

帷幕灌浆施工技术在水库大坝除险加固工程的应用研究

努斯热提·伊司热皮力

吐鲁番鄯善县滨沙水利建设管理有限公司，新疆吐鲁番，838200；

摘要：帷幕灌浆技术作为水库大坝除险加固工程中的关键技术之一，对于确保大坝的安全运行具有不可替代的作用。本研究深入探讨了帷幕灌浆施工技术的原理、工艺特点及其在实际工程中的应用方法，分析了从设计到施工全过程的关键控制点，并通过案例验证了其在提高大坝安全性和经济效益方面的显著效果。通过对大坝帷幕灌浆施工技术的研究，不仅为相关工程技术提供了理论支持，也为未来类似项目的实施提供了宝贵的实践经验。

关键词：帷幕灌浆技术；水库大坝；除险加固；施工控制；效益评价

DOI：10.69979/3060-8767.24.05.021

引言

随着社会经济的发展和人民生活水平的不断提高，水资源的重要性日益凸显，而水库大坝作为水利工程建设的核心组成部分，在保障水资源供应方面发挥着至关重要的作用。然而，随着时间的推移和自然环境的变化，许多老旧的大坝出现了不同程度的安全隐患，严重影响了其正常功能的发挥。因此，采取有效的措施对这些大坝进行除险加固显得尤为迫切。在众多加固技术中，帷幕灌浆因其独特的技术优势被广泛应用于水库大坝的除险加固工程中。

1 大坝帷幕灌浆施工的意义

帷幕灌浆施工技术作为一种有效的防渗处理手段，主要目的是为了改善大坝基础的防渗性能，从而增强整个结构的安全稳定性。在实际操作过程中，该技术能够有效阻止地下水位上升导致的水压力增加，减少由于渗透破坏引发的滑坡风险，同时还能有效地防止坝体内部因长期浸水而导致的劣化现象。此外，通过优化帷幕灌浆的设计方案并严格控制施工质量，不仅可以显著降低后期维护成本，还能够一定程度上延长大坝的使用寿命，这对于实现水利工程的可持续发展具有重要意义。

2 帷幕灌浆施工技术原理和工艺特点

2.1 技术原理

帷幕灌浆技术的基本原理在于利用高压将浆液注入大坝基础或坝体内的裂缝、孔洞等薄弱部位，使浆液填充这些空隙并在其中固化形成坚固的整体结构，从而达到封闭渗漏通道、增强地基承载能力的目的。在此过程中，通过精确控制注浆压力和流量，可以确保浆液充分扩散至预定区域，实现理想的加固效果。此外，根据不同地质条件和工程需求选择

合适的浆液材料是保证灌浆质量的关键因素之一，通常选用具有良好流动性和凝固特性的水泥基材料，有时还会加入适量的添加剂以适应特殊环境要求。

2.2 工艺特点

2.2.1 实用性强

帷幕灌浆施工技术以其高度的实用性著称，无论是在新建工程还是旧坝加固项目中均能发挥重要作用。这种技术不仅能有效解决各种复杂地质条件下出现的渗漏问题，而且还可以根据实际情况灵活调整设计方案，满足不同工程的具体需求。例如，在遇到坚硬岩石层时，可以通过增大注浆压力来确保浆液能够充分渗透至深层裂缝中；而在松软土质地基上，则需要采用较低的压力配合细粒度浆液以避免过度扰动地基结构。

2.2.2 安全性高

安全性是衡量任何工程施工质量的重要标准之一，而帷幕灌浆施工在这方面表现尤为突出。在整个施工过程中，通过严格的现场管理和监控体系，能够实时监测各项关键参数如注浆压力、流量及浆液扩散范围等，及时发现并处理可能出现的问题，确保施工过程的安全可靠。此外，合理的施工组织安排也大大减少了作业人员面临的风险，提高了整体工作效率。

2.2.3 经济性好

除了具备卓越的技术性能外，帷幕灌浆施工还以其良好的经济性受到业界青睐。相较于其他传统的加固方法，该技术在材料成本、施工周期等方面具有明显优势。一方面，合理选用当地资源丰富的原材料可大幅降低材料费用；另一方面，高效快捷的施工流程使得工程能够在较短时间内完成，从而节省了大量的人力物力投入。同时，由于帷幕灌浆技术

能够显著提高大坝的安全性能，间接降低了后期维护和修复的成本，进一步提升了项目的经济效益。

3 大坝帷幕灌浆施工技术设计方法

3.1 大坝帷幕灌浆设计

在进行帷幕灌浆设计时，需综合考虑大坝所在地区的地质条件、水文特征以及预期使用年限等因素。首先应进行全面细致的地质勘探工作，获取准确的基础数据，包括岩土性质、裂隙发育情况等信息。基于这些资料，制定出符合工程实际需求的帷幕布置方案，确定合理的钻孔深度、间距及排列方式。与此同时，还需结合具体工程目标，选择适宜的灌浆材料及其配比，并据此计算出所需的灌浆量和压力参数。

3.2 大坝帷幕灌浆施工技术

3.2.1 施工准备

帷幕灌浆施工前的准备工作至关重要，直接影响到后续工作的顺利开展，主要包括场地平整、设备调试以及材料准备等内容。施工现场必须清理干净，确保没有障碍物影响施工进度，同时各类机械设备需经过严格检验后方可投入使用，以保证其处于最佳工作状态。此外，还需按照设计要求提前备足所需的各种原材料，并对其进行质量检测，确保所有物资均符合规范标准。在这一过程中，精确的测量和细致的检查是必不可少的，任何疏忽都可能导致后续工序出现问题。因此，详细的施工计划和严格的执行标准对于确保整个工程的质量具有至关重要的作用。

3.2.2 钻孔

钻孔是帷幕灌浆施工中的关键步骤之一，其质量直接关系到整个工程的效果。在钻孔过程中，应严格按照设计图纸所规定的孔径、孔深及孔位进行操作，并且要注意保持钻孔垂直度，避免偏斜现象的发生。为了提高钻孔效率并减少对周围岩土体的扰动，可根据不同地质条件选用适当的钻进方法，如回转钻进或冲击钻进等。另外，在钻孔完成后要及时清洗孔壁，清除残留泥屑，为后续灌浆作业创造良好条件。通过精确控制钻孔参数和选择合适的钻进方法，可以显著提升钻孔质量和灌浆效果，从而确保整个工程的安全性和稳定性。

3.2.3 制浆

制浆环节同样不容忽视，它是决定灌浆质量好坏的重要因素之一。在制浆过程中，应严格按照既定配方称量各种原料，并将其均匀混合搅拌成具有一定流动性的浆液。需要注意的是，浆液的稠度需根据施工进度适时调整，以确保其既能顺利注入钻孔又能充分填充裂缝。此外，还应对制备好的浆液进行抽样检测，确保其各项物理化学指标均符合设计要

求。精确的配比和高质量的浆液是保证灌浆效果的关键所在，通过严格的质量控制措施，可以有效提升浆液的性能，进而增强整体工程的安全性与可靠性。

3.2.4 灌浆

灌浆是整个帷幕灌浆施工的核心环节，其操作是否规范直接影响到最终的加固效果。在灌浆过程中，应将制备好的浆液通过高压泵注入钻孔内，并持续观察压力变化情况。当达到预定压力值后，需保持一定时间让浆液充分扩散至裂缝深处，待压力稳定后再逐步减压直至停止灌浆。与此同时，还需密切监控浆液消耗量，一旦发现异常应及时查找原因并采取相应措施加以解决。通过精准的压力控制和严密的监控体系，能够确保浆液的有效扩散，从而实现理想的加固效果，保障大坝结构的安全稳定。

3.2.5 封孔

封孔作为帷幕灌浆施工的最后一道工序，其目的在于防止浆液倒流或外界杂质进入孔内影响加固效果。一般情况下，可在灌浆结束后立即向孔内注入适量的封孔材料，如水泥砂浆等，然后用木塞或专用封堵器将其压实密封。对于一些特殊要求较高的工程，还可以采用二次灌浆的方法进一步增强封孔效果。通过严格的封孔操作，可以有效阻止外界环境对灌浆区域的干扰，确保灌浆效果的持久性和稳定性，从而为大坝提供更加可靠的防渗保护。

3.2.6 质量检查与验收

质量检查与验收是确保帷幕灌浆施工质量合格的重要环节。在施工完成后，需按照相关规范标准对各工序进行详细检查，重点考察钻孔质量、灌浆效果及封孔状况等方面内容。对于不符合要求的部分应及时整改，直至全部达到规定标准为止。此外，还应对整个工程进行综合评估，编写详细的竣工报告，为今后类似项目的实施提供参考依据。

4 大坝帷幕灌浆施工控制及效益评价

4.1 施工问题

尽管帷幕灌浆技术在水库大坝除险加固工程中展现出诸多优点，但在实际施工过程中仍不可避免地会遇到一些挑战。常见问题包括但不限于：地质条件复杂导致钻孔困难、灌浆不均匀造成局部加固效果不佳以及施工环境恶劣影响作业进度等。针对这些问题，需要采取相应的对策措施加以解决，例如通过改进钻进工艺克服复杂地质带来的困扰，利用先进的监测设备实时掌握灌浆动态以确保均匀性，以及加强现场管理提升应对恶劣天气的能力等。

4.2 现场施工控制

4.2.1 质量控制

质量控制贯穿于帷幕灌浆施工的每一个环节,从前期的设计准备到后期的质量验收都离不开严格的质量管理体系。在现场施工过程中,必须建立健全的质量监督机制,明确各级管理人员职责权限,加强对关键工序的监控力度。例如,在钻孔阶段应定期检查孔径、孔深及垂直度等参数是否达标;在灌浆过程中则需密切关注压力变化趋势,及时调整灌浆参数以保证浆液能够充分填充裂缝;最后在封孔阶段也要严格按照标准执行,确保封孔质量符合要求。

4.2.2 工期控制

工期控制同样是帷幕灌浆施工管理中不可忽视的一个重要方面。为了确保工程按计划顺利完成,应在开工前制定详细的施工进度计划,并根据实际情况适时调整优化。在施工过程中,需加强对各个环节的时间节点把控,尽量避免因人为失误或外部干扰导致延误。同时,还应建立有效的沟通协调机制,确保各方信息传递畅通无阻,提高整体工作效率。

4.2.3 安全控制

安全始终是工程施工中的首要任务,尤其对于帷幕灌浆这样涉及高空作业、高压操作等诸多危险因素的项目来说更是如此。为此,必须建立健全的安全管理制度,加大安全教育培训力度,提高全体工作人员的安全意识。在施工现场应设置明显的警示标识,配备齐全的安全防护设施,并定期开展安全检查活动,及时消除潜在的安全隐患,确保整个施工过程平稳有序进行。

4.3 效益评价

4.3.1 经济效益

帷幕灌浆技术在水库大坝除险加固工程中的应用,显著降低了后期维护成本,并延长了大坝的使用寿命,从而节约了大量资金投入。通过精确的施工控制和高质量的材料选用,能够有效减少因渗漏导致的地基损坏和其他潜在风险,避免频繁的维修和加固工作。此外,该技术的应用还提高了大坝的整体结构稳定性,减少了由于自然灾害或人为因素造成的破坏可能性,进一步降低了修复费用。长期来看,帷幕灌浆技术不仅保障了大坝的安全运行,还通过减少不必要的开支,提升了整个项目的经济效益,为水利工程的可持续发展提供了有力支持。

4.3.2 社会效益

采用帷幕灌浆技术进行水库大坝的除险加固,显著增强了大坝的功能性与安全性,从而更好地发挥了蓄水调洪的作用,保障了下游居民的生命财产安全。通过提高大坝的防渗

性能,可以有效防止洪水灾害的发生,降低因溃坝引发的次生灾害风险,确保周边地区的社会稳定。此外,加固后的大坝还能更有效地调节水资源,满足农业灌溉、工业用水以及居民生活用水的需求,促进当地经济社会的健康发展。因此,帷幕灌浆技术不仅提升了水利设施的安全性和功能性,还在很大程度上改善了社会环境,为区域经济的繁荣奠定了坚实基础。

4.3.3 环境效益

帷幕灌浆技术的应用在提升大坝安全性的同时,也带来了显著的环境效益。通过增强大坝的防渗性能,可以有效减少地下水位上升导致的地表沉降问题,保护周边生态环境。同时,该技术有助于防止坝体内部的劣化现象,减少了因渗漏引发的土壤侵蚀和水质污染等环境问题。此外,帷幕灌浆技术还可以降低对周边自然生态系统的干扰,维持生物多样性。通过这些措施,不仅可以保障大坝的安全运行,还能有效保护周边环境,实现水利工程与自然环境的和谐共存,推动绿色水利建设的发展进程。

5 结束语

帷幕灌浆施工技术凭借其独特的优势,在水库大坝除险加固工程中得到了广泛应用。该技术不仅能够有效解决大坝基础的渗漏问题,提高其安全性能,还在经济效益和社会效益方面表现出色。通过对帷幕灌浆技术原理、工艺特点以及具体设计和施工方法的深入研究,可以为相关技术人员提供理论指导和实践参考。同时,通过严格的质量控制、工期管理和安全管理措施,能够确保帷幕灌浆工程顺利实施并取得预期效果。帷幕灌浆技术的成功应用为我国水库大坝的安全运行提供了有力保障,促进了水利事业的健康发展。

参考文献

- [1]谭会平.某水库除险加固中大坝帷幕灌浆施工技术分析[J].河南水利与南水北调,2023,52(04):61-62.
- [2]胡孟利.水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工处理技术措施之研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(34):193-195.
- [3]段志刚,吴亚伟.水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工工艺研究[J].黑龙江科学,2024,15(20):66-69.
- [4]宋艳艳,崔世彬.水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工与质量控制分析[J].中华建设,2021,(07):98-99.
- [5]韩丽华.水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工工艺探讨[J].农业科技与信息,2019,(03):119-120.