

云南龙马水电站围堰高压旋喷防渗墙施工技术

韩立军¹, 王卓², 吴晓斌¹

(1. 辽宁省第四地质大队, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁省第十地质大队, 辽宁 抚顺 113007)

摘要:通过在云南李仙江龙马水电站上下游围堰高压旋喷防渗墙施工实践, 重点介绍大颗粒动水条件下复杂地层高压旋喷施工工艺, 施工过程中遇到的问题及解决方法。

关键词:龙马水电站; 围堰; 防渗墙; 高压旋喷

中图分类号:TV543⁺.82 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)05-0024-03

1 概述

1.1 工程概况

龙马水电站为云南省李仙江七级开发电站的第四级, 总库容 5.986 亿 m³, 装机容量 28.5 万 kW, 年发电量 12.84 亿 kWh。该电站的建成, 对西电东送及云南建设以水电为主的电力支柱产业, 实现绿色强省战略目标都具有重要意义。

水电站上、下游围堰采用高压旋喷桩套接成墙, 上、下游围堰施工轴线全长 200 m, 防渗墙面积近 4000 m²。基本地层为: 上部为人工回填粘土夹块石层, 厚 8~10 m; 下部为河床冲积层, 含大量的块石和漂石, 表现为厚度不均, 分布广, 粒径不等, 且部分地段含粒砂层, 层厚 3~11 m; 底部为灰紫色砂岩。

1.2 设计技术指标

(1) 高喷防渗墙标准: 有效墙厚 0.8~1.0 m, 抗压强度 ≥ 3 MPa, 透水性 $q = 6 \sim 10$ Lu。

(2) 防渗墙深度: 要求墙下部深入基岩 0.5 m 以上。

(3) 防渗墙排数及孔距: 根据设计要求, 采用二重管旋喷套接, 上下游防渗墙为单排, 孔距 1.0 m, 为保证墙体完整性和连续性需进行生产性高喷试验, 以保证高喷墙质量和选用合理技术参数。

2 施工参数确定及施工布置

2.1 施工参数确定

根据设计要求进行生产性试桩, 采用参数为: 空气压力 0.6~1.0 MPa, 空气流量 3~6 m³/min; 浆液压力 26~32 MPa, 浆液流量 70~90 L/min; 提升速度 10~14 cm/min; 转速 8~12 r/min; 浆液密度 1.4

~1.6 g/cm³。

通过试验段试桩, 开挖检验, 个别桩孔连接不好(差 10~15 cm 没能搭接)。为保证墙体连续性采用补孔措施进行补救, 并将后续施工参数调整为: 空气压力 0.7 MPa, 空气流量 3 m³/min; 浆液压力 32 MPa, 浆液流量 85 L/min; 提升速度 10~14 cm/min; 转速 12 r/min; 浆液密度 1.5~1.6 g/cm³; 桩距调整到 0.8 m。

2.2 施工布置

2.2.1 施工平台

在防渗墙顶轴线两侧布置高喷机械和钻孔作业平台, 机械行车道路、排水沟、排浆沟、供浆管、供水管、供风管, 墙顶轴线内侧布置施工器材和小型机具停放场地。

2.2.2 机具布置

根据现场工作考虑钻孔、旋喷、废浆排放的安全方便, 将高喷机械设置在防渗轴线的下游侧平台上, 钻具、喷管等机具均放在防渗墙轴线的上游侧平台上。

2.2.3 风、水、电系统

高压旋喷用风采用 VF3/7 型空压机供给, 钻孔用风采用 VHP750 型空气压缩机供给, 用电在防渗墙右侧上游 10 m 处架设一台 400 kVA 变压器供给。施工用水在围堰上游布置抽水站, 采用 3K9 离心式水泵或 W-15-30-3 水泵抽水, 供水管道沿线布置至制浆站与高压泵房。

2.2.4 水泥制浆、供浆系统

高喷作业水泥用量大, 根据现场交通及场地情况, 在施工平台中布置一座集中制、供浆站, 水泥平

收稿日期: 2007-02-02

作者简介:韩立军(1962-), 男(汉族), 辽宁人, 辽宁省第四地质大队基础公司副总经理、工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程施工与管理工作, 辽宁省阜新市细河区四合大街 329 号; 王卓(1975-), 男(汉族), 辽宁人, 辽宁省第十地质大队高喷灌浆公司副总经理、工程师, 水文地质工程地质专业, 从事岩土工程施工与技术管理工作, 辽宁省抚顺市东洲区新太河街 15 号; 吴晓斌(1973-), 男(汉族), 辽宁人, 辽宁省第四地质大队高喷灌浆公司经理, 探矿工程专业, 从事岩土工程施工与技术管理工作。

台用木板搭建,要求水泥平台具备存放100 t水泥的能力,以保证工程施工的连续性。制浆站内布置2台高速制浆机,2个 1 m^3 贮浆池,2SNS输浆泵2台,用2 in($\text{Ø}50.8\text{ mm}$)活接头钢管或软管铺设一条送浆管至施工泵房内,形成一套完整的制浆、供浆系统。

3 机械配备及浆液材料

3.1 机械配备

SM3000A型钻机2台,VHP750型空压机1台,VF3/7型空压机2台,CYP50型高喷台车2台,XPB-90D型高压泥浆泵2台,QCW100型潜孔锤6套。

3.2 浆液材料

(1)高喷灌浆浆液采用普通硅酸盐水泥,等级不低于PO32.5级,并符合《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175-1999)的规定。

(2)高喷灌浆浆液的水灰比1~1.5,为提高防渗性在水泥浆液中加入膨润土,其质量标准参照《钻井液用膨润土》(SY/T 5060-93),加入量占水泥用量5%~10%。

(3)根据需要,在水泥浆液中加入速凝剂,减水剂等外加剂。

(4)制浆材料的称量采用质量或体积计量法,其误差不大于5%。

4 施工工艺

4.1 施工工序

(1)高喷防渗墙施工拟分段作业,依次成墙。

(2)高喷防渗墙各旋喷孔分排、分序施工,套接成墙。先施工下游排,再施工上游排,即按旋喷孔编号划分为I序孔、II序孔、III序孔,先完成I序孔的造孔和灌浆后,再施工II序孔,最后施工III序孔。在多台高喷机械同时施工时,采取分段包干,平行作业的措施。

(3)单孔喷灌的施工程序:放样→造孔→下喷射管→喷射→提升→回灌→成桩→结束。

4.2 施工方法

4.2.1 钻孔

(1)测量放样:防渗墙施工平台形成后,由测量人员准确放样,并在适当位置布置控制点,进行施工期的检测校核,孔位中心允许误差 $\geq 5\text{ cm}$ 。

(2)钻孔时首先把钻机对准孔位,用水平尺校准机身水平,垫稳,控制孔位偏差 $\geq 5\text{ cm}$,确保钻孔偏斜率控制在1%以内。

(3)由于工程地质条件复杂,河床冲积砂卵石夹块、漂石层厚度大(最厚达11 m),加上回填层漏水量较大的特点,采用跟管钻进造孔,孔径150 mm,下 $\text{Ø}146\text{ mm}$ 套管跟进,钻至设计孔深后,在 $\text{Ø}146\text{ mm}$ 套管内下入特制的PVC管护壁至孔底,然后再起拔套管。PVC管材要求壁厚1 mm左右,脆性较好。

(4)钻孔深度入基岩0.5 m。

(5)钻进过程中要作好记录,真实准确反映孔内的情况。

4.2.2 高喷灌浆

(1)高喷灌浆在钻孔施工验收合格后进行。

(2)高喷台车就位后,在地面孔口试喷,并检查高压系统的完好性及设备的可靠性和压力,旋转速度等,满足设计要求后方可下放喷管。

(3)高喷台车就位时,后台进行水泥浆液搅拌,水泥的搅拌时间,使用高速搅拌机不少于30 s,使用普通搅拌机不少于90 s。浆液的温度控制在5~40℃范围内。对浆液必须不定期测试密度,密度合格,并经滤网过滤后,方可供喷浆使用,且存浆不宜过多。

(4)下管时要轻、慢,防止刮塌孔壁,下放至设计深度后,校正孔深。为防止喷嘴堵塞,可采用低压送水(浆)气的方法下管。

(5)在统一指挥下,依次送浆、气,待各项参数达到设计值,在孔底喷射1~3 min,孔口返浆正常后开始提升。

(6)在提升过程中应随时检查浆液的流量、喷射压力、提升速度等参数,并做好施工记录,喷射到预定高程后依次停浆、停气,提出喷射管。

(7)当喷管提升接近桩顶时,从桩顶以下1.0 m开始慢速提升至桩顶,并在桩顶停止提升喷浆数秒,以保证桩顶成型。

(8)喷射结束后,应及时进行孔口回灌,直至孔口浆液面不再下沉为止。

(9)当施工间歇时间超过半小时时应清洗管路,防止堵塞。

5 施工过程中遇到的问题及解决的方法

通过高喷防渗墙造孔的施工,发现上、下游围堰地质情况复杂,钻孔揭露的主要地层为:上部回填粘土夹碎石层,其下部为卵石层,该层受地形等因素的影响在分布上河流沉积的特性不明显,含有大量的块石或漂石,表现为厚度不均、分布广、砾径不等,且

部分地段含有粉细砂层,上游围堰 1—II—30~1—I—47 孔尤为明显,厚度逐渐变薄,最厚达 3 m 左右,下游围堰砂层相对较薄、颗粒较粗,分布上无明显特征;最下部为灰紫色砂岩,部分钻孔夹有灰色砂岩。由于受地层等因素的影响,在造孔和高喷的过程中出现了很多问题。

5.1 钻孔施工中的问题

(1) 遇有块石或漂石及粉细砂层时,钻进十分困难,并且消耗材料较多,采用直锤钻进,偏心锤扫孔的方法钻进效率略有提高,但在这种情况下套管难于起拔,多数情况用 1 台 300 kN 拔管机外加 2 台 500 kN 千斤顶才能拔出。

(2) 在砂卵砾石层中经常出现夹锤的现象,严重时偏心锤返不出就必须连同锤一起拔出套管重新钻孔,造成大量的重复工作。通过更换管靴和偏心锤这种现象得到缓解。

(3) 为防止钻孔时偏斜量过大,采用水平尺校验的方法保证钻孔的垂直性。

(4) 为解决钻孔时串风的问题,上、下游围堰采用分三序施工,使施工的钻孔间的距离加大,同时提高了空压机的有效利用率。

5.2 高喷施工中的问题

(1) 孔口冒浆不正常,一般情况下,冒浆量应小于注浆量的 20%,冒浆密度应大于 1.3 g/cm^3 ,冒浆密度过小或不返浆时,慢速提升或停止喷射等待孔口返浆后继续提升;冒浆量过大时可采用提高喷射压力、适当加快提升速度等方法。

(2) 地层中大粒径的卵砾石层地下水流速较大时,采取增大注浆量或改变浓度加入外加剂等措施,以保证高喷成桩。

(3) 高喷灌浆过程中保证孔内浆液上返畅通,避免地层劈裂和地面扰动。

(4) 高喷灌浆过程中,因故障或换管等原因造成灌浆中断时,再恢复喷射时,将喷管下放 0.3~0.5 m 进行复喷,以保证桩体连续性可靠性。

(5) 高喷灌浆过程中,出现压力突降或骤增,孔内回浆浓度或回浆量异常等情况时,停止提升。查明原因及时处理,恢复正常后,重新提升并应下放 0.3~0.5 m 进行复喷。

(6) 为防止喷嘴堵塞,拌制的水泥浆液进行双重过滤,使其无小颗粒等杂物;下放喷管时,采用低压送水(浆)气的方法下管,也可用胶带缠封保护喷嘴。

6 结语

(1) 工程完工后经检测,墙体厚度达到 0.8~1.0 m,抗压强度达到 5 MPa 以上,透水率 $< 10 \text{ Lu}$,达到了质量要求。后期开挖桩体搭接好,防渗效果很好,使后序工程水电站厂房和拦河大坝施工顺利进行。

(2) 本工程防渗墙施工属于复杂地层,即大颗粒动水条件下施工高压旋喷桩。钻孔采用潜孔锤跟管钻进。旋喷施工采取了针对性措施,为以后类似施工提供了参考。