

# 水利工程中水库堤坝防渗施工技术及其防治方法

李飞要

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i12.5920

**[摘要]** 水利工程中水库堤坝的防渗施工技术及其防治方法对于保障堤坝安全、提高水资源利用效率具有重要意义。本文探讨了水库堤坝防渗施工中的劈裂灌浆法、混凝土防渗墙施工、高压喷射灌浆等关键技术,并分析了施工过程中的质量控制措施以及后期维护与监测的重要性。通过有效的防渗施工技术和科学的防治方法,可以显著降低堤坝渗漏风险,延长堤坝使用寿命,为水利工程的可持续发展提供坚实保障。

**[关键词]** 水利工程; 水库堤坝; 防渗施工技术; 质量控制

中图分类号: TV697 文献标识码: A

## Anti-seepage construction technology and prevention method of reservoir dam in water conservancy project

Feiyao Li

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.,

**[Abstract]** The seepage prevention construction technology and prevention methods of reservoir dam in water conservancy projects are of great significance for ensuring the safety of dam and improving the utilization efficiency of water resources. This paper discusses the key technologies such as splitting grouting method, concrete seepage prevention wall construction and high pressure jet grouting in the reservoir dam seepage prevention construction, and analyzes the quality control measures in the construction process and the importance of later maintenance and monitoring. Through effective anti-seepage construction technology and scientific prevention and control methods, the leakage risk of dyke can be significantly reduced, the service life of dyke can be extended, and provide a solid guarantee for the sustainable development of water conservancy projects.

**[Key words]** water conservancy project; Reservoir dam; Anti-seepage construction technology; quality control

### 引言

水库堤坝作为水利工程的重要组成部分,承担着储水、拦洪、调节水资源等多重功能。然而,堤坝渗漏问题一直是困扰水利工程安全运行的难题之一。渗漏不仅导致水资源浪费,还可能引发管涌、流土等险情,严重威胁堤坝的安全稳定。因此,研究水库堤坝防渗施工技术及其防治方法,对于提高堤坝防渗能力、保障水利工程安全运行具有重要意义。

### 1 水库堤坝渗漏的危害

水库堤坝作为水利工程的关键组成部分,其防渗性能直接关系到工程的整体安全与效能。渗漏问题若得不到有效解决,将对堤坝结构稳定性、水资源利用、水利工程效能以及人民群众生命财产安全构成严重威胁。如表1所示是对这些危害的简要阐述:

由此可见,水库堤坝渗漏问题具有严重的危害性。因此,必

须采取有效的防渗施工技术及其防治方法,确保堤坝的安全稳定和水资源的有效利用。

表1 水库堤坝渗漏问题的具体表现及影响

危害类型	具体表现	影响程度
结构稳定性	土壤/岩石饱和和软化、管涌、流土	可能导致堤坝局部或整体失稳
水资源流失	水库储水能力下降、水质恶化	影响灌溉、供水等需求,加剧水资源短缺
水利工程效能	水量减少、水位下降、淤积加剧	降低发电、灌溉等效能,影响工程正常运行
生命财产安全	溃坝洪水、地质灾害	可能导致人员伤亡、财产损失

### 2 水库堤坝防渗施工技术的分类与应用

#### 2.1 帷幕灌浆法

帷幕灌浆法是一种通过向地层中注入高压浆液,形成连续、致密的防渗帷幕,以阻隔地下水渗透的施工技术。其原理基于浆液在地层中的扩散、凝固和硬化过程,形成具有高强度和低渗透性的固体屏障。该方法适用于地质条件复杂、渗漏问题严重的堤坝,尤其是当堤坝基础存在断层、裂隙或破碎带时,帷幕灌浆法能有效改善地基的防渗性能。施工步骤包括钻孔、清洗孔壁、注浆、待凝和封孔等关键环节。钻孔需根据地质勘察结果和设计要求,确定钻孔位置、深度和倾斜角度。注浆时,需严格控制注浆压力和浆液浓度,确保浆液能够充分扩散并填充地层中的空隙<sup>[1]</sup>。待凝期间,浆液逐渐凝固硬化,形成防渗帷幕。封孔则是将注浆管拔出后,用水泥砂浆等材料封闭钻孔,防止浆液外流。

帷幕灌浆法的优点在于防渗效果好,能够显著提高堤坝的防渗能力;施工灵活,可根据地质条件调整注浆参数;且对周边环境的影响小,适用于各种复杂地质条件。然而,该方法也存在一定缺点,如施工成本较高,需要专业的注浆设备和人员;注浆过程中需严格控制浆液配比和注浆压力,否则可能影响防渗效果;此外,注浆浆液可能对地下水环境造成一定影响,需进行环境影响评估<sup>[2]</sup>。

## 2.2 混凝土防渗墙法

混凝土防渗墙法是通过在堤坝迎水面或坝体内侧浇筑混凝土墙体,形成一道连续的防渗屏障,以防止地下水渗漏。该方法适用于堤坝基础良好、渗漏问题主要集中在坝体或坝肩部位的情况。该项技术的具体应用,需严格把控墙体厚度、高度、埋深以及墙体与堤坝基础的连接方式等要点。墙体厚度一般根据防渗要求和混凝土强度确定,通常在0.6米至2米之间。墙体高度需满足防洪要求,并考虑波浪、风压等荷载作用。埋深则需根据地质条件确定,确保墙体稳定。墙体与堤坝基础的连接方式可采用锚固、键槽等方式,以提高墙体的整体稳定性。在材料选择上,混凝土防渗墙通常采用低热水泥、高性能外加剂和优质骨料等,以提高混凝土的抗渗性、耐久性和强度。质量控制方面,需严格控制混凝土原材料质量、配合比、浇筑工艺和养护条件等,确保墙体质量满足设计要求<sup>[3]</sup>。

需要注意的是,该项技术的应用,还存在着以下难点:墙体浇筑过程中的温度控制、墙体与堤坝基础的连接处理以及墙体施工期间的变形监测等。为解决这些问题,可采用低热水泥、优化配合比、加强养护等措施控制混凝土温度;采用锚固、键槽等方式提高墙体与堤坝基础的连接强度;并设置变形监测点,实时监测墙体施工期间的变形情况,确保施工安全和质量。

## 2.3 劈裂灌浆法

劈裂灌浆法利用浆液在压力作用下沿堤坝轴线方向劈裂坝体,形成连续、垂直的防渗帷幕,有效截断渗漏通道。该方法基于土体的劈裂特性和浆液的扩散凝固原理,适用于坝体内部存在裂缝、孔隙或松散层的堤坝防渗加固。灌浆材料通常采用水泥浆、黏土浆或化学浆液,具体选择需根据坝体材质、渗漏情况和施工条件确定。具体施工作业实施,首先,需沿堤坝轴线方

向布置灌浆孔,孔距和排距根据坝体尺寸和渗漏情况确定,一般孔距为1.5至3米,排距为2至4米。随后,采用自下而上的分段灌浆方式,通过压力泵将浆液注入灌浆孔,浆液在压力作用下沿坝体劈裂并扩散,直至形成连续的防渗帷幕。注浆过程中需严格控制注浆压力和浆液浓度,避免浆液外溢或坝体过度劈裂<sup>[4]</sup>。施工完成后,需进行浆液凝固和坝体变形监测,确保防渗效果。劈裂灌浆法的应用效果显著,能够有效提高堤坝的防渗能力,减少渗漏量,增强坝体的整体稳定性和耐久性。该方法施工简便,成本相对较低,对周边环境的影响小,尤其适用于坝体内部存在明显裂缝或松散层的堤坝防渗加固。

## 2.4 高压喷射灌浆法

高压喷射灌浆法利用高压水流或气流的冲击力,将浆液喷射至地层中,形成连续、致密的防渗帷幕。该方法基于高压喷射的切割、搅拌和凝固原理,适用于地质复杂、渗漏严重的堤坝防渗处理。设备选择方面,通常采用高压喷射灌浆机,其工作压力可达20至40MPa,喷射流量可根据地层情况调整。

施工流程包括钻孔、清孔、喷射灌浆和孔口封闭等环节。钻孔时需根据地层情况和设计要求确定钻孔位置、深度和倾斜角度。清孔后,采用高压喷射灌浆机将浆液喷射至地层中,浆液在高压作用下切割、搅拌地层,形成连续、致密的防渗帷幕。施工完成后,需进行浆液凝固和地层变形监测,确保防渗效果。

地质条件对高压喷射灌浆法的施工效果有显著影响。地层中若存在大量裂隙、孔隙或软弱夹层,将影响浆液的扩散和凝固效果,需增加喷射压力和喷射时间,以提高防渗帷幕的致密性和连续性<sup>[5]</sup>。同时,地层中的地下水流动也会影响浆液的扩散范围,需根据地下水情况调整喷射参数。

## 2.5 其他防渗技术

除劈裂灌浆法和高压喷射灌浆法外,多头深层搅拌法和射水法也是常用的堤坝防渗技术。多头深层搅拌法利用多头搅拌设备在坝体内进行深层搅拌,将水泥浆与坝体土料混合均匀,形成连续的防渗层。该方法施工简便,成本较低,适用于坝体土质均匀、渗漏问题不严重的堤坝。然而,其防渗效果相对有限,需根据坝体情况和防渗要求进行设计和施工;射水法则利用高压水流切割坝体,形成连续、垂直的防渗槽,随后填充浆液形成防渗帷幕。该方法适用于坝体内部存在明显裂缝或松散层的堤坝防渗加固。然而,射水法施工过程中需严格控制水流压力和切割深度,避免对坝体造成过度破坏。同时,浆液填充和凝固过程也需严格控制,以确保防渗效果<sup>[6]</sup>。

总之,劈裂灌浆法、高压喷射灌浆法以及其他防渗技术如多头深层搅拌法和射水法等,各具特点和适用范围。在实际应用中,需根据堤坝的地质条件、渗漏问题以及施工条件等因素综合考虑,选择最适合的防渗施工技术方案。

## 3 水库堤坝防渗施工技术的防治方法

### 3.1 渗漏治理方案设计

渗漏治理方案设计是防渗工作的核心环节,旨在制定科学、合理的治理措施,消除或减轻渗漏对堤坝安全的威胁。治理原则

与目标主要包括确保堤坝结构稳定、防止水资源流失、提高水利工程效能以及保障人民群众生命财产安全。治理方案的选择与优化需综合考虑堤坝的地质条件、渗漏类型、渗漏程度以及施工条件等因素。常见的治理方案包括帷幕灌浆、混凝土防渗墙、劈裂灌浆、高压喷射灌浆等。帷幕灌浆适用于地质条件复杂、渗漏严重的堤坝,通过注浆形成连续的防渗帷幕;混凝土防渗墙则适用于坝体内部存在裂缝或松散层的堤坝,通过浇筑混凝土墙体形成防渗屏障;劈裂灌浆和高压喷射灌浆则分别利用劈裂原理和高压喷射技术,形成防渗帷幕或填充渗漏通道。治理方案的设计,需进行详细的工程勘察和地质分析,明确渗漏的成因和范围,选择合适的治理技术和材料<sup>[7]</sup>。同时,还需进行方案的经济性、可行性和环境影响评估,确保治理方案的科学性、合理性和可持续性。

### 3.2 施工质量控制

施工过程中的质量控制是防渗工程成功的关键。首先,需严格遵循设计要求和施工规范,确保所有施工环节符合既定标准。例如,在帷幕灌浆、混凝土防渗墙等关键工序中,需严格控制注浆压力、浆液配比、混凝土浇筑质量等关键参数,确保防渗体的连续性和致密性。同时,采用先进的检测技术,如地质雷达、超声波检测等,对防渗体进行实时监测,及时发现并处理施工中的质量问题。此外,加强施工人员的培训和管理,提高施工队伍的专业素养和技术水平,也是保证施工质量的重要手段。在成品保护与验收阶段,需采取一系列措施保护防渗设施免受损坏。例如,在混凝土防渗墙施工完成后,应及时进行养护,防止混凝土出现裂缝、剥落等问题。同时,制定严格的验收标准,对防渗设施进行全面检查,确保其满足设计要求。验收过程中,可采用无损检测技术,如射线检测、磁粉检测等,对防渗设施的内部质量进行检验,确保防渗效果达到预期。

### 3.3 后期维护与监测

堤坝防渗设施的维护与保养是确保其长期有效运行的关键。在日常维护中,需定期检查防渗设施的表面状况,及时清理杂物、修补裂缝,防止防渗设施受到破坏。同时,对注浆孔、排水孔等关键部位进行定期疏通和清洗,保持其畅通无阻。在保养方面,可采用涂层保护、防腐处理等手段,延长防渗设施的使用寿命。

尤为重要的是,长期监测与数据分析是评估堤坝防渗效果、及时发现潜在风险的重要手段。应建立完善的监测系统,对堤坝防渗设施进行实时监测,包括渗漏量、渗漏速度、防渗设施变形等指标。通过数据分析,可以及时发现防渗设施的性能变化,为采取针对性的维护措施提供依据。例如,当监测到渗漏量显著增加时,应立即进行排查和处理,防止渗漏问题进一步恶化。同时,根据监测数据,可以对防渗设施的性能进行评估和预测,为未来的维护和改造提供参考。

## 4 结语

综上,水利工程中水库堤坝的防渗施工技术及防治方法是确保堤坝安全稳定、提高水资源利用效率的关键。通过采用劈裂灌浆法、混凝土防渗墙施工、高压喷射灌浆等这类先进的防渗施工技术,并加强施工过程中的质量控制以及后期的维护与监测,可以有效降低堤坝渗漏风险,延长堤坝使用寿命。未来,随着科技的进步和水利工程的发展,水库堤坝防渗施工技术及防治方法将不断得到优化和创新,为水利工程的可持续发展提供更加坚实的技术支撑。

## [参考文献]

- [1]张吉刚.水利工程中水库堤坝防渗施工技术实践应用[J].数字农业与智能农机,2023,(02):40-42.
- [2]郭良有.农田水利工程中水库堤坝防渗施工技术研究[J].中国高新科技,2023,(01):140-142.
- [3]姜红斌.劈裂灌浆技术在水库堤坝防渗加固施工的应用[J].水利科学与寒区工程,2022,5(09):131-133.
- [4]曹光超.水库堤坝防渗施工技术和防治方法[J].建筑技术开发,2020,47(16):53-54.
- [5]郭光明.水利工程中水库堤坝防渗施工技术研究[J].中国资源综合利用,2020,38(04):61-63.
- [6]陈鹏.水利工程中水库堤坝防渗施工技术和防治分析[J].建筑技术开发,2020,47(06):33-34.
- [7]吴晓燕.水利工程中水库堤坝防渗施工技术分析[J].中国高新科技,2020,(04):50-51.

## 作者简介:

李飞要(1987--),男,汉族,河南宝丰人,本科,工程师,水利工程。