

防渗施工在宋化泉水库除险加固中的应用

祝信贺, 冷 岩, 黄伟玲

(青岛市即墨区水利局, 山东 青岛 266200)

【摘 要】本文介绍了青岛宋化泉水库除险加固的主要做法, 分析并总结了大坝防渗施工经验和技术创新, 重点阐述混凝土防渗墙结合墙下帷幕灌浆施工技术工艺, 为其它水利工程项目防渗施工提供借鉴。

【关键词】宋化泉水库; 除险加固; 防渗墙; 帷幕灌浆; 防渗施工

【中图分类号】TV697

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2024)-12-0028-03

Application of Anti-Seepage Construction in the Reinforcement of Song Huaquan Reservoir

ZHU Xinhe, LENG Yan, HUANG Weiling

(Water Resources Bureau of Jimo District, Qingdao Municipality, Qingdao, Shandong 266200, China)

Abstract: This paper introduces the Construction and reinforcement of Song Huaquan Reservoir, analyzes and summarizes the experience and technical innovation of dam seepage prevention construction, focuses on the construction technology of concrete seepage prevention wall combined with curtain grouting, and provides reference for the Construction of other water projects.

Key words: Song Huaquan Reservoir; Reinforcement for endangered reservoirs; Anti-seepage wall; Curtain grouting; Anti-seepage construction

宋化泉水库位于青岛市即墨区, 大沽河支流——流浩河上游, 是一座以防洪为主, 兼顾城市供水等综合利用的中型平原水库。控制流域面积 42.7 km², 防洪标准为 100 年一遇设计, 1 000 年一遇校核, 总库容 2 534 万 m³。水库枢纽工程主要由大坝、溢洪道、放水洞和引水闸等建筑物组成, 其中大坝为均质土坝, 坝轴长 7 062 m, 最大坝高 12.67 m。

宋化泉水库于 1959 年 11 月动工兴建, 1960 年 8 月基本建成, 受当时资金、技术等因素影响, 水库自建成后虽经多次维修加固, 仍存在渗漏等病险问题。2021 年 10 月, 大坝安全鉴定为“三类坝”, 严重影响水库的正常运行和效益发挥。为此, 当地政府投资 5.66 亿元, 实施宋化泉水库除险加固工程。工程主要建设内容为水库防渗、大坝加固、配套大坝附属设施等, 其中, 防渗工程约占总投资的 70%, 是整个项目的关键环节。项目

主体工程于 2023 年 12 月完工, 目前已经完成蓄水验收, 2024 年 6 月蓄水运行。

1 工程地质

经工程地质勘察发现, 库区存在三条较大的破碎带、断层带和裂隙带, 分别位于大坝西南角(北东向 F1)和南坝、北坝中部(南北向 F2), 断层最大深度达 100 余米。按地层岩性和断层构造对大坝坝基岩体的影响, 将大坝坝基分为 A、B、C 三类。F1、F2 断层影响带范围划分为 A 段, 共计 600 m; 自然风化带坝基中以玄武岩、安山岩等为主的火山岩地层段划分为 B 段, B 类进一步划分为 B1 类和 B2 类, 其中 B1 段共计 3 300 m, B2 段共计 1 100 m; 自然风化带坝基中以粉砂岩、泥岩等岩性为主的沉积岩地层划分为 C 段, 共计 2 062 m。受

收稿日期: 2024-05-28

作者简介: 祝信贺(1974—), 男, 高级工程师

断层构造影响,水库沿断层带和强风化破碎层坝基渗漏明显,坝后多处长期出现沼泽化。

2 工程防渗方案设计

2.1 防渗方案比选

平原水库防渗加固通常采用垂直防渗和水平防渗两种方式,垂直防渗多采用坝体混凝土防渗墙和坝基帷幕灌浆,水平防渗一般采用全库盆水平铺设膜防渗。本工程水平防渗人工铺膜面积大,分块多、接缝多,大面积土工膜施工工艺控制和检测存在一定难度,并且土工膜的耐久性受气候和环境影响较大,需采取较好的保护措施才能达到工程合理使用年限。相对而言,本工程垂直防渗的混凝土防渗墙及帷幕灌浆深度均较小,防渗施工难度较小,且防渗墙和帷幕灌浆施工工艺成熟,耐久性较强,满足工程合理使用年限要求。综合比较,垂直防渗方案的防渗可靠性较优,故本次大坝防渗加固方案选择垂直防渗方案。

2.2 坝体防渗

大坝混凝土防渗墙轴线位于坝轴线下游 0.5 m,距离原防渗墙 2.50 m。防渗墙布置范围为大坝桩号 0+383~6+183,全长 5 800 m,防渗墙总面积 6.91 万 m²,厚度 0.6 m,最大入岩深度 10.5 m,最大墙深 26.7 m。

2.3 坝基防渗

坝基帷幕灌浆设计标准为灌后基岩透水性不大于 3Lu,灌浆孔段与防渗墙之间的搭接长度不少于 1.0 m。帷幕灌浆范围为大坝桩号 0+383~6+183 段,总长 5 800 m,灌浆采用 1~3 排,设计灌浆孔距为 1.5 m,排距为 1.0 m,底部伸入 3Lu 线以下均不小于 5.0 m。各排均采用Ⅲ序孔进行施工,灌浆总长度 1.538×10⁴ m,平均孔深 26.29 m,最大孔深 116.39 m。三排帷幕灌浆孔序布置见图 1。

3 混凝土防渗墙施工

3.1 槽段划分及施工

项目施工综合考虑地层特性、施工工期、造孔方法、预埋管布置、混凝土浇筑强度因素,将混凝土防渗墙划分为Ⅰ、Ⅱ期槽,Ⅰ、Ⅱ期槽间隔布置。首先施工一期槽,再施工二期槽,分段作业,依次成墙。具体实行“三抓法”成槽,如遇地层较坚硬,直接抓取困难时,在基岩内采用旋挖机配

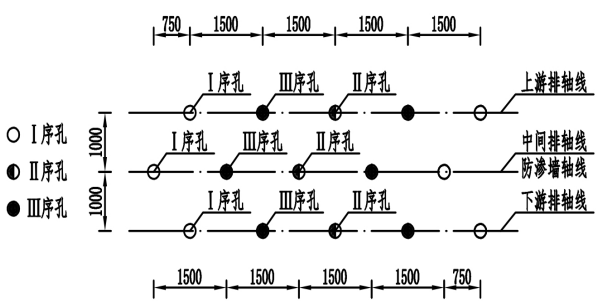


图 1 三排帷幕灌浆孔序布置图

合抓取。防渗墙墙底在火山岩区坝基深入全~强风化层底线,终孔深度以设计孔深为参考,结合现场岩样确定。浇筑水下混凝土采用直升导管法施工,混凝土按照设计调整配合比,控制混凝土扩散度 34~40 cm、坍落度 18~22 cm。

3.2 槽孔清孔和预埋管布设

施工首先采用抓斗对槽孔底部沉渣进行抓捞,再采用气举反循环法清孔,同时向槽内补充新鲜的泥浆。对于二期槽,在清孔换浆结束前或清孔过程中用冲击钻钻头配刷子刷洗两侧槽段接头混凝土壁的泥皮,至刷子钻头不带泥屑、孔底淤积不再增加为止。墙体内预埋单排直径为 DN110mm 的钢管作为墙下帷幕灌浆的预埋孔,间距 1.5 m,预埋灌浆管下设最大深度为成槽深度。

3.3 墙体质量检查

防渗墙浇筑成墙 28 d 后进行墙体质量检查。检查采用钻孔取芯、注水试验方法。检查孔的数量为每 20 个槽孔一个,选取位置具有代表性。本工程具体采用超声波检测法,经检测,防渗墙基础内部的完整性、连续性、均质性等均符合要求。

4 坝基帷幕灌浆施工

4.1 灌浆试验

本工程帷幕灌浆施工前,首先进行了生产性灌浆试验,选择具有代表性的 3 处渗漏较重的地段作为生产性灌浆试验区,验证灌浆孔的布置方式、灌浆分段、灌浆压力、浆液配比等灌浆参数及工艺,编制试验大纲,对试验数据进行分析,并将试验的详细记录和试验分析成果作为编制帷幕灌浆作业指导书的重要依据。灌浆试验所得具体帷幕灌浆分段及灌浆压力见表 1、表 2。

4.2 灌浆施工程序

本工程帷幕灌浆设计 1~3 排,各排均采用Ⅲ序孔进行施工。

表 1 防渗墙下帷幕灌浆分段及灌浆压力参考表

部位	指标	第一段	第二段	第三段	第四段 及以下
防渗	段长/m	2.0	3.0	5.0	5.0
帷幕	最大灌浆压力/MPa	0.7	1.0	1.5	2.0

表 2 非防渗墙下帷幕灌浆分段及灌浆压力参考表

部位	指标	第一段	第二段	第三段	第四段	第五段 及以下
防渗	段长/m	2.0	2.0	3.0	5.0	5.0
帷幕	最大灌浆 压力/MPa	0.3	0.7	1.0	1.5	2.0

1) 多排孔施工程序: 先导孔施工→下游排 I、II、III 序孔施工→上游排 I、II、III 序孔施工→中间排 I、II、III 序孔施工→检查孔施工。二排孔和一排孔施工参照执行。

2) 防渗墙底灌浆孔单孔流程: 测放孔位→第 1 段钻灌浆→埋设孔口管 (待凝 48 h)→基岩段分段钻孔→钻孔冲洗→孔口封闭→裂隙冲洗→压水试验→灌浆→封孔。

3) 防渗墙外灌浆孔单孔流程: 测放孔位→覆盖层钻孔→埋设外管 (待凝 24 h)→第 1、2 段灌钻孔浆→埋设孔口管 (待凝 48 h)→基岩段分段钻孔→钻孔冲洗→孔口封闭→裂隙冲洗→压水试验→灌浆→封孔。

4.3 钻孔及帷幕灌浆

施工灌浆前, 对所有基岩灌浆孔 (段) 进行了裂隙冲洗和压水试验, 具体采用自上而下分段钻孔、分段压水方式。终孔段透水率大于设计规定值时, 钻孔应继续加深, 直至达到 3Lu 以下 5 m 为止。钻孔结束后, 按规范要求进行了钻孔冲洗, 冲洗后孔底残留物厚度不得大于 20 cm。帷幕灌浆施工采用小口径钻孔、孔口封闭、孔内循环式灌浆。灌浆应按分序加密的原则进行, 采用自上而下的施工方法。浆液水灰比采用 5:1、3:1、2:1、1:1、0.7:1、0.5:1 (重量比) 六级水灰比, 以 5:1 开灌。

4.4 几种特殊情况处理

1) 灌浆过程中若回浆失水变浓, 可采用大水灰比稀浆或换用新浆灌注, 适当加大灌浆压力; 2) 灌浆过程中发现冒浆、漏浆时, 应采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限流、限量、间歇、待凝等方法进行处理; 3) 当灌浆段注入量大而难以结束时, 可采用低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆、待凝等措施。

4.5 质量检查与验收

帷幕灌浆检查孔压水试验在该部位灌浆结束 14 d 后进行, 合格标准为透水率 $q \leq 3Lu$ 。帷幕灌浆检查孔的数量不少于灌浆孔总数的 10%, 一个单元工程内至少应布置一个检查孔。经检测, 混凝土与基岩接触段及其下一段的合格率为 100%; 以下各段压水试验合格率在 90% 以上; 不合格段的透水率值均不超过设计规定值的 150%, 且不集中。根据质量检查孔压水试验成果, 结合对施工记录、成果资料和检验测试资料的分析, 综合评定帷幕灌浆质量为优良。

5 防渗效果检验

防渗工程施工完工后, 为进一步验证整体防渗处理效果, 在大坝渗压监测未实施前, 施工单位沿主坝轴线坝后共布置了 6 个水位观测孔用以观测库内及坝后水位, 观测数据显示即使在水库试调水期间库内水位持续升高时, 坝后观测坑水位一直呈下降趋势, 说明防渗效果凸显。

6 结 语

本项目在施工过程中, 防渗墙下帷幕灌浆施工采用了预埋管的方式, 相比防渗墙成墙后钻孔灌浆, 节约了施工时间, 保证了防渗墙的防渗效果; 防渗墙基岩开槽时, 根据地层坚硬程度采用不同形式的机械, 地层较坚硬采用旋挖配合; 帷幕灌浆施工前, 进行了生产性灌浆试验, 为整体灌浆提供了施工技术支撑。实践证明, 混凝土防渗墙与坝基帷幕灌浆相结合能够有效构建垂直防渗结构, 达到良好的防渗效果。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范: SL/T 62—2020[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.
- [2] 陈秋燕. 水库防渗中防渗墙结合帷幕灌浆技术的应用[J]. 珠江水运, 2023(5): 6–8.
- [3] 穆国栋, 卞立攀, 冯新权. 五莲县龙潭沟水库坝基处理技术应用分析[J]. 山东水利, 2022(6): 34–36.
- [4] 祝信贺, 陈玉春, 卜一凡. 宋化泉水库坝体防渗墙施工及质量控制[J]. 山东水利, 2023(4): 65–67.
- [5] 贺明. 帷幕灌浆在巨峰水库除险加固中的应用[J]. 山东水利, 2023(12): 37–38.

(责任编辑 赵其芬)