

水电站土石围堰防渗工程高喷注浆技术研究

黄林桢, 陈卫, 刘东亮

(中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 四川 成都 611130)

摘要 本文针对水电站土石围堰防渗工程中的高喷注浆技术进行了深入研究。通过分析国内外土石围堰防渗技术的应用现状, 探讨了高喷注浆技术在防渗工程中的优势。研究通过现场试验和数值模拟, 对高喷注浆技术在不同地质条件下的应用效果进行了评估, 得出该技术能够有效提升土石围堰防渗性能。结合现场试验数据, 分析了高喷注浆技术的施工工艺及参数优化方法, 验证了其在提高土石围堰防渗性能方面的可行性。研究结果表明, 高喷注浆技术在水电站土石围堰防渗工程中具有显著的应用前景, 可为今后类似工程提供重要的技术参考。

关键词 水电站; 土石围堰; 防渗工程; 高喷注浆施工技术

中图分类号: TV7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0121-03

1 研究背景与目的

水电站建设是国家基础设施建设的重要组成部分, 而土石围堰作为临时挡水结构, 在水电站施工期间起着关键作用。土石围堰的稳定性与防渗性能直接影响到整个水电站施工的安全与进度。在实际施工中, 围堰防渗技术的选择与应用成为水电工程中所面临的核心问题之一。尤其在复杂地层条件下, 传统防渗技术难以满足施工要求, 需要探索新的解决方案。

国内外土石围堰防渗技术的应用现状表明, 随着技术的进步, 新型防渗技术不断涌现。高压喷射灌浆技术作为一种新型注浆方法, 通过高压喷射浆液形成防渗墙, 具有施工效率高、防渗效果显著的特点。该技术在国内外多个水电站工程中得到了成功应用, 如龙洞水电站和云南龙马水电站, 其中高压喷射灌浆技术不仅解决了施工中遇到的大块石、涌水、井壁坍塌等复杂地层条件下的防渗问题, 还有效提高了施工效率和工程稳定性^[1]。

江口水电站作为又一成功案例, 其围堰防渗工程中采用了振孔高喷施工技术和自凝灰施工技术, 这些先进技术的应用显著提升了工程的稳定性和防渗性能。然而, 振孔高喷技术和自凝灰施工技术在实际应用中仍存在一些技术难题, 如墙体强度低、墙下帷幕可能发生掏空现象等, 这些问题需要在施工过程中采取一些针对性措施, 以确保技术的实际应用成效。

针对当前土石围堰防渗技术的应用现状, 本研究旨在深入探讨高压喷射灌浆技术在水电站土石围堰防渗工程中的应用前景。通过现场试验和数值模拟, 评估高压喷射灌浆技术在不同地质条件下的应用效果,

分析其施工工艺及参数优化方法, 验证其在提高土石围堰防渗性能方面的可行性。研究结果将为今后类似工程提供重要的技术参考, 推动水电站土石围堰防渗工程技术的发展。此外, 研究过程中将配备图表, 以帮助理解研究过程及结果, 使研究成果更具直观性和说服力。

2 土石围堰防渗技术综述

2.1 国内外防渗技术研究现状

在国内外土石围堰防渗技术的研究与应用中, 防渗技术的发展经历了从传统到现代, 从单一到多元的过程。传统防渗技术主要包括混凝土防渗墙、黏土防渗墙等, 这些技术在特定条件下能够取得一定的防渗效果, 但面对复杂地层条件时, 往往显得力不从心。近年来, 随着新型防渗技术的不断涌现, 高压喷射灌浆技术(简称高喷注浆技术)因其独特的施工原理和显著的防渗效果, 逐渐成为国内外土石围堰防渗工程中的重要选择之一。

高喷注浆技术通过高压喷射浆液形成防渗墙, 具有施工效率高、适应性强的特点。该技术不仅可以有效解决地层复杂、涌水、井壁坍塌等问题, 还能显著提高工程的稳定性和防渗性能。在国内外多个水电站工程中, 高喷注浆技术已经得到了成功应用。例如, 龙洞水电站和云南龙马水电站的围堰防渗工程中, 采用了高压喷射灌浆技术, 成功解决了复杂地层条件下的防渗难题, 提高了施工效率和工程稳定性。在江口水电站的围堰防渗工程中, 振孔高喷施工技术和自凝灰施工技术的应用, 进一步拓展了高喷注浆技术的应用范围^[2]。振孔高喷施工技术通过一体化的喷灌振入

方式,有效提高了岩体的变形模量和表面密度,增强了墙体的防渗性能。自凝灰施工技术则通过合理配置自凝灰浆液,实现了固壁效果,有效提高了墙体的防渗性能。然而,这些技术在实际应用中仍存在一些技术难题,如墙体强度低、墙下帷幕可能发生掏空现象等问题,这些问题需要在施工过程中采取针对性措施,以确保技术的实际应用成效。国内外土石围堰防渗技术的研究现状表明,高喷注浆技术在复杂地层条件下的应用前景广阔。通过深入研究高喷注浆技术的施工工艺及参数优化方法,可以进一步提升其在水电站土石围堰防渗工程中的应用效果。未来,结合现场试验和数值模拟,评估高喷注浆技术在不同地质条件下的应用效果,将为水电站土石围堰防渗工程技术的发展提供重要参考。图表部分建议包括国内外土石围堰防渗技术应用案例对比图、高喷注浆技术施工工艺流程图、施工参数优化方法示意图等,以直观地展示研究过程及结果。

2.2 高喷注浆技术的基本原理

高喷注浆技术作为一种先进的注浆方法,通过高压喷射浆液,在土石围堰内部形成均匀密实的防渗结构。其基本原理在于利用高压泵将混合好的浆液通过喷嘴喷射到预定位置,浆液在高压下扩散并填充土体中的孔隙和裂隙,形成固结层,从而达到防渗的效果。

在具体操作中,高压喷射浆液时,浆液能够以极高的速度喷射,形成强大的冲击力,使浆液能够迅速填充到土体中的微小孔隙中。这一过程不仅能够彻底消除土体内部的空隙,还能有效防止水渗透。同时,由于浆液的扩散作用,形成的固结层具有很高的致密性,能够显著提高土体的防渗性能。高喷注浆技术在土石围堰防渗工程中具有明显的优势。首先,该技术适应性强,能够应用于不同类型的土体,包括黏土、砂土、砂砾石等。其次,高压喷射技术能够有效解决传统防渗方法难以应对的问题,如地层复杂、涌水、井壁坍塌等。在施工过程中,通过适当调整喷射参数,如喷射压力、浆液配比等,能够进一步优化施工效果,确保防渗墙的稳定性和防渗性能。高喷注浆技术还具有施工效率高的特点^[3]。在实际工程中,该技术不仅能够显著提高施工速度,还能降低施工成本。这一优势在复杂地层条件下尤为明显,能够大大加快工程进度,为水电站建设提供强有力的技术支持。在应用过程中,结合现场试验数据和数值模拟结果,能够进一步验证高喷注浆技术的有效性和可行性,为后续类似工程提供宝贵的参考依据。高喷注浆技术的基本原理

在于其高效、可靠的注浆方式,能够有效解决复杂地层中的防渗难题。通过深入研究和优化施工参数,能够进一步提升该技术在土石围堰防渗工程中的应用效果。不同地质条件下的施工效果对比图等,以直观展示其技术特点和应用效果。(见图1)

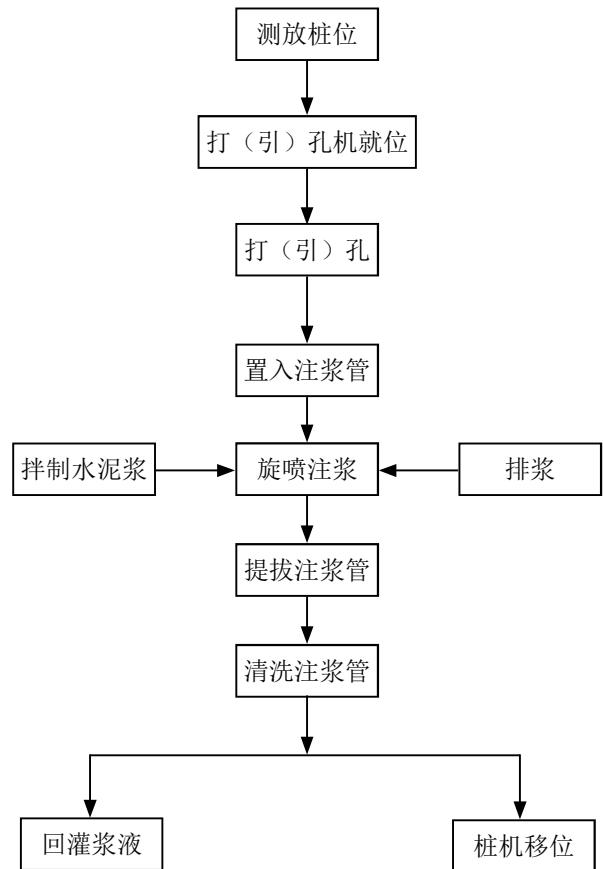


图1 高喷注浆技术施工工艺流程图

3 高喷注浆技术在水电站土石围堰防渗工程中的应用

3.1 工程实例分析

在水电站土石围堰防渗工程中,高喷注浆技术的广泛应用取得了显著成效。本文选取龙洞水电站、云南龙马水电站及江口水电站三个典型案例,对高喷注浆技术的施工工艺及效果进行详细分析。

3.1.1 龙洞水电站

龙洞水电站地处复杂地质条件,河床覆盖层中含有大块石、涌水、井壁坍塌和严重漏浆等问题。传统防渗技术难以满足施工需求,因此工程方采用了高压喷射注浆技术。通过现场试验,工程团队确定了适宜的喷射参数,包括喷射压力、浆液配比等,成功构建防渗墙。高压喷射注浆技术不仅解决了复杂地层条件

下的防渗难题,还显著提高了施工效率和工程稳定性。现场试验数据表明,在复杂地层条件下,高喷注浆技术能够有效减少渗透量,提升土体的防渗性能。通过数值模拟和现场试验相结合,进一步验证了高喷注浆技术在复杂地质条件下的可行性及稳定性。

3.1.2 云南龙马水电站

云南龙马水电站同样面临复杂地质条件,包括人工堆筑层和原覆盖层中的大块石、涌水和井壁坍塌等问题。工程方采用了高压喷射注浆技术,通过高压喷射浆液形成防渗墙。该技术不仅解决了上述施工难题,还显著提高了防渗效果和施工效率。现场试验参数表明,通过适当调整喷射压力和浆液配比,能够优化施工效果,确保防渗墙的稳定性和防渗性能。结合工程实例,高喷注浆技术在复杂地层条件下的应用效果得到了充分验证^[4]。

3.1.3 江口水电站

江口水电站位于重庆市武隆区,大坝为混凝土椭圆曲线型双曲拱坝。在施工过程中,工程方成功应用了无盖重和有盖重两种施工工艺,有效提高了工程坝前静水头效果。在二期防渗处理中,采用了振冲技术等先进技术,三期工程中采用了自凝灰和常规高喷技术相结合的施工技术,有效提高了工程建设的施工效果。通过试验发现,在加大接触面帷幕灌注压力后,岩体最大抬动位移为 106 μm ,低于设计标准要求的 200 μm ;透水性低于 1 Lu,满足设计标准要求。江口水电站的成功应用证明了高喷注浆技术在复杂地质条件下的可行性及有效性。

3.2 高喷注浆技术应用效果评估

3.2.1 现场试验评估

在龙洞水电站的施工过程中,工程方通过模拟地质条件进行了高喷试验,针对复杂地层条件(如大块石、涌水、井壁坍塌和严重漏浆等问题),优化了喷射参数,包括喷射压力、浆液配比等。试验结果显示,该技术能够有效减少渗透量,提高土体的防渗性能。特别是在复杂地层条件下,高喷注浆技术能显著提升防渗效果。试验数据进一步验证了高喷注浆技术在复杂地质条件下的可行性及稳定性。

3.2.2 数值模拟评估

数值模拟技术被广泛应用于验证高喷注浆技术在不同地质条件下的应用效果。通过对地质模型进行数值分析,模拟了高喷注浆技术在各种复杂地层条件下的表现。模拟结果显示,高喷注浆技术能够有效地渗透到土体内部,形成均匀密实的防渗层,从而显著提

升土体的防渗性能。数值模拟结果与现场试验数据相互印证,进一步验证了高喷注浆技术的有效性和可靠性。

3.2.3 施工参数优化

施工参数的优化对于高喷注浆技术的应用效果至关重要。通过现场试验和数值模拟,研究团队发现,不同地质条件下,喷射压力、浆液配比等参数需要进行适当调整,以达到最佳施工效果。例如,在富含大块石和涌水的地层中,适当增加喷射压力可以确保浆液充分填充土体孔隙,形成稳定的防渗层。现场试验数据显示,优化后的施工参数能够显著提升防渗效果,提高工程稳定性^[5]。

3.2.4 应用效果对比

通过对比不同工程实例中的高喷注浆技术应用效果,进一步验证了该技术在复杂地质条件下的可行性及有效性。如龙洞水电站和云南龙马水电站的防渗工程中,高喷注浆技术显著提高了防渗效果和施工效率。江口水电站的成功应用,则证明了高喷注浆技术在复杂地质条件下的实际应用成效。图表部分建议包括不同工程实例中的施工参数对比图、防渗墙施工效果对比图等,以直观展示研究过程及结果。

4 结论

本研究深入探讨高喷注浆技术在水电站土石围堰防渗工程中的应用,发现其在复杂地质条件下具有显著优势,可有效解决传统防渗难题,提高施工效率和防渗效果。实例证明其在龙洞和云南龙马水电站的应用提升了工程稳定性。结合自凝灰和振孔高喷技术,墙体防渗性能得到增强。未来将优化施工参数,探索振孔高喷技术的应用效果,并研究自凝灰技术的优化,以扩大高喷注浆技术的应用范围。

参考文献:

- [1] 严维.水电站土石围堰防渗工程高喷注浆技术研究[J].水利技术监督,2023(06):233-236.
- [2] 宋军.高喷注浆技术在尼那水电站围堰防渗工程中应用的难点与对策[J].矿产勘查,2001(03):25-26.
- [3] 成虎林.速凝水泥膏浆灌浆技术在水电站土石围堰防渗体工程中的应用[J].西北水电,2006(03):34-36.
- [4] 袁水.托口水电站一期土石围堰高喷灌浆施工[J].水利水电施工,2011(04):63-65.
- [5] 曹增强.乌金峡水电站围堰高喷防渗墙施工综述[J].水利建设与管理,2010(07):3-5.