

# 超大异型沉箱施工技术

梁萌<sup>1</sup>, 康松涛<sup>2</sup>, 梁贵文<sup>2</sup>

(1. 长沙理工大学, 湖南 长沙 410076; 2. 中交第一航务工程局有限公司, 天津 300461)

**摘要:** 大连香炉礁新建造船坞泵房, 采用先预制沉箱、水上安装后进行内部施工的工艺, 施工实际效果表明, 应用 Iventor 软件建模辅助计算沉箱吃水、浮游稳定, 效果显著; 施工中结合工程的实际情况采用了条件不同的 3 个预制场依次预制超大异型沉箱、钢封门后安装改为与混凝土现浇同步进行、双钩安装超大异型沉箱等施工工艺, 确保了目前国内规模最大的预制沉箱结构安全、优质、高效地施工完成, 为以后超大异型沉箱的施工提供了成熟的施工技术。

**关键词:** 泵房 超大异型沉箱 施工技术

**中图分类号:** U673.33

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-3688(2008)06-0040-03

## Technology for Construction of Huge and Specially Profiled Caissons

LIANG Meng, KANG Song-tao, LIANG Gui-wen

(1. Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China;

2. CCCC First Harbour Eng. Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** The pumping room for the new dock at Xianglujiao in Dalian was built with the technology that caissons were first prefabricated and installed in water and then the interior of the pumping room was built. The engineering practice showed that, with the model being built with the Iventor software for computing the draft and the buoyancy stability of the caissons, the results were significant. During the construction of the caissons, the technology that the huge and specially profiled caissons had to be fabricated at three precasting yards with different working conditions and to be sealed up with steel plates before being installed in place was replaced with the technology that cast-in-situ concrete was placed simultaneously and the caissons were installed with two hoisting hooks, thus ensuring the safe and highly efficient completion, with high quality, of the construction of the hugest prefabricated caissons so far built domestically and providing a mature technology for future construction of huge and specially profiled caissons.

**Keywords:** pumping room; huge and specially profiled caisson; construction technology

### 1 工程概况

香炉礁新建造船坞位于原大连港香炉礁港务公司港区内, 新建造船坞尺寸为 370 m × 86 m × 14.6 m, 坞底、坞顶标高分别为 -9.4 m 和 +5.2 m。

泵房在船坞结构中作为排水枢纽, 具有举足轻重的地位。在本工程中, 泵房采用先预制沉箱水上安装后进行内部施工的工艺。泵房沉箱为非对称结构, 预制部分外形尺寸为长 32.9 m × 宽 23.8 m × 高 18.4 m, 安装底标高为 -15.9 m, 顶标高为 +2.5 m。

### 2 工程特点及难点

(1) 沉箱尺寸大、重量重、吃水深, 现场不具备一次预制完成的场地及水深等施工条件。

经计算, 泵房沉箱预制部分吃水达到 16.3 m, 船厂已建

30 万吨级船坞底标高为 -7.5 m, 具备的最大水深为 11.0 m (按 +3.5 m 潮水计), 船坞口门附近水深较浅, 只有 -5.0 ~ -7.0 m, 同时附近海域水深亦较浅, 原地面水深只有 -4.0 ~ -8.0 m。无法满足泵房沉箱在船坞内整体预制、出运的条件。

(2) 外围舱格及内部结构复杂、分层多、预埋件多。

泵房沉箱分内部结构和外围舱格结构。泵房的内部结构分为 3 层: 底层导流层 (0.0 ~ 5.5 m), 底板厚 1.4 m, 设置 3 道隔墙, 隔出四条流道与前池相连。中间为水泵层 (5.5 ~ 12.9 m), 板厚 1.0 m, 安装管径为 1.8 m 的 3 个主水泵及 2 个小的雨水泵、海水泵, 同时施工出水管基础 9 个, 施工支撑上部电机层的混凝土立柱 6 根。上部为电机层 (12.9 ~ 18.4 m), 板厚 0.6 m。

除了混凝土结构外, 需安装 439 根升浆帷幕管, 4 层 344.5 t 的临时钢围令、钢支撑, 各种预埋件上百个, 结构复杂, 施工工序穿插影响很多。

收稿日期: 2008-08-05

作者简介: 梁萌 (1965—), 男, 江西赣州人, 副总工程师, 高级工程师, 港口与航道工程专业。

(3) 泵房沉箱结构复杂,浮游稳定计算困难。

泵房沉箱为非对称结构,起浮后偏心,需通过压水来调平,同时沉箱结构大,压水调平的速度较慢;而沉箱的拖运航道是临时开挖的航道,周围水深都不足,沉箱拖运要求浮游稳定计算准确,常规方法进行浮游稳定计算比较困难。

(4) 泵房沉箱控制安装精度困难。

泵房沉箱为超大、超重的异型沉箱结构,压水调平时沉箱反复起浮对基床产生不均匀沉降;同时本工程基床为非夯实基床,抛填的骨料为80~150 mm粒径的升浆骨料,沉箱安装精度控制比较困难。

### 3 针对特点及难点采取的措施

(1) 解决沉箱吃水深问题的措施。

结合现有的施工条件,泵房沉箱预制分3个场地进行,泵房沉箱施工场地布置见图1所示。

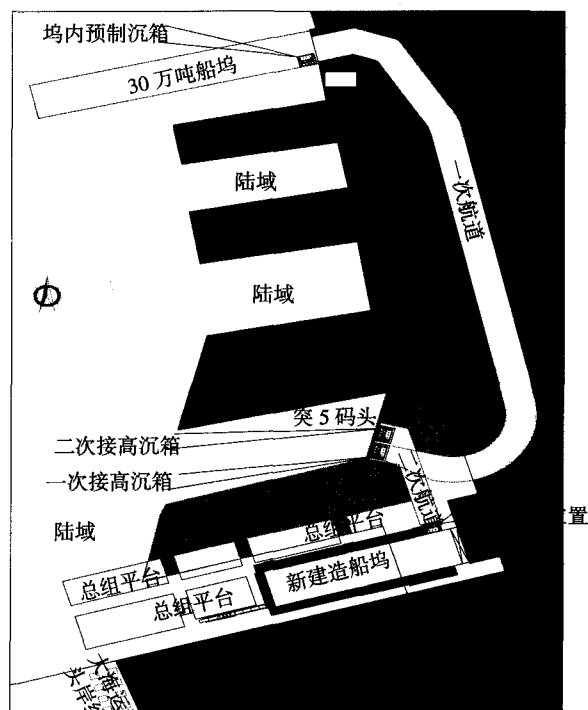


图1 泵房沉箱施工场地布置图

#### ① 坞内预制

针对泵房沉箱尺寸大,重量大的特点,须分层多次预制沉箱。首先在船厂30万吨级船坞内预制高11.9 m,分三层施工,第一层高度3.9 m,第二层、第三层高度皆为4.0 m。

因泵房沉箱为非对称结构,起浮时偏载,同时考虑到沉箱起浮吃水受船坞底标高限制,最大吃水为11.0 m,为减小沉箱偏载及调平的压水压载,将部分隔墙降低浇筑高度,各隔墙浇注高度不等。沉箱坞内预制(11.9 m)完成效果见图2。

#### ② 接高场地施工

沉箱坞内预制完成后转至接高场地(标高-10.0 m)接

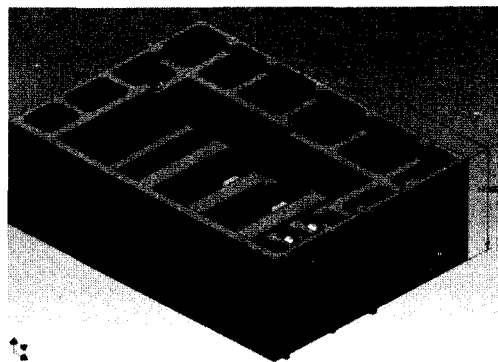


图2 沉箱坞内预制(11.9 m)完成效果图

高。泵房沉箱接高分四部分施工:先把内墙接高至11.9 m,内墙接高拆模完毕沉箱坐落接高场,接高墙体至15.9 m,然后抽水起浮,转至第二次接高场地(-13.5 m),此时沉箱吃水13.5 m。起浮沉箱浇筑水泵层混凝土板,之后下沉沉箱接高外围墙至18.4 m,并安装钢支撑。施工完毕后沉箱吃水16.3 m,乘高潮水位起浮拖运、安装至设计位置。沉箱坞内预制(18.4 m)完成效果见图3。

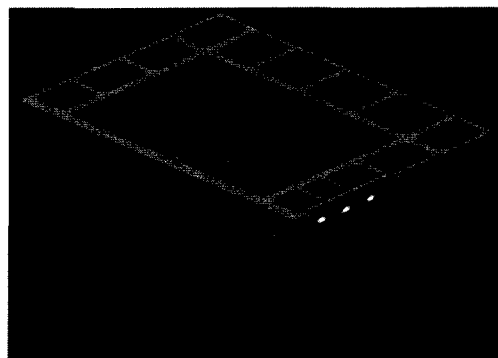


图3 沉箱预制(18.4 m)完成效果图

(2) 解决泵房沉箱内部结构分层多、结构复杂问题的技术措施

#### ① 多种模板组合使用

针对泵房沉箱复杂的结构,施工时采用了多种模板组合。其中外墙采用大片钢模板,内芯采用桁架钢模板,确保混凝土墙的外观质量;流道层施工因混凝土浇筑后被封盖,隔墙采用组合模板,方便后续施工时拆除;部分舱格及降低隔墙部分采用木模板。钢模板、组合模板、木模板的组合应用既保证了混凝土表观质量,同时节约成本并加快施工速度。

#### ② 更改部分结构的施工顺序

泵房在坞内预制时改变施工顺序,一是将水泵层板改到坞外浇筑;二是降低部分隔墙,以便减小沉箱吃水,待沉箱出坞后再浇筑水泵层和接高墙体混凝土。

#### ③ 钢封门由后安装改为现浇

泵房沉箱导流层有4个口门,下水前必须先用钢封门封死。根据原设计要求,钢封门为后安装。但是由于钢封

门尺寸较大且封门面板较厚 (22 mm 厚), 焊接施工过程中难免会产生变形, 在沉箱拖运、安装过程中存在漏水的隐患。根据施工经验, 将后安装改成钢封门与混凝土施工同时进行, 此方案很好地解决了钢封门漏水问题。在后续的沉箱拖运、安装过程中, 钢封门部位止水效果很好, 无漏水现象。

### (3) 三维建模进行浮游稳定计算

应用 Inventor 软件建立泵房沉箱的三维模型, 直观反映出沉箱吃水、偏心、浮游稳定, 同时通过模拟加载调平沉箱。使用三维软件可大大简化复杂结构的吃水、浮游稳定计算, 对现场施工起到至关重要的指导作用。

沉箱施工前, 通过 Inventor 软件建立模型, 计算泵房吃水及模拟加载调整沉箱浮游稳定。为了减小沉箱偏载及压水荷载, 通过软件建模, 降低部分隔墙的浇筑高度, 同时可通过软件模拟加载调平沉箱偏载, 计算压水高度。以高 15.9 m 沉箱漂浮浇筑水泵层混凝土板为例, 见图 4~图 8。应用软件建模, 经计算得出有关的各项参数。见表 1。

实际施工中, 按理论计算的压水高度压水调平沉箱,

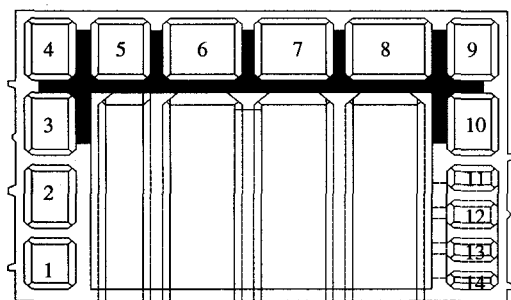


图 4 泵房沉箱平面图

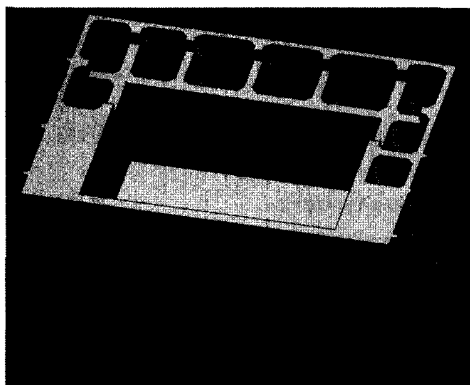


图 5 15.9 m 降墙-调平

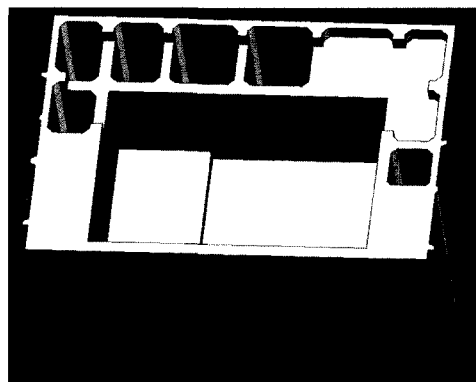


图 6 15.9 m 降墙-浇筑水泵层板西 1/3 调

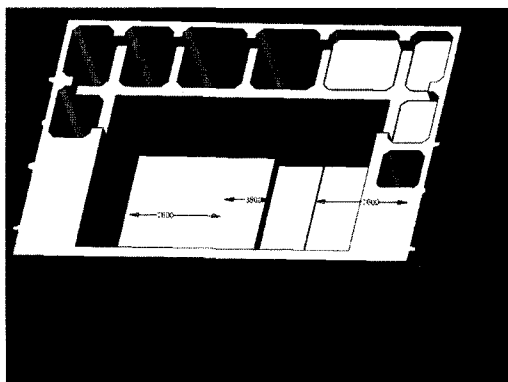


图 7 15.9 m 降墙-浇筑水泵层板西 1/2 调

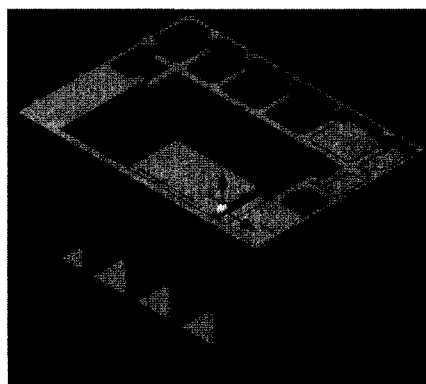


图 8 15.9 m 降墙-浇筑水泵层板西 2/3 调

现场观测的沉箱吃水与理论计算基本吻合, 软件建模对现场的施工起到了很好的指导作用。

### (4) 确保沉箱拖运安全及沉箱安装精度的措施

表 1 应用软件建模算得的各项参数

施工状态	理论吃水 /m	X 向偏心 /mm	Y 向偏心 /mm	压水状况	实际吃水 /m
15.9 m 降墙-调平	13.47	1	1.7	1、2 压水 3.35 m 高, 12~14 压水 2.2 m 高	13.5
15.9 m 降墙-浇筑水泵层板 1/3, 调平	14.11	0	54	1、2 压水 3.35 m, 12~14 压水 2.2 m, 8、9、10 压 3.15 m	14.1
15.9 m 降墙-浇筑水泵层板西 1/2 调平	14.32	-28	12	1、2 压水 3.35 m, 12~14 压水 2.2 m, 8、9、10 压 3.15 m	14.3
15.9 m 降墙-浇筑水泵层板西 2/3 调平	14.51	0	-29	1、2 压水 3.35 m, 12~14 压水 2.2 m, 8、9、10 压 3.15 m	14.5
15.9 m 降墙-浇筑水泵层板满调平	14.61	0	10	1、2 抽水完, 12~14 抽水完, 3、4、5 压 3.0 m, 8、9、10 压 3.15 m	14.6

确定了加长板靴(从20 cm调整到30 cm)、加长链条(从50 cm调整到1.5 m)及超打(一般控制在0.5 m左右,具体根据地基情况调整)等措施。加长板靴,可在一定程度上提高排水板提升时的锚固力;加长链条可使排水板在地基中的固结时间增加,也使排水板提升时两侧地基土的握裹力增大;超打施工可预留部分回带。以上措施有效的解决了排水板的“回带”超标问题,保证了排水板的打设质量,提高了排水板的施工效率。

## 6.2 大风天气排水板的施工

由于工程地处浙江东南沿海欧江口区,5~6级大风为经常性天气,风大易将露在套管外的塑料排水板刮起飘扬,极易使排水板发生扭曲、破损,甚至断裂,影响施工进度和工程质量。通过用钢筋(或其他刚性材料)做成圆环,并用软绳将圆环每隔2 m连成环套,将套管和塑料排水板套在中间,有效的控制了排水板的飘动,使排水板作业在6~7级大风天气可照常施工,提高了排水板打设的效率。

## 7 建议

### 7.1 设备的选择

水下打设排水板,受到气象、水文等多种因素的影响,安全要求高,为保证施工进度和安全,应选择抗风能力强,施工效率高的施工船舶。目前国内市场上使用的排水板施工船,多采用双体作业船,由2个片体与首尾抗扭箱构成一个长方形的施工区域,在区域内根据船体尺寸布设打设架。此类施工船的特点是在一个船位内施工的排水板数量较多,具体视船长、船宽而定,相对移船定位次数

较少,同时该船导管架可放倒,船体抗风稳定性能好,在大风频繁地区安全适用性较好。其他改造的船只一般采用驳船改造,在船边设置打设架和轨道梁,打设架沿船长或船宽方向的轨道梁移动进行打设,一个船位打设的排水板施工数量相对较少,移船频率高。配置同样个数打设架的施工船,前者的效率要高于后者。尤其在海上作业,船舶移动定位受到潮流及风力影响,定位所需时间较长。因此在满足打设要求的情况下建议使用前者。另外水下打排水板,船舶必须要有良好的抗风性能,配备的锚的数量、重量、锚缆的长度、钢丝绳的直径以及锚机都必须满足施工要求。

### 7.2 排水板打设深度的保证

排水板的打设长度应该按照排水板的入土深度控制,由于受到潮流的影响,水深不断变化,为保证排水板的入土深度,必须勤测水深,及时调整打设深度。建议30 min左右测量一次水深。

### 7.3 排水板施工完成后砂被的保护

砂被经打设排水板后会留下穿孔,在水流作用下,砂被中的填充砂会在水流的冲刷作用下流失。因此,在排水板分段打设完成后,要严格控制工序的衔接,及时铺设软体排,对砂被的破口及时进行覆盖保护,防止砂被内砂的流失。

### 参考文献:

- [1] JTJ/T257-96,塑料排水板质量检验标准[S].
- [2] JTJ/T256-96,塑料排水板施工规程[S].

(上接第42页)

#### ①吊船辅助起浮、拖运沉箱,双钩法安装沉箱

难点在于:一是泵房为非对称结构,预制完成起浮后偏心,需通过压水来调平;二是泵房结构大,压水调平的速度较慢;三是泵房重量大,压水调平后总重量达到了14 250 t;四是泵房的拖运航道是临时开挖的航道,周围水深都不够,沉箱拖运航线精度要求高;五是泵房吃水深,须乘高潮位才能起浮拖运,作业条件受限制;六是泵房沉箱安装顶标高只有+2.5 m,须乘低潮位安装。

综合上述难点,本工程借助700t吊船辅助吊浮、拖运、安装泵房沉箱。

采用吊船辅助施工具有以下优点:减小沉箱偏载和吃水;在漂浮施工时可稳定沉箱。安装时可通过吊船上的船机锚缆和卷扬机调整沉箱位置,解决超大、超重沉箱难以调整位置的问题。采用双钩安装法,可以方便、快速的调节异型沉箱的偏载。实际施工中,泵房沉箱安装位置偏差

控制在30 mm内。

#### ②基床预压及回填控制

为确保在非夯实基床上泵房沉箱的安装质量,从两方面入手。先将泵房沉箱座落在基床上并压水加载,经过两个潮水压载后重新起浮调整沉箱位置,确保泵房沉箱的安装位置精度。另外为避免泵房沉箱安装后产生较大的位移,安装后及时均匀分层回填。回填后及时进行基床骨料内的升浆施工,确保泵房沉箱的沉降位移尽快稳定。

## 4 结语

船坞泵房沉箱工程施工实际效果表明,Iventor软件建模辅助计算沉箱吃水、浮游稳定,效果显著;结合施工实际情况分场地预制超大异型沉箱、钢封门后安装改现浇、双钩安装沉箱等施工工艺优化利用,确保了目前国内最大的预制沉箱结构安全、优质、高效地完成施工,为超大异型沉箱施工提供了成熟的技术。