

# 东湖电站围堰复合灌浆技术研究

孙凤利

(辽宁省水资源管理集团有限责任公司, 辽宁 沈阳 110003)

**【摘要】** 东湖电站围堰采用分期、复合灌浆的方式进行施工。本文结合东湖电站围堰灌浆的施工过程,对一期围堰膏状帷幕灌浆和二期围堰高压摆喷灌浆的过程及参数进行了详细的描述。取芯、声波测试、下游基坑开挖时观测透水情况、围堰拆除时观测渣体等检测结果均表明该复合灌浆技术可行。该技术可为类似工程提供借鉴。

**【关键词】** 围堰;帷幕灌浆;高压摆喷灌浆

中图分类号: TV543

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-011-04

## Research on compound grouting technology of Donghu power station cofferdam

SUN Fengli

(Liaoning Water Resources Management Group Co., Ltd., Shenyang 110003, China)

**Abstract:** Donghu power station cofferdam is constructed by staged and composite grouting mode. In the paper, the construction process of Donghu power station cofferdam grouting is combined for detailed description of the process and parameters of phase I cofferdam plaster curtain grouting and phase II cofferdam high-pressure pendulum spray grouting. Testing results of coring, acoustic testing, observing flooding situation during downstream foundation pit excavation, slag observation during cofferdam demolition, etc. all prove that the composite grouting technique is feasible. This technology can provide reference for similar projects.

**Key words:** cofferdam; curtain grouting; high pressure pendulum spray grouting

### 1 工程概述

东湖电站围堰,位于桓仁水库库区内,围堰全长 81.70m,堰顶设计高程 EL307.60m,最大堰高 51.40m。围堰修建过程中,进行分期填筑,一期填筑至 EL304.00m 高程处,其中 EL296.00m 以下采用石碴填筑,除邻水面、背水面外,均采用粒径小于 20cm 的石碴料;EL296.00m ~ EL304.00m 采用风化砂进行填筑;EL296.00m 及以下围堰灌浆采用风化砂盖板,填筑完成后对一期围堰进行灌浆;二期围堰在 EL304.00m 的基础上,加高至 EL307.60m 处,围堰中央 3.50m 采用

砂砾料填筑,砂砾料最大粒径 40cm,采用高压喷射灌浆对 EL296.00m ~ EL304.00m 段进行灌浆(东湖电站围堰剖面如图 1 所示)。

### 2 一期围堰膏状帷幕灌浆

将围堰划分为 5 个单元,并选取中间第三单元作为试验区,进行生产性试验,确定适合实际施工情况的灌浆孔排布置、材料选择、浆液配置、设备选择和工艺方法等。

#### 2.1 布孔参数

围堰堰体沿中线设 4 排灌浆孔,其中上游、下游两

排采用膏浆灌浆,中间两排采用帷幕灌浆。其中两排膏浆排距为3.50m,两排帷幕排间距1m,分别距上下

游排膏浆1.25m,上下游膏浆孔距1m,中间排帷幕灌浆孔距2m(一期围堰防渗孔位布置图如图2所示)。

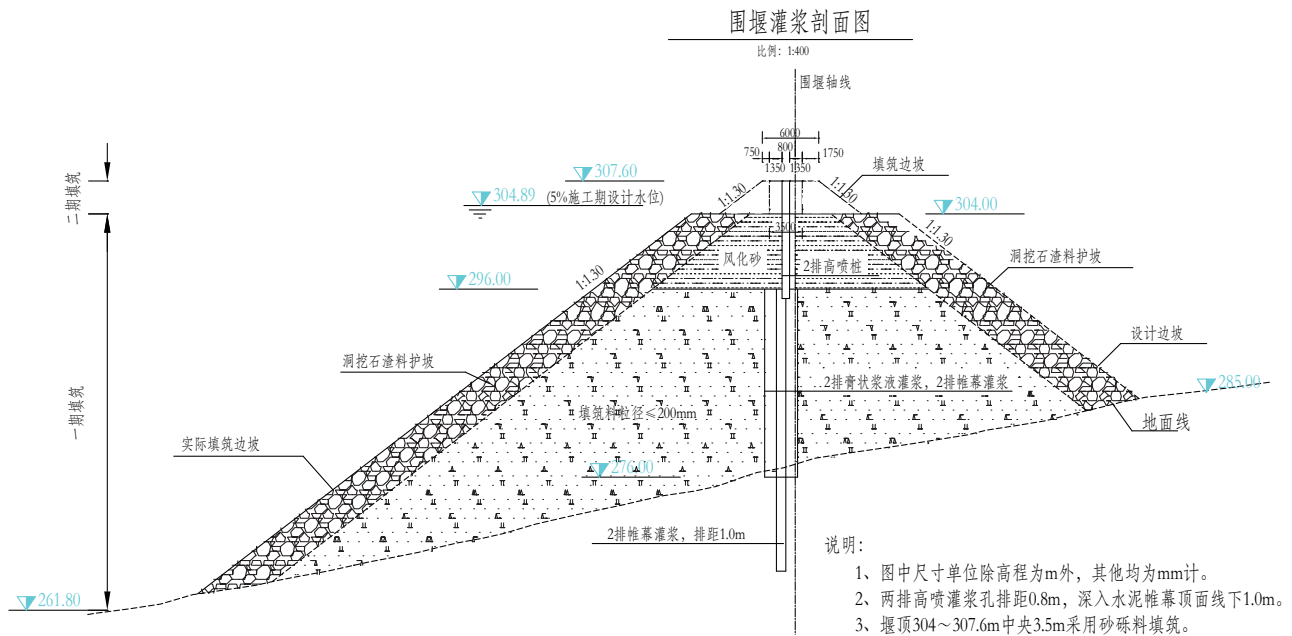
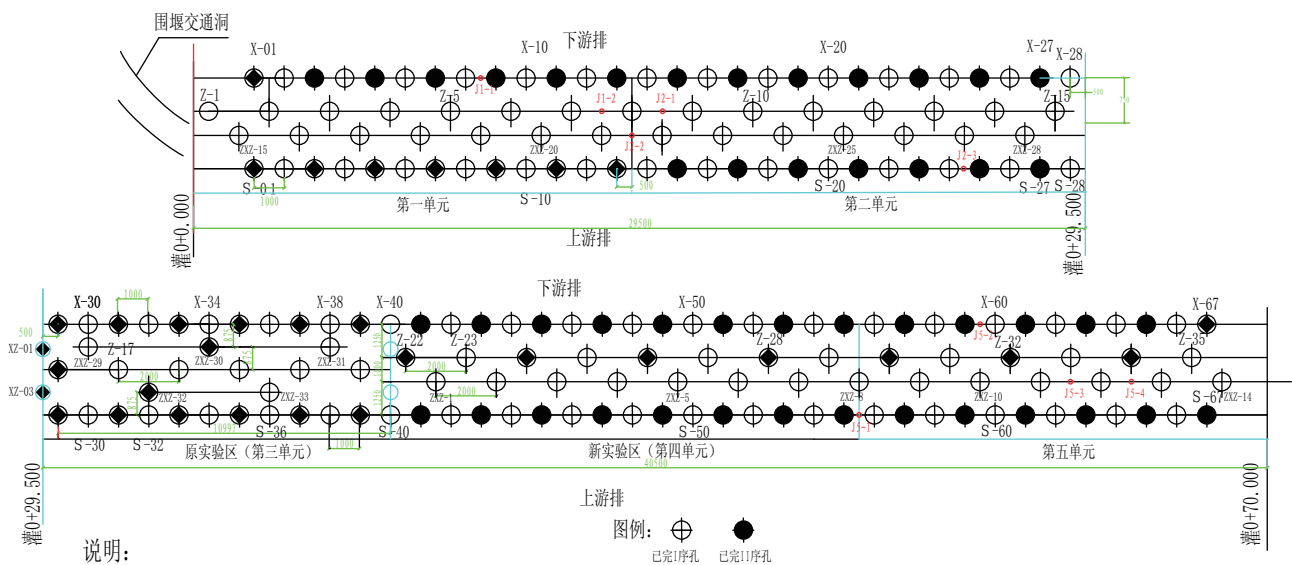


图1 东湖电站围堰剖面



- 说明:
1. 图中高程、桩号以m计,其余尺寸均以mm计;
  2. 灌浆分二序进行,上、下游排灌注膏浆,中间排灌注水泥浆液。
  3. 排间距3.5m,上、下游排孔间距为1m,每排67个孔,中间排孔间距为2m,两排间距1m,距离上下游1.25m。第三单元新增帷幕孔5个,位置处在原中间排与下(上)游排中间的位置。帷幕深度原则上按7Lu控制。
  4. 施工时,要求先施工下游排,再施工上游排,最后施工中间排。

图2 一期围堰防渗孔位布置

## 2.2 施工顺序

钻孔采用套管钻进,施工时先施工下游排,再施工

上游排。排内分两序施工,先施工一序,再施工二序进行灌浆。

膏浆和帷幕灌浆采用自下而上分段灌浆法,膏浆灌浆基岩部分 5m 一段,围堰体部分 1.50m(一根套管)控制;帷幕灌浆基岩部分 5m 一段,围堰体部分 4.50m(三根套管)一段控制,灌浆方式为纯压式。膏浆孔深按照深入完整基岩 1~1.50m 控制。

### 2.3 材料选择

水泥为普通硅酸盐水泥;拌浆水温不高于 40℃;

掺合料为偏铝酸钠,按照 2‰的比例掺用;粉煤灰采用二级及以上标准;膨润土吸水率(2h)≥400%,粒径小于 0.08mm 的颗粒含量大于 80%。

膏浆灌浆配比按照水固比 1:1.11 控制,帷幕灌浆 I 序孔采用水泥粉煤灰浆液灌注,水固比采用 0.60:1。帷幕灌浆 II 序孔采用纯水泥浆液灌注,水灰比采用 1:1 和 0.6:1 两种浆液(见表 1、表 2、表 3)。

表 1 膏浆灌浆水泥浆液配合比

水泥	膨润土浆	水	制浆量/L	水泥量/kg	膨润土量/kg	水/kg	膨润土浆液比重	浆液比重	加入偏铝酸钠/%	加入偏铝酸钠/kg
1.0	0.11	1.0	400.0	250.0	30.5	80.0	1.09	1.53	0.002	0.5

表 2 帷幕灌浆 I 序孔浆液配比

水泥	粉煤灰	水	制浆量/L	水泥量/kg	粉煤灰/kg	水/kg	膨润土浆液比重	浆液比重
0.80	0.20	0.6	400.0	339.9	85.0	254.9	1.09	1.70

表 3 帷幕灌浆 II 序孔浆液配比

水灰比	400L		比重
	水泥/kg	水/kg	
1:1	302.4	302.4	1.51
0.6:1	433.6	260.16	1.73

### 2.4 灌浆方法

围堰灌浆采用套管跟进自下而上纯压式灌浆,钻孔时先钻至终孔孔深,用水压塞压至基岩 5m 段长上部,然后灌浆,在围堰体部分,水压塞压至在最后一根套管根部,灌浆完成后,采用拔套管的方式控制灌浆段长,直至到灌浆孔顶部灌浆完成。

### 2.5 变浆及结束标准

当灌浆流量保持不变,灌浆压力增加时,或者灌浆压力不变,灌浆流量降低时,不改变水灰比;当某一比级浆液的灌注时间已达 30min 或注入量已达 300L,而注入率和灌浆压力改变不显著时,应改浓一级。膏浆灌浆和帷幕灌浆均是在达到设计压力,注入率不大于 1L/min,延续稳定灌注 10min 后,灌浆即可结束。

### 2.6 灌浆结果分析

一期围堰灌浆共计完成灌浆孔 206 个,共完成围堰体钻孔 4561.30m、基岩钻孔 1542.30m,灌入膏浆水

泥 4635.49t、帷幕灌浆围堰体水泥 268.91t、帷幕基础水泥 287.83t。完成检查孔 28 个,检查孔钻孔取芯 972.50m、检查孔压水试验 135 段、声波测试孔 592m。

从检查孔取芯揭露情况来看,围堰采用洞挖石(花岗岩)碴料、砂砾土料、风化料(含黄泥、沙)等组成,且分布不均匀。取出的最长岩芯为 0.70m,堰体不同填筑料与膏浆效结在一起,效结和结石情况较好,证明在堰体空腔部位膏浆可以保证充填。通过取芯情况分析,浆液扩散半径是可以达到预期目的,两孔之间的区域浆液充填效果明显,可以保证膏浆墙体和整个防渗体厚度的。

在围堰灌浆区域内共布置 28 个检查孔,均采用单点法进行压水试验,所有压水试验测得透水率均满足设计值,充分说明该次试验基本达到设计预期的防渗效果。

## 3 二期围堰高压摆喷灌浆

二期围堰在一期灌浆完成的基础上进行填筑,对作为一期灌浆盖板的 EL296.00m~EL304.00m 风化砂段进行高压灌浆,二期围堰从 EL304.00m 加高填筑至 EL307.60m 处,堰顶宽 6m,其中中央 3.50m 采用砂砾料进行填筑,砂砾石最大粒径 4cm,砾石级配连续,小

于5mm的颗粒含量为30%~50%。

### 3.1 布孔参数

二期围堰高压喷射灌浆的孔位分别分布在围堰中轴线两侧,高压摆喷灌浆孔布置为两排,分别在围堰轴线上游0.60m和1.40m处,排距为0.80m,孔距0.80m,为梅花形布置,孔深13.60~15.00m,共计196个孔(见图3)。

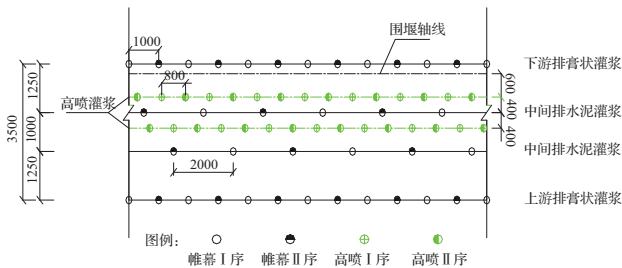


图3 二期围堰高喷灌浆孔平面布置

### 3.2 钻孔及孔深

二期围堰高压摆喷钻孔采用KLEMM全液压履带式钻机钻孔,先确定孔位然后套管钻进,钻至终孔孔深后下套管施工。灌浆钻孔至深入13.60~15.00m,灌浆钻孔深入前期帷幕顶面线下1m,钻孔孔径 $\phi 133\text{mm}$ 。钻孔孔位和设计偏差不能大于50mm。钻孔孔径须大于高压喷射管20mm。

### 3.3 材料及技术参数

高喷采用的注浆材料为普通硅酸盐水泥PO42.5,浆液密度为1.40~1.50g/cm<sup>3</sup>(高压摆喷灌浆技术参数见表4)。

表4 高压摆喷灌浆技术参数表

项 目		双 管 法
气	压力/MPa	0.6~0.8
	流量/(m <sup>3</sup> /min)	0.8~1.2
	气嘴数量/个	2或1
	环状间隙/mm	1.0~1.5
浆	压力/MPa	25~40
	流量/(L/min)	70~100
	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.4~1.5
	喷嘴数量/个	2或1
	喷嘴直径/mm	2.0
	回浆密度/(g/cm <sup>3</sup> )	≥1.3
提升速度v <sup>a</sup> /(cm/min)	卵石(碎石)	5~10
摆动角度	砾石、卵石(碎石)	30°~45°

### 3.4 制浆标准

在围堰高喷施工时,拌制水灰比为1:1~1.5:1,水泥浆液是由高速搅拌机搅拌而成,搅拌时间不少于30s。超过4h的水泥浆须作废处理,不得用于高喷成墙。

### 3.5 灌浆方法及顺序

高压摆喷分两序孔施工,先I序孔,后II序孔施工。周围I序孔施工完待凝24h后,方可对II序孔进行施工。施工方法采用双重管高喷灌浆,高喷形式为高压摆喷对接灌浆。

### 3.6 灌浆结果分析

二期围堰灌浆共计完成灌浆孔196个,共完成围堰体钻孔2147.18m,灌入水泥507.60t,平均单位耗灰量236.40kg/m。其中先灌注的下游排孔深1096.58m,灌注水泥300.80t,下游排平均单位耗灰量274.30kg/m后灌注的上游排钻孔1050.60m,灌注水泥206.80t,上游排平均单位耗灰量196.8kg/m。

## 4 结 语

围堰工程采用二次填筑,并采用一期围堰膏状帷幕灌浆,二期围堰高压旋喷灌浆构筑围堰防渗体,二期高压喷射灌浆孔深深入一期帷幕灌浆防渗体1m以下,保证了防渗体的连续性;采用孔隙率小的砂类物质代替常规的盖板,进行有压灌浆;后期对砂类进行处理,为围堰修筑、灌浆提供了新的处理思路。取芯、声波测试、下游基坑开挖时观测透水情况、围堰拆除时观测渣体等检测结果均表明该复合灌浆技术可行,并取得了预期效果,达到设计要求,满足工程需要,确保了工程安全稳定。◆

### 参考文献

- [1] 宋国炜. 复合灌浆技术在土石围堰防渗中的应用[J]. 珠江水运, 2013(17): 74-75.
- [2] 刘亮, 李文富. 深水堆石体围堰防渗灌浆试验研究[J]. 东北水利水电, 2014(9): 45-48, 55, 72.