

◀ 固井与泥浆 ▶

# 非渗透钻井完井液体系的研究与应用

左兴凯

(中国石油化工股份有限公司 销售事业部,北京 100029)

**摘要:**针对准噶尔西缘重点探区钻井过程中存在的油气层严重伤害及井下复杂情况较多等问题,通过室内试验,优选出了适用于该地区的非渗透钻井液体系。在排208井三开井段的现场试验结果表明,该钻井液体系有效解决了渗漏造成的储层伤害、井眼严重失稳、起下钻频繁遇阻等问题,从而提高了机械钻速,缩短了钻井周期,为该区实现高效勘探开发奠定了基础。

**关键词:**非渗透钻井液;钻井液性能;防止地层损害;排208井

**中图分类号:**TE254<sup>+</sup>.3    **文献标识码:**B    **文章编号:**1001-0890(2008)04-0041-04

## 1 概 况

自排2井在沙湾组地层获得油气突破以来,准噶尔西缘区块已成为西部重点探区,其主要目的层具有中、低孔隙和微裂缝的特点。后续施工的排203井和排204井的测试发现,其储层表皮系数分别高达118和76,储层伤害极为严重。两口井试油过程中均返排出大量的钻井液及其滤液,进一步证实钻井过程中钻井液及其滤液的深度侵入是造成地层伤害的主要因素。因此,尽快研制与应用低损害钻井完井液体系,最大程度地降低油气层损害是该区实现高效勘探开发的关键技术之一。

非渗透钻井液体系是一种利用特殊处理剂独特界面化学的无渗透封堵机理,集多种优良性能于一体的新型钻井液<sup>[1-4]</sup>,近年来,国内外对此进行了大量试验研究,并开发出了相应的非渗透钻井液处理剂<sup>[5-8]</sup>。其主要工作原理为:利用特殊聚合物处理剂,在井壁岩石表面浓集形成胶束,依靠聚合物胶束或胶粒界面吸力及其可变形性,封堵岩石表面较大尺寸的孔喉,在井壁岩石表面形成致密非渗透封堵薄层(膜),有效封堵不同渗透性地层和微裂缝泥页岩地层,从而最大程度地减少钻井液及其滤液渗透到地层中,达到保护储层的目的。

与常规钻井液体系相比,非渗透钻井液体系具有关键处理剂作用机理独特、防漏、防塌、防卡和保护油气层性能优越、维护处理简单、环境友好以及地层适应性广泛的显著特点。因此,笔者研制开发了适用于准噶尔西缘区块地层特点的非渗透钻井液体系,室内试验和现场试验均表明,该钻井液有利于井

眼稳定、减少井下复杂情况或事故、缩短钻井周期,对促进该地区高效勘探开发具有积极的推动作用。

## 2 室内性能试验

### 2.1 特殊聚合物处理剂

收集了4种特殊聚合物处理剂,分别是DHW-1、DHW-2和JYW-1、JYW-2。其中DHW系列处理剂是由植物衍生物形成的混合物、部分水溶和全部水溶的合成有机聚合物、不溶的金属氧化物等组成的。DHW-1与DHW-2的作用机理是一致的,DHW-1主要用于中、低孔隙及微裂缝地层,DHW-2主要用于大孔喉及裂缝地层。

### 2.2 试验结果

#### 2.2.1 可视式砂床中压滤失试验

**测试仪器:**FA型可视式砂床中压滤失仪。

**试验方法:**将体积为350 cm<sup>3</sup>、粒径为0.45~0.90 mm的砂子用清水洗净,烘干后,倒入可视式砂床中压滤失仪的圆柱筒内,并铺平(砂床高度18.7 cm),取500 mL试验液沿有机玻璃筒内壁慢慢加入。测试时先打开下阀,再打开上阀加压,同时记录时间,测量0.69 MPa压力下,30 min滤失量和

收稿日期:2008-04-08

作者简介:左兴凯(1961—),男,1981年毕业于长春地质学校勘探工程专业,副经理,高级工程师。

联系电话:(010)64998833

滤液渗透进入砂床的深度,试验结果见表 1。

表 1 不同试验液 API 滤失量与中压砂床封堵试验结果

试验液	表观粘度/ mPa·s	动切力/ Pa	API 滤失 量/mL	砂床试验	
				滤失量/ mL	渗入深 度/cm
基浆 1	8.0	6.0	24.0	全失	18.7
基浆 1+1%DHW-1	11.0	5.0	17.0	0	7.0
基浆 1+1%JYW-1	19.0	18.0	12.0	0.5	17.4
基浆 1+1%DHW-2	8.5	4.5	21.6	3.0	9.0
基浆 1+1%JYW-2	9.0	3.0	21.0	38.0	18.7
基浆 2	18.0	2.0	6.8	全失	18.7
基浆 2+1%DHW-1	18.0	3.0	6.0	0	4.7
基浆 2+1%JYW-1	25.5	2.5	4.8	0	11.3
基浆 2+1%DHW-2	17.5	2.5	6.5	0	4.2
基浆 2+1%JYW-2	20.5	3.5	6.8	0	8.3

注:基浆 1 为 4.0% 膨润土 + 0.2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 基浆 2 为 4.00% 膨润土 + 0.20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + 0.08% HPH + 1.00% KPAN + 2.00% SPNH + 2.00% SMP-2 + 5.00% 重晶石。下同。

由表 1 可以看出, 加有特殊聚合物处理剂的钻井液在保持原有钻井液常规性能的基础上, 能显著提高砂床的封堵能力: 1) 实现零滤失; 2) 渗入深度显著减小, DHW 系列处理剂的效果优于 JYW 系列处理剂; 3) 其他钻井液添加剂的存在可显著提高特殊聚合物处理剂的封堵能力, 进一步减少砂床滤失量和渗入深度。

## 2.2.2 抗温试验

表 2 是聚磺钻井液加入不同特殊聚合物处理剂后, 在不同温度下养护 16 h 后的中压砂床滤失量试验结果。由表 2 可以看出, 选用的特殊聚合物处理剂均具有较好的抗高温能力, 其中 DHW 系列处理剂抗温可达 200 °C 以上, JYW 系列处理剂抗温可达 150 °C 以上。

表 2 特殊聚合物处理剂抗温试验结果

试验液	养护温 度/°C	表观粘度/动切力/ mPa·s	Pa	砂床试验	
				滤失量/ mL	渗入深 度/cm
基浆 2+1%DHW-1	25	18.0	3.0	0	4.7
	150	14.0	2.0	0	4.3
	180	13.5	4.5	0	5.7
	200	14.0	4.0	0	7.3
	230	37.0	17.0	14	18.7
基浆 2+1%JYW-1	25	25.5	2.5	0	11.3
	150	36.5	7.5	0	9.3
	180	16.0	3.0	全失	18.7
	200	17.0	5.0	全失	18.7
基浆 2+1%DHW-2	25	17.5	2.5	0	4.2
	150	14.0	2.0	0	4.3
	200	14.0	3.0	0	7.0
	230	20.5	7.5	0	13.0
基浆 2+1%JYW-2	25	20.5	3.5	0	8.3
	150	19.0	4.0	0	8.7
	200	17.0	4.0	0	14.8

## 2.2.3 承压试验

承压试验方法: 用 GGS71-A 型高温高压滤失仪, 取消滤纸, 直接加入粒径 0.45~0.90 mm 用水洗净、烘干的砂子 400 g, 铺平, 取 200 mL 试验液沿滤失仪不锈钢筒内壁慢慢倒入, 先打开下阀杆, 再打开上阀杆加压, 测 0.7 MPa 压力下, 7.5 min 滤失量, 然后继续加压至 8.0 MPa, 测 20 min 滤失量。要求试验结束倒掉试验液后砂床表面平整无明显的冲坑, 否则试验需重做。试验结果见表 3。

表 3 特殊聚合物处理剂的砂床滤失量与承压试验结果

试验液	可视砂床试验 <sup>①</sup>		砂床滤失量 <sup>②</sup> /mL	
	砂床滤失 量/mL	渗入深 度/cm	A	B
基浆 1	全失	18.7	全失	/
基浆 1+1.5%DHW-1	0	4.5	0	0
基浆 1+1.5%JYW-1	0	12.0	2.0	49.0
基浆 1+1.5%DHW-2	0	5.5	0	0
基浆 1+1.5%JYW-2	0	7.5	0	11.5

注: ①的测试条件为 0.69 MPa、30 min; ②的试验装置是不锈钢筒, 因而渗入深度无法测量; A、B 的测试条件分别为 0.7 MPa、7.5 min 和 8 MPa、20 min。

由表 3 可以看出, 特殊聚合物处理剂具有良好的提高地层承压能力的性能, 其中 DHW 系列处理剂可显著提高地层承压能力, 即使压力提高到 8 MPa, 砂床滤失量仍为零。

## 2.2.4 保护油气层试验

模拟现场条件(温度约 90 °C, 损害压差 3.5 MPa, 损害速梯 150  $\text{s}^{-1}$ ), 评价了钾基聚合物钻井液(4.0% 膨润土 + 2.0% KHm + 0.1% KPAM + 0.5%  $\text{NH}_4\text{PAN}$  + 0.5% KPAN + 1.0% 润滑剂)在加入 DHW 系列处理剂前后损害岩心的渗透率恢复率, 试验结果为: 基浆、基浆 + 1.0% DHW-1、基浆 + 1.0% DHW-2 的渗透率恢复率分别为 87.2%、97.3%、96.0%。由此可见, DHW 系列处理剂均能较大幅度提高钻井液损害岩心的渗透率恢复率, 有利于保护油气层。

## 3 现场试验

在室内试验的基础上, 选择在排 208 井三开井段试验应用非渗透钻井液体系。现场试验时, 只需在二开钻井液的基础上加入 DHW-1 就可将原钻井液体系转化为非渗透钻井液。

### 3.1 维护处理措施

1) 三开开钻前先储备 40  $\text{m}^3$  加重钻井液, 放掉

循环罐内的钻井液并清罐。配制密度1.03 kg/L的膨润土浆并充分水化,再同井眼中的钻井液混合均匀,并利用固控设备清除其中的劣质固相,然后加入各种处理剂将非渗透钻井液调整至设计性能。

2)钻井过程中使用60~80目振动筛布,防止DHW-1钻井液处理剂中部分有效成分流失。

3)在钻进中及时补充DHW-1钻井液处理剂,以保持钻井液具有良好的封堵能力。

4)针对沙湾组地层泥岩成岩性差,易水化膨胀、分散的特点,要加足防塌剂,并及时补充聚合物浓胶液,增强钻井液的抑制性。

5)为解决沙湾组地层松散砂岩坍塌及吐鲁番地层泥岩掉块问题,及时加足各种防塌剂及降滤失剂,以降低钻井液滤失,保持中压滤失小于5 mL,并不断补充聚合物,确保钻井液的抑制性及防塌能力。

6)钻进中使用好固控设备,使振动筛、除砂器和离心机等与钻井泵同步运转,及时清除钻屑和有害固相,以控制钻井液的密度达到设计要求。

7)完钻前,根据非渗透钻井液性能适当提高钻井液的粘、切,以保证下套管顺利,电测井一次成功。

### 3.2 现场试验结果

排208井不同井深非渗透钻井液性能如表4所示。与二开井浆砂床滤失量为全失相比较,转化成非渗透性钻井液后,钻井液砂床(砂子粒径0.45~0.90 mm)滤失量均为零,渗入深度仅为3.8~6.0 cm,完全达到预期效果。为了说明非渗透钻井液在排208井的使用效果,选择了与该井位于相同区块的邻井(排2井、排203井、排204井,使用常规钻井液钻进)同井段施工情况进行了对比,结果见表5。

表4 排208井三开井段非渗透钻井液性能

序号	井深/m	密度/kg·L <sup>-1</sup>	漏斗粘度/s	API滤失/mL	泥饼厚度/mm	静切力/Pa		pH值	固相含量/%	动切力/Pa	塑性粘度/mPa·s	膨润土质量浓度/g·L <sup>-1</sup>	砂床试验	
						初切	终切						滤失量/mL	渗入深度/cm
1 <sup>①</sup>	906	1.18	47	7.0	0.5	1	2	8.5	9	9.0	17	43	全失	17.8
2	1 025	1.06	40	5.0	0.5	1	2	8.0	8	6.0	14	40	0	6.0
3	1 190	1.06	45	4.5	0.5	1	2	8.5	8	7.5	15	43	0	3.8
4	1 365	1.07	43	4.0	0.5	1	2	8.5	8	7.5	16	43	0	4.0
5	1 386	1.07	44	4.0	0.5	1	2	9.0	10	3.5	14	44	0	4.2
6	1 402	1.06	47	4.2	0.5	1	2	9.0	10	6.5	13	45	0	4.5
7	1 430	1.06	50	4.0	0.5	1	2	9.0	9	5.5	15	44	0	5.0
8	1 440	1.07	52	4.0	0.5	1	2	9.0	8	6.0	13	44	0	5.0

注:①为二开聚合物井浆的性能。

表5 排208井与邻井同井段数据对比

井号	钻井液	井段/m	井径/mm	钻井液密度/kg·L <sup>-1</sup>	纯钻时间/h	机械钻速/m·h <sup>-1</sup>	扩划眼时间/h	井径扩大率/%	钻井周期/d	
									设计	实钻
排208井	非渗透	906.0~1 440.0	215.9	1.04~1.07	83.75	6.38	0	20.4	9	6.2
排204井	常规	827.0~1 140.0	241.3	1.04~1.09	102.92	4.87	7.17	21.1	12	12.8
排203井	常规	937.6~1 136.5	241.3	1.07~1.16	224.92	1.26	1.83	29.3	14	17.7
排2井	常规	960.0~1 515.3	241.3	1.05~1.10	250.75	2.64	6.00	29.5	17	22.0

注:4口井在钻井过程中均起下钻畅通;电测过程中除排203井通井1次外,均一次成功。

#### 3.2.1 井眼稳定

排208井钻井过程中,起下钻畅通,无遇阻、遇卡等井下复杂情况;空井8 h电测一次成功,电测结束后通井一次到底,开泵正常;下套管固井作业顺利;返出岩屑不混杂,无掉块现象。

根据排208井电测井径曲线,除三开初始段井径扩大严重外,其余井段井径较规则,平均井径扩大率为20.4%,低于邻井同地层井段的井径扩大率(见表5)。分析认为,造成三开初始井段井径偏大的主要潜在原因是地质冲孔作业使局部井径扩大严重。

#### 3.2.2 井下复杂情况少

在排208井钻井过程中起下钻畅通,无遇阻、遇卡、漏失等现象。邻井排204井在钻至井深759、836、1 026 m时(沙湾组和侏罗系地层)发生井漏,漏速分别为8.26、8.90和8.00 m<sup>3</sup>/h。

#### 3.2.3 保护油气层效果好

在三开井段钻井过程中非渗透钻井液的砂床滤失量为零,滤液渗入深度3.8~6.0 cm;下钻到底开泵循环钻井液振动筛布上无厚泥饼,无渗漏发生(该井油气显示低,试油层位难以确定,没有进行试油作

业,因此无法取得表皮系数值)。

### 3.2.4 钻井周期短

与邻井相比,排 208 井钻井速度大大提高,钻井周期大大缩短。该井三开设计钻井周期 9 d,实际钻井周期仅 6.2 d(见表 5),还不到邻井的 1/2。由于缩短了钻井时间,减少了钻井液对油层的浸泡时间,从而有效保护了油气层。

## 4 认识与建议

1)室内试验结果表明,DHW-1 钻井液处理剂的砂床封堵效果好、抗高温、承压能力强、有利于保护油气层。

2)DHW-1 钻井液处理剂现场使用方便,配伍性好,无荧光,不起泡,有利于携砂,并具有防漏、防塌、防卡和保护油气层的作用。

3)在排 208 井的现场试验表明,非渗透钻井液有利于提高机械钻速,缩短钻井周期,减少井下事故或复杂情况,而且保护油气层效果良好。

4)排 208 井在钻进沙湾组至吐谷鲁群地层时,返出的泥岩钻屑大多呈软泥状,说明该地层泥岩极易水化分散,沙湾组和侏罗系地层的砂砾岩层胶结

疏松,易水化分散。建议以后在钻进该地层时应加大防塌剂的用量(2.5%以上),同时使用成膜树脂防塌剂封固松散砂砾岩层,改善泥饼质量,提高井壁的抗冲刷能力。

## 参 考 文 献

- [1] 孙金声,唐继平,张斌,等. 超低渗透钻井液完井液技术研究[J]. 钻井液与完井液,2005,22(1),1-5.
- [2] 孙金声,林喜斌,张斌,等. 国外超低渗透钻井液技术综述[J]. 钻井液与完井液,2005,22(1),57-59.
- [3] 孙金声,唐继平,张斌,等. 几种超低渗透钻井液性能测试方法[J]. 石油钻探技术,2005, 33(6):25-27.
- [4] 张克勤,刘庆来,杨子超,等. 无侵害钻井液技术研究现状及展望[J]. 石油钻探技术,2006, 34(1):1-5.
- [5] 李家芬,苏长明,于培志,等.CY-1 无渗透钻井液处理剂的室内试验研究[J]. 石油钻探技术,2006, 34(1):32-35.
- [6] Reid P, Santos H. Novel drilling, completion and workover fluids for depleted zones: avoiding losses, formation damage and stuck pipe[R]. SPE/IADC85326, 2003.
- [7] Helio Sabtos, Roberto Perez. What have we been doing wrong in wellbore stability? [R]. SPE69493, 2001.
- [8] Santos H, Villas-Boas M, Lomba R F T, et al. API filtrate and drilling fluid invasion: is there any correlation? [R]. SPE 53791, 1999.

[审稿 林永学]

## Research and Application of Non-Permeable Drilling and Well Completion Fluids

Zuo Xingkai

(Marketing Department, Sinopec, Beijing, 100029, China)

**Abstract:** The non-permeable drilling and well completion fluids were optimized based on laboratory experiments considering the key problems occurred in drilling wells in key exploratory area in West Dzungarian Basin, including formation damages and downhole accidents. Field application of the selected fluids in the third hole section of Well Pai-208 indicate that this drilling fluids effectively controlled formation damages caused by seepage loss, and eliminated pipe sticking caused by serious wellbore sloughing. Therefore, the penetration rate was increased and the drilling cycle was shortened, which lay solid foundations for developing this block efficiently.

**Key words:** non-permeable drilling fluid; drilling fluid property; formation damage prevention; Well Pai-208

## 塔河油田推广应用堵漏前置液及堵漏水泥浆技术

塔河油田在  $\phi 244.5$  和  $\phi 177.8$  mm 套管固井时,由于封固段长,在二叠系地层经常发生漏失,导致水泥浆返高不够,影响了三叠系和石炭系等地层的封固质量,使三叠系和石炭系储层难以实施改造措施。为此,德州石油钻井研究所通过大量现场调研和室内试验,自主研制开发了堵漏前置液和堵漏水泥浆,并提出了相应的固井堵漏技术方案,在现场试验中取得了良好的效果。截至目前,该技术已在塔河油田 10 口井上推广应用。其中 TK1224 井在下套管作业时井口失返,应用该堵漏技术后,一级、二级固井水泥浆返高完全达到设计要求,堵漏效果明显;TK1237 井在替浆前期发生漏失,井口失返,在替浆中期井口开始返浆,替浆后期井口返浆正常,说明堵漏前置液与堵漏水泥浆起到了很好的堵漏作用。

(初永涛 供稿)