

江西信江航电枢纽工程围堰防渗及降排水研究

范海亮, 陈富*

(中交第一航务工程局有限公司, 天津 300461)

摘要: 依托江西信江航电枢纽工程对围堰防渗结构、降排水设计和水泵选型等方面进行了研究和总结。采用的复合土工膜加高喷防渗墙的组合同防渗结构具有较好的施工效率和防渗性能。由于砂卵石层高压旋喷桩施工质量离散性较大, 需要适当增加喷浆时间。基坑降排水的初期排水和经常性排水量根据规范进行计算, 在初期排水过程中覆盖层的水排出速度较慢, 所以初期排水时覆盖层的给水度可以适当取小值。围堰内基坑降排水建议采用集水明排方式, 并根据“两级截水, 三级排水”的原则对排水沟和集水坑进行布置。水泵选型应考虑扬程和流量, 初期排水可以采用卧式离心泵和潜水泵结合的方式, 经常性排水主要采用潜水泵。

关键词: 围堰; 防渗结构; 初期排水; 经常性排水; 水泵选型

中图分类号: U655.541

文献标志码: A

文章编号: 2095-7874(2020)06-0042-05

doi: 10.7640/zggwjs202006010

Study on cofferdam anti-seepage and drainage in Jiangxi Xinjiang navigation power junction project

FAN Hai-liang, CHEN Fu*

(CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

Abstract: Based on Jiangxi Xinjiang navigation power junction project, the cofferdam anti-seepage structure, drainage design and pump selection were studied and summarized. The combined anti-seepage structure of composite geomembrane and high-pressure jetting diaphragm adopted in this project presents a better construction efficiency and anti-seepage performance. Because of higher quality dispersion of high-pressure jet grouting pile in sandy gravel layer, the jetting time needs to be increased appropriately. The initial drainage and regular drainage of foundation pit shall be calculated according to the code. Due to the slow drainage speed in overburden layer, the water supply ratio can be appropriately taken as a small value in the initial drainage. The foundation pit drainage in cofferdam is suggested to adopt the open drainage mode of water collection, and the drainage ditch and sump are arranged according to the principle of "two-level water interception and three-stage drainage". Head and flow shall be considered for pump selection. The combination of horizontal centrifugal pump or submersible pump can be adopted for initial drainage, and submersible pump is mainly used for regular drainage.

Key words: cofferdam; anti-seepage structure; initial drainage; regular drainage; pump selection

0 引言

为了给航电枢纽的主体结构施工提供干作业条件, 需要在河流内修筑围堰并将围堰内的水排出。围堰内防渗结构和降排水设计和施工关系到整个项目的工期和安全^[1-3]。本文从围堰防渗结构、

渗水量计算、降排水设计等方面对水利工程的围堰施工的有益经验进行总结。

1 围堰防渗结构

江西信江八字嘴航电枢纽工程位于江西省信江下游。信江在八字嘴河心岛分为东大河和西大河, 两者的分流比为3:7, 本航电枢纽BW1标段主要包括在东大河修建电站厂房、船闸和12孔泄水闸。本工程采用枯期围堰, 总工期包括两个枯水期和两个汛期。在枯水期修建围堰, 然后将围

收稿日期: 2020-03-25 修回日期: 2020-04-26

作者简介: 范海亮 (1980—), 男, 吉林松原人, 高级工程师, 主要从事施工管理工作。

*通讯作者: 陈富, E-mail: chenfu2@qq.com

堰内水排出进行施工,汛期到来前将围堰拆至+12.0 m 标高行洪,二枯期开始前将围堰恢复继续施工。本工程的导截流主要包括在河心岛开挖导流明渠,并在东大河修筑上下游围堰,然后与河心岛上的纵向围堰和右岸堤防形成闭合围堰,围堰总长 3 792 m,围堰内总面积约 69.7 万 m²,见图 1。

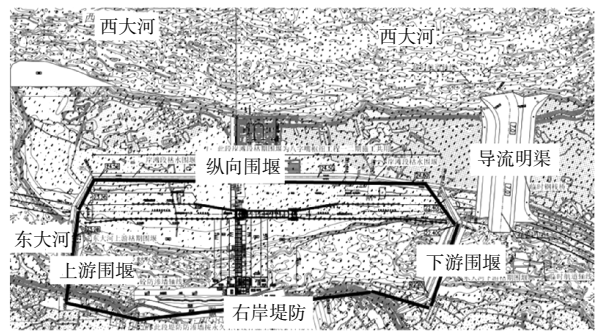


图 1 围堰布置图
Fig. 1 Cofferdam layout

根据勘察报告,河心岛场地较平坦,标高为+20.0 m 左右,下伏中风化基岩顶标高约-2.0 m。东大河河床由于冲刷或者采砂作业形成局部深槽,最低标高约+2.0 m。该场地覆盖层厚约 16 m,其下基岩为千枚岩、千枚状细砂岩。河心岛土层自上而下分别为:粉质黏土,可塑状,厚 1~1.8 m;中细砂、中粗砂,松散状,厚 4~9.3 m,标贯击数 5~6 击;砂卵砾石,稍密~密实状,厚 5.4~7.7 m,

$N_{63.5}=6\sim40$ 击;全风化岩厚 1.5~4.5 m,强风化岩厚 2.9~4.3 m,中风化顶板埋深 18.8~25 m,相应高程-6~-2 m^[4]。

围堰内防渗结构原设计采用塑性混凝土墙,施工前期现场不具备建设塑性混凝土拌合系统的条件,为了节省工期,防渗结构变更为高压旋喷桩。高压旋喷桩防渗墙在国内水利水电和航电枢纽工程中运用广泛,技术比较成熟,具有造价低、施工快、适应土层范围广的优点^[5]。此外,原设计中戗堤以上堰体全断面采用均质黏土填筑,与戗堤内的防渗墙形成封闭的防渗体系。由于心墙的黏土用量大,为降低征地难度,保护耕地,将黏土心墙变更为复合土工膜心墙。因此围堰防渗体系最终采用复合土工膜(斜)心墙+高喷防渗墙的防渗体系。

围堰的施工方案为戗堤采用砂卵砾石水上抛填,戗堤合龙后陆上填筑快速填筑到+17.0 m 标高,然后在此标高进行高压旋喷桩防渗墙施工。高压旋喷桩施工完成后清理桩头,采用盖帽混凝土将高压旋喷桩和复合土工膜连接。然后采用中粗砂对堰体进行加高加宽,复合土工膜随着填筑过程同步向上铺设。围堰填筑至+23.0 m 标高,上下游边坡分别采用 0.8 m 和 1.0 m 厚袋装砂护坡,其中袋装砂下铺设 1 层短纤针刺非织造土工布(规格 300 g/m²),起到排水反滤的效果。上游围堰典型断面见图 2。

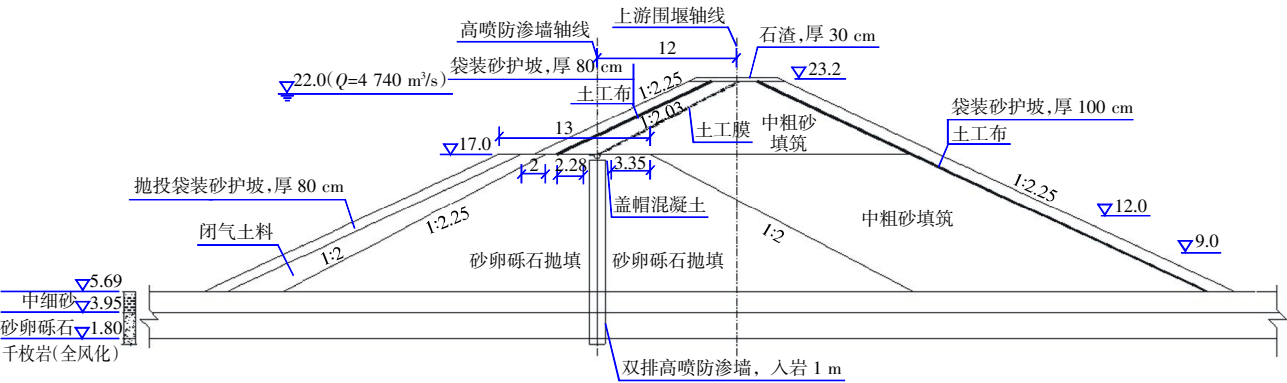


图 2 上游围堰典型断面
Fig. 2 Typical cross-section of upstream cofferdam

本工程高压旋喷桩防渗墙采用双排布置,设计桩径 0.8 m,排距 0.5 m,每排桩间距为 0.6 m,防渗墙底高程按深入基岩 1 m 控制。

高压旋喷桩采用双管法施工工艺,施工工艺参数见表 1。

表 1 高压旋喷桩施工工艺参数
Table 1 Process parameters of high-pressure jet grouting pile

项目	提升速度/ (cm·min ⁻¹)	流量/ (L·min ⁻¹)	水泥浆 压力/MPa	气压力/ MPa	水灰比
参数取值	12~15	65~70	30~32	0.7~0.8	1:1

依据表1中的工艺参数进行现场典型施工,现场取芯结果表明,高压旋喷桩在砂卵石层内的桩体质量离散性较大,因此为提高砂卵石层高压旋喷桩的施工质量,砂卵石层的提升速度降为8~10 cm/min。

2 围堰内降排水计算

围堰内防渗结构施工完毕形成闭气后进行围堰内降排水,既要保证排水的速率不影响基坑开挖施工,也要保证排水过程中围堰及边坡的安全。为了确定所需水泵的数量,需要对围堰内排水量进行计算。

根据DL/T 5719—2015《水电水利工程施工基

坑排水技术规范》,围堰内降排水分为初期排水和经常性排水。初期排水总量按围堰闭气后的基坑积水量、渗水量、基坑覆盖层含水量、降水量等进行计算。基坑内经常性排水量由基坑渗水、施工弃水、降水汇水和基坑覆盖层中含水量等组成^[6-7]。

基坑渗水量与防渗结构密切相关,复合土工膜(斜)心墙+高喷防渗墙具有较好的防渗性能,采用岩土渗流分析软件进行渗流计算,上下游围堰在正常挡水水位条件下,围堰背水侧的最大出逸坡降为0.32,小于允许渗透坡降,不会发生渗透破坏。经常性排水期间上游围堰坝体和基础单宽渗流量为 $37.49 \text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,计算结果见图3^[8]。

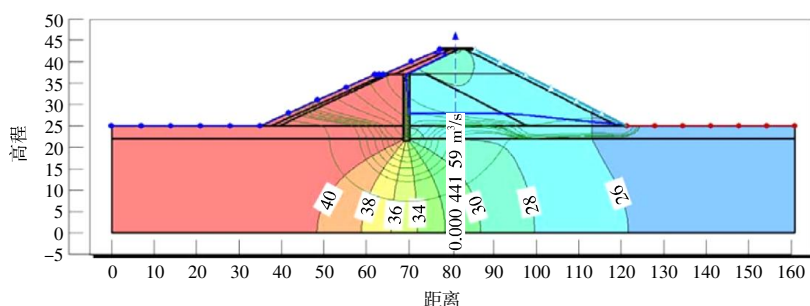


图3 正常挡水条件下上游围堰渗流流网

Fig. 3 Seepage flow network of upstream cofferdam under normal water retaining condition

按照《水电水利工程施工基坑排水技术规范》^[6]要求,初期排水的速率宜控制为0.5~0.8 m/d。按照初始水面标高+13.4 m,排水下降速率0.8 m/d,水位降至河床底+5.0 m所需的工期为11 d。按照11 d进行计算得到的排水强度为26.1万 m^3/d 。经常性排水的排水强度为9.7万 m^3/d 。

后续实际初期降排水过程中发现覆盖层的含水量由于排出速度较慢,在初期排水时土层内的水短时间内不会全部渗出,所以在计算初期排水量时覆盖层的给水度可以适当取小值。

3 基坑开挖与降排水布置

初期排水将围堰内积水排干后进行基坑开挖,主要包括电站厂房、泄水闸、船闸3个基坑,根据不同的土层设置不同的开挖坡度放坡开挖。基坑经常性排水一方面要满足基坑开挖的需要,另一方面需要降低降排水的施工成本,因此采用集水明排的方式。在基坑分层开挖过程中,为了在开挖前将土体内的水提前排干,需要先开挖深沟,将深沟内的水及时排出,保证将水位降至开挖深度以下。基坑开挖与排水沟布置见图4。

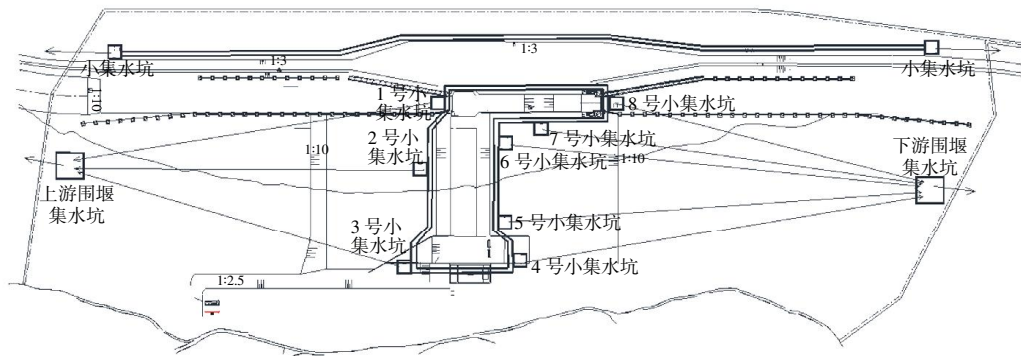


图4 排水沟和集水坑布置

Fig. 4 Layout of drainage ditch and sump

根据“两级截水,三级排水”的原则对排水沟和集水坑进行布置。“两级截水”包括坑顶截水和风化岩标高处截水,通过在这两处设置排水沟防止雨水进入基坑区域,减小基坑内排水量。“三级排水”主要包括基坑底排至风化岩顶标高的小集水坑、小集水坑排至上下游围堰大型集水坑、上下游围堰大型集水坑排至围堰外侧,见图5。

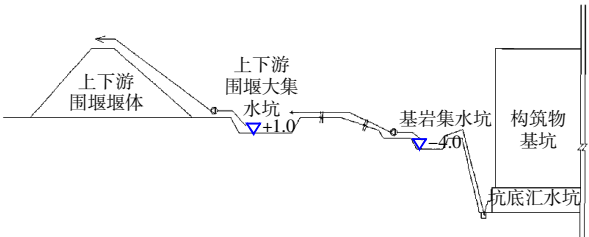


图5 两级截水三级排水示意图
Fig. 5 Sketch map for two-level water interception and three-stage drainage

现场采用塑料管直接将基坑内的水排到上下游的大型集水坑,也可以采用在现场基坑与上下游围堰之间增设二级子围堰,利用原河床逐级排到上下游围堰处的大型集水坑。施工中发现由于子埝填筑主要采用了河床内的砂卵砾石,渗透系数较大,在将子埝内的水强排至子埝外后,子埝内外形成水头差,因此子埝外的水会渗流回基坑,影响基坑内的降水效果,因此在较大的回流渗水点需要采取塑料布铺底等防渗措施。

4 水泵选型与布置

《水电水利工程施工基坑排水技术规范》^[6]推荐使用卧式离心泵或潜水泵,根据相关的工程应用实例,潜水泵和离心泵的优缺点对比见表2。

表2 潜水泵与卧式离心泵对比
Table 2 Comparison of horizontal centrifugal pump and submersible pump

项目	潜水泵	卧式离心泵
排水量	较小	较大
水泵工作位置	水面以下	水面以上
搭设平台	不需要	需要
移动方便性	移动方便	移动需要吊车

考虑到初期排水和经常性排水的工作特点,初期排水采用卧式离心泵和潜水泵相结合,经常性排水全部采用潜水泵。所用的水泵功率和数量见表3。

表3 水泵选择
Table 3 Pump selection

项目	潜水泵	卧式离心泵
流量/(m ³ ·h ⁻¹)	200	400
扬程/m	32	32
功率/kW	22	55
初期排水所需数量/台	30	8
经常性排水所需数量/台	10	0

在降排水的实际过程中,为了保证潜水泵始终都能浸没在水中,采取现场焊接钢筋架及浮筒,并将潜水泵固定在钢筋架与浮筒的下方,有效防止水泵干烧损坏电机。

在降排水过程中对于围堰变形和渗流情况进行了监测,发现4处较大的渗水点,采取三角量水堰对围堰的渗水量进行监测,各渗水点的渗水量为250~1 100 m³/d。

由于围堰渗出的水清澈不浑浊,因此对于围堰安全性影响较小,采取了适当增加水泵数量或者开启时间措施,确保基坑内水位不上升。

5 结语

本文依托于江西信江航电枢纽工程,对围堰防渗结构、降排水计算及布置和水泵选型等方面进行了研究,得出如下结论:

1) 复合土工膜加高喷防渗墙的组合式防渗结构具有较好的施工效率和防渗性能。由于砂卵砾石层高压旋喷桩施工质量离散性较大,需要适当增加喷浆时间。

2) 由于初期排水时覆盖层的水排出速度较慢,因此根据DL/T 5719—2015《水电水利工程施工基坑排水技术规范》进行降排水计算时,给水度可以适当取小值。

3) 基坑降排水采用集水明排方式,根据“两级截水,三级排水”的原则对排水沟和集水坑进行布置。

4) 根据水泵的工作特点,初期排水采用卧式离心泵或潜水泵两者相结合的方式,经常性排水建议采用潜水泵。

参考文献:

[1] 冯波,陈猛,钱巍,等. 集水明排与深井井点联合降水工程应用[J]. 中国港湾建设,2017,37(11):53-56.
FENG Bo, CHEN Meng, QIAN Wei, et al. Application of combined dewatering method of water catchment and deep well in pit excavation[J]. China Harbour Engineering, 2017, 37 (11): 53-56.

- [2] 张斌,周俊辉,何维维. 海上人工岛基坑工程防渗[J]. 中国港湾建设, 2017, 37(1): 33-37.
ZHANG Bin, ZHOU Jun-hui, HE Wei-wei. Anti-seepage of excavation project in offshore artificial island[J]. China Harbour Engineering, 2017, 37(1): 33-37.
- [3] 张培,姚斌. 卡塔尔多哈新港挖入式港池基坑渗流数值模拟计算[J]. 中国港湾建设, 2015, 35(5): 9-12.
ZHANG Pei, YAO Bin. Numerical simulation of seepage of foundation pit of dig-in basin in Doha, Qatar[J]. China Harbour Engineering, 2015, 35(5): 9-12.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司, 中水珠江规划勘测设计有限公司. 江西省信江八字嘴航电枢纽工程初步设计报告第二册[R]. 2018.
CCCC Water Transport Planning and Design Institute Co., Ltd., China Water Resources Pearl River Planning, Surveying and Designing Co., Ltd. Volume II of preliminary design report of Jiangxi Xinjiang Bazizui navigation and power junction project[R]. 2018.
- [5] 诸葛爱军, 孙力, 赵克来, 等. 高压旋喷桩在砂卵石层的质量问题及控制措施[J]. 中国港湾建设, 2019, 39(3): 47-51.
ZHUGE Ai-jun, SUN Li, ZHAO Ke-lai, et al. Quality problems and control measures of high pressure jet grouting pile in sand-gravel layer[J]. China Harbour Engineering, 2019, 39(3): 47-51.
- [6] DL/T 5719—2015, 水电水利工程施工基坑排水技术规范[S].
DL/T 5719—2015, Technical specification of foundation pit drainage for hydropower and water conservancy engineering construction [S].
- [7] 常士骝, 张苏民. 工程地质手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
CHANG Shi-biao, ZHANG Su-min. Handbook of engineering geology[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [8] 中交天津港湾工程设计院有限公司. 江西信江八字嘴航电枢纽项目虎山嘴围堰工程设计方案[R]. 2018.
Tianjin Port Engineering Design & Consulting Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd. Design scheme of Hushanzui cofferdam project of Jiangxi Xinjiang Bazizui navigation and power junction project[R]. 2018.

(上接第 13 页)

- ZENG Jin-qun, YANG Guang-hua, CAI Xiao-ying, et al. Design of foundation excavation with complex surroundings by use of many types of retaining and protection[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006, 28(S1): 1 573-1 576.
- [3] 谈永卫. 复杂环境下多种支护结构相结合的基坑工程设计与实践[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S1): 103-108.
TAN Yong-wei. Design and practice of excavation engineering with combination of various supporting systems under complex environment[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2014, 36(S1): 103-108.
- [4] CJJ/T 202—2013, 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].
CJJ/T 202—2013, Technical code for protection structures of urban rail transit[S].
- [5] 郭亮, 胡卸文, 钱德良, 等. 基于位移控制的装配式预应力鱼腹梁深基坑应用研究[J]. 工程地质学报, 2016, 24(5): 1 016-1 021.
GUO Liang, HU Xie-wen, QIAN De-liang, et al. Innovative pre-stressed and prefabrication support for retaining structure of deep foundation pit with displacement control[J]. Journal of Engineering Geology, 2016, 24(5): 1 016-1 021.
- [6] 许海勇. 旋喷搅拌加劲桩抗拔试验及荷载传递分析[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(8): 161-166.
XU Hai-yong. Uplift tests and load transfer analysis of jet mixing anchor pile[J]. Science Technology and Engineering, 2016, 16(8): 161-166.
- [7] 江杰, 肖萌, 刘智勇, 等. 复杂环境下多种支护结构并存的深基坑监测分析[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2018, 43(1): 269-278.
JIANG Jie, XIAO Meng, LIU Zhi-yong, et al. Monitoring of deep foundation pit with a combination of various supporting systems under complicated environment[J]. Journal of Guangxi University: Natural Science Edition, 2018, 43(1): 269-278.
- [8] 贾坚, 谢小林. 上海软土地区深大基坑卸荷变形机理[J]. 上海交通大学学报, 2009, 43(6): 1 005-1 010.
JIA Jian, XIE Xiao-lin. Unloading deformation mechanism of deep-large excavation in Shanghai clay area[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2009, 43(6): 1 005-1 010.
- [9] 靳雪梅, 李锁柱. 深基坑开挖的理论计算与工程监测结果分析[J]. 中国港湾建设, 2010(2): 8-11.
JIN Xue-mei, LI Suo-zhu. Analysis of the theoretical calculations and engineering monitoring of deep excavation[J]. China Harbour Engineering, 2010(2): 8-11.