

# 富水大厚度流沙层立井井筒施工技术研究

陶银柱

铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司, 安徽 铜陵 244000

**[摘要]**2020年11月6日哈萨克斯坦VCM立井井筒在井颈段开挖时, 突遇涌水量约 $32\text{m}^3/\text{h}$ , 厚度约13m的流沙层。针对此类富水大厚度流沙层, 常用冻结法或高压旋喷法进行治理, 但VCM立井地处哈萨克斯坦, 地表最低温度约零下 $40^\circ\text{C}$ , 且0—12m井颈和永久风道已经形成。综上选择置换注浆和短掘短砌施工技术, 历经6个月, 成功穿过该流沙层; 实现了复杂水文地质条件下的快速掘进, 提高了施工进度, 为项目创造了效益。文中根据实际施工情况, 对此类富水大厚度流沙层安全快速施工进行了分析总结, 为以后类似工程提供参考和借鉴作用。

**[关键词]**富水; 大厚度; 流沙层; 置换注浆技术; 浆液; 短掘短砌

DOI: 10.33142/ec.v5i9.6819

中图分类号: TD7

文献标识码: A

## Research on Shaft Construction Technology in Water Rich and Thick Quicksand Layer

TAO Yinzhu

Tongguan Mine Construction Co., Ltd. of Tongling Nonferrous Metals Group, Tongling, Anhui, 244100, China

**Abstract:** On November 6, 2020, when the VCM shaft in Kazakhstan was excavated in the neck section, it suddenly encountered a quicksand layer with a water inflow of about  $32\text{m}^3/\text{h}$  and a thickness of about 13m. For this kind of water rich and thick quicksand layer, freezing method or high-pressure rotary jet method are commonly used for treatment, but VCM shaft is located in Kazakhstan, the minimum surface temperature is about minus  $40^\circ\text{C}$ , and 0-12m shaft neck and permanent air duct have been formed. To sum up, the replacement grouting and short excavation and short masonry construction technology were selected, and it took 6 months to successfully cross the quicksand layer; It realizes rapid excavation under complex hydrogeological conditions, improves the construction progress, and creates benefits for the project. According to the actual construction situation, this paper analyzes and summarizes the safe and rapid construction of this kind of water rich and thick quicksand layer, so as to provide reference for similar projects in the future.

**Keywords:** rich water; large thickness; quicksand layer; displacement grouting technology; grout; short excavation and short masonry

### 引言

2020年11月6日哈萨克斯坦VCM立井井筒正在进行开挖作业, 已完成井深35.9m~37.1m段锚网支护, 揭露围岩为红色粘土, 无漏水点, 继续向下开挖至井深39m(标高+279.6m)时, 北东侧出现2处突水点, 突水部位均喷出大量细砂及沙砾, 2处突水点中间帮壁可见大块鹅卵石, 实测总涌水量约 $32\text{m}^3/\text{h}$ , 如图1井深39m两处突水点。

VCM立井设计井深742.6m, 净直径7m, 井深0—80m为钢筋混凝土结构, 其余段为素混凝土结构, 混凝土厚度分别为500mm和450mm, 混凝土强度为B30;



图1 井深39m两处突水点

### 1 技术特点

- ①采用流沙层置换注浆技术, 提高井壁自稳性能。
- ②采用超前小井抽排涌水, 实现无水开挖。
- ③采用劈裂棒静态破除混凝土止浆垫, 可避免爆破破除法对注浆形成的结石体帷幕产生扰动。
- ④采用型钢井圈法和壁后注浆综合技术, 能有效防止开挖时流沙涌入井筒中心和提高混凝土壁后的密实性。
- ⑤采用小段高短掘短砌, 能确保井壁稳定性。
- ⑥采用添加2种添加剂的耐硫酸盐硅酸盐抗渗混凝土, 能达到快速脱模, 缩短工序时间的效果。

### 2 适用范围

松散破碎围岩或表土层, 特殊水文地质条件下立井井筒施工。

### 3 工艺原理

采用流沙层置换注浆技术, 在距内井壁0.5m布置一圈钻孔, 孔间距0.5m, 根据设计参数采用双机对顶式单侧三孔、双孔、单孔方式进行钻孔注浆工作, 使井壁开挖范围外形成一个较完整的注浆结石体帷幕, 进而达到堵水

堵沙效果;

采用超前小井抽排涌水,可提前将井筒水位降低至开挖面以下 1m,实现无水开挖;

采用型钢井圈技术,每 1m 段高的第一层井圈通过提前预埋好的长 800mm M24 地脚螺栓固定在上一模已浇筑的混凝土内,其余井圈之间通过 M24x60mm 螺栓连接,使已开挖的井筒处在金属井圈的保护下,可避免流沙涌入井筒中心;

采用壁后注浆技术,通过提前预留的  $\phi 50\text{mm}$  注浆管,使用 2TGZ-60/210 注浆泵注入化学浆,终压 2Mpa,充填金属井圈以外的空隙部位,提高混凝土壁后的密实性;

采用 1m 段高短掘短砌技术,使用添加 Xseed-100 和 Mglenium-909 型 2 种添加剂的混凝土,能实现养护 3h 脱模目标,大大提高了工效;混凝土添加剂用量及试验强度如下表 1 1m<sup>3</sup> B30 混凝土添加剂用量及混凝土强度表:

表 1 1m<sup>3</sup> B30 混凝土添加剂用量及混凝土强度表

Mglenium-909(%)	Xseed-100(%)	8h	12h	24h	72h
1.8% (8.64kg)	3% (14.4kg)	10.8MPa	14Mpa	28Mpa	40.4MPa

## 4 工艺流程和操作要点

### 4.1 工艺流程

流沙层置换注浆→检查孔施工→实现方案设定涌水量目标→施工超前小井抽排涌水→井筒开挖→安装型钢井圈→钢筋绑扎→安装 M24 地脚螺栓和壁后注浆管→模板安装→混凝土浇筑→混凝土养护→下 1m 井筒掘砌施工;

### 4.2 操作要点

#### 4.2.1 混凝土止浆垫

厚度 1.7m,混凝土强度 B30,混凝土制作过程中添加 Mglenium-909 和 Xseed-100 两种添加剂。

#### 4.2.2 钻孔设计参数

钻孔共 36 个,钻孔圈径 6m,钻孔孔径 130mm,孔口间距 0.5m,孔底间距 1m,钻孔倾角 12°,钻孔深度 12m。布置图如图 2:

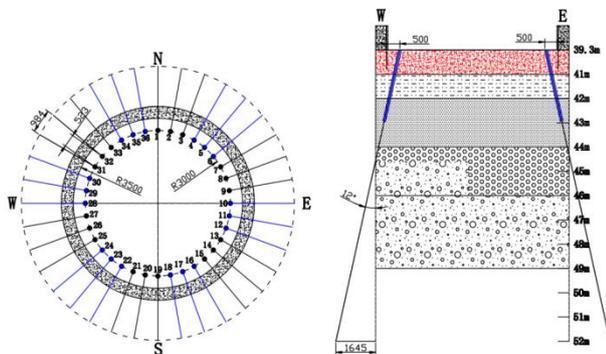


图 2 钻孔设计参数布置图

#### 4.2.3 安装钻机平台

平台高度 2m,采用  $\phi 108 \times 4\text{mm}$  和 I20 工字钢组装,型钢间均采用 M16x60mm 螺栓连接,平台表面铺设规格 5000x300x50mm 木板;

#### 4.2.4 孔口管安装及固定

使用 130mm 钻头钻进至开孔深度 3m 后取出孔内钻具,孔内下放 3m 长,  $\phi 108\text{mm} \times 4\text{mm}$  无缝钢管制作的孔口管。孔口管下放至设计深度后,使用水泥-水玻璃双液浆进行固管;孔口管采用两根直径 36mm,长度 1.5m 螺栓与夹板卡固定,螺栓嵌入混凝土深度不低于 1m;孔口管耐压抗渗试验:在孔口管端部安装高压闸阀,钻进至孔深 3m 后停止,进行孔口管耐压抗渗试验。使用注浆机注入清水并采用 1.5 倍注浆终压对孔口管进行耐压抗渗试验。

#### 4.2.5 钻孔

36 个钻孔分为 6 序,3 个钻孔为一组,每序由 2 台钻机同时施工,钻孔每序段高为 0.5~1m,具体见表 2 钻孔施工顺序表:

表 2 钻孔施工顺序表

施工顺序	每序钻孔数量					
	第一序	1# 钻孔	2# 钻孔	3# 钻孔	19# 钻孔	20# 钻孔
第二序	4# 钻孔	5# 钻孔	6# 钻孔	22# 钻孔	23# 钻孔	24# 钻孔
第三序	7# 钻孔	8# 钻孔	9# 钻孔	25# 钻孔	26# 钻孔	27# 钻孔
第四序	10# 钻孔	11# 钻孔	12# 钻孔	28# 钻孔	29# 钻孔	30# 钻孔
第五序	13# 钻孔	14# 钻孔	15# 钻孔	31# 钻孔	32# 钻孔	33# 钻孔
第六序	16# 钻孔	17# 钻孔	18# 钻孔	34# 钻孔	35# 钻孔	36# 钻孔

#### 4.2.6 注浆

注浆作业前先进行孔内压水试验,同时将注浆材料通过提升系统运送至作业平台。根据压水试验获取的参数确定起始浆液类型及浆液配比;

浆液类型:单液水泥浆、水泥-水玻璃双液浆、化学浆等,对涌水量大于 20m<sup>3</sup>/h 的钻孔,使用超细水泥,其他情况下使用化学浆;

注浆终压:1.5~2.0Mpa;

浆液配比如下表 3:

表 3 浆液配比表

浆液名称	浆液配比	要求
单液水泥浆	水灰比:1:1 0.8:1	普通硅酸盐水泥 超细水泥
水泥-水玻璃浆	体积比 1:0.3-0.5	水玻璃模数 2.8~3.4, 浓度宜为 35~45 波美度

注浆结束标准:当注浆压力达到设计终压且稳定 15~30min,注入量小于 10~15L/min 时结束注浆。

注浆养护:5h;

#### 4.2.7 检查孔施工

检查孔数量 5 个,孔深 12m,5 个检查孔累计涌水量不超过 5m<sup>3</sup>/h 时转为井筒掘砌施工。

#### 4.2.8 混凝土止浆垫开挖

使用 YG-B130-850 型劈裂棒分 2 次开挖混凝土止浆垫。每次按照如下顺序施工:

①使用强力风镐 B47 沿井筒中心开挖直径为 1m，深 1.8m 的自由面。

②使用 KQJ-92 钻机施工劈裂孔，孔直径 130mm，孔深 0.9m，孔间距 0.8m，相邻两圈圈距 0.8m。

③使用吹风管一次性清理完所有劈裂孔。

④将劈裂棒的液压站从地表下放至吊盘下层盘，并连接好电源。

⑤将劈裂棒通过吊桶下放至井底。

⑥依次将劈裂棒放入劈裂孔内，并分别将与液压站连接好的加压管和卸压管同时连接至劈裂棒。

⑦打开液压站，操作加压操纵杆，对劈裂棒进行加压，劈裂棒上的顶缸缓慢打开，最大输出值不超过 100Mpa。

⑧混凝土裂开后，操纵杆归零，关闭液压站，劈裂棒开始卸压，待劈裂棒上的顶缸缓慢收拢后，取出劈裂棒，即完成劈裂施工。

⑨按照上述劈裂棒使用顺序，依次完成所有劈裂孔劈裂施工。

⑩使用抓岩机将劈裂后的混凝土块抓至 3m<sup>3</sup>吊桶，并提升至地表翻矸平台倾倒至矸石仓。

#### 4.2.9 施工超前小井

长 x 宽 x 高：1m x 1m x 1.5m，2 个；人工开挖超前小井，采用井圈背板支护，自外向内开挖，每开挖 500mm 高度后，在井圈外侧安装木板；

开挖结束后，将制作好的 1m 高筒形过滤器放入超前小井内，在每个过滤器内安装 2 台潜水泵（1 用 1 备），开挖产生的水，通过潜水泵直接排至地表沉淀池；

潜水泵型号：流量 40m<sup>3</sup>/h，扬程 99m；

#### 4.2.10 井筒开挖参数

开挖段高 1m，开挖直径 8.0m。

开挖方式：井筒分 4 个区域开挖，0.28m<sup>3</sup>挖掘机结合 HZ-6B 抓岩机开挖，每开挖 300mm 高度后，即安装 20#槽钢井圈，该段支护完成后开挖下一 1/4 区域，直至 1m 段高井筒开挖结束；

#### 4.2.11 钢筋绑扎

按照图纸设计要求绑扎钢筋；

#### 4.2.12 M24 地脚螺栓和孔口管安装

预埋件均焊接在安装好的钢筋上；

#### 4.2.13 模板安装

模板使用木模，高度 1m；

#### 4.2.14 混凝土浇筑

按照设计配比在混凝土搅拌站拌制混凝土，使用 2 台 7m<sup>3</sup>混凝土罐车运输至井口，将混凝土卸载至井口混凝土溜槽到达料桶，通过提升机提升至吊盘分灰器处卸料，对称入模，浇筑过程中使用 ZL-50 振动泵振捣；

混凝土记录：

①混凝土试块，试块规格：100x100mm；

②混凝土入料桶前，在井口对每罐混凝土进行塌落度测试，塌落度：160--180mm；

③3 小时、8 小时、1 天、28 天混凝土强度报告；

#### 4.3 劳动组织

井筒作业实行三八制。具体见表 3 人员及劳动配备表。（以井深 39.3m 层位流沙层治理为例）。

表 3 人员及劳动配备表

序号	管理职位	人数 (人)	序号	辅助岗位	人数 (人)
1	项目经理	1	1	电焊工	2
2	项目副经理	1	2	电工	1
3	技术负责人	1	3	铲车工	2
4	技术人员	1	4	钻工	4
5	专职安全员	1	5	注浆工	12
6	预算员	1	6	普工	12
7	会计	1	7	卷扬机司机	6
8	测量员	2	8	信号工	12
9	后勤服务	2			
	合计：	11		合计：	51

### 5 材料与设备

#### 5.1 主要设备、材料如下表 4：

表 4 主要设备、材料表

序号	名称	型号	数量	备注
1	卷扬机	JK-3x2.2	1 台	
2	卷扬机	JK-2.5x2.2	1 台	
3	吊桶	3m <sup>3</sup>	1 个	
4	吊桶	2m <sup>3</sup>	1 个	
5	空压机	SA250A-8	2 台	
6	空压机	SA120A	2 台	
7	风机	DJK60	1 台	
8	挖掘机	0.28m <sup>3</sup>	1 台	
9	抓岩机	HZ-6B	1 台	
10	钻机	MKQJ120/40	2 台	
11	注浆泵	2TGZ-60/210X	2 台	
12	钻杆（每个钻杆 1m 长）	直径 60mm	200 根	
13	钻头（无芯）	直径 130mm	10 个	
14	高压闸阀	DN100	40 个	
15	高压球阀	DN25	100 个	
16	无缝钢管	φ 108mm × 4mm	200m	
17	搅拌站	HZS-50	1 个	
18	混凝土罐车	7m <sup>3</sup>	2 台	

### 6 质量控制

#### 6.1 执行规范、标准

①《确保采矿和地质勘探的危险生产设施的工业安全

的规则》工业安全部第 352 指令。

②《SNIP3.02.03-84》。

## 6.2 质量控制措施

①施工前编制标准作业程序 SOP, 并对作业人员进行安全、质量技术交底, 使其掌握工艺技术要求及有关注意事项。

②成立以项目部经理为组长的质量领导小组, 配备专职质检员, 落实各级质量管理职责, 在施工中严格执行, 并认真进行考核。

③出台项目部质量管理办法, 对工程质量进行考核。

④施工前认真做好钢筋、水泥、砂、石子等材料的检验、试验工作, 严禁使用不合格材料。

⑤测量仪器在使用之前, 应送交具有检定资质的单位检定, 各项精度指标符合规范要求方可使用。

⑥工程开工前, 联系有资质的试验室进行混凝土和注浆浆液配合比试验, 然后, 认真做好混凝土试块的制作、养护和送检工作, 确保混凝土强度符合设计要求。选用电子自动计量配料系统, 确保混凝土组分计量准确性, 定期校对计量系统, 严格控制混凝土的水灰比, 外加剂要选用较精确的容器量取, 误差不得超过 $\pm 0.5\%$ 。

⑦浇筑过程中应严格控制对称均匀下料, 避免造成两边受力不平衡而造成模板变形、跑模, 拆模时, 要使砼强度达到设计的 70%后方可拆模, 拆模时要轻打, 保证砼的外观质量不受破坏, 拆模后要洒水养护, 养护时间不少于 7 天。

⑧浇砼时严格按配合比配料搅拌, 振动应充分, 不漏振, 不过振。

## 7 安全措施

①严格执行项目部制定的安全规则。

②作业前, 必须就 SOP 和风险评估与工人进行讨论。

③在所有人员下井前必须使用适当的 PPE 并携带自救器。

④作业前必须填写 SLAM。

⑤注浆作业和劈裂施工必须使用安全护目镜。

## 8 环保措施

### 8.1 执行标准

哈萨克斯坦国家及属地政府有关环境保护的其他法律、法规。

### 8.2 环境保护措施

①废弃油料严禁乱倒、乱放。

②所有作业人员入井后必须佩戴防尘口罩。

③施工产生的废水, 必须经污水处理厂处理后, 才可排入矿区指定的排水点。

④每天作业结束后, 相关注浆设备、设施须清理干净、摆放整齐。

⑤注浆作业产生的水泥袋必须分类放进指定的垃圾桶。

## 9 结束语

通过该技术, 2021 年 7 月 19 日, 井筒成功穿过 39m~52.5m 大厚度富水流砂层; 且在井深 39m~52.5m 段实现了安全高效施工目标, 在哈萨克斯坦同行业树立了良好的企业形象。

该技术简单、易操作, 安全系数高, 可普遍推广应用于松散破碎围岩或表土层, 特殊水文地质条件下立井井筒施工。

如此大厚度的富水流沙层在竖井凿井工程中非常少见, 通过本次成功穿过流砂层为竖井富水流沙层治理提供了宝贵的借鉴经验。

### [参考文献]

[1]李兆连, 应金星, 邓稀肥. 富水流砂地层隧道全断面注浆加固施工技术研究[J]. 四川建筑, 2010, 30(4): 212-214.

[1]牛犇. 高压深埋富水流砂地层冻结法施工技术研究[J]. 微计算机信息, 2019(5): 42-45.

作者简介: 陶银柱(1988-)男, 汉族, 大学本科学历, 目前职称: 工程师, 从事矿山建设工作。