制内容,合理排布各施工环节的推进节奏,理顺各工序的衔接逻辑,为现场施工作业有序开展提供稳定前置条件。

4.2 土建预埋施工质量精细化管控

针对土建预埋施工的常见质量偏差,落实全方位精细化管控模式。规范沟槽开挖与成型作业流程,严格把控沟槽走向、尺寸及成型平整度,保障管线布设具备良好基础条件。细化管线敷设与固定作业标准,规整管线排布形态,强化管线固定工序落实力度,规避管线偏移、松动等问题。严格执行设备基础浇筑施工标准,把控浇筑成型精度与结构密实度,提升基础结构的稳定性与规整性。细化各类预留孔洞与接口的布设管控,精准把控布设位置与尺寸规格。强化隐蔽工序的过程盯控,细化每一处施工细节的管控标准,减少隐蔽施工偏差累积引发的质量问题。

4.3 设备安装与调试施工质量管控升级

升级设备安装与调试环节的质量管控模式,提升精密施工工序的作业水准。规范室内外信号设备安装流程,严格把控设备安装定位精度与固定强度,优化设备装配的

规整度与稳定性。细化线缆敷设与搭接作业规范,规整线路布设形态,统一线缆搭接施工标准,规避线路杂乱、搭接不规范等施工问题。优化层级化调试作业模式,细化单体设备校验与系统联动调校的作业内容,精细调整系统运行参数。加大调试过程的细节排查力度,及时修正装配与参数适配产生的细微偏差,保障信号系统各项运行功能可以稳定落地。

4.4 全流程施工管理体系优化完善

搭建更为完善的全生命周期施工管理体系,提升整体质量管控的系统性与有效性。均衡强化各施工阶段的管控力度,重点加大隐蔽工序、精密工序的监管强度,及时捕捉细微施工偏差。规范各施工工序的交接管理标准,严格落实工序交接核验流程,杜绝工序衔接过程出现质量疏漏^[5]。建立常态化的施工问题整改机制,及时处置现场发现的各类施工缺陷,规避质量问题持续堆积。细化各岗位的管控职责,搭建覆盖施工筹备、现场作业、调试收尾的完整管控链条,持续提升铁路信号施工质量的整体稳定性。

结束语

铁路信号系统施工质量贯穿筹备、预埋、安装、调试及运维衔接全过程,任何阶段的管控疏漏都会对系统运行可靠性产生连锁影响。从全生命周期视角审视各阶段质量短板,针对环境干扰、工艺滞后、人员素养及管理粗放等影响因素,配套筹备精细化、预埋全过程盯控、安装调试升级与全流程管理优化等对策,能够系统回应当前施工质量控制中的突出矛盾,为铁路信号系统施工质量的持续提升奠定技术基础。

参考文献

- [1]崔玉峰.铁路信号系统全生命周期施工质量控制研究[J].中国新技术新产品,2025(4):83-85.
- [2]杜高科.面向全生命周期的BIM技术在铁路信号系统中的应用研究[J].工程建设与设计,2022(1):211-214.
- [3]林伟欣,胡源,李梅.铁路信号系统中安全关键软件的安全分析方法[J].微型电脑应用,2022,38(4):183-186,190.
- [4]安卓.铁路信号系统安全保障策略研究[J].工程建设与设计,2024(3):214-216.
- [5]王磊.面向智慧铁路的信号系统集成与创新技术研究[J].时代汽车,2025(4):178-180.