

萧山自来水厂取水泵房沉井法施工

李新华

(中国水利水电第十二工程有限公司科研所,浙江 建德 311600)

摘要 简介浙江萧山自来水厂取水泵房深基础施工中取水泵房沉井的制作、下沉和封底施工。有效地应用沉井法施工,保证沉井下沉的准确到位,避免突沉、超沉、位移、倾斜的现象发生,为在江海滩涂地带地下深基础采用沉井法施工关键点的控制积累了经验。

关键词 泵房 沉井施工法 地下深基础

中图分类号 :TV547.4 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2009)S1-0115-04

浙江萧山自来水厂取水泵房基础为总高度 13.2 m,其中地下深度 11.1 m,壁厚 1~1.2 m 的不对称矩形框架钢筋混凝土深基础。工程基础所处的地理位置地形复杂,且靠江边近,邻近有省道和民房等地质条件差,地下土质多为淤泥粉质黏土及填土,地下水位高且渗透系数大,施工中难以将地下水排干,施工场地复杂,加固、拆迁难度大。该工程平面尺寸及地形情况如下图 1 所示。

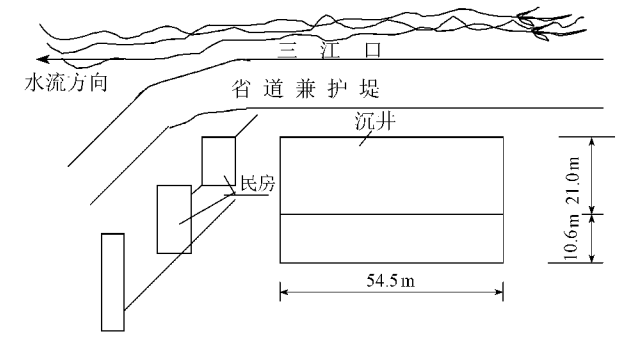


图 1 萧山自来水厂取水泵房基础平面示意图

1 施工方案的选择

根据工程实况,若采用大开挖施工,虽然施工工序较为简单,技术要求低,但必须投入大量的钢板桩进行维护,并存在危及省道和护堤的安全,造成交通中断的可能,所以该施工法难以适合该工程。考虑该取水泵房基础结构截面尺寸和刚度大,承载力高,要求其抗渗、耐久性好,因此经过多方论证、比较后决定采取沉井施工法。该施工法在施工中所要掌握的关键问题是保证沉井下沉过程中的稳定,防止偏斜和超沉。

2 泵房沉井施工

2.1 泵房沉井制作

2.1.1 地基处理与刃脚支设

首先根据取水泵房设计总图和沉井平面布置的要求,设置测量控制网和水准点,进行定位放线,定出沉井中心轴线和基坑轮廓线,作为沉井制作和下沉定位的依据。然后,在邻近原有建筑物上设置沉降观测点,以便可定期进行沉降观测。

由于该工程地下有流沙现象,无法将地下水排干,若大量排水将影响邻近建筑物的安全,所以对沉井下沉的 2 种方案进行比较,决定采取不排水下沉。沉井不排水下沉,需要克服井壁与土之间的摩擦力、地层刃角的反力和水的浮力。根据勘测报告计算极限承载力、沉井下沉的摩阻力及下沉系数,结果表明,下沉系数 $k > 4.0$ (一般 $k = 1.15 \sim 1.25$ 为宜),很难保证其达到设计高程的稳定,因此选取灌注桩作为沉井到设计高程的保证措施,避免沉井超沉。该工程沉井底设计高程为 -7.10 m ,根据各种资料对沉井封底前的稳定性进行了分析计算,决定在沉井刃脚下部沿轴线共布置 30 根直径 $1\,000\text{ mm}$ 的钻孔灌注桩,桩长 10 m ,桩顶高程 -7.20 m ,合理准确布置桩位、准确控制桩顶高程,桩身混凝土强度为 C30,混凝土必须密实、充盈系数为 1.2 左右。浇筑混凝土桩身时,混凝土表面要高出设计桩顶 100 mm 以上,24 h 后用钻头将多余的混凝土凿除,使桩顶高程准确达到 -7.10 m 。从而确保沉井达到设计高程时稳定而不超沉。因为 3.0 m 高程以上大部分为吹填土,含水量大。

作者简介 李新华(1964—),男,浙江建德人,工程师,从事电力工程施工与监理工作。E-mail: LXH_SHX@163.com

因此,在基坑开挖前一周,在基坑四周沿基坑中心纵向布置一排井点,井点埋深为 5.0 m。

该工程沉井在松软基坑上制作,采用机械开挖和人工修坡平整坑底的方式,开挖深度为 2.8 m,以达到减少沉井下沉深度、降低施工作业面的目的,开挖宽度比沉井宽 3 m,以方便支模时操作和拆除垫架。开挖后基坑内积水达 30 cm 并有缓慢流速,为防止地基不均匀沉降而引起井身裂缝,在矩形沉井周边 3 m 范围内满堂铺设 60 cm 砂垫层,四周按 1:1 放坡,采用机械碾压、打夯机配合的措施,使砂垫层充分密实。采取铺设砂垫层可克服地基承载力低的弊端,减少垫架用量,将沉井质量扩散到更大面积上,避免制作中发生不均匀沉降,易于垫木的铺设和抽除。同时,在施工中为防止护堤外的江水涌入沉井制作区,在沉井周边 3 m 处修筑 5 m 宽的护道,在护道内边四周设底宽 300 mm 的排水沟和一定数量边长为 600 mm 的集水井,用 4 台潜水泵抽水,使基坑内水的深度比基坑底面低 0.5 m,以保持基坑内干燥。

该工程的沉井虽较大较重、地基松软,但已铺设砂垫层且充分夯实。故可采用沿沉井刃脚和内隔墙的垂直向铺设垫木和垫架,垫木每米铺 4 根,材料为 $16\text{ cm} \times 22\text{ cm} \times 280\text{ cm}$ 的枕木,垫架铺设在垫木上,在垫架上支设刃脚及井壁模板,垫架间距为 0.5 m,垫架对称铺设,矩形沉井常设 4 组定位垫架,其位置在长边两端 $0.15L$ (L 为长边边长) 处,在中间支设一般垫架,垫架垂直井壁铺设。在垫木上支设刃脚、井壁模板。垫木的顶面保持在同一水平面上,用水准仪找平,高差控制在 1 cm 之内,并在垫木间用砂填实,垫木中心线应与刃脚中心线重合。垫木的埋深为其厚度的一半,在垫架内设排水沟。

采用铺设垫架首先可使地基均匀承受沉井重量,保证在混凝土浇筑过程中不产生突沉,避免刃脚裂缝,破坏沉井结构;其次可保持沉井位置不倾斜,便于调整;第三便于支撑和拆除模板。在垫架施工前充分考虑沉井浇筑高度,使其不超过地基承载力。

垫木、垫架施工完成后,在沉井四周垫架之间砌筑若干段中间留 2 cm 空隙的砖模,即砖垫座。砖垫座刃脚踏面宽度要保证满足设计要求,砖刃脚强度及底面宽度应能抵抗斜面混凝土的水平推力作用,保持稳定。砖模内壁采用 1:3 水泥砂浆抹平,上铺 1 层油毛毡,起到隔离作用。砖垫座在沉井下沉前拆除。

2.1.2 井壁的制作

该工程沉井在基坑中制作,由于沉井高度较高,为确保沉井下沉时的稳定性,不发生倾斜,采取分二节制作,一次下沉的施工方法。按设计总说明水平施工缝宜设置在距底板面 500 mm 高度以上的规定,

决定标高为 $-7.1 \sim -2.5\text{ m}$ 部分为第一节,其高度为 4.6 m,第二节高度为 6.5 m,即标高 $-2.5 \sim -4.0\text{ m}$ 部分。

井壁模板采用钢组合式定型模板,局部采用木模板,模板围檩用槽钢或方木,在井壁内外搭设钢管脚手架以支设模板。施工时先支井体内模,一次支到比施工缝略高 10 cm 处。竖缝处用 $9\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ 方木支撑在内部脚手架上,外模也一次支到比施工缝略高 10 cm 处,竖缝处脚手钢管杆以 $\varnothing 16\text{ mm}$ 拉紧螺栓紧固,间距 60 cm,并在螺栓中间设止水板起防渗作用。在上下节井壁接缝处设凸形水平缝,模板间缝隙刮腻子,模板与已浇筑混凝土接触处垫 5 cm 宽泡沫塑料带防止漏浆。第一节沉井筒壁应按设计尺寸周边加大 2 cm,第二节相应缩小一些,以减少下沉摩阻力。

钢筋绑扎采用塔吊吊装就位,人工绑扎的施工方法,水平筋分段绑扎,与前一节井壁连接处伸出的竖向插筋采用焊接连接,接头错开 $1/4$,以保证钢筋位置和保护层位置的正确。内外钢筋之间加设 $\varnothing 14\text{ mm}$ 的钢筋铁码,间距控制在 1.2 m。用挂线法控制钢筋垂直度,用水平仪测量并控制水平,用木卡尺控制间距,用砂浆垫块控制保护层。在井壁与内隔墙连接处预留插筋,下沉完后再施工隔墙。

该工程沉井的混凝土方量为 4800 m^3 ,其中第一节混凝土方量为 2300 m^3 。浇筑层厚度 30 cm,5 h 浇一层,每层混凝土方量为 140 m^3 。为降低混凝土浇筑强度,对混凝土采用加缓凝剂的方法,使混凝土初凝时间大于 5 h,混凝土浇筑强度不超过 $30\text{ m}^3/\text{h}$ 。

混凝土拌和系统为 6 台 400 L 移动式搅拌机,用手推车作水平运输,倒入 12 m^3 的混凝土卧罐内,垂直运输为 1 台履带式起重机、1 台塔式起重机和 2 台井式提升机,起重机不能直接吊运入仓的部位,采用手推车入仓。2 台起重机分别布置在沉井长边方向,2 台井式提升机分别布置在沉井短边方向。混凝土浇筑施工采用沿沉井周围搭设脚手平台,将混凝土运送到脚手平台架上,挂好漏斗、串桶,将混凝土沿井壁四周分不同区域同时对称均匀浇筑,每节混凝土浇筑一次性完成,不可间断。混凝土养护为自然养护。在第 1 节混凝土强度达到 70% 后,将井壁凸形水平缝凿毛并冲洗处理后,浇一层减半石子混凝土,再浇筑第二节井壁混凝土。

当第 1 节沉井制作完成后,采用 1 套全站仪和 2 台水准仪沿拆模后的沉井侧面、顶面布置纵、横轴线点。轴线点于侧面时,间隔一段时间在测站观测,偏离原轴线值即为水平位移值。轴线点位于顶面时,通过全站仪观测,计算确定纵横向位移值。用水准仪观测标尺,标尺不符值即沉陷值,通过换算可确定倾

斜度。通过测量数据分析,为第2节沉井制作以及沉井下沉时防止沉井偏斜提供依据。

2节沉井混凝土施工完成拆模后,经检查符合规范要求。

2.2 沉井下沉

2.2.1 下沉前的准备

在沉井第1节混凝土强度达到100%,第2节强度达到70%后,根据勘测报告分析、判定此阶段沉井可下沉,基本无突沉现象。下沉施工前对沉井壁上与管道连接的孔洞采用墙体砌筑并粉刷,在沉井封底后拆除。这样可避免下沉时泥土和地下水大量涌入,影响施工;同时也保证沉井每边重量均等,不会产生重心偏移和沉井倾斜现象。

该工程沉井虽高度高、重量大、重心高,但地基处理好,并采取分2节制作,1次下沉,只要操作控制好,可保证沉井靠自身重量安全平稳下沉。

在混凝土强度达到设计强度的100%时拆除垫架。垫架(垫木)的抽除采取分区、分组、依次、对称、同步进行。抽除次序为先抽除矩形沉井隔墙下垫架,再分组对称地抽除外墙两短边下的垫架,然后抽除长边下的一般垫架,最后同时抽除定位垫架。抽垫木前对封底及底板接缝部位混凝土进行凿毛处理,将井格内的杂物清理干净,由各轴中间向两端同时进行抽除,严格按次序进行,发生倾斜及时处理。具体抽除方法是将垫木底部的砂挖去,利用绞磨和推土机将相对垫木抽出。每抽出1根垫木后,刃脚下立即用砂填实,在刃脚内外侧填筑成适当高度的小土堤,并分层夯实使下沉重量传给垫层。在抽除时加强观测,保证均匀下沉。抽垫木开始阶段宜缓慢进行,留足够时间进行充分回填夯实,力求改变后阶段下沉快、下沉量大、来不及回填以致压断垫木现象。抽至最后阶段时,尽快将剩余垫木全部抽出,使沉井刃脚平稳均匀地落入砂土层。

2.2.2 下沉施工

不排水下沉施工采用水力机械冲土,其主要设备有吸泥器、吸泥管、扬泥管、高压水管和离心式高压清水泵等。具体施工时,采用高压水泵将高压水流通过进水管分别送至沉井内的高压水枪和水力吸泥机,利用高压水枪射出的高压水流冲刷土层,使其形成一定稠度的泥浆汇流至集泥土坑,然后用水力吸泥机将泥浆吸出,从排泥管排出井外。具体操作时喷嘴接近90°的角度冲刷立面,将立面底面冲成缺口使之坍塌。冲刷顺序为先各井格中央后四周,并沿刃角留出土台,最后对称分层冲挖,尽量保持沉井受力均匀,刃脚踏面下的土层不可冲空。除纠偏等特殊需要外,一般不得直接在刃脚下取土,施工顺序

为先挖隔墙下的土,再挖井壁处的土,由于该工程沉井自重偏心,吸泥时要保证自重轻的各工作区比自重重的各工作区的泥面略低,以便均匀下沉,防止倾斜。施工时保证高压水枪冲入井底所造成的泥浆量和渗入的水量与水力吸泥机吸入的泥浆量保持平衡,并保持沉井内水位高出井外水位1~2m。根据该工程沉井的大小和土质情况共配备18套吸泥器。

在沉井下沉的初始阶段,位置的正确与否相当重要,因此要经常观测,保证平面位置和垂直度的正确,否则将难以调整。同时初始阶段和将沉至设计标高时,周边开挖深度应小于30cm,避免发生倾斜。在离设计标高20cm左右时即停止施工,让沉井依靠自重下沉至设计标高。在井下的操作人员戴好安全帽、穿胶鞋和防水衣裤,井下配备备用电源,潜水泵配装触电保安器。

沉井位置标高的测量控制与观测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,以控制位置和标高。沉井垂直度的控制是在井筒内按8等分标出垂直轴线,各吊线垂1个对准下部底板来控制,并定时用2台经纬仪进行垂直偏差观测。沉井下沉时随时观测垂直度,当线坠离墨线达5cm或四面标高不一致时,立即进行纠正。沉井下沉的控制,系在井筒壁周围弹水平线,用水准仪来观测沉降。沉井下沉时对沉井位置、垂直度和标高沉降值的观测每4h不少于1次,保证每次下沉后检查1次。在接近设计标高时加强观测,每2小时不少于1次,确保不超沉。测量与观测由专人负责并做好记录。当发现沉井略有倾斜、位移和扭转时,及时通知值班负责人,指挥操作人员纠正,使偏差控制在允许范围内。根据地质勘察资料,在土壤承载力或沉井周边摩擦力小的土层处,加强观测,保持平稳下沉。在施工时,做好井内泥面标高、下沉量、倾斜和位移的测量工作,并注意观测沉井周围地面塌陷和开裂情况,当沉井至设计标高20cm左右时,应控制井内除土量,调平沉井,防止因除土量过大及除土不均引起沉井突沉或产生偏斜。

下沉后质量检查表明,刃脚平均标高实测值86(规范要求为100);当下沉总高度 $H > 10\text{m}$ 时,底面中心位置偏移实测值为56(规范要求为110);当长度 $L > 10\text{m}$ 时,刃脚底面高差实测值为50(规范要求为110)。

2.3 沉井封底

在沉井下沉至接近设计标高,并经3d下沉稳定同时经观测在8h内累计下沉量小于1cm时,即可进行沉井封底。现场观察此时沉井内仅少量涌水和流沙现象,施工时先将新老混凝土接触面冲刷干

净,对井底进行修整使之成锅底形,由刃脚向中心挖出放射形排水沟,并填以卵石作为滤水暗沟,在中部设3个深度为1m的集水井,井间用盲沟相互连通,插入 $\varnothing 600$ mm周围带孔眼的钢管,四周填以卵石,使井底的水流汇集在井中,用潜水泵排出,保持地下水位低于基底面0.5 m。

封底前先铺0.8 m碎石,再在其上浇1层约0.6 m的混凝土垫层,在刃脚下切实填实,以保证沉井的最后稳定。达到设计强度的50%后,在垫层上绑钢筋,钢筋两端伸入刃脚或凹槽内,然后浇筑上层底板混凝土。浇筑在整个沉井面积上分层,同时不间断进行,由四周向中央推进,每层厚度控制在30 cm,分2层进行,并用振捣器捣实。当井内有隔墙时,前后左右对称地逐孔浇筑。混凝土养护为自然养护,养护期间要继续抽水。在底板强度达到70%后,对集水井逐个停止抽水,逐个封堵。封堵方

法采用将滤水井中水抽干,用干硬性的高强度混凝土进行堵塞并捣实。

3 结 语

该工程施工克服了诸多不利因素,成功地应用了沉井法施工,达到加快工程进度,降低施工费用的目的。保证了泵房深基础——沉井的准确到位,避免了突沉、超沉、位移、倾斜现象,保证了工程质量,为在江海滩涂地带施工类似工程积累了经验。

参考文献:

[1] 姚谨英. 建筑施工技术[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
[2] 腾少华. 建筑施工手册[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

(收稿日期 2009-04-14 编辑 方宇彤)

(上接第102页)

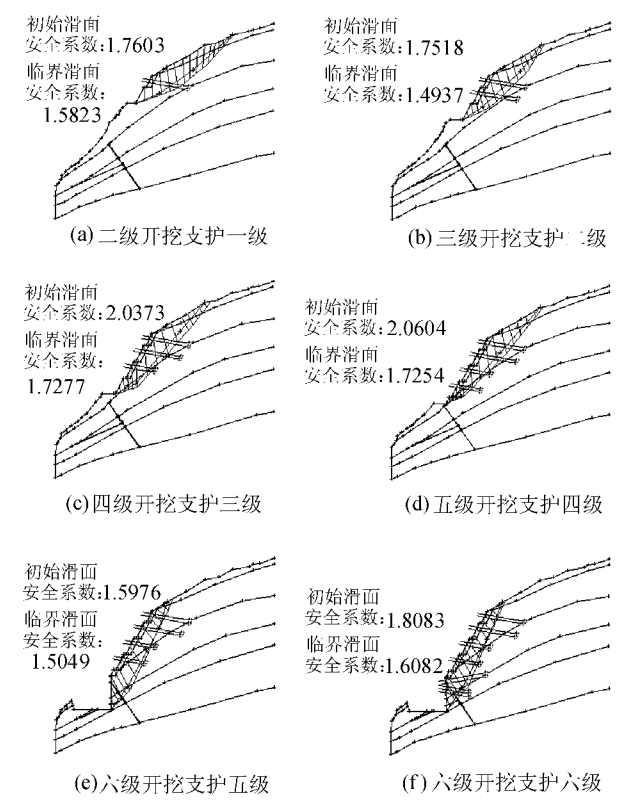


图4 有支护作用0.325g地震动参数下3号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定计算

4 结 语

本文采用EMU软件模拟3号泄洪洞进口边坡的岩(土)层状况并计算出了采取支护措施前后的边坡稳定安全系数。计算表明,无支护措施施工过程中

中在不同动参数作用下前五级开挖边坡的稳定安全系数均满足规范要求,边坡整体处于稳定状态,但在第六级开挖0.325g动参数作用下边坡稳定安全系数在临界值附近,在0.404g动参数作用下第五、第六级开挖边坡稳定安全系数不满足最小稳定安全系数的要求。采取相应的加固措施后,不同动参数作用下3号泄洪洞进口纵剖面边坡稳定安全系数增大,均满足规范要求,边坡处于稳定状态。

综上所述,运用EMU软件计算出的边坡抗震稳定安全系数能够较好地反映边坡施工过程中的实际情况,对边坡采取的支护措施能明显地提高边坡的稳定性,设计是安全和合理的。考虑支护后,虽然开挖施工过程中边坡整体是稳定的,但存在局部块体失稳的可能,还需进一步模拟计算。

参考文献:

[1] 陈祖煜,汪小刚,杨健,等. 岩质边坡稳定分析—原理·方法·程序[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
[2] 张强勇,刘大文,蔡德文·Sarma法在加锚岩质高边坡安全稳定性评价分析中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(18): 3366-3372.
[3] 陆峰,陈祖煜,李素梅·应用遗传算法搜索边坡最小安全系数的研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1(3): 236-239.
[4] 张磊,高文龙. 岩质边坡稳定性分析方法与治理方案探讨[J]. 电力勘测设计, 2006, 1(1): 16-19.

(收稿日期 2009-04-23 编辑 方宇彤)