

大汶口盆地岩盐对接井钻探施工工艺研究

岳盈括

(山东省地质矿产勘查开发局第五地质大队,山东 泰安 271000)

摘要:大汶口盆地蕴藏着丰富的岩盐资源,岩盐矿层埋深较深,上覆地层为古近系巨厚的松散泥岩、砂岩,易发生遇水软化,施工难度较大。山东肥城海晶盐化有限公司实施 100 万 t/年卤折盐采输工程,实施卤井 7 组,每组井深约 3000 m。定向对接井要求精准定点造斜、连续造斜。本文介绍了对接井施工中采用的关键施工工艺及 MWD 无线随钻测斜仪在定向钻进中进行钻井轨迹控制的应用实例。对如何在岩盐地层钻进、螺杆钻具应用、定点造斜等关键技术措施进行了详细阐述,以为同类型卤水对接井项目施工中提供参考。

关键词:采输卤水;对接井;定向钻进;随钻测斜;连续造斜;钻井轨迹控制

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)03-0031-07

Study on drilling technology for rock-salt solution well intersection in Dawenkou Basin

YUE Yingkuo

(The Fifth Geological Brigade of Shandong Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Taian Shandong 271000, China)

Abstract: Dawenkou Basin is rich in rock salt resources which are deeply buried. The overlying strata are loose mudstones and sandstones of Paleogene, which are easy to soften in water and difficult to drill through. Shandong Feicheng Haijing Salinization Co., Ltd. implemented a one million ton/year brine recovery and transmission project with seven units of brine supply wells, each with depth of about 3000m. Well intersection requires high-precision kick-off and continuous build-up. This paper introduces a field case where the key drilling technology for well was used for well intersection, and the MWD system for directional trajectory control with detailed description on how to drill in rock salt formation, the application of mud motor drilling tools, kick-off from the fixed-point and other key technical measures so as to provide reference for brine supply well intersection drilling.

Key words: brine production and transmission; intersected wells; directional drilling; MWD; continuous build-up; drilling trajectory control

1 概况

1.1 工程概况

山东肥城海晶盐化有限公司实施 100 万 t/年卤折盐采输工程定向联通井项目,项目内容为在山东省肥城市边院镇东军寨矿区内实施卤井 7 组(一直井、一定向井为一组),每组井深约 3000 m,我单位负责施工其中一组对接井:H5 定向井和 H6 直井。H5 井设计井深 1593.3 m,H6 井设计井深 1390.3 m。

1.2 地层概况

矿区所处大地构造位置为华北板块(I)、鲁西地块(II)、鲁中隆起区(III)、大汶口—蒙阴盆地(IV)、肥城凹陷(V)。

周边地层主要发育有新太古代泰山岩群雁翎关组、古生代寒武—奥陶系长清群、九龙群、马家沟群、石炭—二叠系月门沟群及新生代第四系等。

2 钻探设备配套

H6 井、H5 井由同一机台先后进行施工,使用

收稿日期:2019-04-01 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.03.005

作者简介:岳盈括,男,汉族,1987 年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事钻探技术研究和施工管理工作,山东省泰安市长城路北首,736047752@qq.com。

引用格式:岳盈括.大汶口盆地岩盐对接井钻探施工工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(3):31-37,43.

YUE Yingkuo. Study on drilling technology for rock-salt solution well intersection in Dawenkou Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(3):31-37,43.

的 TSJ2600 型钻机及附属设备见表 1、表 2。

表 1 主要设备及附属设备

Table 1 Drilling rig and auxiliary equipment

名称	型号	数量
钻机	TSJ2600/445	1 台
泥浆泵	TBW-1200/7B	1 台
泥浆泵	F-500	1 台
测斜仪	SQD	1 台
钻铤	Ø165 mm	4 根
	Ø159 mm	4 根
	Ø121 mm	4 根
钻杆	Ø89 mm	1700 m
扶正器	Ø342 mm	3 根
	Ø212 mm	4 根
主动钻杆	Ø108 mm	1 根

表 2 定向钻进仪器设备

Table 2 Directional drilling instruments and tools

名称	规格型号	单位	数量	厂家
螺杆钻具	5LZ172	台	4	国产
螺杆钻具	5LZ120	台	4	国产
造斜钻头	Ø215.9 mm	个	2	国产
造斜钻头	Ø152 mm	个	2	国产
无磁钻杆	Ø159 mm	根	1	国产
无磁钻杆	Ø120 mm	根	1	国产
无线随钻系统	MWD	台	1	国产
对接仪器	“慧磁”SM-1	套	1	国产

3 施工工艺

3.1 井身结构

H5、H6 井井身结构均为三开结构。对接井井身结构见图 1。

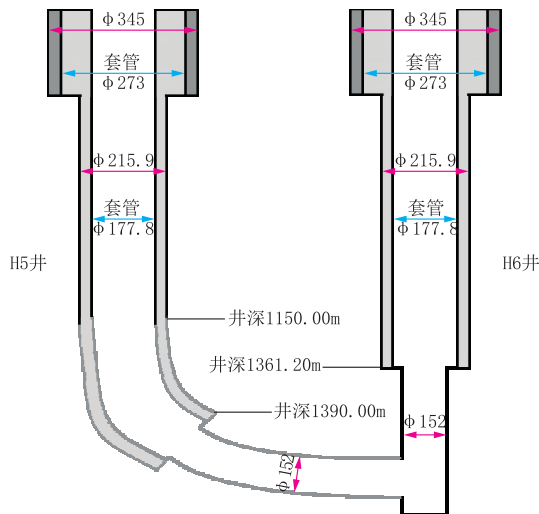


图 1 对接井井身结构

Fig.1 Structure of the intersected well unit

3.2 钻进方法

3.2.1 H6 直井施工历程

H6 井自 2014 年 10 月 15 日开钻至 2014 年 12 月 16 日完井,历时 63 d。H6 井总进尺 1391.88 m。

一开:2014 年 10 月 15 日,使用 Ø345 mm 三牙轮钻头^[1-2],采用膨润土钻井液,钻至井深 52.58 m,下入 Ø273 mm×8.89 mm 表层套管 52.88 m,钢级 J55,井口余留 0.30 m,采用 P. O42.5 普通硅酸岩水泥固井,使用水泥干粉 4.0 t,水泥浆平均密度 1.80 g/cm³,替清水 2.0 m³,水泥浆返至地面。2014 年 10 月 17 日固井完毕,该井段施工 3 d。

二开:2014 年 10 月 21 日,使用 Ø215.9 mm 三牙轮钻头,采用低固相泥浆,钻至井深 1020.59 m 时,换用饱和盐水作钻井液。钻至井深 1361.20 m 时,按建设方要求换用 Ø152 mm 取心钻头开始取心钻进,取心井段:1361.20~1374.00 m,取心进尺 12.80 m,岩心长 12.80 m,岩心采取率 100%,符合技术设计要求。至井深 1374.00 m 时,换 Ø152 mm 复合片钻头穿过第 7 盐层底板 20 m,二开完钻。之后进行地球物理测井,最大井斜 3.55°(1050.00 m 处),井底位移为 43.54 m。井身质量均符合设计及规范要求。

下生产套管及固井:下入 Ø177.8 mm×9.19 mm 生产套管 1361.40 m,钢级 N80,井口余留 0.20 m,下套管后进行固井作业,首先注前隔离液 5.0 m³,将 G 级油井水泥配制成水泥浆,其平均密度 1.80 g/cm³,注入井内固井,消耗水泥浆 51 m³,水泥干粉 60 t,注浆完毕后,放置压塞,替清水 25 m³,水泥浆返出地面,候凝 72 h。2014 年 11 月 5 日固井完毕。该井段施工 46 d。

三开:三开之前测固井质量,并进行管内试压(憋压 8.3 MPa,稳压 30 min,压降为 0.2 MPa,试压合格)。

11 月 8 日使用 Ø152 mm 复合片钻头钻进,扫水泥塞、浮箍、浮鞋,并进行管外试压(憋压 8.4 MPa,稳压 30 min,压降为 0.3 MPa,试压合格)。钻进至 1391.88 m 后进行循环建槽,11 月 16 日下入中心管 1370.38 m,该井段施工 8 d。

3.2.2 H5 定向井施工历程

H5 井于 2015 年 1 月 17 日开钻施工,至 2015 年 4 月 5 日连通成功,历时 79 d(包括钻井、下管、固井、候凝、扫孔、定向钻进、洗井)。H5 井总进尺

1541.20 m,7 号盐层中进尺 150.65 m,盐层钻遇率为 100%。施工过程如下:

一开:2015 年 1 月 17 日,使用 $\text{O}345$ mm 三牙轮钻头,采用膨润土钻井液,钻至井深 51.76 m,下入 $\text{O}273$ mm \times 8.89 mm 表层套管 51.81 m,井口余留 0.05 m,采用 P.O42.5 普通水泥 4.0 t 固井,替浆 2.3 m³,水泥浆返至地面。2015 年 1 月 19 日固井完毕,该井段施工 3 d。

二开:2015 年 1 月 23 日,使用 $\text{O}215.9$ mm 三牙轮钻头,采用低固相泥浆作钻井液,钻至井深 956.11 m 时,换用饱和盐水作钻井液;钻至井深 1150.00 m 直井段结束。

3 月 13 日开始用 $\text{O}215.9$ mm 牙轮钻头下入 $\text{O}172$ mm 螺杆钻具定向钻进,配合使用 MWD 随钻测斜仪监控井眼轨迹。至井深 1396.58 m 时二开完钻。之后进行地球物理测井,直井段最大井斜 2.9°(1060.00 m 处),直井段最大位移 17.78 m。井身质量符合设计及规范要求。

下入 $\text{O}177.8$ mm \times 9.19 mm 生产套管 1390.20 m,井口余留 0.20 m,钢级 N80。下套管后进行固井作业,使用 G 级油井水泥 64 t,水泥浆平

均密度 1.84 g/cm³,替浆 27.6 m³,水泥浆返至地面。2015 年 3 月 27 日固井完毕。之后进行管内试压(憋压 12.0 MPa,稳压 30 min,压降 0.3 MPa,试压合格)。下钻钻水泥塞、浮箍、浮鞋。进行管外试压(憋压 12.5 MPa,稳压 30 min,压降 0.3 MPa,试压合格)。

三开:4 月 3 日改用 $\text{O}152$ mm 复合片钻头,下入 $\text{O}120$ mm 螺杆钻具(1.75°)定向钻进,并使用 MWD 随钻测斜仪监控井眼轨迹。利用钻时、岩屑录井等方法进行地质导向,配合 MWD 随钻测斜仪,实时调控钻头沿着目的盐层方向水平钻进。4 月 5 日钻进至井深 1541.20 m 时,有明显变化(泵压下降),井口瞬间出现不返浆现象,直井井口有清水喷出,稍开阀门水流量大且急,证明与 H6 井成功对接,该井段施工 3 d。

3.3 钻具组合

H6 井是与 H5 井对接连通的生产配套井,根据该施工地区的地层特点,为防止井斜和缩径,采用塔式钟摆钻具组合方式^[3-4],满足了施工要求。钻具组合情况见表 3、表 4。

3.4 钻进参数

表 3 H6 直井钻具组合情况

Table 3 Drilling string for H6 vertical well

钻进井段	钻井深度/m	钻具组合
一开	52.58	$\text{O}345$ mm 牙轮钻头+变径接头+ $\text{O}342$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}342$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
二开	1361.20	$\text{O}215.9$ mm 钻头+变径接头+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}159$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
三 取心段	1374.00	$\text{O}152$ mm 取心钻具+变径接头+ $\text{O}121$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
开 不取心段	1391.88	$\text{O}152$ mm 复合片钻头+变径接头+ $\text{O}121$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆

表 4 H5 定向井钻具组合情况

Table 4 Drilling string for H5 horizontal well

钻进井段	钻井深度/m	钻具组合
一开	51.76	$\text{O}345$ mm 牙轮钻头+变径接头+ $\text{O}342$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}342$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
直井段	1150.00	$\text{O}215.9$ mm 钻头+变径接头+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}212$ mm 整体螺旋扶正器+ $\text{O}165$ mm 钻铤+ $\text{O}159$ mm 钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
造斜段	1390.00	$\text{O}215.9$ mm 钻头+ $\text{O}172$ mm 螺杆钻具+ $\text{O}159$ mm 无磁钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆
三开 水平段	1541.20	$\text{O}152$ mm 复合片钻头+ $\text{O}120$ mm 螺杆钻具(1.75°)+ $\text{O}121$ mm 无磁钻铤+变径接头+ $\text{O}89$ mm 钻杆+ $\text{O}108$ mm 主动钻杆

根据盐井地层情况,合理选用钻压、转速和泵量等参数,钻压值一般为钻铤重力的 2/3~4/5^[5-6],正常情况下选取的钻进参数见表 5、表 6。

3.5 钻井液

钻进过程中,一开采用膨润土钻井液,二开非含盐段采用低固相钻井液,进入含盐系地层改用饱和

盐水作钻井液,三开用饱和盐水作钻井液^[7]。饱和盐水钻井液在预水化4~5 h后,性能趋向稳定^[8-9]。钻井液性能见表7。

表5 H6直井钻进参数

Table 5 Drilling parameters of H6

钻进井段	钻头直径/mm	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	泵量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa
一开	345.0	10~40	45~65	20	2.0
二开	215.9	30~50	65~103	20	7.0~12.0
三开	152.0	20~30	45~65	20	10.0~12.0

表6 H5定向井钻进参数

Table 6 Drilling parameters of H5

钻进井段	钻头直径/mm	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	泵量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa	
直井段	一开	345.0	10~40	45~65	20	2.0
	二开	215.9	30~60	65~110	20	7.0~12.0
造斜段	二开		30~100	25.25	10.0~12.0	
水平段	三开	152.0	30~80	25.25	10.0~12.0	

3.6 定向钻探工艺

H5井采用MWD无线随钻测斜仪测量和控制钻头的行进方向,使其进入靶区,在定向钻进中进行钻井轨迹控制^[10]。在实际施工中,采用造斜率不同

表7 H5、H6井钻井液性能

Table 7 Drilling fluid properties for H5 and H6

层段	钻井液类型	密度/(g·cm ⁻³)	漏斗粘度/s	pH值	含砂量/%
一开	膨润土浆	1.10~1.15	30~40	7~9	3
二开	非含盐段 低固相	1.05~1.15	25~35	7~9	2
	含盐段 饱和盐水	1.20~1.25	25~35	8~10	2~3
三开	饱和盐水	1.20~1.25	25~35	8~10	2~3

的螺杆钻进,探管将井底参数传输至地面控制系统,系统将数据解析后反馈给轨迹控制人员,然后轨迹控制人员采取调整工具面、选择造斜率等手段对钻井轨迹进行控制。

在三开精确定向钻进过程中,临近靶点段,为了实现与靶区的精确对接,使用了中国地质科学院勘探技术研究所的“慧磁”导向技术,即在井底钻头与螺杆之间接入一个人工强磁信标,在靶点处下入探管传感器,用于接收磁信号,并将数据传递到笔记本电脑,采用软件分析钻头所处位置,进而引导其与靶点精确对接,提高对接成功率^[11-12]。

实际施工定向钻井全长391.20 m,水平穿盐段长150.65 m,井段造斜强度为 $I=0.3^{\circ}\sim 0.5^{\circ}/m$,满足设计要求。H5井实钻轨迹数据见表8。

表8 H5定向井实钻轨迹数据表

Table 8 Actual drilling trajectory data of H5

井深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	X坐标/m	Y坐标/m	Z坐标/m	水平位移/m	闭合方位/(°)	全角造斜率/[(°)·(30 m) ⁻¹]
1100	2.4	149.0	-14.50	13.30	1099.73	19.67	132.5	0.60
1120	2.3	151.0	-15.16	13.79	1119.71	20.49	132.2	0.19
1140	2.0	148.0	-15.77	14.23	1139.69	21.23	132.0	0.48
1160	2.4	342.0	-15.80	14.35	1159.69	21.34	132.2	9.01
1180	9.7	327.0	-13.96	13.28	1179.56	19.26	133.5	12.05
1200	17.9	320.5	-10.50	9.91	1198.85	14.43	133.3	9.64
1220	23.0	341.8	-4.79	5.99	1217.69	7.66	141.4	14.30
1240	29.2	355.6	3.60	3.42	1235.63	4.96	43.4	11.49
1260	32.3	7.8	13.91	2.79	1252.75	14.19	11.3	10.01
1280	34.2	12.6	24.67	3.67	1269.58	24.95	8.4	7.67
1300	39.2	13.6	36.48	5.32	1285.63	36.87	8.2	8.91
1320	44.0	12.2	49.60	6.86	1300.64	50.07	7.8	10.20
1340	49.0	10.5	64.05	8.12	1314.40	64.56	7.2	7.49
1360	56.0	11.8	79.85	9.45	1326.57	80.41	6.7	10.37
1380	63.4	15.5	96.98	11.73	1336.60	97.68	6.8	11.50
1400	69.8	10.6	115.14	14.4	1344.51	116.03	7.0	13.10
1420	73.4	9.5	134.05	15.21	1350.95	134.91	6.4	9.95
1440	79.0	11.7	153.31	17.27	1355.89	154.28	6.4	13.52
1460	83.6	7.4	173.04	18.44	1358.86	174.02	6.0	8.50
1480	82.3	3.3	192.91	18.24	1361.11	193.77	5.4	8.67
1500	81.4	7.2	212.75	17.84	1363.61	213.49	4.7	12.06
1520	83.4	11.5	232.51	18.98	1366.41	233.29	4.6	7.78
1540	85.0	14.0	252.25	21.25	1368.63	253.15	4.8	7.20

H5 井轨迹水平投影图见图 2。H5 井轨迹垂直投影图见图 3。对接井立体投影图见图 4。

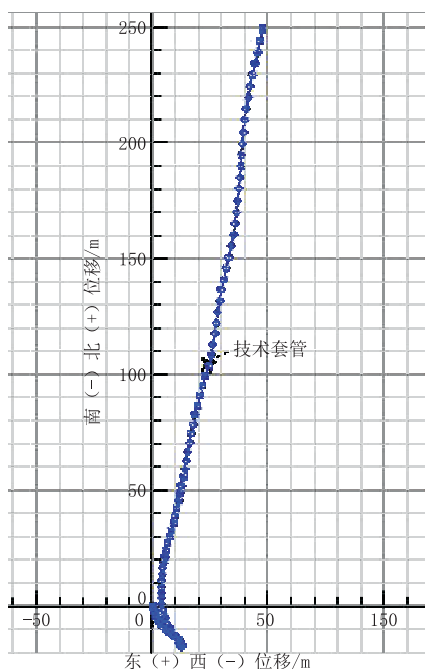


图 2 H5 定向井轨迹水平投影图

Fig.2 Horizontal projection of H5 trajectory

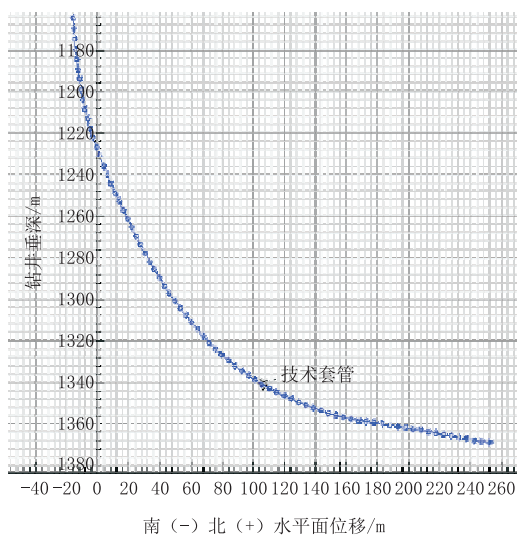


图 3 H5 定向井轨迹垂直投影图

Fig.3 Vertical projection of H5 trajectory

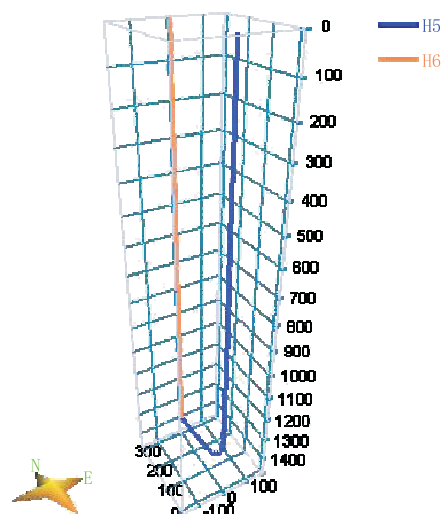


图 4 对接井立体投影图

Fig.4 3D projection of the well unit

(2)施工过程中,每班派专人清理循环系统,并监测钻井液性能,钻井液中的固体颗粒对工具的危害性很大^[13]。发现钻井液性能变化后及时调整,保持钻井液性能稳定。

(3)补充钻井液或调整钻井液性能时,严禁将清水直接注入钻井液池,必须将钻井液按比例搅拌均匀后放入钻井液池,以防井壁失稳。

(4)压力平衡护壁:在施工过程中,保持井内钻井液面在井口,提钻或漏失时,由专人负责回灌钻井液,以保持井内压力平衡,防止井壁失稳。下钻时要稳、慢,以防挤压和激振力破坏井壁。提钻时,保持慢慢提钻,以维护井壁稳定。

4.1.2 防止埋钻措施

(1)保证钻井液性能,做到及时清渣,及时调整钻井液性能。

(2)钻井回次终了,利用大排量排渣,时间 ≤ 10 min,以防埋钻。

(3)更换泵件或修理泥浆泵无论时间长短,都必须将井内钻具提高,以防埋钻。

(4)停待过程中,初次下入钻具离井底 5 m 开始冲孔,时间 ≤ 30 min 直至到井底,以防糊钻。

4.1.3 防止缩径措施

加强短起下钻和长起下钻是预防缩径卡钻的重要措施。严格执行盐层钻井技术措施,严防因盐层蠕变缩径造成卡钻。

4.1.4 防止粘钻措施

(1)钻井液密度不宜大于 1.2 g/cm^3 ,失水量不

4 钻井关键技术与质量保证措施

4.1 钻井技术措施

4.1.1 护壁措施

(1)H6、H5 井一开均使用膨润土浆作为钻井液,三牙轮钻头钻进;二开、三开均采用低固相、饱和盐水作为钻井液,PDC/三牙轮钻头钻进至完钻。

宜大于 15 mL/30 min,漏斗粘度控制在 25~35 s。

(2)泥皮厚度 \geq 1.5 mm。

(3)井深 $>$ 800 m时,钻具在井内静止时间严禁超过 3 min。

4.1.5 定向钻进技术措施

井内下有螺杆、MWD 随钻仪器,所以起下钻一定要保持匀速,严格控制下放速度,严禁猛提钻具,正常钻进送钻要均匀。加尺时司钻密切注意悬重与下放或上提阻力的变化,如果幅值变化超过正常值要马上汇报,及时分析水平段是否出现掉块、岩粉上返不畅等情况。钻机和泥浆泵由专人看管和操作,随时观察泵压的变化,如发现泵压突然偏高或降低,必须马上停泵检查,同时将钻具提离井底不少于 3.0 m。定向钻进时钻杆锁死不允许多转动,司钻严格按照要求的工具面值进行钻进。每班经常测试钻井液性能,并观察岩粉上返情况及岩屑量,及时分析井内排屑是否干净,严防岩屑卡钻事故发生。

4.2 质量保证措施

4.2.1 直井段防斜措施

(1)钻塔基础要用混凝土浇筑达到设计要求,做到牢固、水平、周正。

(2)安装钻机要保证周正、稳固、水平,并确保天车中心、转盘中心和井口三点一线。

(3)开孔阶段,钻进时要轻压、慢转,控制好进尺速度,确保开孔段垂直。

(4)合理搭配钻具组合:大口径盐井采用钻铤加压,用扶正器导正,并且通过现场计算,使中和点在钻铤上部 2/3 处。

(5)合理控制钻压,正常钻进时钻压不超过钻铤总重力的 2/3,严禁盲目加压。

(6)测斜:开钻 50 m、正常钻进每 100 m 及时测斜,下套管、换径处测斜,必要时加密测斜。发现井斜超差及时采取措施予以纠正,保证后续正常施工。

4.2.2 下套管措施

(1)下套管前充分循环钻井液和调整钻井液性能,仔细丈量套管,每根套管要至少丈量 2 次,把套管的误差减少到最低限度,然后用红漆标出每根套管的长度。下套管时,必须专人核对每根套管的入井编号,并监督每根套管入井时丝扣上紧程度。

(2)严格控制下套管速度:在稳定地层井段,均匀下管,不稳定地层井段的下管速度要 $<$ 0.3 m/s。下管过程中,为防止吸附卡管,井管在井内的静止时

间不能超过 3 min,若超过 3 min 必须上下活动井管。下套管时,时刻注意拉力表数值,若发现井内阻力大,应上下活动井管。

(3)井管遇阻,上下活动和缓慢转动井管无效时,应将井管提出,清除井内障碍。

4.2.3 固井措施

(1)固井设备在施工前须进行全面检查,地面管线必须试压,以确保施工的连续性。固井注水泥浆和替浆要连续作业,中途不得间断。须连续测量水泥浆密度,以确保水泥浆密度的稳定性。每次固井必须计算好水泥用量,连续作业,保证水泥浆返出地面。

(2)注水试压:①表层套管固井水泥浆返出井口,但固井水泥需候凝 72 h 后,方可继续钻进。②技术套管固井候凝 72 h 后,进行管内外试压。先钻水泥塞至最下部一根套管中部时,进行管内试压;然后钻水泥塞出套管鞋 0.3~0.5 m,进行管外试压。技术套管内外均注水试压至 8 MPa,30 min 内压力降幅 $<$ 0.5 MPa 为合格^[14-15]。

(3)技术套管固井后,需进行声幅测井,检查固井质量。

4.2.4 录井措施

(1)岩屑录井是建立地层柱状的依据,也关系到钻井施工等相关作业。本井施工严格按照《固体矿产勘查原始地质编录规程》(DZ/T 0078-2015)的要求,加强录井前的各项准备工作。

捞取岩屑严格按照录井规范做到不漏包,不丢包;清洗岩屑根据不同岩性采用不同工具和方法,保证岩屑的数量和质量。

岩屑描述实行专人负责,同时参考钻时等有关资料,准确鉴定岩屑,为建立地层柱状提供可靠的基础资料。

(2)从井深 1030.00 m 开始进行钻时录井,每 1 m 记录钻时 1 次,共记钻时 511 个,为绘制钻时曲线、划分地层提供了准确数据。

4.3 两井连通对接技术措施

4.3.1 下钻前措施

(1)认真检查螺杆钻具旁通阀是否正常,并且进行试运转。

(2)安排专人对下入钻具内外径进行丈量,并按下入顺序做好记录。

(3)简化钻具结构,防止钻具粘卡。

4.3.2 连通前工作(人工磁导向)

(1)组合钻具,将磁接头安装到马达和钻头之间。

(2)将探头下放到直井预定位置。

(3)安装并测试信号传输设备,确认一切工作正常。

(4)将钻具下放到水平井开始连通操作。

4.3.3 起、下钻操作注意事项

(1)下钻前测试钻井液性能参数,确保井内无异常后下钻。

(2)下钻时要逐步加压,控制速度,遇阻后及时上下活动钻具,不能解决时先将钻具起出,不能用螺杆钻具划眼。

4.3.4 对接钻进技术措施

(1)螺杆钻具下入距离井底 0.50 m 左右,不得下到井底,启动螺杆钻具前先循环钻井液,清洗井底,防止岩屑等泥包钻头。

(2)启动螺杆钻具时记录泵压表最初读数。

(3)钻进时按螺杆设计值平稳加压,加压过快容易引起螺杆马达憋死。钻进过程中时刻注意泵压值,保持钻压、泵压处于稳定状态。控制钻速不能过快,保证螺杆使用寿命。

(4)造斜率:本次水平井共采用两次造斜,第一次造斜造斜率为 $0.4^{\circ}/\text{m}$,钻至顶角 66.7° 。第二次造斜($\text{O}152\text{ mm}$)从套管鞋外开始,钻至井斜 83° ,继续钻进直至与直井连通。

(5)钻进过程中,如果泵压突然降低,可能是旁通阀没有关闭、钻杆断裂或者井漏等造成的。如果泵压过高,则可能是钻头水眼被堵或螺杆滞动传动轴被卡死,此时泵压要比设计值高得多,如地表无法排除故障时,要立即起钻。

4.3.5 连通对接

钻进井深 1541.20 m 处,泵压出现明显下降,直井井口有清水喷出,说明两井对接连通成功。

5 结语

(1)大汶口盆地岩盐资源层数多、厚度大,岩盐与石膏互层产出,通过收集以往该地区施工资料,准确预测钻遇盐层位置,对于对接井顺利施工具有重要意义。

(2)通过岩屑录井、钻时录井等地质录井方法获取地质资料,建立钻井地层柱状图,对之后的定向井

钻进起到地质导向作用。

(3)岩盐易溶于水,钻进过程中通过合理选择钻井液种类、配比及性能参数等,保持井壁稳定对正常钻进至关重要。

(4)MWD 无线随钻测斜仪能够即时测量钻头轨迹,数据更直观,搭配螺杆钻具,能够精准地控制钻进方向,极大地提高了如采卤对接井等具有特殊要求的定向钻井的成功率。

参考文献(References):

- [1] 武程亮.对接井钻井靶点位置问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(1):58-60,65.
WU Chengliang. Discussion on drilling target location of connected wells[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(1):58-60,65.
- [2] 张明,何满潮,王庆晓.河南桐柏采碱对接井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(5):52-54.
ZHANG Ming, HE Manchao, WANG Qingxiao. Construction tech. of Tongbai mining connection wells for extracting Trona in Henan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2005,32(5):52-54.
- [3] 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.
ZHONG Yufang, ZHAO Yan. Construction of 2-1 salt well in Ningjin-Xinji exploration area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(7):24-27.
- [4] 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.
XIANG Junwen, HU Hanyue. The application of accurate target technology of domestic directional butted-wells in salt mine [J]. China Well and Rock Salt, 2010,41(5):16-18.
- [5] 宫如刚,曹福德,曹文忠,等.土耳其贝帕扎里天然碱矿水平对接井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):19-21.
GONG Rugang, CAO Fude, CAO Wenzhong, et al. Technology of horizontal butted well construction in Beypazari Natural Alkali Mine of Turkey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(7):19-21.
- [6] 倪善海,刘阳,苗军辉.JS6 与 JS5 水平定向井连通施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(2):51-52,54.
NI Shanhai, LIU Yang, MIAO Junhui. Abutting technology for horizontal directional well of JS6 and JS5[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(2):51-52,54.
- [7] 徐培远,袁志坚.青海盐溶地层钻探卤水水泥浆配方研制及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):41-44.
XU Peiyuan, YUAN Zhijian. Development and application of brine mud formula in salt soluble formation in Qinghai[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(6):41-44.

(下转第 43 页)

- 交流年会.中国地质学会探矿工程专业委员会,2015:424-430.
TAO Shixian, LI Xiaodong, JI Weijun, et al. Research and application of film-forming and anti sloughing solid free flushing fluid[C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:424-430.
- [9] 李樊义,单文军,徐兆刚,等.成膜防塌无固相钻井液体系在金鹰矿区 ZK1146 井中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):16-30.
LI Fanyi, SHAN Wenjun, XU Zhaogang, et al. Research and application of solid free film-forming and anti-sloughing drilling fluid system in Well ZK1146 of Jinying Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(10):16-30.
- [10] 刘春生,李晓东,陶士先,等.张家口地应力测量钻探工程冲洗液技术应用[J].西部探矿工程,2017,29(10):45-48.
LIU Chunsheng, LI Xiaodong, TAO Shixian, et al. Application of drilling fluid technology in drilling works for Zhangjiakou geo-stress measurement[J]. West-China Exploration Engineering, 2017,29(10):45-48.
- [11] 李晓东,柯玉军.甘肃金昌龙首矿坑道钻探冲洗液对策[J].地质装备,2018,19(4):21-24.
LI Xiaodong, KE Yujun. Tunnel drilling fluid solution for Longshou Mine, Jinchang, Gansu [J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(4):21-24.
- [12] 祁新堂,贾永祥.河南省郑县姚庄煤矿普查钻探施工措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):32-34.
QI Xintang, JIA Yongxiang. Survey drilling construction measures in a coalmine of Henan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(8):32-34.
- [13] 王江平.嵩县大王沟钼矿区破碎地层金刚石绳索取心钻进实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):40-42.
WANG Jiangping. Practice of diamond wire-line coring drilling in broken formation of Dawanggou Molybdenum Mining Area in Song County[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(10):40-42.
- [14] 祁新堂.河南舞阳铁矿铁古坑矿段岩心钻探施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):22-24.
QI Xintang. Coring drilling technology of iron mine in Wuyang of Henan Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(5):22-24.
- [15] 孙丙仑,陈师逊,陶士先.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
SUN Binglun, CHEN Shixun, TAO Shixian. Discussion and practice on wall protection with slurry in deep-hole drilling in complicated formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(5):13-16.
- [16] 祁新堂,冯军山,李耀辉,等.河南省舞钢市王楼铁矿详查钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):19-22.
QI Xintang, FENG Junshan, LI Yaohui, et al. Construction technology of detailed survey drilling in Wanglou Iron Ore Area of Henan Wuyang[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(7):19-22.
- (编辑 韩丽丽)
-
- (上接第 37 页)
- [8] 张长茂,鲍洪智.饱和水泥浆在河南桐柏碱矿定向对接井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(5):50-51.
ZHANG Changmao, BAO Hongzhi. Application of cement slurry in directional butted well in Tongbai Alkali Mine in Henan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(5):50-51.
- [9] 刘翠娜,纪卫军,李晓玮,等.盐水钻井液配制方法对其性能的影响[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):33-36.
LIU Cuina, JI Weijun, LI Xiaowei, et al. Influence of the preparation method on saltwater drilling mud properties[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(1):33-36.
- [10] 胡汉月.对接井靶区建槽若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):20-23.
HU Hanyue. Discussion of cavity development in the target area of intersection well pair[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(7):20-23.
- [11] 商敬秋,武程亮,刘汪威,等.无建槽直井的定向中靶作业[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):13-16.
SHANG Jingqiu, WU Chengliang, LIU Wangwei, et al. Oriented target-hitting operation for vertical well without cavity building[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(1):13-16.
- [12] 武程亮,商敬秋,陈剑垚,等.两水平井“点对点”精确中靶对接施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):4-7.
WU Chengliang, SHANG Jingqiu, CHEN Jianyao, et al. Accurate “Point to Point” target butting of two horizontal wells[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(5):4-7.
- [13] 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.
XU Bo. Application of combination of PDM and PDC bit in directional well in Erdos[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(10):16-17,35.
- [14] 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.
WANG Qiang, CHAI Suxian, DONG Mei. Construction technology of directional butting connection for salt well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(11):13-16.
- [15] 张新春.水平定向井技术在广东某盐井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(2):48-50.
ZHANG Xinchun. Application of horizontal directional well technology in a salt well in Guangdong[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(2):48-50.
- (编辑 韩丽丽)