

小型水库大坝渗漏通道探测与防渗处理效果分析

余学林

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 贵阳 550081

【摘要】：小型水库大坝数量众多，是保障区域防洪、灌溉和供水安全的重要工程，但受建设标准、运行年限及地质条件影响，渗漏问题普遍存在，已成为威胁大坝安全运行的主要隐患。围绕小型水库大坝渗漏通道的精准探测与防渗处理效果展开研究，结合工程实例，系统分析渗漏产生的主要类型与分布特征，采用物探与现场检测相结合的方法识别渗漏通道位置及规模。在此基础上，针对不同渗漏机理选择相应防渗处理技术，并通过监测数据对治理前后防渗效果进行对比分析。研究结果表明，科学的渗漏通道探测技术能够有效提高隐患识别精度，合理的防渗处理措施可显著降低渗流量，改善坝体稳定性，为小型水库大坝安全管理和病险治理提供技术参考。

【关键词】：小型水库；大坝渗漏；渗漏通道探测；防渗处理；效果分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.012

引言

小型水库在我国水利工程体系中占据重要地位，其运行安全直接关系到下游群众生命财产安全。受早期设计标准偏低、施工质量参差不齐以及长期运行老化等因素影响，小型水库大坝渗漏问题较为突出，且隐蔽性强、发展缓慢，易被忽视。渗漏一旦失控，可能引发坝体变形甚至失稳破坏。因此，如何准确探测渗漏通道并评估防渗处理效果，成为当前小型水库安全管理中的关键问题。开展相关研究，对于提升病险水库治理水平和保障工程长期安全运行具有重要意义。

1 小型水库大坝渗漏隐患特征与技术背景

小型水库大坝多建于上世纪中后期，受当时技术条件和建设资金限制，工程设计标准整体偏低，坝型以土坝和土石坝为主，结构组成相对简单，防渗体系不够完善。在长期蓄水运行过程中，坝体材料受水力作用、干湿循环以及荷载变化影响，内部结构逐渐发生劣化，形成不同程度的渗漏隐患。渗漏问题通常具有隐蔽性强、发展缓慢的特点，早期多表现为局部湿润、渗水量微小等现象，难以及时引起重视，但随着运行时间延长，渗流通道不断扩展，可能诱发管涌、流土等破坏形式，对坝体稳定性构成持续威胁。

从渗漏形成机理看，小型水库大坝渗漏主要集中于坝体内部、坝基接触带以及坝肩部位。坝体填筑过程中压实度不足或材料级配不合理，易在内部形成孔隙连通通道；坝基处理不当或覆盖层较薄，会导致渗流沿透水层集中发展；坝肩结合部若存在不连续界面，也可能成为渗漏的重要通道^[1]。这类渗漏路径往往空间分布复杂，单纯依靠表面观察难以准确判断其位置和规模，增加了隐患识别的技术难度。

随着水利工程安全管理要求的提高，小型水库大坝渗漏问题逐步受到重视，相关探测与防渗技术不断发展。传统依赖经验判断和人工巡查的方式已难以满足精细化管理需求，亟需引

入科学、系统的技术手段对渗漏隐患进行识别和评估。物理探测技术、原位测试手段以及运行监测方法在渗漏诊断中的应用，为揭示坝体内部渗流状态提供了技术支撑。

2 渗漏通道识别与防渗技术的综合应用路径

渗漏通道识别与防渗技术的综合应用应以“诊断—分区—适配—验证”为主线，将隐患定位、机理判别与工程措施选择形成闭环。渗漏通道的空间形态通常呈带状或网状分布，受坝体非均质性、施工接缝与接触带条件影响显著，因此需要将地表迹象调查与多源检测结果进行耦合解译。现场层面可通过渗水点分布、出逸水浑浊度、坝坡软化带、植被异常等现象建立初步疑似区；在此基础上布设针对性的探测剖面与测试点位，构建渗流异常的几何框架，避免仅凭单一手段导致的误判^[2]。识别阶段强调异常体的连续性、边界清晰度与水位变化的响应关系，必要时结合孔压观测、渗流量监测与水位过程数据，判定异常是否与库水补给存在稳定对应，从而将一般湿润与结构性渗漏区分开来。

在渗漏机理判别明确后，防渗技术的选择应遵循“控制渗透通道、降低水力坡降、提高抗渗稳定性”的原则，并与坝体结构条件和施工可达性匹配。坝体内部以散浸或集中渗漏为主、且存在局部软弱夹层时，可采用劈裂灌浆、充填灌浆等方式改善土体密实度与降低渗透系数，通过浆液扩散形成加固体，切断或弱化渗流连通；当渗漏沿坝基透水层或接触带集中发展，且渗透通道具有贯通趋势，可优先考虑帷幕灌浆或防渗墙形成连续防渗屏障，控制渗流路径长度并削减渗透压力；对坝坡出逸明显、反滤排水体系不足的工程，应同步配置反滤层、排水棱体或减压井等排渗措施，抑制管涌与流土，确保渗流出口满足反滤稳定条件。工程措施往往需要组合应用，例如“上游截渗+下游排渗”的协同配置，用截断与泄压共同降低危险区的水力坡降，实现从源头到出口的全过程控制。

综合应用路径还应将质量控制与效果验证嵌入实施过程。灌浆类措施需要依据地层渗透性与裂隙发育程度确定浆液配比、黏度、凝胶时间与注浆压力,避免过压引发劈裂失控或抬动变形;防渗墙施工则需关注墙体连续性、接头止水与入岩深度,确保与坝基相对隔水层可靠结合。治理完成后,通过渗流量、浸润线、孔隙水压力及出逸水水质变化等指标进行对比验证,并结合运行水位过程检验响应规律,形成可量化的效果评价依据。这样能够把“通道识别—技术选型—施工控制—成效评价”贯通起来,提升小型水库大坝防渗治理的针对性与可复制性。

3 防渗治理成效分析与发展方向探讨

防渗治理成效的分析应立足于工程运行状态的变化,从渗流控制效果、结构安全改善及运行稳定性提升等方面进行综合评价。治理后大坝渗流场的变化通常表现为浸润线整体回落、局部高水头区消失以及渗流集中通道被削弱或切断。通过对比治理前后的渗流量、坝坡出逸水位置及孔隙水压力分布,可判断防渗体系对水力坡降的控制能力是否达到设计预期。渗流过程趋于均匀稳定,说明坝体内部渗透条件得到有效改善,有助于降低渗透破坏风险,提升工程的长期安全水平。

从结构响应角度看,防渗治理往往伴随着坝体应力状态和变形特征的调整。渗透压力降低后,坝体有效应力水平提高,局部软化区的力学性能得到恢复,坝坡稳定性随之增强。对于曾出现局部沉陷、裂缝或渗沟的大坝,通过持续观测其变形速率和范围变化,可评估防渗措施对抑制不利结构响应的作用效

果。若变形发展趋于收敛,且未出现新的异常迹象,说明治理措施在改善坝体整体受力条件方面具有积极成效。防渗治理的效果不仅体现在短期指标改善,还体现在运行期内的持续稳定性^[3]。通过在不同水位工况下开展运行监测,分析渗流量、孔压及浸润线对水位变化的响应关系,可以判断防渗体系的适应性与可靠性。良好的治理效果应表现为响应过程平稳、滞后性合理,避免出现突变或非线性放大现象。长期观测数据的积累,有助于识别潜在的性能衰减问题,为后续维护与补强提供依据。

在未来发展方向上,小型水库大坝防渗治理将更加注重精细化和系统化。一方面,渗流通道探测技术将向高分辨率、多参数融合方向发展,提高对复杂隐蔽通道的识别能力;另一方面,防渗材料与施工工艺将更加注重耐久性与适应性,降低治理后性能退化的风险。同时,防渗治理将与安全监测和信息化管理深度结合,通过建立渗流—变形—稳定性的综合评价体系,实现对大坝运行状态的动态掌控。

4 结语

小型水库大坝渗漏问题具有隐蔽性强、危害持续发展的特点,对工程安全运行构成长期影响。围绕渗漏通道的识别与防渗治理开展系统研究,有助于深化对渗流机理和结构响应规律的认识。通过科学探测手段与针对性防渗技术的综合应用,可有效控制渗流发展,改善坝体稳定条件。结合治理成效分析与运行监测结果,不断优化技术路径与管理模式,将为小型水库大坝安全运行和病险工程治理提供持续支撑。

参考文献:

- [1] 张新连.几种不同防渗技术在小型水库大坝除险加固中的应用[J].福建水力发电,2024,(02):31-33.
- [2] 徐三才.某小型水库除险加固中大坝渗漏及措施分析[J].黑龙江水利科技,2021,49(09):104-106.
- [3] 丛双芝.某小(二)型水库大坝渗漏问题及处理措施研究[J].陕西水利,2020,(04):153-154+158.