

# 浅谈既有有线铁路信号电化改造工程要点施工方略

张 耀

中铁六局集团电务工程有限公司 内蒙古 呼和浩特 010050

**摘 要：**本研究聚焦深度探究既有有线铁路信号电化改造工程的关键施工策略，通过结合既有有线铁路信号电化改造工程特性，针对工程施工要点展开研究与分析，以期可以为相关工程施工提供理论支持。

**关键词：**既有有线铁路信号；电化改造工程；施工要点

前言：铁路工程作为国家建设基础设施之一，在交通运输中地位关键，我国经济发展促使铁路运输需求激增，既有有线铁路信号系统短板显现，其设备传输性能较差、故障率高，制约运输效率与安全。为此，信号电化改造工程兴起，可实现系统数字化、智能化升级，但改造过程中应确保运营不受影响，同时需解决新老设备兼容等问题。因此，深入研究要点施工方略意义重大，从而保障工程顺利，提升铁路运输效能。

## 1 既有有线铁路信号电化改造工程特性

### 1.1 施工干扰繁杂

既有有线铁路信号电化改造施工区域紧邻运营线路，施工活动极易干扰正常运营，同时施工噪音与振动对铁路信号传输产生诸多影响，致使信号异常波动。施工人员调配、设备及材料运输与列车运行可能冲突，进而增加运输组织的复杂程度。

### 1.2 新旧设备匹配艰难

既有有线信号设备运行多年，型号众多、技术标准不一致，电化改造引入新设备时，需全面评估新旧设备兼容性并进行技术适配。不同厂家设备在接口设计、通信协议、控制逻辑上存在差异，实现新老设备互联互通难度较大。当出现设备不匹配时，则导致信号传输受阻、控制指令出错，严重危及行车安全<sup>[1]</sup>。

### 1.3 施工精度要求严苛

铁路信号系统对列车运行安全至关重要，设备安装与调试精度要求较高，既有有线改造中，施工人员需在有限空间内精准安装新设备，确保位置、角度、连接等契合设计标准。信号机安装角度偏差会影响司机瞭望视线；轨道电路调试精度不足，导致列车占用检测失误。此外，既有线路轨道结构、道床状况的不均匀性，则对新设备安装精度造成影响。

## 2 施工前期策划与准备

### 2.1 全面的现场调查与数据采集

安排专业技术人员沿既有铁路线徒步逐一对信号机、转辙机、轨道电路等设备展开检查，同时运用激光

测距仪精确测量信号机间距，利用专业仪表检测转辙机动作时间、拉力等关键性能参数，详细记录设备外观有无破损、老化迹象。结合轨道尺寸，其具体包含轨距、水平、高低等，获取连续线路数据，同时实地检查道床状态，判断其是否存在翻浆冒泥、板结问题，以及路基稳定性，查看有无沉降、裂缝等隐患。全面勘察铁路沿线周边地形地貌，运用无人机航拍绘制详细地形地貌图，标注河流、桥梁、隧道、建筑物等位置与特征，重点关注周边是否存在可能干扰施工的因素，如大型工厂、高压变电站等，并记录其与铁路相对位置关系。

### 2.2 施工组织设计与方案优化

将信号电化改造工程细分为既有信号设备拆除、基础施工、新设备安装、线缆铺设、系统调试等工序，结合工程逻辑与技术要求安排工序顺序，优先拆除既有设备并完成基础施工，而后进行新设备安装，确保施工有序进行。

利用BIM项目设计与管理软件针对施工组织设计针对性的进度计划，以小时为单位安排天窗期施工任务，为各工序设定最早开始时间、最晚结束时间及总时差，充分考虑工序衔接与资源分配。结合铁路运输部门提供的天窗时间，合理安排关键线路施工任务，确保有限时间内完成重要施工节点。建立每日施工进度汇报制度，各施工小组组长每日下班前汇报当日工作量、问题及次日计划，同时对比实际与计划进度，及时发现偏差并分析原因，当出现因不可抗力等因素导致进度滞后的情况时，应及时调整后续工序资源分配与施工时间，确保总工期不受影响<sup>[2]</sup>。

### 2.3 施工资源配置与保障措施

根据施工进度计划精确计算各阶段物资需求，制定采购清单，并与优质供应商建立长期合作，确保物资按时、保质、保量供应；建设物资仓库，分类存放物资并进行标识管理，严格执行出入库登记制度，避免物资浪费与丢失。根据施工工艺与作业条件选择合适设备，信号设备安装配备高精度工具与检测仪器，线缆铺设选用专业放线与接续工具。编制详细资金预算，将工程费用分为人工费、材料费、设备费、管理费等项目，建立资金

使用审批制度,严格控制费用支出;定期审计分析资金使用情况,及时调整分配方案,确保资金使用效益最大化。

### 3 施工关键技术与工艺

#### 3.1 既有信号设备拆除技术

使用绝缘工具断开信号机电源和信号传输线缆,防止发生触电事故与信号干扰,采用专用信号机拆卸吊具,该吊具承重能力需高于信号机自重1.5倍,确保拆除过程中信号机平稳吊运。针对高柱信号机,拆除前应针对基础螺栓进行松动处理,涂抹适量松动剂,等待15~20分钟后开展拆除工作,避免因螺栓锈蚀导致拆除困难或损坏基础。拆除转辙机前,运用转辙机测试仪对其进行功能测试并记录测试数据,而后依次拆除转辙机表示杆、动作杆、连接螺栓等部件。在拆除过程中,使用扭矩扳手依照20~30N·m规定扭矩值操作,防止因扭矩异常导致部件损坏或连接不牢固,拆除后的转辙机应及时进行清洁、防护,防止灰尘与水汽侵入。

#### 3.2 新型信号设备安装工艺

利用专业吊车将信号机吊运至基础上方,采用高精度定位夹具进行初步定位,仔细调整信号机垂直度,确保其每米偏差控制在±5mm以内,并使用扭矩扳手按照100~130N·m的力矩紧固地脚螺栓,确保信号机安装牢固,确保其在运用过程中可经受各类环境考验。在基础垫板上均匀涂抹专用防滑胶,将转辙机平稳放置在垫板上,精确调整转辙机动作杆与道岔杆件的同心度,偏差需控制在±2mm以内,结合50~70N·m的力矩拧紧固定螺栓,安装完成后,进行空载动作测试,动作时间控制在0.8~1.2s,确保转辙机动作精准、顺畅。将轨道电路设备安装在特制的防腐支架上,支架与钢轨的距离保持在200mm,运用不锈钢螺栓固定,其力矩为40~60N·m,设备之间的连接线缆采用屏蔽双绞线,屏蔽层接地电阻小于1Ω,有效保障信号传输的稳定性和抗干扰能力<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 信号系统调试与开通技术

针对信号机外观进行细致检查,确保灯罩无破损、灯位安装正确无误,利用信号发生器输入各类信号指令,全面测试信号机显示功能,应针对常规的红、绿、黄信号显示进行测试,并对引导信号、调车信号等特殊信号开展严格测试。同时,测试信号机灯丝转换功能,确保主灯丝发生故障时,可以在0.1秒内迅速切换至副灯丝,并相关报警装置能及时、准确发出警报。当转辙机通电后,需观察其动作的平稳性与流畅性,确保无卡顿、冲击等异常现象,运用专业的转辙机测试仪,精确测量其动作时间和拉力,将电动转辙机动作时间控制在3.5秒以内,拉力需达到3000N以上。此外,精细调整转辙机表示缺口,确保主表示缺口维持在 $1.5 \pm 0.3\text{mm}$ ,副

表示缺口维持在 $2.0 \pm 0.3\text{mm}$ ,以确保道岔位置准确表示。运用轨道电路综合测试仪,结合轨道电路的发送电压、接收电压、分路残压等关键参数进行精确测量与调整。针对在调整状态下,发送电压应稳定在110~130V之间,接收电压保持在25~35V;而在分路状态下,分路残压需控制在5V以下,确保轨道电路能够准确检测列车的占用与出清。

### 4 施工安全与质量管理

#### 4.1 施工安全风险识别与防控

施工活动存在干扰既有铁路正常运营的可能性,如施工设备故障可能导致信号传输异常,进而影响列车运行;防控措施方面,应在施工前对设备展开全面检测,确保设备性能良好。施工过程中,设置信号监测人员,实时监控信号状态,当发现异常情况,应立即停止施工并采取有效措施恢复信号,保障铁路运营安全。

信号设备的电气连接、调试等工作存在短路、过载等风险,施工前需针对电气设备和线路进行绝缘测试,确保绝缘性能符合要求。施工过程中需严格依照电气操作规程作业,配备漏电保护装置,并定期进行检查维护,防范电气事故发生。不同施工班组在同一区域同时作业,如信号设备安装与线路铺设作业交叉,容易发生物体打击和人员碰撞事故。为此,需制定详细交叉作业计划,明确各班组作业时间和区域,设置明显警示标识,同时应加强现场协调管理,安排专人负责指挥,保障交叉作业安全有序进行。施工现场临时办公区、材料堆放区等,可能因搭建不牢固、防火措施不到位等引发安全事故,因此搭建临时设施时,需采用防火阻燃材料,确保临时设施符合相关施工标准<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 施工质量控制体系构建

在施工图纸会审阶段,运用BIM技术搭建三维模型,通过模型直观展示建筑结构、设备布局等,提前发现图纸中不同专业之间的设计冲突,如电气线路与管道走向冲突等问题。针对施工方案进行多轮论证,邀请结构工程师、电气工程师、安全专家等不同领域专家参与评估,专家从各自专业角度出发,对施工方案的技术可行性、安全可靠性、成本效益等方面进行全面审查,确保方案科学合理。借助物联网技术,在施工现场部署各类传感器,对施工过程进行实时监控,针对信号设备安装,通过传感器实时监测设备安装位置的坐标、角度等参数,当发现偏差超出允许范围,系统则立即发出警报,并根据预设算法提供纠正建议,如调整安装角度、重新定位等。加强现场指导,安排经验丰富的技术人员组成巡回检查组,依照既定的检查路线与时间间隔,针对施工现场进行全面检查,及时解决施工人员遇到的技

术难题与质量问题。制定质量验收标准时,应遵循国家和行业规范,同时需结合工程独特特点与业主特殊需求,提出更高的验收要求,针对信号系统的验收,除满足常规的功能测试要求外,应增加对系统在复杂环境下稳定性测试的要求。搭建质量问题整改跟踪机制,针对验收过程中发现的质量问题进行编号管理,详细记录问题描述、发现时间、责任部门等信息。

#### 4.3 安全与质量事故应急预案

事故处理结束后,成立专业的事故调查组,对事故原因、发生经过、责任归属进行全面深入的调查,并成立调查组,通过现场勘查、询问相关责任人及施工人员、查阅施工记录和技术资料等方式,抽丝剥茧找出事故发生的根本原因。同时,制定切实整改措施,如加强施工人员的安全教育培训、完善质量管理体系和监督机制、改进施工工艺和操作流程等,从源头上防止类似事故再次发生。针对应急预案的执行情况进行全面、细致的评估,深入分析应急预案在应急响应速度、救援行动协调性、资源调配合理性等方面存在的问题和不足之处。并结合不足制定出应急响应流程,提高响应速度;调整应急资源配置,确保资源合理利用;更新应急技术和方法,提升救援效果。同时,定期组织不同类型的应急演练,模拟各种事故场景,检验与提升应急预案的实际有效性,确保应急预案始终保持科学性和实用性。

### 5 施工进度与成本管理

#### 5.1 施工进度动态调整

应用工作分解结构(WBS)方法,将整个工程系统拆解为最小可管理工作单元,以房屋建筑项目为例,从场地平整、地基处理开始,逐步梳理主体结构施工的每一层楼板浇筑、墙体砌筑,结合内外装修各个环节,精确确定施工顺序。通过绘制详细施工流程图,清晰呈现各工序之间先后顺序、平行关系或搭接关系,进而找出影响进度的关键路径,在主体结构施工中,钢筋绑扎与模板安装部分工序存在搭接关系,合理安排可缩短施工周期。

利用无人机定期对施工现场进行航拍,获取施工现场全貌,运用图像识别技术分析施工进度与计划差异,在施工现场布置各类传感器,实时监测设备运行状态、材料库存、人员位置等信息。当设备传感器监测到某台关键机械设备出现异常,如温度过高、振动异常等,立即安排维修人员处理,避免因设备故障导致进度延误。同时,建立施工进度管理APP,施工人员可实时上传施工进度和问题,方便管理人员及时掌握现场情况<sup>[5]</sup>。

#### 5.2 施工成本控制策略

摒弃传统单一固定的成本控制目标设定模式,采用动态弹性目标设定法,在项目启动初期,结合项目预

算、市场调研及施工规划设定基础成本控制目标。随着施工进度推进,密切关注项目施工进度、市场环境变化等因素。当出现材料价格大幅上涨,如钢材价格在一个月內上涨30%,或施工工艺因设计变更发生重大调整时,立即组织成本核算团队重新评估成本。根据全新成本核算结果,调整成本控制目标,并制定相应应对策略,如寻找替代材料、优化施工流程以降低成本。

建立全面的供应商信用评价体系,通过产品质量、价格、交货期、售后服务等多维度对供应商进行综合评价,将供应商分为A、B、C三个等级,选取信用等级高的A类供应商合作,签订长期战略合作协议,获取更优惠的采购价格、更长的付款周期等条件。同时,采用集中采购和联合采购模式,整合集团内部多个项目的采购需求,或其他建筑企业联合采购,多家建筑企业联合采购水泥,采购量增加3倍,通过规模效应获得比单独采购低15%的价格。

搭建实时成本监控平台,施工各环节成本数据通过物联网设备实时上传至平台,平台需利用先进的数据分析算法,对成本数据进行实时分析和预警,当成本项目接近或超过预算时,如某阶段材料采购成本达到预算的90%,系统则自动发出预警信息,以短信、弹窗等形式提示管理人员。同时,建立成本控制责任追溯机制,明确各部门、各岗位在成本控制中的职责,当材料采购成本超支时,则通过追溯机制,从采购计划制定、供应商选择、采购流程执行等环节查找问题与相关责任人,从而激励全员参与成本控制。

结束语:总而言之,在既有线铁路信号电化改造工程中,要点施工方略的各个环节至关重要,从前期筹备时对技术资料的深度研读、施工团队的精心组建,到施工过程中对安全风险的严密防控、质量标准的严格遵循、进度节奏的精准把控以及成本开支的有效管理,进而结合信号系统调试与开通阶段的精细作业,需在保障既有线正常运营的同时,达成信号电化系统的更新换代,为铁路运输的高效与安全筑牢根基。

#### 参考文献

- [1]刘守旺.铁路既有线通信光缆割接方案探讨[J].通讯世界,2024,31(3):18-20.
- [2]陈通.复杂条件下地铁CBTC信号系统接入既有线的解决方案[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(3):69-72.
- [3]姚欣楠.既有线GSM-R改造无线子系统技术方案研究[J].铁道通信信号,2023,59(2):45-49.
- [4]张金龙.普速铁路区间闭塞系统改造方案研究[J].铁道建筑技术,2024(6):183-186.
- [5]王芳,吴宇,李雪,代赛.铁路5G-R系统不同MIMO基站工程应用分析[J].铁道通信信号,2024,60(7):1-7.