

盐泥在稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液中的应用^{*}

周莉莉¹ 冯家满² 袁俊文³ 赵由才¹

(1. 同济大学 2. 中国石化江汉油田分公司盐化工总厂 3. 江汉石油管理局钻井公司)

周莉莉等. 盐泥在稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液中的应用. 天然气工业, 2008, 28(11): 71-73.

摘要 盐泥是盐化工业生产过程中产生的固体废物, 稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液是盐膏层钻井的成熟技术之一。以江汉盐化工总厂滤前盐泥为研究对象, 以现有钻井液配方为基准, 研制了盐泥、稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液配方。室内实验结果表明, 配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液, 随着盐泥加量的增加, 可改善钻井液的流变性能, 其动塑比值增加、流性指数值减小、稠度系数值增加; 并可改善钻井液的滤失性能, 其 API 滤失量降低。该盐泥体系可整体应用于稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液的配制, 实现盐泥的资源化, 并可降低该体系钻井液的成本, 对于实现盐化工业的清洁生产具有重要意义。

关键词 盐膏层 盐泥 稀硅酸盐 盐水钻井液 应用

一、前言

盐化工业是重要的基础化学工业, 2006 年世界盐产量为 2.448×10^8 t, 其中中国为 4.896×10^4 t, 位居世界第一。盐化工业生产过程中产生大量的固体废物盐泥, 其处理是世界性的技术难题^[1-2]。

稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液体系是钻穿复杂盐膏层的成熟技术之一^[3-4], 该体系配制成本较高。研制盐泥、稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液, 对于降低盐膏层钻井成本和实现盐泥的资源化具有重要意义。

二、室内实验研究

1. 盐泥成分分析

该研究以中国石化江汉油田分公司盐化工总厂真空转鼓过滤机滤前盐泥为研究对象, 该厂采用井

矿盐卤水。一次卤水净化工艺为加人 Na_2CO_3 、 NaOH 以去除 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等杂质, 并加入助凝剂聚丙烯酸钠, 产生的沉淀物形成盐泥。滤前含水盐泥的组分见表 1。

表 1 含水盐泥的组成 (质量分数) 表 %

组分	水分	水溶物	酸溶物	酸不溶物
滤前	34.84	11.08	53.98	0.10

滤前干基盐泥的化学组成见表 2。

滤前盐泥的密度、pH 值及灼烧减量见表 3。

2. 配方设计

参照现有成熟配方——塔里木油田寒武系欠饱和盐水钻井液配方^[2], 实验确定该研究的基准配方, 具体配方为 2% 膨润土浆 + 0.2% NaOH + 12%

表 2 干基盐泥的化学组成 (质量分数) 表

组分	NaCl	Na_2SO_4	NaOH	Na_2CO_3	CPA	CaCO_3	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	Al_2O_3	MnO	Fe_2O_3	CuO	ZnO
滤前	12.590	4.110	0.070	0.230	3.830	68.370	7.410	0.132	0.008	0.048	0.006	0.028

表 3 盐泥的密度、pH 值及灼烧减量表

项目	含水盐泥		干基盐泥
	密度 (kg/m^3)	pH 值	灼烧减量 (质量分数)
滤前	1.633	11.24	35.93

SMP-2 + 0.2% PAC + 12% SPNH + 0.05% KPAM + 10% FT-388 + 1% 硅酸钠 + 7% KCl + 20% NaCl, 加重至密度为 $1.750 \text{ kg}/\text{m}^3$, 此基准配方设为配方 0。

以盐泥成分和基准配方为基础, 以保持钻井液

* 本文受到中国石化江汉油田分公司科学研究项目 (编号: JKH342007001) 的资助。

作者简介: 周莉莉, 女, 1970 年生, 工程师, 博士研究生; 从事固体废物处理与资源化研究工作。地址: (433123) 湖北省潜江市向阳 23660066 号信箱。电话: (0728) 6581117。E-mail: fengzhouliju@163.com

密度和 pH 值一致为前提,进行盐泥、稀硅酸盐欠饱和和盐水钻井液配方设计。配方 1~配方 5 中盐泥加量分别为 100、200、300、400、500 kg/m³。

三、结果分析

1. 盐泥对于钻井液固相含量的影响

该研究中钻井液密度为 1 750 kg/m³,总固相体积含量应小于 29%^[3]。配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,稀硅酸盐欠饱和和盐水钻井液的固相含量增加(见表 4)。这是由于压滤前盐泥的密度 1 633 kg/m³小于重晶石密度 4 210 kg/m³。因此,盐泥加量必须控制在一定的范围内。

表 4 盐泥加量与钻井液固相含量的关系表

配方	0	1	2	3	4	5
固相含量(%)	16.91	17.58	18.23	18.89	19.53	20.16

2. 盐泥对于钻井液流变性能的影响

盐泥中的主要影响因素为固体颗粒、聚丙烯酸钙(CPA)、正电胶及电解质 Na₂SO₄ 等(见表 2)。钻井液流变性能参数随盐泥加量的变化是上述各影响因素综合作用的结果。

(1) 盐泥对于动塑比(YP/PV)值的影响

配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,可改善钻井液的流变性能,其动力应力(YP)值增加(图 1)。

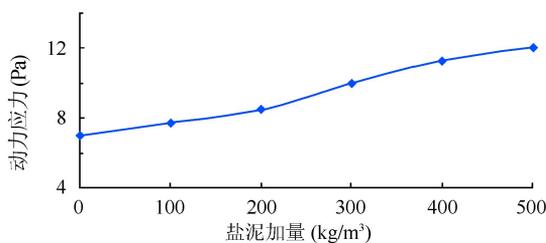


图 1 盐泥加量与钻井液动力应力的关系图

随着盐泥加量的增加,固相含量、CPA 含量增加,导致动切力增加,而电解质 Na₂SO₄ 的增加使 YP 值减小的作用较小。盐泥加量为 0~300 kg/m³ 时,随着盐泥加量的增加,Na₂SO₄ 的加入使塑性黏度(PV)值降低,此时固相、CPA、正电胶的增加使 PV 值增加,两者综合作用的结果表现为对 PV 值影响相对较小;当盐泥加量为 300~500 kg/m³,随着盐泥加量的增加,固相含量等的作用大于 Na₂SO₄ 的作用,因此 PV 值增加(图 2)。

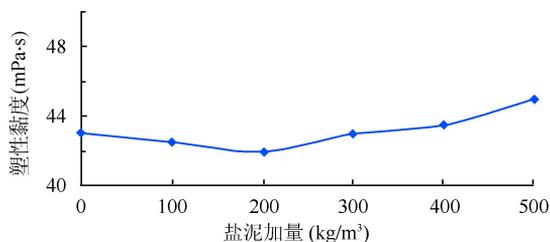


图 2 盐泥加量与钻井液塑性黏度的关系图

随着盐泥加量的增加,其表观黏度(AV)值增加。当盐泥加量为 0~200 kg/m³ 时,AV 值增加较为缓慢,当盐泥加量为 200~500 kg/m³ 时,AV 值随盐泥的加入增加较快(图 3)。

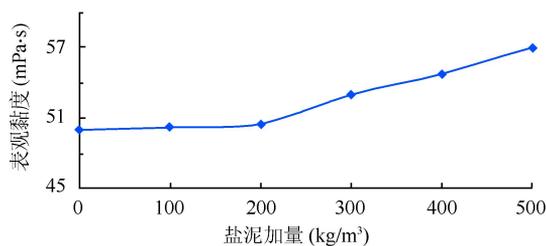


图 3 盐泥加量与钻井液表观黏度的关系图

配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,其 YP/PV 值增加(图 4)。

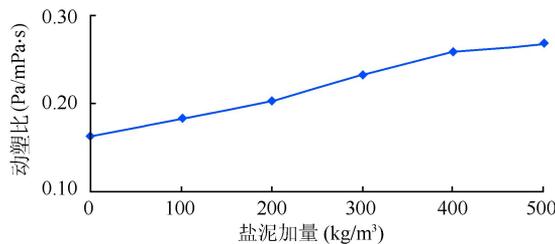


图 4 盐泥加量与钻井液动塑比的关系图

(2) 盐泥对于流性指数(n)、稠度系数(K)值的影响

配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,钻井液的 n 值减小,K 值增加(表 5)。

表 5 盐泥加量与钻井液 n 值和 K 值的关系表

配方	0	1	2	3	4	5
n 值	0.811	0.793	0.776	0.751	0.730	0.724
K 值(Pa·s ⁿ)	0.185	0.211	0.239	0.298	0.355	0.385

n 值越小,剪切减稠性能越显著^[4]。正点胶具有独特的流变性和显著的保护储层功能^[5],使钻井液剪切稀释特性更加突出^[3],在满足井眼净化的条件

下,适当地降低 K 值,有利于提高钻速^[5],盐泥加量宜控制在一定的范围。

(3) 盐泥对于 10 s/10 min 静切力的影响

配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,10 s/10 min 静切力呈增加趋势(图 5)。这是因为盐泥加量增加,固相和 CPA 含量增加;同时正电胶含量增加,正电胶与带负电的黏土表面形成结构,但在剪切应力作用下,结构易于破坏,故 10 min 静切力增加程度大于 10 s 静切力增加程度。

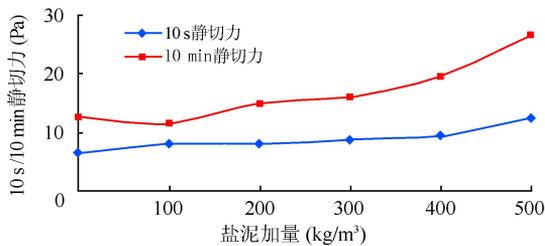


图 5 盐泥加量与钻井液 10 s/10 min 静切力的关系图

在保证悬浮加重剂和岩屑的条件下,适当降低静切力有利于减小静置后开泵时的过激泵压^[5]。因此,盐泥加量宜控制在一定的范围内。

3. 盐泥对于钻井液滤失性能的影响

配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,可改善钻井液的抗滤失性能,其 API 滤失量降低(图 6)。

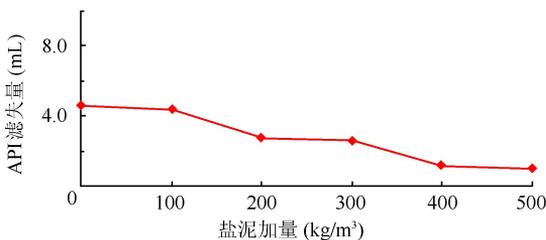


图 6 盐泥加量与钻井液 API 滤失量的关系图

这是由于随着盐泥加量增加,CPA 含量增加。CPA 是抗温、抗盐、抗钙滤失控制剂^[2],在该研究的盐泥中为聚丙烯酸钠与 Ca^{2+} 反应而得。另外,随着盐泥加量增加, CaCO_3 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 含量增加。钻井实践中常采用一定粒度的碳酸钙来控制滤失量,其作为酸溶性的暂堵剂,可增强体系的造壁性和滤饼的压缩性^[3]。在优选的改性正电胶钻井液中加入暂堵剂后,很短时间内可形成薄而致密的滤饼^[4-6]。一般对暂堵剂的粒径要求为 $2\sim 200\ \mu\text{m}$ ^[4],盐泥中所含 CaCO_3 属轻质碳酸钙中的普通沉淀碳酸钙,其平均粒径为 $1.0\sim 5.0\ \mu\text{m}$,与目前钻井液常用的工业重

质碳酸钙中的超细碳酸钙平均粒径 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ (大于 1 250 目)相比,粒径分布范围窄,更适合低渗透油气田钻井。

4. 经济分析

随着盐泥加量的增加,钻井液单位体积成本下降。配方 5 的成本约占基准配方 0 的成本的 94.23%。滤前盐泥在该体系中的应用价值为 260~280 元/t(表 6)。由于盐泥的各化学成分,如 NaCl 、 CPA 、 CaCO_3 、 NaOH 等均为稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液的有效组成。因此,盐泥的应用,可减少钻井液中上述各成分的纯物质的消耗,从而使钻井液的单位体积成本降低。

表 6 钻井液单位体积成本及盐泥应用价值表

配方	0	1	2	3	4	5
钻井液成本(元/m³)	2 319	2 291	2 265	2 237	2 212	2 186
盐泥应用价值(元/t)	0	282	274	273	269	268

四、结 论

(1) 配制与基准配方相同密度、相同 pH 值的钻井液,随着盐泥加量的增加,可改善钻井液的流变性能,其 YP/PV 值增加、 n 值减小、 K 值增加;并可改善钻井液的滤失性能,其 API 滤失量降低。

(2) 盐泥可整体应用于稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液的配制,实现盐泥的资源化,并可降低该体系钻井液的成本,滤前盐泥在该体系中的应用价值为 260~280 元/t。

参 考 文 献

- [1] 周莉菊,冯家满,雷进杰,等.盐泥应用于盐水钻井液的可行性研究[J].石油钻探技术,2008(1):27-31.
- [2] 唐继平,王书琪,陈勉.盐膏层钻井理论与实践[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].东营:石油大学出版社,2001.
- [4] 张克勤,陈乐亮.钻井技术手册:钻井液[M].北京:石油工业出版社,1988.
- [5] 王富华.八面河油田储层损害机理与保护储层的钻井液技术[J].天然气工业,2006,26(8):69-71.
- [6] 姜文,张军,汪建军,等.苏北边城地区储层屏蔽暂堵技术及应用[J].天然气工业,2006,26(3):81-83.

(收稿日期 2008-09-11 编辑 钟水清)