

水利水电工程灌浆施工技术与管理措施分析

袁江涛

陕西水务发展实业集团有限公司 陕西 西安 710016

摘要：通过深入分析水利水电工程中灌浆施工技术的关键环节与质量管理措施。探讨灌浆技术在提升工程结构稳定性、防渗性能及整体质量方面的重要作用，并详细阐述灌浆参数的科学设定、施工过程的精细控制以及质量检验的严格执行等质量控制措施。本文揭示有效技术管理与质量控制对于保障水利水电工程安全、高效运行的重要意义，为相关领域的技术人员和管理者提供有价值的参考。

关键词：水利水电工程；灌浆施工技术；质量管理措施

1 水利水电工程灌浆施工的相关阐述

水利水电工程中的灌浆施工技术，是确保工程结构稳定与安全的关键环节，尤其在处理地基加固、防渗止水及裂缝修补等方面发挥着不可替代的作用。该技术通过特定压力将水泥浆、黏土浆或其他化学浆液注入地层或建筑物的缝隙、空洞中，以达到填充、压实、固结的目的，从而提升整体结构的承载能力和抗渗性能。灌浆施工过程中，需精确控制浆液配比、注浆压力及注浆速率等参数，以确保浆液能够有效扩散并充分填充目标区域，根据地质条件、工程需求及浆液特性，合理选择灌浆方式，如分段加压灌浆、帷幕灌浆或接触灌浆等，以实现最佳灌浆效果。施工过程中还需加强监测与记录，及时发现并解决注浆过程中出现的问题，如浆液流失、地面抬升等，确保施工安全与质量。水利水电工程的灌浆施工是一项技术性强、要求高的作业，其质量直接关系到工程的安全运行与长期效益，必须严格遵守施工规范，强化质量控制与安全管理，确保灌浆施工达到预期效果。

2 灌浆技术存在的问题

2.1 传统控制方法中存在的问题

灌浆技术在水利水电工程中虽然扮演着至关重要的角色，但在实际应用过程中仍存在不少问题，尤其是在传统控制方法中表现尤为明显。传统控制方法往往舍弃了许多系统因子，仅从子结构的范畴考虑问题，这导致在控制精度与系统复杂程度之间难以找到平衡点^[1]。系统因子的缺失使得控制结果可能不够全面和准确，进而影响灌浆施工的整体效果。传统控制方法在工程实践中要求尽可能简单实用，以适应施工条件的局限性，如工期短、现场人员理论水平不高以及造价限制等，这种简化处理往往牺牲了控制理论的复杂性和精确性，使得控制效果难以达到最优。灌浆系统的结构存在不确定性，

这也是传统控制方法难以克服的问题之一，由于灌浆过程中涉及多种因素，如地质条件、浆液性能、注浆压力等，这些因素的变化都可能对灌浆效果产生影响。而传统控制方法往往难以全面考虑这些不确定性因素，导致系统分析成果可能失真。

2.2 施工中控制方法存在的问题

灌浆技术在水利水电工程施工中虽然具有不可替代的作用，但在实际应用过程中仍面临一系列问题，特别是在施工控制方法方面显得尤为突出。灌浆施工中的控制方法往往难以准确预测和应对地质条件的多变性，地下岩层、裂隙分布等地质特征的复杂性使得灌浆效果难以完全按照预期进行，而传统的控制方法往往基于经验或简化的假设，难以准确反映实际地质情况，从而导致灌浆效果不理想。施工控制方法在处理浆液性能与注浆工艺参数的匹配问题时存在困难，浆液的性能（如流动性、凝结时间等）以及注浆压力、速率等工艺参数对灌浆效果具有直接影响，在实际施工中，这些参数的调整往往依赖于经验判断，缺乏科学的量化标准和实时监测手段，使得控制过程不够精确和及时。施工控制方法还面临着灌浆过程中浆液流失、注浆管堵塞等问题的挑战，这些问题可能导致灌浆效率降低、成本增加，甚至影响工程质量和安全。而传统的控制方法往往难以及时发现和解决这些问题，缺乏有效的预防和处理措施。

2.3 系统分析结果失真

就当今灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的应用过程来看，对于灌浆施工的过程结构控制远远达不到施工标准要求，这在很大程度上会造成系统分析误差较大情况的发生，甚至会导致整个施工系统的分析结果失真。在水利水电施工过程中，理论基础是确保灌浆技术在水利水电工程施工质量的基本条件，因此在大坝施工开始前，就应建立相对合理的施工控制结构，以确保成

熟的灌浆技术质量能够为系统分析提供较为精确的数据,避免系统分析结果失真,从而影响灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的应用。

3 水利水电工程常用灌浆技术

在复杂多变的水利水电工程环境中,灌浆技术作为增强结构强度和防渗性能的关键手段,其重要性不言而喻。随着技术的不断进步,多种灌浆方法应运而生,以满足不同工程条件下的特定需求。

3.1 无塞灌浆技术

无塞灌浆技术,作为现代灌浆工艺的一项创新成果,彻底颠覆了传统灌浆作业中依赖灌浆塞进行段间隔离的模式。该技术通过引入先进的孔口封闭装置或采用特殊设计的灌浆管,实现在不使用灌浆塞的情况下,对钻孔内不同灌浆段的有效隔离与连续灌浆。这一变革不仅简化施工流程,减少设备需求,还显著提高了灌浆作业的效率与灵活性^[2]。在无塞灌浆技术的实施过程中,施工人员可以根据工程实际情况,灵活调整灌浆参数,如灌浆压力、浆液浓度及灌浆速率等,以确保灌浆效果达到最佳,由于无需频繁更换灌浆塞,该技术还大大降低因操作不当导致的漏浆、串浆等风险,提高施工安全性,无塞灌浆技术还具备良好的适应性,能够适用于各种地质条件和水文环境下的灌浆作业,为水利水电工程的安全与稳定提供有力保障。

3.2 高压喷射灌浆防渗透技术

高压喷射灌浆防渗透技术,是针对水利水电工程中复杂多变的防渗需求而研发的一种高效灌浆方法。该技术充分利用高压水射流或高压水泥浆射流的强大冲击力与切割能力,对地层进行深度穿透与扰动,形成一道坚实的防渗帷幕。在高压喷射的作用下,浆液能够深入地层微小裂隙与孔隙之中,与周围土粒紧密结合,形成致密的防渗结构体,有效阻断地下水的渗透通道。高压喷射灌浆防渗透技术的优势在于其防渗效果显著、施工速度快且适应性强。该技术能够根据不同地层的物理力学性质与渗透特性,灵活调整喷射压力、浆液配比及喷射角度等参数,以达到最佳的防渗效果,高压喷射灌浆过程中产生的强大冲击力还能对地层进行一定程度的加固作用,提升工程整体稳定性。该技术还具备环保节能的特点,通过优化浆液配比与施工工艺,减少了对环境的污染与资源的浪费。

4 水利水电灌浆施工技术的质量控制措施

4.1 控制好灌浆的压力

灌浆压力是灌浆施工过程中至关重要的参数之一,它直接影响到灌浆浆液在地层中的扩散范围、填充效果

以及固结强度,严格控制灌浆压力是灌浆施工技术质量控制的首要任务。根据工程地质勘察报告、设计文件及现场试验数据,科学合理地确定灌浆压力值,这一过程中,需充分考虑地层岩性、裂隙发育情况、初始地应力状态以及工程对防渗、加固的具体要求等因素,通过综合分析,确定既满足工程需求又符合地层承受能力的灌浆压力范围。在灌浆施工过程中,应实施动态监控与调整策略,通过安装压力传感器、流量计等监测设备,实时监测灌浆压力的变化情况,并与预设值进行对比分析。一旦发现灌浆压力异常,如压力骤升或骤降、波动过大等,应立即查明原因,并采取相应的调整措施,如调整浆液浓度、改变灌浆速率或暂停灌浆等,以确保灌浆压力始终保持在合理范围内。还应注意灌浆压力的逐步提升原则,在初始灌浆阶段,应采用较低的灌浆压力进行试灌,以观察地层反应和浆液扩散情况。待地层适应后,再逐步增加灌浆压力至设计值。这一做法有助于避免因地层突然承受高压而导致的不稳定现象,确保灌浆施工的顺利进行。

4.2 对施工过程加强质量控制

灌浆施工过程的质量控制是确保灌浆效果的关键。由于灌浆施工涉及多个环节和多个工种之间的协作配合,因此必须从多方面入手,加强施工过程的质量控制。建立健全的施工组织管理体系,明确各岗位职责和权限划分,制定详细的施工计划和作业指导书,确保施工过程的有序进行,加强施工人员的培训和管理,提高施工人员的技能水平和责任意识,减少人为因素对施工质量的影响。加强对施工材料和设备的质量控制,灌浆浆液作为灌浆施工的主要材料,其性能和质量直接影响到灌浆效果。应严格把关浆液原材料的采购、储存和配制等环节,确保浆液的性能指标符合设计要求,对灌浆设备也应进行定期检查和维护保养,确保设备的正常运行和性能稳定^[3]。在灌浆施工过程中,还应加强现场管理和监督。施工管理人员应深入施工现场,了解施工进度和施工质量情况,及时发现和解决问题,加强对施工人员的指导和监督,确保施工人员按照作业指导书和操作规程进行施工。此外,还应建立健全的质量检查制度,定期对施工质量进行检查和验收,确保施工质量符合设计要求。特别地,在灌浆施工过程中还应注意几点:一是要确保钻孔质量。钻孔应垂直、光滑、无塌孔现象,以确保灌浆浆液能够顺利注入地层;二是要严格控制浆液浓度和灌浆速率。浆液浓度过高易导致地层堵塞,过低则会影响固结强度;灌浆速率过快易导致浆液流失和浪费,过慢则会影响施工效率。因此,应根据地层情况

和设计要求合理调整浆液浓度和灌浆速率；三是要加强灌浆结束后的处理工作。灌浆结束后应及时清洗灌浆设备和管道，防止浆液残留对设备造成腐蚀和损坏；还应对接孔进行封堵处理，防止地下水倒灌和地层塌陷等问题的发生。

4.3 加强质量检验工作

质量检验是灌浆施工技术质量控制的最后一道防线。通过严格的质量检验工作，可以及时发现施工质量问题并采取相应的补救措施，确保工程质量的合格与优良。制定详细的质量检验计划和检验标准，明确检验内容、检验方法和检验周期等要求，组建专业的质量检验团队，负责对灌浆施工质量进行全面、细致、准确的检验工作。在质量检验过程中应注重科学性和客观性，采用先进的检测仪器和设备对灌浆施工质量进行检测和评估；同时遵循科学的检测方法和程序进行操作；确保检测数据的真实性和可靠性。此外还应加强与其他相关专业的沟通协调工作；确保质量检验工作与其他施工环节之间的无缝衔接和协调配合。具体地说，在灌浆施工质量的检验工作中应重点关注几个方面：（1）灌浆浆液的性能指标是否符合设计要求；（2）灌浆压力是否得到有效控制并在合理范围内波动；（3）灌浆浆液在地层中的扩散范围和填充效果是否满足工程需求；（4）灌浆后地层的防渗性能和固结强度是否得到提高等。通过对这些关键指标的检验和评估可以全面反映灌浆施工的质量状况并为后续的工程验收和评估提供有力依据。

4.4 灌浆质量检查措施

在水利水电工程中，灌浆施工技术的质量控制是确保工程结构稳固、防止渗漏、提升整体性能的重要环节。为了确保灌浆施工质量达到设计要求，必须采取一系列全面而有效的质量控制措施，并辅以严格的灌浆质量检查措施。科学合理地确定灌浆参数，如灌浆压力、浆液浓度、灌浆速率等，这些参数需根据工程地质条件、设计要求和现场试验数据综合确定，以确保灌浆浆液能够充分扩散并有效填充地层裂隙。加强施工过程的精细化管理，从钻孔、制浆、灌浆到封孔等各个环节，都要严格按照操作规程进行，确保每一步骤都符合质量要求。加强对施工人员的培训和管理，提高施工队伍的

整体素质和技能水平，减少人为因素对施工质量的影响。建立健全的质量管理体系，明确质量责任，加强质量监督和检查，及时发现并纠正施工中的质量问题，确保灌浆施工始终处于受控状态。灌浆质量检查措施则是确保灌浆施工质量的重要手段^[4]。一方面，要进行现场检查，通过目视观察、手触检查等方式，对灌浆孔位、孔深、孔斜等进行检查，确保钻孔质量符合设计要求。同时，利用压力表和流量计等监测设备，实时监测灌浆过程中的压力变化和浆液流量，确保灌浆参数在合理范围内波动。另一方面，进行实验室检测，对灌浆浆液的性能指标进行定期检测，如密度、粘度、凝结时间等，确保浆液性能满足设计要求。还应在灌浆结束后进行质量验收，通过取芯检测、注水试验等方法，对灌浆效果进行评估，确保灌浆质量达到设计要求。水利水电灌浆施工技术的质量控制措施和灌浆质量检查措施是相辅相成的，两者共同构成了确保灌浆施工质量的重要保障体系。通过科学合理地确定灌浆参数、加强施工过程的精细化管理、建立健全的质量管理体系以及实施严格的灌浆质量检查措施，可以全面提升灌浆施工的质量水平，为水利水电工程的安全稳定运行提供有力支撑。

结束语

水利水电工程灌浆施工技术的合理应用与严格的质量管理是保证工程质量的基石。通过不断优化灌浆技术参数、强化施工过程监控与检验，能够显著提升灌浆效果，为水利水电工程的安全稳定运行奠定坚实基础。未来，随着科技的不断进步和工程实践的深入，灌浆施工技术与质量管理措施将进一步完善，为水利水电工程的高质量发展提供更加有力的技术支持和保障。

参考文献

- [1]魏忠合.浅谈水利水电工程灌浆施工技术与质量管理措施[J].低碳世界,2019(13):67-68.
- [2]赵晓东.水利水电工程灌浆施工及其质量管理[J].中国新技术新产品,2019(9):107-108.
- [3]惠光宇.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J].科技风,2020(28):136-137.
- [4]刘素芹.探究水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略[J].科技视界,2020(28):111-112.