

# 南昌生米大桥系杆索制作及安装

李宏涛 李亚辉

(中铁一局桥梁工程处 陕西 渭南 714000)

**摘要:** 针对南昌生米大桥的工程特点和平行钢丝拉索的结构及使用特点, 本文阐述了生米大桥专用系杆索的制作、运输、安装、张拉等施工工艺, 对类似体外预应力工程的设计和施工有一定的参考价值。

**关键词:** 系杆索 平行钢丝拉索 施工工艺 创新

## 1. 概述

生米大桥主桥上部结构采用二孔钢管砼系杆拱, 全长606米, 其中, 两个主跨为 $2 \times 228$ 米连拱, 两侧边拱跨径均为75米, 结构属于刚性拱柔性系杆结构。

生米大桥系杆索是一种柔性拉杆。系杆钢丝规格为301- $\phi 7$ 成品索, 并考虑可更换性, 在主桥两端边拱拱肋端横梁锚固。通过张拉系杆,

等于在边拱端加上了向主拱方向的水平力, 用以平衡主边拱水平力的差值。每束系杆采用301根 $\phi 7$ mm镀锌钢丝, 共设12束, 每侧拱肋处各设6束。每束长度606米, 张拉力为8700kN。

平行钢丝系杆索是经涂脂处理后按正六边形平行并拢定形捆扎并轻度绞合成束后, 加缠二层聚脂带内夹纤维丝的增强复合带和热挤高密度聚乙烯塑料护套, 再于两端安装连接筒和锚具。平行钢丝系杆索构造见图1。

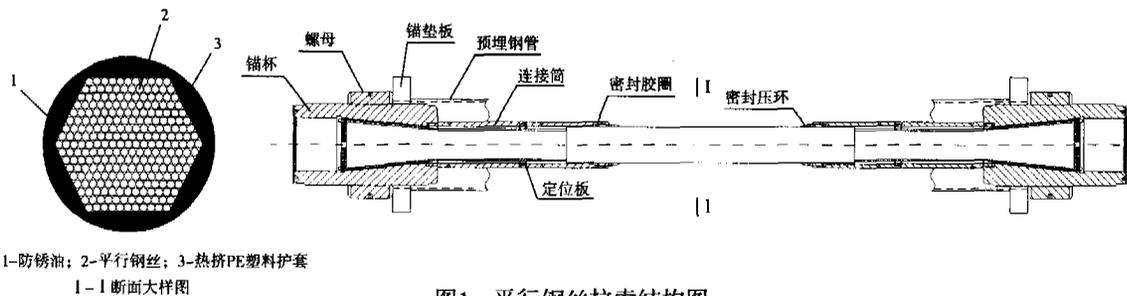


图1 平行钢丝拉索结构图

## 2. 平行钢丝系杆索主要特点

目前桥梁工程中常用的柔性拉索有平行钢丝拉索和钢绞线拉索两种。与钢绞线拉索相比, 平行钢丝拉索有如下优点: 平行钢丝拉索生产工艺成熟, 部件可全部在工厂内制作完成, 质量易得到控制; 其受力均匀性好, 轴向刚度大, 材料利用率高; 平行钢丝拉索索体部分与两端锚固部分均在工厂整体进行加工, 整体防护性好; 相同荷载条件下, 平行钢丝拉索的外径较小, 平行钢丝直径比钢绞线拉索小30%~40%, 截面积显著减小; 平行钢丝拉索的更换为整索卸载, 施工相对简便, 安全可靠。

平行钢丝拉索也有其自身的缺点: 运输卷

索盘直径较大, 受到道路净空的限制; 由于重量大, 需大型起吊设备进行装卸作业; 安装和张拉需要重型千斤顶; 张拉端结构内需较大空间; 安装拉索时牵引力大, 需特殊设计牵引装置; 平行钢丝拉索必需采用整体张拉, 工艺要求高, 施工难度大。

## 3. 系杆索的制作

### 3.1 平行钢丝系杆索的制作工艺流程如下:

钢丝下料→灌注油脂、绞合、缠带→挤塑→精下料→穿丝、镦头→灌锚→超张拉→包装、打盘→标志、储存

### 3.2 系杆索制作主要施工步骤

#### 3.2.1 钢丝下料

根据成品索长并考虑各种制作修正后,确定钢丝粗下料长度。钢丝下料是在专门的下料工作台上通过牵引小车进行电动牵引下料,并使用专门的切割机切断。

### 3.2.2 钢丝束的绞合

钢丝下料后,由机械引入按系杆索断面排列的梳理盘中,穿丝梳理,使高强钢丝相互之间处于平行的位置,用六角形卡箍紧束。使编束后的钢丝顺直、紧密。编束后的钢丝横断面呈正六边形排列,这种排列图式可以较好地保持各根钢丝的长度相同。系杆索在运输、装卸、安装过程中易松散,因此,钢丝成束后要在绞合机上进行大节距轻度绞合。一般采用同心左向绞合,最外层钢丝的绞合角为 $3 \pm 0.5^\circ$ 。钢丝束绞合的过程中在钢丝之间灌注专用防腐油脂。绞合成裸体钢丝束后,用两层聚酯带经缠包机将其裹紧,缠包带重叠宽度不少于 $1/3$ ,且重叠层数不多于4层,并采用右旋。

### 3.2.3 系杆索的防护

系杆索由钢材组成,如不加防护,锈蚀将会十分严重。防护措施的好坏是影响系杆索使用寿命的一个重要因素。系杆索被锈蚀以后,直接影响了钢丝的疲劳抗力。一般来说,系杆索外表钢丝先锈蚀,中间后锈蚀,这时钢丝的受力出现重分配,可能引起更多钢丝的破坏,出现多米诺效应,导致整根系杆索破坏;剩余的系杆索因本身受力性能降低,加之应力重分配后受力增大,在此情况下,结构有可能逐渐崩溃。因此,系杆索防护有着十分重要的意义。

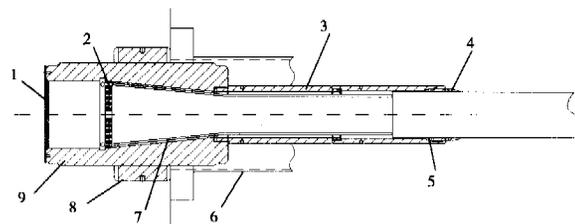
生米大桥高强钢丝系杆拉索为热挤单层HDPE、一次成型,内外层均为黑色高密度聚乙烯,其性能不低于GB/T18365-2001的规定。

### 3.2.4 系杆索的锚具施工

锚具是系杆索结构中极其重要的部件,其质量和性能对整个结构的可靠性有着直接影响。锚具的作用是将系杆索的两端分别锚固在

主拱两端拱肋端横梁上,且将系杆索永久性张力传递至结构。锚具的形式很多,其中平行钢丝索的锚具均为事先固结在系杆索上。锚具常用的有三种,热铸锚、镦头锚、冷铸镦头锚。

生米大桥采用冷铸镦头锚,锚具结构如图2所示。



1-盖板; 2-锚板; 3-连接筒; 4-密封压环; 5-密封胶圈;  
6-预埋钢管; 7-钢丝; 8-螺母; 9-锚杯

图2 冷铸镦头构造图

#### 3.2.4.1 冷铸镦头锚的安装

精下料后的钢丝索,将端头的塑料护套层剥除,顺序套上钢套筒和锚杯后,再逐根清洗,穿过分丝板相对应的位置,同时用液压镦头机逐根镦头,钢丝镦头直径不小于钢丝直径的1.4倍,高度不小于钢丝直径,镦头不允许出现横向裂缝,纵向裂纹宽度小于0.1mm。

#### 3.2.4.2 冷铸锚的冷铸

先将锚具就位,预热锚杯至特定温度。待锚具温度达到规定要求后,安装震动器,灌入按特定配合比配制的冷铸填料。冷铸填料主要由环氧树脂、钢丸、矿粉、固化剂、增韧剂等组成。在浇注填料的过程中,开动震动器,使填料密实。浇注完毕后将锚具放入养护炉中、加热固化,以 $50^\circ\text{C}/\text{h}$ 升温 $180^\circ\text{C}$ ,恒温6h后随炉冷却至 $60^\circ\text{C}$ 以下,随炉固化一组三只试样用以检验灌锚质量。

在冷铸锚中,锚固板只承受钢索的小部分拉力,大部分的锚固力来自混合填料对钢丝的粘结和握裹,以及锚杯为锥形内腔的楔形效应。因此在养护过程中,要严格控制养护温度,使硬化后的混合料具有足够的强度(固化后冷铸体在常温下抗压强度大于 $147\text{ MPa}$ )和良好的热稳定性,以确保锚具的锚固功能。

### 3.2.5 系杆索超张拉

为了检验系杆索的抗拉弹性模量、延伸率、锚固板的内缩值、锚具的锚固力等,须对系杆索进行超张拉。

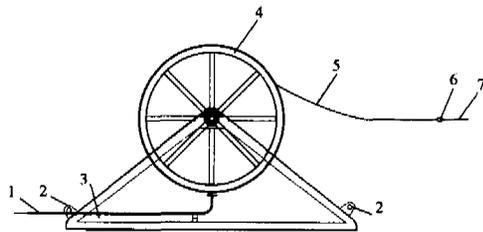
将制作好的系杆索安装到位后,在锚具冷铸体表面取三个互成 $120^\circ$ 的点,用深度油标卡尺测其距锚杯端面的深度,作好记录和标记;然后进行超张拉,超张拉载荷为拉索公称破断载荷的0.60倍,且误差小于 $\pm 3\%$ 。超张拉分五级进行,每级持荷5min、最后一级持荷10~15min;超张拉完毕,用深度油标卡尺复测三点标记的深度,前后差值的平均值作为该锚具锚板回缩值,锚板回缩值不大于6mm;张拉后,锚杯与螺母必须旋合自如。

## 4. 系杆索的吊装、运输和移动

### 4.1 索盘的设计

为了便于系杆索的运输、吊装和移动,需将直线形的系杆索弯卷成圆盘。类似电缆线的钢盘,索盘内径大于3.3m。索盘两端挡板外径视索长索径而定。

常用的立式放索盘结构如图3所示。



1-刹车加力杆; 2-吊环; 3-支架; 4-索盘; 5-拉索; 6-锚头; 7-卷扬机牵引索

图3 立式放索盘放索示意图

立式放索盘,由于系杆索一端有较重的锚头在索盘的外侧,使放索盘偏心,故放索时,索盘转速易发生突变,产生冲击力,导致系杆索散盘,损坏系杆索的保护层,因此在放索盘上应设置制动装置。对于锚头较小,索较轻的索盘,可设置脚踏式简易制动装置。对于锚头与索的重量大的索盘,宜采用液压马达或无级变速电动机放索,索盘端头挡板做成金属齿外形,与马达间用齿轮啮合传动,能够可靠、灵

活地控制放索盘转速。

### 4.2 系杆索的运输、吊装

系杆索采用船舶运输至桥位,如果索的尺寸常超过了道路高度与宽度的限制,可将索盘与索盘托架分离运输,运至工地后再复原组装成整体,以缩减外形尺寸。

索盘的吊环均匀设置于索盘托架上,设四个吊环,平衡垂直起吊。由于边跨中横梁采用龙门吊施工,系杆索盘的吊装也采用龙门吊。首先将船舶拖至龙门吊下,然后由龙门吊起吊索盘,并启动龙门行走至端横梁位置,落下索盘。

### 4.3 系杆索在桥面及猫道上的移动

系杆索在进入猫道前,需在桥面上进行一段较长距离的移动。为了保护系杆索的防护外套,系杆索的移动采用滚轮法。

在主桥三角区桥面上梁端按设计安装有系杆导向架及滚轴。主跨猫道预设了系杆支撑滚轮,滚轮之间保持有合适的距离,防止系杆索因下垂过大而挤压、刮伤PE防护套。制作滚轮时,要根据系杆索的单位长度重量和刚柔程度,选择适宜的滚轴半径,以免滚轴弯折;滚轮做成凹槽形,用橡胶或塑料等柔性、半柔性材料制成,以便较好地保护系杆索PE护套。

## 5. 系杆索的架设

系杆索架设的关键是怎样将系杆索两端锚头引入锚孔内准确位置以满足张拉系杆索的需要。完成放索后应先将锚头送入索道,再利用锚头临时连接器和手拉葫芦将锚头精确就位。

系杆索架设工艺流程:

吊装系杆索盘至放索位置→安装连接器、牵引钢丝绳、锚头滑移索道→启动卷扬机缓慢牵引系杆索锚头(经过主跨需要转换滑道)→将系杆索一端锚头穿入预埋管并从锚垫板口露出→旋进张拉杆→将系杆索另一端锚头穿入预埋管并拉出锚垫板口旋进张拉杆→调整至

张拉杆外露长度相等→依次完成一批系杆索的架设，见图4。

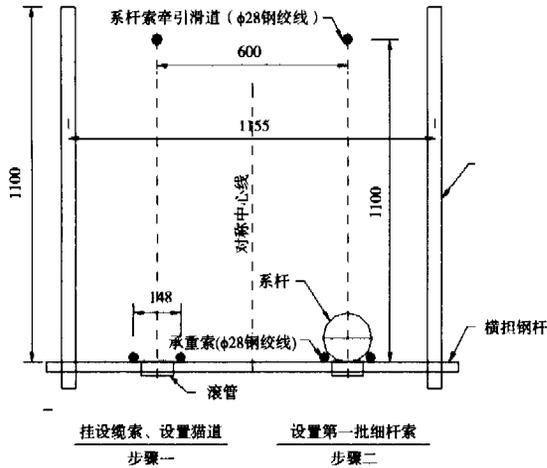


图4 系杆索架设示意图

### 6. 系杆索的张拉与索力调整

系杆索的张拉方式采用两端对称同时张拉至控制索力并完成锚固。

张拉千斤顶采用YCW900A穿心式、单作用千斤顶，千斤顶的安装如图5所示：

#### 6.1 张拉前的准备工作

系杆索张拉前，应作好充分的准备工作，主要内容如下：

6.1.1 确认临时锚固安全可靠，拆除牵引系杆索时的连接接头。确认系杆索无额外的牵挂、阻碍。

6.1.2 检查并清除锚垫板面上的钢渣、混凝土渣、油污及其他不属于结构部分的任何物

质。检查并量测冷铸锚头是否居于锚垫板孔眼中心，检查冷铸锚头内外螺牙是否保持完好。如螺牙有划伤、变形、堵塞，则要进行修复、清洗，直到符合施工要求。

6.1.3 检查、调试张拉设备的完好状态，如电源的安装、油表的校验，液压油泵、千斤顶的标定和检验等。

6.1.4 张拉计算资料的准备，如张拉次数，每次张拉的力值，换算的油表读数，系杆索的理论延伸量，拱座偏移值等。

#### 6.2 张拉工艺流程：

张拉前的准备工作→安装B型张拉杆、B型锚环、组合螺母→安装YCW900A-200张拉千斤顶、张拉撑脚、A型牵引拉杆、A型牵引拉杆张拉螺母→按对心原则安装张拉千斤顶张拉装置→彻底完成千斤顶回油、旋紧A型张拉螺母、实施牵引张拉→完成第一个行程张拉施工，旋紧B型锚环、B型组合螺母的合体→千斤顶完全回油、旋紧A型张拉螺母→逐个行程张拉系杆索至B型张拉杆被完全引出→安装B型张拉螺母→逐个行程张拉系杆索至控制张拉吨位并保证索体锚头外露长度基本一致→张拉时同步拧紧锚圈，量测应力、应变值→检验，并与设计应力应变值核对→外观检查（锚垫板变形情况，系杆索有无断丝、滑丝现象）→检验合格后，拆除千斤顶，张拉杆，进入下一根索的张拉周期。

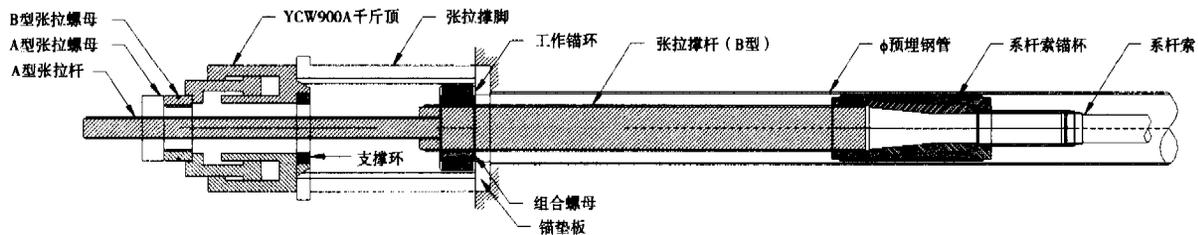


图5 千斤顶安装示意图

### 7. 结语

南昌生米大桥系杆索为12根606米的超长拉索，其制作、运输、安装均为施工中的难点。

本文对其施工工艺进行了介绍，对类似钢管混凝土拱桥体外预应力工程的制作和施工有一定的参考价值。