

# 浅谈某地下水封石油洞库密封塞施工技术

孙海江, 周永力, 赵晓

(中国人民武装警察部队水电第七支队,湖北武汉 430200)

**摘要:**某地下水封石油洞库设计总库容量为  $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,是由密集布置的多条大断面洞室组成的巨型洞室群。三条施工巷道和六条工艺竖井分别设置了混凝土密封塞。密封塞是保证洞库气密性最关键的结构,其施工具有预埋件多、密封标准高、竖井密封塞悬空等特点,施工难度大。密封塞采用了合理的浇筑程序和方法,同时采用了灌浆、XPEX(赛柏斯)防水涂料等防渗技术,从而实现了  $300 \times 10^4 \text{ m}^3$  洞库 72 h 压力小于 100 Pa 的气密性标准,对类似工程施工具有一定的参考价值。

**关键词:**地下石油洞库;密封塞;气密性;施工技术

中图分类号:TV554;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)04-0029-04

## 1 概述

某大型地下石油洞库工程主要由主洞室群、竖井、水幕系统及施工巷道等组成,主洞室群分为3组,每组3个洞室,共9个洞室,每组洞室之间由施工巷道连通。洞室为直边墙圆拱洞,跨度为20 m,高度为30 m,长度为484~717 m。施工巷道开挖断面尺寸为8.5 m(宽)×7.5 m(高),密封塞长度为8 m,混凝土标号为C30,抗渗等级为W8(图1)。工艺竖井共计6条,其中3条为进油

竖井,直径3 m,深145.5~150 m,密封塞高度为3 m,距井底40 m;3条为出油竖井,直径5 m,深度为165~166.6 m,密封塞高度为4 m,距井底45 m,混凝土标号为C30,抗渗等级为W8。库址区内地层岩性为第四系残坡积、洪积层(Q4el+dl+pl),早白垩世二长花岗岩(K1ηγ),晚元古界花岗片麻岩(Pt3gg)以及早白垩世中煌斑岩脉、闪长岩脉(K1χ,δ)。

## 2 施工巷道密封塞施工

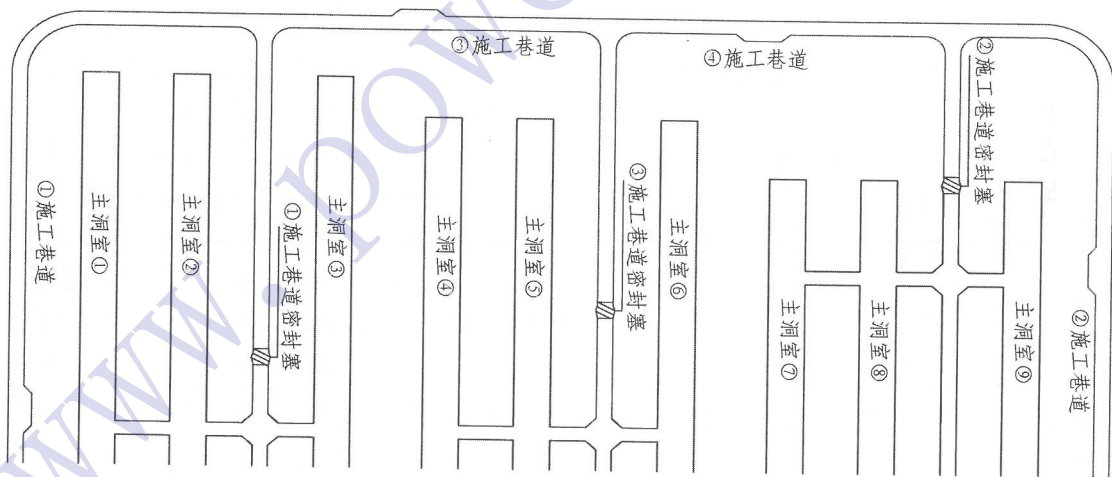


图1 施工巷道密封塞平面布置图

### 2.1 施工方案

施工巷道密封塞混凝土浇筑高度为7.95 m,根据人孔位置及结构形式分五层浇筑,第一层浇筑0.737 m,第二、三、四层浇筑2 m,第五层浇筑1.213 m。

施工巷道密封塞混凝土浇筑从基础底部搭设施工排架,模板采用小型钢模板和木模板,主要采用1 m×0.9 m(宽×高)、1 m×0.8 m(宽×高)、1.5 m×0.3 m(长×高)三种组合钢模。采用商品混凝土、由混凝土罐车运输,HBT60A60托泵泵送,导管选用φ150钢管。为保证仓内混凝土均

收稿日期:2016-07-12

匀布料,接近仓面时采用 $\phi 150$ 橡胶管与 $\phi 150$ 钢管连接。软轴式振捣棒振捣密实。

## 2.2 主要施工程序

主要施工程序:人孔下部钢筋、冷却水管及接触灌浆管制作安装→第1仓混凝土浇筑→人孔吊

装→第2仓钢筋及预埋管线制安→第2仓混凝土浇筑→上部钢筋及预埋件制安→第3仓混凝土浇筑→第4仓混凝土浇筑→第5仓混凝土浇筑→通水冷却后,接触灌浆施工(图2)。

## 2.3 温控措施

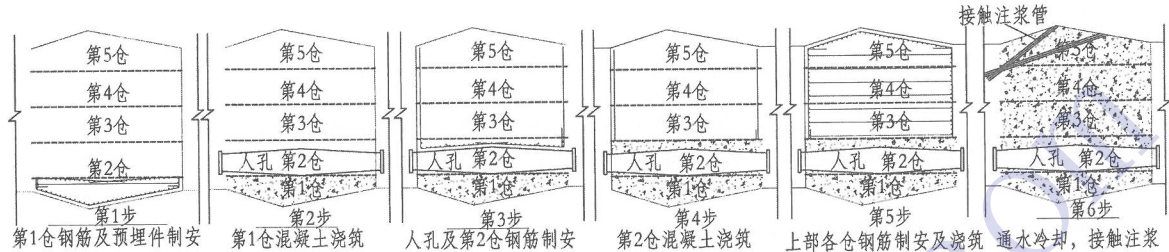


图2 施工巷道密封塞施工程序图

### (1) 冷却水管及温度计埋设。

冷却水管采用 $D25\text{ mm}$ 、 $\delta=3.5\text{ mm}$  PPR管,PPR水管内壁应光滑平整,管两端应切割平整。根据分层高度,冷却水管按照1 m埋设一层。混凝土开仓前,将PPR管在仓面弯曲成蛇形铺设。每个密封塞混凝土埋设3支温度计,分别埋设于第1仓、第3仓及第5仓的中间部位,以便随时掌握已浇筑完成的混凝土体内部温度变化。

### (2) 通水冷却。

初期通水冷却只为削减最高温升,通水应在混凝土浇筑开仓后立刻进行。水源为生产用水,采用常温水,通水时间为7 d,通水流量不小于 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 。

通水冷却每24 h应调换进出口方向,保证混凝土内部温度与冷却水温差小于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,混凝土每天降温不宜超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并作好详细的通水冷却温度记录。

### (3) 冷却水管的封堵。

待混凝土内部温度降低并稳定至 $26\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时停止通水,采用水泥砂浆全管封填密实。

## 2.4 防渗处理

防渗处理主要采用回填灌浆、接触灌浆和表层涂刷XPEX(赛柏斯)防水材料等措施。

### 2.4.1 回填灌浆

回填灌浆采用BW-250型灌浆泵和纯压式灌浆法。灌浆前首先埋设好阀门,自较低的一端开始,向较高的一端推进。低端的第一个孔做进浆孔,待高处的孔排出浓浆后立即将低端的孔关闭,再改变为进浆孔,直至达到结束标准。

浆液水灰比采用0.5:1开灌,灌浆压力为 $0.5\sim 1\text{ MPa}$ ;灌浆应连续进行。对于因故中止灌浆的灌浆孔应扫孔后再进行复灌,直到达到结束条件;灌浆结束条件:灌浆段在最大设计压力下停止吸浆后,继续灌注10 min即可结束灌浆;完成灌浆后,用干硬性水泥砂浆封填灌浆孔,孔口压抹齐平。

### 2.4.2 接触灌浆

接触灌浆采用BW-250型灌浆泵和孔内循环式灌浆法,全孔一次灌浆,分为两个次序进行,自边墙底部开始施工,浆液水灰比采用3:1、2:1、1:1、0.5:1四个比级。开灌水灰比为3:1,灌浆压力:Ⅰ序孔为1 MPa,Ⅱ序孔为1.5 MPa。

灌浆应连续进行,对于因故中止灌浆的灌浆孔应尽快恢复灌浆,否则应立即冲洗钻孔,再恢复灌浆。在恢复灌浆时,应用开灌比级的水泥浆灌浆,如注入率与故障前相近,即用故障之前的比级继续灌浆;如果故障后漏量减少较多,应采用逐级加浓的方式继续灌浆;如果故障后漏量减少很多且短时间停止吸浆,应重新造孔灌浆。灌浆结束标准:达到设计压力、注入率不大于 $0.4\text{ L}/\text{min}$ 后,继续灌注30 min即可结束灌浆。完成灌浆后,采用“全孔灌浆封孔法”封孔。

### 2.4.3 表层XPEX(赛柏斯)防水材料处理

#### (1) XPEX(赛柏斯)防水材料。

水泥基渗透结晶性防水涂料(以下简称“赛柏斯”)是引进加拿大专有技术生产的、含有特殊活性化学物质、以渗透结晶为主的无机防水材料。赛柏斯是由波特兰水泥、硅砂和多种特殊活性较

强的化学物质组成的灰色粉末状材料,其防水工作原理是:XYPEX(赛柏斯)材料中特有的活性化学物质以水为载体,利用混凝土本身的化学特性和多孔性,借助水的渗透作用,在混凝土微孔及毛细管中渗透、充盈,催化混凝土中的水泥微粒和水泥未完全水化的成分,使水泥再次发生水化和再水化作用,形成不溶于水的支蔓状结晶,并与凝

土凝结成整体,充分提高混凝土的密实度,从而提高混凝土强度并起到堵水防水效果,达到永久性的防水、防潮、抗渗和保护钢筋的效果,能够增强混凝土结构的强度。

(2)赛柏斯防水材料浆液配合比及适用部位。

赛柏斯防水材料浆液的配合比及适用部位见表1。

表1 赛柏斯防水材料浆液配合比及适用部位表

名称	配合比	适用部位	备注
掺合剂砂浆	掺合剂(紫色桶):水:水泥:砂 = 3:50:100:300(质量比)	混凝土与岩石接缝填缝	
浓缩剂浆液	浓缩剂(蓝色桶):水 = 5:2(体积比)	施工缝刷底及基面第1、2道涂刷	20 min 内用完
修补堵漏剂半干料团	堵漏剂(红色桶):水 = 3.5:1(体积比)	施工缝填料	6 min 内用完
增效剂浆液	增效剂(绿色桶):水 = 5:2(体积比)	基面第3道涂刷	20 min 内用完

(3)赛柏斯防水材料施工流程。

混凝土与岩石接缝施工流程:刻槽→冲洗擦干→制浆→掺合剂砂浆填充→涂刷 XYPEX 灰浆→检验→养护→验收。

施工缝、人孔及泵管周边接缝施工流程:刻槽→冲洗擦干→制浆→浓缩剂浆液刷底→修补堵漏剂半干料团填缝→涂刷 XYPEX 灰浆→检验→养护→验收。

混凝土表面处理流程:接缝填料完成后→基面检查→基面处理→基面润湿→制浆→第一道涂刷(浓缩剂浆液)→待强4~6h→第二道涂刷(浓缩剂浆液)→待强4~6h→第三道涂刷(增效剂浆液)→检验→养护72h→验收。

### 3 工艺竖井密封塞施工

#### 3.1 施工方案比选

工艺竖井密封塞距井口约110 m,距井底约45 m,理论上具有自上而下 My-box 缓降溜管入仓和自下而上 HBT60A60 混凝土泵入仓两种入仓方式。My-box 缓降溜管入仓需在作业面上方布设110 m管道,其安全性和混凝土性能保持方面不如混凝土泵入仓,因此,在实际施工时采用了混凝土泵入仓方式。由于密封塞位于竖井中部,底模支撑系统有预埋型钢平台和满堂脚手架两种形式,经计算比选,从经济和安全考虑,实际采用了预埋型钢平台支撑方式。

#### 3.2 施工方案

工艺竖井密封塞混凝土采用分层浇筑:进油竖井分两层浇筑,第一层浇筑1 m,第二层浇筑2

m,出油竖井分三层浇筑,第一层浇筑1 m,第二、三层各浇筑1.5 m。

竖井密封塞混凝土浇筑从竖井底部搭设排架,模板采用5 mm厚花纹钢板,采用HN400×200×8×13工字钢与事先预埋好的型钢拱架焊接平台作为模板支撑系统,人工进行模板组装(图3、4)。采用商品混凝土,由混凝土搅拌车运输,HBT60A60托泵泵送,软轴式振捣棒振捣密实,人工抹面收光。

#### 3.3 主要施工程序

主要施工程序(以出油竖井为例):顶部及环向钢筋安装→其余钢筋及预埋件安装→第1仓混凝土浇筑→第2、3仓混凝土浇筑→通水冷却后、防渗处理及膨润土回填(图5)。

#### 3.4 温控措施及防渗处理

温控措施及防渗处理同施工巷道密封塞。工艺竖井密封塞上部需回填10 m厚膨润土,采用青岛维润新型材料有限公司生产的膨润土。施工时,首先将膨润土掺水拌制均匀,人工团成足球大小的球状,自井口丢至井底,密封塞上部冲水后膨润土膨胀产生防渗作用。

#### 3.5 注意事项

根据进度安排,钢筋安装工序与工艺管道焊接工序存在立体交叉作业,期间信号沟通和安全防护措施是安全控制的重点。作业时,上下作业面均应有专职信号员用对讲机负责上下联络。同时,在井口焊接平台下方10 m处设置一道5 mm厚花纹钢板,吊篮通道四周应安装护栏和防护密

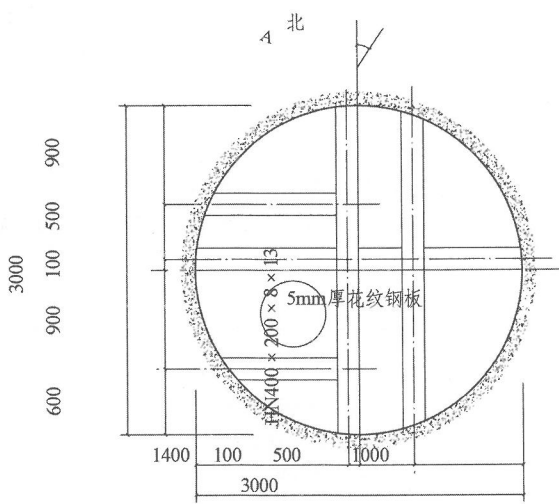


图3 出油竖井密封塞模板支撑图

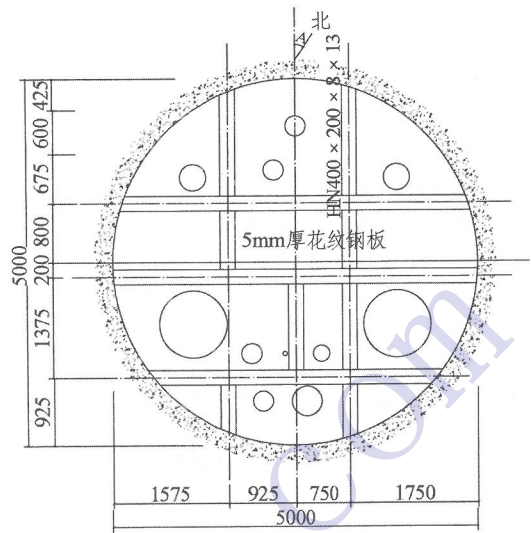


图4 进油竖井密封塞模板支撑图

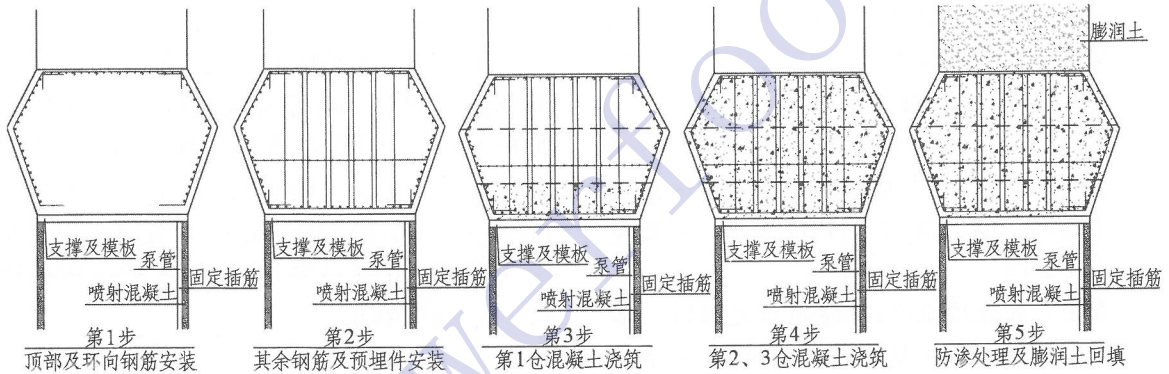


图5 出油竖井密封塞施工程序图

目网,防止焊渣等杂物坠落伤人。

#### 4 结 语

该地下水封石油洞库设计总库容量为  $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,是密集布置多条大断面洞室组成的巨型洞室群。施工巷道及工艺竖井的密封塞是保证洞库气密性最关键的结构,可谓是该工程的咽喉。密封塞虽然工程量不大,但其具有预埋件多、密封标准高、竖井密封塞悬空等特点,施工难度大。同时,洞库气密性试验前需在密封塞外部充填大量密封水,若施工质量不佳,将对整个工程工期和造价产生较大影响。该工程密封塞采用了合理的浇

筑程序和方法,同时采用了灌浆、XPEX(赛柏斯)防水涂料等防渗技术,从而实现了  $300 \times 10^4 \text{ m}^3$  洞库 72 h 压力降小于 100 Pa 的气密性标准,对类似工程施工具有一定的参考价值。

#### 作者简介:

孙海江(1981-),男,河南焦作人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

周永力(1978-),男,河南驻马店人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

赵 晓(1976-),男,陕西汉中,高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

~~~~~

### 溪洛渡水电站 2016 年首次满发

8月8日上午8时15分,溪洛渡水电站机组总出力达到1250万千瓦,实现2016年首次满发。当前,金沙江进入主汛期,溪洛渡电站正值发电黄金期。作为溪洛渡水电站的运行管理单位,溪洛渡电厂积极落实各项措施,加强对外沟通协调,持续关注实时雨情、水情,增加巡检频次,强化在线监测及趋势分析,严守值班纪律,全力以赴保障机组长周期、满负荷、不间断运行,以对党和国家、对人民的高度责任感,争取实现溪洛渡水电站防洪、发电双丰收,为三峡集团提质增效做出更大贡献。