

采卤对接井施工工艺的工程实践

谷惠东

(湖南省地质院,湖南长沙 410000)

摘要:以江西九二盐业403-404采卤对接井组的施工工程为案例,系统介绍了井区地质情况、钻探施工情况;总结了大口径取心工具的优点,螺杆定向钻进施工工艺及攻克技术难点。

关键词:采卤对接井;盐井;定向钻进;九二盐业

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0154-06

Field use of intersection well drilling technology for brine extraction

GU Huidong

(Geological Bureau of Hunan Provincial, Changsha Hunan 410000, China)

Abstract: In relation to the field case of the intersection well set of Well 403 - 404 by Jiu-er Salt Industry, description is made of the geological conditions at the well site and drilling operations with the advantages of large diameter centering tools, the PDM directional drilling process and the technical difficulties resolved.

Key words: intersection well set for brine extract; salt well; directional drilling; Jiu-er Salt Industry

0 引言

常规的钻井采盐时,一直采用单井对流水溶采卤法,这种采卤法存在较多缺点,如矿产回采率不足20%、卤井寿命短、产量低、采出的卤水浓度低而且不稳定等。双井对接连通水溶采卤可克服上述缺点,采用定向钻进技术实现两井对接、三井对接甚至更多的井眼对接,可极大地提高采盐卤水量。

本文就江西盐业的403-404采卤对接井组进行系统的研究,为该地区下一步开展相关生产工作提供资料。

1 井区及地质情况

1.1 井位及交通

根据项目部署,在江西会昌县实施对接孔施工,井区地理位置在济广高速边,从江西赣州、福建龙岩、广东梅州均是2~3 h可以到达井区,处于三省交界地带,交通便利,通信便捷。

1.2 地层情况

项目位于会昌县周田石盐矿区,采用定向对接

井采卤技术拟建对接连通井组。矿区地层仅出露白垩系上统周田群红色碎屑岩层,红色碎屑岩组成周田红层盆地。地层总体呈南北走向。钻遇地层见表1所示。

1.3 钻井难点分析

钻遇地层包括泥岩、砂岩等,需针对不同地层与岩性,优选钻井液与钻进工艺。因砂岩、泥岩以及盐层顶板易垮塌,重点调整了钻井液参数,确保井壁安全;周田群系地层孔隙和裂隙发育良好,其中404井在590~620 m井段出现漏失,漏失量每小时约10 m³钻井液,采用随钻堵漏剂、复合堵漏剂、锯末、土粉、地层压力增强剂等配制堵漏材料后进行堵漏,成功止漏,顺利完井。

2 钻井质量指标及技术要求

2.1 井身质量

二井井深校钻误差<5%,井径扩大率<15%。具体井身质量见表2。

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.024

作者简介:谷惠东,男,汉族,1987年生,工程师,地质工程专业,硕士,长期从事钻探(钻井)方向研究工作,湖南省长沙市,625044047@qq.com。

引用格式:谷惠东.采卤对接井施工工艺的工程实践[J].钻探工程,2021,48(S1):154-159.

GU Huidong. Field use of intersection well drilling technology for brine extraction[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1):154-159.

表1 403-404井钻遇地层简况

井号	地层代号	分层深度/m	岩性简述
403	Q	0~4	第四系残积、坡积、冲积物。与下伏地层不整合接触
	K22-5	4~105	紫红色泥岩
	K22-4	105~565	灰绿色、灰—深灰色泥岩夹紫红色粉砂岩、泥砾岩。泥岩中含叶肢介动物化石和节柏、短叶杉植物化石
	K22-3	565~641.8	紫红色泥岩、灰绿色泥岩互层。含瓣鳃类动物化石及植物化石碎片
	K22-2	641.8~856.9	灰色泥岩,含石膏、钙芒硝、石盐泥砾岩,含薄层石膏及墨点状硬石膏、钙芒硝。盆地中心为泥砾岩互层石盐。产叶肢介、介形虫、瓣鳃类动物化石及节柏、短叶杉植物化石
404	Q	0~4	第四系残积、坡积、冲积物。与下伏地层不整合接触
	K22-5	4~256	紫红色泥岩
	K22-4	256~592.70	灰色泥岩夹紫红色粉砂岩、泥砾岩。泥岩中含叶肢介动物化石和节柏、短叶杉植物化石
	K22-3	592.7~626.40	紫红色泥岩、灰绿色泥岩互层。含瓣鳃类动物化石及植物化石碎片
	K22-2	624.4~850.63	灰色泥岩,含石膏、钙芒硝、石盐泥砾岩,含薄层石膏及墨点状硬石膏、钙芒硝。盆地中心为泥砾岩互层石盐。产叶肢介、介形虫、瓣鳃类动物化石及节柏、短叶杉植物化石

表2 403-404井钻杆校正记录

403	校正前孔深/m	49.00	258.73	573.70	804.00	856.90	
	校正后孔深/m	49.01	258.75	573.73	804.01	856.93	
	执行孔深/m	49.00	258.73	573.70	804.00	856.90	
404	校正前孔深/m	40.04	238.71	456.78	592.70	828.46	893.45
	校正后孔深/m	40.04	238.70	456.80	592.68	826.47	893.47
	执行孔深/m	40.04	238.71	456.78	592.70	826.46	893.45

2.2 固井质量

为保证固井质量,二井套管的选择,固井水泥的采购均严格按照设计要求执行,注浆水泥要求选用G级中抗油井水泥。下套管前进行通井、洗井,并对每根套管的外观、壁厚、长度进行检查及记录。套管下入时,接箍丝扣处涂抹丝扣油,并用大钳拧紧。注水泥后严格遵循水泥候凝时间,待表层套管固井候凝>48 h、技术套管固井候凝>72 h后,再进行探孔、通孔作业。

二井 $\Phi 244.5 \text{ mm} \times 10.03 \text{ mm}$ 表层套管及 $\Phi 177.8 \text{ mm} \times 8.05 \text{ mm}$ 技术套管按设计深度下入,下入时顺利下入到位,表层套管与技术套管固井时水泥浆反出地面。

2.3 完井质量

403井终孔后用饱和卤水清洗井底盐粉及其他残渣,下入中心管至建槽位置建槽。404井钻入直井建槽容腔实现二井对接连通,完成钻井工作。

3 钻井施工

3.1 井身结构

根据地层与设计的要求,具体两井的井身结构见图1、表3。

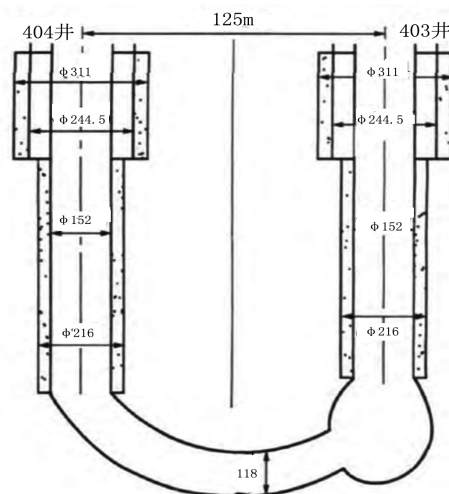


图1 403-404井井身结构

表3 403-404井井身结构

井号	井段	钻头尺寸/mm	井深/m	套管尺寸/mm	套管长/m	备注
403	一开	Ø311	0~49	Ø244.5×10.03	48.7	地面
	二开	Ø216	49~573.7			
	三开	Ø152	573.7~856.9			取心
	扩孔	Ø216	573.7~804	Ø177.8×8.05	803.79	
404	一开	Ø311	0~40.04	Ø244.5×10.03	38.86	地面
	二开	Ø216	40.04~592.7			
	三开	Ø152	592.7~850.62			
	扩孔	Ø216	560~893.45	Ø177.8×8.05	873.41	造斜

3.2 施工设备及机具

根据钻遇地层以及设计要求等情况,选择施工设备及机具,见表4。

表4 主要钻探设备及定向造斜机具

序号	名称	型号	数量	备注
1	钻机	SPS-2000	1台	配110 kW电机
2	钻塔	MA-23	1付	载荷680 kN
3	泥浆泵	QZ3NB-350	1台	配280 kW电机
4	随钻仪	DST	1台	测井用
5	测井绞车		1台	配1500 m电缆
6	螺杆钻具		3套	造斜强度可调
7	无磁钻铤	Ø95 mm	2根	造斜随钻用
8	钻铤	Ø117.8 mm	4根	加压用
9		Ø159 mm	4根	
10		Ø121 mm	8根	
11	方钻杆	Ø121 mm	1根	
12	钻杆	Ø89 mm	1000 m	
13	钻杆	Ø73 mm	500 m	
14	岩心管	Ø148 mm	1套	单动双管取心筒
15	取心筒钻头	Ø152 mm	2个	人造金刚石钻头
16	造斜钻头	Ø152 mm	2个	PDC
17	牙轮钻头	Ø311 mm	2个	三牙轮镶齿

3.3 钻具组合

通过以前的工作经验与设计的要求,设计出具体的钻具组合,见表5。

3.4 钻井液

403直井、404斜井,盐层顶板以上钻井液均选用优质膨润土为造浆基本原料。选用低固相泥浆钻进,其配方为淡水92%、粘土8%、碱1.8%、CMC0.3%。泥浆性能为:密度1.05 g/cm³、粘度21~25 s、pH值8.5~

10、失水量8~9 L/30 min,泥皮厚度0.5 mm。三开及扩孔均采用无粘土饱和卤水钻进,卤水浓度>24波美度。

3.5 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6。

3.6 施工进度总结

403直井:2019年10月23日组织设备及其施工人员进场安装,并做好各项开钻前的准备工作。10月29日一开钻进,11月3日二开钻进,11月13日三开取心钻进,于12月1日,井深856.9 m三开取心钻进完毕。12月2日自573.7 m扩孔钻进至804 m,12月3日,水泥浆固井,12月20日建槽、起钻完成403直井施工任务。历时58 d。

404斜井:2020年1月1日一开钻进,1月10日至5月21日,受疫情影响停待,5月21日二开钻进,6月1日三开取心钻进,至6月18日,三开取心钻进完毕。6月25日造斜钻进至井深893.45 m,成功与403直井溶腔对接,7月13日,下入技术套管,7月19日,扩孔、钻进至893.45 m,403直井井口返水,再次成功对接圆满完成任务。历时200 d。

4 井眼轨迹控制技术

4.1 403井井眼轨迹控制

一开Ø311 mm和二开Ø216 mm直井钻进时,钻具组合采用塔式钻具组合,在钻进过程中充分考虑钻铤的自重和浮重,选择合理的钻压吊打保斜。钻进时加强测斜,掌握井斜与钻头、钻井参数的关系,优化参数,实钻保斜效果较好。具体数据见表7。

4.2 404井井眼轨迹控制

本井段为Ø152 mm定向造斜井段,也是本井井眼轨迹控制的重要井段。采用“可调单弯螺杆钻

表5 403-404井钻具组合

井号	井段	钻具组合
403	一开	Ø311 mm 牙轮钻头+Ø177.8 mm 钻铤+Ø159 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	二开	Ø216 mm 钻头+Ø177.8 mm 钻铤+Ø159 mm 钻铤+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	三开	Ø152 mm 取心钻头+Ø140 mm 双管取心筒+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+Ø73 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	扩孔	Ø216 mm 钻头+Ø177.8 mm 钻铤+Ø159 mm 钻铤+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+Ø73 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
404	一开	Ø311 mm 牙轮钻头+Ø177.8 mm 钻铤+Ø159 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	二开	Ø216 mm 钻头+Ø177.8 mm 钻铤+Ø159 mm 钻铤+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	三开	Ø152 mm 取心钻头+Ø152 mm 双管取心筒+Ø121 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆
	造斜	Ø152 mm PDC 造斜钻头+Ø120 mm 螺杆+Ø120 mm 无磁钻铤+Ø89 mm 钻杆+121 mm 方钻杆

表6 403-404井各井段的钻进参数

井号	井段/m	钻进参数
403	0~49	转速 65 r/min、钻压 5~40 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 0.1~1.8 MPa
	49~573.7	转速 65 r/min、钻压 20~60 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 1~3 MPa
	573.7~856.9	转速 65 r/min、钻压 20~34 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 2~3.8 MPa
	扩孔 573.7~804	转速 65 r/min、钻压 20~30 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 2~3.5 MPa
404	0~40.04	转速 65 r/min、钻压 5~40 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 0.1~1.8 MPa
	40.04~592.7	转速 65 r/min、钻压 40~70 kN、流量 10~12.5 L/s、泵压 1~2.3 MPa
	592.7~850.62	螺杆钻输出转速 150~190 r/min、钻压 20~30 kN、流量 14~19 L/s、泵压 4~9 MPa

表7 403井测井数据及三轴坐标计算值

序号	井深/m	井斜/(°)	方位/(°)	累计沿线位移 X/m	累计离线位移 Y/m	累计垂深/m
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	60.00	2.90	24.60	1.43	0.76	59.97
3	200.00	7.00	50.20	10.34	8.67	199.43
4	320.00	11.40	57.80	21.57	25.00	317.76
5	440.00	14.20	59.80	34.92	47.86	434.78
6	580.00	10.40	53.50	50.36	72.56	571.69
7	660.00	13.00	51.20	60.05	85.10	650.11
8	720.00	14.30	48.40	69.44	95.78	708.39
9	780.00	15.20	48.70	79.33	107.16	766.47
10	840.00	15.00	47.70	89.71	118.76	824.42
11	856.00	15.00	47.70	92.50	121.82	839.87

具”,使用PDC钻头定向造斜,使用有线随钻测斜仪(DST)监测井斜。钻进中及时调整工具面及钻井参数,在造斜初期控制钻压、排量,避免钻具反扭矩过大给施工带来不利和不安全因素。根据实钻数据显示及时调整钻井参数,控制方位和井斜在设计目的层水平段的中线上,以便在水平段钻进实时根据靶点要求对轨迹进行控制调整。具体数据见表8。

4.3 对接连通

当钻头钻进至靶区范围内,出现以下几种现象:(1)泵压突然下降;(2)钻具进尺加快到0.5 m/min乃至掉钻;(3)泥浆严重漏失,井口长时间不上水,泥浆池中泥浆面下降很快,这时证明403井已与404井对接连通。

表8 404井造斜段测井数据及三轴坐标计算值

序号	井深/m	井斜/(°)	方位/(°)	累计沿线位移 X/m	累计离线位移 Y/m	累计垂深/m
1	450	20	29.9	-81.26	-11.27	438.35
2	510	14.9	33.8	-95.52	-16.61	496.36
3	517.66	15.64	35.2	-97.37	-17.41	503.75
4	546.6	4.97	343.1	-100.14	-18.95	532.18
5	565.81	6.46	210.9	-99.90	-17.76	551.34
6	574	10	208	-98.79	-17.39	559.44
7	614	12	201	-91.36	-15.67	598.71
8	624.65	12.3	201.1	-89.15	-15.28	609.12
9	662.69	21.38	179.5	-78.74	-15.33	645.63
10	701.24	31.17	171.7	-62.92	-20.68	680.32
11	739.82	43.99	162.1	-41.63	-30.10	710.96
12	778.53	57.05	160.2	-15.56	-44.95	735.29
13	826.58	57.13	162.1	19.55	-65.37	760.97
14	865.17	56.04	165.7	47.66	-79.78	783.11
15	894.00	56.04	165.7	69.28	-90.00	799.21

5 钻探技术成果

5.1 完成钻探任务,保证了施工质量

403、404井在钻探施工中,完成了一开、二开、三开、扩孔、造斜的钻井、测井、固井、下套管等任务,403直井终孔井深856.90 m,取心段573.7~856.9 m,404斜井终孔井深893.45 m,取心段592.7~850.62 m,两井总进尺为2008.27 m。

5.2 针对不同地层,优选取心工具

根据设计要求和实际钻遇地层情况,403井0~573.7 m采用了岩屑编录,共计采取114个岩样,857个钻时,573.7~856.9 m采用取心编录,共计37个回次,取心283.2 m;404井0~592.70 m采用了岩屑编录,共计采取119个岩样,851个钻时,592.70~850.63 m采用取心编录,共计28个回次,共计取心257.92 m。其中地层有泥岩等地层,优选取心钻具,配合牙轮钻头,用 $\varnothing 152$ mm单动双管取心筒三开取心钻进,保证岩心采取率,但是易堵心,进尺较慢。

5.3 螺杆钻施工工艺总结

螺杆钻在不同地层中的造斜强度不同,相对来说,地层完整、致密,井径与螺杆钻的间隙较小,弯外管或弯接头弯的部分与钻井下边靠得越紧,其造斜能力越强,造斜强度相对较大。相反,软地层或者盐层中钻进,井径与钻头、螺杆钻之间的间隙较大,造斜强度相对较小。一般来说,螺杆钻在软地层、盐层

比硬地层的造斜强度要低 $0.05^{\circ}/\text{m}\sim 0.1^{\circ}/\text{m}$ 。在较硬地层,要加大钻压,因此水泵输出更大的的泵量,而在较软地层,钻压可适当降低。但由于转速较快,产生的岩粉较多,又必须同时考虑较大泵量冲孔,尽量避免重复破碎和埋钻事故。因此在螺杆钻进中,应优选合理的钻进技术参数,包括口径、流量范围、钻头转速、泵压等。

同时在这次施工中,也总结到了一些螺杆钻施工的要点:

- (1)下钻时钻杆要拧紧;
- (2)倒杆时应停泵;
- (3)造斜钻进4~5 m应测斜一次;
- (4)及时用电脑计算钻孔轴线轨迹坐标;
- (5)在造斜过程中,由于各种原因,均会导致造斜孔段局部孔壁不平滑,因此必须进行修孔,修孔作业时,要慢放,重复多次,直到无阻力为止。

5.4 井身轨迹经验总结

钻井过程中,实钻轨迹和理论设计轨迹完全吻合是不可能的,二者之间必然存在一定的偏差。如果偏差在允许范围之内,可继续钻进;如超过允许范围,须绕障钻进,就应进行随钻修正设计,使钻头在已有偏差的基础上,沿着一条新的理论曲线向目标点钻进。

而404斜井的施工难点在造斜段和水平段,因此在造斜过程中每钻进一根单根,就要用测斜仪测

量一次井斜角和方位角,如要改变造斜率,通过改变钻压和装置角进行局部调节,在钻进过程中,井身方位的变化是绝对的,当井身实际方位与设计方位偏离过大时,要用钻具组合强行“扭方位”,操作中关键的控制参数是装置角,应选择适当的扭方位时机,避免在井斜角 $>15^\circ$ 时扭方位,导致在较短井段扭方位过急,形成严重的狗腿度。

同时技术套管需下入造斜段近水平处,因此造斜段轨迹要求平滑,尽量靠近调整后的设计井眼轨道,下套管前必须进行修井通孔,以确保技术套管的顺利入井,同时严格遵守修井和短程起下规程要求。

6 结语

在江西会昌完成的盐井对接井的施工项目,为后期这个地区盐井对接井开发优选了技术方法,总结了技术经验,减少工程风险,降低施工成本。同时获取了岩心资料,划分了地层厚度、岩性变化特性,基本查明了井区地质构造,为进一步的盐井开发提供了数据资料、数据支撑。

参考文献:

- [1] 高雨根. 超深盐井开窗侧钻定向对接施工工艺[J]. 中国井矿盐, 2008, 39(3): 21-24.
- [2] 刘汪威, 林修阔, 张新刚, 等. 特殊地质条件下定向对接复杂井组的工艺设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(4): 13-16.
- [3] 樊传忠. 盐矿水平对接井开采的几个关键问题[J]. 中国井矿盐, 2015, 45(5): 13-16, 46.
- [4] DZ/T 0054—2014, 定向钻探技术规程[S].
- [5] 吴敬涛, 王振光. 定向井开窗侧钻水平井的实践与认识[J]. 石油钻探技术, 1997(1): 1-3.
- [6] 王强, 柴宿县, 董梅. 盐井定向对接连通施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(11): 13-16.
- [7] 徐波. 螺杆钻具和PDC钻头组合在鄂尔多斯工区定向井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(10): 16-17, 35.
- [8] 向军文, 胡汉月. 国产定向对接井精确中靶技术在盐矿中的应用[J]. 中国井矿盐, 2010, 41(5): 16-18.
- [9] 仲玉芳, 赵岩. 宁晋—辛集勘探区2-1盐井的施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(7): 24-27.
- [10] 王清明. 钻井水溶开采与设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [11] 乔磊, 申瑞臣, 黄洪春, 等. 煤层气多分支水平井钻井工艺研究[J]. 石油学报, 2007, 28(3): 112-115.
- [12] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [13] 洪常久. 水平对接井技术在天然碱矿中的应用[J]. 煤炭技术, 2008, 27(6): 142-143.
- [14] 董正亮, 刘加杰, 王鹏, 等. 国内井矿盐钻井技术新进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(8): 67-72.
- [15] 李鑫淼, 张永勤, 尹浩, 等. 水平对接井钻井技术在天然气水合物试采中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(8): 13-17.