

水利工程防渗技术的前沿探讨与工程实践

杨涛

身份证号: 6403021989****0913

摘要: 在水利工程里, 防渗技术是保障水资源安全、提高工程效益的关键举措, 近些年来受到了广泛的关注。伴随技术持续发展, 防渗材料跟施工技术持续更新, 特别是在像地下水位高、土质复杂这类高难度环境的区域应用时, 防渗技术的应用面临不少挑战。本文会探讨当前水利工程中防渗技术的研究进展, 着重分析不同防渗材料的性能、适用性, 并且结合工程实际情况, 探讨防渗技术的实施效果。通过对最新技术展开研究, 提出在未来水利工程中防渗技术的改进方向、发展趋势, 期望能为水利工程的设计、施工与管理给予理论支持。

关键词: 水利工程; 防渗技术; 土壤改良; 工程实践; 材料应用

Frontier Exploration and Engineering Practice of Seepage Prevention Technology in Hydraulic Engineering

Yang Tao

ID Card Number: 6403021989****0913

Abstract: In hydraulic engineering, seepage control technology is a key measure to ensure water resource safety and improve project efficiency, and it has received widespread attention in recent years. With the continuous development of technology, seepage control materials and construction techniques are continuously being updated, especially when applied in challenging environments such as high groundwater levels and complex soil conditions, the application of seepage control technology faces many challenges. This article will explore the current research progress of seepage control technology in hydraulic engineering, focusing on analyzing the performance and applicability of different seepage control materials, and, combined with actual engineering conditions, discuss the implementation effects of seepage control technology. By studying the latest technologies, the article proposes directions for improvement and development trends of seepage control technology in future hydraulic engineering, aiming to provide theoretical support for the design, construction, and management of hydraulic projects.

Keywords: Hydraulic engineering; Seepage control technology; Soil improvement; Engineering practice; Material application

0 引言

在水利工程这个领域当中, 防渗技术对于保障水资源能够高效利用、预防水土流失来讲, 是一项相当重要的措施。随着水利建设持续不断地往前推进, 防渗技术在像大坝、渠道、蓄水池等各种各样的水利工程里的应用渐渐增多。防渗层作为阻挡水渗透、防止水土流失的关键位置, 其技术的选择跟水利工程的稳定性还有经济效益直接关联。特别是在气候变化、环境压力不断增加的这样一种背景之下, 防渗技术的可靠性与经济性已经成为了研究的重点内容。本文依据当前水利工程防渗技术的发展情形, 针对其在实际工程中的应用与发展状况展开探讨。

1 水利工程防渗技术的基础与发展

1.1 防渗技术的基本原理

防渗技术的关键在于对渗流路径进行调控、降低介

质的渗透能力, 借助建立连续且致密的隔水模式, 让水体在工程结构里的渗流行为得到有效的约束。在土体或者结构内部, 水的运动受到孔隙结构、渗透系数、水力坡降等因素的共同作用, 要是孔隙连通性比较强, 那么就on容易形成稳定的渗流通道进而引发渗漏问题。通过运用压实处理、材料填充、防渗层设置等办法, 可以改变原来介质的孔隙分布状况, 使其内部结构变得更加紧密, 以此降低渗透通道的连续性与有效宽度。防渗材料的加入能够在工程当中形成具有较低渗透系数的隔离层, 与原来的土体构成复合防渗模式, 在不同的尺度上共同发挥作用, 控制渗流的发展趋势。材料选择要结合地基条件、水文特征、工程寿命要求, 在满足防渗性能的同时还要兼顾结构协调性与经济合理性, 通过整体设计达成防渗效果与工程稳定性的统一。

1.2 防渗技术的应用领域

在水利工程模式里，防渗技术贯穿于不同类型的结构、功能环节之中，其应用范围涉及到大坝、渠道、水池还有地下工程等诸多领域。根据不同工程形态、运行需求，防渗措施在结构形式、材料选用方面展现出差异化特点。大坝工程注重整体稳定、长期安全，防渗模式大多会和坝体结构紧密相连，借助心墙、防渗墙或者复合膜层形成多层防护结构，渠道工程着重于输水效率、抗冲刷能力，防渗层要兼顾水力条件、边坡稳定，从而让水流在限定断面内稳定运行，水池及蓄水构筑物更加关注水体保持、环境影响控制，防渗措施需要在保证密封性的同时维持结构耐久性。在地下水水位较高或者地质条件复杂的区域，传统材料难以满足防渗要求，采用高分子膜与复合材料能够在复杂应力与水文条件下保持较高的防渗性能，进而使工程在长期运行中维持稳定状态。随着材料技术与施工工艺不断发展，防渗技术在各类水利工程中的适应性不断增强，逐渐实现从单一结构防护向系统化综合防控的转变。

2 水利工程防渗材料的选择与应用

2.1 传统防渗材料的优势与不足

传统防渗材料当中，像粘土、混凝土、常规土工膜是比较典型的代表，在水利工程领域建立起了相对成熟的应用模式。粘土依靠其细密的颗粒结构，在含水率适宜的状况下能够搭建起低渗透屏障，适合应用在坝体和堤防工程，混凝土具备较高的强度、整体性，兼具防渗和承载功能，土工膜通过连续铺设从而形成隔水层，在渠道与池体工程里施工效率比较高。这类材料来源广泛、工艺成熟，有利于进行推广应用。然而，其性能在复杂环境里存在一定的局限性，粘土在干湿循环、冻融作用下容易出现开裂现象，混凝土受到温度与应力的影响有可能产生裂缝，土工膜在紫外或者化学作用下容易发生老化。在高盐度、冻土、具有腐蚀性的环境中，其耐久性难以长时间维持，这对施工质量、后期维护提出了更高的要求，见表1。

2.2 新型防渗材料的创新与应用

材料科学不断发展，给防渗工程带来了更多样的技术

途径，像高分子材料、复合防渗膜、纳米改性材料，渐渐成了工程应用里很重要的部分。高分子防渗材料，以聚乙烯膜和聚氯乙烯膜最为典型，通过对分子结构优化，拥有了出色的抗渗性能和耐化学腐蚀能力，在复杂的水文地质条件下也能维持稳定性能。复合防渗膜借助多层结构设计，把力学性能和防渗性能有效结合起来，不但提高抗拉强度，还增强了抗穿刺能力，就算在防渗层出现不均匀沉降的状况下，依然能有良好的完整性。纳米材料的加入，进一步改良了材料的微观结构，在抗老化、耐温变、抗渗透方面展现出更高水准。新型材料在施工时表现出良好的柔性和可加工性，能适应不同地形条件，还能缩短施工周期，既能保证工程质量，又可降低综合成本。在复杂环境下的应用实践说明，这类材料在提高防渗效果、延长工程服役周期方面优势明显，随着技术标准和施工工艺完善，其应用范围还会不断拓展。

3 防渗施工技术的创新与挑战

3.1 防渗施工技术的传统方法

传统防渗施工技术基于材料可得性、工艺成熟性，在水利工程长期实践当中形成了比较稳定的技术模式。黏土心墙与均质坝等结构常见的防渗实现途径是，运用分层填筑、压实工艺，提高土体密实度并且降低孔隙率，以此削弱渗流通道的连续性，把混凝土面板或者浆砌结构结合起来，能够进一步增强防渗层的整体性、抗冲刷能力。这类方法依靠施工过程的规范控制，对压实度、含水率、分层厚度有着较高要求，一旦施工控制偏离设计参数，容易在结构内部形成弱面或者不连续界面，致使局部渗透加剧并且诱发潜在失稳风险。在地基条件不好或者土体渗透系数偏高的区域，仅仅依靠传统压实与覆盖手段很难建立稳定可靠的防渗屏障，特别是在应对不均匀沉降、环境变化方面存在一定局限性。所以说，传统方法虽然具有工艺成熟、成本相对可控的优势，但其防渗效果在复杂工况下依然受到材料性能与施工精度的限制。

3.2 新型施工技术的挑战与发展

工程技术不断进步促使防渗施工朝着机械化、精细化

表1 水利工程常用防渗材料性能对比

| 材料类型 | 主要特点 | 适用环境 | 局限性 |
|---------------|-------------|-----------|------------|
| 粘土 | 渗透系数低、来源广泛 | 一般地基、大坝心墙 | 易受干湿循环影响开裂 |
| 混凝土 | 强度高、整体性好 | 防渗面板、水工结构 | 温度应力易导致裂缝 |
| 土工膜 | 施工便捷、防渗连续性好 | 渠道、水池衬砌 | 抗老化能力有限 |
| 高分子膜 (PE/PVC) | 抗渗性强、耐腐蚀 | 高水位、复杂地质 | 成本相对较高 |
| 复合防渗膜 | 强度与防渗兼顾 | 不均匀沉降区域 | 施工要求较高 |
| 纳米改性材料 | 抗老化、耐环境能力强 | 特殊环境工程 | 技术成熟度有待提升 |

方向发展,自动化铺设、高精度注浆还有智能监测渐渐融入水利工程实践当中。机械化铺设能够做到材料连续作业,减少人为干扰,让防渗层的厚度、密实度更加均匀,注浆技术依靠压力把浆液渗透到孔隙与裂隙里,在深层建立连续的防渗结构,对传统方法难以覆盖的区域起到有效的补强作用。这些相关技术在提高施工质量和效率方面有一定成果,不过推广仍然受到成本、设备依赖、施工组织复杂度等因素的限制,与此同时对人员技术、管理能力提出了更高要求。结合工程条件进行参数优化、技术适配,是提高应用效果的关键所在。

4 防渗技术在水利工程中的实际应用与成效

4.1 防渗技术在大坝建设中的应用

在大坝工程模式里,防渗结构有着维持整体稳定、控制渗流路径的重要作用,它的设计跟施工质量直接关乎坝体抗渗性能、长期运行的安全。随着水利工程朝着高坝、大库容的方向发展,以往依靠黏土心墙或者浆砌结构的防渗办法已经没办法满足复杂地质条件下的防渗要求了。像高分子防渗膜、复合土工材料这类新型材料渐渐进入大坝防渗模式,通过建立连续、致密并且有着良好延展性的防渗屏障,阻断渗流通道,降低渗透坡降对坝体结构的破坏影响。材料在适应坝基不均匀沉降、温度变形方面展现出比较强的协调能力,进而减少裂隙产生跟扩展的风险。在实际运用中,防渗模式常常跟帷幕灌浆、防渗墙等措施形成复合结构,达成多层次防护,增强整体抗渗稳定性。通过精细化施工控制、质量检测手段,可以保证防渗层连续完整,让渗流场分布趋向于可控状态,给大坝安全运行提供可靠保障。

4.2 防渗技术在渠道与蓄水池建设中的实践

渠道与蓄水池工程于农业灌溉、水资源调配模式里处于基础性位置,其防渗性能会直接对水资源利用效率、工程运行成本产生影响。在长时间运行进程中,渠道受到水流冲刷、地基变形的作用,容易产生裂隙与孔隙通道,使得渗漏现象加重,这不但造成水量损失,还可能引发边坡

稳定方面的问题。把土工布与复合防渗膜等材料运用到衬砌结构中,能够在渠道断面形成连续防渗层,有效降低渗透系数并且改善水流边界条件,让水体输送过程更为稳定。对于蓄水池工程来讲,防渗措施不但关乎蓄水能力,还和水质保持、生态环境稳定有关,复合防渗材料在减少地下水交换之际,有助于维持水体内部生态平衡。在施工实践当中,通过合理处理基底平整度、材料搭接工艺,能够提高防渗结构整体性与耐久性,使工程在不同气候条件、使用周期内都可保持良好性能,达成水资源的高效利用、工程运行的可持续性。

5 结语

水利工程防渗技术是保障水资源高效利用、生态环境保护的关键举措,在现代水利工程里起着重要作用。伴随新材料、新技术持续发展,防渗技术的应用效果还有施工效率都有了提高。可是在具体应用进程中,面临材料选择、施工技术、环境适应性问题,急需进一步研究创新。未来,随着科技进步,防渗技术会更精细化、智能化,给水利工程的可持续发展提供更有保障。

参考文献:

- [1] 卢杰. 水利工程灌区防渗技术的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2026, 40(02): 207-209.
- [2] 余晓昭. 水利工程防渗处理中灌浆施工技术的应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2026(06): 211-213.
- [3] 艾超平. 水利工程渗水原因及防渗技术研究[J]. 石河子科技, 2026(01): 58-59.
- [4] 黄小婷, 高阳. 水利工程堤坝多维防渗施工技术分析[C]//《中国招标》期刊有限公司. 新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题. 湖北省汉江河道管理局潜江东荆河管理分局; 湖北省汉江河道管理局泽口闸管理分局, 2025: 1169-1173.

作者简介: 杨涛(1989.09-), 男, 回族, 本科学历, 中级工程师, 宁夏回族自治区吴忠市, 研究方向: 主要从事水利工程设计方面的研究工作。