

沉井施工在城市河涌泵站建设中的运用

邱创兴

(广东建工对外建设有限公司, 广东 广州 510665)

摘要: 在河涌泵站建设中实施沉井施工,可以避免拆迁,减少投资,但在可塑黏土层进行沉井施工极易产生下沉困难、沉井扭曲变形、下沉偏差等问题.叙述的工程施工实例,通过设置内撑体系克服土压力作用、采取综合纠偏措施等施工工艺,解决了这些技术问题.

关键词: 河涌泵站;沉井;摩阻力;内撑受力计算

中图分类号: TU753.64

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2010)03-0093-04

沉井是在地面或地坑上先制作开口钢筋混凝土筒身,达到一定强度后,在井筒内分层挖土、运土,随着井内土面逐渐降低,沉井筒身借其自重,克服与土壁之间的摩阻力,不断下沉而就位的一种深基或地下工程施工工艺^[1].

中山市员峰涌泵站工程位于中山市石岐区员峰涌岐江河出口处,青溪路旁,中山市石岐酒厂的南侧,为雨污合流泵站.排涝量为 $9\text{ m}^3/\text{s}$,旱季排污规模为 $0.144\text{ m}^3/\text{s}$,雨季排污规模为 $0.368\text{ m}^3/\text{s}$.工程施工范围:箱涵、进水池、泵室、溢流渠、格栅间、集水池、控制房及配套设施等土建施工以及排污泵、排涝泵、格栅机、皮带输送机、启闭机、闸门、拍门等安装施工及其安装调试.泵室外形尺寸:宽度 12 m ,长度 26.9 m .

通过施工方案论证分析,如果采用一般施工方案,即大开挖基坑施工方案,在泵站施工放样时发现原设计平面的泵室进入了酒厂南侧的护岸挡土墙,需要拆除挡土墙,还要向北进行基坑土方放坡,这需要占用酒厂很大的地方.原挡土墙是不能拆的,因相邻酒厂生产车间的基础就建筑在挡土墙上,一旦失去挡土墙该生产车间也就要拆除,拆迁面积很大,酒厂要停产,拆迁费用很高,因此不能采用上述施工方案.经反复论证,最终采用沉井施工工艺.工程总体平面作平移调整:总平面向南平移 2.96 m 、向东移 3 m .这样泵站建筑平面离开了挡土墙,虽然泵室外墙与该挡土墙基础仍仅离 26 cm ,这个间距不适合一般的深基坑支护施工,但是可以采用沉井方法施工.在施工中要密切注意两个问题:(1)要充分了解沉井下沉过程开挖的土质情况,严防流砂;(2)要有

措施克服沉井在可塑黏土层下沉过程受到的巨大摩阻力.

1 工程地质条件分析

沉井操作面(预制基面)标高 -0.9 m ,沉井刃脚标高 -7.9 m ,参考地质报告5号、6号、7号孔即建基面以下标高 -6.06 m 、 -6.59 m 、 -6.42 m 为流塑状淤泥,灰黑色淤泥含有机质,局部含蚝壳及粉质细砂,井壁的极限侧阻力 10 kN/m^2 ;沉井刃脚标高 -7.9 m 进入层是可塑状黏土,5号、6号、7号的层底标高分别为 -9.36 m 、 -7.79 m 、 -9.72 m ,该层为粉质黏土,灰白色含少量中细砂,井壁的极限侧阻力 55.7 kN/m^2 .

从地质报告中分析,此地质状况适宜采用沉井施工.从工程地质勘察资料显示,该场地没有流砂层存在.为了更详细地了解地质情况,请中山市岩土工程勘察有限公司进行施工阶段的地质勘察,对沉箱基础地带进行更细致的施工勘察工作.由现场监理工程师现场布孔4个,孔深要求穿淤泥层进入黏性土层,主要查明是否有流砂夹层.最后勘测报告的结论是:本次钻探揭露,在淤泥层中没有发现流砂夹层,适合沉箱基础施工.

2 沉井施工及计算分析

2.1 沉井制作和克服摩阻力措施^[1]

沉井平面布置是在原施工平面图的基础上,在结构分缝处作小调整,施工中为了调整好沉井在下沉前的地基应力,在沉井制作地面填筑 1.5 m 厚的砂层,以满足基底持力层地基反力的要求.由于沉井

收稿日期:2010-05-04

作者简介:邱创兴(1965-),男,工程师,国家注册一级建造师,主要研究方向为建筑施工管理.

自重较大,为保持沉井制作期的竖向稳定,采取以下措施:(1)沉井刃脚处砂垫层厚度应不小于1.5 m,灌水充实,基坑集水井在沉井制作期间排降水以提高密实度;(2)沿壁周浇筑15 cm厚1 m宽的砼垫层带;(3)浇筑沉井的砼掺入早强剂.沉井浇筑分上下二段(分二期施工),为避免刃脚处地基应力集中不利稳定,下段拆模后,在刃脚内侧地面铺上厚木板,并在刃脚斜面堆叠砂包,同时借助底板预留凹位作支撑点加强支撑等措施,确保二期混凝土浇筑期间的稳定性,不产生变位.

为减少沉井下沉过程的阻力,主要是摩阻力及吸附力,将采取以下措施:(1)在沉井脚处周边设可加压供水管(DN40),每隔1 m设一个注水口,在对应的脚处外壁设2 cm×3 cm凹槽作排水通道.此设置的作用在于:当沉井深入土层时,黏性土体在压力作用下产生较大的摩阻力及吸附力,将阻碍沉井的沉放,此时利用这些设置注入高压水,利用水的切力和水体将土体与井壁分隔的作用,将较大地削减阻碍力.(2)将沉井刃脚做成凹凸的脚趾,作用在于让凸出的脚趾部分作“开路先锋”,凹入部分在沉井下陷时形成“通道”,当利用这一通道由下往上注入压力水时,沉井下沉的阻力将会降至最小.

2.2 沉井内撑设置及内撑体实验算

沉井井壁按原设计施工图截面及配筋不变.为防止沉井下沉时因土压力作用产生扭曲变形,在沉井内设置钢桁架内撑结构,内撑结构要满足强度及稳定的要求,在实际施工中纵横体系也需加强构造上的稳定.沉井壁最不利受力位置是脚趾,要对它进行强度验算.

2.2.1 计算基本数据

计算部位:泵室沉井.

泵室沉井外形尺寸:长26.9 m,宽12 m.

沉井顶的土面标高-1.5 m,沉井底即刃脚标高-7.9 m.

地质参数:标高-1.50~-6.40 m为流塑状淤泥,重力密度 $\gamma_1=15.5 \text{ kN/m}^3$,内摩擦角 $\varphi_1=5.0^\circ$,黏聚力 $c_1=3.0 \text{ kPa}$,极限侧阻力10 kPa.标高-6.40~-7.90 m为粉质可塑黏性土,重力密度 $\gamma_2=19.5 \text{ kN/m}^3$,内摩擦角 $\varphi_2=18.0^\circ$,黏聚力 $c_2=16.0 \text{ kPa}$,极限侧阻力57 kPa.

2.2.2 壁外压力计算^[2]

1) 根据朗金成层土的主动土压力计算公式计算沉井壁外土压力(见图1).

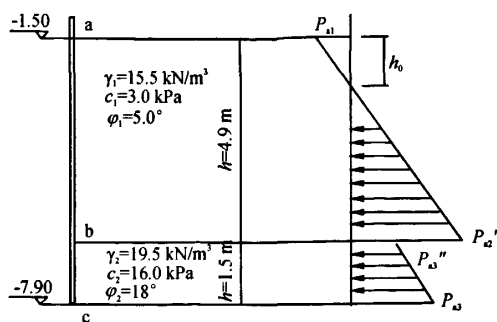


图1 沉井壁外主动土压力计算简图

a点:

$$P_{a1} = -2c_1\sqrt{K_{a1}} \quad (1)$$

b点上(在第1层土中):

$$P'_{a2} = \gamma_1 h_1 K_{a1} - 2c_1\sqrt{K_{a1}} \quad (2)$$

b点下(在第2层土中):

$$P''_{a2} = \gamma_1 h_1 K_{a2} - 2c_2\sqrt{K_{a2}} \quad (3)$$

c点:

$$P_{a3} = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2) K_{a2} - 2c_2\sqrt{K_{a2}} \quad (4)$$

式中朗金主动土压力系数:

$$\begin{cases} K_{a1} = \tan^2(45^\circ - \varphi_1/2), \\ K_{a2} = \tan^2(45^\circ - \varphi_2/2) \end{cases} \quad (5)$$

2) 把有关数据和参数分别代入式(1)~(5),即可计算出a、b、c3点位置的土压力:

a点: $P_{a1} = -5.1 \text{ kPa}$,作用位置 $h_0=0.46 \text{ m}$.

b点上(在第1层土中): $P'_{a2} = 59.0 \text{ kPa}$.

b点下(在第2层土中): $P''_{a2} = 16.9 \text{ kPa}$.

c点: $P_{a3} = 32.4 \text{ kPa}$.

根据a、b、c3点位置的土压力绘出主动土压力分布图(见图2),可以算出合力 $E_A = 167 \text{ kN/m}$,也可算出合力作用点距墙脚距离 $C_1 = 2.4 \text{ m}$.

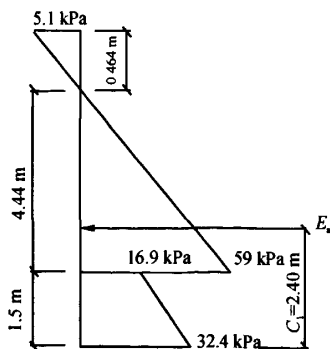


图2 沉井壁外主动土压力分布图

2.2.3 钢结构内撑系统验算

1) 内撑桁架图^[3] (如图3所示)

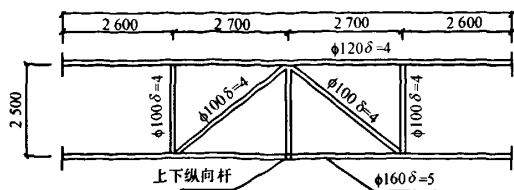


图3 沉井内撑结构简图

2) 压力分配^[4]

设上下两层钢管支撑,排距3 m,合力作用点距刃脚2.6 m。即标高为-5.3 m。设计上层支撑在-3.5 m标高位置,下层支撑在-6.0 m标高位置。上面已算得作用力 E_A 为167 kN/m,根据静力学平面力系的平衡条件,可以计算出上下钢管的受力: $N_上=140$ kN、 $N_下=360$ kN。

3) 上下层支撑验算^[5]

拟选用管径120 mm、壁厚 $\delta=4$ mm的钢管做上层支撑;管径160 mm、壁厚 $\delta=5$ mm的钢管做下层支撑。已知材料的横截面面积 A ,材料的允许应力 $[\sigma]$ 及所受的荷载,可验算构件的强度是否满足要求。经计算,选用的钢管强度满足要求。

2.2.4 刃脚端承受力复核

沉井在下层支撑标高-6.00 m至刃脚标高-7.90 m,即1.9 m,在沉井底板未浇筑砼封底前是处于悬臂受力状态,需要对悬臂端进行验算,同时对底板凹槽变截面也要进行验算。

图4是沉井土压力受力分布图,图5是沉井刃脚端以上1.9 m高的悬臂端水压力受力分布图。

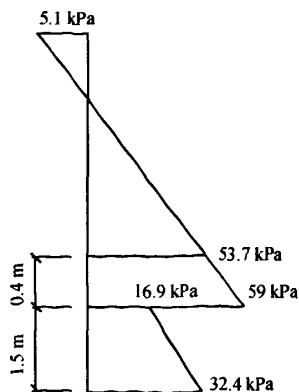


图4 沉井土压力分布图

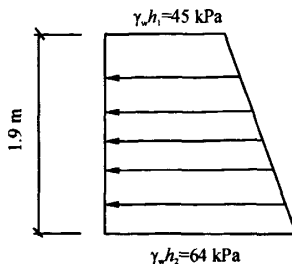


图5 沉井刃脚端以上1.90 m水压力受力分布图

1) 对图4计算土压力合力: $E_A=59.5$ kN/m,合力作用点距刃脚: $C_2=1.06$ m。

2) 对图5计算水压力^[6] $W=103.6$ kN/m,合力作用点距刃脚: $C_3=0.89$ m。

3) 受力弯矩计算(取单位宽度)

经计算悬臂端标高-6.00 m处的受力弯矩是: $M_1=154.6$ kN·m

经计算底板凹槽变截面标高-6.40 m处的受力弯矩是: $M_2=89.4$ kN·m

4) 配筋验算(取单位宽度)

有了受力弯矩、截面尺寸、允许应力 $[\sigma]$,可验算悬臂端是否满足强度条件。经计算,悬臂端强度满足要求。

2.3 沉井沉放

在淤泥质土,一般沉井的沉放采用“半挖半压”的方式,本工程地质是流塑状淤泥,沉井刃脚要进入可塑状黏土层1~1.5 m,如果未采用上文所述在沉井制作时增设外壁克服摩阻力的综合措施,沉井沉放将难免遇到压不下的困境。根据地质和工程特点,沉井沉放采用人工在井内挖土方法,挖土时尽量贴近脚趾挖进,适时采取加压水对外壁减压的措施。当接近终沉点前,仍出现沉井自重不能克服摩阻力时,就要采取加荷堆载对沉井配重施压的方法,使沉井沉放至设计终沉点。

以下按最不利的情况估算可能加压的配重(以泵室沉井核算):

沉井自重 $W=6.7$ m $\times 0.7$ m $\times 70$ m $\times 25$ kN/m³=8 200 kN。

刃脚底承载力 $R=1$ m $\times 70$ m $\times 150$ kN/m²=10 500 kN。

外壁摩阻力(此时在注入高压水的作用下极限摩阻力 $f<10$ kN/m²,淤泥质土的 $f=10$ kN/m²,这里取 $f=10$ kN/m²)。

$\Sigma f=6.4$ m $\times 70$ m $\times 10$ kN/m²=4 480 kN。

可能最大配重 = $(\sum f + R) - W = (4\,480 + 10\,500) - 8\,200 = 6\,780\text{ kN}$.

2.4 沉放控制

沉井的沉放过程要加强定位观测,包括平面观测与竖向观测,平面偏差应控制在5 cm内.控制偏差措施是:(1)在沉井四角侧设导向限位槽钢.(2)利用岸上构筑物装设备用锚拉点,在纠偏过程中增强控制能力,将偏差缩至最小.(3)沉井的沉放力求平稳.当出现不平衡时,可通过调节加压水达到调整外壁摩阻力,或通过控制沉井内挖土进度达到调整内壁摩阻力,通过沉井顶部调整加载堆压达到平衡,等等,或综合运用这些办法,确保沉放成功.

3 结论

中山市位于珠江三角洲地区,河道河涌纵横交错.为了解决城区水浸问题,中山市大力进行河涌整治,建设排水泵站.这些泵站位置可能在居民楼或工厂之间,施工位置狭窄.通过员峰涌泵站采用沉井施工工艺,解决了避免拆迁、减少投资的问题,收到很

好的经济效益和社会效益.同时,通过工程实践,在中山地区地质条件基本上是可塑黏土层中实施沉井,针对摩阻力采取措施,解决下沉困难问题;在沉井内设置钢桁架内撑,解决了沉井下沉时因土压力作用产生扭曲变形问题;通过观测和综合控制措施,解决了沉井下沉偏差.这一种成功的施工工艺,在相似土层的沉井设计和施工中有一定借鉴作用.

参考文献:

- [1] 周申一.沉井沉箱施工技术——岩土工程丛书[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 卢廷浩.土力学[M].2版.南京:河海大学出版社,2005年.
- [3] 杨长虹.钢管桁架结构的应用研究[J].山西建筑,2009,35(30):77-78.
- [4] 蔡新.结构静力学[M].2版.南京:河海大学出版社,2004.
- [5] 徐道远.材料力学[M].2版.南京:河海大学出版社,2006.
- [6] 赵振兴.水力学[M].南京:河海大学出版社,1988.

The Application of Open Caisson Method in the Construction of City Canal Water Pumping Station

Qiu Chuang-xing

(Guangdong Foreign Construction Co. Ltd., Guangzhou 510665, China)

Abstract: The application of the Open Caisson Method in the construction of City Canal Water Pumping Station could bring us some financial benefits including avoiding building demolition and resident removal, and reducing some other costs. Problems such as sinking difficulty, torsional deformation and sinking error of open caisson are likely to arise by applying the Open Caisson Method on the stratified clay level of high plasticity. It discusses some related construction performances and finds out the applicable solutions to these technical problems by adjusting the internal supporting system for earth pressure and adopting comprehensive rectifying deviation method.

Key words: Canal Water Pumping Station; Open Caisson; frictional resistance; internal retaining force measurement