

# 水库除险加固工程设计探析

丁亮 周萌 李正辉

扬州市勘测设计研究院有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5859

**[摘要]** 随着经济社会的持续快速发展,水库除险加固迎来崭新局面,如何围绕水库除险加固工程的基本目标要求,强化对相应设计内容与设计方法的优化衔接,备受业内关注。基于此,本文首先介绍了水库除险加固现状,分析了水库除险加固设计面临的难点问题。在探讨水库除险加固工程水文分析与计算的基础上,结合相关实践经验,分别从大坝、溢洪道、放水排沙洞和防汛道路等方面,探讨了水库除险加固工程设计与优化方法,阐述了个人对此的几点浅见。

**[关键词]** 水库工程; 除险加固; 优化设计; 方法策略

中图分类号: TV62 文献标识码: A

## Analysis on the Design of Reservoir Risk Removal and Reinforcement Engineering

Liang Ding Meng Zhou Zhenghui Li

Yangzhou Survey, Design and Research Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** With the sustained and rapid development of the economy and society, the reinforcement of reservoirs has ushered in a new situation. How to focus on the basic goals and requirements of reservoir reinforcement projects, strengthen the optimization and connection of corresponding design content and design methods, and receive attention from the industry. Based on this, this article first introduces the current situation of reservoir hazard removal and reinforcement, and analyzes the difficult problems faced in reservoir hazard removal and reinforcement design. Based on the hydrological analysis and calculation of reservoir hazard removal and reinforcement engineering, combined with relevant practical experience, this paper discusses the design and optimization methods of reservoir hazard removal and reinforcement engineering from the aspects of dams, spillways, drainage and sand removal tunnels, and flood control roads, and elaborates on several personal opinions on this.

**[Key words]** reservoir engineering; Risk elimination and reinforcement; Optimize design; Method strategy

## 引言

水库是现代水利工程的重要组成部分,在调蓄水源、防洪灌溉、调节微气候等方面发挥着不可替代的现实作用。当前形势下,技术人员应精准把握水库除险加固的具体设计要求,宏观审视水库除险加固的关键方法路径,综合施策,全面提高工程设计成效,有效增强水库工程稳定性与可靠性。

### 1 水库除险加固现状

水库除险加固旨在采取行之有效的工程设计方法举措,消除因水库结构老化、地质灾害、堤坝裂缝渗漏等原因导致的可能风险,维持水库正常蓄水位和汛限水位,提高水库运行安全性,降低对周边环境和人民生命财产的影响。近年来,国家相关部门高度重视水库除险加固工程的推进实施,在细化完善除险加固设计规范,除险加固设计效果评估等方面制定并实施了诸多宏观政策策略,为新时期水库除险加固规划、设计、施工和验收等

提供了重要基础遵循<sup>[1]</sup>。同时,广大工程技术人员同样在水库工程水文分析、除险加固方案比选以及除险加固设计优化等方面进行了诸多有益探索与总结,全面改善了水库坝体、溢洪道、放水设施的实际状态,提高了水库保坝能力和防洪调蓄能力,成效显著。尽管如此,受限于诸多主客观条件,当前水库除险加固设计水平尚有较大提升空间,大坝整治、溢洪道整治与大坝变形观测水平尚有较大提升空间,需要密切结合水库工程各项基础资料信息,灵活运用多元化设计方法,全面消除水库安全隐患。

### 2 水库除险加固设计面临的难点问题

#### 2.1 水库基础资料与水文资料欠缺

基础资料与水文资料是水库除险加固设计的重要参考,只有全面详细收集与水库工程相关的各类资料,才能确保水库除险加固设计方案的针对性和实效性。纵观当前水库除险加固设计实际,普遍存在基础资料与水文资料欠缺这一共性问题,尤其

是部分小型水库修建年代久远,原始设计资料缺失严重,且所执行的工程技术规范变化较大,无形之中加大了水库除险加固设计难度<sup>[2]</sup>。此外,水库集雨面积、水文参数和洪水调查等水文资料不够准确,库容曲线偏差明显,影响洪水计算成果精度,需要给予重视。

### 2.2 勘测深度不够

外业地勘在现代水库除险加固设计中处于基础性地位,需要根据相关专业技术规范,制定详细可行的勘测技术方案,准确了解水库工程结构等客观现状,为除险加固设计提供基础依据。实践表明,部分水库除险加固设计前的外业地勘深度远远不足,工程安全鉴定、初步外业设计勘察与专业技术规范存在较大偏差,对水库库区范围内的地质隐患、软弱夹层、缓倾角裂隙等勘察不清,所提出的水库坝体不同各区域填筑材料物理力学参数建议值偏离客观实际,影响除险加固设计效果。

### 2.3 工程设计细节管控不当

水库除险加固设计涵盖多项重要内容,对细节管控与处理通常具有较高要求。若设计人员对水库挡水建筑物、泄水建筑物、输水建筑等实际状况了解不充分,则容易造成除险加固设计偏差,降低设计方案质量。以坝体结构加固设计为例,部分情况下由于地勘深度不够,且未能综合考量土石坝上游坝坡培厚设计与坝体防渗的关联关系,使后期护坡结构形式和护坡材料选择不当。此外,泄洪设施设计、坝下埋涵设计、大坝防洪能力设计和安全观测设施设计等内容同样需要予以严格管控。

## 3 水库除险加固工程水文分析与计算

### 3.1 降雨与径流

在水库除险加固设计前,工程现状调查和水文资料复核是必不可少关键环节,而库区范围内降雨与径流则在该项工作中处于核心地位。在降水、径流、气象资料审查中,应全面收集各类基础资料,判断水库入库水量的合理性,对比分析水库库容曲线及坝前水位,为水库除险加固设计提供基础参考与依据。在收到库区范围径流基础数据后,可采用一致性分析和代表性分析的方法,排除其中存在明显偏差的数据,选择具有相应数据参数,绘制库区径流强度模型,确保年径流均值符合现实要求。根据《水利水电工程水文计算规范》,采用等值线图法或流域面积比法等,计算年净流量频率和水库多年平均年净流量<sup>[3]</sup>。

### 3.2 设计洪水

对目标区域范围内的洪水特性进行分析,尤其是受天气系统影响明显的地区,更需掌握多暴雨年和少暴雨年的暴雨日数量,掌握库区出现暴雨的具体时间。在当前设计洪水中,可采用的设计暴雨推求方法有两种,一种是根据库区雨量站的实测短历时暴雨成果进行推求,另一种是根据暴雨径流推算图表进行推求,二者在适用条件、数据运用与设计效果等方面存在一定差异,应结合水库除险加固设计要求进行灵活择定。在设计洪水计算中,可采用推理公式法,利用集雨面积、暴雨雨力、流域全面汇流时间和平均损失率等参数,推导计算断面设计洪峰流量,将相应的洪峰流量偏差控制在技术允许范围内。

### 3.3 泥沙

部分水库建成年限较长,在长期运行过程中形成大量泥沙淤积,多年平均输沙量长期保持在高水平状态,导致水库淤积面积相对较大,同样需要在除险加固设计中对泥沙作出优化处理。根据坝址处实测到的水库泥沙资料,对多年平均输沙量进行比例计算,得出相应的输沙量月分配结果,防止后期水库库区范围内的泥沙快速淤积。结合江河流域防洪潮规划等要求,采用地形法、断面法和混合法等,在特定位置区域设置泥沙流量观测点,掌握每年入、出库的泥沙总量,根据水库正常使用年限要求,计算总输沙量和泥沙容量,进而确定出库泥沙级配,优化水库的总淤积库容。

### 3.4 蒸发与水温

收集水面蒸发观测资料,根据观测蒸发量和折算系数,得出折算后的蒸发量及相应比例。在水库蒸发增损量计算中,通常可利用水库库区水量平衡方程进行计算,使所设计的蒸发增损量能够与本地区实际相契合。现代信息化技术与自动化技术在水库除险加固设计中的应用,极大程度上丰富了水库水面蒸发与水温的校核方式,使传统技术工具下难以取得的精准化校核效果更具实现可能。比如,可采用水文自动测报系统等载体,利用其各类传感器的数据自动采集功能,得出更加准确的水文分析与计算结果,并准确记录各类详细数据,满足高标准、高要求的水库除险加固设计导向。

## 4 水库除险加固工程设计与优化方法研究

### 4.1 大坝加固设计

在长期运行中,水库大坝会在自然侵蚀、地质变化和人为破坏等因素影响下,出现结构性能下降等安全隐患,需要采用多类型的设计加固设计方法,分别进行坝体加固、坝基加固和泄洪设施加固。一方面,应根据相应技术规范,在确定坝顶超高和计算坝顶高程的基础上,对水库坝顶高程进行复核,利用最大波浪在坝坡上的爬高和最大风壅水面高度等参数,计算校核坝顶超高。另一方面,对上游坝坡、坝顶和坝顶路面等内容进行依次设计,针对坝体单薄或存在渗漏隐患的坝体结构,可采用上游削坡减载与抛石压脚相结合的方式,有效提高阻滑力。对于下游坝坡设计,则可结合现状坝面结构,增设必要的排水设施,比如横向排水沟等,以此增强大坝结构稳固性<sup>[4]</sup>。

### 4.2 溢洪道加固设计

溢洪道是水库工程的重要泄洪设施,通常会在水流冲刷、磨损、裂缝等作用下降低泄洪能力,严重情况下会对大坝安全构成威胁,这要求溢洪道的加固设计应以提升泄洪能力,维持水库正常蓄水位和汛限水位为主要目标。在溢洪道护底和护面加固设计中,可采用浆砌石或混凝土等材料对溢洪道局部区域进行改造,提高其厚度和刚度参数,以应对后期水流冲刷作用;在消能设施加固中,可结合水流特性和地质条件等,在相应位置设计消力池或消能坎等消能设施,以此降低水库泄洪时形成的强大水能;在泄洪建筑物加固中,则可事先对泄洪洞口、泄槽、边墙和洞身部分进行安全评估,并采用开敞式溢洪道形式阻止水力破

坏,以应对处理泄洪道常见的凹凸不平、无圬工衬砌、局部位置冲刷严重等问题。

#### 4.3 放水排沙洞加固设计

放水排沙洞的加固设计应遵循安全性、经济性、环保性和可行性统一的原则,分别对洞身、进口段、出口段进行加固,同时区分压力洞段和无压洞段的加固差异,以增强放水排沙洞的整体构造强度。对于洞身加固,可针对常见的裂缝或渗漏等问题,采用补强加固方式,在洞身部位通过钢筋混凝土或高强砂浆等材料进行加固,若洞身磨损严重,则可使用更具耐磨性的钢管等材料,抵御水流和泥沙的冲刷磨损;对于进口段,宜设计防冲槽或护坡等防护措施;对于出口段,为确保水流能够顺畅排出,可灵活设计护岸等设施,优化放水排沙方式,降低水流排出对周边环境的影响。若放水排沙洞损毁严重,经前期调查与评估存在较大安全隐患,可考虑进行整体重建或改建。

#### 4.4 防汛道路设计

防汛道路设计需要兼顾道路日常交通需求和洪水期间通信需求。选择具有良好耐磨性能、抗裂性能和防水性能的路面材料,按照技术规范要求计算各类原材料用量和配比比例,在充分拌合后用于路面,确保其厚度参数满足抗冲刷需求。在路基方面,由于路基是防汛道路的主要支撑结构,在洪水状况下容易受到洪水冲刷和浸泡等影响,因此可配合设计防洪墙、防洪垄或防洪护岸等加固设施,阻断洪水冲刷路径,降低洪水影响强度。保持防汛道路的合理坡度,保持坡度参数满足路面排水要求,或设计排水沟、排水渠或雨水归集设施等,用于收集多余雨水,防止路面和路基积水。根据防汛道路使用需求,设计其纵断面和横断面,确定纵坡大小和各点标高。

#### 4.5 坝区绿化美化设计

部分水库具有良好自然景观和人文景观,在景观旅游和休闲旅游等方面具有显著优势。因此,在水库除险加固设计中,需将坝区绿化美化设计纳入设计范围,从系统环境建设的整体视角出发,设计形成具有本地化特色的坝区绿化体系。遵循生态优先、因地制宜的原则,选择符合本地区自然气候条件的绿化美化苗木,最大限度上营造舒适优美的坝区环境,同时满足坝区功能需求,比如防风固沙、水土保持和安全防护等<sup>[5]</sup>。为增加水库坝区生物多样性,可适当引入珍稀植物或特色植物,增强绿化美化的综合表现效果。结合坝区地形地貌和建筑风格,采用多层次、多季相、多姿态的植物配置方式,在坝区范围内构造复层群落结

构,同步提高坝区安全防护能力。

#### 4.6 大坝变形观测设计

水库大坝变形观测设计旨在利用各类观测装置,采集大坝变形数据信息,研判分析大坝可能存在的异常变形状况,为大坝安全评估、维修加固和应急响应提供可靠参考。大坝变形观测设计应涵盖坝体沉降、坝体倾斜、坝体裂缝等多项内容,准确了解坝体基础基岩的变形状态,掌握其结构性收缩或应力集中变化。在具体设计中,可在水库大坝的指定位置设计若干观测点位,比如沉降观测点位和位移观测点位,利用其基础功能条件,保持正常观测周期内的观测效果。根据水库大坝安全监测技术规范中的相关规定,准确观测提取大坝变形参数、渗流参数和压力参数,在对参数数据进行专业处理分析的基础上,运用数学模型预测与评估大坝结构状态。

### 5 结语

综上所述,受水库结构、设计方法与水文分析等要素影响,当前水库除险加固工程设计中依然存在诸多短板,不利于取得最优化的水库加固效果。因此,技术人员应摒弃传统陈旧的水库除险加固设计模式制约,建立健全基于全流程的工程设计规范,注重对基础水文资料与基础数据的分析计算,在宏观范围内优化整合水库除险加固工程设计的方法步骤,保持各设计环节的密切关联与衔接,并运用软件技术对加固效果进行评价分析,为全面提高水库加固除险工程设计成效奠定基础,为现代经济社会发展提供安全可靠保障。

#### [参考文献]

- [1]鲁延涛,高晓敏.地质勘探在水库大坝除险加固中的应用研究——以平定河水库为例[J].地下水,2024,46(4):295-297.
- [2]邹碧烜.关于水库除险加固和运行管理工作的调研与思考——以湖南省平江县为例[J].湖南水利水电,2024,(4):116-118.
- [3]夏初阳,于海洋,张晓青.通辽市库伦旗养畜东水库坝体除险加固设计方案浅析[J].内蒙古水利,2023,(09):18-19.
- [4]路伟亭,梁建.基于改进模糊层次分析法的病险水库除险加固效果评价[J].江淮水利科技(下旬刊),2024,(04):34-40.
- [5]程军.放水设施新技术在宁国市小型水库除险加固工程中的应用[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2024,24(4):8-11.

#### 作者简介:

丁亮(1994—),男,汉族,江苏扬州人,扬州市勘测设计研究院有限公司,工程师,本科,研究方向:水利水电工程。