

# Optimization of Technical Measures for Hazard Mitigation and Reinforcement of Small Reservoirs

Yifang Zhang

Songxian River and Lake Affairs Center, Luoyang, Henan, 471400, China

## Abstract

Small reservoirs are an important part of the water conservancy industry, playing significant roles in agricultural irrigation, flood control and disaster mitigation, and water supply security. However, during practical applications, due to factors such as outdated construction, low design standards, and inadequate post-construction management, some small reservoirs have problems such as dam body leakage, aging of water conveyance structures, and damage to spillways. This will affect the safe operation of small reservoirs and endanger the lives and property of people downstream. Therefore, this paper will start from three aspects: reinforcing the dam body, rectifying the spillway, and repairing the water conveyance system, analyze the shortcomings of traditional hazard elimination and reinforcement technologies, and propose targeted optimization measures for hazard elimination and reinforcement technologies. This will improve the quality and durability of small reservoirs and promote the safe and stable development of the water conservancy industry.

## Keywords

Small Reservoirs; Hazard Elimination and Reinforcement; Project Quality

## 小型水库除险加固技术优化

张艺芳

嵩县河湖事务中心, 中国·河南 洛阳 471400

## 摘要

小型水库是水利事业的重要组成部分,在农业灌溉、防洪减灾、供水保障等方面发挥着重要作用。但在实际应用时,由于建设年代久远、设计标准低、后期管护不到位等因素,部分小型水库存在着坝体渗漏、输水建筑物老化、溢洪道损毁的情况。这会影响到小型水库的安全运行、危害下游人民的生命财产安全。因此,本文将从加固坝体、整治溢洪道、修复输水系统三个环节入手,分析传统除险加固技术存在的不足,提出针对性的除险加固技术优化措施。以提升小型水库的质量与耐久性,推动水利事业安全稳定发展。

## 关键词

小型水库; 除险加固; 工程质量

## 1 引言

我国小型水库数量庞大、分布广泛,承担着保障农业生产安全、抵御洪涝灾害、可持续利用水资源、推动水利事业稳步发展等关键职能。传统除险加固技术存在着施工周期长、适配性差、病害易复发的问题,已经无法满足现阶段的除险加固要求。基于此,本文进行小型水库除险加固技术的优化研究是非常有必要的,能够为小型水库提质改造提供技术支撑。

## 2 小型水库常见病害及传统除险加固技术的不足

### 2.1 小型水库常见病害

第一,坝体病害。坝体是水库挡水的核心结构,易出现渗漏、坝坡失稳等病害。坝体渗漏与建筑物土沙含量较高、压实度不足、未做好防渗处理、防渗体老化等有很大关联。如果渗漏问题较为严重,可能会诱发坝坡滑塌;坝坡失稳主要出现在上下游坝坡。上游的护坡块石长期受风浪冲刷,可能会松动脱落。下游坝坡长期受雨水冲刷,可能会形成冲沟或排水不畅,这些也会导致坝坡失稳。

第二,溢洪道病害。溢洪道是水库泄洪的重要设施,易出现进口段坍塌、泄槽衬砌剥落等病害。一些小型水库的溢洪道为土渠形式,没有进行衬砌处理,渠道长期受水流冲刷后就会形变;部分进行衬砌处理的泄洪道可能因混凝土标

【作者简介】张艺芳(1979-),女,中国河南洛阳人,本科,工程师,从事水利工程研究。

号低、未能合理处理施工缝等因素,出现裂缝和剥蚀问题。

第三,输水建筑物病害。小型水库的输水建筑物一般为坝下涵管,主要材料为混凝土或浆砌石。在长期运行后易出现涵管裂缝、管壁渗漏和接头错位的病害。一些涵管的埋深不足,在坝体沉降的影响下极易断裂。这会降低输水建筑物的输水能力、导致坝体集中渗漏,进而威胁到水库的安全运行。

## 2.2 传统除险加固技术的不足

第一,坝体加固技术的不足。以往在进行坝体防渗施工时,会运用黏土斜墙、灌浆帷幕等工艺。前者对土料质量和压实度有较高要求,部分农村或偏远地区缺少高质量的土料,这就会阻碍施工进度。后者则存在灌浆孔设置不合理、浆液扩散范围有限的问题,这就会影响到防渗效果;坝坡加固一般采取干砌石护坡工艺,这种护坡的抗风浪冲刷能力较弱,长期运行后会出现石块松动的情况,后期的运维成本较高。

第二,溢洪道整治技术的不足。传统溢洪道整治以混凝土衬砌为主,存在着现场模板支护难度大、现浇混凝土养护周期长等问题。混凝土衬砌极易受温度变化影响出现裂缝,这会导致整体的抗渗抗冲性下降。如果是土渠型溢洪道,一般采取传统的土方开挖回填法。这种方式的工程量大、施工效率低,与小型水库的施工条件不匹配。

第三,施工与监测体系的不足。传统加固工程主要依赖人工操作,难以控制施工精度。且这个过程中缺少有效的质量监测手段,无法及时发现施工隐患。工程完工后,缺少长效监测机制的支持,无法实时了解水库运行状态。在这种情况下很难及时发现病害,做好预警处理。

## 3 小型水库除险加固技术的优化措施

### 3.1 基于材料革新的加固技术优化

材料性能会直接影响到加固工程的质量与耐久性,只有摒弃传统的加固材料,应用高性能、易运输、易施工的环保材料,才能够提升加固效果、缩减材料成本、降低施工难度。

第一,坝体防渗材料。施工方可以用复合土工膜和水泥基渗透结晶型防水材料替代传统的黏土斜墙、普通环氧砂浆等材料。施工方要选择两布一膜规格的复合土工膜(抗拉强度 $\geq 15\text{KN/m}$ )。这种复合土工膜重量轻、防渗效果稳定,不需要依赖优质黏土资源,就能够直接铺设在坝体坡面。能够解决农村地区缺少高质量土料的问题;考虑到坝体混凝土易出现裂缝渗漏的情况,可以优先应用水泥基渗透结晶型防水材料。该材料能够深入混凝土裂缝内部,在遇水后变成针状结晶体,进而形成防水屏障。这与传统的环氧砂浆相比,有较强的抗老化性,且施工操作较为简单,不需要专业设备支持。

第二,坝坡护坡材料。施工方可以将生态袋和土工格

栅组合,代替传统的干砌石护坡。这样可以解决干砌石护坡长期使用后易出现松动、抗风浪冲刷能力弱的问题。其中,生态袋为聚丙烯高分子材质,抗紫外线强度在800h以上。可以在生态袋内填充当地的耕作土和草籽,这样既能起到工程防护作用,又可以产生生态绿化效果。选用的土工格栅抗拉强度 $\geq 80\text{kN/m}$ ,这样才能够避免生态袋位移,进而提升护坡结构的稳定性。该组合材料不需要大型运输和施工机械,仅进行人工操作即可。

第三,溢洪道衬砌材料。由于传统现浇混凝土衬砌在使用时存在诸多问题,施工方可以将其替换为超高性能混凝土和高分子聚合物改性砂浆的复合材料。超高性能混凝土的抗压强度 $\geq 120\text{MPa}$ ,抗冲磨性为普通混凝土的5-8倍。能够有效抵御长期水流冲刷和空蚀破坏,延长溢洪道衬砌的使用寿命;如果施工方需要改造老旧溢洪道衬砌,可以先清理局部剥落处,再将高分子聚合物改性砂浆和原混凝土基面粘结。这样不仅能够实现快速修补,还能够解决传统砂浆修补后易脱落的问题。

### 3.2 基于工艺升级的加固技术优化

在传统工艺的基础上进行工艺升级,既能弥补传统工艺的不足,又能提升施工质量、适配农村施工条件,突出加固施工的高效、精准、安全特性。

第一,坝基防渗工艺。施工方可以将传统静压灌浆工艺升级为高压喷射灌浆与深层搅拌桩组合工艺。高压喷射灌浆应用三重管法,喷射压力为25-30MPa,可以实现高速喷射灌浆。之后将水泥灌浆和坝基土体搅拌混合,打造直径 $\geq 1.2\text{m}$ 的连续防渗墙。这与静压灌浆法相比,浆液扩散范围更大,能够得到更好的防渗效果;如果是软土地基坝基要增设深层搅拌桩,将桩径控制在500mm,搅拌桩需深入1.5m左右。这样能够提升坝基承载力,避免坝体出现沉降变形的情况。

第二,溢洪道施工工艺。由于传统现浇混凝土衬砌模板的支护难度大、养护周期较长,施工方可以升级为预制装配式UHPC衬砌板施工工艺。直接在工厂内生产统一规格的 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 0.15\text{m}$ 预制衬砌板,完成养护工作。之后仅需在施工现场进行吊装拼接,并在接缝处填充高分子密封胶即可。这比传统工艺的施工效率更高,且不易出错;如果是土渠型溢洪道,施工方可以应用人工削坡、土工膜防渗、生态袋护面组合工艺。这个过程不需要使用大型削坡机,只需要利用小型农具和人工就能够完成坡面修整工作。施工流程简单、高效,还可以适配农村地区交通不发达、施工场地较小的场景。<sup>[1]</sup>

第三,输水涵管修复工艺。传统输水涵管拆除重建的工程量大、成本高、周期长,还需要断流施工。如果施工方应用内衬不锈钢波纹管、注浆加固非开挖修复工艺,就能够完美解决上述问题。施工方要先检查、清理原有的涵管,将直径小于原涵管的不锈钢波纹管拉入涵管内部。在搭接处进

行焊接密封处理,并用水泥浆填充两个涵管的间隙处。这样既可以解决原有涵管断裂、渗漏的问题,又能提升整个涵管的承载力。

### 3.3 基于结构优化的加固技术优化

只有优化小型水库的结构,才能够提升整体稳定性、优化水库功能等。针对传统水库受结构设计影响,存在的排水效率低、结构受力不合理等问题,可从坝体、溢洪道、输水系统等部位进行针对性优化。这样才能从结构层面消除产生病害的根源,确保水库安全运行。

第一,坝体排水结构。施工方可以将传统单一坝体排水系统调整为表层排水、中层排水、底层排水的三维组合。解决传统排水系统排水效率低、坝体土体易饱和等问题。表层排水设置在下游坝坡处,建设“人”字形排水沟。间距为10m,宽度为0.5m,深度为0.6m。该排水沟能够高效排除坡面雨水,避免雨水冲刷形成冲沟;中层排水设置在坝体内部,可在内部安装透水软管。间距为15m,直径为100mm,埋深为3m。该软管能够高效排除坝体土体孔隙水,降低土体的含水率;底层排水设置在坝基处,利用碎石打造排水棱体。棱体顶部的宽度为1m,边坡1:2。排水棱体需紧密贴合坝基防渗墙,这样才能高效排水,降低坝基浸润线,提升坝体的稳定性。<sup>[2]</sup>

第二,易洪道消能结构。施工方要在传统单级消力池的基础上打造分级消力池和辅助消能齿墩的组合。这样能够解决传统消力池消能效果差、底板易受到水流冲刷淘空的问题。施工方可以结合水库的泄洪流量和水流流速,把单级消力池划分为两级或三级消力池,每个消力池的长度为5m,深度为1.2m。通过分级的方式消减水流能量,减少对消力池底板的冲击;还可以在消力池进口处安装辅助消能齿墩。齿墩的高度为0.8m,间距为1.5m。能够把集中的水流分散,提升水流紊动消能效果。

第三,输水涵管结构。由于传统输水涵管的埋深不足,可能会受坝体沉降的影响出现断裂和接头错位的情况。施工方可以采取深埋式和预应力锚索固定的优化方法。在坝体最大沉降量下的0.5m处埋置涵管。这样即使坝体在后期出现沉降也不会挤压涵管;还要在涵管的顶部均匀的安装预应力锚索,其拉力 $\geq 100\text{kN}$ ,间距为5m。利用锚索固定涵管和坝体土体,避免涵管出现位移或接头错位、管壁开裂的情况;还可以在涵管进口处安装防淤堵格栅,格栅的孔径为5cm,能拦截水库内大部分的漂浮物和泥沙。可以防止涵管出现淤堵的情况,提升输水系统的通畅性。<sup>[3]</sup>

## 4 小型水库除险加固保障措施

### 4.1 施工全过程质量控制

在优化除险加固技术的同时,还要配备完善的质控措施,这样才能提升工程效果。结合小型水库的施工特点,可以从材料质控、施工工艺控制、工序验收这三个环节做好质控工作。要严格把控进场材料质量,着重检查复合土工膜、生态袋、水泥等重要材料的资质报告,并进行现场抽样检查。抽样检查内容包括:复合土工膜的渗透系数、生态袋的抗老化性能等;要对施工时使用的各加固技术制定标准化施工流程,明确施工参数。包括:高压喷射灌浆施工,要将喷射压力控制在25-30MPa,提升速度不能超过10cm/min,这样浆液才可以和土体充分混合;要建立三检制度,班组自检、施工队复检、监理单位抽检。每一项工序结束后都要立即验收,验收合格后才能够开展下一道工序。这样才能把控各工序的施工质量。

### 4.2 优化工程运行监测体系

施工方要应用物联网技术打造智能化监测系统,优化工程运行监测体系。一方面要设置监测指标、布设各种监测设备。监测指标包括:坝体渗流量、浸润线高度等。可以在坝坡关键部位安装位移器、在坝体内部安装测压管监测浸润线、在水库安装水位传感器等。这样可以全面采集水库数据;另一方面管理人员要通过智能化监测系统为各项监测指标设置预警阈值。如果位移量、渗流量已达界限值,系统会自动发出预警信息,通知相关管理人员做好应急处置。这样既能够及时发现水库安全隐患,又能提高水库运维效率。

## 5 结语

要想确保农村水利工程安全运行,就要做好小型水库的除险加固工作。由于传统加固技术存在诸多不足,本文从材料革新、工艺升级、结构优化等方面提出了优化措施,能够提升加固工程的质量和耐久性。同时,施工过程中还要做好全过程的质控工作、积极应用物联网技术打造智能化监测系统,全面掌控水库运行状况。这样才能方便工程长效管护工作的开展。

### 参考文献

- [1] 陈红星,潘鑫,梁锦安,等.小型水库除险加固设计方案与工程效益研究[J].水利技术监督,2026,(02):96-100.
- [2] 徐涛.黏土固化浆液防渗心墙在小型水库除险加固中的应用[J].云南水力发电,2025,41(12):117-120.
- [3] 黄玮玮.小型水库除险加固问题与对策[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(35):53-55.