

# 沉井在泵站工程中的应用

高峰, 高志国, 汤平

(杭州市水处理设施建设发展中心, 浙江杭州 310016)

**摘要:**该文以杭州某污水厂进水管中的提升泵站工程为例,介绍了沉井施工技术 in 泵站工程中的应用。在施工方案优化的基础上,在粉砂地质条件下沉井下陷技术作了其重点、难点的分析,并提出一系列相应的对策。其成果为同类型沉井施工技术积累了宝贵的经验。

**关键词:**沉井施工技术;泵站工程;应用;难点;对策

**中图分类号:**TU992.25

**文献标识码:**B

**文章编号:**1009-7716(2014)06-0312-04

## 0 引言

随着城市的发展,城市的给水、排水的容量越来越大,其相应的输水管道也越延越长,为保证管道正常的输送能力,提升泵站的设置也相应增多。在空间允许的情况下,泵房结构采用放坡开挖施工可以达到安全,经济等效果,但在城市狭小的空间里,放坡开挖并不适用,而采用基坑围护结构,经济投入较大,可采用沉井进行施工。沉井施工使得支护和构筑物的建造一次完成以达到较好的技术、经济效果。

因此,本文结合实际工程,以杭州某污水厂进水管中的提升泵站工程为例,对沉井的施工方法及应注意的问题进行探讨和总结。

## 1 工程概况

### 1.1 工程概述

和睦港污水泵站工程是杭州市七格污水处理厂三期进厂主干管工程的一个重要组成部分,泵站施工地点位于沿江大道与和睦港交接处。工程东侧 5 m 处有 5 间民房、50 m 处有河道管理处的排涝箱涵;西侧 20 m 处有七堡社区仓储仓库;南侧 30 m 处有七格三期进厂主干管 2 根 DN2400 已通水应急管及已通车沿江大道;北侧 40 m 为一幢二层民房。

污水泵站包括污水泵房、附属设施,以及围墙、道路、管线等配套工程。泵房下部为现浇钢筋混凝土沉井结构,泵房平面尺寸为 40.7 m × 31.8 m,泵房高度 17.4 m。泵房沉井结构顶标高为 4.7 m,底板标高为 -4.0 m,刃脚底标高为 -7.40 m,标高 8.7 ~ 10 m 部分为泵房上部结构,在沉井下沉到

位后实施。沉井井体采用 C30 混凝土,抗渗等级为 S8。封底混凝土用 C20 毛石混凝土。

该工程重点为保证沉井按设计要求下沉到位,其次确保南侧 2 根进水管、东侧 5 间民房在沉井下陷过程中安全。

### 1.2 地质条件

拟建泵站的中部和南部大部分场地为菜地,场地北部和东侧有农房密集分布。场地地形平坦,根据地形图显示并结合该项目勘探孔口高程的测量,场地地面标高一般在 85 国家高程的 5.40 ~ 6.10 m 之间。

该工程场地地貌为钱塘江近期围堰堆积区和近代漫滩相沉积平原区。场地位于钱塘江流域。据钱塘江闸口水文观测站的观测成果,钱塘江平均高潮位 8.04 m(85 国家高程系统,下同),最高潮位 11.14 m,平均低潮位 7.47 m,最低潮位 4.79 m。

存在于该工程场地浅部地层的地下水性质属松散孔隙型潜水,详勘期间在勘探孔内测得地下水位埋深在现地表下 1.90 ~ 2.30 m,相当于 85 国家高程的 3.69 ~ 3.28 m 之间,地下水水位埋深相对较浅。该层地下水(潜水)主要赋存在①填土层及②、③层粉砂性土中,透水性强,地下水分布连续,并具各向异性。该层地下水(潜水)主要受大气降水及地下同层侧向径流的补给,以竖向蒸发及侧向径流方式排泄,其水位随季节性气候动态变化明显,据区域水文地质资料,年均变化幅度值约 1.0 m 左右。

由于该工程场地地处钱塘江北岸,场地南段距离钱塘江约 80 m,距离较近,加之潜水含水层土性主要为②、③层粉砂性土层,透水性较强,因此,该工程场地潜水与钱塘江降水有一定的水力联系,一般呈互为补给关系。

参考周边场地的勘察资料中有关水质分析结果,判定该场地的地下水(潜水)对混凝土结构无

收稿日期:2014-03-11

作者简介:高峰(1979-),男,浙江杭州人,工程师,从事工程管理工作。

腐蚀性;在干湿交替环境条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性;对钢结构有弱腐蚀性。

该工程场地底层浅部和浅中部分布的粉(砂)性土在一定动水压力作用下易产生流砂或管涌现象,对该工程基础的施工会产生些不利影响,应引起重视。可采用工程降水、减小水头差等有效的施工措施加以防范。

## 2 井下沉方案选择

沉井下沉分排水下沉和不排水下沉两种方法。前者适用于粘质土或中粗砂质土,渗水量不大,周边无重要的建、构筑物;后者适用于砂或砾石类土,渗水量较大,且周边有需要保护的建、构筑物。根据该工程现场土质以粉砂土为主和地下水渗流量较大,补充水源较丰富等情况,该工程应按不排水下沉方法进行施工。采用水力机械化冲泥下沉,由多级离心泵产生高压水,将井内土体冲成泥浆后,由大功率污泥泵排出井外。在施工现场北侧空地上设置一个泥浆沉淀池,泥浆在短时间内沉淀,上部清水排入北侧原水泥路边排水沟。

## 3 施工难点和关键技术

### 3.1 沉井预制时的关键技术

#### 3.1.1 沉井刃脚制作注意事项

刃脚支设沉井高度大,重量重,地基强度较低,为保证沉井井壁制作与浇筑的安全稳定,并结合该沉井刃脚高度为2.5 m,工程地质勘察报告,考虑场地各勘探点的潜水含水层的地下水位一般埋深于地表下1.90~2.30 m左右,地下水水位埋深相对较浅的特点,沉井起沉标高设为现状地面以下2.5 m。在基坑四周设管井降水,在沉井预制期间不间断降低地下水位,提供足够地基承载力。

之所以要求基坑深度不小于刃脚高度,主要为井壁钢筋制作、浇筑混凝土过程中的安全考虑。因为沉井自重较大,容易造成自然下沉,而下沉时因为土质不均匀,以及浇筑过程中混凝土高度不同,造成不均匀沉降,基坑浅,明显的头重脚轻,就让人非常担心井会倒掉,如果基坑足够深,在浇筑完成刃脚以后,再把基坑外的空挡用土填满压实,那就能够抵抗住不均匀沉陷时的侧向压力,保证井身的垂直度。

根据现场表面土质情况,结合承载计算,砂垫层厚度经计算确定,且满堂铺设,砂垫层需采用颗粒级配良好的中砂。砂垫层摊铺完毕后,及时采用平板式振动器进行拖拉直至该砂垫层的密实度达到98%以上为止。砂垫层铺筑完毕,应在4 h之内

浇筑素混凝土垫层。并派专人值班负责集水井抽水效果。垫层表面应保持平整,平整度误差控制在 $\pm 10$  mm以内。胎模结合土模与标准砖,用M5.0水泥砂浆砌筑,斜面用砂浆找平,并刷隔离剂。沉井刃脚处为施工薄弱环节,模板支设必须采取切实可靠措施确保混凝土浇筑时不发生跑模、涨模等现象,以确保沉井浇筑外观质量及施工安全。刃脚处内模采用16号槽钢对撑,并采用水平钢管联接,防止单根槽钢稳。

#### 3.1.2 井身的施工缝的留设

由于该工程泵房沉井高度达17.4 m,井壁分三节制作,一次下沉。施工缝留设要求。墙体水平施工缝应留在距底板面(或腋角面)以上不小于300 mm处,当墙体有孔洞时,施工缝距孔洞边缘不宜小于300 mm。两节混凝土的接缝处设凹型水平施工缝,上节混凝土须待下节混凝土强度达到70%后浇筑,接缝处经凿毛及冲洗处理,施工缝加设钢板止水片,并浇10 cm厚减半石子混凝土。第一次浇筑刃脚部分,高度4.2 m,标高-7.4~-3.2 m;第二次浇筑高度5.2 m,标高-3.2~2.0 m;第三次浇筑至顶梁底部,浇筑高度6.0 m,标高2.0~8.00 m,待沉井封底完成后,浇筑中间楼板,顶板与顶梁。

#### 3.1.3 井身混凝土的浇筑

沉井井身混凝土分三节浇筑,内模同样分三节按装。模板支设和钢筋绑扎沉井制作的模板支设和钢筋绑扎与普通结构施工要求一样,只不过由于是在软基上施工,所以要均匀对称施工,以防止不均匀沉降。混凝土浇筑前应严格检查各种预留孔、预留管和预埋件的位置和几何尺寸,严禁漏放和错放。混凝土浇筑混凝土采用商品混凝土,沉井的平面尺寸较大,混凝土的浇筑按两端对称浇筑,并用混凝土输送泵,送至沉井浇筑部位,沿井壁均匀对称浇筑。浇筑采用分层平铺法,每层厚30 cm,将沉井沿周长分成若干段同时浇筑,保持对称均匀下料,以避免一侧浇筑,使沉井倾斜,每层混凝土量为 $23 \text{ m}^3$ ,要求2 h内浇筑一层。混凝土浇筑前在井的四角模板上设置沉降观测点,以便及时发现沉井在浇筑过程中由于自重造成的不均匀沉降,采取措施,指导在浇筑过程中混凝土浇筑的部位及顺序,及时制止在浇筑过程中沉井造成的偏差,影响质量。

### 3.2 沉井下沉时注意事项

沉井下沉采用不排水下沉方法,即水压平衡工艺。水压平衡工艺即在不排水施工的过程之中,人为提高沉井之中的水位,迫使沉井中的水位高

于地下水位(也可人为降低地下水位,使沉井中的水位高于地下水位),使地下水位在压力平衡的状态下,再接受一定的压力,迫使沉井之中和周围土层在潜水员水下取土的操作过程中,周围的土层都处于静止状态,不引起沉井周围的基础大面积的塌方,有效控制地表下沉在理想的范围之内。在地下水位偏高、流沙层较浅的地质地区进行沉井施工,水压平衡工艺是一种行之有效的施工方法。

### 3.2.1 工程重点

(1)不排水下沉沉井:断面尺寸为 40.7 m × 31.8 m 方形;

(2)水下封底:水下毛石混凝土封底;

(3)抗渗混凝土井身,抗渗要求较高。

### 3.2.2 工程难点及相应对策

(1)该工程采用不排水下沉,主要难点有:

a. 地理位置位于钱塘江边,南临钱塘江江堤 80 m 左右,东距和睦港 130 m 左右,地下水位丰富,加之潜水含水层土性主要为②、③层粉砂性土层,透水性较强。因此,该工程场地潜水与钱塘江降水有一定的水力联系,一般呈互为补给关系。

b. 该工程的沉井平面很大,深度较深且结构复杂。根据地质和历史资料反映,地质土体也比较复杂。

c. 由于采用不排水下沉,在进行锅底施工时,对其质量也有很大影响。

(2)该工程采用水下封底施工工艺,主要难点有:

a. 由于该工程面积较大,封底面积也较大,且分格也相对较多。

b. 由于采用不排水下沉,锅底施工环境相对较差,封底混凝土质量难以控制。

c. 为了控制水位差,故对沉井内水位与井外地下水位控制需求也相对较高。

d. 毛石投放相对较难,封底混凝土表面平整度控制和标高控制相对比较困难。

(3)抗渗要求高:

a. 该工程由于混凝土本身体积相对较大,对地基基础要求也相对较高。

b. 分段分节制作节点要求较高,特别是水下节点控制。

c. 混凝土密实度要求较高,养护和保养要求也相对较高。

d. 各预埋、预留洞较多,节点控制要求较高。

在沉井施工期间,通过降水深井降低地下水位,使地下水位总是控制在低于井内水位 1 m 的高度。然后安排专业潜水员,佩戴潜水装置进行水

下作业,即采用高压水枪对沉井内刃脚进行冲击成泥浆作业,再由大功率泥浆泵排吸出后,排入沉井之处预备好的泥浆池中,进行沉淀处理。

沉井内部有纵横各 5 道地梁分布,将沉井分成 6 × 6 的 36 个井格,吸泥施工冲吸泥下沉的总体顺序为先内再外。先用高压水枪冲刷沉井内中央井格,形成大锅底,然后扩大对称均匀冲吸其它四周的井格,逐步让沉井刃脚下沉。每个吸泥施工井孔内布置 2 支高压水枪和一台泥浆泵,采用高压水流冲刷沉井底部土体形成泥浆,用泥浆泵将泥浆排向井外。共配置 16 台高压水泵,其中 12 台供 6 格室吸泥机工作时高压水枪工作,其余 4 台作为备用下沉设备。

沉井下沉前应计算沉井各阶段的下沉系数,以指导施工,沉井冲泥的顺序和方位均应根据下沉系数的不同,加以调整。

沉井冲泥下沉,应按对称、均匀开挖的原则进行。冲泥顺序应遵从先中后边,逐步扩冲至刃脚附近,使沉井平稳、均衡地徐徐挤土下沉。中心“锅底”深度应从严控制,谨防“锅底”过深发生“突沉”。

初沉阶段,沉井具有较大的下沉系数,此时无需挖除刃脚斜面下土体,只需挖除中心土体,逐步扩冲至刃脚附近土堤,沉井即会逐渐下沉。

随着沉井下沉深度的增加,要先冲中心土体,逐步扩冲至刃脚附近土堤。到沉井的后阶段,下沉系数变小,要考虑冲除刃脚斜面以下土体。

沉井下沉施工的全过程,都应根据下沉系数变化曲线和土质情况,指导和灵活调整冲泥范围和方法。使沉井平稳、均衡地挤土下沉。

在沉井开始下沉和将沉至设计标高时,周边开挖深度小于 10 cm,避免发生倾斜,尤其在开始下沉 5 m 以内时,其平面位置与垂直度要特别注意保持正确,否则继续下沉不易调整,在离设计深度 20 cm 左右停止取土,依靠自重下沉至设计标高。

沉井下沉过程中,应重视和加强观测。每班至少测量二次,当下沉速度较快时,还应增强观测次数。如发现偏斜应及时纠正。要做到勤测勤纠、边沉边纠。

在施工时,安排专业人员观测沉井中的水位,确保沉井之中的水位始终高于地下水位,沉井之内的土层处于受压状态。迫使沉井平稳、慢速下沉,不引起沉井周围地表大面积塌方。

初沉阶段要特别控制好方向,形成良好导向。防止和避免发生突沉。

纠偏应在沉井下沉移动过程中进行,即“动中

纠偏”。纠偏方法主要是采用井内除土纠偏。有时也采用外围射水或压缩空气配合纠偏。

#### (4)终沉控制:

当沉井刃脚踏面下沉至离设计标高还剩1 m左右时,沉井进入终沉阶段,此时应切忌“深锅底”,因为过深的锅底,可能导致刃脚下土体大量向井内涌入,易发生突然下沉或超沉。应先挖刃脚附近的土体,形成“反锅底”,然后视情况再挖中心部位土体,控制好下沉速度,务求沉井缓缓挤土下沉到位。刃脚踏面终沉标高暂定比设计抛高15 cm。

#### (5)封底:

在沉井下沉到位后,加水沉井中,提高水压系数,使沉井内外土层呈静止状态。安排专业潜水员对沉井凹槽刃脚清理和冲洗锅底作业,潜水员水下清泥沙时,务必要求将井壁、凹槽清理干净并用钢丝刷刷清,以保证水下混凝土和沉井壁的结构密贴,以防止夹砂,消除抽水后引起的渗漏,清理要求为土层清理至刃脚底部边沿,中间呈锅底状态,锅底低于刃脚底部0.5 m,清理工作完成后,沉淀观测12 h,再吸清沉淀淤泥层,即可进行水下封底施工。

a. 水下混凝土一般用钢管灌注,导管内径以200~350 mm为宜,导管使用前对管壁、焊缝接头处进行密封性试验和检查。

b. 首批混凝土拌和物下落后,混凝土应连续灌注。

c. 在灌注过程中,应经常探测井内混凝土面的位置,及时地调整导管深度。由潜水员水下指挥浇筑。

d. 多根导管灌注时,宜同时灌注,当基底不平时,应由低到高逐步浇注至设计标高;封底不平时,派潜水员及时探测调整。

e. 每根导管开始灌注时,首批混凝土需要的数量应计算确定。

f. 在灌注过程中应注意混凝土堆高和扩展情况,正确地调整坍落度和导管理深,使每盘混凝土灌注后形成适宜的堆高和不陡于1:5的流动坡度,抽拔导管严禁导管进水,混凝土的最终灌注高度应比设计高出不小于150 mm,待灌注混凝土达到设计强度要求后,再抽干水凿去表面松软层。

钢筋混凝土底板浇捣后井内采取灌水养护。为以后抽水提供依据,可多做几组试块,在沉井中同条件进行养护,然后分批试压已确定水下混凝土的强度,决定是否抽水。沉井抽水后,应清除表层水中沉淀的污泥和凿毛表面混凝土层,然后进

行二次封底。

### 3.3 沉井的测量控制及对周边构筑物的监测

#### 3.3.1 沉井自身的测量控制

(1)沉井位置与标高的控制:在沉井外部地面及井壁顶部设置纵横十字中心线和水准基点,通过经纬仪和水准仪的经常测量和复核,达到控制沉井位置和标高的目的。

(2)沉井垂直度的控制:在井身内按4等分或8等分做出垂直轴线的标记,各吊线锤逐个对准其下部的标板以控制垂直度,并定期采用两台经纬仪进行垂直偏差观测。挖土时,应随时观测沉井的垂直度,当线坠离标板墨线达50 mm时,或四周标高不一致时,应及时采取纠偏措施。

(3)沉井下沉控制:在井筒外壁周围测点弹出水平线,或在井筒外壁上的四个侧面用墨线弹出标尺,每20 mm一格,用水准仪及时观测沉降值。

(4)沉井过程中的测量控制措施:沉井下沉时应对其位置、垂直度及标高(沉降值)进行观测,每班至少测量两次(在班中和每次下沉后测量一次)。沉井接近设计的底标高时,应加强观测,每2 h一次,预防超沉。

(5)测量工作的管理措施:沉井的测量工作应由专人负责。每次测量数据均需要如实记录,并制表发送给有关部门。测量时如发现沉井有倾斜、位移、沉降不均或扭转等情况,应立即通知技术负责人,以便指挥操作人员采取相应措施,使偏差控制在规范允许的范围以内。

#### 3.3.2 对周边建、构筑物的监测

沉井的下沉都会对周围土体产生一定的扰动,所以,该工程除了必要的施工监测外,另外由第三方对工程实施过程中的关键点进行全程监测。一方面为了施工过程中及时反馈周边地层沉降的相关信息,指导施工;另一方面是监测周围建、构筑物在施工过程中的位移变化,避免发生破坏。

## 4 结语

本文以杭州某污水厂进厂管中一处污水泵站为背景,在施工方案优化分析的基础上,在粉砂地质条件下沉井下沉技术进行重点、难点分析。该工程在施工过程中,由于施工技术使用恰当,方案组织严密,各项指标均符合规范要求,使沉井工程圆满结束。不仅取得了良好的社会价值和经济价值,也为同类型沉井施工技术积累了宝贵的经验。