

高速铁路接触网高精度施工 关键技术及控制措施

米 凯

(中铁建电气化局集团第三工程有限公司, 河北 保定 074099)

摘 要 高速铁路作为现代交通运输体系的重要组成部分, 以其高速、高效、环保的特点, 极大地促进了区域经济的发展和提高了人们出行的便捷性。在高速铁路供电系统中, 接触网是极为关键的部分, 承担着为列车提供稳定、连续电能的重任。本文基于高速铁路接触网施工现状, 深入阐述了其高精度施工的关键技术, 并提出相应的控制措施, 以期对提高高速铁路接触网施工的精度有所裨益, 从而保障高速铁路安全运行和推动高速铁路技术的持续发展。

关键词 高速铁路; 接触网; 高精度施工; 基础工程; 上部工程

中图分类号: U238

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.04.005

0 引言

在现代交通运输体系中, 高速铁路凭借其高效、快捷、安全等优势, 成为人们出行的重要选择, 不仅极大地缩短了城市间的距离, 还推动了区域经济发展和人员流动。而接触网是高速铁路电力牵引供电系统的关键组成部分, 其施工质量与精度直接关系到电力机车能否稳定、可靠地获取电能, 进而影响整个高速铁路的运行安全与效率^[1]。随着高速铁路技术的不断进步和列车运行速度的持续提升, 对接触网的稳定性和可靠性提出更为严苛的要求。基于该背景, 高精度施工技术成为保障接触网性能、确保高速铁路安全高效运行的核心要素。因此, 深入研究高速铁路接触网高精度施工技术, 不断提升施工质量和精度, 对于推动我国高速铁路事业的持续发展、保障人民群众安全便捷出行具有重要的现实意义和深远的历史意义。

1 高速铁路接触网施工现状剖析

1.1 施工人员素养短板

在高速铁路接触网施工中, 施工人员的专业素养直接关系到施工质量的优劣。然而, 当前部分施工人员存在专业素养不高、技能水平参差不齐等问题。一些施工人员对高速铁路接触网的施工工艺和技术要求理解不够深入, 导致在施工过程中难以准确把握施工要点, 影响施工精度提升。此外, 部分施工人员缺乏责任心和敬业精神, 对待工作敷衍了事, 增加高速铁路接触网施工不稳定性。

1.2 施工装备滞后困境

施工装备是高速铁路接触网施工的重要物质接触,

但现阶段部分施工单位在施工装备方面存在滞后的问题。施工单位为降低成本, 依旧使用精度与效率较低的陈旧施工装备进行施工, 难以满足高速铁路接触网施工的要求。除此之外, 部分新型的施工装备虽然有着较高的精度和效率, 但由于操作复杂、维护成本高等原因, 在实际施工中并未得到广泛应用。

1.3 施工标准与工艺的不协调

高速铁路接触网的施工需要遵循严格的标准和工艺要求, 但目前部分施工单位在施工标准和工艺方面存在不协调的问题。一方面, 部分施工单位不能深入理解高速铁路接触网的施工标准和工艺要求, 导致施工期间难以精准把握施工要点和质量的实际要求; 另一方面, 施工单位为使施工高效进行、降低成本耗费, 忽视施工标准和工艺要求, 最终施工质量参差不齐。

2 高速铁路接触网高精度施工关键技术探究

2.1 基础工程施工技术

在接触网施工中, 基础工程至关重要, 影响接触网安装的精准度和项目品质。基础浇筑前, 监理工程师需监控基础木块规格, 确保其与设计匹配并稳固放置。浇筑时, 支模需稳定, 施工人员需复核尺寸。基坑高度差异大时, 采用斜坡处理, 控制混凝土落差。根据天气, 4 至 24 小时内完成浇筑, 适时拆模, 清水养护并设警示标识。基础强度达标且经检验合格后, 方可回填。

在进行支柱立杆任务时, 第一步要对支柱的外观进行全方位的审视, 投入使用仅合格支柱。针对 H 型钢立杆, 必须使其笔直无弯曲或扭转现象, 弯曲度须

严格控制 $1/1\ 000$ 以内,且钢翼缘与腹板应保持无变形状态,钢柱底板的螺栓间距需严格依据相关规定控制,其表面镀层应确保均匀光滑,不存在任何起泡或脱落的缺陷。此外,立杆前的预备工作中,还需仔细重新检查基础螺栓间距和其在外部呈现的尺寸,使其完全符合设计要求。需注意的是,在钢柱运输过程中,采用垫木妥善隔离钢柱,有效防止运输期间钢柱表面受损,为支柱立杆作业顺利进行和后续结构稳定性提供保障。

在支柱整正作业中,利用经纬仪精确测量支柱倾斜度是关键步骤。一旦发现支持斜率或扭面不达标,需立即进行调整以确保其符合规范,调整完毕后,需在螺栓帽外表面均匀涂抹防腐油,以防腐蝕。随后,监理工程师复核支柱,重点检查支柱的深埋深度及倾斜度,让两者都满足既定的参数要求^[2]。与此同时,由相关检核单位主导,组织各方共同确认轨面标高,使数据准确无误。上述复核与确认工作全部完成后,将基础螺栓牢固拧紧,并按照既定规范执行支柱封顶作业,保障整体结构的稳定性和安全性。

2.2 上部工程

腕臂底座的选型与安装是一项精密且严谨的工作。腕臂底座种类繁多,涵盖通过特型腕臂底座和H型钢柱、腕臂底座过渡调整支架组合形成的可调式腕臂底座,以及双腕臂框架底座、双腕臂底座、三腕臂底座。在安装过程中,需严格依据设计图纸及支柱编号,精确标记安装孔位置,并测量限界、斜率、跨距、两支柱间距、标高及外轨超高等多项关键数据,精确测定底座安装高度。此外,应参照工点图提供的预配单及详尽尺寸信息,严格遵循图示样式开展配料与预配作业,保证安装过程的精确性和高效性。

腕臂安装作业的前期准备是确保工程顺利进行的关键环节。首要步骤是备齐所有必需的安装工具,包括力矩扳手、套筒、钢丝套、滑轮及脚扣等。随后,需对预配的支撑装置进行全面而细致的检查,严格依据安装工点图的标准,核对腕臂型号、尺寸及零部件安装位置的准确性,同时确保所有零部件完好无损、无缺失,连接力矩达标,且开口销需规范弯制成“W”形。完成检查后,通过滑轮装置,把棒式绝缘子和整体腕臂精确安放在预先设定好的位置。安装结束后,还需实施外观复查,确认无误后,撤除所有使用过的工具,标志着腕臂安装工作的初步完成。整个安装作业期间,腕臂上底座的安装高度要精准达到设计所要求的标准。

承导线架设作业中,倘若新安装的承导线未进行预拉伸工作,安装完成后,因补偿力的影响,其会逐步进入拉伸阶段。实际中,施工人员常仅聚焦于张力补偿器 b 值的绝对值大小,却对初伸长量以及安装环

境温度等至关重要的因素有所遗漏。在设定 b 值时,没有严谨地依据张力补偿器所适用的温度条件来操作,缺乏应有的合理性。依据《铁路电力牵引供电设计规范》(TB 10009-2016)的相关规定,针对新架设且未发生超伸的承导线,需依据补偿器曲线,结合不同线索的延伸系数,采用公式 $(b=b'+C\times L)$ 精确计算 b 值,减轻线索初伸长对接触悬挂系统性能造成的不利影响^[3]。

2.3 设备安装

在接触网施工中,设备安全占据举足轻重的地位。在接触网调整工作基本完成的前提下,方可开展设备安装与调试的操作。安装前,需对开关进行全面而严格的检查,包括外观检查确保开关表面平整光滑且无缺损裂纹,绝缘瓷柱检查确认无裂纹且铁件与瓷件贴合紧密牢固,以及合格证验证以确保开关型号与设计要求相符。完成上述检查后,开始安装开关。首先安装并调平开关托架,用螺栓固定。然后安装临时吊架,用滑轮组提升开关至托架上方,螺栓固定。此过程需确保开关方向正确,确保后续使用的稳定性和安全性。

避雷器在接触网体系中至关重要,能有效防止雷击或供电故障引发的高压情况,保障机械设备正常运行。因此,避雷器安装质量直接影响接触网系统稳定性,必须严格规范安装流程。安装前,需细致检查安装地点,确保部件完好无瑕疵,通过初步检查后,再进行试验测试,达标后方可继续安装。在安装过程中,应严格按照设计图纸操作,确保底座水平稳固,电源侧连接选用铜芯电缆,排布规整、固定牢固,以保证避雷器的安装质量和运行效果。

2.4 滑行试验

在接触网正式投入使用前,滑行试验是检验其使用性能达标与否的关键准备工作。滑行试验主要分为冷滑试验与热滑试验两部分。冷滑试验在接触网未通电状态下进行,需先全面核查接触网,确认所有指标都达标,与此同时,通过模拟电力机车电弓运行状态,动态检查接触网,评估其与电弓的适配情况^[4]。试验结束后,应尽快将受电弓接地,达到释放残留静电电流的目的。与冷滑试验不同,热滑试验在接触网已送电状态下进行。此时,接触网处于通电运行状态,热滑试验的顺利进行可为接触网的正式运营提供有力保障,奠定坚实的基础。例如,在渝昆高铁渝宜段接触网的施工项目中,冷滑试验阶段,采用先进冷滑检测车,配备高精度传感器,按照预定速度曲线逐步提升速度,从起始速度 5 km/h 开始,以每 5 km/h 的速度梯度逐步提升至设计最高冷滑速度 80 km/h ,并在正线和道岔反位进行多次往返检测。在检测过程中,通过传感器对接触网的各项关键参数进行实时监测。当检测车

行驶至 K 曲线地段时, 监测数据显示接触线拉出值在短时间内出现 ± 50 mm 的较大波动, 而该曲线地段接触线拉出值的允许偏差范围为 ± 30 mm。经现场技术人员采用全站仪对该地段的腕臂进行精确测量后发现, 腕臂的安装角度偏差达到 3° , 远超设计允许的 $\pm 1^\circ$ 偏差的范围, 直接导致接触线位置不准确。技术人员迅速制定调整方案, 利用专业的腕臂调整工具, 对腕臂的安装角度进行精确调整, 使其恢复至设计角度。重新进行冷滑试验后, 该曲线地段接触线拉出值波动控制在 ± 20 mm 以内, 各项参数均符合设计要求。

2.5 竣工验收

接触网施工的各项试验成功完成后, 标志着项目正式迈入竣工验收的关键阶段。在这一环节, 施工单位迅速响应, 高效办理交接手续, 确保与接触网相关的所有设备文件完整无缺地移交给接收单位, 为竣工验收的平稳进行奠定坚实的基础^[5]。验收过程严谨而细致, 首先依据官方批准的设计文件及初步设计文献, 对接触网的安装图纸、平面设计图等进行初步的专业鉴定。其次, 验收团队严格依据国家与行业的对应规定及操作规范, 对设计内容进行深入细致的再次鉴定, 确保每一个细节都符合标准。最后, 验收团队依据既定的验收标准, 全面开展联调联试验收工作。验收结束后, 相关负责单位将出具详尽的验收报告, 并正式签订验收协议, 明确确认接触网工程完全满足验收要求, 已具备投入实际运营的条件。

3 接触网施工精度的控制措施

3.1 精测网的精准构建与应用

精测网是接触网施工精度的基石, 其构建依赖于先进的测量技术和设备。首先, 构建时采用 GPS 等先进技术和设备建立首级控制网, 再借助全站仪等精密仪器实施加密控制网测量和定位, 严格遵循测量规范, 多次复核数据以确保精度和可靠性。在接触网施工中, 精测网用于基础施工、支柱安装及接触悬挂安装各阶段, 精确测量和定位基础位置、支柱垂直度及接触线、承力索参数。同时, 利用先进测量软件 and 数据处理技术, 实时采集、分析和处理测量数据, 保证施工测量的高精度和效率。

3.2 施工偏差的精细管控策略

材料质量与施工工艺是接触网施工精度精细管控的两大核心策略。在材料方面, 采购时需严格筛选供应商, 确保材料规格、型号、性能等符合设计要求, 尤其是对接触性、承力索等关键材料实施抽样检验, 验证其抗拉强度、导电性能等关键指标; 材料进场前后均需经过严格检验与试验, 储存运输过程中亦需采取有效防护措施, 以防损坏或变形影响施工精度。施

工工艺方面, 制定科学施工工艺, 明确操作流程和质量标准, 严格执行方案, 对易偏差环节采用特殊工艺及质量控制手段, 如恒张力放线车、预配平台等。加强施工人员培训和技术交底, 提升操作技能和质量意识, 确保工艺严格执行, 控制施工偏差。

3.3 智能化施工技术的创新融合

引入自动化装备与搭建信息化管理系统是提升接触网施工技术精度的双管齐下之策。在基础施工中, 采用混凝土泵车、自动布料机等自动化混凝土浇筑设备, 确保浇筑质量和效率提升; 在支柱安装、接触悬挂安装及设备安装环节, 智能吊车、自动放线车和腕臂预配机器人等自动化施工设备的运用, 可实现施工过程的自动化控制, 削减人为因素给施工精度造成的不良作用^[6]。同时, 通过搭建信息化管理系统, 实时采集与分析施工进度、质量、安全等关键信息, 及时识别并解决施工难题, 以及对材料采购、储存、使用等全链条的实时监控, 为材料质量和供应符合施工标准提供保障, 全面保证接触网施工高精度进行。

4 结束语

高精度施工技术 in 高速铁路接触网中的实施, 呈现出一个极为复杂的系统工程, 涉及施工人员、施工装备、施工标准与工艺等多个方面, 通过对当前施工现状的剖析, 明确存在问题与挑战, 在此基础上深入探究关键施工技术, 并提出一系列有关控制措施, 不断提升施工技术精度, 推动我国高速铁路事业的持续发展, 保障人民群众安全便捷出行。随着高速铁路技术的不断发展, 对接触网的施工精度要求将越来越高。今后需在高速铁路接触网施工中应用智能化、自动化施工技术, 进一步提高施工精度, 推动高速铁路事业的持续发展。

参考文献:

- [1] 周治华. 高速铁路接触网高精度施工技术研究 [J]. 中国高新科技, 2024(10):103-105.
- [2] 卢广苗. 高速铁路大跨度钢桁架桥接触网腕臂安装技术研究 [J]. 铁道标准设计, 2024, 68(04):186-192.
- [3] 李昊. 高速铁路刚性悬挂接触网施工技术研究 [J]. 工程建设与设计, 2024(22):118-120.
- [4] 张洪斌. 贵南高铁隧道内接触网预埋槽道施工控制研究 [J]. 广西铁道, 2024(03):49-52.
- [5] 李平, 李瑞, 张雪, 等. 基于 BIM 技术的高铁接触网全生命周期管理研究 [J]. 铁路计算机应用, 2024, 33(11):44-48.
- [6] 王同军, 罗健, 古晓东, 等. 中国自主化接触网研发关键技术及在雅万高铁应用 [J]. 中国铁道科学, 2024, 45(06):1-10.