

# 水利工程灌浆施工技术探讨

涂世磊

中国水利水电第十六工程局有限公司 福建 福州 350000

**摘要:** 水利工程灌浆施工技术是确保水利工程结构稳定性和防水性能的关键措施。本文探讨了水利工程灌浆施工技术的分类、关键要素以及质量控制方法。通过分析高压灌浆、高压喷射灌浆、控制性灌浆、劈裂灌浆和卵砾石层帷幕灌浆等技术的特点与应用,结合灌浆材料选择、灌浆压力控制、灌浆孔设计与布置以及施工工艺优化等关键要素,提出了灌浆施工前后的质量控制策略。

**关键词:** 水利工程; 灌浆施工技术; 高压灌浆; 防渗效果; 质量控制

引言: 随着水利工程的快速发展,灌浆施工技术作为提高工程结构稳定性和防水性能的重要手段,得到了广泛应用。灌浆施工技术通过向地基、坝体或岩体的裂缝、空隙中注入浆液,形成连续的防渗帷幕,从而提高结构的整体性和稳定性。灌浆施工技术种类繁多,施工条件复杂,质量控制难度较大。对水利工程灌浆施工技术进行深入探讨,对于提高工程质量、保障工程安全具有重要意义。

## 1 水利工程灌浆施工技术的分类

### 1.1 高压灌浆技术

(1)定义与原理: 高压灌浆技术是一种利用高压设备将水泥浆液或其他化学浆液注入到地基、坝体或岩体的裂缝、空洞中的方法。该技术通过高压作用,使浆液能够充分渗透到岩石或土体的微小裂缝中,形成连续的防渗帷幕,提高结构的整体性和稳定性。(2)在岩溶地段施工中的应用: 在岩溶地段,由于地下溶洞、暗河等地质构造复杂,高压灌浆技术尤为关键。通过高压注浆,可以将浆液注入到溶洞、裂隙等空间中,填充空隙,增强地基的承载力,同时形成有效的隔水层,防止地下水渗漏。(3)优点与效果: 高压灌浆技术具有施工效率高、浆液渗透性强、注浆效果稳定等优点。它能够有效提高地基的强度和稳定性,降低坝体或堤防的渗漏风险,延长水利工程的使用寿命。

### 1.2 高压喷射灌浆技术

(1)使用设备与方法: 高压喷射灌浆技术主要利用高压水枪或喷射器,将水泥浆液以高速、高压的形式喷射到地基或岩体的裂缝、空隙中。通过喷射产生的冲击力,使浆液与周围介质紧密结合,形成致密的防渗层。(2)防渗效果与施工特点: 该技术具有防渗效果好、施工速度快、适应性强等特点<sup>[1]</sup>。能够在短时间内形成连续的防渗帷幕,有效阻止地下水的渗漏。高压喷射灌浆技术

还能够对地基进行加固处理,提高地基的承载力和稳定性。(3)应用场景与限制: 高压喷射灌浆技术适用于各种地质条件下的水利工程,特别是在地基处理、坝体防渗等方面具有显著优势。该技术对施工设备和人员技术要求较高,且需要严格控制浆液配比和喷射压力等参数,以确保施工质量。

### 1.3 控制性灌浆技术

(1)主要材料与施工方法: 控制性灌浆技术主要使用水泥浆液、化学浆液等作为灌浆材料。在施工过程中,通过精确控制灌浆压力、流量和灌浆时间等参数,使浆液能够按照预定的方式渗透到地基或岩体的裂缝、空隙中。(2)成本与效率分析: 控制性灌浆技术虽然施工成本相对较高,但由于其能够精确控制灌浆过程,提高灌浆效果,在实际应用中具有较高的性价比。该技术还能够减少灌浆材料的浪费,降低施工成本。(3)应用范围与优势: 控制性灌浆技术适用于对灌浆效果要求较高的水利工程,如坝体防渗、隧道加固等。它能够有效提高结构的稳定性和防水性能,延长水利工程的使用寿命。

### 1.4 劈裂灌浆技术

(1)技术要求与施工难度: 劈裂灌浆技术是一种利用浆液在压力作用下产生的劈裂力,将地基或岩体劈裂成微小裂缝,然后注入浆液进行加固和防渗处理的方法。该技术对施工设备和人员技术要求较高,需要严格控制灌浆压力和劈裂力等参数。(2)对坝体稳定性的提升作用: 劈裂灌浆技术能够有效提高坝体的整体性和稳定性,通过浆液填充裂缝和空隙,增强坝体的抗渗性能和承载能力。(3)注意事项与风险控制: 在施工过程中,需要密切关注灌浆压力和劈裂力等参数的变化,及时调整施工方案,确保施工质量。还需要加强现场监测和安全防护工作,降低施工风险。

### 1.5 卵砾石层帷幕灌浆技术

(1)技术特点与要求:卵砾石层帷幕灌浆技术是一种在卵砾石层中形成连续防渗帷幕的灌浆方法。该技术具有适应性强、施工灵活等特点,能够适应不同地质条件下的施工需求。(2)在特殊水利工程中的应用:卵砾石层帷幕灌浆技术特别适用于地质条件复杂、地下水丰富的水利工程。通过该技术,可以在卵砾石层中形成有效的防渗帷幕,防止地下水渗漏和坝体失稳。(3)与其他技术的比较:与其他灌浆技术相比,卵砾石层帷幕灌浆技术具有更高的适应性和灵活性。它能够在复杂的地质条件下进行施工,且形成的防渗帷幕更加连续和稳定。该技术对施工设备和人员技术要求较高,需要严格控制施工参数和质量标准。

## 2 水利工程灌浆施工技术的关键要素

### 2.1 灌浆材料的选择

(1)不同材料的性能与特点:灌浆材料的选择是灌浆施工的首要环节,其性能与特点直接关系到灌浆效果的好坏。目前,水利工程中常用的灌浆材料主要包括水泥浆液、化学浆液(如聚氨酯、环氧树脂等)和黏土浆液等。水泥浆液具有强度高、成本低、施工方便等优点,是水利工程灌浆中最常用的材料。它能够通过水化反应形成坚硬的固体,有效填充裂缝和空隙,提高结构的整体性和稳定性。水泥浆液也存在一些局限性,如凝结时间较长、对环境的适应性较差等。化学浆液则具有凝结速度快、渗透性强、对环境的适应性好等优点。它们能够在短时间内形成致密的防渗层,有效阻止地下水的渗漏<sup>[2]</sup>。但化学浆液的成本较高,且可能对环境 and 人体健康造成一定影响,因此在使用时需要谨慎考虑。黏土浆液则适用于一些特殊的地质条件,如软土地基等。它具有良好的塑性和粘结性,能够形成稳定的防渗层。但黏土浆液的强度相对较低,需要与其他材料配合使用以提高其性能。(2)材料对灌浆效果的影响:灌浆材料的选择对灌浆效果具有重要影响。不同的材料在渗透性、凝结时间、强度等方面存在差异,这些差异将直接影响灌浆层的形成和性能。在选择灌浆材料时,需要根据工程的具体情况和施工要求,综合考虑材料的性能、成本、环保性等因素,选择最适合的材料。

### 2.2 灌浆压力的控制

(1)压力对灌浆效果的影响:灌浆压力是灌浆施工中的重要参数,直接影响着灌浆浆液在裂缝和空隙中的渗透和扩散。适当的灌浆压力能够使浆液充分渗透到岩石或土体的微小裂缝中,形成连续的防渗帷幕。而过高的灌浆压力则可能导致岩石或土体的劈裂或破坏,影响灌浆效果。(2)压力控制的策略与方法:为了有效控制灌浆

压力,需要采取一系列策略和方法。在施工前需要对地质条件进行详细的勘察和分析,了解岩石或土体的力学性能和渗透性能,为灌浆压力的选择提供依据。在灌浆过程中需要实时监测灌浆压力的变化,及时调整灌浆参数,确保灌浆压力始终保持在合理的范围内。还可以采用分段灌浆、逐级加压等方法,以更好地控制灌浆压力。

### 2.3 灌浆孔的设计与布置

(1)孔距与孔径的确定:灌浆孔的设计与布置是灌浆施工中的关键环节。孔距和孔径的确定将直接影响灌浆浆液在岩石或土体中的渗透和扩散范围。孔距过大可能导致灌浆浆液无法充分渗透到所有裂缝和空隙中,形成不连续的防渗帷幕;而孔距过小则可能增加施工难度和成本。孔径的选择也需要根据工程的具体情况和施工要求来确定,以确保灌浆浆液能够顺利注入并形成良好的防渗层。(2)灌浆孔布置的原则与要求:在灌浆孔的设计与布置中,需要遵循一定的原则和要求。灌浆孔应均匀分布,确保灌浆浆液能够充分渗透到整个灌浆区域。灌浆孔的深度和倾斜角度应根据地质条件和施工要求来确定,以确保灌浆浆液能够沿着预定的路径渗透到岩石或土体的深处。还需要考虑灌浆孔之间的相互影响和干扰,避免出现重复灌浆或漏灌的情况。

### 2.4 灌浆施工工艺的优化

(1)施工顺序与步骤的合理性:灌浆施工工艺的优化是提高灌浆效果和施工效率的重要途径。在施工顺序和步骤的设计上,需要充分考虑地质条件、施工环境、材料性能等因素,确保施工过程的顺利进行。一般来说,灌浆施工应遵循“先周边、后中间”的原则,先对灌浆区域的周边进行灌浆处理,以形成稳定的防渗边界;然后再对中间区域进行灌浆处理,确保整个灌浆区域的稳定性和防水性能。(2)施工效率与质量的提升策略:为了提升灌浆施工的效率和质量,可以采取一系列策略和方法。加强施工人员的培训和管理,提高他们的专业技能和责任心。采用先进的施工设备和工艺,如高压灌浆设备、自动化控制系统等,以提高施工效率和质量。还要加强施工过程中的监测和检测工作,及时发现和解决施工中出现的和隐患。

## 3 水利工程灌浆施工技术的质量控制

### 3.1 灌浆施工前的准备工作

(1)数据记录与考察:在灌浆施工前,需要对施工区域进行详细的数据记录和考察。这包括地质勘察、水位监测、裂缝和空隙的分布情况等。地质勘察能够揭示岩石和土体的力学特性、渗透性能等关键信息,为灌浆材料的选择、灌浆压力的控制提供依据。水位监测则有助

于了解地下水位的动态变化,确保灌浆施工不会因地下水位的波动而受到影响<sup>[3]</sup>。对裂缝和空隙的详细记录有助于确定灌浆孔的位置、数量和深度,确保灌浆浆液能够充分渗透到所有需要加固和防渗的区域。(2)水位调整与设备检查:在灌浆施工前,还需要对水位进行调整,确保施工期间地下水位不会对灌浆效果产生负面影响。这通常包括抽水、排水等措施,以降低地下水位至安全范围。对施工所需的所有设备进行检查和调试也是必不可少的。灌浆设备、监测设备、安全防护设备等均需确保正常运行,以避免因设备故障导致的施工中断或安全事故。

### 3.2 灌浆施工过程中的监控与调整

(1)对水压与浆液浓度的观察:在灌浆施工过程中,需要对水压和浆液浓度进行持续观察。水压的变化能够反映灌浆浆液在岩石或土体中的渗透情况,过高或过低的水压都可能影响灌浆效果。需要实时监测水压,并根据实际情况调整灌浆压力和灌浆速度。浆液浓度的控制也是关键。浆液浓度过高可能导致浆液难以渗透,而浓度过低则可能降低灌浆层的强度和防渗性能。需要严格控制浆液的配比和浓度,确保灌浆浆液的性能符合施工要求。(2)根据实际情况调整灌浆策略:在灌浆施工过程中,可能会遇到各种预料之外的情况,如地质条件的复杂性、地下水位的波动等。这些情况都可能对灌浆效果产生影响。需要根据实际情况灵活调整灌浆策略。例如,在遇到裂缝宽度较大或渗透性能较强的区域时,可能需要增加灌浆孔的数量或深度,以提高灌浆浆液的渗透性和扩散范围。在遇到地下水位较高或地质条件较差的区域时,可能需要采用分段灌浆、逐级加压等策略,以确保灌浆浆液能够顺利注入并形成良好的防渗层。

### 3.3 灌浆施工后的检测与验收

(1)防渗效果的检测:灌浆施工完成后,需要对灌浆区域的防渗效果进行检测。这通常包括渗漏试验、水压试验等。渗漏试验能够评估灌浆层的防渗性能,确保灌浆浆液已经充分渗透到所有需要防渗的区域。水压试验

则能够检验灌浆层在压力作用下的稳定性和防水性能。这些检测能够及时发现灌浆施工中可能存在的问题和隐患,为后续的修复和改进提供依据。(2)灌浆质量的评估与验收标准:在灌浆施工完成后,还需要对灌浆质量进行评估和验收。评估的内容包括灌浆层的厚度、强度、防渗性能等。验收标准则根据工程的具体情况和施工要求来确定。例如,对于需要长期承受水压和渗透压力的水利工程,灌浆层的强度和防渗性能需要达到较高的标准。而对于一些临时性或辅助性的灌浆工程,验收标准则可能相对较低。在评估和验收过程中,需要严格遵循相关标准和规范,确保灌浆质量符合设计要求。为了进一步提高灌浆施工的质量,还可以采取一些额外的质量控制措施。例如,加强施工人员的培训和管理,提高他们的专业技能和责任心;采用先进的施工技术和设备,提高施工效率和质量;加强施工过程中的监测和检测工作,及时发现和解决施工中出现的的问题和隐患;建立完善的质量管理体系和质量追溯机制,确保灌浆施工的全过程可追溯、可控制。

结束语:水利工程灌浆施工技术是确保工程结构稳定性和防水性能的关键。在灌浆施工过程中,应根据工程的具体情况和施工要求,选择合适的灌浆技术、灌浆材料和施工参数。加强施工过程中的质量控制和监测工作,及时发现和解决施工中出现的的问题和隐患。通过科学合理的灌浆施工技术和严格的质量控制措施,可以确保水利工程灌浆施工的质量和安,为水利工程的长期稳定运行提供有力保障。

### 参考文献

- [1]薛界民.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].农业灾害研究, 2023, 13(4): 154-156.
- [2]石信.基础灌浆施工技术在水利工程中的应用研究[J].建材发展导向, 2023, 21(4): 100-102.
- [3]赵全奎.水利工程中基础灌浆施工技术的应用漫谈[J].中国水运(下半月), 2021, 08: 216-217.