

水利施工中帷幕灌浆技术的运用

谢乐文

江西省水投建设集团有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]帷幕灌浆技术是提高坝基抗渗性能的重要施工方法,在水利建设领域广泛应用,本研究主要探讨帷幕灌浆技术在水利工程施工中的运用及关键技术要点,由于水利工程坝基处理对抗渗和稳定性要求特殊,先分析这点再简述帷幕灌浆技术基本原理和实施步骤,结合典型水利施工案例阐明帷幕灌浆施工流程,涵盖钻孔布置、灌浆材料选择、压力控制和监测技术运用等关键环节,合理使用帷幕灌浆技术能显著增强坝基整体密实度和抗渗效果、降低坝体渗漏风险、保障水利工程长期运行稳定性,总结帷幕灌浆技术在实际应用中的优势与挑战并提出进一步优化施工技术、提升监测水平的建议,研究结果为水利施工中帷幕灌浆技术科学性和实施效率的提高提供理论依据和实践参考,对提升水利工程质量很重要。

[关键词]帷幕灌浆技术;水利施工;坝基处理;抗渗性能;施工流程

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16914

中图分类号: TV543

文献标识码: A

Application of Curtain Grouting Technology in Water Conservancy Construction

XIE Lewen

Jiangxi Water Investment Construction Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: Curtain grouting technology is an important construction method to improve the anti-seepage performance of dam foundations and is widely used in the field of water conservancy construction. This study mainly explores the application and key technical points of curtain grouting technology in water conservancy engineering construction. Due to the special requirements for anti-seepage and stability of dam foundation treatment in water conservancy engineering, this article first analyzes this point and then briefly describes the basic principles and implementation steps of curtain grouting technology. Combining typical water conservancy construction cases, the construction process of curtain grouting is explained, covering key links such as drilling layout, grouting material selection, pressure control, and monitoring technology application. Reasonable use of curtain grouting technology can significantly enhance the overall compactness and anti-seepage effect of dam foundation, reduce the risk of dam leakage, and ensure the long-term operation stability of water conservancy engineering. Summarize the advantages and challenges of curtain grouting technology in practical applications and propose suggestions for further optimizing construction technology and improving monitoring level. The research results provide theoretical basis and practical reference for improving the scientificity and implementation efficiency of curtain grouting technology in water conservancy construction, which is important for improving the quality of water conservancy engineering.

Keywords: curtain grouting technology; water conservancy construction; dam foundation treatment; impermeability performance; construction process

引言

水利工程中坝基的抗渗稳定性极为关键,工程质量安全会受渗漏问题干扰,而防渗加固的关键方法是帷幕灌浆技术,它能构建贯通的防渗墙体结构以减少地下水渗透并增强坝基紧实度,提升工程的稳定性与可靠性,中国多项水利工程都运用了帷幕灌浆技术且积累了大量实践经验,但施工效果受地质条件、灌浆材料的选择、施工工艺以及监测技术等因素影响技术需要改进,研究帷幕灌浆技术原理、施工流程以及代表性案例,阐明技术的优缺点并提出具体的改进措施,期望提高施工效果监测的精确度,为水利工程提供经验总结知识建议,从而给中国水利建设的高质量发展提供理论支撑与可靠的实践经验。

1 帷幕灌浆技术的概述

1.1 帷幕灌浆技术的基本原理

帷幕灌浆方法这种施工方法是在地下构建水泥浆液

墙体以增强土壤或岩石的防渗和封闭能力,其核心原理为用钻机在坝基或地下建筑里钻出灌浆孔洞,接着把配好的材料注入特定位置,材料于土体中扩散、填充、硬化从而形成帷幕结构有效隔绝水流通,这项技术能精准掌握灌浆压力和流量并依照地质条件调整灌浆配方让灌浆帷幕更均匀完整。

1.2 水利工程对抗渗性能的特殊要求

在水利工程建设中,保障坝基的防渗水能力尤为重要,这是大坝结构安全与长久稳固的核心要素,水利工程不同于一般项目,得应对高水压、大流量的复杂环境,所制定的标准很严苛,并且坝基防渗水功能若不达标,水流会从坝基内部渗出,致使坝体内部结构严重受损,甚至危及工程安全运行,而且坝基稳固性与防渗水能力不足,会影响工程使用,引发环境污染与安全隐患等问题,水利工程建设时,得采用各种增强基础与结构紧密性的方法来提升防

渗水能力,其中帷幕灌浆技术在坝基和侧墙布多个灌浆孔,注入合适浆液材料构建连贯紧密的防护层,阻断水流通道,从而增强坝基防渗水效果,确保工程安全,该技术不仅能满足水利工程基础处理的高标准要求,还能保证工程持久稳固运行,为整体工程提供坚实保障。

1.3 帷幕灌浆技术的发展与应用现状

水利工程施工技术的提升和完备体现在帷幕灌浆技术的发展与应用上,最初防渗处理方式仅有基础的一种,后来发展成具备多种功能的综合解决办法,并且先进设备与优质材料相结合,让大坝基础更牢固,使用年限得以延长,在水利工程领域,这项技术用于大坝和水库的建造、修补,在防护堤坝、地下水位管理等各类工程项目里也发挥重要作用,而引入数值模拟和智能监测手段后,其应用正朝着智能化、系统化迈进,以期实现更高效率、更精准的施工效果。

2 帷幕灌浆技术的施工流程

2.1 钻孔布置与施工准备

在水利工程建设里,帷幕灌浆技术的工程质量和效率方面,钻孔安排与施工准备工作起着非常关键的作用,钻孔安排需依据地质状况、工程设计和施工要求具体规划以确保灌浆效果好,施工准备时要选好钻孔设备、培训施工人员并落实安全措施,钻孔设备要有高精度和高稳定性才能有效应对复杂地质条件且操作人员得了解技术操作流程和安全注意事项以保障施工安全,建设筹备中编制材料与设备清单、规划输送很关键能为后期灌浆作业打下坚实基础,钻孔布置和建设筹备工作做好了帷幕灌浆技术就能顺利施行且坝基防渗性能和工程运行稳定性就能增强。

2.2 灌浆材料的选择与性能分析

灌浆材料的挑选十分关键,帷幕灌浆技术的效果好坏受其明显影响,材料有水泥浆、化学浆料和掺合料这些种类。水泥浆是常见的基础选择,其粘结性很强且硬化后密实度佳,能有效填充空隙。化学浆料要有快速硬化性能以保证特殊情况下可用,加入适量掺合料可调节浆料流变性能并提升浆料稳定性。性能分析时要关注材料与坝基岩层的相容性以保证灌浆后结构稳定。

2.3 压力控制与监测技术应用

在帷幕灌浆工程里,控制压力和监测设备极为重要,工程质量的优劣以及运行是否稳固取决于此,施工时,灌浆材料的渗透和扩散情况会因压力控制立刻改变得用精密仪器随时检测,高性能的压力控制能使灌浆材料均匀分布,避免因压力过高破坏地基或压力过低导致灌浆不充分,而且高端监测设备可快速作出反应来调整压力,其适用于复杂多变的地质条件。

3 帷幕灌浆技术的工程功能和效果

3.1 提高坝基整体密实度与抗渗性能

帷幕灌浆技术对提升坝基整体密实度与抗渗性能的效果十分显著,向坝基注入高黏度、高强度的灌浆材料可

使坝体内部孔隙裂隙得以填充,构造出紧实的帷幕屏障,从而有效防止水分渗漏并提升坝基抗渗能力,施工时合理选择灌浆材料、恰当布置钻孔相当重要,改进钻孔位置与灌浆参数能保证浆液在坝基内扩散,使浆体充分填充裂隙以加强整体密实度,施工中运用先进的压力调控监测技术可精准调控灌浆过程中浆液的流动与固结情况,进而进一步巩固坝基的稳定性与抗渗性能,帷幕灌浆技术既能提升坝基整体结构强度,又能显著降低渗漏风险、延长水利工程使用寿命,这为帷幕灌浆技术有效施行、保障水利工程安全运行奠定了坚实基础。

3.2 降低水利工程渗漏风险的作用

水利工程上采用对防水起着关键作用的帷幕灌浆技术,在坝基内部筑起严密的灌浆帷幕墙可阻断水流渗漏路径从而减少水渗漏带来的各种危险,灌浆材料固化后成为紧密连续的防水层使水流难以通过进而提升大坝整体防渗能力,钻孔规划科学、灌浆压力调整合理能保证建造时材料均匀分布以改善灌浆整体效果并强化坝体内部结构的统一性和稳固性,帷幕灌浆还可改善地基土壤孔隙结构与物理性质来提高整体支撑能力进而降低水渗漏造成的多种风险以维持水利工程长期稳定状态,广泛运用这一技术能为水利工程长期安全运行提供有力保障从而降低水渗漏引发次生灾害的可能性以展现其重要的现实价值和实用意义确保工程安全。

3.3 对工程稳定性与运行寿命的影响

帷幕灌浆技术应用于水利工程施工能让大坝基础稳固、防水效果显著增强,对工程稳定性和使用寿命的提升助力很大且极为关键;建造高效防渗墙可使大坝基础更具韧性,成功抵御水流压力与外部干扰并减少内部受力失衡问题,让大坝整体结构牢固可靠且安全性更佳;采用灌浆帷幕技术可有效防止地下水侵蚀破坏大坝基础、避免地面不均匀下沉以确保工程结构完好且长久使用且效果很好;大坝整体稳定性关乎使用安全性与使用寿命,能减少维修次数与费用、提高工程运行整体效率并节省大量成本;凭借这些功能,帷幕灌浆技术在延长水利工程使用年限方面优势显著,充分体现其应用价值且重要性不言而喻。

4 技术应用中的挑战与优化方向

4.1 施工过程中的主要技术难点

帷幕灌浆技术使用时施工中遇到不少技术难题,钻孔规划很关键,钻孔位置安排得明确且科学与否直接关系到灌浆效果能否平衡、坝基是否牢固,并且地质情况复杂多变,施工人员要有很强的地质分析能力以保证钻孔顺利穿过特定土层或岩石层,而且灌浆材料品质决定防水效果,材料种类多且对环境适应能力要求高,压力调节技术是施工一大挑战,它决定灌浆材料散布是否均匀、填充是否密实,要调整好相关参数以防止材料浪费或填充不足,监测技术会因数据传输稳定性问题遇困难,施工时要确保数据采集和分析系统精度极高、反应快速以便修正优化施工方

法和策略,由于技术难题会干扰施工效率,还会使工程整体质量和长期使用效果面临潜在风险,必须高度重视,全力解决问题,减少损失。

4.2 材料性能与施工工艺的改进策略

在水利工程建设里,优化材料性能和施工工艺的策略相当重要,改进帷幕灌浆技术的关键任务之一便是提升灌浆材料质量,得开发新型高性能、环保的灌浆材料,强化其防水能力、稳定性和耐久性,且灌浆材料要适用于各类不同的水文地质环境,适用范围和反应速度得提高,优化施工工艺时得好好想想怎样精简流程、实现机械化操作,提高施工设备的精准度和工作效率,尽量减少施工中的潜在失误,先进施工技术的运用能精确调节灌浆压力和流量,让工程质量达到预期目标,施工人员的技能培训和技术指导对确保工艺执行达标极为关键,得通过长期的系统学习和实践来提升技术人员的专业水平,以应对施工中的复杂问题和多样挑战,全面提升材料性能和优化施工工艺,能促使帷幕灌浆技术在更多领域和更高层次得到更好的应用。

4.3 提升灌浆监测与质量控制水平

帷幕灌浆技术要顺利高效地施行,灌浆监测和质量控制是关键步骤,科学的监测方法能通过压力传感器和流量监测设备随时监测灌浆材料的流动和分布状况以快速发现施工中的异常问题并在评估数据后快速精准修正,质量控制要在浆料配比、压力参数稳定性等方面运用先进的自动化和智能监测系统提高数据获取精度以及及时反馈施工中的信息。

5 帷幕灌浆技术的未来发展趋势

5.1 智能化灌浆技术的潜在发展

尖端传感器、数码分析以及自主控制系统被智能化灌浆技术采用,使常规灌浆施工过程得以数码化、智能化,这些技术一应用就能即时检测、精确调控灌浆参数,提高施工质量与效率。智能灌浆系统可通过传感器采集坝基地质信息与灌浆状态数据,并利用数据分析改进灌浆材料配比和压力调控,让灌浆质量稳定一致,整合自主控制技术后,能根据即时检测数据实时调节灌浆过程,减少人工操作误差,提高施工的可靠性。未来,智能灌浆技术的发展会着重建立整体的灌浆信息管理平台,实现全过程数据存储与趋势分析以辅助决策,该技术能有效提升灌浆速度,确保工程建设质量,削减施工费用,实用价值广阔,有力支持水利工程施工技术进步。

5.2 综合性解决方案在水利工程中的应用前景

水利工程领域综合性解决方法发展空间广阔,由于这种工程的技术难题越发复杂,仅帷幕灌浆技术已难以满足实际需求,帷幕灌浆技术得与其他先进手段相结合形成完善技术方案才能更好解决水利工程的各种问题,灌浆技术与智能监测系统相结合就能快速收集工程数据并详细分析从而优化施工各环节,再结合绿色施工技术可降低施工

对周边环境的损害并提升资源使用效率,这样帷幕灌浆施工技术水平和作业速度会明显提高且水利工程整体效果和长久稳定运行能力也得以增强,多技术结合思路会是未来水利工程建设的核心方向并给工程质量提升和稳定运行提供可靠技术保障,不断摸索实践水利工程技术手段会更先进且应对复杂问题能力也会持续增强。

5.3 推动绿色施工技术的方向与实践

帷幕灌浆中应用绿色施工技术,得注重材料的环境友好性与施工过程的低碳化,可降解或再生材料的使用既能减轻环境负担又能在保证工程质量的实现资源节约,施工时要尽量减少能源消耗和废料产生,通过引入先进施工设备与技术改进施工流程以提高资源利用率、减少污染排放,绿色施工优化生态环境且增强工程可持续发展性,是水利工程未来技术发展的重要方向,在水利施工中推广绿色施工技术实践对提升环境效益意义重大。

6 结束语

帷幕灌浆技术在水利工程中的实际使用状况被研究清楚并重点分析了这项技术助力提升坝基防渗水能力以达到更理想效果的方式,研究探讨了技术的工作原理、施工详细步骤并得出灌浆技术能有效增强工程项目稳固性确保运行安全且在处理渗漏风险问题上价值巨大的结论,深入分析了钻孔布置方式、灌浆材料选择标准、压力调整方法、监测技术使用策略等关键环节具体操作步骤并发现灌浆均匀度不易控制、施工效率不高阻碍了技术广泛应用的情况,建议改进灌浆材料性能、研发智能化监测设备、提升压力控制阀工艺水平、建立统一技术标准规范施工流程管理,还需探寻灌浆材料革新方向、推进智能化系统设计研发、探索与其他技术的结合方式以促进技术全面高效发展最终提升水利工程整体品质与安全保障能力。

[参考文献]

- [1] 司利斌,郭雷.帷幕灌浆施工技术在水利工程大坝基础防渗加固处理中的应用研究[J].价值工程,2025,44(11):128-130.
- [2] 庞婧婧.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的探讨[J].中国住宅设施,2025(03):146-148.
- [3] 周立忠,李绍平,杨永存.水利工程复杂地质条件下防渗帷幕灌浆施工技术[J].云南水力发电,2025,41(03):128-132.
- [4] 杨宇泉.水利施工中帷幕灌浆技术的运用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(03):111-113.
- [5] 张利,王玉华,曹捷.帷幕灌浆施工技术在水利工程中的应用探究[J].农业开发与装备,2024(08):127-129.
- [6] 邓宁.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用研究[J].水上安全,2024(10):157-159.

作者简介:谢乐文(1997.3—),男,南昌工程学院,农业水利工程,江西省水投建设集团有限公司,施工员,助理工程师。