

淮安通甫路大运河桥斜拉索施工技术

李晓磊¹ 赵艳²

(1 柳州市城市管理行政执法局柳东分局 广西柳州 545616 2 柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

摘要:通甫路大运河桥为双塔双索面预应力混凝土部分斜拉桥,主梁为预应力混凝土结构,采用变高度单箱四室竖直腹板截面。主要介绍淮安通甫路大运河桥斜拉索施工技术,了解矮塔斜拉桥的施工特点、施工方法及施工要点,希望对类似斜拉桥工程有借鉴意义。

关键词:矮塔斜拉桥 HDPE 钢绞线

1 工程概况

淮安通甫路大运河桥项目起点位于淮安市延安东路与二污厂路的环行交叉口处,向南跨越清安河、大运河止于正大东路,路线总长1446.3m,路基与桥梁同宽,均为28m,即1.5m(人行道)+3.5m(慢行道)+1.5m(机非分隔带)+15m(行车道)+1.5m(机非分隔带)+3.5m(慢行道)+1.5m(人行道)。

主桥跨径布置为(100+160+100)m,主桥长360m,系双塔双索面预应力混凝土部分斜拉桥。主梁为预应力混凝土结构,采用变高度单箱四室竖直腹板截面。主墩基础采用21根 $\phi 1.8\text{m}$ 钻孔灌注桩基础。主桥墩身采用双薄壁墩。主桥桥面宽28m。主梁采用三向预应力体系。主塔桥面以上高26m,高跨比为1/6.154,索鞍区采用工字型截面,在无索锚固区采用分离式双矩形截面,塔柱采用钢筋混凝土结构,塔内设劲性骨架以利于钢筋绑扎及塔柱模板的提升施工。鞍座内设分丝管,每根分丝管穿一根钢绞线。

斜拉索采用无粘结镀锌钢绞线拉索群锚固固体系,全桥共52根斜拉索。斜拉索拟采用可换式OVM250-AT37型钢绞线斜拉索体系,每束拉索由37根直径为15.24mm、标准抗拉强度为1770MPa的无粘结镀锌钢绞线。斜拉索采用多层防腐措施,每根环氧涂层高强钢绞线外热挤PE防护套,整索外套加全密封圆形截面HDPE管。

斜拉索通过鞍座穿过塔身,为方便更换斜拉索,塔内斜拉索转向索鞍座采用分丝管结构形式,分丝管由37根 $\phi 28 \times 3\text{mm}$ 的钢管焊接成整体,埋设于混凝土塔内,每根分丝管穿一根钢绞线。在索鞍的斜拉索出口处设相应的抗滑锚固装置,该装置范围内的钢绞线裸露处理,然后内灌注环氧砂浆以达到防止钢绞线在中边跨不平衡力作用下产生滑动的目的。

2 斜拉索体系结构说明

如图1所示,斜拉索由锚固段+过渡段+自由段+抗滑锚固段+塔柱内索鞍段+抗滑锚固段+自由段+过渡段+锚固段构成。

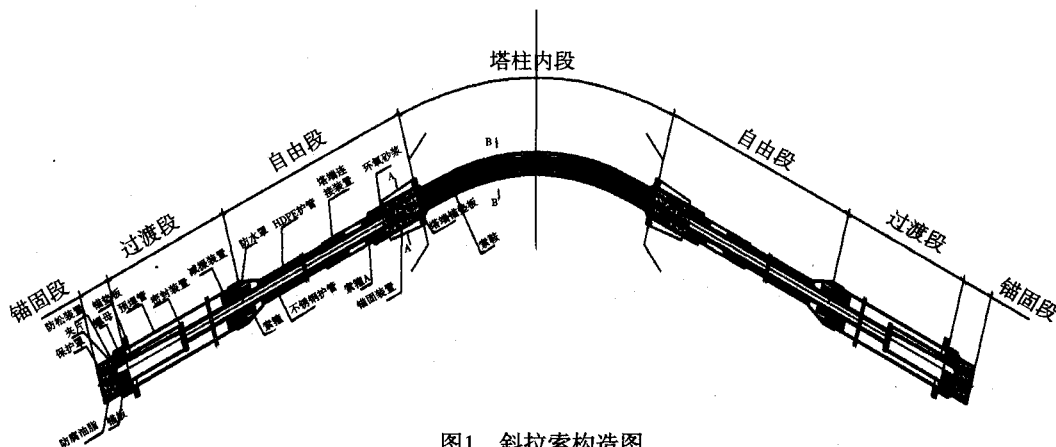


图1 斜拉索构造图

2.1 锚固段

锚固段主要由锚板、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、锚固螺母是结构上的主要受力件,在加工时应加强这些构件的质量控制。

(1) 密封装置:其主要起防止漏浆、防水的密封作用。它由隔板、O型密封圈、内外密封板、密封圈构成。在密封装置内注环氧砂浆,对剥除PE层的钢绞线段起防护作用。

(2) 防松装置:主要由锁紧螺母和压板构成,在钢绞线单根张拉结束后安装此装置,可实现有效地对单个锚固夹片保持夹紧力,从而对夹片起防松、挡护作用。

(3) 保护罩:保护罩安装在锚具后端,并内注无粘结筋专用防护油脂,主要对外露钢绞线起防护作用。

2.2 过渡段

过渡段主要由预埋管及锚垫板、减振器组成。

(1) 预埋管及垫板:在体系中起支承作用,同时在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。为完善梁端拉索系统的防护措施,在预埋管与索体之间灌注聚氨酯发泡材料。

(2) 减振器:对索体的横向振动起减振作用,从而提高索的整体寿命。本桥拟采用可调式减振器,以充分发挥减振器的减振作用。

2.3 自由段

主要由带HDPE护套的无粘结镀锌钢绞线、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。

(1) 无粘结镀锌钢绞线:为拉索的受力单元。

(2) 索箍:因受张力大而采用钢质索箍,它是在紧索完成后安装的。主要作用是将索体保持成一个整体。

(3) HDPE外套管:主要对钢绞线起整体防护作用,本工程采用规格为 $\phi 200 \times 7.7\text{mm}$ 整体圆管,

HDPE管的连接方式采用专用HDPE焊机进行对焊。

① 梁端防水罩:主要起HDPE外套管及预埋管之间的过渡及防水作用。

② 塔端连接装置:由于HDPE外套管的热胀冷缩特性,其主要为塔端HDPE自由端热胀冷缩过程中提供空间和起密封防护作用。

③ 梁端防护钢管:在桥面2.5m高处范围内设防护钢管,主要防止桥面低处斜拉索及HDPE外套管遭受人为破坏。

2.4 抗滑锚固段

主要由锚固筒、减振器及环氧砂浆体组成。

(1) 锚固筒:锚固筒安装在塔外预埋的索鞍(分丝管)钢垫板上,主要对减振器起支承作用。内灌注环氧砂浆以达到防止钢绞线滑动的目的,环氧砂浆灌注应在全桥合龙及斜拉索张拉完毕后进行。

(2) 减振器:对索体的横向振动起减振作用,从而提高索的整体寿命。

2.5 塔柱内索鞍段

即分丝管段,分丝管由37根 $\phi 28 \times 3\text{mm}$ 的钢管焊接成整体,埋设于混凝土塔内,斜拉索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

在箱梁一号块预应力施工完毕,索鞍、梁上预埋管以及锚垫板施工完毕,而且挂篮主桁架前移就位后,即可进行斜拉索安装。

施工方法采用先安装HDPE套管后安装PE护套钢绞线的方式。斜拉索穿过主塔索鞍内管,两端分别锚固于箱梁中腹板上。HDPE套管在拉索根部先溶接成完整的长度,将一根钢绞线穿过HDPE套管,用卷扬机通过钢绞线把HDPE套管安装固定好,再将其余的PE护套钢绞线逐根穿过HDPE套管进行组装、张拉、调索等工艺。

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位置处直接安装。钢绞

线成盘包装运到工地,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。钢绞线锚固力值直接显示在与测力传感器连接的显示器上。

第二根钢绞线以同样的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,张拉停止。

安装第三根钢绞线并张拉至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,张拉至与最后一根钢绞线相同的张拉力并读取数值。

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方式。

通甫路大运河桥索力控制标准: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→拉索自由段组装及吊装到位→单根拉索张拉、锚固→锚固筒内钢绞线剥皮、清洗→梁端紧

索、减震器及索夹安装→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、减震器及连接装置安装→边跨、中跨合龙→塔端锚固筒内灌注环氧砂浆→全桥无粘结筋防护→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,应对钢绞线索盘出厂编号、质量保证书编号及单个索盘无粘结钢绞线重量进行记录。

(2)下料长度。通过计算确定出该桥无应力状态下环氧全涂装无粘结钢绞线下料长度。

(3)剥皮及清洗。将钢绞线两端的PE剥掉一部分作为工作和锚固长度。剥皮时应注意刀具不能损伤环氧涂层和钢绞线层,清洗时应将钢绞线端头打散后并用清洗剂清洗干净。同时清洗后的光面钢绞线要进行防污保护。塔端PE剥除应在穿索并单根张拉结束后进行,此时由于钢绞线无法打散,清洗时应特别注意清洗干净。

(4)切丝及墩头。绞线清洗完成后,在绞线两端打散后在端头约12cm长度范围内平齐切掉外圈6丝,保留中心丝,然后将钢绞线复原。复原后用LD10墩头器将两端的中心丝墩成半圆形墩头,以供挂索牵引用。

4.2.2 HDPE管焊接

HDPE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管焊接前,将管材旋转于夹紧装置内并将之夹紧,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,焊接压力必须保持至焊缝完全满足冷却时间且硬化后才能撤去。

4.2.3 张拉端锚具安装

梁下张拉端锚具安装前应清洁锚孔,并保持清洁无污。由于锚具分别由多个零部件组成,运到工地后应进行检查。

锚具安装就位时要求:

(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, 同时焊缝要求用锌粉漆重新防护;

(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)的中心线应力求保持一致, 两者偏差不得超过5mm;

(4) 中、边跨锚板及塔上分丝管锚孔也必须相互对齐, 以免钢绞线打绞;

4.2.4 张拉端锚具安装

在距梁下预埋管口约50cm的预埋管内壁位置上, 均布焊上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, 然后按支座下的定位板孔对准部位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, 应先将按给定的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橡胶板以增加摩擦。然后用塔吊或者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。按以上方法将两侧的HDPE管吊至塔端后, 通过张拉锚具最上一排的两根钢绞线将其托住。

4.2.6 单根钢绞线挂设及张拉

单根挂索工艺:

(1) 将单根成盘的钢绞线运至桥面穿索附近点, 拆开钢绞线的缠包带, 从内圈抽出钢绞线的一头(称前端, 另一头称为后端), 并用人工将其穿过HDPE管(称后端, 另一端称为前端);

(2) 人工将钢绞线按事先约定好的顺序先后穿过后端防松装置、后端抗滑锚具、分丝管、前端抗滑锚具及前端防松装置, 继续将钢绞线穿出前端的HDPE管到达前端预埋管口, 待前端钢

绞线与牵引绳的穿束器连接好后, 在牵引绳的引导下将钢绞线穿过前端锚具直至单根张拉所需的工作长度;

(3) 前端钢绞线到位, 随即将后端钢绞线与牵引绳连接, 同样在牵引绳的引导下将钢绞线穿过后端锚具直至单根张拉所需的工作长度;

(4) 前后两端调整好钢绞线后, 单根挂索完毕, 在单根挂索时, 应注意钢绞线的HDPE护套的保护并避免打绞现象发生。

单根张拉如图2所示: 每根索的钢绞线均逐根挂索后即使用YLSD160-150千斤顶进行张拉, 加载至单根钢绞线设计应力的15%时测钢绞线伸长初始值, 用压力表读数控制最后一级张拉力, 严格控制工作夹片的跟进平整度, 两侧同时均衡加载, 力求两端伸长值的不均匀值应控制在设计允许范围之内。

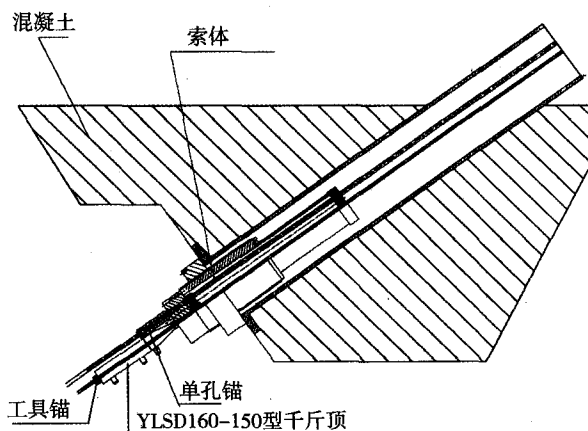


图2 单根斜拉索张拉示意图

4.2.7 紧索、减振器及管口索夹安装

单根张拉结束后应立即进行梁端紧索、减振器及索夹安装等工作:

(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, 然后将预先裁好长度为1.0m左右钢绞线(即假索)填入索体相应位置周围空隙中, 使之成型至设计断面;

(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钢质索夹并收紧螺栓，使索与索夹之间紧密。

4.2.8 安装梁端防松装置

安装防松装置前，应先用手提砂轮机切除锚头两端的多余绞线，并预留一定的长度。要求绞线端头平整、光滑。装上防松装置，拧紧锁紧螺母，以便有效地防止夹片松动。切除锚头两端的多余绞线，预留250mm，要求绞线端头平整、光滑。

4.2.9 整体张拉

在整体张拉（见图3）过程中，当锚具螺母

松动脱离垫板时以此作为其伸长值的测量起始点，即此时油表读数对应的张拉力作为整体张拉的初始张拉力。确定整体张拉的初始张拉力后，以此为起点分级加载张拉至设计要求的（超）张拉值，测量各级伸长值。旋紧螺母，千斤顶回油，锚固。在张拉过程中，四个锚固点要求做到同步对称，相互呼应，级差应控制在设计允许范围之内。通过以上整体张拉方式，可将整体索力控制在：每对斜拉索两根间的差值不大于整索索力理论值的正负1%；斜拉索整索索力误差不大于理论索力值的正负2%。

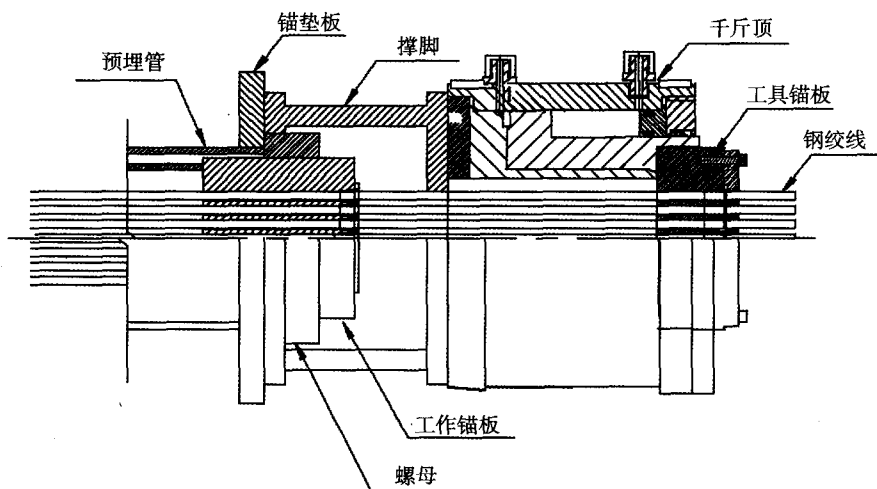


图3 整体张拉示意图

4.2.10 锚固筒，塔端减振器、索箍及连接装置安装

锚固筒通过高强螺杆与钢垫板连接、拧进时保证应力和连接面的密封。塔端锚固筒安装完成后，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，以保证锚固筒内灌注环氧砂浆时不漏浆。

4.2.11 斜拉索防护

根据设计要求，锚具外露钢绞线的保护罩和梁端预埋管内灌注无粘结筋专用防护油脂防护；塔端锚固筒内装内灌注环氧砂浆防护。灌注防护油脂时，为保证其密实度，除用专用的高压灌浆泵外，还要注意灌浆孔在下排气孔在上。为保证环氧砂浆体与钢绞线之间的粘结力（即握裹

力），钢绞线的油脂附着层务必清洗干净。灌注油脂环氧砂浆前要检查进浆口与出浆口有没有堵塞，确保灌浆线路通畅。

5 施工总结

施工过程中，很好的坚持运用了以上施工方法，经检测桥梁各项指标均能满足设计要求。实践表明：该斜拉索施工方法合理安全，能满足工程要求，可供同类型工程施工参考借鉴。

参考文献

- [1] 李文献. OVMAT矮塔斜拉桥拉索体系的研究与应用[J]. 预应力技术, 2006(3):64—66.
- [2] 陈从春. 矮塔斜拉桥设计理论核心问题研究[D]. 上海: 同济大学, 2005.