

水利工程防渗处理中的灌浆施工技术

蒋林

广西科源工程咨询有限责任公司

摘要：随着我国经济的快速发展，水利工程建设也得到了飞速的发展。作为水利工程防渗处理中的关键技术之一，灌浆施工技术的应用在水利工程领域越来越广泛。灌浆施工技术的不断创新和发展，已经成为水利工程建设的重要支撑，为保障水利工程的安全运行和维护提供了重要保障。当下灌浆施工技术的规范化和标准化已经成了业内的共识，本文将对水利工程防渗处理中的灌浆施工技术进行全面深入地探讨，旨在帮助工程技术人员更好地理解 and 掌握灌浆施工技术，提高水利工程建设质量和工程安全性。

关键词：水利工程；防渗处理；灌浆施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.05.065

从20世纪70年代开始，我国在水利工程建设中开始采用灌浆技术，并在实践中不断总结经验、完善技术，取得了显著的成效。随着工业化和城市化的加速推进，对水利工程建设和维护的需求不断增加，灌浆施工技术也面临着更高的要求和挑战，包括安全、环保、高效和精细等方面的要求。为了应对这些挑战，灌浆施工技术需要不断创新和发展，采用先进的技术和设备，提高施工效率和质量，为水利工程建设和维护提供更好的支持和保障。

一、水利工程防渗处理施工中灌浆技术概述及特点

（一）水利工程防渗处理施工中灌浆技术概述

水利工程防渗处理中的灌浆施工技术是指利用现代化的机械设备和先进的灌浆工艺，将液态或半固态的浆料注入地下的孔隙或缝隙中，填充孔隙或缝隙，增强地基和岩体的稳定性，达到防渗和加固的效果。它广泛应用于水利、建筑、交通、矿山等领域，是防渗工程中最常用的一种技术，这项技术的优点在于能够灵活适应不同的地质条件和工程要求，可以针对不同的工程环境选择不同的灌浆材料和灌浆方案，满足不同工程的需要。同时，水利施工过程中的灌浆技术的操作简单、快捷、安全，能够减少工程施工时间和成本，提高工程效率。但是，它也存在一定的局限性，如灌浆材料的选择和配比需要严格控制，否则会影响施工质量；灌浆施工过程中也需要进行严格的质量控制和监测，避免出现不必要的问题。因此，在进行灌浆施工时，需要综合考虑各种因素，制定合理的灌浆方案和施工计划，以确保施工质量和效果。灌浆技术是一种在地下进行的施工方法，其目的是通过将特定的材料注入地下空隙中，来达到增强地基的目的^[1]。

（二）水利工程防渗处理中灌浆的施工特点

灌浆技术作为一种在水利工程防渗处理中广泛使用的有效方法，它的施工操作非常简单，需要的设备和材料也相对较少，可以快速修补和填充破损或断裂漏洞，提高工程项目的防渗水能力。这种技术适用范围广泛，不受外界工作环境的影响，可以在各种复杂的水利工程环境中进行施工操作，如坡地、水库、大坝、隧道等。灌浆技术采用的材料性能相对稳定，不容易失效或老化，从而确保工程项目的长期稳定性和安全性。在实际施工中，可以根据工程的具体要求选择不同类型的灌浆材料，如水泥浆、环氧树脂、沥青浆等，以满足不同工程环境和要求的需求^[2]。此外，灌浆技术还可以在不开破坏原有结构的情况下，对其进行加固和修补。另外，灌浆技术还具有较高的施工效率和可靠性。施工人员进行灌浆操作时，可以通过监测设备来对灌浆材料进行控制和调整，确保施工质量。灌浆技术可以在复杂的地质环境中进行施工，如砂土、软土、岩石等，灌浆材料可以填充地下空洞和裂隙，增强地基的强度和稳定性，从而有效地防止水土流失和渗漏问题。

二、灌浆施工技术常见类型

（一）高压喷射灌浆防渗技术

灌浆施工技术是水利工程防渗处理中的重要手段，其中高压喷射灌浆防渗技术是常见的一种类型。该技术利用高压泵将预混浆料喷入工程结构体中，填充孔隙、裂缝和缺陷，从而达到防止渗漏的效果。在高压喷射灌浆防渗技术中，预混浆料的黏度和密度是关键因素。根据工程要求和实际情况，通过调整预混浆料中水泥的含量和水灰比，进一步提高灌浆材料的黏度和密度，以达到增强灌浆体的稳定性和耐久性的目的。高压喷射灌浆防渗技术适用范围广泛，常用于工程结构体的加固和修补。该技术可以用于修补混凝土结构的裂缝、填补地下洞室的孔隙和裂隙、固化土壤和加固堤坝等。与传统的灌浆技术相比，高压喷射灌浆防渗技术施工速度更快，可以在较短的时间内完成施工任务。同时，由于灌浆材料经过高压喷射后可以填充更多的空隙和裂隙，从而增强工程结构体的稳定性和耐久性。

（二）混凝土缝隙灌浆技术

混凝土缝隙灌浆主要用于修补混凝土结构体中的缝隙和裂缝，增强结构体的密封性和稳定性。在灌浆材料的配方设计中，需要严格控制关键参数，以保证灌浆材料的流动性和强度^[3]。此外，还需要合理确定材料弹性模量、泊松比等物理参数，以保证灌浆材料的变形性能。在混凝土缝隙灌浆技术的实际操作中，灌注压力、流量和时间等参数的调整也非常重要，以确保灌浆材料

可以充分填充缝隙并形成均匀的灌浆层。对于较宽的缝隙，可以采用分层灌浆的方法，在每层灌浆之间适当停顿，让灌浆材料充分流淌并填充缝隙。此外，在灌浆过程中，可以采用振动等辅助手段，以帮助灌浆材料充分填充缝隙，并排出空气和杂质。灌浆材料的固化时间也需要根据实际情况和工程要求进行调整，以确保灌浆材料的固化效果和施工质量。在灌浆后，应根据灌浆材料的特性和工程要求，采取适当的养护措施，以保证灌浆体的稳定性和耐久性。

（三）无塞灌浆技术

无塞灌浆技术是一种在岩土结构物或者基础中进行灌浆的方法，该技术无须钻孔或挖掘，因此对结构物不会造成损伤。该技术通过利用压缩空气将灌浆材料送入结构物中，利用空气压力将灌浆材料压缩和固定在结构体内，从而实现加固的目的。无塞灌浆技术具有施工方便、加固效果显著、不会对原有结构造成破坏等优点。在无塞灌浆技术的实际操作中，灌浆材料的性能和配方设计也是非常重要的。一般来说，灌浆材料应具有良好的流动性、黏度和稳定性等性能。对于较窄的空隙，应选用低黏度的灌浆材料，以便能够充分填充空隙；对于较宽的空隙，则需要使用高黏度的灌浆材料，以保证灌浆层的稳定性和耐久性。此外，在选择灌浆材料时还需要考虑其强度和硬化时间等因素，以确保灌浆体具有足够的强度和固化时间。

三、水利工程防渗处理中灌浆的施工技术应用要点

（一）施工准备

在进行灌浆施工前，需要进行详细的施工准备工作，以确保施工质量和效果。首先需要进行地质勘探和分析，确定施工地点的地质条件和水文地质特征。通过了解土层类型、岩性及含水层深度等因素，选择灌浆材料和灌浆方案，从而确保施工质量和效果。还要进行实验室试验，测试灌浆混合物的物理和力学性能^[4]。通过实验数据分析，确定最佳的灌浆混合物配合比、工作时间、混合比例和硬化时间，以确保灌浆体的稳定性和耐久性。同时还要制定合理的灌浆方案，考虑施工流程、施工区域的大小和地形等因素，根据实际情况确定灌浆机的位置和布置，并调整参数和设备以满足工程施工的需求。

（二）钻孔作业

在进行钻孔作业时，需要根据工程设计要求，精确确定钻孔的位置和数量，并考虑到不同的地质条件和灌浆材料特性，选择合适的钻孔直径和深度，以确保灌浆材料能够在工程结构体内部充分渗透，达到加固的预期效果。其次，在钻孔作业过程中，需要进行严格的质量控制，以确保钻孔的直线度和偏差满足要求。在选择钻头和刀具时，需要考虑到钻孔的深度、直径和地质情况，以保证钻孔的清洁度和质量。在钻孔过程中还需要进行常规的检查 and 测试，以确保钻孔质量的稳定性和可靠性。最后，在进行钻孔作业时，需要保证工作场地的

整洁，严禁在孔口附近进行垃圾堆积等行为，以确保钻孔的质量和施工的安全性。特别是在进行深孔钻探时，需要特别注意施工的安全性，加强现场监督和管理，避免发生危险事件。

（三）冲洗

清洗孔壁的方法一般是使用高压水射流对孔壁表面的杂物和泥浆进行清除。高压水射流具有强大的冲击力和清洗效果，可以有效地清除孔壁表面的杂物和泥浆，同时还能保护孔壁的完整性。在清洗过程中，需要选择合适的喷嘴和喷射角度，并控制喷射的压力和流量，以达到最佳的清洗效果。除了清洗孔壁，还要对孔底的砂层进行清理和处理。通常采用水射流或气压喷射等方法。冲洗时要注意控制喷射的力度和角度，避免对孔底造成损伤。一般来说，孔壁和孔底的清洗要在灌浆前进行，以便灌浆液能够与孔壁和孔底充分黏合。在冲洗过程中，需要根据孔壁和孔底的情况，决定冲洗的次数和冲洗的时机。如果孔壁和孔底较为干净，冲洗次数可以适当减少；如果孔壁和孔底较为污浊，冲洗次数可以适当增加。

（四）压水试验

压水试验是灌浆施工前的一项必要工作，它可以通过实测数据来评估孔洞周围的地质环境和水流量，为灌浆工作提供必要的参考数据。压水试验的具体操作过程包括使用压力水在孔洞周围注水，并测量孔内的水流量和压力。在注水前，需要对试验孔进行清洗，以清除孔壁和孔内的杂物和泥浆等，从而保证测试的准确性和可靠性。在注水过程中，需要严格控制注水的速度和压力，并测量孔内的水位和压力，以保证数据的准确性和可靠性。通过实测数据的分析和处理，可以计算出孔洞周围的透水率和渗透性等参数，从而评估孔洞周围的地质条件和水文地质特征^[5]。此外，通过分析实测数据，还可以评估孔洞周围岩土体的渗透性和透水性，为灌浆工作提供重要的参考依据。

（五）灌浆

选取合适的灌浆材料是灌浆施工的关键。水泥、砂浆等材料都可以作为灌浆材料，但需要根据实际情况进行调整，以确保灌浆混合物的稳定性和抗渗性能。制定灌浆方案时，需要根据实际情况确定灌浆机的位置，并调整参数以满足工程施工的需求。在施工过程中，需要注意灌浆材料的合理配比，控制注入速度和压力，并根据孔径、孔深、地层稳定性和孔周围压力等因素计算出合适的注浆量和注浆压力，这样可以确保灌浆液在孔内的密实度和强度达标。在进行灌浆施工时，还需要注意灌浆孔的轮灌处理。轮灌处理指的是按照“注浆少、多次数注浆”的方法对导孔进行处理，采用不同的灌注方式，并逐渐提高灌浆速度，直至达到理想的浆液稠度。这样可以确保灌浆液充分渗透到孔隙中，填补孔洞内部的空隙，从而达到加固和防渗的效果。在灌浆施工结束后，还需要进行灌浆孔的封堵止水带，以避免灌浆液外

泄和造成不必要的损失。此外，在施工结束后，需要对施工现场进行清理和整理，保持现场的干净整洁。

（六）封孔

在进行封孔操作之前，需要对孔洞进行清洗，以确保孔壁和孔洞内部的杂物和泥浆等被清除干净，避免对封孔操作造成影响。一旦孔洞清洗完毕，就需要使用专门的封孔器对孔洞进行封闭处理。封孔器是一种专门用于灌浆孔封闭的设备，由固定密封器、气门、灌浆管和压力表等组成。在使用封孔器进行封孔操作之前，需要进行仔细的检查 and 测试，以确保设备完好无损并符合使用要求。连接封孔器时，需要将气门关闭并将固定密封器的螺栓拧紧，以确保安装顺利。在给压过程中，需要均匀地进行控制，保持压力稳定，避免过大压力对钻孔造成损伤。封孔操作的质量对于水利工程的安全性和稳定性至关重要，一旦封孔操作不当，就可能会导致水流失控，甚至引起水利工程的崩塌和灾害。因此，在进行封孔操作时，需要非常仔细地操作，确保封孔质量达到标准要求。

（七）灌浆观测处理

灌浆观测处理主要是通过实测实验，及时发现并解决灌浆过程中的问题，以保证灌浆质量。灌浆观测处理主要包括以下内容：（1）灌浆质量检测：对灌浆后的孔洞进行观测，发现问题及时处理，确保孔洞的密实度和强度符合设计要求。（2）渗漏处理：在注浆过程中，如发现孔洞周围出现渗漏现象，应及时采取措施进行处理，以避免灌浆液外泄。（3）灌浆孔深测量：对于灌浆孔的深度进行测量，并与设计要求进行对比，以保证灌浆孔的深度符合设计要求。（4）灌浆孔间距检测：检测灌浆孔之间的距离，确保符合设计要求，避免出现过于密集或稀疏的情况。（5）灌浆液位控制：在灌浆过程中，需要控制灌浆液位，避免过高或过低，从而影响灌浆效果。（6）灌浆周期控制：根据具体情况，控制灌浆周期的长度，确保灌浆质量。（7）测压管或浸透线管的设置：在灌浆作业完成后，如发现灌浆液仍进入压力表管或通口管，需要通过补设测压管或浸透线管等措施进行处理。

（八）特殊情况处理

在灌浆施工过程中，可能会遇到一些特殊情况，如地下水、泥浆、杂物等障碍物、灌浆液配比不合适或出现颗粒沉淀、钻孔孔壁崩塌或地层塌陷等情况。当钻孔施工遇到地下水、泥浆、杂物等障碍物时，可以采用特殊的钻头或挖掘设备进行处理。例如，可以使用特殊的硬质合金钻头来钻穿坚硬的岩石层，或使用强力挖掘机来挖掘坚硬的土壤层。此外，还可以使用地下水排泵来降低地下水位，以方便钻孔施工。如果灌浆液配比不合适或出现颗粒沉淀时，则可以通过适当的搅拌、加热或加水等方式进行调整。以提高灌浆液的流动性和黏度，以保证灌浆液的均匀性和稳定性。另外，在灌浆施工过程中还需要注意防止灌浆液外泄、渗漏或泼洒等情况的

发生。如果发生泄漏或泼洒现象，需要立即停工进行清理和处理，防止灌浆液污染周围环境或造成人身伤害。在处理特殊情况时，要充分考虑安全性、施工效率和成本等因素，选择合适的处理方法。例如，对于钻孔孔壁崩塌或地层塌陷等情况，可以采用钻孔加固、灌浆加固等措施。同时，在灌浆施工过程中，也需要加强施工人员的培训和安全意识，提高他们应对突发情况的能力和水平，确保施工工作的顺利进行。

四、质量控制措施

在施工过程中，施工人员需要严格按照工艺要求操作，并对施工中的每个环节进行全面监督和检查，确保施工符合规范和要求。在进行质量检查时，需要考虑到灌浆施工的整个过程，从勘探阶段到封孔阶段都需要进行全面的检查和评估。首先在勘探阶段，要检查勘探工作是否细致、认真，勘探结果是否准确。在钻孔作业过程中，要检查钻孔的深度、直径、倾角等是否符合要求，孔壁是否清洁、光滑。在灌浆施工阶段，要检查灌浆浆液的配比、注入速度和压力是否合适，浆液的混合是否均匀，灌浆孔是否密封严实等。最后，在封孔阶段，需要检查封孔器的状态和使用是否正确、安全。为了确保质量检查的准确性和有效性，要严格执行检查标准和流程，并及时记录检查结果和处理措施。同时，需要及时反馈施工单位的问题和不足，进行纠正和改进。这样可以不断提高施工单位的施工质量和水平，从而为灌浆工程的安全和稳定提供保障。

结束语

总之，水利工程防渗处理中的灌浆施工是保障水利工程长期稳定性和安全性的关键措施。随着科技和工艺的不断发展，灌浆施工技术也在不断创新和改进，为水利工程的防渗处理提供了更为可靠的保障。然而，在实际施工中仍然存在一些技术难题和风险，需要施工人员更加重视和规范施工操作，确保灌浆施工的质量和安全。通过不断的实践，在科学技术和经验积累的共同作用下，水利工程防渗处理的灌浆施工技术会更加完善和成熟，为保障水利工程的安全和稳定发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 郭倩. 浅析农田水利与水利工程防渗处理中的灌浆施工技术[J]. 农家参谋, 2022, (10): 165-167.
- [3] 李光义, 汪德亮. 灌浆施工技术在水利工程防渗处理作业中的应用[J]. 中国高新科技, 2022, (05): 114-115.
- [4] 孙佳文. 灌浆技术在农业水利工程堤坝防渗施工中的应用与效果分析[J]. 中国新技术新产品, 2022, (04): 109-111.
- [5] 马秦浩. 灌浆施工技术水利工程防渗处理工作中的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(01): 119+137.