

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.09.046

复杂地质条件下沉井施工的控制措施与分析

吴哲元

(上海建浩工程顾问有限公司,上海市 200030)

摘要:随着城市化步伐的加快,沉井工艺越来越多的被用于城市市政工程项目中。沉井工艺虽然能很大程度上减少对周边环境的影响,但在复杂地质条件下,也存在着下沉困难、易发生倾斜等控制难点。通过前期的方案策划、参数计算与分析、预控措施,分析各种可能出现的问题,提前做好各项技术措施,能较好地达到施工预期。通过上海某排海管压力井沉井法施工的总结,为类似工程提供一些经验。

关键词:沉井;影响因素;下沉;技术措施

中图分类号: TU753.6+4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0183-04

0 引言

随着城市场地的限制和周围环境的影响,沉井工艺越来越多地被用于各类市政工程项目中。沉井施工在场地狭窄的情况下可施工至地下50余m处,对周围环境影响较小;可在地质、水文条件复杂的地区施工;不需复杂的机具设备、与大开挖相比,可减少挖、运和回填的土方量。其缺点是施工工序较多、技术要求高、质量控制难。

1 工程概况

上海某排海管工程,其压力井采用压沉法施工,压力井兼做顶管工作井。沉井为圆形钢筋混凝土结构,内径20m、外径23m,混凝土强度等级为C35,抗渗等级S8;沉井内部为井字底梁,梁底和刃脚宽度分别为1000、850。总下沉高度26.5m,分2次下沉,第一次下沉9.5m,第二次采用不排水下沉方式,下沉17m。

2 水文地质情况

根据地勘报告,该区域自上而下土层承载力和摩阻力情况见表1。

由表1可以看出,沉井穿越土层复杂、土质软硬不均,沉井在下沉过程中易发生突沉、倾斜。其中影响本工程的主要不良地质条件有吹填土、明浜、地下障碍物等。

拟建场地内地下水主要有浅部土层的潜水、中

表1 土层承载力和摩阻力情况

土层厚度 /m	土层名称及标高/m	承载力特征值 /kPa	井壁摩阻力 /kPa
4.1	① ₀ 填土、① ₁₋₂ 吹填土 (▽+6.04~+1.94 m)	50	10
6.5	① ₂ 淤泥质粉质黏土 (▽+1.94~-4.56 m)	55	20
5.7	② ₃₋₁ 黏质粉土 (▽-4.56~-10.26 m)	150	25
3.0	④ 淤泥质黏土 (▽-10.26~-13.26 m)	55	12
4.2	⑤ ₁ 淤泥质粉质黏土 (▽-13.26~-17.46 m)	60	13
2.6	⑤ ₂ 砂质粉土 (▽-17.46~-20.06 m)	120	25
2.5	⑥ 粉质黏土 (▽-20.06~-22.56 m)	150	35
6.1	⑦ ₁ 砂质粉土 (▽-22.56~-28.66 m)	/	/

部第⑤₂层的微承压含水层以及深部第⑦层中的承压含水层。上述含水层对本工程基坑开挖、沉井施工均有直接影响。

潮位特征值:最高潮位5.68m,最低潮位0.21m,平均潮位3.40m,10a一遇潮位5.07m,本工程设计水位按照10a一遇潮位。

3 影响因素分析

(1)沉井东侧为两根DN800现状排海管,壁厚10mm,排海管基础顶标高埋深约3m,基础总埋深约7m,沉井井壁外边距其下部基础边净距5m,距上部基础边9.3m。现状排海管外部基础采用M10浆砌块石支护,基础内采用泥结碎石填充将DN800管道包裹;管道下部基础为冲泥管袋,采用干砌块石和袋装碎石护坡。施工期间要密切给予关注,并做好应急保

收稿日期:2021-12-10

作者简介:吴哲元(1971—),男,学士,高级工程师,从事工程管理工作。

护准备。

(2)沉井所处位置水位标高较高,在+3.0 m左右,地表下约3 m范围为建筑垃圾,由于水位太高,对沉井基坑垫层施工、下卧层承载力、下沉施工极为不利。

(3)沉井施工上部存在 4.1 m 厚杂填土,下卧层为①₁₋₂淤泥质粉质黏土承载力低。

(4)井内设置有井字梁,相对取土空间较小,易发生偏出土情况,也易发生倾斜及扭转。

(5)井字梁梁底和刃脚宽度分别为 1 000、850,同时由于第二次下沉采用不排水下沉,比一般沉井下沉阻力大。

(6)本工程沉井为超深圆形沉井,超深沉井纠偏是沉井下沉施工的重难点控制环节。

4 技术控制措施

4.1 针对现状排海管的保护

(1)通过雷达勘探和实际开挖,准确摸排老排海管的实际位置,并布置直接沉降观测点,做好标记,指导施工;

(2)采用双排三重管高压旋喷桩进行隔离加固,桩长 8 m,深度超过现状排海管基础 2 m 以上;

(3) 采用 $H500 \times 300 \times 11 \times 18$ 型钢悬吊保护, 通过计算, 沿现状排海管方向每间隔 3 m 放置一根 9 m 长 H 型钢, $\phi 18$ mm 钢丝绳悬吊, 如图 1 所示。

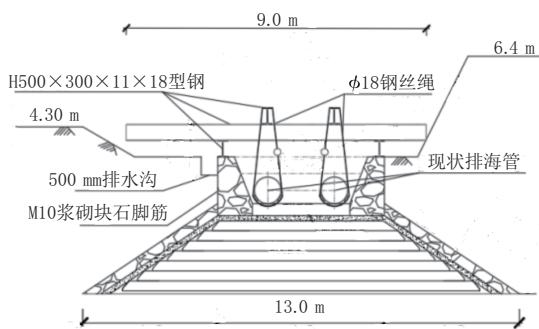


图 1 现状排海管悬吊保护

4.2 切断地表水源并对表层杂填土进行处理

(1)以沉井为中心,在沉井外围 3.5 m 处,采用搅拌桩内插 H 型钢的方式进行止水加固,将河浜水阻断,搅拌桩桩长 28 m,内插 H 型钢桩长 28 m,严格控制施工质量。

(2)同时在地面布置挡水墙,防止地表补给;基坑内做好降排水措施,保证坑内水位。

(3)在进行外围工法桩施工时,对沉井范围进行换填处理,将表面4 m厚的建筑垃圾等障碍物清除后,采用中粗砂进行分层回填、夯实,分层换填厚度

20~30 cm, 压实度不小于 97%, 砂垫层换填总厚度 2 m^[1]。同时考虑设置集水井, 换填过程中连续降水, 降水深度至坑底以下 500 mm, 保证下卧层有足够的承载力。在换填之前, 进行承载力验算。(详见图 2)

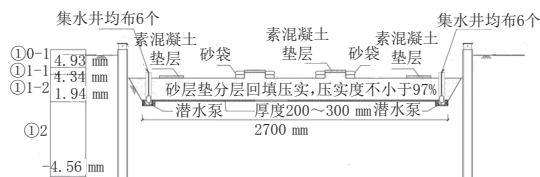


图 2 换填砂垫层和设置集水井剖面

4.3 均挖、勤测、勤纠、控制好高差

(1)合理选择运用纠偏措施:一是偏除土纠偏;二是井外射水、井内偏除土纠偏;三是压重纠偏;四是千斤顶辅助纠偏等措施。

(2)控制好每仓之间的取土深度,底面高差不大于 0.5~1 m,锅底深度不超过 1 m。

(3)控制好外墙刃脚下的土体,一般不宜挖除该处土体,如被破坏则极易产生涌土现象。

(4)沉井下沉时,井仓内应对称挖土,均匀下沉,先冲吸中央部位的土体,再冲吸刃脚下土,施工时应随时观测下沉情况,每6h观测一次四角高差,若发现倾斜,及时采取纠偏措施,严禁出现刃脚被局部搁置等现象。

(5) 施工中作好沉井下沉记录工作,画出下沉的速度图,为终沉施工提供可靠的数据依据。

4.4 采用压沉等措施降低下沉阻力

(1)在施工中采用调整锅底挖土的方式、形状来改变井底刃脚踏面和底梁底面的土反力的分布状况。

(2)设置触变泥浆减阻注射口,沉井制作过程中,结合沉井下沉系数,沿井壁外侧圆周布设1层,每层均布48只注射口。

(3)采用压沉助沉措施。通过计算,在穿越⑤₂层砂质粉土层及⑥层粉质黏土层时,即使采用泥浆减阻并掏部分刃脚斜面、底梁面,在终沉阶段下沉系数却依然小于1。因此考虑采用压沉助沉方式,沉井下沉系数计算如表2所示。

沉井下沉系数计算^[2]公式如下所示:

$$K = \frac{G - F_1}{T + R_1 + R_2}$$

式中: G 为分次下沉时井体自重, kN , 不考虑封底混凝土和底板; F_1 为地下水浮力; T 为井壁总摩阻力; R_1 为刃脚踏面及斜面下土的支承力; R_2 为底梁下土的支承力。

表 2 沉井下沉系数计算表

穿越地层及其 所处平均标高	总壁摩阻力 f_1/kN $f_1=U \times (h-2.5) \times f_0$	减阻后总侧 壁摩阻力 f_1/kN $f_1=U \times (h-2.5) \times f_0$	地基承载力 $R/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-2})=$ $A \times r_e \times b+B \times q+D \times c$	沉井自重 /kN	沉井浮力 /kN	不排水下沉系数 $K=(G-B_1)/(T+R_1+R_2)$		
						全刃脚底梁	掏空底梁	掏刃脚斜面、底梁
⑤ ₂ 砂质粉土 ($\nabla -17.46 \sim$ -20.06 m)	26 201.19	18 340.8	276	68 702	25 784	0.62	0.86	0.99
⑥ 粉质黏土 ($\nabla -20.06 \sim$ -21 m)	28 137.24	19 696.1	345	68 702	26 463	0.52	0.74	0.86

压沉采用环形混凝土承台 + 钢绞线 + 外井壁焊制钢牛腿的形式,利用穿心千斤顶,设置 8 个压沉点位,单点可提供 250T 反力,总计能够提供 2 000 t 的重量储备,配合沉井下沉。由于沉井壁顶端标高为 +5.5 m,地面标高为 +6.0 m,考虑牛腿与配重钢筋混凝土环,则钢筋混凝土埋入现状地面下约 5.0 m。压沉过程采用 PLC 自动化控制系统,将“压沉”施工的精确度进一步升级提高。(见图 3)。

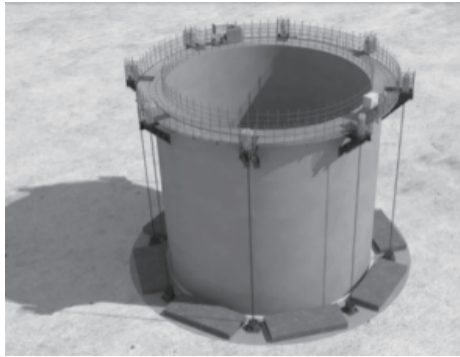


图 3 压沉工艺模拟图

4.5 终沉阶段纠偏控制

(1)当沉井的下沉到最后 2 m 时即进入终沉阶段。挖土锅底形状由“凹”面逐步过渡到“凸”形反锅底,并且适当放慢取土速度和数量,严格按照均匀对称的原则布置取土范围,当沉井四周控制点高差大于 20 mm 时,应及时纠偏,纠偏方法以调整挖土深度为主,外刃脚土塞部分土体易涌进,不准冲挖。

(2)终沉阶段是沉井的关键时刻,故一定要加强观测,测量在最后阶段应每次不超过 1 h,并及时提供一份测量报告,以便严格控制沉井的下沉速率。

(3)由于井内外水头差较大,地下水补给量较大,为保证沉井下沉阶段的稳定,防止井内出现涌水、涌砂现象,因此沉井第二次下沉采取不排水下沉,空气吸泥方式出土,布置约 4 套冲吸设备,空气吸泥吸出的泥浆通过管道就近排放到泥浆池中,潜水员水下配合清理死角。

(4)一旦沉井刃脚踏面标高达到设计要求的标高,立即停止取土,可用大石块抛填,测量密切注意

观测,24 h 内沉井下沉不大于 10 mm。沉井施工到位后,测量要求每 4 ~ 6 h 观测一次四角方向高差。

4.6 封底及底板施工

(1)终沉后,须进行封底作业,由于本工程第二次下沉采用不排水下沉方式,因此,封底作业须采用水下混凝土浇筑工艺。水下混凝土浇筑必须控制好导管的气密性、初灌量、导管埋入混凝土的深度、混凝土的塌落度等指标,在水下混凝土浇筑过程中,导管的提升也是一个关键问题,必须做到慢提快落,并严防将导管拔出混凝土外的事故发生,导管插入混凝土内深度控制在 1 m 以上为宜^[3]。

(2)封底混凝土浇筑完毕后,混凝土养护时必须保证井内水位高于井外地下水位 1~2 m。在浇筑时,多留置几组同条件试块。待封底混凝土达到设计强度的 100%后,方能进行抽水,抽水到位后,立即施做底板。在施工钢筋混凝土底板前,必须将底板和井壁接触处凿毛部位进行清洗,避免封底后渗漏,底板浇筑前必须对施工用预埋件进行检查,确保位置正确。钢筋混凝土底板施工,施工时遵循平衡、对称的原则。

5 成效分析

5.1 最终偏差

终沉后,经复核,在 24 h 内沉井下沉不大于 10 mm 后,最终的井壁四周高差为 0,50,90,40(mm)。

5.2 周边沉降分析

对周边环境监测数据进行分析,在下沉过程中有两次变形发生较大变化的时段,第一次发生在刚开始第二次下沉的初始阶段,由于两次下沉的时间间隔较长,引起土体固结,在刚开始第二次下沉时,周边环境变化较大,日最大变化量达 36 mm(详见图 4);第二次是发生在下沉至 21.2 m 左右,进入⑤₂ 砂质粉土阶段,由于土层承载力的提高,造成下沉速度缓慢,周边环境变化较大,日最大变化量达 36 mm(详见图 5)。

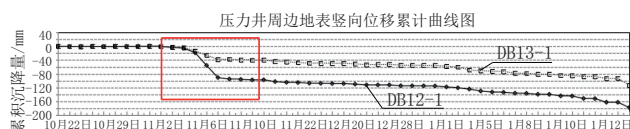


图4 第一次沉降量发生较大变化(单位:mm)

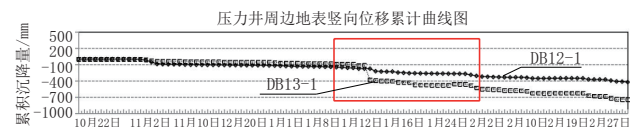


图5 第二次沉降量发生较大变化(单位:mm)

6 结 语

本项目沉井施工,采用了隔断地表水源、表层土换填砂垫层、设置触变泥浆减阻、千斤顶压沉助沉等技术措施,并对东侧现状排海管进行了隔断、悬吊保护措施,为压力井最终准确下沉到设计标高提供了多层保证,根据终沉后的沉降偏差进行复核,也达到了规范允许偏差要求(规范为 $<1\%/d$,且 ≤ 300)。

本次沉井第二次下沉共计时间 115 d,下沉深度

为 17 m。虽然采取了各种措施,但终沉阶段下沉依然非常困难,究其原因,可能存在三方面因素:

其一是井内采用井字梁,且井字梁梁底和刃脚宽度分别为 1 000、850,造成下沉阻力明显增大,建议可在以后的设计中,优先考虑设置十字梁,相应减小梁底和刃脚的宽度;

其二,由于井壁外侧为现状排海管,为保护周边环境,限制了辅助下沉的其他措施使用;

其三,由于黏土层存在固结等特殊的性质,同时又在沉井外围进行了搅拌桩等隔断措施,使土层的性质发生了变化,也增大了相应的下沉阻力,因此在今后的方案计算时,也应考虑这方面的因素。

参考文献:

- [1] 叶耀东,叶为民.沉井施工有关问题的探讨[J].施工技术,1999,28(9):36-37.
- [2] 江正荣,朱国梁.简明施工计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [3] 刘建航等.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com