

水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工技术研究

郑少秦

开平市大沙河水库

摘要：帷幕灌浆是大坝加固的重要形式，需要遵守灌浆技术的使用流程，对坝体的质量进行控制。基于此，本文将从施工准备、浆液配置、钻孔施工、灌浆施工、养护措施等方面对水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工要点进行分析，对灌浆环节进行多方位掌控，提高灌浆质量的控制效果，实现对大坝结构的有效加固，保障水库能够更好地投入使用。

关键词：水库加固；大坝帷幕；灌浆施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.057

引言

水库属于水利工程的重要组成部分，按照施工标准规定，采取除险加固措施是必不可少的，能够提高水库环境的安全性，避免影响水库的社会效率。通过水库加固处理，增强大坝帷幕的抗渗能力，使水坝长时间保持良好质量，防止水坝发生险情，提高对水坝安全隐患的控制效果，使水库除险加固过程能够顺利完成。

一、水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工原则

（一）实用性

水库加固施工过程中，需要遵守实用性原则，确保施工技术切实发挥作用，提高水库大坝的稳固性。帷幕灌浆一种重要的加固技术，常常应用在大坝环境中，采用灌浆施工方式，施工技术易于实现，提高建筑的整体加固质量，保证大坝可以更好地投入使用。帷幕灌浆施工核心在于灌浆过程，需要确保钻孔的合理性，合理对浆液进行配置，将其灌入到钻孔中，使灌浆能够发挥出效果。适用性是大坝帷幕灌浆施工的重点，需要将实用性发挥到最大化，保障灌浆施工的整体效果^[1]。

（二）安全性

大坝帷幕灌浆施工具有良好的安全性，便于结合周边环境的实际情况，提高施工质量的控制效果，针对施工安全进行控制。帷幕灌浆过程中，需要注重整体施工质量把控，如对灌浆压力进行控制，确保大坝帷幕完成能够起到安全作用，降低外界环境对大坝的影响。安全性强是大坝帷幕施工的重要特征，需要做好安全性的掌控工作，基于施工方面将安全问题考虑到位，确保施工安全得到有效控制。

（三）经济性

水坝除险加固过程中，需要考虑到施工工艺的经济性，从成本角度考虑选择施工方法，有助于大坝施工过程的持续开展。帷幕灌浆施工属于一种低成本的施工技

术，需要确保施工技术应用的有效性，保证施工技术与成本控制相兼顾，保障施工控制的经济性价值指标。在施工周期方面，灌浆施工的周期较短，便于对工程建造成本进行控制，促进特定位置防渗效果的增强，在经济控制方面更容易被认可。

二、水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工要点

（一）施工准备

1. 材料准备

大坝帷幕灌浆具有材料方面的要求，需要注重材料选择的规范性，确保材料具有耐冲击、耐腐蚀等性能，提高对环境的适应性，降低对环境对材料的阻碍作用。以水泥材料为例，需要对材料质量进行把关，确保材料处于合格状态，同时针对材料的质量展开测试，使材料能够发挥出承载作用，规范材料的使用过程。为了对材料质量进行控制，需要注重评判标准的影响，如《水泥胶砂强度检验方法》（GB/T17671-1999）等，保障材料质量筛选的合理性。材料质量决定着工程质量，需要确保材料的准备工作，对材料质量进行严格筛选，推进除险加固任务的顺利完成，使材料准备工作能够执行到位^[2]。

2. 设备准备

大坝帷幕灌浆施工需要施工设备的支持，确保施工设备满足性能指标要求，将施工设备的投入到灌浆施工中，使施工设备能够发挥作用。准备阶段需要确保设备的齐全，确保设备数量的充足，推进大坝帷幕灌浆过程的进行。为满足灌浆施工的要求，需要注重钻孔设备和灌浆设备的选择，确保灌浆作业的施工条件，使钻孔和灌浆过程能够顺利完成。为了保证设备能够正常工作，需要做好设备的调试工作，防止设备运行过程中出现问题，保障设备能够稳定运行。同时，需要定期对设备进行检查，排除设备存在的潜在故障，对设备的运行质量进行控制，使设备能够正常工作。

3. 人员准备

大坝帷幕灌浆施工过程中，人员准备是必不可少的，需要确保人员数量的充足，做好各个工种的准备工作，构造出一个整体的施工团队。人员是施工作业主要承担着，人员准备是工程开展的前提条件，在人员方面进行统一安排。大坝灌浆施工前，需要做好人员动员工作，交代每位人员的施工任务，推进施工作业的有序开展。同时，需要安排现场监督指导人员，确保施工过程能够规范化进行，消除施工过程中存在着阻碍因素，提高

施工质量的控制效果。另外,需要安排专业化的监督人员,对灌浆施工的质量进行把关,通过专业仪器对施工质量进行检验,保障人员准备的全面性。

(二) 浆液配置与储存

水库除险加固工程中,对浆液的配置具有一定的要求,需要确保浆液的配置指标,遵照相关标准的要求。浆液的塑性指数应处于10%-25%之间,黏粒含量在20%-45%之间,合理对浆液进行配置,使浆液能够更好地投入使用。浆液配置需要坚持科学合理的态度,保障浆液的强度能够满足要求,消除浆液内部的不稳性因素,提高浆液对大坝的加固效果。浆液存储过程中,需要注重黏度的控制,的确保浆液第二天后能够继续使用,存储时可以通过搅拌机降低浆液浓度,搅拌时间为50-100s,保障浆液能够保持黏稠状态,降低浆液使用造成的影响。待使用的浆液通常存储在储浆池中,采用泥浆泵来输送泥浆,便于对泥浆进行统一管理,使泥浆配置与储存工作能够发挥作用。

(三) 钻孔施工

钻孔是灌浆施工的重要环节,需要确保钻孔的规范性,对钻孔的质量进行控制,形成符合灌浆要求的钻孔。首先,根据施工图纸确定转孔的位置,对钻孔进行必要的放样,提高钻孔质量的控制效果,防止出现钻孔放样不准确的情况,实现钻孔位置的精确定位。其次,需要做好钻机的准备工作,将钻机固定到放样位置,将钻头与钻孔中心位置对正。为了确保钻机工作的稳定性,需要做好钻机平台的固定工作,防止钻进过程中产生晃动,降低钻孔误差的产生,提高钻孔精度的控制效率。最后,需要对钻孔过程进行控制,采用垂直钻进的方式,倾斜度不能超过 1° ,在钻进过程中需要实时调整,提高钻孔控制的有效性。钻孔过程中,孔径一般在50-110mm之间,深度在10m以上,需要避免钻进过程出现偏斜,否则重新进行钻孔。此外,钻孔施工还要结合地质情况,若钻孔处于岩心区域,则应采用凿岩机进行钻孔,实现良好的钻进速度,降低钻孔过程中对内壁的影响,并且保证钻头能够持久工作,实现对钻进效率的控制^[3]。

(四) 钻孔清理

钻孔工作完成后,需要对钻孔进行清理,采用冲水清理形式,确保钻孔内部的清洁度,降低钻孔内部的杂质含量。钻孔冲洗过程中,需要使用清洁的水流,内部不能含有泥沙,否则将会增加钻孔内部的杂质,导致钻孔清理效率下降。冲水过程中,需要排除钻孔压力的不利影响,结合孔壁情况选择合适的压力,避免对孔壁造成过度冲击,导致钻孔发生较大的损坏。同时,需要对冲水距离进行控制,通常在5-10cm之间,并且防止造成垂直冲洗,否则将会导致孔壁形成孔洞,导致钻孔状态

无法得到有效维持。冲洗过程中,需要确保水流沿着孔壁流动,提高水流控制的合理性,保证缝隙中的杂质能够冲洗干净,为灌浆过程提供良好条件,有助于灌浆质量的控制。

(五) 压水试验

通过水压试验对钻孔的渗透性进行测试,确保钻孔的渗透性符合要求,防止渗透现象发生,对灌浆过程造成影响。一旦钻孔发生渗透,将会影响到灌浆后混凝土的凝结,不利于灌浆操作的进行。压水试验需要采用分段试验的方式,对一定的长度的钻孔进行水压检测,确定本段钻孔的渗透效果。为了对钻孔形成有效的堵塞,需要采用止水栓塞进行封堵钻孔,通过水泵对钻孔形成压力作用,进而确定钻孔的渗透性。钻孔渗透性可由单位吸水量 ω ($L/(\min \cdot m^2)$)进行衡量,计算公式为 $\omega = Q/(S \cdot L)$ 。式中, Q 为压入流量(L/\min); S 为压力水头高度(m); L 为试验段长度(m)。通过上式便可以对钻孔渗透性进行定量衡量,降低渗透现象的影响^[4]。

(六) 灌浆施工

1. 灌浆方法选择

灌浆操作过程中,需要对灌浆方法引起重视,选择适合钻孔的灌浆方法,使灌浆施工能够发挥作用。灌浆采用由上至下的灌浆方式,实现循环灌浆过程,确保管口与泥浆距离不超过50cm,防止灌浆过程对浆液造成冲击,使灌浆过程能够顺利进行。对接触段进行灌浆时,可采用卡塞法,采用灌浆塞进行封堵,使灌浆过程处于相对密闭状况,在钻孔环境中形成一定的压力,提高浆液的密实程度,促进灌浆效果的提升。灌浆时应保证埋孔口管处于待凝状态,形成均布待凝效果,使灌浆方法得到有效使用,对灌浆质量的进行控制。为了提高灌浆的效率,采用泵送灌浆方式,通过自动化设备完成灌浆过程,降低灌浆过程中的人力消耗,保障灌浆过程能够顺利展开。

2. 设置孔口管

接触段施工结束后,需要在孔内布置孔口管,位置浆液液面下2m处,便于采用灌浆法进行灌注,确保孔口管设置的有效性。当孔口管与泥浆浓度相同时,对孔口管进行导正处理,使其能够正常投入使用,经过2-3d的待凝后,进行下一阶段的灌浆。孔口管的位置需要固定牢固,防止灌浆过程发生偏斜,对灌浆的均匀性造成影响,导致灌浆过程无法得到精准控制。同时,提高孔口管牢固性可防止漏浆现象出现,有助于浆液的顺利流入。提高灌浆控制的可靠性。

3. 灌浆分段及压力

根据钻孔深度的不同,需要采用分段灌浆的方式,确保泥浆具有良好的凝结状态,保障灌浆能够满足强度

要求。分段灌浆过程中，灌浆压力应超过前序孔10%~15%，提高钻孔压力控制的严格性，推进灌浆过程的有序进行。钻孔深度为0~2.5m时，灌浆压力为0.3MPa；钻孔深度为2.5~5.5m时，灌浆压力为0.5MPa；钻孔深度为5.5~10.5m时，灌浆压力为0.7MPa。灌浆压力需要按照分段进行控制，防止灌浆质量受到影响，采用合理化的灌浆手段。

4. 灌浆结束标准

灌浆过程中，需要遵守灌浆结束标准的要求，在灌浆压力达到最大时维持灌浆状态，将注浆效率保持在1.0~1.5L/min范围内，实现持续灌浆的过程，对灌浆控制基准进行判断。灌浆过程中，需要对初凝状态进行控制，防止出现回浆的情况，及时采取措施进行处理，确保灌浆控制的标准化开展，消除灌浆不利因素的影响。

5. 灌浆问题处理

大坝帷幕灌浆过程中，容易受到实际问题的影响，需要提前对灌浆问题做好防范，采用符合要求的灌浆方式，排除灌浆过程中面临的隐患。灌浆时常见问题及处理方法如下：

第一，串浆问题。在多个孔洞同时灌浆的情况下，容易引起灌浆现象，需要针对该现象进行防范。首先，采用由疏到密的灌浆顺序，降低串浆的相互影响，保证灌浆过程能够逐渐完成。其次，遵循少量多次原则，防止一次性灌浆过多而冒出，防止串浆现象出现。最后，注重灌浆次序控制，先灌低处、后灌高处，提高灌浆控制效果，保障串浆问题得到有效解决。

第二，裂缝问题。裂缝对灌浆质量的影响较大，需要积极对裂缝产生进行防护，从方面控制裂缝的产生。为了保证浆液的固结效率，将水灰比控制为0.5:1，保障钻孔灌浆户能够顺利凝结，降低灌浆后裂缝的产生。灌浆过程应做好振捣工作，提高浆液之间的密实程度，保障浆液控制能够发挥作用。另外，还要注重养护措施的运用，提高养护防裂效果，从养护角度消除产生裂缝的因素。

第三，灌浆中断。帷幕灌浆是一个连续性的过程，需要避免灌浆过程中造成中断，否则将会影响到灌浆的效率。灌浆过程受到灌浆压力、灌浆速度的影响，需要防止灌浆过程产生较大的压力，提高灌浆控制的有效性，避免压力过大造成灌浆堵塞，导致灌浆过程无法顺利进行。为此，需要对灌浆压力及速度进行控制，降低灌浆过程的阻力作用，维持施工控制的稳定性。

(七) 封孔处理

灌浆结束后需要进行封孔处理，对浆液的质量进行巩固，促进灌浆质量的进一步提升。封孔过程中，需要使浆液形成一定的压力差，排净浆液内部的空气，有助于提高浆液的密实程度。封孔处理借助封孔器进行，需

要规范封孔器的工作状态，具体运用应注意以下几点：第一，检查封孔器的完好程度，使封孔器处于密闭状态，保证封孔器能够进行封孔操作，提高封孔控制的有效性，确保封孔处理的规范性。第二，封孔器使用过程中，确保气门处于闭合状态，采用固定螺栓进行拧紧，防止封孔器使用时发生泄漏，影响封孔操作的气密性控制。第三，需要注重给压环境的控制，构建完善的给压形态，防止对钻孔造成损伤，导致灌浆施工的质量下降。需要注重是，封孔器不能正对使用者，否则将会增加安全隐患，不利于施工人员的安全，应遵守操作规范的要求^[5]。

(八) 养护措施

灌浆施工结束后，需要注重养护措施的使用，规范泥浆的养护工作，保证泥浆能够正常凝结，使泥浆能够得到强度指标。泥浆养护应结合环境温度，避免在温度不足5℃条件下进行施工，否则不利于养护过程的实施，甚至导致养护质量下降。对于裸露部分，需要进行养护处理，在低温条件下，采用保温材料进行覆盖，使其在保温状态下凝结，防止温度过低而发生开裂。在高温条件下，需要喷洒养护剂，防止泥浆中的水分迅速散失，使其在湿润状态下逐渐凝结。同时，需要注重养护时间控制，不能少于7d，否则将会造成养护时间不足，影响大坝帷幕灌浆的强度。养护措施对于灌浆过程是不可或缺的，需要注重养护措施的全面实施，保障水库除险加固切实发挥作用，提高水库周边区域的安全性。

结论

综上所述，帷幕灌浆技术是大坝加固的常用手段，能够提高大坝的稳固性，增强坝体的防渗效果，使水库除险工作能够执行到位。大坝帷幕灌浆具有规范化的流程，需要做好施工质量的控制，保障水库可以更好地投入使用，确保对水库险情的控制效果。水库除险加固有助于大坝的持续发展，构建出安全的水利环境，使用水条件得到有效控制。

参考文献

- [1] 张伟. 水库除险加固工程中的大坝帷幕灌浆施工工艺[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, (6): 1282.
- [2] 郑泽棉. 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工与质量控制分析[J]. 四川建材, 2021, 47(08): 126-127.
- [3] 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.
- [4] 柴绍中. 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工工艺[J]. 农业科技与信息, 2021, (06): 124-126.
- [5] 彭坤. 水库除险加固工程大坝帷幕灌浆施工与质量控制分析[J]. 湖南水利水电, 2020, (05): 55-57.