

关于水库的加固设计的探讨

徐桑

浙江省水利水电技术咨询中心，浙江杭州，310009；

摘要：水库在水利工程中占据重要的地位，水库如果要发挥水资源调配、防洪以及灌溉等基本功能，那么不可缺少水库加固方案作为保障。水库的加固设计主要取决于水文地质条件与技术水平等多层面因素，那么水库加固的工程设计人员需要全面考虑各项影响要素，采取因地制宜的指导思想予以实施。基于此，本文探讨水库的加固设计总体思路及其实现要点，并且将水库除险加固实例引进其中，旨在为水利工程的功能发挥提供有力支撑。

关键词：水库；加固设计；实现方案

DOI：10.69979/3060-8767.25.03.019

引言

水库的稳定性与安全性直接关系到人员及财产安全，同时还会对于水利工程的运行效益产生深远的影响。水库经过长期的使用，通常很难避免水库的外观结构出现损坏，不利于水库设施的最大化效能获得体现。由此可见，如何采取因地制宜的水库加固设计方式，应成为延长水库使用寿命、优化配置水资源、维护民众生命及财产安全的关键所在。

1 水库常见的安全隐患

1.1 溢洪道的表面裂纹较多

水库的溢洪道表面如果存在较多裂纹，则会直接影响到水库设施的安全运行。水利工程大坝的背水坡如果没有设置任何的排水沟，或者缺少浆砌石片的防护层，那么将会明显增加水库溢洪道裂缝的风险。一部分水库溢洪道的挡墙或者底板部位存在多个破损点，或者由于溢洪道的尾部缺少良好的导流措施，就有可能威胁到水库下游的居民人身安全，并且存在洪水溢出淹没农田的隐患。

1.2 大坝存在渗漏点

大坝渗漏属于常见的水利工程安全隐患，未得到及时察觉与处理的水库坝体渗漏部位将会持续扩大，直至威胁到水库结构的整体稳定性。水库大坝经过长期的使用，坝体底部通常就会出现持续性的渗漏点，而且还会导致砌石脱落以及护坡损坏等后果^[1]。目前大型水库的坝体顶部主要设计为水泥路面，该路面在自然降水的侵蚀下容易生长杂草。缺少上下游坝体防护设施的水库还有可能呈现裂纹密布的现象，造成水库大坝的基础结构发生沉降^[2]。

1.3 输水建筑物的运行能力不足

水库的输水建筑物运行能力不足，主要表现在于输水建筑物的机房或者管道存在漏水现象，或者水库坝体的输水涵管设计为较小的管径，无法满足水库放空的要求^[3]。近些年来，很多地区的大型水库都配备了自动化的水情测报系统，但是仍然存在一部分的中小型水库并未配备自动监测装置，不利于保证水库大坝的安全稳定运行。此外，部分水库库区还存在白蚁等虫害泛滥的风险，严重威胁到水库基础结构的安全。

2 水库加固设计的影响因素

2.1 水文条件因素

水库的基本功能就是防洪与蓄水，水库工程能否发挥最大化的使用价值，关键取决于水库所在区域的水文条件。例如在自然降雨较为频繁的地区，水库坝体就会长期受到降水的冲刷作用影响，从而造成水库坝体发生坍塌、失稳或者断裂等后果。基于此，负责水库加固设计的技术人员应当充分重视水库所在区域的水文特征，尤其需要重视水流变化、水资源总量、水流的分布特征等指标，确保水库加固设计方案的可行性^[4]。

2.2 地质环境因素

地质环境直接关系到水库的安全使用，复杂的地质环境状况客观上增加了水库工程的事故风险，以上因素应当引发水库除险加固部门的重视。例如，水库所在区域的地质结构主要为湿陷性土层、粉质黏土、碎石土或者杂填土等，那么在自然降水以及地下水的长期作用下就会有损水库坝基的稳固性，甚至造成水库坝体的异常沉降^[5]。水库加固设计的相关部门应当切实做好前期地质勘察，将勘察数据作为重要的考量标准，以期更好满足水库安全运行的要求。尤其是在降雨频繁的季节到来时，水库除险加固的具体负责部门应当展开动态化的水情监测工作，依靠动态监测的技术手段改善水库的安全

性能，避免水库基础结构发生大面积的沉降后果。

2.3 技术手段因素

水库的加固技术手段是否成熟且完善，在根本上关系到水库的除险加固目标实现。当前时期的水库加固技术手段更加多样，水库加固设计部门能够运用数字化与自动化的仪器设备展开地质监测，从而做到全面排查水库运行中的隐患因素。水库加固设计的工程部门还应当重视技术创新，充分利用灌浆填充坝体裂缝等先进技术手段，在保证水库结构稳定的前提下节约水库加固的工程成本，促进水库加固设计工程的综合效益提升。

3 水库的加固设计实例

3.1 工程概况

水利工程的设计部门经过现场勘测得出，水库坝体的迎水面防浪墙高度接近 1m，主要属于浆砌块石结构；水库坝体的坝顶设计为混凝土结构，并且经过勘测发现该混凝土结构的两侧部位均存在不同程度的裂缝与沉降。水库溢洪道主要由山体开挖形成，属于开敞式的溢洪道，其中的宽顶堰顶部高程达到 822.3m。水库溢洪道的末端设有涵洞，在缺少消能设施的情况下导致泄槽段的边墙倒塌，并造成该区域的下泄洪水从缺口处溢出，从而威胁到水库坝体的稳定性以及安全性^[6]。

此外，水库坝体的顶部设有 0.75m 高的防浪墙，该防浪墙整体上并未呈现大面积的损坏，但是局部已经呈现出墙体倾斜以及抹面脱落等情况，并且与坝顶的混凝土路面之间存在一定的裂缝空隙。水库坝体的表面部位主要采用干砌石作为护坡，该护坡的部分砌石表现为严重腐蚀损坏甚至脱落的迹象，而且部分区域已经出现裂缝、沉陷、坍塌等现象，且存在大量的杂草生长。水库工程的加固设计部门经过分析得出，以上情况均有可能威胁到当地民众的生命财产安全，因此需采取积极有效的水库除险加固保障措施。

3.2 加固设计方案

水库工程的设计部门通过展开现场勘测作业，收集得到完整且全面的第一手数据，据此计算得出水库溢洪道以及坝体的加固设计指标。在此前提下，相关部门拟采用如下三个方案相结合的水库加固措施：首先对于原有坝体进行加固，其次对于溢洪道部分进行加固，最后对于水库的配套设施进行适当改造。工程设计部门考虑到水库上游岸坡的坡度比达到 1:2.1 左右，且该水库上游岸坡的表面均采用干砌石作为护坡结构，从而决定拆除水库坝体原有的护坡砌石，将其替换为 7.5cm 左右厚度的砼预制块护坡结构。同时，工程设计部门拟在砼护坡的下部铺设厚度为 9cm 左右的碎石层，并且配以 8.5

cm 砂反滤层以及 7.9cm 的过筛黏土，从而将水库原有的砌筑高度提升至 898.2m。

水库加固设计部门拟保持原有的水库溢洪道堰顶高程以及形状不变，然后将水库堰顶的宽度由原先的两孔净宽 2.7m 调整为 4.3m 左右，并针对水库泄水槽段的宽度调整为 6.5m。对于水库溢洪道的局部边墙采用优质的浆砌石予以修缮，并且在溢洪道的底板部位铺设混凝土与碎石材料相结合的垫层。工程设计部门拟采用浆砌石的挡墙结构来确保溢洪道的安全运行，拟建造挡墙的平均高度达到 1.9m 左右，平均宽度达到半米左右，并且将水库的迎水坡以及背水坡分别设计为 2:1.2 以及 1:0 的坡比。此外，在水库原有的溢洪道上部新建钢混结构的交通桥，并采用 C35 的钢筋砼作为交通桥的主体结构。

如下表，为 XX 水库加固设计工程的特征参数：

表 1XX 水库加固设计工程的特征参数指标

水库特征水位	水库实际水位(m)	库容(万 m ³)
正常水位	148.7	119.8
死水位	136.3	0.47
洪水位	151.9	135.6

4 水库的加固设计优化措施

4.1 深入勘测，明确数据指标

水库的加固设计部门只有充分重视了地质勘测工作，才能够准确把握水库除险加固的关键影响要素，以此为基准改进现有的加固设计方案。具体在实施地质勘测作业的阶段中，技术人员需要借助专门的勘测设备，利用自动化仪器排查库区的地质隐患因素。水库加固工程的勘察人员如果察觉到水库存在坝体破裂、决堤、基础沉降等重大风险，那么需要立即告知有关部门采取整改措施，着力解决水库常见的安全风险问题。工程设计人员还应当通过科学计算，在综合评估的前提下明确水库加固的关键技术指标，从而为水库加固工程提供行之有效的解决方案^[7]。

具体而言，水库的加固设计人员需要明确水库大坝的平均水位高度，并通过计算得出该水库大坝历年的洪水高度。工程设计人员通过校核正常水位、设计水位、洪水位等指标数据，能够为水库的除险加固设计提供科学决策的根据。工程设计人员应当全面排查水库坝体的横向与纵向裂缝，做到准确记录地质勘察数据，并借助计算机软件来绘制水库坝体的纵横向裂缝图示。在此前提下，相关部门主要采取堵漏或者灌浆的技术手段，针对水库大坝的纵横向裂缝予以妥善的弥补，采用合理的加固方案延长水库工程的使用寿命。

如下图，为水库大坝的平均水位高度以及历年的洪水高度曲线图：

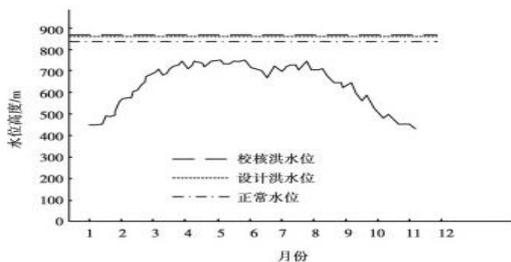


图 1：大坝水位以及历年的洪水高度

4.2 动态加固，改善抗震性能

水库的所在区域如果发生严重的地震灾害，则需要保证附近居民人身安全的前提下尽可能降低水库坍塌导致的经济损失。为此，水库加固设计部门应当采取源头防范的理念，在动态加固水库结构的基础上改善水利工程的抗震性能，保障附近居民的人身以及财产安全。具体有必要全面了解工程所在区域的地震频率、震源深度以及强度等指标，以此为基准确定水库加固的总体方案，着眼于改善水库的抗震性能。水利工程的加固设计部门尤其需要重视中小型水库的抗震性能优化，结合水库重力坝、土坝、拱坝的抗震设计参数予以改进，选取最适宜的水库加固设计材料。避免水库出现大范围的洪水外溢，关键是要布置紧急泄洪通道，防止急剧的水流冲击引发水库决堤。

例如，浙江省某水库大坝的加固设计方案确定后，技术人员还需要采取稳定性验算的方式，经过归纳与统计得出水库大坝的稳定性验算结果，并针对其中不符合规定要求的水库结构部位予以再次的加固完善。相关部门应当在改善水库抗震性能的同时，采取积极有效的措施预防水库坝体的大面积渗漏。具体可以采取铺设防水薄膜、坝体堵漏、坝体灌浆等多种工艺方法，做到彻底修复坝体的结构漏洞。现阶段的水库除险加固设计部门还可以采取隔水屏障或者防渗帷幕等辅助措施，避免水库坝体受到强烈的洪水冲击影响，切实改善水库结构的稳固性能。

如下表，为 XX 水库大坝加固后的稳定性验算结果：

表 2XX 水库大坝加固后的稳定性验算结果

上游水位 (m)	下游水位 (m)	安全系数	验算结果
153.2	无	1.64	符合要求
153.0	无	1.89	符合要求
153.8	无	1.77	符合要求

4.3 定期清理，保持泄洪畅通

水库的溢洪道在发生大面积堵塞的情况下，大量的洪水无法经由溢洪道进行排泄，将会引发水库洪水位的迅速上涨，进而威胁到附近人员的安全。由此可见，

确保水库溢洪通道的畅通具有显著的意义。为避免溢洪通道被泥沙或者固体废弃物堵塞，关键就是要安排专业人员定期予以清理，主要体现在清除水库溢洪道的泥沙、悬浮物、固体垃圾等废弃物。具体在实施水库加固设计的阶段，工程设计部门应当保证水库的正常供水供电，明确水库的除险加固设计指标，以期更好发挥水库在灌溉与防洪方面的功能。

例如，浙江省某地的小型水库经常出现溢洪通道堵塞的情况，导致洪水水位的快速升高，淹没附近的农田以及居民住宅等设施。相关部门通过展开实地勘察，确定该小型水库的溢洪道底部存在大量的泥沙淤积，从而导致溢洪通道的有效面积缩小。基于此，水库加固设计单位迅速采取积极有效的清淤处理措施，并安排专门人员负责打捞溢洪通道底部的固体废弃物。相关部门通过实施全面的水库清淤作业，在很大程度上改善了水库的泄洪功能，同时也降低了库区水体的富营养化风险。

5 结束语

综上所述，水库的加固设计过程较为复杂，负责水库加固的工程设计人员需要考虑全方位的影响因素。在目前的现状下，水库的加固技术手段更加丰富多样，工程设计部门应结合水库所在的区域地质条件及其气候环境，将因地制宜的水库除险加固理念融入项目设计方案。为了更好发挥水库的加固设计价值，相关部门还需要充分关注水库结构的抗渗性及抗震性指标，切实做好水库泄洪通道的定期维护清理。在水库的加固设计过程中引进人工智能技术，依靠自动传感器展开实时性的风险监测，从源头入手排查水库运行中的安全隐患。

参考文献

- [1] 聂鹏, 周琨. 大型病险水库土石坝防渗加固设计研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2025(04): 153-156+160.
- [2] 代文贵. 者赖水库除险加固工程中坝体与溢洪道加固设计研究[J]. 水利科技与经济, 2025, 31(02): 26-31.
- [3] 孔晓燕. 基于浚河水库大坝安全鉴定的除险加固设计方案分析[J]. 山西水利科技, 2024(04): 15-17.
- [4] 涂超万, 刘大军. 江山龙头水库加固设计及处置后变形监测分析[J]. 中国新技术新产品, 2024(20): 77-80.
- [5] 刘刚. 中型水库加固工程设计与实践研究[J]. 水上安全, 2024(19): 137-139.
- [6] 胡衍, 邱云强, 张松. 水利工程中小型水库除险加固设计探讨[J]. 中国设备工程, 2024(17): 239-241.
- [7] 胡志斌. 试论水库除险加固工程施工进度保证对策[J]. 科技创新导报, 2021, 18(31): 87-89.