

# 柳州壶西大桥换索施工

岑慧 曾海 雷任安

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

**摘要:**柳州壶西大桥因长期超负荷运营,产生了一定的病害。为了确保大桥的运营安全,决定对该桥斜拉索进行更换处理。更换的拉索采用平行钢丝拉索,配套锚具为冷铸锚。主要介绍壶西大桥换索施工技术和施工工艺。

**关键词:**换索 低应力防腐体系 “哈弗”式抱箍

## 1 工程概况

柳州市壶西大桥是柳州市柳江上第四座大桥,建成通车运营多年,因长期超负荷运营,产生一定的病害。经过市政设施维护管理处组织多次专家论证,为保证大桥的运营结构安全,决定进行斜拉索更换。

壶西大桥主桥全长517米,为预应力混凝土独塔双索面斜拉拉桥,主跨径 $2 \times 120$ 米。主塔为龙门结构,双横梁,桥面以上塔高60米;两边对称布置26对扇形拉索,约242吨;桥面索距4米;桥面行车道18米,两侧人行道 $2 \times 2$ 米,索区 $2 \times 2$ 米,总宽度26米。

更换的钢丝绳索为PES(FD)低应力防腐体系(见图1)。分为5种规格:LZM7-73, LZM7-85, LZM7-109, LZM7-139, LZM7-151。索体外层PE与内层PE之间设置一隔离层。当温度变化时,内层PE护套能相对外层PE护套产生微量滑动,从而在一定程度上降低外层PE工作应力。由于外层PE处于较低应力状态下工作,因而其耐环境应力开裂的时间可大大延长;另一方面,索体钢丝灌注防腐油脂,使钢丝表面完全补油脂包裹,钢丝与钢丝之间的三角缝完全被防腐油脂封堵,完成阻断因毛细作用造成索体潮湿度增加引起钢丝的腐蚀,有效提高索体的防腐性能与耐久性。

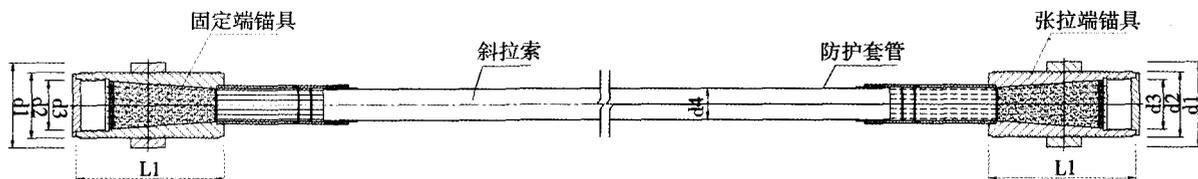


图1 斜拉索结构示意图

## 2 主桥施工工艺流程

主桥施工工艺流程如下:

全桥索力、标高、位移测量和评估→临时结构安装→旧斜拉索拆除→新斜拉索挂索张拉→全桥调索→新斜拉索防腐。

每一对斜拉索拆换对应步骤如下: 监控指令下达→旧索放张→拆除旧索辅件→切断旧索→新索展索→新索上端牵引临时锚固→新索下端牵引盖锚→新索上端千斤顶主动牵引盖锚→张拉。

## 3 斜拉索换索辅助设施安装

### 3.1 预埋件的安装

由于挂索时必须进行辅助吊点,拟在塔顶开凿,露出钢筋,然后把它当作预埋件的连接件。塔顶预埋件包括塔顶支架固定、卷扬机固定等连接件安装,预先检查塔顶原有构件,否则采取开凿措施。塔外预埋件安装在每根索塔外预埋管上管口的正上方约1m处,可以采用上一根索的预埋管外壁作为连接点,待换索完成之后割除,打磨

上漆。梁下预埋件主要用于拉索后牵引和梁下平台固定用，而前者连接在梁下预埋管上，后者采用配重的形式。

### 3.2 施工平台

塔外平台直接设在施工脚手架上。梁底平台(见图2)由平台、通道、悬臂梁、支承小车构成，小车的在人行道上行走。梁下平台安装先在桥面焊接制作，然后用汽车吊整体吊装。全桥共四个。塔顶吊装机构包括拉索提升机构连接均采用焊接工艺，与塔顶原预埋件固结。主塔四周及横向设施工脚手架，从桥面一直搭到塔顶。

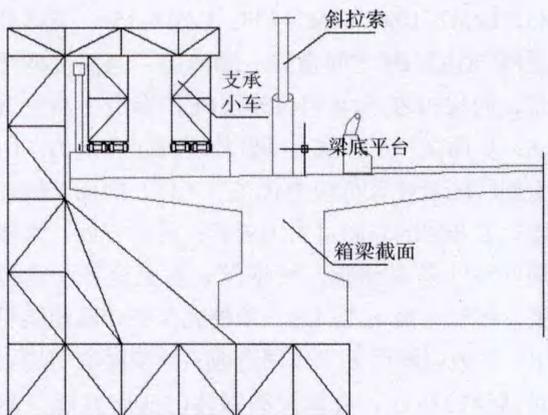


图2 梁底平台示意图

### 3.3 拉索连接机构

拉索提升牵引过程中采用“哈弗”式抱箍(见图3)，内圆面垫橡胶。

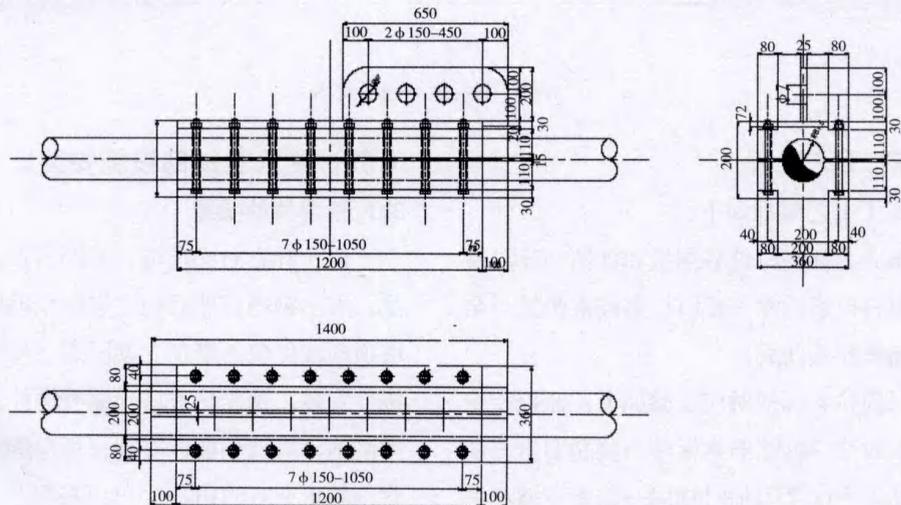


图3 “哈弗”式抱箍示意图

### 3.4 起重设备安装

起重设备主要是卷扬机，分吊索卷扬机、牵引卷扬机和辅助卷扬机。在0#段距主塔20m处布置四台5T吊索用卷扬机，中边跨上下游各一台，导向分别设在塔根、塔顶钢支架上，并且在塔顶钢支架上固定一组起吊能力达25T的滑轮组。在远离主塔靠近边墩的位置，上下游各布置一台3t卷扬机，用于拉索后拉；在主塔下方(上下游)各设一台3t卷扬机用于主塔上设备的垂直运输。

### 3.5 放索架制作与安装

放索架(见图4)设计成圆盘结构，由上下底盘构成，之间设轨道和滚珠。



图4 放线架

## 4 施工过程

### 4.1 材料运输

斜拉索材料用汽车运到桥面，用起重设备把索盘吊装到放线架上。

#### 4.2 放索

在边墩墩顶的桥面上放置放索支架，新斜拉索牵引端（即锚头）安放在牵引小车上，索体下绕部分则放在索筒易滚轮上。索体牵引路线沿人行道走，避开路灯灯柱。

#### 4.3 拆除旧索部件

搭设脚手架，清除连接装置的表面杂物，拆除上下端的防水罩和保护罩，拆除上下端减振器，把锚杯内防腐油脂用棉纱擦洗干净，有锈蚀的部位用锉刀处理。

在上端锚杯外螺牙上用丙酮擦洗，然后沿牙的螺旋方向用柴油渗透到螺母与锚杯的配合位置，静置24小时后可对该斜拉索放张。

#### 4.4 旧斜拉索拆索

梁端拆索和挂索张拉包括旧索张拉放张、牵引下放、新索提升牵引和张拉。

旧索采用软张拉工艺进行斜拉索下放（见图5），这可以减少拉杆更换的时间，提高施工效率。连接头及柔性拉杆（钢绞线）安全系数取2.0以上，以P锚的锚固形式。首先连接头与锚具锚杯内螺牙连接；安装千斤顶及张拉前后撑脚；在塔外用“哈弗”抱箍在索导管出口处紧箍拉索，抱箍吊耳与牵引钢丝绳连接；然后千斤顶开始张拉直到达到拉索锚固应力（以螺母脱离锚垫板2mm为测量点），反旋螺母，同时用6磅锤子沿螺母轴向和径向轻敲振动螺母以减少螺母反转阻力。千斤顶通过两套工具锚反复张拉、放张，直到牵引卷扬机完全承担拉索的自重，然后拆除工具夹片；用牵引卷扬机牵引拉索缓慢下放到桥面。

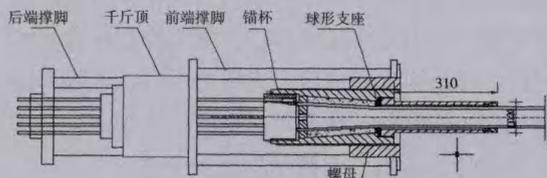


图5 张拉及牵引示意图

塔内用千斤顶放张之后，在拉索下端靠近预埋管的位置，用吊车吊起拉索一端，往背离主塔方向拽拉，梁底用葫芦把锚头拉出锚箱，然后拧

松螺母，并用吊车把拉索抽出索导管，完成梁端拆索（见图6）。如果下端螺母无法拧出，可以采用气割割断处理。

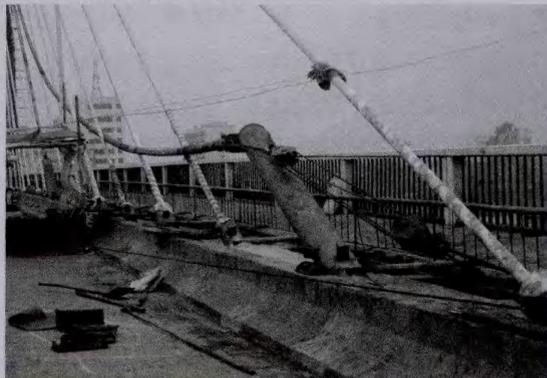


图6 梁端拆索

#### 4.5 新斜拉索挂索

新斜拉索109丝以下的斜拉索挂索采用软牵引和软张拉工艺，109丝以上的斜拉索挂索采用软牵引和硬张拉双重工艺。

新斜拉索挂索前先清除残留的杂物和碎屑，将锚箱孔道内的毛刺打平，并在索导管内壁采取除锈刷漆处理。采用吊车将斜拉索端头起吊，吊钩下放，利用斜拉索自重及梁下牵引葫芦，将锚头拉入梁端索管内用螺母锚固，完成梁端挂索。

将连接头和柔性拉杆安装到新索的锚杯上，并在新索张拉端适当位置安装“哈弗”抱箍；用桥面卷扬机缓慢牵引拉索张拉端提升到塔外平台位置，该处的工作人员把柔性拉杆（钢绞线）与塔内牵引绳连接，并往里拽拉，直到可以安装张拉组件；用千斤顶往塔内牵引，直到完全受力，解除“哈弗”抱箍；千斤顶继续张拉牵引，直到达到设计控制应力，锁紧锚固螺母，此时完成新斜拉索索的安装的过程（见图7）。

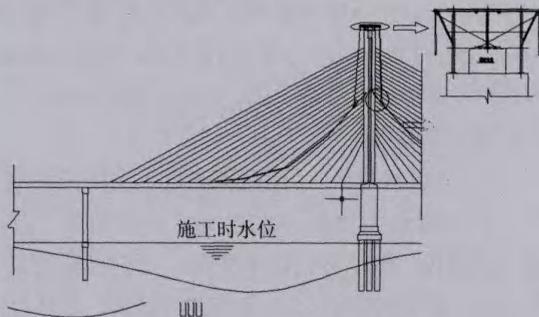


图7 斜拉索拆索、挂索示意图

#### 4.7 新斜拉索张拉

在拉索锚固点，用安装在撑脚上的YCW400A型千斤顶系统对每根拉索进行张拉。换索过程中的张拉属于第一次张拉，张拉力由弹性变形量、非弹性变形量以及环境情况影响而确定。根据监控指令进行张拉。为保证张拉时克服张拉部件的变形量对有效应力的影响，张拉到控制应力之后，超张拉1%然后拧紧锁紧螺母，锚固卸压；斜拉索张拉统一采取塔上张拉，每根索需进行两次张拉，张拉过程中索塔顺桥向两侧的拉索和横桥向对称的拉索须对称同步张拉，同步张拉的不同步索力差值不超出设计规定值。两侧不对称或设计索力不同的拉索，按照设计规定的索力分级同步张拉，各个千斤顶同步之差不大于油表读数的最小分格，索力中值误差小于 $\pm 5\%$ 。由于在施工过程中，控制方法比较得当，换索完成之后，成桥数据均控制在设计范围内，所以最后对1#索上、下游东，2#下游东、下游西，3#下游东，10#下游东进行微调，基本上达到了预期控制目标。

在整体张拉过程中，采用JMM268-1索力动测仪进行辅助测量。斜拉索全部更换完成之后，如需调整桥面标高，则进行整体调索。至于调索工况、顺序、部位、应力则根据监控指令而定，索力控制措施同第二次张拉一致。

#### 4.8 换索顺序

换索顺序原则上根据设计院的计算顺序进行，但考虑到旧索的承载能力会造成一定安全隐患，采取了锈蚀严重的先换，细索先换的原则顺序进行，这样更好控制桥面高程。换索按四个点同步进行，同步误差控制在设计范围之内。换索顺序为：2#→1#→3#→4#→5#→6#→7#→8#→9#→10#→12#→13#→11#→15#→16#→18#→17#→20#→19#→22#→21#→24#→23#→26#→25#→14#。

#### 4.9 施工测量

施工测量包括：桥面高程测量、主塔位移测量、斜拉索索力测量。索力测量可以通过千斤顶、动测仪（测量频谱法）测量。桥面高程测量可以通过桥面控制点以水准仪进行测量，方法是在主塔下方0#段的位置设置观测点。主塔位移测

量可以通过全站仪测量，方法是在岸跨某一观测点以安装在主塔上棱镜的反光测出主塔位移的变化值。

测量工况分四部分：一是在换索前进行联测，确定各参数的控制基点；二是在换索过程中每更换一对索就测量一次，与理论控制值进行比较，确保换索过程施工安全；三是施工过程中联测，目的就是控制桥面线型和优化索力；四是换索完成之后进行一次通测。

#### 4.10 减振器、防水罩的安装

将减振器平推入预埋管后，通过对减振器契块顶压使减振橡胶沿径向膨胀，从而将斜拉索契紧，然后旋紧契块尾部的螺母将契块锁定，最后从减振器之间的缝隙向预埋管内注入防腐油脂。斜拉索上端连接装置和下端的防水罩以及上下端的锚具的保护罩安装需按产品工艺进行。桥面上竖直2米范围内的拉索采用不锈钢管进行保护，不锈钢管采用现场对焊工艺。

#### 4.11 斜拉索防护

全部斜拉索更换完成后，需使用索上行走挂篮对索体PE层进行检查，对有损伤的部位及时进行有效修补。斜拉索下端预埋管内灌注2#油脂。张拉端锚具外露部分用油脂涂抹后用保护罩全罩。下端锚具外露部分用油脂涂抹后用钢板围焊全封，预防漏油。

### 5 结束语

由于采用了正确的施工方法和施工工艺，旧斜拉索在拆索时对相邻其他拉索的影响较小，据索力监控，在旧索拆除后，相邻其他拉索的索力增量较小（大多在150kN以内），且新斜拉索更换张拉后基本回复至原来索力。这样，由此产生的大桥主梁内力变化很小，和施工控制计算基本相符，全桥换索完成后，大桥的受力状态基本保持原有（换索前）状态，对全桥结构受力状态基本没有什么影响，大桥结构是安全的。

#### 参考文献

- [1] 周鹏, 黄林根. 柳州壶西大桥斜拉索更换工程施工控制与监测[J]. 城市道桥与防洪, 2007.3
- [2] 王武勤. 大跨度桥梁施工技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.1