

# 辽东湾某油田大斜度井清除岩屑床技术的探讨

和鹏飞

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司,天津 300452)

**摘要:**针对辽东湾某区块大斜度井出现的钻井液粘切高、起下钻困难、钻井液流变性不易控制的问题,从清理岩屑床入手,提出通过改善泥饼质量,保证井眼光滑、井壁稳定和保证钻屑携带的基础上,改变钻井液的流变性,使钻井液在钻铤处达到紊流,并及时使钻屑均匀分散在钻井液中,减少形成岩屑床的机会,达到清理岩屑床目的的新方法。该技术在该区块 8 口水垂比小于 2 的井上进行了施工,取得了理想的效果。

**关键词:**大斜度井;钻井液;流型;岩屑床

**中图分类号:**TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)06-0035-03

**Discussion of Cuttings Bed Removing in Highly Deviated Well of an Oilfield in Liaodong Bay/HE Peng-fei (CNOOC Energy Development Technology & Services Ltd. Supervision & Technology Co., Tianjin 300452, China)**

**Abstract:** In view of the high viscosity of drilling fluid, difficult pipe tripping and hard control of drilling fluid rheology in a highly deviated well of a block in Liaodong Bay, a new technical method is put forward that starting from cuttings bed removing, on the basis of the improvement of mud cake quality to ensure a smooth borehole, stable borehole wall and effective cuttings carrying, the rheology of drilling fluid is controlled to be turbulence at the drill collar so as to the cuttings uniformly dispersing in the drilling fluid to reduce the formation of cuttings bed. In this block of Liaodong Bay, this technology is used in 8 wells with the horizontal distance and vertical distance ratio of less than 2, the ideal effects are obtained.

**Key words:** highly deviated well; drilling fluid; flow pattern; cuttings bed

辽东湾某区块大斜度井水平位移通常达 1500 ~ 2000 m,水平位移长,岩屑携带困难。通常采用提高粘切的办法来携带和悬浮钻屑,但易造成钻井液流变性失控和虚泥饼过厚、起下钻困难的问题。最常见的方法是采用改进工程技术和调节钻井液性能来进行清理岩屑床,但是一些钻井液性能调节方法所取得的效果不是很显著,需要有更好的方法来改进钻井液的性能,才能满足当前对岩屑床清理的要求。

## 1 技术现状

### 1.1 岩屑床的形成<sup>[1-7]</sup>

在大斜度(45°以上)定向井中,岩屑的沉降和下滑与直井和小斜度定向井的情况相同,但由于其钻具在井眼中处于偏心状态,大量岩屑会很快沉向下井壁形成岩屑床。

### 1.2 岩屑床的危害<sup>[7-10]</sup>

增加了环空泥浆中的固相含量,减小了环空间隙,形成椭圆井眼,而且随着施工时间增长,形成的椭圆井眼越严重,造成憋泵;易形成键槽和台阶,造成井下复杂和事故;钻井中悬重和钻压失真;岩屑床的存在会使钻具下部的扶正器、大尺寸钻铤产生相当大的扭矩或造成泥包扶正器,导致憋钻。此外,停

泵后井眼中岩屑下沉形成台阶、砂桥,造成砂卡或粘卡,严重影响钻井安全。

### 1.3 岩屑床的清除方法

要使大斜度井中的岩屑均匀的分散在钻井液中,不发生沉积和形成钻屑床,常规采用如下方法。

#### 1.3.1 优化工程参数

在保证井眼稳定的前提下,尽量提高排量,使钻井液具有较高的上返速度,减少岩屑的下沉;通过钻具转动、上下活动,增大环空钻井液非层流程度,部分破坏岩屑床、降低环空岩屑浓度,提高钻井液携岩效果;简化钻具结构,减少钻具与井壁的摩擦。

#### 1.3.2 选用合理的流型和流变参数<sup>[3]</sup>

根据常规的认识,要求在保持钻井液粘度平稳的基础上,尽可能提高低剪切速率下粘度。国外常规认识要求保持与井眼尺寸相匹配,即  $\phi 6$ 、 $\phi 3$  的数值与井眼直径的英寸数相配伍。

#### 1.3.3 使用“重塞”,配合高速旋转钻具

现场施工中,通常还使用“重塞”(即密度比正常井浆密度高  $0.2 \text{ g/cm}^3$  左右的段塞),虽然对已形成的岩屑床没有多大的作用,但在高转速、大排量的条件下,有利于携岩,效果非常显著。

因此在常规的认识下,主要是提高钻井液在低

收稿日期:2013-11-29; 修回日期:2013-12-09

作者简介:和鹏飞(1987-),男(汉族),甘肃人,中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司工程师,化学工程与工艺、石油工程专业,从事海洋石油钻井完井技术监督工作,天津市塘沽区渤海石油路 688 号海油大厦 B 座,hepf@cnooc.com.cn。

剪切速率下的粘度。而通过实践总结认为,要分情况而定。对于水垂比 > 2 的井来说,由于钻屑运移的时间较长,与下井壁接触的机会要多,提高钻井液在低剪切速率下的粘度具有较好的效果。但对于水垂比 < 2 的井来说,片面提高低剪切速率下的粘度将可能引起不好的效果,例如钻井液粘度较高,循环压耗高,钻屑在地面清除效率低,钻井液中固相含量高,造成钻井液性能的恶化。因此笔者认为,对于水垂比 < 2 的井,应通过与常规认识相反的思路来进行,使钻屑快速离开井底,均匀分布于钻井液中,增加钻井液对岩屑床的冲刷来减少岩屑床的形成。

## 2 技术思路

笔者认为钻井液在紊流的状态下是最适合清洁井壁的,即清理岩屑床。钻井液在作紊流流动时,岩屑不存在转动和滑落现象,能够均匀分布于钻井液中,几乎全部都能携带到地面来。钻井液在紊流的情况下,高流速对井壁的冲蚀严重,正好起到对岩屑床的冲刷,达到清理岩屑床的目的。

紊流携带岩屑也有一些缺点:一是要求钻井液的上返速度高,泵的排量大。当井眼尺寸较大、井较深以及钻井液的粘度、切力较高时,难以实现;二是对井壁冲蚀严重,不能形成好的泥饼,容易引起易塌地层井壁垮塌。要达到清除岩屑床的目的,前提是保证上部井壁稳定,不会因为钻井液的冲蚀而造成井壁垮塌。因此使用此方法需要如下前提条件:(1)井型要求水垂比在 2 之内;(2)上部井壁稳定,在紊流情况下不冲垮井壁;(3)钻井液保持良好的井壁稳定性能和润滑性。

如果采取紊流的流态,就要克服以上的缺点。要求上返速度高,现场一般是能够达到的。根据水力学可以了解到:关于流动状态的判别,多用临界雷诺数来判别。一般可以认为:当雷诺数  $Re \leq 2000$  时,为层流状态或结构流状态;当雷诺数  $Re > 2000$  时,为紊流状态。由于流体表达方程不同,其雷诺数计算公式也不同。在此仅就宾汉流体的雷诺数计算公式介绍如下:

$$Re = \frac{\rho(D_{井} - d_{外})v}{\mu_p \left[ 1 + \frac{\tau_0(D_{井} - d_{外})}{8\mu_p v} \right]}$$

式中: $\rho$ ——钻井液密度,  $g/cm^3$ ;  $v$ ——钻井液流速,  $cm/s$ ;  $D_{井}$ ——井眼直径,  $cm$ ;  $d_{外}$ ——钻具外径,  $cm$ ;  $\mu_p$ ——宾汉流体的塑性粘度,  $P$ ;  $\tau_0$ ——宾汉流体的动切应力,  $dyn/cm^2$ 。

要想提高  $Re$  数,达到紊流的流态,需要提高钻井液的密度(一般不采取),降低塑性粘度。因此,可以采用降低钻井液的粘度和切力,来实现  $Re$  数值的提高。钻头水马力的损失,不可避免会发生,只能从具体的情况出发将影响降到最小。对井壁的冲蚀,泥饼的形成不会太好这个问题,在钻井液中增加一定量的膨润土和沥青,可以得到解决。

## 3 适应性分析

渤海某区块,所钻地层为明化镇和馆陶组,均为第三系地层,泥岩较为松软且胶结均匀,不存在裂缝和硬脆性泥岩,井壁较为稳定。此外,该油田在定向钻进时采用的是 PDC 钻头,切削的钻屑较小,一般在 3 ~ 5 mm,利用较低的粘切可以保证钻井液对钻屑的携带。

根据表 1 可以看出,在该区块所钻井的水垂比均在 2 以内。

表 1 某区块 8 口井工程参数

井名	斜深/m	垂深/m	最大井斜角/(°)	水平位移/m	水垂比
B9	2263	1444	58.86	1554	1.08
B10	2065	1462	59	1131	0.78
B13	2700	1460	65.99	2040	1.40
B14	2435	1454	62.62	1730	1.19
B15	2547	1457	64.82	1842	1.26
B16	2647	1462	64.59	2000	1.37
B20	2186	1172	44.84	1143	0.98
B21	2749	1751	57.84	1937	1.11

为了使钻井液在井底形成紊流而达到清除岩屑床的目的,可通过提高排量、增大钻具的直径、降低钻井液的粘切等方式来达到,但是受现场和井眼条件的限制。因此根据现场条件,确定减少岩屑床最主要是在井眼下端,因为当钻屑脱离地层进入钻井液中时,钻屑具有多孔性和粘性,容易粘连在一起,发生下沉而形成岩屑床。只有当钻屑的表面被包被剂包裹时,才能有效地减少粘结,使钻屑均匀分散在钻井液中不发生聚结,从而减少形成岩屑床的机会。因此在钻具下端的环空里,当钻屑未被包被抑制时,钻井液达到紊流状态是具有最佳效果的。

根据该区块的工程参数,泵的排量为 3800 ~ 4200 L/min,井眼直径为 12 ¼ in (Ø311 mm),钻杆外径 5 in (Ø127 mm),钻铤外径 8 in (Ø203.2 mm),设计钻井液密度为 1.15  $g/cm^3$ ,将塑性粘度控制在 16 mPa·s 左右,通过上面的  $Re$  数公式计算可得,在钻杆处的  $Re$  数为 900 ~ 1200,在钻铤处的  $Re$  数为 1700 ~ 2700,在钻铤处基本能实现紊流。

根据该区块的地质和工程参数,在现场的施工中可以达到紊流来携带岩屑,清理岩屑床的目的,并在该油田大斜度井采用如下泥浆方案:

(1) 保证上部井壁的稳定性和井壁的润滑性;上部泥浆转化时保持一定的膨润土含量,以便形成良好的泥饼;进入东营组之前加入沥青改善泥饼质量和增加润滑性,后期根据井温加大沥青的含量,适当减少润滑剂的加量。

(2) 及时观察岩屑的返出情况,发现返出量减少可采取短拉或使用“重塞”的办法,及时清除岩屑床。

#### 4 现场应用

在该区块施工了 8 口大斜度井,按照技术思路进行施工,对岩屑床的清理达到了很好的效果。表 2 为这 8 口井的施工情况。

表 2 某区块 8 口井施工情况

井名	钻进情况	返砂情况
B9	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 25$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B10	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 25$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B13	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 27$ kN·m	返砂比较正常,颗粒分明
B14	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 26$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B15	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 25$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B16	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 25$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B20	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 25$ kN·m	返砂正常,颗粒分明
B21	钻进顺利,无憋泵,扭矩 $\leq 27$ kN·m	返砂比较正常,颗粒分明

注:以上 8 口井都为同一模块钻机所钻,泵排量均为 3800 ~ 4200 L/min,且各井均起钻顺利,无遇阻。

这 8 口井对清理岩屑床取得了很好的效果,钻井液的性能和前面施工的井也很较大的差别,在钻井液优化前 B5 井的施工中,出现了憋泵和起钻耗时(31 h)太长的问題,在此对优化前后的钻井液性能,以 B5 和 B15 井为例,进行对比(见表 3)。B15 井完钻数据:斜深 2644.00 m,垂深 1458.11 m,井斜角 63.90°。在 800 m 转化泥浆时,预留了一部分的膨润土浆,在初期时钻井液中加入黑沥青,使其含量达到了 2.0%,中后期补入液体白沥青,使沥青的总量达到了 2.5% ~ 3.0%。泥饼质量好,薄而致密,润滑性好。钻进期间,合理地利用固控设备等一切方法,将塑性粘度控制在 16 mPa·s 左右,屈服值为

表 3 流变性对比

井号	表观粘度 AV / (mPa·s)	塑形粘度 PV / (mPa·s)	屈服值 YP / Pa	流变指数 N	稠度系数 K	动塑比 $\varphi / [Pa \cdot (mPa \cdot s)^{-1}]$	雷诺数 Re
B5	35.5	22	13.80	0.535	0.89	0.627	1107
B15	22.2	15	7.2	0.57	0.48	0.50	2049

注:所取的性能均为井深是 1950 m 左右时的钻井液性能。

7 ~ 10 Pa 之间,通过 Re 数的计算,在钻铤处的 Re 数值可达到 2000,该处钻井液的流态为紊流。

钻进期间,泵排量 3800 ~ 4200 L/min,扭矩 $\leq 25$  kN·m,泵压 $\leq 20$  MPa,逐步上升,没有出现憋泵的情况。在钻进的过程中,振动筛返砂正常,且岩屑颗粒均匀,棱角分明。完钻后起钻,历时 15 h,期间没有出现憋泵现象。而通过对流型指数和动塑比的统计发现: $N = 0.5 \sim 0.6$ ,动塑比  $\varphi(\tau_0/\mu_p) = 0.4 \sim 0.5 Pa/mPa \cdot s$ ,比常规的数值都要低一些。钻井工程上,每 200 m 短起一次,经常活动钻具,缩短钻井液静止时间,分段循环钻井液。钻进和后期起钻期间没有发生憋泵的现象,起钻顺利,可以说明改变流型,让钻井液在紊流状态下对岩屑床的清理达到了理想的效果。

#### 5 结论

(1) 针对大斜度井的技术难点,岩屑床的清理为首要任务,清理岩屑床需要将工程方法和钻井液的性能调节结合起来才能达到更好的效果。

(2) 根据辽东湾该区块的情况,所钻井的水垂比在 2 以内,在保证形成良好泥饼的前提下,采用降低动塑比,利用钻铤处的紊流清理岩屑床,取得了理想的效果。

(3) 现场发现钻井液的流变指数和动塑比都不能过高,且比以前的经验数值小,当流变指数  $N = 0.5 \sim 0.6$ ,动塑比  $\varphi = 0.4 \sim 0.5 Pa/mPa \cdot s$  的范围内就可以达到清除岩屑床的目的。

#### 参考文献:

- [1] 董林海. 大井斜大位移定向井岩屑运移问题研究[J]. 内江科技, 2008, (9): 113, 139
- [2] 郭梁栋. 冀东油田大斜度大位移井岩屑床的解决方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(5): 58 - 59.
- [3] 蔡利山, 林永学, 王文立. 大位移井钻井液技术综述[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(3): 1 - 13.
- [4] 汪海阁, 刘希圣, 丁岗. 水平井段岩屑床厚度模式的建立[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1993, 17(3): 25 - 32.
- [5] 张洪泉, 任中启, 董明健. 大斜度大位移井岩屑床的解决方法[J]. 石油钻探技术, 1999, 27(3): 6 - 8.
- [6] 王艳辉, 罗平亚. 水平井岩屑床层移运动的规律分析[J]. 西南石油学院学报, 1994, 16(1): 35 - 41.
- [7] 刘希圣, 郑新权, 丁岗. 大斜度井中岩屑床厚度模式的研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1991, 15(2): 28 - 35.
- [8] 胡景荣. 再论大斜度定向井的井眼净化问题[J]. 钻采工艺, 2001, 24(2): 14 - 16.
- [9] 魏文忠, 刘永旺, 管志川, 等. 一种用于大斜度大位移井岩屑床清洁的新装置[J]. 石油天然气学报, 2006, 28(5): 138 - 140.
- [10] 宋海成, 王振飞, 徐小龙, 等. 大位移井岩屑床危害及处理措施研究[J]. 石油科技论坛, 2012, 31(2): 40 - 42.