

水库除险加固工程主要水工建筑的安全与设计研究

朱锦放

广东有象工程勘察设计咨询有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i1.6052

[摘要] 本文研究了某小型水库的坝体安全复核及加固设计,并详细探讨了溢洪道的安全复核及加固设计。通过对坝顶高程、结构稳定性和渗流安全进行复核,结合具体工况提出了充填灌浆和劈裂灌浆两种加固方案,并对方案进行比选,最终选择充填灌浆方案。溢洪道部分通过复核其泄流能力、边墙高度和消能工,发现现有设计存在不足,提出了陡槽段底板重建、侧墙修复和消力池重建的加固设计。通过这些措施,有效提升了小型水库的安全性和运行稳定性。

[关键词] 小型水库; 坝体安全复核; 加固设计; 溢洪道

中图分类号: TV62 文献标识码: A

Study on the Safety and Design of Main Hydraulic Structures in Reservoir Removal and Reinforcement Projects

Jin Fang Zhu

Guangdong Youxiang Engineering Survey and Design Consulting Co., LTD.

[Abstract] This paper studies the safety review and reinforcement design of the dam of a small reservoir, and discusses in detail the safety review and reinforcement design of the spillway. By reviewing the dam crest elevation, structural stability and seepage safety, two reinforcement schemes of filling grouting and splitting grouting are proposed in combination with the specific working conditions, and the schemes are compared and selected, and finally the filling grouting scheme is chosen. The spillway part of the review of its discharge capacity, side wall height and energy dissipation, found that the existing design deficiencies, proposed a steep channel section of the bottom plate reconstruction, side wall repair and dissipation pool reconstruction of the reinforcement design. Through these measures, the safety and operational stability of small reservoirs are effectively improved.

[Key words] small reservoir; dam safety review; reinforcement design; spillway

引言

小型水库在水资源利用中具有重要的经济和社会效益,涵盖了防洪、灌溉、养殖等多种功能。然而,很多小型水库建成于上世纪五六十年代,受限于当时的设计和施工技术水平,普遍存在坝体渗漏、结构稳定性差等问题。这些问题如果不及及时解决,将严重影响水库的安全运行。因此,开展小型水库的除险加固工作具有重要意义。本文以某小型水库为研究对象,详细分析其坝体和溢洪道的安全复核情况,并提出相应的加固设计方案,旨在提高水库的整体安全性。

1 研究背景和意义

小型水库在水资源利用中具有显著的经济效益,广泛应用于防洪、灌溉、养殖和发电等领域。然而,由于大多数小型水库建于上世纪五六十年代,受到当时技术水平的限制,存在诸如坝体渗漏、坝基渗漏、溢洪道布置不合理和坝体稳定性差等问题。

随着时间的推移,这些问题逐渐显现并影响水库的安全稳定运行,尤其在面对洪水等极端天气时,水库的安全隐患尤为突出。因此,开展小型水库的除险加固工程不仅是为了保障水库的正常功能,更是为了保护周边居民的生命财产安全。通过对病险水库的特点进行分析,采取适宜的设计和施工方案,提升水库的安全性能,是保障水库长期稳定运行的关键。研究水库除险加固工程中主要水工建筑的安全与设计,不仅有助于解决当前存在的工程问题,还为未来类似工程提供了科学依据和技术支持,具有重要的社会和经济意义。

2 工程概况

本研究以某小型水库为例,探讨其除险加固工程的主要水工建筑的安全与设计。该水库建于1956年,主要功能包括防洪、灌溉和养殖,总库容为 $55 \times 10^4 \text{m}^3$,正常库容为 $48 \times 10^4 \text{m}^3$,集雨面积为 1.78km^2 。水库主要建筑物包括均质土坝和溢洪道。大

坝坝体为均质土坝,坝顶高程为105.24m,最大坝高15.50m,坝顶长108m,宽7.8m。现状迎水坡坡比为1:2.8至1:3.0,背水坡坡比约为1:2.7,坡面植草,坡脚设有反滤棱体。溢洪道为宽顶堰型,堰顶高程为103.30m,溢洪道由进水渠段、控制段、泄槽段和消力池段组成。根据安全鉴定,该水库存在坝体渗漏、溢洪道布置不合理等问题,严重影响水库的安全运行。为此,对大坝和溢洪道进行了安全复核和加固设计。在大坝方面,采用充填灌浆技术,对坝体进行防渗加固,灌浆方案包括单排孔布置,孔距2m,使用水泥黏土浆,浆液配比为黏土占85%、水泥占15%,密度控制在 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 至 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,按先稀后浓的原则进行施灌。

3 坝体安全复核及加固设计

3.1 坝体安全复核

3.1.1 坝顶高程复核

根据《碾压式土石坝设计规范》,坝顶高程的复核是确保大坝在各种运行工况下安全的重要步骤。坝顶高程由设计洪水位加上坝顶超高确定,其中坝顶超高由设计波浪爬高、设计风壅增水高度和安全加高组成。设计波浪爬高取决于大坝的等级,设计风壅增水高度基于多年最大平均风速计算,而安全加高则考虑到地震等特殊工况。通过公式计算,各种工况下的坝顶高程如下:设计工况下为105.33米,校核工况下为105.28米,地震工况下为104.37米。最终选取最高值105.33米为坝顶高程。现有坝顶高程为105.24米,设有0.17米高的防浪墙,总高程为105.41米,高于复核值,表明现有坝顶高程满足抗洪要求。

3.1.2 结构安全复核

结构安全复核是通过计算大坝在不同工况下的稳定性来确保其安全性。根据SL189-2013《小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范》,在正常运用条件下的最小安全系数为1.15,非常运用条件I下为1.05,非常运用条件II下为1.02。通过对大坝的上、下游典型断面进行稳定计算,结果表明在正常蓄水位、设计洪水位、校核洪水位及地震等各种工况下,大坝的最小安全系数均大于规范要求,说明大坝在这些条件下是稳定的。

3.1.3 渗流安全复核

渗流安全复核是通过计算大坝及坝基的渗透流量来评估渗漏损失。公式计算结果显示,在正常水位、设计水位及校核水位下,坝体的单宽渗流量分别为0.489、0.593和0.629立方米/天·米,渗漏点高度分别为1.295、1.572和1.668米。尽管计算表明各工况下的渗流量不大,但现场勘查发现坝体堆石棱体表面杂草丛生,阻碍排水,存在堵塞情况。因此,此次加固工程建议对大坝进行简单防渗处理,以提高坝体的渗流安全性。

3.2 大坝防渗安全加固

3.2.1 方案拟定

在大坝防渗安全加固的设计中,必须考虑坝体渗漏的具体情况和地质条件。本次加固工程针对坝体的渗漏问题,拟定了两种主要的防渗方案:充填灌浆和劈裂灌浆。充填灌浆适用于渗漏现象不严重且渗漏部位较为确定的坝体,施工工艺相对简单,投资较低。劈裂灌浆则适用于渗漏部位多且分布广泛、整体坝

体质量存在隐患的情况,施工工艺复杂,投资较高。根据现场勘查和安全鉴定结论,坝体填筑材料密实度较差,但渗漏现象不严重。因此,为了形成稳定、整体的防渗体系,同时控制工程造价,优先考虑充填灌浆方案。

3.2.2 方案比选

从技术和经济两个方面对充填灌浆和劈裂灌浆方案进行比较。充填灌浆技术主要用于坝体渗漏现象不严重且渗漏部位确定的工程,其优势在于施工简便、成本较低,投资金额约为24.51万元。劈裂灌浆适用于渗漏部位多、分布广泛的坝体修复工程,能够有效解决整体质量较差的坝体渗漏问题,但投资金额较高,约为31.52万元。虽然劈裂灌浆方案在技术上能够更全面地解决坝体隐患,但考虑到本工程坝体渗漏问题不严重,充填灌浆方案能够满足防渗要求且成本较低,最终确定采用充填灌浆方案进行加固。

3.2.3 实施方法

充填灌浆的实施方法包括钻孔、灌浆和封孔等步骤。这些步骤的正确执行对于保证防渗效果至关重要。首先,在坝轴线偏上游1米处布置一排孔,孔距2米,孔距的选择是为了确保灌浆材料能够均匀地分布在坝体内,提高防渗效果。灌浆从坝顶至坝基面进行,施工过程中应采用“少灌多复”的方法,即少量多次灌浆,以确保灌浆材料能够充分填充坝体的所有空隙和裂缝。

钻孔:钻孔是充填灌浆的第一步,采用干法造孔,不得用清水循环钻进,以避免水对孔壁的破坏和对灌浆材料的影响。钻孔时,需严格控制单孔的偏斜度,偏斜不得大于孔深的2%,以确保灌浆材料能准确到达预定位置。钻孔深度从坝顶至坝基面,孔距2米,通过这样的布孔方式,可以形成一个完整的防渗体系。

灌浆:灌浆是充填灌浆的核心步骤。采用分段灌注的方法,由下至上进行,每段长度为5~10米。灌浆压力控制在0.05~0.2MPa,灌浆时,浆液采用水泥黏土浆,其中水泥占15%,黏土占85%,浆液密度控制在 $1.2\sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。灌浆过程中,应按先稀后浓的原则进行,即先灌注低浓度的浆液,然后逐步增加浓度,以确保浆液能够均匀渗透到坝体的各个部位。这样不仅可以提高灌浆的渗透效果,还能减少灌浆过程中浆液的浪费和外泄。

封孔:灌浆完成后,需要对灌浆孔进行封堵,以防止浆液外泄。封孔是确保灌浆效果的关键步骤之一。封堵时,要使用高质量的封孔材料,确保封孔严密、牢固。此外,还需进行质量检查,包括对灌浆孔的密封性、防渗效果等进行全面检测,确保灌浆材料在坝体内的分布均匀,达到设计要求的防渗效果。质量检查合格后,才能确认灌浆施工完成。

通过以上步骤的实施,可以有效提高大坝的防渗能力,增强坝体的整体稳定性。充填灌浆不仅能够解决坝体的渗漏问题,还能延长大坝的使用寿命,确保小型水库的安全运行。施工过程中,严格按照规范操作,确保每一个环节的质量,是充填灌浆成功的关键。

4 溢洪道安全复核及加固设计

4.1 溢洪道安全复核

4.1.1 溢洪道泄流能力复核

溢洪道是水库防洪的重要组成部分,其泄流能力的复核是确保水库安全运行的关键步骤。根据现有设计规范,溢洪道的泄流能力由堰顶宽度、堰前水头和流量系数等因素决定。通过对溢洪道的泄流能力进行详细计算,确保其在设计洪水和校核洪水情况下能够满足泄洪要求。本次复核以300年一遇的校核洪水标准($P=0.33\%$)为基准,计算溢洪道在最大下泄量时的泄流能力。结果显示,溢洪道堰顶高程为103.30米,宽顶堰过水净宽6.5米,最大下泄量为26.4立方米每秒。计算公式为:

$$Q=\mu \cdot B \cdot H^3/2$$

其中, Q 为流量, B 为堰顶净宽, H 为堰前水头, μ 为流量系数。通过实际计算和复核,确认溢洪道在设计和校核洪水情况下,其泄流能力均符合规范要求,能够有效应对洪水情况。

4.1.2 溢洪道边墙高度复核

溢洪道边墙高度的复核是确保溢洪道在泄洪过程中不发生溢流和侧向冲刷的重要保障。通过对溢洪道泄槽段的水面线进行计算,确定各断面水深和流速,并计算掺气水深和安全超高,从而确定边墙的必要高度。通过计算得出在最大下泄量26.4立方米每秒情况下,各断面的水深和边墙高度,结果显示,现有边墙高度在1.5至2米之间,基本满足泄洪要求,但在部分断面需进行适当调整以确保安全。

4.1.3 溢洪道消能工复核

溢洪道消能工的复核是确保溢洪道在泄洪过程中有效消除水流能量,防止下游河道冲刷的重要措施。根据设计规范,消力池长度的计算公式为:

$$L_{sj}=0.8 \cdot L_j$$

其中, L_{sj} 为消力池长度, L_j 为水跃长度。通过对溢洪道的消能工进行复核计算,结果显示现有消力池长度为7.5米,较设计规范要求的15.42米相差较大。因此,现有消力池长度不足以有效消能,需进行重建和加长,以确保消能效果符合要求,避免下游河道冲刷。

4.2 溢洪道加固设计

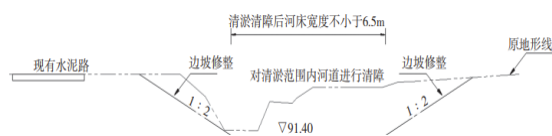


图1 溢洪道下游河道清淤典型断面图

针对溢洪道安全复核中发现的问题,本次加固设计主要包

括陡槽段底板重建、侧墙修复和消力池重建三部分。首先,对溢洪道陡槽段底板进行拆除重建,采用新材料和新工艺,确保底板的强度和耐久性。侧墙修复部分,针对局部裂缝和杂草生长问题,进行全面清理和修复,保证侧墙的稳定性和密实度。

其次,重建消力池以满足规范要求。根据计算结果,新的消力池长度为16米,底板高程为91.40米,边墙顶高程为93.40米。消力池末端设置10米长的生态格网固滨笼海漫,海漫厚度为1米,坡降为1:10,以增强消能效果和生态功能。此外,清淤清障是确保溢洪道下游河道泄洪通畅的重要措施。本次加固工程将对溢洪道下游300米河道进行全面清淤清障,提高河道的行洪能力。

通过以上加固设计措施,确保溢洪道在设计和校核洪水情况下,具备足够的泄流能力和消能效果,保障水库的安全稳定运行。

5 结束语

通过对某小型水库的坝体和溢洪道进行详细的安全复核和加固设计,本文提出了切实可行的除险加固方案。通过充填灌浆的实施,大坝的防渗能力和整体稳定性得到了显著提升;通过对溢洪道的重建和修复,溢洪道的泄流能力和消能效果得到了有效保证。整体而言,本文的研究不仅为该小型水库的安全稳定运行提供了技术保障,也为类似工程的加固设计提供了有益的参考。未来,仍需不断完善和优化相关技术,以应对更加复杂的水库安全问题,确保水资源基础设施的长久稳定运行。

[参考文献]

- [1]石建国,薛江伟,王永正,等.某水库改建施工导流围堰设计[J].云南水力发电,2023,39(2):50-54.
- [2]王增.水利工程中小型水库除险加固设计研究[J].工程技术研究,2020,5(18):223-224.
- [3]朱家胜,池昌静.水库除险加固主要技术措施探析[J].黑龙江水利科技,2022,50(1):170-171.
- [4]邓厚展.白水礮下游水库除险加固措施[J].河南水利与南水北调,2022,51(2):64-66.
- [5]曾小芳.基于大坝综合评价指标的中型水库除险加固设计方案优化[J].内蒙古水利,2021,(4):35-37.
- [6]鹿阳.中小型水库大坝除险加固方案的设计及其实施效果[J].四川水泥,2023,(2):34-36

作者简介:

朱锦放(1991--),男,汉族,江西高安人,本科,职称:助理工程师,研究方向:水工建筑。