

水利水电工程施工中防渗技术探究

梁少安

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

摘要：水利水电工程在国家基础设施建设中占有重要地位，防渗技术是其施工中的关键环节。本文深入探讨了水利水电工程施工中的防渗技术，包括灌浆防渗、堵漏防水及复合防渗等技术的分类、特点及应用。同时，分析了混凝土裂缝成因及化学灌浆技术在处理裂缝中的应用优势与挑战。本文旨在为水利水电工程提供有效的防渗技术参考，确保工程安全稳定运行，推动水利水电事业的持续健康发展。

关键词：水利水电工程施工；防渗技术；化学灌浆技术；应用

引言：水利水电工程作为国民经济的重要支撑，其施工质量直接关系到国家水资源的有效利用和防洪减灾能力。在水利水电工程施工中，防渗技术是关键环节之一，对于保障工程安全、延长使用寿命具有重要意义。本文旨在全面探讨水利水电工程施工中的防渗技术，分析各类防渗技术的原理、特点及应用场景，为工程实践提供理论指导和技术支持，推动我国水利水电事业的持续发展。

1 水利水电工程防渗技术概述

1.1 防渗技术的分类与特点

防渗技术主要根据其作用机理和施工材料进行分类，常见的主要包括灌浆防渗技术、堵漏防水技术以及复合防渗技术。（1）灌浆防渗技术。灌浆防渗技术是通过向地基、坝体或堤防等结构内部注入特定浆液，以填充孔隙、裂缝和空隙，形成连续的防渗屏障。这种技术具有适应性强、施工灵活、防渗效果显著等特点。常见的灌浆材料包括水泥浆、化学浆液等，根据工程需要选择合适的灌浆材料和工艺参数。（2）堵漏防水技术。堵漏防水技术主要用于处理局部渗漏问题，如裂缝、管道穿孔等。该技术通过采用各种防水材料，如防水涂料、止水带、止水条等，对渗漏部位进行封闭处理。堵漏防水技术具有施工简便、成本较低、针对性强等优点。（3）复合防渗技术。复合防渗技术是将两种或多种防渗技术结合起来使用，以形成更为可靠的防渗体系。例如，钢板桩与固化灰浆的组合使用，可以在河床或河岸等复杂地质条件下形成连续的防渗墙。复合防渗技术具有综合性能优越、适应性广等特点^[1]。

1.2 防渗技术的应用场景与选择原则

防渗技术的应用场景和选择原则主要基于工程的地质条件、规模、施工难度以及成本等因素进行综合考量。（1）不同地质条件下的防渗技术选择。在软土地

基、岩溶地区等复杂地质条件下，需要选择适应性强的防渗技术，如高压旋喷桩、深层搅拌桩等。而在岩石地基上，则可以采用帷幕灌浆等更为简单的防渗措施。（2）考虑工程规模、施工难度及成本等因素的综合考量。对于大型水利水电工程，需要选择防渗效果显著、施工周期短、成本相对较低的技术方案。同时，还应考虑施工难度和对周围环境的影响，确保工程的安全性和可持续性。在综合评估各种因素后，选择最合适的防渗技术，以实现工程的经济性、安全性和环保性的平衡。

2 混凝土裂缝产生原因与防治技术

2.1 混凝土裂缝产生的主要原因

（1）温度、湿度变化引起的裂缝。混凝土在浇筑和硬化过程中，会受到温度和湿度变化的影响。当温度升高时，混凝土内部的水分蒸发加快，导致体积收缩；而当温度降低时，混凝土内部的拉应力增大，容易引发裂缝。此外，湿度的变化也会影响混凝土的收缩和膨胀，进而导致裂缝的产生。（2）材料配比、搅拌、运输及浇筑过程中的问题。不合理的材料配比、搅拌不均匀、运输过程中的振动和撞击以及浇筑时的不当操作都可能导致混凝土内部存在缺陷，如气泡、空洞等，这些缺陷在后期使用中容易成为裂缝的起点。（3）荷载及结构应力造成的裂缝。混凝土在承受荷载时，其内部会产生应力。当应力超过混凝土的抗拉强度时，就会发生裂缝。此外，结构设计不合理、地基不均匀沉降等因素也可能导致混凝土承受过大的应力，从而引发裂缝。

2.2 混凝土裂缝防治技术的现状与挑战

（1）灌浆与嵌缝封堵技术。该技术通过向裂缝中注入浆液，形成连续的防渗体，从而提高混凝土的抗渗性能。然而，浆液的选择、灌浆压力的控制以及灌浆后的固化效果都是影响该技术效果的关键因素，需要严格控制施工质量和工艺。（2）混凝土置换与仿生自愈合技

术。混凝土置换技术是通过将受损的混凝土部分或全部去除,然后用新的混凝土进行替换。而仿生自愈合技术则是模仿生物体的自我修复机制,通过在混凝土中加入特殊的修复剂,使其在裂缝产生后能够自动愈合。这两种技术虽然具有显著的修复效果,但施工难度较大,成本也相对较高^[2]。(3)表面修补与结构加固技术。表面修补技术主要用于处理混凝土表面的细小裂缝和缺陷,如涂抹修补材料、粘贴纤维布等。而结构加固技术则是通过增加钢筋、钢板等加固材料来提高混凝土的承载能力。这两种技术相对简单且成本较低,但只能用于处理表面或局部的裂缝问题,对于深层或大面积的裂缝效果有限。

3 化学灌浆技术在混凝土裂缝处理中的应用

3.1 化学灌浆技术原理及特点

化学灌浆技术是一种高效、灵活的混凝土裂缝处理方法,其核心在于利用化学浆液的特殊性质进行修补。该技术主要基于以下几个原理及特点:(1)利用化学浆液渗透、扩散、胶凝或固化特性。化学灌浆技术使用的浆液通常具有优异的渗透性和扩散性,能够在压力的作用下深入到混凝土裂缝的内部。这些浆液在接触到混凝土表面或内部的水分时,会发生化学反应,逐渐胶凝或固化,形成与混凝土具有良好粘结性的固体物质。这一特性使得浆液能够有效地封闭裂缝,恢复混凝土的完整性和结构强度。(2)浆液可灌性好。化学灌浆材料的可灌性是衡量其修补效果的关键指标之一。优质的化学浆液应具有较低的粘度,能够在不施加过大压力的情况下顺利灌入细小的裂缝中。这种良好的可灌性确保了浆液能够充分填充裂缝,形成致密的修补层,提高修补的可靠性和耐久性^[3]。(3)凝胶时间可控。化学灌浆材料的凝胶时间是指浆液从注入裂缝到开始固化所需的时间。通过调整浆液的配方和施工条件,可以精确控制凝胶时间,以适应不同裂缝的宽度、深度和施工环境。这种可控性使得化学灌浆技术能够在各种复杂条件下进行修补,确保修补效果的一致性和稳定性。(4)抗渗性强。固化后的化学灌浆材料具有优异的抗渗性能,能够有效阻止水分、空气和其他有害物质的侵入。这种抗渗性不仅有助于保持混凝土结构的稳定性,还能延长工程的使用寿命。

3.2 化学灌浆材料的选择与性能要求

化学灌浆材料的选择直接关系到修补效果和工程的长期稳定性。在选择材料时,应综合考虑其种类、特点以及性能要求。

3.2.1 常用化学灌浆材料的种类及特点

(1)聚氨酯类灌浆材料:聚氨酯类灌浆材料具有优异的弹性和粘附性,能够很好地适应裂缝的变形,同时提供强大的防水和密封效果。此外,聚氨酯材料还具有较快的固化速度和较高的强度,使得修补工作能够迅速完成。(2)环氧树脂类灌浆材料:环氧树脂类灌浆材料以其高强度、优异的耐化学腐蚀性和良好的粘结性而著称。固化后的环氧树脂具有坚硬而韧性的特性,能够承受较大的荷载和变形,适用于对强度和耐久性要求较高的修补工程。(3)丙烯酸酯类灌浆材料:丙烯酸酯类灌浆材料具有良好的流动性和渗透性,能够快速填充裂缝并形成致密的修补层。同时,丙烯酸酯材料还具有较好的耐候性和耐老化性能,适用于户外和恶劣环境下的修补工作。

3.2.2 材料稳定性、流动性、凝胶时间、耐久性等性能要求

在选择化学灌浆材料时,应关注其稳定性、流动性、凝胶时间和耐久性等方面的性能要求。稳定性是指材料在储存和使用过程中能够保持其性能的稳定不变;流动性则决定了浆液能否顺利灌入裂缝中;凝胶时间应适应施工条件和裂缝特点,以确保修补工作的顺利进行;耐久性则关系到修补层能否长期保持其性能不变,从而确保工程的长期稳定性。

3.3 化学灌浆工艺与操作流程

化学灌浆技术的工艺与操作流程对于确保修补效果至关重要。以下是该技术的典型操作流程:(1)前期准备与裂缝检测。在进行化学灌浆之前,需要对裂缝进行全面的检测和评估。这包括确定裂缝的位置、宽度、深度和走向等信息,以便制定合理的修补方案。同时,还需要对施工现场进行清理和准备工作,确保灌浆工作的顺利进行。(2)浆液配制与灌浆设备选择。根据裂缝的特点和施工条件,选择合适的化学灌浆材料和设备。在配制浆液时,应严格按照产品说明书进行操作,以确保浆液的性能符合要求。同时,选择适合的灌浆设备也是确保灌浆效果的关键。常见的灌浆设备包括灌浆泵、压力表和混合器等。(3)灌浆压力与速度控制。灌浆压力和速度是影响灌浆效果的关键因素之一。在灌浆过程中,应根据裂缝的特点和施工条件合理控制灌浆压力和速度。过大的压力可能导致裂缝扩展或浆液外溢,而过小的压力则可能无法使浆液充分填充裂缝。因此,在灌浆过程中应实时监测灌浆压力和速度,并根据需要进行调整。(4)后期固化与效果评估。灌浆完成后,需要对修补层进行固化和养护工作。这包括保持施工现场的干燥和通风条件,以确保浆液能够充分固化。同时,还需

要对修补层进行效果评估工作，以检查其是否满足设计要求和设计要求。常见的评估方法包括目视检查、敲击检测和渗透性测试等^[4]。

4 化学灌浆技术的优势与挑战

4.1 化学灌浆技术的优势分析

化学灌浆技术在处理混凝土裂缝方面具有诸多显著优势，这些优势使其在水利水电工程、桥梁隧道、民用建筑等多个领域得到了广泛应用。（1）高效、快速修补混凝土裂缝。化学灌浆技术以其高效、快速的修补能力著称。相比于传统的裂缝修补方法，如表面涂抹、凿毛填补等，化学灌浆能够在短时间内迅速填充裂缝，形成致密的修补层。这不仅大大缩短了工期，还减少了因裂缝修补而对工程正常运行造成的影响。特别是在紧急抢修或需要快速恢复结构强度的场景中，化学灌浆技术更是显示出无可比拟的优势。（2）提高工程的抗渗性与耐久性。化学灌浆浆液在固化后能够形成具有高强度、高密度的固体物质，这些物质与混凝土之间具有良好的粘结性，从而显著提高了工程的抗渗性和耐久性。通过化学灌浆技术处理过的裂缝区域，不仅能够有效阻止水分的渗透，还能防止空气、盐分等有害物质的侵入，延缓混凝土的劣化和腐蚀过程。这对于延长工程的使用寿命、保障工程的安全性具有重要意义。（3）降低工程后期维护成本。由于化学灌浆技术能够有效地封闭裂缝并恢复结构的完整性，因此可以显著降低工程后期的维护成本。传统的裂缝修补方法往往只能暂时缓解问题，而化学灌浆则能够从根本上解决裂缝带来的安全隐患。这意味着在采用化学灌浆技术后，工程因裂缝导致的维修频率和费用都将大幅降低，从而提高了工程的经济性和可持续性。

4.2 化学灌浆技术面临的挑战与应对策略

尽管化学灌浆技术具有诸多优势，但在实际应用过程中也面临着一些挑战。这些挑战主要来自于材料成本、安全防护以及适应性等方面。（1）材料成本相对较高。化学灌浆材料通常具有较高的研发和生产成本，这导致了其在市场上的售价相对较高。对于一些预算有限的项目来说，采用化学灌浆技术可能会增加工程成本。

为了应对这一挑战，可以通过优化材料配方、提高生产效率等方式来降低成本。同时，工程方也可以在选择材料时考虑性价比更高的选项，以在保证修补效果的前提下降低材料成本。（2）部分浆液可能具有毒性，需做好安全防护。化学灌浆浆液中的一些化学成分可能对人体有害，具有毒性或刺激性。因此，在施工过程中必须严格遵守安全操作规程，做好个人防护措施。这包括佩戴防护眼镜、口罩、手套等个人防护装备，以及确保施工现场的通风良好。此外，还应定期对施工人员进行安全培训，提高他们的安全意识和应急处理能力。（3）针对不同地质与裂缝类型的适应性需进一步提高。化学灌浆浆液在处理不同类型的裂缝和地质条件时，其效果可能存在差异。为了提高适应性，需要针对不同情况选择合适的灌浆材料和工艺参数。例如，在处理宽裂缝时，可能需要选择具有较高流动性的浆液；在处理深部裂缝时，则可能需要采用压力注浆等技术手段。同时，还需要加强对地质条件的勘察和分析，以便更准确地评估裂缝的成因、性质和修补难度，从而制定更为科学合理的修补方案。

结束语

综上所述，水利水电工程施工中的防渗技术对于确保工程安全、提升使用效能至关重要。通过深入研究与实践，我们认识到各类防渗技术各有优势，应根据工程实际情况合理选择与应用。未来，随着材料科学与施工技术的不断进步，防渗技术将迎来更多创新与发展机遇。我们期待行业同仁共同努力，不断探索和优化防渗技术，为水利水电工程的可持续发展贡献智慧与力量。

参考文献

- [1]刘灿.基于水利水电工程中防渗处理施工技术研究[J].水上安全,2024,(09):90-91.
- [2]李家平,屠新红.水利水电工程建筑的施工技术与策略研究[J].价值工程,2025,(07):59-60.
- [3]徐毅峰,梁汶汉.水利工程防渗技术的前沿探讨与工程实践[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(04):42-43.
- [4]周洪阳.基于水利水电工程中防渗处理施工技术的研究[J].湖南水利水电,2025,(10):101-102.