

水利水电工程灌浆施工技术与管理对策探析

夏国强

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 本文对水利水电工程灌浆施工技术与管理对策进行了深入探讨。灌浆施工作为水利水电工程建设中的关键环节,其技术水平和质量管理直接关系到工程的安全性和稳定性。分析了灌浆施工的技术要点,包括材料准备、钻孔技术、灌浆方法与工艺等,并提出相应的质量管理对策,如构建质量管理体系、加强施工过程质量控制等。通过本文的研究,旨在为水利水电工程灌浆施工提供技术指导和质量管理参考,推动工程质量的全面提升。

关键词: 水利水电工程;灌浆施工技术;质量管理

1 水利水电工程灌浆施工技术概述

水利水电工程灌浆施工技术是一种重要的地基处理措施,广泛应用于大坝坝体的加固处理与防渗工程中。该技术主要利用液压、气压或电化学原理,通过注浆管将具有流动性和胶凝性的浆液均匀地注入到地层或建筑缝隙中,以填充岩土中的裂缝和孔隙,提高岩土的整体性、强度和刚度,从而达到防渗、固结和增强的工程目的。灌浆施工技术根据施工对象和施工方式的不同,可以分为多种类型,如岩体灌浆、土体灌浆和结构灌浆等。其中,帷幕灌浆是水利水电工程中常见的一种灌浆施工技术,它通过在岩体中形成连续的阻水帷幕,以减少渗流量和降低渗透压力,确保工程的防渗性能。在实际施工过程中,灌浆施工技术涉及多个关键步骤,包括钻孔、冲洗、压水试验、灌浆和封孔等。钻孔施工要求确保孔壁的硬度、厚度以及钻孔的均匀垂直度,以防止返浆现象的发生。冲洗施工则主要用于清除钻孔内的积水、污物,以防止浆液与岩石之间的胶结度降低。灌浆施工则根据具体的灌浆类型和施工要求,选择合适的灌浆方法和浆液浓度,以确保灌浆质量。灌浆施工技术的应用范围广泛,不仅可以用于水利水电工程的地基处理,还可以应用于隧道、地下施工项目和建筑物地基的加固。随着技术的不断进步,灌浆施工技术也在不断发展和创新。这种技术具有适用性强、成本低、加固效果好的特点,被广泛应用于水利水电工程的施工中。

2 水利水电工程灌浆施工质量管理问题

2.1 材料质量问题

在水利水电工程灌浆施工中,材料质量是决定施工质量的重要因素。施工单位在选择灌浆材料时,必须确保其符合工程质量和功能性要求,在实际操作中,一些施工单位可能为了降低成本或追求利润,选择质量不合格的灌浆材料^[1]。这些材料可能存在强度不够、稳定性

差、易老化等问题,严重影响灌浆效果和工程安全。即使选择合格的灌浆材料,如果在运输、储存和使用过程中管理不当,也可能导致材料质量下降,从而影响施工质量。

2.2 施工工艺问题

灌浆施工工艺的优劣直接影响施工质量。在灌浆施工中,需要严格控制钻孔、冲洗、压水试验、灌浆和封孔等关键步骤的操作质量。一些施工单位可能为了赶工期或降低成本,忽视施工工艺的要求,导致灌浆不均匀、密实度不够、浆液流失等问题。例如,钻孔施工中若孔壁处理不当,可能导致灌浆时浆液流失;冲洗施工不彻底,可能影响浆液与岩石的胶结度;灌浆施工中若压力控制不当,可能导致灌浆不密实或产生裂缝。施工工艺的创新和优化也是提升灌浆施工质量的重要途径,但一些施工单位可能缺乏技术创新意识,导致施工工艺落后,无法满足现代水利水电工程对施工质量的高要求。

2.3 质量检验与监督问题

在水利水电工程灌浆施工中,质量检验与监督是确保施工质量的关键环节。在实际操作中,一些监督部门和相关单位对于灌浆施工的质量监督工作重视不够,导致监督力度不够、监督机制不完善、监督人员素质参差不齐等问题。这些问题严重影响了灌浆施工的质量监督效果。例如,一些监督部门可能缺乏现代化的监督手段,如无人机巡检、智能监控系统等,导致监督工作效率低下;一些监督人员可能缺乏专业知识和技术水平,无法准确判断和处理灌浆施工过程中的质量问题;一些施工单位可能利用信息不对称的优势,对质量监督工作产生干扰和阻挠,进一步增加了质量监督的难度。

3 水利水电工程灌浆施工技术要点

3.1 材料准备与配比

在水利水电工程灌浆施工中,材料的准备与配比是

确保施工质量的基础。灌浆材料的选择应根据工程的具体要求、地质条件、工作环境等因素进行。常用的灌浆材料包括水泥、石灰、沙子、聚合物乳液、聚氨酯漆等。水泥作为主要的灌浆材料，其等级和细度需符合相关标准，一般推荐使用42.5级以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。对于有特殊要求的工程，如抗侵蚀性强的环境，应使用特种水泥。在材料配比方面，需根据灌浆的目的、地质条件、浆液流动性和粘结性等因素进行合理调整。例如，水泥灰浆的配比通常为水泥、石灰、沙子的比例为1:2:79，而聚合物灌浆料的配比则可能为水泥、水、沙、聚合物乳液的比例为1:0.5:2:(0.1至0.2)或者根据具体情况在0.1~0.2的范围内调整。配比不当可能导致浆液性能不稳定，影响灌浆效果。灌浆材料应保持干燥、无污染、无杂质，并在使用前进行充分搅拌，确保浆液均匀^[2]。

3.2 钻孔技术与要求

钻孔是灌浆施工中的关键步骤之一，其质量和效率直接影响灌浆效果。钻孔技术主要包括回转式、回转冲击式和冲击式三大类。在实际操作中，需根据地质条件、钻孔深度和直径等要求选择合适的钻孔机械。钻孔位置与设计位置的偏差不应大于10cm，以确保灌浆孔的准确性。灌浆孔的直径应根据地质条件和工程要求确定，一般以较小直径为宜，但终孔孔径不宜小于 $\phi 56\text{mm}$ 。钻孔过程中需进行详细的记录，包括孔深、孔径、地质情况等，以便后续分析和处理。钻孔过程中还应注意对孔壁的保护，防止孔壁坍塌或产生裂缝。对于易坍塌或不稳定的地层，需采取适当的护壁措施，如使用套管或泥浆护壁等。钻孔完成后，需进行冲洗和压水试验，以清除孔内杂物和检验孔壁的稳定性。

3.3 灌浆方法与工艺

灌浆方法与工艺的选择应根据工程的具体要求、地质条件、浆液性能等因素确定。常用的灌浆方法包括全孔一次灌浆法、自上而下分段灌浆法、自下而上分段灌浆法、综合灌浆法和孔口封闭灌浆法等。全孔一次灌浆法适用于孔深较浅、地质条件较好的情况。该方法施工简单，但灌浆效果一般，且容易受到孔深的影响。自上而下分段灌浆法则是将钻孔进行分段，先灌上段再灌下段，适用于岩层脆弱等地质条件差的地区。自下而上分段灌浆法则是按照自下而上的顺序进行逐段灌浆，施工量相对较小，但需注意冒浆现象的处理。综合灌浆法则是根据实际情况，结合多种灌浆方法的优点进行灌浆施工。在灌浆工艺方面，需严格控制灌浆压力、浆液浓度和灌浆速度等参数。灌浆压力应根据地质条件和工程要

求确定，一般应逐渐提升，以避免地面或岩石面抬起。浆液浓度应由稀到浓逐级变换，以确保灌浆的密实度和稳定性。灌浆速度则需根据灌浆压力和注入率进行调整，以避免浆液流失或产生裂缝。

3.4 灌浆施工中的关键技术

3.4.1 冒浆与串浆处理技术

在灌浆施工过程中，冒浆和串浆是常见的问题。冒浆是指浆液从地面或岩石裂缝中溢出，串浆则是指浆液从一个灌浆孔流入相邻的灌浆孔。这些问题可能导致浆液流失、灌浆不均匀等问题，影响灌浆效果。对于冒浆问题，可采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆等方法进行处理^[3]。嵌缝和表面封堵是通过填充或封闭裂缝来阻止浆液溢出；低压、浓浆和限流则是通过调整灌浆压力和浆液浓度来控制浆液的流动；限量则是通过控制灌浆量来避免浆液过量；间歇灌浆则是在灌浆过程中适当停歇，让浆液有时间凝固和扩散。对于串浆问题，若串浆孔具备灌浆条件，可同时进行灌浆，应一泵灌一孔，否则应将串浆孔用塞塞住。这样可以确保灌浆的连续性和均匀性，避免浆液流失和灌浆不均匀的问题。

3.4.2 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆是水利水电工程中常用的一种灌浆施工技术，通过在岩体中形成连续的阻水帷幕来减少渗流量和降低渗透压力。帷幕灌浆的施工需遵循分序加密的原则，即先进行下游排孔的灌浆，再进行上游排孔的灌浆，最后进行中间排孔的灌浆。每排孔可分为二序或三序进行。在帷幕灌浆过程中，需特别注意先导孔的施工。先导孔应在一序孔中选取，其间距宜为1624m或按该排孔数的10%布置。先导孔各孔段宜在进行压水试验后及时进行灌浆，也可在全孔压水试验完成后自下而上分段灌浆。帷幕灌浆段长宜为56m，具备一定条件时可适当加长，但最长不应大于10m。帷幕灌浆的质量控制也是关键，灌浆过程中需进行详细的记录和监测，包括灌浆压力、浆液浓度、注入率等参数。

3.4.3 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术是一种先进的灌浆施工技术，通过高压喷射流将浆液喷射到地层中，形成连续的凝固体。该技术适用于淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等松散透水地基或填筑体内的防渗工程。高压喷射灌浆技术的基本方法包括单管法、二管法、三管法和新三管法等。单管法是用高压泥浆泵以20~25MPa或更高的压力喷射浆液；二管法则是用高压泥浆泵和空气压缩机同时喷射浆液和空气；三管法则是用

高压水、气和浆三种介质同时喷射；新三管法则是在喷射前先用高压水和气冲击切割地层土体，然后再用高压浆和气进行喷射和填充。高压喷射灌浆技术具有施工速度快、凝结体强度高、防渗效果好等优点。

3.4.4 灌浆压力与浆液浓度的控制

灌浆压力和浆液浓度是灌浆施工中的关键参数，其控制直接影响灌浆质量和工程安全。灌浆压力应根据地质条件和工程要求确定，一般应逐渐提升，以避免地面或岩石面抬起。浆液浓度则应由稀到浓逐级变换，以确保灌浆的密实度和稳定性。在灌浆过程中，需根据灌浆压力和注入率的变化及时调整浆液浓度和灌浆速度。当灌浆压力保持不变而注入率持续减少时，或注入率不变而压力持续升高时，不应改变水胶比。当某级浆液注入量已达300L以上时或灌浆时间已达30min时，而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时，应改浓一级水胶比。当注入率大于30L/min时，可根据具体情况越级变浓。还需注意对灌浆段长的控制，帷幕灌浆段长宜为56m，具备一定条件时可适当加长，但最长不应大于10m。岩体破碎、孔壁不稳时灌浆段长应缩短。混凝土结构和基础接触处的灌浆段（接触段）段长宜为13m。这样可以确保灌浆的均匀性和密实度，提高灌浆质量。

4 水利水电工程灌浆施工质量管理对策

4.1 质量管理体系构建

在水利水电工程灌浆施工中，构建完善的质量管理体系是确保施工质量的首要任务。首先，要建立健全的质量管理制度，明确各级人员的质量职责和权限，确保每个环节都有专人负责，责任到人。其次，要制定详细的灌浆施工质量控制流程和标准，包括材料验收标准、施工工艺规范、质量检验方法等，为施工过程提供明确的指导和依据。还应建立质量信息反馈机制，及时收集、整理和分析施工过程中的质量数据，为质量管理体系的持续改进提供依据^[4]。在质量管理体系构建中，还应注重培训与教育，通过定期组织质量培训、技术交底等活动，提高全体施工人员的质量意识和技能水平，确保他们能够熟练掌握灌浆施工的技术要点和质量要求，还应加强与监理、设计等单位的沟通与协作，共同形成质量管理合力，确保灌浆施工质量的全面提升。

4.2 灌浆施工过程质量控制

灌浆施工过程质量控制是质量管理体系的重要组成部分，也是确保施工质量的关键环节。在灌浆施工过程中，应严格按照施工工艺规范和质量控制流程进行操作，确保每个环节都符合质量要求。加强材料质量控制，对进场的灌浆材料进行严格检验，确保其符合设计要求和相关标准。同时要做好材料的储存和保护工作，避免材料受潮、变质或污染，影响灌浆效果。严格控制施工工艺，在钻孔、冲洗、压水试验、灌浆和封孔等关键步骤中，要严格按照施工工艺规范进行操作，确保钻孔位置准确、孔壁稳定、浆液浓度合适、灌浆压力适当。要加强施工过程中的监测和记录，及时发现并处理异常情况，确保灌浆施工的顺利进行。还要加强质量检验与监督，在灌浆施工过程中，应定期进行质量检查和抽样检验，对灌浆孔的注浆量、注浆压力、浆液浓度等关键参数进行实时监测和记录，要接受监理单位的监督和检查，及时发现并整改存在的质量问题，确保灌浆施工质量符合设计要求和相关标准。

结束语

水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策的研究对于提升工程质量具有重要意义。通过不断优化灌浆施工技术，加强施工过程质量控制，可以有效提高灌浆施工的质量和效率，确保水利水电工程的安全性和稳定性。未来，随着科学技术的不断发展和应用，水利水电工程灌浆施工将迎来更多创新和突破，为水利事业的发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]葛菲菲.水利水电工程大坝施工中灌浆技术的应用研究[J].科学与财富,2022,14(20):71-73.
- [2]张继军.周青高.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理措施分析[J].施工技术,2020(S1):930-932.
- [3]刘静丹.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理策略分析[J].市场周刊·理论版,2020(51):192-192.
- [4]童利勇.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J].绿色环保建材,2021(11):170-171.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2021.11.082.