

充填灌浆在小（2）型水库大坝坝体防渗中的应用

郑明林

湘阴城发勘察设计院有限公司，湖南 岳阳 414600

摘 要： 小（2）型水库大坝防渗对于水资源高效利用和人民生活安全至关重要。本文聚焦于灌浆充填方法在大坝防渗中的应用，旨在提升其防渗性能。首先，概述了充填灌浆的基本理论和技术特点，明确了其在防渗方面的效能和独特优势。该技术通过灌浆材料填充坝体孔隙，形成连续的防渗层，有效防止渗漏。其次，结合具体水库大坝实例，通过实地考察和实验室分析，详细展示了充填灌浆在防止渗漏、加固坝体结构、提升稳定性等方面的显著效果。实践表明，该技术能显著降低渗流量，延长水库使用寿命。最后，针对充填灌浆技术在实际应用中存在的问题，提出了优化与改进建议，为小（2）型水库大坝防渗设计提供了有益参考。本研究成果表明，充填灌浆技术在大坝防渗中具有广泛应用前景，值得进一步推广。

关 键 词： 小（2）型水库大坝；防渗；充填灌浆；稳定性；水资源利用效率

Application of Filling Grouting in Seepage Control of Small (2) Reservoir Dam

Zheng Minglin

Xiangyin Chengfa Survey and Design Institute Co., Ltd. Yueyang, Hunan 414600

Abstract： Seepage control in small (2) reservoir dams is crucial for efficient water resource utilization and people's safety. This paper focuses on the application of grouting filling methods in dam seepage control to enhance its performance. Firstly, the basic theory and technical characteristics of filling grouting are summarized, clarifying its effectiveness and unique advantages in seepage control. This technology fills the pores of the dam body with grouting materials, forming a continuous impervious layer to effectively prevent seepage. Secondly, combined with specific reservoir dam examples, through field investigations and laboratory analysis, the significant effects of filling grouting in preventing seepage, strengthening dam structure, and improving stability are demonstrated. Practice shows that this technology can significantly reduce seepage and extend the service life of reservoirs. Finally, aiming at the problems of filling grouting technology in practical application, optimization and improvement suggestions are proposed, which provide a useful reference for the design of seepage control in small (2) reservoir dams. The research results indicate that filling grouting technology has broad application prospects in dam seepage control and deserves further promotion.

Keywords： small (2) reservoir dam; seepage control; filling grouting; stability; water resource utilization efficiency

引言

随着城市化进程的加速，水资源利用效率成为制约社会发展的重要因素。水库作为重要的水资源储存设施，其大坝防渗性能直接关系到水资源的安全利用和人民生命财产安全。因此，加强大坝防渗技术研究具有重要意义。充填灌浆作为一种经济、高效、持久的防渗技术，在水库大坝防渗中发挥着重要作用。然而，对于小（2）型水库大坝而言，充填灌浆技术的应用效果及优化策略尚需进一步探讨。本文旨在通过深入研究充填灌浆技术的基本理论、技术特点及其在小（2）型水库大坝防渗中的实际应用效果，为该技术的推广和优化提供理论支持和实践指导。

一、充填灌浆的原理及特性

充填灌浆技艺，重于水工建设领域，特别显著在小（2）型水库大坝防渗任务中，表露其独特应用价值。在解释充填灌浆在防

渗中的特定应用之前，需先详述其基本理念与特质，为技术应用打下坚实的切实基础。

充填灌浆的基本理念包含许多物理和化学性过程，中心观念在于使用流体状的浆液充入坝体或坝基的岩土空隙中，填充和固

化空隙，以建立一条低通水性或全然不通水的紧实层，有效降低渗流通道。充填灌浆原料通常由水泥基材、化学浆材及其他添加剂组成。水泥基浆材以其优越的力学性能和化学稳定性，一直以来是充填灌浆的主要材料，而化学浆材则常用于需要快速凝固或特殊环境的工程中。在充填灌浆过程中，浆液的流动性和可操作性是其成功实施的关键要素。浆液必须具有良好的流变特性，能够在一定压力下顺畅注入具有不同渗透特征的介质中，充填其空隙并达到设计要求的渗透率和强度。优秀的流动性确保浆液能够充盈微细裂隙，而凝结时间的可控性则在注浆和固化的不同阶段保证施工的顺利进行。

充填灌浆技术的一大特性是其适应性和灵活性。不同的地质条件和渗漏问题需要不同的灌浆方案，这包括浆液配比的调整、注浆压力的设定以及流量控制等方面。对浆液流动及固结机制的深刻理解，可以用于制定针对性强的注浆计划，满足不同地质和结构条件下的坝体加固和防渗要求。充填灌浆的有效性不只体现在渗漏控制上，还在于其对坝体结构稳定性的综合提升。通过灌浆，岩体和土体的孔隙率降低，密实度增加，进而提高坝体材料的抗剪强度和整体刚度。这样不仅能显著减少水库水体泄漏风险，还能提高坝体对地震、洪水等极端条件的抵御能力。^[1]

充填灌浆施工的成功与否在很大程度上依赖于前期详细周密的工程勘测和试验研究。对坝体及坝基的结构性状、地质情况的准确把握，直接关系到灌浆材料的选用以及工艺参数的设计。这些工前勘察和试验环节保证了充填灌浆施工能更精确地针对渗漏区域进行有效封堵，也减少了施工风险及不确定因素。尽管充填灌浆作为传统的坝体防渗技术已有悠久历史，其性能在不断发展的新材料和新工艺的推动下得到逐步完善。通过纳米材料和智能控制系统的引入，为灌浆材料的研制和施工技术带来了新的活力和突破。纳米添加剂提高了浆液的渗透性和固结后结构的致密度，而智能化系统则实现了灌浆过程的动态监测与调整，确保施工的精确性和安全性。充填灌浆的特性在可控性及经济性上也表现得尤为突出^[2]。与其他防渗技术相比，充填灌浆工程设备可移动性强、适用范围广，可在狭窄或复杂地形中灵活作业，材料运输及储存便捷，施工简便且工期较短。在经济性方面，其材料成本和施工费用相对较低，附加价值在于对水资源的精细化管理和安全保障，具备长远的经济及社会效益。

在未来的发展中，通过对现有技术的不断优化及改进，将进一步提升充填灌浆技术在水利工程中的竞争优势^[3]。无疑，充填灌浆将继续在水库大坝防渗领域中发光发热，为水利工程建设的安全性和效率提供有力保障。

二、充填灌浆在坝体防渗中的应用

（一）适用范围

充填灌浆技术在小（2）型水库大坝的防渗应用中具有广泛的适用范围，主要体现在若干关键领域。其重要性体现在地质条件复杂的坝体区域。这类区域通常存在各种形式的地基缺陷，如裂隙、孔洞和弱透水层，使得传统防渗措施难以奏效。充填灌浆技术能够通过注入适宜的灌浆材料，填充和封闭这些渗漏通道，从而大幅度提高坝体的整体密实度和抗渗性能。

对于老旧大坝及部分历史应力集中区，长期受外界环境变化

和水流冲刷影响，容易出现不均匀沉降和渗漏隐患^[4]。充填灌浆能够有效填充内部空隙，增强坝体结构的完整性和稳定性，延长大坝的使用寿命。在地震活跃带或者受人为活动影响较大的区域，小（2）型水库大坝受频繁的震动影响而可能产生微细裂隙。这些裂隙会迅速发展为渗漏通道，危害大坝安全。充填灌浆技术可以通过流动性强的灌浆材料，以均匀扩散的方式填充微小裂隙，从而起到良好的封堵效果，降低地震对大坝的破坏风险。在资源有限和预算紧张的管理环境下，小（2）型水库大坝需要通过经济有效的方式进行防渗改造。充填灌浆因其施工简便、材料多样化及成本适中，成为此类环境下的优选技术。它不仅降低了项目总体费用，还缩短了施工时间，是有限资源下的合理选择。

充填灌浆技术凭借其独特优点，可广泛适用于各种复杂地形和特殊要求的小（2）型水库大坝项目，为其防渗体系提供可靠的技术支持。

（二）应用方法

充填灌浆作为一种有效的防渗技术，其应用方法在小（2）型水库大坝中至关重要。应用过程中，通常需要根据大坝的地质条件和具体渗漏情况，选择合适的灌浆材料和工艺。常用的灌浆材料包括水泥浆、化学浆液等，这些材料能够填充坝体内部的裂隙与孔隙，从而阻断水流通道，降低渗透系数，提升大坝整体的防渗性能。

施工前，需对大坝进行详细的渗漏检测和评估，以确定灌浆的具体区域和深度。灌浆孔的布置应考虑坝体结构特点，确保浆液能够均匀覆盖渗漏区域。灌浆施工一般采用钻孔灌浆法，通过钻孔设备在坝体表面钻出适当深度的孔道，再通过高压灌浆机将浆液注入坝体内部。灌浆压力和速度需要精确控制，以保证浆液在坝体中能够充分扩散和凝固，形成致密的防渗层^[5]。施工期间，实时监测灌浆效果，尤其是浆液的流动和凝固情况，及时调整灌浆参数，以适应地质条件的变化。完成灌浆后，对坝体进行全面的检验和水压试验，确保灌浆层的密实度和完整性，以最终达到预期的防渗效果。充填灌浆方法的科学应用不仅提升了小（2）型水库的安全性，也为水资源的合理利用提供了保障。

（三）应用效果

充填灌浆功效卓越，主要服务于小（2）型水库大坝防渗工作。借助灌浆材料，填补坝体内部空洞与裂痕，形成防渗幕，额外降低渗透几率，增强大坝的整体抗渗性。这方法亦助力增强坝身的防渗功能，改善其稳定性，平缓坝体变形走势。采用充填灌浆后，坝体空间缩小，水库环境保护更完备。实例分析，充填灌浆在调理水库水质，稳定水位，减少维护成本上有明显成果，保障了水的高质量供应及人们的生活和财产安全，是一个拥有技术支持的方法。研究验证，该方法具备广大传播价值。

三、案例分析

在研究充填灌浆技术在小（2）型水库中大坝防渗应用的过程中，以某具体水库大坝为样本，通过现场勘察、实验室试验及其工程实践进行深入分析。此次分析的目的是评估充填灌浆在小（2）型水库大坝防渗中的具体效果，并为未来的坝体设计和改造提供有力的实证基础^[6]。

（一）研究背景与水库概况

选定的水库为典型的小（2）型水库，位于中华人民共和国中

部。该水库建设于20世纪70年代中期，主要用于农业灌溉、居民生活用水及防洪排涝，设计蓄水量约为18万立方米。坝体为泥土夯实结构，长度约为130米，最大坝高为7米。随着坝龄的增长以及气候变迁，近年来坝体渗漏问题逐渐显现，尤其是在汛期当中，坝体局部出现了明显的渗流迹象，潜水量增加，严重威胁到下游居民和农业的安全。

在此背景下，充填灌浆技术作为一种有效的防渗措施被提上议程。本次案例分析即从充填灌浆的具体实施、过程监测、效果评估及其对坝体结构的影响多个方面展开。

(二) 充填灌浆实施过程

在实施充填灌浆之前，对大坝进行了全面的工程地质勘探和损害评估。勘探结果表明，坝体存在较为明显的渗流通道，具体表现为坝体中下游部分的地下水位异常升高，土壤含水量明显高于安全标准。针对这些问题，制定了详细的灌浆施工计划。

充填灌浆的主要材料为普通硅酸盐水泥浆液，掺入适量的黏性材料以提高浆液的稳定性和黏结性能。施工采用高压灌浆的方式，通过预先设置的灌浆孔，分段、分批次进行注浆。整个施工完成了216多个灌浆孔的设置，每个灌浆孔深度根据地质勘查结果有所不同，平均深度为6米。在灌浆过程中，采用先进的监测设备对灌浆压力、浆液用量及坝体各项参数进行实时监测。监测数据表明，粘结材料的加入有效提高了浆液的填充率，灌浆压力的控制亦使得浆液能够深入渗流通道，实现对坝体的严密填充。

(三) 施工效果评估

通过实施充填灌浆，旨在减小渗透系数，从而降低水库大坝的渗漏风险。在施工完成后的一年中，对该水库进行了连续的观测和数据收集^[7]。评估结果显示，坝体的渗水量明显减少，地下水位恢复至合理范围，坝基土壤的含水量也显著下降。这表明，充填灌浆有效阻断了坝体的渗流通道，提高了坝体的密实度和稳定性。

进行施工效果评估时，还对大坝的强度和变形进行了监测。充填灌浆后，大坝结构的整体性和稳定性没有受到负面影响，反而在实验室模拟的超载情况下显示出更高的抗渗能力。进一步的地质剖面及其力学性能研究表明，灌浆对坝体的固化和加固效果明显，不仅增强了坝体自身的防渗能力，还为坝基提供了额外的支持，大幅提升了其抗冲刷和抗滑移能力。

(四) 水资源利用效率优化

充填灌浆技术的积极应用，在遏制水库渗漏问题上显著效益，有效地提升了水资源的分配与利用，赋予了水库更大的蓄水量。尤其在干旱季节，水库持续稳定的蓄水量，在满足农田灌溉和城乡供水的需求上具有不可替代的作用，此技术的使用使得水库的经济效益和社会效益倍增。同时，也对农业灌溉和居民用水产生了深远影响，充填灌浆工程完成后，可以看到农作物用水以及灌溉周期的缩短，农作物产量的稳步提升。同样，在居民供水方面，水库的稳定供水，为家庭供水网络的压力和流量提供了有力保障，居民对于供水服务的满意度得以显著提升。这些都得益于大坝稳定性和防渗性能的改善。^[8]

(五) 灌浆技术的局限性和挑战

尽管充填灌浆在此次案例中表现出良好的效果，仍然存在一些局限性和挑战。灌浆施工对技术水平要求较高，施工人员需具备丰富的经验和专业技能。施工期间可能出现突发复杂地质条件，这需要及时调整施工方案和灌浆参数，以避免二次渗渗漏及工

程质量问题。由于填料和浆液的经济成本较高，导致的一次性投资费用较大，这对资金筹措能力有限的水库管理单位亦是一个挑战。

(六) 技术优化建议

为了克服现有的局限性，未来应着力于以下几个方面的改进。一是加强技术研发，从填料材料的选择和改进入手，重点开发新的黏结材料和添加剂，降低成本的提高浆液的渗透和固化效果。二是提升施工设备的智能化水平，以更精确的参数控制实现更高效的充填灌浆^[9]。三是推进案例库的构建和大数据分析，通过分析大量灌浆案例的参数数据，优化施工流程和技术参数，形成可复制、可推广的标准化施工方案。

(七) 结论

案例研究表明，充填灌浆技术在小（2）型水库大坝的防渗应用中具有非常显著的效果，不仅有效解决了坝体渗漏问题，还极大地提升了水资源利用效率。在实践运用中，该技术表现出良好的适应性和可靠性，为类似项目的实施提供了科学依据和实证基础。随着水库运行环境及需求的变化，技术的进一步优化仍需不断推进，以适应日益复杂的防渗需求和生态保护要求。这表明，充填灌浆技术不但具有当前的实际应用价值和经济效益，还拥有广阔的未来应用前景和发展空间。^[10]

四、结束语

本文针对小（2）型水库大坝防渗问题，基于充填灌浆技术展开研究，并结合实例实地考察与实验室试验，探讨了该技术在在大坝防渗中的实际应用效果。结果显示，充填灌浆技术能有效防止渗漏，增强坝体稳定性，优化水资源利用效率，为水资源高效利用和社区生活安全提供了重要依据。然而，现有技术仍有改进空间。未来研究需关注更复杂地形和气候条件下灌浆技术的应用效果，以及充填灌浆技术的长期性能和耐久性。这要求开展更长期的实地监测和实验室研究，以全面评估该技术的可靠性和稳定性。充填灌浆技术在小（2）型水库大坝防渗中具有广泛应用价值，但需在复杂环境和长期性能等方面进一步研究和优化。未来研究方向应聚焦于这些关键问题，以期推动技术的持续改进和提升，为水库大坝防渗提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]杨宏武.高压摆喷灌浆技术在病险水库大坝防渗中的应用[J].中华建设,2019,0(08):0185-0186.
- [2]魏殿庚.高喷灌浆技术在水库大坝防冲加固施工中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021,(08).
- [3]李新兴.坝体充填灌浆在大江口水库坝体防渗中的应用[J].中国科技投资,2019,(20):35-35.
- [4]吴胡强.综合防渗技术在小型水库除险加固工程中的应用[J].水利科学与寒区工程,2023,6(07):146-149.
- [5]王晓艳.某小型水库除险加固中建筑物加固措施分析[J].黑龙江水利科技,2021,49(12):86-88.
- [6]谢莉.灌浆技术在水库大坝防渗工程中的应用[J].科技创新与应用,2022,12(35):181-184.
- [7]胡俊影刘明慧.帷幕灌浆在水库大坝基础防渗处理中的应用[J].环球市场,2020,(16):336-336.
- [8]王珊珊,何丽.组合防渗技术在土石坝除险加固工程中的应用[J].吉林水利,2019,(08):29-32.
- [9]苗得雨.小型水库大坝除险加固技术方案[J].中国新技术新产品,2021,(13):116-118.
- [10]潘杰.浅析小型水库大坝除险加固防渗设计处理[J].江西建材,2021,(06):86+88.