

# 超大型陆上沉井封底施工技术

杜洪池<sup>1</sup>, 杨 宁<sup>2</sup>

(1. 中交第二公路工程局第二工程有限公司, 西安 710119; 2. 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏泰州 225321)

[摘要] 泰州大桥北锚碇沉井封底总方量超过 30 000 m<sup>3</sup>, 为目前国内立方量最大的水下封底混凝土施工工程, 其施工难度大, 现场组织要求高。从沉井清基、封底设备布置、封底混凝土施工工艺等方面概略介绍泰州大桥北锚碇沉井封底施工技术。

[关键词] 超大型陆上沉井基础; 沉井封底技术; 泰州大桥

[中图分类号] U448.25 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)05-0019-04

## 1 前言

泰州大桥北锚碇采用矩形沉井基础, 沉井长 67.9 m, 宽 52 m, 高 57 m。采用 C30 水下混凝土封底, 封底混凝土厚度 10 m, 总方量超过 30 000 m<sup>3</sup>。沉井平面 20 个隔仓被沉井底部封底分仓隔板分为 I、II、III、IV 四个封底区域, 最大一个区实际封底方量超过 10 000 m<sup>3</sup>, 为目前国内方量最大的水下封底混凝土施工。沉井封底立面和平面布置见图 1、图 2。

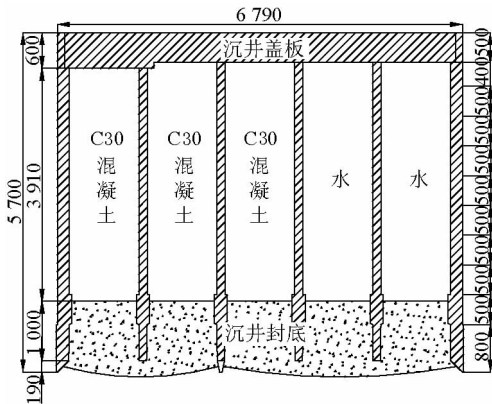


图 1 沉井封底立面 (单位: cm)

Fig.1 Vertical view of caisson bottom sealing (unit: cm)

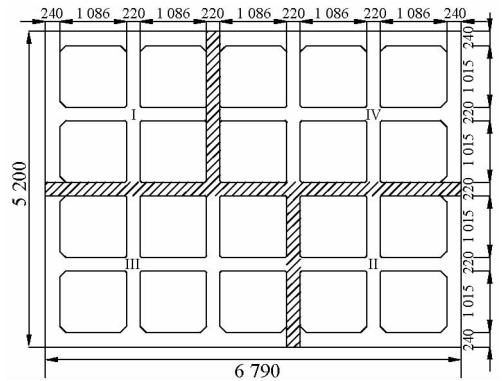


图 2 沉井封底平面图 (单位: cm)

Fig.2 Plan view of caisson bottom sealing (unit: cm)

## 2 施工准备

### 2.1 混凝土准备

经过试验优化比选, 最终确定的 C30 配合比不仅满足水下混凝土施工的各种要求, 同时满足塌落度处于 22~24 cm、初凝时间为 50 h 的条件。混凝土设备生产能力为 240 m<sup>3</sup>/h, I 和 II 区封底各需 25 h 完成施工, III、IV 两个分区各需 40 h 完成混凝土浇筑, 故各区在混凝土初凝之前可确保混凝土浇筑完成。混凝土的拌制时间较普通混凝土稍加延

[收稿日期] 2012-03-15

[基金项目] 交通行业联合科技攻关项目(2008-353-332-160); 江苏省“333 高层次人才培养工程”专项资助

[作者简介] 杜洪池(1979—), 男, 河南商城县人, 高级工程师, 研究方向为大跨径悬索桥施工技术及科研; E-mail: duhongchi@sohu.com

长,正常灌注时混凝土在导管内停滞的时间不应超过 20 min。

## 2.2 施工设备

沉井封底施工设备主要包括混凝土供应设备和吊装设备。混凝土供应设备主要包括封底混凝土的生产、运输、灌注设备等;吊装设备主要用于平台的搭设,导管的下放、提升,料斗和材料的周转等。主要设备包括 50 t 履带吊 2 台, JL150 轨道移动式塔吊 1 台, ZL50 轨道移动式装载机 1 台, HZS—90 和 HZS—150 拌合站各 1 套, HZS—120 拌合站 2 套, HBT—60 混凝土卧泵 8 台, 8 m<sup>3</sup> 砼运输车 12 辆,  $\phi 325$  mm 导管 1 080 m, 空气吸泥机 20 套等。

## 3 主要施工工艺

### 3.1 主要工艺流程

沉井施工采用全过程监控,具体施工流程为:清基并形成基底锅底→基底监测→搭设施工平台→下放经检测的导管、安装料斗→分批浇注混凝土→封底混凝土等强→完成 4 个区混凝土浇注后,开展封底混凝土检测→封底施工完成。由于封底施工分 4 个区进行,因此从搭设平台至封底混凝土等强中间工序需循环 4 次。

### 3.2 沉井清基

当沉井刃脚下沉至设计标高以上 2 m 时,即开始清基吸泥除土,使沉井下沉到位时 4 个封底隔仓形成独立的锅底形状。

清基由空气吸泥机吸泥、射水交替进行,使井孔内泥面形成锅底线形,吸泥机每个隔仓布置 1 台,共 20 台。清基除土从隔墙下开始,隔墙清空以后,再逐步清除刃脚部位。清基取土需对称、均匀、分层,分层厚度为 30 cm,吸泥机移动速度、移动范围应缓慢均匀,避免沉井内土面出现深坑或凸峰,尽可能保证锅底形状均匀平缓。刃脚部位清除时需缓慢均匀,不能超清,防止翻砂。

清基至最后 50 cm,吸泥机采用只吸不冲的方式除土,在沉井下沉到设计标高时完成清基作业。下沉到位后,对井孔内壁粘附的沙土进行清理。

清基时在每个井孔内及隔墙两侧周边每 2.0 m 布置一个测深点,严格控制清基的基底标高,保证沉井最终下沉到位后,刃脚最高点标高不高于设计标高 -55 m,锅底最低点不得高于刃脚标高。

清基施工完成后,绘制锅底地形图,对于分区隔墙刃脚悬空或埋深不足的部分,采用回填封堵,使分

区隔墙埋深在 1 m 以上,并将封底隔墙另外一侧用沙土堆高,防止封底时混凝土串通至相邻分区。

## 3.3 沉井封底施工

### 3.3.1 封底施工机具布置

1) 首批混凝土方量计算。首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度和填充导管底部的需要,根据《公路桥涵施工技术规范》要求,导管最小埋深应大于表 2 中的规定。

表 1 导管不同间距的最小埋深

Table 1 The minimum burial depth of duct at different spacings

导管间距/m	≤5	6	7	8
导管最小埋深/m	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.4	1.3~1.6

所需灌注量根据下式进行计算:

$$V = \frac{\pi R^2}{3} h + \frac{\pi d^2}{4} h_1 \quad (1)$$

式(1)中, $V$ 为灌注首批混凝土所需的数量, $m^3$ ;  $R$ 为圆锥体坡率为  $i$  的扩散半径,距管中心一般为 2.5~4.0 m,首批混凝土取值  $R=3.0$  m;  $i$  为圆锥体坡率,一般不陡于 1:5;  $h$  为导管混凝土埋置深度,取 1.4 m;  $h_1$  为混凝土达到埋置深度时,导管内混凝土柱平衡导管外压力所需要的高度,  $m$ 。

$$h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c \quad (2)$$

式(2)中,  $H_w$  为井内水或泥浆深度;  $\gamma_w$  为井内水的比重, 10 kN/ $m^3$ ;  $\gamma_c$  为混凝土拌和物比重,取 24 kN/ $m^3$ 。

首批混凝土方量为  $H_w = 55$  m, 则

$$h_1 \geq \gamma_w \times H_w / \gamma_c = 10 \times 55 / 24 \approx 22.92 \text{ m}$$

则首批混凝土方量为  $V = \frac{3.14 \times 3 \times 3}{3} \times 1.6 + \frac{3.14 \times 0.305 \times 0.305}{4} \times 22.9 \approx 15.07 + 1.67 = 16.74 \text{ m}^3$

因此,首批混凝土的浇注采用 20 m<sup>3</sup> 大料斗进行施工。

2) 导管。根据施工需要,灌注封底水下混凝土时沉井每个隔舱内需布置 3 根  $\phi 325$  mm  $\times$  10 mm 导管,同一区域内任意相邻导管最大间距约为 6 m。每根导管顶端配备 8 节 1 m 长导管以方便浇注过程中导管提升。封底各区导管布置如图 3 所示。

每根导管施工前均需进行水密承压试验和抗拉试验,对已试验合格的导管按照已拼装顺序进行编号,导管下放时按照对应编号拼装下放。

3) 料斗和溜槽。封底混凝土采用集中料斗进行供应,为满足首批混凝土灌注要求,集中料斗选用  $20\text{ m}^3$  料斗,共加工 2 个,并配置一定数量的小料斗。中心集料斗现场布置图见图 4。

平台搭设完成后下放导管,搭设溜槽支架,安装

料斗和溜槽,导管下放及料斗安装均采用塔吊和履带吊配合施工。为防止侧漏,加快灌注速度,溜槽采用  $\phi 426\text{ mm} \times 6\text{ mm}$  圆钢管,内壁光滑,混凝土能自由流动。溜槽支撑采用钢管搭设,溜槽与支撑之间固定牢靠。

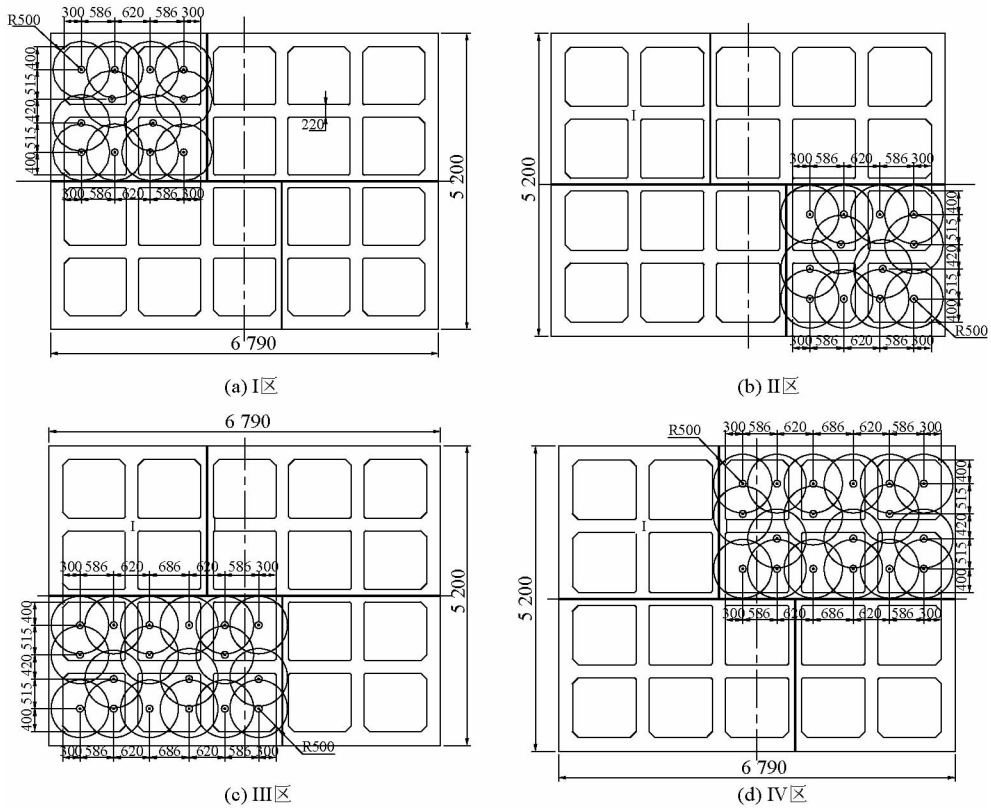


图 3 沉井封底导管平面布置图(单位:cm)

Fig. 3 Plan arrangement of caisson bottom sealing duct (unit:cm)



图 4 中心集料斗现场布置

Fig. 4 Site arrangement of central collecting hopper

### 3.3.2 封底混凝土施工

#### 3.3.2.1 测点布置

在沉井封底混凝土浇筑过程中,为准确掌握混凝土顶面高程及流动范围,施工前在导管下方及周围布设多个测点,对水下混凝土浇筑的高度、扩展度及时测量。首批混凝土浇筑完成后立即进行测量,最初2 m及最后1 m终浇过程中每0.5 h进行一次标高测量,正常浇注时按每2 h一次进行测量。

单个井孔内测点的布置主要根据井孔结构及混凝土面标高特征点进行布置。每个浇筑点及测点处施工平台的标高应提前测出,作为测量混凝土面的基准点,并在该点处标示清楚。单个井孔内的测点布置如图5所示。

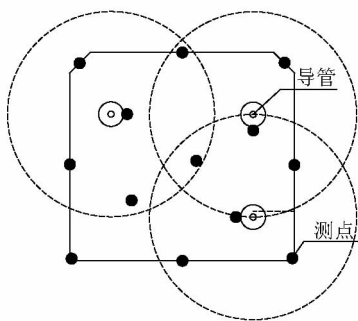


图5 单个井孔内测点布置图

Fig. 5 Arrangement of measuring points in a single well

#### 3.3.2.2 混凝土浇注

混凝土的浇注利用20 m<sup>3</sup>集中料斗通过溜槽分配至小料斗和导管。集中料斗下设有分料器,各闸门分别通向不同的溜槽,浇注时将所用溜槽对应的闸门打开,使混凝土流入正在进行浇注的小料斗中。

1) 首批混凝土施工。首批混凝土采用集中料斗与4 m<sup>3</sup>小料斗配合,导管顶部布置4 m<sup>3</sup>小料斗。混凝土灌注开始前必须实测导管下口与基底的距离,控制在20 cm。当施工准备完成,集中料斗内混凝土贮满料后,将2台汽车泵移至导管上方的4 m<sup>3</sup>小料斗,打开集中料斗闸门使混凝土通过溜槽流入,同时2台汽车泵开始向小料斗打料,小料斗蓄满混凝土后进行拔球,此时溜槽和汽车泵不间断地向料斗内继续补充混凝土。在集中料斗放料同时,卧泵开始往集中料斗内送料,以保持混凝土连续不间断地通过料斗和导管灌注至水下,从而完成首批混凝土的灌注。首批混凝土浇注时,每个集中料斗在同一时间只能进行一个管的首批灌注。各区第一根管

从各封底区域的边角位置导管开始,按从一边到另一边的顺序进行。沉井封底每个井孔内布置3根导管,开管的数量可根据灌注过程中测量数据进行调整,能少开管尽量少开管。

2) 混凝土正常浇注。首批料灌注完成后,导管顶部换成1 m<sup>3</sup>小料斗进行正常灌注。正常浇注分为两个阶段:第一阶段为隔墙以下范围的浇注,第二阶段为隔墙底以上至井孔内。首先进行开管的井孔第一阶段浇注完成时可减缓混凝土的浇注速度,集中进行同一区域内其他井孔的第一阶段浇注。第一阶段全部浇注完成后均匀浇注各孔第二阶段混凝土。

在砼浇筑顺利时,应严格控制导管混凝土埋深在1~2 m。提导管前应特别注意测量混凝土浇注高度,需要提管时采用两个10 t倒链葫芦对称缓慢提升,提升过程中导管保持垂直,每次提升高度以实际测量深度为提管依据。

在封底混凝土施工的过程中,若井内水位升高则通过施工前在沉井顶部开设的排水口流入沉井周围排水沟,以保证封底过程中沉井内外水位平衡。

3) 混凝土终浇。各区混凝土浇筑结束前,应加大混凝土的塌落度和导管埋深,使混凝土均匀地扩散,同时测出全部导管流动半径内的砼面标高。根据测量结果,对砼面标高偏低的测点附近的导管增加灌注量,确保封底顶面平整。当所有测点的标高满足施工控制要求后,结束封底混凝土施工。

## 4 封底混凝土检测

采用抽水试验检测封底混凝土质量。沉井封底完成后,所有分区内封底混凝土强度达到85%时,开始抽水试验。抽水试验时,沉井内降水8 m,经过24 h观察,水位无明显变化即沉井封底成功。

## 5 结语

经过精心准备、科学组织,泰州大桥北锚碇特大型陆上沉井于2010年4月8日下沉到位,4月23日开始第一次封底,5月22日封底结束,累计完成量达34 482 m<sup>3</sup>,累计施工时间144 h,每小时浇注量平均达240 m<sup>3</sup>,最大达300 m<sup>3</sup>。经抽水检验,没有漏水现象,封底获得圆满成功。

(下转 32 页)