

文章编号: 0451-0712(2006)08-0084-06

中图分类号: U445.557

文献标识码: B

苏通大桥特大型钢吊箱整体吊装的关键技术

贺茂生, 王业义, 杨红, 崔雪涛

(路桥集团第二公路工程局 西安市 710065)

摘要: 苏通大桥主桥6、7、8号墩的特大型钢吊箱采用整体吊装施工工艺。基于施工实践,重点介绍吊箱整体吊装的关键技术。

关键词: 苏通大桥; 钢吊箱; 整体吊装; 关键技术

1 工程概况

苏通大桥主跨为1 088 m,为世界第一大斜拉桥。主桥基础规模庞大,如近塔墩的主6号墩承台平面尺寸为52 m×32.5 m,厚度由边缘的4 m变化到最厚处的10.3 m。

承台施工采用有底双壁钢吊箱作为承台施工围水结构,其体积、重量较以往桥梁也有了重大突破,其中主6号钢吊箱平面尺寸为55.1 m×35.6 m×14 m,重达1 248 t,居国内同类工程首位。加之桥位处水文条件复杂、气象条件恶劣,涨落潮可造成3 m的日潮差,使得吊箱施工难度相当大。

通过方案比选,结合长江口的资源优势,施工中成功地运用了整体加工、下水浮运及整体吊装工艺,安全快捷、优质高效地完成了钢吊箱施工。

2 整体吊装施工中存在的难点与风险

(1) 施工环境差,吊装规模大,浮吊选型、抛锚、就位、起吊难度大;

(2) 吊装过程中,受力集中,结构刚度及细部处理要求高;

(3) 受3 m的日潮差影响,吊箱定位难度大;

(4) 吊箱加工质量要求高、航道交通密集,造成吊箱整体加工运输难度十分大。

针对上述难点,通过缜密的结构分析、现场考察以及结合以往的整体吊装施工经验,选取了安全可靠的设备,采取了一系列合理的结构处理和关键技术,攻克了各项难点。

3 整体吊装的总体施工工艺

经过各种分析和比选,最后确定以下总体施工工艺:钢吊箱在有资质的造船厂加工,在胎架上分段、分块制作,并上船台拼装成整体;由滑道整体入水使用拖轮浮运至现场。利用大型浮吊进行整体吊装。

关键技术包括吊箱整体加工、下水浮运、吊装设计、现场整体吊装等环节。

4 钢吊箱整体加工

4.1 钢吊箱结构简介

以主6号墩钢吊箱为例,双壁钢吊箱从结构上分为5个功能部分:壁板系统、底板系统、内支撑系统、悬吊系统、定位系统。

主6号墩钢吊箱的结构布置型式和尺寸见图1所示。

4.2 钢吊箱加工

吊箱加工采用车间内电脑数控下料、加工平台分块组装加工,在船台上先底板后壁板分块拼装、分段合拢的施工方法。壁板竖向不分节。底板、壁板分块拼装合拢,见图2所示。

钢吊箱加工制作验收标准及实际偏差见表1。

5 钢吊箱下水浮运

吊箱在船台上拼装合拢并检查无误后,安装滑道滑移下水。4条滑道对称布置,具体布置见图3所示。

底板沿滑道方向布置通长主梁(HN500×200),

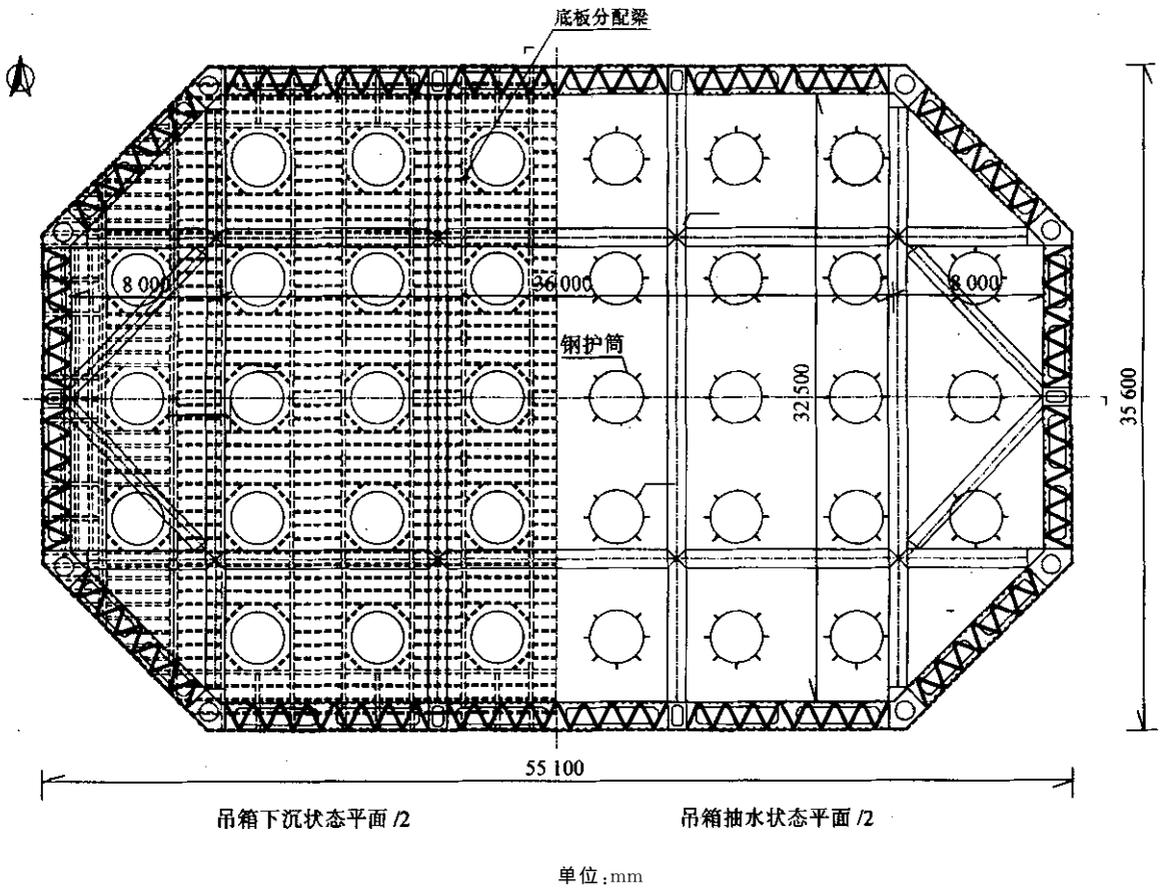


图1 主6号墩钢吊箱平面布置

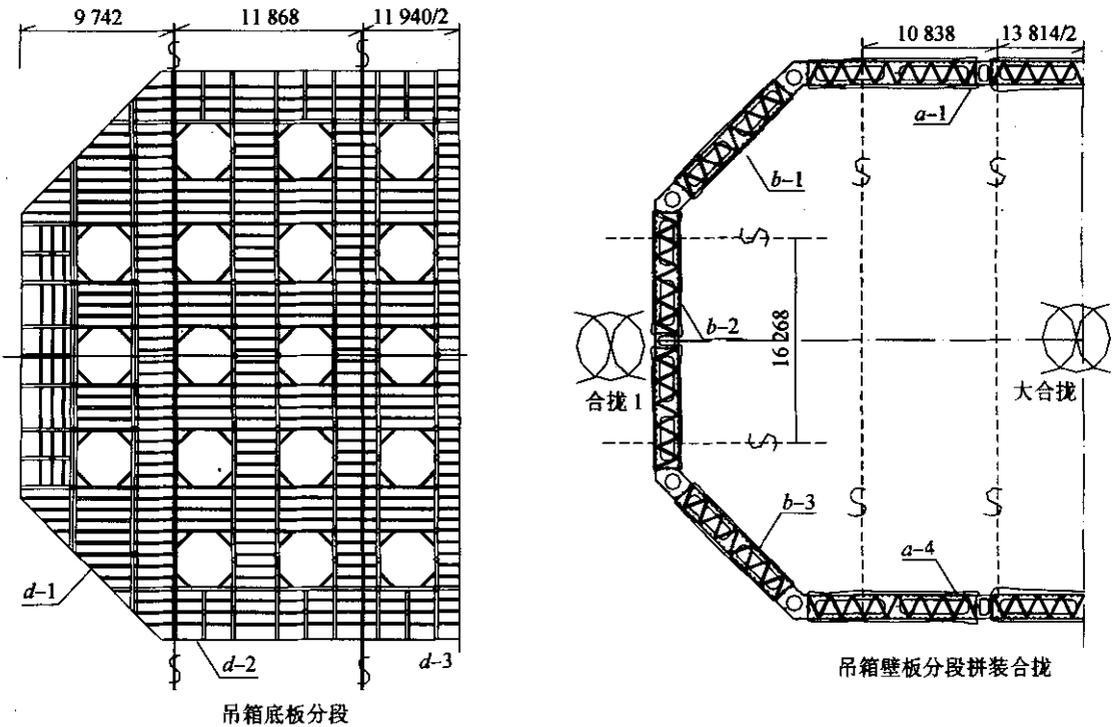


图2 主6号墩钢吊箱加工分块平面

表 1 钢吊箱制作及验收标准

项目	规定偏差/mm	实测偏差/mm	合格率
平面尺寸	0~50	28、35、13、17	100%
高度	0~50	8.5、8.6	100%
内口尺寸	0~30	20、13、22、18	100%
对角线	±100	25、43、28、31	100%

确保与滑道面接触，同时隔 1~1.5 m 加一道加劲肋保证翼缘板在集中力作用下的稳定性。

5.1 浮运安全、稳定性分析

吊箱浮运过程中，底板未开孔，吃水仅 0.5 m，需进行安全、稳定性分析。

吊箱入水后，吃水深度： $h=1.05\text{ m}$ ；

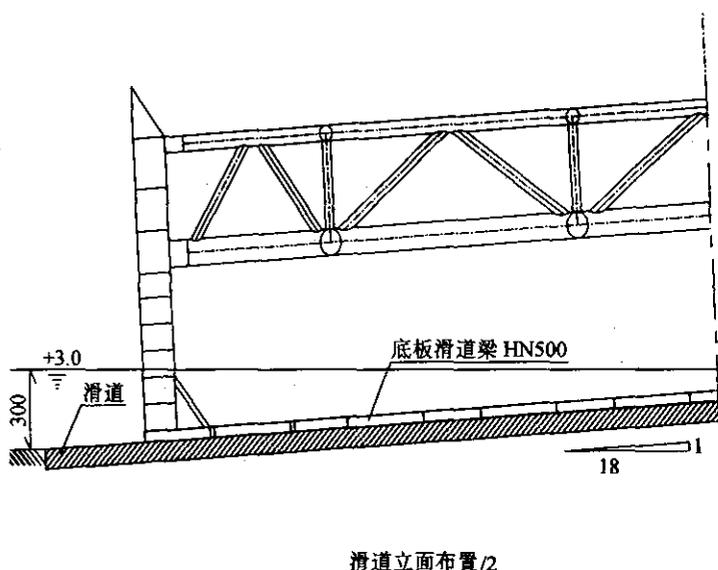
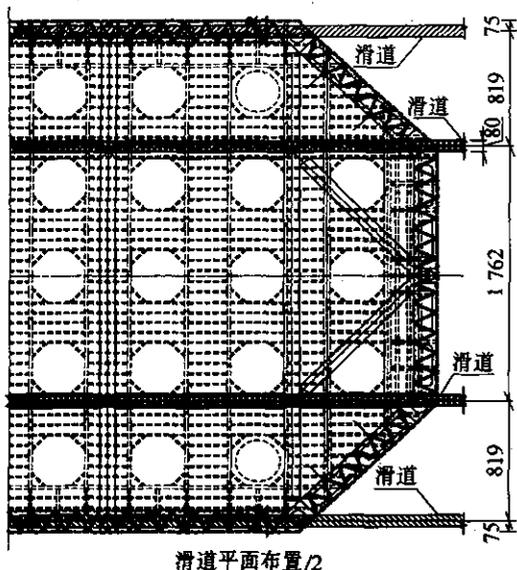


图 3 主 6 号墩钢吊箱下水滑道布置

浮心高度： $h_c=0.78\text{ m}$ ；

重心高度： $Y_g=4.78\text{ m}$ ；

定倾中心高度： $\rho=I_0/V=20.6\text{ m}$ 。

定倾中心明显高于重心，吊箱在浮运过程中是稳定的。

5.2 浮运设备的选择

浮运过程中，迎水阻力 400 kN，按逆水航速 2 m/s，所需拖轮理论功率 800 kW，实际所需最小功率 1 350 kW。采用苏盐工拖 818 号、AXO-15 号拖轮，功率分别为 600 kW 和 1 000 kW，合计功率 1 600 kW。钢吊箱浮运示意图 4 所示。

6 钢吊箱吊装设计

6.1 吊装设备的选型

吊装设备的选择应符合钢吊箱吊重的要求和现场跨距、吊高要求。

以 6 号吊箱吊装为例，其吊幅不得小于 24 m，吊高不得小于 52 m，吊重不得小于 1 250 t，经过吊装计算和实际考察，选取振浮 3 号 1 300 t 浮吊。该浮吊主要参数如下。

船体尺寸：长×宽×型深=60.0 m×28 m×6.5 m；

主钩的扒杆长度：71 m。

吊装曲线主要数据见表 2。

表 2 吊装曲线主要数据

跨距	起吊力/t	扒杆角度/(°)	主钩净高/m
26	1 300	60	57.6
30.5	940	55	55.8
36.6	820	50	52.7

扒杆角度保持在 60°时，吊重、吊高、吊距均满足要求。

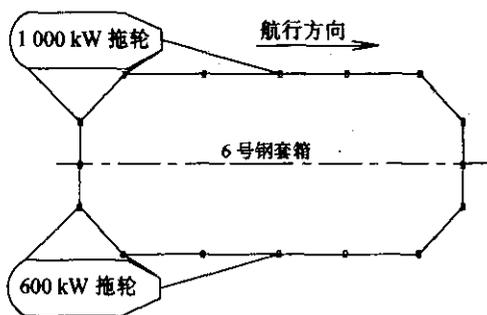


图 4 钢吊箱浮运示意

6.2 吊点的布置

浮吊确定后,根据主钩布置情况,布置吊点。6号吊箱吊装使用的1 300 t浮吊,有2个主钩,在吊箱上对称布置8个吊点,2个主钩各挂4个吊点。每个

吊点吊重在1 880~1 950 kN之间(考虑1.25的冲击系数和1.05的超载系数),选取120 mm直径钢丝绳(破断力总和785 t,安全系数达到4.3以上)、2 000 kN卸扣。吊点布置如图5所示。

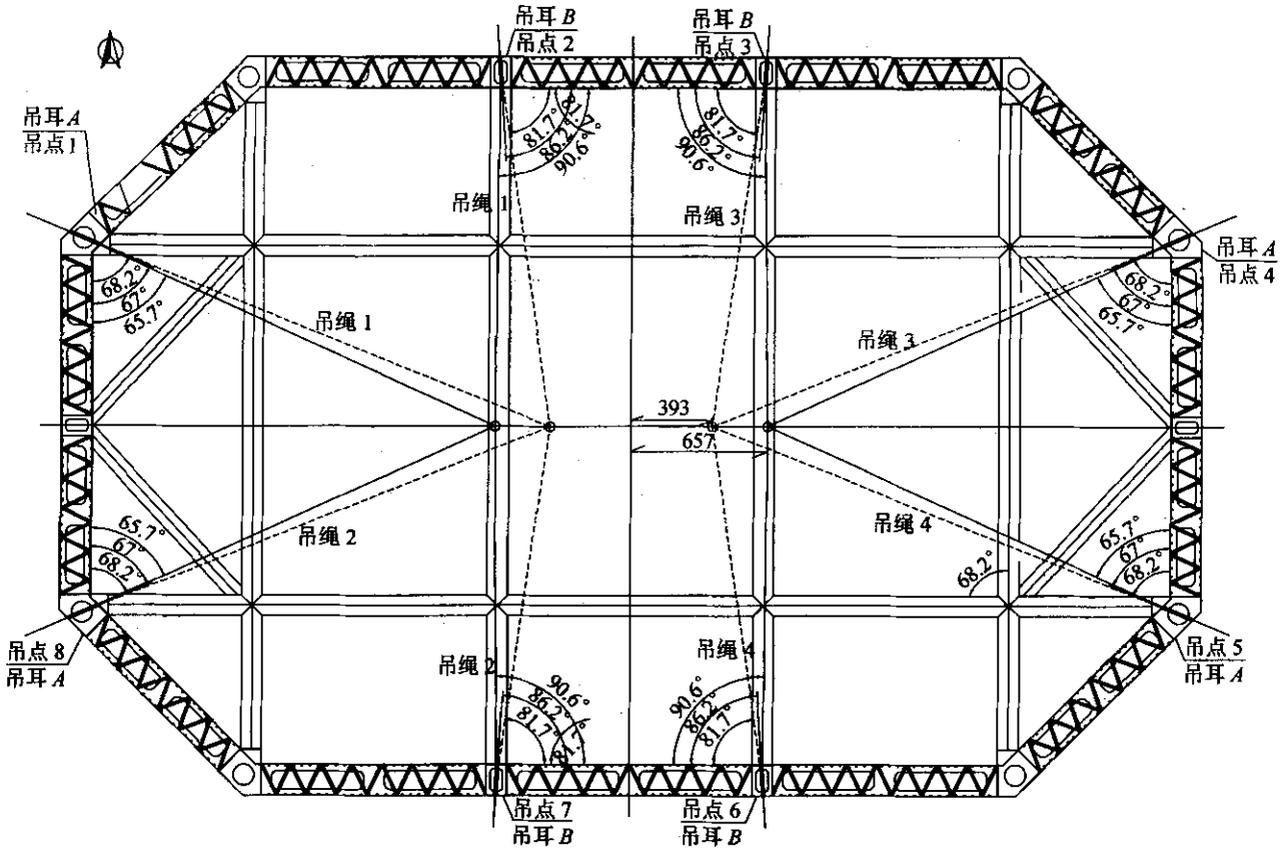


图5 6号钢吊箱吊点布置

值得特别注意的是,用于吊装的钢丝绳长度必需严格控制,误差不得超过 ± 10 mm。否则,各吊点甚至主钩受力严重不均衡,影响吊装安全。

6.3 吊点位置吊箱结构要求

6.3.1 整体刚度足够

由于吊点处水平分力的存在,吊箱在吊装过程中,同时处于整体挤压状态,加之吊箱平面尺寸较大,底板及内支撑的刚度很重要。结构设计时,将内支撑、底板(及桁架)、壁板用型钢连接成整体,形成空间整体结构,具体构造见图6所示。

6.3.2 吊耳满足竖向较大集中荷载的传递

吊点必须布置于竖向钢箱位置(即所谓的壁板龙骨),因此吊箱在总体设计时,必须兼顾吊点的布置。吊点处局部荷载较大,作为传递和分布该集中力的吊耳除自身具有足够的强度和稳定性外,还必需

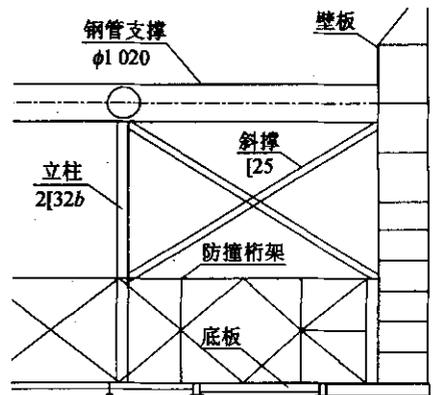
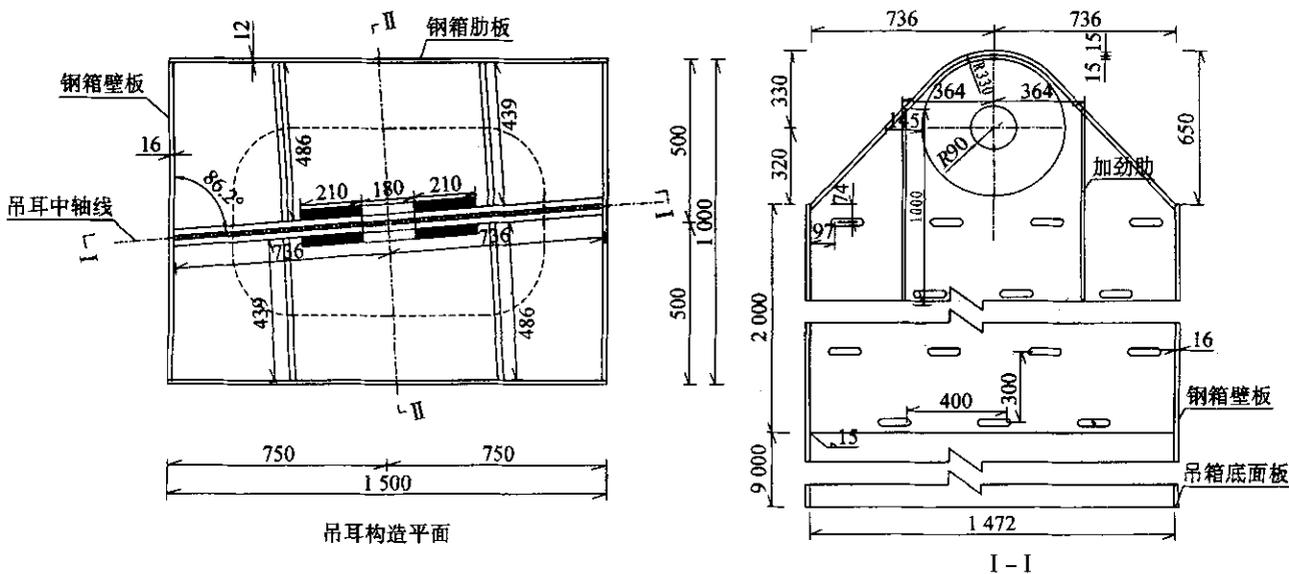


图6 各件之间的连接

加强与钢箱的连接。为满足荷载由吊箱顶部传递至吊箱底部,耳板长度通常要求伸入吊箱2~3 m左右,并穿过2层水平环板。2块耳板之间通过条形孔塞焊,形成整体,共同受力。吊耳构造如图7所示。



单位: mm

图 7 吊耳构造

6.3.3 底壁板连接

与传统吊箱下放工艺相比,整体吊装工艺由于吊点集中布置在壁板位置,要求底壁板连接强度足够,确保底板荷载安全传递到壁板上。实际施工中,6号吊箱在底板上设置了防撞桁架分别与底板壁板连接;7号、8号钢吊箱没有防撞桁架,设置了连接型钢及钢板,分别与底板、壁板骨架焊接。

7 钢吊箱整体吊装

7.1 浮吊就位的原则

浮吊抛锚就位通常有横桥向和顺桥向两种。在墩位间距允许的情况下,尽量采用顺桥向(即垂直基础的长边方向),因为这样可以在吊重、吊高一一定的条件下尽可能地减小吊幅,对于浮吊选型更具经济性。根据大型浮吊,尤其吊重在200t以上浮吊的船型尺寸,加之抛锚就位需要的空间,“顺桥吊”要求墩位之间的净距达到80m以上。

在墩位间距过小,浮吊无法驶入抛锚时,可采用“横桥吊”,浮吊顺基础长边方向,并尽可能地抛锚挂靠于下游侧。

根据以上原则,主6号钢吊箱采用顺桥吊,1300t浮吊停靠于6号承台靠江心一侧;主8号钢吊箱也采用顺桥吊,800t浮吊停靠于8号承台靠岸一侧;而7号吊箱受两侧墩位影响,采用横桥吊,使用1200t浮吊,停靠于7号平台下游侧。

浮吊抛锚前,对基础附近100m范围内采用测绳探测河床最浅深度。确保吊装过程中,有足够的水

深,使浮吊在持荷状态下,前端不搁浅。

由于受到涨落潮的影响,吊箱抛锚就位、喂吊箱临时挂靠等环节必须掌握好时间,提前了解涨落潮时间表,将具体实施计划排定到小时,否则,任何一个环节滞后,势必耽误工期,加大风险。

7.2 浮吊抛锚就位

以6号吊箱为例,介绍具体工艺。

上午落潮时段(7:00~10:00),浮吊自下游逆水抛锚于5号、6号之间水域,通过紧缆和拖轮顶带,使浮吊垂直于6号承台横轴线设计位置就位,预留出吊箱挂靠空间。南北岸方向各抛2条5t的八字缆。

浮吊抛锚就位时,尽可能使浮吊轴线与桥轴线一致,便于后续的吊装对位等环节。

7.3 喂吊箱并临时挂靠

下午落潮时段(15:00~16:00),松浮吊下游八字锚,自下游使用拖轮顶带,逆水喂入吊箱,并用钢丝绳将吊箱临时固定于上下游平台,使多桩共同受力,每处钢丝绳承受50t的水平拉力。浮吊、吊箱就位情况见图8所示。

7.4 试吊

由于钢吊箱吊装部分重量达1248t,为了确保吊装安全,钢吊箱在吊装前,均应按正常起吊程序进行试吊。按拟定顺序挂好吊索(120mm直径钢丝绳),吊索通过2000kN的卸扣与吊耳相连,吊索的索扣均采用挤压工艺制作。

吊点钢丝绳对号入座挂好后,徐徐起钩,同时仔

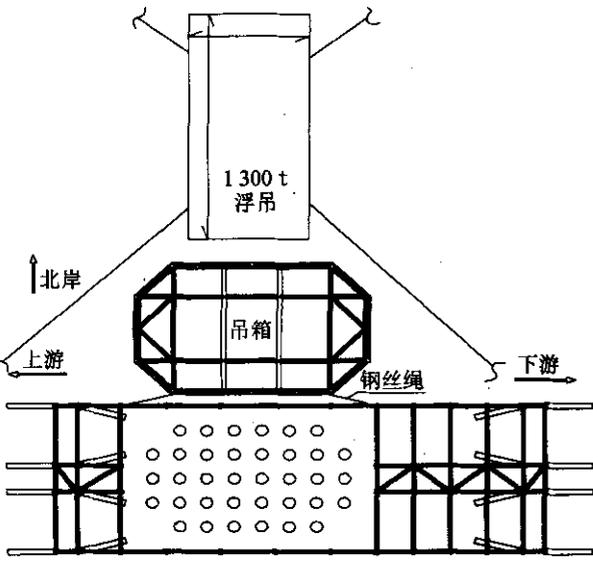


图8 浮吊、吊箱就位示意

细观察浮吊操作仪表中的荷载读数。理论上,根据结构对称性,2个主钩读数应相等。

由于4根钢丝绳在6号吊箱起钩过程中发生了偏移,长度的不一致导致在第一次起钩时,浮吊2个读数盘读数悬殊很大,浮吊偏载严重,无法正常施吊。现场勘察后,为确保安全,立即中止起吊。并落钩完全卸载后,适当调整船位,重新起钩,并严格观察2个主钩仪表盘读数增加的同步性。经过调整,吊箱脱离水面并稳定后,主钩读数在吊箱静止状态分别为614 t、620 t,基本与理论值(624 t)吻合,且无明显偏载。

由于表面张力作用,吊箱在脱离水面的瞬间,总的荷载增加30 t左右。同时由于动载冲击影响,荷载也有所增加。总体上最大读数超过理论值的4%,达到了1 290 t。由于浮吊在选型时考虑了一定富余,仍能安全起吊。

吊箱吊离水面50~100 cm高时,试吊过程中应严格观察卸扣、吊耳、臂板、内支撑等关键结构的变化情况。

试吊稳定后,以设计桩位圆心为中心,按设计桩径+25 cm为半径,画圆并开孔。

7.5 吊装就位

7.5.1 吊装前准备工作

为保证钢吊箱能顺利下放就位,在护筒下放前再次对钢护筒、钢管桩的外围周边情况进行探测,进一步确认是否还存在妨碍钢吊箱下沉就位的障碍物。钢护筒、钢管桩的外壁探测方法采用圆钢加工成内径为2.95 m的钢圈,套入钢护筒,保持水平下放

进行探测;吊箱沉放范围内的水下情况则主要由潜水员探摸。准备工作就绪后开始进行钢吊箱的吊装。

7.5.2 吊装操作步骤

(1) 吊箱起吊、护筒对位。

浮吊缓慢起钩高出护筒顶面50 cm后,紧缆前移,靠近吊箱设计位置。通过4个角点处的导向头,大致移位至设计位置正上方后,由吊箱内的指挥员根据36根护筒与底板开孔的参照位置,指挥浮吊微调就位。36根护筒完全套入吊箱底板后,浮吊缓慢落钩,每下降50 cm,及时观测护筒与底板间隙情况,调整吊箱平面位置。吊装就位情况见图9所示。

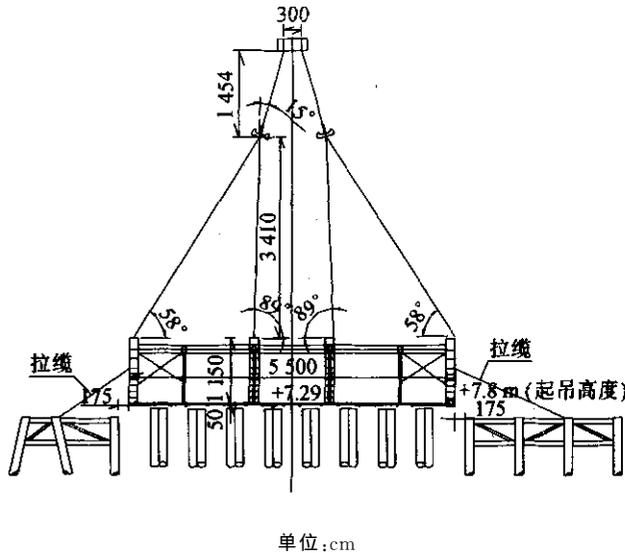


图9 主6号墩钢吊箱吊装就位示意

(2) 预安装封堵板、调节千斤顶水平定位器。

吊箱底板接近水面时,预安装封堵板,并将千斤顶推出10个内定位弧形钢,使之距离护筒25 cm,对吊箱下放起导向限位作用。

(3) 摘钩。

吊箱入水4.7 m后,浮吊刻度盘读数为0,吊箱完全自浮,浮吊摘钩。完成钢吊箱的吊装。

7.5.3 吊装时应注意的问题

(1) 通过试吊成功后,方可进行正式的吊装作业。

(2) 选择接近涨平潮时段,表面流速小于2.0 m/s,风速小于3级的晴天无雾天气开始吊箱的吊装,在落平潮时放下到位。

(3) 吊装钢丝绳长度必须计算精确,仔细安装,起钩过程中,调节起钩速度,使各根钢绳均匀受力。

(4) 吊装对位、套入桩基护筒必需由专人统一指挥。

文章编号: 0451-0712(2006)08-0090-03

中图分类号: U445.7

文献标识码: B

永安大溪大桥病害分析与加固

黄启林

(福建省三明市公路局 三明市 365000)

摘要: 介绍永安市大溪大桥的病害成因,以及大桥的加固设计与施工。结合本桥的病害成因,对双曲拱桥的加固改造设计和实施中的类似问题提出参考意见。

关键词: 双曲拱桥; 病害; 检测; 加固

永安市大溪大桥为 20 世纪 70 年代初修建的 9 孔双曲拱桥。原设计为 22.10 m + 25.60 m + 7 × 22.10 m 不等跨连续拱桥,设计荷载:汽车—13 级,拖车—60;桥面净宽:净—7 + 2 × 1.25 m 人行道,净矢跨比 1/6,净跨为 19.5 m、22.7 m 及 20 m,采用空腹式拱上建筑,腹拱为净跨 1.6 m 和 2.0 m 2 种,腹拱矢跨比为 1/4。由于交通量的增加,该桥在运营期间产生了较大的病害,荷载等级和桥面宽度均不能满足现有交通运输的要求,制约了当地经济的发展。

收稿日期: 2006-02-20

8 结语

主 6~主 8 号墩钢吊箱施工,克服了吊箱规模庞大、水文条件复杂,流速、潮差大,洪水期施工等困难,安全顺利吊装就位,均提前计划工期 1 个月以上。施工优质高效,吊箱定位精度高(最大偏差 23 mm、标高偏差 15 mm)。施工中采用的吊箱整体加工、下水浮运、整体吊装工艺值得同类工程借鉴和参考。

1 旧桥病害状况

旧桥为矩形拱肋,经检查拱肋质量较好,未发现裂缝;旧桥采用填平式拱板,拱波采用初期的平口相接;拱波间砂浆不满,中部拱波顶有纵向裂缝,但拱波和拱板混凝土质量较好,未发现超过容许宽度的受力裂缝。作为横向联系的横系梁(未设横隔板)比较薄弱,个别横系梁还有混凝土剥落、钢筋锈蚀现象。腹孔拱圈和腹拱墩均出现少量纵向裂缝。桥面行车道出现较严重的网状裂缝、破碎、坑洞;栏杆不同程

参考文献:

- [1] 杨文渊. 起重吊装常用数据手册[M]. 北京:人民交通出版社.
- [2] JTJ025-86,公路桥涵钢结构及木结构设计规范[S].
- [3] 赵熙元,柴旭,武人岱. 钢结构设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社.

Key Techniques of Integral Hoisting of Super Steel Cofferdam Used in Sutong Bridge

HE Mao-sheng, WANG Ye-yi, YANG Hong, CUI Xue-tao

(RBG Second Highway Engineering Bureau, Xi'an 710065, China)

Abstract: The techniques of integral hoisting of the super steel cofferdam is adopted in No. 6, No. 7 and No. 8 main piers of the Sutong Bridge. On the basis of the construction practices, the key techniques of the integral hoisting of cofferdams are introduced mainly.

Key words: Sutong Bridge; steel cofferdam; integral hoisting; key techniques.