

南通市九圩港提水泵站工程 深基坑开挖及降水施工分析与探讨

杨卫星, 江季忠

(南通市九圩港闸管理所, 江苏 南通 226003)

摘要: 本文从南通市九圩港提水泵站工程主体深基坑的开挖及降水设计与施工、对周边建筑物产生的影响、采取的措施等方面进行了较为详细的阐述。特别是对深基坑开挖截渗墙设计方案的比较、基坑开挖及降水过程中出现问题后采取的应对措施等方面进行了阐述。并对深基坑施工的整个过程作了总结与思考, 对类似深基坑的施工有一定的借鉴意义。

关键词: 地基; 真空预压; 排水固结; 试验

中图分类号: TV523

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 07-0005-05

Analysis and discussion on deep foundation pit excavation and dewatering construction of Jiuweigang pumping station project in Nantong

YANG Weixing, JIANG Jizhong

(Nantong Jiuweigang Sluice Management Station, Nantong 226003, Jiangsu)

Abstract: Deep foundation pit excavation and dewatering design and construction, effects on the surrounding buildings, measures of the main part of Nantong Jiuweigang pumping station project are expounded in details. In particular the comparison of the design scheme of the cutoff wall for deep foundation pit excavation and the measures taken after the problem occurred in foundation pit excavation and dewatering are expounded. Summary and thinking for the whole process of deep foundation pit construction is made, which provide certain reference for similar construction of deep foundation pit.

Key words: foundation; vacuum preloading; drainage consolidation; experiment

1 工程概况

南通市九圩港提水泵站位于九圩港闸西侧, 距入江口约 1300 m, 是具有引水、灌溉、供水等功能的大(2)型泵站。该工程主要任务是在九圩港闸自流引江不能满足区域用水需要时, 利用泵站抽提长江水, 以满足南通市辖县(区)、沿海开发的用水需要。泵站设计流量 $150 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程 0~3.43 m, 安装竖井式贯流泵机组 5 台套, 单泵设计流量

量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$, 配套电机功率 1250 kW, 总装机容量 6250 kW。泵站从九圩港闸下游河道(长江)引水, 水流经下游引河、进水池、进水流道、水泵机组、出水流道、出水池、上游引河流入九圩港闸上游河道。

九圩港提水泵站长江侧防洪标准: 按 100 年一遇潮位设计, 300 年一遇潮位校核。泵站采用堤身式布置, 与九圩港闸平行, 两者河道纵轴线间距 252 m, 泵站纵轴线距九圩港闸西侧闸孔边线

收稿日期: 2016-04-27

作者简介: 杨卫星(1972-), 男, 高级工程师, 主要从事水利工程的建设、运行管理工作。

135 m。上、下游引河矩形断面,底宽 50 m,两侧挡墙钢筋混凝土空箱扶壁式结构,上、下游引河全长 762 m。

工程总投资 3.6333 亿元,工期 2 年。土建施工于 2015 年 3 月 27 日开工,至 2016 年 4 月站身主体已施工至高程 7.20 m(废黄河基面,下同)。站身主体地面以下土建工程已基本完成、两侧填土已完成,下一步进行主厂房、上下游河道等工程的施工。

2 水文地质条件

工程场地位于九圩港河道西岸,九圩港闸西侧,站身主体地面高程在 7.2 m,上下游河道地面高程在 3.2 ~ 4.0 m。根据本次勘察成果,场地属同一地貌单元和地质单元,地表以下约 35 m 范围内以砂性土层为主。泵站站身设计底高程在 -10.5 ~ -8.4 m,均位于②层稍密或③层中密的砂土中,这两层土均为中压缩性。从力学性能角度分析,②层土 $[R]=140$ kPa,③层土 $[R]=190$ kPa,经设计计算确定,能满足泵站上部荷载对天然地基持力层的要求。②层和③层粉砂土垂直向渗透系数均为 $K=A \times 10^{-3}$ cm/s,具有中等透水性,地基的渗流稳定为本工程的主要工程地质问题之一。设计要求须对地基进行防渗处理^[1]。

根据本地区区域地质资料分析,地下水位动态受季节性变化影响明显,潜水水位丰水期与枯水期水位年变化幅度大。据当地水文地质有关资料分析,场地地下水位一般在 2.4 ~ 2.84 m 之间,历史最高水位接近地表。

本工程周边建筑物较少,仅东侧有九圩港闸,

6 下游清污机桥外侧有正在施工的高架桥梁,与下游引河立体交叉。对外交通便利,水运可从长江直达附近码头,陆路可从宁通高速公路进出。

3 深基坑开挖设计

站身基坑最大开挖深度 18.0 m 左右,属深基坑开挖。根据开挖深度、场地的工程地质及水文地质条件、周边环境条件,该基坑工程安全等级为一级。由于基坑与九圩港闸较近,地下水位较高,且坑壁、坑底均为砂土层,具中等透水性,基坑开挖前必须做好地下水的降排,使基坑部位的地下水位降至基坑底面 0.5 m 以下。同时,为确保施工期基坑边坡渗流稳定和九圩港闸的安全,必需在站身深基坑周边设计布置截渗墙。

3.1 截渗墙设计

基坑东侧 135 m 处为九圩港闸,闸底板顶高程 -2.00 m,底高程 -3.20 m,闸西桥头堡采用钻孔灌注桩基础。为有效截断深基坑管井降水时引起东侧地下水向基坑汇集,设计考虑在闸站之间设置混凝土地下连续截渗墙,并提出了两个设计方案。方案一:基坑东、西两侧均采用混凝土地下连续截渗墙防护,东侧地下连续墙长 300 m,高程 4.00 m ~ -25.00 m,西侧地下连续墙长 474 m,高程 3.00 m ~ -20.00 m;方案二:基于站身主体基坑较深,为确保基坑安全,减少施工期排水,拟对深基坑四周截渗,在其东西两侧仍采用混凝土地下连续墙截渗,长度分别为 300 m、225 m,上下游侧及西侧南延段采用多头小直径水泥搅拌桩防渗墙围封或衔接,全长 392 m。泵站深基坑截渗的两个方案布置见图 1、图 2。

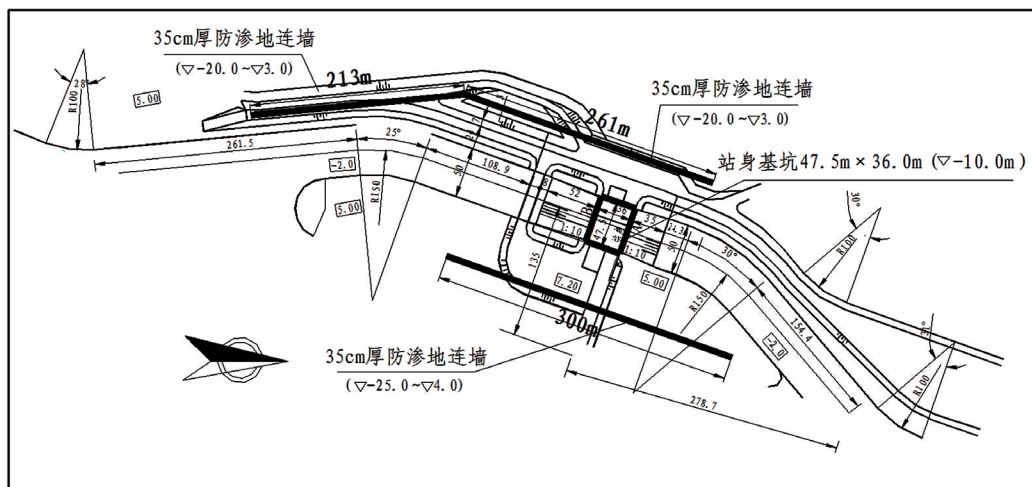


图 1 泵站深基坑截渗混凝土地下连续墙方案

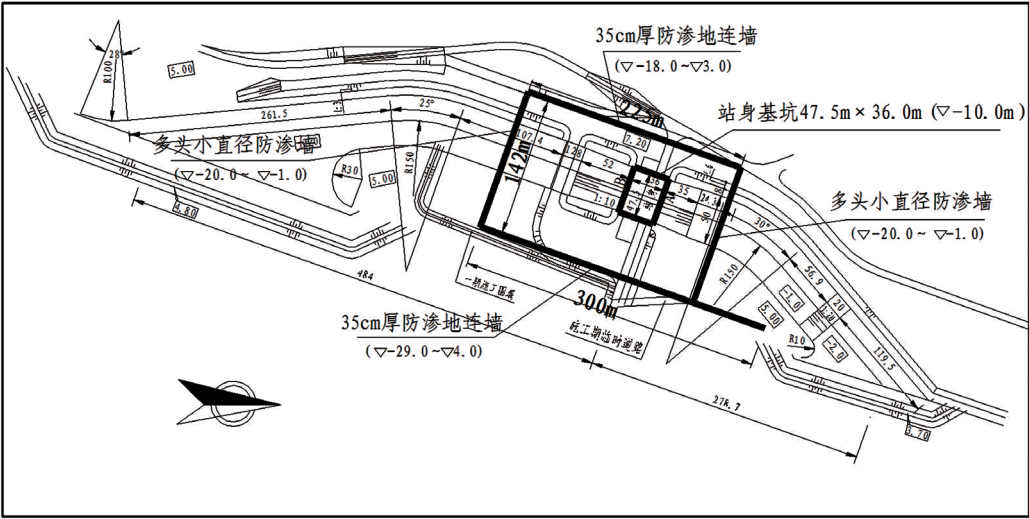


图 2 泵站深基坑截渗混凝土地下连续墙与水泥搅拌桩连续墙结合方案

方案一拟在基坑场地开挖至 5.0 m 时, 液压成槽设备进场, 实施混凝土地下连续墙施工。方案二考虑到主体工程施工工期较长, 为减少施工期基坑排水费用, 拟对深基坑采取围封措施。为不增加地下截渗墙投资, 在深基坑上下游侧和西侧延伸段确定采用多头小直径水泥搅拌桩防渗墙方案, 上下游侧水泥搅拌桩防渗墙实施时机可根据基坑开挖降水情况确定。综合比较, 方案二具有节省降排水费用的优势, 故实施时采用方案二, 施工图设计时考虑东侧邻近九圩港闸及河道, 将地下连续墙墙底伸入相对不透水层, 彻底截断渗流, 以减小施工期基坑降排水量, 故东侧地下连续墙底高程由 -25.00 m 降低至 -29.00 m。同时, 考虑西侧地下水来源有限, 将西侧截渗墙底高程由 -20.00 m 抬高至 -18.00 m^[2]。

3.2 降排水设计

根据本工程水文地质和周边水系及土方开挖深度情况, 设计采取管井和明沟相结合, 河口局部布设轻型井点的排水方式。泵站主体基坑排水系统由管井、明沟、集水井和潜水泵、排水沟组成, 明沟沿基坑四周布置, 并随土方开挖进展同步下移。基坑上口周边设置混凝土排水沟。地下水通过管井由潜水泵抽到排水沟排除, 基坑内雨水和施工废水通过明沟汇入集水井由水泵抽至排水沟。管井径 50 cm, 间距 20 ~ 25 m, 井底高程 -15.00 ~ -25.00 m, 站身主体基坑共布置 14 口, 详见图 3。另在基坑截渗墙外东侧布置 2 口、西侧布置 1 口观测井。在东侧截渗墙外布置补水井 3 口, 底高程 -11.00 m, 后调整为底高程 -20.00 m^[3]。

3.3 土方开挖

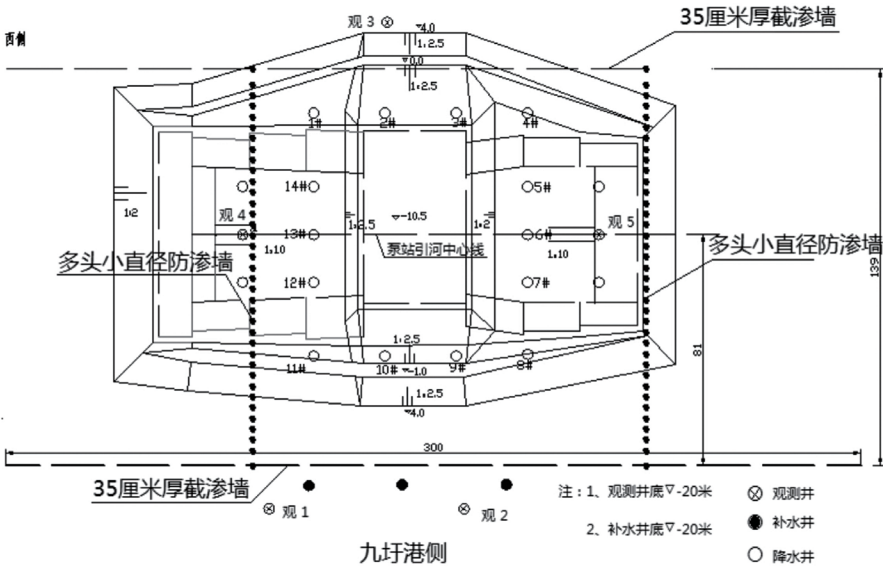


图 3 泵站基坑开挖、降水井、补水井及观测井示意图

本工程属平地开挖,设计基坑开挖采取分级放坡开挖,开挖时采用复式断面,基坑底高程为 -10.50 m ,高程 0.00 m 处设 5 m 宽平台,考虑地下连续墙施工要求,在高程 5.00 m 处增设施工平台,宽 10 m 。平台上、下边坡均为 $1:3$,基坑顶高程 7.50 m 。经边坡稳定计算,抗滑安全系数为 1.33 ,满足规范要求^[2]。泵站站身开挖横断面见图4。

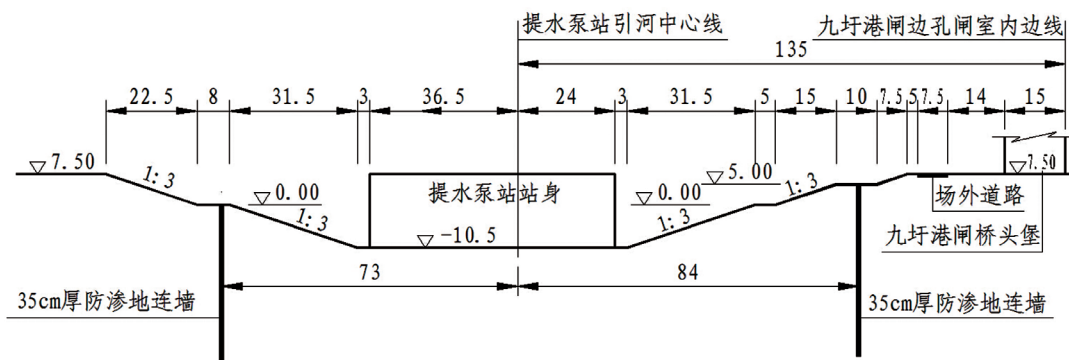


图4 泵站站身开挖横断面图

4 组织实施

施工单位根据设计要求编制了本工程的“基坑开挖及降水补水方案”,建设单位组织专家对该方案进行评审。根据专家评审意见,施工单位对方案进行了修改完善。站身基坑管井2015年6月23日开始抽水,站身底板分三联孔和二联孔二块施工。经基坑验槽、封底,8月25日至27日,三联孔底板浇筑,混凝土量 2450 m^3 。9月9日至11日,二联孔底板浇筑,混凝土量 2550 m^3 。10月24日至25日,三联孔流道层浇筑,混凝土量 2150 m^3 。11月20日至21日,二联孔流道层浇筑,混凝土量 2080 m^3 。至此站身主体大体积混凝土浇筑顺利完成。

在站身主体大体积混凝土浇筑过程中,每隔 24 h 对基坑边坡的稳定、临近的九圩港闸沉降进行观测,同时每隔 12 h 监测观测井水位。每周对九圩港闸西桥头堡的沉降进行观测。8月15日,第三方检测单位对闸西桥头堡进行沉降观测,累计最大沉降量为 15.4 mm ,建设单位立即邀请相关专家、召集参建单位进行会商,经分析讨论:一致认为闸西桥头堡的沉降在正常范围内,不影响九圩港闸的安全运行,建议采取以下措施控制闸西桥头堡发生进一步的沉降。①土建施工单位应采取合理、有效措施加快泵站站身底板混凝土的施

工速度,站身底板混凝土施工结束后,基坑降水井水位适当抬高,减轻因降水可能造成对闸西桥头堡沉降的影响。②土建施工单位应按“基坑开挖及降水补水方案”完善补水井,并确保补水效果和闸西翼墙的稳定。因工程位置高程 -11.00 m 有相对不透水层的不利影响,补水井井底高程降低至 -20.00 m 。③土建施工单位严格按照变形观测

规范要求,加密观测频次,保持观测的连续性和一致性,做好闸西桥头堡、上下游翼墙、临近3块闸底板的沉降观测工作;监理单位做好监督,抽测复核;建设单位制定合理的观测方案,委托第三方专业测绘单位做好九圩港闸的沉降观测。

各参建单位根据会商意见采取了相应措施,效果明显。从2015年11月至2016年4月的连续观测数据显示,闸西桥头堡的沉降已经趋于稳定,变化幅度在 $1\sim 2\text{ mm}$ 之间,目前最大沉降为 20.69 mm ,并连续3个月保持稳定^[4]。2016年3月,站身主体地面以下土建工程已基本完成、两侧填土也已完成,站身基坑的管井地下水位已适当抬高,站身基坑的开挖及降水对九圩港闸的影响逐渐减弱,目前在安全运行过程中。

5 思考与总结

(1) 根据本工程的特点,对站身深基坑采用混凝土地下连续墙及多头小直径水泥搅拌桩形成封闭式垂直防渗止水帷幕,截渗效果明显,且明显减少降水影响的范围。但应根据周边建筑物的不同、地下水位的情况,适当调整不同方向截渗墙墙底高程,如东侧邻近九圩港闸及河道,考虑保证水闸的安全,同时地下水位较高,将东侧截渗墙底高程适当降低,将西侧截渗墙底高程适当抬高,实践证明这是合适可行的。

(2) 深基坑设计时应充分考虑基坑降水及土方开挖对相邻建筑物的影响。本工程基坑降水、开挖后,九圩港闸产生了一定的沉降。采取措施后沉降没有继续增大,保持稳定。设计单位应充分考虑基坑开挖对邻近建筑物的影响,例如建筑物沉降控制在多少范围内是安全的,以便施工过程中有据可依,并采取相应的有效措施。

(3) 深基坑开挖、降水过程以及基坑内主体结构施工时必须做好基坑内外的监测工作,直至主体结构施工完成、土方回填结束。监测内容包括基坑的边坡稳定、降水井的地下水位、观测井及补水井的地下水位,邻近建筑的水平、垂直位移等,监测频率根据工程进展调整,主体结构未完成前必须保证每天1次,发现监测数据异常,必须采取相应措施,保证施工及周边建筑物的安全。

参考文献:

- [1] 江苏省工程勘测研究院有限责任公司.南通市九圩港提水泵站工程地质勘察报告(施工图阶段)[R].扬州:江苏省工程勘测研究院有限责任公司,2014.
- [2] 江苏省水利勘测设计研究院有限公司.南通市九圩港提水泵站工程初步设计报告[R].扬州:江苏省水利勘测设计研究院有限公司,2014.
- [3] 江苏省水利建设工程有限公司.南通市九圩港泵站工程基坑降水及开挖专项施工方案[R].扬州:江苏省水利建设工程有限公司,2015.
- [4] 南通市江海测绘院有限公司.南通市九圩港闸西侧变形测量报告[R].南通:南通市江海测绘院有限公司,2015.8~2016.4.

(责任编辑:王宏伟)

