

小型水库坝体渗漏处理措施在除险加固工程中的实践效果评估

董 博

浙江广川工程咨询有限公司 浙江 杭州 310020

【摘要】：小型水库在水资源调配、防洪减灾中发挥重要作用，但部分水库因建成年限久、运维不到位，坝体渗漏问题突出，严重威胁水库安全运行，开展除险加固工程至关重要。小型水库坝体渗漏除险加固存在防渗设施老化破损、渗流量监测体系不完善、施工适配性不足等问题。针对这些问题，可采取老化防渗设施修复与更换、完善渗流量监测体系、优化施工方案与工艺等针对性处理措施。通过实践应用验证，这些措施能有效重构坝体防渗体系、提升隐患预警能力、增强施工适配性，显著降低坝体渗流量、管控渗漏隐患，提升除险加固工程质量和耐久性，保障坝体长期安全稳定运行。

【关键词】：小型水库；坝体渗漏；除险加固；处理措施；实践效果

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.009

引言

小型水库作为水利基础设施的重要组成部分，承担着水资源调控、防洪减灾、灌溉供水等关键职能，其安全稳定运行直接关系到区域群众生命财产安全和生态环境可持续发展。坝体渗漏是小型水库运行中最常见的安全隐患，若未及时有效处置，易引发坝体滑坡、溃决等重大安全事故，造成严重损失。当前，坝体渗漏除险加固已成为保障小型水库安全的核心工作，但实践中仍面临诸多难题，处理效果参差不齐。基于此，结合现有渗漏问题、针对性处理措施及实践效果，进一步梳理相关技术路径与应用成效，为小型水库除险加固工程有序开展提供支撑，衔接后续具体内容展开深入探讨。

1 小型水库坝体渗漏在除险加固工程中的现存问题

1.1 防渗设施老化破损严重，防渗效能大幅衰减

多数小型水库建成年限久远，部分已运行数十年，原有防渗设施长期受自然环境侵蚀和蓄水压力作用，出现严重老化、破损现象，防渗效能大幅下降，成为渗漏问题频发的主要诱因。坝体原有防渗墙、防渗帷幕等设施，因混凝土碳化、钢筋锈蚀，出现裂缝、破损、剥蚀等缺陷，部分防渗墙与坝体、地基结合部位出现脱空，形成渗漏通道；坝体表面铺设的防渗膜、防渗涂层，经长期日晒雨淋、冻融循环，出现老化、开裂、脱落，失去防渗作用。部分小型水库坝体填土防渗体，因长期浸水软化、压实度不足，土体颗粒流失，形成孔隙和渗透通道，导致防渗能力持续下降，渗流量逐年增加。这些老化破损的防渗设施，若不进行彻底修复或更换，仅采用简单的封堵措施，难以从根本上解决渗漏问题，给除险加固工程带来极大困扰。

1.2 渗流量监测体系不完善，隐患预警滞后

小型水库坝体渗漏除险加固工程中，渗流量监测体系不完善、监测精度不足的问题较为突出，导致渗漏隐患预警滞后，无法及时掌握渗漏发展态势，影响除险加固施工的及时性和针对性。部分小型水库未配备完善的渗流量监测设备，仅依靠人工定期巡查、目测观察，难以精准获取渗流量、渗水压力、渗

水水质等关键数据，无法准确判断渗漏程度和发展趋势。部分已安装监测设备的水库，因设备老化、维护不当，监测数据误差较大，甚至出现数据中断、失效的情况，无法为除险加固施工提供可靠的数据支撑。此外，监测数据的分析和应用能力不足，未能建立科学的监测数据预警机制，即使发现渗漏数据异常，也无法快速判断渗漏隐患的严重程度和发展方向，导致渗漏隐患未能及时处置，逐步发展为重大安全隐患，增加了除险加固工程的施工难度和成本。

1.3 除险加固施工适配性不足，治理效果难以保障

小型水库坝体渗漏除险加固施工中，存在施工方案与实际渗漏情况适配性不足、施工工艺不规范等问题，导致治理效果难以保障，部分工程出现治理后再次渗漏的现象。部分施工单位未结合水库坝体结构、渗漏类型、成因等实际情况，盲目采用统一的处理措施，未针对不同类型、不同程度的渗漏问题制定个性化施工方案，导致处理措施针对性不强，无法彻底封堵渗漏通道。施工过程中，部分施工环节工艺不规范，如防渗材料铺设不平整、搭接不严密，封堵施工未达到设计要求，坝体回填土压实度不足等，导致施工质量存在缺陷，埋下新的渗漏隐患。同时，部分小型水库地理位置偏远、施工场地狭窄，大型施工设备难以进场，施工效率低下，且施工过程中对原有坝体结构造成二次扰动，进一步加剧渗漏问题，影响除险加固工程的整体治理效果^[1]。

2 小型水库坝体渗漏除险加固的针对性处理措施

2.1 老化防渗设施修复与更换，重构坝体防渗体系

针对防渗设施老化破损、防渗效能衰减的问题，需结合坝体防渗设施的破损程度、类型，采取针对性的修复与更换措施，重构完整、高效的坝体防渗体系。对于破损较轻的防渗墙、防渗帷幕，采用压力灌浆技术进行修复，选用高强度、抗碳化、抗锈蚀的灌浆材料，通过专业灌浆设备将材料注入裂缝、破损部位及结合部位的脱空处，填充孔隙、封堵渗漏通道，恢复防渗设施的完整性和防渗效能；对于破损严重、无法修复的防渗

墙、防渗帷幕，拆除原有破损部分，按照设计标准重新浇筑、施工，确保新设施与坝体、地基紧密结合，提升防渗能力。针对老化、开裂、脱落的防渗膜、防渗涂层，彻底清除原有破损层，清理坝体表面杂物、浮尘，选用耐老化、抗冻融、防渗性能优良的新型防渗材料，严格按照施工规范铺设、涂刷，确保铺设平整、搭接严密、涂层均匀，形成完整的表面防渗层。对于填土防渗体出现的孔隙、渗透通道，采用换填加固技术，清除软化、流失的土体，更换为压实度高、抗渗性强的填料，分层碾压夯实，确保填土密实，杜绝土体颗粒流失，恢复填土防渗体的防渗效能，从根本上解决防渗设施老化破损带来的渗漏问题。

2.2 完善渗流量监测体系，提升隐患预警能力

在小型水库除险加固工程中，渗流量监测体系的完善是精准识别渗漏隐患、指导施工决策的关键环节。针对传统监测手段落后、预警响应滞后等突出问题，应从监测点位布设、设备配置、数据采集与分析预警三个方面系统推进，构建覆盖全面、响应及时、数据可靠的渗漏监测网络^[2]。合理布设监测点位是提升监测精度的基础。应结合小型水库的坝体结构特征、渗漏类型及历史渗漏记录，在坝体迎水坡、背水坡、坝肩、坝基等渗漏高发区域，科学设置监测断面。在关键部位安装渗流量计、渗水压力计、水质分析仪等自动化监测设备，实现对渗流量、渗水压力、渗水水质等关键参数的实时采集与自动传输，替代传统人工巡检和目测判断的粗放模式，确保数据的连续性和准确性。建立监测设备的定期维护机制。由专业人员按季度或半年度对监测设备进行检修、校准和性能评估，及时更换老化、失效的传感器或数据采集终端，避免因设备故障导致数据中断或误差过大。同时，建立设备运行台账，记录每次维护的时间、内容及设备状态，形成可追溯的设备管理体系。构建智能化的数据分析与预警平台。对采集到的监测数据进行实时分析、动态对比，设定渗流量、渗水压力等关键指标的预警阈值。当监测数据超出阈值时，系统自动发出分级预警信号，结合历史数据和渗漏演变规律，精准判断渗漏隐患的严重程度及可能的发展方向。这一机制能够为除险加固施工提供及时、可靠的决策依据，确保渗漏隐患早发现、早处置，有效降低施工难度和后期治理成本。通过上述措施的系统实施，可显著提升小型水库渗漏监测的智能化水平和隐患预警能力，为坝体长期安全运行提供坚实保障。

2.3 优化施工方案与工艺，提升除险加固适配性

施工方案与工艺的适配性直接决定了渗漏治理的成败。针对施工适配性不足、治理效果不佳的突出问题，应从勘察设计、工艺选择、设备配置及过程管控四个维度系统优化，确保施工方案精准契合坝体实际渗漏状况。施工前，必须开展全面细致的勘察检测工作。采用钻探、物探、示踪试验等手段，精准查明坝体结构特征、渗漏类型、成因及严重程度，同时评估水库

地理位置、交通条件、施工场地等外部环境因素^[3]。在此基础上，制定个性化的除险加固施工方案，杜绝“一刀切”式的统一处理模式，确保每一项措施都有的放矢。针对不同渗漏类型，采用差异化的施工工艺。坝体裂缝渗漏采用开槽嵌缝封堵工艺，沿裂缝开凿V型槽，清除松动颗粒后填充抗渗密封胶，分层压实直至饱满密实；坝基渗漏采用帷幕灌浆工艺，按设计孔位布设灌浆孔，高压注入高强度防渗浆液，形成连续封闭的防渗帷幕；坝体表面渗漏采用喷浆防渗工艺，均匀喷洒高强度、抗老化的防渗砂浆，形成致密保护层。同时，针对小型水库施工场地狭窄、大型设备难以进场的实际困难，优选小型化、灵活化的施工机械，优化工序衔接流程，最大限度减少施工对原有坝体结构的二次扰动。严格把控各环节施工质量，规范防渗材料铺设、灌浆压力控制、回填土压实等关键工序，确保施工质量符合设计要求，从源头杜绝治理后再次渗漏的现象，提升除险加固工程的适配性与长效性。

3 小型水库坝体渗漏处理措施的实践应用效果评估

3.1 防渗效能评估，渗漏隐患得到有效管控

渗漏处理措施的实践应用效果，首要体现在坝体防渗效能的显著提升，各类渗漏隐患得到有效管控，彻底改变了治理前渗漏频发的现状。经实践验证，通过老化防渗设施的修复与更换、针对性防渗工艺的应用，坝体防渗体系的完整性和可靠性大幅提升，渗流量较治理前大幅下降，均控制在设计允许范围内^[4]。修复后的防渗墙、防渗帷幕无新增裂缝、破损，结合部位紧密衔接，无脱空、渗漏现象；新型防渗膜、防渗涂层铺设规范，无老化、开裂问题，表面防渗效果稳定；换填加固后的填土防渗体密度达标，无土体颗粒流失和孔隙渗透通道，防渗能力恢复至设计标准。通过持续监测，坝体渗流量稳定在合理区间，渗水压力、渗水水质均符合规范要求，防渗效能达到预期目标，从根本上解决了防渗设施老化、渗漏通道未封堵等核心问题，保障了坝体防渗性能的稳定性。

3.2 监测预警效果评估，隐患处置及时性提升

完善后的渗流量监测体系经实践应用，监测精度和预警能力得到显著提升，实现了渗漏隐患的早发现、早处置，为坝体安全运行提供了可靠保障。监测点位布设科学合理，覆盖坝体渗漏高发区域，监测设备运行稳定，实时采集的渗流量、渗水压力等关键数据准确可靠，无数据中断、误差过大等问题。监测数据的分析与预警机制高效运转，能够快速识别数据异常，精准判断渗漏隐患的严重程度和发展方向，为隐患处置提供及时、科学的依据。相较于治理前人工巡查、目测观察的粗放式监测模式，完善后的监测体系实现了渗漏数据的实时采集、自动传输和智能预警，大幅缩短了隐患发现与处置的时间，有效避免了渗漏隐患进一步发展扩大，降低了除险加固后续维护成本，提升了坝体运行的安全性和可控性。

3.3 施工适配性与治理耐久性评估, 治理效果长效稳定

个性化施工方案与规范施工工艺的应用, 有效提升了除险加固施工的适配性, 治理效果呈现长效稳定特征, 杜绝了治理后再次渗漏的现象。施工前的全面勘察的基础上制定的针对性方案, 完美适配不同类型、不同程度的渗漏问题, 施工工艺贴合小型水库施工场地狭窄、设备进场不便的实际条件, 小型化施工设备的应用提升了施工效率, 减少了对原有坝体结构的二次扰动^[5]。某小型水库建成于上世纪 70 年代, 坝体存在防渗墙破损、坝基渗漏及监测缺失等问题, 采用压力灌浆修复破损防渗墙、帷幕灌浆阻断坝基渗漏通道, 同步完善渗流量监测体系、优化施工流程后, 经一年多的运行监测, 坝体渗流量较治理前下降, 无任何新增渗漏隐患, 监测数据持续稳定, 施工质量符合设计标准, 坝体运行状态良好。该工程的实践表明, 针对性的处理措施与规范的施工工艺相结合, 能够实现渗漏问题的彻底治理, 提升除险加固工程的施工质量和耐久性, 确保坝体长

期安全稳定运行, 实现了除险加固的核心目标。

4 结语

小型水库坝体渗漏除险加固是保障水库安全运行、发挥水利工程效益的关键举措, 需精准研判防渗设施老化、监测体系不完善、施工适配性不足等现存问题, 依托针对性处理措施逐一破解核心难题。通过修复与更换老化防渗设施, 可重构完整高效的坝体防渗体系; 完善渗流量监测体系, 能提升隐患预警能力, 为施工提供可靠数据支撑; 优化施工方案与工艺, 可增强施工适配性, 确保治理效果长效稳定。实践应用表明, 这些处理措施能有效降低坝体渗流量、管控渗漏隐患, 提升除险加固工程质量和耐久性, 保障坝体长期安全稳定运行。未来需持续优化处理工艺, 结合实际工况创新技术方法, 完善长效运维机制, 加强监测体系智能化升级, 为小型水库安全运行和水资源合理调配提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 潘智聪.小型水库除险加固设计与施工工艺研究[J].科技与创新,2025,(09):166-169.
- [2] 宋华君,曹连朋,付大庆,等.勘察规范对我国中小型水库除险加固工程的影响[J].水利水电技术(中英文),2025,56(S1):560-568.
- [3] 崔凯,李萌,刘建国,等.小型水库坝体病害勘察及除险加固设计[J].山东交通科技,2024,(05):164-166.
- [4] 曹风旭,冯祯辉,郭万鹏.浅谈小型水库土石坝的除险加固[J].中国高新科技,2022,(18):98-100.
- [5] 徐三才.某小型水库除险加固中大坝渗漏及措施分析[J].黑龙江水利科技,2021,49(09):104-106.