

时速350公里高速铁路接触网安装一次到位施工技术探讨

曾元

中铁武汉电气化局集团有限公司 四川 成都 610074

摘要：随着当前科技的不断发展，高速铁路对接触网弓网关系要求越来越高，因此对电气化铁路接触网的施工质量要求、智能化要求也越来越高，接触网施工成本居高不下。基于此，本文将探讨电气化铁路工程接触网施工中如何提高施工效率及质量，提出电力牵引供电接触网安装一次到位施工工艺，希望能给有关作者提供参考，为中国铁路事业的发展贡献力量。

关键词：铁路；接触网；施工效率；一次到位

动车组与接触网是一个关联密切的系统，要确保接触网零部件的安装可靠和动车组的安全高效运行，必须在施工过程中对影响行车安全的关键点进行严格的质量控制，保证每个零部件的安装可靠，调整到位，确保质量达标，为运营提供可靠、安全的基本保障。接触网安装一次到位技术是从测量、计算、预配、安装、调整等环节入手，实现接触网零部件安装调整一次到位，减少二次调整的工作量，减少施工过程中对接触网零部件的损伤，增加运营寿命、提高弓网质量。下面从施工人员准备、质量管理、安装一次到位工艺工法等方面对接触网安装一次到位进行阐述：

1 施工人员准备

(1) 施工人员筛选：所有进场的施工带班人员、技术人员、质量管理人员、材料进场验收人员、操作人员等关键管理人员，应进行前期筛选，质量意识差、屡教不改的人员坚决不允许参与350km/h高铁施工。

(2) 配足管理人员：实现350km/h高铁接触网安装一次到位，一定要向全体施工人员灌输“高铁是算出来的”思想，因此测量计算、质量管理任务非常繁重，所以必须配足、配强质量管理、测量和技术管理人员。

(3) 组建专业班组：对于腕臂预配、接触线架设、弹吊安装、吊弦预配、悬挂调整、电连接安装等关键的工序成立专业班组，由专业的人干专业的事，确保全线工艺和质量标准统一。

2 质量管理

2.1 物资招标管理

招标前对材料来源、供应商、产地、性能指标等进行调查。对物资设备编制技术规格书，组织会议审查后，按照铁总规章制度组织物资招标采购工作，严禁性价比差、供货能力差、质量管理意识淡薄的厂家产品进入现场。

2.2 材料进场验收管理

进场的各种材料都必须符合设计要求和行业标准及国家规范要求，质量证明资料齐全。材料进场后，现场材料员和质检员必须对材料的外观质量、规格尺寸、型号、焊缝厚度等进行了全面检查，对有问题的材料绝不放行。进场材料自检合格后报监理验收，并对材料进行见证取样抽样检验，待检测结果合格后方可用在工程上，避免因材料质量问题造成返工。

2.3 人员交底、培训

一是通过对所有参建员工进行洗脑式教育，树立全员高铁意识，摒弃普铁惯性思维，树立细节决定成败和严格按照工艺标准及作业流程施工的理念。二是通过培训教育，使全员认识到普速与高速接触网在技术工艺标准、施工流程、质量要求等方面的区别，使所有施工人员树立质量风险意识，清楚质量缺陷、质量隐患将会对弓网质量造成的危害，以及对运营速度、行车安全的影响，还有对社会、对企业的影响，提高全员质量意识。三是建设实训场，对全体作业人员进行实际操作培训，从实际操作进一步中掌握施工方法及标准。四是对腕臂预配、接触线架设、弹吊安装、吊弦预配、悬挂调整、电连接安装等关键的工序成立专业班组，对专业班组进行单独的培训教育，培训合格发证后方可上岗。

2.4 过程质量管理

一是建立管理制度，从领导组织、标准制定、施工测量、软件计算、集中预配、施工安装、质量自检等环节成立专项小组，明确各小组工作流程、职责、标准、要求，制定各小组的奖惩考核措施，明确安装工艺、工法、标准等。二是严格执行标准，高铁无小事，严禁擅自改变设计标准，对所有安装的零部件要坚决禁止“漏装、错装和安装、调整不到位”的现象，达到“不松、不脱、不掉”，彻底消除安装质量对行车安全的隐患。

三是,强化过程质量检查、整改和考核,对检查发现的问题要彻底整改,不留一丝隐患。同时还要由技术人员进行分析,把问题原因搞清楚、弄明白,并制定针对性地防控、整改措施,不打糊涂仗。四是成立专班对已施工完成的成品外观质量、弓网参数及关键工序线岔、螺栓紧固力矩、下锚补偿、设备、接地、绝缘距离等在静态验收前进行平推自检,并建立自检台账,存在的问题在接触网送电前处理完成^[1]。

3 一次到位工艺工法

为保证接触网施工质量,提高一次到位安装率,应重点从以下方面控制:

3.1 吊柱、支柱安装

吊柱、支柱紧固及垫片安装的牢固情况直接关系到一次安装到位能否实现,并影响后期的弓网参数。如果吊柱及支柱安装时螺栓未紧固到位、垫片未安装牢固,支撑结构受力后吊柱及支柱的斜率将会发生变化,引起接触网参数变化,进而增加二次调整工作量,并在运营中留下安全隐患。因此吊柱及支柱在安装整正时必须逐一紧固螺栓,并画标记线,避免遗漏。

3.2 测量

测量是实现接触网一次安装到位的基础,支柱及吊柱斜率、支柱及吊柱侧面限界、下底座安装高度、承力索高度等关键参数必须采用激光测量仪实测。测量时,应注意几点:(1)测量均以轨面为基准,需核对轨面高程及线路中心是否到位。(2)隧道外双腕臂处计算原始参数测量时,由于H型钢柱平面不一定和钢轨完全平行,双腕臂底座安装后,前后端距线路中心的水平距离存在偏差,会对腕臂计算产生较大影响,因此双腕臂处测量支柱侧面限界时,需测量底座前后端安装腕臂处的实际限界,计算时按底座实际位置限界计算。(3)因腕臂结构存在一定的扰度,且各零部件间存在间隙,吊弦计算所需的承力索高度应在腕臂结构荷载基本达到设计值后方可测量(即接触线架设后测量承力索高度)。(4)因上跨桥梁及电力线下方的接触网均需安装铠装护线条,施工调查或测量时,应同步详细的将上跨电力线、桥梁的位置定测记录清楚,并向计算吊弦人员进行交底,避免吊弦计算时遗漏护线条荷载,导致计算荷载与实际荷载不一致,造成吊弦更换返工。

3.3 计算

计算是实现接触网安装一次到位的关键环节,必须选定工作认真、仔细的技术人员进行专职计算,并确保计算人员固定化,减少因计算错误造成现场的返工。计算时要注意以下几点:(1)腕臂及定位计算时必须导出

1:1的CAD图进行复核,并验证受电弓动态包络线与各零部件是否存在冲突。(2)隧道内绝缘关节处腕臂计算时,需考虑隧道内绝缘关节处隔离开关引线安装后的绝缘距离,隧道内绝缘关节安装开关侧必须为关节的交叉侧。图纸审核时必须关注隧道内绝缘关节腕臂设计图号设置,用红色油笔将开关侧腕臂调整为交叉侧,并向腕臂计算人员交底。(3)定位计算应与腕臂计算同步进行,计算时必须注意各种工况下的定位器坡度要满足包络线要求(如不满足可通过增加第一根吊弦的距离增加垂直力解决)。定位器与轨面连线即受电弓面之间的夹角在任何情况下均不得 $< 6^\circ$ 。(4)因腕臂各零部件连接存在间隙,承载后腕臂和定位会存在下移,直接影响定位器坡度,需在软件中提前考虑承载后的下移值(定位器坡度按静态角度正定位按 $+0.8^\circ$,反定位按 $+0.5^\circ$ 计算,一般由软件开发单位在软件中自行考虑),确保承载后的定位器坡度与计算坡度基本一致。(5)关节转换柱处需注意非支承力索线槽方向。关节转换柱处隧道内承力索均在吊柱侧线槽内,隧道外承力索均在远离支柱侧线槽内,避免承力索座半宽扣刹错误造成承力索拉出值计算错误。(6)吊弦计算时,必须将所有铠装护线条、电连接、中心锚结等荷载提前考虑在内,避免遗漏后计算荷载与现场实际荷载不一致,造成吊弦更换返工。(7)关节非支、分相、道岔等特殊部位吊弦,按常规计算方式无法计算准确。关节非支处吊弦长度需软件计算后人为调整计算结果,将吊弦计算长度减短20至50mm。分相及线岔处的吊弦应采用可调吊弦或临时吊弦调整完成后,实测吊弦长度数据,根据实测数据预配、更换。(8)隧道内关节交叉侧吊弦计算时,应提前考虑第一根吊弦与非支线索的关系,避免间距小于100mm造成更换吊弦的情况出现^[2]。

3.4 腕臂及定位预配

腕臂及定位预配质量直接决定了接触网安装一次到位的成败,需注意几点:(1)选择工作认真、仔细、有责任心的员工,组建专业预配班组,并确保人员固化,减少不熟练工人造成预配错误。(2)必须采用专用预制平台进行,预配的各项尺寸偏差:管材切割长度误差 $\pm 2\text{mm}$,平腕臂打孔位置误差 $\pm 1\text{mm}$,零部件预配位置允许误差 $\pm 2\text{mm}$,预配完毕后应进行复测。(3)采用激光水平仪对腕臂管中心进行测位,必须保证零部件中心与激光水准线重合,确保零部件垂直。(4)定位管电气连接线、定位器电气连接线均应在腕臂预配、定位预配时同步完成,避免后期现场安装,减少高空作业及工艺不统一。(5)为保证腕臂运输过程不被磨损,腕臂出

库前采用泡沫薄膜进行包装防护,腕臂安装完成后同步拆除,并将泡沫薄膜全部回收交回预配中心二次使用,避免形成轻飘物对既有线、地方电力线造成安全隐患。

(6) 预配使用的力矩扳手,必须3天效验一次,避免因力矩扳手衰减造成现场返工。力矩扳手每天使用完毕后必须归零。

3.5 腕臂安装

腕臂安装是支柱装配的最后一道工序,需注意两点:(1)腕臂安装时严格按照工艺标准施工,注意螺栓穿向、螺栓力矩、开口销安装,注意铁帽压板是否端正。(2)腕臂安装时,应复核腕臂底座安装孔位及高度是否一致,如不一致应向技术人员核对,并明确原因及解决方案后方可安装。

3.6 补偿安装

补偿安装是决定施工安装一次到位及后期运营过程中弓网关系的重要环节,直接决定着接触线的高度、平顺性、燃弧等参数,所以补偿安装必须严格把控,并注意几点:(1)补偿坠砣串应按设计重量在料库由专人进行配重,成串运送至现场;坠砣串重量的偏差为 $\pm 1\%$ (坠砣串重量包括坠砣杆、相关连接件及楔形线夹的重量),同一锚段两坠砣串重量的相对偏差不大于 1% 。(2)坠砣串配重所需计量设备采用专用台秤,只作为坠砣配重使用,严禁挪作它用,且必须由有资质的单位效验后方可使用,避免计量器具自身错误。(3)补偿绳A、B值符合设计安装曲线,坠砣距地面高度允许偏差 100mm ,在任何情况下距地面不得小于 200mm ;棘轮小轮中心至平衡轮中心距离(A值)允许偏差 $+100\text{mm}$,最高温度时不得小于 1850mm 。

3.7 弹性吊索安装

弹性吊索安装是决定吊弦安装后接触线高度的重要环节,应注意几点:(1)弹性吊索应采用工厂化预配,严格控制弹性吊索长度偏差在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。(2)组建专业化班组负责弹性吊索的安装,并确保班组人员固定化。(3)正线接触网跨距 $< 45\text{m}$ 区段、双腕臂非工作支、抬高支、隔离开关电连接引线、侧线、渡线不安装弹性吊索外,其它正线区段工作支均要安装弹性吊索。安装前必须根据跨距、安装位置下发施工作业表,避免安装位置错误造成零部件冲突及参数不合格等问题。(4)弹性吊索安装应在接触线架设前完成。(5)弹性吊索安装必须由两个作业小组分别从中心锚结向两侧下锚方向开始,严禁改变安装方向。(6)弹性吊索安装时从悬挂点平分,弹性吊索的中心位置标记与腕臂管中心对齐偏差控制在 20mm 以内。中锚和无补偿方向弹性吊索

线夹外沿外露 30mm ,下锚补偿方向弹性吊索线夹外沿外露 170mm 。(7)弹性吊索额定张力一般为 3.5kN ,允许偏差 $\pm 0.1\text{kN}$,必须使用专用弹性吊索安装仪安装。弹性吊索安装应采用初拉+终拉的方法施工,安装时应先确定一个初始张力进行初拉(要根据现场情况反复试验,选用弹性吊索承载后导线高度能安装一次到位的张力值),吊弦安装后根据整个锚段的接触线高度情况,在进行一次张力终拉(具体张力根据现场情况确定)。

3.8 接触线架设

接触线是直接受电弓接触的设备,接触线的施工质量直接决定着弓网接触的质量,所以接触线架设是接触网施工中最重要的一环,应注意几点:(1)组建专业化班组负责接触线架设。(2)全程视频记录架设过程。接触线架线车的前后两侧均必须安装执法记录仪,全过程记录架线操作,每个锚段接触线架设都必须将张力值拍照留存。(3)接触线架设前需提前清理施工范围内的障碍,并在行人或机械可到达的路口设置人员防护,架设中途不得停车,严禁急行急止。(4)接触线必须采用恒张力架设,架线行驶按 $3\sim 5\text{km/h}$ 匀速行驶,架线张力应根据线材材质、绕线张力等因素选取,且不应小于绕线张力,架线张力应恒定在 $10\sim 12\text{kN}$ 。(5)恒张力架线车上必须加装调直器,放线前由厂家进行调直器调整效验,施工人员定期进行核对。(6)接触线架设应在每个跨距内均匀悬挂不少于4个带有滑轮的工具吊弦,腕臂两侧悬挂 1.1m 规格的,跨中悬挂 0.9m 规格的,工具吊弦“S”钩一端套塑料管,另一端加挂放线滑轮。

3.9 定位装置安装

定位装置是固定接触线方向的唯一设备,定位的施工质量直接决定着安装一次到位的成败及弓网质量,应注意几点:(1)接触线架设后应在48小时内安装定位装置,以防接触线新线蠕变过程中发生扭面。(2)定位装置安装必须从中锚向下锚方向安装。(3)定位器安装型号必须符合设计要求及腕臂计算给定的型号;正线矩形铝合金限位定位器长度一般满足受电弓中心距定位器根部的最小距离不小于直线 1250mm 、曲线 1350mm 的要求(道岔处定位器需同时满足两线路的受电弓中心距离)。(4)定位管斜拉线长度在腕臂计算中同步完成,采用工厂化预配生产,100%进行拉力试验,避免因压接质量不合格造成弓网事故。

3.10 吊弦预配

吊弦预配质量直接决定了接触网安装一次到位的最终结果,需注意几点:(1)组建专业化班组负责吊弦预配工作。(2)吊弦制作完成后应进行复测,长度偏差不

应大于1.5mm。(3)吊弦压接后,要确保心形环顶端与压接管端面贴合(压接前心形环顶端与压接管可预留间隙0.5~0.8mm)。(4)为保证吊弦压接质量及对模具损耗的检测,采用拉力仪或同等设备每100根抽1件进行工作荷载试验,500根抽取1根进行破坏荷载试验。

3.11 吊弦安装

吊弦安装是接触网安装一次到位的最后一道工序,需注意几点:(1)吊弦线夹力矩安装完成后一段时间内会衰减3至5N.m,选择紧固力矩时应在允许最低值的基础上加大5N.m作为紧固值;此外,在设计联络会中应要求厂家明确衰减后多少为合格值。(2)为消除接触线新线蠕变的影响后,建议导线架设72h以后方可安装吊弦。

(3)安装吊弦前,应事先检查起、下锚补偿装置串动是否灵活,有无卡滞现象,并处理达标后,方可安装;吊弦安装应从中心锚结向两侧下锚方向进行。(4)吊弦间距按计算值布置,从悬挂点向跨中测量,其偏差累计在跨中调整,安装位置符合设计要求,悬挂点第一吊弦严格按计算位置安装,其它吊弦平均分布,但最大吊弦间距不得超过10m,吊弦纵向位置允许偏差 $\pm 30\text{mm}$ 。(5)吊弦纵向位置测量采用钢轨上定位划线,五线仪引上接触线的方法安装。(6)中锚向下锚方向两跨吊弦布置完成后,应先将接触线中锚调整到位后方可继续布置吊弦。

3.12 悬挂调整

悬挂调整是对安装一次到位成果的复核,是对累计误差或过程错误的复查及纠正,需注意几点:(1)悬挂调整前应确认吊弦、定位装置(含定位管吊线及定位支撑已安装到位)、铠装护线条、电连接(接触线高度基本满足设计的前提下)已安装到位;下锚补偿张力符合要求,且无卡滞;接触线中心锚结已安装调整到位;弹性吊索均已按3.5kN进行二次张力调整(如半个锚段接触线高度及平顺性均满足要求,可不进行二次张力调整,如不满足需从中锚向下锚方向依次将所有弹性吊索张力按3.5kN拉到位,具体根据接触线平顺性确定)。

(2)弹性链型悬挂的接触线高度随着温度的变化一般会有6mm的变动,所以接触线高度的调整允许误差在规范要求的范围内提高10mm控制,按 $\pm 20\text{mm}$ 实施。(3)为保证接触线的平顺性,两相邻吊弦处的接触线高差按不得大于5mm;两相邻定位点高差按不大于10mm控制,且不能形成偏差峰值的倒“V”字形。(4)弹性吊索上两个吊弦悬挂点与定位悬挂点接触线高度为等高,相对该定位点的接触线高度 $\pm 5\text{mm}$,但不得有“V”字形存在;跨中第一吊弦与相邻弹性吊索吊弦的高度差必须小于5mm。(5)弹性吊索上两个吊弦悬挂点与定位悬挂点接

触线高度出现V型,则检查定位器限位间隙及定位器坡度是否满足要求(定位器坡度需根据定位点所承受的垂直力和水平力的合力方向确定,此数值由技术人员计算后提供给作业班组)。(6)一般情况下定位器坡度偏小会造成定位点接触线高度偏低,定位点坡度偏大会造成定位点接触线高度偏高。通过调整定位器坡度消除弹性吊索上两个吊弦悬挂点与定位悬挂点接触线高度V型缺陷。

(7)定位点接触线高度低、跨中接触线高度偏高(中锚处除外,中锚处也有可能是中锚绳过紧),通过增加弹性吊索张力将导高调整到标准误差以内,反之减小弹性吊索张力将导高调整到标准误差以内。(8)定位点两侧吊弦处导线高度不一致,应复核弹性吊索中心是否偏移,允许误差 $\pm 20\text{mm}$ 。(9)相邻两跨以上接触线高度整体偏高或者偏低,需复核现场承力索高度是否与计算吊弦时承力索高度相符。(10)接触线中心锚结处跨中接触线高度偏高,调整接触线中心锚结绳的张力,使接触线中心锚结线夹处导高与相邻吊弦导高差在0-5mm范围内(不应低于正常的接触线高度值)。(11)定位器静态安装角:根据不同曲线半径及超高,矩形定位器安装角度 θ 一般控制在6~13°(定位器与轨面连线即受电弓面之间的夹角),应满足受电弓包络线及定位器抬升的安全效验要求(受电弓最大抬升及摆动时,接触网任何设备均不得侵入受电弓动态包络线。受电弓横向摆动量按直线区段250mm。曲线区段350mm)。(12)定位器水平力应在80N-2000N范围,超过范围要调整,定位器不能受压,连续正(反)两个定位以上要重点检查,采用弹簧秤测量水平力。(13)关节屋脊等高点需在跨中附近,且等高点两支接触线高度比定位点高0~30mm。

静态参数测量及核对悬挂调整后,应组织测量人员对静态参数进行全面的测量、分析,并形成记录。测量应覆盖所有定位、吊弦的静态高度及拉出值,并对参数进行分析,对不满足要求的部位形成问题库,处理完成后由技术人员再次复核,直至参数合格。

3.13 平推检查

悬挂调整完毕后,组织专班进行一次全面的平推检查,消除悬挂调整及过程缺陷处理遗留的问题,比如绝缘距离、螺栓力矩、工艺缺陷、硬点等,在验收前完成缺陷处理。

3.14 联调联试参数检测

静态参数全部合格后,CQI、CDI检测也会一次性合格,但需注意因现场特殊情况,对设计平面图拉出值做了部分调整,为联调联试单位提供基础数据时,应按现场拉出值提供,避免60km/h的无接触检测(CQI)超标缺

陷的出现。

4 结束语

总之，高速铁路牵引供电接触网安装一次到位工艺是需要全体员工共同努力去提高的，企业通过制定健全完善的规章制度，从人员进场、物资准备、人员培训、过程控制等严格管理，便可提高接触网安装一次到位成功率，减少反复调整对零部件的损伤，提高接触网

零部件的运营寿命，降低了施工成本。

参考文献

- [1]关金发,吴积钦.受电弓与接触网动态仿真模型建立及其确认[J].铁道科学与工程学报.2017,(11):25-38.
- [2]刘玉宝.电气化铁路接触网电气故障的原因及对策探析[J].光源与照明.2022,(2):110-104.