

水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术探究

高万鹏

古浪县古浪河系水利管理处，甘肃省武威市，733102；

摘要：当前，水库是重要的水利工程设施，对防洪、灌溉、供水和发电等方面起着关键作用。但随着时间的推移，许多水库由于设计、施工、管理或自然因素的影响，出现了不同程度的安全隐患，需进行除险加固。其中，大坝的防渗问题尤为突出，因为渗漏不仅会导致水库蓄水量减少，还可能引发坝基失稳等严重后果。因此，加强大坝的防渗处理是水库除险加固工程中的重要组成部分。

关键词：水库；除险加固工程；大坝帷幕灌浆；施工技术探究

DOI：10.69979/3029-2727.24.06.010

引言

在水库施工技术中，帷幕灌浆作为一种有效的防渗措施，在大坝除险加固中得到了广泛应用。它通过在坝基岩体中形成一道连续且不透水的帷幕，以阻止或减少地下水的渗流，从而提高坝基的防渗能力和稳定性。然而，帷幕灌浆施工涉及复杂的地质条件、多变的岩体结构以及严格的工艺控制，因此，深入研究和探讨其施工技术具有重要的现实意义。水库作为重要的水利基础设施，在防洪、灌溉、供水和发电等方面发挥着不可替代的作用。然而，由于长期运行、自然老化、地质变化以及人为因素等多种原因，部分水库存在安全隐患，需要进行除险加固以确保其安全运行和延长使用寿命。对此，在水库除险加固工程中，大坝的防渗处理是至关重要的环节，而帷幕灌浆技术则是其中的有效方法。

1 大坝帷幕灌浆施工处理技术概述

1.1 灌浆技术的核心

灌浆技术的关键在于精确选择适合的灌浆材料。常见的材料包括水泥基质、化学制品以及复合材料。这些材料需要根据大坝的类型和地质特性进行针对性选择。为了提升灌浆材料的性能，通常需要对其进行改良。高质量的灌浆材料不仅需要具备良好的流动特性，以便能够填补大坝中的裂缝和孔隙，还应具有高强度和持久性，以保证长期有效地截断水流，确保大坝的防水性能。随着环保意识的提升，绿色材料的使用越来越受到重视。采用环保型灌浆材料不仅可以减少对环境的影响，还能提升工程的社会认可度。

1.2 施工技术与创新

传统的灌浆工艺在实际施工中常常面临一些难题，

如施工进度拖延、施工效率低下等问题。为了解决这些问题，现代灌浆技术引入了高端监控和模拟技术。通过模拟技术对灌浆参数进行精细调整，可以显著提高作业的精确度和效率。例如，通过即时监控灌浆压力，可以迅速调整施工计划，提升灌浆质量。同时，在施工过程中，通过高精度的监测工具（如裂缝测量仪器和渗透压测量仪）对大坝内部情况进行持续监测，确保灌浆作业的连续性和有效性。此外，利用地质雷达等先进探测设备，可以对大坝内部结构进行详细探测，为灌浆工序的准确性提供数据支持。

1.3 灌浆压力的控制

灌浆压力的控制是帷幕灌浆技术实施中的核心环节。适当的灌浆压力能够使灌浆材料充分填充大坝的裂缝和孔隙，但如果压力过高，可能会导致裂缝扩散甚至产生新的裂缝，从而削弱大坝的整体稳固性。根据大坝的具体情况和地质特性，合理确定灌浆压力是确保灌浆效果的关键。只有在适宜的压力下，灌浆材料才能有效地填充裂缝并形成坚固的防水屏障。

2 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术的应用

2.1 工程概况

某水库是当地重要的农业基础设施，其影响面积达到 8.3 平方公里，总库容为 132 万立方米。该水库的主要功能包括防洪、灌溉以及养殖，是当地极为重要的小型水库设施。然而，水库自 1957 年建成并运行几十年后，出现了严重的安全隐患。由于建设初期的标准较低，水库大坝已经出现了较为严重的渗漏现象，导致大坝的性能无法得到保证，严重影响其正常运行。大坝的渗漏

现象较为严重,特别是在大坝的各个位置,渗漏导致大坝的性能无法保证,存在溃坝的风险。由于建设初期技术水平有限,大坝的设计和施工标准较低,无法满足现代水利工程的要求。长时间的运行使得大坝的结构逐渐老化,存在严重的安全隐患,威胁到下游地区的人民生命财产安全。针对上述问题,经过详细的工程分析,决定采用除险加固措施中的帷幕灌浆技术进行处理。

2.2 工程地质条件

该水库项目位于山区地带,周围地形条件复杂多样,海拔高度在 50~300 米之间。水库建设在海拔 120 米的位置上,周围的地形起伏较大,海拔高度差异明显,从 50 米到 300 米不等。这种地形条件使得水库建设面临较高的地质和水文挑战。水库周围分布有大量的盆地,这些盆地的形成和分布对水库的蓄水能力和地质稳定性有重要影响。两侧山谷呈现出典型的“U”型形态,这种形态通常表明该区域经历了长时间的河流侵蚀和冰川作用,地质结构较为复杂。坝顶到坝脚的高度范围为 47.35 米到 30.2 米,这表明大坝的高度变化较大,需要在设计和施工中特别注意不同高度段的地质条件和结构稳定性。由于地形复杂,坝体需要在不同高度段采取不同的结构设计和施工技术,以确保其整体稳定性和安全性。

2.3 除险加固方案

2.3.1 水库适应性分析

该水库项目三面环山,周边植被发育情况较为理想,具备建设水库的自然条件。通过对现场地质的勘察和系统的调研,发现水库周边区域内存在土洞、溶洞等地质构造,但由于风化层现象较为明显,中风化和强风化的岩石破碎相对比较严重,透水问题较为普遍。尽管如此,由于山体覆盖土层稳定性较高,因此不存在泥石流或滑坡等地质灾害。并且由于中风化和强风化的岩石破碎严重,透水问题较为普遍。需要通过帷幕灌浆等防渗措施来解决透水问题,确保水库的防水性能。

2.3.2 水库大坝稳定性分析

根据现场调查,水库周边存在大型的断裂带,但并未发生严重的地震灾害。经过对库区内大坝结构的稳定性分析,总体上大坝具备较高的稳定性。断裂带的存在可能对大坝的稳定性产生一定的影响,特别是在地震活动频繁的区域。但目前水库周边未发生严重的地震灾害,说明大坝的整体结构较为稳固。大坝的整体稳定性较高,但仍需定期进行稳定性监测和评估,特别是在地震活跃期,确保大坝的安全运行。

2.3.3 溢洪道边坡稳定性分析

溢洪道设置在左岸山坡,坡度为 $13^{\circ} \sim 17^{\circ}$ 之间,山坡的厚度为 4.2~5.9 米的强风化带和厚度为 1.7~4.9 米的完全风化带。由于边坡已经出现严重损坏,稳定性较差,无法满足水库大坝的运行需求。溢洪道边坡的损坏问题较为严重,稳定性较差。长期的雨水冲刷导致渗透现象严重,影响水库的安全运行。对此必须采取加固和防渗措施,如通过加固边坡结构、设置排水系统、使用防渗材料等,确保溢洪道的稳定性和防渗效果。溢洪道边坡的稳定性需要长期监测,特别是在雨季和地震活跃期,确保其运行安全。

2.3.4 水库边坡稳定性分析

该水库项目主要为残坡积碎石土,左侧边坡坡度为 $12^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。根据以往的运行技术资料调查,项目并未出现严重的滑坡现象,边坡的稳定性良好。左侧边坡虽然坡度较大,但由于主要由碎石土构成,且运行过程中未发生滑坡现象,说明边坡的稳定性较好。尽管边坡稳定性良好,仍需采取一定的预防措施,如设置排水系统、加固边坡结构等,以防止潜在的滑坡风险。

2.4 帷幕灌浆技术的应用

2.4.1 钻孔作业

要结合现场的实际情选择 XY—2B 回旋式地质钻机,钻杆直径为 $\phi 50$ 。这是因为 XY—2B 回旋式地质钻机适用于地质勘探和工程钻孔作业,具有较高的稳定性和钻孔精度。而使用 $\phi 50$ 的钻杆,可以确保钻孔过程中的稳定性和效率。钻机作业过程中,由工作人员负责检测钻机的安装稳定性和钻孔精度。并在钻机安装过程中,需确保设备固定牢固,避免作业过程中出现晃动或偏移。通过校准仪器,确保钻孔的孔位偏差控制在 100mm 以内,保证钻孔的精确度。如果因现场因素影响不得不变更孔位数据信息,需与设计单位保持沟通,获取批准后再进行孔位调整,并做好相应的记录工作。在钻进作业阶段,关注钻孔作业效果,确保钻机具备较高的稳定性,满足现场钻进作业的标准。使用较长的粗径钻具,适当增大钻进压力,确保钻孔的垂直度和孔深达到技术标准。随时监控孔位的垂直度,若出现垂直度偏差较为严重,应及时采取补救和纠正措施。钻机钻孔环节详细记录孔内岩性、岩层以及孔内状况,若出现异常情况或与设计方案存在很大差异,应及时进行纠正处理,并上报监理、设计、业主等单位共同商讨解决方案。钻孔作业阶段,地下水的分布较为普遍,容易出现塌孔情况,需选择合适的水泥浆进行封堵处理,确保孔壁结构的稳定性达到

要求。可以在地下水较多或孔壁不稳定的区域,使用水泥浆进行封堵,确保孔壁的稳定性 and 防渗效果。通过封堵处理,确保孔壁的稳定性,防止塌孔现象的发生。钻孔完成后,要加强孔口封堵处理,如设置防护罩或覆盖物,并落实保护性措施,以免杂物进入孔内影响帷幕灌浆效果。

2.4.2 冲洗作业

钻孔工作结束后,孔内冲洗作业是确保帷幕灌浆施工效果的关键环节。冲洗作业的目的是清除孔内的岩屑、泥浆和其它杂物,确保孔壁清洁,为后续的灌浆施工提供良好的基础。采用清水冲洗方式,使用清水作为冲洗介质,确保冲洗效果高效且环保。冲洗压力应保持在 1 MPa 以上以确保冲洗力度足够,能够有效清除孔内杂物。从钻孔底部向上逐步冲洗,确保孔内的岩屑和泥浆能够顺利排出孔外。在冲洗过程中,需随时关注孔内情况,确保冲洗效果达到标准。冲洗至出口流出清水,且孔内无明显杂质,即为冲洗合格的标准。冲洗时间应根据孔深和孔内情况灵活调整,确保冲洗彻底。在冲洗过程中,需控制冲洗压力,避免过大的压力导致孔壁塌陷。若冲洗过程中发现孔壁不稳定,应及时采取措施,如降低冲洗压力或使用稳定剂加固孔壁,防止塌孔事故的发生。冲洗过程中应详细记录冲洗时间、冲洗压力、孔内状况等信息,确保冲洗作业的可追溯性。若冲洗过程中发现异常情况(如孔内堵塞、孔壁塌陷等),应及时采取补救措施,并上报监理、设计等单位,共同商讨解决方案。

2.4.3 制浆作业

选用 42.5 级以上的普通硅酸盐水泥,这种水泥具有较高的强度和良好的耐久性,能够满足帷幕灌浆的施工要求。水泥细度需经过 80 μm 方孔筛,筛余量不超过 5%,以确保水泥的细度符合标准,有利于浆液的均匀性和流动性。水泥在投入使用前,必须具备完整的技术证明文件,包括水泥的品种、标号、生产日期、生产厂家等信息,并且各项指标需符合国家相关标准和设计要求。对进场的水泥进行抽样检测,确保其强度、细度、安定性等指标合格,防止不合格水泥用于施工,影响帷幕灌浆的效果。水泥在使用前需要进行称量,称重偏差不超过 5%,确保浆液配比准确,从而保证浆液性能的稳定性。同时注意浆液配制时,必须搅拌均匀,避免出现水泥结块或不均匀现象,影响浆液的流动性和渗透性。并对配制好的浆液进行密度检测,确保其密度参数符合设计和施工规范的要求。

2.4.4 灌浆施工

选用三缸柱塞式灌浆泵,型号为 BW—150,该设备具有较高的工作稳定性和灌浆效率。在灌浆泵投入使用前,需对各项性能参数进行检测,确保其工作性能合格,满足现场灌浆作业的标准。灌浆泵的允许压力应为灌浆作业压力的 1.5 倍以上,确保浆液的流动性符合要求。在灌浆作业过程中,设置压力表,随时监控灌浆作业的压力,了解影响灌浆作业的因素,进而提高灌浆作业效果。根据试验检测确定灌浆压力参数,并严格按照规定要求进行灌浆施工,避免发生变形、冒浆等缺陷问题。水库除险加固施工的环节分为三个次序开展施工作业,并且逐渐加密,提升施工效果。灌浆作业按照从下到上的顺序逐步进行,分段灌浆作业施工,单段长度在 5~8 m 之间,施工环节应根据要求随时进行调整,保证现场灌浆作业有序完成。加强灌浆速度控制,将其设定为 0.3~0.5 m^3/min ,确保灌浆过程的稳定性和高效性。每个孔位的灌浆次数在 5 次以上,确保浆液充分渗透,提高灌浆效果。

3 结语

综上所述,在水库除险加固工程中,大坝帷幕灌浆施工技术是一项关键措施,对于确保水库的安全运行 and 延长其使用寿命具有重要意义。通过本次研究,对大坝帷幕灌浆施工技术有了更深入的理解和认识。本研究探讨了大坝帷幕灌浆的基本原理和技术要点。通过对实际工程案例进行分析,总结出了大坝帷幕灌浆施工中的常见问题及应对策略。同时,本研究不仅掌握了帷幕灌浆的基本理论和技术,还积累了宝贵的实践经验。未来,将继续关注该领域的最新进展,不断优化施工工艺,为保障水库工程安全做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 赫俊岭. 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术探究[J]. 四川水利, 2024, 45(S1): 55-57.
- [2] 李强. 帷幕灌浆技术在水库除险加固工程的施工方案构建研究[J]. 产业科技创新, 2024, 6(03): 40-43.
- [3] 张卓. 田坝水库除险加固工程帷幕灌浆施工要点分析[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(04): 34-35.
- [4] 廖晚秋. 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术探究[J]. 新农民, 2024(07): 37-39.
- [5] 李毅, 刘田珂. 病险水库大坝加固工程帷幕灌浆施工技术研究[J]. 四川建材, 2024, 50(02): 135-137.