

水库除险加固工程施工技术优化与效果评价

周蕊¹ 戴含¹ 崔超²

1 鄂北地区水资源配置工程建设与管理局（筹），湖北武汉，430064；

2 湖北省宜昌市水文水资源勘测局，湖北宜昌，443000；

摘要：水库作为防洪、供水、灌溉的核心水利设施，长期运行后易因堤坝渗漏、结构老化、设备损坏等问题产生安全隐患，除险加固工程是保障水库安全运行的关键举措。传统除险加固施工技术存在工期长、对水库原有功能干扰大、加固效果稳定性不足等局限，难以适配高效、安全的加固需求。本文围绕水库除险加固核心目标，从施工技术优化路径、效果评价体系构建、优化与评价协同保障三大维度，梳理技术改进方向与效果判定标准，通过技术适配与全程评价，提升加固工程质量与效率，确保水库加固后长期稳定发挥功能，为区域水安全提供支撑。

关键词：水库；除险加固；施工技术优化；效果评价；水利安全

DOI：10.64216/3080-1508.26.01.103

引言

水库的主要作用是调节水资源、抵御洪涝灾害，它的安全运行直接关系到群众的生命财产安全和经济社会稳定。在长期运行中，水库会受到自然侵蚀、长期受力、设备老化等因素影响，部分水库慢慢出现堤坝渗漏、坝体裂缝、溢洪道淤堵、启闭设备故障等问题。如果不及时加固，可能发生漫坝、溃坝等安全事故，严重威胁下游区域的安全。除险加固工程通过修复受损结构、更新老化设备、提高防洪能力，恢复水库的安全功能。但传统施工技术大多采用“全库停水、分步施工”的模式，不仅工期长，还会中断水库的供水、灌溉等功能。同时，部分传统技术对复杂地质条件的适配性差，加固后容易出现二次渗漏、结构失稳等问题，加固效果难以长期保证。所以，优化除险加固施工技术，建立科学的效果评价体系，是提高水库加固质量、保障水库长期安全的关键。

1 水库除险加固工程施工技术优化路径

1.1 堤坝加固技术优化

1.1.1 渗漏处理技术改进

针对堤坝渗漏问题，不再用传统“开挖回填”的粗放方式，而是采用“精准定位+针对性技术”的方案。第一步，用物探技术找出渗漏通道的位置和走向，明确渗漏范围，常用的物探技术有探地雷达、电法勘探。第二步，根据渗漏类型选择合适的处理技术：如果是坝体渗漏，用高压喷射灌浆技术形成防渗帷幕，阻断渗漏通道，减少坝体开挖量；如果是坝基渗漏，用深层搅拌桩

技术加固坝基土层，提高土层的防渗能力。同时，优化灌浆参数，比如调整灌浆压力、浆液配比，确保形成的防渗体连续、密实，避免再次出现渗漏^[1]。

1.1.2 坝体裂缝修复与加固

修复裂缝前，先检测裂缝的宽度和深度，区分表层裂缝和深层裂缝，再分别处理。表层裂缝用柔性密封材料填充，防止雨水渗入使裂缝扩大；深层裂缝用钻孔灌浆技术，按照“由浅入深、分段灌浆”的原则，注入高强度灌浆材料，填满裂缝空隙，提高坝体的整体性。裂缝修复完成后，在坝体迎水坡增设防渗面板，选用抗渗、耐磨的材料，并用锚固技术固定面板，增强坝体的抗冲刷和防渗能力，降低裂缝再次产生的概率。

1.2 溢洪道与输水建筑物加固技术优化

1.2.1 溢洪道加固技术优化

溢洪道加固围绕“清淤、结构修复、功能提升”三个方面展开。清淤环节，采用机械清淤和人工清淤结合的方式：溢洪道进口、消力池等部位，用挖掘机、清淤船等机械清理淤积物；闸室周边靠近设备的区域，用人工清理，确保无淤积残留，保证过流顺畅。结构修复方面，对溢洪道混凝土底板、侧墙的裂缝、剥落部位进行修补：裂缝按宽度分级，用浆液灌注或聚合物砂浆填充；剥落部位先凿除松散混凝土，涂刷界面剂，再浇筑细石混凝土养护，提升混凝土强度和抗渗性。功能提升环节，优化溢洪道闸室结构，比如拓宽闸室提高泄洪流量；更新老化的闸门和启闭设备，给启闭机加装智能控制模块，实现闸门远程启闭和开度精准调控，提高泄洪能力和操

工作效率^[2]。

1.2.2 输水建筑物加固技术优化

输水建筑物包括输水洞、涵管等,加固时先检测建筑物内壁的腐蚀、裂缝情况,再针对性修复。腐蚀部位,轻度的刷防腐涂料,中度至重度的先除锈、刷防锈漆,再用聚合物混凝土修复剥落部位;裂缝部位用灌浆或砂浆填充修复。同时,在建筑物进出口加装防护格栅,防止杂物堵塞;在输水洞内壁铺设抗磨、抗渗衬里,减少水流冲刷损伤,延长使用寿命。施工过程中采用“分段施工、轮流输水”的模式,比如把输水建筑物分成A、B两段,先加固A段,用B段输水;A段加固完成后,再加固B段,用A段输水,避免全段停水,保障水库加固期间的基本供水功能。

1.3 施工组织与工艺优化

优化施工时序,根据水库的功能需求和季节特点安排施工:优先加固影响水库安全的关键工程,比如堤坝渗漏处理、溢洪道加固;避开汛期、灌溉期等用水高峰期施工,减少对水库原有功能的干扰。采用“平行施工+交叉作业”的模式,合理划分施工区域,在保证安全的前提下,多个区域同时施工,比如一边修复坝体裂缝,一边清理溢洪道淤积,缩短整体工期。引入智能化施工设备,比如自动化灌浆机、无人清淤船,提高施工精度和效率,减少人工操作误差。施工过程中做好实时监测,在堤坝、溢洪道的关键部位安装传感器,监测施工期间的结构位移、应力变化。如果监测数据超出预设范围,及时调整施工参数,避免施工引发结构失稳,保障施工安全和加固质量。

2 水库除险加固工程效果评价体系构建

2.1 安全性能评价

安全性能是效果评价的核心,主要评价堤坝、溢洪道、输水建筑物三大核心结构的安全状况。堤坝安全评价,重点检测三项指标:一是防渗能力,比如测量渗漏量、检查防渗帷幕是否完整,确保加固后无渗漏;二是坝体稳定性,比如监测坝体是否有位移、计算抗滑稳定系数,确保坝体不会滑动;三是抗冲刷能力,比如检查迎水坡面板是否完好、坝脚防护效果如何,确保能抵御设计标准内的洪水冲击。溢洪道安全评价,聚焦两项核心:一是泄洪能力,比如检测过流流量、查看消能效果,确保在设计洪水标准下过流顺畅;二是结构稳定性,比如检测闸室混凝土强度、检查闸门启闭是否灵活,确保无结构变形、损坏问题,闸门能精准控制泄洪量。输水

建筑物安全评价,重点看三项:一是输水能力,比如测量输水流量、计算水头损失,确保输水高效;二是防渗能力,检查内壁是否有渗漏;三是抗磨能力,查看内壁是否有严重磨损,确保建筑物无漏水、堵塞问题,能正常发挥供水功能^[3]。

2.2 功能恢复与提升评价

功能评价主要看水库原有核心功能(防洪、供水、灌溉)和新增功能(智能管控)的恢复与提升情况。防洪功能评价,通过洪水模拟计算,验证加固后水库的防洪库容、调洪能力是否达到设计标准,能不能有效削减洪峰,保障下游防洪安全。供水与灌溉功能评价,检测输水建筑物的输水效率和水量损失,确保加固后水库能满足下游居民生活、农业灌溉的水量需求,不会出现供水中断、水量不足的问题。如果涉及智能管控功能,评价重点看智能设备的运行稳定性,比如闸门远程启闭的响应速度、传感器数据准不准,还要看数据传输可不可靠,确保智能系统能实时监测水库运行状态,帮管理人员精准决策,提高水库运维效率。

2.3 耐久性与经济性评价

耐久性评价关注加固工程的长期效果,检测核心结构材料的抗老化、抗腐蚀能力,比如堤坝防渗材料的耐久性、溢洪道混凝土的抗冻性,评估加固工程在正常维护下的使用寿命,确保加固效果能长期保持,减少短期内再次加固的需求。经济性评价从施工成本和运维成本两方面进行。施工成本评价,对比优化后技术和传统技术的工期、人工与设备投入,看成本节约了多少;运维成本评价,分析加固后水库的设备维护频率、故障修复成本,对比加固前后的变化,确保加固工程不仅质量达标,还能降低长期运维成本,兼顾质量与效益。

3 水库除险加固施工技术优化与效果评价协同保障

3.1 建立“优化-评价”联动机制

施工前,结合效果评价的核心指标,比如安全性能、功能需求,确定技术优化方向,比如根据“堤坝防渗能力”指标,针对性优化渗漏处理技术。施工过程中,同步开展阶段性效果评价,比如堤坝灌浆完成后,立即检测防渗效果,没达标准就及时调整灌浆参数,优化施工技术。工程竣工后,通过全面效果评价验证优化技术的有效性,有不达标的环节就分析原因,进一步优化技术,形成“优化-评价-再优化”的闭环^[4]。

3.2 强化技术与评价的标准化管控

制定除险加固施工技术标准,明确各环节的操作规范、材料标准、参数要求,让技术优化有章可循。同时,制定统一的效果评价标准,明确各评价指标的检测方法、判定阈值,比如渗漏量允许范围、坝体位移安全值,避免评价时标准不统一、判定有偏差,确保技术优化效果能通过标准化评价精准体现。

3.3 提升人员专业能力

组织施工人员开展技术优化专项培训,内容包括新型施工技术、施工参数调整方法,确保人员熟练掌握优化技术,规范施工流程。针对评价人员,开展评价指标解读、检测技术培训,提升他们分析检测数据和判定评价结果的准确性,为技术优化与效果评价的协同推进提供人才保障。此外,还可建立人员能力动态考核机制,定期对施工与评价人员开展技能复测,施工人员重点考核新型技术操作熟练度与参数调整准确性,比如现场操作高压喷射灌浆设备、调整浆液配比;评价人员重点考核指标解读与数据判定能力,比如分析渗漏量检测报告、判断坝体稳定性是否达标。考核结果与绩效挂钩,对优秀人员给予奖励,对未达标人员安排二次培训,确保人员能力持续适配技术与评价需求。在“优化-评价”联动机制落地中,可引入信息化管理工具,搭建专属管理平台,将施工技术参数、阶段性评价数据、竣工后全面评价报告统一录入平台,实现数据实时共享。施工人员可通过平台查看评价反馈,及时调整技术方案;评价人员可调取历史施工数据,对比分析优化效果;管理人员则能实时掌握工程进度与质量情况,统筹推进技术优化与评价工作,避免信息脱节导致的协同效率低下。技术与评价标准制定后,需定期结合行业技术发展与工程实际需求更新完善。比如新型防渗材料投入使用后,及时补充材料性能标准与对应的评价指标;智能管控技术升级后,更新智能设备运行稳定性的检测方法与判定阈值,确保标准始终贴合实际应用,不落后于行业发展。同时,将标准整理成简易手册,发放给施工与评价人员,方便现场查阅对照,确保标准落地执行。还可推动行业内经验共享,由水利主管部门牵头,组织企业开展除险加固技术与评价经验交流活动,分享“优化-评价”协同推进的成功案例,比如某水库通过联动机制及时解决二次渗漏问题、某项目通过标准化管控降低成本等,也公开未达标的问题案例,分析原因与改进措施,帮助更多企

业规避风险,提升行业整体的除险加固质量与管理水平。针对复杂地质条件下的水库加固,可组建专项技术与评价团队,团队成员涵盖地质工程师、施工技术专家、评价检测专员,从施工前的技术方案制定、评价指标设定,到施工中的参数调整、阶段性评价,再到竣工后的效果验证,全程协同参与,结合地质特点优化技术、细化评价,确保复杂场景下技术优化精准、评价结果可靠,保障水库长期安全运行。同时,加强日常运维与效果跟踪,定期开展加固效果复核评价,及时发现并处理新出现的隐患,持续优化技术方案,形成长效保障机制,全面提升水库除险加固的综合效益与安全水平^[5]。

4 结语

水库除险加固工程施工技术优化与效果评价,核心是通过技术改进解决传统施工的低效、高干扰问题,通过科学评价确保加固效果达标,二者协同发力,才能实现水库“安全达标、功能恢复、长期稳定”的加固目标。施工技术优化需聚焦堤坝、溢洪道、输水建筑物三大核心结构,结合智能化设备与科学施工组织,兼顾质量、效率与功能保护;效果评价需围绕安全、功能、耐久性与经济性,构建全面的评价体系,精准判定加固效果。通过“优化-评价”联动机制与标准化管控,可确保技术优化方向精准、评价结果可靠,切实提升水库除险加固工程质量,保障水库长期安全运行,为区域防洪安全、水资源保障提供坚实支撑。未来需进一步研发适配复杂地质条件的加固技术,结合大数据技术优化效果评价模型,持续提升水库除险加固的精准度与长效性。

参考文献

- [1] 王焱.灌浆施工技术在水库大坝除险加固工程中的应用研究[J].黑龙江水利科技,2021, 49 (01) : 172-173.
- [2] 韩军民, 郑鸿辉, 程留艳.混凝土施工技术在小型水库除险加固工程中的应用[J].河南水利与南水北调, 2020, 49 (10) : 53-54.
- [3] 廖晚秋.水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术探究[J].新农民, 2024, (07) : 37-39.
- [4] 任世强.大中型水库大坝除险加固工程设计及施工技术分析[J].黑龙江水利科技, 2014 (8) : 2.
- [5] 杨仁强.水库大坝除险加固工程设计及施工技术要点分析[J].黑龙江水利科技, 2014 (6) : 3.