

越南阮文灵大道钢管拱桥可换式系杆施工

梁昌林 黄芳玮 杨武 刘显晖

(柳州欧维姆机械股份有限公司 545005)

摘要: 本文以胡志明市阮文灵大道拱桥系杆施工为例, 介绍可换式系杆施工的具体方法及工程中的各项注意事项。

关键词: 可换式系杆 系杆牵引 系杆张拉 预应力

1. 工程概况

越南胡志明市阮文灵大道SF标芹玉桥、大翁桥、森举桥的主桥采用跨度为97.6米的钢管砼下承式拱桥结构。采用设置水平系杆的方法, 承受拱桥拱脚的水平推力。每桥由两支拱肋组成, 每拱肋设8根 $22-7\Phi 5$ 的水平系杆, 共16根水平系杆。本工程采用系杆全部为柳州欧维姆机械股份有限公司所提供的XG.T-22型可换式系杆, 张拉设备为两台欧维姆公司提供的YCW500B千斤顶及ZB4-500油泵。

2. 根据拱桥设计情况确定张拉的基本原则及分组如下:

2.1 张拉原则

2.1.1 采用单端张拉的方式, 每桥共采用两台YCW500B穿心张拉千斤顶, 每拱肋一台同时对称张拉;

2.1.2 每根系杆的最小内力必须控制在系杆极限承载力的10%之上, 即560kN以上, 以确保系杆在施工过程中可靠的锚固性能;

2.1.3 不同系杆张拉阶段分别以拱脚的水平位移及系杆伸长量为控制依据; 采用分批分次的方法张拉系杆。

2.1.4 张拉分组

系杆张拉共分四组, 每组为四根(每拱两根)。由于只设两个张拉千斤顶, 为确保两片拱肋对称张拉, 每组四根又分为两小组, 每小组两根(每拱一根)。即每组四根的张拉分两次完成, 具体分组如图1所示:

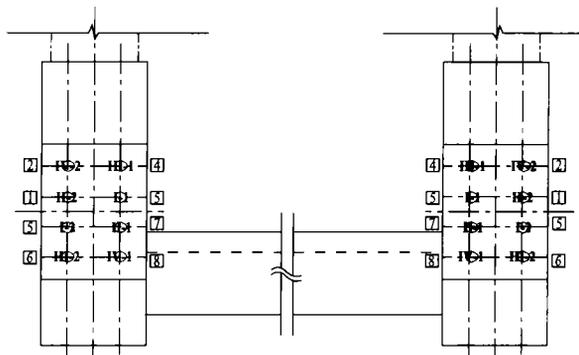


图1 张拉分组

3. 张拉顺序

根据设计及施工的要求, 其张拉加载顺序如下:

空钢管及风撑架设并与桥墩临时连接 → 第一次系杆张拉 → 上钢管砼浇筑 → 第二次系杆张拉 → 去除活动支座端临时连接 → 第三次系杆张拉 → 下钢管砼浇筑 → 第四次系杆张拉 → 腹腔砼浇筑 → (第五次系杆张拉, 可根据现场情况省略) → 风撑砼浇筑及第一组横梁吊装 → 第六次系杆张拉 → 第二组横梁吊装 → 第七次系杆张拉 → 第一组T型板安装 → 第八次系杆张拉 → 桥面第一阶段砼浇筑 → 第九次系杆张拉 → 系梁安装及接头砼浇筑 → 第十次系杆张拉 → 边梁、第二批T型梁、盖束箱及第二阶段桥面砼施工 → 第十一次系杆张拉 → 女儿墙及桥面沥青砼施工 → 第十二次系杆张拉(张拉力调整)及封锚。

4. 系杆安装工艺

4.1 XG.T15-22系杆示意图

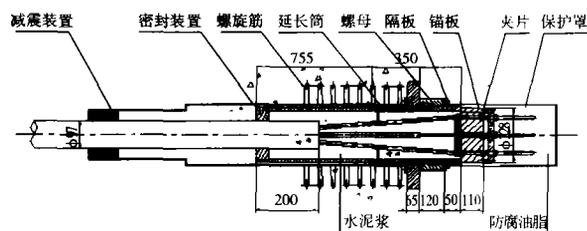


图2 XG.T15-22系杆拉索

4.2 系杆张拉工艺

备料→放索→索体外观检验→下料长度标记
→安装减振装置→安装两端延长筒及螺母→螺母
定位→拉索牵引→剥除两端PE护层→清洗钢丝
线表面油脂→两端锚具安装→拉索索引并张拉
→锚头灌浆→索体防护处理

4.2.1 备料

根据拉索体系的结构及大桥设计要求, 备齐
该工程施工所需的零部件、辅助材料及施工机械
设备:

- 1) 系杆拉索牵引设备: 2吨牵引机、5吨牵
引机各1台, 分别在拱两侧牵引;
- 2) YCW500B千斤顶 2台;
- 3) ZB4-50油泵 2台;
- 4) 22孔限位板 2件;
- 5) 22孔工具锚板 2件;
- 6) 300mm直尺 2件;
- 7) 工作夹片 704付;
- 8) 20水管(60mm长) 4件;

在拱脚张拉端搭设张拉工作平台, 作好悬挂
千斤顶的支撑架, 该支撑架能承受千斤顶的
重量, 因千斤顶太重, 如仅用圆棒悬挂, 摩擦力
太大则不易滑动, 于是采用轴承、圆棒、槽钢
做了一简易滚动装置, 在横向及纵向都能任意
移动。

4.2.2 放索

在系杆施工中, 对于特长索多数要作一圆形
可旋转索盘, 索盘外焊接保护支架, 以避免放
索时索体蹦出。在本次工程中, 采用牵引方
式放索, 放索场地上放置橡胶垫保护索体PE,
整个放索场地保持平整。

4.2.3 索体外观检验

在拉索安装前, 对整索外观进行检查, 如发

现有碰伤或裂纹应及时修补。下图为一次拉索
的补焊图, 图3为补焊前, 开裂严重; 图4为补
焊过程, 采用恒温控制, 让PE慢慢熔化。图5
为补焊后, 其外形光滑完整。该设备为专门
的拉索补焊设备, 其补焊后的效果十分理想。

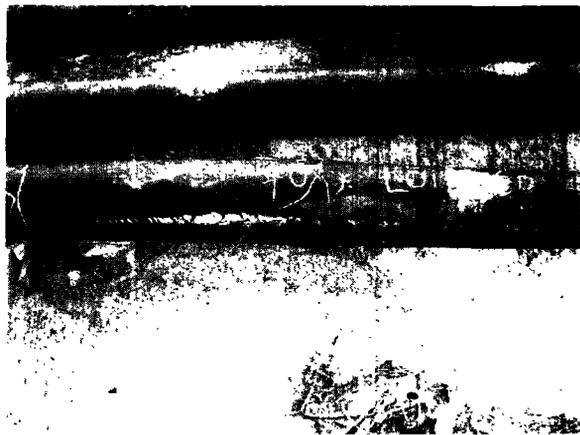


图3 补焊前



图4 补焊中

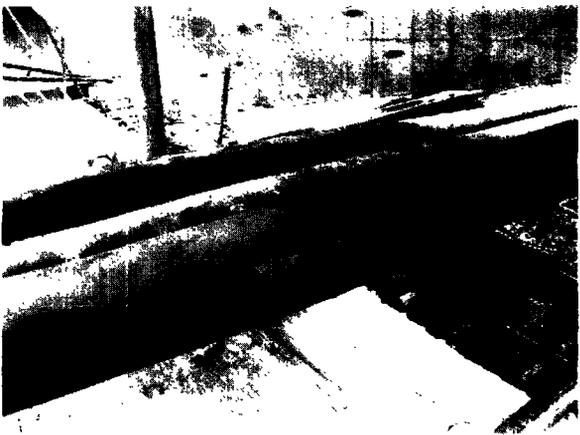


图5 补焊后

4.2.4 作下料标记

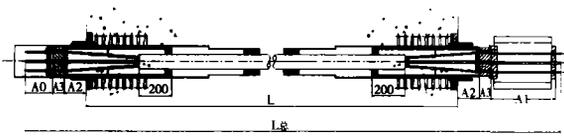


图6 下料安装示意

根据系杆拱脚一端垫板至另一端垫板实际长度（包括预埋弯管的实际长度）、锚具的外露安装尺寸及设备张拉长度，定好拉索全部长度，用油漆作好标记，其计算公式如下：

$$L_{\text{总}} = L + (A_2 + A_1 + A_3 + A_0) \times 2 \quad \text{-- 两端张拉}$$

$$L_{\text{总}} = L + (A_3 + A_2) \times 2 + (A_1 + A_0) \times 2 \quad \text{-- 一端张拉}$$

$L_{\text{总}}$ -----拉索牵引完成后去掉端头后保留长度

L -----两端锚垫板之间的实际长度

A_0 -----300mm

A_1 -----限位板+千斤顶+工作锚板的总长度

A_2 -----延长筒外露长度

A_3 -----锚板厚度

4.2.5 剥除PE长度标记

根据拉索设计索长及锚具安装尺寸计算拉索两端的PE护层需要剥除的长度，剥除PE护层；控制要点是要让PE进入系杆延伸筒内200mm，以达到防腐效果。

对固定端要考虑PE延长筒及接长筒内钢绞线的伸长量，避免拉索剥除PE段跑出密封筒外；其计算剥离长度公式如下：

$$L_{\text{剥}} = A_0 + A_3 + A_4 + A_5 - L_0 - 200$$

A_0 -----300mm

A_3 -----锚板厚度

A_4 -----延长筒长度

A_5 -----接长筒长度

L_0 -----拉索在延长筒及接长筒内的伸长量

对张拉端也要控制PE应当伸进延长筒内200mm，考虑到索的总长的延伸量，其计算公式如下：

$L_{\text{剥}}' = A_0 + A_1 + A_3 + A_4 + A_5 + L_1 - 200$ (注：两端张拉时取伸长量为 $L_1/2$)

A_0 -----300mm

A_1 -----限位板+千斤顶+工作锚板的总长度

A_3 -----锚板厚度

A_4 -----延长筒长度

A_5 -----接长筒长度

L_1 -----工作拉索段的总伸长量

4.2.6 安装减振装置

在牵引拉索前先把哈佛式的减振装置的两瓣中的一瓣装入预埋钢管中，等拉索到达该位置时，把另一瓣放入，并在该处涂上润滑油，以利于拉索顺利穿过。先放减振装置的好处在于防止该处的拉索PE刮坏，同时使拉索处于预埋管中心位置。如图7所示：



图7 减振器安装

4.2.7 安装两端延长筒组件及螺母定位

检查接长筒密封装置，保证其压紧螺钉已充分压紧。延长筒在垫板的外露长度，应能保证拉索在换索时延长筒组件能够完全释放到底，如图8所示：

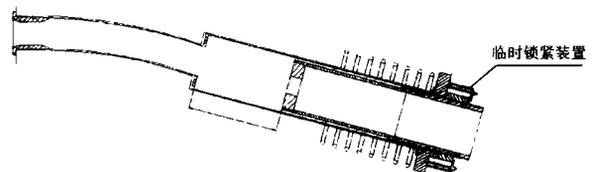


图8 螺母及延长筒安装

即保证拉索的伸长量 $L_{\text{伸}} \leq K$ 。在把整个延长筒组件安装进去后，使用一临时压紧装置将螺母压紧定位。

4.2.8 拉索牵引

在拱肋架设完成后，开始穿系杆。如图9在

两岸之间的拱脚拉设一根D10钢丝绳，作为系杆架设的导向绳，用手动葫芦拉紧。在钢丝绳上套一段长为500mm的D50钢管，该钢管与拉索端部捆绑在一起，在牵引拉索时，钢管顺着导向钢丝滑动。在牵引时在导向绳上穿设10个吊框，吊框底部用可转动的PVC管套入，减小拉索牵引时的摩擦力；吊框悬挂于拱顶，用D10钢丝绳挂设吊框（吊框在纵桥向作临时固定，以保证拉索牵引时不会引起太大的摆动）。将系杆从一个拱脚穿入（头部用胶带裹住），并穿过支撑水平系杆用的支架，将系杆的端头用铁丝与导向绳上的钢管可靠捆绑连接在一起，用卷扬机在另一端拱脚处，牵拉钢管，将系杆逐根拉向对岸，并穿入对应的拱脚预埋管中。用牵引钢丝把系杆须剥PE的长度标记牵引出延长筒组件，将系杆固定。在整个过程中注意拉索PE层的保护，避免PE层的刮伤及损坏。

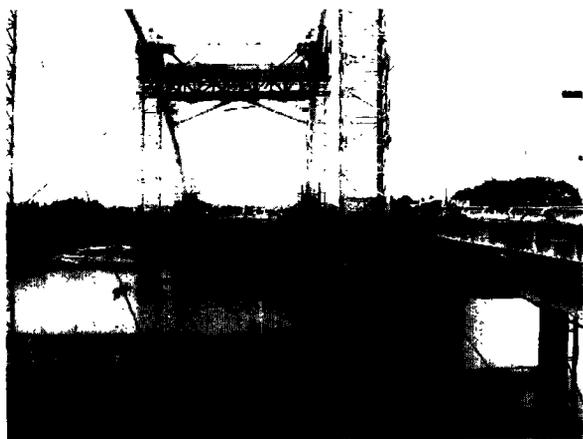


图9 拉索牵引

4.2.9 剥除两端PE护层并清洗油脂层

从两端PE护层标记处把PE剥除，清除钢绞线上的油脂。先用汽油后用丙酮清洗钢绞线以确保钢绞线上无残余油脂，以利于提高灌浆后钢绞线与浆体的握裹力。因剥除PE护层时造成PE切口不光滑，在油脂清洗干净后，需将PE切口修整平滑。

4.2.10 安装锚具

1) 从箱内取出锚具组装件，从锚具组件上拆下防松装置。

2) 用棉纱将锚板锥孔擦拭干净，用隔板或钢绞线安装器将钢绞线按锚板孔位分层理好穿入

锚板孔，穿好后将锚板组件推至延伸筒端面，并用螺钉将锚板与锚筒联接紧固；注意保证两个大螺纹孔在最上端及最下端。

3) 安装夹片并压紧，不要清除工作夹片表面的退锚灵。

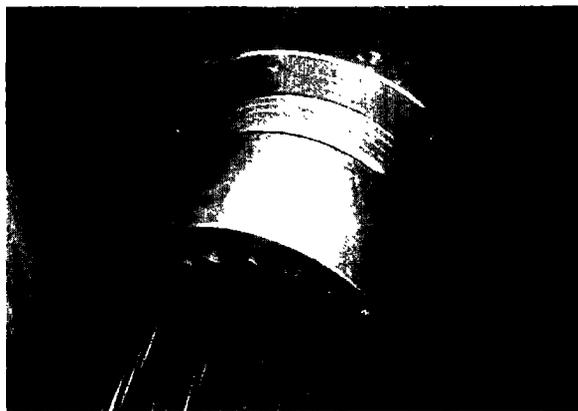


图10 系杆锚头安装

4.2.11 安装张拉设备及张拉

依次安装限位板、千斤顶、工具锚板、油泵。在检查无误后开始张拉。系杆张拉时记录测量伸长量与张拉控制力、拱脚位移三项数据。伸长值校核在系杆张拉过程中，往往在最初的张拉过程与理论计算数据不符，这是由于系杆太长悬挂在空中的垂度所引起的，因为系杆本身也有重量，也就是说在张拉时，系杆本身不可能是理论的直线，只能接近理论直线，而且随着张拉力越大，就越接近。这也就是在张拉过程中，控制力已达到设计要求，但其伸长量却偏小的缘故。所以往往推荐用户在校核其伸长值时，选择控制应力的30%作为初始值，再用最终控制应力与其之间的差值作为计算全部伸长值的计算值。

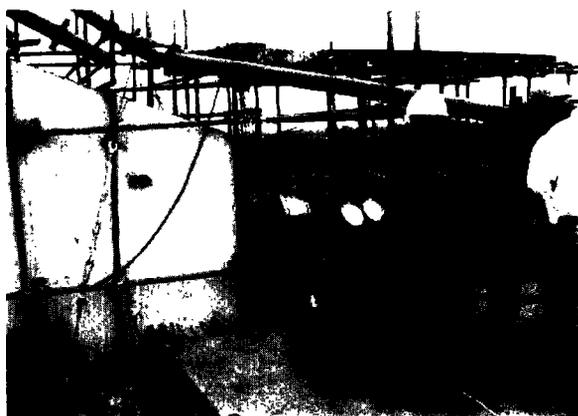


图11 系杆张拉

4.2.12 灌浆

在全部的张拉调索完工后,开始对系杆进行灌浆。灌浆是系杆拉索体系的一项重要防护措施,浆体凝固后对钢绞线的握裹力可承受拉索的部份动载和恒载,灌浆应保证浆体的密实性和均匀性。浆体材料分水泥浆及环氧砂浆。灌浆前采用水泥砂浆将锚板与夹片处的缝隙密封,密封与灌浆时间相差应以24小时左右为佳,太久密封浆体会出现裂缝从而影响密封效果。灌注水泥浆采用UBL3灌浆泵从下部灌浆口灌浆。灌注环氧砂浆采用环氧注浆泵完成,当锚具的排气孔出浆时,证明锚头浆体已经灌满,此时可停止灌浆,封好灌浆孔和排气孔。

4.2.13 安装保护罩

灌浆完工并等浆体凝固后,开始将锚具表面的砂浆清除干净。切除多余钢绞线,保证剩余钢绞线长度为300m,以便将来换索时有足够夹持长度。安装保护罩,并在保护罩内灌注建筑油脂。

5. 系杆工程施工中,需要特别注意的地方

5.1 系杆拉索牵引方法。不同跨度的桥梁在牵引时所铺设的过江索道会不太一样,如果索的长度过长,可以通过铺设过江猫道来支撑系杆,但应控制整个江面的系杆支撑高度跟系杆的理论高度一致或略高一些,这样系杆张拉就不会出现垂度过大而导致伸长值相差太大。

5.2 由于系杆的施工工期较长,往往会有几个月甚至半年的工期,这样在最后一次张拉调索过后,如果夹片处锈蚀严重,则应更换全部夹片。夹片更换如图12所示。

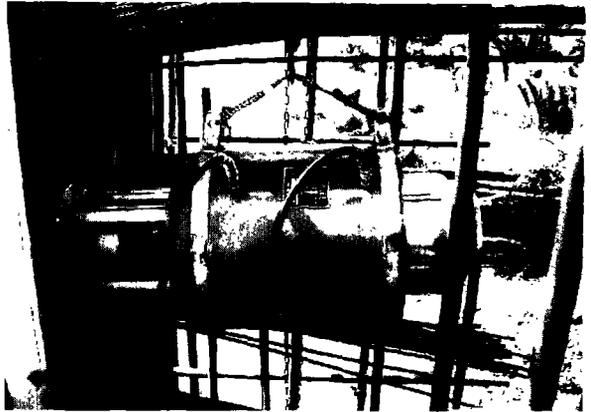


图12 更换系杆夹片

其工作过程如下:先把所有与原锚板上数量相同的夹片穿入钢绞线中→穿入夹片压板→换夹片撑脚支撑在锚板处→装入千斤顶→工具锚板→张拉千斤顶→原工作夹片跟出→拆除原工作夹片→用压板压入新夹片→千斤顶卸荷→新夹片跟进锚固。

5.3 在系杆施工过程中,每级张拉完工后都应当采取防水防潮措施。采用塑料布或其它形式把整个锚头包好,防止雨水和湿气进入延长筒组件内。如果采用一端张拉,则固定端可直接把保护罩装好。

2004年“欧维姆优秀预应力工程设计优秀奖”初评结果公示

类别	项目名称	设计单位	负责人	主要成员
桥梁类	厦门海沧大桥预应力锚碇体系设计	中国公路规划设计院	孟凡超	袁波 周山水 彭宝华 徐国平 王仁贵 刘明虎 刘晓东
	京山线沙河特大桥体外预应力技术加固预应力混凝土梁设计	铁道部科学研究院	牛斌	马林 杨梦娇 赵亭久 刘椿 邢建鑫
	重庆长江李家沱大桥预应力砼斜拉桥设计	上海市政工程设计研究院	何灏基	林元培 王静梅 窦文俊 葛竞辉 王良东 丁健康 卢永成
建筑类	首都国际机场新航站楼停车楼工程设计	北京建筑设计研究院	张承起	王春华 覃阳 张世忠 靳海卿 吴中群 冯阳
	秦山核电二期工程预应力混凝土安全壳结构设计	核工业第二设计研究院	陈矛	苟在文 刘巍
水利水电 岩土类	小浪底排沙洞后张法无粘结预应力衬砌的设计	水利部黄河水利委员会 勘测规划设计研究院	林秀山	沈凤生 田耕 胡玉明 潘家铨 田雨普 丁易 杨巧灵

注: 1、6名优秀设计奖初评比例为:桥梁类:建筑类:水利边坡类 = 3:2:1

2、以上项目所得票数均超过初评有效评选票总数的一半,以初评所得票数多少为序。

3、负责人和主要成员上表仅列前八位。