

八罗田水库左岸低临谷渗漏防渗处理措施初探

杨澄坤

保山市大型灌区管理中心, 云南保山, 678000;

摘要: 八罗田水库位于保山市隆阳区芒宽乡, 是一座以灌溉和供水为主的中型水利工程, 在区域农业生产和水资源配置中具有重要作用。受特殊地形地貌及复杂工程地质条件影响, 水库左岸存在明显的低临谷渗漏风险, 对工程安全运行和水资源利用效率构成潜在威胁。本文在系统梳理八罗田水库左岸工程地质与水文地质条件的基础上, 重点分析左岸单薄河间地块及断裂构造对邻谷渗漏形成的控制作用, 结合勘察钻孔、压水试验及地下水位实测成果, 对左岸低临谷渗漏机理进行综合判识。在此基础上, 围绕防渗边界划定、防渗底界确定及防渗处理深度控制等关键问题, 对帷幕灌浆防渗方案的适用性与合理性进行论证, 并提出相应的工程建议。研究认为, 因地制宜采用以帷幕灌浆为主的防渗处理措施, 能够在技术可行性与经济合理性之间取得较好平衡, 对类似低临谷型水库防渗设计具有一定借鉴意义。

关键词: 八罗田水库; 低临谷渗漏; 工程地质; 水文地质; 防渗处理

DOI: 10. 69979/3060-8767. 26. 02. 040

前言

水库渗漏问题是制约水利工程安全运行和综合效益发挥的重要因素之一, 尤其在地形起伏大、邻谷发育明显的山区河谷型水库中更为突出。低临谷渗漏通常表现为库水通过单薄分水岭、断裂破碎带或高透水岩层向邻近低洼河谷排泄, 其形成机制复杂, 隐蔽性强, 若处理不当, 可能引发库区水量损失、下游河谷地下水异常抬升, 甚至诱发渗透破坏等工程地质问题^[1]。

八罗田水库地处怒江右岸老街子河下游河段, 左岸紧邻怒江这一区域最低排泄基准面, 库区蓄水位与邻谷水位之间存在显著水头差, 加之左岸山体局部厚度不足、构造条件复杂, 使得低临谷渗漏问题具有典型性和代表性。通过系统总结八罗田水库左岸低临谷渗漏的形成条件及防渗处理思路, 不仅有助于提升本工程防渗设计的科学性和针对性, 也可为类似地质条件水库的渗漏防治提供参考。

1 工程概况与左岸渗漏问题背景

1.1 水库工程概况

八罗田水库总库容约 558 万 m^3 , 兴利库容 488 万 m^3 , 设计供水量 887 万 m^3 , 设计灌溉面积 6.62 万亩, 是区域重要的农田灌溉与供水工程。水库正常蓄水位为 956m, 运行期间需长期维持较高水头, 对坝址区及库岸稳定性和防渗安全提出了较高要求。

1.2 左岸低临谷渗漏问题的提出

水库左岸紧邻怒江河谷, 其江面高程约 750m, 为

区域最低排泄基准面。正常蓄水位与怒江水位之间高差较大, 形成显著的水力梯度。左岸局部山体宽度仅 13~17m, 地形条件极为单薄, 具备形成邻谷渗漏通道的先天条件, 是工程防渗设计中的重点与难点。

2 左岸工程地质条件分析

2.1 地形地貌特征

左岸低矮垭口位于近库尾位置, 西侧为库区, 东侧为向怒江倾斜的冲沟与陡坡地形。地表坡度普遍在 $26^\circ \sim 35^\circ$ 之间, 冲沟发育明显, 虽未发现稳定泉点出露, 但为地下水径流提供了潜在通道^[2]。

2.2 地层岩性及构造条件

左岸主要出露奥陶系上统上蒲缥组 (O_3p) 粉砂岩、泥页岩等岩性, 整体透水性为中等。局部受 F3 断裂控制, 断裂倾向西、倾角较陡, 破碎带宽度约 1~3m, 岩体破碎程度高, 局部透水性显著增强。断裂以东发育三叠系白云质灰岩和灰质白云岩, 岩溶现象较为明显, 构成潜在的高透水通道, 对邻谷渗漏具有重要控制作用。

3 水文地质条件与渗漏机理分析

3.1 地下水赋存特征

钻孔揭露结果表明, 左岸山体地下水位整体埋深较大, 多数测点地下水位低于正常蓄水位, 局部甚至低于怒江河床高程。这一特征说明, 库区左岸地下水系统以接受库水补给为主, 具有明显的向邻谷排泄趋势。

3.2 渗漏通道及水力联系

在高水头条件下,库水沿岩体裂隙、断裂破碎带及局部可溶岩层向怒江方向运移,形成以“库水—地下水—邻谷排泄”为主的渗漏模式。该模式以缓慢渗流为主,不易产生集中渗透破坏,但会造成持续性水量损失,必须通过工程措施加以控制^[3]。

4 防渗处理原则与总体思路

4.1 防渗处理的基本原则

针对八罗田水库左岸低临谷渗漏具有隐蔽性强、渗流路径分散且受地形与构造共同控制的特点,防渗处理应坚持系统治理与重点控制相结合的基本原则。一方面,应从库岸整体防渗安全出发,通过构建连续、完整的防渗体系,对左岸潜在渗漏通道进行整体封闭,避免出现局部处理导致的渗流绕越现象;另一方面,应重点关注单薄河间地块、断裂破碎带及中等透水岩层等关键部位,采取有针对性的防渗措施,提高防渗效果的可靠性和稳定性^[4]。同时,在防渗设计中需兼顾工程运行的长期性,充分考虑水位反复涨落条件下岩体渗透特性的变化,确保防渗体系在不同运行工况下均具备持续有效的控制能力。

4.2 防渗体系的总体布置思路

在总体思路,左岸防渗处理应以正常蓄水位为控制基准,防渗线沿正常蓄水位以上 5~10m 范围布设,并在坝端及库岸关键部位实现顺接,形成闭合连续的防渗屏障。通过将绕坝渗漏与低临谷渗漏统一纳入同一防渗体系,可有效提高防渗系统的整体协同性,避免分散治理带来的重复投资或防渗盲区。同时,结合左岸不同地段的地形起伏和地质条件变化,防渗措施在平面和深度方向上均体现出灵活性和适应性,为后续施工组织 and 运行管理提供良好条件。

此外,在防渗总体思路制定过程中,还应充分结合后期运行监测与维护需求,预留必要的监测与补强条件,为水库长期安全运行提供技术保障^[5]。

5 防渗边界与防渗长度的确定

5.1 防渗边界划定的工程原则与依据

防渗边界的合理划定是构建左岸整体防渗体系的前提条件。结合八罗田水库左岸地形条件、地层分布及地下水径流特征分析,防渗边界以封闭左岸单薄河间地块为核心目标,遵循“顺地形、控渗流、保整体”的工程原则。在具体布置上,将左岸绕坝渗漏与低临谷渗漏统一纳入同一防渗体系进行考虑,使防渗线在坝端与库岸防渗结构自然衔接,避免形成渗流绕越通道。同时,

防渗线总体沿正常蓄水位以上 5~10m 范围布设,有利于在正常运行工况下充分覆盖潜在渗漏区段,并兼顾施工条件与运行安全。

5.2 防渗长度确定的技术逻辑分析

防渗处理长度的确定以地下水位分布特征和渗流控制范围为主要依据。通过对左岸钻孔揭露地下水位与正常蓄水位关系的综合分析,选取地下水位与正常蓄水位 956m 高程交汇位置作为防渗处理的控制终点,确保防渗体系在纵向上完整封闭主要渗流通道。结合地形平距换算及勘察成果推算,左岸防渗处理总长度约为 983m,能够有效覆盖左岸主要渗漏敏感区段^[6]。该防渗长度设置既避免了防渗范围不足导致的渗漏风险,也防止防渗线过度延伸引起的工程量增加,体现了防渗设计在安全性与经济性之间的合理平衡。

6 防渗底界与防渗深度控制

6.1 防渗底界判定标准的技术依据

防渗底界的合理确定是确保防渗体系有效性和经济性的关键环节。结合八罗田水库左岸钻孔压水试验成果及岩体结构特征分析,左岸岩体整体以中等透水为主,但局部受断裂构造及层间裂隙影响,透水率存在一定离散性^[7]。设计中以 $q < 5Lu$ 作为相对隔水层判定标准,能够较好反映岩体渗透性能的整体控制水平;在构造影响显著、裂隙较为发育的局部地段,适当采用 $q < 10Lu$ 作为控制指标,有利于避免防渗底界过度加深,兼顾工程安全与投资控制。同时,防渗底界统一深入相对隔水层以下约 5m,可有效削弱可能存在的残余渗流通道,提高防渗体系的整体可靠性。

6.2 防渗深度分段控制的合理性分析

受左岸地形起伏和地层结构变化影响,防渗深度沿线差异较大,最小深度约为 20m 左右,局部最大深度可超过百米。针对这一特点,防渗设计采用分段控制思路,根据不同地段岩性组合、透水特征及水头条件,合理调整防渗深度,避免“一刀切”式设计带来的资源浪费。在低水头、透水性相对较弱地段,适当控制防渗深度即可满足安全要求;在构造破碎或透水性增强区域,则通过加深防渗底界和加强灌浆控制,确保渗流得到有效截断。该分区分段的防渗深度控制方式,有助于提高工程整体防渗效果,同时增强设计方案的科学性和可实施性。

7 防渗处理方案比选与技术论证

7.1 帷幕灌浆方案的适用性分析

结合八萝田水库左岸工程地质及水文地质条件分析,左岸渗漏主要表现为中低强度、分散型邻谷渗漏,其渗流通道以岩体层间裂隙、构造破碎带及局部中等透水岩层为主,未发现大规模集中渗流或渗透破坏迹象。在此背景下,帷幕灌浆通过向裂隙和孔隙中注入浆液,能够有效降低岩体整体渗透系数,延长渗流路径,削弱水力联系,具有良好的针对性和适应性。同时,帷幕灌浆施工灵活,可根据不同地段岩性变化和透水特征进行分段、分级控制,便于动态调整施工参数,确保防渗效果^[8]。

7.2 与防渗墙方案的技术经济比较

地下连续混凝土防渗墙在高水头、大渗漏风险工程中具有较强的防渗能力,但其施工工艺复杂、施工周期长,对场地条件和施工组织要求较高,且工程造价相对较大。结合八萝田水库库尾段水头较低、渗漏强度有限的实际情况,防渗墙方案在技术上虽可行,但存在“防渗能力富余、经济性不足”的问题。相比之下,帷幕灌浆在满足防渗安全要求的前提下,能够显著降低工程投资和施工风险,更符合本工程“安全可靠、经济适用”的设计原则。

7.3 施工可行性与技术控制要点论证

从施工条件看,左岸防渗线沿线地形相对连续,具备布置单排帷幕灌浆孔的条件,孔距控制在 1.0~1.5m 范围内,可形成连续有效的防渗帷幕。通过施工前开展灌浆试验,合理确定浆液配比、灌浆压力及分序加密方式,可进一步提高帷幕的均匀性和完整性。综合技术可行性、施工风险控制及工程经济性分析,采用帷幕灌浆作为八萝田水库左岸低临谷渗漏防渗处理的主要方案,具有充分的技术依据和实践合理性。

8 防渗处理效果与工程意义

通过在八萝田水库左岸实施以帷幕灌浆为主的防渗处理措施,可有效切断或显著削弱库水经单薄分水岭、断裂破碎带及中等透水岩层向怒江低临谷方向的渗流通道,从整体上降低左岸邻谷渗漏强度。防渗体系形成后,库区地下水位分布将趋于稳定,有利于减少库水长期无效损失,提高水库蓄水利用率和供水保障能力^[9]。同时,渗流路径被有效控制,可减轻左岸山体局部岩体软化和水力劣化风险,对维护库岸稳定及防止潜在渗透变形具有积极作用。从工程管理角度看,该防渗处理方案技术成熟、施工可控、维护要求相对较低,兼顾了工

程安全性与经济合理性,为类似低临谷地形条件下水库防渗设计和运行管理提供了可复制、可推广的实践经验。

9 结论

八萝田水库左岸低临谷渗漏问题是在特殊地形、水文地质及构造条件共同作用下形成的典型工程地质问题。通过系统分析渗漏机理,并在此基础上合理确定防渗边界、防渗深度和防渗处理方案,采用以帷幕灌浆为主的防渗措施,能够在保障工程安全的同时兼顾经济性和可实施性。本文的研究与实践经验表明,针对低临谷型水库渗漏问题,应坚持系统分析与分区治理相结合的思路,为类似工程提供可借鉴的技术路径。

参考文献

- [1] 王鹏飞. 基于灰色关联分析的水库大坝防渗加固施工评价研究[J]. 水利科技与经济, 2025, 31(12): 105-109+115.
- [2] 向耕. 多维防渗施工技术在水利工程堤坝施工中运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (33): 205-207.
- [3] 龙俊杏. 水库帷幕灌浆技术的防渗效果分析及优化[J]. 水利科技与经济, 2025, 31(11): 110-115.
- [4] 万家好. 水库水位对防渗墙加固土坝的影响研究[J]. 云南水力发电, 2025, 41(11): 62-65.
- [5] 李闯. 数字化监测下橡胶防渗体在水库渗漏通道封堵中的动态响应[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025, (11): 117-119.
- [6] 李昕洁, 姬浩翔, 李金妹. 浅谈小型水库大坝除险加固技术和防渗处理措施[J]. 中国设备工程, 2025, (21): 220-223.
- [7] 旦朝金. 水库除险加固工程中塑性混凝土防渗墙技术的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(11): 124-127.
- [8] 郝凯. 深厚砂卵石区新建水库工程渗漏问题的勘察方法及防渗措施研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(20): 57-60.
- [9] 葛洲, 韩云云, 邱立波. 小型水库土坝渗流稳定分析及防渗加固设计[J]. 黑龙江科学, 2025, 16(20): 134-137.

作者简介: 杨澄坤(1978.4-), 男, 汉族, 云南保山市人, 大学本科, 副主任, 高级工程师, 研究方向: 水利工程建设管理、概预算。