

双塔单缆斜吊索悬索桥索夹的性能试验

彭春阳 李启富 黄子能 刘琳琳

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545006)

摘要:南宁市英华大桥为双塔单缆斜吊索的三跨连续钢箱梁悬索桥,本文简述了该桥索夹试验的过程,通过紧缆试验来验证主缆直径及空隙率;通过索夹体机械性能试验、索夹体抗滑试验来验证索夹的机械性能及索夹的抗滑性能。

关键词:英华桥 主缆 索夹 试验 抗滑

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2015.01.003

1 概述

南宁英华大桥为主跨410m的双塔单缆斜吊索的三跨连续钢箱梁悬索桥(如图1所示);边跨不设背索,主缆有91股索股,每股由127根直径为5.2mm的高强镀锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝组成。

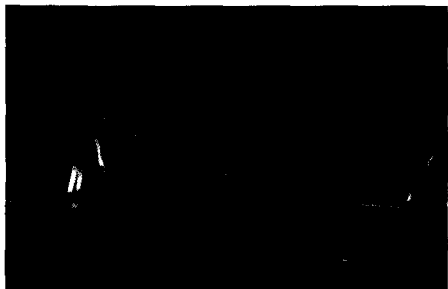


图1 桥梁布置图

索夹采用牌号为ZG20Mn的低合金钢,其技术指标符合《大型低合金铸钢》(JB/T 6402-2006)的规定。螺杆用40CrNiMoA合金钢制造。

索夹结构见图2。

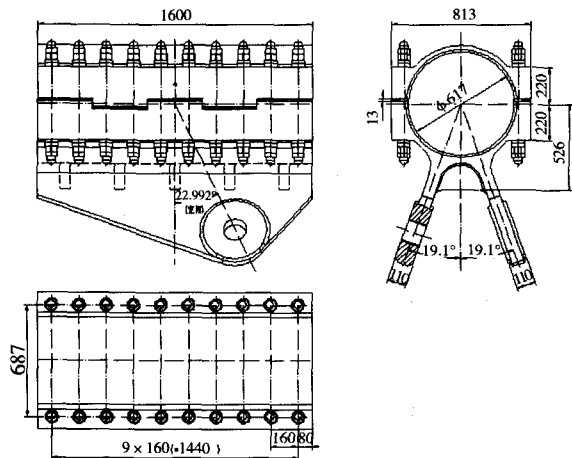


图2 索夹构造图(A类)

为了检验索夹可靠性和可行性,进行了索夹试验。

1.1 试验试件的基本参数

(1)本次试验选择的索夹如图2,在主缆上对应的吊索设计拉力 N_n 为 $2 \times 1838 \times \cos\beta$ kN,其安装倾角 $\varphi=22.992^\circ$,两吊索夹角 $\beta=19.1^\circ$,索夹体内径 d_c 为 $\phi 617$ mm,索夹共有20个高强螺栓副。

(2)本次试验用与主缆规格相同的钢丝制作,先按PPWS法编制主缆索股,然后按长约8m裁切制作91股索股。

1.2 试验目的

1.2.1 主缆紧缆试验

试验的目的:

- (1)通过试验得到主缆的直径和空隙率;
- (2)通过张拉高强螺柱副,掌握张拉高强螺柱副过程的特性。

1.2.2 索夹体机械性能试验

试验的目的:检验高强螺柱副施加的设计预紧力: $P_b=439$ kN时,索夹体机械性能是否满足使用要求;

1.2.3 索夹体抗滑试验

本试验的目的:

- (1)通过对索夹施加轴向力,测定出索夹高强螺柱副之紧固力对于主缆与索夹的摩擦力的关系;
- (2)通过分别给索夹每个螺柱副加载到设计预紧力($P_b=439$ kN)的80%和100%时,测定出索夹体与主缆之间的摩擦力。

2 试验装置的布置安装

2.2 试验布置安装

试验的场地在柳州欧维姆机械股份有限公司的试验中心,按图3索夹抗滑试验安装示意安装布置。

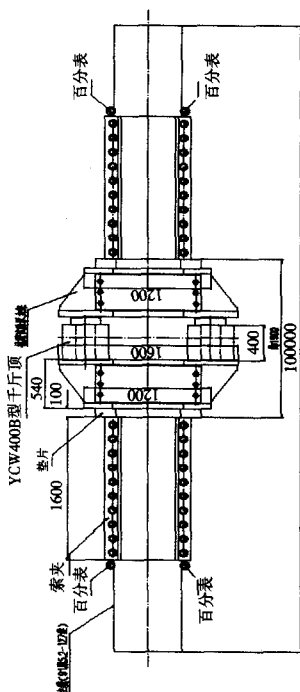


图3 索夹抗滑试验安装示意图

3 试验过程

3.1 准备

(1) 标定, 对在试验中用到的2台千斤顶、压力表及油泵进行标定; 对液压扳手进行标定;

(2) 试件加工:

1) 按设计图纸加工制作二套索夹, 及试验用的抗滑试验反力架2套, 索夹试验用其他工装、垫板等;

2) 制作试验用的主缆;

3) 外购高强螺栓副;

(3) 粘贴应变片。在试验索夹上按图4在左右两半索夹体的危险截面粘贴应变片, 并接好测量电路, 调试应变仪;

(4) 将一台油泵与二台千斤顶通过联接阀块连接好, 并启动油泵, 让千斤顶空走几个行程, 排除油路中的空气, 关闭油泵。

3.2 紧缆试验

(1) 将制作好的91股索股按图5主缆索股排布图的编号顺序安装, 不能有鼓丝和扭转, 并固定好每一股的位置;

(2) 索股编排成主缆后, 进行用紧缆箍每隔1.5m箍紧主缆, 再将最外圈索股的缠包带割开除掉;

(3) 用紧缆机分段将主缆外圈整成圆形,

并上紧紧缆箍, 直到安装两个索夹体及中间部份的主缆全部整成圆形, (两端V形支架可不拆), 测量出主缆的外径;

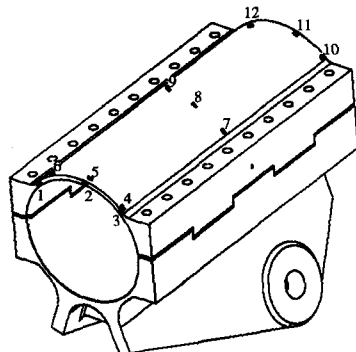


图4 索夹体贴应变片位置示意图

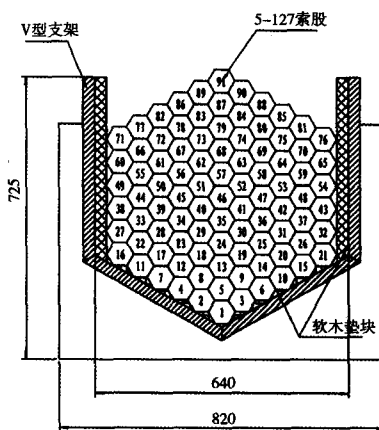


图5 主缆索股排布图

3.3 索夹体机械性能试验

(1) 紧缆后, 安装索夹体, 穿上高强螺栓副, 拧上螺母;

(2) 按接好应变片的测量电路, 调试好静态应变仪, 准备进行测量;

(3) 用液压扳手配合索夹试验用紧固件在索夹体对称的前后螺栓同时进行张拉紧固;

(4) 紧固螺柱副按从里到外的顺序, 逐级进行, 为使每个螺柱紧固力均匀, 应重复紧固3次, 在张拉紧固高强螺栓的同时应同步检测索夹的应变;

(5) 高强螺栓紧固到设计预紧力的80%后, 做索夹抗滑试验;

(6) 完成索夹抗滑试验(设计预紧力的80%)后, 继续对高强螺栓进行预紧, 逐步预紧到设计预紧力的100%, 在张拉紧固高强螺栓的同时应同步检测索夹的应变;

(7) 高强螺栓紧固到设计预紧力的100%

后,做索夹抗滑试验。

3.4 索夹抗滑试验

(1)按图3在两索夹体的外端面安装百分表各2台,共4台;

(2)高强螺栓紧固到设计预紧力的80%时,即351.2kN后,通过2台400t千斤顶施加推力,按5MPa逐级缓慢加载。通过百分表观察索夹是否移动,最后加载直到克服索夹静摩擦力产生连续移动。

(3)高强螺栓紧固到设计预紧力的100%时,即439kN后,通过2台400t千斤顶施加推力,按5MPa逐级缓慢加载。通过百分表观察索夹是否移动,最后加载直到克服索夹静摩擦力产生连续移动。

4 试验测试结果

4.1 主缆紧缆试验(如表1所示)

表1 主缆紧缆试验结果

测试项目	实测值	计算直径	备注
主缆紧缆后外径 d_c	测得周长为1950mm	$d_c=1950/3.14=\phi 621\text{mm}$	

主缆一般位置的空隙率 V_c

$$V_c = 1 - \frac{d_w^2 \times n_{tot}}{d_c^2} = 1 - \frac{5.2^2 \times 127 \times 91}{621^2} = 19\%$$

4.2 索夹体机械性能试验

索夹处主缆外径 d_c

$$d_c = \frac{617 \times \pi - 2 \times (13-8)}{\pi} = 613.8\text{mm}$$

主缆在索夹处的空隙率 V_c

$$V_c = 1 - \frac{d_w^2 \times n_{tot}}{d_c^2} = 1 - \frac{5.2^2 \times 127 \times 91}{613.8^2} = 17\%$$

由索夹体机械性能试验得到的应变值($\mu\epsilon$),索夹体最大应变值有1167.45个微应变($\mu\epsilon$),因此计算的应力为:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{最大}} &= \mu\epsilon \times E = 1167.45 \times 0.202\text{MPa} \\ &= 235.8\text{MPa} \leq \sigma_s = 345\text{MPa} \end{aligned}$$

所以,索夹体危险截面最大应力不超过索夹材料的屈服强度 σ_s ,索夹体未被破坏和发生塑性变形,索夹体机械性能符合设计要求。

4.3 索夹体抗滑试验

4.3.1 索夹体高强螺栓紧固到设计预紧力的80%时抗滑试验:

抗滑分析计算:高强螺栓紧固到设计预紧力的80%时,得到:

实测索夹体与主缆之间抗滑力 $F_{fc}=3146\text{kN}$

则索夹体抗滑力安全系数 K_{fc}

$$\begin{aligned} K_{fc} &= F_{fc}/N_c = \frac{F_{fc}}{N_h \times \sin\varphi} \\ &= \frac{3146}{1838 \times 2 \times \cos 19.1^\circ \times \sin 22.992^\circ} = 2.33 \end{aligned}$$

索夹体与主缆之间摩擦系数 μ

$$\mu = \frac{F_{fc}}{kP_{tot}} = \frac{3146}{2.8 \times 351.2 \times 20} = 0.16$$

4.3.2 索夹体高强螺栓紧固到设计预紧力的100%时抗滑试验:

高强螺栓紧固到设计预紧力的100%时,得到:

实测索夹体抗滑力 $F_{fc}=4789\text{kN}$

则索夹体抗滑力安全系数 K_{fc}

$$\begin{aligned} K_{fc} &= F_{fc}/N_c = \frac{F_{fc}}{N_h \times \sin\varphi} \\ &= \frac{4789}{1838 \times 2 \times \cos 19.1^\circ \times \sin 22.992^\circ} = 3.5 \geq 3 \end{aligned}$$

索夹体与主缆之间摩擦系数 μ

$$\mu = \frac{F_{fc}}{kP_{tot}} = \frac{4789}{2.8 \times 439 \times 20} = 0.19$$

4.3.3 高强螺栓紧固力的损失检测

在高强螺栓紧固到设计预紧力的状态下,保持上述状态三个月后再次进行了试验,测得的结果:

(1)高强螺栓紧固力由439下降到到小387kN,下降到预紧力的88%。

(2)抗滑试验实测抗滑力没有变化。

5 结论

南宁英华桥索夹试验检测结果表明:

(1)通过试验,索夹的结构是合理的,机械性能满足使用要求,索夹体危险截面处没有出现塑性变形;索夹安装顺利。

(2)通过抗滑试验,测定出高强螺柱副加载设计预紧力后,主缆与索夹之间的磨擦系数达到设计要求。

(3)通过对螺栓副的耐久测试,测量了螺栓副的紧固力的损失程度,为以后的索夹设计提供了参考。虽然这是在主缆没有承受拉力的状态下得到的结果,不能完全反映螺栓副在桥梁实际状态下的紧固力的损失规律。