

# 水利工程中小型水库除险加固设计研究

黄永平

巴彦淖尔市水利科学研究所

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6426

**[摘要]** 张寺水库位于镇江市丹徒区,经过安全评估鉴定为病险水库,需要实施除险加固工程,及时恢复其防洪、蓄水、输泄水等功能。基于此,本文主要研究大坝结构稳定性提升、泄水建筑物优化改造、输水系统加固措施,重点分析迎水坡护坡修复方案、溢洪道溢流堰型比选、输水涵洞基础处理技术路径。通过综合比较不同工程方案的可行性,最终确定适应本地地质条件的加固策略,有效解决大坝渗漏、泄流能力不足、涵洞结构失稳等问题。实践表明,该设计方案能够提高水库运行的安全性,也为区域水利设施除险加固提供丰富的经验,对于恢复类似中小型病险水库的使用功能具有重要参考价值。

**[关键词]** 小型水库; 病险水库; 除险加固; 设计

**中图分类号:** TV62 **文献标识码:** A

## Research on the Design of Risk Removal and Reinforcement for Small and Medium sized Reservoirs in Water Conservancy Engineering

Yongping Huang

Bayannur Water Conservancy Research Institute, Bayannur

**[Abstract]** Zhangsi Reservoir is located in Dantu District, Zhenjiang City. After safety assessment, it has been identified as a dangerous reservoir and needs to be reinforced and repaired in a timely manner to restore its flood control, water storage, and drainage functions. Based on this, this article mainly studies the improvement of dam structural stability, optimization and renovation of discharge structures, and reinforcement measures for water conveyance systems. The focus is on analyzing the repair plan for the upstream slope protection, the comparison and selection of spillway overflow weir types, and the technical path for the foundation treatment of water conveyance culverts. By comprehensively comparing the feasibility of different engineering schemes, the reinforcement strategy that adapts to local geological conditions is ultimately determined, effectively solving problems such as dam leakage, insufficient discharge capacity, and unstable culvert structures. Practice has shown that this design scheme can improve the safety of reservoir operation and provide rich experience for the reinforcement of regional water conservancy facilities. It has important reference value for restoring the use function of similar small and medium-sized dangerous reservoirs.

**[Key words]** small reservoir; Dangerous reservoir; Risk elimination and reinforcement; design

### 引言

中小型水库作为我国水利基础设施的重要组成部分,在防洪减灾、农业灌溉、城乡供水、生态调节等方面发挥着不可替代的作用。但由于受到历史建设标准低、运行维护不足等因素影响,相当一部分小型水库长期处于带病运行状态,存在大坝结构稳定性差、泄洪能力不足、渗漏严重、输水设施老化等问题,给下游居民生命财产安全构成潜在威胁。根据国务院办公厅《关于切实加强水库除险加固和运行管护工作的通知》要求,“十四五”期间全国要全面完成病险水库治理任务,全面提高水库工程的可持续运行能力。江苏省作为小型水库数量较多的省份,其病

险问题非常突出,需要利用系统化设计,推进水库功能修复的正常进行。基于此,本文以镇江市丹徒区张寺水库为例,结合区域地质条件,深入分析水库存在的结构失稳、渗流异常、泄流不畅等问题,严格根据现行规范提出迎水坡护砌加固、溢洪道堰型优化、输水涵洞基础处理等设计方案,并且研究过程中充分借鉴镇江地区近年来在小型水库除险加固中的经验,采用BIM建模辅助设计方案比选,大幅度提高工程决策的精准度。

### 1 研究区概况

张寺水库位于江苏省镇江市丹徒区宜城街道长山村境内,属于太湖湖西水系,控制汇水面积3.23km<sup>2</sup>,总库容197.49万m<sup>3</sup>,

工程等级为小(1)型。该水库始建于1975年, 历经多年运行没有实施系统性除险加固, 存在结构老化、防洪能力不足、渗流安全不稳定等问题, 严重影响其正常功能发挥。根据《水库大坝安全鉴定办法》要求, 丹徒区政府在2018年10月启动辖区内小型水库安全评估工作, 按照镇徒政办收〔2018〕669号文进行实施。经过专业机构鉴定, 张寺水库主坝抗洪标准低于现行水利部规定的病险水库除险加固近期非常运用标准, 并且存在坝体稳定性差、渗漏风险突出、泄洪设施不完善等问题, 被评定为三类坝, 即不能在设计条件下正常运行的高风险水库, 一旦遭遇极端降雨, 很容易引发溃坝风险, 对于下游村庄构成重大的安全隐患, 所以科学制定除险加固方案, 提高结构安全性已经成为保障区域水安全的主要任务。

## 2 水利工程中张寺水库的运行现状分析

### 2.1 大坝

经过专业人员进行现场勘查发现, 大坝迎水坡平台以下区域的块石护坡存在较为严重的松动现象, 部分区域勾缝砂浆由于长期受到水流冲刷、冻融循环、风化作用, 已经出现开裂、脱落等问题, 造成护坡结构出现局部失稳现象, 抗冲刷能力下降, 甚至影响到其防渗功能。同时, 坝体背水坡排水系统也存在明显缺陷, 坝脚纵向排水沟部分段落发生结构性坍塌, 大幅度降低其排水效果, 很容易产生渗流路径紊乱, 局部区域可能存在积水淤积现象, 进一步加剧了土石接触面的渗透破坏风险。

### 2.2 溢洪道

张寺水库溢洪道溢洪闸控制段浆砌石挡墙存在砂浆脱落、块石风化等病害, 势必降低边墩和翼墙结构的承载力, 溢洪道抗滑移、抗倾覆稳定性有待提升, 已经无法满足水力荷载作用下的长期安全运行要求。同时, 溢洪闸门启闭系统由于年久失修, 调度功能完全丧失, 严重影响水库汛期调控能力, 形成较大的防洪安全隐患。下游陡坡段同样出现浆砌石塌陷、勾缝剥离等问题, 无形中降低水流冲击区结构的抗冲刷能力。经复核计算, 溢洪道现有防渗长度不满足《水库大坝安全鉴定导则》规定的渗流控制标准, 消能设施也无法有效耗散设计洪水流量下的动力, 存在冲刷坑下切、基础掏空的风险。

### 2.3 输水涵洞

张寺水库现状输水涵洞结构老化严重, 存在多处安全隐患, 严重影响其正常运行。经过现场调查, 井筒悬臂梁部位混凝土出现明显剥落, 钢筋外露发生锈蚀, 结构承载力下降, 抗裂性能无法满足行业规范要求; 涵洞进水口存在堵塞现象, 出现严重的施工缝渗漏问题, 降低输水效率, 进一步加剧结构侵蚀风险; 出口段没有设置消力池, 水流直泄很容易造成下游冲刷破坏; 输水涵洞闸门密封性差, 存在严重喷漏水现象, 启闭设备零部件普遍老化, 操作可靠性降低, 很难实现精准调度。经水力复核计算, 涵洞洞身过流能力不足, 现有Φ60 cm预应力输水管管缝采用泥包封堵方式, 在地基沉降条件下抗震性能相对较弱, 并且受到检修通道限制, 维护难度过大, 整体砌体结构稳定性较差<sup>[1]</sup>。

## 3 水利工程中张寺水库除险加固设计

### 3.1 迎水坡加固设计

由于长期受风化、冲刷、水流侵蚀影响, 原护坡块石松动, 砂浆脱落严重, 大幅度降低局部抗冲刷能力, 迎水坡存在较大的安全隐患。为了提高迎水坡整体防护性能, 工程制定三种加固方案进行技术比选: 第一种为全拆除重建素混凝土护坡, 虽然具有较高的施工统一性, 但存在施工造价高、施工工期长等缺点; 第二种保留平台以上现有混凝土护坡, 对于平台以下灌砌块石段进行整平修复, 再加铺碎石垫层, 浇筑0.10m厚C25素混凝土护坡; 第三种采用清淤、填石整平、勾缝灌浆方式, 修复原护坡局部, 这种方法虽然成本较低, 但整体耐久性不足, 难以应对未来高强度洪水冲击。综合考虑施工难度、工程造价、材料使用性及维护便利性等因素, 最终推荐采用方案二作为迎水坡加固实施路径<sup>[2]</sup>。

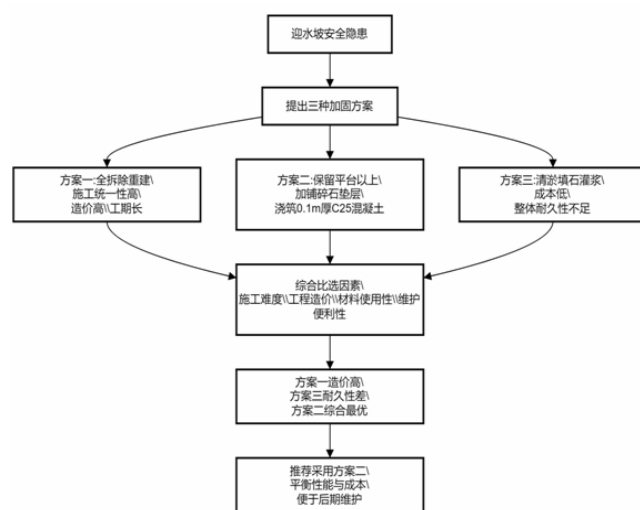


图1 迎水坡加固设计

该加固方案在设计上充分结合现状结构特点, 形成“保留+补强”的复合型防护体系。在实际应用过程中, 平台以上至坝顶的35.97m高程段维持原有C25素混凝土护坡不变, 利用其良好的抗冲刷能力, 科学减少资源浪费现象; 平台以下灌砌块石段则先进行表面清理, 剔除风化、松动块石, 重新铺设碎石找平层, 进一步增强新旧护坡之间的粘结力。随后, 在整理后的基面上浇筑厚度为0.10m的C25素混凝土, 形成连续稳定的护坡结构, 有效提升抗冲刷; 坡脚部位采用抛石固脚措施, 加强底部支撑, 防止水流冲刷造成基础掏空。经过复核计算, 优化后的迎水坡护坡结构能够满足50年一遇洪水标准下的稳定要求, 同时具备较强的抗裂抗冻融能力<sup>[3]</sup>。

### 3.2 背水坡加固设计

针对现状背水坡存在的表层松散、排水不畅、护坡覆盖不足等问题, 本次除险加固设计在清表处理的基础上, 将覆土夯实和草皮护坡方式相互结合, 不仅能保障坡面的稳定性, 又提升地表径流调控能力。为了提高背水坡排水效果, 设计人员在背水坡纵向一级、二级平台、坝脚内侧增设排水沟渠, 横向则按照50m间距布设排水沟, 形成纵横交错的排水网络系统, 有效疏导降雨

汇流,降低渗透压力对于坝体的影响,有效增强边坡抗冲刷能力,大幅度提高坝体对于渗流变化的适应性。草皮护坡在增强表面抗蚀能力的同时,还可利用植物根系固土机制提高护坡整体的稳定性。此外,排水沟采用浆砌石或混凝土预制构件建造,具备良好的抗冲刷性,能够有效防止集中水流引发的沟槽侵蚀问题<sup>[4]</sup>。

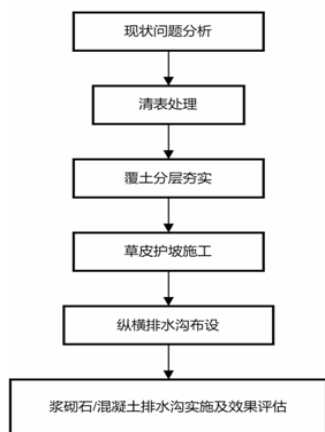


图2 背水坡加固设计流程图

### 3.3 泄水建筑物除险加固设计

张寺水库原溢洪道为带闸门控制的浆砌石结构,其边墩、中墩采用浆砌石建造,底板为细石混凝土衬砌,配备钢筋混凝土闸门和2×5t螺杆启闭机,但由于长期运行导致结构老化,闸门调度功能失去效果,已经无法满足汛期泄流的需求。为此,本次除险加固工程决定拆除原有控制段,改建为开敞式溢洪道,在提高泄洪能力的基础上,有效增强结构的稳定性。新建溢流堰采用宽顶堰型式,该类型具有流量系数稳定、泄流能力可控等优点,适用于中小型水库调洪泄水工况。宽顶堰的泄流计算公式如下:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (1)$$

其中:  $Q$  溢洪道泄流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $m$  流量系数,取值范围一般为 0.32~0.38;  $b$  堰口净宽 (m),本工程设1孔,净宽4.5m;  $g$  重力加速度 ( $9.81\text{m/s}^2$ );  $H$  堰上水头 (m)。通过该模型计算,在设计洪水标准下可准确评估溢洪道泄流能力,结合消能设施,科学优化下游水流衔接,防止出现冲刷破坏<sup>[5]</sup>。

新建溢洪道控制段采用整体式钢筋混凝土结构,布置单孔

泄流通道,底板高程设定为37.11m,桥面高程42.51m,桥面净宽5.0m,两侧设置混凝土护栏,全面提高交通运行的安全性。控制段结构由厚0.50m的底板、0.40m厚顶板、0.60m厚边墩构成,沿水流方向长度8.0m,垂直水流方向宽度5.7m,具备良好的抗冲刷性;控制段上游设置进水口导流墙,下游接消力池,进一步加强水流过渡平顺度,提高能量耗散能力。经过专业人员复核,发现改造后的溢洪道不仅提高了泄流效率,也增强了在极端降雨条件下的防洪适应能力<sup>[6]</sup>。

## 4 结语

张寺水库作为小型病险水库的典型代表,其除险加固工程在提高结构安全性方面发挥了重要作用。通过系统性评估大坝迎水坡、背水坡、溢洪道、输水涵洞等部位的安全隐患,结合工程实际,开展多方案比选,最终制定出针对性强的加固方案,有效提高水库的防洪能力,满足设计泄洪要求,增强水库在极端天气条件下的适应能力。在未来研究中,研究人员要进一步融合智能化监测手段,构建基于BIM与遥感技术的水库安全预警系统,推动病险水库管理向数字化方向发展,全面加强水利基础设施的全生命周期管理水平。

## [参考文献]

- [1]林子城.多种灌浆处理技术在幸福水库除险加固工程中的应用研究[J].水利科技与经济,2025,31(2):158-163.
- [2]刘平华,蒋朝权.水库除险加固施工及安全监测维护管理[J].建材与装饰,2025,21(2):139-141.
- [3]付晓.塑性混凝土防渗墙在西郊水库除险加固工程中的应用[J].陕西水利,2025(2):148-150.
- [4]朱家俊,陈俊宇.某水库除险加固工程的主要病险及加固方案[J].云南水力发电,2025,41(3):169-172.
- [5]杨松,曾祥磊,宦如胤,等.小型水库除险加固工程取水口金属结构改造方案探讨[J].广东水利水电,2025(4):69-73.
- [6]徐宝,匡改娣.混凝土防渗墙结合灌浆在龙虎水库除险加固中的应用[J].云南水力发电,2025,41(3):133-136.

## 作者简介:

黄永平(1972--),男,汉族,内蒙古巴彦淖尔市人,大学本科,副高级工程师,水利工程,农田水利。