

岩屑对泡沫剂性能影响的试验研究

王艳丽

(中国地质科学院勘探技术研究所,河北 廊坊 065000)

摘要:针对岩屑类型、粒径、浓度对泡沫剂的发泡性和半衰期影响进行试验研究,从而为泡沫剂的实际应用提出指导,使泡沫钻进工艺更好地发挥其优势,解决钻探施工中遇到的许多难题。经过多年的性能改进,ADF-3泡沫剂的发泡性能和半衰期不断提高,广泛应用于水井、瓦斯排放井等施工中,尤其是在气动潜孔锤钻进中发挥了其独特的作用。

关键词:岩屑;泡沫剂;发泡;半衰期;气动潜孔锤

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0022-03

Experiment Study on Effect of Cuttings on Foam Drilling Fluid Properties/WANG Yan-li (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Experiment study was made on the effect of cuttings type, size and concentration on foaming and half-life of foaming agent so as to guide the practical foam application for making full use of it in the actual drilling. After the performance improvement for years, foaming performance and half-time of ADF-3 foaming is improved, it is widely used in water well and gas discharge well construction with its unique function in DTH drill.

Key words: cuttings; foaming agent; foaming; half-life; DTH

泡沫剂的发泡性能主要取决于发泡剂。要使泡沫稳定,必须在溶剂水中加入发泡剂(表面活性剂),再向溶剂水中充气即可。因为表面活性剂的存在不仅使起泡变得容易而且起泡速度超过破泡速度,从而得到稳定的泡沫。发泡剂在一定条件下(如搅拌、吹气等)能产生大量泡沫。表面张力影响着泡沫生成的难易和稳定程度大小,降低表面张力最有效的方法就是加入表面活性剂。因此,发泡剂是发泡能力强的表面活性剂,它可以降低水的表面张力。不论是何种类型的发泡剂,它们的分子一般是由较大的非极性基团和有较强极性的极性基团组成。实际生产和实验证实,无机电解质的加入会影响发泡剂的发泡性能。在泡沫钻进过程中,由于岩粉的带入,一些可溶的无机电解质溶解到泡沫液中,会使发泡剂的发泡性能降低。因此有必要研究岩屑对泡沫剂性能的影响,为实际生产提供指导。

1 试验条件及方法

1.1 试验药品与仪器

1.1.1 试验药品

乙氧基化烷基硫酸钠:简称 AES,为白色或黄色液体至凝胶状膏体,易溶于水,耐硬水且耐盐性强,

是最典型的阴离子表面活性剂,有良好的润湿、乳化、发泡性能和去污能力。作为洗涤剂有泡沫丰富、水溶性好、配伍性好、稳定性好等特点。

α -烯基磺酸盐:简称 AOS,与其他阴离子表面活性剂同样具有优良的表面活性,易溶于水,有较好的起泡性,且生物降解性好。

ADF-3 泡沫剂:是由中国地质科学院勘探技术研究所研制的复配型阴离子和非离子表面活性剂。近几年来,经过不断的改进和完善,ADF-3 型泡沫剂的抗高温及稳泡性都有很大的提高,抗盐及钙镁离子能力强。

1.1.2 试验岩屑

灰岩:主要由方解石组成,有时含少量白云石,常混入石英、长石、云母和粘土矿物等。灰岩体积密度为 2.7 g/cm^3 左右。

页岩:由粘土物质经压实作用、脱水作用、重结晶作用后形成,其密度的影响因素很多,如重矿物含量、胶结成分、岩性、挑样、有机质含量等等。相对密度为 $2.4 \sim 2.6 \text{ g/cm}^3$ 。

砂岩:石英成分 65% 以上,粘土 10% 左右,针铁矿 13% 左右,其它物质 10% 以上,密度为 2.6 g/cm^3 左右。

收稿日期:2011-03-17; 修回日期:2011-06-21

作者简介:王艳丽(1981-),女(汉族),内蒙古赤峰人,中国地质科学院勘探技术研究所工程师,地质工程专业,硕士,从事钻探工艺技术及国家科研项目研究等工作,河北省廊坊市金光道 77 号,ylwang3113@163.com。

岩屑粒径大小有 5、10、50、100、150 和 200 目。

1.1.3 试验仪器

搅拌器;托盘天平;100、250 mL 量筒;1000 mL 烧杯;玻璃棒;秒表;恒温加热器。

1.2 试验泡沫液的配置

试验在室温下采用自来水配置试验溶液。

(1)0.4% AES + 自来水;(2)0.4% AOS + 自来水;(3)0.4% ADF-3 + 自来水。

1.3 试验方法

试验采用 Waring Blender 搅拌法,在有刻度的 1000 mL 搅拌杯内盛入 100 mL 试液,以 11000 r/min 的速度搅拌 60 s,停止搅拌后,记下杯内泡沫体积 V_0 (mL) 和时间,用 V_0 来衡量试液的气泡能力,泡沫排出 50 mL 液体的时间 τ (s) 叫做半衰期,用 τ 来衡量泡沫的稳定性。显然 V_0 愈大, τ 越长,泡沫性能就越好。除特别指出的外,所有测试均在 40 °C 的温度下进行。

2 岩屑粒径对泡沫剂性能影响

以砂岩为例,将分成 5、10、50、100、150 和 200 目的岩屑分别加入配置好的泡沫液(泡沫液配方为 0.4% ADF-3 + 自来水),采用搅拌法分别对加入这几种不同粒径岩屑的泡沫液进行有关发泡量和半衰期的试验,观察泡沫液的变化情况,记录发泡体积和半衰期。

通过对试验数据的观察分析,可以看出,当岩屑直径为 50 目时,泡沫液的发泡量和半衰期都比较大,随着岩屑直径的增大,发泡量先减小而后增大,而半衰期一直变小(见图 1、图 2)。在钻井过程中,岩屑随着泡沫液上返,在上返的过程中岩屑受自身的重力和泡沫浮力作用,当岩屑颗粒较大,岩屑自身的重力大于浮力作用,岩屑的相对运动破坏泡沫本身的结构,从而导致发泡量和半衰期变小。

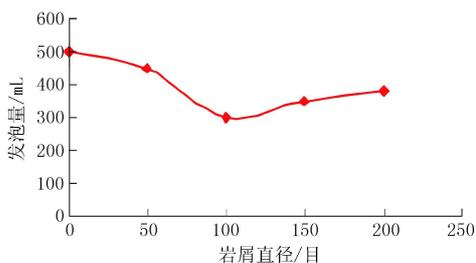


图 1 岩屑直径对发泡量的影响

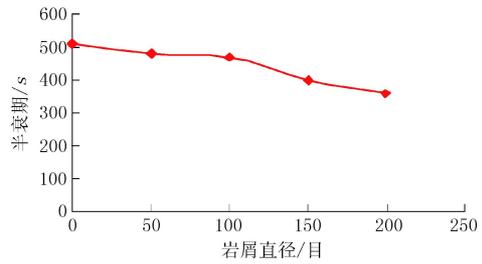


图 2 岩屑直径对半衰期的影响

二轮进行 AOS 试验,第三轮进行 ADF-3 泡沫剂试验。每轮试验分 3 组,第一组为灰岩试验,第二组页岩试验,第三组为砂岩试验,发泡剂浓度均为 0.4%。每组配制 6 个 100 mL 的试样,6 个试样中岩粉含量依次为 0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 和 1.2%,静置 12 h 后待用。试验结果如表 1~3、图 3~8 所示。

表 1 AES 在不同岩屑浓度下的发泡量和半衰期

岩屑浓度 /%	灰岩		页岩		砂岩	
	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s
0	360	380	380	420	350	450
0.2	300	320	360	360	370	330
0.4	300	320	350	300	340	320
0.6	320	340	350	360	350	330
0.8	330	280	360	360	340	380
1.0	310	300	370	320	360	350
1.2	300	300	350	310	350	320

表 2 AOS 在不同岩屑浓度下的发泡量和半衰期

岩屑浓度 /%	灰岩		页岩		砂岩	
	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s
0	400	730	420	780	420	840
0.2	360	400	420	680	400	780
0.4	400	380	420	690	420	740
0.6	360	410	430	670	420	740
0.8	360	380	420	600	400	800
1.0	350	360	410	630	380	750
1.2	340	400	380	620	370	790

表 3 ADF-3 在不同岩屑浓度下的发泡量和半衰期

岩屑浓度 /%	灰岩		页岩		砂岩	
	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s	发泡量 /mL	半衰期 s
0	590	560	580	580	560	550
0.2	530	540	500	500	530	480
0.4	550	500	550	530	560	500
0.6	480	520	530	510	540	490
0.8	490	490	560	480	560	450
1.0	500	480	530	500	500	480
1.2	450	500	500	480	480	460

3 岩屑浓度对泡沫性能的影响

试验分三轮进行,第一轮进行 AES 发泡剂,第

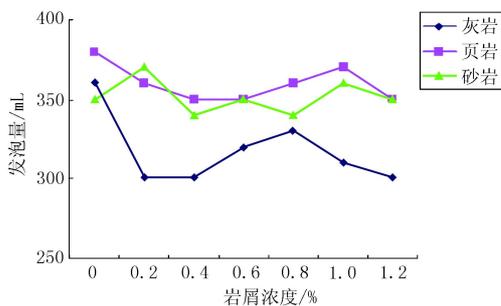


图3 AES在不同岩屑浓度下的发泡量

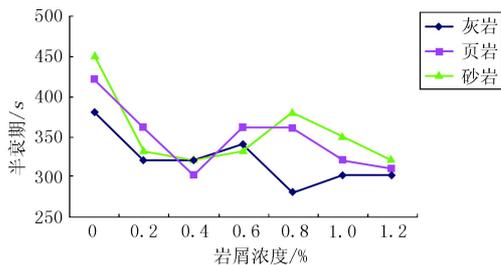


图4 AES在不同岩屑浓度下的半衰期

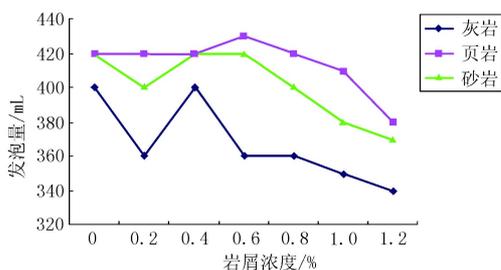


图5 AOS在不同岩屑浓度下的发泡量

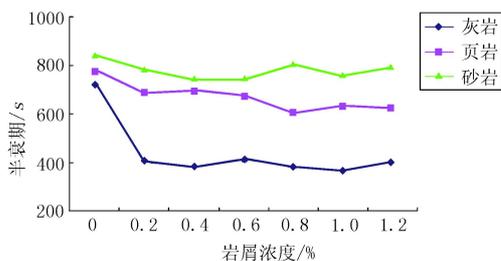


图6 AOS在不同岩屑浓度下的半衰期

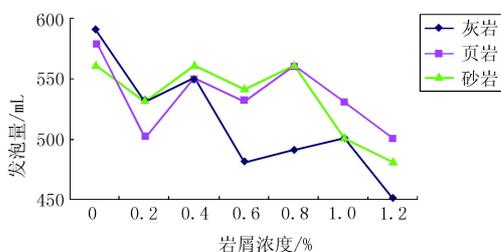


图7 ADF-3在不同岩屑浓度下的发泡量

试验结果分析:

(1)发泡量:由图3、图5、图7可以看出,随着岩屑浓度的增大,3种泡沫剂的发泡量均在减小,而灰岩岩屑引起的发泡量下降幅度最大。在不同种类和

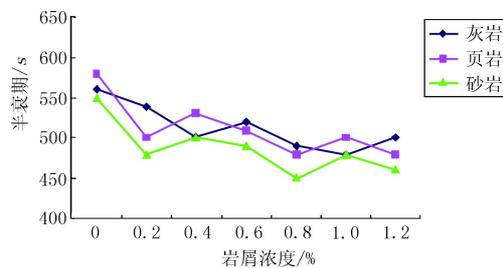


图8 ADF-3在不同岩屑浓度下的半衰期

不同浓度岩屑浓度下,ADF-3泡沫剂的发泡能力优于AOS、AES。灰岩是以方解石为主要成分的碳酸盐岩,在泡沫剂溶液中,部分碳酸盐溶于水,从而增加溶液中无机盐、弱酸根离子的含量,降低发泡剂中表面活性剂的活性,因而严重降低了发泡剂的发泡量。ADF-3泡沫剂是复配型阴离子和非离子表面活性剂,抗盐、抗酸性高,泡沫剂的发泡性能好。

(2)半衰期:由图4、图6、图8可以看出,泡沫液高速搅拌起泡后,随着岩屑含量的增加,3种发泡剂的半衰期均呈减小趋势。原因是起泡泡后,岩屑微小颗粒分散在泡沫中,这些小颗粒充当了泡沫中的“固相”,形成三相泡沫。而岩屑大大降低了泡沫液膜的稳定,使泡沫稳定性显著降低,当膜局部受损时,“伤口”不能迅速弥合,气泡容易破裂,进而降低了泡沫稳定性。

4 工程应用

河北省涿水县一水井钻探现场,钻孔设计孔深180 m,开孔 $\varnothing 450$ mm,终孔 $\varnothing 216$ mm。地层上部为第四系松散土层,中部为泥质砂岩,下部为灰岩。第四系地层采用刮刀钻头开孔,并下孔口管至基岩,钻入基岩后使用气动潜孔锤钻进技术。当气动潜孔锤钻进深度达150 m时,高压空气无法将孔内岩屑吹出孔外,在空气管路中注入泡沫液,开始使用泡沫剂地层为砂岩,泡沫液浓度为4‰,产生丰富的泡沫将岩屑带出;当钻达165 m深时,遇灰岩地层,泡沫量下降,携屑能力下降,在泡沫液中补充泡沫剂满足携屑要求,最终泡沫液浓度为8‰。在砂岩地层,泡沫剂的使用量与室内试验相当,但在灰岩地层泡沫剂的使用量是砂岩地层的2倍。由此可以看出,砂岩地层中极少量的物质溶于泡沫剂中,对泡沫剂中的表面活性剂影响较小,而灰岩中的碳酸岩成分较易溶于水,大大降低了泡沫剂的活性。另外,在砂岩地层和灰岩地层钻进时,泡沫剂的半衰期明显低于室内试验。

(下转第28页)

优先采用4.3.3(惰性体+乳化剂+处理剂冲洗液)矿层岩心保护冲洗液,根据地层、钾盐矿层的埋深、水文地质情况也可采用4.3.1和4.3.2所列冲洗液。

6 钻探质量控制

6.1 矿心保护与整理

(1)钻进矿层、顶底板孔段回次进尺 ≥ 3 m,矿层孔段回次进尺 ≥ 2.5 m。

(2)钻探采取的矿心,采用甘油液浸泡后密封保存,保护矿心的完整性和纯洁性,确保矿心不溶蚀不污染。

6.2 钻孔的封闭与检验

(1)封孔原材料采用32.5号以上普通硅酸盐水泥或抗硫酸盐水泥。要求水灰比为0.5~0.7,水泥浆密度达到 $1.85 \sim 1.90 \text{ g/cm}^3$,全孔水泥封闭。

(2)矿层、矿层以下、矿层顶板以上20 m均采用饱和NaCl水泥浆封孔,其余孔段采用水泥浆封孔。

(3)钻孔封孔时间15天后,必须抽取钻孔进行封孔效果验证。以确保钻孔封堵水质量,保证钾盐采矿安全。

7 主要技术措施

7.1 应用压力平衡技术钻进

在第四系松散不稳定地层和矿层可塑性地层应采用压力平衡技术钻进方法:

(1)在钻探过程中,应保持孔内冲洗液液柱的静压力,提钻或漏失时应及时回灌冲洗液,以维持孔内压力平衡,防止孔壁失稳;

(2)提、下钻时要稳、慢,以防动压力(波动压力)造成孔壁失稳。

5 结论

(1)随着岩屑浓度和岩屑粒径的增大,发泡剂的发泡性能和半衰期均降低。因此在实际钻进过程中,如果岩屑浓度和岩屑粒径较大时,要提高泡沫剂的添加比例,以保证携屑过程中泡沫量满足要求。

(2)灰岩地层对泡沫剂性能的影响较大,因此在钻进灰岩地层时,要适当增加泡沫剂的添加比例。

(3)泡沫半衰期受岩屑影响较大,在实际生产

7.2 钾盐矿层钻遇可燃气体喷溢处理

(1)控制冲洗液密度,采用密度 $1.2 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 泥浆循环压井;

(2)采用水灰0.6的水泥浆封闭钻孔;

(3)在油气区钻探时,安装防井喷装置。

8 结语

钾盐矿床,深度变化很大,从几十米到数千米,同时具有可溶性、地层变化大、裂隙发育的特点,要获得准确的钾盐勘探地质资料,应采取以下钻探施工工艺:

(1)根据钾盐矿区具体的地质条件,选择合理的钻探设备和机具;

(2)按照“四级口径、三级套管”或“三级口径、二级套管”钻孔结构基本模型设计合理的钻孔结构;

(3)根据钻遇地层特点采取不同的钻进工艺技术和相应的冲洗液;

(4)钾石盐矿层钻进取心,中、深孔及裂隙发育漏失涌水地层应采用“惰性体+乳化剂+处理剂冲洗液”,浅孔及稳定不漏失涌水地层,应采用“惰性冲洗液”和“甘油+ MgCl_2 饱和冲洗液”。

参考文献:

- [1] 张春波,等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [2] 屠厚泽,等. 钻探工程学(上、下)[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1987.
- [3] 叶玉屏. 带保护层新型金刚石复合片的研究[J]. 探矿工程,1992,(3).
- [4] 王清明,盐类矿床水溶开采[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 葛明军. 乳化柴油钻井液在石油欠平衡钻井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(11):43-45.

(上接第24页)

应用中,应增加泡沫剂的使用量。

参考文献:

- [1] 刘家荣,王建华,王文斌,等. 气动潜孔锤钻进技术若干问题[J]. 探矿工程,2010,37(5):34-39.
- [2] 郑秀华,李国庆,王军,等. 可循环微泡沫及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):255-259.
- [3] 赵晓俐,等. 一种新型泡沫剂的研制[J]. 西部探矿工程,2004,16(6):119-120.
- [4] 马成华. 一种高温泡排剂的实验室评价[J]. 精细石油化工进展,2007,8(12):37-39.
- [5] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等. 多工艺空气钻进技术及其新发展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):8-14.