

浅谈江南泵站出江管道工程深基坑施工技术

徐申飞

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]文中旨在对江汉出江管道工程深基坑专项施工方案进行分析, 以保障施工安全。该工程位于武汉市江岸区, 主要建设15台雨水泵的出水压力管道和2台尾水泵的压力管道, 水道全长约4.5公里, 最大埋深15米, 需设置翻堤压力管道穿过武金堤。此外还包括440米长的双孔自排箱涵, 基坑深度8.5-15米。地质条件复杂, 存在不同层次的冲积层和粉砂岩, 地下水位高, 易产生渗水问题。通过科学的监测与分段施工方法, 可以及时掌握施工情况, 一旦发现问题及时修正, 从而最大限度保障施工安全并减小对周边环境的影响。

[关键词]深基坑开挖; 专项施工; 出江管道工程

DOI: 10.33142/hst.v7i5.12312

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Brief Discussion on the Construction Technology of Deep Foundation Pit for the Jiangnan Pumping Station Outflow Pipeline Project

XU Shenfei

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: The purpose of this article is to analyze the special construction plan for the deep foundation pit of the Jiangnan River outlet pipeline project, in order to ensure construction safety. The project is located in Jiang'an District, Wuhan City, mainly constructing pressure pipelines for 15 rainwater pumps and 2 tail water pumps. The total length of the waterway is about 4.5 kilometers, with a maximum burial depth of 15 meters. It is necessary to set up a pressure pipeline for turning over the embankment to pass through the Wujin Embankment. In addition, it includes a 440 meter long double hole self draining box culvert with a foundation pit depth of 8.5-15 meters. The geological conditions are complex, with different levels of alluvial layers and siltstones, and the groundwater level is high, which can easily lead to water seepage problems. Through scientific monitoring and segmented construction methods, the construction situation can be grasped in a timely manner. Once problems are discovered, they can be corrected in a timely manner, thereby maximizing construction safety and reducing the impact on the surrounding environment.

Keywords: deep foundation pit excavation; special construction; river outlet pipeline engineering

1 工程概况

巡司河第二出江泵站(江南泵站)是汤逊湖水系的重要排涝设施之一。本工程主要涉及15台雨水泵的出水压力管道和2台尾水泵的压力管道。出水压力管道采用D2220mm压力钢管,翻过武金堤后扩径至D2800mm压力管,水道全长约4.5km,最大埋深达15m。管道路线设计考虑了地形、土质条件,设置翻堤压力管道穿过翻过武金堤,管道自排箱涵下穿堤体采用了较高的埋深,以保证不影响堤体安全。管道采用压力钢管,具有抗压强度高、结构稳定的优点,适合长距离输水。尾水泵采用D2020mm压力钢管,设计成“驼峰”状翻过武金堤,“驼峰”埋设较浅。管道采用变径连接,实现顺畅过渡。管道终点均设置了拍门阀门,可以控制尾水泵的出水倒灌。此外,工程还涉及自排箱涵的施工。自排箱涵采用2-BH=5.0×2.5m双孔箱涵,全长440m,基坑开挖深度8.5~15m,为了保证施工安全,设置了1:2~1:3的开挖坡度。基坑底部采用水泥土桩加固,其他段采用喷射混凝土护面。若遇高地下水位,还设计了降水井进行降水排涝。

2 工程地质条件

江汉出江管道工程位于武汉市江岸区,武金堤两侧。武金堤内外侧地形高差大,最大达13.48m,需要设计翻堤压力管道穿过武金堤。场地自上至下分为7层不同岩土:表层为填土;下为第四系冲积层,含黏土、砂砾等;中间一层更新统冲积层含碎石土、黏土层;基岩为泥质粉砂岩。各层性质不同,易风化。地表水主要为菜地浇水沟渠和厂区低洼处滞留水,水量小,受降水影响;最大勘探深度53m范围内,地下水类型有上层滞水、孔隙承压水和基岩裂隙水。地下水位高,可能产生渗水流失问题,增加施工难度。工程位于武汉市区,长江和汉水对地下水动态影响显著。长江横贯工程位置,水文条件复杂。市区内众多湖泊也可能影响周边建设。此外,管道两侧为菜地和居民区,需要控制施工污染和噪音影响。部分管段还需考虑周边厂区设施影响。

3 工程难点

本工程地质条件复杂,主要难点如下:

(1)地质条件复杂。场地内除表层填土外,下层为

各种冲积层,含黏土、砂砾等,层次不清晰,易发生滑坡。基岩为泥质粉砂岩,风化程度高。

(2) 需要翻越武金堤。武金堤内外高差大,最大达13.48m。管道和自排箱涵需要在武金堤上设计上升和下降段,增加工程难度。

(3) 地下水条件不利。场区最大勘探深度53米范围内存在三种类型地下水,地下水位高,施工时易产生渗水流失问题。

(4) 自排箱涵基坑开挖难度大。基坑开挖面积大,部分段基坑深度超过15米,需要进行深基坑开挖和支护,难度大。

(5) 施工受周边设施影响。周边有居民区和厂区,需要控制施工对周围的影响。部分管段还需考虑周边设施布置。

4 深基坑开挖主要施工要点分析

本工程本着保证大堤安全度汛的原则,以大堤为重点先行开挖。利用长江水降到历年最低时期,对自排箱涵出口和明渠出口进行围堰施工,以隔离水源,为后续堤身开挖提供便利条件。然后,结合基坑深度不同,采取分段同步施工的方式。先从基坑较浅的4.17m流道段开挖,及时回填,再同时开挖基坑深8.515.5m的堤身段。三个深基坑分段同步进行,一边开挖一边回填,利用好每一次开挖机会,节省时间,保证大堤修复质量和安全度汛标准。以有效安排开挖顺序和资源,最大限度缩短工期,满足地方部门恢复使用的要求。

4.1 桩基施工

4.1.1 水泥搅拌桩施工

水泥土搅拌桩施工是桩基工程的重要内容,直接影响结构的安全性能。施工前需要进行水泥土搅拌桩的试桩,测试土层的复合承载力和桩身强度,以确定施工参数。试桩数量不少于9根,且土层承载力应满足设计要求。水泥土搅拌桩采用深层混凝土搅拌桩机进行钻进搅拌施工。首先准确放样确定每根桩的位置,然后将搅拌桩机就位对中,保证导向架垂直度误差在1%以内。搅拌桩施工采用“钻进+提升”方式。钻头下钻时同时从顶部喷入预先混合好的水泥浆,将土体固化成为水泥土混合物,下钻速度控制在0.5~0.8m/min。完成设计桩长后,钻头改为提升,继续从顶部喷浆,使整根桩形成一体化的水泥土混合物,提升速度控制在0.8m/min以下。整个搅拌桩施工过程必须保证水泥浆的连续供给,不允许中断。完成一根桩后,移动桩机定位下一根桩,以此类推完成所有桩基的施工。

4.1.2 堤顶高压旋喷桩防渗墙施工

本项目大堤防采用高压旋喷桩技术建设渗墙,以有效防止渗流对堤体的影响。施工前需要进行试桩,测试土层性质和桩身强度,确定施工参数如桩径、桩距、水泥浆配比等。施工时,首先准确测量定位每根桩的位置,然后将三重管高压旋喷桩机就位对中。施工采用“高压旋喷”方

式。先将预混好的水泥浆送入三重管内,然后打开高压泵和空压机,将水泥浆以2.0~3.0MPa的压力通过喷嘴射入土体,同时三重管以5~15cm/min的速度旋转和提升。水泥浆将土体破碎并充实,形成一体化的水泥固结体。整个施工过程必须保证水泥浆的连续供给,不允许中断。施工质量直接影响渗墙的防渗效果。需要严格按参数控制注浆压力和流量,注浆过程中监测冒浆量以确保质量。施工结束后需要彻底清理设备,以防水泥浆残留影响下次施工。

4.1.3 三轴搅拌桩防渗墙施工

本项目采用三轴水泥土搅拌桩技术,沿自排箱涵两侧布设直径0.85m的三轴搅拌桩,形成一道防渗墙,以解决排水涵周围地下水渗透问题。三轴搅拌桩是一种新型的地基防渗技术。它利用三根搅拌叶片,实现土体的切割、搅拌和水泥浆的充填,形成一体化的水泥土混合物。本项目三轴搅拌桩采用P42.5级水泥,开挖坡面以上为空搅,下面为实搅,分别掺入不同浓度的水泥,以达到不同的防渗效果。施工过程采用“钻-搅-浆”一体化工艺。先准确定位每根桩位,然后将搅拌桩机就位对中,启动下钻同时进行水泥浆的注入,内外三个叶片旋转搅拌,实现土体的切割与浆液充填。整个施工过程严格控制参数,如下钻速度、搅拌时间、浆液质量等,确保形成一体化的水泥土体。完成一根桩后,清洗设备移到下一桩位继续施工。整条防渗墙需要全长范围内进行复搅,以确保质量。

4.2 土方开挖与支护

4.2.1 翻堤流道土方开挖

土方开挖顺序是:测量放线→土方开挖→边坡挂网喷锚支护→基础处理→基坑排水→垫层混凝土。翻堤流道为驼峰式设计,翻堤段投影长度61.9m,堤内水平段长度46.15m,开挖采用由高向低分层进行,堤顶开挖可直接利用现状道路运输,1.2m³挖机装载,堤内斜坡段开挖,利用下基坑道路,在边坡开口破口修路进入基坑,反铲爬坡到顶,自上而下进行退挖,堤内水平段开挖相对简单,按要求2m一层进行开挖,下基坑道路分层修坡,采用两台反铲接力的方式将道路部分挖出基坑。开挖示意图如下所示:

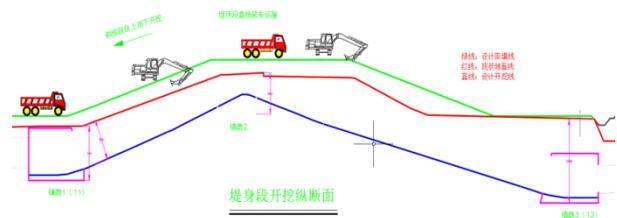


图1 开挖示意图

出水池及堤内水平段开挖,出水池基坑较深,6.7m左右,修筑下横向基坑道路,坡度8%,路面铺垫50cm再生料,局部地方铺设钢板,保证出渣道路通畅。开挖的顺序是由中间向边坡推进的方式,最后的出渣道路及两侧边

坡部分区域,采用反铲接力的方式进行。

4.2.2 自排箱涵堤身开挖与边坡支护

在自排箱涵的中间位置,向两侧修筑下基坑道路,坡度设计 8%,同时两个工作面进行开挖,堤身段,作为重点开挖部位,保证每天的强度达到工期的要求。堤身侧可满足 5 仓砼的施工。下基坑道路形成后,分层开挖,每层厚度不超过 2m,每挖一层,进行喷锚支护一层,边坡开挖用反铲进行削坡,用水平尺控制坡面平整度,严禁超挖。详见开挖断面图:

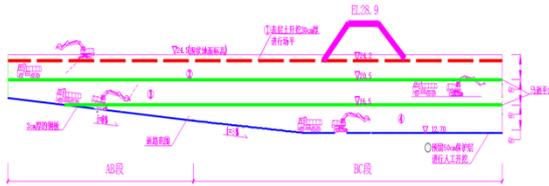


图 2 自排箱涵开挖断面图

4.2.3 边坡支护

本项目边坡支护工程将采取分层开挖施工,每 4m 高度设置 2m 宽的中平台,有利于暴露部位短期支护和防止边坡松散落下。中平台两侧设置 20cm 宽 20cm 高的截水沟,可以有效防止大面积雨水冲刷边坡。开挖时使用 1.2m³ 的反铲机,必须有质检人员现场监督控制好边坡坡度,严禁超挖以保证边坡稳定。设置好中平台后,将钢筋网挂在边坡上,钢筋网规格为直径 6.5mm@150mm×150mm,网间距 2 米。钢筋网与深入土层 1m 的锚杆通过焊接相连形成整体结构。初喷混凝土 3cm 后再铺设好钢筋网,然后进行复喷,形成 100mm 厚的 C20 混凝土护面。喷射接头采斜交叠方式,长度大于喷射厚度 2 倍,有利于结合紧密。喷射砼将采用“湿喷法”施工,通过试验确定的配合比和工艺指标,以保证强度和品质。完成支护后进行 7 日的水养护。整个边坡支护工程将采取分层开挖+中平台+钢筋网钉+混凝土护面+严格质量控制的方法,以保证边坡稳定性和安全性。

4.2.4 降排水施工

本项目基坑降排水工程将采取明沟排水和降水井抽水两种方式进行。明沟排水主要是在基坑周围设置永久明沟和集水井,用于截取外围地表水,同时在基坑开挖过程中根据开挖面下降布置内部排水明沟,以排除施工废水。降水井抽水是重点内容,主要在大堤外围和箱涵基坑内布设管井,井径为 550mm,管径 250mm,管长 24m,滤水管有效长度 8~9m,设计单井出水量不小于 50m³/h,井间距控制在 15m 以内。为了确保设计参数,将进行钻孔实验井并开展抽水试验,优化设计方案。降水井施工将严格按工艺流程开展,包括井位定位、埋设护管、钻进清孔、下井管、填砂等步骤。抽水试运行后进行正式运行,并与基坑开挖进行协同。运行过程中将实行 24 小时值守,记录水位变化并观察异常。基坑开挖结束后将对管井进行封堵处理,确保不会对下游造成影响。

4.3 土方回填

本项目土方回填工程将进行严格的碾压试验,以确定最佳的回填施工参数。首先,将在拟定的试验区进行不同厚度(20cm、25cm、30cm)和不同碾压遍数(4、6、8 遍)的碾压试验,观察不同条件下的沉降率、干密度和孔隙率,找出最优值。试验将使用与实际施工相同的振动碾进行。在试验前,监理工程师将审核并批准试验计划。现场将进行平整处理,保证基础密实度均匀。试验区铺设不同厚度的回填土后,将采用喷雾器控制土的含水率,进行静态和动态碾压。取样测试将包括沉降率、干容重和孔隙率三项指标,以评估不同条件下的压实效果。整个试验过程将严格控制各项参数,如土质、含水率,保证试验结果的可靠性。每组试验将连续进行,避免土含水发生变化。所有操作人员将保持固定,并及时记录与整理试验数据,分析成败原因,为后续试验提供依据。

本项目土方回填工程首先是施工准备,包括基础清理、测量放样等准备工作。然后进行土料运输、卸料、铺料,采用推土机平整土面。接着是重要的碾压步骤。将使用 16 吨的凸块振动碾进行碾压,保证每层土实效率达到设计要求。碾压设备类型、参数将参考填筑试验结果确定。对局部小面积,将使用手扶振动碾进行薄层碾压。整个碾压过程将严格控制速度和层厚,以保证质量。填筑过程中,还将采取多项措施应对不同情况,如雨天将设置排水设施防止积水,土含水率高时将进行翻晒处理。同时,将对接缝进行留台法和骑缝碾压处理,以保证填筑质量。

5 基坑监测

5.1 监测点布置

本项目为了实时和全面监测江南泵站基坑开挖对周边堤防的影响,采取了系统和细致的监测点布置措施。具体来说,首先在新建江南泵站可能影响范围内的武金堤上,选择 4 个代表性的监测断面,分别位于堤防桩号 50+900、51+015、51+123 和 51+198 位置。每个监测断面再均匀布置 5 个监测点,分别对应堤外脚、堤顶外肩、堤顶内肩、堤内脚以及泵房基坑和堤防之间的位置,共计 20 个监测点。其次,在堤内离堤脚 200~300m 范围内,选择 1 组工作基点作为控制点,采用 2 根混凝土柱加普通水准标石的形式,确保基点坐落在未被开挖影响的稳定土体上。最后,每一个监测点均开挖一个 50cm×50cm×80cm 深的坑位,使用 C20 混凝土浇筑基座,埋设不锈钢标芯并标注编号和年月,作为长期稳定的监测点基础。

5.2 监测内容和方法

首先是巡视检查。这是监测最直观的手段。日常巡视检查频率为每天一次,汛期或异常情况增加检查次数,且每天应至少检查一次。检查人员经验丰富,相对固定。检查项目包括堤体各部位是否有裂缝、渗水渗漏等异常现象。一旦发现问题,立即上报分析处理。此外,还将组织专人对可能发生危险的部位进行持续监视,必要时还会组织专

项检查。其次是安全监测。根据工程影响范围,选择泵房中轴线两侧 200m 内和从堤内至堤外脚作为监测范围。在这个范围内设置 4 个监测断面,对堤体进行水位、沉陷和水平位移监测。监测频次为施工期每天两次,以观察变化情况。监测采用精密水准仪和全站仪进行量测。水准仪用于监测各个部位的沉陷量,全站仪用于监测水平位移。通过设置科学的监测内容和合理的监测方法,如巡视检查、安全监测等,可以及时掌握堤防各个部位的变形情况,一旦发现安全隐患,立即上报处理,从而保障基坑施工期间和完工后堤防的安全运行。

6 结束语

出江管道工程深基坑施工方案设计科学合理,各项措施周到,有利于保证工程质量和施工安全。但是,在实际施工过程中还存在一定隐患和不确定性。总体来说,该工程施工难度大,存在一定风险,需要在实际施工中结合实际情况,灵活调整措施,严格控制各项因素,全面加强安全管理,才能保证项目顺利完成。

【参考文献】

- [1]何成生.深基坑施工若干问题探讨[J].科学技术创新,2024(5):142-145.
 - [2]曾里.深基坑支护的变形效应及专项施工方案[J].科技创新与应用,2023,13(24):91-93.
 - [3]高萌.袁桥泵站深基坑开挖专项施工方案分析[J].河南水利与南水北调,2020,49(12):47-48.
 - [4]朱明轩.大型深基坑支护体系及专项施工研究[D].长安:长安大学,2020.
 - [5]代金龙.建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理[J].科学技术创新,2020(18):116-117.
 - [6]陈亮.建筑工程深基坑支护施工技术研究[J].河南建材,2020(5):57-58.
- 作者简介:徐申飞(1981.12—),毕业院校:华北水利水电大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:中国水利水电第十一工程局有限公司,职务:项目经理,职称级别:高级工程师,研究方向:水利水电工程施工。