浅谈高地下水位沉井施工关键技术与质量控制

黄从钢
(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:以南水北调中线工程潮河二标项目17#泵站为实例,阐述了在软土、高地下水情况下进行井筒式沉井施工的工艺过程及质量控制要点,通过该施工技术的运用,达到了减小地下水位和渠堤交叉施工干扰、加快施工进度、降低施工成本、确保工程质量的目的,对其他类似工程施工具有一定的参考意义。

关键词:高地下水位;沉井;监测;预防;处理;南水北调
中图分类号:TV52;TV523 **文献标识码**: B **文章编号**:1001-2184(2015)06-0040-03

1 工程概述

南水北调中线一期工程总干渠潮河段第二施工标段长度为4.4 km,地域上属于河南省郑州市的新郑市。标段内共有各种建筑物9座。施工渠段共布置了16#、17#、18#三座排水泵站,其中17#泵站为井筒式钢筋混凝土结构,井筒内为1井4泵,用于渠道运行和检修时排水。井筒为C25钢筋混凝土,井筒平面呈圆形,内径6.2 m,壁厚0.6 m,沉井施工高度为9.855 m。

2 工程地质特点及施工难点

沉井所在位置的地层主要由黄土状轻壤土、粉细砂、砂壤土构成,以黄土状轻壤土为主,孔隙发育,具备地下水赋存的良好条件,总体上属中强透水性,地下水位埋深为1.5~2.3 m。

在沉井施工时,有可能发生沉井倾斜、偏移、下沉过快、过慢或停沉、流砂或补给水量很大而排水困难等情况。在施工过程中,如何采取有效措施预防类似情况发生是施工过程控制中的重中之重。

3 沉井结构及施工特点

沉井是一种在地面上制作、通过取除井内土体使之沉到地下某一深度的井体结构,不但可以作为地下结构的外壳部分,而且在挖土下沉的过程中作开挖支护。与设置支护的大开挖方法相比,省去了开挖支护的费用。在地下水丰富的地区,大开挖方法的降水措施需花费大量的人力和物力,而沉井施工方法则因可以采用水下挖土及水下封底等技术而节省降排水费用。

收稿日期:2015-10-20

该工程沉井施工分6节浇筑,3次下沉,每节浇筑高度均为1.5 m,下沉9.855 m后封底。井口高程以下尽量采用长臂反铲除土,如长臂反铲无法满足施工要求,则采用16 t汽车吊配合人工除土。

4 沉井施工工艺及流程

施工过程主要包括施工准备、沉井制作、沉井下沉、监测控制、沉井封底等工艺。

4.1 施工准备

施工前的准备包括场地平整、临时设施搭建、风水电供应、施工方案编制、地质勘探、测量控制网布设等。其中重点在于地质勘探和施工方案的编制与审批。该工程在开工前,对潮河段现场进行了补充水文地质抽水试验,通过对水文地质试验成果进行分析后认为:潮河段砂性土的渗透系数K值范围为$1.12\times10^{-4}\sim1.77\times10^{-2}$ cm/s,绝大部分属中等透水,其量级以10^{-3} cm/s为主,该补充水文地质试验通过了河南省南水北调中线建设管理局组织召开的专家咨询会,成果报告提交至河南省南水北调中线建设管理局及设计公司。施工方案按程序严格审批。

施工前的井点降水:根据该工程现场实际情况,在沉井上下游位置各布置两口口径为0.4 m、深25 m的降水井,降水井距沉井中心15 m,沉井右侧两口井距二级边坡2 m左右,左侧两口井距二级边坡14 m左右。

4.2 沉井制作

沉井制作的施工流程为:场地平整→测量放线→井点降水→开挖基坑→刃脚垫架搭设→沉井

浇筑→拆除刃脚垫架→沉井下沉封底→浇筑底板混凝土→井内梁、板、顶板及辅助设施施工。

刃脚垫架搭设:人工清理基面,沉井范围内建基面平整洒水并压实。以沉井外圆弧为边界向内浇筑厚 10 cm,宽 70 cm 素混凝土垫层,垫层呈圆环形,素混凝土垫层上面整平。在素混凝土垫层上砌砖支座,用做沉井刃脚的斜面模板。砖支座采用青砖砌筑,斜面用砂浆找平。绑扎第一节井筒钢筋,立模板。井筒内外搭设脚手架。注意在对拉拉杆中间设止水钢板。浇筑第一节沉井混凝土。注意沉井应对称均匀上升,每层浇筑厚度为 30 cm,不可上升过快,避免模板胀模。待第一节井筒混凝土终凝后,绑扎第二节井筒钢筋,立模板,搭脚手架。待第一节井筒混凝土强度达到设计强度的 100% 后方可开始下沉施工。

4.3 沉井下沉

该工程沉井分 3 次下沉,第一次下沉 1.5 m,第二次下沉 4.5 m,第三次将剩余部分下沉。采用 16 t 汽车吊配合人工除土。沉井下沉前要求混凝土达到设计强度,下沉前,在沉井四周的地面上设置纵横十字中心控制线、水准点进行沉井平面位置、标高的控制。

沉井下沉必须分层、对称、均匀地进行。一般从沉井中间开始逐渐挖向四周,每层高 40 ~ 50 cm,沿刃脚周围保留 1 m 左右宽的土埂,最后挖除刃脚周围的土埂,采用 16 t 汽车吊配合人工除土。刃脚周围土埂挖除时,沿沉井井壁每 2 m 一段向刃脚方向逐层、对称、均匀地削薄土层,每次削 10 cm 左右,当土层经不住刃脚的挤压而破碎,沉井在自重作用下垂直挤土下沉。

下沉过程中的刃脚高差控制。刃脚高差锅底的形成和移动均比较直观,根据高差的大小可以有效改变锅底大小、深浅和平面位置,以此来达到对刃脚高差的控制。通过控制刃脚高差也可以控制沉降平面的位移。

沉井下沉速度控制。一般来说,刃脚高差不大时(在水平间距的 0.5% 以内),沉井的下沉速度越快越好;下沉速度以均匀为宜;在宜引起涌沙土层中下沉时越快越好。

4.4 监测控制

沉井位置标高的控制是在沉井外部地面及井壁顶部四周设置纵横十字中心控制线、水准基点,以控制平面位置及标高。垂直度控制使用经纬仪及吊挂线坠进行。下沉的控制是沿沉井四周设置水平线,用水准仪观测下沉。要求在沉井下沉过程中加强平面位置、垂直度和标高的观测,每班至少两次,接近设计标高时,应增加观测次数,以防超过并由专人记录,如发现倾斜、位移和扭转,应及时采取措施进行纠偏。

监测记录注意事项:在沉井下沉前,将沉井各角点处的高程及沉井轴线放样并做好标记,记录原始数据,绘制测量监控平面图,计算下沉的具体高度;首沉阶段,每 30 min 观测一次并记录数据,汇总到监控小组,及时计算偏差情况,确定冲沉部位及冲沉速度等;中沉阶段,进入正常下沉,每 2 h 测量一次;最后下沉阶段,增加观测频率,每 30 min 观测一次;终沉阶段最后 2 m 范围要减少锅底的开挖深度,防止突沉或超沉事故的发生,以下沉为辅,纠偏为主;沉井的对角高差不超过 15 cm,沉速 8 h 不超过 1 cm 时认为其已趋稳定。

4.5 沉井封底

封底前,先将刃脚处新旧混凝土接触面冲洗干净和打毛,对井底进行修整。封底时,在沉井井底基面上浇筑一层 10 cm 厚的素混凝土,最后浇筑底板钢筋混凝土。混凝土浇筑须分层、不间断进行,由四周向中央推进,振捣密实。

5 沉井施工常见问题的预防及处理

5.1 沉井倾斜

原因分析:沉井刃脚下的土软硬不均匀;没有对称地抽除承垫木或没有及时回填夯实,井外四周的回填土夯实不均匀;没有均匀挖土使井内土面高差悬殊;刃脚下掏空过多,沉井突然下沉,易产生倾斜;刃脚一侧被障碍物搁住,未及时发现和处理;排水开挖时,井内涌砂;井外弃土或堆物,井上附加荷重分布不均匀,造成对井壁的偏压。

预防措施及处理方法:加强下沉过程中的观测和资料分析,发现倾斜及时纠正;对称、均匀抽出承垫木,及时用砂或砂砾回填夯实;在刃脚高的一侧加强取土,低的一侧少挖或不挖土,待正位后再均匀分层取土;在刃脚较低的一侧适当回填砂石或石块,延缓下沉速度。

5.2 沉井偏移

原因分析:大多是由于倾斜引起,当发生倾斜和纠正倾斜时,井身常向倾斜一侧下部产生一个

较大压力,因而伴随产生一定的位移,位移的大小随土质情况及向一边倾斜的次数而定;测量定位发生差错。

预防措施及处理方法:控制沉井不再向偏移方向偏移;有意使沉井向偏位的相反方向倾斜,当几次倾斜纠正后,即可恢复到正确位置或有意使沉井向偏位的一方倾斜,然后沿倾斜方向下沉,直至刃脚处中心线与设计中线位置相吻合或接近时再将倾斜纠正;加强测量的检查复核工作。

5.3　沉井下沉过快

原因分析:遇软弱土层时土的耐压强度小,使下沉速度超过挖土速度;长期抽水或因砂的流动,使井壁与土之间的摩阻力减少;沉井外部土体液化。

预防措施及处理方法:重新调整挖土;在刃脚下不挖或部分不挖土;将排水法下沉改为不排水法下沉,以增加浮力;在沉井外壁与土壁间填粗糙材料,或将井筒外的土夯实,以增加摩阻力;如沉井外部的土液化发生虚坑时,可填碎石进行处理。

5.4　沉井下沉极慢或停沉

原因分析:井壁与土壁间的摩阻力过大;沉井自重不够,下沉系数过小;遇有障碍物。

预防措施及处理方法:继续浇灌混凝土以增加自重或在井顶均匀加荷重;挖除刃脚下的土或在井内继续进行第二层“锅底”状破土;用小型药包爆破震动,但刃脚下挖空宜小,药量不宜大于 0.1 kg,刃脚应用草垫等防护;清除障碍物。

5.5　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 ~2 m;挖土避免在刃脚下掏挖,以防流砂大量涌入,中间挖土不宜挖成“锅底”形;穿过流砂层应快速,最好加荷,使沉井刃脚切入土层;采用井点降低地下水位,防止井内流淤,井点可设置在井外或井内。采用不排水法下沉沉井,保证井内水位高于井外水位,以避免涌入流砂。

5.6　沉井下沉遇障碍物

原因分析:沉井下沉局部遇孤石、大块卵石、地下暗道、沟槽、管线、钢筋、木桩、树根等造成沉井搁置、悬挂。

预防措施及处理方法:遇较小孤石时,可将四周土掏空后取出;遇较大孤石或大块石、地下暗道、沟槽等时,可用风动工具或用松动爆破方法将其破碎成小块取出,炮孔距刃脚不少于 500 mm,其方向须与刃脚斜面平行;药量不得超过 0.2 kg 并设钢板防护,不得裸露爆破;钢管、钢筋、型钢等可用氧气烧断后取出;木桩、树根等可拔出。

5.7　沉井下沉到设计深度遇倾斜岩面而造成封底困难

原因分析:地质构造不均,沉井刃脚部分落在岩层上,部分落在较软土层上,封底后造成沉井下沉不均,产生倾斜。

预防措施及处理方法:应使沉井大部分落在岩层上,其余未落到岩层部分,若土层稳定不向内崩塌,可进行封底;若井外土易向内坍塌,则可不排水,由潜水工一面挖土,一面用装有水泥砂浆或混凝土的麻袋堵塞缺口,堵完后,再清除浮渣,进行封底,井底岩层的倾斜面应适当做成台阶。

5.8　沉井下沉时遇到硬质土层

原因分析:遇厚薄不等的黄砂胶结层,质地坚硬,开挖困难。

预防措施及处理方法:排水下沉时,可用人力将铁钎打入土中向上撬动、取出,或用铁稿、锄开挖,必要时可爆破成碎块取出。

5.9　沉井超沉与欠沉

原因分析:沉井封底时下沉尚未稳定;测量有差错。

预防措施及处理方法:当沉井下沉至距设计标高以上 1.5 ~2 m 的终沉阶段时,应加强下沉观测,待 8 h 的累计下沉量不大于 8 mm 时,沉井趋于稳定,方可进行封底工作;加强测量工作,对测量标志应加固校核,测量数据须准确无误。

6　结　语

通过该工程的实施,为高地下水位沉井施工积累了经验,通过对沉井施工过程的监控,有效地预防了高地下水位沉井施工容易发生的倾斜、偏移、流砂等问题,沉井施工质量得到了较好的控制,可为类似工程提供参考。

作者简介:

黄从钢(1982-),男,四川成都人,工程师,水利部造价工程师,从事水利水电、铁路、市政工程技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)