

水利水电工程老旧坝体安全评估与加固研究

杨俊杰

江西裕泽建设有限公司 江西南昌 330000

摘要：水利水电工程老旧坝体是保障流域防洪安全、水资源利用的重要基础设施，但其长期运行受材料老化、结构损伤、环境侵蚀等因素影响，安全隐患日益凸显。安全评估与加固是维系老旧坝体持续发挥功能的关键举措。本文系统分析我国老旧坝体安全现状及评估加固面临的挑战，提出系统化安全评估的实施策略，进而从决策流程、技术方案、长效管护三方面构建提升加固效果的综合措施。研究旨在为老旧坝体安全管理提供科学指引，助力保障水利水电工程运行安全与流域高质量发展。

关键词：水利水电工程；老旧坝体；安全评估；坝体加固

引言

我国水利水电工程建设起步较早，大量老旧坝体历经数十年运行，已成为流域防洪体系与水资源调配的重要组成部分。这些坝体在保障区域社会经济发展、抵御洪涝灾害等方面曾发挥关键作用，但随着运行年限增长，叠加自然环境变化与人为因素影响，其安全性能逐渐衰减。老旧坝体的安全稳定直接关系到下游人民生命财产安全与生态环境安全。当前，传统的安全评估方法与加固技术已难以适配老旧坝体复杂的安全状况，评估加固工作面临诸多难题。开展老旧坝体安全评估与加固研究，探索科学可行的技术路径与管理模式，对于消除安全隐患、延长坝体使用寿命、保障水利工程持续发挥效益具有重要意义。

一、老旧坝体安全现状与评估加固面临的挑战

（一）我国老旧坝体的普遍性问题与潜在风险

我国老旧坝体多建设于特定历史时期，受当时技术水平、建设标准、材料质量等因素制约，普遍存在诸多结构性与功能性问题。在材料性能方面，混凝土坝体普遍存在碳化、裂缝、钢筋锈蚀等问题，砌石坝体则易出现砂浆老化、石块松动等现象，土坝坝体常见防渗体破损、坝体渗漏等问题。这些材料性能的衰减直接削弱了坝体的承载能力与抗灾能力。

在结构完整性方面，部分老旧坝体存在坝体沉降、位移、坝基淘刷等结构性损伤，坝体防渗系统、泄洪设施等关键结构功能退化明显。部分坝体的监测设施缺失或老化失效，无法实时掌握坝体运行状态。这些普遍性

问题叠加极端天气事件频发的背景，使老旧坝体面临严重潜在风险。一旦发生坝体溃决、渗漏超标等安全事故，将引发下游洪涝灾害，破坏生态环境，造成重大人员伤亡与经济损失。

（二）传统安全评估方法的局限性

传统老旧坝体安全评估方法难以全面精准反映坝体真实安全状况，存在明显局限性。在评估指标方面，传统方法多聚焦于坝体结构稳定性等单一维度，忽视了材料性能衰减、环境侵蚀、运行工况变化等多因素的综合影响，评估指标体系不完善，难以全面覆盖坝体安全的核心影响因素。

在评估模式方面，传统评估多采用静态评估方式，以定期检测数据为主要依据，无法实时跟踪坝体安全状态的动态变化，难以及时发现坝体运行过程中出现的突发性安全隐患。在评估技术方面，传统评估多依赖人工检测与经验判断，缺乏先进检测技术的支撑，对坝体内部损伤的探测精度不足，易出现评估偏差。这些局限性导致传统评估结果难以作为加固决策的精准依据，影响加固工作的针对性与有效性^[1]。

（三）坝体加固工作中面临的技术与管理难题

老旧坝体加固工作在技术与管理层面均面临诸多难题，制约了加固效果的提升。在技术层面，首要难题是加固技术的适配性不足。不同类型、不同安全隐患的老旧坝体对加固技术的需求存在差异，但当前加固技术选择多缺乏针对性，通用化的加固方案难以有效解决特定坝体的核心安全问题。部分老旧坝体建设资料缺失，难以精准掌握坝体原始结构与材料参数，增加了加固方案

设计的难度。

在管理层面，存在资金保障不足、责任体系不健全等问题。老旧坝体加固资金投入大，部分地区资金筹措困难，导致加固工作难以按时推进。同时，部分地区未建立完善的安全管理责任体系，对老旧坝体的日常管护、加固施工监管不到位，影响加固工程质量。此外，跨区域、跨部门的协同管理机制不完善，对于流域性老旧坝体的加固工作，难以形成管理合力，进一步制约了加固工作的高效推进。

二、老旧坝体系统化安全评估的实施策略

（一）构建多维度、综合性的安全评估指标体系

构建多维度、综合性的安全评估指标体系是提升评估全面性的核心。指标体系需涵盖坝体结构安全、材料性能、运行工况、环境影响等多个核心维度，实现对坝体安全状况的全方位评估。在结构安全维度，需纳入坝体沉降、位移、抗滑稳定性、抗倾覆稳定性等指标，全面反映坝体结构的完整与稳定状态。

在材料性能维度，针对不同坝体类型选取适配指标，混凝土坝需纳入混凝土强度、碳化深度、钢筋锈蚀程度等指标，砌石坝需涵盖砂浆强度、石块粘结状态等指标，土坝则需包含坝体土壤干密度、渗透系数等指标。在运行工况维度，纳入坝体上下游水位、泄洪能力、渗流量等指标，评估运行状态对坝体安全的影响。在环境影响维度，考虑降水、地震、温度变化等自然因素对坝体安全的潜在影响。同时，明确各指标的量化标准与权重，采用科学的评估方法整合各维度指标，形成综合安全评估结果，为加固决策提供全面依据^[2]。

（二）建立动态化的安全监测与定期检查机制

建立动态化的安全监测与定期检查机制，是及时掌握坝体安全状态变化的关键。在安全监测方面，结合老旧坝体的安全隐患特点，优化监测站点布局，补充完善监测设施。针对坝体关键部位与薄弱环节，布设自动化监测设备，实现对坝体沉降、位移、渗流量、应力应变等指标的实时监测。运用信息化技术构建一体化监测数据管理平台，实现监测数据的实时传输、存储与分析，当监测数据超出预警阈值时，自动触发预警机制，及时提醒管理人员处置。

在定期检查方面，制定规范化的检查流程与周期，明确检查内容与标准。定期开展日常巡查、专项检查与全面检查，日常巡查重点排查坝体表面损伤、渗漏点等显性隐患，专项检查针对特定安全问题开展深入排查，

全面检查则对坝体整体安全状况进行系统性评估。建立检查档案管理制度，详细记录检查结果，形成坝体安全状况的动态变化台账，为安全评估提供连续、完整的数据支撑。

（三）实施基于风险等级的差异化评估策略

实施基于风险等级的差异化评估策略，能够提升安全评估的针对性与效率，合理分配评估资源。首先，结合坝体所在流域的重要性、下游影响范围、坝体规模、安全隐患类型等因素，建立风险等级划分标准，将老旧坝体划分为高、中、低三个风险等级。高风险坝体指下游人口密集、经济发达，且存在重大安全隐患的坝体；中风险坝体指下游有一定人口与财产分布，存在明显安全隐患的坝体；低风险坝体指下游影响范围小，安全隐患较轻的坝体。

针对不同风险等级的坝体实施差异化评估。对高风险坝体，提高评估频率，采用高精度监测技术与全面的评估指标体系，开展精细化评估，实时跟踪安全状况变化；对中风险坝体，按常规周期开展评估，重点关注核心安全指标的变化；对低风险坝体，可适当降低评估频率，聚焦关键安全隐患的排查与评估。通过差异化评估，实现评估资源的精准配置，提升整体评估工作效率，确保高风险坝体安全隐患得到优先管控^[3]。

三、提升坝体加固效果的综合措施

（一）制定科学合理坝体加固决策流程

科学合理的加固决策流程是提升加固效果的前提，需实现安全评估与加固方案的精准衔接。决策流程应涵盖评估诊断、方案设计、方案论证、方案优化四个核心环节。在评估诊断环节，基于系统化安全评估结果，精准识别坝体核心安全隐患，明确隐患成因、严重程度及影响范围，为加固方案设计提供明确目标。

在方案设计环节，结合坝体类型、安全隐患特点、流域环境条件等因素，开展多方案设计。设计过程中需充分考虑加固技术的适配性、施工难度、资金投入等因素，确保方案的可行性与经济性。在方案论证环节，组织水利工程、结构工程等领域的专家，对加固方案的技术可行性、安全可靠、经济合理性进行全面论证，提出优化建议。在方案优化环节，根据专家论证意见，结合实际情况调整完善加固方案，形成最终的实施方案。例如，某老旧混凝土坝经评估发现存在严重渗漏与混凝土碳化问题，通过多方案论证，最终采用“防渗墙+混凝土表面防护”的组合加固方案，既解决了渗漏问题，

又提升了混凝土抗碳化能力^[4]。

(二) 采用适应性强的综合加固技术方案

采用适应性强的综合加固技术方案,是提升加固效果的核心。需根据坝体类型与安全隐特点,针对性选取加固技术,构建多技术融合的综合加固体系。对于混凝土坝体的裂缝与碳化问题,可采用裂缝灌浆、粘贴纤维复合材料、混凝土表面涂层防护等技术组合,既修复现有损伤,又提升坝体抗侵蚀能力;对于砌石坝体的砂浆老化与石块松动问题,可采用砂浆置换、锚杆加固、表面喷射混凝土等技术,增强坝体结构整体性。

对于土坝的渗漏与坝体沉降问题,可采用防渗膜铺设、坝体培厚、排水体增设等技术,提升坝体防渗性能与抗滑稳定性。在技术选择过程中,需优先选用成熟可靠、施工便捷、性价比高的加固技术,同时积极引入新型环保加固材料与技术,提升加固效果与耐久性。例如,某老旧土坝存在严重渗漏问题,采用“垂直防渗墙+坝后排水减压沟”的综合加固技术方案,通过垂直防渗墙阻断渗漏通道,排水减压沟降低坝体浸润线,有效解决了渗漏问题,提升了坝体稳定性。在施工全过程中,必须高度重视和持续加强质量管控工作,建立健全覆盖各个环节的全过程质量监督机制。具体而言,需对原材料进场环节实行严格把关,确保所有进场材料符合相关标准与设计要;对每一道施工工序进行细致的监督检查,保证施工工艺和操作流程规范无误;同时在成品检测阶段实施多层次的验收程序,确保加固施工的最终质量完全达到设计及规范要求。通过上述措施,系统性地保障工程质量的可靠性与稳定性。

(三) 建立加固后的长效监测与维护机制

建立加固后的长效监测与维护机制,是保障坝体长期安全稳定运行的关键。在长效监测方面,延续加固前的动态监测体系,优化监测指标与监测频率,重点监测加固部位的应力应变、渗流量、位移等指标,实时掌握加固效果与坝体运行状态。运用大数据、物联网等技术,提升监测数据的分析与应用能力,实现对坝体安全状态的精准预判。

在维护方面,制定规范化的日常维护制度,明确维护责任主体、维护内容与维护周期。日常维护重点包括坝体表面清理、排水系统疏通、监测设施检修等工作,及时处理加固后出现的小隐患,避免隐患扩大。建立维护档案,详细记录维护工作内容、时间、效果等信息,

形成坝体管护的完整台账。同时,加强管护人员培训,提升其专业素养与应急处置能力,确保在突发安全隐患时能够及时有效处置。例如,某老旧坝体加固后,建立了“自动化监测+季度巡查+年度全面维护”的长效机制,通过实时监测掌握坝体运行状态,定期维护保障设施完好,有效延长了坝体安全运行年限^[5]。

结语

水利水电工程老旧坝体安全是流域安全保障体系的重要组成部分,其安全评估与加固工作关乎人民生命财产安全与社会经济稳定发展。当前,我国老旧坝体普遍存在安全隐患,传统安全评估方法存在局限,加固工作面临技术与管理难题,亟需构建系统化的解决方案。通过构建多维度综合性安全评估指标体系、建立动态化监测与定期检查机制、实施基于风险等级的差异化评估策略,能够提升安全评估的全面性与精准性。在此基础上,通过制定科学合理的加固决策流程、采用适应性强的综合加固技术方案、建立加固后的长效监测与维护机制,能够有效提升加固效果,保障老旧坝体安全稳定运行。老旧坝体安全评估与加固是一项系统性、长期性的工作,需要强化统筹协调,完善责任体系,加大技术与资金投入。各项综合措施的落地实施,能够有效消除老旧坝体安全隐患,延长坝体使用寿命,推动水利水电工程持续发挥效益,为流域高质量发展提供坚实的安全保障。

参考文献

- [1] 李芮. 水利工程运行安全检测关键技术及其应用[J]. 电脑爱好者(校园版), 2021(4).
- [2] 李权, 高俊. 黄土地区老旧骨干淤地坝坝体稳定性探究[J]. Water Conservancy Science & Technology & Economy, 2023, 29(4). DOI: 10.3969/j.issn.1006-7175.2023.04.008.
- [3] 赵平宝. 水利工程中病险水库加固工程技术的研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2023.
- [4] 李权, 高俊. 黄土地区老旧骨干淤地坝坝体稳定性探究[J]. 水利科技与经济, 2023, 29(4): 38-42. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7175.2023.04.008.
- [5] 吕君, 刘国华, 王昱. 老旧砌石拱坝的结构安全度研究[J]. 工程设计学报, 2021, 28(1): 7. DOI: 10.3785/j.issn.1006-754X.2021.00.007.