

水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析

赵 腾

河北省水务中心石津灌区事务中心 河北 石家庄 052260

摘要：本文旨在深入探讨水利工程防渗处理中的灌浆施工技术，分析其基本原理、技术类型、施工要点及其对工程安全与长期运行的重要性。通过详细阐述不同灌浆技术的特点与适用范围，本文旨在为水利工程防渗处理提供理论依据和技术指导，确保工程结构的完整性和安全性。

关键词：水利工程；防渗处理；灌浆施工；质量控制

引言

水利工程作为国民经济的基础设施，承担着防洪、灌溉、发电等多重功能。然而，在实际运行中，水利工程常面临渗漏问题，这不仅影响了工程的使用功能，还严重威胁到工程结构的稳定性和安全性。因此，防渗处理成为水利工程维护中的关键环节。灌浆施工技术作为防渗处理的重要手段之一，其研究与应用具有重要意义。

1 灌浆施工技术基本原理

灌浆施工技术是通过向地层或结构裂隙中注入一定配合比的浆液，利用浆液的流动性和胶凝性，填充并固化裂隙，从而提高岩基或结构的强度和抗渗性。这一过程主要包括钻孔、制浆、注浆、封孔等步骤，每个步骤均对最终的防渗效果产生重要影响。

2 灌浆施工技术类型及特点

2.1 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术是一种先进的防渗处理手段，其核心在于利用高压水射流的强大动能切割地层，同时在切割形成的空隙中即时注入特制浆液，使其与地层材料混合并固化，形成高强度、低渗透性的固结体。这一技术不仅显著提升了防渗效果，而且施工流程相对简便，可控性极强。具体来说，高压喷射灌浆技术的特点主要体现在以下几个方面：一是高效的地层切割能力：通过高压水射流，该技术能够有效地切割各种地层，包括砂层、粉质粘土以及卵砾石层等，为浆液的注入和固结体的形成创造理想的条件。二是优异的防渗性能：由于浆液能够充分填充地层中的空隙和裂隙，并与地层材料紧密结合，因此形成的固结体具有出色的防渗性能，能够有效地阻止水流的渗透^[1]。三是简便的施工流程：相较于其他防渗处理技术，高压喷射灌浆技术的施工流程更为简便。它无需复杂的机械设备和大量的施工人员，能够在较短的时间内完成大面积的防渗处理。四是强大的可控性：该技术允许施工人员根据地层条件和防渗需求，

精确地控制水射流的压力和浆液的注入量，从而确保防渗处理的效果达到最佳。

2.2 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆技术是一种在水利工程防渗处理中广泛应用的技术手段，其核心在于通过特设的钻孔，将具有优异流动性和胶凝性的浆液压入岩层裂隙之中。这些浆液在裂隙中扩散、填充并胶结硬化，最终形成一道连续、致密且具有高强度的防渗帷幕。这一技术对于改善岩基的整体性和提升岩基的抗渗性能具有显著效果，因此成为水利大坝裂缝病害治理的重要手段。帷幕灌浆技术的特点主要体现在以下几个方面：（1）特设的钻孔：该技术采用特制的钻孔设备，能够在岩层中精确钻设出符合要求的钻孔。这些钻孔作为浆液的通道，确保浆液能够顺利注入岩层裂隙。（2）优异的浆液性能：帷幕灌浆技术所使用的浆液具有出色的流动性和胶凝性。它们能够充分填充岩层裂隙，并在胶结硬化后形成致密的防渗层。（3）连续的防渗帷幕：通过注浆和胶结硬化过程，浆液在岩层裂隙中形成一道连续的防渗帷幕。这道帷幕能够有效地阻止水流的渗透，从而保障水利工程的防渗性能。（4）显著的治理效果：帷幕灌浆技术对于水利大坝裂缝病害的治理具有显著效果。它能够有效地修复大坝裂缝，提升大坝的整体性和抗渗性能，确保大坝的安全运行。

2.3 劈裂灌浆技术

劈裂灌浆技术是一种专为土坝坝体防渗处理而设计的技术手段，其核心在于沿坝轴线方向进行精确劈裂，并随后注入特制浆液，以形成一道垂直且连续的防渗体。这一技术对于有效阻止坝体内部渗漏、显著提升坝体的稳定性和安全性具有显著效果。具体来说，劈裂灌浆技术的特点主要体现在以下几个方面：一是精确的劈裂控制：该技术采用专业的劈裂设备，能够沿坝轴线方向进行精确控制劈裂。劈裂的深度、宽度和方向均可根

据坝体的实际情况和防渗需求进行精确调整,以确保劈裂效果符合设计要求。二是特制浆液的注入:在劈裂形成的空隙中,注入特制的浆液。这些浆液具有良好的流动性和胶凝性,能够充分填充劈裂空隙,并在固化后形成一道致密的防渗层。三是垂直连续的防渗体:通过劈裂和注浆过程,浆液在坝体内部形成一道垂直且连续的防渗体。这道防渗体能够有效地阻止水流在坝体内部的渗透,从而显著提升坝体的防渗性能。四是提升坝体的稳定性和安全性:劈裂灌浆技术不仅能够有效阻止坝体内部渗漏,还能够通过固化后的浆液增强坝体的整体性和结构强度。这有助于提升坝体的稳定性和安全性,延长坝体的使用寿命。

3 灌浆施工要点

3.1 钻孔施工

钻孔施工是灌浆技术实施中的先决条件,其质量直接影响到后续灌浆作业的效果和整体工程的防渗性能。因此,在进行钻孔施工时,必须严格根据地层条件和设计要求来确定孔径、孔向以及钻孔的深度。具体来说,钻孔施工的关键要点包括以下几个方面:(1)孔径控制:根据地层特性和灌浆需求,精确选择并控制孔径大小,以确保浆液能够顺利注入并充分扩散。(2)孔向确定:钻孔的方向需与设计严格要求一致,以确保钻孔能够准确穿透目标地层,并为后续的灌浆作业提供理想的通道。(3)钻孔深度管理:根据地层条件和防渗需求,精确控制钻孔的深度,确保钻孔能够达到预期的防渗效果^[2]。(4)钻机垂直度保证:在钻孔过程中,必须保持钻机的垂直度,以避免钻孔偏斜导致的灌浆不均匀或浆液流失问题。(5)偏斜率控制:严格控制钻孔的偏斜率,确保钻孔的直线性和稳定性,为后续的灌浆作业奠定坚实基础。

3.2 浆液制备

浆液制备是灌浆施工中的关键环节,其性能直接关系到灌浆作业的效果和整体工程的防渗性能。因此,在浆液制备过程中,必须根据地层渗透性和灌浆目的来精心选择合适的灌浆材料,并严格控制浆液的配比和搅拌质量。具体而言,浆液制备的要点包括以下几个方面:一是灌浆材料的选择:基于地层的渗透特性和灌浆的具体目标,科学选定灌浆材料。对于不同地层和灌浆需求,可能需要选择水泥、黏土、化学浆液等不同材料,或者采用多种材料的复合配方。二是浆液配比的精确控制:根据设计要求和地层条件,精确计算并控制灌浆材料的配比。配比的准确性直接影响到浆液的流动性、胶凝性和防渗性能。三是搅拌质量的严格把控:在浆液制

备过程中,必须确保搅拌的均匀性和充分性。采用专业的搅拌设备,并控制搅拌时间和速度,以确保浆液中的各种成分充分混合,达到理想的性能状态。四是浆液性能的检测与调整:在浆液制备完成后,需对其进行性能检测,包括流动性、胶凝时间、防渗性能等指标。根据检测结果,及时调整浆液配比或搅拌参数,以确保浆液满足灌浆作业的要求。

3.3 注浆控制

注浆控制是灌浆施工中的核心环节,对灌浆效果有着至关重要的影响。在注浆过程中,必须严格控制灌浆压力,以确保浆液能够均匀扩散并充分填充地层裂隙,同时避免对岩体造成不必要的扰动或破坏。首先要根据地层条件和设计要求,精确设定并控制灌浆压力。压力过小可能导致浆液扩散半径不足,无法形成有效的防渗层;而压力过大则可能引起岩体抬动变形,甚至破坏地层的稳定性。因此,必须根据实际情况灵活调整灌浆压力,以确保注浆效果的最佳化。在注浆过程中,应密切监测地层的吸浆情况。如发现地层吸浆能力较弱或浆液扩散速度过快,应及时调整浆液浓度,以确保浆液能够充分填充地层裂隙并形成稳定的防渗层。注浆量的控制同样重要。过少的注浆量可能无法形成连续的防渗层,而过多的注浆量则可能造成浆液的浪费和地层的过度扰动。因此,应根据地层条件和设计要求,科学计算并控制注浆量,以确保注浆作业的经济性和有效性。

3.4 封孔处理

灌浆作业完成后,及时进行封孔处理是至关重要的步骤。这一环节的主要目的是防止浆液流失和外界水分渗入,从而确保灌浆效果并维护工程的长期稳定性。灌浆结束后,应尽快进行封孔处理,以防止浆液在固化前流失。同时,也要避免过早封孔,以免浆液未完全扩散和固化。封孔方法应根据工程的实际情况和地层条件来确定。常用的封孔方法包括机械封孔、压力封孔和化学封孔等。选择合适的封孔方法对于确保封孔质量和工程的长期稳定性至关重要。封孔材料应具有良好的密封性、耐久性和与地层的相容性^[3]。常用的封孔材料包括水泥、黏土、化学浆液等。在选择封孔材料时,需考虑地层的渗透性、浆液的性质以及工程的防渗要求。封孔完成后,应对封孔质量进行检验。检验内容包括封孔的密实度、渗漏情况以及封孔材料与地层的结合情况等。如发现封孔质量不符合要求,应及时进行补救处理。

4 灌浆施工的质量控制措施与策略

4.1 施工前的质量控制

施工前的质量控制是灌浆施工成功的基础,它涵盖

了详细的设计与规划,以及对施工所需设备、仪器和材料的严格检查。在设计与规划阶段,需充分考虑地层条件、防渗要求、灌浆材料性能等因素。灌浆材料的选择应基于其渗透性、胶凝性、耐久性以及与地层的相容性。灌浆孔的布置需确保浆液能够均匀扩散并覆盖整个目标区域,同时考虑灌浆孔的深度、间距和排列方式。灌浆压力的设定则需根据地层的渗透性和强度来确定,以确保浆液能够有效注入并形成稳定的防渗层。设备与材料的检查同样至关重要。所有施工所需的设备、仪器和材料均应符合相关质量标准和规范。对于设备,需检查其性能、稳定性和安全性,确保其能够满足施工要求。对于材料,则需检查其质量证明文件、生产日期、有效期等,并进行必要的试验和检测,以确保其质量符合标准^[4]。此外,还需对施工队伍进行技术培训和交底,确保他们熟悉施工流程、掌握关键技术,并了解质量控制的重要性。通过这些措施,可以为灌浆施工的成功实施奠定坚实基础,并有效避免因材料或设备问题导致的施工质量下降。

4.2 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是确保灌浆施工效果的关键环节,它涉及对关键参数的实时监测与调整,以及每一道工序完成后的质量检查和验收。在实时监测与调整方面,应密切关注灌浆压力和浆液流量的变化。灌浆压力是浆液注入地层的主要动力,其大小直接影响到浆液的扩散半径和防渗效果。因此,需通过专业设备对灌浆压力进行实时监测,并根据地层条件和防渗要求适时调整压力值,以确保浆液能够均匀、有效地注入地层。同时,浆液流量的监测也不容忽视,它反映了浆液注入地层的速度和效率。如发现浆液流量异常,应及时排查原因并采取相应措施。在每一道工序完成后,都应进行严格的质量检查和验收。这包括对灌浆孔的深度、直径、垂直度等几何尺寸的检查,以及对浆液固化后的强度、

渗透性等性能指标的检测。质量检查和验收应依据设计要求和相关质量标准进行,确保每一道工序都符合规范要求,从而为整体工程的防渗性能提供有力保障。

4.3 施工后的质量控制

施工后的质量控制是灌浆施工流程的收尾环节,也是确保工程长期防渗性能的关键。防渗效果评估是这一阶段的首要任务,它涉及对灌浆孔封堵情况的细致检查,以及对防渗层厚度和渗透性的精确测量。这些评估工作旨在验证防渗效果是否达到预期标准,确保工程满足设计要求。对于重要的水利工程而言,施工后的质量控制不能仅仅停留在评估层面。建立长期监测与维护机制是保障工程长期有效运行的重要举措。这包括定期对防渗层进行细致检查,及时发现并处理潜在问题,如裂缝、渗漏等。同时,根据工程实际情况和运行经验,制定科学合理的维护计划,定期对防渗层进行必要的维护和修复,以确保其长期保持稳定的防渗性能。

结语

灌浆施工技术在水利工程防渗处理中发挥着重要作用,不同类型的灌浆技术各具特色,适用于不同的地层条件和防渗需求。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,灌浆施工技术将更加高效、环保和智能化。因此,加强对灌浆施工技术的研究与应用,对于提高水利工程的安全性和耐久性具有重要意义。

参考文献

- [1]刘文生.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用研究[J].工程建设与设计,2023,(24):148-150.
- [2]伏杰,徐书洋,戴萱,等.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用[J].中国新技术新产品,2023,(24):118-120.
- [3]刘金光.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用研究[J].水利技术监督,2023,(04):233-235+260.
- [4]高瑜.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的运用[J].江苏建材,2022,(04):66-68.