

# 杨泗港长江大桥2#主塔沉井浮运、定位施工技术

申世靖

中铁大桥局集团第一工程有限公司

**摘要:** 杨泗港长江大桥为主跨1700m的单跨双层悬索桥,主塔墩采用沉井基础,底部为高28m钢沉井,采用23m工厂制造、浮运至墩位,剩余5m现场接高的总体方案。通过采用沉井助浮措施和下河底托板一体化设计、新型密封材料+内侧焊缝的组合结构以及模拟分析设置临时锚碇等工艺,成功保证了底节钢沉井浮运定位施工顺利完成。

**关键词:** 双层悬索桥;沉井;浮运;定位;锚碇系统

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.069

## 一、工程概况

杨泗港长江大桥跨径布置为465m+1700m+465m,主桥段采用单跨双层钢桁梁结构。该桥为目前已建成跨度最大的双层公路悬索桥。2#主塔沉井基础为圆角矩形结构,标准段井身平面尺寸为77.2m×40.0m,设18个井孔,尺寸10.6m×10.6m,井壁2.3m,隔墙1.8m。沉井高50m,分两部分,下部为28m钢沉井,上部为22m钢筋混凝土沉井,设计重量约4850t。沉井穿透圆砾土、粉质黏土、粉砂、中砂与圆砾土的夹层,基底持力层为硬塑黏土层,沉井底埋入持力层深度10.82m~1.79m。

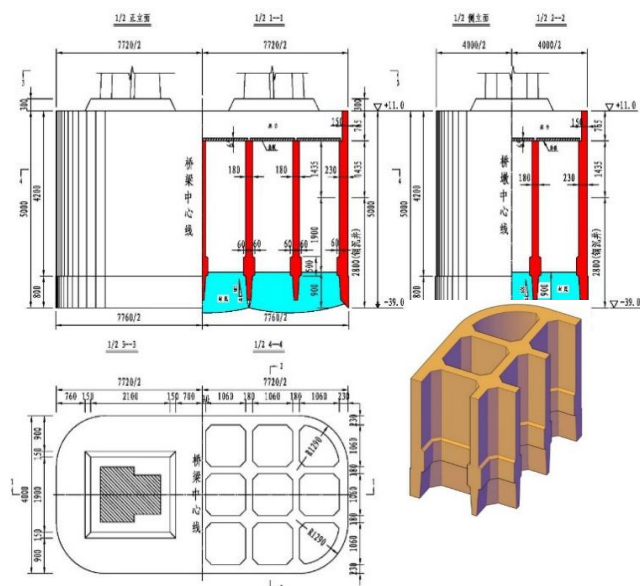


图1 2#主塔沉井结构布置图

## 二、总体施工方案概述

钢沉井采用23m+5m分节制造,拼装,沉井下河的高度为23m,顶节5m钢沉井在桥位处水上接高。23m钢沉井在工厂拼装完成后在工厂码头处采用气囊法下河。下河前用底托板(与助浮措施一体化设计)封闭沉井长度方向两侧共12个井孔,为沉井下河以及浮运至桥墩处提供浮力<sup>[1-2]</sup>。沉井定位采用前后定位船,霍尔锚、钢丝绳前后拉缆的定位方式<sup>[3-4]</sup>。

## 三、沉井浮运

### (一) 沉井浮运高度确定

沉井浮运高度是决定沉井浮运和定位难易程度的重要指标之一。其高度选择影响因素主要有加工车间吊机的起吊高度、下河入口处的周围环境限制、吃水深度、空舷高度、浮运线路上有净空限制的桥梁或构筑物、托运设备能够提供的有效马力、接高条件等。

杨泗港大桥2#塔沉井在制造前对浮运高度选择提出了以下三种方案。

#### 方案一:

整体浮运方案:28m高钢沉井于加工厂整体加工制造、下河、浮运。结合施工情况,钢沉井浮运在3月份进行(水位按+13m考虑)。考虑200t施工荷载,钢沉井总重4965t,经调查加工厂龙门吊吊高27m,故顶节接高时拟采用350t履带吊机吊装;自重下吃水深度约6.7m,浮运需采取助浮措施。底托板封闭隔仓投影面积约为2024m<sup>2</sup>,考虑托板及助浮措施重量共约700t,自重6592.25t,则吃水深度约为3.3m。

结合施工情况,钢沉井浮运在3月份进行(水位按+13m考虑),浮运前,根据施工水位情况采取桥位处河床清理措施,以确保沉井底节能顺利浮运到位。河床标高需清理至标高+8.0m以下。此外,因沉井平台安装需要,武昌侧水域亦需要清淤,底托板拆除考虑沉井周围清淤至+3m。

#### 方案二:

分为18m+10m两段,厂内加工18m节段后下河、浮运至桥位处利用浮吊现场拼装。考虑200t施工荷载,18m节段自重3425t,吃水深度约5m,仍需采用助浮措施,助浮措施设计按吃水深度2m考虑。18m高沉井加工方法同方案一,10m高沉井单元块加工完成后船运至现场利用两台200t浮吊拼装。与方案一相同,均采用助浮措施。按工期计划,下河在春节前进行,1月份历年平均水位约+12.5m,桥位处水域河床标高需清理至标高+7.5m以下。

#### 方案三:

分为23m+5m两节,厂内加工23m节段后下河、浮运至桥位处利用浮吊现场拼装。考虑200t施工荷载,23m节段自重4207t,吃水深度约5.8m,仍需采用助浮措施,助浮措施设计按吃水深度3m考虑。23m高沉井加工方法同方案一,5m高沉井单元块加工完成后船运至现场利用两台200t浮吊拼装,采取助浮措施。按工期计划,下河在春节后进行,3月份历年平均水位约+13m,桥位处水域河床标高需清理至标高+7.5m以下。

三种方案从技术方面均可行;工期方面,方案一由于整体在厂内加工,可以充分利用春节前时间进行沉井加工制造,压缩总时间,工期最为可控,其与方案三在工期上可以满足安全度汛的需要;技术风险方面方案一下河高度最大,增加了施工难度。成本方面方案二最大,方案一和方案三接近。

综合以上各方面考虑,采用方案三进行沉井下河、浮运施工。

**(二) 沉井浮运助浮措施**

**1. 底托板助浮结构设计**

由于沉井下河及浮运区域水深限制,为保证沉井顺利下河浮运至桥址处,须采用底托板来作为沉井底隔舱支架与气囊间的衬垫。底托板在设计时考虑助浮:临时封闭长度方向两侧井孔,为沉井下河以及浮运至桥墩处提供浮力。同时作为钢沉井下河的滑道,以两道纵向底隔舱作为沉井下河的受力挑梁。

该助浮结构包括限位牛腿、止水系统、吊挂牛腿、纵向封闭、底托板、纵梁、横梁、精轧螺纹钢、钢丝绳。纵梁、横梁与底托板构成底托架整体结构,限位牛腿保证沉井处于底托板设计位置,吊挂牛腿、纵向封闭与精轧螺纹钢使沉井与底托架连接,止水系统用来保证底托架与沉井密封性。

**2. 沉井止水密封结构**

以沉井隔舱为例,为保证助浮措施的密封性,除加强钢结构质量控制外,另采取以下措施:

- ①内侧采用焊缝将底托板与纵向封闭连接。
- ②底部抄垫10mm橡胶条。
- ③外侧底托板与纵向封闭间使用止水材料密封。

助浮措施中的止水材料有一定的遇水膨胀性,黏度、强度较高。如果大量使用,对密封性固然是好的,但在底托板拆除时可能会对其脱离带来较大困难。故本项目对止水材料进行了抗拉抗剪试验,已确定其用量。

**四、沉井定位**

**(一) 沉井定位系统选择**

沉井的定位方法较多,但大体可分为三类:定位船定位法、锚墩定位法和导向墩定位法。

第一类:定位船及锚碇系统定位法。在上下游各设一套定位船锚缆系统,通过转换锚缆系统调控沉井,前期准备工作相对较少,成本较低,但缺少平台盛放吸泥设备,需要重新搭设基础平台。

第二类:锚墩定位法。该方法的主要优势是将锚墩建造和钢沉井建造同步完成,便于工期的管理,将卷缆装置布置在同一锚墩上,调控作业相对简单,位置比较精确,且同一锚墩也可以用作临时性或永久性的防撞墩,但该方案投资设备材料较多,成本投资也很大,而且由于沉井的持续沉降,锚缆系统也必须不断的捣缆、调节。

第三类:导向墩定位法。该方法优势在于可以同时进行钢沉井制造的导向墩施工,便于掌控工期,方便定位的位置调整,且有较好的施工平台。但风险是导向墩支撑桩会加剧河床冲刷,且沉井下河对河床的扰动,容易发生安全事故。同时导向墩管桩的精度也会影响沉井下河施工,且需要大量资源的投入,不易于拆除。

结合杨泗港长江大桥2#塔工程实际:一是钢沉井顶节5m须在墩位处接高;二是墩位处水位变化不敏感(无潮汐等现象)、枯水期流速较小(1.5~2m/s);三是墩位处亦无防撞墩设计;四是先前鹦鹉洲大桥2#塔围堰定位已有成功经验可循。

最终决定采用定位船及锚碇系统定位法。

**(二) 沉井底托板拆除**

过完前拉缆之后解除拖轮组,再进行底托架拆除工

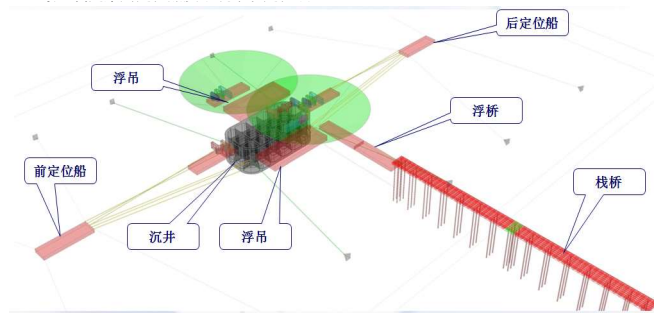


图2 定位系统三维导视图

作。作业人员利用安全爬梯下至底托板,割除沉井与底托架之间的劲板,解除精轧螺纹钢与吊挂钢丝绳,

打开底托板上的水阀和井壁上的联通管进行注水。底托板在自重下拉开密封胶并脱离沉井后,关闭连通管,当沉井注水未能使底托架脱离时可采用放置压重块的方式使底托架脱离,按照顺序放置压重块(20t)。

**(三) 沉井定位**

底托架拆除完成之后解除沉井与前定位船之间的临时拉缆,在前拉缆的控制下缓慢的调整位置溜放到2#墩墩位处,由于沉井在吸泥下沉过程中有前冲后淤的现象,因此在沉井定位时向下游侧预偏40cm,沉井的精定位主要是在沉井着床后采取局部吸泥的方式进行调平的。

沉井精定位伴随着床施工进行,着床主要依靠井壁灌水下沉。通过自动测斜仪和光学仪器随时收集分析沉井偏差,当偏斜发生时,利用钢沉井不同分区灌水的方法纠偏,控制最大高差在30cm以内。

沉井注水下沉接近河床时停止注水,通过调整前后定位及边锚拉缆受力调节沉井偏位,待复核沉井姿态满足要求后继续注水使沉井底标高达达到±0m,测量组再次复核沉井偏位,再次调节沉井前后定位及边锚拉缆受力使沉井偏位符合要求。

**五、结语**

结合杨泗港长江大桥实际情况,通过对大型沉井浮运、定位方案的研究优化,采取了助浮措施和下河底托板一体化设计、新型密封材料+内侧焊缝的组合结构以及设置临时锚碇等工艺措施,实现了杨泗港长江大桥大型沉井顺利下河浮运定位,在保证项目工期的同时也节约了施工成本,该项施工技术也为后续类似大型围堰或沉井基础的施工提供参考借鉴。

**参考文献**

[1] 张志勇,陈晓平.大型沉井基础下沉阻力的现场监测及结果分析[J].岩石力学与工程学报,2001,020(A01):1000-1005.  
 [2] 叶建良.泰州长江大桥中塔钢沉井的浮运、定位与着床[J].公路,2008(12):6.  
 [3] 杨新魁,王林.泰州长江公路大桥中塔大型沉井定位施工技术[J].施工技术,2009(1):3.  
 [4] 王凯,贾雷刚,赵公明.马鞍山长江公路大桥超大沉井施工技术[J].公路交通科技:应用技术版,2015(4):4.  
 [5] 王哲,庄迎春,许四法.近海风机吸力沉箱国内外研究现状与进展[J].中国水运:下半月,2012(8):4.

作者简介:申世靖,1986年生,湖北武汉人,本科学历,工程师,主要从事桥梁工程建设工作。