

# 灌河特大桥斜拉索安装施工工艺

瞿晓华 黎兆亮

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

**摘要:**灌河大桥是双塔双索面钢砼叠合梁斜拉桥,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。

**关键词:**斜拉索 护套管 辅助钢绞线 单根张拉 非线性 传感器 减震器

## 1 工程概况

连盐高速灌河特大桥位于盐城市响水县境内,跨越灌河,属江苏省重点工程。主桥结构形式为三跨一联钢砼组合梁双塔双索面体系斜拉桥,全长640m,桥跨布置为:150m(边跨)+340m(主跨)+150m(边跨)。主桥桥面净宽36.6米,双向六车道。

该桥主梁由“工”字型钢拼接钢结构,上架预制桥面板而成,主梁全宽36.6米,梁高3.08~3.41m。全桥共划分59个梁段,中跨标准节段长11.7m,边跨标准节段长7.8m,主梁两侧设斜拉索锚固区。

索塔为H型混凝土塔柱,塔高119.629m,索塔共设二道横梁,上横梁以上为斜拉索锚固区。

斜拉索为扇形布置,每个索面设13对斜拉索,全桥共52对、104根,斜拉索采用7Φ<sup>15</sup>环氧涂层高强低松弛钢绞线,PE热挤护套,外螺纹HDPE外护套,夹片式锚具。斜拉索共有5种规格,最少根数为37根,最多根数为73根。

灌河特大桥主桥示意图如图1所示。

## 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台电动葫芦,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800T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,而且因自重较轻,不会对主梁增加过多的临时荷载。如图2。

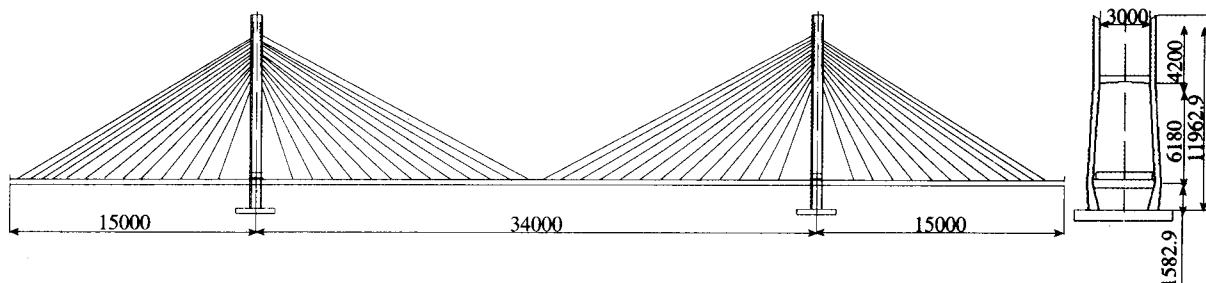


图1 斜拉桥主桥示意图

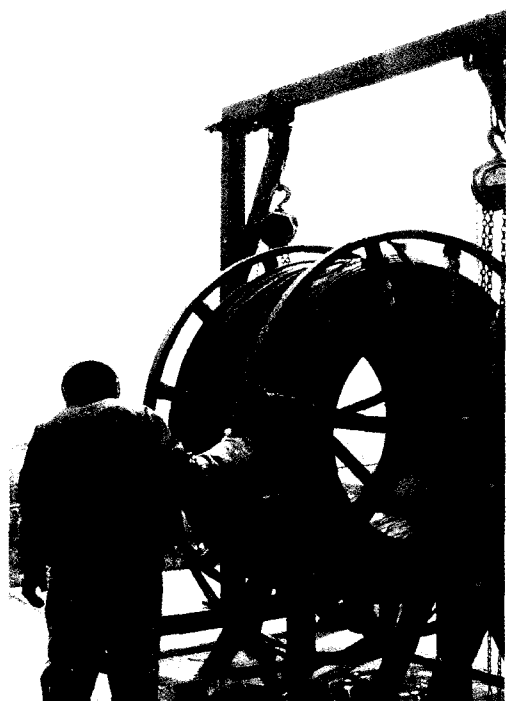


图2 斜拉索放置

### 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176.8m（外管径 $\Phi 280$ ），重约2.1T。

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，操作过程中不应给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，无法通过固定端锚具，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。

在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。

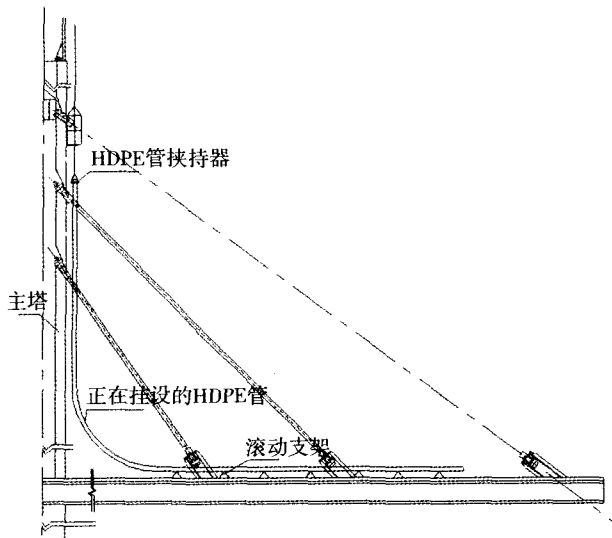


图3 护套管安装示意图

### 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2T电动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（200mm）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；各号索均在塔柱两侧四个工作面同时进行。

单根挂索示意图见图4。

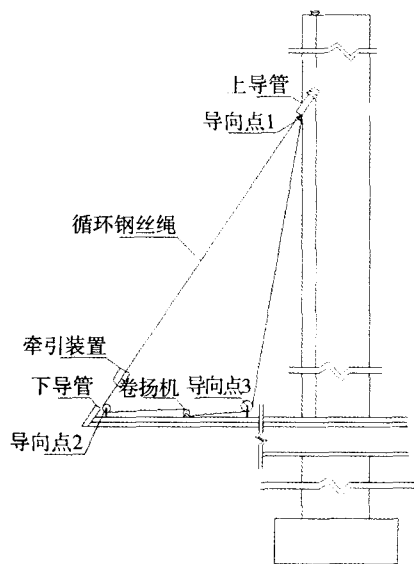


图4 单根挂索示意图

2.2.4 单根张拉

按照全桥施工工序，斜拉索分两次张拉，一张采用单根张拉，二张以及后续的全桥调索采用整体张拉的张拉工艺。

单根张拉工艺：斜拉索中的一束钢绞线穿挂后，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安装的关键，本工程采用等张拉力法进行控制，具体做法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。

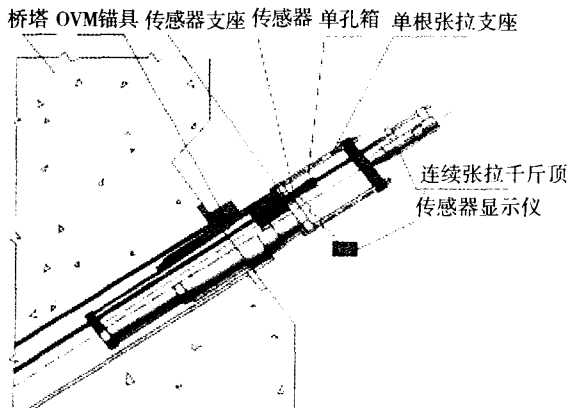


图5 单根张拉示意图

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再重新补张，这样可有效减少非线性的影响。

钢绞线预张根数计算（见图6）：

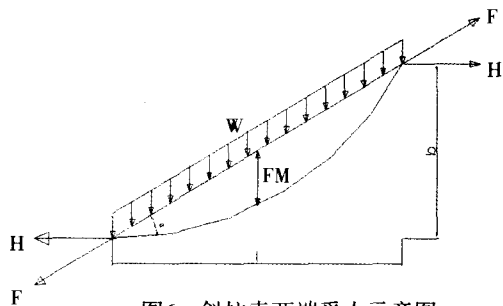


图6 斜拉索两端受力示意图

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： $F = \frac{wl^2}{8f_m \cos^2 \alpha}$

按照护套管与单根钢绞线垂度一致原则，以最大值为例，计算索力如表1。

表1

索号	护套管支撑力/kN	预张根数
1	59.9	1
2	49.3	1
3	79.6	2
4	114.4	2
5	150.2	3
6	126.0	2
7	146.4	3
8	163.7	3
9	229.8	4
10	221.0	4
11	229.1	4
12	288.8	5
13	306.7	5

注：每根张拉力为60kN

### 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。

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。整体张拉示意图见图7。

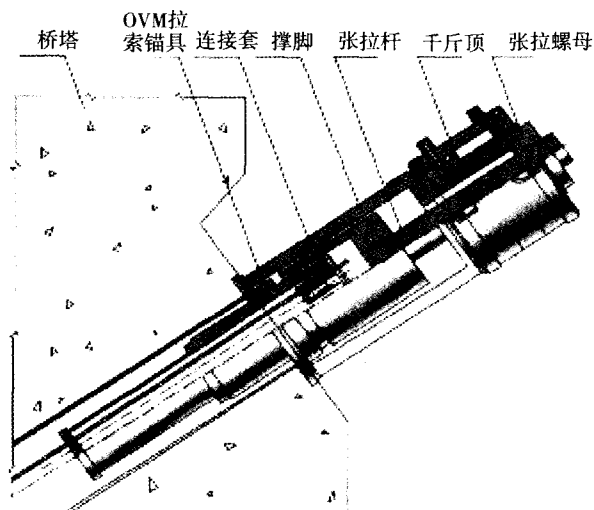


图7 整体张拉示意图

### 2.2.6 减震器安装

全桥调索完成后,即可进行减震器的安装固定。本桥减震采用上下端体内减震,减震器由校正筒、高阻尼橡胶组成。安装步骤如下:

- 1) 利用专用紧索器按设计截面将整束紧固成形;
- 2) 将校正筒临时固定在索导管管口处,并填入橡胶,用螺杆固定;
- 3) 在校正筒外围与索导管内腔间焊接传

力件;

- 4) 安装索箍,拧紧索箍紧固螺栓,完成安装。

### 2.3 斜拉索防护工艺

斜拉索是斜拉桥的生命线,索体、锚头防腐需高度重视。本桥按国家有关标准和OVM250平行钢绞线拉索体系技术标准进行。

#### 2.3.1 斜拉索索体防腐

索体材料采用带PE环氧涂层钢绞线,PE层与钢绞线间涂专用油脂,如在下料、挂索等过程中发现PE有破损处,立即用焊枪修补,谨防钢绞线锈蚀。

索体外用HDPE套管防护,成桥调索结束,减振器固定后,固定已预先套在管外的防水罩,与两端预埋管联接,可有效防止雨水进入PE管内,并隔绝了紫外线照射,进而起到保护索体的作用。假如预埋管因偏心过大造成防水罩无法顺利联接,预埋管安装可考虑将预埋管接长,只要保证该接长段与索体同心即可。

#### 2.3.2 锚头内防腐

锚头内钢绞线由于挂索、张拉需要,两端PE需剥除,剥除段钢绞线必须进行有效防护,需在锚具内灌注防腐材料。

#### 2.3.3 锚头端面、夹片、外露钢绞线的防腐

1) 调索结束后,锚具外安装保护罩,罩内注油对裸露钢绞线、夹片、锚板等进行防护。

2) 上、下锚箱内必须预设防水、防潮措施,下端锚垫板应设有排水槽。

### 3 小结

本桥在斜拉索安装时,结合施工工况,采用了单根张拉与整体张拉相结合的方法,充分利用单根张拉安装操作简便,整体张拉调索方便可靠的优点,并确保了夹片一次锚固的良好夹持效果。