

# 盐井定向对接连通施工工艺

王 强, 柴宿县, 董 梅

(安徽煤田地质局水文勘探队, 安徽 宿州 234000)

**摘 要:** 山东新汶矿业集团 ZJ02—PJ02 对接井, 直井 ZJ02 设计深度为 941.12 m, 斜井 PJ02 井设计深度为 1203.00 m, 两井相距 252.00 m。设计井身为三开结构并合理配置钻探及造斜专用设备; 为防止井斜采用塔式钟摆钻具; 根据不同井段, 合理选用钻压、钻速和泵量, 配制不同的钻井液; 采用高精度的 PST 随钻测斜和最小曲率法计算钻井轨迹, 保证了两井的顺利对接连通。

**关键词:** 盐井; 定向钻井; 对接井; 定向造斜

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2008)11-0013-04

**Construction Technology of Directional Butting Connection for Salt Well/WANG Qiang, CHAI Su-xian, DONG Mei**  
(Hydrogeology Exploration Team, Anhui Provincial Survey of Coal Geology, Suzhou Anhui 234000, China)

**Abstract:** The paper introduced ZJ02 - PJ02 butted wells of Xinwen Mining Group, the designed depth of the shaft and the inclined well were 941.12m and 1203.00m, and these two wells was 252.00m apart. The designed well structure was tri-sectioned with drilling and angle building equipment rationally installed. Tower-type pendulum drilling-assembly was used to prevent well deviation. Drilling pressure, drilling ratio, pumping volume and drilling fluid were selected according to the different situation in different well section, high-precision PST MWD and minimum curvature method were applied to calculate the drilling trajectory to guarantee the butting of two wells.

**Key words:** salt well; directional drilling; butted wells; directional deviation

## 1 工程概况

山东省新汶矿业集团为扩大大汶口盆地岩盐矿产资源的开采能力, 委托我队施工 ZJ02—PJ02 定向水平连通对接井施工任务。根据设计要求, ZJ02 井深 941.12 m, 以首采层 7、8 盐层为目的层, 根据岩屑录井、取心和测井曲线划分各盐层厚度、顶底板深度, 为 PJ02 定向造斜井定向造斜提供准确的参数。PJ02 井设计直井段 951.00 m, 造斜段 252.00 m, 要求直井段井深误差  $\leq 0.5\%$ , 井斜变化率  $\leq 1.5^\circ/30$  m, 全井最大井斜  $\geq 3^\circ$ , 方位变化  $\leq 45^\circ/30$  m, 井径扩大率最大  $\geq 20\%$ , 水平钻进方位角变化率  $\leq 2^\circ/30$  m。靶点轨迹控制误差: 垂直方向  $\leq \pm 0.5$  m, 水平方向  $\leq \pm 4$  m。

## 2 井身结构

ZJ02 井井身结构: 一开用  $\Phi 311$  mm 牙轮钻头钻进至 52 m, 下  $\Phi 244.5$  mm  $\times$  9 mm 无缝钢管作表层套管并固井; 二开用  $\Phi 215$  mm 镶齿或三翼硬质合金钻头钻进至 914.00 m, 下置  $\Phi 139.7$  mm  $\times$  7.72 mm 套管(N-80 石油套管) 作工作管并固井; 三开用  $\Phi 118$  mm PDC 钻头钻进至 941.12 m。

PJ02 井身结构: 一开用  $\Phi 311$  mm 牙轮钻进至 52 m, 下  $\Phi 244.5$  mm  $\times$  9 mm 无缝钢管作表层套管并固井; 二开用  $\Phi 215$  mm 镶齿牙轮或三翼硬质合金钻头钻进至 951.20 m, 下入  $\Phi 139.7$  mm  $\times$  7.72 mm 套管(N-80 石油套管) 做工作套管并固井; 三开用  $\Phi 118$  mm PDC 造斜钻头配螺杆, 裸孔定向钻进至 1203.86 m, 连通 ZJ02 井。

具体结构见图 1。

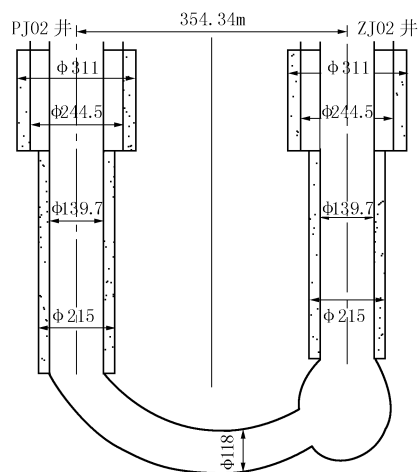


图 1 井身结构示意图

收稿日期: 2008-05-18

作者简介: 王强(1965-), 男(汉族), 安徽宿州人, 安徽煤田地质局水文勘探队工程师, 水文地质专业, 从事生产技术质量安全工作, 安徽省宿州市地质路 4 号, ahswd888@sohu.com。

3 施工设备及器具

施工设备及器具的选择见表 1。

表 1 主要钻探设备及定向造斜器具

序号	名称	型号	数量	产地
1	钻机	JST-2000A	1 台	石家庄
2	泥浆泵	TBW-850/50	2 台	石家庄
3	柴油机	6135-120HP	2 台	上海
4	钻塔	24.5 m 角铁塔	1 套	山东泰安
5	除砂器	EQJ-200×2	1 套	天津
6	柴油发电机组	4135	1 台	110 kW
7	有线随钻仪	YSJ-25	2 台	北京海蓝
8	无磁钻铤	Ø105 mm	2 根	美国
9	石油钻杆	89/73 mm		美国
10	螺杆钻具	Ø95 mm	5 根	山东德州
11	测井绞车	2000 m	1 台	陕西渭南
12	PDC 造斜钻头	Ø118 mm	3 个	西安
13	高精度陀螺测斜仪	Ø50 mm	1 台	北京

4 施工工艺

4.1 钻进方法

4.1.1 ZJ02 井

开孔用 Ø311 mm 牙轮钻头钻进至 52.00 m,下入 Ø244.5 mm×10 mm 护壁管 51.15 m,并用 P52.5 水泥进行固井(用量 3.20 t)。待水泥凝固后用 Ø215 mm 镶齿牙轮钻头钻进至 760.00 m,换用饱和盐水泥浆钻进至 887.00 m。采用川 6-3 型取心器进行取心钻进至 941.12 m 并达到终孔层位。下入

Ø139.7 mm×7.72 mm 石油工作管 912.42 m(高出地面 0.22 m),并用 API-G 级 75℃油井水泥进行固井(用量 60 t),候凝 72 h 后用 Ø108 mm 球形偏心钻头扫孔至孔底,并用清水洗井 2 h,使上返卤水接近饱和盐卤,下 Ø73 mm 中心管 932.70 m 距七层矿底板 1 m。安装井口装置进行扩溶,建槽。

4.1.2 PJ02 井

开孔用 Ø311 mm 牙轮钻头钻进至 52.00 m,下入 Ø244.5 mm×10 mm 井壁管 50.75 m,并用 P52.5 水泥进行固井(用量 3 t)。凝固后用 Ø215 mm 镶齿牙轮钻头钻进至 760 m,换用饱和盐水泥浆钻进至 951.21 mm,下 Ø139.7 mm×7.72 mm 石油技术套管 951.20 m(高出地表 0.20 m),并用 API-G 级 75℃油井水泥进行固井(用量 62.50 t),候凝 72 h 后,用 Ø108 mm 球形偏心钻头扫孔至孔底,并洗井。然后换 Ø118 mm PDC 钻头采用 Ø105 mm 无磁钻铤和 Ø95 mm 螺杆定向造斜钻进 354.34 m 与 ZJ02 井连通。

4.2 钻具组合

ZJ02 井无心段采用塔式钟摆钻具组合,有效的控制和保证井身质量;取心段采用川 6-3 型取心器连接 Ø127 mm 钻铤,钻进过程中采用较小的钻压和较慢的转速轻压吊打。

具体的钻具组合见表 2。

表 2 钻具组合表

井号	井段/m	井径/mm	钻具组合
ZJ02	0~52.00	311	110 mm×110 mm 主动钻杆+Ø89 mm 钻杆+Ø121 mm 钻铤+Ø127 mm 钻铤+Ø311 mm 牙轮钻头
	52.00~887.00	215	110 mm×110 mm 主动钻杆+Ø89 mm 钻杆+Ø121 mm 钻铤+Ø127 mm 钻铤+Ø215 mm 牙轮钻头
	933.89~941.12		
	887.00~933.89	152、215	110 mm×110 mm 主动钻杆+Ø89 mm 钻杆+Ø121 mm 钻铤+川 6-3 型取心器
PJ02	0~52.00	311	110 mm×110 mm 主动钻杆+Ø73 mm 钻杆+Ø121 mm 钻铤+Ø311 mm 牙轮钻头
	52.00~951.21	215	110 mm×110 mm 主动钻杆+Ø73 mm 钻杆+Ø121 mm 钻铤+Ø215 mm 牙轮钻头
	951.21~1203.86	118	110 mm×110 mm 主动钻杆+随钻电缆循环头+Ø73 mm 石油钻杆+Ø105 mm 无磁钻铤+Ø105 mm 定向接头+Ø95 mm 螺杆+Ø118 mm PDC 钻头

4.3 防斜措施

(1)铺设机台木之前,钻塔四角用混凝土筑台并找平;

(2)设备安装时严格按照要求进行,开钻前找好三点一线;

(3)钻进过程中采用钻铤加压钻进,各界面控制好钻进参数;

(4)及时测井,发现孔斜及时用螺杆纠偏。

4.4 钻进参数

根据井内岩层情况合理的选用钻压、转速和泵量。钻压值一般为钻铤重力的 2/3,正常情况下选

取的钻进参数如表 3 所列。

表 3 各井段的钻进参数

井段/m	钻头直径/mm	钻进参数		
		钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(L·min <sup>-1</sup> )
0~52.00	311	40	45	850
52.00~951.21	215	40~60	45~110	600~850
951.21~1203.86	118	30~40	90~150	600~800

4.5 钻井液的使用

4.5.1 非含盐井段

0~760 m 使用不分散低固相淡水泥浆,采用优质膨润土配置基浆,用碳酸钠(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、水解聚丙

烯酰胺 (PHP)、水解聚丙烯晴 (HPAN) 调整泥浆性能,见表 4。

4.5.2 含盐段

760 m 以深,将孔内淡水泥浆全部排出,更换饱和盐水泥浆。用卤水,凹凸棒抗盐土配置基浆,加 CMC、SMP、Na - CMC、防腐剂、纯碱、烧碱等调整泥浆的性能、将泥浆加盐至饱和,性能参数见表 4。

表 4 各井段泥浆及饱和盐水性能表

泥浆类型	密度/(g • cm <sup>-3</sup> )	漏斗粘 度/s	失水量/[mL • (30 min) <sup>-1</sup> ]	泥饼厚 度/mm	含砂 量/%	pH 值
淡水	1.08 ~ 1.15	20 ~ 25	10 ~ 15	≤1.0	2 ~ 3	8 ~ 10
饱和盐水	1.25 ~ 1.30	30 ~ 35	8	≤0.5	≤2	9 ~ 10

4.6 直井施工工艺

4.6.1 Ø139.7 mm 技术套管的施工工艺

(1)下管前用 40 ~ 60 m 长管串探井,畅通无阻后才能下管。

(2)对套管进行丈量编号,下入技术套管前用 Ø121.1 mm 通径规通径。

(3)套管下井前串联试压 12.5 MPa,30 min 压力下降 ≥ 0.1 MPa。

(4)为保证套管居中,下部每根套管放一个扶正环,上部每 50 m 放一个扶正环,共放置 24 个扶正环。

(5)对底部 10 根套管丝扣用 502 胶封固,所有丝扣均涂丝扣油。

4.6.2 固井

Ø244.5 mm 表层套管用 P52.5 普通硅酸盐水泥进行封固、并返浆至地表。

Ø139.7 mm 技术套管用 API - G 75 °C 中抗硫油井水泥固井,水泥浆密度 1.8 kg/L 以上,含盐段用饱和盐水加快干剂配置泥浆,密度 1.9 kg/L 以上,水泥浆返出地面。

4.6.3 试压

固井候凝时间 72 h 后,分别对套管内试压和钻出套管靴外大于 5 m 进行试压。试压至 12.5 MPa,30 min 的压力没有下降,同时在试压结束 72 h 后进行声速测井。测井深度 938.00 m,测井各种参数,声幅曲线反映清楚记录质量合格。

4.6.4 洗井

用 Ø118 mm 半球形钻头扫水泥塞至套管靴底 5 m,将孔内沉淀泥浆全部清洗干净,在 ZJ02 井中下入 Ø73 mm 中心管洗井扩溶,建槽,在 PJ02 井中下螺杆钻具进行定向控制造斜施工。

4.7 水平井施工工艺

4.7.1 水平对接井施工准备

(1)先用高精度陀螺仪测出 ZJ02 井与 PJ02 井的全井井斜资料,根据两井井口和井斜资料计算出两井井底坐标(X、Y、Z),测算出 ZJ02 井底靶区坐标位置。

(2)采用曲率半径法处理 PJ02 井斜数据,计算实际钻孔轴线空间坐标值,设计出水平钻孔轨迹平面图,钻孔最终 ΔX = 353.86 m,ΔY = 18.58 m,ΔZ = 930.48 m,总水平位移为 354.34 m。

(3)在地面校正 DST 有线随钻测斜仪。

(4)在井口开动螺杆钻具、运转正常后方可下井。

4.7.2 水平钻进技术

(1)下入螺杆组合钻具至孔底 0.3 ~ 0.6 m 处,下放随钻测斜仪至定向接头处,这时控制箱显示井斜角、工具角、方位角,将泵压压至 15 ~ 18 MPa 压紧密封装置,防止循环头电缆漏水。

(2)开泥浆泵,观测泵压,稳定螺杆钻压至正常工作,观察井底工具角、井斜角、方位角,调整钻压改变工具角、井斜角、方位角至设计范围内。

(3)钻进过程中详细记录工具角、井斜角、方位角,每钻进 1 m 记录一次。

(4)钻进过程中必须及时随钻下放电缆,以确保电缆不松弛、不拉紧为宜。

(5)在每根钻进完毕时,提升钻具记录提测数据表,松开卸压螺丝,提升随钻测斜仪至方钻杆内,卸开方钻杆,提起方钻杆加尺。

(6)若孔内有异常情况(如泵压太高、不进尺等),应及时起钻。

(7)随钻定向过程中,根据测量的井斜角和方位角及时计算测点的 ΔX、ΔY、ΔZ,作出水平投影和垂直剖面,以掌握井眼轨迹,保证不出靶区。

(8)当钻头钻进至靶区范围内,出现以下几种迹象表示对接成功:

- ①泵压突然下降至 0 或 1 MPa;
- ②钻具进尺加快至 1 m/min,或掉钻;
- ③泥浆严重漏失。

4.8 定向操作与定向控制技术

(1)定向仪器座键后,不要回摇绞车,防止仪器出键。

(2)定向转动钻具时,钻头应离开井底一定的距离(3 ~ 10 m),防止井底沉砂或缩径致使钻具转动时地面与井下不同造成人为误差。

(3)下螺杆钻具遇阻时不得用螺杆、钻具划眼,

不能开泵硬压,可转动几个方向试试,否则起钻通井。

(4)螺杆钻具下入井底应逐步加压,钻进参数要符合所使用螺杆、钻具的要求。

(5)在裸眼井段要控制起、下钻速度,防止在曲率较大井段拉出键槽而导致卡钻。

(6)定向转动钻具角度大时,要分段转动,每转动一段要大幅度活动钻具,使下部钻具上贮存的弹性变形能量释放。

(7)定向井在井斜超过  $45^\circ$  的大斜度造斜定向时,仪器在钻具内下行困难,可利用泵送方式将仪器推送到位。

(8)定向水平井段施工过程中,按设计确定的靶点轨迹和方位进行施工,造斜钻进井段强度为  $0.4^\circ \sim 0.7^\circ/\text{m}$ 。

(9)定向钻进每 3 m 左右要划眼一次,每 50 ~ 60 m 要短起下钻一次,特别在井斜  $45^\circ \sim 65^\circ$  井段,必须多起下钻几次,及时活动钻具防止卡钻。

(10)在定向钻进后更换钻具时,必须对定向段进行认真的划眼或通井,扩眼时钻压  $\geq 20 \text{ kN}$ 。

(11)造斜过程中钻具总长校正误差  $\geq 1\%$ 。

## 5 结语

由于本井采用高精度随钻测斜仪和曲率半径计

算钻孔轨迹,高质量地完成了直井和水平定向的施工,保证了两井的对接一次性成功,圆满完成了合同任务。

在采矿过程中建议注意以下问题。

### 5.1 地面沉降

矿层被开采后形成溶腔,顶板围岩受上部岩体压力和自重,将发生位移,产生塌陷带、裂隙带、影响带。根据公式:

$$h = m / [(k - 1) \cos \alpha] \text{ 和 } h = b / f$$

式中:  $h$ ——塌落高度;  $k$ ——岩石的膨胀系数;  $\alpha$ ——岩石倾角;  $m$ ——开采高度;  $b$ ——开采跨度的一半;  $f$ ——岩石坚固系数。

本区岩盐厚度平均为 16.53 m,岩层倾角  $4^\circ$ ,开采跨度 80 m,计算得该矿三带厚度之和应在 242 ~ 460 m 之间,而该矿区岩盐矿体最小埋深为 750.24 m,远远大于冒落带高度。因此,本矿区不会产生地面沉降,地面是安全的。

### 5.2 环境污染

矿山开采过程中对农田和生态环境的影响主要是采出的卤水。建议在采输卤水的过程中加强管理,及时做好管道检查和维护工作,减少因卤水的跑、冒、滴、漏而引起的地表水和地面土壤的盐渍化。另外,对流失的淡卤水应回收利用。

## (上接第 12 页)

入水的同时逐步减小进气量至零,待孔内液面升至地面后停止注水,然后进行加、卸钻杆作业,就可有效避免此类孔内事故。

### 3.4 高压空压机的选用

采用 XHP750 型中风压空压机进行跟管钻进时,由于场地布置受限的原因,右岸空压机站距离左岸试验区距离约为 250 m,压缩空气由于沿程损失到达试验场地后,空气压力降低到最高只有 0.8 MPa。在跟管深度达到 56 m 情况下由于地下水背压的影响,无法满足 CIR110 型冲击器正常工作 0.6 ~ 0.7 MPa 的基本要求,导致潜孔锤冲击功减小,影响跟管深度。另一方面,随着跟管深度的增加,套管外壁与周围地层之间的摩擦力也逐渐增加,导致潜孔锤向下的冲击力在 56 m 左右已经基本和套管与地层之间的摩擦力达到平衡状态。

黄金坪深厚覆盖层跟管选用 XHP750WCAT 型

高压空压机,风量  $21.2 \text{ m}^3$ ,风压 2.1 MPa,基本满足跟管钻进需要。从现场使用效果来看,有效抵消地下水对潜孔锤的背压和风路损失,维持潜孔锤正常工作,从而使得偏心跟管钻具随孔深增加依然能够正常工作,增加跟管钻进深度和钻进效率。

### 3.5 两级偏心跟管的钻孔结构

按照目前国内管靴的材质和使用寿命来看,在深厚覆盖层跟管钻进管靴寿命一般在 30 ~ 40 m,难以满足黄金坪深厚覆盖层跟 76 m 深套管钻进需要。

为减少孔壁对套管的摩擦力,减少现场工人反复拔管的劳动强度,提高工作效率,黄金坪电站深厚覆盖层跟管钻孔结构上部 0 ~ 40 m 采用  $\varnothing 168 \text{ mm}$  套管护壁,下部 40 ~ 76 m 采用  $\varnothing 127 \text{ mm}$  套管护壁的形式,相应的钻具配套选用  $\varnothing 168 \text{ mm}$  偏心钻具和  $\varnothing 127 \text{ mm}$  偏心钻具的组合方式,效果显著,圆满完成了黄金坪深厚覆盖层跟 76 m 深套管的目标,填补了该项指标空白。