

库区堆积体上围堰的施工技术研究

杜鹏飞, 宋显义, 薛锋, 李双宏

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要:胜利水电站灾后重建工程为“4·20”芦山地震后原胜利水电站扩机改造工程,其新建进水口及老溢流坝加固改造工程的水下部分施工安排在“二枯”原电站停机 5 个月期间实施,工期紧、任务重,且新建进水口为窑洞式,结构复杂,施工难度大,致围堰施工的成败为工程进度目标能否按期实现的关键。结合实际施工过程,从围堰施工方案的制定与优化、防渗处理等方面详细阐述了库区堆积体上围堰修建采用的施工技术。

关键词:胜利水电站;堆积体;围堰;施工技术

中图分类号:TV7;TV52;TV551.3

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)03-0025-04

Construction Technology of Cofferdam on Accumulation Body in Reservoir Area

DU Pengfei, SONG Xianyi, XUE Feng, LI Shuanghong

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: The post-disaster reconstruction project of Shengli Hydropower Station is the expansion and reconstruction project of the original Shengli Hydropower Station after the “4·20” Lushan Earthquake. The construction of the new water inlet and the underwater part of the old overflow dam reinforcement and reconstruction project is arranged to be implemented during “the second dry period”, the 5 month shutdown of the original Hydropower Station. The construction period is tight and the task is heavy, and the new water inlet is a cave dwelling structure, which is complex and difficult to construct. The success or failure of cofferdam construction is the key to the realization of the progress target on schedule. Combined with the actual construction, this paper expounds in detail the successful application examples of cofferdam construction technology on the accumulation body in the reservoir area from the aspects of cofferdam construction scheme, construction optimization and anti-seepage treatment.

Keywords: Shengli Hydropower Station; Accumulation body; Cofferdam; Construction technology

1 概述

胜利水电站位于四川省雅安市天全县境内,为岷江一级支流青衣江的最大支流——天全河 9 级开发方案中的第 6 级水电站。“4·20”芦山地震后,原胜利水电站进行了扩机改造,其首部枢纽工程主要包括新建进水口工程和已建胜利水电站首部枢纽加高加固工程。为减少原电站停机造成的损失,业主要求对首部枢纽的施工工期进行优化:利用第二个枯水期一次性停机 5 个月,在停机期间完成首部围堰的修建、新建进水口和溢流坝加高、气动盾形闸门的安装以及围堰拆除等工

作。笔者对以上优化项目进行了阐述。

2 首部围堰的施工规划与施工难点

2.1 首部围堰的施工规划

该围堰采用土石围堰,堰身采用黏土心墙^[1]防渗,堰基采用高压旋喷灌浆防渗。为缓解二枯期间的施工压力,项目部结合施工规划将围堰施工总体分为三个阶段进行:

第一阶段为 2017 年 11 月 1 日停机前、河道处于低水位期间,利用 G318 国道结合库区右岸临时道路进行纵向围堰和老溢流坝的开槽施工。先进行纵向围堰及一期主围堰的填筑施工,待填筑完成后即开始纵向围堰的高喷防渗施工和老溢

流坝的开槽施工;同时利用左岸1号支洞至新建进水口的临时道路开始二期主围堰的填筑施工。二期主围堰预留过水缺口,并在缺口处布置钢筋石笼以减轻水流对围堰末端的冲刷。

第二阶段为11月1日正式停机之后,利用右岸修建的至库区的道路将右岸部分纵向围堰拆除并疏通右岸河道,利用开槽缺口导流,待其完成后再将二期主围堰预留缺口合龙闭气、开始防渗工程的施工。为防止主围堰迎水坡面受到冲刷,采用喷混凝土的方式护面,并在坡脚放置大块石护脚。

第三阶段系在左岸新建进水口结构混凝土施工至水面高程以上且进水闸闸门安装完成后拆除二期左岸纵向围堰,疏通左岸河道,修筑右岸三期纵向围堰并开始进行溢流坝开槽缺口和预留溢流面结构的施工,待混凝土龄期满足设计要求后拆除围堰,首部枢纽即告施工完成。

2.2 围堰施工的难点

(1)库区内地质条件差,防渗施工难度大。根据原电站勘探资料,河床覆盖层的厚度一般为1.3~4.0 m,最大深度为5.7 m,基岩面高程为707.5 m;根据2016年12月底的库区实勘结果,库区堆积体顶面高程约为720 m,覆盖层最大深度约为12.5 m。高程720~718 m主要为含漂沙卵石层,粒径多为2~20 cm,含泥量较少;高程718~715 m主要为细颗粒沙卵石层,颗粒含量变化较大,含泥量有所增大,堰基覆盖层厚且其下部存在架空层,防渗施工难度大。

(2)在库区堆积体上修筑围堰其堰基稳定性差,堰体施工风险大,技术要求高。库区实勘结果显示:库区堆积体^[2]厚度较深、结构层次复杂,在其上部修筑围堰堰基稳定性差,施工风险大,对施工技术要求高。

3 在库区堆积体上修筑围堰采用的施工关键技术

3.1 堰基防渗技术方案的调整

(1)采用原高压旋喷灌浆防渗方案实施过程中出现的问题。2017年11月初,一期围堰填筑完成后随即按照规划方案开始采用高压旋喷灌浆进行防渗墙^[3]施工,当施工至纵向围堰中上游段

时出现了浆液漏失严重、孔口基本无返浆现象。通过观察围堰基坑内侧的渗水情况,发现纵向围堰中上游段及上游横向围堰存在明显的涌水,且水流流速大,浆液漏失严重,未达到预期的防渗效果。而纵向围堰下游段灌浆质量较为理想,基本能够达到防渗要求。

(2)围堰涌水及漏浆原因分析。项目部技术人员结合现场实际情况进行分析得知:纵向围堰中上游段及上游横向围堰出现涌水及浆液漏失的原因可能为以下三点:①围堰堰基层中块石、孤石、漂卵石含量多,沙粒较少,存在大的架空层及夹层,从而形成大面积、连续集中的渗漏通道。②由于原电站冲沙闸无法紧闭,导致围堰基坑内外水头差较大,无法实现压力平衡。③河道两侧山体陡峭、狭窄,造成河道水流及其地下潜流流速大,加剧了对高喷灌浆浆液的冲刷,使围堰高喷施工的质量难以得到保证。

(3)堰基防渗方案的调整。由上述分析可知:仅采用原高压旋喷灌浆的方式不能有效处理涌水问题。为此,项目部结合现场实际情况采取了以下两项措施相结合的方式解决了上述问题。①在纵向围堰上游段及上游横向围堰与纵向围堰转弯段区域采取先进行控制性灌浆^[4]、再进行高压旋喷施工的“喷灌”结合工艺对上游渗水流量较大的区域进行双排控制性灌浆施工;②通过在主围堰涌水点下游侧设置子围堰壅高下游水位、平衡围堰上下游水压,为堰基防渗灌浆施工质量提供有利的保障,同时通过子围堰的堵水作用使下游基坑内主体工程的施工提前于主围堰防渗施工进行,在一定程度上节约了工期。

通过上述两项措施相结合,解决了一期围堰涌水与漏浆问题,基坑内的主体工程施工得以顺利进行,亦为后续二期、三期围堰施工提供了施工方法与思路。

3.2 针对库区堆积体上修建围堰采取的稳定措施

为了减小纵向围堰形成后受到的侧向水压力、提高堰体的稳定性,项目部在实施过程中采取了对老电站溢流坝坝顶开槽以加大过流断面、降低水位的措施,同时调整了围堰的结构尺寸,对围堰进行了加高加厚处理,增加了围堰自身重量以

增强其稳定性;为了减少纵向围堰迎水面的冲刷,在围堰迎水面坡脚处布置了钢筋石笼和大块石护脚,同时在坡面采用了挂钢筋网、喷 C25 混凝土等防冲防渗措施,再结合堰身填筑黏土芯墙和堰基高压旋喷灌浆,较好地提高了围堰的稳定性,减少了围堰的渗水量,达到了预期的效果。

4 库区堆积体上修建围堰采用的主要施工方法

4.1 围堰的填筑

围堰的填筑采用进占法、后退法和综合卸料法施工,由 PC265 挖掘机装 15 t 自卸汽车将填筑料运至作业面、装载机推料平仓、20 t 振动碾碾压密实。在围堰堰体填筑至水面以上、利用 PC220 长臂挖掘机挖槽后再填筑黏土并碾压密实。对于水面以上的填筑分层进行,先填筑堰体,挖黏土堰槽,再填筑黏土,直至围堰填筑完成。围堰黏土芯墙填筑时铺设防渗土工膜,随围堰边填筑、边人工配合反挖进行,施工时注意保护防渗土工膜不被破坏。围堰迎水面采用挂网喷混凝土封闭,堰脚采用大块石压脚。

4.2 子围堰施工

鉴于一期主围堰合龙之后、合龙段的底部空隙较多,渗漏通道较大,为确保主围堰堰基防渗灌浆的质量,在主围堰下游侧设置了子围堰以平衡其上下游水压。利用长臂反挖在堰身掏槽铺设土工膜并填筑芯墙以减少堰身与堰基接触面的渗漏水量。在堰身掏槽开挖时,其掏槽深度低于堰身基础面以下 1.5~2.0 m 以提高防渗效果;子围堰施工完成后,渗漏水情况明显减少,但局部还存在渗漏通道,后经方案优化,在子围堰下游侧又布置了一道子围堰,形成了双子围堰结构联合防渗;双子围堰施工完成后,再结合堰基高压旋喷灌浆,其整体防渗效果较好,达到了预期的防渗目标。

4.3 堰基控制灌浆及高压旋喷灌浆防渗施工

该工程针对围堰堰基防渗采用灌喷相结合的方式施工,将原高喷施工轴线向基坑内侧偏移 0.6 m 布置控制性灌浆轴线,并将控制性灌浆孔布置在原高喷 I 序与 II 序高孔之间,按单排、孔间距 0.8 m 布置控制性灌浆孔,钻孔深入基岩 1.0 m;控制性灌浆施工完毕再在原高喷轴线上进行单排

高喷施工,按单排孔距 0.8 m 布置,钻孔深入基岩 1.0 m。高喷灌浆孔与控制性灌浆孔呈梅花型布置,采用 HM-90A 液压潜孔钻机成孔,孔径为 146 mm,二重管法自下而上喷浆成墙。

对于漂石、块石集中段和合龙段,因其漏浆严重,必须调整可控性浆液的流动性指标,采用较浓的特制砂浆、速凝砂浆进行快速封堵,并采用间歇灌浆方式以确保架空部位封堵密实。在浆液中掺加外加剂时,一般应在保持灌浆管路畅通的情况下尽量提高掺含量以控制浆液的扩散范围。

5 施工质量控制要点

5.1 填筑碾压施工的质量控制要点

为保证围堰堰体施工的质量,对于围堰水面以上的填筑必须采用分层填筑、分层碾压,每层的厚度约为 0.8 m,其碾压遍数根据现场碾压试验的参数确定,一般为 3~4 遍。对于边角等机械无法施工的部位,采用人工平摊填料、冲击夯分层压实的方式施工。

5.2 围堰防渗施工的质量控制要点

5.2.1 堰基防渗

(1)钻孔质量是保证注浆质量的前提,因此,一定要严格控制钻孔的孔位偏差、孔斜偏差、孔内沉积物厚度;开钻前,用水平尺和吊锤对钻具的垂直度进行校核,待其符合要求后方可开钻;钻进过程中随时用吊锤、水平尺校正钻孔的垂直度;钻孔结束后,对钻孔进行检测和验收并详细记录钻孔情况。

(2)钻孔遇局部架空地层、强透水和动水地层、大孤石时,对该处进行补孔处理以确保防渗墙的连接效果。

(3)采用控制性灌浆时必须严格控制灌浆的水灰比及每 m 的耗浆量。

5.2.2 堰体防渗

围堰堰体的防渗采用黏土芯墙加设防渗土工膜。为了确保堰体的防渗质量,黏土芯墙必须分层填筑、采用小型夯实机械分层压实。施工时必须注意保护防渗土工膜不被破坏。

6 安全保证措施与实施效果

6.1 安全保证措施

(1)开工前,对施工人员进行安全教育,提高

其安全防护意识;要求进入施工现场的人员必须佩戴好相关的安全防护用品。

(2)施工时根据现场实际情况和基础处理施工的特点,制定出相应的安全管理制度和各工序安全操作规程。

(3)各种机械设备的操作人员考核不合格不得上岗。

(4)各种机械和电器的操作必须严格按照操作规程进行。

6.2 实施效果

胜利水电站库区堆积体围堰的顺利修筑,使该电站首部进水闸提前 1 个多月施工至防洪度汛水面以上,降低了洪水对新建引水隧洞的威胁;较业主确定的目标计划提前了 15 d 完成,使得水面以下的开挖较计划提前 20 d 完成,提前进入新建进水口结构施工阶段,为业主方和项目部带来了较大的经济效益。

在水面以下的开挖较原计划提前 20 d 完成的情况下,项目部通过加大资源投入的方式,使新建进水口结构施工较原计划提前了 47 d 施工至水面以上,将关键线路上的工期提前了 47 d,使老机组提前 47 d 恢复发电。对业主而言,减少老电站停机造成的发电损失: $47\times 24\text{ h}\times 15\,800\text{ kW}\times 0.25\text{ 元/kW}\cdot\text{h}=445.56(\text{万元})$;对项目部而言,虽然增加了一定的投入,但在经济上获得了业主方相应的节点奖励,同时亦为新建电站后续施工争取了一定的时间保障,在技术上亦为类似条件围堰的施工积累了丰富的经验。

(上接第 10 页)

准确率,同时节约了施工工期,降低了成本。该施工技术在西昌市东河长度为 85 m 及西河长度为 49 m 两座大跨度钢坝闸安装中的成功应用,对类似大跨度钢坝闸门的安装具有较好的参考价值。

参考文献:

[1] 杜静侠,彭建国,田文恒.弧门面板加工新工艺的探索与应用[J].四川水力发电,2021,40(6):83-86,91.
[2] 熊兵,曾成.底轴卧式景观钢坝安装施工技术与应用[J].中国水能及电气化,2020,16(6):13-15,24.
[3] 徐永仁.底横轴翻板闸门安装施工工艺介绍[J].安装,2016,30(4):55-56.
[4] 赵卫平.大型贯流式机组定子下线关键技术探讨[J].四川

7 结 语

土石围堰为水电工程中应用最广泛的围堰形式之一,其具有可以就地取材、造价低廉、结构简单、施工简单、拆除方便^[5]等诸多优点,但其在部分特殊水文地质条件下存在一定的局限性。笔者通过胜利水电站库区堆积体修建围堰成功的应用案例介绍,为今后类似水文地质条件下的土石围堰施工提供了一种思路,值得在类似工程施工中推广应用。

参考文献:

[1] 王兴德.黏土心墙的填筑要求与质量控制探析[J].农业科技与信息,2018,35(11):107-108.
[2] 董雪娇,陈晨,毛文飞.某水电站库区堆积体成因及稳定性分析[J].中国水运(下半月),2014,14(3):223-225.
[3] 李姗姗.浅谈桐子林水电站围堰高喷防渗墙施工措施[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2020,29(3):173-175.
[4] 肖恩尚,欧阳幸,袁梅.控制性灌浆技术述评[C].武汉:中国水电基础工程局有限公司;昆明市水利水电勘测设计院;中国水利水电第十四工程局,2009.
[5] 武蕾.浅谈水利工程围堰施工的要点及质量控制[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2017,9(6):140.

作者简介:

杜鹏飞(1987-),男,河南南阳人,项目副总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
宋显义(1985-),男,贵州毕节人,项目常务副经理,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
薛 锋(1983-),男,重庆万州人,项目副总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
李双宏(1993-),男,重庆开州人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)

水利,2019,40(3):69-71.

[5] 梁斌.底轴驱动钢坝闸模块化施工应用与研究[J].南阳理工学院学报,2020,12(4):100-105.

作者简介:

李有平(1998-),男,云南曲靖人,助理工程师,学士,从事水工金属结构制作及安装技术工作;
朱国林(1991-),男,重庆奉节人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
王永强(1994-),男,甘肃兰州人,助理工程师,从事建设工程安全与环保工作;
余光勇(1990-),男,重庆巫溪人,技师,从事金属结构制作与安装工作。

(编辑:李燕辉)