

浅论水利水电灌浆施工技术

刘英勋

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：本文聚焦水利水电灌浆施工技术，先阐述其定义与功能，包括防渗、提高地基承载力等。接着介绍常见类型，如帷幕、固结、高压喷射等灌浆技术。然后探讨该技术在实际工程中的应用，涵盖漏水、岩溶地区及其他基础工程场景。最后强调质量控制，从施工材料和施工过程两方面着手，确保灌浆施工质量，保障水利水电工程安全稳定运行。

关键词：水利水电工程；灌浆施工技术；质量控制

引言：水利水电工程关乎国计民生，其建设质量至关重要。灌浆施工技术作为保障工程质量的关键手段，能改善地基条件、增强建筑物稳定性、防止渗漏。然而，水利水电工程所处环境复杂，地质条件多变，不同工程问题需针对性运用灌浆技术。本文将深入探讨水利水电灌浆施工技术，分析其类型、应用及质量控制要点，为工程实践提供参考。

1 水利水电灌浆施工技术概述

1.1 灌浆施工技术的定义

水利水电灌浆施工技术是一项综合性强、专业性高的工程技术。它借助特定的设备与工艺流程，精心将具备胶凝性能的材料，像水泥、化学浆液等，按照科学合理的比例配制成浆液。随后，运用压力驱动或其他适宜方式，把这些浆液精准注入到地基、岩石内部或者建筑物的缝隙、孔洞之中。在注入过程中，浆液充分发挥其特性，填充各类空隙，随后逐渐胶结并硬化。这一系列变化使得原本松散、不连续的结构变得紧密、稳固^[1]。在水利水电工程领域，由于工程所处环境极为复杂，地质条件千变万化，时常会面临地基承载力无法满足工程需求、渗漏问题严重等棘手状况。而灌浆施工技术凭借其灵活性和有效性，成为解决这些难题的关键手段。它能够依据不同的工程问题，如地基的软硬程度、渗漏的位置和规模等，量身定制个性化的解决方案，为工程的安全稳定运行筑牢坚实基础，保障水利水电工程在复杂环境下长期、可靠地发挥功能。

1.2 灌浆施工技术的功能

灌浆施工技术在水利水电工程中发挥着不可替代且多方面的功能。在防渗领域，其作用尤为显著。通过灌浆操作，浆液能够深入填充建筑物与地基之间的微小缝隙、岩石内部纵横交错的裂隙以及混凝土结构中存在的孔洞等。随着浆液的填充、胶结和硬化，在工程

内部形成一道连续且致密的防渗帷幕。这道帷幕宛如一道坚固的屏障，有效阻止水流的渗透，大幅降低渗透压力，避免水流对建筑物造成侵蚀和破坏，显著提高工程的抗渗能力。以大坝工程为例，帷幕灌浆可极大减少坝基的渗漏量，确保大坝在长期运行中保持安全稳定。另外，灌浆技术对提高地基承载力贡献巨大。对于软弱地基或存在不良地质条件的地基，采用固结灌浆等方法，让浆液渗透到地基土体中。浆液填充土体孔隙，胶结土颗粒，使地基的密实度和强度得到显著提升，进而提高地基的承载能力，减少地基沉降，保障建筑物稳定屹立。同时，灌浆还可用于修复建筑物的裂缝和缺陷，增强结构的整体性和耐久性，延长工程的使用寿命，降低维护成本。

2 水利水电工程中常见的灌浆技术类型

2.1 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆作为大坝基础防渗的关键技术，是在靠近上游坝基位置精心布置一排或多排灌浆孔。施工时，将精心配制的浆液精准灌入岩体或土层的裂隙之中，从而构建起一道相对不透水的坚固帷幕。这一举措能有效减少渗流量，显著降低坝底渗透压力，为大坝安全提供坚实保障。其施工流程严谨细致，钻孔环节要严格确保孔位精准无误、孔径符合既定标准、孔深达到设计要求；洗孔则是为了彻底清除孔内岩粉与杂质，为高质量灌浆创造条件；压水试验能精准了解岩体渗透性，为科学确定灌浆参数提供有力依据；灌浆作为核心环节，需依据不同地质条件和工程需求，精心挑选合适的浆液材料与灌浆压力；最后，封孔工作在灌浆结束后及时进行，防止浆液流失。该技术适用于各类地质条件的大坝基础防渗，尤其在深覆盖层、断层破碎带等复杂地质工程中表现卓越。

2.2 固结灌浆技术

固结灌浆技术旨在全方位加强岩体的整体性与均匀性,大幅提高岩体承载能力,有效减少岩体变形。它通常在建筑物基础范围内或岩体较为破碎的部位开展灌浆作业,将浆液精准灌入岩体裂隙,使岩体紧密胶结成一个稳固整体。固结灌浆施工方法与帷幕灌浆有相似之处,但在灌浆参数选择上独具特点^[2]。例如,灌浆孔间距相对较小,能更细致地处理岩体;灌浆压力会根据岩体性质和工程要求灵活调整,确保灌浆效果。该技术广泛应用于水工隧洞、坝基、厂房基础等重要工程部位,通过改善岩体力学性能,显著增强建筑物稳定性,为工程长期安全运行奠定坚实基础,是水利水电工程建设中不可或缺的关键技术之一。

2.3 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术凭借独特原理,利用高压喷射流强大的冲击力破坏土体,促使浆液与土颗粒强制搅拌混合,最终形成具有一定强度的加固体。依据喷射方式差异,可分为旋喷、定喷和摆喷三种类型。此技术优势显著,施工速度快,能大幅缩短工期;适应性强,可应对多种复杂地质条件;对周围环境影响小,符合绿色施工理念。施工时,先将钻杆钻至设计深度,随后通过高压泵将浆液以高速喷射流形式从喷嘴强力喷出,冲击切割土体,同时钻杆按一定速度旋转或摆动,确保浆液与土体充分混合,形成连续的桩体或板墙。该技术常用于软弱地基处理、防渗墙施工等领域,有效提高地基承载力和抗渗性能,为工程稳定提供可靠保障。

2.4 接触灌浆技术

接触灌浆技术专注于在混凝土与岩石或混凝土与钢板之间的接触面进行灌浆作业,核心目的是填充接触面空隙,使两者紧密结合,大幅提升结构整体性和抗渗性。在水利水电工程中,常见应用场景包括混凝土坝与基岩接触面的灌浆、钢闸门与混凝土结构的接触灌浆等。施工时,需先在接触面精心布置灌浆管和出浆盒,构建完善的灌浆通道。然后通过专业灌浆设备,将精心调配的浆液准确注入接触面。待浆液充分充满空隙并达到一定强度后,完成灌浆作业。该技术能有效解决因接触面处理不当引发的渗漏和结构不稳定等问题,确保工程在复杂环境下安全稳定运行,是保障水利水电工程质量的重要技术手段。

2.5 化学灌浆技术

化学灌浆技术采用化学材料精心配制浆液,借助压力将其注入地基或建筑物的裂缝中,促使浆液发生化学反应并固化,进而实现堵漏、补强和加固的目的。化学浆液特性突出,黏度低使其能轻松灌入细微裂缝和孔

隙;可灌性好,能广泛适应不同地质条件和裂缝形态;固化时间可调,可根据工程需求灵活控制施工进度。常用的化学灌浆材料有环氧树脂类、聚氨酯类、丙烯酸盐类等。该技术适用于处理混凝土结构裂缝渗漏、地基不均匀沉降等难题,尤其在对细微裂缝和特殊地质条件工程处理方面,具有常规灌浆方法难以比拟的独特优势,为解决复杂工程问题提供了有效途径。

3 水利水电灌浆施工技术的实际应用

3.1 漏水情况下的灌浆技术应用

在水利水电工程领域,漏水问题极为常见,它犹如一颗“定时炸弹”,严重威胁着工程的安全与正常运行。针对不同的漏水状况,需精准选用合适的灌浆技术加以处理。对于一般性的混凝土结构裂缝渗漏,化学灌浆技术是理想之选。施工伊始,要对裂缝进行全面清理,运用专业设备精确探测,明确裂缝的宽度、深度和走向等关键参数。随后,在裂缝上合理布置灌浆嘴,借助压力设备将化学浆液缓缓注入裂缝^[3]。浆液在裂缝中如同灵动的“修复剂”,不断扩散、逐渐固化,最终将裂缝紧紧堵塞,实现止水的目标。而对于大面积的渗漏,像坝基渗漏、围堰渗漏等,帷幕灌浆或高压喷射灌浆技术则能大显身手。在大坝基础渗漏处理中,帷幕灌浆如同在大坝基础下方构筑一道“防渗墙”,形成防渗帷幕,有效减少坝基的渗流量;在围堰渗漏处理中,高压喷射灌浆能快速形成防渗板墙,像坚固的盾牌一样,阻止水流通过围堰渗漏入基坑,保障工程施工安全。

3.2 岩溶地区的灌浆技术应用

岩溶地区的地质条件错综复杂,存在大量溶洞、溶隙和地下暗河等,这给水利水电工程建设设置了重重障碍。在岩溶地区开展灌浆施工时,必须依据岩溶的发育程度和分布情况,审慎选择合适的灌浆技术。当遇到溶洞较大且连通性较好的情况时,可先在溶洞内填充块石、碎石等骨料,为后续灌浆搭建稳固的“骨架”。之后再行灌浆,让浆液与骨料紧密融合,形成坚固的整体,大幅提升地基的承载能力。对于溶隙发育的岩体,帷幕灌浆或固结灌浆技术是不错的选择。通过精心调整灌浆参数,使浆液能够充分填充溶隙,增强岩体的整体性和抗渗性。在施工过程中,对灌浆效果的检测至关重要。采用压水试验、物探等先进方法,如同给工程做“体检”,及时了解灌浆质量,以便发现问题及时处

3.3 其他基础工程的灌浆技术应用

除了应对漏水和岩溶地区的问题,灌浆技术在水利水电工程的其他基础工程中也有着广泛且重要的应用。

在水工隧洞施工中,为了有效减少隧洞围岩的渗漏,增强围岩的稳定性,常采用固结灌浆和回填灌浆技术。回填灌浆是在隧洞衬砌完成后,对衬砌与围岩之间的空隙进行灌浆填充,让衬砌与围岩紧密相连,如同给隧洞穿上了一层坚固的“铠甲”;固结灌浆则是对围岩进行加固处理,提高围岩的承载能力,使其能够更好地承受各种外力。在电站厂房基础施工中,为了满足厂房对地基承载力和变形的高要求,常采用固结灌浆技术对地基进行处理。通过灌浆,改善地基土体的物理力学性质,减少地基沉降,就像给厂房的“根基”打了一剂“强心针”,保证厂房能够稳定、正常地运行,为电力生产提供可靠保障。

4 水利水电灌浆施工技术的质量控制

4.1 施工材料的质量控制

施工材料的质量宛如建筑大厦的基石,对灌浆施工的质量以及整个工程的安全起着决定性作用。一旦材料质量不过关,就如同大厦根基不稳,后续施工和工程运行都将面临巨大风险。因此,严格把控灌浆材料的质量是重中之重。对于水泥、化学浆液等主要材料,要像挑选挚友般谨慎选择供应商。优先挑选那些质量可靠、信誉良好的供应商,要求他们提供详尽的产品质量合格证书和检验报告,这些文件如同材料的“身份证”,能直观反映其质量状况。材料进场时,需依据相关标准进行全面且细致的检验和验收。仔细核对材料的品种、规格、型号是否与设计要求严丝合缝,对于水泥,要对其强度、安定性等关键指标进行严格检测,确保其具备足够的承载能力和稳定性;对于化学浆液,要测试其黏度、固化时间等性能,保证其能在灌浆过程中发挥预期作用。一旦发现不合格材料,要果断禁止使用,绝不能让劣质材料混入工程。同时,材料的储存和管理也不容忽视,水泥要存放在干燥、通风的仓库内,为其营造一个良好的“居住环境”,防止受潮结块影响使用性能;化学浆液则要根据其独特的化学特性进行分类储存,避免不同性质的浆液相互接触发生化学反应,从而保证材料质量始终稳定可靠,为灌浆施工提供坚实的物质保障。

4.2 施工过程的质量控制

施工过程的质量控制是确保灌浆施工质量的核心环节,犹如精密仪器的调试,每一个步骤都关乎最终成果的优劣。在钻孔施工过程中,要像工匠雕琢艺术品一样

严格控制孔位、孔径、孔深和孔斜等参数。孔位偏差必须严格控制在规定值以内,否则可能导致灌浆区域不准确,影响防渗效果;孔径要均匀一致,保证浆液能够顺畅通过;孔深要精准达到设计深度,确保灌浆范围符合要求;孔斜要控制在允许范围内,避免因孔斜过大造成灌浆不均匀。洗孔和压水试验要认真对待,洗孔要像清洗珍贵器皿一样彻底清除孔内的岩粉和杂质,保证孔内清洁;压水试验要准确记录各项试验数据,这些数据是确定灌浆参数的重要依据,如同航海中的指南针,为后续施工指明方向^[4]。在灌浆过程中,要精准把控灌浆压力、浆液浓度和灌浆速度等参数。灌浆压力要根据地质条件和工程要求合理调整,过大可能破坏岩体结构,过小则无法使浆液充分填充缝隙;浆液浓度要严格按照设计要求配制,并根据灌浆实际情况适时调整;灌浆速度要保持均匀稳定,避免出现间歇或过快过慢的情况,确保灌浆质量均匀一致。同时,要做好详细的灌浆记录,记录灌浆时间、灌浆压力、浆液消耗量等数据,这些数据是分析灌浆质量、总结施工经验的重要资料。封孔是灌浆施工的最后一道关卡,要确保封孔质量万无一失,选用合适的封孔材料,采用正确的封孔方法,封孔后进行严格的质量检查,防止浆液流失和外界水流入孔内,为整个灌浆施工画上圆满的句号。

结束语

水利水电灌浆施工技术对工程安全与稳定意义重大。通过合理选择灌浆技术类型,并应用于漏水、岩溶地区等不同场景,可有效解决工程难题。同时,严格把控施工材料和施工过程的质量,能确保灌浆施工质量达标。未来,随着技术不断发展,应持续优化灌浆施工工艺,加强质量控制,推动水利水电工程事业迈向更高水平。

参考文献

- [1]常帅.水利水电施工中的灌浆施工工艺[J].云南水力发电,2021,34(S2):89-91.
- [2]汪朱华.谈水利水电灌浆施工技术与质量管理[J].百科论坛电子杂志,2021(4):1134.
- [3]臧盛阁.水利水电工程施工中的灌浆施工技术[J].全面腐蚀控制,2025,39(1):90-92.
- [4]周宏杰.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的探究[J].工程建设与设计,2025(11):211-213.