

水库除险加固工程中渗漏治理技术研究

吴 凯

厦门安能建设有限公司安庆分公司 安徽 安庆 246010

【摘要】：水库在长期运行过程中，受自然环境、结构老化等因素的影响，渗漏问题逐渐凸显，影响水库的安全和运行效率。本文通过对渗漏原因进行深入分析，探讨了水库除险加固工程中的渗漏治理技术，包括现场调查、渗漏源识别与评估、渗漏修复技术及加固方案等方面。结合具体工程案例，评估了不同渗漏治理技术的适用性与效果，并提出了优化的治理方案。研究表明，合理选择渗漏治理技术能显著提升水库的防渗能力，确保水库的结构安全和运行稳定。本研究为水库的除险加固工程提供了技术支持和实践经验。

【关键词】：水库除险加固；渗漏治理技术；加固方案；渗漏修复；水库安全

DOI:10.12417/2705-0998.25.24.081

引言

随着水库运行时间的延长，其结构稳定性面临着越来越多的挑战，尤其是渗漏问题。渗漏不仅直接威胁水库的安全性，也可能导致严重的水资源浪费。近年来，随着水库除险加固工程的不断推进，渗漏治理已成为确保水库长效运行的重要技术课题。通过研究水库渗漏治理技术，能够有效识别渗漏源、评估渗漏危害，并采取相应的修复措施，确保水库的结构完整性与防灾减灾能力。因此，研究水库除险加固工程中的渗漏治理技术，不仅具有现实意义，而且对提升水库管理水平、保障人民生命财产安全具有深远影响。

1 水库渗漏问题的根源分析

水库渗漏问题的根源主要源于多种因素的相互作用，其中最为显著的原因是水库自身的结构老化与建设质量。随着水库的使用年限逐渐增加，混凝土坝体、坝脚以及其他结构部分容易发生老化、开裂，进而导致水体的渗漏。随着时间的推移，混凝土材料的密实性逐渐降低，甚至出现细微裂缝，这些微小裂缝未被及时发现和修复时，就成为渗漏水流通道，严重时甚至影响到水库的整体稳定性^[1]。施工过程中可能存在的质量问题，如材料的选择不当、施工工艺不规范等，也会在水库运行一段时间后显现出来，尤其是在坝体接缝、排水设施、泄洪道等关键部位，这些地方更容易出现渗漏现象。

除了结构老化，外部环境因素对水库渗漏问题的影响同样不可忽视。水库周围的地质条件、气候变化以及水位波动等因素，都可能加剧渗漏现象的发生。地质环境不稳定的地区，尤其是存在滑坡、土壤松散等地质问题时，水库坝体的稳定性容易受到威胁，坝体的沉降与位移会加大渗漏风险。尤其是水库水位的频繁波动与季节性变化，水库的坝体会承受更大的压力与拉伸，长期的水位变化会导致坝体发生微观形变，进一步加剧水库渗漏问题的出现。极端天气，特别是暴雨和长期干旱等极端气候的出现，也会引发水库坝体的应力变化，从而使渗漏问题更加严重。

水库的运行管理和维护不当，也是导致渗漏问题频发的重要原因。在一些水库的管理过程中，缺乏对渗漏问题的及时检测与修复，造成渗漏隐患的积累。一些水库缺乏系统的定期检查机制，或者在检查中未能充分发现渗漏的早期迹象，往往只有在渗漏已经严重影响坝体结构时，才会采取相关的加固措施。而有些水库则因为资金短缺或者技术力量不足，未能进行有效的修复工作，导致小范围的渗漏问题逐渐扩大，最终形成大规模的渗漏隐患，甚至威胁到水库的正常运行。水库渗漏问题的根源不仅仅是水库本身的设计与施工缺陷，还与外部环境的变化以及管理维护工作中存在的漏洞密切相关。

2 渗漏检测与评估方法的优化

渗漏检测技术的不断发展使得对水库渗漏问题的早期发现和精确定位变得更加高效和可靠。现代渗漏检测方法涵盖了多种技术手段，尤其是基于仪器的检测技术和地质勘探手段的结合，已经能够较为精确地评估水库渗漏的范围和深度。常见的渗漏检测技术包括红外热成像法、电磁法、声波探测法以及渗透率测试法等，这些方法各有特点，在不同的渗漏场景下可以互为补充^[2]。例如，红外热成像法能够在坝体表面快速捕捉温度变化，通过热传导的差异识别潜在的渗漏位置。电磁法和声波探测法则通过测量地面或水下介质的电磁响应与声波传播变化，来判定坝体内部的空洞或裂缝位置，这对于渗漏源的定位有着重要作用。

随着检测技术的发展，渗漏评估方法的优化逐渐向综合化和自动化方向发展。在传统的人工检测和单一检测方法的基础上，现代的渗漏评估技术采用了多参数综合分析方法，通过数据融合与计算模拟来提升评估的精确度与可靠性。例如，利用现场传感器采集的实时数据，与计算机模拟技术结合，形成一个动态的渗漏监测体系，能够及时捕捉水库坝体的渗漏变化，进而为工程维护提供实时指导。此外，近年来应用的无人机与遥感技术也为渗漏检测提供了新的视角，利用高分辨率的遥感影像和无人机拍摄的图像数据，可以更高效地进行坝体外部和周边区域的监测，极大减少了人工巡查的难度和成本。

为了进一步提高渗漏检测的效率，现代化的评估方法也开始注重对检测结果的智能分析和自动化处理。人工智能与大数据技术的结合，使得渗漏问题的检测与评估不仅限于数据的收集和分析，还能够对潜在的渗漏问题进行预测与预警。通过对历史数据和实时监测数据进行机器学习训练，能够提前识别可能的渗漏区域和风险点，提高了提前发现渗漏隐患的可能性。这种智能化的渗漏评估方法，不仅大大提升了检测工作的精度和效率，也为水库的长期管理与维护提供了新的技术保障。此外，随着技术的不断进步，渗漏评估方法的可操作性和适用范围也在逐步拓展，从单一的坝体检测延伸到整个水库系统的动态监测，为水库的安全运行提供了更加完善的技术支撑。

3 渗漏治理技术的选择与应用

渗漏治理技术的选择是解决水库渗漏问题的关键，适当的技术手段不仅能有效修复渗漏源，还能延长水库的使用寿命。在实际工程中，根据渗漏的类型、位置、程度以及水库的运行条件，选择合适的治理方案至关重要。针对不同的渗漏问题，常见的治理技术包括注浆加固、修补密封、表面涂层以及地质封堵等方法。注浆加固技术广泛应用于裂缝和空洞的修复，其原理是通过注入特定的材料（如水泥浆、化学浆液或高分子材料）填充渗漏通道，达到封闭渗漏路径、增强坝体稳定性的目的^[3]。这种方法能够在较短的时间内有效遏制渗漏，但对施工环境要求较高，特别是在复杂地质条件下，需要合理选择注浆材料和施工工艺。

针对坝体外部渗漏，表面涂层修补技术是另一种常见的治理手段。通过在坝体表面涂覆一层防水、防渗材料，可以有效阻止水流通过坝体的微裂缝和毛细孔隙。这种方法施工简便、成本较低，适用于渗漏较轻、表面裂缝较小的情况。随着技术的进步，新的高性能防水材料出现，为水库渗漏治理提供了更多选择，如高分子聚合物、橡胶基材料等，这些材料具有更好的耐水性和耐腐蚀性，能够在恶劣的环境中长期保持防渗效果。表面涂层修补技术不仅解决了水库外部的渗漏问题，还可以对水库的结构进行保护，避免由于水的侵蚀作用造成进一步的损坏。

在更为复杂和严重的渗漏问题中，地质封堵技术逐渐被应用于水库渗漏治理。该技术主要用于地下渗漏或坝体深层渗漏的修复，其核心原理是通过改变渗漏区域的地质结构或通过注入特殊材料使地下水流被有效封堵。常见的地质封堵技术包括注入膨胀性物质或矿物填料，通过与地下岩土层发生反应，形成密实的封闭结构，从而切断渗漏源。这种方法适用于水库坝体基础较深、渗漏情况较为严重的区域，具有较长的使用周期和较强的稳定性。此外，随着地质封堵技术的发展，一些创新性的封堵技术，如微生物封堵法和高分子聚合物封堵法，也在逐渐应用于水库渗漏治理中。这些技术能够有效地提高渗漏治理的精准性和可靠性，并且在修复过程中能够减少对环境的负

面影响，具有较强的可持续性。渗漏治理技术的不断创新与优化，促进了水库渗漏问题的逐步解决，为水库的长期运行提供了更加可靠的技术保障。

4 加固措施的实施与效果评估

水库加固措施是保障坝体稳定、解决渗漏问题的核心。针对渗漏、裂缝等结构性问题，加固技术的选择与应用对提升水库安全性至关重要。常用加固措施包括坝体加厚、外包加固、强化防渗屏障及基础深度处理等，具体方法有外部钢筋混凝土加固、碳纤维加固、喷射混凝土加固等，可同步增强坝体承载能力与抗渗性能^[4]。其中外部加固技术无需破坏原结构，适配现有水库加固需求。新型材料的应用进一步提升了加固效果，如同公路桥梁支座加固中广泛应用的碳纤维布加固技术，其轻质高强、施工便捷的特点也可应用于水库坝体局部裂缝的加固修复，既能够增强裂缝区域的结构强度，又可辅助提升该区域的防渗性能，实现加固与防渗的双重效果。

加固措施的实施不仅仅限于对坝体的结构加固，还包括渗漏治理系统的完善。渗漏的根本治理不仅需要填补表面裂缝，还需要对坝体的深层裂缝和渗透路径进行修复。通过注浆加固、复合材料加固等方法，可以有效阻止水流通过坝体内部的微裂缝和空隙，从而减少渗漏带来的负面影响。为了确保加固措施的长期效果，施工过程中需要对加固材料和施工技术进行严格的质量控制，同时还需进行详细的渗漏检测和后续监测，以确保加固措施达到预期目标。常规的加固方法往往侧重于提高坝体的机械强度，而新型加固技术则更加注重多功能性，比如提高坝体的耐水性、耐腐蚀性以及抗冻性等，以适应不同的环境条件。

在加固措施实施后，效果评估是确保加固方案成功的关键。通过一系列的检测和评估手段，可以验证加固效果是否符合预期。常见的评估方法包括渗漏监测、结构健康监测、沉降监测等。通过在坝体关键位置安装传感器，可以实时跟踪坝体的变化情况，包括裂缝扩展、沉降变形以及渗漏流量等数据。定期的检查和维护也非常重要，确保加固措施能够在长期运行中保持效果。对加固后坝体的效果评估不仅要考察短期内的修复效果，还要结合长期运行数据进行综合分析，确保水库的安全性和稳定性。有效的效果评估体系有助于发现加固过程中可能存在的问题，并及时采取补救措施，确保水库长期稳定运行。

5 水库安全保障体系的完善路径

完善水库安全保障体系需多层次综合改进，以应对各类潜在风险。首要任务是构建健全的实时监测系统，涵盖水库结构健康与环境监测，通过布设传感器、无线通信及数据采集平台，实现对坝体、溢洪道等关键部位及周边地质环境的密切监控^[5]。传感器实时采集坝体应变、沉降等数据，经大数据分析可及时预警隐患、快速响应。这种基于信息化技术的安全保障系统，

能够提高水库管理者对水库状态的了解,确保水库在发生潜在危险时可以采取有效的应急处理措施。例如,公路工程中成熟应用的智能监测预警系统,通过布设振动、沉降传感器实现对边坡稳定性的实时监测,该系统的架构设计和数据传输模式可借鉴至水库周边岸坡监测中,实现对水库周边公路-水库跨界区域的协同监测,提升安全预警的全面性。

在水库的运营管理过程中,强化应急管理机制是确保安全的另一个重要方面。随着气候变化和极端天气事件的增多,水库的应急预案和灾害应对机制显得尤为重要。应急管理体系的建设需要与水库的安全监控系统相结合,基于不同的安全风险,如洪水、滑坡、坝体渗漏等,制定详细的应急预案,并定期进行演练,以提高应急响应效率。应急响应团队的专业性和协作能力也是水库安全保障体系的关键因素。通过加强人员的专业培训和应急演练,可以确保在突发情况下,相关部门能够迅速做出反应,最大限度降低灾害损失。

保障水库长期安全运行,还需要注重制度建设和法规完

善。水库的管理不仅要依赖先进的技术和设备,还需通过制度化的管理措施来确保规范运行。定期的安全检查、渗漏治理及加固工作应纳入水库日常管理体系,并建立明确的责任制。政府部门和管理单位应根据水库的规模、使用年限等因素,制定相应的维护计划,并严格执行相关的法律法规。加强对水库安全生产的法律监管,建立完善的安全责任追究制度,确保每个环节的安全措施得到落实。

6 结语

水库的安全性关系到人民生命财产的保障及社会的稳定运行。渗漏问题的治理、加固措施的实施、监测技术的优化以及安全保障体系的完善,都是确保水库长效安全运行的关键环节。针对不同的渗漏源与安全隐患,采取科学有效的技术手段,并通过不断完善管理制度与应急机制,能够有效防范各类风险,确保水库结构的稳固和水资源的合理利用。只有通过全方位的技术、管理和制度保障,才能在日益复杂的环境中维护水库的安全,确保其在防洪、供水等方面发挥持续而稳定的作用。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 梁炳育.水库除险加固工程质量监督策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(31):43-45.
- [3] 惠可欣.水库除险加固工程中高喷灌浆技术的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(29):187-189.
- [4] 姚焕.土建施工中的地下室墙面渗漏治理技术探究[J].建材发展导向,2025,23(12):127-129.
- [5] 周文字,杨奎,陈喜坤,等.城市地下隧道变形缝渗漏水治理技术研究与应用[J].城市道桥与防洪,2025,(04):305-308+316.