



# 深立井安全快速施工技术探讨

李士栋<sup>1</sup>, 朱学军<sup>2</sup>

(1. 肥城矿业集团单县能源有限责任公司, 山东 单县 274300; 2. 山东科技大学, 山东 泰安 271019)

**摘 要:** 根据井筒的技术特征及工程、水文地质情况, 通过采用先进的施工技术、合理的施工工艺、可靠的大型机械化综合配套装备以及精心的组织和科学的管理, 实现了井筒快速、安全、优质高效的施工, 取得了月成井 134m 的好成绩。这些关键技术工程实践中的应用, 为深立井井筒施工积累了一定经验。

**关键词:** 深立井; 机械化配套; 快速掘进; 施工技术

**中图分类号:** TD262 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4051 (2010) 09-0098-04

## Deep shaft technology of rapid construction safety

LI Shi-dong<sup>1</sup>, ZHU Xue-jun<sup>2</sup>

(1. Shanxian Energy Feicheng Mining Group Co., Ltd., Shanxian 274300, China;

2. Shangdong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China)

**Abstract:** According to the shaft of the technical features and engineering, hydrogeological conditions, through the use of advanced construction technology, construction technology and reasonable, reliable and comprehensive supporting large-scale mechanized equipment, and careful organization and scientific management, to achieve a shaft fast, safe, high quality efficient construction, and achieved a good month as well 134m results. These key technologies applied in engineering practice, for the deep vertical shaft construction has accumulated some experience.

**Key words:** deep vertical shaft; mechanical package; rapid excavation; construction

### 1 工程概述

陈蛮庄煤矿主井井筒净径  $\phi 5.0\text{m}$ , 井深 952.5m, 其中冻结段 621m, 复合井壁, 采用双层钢筋混凝土支护, 壁厚为 800~2000mm, 混凝土标号 C30~C70; 基岩段 335.5m, 井壁壁厚为 500mm、550mm, 采用素混凝土支护, 638~952.5m 混凝土标号为 C40。其中 617~638m 为井筒加强段, 采用双层钢筋混凝土支护, 井壁壁厚为 1100mm, 混凝土标号为 C70。

井筒穿过的地层有第四系、上第三系、二叠系。第四系松散层未固结, 主要为软塑性黏土、砂质黏土及松散的粉砂、细砂, 黏土可塑性强。二叠系揭露石盒子组、山西组地层以粉砂岩、砂岩、泥岩、杂色泥岩和煤组成。二叠系基岩段总厚 348.76m, 其中砂岩厚度 113.90m, 占 33%;

粉砂岩厚度 61.37m, 占 18%; 泥岩厚度平均 168.93m, 占 48%; 煤层厚度 5.95m, 占 1.7%。

井筒穿过的含水层, 主要由表土段含水砂层和二叠系砂岩含水层组成。井筒表土段采用冻结法施工, 因此对其含水层情况不再赘述。井筒基岩段有两个含水层段, 分别为: 井深 642.25~664.25m 段, 岩石以粗砂岩为主, 离风氧化带较近, 属奎山砂岩含水层, 涌水量  $14\text{m}^3/\text{h}$ , 现已安全通过; 井深 750.40~758.40m 段, 岩石以细砂岩为主, 次为粉砂岩, 属奎山砂岩含水层, 涌水量  $26\text{m}^3/\text{h}$ 。详见表 1。

表 1 含水层划分情况

起止深度/m	厚度/m	预计涌水量/ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	岩性
642.25~664.25	22	14	粗砂岩
750.40~758.40	8	26	细砂岩 粉砂岩

收稿日期: 2010-03-24

作者简介: 李士栋 (1966-), 男, 高级工程师, 1989 年毕业于山东科技大学采矿工程专业, 长期从事矿井技术和设计工作。

万方数据

### 2 施工机械化配套方案

根据井筒的技术特征及工程、水文地质, 为



加快井筒施工进度, 井筒施工采用短段掘砌, 四班制滚班作业。采用钻爆法掘进, 伞钻钻眼、中深孔爆破, 中心回转式抓岩机装岩出矸, 防爆液压挖掘辅助清底, 两套单钩提升, 整体金属模板砌壁, 底卸式吊桶下放混凝土。井筒穿过含水层、断层破碎带前进行打钻探水、预注浆, 确保施工安全。详见表 2。

表 2 主井施工机械化配套方案

项目	施工设备配套方案
井筒直径、深度	井径 5.0m, 井深 952.5m
作业方式	混合作业、短段掘砌平行作业
凿岩机钻架	FJD-6A 型伞钻, 配 YGZ-70 (6)
抓岩机	HZ-4 中心回转抓岩机 1 台
主提升机	2JKZ-3.6/12.96 1 台
副提升机	JK-2.5/20 1 台
提升吊桶	主、副提分别采用 5/4m <sup>3</sup> 、1.5m <sup>3</sup> 吊桶; 采用 DX-3/1.6m <sup>3</sup> 底卸式吊桶下放混凝土
凿井井架	利用 IV <sub>c</sub> 井架凿井
凿井稳车	JZA-5/1000 1 台; JZ-10/600A 1 台; JZ-16/800A 12 台; 2JZ-25/1300 1 台
液压整体金属移动模板排水泵	MJY-3.8 型在吊盘上安设 100DM100×10 型卧泵排水
通风	FBD-NO7.1 型 2×30kW 对旋式风机, Φ800mm 强力胶质风筒。风筒采用封口盘下悬吊, 井壁设点固定
通信、信号控制台	KJTX-SX-1 型 1 套
照明设备	Dd250/127 型 2 台
测量	全站仪、经纬仪、水准仪
翻矸方式	自动卸矸
防水排水	当涌水量大于 10m <sup>3</sup> /h 时, 采取注浆、封水治水措施

3 施工工艺

3.1 采用“四新”技术, 加快施工进度

新工艺。基岩段施工采用 FJD-6A 型伞钻打眼, HZ-4 抓岩机抓岩; MJY 型整体金属大模板、大吊桶、大绞车、座钩式自动翻矸、自卸汽车排矸等配套的机械化作业新工艺。

新技术。采用深孔光面、光底、减震弱冲 5m 深孔爆破。MK-4 型潜孔钻机钻眼探水 (钻眼速度每小时 2m), 注浆封水, 新型凿井专用风机通风排烟, 新型煤矿通讯与信号装置通讯指挥联络调度等新技术。

新材料、新设备。基岩段采用防爆挖掘机辅助清底, 电磁雷管, 新型抗冻早强剂, 高照度 DGC175/127 型隔爆投光灯、凿井专用风机、伞钻、大抓、中心回转式抓岩机、大模板等新材料新设备。

3.2 施工方法

根据岩石条件和设计特征, 结合以往类似施工经验, 为加快工程进度, 保证施工安全, 基岩段决定采用机械化短段掘砌混合作业法施工。即采用 SJZ-5.5 型伞钻配 5 台 YGZ-70 凿岩机凿岩, HZ-6A 型中心回转式抓岩机出矸, 两套单钩提升, MJY 型液压金属模板砌壁, 装载机配自卸汽车排矸。

3.2.1 凿岩爆破

SJZ-5.5 型伞钻配 5 台 YGZ-70 凿岩机凿岩, 直径 φ25mm、长 4700mm 的钎杆, φ55mm 柱齿形钎头钻眼; 直眼分段挤压式掏槽, 炮眼深为 4000mm, 打眼人员定人、定钻、定眼位、定时间、定质量、定数量, 分 72°扇形区间操作, 5 台钻同时打眼; 放小炮, 钻眼使用 YT-29 凿岩机配 B25mm 中空六角钢成品钎杆, φ42mm “一”字型合金钻头钻眼, 工作面多台风钻同时作业。严格按爆破图表 (合理选择爆破方式) 进行操作; 采用 T220 水胶炸药, 规格 φ45mm×300mm×0.658kg、φ35mm×300mm×0.385kg, 雷管均选用 6m 长脚线, 段别分别为 1ms、3ms、5ms、7ms、9ms 延期电磁雷管, 隔段使用。放炮母线选用 MY3×25+1×10 电缆, 吊盘以下至工作面选用 4mm<sup>2</sup> 铜芯母线电缆起爆, 使用井上 380V 交流电源, 起爆使用井上 380V 交流电起爆。采用光面、光底、减震、缓冲冲击深孔爆破新技术, 并根据工作面岩石软硬程度及过煤层时, 及时调整爆破参数, 提高爆破效率。详见表 3、表 4。

表 3 主井井筒基岩段爆破参数表

名称	眼号	眼数/个	圈径/mm	眼深/mm	眼距/mm	装药量/		爆破顺序	联线方式
						(个/眼)	(kg/圈)		
掏槽眼	1~6	6	1600	4200	800	8	31.58	I	串并联
辅助眼	7~20	14	3000	4000	620	7	64.48	II	
崩落眼	21~38	18	4800	4000	780	6	71.06	III	
周边眼	39~68	30	6000	4000	580	4	78.96	IV	

注: 采用 T220 水胶炸药, 规格 φ45mm×300mm×0.658kg、φ35mm×300mm×0.385kg, 毫秒延期电磁雷管, 专用电磁放炮器起爆。



表 4 主井井筒基岩段预期爆破效果表

指标	数量
炮眼利用率/%	95
每循环进尺/m	3.8
每循环爆破实体岩石体积/m <sup>3</sup>	114.6
每立方米岩石雷管消耗量/个	0.59
每立方米岩石炸药消耗量/kg	2.15

### 3.2.2 抓岩排矸

采用 HZ-6A 型中心回转式抓岩机装岩, 主提选用 4.0m<sup>3</sup> 吊桶, 副提选用 1.5m<sup>3</sup> 吊桶出矸, 采用人工座钩式翻矸, 矸石经溜槽卸到地面, 经装载机装入自卸车排矸至指定矸石场地。

### 3.2.3 砌壁

砌壁采用 MJY 型液压金属模板, 高 3.8m, 45°斜面刃角模板固定在模板下方, 掘进钢筋工序合格后, 整体下放模板。下放模板要专人指挥, 通过电话机向地面集中控制操作室发出指令。由地面值班电工操纵三台模板悬吊稳车。下放模板前, 观察检查模板绳状况和模板受阻情况。下放过程做到平稳、慢速、同步。模板下放到底后, 开动风动液压脱模机使大模板全圆张开达到设计周长 (大模板上有限位装置)。下放井筒中心线, 丈量模板半径, 通过三根大模绳的升降调整模板的平面位置, 使模板半径达到设计要求。地面和井下都要安排人一直观察模板悬吊绳的受力状况。找线调整模板绳时, 尽量做到只松不起或多松少起, 或即起即松, 特别要避免单独过度地起提某一根大模绳。大模板找线完毕, 经验收合格后, 还要检查底口是否有漏灰地方, 上端接茬口高度是否合适。浇注前模板, 要擦油或涂脱模剂。模板的限位顶丝旋紧, 高压油管和闭锁收拾整齐, 用塑料布盖好。

混凝土由井口集中搅拌站提供, 采用 DX-2.4/1.6m<sup>3</sup> 底卸式吊桶下料至吊盘, 吊盘上铺设分灰器, 混凝土经分灰器和溜灰管对称均匀入模板内。混凝土在分灰器中实现二次搅拌, 对称浇筑, 每层浇筑厚度不超过 300mm, 振动棒振动范围 500mm, 应准备 4 台插入式振动棒, 3 台同时振捣, 1 台备用。振捣要充分而不过分, 肉眼观察以混凝土面基本流平、灰浆均匀饱满, 没有明显气泡逸出为准。

### 3.3 井筒通过不稳定岩层及破碎带的施工

井筒掘砌过不稳定岩层, 为确保安全快速施工, 采取如下技术措施:

(1) 掘进时, 根据围岩破碎的程度, 采取减万方数据

小周边眼圈径进行放炮, 周边眼距井筒荒径不小于 300mm, 并严格控制装药量, 以减少对围岩的震动, 剩余部分采用人工风镐刷帮。

(2) 在破碎带施工时, 可视情况增加锚网喷一层支护, 锚杆采用强力树脂金属锚杆, 规格:  $\Phi 18\text{mm} \times 2000\text{mm}$ , 间排距  $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 。采用  $\Phi 6.5\text{mm}$  钢筋网, 网格尺寸为  $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 。喷射混凝土厚度 70mm。

(3) 极不稳定岩层段、煤层段, 采用型钢支架、背板临时支护, 支架为 29U 型钢加工而成, 背板为 50mm 厚混凝土板, 支架间距 700~800mm。

### 3.4 井筒综合防治水

工作面预注浆是以封堵灰岩孔隙、裂隙水为目的, 采用人工砌筑混凝土止浆垫, 预埋无缝钢管作注浆孔口管, 利用 ZDY4000-S 型液压钻机在工作面施工注浆孔。注浆站设在地面, 从井口至工作面, 接两路  $\Phi 32\text{mm}$  高压胶管作为输浆管路, 将地面搅拌好的水泥浆液压入注浆孔含水层裂隙中, 用来封堵裂隙水。

(1) 探水注浆孔的施工: 注浆钻孔采用 ZDY4000-S 型液压钻机, 分别配  $\phi 50\text{mm}$  钻杆及  $\phi 75/127\text{mm}$  三芯钻头施工, 地面通过供水管直接供水打钻作循环水。在打钻前, 要在  $\phi 108\text{mm}$  孔口管上安设 4" 高压球阀, 以防钻孔时含水层突水造成淹井事故。

打钻施工是在打钻平台上进行的, 打钻平台距止浆垫 3m 左右, 工作盘与工作面止浆垫之间用马腿支撑, 在工作盘上安装钻机, 打钻人员在工作盘上操作。钻进过程中, 若钻孔涌水量超过 5m<sup>3</sup>/h, 或因岩石破碎打不下去时, 停钻注浆, 否则一直钻进直至终孔, 终孔时要核实钻具长度, 确保钻孔深度符合设计要求。

(2) 注浆前的准备工作: 注浆站布置在井口正西方向, 储浆池 1 个 (3m<sup>3</sup>), 在储浆池东侧安装 1 台 XPB-90E 型注浆泵, 并设置清水池、水泥浆搅拌系统。地面注水泥浆利用两路  $\phi 32\text{mm} \times 6\text{mm}$  高压胶管作输浆管路, 为确保安全、牢固、稳定, 采用大抓绳悬吊入井, 接头销子必须牢固, 用卡子固定在钢丝绳上, 井口上注浆泵与高压胶管连接, 工作面孔口管上混合器与软高压胶管直接连接。

(3) 注浆作业流程: 浆液经搅拌系统搅拌后, 经注浆泵、输浆管和注浆孔口管进入受注岩层。

(4) 注浆作业程序: 当注浆孔钻到既定深度后, 先用清水冲孔 (破碎带不冲) 直到流清水后

进行注浆作业。注浆作业程序如下: 接通输浆管路 → 压水试验 → 注浆 → 定量压清水 → 冲洗输浆管路 → 拆洗注浆泵 → 扫孔或钻进。

(5) 注浆标准: 一是各注浆孔的注浆压力达到设计终压值, 注入量小于  $30 \sim 40 \text{ L/min}$ , 稳定  $20 \text{ min}$  以上。二是注浆结束时, 浆液的水灰比不低于  $1:1$  (即  $1:1$  浆液或更稀)。三是浆液的注入量基本达到设计要求。四是注浆孔结束后, 施工单位、监理单位、建设单位汇同有关专家, 根据注浆记录综合评定注浆结论, 确定注浆是否结束。

(6) 注浆过程中的质量检查: 注浆施工是隐蔽性工程, 施工过程中的技术资料以及出现的与注浆相关的现象, 都是评价注浆质量的重要依据; 必须及时整理、统计和分析各孔的注浆参数、注入浆量和材料等, 以便了解各孔间参数的变化, 从而采取相应的措施; 对于返浆和窜浆情况都要做好记录, 查出原因, 避免再次发生。

#### 4 施工辅助系统

主井施工利用 IVG 型凿井井架, 布置两套单钩提升: 主提升采用 2JKZ-3.6/12.96 凿井专用绞车配一套单钩  $4.0 \text{ m}^3$  吊桶、副提升采用 JK-2.5/20 绞车配一套单钩  $1.5 \text{ m}^3$  吊桶提升。基岩段施工期间, 井口设置  $10 \text{ kV}/6 \text{ kV}$  临时配电所一座, 压风由矿压风机房接入主井井口, 经  $\phi 160 \text{ mm}$  高分子高强聚乙烯塑料压风管至吊盘上, 由地面 2 台 16T 稳车悬吊。选用两台  $2 \times 30 \text{ kW}$  (一台备用) 对旋式风机做压入式通风, 胶制风筒直径  $800 \text{ mm}$ 。增设一台  $80 \text{ DG}-50 \times 12$  型高扬程卧泵, 在上层吊盘设一  $3 \text{ m}^3$  水箱, 迎头风泵排至水箱, 卧泵从水箱排至地面 (由供水管作排水管排至地面), 布置简单, 不需增加稳车钢丝绳。简化了井筒施工布置, 加大了提升安全空间。

#### 5 施工组织管理

(1) 成立由项目经理、机电经理组成的快速掘砌现场领导小组。每周召开两次生产调度会, 每天召开一次生产平衡会, 及时解决生产中存在的问题, 确保人、财、物的供应。全面加强掘进、机电、运输系统的组织和管理。以抓正规循环为中心, 狠抓掘进、装岩、提升、砌壁和运输等主要工序的配合和工作, 使整个生产系统协调一致。

(2) 积极开展多种竞赛活动, 充分发挥经济杠杆的作用。按分计酬, 多劳多得, 实行小指标奖, 订出每小班基本工作量, 对当班超出基本工作量部分拿出现金当班兑现。组织班与班开展对口劳动竞赛, 鼓励上班为下班创造条件, 最大程度调

动职工积极性。

(3) 对凿井设施, 实行定人定机维修保养制度。使设备维持在良好的待命状态。

掘进各班组负责各工序的施工, 定量限时, “滚班制”作业, 严格按循环图表要求控制作业时间, 保证正规循环作业。地面辅助工, 实行“三八”制作业, 与掘进班组配合施工, 保证井下掘进工作的顺利进行。

#### 6 结 语

(1) 通过采用“四新”新技术、新工艺、新材料、新设备, 确保工程施工的每一个阶段、每一个环节、每一道工序都处于受控状态, 确保工程质量。做到了优质、快速、高效施工。在井筒施工条件差, 井壁支护结构复杂的情况下, 主井井筒施工创出了月成井  $134 \text{ m}$  的好成绩。

(2) 根据井筒的技术特征及工程、水文地质, 井筒施工采用短段掘砌、四班制滚班作业。采用“四大一深”工艺进行施工, 即“大绞车”、“大吊桶”、“大抓岩机”、“大模板”和“中深孔爆破”等配套的立井施工机械化作业线, 加快了井筒施工进度。

(3) 通过基岩段的施工, 总结出了“探、注、封、排、截”等一套深立井井筒综合防治水施工工艺, 有效控制了工作面水害的发生, 确保了井筒的施工进度和质量。

(4) 加强了通过不稳定岩层及破碎带的施工技术措施, 根据围岩破碎的程度, 采取减小周边眼圈径进行放炮, 可视情况增加锚网喷一层支护和采用型钢支架、背板等临时支护, 确保了井筒的安全快速施工。

(5) 科学的施工组织与管理, 通过采用先进的施工技术、合理的施工工艺、可靠的机械化配套装备以及精心的组织和科学的管理。在施工中, 组织多工序平行交叉作业, 减少辅助作业时间, 提高工作效率, 充分调动职工的积极性, 实现优质高效的工作目标, 为保证了各项工程、各个工序按工期要求, 有条不紊的进行提供了保障。 ■

#### 参考文献

- [1] 孙守仁, 张建立. 立井井筒快速施工技术的应用 [J]. 建井技术, 2000 (2).
- [2] 张晔年. 张北煤矿主井表土层冻结施工技术经验 [J]. 煤炭技术, 2005 (7).
- [3] 采用先进技术 优质快速建设济宁三号矿井 [J]. 山东煤炭科技, 1997 (4).
- [4] 张馨. 特厚层表土大直径深立井冻结法施工及关键技术研究 [J]. 铁道建筑技术, 2008 (5).