

铁路接触网支架安装精度控制与监理要点

贾 宁

中铁第六勘测设计研究院中铁铁路安工程咨询有限公司 天津 300250

【摘 要】：铁路接触网支架安装精度关乎弓网运营安全与高铁行车稳定状态，支撑着电气化铁路施工质量的整体把控工作。文章整合接触网支架安装精度的各类干扰条件，结合土建基础施工偏差、构件制作与测量放线误差、现场环境及施工设备干扰三类场景，剖析各类偏差的生成缘由以及弓网硬点、接触线偏移等工程隐患。施工前期预控举措、现场安装作业、特殊区段调整方案可搭建完整的精度控制工艺体系，施工全流程的监管重点与检测验收规范也得到清晰界定。全流程精度把控与闭环整改模式能够化解支架安装精度超差难题，提升接触网整体施工品质，维系电气化铁路长期平稳的运营状态。

【关键词】：接触网；支架安装；安装精度；精度控制；工程监理

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.037

引言

接触网是电气化铁路供电系统核心设施，支架作为接触线承载固定结构，安装精度直接关乎弓网配合效果与列车供电质量。高铁运行工况复杂，支架垂直度、水平度、拉出值等参数有着严苛施工标准，施工偏差会引发离线、电弧、刮弓等隐患，影响行车安全。基础施工、构件加工、现场作业环节易出现精度缺陷，行业暂无覆盖施工全流程的规范管控体系。文章剖析支架安装精度相关影响因素，搭建全流程精度管控技术框架，界定监理管控与验收核心要点，为电气化铁路接触网施工提质增效提供技术支撑。

1 铁路接触网支架安装精度影响因素分析

1.1 土建基础施工偏差因素

土建基础可为接触网支架安装工作提供稳定承载条件与精准安装定位基准，基础施工阶段形成的几何偏差会逐层传递至上方架设的支架结构，造成各类构件安装精度超出既定规范阈值。双线客运专线路基杯型基础普遍采用人工放线开挖的施工方式，现场定位管控工作存在明显疏漏，基础横向最大偏移数值可达 72mm，混凝土支柱成型成型后沿线路方向倾斜数值为 2.1%，腕臂底座贴合位置出现错位偏差，吊弦现场核算数据产生偏移问题，整体吊弦长度偏差数值超出 12mm，区间跨域弹性均匀度无法满足既定施工验收标准。桥梁预埋锚栓在混凝土浇筑振捣施工工序中会发生偏移位移，构件纵向位置与安装倾角偏离规范标准，桥体吊柱产生固定弓网硬性接触点位，列车高速通行过程中离线问题频繁出现^[1]。车站基础回填土层压实度未达标设计要求，后期土体不均匀沉降引发硬横梁产生下挠变形，接触线预留弛度不符合行业施工规范，隧道衬砌成型存在结构偏差，间接造成吊柱安装偏移，现场留存列车运行刮弓的安全风险。

1.2 构件加工与测量放线偏差因素

构件加工偏差与测量基准混用问题会扩大基础偏差数值，产生大批量构件精度缺陷。腕臂与硬横梁摒弃数控加工工艺，

核心尺寸存在±3mm 浮动差值，构件本体产生弯曲形变状态，现场装配贴合度不足，螺栓紧固作业后留存内部应力，线路运营产生的振动会造成部件松动与形变问题。多条准高速线路施工阶段，路基沉降状态未趋于稳定便开展测量作业，测量基准始终处于波动状态。测量设备未完成校准作业，人工读取数据存在数值偏差，曲线运行区段未导入超高修正参数，接触线坡度数值超出限定标准，弓网之间的接触压力产生异常状态。构件预配流程缺失三坐标核验工序，各类配件匹配效果较差，现场作业仅依托垫片完成细微调整，支架安装的精度状态难以维持长期稳定。

1.3 现场施工环境机具干扰因素

施工现场环境与机具干扰产生动态瞬时偏差，隐蔽性强且整改难度大。区间昼夜温差会让钢制横梁热胀伸长、铝合金腕臂收缩，改变支架形态，造成挠度、水平度参数超标。多机具交叉作业时，扬尘强光影响激光定位，大风带动横梁扭转，致使支柱垂直夹角失准。隧道潮湿空气造成仪器镜头起雾，降低定位精度。机具磕碰半成品支架会导致杆件变形，产生固定弓网硬点。夜间光照不足引发读数误差，造成区间支架拉出值批量偏移，增加返工成本与天窗施工时长。

2 接触网支架安装全过程精度控制技术措施

2.1 施工前期精度预控工艺

施工前期依托基准统一、构件前置校验、数字化建模搭建预控体系，从源头杜绝多层叠加误差^[2]。土建基础交接落实三维复测闭环流程，路基、桥梁、隧道基础统一采用压道稳定后的轨面与线路中心线作为专属测量基准，全站仪配合激光水平仪逐处核对基础平面坐标、顶面高程、预埋锚栓空间位置，超标偏差与高差问题可联动土建单位整改，复测达标后可移交接触网施工作业。腕臂、硬横梁、吊柱支架构件出厂前完成全尺寸三维检测，铝合金杆件关键尺寸误差控制在±1mm，弯曲度维持 1/1000 以内，劣质构件禁止出厂流通。进场材料需二次抽检平直度与焊接变形，匹配构件激光编码完成尺寸溯源。弓网

仿真软件可录入线路曲线、竖曲线、外轨超高各类参数,结合既有客运专线施工经验搭建支架数字模型,提前测算各区段底座标高与定位偏移修正量,编制分区分股道的专属安装参数资料,规避现场人工核算产生的数据偏差。激光倾角仪、力矩扳手、测距仪等施工设备施工前统一完成计量校准,留存合规校验凭证,可消除设备系统误差(见图1)。

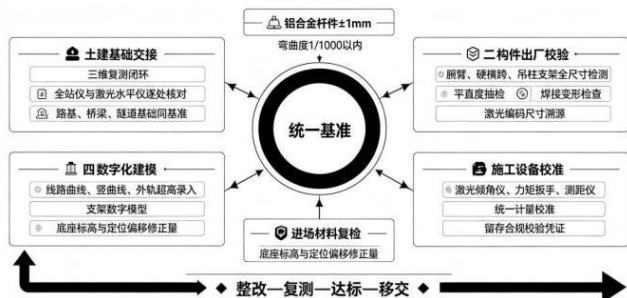


图1 施工前期精度预控工艺

2.2 腕臂、横跨支架安装调准方法

支架安装包含工厂预制、现场吊装精调两个阶段,重点管控水平、垂直、偏移三类核心精度指标。工厂设置五轴联动预配工装,结合线路曲线倾角调整定位管安装角度,预制构件通过低频动态载荷模拟列车振动,检测杆件抗形变能力。搭载非接触激光检测系统的轨道作业车完成现场腕臂吊装,底座就位后依托激光水平仪控制水平度 $\leq 0.5\text{mm/m}$,全站仪校核定位器拉出值,直线与曲线区段按对应参数微调。连接螺栓实施分级定力矩紧固,三次循环施加标准扭矩,杜绝单点受力导致的杆件扭曲。硬横跨通过地面整体预拼、双吊点同步吊装施工,地面作业把控梁段缝隙与整体平整度,双吊点抵消侧向风力干扰。构件就位后借助三点测量法检测梁体竖向挠度,超限位置采用超薄垫片微调,经纬仪监测支柱中心线与线路夹角,将数值控制在 2° 以内。软横跨支柱垂直度由经纬仪全程监测,固定绳架设同步管控横向偏移,道岔交叉吊弦施工前划定始触区,防止线夹侵入产生硬点。单跨支架安装完成后采集承力索高度、跨距等数据,代入含曲线修正项的吊弦计算公式,保证支架基准与吊弦尺寸匹配一致。

2.3 特殊区段支架精度优化措施

隧道、大半径曲线、道岔、高架桥梁四类特殊区段适配专属精度优化方案,适配复杂土建施工条件。隧道吊柱支架施工前依托三维激光扫描采集衬砌拱壁轮廓,校正化学锚栓植入坐标,抵消隧道浇筑成型产生的结构偏差。洞内布设恒温除湿设备消除仪器起雾故障,吊柱安装后杆件铅垂度偏差控制在 1° 以内。大半径曲线区段支架参数计算增设外轨超高修正系数,定位器倾角结合曲率梯度微调,平衡内外侧接触线高度差异,控制单侧抬升数值处于规范区间。道岔区域成对浇筑硬横跨基础,两组基础顶面高程差维持在 50mm 以内,不同线岔结构分别管控支架定位尺寸,精准划定始触区边界,交叉吊弦安装位

置避开弓网摩擦区域。高架桥梁段加装防风支撑结构,大风吊装作业搭配侧向限位装置,弱化梁体扭转形变,预埋锚栓支架依靠双层垫片分级调整高程,抵消温度伸缩引发的长期精度偏移。特殊区段配套专属安装技术文件,依托动态仿真数据指导现场调整,单跨施工完毕后开展独立弓网模拟检测,精度达标后方可继续后续施工。

3 接触网支架安装专项监管管控要点

3.1 开工准备阶段监理核查内容

支架施工开工前监理开展全维度资料、机具、现场条件核查,前置消除精度管控漏洞^[3]。监理核验土建基础交接复测记录,逐项核对全站仪三维坐标复测数据,存在基础偏移、高差超标且未完成整改的区段,监理签发停工指令暂停支架进场作业。监理核查支架构件出厂三维检测报告与进场复检台账,现场抽检腕臂、硬横梁杆件平直度参数,加工偏差不达标的构件全部清退出场。施工所用测量设备校准状态同步纳入核查范围,激光测距仪、力矩扳手、倾角仪等超期未校准机具禁止投入使用,数字化预配建模资料与现场线路参数保持统一,对标既有成熟线路区段参数标准核对修正系数取值,规避数据计算偏差。专项施工方案的精度优化措施、预配工序、缺陷整改流程均由监理审核,缺少吊弦长度修正、硬横跨挠度管控内容的方案需退回修订完善。施工现场工装与吊装设备配置情况接受开工核查,未配备激光非接触检测装置、分级力矩紧固工具的标段,不予核发开工许可。

3.2 支架安装过程旁站监理重点

支架安装全程落实旁站监理模式,动态把控施工全过程精度状态。腕臂吊装、底座贴合、螺栓紧固全过程接受现场监督,纠正一次性满力矩紧固、漏拧等不规范施工行为,现场检测精度超标即刻停工整改。硬横跨施工聚焦拼接质量、吊装环境与成型效果,大风天气不开展无防护吊装作业。隧道、道岔等特殊区段提升旁站检查频次,重点核验锚栓定位参数、始触区线夹安装位置,规避违规施工引发的质量问题。单跨施工工序结束后复测实测数据,参数不达标禁止开展后续施工,同步留存现场影像资料充实监理归档台账。

3.3 精度缺陷整改监管管控要求

搭建支架精度缺陷专项整改闭环体系,化解现场施工潜藏风险^[4]。巡检工作与动态检测捕捉精度超标问题后,现场会落实整改通知,标注偏差数据、整改规范与天窗施工整改期限。小幅数值偏差可通过现场微调完成修复,构件重度变形与基础偏移问题要拆除重装,杜绝强行矫正遮盖施工瑕疵的行为。整改完成后开展复测核查工作,参数达标即可完成销项与资料归档工作。施工区间出现大范围同类质量问题时,监理单位联合多方主体开展溯源研判,调整现场施工工艺并整理书面纪要,规避同类质量问题反复出现。

4 支架安装精度检测与验收监管控

4.1 支架几何精度现场检测手段

监理结合现场静态核验配合专业动态模拟检测的方式,完成整条线路支架精度全覆盖核验工作。全站仪与激光水平仪设备逐处检测支架垂直度、水平度等核心技术指标,隧道以及道岔区段容易遗留的隐蔽性偏差会得到重点排查。动态检测车分阶段开展线路性能测试作业,低速行驶状态下排查线路硬点与高程波动情况,逐步提速复刻真实实际运营工况,识别支架偏差引发的离线、电孤故障隐患。三维激光扫描技术采集构件完整的整体轮廓数据,弥补传统人工测量方式存在的检测盲区。各类投入使用的现场检测设备需提前完成参数校准,未经过正规校准的设备所采集的数据,不得作为工程验收的有效依据。

4.2 分项工程质量验收监理标准

支架分项验收工作依托静态几何参数与动态工况两类核心指标开展,适配高速线路建设的规范标准。静态验收环节把控支柱垂直度、底座水平度、拉出值、横梁挠度等关键施工参数,隧道、道岔特殊区段执行专属验收标准,规避始触区范围内出现各类线夹接头构件^[5]。动态验收工作参照成熟运营线路的管控标准实施,维持施工区段弓网接触压力的平稳状态,清除线路长期存在的硬点问题与超标的离线风险。单跨实体检测数据与仿真模拟数值全部符合标准后才可填写签署验收记录,参数超出标准且整改过后仍无法达标的施工分项会判定为验

收不合格,不允许推进后续的挂线施工作业。

4.3 检测资料归档监理管理要点

监理实行一跨一档、一区一卷标准化归档管理,保障施工资料全程可追溯。统一归集现场检测数据、机具校准证书、施工影像、整改台账等资料,特殊区段单独留存仿真报告、三维扫描数据。严格区分施工自检、监理平行检测及动态检测官方数据,核验资料逻辑一致性,驳回数据矛盾、材料缺失的归档内容。资料按区间、股道规范整理归档并留存电子备份。竣工验收阶段,支架精度全套归档资料作为核心验收依据,资料不完善的标段,监理不予出具验收评估意见。

5 结语

本文系统分析铁路接触网支架安装精度的三大核心影响因素,针对性制定全流程精度控制技术措施,构建完善的施工监理、精度检测及验收归档一体化管控体系。土建基础偏差、构件加工误差、现场环境干扰是引发支架安装质量缺陷的关键诱因,通过施工前期精准预控、施工阶段精细化管控、特殊区段专项优化,可从源头规避多层精度叠加偏差。依托全过程旁站监理、缺陷闭环整改、动静双重检测验收机制,能够有效排查并消除施工质量隐患。整套技术工艺与管控体系可显著提升接触网支架安装精度,保障弓网系统安全稳定运营,可为同类电气化铁路接触网施工提供工程实践参考。

参考文献:

- [1] 佟文宇,杨才,房维轩.哈大铁路接触网零部件状态分析[J].铁路技术创新,2025,(5):82-87.
- [2] 彭杰.普速铁路既有车站接触网改造施工关键风险及管控措施[J].铁路技术创新,2025,(5):88-93.
- [3] 梁智.既有铁路电气化接触网工程改造施工探析[J].散装水泥,2025,(5):76-78.
- [4] 张佳浩.基于超声波的铁路接触网线路除冰技术研究[D].石家庄铁道大学,2025.
- [5] 王永珩.寒冷地区电气化铁路接触网的检修维护[J].产业创新研究,2024,(22):133-135.