

岩土工程施工中注浆技术的应用分析

路 广

山东正元建设工程有限责任公司 山东 济南 250000

摘要：注浆技术作为岩土工程施工中的关键手段，具有广泛的应用前景。本文阐述了注浆技术的基本原理，强调了其在岩土工程中的重要性。分析了压密注浆、劈裂注浆及电化学注浆的施工要点与工艺控制。探讨了注浆技术在加固地基、防渗治水、隧道巷道等地下工程以及特殊地质条件下的具体应用。通过本文的研究，旨在为岩土工程施工中注浆技术的科学应用提供理论参考与实践指导，促进岩土工程技术的持续发展。

关键词：岩土工程施工；注浆技术；具体应用

引言：岩土工程施工中，注浆技术因其在加固地基、防渗治水等方面的显著效果而备受关注。注浆技术通过向地层中注入特定材料，改善岩土体的物理力学性质，提高工程稳定性。本文将从注浆技术的基本原理出发，探讨其在岩土工程施工中的重要性，并分析不同注浆技术的施工要点与工艺控制，以期为岩土工程施工提供有益的技术支持。

1 注浆技术的基本原理

注浆技术的基本原理是通过特定的设备和工艺，将预先配制好的浆液注入到岩土体中的空隙、裂缝或软弱地层中，以改善岩土体的物理力学性质和增强其稳定性。注浆技术首先依赖于浆液的配制。浆液通常由水泥、水、添加剂等原料混合而成，这些成分的选择和比例根据具体的工程需求和地质条件来确定。水泥作为主要的硬化剂，与水混合后能形成具有一定强度的结石体。添加剂的加入则有助于调节浆液的流动性、凝结时间和强度等性能，以适应不同的施工条件。注浆过程中浆液通过注浆管被高压泵送入岩土体中^[1]。在压力的作用下，浆液能够渗透到岩土体的微小空隙和裂缝中，与岩土体颗粒紧密结合。随着浆液的凝结和硬化，它会在岩土体中形成一个连续的、高强度的结石体网络。这个结石体网络不仅能够填补岩土体中的空隙，还能增强岩土体的整体强度和稳定性。注浆技术的基本原理还体现在其对岩土体力学性质的改善上。通过注浆加固，岩土体的承载能力、抗渗性和抗剪强度等关键指标都能得到显著提升。这有助于减少地基沉降、防止地基液化等潜在的地质灾害，从而确保建筑物的安全和稳定。注浆技术还具有广泛的适用性。它可以应用于软弱地基、膨胀土、湿陷性黄土、砂土等多种地质条件，以及建筑物的纠偏、基础加固、隧道和地下工程的防水等多个领域。这种广泛的应用性使得注浆技术成为岩土工程领域中一种不可或缺的技术手段。

2 注浆技术在岩土工程中的重要性

2.1 防水防渗堵漏的作用

注浆技术通过选用合适的注浆材料，如水泥浆、化学浆等，能够精准地注入到岩层或土体中的缝隙、孔洞等位置。这些注浆材料在固化后，能够形成连续、致密的防水层，有效地截断岩层内的水流，显著降低岩土体的渗透性。这有助于防止地下水对工程的侵蚀和破坏，还提高岩土工程的整体抗渗性能，确保工程在潮湿环境下的长期稳定运行。

2.2 固结稳定的作用

注浆技术在岩土工程中还具有显著的固结稳定作用。通过注浆施工，浆液能够渗透到岩土体中的微小空隙和裂缝中，与岩土体颗粒紧密结合，形成连续的高强度结石体网络。这一网络结构能够显著提高岩土体的固结能力，改善岩土结构的力学性能。注浆技术能够增强岩土体的承载力，提高边坡岩土体的稳定性，防止因岩土松动或滑坡而导致的工程事故。注浆技术还能降低岩土体的压缩性，提高岩土体的变形模量，从而有效改善地基下沉等问题，确保工程结构的稳定性和安全性。

2.3 回填加固的作用

在岩土工程中，回填加固是确保工程结构完整性和稳定性的重要措施。注浆技术通过向岩层土体结构中的缝隙和孔洞注入浆液，能够填充这些空间，形成紧密的填充体。这有助于提升岩土工程的结构力学性能，还提高结构的承载力和地基的刚度。通过注浆加固，可以防止地基出现塌陷等问题，确保工程结构的稳定性和耐久性。注浆技术还具有施工灵活、操作简便等优点，能够根据工程需求和地质条件进行定制化施工，实现精准加固和高效施工。

3 注浆技术的施工要点与工艺控制

3.1 压密注浆技术的施工要点

压密注浆技术作为岩土工程中的一种重要地基加固方法,为确保注浆效果和工程质量,就遵循以下施工要点:(1)压密注浆施工前需进行详细的地质勘察,了解地基土层的性质、地下水位、土层厚度等信息,以便选择合适的注浆材料和注浆设备。注浆材料常用的有水泥浆、水泥砂浆等,注浆设备则包括注浆泵、搅拌机、注浆管等。(2)注浆孔的布置和施工。注浆孔根据地基的实际情况和设计要求进行布置,一般采用梅花形或正方形布置,注浆孔的深度则需根据土层厚度和设计要求确定。注浆压力根据土层的性质和注浆材料的流动性进行调整,以确保浆液能够充分扩散并填充空隙^[2]。同时注浆量也需根据土层的渗透性和注浆材料的填充性进行控制,避免注浆不足或过量。(3)注浆时间的控制。注浆时间应根据注浆压力、注浆量和土层的性质进行综合控制,以确保注浆效果达到最佳。

3.2 劈裂注浆技术的施工流程

劈裂注浆技术的施工流程是一个复杂且精细的过程,主要包括以下几个关键步骤:(1)钻孔:根据设计要求,在需要注浆的区域进行钻孔。钻孔的孔径通常在一定范围内(如 $\phi 80-100\text{mm}$),且需确保钻孔的垂直度误差小于一定值(如1%)。孔距也需按照设计要求进行布置,常见的为1.5m-1.0m左右,排列为梅花形。(2)孔内灌套壳料:灌入封闭泥浆(套壳料),用于封闭单向阀管和钻孔壁之间的空隙。这一步骤的目的是迫使浆液从灌浆孔内开环,并挤破套壳料注入四周土层。(3)插入单向阀管:使用内径适当的塑料管作为劈裂注浆管,并在管上钻设射浆孔。插入钻孔时,需确保管端封闭,管内充满水。(4)分层注浆:在封闭泥浆达到一定强度后,通过注浆管进行分层注浆。注浆时,需逐渐加大压力,使浆液挤破套壳料,在土体中产生劈裂,并沿着裂缝扩散。(5)注浆控制与监测:注浆过程中,严格控制注浆压力和注浆量,并实时监测地面和周围建筑物的变形情况,以确保注浆效果和施工安全。

3.3 电化学注浆技术的施工准备与注意事项

电化学注浆技术施工前,需进行周密的准备,并严格遵守一系列注意事项,以确保工程质量和施工安全。

(1)在施工准备阶段,首先要进行现场勘查与设计。这包括对地基的地质情况、地下水位等进行深入了解,并据此设计注浆方案,明确注浆孔的位置、深度和注浆材料的种类等关键参数。需准备电化学注浆所需的各类设备,如注浆泵、电化学注浆装置、搅拌机和注浆管等,并进行严格检查,确保设备处于良好状态,避免施工中出现故障。注浆材料的选择需根据注浆方案准备相应材

料,并确保其质量符合规定,以免影响注浆效果。(2)在施工注意事项方面,首先要严格控制注浆压力和速度。注浆压力和速度过大可能导致注浆材料流失或破坏地基结构,需根据地质条件和注浆材料特性进行合理设定。其次注浆材料的配比需严格按照设计要求进行,确保配比准确,避免影响注浆效果。在施工过程中,还需实时监测注浆效果,如注浆量、注浆压力等,一旦发现异常情况,需立即调整注浆方案,确保注浆效果达到预期。(3)环境保护也是电化学注浆技术施工过程中不可忽视的一环。要采取有效措施避免注浆材料对周围环境造成污染,施工结束后还需对现场进行清理,恢复环境原状。

4 注浆技术在岩土工程施工中的应用

4.1 在加固地基方面的具体应用

注浆技术在岩土工程施工中,尤其在地基加固方面,注浆技术通过向地基中注入高强度、高流动性的浆液,能够填充空隙、加固土壤,显著提升地基的承载力和稳定性。在实际应用中,注浆技术可以根据地基的具体情况和工程需求,采用不同的注浆方式和材料。针对地基中存在的空洞、裂缝或软弱层,可以采用渗透注浆或劈裂注浆的方式,使浆液渗透到地基内部,填充空隙并胶结土壤颗粒,形成强度较高的结石体^[3]。注浆技术还可以根据地基的土质类型和力学特性,选择适合的注浆材料。如水泥浆、化学浆等,这些材料在固化后能够形成连续、致密的结石体,显著提高地基的强度和稳定性。注浆技术在地基加固中还常用于处理不均匀沉降问题。通过向地基中注入浆液,可以调整地基的沉降量,使地基的沉降更加均匀,从而避免因不均匀沉降而导致的工程事故。

4.2 在防渗治水工程中的应用

注浆技术在防渗治水工程中,尤其在控制地下水涌水和渗漏方面,展现出了无可比拟的优势。面对基坑周边渗水、基底地下水上升以及坝体渗流等复杂问题,注浆法以其独特的技术特点,成为了解决这些难题的首选方案。在岩土工程的复杂地质环境中,不良岩层结构与地质条件时常出现,给工程施工带来了巨大挑战。隧道挖掘过程中可能遭遇的岩溶含水层,其脆性大、强度低、稳定性差,特别是在沿层理方向开凿时,极易发生岩层崩塌,构成严重的安全隐患。防渗帷幕灌浆工艺通过预先对巷道顶板暴露面围岩进行注浆加固,为后续支护防护网、喷注混凝土及锚固支护结构等作业提供了坚实的基础。注浆材料在固化后形成的连续防水层,能够有效隔绝地下水,确保地下工程的防水效果。在砂砾石

地基中,注浆技术通过注浆技术建造的防渗帷幕,其顶部与坝体紧密相连,底部则深入不透水岩层,形成了一道坚不可摧的防水屏障。这道屏障大大延长了地下水的渗透路径,还降低了地下水对坝基础的冲击与影响。根据灌浆孔排数的不同,防渗帷幕可分为两排孔帷幕和多排孔帷幕两类。面对复杂多变的施工场区地质结构,多排孔帷幕因其更强的防水效果和更高的施工灵活性而备受青睐。通过合理布局与精细施工,多排孔帷幕能够确保注浆技术的防水性能得到充分发挥,为地下工程的稳定与安全提供有力保障。

4.3 在隧道、巷道等地下工程中的应用

在地下空间开发中,隧道和巷道作为连接地下空间的通道,其稳定性和安全性至关重要。注浆技术以其独特的优势,成为解决地下工程难题的关键手段。在隧道工程中,注浆技术主要用于加固围岩、止水防渗和提高隧道结构的承载能力。面对复杂多变的地质条件,注浆技术能够精准地将浆液注入到围岩的裂隙和空隙中,形成连续的加固体,显著提升围岩的整体强度。注浆材料在凝固后形成的防水层,能够有效隔绝地下水,防止隧道内部出现渗漏问题。注浆技术还能增强隧道结构的耐久性,延长其使用寿命。在巷道工程中,巷道开挖过程中,围岩的稳定性和安全性是首要考虑的问题。注浆技术通过预先对巷道顶板、侧壁等关键部位进行加固处理,能够有效防止围岩塌落和变形。特别是在软岩和破碎带等地质条件较差的区域,注浆技术更是发挥着不可替代的作用。通过注浆加固,巷道围岩的承载能力得到显著提升,为后续的支护和开采作业提供了有力保障。

4.4 在特殊地质条件下的应用

注浆技术在岩土工程施工中,尤其在面对特殊地质条件时,展现出了其独特的优势与广泛的应用价值。特殊地质条件往往包括断层、软弱夹层、岩溶发育区、以及高水压等复杂环境,这些条件对地下工程的施工安

全与稳定性构成了严峻挑战^[4]。在断层区域,注浆技术通过精确注入高强度浆液,能够有效填充断层裂隙,增强断层带的整体强度,从而确保地下工程的稳定性。注浆材料形成的防水层,还能有效隔绝地下水,防止断层带成为潜在的渗漏通道。对于软弱夹层,注浆技术则通过改善夹层的物理力学性质,提高其承载能力和抗变形能力。浆液在夹层中扩散并凝固,形成连续的加固体,有效减少了软弱夹层对地下工程稳定性的影响。在岩溶发育区,岩溶区域往往存在大量的溶洞、暗河等复杂地质构造,这些构造对地下工程的施工安全构成了极大威胁。注浆技术通过精确注浆,能够填充溶洞、封堵暗河,确保地下工程的顺利进行。注浆材料还能形成坚实的防水层,防止地下水对工程的侵蚀。在高水压环境下,注浆技术通过采用高压注浆设备,注浆材料能够在高水压条件下顺利注入地层,形成连续的防水帷幕,有效隔绝地下水。此外,注浆材料还能增强地层的整体强度,提高地下工程在高水压环境下的稳定性。

结束语:注浆技术在岩土工程施工中发挥着举足轻重的作用。通过对压密注浆、劈裂注浆及电化学注浆等技术的深入探讨,了解到注浆技术在加固地基、防渗治水、地下工程及特殊地质条件下的广泛应用。随着技术的不断进步和创新,注浆技术将在岩土工程施工中发挥更加重要的作用,为工程安全稳定提供有力保障。

参考文献

- [1] 答欣林.注浆技术在岩土施工工程项目中的应用分析[J].建材与装饰,2019(13):73,74.
- [2] 战博,段玉凤.岩土施工工程项目中注浆施工技术应用探究[J].建材与装饰,2019(32):209.
- [3] 梁爽.简析岩土施工工程项目中注浆施工技术运用[J].冶金与材料,2020,40(4):91-92.
- [4] 宋童亮.浅析建筑岩土施工工程项目中的注浆技术[J].建材发展导向(上),2020,18(9):267.