

浅谈高地下水位粉细砂层地质条件下矩形沉井施工技术

赵 斌

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南省郑州市 450001

摘 要:引江济淮工程大口径 PCCP 管道采用顶管穿越国道 G105、省道 S203, 及高速公路, 穿越处矩形沉井施工高度 15.7m, 内径 13.5*10m, 井壁厚 1.5m。该沉井主要位于粉细砂层, 本文总结了大型沉井在高水位粉细砂层的施工技术。

关键词: 高地下水位; 粉细砂层; 矩形沉井技术

Discussion on construction technology of rectangular caisson under geological condition of high groundwater level silty sand layer

Zhao Bin

China Water and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., LTD., Zhengzhou 450001, China

Abstract: Large diameter PCCP pipeline of Jiangji-Huai project adopts pipe jacking to cross national road G105, provincial road S203, and expressway. The construction height of rectangular caisson at the crossing place is 15.7m, inner diameter is 13.5*10m, and shaft wall thickness is 1.5m. The caisson is mainly located in fine sand layer. This paper summarizes the construction technology of large caisson in fine sand layer of high water level.

Key words: high groundwater table; Fine sand; rectangular caisson technique

1、工程概况

引江济淮工程(河南段)PCCP 管线直径 3200mm, 设计流量 13.8m³/s 线路长度为 36.62Km, 穿越国道 G105、省道 S203, 采用顶管施工。顶管处进出口设置矩形沉井一座, 其中工作井内径为 13.5m*10m (长*宽), 井深 15.7m, 距离国道路肩 26.48m; 接收井内径为 9m*6m (长*宽), 井深 15.7m, 距离国道路肩 35.35m。沉井主体结构为 C30 混凝土结构, 沉井断面大且位于高水位粉细砂层中。

2、工艺原理

在高地下水位粉细砂层地质条件下进行矩形沉井施工, 采用分节制作、分次下沉法。为减少施工不利现象, 在沉井施工前, 先对沉井四周采用高喷灌浆防渗墙处理, 高喷防渗墙底高程深入不透水层至少 1m, 在防渗墙内侧四周分别设置 4 口管井进行疏干地下水位, 便于安全施工; 沉井分缝处采用紫铜止水片以及橡胶止水双层止水措施, 避免后期出现井内渗水现象, 下沉期间, 通过对沉井标高及垂直度监控措施, 有效地预防了下沉期各种质量问题的发生。

3、施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

施工工艺流程为: 场地平整→测量放线→防渗墙施工→降水施工→开挖基坑→沉井分节制作、下沉→监测控制→水下封底→浇筑底板混凝土→井室防水及附属设施施工。

3.2 操作要点

3.2.1 防渗墙施工

为减少施工期间渗水和流砂现象, 在沉井轮廓线周围设置高喷防渗墙, 防渗墙中心线距离沉井外壁 2m, 防渗墙成墙厚度应不小于 400mm, 渗透系数不大于 1.0×10^{-5} cm/s, 防渗墙深入不透水层

不小于 1m。旋喷桩设计桩径: 0.8m、桩间距: 0.5m, 单排布置, 采用套桩连接。桩间套接长度 0.3m。

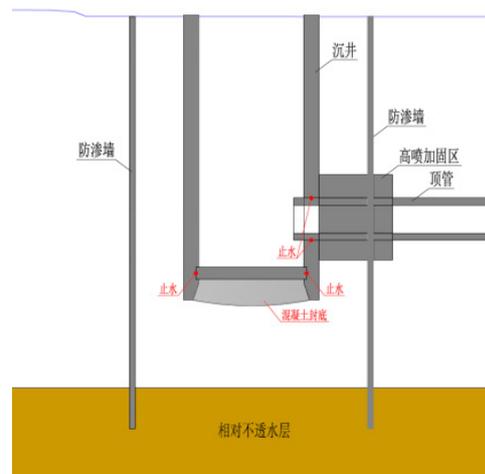


图 1 防渗墙范围示意图

防渗墙施工采用双管法高喷灌浆法, 把双重注浆管放至设计的土层深度后,

同时利用高压浆液和空气来破坏土地, 这样就可以提高作业的效率。喷嘴一面喷射一面旋转和提升, 最后在土中形成圆柱状固结体。

3.2.2 降水施工

沉井部位水位埋深为 2.6 ~ 2.7m。穿越国省道沉井挖深为 15.7m, 采用管井进行降水, 在工作井、接收井四周分别设置 4 口管井, 井深 25m, 井管选用外径 $\phi 400$ mm, 内径 $\phi 300$ mm 无砂混凝土管。降水水井施工采用反循环钻机成孔, 孔径一般为孔径 500 ~ 600mm, 井管下入后, 将滤管插入在含水层中, 并在管壁和孔壁间填充粗砂滤料。

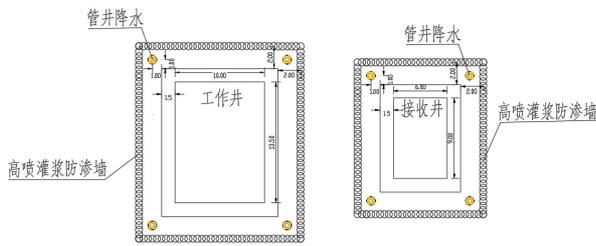


图2 工作井、接收井管井降水平面布置图

3.2.3 沉井制作

工作井、接收井均采用三节制作、两次下沉施工工艺。沉井第一次制作浇筑至3m高，包含了刃脚及部分侧墙；第二次制作浇筑至9m；第三次制作浇筑至15.5m。

施工前先对基坑地基进行平整夯实，使其具有足够的承载力。为保证沉井制作时刃脚在同一平面上，便于浇筑第一节沉井，且防止沉井制作期间井体发生不均匀沉降，施工前沿刃脚中轴线铺设环形砂垫层及混凝土垫层。中粗砂垫层尺寸为3000mm宽，500mm厚；C15混凝土垫层尺寸为1700mm宽，100mm厚。

刃脚模板为砖胎模，采用MU7.5砖（或MU30毛）、M10的水泥砂浆砌筑，沿长分成6-8段，中间留20mm空隙，以便拆除。砖胎模壁用1:3水泥砂浆抹平并压光，在浇筑混凝土前涂刷隔离剂，保证刃脚光滑，以减少摩擦便于下沉。为防止刃脚踏面受到损坏，施工时采用5mm厚Q235B钢板与钢筋焊接进行刃脚加固保护。

浇筑第一节沉井混凝土，浇筑时沿井壁四周分层对称进行浇筑，分层浇筑厚度不超过30cm。待第一节井筒混凝土强度达到设计强度的75%后，方可进行后续施工。水平施工缝处采用651型橡胶止水带和厚度不小于1mm紫铜止水片双层止水保障措施。新老砼界面应进行凿毛，在新砼浇筑前应清理垃圾，并洒水湿润新老砼接缝处，同时在浇筑前在施工缝处先铺一层2~3cm厚与砼级配相同的水泥砂浆。

3.2.4 沉井下沉

沉井在下沉过程中需要采用分层对称开挖的方式，分层高度为30~40cm，开发过程中需要沿刃脚保一定宽度的土埂，最后在将该部分土埂挖除。在开挖刃脚周围土埂时，需要沿沉井井壁每2m一段向刃脚方向削薄土层，在此过程中需要做到轴承对称，一般情况下每次削薄的厚度在10cm，随着开挖深度的加深，土层就会由于刃脚挤压而破碎，之后沉井就会因自重下沉。在下沉过程中最为重要的做好刃脚高差和下沉速度的有效控制，必须严格按照设计要求进行管控。

3.2.5 监测控制

沉井下沉过程中，应在沉井外部设置测量观测控制点，并派专人进行监测，发现沉井外部或沉井四周土体变形过大时，应立即采取措施，防止造成周围土体和地面建筑物及地下管线破坏。沉井下沉至设计标高时，应进行沉降观测，待沉井沉降稳定后进行封底。

在下沉过程中，每班需要进行两次以上的垂直度、标高以及平面位置等方面的观测，并进行记录。如果在观测期间发现存在位移倾斜等问题，必须及时纠偏。在初始下沉阶段，每0.5h就需要观测一次，在中沉阶段观测频率控制在2h/次，最后下沉阶段也需要0.5h观测一次。当沉井对角高差维持在15cm以内，8h沉速小于1cm则说明已达到稳定。

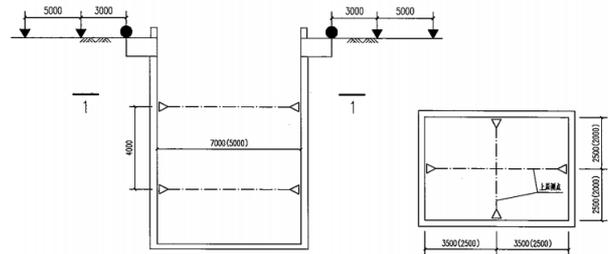


图3 2.5-1沉井监测点布置图

3.2.6 沉井封底

沉井沉至设计标高后，经观测稳定后，采用C30混凝土进行封底。封底前，将井底沉积物清除干净底部呈凹型，并将井墙、底梁等与封底砼接触处冲洗干净。采用汽车泵浇筑，并及时振捣。混凝土的浇筑尽可能快地进行。封底混凝土强度达到设计强度后，凿除表面松散混凝土，清理（冲洗）干净后进行地板钢筋混凝土施工。混凝土封底时要经常量测砼表面标高，以宁高不低为原则，防止起不到止水作用。

3.2.7 底板施工

底板施工工艺流程：测量放线→基底清理→凹槽混凝土凿毛→钢筋绑扎及预埋件安装→BW遇水膨胀止水条安装→隐蔽工程验收→井壁及梁侧浇水湿润→混凝土浇筑→混凝土养护。

3.2.8 沉井下沉偏差原因及预防措施

(1) 沉井倾斜

原因分析：土层厚度、强度不均，挖土界面不均，下沉位移不一致；沉井重心偏移，各边重量不同；刃脚下部掏空过多；井外堆积的重物或者废土等对井壁造成挤压，导致其出现倾斜。

预防措施及处理方法：在施工中需要严格按照技术要求做好下沉观测，及时进行纠偏；做好对土层的回填和夯实，切实保证挖土界面的均匀一致；靠近沉井的井上区域禁止堆放重物或者废土。

(2) 沉井偏移

原因分析：该类问题一般都是由于井身倾斜挤压一侧土体所造成的，此外测量定位错误也可能导致沉井偏移。

预防措施及处理方法：可以结合实际情况，把沉井向相反位置进行倾斜，从而纠正和调整沉井的倾斜方向；在测量观测时需要进行进一步的检查复核。

(3) 沉井下沉过快

原因分析：由于软弱土层的耐压强度较小，所以下沉速度过快；在抽水过程中或者砂石流动造成井壁和土间摩擦力降低；沉井外部土壤出现液化。

预防措施及处理方法:合理调整挖土计划;采用不排水法来进行下沉;在井壁和土壁间填充一些摩擦,阻力较大的材料,或者进一步夯实井筒外的土地;田铺碎石及时处理土壤液化。

(4) 发生流砂

原因分析:井内“锅底”开挖过深,井外松散土涌入井内;井内表面排水后,井外地下水动力将土压入井内。

预防措施及处理方法:采用排水法下沉,水头宜控制在1.5~2m;挖土过程中需要尽可能不影响刃脚下土地结构的稳定性,避免流沙涌入,同时尽可能不将中间土开挖为“锅底”形;当需要穿过流沙层时,需要进一步增加荷载,使沉井刃脚切入土层;结合实际情况在井外或井内设置井点避免地下水水位过高,有效防止井内流淤问题的发生;采用不排水法下沉沉井,控制井外水位低于井内水位。

(5) 沉井超沉与欠沉

原因分析:沉井封底时下沉尚未稳定;测量不准确。

预防措施及处理方法:在沉井下沉过程中必须加强观测监测,尤其在下沉到标高1.5~2m上区域时,在8h沉降量不超过8mm时,表明整个下沉趋于稳定后,才能够封底处理;强化测量观测管理,施工中需要固定好测量标志,并做好对测量数据的反复校核。

4、质量控制

4.1 工程质量控制标准

(1) 旋喷桩喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于50m。钻孔的位置与设计位置的偏差不得大于50mm。

(2) 高喷灌浆应全孔连续作业。当拆卸喷杆后应进行复喷,其搭接长度不小于0.2m;施工因故中断后恢复作业时,复喷长度不小于0.5m。

(3) 沉井侧面模板,混凝土强度达到2.5MPa以上,保证其表面及棱角不因拆模而损坏时,方可拆除。

(4) 沉井下沉应在混凝土达到规定强度后进行,下沉后内壁不得渗漏。

(5) 沉井下沉到设计高程时,应检查基底地质条件,确认符合设计要求后方可封底,沉井填充必须符合设计要求。

4.2 质量保证措施

(1) 每道工序操作前,由技术员按设计图纸、图集、规范、施工方案要求,对操作班组进行交底;在操作过程中进行检查,发现问题及时解决;在每道工序完成后,进行工序检查、验收。

(2) 原材料水泥必须有出厂合格证和品质试验报告单,并认真做好现场抽检记录。现场应架空垫高,并有防潮措施。

(3) 为确保压浆时不发生断浆现象,严格控制喷浆和搅拌速度,控制重复下沉和提升速度。

(4) 施工时应严格控制喷浆时间和停浆时间;每根桩开钻后应连续作业,不得中断喷浆;严禁在尚未喷浆的情况下进行钻杆提升作业。

(5) 采购国家钢厂生产有合格证、材料报告的钢筋及型材,

并对每批进场钢筋进行复检,以保证用于施工的原材料质量。钢筋应分批试验,同一批号、同一截面尺寸的钢筋为一批,抽检取样的重量不大于60kg。检验的项目应包括外观质量、直径、拉力试验和冷弯试验,试验结果要符合规范要求。

(6) 模板安装前必须涂刷脱模剂,使沉井混凝土表面光滑,减小阻力便于下沉,模板拆除时,除符合施工图纸的规定外,还应遵守下列规定:不承重侧面模板的拆除,应在混凝土强度达到其表面及棱角不因拆模而损伤时,方可拆除。

(7) 挖土下沉时,自沉井中间开始逐渐挖向四周,沿井壁每2~3m一段向刃脚方向逐层、对称、均匀地削薄土层,每层厚15~20cm。

5、安全措施

(1) 沉井、泥浆池四周必须设置防护栏或警戒带,基坑采用防护栏,高度不低于1.2m,设置三道横杆,第一道距地0.2米,第二道距地0.6米,第三道距地1.2米,并刷红白警示漆。

(2) 汽车吊、挖掘机、自卸汽车等机械司机、顶管相关操作人员等特种作业人员必须持证上岗,由项目安全部建立档案,统一管理;汽车吊、挖掘机和顶管操作人员等按照操作机械说明书规定,严格执行工作前的检查制度和工作中注意观察及工作后的检查保养制度,防止过程中出现故障,影响施工人员人身安全。

(3) 施工现场用电按三级配电要求,配备总配电箱、分配电箱、开关箱三类标准配电箱,开关箱符合一机、一箱、一闸、一漏。三类配电箱中的各类电气必须是合格品。按两级保护的要求,选取符合容量要求和质量合格的总配电箱和开关箱中的漏电保护器。

(4) 防止各类工具和吊物滚落造成高空坠落伤害,井上人员在作业时,超过1.5米以上作业,必须使用安全带,防止从高空坠落;井上工作平台必须设置有护栏,防护栏杆应由上、中、下三道横杆及栏杆柱组成,上杆离地高度不低于1.2m,栏杆底部应设置不低于0.2m的挡脚板,下杆离地高度为0.3m。坡度大于25°时,防护栏应加高至1.5m,特殊部位必须用网栅封闭。井内水泵等作业设备必须进行加固,防止坠落。

(5) 进入施工现场,应按规定穿戴安全帽、工作服、工作鞋等防护用品,正确使用安全绳、安全带等安全防护用具及工具,严禁穿拖鞋、高跟鞋或赤脚进入施工现场。

6、结语

本文总结的高地下水位粉细砂层地质条件下矩形沉井施工技术,形成了比较新颖、独特、成熟的施工工法,通过采取降水井和截渗墙围封并用的降水措施,以及分缝处采用紫铜止水片以及橡胶止水双层止水措施有效降低了高地下水位粉细砂层地质对施工造成的影响;通过对沉井下沉施工过程的监控,有效地预防了下沉期间容易发生的倾斜、偏移、涌砂等问题,沉井施工质量得到了较好的控制,具有很好的社会效益和经济效益,为类似工程积累了丰富的经验,值得推广和应用。