

# 灌浆技术在水利工程大坝施工中的实践探析

刘志强

中韵联合集团股份有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6735

**[摘要]** 为了提升水利工程大坝防渗、加固效果,本文分析了水利工程大坝施工中常用的灌浆技术类型,深入探究了灌浆技术在水利工程大坝施工中的实践要点,包括施工前准备与施工关键环节控制。然后针对水利工程大坝施工中灌浆技术应用的常见问题及解决措施进行了探讨,并借助实际工程案例,对灌浆技术在水利工程大坝施工中的应用进行分析,发现灌浆技术能够显著提升大坝防渗与整体稳定性。

**[关键词]** 灌浆技术; 水利工程; 大坝施工

**中图分类号:** TV 文献标识码: A

## Practical Analysis of Grouting Technology in the Construction of Hydraulic Engineering Dams

Zhiqiang Liu

Zhongyun United Group Co., Ltd

**[Abstract]** In order to improve the anti-seepage and reinforcement effect of water conservancy engineering dams, this paper analyzes the commonly used grouting technology types in water conservancy engineering dam construction, explores the practical points of grouting technology in water conservancy engineering dam construction, including preparation before construction and control of key construction links, and then analyzes the common problems and solutions of grouting technology application in water conservancy engineering dam construction. With the help of actual engineering cases, the application of grouting technology in water conservancy engineering dam construction is analyzed, and it is found that grouting technology can significantly improve dam anti-seepage and overall stability.

**[Key words]** grouting technology; Water conservancy engineering; Dam construction

### 前言

水利工程的大坝是开展水资源调控、防洪减灾、发电供水的重要基础设施,其安全性与稳固性直接关系着人民生命财产安全和社会经济的持续进步。大坝修建期间,地质情况复杂、坝体结构渗水等状况是影响工程质量的关键因素,灌浆技术作为地基改善和防渗堵漏手段,通过把浆液注入岩土体或者坝体缝隙里,经凝固硬化后,可以切实改善工程地质状况,增强坝体的结构强度,已成为水利工程大坝施工过程中不可或缺的一种关键技术手段。基于此,通过对灌浆技术在水利工程大坝施工中的实践应用进行深入探究,以为为相关工程提供可靠参考。

### 1 水利工程大坝施工中常用的灌浆技术类型

#### 1.1 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆(图1)是大坝基础防渗的重要技术,其原理是在大坝坝基下游侧或坝体与地基接触处,钻设一排或数排灌浆孔,将浆液灌入灌浆孔内,使其形成一排连续、密实的竖向防渗帷幕,阻断地下水的渗透通道,降低坝基扬压力,保证坝基稳定。

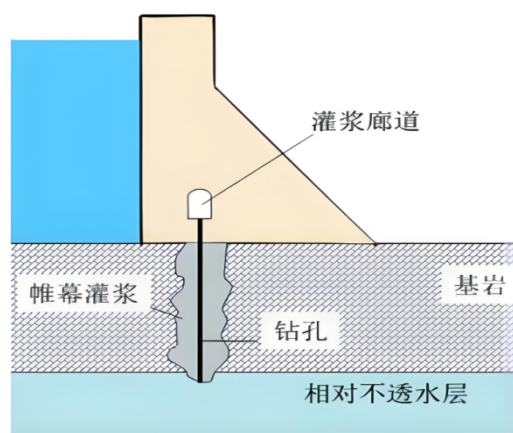


图1 帷幕灌浆施工示意图

#### 1.2 固结灌浆技术

固结灌浆主要是为了改善坝基岩体的物理力学性能,在坝基岩体上钻设一定数量的灌浆孔,将浆液灌注到岩体裂隙、孔隙中去,以充填岩体缺陷,增加坝基岩体的整体性、密实度和弹性

模量,提高坝基的承载能力和抗变形能力。固结灌浆一般在帷幕灌浆前进行,其施工工艺流程如图2所示。



图2 固结灌浆施工工艺流程

### 1.3 接触灌浆技术

接触灌浆多应用于大坝坝体与地基、坝体与岸坡、坝体不同结构层之间接触部位,目的是填充接触面的缝隙、空洞,堵塞接触面之间的渗漏通道,增强接触面的结合强度和整体性,防止因接触面分离造成坝体渗漏和结构破坏。接触灌浆的灌浆孔按接触面情况一般沿接触面布置,孔距、排距根据接触面缝隙大小和渗漏情况而定,灌浆压力要控制好,防止压力过大引起坝体或地基的变形<sup>[1]</sup>。

### 1.4 回填灌浆技术

回填灌浆主要用在大坝坝体内部的孔洞、空腔回填,如隧洞衬砌和围岩之间的空隙、大坝预留孔洞、灌浆孔等的回填,主要是把空隙填满,让坝体的结构更密实,避免水流渗入空隙后侵蚀坝体或者导致结构破坏。

## 2 灌浆技术在水利工程大坝施工中的实践要点

### 2.1 施工前准备工作

#### 2.1.1 地质勘察与资料分析

施工前,要对大坝坝基及其周围地质状况展开勘察,借助钻探、物探、试验等手段,明确岩体的岩性、风化程度、裂隙分布、渗透性等各项地质参数,绘制地质剖面图和裂隙分布图,给灌浆设计提供精确的地质依据。同时,搜集工程设计文件、施工规范、相似工程实例等资料,按照地质勘察结果,制定恰当的灌浆施工计划。

#### 2.1.2 灌浆材料选择与配比试验

灌浆材料的选择要按照工程地质状况、灌浆目的、施工环境等因素来决定,常用的灌浆材料包含水泥、粉煤灰、膨润土、水玻璃、外加剂等。为了保证浆液性能能达到工程需求,要开展浆液配比试验,测试不同比例浆液的流动性、凝结时间、抗压强度、抗渗性能等指标,从而选出最合适的浆液配比。例如,在裂隙发育的岩基帷幕灌浆时,常选用水泥浆或者水泥-水玻璃双液浆,以提升浆液凝固速度和防渗效果;在软弱地基固结灌浆时,可以添加粉煤灰等掺合料,降低浆液成本,而且改善浆液和易性。

#### 2.1.3 施工设备选型与调试

灌浆施工设备包含钻机、灌浆泵、浆液搅拌桶、压力表、流量计等,设备选型要按照灌浆孔深、孔径、灌浆压力、浆液种类等参数来确定,选用性能符合施工需求的设备。施工前要对设备彻底调试和检修,检查设备运行状况、精度、安全性能、钻机钻进速度,灌浆泵压力稳定性、压力表精度等,保证设备在施工时正常运行。

### 2.1.4 施工人员培训和技术交底

灌浆施工技术要求比较高,施工人员的专业素质直接影响施工质量,施工前要对施工人员展开培训,培训内容涵盖灌浆技术原理、施工工艺、操作规程、质量控制要点、安全注意事项等,让施工人员熟练掌握施工技术。同时,还要开展技术交底,把灌浆施工方案、设计要求、质量标准等告知每一个施工人员,明确各个岗位的职责和工作要求,防止施工人员操作不当引发质量问题。

### 2.2 灌浆施工关键环节控制

#### 2.2.1 灌浆孔钻进施工控制

在钻进过程中,严格按照设计要求,控制孔位、孔深、孔径、孔斜度,使孔位偏差不得超过设计要求,孔深要达到设计要求的岩层深度,孔径根据灌浆管直径和浆液扩散要求确定,孔斜度要控制在允许范围内,防止因孔斜使灌浆范围偏离设计范围。钻进过程中,记录钻孔过程中遇到的岩性变化、裂隙发育情况、涌水情况等,及时调整钻进参数和灌浆方案<sup>[2]</sup>。

#### 2.2.2 浆液制备与输送控制

浆液制备要按照试验得出的配比来开展,保证浆液成分准确、均匀,搅拌浆液用机械搅拌方式,搅拌时间不少于所规定的时间,要让浆液搅拌得足够均匀,防止分层或沉淀。浆液输送时,也要保证管路顺畅,防止浆液在管路里面凝固造成堵塞,而且控制好浆液的输送压力和流量,保证浆液可以顺利注入灌浆孔里面。

#### 2.2.3 灌浆压力与灌浆量控制

灌浆压力是关键灌浆参数之一,要按照地质状况、灌浆类型、孔深等因素来确定合适的灌浆压力。灌浆时要实行分级升压,逐渐加大灌浆压力,防止压力过大而引发岩体或者坝体出现裂隙或者发生变形;还要关注灌浆量的变化情况,依循灌浆量的大小,调整灌浆压力和浆液调配比例,保证浆液可以充实地填充裂隙和孔隙。当灌浆量达到设计需求或者不再有浆液被吸入时,停止灌浆<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.4 灌浆结束标准及封孔处理

灌浆结束需达到一定的标准,比如在一定的灌浆压力下,灌浆量小于设计规定的量,并且持续一定的时间,这时就可以停止灌浆。灌浆结束后,立即开展封孔处理,封孔采用水泥浆或水泥砂浆,把灌浆孔灌满,防止水再渗进孔里影响坝体,封孔时要注意封孔材料的密实度,不能有空洞或缝隙。

## 3 灌浆技术在水利工程大坝施工中常见问题及解决措施

### 3.1 灌浆过程中出现冒浆、漏浆问题

#### 3.1.1 问题原因

冒浆、漏浆主要是由于地质条件较差,岩体裂隙发育,透水性强,或者灌浆压力过大,浆液配比不当,使浆液从岩体裂隙或坝体缝隙中冒出。灌浆孔钻进时,孔壁坍塌,钻孔与其他钻孔连通等原因也会出现冒浆、漏浆。

#### 3.1.2 解决措施

灌浆遇到冒浆、漏浆状况时,首先要减小灌浆压力,减缓浆液渗透速度,阻止浆液继续流失;其次要调整浆液调配比例,提升浆液黏度和凝固速度,添加部分膨润土或水玻璃,提高浆液的抗流失能力。针对局部冒浆、漏浆的地方,采用堵塞、围封等手段,在冒浆处铺上土工布、沙袋等,堵住浆液外溢的通道;如果冒浆漏浆现象很严重,停止灌浆操作,重新对地质情况展开勘探,改变灌浆计划;如果地质孔间距偏大,可以加密灌浆孔,或者采取双液灌浆,以保证灌浆效果。

### 3.2 灌浆效果不理想,存在渗漏现象

#### 3.2.1 问题原因

灌浆效果欠佳大多是灌浆设计不合理,如灌浆孔设置不合理,灌浆压力、浆液配比不当;施工过程控制不严,如钻孔精度不足、浆液配制不规范,灌浆压力、灌浆量控制不当;地质勘察不准确,对岩体裂隙分布及渗透性掌握不充分,灌浆范围未覆盖渗漏通道等。

#### 3.2.2 解决措施

针对灌浆效果不理想的情况,先对灌浆效果展开检测,利用水压试验、钻孔取芯、物探等方式,查清渗漏之处及其缘由。接着,根据检测结果,调节灌浆方案,增多灌浆孔数量、改变灌浆孔布局、改良浆液调配比例、增强灌浆压力等。对于渗漏严重的地段,采取二次灌浆或者补灌的方式,保证浆液充实灌入渗漏通道,加大施工过程中的质量管控。施工过程中,需要依照设计需求和操作规程进行施工,保证每一道工序的施工品质。

### 3.3 灌浆设备故障影响施工进度

#### 3.3.1 问题原因

灌浆设备故障主要是设备选型不当,设备的性能不能满足施工的要求;设备使用时间过长,零部件磨损严重;设备的维护保养不及时,没有定期的检修;施工人员操作不当,人为的损坏设备等。

#### 3.3.2 解决措施

为防止灌浆设备出现故障影响施工进度,要合理选型,选用性能稳定、质量可靠的灌浆设备,而且要准备好备用设备,若设备发生故障,便可及时更换;建立设备维护保养制度,定期对设备执行检修和保养,及时替换磨损的零部件,保证设备始终保持良好的工作状态;加大对施工人员的培训力度,提升施工人员的设备操作水平,防止因操作失误引发设备故障,倘若设备出现故障,就要立即组织专业人员予以维修,缩减设备故障历时,保证施工进度不会受到影响。

### 4 灌浆技术在水利工程大坝施工中的应用案例

以某大型水利枢纽工程大坝施工为例,该大坝为混凝土重力坝,坝高120m,坝基为花岗岩岩体,岩体裂隙发育,透水性较强,

易发生渗漏,为保障大坝的安全与稳定,采用固结灌浆的方式。

固结灌浆孔呈梅花形分布,孔距为3m,排距为3m,孔深为15~25m,浆液采用水泥浆,水泥选用P.042.5,水灰比为0.8:1:1,灌浆压力控制在1.0~1.5MPa,灌浆时根据灌浆量的变化调整灌浆压力和水灰比,固结灌浆结束之后,对坝基岩体实施取芯试验,如表1所示,为固结灌浆取芯试验数据,经试验,芯样连续完整,岩体的抗压强度比灌浆之前提升幅度全部在32%以上,较好地改善了坝基岩体的物理力学性能,提升了坝基承载能力。

表1 固结灌浆取芯试验数据

| 试验编号  | 孔号  | 取芯位置       | 芯样长度(m) | 岩芯采取率(%) | 抗压强度(灌浆前)(MPa) | 抗压强度(灌浆后)(MPa) | 强度提升率(%) |
|-------|-----|------------|---------|----------|----------------|----------------|----------|
| GX-01 | A01 | 5.0~10.0m  | 4.8     | 96       | 85.2           | 115.6          | 35.7     |
| GX-02 | A02 | 10.0~15.0m | 4.9     | 98       | 78.5           | 105.3          | 34.1     |
| GX-03 | B01 | 15.0~20.0m | 4.6     | 92       | 92.3           | 122.8          | 33       |
| GX-04 | B02 | 20.0~25.0m | 4.5     | 90       | 89.7           | 118.4          | 32       |
| GX-05 | C01 | 8.0~13.0m  | 4.7     | 94       | 81.6           | 108.8          | 33.3     |
| GX-06 | C02 | 13.0~18.0m | 4.8     | 96       | 95.4           | 126.8          | 32.9     |

## 5 结语

灌浆技术属于水利工程大坝施工中的关键技术,在坝基防渗、岩体加固、界面处理等环节起着重要作用。帷幕灌浆、固结灌浆、接触灌浆、回填灌浆是水利工程中大坝施工时常用的灌浆类型,不同灌浆技术各具特色和适用范围,在工程中要根据工程地质状况、灌浆目的等因素来合理选择和搭配使用,只有这样才能有效地解决大坝施工时的地质问题和结构问题,保证大坝的安全稳定运行。

### [参考文献]

- [1]朱让,唐金鑫.帷幕灌浆施工技术在水利工程大坝基础防渗加固中的应用[J].工程技术研究,2025(18):65-67.
- [2]赵小娟.灌浆技术在水利工程大坝施工中的应用[J].产品可靠性报告,2025(08):179-180.
- [3]赵永峰.灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的应用分析[J].水电站机电技术,2021(06):79-81.

### 作者简介:

刘志强(1971--),男,汉族,江西赣县人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程。