

境作用而出现改变的设施,需加大检查的频率,尤其是在暴雨、大风等恶劣天气结束后,一定要开展专项检查,确认其稳定性未受影响,将日常维护责任明确到个人,能让临时设施在使用期间始终处于可管控状态,迅速排除因磨损、松动或意外撞击产生的安全隐患。

临时设施拆除阶段同样潜藏着重大风险,务必要高度重视,凡临时设施的拆除作业均需提前拟定细致、靠谱的专项方案,该方案须经严格技术审批,方案应合理规划拆除的先后次序,清晰界定关键技术控制重点,扎实落实必要的临时支撑与加固办法,且要对作业人员进行全面的安全技术交底。拆除全过程需着重对结构体系稳定性实施动态管控,杜绝不按顺序的粗暴拆除和投机取巧行为,让结构体系在拆除进程中内力实现合理分布,防止局部或整体失稳,必须对拆除环节开展与搭设环节一样严格的管理,才能有力杜绝工程收尾阶段发生安全事故,达成安全管理的全流程闭环^[5]。

4 临时设施安全风险防控体系的构建与实施

4.1 构建基于风险分级的分层防控机制

应对施工现场区域内的所有临时设施,如临时边坡、板房宿舍、加工棚、施工栈桥、临时用电系统等,实施系统的风险排查与科学评定,评估需全面考虑设施的结构安全状况、周边环境条件、使用频次,以及设施失效可能引发的人员伤亡、财产损失和工期延误等后果,再根据评估结果划分风险等级,一般用红(重大风险)、黄(较大风险)、蓝(一般风险)等直观颜色标识来分级,制作全场临时设施风险分布图。

明确分级后,要对不同风险级别的设施开展差异化精细管理举措,针对标有红色标识的重大风险设施,要实施高频度、无死角的监控,检查内容需深入且全面,且可能需提交项目管理层进行重点审批与现场监督;针对黄色和蓝色等级的设施,需按级降低监控的频率、简化检查的清单,同时下放审批的权限,运用这种分级管控机制,能把有限的管理资源和技术力量精准投放到高风险关键点上,切实扭转“平均用力”的粗放管理局面,进而实现安全资源优化配置和重大风险精准防控。

4.2 完善应急预案与快速响应能力

面对临时设施区域或许会发生的坍塌、火灾、触电、物体打击等各类典型事故,要提前制定详细且具有可操作性的专项应急预案,预案内容应完整覆盖事故初期报警及信息报告的程序、紧急情形中人员疏散的路线和集结场所、内部应急力量救援任务的分工以及不同事故类型的具体处置流

程与手段,旨在为突发情况制定清晰、标准的应对指引,保障危急关头可迅速开展科学有效的应对举措,最大程度降低事故损失。

为保证预案切实可行,需定时安排全体相关人员开展实战性应急演练,借助模拟真实事故情形,让现场管理人员与作业人员熟练掌握逃生通道位置、应急器材使用方式和基本自救互救技巧,应按照预案要求和风险评估结论,在临时设施区关键处足量配置消防、急救、照明等必要的应急物资,且定时开展检查维护,确保它们处于可用状态,凭借“演”与“练”相融合,着实提高现场人员在事故发生瞬间的前期处置和应急响应本领,强化安全管理的最后防线^[6]。

4.3 落实责任主体与提升人员安全素养

项目启动伊始,需凭借严谨的合同条款,明确划分建设、施工、监理等单位在临时设施管理中的具体权责,合同需清晰界定建设方在营造安全环境、审核重大方案等事宜上的主体责任,施工方作为实施主体直接负责临时设施的搭建、验收、日常维护和拆除工作,而监理方要担负起对方案审查、现场监督和验收把关的监督义务,清晰划分权责是杜绝管理缺失、相互推诿现象,保障临时设施安全管理体系有效运转的制度根基。

结语:综上所述,水利工程施工临时设施的质量安全管理是一项系统工程,绝不能因其“临时”属性而放松要求。必须深刻认识其风险特征,通过推动标准化建设、实施全过程动态监控、完善应急体系等策略,系统优化管理体系,构建起科学有效的风险防控屏障。唯有如此,才能从根本上消除临时设施带来的安全隐患,为水利工程的整体顺利实施营造安全、稳定的作业环境,从而实现工程质量、安全与进度的统一。

参考文献

- [1] 王明时.水利工程施工中的质量控制与安全管理研究[J].水上安全,2025,(03):83-85.
- [2] 李攀.水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(26):205-207.
- [3] 罗德兵.水利水电工程施工质量与安全管理措施研究[J].工程技术研究,2024,9(12):139-142.
- [4] 马占岳.水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J].水利科学与寒区工程,2023,6(08):147-149.
- [5] 马涛.试论水利工程施工中的安全管理及质量控制[J].四川建材,2022,48(06):223-224.
- [6] 盛炳荣.水利工程施工安全与质量管理中常见问题及解决措施[J].四川水泥,2022,(06):102-104.

Technical points and quality supervision of reinforcement project of dangerous reservoir

Hao Zhou Zhirong Xu Tao Zhu Zhikun Chen

Hubei Ganguan Reservoir Administration Bureau, Jingmen, Hubei, 431899, China

Abstract

China's existing reservoirs, predominantly constructed during the mid-to-late 20th century, face structural safety hazards and functional deterioration due to historical technological constraints, funding limitations, and prolonged operational aging. Over 30% of these reservoirs nationwide are classified as "problematic reservoirs," posing significant threats to downstream flood control safety and water resource utilization efficiency. With climate change intensifying extreme weather events, the reinforcement of these problematic reservoirs has become a critical task to ensure water conservancy safety and promote regional sustainable development. This paper first analyzes the types and causes of reservoir defects, then elaborates on key technical aspects of reinforcement construction, followed by detailed discussions on quality supervision systems and implementation guidelines. Finally, through case studies of specific projects, it summarizes practical experiences and lessons to provide valuable references for related research.

Keywords

Problematic reservoirs; Reinforcement projects; Technical construction standards; Quality supervision

病险水库除险加固工程的施工技术要点与质量监督

周浩 徐智容 朱涛 陈志坤

湖北省高关水库管理局, 中国·湖北 荆门 431899

摘要

我国现有大量水库建于20世纪中后期,受当时技术条件、资金限制及长期运行老化影响,许多水库存在结构安全隐患、功能衰减等问题,被列为“病险水库”。据统计,全国现有病险水库占比超30%,严重威胁下游防洪安全及水资源利用效率。近年来,随着气候变化导致极端天气频发,病险水库的除险加固已成为保障水利工程安全、促进区域可持续发展的紧迫任务。本文先是详细分析了病险水库病害类型及成因,随后从多方面具体阐述了除险加固施工技术要点,紧接着详细阐述了质量监督体系与实施要点,最后通过具体的工程案例分析了相关经验与教训,以期对相关研究提供有益参考与借鉴。

关键词

病险水库; 除险加固工程; 施工技术要点; 质量监督

1 引言

水库作为重要的水利基础设施,在防洪、灌溉、供水等方面发挥着不可替代的作用。然而,我国现存水库中约三分之一存在不同程度的病险问题,主要表现为结构损坏、功能退化及材料老化,直接威胁下游人民群众生命财产安全。传统“重建设轻维护”的管理模式导致病害积累,而极端气候事件频发进一步加剧了风险。现有研究多集中于单一技术或局部监管,缺乏系统性解决方案。本文以病险水库除险加固工程为研究对象,从病害诊断、技术选择、施工控制到质量监督,构建全链条技术管理体系。通过理论分析与工程实践结合,揭示关键技术实施要点与质量监管难点,提出标准化施工流程与动态化监督机制,旨在解决当前治理中技术适

用性不足、监管覆盖不全等问题,推动水利工程安全治理现代化。

2 病险水库病害类型及成因分析

2.1 常见病害类型

病险水库病害类型多样,其中结构病害是最直接的安全威胁:混凝土坝体或土石坝护坡因温度应力、不均匀沉降等产生裂缝,削弱结构整体性,如拱坝拱冠梁易现纵向裂缝;土石坝填筑料压实不足或防渗体破坏引发渗漏,混凝土坝接缝止水失效则导致集中渗漏,严重时致管涌;土石坝下游坡或库岸边坡因雨水、地震等抗滑稳定性不足,引发滑坡。功能病害影响调蓄与运行效率:溢洪道断面狭窄、消能设施损坏等致泄洪能力不足,如某水库溢洪道冲刷使泄流能力降30%;输水洞钢筋锈蚀或混凝土碳化致过流能力下降,闸门老化影响启闭;观测设施缺失则无法预警病害。材料病害普遍存在于长期运行水库:混凝土碳化致钢筋锈蚀、保护层开

【作者简介】周浩(1991-),男,中国湖北荆州人,本科,助理工程师,从事水利工程管理研究。

裂；土石坝填筑料压缩或地基不足引发沉降；金属结构因库水腐蚀，壁厚减薄超 20% 需更换。

2.2 成因分析

病险水库病害成因复杂多样：设计缺陷方面，早期水库设计标准低，未充分考虑极端荷载与复杂地质条件，如某土石坝未处理坝基软土层，致运行后沉降超设计 2 倍；施工质量失控，填筑料含水量超标、混凝土振捣不密实等问题频发，某混凝土坝冬季施工未保温，表层混凝土受冻剥落达 10cm。长期运行老化使材料性能退化，如混凝土中性化、钢筋锈蚀等，运行 30 年的坝体碳化深度平均达 3cm。自然灾害冲击大，地震致坝体裂缝扩展，暴雨加剧渗透破坏，汶川地震后某水库现 12 条贯穿性裂缝。管理维护不足，巡查检测缺失、维修资金短缺及人为活动干扰，均导致病害加重，约 60% 病险水库因此恶化。

3 除险加固施工技术要点

3.1 结构加固技术

结构加固技术是病险水库除险加固的核心环节。针对混凝土裂缝，宽度 $\geq 0.3\text{mm}$ 的裂缝采用灌浆技术，以水泥基或环氧树脂等材料高压注入，填充空隙并恢复整体性，如某拱坝灌浆后裂缝宽度大幅缩小，抗渗等级显著提升；宽度 $< 0.3\text{mm}$ 的微裂缝或承载力不足部位则用碳纤维布加固，通过打磨、涂胶、粘贴及防护层处理，增强抗拉性能，某重力坝加固后抗弯强度提高且碳化速率降低。土石坝防渗处理中，垂直防渗墙采用塑性混凝土或水泥土搅拌桩构建连续防渗体，控制成槽垂直度以确保密实性，有效降低渗透系数；高压喷射灌浆则通过高压水射流切割土体并注浆，形成防渗板墙，适用于砂砾石层或软土坝基，大幅减少渗流量^[1]。边坡稳定技术包括锚固技术，通过预应力锚索限制位移，提高抗滑稳定性；抗滑桩设置于滑坡体前缘，以桩身摩阻力抵抗滑动力；植被防护则通过种植草皮或灌木结合三维网固定土体，增强浅层稳定性并减少雨水冲刷。

3.2 功能修复技术

功能修复技术是保障水库安全运行的关键措施。在泄洪设施改造方面，针对锈蚀严重或启闭困难的闸门，采用耐候钢或不锈钢制作新闸门并更换液压启闭机，通过拆除旧闸门、安装轨道及止水橡皮确保密封性，如某水库更换弧形闸门后，泄洪能力显著提升且启闭时间大幅缩短；同时改造溢洪道底板或挑流鼻坎，采用台阶式或差动式消能减少下游冲刷，某水库增设消能台阶后下游河床冲刷深度明显降低。在输水洞修复中，对混凝土剥落或钢筋锈蚀的洞段，采用钢套筒或喷射混凝土内衬加固，根据洞径与水压确定钢套筒厚度并灌浆填实，恢复过流能力；同时更换老化止水橡皮或采用聚氨酯发泡止水带，设置双道止水确保渗流量达标，有效提升输水洞的安全性与运行效率。

3.3 新材料与新工艺应用

新材料与新工艺的应用为水库加固注入了创新活力。高性能混凝土采用低热硅酸盐水泥、粉煤灰或矿渣微粉配制，显著提升了抗裂性与耐久性，如某重力坝使用掺 30% 粉煤灰的混凝土后，抗压强度达标且碳化深度大幅降低^[2]。土工合成材料方面，HDPE 土工膜用于坝体或渠道防渗，接缝热熔焊接后渗透系数极低，有效减少了输水损失；双向土工格栅分层铺设于边坡或坝体，提高了土体抗剪强度。此外，信息化施工也发挥着重要作用，BIM 技术建立三维模型，模拟施工过程，优化了灌浆孔位等方案，减少了材料浪费；智能监测系统则通过部署渗压计、位移计等传感器，实时传输数据至云端，实现了病害发展的提前预警，如某水库安装后裂缝扩展预警时间显著提前，为水库安全运行提供了有力保障。

3.4 施工安全与环境保护

施工安全与环境保护是水库加固工程的重要环节。施工期安全措施方面，边坡稳定通过超前支护如管棚注浆、控制单级边坡高度与坡比，并设置排水沟来减少雨水入渗；爆破作业则采用微差或预裂爆破技术，严格控制单段起爆药量，以降低对邻近坝体的振动影响^[3]。生态保护上，通过设置截水沟、沉沙池，剥离表土并覆盖防尘网，有效减少水土流失；同时，定期检测施工废水指标，确保处理达标后排放，避免库水受到污染，全方位保障施工安全与生态环境和谐共存。

4 质量监督体系与实施要点

4.1 质量监督的法规依据

质量监督工作有着严谨的法规遵循，以国家相关标准为重要指引，像《水库大坝安全评价导则》，它从宏观视角出发，为水库大坝安全评价搭建起科学且全面的框架，清晰界定了安全评价的具体内容、可行方法以及规范程序，有力保障了评价结果的精准性与可靠性。不仅如此，各地依据自身实际状况，精心制定了地方性规范与行业要求，对质量监督标准加以细化，让其更贴合实际情况，具备更强的针对性与可操作性，为质量监督工作筑牢了坚实的法规根基，确保监督工作有序、高效开展。

4.2 质量监督内容

监督内容旨在全方位把控工程质量，涵盖原材料与构配件检测、施工过程监控及竣工验收标准三方面。原材料与构配件质量关乎工程整体，对水泥、钢筋、土工膜等关键材料严格检测，确保水泥强度、凝结时间，钢筋力学性能、化学成分，土工膜厚度、拉伸强度等指标达标，从源头杜绝劣质材料入场^[4]。施工过程是质量形成关键，实时监控灌浆压力，保证浆液填充且不破坏结构；严格控制混凝土浇筑质量，包括顺序与振捣方式，避免蜂窝、麻面，确保结构密实。竣