

浮式钢壳沉井作水闸闸墩基础的工程实践

季永兴¹ 李国林¹ 周 琴¹ 郑永明²

(1.上海市水务工程设计研究院,上海 200063;2.中国水电顾问集团华东勘测设计研究院,浙江 杭州 310014)

摘要 在简要介绍苏州河水闸边墩沉井结构和施工方案的基础上,介绍浮式钢壳沉井的钢壳结构与浮运设计、受力井的结构与下沉设计、钢围堰的结构设计,提出浮式钢壳沉井设计需分别考虑浮运期、下沉过程、就位后及运行期不同工况条件,并考虑施工可能发生的不同工况,提出了相应的解决措施。

关键词 浮式沉井 钢壳沉井 钢围堰 闸墩 苏州河河口水闸

中图分类号 TV662⁺.2 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2007)S1-0020-05

沉井结构具有刚性好、施工简便等优点,在建筑、水利、水运、交通、市政、港口等行业的基础工程中得到广泛的应用。尤其是为了满足结构物的要求,适应地基的特点,在土木工程结构的实践中沉井基础是较好类型的深基础,如重型沉井、深水浮运钢筋混凝土沉井和钢沉井,在国内外已有广泛的应用和发展。苏州河河口水闸根据特定的施工条件^[1],将沉井结构分为两部分:一是采用钢壳混凝土沉井作为闸墩基础结构的承台,下面再设桩基础;二是沉井上部为浇筑闸墩、底板支座安装和沉井下沉而设置的钢围堰。钢壳沉井为预制中空钢壳沉箱,钢壳沉箱在船坞制造完毕后,经黄浦江浮运至闸址现场,由临时施打的施工定位钢管桩将沉井正确就位,并向钢壳沉井空腔内灌水。低潮位时,沉井搁置在已被水下找平的砂岛上,然后在钢壳沉箱空腔内充填混凝土。整个沉井施工是典型的浮式沉井施工方案。本文根据苏州河特定的条件,简要介绍苏州河水闸闸墩基础沉井的设计过程。

18 m×13 m×4 m(长×宽×高),钢围堰高 13.0 m。中墩沉井由隔墙分隔成 4 个仓,边墙壁厚 1.0 m,隔墙壁厚 1.0 m。沉井到位后,刃脚标高为 -12.25 m,砂岛标高为 -1.5 m。边墩沉井结构见图 1。

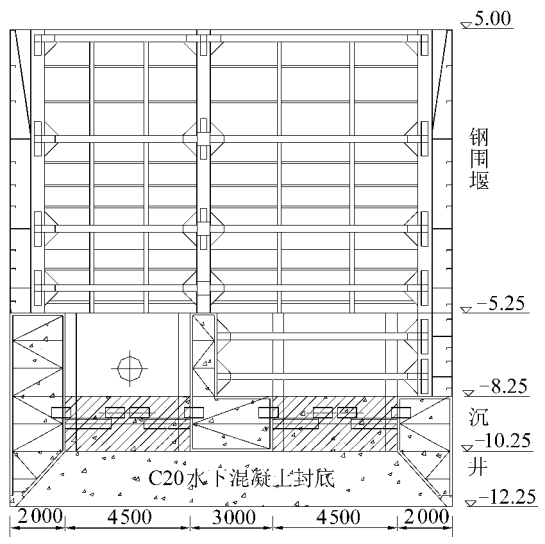


图 1 边墩沉井结构横剖面图

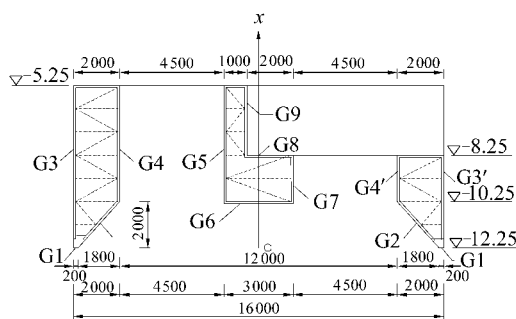
1 沉井结构概述

苏州河河口水闸共有南北边闸墩和中闸墩各 1 个,每个闸墩均为沉井加桩基承台结构,且闸墩沉井均由受力井和钢围堰组成。边墩沉井受力井高 7.0 m,尺寸为 30 m×16 m×7 m(长×宽×高),钢围堰高 10.0 m。边墩沉井由隔墙分隔成 8 个仓,边壁厚 2.0 m,垂直水流向隔壁厚 1.0 m,顺水流向中隔壁壁厚 3.0 m。中墩沉井受力井高 4.0 m,尺寸为

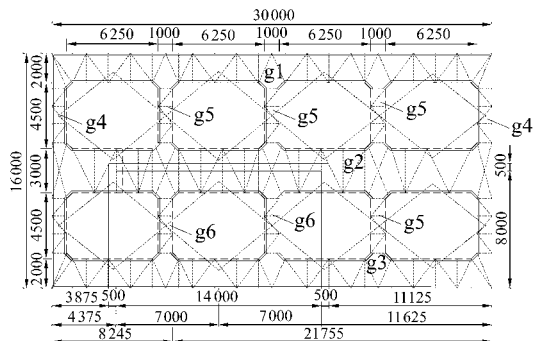
2 沉井钢壳设计

2.1 钢壳及桁架体系设计
2.1.1 设计工况

沉井钢壳布置如图 2 所示。按照施工顺序,钢壳厚度及钢桁架尺寸均以浮运情况、施工期为控制,施工完建及运行情况见井壁强度计算。钢壳计算工况如下:工况 1,吃水深度为 3 m,钢壳内加水时的浮运状态;工况 2,浮运到位灌水下沉至 -2.0 m,壳内



(a) 钢壳



(b) 钢桁架

图 2 钢壳及桁架结构示意图

灌水至与外水位齐平,此时壳壁在内、外水位作用下无侧向水压力,无需计算;浇筑水下混凝土 C20,未凝聚时对壳壁有侧压力,考虑混凝土在井壁内的作用。荷载分布如图 3 所示。

2.1.2 钢壳设计

2.1.2.1 钢壳厚度

作用在板上的水压力强度是上面小、下面大,计算时近似取板区格中心处的水压强度作为该板区格的均布荷载。由于四边固定板在均布荷载作用下,在长边中点处的局部弯应力最大,根据理论分析其值为

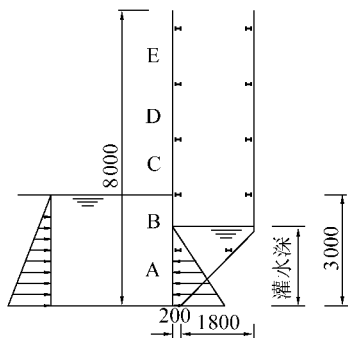
$$\sigma_{\max} = kp \frac{a^2}{t^2} \quad (1)$$

式中: k 为四边固定矩形弹性薄板在支承长边中点的弯应力系数,与板计算区格的短边长度 a 及长边长度 b 有关; p 为板计算区格中心的水压强度, $p = rhg = 9.8 h(\text{kN})$, h 为区格中心的水头。

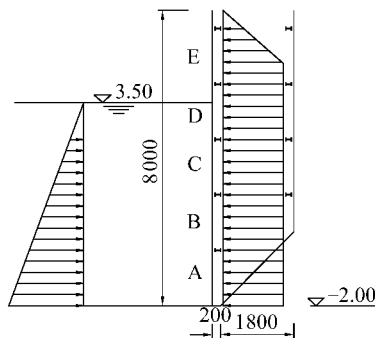
根据强度条件 $\sigma_{\max} \leq 0.9 [\alpha]$ 得钢壳厚度:

$$t \geq a \sqrt{\frac{kp}{0.9 [\alpha]}} \quad (2)$$

式中 0.9 为板参加主梁工作需要保留的强度储备系数; s 为弹塑性调整系数,当 $\frac{b}{a} \leq 3$ 时 $s = 1.65$,当 $\frac{b}{a} > 3$ 时 $s = 1.55$ [α]为钢材的抗弯容许应力,以 MPa 计。



(a) 工况 1



(b) 工况 2

图 3 钢壳荷载分布

根据以上公式,对钢壳不同纵、横向的桁架间距,其中包括横向间距 1500 mm、1000 mm、750 mm,分别对应纵向间距 2500 mm、1500 mm、1000 mm 成 9 种组合情况进行计算,使各区格所需的板厚大致相等,这样既节约材料,又便于订货与制造。经比较后选定钢壳厚度 10 mm、纵向桁架间距 1500 mm、横向桁架间距 1000 mm。根据选定的尺寸对各区格长边中点的应力值分别按以下公式进行验证,验证结果满足规范要求。

$$\sigma_{my} = \frac{kpa^2}{\delta^2}$$

$$\sigma_{mx} = \mu \sigma_y$$

式中: σ_{my} 为垂直于主(次)梁轴线方向、板区格的支承长边中点的局部弯曲应力; σ_{mx} 为板区格沿主(次)梁轴线方向的局部弯曲应力; $\mu = 0.3$ 。

2.1.2.2 水平横梁、竖向梁设计

水平横梁和竖向梁同时支撑着面板,面板上的水压力按梁格夹角的平分线来划分各梁所负担水压力作用的范围。根据选定的水平横梁间距 1000 mm、纵向梁间距 1500 mm,水平横梁的跨度大于竖向梁的跨度,水平横梁所负担水压力作用面积为六边形,其中跨中的荷载集度 $q = p \frac{a_{\text{上}} + a_{\text{下}}}{2}$ (p 为六边形面积中心处的水压强度)。水平横梁按五跨连续梁计算, $M_{\text{中}} = \alpha_{\text{中}} ql^2$, $M_{\text{支}} = \alpha_{\text{支}} ql^2$ 。

竖向梁除承受由水平横梁传来的集中荷载外,还承受由面板直接传来的分布压力,因此作用到竖向梁上的荷载 q 为壳板所受压力以斜 45° 线分布传递在竖向梁上的三角形荷载,以三角形顶点处的荷载集度 p 计算荷载 q ,按水平横梁间的简支梁计算, $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$ 。

根据最大弯矩求出水平横梁、竖向梁所需要的截面抵抗矩为 $W \geq M_{\max} [\alpha]$,再根据 W 和满足刚度要求的最小梁高从型钢表中选取,水平横梁、竖向梁都为 14 号槽钢对开。

2.1.2.3 桁架的整体稳定验算

因水平横梁及竖向梁均与壳板连接,即刚性板与梁的受压翼缘连接,并能阻止梁截面的扭转。因此无需验算梁的整体稳定。

2.1.2.4 水平横梁、竖向梁刚度(挠度)验算

采用公式挠度 $f = \frac{5q_{\max}l^4}{384EI}$ 验算选用 14 号槽钢均能满足强度和刚度要求。

2.2 钢壳浮运稳定计算

为保证沉井在下水漂浮、拖运和沉放过程中不倾覆,要求其具备一定的浮游稳定性。因本沉井内侧为搁置底板,局部高程有所降低,故沉井的重心不在沉井宽度的中心线上。水平向偏心,为了保持沉井浮运时平衡,在浮运中加一定质量的梁。需要求得加载质量并计算此时的浮游稳定性。

钢壳沉井无加重块时的浮运吃水深度 $t = 2.526 \text{ m}$,加重块($G_{\text{载}} = 464.45 \text{ kN}$)后浮运吃水深度 $t = 2.851 \text{ m}$,沉井浮心高度 $X_f = 1.425 \text{ m}$ 。

浮体的稳定性可用定倾中心高度表示。浮体在外力矩的作用下发生倾斜,在倾斜过程中浮体的浮心位置发生变化。沉井倾斜一般属于小倾角(小于 15°)。在小倾角的情况下浮心的运行轨迹接近于圆弧,此圆弧的中心称为定倾中心,圆弧的半径称为定倾半径,用 p 表示,定倾中心距浮体重心的距离称为定倾中心高度,用 m 表示,计算公式如下:

$$p = \frac{I - \sum i}{V}$$

$$m = p - A'$$

式中: I 为沉井在水面处的断面对纵轴的惯性矩, $I = \frac{LB_0^3}{12}$; $\sum i$ 为加载对其纵轴的惯性矩之和; V 为沉井的排水量; A' 为重心到浮心的距离。

计算得 $m = 22.744 \text{ m} > 0$,即表示定倾中心在重心之上,沉井在外力矩作用下发生倾斜时存在一个由沉井重力和浮力构成的扶正沉井的力偶,此时沉井浮游稳定,即钢壳沉井浮运时处于稳定平衡状态。

为使浮运方便、安全,可在空壳沉井中加水增加沉井的吃水深度,考虑吃水深度达自刃脚向上 3 m ,则需增加的水压力为 $G_{\text{水}} = 213.787 \text{ kN}$ 。

所灌的水在钢壳内的高度 $h = 0.930 \text{ m}$ 。

3 沉井结构设计

3.1 沉井隔舱设计

3.1.1 沉井井壁计算

工况 1:内河水位 2.5 m ,外河水位 6.42 m ,地下水水位 3 m 。

工况 2:内河水位 3.5 m ,外河水位 0.62 m ,地下水水位 3 m 。

3.1.1.1 水平方向的验算

井壁荷载分布如图 4 所示。

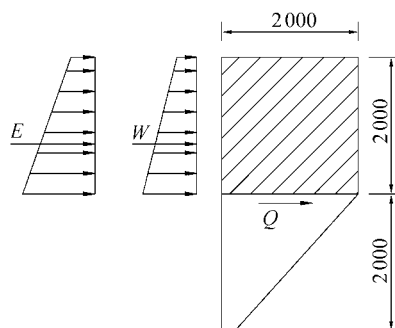


图 4 井壁荷载分布示意图

整个沉井井壁的水平受力分以下两段分别计算:

a. 位于任意刃脚根部以上的,其高度等于井壁厚的一段强度验算。该段井壁是刃脚悬臂梁的固着端,故除承受作用于该段上的水、土压力外,还承受由刃脚根部的水平剪力 Q (即悬臂作用部分之荷载)。

$$P = E + W + Q \quad (3)$$

式中: E 为土压力; W 为水压力; Q 为由刃脚传来的剪力,其值等于当求算刃脚向内挠曲应力时,分配于悬臂梁上的水平力。

然后根据 P 及水平框架内力计算公式 $M = \frac{PL_1^2}{16}$, $N = \frac{PL_2}{2}$, $Q = \frac{PL_1}{2}$ 求得井壁的最大 M , N , Q (式中 L_1 , L_2 为沉井外壁支承在隔墙间的最大和最小计算跨度)。根据最大弯矩算得所需最大钢筋 $A_g = 64.04 \text{ cm}^2$,而钢壳面积为 80 cm^2 ,钢壳面积大于 A_g ,因此无需配筋。

b. 其他控制截面井壁的强度验算。井壁截面沿高度方向分单位高度段进行计算,作用在各框架的均布荷载 $P = E + W$ 。不同高程截面在两种工况下算得所需最大钢筋 $A_g = 28.18 \text{ cm}^2$,而钢壳面积为

80 cm² ,钢壳面积大于 A_g ,因此无需配筋。

3.1.1.2 垂直方向的强度验算

考虑刃脚下土已挖空 ,而四周作用有摩阻力 ,可能把沉井箍住 ,井壁承受垂直拉应力。

井壁摩阻力近似按三角形分布 即在刃脚底面处为零 ,在地表面处最大。此时 ,井壁中产生最大拉力的截面位于沉井入土深度的 1/2 处 ,其值等于验算时沉井自重的 1/4 ,即 $P_{max} = G/4$ 。算得所需最大竖向钢筋 A_g 小于钢壳面积 ,因此竖向无需配筋。

3.1.2 井壁竖向挠曲验算

a. 排水下沉。将沉井看作四点支承的梁 ,验算因竖向挠曲引起的混凝土弯拉应力是否满足要求。矩形沉井支点间距可取 $l_1 = 0.7K$ (图 5 工况 1)

b. 不排水下沉。将沉井看作为梁 ,在下列两种最不利支承情况下分别验算钢壳的抗拉强度 :①支承于短边的两端点 ,验算由于沉井自重而在跨中底部的拉应力(图 5 工况 2) ;②支承于长边的中点 ,验算由于沉井自重而在计算支承点附近最小竖截面(通常为井壁与隔墙交接处)顶部拉应力(图 5 工况 3)。

根据以上 3 种工况 ,算得拉应力小于允许值 ,所需最大钢筋 A_g 小于钢壳面积 ,因此沉井高度合适且纵向无需配筋。

3.1.3 刃脚挠曲的计算

沉井刃脚根据不同井壁厚度其受力如图 6 所示。将刃脚分别作为悬臂梁和水平闭合框架进行其竖直方向及水平方向的应力计算。

3.1.3.1 刃脚作为悬臂梁的计算

将刃脚作为悬臂梁计算时 ,认为刃脚根部嵌固于井壁 ,刃脚高度作为悬臂长度 ,并根据以下两种最不利情况分别计算。

a. 刃脚向外挠曲的内力计算(即配置刃脚内侧竖向钢筋)。最不利情况是沉井下沉过程中 ,刃脚内

侧入土深度约 1.0 m ,且沉井上部露出地面或水面一定高度 ,此时刃脚斜面上土的抗力最大。刃脚高度范围内的外力有刃脚外侧的主动土压力及水压力、沉井自重、土对刃脚外侧的摩阻力及刃脚下土的抵抗力 ,各力分布见图 5。

土的垂直反力计算公式为

$$R = G = V_1 + V_2 = \frac{G_k + G_h + G_{混凝土} - F_{浮}}{2 \times (30 + 14)}$$

作用于刃脚上的水平外力的分配 :由于刃脚部分实际上同时还起着水平框架作用 ,所以在计算刃脚悬臂作用时计算水平力还应乘以分配系数 α :

$$\alpha = \frac{0.1L^4}{h^4 + 0.05L^4} \tag{4}$$

式中 : L 为支承于隔墙间的井壁最大计算跨度。若 $\alpha > 1$ 时 ,取 $\alpha = 1$ 。

因为钢壳面积大于计算所需钢筋 A_g ,因此刃脚内侧无需配置竖向钢筋。

b. 刃脚向内挠曲的内力计算(即配置刃脚外侧竖向钢筋)。计算刃脚向内挠曲时 ,最不利情况为沉井下沉至设计标高 ,刃脚下土已挖空 ,由于计算所得弯矩很小 ,钢壳面积大于所需配筋 A_g ,因此刃脚外侧无需配置竖向钢筋。

3.1.3.2 刃脚作为水平框架的计算

计算刃脚水平钢筋时 ,最不利的情况为沉井下沉至设计标高 ,刃脚下土已挖空 ,这时刃脚受到最大水平剪力。由于计算所得弯矩很小 ,钢壳面积大于所需配筋 A_g ,因此刃脚无需配置钢筋。

3.2 封底及底板设计

沉井沉至设计标高 - 12.25 m ,采用水下封底 ,其厚度在最不利荷载条件下 ,封底的混凝土拉应力不超过允许值。设计最高水位为 4.50 m ,校核水位

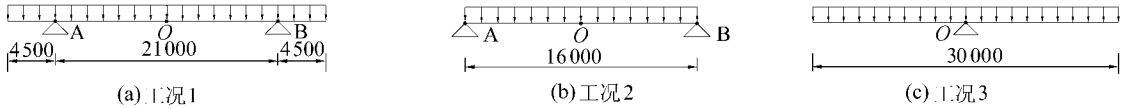


图 5 计算简图

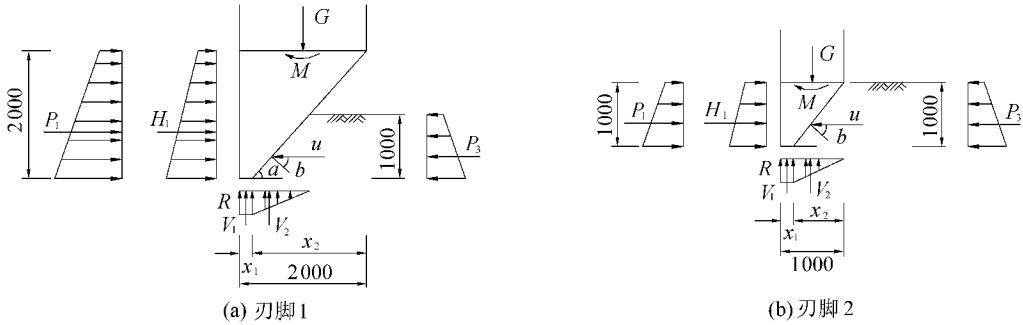


图 6 刃脚荷载分布

为 5.0 m。

内力计算按四边铰支的矩形板计算。

a. 封底厚度计算。沉井的素混凝土厚度计算公式为

$$h_l = \frac{5.72 M^{1/2}}{b f_t} + h_u \quad (5)$$

式中： h_l 为封底素混凝土厚度，mm，最小厚度为 900 mm； M 为每米宽度内最大弯矩的设计值，N·mm； b 为计算宽度，mm，取 1 000 mm； f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值，MPa； h_u 为附加厚度，mm，取 300 mm。

计算结果为 $h_l = 1\,355.4$ mm，实际封底厚度取 $h_l = 2\,000$ mm，满足抗剪要求，即封底混凝土承受基底反力产生的沿周边高度截面上的剪应力应小于封底混凝土的抗剪强度， $\tau = \frac{Q}{bh} < [\sigma_j]$

b. 底板设计。底板计算考虑两种工况：工况 1：施工期水位 4.50 m；工况 2：运行期外河水位 6.26 m，内河水位 2.50 m。底板内力按四边铰支的矩形板计算，考虑水的扬压力和桩基作用力。底板厚度取 2.0 m，底板内主筋与分布筋端部预先在钢壳内设置，沉井封底抽水后钢筋焊接，干施工浇筑底板混凝土。

c. 钢管桩与底板接口局部强度验算。

$$\text{抗拉力} \quad R = \frac{P}{\pi R^2} < [R_a]$$

$$\text{抗剪力} \quad \tau = \frac{P}{2\pi R h} < [\sigma_j]$$

验算结果为桩顶局部底板处抗压、抗剪均满足设计要求。

3.3 沉井钢围堰设计

3.3.1 水位确定

苏州河河口水文统计资料显示，年最高潮位平均值为 4.5 m，10 年一遇高潮位为 5.0 m 左右。根据 DL/T 5087—1999《水利水电工程围堰设计导则》规定，一般过水围堰设计标准取 3～20 年重现期。原吴淞路闸桥施工时，设计围堰顶标高取 4.5 m，施工时多次过水。所以，本次综合各方面的因素，围堰顶标高取 5.0 m，设计水位取 4.50 m，校核水位取 5.0 m。

3.3.2 结构布置方案

钢围堰分钢壳沉井上部围堰及底槽围堰两部分。钢壳沉井上部围堰根据下部沉井隔仓设置，主要由围堰板、围堰支撑及隔仓系统组成。上部围堰总高为 10.25 m，门槽处围堰高 3.0 m。围堰支撑及隔仓系统沿沉井隔墙，立柱位于每个沉井隔墙交点位置，根据水压力分布及受力平衡，在不同高程设置横向支撑。隔仓系统主要为确保沉井对称分仓充水下沉和抗浮、纠偏而设置。门槽位置围堰为独立结

构，支撑系统着力于中隔墩混凝土墙。所有隔仓系统均位于上部围堰混凝土墙身内。围堰板根据分仓情况，每一仓为一独立单元，依靠“工”字形钢支撑于立柱，在竖向不同高程位置设置主梁和次梁系统，4 个沉井角部设置角围堰。整个钢围堰为拼装结构，沉井就位并浇筑钢壳内混凝土后，在沉井上部拼装围堰，具体程序是：立柱→横向支撑→隔仓板→围堰板→角围堰。结构布置见图 1。

3.3.3 结构设计与计算

围堰的传力方向是：面板→次梁→主梁→竖向“工”字形钢→立柱→横向支撑，利用四周受水压力，最终形成受力平衡系统。在围堰设计中主要的是确定主梁高程位置，具体根据式(6)确定：

$$y_k = \frac{2H}{2\sqrt{n}} [k^{1.5} - (k-1)^{1.5}] \quad (6)$$

式中： y_k 为第 k 根主梁至水面的距离； H 为水面至围堰底高； n 为主梁数目。次梁在两根主梁间距内平均分布。

面板强度验算按式(7)进行：

$$t \geq a \sqrt{\frac{kp}{\alpha [\sigma]}} \quad (7)$$

式中： t 为面板厚度； k 为板支撑长边中点的弯应力系数； p 为面板计算区域中心的水压力强度， $p = \rho g h$ ， h 为区域中心的水头； a 为面板的短边长度； α 为弹性调整系数（当面板的长边与短边之比小于或等于 3 时 α 取 1.5，当面板的长边与短边之比大于 3 时 α 取 1.4）； $[\sigma]$ 为钢材抗弯容许应力。根据计算，面板全部采用 8 mm 厚度。

围堰的其他构件强度和焊接计算按钢结构的要求进行。

隔仓高度和隔仓强度计算，根据抗浮计算结果确定。考虑对称施工要求，并将沉井与土的摩阻力、沉井封底混凝土对沉井的影响作为安全余度，根据沉井受的浮托力、重力及需充灌的水压力计算隔仓内水的高度，安全系数取 1.05。经计算，两仓对称分仓施工，其余灌水，水面高度为 +1.0 m。据此计算隔仓板的强度和厚度。

4 沉井下沉与控制

为使沉井顺利下沉，沉井自重必须大于井壁与土体间的摩阻力。一般要求满足下列条件：

$$G \geq 1.25T \quad (8)$$

式中： G 为沉井自重（对不排水下沉时应扣除水的浮力）； T 为土对井壁的总摩阻力，沉井下沉深度范围内有不同土层时，分别计算各层摩阻力，然后再总和。

（下转第 96 页）

苏州河河口段含沙量检测数据如下:平均涨潮含沙量为 0.205 kg/m^3 ,平均落潮含沙量为 0.17 kg/m^3 ,悬沙粒径 D_{50} 在 $0.006\sim 0.0195\text{ mm}$ 范围,床沙粒径 D_{50} 在 $0.0232\sim 0.032\text{ mm}$ 范围。黄河段含沙量检测检测结果为 D_{50} 在 $0.0220\sim 0.0317\text{ mm}$ 范围。

以上含沙量检测数据表明,苏州河悬沙粒径远小于黄河,床沙粒径与黄河相近,而苏州河的含沙量远小于黄河,因此,可以认为“华一”材料的抗泥沙性能是能够适应苏州河泥沙特征条件的。

4 结 语

苏州河河口水闸的闸门形式为国内首创的单跨100 m底轴驱动式翻板闸门,该工程在设计上采用了

(上接第24页)经计算,钢壳空腔内灌满混凝土后,不计上部围堰重,以沉井自重即可下沉。为限制沉井突沉,在沉井内设置搁置梁,在沉井距准确标高2.0 m时停止沉井下沉施工,施打钢管桩,再放置搁置梁,然后继续下沉钢壳沉井,直至就位。根据监测,实际沉井下沉满足结构和功能要求^[3]。

5 结 语

以浮式钢壳沉井解决不断航、不断流、受力大的基础结构问题不失为一种较好的方案。浮式钢壳沉井设计需要进行钢壳结构设计、受力井设计和围堰设计等几部分,沉井结构尺寸的拟定除考虑结构布置与总体受力稳定情况外,还需要考虑施工期的水文条件、浮运稳定和受力问题,计算分析需考虑钢壳浮运的结构受力与浮运稳定、施工期的受力和永久受力,以及施工期的抗浮稳定等多种工况。计算分

(上接第92页)压强升高,这时为达到系统工作真空度所需的抽气时间,称为系统的工作抽气时间。工作抽气时间影响监测系统的整体工作效率,在本项目中,真空机组采用2台抽速为 4 L/s 直连式旋片真空泵,当监测系统每10天监测1次、真空系统升压速率为 10 Pa/h 时,系统工作抽气时间小于5 min。

6 系统运行

真空激光准直系统的安装与闸门的现场安装同步进行,并在闸门整体调试前投入运行。监测系统实现了设备控制和数据采集的自动化,可自动监测系统真空度,根据要求启动或关闭真空机组,可进行全自动巡测、多点选测、单点连续监测、定时监测,综合监测误差小于 0.2 mm ,单点监测时间小于20 s,全部测点巡测时间小于3 min,真空系统泄露升压速率

很多新技术、新的安装方式及新材料。该项目的顺利建成和投入运行,不仅实现了工程建设的功能要求,同时也为我国此类新型闸门的设计、施工积累了经验,为工作在水下的大型球面轴承支承结构积累了使用方法和经验,由于该球面轴承的直径突破了我国的使用记录,标志着我国在抗泥沙磨损、防腐、免维修材料研制上达到了一个新的高度。

参考文献:

[1] 陈文伟,汪云祥,季永兴,等.苏州河河口水闸工程综述[J].水利水电科技进展,2007,27(S1):1-4.
[2] 区英鸿.塑料手册[M].北京:兵器工业出版社,1991.
(收稿日期 2007-01-15 编辑 高建群)

析时,在未进行空间结构分析的条件下可以根据规范进行简化计算,计算结果基本满足功能要求,但计算需仔细分析不同受力工况和简化模型。

浮式钢壳沉井的施工是工程成功与否的关键环节,钢壳焊接需进行水密性试验才能下水浮运,就位的沙岛厚度需满足上部沉井受力要求,沙岛高程需满足高水位沉井就位的要求,沉井下沉需对称挖土以免偏位,还要考虑防止沉井突沉的限位措施及沉井偏位的纠偏措施。

参考文献:

[1] 季永兴,卢永金,陈文伟,等.苏州河河口水闸工程设计特色[J].上海水务,2006(2):3-5.
[2] 江祖铭,王崇礼.墩台与基础[M].北京:人民交通出版社,2000.
[3] 季永兴,卢永金,张永宝,等.苏州河水闸边墩沉井沉放影响分析与对策[J].城市道桥与防洪,2005(2):87-90.
(收稿日期 2007-01-15 编辑 高建群)

小于 100 Pa/h ,系统工作抽气时间小于5 min。在闸门的调试及试运行中,监测系统对闸门各种开度下闸门轴的变形进行了监测,及时、准确地掌握了闸门轴的运行状态及变形规律。

7 结 语

苏州河河口水闸是目前国内最大的底轴驱动翻板闸门,为保证其安全运行、掌握闸门运行状态,建立了闸门轴变形监测系统,并将真空激光准直技术首次应用于金属结构的变形监测。系统实现了完全的自动化控制监测,各项功能及技术指标达到设计要求。系统对各种工况下闸门轴的变形进行了监测,取得了大量监测数据,为水闸的安全运行管理、验证结构设计提供了宝贵的基础资料。

(收稿日期 2007-01-15 编辑 熊水斌)