

# ADM6 - 4H 井四开水平段钻井液技术

刘春明

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**ADM6 - 4H 井是 AHDEB 油田使用常规随钻测量仪器 (MWD) 和螺杆动力钻具组合完成的一口水平段长度 1500 m、最大水平位移 1915.17 m 的 6 in 小井眼大位移水平井,也是 AHDEB 油田目前水平位移最大的一口水平井。该井四开水平段钻进使用聚磺混油钻井液体系,在携砂、井眼稳定和润滑减阻等方面效果突出。四开水平段钻进快,钻进扭矩小,钻井液性能稳定,无井壁失稳,无漏失,无卡钻,无托压,其经验技术值得借鉴。

**关键词:**小井眼;大位移水平井;水平段钻进;聚磺混油钻井液

**中图分类号:**P634.6;TE254 **文献标识码:**B **文章编号:**1672 - 7428(2017)08 - 0051 - 04

**Drilling Fluid Technology for the Fourth Spudding Horizontal Section of ADM6 - 4H Well/LIU Chun-ming** (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** Well ADM6 - 4H was completed by MWD and screw drilling tool combining construction in AHDEB oilfield, which is a 6 - inch slim hole with the length of 1500m in horizontal section and the maximum horizontal displacement of 1915.17m, and is also a horizontal well with the maximum horizontal displacement in AHDEB oilfield at present. Polysulphonate oil-mixing drilling fluid system was used in the fourth spudding horizontal section drilling, for its outstanding application effects of sand carrying, borehole wall stability and lubricating, the drilling speed was fast with small drilling torque and stable drilling fluid properties; there were no borehole instability, lost circulation, sticking and back pressure.

**Key words:** slim hole; extended reach horizontal well; horizontal section drilling; polysulphonate oil-mixing drilling fluid

## 0 引言

小井眼大位移水平井施工过程中,随着水平位移的增加,钻屑的携带越来越困难,扭矩、摩阻和泵压都将大幅度升高,钻进排量小,井眼净化不良、托压、摆工具面困难等问题突出,并可能由此引发各种井下复杂情况发生。ADM6 - 4H 井是一口布置于 AHDEB 油田 AD - 1 区块的水平井,四开水平段为 6 in(Ø152.4 mm)小井眼,水平段长 1500 m,最大水平位移 1915.17 m,创造了 AHDEB 油田水平位移和 1500 m 水平段水平井钻井周期最短等多项纪录。四开水平段钻进过程中有 4 次靶点调整,增加了水平井段的施工难度。本井通过优化水平段钻井液配方,完善钻井液维护处理措施,克服各种影响小井眼大位移水平井钻井施工的制约因素,保证了小井眼水平段施工过程中钻井液性能稳定、低流动阻力、良好的润滑性能和岩屑悬浮能力,为水平段钻井施工的顺利进行提供了有利保障。

## 1 地质情况

AHDEB 油田位于伊拉克中南部瓦西特省

NOMINA 镇与 KUT 镇之间,地处美索不达米亚平原中部,地层上第三系至第四系为海陆交互和陆相沉积,白垩系和第三系中下部以海相沉积为主,白垩系的多孔生物碎屑灰岩为主要含油气储层。地层及岩性见表 1。

表 1 ADM6 - 4H 井地层及岩性

系	组	厚度/m	岩性	备注
	Upper Fars	1071	以泥岩为主,夹薄层砂岩	
	Lower Fars	369	灰岩夹石膏、泥灰岩,底部可能有盐层	
第 三 系	Jeribe	78	以白云岩为主,底部有灰岩、白云灰岩、砂质白云岩	
	UP. Kirkuk	166	上部灰岩,下部泥灰岩含灰岩夹层	
	Dammam	308	燧石灰岩	
白 垩 系	Aliji	183	灰岩夹薄层泥灰岩	
	Shiranish	43	灰岩,底部有泥灰岩	
	Hartha	167	灰岩,夹泥灰岩,上部有裂缝	
	Sadi	114	灰岩,上部夹泥灰岩和頁岩	
	Tanuma	52	灰岩,下部夹泥灰岩	可能有油气显示
	Khasib	112	灰岩	主要含油层位
	Mishrif	目的层	灰岩,加薄层泥岩	有油气显示

## 2 工程情况

ADM6-4H井是位于AHDEB油田AD-1区块的一口四开小井眼大位移水平井,目的层Mishrif-4,完钻井深4522 m,水平段长1500 m,水平位移1915.17 m,钻井周期49.0 d。本井四开水平段使用

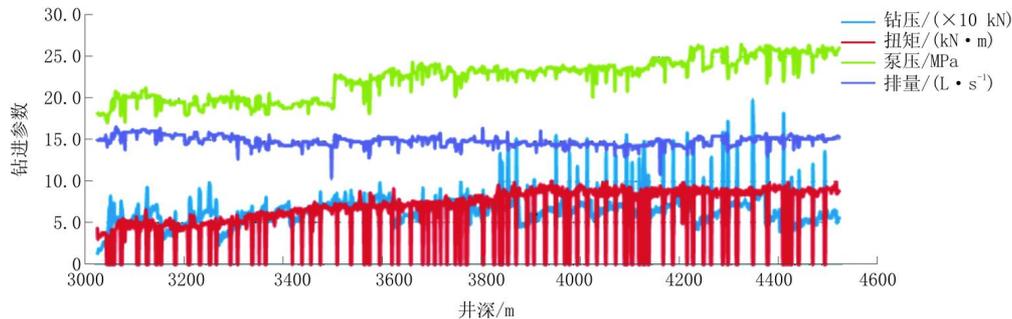


图1 ADM6-4H井水平段主要钻进参数

从图1中可以看出,本井水平段钻进期间随着进尺增加,钻进排量没有太大变化。在排量基本保持不变的情况下,泵压和扭矩随进尺增加呈平缓上升趋势。3800 m以后,随着靶点不断调整,造成部分井段“狗腿”度增加,滑动钻进钻压大幅度提高,复合钻扭矩仍趋势平稳无大幅波动,说明在水平段钻进过程中,井眼始终保持着良好状态,摩阻的控制和削减措施效果明显。

## 3 四开水平段钻井液处理

钻井液是水平井钻井施工的关键技术之一,尤其是小井眼大位移水平井,泵压和排量受到钻井设备限制提升空间有限,钻进扭矩和摩阻随着进尺的增加不断增大,岩屑携带也越来越难,增加了钻井施工的难度和风险。

本井四开水平段使用聚磺混油钻井液体系,该体系具有抗温、抗盐、低分散、低固相、低滤失、防塌和润滑减阻能力强等特点<sup>[1]</sup>,能够满足四开小井眼水平段的钻进需要。

### 3.1 四开水平段钻井液配制

三开固井结束后,预留部分三开钻井液,使用中、高速离心机进行净化处理,处理后的钻井液作为配制四开水平段钻井液的基浆,再混入少量预水化坂土浆、磺化胶液、中分子降滤失剂SP-8胶液和废油等配制四开钻井液。(注:废油是废弃钻井液回收处理过程中分离出来的油质,沥青质含量高,较粘稠,C4以下的烃类含量极少)。

6 in PDC钻头、常规随钻测量仪器(MWD)和螺杆动力钻具施工,钻井液使用聚磺混油钻井液体系,水平段钻进周期13.90 d。ADM6-4H井水平段主要钻进参数见图1。

钻井液配方:部分三开钻井液+1%膨润土+1%SP-8+3%F-Soltex+2%SPNH+2%SMP-1+8%废油+0.2%乳化剂。

四开开钻钻井液性能为:密度 $1.10 \text{ g/cm}^3$ ,粘度42 s,动切力6 Pa,塑性粘度 $17 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ,初/终切力为1/5 Pa/Pa,失水量2.0 mL,固相含量8%,MBT为 $21.5 \text{ g/L}$ ,pH值9, $K_f=0.0349$ 。

### 3.2 钻井液的维护处理

#### 3.2.1 改善钻井液的润滑性,降低扭矩和摩阻

钻井过程中的摩擦现象一般是边界摩擦、干摩擦(无润滑摩擦)和流体摩擦共同形成的混合摩擦<sup>[2]</sup>,井斜角增大、液柱压力与地层压力的差值较大、洗井效果差、井眼变形等都是产生高钻井摩阻的原因<sup>[3]</sup>。在不考虑工程因素的情况下,通过调整钻井液降低摩擦阻力的方法可从添加润滑剂、调整钻井液流变性、提高携砂能力、保持钻井液低固相、提高井壁稳定性和降低泥饼的粘附性等方面着手。

四开配浆时即把钻井液含油量提高到8%,并在钻进过程中,通过不断补充RH-3液体润滑剂维持钻井液的润滑性能。为避免对岩屑录井产生影响,本井除在3668 m和4216 m短起下通井前循环过程中各补充一次废油以保证钻井液的含油量外,其它情况下均使用无荧光液体润滑剂RH-3对钻井液润滑性能进行调整和维护。

四开钻进过程中,始终保持钻井液中含油量为7%~8%,RH-3加量 $\leq 3\%$ ,取得了良好的润滑效果,有效降低了扭矩和摩阻,为水平段钻井施工提供了有力保障。四开泥饼摩阻系数始终低于0.06,复

合钻进平均扭矩 7.41 kN·m,最大扭矩 10.10 kN·m,滑动钻进平均钻速 5.36 m/h,复合钻进平均钻速 9.06 m/h。

### 3.2.2 钻井液净化

钻井液中的固相含量是影响钻井液性能的一个重要因素。随着钻井液中固相含量的增加,尤其是亚微米粒径固相的增加,钻井液密度、粘度、切力随之增加,泥饼逐渐变虚变厚,钻井液流动性变差,泥饼粘滞性增强,钻具转动或滑动需克服的阻力也会增加。另外,由于泥饼虚厚和钻井液密度的增加,可能会引起压差卡钻等井下事故发生。

四开振动筛和除砂/除泥一体机使用 200 目筛布。钻进过程中,振动筛和除砂/除泥一体机使用效率达到 100%,中速离心机使用效率达到 80%、高速离心机使用效率达到 75%,有效控制钻井液中有害固相的含量。四开全井段控制钻井液密度 1.10 ~ 1.12 g/cm<sup>3</sup>,粘度 45 ~ 55 s,固相含量 > 10%,含砂量 > 0.1%。

### 3.2.3 降低环空压耗,提高泵排量

与常规井眼相比,小井眼环空压耗约占总压耗的 50%<sup>[4]</sup>,是制约小井眼钻井排量的重要因素。虽然,低固相聚合物钻井液的环空返速保持在 0.5 ~ 0.6 m/s 就可满足携岩要求<sup>[5]</sup>,但是能够将排量尽量调高,对携砂和井眼净化显然更有益处。而从调整钻井液性能方面着手则是降低小井眼环空压耗和提高钻进排量最直接和最简单易行的措施。

本井四开水平段钻进期间,在现场条件允许的情况下,通过控制钻井液密度尽量靠近设计下限降低井眼液柱压力,调整钻井液粘度和切力,使钻井液处于“低粘高切”状态,在保证对岩屑的悬浮能力的同时有效降低了钻井液的流动阻力,对维持较大排量钻进起到了重要作用。

### 3.2.4 提高井眼净化效果、抑制和清除岩屑床

随着水平段进尺的增加,岩屑在井底向外运移过程中,受到重力、粘滞阻力等作用,一部分岩屑沉降聚积在下井壁会形成岩屑床。岩屑床的形成对井下安全和钻井施工都有严重影响,轻则使环空压耗升高、扭矩变大和定向托压,重则可能造成砂卡等井下事故。通过调整钻井液流变性提高动塑比、增加泵排量提高环空返速、利用钻具旋转破坏岩屑床和适时短起下钻修整井壁等都是抑制和破坏岩屑床的有效措施。

本井四开钻进排量 14 ~ 16 L/s,裸眼环空返速为 1.16 ~ 1.33 m/s,对岩屑上返和井眼净化非常有利。

另外,配合各种工程措施,如:在条件允许情况下尽量减少滑动钻进时间,尽可能多地采用复合钻进,通过钻具旋转搅动破坏沉积在井眼底边的岩屑;每钻完一根单根划眼 2 遍;每 300 m 进尺短起下钻通井一次等。破坏和清除岩屑床,提高井眼净化效果。

### 3.2.5 井壁稳定和储层保护

井壁失稳除力学原因外,主要是由于岩石与钻井液发生物理化学作用而引起的<sup>[6]</sup>。而钻井液对油气层的损害机理主要为固相颗粒侵入油气层堵塞孔道,液相侵入油气层与地层岩石和地层流体作用产生水敏、盐敏、润湿反转、水锁等效应,以及乳化堵塞、无机或有机沉淀等<sup>[7]</sup>。

AHDEB 油田储层岩性为灰岩,孔隙度大,易发生渗漏。根据工程设计,本井目的层预测地层压力系数仅为 0.9。为避免渗漏甚至井漏情况的发生,综合考虑井下安全和近平衡钻井,四开钻进过程中,在保证井下安全的情况下,尽量控制钻井液密度靠近设计密度下限,降低液柱压力和地层压力之间的正压差,减少因压力造成的钻井液侵入地层,甚至是压漏地层。同时还要求钻井液具有低固相、低含砂以及良好的造壁和封堵能力,减少滤液和有害固相颗粒侵入地层,为水平段井壁稳定和储层保护提供有利条件。

四开钻进期间,通过加入 SP-8、SPNH 和 SMP-1 降低泥浆滤失量,提高泥饼质量,通过加入 F-SOLTEX 和 CaCO<sub>3</sub> 提高钻井液的封堵性,同时通过加入隔离膜成膜剂 CMJ-2,在滤饼上形成一层保护膜,阻止滤液及钻井液向地层渗透,保护储层<sup>[8]</sup>。另外,工程措施如:避免裸眼段长时间定点循环、控制钻具上提下放速度和平稳开泵避免产生过大“激动”压力、提高钻速减少储层浸泡时间、及时通井修整井壁等也是四开水平段井壁稳定和储层保护的重要技术措施。ADM6-4H 井四开水平段钻井液性能见表 2。

## 4 结语

(1) 小井眼大位移水平井因钻进排量小,极易形成岩屑床,改善钻井液的携砂能力、钻具旋转搅动、

表2 ADM6-4H井四开水平段钻井液性能

井深/ m	密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	粘度/ s	塑性粘度/ ( $mPa \cdot s$ )	动切力/ Pa	静切力/ Pa	终切力/ Pa	失水量/ mL	固相含 量/%	含砂率/ %	pH 值	$K_f$	$n$	$K$
3041	1.10	45	18	6.0	1	5.0	2	8	0.1	9	0.0349	0.70	0.19
3188	1.10	45	19	5.5	1	6.0	2	8	0.1	9	0.0349	0.71	0.19
3309	1.10	46	19	6.0	1	5.0	2	9	0.1	9	0.0437	0.69	0.21
3420	1.10	47	20	6.0	1	6.0	2	9	0.1	9	0.0437	0.70	0.21
3558	1.10	46	19	6.0	1	5.0	2	9	0.1	9	0.0349	0.69	0.21
3668	1.11	52	20	6.5	1	6.0	2	9	0.1	9	0.0349	0.68	0.24
3740	1.10	53	21	6.0	1	6.0	2	9	0.1	9	0.0437	0.71	0.20
3845	1.11	50	20	6.0	1	5.5	2	9	0.1	9	0.0349	0.70	0.21
4020	1.12	53	21	6.0	1	6.0	2	10	0.1	9	0.0437	0.71	0.20
4155	1.12	55	21	7.0	1	6.5	2	10	0.1	9	0.0437	0.68	0.26
4280	1.12	63	22	6.0	1	6.0	2	10	0.1	9	0.0349	0.72	0.20
4418	1.12	62	23	6.5	1	6.0	2	10	0.1	9	0.0437	0.71	0.22
4522	1.12	60	23	6.0	1	5.5	2	10	0.1	9	0.0437	0.73	0.19

短起下钻通井等都是非常有效的抑制、破坏和清除岩屑床的技术措施。

(2)利用废弃钻井液回收处理分离出的废油与液体润滑剂RH-3复配使用的润滑效果非常明显且作用持久,但废油加量过多会提高泥浆的液相粘度,增加钻井液性能的调控难度。

(3)F-SOLTEX和CaCO<sub>3</sub>的使用能够有效减轻灰岩地层的渗漏,同时对保护储层有积极作用。

(4)本井四开水平段钻进期间,密度控制也是钻井液维护处理的一个难点,在钻进过程中,即使振动筛使用165目以上筛布也必须配合补充低浓度处理剂胶液和长时间交替运转中、高速离心机等措施才能将密度控制在1.10~1.12 g/cm<sup>3</sup>。

(5)本井四开水平段钻进使用的聚磺混油钻井液体系流变性能稳定,润滑性能良好,能够充分满足6 in小井眼大位移水平井段的钻井施工要求。

(6)本井四开水平段钻进扭矩小,钻速快,钻井液在润滑减阻和井眼稳定方面效果突出,能够为

AHDEB油田后续的小井眼大位移水平井施工的钻井液技术服务提供宝贵经验。

#### 参考文献:

- [1] 袁波,汪绪刚,汪世国,等.聚磺钻井液在伊拉克艾哈代布油田水平井中的应用[J].钻井液与完井液,2011,28(3):82-84.
- [2] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2001:105-108.
- [3] 沈伟,谭树人.大位移井钻井作业的关键技术[J].石油钻采工艺,2000,22(6):21-26.
- [4] 于建克,张少华,范志国.小井眼钻进时的环空压耗及携岩问题[J].新疆石油科技,2002,12(1):14-16.
- [5] 鄢捷年,杨虎,王利国.南海流花大位移井水基钻井液技术[J].石油钻采工艺,2006,28(1):23-28.
- [6] 孙金声,杨宇平,安树明,等.提高机械钻速的钻井液理论与技术研究[J].钻井液与完井液,2009,26(2):1-6.
- [7] 王富华,邱正松,王瑞和.保护油气层的防塌钻井液技术研究[J].钻井液与完井液,2004,21(4):48-51.
- [8] 孙金声,汪世国,刘有成,等.隔离膜水基钻井液技术研究与应[J].钻井液与完井液,2005,22(3):5-8.