

# 大型沉井施工技术研究与应用

陈智超 雷新福

浙江省第一水电建设集团股份有限公司

**摘要:** 论文依据中山市未达标水体综合整治工程(岐江流域-横栏、古镇)项目,对工程涉及的大直径现浇沉井进行技术研究,根据现场实际对沉井主体施工到沉井下沉施工过程进行总结,有效保证沉井施工质量,为今后的类似工程提供指导实践。

**关键词:** 大直径;沉井;施工技术

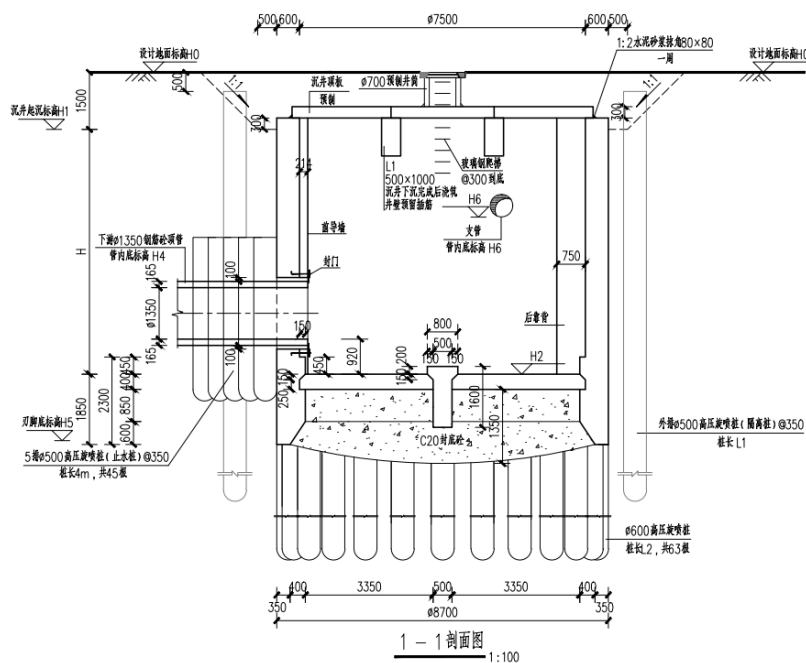
【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.09.089

## 前言

作为地下深基础构筑物,沉井在水利、市政等行业的运用越来越广泛。对于直径过大,需要现浇的大型沉井一般是在地面上进行钢筋制安、模板安装、混凝土浇筑成井筒,在用机械和人工在井内开挖,使其在自重作用下沉至高压旋喷桩预定标高。与其他基础施工相比,沉井施工不仅具备安全系数高,土方挖运、回填方量较小安全围护成本较低等特点,还能加快施工进度。

## 一、工程简介

中山市未达标水体综合整治工程(岐江流域-横栏镇、古镇镇)位于广东省中山市横栏镇、古镇镇。项目旨在对横栏镇、古镇镇域内水环境进行综合整治、治理提升,建设范围为岐江流域(横栏镇、古镇镇内)的所有河涌,总长度160.69千米。YH2W7号沉井结构总高度8.79m,内径7.5m,外径8.7m,壁厚0.6m。井体混凝土强度为C30,抗渗等级P6。沉井井口处为 $\phi 700$ 预制井筒,沉井顶板为预制顶板,井体采取分段浇筑,分段下沉方法施工。



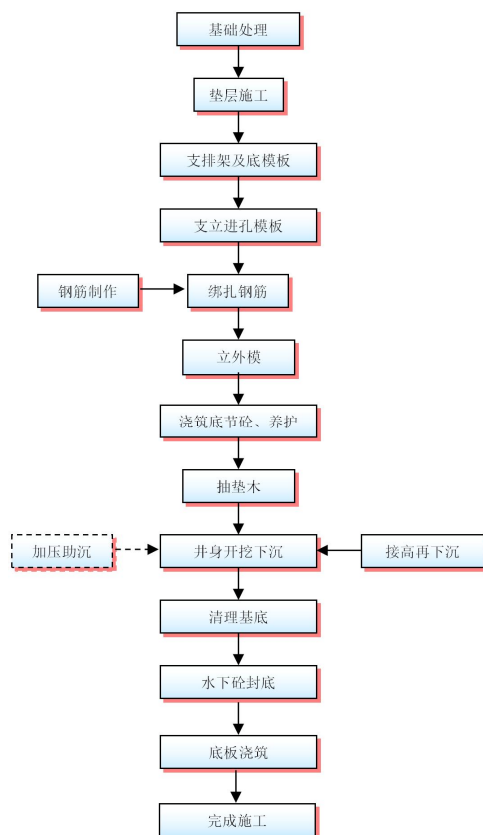
## 二、沉井处地质情况

根据区域地质资料和钻孔揭露资料,区域内场地主要出露地层有第四系全新统人工填土层(Q4m1)、冲洪积层(Q4al+p1)、残坡积层(Q4e1+d1),下伏基岩为燕三期花岗岩( $\gamma 52(3)$ )。YH2W7号沉井地层由上而下分述如下:

0~0.8m ① 杂填土, 0.8m~3.5m ② 黏土, 3.5m~9.99m ②-4 淤泥质黏土。

## 三、沉井施工

沉井施工主要工序分为基础处理、垫层施工、模板钢筋制安,分节制作井身、井身开挖下沉、水下砼封底、底板浇筑、完成施工。YH2W7号沉井采取现场分节浇筑,分次下沉。分节原则:第一节为刃角部分2.3m,第二节高度5米,第三节1.49m。下沉原则:第一次下沉为刃脚部分,第二次下沉等到第二节、第三节制作完成后一次下沉。施工流程如下:



(一) 基础处理

根据设计坐标，测量员放好沉井中心点坐标以及四个对角点坐标。开挖尺寸按沉井外尺寸向外放宽0.5m控制（长9.7m×宽9.7m）。为保证边坡稳定，基坑开挖深度按1m控制，开挖坡度按1:1控制。基坑四周预留1.5m工作平台。基坑底部预留0.2m~0.3m，采用人工开挖，进行基底平整，土方利用绿色渣土车辆外运。

沉井制作地基为②1黏土。地基承载力 $f_{ak}=80\text{kPa}$ ，《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T51130—2016）4.1.5规定：沉井首节制作时的基底压力不应大于下卧层地基承载力特征值<sup>[1]</sup>。

(1) 地基承载力验算

$$p=G/S \tag{1}$$

$$G=\gamma_G G_1 k+\gamma_Q(Q_1 k+Q_2 k) \tag{2}$$

G: 承载能力荷载组合

S: 沉井底条形基础面积

$\gamma_G$ : 固定荷载分项系数，取1.2

$G_1 k$ : 沉井自重（混凝土重+钢筋重）

$\gamma_Q$ : 可变荷载分项系数，取1.4

$Q_1 k$ : 可变荷载（木模板及支架自重取 $0.75\text{kN/m}^2$ ）

$Q_2 k$ : 施工荷载（单位荷载取 $2.5\text{kN/m}^2$ ）

根据数据可得

$$G=1.2 \times (39.68 \times 25+44.9)+1.4 \times (3.14 \times 8.1 \times 2.3 \times 2 \times 0.75+3.14 \times 8.7 \times 2.3 \times 2.5)=1587.04\text{kN}$$

$$\text{沉井底条形基础面积 } S=3.14 \times 8.1 \times 2.3=58.5\text{m}^2$$

$$p=G/S=1587.04/58.5=27.13\text{kPa} < \text{地基承载力特征值 } f_{ak}=80\text{kPa}.$$

经计算，天然地基满足设计承载力要求。因此现场只对地基浇筑一层10cm混凝土垫层，方便现场沉井施工边缘定点。

(二) 钢筋制安

钢筋连接竖向钢筋采用机械连接，水平向钢筋、钢构件间采用搭接焊连接，底板下层的钢筋保护层厚度为4cm，井壁的钢筋保护层厚度为3.5cm，顶板的钢筋保护层厚度为3cm。钢筋按设计图纸要求直接在钢筋厂下料加工成形。底板部分凹槽内的钢筋在井壁制作时进行预留，预留长度确保沉井钢筋底板制作时满足焊接要求<sup>[2]</sup>。

(三) 模板制安

井壁模板采用胶合板，板厚1.5cm。竖楞采用方木，断面尺寸为5cm\*10cm，间距40cm，固定模板横向采用 $\Phi 25$ 钢筋，间距0.3m布置1道。内外四周设置支撑架固定，再利用对拉螺栓使其上下左右连成整体，确保浇筑不产生变形和位移。

刃脚内面部位，设置支撑垫架。

(四) 混凝土浇筑

混凝土浇筑采用商品混凝土。施工工艺为平铺法。混凝土浇筑时严格控制浇筑高度，不允许一次性在一个浇筑点集中浇筑。分层浇筑高度按不大于50cm控制。在浇筑时，保证浇筑面高度均匀抬升，期间加强对沉降的观测。入仓混凝土采用插入式振动器振捣。在钢筋密集布置的部位，要进行多次振捣，保证混凝土浇筑到位。

为了保证沉井在开挖下沉过程中的井体结构安全，预留管道的洞口位置需全部浇筑混凝土。预留洞内钢筋按双层直径 $\Phi 12$ 钢筋布置。同时洞口外围设置注浆管，以便后期顶管机入洞时进行壁厚补浆使用，浇筑完成后将对拉螺杆从预留洞中取出，孔洞中间采用砂浆填充，两端采用木塞堵死以防下沉过程中井内漏水<sup>[2]</sup>。

混凝土浇筑结束后根据环境温度按规范要求每班安排专人进行养护，养护方式为洒水养护。

(五) 沉井下沉

(1) 第一次沉井下沉验算

根据《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》（CECS137—2015）<sup>[3]</sup>，不同的土层类别的井壁外侧与土层间的单位摩阻力标准值，如表1所示。

表1 单位摩阻力标准值fk

土层类别	fk / kPa	土层类别	fk / kPa
流塑状态黏性土	10 ~ 15	砂性土	12 ~ 25
可塑、软塑状态黏性土	10 ~ 25	砂砾石	15 ~ 20
硬塑状态黏性土泥浆套	25 ~ 50	卵石	18 ~ 30

沉井开挖下沉中,不同类别的土层单位摩阻力标准值也不同,取各土层单位摩阻力标准值的加权平均值为该单位摩阻力值。公式如下。

$$f_{ka} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ki} h_{si}}{\sum_{i=1}^n h_{si}} \quad (1)$$

$F_{ka}$ : 单位摩阻力值 (kPa);

$F_{ki}$ : 第*i*层土的单位摩阻力标准值 (kPa);

$H_{ki}$ : 第*i*层土的厚度 (m);

$n$ : 沉井开挖下沉不同深度涉及的类别土层层数。

当沉井外侧为直壁时,沉井的总侧壁摩擦力可按下式计算:

$$R_f = \begin{cases} \frac{1}{10} U f_{ka} H_w^2 & H_w < 5\text{m} \\ U (H_w - 2.5) f_{ka} & H_w \geq 5\text{m} \end{cases} \quad (2)$$

$F_{ka}$ : 单位摩阻力值 (kPa); 第一次下沉为刃脚部位,总高2.3m,全部位于硬塑状黏土,取最大值50kpa;

$H_w$ : 沉井下沉深度;

$U$ : 沉井井壁外围周长。

根据本工程数据可得

$$U = 3.14 * 8.7 = 27.32\text{m}$$

$$R_f = 1/10 * 27.32 * 50 * 2.3^2 = 722.61$$

沉井下陷验算公式:

$$K = \frac{G - F}{R_f} \quad (3)$$

$G$ —沉井自重标准值 (kN)

$F$ —沉井下陷过程中地下水的浮力标准值,排水下沉时, $F=0$

$R_f$ —沉井的总侧壁摩擦力 (kN)

$K$ —沉井下陷系数,宜在1.05~1.25之间

根据本工程数据可计算得

$$K = 1036.9 / 722.61 = 1.43 > 1.05$$

因此,本工程沉井第一节能自主下沉。

## (2) 第二次沉井下陷验算

第二次下沉时,刃脚+井筒总长8.79m,钢筋混凝土重度 $r=25\text{kN/m}^3$

$$f_{ka} = (2.7 * 50 + 6.09 * 25) / 8.79 = 32.68 \text{ kpa}$$

$$U = 3.14 * 8.7 = 27.32\text{m}$$

$$R_f = 27.32 * (8.79 - 2.3) * 32.68 = 5794.39$$

$$\text{第二节沉井体积 } V = 0.6 * 6.49 * 3.14 * (8.7 + 7.5) / 2 = 99.04\text{m}^3$$

$$G_1 = 1036.9\text{KN}$$

$$G_2 = 99.04 * 25 = 2476\text{KN}$$

$$K = (1036.9 + 2476) / 5794.39 = 0.61$$

因此,本工程沉井第二节不能自主下沉,考虑通过增加配重,辅助下沉。

配重考虑为预制混凝土构件,总重量为 $G_3$ , $K$ 值考虑取1.15。则可推出:

$$(1036.9 + 2476 + G_3) / 5794.39 = 1.15$$

$$G_3 = 3150.65\text{KN}$$

第一节沉井开挖下沉时,根据现场地下水位高的情况,决定用排水法开挖下沉。该地质条件下,沉井开挖下沉系数大,沉井下陷过程中稳定性较差,采用长臂挖机挖出沉井底部中央的土。开挖严格按对称开挖的方式,使沉井形成锅底。锅底底高程在刃脚底往下1~1.5m时,长臂挖机停止开挖。此时依靠沉井自重下沉。下沉过程中,会将刃脚下方的土往沉井中央锅底方向挤压,此时继续用挖机开挖,沉井继续下沉。

第二节沉井,用伸缩臂挖掘机均匀对称挖土,使沉井均匀垂直下沉,挖出的土方直接用载重汽车运走。在距离设计高程2m时,加强对沉井下陷速度的观察。严格把控沉井下陷速度。如果沉井出现下沉不均匀的情况,及时调整井内土面高度,保证沉井下陷平稳就位。

## (六) 沉井封底

为保证沉井下陷到标高后进行的井底混凝土封底质量,在浇筑混凝土前,要对基底进行严格的检查。沉井基底需要保证没有浮泥,基底面平整。沉井井身隔墙的位置以及刃脚处与混凝土接触面要进行旧砼屑、附着污泥的清理。在此期间,要对沉井进行不间断的沉降观测。基底经验收合格后,用C20水下混凝土进行封底。

## (七) 沉井底板浇筑

封底结束且经过回弹检测,混凝土强度达到要求后,在井底进行钢筋制安。在井面布置一个混凝土浇筑工作面,准备好浇筑所需的各项机械。钢筋经监理验收通过后,进行混凝土浇筑。混凝土坍落度控制在180~220mm。浇筑时,在底板对称的两个方向同时下料。

混凝土浇筑速度保持稳定,浇筑量均匀。浇筑完毕后,对浇筑情况进行检查,发现存在浇筑不到位的工作面,需要及时补浇。

## 结语

本工程大沉井施工通过过程验算,方案论证,过程中优化施工工艺,保证了大沉井的施工质量,确保在黏土地基上沉井的稳定下沉。

## 参考文献

- [1] GB/T 51130-2016, 沉井与气压沉箱施工规范[S].
- [2] 查湘义. 沉井技术在竖井施工中的应用[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2018, 35(02): 12-14.
- [3] CECS 137-2002, 给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程[S].