

水利水电工程防渗处理技术的创新与实践分析

陈向东, 徐智容, 吴超

湖北省高关水库管理局, 湖北 荆门 431800

DOI:10.61369/WCEST.2026010013

摘 要 : 水利水电工程属于国家基础设施建设中的重要组成部分, 其安全稳定的运行关系到国民经济发展和公众的安全。防渗处理属于水利水电工程施工的重要部分, 对工程寿命、运行效率以及生态效益有着直接影响。本文以水利水电工程防渗处理技术为研究对象, 从防渗处理技术的定义和发展状况入手, 其次对防渗处理技术的重要意义进行阐述, 主要从防渗材料、施工工艺、设计理念、检测运维等几个方面研究防渗处理技术的创新策略及实践途径, 最后总结防渗处理技术的应用效果并展望未来的发展。希望给水利水电工程防渗质量的提高、行业技术的升级提供理论参考和实践借鉴, 助力水利水电工程达到安全、高效、生态的可持续发展目的。

关 键 词 : 水利水电工程; 防渗处理技术; 创新与实践

Innovation and Practice Analysis of Seepage Control Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering

Chen Xiangdong, Xu Zhirong, Wu Chao

Hubei Gaoguan Reservoir Administration Bureau, Jingmen, Hubei 431800

Abstract : Water conservancy and hydropower projects are an important component of national infrastructure construction, and their safe and stable operation is crucial to national economic development and public safety. Seepage control is a vital aspect of water conservancy and hydropower engineering construction, directly impacting project lifespan, operational efficiency, and ecological benefits. This paper focuses on seepage control technology in water conservancy and hydropower projects, beginning with the definition and development status of seepage control technology. It then elaborates on the significance of seepage control technology, primarily exploring innovative strategies and practical approaches from the perspectives of seepage materials, construction techniques, design concepts, inspection, operation, and maintenance. Finally, it summarizes the application effects of seepage control technology and looks ahead to future developments. The aim is to provide theoretical references and practical insights for improving the quality of seepage control in water conservancy and hydropower projects and advancing industry technology, thereby contributing to the safe, efficient, and ecologically sustainable development of these projects.

Keywords : water conservancy and hydropower engineering; seepage prevention technology; innovation and practice

随着我国水利水电事业的快速发展, 各类大型水库、水电站、引水工程等基础设施越来越多, 工程建设环境也越来越复杂, 对防渗处理技术的要求也越来越高。渗漏问题属于水利水电工程运行期间的常见隐患, 轻则造成水资源浪费、工程效益降低, 重则引发坝体失稳、溃坝等重大安全事故, 危及周边群众生命财产安全。目前传统防渗处理技术, 在复杂的地质条件、高水头压力等情况下, 已经暴露出防渗效果不稳、施工时间长、后期维护费用高等问题。因此加强防渗处理技术的创新与实践研究, 突破技术瓶颈, 提高防渗工程质量, 成为水利水电行业高质量发展的迫切需要。本文对防渗处理技术的发展进行系统的整理, 分析技术创新内在的价值, 寻找创新与实践有效途径, 以期给工程防渗难题提供有效的支持。

一、水利水电工程防渗处理技术概述

(一) 防渗处理技术的核心内涵

水利水电工程防渗处理技术就是指利用一系列工程措施, 阻

止或者减少水流在工程结构及其周围岩土体中的渗透, 保证工程结构稳定和正常运行的技术体系。主要目的是控制渗透流量, 减小渗透压力, 防止渗透变形等灾害。该技术体系包括材料选择、结构设计、施工工艺、检测评估等各个方面, 系统性强、综合性

作者简介: 陈向东 (1968.05-), 男, 汉族, 湖北省京山市宋河镇人, 学历: 本科, 职称: 高级工程师, 研究方向: 水利工程建设与管理。

好、针对性强。不同类型的水利水电工程（水库大坝、水电站厂房、引水隧洞等）由于工程用途、地质条件、水文环境的不同，对防渗技术的要求也大相径庭，必须根据工程实际情况进行个性化方案设计。

（二）防渗处理技术的发展历程

我国水利水电工程防渗处理技术大体可分为三个时期。早期阶段（20世纪50-70年代），由于技术水平和经济条件所限，主要采用黏土夯实、砌石防渗等传统技术，防渗效果差，适应范围小。发展阶段（20世纪80年代至90年代），伴随着改革开放的推进，国外先进的防渗技术被引进来，水泥灌浆、沥青防渗等技术得到了广泛的使用，国内也开始自主研发防渗材料和施工设备，技术水平逐步提高。创新阶段（21世纪以后），由于新材料、新技术、新工艺的发展，防渗处理技术向高效化、智能化、生态化方向发展，高分子防渗材料、复合防渗结构、智能化施工与检测技术等不断涌现并应用于实际工程，大大提高了防渗工程的质量和可靠性。

（三）防渗处理技术的分类及适用场景

按防渗部位和技术原理分类，水利水电工程防渗处理技术分为堤身防渗技术、坝基防渗技术、隧洞防渗技术和渠道防渗技术四大类。堤身防渗技术主要是加固堤坝土体，常用措施有黏土心墙、沥青混凝土防渗层、土工膜铺设等，适用于土坝、土石坝等堤身渗漏问题的处理；坝基防渗技术针对坝体基础岩土体的渗漏，主要措施有灌浆帷幕、防渗墙、换填夯实等，适用于深厚覆盖层、裂隙发育岩体等复杂坝基条件；隧洞防渗技术主要解决隧洞衬砌结构渗漏和围岩渗透问题，常用技术有衬砌混凝土防渗、注浆加固、防水卷材铺设等，适用于各类引水隧洞、发电隧洞工程；渠道防渗技术主要减少渠道输水过程中的水资源渗漏损失，主要采用混凝土衬砌、浆砌石衬砌、土工合成材料防渗等措施，适用于农田灌溉渠道、输水干渠等工程^[1]。

二、水利水电工程防渗处理技术创新与实践的意义

（一）保障工程结构安全，降低运行风险

防渗处理对于保障水利水电工程结构的安全有着十分重要的意义，技术上的革新和应用能够很大程度上提高防渗的效果，降低工程运行的风险。传统的防渗技术在长期运行中容易产生防渗层老化、开裂、渗漏通道发育等状况，对坝体、隧洞等主要结构造成严重威胁。依靠技术创新研发出高强度、抗老化、抗渗透性能更好的防渗材料，改进防渗结构设计，可以有效地切断渗透水流的通道，控制渗透压力在安全范围内，防止渗透变形、管涌、流土等灾害的发生。新型复合防渗材料的使用，大大提高了防渗层的耐久性、抗破损能力，智能化防渗检测技术的运用，可以及时发现潜在渗漏隐患，给工程运维提供准确依据，从而保证工程长期安全稳定运行^[2]。

（二）提升水资源利用效率，节约水资源

水资源属于稀缺的战略性资源，水利水电工程的核心功能之一就是水资源进行调配和利用，防渗处理技术的创新与实践对

提高水资源利用率有着十分重要的意义。在输水渠道、水库等工程当中，渗漏成为造成水资源浪费的重要原因之一，传统的防渗技术渗漏率大，尤其是对于长距离输水工程而言，水资源浪费问题更加明显。使用新型防渗材料，用先进的施工工艺，可以大大减少渗漏损失率，提高输水效率。例如农田灌溉渠道中使用土工膜防渗技术，渗漏损失率由传统的土渠的30%-50%降低到5%以下，在水库工程中改进防渗帷幕设计可以减少库水渗入地下，保证水库蓄水量，从而提高水资源利用率，解决水资源供需矛盾。

（三）推动行业技术升级，提升工程建设水平

防渗处理技术的创新和实践，是水利水电行业技术升级的主要动力，可以带动相关领域技术的协同发展，提高整个工程建设水平。技术创新包含材料研发、设备制造、设计理念、施工工艺等诸多方面，新型防渗材料的研发可以带动材料工业的发展，智能化施工设备的应用可以提高施工机械化、自动化水平，数字化设计理念的实践可以优化工程设计方案。技术创新过程中形成的标准规范、施工经验，可以给行业内的其他工程提供借鉴，促进防渗处理技术的标准化、规范化应用。大型混凝土防渗墙施工技术的创新与应用，促进了防渗墙施工设备的更新换代、施工工艺的改进，成为深厚覆盖层坝基防渗的主要技术，极大地提高了我国水利水电工程建设质量、技术水平^[3]。

（四）助力生态环境保护，实现可持续发展

在生态文明建设的大背景之下，水利水电工程防渗处理技术的革新与实践，对于守护生态环境、达成可持续发展有着十分重要的意义。传统的防渗技术会对周边的生态环境造成破坏，大量开采黏土用于防渗工程，会造成地表植被、土壤结构的破坏；部分防渗材料的降解性不好，会造成环境污染^[4]。依靠技术创新研发环保型、可降解的防渗材料，采用生态友好型施工工艺，可以减小对生态环境的影响。生态混凝土防渗技术具有较好的防渗效果，可以为水生生物提供栖息地，有利于水体生态系统恢复^[5]。

表1 防渗技术类型

防渗技术类型	适用场景	渗漏损失率（参考值）
传统土渠防渗	小型农田灌溉渠道	30%-50%
土工膜防渗	各类渠道、坝体	≤5%
混凝土衬砌防渗	输水干渠、水库堤坝	5%-10%
生态混凝土防渗	生态型水利工程	8%-12%

三、水利水电工程防渗处理技术的创新与实践策略

（一）新型防渗材料的研发与实践应用

防渗材料是防渗处理技术的核心基础，新型防渗材料的研发和应用是技术创新的重点方向^[6]。一方面应该加强高性能高分子防渗材料的研发，提高材料的抗老化、抗腐蚀、抗拉伸性能。研发改性聚氯乙烯（PVC）土工膜、高密度聚乙烯（HDPE）土工膜等，加入抗老化剂、增强剂等，提高材料在恶劣环境下耐久性；研发复合防渗材料，土工膜+无纺布+混凝土的复合结构，发挥不同材料优点，提高防渗层性能。另一方面积极推广环保型防渗材料的应用，可降解土工膜、生态混凝土、生物炭基防渗材料等，减少材料对环境的污染。在实际应用中需要结合工程实际情

况,对新型材料进行全面检测,制定出科学的施工工艺方案来保证材料的防渗效果。在某水库加固工程中,用新型 HDPE 复合土工膜做坝体防渗处理,严格控制材料铺设、焊接工艺,大大提高了坝体的防渗性能,材料具有良好的环保性,对周边生态环境没有不良影响^[7]。

（二）防渗结构设计的优化与创新

防渗结构设计的优化与创新是提高防渗效果的重要环节,要根据工程地质条件、水文环境、工程用途等因素来采取个性化的、精准化的设计方法。一是对传统的防渗结构进行优化,对现有的防渗结构存在的不足进行改进。对混凝土防渗墙进行优化,采用变厚度、变深度的设计方案,在渗漏风险高的地方增加墙厚和深度,在渗漏风险低的地方简化结构,降低工程成本;对灌浆帷幕进行优化,采用分段灌浆、复合灌浆等设计,提高帷幕的防渗效果。二是创新防渗结构形式,开发出适应于复杂地质条件的新型防渗结构。研发三维立体防渗结构,水平防渗层+垂直防渗墙+灌浆帷幕,全方位防渗,适合深厚覆盖层、裂隙发育岩体等复杂地质;研发模块化防渗结构,预制防渗模块拼接组合,施工速度快,适合应急防渗工程和小型水利工程。实际工程中可以采用数值模拟的方法,对防渗结构的受力、渗流特性等进行模拟分析,从而达到优化设计参数的目的,保证防渗结构设计的合理性、可靠性^[8]。

（三）施工工艺的改良与智能化施工实践

施工工艺的改良和智能化施工实践是提高防渗工程施工质量、提高效率的重要方式。一方面改进传统施工工艺,改善施工

流程,提高施工精度。改良灌浆施工工艺,采用高压喷射灌浆、循环灌浆等技术,提高灌浆效果,优化土工膜铺设工艺,改进焊接设备和焊接方法,减少焊接缺陷,保证土工膜的密封性。另一方面要大力推进智能化施工技术的应用,依靠先进的施工设备和信息技术来实现施工过程的自动化、精确化控制。使用智能化防渗墙施工设备,依靠 GPS 定位、自动化监测等技术,对成槽、浇筑等工序实施精确控制,采用无人机巡检技术,对防渗层铺设质量开展实时监测,及时发现施工缺陷^[9]。借助 BIM 技术,创建防渗工程数字化模型,达成施工过程的可视化管理,改良施工方案,缩减施工误差。在某水电站坝基防渗工程中,使用智能化高压喷射灌浆设备,用 BIM 技术进行施工管理,提高了灌浆施工效率和质量,降低施工人员劳动强度,取得良好的实践效果^[10]。

四、结束语

综上所述,水利水电工程防渗处理技术的新发展、新实践,是保证工程安全、提高水资源利用效率、促进行业发展、改善生态环境的重要途径。本文通过对防渗处理技术的概述、创新与实践意义、具体策略的分析来确定技术创新的主要方向以及实践途径。新型防渗材料的研发和应用、防渗结构的优化和创新、施工工艺的改进和智能化的实践、检测运维技术的升级,一起组成了防渗处理技术创新体系。在以后的发展中要加强产学研协同创新,突破技术瓶颈,促使防渗技术朝更高效、更环保、更智能的方向发展。

参考文献

- [1] 刘伟模. 防渗处理施工技术在水利工程中的具体应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (30): 80-82.
- [2] 贾海涛, 郑宇. 超深嵌固式槽孔型覆盖层坝基防渗墙施工技术研究 [J]. 小水电, 2025, (05): 86-89+85.
- [3] 海秀成. 水利工程蓄水池防渗处理技术研究 [J]. 张江科技评论, 2025, (09): 83-85.
- [4] 李家文. 灌浆技术在水利工程防渗处理中的实践应用研究 [J]. 水上安全, 2025, (16): 154-156.
- [5] 王飞, 周娜娜. 水利水电工程中的防渗处理施工技术应用 [J]. 城市建设, 2025, (17): 92-94.
- [6] 张羽中. 混凝土防渗墙施工技术在水利工程施工中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (34): 152-154.
- [7] 刘晓亚, 王强. 混凝土防渗墙施工技术在水利工程施工中的应用研究 [J]. 水上安全, 2025, (22): 166-168.
- [8] 李惠敏. 堤防防渗施工技术在水利工程中的应用研究 [J]. 水上安全, 2025, (22): 184-186.
- [9] 孙文娟, 郭威威. 水利水电工程中土工合成材料的综合应用与技术进展 [J]. 内江科技, 2025, 46(11): 139-140.
- [10] 潘中圣. 水利水电工程中防渗处理施工技术探讨 [J]. 价值工程, 2025, 44(34): 102-104.