

柳州三门江大桥斜拉索施工技术

胡 永

(中铁四局集团有限公司技术中心 安徽合肥 230023)

摘 要:柳州三门江大桥主桥为双塔、双索面、三跨部分斜拉预应力混凝土箱梁桥。介绍了主桥斜拉索的体系构造、总体施工方案、施工方法、索力监控方法、施工工艺及施工要点等,对斜拉索施工中的注意事项进行了较详细的阐述。

关键词:部分斜拉桥 斜拉索 桥梁施工 施工技术

1 工程概况

柳州三门江大桥为双塔、双索面、三跨预应力混凝土部分斜拉桥。主桥横跨柳江,跨径组合为100m+160m+100m,塔、梁和墩固结。主梁采用分离式双主箱断面,为三向预应力箱形截面,直腹板,梁底设置二次抛物线,梁顶宽41m。该超宽截面型式部分斜拉桥为国内首创。索塔结构高度22.8m,顺桥向宽5.5m,横桥向宽2m。斜拉索采用扇形布置,梁上索距为4m,塔上索距为0.9m。

斜拉索采用OVM 250AT矮塔斜拉桥拉索体系、22 ϕ 15.24mm环氧涂层(单丝喷涂)高强钢绞线,强度为1860MPa。拉索采用多层防腐措

施。每根环氧涂层(单丝喷涂)高强钢绞线外热挤PE护套。整索外套加整圆式高密度聚乙烯HDPE套管。为便于更换斜拉索,塔内斜拉索转向鞍座采用分丝管结构型式。分丝管理设于索塔内,在索鞍的斜拉索出口处设抗滑锚装置,内灌环氧砂浆。斜拉索锚具采用可换式群锚体系,拉索张力按 330×10^4 kN控制。全桥共36对斜拉索,72套索鞍,144套锚固装置。

2 斜拉索体系构造

斜拉索体系由锚固段、过渡段、自由段、抗滑锚固段及塔柱内索鞍段等构成。斜拉索构造示意如图1所示。

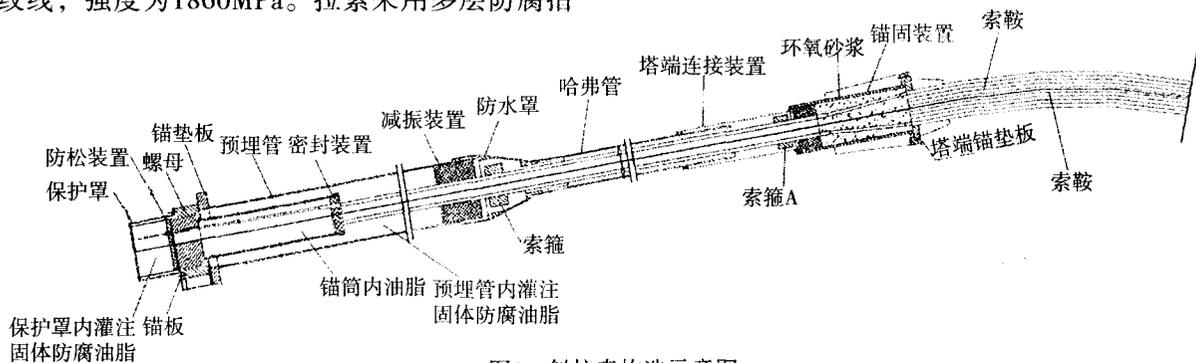


图1 斜拉索构造示意图

2.1 锚固段

锚固段由锚板、夹片、锚固螺母、密封装置、防松装置及保护罩组成。在锚固段锚具中,夹片、锚板、锚固螺母是加工中主要控制件,也是结构的主要受力件。应对其几何尺寸、表面处理、超声波探伤、磁粉探伤、硬度及材质等进行检测。

密封装置由隔板、O形密封圈、内外密封

板、密封圈构成。为便于斜拉索更换,在密封装置内注无粘结筋防腐油脂对剥除PE护套的钢绞线段起防护作用。防松装置由锁紧螺母和压板构成,在钢绞线单根张拉结束后安装。保护罩安装在锚具后端,内注防腐油脂。

2.2 过渡段

过渡段由预埋管、垫板及减振器组成。预埋管及垫板在体系中起支承作用,垫板正下方最低

处应设有排水槽,以便施工过程中临时排水。减振器对索体的横向振动起减振作用。

2.3 自由段

自由段由带HDPE护套的环氧涂层钢绞线、索箍、HDPE外套管、梁端防水罩、塔端连接装置及梁端防护钢管构成。

环氧涂层钢绞线为拉索的受力单元。索箍是在紧索完成后安装的。HDPE套管规格为 $\phi 180\text{mm}$ 整体圆管,其连接方式采用专用HDPE焊机对焊。梁端防水罩起HDPE套管与预埋管间的过渡及防水作用。塔端连接装置为塔端热胀冷缩过程中提供空间和起密封防护作用。

2.4 抗滑锚固段

抗滑锚固段由锚固筒、减振器及环氧砂浆体组成。锚固筒安装在塔外预埋的分丝管钢垫板上,主要对减振器起支承作用,并内灌注环氧砂浆以防止钢绞线滑动。环氧砂浆灌注应在全桥合龙及斜拉索张拉完毕后进行。环氧砂浆由环氧树脂、复合固化剂和填料组成,按一定比例混合搅拌即可使用。

2.5 塔柱内索鞍段

塔柱内索鞍段即分丝管段。分丝管由22根钢管焊接成整体,埋设于混凝土塔内。钢绞线通过分丝管穿过塔身。

3 斜拉索总体施工方案

3.1 施工方法

在箱梁11号块预应力施工完毕,索鞍与梁上预埋管、锚垫板施工完成,而且挂篮主桁前移就位后,即可进行斜拉索安装。

施工方案比选后,采用先安装HDPE套管后装PE护套钢绞线的施工方法。斜拉索穿过主塔索鞍内管,两端分别锚固于箱梁中腹板处。HDPE套管在拉索根部先熔接成完整的长度,将1根钢绞线穿过HDPE套管,用卷扬机通过钢绞线把HDPE套管安装固定在组装座内,再将其余PE护套钢绞线逐根穿过HDPE套管进行组装、张拉、调索等工序。

拉索采用钢绞线逐根安装的方法,索体材料和锚具可分别在拉索相应处直接安装。钢绞线成

盘包装运到现场,即可放盘和下料组合成拉索。下好料的钢绞线即可逐根提升就位。

第一根钢绞线穿过索鞍到达另一侧梁体锚固端后,穿入第一个锚具孔。在第一根钢绞线上安装测力传感器和临时锚具,并用一轻型千斤顶张拉至计算值并锚固。钢绞线锚固力直接显示在与测力传感器相连的显示器上。

第二根钢绞线以同样方式安装在锚具的相应孔位,并用一轻型千斤顶张拉。当第二根钢绞线受拉时,第一根钢绞线上的力显示轻微下降;当两根钢绞线的张拉力相等时,停止张拉。

安装第三根钢绞线并张拉到其应力值与第一根显示值相等时,这三根钢绞线张拉力相等。重复此操作直至拉索最后一根钢绞线张拉完毕,记录最后读数。将第一根钢绞线从传感器上取出,安装上夹具,张拉至最后一根钢绞线并读取数值。

3.2 索力监控方法

以张拉索力时油压表读数和电测法测量的数据来控制张拉索力,用频率法作为索力的复核手段。

三门江大桥索力控制标准:①每根斜拉索各股钢绞线离散误差小于 $\pm 3\%$;②1对斜拉索上、下两根间的索力差值小于整体索力的1%;③每根斜拉索的张拉完成后,整索索力误差小于 $\pm 2\%$;④成桥后实测索力与设计成桥索力间的误差小于 $\pm 5\%$ 。

对张拉索力的控制包括伸长量控制和油压表控制。张拉完毕后,由监控单位进行索力复测,以保证索力达到设计要求。

4 施工工艺及施工要点

4.1 施工工艺流程

斜拉索施工工艺流程:主要机具材料及人员进场准备→施工平台搭设、下料及运输、HDPE管焊接→预埋件及分丝管检查→张拉端锚具及抗滑锚安装定位→梁端调整护筒及单根张拉支座安装→拉索自由段(HDPE管)组装及吊装到位→单根拉索张拉、锚固→锚固筒内钢绞线段剥皮、清洗→梁端紧索、减振器及索夹安装→张拉端锚

具防松装置安装→整体张拉至设计索力→塔端锚固筒、减振器及连接装置安装→边、中跨合龙→塔端锚固筒内灌注环氧砂浆→全桥无粘结筋专用防护灌注→结束。

4.2 施工要点及注意事项

4.2.1 钢绞线下料

(1) 下料时应记录钢绞线索盘出厂编号、质量保证书编号及单个索盘无粘钢绞线重量。

(2) 下料长度。根据计算确定出无应力状态下环氧全涂装无粘结钢绞线下料长度。HDPE管剥除长度为2810mm。

(3) 剥皮及清洗。剥皮指将钢绞线两端的PE护套剥除一定长度作为工作和锚固长度。应注意不能损伤环氧涂层和钢绞线层。钢绞线端头打散后用清洗剂清洗干净,并进行防污保护。塔端钢绞线的PE护层剥除应在穿索并单根张拉结束后进行。

(4) 切丝及镦头。两端的钢绞线清洗完后,在端头约12cm长度范围内平齐切掉外圈6丝,保留中心丝,然后将钢绞线绞合复原,再用LD10镦头器镦成半圆形镦头,以供拉索挂设牵引用。

4.2.2 HDPE套管焊接

HDPE套管焊接时,应对段管编号、段管长度、焊接头预热温度、预热压力、加热时间、切换时间、焊接压力、冷却时间和焊接时间等进行记录。

HDPE套管焊接前,将管材旋转于夹紧装置内并夹紧,在压力作用下用平行机动旋刀削平两个管材的被焊端面。在焊接过程中,焊接压力须保持至焊缝完全满足冷却且硬化后才能撤去。

4.2.3 张拉端锚具安装

(1) 安装前,将锚具的锚板和密封筒的压盖拆下,清洁锚孔、密封筒和锚筒内壁,将锚板按注浆孔在下、排气孔在上定位好,并与锚板孔对正后焊牢,要求焊缝用锌粉漆重新防护。

(2) 中、边跨锚具组装件的锚板上明显成排的中排孔的中心线必须严格控制在同一垂直平面内。

(3) 锚板的中心线与承压板(锚垫板)的中心线力求保持一致,两者偏差不超过5mm。

(4) 中、边跨锚板及塔上分丝管锚孔也须相互对齐,以免钢绞线打绞。

4.2.4 调整护筒和张拉支座安装

在距梁下预埋管口约50cm的预埋管内壁位置上,均布焊3个挡块,并将调整护管放进预埋管内的挡块上。将张拉支座吊装到锚固端锚具端部,再用螺杆将张拉支座与锚板连接稳固。

4.2.5 HDPE套管组装及吊装

HDPE套管吊装前,先将按给定长度焊好的套管运至中央分隔带上,然后将梁端整圆式防水罩、梁端防护钢管、塔端连接装置、塔端锚固筒组装并固定好。安装时,在套管两端头附近装上专用抱箍。专用抱箍垫上一块3~5mm厚橡胶板以增加摩擦。再用塔吊或1t卷扬机的循环牵引绳将套管一端吊至塔上管口附近并用葫芦挂好。按上述方法将两侧的HDPE管吊至塔端后,通过张拉锚具最上一排的2根钢绞线将其托住。

4.2.6 单根钢绞线挂设

挂设工艺流程为:钢绞线准备→两端锚具牵引绳穿至预埋管口→前端钢绞线穿过后端HDPE套管→前端钢绞线穿过分丝管→前端钢绞线穿过后端HDPE套管→前端钢绞线与前端牵引绳连接→前端钢绞线穿过后端锚具直至满足工作长度需要→后端钢绞线与后端牵引绳连接→后端钢绞线穿过后端锚具直至满足工作长度需要。如此循环22次。

4.2.7 单根钢绞线张拉

钢绞线逐根挂设后即由YLS160—150千斤顶进行张拉。单根张拉时,应对张拉油压、张拉力、传感器读数、初值油压、测量初值、测量终值及回缩值等进行记录。

4.2.8 梁端紧索、减振器及管口索夹安装

(1) 紧索时,在管口索夹旁相应的位置装上一套紧索器将索收紧,再将预先裁好的长1m钢绞线填入索体相应位置周围空隙中,使之成型至设计断面。

(下转第31页)

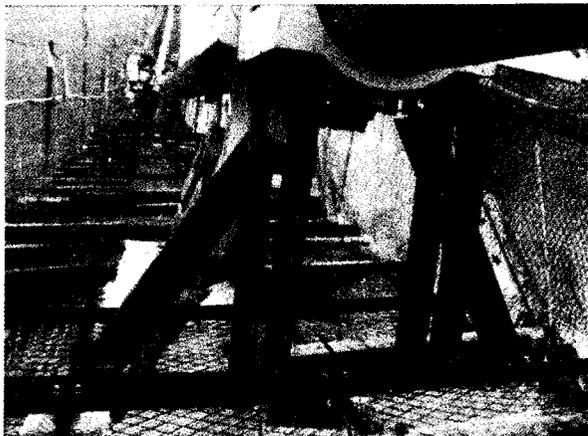


图6 现场锚道线形调整

6 结语

悬索桥因其造型流畅、美观而在世界各地迅速发展。随着国内第一座独塔空间缆索结构悬索桥—天津富民桥的顺利完工,对今后桥梁的发展具有重要意义。空间缆索结构悬索桥的设计与建设也将会越来越多。

(1) 空间缆索结构的悬索桥在体系转换过程中要求吊索上吊点能够适应主缆线形的变化,

(上接第22页)

(2) 将组装好的减振器推入调整护管内,直至减振器端面与调整护管端口持平,再收紧螺栓;按内缩外胀原理,使其内外分别与索体和调整护管壁紧紧相贴。

(3) 在成型的索体相应位置装上索夹并收紧螺栓,使索与索夹间紧密。

4.2.9 安装梁端防松装置

安装前,应先用手提砂轮机切除锚头两端的多余绞线,并预留一定长度。要求钢绞线端头平整、光滑。装上防松装置,拧紧锁紧螺母,防止夹片松动。

4.2.10 整体张拉

采用YCW500型千斤顶进行整体张拉时,应对调索工况、设计调整索力、设计张拉油压、初动力、实际张拉油压、实际调整索力、调索前后锚板外露长度、回缩值等参数进行记录。

4.2.11 锚固筒、减振器及连接装置等安装

将锚固筒推向分丝管,直至靠近钢垫板,并用螺杆将其与钢垫板连接、扭紧。锚固筒安装完成后,即可依次进行减振器、索箍及连接装置安

装。在安装过程中要注意减振器处索体之间的密封,以保证锚固筒内灌环氧砂浆时不漏浆。

(2) 通过调节空间结构吊索的张拉调节,便于调整吊索张力和空间主缆线形。

(3) 本文从空间缆索结构的悬索桥体系转换的关键工序简单介绍了空间吊索和可转动索夹实现体系转换的施工方法,为今后的空间缆索结构悬索桥的施工提供参考。

参考文献

- [1] 雷俊卿,郑明珠,徐恭义. 悬索桥设计[M]. 北京:人民交通出版社,2002
- [2] JTJxxx-2002. 公路悬索桥设计规范(报批稿)[S]. 北京:人民交通出版社,2002
- [3] 韩振勇,彭春阳等. 实用新型专利:可转动的悬索桥索夹[P]. 专利号:ZL 2006 2 0098950.3. 2007.10.17
- [4] ケーブルバンド 設計要領(案)[S]. 日本:本州四國連絡橋公団,昭和53年3月
- [5] 张日亮,彭春阳,黄家珍. 天津富民桥可转动索夹的性能研究[J]. 预应力技术,2007,(4):24-29.
- [6] JT/T 449-2001. 公路悬索桥吊索[S]. 北京:人民交通出版社,2001

装。在安装过程中要注意减振器处索体之间的密封,以保证锚固筒内灌环氧砂浆时不漏浆。

4.2.12 无粘结筋专用防护灌注

根据设计要求,锚具外露钢绞线的保护罩和梁端锚具密封筒内灌注无粘结筋专用防护油脂;塔端锚固筒内装环氧砂浆防护。灌注防护油脂及环氧砂浆时,为保证其密实度,除用专用高压灌浆泵外,要求灌浆孔在排气孔的下方。

钢绞线的油脂附着层务必清洗干净。灌注油脂环氧砂浆前应检查灌浆线路必须通畅,灌浆设备性能良好。灌注防腐油脂过程中要避免现场环境受到污染。

5 结语

斜拉索张拉采用了等值张拉法,逐股穿索、张拉。当每根斜拉索各股钢绞线全部安装后,一次性整体张拉到位。经检测各项误差均能满足设计要求。

工程实践表明:该斜拉索施工方法精细合理,能满足工程要求,可供同类工程施工参考和借鉴。