文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

水利工程病险水库病害成因及加固关键技术优化研究

彭海生
额敏县水资源中心
DOI:10.32629/hwr.v10i9.7123

[摘　要] 病险水库是我国水利工程的薄弱环节,长时间运行所造成的结构老化、设施损毁、防洪功能低下等状况,直接危及到区域的防洪安全、水资源调度和农业灌溉的稳定。为了提高水库的运行安全性和使用寿命,本文根据水利工程建设理论,对病险水库主要病害类型及形成原因进行系统的分析,并对目前加固工程施工中存在的技术应用不规范、方案适应性差、施工管控不到位等问题进行梳理。有针对性地提出切实可行的技术应用对策、施工改进方法以及质量控制措施,充实病险水库加固技术体系,给其他类似水利工程加固改造赋予理论支持和实际参照,助推水利工程的安全稳定运作。
[关键词] 水利工程；病险水库；加固技术；工程改造；质量管控
中图分类号：TV5　文献标识码：A

Research on Disease Causes and Key Reinforcement Technology Optimization of Dangerous Reservoirs in Water Conservancy Engineering

Haisheng Peng
Emin County Water Resources Center

[Abstract] Perilous reservoirs are a weak link in the national water conservancy construction. The long-term operation has caused structural aging, facility damage, and low flood control function, directly endangering regional flood control safety, water resource scheduling, and the stability of agricultural irrigation. In order to improve the operational safety and service life of reservoirs, this article systematically analyzes the main types and causes of diseases in dangerous reservoirs based on the theory of water conservancy engineering construction. It also sorts out the problems of non-standard technical application, poor adaptability of schemes, and inadequate construction control in the current reinforcement engineering construction. Propose targeted and feasible technical application strategies, construction improvement methods, and quality control measures to enrich the reinforcement technology system of dangerous reservoirs, provide theoretical support and practical reference for the reinforcement and renovation of other similar water conservancy projects, and promote the safe and stable operation of water conservancy projects.
[Key words] water conservancy engineering; Dangerous reservoir; Reinforcement technology; Engineering renovation; quality control

引言

水库属于水利工程的主要基础设施,具有防洪减灾、农业灌溉、城乡供水、生态补水、发电等多项功能,是保证区域水资源合理调配、抵抗水旱灾害的重要屏障。我国中小型水库数量较多,大部分建于20世纪中期以后,受当时施工技术、建设标准、材料工艺、后期运维管理等各方面的影响,许多水库出现坝体渗漏、边坡失稳、溢洪道破损、金属结构老化等病害,被列为病险水库。这类水库不能发挥出应有的水利效益,还存在着严重的安全隐患,在极端天气下容易发生溃坝、渗漏坍塌等事故,对下游人民的生命财产和生态环境造成严重威胁。因此科学合理地采用加固技术,对水库病害进行有效治理,提高水库的防洪蓄水能力,是目前水利工程运维改造的主要工作。

1 水利工程病险水库病害类型及形成原因分析

1.1核心病害类型及特征

根据水利工程检测规范以及大量的现场调研数据可知,目前病险水库的病害类型存在明显的集中性特点,大体上可以分为坝体病害、泄洪设施病害、输水设施病害、附属设施病害这四种类型,各种病害互相联系、共同作用,使水库的运行性能越来越弱。坝体是水库主要承重防渗设施,最常见的病害有坝体渗漏、坝坡滑坡、坝体开裂、沉降变形等,其中渗漏问题占病险水

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

库病害总量的70%以上,分为表面渗漏、贯穿性渗漏和坝基渗漏三种类型,长期渗漏会造成坝体土体颗粒被带走,形成渗漏通道,慢慢掏空坝体结构。泄洪设施病害主要是溢洪道冲刷破损、衬砌脱落、闸门卡阻、泄洪能力不足,大多数老旧水库溢洪道断面尺寸不能满足现行防洪要求,衬砌混凝土碳化、剥落比较严重[1]。输水设施病害有输水洞渗漏、管壁破漏、进出口淤塞堵塞等,都会对水库的输水调度造成影响。

1.2病害形成的主要原因

病险水库病害是由自然环境、工程结构、施工建设、运维管理等多种因素共同作用造成的,并非某一种因素引起的,具有比较完整的工程力学和水利工程理论基础。从结构力学角度出发,老旧水库的建设标准低,坝体断面设计、地基处理工艺不能满足现行防洪抗震规范的要求,长期受水压力、土体压力、温度应力三者交替作用的影响,结构应力失衡,产生开裂、沉降、变形等问题。从水文地质方面来说,水库长时间蓄水,坝基土体受到水的浸润而变软,抗剪强度、承载力大大降低,地下水渗透压力不断增大,逐渐形成渗透破坏,导致渗漏病害发生。根据材料老化理论,混凝土、钢材、土石坝填筑材料受自然风化、雨水侵蚀、冻融循环的影响,材料性能逐年变差,混凝土碳化、钢筋锈蚀、土体固结松弛等问题时有发生。

2 水利工程病险水库加固技术应用现存核心问题

2.1前期勘察检测精准度不足,方案适配性差

前期勘察检测是编制加固方案的基础,是决定加固工程质量好坏、效果好坏的关键因素。目前一些病险水库加固工程存在勘察工作流于形式、检测数据不准的情况,施工单位没有严格按照水利检测规范全面进行勘察工作,只对表面现象进行简单的检查和简单的检测来确定病害情况,不能准确找到坝体内部渗漏通道、土体空洞、结构破坏的准确位置和范围以及深度。部分勘察工作忽略了水库水文地质条件、周边环境、运行年限等基本数据的调查,造成病害原因分析片面[2]。根据粗糙勘察数据制定的加固方案存在明显的不足,方案针对性和适应性差,“一刀切”地进行加固设计,不能针对水库的实际病害情况进行准确的匹配,部分隐蔽病害没有得到治理,加固之后短期内又出现了新的病害,造成工程资金浪费、加固效果不达标等问题。

2.2加固技术选用不合理,技术应用不规范

现阶段病险水库加固技术种类繁多,防渗加固、结构补强、边坡加固等各种成熟的加固技术已经广泛地应用于工程实践中,但是技术选择和应用的不规范问题比较突出。部分施工单位缺少专业技术研判能力,没有根据水库坝型、病害类型、工程等级匹配相应的加固技术,而一味地使用通用施工工艺。针对细微渗漏病害盲目使用高压灌浆技术,施工成本过高,造成坝体结构受损;针对土石坝边坡失稳问题,选择刚性加固技术,不能适应土体变形特性,加固稳定性差。同时技术施工过程还存在工艺落实不到位的现象,灌浆压力、注浆量、混凝土配合比、压实度等关键参数控制不准,边坡支护、衬砌修复等工序施工流程简略,没有严格按照技术操作规程执行,造成加固技术优势不能充分发挥出来,施工质量出现大量的隐性缺陷。

2.3施工过程管控薄弱,工程质量参差不齐

病险水库加固工程大多属于改造性质的工程,施工场地狭窄、工序繁杂、新旧结构衔接困难,因此对施工精细化管理的要求也十分高。但是目前大部分基层水利加固工程的施工管控体系不健全,现场管理松散。施工队伍专业素质良莠不齐,许多一线施工人员没有接受过专业技术培训,对于加固工艺的核心要点了解不多,靠施工经验操作,随意更改、简化工序的现象屡有发生。另一方面施工现场质量巡检、旁站监督制度执行不到位,管理人员对于施工原材料质量、工序施工精度、隐蔽工程施工质量的把控不严,砂石、水泥、灌浆材料等原材料抽检不合格仍然投入使用,隐蔽工程没有经过验收就进入下一道工序。

2.4后期运维体系不完善,加固长效性不足

病险水库加固工程不是一次性的改造工程,后期常态化运维管理才是病险水库加固工程长效稳定的保证。目前大部分区域存在重加固轻维护的问题,加固工程竣工验收之后,并没有形成完善的后期运维管理机制。一方面,水库安全监测体系不健全,老旧的观测设备没有及时更换升级,自动化监测覆盖程度不高,仍旧依靠人工巡视、人工测量的方式来开展观测工作,导致观测数据出现滞后并伴有较高的误差情况发生,对于坝体出现渗漏、沉降、位移等细小的损害状况不能得到及时的察觉与处理,给整个工程的安全运行造成隐患[3]。另一方面运维责任不清,没有设置专职运维管理人员,日常巡查、设备保养、病害排查工作只停留在表面。并且没有形成病害动态复盘制度,对于加固以后出现的新病害、复发病害不能及时分析原因、优化处置方案,使加固工程的使用寿命大幅缩短。

3 水利工程病险水库加固关键技术落地应用优化策略

3.1精细化勘察检测,定制化制定加固方案

彻底解决加固方案适配性差的问题,要创建起全方位勘察、精准化检测、科学化研判的前期工作体系,给加固工程赋予精准的数据支撑。首先严格按照《水库安全鉴定规定》、《水利水电工程勘察规范》开展全方位现场勘察工作,全面了解水库建设年代、坝型结构、原始施工资料、历年病害情况、水文地质条件、流域水文特征等基础资料,查找坝体、坝基、溢洪道、输水洞等所有结构的病害隐患,杜绝表面化、片面化的检查。其次用现代检测技术提高检测的准确度,利用地质雷达探测、超声波检测、钻孔探测、渗透试验、沉降观测等多种检测手段,准确找到隐蔽渗漏通道、内部空洞、结构裂缝、土体松散区等,准确知道病害范围、破损情况、结构性能参数,形成完整的病害检测报告[4]。最后根据检测数据进行专项研判,根据水库工程等级、防洪标准、运行要求、周边环境等因素,放弃通用化模板方案,对不同的病害、不同的结构部位制定差异化的加固方案。

3.2科学选用加固技术,规范标准化施工工艺

根据病险水库主流病害类型,精准适配成熟的、高效低耗低

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

成本的加固技术，规范施工工艺，保证技术落地效果，提高加固工程的专业性、稳定性。一是防渗加固技术规范化应用，根据土石坝、混凝土坝的不同渗漏问题进行分类施工，坝基深层渗漏采用帷幕灌浆技术，严格控制钻孔深度、孔距、灌浆压力、浆液配比，采用分段灌浆、逐级加压的施工方式，保证浆液充分填充渗漏通道，坝体浅层渗漏、表面病害采用高压喷射灌浆、防渗膜铺设技术，清理坝体表层破损松散土体后，分层铺设防渗土工膜，做好搭接密封处理，杜绝渗漏隐患。二是结构补强技术落地应用，对于坝体开裂、混凝土碳化、结构破损等问题，采用聚合物砂浆修补、混凝土置换、钢筋补强技术，彻底剔除碳化破损混凝土，清理裂缝杂质后，用专用修补材料分层浇筑养护，恢复结构强度；对坝体沉降、变形问题采用土体固结、桩基加固技术，夯实坝体基底，提高地基承载力。第三，边坡加固技术标准化施工，根据坝坡冲刷、滑坡隐患的特点，选择植草护坡、框格护坡、锚杆框架护坡等，松软土体边坡用锚杆+喷浆联合支护，硬质边坡用生态护坡工艺，同时考虑结构稳定性与生态性。

3.3健全现场管控体系，全方位保障施工质量

对加固工程施工控制不足的情况展开全方位、精细化的施工现场控制，从原材料、工序、人员、验收四个方面来控制工程质量。第一，加强原材料质量控制，实行原材料进场检验制度，对水泥、砂石、灌浆料、防渗材料、钢筋等重要原材料进行抽查，确保其出厂合格证、检验报告齐全有效，进场后按随机抽样的方法检查，不合格的建筑材料严禁使用[5]，不得进入施工现场。第二，规范施工人员管理，组织岗前专项技术培训，对本次工程所用加固技术、施工工艺、质量标准、安全规范进行全员交底，考核合格后方可上岗作业，组建专业技术班组，杜绝无资质、无经验人员施工。再次是全过程工序控制，实行“班组自检、项目部复检、监理验收”的三级验收制度，每道工序施工结束后必须经由验收合格后才能转入下一道工序，对灌浆、隐蔽工程、新旧结构连接等关键工序要进行旁站监督，全过程记录施工数据并保存影像资料。

3.4完善长效运维机制，保障加固效果长效稳定

为了彻底解决加固后的病害反复出现、工程使用寿命短的问题，要建立一个动态监测、常态化运维、及时处置的长效管理体系，从而达到病险水库加固工程长效运维的目的。一是升级智能化安全监测系统，淘汰老化的无人工监测的设备，加装自动化的沉降监测设备、渗漏监测设备、水位监测设备、位移监测设备，并创建水库运行智能监测平台，24小时不间断地搜集和剖析水库运行数据，及时发出异常沉降、渗漏超标的警报和结构位移过大的警告，有效克服了由于人工监测存在时滞性及不够精确造成的局限。二是建立常态化的运维管理制度，明晰水利部门、运维单位、管护人员的岗位责任，制订日常巡查、设备保养、病害排查、年度检修的工作制度，指定专人每天巡查水库坝体、溢洪道、输水设施、启闭设备运行状况，每月保养一次设备，每年进行一次全面安全隐患大排查，针对微小裂缝、轻度渗漏、设备卡顿等问题早解决。三是创建病害复盘和动态改善体系，定时整理水库运行数据及病害治理记载，探究加固之后病害再次出现的原因，从而制定出愈加符合实际需求的运维计划和加固手段，对加固存在疏漏之处的环节展开二次加强。

4 结束语

病险水库加固改造属于补齐水利工程安全短板、改善水资源保证能力的重要民生工程，对于区域防洪安全、农业生产发展、生态保护都有十分重要的现实意义。本文从梳理病险水库典型病害及成因入手，分析了目前加固工程勘察检测、技术运用、施工控制和后期运维四个方面的主要问题，并给出了一系列可以落地、操作可行的改进措施。精细化勘察定制加固方案、标准化应用加固技术、全流程管控施工质量、长效化开展运维管理可以大大提高病险水库加固施工质量，彻底消除水库安全风险。

[参考文献]

[1]李兰平.水利工程中病险水库加固工程技术研究[J].工程建设与设计,2026,(5):189-191.

[2]孙学贞.水利工程中的病险水库加固工程技术应用分析[J].城镇建设,2026,(1):142-144.

[3]刘静芳.水利工程中病险水库加固工程技术的应用探讨[J].水上安全,2025,(16):127-129.

[4]刘圣娟.水利工程中病险水库加固工程技术研究[J].中国科技纵横,2025,(9):96-98.

[5]廖云.水利工程中病险水库加固工程技术研究[J].水上安全,2024,(7):163-165.

作者简介：

彭海生(1975--),男,汉族,湖南双峰县人,大专,职称：工程师,研究方向：水资源管控、机电井规范化管理、水库安全监测与病险水库加固技术研究。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.