

桂江三桥钢管拱肋提升竖转施工技术

唐建国 向宝成 肖仁富 韦振良

【摘要】 桂江三桥为三跨中承式钢管混凝土拱桥。本文着重介绍了该桥钢管拱肋竖向转体施工的工艺流程和施工技术。

【关键词】 钢管拱肋 提升竖转 施工技术

一、工程概况

广西梧州桂江三桥(鸳鸯江大桥)位于广西梧州市区之内,西江与桂江交叉汇合处,跨越桂江,连接该市东西两区,与桂江上游已建成的桂江一桥相距约300米。长期以来,桂江一桥成为新旧两城区唯一的交通桥梁。一桥建于70年代,荷载标准低,桥宽仅11米,随着东西两区交通量的加大,交通拥挤现象日益严重。因此,桂江三桥的建设成为梧州市政建设的当务之急。

桂江三桥主桥为3孔自锚式钢管混凝土中承式系杆拱桥,主桥全长255m(40m+175m+40m),桥宽25.6m,桥型新颖美观,与两岸桥头鸳鸯江春泛景点构成一幅靓丽的景观(见图1)。



图1 桂江三桥结构示意图

该桥主拱为跨度175m的系杆钢管拱,矢高43.75m,矢跨比为1:4,拱轴采用悬链线。拱肋采用4根 $\Phi 750$ ($\delta=14\text{m}$)钢管,和横向平联板及腹杆焊接成双“哑铃”形截面,两条主肋间距为17.8m,桥面下设2个K字横撑,桥面上设5条一字横撑,主跨钢管拱重达1000t,由工厂预制。

二、钢管拱肋施工方案的选择

传统的钢管拱桥主拱的施工方法可归纳为缆索吊装法、水平转体法、满堂支架法、竖向转体

法四种。

1、缆索吊装法:采用天线缆索吊装的方法是桂江三桥设计工程师原先拟采用的方法。原设计将主跨分5节段吊装合拢,每段吊装重约65t,由工厂预制水运到位,天线起吊,塔机定位,该方法的施工工艺比较成熟,但需要大跨度大吨位的缆机,造价较高,且受桥端场地所限。

2、水平转体施工法:水平转体法施工与该桥中承式结构形式不相适应,且无平衡重墩,无法实施。

3、满堂支架法:满堂支架法施工需要大量的支架材料,造价高,现场拼焊易受外界因素的影响,主拱的质量难以得到保证,且工期长,由于桂江航运繁忙,每封航1天费用1.5万元,影响通航是专家们放弃此方法的主要原因。

4、竖向转体施工法:通过专家论证,竖向转体施工可以克服上述方法的不足,是一种可行的方法。目前,国内采用竖向转体施工的拱桥有三峡莲沱等两座大桥。桂江三桥主拱的吨位大(半拱500t),预制的钢管拱肋由江上运至桥址后,需要先将拱脚提升就位,再进行竖向转体施工。这种先垂直提升再竖向转体的施工方法目前在国内尚属首次。

三、钢管拱肋竖向转体施工方案与设计

桂江三桥钢管拱肋液压竖向转体施工的总体方案是:先将主拱分成两个半拱在驳船上的胎架上焊接完成,经过对焊接质量、几何尺寸、拱轴线型等验收合格后,载拱驳船浮运至桥位,利用4台ZLD100提升千斤顶将半拱拱脚提升至拱脚标高,然后横移就位于拱铰座上,再由分别设置

唐建国 柳州欧维姆工程有限公司 工程师
肖仁富 柳州欧维姆工程有限公司 高工
向宝成、韦振良 柳州欧维姆工程有限公司 助工

于两边拱的六台液压连续提升千斤顶，通过钢绞线、吊具将左右两个半拱肋分别竖向转体到位，在空中对接组焊合拢。施工中技术方案，见图2、图3所示。

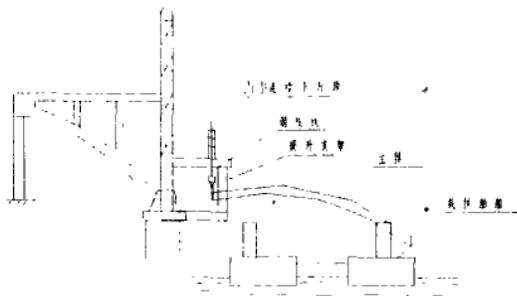


图2 拱脚提升示意图



图3 主拱转体施工示意图

液压竖向转体系统的主要技术关键为：起吊系统的设计及竖向转体临时塔的设计。该桥主拱设计荷载考虑吊具、平衡系统及临时荷载等以1000t计，半拱为500t。

(1) 起吊系统竖向转体力的计算力系分析见图4。

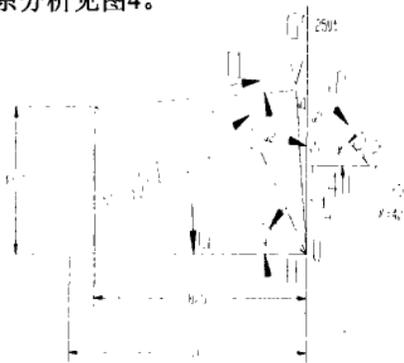


图4 力系分析图

已知条件：

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(43.75/87.5) = 26^\circ 33'54''$$

$$\alpha_1 = \text{tg}^{-1}(97.93/50) = 26^\circ 55'44''$$

$$\alpha_2 = \text{tg}^{-1}[87.50/(50 - 43.75)] = 85^\circ 54'52''$$

$$\alpha_3 = \text{tg}^{-1}(40/36) = 48^\circ 00'46''$$

$$O_A = 44.5\text{m}$$

$$O_B = 49.87\text{m}$$

可求得初始状态扣索拉力 T_0

$$\sum M_{0i} = 0 \quad T_0 = G \times 97.83 \div 2 / O_A = 549.61$$

$$\sum M_i = 0 \quad \delta_0 = T_0 \sin \alpha_1 / \cos \beta = 658.54$$

通过计算对于液压提升设备数量的设置及转体用钢绞线索的数量进行必要的配置。

(2) 竖向转体临时塔的设计

在拱脚中心线处搭设六五式铁路军用墩塔架，高50m，上、下游各2个，两塔之间设置两道横向支撑，塔顶设转向索鞍，其轮轴纵向曲线半径为150mm，以保证钢绞线束在转弯后不致发生永久变形，并防止塔架前倾。在转向塔顶上设置反拉锚索，锚固端设置在地面锚碇上，在主拱转体过程中随机进行调整，确保塔身偏移量不超过允许范围。经稳定应力验算，塔架立柱的稳定应力 $\delta = 161\text{MPa}$ ，小于设计额定应力值210MPa。

四、主拱竖直转体施工工艺过程 (见图5)

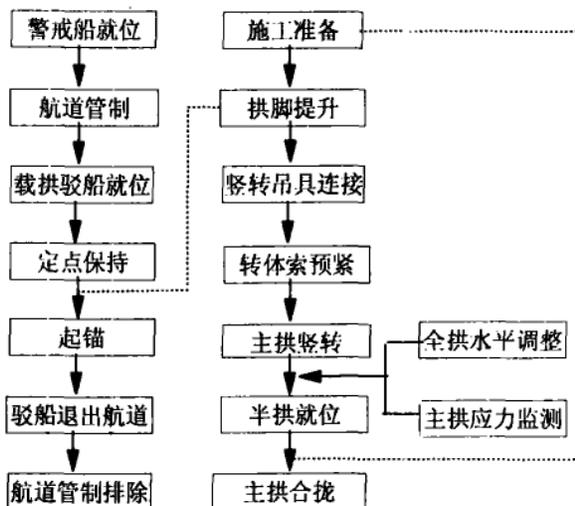


图5 工艺流程框图

1、施工准备

为确保桂江三桥主拱大吨位竖直转体施工安全、顺利完成，施工准备工作要求周密、到位。

(1) 设备就位及调试

将拱脚提升用4台ZLD100提升千斤顶就位于提升支架上，对其液压同步系统进行调试，确保系统动作正确无误。将主拱竖转用的6台

QDCL2000-200连续同步提升千斤顶就位于边拱横梁端部,并对其液压连续同步系统进行调试,确保系统工作正确无误。

(2) 钢绞线设置

拱脚提升及主拱竖直转体用的牵引索均为 $\Phi 15.24$ 、1860MPa的高强度低松弛预应力钢绞线,施工前必须将其有序地穿入千斤顶内,并使用特制梳导器进行钢绞线的梳导,确保钢绞线顺直。

2、主拱预位

随着警戒船就位后,航道处于管制状态,主拱随着载拱驳船预位于设计的安装位置,驳船抛锚,定位。

3、拱脚提升

将捆绑于拱脚的 $\Phi 43$ 钢丝绳与提升用钢绞线吊具铰接,然后对每一束钢绞线进行预紧,确保其受力均匀。操纵连续同步提升控制系统将拱脚提升至设计标高。

4、拱脚就位

利用4台20t手拉葫芦将主拱平稳地沿提升架上的滑道横移,直至拱脚完全进入拱座上预设的铰座内。

5、竖转吊具连接

用卷扬机牵引竖转用钢绞线至扣索位置,将扣索钢丝绳与钢绞线吊具铰接。牵引过程中应防止钢绞线束扭转。

6、转体索预紧

用YDC240Q千斤顶对转体用的钢绞线逐根预紧,确保钢绞线受力均匀。

7、主拱竖转

操纵QDCL2000-200连续同步提升系统进行主拱竖向转体施工,在施工过程中随时对拱上预设的应力控制点进行应力监测,并随时对全拱上、下游拱肋的高差进行监测、调整。

8、半拱就位,全拱合拢

将第一段半拱竖转至超过合拢标高,第二段半拱竖转至合拢标高,然后将第一段半拱下降至标高,两半拱肋合拢并焊接。

五、施工体会

1、桂江三桥钢管拱采用柳州欧维姆建筑机械有限公司的液压连续同步提升设备作为转体动力源,效果良好,竖转过程主拱肋上下游高差控制在 $\pm 6\text{cm}$ 以内,主拱施工速度快,正常情况3小时可完成半拱转体,转体过程平稳、无冲击。

2、采用足够数量的 $\Phi 15.24$ 高强预应力钢绞线作为柔性承重索,施工中最大的转体吨位为720t,而转体索数量为72根,破断荷载为 $72 \times 26t = 1872t$,安全系数为2.6。为符合液压提升施工的安全性要求,采用较大的安全系数是完全必要的。

3、由于转体索需经过塔顶的转向鞍座,在预紧时被压在鞍座下的钢绞线由于摩阻的原因按照常规的预紧方法无法满足工程的要求,施工中工程技术人员通过反复试验,很好的解决了这一难题,确保钢绞线受力均匀。

4、端横梁中钢绞线的预埋孔道应确保安装正确、顺直,以防施工穿束时因孔道弯曲使钢绞线打搅,影响施工顺利进行。

5、钢丝绳扣索的长度应精心设计施工,使吊具位置错开,确保吊具处于最佳受力状态,这是非常重要的环节。

6、吊具锚头处灌注环氧砂浆使竖直转体过程中,钢绞线过塔顶鞍座时由静摩擦到动摩擦过渡时所产生的较大震动不致传递到锚具上,以确保施工安全。

六、结束语

将液压提升技术成功地应用于广西梧州桂江三桥钢管拱肋提升及竖直转体施工,为钢拱桥施工提供了一种新型的施工技术及设备。实践证明,这是一种高效率、低成本的施工方法。今后我们将继续与广大工程界一道为推广应用这项新技术新方法,推进桥梁施工技术的发展作出我们应有的贡献。

参考文献:

1. 李东红 《钢管拱板竖转施工计算》,《桥梁建设》
2. 《公路桥涵施工技术规范》