

# 苏通大桥深水双壁钢围堰设计与施工

时天利,任回兴,贺茂生

(路桥集团第二公路工程局,陕西 西安 710065)

**摘 要:**以苏通大桥近塔墩主6号承台钢围堰工程实践为基础,介绍该桥深水双壁钢围堰设计、施工的关键技术。

**关键词:**钢围堰;基础设计;基础施工

**中图分类号:** U443.162

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-7767(2007)03-0028-04

## 1 工程概况

苏通大桥为主跨1 088 m双塔双索面七跨连续钢箱梁斜拉桥,主桥位于河槽内,施工水深15 m左右,为典型的大型深水基础。采用合理的围堰结构,满足承台施工围水要求,实现下部结构顺利“出水”,是该桥建设的关键技术之一。

主6号墩为近塔墩,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。施工中采用了钢吊箱兼作承台施工围水结构和永久结构防撞体系,长55.1 m,宽35.6 m,高13.7 m,重达1 248 t,采用整体吊装工艺,其吊装重量及规模在国内同类工程中居第一。

## 2 围堰施工条件及难点

### 2.1 围堰施工条件

(1) 设计水位、水深:取20年一遇高水位4.3 m,水深15 m左右。

(2) 地质条件:表层5 m为淤泥,下覆亚粘土、细砂层、砂砾层。

(3) 设计流速:按20年一遇标准取 $v=\pm 2.89$  m/s。

(4) 设计波浪高:取实测最大波浪高1.87 m。

(5) 设计风压:取30年一遇离地10 m高、10 min最大平均风速35.7 m/s。

(6) 设计潮位:取多年实测最大日潮差3.05 m。

### 2.2 围堰施工难点与特点

(1) 承台规模大,工期紧,质量要求高,设计施工难度大。

(2) 水深流急,尤其抽水后10 m左右的水头差对围堰刚度要求大,具有相当的风险。

(3) 长江口强潮河段浪大、风强、潮高,水位变

化快,定位难度大。

(4) 封底混凝土方量多达4 026 m<sup>3</sup>,水上连续浇筑难度大、风险大。

## 3 钢吊箱设计及结构特点

### 3.1 钢吊箱结构尺寸拟定

主要考虑的环节包括水文地质条件、抽水后水头差等。

平面尺寸:考虑到钢吊箱的定位精度控制在50 mm以内是能够实现的,钢吊箱的内轮廓即采用承台外轮廓。同时加工只允许正偏差。

标高:结合计划安排,吊箱在7~10月抽水施工承台,顶标高取+4.0 m;底标高取承台底标高减封底厚度及底板厚度。

钢吊箱的总体构造见图1。

### 3.2 钢吊箱构造特点

#### 3.2.1 钢吊箱兼作主体结构的永久防撞体系

经过优化,钢吊箱与封底混凝土结合作为桥梁结构的防撞体系。为此在底板顶面设置防撞桁架。防撞桁架与底板及壁板刚性连接,起到连接封底混凝土与壁板共同受力的作用。

#### 3.2.2 整体吊装工艺对结构的要求

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结构的布局 and 吊点的布置。

吊点处局部荷载较大,最大力达到1 950 kN,作为传递和分布该集中力的吊耳除自身应具有足够的强度和稳定性外,还必须加强与钢吊箱的连接。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3 m左右,并穿过两层水平桁架。2块耳板之间通过条形孔塞焊,形成整体,共同

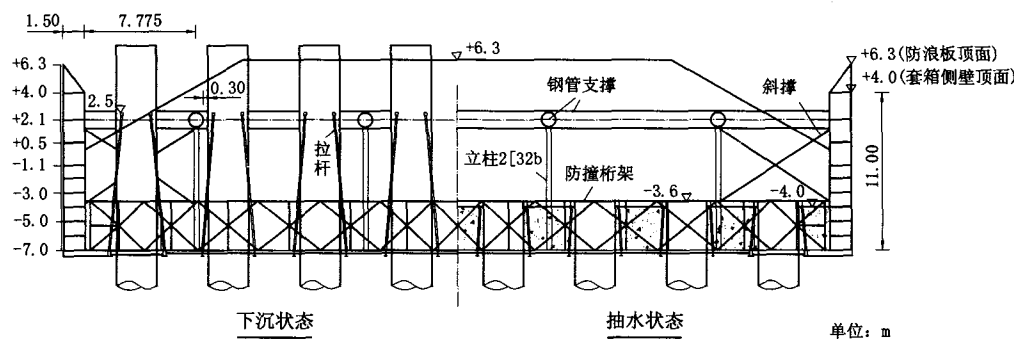


图 1 吊箱总体构造示意

受力。

3.2.3 钢吊箱下水、浮运构造要求

钢吊箱下水、浮运过程中,底板承受较大荷载,底板太弱易产生拱底、甚至底板严重变形破坏等现象。具体构造要求如下:

(1) 吊箱需通过船台滑道下水,下滑入水过程中,整个吊箱荷载集中作用在与滑道接触的吊箱结构上,相应的在吊箱底板设计时必须在滑道位置通长布置 1 道主梁。

(2) 底板在下水浮运过程中,应为密封状态,面板部分不开孔,同时进行加劲处理。

4 钢吊箱结构计算分析

4.1 工况分析

根据施工的基本过程,钢吊箱的主要控制工况有 3 个阶段。

(1) 吊箱起吊安装阶段。该阶段主要确定吊具形式、吊杆长度、吊点局部受力等。

(2) 封底混凝土施工阶段。该阶段主要确定如下参数:封底吊点的结构与数量、底板的受力、吊点系统受力。

(3) 抽水后承台施工阶段。该阶段主要确定如下参数:壁板的结构与受力、内支撑的结构与受力。

4.2 设计荷载取值

结构的主要荷载如下。

(1) 结构自重(G1):1 248 t。

(2) 封底混凝土自重(G2):9 662 t。

(3) 首层承台自重(G3):7 512 t。

(4) 水浮力(F1): $\rho g V_{排}$ 。

(5) 风荷载(F2):根据设计风速计算得 1 006 Pa,水面以上均布。

(6) 静水压力(F3): $\gamma h$ (水面以下呈三角形分布)。

(7) 流水压力(F4):根据设计流速计算得 4.2

kPa,水面以下均布。

(8) 波浪力(F5):最大值 19.8 kPa,发生在 +4.30 m(波浪中心),并向箱顶及河床底呈倒三角分布。

4.3 各设计工况荷载组合及结构计算内容

荷载组合及结构设计内容见表 1。

表 1 荷载组合

工况类别	荷载组合	结构复核内容
入水浮运	G1+F1	底板刚度及强度
吊装	G1+F2	整体刚度及强度、吊点局部应力
封底混凝土浇筑	G2+G1+F1~F5	底板刚度及强度
抽水完成	G2+G1+F1~F5	壁板、内支撑刚度及强度、体系抗浮稳定
首层承台混凝土浇筑	G1~G3+F1~F5	壁板、内支撑刚度及强度、体系抗滑稳定
内支撑切除阶段	G1~G3+F1~F5	壁板刚度及强度

4.4 结构应力计算及强度复核

由于钢吊箱为空间受力结构,尤其在吊装过程中,吊索与竖直面呈一定夹角,吊箱受力较为复杂。采用 SAP2000 有限元程序对吊箱整体建模计算。

根据不同的工况,对结构加载,计算出内力及变形,按照《公路桥涵设计通用规范》<sup>[1]</sup>、《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》<sup>[2]</sup>和《钢结构设计手册》<sup>[3]</sup>相关规定进行结构计算复核。经过计算,吊箱各部位最大应力、变形和对应的荷载工况见表 2。

从表2可以看出,结构强度及稳定性满足受力

表 2 计算结果

结构部位	最大应力 MPa	允许应力 MPa	最大变形 mm	对应工况
底板体系	126	145	19	封底混凝土浇筑阶段
壁板体系	141.2	145	26	抽水阶段
悬吊体系	94	145	9	封底混凝土浇筑阶段
局部承压	68	210		吊装阶段
吊耳	28			吊装阶段
耳环承压				吊装阶段
内支撑	133	145	19	抽水阶段

及规范要求,吊装局部受力安全储备也达到 3.0 以上,结构是可靠和安全的。

#### 4.5 吊箱抗浮、抗滑稳定性计算

抽水完成阶段及首层承台混凝土浇筑阶段必须分别计算吊箱抗(上)浮和抗(下)滑稳定性。封底混凝土与钢护筒的握裹力按 125 kPa 计算。

经计算分析:两种工况下的稳定系数均在 1.1 以上。

### 5 钢吊箱施工关键工艺

#### 5.1 整体吊装

##### 5.1.1 吊点布置

根据吊装计算,结合现场跨距和吊高要求,选取振浮 3 号 1 300 t 浮吊进行吊装。浮吊 2 个主钩各挂 4 个吊点,共在吊箱顶面钢箱龙骨位置对称布置 8 个吊点。

##### 5.1.2 试吊、底板开孔

由于钢吊箱吊装重量达 1 200 t 以上,为了确保吊装安全,钢吊箱在吊装前进行试吊。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及浮吊 2 个主钩荷重刻度盘读数情况,确保各吊点受力均匀。

试吊稳定后,在底板上的理论桩位处按设计桩径+25 cm 为半径开孔。

##### 5.1.3 吊装就位

开孔完成后,浮吊缓慢起钩使吊箱底面高出护筒顶面 50 cm,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。具体工艺见图 2。

#### 5.2 钢吊箱定位

施工江段日潮差达到 3 m,定位难度较大。施工中采取竖向限位型钢反压措施进行竖向锁定,采用千斤顶可调系统进行水平定位。具体构造见图 3。

经过 3 个涨落潮时段的努力,完成了吊箱的定位,平面最大偏差仅 23 mm,小于允许值[100 mm]。

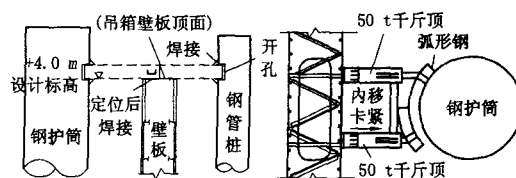


图3 钢吊箱竖向、水平定位示意

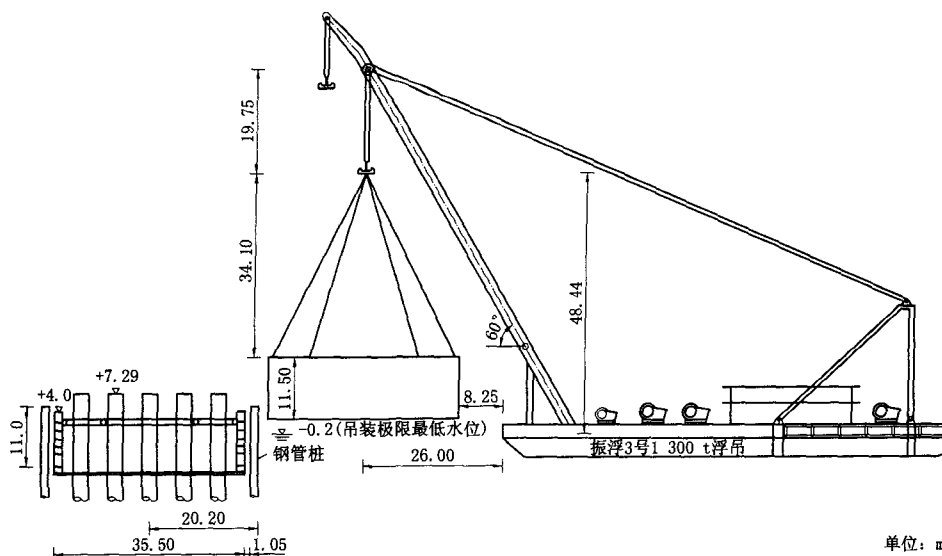
#### 5.3 钢吊箱封底

##### 5.3.1 底板封堵

对于为适应吊装要求而开孔造成的护筒与底板间约 25 cm 的空隙,应利用封堵板及麻袋装干混凝土封堵严实。封堵板在吊箱套入护筒后接近水面时预摆放在护筒周围,吊箱下放到位后,安排潜水工水下拉拢封堵板贴紧护筒,拧紧连接螺栓,再用袋装干混凝土封堵剩余的空隙。

##### 5.3.2 封底混凝土浇筑

封底混凝土共计 4 026 m<sup>3</sup>,考虑到恶劣的天气



单位: m

图2 钢吊箱吊装工艺示意

影响可能导致混凝土中断,导致封底失败,为降低风险,将封底混凝土分为3个仓,每仓1 300 m<sup>3</sup>左右。3个仓相对独立一次性连续浇筑完成,并尽可能做到对称浇筑。

## 6 结 语

苏通大桥主桥深水承台均采用了双壁钢吊箱作围水结构,并兼作结构防撞体系。在吊箱结构和工艺设计中充分考虑了各种最不利工况,采取了相应的措施,吊箱均顺利吊装、精确定位,成功封底,较计划工期提前1个半月以上转入水上施工。吊箱定位

精度(最大平面偏差仅25 mm),封底质量均达到国内先进水平。施工过程中6号吊箱还经历了风浪潮三碰头的恶劣天气,吊箱结构经历了充分考验并安全渡汛。实践证明,该桥的吊箱设计合理、工艺结构得当,值得同行借鉴。

## 参 考 文 献:

- [1] JTJ 021-89,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] JTJ 025-86,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,1998.

# Design and Construction of Deep Water Double-Wall Steel Cofferdams of Sutong Bridge

SHI Tian-li, REN Hui-xing, HE Mao-sheng

(The 2nd Highway Engineering Bureau, China Road and Bridge Group, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Based on the construction practice of steel cofferdam for pier base of main pier No. 6 close to the pylon of Sutong Bridge, the key techniques for design and construction of the deep water double-wall steel cofferdams of the Bridge are described.

**Key words:** steel cofferdam; foundation design; foundation construction

## 欢迎订阅 2008 年度《桥梁建设》

《桥梁建设》是桥梁科技综合性期刊、中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中文核心期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊(光盘版)入编期刊、中国科技期刊网入网期刊、万方数据(ChinaInfo)一数字化期刊群入网期刊、CEPS 中文电子期刊服务全文收录期刊、湖北省科技期刊五十佳工程重点创建期刊、《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊、ICONDA 数据库收录期刊。

《桥梁建设》(刊号 ISSN 1003-4722/CN 42-1191/U、邮发代号 38-54)双月刊(双月 28 日出版),大 16 开本(80 页),每册定价 8.00 元·全年 48.00 元。

全国各地邮局订阅,编辑部亦可办理邮购。

《桥梁建设》持有广告经营许可证,代办设计,收费合理,时效持久,欢迎洽谈。

编辑部地址:武汉市建设大道 103 号

邮编:430034

电话:(027)83519506(编辑部),83550081(广告部)

传真:(027)83360005

E-mail: qlkxyjs@public.wh.hb.cn

qljs@ztlmbec.com

《桥梁建设》编辑部

2007 年 9 月