

银参 4 井钻井设计与施工

张 慧,于承朋,夏广强,李文飞

(胜利石油工程公司钻井工艺研究院,山东 东营 257097)

**摘 要:**银参 4 井是中石化在银川地区的第一口参数井,设计井深为 4300 m,完钻井深 4124.23 m,钻探目的是了解银川盆地地层层序及清水营组烃源岩发育情况。针对该井在钻井过程中存在的上部地层胶结疏松易垮塌、干河沟组在砾石层易憋跳钻、清水营组地层流体侵入污染泥浆、钻遇到大段未预知的盐膏层、清水岩组泥岩存在裂缝导致钻井液漏失等复杂情况,在设计井身结构、优选水力参数时考虑了已经预知的潜在复杂因素,施工时全井大段采用直螺杆加防斜钻具组合大排量轻压吊打,有效防止了憋跳钻,避免了钻具事故,取得了较高的钻井速度,控制了良好的井身质量,探索了适用该区盐膏层段的钻井液体系,并且创造了该区块  $\varnothing 444.5$  mm 钻头机械钻速最高纪录(39.09 m/h)。

**关键词:**钻井设计;井身结构;盐膏层;泥岩裂缝;银参 4 井

**中图分类号:**TE242;P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)05-0033-05

**Drilling Design and Construction of Well Yincan 4/ZHANG Hui, YU Cheng-peng, XIA Guang-qiang, LI Wen-fei**  
(Shengli Drilling Technology Research Institute of SINOPEC, Dongying Shandong 257017, China)

**Abstract:** Well Yincan 4 is the first parameter well for Sinopec in Yinchuan District, the purpose of drilling is to investigate the stratigraphic sequence of Yinchuan basin and the development of Qingshuiying formation hydrocarbon source rock. According to the complicated conditions in drilling process, such as cementing, loose and collapsing in upper formation, bit bouncing in gravel layer of Ganhegou formation, mud pollution by intrusive fluid in Qingshuiying formation, drilling into a large section of unexpected salt gypsum layer and lost circulation of drilling fluid in mudstone fracture of Qingshuiying formation, which were considered in the design of wellbore structure and optimization of hydraulic parameters, straight screw drilling tool and inclining prevention BHA were used with large discharge and light pressure in the large section construction to effectively prevent bit bounce, high drilling speed and good well quality were achieved. The drilling fluid system suitable for the salt gypsum layer in this area is explored and the best ROP record of 39.09m/h is created with  $\varnothing 444.5$ mm bit.

**Key words:** drilling design; casing program; salt gypsum layer; mudstone fracture; well Yincan 4

1 地质情况

银参 4 井是中石化在银川地区的第一口参数井,构造位置位于银川盆地东部断阶带平罗南反向断块,主要目的层位古近系清水营组,主探清水营组烃源岩发育情况。

1965、1969、1970 年长庆石油勘探局先后在平罗、吴忠和银川之北的芦花台的 3 个局部构造上钻探了银参 1、2、3 三口井,其中银参 3(芦花台)最深,达 3543.94 m。1978 年,在银川以北又开展了地震勘探,完成 6 次覆盖剖面 10 条,共计 195 km。

1995 年长庆石油勘探局完成横穿该区和鄂尔多斯盆地的数字地震勘探,在银川盆地及西缘长度约 106.5 km。1999 年宁夏地质调查院先后完成 DR-Y1 和 DR-Y3 两口地热井的钻探,井深约 3000 m。

通过前期各项勘探工作的实施和综合研究,对银川盆地的基本形态、构造格局和基底埋深、边界断

层以及地层等方面取得了一定的认识。但是,限于资料的占有情况及品质等问题,盆地内的生烃能力仍未解决。因此,目前制约勘探的关键问题在于烃源岩的落实情况。

本井的地层层序预计情况见表 1。

表 1 银参 4 井钻遇地层预计

地层名称				设计地层		地层产状	
界	系	统	组	底深 /m	厚度 /m	倾向 /(°)	倾角 /(°)
新 生 界	第四系			540.00	540.00		
	新近系	上新统	干河沟组	1068.00	528.00		
		中新统	红柳沟组	2200.00	1132.00	250	7
		渐新统	清水营组	4250.00	2050.00	250	7
	前古近系			4300.00 (未穿)	50.00		

本井地层压力预测情况见图 1。

地质预计潜在的钻井风险因素:

收稿日期:2013-08-14; 修回日期:2014-04-14

作者简介:张慧(1982-),女(汉族),山东曹县人,胜利石油工程公司钻井工艺研究院工程师,钻井设计专业,硕士,主要从事钻井工程设计与相关的研究工作,山东省东营市西城青岛路,zhanghui162.slyt@sinopec.com。

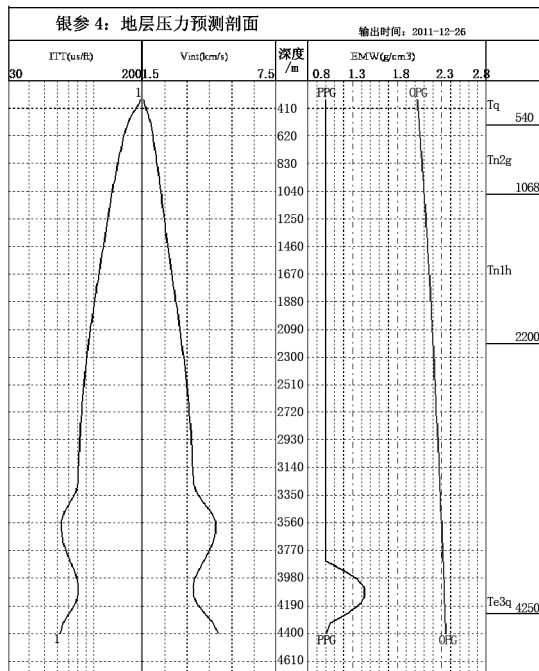


图 1 银参 4 井地层压力预测剖面

- (1)红柳沟组和清水营组地层,防井斜;
- (2)本井大段红色泥岩段地层,防缩径卡钻;
- (3)可能存在异常高压。根据地震换算层速度,结合邻井进行压力预测,得到在清水营组 3924~4324 m 可能存在异常高压,最大压力系数 1.438,预计岩性为暗色泥岩。
- (4)前古近系地层,地层岩性有可能为碳酸盐岩,有严重漏失钻井液的风险。

## 2 钻井工程设计

### 2.1 井身结构设计

银参 4 井周围邻井较少,最近的一口探井银参 1 井由于钻探时间较早,可以借鉴的资料极少。本井井身结构设计主要是根据本井地质提供的压力预测情况进行,地质预测在 3924~4324 m 可能存在异常高压,最大压力系数 1.438,其下的古近系地层存在大的漏失钻井液风险,是本井进行井身结构设计的主要关键点和必封点之一。

井身结构设计的基本思路 and 原则是:

- (1)预埋  $\varnothing 508\text{ mm}$  导管 10 m,建立井口。
- (2) $\varnothing 339.7\text{ mm}$  表层套管下深 550 m。其目的是封固上部松散第四系地层,为二开钻进创造条件。
- (3)采用  $\varnothing 311.2\text{ mm}$  钻头进入清水营组 300 m,下入  $\varnothing 244.5\text{ mm}$  技术套管,下深暂定为 2500 m,尽量减少三开施工裸眼长度,分解施工风险,为井口控制和后续钻井创造条件,水泥返至地面。

(4)采用  $\varnothing 215.9\text{ mm}$  钻头钻完清水营组,如果在清水营组钻遇地质方面预测的高压层或确定前古近系是下古生界地层,则下入  $\varnothing 177.8\text{ mm}$  油层尾管中完,悬挂位置 2350 m,下深至井深 4251 m,水泥返至 2350 m,目的是将清水营组的高压层和前古近系地层分开,为下步顺利实施钻探创造条件,四开采用  $\varnothing 149.2\text{ mm}$  钻头钻至设计井深,裸眼完井。如果在清水营组未钻遇地质方面预测的高压层且前古近系确定不是下古生界地层,则继续采用  $\varnothing 215.9\text{ mm}$  钻头钻至设计井深,根据钻探情况及甲方要求,请示后确定完井方式。

图 2 为银参 4 井井身结构示意图。

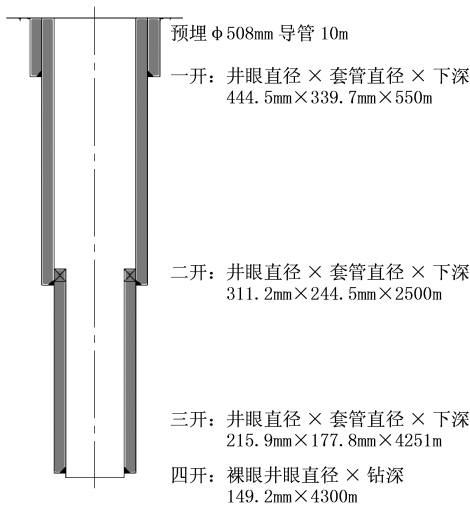


图 2 银参 4 井井身结构示意图

### 2.2 钻具组合设计

本井推荐钻具组合见表 2。

### 2.3 钻井液设计

本井钻井液的使用原则是有利于环境保护;有利于发现和保护油气层;有利于地质资料录取;有利于快速钻进和安全钻井;有利于除油排气;有利于复杂情况的预防和处理。

根据钻遇地层特点及有限的邻井资料情况,该井钻遇上部地层泥岩易水化膨胀,造浆严重,砂岩胶结疏松、渗透性强,易形成厚泥饼造成阻卡,下部地层硬脆性泥岩易剥蚀掉块;前古近系地层易漏。本井较深,下部地层温度高,钻井液既要保持抑制、防塌、抗高温性能,同时更要有良好的流变性,保证安全快速钻进。储层段保持低失水,有效保护油气层。

另外,由于参考资料较少,地层岩性和压力与地质方面的预计可能出入较大,为提前做好防漏、防喷、防卡、防塌应急措施,适当考虑了钻井液材料的应急储备。

表 2 银参 4 井钻具组合推荐

开次	类型	钻具组合
一开	塔式钻具	Ø444.5 mm 钻头 + Ø228.6 mm 钻铤 3 根 + Ø203.2 mm 钻铤 3 根 + Ø139.7 mm 钻杆
	钟摆钻具	Ø311.2 mm 钻头 + Ø203.2 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø228.6 mm 钻铤 3 根 + Ø311 mm 螺旋稳定器 + Ø203.2 mm 钻铤 1 根 + Ø311 mm 螺旋稳定器 + Ø203.2 mm 钻铤 8 根 + Ø203.2 mm 随钻震击器 + Ø203.2 mm 钻铤 2 根 + 旁通阀 + Ø127.0 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆
二开	塔式钻具	Ø311.2 mm 钻头 + Ø203.2 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø228.6 mm 钻铤 3 根 + Ø203.2 mm 钻铤 12 根 + Ø203.2 mm 随钻震击器 + Ø203.2 mm 钻铤 2 根 + 旁通阀 + Ø127.0 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆
	常规钻具	Ø311.2 mm 钻头 + Ø203.2 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø203.2 mm 钻铤 15 根 + Ø203.2 mm 随钻震击器 + Ø203.2 mm 钻铤 2 根 + 旁通阀 + Ø127.0 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆
三开	常规钻具	Ø215.9 mm 钻头 + Ø158.8 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø158.8 mm 钻铤 18 根 + Ø158.8 mm 随钻震击器 + Ø158.8 mm 钻铤 2 根 + 旁通阀 + Ø127.0 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆
	钟摆钻具	Ø215.9 mm 钻头 + Ø158.8 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø158.8 mm 钻铤 2 根 + Ø214 mm 螺旋稳定器 + Ø158.8 mm 钻铤 1 根 + Ø214 mm 螺旋稳定器 + Ø158.8 mm 钻铤 15 根 + Ø158.8 mm 随钻震击器 + Ø158.8 mm 钻铤 2 根 + 旁通阀 + Ø127.0 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆
	螺杆钻具	Ø215.9 mm 高效牙轮钻头 + 直螺杆 + Ø158.8 mm 双向减震器 + 钻具止回阀 + Ø158.8 mm 钻铤 1 根 + Ø214 mm 扶正器 + Ø158.8 mm 钻铤 1 根 + Ø158.8 mm 随钻震击器 + Ø158.8 mm 钻铤 3 根 + 旁通阀 + Ø127 mm 加重钻杆 15 根 + Ø127 mm 钻杆 + Ø127 mm 钻杆
四开	常规钻具	Ø149.2 mm 钻头 + 钻具止回阀 + Ø120.7 mm 钻铤 × 2 根 + 螺扶 1 个 + Ø120.7 mm 钻铤 × 1 根 + 螺扶 1 个 + Ø120.7 mm 钻铤 × 3 根 + 旁通阀 1 只 + Ø88.9 mm 斜坡加重钻杆 × 12 根 + Ø88.9 mm G105 斜坡钻杆 + Ø127 mm G105 钻杆 × 2000 m

钻井液体系选择如表 3 所示。

表 3 银参 4 井钻井液体系设计

序号	井眼直径/mm	套管直径/mm	井段/m	钻井液体系
导管		508	0 ~ 10	埋入
一开	444.5	339.7	10 ~ 552	膨润土浆 - 聚合物钻井液体系
二开	311.2	244.5	552 ~ 2502	聚合物封堵防塌钻井液体系
三开	215.9	177.8	2502 ~ 4253	聚(磺)有机胺防塌钻井液体系
四开	149.2		4253 ~ 4300	无固相钻井液或低固相钻井液

2.4 固井设计

2.4.1 本井固井的技术难点

(1)二开套管封固段长,水泥量大,地层易漏,施工难度大;

(2)三开高温高压尾管固井,存在压稳难题。

2.4.2 本井固井的技术措施与对策

(1)二开采用双密度水泥浆体系固井;上部采用低密度漂珠水泥浆体系。

(2)三开采用抗高温水泥浆体系固井,隔离液采用加重隔离液。

本井固井设计如表 4 所示。

表 4 银参 4 井固井基本参数设计

施工项目	套管直径/mm	管鞋位置/m	上返深度/m	水泥塞长度/m	固井方式	备注
表层套管	339.7	550	地面	10	内插固井	
技术套管	244.5	2500	地面	20	常规固井	漂珠
油层尾管	177.8	4251	2350	20	尾管固井	

3 钻井施工

3.1 一开井段(10.21 ~ 537.03 m)

一开钻遇的地层主要为第四系,完钻井深 541

m,平均机械钻速 39.09 m/h,套管规格及下深为:Ø339.7 mm × 9.65 mm × 537.03 m。

在一开钻进中地层胶结疏松,上部地层易垮塌,钻进过程中主要防止地层坍塌及确保井眼打直,保证井身质量,提高机械钻速,缩短施工周期,降低施工隐患,为下部施工提供良好的施工环境。具体技术措施如下。

(1)在钻进过程中,采用了直螺杆钻具配合塔式钻具组合(Ø444.5 mm 牙轮钻头 + 730 × 631 接头 + Ø244.5 mm 直螺杆 + 6 根 Ø203 mm 钻铤 + 631 × 410 接头 + 6 根 Ø177.8 mm 钻铤 + Ø127 mm 钻杆),轻压高速钻进,利用好 Ø203 mm 钻铤弯曲临界压力的数据,控制好钻压(0 ~ 20 kN),保证均匀送钻,保证井眼打直,提高机械钻速。

(2)由于一开采用 Ø444.5 mm 大钻头,井眼尺寸大,再结合钻进中地层疏松、井径扩大率大的实际情况,在钻进中采用了双泵大排量,排量在 54 L/s 左右,确保了井眼净化。

(3)由于地层疏松,胶结能力差,为了保证井下安全,时刻做好防漏、防塌工作。修理设备后恢复钻进时要按照排量由小到大,注意井口返浆情况,避免因开泵过急导致憋漏地层,造成井下复杂;接单根后开泵都遵从多次挂合,保证井下安全。

(4)钻进中因机械钻速快,严格遵守快速钻进期间技术措施,开泵严格落实“早开晚停”,延长循环时间,防止井眼内岩屑下沉堆积,造成沉砂卡钻。

(5)为保证下套管顺利,在下套管前搞好短起下,起钻后要及时灌好泥浆,保证井眼内泥浆液面高

度与井口持平,防止地层垮塌。

根据制定的技术措施,顺利完成了一开作业,创造了该区块  $\varnothing 444.5$  mm 钻头机械钻速最高纪录 (39.09 m/h)。

### 3.2 二开井段(537.03 ~ 2491.17 m)

本井段主要钻遇干河沟组、红柳沟组和清水营组的上部地层,完钻井深 2491.17 m,机械钻速为 26.55 m/h,套管规格:  $\varnothing 244.5$  mm  $\times$  11.99 mm  $\times$  2490.82 m。

在二开施工过程中重点做好防坍塌、防憋跳钻、防泥岩段的缩径,同时要注意清水营组防斜打直。根据设计要求及地层岩性变化。二开钻进中,制定了合理的技术措施,安全、高效地完成了钻进、取心、下套管及固井电测作业。

(1)为了保证二开井身质量,防止井斜超标,为后期三开施工提供良好的上部井身轨迹,采用直螺杆配合塔式钻具组合:  $\varnothing 311.1$  mm PDC 钻头 +  $\varnothing 203$  mm 直螺杆 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 6 根 +  $\varnothing 177.8$  mm 钻铤 8 根 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。

(2)为控制井斜,防止井斜超标,在确保下部钻具组合出套管鞋进入新井眼后,再加压钻进。

(3)在下部钻具组合出套管鞋进入新地层后,为防斜打直,制定了严格的钻进参数;在上部地层即干河沟组及红柳沟组地层,由于地层岩性基本为砂岩,地层可钻性强,采用双泵大排量小钻压均匀送钻钻进,钻进排量 54 L/s,钻压控制在 40 kN 以内,确保了上部打直;钻进至 2076 m 后,岩性逐渐由灰色中砂岩变成棕红色泥岩,地层可钻性变差,且根据地质设计二维 LINE608 地震剖面图得出清水营组整个井段地层倾角在  $9^{\circ} \sim 10^{\circ}$  保持不变,为了提高机械钻速,并结合下部钻具的临界弯曲压力,钻压调整至 40 ~ 60 kN,最大不超过 80 kN,并且保证均匀送钻,防止猛蹶、猛刹。

(4)在取心后扩划眼期间,采用轻压慢转吊打,保证钻头受力尽量平稳,提高扩眼效果,并分段扩划眼,扩划眼 2 ~ 3 m 后上提下放活动钻具,保证井眼畅通无阻,消除台阶面,之后再进行扩眼作业。该井因在扩划眼期间没有采用该方法造成扩眼后井斜增大,为后期造成了不利影响,降低了机械钻速。该井就是在二开取心后由于原井眼 ( $\varnothing 311.1$  mm) 与取心钻头直径 ( $\varnothing 203$  mm) 相差过大,再加上扩眼时未分段扩划眼,造成了扩眼时存在台阶面,导致了井斜后期逐渐增大。

(5)由于二开上部地层钻时快,为了确保井下

安全,防止沉砂卡钻,严格落实快速钻进技术措施:早开泵晚停泵,提高钻进排量,进尺快时,钻完单根扩划一遍井眼,延长循环时间;提高钻井液循环能力,充分利用现有固控设备,净化固相含量;加强设备检查,防止因设备造成循环中断;每钻进 200 ~ 300 m,短起下钻一次;保护并使用好钻头,防止井下落物,送钻均匀,遇夹层尤其是砾石时轻压钻进,防止钻头先期损坏。

(6)因上部地层岩性为砂岩,胶结疏松,为防止钻屑糊井壁,造成小井眼,起下钻遇阻,坚持大排量,双循环钻进,控制泥浆中的固相含量,清洗井眼。

(7)落实防卡措施:施工中保证指重表灵敏好用,提示悬重与钻具的实际重力相符;停钻或设备检修时,尽量大幅度上下活动钻具;起钻前处理好钻井液,大排量循环洗井;井深超 2500 m 时下钻要分段顶通;起下钻遇阻卡时,不可硬拔或强压,应注意多次上提下放活动,实在不行应开泵顶通,循环正常后,再继续下钻作业;在起下钻中注意套管鞋处显示,防止起下钻速度过快造成套管鞋处水泥环脱落,造成卡钻;加强下井钻具的检查、清洗,防止钻具事故的发生。

(8)二开完钻后,要严格进行通井作业,并循环处理泥浆性能,确保井眼畅通,井壁稳定,防止井眼坍塌、缩径,造成后期电测及下套管遇阻卡。起钻前泥浆性能为:密度  $1.17 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 55 s,失水量 5 mL/30 min,动切力 7 Pa,静切力 7/15 Pa,pH 值 10。

### 3.3 三开井段(2491.17 ~ 4124.23 m)

本井段主要钻遇清水营组中下部地层。由于在三开未钻遇预测的异常高压储层,因此,根据井身结构设计原则,三开直接钻至设计完井井深。在三开钻进中为了保证井身质量,在钻进中一直采用了降斜钻具组合;在三开作业中面对出现的井下坍塌掉块、地层流体侵入泥浆、钻遇盐膏层、井漏等复杂情况,及时采取了合适的处理措施,确保了井下安全。

(1)由于地层因素及地层倾角的原因,因此在三开中采取了钟摆钻具 + 偏心接头的钻具组合,并配合合理的钻进参数进行轻压吊打,始终保证该井井斜及井底位移控制在设计范围之内。在钻进中发现由于井斜原因限制了常规钻具组合的钻井机械钻速,通过使用动力钻具配合高转速低钻压吊打的措施,发现降低井斜的效果非常明显,有效地保证了钻井速度。

(2)在钻进过程中,从 2610 m 后由于为了发挥偏心接头的作用,转盘转速极高 (100 ~ 110 r/min),

对井壁拍打作用强,再加上上部存在极易破碎岩层,多次出现了扭矩突然增大,上提下放遇阻的现象,且从振动筛返出岩屑中发现有颗粒较大的掉块,再加上上部取心井段中存在易破碎的地层,且三开只钻进 120 m 即发生井塌征兆,因此为了保证井壁稳定,防止井下出现卡钻事故,决定降低转盘转速至 60 ~ 70 r/min,并提高泥浆密度、粘度,降低失水量,提高泥浆的封堵防塌性能。

(3) 由于该井后期钻进中泥浆密度、粘度及切力较高等,造成了泵压较高,为了保证设备正常运转及井下安全,排量偏低,为了防止因清洗井壁不干净造成上部井眼泥饼虚厚及缩径情况,定期 2 ~ 3 天进行一次短起下,修整井壁。

(4) 该井发生地层流体侵入及井壁坍塌现象后,采取了合理的技术措施成功处理了复杂,保证了井下安全。具体措施如下。

① 结合上部地层存在易破碎岩性及地层流体侵入造成泥浆性能不稳定情况,并根据施工现场各项技术参数,工程方面降低转盘转速至 60 ~ 70 r/min,减轻钻具对地层的破坏作用。

② 根据处理地层流体侵入基本方法,分 3 次对泥浆进行提密度,提高正压差作用,抑制地层流体的侵入。又由于针对该井上部存在易破碎地层、水敏性强等因素,应适当提高粘度和切力,尽量减少滤失量,提高泥浆封堵防塌效果。

③ 泥浆处于循环状态对井壁的冲刷作用会一定程度上保证井壁稳定,携带剥落的泥饼或岩石,因此应尽量保持井内循环时间。

④ 发生井塌时往往在钻具与井眼的环空中存在大量掉块,因此在开泵时不宜过猛,应先小排量开通,待泵压正常后再逐渐增加排量,中间不可停泵。如果小排量顶不通,井口不返泥浆,证明是地层漏失,不可继续挤入,一般经验数据是漏失量不可超过 5 m<sup>3</sup>。

⑤ 由于该井在二开后期(取心后划眼钻井)井斜逐渐增大,最大增至 6.313°,为了保证井身质量,防止井斜超标,在钻进过程中采取了每 100 m 测斜一次,监控井斜变化,保证井斜不超过理论计算值。通过几次时间统计,探管下行到底通过泵压上升 0.5 MPa 左右,上行速度为 132 m/min。

⑥ 由于泥浆性能不稳定,井壁稳定性变差再加上泥岩易破碎,在起钻前循环测斜时发生了下放遇阻,泵压随着下放逐渐升高,活动数次后无果,采用了用钻杆卡瓦转动下放消除遇阻段,振动筛处掉块

多,多为上部井壁脱落棕红色泥岩。为了保证井下安全,起钻前必须先处理好井下掉块,清洗井眼,但是经过长时间循环活动后,掉块仍未减少,证明井眼已发生坍塌,最终决定提高密度至 1.35 g/cm<sup>3</sup>,维护泥浆性能稳定,并适当提高粘切,增加泥浆携带岩屑能力。处理后泥浆性能为:密度 1.35 g/cm<sup>3</sup>,粘度 52 s,失水量 5.8 mL/30 min,塑性粘度 22 mPa·s,动切力 9 Pa,静切力 8.5/19 Pa,pH 值 10。

(5) 在三开中前期,由于井下复杂,掉块多、地层流体侵入使得泥浆性能不稳定,对泥浆进行了处理,且泥浆体系为聚磺钻井液体系,前期因失水大滤饼厚,摩阻大,对泥浆进行处理时加入了大量重晶石粉等固体药品而未加润滑剂,导致了在钻具静止期间极易发生粘卡。为了防止粘吸卡钻,及时通过上提活动消除粘卡严重后果的发生,并及时对泥浆进行处理,提高其润滑性能。

(6) 由于井眼不规则,地层造浆能力强,泥浆粘切大,密度高,固相含量高,极易造成粘卡,因此在钻进中时刻注意钻具处于活动状态,尤其是在取心中不能活动钻具时,必须控制好钻时,防止钻时慢,钻具静止造成粘卡等严重后果。

(7) 该井在钻进至井深 3464 m 是发现盐膏层迹象,泥浆性能有变化,钻进至 3488 m,为了防止因可能存在盐膏层缩径,造成井下卡钻事故,进行了短起下检验所钻地层是否存在缩径现象。钻进至 3570 m 后发现盐膏层侵严重,通过取心确认是钻遇了大段盐膏层后及时进行泥浆转型,更换为欠饱和盐水钻井液体系。

(8) 在钻至清水营组下部地层时,因钻遇大段灰色泥岩,并伴有石英成分,造成钻时较慢。对钻头进行了选型,在此阶段共计更换钻头 5 个,钻头分别为江汉牙轮钻头 MD537X 及 HJ447C 各一只,固邦 P6264M 一只,钻井院 PQ5263S 两只(其中有一只为异型齿钻头)。

(9) 从井深 3835.48 m 开始由于地层原因存在泥岩裂缝,经常出现漏失,为了保证井下安全,当漏失速度大时及时进行静止堵漏及承压堵漏相结合的方法进行堵漏,效果明显,但是大大延长了钻井周期。

#### 4 认识与建议

(1) 4 开次的井身结构设计,能很好地满足本区钻井安全的需要,可根据下部钻探情况,若无复杂或  
(下转第 41 页)

做功,带动套管跟进。

随着套管跟进深度增大,当钻孔内壁对套管外表面的摩擦力  $R_f = P + G\cos\theta + F'$ ,  $F' \rightarrow F$  时即跟管耗用全部钻压和冲击力时,跟管深度达到了最大值  $l_{\max}$ :

$$l_{\max} = \frac{P + F}{\pi dq + f\cos\theta - c\cos\theta} \quad (5)$$

$l_{\max}$  即为理论计算所得的潜孔锤跟管钻进最大深度。

由式(4)、式(5)可以得出,在不同大小摩擦力的作用下,跟管最大深度取决于套管所受向下的所有力之和。由式(5)可知,在不消耗冲击器冲击力  $F'$  时,套管所能跟进的最大深度为  $l_0'$ 。当增加了振击器之后,振击器会产生一个向下的冲击力,增加了套管在不消耗潜孔锤冲击力的情况下所能跟进的最大深度。因此,振击器的存在,不仅增加了套管跟进的最大深度,同时也使孔内潜孔锤能够更加高效的工作,提高了钻进的速度。

## 6 结论

本文为了解决潜孔锤跟管钻进过程中容易出现

的套管断裂和跟管深度过小的情况,采取了潜孔锤双冲击跟管钻进技术,在地面上增加了振击器,通过理论的分析与计算,证明了套管振击器的存在能够在潜孔锤跟管钻进中起到增加套管下入深度、避免套管两端受拉发生断裂、增加了空压机的气体使用率等作用,提高了套管螺纹的使用寿命。目前该振击器正在生产制造阶段,其实用价值有待在下一步的生产试验中验证。

## 参考文献:

- [1] 张泽业,唐雪云.影响空气潜孔锤跟管钻进速度和跟管深度因素的分析[J].西部探矿工程,1997,9(5):58-59,71.
- [2] 卢文阁,孙友宏,计胜利,等.一种松散破碎地层的潜孔锤冲击静压跟管钻孔方法[P].中国专利:021446563.2003-05-21.
- [3] 范黎明,殷琨,王茂森,等.柴川钼矿跟管钻进套管失效分析及优化设计[J].金属矿山,2009,(9):143-145.
- [4] 赵建勤,李子章,石绍云,等.空气潜孔锤跟管钻进技术及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
- [5] 庄生明,王茂森,博坤,等.复杂地层跟管钻进套管强度的有限元分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):9-12.
- [6] 郑英飞,王茂森.柴川钼矿采空区钻探技术试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):22-25.
- [7] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.

(上接第37页)

异常高压,可以减少一个开次的钻井,实施三开井身结构。

(2)本区适宜采用直螺杆配合防斜钻具轻压吊打,既保证了井身质量,又大大提高了钻井速度。建议在邻区或者同区的钻井设计中大力推荐该钻具组合。干河沟组及红柳沟组地层主要是砂岩,地层可钻性高,钻压控制在40 kN以内,保证了钻井速度和井身质量;到棕红色泥岩时,地层可钻性变差,采用了40~60 kN的钻压来提高钻速,总体上取得了比较好的效果,值得邻井借鉴。

(3)本井易坍塌井段较长,在易坍塌的井段及干河沟组砂砾层段采用大排量冲洗井眼,增加携砂效果,要落实好通井作业,开泵循环要防止憋压。

(4)本井下部清水营组地层,存在大段膏盐层,不适用聚(磺)有机胺防塌钻井液体系,适用欠饱和盐水钻井液体系,亦可尝试采用根据同离子效应防膏盐侵的硫酸钾聚合物钻井液体系。

(5)本井下部地层造浆能力强,泥浆粘切大,密

度高,固相含量高,极易发生粘卡,施工中为了防止粘吸卡钻,及时通过上提活动消除粘卡严重后果的发生,并及时对泥浆进行处理,提高其润滑性能。建议在钻井液中加入一定比例的HGS中空玻璃微球,通过物理滚珠作用降低粘卡钻具的风险。

## 参考文献:

- [1] 苏文栋,康建涛,胡涛.页岩气完井工艺方式的选择[J].中国石油和化工标准与质量,2013,(3).
- [2] 宋瑞宏,石德勤.硫酸钾钻井液的研究与应用[J].石油钻探技术,1999,(4).
- [3] 彭正洲.南海海相钻井技术应用[J].江汉石油科技,2007,(3):42-44.
- [4] 王建华.油田盐膏层钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(4):47-49.
- [5] 杨衍云.风险预探井哈深斜1井钻井工程设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):38-41.
- [6] 王昌利,刘永贵,杨淑静.大庆徐深28井气体钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):24-26.
- [7] 孙莉,李瑞营,孙义春.古深3井非目的层井段气体钻井设计与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):53-56.