

# 大跨径悬索桥快速索夹更换的设计和施工

窦勇芝 韦福堂 甘科 吴声祥 刘机

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

**摘要:**目前,大跨径的悬索桥维护涉及索夹更换的工程实践较少,其更换面临着诸多亟待解决的工程问题。本文结合某大跨径悬索桥索夹更换工程实例,介绍了某大跨径悬索桥索夹更换中临时设施的选型及设计要点;并重点介绍了快速索夹更换的施工工艺,经工程实践证明该索夹更换工艺安全有效地实现了快速索夹更换。同时该实践可为同类桥型索夹更换的设计、施工提供借鉴。

**关键词:**悬索桥 索夹更换 设计

**DOI:** 10.13211/j.cnki.pstech.2017.03.008

## 1 引言

目前,大跨径的悬索桥维护涉及索夹更换的工程实践较少,由于索夹作为主要传力的可更换受力构件之一,其是否正常使用,必将成为日后维护管养的重点。其更换面临着诸多亟待解决的工程问题,如高空作业平台搭建、索力转换、索夹拆除、索夹安装等等。本文结合某大跨径悬索桥的索夹更换设计和施工实践,探讨上述工程问题的解决措施。

## 2 工程概况

某大跨径悬索桥为单主缆斜吊杆地锚式悬索桥(如图1、图2所示)。主桥跨径组合为40m+430m+40m,两岸各有一个A形三维变截面钢箱,塔高104.811m,主梁采用扁平流线型钢箱梁,桥面宽38m,梁高3.5m。

全桥仅设1根主缆,主缆由91根通长索股组成,边跨不设吊索,每根索股由127根直径

为5.2mm的高强度镀锌钢丝组成,主缆索夹内直径为617mm,索夹外直径为625mm。主缆上安装索夹,与钢箱梁之间采用吊索连接。主索鞍、索夹及散索套采用铸钢件。

索夹为铸钢结构,根据吊索拉力和主缆倾角不同,分为A、B、C、D、E、F共6类。

近塔柱侧的北1#A类索夹需更换(如图3、图4所示)。

## 3 索夹更换的设计原则

(1)索夹更换进行力系转换过程中,能够分级卸载或加载定量控制,保持对原结构受力状态影响较小和工作状态的连续性。

(2)索夹更换在安装和施工使用过程中,不会对原结构构件造成损伤,并避免构件局部应力集中情况。

## 4 索夹更换的方案设计

索夹更换总体设计思路如下:

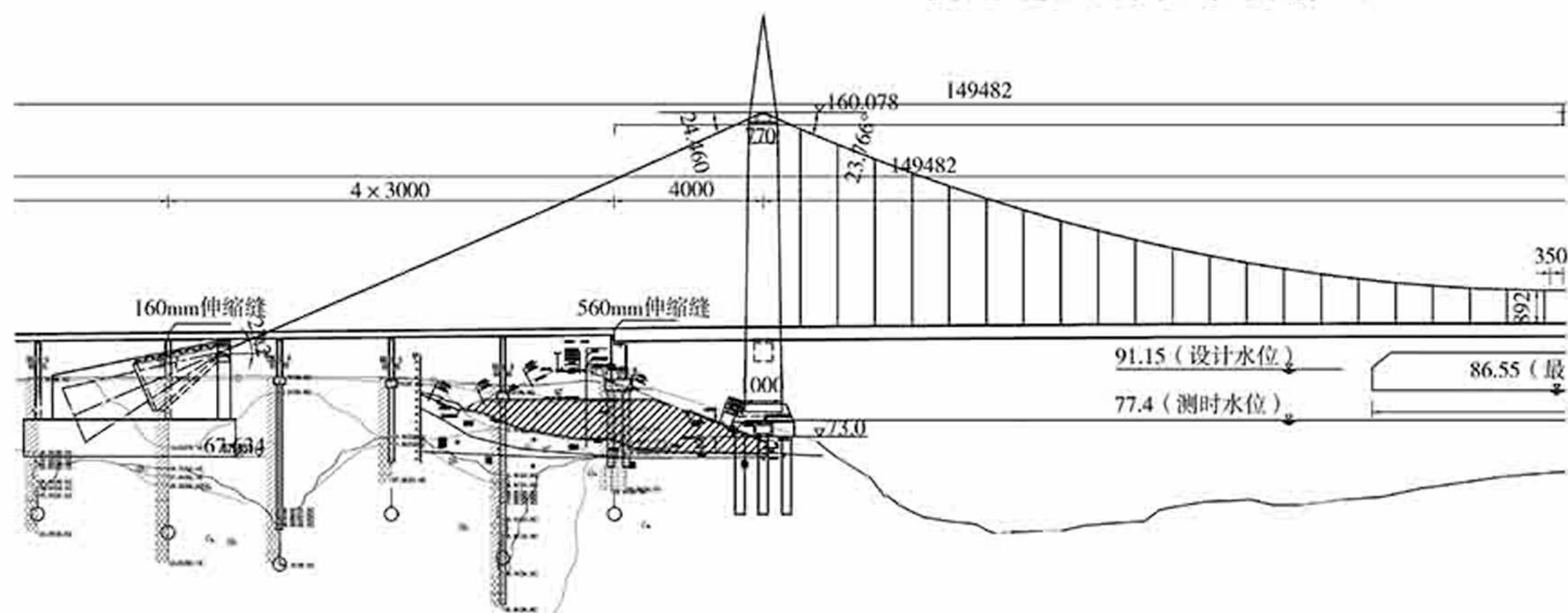


图1 全桥1/2立面布置图

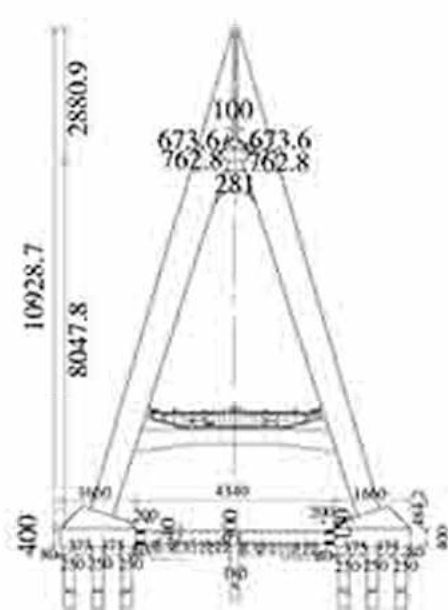


图2 侧面图

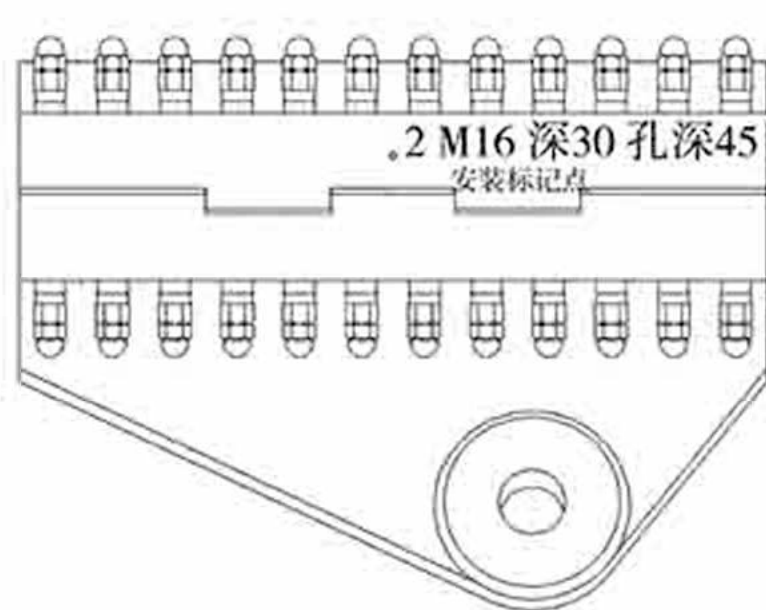


图3 更换新索夹立面图

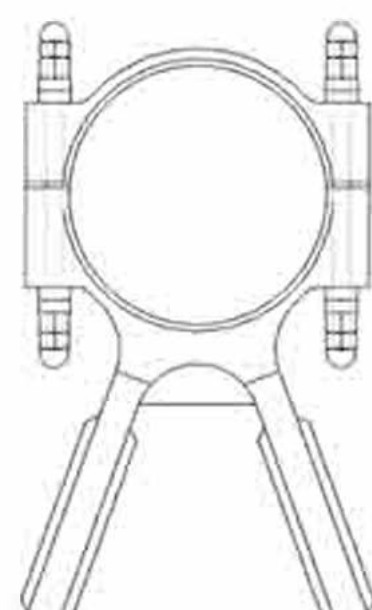


图4 更换新索夹侧面图

桥梁上部构造桥面主梁采用连续梁结构，支承跨径组合为40m+430m+40m，在桥塔处设支座，相邻桥塔间跨径为430m。待更换北1#索夹为近桥塔侧第1个索夹，索夹中心距塔顶侧面6.414m，距桥面高度为56.505m，经理论分析计算，不利工况为北1#索夹更换过程中对应吊索卸载至0且旧索夹拆除，北1#吊索索力转换至相邻塔柱支座及相邻吊索，对桥面标高及塔顶位移的变化影响较小，各结构构件内力的变化均在承载力的可控允许范围。故考虑索夹更换方案按吊索卸载→吊索拆除→旧索夹拆除→新索夹安装→吊索安装→吊索张拉至设计值进行设计。同时，考虑索夹正式更换过程中不采用大型汽车吊上桥配合方式，通过卷扬机起重完成原索夹拆除及新索夹安装。

#### 4.1 塔顶侧吊装系统

塔顶侧吊装系统由塔顶侧反力支架（如图5、图6所示）、桥面卷扬机、桥面侧导向、塔顶侧导向、钢丝绳组成。主要实现索夹等材料、设备的长距离垂直运输吊装。并满足将旧索夹上半部分在主缆上方吊起，移动至塔柱侧并竖直下放至桥面；将新索夹上半部分由桥面竖直吊装至塔顶塔柱侧，移动至主缆就位上方。塔顶支架设计按最大吊重6t考虑（新索夹重量4.3t）。

塔顶侧反力支架与塔顶预埋件位置焊接连接，桥面卷扬机设置在桥面中央分隔带处，距塔柱侧约30m，卷扬机底座四个角通过钢丝绳与焊接在桥面上的护栏立柱拉结固定。

#### 4.2 主缆侧反力支架

由于待更换索夹的主缆处附近无满足大吨位吊装的反力点，且考虑到该处主缆切线与水平倾斜角度达22.6°，需通过设置止滑抱箍抗滑提供主缆侧反力支架的锚固位置。

主缆侧反力支架由2组止滑抱箍组、门式反

力支架组成（如图7所示），主要实现为旧索夹拆除、新索夹安装精确调整就位、主缆吊架提供吊装反力点。可通过主缆反力架上吊点，卷扬机起重，满足主缆侧面及下方施工作业需求。

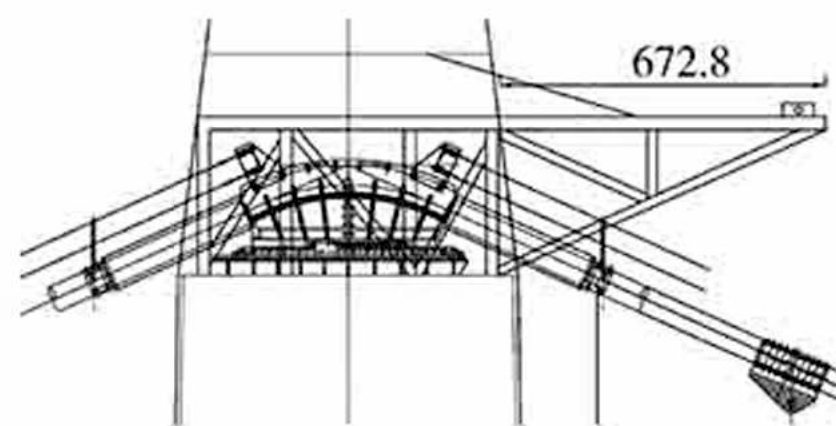


图5 塔顶侧反力支架立面图

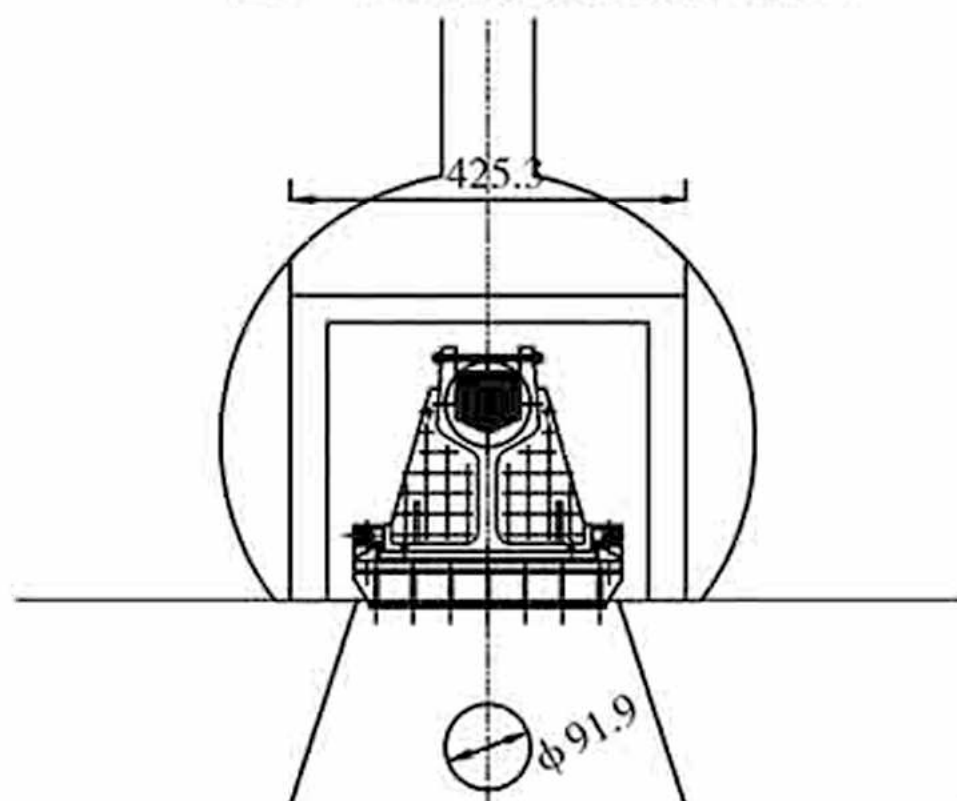


图6 塔顶侧反力支架侧面图

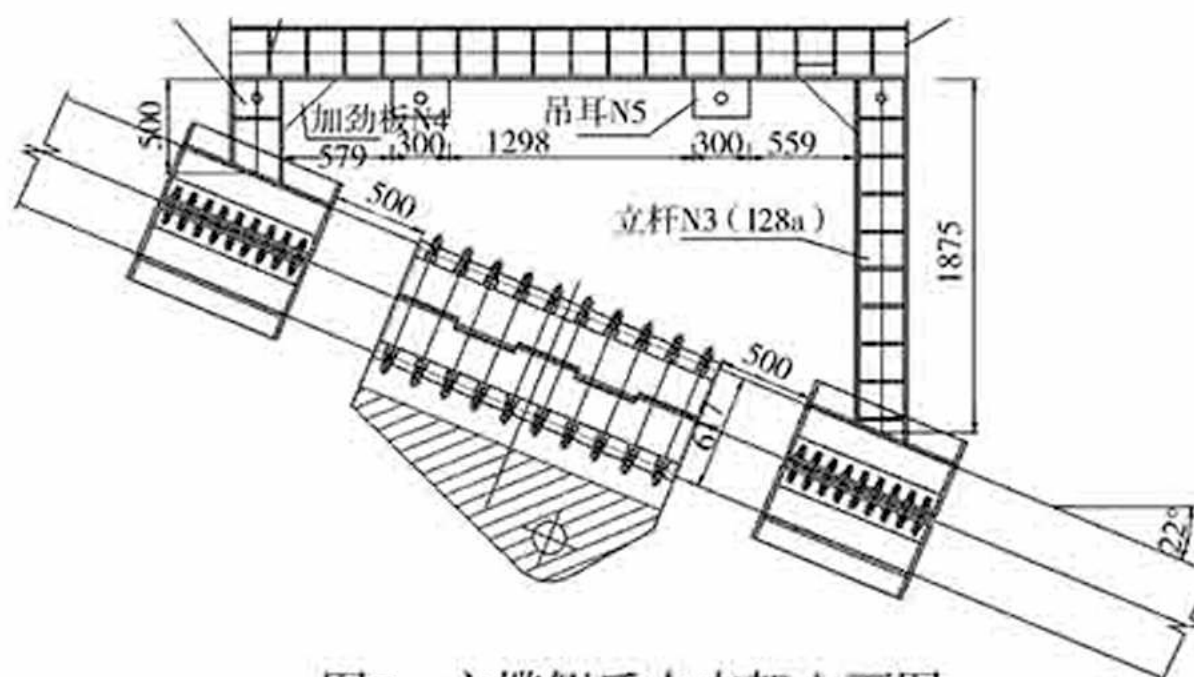


图7 主缆侧反力支架立面图

止滑抱箍为两半式结构（如图8、图9所示），材料Q345B。两半式抗滑抱箍与拱肋钢管间隙之间垫5mm橡胶垫，达到增大摩擦系数目的，通过扭矩扳手预拉两侧2排10.8级M27高强螺栓，在两半式抗滑抱箍与主缆之间产生摩擦力抵抗下滑力实现抗滑。

### 4.3 主缆吊架

由于待更换索夹处距桥面高度为56.505m,考虑采用节段挂蓝拼装成整体,作为主缆吊架平台,通过扣件式钢管搭设平台以上的防护栏杆,并在平台面满铺竹脚板,并每隔一定间距设置防滑方木。主缆吊架(如图10所示)吊点设置在2组止滑抱箍组上。

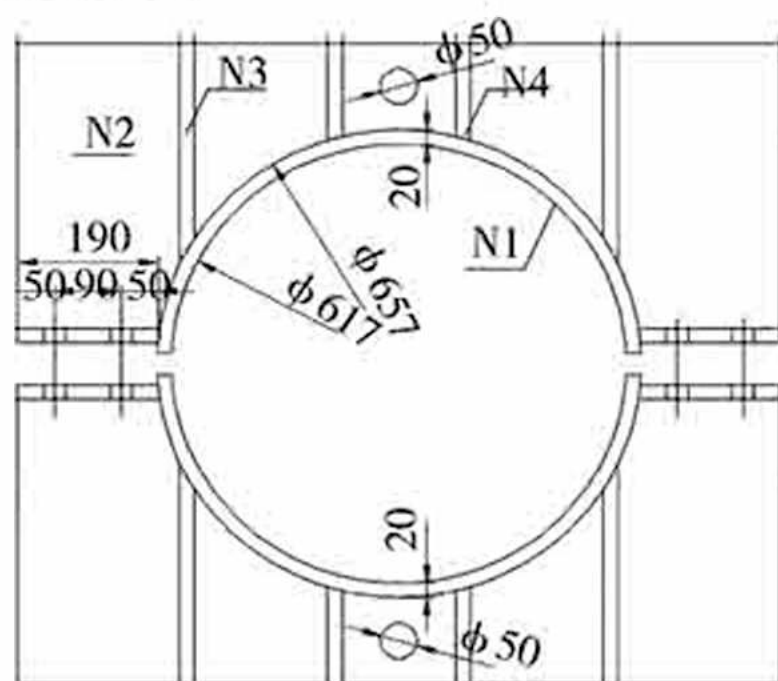


图8 止滑抱箍侧视图

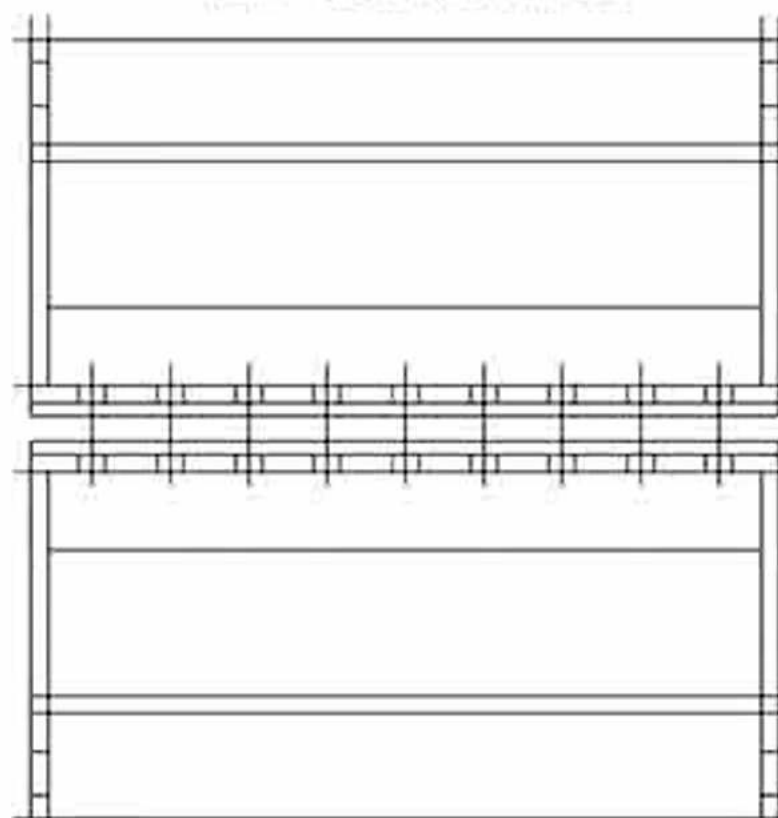


图9 止滑抱箍立面图

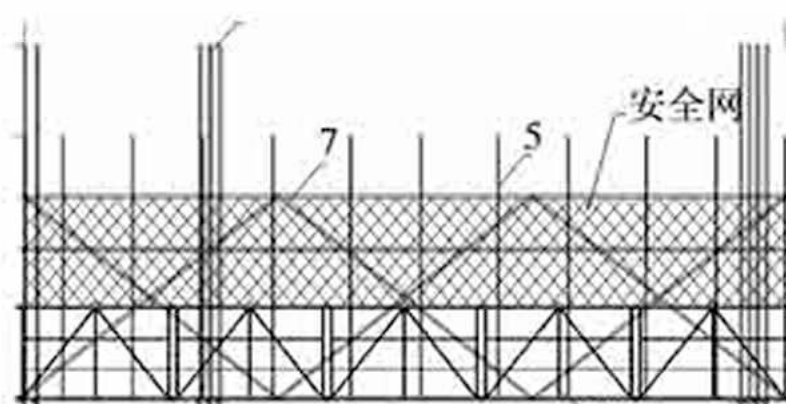


图10 主缆吊架立面示意图

### 4.4 吊索放张/张拉工装

吊索两端锚头采用叉形冷铸锚。锚头由锚杯与叉形耳板构成,叉形耳板与锚杯通过螺纹连接;设置调节套筒,套筒的连接杆的螺纹各设有 $\pm 120\text{mm}$ 的调节量,用以消除制造、架设引起的吊索长度误差。

吊索放张/张拉工装采取固定端横梁、张拉端横梁、张拉杆、张拉撑脚、张拉螺母、锁紧螺母、千斤顶、油泵组成(如图11所示),逐级完成吊索的放张和张拉。

### 4.5 索夹螺栓放张/张拉工装

索夹螺栓放张/张拉工装(如图12所示)由连接螺母、张拉撑脚、张拉杆、张拉撑脚、张拉螺母、锁紧螺母、千斤顶、油泵组成,逐级完成索夹螺栓的放张和张拉。

连接螺母连接张拉杆和索夹螺栓,实现工装和索夹螺栓的连接。

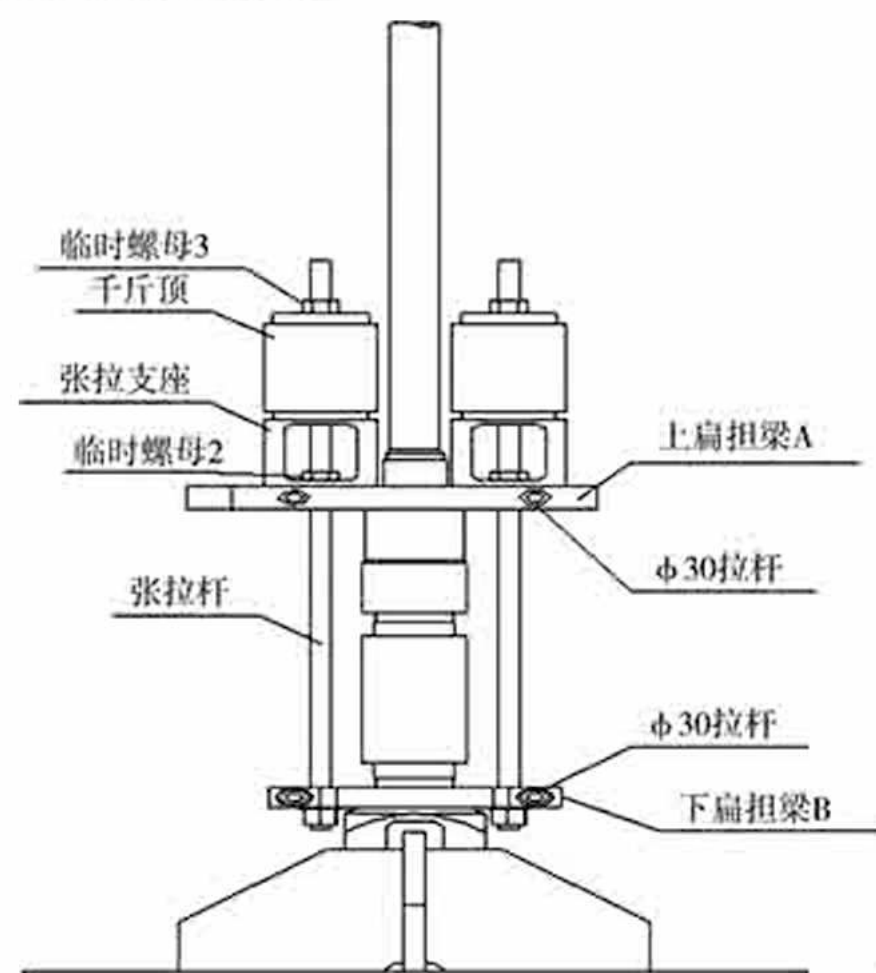


图11 吊索放张/张拉工装示意图



图12 索夹螺栓放张/张拉工装示意

### 4.6 桥面悬挑支架平台

吊索放张/张拉在桥面锚固端,根据桥面宽度考虑采用扣件式钢管脚手架搭设悬挑支架平台,满足施工需要(如图13所示)。

## 5 索夹更换的施工工艺

### 5.1 工艺流程

工艺流程详见图14:

### 5.2 施工步骤

(1) 全桥交通封闭;

施工期间,全桥交通封闭,禁止机动车、非机动车和行人通行。桥头两端封闭,并做好安全警示标志。

(2) 利用130t汽车吊配合,安装止滑临时索

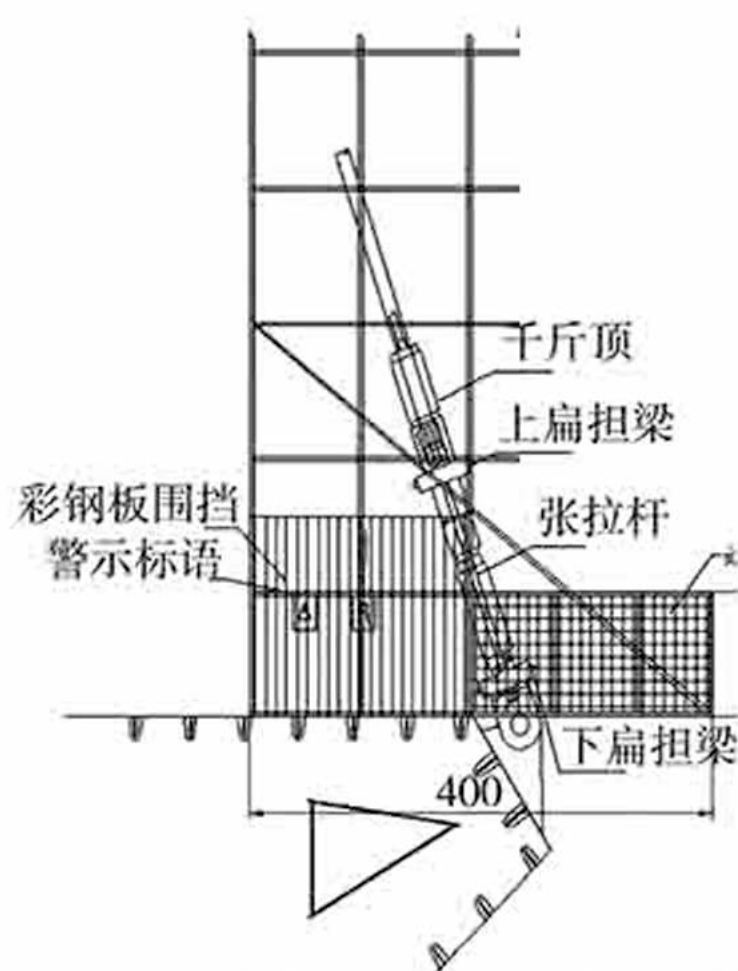


图13 桥面悬挑支架平台示意图

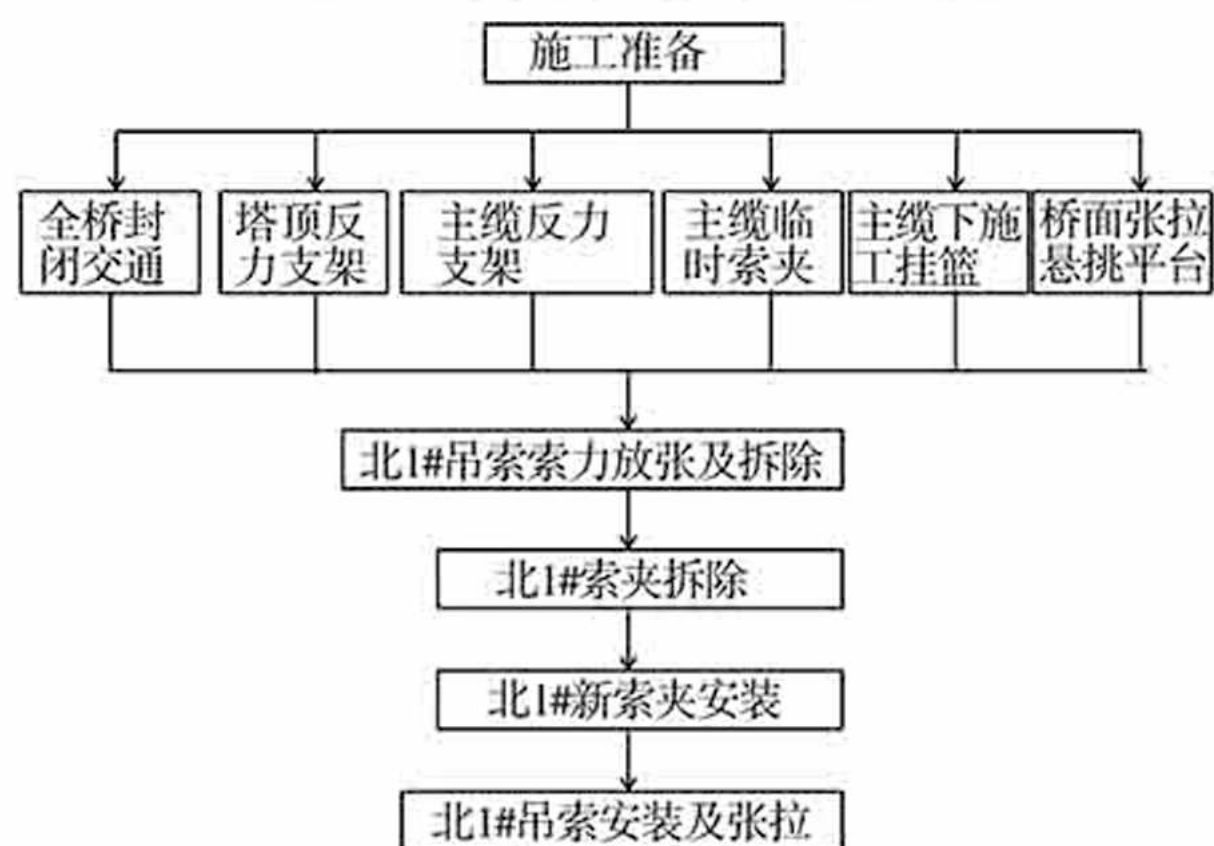


图14 工艺流程

夹、主缆侧反力支架、主塔侧反力支架、主缆吊架。

考虑索夹正式更换过程中不采用大型汽车吊上桥配合方式，通过卷扬机起重完成原索夹拆除及新索夹安装。临时设施安装顺序如下：

1) 通过130t汽车吊配合吊篮方式，对临时索夹局部安装位置处的主缆防护层和缠丝进行清理，待清理完毕，将临时索夹吊装就位，在索夹与主缆间设置橡胶垫，增大摩擦系数，安装预应力螺杆并张拉，完成临时索夹安装。

2) 通过130t汽车吊将主缆侧反力支架整体吊装就位，通过高强螺栓与止滑临时索夹上的连接板联接。另外，主缆侧反力支架横桥向各一侧拉设风缆，确保反力支架的侧向稳定性，完成主缆侧反力支架安装。

3) 通过130t汽车吊将塔顶侧反力支架整体吊装就位，通过焊接与塔顶预埋钢板联接，完成塔顶侧反力支架安装。

4) 通过130t汽车吊将拼装的主缆吊架整体吊装就位，与止滑临时索夹、相邻索夹设置的吊点

联接，完成主缆吊架安装（如图15所示）。

(3) 待临时设施安装完毕，对北1#吊索通过千斤顶在桥面悬挑平台处放张。

吊索放张通过安装两组两半式张拉横梁、两组张拉杆逐级放张实现，上下游侧同时对称按100%→90%→80%→70%→60%→50%→40%→30%→20%→10%→0逐级放张（如图16所示），每级放张过程需配合拧松调节套筒，待吊索索力放张至0，将吊索进行拆除下放至桥面并做好保护。

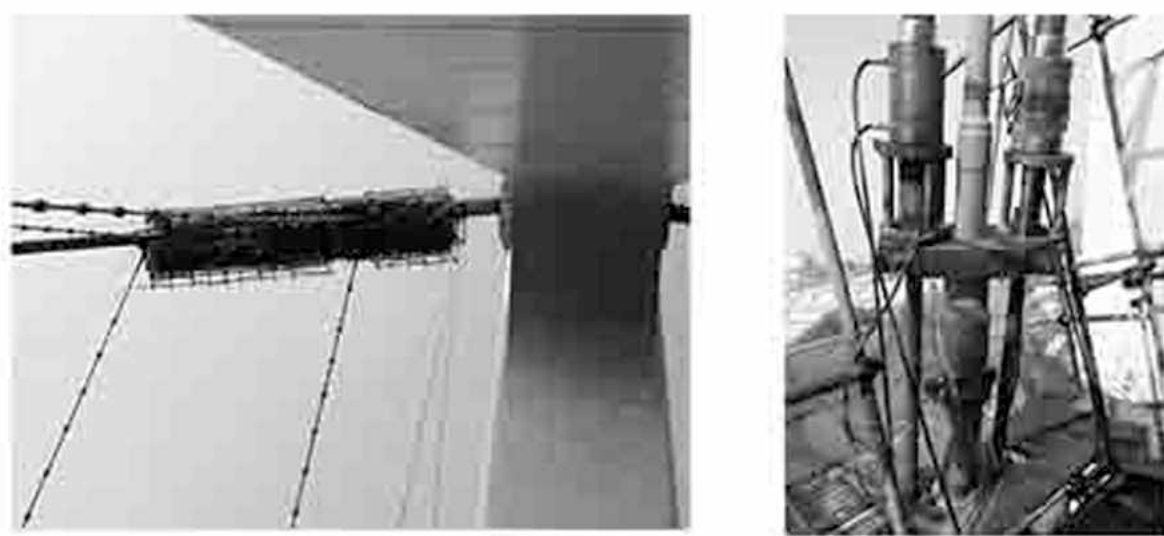


图15 主缆吊架现场照片 图16 吊索放张现场照片

(4) 拆除北1#索夹，安装新索夹。

先通过千斤顶将索夹上高强螺杆整体放张至较小力值，再通过液压扭矩扳手将索夹上高强螺栓拧松，并通过主缆侧反力支架吊住旧索夹下半部分，下放至桥面，再将旧索夹上半部分通过塔顶侧反力支架吊装移动并下放至桥面。对索夹处主缆表面进行清洁、干燥处理，然后将新索夹上半部分通过塔顶侧反力支架由桥面吊装移动至主缆设计位置上方，新索夹下半部分通过主缆侧反力支架垂直吊装至主缆设计位置下方，并与索夹上半部分装配安装高强螺杆，并用千斤顶按照设计要求依次分级张拉至设计值，拧紧螺母，完成1#索夹更换，并重新安装吊索，张拉至设计索力值。

该桥1#索夹更换仅用20天，即可开放交通通行，实现了快速更换的目的。

## 6 结语

本文提出的索夹更换方案解决了如何实现高空快速更换大跨径悬索桥索夹问题。另外，索夹更换的临时设施选型和设计，需结合主缆、吊索、塔柱的构造特点，以及吊索控制索力、吊索长度、桥面主梁构造特点等因素综合考虑。施工时需在有效的测量和监控措施下保证索夹更换力系转换的同步性、均衡性。本文总结的索夹更换设计方法、工程实践可为同类桥型索夹更换的设计、施工提供借鉴。

### 参考文献

- [1] [1] JTG/T J23-2008, 公路桥梁加固施工技术规范[S].