

# 论矮塔斜拉桥分丝管无粘结斜拉索安装技术要点

苏巧江<sup>1</sup> 万华<sup>2</sup>

湖南路桥建设集团有限责任公司长江分公司

**摘要：**用于斜拉桥工程项目的斜拉索，是由具有自锚性能、且方便维修更换的高强钢绞线组合而成。斜拉索的结构系统依据受力方式的不同，可以将其划分为锚固段、过渡段、自由段等关键部位。本文主要分析斜拉索安装、索力计算、张拉端施工工艺要点及雨滴型分丝管索鞍内钢绞线自锚原理。

**关键词：**矮塔斜拉桥；雨滴型分丝管；无粘结；钢绞线；斜拉索安装

## 引言

“矮塔斜拉桥”是结合“斜拉桥”和“体外预应力箱梁桥”优势后形成的一种结构体系。由于矮斜拉桥自身结构塑性，使其与连续梁相比，矮斜拉桥施工工艺简单、跨度大、施工成本低；与斜拉桥相比，矮斜拉桥具有施工快捷、精确、材料利用率高。本文将分析矮塔斜拉桥分丝管无粘结斜拉索安装技术要点，具有重要的施工实践意义。

## 一、工程概况

某桥梁工程的斜拉桥工艺18对斜拉索，分为两个索塔。采用高强度低松弛钢绞线斜拉索体系，塔上设置异形不锈钢雨滴型分丝管式转向鞍座，具有自锚功能。拉索由多股钢绞线进行无连接组成，其中钢绞线采用15.2mm，标准强度为 $f_{pk}=1.86GPa$ ，弹性模量 $E_p=195GPa$ 。

## 二、操作流程

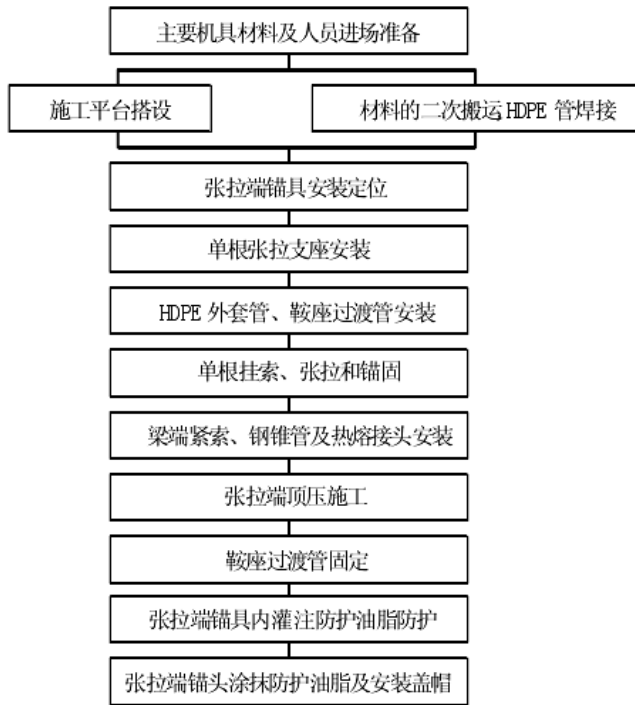


图1 斜拉索安装工艺流程图

### (一) 张拉端锚具及张拉反力支架安装

(1) 张拉钢绞线的前期工作是在锚具安装前进行清理锚孔，主要是保证张拉效果。锚具通常由多个部件组成，但锚具运送到现场时需要进行分类和整理。

(2) 锚具安装就位时要求：1) 锚板安装在排水槽下、排气孔上个；2) 必须严格按照规范要求安装中、边跨锚具，安装完成后须使其在一个平面内；3) 锚板与承压板的中心线要求基本

对齐，最大容差范围不能超过5mm；4) 为防止钢绞线错综复杂，在安装中、边跨锚板和塔上分丝管的相应位置力求相互对齐。

(3) 连接张拉反力支架和锚板步骤为先将张拉反力支架运送到制定位置，然后通过运用定位板对准两种，最后通过螺杆将其固定。

### (二) HDPE外套管和锚固筒安装

(1) 安装HDPE外套管前，需要把按设计要求做好的套管放在中央分隔带上，然后通过一定的连接方式吧梁端钢锥管、鞍座过渡管、延伸管组装并固定好。

(2) 安装过程中需要运用抱箍装在套管的两端，运用塔吊等器械将套管的端口放置在塔上管口处，然后通过葫芦挂进行连接，在套管的一定位置处通过钢绞线进行托住。

### (三) 单根挂索、张拉及锚固

#### 1. 单根挂索

(1) 将单根钢绞线放置在桥面制定位置，拆除包装袋，抽出内圈钢绞线一定工作长度，然后运用穿索机将钢绞线在钢套筒与保护罩之间穿入HDPE管；

(2) 穿索机将钢绞线按事先定好的顺序先后穿过后端、梁端过渡段、自由段等，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) 前段钢绞线达到制定的位置后将钢绞线后端和牵引绳相连，通过牵引绳将一定长度的钢绞线穿过后端锚具。

(4) 调整钢绞线前后两端的距离，检查钢绞线的整体位置，单根挂索完毕；

(5) 单根挂索需要注意的是钢绞线的HDPE护套是否损坏和钢绞线是否打绞。

#### 2. 单根张拉及锚固

(1) 通过千斤顶张拉每一根钢绞线，并记录每一根钢绞线张拉的程度。安装临时夹片严禁在工作锚上进行锚固，安装夹片需要注意夹片的表面是否有裂纹，压槽内是否有杂质等问题。

(2) 单根张拉监控：张拉至设计索力后，由监控单位测定各断面的结构应力，和设计提供的索力及各断面的结构应力进行比较，如符合要求，继续张拉下一对斜拉索；

(3) 斜拉索张拉监控：在张拉过程中为使每根钢绞线张拉程度一致，通常在张拉中采用等张拉值法进行张拉，即在张拉过程中监测压力表的读数进行判断。

#### 3. 单根钢绞线张拉力及张拉方式

(1) 张拉力：单塔共九对斜拉索，其中A1-A4整束设计张拉力为3000KN，A5-A9整束设计张拉力为2800KN斜拉索的单根初始张拉力根据等张法确定；

(2) 为使钢绞线的张拉程度基本一致，张拉过程中采用等张拉值法，即监测张拉过程中压力表的读数进行监测每根钢绞线的张拉程度；

(3) 单根张拉过程采用振弦式传感器控制，使用振弦式传感器安装在第三根钢绞线上，通过单孔锚对其进行临时固定，当整个工序完成后进行拆除；

(4) 第一、第二根钢绞线：为了减小HDPE外套对张拉过程中导致钢绞线张拉力过大，第一、二跟钢绞线主要的作用是承担HDPE外管的重量，所以张拉程度的控制主要是根据该管的垂直度决定。

(5) 第三根钢绞线：采用整束拉索索力的平均单根索力，通过分析锚固点的位移变化、拉索垂直度变化和夹片回缩现象进行索力修正，首根钢绞线斜拉索计算见表1：

表1 首根钢绞线斜拉索张拉力计算表

序号	名称	单位	符号	数值	备注
01	设计素力	KN	F		监控单位提供
02	素长	nm	L		梁端锚固点间
03	钢绞线截面积	nm <sup>2</sup>	A		
04	钢绞线弹性模量	N/nm <sup>2</sup>	E		
05	设计素力下的理论伸长量	nm	△L1		(F×L×1000) / (A×E)
06	中跨桥面标高变化素长方向变量	nm	△L2		索长方向的变化值
07	变跨桥面标高变化素长方向变量	nm	△L3		(监控单位提供)
08	锚固损失和工具段伸长量	nm	△L4		夹片回缩值及工具段伸长量
09	总伸长量	nm	△L		△L1 + △L2 + △L3 + △L4
10	第一根斜拉索张拉力	KN	F1		(A×E×△L) / (1000×L)

4. 雨滴型分丝管式索鞍锚固原理

(1) 雨滴型分丝管式索鞍(见图2), 由厂家加工制作, 由分丝管、外壳、定位板、剪力钉组成, 鞍体内灌注C50微膨胀细石混凝土填充;

(2) 分丝管见图3, 由高强度不锈钢圆形钢管在机床上压轧成雨滴形状, 自锚原理即通过梁端两端同步张拉, 钢绞线通过向下的力自锚于雨滴形分丝管卡槽内, 形成塔内的锚固;

(3) 雨滴型分丝管式索鞍锚固有三大明显优点: 1) 无需在斜拉索钢绞线上塔端处设置抗滑键, 便于施工, 也便于更换; 2) 钢绞线整捆运至工地, 再按实际长度进行切割即可; 3) 钢绞线张拉后, 在索鞍内受力均匀, 有利于钢绞线的使用寿命;



图2 雨滴型分丝管式索鞍图

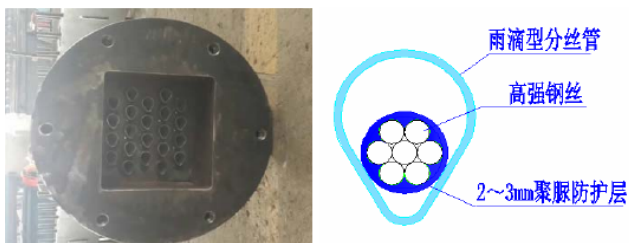


图3 雨滴型分丝管图

(四) 紧索、管口定位器(减震器)、索夹安装及热熔接头安装

(1) 单根张拉结束后应立即进行梁端紧索, 索夹及热熔接头安装等工作;

(2) 紧索时, 在管口索夹旁相应的位置上用葫芦和纤维吊带将索收紧;

(3) 通过一定方式将安装好的定位器推入到预埋管的一定位置, 见图4;

(4) 为使索与索夹之间连接紧密, 需要在索体特定部位安装钢质索夹并收紧螺栓;

(5) 热熔接头采用厂家专用设备进行对接焊, 注意不得破



图4 定位器及索夹安装图

坏外表镀锌层;

(五) 张拉端顶压

(1) 顶压前, 在锚头两端的钢绞线通过砂轮机进行切割, 切割完成后需要检查两端钢绞线是否平整、光滑;

(2) 装上顶压设备, 依次对每根钢绞线夹片进行顶压, 顶压力约20吨。顶压完成后, 可有效地防止夹片松动。

(六) 鞍座过渡段安装

将鞍座过渡段往塔端索鞍连接法兰上推, 一直推到过渡管法兰与鞍座法兰贴近为止, 中间设置橡胶垫圈, 防止雨水流入, 并用螺杆将之与钢垫板连接扭紧。

(七) 防腐

(1) 防腐材料: 斜拉索张拉端锚具外露部分通常需要施作一定的保护措施, 最有效的方法是在外露部分涂抹10mm厚的防腐油脂并施加对应的保护罩; 梁端锚具的保护措施通常采用在密封桶内灌注一定的防腐油脂。

(2) 灌注方法: 梁端锚具内灌注防腐油脂时需要检查密封桶的紧密性, 防止油脂的泄漏, 并注意做好防护措施, 做到环境不受污染;

三、结论

通过上述分析矮塔斜拉桥的工程实例, 我们充分了解了在矮塔斜拉桥施工中的核心技术-斜拉索施工技术, 张拉方式, 塔端索鞍内钢绞线的新颖锚固形式以及防腐等措施。充分了解上述的技术核心, 可为以后相同类型的施工中积累一定的经验, 为快速施工、经济施工打下一定的基础。

参考文献

[1] 杨征杰. 斜拉桥雨滴型分丝管鞍座锚固斜拉索施工技术[J]. 安徽建筑, 2014, 21 (02): 103-105.  
 [2] 汪学著. 宛溪河矮塔斜拉桥索塔鞍座区应力分析[J]. 中国工程咨询. 2010 (11).  
 [3] 阮欣, 阮静, 陈艾荣, 郭济. 泰州大桥中间塔鞍座抗滑安全评估[J]. 中国工程科学. 2012 (05).