

# 老盐井组井型互换再利用工程实践

郭家轩, 张旭, 胡志兴

(河北省煤田地质局第二地质队, 河北 邢台 054001)

**摘要:**水平钻井连通水溶采卤一直是开采井矿盐资源最常用和最经济有效的手段,但由于地层条件复杂、饱和卤水结晶、套管破损等因素造成盐井组采卤运行过程中通道堵塞,一直是制约盐井组运行年限的主要原因。近些年,对堵塞井组修治常用方法有憋压、通井、开窗侧钻,其中水平井开窗侧钻重新对接现有溶腔在很多盐田区块修井中被广泛应用。在河北宁晋石盐田Y2-Y4井组修井过程中,存在老溶腔无法再利用的情况,此时老溶腔成为井组二次对接的“累赘”。在该区块首次采用井组井型互换(水平井改直井,直井改水平井)的方法,避开了老溶腔,实现了老井组的再利用。

**关键词:**盐井;溶腔;水平对接井;盐井堵塞;井型互换;开窗侧钻;老井组再利用

**中图分类号:**P634.7;TD87 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)06-0007-08

## Interchange of well types in the old salt mining well set for reuse

GUO Jiakuan, ZHANG Xu, HU Zhixing

(Hebei Coalfield Geology Bureau Second Geological Team, Xingtai Hebei 054001, China)

**Abstract:** Solution mining with intersected wells by horizontal drilling technology has always been the most commonly used and economic and effective means for mining salt resources. However, the salt mining well set is prone to the channel blockage in the process of brine extraction due to the complex formation conditions, saturated brine crystallization, casing damage and other factors, which restricts the service life of the horizontally connected salt well set. In recent years, the commonly used methods for the repair and treatment of blocked well sets are pressurizing, scraping, and window milling. Among them, window milling from horizontal wells is widely used for workover in many salt field blocks. During workover of Well Set Y2-Y4 at Shiyantian, Ningjin, Hebei province, it was found the existing mining cavern can not be reused, and was an obstacle for the second-time intersection of the well set. It was the first time that the two wells were switched in type (changing horizontal well into vertical well and vertical well into horizontal well) to by-pass the existing cavern to realize the reuse of the old well set in this block.

**Key words:** salt wells; mining cavern; horizontal connection wells; blocking of salt wells; interchange of well type; window milling; reuse of old well set

### 1 概述

井矿盐是陆地上的盐类物质被地表水或地下水携带而积聚于内陆盆地,在炎热干旱、蒸发量大于水体补给量的条件下,盆地内含盐的水体不断蒸发、浓缩,沉积为巨大的盐类矿床。水平对接井在盐井作业中被广泛采用,具有产量大、投产快、开采

成本低和开采周期长等优点<sup>[1]</sup>,但开采过程中也时常发生井堵。

一般处理井组堵塞常用的方法有压井、通井、水平井侧钻开窗重新对接已有溶腔<sup>[2]</sup>。对于原有通道彻底堵死的情况,重新开窗二次对接原溶腔是最有效的方法,大部分堵塞井组通过该方法获得了

收稿日期:2020-08-12; 修回日期:2020-12-08 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.06.002

作者简介:郭家轩,男,汉族,1993年生,助理工程师,测控技术与仪器专业,主要从事定向钻井施工技术与管理,河北省邢台市高开区河工大科技园,375124239@qq.com。

引用格式:郭家轩,张旭,胡志兴.老盐井组井型互换再利用工程实践[J].钻探工程,2021,48(6):7-14.

GUO Jiakuan, ZHANG Xu, HU Zhixing. Interchange of well types in the old salt mining well set for reuse[J]. Drilling Engineering, 2021,48(6):7-14.

“重生”。但对于老直井(目标井)无法与自身老溶腔连通,老水平井若开窗侧钻二次水平连通老溶腔也无法形成有效U形通道的情况,应避开老溶腔,重新建立新溶腔。河北宁晋石盐田Y2-Y4井组修井过程中,就存在老溶腔无法再利用的情况,此时老溶腔成为井组二次对接的“累赘”。在Y2-Y4井组首次采用了水平井-直井井型互换的方法,成功二次连

通,使老井组“复活”。

## 2 老井组情况

### 2.1 Y2-Y4井组井身结构及轨迹数据

Y2-Y4老井组井身结构见表1,第一次连通数据情况见表2、图1和图2。

表1 Y2-Y4井组井身结构

Table 1 Structure of Well Set Y2-Y4

井号	序号	钻 孔		套 管	
		钻头直径/mm	井段/m	套管外径×壁厚(钢级)/mm	井段/m
Y2	1	345.0	0~501	273.1×8.89(J55)	0~500
	2	241.3	501~2668.34	177.8×9.19(N80)	0~2668.34
	3	152.4	2718.11~2846.06	139.7×10.54(P110)	2668.34~2835
Y4	4	346.1	0~530.48	273.1×8.89(J55)	0~530.15
	5	241.3	530.48~2878.13	177.8×9.19(N80)	0~2873.64
	6	152.4	2878.13~3080.50	裸眼	2878.13~3080.50

表2 Y2、Y4井组轨迹数据

Table 2 Trajectory data of well Y2 and Y4

井号	井深/ m	井斜角/ (°)	方位角/ (°)	垂深/ m	南北位 移/m	东西位 移/m	投影位移/ m	“狗腿”度/ [(°)·(30 m) <sup>-1</sup> ]	闭合方位/ m	闭合距/ m
Y2	500	0.49	182.34	499.98	-3.05	2.60	-3.21	0.12	139.56	4.00
	1000	0.41	331.67	999.97	-3.35	2.47	-3.15	0.05	143.68	4.16
	1500	0.60	239.30	1499.96	-3.81	-0.83	-0.04	0.18	192.29	3.90
	2500	0.73	325.09	2499.92	-6.21	-6.75	5.20	0.17	227.41	9.17
	2850	1.82	353.71	2849.83	0.92	-7.71	7.72	0.14	276.80	7.76
Y4	600	0.21	178.20	600.00	-0.04	0.02	0.04	0.06	156.02	0.04
	1000	0.48	244.50	1000.00	-0.62	-0.60	0.34	0.04	224.01	0.86
	1500	1.04	182.00	1499.93	-7.26	-2.70	5.67	0.07	200.37	7.75
	2000	0.38	80.00	1999.90	-11.06	-0.96	9.84	0.17	184.98	11.10
	2500	1.19	356.80	2499.82	-3.57	-1.02	2.90	0.07	196.00	3.72
	2620	1.49	6.77	2619.80	-1.10	-0.46	0.84	1.28	202.87	1.19
	2760	34.95	169.14	2752.76	-35.67	5.45	35.02	9.38	171.32	36.08
	2920	80.80	153.07	2830.20	-163.51	46.86	168.96	8.56	164.01	170.09
	2940	85.82	151.00	2832.49	-181.05	56.18	188.73	8.13	162.76	189.56
	2960	86.72	151.02	2833.76	-198.45	65.95	208.56	1.35	161.62	209.12
	3060	86.66	148.30	2840.57	-285.27	115.06	307.58	2.29	158.03	307.60
3080	86.02	147.41	2841.83	-302.16	125.71	327.26	1.64	157.41	327.26	

注:因篇幅有限,将数据采值间隔扩大。

井组连通初期,两井下入中心管及安装采卤井口,首先保证井组通道持续注水出卤,并将井内泥浆

全部顶替出井,待注水量逐渐增大,注水压力也随之逐渐降低,采注循环稳定下来后,将注水和采卤管线

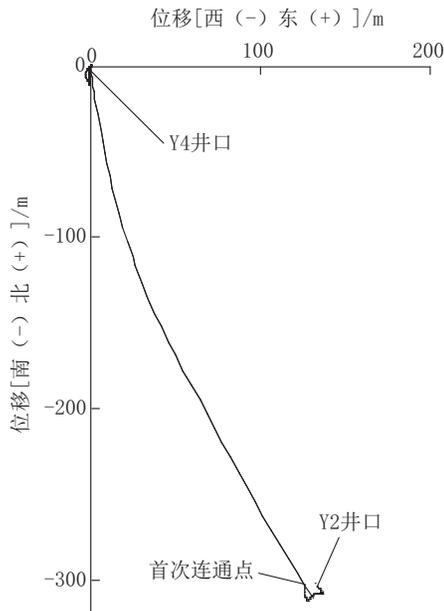


图 1 Y2-Y4老井组连通水平图

Fig.1 Connection plan view of existing Well Set Y2-Y4

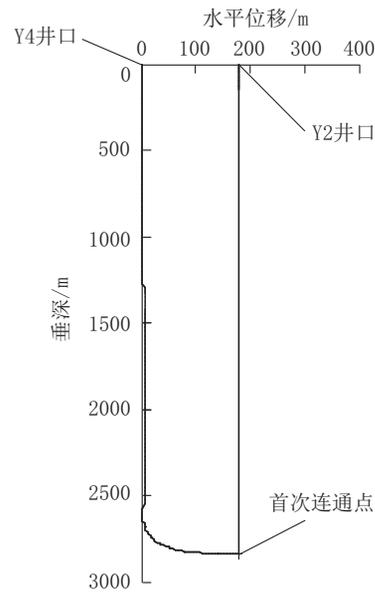


图 2 Y2-Y4老井组垂直图

Fig.2 Vertical view of existing Well Set Y2-Y4

与制盐车间对应管线切换连接,成功将整个井组循环采卤系统交由制盐车间管理,车间正常采卤生产。

### 2.2 施工主要设备

井组施工投入的设备情况见表 3。

表 3 Y2-Y4井组施工设备

Table 3 Drilling equipment for Well Set Y2-Y4

序号	名称		型号	规格	数量
1	钻机		ZJ-20	3000 m	2台(套)
2	井架		JZ170-41	41 m	2套
3	循环系统	泥浆泵	QZ-3NB800	800 kW	4台
4	动力系统	1号电动机	HM2-355L3-6	280 kW	2台
		2号电动机	HM2-315L2-4	200 kW	2台
5	发电机组	发电机	12V190-GF800-1	800 kW	2台
6	固控系统	振动筛	ZS32YNS-D		2台
		除砂器	旋流除砂器		2台
		除泥器	旋流除泥器		2台
7	定向仪器	海蓝 MWD	YST-48R	Ø48 mm/Ø38mm	2串
		慧磁 RMRS	SpectaMag-6	Ø45 mm	1套

### 2.3 钻头选取及钻具组合

一开直井段选用牙轮钻头,适合大钻压、大泵量、快速钻进,从而提高钻效,缩短工期。

二开直井段选用 PDC 钻头,该钻头适合软到中硬度岩层,能适应高转速、低钻压的钻进工况,且使用寿命长,能减少起下钻次数以缩短工期<sup>[3]</sup>。但进入定向增斜段后,由于 PDC 钻头特有的切削机理,钻进过程中会出现严重的托压,不仅影响造斜率也

影响工期,因此钻至造斜点时应起钻更换牙轮钻头。

水平段多采用 PDC 钻头,可以有效地运移钻屑,清洗钻头,防止钻头泥包,提高机械钻速,其螺旋保径设计、轨道布齿设计、缓冲块设计能保证钻头抗回旋性能<sup>[4]</sup>。

Y4井采用的钻具组合如表 4 所示(Y2井钻具组合大致相同,不再赘述)。

表4 Y4井钻具组合

Table 4 Drilling stem for Well Y4

序号	开次	井段/m	钻具组合
1	一开	0~530.48	Ø346.1 mm牙轮钻头+Ø203 mm钻铤×6根+Ø159 mm钻铤×6根+Ø127 mm钻杆
2	二开 (直井段)	530.48~2625.00	Ø241.3 mmPDC钻头+Ø165 mm螺杆+止回阀+Ø159 mm钻铤×9根+Ø127 mm钻杆
3	二开 (定向段)	2620.15~2878.13	Ø241.3 mm牙轮钻头+Ø165 mm弯螺杆+止回阀+Ø165 mm无磁钻铤+Ø127 mm加重钻杆 150 m+Ø127 mm钻杆
4	水平段	2878.13~3080.50	Ø152.4 mm牙轮钻头+Ø120 mm弯螺杆+止回阀+Ø120 mm无磁钻铤+Ø89 mm加重钻杆 150 m+Ø89 mm钻杆 <sup>[5-6]</sup>

### 3 老井组堵塞原因分析和修井过程

#### 3.1 通道堵塞及原因预测

Y2-Y4井组正常采卤一段时间后,返卤量逐渐变得较小,注水压力逐渐增高,井组通道堵塞。

分析井组通道堵塞原因主要有如下几个方面。

(1)井口管道和井筒套管内可溶盐析出结晶堵塞。因出卤方向是自井底至井口,地温不断降低,在卤水通过返卤井上升至地面的过程中,随着地温逐渐降低,盐溶解度逐渐降低,很容易形成晶体析出附着在管道阀门不光滑部位或变径处,附着或沉积在管道内壁,产生堆积,缩小甚至堵塞流动通道引起盐结晶堵井<sup>[7]</sup>。

(2)地层蠕动、地震等地质活动引发的夹层坍塌。在长期的采卤建腔生产活动中,由于盐岩层纯度低,夹层多,而夹层的存在会导致腔壁变形不协调,蠕变速率不一致,因此可能会在交界面发生剪切破坏,从而产生较多的裂隙,造成坍塌。同时,井下复杂的地质活动,也会造成夹层坍塌,如地震、溶腔采空区顶板暴露、盐层蠕动等一系列诱因,会引发夹层坍塌<sup>[8]</sup>。夹层坍塌同时会导致套管挤毁错断、中心管变形、坍塌夹层沉渣涌入通道,从而导致U形通道堵塞。

(3)套管损坏导致的通道堵塞。套管腐蚀是现有盐井存在的普遍问题,穿孔漏失、强度降低、管体变形、开口错位等是套管腐蚀后的主要表现<sup>[9]</sup>。盐井套管和中心管使用的钢材料,在卤水中极易被腐蚀,腐蚀形式包括酸腐蚀、电化学腐蚀和氧化腐蚀等。在偏酸性卤水中,酸性物质与钢材料发生反应,pH值越低,腐蚀速率越大。以及上文提到的地层运动、夹层坍塌所引起的套管损坏的连锁反应。

#### 3.2 Y2井通井解堵作业

老井组发生堵塞初期,采卤车间首先采用调整注水量的方法,以便将堵塞的通道再次溶通,该方法未能奏效。后采用倒井反注的方法也无法再次建立有效循环。随后又使用柱塞泵在井口进行压裂解堵,最高压力至26 MPa,持续打/憋压数天未能解堵,最终井组通道彻底堵塞。

在采卤车间采用地面手段均无法使老井组再次连通的情况下,决定对Y2井进行通井修井作业。

##### 3.2.1 通井修井施工过程

(1)修井车通井。先使用XJ350型修井车进行通井作业,使用Ø60 mm配水管通井,始终无法通井至井底。通至井深2580 m左右遇阻,采用加大排量、活动钻具等措施未能通至井底,随后修井车撤场,配水管通井作业结束。

(2)通井修井作业。下钻具(此次未携带钻头)通井至1610 m遇阻,同时憋泵无法建立循环,提钻发现钻具内砂堵。

(3)第一次钻扫。下入两翼刮刀钻头,本次下钻至2273 m遇阻,开始冲扫孔,期间返出大量砂样。冲扫至2476.72 m,发生井喷,且井喷后井口一直有卤水涌出,共返出卤水约500 m<sup>3</sup>。提钻后发现下部钻杆被岩粉堵死。

(4)第二次钻扫。本次下钻至2395 m遇阻,较上次井喷砂面上涨81.72 m,冲扫至2803 m,冲扫阻力变大,且钻机出现憋钻现象,提钻后发现钻头有台阶状损伤,且期间返出大量岩粉。

(5)第三次钻扫。本次下钻至2745 m遇阻,较上次砂面上涨58 m,期间活动钻具,开泵冲扫出岩粉10余 m<sup>3</sup>,钻头堵塞。

(6)第四次钻扫。本次下钻在2680 m处遇阻,

较上次砂面上涨65 m,冲扫至2784 m遇阻无进尺,提钻后发现钻头磨损严重,在此期间,返砂量很大,达到0.375 m<sup>3</sup>/h,岩性主要是泥岩碎屑。

(7)第五次钻扫。本次下入 $\varnothing 108$  mm铣锥,下钻到2717 m处遇阻,较上次砂面上涨67 m,冲扫至2794 m,憋泵严重,且冲扫进尺慢,提钻检查钻具,期间返砂量较大。

(8)第六次钻扫。本次下入四翼刮刀钻头,在2727 m处遇阻,较上次砂面上涨67 m,后继续冲扫,钻扫至2810 m时发生井涌,出水7~8 m<sup>3</sup>,出砂约5 m<sup>3</sup>,卤水呈黑色且粘稠。此次钻扫顺利通过2803 m卡点,当下至2835 m时遇阻,探底冲扫至2848.7 m,起钻后发现钻具断裂,井底“落鱼”60 m。

(9)打捞“落鱼”。下入公锥打捞“落鱼”,下钻至2727 m遇阻,较上次砂面上涨121.7 m,冲扫至2738 m遇阻再无进尺,后起钻。

### 3.2.2 本次通井修井失败原因分析

地质运动、溶腔扩大导致薄夹层暴露等从而使夹层坍塌产生的细碎沉渣以及盐层溶解过程中留下的不溶物质增多;含气量较多地层因溶腔扩展溶解裸露后释放其中高压气体,使得套管内外压力差很大;以上2种因素综合作用下,使得沉渣不断融入套管内,其反映出的现象是:多次钻扫冲砂后,砂面仍不断上涨;一旦套管通道与溶腔存在通道,瞬间压力差又会导致井喷及砂涌再次堵塞套管与溶腔之间的通道,使得原有U形通道一直无法实现再次连通,堵塞模型分析见图3。对Y2井套管内的通井工作以失败告终<sup>[10]</sup>。

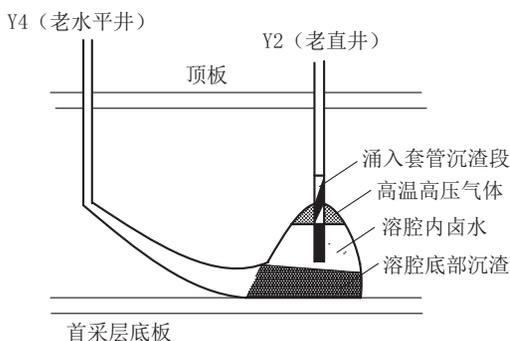


图3 Y2井(直井)堵塞模型

Fig.3 Blockage model of Well Y2 (vertical well)

## 3.3 Y2井开窗侧钻建立新轨迹(避老腔建新腔)

### 3.3.1 开窗侧钻方案及施工

在Y2井套管内通井作业未能建立有效通道,

实现老井组溶腔再利用的情况下,商议决定对Y2井进行开窗侧钻重新建立新腔的方案。该方案技术难点及关键节点为:(1)顺利开窗且窗口可以保证 $\varnothing 152.4$  mm钻头通过;(2)侧钻防碰<sup>[11]</sup>;(3)避开“葫芦状”老溶腔;(4)按照设计轨迹钻进至靶点;(5)成功坐挂尾管且保证固井质量;(6)有效建立新溶腔。

井队先后进行刮削套管作业,在井深2635 m处下入桥塞并成功坐封,同时下入斜向器坐封于井深2576 m处,下入 $\varnothing 153$  mm铣锥钻头成功开窗后定向钻进至井深2707.4 m处<sup>[12]</sup>,发生井喷,此时Y2井新轨迹距离Y2老井套管约有10 m的空间距离,同时老井组生产采卤溶腔通道垂深2841 m,井喷点垂深差距约136 m。

Y2井继续沿用水平井设计开窗侧钻建立新轨迹的方案失败。

### 3.3.2 本次施工失败原因分析

盐层厚度在100 m以上的水平对接盐井井组,其主生产期基本在竖直溶腔内进行,竖直溶腔形状受采区的夹层厚度和水不溶物含量等矿石特性影响,同时夹层坍塌及套管与井壁环空水泥环脱落导致溶腔不断上窜,从而形成以直井为中心多个“锅底”状不规则圆柱形溶腔(葫芦状)<sup>[13]</sup>,其模型见图4。此时,直井开窗侧钻后无法避开老溶腔上窜形成的空腔体,导致井喷,致使Y2直井小角度开窗侧钻避开老腔建立新腔的方案失败。

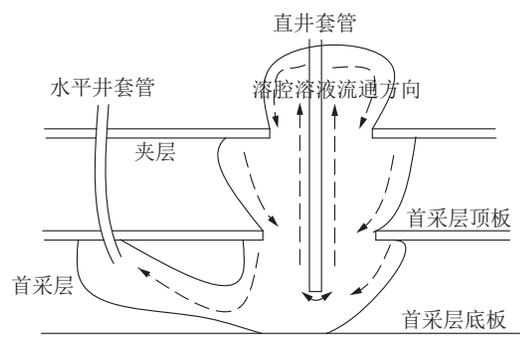


图4 “葫芦状”溶腔模型

Fig.4 “Gourd” cavity model

## 4 井组井型互换实现井组“复活”

### 4.1 井型互换方案

在Y2井通井方案无法处理直井套管内沉渣面上涨问题和Y2井开窗侧钻小角度位移无法有效避开老腔的前提下,研究决定采用老井组井型互换

(Y2直井改为水平井,Y4水平井改为直井)的方案,旨在彻底抛弃并远离Y2井底的老溶腔,最大程度利用老井价值,重新建立轨迹和新溶腔,以达到老井组再利用的目的。这是老井组井型互换方法在本区块的首次应用。

本区块首次采用直井开窗侧钻后定向双增轨迹曲线(直-增-稳-增-平)的实钻轨迹,旨在利用大角度井斜走大位移以达到最大程度避开老溶腔上窜形

成的“葫芦状”溶腔的目的,对于设计轨道需绕腔的复杂井,要与地质、矿藏开发工程师对已开采形成溶腔进行分析计算,实钻轨迹需安全绕腔,才能实现对剩余矿藏有效开采<sup>[14]</sup>。同时其轨迹曲线又要满足水平对接盐井组中定向水平井的轨迹要求,包括防碰、“狗腿”度、裸眼长度及水平段长度等定向轨迹技术指标,表5、表6、图5、图6为新老井的轴迹数据。

表5 Y4井开窗侧钻变直井实钻轨迹

Table 5 Actual drilling trajectory in changing Well Y4 into a vertical well through window milling

井深/ m	井斜/ (°)	方位/ (°)	垂深/ m	南北位 移/m	东西位 移/m	投影位 移/m	“狗腿”度/ [(°)·(30 m) <sup>-1</sup> ]	闭合方位/ m	闭合距/ m
2655.00	5.38	169.61	2654.76	-1.94	-0.19	1.71	0	185.58	1.95
2700.00	9.62	220.87	2699.20	-8.40	-2.66	6.70	4.24	197.58	8.81
2715.00	10.01	232.55	2713.97	-10.16	-4.54	7.59	6.59	204.09	11.13
2774.00	3.00	250.00	2772.59	-12.50	-10.42	7.47	3.69	219.80	16.28

注:窗口以上数据参考表2,窗口以下为实钻轨迹数据。

表6 Y2井大位移避老腔双增轨迹

Table 6 Double-build trajectory of Well Y2 with large displacement to by-pass the existing cavern

井深/ m	井斜/ (°)	方位/ (°)	垂深/ m	南北位 移/m	东西位 移/m	投影位 移/m	“狗腿”度/ [(°)·(30 m) <sup>-1</sup> ]	闭合方 位/m	闭合距/ m	备注
2418.00	4.51	37.32	2417.89	-6.00	-5.73	-3.00	3.38	223.70	8.30	开窗点
2419.91	4.70	38.70	2419.79	-5.88	-5.64	-2.93	3.38	223.80	8.14	一次增斜段
2516.20	30.00	337.40	2510.63	22.28	-9.57	24.24	4.70	336.76	24.25	一次增斜段
2518.00	30.00	337.21	2512.19	23.11	-9.92	25.14	1.56	336.78	25.15	大位移稳斜段
2669.77	35.70	333.10	2639.02	98.24	-45.53	108.28	0.95	335.13	108.28	大位移稳斜段
2679.40	37.60	335.30	2646.74	103.42	-48.03	114.03	7.19	335.09	114.03	二次增斜段
2868.00	83.28	333.90	2745.95	242.34	-112.63	267.23	5.25	335.07	267.23	二次增斜段
2895.00	88.00	333.90	2748.00	266.51	-124.47	294.14	5.25	334.97	294.14	
2918.00	88.02	334.66	2748.80	287.21	-134.45	317.12	0.98	334.92	317.12	
2923.67	88.02	334.84	2749.00	292.34	-136.86	322.79	0.98	334.91	322.79	靶A

注:窗口以上数据参考表2,窗口以下为实钻轨迹数据。

## 4.2 施工工序

除轨迹设计外,施工工序基本与传统水平对接盐井组施工工序相同。

### 4.2.1 Y4井开窗侧钻改直井施工

(1)Y4井刮管作业后,于井深2652 m处开窗,采用常规开窗钻具组合。

钻具组合:Ø153 mm 铣锥钻头+Ø120 mm 钻铤+Ø89 mm 钻杆,带1~2单根钻铤,以防止钻具柔性悬垂打碰到下方Y4井技术套管。

(2)定向钻进至2769 m,要求终孔井斜<5°,以便后期对接仪器下入及建腔钻具安全。

定向钻具组合:Ø152 mm PDC 钻头+Ø120 mm 单弯螺杆+Ø120 mm 无磁钻铤+Ø89 mm 加重钻杆40 m+Ø89 mm 钻杆。

(3)终孔后,提钻时需最后一次丈量钻具,并结合历史数据和随钻伽马数据,修正对接靶点。根据Y4井随钻伽马值以及岩屑录井综合数据,确定要封闭的夹层顶板,下入Ø139.7 mm 无接箍尾套管固井

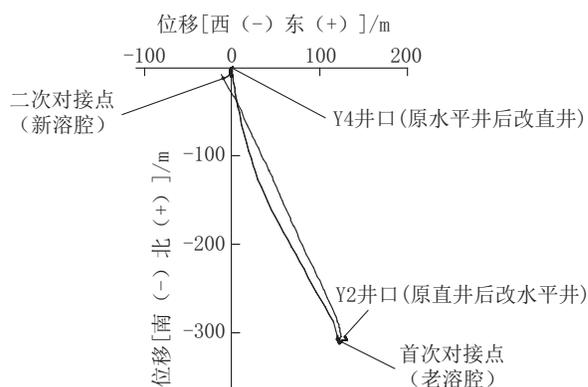


图5 井型互换后水平轨迹

Fig.5 Horizontal trajectory after well type switch

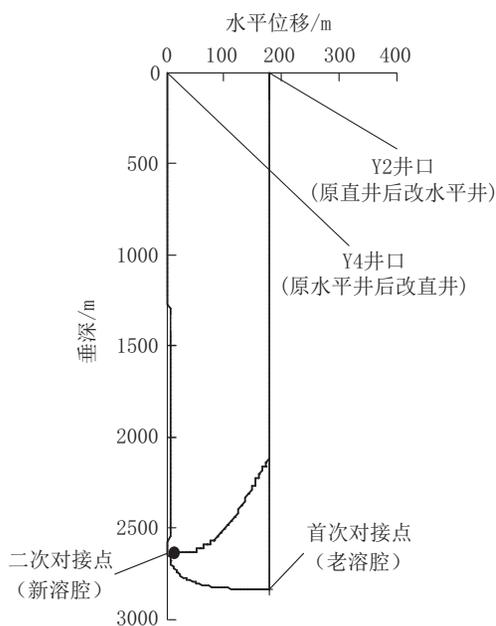


图6 井型互换后垂直轨迹

Fig.6 Vertical trajectory after well type switch

候凝 72 h。

后下入  $\text{O}108$  mm 钻头扫水泥至原井底。扫水泥钻具组合： $\text{O}108$  mm 钻头 +  $\text{O}73$  mm 钻杆 +  $\text{O}89$  mm 钻杆。

(4) 扫通水泥后,原钻具定期使用饱和泥浆在井底循环,保证井筒通畅,并根据 Y2 井施工进度,更换淡水建槽(合理规划建槽时间)。建槽完成后,待 Y2 井钻进至靶点前 80~100 m 时,Y4 井下入强磁对接仪器。连通后下入配水管,连接井口装置,将井组交由制盐车间,井队撤场。

#### 4.2.2 Y2 井开窗侧钻改水平井施工

(1) Y2 井刮管、开窗、侧钻等施工工艺和钻具组

合适配与 Y4 井开窗侧钻施工相同,不再赘述。

(2) 定向段前期使用大度数弯螺杆以满足前期高造斜率,同时注意套管防碰,并在之前井喷处保证 50 m 以上位移,进入稳斜段后更换小度数螺杆稳斜钻进,二次增斜应提前试定向,分析预测之后造斜率是否满足待钻要求,同时注意“狗腿”度问题,以防出现钻具阻力大以及影响后期下尾管的顺利送入。

(3) 距离靶点 80~100 m 井深时,起钻下入强磁接头,并根据强磁对接仪器修正参数钻进<sup>[15]</sup>,直至连通。

(4) 井组连通后,下  $\text{O}60$  mm 配水管,连接井口装置,将井组交由制盐车间,井队撤场。

## 5 修井效果

本次修井所采用的“井型互换”方法,成功实现老井组的再利用,卤水浓度及流量均达到了采卤生产的要求。

## 6 结语

盐井堵塞一直是盐田开采最常见的问题,其堵塞可由多方面因素导致,对于某些井组存在特殊性的问题,不能照搬理论与传统经验,治理方法要“对症下药”。

在本次盐井修井过程中,采用了井组井型互换、优化钻具组合、完善施工体系等方法,达到了修井采卤的目的。油气田开发领域的大斜度绕障技术在盐田对接井钻修井施工中取得了成效。

本次修井施工的成功经验也为之后的盐井组修治提供了一种新的方法。

## 参考文献(References):

- [1] 陈霄. 浅析水平对接井技术在盐井中的应用[J]. 中国井矿盐, 2012, 43(3): 14-16.  
CHEN Xiao. Brief analysis on the application of horizontal docking well technology in the salt well [J]. China Well and Rock Salt, 2012, 43(3): 14-16.
- [2] 王会林, 魏自强. 浅谈盐井结晶堵的预防及解堵措施[J]. 中国井矿盐, 2019, 50(2): 28-30.  
WANG Huilin, WEI Ziqiang. Brief discussion on the prevention and solution measures of crystallization plug in salt well [J]. China Well and Rock Salt, 2019, 50(2): 28-30.
- [3] 贾维江. 定向井 PDC 钻头钻进趋势研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2011.  
JIA Weijiang. Research of PDC bit's drilling trends in direction-

- al wells[D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2011.
- [4] 张延洪. 复合钻进用PDC钻头研究与应用[D]. 大庆: 东北石油大学, 2011.  
ZHANG Yanhong. The research and application of PDC bit in compound drilling [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2011.
- [5] 吴亚杰. 直井中底部钻具组合稳定性分析[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2014.  
WU Yajie. The stability analysis of bottom hole assembly in vertical wells [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2014.
- [6] 甘克宇, 曾庆锋, 孟祥吉. 海蓝MWD在吉林油田的应用[J]. 中国高新技术企业, 2011, 1(1): 71-72.  
GAN Keyu, ZENG Qingfeng, MENG Xiangji. Application of Hailan MWD in Jilin Oilfield [J]. China High Tech Enterprises, 2011, 1(1): 71-72.
- [7] 杨正凯, 徐卫华, 胡晓亮. 水溶开采盐井生产防结晶措施及认识[J]. 中国井矿盐, 2015, 46(5): 29-31.  
YANG Zhengkai, XU Weihua, HU Xiaoliang. Crystallization prevention measures and understanding of water soluble salt mining well production [J]. China Well and Rock Salt, 2015, 46(5): 29-31.
- [8] 李勇. 盐井修井流程及常见工具简析[J]. 中国井矿盐, 2015, 46(2): 16-18.  
LI Yong. The process of brine well repair and the brief analysis of common tools [J]. China Well and Rock Salt, 2015, 46(2): 16-18.
- [9] 陈粤强, 张晓宏, 刘小康, 等. 水平对接盐井生产过程中的井下问题与对策[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第二十届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集. 北京: 地质出版社, 2019: 88-92.  
CHEN Yueqiang, ZHANG Xiaohong, LIU Xiaokang, et al. Countermeasures and production process of horizontal salt well [C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Twentieth National Exploration Engineer-  
ing (Rock & Soil Drilling and Tunneling) Academic Conference. Beijing: Geological Publishing House, 2019: 88-92.
- [10] 蔡少武. 超深水平定向对接井修井及其工艺改造[J]. 中国井矿盐, 2006, 37(3): 25-26.  
CAI Shaowu. Well repair of excessively deep horizontal and directional butted wells and its process modification [J]. China Well and Rock Salt, 2006, 37(3): 25-26.
- [11] 刘志强, 张新刚. 套管开窗侧钻技术在老盐井改造中的应用[J]. 中国井矿盐, 2007, 38(4): 37-39.  
LIU Zhiqiang, ZHANG Xingang. Application of casing window-opening lateral drilling technology in modification of old salt wells [J]. China Well and Rock Salt, 2007, 38(4): 37-39.
- [12] 谭家虎, 夏宏南, 韩俊杰. 套管开窗侧钻工艺研究[J]. 西部探矿工程, 2003, 15(4): 71-73.  
TAN Jiahu, XIA Hongnan, HAN Junjie. Casing window and sidetracking drilling technology [J]. West-China Exploration Engineering, 2003, 15(4): 71-73.
- [13] 刘联群, 米丰忠, 崔秀忠. 水平对接盐井溶腔形状探讨[J]. 中国井矿盐, 2014, 45(4): 23-25.  
LIU Lianqun, MI Fengzhong, CUI Xiuzhong. Discussion on shapes of dissolved chamber of horizontal docking salt well cavities [J]. China Well and Rock Salt, 2014, 45(4): 23-25.
- [14] 王治国, 李根奎, 杨国杰. 盐井大井斜开窗侧钻水平井绕腔连通技术[J]. 石油钻采工艺, 2017, 39(4): 430-433.  
WANG Zhiguo, LI Genkui, YANG Guojie. Cavity bypassing connection technology for high-angle window sidetracking of brine horizontal well [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2017, 39(4): 430-433.
- [15] 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.

(编辑 李艺)