

水利工程灌浆施工技术及其质量管理

周华英

江西省安福县河湖灌溉服务中心

[摘要] 灌浆施工技术利用水泥浆液的流动性、粘结性修补结构裂缝,可满足水利工程不同孔深、不同温度下堵漏、加固、防渗的需要。该技术在水利工程施工中应用较为普遍,为水利工程大坝防渗、岩土层裂缝修补、围岩加固等提供了最佳的技术解决方案。基于水利工程进行灌浆技术及质量管理的论述,以明确施工技术应用的要点及施工质量管理的关键点,以提高灌浆施工技术水平,保障水利工程高质量、高效益的施工。

[关键词] 水利工程; 灌浆施工技术; 灌浆施工质量管理

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.03.354

水利工程施工地质条件、水文条件复杂,施工的难度与风险性较高,而灌浆施工技术以水泥浆液为介质,在水利工程施工面临松散、破裂岩土层时,使用该技术进行缝隙的填充以加固岩土层,为水利工程施工创造良好的岩土层条件,以此达到提高水利工程施工质量的目的。灌浆施工技术在实际的应用中,会受到水泥浆液制备质量,以及钻孔、冲洗、灌浆等施工技术运用的影响,导致灌浆施工质量问题的发生。所以,通过该施工技术运用及质量管理的分析研究,以不断的提升灌浆施工技术及质量管理水平。

1. 灌浆施工技术在水利工程中的应用要点

1.1 制备水泥浆液

1.1.1 施工材料要求

水利工程灌浆施工采用的水泥浆液是由水泥、粉煤灰、水、外加剂等充分混合搅拌而成,需按照水利工程设计配合比的要求完成水泥浆液制作后,以灌浆施工养护要求为标准进行试块试验,检测水泥浆液试块成型后的强度,当强度 $\geq 5\text{MPa}$ 时,该水泥浆液配合比才可用于实际灌浆施工^[1]。基于水利工程灌浆施工的特点,需要水泥浆液具有良好的流动度,可以自由流动至灌浆的预定位置,以及要具有良好的保水性,制作过程中添加膨胀剂,避免浆体干缩的发生。水泥浆液的可灌性影响着灌浆施工的质量,需在浆液完成制作后进行流动度的检测,确定制作的浆液能否达到灌浆施工的要求。

1.1.2 制备工艺

灌浆水泥生产日期在3个月以内,通常为42.5MPa普通硅酸盐水泥,制作之前使用 $80\ \mu\text{m}$ 方孔筛过筛,去除水泥中颗粒较大的杂质,注意筛余量控制在5%以下。拌浆水温 $< 40^\circ\text{C}$,水质符合高压喷灌浆技术标准要求。掺合料主要有砂、黏土、粉煤灰等,具体掺入量需通过现场灌浆试验进行设计,外加剂主要有速凝剂、减水剂等,根据灌浆施工实际地质条件与天气温湿度情况等适量添加,建议通过现场灌浆试验予以设计。制浆水灰比0.5:1,水泥、水、掺合料、外加剂等称量误差控制在5%以下,混合好原材料后使用高速搅拌机按照1200r/min进行充分搅拌,搅拌时间 $> 30\text{s}$,浆液输送流速约 1.6m/s 。此外,根据灌浆地质条件上的差异,采用相应级别的浆液,水泥浆液从制备开始至灌浆结束,时间不可超过4h,并且在灌浆之前进行过筛,剔除水泥浆液中大于 $80\ \mu\text{m}$ 的颗粒,避免水泥浆液堵塞注浆管,以及浆液在注浆过程中温度维持在 $5\sim 40^\circ\text{C}$ 之间。

1.2 钻孔及冲洗施工

首先是进行孔位放样,准确标识孔位;其次钻孔,如针对水利工程的围岩钻孔,孔位偏差 $< 10\text{cm}$,开孔角度误差 $< 2^\circ$,钻孔与围岩表面垂直,注意根据围岩钻孔作业面与灌浆需求设计钻孔顺序,钻孔后使用木塞堵孔,避免岩石颗粒进入。钻孔方式及深度要根据选择的灌浆方式进行确定,如采用的是分段钻孔及分段灌浆方法,第一段孔深为5m,第二段5~10m,第三段5~10m,以此类推;再次钻孔冲洗,钻孔结束后冲洗是为了去除孔洞杂质,冲洗水压与冲洗风压分别是灌浆压力的85%与50%,单孔冲洗时间半小时以上,串孔需超过2h。在冲洗过程中,注意压力的准确控制,避免因水压与风压过大损伤孔壁,不可垂直冲洗,至回水澄清后,接着冲洗十分钟,保证孔洞的清洁度。如果是岩层缝隙冲洗,调整冲洗水压使其流入缝隙,清理缝隙中的岩土颗粒,为水泥浆液流入扫除障碍,注意冲洗后要立即灌浆;最后正式灌浆之前进行压水试验,试验孔数为总孔数的5%,压水20min,压力为灌浆压力的80%,间隔5min测量压入流量,当连续4次压力流量值,最大值-最小值 $< 10\%$ 最终值,即可完成试验。

1.3 灌浆施工

水利工程常用的灌浆方式主要有两种,一种是循环式灌浆,分为以下两种类型,①孔内循环,浆液在灌浆孔内外的注浆管空隙间循环,避免注浆管空隙问题,始终维持浆液的流动状态,减少灌浆沉积现象,提高灌浆施工的质量;②孔口循环,浆液在孔口循环,属于纯压式循环;另一种是纯压式灌浆,是一种简单直接的灌浆方法,使用的浆液较为浓稠,由注浆管直接将水泥浆液灌入钻孔,适用于裂缝较大的岩层,灌浆深度需在12m以内。但由于是纯压灌浆,水泥浆液无循环过程,流动度不好,无法完全填满小缝隙,实际应用具有一定的局限性。

1.4 灌浆顺序

1.4.1 下行式灌浆法

该灌浆方法采取自上而下分段施工方案,分段钻孔形成5~10m的灌浆段,将灌浆塞安装至灌浆段上部灌浆段的底部,灌浆结束后向下钻孔,安装灌浆塞,按照该施工顺序自上而下分段钻孔与灌浆,以此完成整个钻孔的灌浆施工。该灌浆法易使用纯压式灌浆与循环式灌浆,适用于破碎岩层^[2]。但由于该灌浆方法采取的是分段钻孔与灌浆,需要在施工过程中多次调整或移动钻机与灌浆设备,施工效率不是十分理想。

1.4.2 上行式灌浆法

该灌浆方法使用钻机直接将灌浆孔钻至设计深度，从下向上分段安装灌浆塞，分段塞孔，在完成下段灌浆施工后，立即进行该段上段的灌浆施工，如果灌浆塞塞不住，可适当的上下调整，直至塞住为止，但上移会增加灌浆段的长度，应注意将该长度控制在10m以内，如果超出该值，需在灌浆段附近设置检查口，确定灌浆的质量，如果灌浆不够饱满应采取补灌措施。该灌浆法在施工过程中移动钻机与灌浆设备较少，施工效率较高，适用于稳固岩层，但施工质量控制难度较大。

1.4.3 一次灌浆法

一次灌浆法施工操作简单，一次钻孔成型，全孔段压力灌浆，施工一次到位。该施工方法一般用于孔深小于10m的灌浆施工，施工效率较高。但对施工地质条件有着较高的要求，需要岩层完整、稳固，钻孔坍塌风险较低，不适用于不稳定、裂缝较多的岩层条件。

1.4.4 综合灌浆法与孔口封闭灌浆法

综合灌浆法是指结合采用下行式与上行式灌浆法，适用于钻孔深度大、岩层复杂变化的地质条件，灌浆方法应用灵活，施工质量表现良好。孔口封闭灌浆法是基于下行式灌浆法，在孔口设置孔口封闭器进行分段灌浆。灌浆段长度在6m以内时，使用一次灌浆法，超过6m时，灵活选择使用其他灌浆方法。

1.5 封孔

在灌浆设计压力下，当钻孔吸浆量小于0.3L/min时，接着灌注半小时就可完成灌浆施工。如果是多孔同步灌浆，则需要监理人员检测，当确认所有灌浆孔的吸浆量 $<0.1\text{L}/\text{min}$ 时，再接着灌浆半小时^[3]。灌浆结束后检查确定无质量问题进行封孔施工，先向灌浆孔中充气，构建灌浆孔与大气环境之间的压力差，停止充气后灌浆孔中积水与污物外流，使用浓浆封口并抹平。

2. 水利工程灌浆施工质量管理对策

2.1 建立施工质量管理保障体系

一是完善并严格落实施工质量“三检制度”，施工人员自检、工序之间互检，质量管理人员再次检查，有效防止施工质量问题的发生；二是重要技术岗位及机械设备操作岗位的人员，必须要持证上岗，并且在入场之前，参与灌浆施工的所有人员均需参加施工操作规程、施工安全等培训，考核合格后方可上岗，夯实人员质量保障体系；三是加大施工图纸及施工技术会审管理力度，专门编制施工质量管理计划，深化施工方案，完善施工技术措施，并切实做好技术交底工作，扎实施工方案及施工技术保障基础；四是严把施工材料质量管理关，材料在入场前与正式使用之前，均需执行严格的质量检查程序，必要情况下还需进行现场试验，确定无质量问题后才可用于实际施工；五是施工过程中使用的计量、测量、检测仪器等，按照规定进行校验与保养，防止仪器设备等误差导致的施工质量问题。

2.2 建立施工质量管理内部监督机制

水利工程灌浆施工各道施工工序之间密切相关，一道施

工工序出现施工质量问题，均会对后续施工质量产生影响。因此，在灌浆施工质量管理过程中，建立内部监督体系，实现对施工过程的有效管控，以避免人为因素导致的施工质量问题。一是理顺施工工序，明确施工流程，加强浆液制备、钻孔施工、冲洗施工、灌浆施工等各个环节的监督与控制，确保施工工序之间的有序衔接，监督各施工工序施工技术措施、施工方案、施工质量管理等工作的具体落实情况，以构建施工质量全流程监督机制；二是根据灌浆施工技术标准要求，逐一监督每道工序施工质量，及时发现施工质量隐患，规范化施工行为，达到提高施工质量的目的；三是明确施工质量监督责任，从施工质量管理开始，将责任逐级落实至施工监理人员、施工技术人员及具体的施工人员，压实施工各层级的质量监督责任，同时实行监督工作业绩考核机制，构建施工质量全面监督格局，以提高施工质量管理的效力。

2.3 制定施工应急预案

水利工程灌浆施工过程中，需要各施工工序之间的紧密衔接，如冲洗施工后立即进行灌浆施工，中间停顿时间过长则要重新冲洗，灌浆需持续进行，中间一旦停工时间过长，灌浆段灌入的水泥浆液会凝固。所以，为了保证灌浆施工不间断、一次灌浆成功，应在灌浆施工之前，施工管理人员、施工技术人员、施工班组长等，在施工现场共同分析研究灌浆施工过程中可能出现的施工质量问题与突发事件，并制定出相应的应急预案^[4]。比如，灌浆因故中断，紧急处理将中断时间控制在30min以内，如果超过时限，则清除前期灌注的浆液，恢复至原孔深再灌浆。恢复灌浆初期使用大灰比浆液，还需考虑吸浆量的情况，如果吸浆量未有大的变化，使用中断前的水灰比，减少则增加浆液浓度，如果减少幅度过大，或是在灌浆初期出现了停止吸浆现象，则要在该孔周围重新钻孔补灌。

结语

灌浆施工技术是水利工程加固岩层、防渗处理的重要手段，根据灌浆施工实际的岩土层条件，进行灌浆方式方法的选用，将制备好的水泥浆液填充至钻孔、岩层缝隙，使水泥浆液与岩土层凝结成一个整体，达到水利工程加固、防渗处理的目的。但由于灌浆施工面对着不同岩层条件，施工质量受到施工技术运用、施工材料、人为因素等的影响，应在施工实践中进行该施工技术及管理分析研究，以不断提高灌浆施工技术水平。

参考文献

- [1] 洗锡棠. 大坝灌浆施工技术及其质量管理[J]. 科技创新与应用, 2015(16): 200.
- [2] 周浩. 水利水电工程建筑基础灌浆施工技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2015, 43(08): 123-124.
- [3] 樊艳萍. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2016(22): 104-105.
- [4] 李红林. 水利工程灌浆施工技术与质量管控措施研究[J]. 农业科技与信息, 2018(07): 107-108.