

# 水利工程施工堤坝防渗加固技术

胡军

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17182

**[摘要]** 水利工程中堤坝防渗加固技术对于保障堤坝安全稳定运行至关重要。本文首先阐述了堤坝防渗加固的必要性,接着详细介绍了灌浆防渗加固、防渗墙施工、复合防渗加固等技术,分析了各技术原理、适用场景及优势。随后探讨了防渗加固方案选择、施工过程质量控制、竣工验收与效果评估等应用要点。旨在为水利工程堤坝防渗加固提供全面技术参考,提升堤坝防渗能力,保障水利工程安全。

**[关键词]** 水利工程施工; 堤坝防渗加固; 必要性

**中图分类号:** TV543 **文献标识码:** A

## Seepage Prevention and Reinforcement Technology for Dams in Hydraulic Engineering Construction

Jun Hu

China Gezhouba Group Three Gorges Construction Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Seepage prevention and reinforcement technology for dams in hydraulic engineering is crucial for ensuring the safe and stable operation of dams. This paper first elaborates on the necessity of seepage prevention and reinforcement for dams, then introduces technologies such as grouting for seepage prevention and reinforcement, anti-seepage wall construction, and composite seepage prevention reinforcement in detail, analyzing the principles, applicable scenarios, and advantages of each technology. It further discusses key application points including the selection of seepage prevention reinforcement schemes, quality control during construction, and completion acceptance and effect evaluation. The aim is to provide comprehensive technical references for seepage prevention and reinforcement of dams in hydraulic engineering, enhancing the seepage prevention capability of dams and ensuring the safety of hydraulic projects.

**[Key words]** Hydraulic Engineering Construction; Dam Seepage Prevention and Reinforcement; Necessity

### 引言

水利工程作为国家基础设施的关键部分,在防洪减灾、水资源调配、生态保护和经济发展等方面发挥着不可替代的作用。堤坝作为水利工程的核心结构,其安全稳定运行直接关系到整个工程的效益发挥。然而,受自然因素、施工质量及材料老化等影响,堤坝常出现渗漏问题,严重威胁下游安全。因此,深入研究堤坝防渗加固技术,提升堤坝防渗性能,成为水利工程领域亟待解决的重要课题。

### 1 水利工程堤坝防渗加固的必要性

水利工程是国家基础设施体系的关键构成,在防洪减灾领域,能有效抵御洪水侵袭,保护下游地区人民生命财产安全,减少洪涝灾害带来的经济损失;在水资源利用方面,可实现水资源的合理调配与存储,保障农业灌溉、工业生产及生活用水的稳定供应;在生态环境保护上,有助于维持区域生态平衡,保护生物多样性;对经济发展而言,稳定的水利条件为农业、工业等产业

提供基础支撑,促进区域经济繁荣<sup>[1]</sup>。堤坝作为水利工程的核心结构,其重要性不言而喻。它直接决定着水利工程能否正常运行。然而,堤坝在实际运行过程中面临诸多挑战。自然因素方面,长期遭受水流冲刷、雨水侵蚀以及地质变化影响,会使堤坝结构逐渐受损。施工质量参差不齐也是一大问题,部分堤坝在建设时,因技术、管理等因素,存在土体压实度不足、结构衔接不紧密等缺陷。材料老化同样不可忽视,随着时间推移,堤坝所用材料性能下降,抗渗能力减弱。这些因素导致堤坝常出现渗漏问题。一旦发生渗漏,水分会渗入坝体内部,破坏土体结构,使坝体结构受损、抗剪能力降低。严重时,会引发滑坡、坍塌等灾难性事故,不仅造成水利工程的直接损坏,还会对周边地区的人民生命财产安全构成巨大威胁。鉴于此,实施堤坝防渗加固技术迫在眉睫。通过采取有效的防渗加固措施,能够显著提升堤坝的防渗性能,阻止水分过度渗透,增强坝体整体稳定性。这不仅可保障水利工程在各种复杂条件下安全运行,还能延长其使用寿命,减少

因频繁维修带来的高额成本,为水利工程的长期稳定发挥效益提供坚实保障。

## 2 水利工程施工堤坝防渗加固技术

### 2.1 灌浆防渗加固技术

灌浆防渗加固技术是堤坝防渗处理中应用广泛且效果显著的方法。其核心原理在于向堤坝土体或岩层裂缝中精准注入特定浆液,待浆液凝结硬化后,形成连续且稳固的固结体,有效封堵渗漏通道,进而提升坝体的整体性与抗渗性能。帷幕灌浆防渗技术是其中重要一类。施工时,先通过专业钻孔设备在岩层中钻孔,随后将精心配制的浆液注入岩层裂缝。浆液在裂缝中逐渐凝结硬化,最终形成一道可靠的防渗帷幕。这一过程不仅能阻止水流通过岩层裂缝渗透,还能显著增强岩基的强度与整体性。在实际施工中,常用的方法有孔口封闭灌浆法、GIN灌浆法和自上而下纯压式灌浆法。不同方法适用于不同地质条件和工程需求,其中,该技术尤其适用于岩基渗漏问题较为严重的堤坝工程,能有效解决因岩基渗漏导致的坝体安全隐患。劈裂灌浆防渗技术则主要针对土质堤坝。施工时,沿堤坝轴线合理布置钻孔,利用灌浆过程中产生的压力,使坝体沿轴线方向被劈裂,形成纵向垂直的防渗帷幕。同时,将浓浆注入劈裂形成的裂缝中,浓浆填充裂缝和孔洞,消除坝体内部缺陷。此技术具有操作简便、成本较低的优势,对于土质堤坝中常见的裂缝、孔洞等问题,能起到良好的修复和加固作用,有效提升土质堤坝的防渗能力和稳定性。高压填充灌浆加固技术侧重于堤基的处理。当堤基存在裂缝、孔洞,或者出现蚁穴、溶洞等缺陷时,该技术能发挥重要作用。施工时,采用工程钻进行钻孔,孔距一般保持在1.5-2m,孔深则根据具体地质条件确定。通过高压设备将浆液注入这些缺陷部位,浆液填充后提升地基强度,保障堤基的稳定性,从而为整个堤坝的安全运行提供坚实基础。

### 2.2 防渗墙施工技术

防渗墙施工技术是堤坝防渗的关键手段,通过在堤坝内部或外部构建连续墙体,有效阻止水分渗透,保障堤坝安全。依据施工方式与材料差异,常见防渗墙技术有以下几种。高压喷射防渗墙施工技术,其原理是借助高压浆液的强大能量切割土层。施工时,先钻孔并将灌浆管插入其中,随后高压喷射浆液,在切割土层的同时与土颗粒充分搅拌混合,最终形成防渗墙。该技术施工设备相对简单,操作便捷,施工效率高,能灵活应对多种地质条件<sup>[2]</sup>。其喷射方式多样,旋转喷射可使浆液均匀覆盖较大范围,常用于大面积地基加固;定向喷射能精准控制喷射方向,适用于特定部位的防渗处理;摆动喷射则结合了前两者的特点,在防渗和加固方面均有良好表现。混凝土防渗墙施工技术,是通过浇筑混凝土来构建垂直防渗墙体。施工过程需严格控制墙体厚度和结合密实度,以确保防渗效果。该技术分为浅薄型和深厚型,浅薄型混凝土防渗墙适用于水头较小的堤防工程,能满足基本的防渗需求;深厚型则针对水头较高、墙深较大的大坝及险要地段,可提供更可靠的防渗保障。混凝土防渗墙具有永久性防渗和堵漏功能,凭借其良好的稳定性和耐久性,在水利工程中应用极

为广泛。垂直铺塑防渗施工技术,利用链斗式挖槽机开槽,在槽内铺设防渗塑膜后再进行回填,形成复合型防渗帷幕。此技术适应性强,对不同地质条件均有较好的兼容性,且整体性好,能有效防止渗漏。它主要适用于平原地区截渗深度较小的堤坝工程,挖槽深度一般不超过15米,槽宽在15-30厘米之间,施工精度较高。

### 2.3 复合防渗加固技术

复合防渗加固技术凭借融合多种材料或工艺的优势,能显著提升堤坝的防渗效果,在水利工程防渗处理中发挥着重要作用。复合土工膜技术是复合防渗加固技术中的典型代表。它将土工膜与混凝土或土工格栅巧妙结合,构建出一个兼具防渗、抗老化、抗冲刷等多种优良性能的复合结构。土工膜本身具有良好的防渗性能,能有效阻止水分渗透;混凝土或土工格栅则增强了结构的整体强度和稳定性。在实际应用中,该技术尤其适用于防渗要求较高的坝体工程。比如在一些大型水库大坝的防渗处理中,采用复合土工膜技术,可有效防止水库水渗漏,保障水库的蓄水能力和大坝的安全运行。不过,施工时需格外注意,要确保土工膜与坝体紧密贴合,避免出现缝隙。因为哪怕细微的缝隙,都可能成为水分渗透的通道,进而影响整个防渗效果,降低工程的安全性和可靠性。土工膜与混凝土复合技术同样展现出独特的优势。它通过在混凝土中嵌入土工膜,实现了混凝土强度与土工膜柔韧性的完美结合。混凝土具有较高的强度和刚性,能够承受较大的外力作用;而土工膜则具有良好的柔韧性和防渗性,能适应一定程度的变形<sup>[3]</sup>。这种复合结构在复杂地质条件下的堤坝防渗加固中表现出色。在地质条件复杂、地基不均匀沉降的堤坝工程中,土工膜的柔韧性可以缓冲地基变形对防渗结构的影响,防止因地基变形导致防渗层破裂,同时混凝土的强度又能保证结构的整体稳定性,从而有效提升堤坝的防渗性能,延长堤坝的使用寿命,为水利工程的安全运行提供可靠保障。

## 3 水利工程堤坝防渗加固技术的应用与质量控制

### 3.1 防渗加固方案的选择

在水利工程中,科学合理地选择防渗加固方案是保障堤坝安全稳定运行的关键,这需要全面综合地考量多方面因素,包括堤坝类型、地质条件、渗漏原因以及施工成本等。若堤坝出现大面积渗漏,高压喷射防渗墙与混凝土防渗墙技术是较为理想的选择。高压喷射防渗墙借助高压浆液切割土层并与土颗粒混合形成防渗墙,施工设备简单、效率高,能适应多种地质条件;混凝土防渗墙通过浇筑混凝土构建垂直防渗墙体,浅薄型适用于水头较小的堤防工程,深厚型则可用于水头较高、墙深较大的大坝及险要地段,二者都能有效解决大面积渗漏问题。对于土质堤坝,劈裂灌浆防渗技术是首选。该技术沿堤坝轴线布孔,利用浆液压力劈裂坝体形成纵向垂直防渗帷幕,并注入浓浆消除坝体裂缝、孔洞等缺陷,具有操作简单、成本低的优势。当堤基存在渗漏或者出现蚁穴、溶洞等缺陷时,高压填充灌浆加固技术更为适用。它通过高压将浆液注入堤基裂缝或孔洞,提升地基强度,有效修复堤基缺陷,保障堤坝基础的稳定性。

### 3.2 施工过程的质量控制

施工过程的质量控制对于保障防渗加固效果起着决定性作用,需从工艺、材料、设备与人员等多方面进行严格把控。在工艺过程控制上,以劈裂式帷幕灌浆施工为例,施工人员要持续密切观测灌浆情况。根据实际状况,动态且精准地调整注浆压力值和浆液稠度。一旦出现串浆现象,可适当增加灌浆量来稳定灌浆进程;若遇到冒浆问题,则采用间歇灌浆的方式,给浆液凝固和地层吸收留出时间,避免浆液浪费和灌浆效果不佳<sup>[4]</sup>。材料质量控制不容忽视。施工材料的质量优劣直接关乎防渗加固工程的成效。对于水泥、浆液、土工膜等关键材料,必须严格依照设计要求进行把控。水泥要具备足够的强度和耐久性,以保证防渗结构长期稳定;浆液需拥有良好的流动性和胶凝性,便于注入和形成坚固的防渗体。设备与人员管理也至关重要。施工设备要定期进行全面维护保养,确保始终处于良好的工作状态,避免因设备故障影响施工进度和质量。施工人员需具备扎实的专业技能和丰富的实践经验,熟悉施工流程和操作规范。像钻孔设备,要精确控制孔距和孔深;灌浆设备则要保证浆液均匀注入,以此保障防渗加固工程的质量。

### 3.3 竣工验收与效果评估

施工完成后,为确保防渗加固效果切实达到设计要求,开展全面且细致的竣工验收与效果评估工作至关重要。现场监测是获取堤坝实时状态数据的关键手段。在堤坝的关键部位合理安装各类监测设备,能够不间断地监测堤坝的变形、渗漏等关键指标。比如设置水位观测井,可精准捕捉堤坝内部水位的变化情况,为判断堤坝的渗流稳定提供依据;安装渗压计,能实时获取堤坝内部的渗压数据,一旦渗压出现异常波动,可及时预警并采取相应措施。通过这些设备反馈的信息,能直观了解防渗加固工程在实际运行中的表现。实验室测试能从微观层面深入评估防渗加固效果。采集堤坝的土体或岩层样本,在专业的实验室环境中进

行一系列测试。以渗透试验为例,通过精确测定土体的渗透系数,能够清晰知晓土体的抗渗能力,进而评估防渗加固措施对土体渗透性能的改善程度<sup>[5]</sup>。此外,还可对样本的其他物理力学性质进行测试,综合判断防渗加固后堤坝的稳定性和耐久性。数值模拟则借助先进的软件技术,从宏观角度对防渗加固效果进行评估。利用有限元分析等数值模拟软件建立堤坝的精确模型,模拟在渗流作用下堤坝的应力应变分布情况。通过对比不同防渗加固方案下的渗流场和应力场分布,能够直观地看出各方案的优劣,为后续类似工程提供宝贵的经验和参考。

## 4 结语

水利工程堤坝防渗加固技术是保障水利工程安全稳定运行的关键环节。通过合理选择防渗加固方案,严格把控施工过程质量,以及全面开展竣工验收与效果评估,能够有效提升堤坝的防渗性能,增强坝体整体稳定性。未来,随着技术的不断进步和创新,堤坝防渗加固技术将更加完善,为水利工程的安全运行和可持续发展提供更加坚实的保障,更好地服务于国家经济社会发展和人民生命财产安全。

### [参考文献]

- [1]宏宇.水利工程施工堤坝防渗加固技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(3):089-092.
- [2]刘美玉,张彬彬.分析水利工程施工堤坝防渗加固技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(10):117-118+121.
- [3]解士博.浅述水利工程施工堤坝防渗加固技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(11):165-165.
- [4]张忠校.试析水利工程施工堤坝防渗加固技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(1):85-88.
- [5]卢晓东.水利工程施工堤坝防渗加固技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(9):111-112.