

# Analysis of Consolidation Grouting Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Project

Wei Chen

Yunnan Cloud Investment Engineering Construction Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650100, China

## Abstract

Since ancient times, water conservancy project has been a major event related to the livelihood of the country. The most critical core of the hydraulic construction technology is the water seepage treatment range and treatment effect, which is directly reflected in the self-waterproof effect and functional waterproof effect of the hydraulic construction structure itself. Because the hydraulic construction involves a wide range, the coverage area includes cofferdam, barrage, spillway, water transmission tunnel, power station, reservoir scope and other projects, the grouting treatment effect, the scope is wide, the technical requirements are particularly strict. The following Paper on the solid grouting construction, less than 6 meters hole deep pure pressure construction method to do a brief analysis.

## Keywords

water conservancy and hydropower engineering; consolidation grouting construction technology; pure pressure type

# 水利水电工程固结灌浆施工技术分析

陈伟

云南云投工程建设有限公司, 中国·云南 昆明 650100

## 摘 要

从古至今, 水利工程一直是关乎国家生计的大事。水工建筑技术最关键的核心就是渗水处理范围和处理效果, 这直接体现在水工建筑结构本身的自防水效果、功能防水效果上。由于水工建筑所涉及范围广, 覆盖区域包含围堰、拦河坝、溢洪道、输水隧洞、发电站、水库范围等多项项目, 灌浆处理的效果、范围广, 技术要求尤为严格。下面论文就固结灌浆施工, 小于6m孔深的纯压式施工方法做简要分析研讨。

## 关键词

水利水电工程; 固结灌浆施工技术; 纯压式

## 1 引言

固结灌浆对工程进行加固的方法最早出现于19世纪, 其目的是利用钻孔将高标号的水泥浆液或化学浆液, 依据液压、气动或者电动化学原理将浆液压入岩体结构裂缝中, 固结使之封闭裂隙, 加强基岩的完整性, 达到提高岩体强度和刚度。

## 2 固结灌浆概述

水工建筑大坝基础固结灌浆是沿土质防渗体与基础接触面整个范围布置, 一般情况固结灌浆孔上、下游各一排(以审批完成的设计图纸为准), 分别距离上、下游反滤料外边线按设计要求, 方向朝坝轴线一侧, 孔距、孔深布置。

## 3 固结灌浆施工技术

固结灌浆按照孔深小于6m, 灌浆采用纯压式灌浆, 全

孔一次性灌注。6m以上循环式灌浆。论文着重讲述纯压式灌浆施工。

施工工艺: 钻机就位—钻孔—冲洗钻孔、卡塞、压水—灌浆—封孔—检测(不合格—处理—检测)。

### 3.1 钻孔

固结灌浆钻孔方式为: 孔深范围内有地下水部位采用地质钻机造孔, 孔深范围内无地下水部位采用轻型潜孔钻机造孔。

钻孔偏斜控制: 为保证钻孔铅直, 施工中采用如下方法控制: 钻孔放线定位, 孔位偏差不得大于10cm。钻机安装必须周正、水平、稳固, 立轴用水平尺校垂直。开孔时宜低压慢速钻进, 钻孔达到一定深度后应加长岩芯管长度。孔口管的埋置应保证铅直、稳固。钻孔偏斜值不得大于规范<sup>[1]</sup>(SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》)规定。施工过程中应定期对立轴校垂直, 孔深每加深10~20m必须测斜一次, 发现偏斜应及时纠正。终孔时必须测斜, 并记录于钻孔偏斜测量记录表中, 最终计算整理成册, 并绘制钻

【作者简介】陈伟(1984—), 男, 中国云南曲靖人, 一级建造师, 从事建筑工程和水利水电工程项目管理研究。

孔偏斜平面投影图。

### 3.2 钻孔冲洗及压水试验

固结灌浆孔采用高压水进行冲洗。对不良地质地段进行裂隙冲洗,冲洗采用高压水冲洗。

压水试验采用单点法进行,在稳定的压力下,每3~5min测读一次压入流量,连续四次读数中最大值与最小值之差小于最终值的10%,或最大值与最小值之差小于1L/min时,本阶段压水试验即可结束,取最终值作为压入流量的计算值(Q)。压水试验成果计算和表示的方法按<sup>[1]</sup>《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SL62—94规定执行。

### 3.3 灌浆

当孔排距确定后,灌浆质量好坏直接取决于灌浆设备的性能及灌浆人员的经验和素质,取决于浆液的配制与使用,灌浆压力的控制和灌浆结束标准,各道工序的紧密衔接与严谨,各种仪表的完好与灵敏。

要求:非特殊情况,应保持灌浆进程连续不中断地灌注。浆液调配与使用应按规定的原则执行。不合格或已损坏的压力表严禁使用。压力表和管路之间应设有隔膜装置(油提或隔膜)。灌浆栓塞应具有良好膨胀性和耐压性能。灌浆方法要与地质条件相适应。灌浆过程中均严密监测抬动变形情况,并报监理工程师共同研究处理措施。

灌浆采用纯压式灌浆,全孔一次性灌注,灌浆设备可利用帷幕灌浆设备。灌浆压力采用0.8MPa,对缓倾角结构面发育的基岩,适当降低灌浆压力。

对于岩体抬动敏感部位,施工时严格控制检测抬动变形,及时调整灌浆压力。

固结灌浆各孔的结束条件为:在该灌段最大设计压力下,当注入率不大于1L/min后,继续灌注30min。

### 3.4 灌浆结束

灌浆结束标准:固结灌浆在规定压力下,当注入率(水泥用量=浆液量×含灰量)不大于1L/min,继续灌注30min,灌浆即可结束。

为保证灌浆质量,在坝土、接触带必须在上一段灌浆结束待凝12h后,或灌浆段采用下套管隔离的方法,进行下孔段的施工。基岩段可缩短待凝时间或不待凝。

### 3.5 灌浆试验

固结灌浆前应做灌浆试验,目的是选择合适的灌浆参数,同时也可以作为工程量签证的计价依据,此项施工单位应于以关注。

实验的内容:自上而下,分段卡塞灌浆法试验。水泥浆液和稳定性浆液试验灌浆参数和工艺试验灌浆设备和钻灌工效试验。灌浆试验成果整理上报监理,以便确定最优的施工方

## 4 固结灌浆质量检查

①检查孔采用单点压水试验方法进行检查,其数量不

应少于灌浆孔总数的5%, $q \leq 5Lu$ 其孔段合格率应在80%以上,不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的50%,且不集中,灌浆质量可认为合格。否则,应按监理人批准的措施进行处理。检查结束后应采用水泥砂浆可钻孔封填密实,并可孔口压抹平整。

②压水试验检查应在灌浆结束3~7天后进行,检查和试验成果应提交监理人,作为固结灌浆验收的依据。灌浆结束后,应可灌浆记录和有关资料提交给监理人,以便拟定检查孔的孔位。为取得准确的透水性资料,施工中应对I、II、III序孔所有孔段进行压注水试验,以便在施工中选择起始水灰比或预测水泥用量。

选择生产性灌浆试验孔,各灌浆段在灌浆前根据监理人指示采用“简易压水”“单点法”,必要时采用“五点法”进行压水试验,以取得准确、完整的灌前透水资料,最好能得出极限压力值,以选择合理的灌浆压力<sup>[2]</sup>。

简易压注水试验应在钻孔冲洗后进行。压力为灌浆压力的80%,注水20min,每5min测读一次压水流量,取最后的流量值作为计量流量,其成果以透水率表示。五点法和单点法压水试验按<sup>[3]</sup>《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DLT5148—2012执行。鉴于水库地质情况,采用注水试验。

检查孔压水试验按设计要求进行,一般应采用单点法或三个压力阶段五点法进行。压水压力一般为灌浆压力的80%,施工中根据设计技术要求确定。压水试验流量稳定标准按<sup>[1]</sup>(SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》)或<sup>[2]</sup>(SL25—92《水利水电工程钻孔压水试验规程》)规范相关要求执行。

③岩体波速和静弹性模量测试,应分别在该部位灌浆结束14天或28天后进行,其孔位的布置、测试仪器的确定、测试方法、合格标准等,均应按施工图纸的规定和监理人的指示执行。

## 5 固结灌浆特殊情况的处理

一般按照设计意图及目的,帷幕灌浆实施后应达到透水率 $q \leq 5Lu$ 的标准,施工中如遇到下列特殊情况可采取以下相应处理措施。

### 5.1 地表冒浆

在灌浆过程中发现地面冒浆时,应立即降低压力使灌浆在无压状态下(保持浆液流动)灌注。并认真观察冒浆情况,同时封堵冒浆点,防止浆材大量漏失。冒浆不止时,应越级提高浆液浓度灌注或视情况直接采用浓浆缓慢灌注。以上措施均不奏效时应采用“灌—停—灌—停”的间歇灌浆方式进行处理。同时,每次停灌前应对冒浆点进行认真封堵,防止浆材漏失,保证漏浆通道或裂隙中充满浆液。

### 5.2 邻孔串浆

灌浆过程中若出现相邻孔串浆,则采用灌浆孔和串浆孔同时施灌,或用胶塞可串浆孔封堵,待灌浆孔结束灌浆后

再对串浆孔施灌。采用后一种方式时,为防止浆材在串浆孔非灌段中漏失,胶塞应隔离串浆孔不灌段。

### 5.3 大量耗浆

灌浆施工可能遇到溶洞及大的裂隙、断裂构造等渗漏比较集中的大漏段,这种区段的施工往往是整个帷幕成败的关键。所以做好这种地段的灌浆工作就显得尤为重要。根据我对其他岩溶地区(如师宗溜子田、马龙小天生坝水库、马龙瓦窑箐水库、沾益的九龙水库)的灌浆施工经验,为保证帷幕的形成,防止浆材浪费,取得良好的灌浆质量,可采用以下措施经验进行处理:

间歇灌浆。首次灌注 5~10t 水泥,复灌时每次灌注 4~8t 水泥。每次待凝 10~24h(也可根据水泥的初凝时间进行调整)如此反复直至达到设计灌浆压力并正常结束灌浆,同时经检查该段合格方可最终结束该段施工。

### 5.4 灌浆中断

除因冒浆、串浆、大量耗浆等以及其它情况下的间歇灌浆外,正常情况下灌浆进程不允许中断。灌浆工作必须保持连续不间断地进行。若因机械故障、停电、待料,孔内返浆等原因造成灌浆过程中断,则应采取以下措施处理:

①尽可能及时地恢复灌浆工作。

②若中断时间超过 30min,则应立即冲洗钻孔。而后恢复灌浆,若无法冲洗或冲洗无效,则应进行扫孔,而后恢复灌浆,恢复灌浆时应使用开灌比级的浆液进行灌注。

③恢复灌浆后,若注入率与中断前相近,则可改用中断前的比级进行灌注,直到正常灌浆结束。若注入率比中断前减少很多且在短时间内拒绝吸浆,则应无条件扫孔复灌,复灌的开灌水泥灰比为 5:1,而后正常施灌直至结束。

④灌浆中断即使采取补救措施后均应对其进行分析,经确认对该灌段质量无影响后方可进行下道工序施工,否则应无条件按技术要求重新施灌,以确保灌浆质量。

## 6 固结灌浆的施工质量控制

质检人员按月上报质量报表,分送公司,报送建设、管理监理单位。质量月报内容包括:当月施工项目的质量情况、施工质量统计分析表、施工中存在的质量问题及改进措施、质量事故处理情况。为总结经验,改进不足,提高施工工艺水平和质量控制水平,各 QC 小组定期进行质量总结(至少每月一次)。项目经理可每周召开班组长以上人员生产会议,每月进行前阶段的施工质量总结,提出具体的改进意见和措施,并组织实施。施工单位可以业主、监理、设计单位密切配合,高标准严要求精心组织、精心施工、科学管理,建立健全全过程、全员的质量保证体系,由此可为确保创建优质工程提供全面、有力的保证。

### 6.1 加强对施工管理人员、作业人员的培养

按照分级考核的标准、由技术负责人对施工管理人员进行技术培训考核,考核合格方可上岗;由现场管理人员对班组、作业人员全面进行施工技术、安全教育培训考核,考

核合格方可上岗;每班作业前班前交底。

### 6.2 引进先进的固结灌浆设备

传统的机械开挖设备已经逐渐不能适应现在的施工需求、应着重关注新型、能耗低、环保的隧洞施工一体化、智能化的现代化施工机械。

### 6.3 严格执行施工质量监督检查、验收的流程

质检人员采取平行检查、巡检、交叉检查、旁站检查监督的方式对施工过程进行监督;验收人员严格规范要求和设计要求进行验收工作。

## 7 水利工程中的固结灌浆安全事故防治措施

①施工机械伤害防治,选取性能稳定、出厂时间不超过六年的施工机械,施工机械防护罩、安全施工距离、操作规程完善。每班作业前进行施工交底,对作业难点、安全保证措施、应急措施、劳动防护用品穿戴、工序作业都一一落实。

②安全施工作业防治,作业人员每班作业前岗前培训;安全员采巡检、平行检查、专检、发现作业隐患立即要求整改;临边洞口等安全隐患措施手段到位;施工管理人员带队巡检力度够。

③临边洞口、沉淀池安全事故防范。

严格按照定型化防护要求,设立安全警示标志、1.2m 以上栏杆、挡脚板、防护网、夜间红灯示警。

## 8 建立危险源辨识牌

固结灌浆施工所处环境条件艰苦、多在地广人稀少的地区、人员虽然不密集、但是风险一点都不少,为有效识别管控其施工作业工程中危险源及风险,杜绝施工生产事故,可根据伤害类别、存在的风险因素、危险危害因素、风险等级、时态、作业条件危险性评价、控制措施全面辨识、逐项评价其风险值、确认一般危险源、较大危险源、重大危险源,形成“施工重大危险源辨识评价报告”,为工程的安全管理奠定基础。

## 9 结语

目前,从水工建筑项目出发,根据我国地理、人文、地质、水土、当地民族特色,在水工建筑施工的时候,针对固结灌浆,我们在技术上仍然有不足的地方,随着孔深的不断加长,在有空隙、溶洞、地下空间的情况下,对我们施工技术要求也会更加严格,由此我们不管是从硬件(机械设备)、还是软件(施工技术)、都要在科学的角度、保证安全的前提,用大局观、充分调动五方责任主体的能动性,多测量、多试验验证,严格施工工艺管理、争取做好每一个属于工程人的优质工程,发扬工匠精神。

### 参考文献

- [1] SL62—94 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
- [2] SL25—92 水利水电工程钻孔压水试验规程[S].
- [3] DLT5148—2012 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].