

中小型水库除险加固施工关键技术

巴达玛

科尔沁右翼前旗防汛抗旱服务中心，内蒙古兴安盟科尔沁右翼前旗，137400；

摘要：中小型水库是我国水利体系的重要组成部分，在农业灌溉、防洪减灾和居民供水等方面发挥关键作用。但因多建于技术与资金匮乏的年代，工程基础薄弱，且长期受自然侵蚀、维护不足影响，坝体渗漏、溢洪道损坏、输水建筑物老化等问题突出，严重威胁下游安全与生态稳定。本文围绕中小型水库除险加固，详细剖析坝体防渗加固、溢洪道扩宽修复、输水建筑物更新等关键技术，同时阐述施工监测与质量控制措施，旨在运用科学技术手段提升水库安全性与可靠性，进一步发挥其在保障民生、推动经济发展中的重要效能。

关键词：中小型水库；除险加固；施工技术；质量控制

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.036

引言

中小型水库是我国水利基础设施的关键，在防洪、灌溉、供水等方面作用重大。但因多建于上世纪，受技术、资金制约，工程质量不一，且长期运行与自然因素影响下，出现坝体渗漏、溢洪道损坏等问题，威胁下游安全。因此，开展中小型水库除险加固，研究应用关键施工技术，对保障水利安全意义深远。

1 中小型水库现状及除险加固的意义

1.1 中小型水库现存问题

中小型水库存在诸多隐患。坝体方面，因填筑材料差、压实不足，稳定性欠佳，运行中易产生表面或深层裂缝，削弱坝体整体性与防渗性。坝体渗漏常见，孔隙或坝基结合部缺陷形成渗漏通道，降低坝体有效应力，增加滑坡风险。溢洪道存在设计标准低、过流能力弱的问题，洪水时难以及时泄洪，威胁坝体安全，且结构易损坏，边墙开裂、底板磨蚀影响正常运行。输水建筑物中，涵洞或隧洞混凝土老化、裂缝、渗漏频发，闸门设备锈蚀变形，导致输水效率与安全性下降，干扰水库调度。此外，监测设施不完善是普遍问题，多数中小型水库缺乏水位、渗流、位移等有效监测设备，难以实时掌握运行状态，无法对安全隐患做到早期预警与处理。

1.2 除险加固的重要性

中小型水库除险加固意义重大。防洪减灾上，加固后可增强防洪能力，提升水库调蓄与泄流量，保障洪水期安全，守护下游生命财产。农业灌溉方面，稳定运行的水库为农田提供充足水源，助力农作物增产，保障国家粮食安全。水资源利用上，良好的水库状态便于科学调配水量，满足工业、生活等多领域用水需求，提高水资源利用率。经济发展角度，除险加固改善水利条件，优化投资环境，带动周边旅游业、水产养殖业等产业发

展，为地方经济增长提供动力，促进区域经济可持续发展。

2 坝体加固技术

2.1 坝体防渗技术

坝体防渗是坝体加固的关键环节，常用的防渗技术有以下几种。

2.1.1 垂直防渗技术

垂直防渗技术含混凝土防渗墙与高压喷射灌浆防渗墙^[1]。前者借专用设备在坝体成槽后浇筑混凝土，形成连续墙体截断渗漏通道，防渗佳、耐久性强，但成本高、工艺复杂；后者利用高压设备将水泥浆液喷入坝体与土体混合成墙，按喷射方式分旋喷、定喷和摆喷，施工快、成本低，不过对设备与人员技术要求高。

2.1.2 水平防渗技术

水平防渗技术多铺设土工膜等材料。施工时先平整坝体表面，再铺设土工膜并做好连接固定，需覆盖保护层防破坏。土工膜防渗性与柔韧性良好，能适应坝体变形。该技术虽施工简便，但对材料质量与铺设工艺要求严苛，否则易引发渗漏。

2.1.3 灌浆防渗技术

灌浆防渗技术通过灌注水泥或化学浆液，填充坝体孔隙裂缝以提升防渗性。按目的与范围分帷幕灌浆、固结灌浆等，前者用于坝基和坝体防渗，形成连续帷幕；后者增强坝体整体性与强度。施工需依坝体情况精准确定灌浆压力、量等参数，保障防渗效果。

2.2 坝坡加固技术

2.2.1 放缓坝坡

放缓坝坡是一种较为简单有效的坝坡加固方法。通过将坝坡坡度放缓，可以增加坝体的稳定性。在施工时，需要根据坝体的实际情况和地质条件，合理确定放缓后

的坝坡坡度。放缓坝坡会增加坝体的占地面积,但可以减少坝坡的下滑力,提高坝体的抗滑稳定性。

2.2.2 坝坡护坡

坝坡护坡可以防止坝坡受到雨水冲刷、风浪侵蚀等破坏。常见的护坡形式有干砌石护坡、浆砌石护坡和混凝土护坡等。干砌石护坡施工简单,成本较低,但整体性较差;浆砌石护坡具有较好的整体性和抗冲刷能力;混凝土护坡则耐久性强,适用于风浪较大的水库。在选择护坡形式时,需要综合考虑水库的实际情况和经济因素。

2.2.3 加筋土技术

加筋土技术是在坝坡中铺设土工格栅等加筋材料,与土体形成加筋土结构。加筋材料可以增加土体的抗滑能力和整体性,提高坝坡的稳定性。该技术施工方便,对坝体的扰动较小,适用于各种坝坡加固工程。在施工过程中,需要注意加筋材料的铺设方向、间距和锚固方式,以确保加筋效果。

2.2.4 抗滑桩加固

当坝坡存在较大的滑动风险时,可以采用抗滑桩加固。抗滑桩是一种深入到坝体稳定土层中的桩体,通过桩与土体之间的摩擦力和桩的抗弯能力,抵抗坝坡的下滑力。抗滑桩的设计需要根据坝体的地质条件、滑坡推力等因素进行计算,确定桩的尺寸、间距和入土深度等参数。施工时,可采用钻孔灌注桩等方法进行桩体施工。

3 溢洪道及输水建筑物加固技术

3.1 溢洪道加固

3.1.1 溢洪道扩宽与加深

部分溢洪道由于设计标准低,过流能力不足,需要进行扩宽与加深改造。在扩宽溢洪道时,需要考虑对周边山体的影响,避免因开挖导致山体滑坡等地质灾害。扩宽后的溢洪道边墙需要进行加固处理,可采用混凝土衬砌或浆砌石衬砌等方式。加深溢洪道则需要对底部进行开挖,同时要保证开挖后的基础稳定性,必要时可采用灌注桩等基础加固措施。

3.1.2 溢洪道结构修复

溢洪道的边墙、底板等结构可能会出现裂缝、磨损等问题,需要进行修复。对于裂缝,可根据裂缝的宽度和深度采用不同的处理方法。较窄的裂缝可采用表面封闭处理,如涂抹水泥砂浆等;较宽的裂缝则需要进行灌浆处理。对于磨损的底板和边墙,可采用混凝土修补或重新浇筑的方式进行修复,以恢复溢洪道的结构强度和抗冲刷能力。

3.1.3 消能设施加固

溢洪道的消能设施如消力池、戽斗等,在长期运行

过程中可能会出现损坏。消力池的底板可能会被水流冲刷磨损,消力坎可能会出现裂缝或位移。对于消能设施的加固,可采用加厚底板、修复消力坎等措施,提高消能效果,减少水流对下游河道的冲刷。

3.1.4 溢洪道进出口连接段处理

溢洪道进出口连接段与水库和下游河道的衔接情况直接影响溢洪道的运行安全。进口连接段需要保证水流顺畅进入溢洪道,避免出现水流紊乱和漩涡等现象。出口连接段则需要与下游河道进行良好的衔接,防止水流对河道岸坡造成冲刷。可通过对进出口连接段进行衬砌、设置导流设施等方式进行处理。

3.2 输水建筑物加固

3.2.1 输水涵洞加固

输水涵洞可能存在混凝土老化、裂缝、渗漏等问题。对于混凝土老化问题,可采用表面处理的方法,如涂抹防腐涂料等,提高混凝土的耐久性^[2]。对于裂缝和渗漏问题,可采用灌浆、粘贴碳纤维布等方法进行处理^[3]。当涵洞的结构损坏较为严重时,可能需要进行拆除重建。在拆除重建过程中,要注意施工安全,确保水库的正常蓄水和放水不受影响。

3.2.2 输水隧洞加固

输水隧洞的加固相对复杂。对于隧洞的衬砌结构损坏,可采用喷射混凝土、钢拱架支护等方法进行修复。当隧洞存在较大的渗漏问题时,可采用帷幕灌浆等防渗措施。在加固过程中,需要对隧洞的围岩进行监测,确保施工安全。同时,要根据隧洞的实际情况合理安排施工顺序,避免对隧洞的正常运行造成过大影响。

3.2.3 闸门及启闭设备更新

闸门及启闭设备是输水建筑物的重要组成部分。许多中小型水库的闸门及启闭设备因长期使用出现锈蚀、变形等问题,影响其正常运行。需要对闸门进行修复或更换,对启闭设备进行更新。在选择新的闸门和启闭设备时,要根据输水建筑物的实际情况和运行要求,选择合适的型号和规格。安装过程中要严格按照施工规范进行,确保设备的安装质量和运行可靠性。

3.2.4 输水管道加固

对于采用输水管道的水库,管道可能会出现腐蚀、破裂等问题。对于轻微腐蚀的管道,可采用防腐涂层进行处理;对于破裂的管道,需要进行更换或修复。在修复管道时,要注意管道的连接方式和密封性能,确保管道的输水效率和安全性。同时,要对管道的基础进行检查和加固,防止因基础沉降导致管道损坏。

4 监测与质量控制技术

4.1 施工监测技术

4.1.1 变形监测

变形监测是施工监测的重要内容之一。通过在坝体、溢洪道、输水建筑物等部位设置位移监测点,采用全站仪、水准仪等测量仪器定期进行测量,掌握建筑物的变形情况。在坝体施工过程中,监测坝体的沉降和水平位移,及时发现坝体的异常变形,以便采取相应的措施进行处理。对于溢洪道和输水建筑物,监测其边墙和底板的变形,确保其结构安全。

4.1.2 渗流监测

渗流监测能够及时发现水库的渗漏问题。在坝体和坝基中设置渗压计、测压管等监测设备,测量渗流压力和渗流量。通过对渗流数据的分析,判断坝体和坝基的防渗性能是否良好。当渗流数据出现异常时,要及时查找原因并采取防渗措施,防止渗漏问题进一步恶化。

4.1.3 应力监测

应力监测主要针对坝体和建筑物的关键部位。在混凝土坝体中埋设应力计,测量混凝土的应力变化。通过对应力数据的分析,了解坝体在施工和运行过程中的受力状态,判断坝体的结构安全性。对于溢洪道和输水建筑物的梁、板等结构,也需要进行应力监测,确保其在荷载作用下的应力在允许范围内。

4.1.4 水位监测

水位监测是掌握水库运行状态的重要手段。在水库中设置水位观测站,实时监测水库水位的变化。水位数据不仅可以为水库的调度运行提供依据,还可以结合其他监测数据,分析坝体和建筑物的安全性。当水位超过警戒水位时,要及时采取相应的措施,如加大泄洪量等,确保水库安全。

4.2 质量控制措施

4.2.1 原材料质量控制

原材料的质量直接影响工程的质量。对于水泥、钢材、砂石等主要原材料,要严格进行检验和验收。水泥要检查其强度、安定性等指标,钢材要检查其力学性能和化学成分。砂石要检查其颗粒级配、含泥量等指标。只有合格的原材料才能用于工程施工,从源头上保证工程质量。

4.2.2 施工过程质量控制

在施工过程中,要严格按照施工规范和设计要求进行施工^[4]。对于坝体填筑,要控制好填筑材料的含水量、压实度等参数;对于混凝土浇筑,要控制好配合比、浇筑速度和振捣质量。在每一道工序完成后,都要进行质量检查,合格后方可进行下一道工序。同时,要加强施工现场的管理,确保施工安全和文明施工。

4.2.3 隐蔽工程质量控制

隐蔽工程在施工完成后难以进行检查和修复,因此要特别重视隐蔽工程的质量控制。在坝体防渗墙施工、基础处理等隐蔽工程施工过程中,要进行旁站监督,确保施工质量符合要求。在隐蔽工程验收时,要提供详细的施工记录和检测报告,确保隐蔽工程的质量可追溯。

4.2.4 质量验收与评定

工程完工后,要按照相关标准和规范进行质量验收与评定。对坝体、溢洪道、输水建筑物等各个部分进行全面检查,检查其外观质量、结构尺寸、防渗性能等指标,根据验收结果,对工程质量进行评定,对于不符合质量要求的部位,要及时进行整改,确保工程质量达到设计标准^[5]。

5 结论与展望

5.1 结论

中小型水库除险加固是复杂系统工程,涵盖坝体、溢洪道及输水建筑物等多方面加固。应用坝体防渗、溢洪道修复等关键技术,能显著提升水库安全性与可靠性;施工监测和质量控制技术,则保障工程顺利推进与长期稳定运行。实际工程中,需结合水库实际状况,合理选用技术,才能确保除险加固工程达到预期质量与效果,保障水库安全运行。

5.2 展望

未来,中小型水库除险加固技术将随科技进步不断革新。材料领域有望出现更环保高效的防渗与加固材料;施工工艺向自动化、智能化发展,提升效率与质量;物联网和大数据技术助力监测系统升级,实现运行状态精准掌握。此外,加强多学科融合,综合考量地质、水利、生态等因素,将成为实现水库可持续发展的关键路径。

参考文献

- [1] 罗胜佳. 中小型水库除险加固技术研究与应用[J]. 技术与市场, 2012, 19(07): 46+48.
- [2] 程从稳, 马莹. 大板水库大坝防渗加固措施及其效果评价[J]. 水电能源科学, 2011, 29(04): 86-88.
- [3] 王月. 中小型水库土石坝除险加固施工技术实践应用研究[J]. 技术与市场, 2022, 29(06): 135-136.
- [4] 张吉刚. 水利工程中小型水库除险加固施工管理分析[J]. 数字农业与智能农机, 2023, (01): 58-60.
- [5] 郑旭明. 提高中小型水库运行管理水平的技术措施研究[J]. 工程与建设, 2023, 37(04): 1336-1338+1368.

作者简介: 巴达玛, 出生年月: 1977年1月, 性别: 女, 蒙古族, 籍贯: 内蒙古兴安盟科右前旗, 学历: 本科, 当前职称: 水利中级工程师。