

伊拉克艾哈代布油田 AD205H 井钻井液技术

孙 莉, 杨桂林, 孙义春

(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: AD205H 井是伊拉克艾哈代布油田的首口简化三开水平井, 上部水敏泥岩易分散造浆、缩径, 中部存在高压盐水层、燧石结核地层, 储层灰岩含量高, 从而增加了施工周期, 制约了该区水平井发展步伐。针对上述钻井难点, 开展了钻井液抑制性、抗温性、抗盐性、抗污染评价试验, 研制了混油聚磺钻井液体系。现场应用表明, 聚磺钻井液体系抗污染能力强, 施工过程中性能稳定。对于上部水敏性泥浆有很强的抑制作用, 对于下部易渗漏的灰岩地层有很好的封堵作用, 减少了井下复杂事故的发生。此井为该地区简化井身结构第一口井, 低密度优质钻井液保证了该井的顺利施工, 创造了该油田钻井施工的多项纪录。

关键词: 聚磺钻井液; 水平井; 抑制性; 抗温性; 抗盐性; 抗污染; 伊拉克艾哈代布油田

中图分类号: TE254 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)08-0033-03

Drilling Fluid Technology for Well AD205H in Al-ahdab Oilfield of Iraq / SUN Li, YANG Gui-lin, SUN Yi-chun (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: AD205H is the first simplified three-spuding horizontal well in Al-ahdab oilfield of Iraq. Upper water sensitive mudstone is easily being dispersed and mud forming with diameter reducing; high pressure salt water layer, chert nodule beds and oil reservoir with high content of limestone increase the construction cycle and restrict the application of horizontal wells in this area. Aiming at the above difficulties, evaluation tests on the drilling fluid inhibitory, temperature resistance, salt resistance, anti pollution were made, the mixed oil polysulfonate drilling fluid system was developed. Field application shows that polysulfonate drilling fluid system has strong antipollution ability with stable performance in the construction process, which has strong inhibition on water sensitivity mud of the upper part and very good sealing effect for lower limestone formation; downhole accidents are reduced.

Key words: polysulfonate drilling fluid; horizontal well; inhibitory; temperature resistance; salt resistance; antipollution; Al-ahdab oilfield of Iraq

伊拉克艾哈代布油田 AD205H 井是该地区简化井身结构后的第一口水平井, 该地区地质情况复杂, 上部水敏泥岩易分散造浆、缩径, 中部存在高压盐水层、燧石结核地层, 储层灰岩含量高, 大大增加了难度。为了实现优质、高效钻井施工的目的, 开展了钻井液抑制性、抗温性、抗盐性、抗污染评价试验, 研制了混油聚磺钻井液体系, 最终在合理的工程措施和优质的钻井液保障下, 使得 AD205H 井创造出该区块多项施工纪录。

1 地质工程概况

1.1 地层分层和主要岩性(见表 1)

1.2 工程概况

AD205H 井是伊拉克艾哈代布油田 AD-1 构造设计的一口水平开发井, 其目的层为白垩系 Khasib 组 K2 油层, 该井水平段垂深 2643.22 m, 斜深 3890

界	系	阶	组	实际深度/m	厚度/m	主要岩性
	第四系			/	/	/
新生界	上第三系		Lower Fars	1125	370	泥灰岩夹薄层砂岩、灰岩、泥岩、石膏、盐岩
			Jeribe	1495	100	白云岩为主, 夹有灰岩和石膏
			Upper kirkuk	1595	165	白云岩
			Dammam	1760	280	灰岩
			Aliji	2040	161	灰岩
中生界	上白垩系	科尼亚	Shiranish	2201	66	灰岩
		克阶 - 桑托阶	Hartha	2267	213	灰岩、白云岩
			Sadi	2480	162	灰岩
			Tanuma	2642	127	灰岩
		土仑阶	Khasib	2769		灰岩

m, 造斜点 2075 m, 靶前位移 500 m, 水平位移 1299.47 m, 方位角 259.27°, 最大井斜角 89.84°, 裸

收稿日期: 2014-02-12; 修回日期: 2014-05-27

作者简介: 孙莉(1986-), 女(汉族), 黑龙江大庆人, 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院助理工程师, 机械设计制造及其自动化专业, 从事石油钻井设计相关工作, 黑龙江省大庆市红岗区八百垅, sun_ly@cnpc.com.cn。

眼井段长 1280 m,水平段长 800 m。

本井一开使用 $\varnothing 444.5$ mm 牙轮钻头钻至井深 305.5 m,下 $\varnothing 339.7$ mm 套管固井;二开使用 $\varnothing 311.2$ mm PDC 钻头钻至井深 2045 m,下 $\varnothing 244.5$ mm 套管固井;三开使用 $\varnothing 215.9$ mm PDC 钻头钻至井深 3670 m,下 $\varnothing 177.8$ mm 套管 + $5\frac{1}{2}$ in ($\varnothing 139.7$ mm) Punch Liner 固井。

2 各开地层特点、钻井液技术难点及施工对策

该井一开钻遇地层为 Upper Fars 层,该地层以泥岩为主,表层疏松,钻进中易发生坍塌、漏失、窜槽等情况。施工过程中表层应采用粘度和切力较高的钻井液钻进,使用 SP-8、RS-2 和 FA-367 维护钻井液性能,可以有效地防止流砂层井壁失稳以及大段泥岩的造浆现象发生。

该井二开在井深 1100 m 以浅钻遇地层为水敏性泥岩地层;Lower fars 地层(1100 ~ 1500 m)以膏岩、灰质泥岩为主。在水敏性泥岩地层中钻进时,掉块、垮塌、缩径、泥岩水化膨胀现象时常发生,这给井下安全带来极大隐患。在 1100 ~ 1500 m 膏岩段钻进时,钻井液极易受到污染,而受到污染后的钻井液性能容易发生波动从而影响井下安全。因此,在水敏性泥岩段钻进过程中,应该使用聚合物钻井液,大分子包被剂 PLUS-L 能够保证钻井液有足够的抑制能力,有效地控制泥岩的水化分散以及垮塌、缩径等现象发生。在钻遇膏岩层前,将钻井液体系转变为聚磺钻井液,高性能的抗温、抗盐、抗钙磺化处理剂 SMP-1、SPNH 和 F-SOLTEX,可以保证该钻井液体系在膏岩层钻进过程中的性能稳定和井眼安全。

该井三开钻遇地层以灰岩和泥质灰岩为主,灰岩渗透性强,在压差作用下极易形成虚泥饼,给起下钻带来困难。泥质灰岩中的泥质成分易水化膨胀会缩径,导致小井眼。三开为定向、水平井段,虚厚泥饼会给定向施工带来困难,也大大增加了卡钻风险。因此,在三开钻进过程中,采用聚磺混油钻井液体系,泥浆含油量 9% ~ 10%,配合使用固体、液体润滑剂增加钻井液润滑性。同时钻井液中 PLUS-L 维持含量 $\leq 0.8\%$,这可以对灰岩中的泥质成分进行充分的抑制,减少缩径现象发生。另外,严格使用固控设备减少钻井液中劣质固相含量,保证形成薄而韧的泥饼。油层钻进中引入超细碳酸钙保护油层,也能够进一步强化泥饼质量。高强度的泥饼、钻井液优良的润滑性为安全施工奠定了基础。

3 抗温抗盐钻井液性能评价

针对伊拉克艾哈代布油田地质条件,优选了多种抑制剂、抗盐、抗钙降滤失剂,最终确定了钻井液配方如下。

一开:清水 + 10% 膨润土 + 0.3% Na_2CO_3 + 0.2% ~ 0.3% FA367 + 0.3% SP-8 + 2% RS-2。

二开:一开井浆 + 0.8% ~ 1% PLUS-L + 1% SP-8 + 3% SPNH + 2% F-SOLTEX + 1% SMP-1 + 0.4% NaOH。

三开:二开井浆 + 0.8% ~ 1% PLUS-L + 1% SPNH + 1% SMP-1 + 1% F-SOLTEX + 2% RH-2 + 8% ~ 10% 原油 + 0.3% 乳化剂 + 5% 油层保护剂。

3.1 钻井液抑制性试验

钻井液的抑制性关系到井壁稳定和钻井过程中钻井液性能的稳定。钻井液抑制剂能抑制泥页岩和钻屑的水化分散,降低泥浆结构粘度和水眼粘度,如果井壁中含有混层粘土矿物,而且还存在于易塌层中,必须使用抑制剂。因此,该井对钻井液高温下的抑制性能进行了评价:在 100 °C 的温度滚动 16 h 的试验条件下,分别将岩屑(取自 AD1-6-3H 井 400 ~ 700 m 泥岩井段)放在一、二、三开钻井液中,测得岩屑回收率为 78%、80%、83.5%。说明钻井液具有良好的抑制泥岩水化分散能力。

3.2 钻井液抗温性能试验

钻井液长时间处于高温条件下,钻井液组分会发生各种复杂的变化,其中主要存在着粘土粒子及加重材料高温去水化作用,高分子处理剂高温氧化降解,高温交联和高分子处理剂高温去水化作用等,使处理剂效能降低或失效。钻井液性能的变化会导致施工无法正常进行,因此,在优选钻井液体系的过程中,必须对钻井液的抗温能力进行评价,确保其稳定性。

钻井液的抗温性能评价是通过钻井液在不同温度下老化一定时间后的性能变化情况,来检验该钻井液体系在不同温度下的抗温能力。试验方法:在 140 °C 高温条件下将三开钻井液老化 16 h,测得其性能见表 2。

表 2 钻井液抗温试验性能参数

条件	密度 /(g· cm ⁻³)	粘 度 /s	塑性 粘度 /(mPa·s)	动 切力 /Pa	静 切力 /Pa	失水量 /[mL· (30 min) ⁻¹]
常温	1.28	42	26	7	1.5/3.0	5.0
高温 140 °C/16 h	1.28	45	26	8	1.5/4.0	5.2

从表 2 的试验数据可以看出,高温老化前后钻井液的性能无明显变化,说明聚磺钻井液体系的抗温性能良好。

3.3 钻井液抗盐试验

钻井液在钻井过程中,不可避免地遇到钻屑的污染,有时会遇到盐污染和钙污染,因此,需要对优选的钻井液体系进行抗盐污染和抗钙污染的评价。试验方法:在二开聚磺钻井液中分别加入 10% NaCl 和 15% NaCl,测得其常规性能见表 3。

表 3 钻井液抗盐试验性能参数

NaCl /%	密度 / (g·cm ⁻³)	粘度 /s	塑性粘度 / (mPa·s)	动切力 /Pa	静切力 /Pa	失水量 / [mL·(30 min) ⁻¹]	pH 值
0	1.28	42	26	7	1.5/3.0	5.0	9
10	1.28	45	29	7.5	1.5/4.5	5.4	9
15	1.28	46	30	9	2.0/5.5	6.0	8.5

通过表 3 试验数据对比发现,二开聚磺钻井液在加入盐后常规性能无明显变化,说明该体系具有良好的抗盐污染能力,可满足钻工艺需求。

3.4 钻井液抗钙试验

同时,我们还对该体系进行了抗钙污染的评价。试验方法:在二开聚磺钻井液中加入 3% 和 5% 石膏,测得其常规性能见表 4。

表 4 钻井液抗钙性能参数

石膏 /%	密度 / (g·cm ⁻³)	粘度 /s	塑性粘度 / (mPa·s)	动切力 /Pa	静切力 /Pa	失水量 / [mL·(30 min) ⁻¹]	pH 值
0	1.28	42	26	7	1.5/3.0	5.0	9
3	1.28	48	29	8.5	2.0/5.5	5.8	9
5	1.28	50	39	9	3.0/7.5	7.2	8.5

通过表 4 试验数据对比,可以看出二开聚磺钻井液在加入石膏前后常规性能无明显变化,说明该体系具有良好的抗钙污染能力。

3.5 钻井液抗粘土试验

为了了解该钻井液体系抗土侵的能力,进行了抗粘土能力评价。试验方法:在二开聚磺钻井液中加入 8% 和 12% 土粉,测得其常规性能见表 5。

表 5 钻井液抗粘土试验性能参数

粘土 /%	密度 / (g·cm ⁻³)	粘度 /s	塑性粘度 / (mPa·s)	动切力 /Pa	静切力 /Pa	失水量 / [mL·(30 min) ⁻¹]	pH 值
	1.28	42	26	7	1.5/3.0	5.0	9
8	1.30	44	28	8	2/4	4.4	9
12	1.31	47	29	9.5	2/5.5	4.0	8.5

通过表 5 试验数据对比,可以看出二开聚磺钻

井液在加入土粉后常规性能无明显变化,说明体系具有良好的抗粘土能力。

4 聚磺钻井液在 AD205H 井应用效果

AD205H 井在 1100 m 以浅钻遇地层为大段水敏性泥岩地层,钻进过程中钻井液性能稳定,没有出现地层垮塌、缩径等问题。

进入盐膏层后,钻井液体现出较强的抗盐、抗钙能力,稳定的钻井液性能保证了井眼畅通,没有出现井下复杂。在储层钻进过程中,钻井液抑制性和润滑性良好,没有出现以往井由于地层缩径形成小井眼引起卡钻现象。总体来看,AD205H 井所使用的聚磺钻井液体系,在整个钻进过程中体现出了很强的抑制能力和抗污染能力,全井钻井液性能稳定,保证了全井的安全钻进。全井分段钻井液性能见表 6。

表 6 AD205H 全井分段钻井液性能

井段/m	密度 / (g·cm ⁻³)	粘度 /s	塑性粘度 / (mPa·s)	动切力 /Pa	静切力 /Pa	失水量 / [mL·(30 min) ⁻¹]	固相含量 /%	pH 值
0~305.5	1.20	66	14	13.5	5/15	4.0	22	9
305.5~1225	1.11	50	18	8	1/5	2.0	22	8.5
1225~1290	1.25	56	28	7	1.5/9	2.0	25	9
1290~1800	1.25	60	27	8	2/10	2.0	25	8.5
1800~2045	1.26	55	24	9	2/9	2.0	23	9
2045~3670	1.25	58	35	10.5	2/12.5	2.6	13	9

在优质钻井液保障下 AD205H 井创造了艾哈代布油田的多项施工记录,钻井周期 31.30 d,安全进尺 3670 m;PDC 钻头单日进尺 434 m;PDC 钻头直井段 ROP 高达 27.13 m/h;单只 PDC 钻头进尺 1477.5 m;全井仅使用 2 只牙轮钻头 (17½ in、12½ in) 和 2 只 PDC 钻头 (12½ in、8½ in);一次一只钻头钻穿 300 m 硬石膏夹层仅用 21.5 h (过去需要 3~5 只钻头,钻井时间 171~398 h);水平段平均机械钻速 9.96 m/h,单日进尺最高达 145 m,比同一平台,井眼尺寸相同的 AD2-231H 井平均机械钻速提高 62.2%。

5 结语

(1) 聚磺钻井液体系室内试验体现出了良好的抗温、抗污染能力和良好的抑制能力。

(2) 在 AD205H 井储层钻进过程中,全井钻井液性能稳定,抑制性和润滑性良好,保证了井眼畅通,没有出现地层垮塌、缩径等问题。

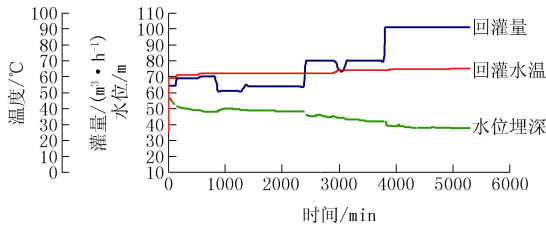


图2 TG-46B井回灌试验历时曲线图

6 结论和建议

(1) 天津馆陶组地层赋水性好、渗透率大且胶结性较好(取水层深度一般 $>1500\text{ m}$),采用射孔成井方式,实施过程中要有足够的穿透深度,射透钻井液严重污染层($300\sim400\text{ mm}$),形成稳定回灌流体运移通道,该工艺虽然在平面上比过滤器方式的过水断面小,但纵向增加了透水面积,增大了回灌能力。

(2) 射孔工艺相比过滤器成井工艺,水层与过水通道对位更精确,管外采用水泥固井,出水砂层和泥岩完全隔离,回灌水与地层泥岩没有接触,可以避免回灌水中混入泥岩地层颗粒或胶体,污染地层,影响回灌。

(3) 射孔成井要保证射孔井段固井质量,要考虑井径因素,水泥附加量和替量的准确性,如果套管外环水泥固井质量不好或没固井,将大大影响该井长期回灌效果。

(4) 射孔井段不易过短,以避免水流过快导致地层出砂,同时使用时(或采灌井交替使用)不易超强度开采。

(5) 在孔深较浅(一般 $<1500\text{ m}$),目的层埋深较浅的地热井中,储层胶结程度一般较差,较为松散,考虑选用一开大口径填砾过滤器成井工艺,在天津DL-25H井中试验,回灌潜力可达 $101.9\text{ m}^3/\text{h}$,效果也不错。

(6) 对于胶结性较差的松散地层,采用二开单层过滤器成井工艺。在储层条件允许时,回灌井过滤器长度适当增加,可减小回灌阻力,增大回灌能力。各段泥岩和砂岩之间要加胶皮止水器,以减小泥岩坍塌对回灌的影响。

(7) 射孔成井工艺在天津馆陶组回灌井中使用效果良好,已有近20口井的成功经验,但在其他地区适用性还有待验证。

参考文献:

- [1] 步玉环,王德新. 完井与井下作业[M]. 山东东营: 中国石油大学出版社, 2006.
- [2] 林黎,王连成,赵苏民,等. 天津地区孔隙型热储层地热流体回灌影响因素探讨[J]. 水文地质工程地质, 2008, (6): 125-128.
- [3] 天津市滨海新区馆陶组热储回灌技术集成与示范研究报告[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2012.
- [4] 马忠平,庞海,王艳宏,等. 天津地区地热钻井及成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(12): 9-11.
- [5] 编写组. 钻井手册(甲方)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [6] 许刘万,伍晓龙,王艳丽. 我国地热资源开发利用及钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(4): 1-5.
- [7] 沈健,边宗斌,武佩良. 射孔技术在天津市滨海新区馆陶组热储层回灌工程中的应用[A]. 第十三届科协年会第14分会场——地热能开发利用与低碳经济研讨会论文集[C]. 2011.

(上接第35页)

(3) 聚磺钻井液体系在伊拉克艾哈代布油田的应用体现出了很强的抑制能力、抗污染能力和稳定性,解决了以往该区块钻井中坍塌、卡钻、钻井周期长等一系列难题,在AD205H井现场应用中证明,该体系满足于在伊拉克艾哈代布油田施工需要。

(4) 在合理的工程措施和优质的钻井液保障下,AD205H井创造了艾哈代布油田的多项施工记录,单只钻头进尺、平均机械钻速以及单井采收率均得到了显著提高。

参考文献:

- [1] 朱洪刚. 伊拉克艾哈代布油田水平井钻井液技术[J]. 科技与企业, 2013, (15).
- [2] 汪绪刚,张文华,李应光,等. 伊拉克艾哈代布油田快速钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(1).
- [3] 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(5).
- [4] 顾永福. 聚磺钻井液技术在WASIT油田应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, (4).
- [5] 汪世国,盖军慧,汪绪刚,等. 伊拉克AHDEB油田钻井液完井液技术研究与应用[J]. 化学与生物工程, 2013, (2).
- [6] 谷玉堂,王佳庆,奚广春,等. 水平井快速钻井技术在伊拉克AHDEB油田AD205H井的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2011, (12).