

# 水库大坝除险加固设计分析

楚常喜

五家渠农六师勘测设计研究有限责任公司 五家渠 831300

**摘要:** 水库和河道提防是对防汛工作影响较大的两大类水利工程,近年来,随着全球性气候变化影响,各种极端天气状况无法得到精准预判,夏季洪涝灾害频发,给人们的生活生产造成了极大影响。基于此,本文以五家渠水库为研究对象,针对性分析其水库大坝除险加固设计,结合当前工程存在问题,选择更加适宜的施工技术手段,在保障加固设计质量的基础上,精细化管理施工成本,取得了良好成效,以期给同类型工程提供一定参考。

**关键词:** 水库大坝; 除险加固; 防洪; 设计要点

## Design and analysis of reinforcement of reservoir dam

Changxi Chu

Wujiaqu Nongliushi Survey, Design and Research Co., LTD Wujiaqu 831300

**Abstract:** Reservoirs and river flood defenses are two significant categories of hydraulic engineering that have a substantial impact on flood prevention efforts. In recent years, with the influence of global climate change, various extreme weather conditions have become difficult to predict accurately, leading to frequent summer flooding disasters that have had a significant impact on people's lives and livelihoods. In light of this, this paper focuses on the case of the Wujiaqu Reservoir, conducting a targeted analysis of its dam reinforcement design. In conjunction with the current issues faced by the project, it selects more suitable construction techniques. While ensuring the quality of the reinforcement design, it also manages construction costs meticulously, achieving excellent results. The aim is to provide a valuable reference for similar projects.

**Keywords:** Reservoir Dam; Reinforcement in Danger; Flood Control; Design Essentials

### 前言:

通过建设水库,多年以来我国江河综合防洪能力得到了增强,水资源的调控水平也得到了提高,在防洪、灌溉、蓄水、发电等方面发挥着重要作用,在规范农田水利工程建设和带动区域经济发展上具有极大价值。兴修水利是一项长远持续性的工作,部分水库建设年代比较久远,工程存在各种侵蚀、老化现象,必须要进行实地调查研究,探讨当前大坝存在的病险问题,并集中分析提出解决办法,以保障水库工程的调蓄作用发挥。

### 一、工程概况

五家渠水库大坝位于克拉玛依市白碱滩区五家渠镇境内,库区最大长度384m,最大宽度210m,最大深度90m。大坝为粘土心墙堆石坝,坝顶高程614.2m,最大坝高45.7m。大坝坝顶有一个宽约10米的防浪墙(顶部设有防浪梁)。防浪墙总长91.05米,总高28.92米。坝身分为2个坝段:第一个坝段为粘土心墙,全长69.02米;第二个坝段为粘土斜墙坝,全长528.95米。防浪墙顶部

设有三层铅丝网格网防渗体。在防浪墙顶铺设厚度为0.15m的土工膜作为反滤层,上游迎水面铺设40cm厚的粘土铺盖。

大坝左侧有两处溢洪道:一处位于大坝左岸右岸护坦内;另一处位于大坝右岸坝脚外坡上。溢洪道为开敞式布置,断面尺寸为1.2×1.08m(宽×高)。为满足当地人们的生活生产用水需要,为农田水利灌溉、防洪、泄洪等工作奠定良好基础,水库自兴建来至今已经对坝体修复接近10次,一定程度上发挥着良好的安保的作用。不过,由于工程建设时间较长,坝体受水蚀、风蚀影响明显,渗漏现象、岩石碎裂现象多发,存在严重的安全隐患,一旦发生险情将会影响到下游超过9400亩的农田,200多条国道、8200人口、还有当地政府、多个工业厂家,因此必须要集中对坝体进行加固设计。

### 二、五家渠水库的水文状况和地质条件

#### 1. 水文状况

五家渠水库地处天山北坡,是准噶尔盆地的重要组

成部分, 库盆面积1340平方公里。水库上游流经5个乡镇, 分别是哈巴河县、准东经济技术开发区、五家渠农场、玛纳斯县和阿图什市。水库上游流域面积为1290平方公里, 年平均降水量350mm, 多年平均径流量5.75亿立方米。五家渠水库位于[地区]维吾尔自治区昌吉回族自治州呼图壁县境内, 距呼图壁县城40公里。水库流域属暖温带大陆性干旱气候, 年均气温7.4℃, 极端最低气温-21.2℃, 年平均降水量324.4mm。五家渠水库集水面积为1290平方公里, 总库容6.3亿立方米(不包括水电站调节库容), 正常蓄水位614.2米。

## 2. 降雨评估

流域内年均降水量较大, 平均降雨约1835mm, 集中在3-6月份, 占年总降雨量接近60%。根据实测资料推断, 持续性暴雨的情况并不多发, 但是短期内24小时降雨量最大可达130mm/h, 因此有必要加强防险救灾意识, 对坝体现存问题集中进行整合, 然后契合实际选择最合适的修复办法<sup>[1]</sup>。

## 3. 洪水计算

五家渠水库的洪水特征主要有三个特点: 其一是历时短, 持续性降水并不多发, 但是受到季风性影响和副热带高压影响, 短时内急降雨必须加大预防力度; 其二是汇流快, 因为流域呈扇形且位于丘陵地带, 边坡比较陡峭, 所以水流流速较快; 其三是洪峰高, 流域内降雨集中在3-6月, 一般于6月降雨最为集中, 水库上游为低山区, 河道纵坡较陡, 因此在强降雨下仅几个小时水位就会快速增长, 洪水峰值下降则是降雨量逐渐变小或者停止降雨, 一次洪水从上涨到下降的时间一般不会超过3天。

## 三、五家渠水库工程除险加固设计分析

### 1. 设计依据

根据有关部门收集的水库资料, 对水库进行现场地质勘查, 初步判定受到技术、材料、施工方法等限制, 水库工程建设质量存在一定问题, 填筑层压实不够紧密, 具有很大缝隙, 透水性不强, 不符合工程规定要求。坝体边坡承载能力下降, 中下游区域边坡失稳, 抗冲刷能力较弱, 存在较大的安全隐患。在降雨多发的季节, 流域水势上涨较快, 边坡高度还需提高。根据国家技术监督局发布的《防洪标准》基于五家渠水库当前存在的安全隐患, 集中对大坝进行修复, 确定建设强度级别为4级, 设计洪水标准为50年一遇<sup>[2]</sup>。

### 2. 大坝防渗加固设计

五家渠水库坝体质量堪忧, 坝基渗透、绕坝渗流明显, 由于不同位置水流侵蚀力度不同因此导致沿线坝体高低不平, 最大高差为30cm, 透水率在15-35Lu。大坝上游位置岩层破碎, 填筑质量较差, 需提高碾压紧密性,

对上面砌护的保护层需要进行加固, 确保护坡稳定系数, 同时还要稳定渗流期, 避免下游棱体向上出逸。

根据汇总数据, 提出两种防渗设计加固方法, 其一为坝中塑性混凝土防渗墙方案, 其二为旋喷水泥桩防渗方案。

方案一, 该大坝下游地区破损严重, 采用坝顶沿坝线的技术手段用泥浆对坝壁进行加固, 下管浇筑塑性防渗墙厚度为60cm, 结合坝体轴线工程地质纵剖面图, 确定岩层透水埋藏较深, 利用冲击钻钻孔直达不透水层顶板线, 先在上游地区浇筑一档土墙, 然后计算安全系数, 对比历年水库出现的灾害现象, 沿上游向下游逐步对边坡进行加固处理, 填筑坡比为1: 3。清理大坝沿线的块石和垫层, 将破碎的岩体清除并追挖填补有缝隙的地方, 对塌陷处和洼凹处进行加固, 使用强度较高的混凝土拌合物预制块护坡。下游坝体加固集中对存在的安全隐患进行处理, 按照上游修复加固的顺序重新修整护坡, 坝坡填筑比为1: 2.8, 同时重建棱体排水体, 并在排水体下游设置排渗沟<sup>[3]</sup>。

方案二, 采用坝顶轴线处实施旋喷水泥桩对坝体进行防渗加固, 对渗水位置采用帷幕灌浆的方式。根据地形情况, 确定沿线水库走向, 保障岩基与地形协调, 由于透水岩埋藏较深, 使用塑性砼方案利用冲击钻成槽, 在施工中操作机械比较简单, 不过由于大坝受到风蚀影响严重, 因此在填筑施工中对泥浆性能要求较高, 使用泥浆强度和粘性必须达标, 才会减少塌孔事故。同时还要用高压喷射流对破碎的土体进行冲刷, 使泥浆与土体充分混合, 不断提升灌注速度, 在混合物凝固成型后桩体防渗性显著增强, 相比于第一种施工方案效率更高、速度更快, 不过施工中各种小细节要做好管控。两种施工方案均能解决大坝存在的渗流现象, 可提高稳定性, 达到除险加固目的。

### 3. 大坝坝体加固设计

大坝旋喷水泥桩土防渗墙轴线与原大坝轴线重合, 为提高坝体边坡稳定性, 满足灾情防护要求, 进一步加大资金投入, 采用硅酸盐水泥拌和浆液, 严格按照规划要求结合图纸设计标准展开施工, 采用旋喷灌注手段之前应对高压设备和管路系统进行检查, 保证清洁性, 确定密封性良好。水灰比不得随意更改, 在灌注之前必须保证充分的搅拌, 防止水泥沉淀, 对水泥材料一定要保管好, 不得放在阴冷潮湿的位置, 如果在配制水泥浆液过程中发现水泥存在质量问题, 需及时更换, 不得使用有质量隐患的水泥材料<sup>[4]</sup>。

根据地质部门勘探后给出的建议, 施工部门决定在坝基和坝肩施工中采用帷幕灌浆的方法, 灌浆孔结合坝

体防渗墙位置布置,结合地形地质情况以及水库坝体破损情况,确定帷幕灌浆厚度为1.4-1.6m,帷幕深度伸入基岩相对不透水层以下5.0m。最大允许偏差值如表1所示。帷幕灌浆终孔深度应符合设计要求,并采用自上而下的施工顺序分段进行,特殊条件下可以增强灌浆浓度,需要获得负责人批示后再进行调整。

表1 帷幕灌浆钻孔允许钻孔偏斜值

孔深(m)	20	30	40	50	60
最大允许偏斜值(m)	0.25	0.5	0.75	1.25	1.50

4. 坝坡护坡设计

根据五家渠水库工程等级和等别确定,当大坝处于正常运行情况时,蓄水位为45m,为提高坝坡稳定性,满足其蓄水、防洪需求,根据坝顶高程复核结果,压实土体。上游侧护坡设计做砌石挡土墙,以维持坝顶宽度,沿着轴线对坝顶浇筑混凝土泥浆,底部铺设一层厚度为15cm厚的砂砾石垫层和同等厚度的水稳层。经过检查,迎水坡块石护坡的饱和强度均值尚未达到标准,护坡部位高程较低,块石风化严重,表面凹凸不平,厚度不均匀,经过常年运行,损毁比较严重。地质部门勘察确定该位置岩性为砂质板岩,堆砌的块石呈裂缝发育,岩块密度较小,孔隙率偏大。经过计算确定按照干砌块石护坡的构造要求和施工技术要求,块石平均粒径为0.25m,要求护坡厚度在完工后达到0.5m,干砌块石坡下需要铺设砂砾石垫层,厚度设计为0.2m。两种不同施工方案工程量及造价如表2所示。

表2 不同护坡施工方案单位面积造价比较表  
(单位: m<sup>2</sup>)

编号	工程或费用名称	单价	工程量		投资(单位:元)	
			干砌块石护坡	C15混凝土预制块护坡	干砌块石护坡	C15混凝土预制块护坡
1	干砌块石护坡	130.86	0.3		39.65	
2	砂砾石垫层	88.23	0.22		16.06	
3	C15混凝土预制块护坡	292.60		0.32		48.77
4	砂砾石垫层	80.36		0.2		16.34
5	投资合计				55.71	65.11

从表中数据对比结果可知,干砌块石护坡单位护坡面积造价为55.71元,混凝土预制块护坡单位护坡面积为65.11元,在资金有限的情况下可优先选择方案一。从技术角度看,两种方案施工进度都较快,经过加固施工全部能够达到耐久性效果,施工方案二的优势在于更加适用于施工周期较短的除险加固工程。

5. 反滤排水体设计

反滤排水体材料同样设计两种施工方案进行对比,

最终择成本较低的一种展开施工。方案一,选用土工布,粗砂垫层、卵石垫层厚度为20cm,造价为39.472元/m<sup>2</sup>,方案二,选用细砂垫层,粗砂垫层、卵石垫层厚度为20cm,造价为44.162元/m<sup>2</sup>,两种材料的工程量和造价比较结果如表3所示。

表3 反滤排水体不同反滤材料单位面积造价比较表  
(单位: m)

编号	工程或费用名称	单价(元)	工程量	
			方案1	方案2
1	细砂垫层	70.1		0.2
2	粗砂垫层	70.1	0.2	0.2
3	卵石垫层	80.03	0.2	0.2
4	土工布	9.43	1	
5	投资合计		39.472	44.162

五家渠水库大坝反滤排水体施工后,正常蓄水位达到55m,泄洪水位58m。施工后重新对施工现场进行勘察,发现排水情况较好,排水断面较大,能够很好地抵御强降雨冲击。水库的灌溉、防洪、发电等功能均能正常发挥效能,与水利水电工程等级划分和防水标准文件规范要求相一致,为进一步提高水库运行稳定性,日后还应做好基础的勘察工作,及时对破损位置选择合适的技术手段进行处理,以发挥工程项目建设的综合效益。

四、结论

我国基础设施不断建设完善,为经济发展提供了助力和支持,结合地区地质状况、环境条件等科学合理设计坝体,能够显著提升大坝安全性。在大坝除险加固的设计的过程中,利用地质勘察多样化的探测手段对大坝现存渗水、稳定性等问题进行定位,以此为基础提出针对性的加固设计及处理方案,通过全面的安全评价分析,对加固细节进行复核,最终可保障水库功能作用的发挥,对于区域内水利工程建设做了良好铺垫。

参考文献:

- [1]贾明.黄沟水库大坝除险加固设计研究[J].海河水利, 2023(06): 38-40.
- [2]赵玉军.芟芟水库大坝除险加固设计方案分析[J].河南水利与南水北调, 2023, 52(03): 69-70.
- [3]刘文明.西潭水库大坝除险加固设计研究[J].水利科学与寒区工程, 2022, 5(11): 125-127.
- [4]徐伊琳,马立.三楂坞水库大坝除险加固设计及稳定性研究[J].河南水利与南水北调, 2022, 51(05): 57-58.
- [5]朱非建.水库大坝除险加固设计要点探析——以丰城市三门坑水库为例[J].水利科学与寒区工程, 2022, 5(04): 100-103.