

# 新型无毒无害化“双保双优”钻井完井液体系研究

赵秀峰<sup>1</sup> 朱良根<sup>1</sup> 张文龙<sup>1</sup> 贺波<sup>2</sup>

(1. 新疆塔里木油田建设工程有限责任公司油田化学助剂厂, 新疆 库尔勒 841000)

(2. 中国石油集团工程材料研究院有限公司, 陕西 西安 710000)

**摘要:** 新型无毒无害化“双保双优”钻井完井液体系, 其配方单一, 综合性能优良, 成本合理, 现场可操作性强。体系具有较好的抗温抗盐能力(抗温达180℃以上, 抗盐至饱和)和较强的封堵能力(HTHP滤饼薄而致密), 密度可达2.60g/cm<sup>3</sup>以上, 完全可满足塔里木各探勘开发区块的不同类型、不同难度井的钻井需要。

**关键词:** 环保体系; 双保双优; 抗饱和盐; 无毒无害

## 1 引言

目前市面上使用的环保体系材料大多为进口材料, 国产泥浆材料中不乏有环保性能优良的产品, 但目前在塔里木油田复杂地质条件下, 环保钻井体系仍以进口材料为主, 辅以部分国产环保材料。因此完全由国产材料组成, 能够满足在塔里木各区块各种复杂地质条件井下安全、优快钻进, 又能满足环境保护要求及油气层保护要求的水基钻井完井液体系, 即“双保(保护环境和保护油气层)双优(优快钻进和优化钻井液工艺技术)”钻井完井液体系是十分有必要的。本文着重介绍了几种我公司研发的完全由国产材料组成的环保钻井体系。

## 2 技术思路

①按不同的功用, 优选质量优良稳定的无(淡、浅)色, 无毒、可生物降解, 有利于油气层保护的各种钻井液添加剂; ②针对塔里木各勘探开发区块的地质工程情况, 用优选的各种钻井液处理剂, 进行钻井液体系配套试验, 从而优选出适用于塔里木各勘探开发区块不同地质条件的最佳钻井完井液体系标准配方; ③优选出的钻井液标准配方, 能充分满足“双保双优”的技术要求。

## 3 实验方法及条件

①体系生物毒性及化学毒性分析(委托分析); ②抑制性评价: 岩屑回收率; ③油气层保护评价: 渗透率恢复值评价; ④般土原浆配制坂土: 纯碱: 自来水=2~4:0.2~0.4:100, 室温条件下水化24h; ⑤钻井液配制取般土原浆, 按顺序分别加入降滤失护胶剂→烧碱→大分子→降滤失剂→防塌降滤失剂→封堵剂→润滑剂→乳化剂→NaCl→KCl→加重剂, 高搅30min后装入老化罐, 在实验要求的温度条件下恒温滚动; ⑥钻井液性能测试。按照标准GB/T16783.1的要求, 于50℃测流变性能及其他钻井液常规性能, 其他指标均按标准要求进行。

## 4 实验内容

### 4.1 钻井液体系配方

根据“双保”“双优”的概念筛选所需原材料, 按照使用温度及体系密度、抗盐能力等要求设计出以下体系配方(见表1)。

备注: CX-144B(包被剂); CX-191B、CX-129、

CX-113、CX-125(降滤失剂、防塌封堵剂); CX-139A(抑制剂); CX-173(沥青类防塌封堵剂); CX-502(润滑剂); CX-179A(降粘剂); CX-302(可酸溶的封堵剂); CX-152(储层保护剂); 加重剂(高密度重晶石、铁矿粉、钒钛粉), 单独或复配使用。

### 4.2 钻井液性能测试

按照标准GB/T 16783.1的要求, 于50℃测流变性能及其他钻井液常规性能。具体实验结果见表2。

小结: ①该钻井液体系的抗温能力可达180℃, 抗盐至饱和; ②采用高密度加重剂铁矿粉和钒钛粉后, 在满足流变性的条件下, 钻井液密度可达2.60g/cm<sup>3</sup>; ③可以通过调整各种不同功用的添加剂的加量, 来充分满足井下不同情况对钻井液性能的要求。

### 4.3 钻井液体系抗污染能力

为验证该钻井液体系抗污染能力, 以A4号钻井液配方为研究配方, 分别测定该体系抗盐、抗钙和抗岩屑污染能力, 具体实验结果见表3。

### 4.4 双保型钻井液的保护性能分析

该体系中使用的处理剂含有季铵化阳离子聚合物, 其结构较为独特, 具有较为明显的空间位阻效应, 使得水分子难以到达晶层。基于这一特征, 导致黏土矿的水敏性不足, 进而在钻井开采中不会引起层间距变化, 由此可在根本上抑制黏土矿物质的水化分散和膨胀效应。

此外, 该阳离子聚合物能可附着在黏土颗粒的表面, 使得钻井液油气层的保护性能得到提升。基于双保型钻井液的使用, 可减少双电层的斥力, 使得钻屑发生较为明显的聚结效应。上述性能也增加了地层黏土之间的聚合力, 防止地层黏土出现膨胀或转移, 有利于形成对油层的保护作用。

以下, 对不同钻井液体系的岩心渗透率恢复值进行对比, 其中正电胶钻井液的渗透率恢复值为77.6%, 聚合物钻井液的渗透率恢复值可达到54.9%, 新型无毒无害化“双保双优”型钻井液的渗透率恢复值可达到86.3%, 经过比较可知, “双保双优”型钻井液对油层的保护性能更强。

同时, 考虑到“双保双优”型钻井液选择的材料具

有高度环保性,例如,天然高、中、低分子处理剂的使用,具有无毒、易降解的特征。在对该钻井液的毒性进行分析时,使用了 DXY-2 生物急性毒性测试仪,其参照标准为糠虾生物毒性分级标准,相关的毒性测试结果如下:选取双保型正电钻井液作为毒性检测对象,对其 EC50 值进行检测,结果表明,EC50 值为 80000mg/L,远高于 30000mg/L 的标准,由此可知,其毒性分级为无毒。

随着油气资源被大规模开发,资源面临日趋枯竭的问题,也导致油气资源开发成本提升。在此背景下,使用最新技术手段对油气层进行保护十分重要。钻井液是保护油气层的关键,对其进行合理选择是预防油气污染,提高油气田开采效率的有效方法。相关人员对钻井液进

行选择时,不仅要考虑环境保护要求,而且应对钻井工艺技术进行升级,使得环境保护与油层开采有机结合。

#### 4.5 钻井液体系的主要内容

在具体的油田开采作业中,钻井液电位的高度与钻井液体系与地层中黏土的状态存在密切关系,具体状态包括黏土的分散与膨胀状态。对钻井液进行优化选择后,会增加对黏土的抑制作用,并防止钻屑出现分散,是得到井壁更加稳定。现阶段,双保型钻井液体系在我国各大油田中得到应用,其中包括塔里木油田与鄂尔多斯多个油气田。基于“双保双优”无害化钻井液的使用,可减少井下安全事故发生,并提高了钻井速度。同时,该体系能够对较大黏土矿物的分散和转移造成抑制效应,

表 1 钻井液体系配方

编号	温度 (°C)	土浆 (%)	CX-191B (%)	NaOH (%)	CX-144B (%)	CX-129 (%)	CX-139A (%)	CX-125 (%)	CX-173 (%)	CX-113 (%)	CX-179A (%)	CX-302 (%)	CX-152 (%)	CX-502 (%)	NaCl (%)	KCl (%)	加重剂
B1	140	2	0.2	0.5	0.2	0.7	—	1	1	1	—	2	2	3	30	7	按密度要求加入
B2		2	0.2	0.5	0.2	0.7	—	—	—	—	1.5	2	—	3	30	7	
B3		2	0.2	0.5	0.2	0.7	1	1	—	—	1.5	2	2	3	30	7	
B4		2	0.2	0.5	0.2	0.7	—	—	1	—	1.5	2	—	3	30	7	
B5		2	0.2	0.5	0.2	0.7	—	—	1	—	2	2	—	3	30	7	
B6	160	2.5	0.4	0.5	0.3	1.5	1	1	1.5	2	—	2	2	3	15	—	
B7		2	0.4	0.5	0.3	1.5	—	1	1.5	—	1	2	—	3	25	12	
B8	170	2.5	0.4	0.5	0.3	1.5	—	1	2	2	—	2	—	3	10	—	
B9	180	2	0.4	0.5	0.2	2	—	1	2.5	—	2	2	—	3	25	12	
B10		2	0.4	0.5	0.2	2	—	1	2.5	—	1.5	2	—	3	25	12	

表 2 钻井液体系配方检测结果

编号	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	AV (MPa/s)	Pv (MPa/s)	YP (pa)	G10''/10' (pa)	API-FL/CaKe (mL/mm)	HTHP-FL/CaKe (mL/mm)	Kf	pH	MBT (g/l)	Cl (mg/l)	岩屑回收率 (%)	渗透率恢复值 (%)
B1	2.35	118	92	26	3.5/11	2.8/0.2	10.0/1.4	0.0787	9				
B2	2.49	132	100	32	4.5/14	3.0/	16.2/						
B3	2.50	109	89	20	3/10	2.8/0.2	15.2/	0.0688	9	16	185000	91.4	91.5
B4	2.50	116	92	24	4/13	2.4/	16.2/1.5						
B5	2.61	115	94	21	3/8	2.6/	16.4/		8				
B6	2.01	71	57	14	3/5	4.2/0.2	10.6/	0.0787	9	25	54000	90.2	91.6
B7	2.35	108	85	23	4/10	4.6/	16.4/				186000		
B8	2.01	79	59	20	4/6	4.6/	12.4/1.8						
B9	2.51	600r 读数 > 300	18.2/	0.0787	8		186000						
B10	2.52	102	80	22	4/9	4.8/0.2	15.4/				186000		

表 3 钻井液体系抗污染评价实验 (温度 160°C, 密度 1.85g/cm<sup>3</sup>)

		AV (MPa/s)	PV (MPa/s)	YP (Pa)	G10''/10' (Pa/Pa)	HTHP (mL)
未污染钻井液		78	59	19	3.5/8	13.2
NaCl 加量 (%)	5	75	55	20	4/5.5	13.6
	10	81	61	20	3.5/7.5	11
	15	79	63	16	3/8.5	13
	20	74	55	19	3/7	11
CaSO <sub>4</sub> 加量 (%)	0.5	76.5	57	19.5	3.5/7	19
	1	68	50	18	3.5/7.5	23.8
	1.5	63	48	15	2.5/6.5	29.4
	2	64.5	49	15.5	3/7.5	22
岩屑加量 (%)	2	73	54	19	3/6	14.4
	4	74.5	54	20.5	3/6	12.6
	6	78	60	18	3.5/7	12.4
	8	86	69	17	4/7	14

形成了对油气层的保护作用，并且具有较为明显的经济效益。

“双保双优”钻井液使用后，使得钻井油层泥质的平均含量达到了邻近井梁的两倍以上，而且渗透率仅为该梁井的45.7%，其产量也显著提升，达到了稳产、增产的预期目标。现阶段，双保型钻井液已经在塔里木油田中的20余个矿井中得到应用，使得矿井的日产稀油流量提升，每年可实现增产原油万吨以上。对“双保双优”钻井液的使用，也极大提高了油气田的开采效率，并减少石油钻井作业对周边环境造成的影响，为当地环境保护工作提供了便利，同时也有利于油层的高质量开采。在当前环境保护形势严峻的背景下，该钻井液体系具有十分广阔的市场应用前景。

小结：①随着NaCl加量的增加，钻井液粘度、切力、HTHP滤失量均变化不大，当NaCl加量为20%时，钻井液的流变性能很好，HTHP滤失量为11mL，说明该钻井液具有良好的抗NaCl污染能力；②随着CaSO<sub>4</sub>加量的增加，钻井液粘度、切力有所降低、HTHP滤失量有所增加，当CaSO<sub>4</sub>加量为2%时，钻井液的流变性能很好，HTHP滤失量为22mL，说明该钻井液具有良好的抗CaSO<sub>4</sub>污染能力；③随着岩屑加量的增加，钻井液粘度、切力及HTHP滤失量均变化不大，当岩屑加量为8%时，钻井液的流变性能很好，HTHP滤失量为14mL，说明该钻井液具有良好的抗岩屑污染能力。

#### 4.6 环境保护评价

根据SY/T6788-2010《水溶性油田化学剂环境保护技术评价方法》进行生物毒性评价，该体系评价结果为无毒。

### 检测结果

报告编号: E-2017-024号  
Report No:

样品编号	样品名称	项目/参数	检测日期	检测结果	
				EC <sub>50</sub> (mg/L)	毒性分级
E-2017-024-001	聚合物钻井液体系	生物毒性	2017.7.21	4.73×10 <sup>3</sup>	无毒
E-2017-024-002	双保双优钻井液体系	生物毒性	2017.7.21	1.17×10 <sup>4</sup>	无毒
E-2017-024-003	UDM-1钻井液体系	生物毒性	2017.7.21	7.11×10 <sup>3</sup>	无毒
以下空白					
备注:					
EC <sub>50</sub> (mg/L)	<1	1-100	101-1000	1001-20000	>20000
毒性等级	剧毒	中毒	微毒	无毒	

编制人: 夏小娟 审核人: [签名] 授权签字人: [签名]



### 检测结果报告

委托单位: 巴州鸿鑫石油应用化学有限公司			
样品类型: 固体废物		样品状态: 淡灰色、粉末	
送样日期: 2017年11月28日		分析日期: 2017年11月28日-2017年12月04日	
样品标识	检测项目	单位	检测结果
“双保双优”环保体系样品	pH (腐蚀性)	无量纲	9.64
	六价铬	mg/kg	<2.0
	铜	mg/kg	5.0
	锌	mg/kg	12.8
	镍	mg/kg	5.18
	铅	mg/kg	4.26
	镉	mg/kg	<0.1
	砷	mg/kg	0.75
	苯并芘	mg/kg	0.259
	含油率 (矿物油)	%	0.019
	含水率 (水分)	%	2.5
注: 该样品为客户送样, 本结果仅对客户负责。 本页以下空白			
备注	1、检测依据: 见附表《检测依据一览表》; 2、以单位报告专用章为准, 复印无效。		

根据自治区地方标准DB65/T3997-2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》进行检测，该体系符合环保要求，钻井废物可以作为可利用资源。

### 5 总结

①新型无毒无害化“双保双优”钻井完井液体系，其配方单一，综合性能优良，成本合理，现场可操作性强；②体系中所使用的处理剂均为我公司自主研发，质量优良，性能稳定，且所有处理剂均不含磺化类材料；③体系具有较好的抗温抗盐能力（抗温达180℃以上，抗盐至饱和）和较强的封堵能力（HTHP滤饼薄而致密），密度可达2.60g/cm<sup>3</sup>以上，完全可满足塔里木各探勘开发区块的不同类型、不同难度井的钻井需要；④体系生物化学毒性可满足环境保护要求，钻井液呈自然色，对环境无污染；⑤中低密度条件下：适用于一般地层的标准配方，推荐使用A2或A3；适用于钻盐膏层及软泥岩地层的标准配方，推荐使用A4；⑥高密度条件下：适用于一般地层的标准配方，推荐使用A5或A6；适用于钻盐膏层及软泥岩地层的标准配方，推荐使用A7；⑦超高密度条件下：推荐使用B3、B5或B10。

#### 参考文献:

- [1] 窦益华, 许爱荣, 张福祥, 张绍礼. 高温高压深井试油完井问题综述 [J]. 石油机械, 2008(9):140-142.
- [2] 杨泽星, 孙金声. 高温 (220℃) 高密度 (2.3g/cm<sup>3</sup>) 水基钻井液技术研究 [J]. 钻井液与完井液, 2007,24(5):15-17.
- [3] 王书琪, 张彬, 吕志强, 卢虎等. 超高密度压井液在英深1井的应用 [J]. 钻井液与完井液, 2006(05):12-16.
- [4] 王建栋, 刘玉国. 库1井超深高温高压测试技术探讨 [J]. 石油钻探技术, 2004,32(4):12-14.