

水库坝基渗水问题及治理方案分析

蒋朝兴

(江门市新会区龙门水库管理所, 广东 江门 529000)

摘要 水库坝基渗水问题是水利工程建设中的重大安全隐患, 会给水库的正常运行以及周边区域安全带来严峻的挑战。本文剖析了某水库坝基渗水的具体成因, 包括地质构造的复杂性、施工质量参差不齐、材料自身所带有的缺陷以及运行管理方面出现的疏漏等诸多环节, 并提出了切实可行性的治理策略, 旨在为有效解决水库坝基渗水问题提供实践参考。

关键词 水库; 坝基渗水; 消力池; 廊道排水孔; 黏土斜墙

中图分类号: TV62

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.036

0 引言

水库作为水利工程的关键组成部分, 是重要的基础设施, 其在防洪减灾、农田灌溉、电力供应以及城市供水等诸多重要领域都发挥着不可替代的作用。水库坝基渗水问题作为水利工程领域中最典型的安全隐患, 一方面会降低水库的蓄水能力, 另一方面会对其正常运行造成干扰, 并且还有可能导致坝体滑坡、溃坝事件, 进而给周边地区的安全带来严重的威胁。因此, 针对水库坝基渗水问题展开全面且细致的研究, 具有重要的现实意义和工程实践价值。

1 工程概况

某水库涵盖了灌溉、防洪、水产养殖以及旅游观光等诸多方面作用。水库建有 15.2 m 高的均质土坝, 上游流域面积为 77.3 km², 设计库容为 19.48×10⁶ m³。近几年, 水库实施的除险加固工程成果显著, 各项关键工程顺利完成。穿坝灌溉输水涵管不但材质优良, 而且还配备了精密的铜片止水装置, 其进口底板高程控制在 32.48 m, 出口底板高程则控制在 31.31 m。另外, 加固工程里的液压抓斗塑性混凝土防渗心墙厚度为 0.6 m, 墙底延伸深入到岩层 0.5 m。同时, 坝基防渗帷幕也深入隔水层 5 m 处。水库基坑底高程为 26.2 m。经过检查, 大坝帷幕完全符合既定的标准与要求, 正式开启了下闸蓄水运营。不过, 在蓄水作业不断推进的过程中, 发现存在两处渗水的问题。其中一处渗水点位于坝脚消力池的底部区域, 另一处则在廊道排水孔部位。

2 水库坝基渗水问题分析

2.1 坝脚消力池渗水分析

通过对水位观测数据进行分析, 尽管水库水位处于不断上升的态势, 但下游坝脚消力池三角堰的出水

点, 水位波动的范围微小, 仅仅是在 2.8 ~ 2.9 cm 之间变动。同时, 该出水点的流量同样维持在恒定的状态, 一直保持在 0.19 ~ 0.20 L/s 这个区间范围之内, 并且其水质状态清澈, 不存在任何杂质。在稳定情形下, 体现出水库水位所发生的变动并没有对下游消力池的出水点带来直接及显著的影响。通过分析得出该区域出现的渗水情况, 主要是源自两岸山体内部所存在的地下水渗透^[1]。

2.2 廊道排水孔渗水分析

随着蓄水位持续升高, 廊道排水孔的流量渐渐呈现出增加趋向, 直观地反映出水库水位同廊道渗水状况二者之间存在着十分密切的关系。在对坝基渗水量评估过程中, 参考了《水力发电工程地质手册》相关规定内容, 并且综合坝基所依靠的坚硬的岩体具体特性, 运用特定的计算公式来开展量化分析:

$$Q=KH\frac{T}{L}B \quad (1)$$

在公式(1)中, Q代表总渗流量; K为渗透系数(m/d), 用于量化材料的渗透性能; H表示上下游水头差, 单位为m, 反映了水位间的高度差异; B代表坝体长度(m), 以此衡量坝体的延伸范围; T指裂隙带深度(m), 揭示了坝基中潜在渗漏通道的深度; L为坝底宽度(m), 决定了渗漏路径的宽度。

基于获取的观测数据, 可通过公式(1)求解渗透系数K, 结合坝基的实际渗透特性, 全面评估大坝防渗措施是否达标, 并判断水库蓄水过程中坝基透水率的变化是否符合预期。大坝当前的蓄水高程及排水孔的渗水位置已在图1中标注。在计算过程中, 采用参数值如下: Q为实际测量的渗流量; H为对应库水位与廊道渗水点之间的水头差; T取值为裂隙带深度, 即防渗帷幕的实际深度, 约为20 m; L根据实际的出水位置确定为渗径的宽度, 如图1所示。

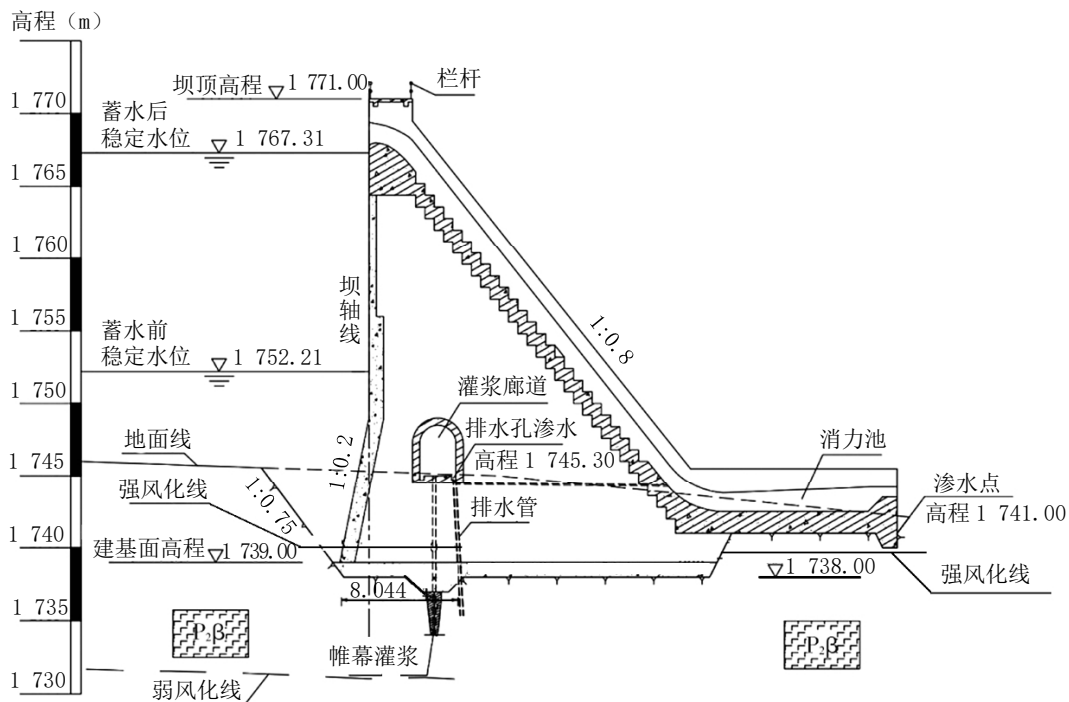


图 1 大坝现蓄水高程及排水孔渗水位置示意图

计算得出以下结论：蓄水前，库水位高程稳定在 1 752.21 m 时，坝基的渗透系数 K 为 2.809×10^{-7} cm/s，对应的透水性 q 约为 2.4 Lu；蓄水后，库水位高程稳定在 1 767.31 m 时，坝基的渗透系数 K 降低至 1.104×10^{-7} cm/s，透水性 q 也相应减少至约 1.0 Lu（见表 1）。

表 1 各时段坝基透水性统计表

时段	透水性 /Lu
施工期（压水）	2.78（平均值）
蓄水前（底水头）	2.4（公式计算）
蓄水后（高水头）	1（公式计算）

表 1 数据显示，在监测的时段范围内，坝基的透水性全部都与相关规范控制标准相契合。同时，随着水库中蓄水量持续不断地增长，坝基的透水性明显地呈现出了逐步下降趋势。究其原因，很有可能是因为在水库蓄水过程中，泥沙在持续不断地沉积。这些沉积的泥沙等沉积物，对坝基区域所存在的裂隙起到了填充的作用，从而导致坝基的透水性明显降低。另外，当水库运行在防限水位以下时，坝基所承受的水压力相对较小，这有助于减少坝基渗漏的可能性。同时，较低的水位也意味着坝体与水体之间的接触面积减少，从而降低了渗漏的通道和范围。即使在防限水位下运行，仍需关注坝基的渗漏情况。因为渗漏不仅与水位

高低有关，还与坝体的材料、结构、施工质量以及地质条件等多种因素有关，因此，水库管理部门应定期进行检查和监测，及时发现并处理潜在的渗漏问题，以确保水库大坝的安全和稳定^[2]。最后，通过图 1 可以看出，蓄水位已高出堰顶高程，会有经溢洪道自泄出现现象，对渗漏现象有危险的影响。

3 水库坝基渗水治理方案

水库坝基出现渗漏问题的原因有多种，如坝址的工程地质条件欠佳，坝体自身结构的稳定性不够，施工过程中存在质量方面的不足，原本设置的防渗措施没能发挥效用，还有施工管理方面松懈等问题。面对诸多长期存在着的难题，要制定一套相对完整且成体系的解决办法，把坝肩上游的黏土防渗斜墙和坝体内部的混凝土防渗墙有机地结合起来，以便能够从根源上去除掉渗漏方面可能存在的隐患。在此基础上，制定并且落实一套既科学又高效的防渗方案^[3]。

3.1 黏土防渗斜墙构建方案

解决坝体土壤存在的渗水问题要依照“上堵下排”原则来规划，在坝肩的上游岸坡构建黏土斜墙。黏土斜墙在处理大坝施工质量问题、管涌坍塌、浸润线异常上升以及坝身发生漏水等多个方面都具备显著的优势。在具体施工的过程中，首先要把水库的水排空，揭开护坡结构，铲除表层的土壤，挖松 10 ~ 15 cm 深

的土层,同时将含水量过高的土体进行清理,要分层填筑黏土并且进行严格的夯实操作。为了进一步提升防渗的实际效果,在斜墙底部应当设置截水槽,让其深入坝基相对不透水层的位置,这样就能有效地阻断渗漏通道,防止水分继续往下面渗透,从而可以明显地降低渗透流量。在下游区域,要配置反滤以及导渗的相关设施,确保坝内渗出的水安全又顺畅地排到坝外,进而让渗透处于稳定的状态。

黏土防渗斜墙在具体设计方面要遵循下列要求:其一,黏土的渗透系数要严格把控,使其处于坝身土料渗透系数的1%以下,以此保障良好防渗效果。其二,斜墙顶部的厚度不能小于0.5~1.0 m这个范围,而底部厚度要依据土料容许的水力坡降情况来确定,但不得小于作用水头的1/10,并且其最小厚度不能少于2 m,通过这样的设置来强化整个结构的稳定性。其三,斜墙的上游面应当铺设保护层,可选用砂砾或者非黏土材料,让其从坝底一直延伸到坝顶,其厚度要比当地冰冻层深度大一些,一般会设定在1.5~2.0 m这个区间,从而保护斜墙,使其免受水流冲刷以及冻融等带来的破坏。其四,斜墙的下游面需要铺设反滤层,以此来提升坝体的整体稳定性以及防渗性能^[4]。

3.2 修建混凝土防渗墙

考虑到该水库复杂且多变的地质环境,可在坝肩的上游位置构建黏土斜墙,一定程度上增强坝体整体的防渗性能。同时,还可在坝体内部修筑混凝土防渗墙,形成一道可靠的防渗屏障。这两项措施彼此相互配合、相互辅助,从根源处彻底解决某水库坝基存在的渗水问题。混凝土防渗墙具备施工速度快、材料利用率高以及防渗效果显著等优点,尤其适用于坝高处于60 m以下、坝身质量欠佳且渗漏问题时常发生的均质坝。考虑到施工方法存在的差异,混凝土防渗墙可以被划分成槽孔式与连续圆柱式两种不同的类型。综合某水库地质特征,适宜选取槽孔式防渗墙,并且要采取分段处理的方式,把每段槽孔的长度把控在5~12 m范围之内。具体的施工步骤如下:首先要开凿出第一期槽孔,随后浇筑混凝土,等混凝土达到了特定的强度(一般来说大概需要一周的时间)之后,接着开凿第二期槽孔,同时对第一期槽孔的两端进行套削处理,以此来保证搭接处的墙厚能够契合设计的要求。槽孔施工运用劈打法,也就是先依照一定的间隔开凿出主孔,然后再对主孔之间的副孔进行劈打操作。

为了提升防渗墙的防渗性能,可将防渗墙的厚度设计为0.6~0.8 m区间范围内。还可以在防渗墙的

两边填充黏土,形成黏土心墙的结构形式。与此同时,为了让防渗墙与坝体的接触径得以优化,并且使坝顶的应力集中现象有所减轻,建议在坝顶采用高塑性土料来进行填筑,而且要将其底部嵌入基岩之中,嵌入的深度控制在0.5~1 m之间,通过这样的方式来增强二者连接的稳定性。除此之外,还需要保证防渗墙的两端能够与岸坡防渗设施或者岸边基岩紧密地连接在一起,从而构建完整且连续的防渗体系。另外,考虑到部分坝段可能会出现防渗功能失效的情况,建议把防渗墙修建到167 m的高程位置,以此来恢复并提升它的防渗性能。

3.3 其他应对措施

案例水库坝基渗流处于相对稳定的状态,在渗漏问题彻底解决之前,要进一步强化日常管护工作中的观测工作。尤其在发生暴雨、洪水这类自然灾害时,应当适度增多观测的频次,留意渗流所发生的变化情况,同时也要注意量水堰的水质情况。同时,必须把蓄水位严格把控在159 m以下。一旦察觉到有异常或者存在潜在的风险,就应该立刻上报,并且要采取有效的举措来妥善处理风险,以保证大坝的安全^[5]。

4 结束语

水库坝基渗水问题是影响水库安全运行的关键因素之一。本研究对水库坝基渗水问题全面分析后,提出了相应的治理方案,旨在适用于不同地质状况以及工程要求的水库坝基防渗处理。在落实治理方案的过程中,要依据实际情况选择治理方案并且进行优化组合,让治理效果达到最佳状态。同时,还要进一步加强对水库坝基渗水问题的监测以及研究工作,持续提升水库坝基渗水治理技术的水准与效率,从而保障水利工程稳定运行。

参考文献:

- [1] 李利蓉.贵州某水库水文地质条件对水库渗漏的影响分析[J].河南水利与南水北调,2019,48(01):31-32.
- [2] 吴钦峰.角峪水库坝基渗水问题分析及治理方案探讨[J].中国水运,2024,24(20):77-79.
- [3] 吴祖德.岩溶地质条件下水库坝基渗漏问题研究[J].水利科学与寒区工程,2023,06(11):64-67.
- [4] 周彦龙,高小文,冉海林.马鹿水库坝基防渗处理方案设计[J].水利技术监督,2021(05):178-182.
- [5] 王冬,闫小龙,申永斌.基于数值模拟的水库滑坡变形特征预报研究[J].水科学与工程,2023(03):65-68.