

安庆长江公路大桥斜拉索安装施工工艺

瞿晓华 韦福堂

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要: 安庆长江公路大桥是双塔双索面悬浮式钢梁斜拉桥,斜拉索采用环氧喷涂钢绞线。本文重点介绍斜拉索安装施工工艺,介绍了辅助钢绞线在护套管安装中的应用以及单根张拉工艺。

关键词: 斜拉桥 斜拉索 护套管 辅助钢绞线 单根张拉 非线性 传感器

1. 工程概况

安庆长江公路大桥位于安徽省安庆市内,横跨长江,为国家重点工程。

斜拉桥主桥全长1040m,桥垮布置为:50m(过渡段)+215m(边跨)+510m(主跨)+215m(边跨)+50m(过渡段)。主桥桥面净宽30米,双向四车道。主桥结构形式为双塔双索面、悬浮体系、钢梁斜拉桥。

该桥主梁为钢箱梁,顶面宽30米,底面宽21.6m,梁高2.71m。中跨标准节段长15m,边跨标准节段长10m,主梁两侧设斜拉索锚固区。

索塔为宝石型混凝土塔柱,塔高181.531m,索塔共设三道横梁,中横梁以上为斜拉索锚固区。

斜拉索为空间扇形布置,每个索面设16对斜拉索,全桥共64对、128根,斜拉索采用7 Φ 5环氧涂层高强度低松弛钢绞线,PE热挤护套,双螺纹HDPE外护套,夹片式锚具。斜拉索共有5种规格,最少根数为22根,最多根数为55根。

斜拉桥主桥示意图如图1所示。

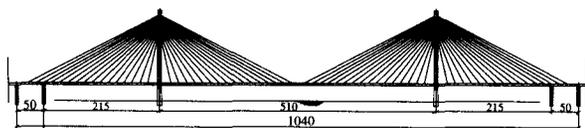


图1 安庆长江公路大桥示意图

2. 施工工艺

2.1 挂索施工设备

1) 每塔桥面在0号块两侧设置规格为1.5T的卷扬机4台,作为斜拉索上索设备。

2) 每塔柱内放置2台手摇葫芦,作为单根斜拉索从塔外牵引至塔内设备。

3) 每塔柱内放置2台规格16T的液压千斤顶,2台规格550T的液压千斤顶,2台60MPa的液压油泵,作为斜拉索张拉设备。

4) 每塔设塔吊一座,作为施工设备及斜拉索护套管吊装用设备。

2.2 斜拉索安装施工工艺

2.2.1 斜拉索运输

出厂斜拉索由多根成品钢绞线卷制成盘,单盘重约3T。运输进场后,由塔吊起吊至桥面,利用人力可轻易滚到上索区,再用小龙门起吊上架,不需要大型的桥面起吊设备,而且自重较轻,不会对主梁增加过多的临时荷载。如图2。



图2 斜拉索运输

2.2.2 斜拉索护套管安装

斜拉索护套管是钢绞线斜拉索最外层保护,材质为高密度聚乙烯,简称HDPE。本桥采用整圆、外布抗风雨振螺纹的天蓝色护套管,8m为一节,通过专用PE焊机进行热熔焊接至设计长度,全桥护套管最长273m(管径 $\Phi 235$),重约2.6T。

由于单根钢绞线牵引在护套管内进行,所以首先须将护套管悬挂到位。利用塔吊垂直起吊护套管至塔外待挂索管口,利用葫芦在塔外临时固定。

为保证护套管后期正常使用,操作过程中不对护套管施加额外应力,这里采用在护套管内预布辅助钢绞线,通过对辅助钢绞线施加张力,从而挺直护套管的方法。考虑到塔内牵引力较小,倾角较大,辅助钢绞线的第一步牵引放置在桥面进行,首先将辅助钢绞线上端穿入塔内锚具,并上好夹片做临时固定,桥面启动卷扬机,牵引辅助钢绞线。

由于牵引钢丝绳与辅助钢绞线的连接头,无法通过下端锚具,所以当桥面做出最大限度牵引后,将钢绞线下端上好夹片,在塔内利用16T千斤顶进行张拉直至护套管悬挂到位。

当安装多根成品钢绞线后,即可将辅助钢绞线从护套管内撤出,留后续工段使用。

护套管安装示意图见图3。

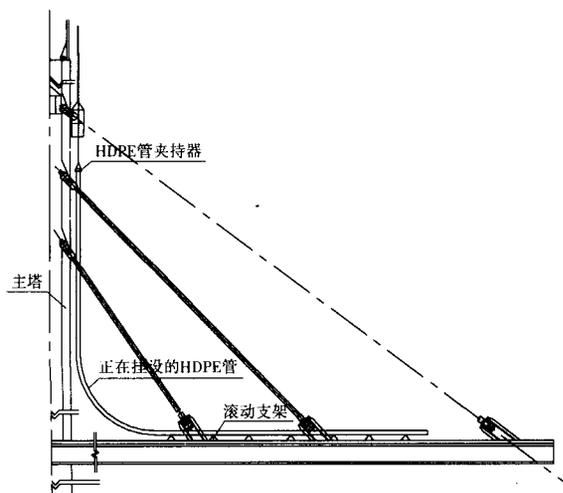


图3 护套管安装示意图

2.2.3 单根挂索

钢绞线斜拉索安装最大特点即单根挂索,通过牵引安装单根钢绞线,从而完成整束斜拉索的安装。

操作步骤:首先将钢绞线从桥面索盘抽出,张拉端与循环钢丝绳上的专用牵引装置连接,启动桥面卷扬机将钢绞线顺着HDPE护管牵引至塔外管口,然后在塔外将钢绞线和从上端锚具孔穿出的牵引索上的穿索器连接,通过塔柱内的1.5T手摇葫芦将钢绞线拉出锚具孔,直到满足单根张拉所需的工作长度,临时锚固。钢绞线固定端与穿出下端锚具的牵引索上的穿索器连接,人工牵引穿出锚孔,满足预留长度(300mm)后锚固,完成单根挂索。

本桥斜拉索采用的锚具型号较多,共分五种,不同的锚具型号有不同的锚孔排列形式。穿索时按先上游、后下游,先上排孔、后下排孔的顺序进行;各号索均按塔柱两侧四个工作面同时进行。

单根挂索示意图见图4。

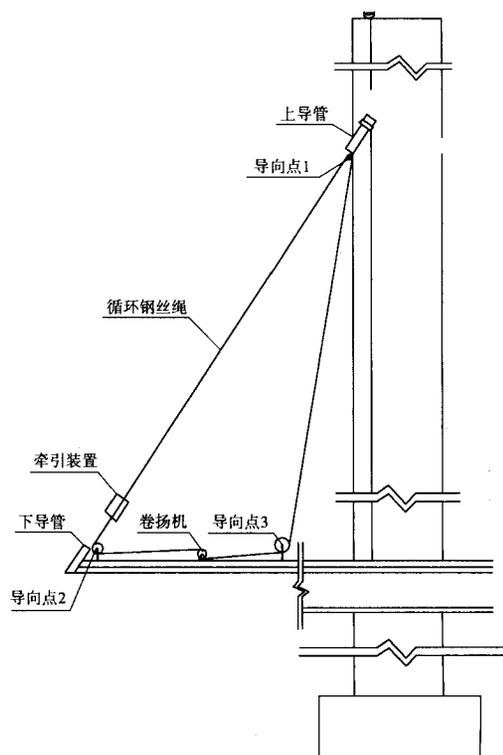


图4 单根挂索示意图

2.2.4 单根张拉

按照全桥斜拉索张拉工序,斜拉索共分两次张拉,这里一张采用单根张拉,二张采用整体张拉的张拉工艺。

单根张拉工艺:每束斜拉索中的每根钢绞线穿挂后,随即用16T液压千斤顶进行单根张拉,以达到一张索力。

单根张拉力的确定:第一根钢绞线张拉力按设计索力的平均值乘以计算的超张系数来确定。单根钢绞线索力均匀性(索力离散性)控制是平行钢绞线拉索制作安装的关键,本工程控制上采用等张拉力法,也就是将振弦式压力传感器安装在第一根钢绞线张拉端上,以后每根钢绞线的张拉力按压力传感器变化差值进行控制。整束挂完后,对第一根钢绞线按照压力传感器最后差值进行补张拉。(单根张拉示意图见图5)

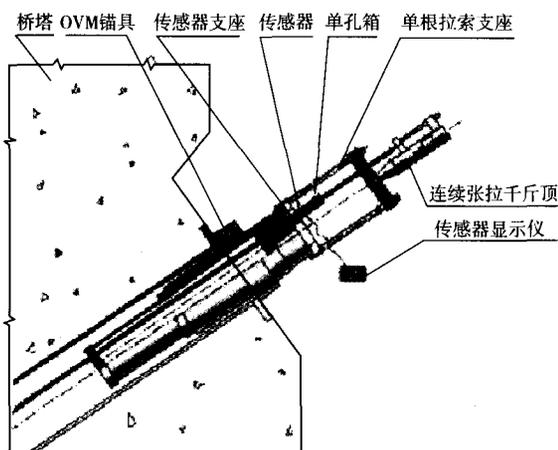


图5 单根张拉示意图

考虑到传感器安装后,后续钢绞线张拉力都是以传感器差值换算所得,所以传感器安装位置非常重要。如安装位置不对,容易受护套管自重及挂索时振动等非线性影响,使索力失准。在以往传感器安装在第一根钢绞线上,以指导后续张拉,该法在斜拉索长度较短,护套管自重较轻时,安装的传感器受非线性影响较小。但在斜拉索长度较长时,这样安装传感器受非线性影响较大,所测索力存在很大的不稳定性。所以需要预先张拉数根前排钢绞线,通

过张拉力支承HDPE防护管重量,使护套管同其他钢绞线垂度保持一致后,再进行安装传感器预先张拉的钢绞线在整束钢绞线安装完后重新补张,这样可有效减少非线性的影响。

钢绞线预张根数计算(图6):

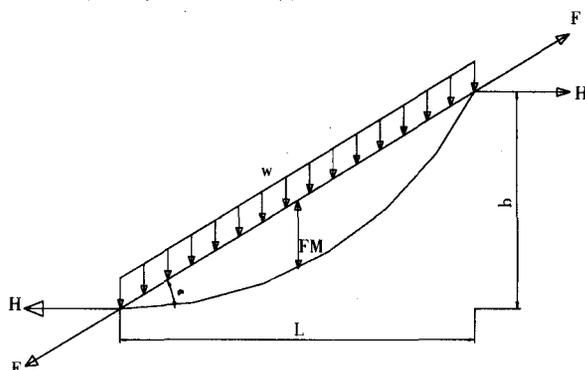


图6 斜拉索两端受力示意图

根据

护套管垂度 f_m 的经验公式: $f_m = \sqrt{3\Delta l/8}$

护套管垂度 f_m 与索力关系式: $F = \frac{wl^2}{8f_m \cos^2 \alpha}$

索号	护套管支撑力/kN	预张根数
1	20.9	1
2	25.1	1
3	35.5	2
4	39.5	2
5	43.5	2
6	47.5	2
7	33.9	2
8	38.6	2
9	43.2	2
10	47.9	2
11	52.5	2
12	57.1	2
13	85.7	3
14	91.7	4
15	98.1	4
16	104.5	4

2.2.5 整体张拉

为避免多次单根张拉影响夹片锚固、夹持效果以及索力均匀性,斜拉索二张采用整体张拉的张拉工艺。

整体张拉工艺：整体张拉在塔内完成。安装时利用塔吊将撑脚、千斤顶、张拉杆、连接套吊至塔内平台上，随塔内平台移动到相应索号张拉端位置，借助手拉葫芦将连接套、张拉杆、千斤顶及撑脚、张拉螺母依次安装固定。见图7。

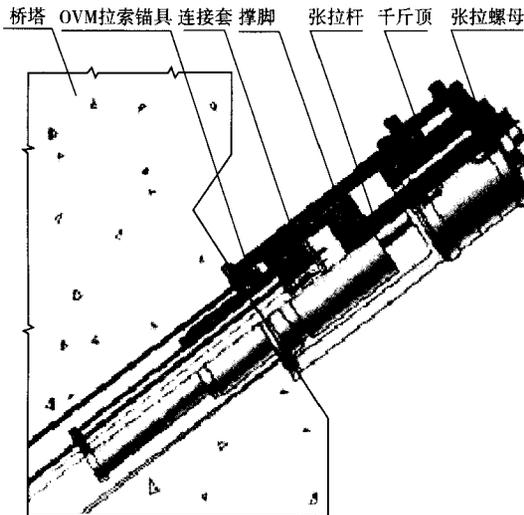


图7 整体张拉示意图

根据整索设计吨位进行张拉控制，分级、同步、对称张拉到设计吨位。整体张拉到控制应力后，旋紧锚具螺母及时锚固完成张拉。

2.3 小结

本桥在斜拉索护套管安装时，采用了在护套管内增设辅助钢绞线、分两级牵引的方法，改变了以往一味加长单根成品钢绞线工作长度的方法，不仅提高了护套管安装时的操作安全性、又能在充分利用现有设备的前提下提高工作效率，而且辅助钢绞线又能在全桥多次使用，降低了挂索成本。

在斜拉索钢绞线单根张拉时，根据现场实际情况，改变传感器安装部位，采用预张拉钢绞线的方法，这样有效避免了非线性影响，提高了索力控制的均匀性、准确性。

参考文献

- [1] 孙长军等, 安庆长江公路大桥斜拉索安装施工组织设计, 柳州欧维姆工程有限公司, 2003年。
- [2] 林元培, 斜拉桥, 北京, 人民交通出版社, 1997

(上接第25页)

$$P_k = 35 / (4 + m) < 8.75$$

假设液压缸按照通常设计，有杆腔与无杆腔活塞面积比为0.7，则

$$P_k = 7.5 \text{ MPa}$$

通过上面分析可知，系统不管是空载或是额定负载活塞下行，油泵供给的压力都相对较小，即负载下行时能耗小，油路上也不会出现超压现象。而且这种平衡阀在控制油路上增加了可调阻尼和单向阀。使平衡阀在打开操纵执行元件时迅速打开主阀芯，在 P_1 降低瞬时，由于有可调阻尼的作用，阀芯的开启是逐渐转换到负载相关的节流位置，使执行元件启动时的跳动及与之相关移动部件的颤动，均在一开始就受到抑止或很快消除，从而使负载下行平稳。

根据上述理论分析，结合实际工程情况，笔者在设计某大型液压提升系统时采用了图4a的液压平衡回路，系统中液压缸额定负载为

200t，额定油压为25MPa，实践证明负载下行平稳，系统发热小，并且能长时间稳定作业。

4. 结语

通过对应用于节流的平衡回路和应用平衡阀的平衡回路进行详细分析，指出了传统平衡回路的局限性，给出了一种新平衡回路原理，该种新的平衡回路适用于恒负载和变负载下行的场合。随着社会的发展，应用平衡回路的场合越来越多，采用何种方式的平衡回路应进行深入分析，设计可产生稳定背压，能自锁，而且能耗小的平衡回路。

参考文献

- [1] 赵春红. 起重机液压平衡回路的改进[J]. 工程机械与维修, 2000(4).
- [2] 姚平喜. 液压平衡回路辨析. 液压与气动, 2005(1)
- [3] 王文深. 平衡回路中液控单向阀反向开启控制压力的计算及分析. 组合机床与自动化加工技术, 2003(8)