

新型防渗材料在水库加固漏水处理中的性能验证

刘 鹏

湖北省鄂西水资源开发有限责任公司, 湖北 武汉 430000

[摘要]为解决水库加固漏水处理难题,对新型防渗材料展开系统性能验证。通过实验测试其防渗、力学及耐久性能,并结合水库现场应用验证。结果显示,该材料防渗能力远超传统材料,力学强度满足工程承载需求,经环境考验后性能稳定。现场应用后,水库渗漏量大幅降低,有效解决漏水问题。研究验证了新型防渗材料在水库加固漏水处理中的适用性与优越性,为水利工程防渗加固提供可靠技术支撑。

[关键词]新型防渗材料;水库加固;漏水处理;性能验证;耐久性

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17794

中图分类号: TV223

文献标识码: A

Performance Verification of New Anti-seepage Materials in Reservoir Reinforcement and Leakage Treatment

LIU Peng

West Hubei Water Resources Development Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: In order to solve the problem of water leakage treatment in reservoir reinforcement, a systematic performance verification was carried out on new anti-seepage materials. Test its anti-seepage, mechanical, and durability performance through experiments, and verify it through on-site application in reservoirs. The results show that the material has a much higher anti-seepage ability than traditional materials, and its mechanical strength meets the engineering bearing requirements. After environmental testing, its performance is stable. After on-site application, the leakage of the reservoir was significantly reduced, effectively solving the problem of water leakage. The study has verified the applicability and superiority of new anti-seepage materials in the treatment of reservoir reinforcement and leakage, providing reliable technical support for anti-seepage reinforcement in water conservancy projects.

Keywords: new anti-seepage materials; reservoir reinforcement; water leakage treatment; performance validation; durability

引言

水库作为水资源调控与防洪减灾的关键基础设施,对保障民生与社会发展意义重大。然而,部分水库因建设时间久、地质条件复杂等因素,坝体、坝基渗漏问题频发,不仅造成水资源浪费,还削弱坝体稳定性,威胁水库安全运行。传统防渗材料在处理漏水问题时,存在施工难、防渗效果有限、耐久性差等缺陷,难以满足现代水库加固需求。开展新型防渗材料性能研究,挖掘其在水库加固漏水处理中的应用价值,对提升水库防渗质量、保障水库长期安全稳定运行具有重要意义。

1 水库加固漏水处理现状及新型防渗材料应用背景

1.1 水库漏水问题类型及对水库运行的危害

水库漏水问题按渗漏部位可分为坝体渗漏、坝基渗漏、绕坝渗漏等类型。坝体渗漏多因筑坝材料压实度不足、存在裂缝或孔隙,导致水体沿坝体内部通道渗出;坝基渗漏则与坝基土层渗透性强、存在溶蚀孔洞或断层破碎带有关,水体易顺坝基薄弱区域渗透^[1]。这些漏水问题会造成大量水资源流失,减少水库有效蓄水容积,影响供水、灌溉等功能发挥。长期渗漏会软化坝体及坝基岩土体,降低其抗

剪强度,引发坝体沉降、滑坡等安全隐患,严重时可能导致大坝溃决,威胁下游人民生命财产安全,因此及时有效处理水库漏水问题至关重要。

1.2 传统防渗材料在水库加固漏水处理中的局限性

传统防渗材料如黏土、水泥土、沥青等,在水库加固漏水处理中应用广泛,但存在明显局限性。黏土防渗需大量土方开挖与回填,施工周期长,且受气候条件影响大,在含水率较高或较低的环境下难以压实,防渗效果易受影响;水泥土虽强度较高,但抗裂性能差,在温度变化或坝体沉降作用下易产生裂缝,导致防渗失效;沥青材料耐高温性能不足,在夏季高温环境下易软化流淌,冬季低温时又易脆裂,耐久性较差,难以长期维持防渗效果,这些局限性使得传统材料难以满足复杂水库漏水场景的加固需求。

1.3 新型防渗材料在水库加固领域的应用潜力

新型防渗材料如高分子复合防渗膜、改性膨润土防渗材料、纤维增强水泥基防渗材料等,凭借独特性能展现出良好应用潜力。高分子复合防渗膜具有极低的渗透系数,抗化学腐蚀能力强,且重量轻、施工便捷,可适应不同地形条件的铺设;改性膨润土防渗材料通过对膨润土进行改性处理,提升了其膨胀性与吸附性,遇水后能快速膨胀形

成致密防渗层，封堵微小渗漏通道；纤维增强水泥基防渗材料则在水泥基体中掺入纤维，增强了材料的抗裂性能与韧性，减少因结构变形产生裂缝的可能性，这些特性使其在水库加固漏水处理中具备解决传统材料难题的能力。

2 新型防渗材料性能验证指标体系构建

2.1 防渗性能指标确定及测试方法选择

防渗性能是新型防渗材料的核心指标，主要通过渗透系数来衡量，同时需考虑材料的抗渗压力与防渗层连续性^[2]。渗透系数测试采用变水头渗透仪法，选取不同批次、不同厚度的材料试样，在标准温度与压力条件下，测量一定时间内透过试样的水量，计算得出渗透系数，确保数据的准确性与代表性；抗渗压力测试使用抗渗仪，逐步增加水压，记录材料出现渗漏时的最大压力值；防渗层连续性通过目视检查与无损检测技术结合，排查材料铺设过程中是否存在破损、搭接不严密等问题，全面评估材料的防渗能力。

2.2 力学性能指标设定及检测标准依据

力学性能指标包括抗压强度、抗拉强度、抗折强度及与基体的黏结强度，这些指标直接关系材料在水库加固中的结构稳定性。抗压强度测试参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》，制作立方体试样，采用压力试验机进行加载，记录试样破坏时的最大压力，计算抗压强度；抗拉强度测试采用拉伸试验机，对哑铃型试样进行轴向拉伸，获取断裂时的拉力值，换算为抗拉强度；抗折强度通过三点弯曲试验测定，在试样跨中施加荷载，直至试样断裂，计算抗折强度；黏结强度测试采用拉开法，将材料与水库坝体基材黏结制成试件，通过拉力试验机测试两者分离时的拉力，确定黏结强度，所有检测过程严格遵循相关国家标准，保证数据可靠性。

2.3 耐久性及环境适应性指标选取原则

耐久性指标主要考虑材料在水库长期运行环境下的性能稳定性，包括抗冻性、抗干湿循环性、抗化学侵蚀性；环境适应性指标则关注材料在不同温度、湿度条件下的性能表现。抗冻性测试采用快速冻融法，将试样在-20℃至20℃的温度区间内反复冻融，定期检测其质量损失率与强度变化；抗干湿循环性测试通过交替浸泡与烘干试样，模拟水库水位变化对材料的影响，监测材料外观与性能变化；抗化学侵蚀性测试将试样浸泡在模拟水库水质（含一定浓

度氯离子、硫酸根离子等）的溶液中，定期测定其强度与渗透系数变化。指标选取需结合水库实际运行环境特点，确保能真实反映材料在实际应用中的耐久性与适应性。

3 新型防渗材料性能验证实验设计与实施

3.1 实验原材料准备及试样制作规范

实验前需严格筛选新型防渗材料的原材料，确保原材料质量符合设计要求，如高分子复合防渗膜需检查其厚度均匀性、表面平整度及原料纯度，改性膨润土需检测其蒙脱石含量、膨胀倍数等指标。试样制作按照相关测试标准规范进行，根据不同性能测试需求，制作对应规格的试样，如抗压强度测试制作150mm×150mm×150mm的立方体试样，抗拉强度测试制作标准哑铃型试样^[3]。制作过程中控制原材料配比、搅拌时间、成型压力与养护条件，保证同一批次试样的一致性，减少实验误差，每个性能指标测试至少制备3组平行试样，以确保实验结果的客观性。

3.2 实验设备调试及测试过程质量控制

实验前对所有实验设备进行全面调试与校准，如渗透仪需检查管路密封性与压力传感器准确性，压力试验机需进行量程校准与空载运行测试，确保设备处于正常工作状态。测试过程中严格控制实验条件，如温度保持在20℃±2℃，湿度控制在60%±5%，按照预设的实验步骤逐步操作，实时记录实验数据，如渗透测试中记录不同时间点的水头高度变化，力学性能测试中记录荷载与位移变化曲线。安排专人对测试过程进行监督，及时发现并解决测试过程中出现的问题，如试样安装不当、设备异常等，确保测试过程规范有序，数据准确可靠。

3.3 现场应用验证方案制定及实施步骤

现场应用验证选取存在典型漏水问题的水库坝段作为实验区域，首先对实验区域进行详细勘察，明确渗漏位置、渗漏量及周边地质条件，制定针对性的施工方案。施工过程按照设计要求铺设新型防渗材料，控制材料铺设厚度、搭接宽度与压实度，确保施工质量符合标准。施工完成后，采用渗漏量监测仪对实验区域进行持续渗漏量监测，同时定期对防渗层外观进行检查，观察是否存在裂缝、破损等情况。对比施工前后实验区域的渗漏量变化，结合材料在现场环境下的性能表现，评估新型防渗材料在实际水库加固漏水处理中的应用效果，验证其实用性与可靠性，见表1。

表1 不同防渗材料的经济与环境性能对比分析

材料类型	单位造价 (元/m ²)	使用寿命 (年)	抗渗系数 (cm/s)	施工周期 (天/1000m ²)	环境影响系数 (kgCO ₂ /m ²)	维护成本 (元/m ² ·年)
HDPE 高密度聚乙烯膜	45.6	25	1.0×10 ⁻¹³	6	2.4	1.2
改性膨润土垫 (GCL)	58.3	30	5.0×10 ⁻¹²	8	1.6	0.9
水泥基渗透结晶涂层	32.7	20	2.0×10 ⁻¹¹	5	3.1	1.5
复合防渗膜 (HDPE+GCL)	76.4	35	5.0×10 ⁻¹⁴	9	1.9	1.0

数据来源：水利部水利水电规划设计总院《防渗材料应用技术评估报告》，2023。

4 新型防渗材料性能验证结果分析与问题解决

4.1 防渗性能验证结果分析及与传统材料对比

新型防渗材料的防渗性能经测试表现突出,其阻碍水体渗透的能力显著优于传统黏土与水泥土材料。从防渗层完整性来看,新型材料形成的防渗结构连续且稳定,未出现明显的渗漏通道。在水库现场应用中,采用新型材料处理的坝段,渗漏情况得到极大改善,相比处理前有大幅减轻,且防渗效果明显好于使用传统材料的对比坝段。这一验证结果充分体现出新型防渗材料在防渗能力上的优势,能够很好地满足水库加固过程中对漏水处理的防渗需求。

4.2 力学性能与耐久性验证结果评估及优化方向

新型防渗材料的力学性能通过测试显示,其承受压力、拉力以及弯曲的能力均能达到水库加固工程对结构承载的要求,与坝体基础材料之间的结合强度也符合工程标准。在耐久性方面,经过多次冻融交替、干湿循环测试后,材料的质量和强度变化较小,性能保持稳定;在模拟水库水质的化学环境中长时间浸泡后,其防渗性能也未出现明显下降^[4]。不过,测试过程中发现,在较高温度环境下,材料的抗拉性能会有一定程度的减弱。后续可通过调整材料的组成配方,比如添加能提升耐高温性能的改性成分,进一步增强材料在高温环境下的力学表现,提高其对极端环境的适应能力。

4.3 现场应用中出现问题的原因分析及解决措施

新型防渗材料在水库现场施工时,部分区域出现防渗层与坝体基材结合不紧密、局部产生细小裂缝的问题。经分析,黏结不牢源于坝体基材表面清理不彻底,残留浮土、油污阻碍黏结;微小裂缝则因施工后养护不及时,环境温度波动致材料收缩引发。对此,施工前增加基材表面打磨清洗以保证洁净干燥,施工后及时覆盖保湿材料延长养护周期,并控制温度变化速度。采取措施后,后续施工未再出现类似问题,保障了材料应用效果。

5 新型防渗材料在水库加固漏水处理中的应用价值与推广策略

5.1 新型防渗材料对提升水库加固质量的作用与意义

新型防渗材料凭借优异的防渗性能、可靠的力学性能与良好的耐久性,能显著提升水库加固质量。其高效的防渗能力可彻底封堵水库渗漏通道,减少水资源浪费,保障水库蓄水功能正常发挥;稳定的力学性能确保防渗层在水库运行荷载与环境荷载作用下不易损坏,延长水库加固后的使用寿命;良好的耐久性则降低了水库后期维护成本,减少因防渗失效导致的二次加固工程。通过应用新型防渗材料,可大幅提高水库加固工程的安全性、可靠性与经济性,为水库长期安全稳定运行提供坚实保障,对水利工程质量提升具有重要推动作用。

5.2 新型防渗材料在不同类型水库漏水处理中的适配性分析

针对不同类型水库漏水问题,新型防渗材料展现出良

好适配性。对于坝体裂缝渗漏,高分子复合防渗膜可通过铺设覆盖裂缝区域,结合黏结剂密封,形成连续防渗层,快速封堵裂缝;对于坝基松散土层渗漏,改性膨润土防渗材料可通过注浆方式注入坝基,遇水膨胀后填充土层孔隙,形成致密防渗帷幕;对于绕坝渗漏,纤维增强水泥基防渗材料可用于浇筑防渗墙,阻断绕坝渗漏通道。新型防渗材料施工便捷,可适应土石坝、混凝土坝等不同坝型水库的加固需求,在小型水库应急加固与大型水库系统加固工程中均能发挥良好作用,适配性强,应用范围广泛。

5.3 新型防渗材料推广应用的政策支持与培训建议

为促进新型防渗材料在水库加固漏水处理领域的广泛推广,需完善相关政策支持体系。建议水利部门将新型防渗材料纳入水库加固工程推荐材料目录,制定专项补贴政策,对采用新型防渗材料的水库加固项目给予一定资金支持,降低工程建设成本;建立新型防渗材料应用标准与验收规范,明确材料质量要求与施工技术要点,规范市场应用秩序^[5]。加强技术培训工作,组织水利工程设计、施工、监理人员参加新型防渗材料技术培训,通过理论教学、现场实操演示等方式,提升相关人员对材料性能、施工工艺的了解与掌握程度,确保材料在实际应用中能充分发挥性能优势,推动新型防渗材料在水利工程领域的规模化应用。

6 结语

本文通过对新型防渗材料在水库加固漏水处理中的性能验证研究,明确了该材料在防渗、力学、耐久性等方面的优势,验证了其在实际应用中的适用性与可靠性。新型防渗材料能有效解决传统材料在水库加固漏水处理中的局限性,显著提升水库防渗加固效果,保障水库运行安全。后续可进一步拓展新型防渗材料的性能研究,探索其在更复杂地质与环境条件下的应用,同时完善推广机制,推动该材料在水利工程领域的广泛应用,为水资源保护与水利工程安全提供更有力的技术支持。

【参考文献】

- [1]杨帆,陈功,丁冬,等.水利工程防渗技术在新材料应用中的进展[J].城市建设理论研究(电子版),2025(24):189-192.
- [2]张岩旺平.新型建筑材料在建筑工程中的应用与发展分析[J].低碳世界,2025,15(5):70-72.
- [3]邓忠利.复配新型防渗材料对混凝土耐久性能的影响研究[J].四川水泥,2025(3):31-33.
- [4]赖悦强.堤防工程中新型防渗材料的应用与效果评估[J].农家参谋,2024(34):64-66.
- [5]吴标,蒋崇玉,范聪炜,等.新型防渗材料制备工艺及性能测试分析[J].四川水利,2024,45(3):37-41.

作者简介:刘鹏(1986—),男,汉族,湖北宜昌大学,本科学历。