

水库大坝安全评价及处理建议分析

彭 鹏

(福建省永川水利水电勘测设计院有限公司韶关分公司, 广东 韶关 512000)

摘要 在水库大坝的建设和运行过程中, 病害治理是其中极其重要的工程, 而对水库大坝进行安全评价是病害治理的关键环节。为了水库大坝的安全运行, 对其实施安全鉴定是必不可少的措施。本文以水库大坝为例, 通过对该水库安全检查中发现的问题, 以及洪水标准、输水建筑物过流能力、结构安全评价、金属结构安全、大坝运行管理等诸多方面进行安全评价与分析。根据安全评价的结果和数据, 提出水库大坝除险加固工程的处理建议, 为今后的同类工程的评价和分析以及治理提供可靠的依据。

关键词 水库大坝 安全评价 处理建议

中图分类号: TV62

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)08-0080-03

在水利工程和水资源的管理中, 水库大坝发挥着举足轻重的作用, 例如水力发电、抗旱防涝、改善航运、居民用水方面的重大作用。但在水库大坝的建设和运行中, 安全问题一直是核心问题, 一旦发生安全事故, 将会造成不可估量的生命和财产损失。在检查中发现, 大坝防洪标准低, 结构不稳定、坝坡抗滑稳定性差、输水或泄洪建筑物结构强度低、坝体开裂、大坝渗漏严重等问题, 一直是水库大坝存在的普遍性问题^[1]。所以, 对大坝进行安全性评价和分析, 探索一套针对水库大坝的完整的鉴定程序, 研究出切实可行的治理策略, 是确保水库大坝安全运行的重要手段, 也是水利工程更好地服务民生的最佳途径。

1 工程概况

大坝水库, 位于北纬 20°41'21", 东经 110°02'18"。水库由主坝、副坝、溢洪道和输水涵管等枢纽建筑物组成。其中主坝一座, 是 1311m 长、5m 宽的均质土坝, 坝顶高程为 61.32m, 最高处为 16.30m, 防浪墙设计为 62.32m 的高程, 副坝一座, 坝长为 1153m, 桩号 0+000~0+900 设计为 60.00m 的坝顶高程, 坝顶宽为 11.6m, 桩号 0+900~1+154 坝顶高程为 60.50m, 坝顶宽为 6.0m, 副坝最高处为 5.2m。设有一座长 107.73m、宽 21m 的溢洪道, 闸孔为 3.3m 高度, 进口底高程为 53.10m, 闸门为卷扬机启闭的弧形钢闸门。设计输水涵一座, 涵管为钢筋砼内衬的钢管, 直径 2.0m, 进口高程 49.50m, 流量设计为 12m³/s。

2 水库大坝安全评价

2.1 洪水标准复核

某水库大坝最高处为 16.32m, 水头差距最大值为 14.55m, 根据《水利水电工程划分及洪水标准》(SL252-

2017) 第 5.1.2 节、第 5.2.7 节的相关规定, 将水库设计为 100 年一遇 (P=1%) 的洪水标准, 设计为 1000 年一遇 (P=0.1%) 的校核洪水标准, 针对溢洪道消能防冲设计, 综合分析后设定为 30 年一遇 (P=3.33%) 洪水标准, 完全保持了原有的设计方案。

2.2 输水建筑物过流能力复核

2.2.1 基本状况

1. 旧电站涵管和高涵、昌平涵都存在一定的安全隐患, 因为涵管周围以及高涵、昌平涵都没有进行接触和封堵性的灌浆。

2. 电站输水涵启闭室排架柱存在严重安全隐患, 因为混凝土局部老化脱落, 已经外露钢筋, 而且梁工作桥板和顶板发现多处开裂。

3. 启闭机存在安全问题, 因为老化陈旧而失去灵敏度, 不方便操作, 应该淘汰。

4. 输水涵存在安全隐患, 表现为放水时大震动, 容易引发共振而带来电站运行的危险。

2.2.2 输水涵洞水力计算复核

位于水库大坝左端的输水涵, 其结构是钢筋混凝土内衬钢管, 管径 2.0m, 涵洞底的进口高程和出口高程分别为 49.50m 和 49.00m, 总体长度为 110m。基于在水面之下设置涵管出口, 因此涵管只能是淹没出流, 计算公式参照《水工设计手册 8》如下:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 + il - h)}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \zeta + \frac{2gl}{C^2 R}}}$$

上式中: 流量系数设定为 μ ; 设定涵管断面面积:

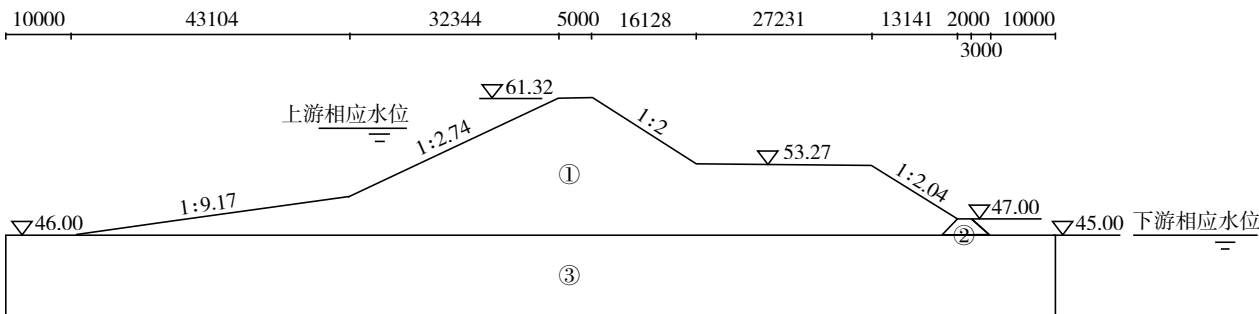


图 1

$\omega = 3.14 \times 1.0^2 = 3.14 \text{m}^2$; H_0 表示计入行近流速水头的上游洞底以上水头, $H_0 = H + V^2/2g$; 进出口等阻力系数总和设定为 $\Sigma \zeta$, 取 1.25 (其中进口和出口分别为 0.25 和 1.0); R 为水力半径, $R = d/4 = 0.5\text{m}$; C 为谢才系数, $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$; 如果钢管糙率 n 取 0.013, 那么 $C = 68.53$; 管长设定为 L , 取 110m; 涵洞坡降设定为 i , 取 0.00455; h 表示出口洞底以上的水深 (m), 1.26m。根据以上的计算, 输水涵管过流的最大能力为 $25.47 \text{m}^3/\text{s}$, 设计流量为 $12.00 \text{m}^3/\text{s}$, 因此, 输水涵管基本可以达到供水的标准^[2]。

2.3 渗流安全评价

在检查过程中, 发现坝基和坝体存在严重的渗漏 (图 1 为断面稳定渗流期简图)。通过计算显示, 大坝的不同工况下, 渗坡降最大的数值为 0.54~0.58, 都是在下游坝脚棱体排水处出现, 而其他部位都没有超过规定允许的 0.40 的渗坡降, 因此渗透破坏情况不会发生。但存在很高位置的浸润线逸出点, 如果正常水位长期运行, 会影响大坝的稳定性。分析渗流系数, 主坝桩号 0+300~0+450 段填土数值表现为 $1.04 \times 10^{-3} \sim 6.95 \times 10^{-3} \text{cm/s}$, 地基土数值表现为 $6.95 \times 10^{-3} \sim 8.07 \times 10^{-3} \text{cm/s}$, 都明显高于 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$, 坝基和坝体严重渗漏, 达不到设计标准。大坝不具备合格的防渗和反滤排水条件。所以, 按照渗流计算、现场观测和土工试验, 同时结合施工质量, 可断定水库为不安全的渗流状态, 有安全隐患, 渗流安全等级评价为 C 级。

2.4 结构安全评价

复核计算显示, 在不同的工况下大坝的上下游坝坡的抗滑稳定安全系数都可以达到设计标准, 参考《水库大坝安全评价导则》(SL258-2017) 相关标准^[3], 该坝体结构安全等级为 B 级。

针对溢洪道的评价, 其过流断面符合泄洪的标准, 但渗漏情况出现在控制段侧墙的局部处, 并且泄槽底板及侧墙因为部分开裂而产生渗漏; 发生开裂的位置

还包括启闭室梁、底板局部、边墙; 基于检修桥板厚不达标, 并且桥面未设置栏杆, 有一定的安全隐患。所以, 溢洪道结构安全等级为 C 级。

针对输水涵管的评价, 原主涵、旧电站涵管和高涵、昌平涵都存在一定的安全隐患, 因为涵管周围以及高涵、昌平涵都没有进行接触和封堵性的灌浆; 电站输水涵启闭室排架柱存在严重安全隐患, 因为混凝土局部老化脱落, 已经外露钢筋, 而且梁、工作桥板和顶板发现多处开裂; 启闭室排架柱的混凝土等级低于 C20, 没有达到设计标准。输水涵放水时大震动, 容易引发共振而带来电站运行的危险。因此, 输水涵管结构安全等级定为 C 级。综合上面情况, 作为枢纽工程的水库大坝评价为 C 级的结构安全。

2.5 金属结构安全复核

2.5.1 启闭设施现场情况

现场调查显示, 输水管道启闭设施可以正常运行, 但拉杆严重腐蚀, 输水涵洞进口闸板始终在水位下运行, 难以查看其状况, 没有维修的记录。

2.5.2 启闭力及拉杆稳定复核

计算显示, 水库泄洪闸启动力需要 28.5t, 闭门力为 21.2t, 既有启闭机为 30t 的启闭力, 已经达到规范标准。泄洪闸设计标准螺杆直径应该是 9.5cm, 既有螺杆直径为 10.8cm, 因此可符合设计标准。输水涵洞手动拉杆式闸门拉杆在常规水位状况下, 一般需要 2.48t 的启门力, 需要 2.3t 的闭门力, 既有的拉杆直径为 3.5cm。如果闭门力为 2.3t 的情况下, 使用 3.5cm 直径的拉杆, 导向环必须为 1.25cm。既有导向环为 1 ~ 1.6m 的间距, 因此, 输水涵洞闸门拉杆直径在导向环超过 1.25m 时难以满足设计规范。

2.6 大坝运行管理情况

调查显示, 水库大坝的主坝段迎水坡局部淘刷严重; 未曾拆除旧启闭机的机房, 有损水库形象; 局部开裂的防浪墙严重影响外观质量; 主坝段输水涵到糖

厂约650m长的坝角处有渗漏现象;主坝反滤体失去功能,坝角没有设计量水堰;主副坝背水坡面不仅杂草丛生、凹凸不平,且局部有跌窝;溢洪道控制段侧墙的某些地方有渗漏存在,局部的侧墙和泄槽底板因为开裂而泄露;检修桥桥板厚度不达标,而且没有设置栏杆,有一定的安全隐患;溢洪道启闭室的梁、底板和边墙有些部位开裂;原主涵、旧电站涵管和高涵、昌平涵都存在一定的安全隐患,因为涵管周围以及高涵、昌平涵都没有进行接触和封堵性的灌浆;水库的资料没有统一整理而杂乱无章;因为该水库没有职工宿舍造成很多的工作不便。综合以上情况可见,水库大坝存在很多的运行管理问题,严重影响了水库的运行效益。

3 大坝除险加固处理建议

3.1 提高水库防洪标准

可根据需要提高坝顶的高程,也包括适当提升防浪墙和心墙等,同时强化调蓄能力,达到削减洪峰的效果,提升防洪标准。为了增加下泻洪量,可以将溢洪道加深、加宽或者合理增建,具体方式包括:拓宽溢洪道且添加闸门,加深溢洪道且设置闸门,增加溢洪道以及重建溢洪道,采取大坝加高、加大溢洪能力有机融合的模式。由此可见,合理地增加水库的调蓄库容量,拓展泄洪量等综合措施,是提升水库防洪标准的有效措施。

3.2 治理渗流破坏

调查显示,水库大坝心墙填筑土压实度和渗透系数都难以满足设计要求,并且土质为分散性,因此防渗加固是至关重要的手段。在大坝被渗流破坏的情况下,可通过对坝基、坝体、坝肩等部位渗漏情况的分析,提出简便易行的处理措施,遵循的主体原则是“上堵下排”。所谓的上堵就是在坝轴线以上的上游侧封堵渗漏入口,以有效截断渗漏途径,实际的措施包括水平防渗和垂直防渗。上堵中的垂直防渗手段包括截渗槽、高压喷射灌浆、混凝土面板护砌、混凝土防渗墙、土工膜防渗、劈裂灌浆、充填灌浆等;水平防渗措施包括黏土铺盖、混凝土填塞溶洞或裂缝等。所谓的下排是指在下游利用导渗和滤水手段,迅速排出渗水又不带走土颗粒,实现渗透稳定^[4]。

3.3 加固和改造泄洪系统

通过衬砌防护溢流面,对闸墩或者上部结构的加固,进行出口过渡段、溢洪道和泄流槽段的接长,消能设施的加强,有效提升抗冲刷能力。如果消力池被严重冲刷,改道了尾水渠,那么就要及时清除破碎带

以及消力池风化基础,清除到坚硬岩石为止。可以利用混凝土和浆砌块石加固土基,确保抗冲性能增加。利用削坡或者锚固衬护的手段稳定边陡坡,清除溢洪道的淤积,针对隐患大的地方可以采取原地重建或者异地重建的措施。

3.4 加强水库管理

针对大坝水库的管理来说,必须尽快建立和完善全新的水库管理机制,新的机制既要适应市场经济运行,又要责权明确、管理科学,该新型管理机制要探索投资的多元化,产权的明晰化,供水供电价格的商业化,水库服务的有偿化,真正实现水库管理的良性循环,经济效益和社会效益的双丰收。

4 结语

水库是我国的重要水利工程,但水库的安全隐患也不容忽视,在整体的8.5万多座水库中,有3.6万多为病险水库,严重影响着工农业生产和社会经济的发展。国家十分重视病险水库的相关问题,开展了卓有成效的水库除险加固工作。

针对水库大坝防洪问题,其措施采取大坝加高,合理地增加水库的调蓄库容量,拓展泄洪量等综合措施。治理渗流破坏问题:水库大坝基础防渗的“上堵”措施包括水平和垂直防渗两种,水平防渗主要是铺盖黏土、水下抛土等内容,垂直防渗主要是坝体灌浆、凹槽回填黏土、构筑防渗板墙等内容。大坝水库按照国家政府的相关要求,根据行业规范进行水库大坝各项安全评价,并根据安全评价和分析的结果和数据以及相关部门的审定意见,制定水库大坝的除险加固工程的具体策略。

参考文献:

- [1] 孙正东,施俊跃,范波芹.小型水库除险加固工程设计复核工作探讨[J].中国水利,2011(14):38-39.
- [2] 关英华,孙宇群,梁宏晨.西边水库防洪标准复核与大坝安全评价[J].黑龙江水利科技,2010(04):141-142.
- [3] 中华人民共和国水利部.水库大坝安全评价导则:SL258-2017[S].北京:中国水利水电出版社,2017:45-47.
- [4] 郑小武.土石坝的安全风险评估研究[D].合肥:合肥工业大学,2014.