

电气化铁路接触网施工中的关键技术问题探讨

梁绍彬

中铁五局集团电务城通有限责任公司 湖南 长沙 410000

【摘要】：电气化铁路接触网施工质量对铁路安全高效运行起决定性作用，需突破设计规划、精度控制、材料选用及现场问题处置等多重技术瓶颈。设计规划需结合具体工况优化结构布局与悬挂方式，同步完成材料适配评估与精度控制预案，规避特殊路段施工风险。施工阶段依托全站仪、三维激光扫描设备管控支柱定位与吊线张力，借数字化系统实时反馈修正偏差；材料选用聚焦强韧、耐腐、适配性，对核心及辅助部件全流程质控。针对新旧设施空间冲突、天窗点约束等问题，采用精准测绘、模块化施工等策略应对，通过施工方案个性化优化、精细化管理、材料创新及人员技能提升，全面强化施工技术水平。

【关键词】：电气化铁路；接触网；施工技术；质量控制；优化策略

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.043

引言

电气化铁路接触网的施工是铁路电气化建设中的关键环节，其施工质量直接关系到铁路的安全性与运行效率。在实际施工过程中，接触网的设计、施工精度、材料选择及施工管理等因素，都可能成为影响施工质量的关键技术问题。因此，探索接触网施工中存在的技术瓶颈并提出相应的解决方案，对于提高施工效率、保障施工质量具有重要意义。通过对这些技术问题的深入分析，不仅能够提高施工精度，降低施工成本，还能为今后相关项目提供宝贵的经验和指导。

1 接触网施工中的设计与规划问题

在设计阶段，接触网的结构布局、悬挂方式及其支撑系统的合理性是关键因素。设计时必须充分考虑线路的地理环境、气候条件以及未来铁路运输的负荷要求。这些因素会影响到接触网的承载力与稳定性。接触网的设计不仅仅要符合标准，更要根据具体的施工环境进行适当的优化和调整。在规划阶段，接触网的施工精度控制是一个难点。电气化铁路的接触网要求在施工过程中保持极高的精度，以确保列车与接触网的良好接触。尤其是在桥梁、隧道及坡道等特殊路段，施工难度更大，需要采取更为精细的控制技术和方法^[1]。接触网的纵向与横向安装精度，支柱的定位及其固定系统，都必须通过精确的计算与设计来保证。若在规划阶段未能充分考虑到这些因素，容易导致施工后期的问题，严重时会影响铁路的正常运行，甚至造成设备故障。

施工前的材料选用与方案评估同样至关重要。接触网使用的材料要具备较强的耐腐蚀性和抗老化性，能够适应不同环境条件下的工作需求。材料的选择要遵循长期使用的可靠性原则，特别是在高温、高湿、强风等复杂环境下。设计与规划阶段还要考虑到接触网施工的难度与现场条件，科学合理的规划有助于减少施工过程中的不确定因素，避免返工与重复作业，

提高施工效率和整体质量。全面的设计与规划，是确保接触网施工过程能够顺利、高效推进的根本前提。

2 施工过程中的精度控制技术

接触网的安装精度要求非常高，尤其是其纵向和横向位置的精准度，直接关系到电力系统的稳定性和列车的正常运行。精度控制技术不仅涉及到安装过程中的测量与调整，还包括对施工过程中可能出现的偏差进行实时监控和修正。施工精度控制的首要环节是支柱的定位。支柱位置偏差是接触网施工中的常见问题，支柱不仅承担着接触网架空线路的重量，还要保证接触网的张力和稳定性。精确的支柱位置和安装高度对于后期线路的运行至关重要。利用全站仪、激光测距仪等精密测量仪器进行支柱定位，可以确保支柱安装的垂直度和水平度达到设计要求。针对不同地形的施工现场，可以使用三维测量技术进行动态监控，确保支柱位置的实时纠偏。这些技术手段可以有效避免传统人工测量的误差，提升安装精度。

接触网吊线的张力控制也同样关键。接触网的悬挂线需在规定的张力范围内保持平稳，否则可能导致接触网与列车的接触不良或过度磨损。张力过大会使得接触网产生过度弯曲，影响接触质量，张力过小则可能导致接触网不稳定。在实际施工中，使用张力监控设备，结合张力传感器和动态负荷分析技术，可以实时调整接触网的张力，确保其稳定性^[2]。通过精确控制吊线的张力，能够确保接触网在长期运行过程中始终保持最佳的工作状态。对接触网的精度控制不仅限于吊线和支柱的安装，还包括整个系统的高度和位置的调整。在施工过程中，利用激光测量系统对接触网的整体水平度和高度进行实时监控，可以有效避免因施工误差导致的接触网偏差。通过引入高精度的三维激光扫描技术，施工人员可以精确地掌握整个接触网的几何状态，及时发现并调整存在的偏差，确保线路的平顺度和稳定性。

精度控制技术的核心在于数据的实时反馈与修正。采用数字化控制技术和智能化监测系统,可以实时获取接触网施工过程中的各项数据,并进行自动分析与调整。这些先进技术的应用,不仅提高了施工过程的精度控制水平,也大幅度降低了因误差带来的返工和质量隐患。施工团队的操作规范性和技术能力也在精度控制过程中起到了至关重要的作用,确保了整个施工流程的顺利进行。

3 施工材料选择及其对质量的影响

接触网系统的材料必须满足高强度、耐腐蚀、抗老化等多个要求,以应对长期的电力传输和严苛的自然环境。材料的品质不仅决定了接触网的结构安全,还影响着系统的运维成本和效率。支柱材料的选择对接触网的稳定性至关重要。支柱作为支撑接触网的重要结构,其材质必须具备良好的抗压、抗弯和抗疲劳能力。钢材是支柱常用的材料之一,然而由于接触网施工常常涉及到不同环境下的使用,选择合适的合金钢或耐腐蚀涂层钢材显得尤为重要。这些钢材在长时间的风吹日晒以及电气腐蚀环境中仍能保持较强的结构稳定性,从而延长使用寿命并减少维护成本。

接触网导线的材料直接影响电力传输效率与安全性。当前,高性能铜镁合金(或铜银合金)已成为主流导线材料,其具有优异的导电性、抗拉强度、耐腐蚀及抗软化能力,尤其适应高速铁路大电流、高张力的运行环境。在正线、大站场咽喉区等关键部位,应优先选用此类高强度、高导电率的合金线材,以有效抵抗电腐蚀、机械疲劳及瞬时电弧高温,保障在冰雪等恶劣气候下的线路安全与稳定运行^[3]。

绝缘子作为关键隔离部件,须兼具优良绝缘性能、高电压耐受度及环境适应性。玻璃、陶瓷与复合材料各有应用,其中复合材料凭借重量轻、抗污闪能力强、耐腐蚀等优势,已成为主流选择。选型时需依据气候特征、现场环境及技术指标进行定制化设计,以保障长期运行稳定。同时,紧固件等辅材多采用不锈钢或镀锌材质,以防腐蚀、防松动,提升系统耐久性。材料选用需统筹力学性能、耐候性、经济性等要素,通过精细化管理确保接触网长效可靠运行。

4 施工过程中常见问题的解决策略

在接触网施工中,常见问题直接影响进度与安全。尤其是在天窗点有限的既有改造中,如何安全高效地完成关键设备更换与精密调整是核心挑战。以“天窗点内道岔柱腕臂快速更换与导线参数精细调整”为例,其复杂结构与高精度要求更凸显了解决策略的必要性。

4.1 施工前精密测绘与模块化预配

天窗点施工成功的关键在于“零误差”准备。首先需在天

窗点前利用激光测距仪、全站仪等对目标道岔柱的既有腕臂结构、各部件尺寸(腕臂管长度、定位环位置、绝缘子型号)、支柱斜率、线路轨面标高及道岔线型进行精确测绘。尤其对于单开、双开、菱形及复式交分等不同道岔类型,必须分别建立详细的几何参数数据库,包括道岔柱处两支接触线的水平间距、抬高量、拉出值设计值及其与轨道的相对关系。其次是推行“工厂化预配、模块化运输”。根据测绘数据,在基地内利用专用预配平台完成新腕臂的精确组装。预配时,将腕臂、绝缘子、定位装置、支撑管等按计算好的尺寸和角度固定成整体模块,并贴上包含支柱号、道岔类型、安装参数的唯一标识。对于复杂的复式交分道岔,其定位装置可能为非标设计,更需进行三维模拟预装配,确保现场“对号入座”,直接安装。

4.2 天窗点内标准化更换流程

天窗点命令下达后,需立即展开标准化更换作业。首先,在作业区两端设置行车防护,随后作业车抵达现场。使用带绝缘套的钢丝绳等临时悬挂装置,将接触线临时固定并卸力,确保线索稳定。随后,用专用工具快速拆除旧腕臂连接螺栓,将旧件整体吊离。此间需持续监控临时悬挂状态,避免线索扰动。随后吊装预配好的新腕臂模块至支柱位,借助支柱基准线和激光投线仪快速粗定位。再使用电子水平尺和角度仪精确调整腕臂角度及绝缘子位置,确认无误后立即用高强度螺栓按规定扭矩锁固。全过程应严格控制作业节奏,力争30分钟内完成单组腕臂更换。

4.3 道岔导线参数的精细调整技术

道岔导线参数精细调整的核心在于精确设定接触线的拉出值、高度及其相对位置,确保受电弓平稳过渡^[4]。对于单开与双开道岔,重点控制两支工作支接触线的水平间距和抬高量:使用激光测量仪校准高度,通过调整定位器设定拉出值;非工作支需保持150-250mm的安全抬高,并在转换区域实现间距平顺变化,需使用受电弓动态包络线检测尺反复校验。针对布线复杂的菱形与复式交分道岔,采取“分区、分线”作业法:首先明确各定位点线路归属,优先调整正线参数,再处理侧线。对交叉渡线无线夹区,需用多功能测量仪同步监测多方向参数,确保垂直与水平安全距离,复杂区段宜通过“模拟受电弓”冷滑试验验证弓网关系。全部静态参数调整后,需检查锚段张力补偿一致性,并用弹性检测仪抽测关键点弹性,消除硬点或弹性不均现象,最终保障道岔区域接触网的动态稳定性。

4.4 安全开通与数据复核

调整完成后,撤除所有临时设施,清理现场。施工负责人会同监理人员,对调整后的关键参数进行最后一次复核测量,并与设计值对比。确认无误后,按规定程序申请消令、送电。

天窗点结束后第一趟列车需安排低速巡视,观察弓网状态。后续利用综合检测车数据进行最终验证。

通过上述以道岔区天窗点施工为代表的精细化、流程化、模块化策略,能将高风险、高难度的现场作业转化为可控的标准化工序,显著提升施工效率与一次成优率,有效解决天窗时间紧张与施工质量要求严苛之间的矛盾。

5 优化接触网施工技术的实施路径

优化接触网施工技术的实施路径是提升工程质量、提高施工效率和保障电气化铁路安全运行的重要措施。为实现这一目标,需要从多个方面进行技术创新与改进,确保施工过程中的精度、质量和效率得到有效提升。施工技术优化的关键在于科学的施工方案设计。针对不同施工环境,合理选择施工技术与方法,尤其是在复杂地形或特殊区域,应制定个性化的施工方案。在山区、桥梁或隧道等特殊条件下,传统的施工方法可能无法适应,必须借助现代化的施工技术和设备,如高精度的激光定位仪器、无人机监测系统等进行精确测量和调整。

精细化的施工管理同样是优化施工技术的重要组成部分。在施工过程中,建立严格的质量控制体系和动态监控系统,能够及时发现并纠正施工中的偏差。通过应用信息化管理手段,施工过程中每一个环节的进度、质量、材料使用等都能得到实时监控与反馈。施工人员可以根据监控数据,实时调整施工进度和质量控制措施,确保施工过程中的每个环节都达到预期标准。材料的创新与优化也在接触网施工中扮演着关键角色^[5]。

参考文献:

- [1] 王志文.电气化铁路接触网施工技术研究[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2019,(08):167-168.
- [2] 费兆华.高速电气化铁路接触网施工技术要点分析[J].中国设备工程,2021,(04):232-233.
- [3] 吴晓明.基于电气化铁路改造中接触网施工关键技术研究[J].中国住宅设施,2021,(01):53-54.
- [4] 严鑫.电气化铁路接触网改造工程施工技术研究[J].中国高新科技,2021,(02):102-103.
- [5] 余东鹏.关于电气化铁路电力接触网施工技术的分析[J].建材与装饰,2020,(11):278-279.

随着新型材料的不断出现,选择适应性更强、耐久性更好的材料成为提高施工质量的重要手段。复合材料的应用,使得接触网的绝缘子具有更好的抗污性和耐腐蚀性,从而提高了系统的长期稳定性。对于支柱和导线,选择高强度、耐腐蚀的合金钢或高性能铜镁合金材料,能够增强接触网的抗风压、抗拉伸能力和电力传输效率。

施工人员的专业化培训与技术提升也是技术优化的关键因素之一。随着施工技术的不断更新和复杂度的提高,施工人员必须具备较高的技术素养和操作能力。通过定期的培训和技术交流,提升施工队伍的整体水平,特别是在天窗点施工组织、精密测量、模块化预配及道岔等复杂结构调整等专项技能上,能够提高施工效率并降低技术难题的发生。优化施工技术的另一个路径是通过加强技术创新与经验总结,逐步形成符合实际情况的施工标准和技术规范。通过上述路径的系统性优化,方能从根本上提升接触网施工的整体技术水平,应对各种实际挑战。

6 结语

接触网施工中的技术问题直接关系到铁路的安全和运营效率。通过对设计与规划问题、施工精度控制、材料选择、施工中常见问题的解决策略以及技术优化路径的深入探讨,能够有效提升接触网施工的质量与效率。未来,随着技术的不断进步,接触网施工技术将迎来更多创新,推动铁路电气化建设走向更高的标准与水平。