

温度对泡沫性能影响的实验研究

熊亮, 孔耀祖

(中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 泡沫作为一种特殊的钻井流体, 其在环空中的泡沫质量、密度、稳定性以及流动状态等都将受到井内温度变化的影响。针对这一问题, 通过实验, 研究了温度对发泡液起泡能力及泡沫稳定性的影响。实验发现: 基液的发泡能力受基液配方和发泡温度影响很大, 在一定范围内温度升高可以提高泡沫的稳定性, 但温度过高又会对泡沫的稳定性起反作用。

关键词: 泡沫钻井; 稳定性; 温度; 实验研究

中图分类号: TE254 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)04-0010-03

Experimental Research on Foam Effects to Temperature/XIONG Liang, KONG Yao-zu (Engineering Faculty of China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: As a special drilling fluid, the foam will be affected by temperature in quality, density, stability as well as the flow state in the annular space. Aiming at this problem, the paper studied the foaming ability and stability influenced by temperature based on experiment results. It was found that: the foaming ability of the base fluid had been greatly influenced by foaming formulations and temperature, in a certain limit, the stability of the foam will be increased with the temperature rising, but too high temperature will play reaction to the stability of the foam.

Key words: foam drilling; stability; temperature; experimental research

20 世纪 90 年代以来, 由于世界范围内油气田的勘探开发转移到复杂的中小油气田、断块油气田、薄油层、低压低渗低产能油田、稠油和超稠油油气藏等条件恶劣的勘探开发条件。同时, 老油田因长期高效开发, 地层压力逐渐降低, 这种形势迫使石油工作者寻找新的思路和技术。以低密度流体为循环介质的欠平衡钻井技术由此得到了突飞猛进地发展, 成为继水平井之后的另一大发展方向。泡沫钻井技术^[1]就是在这样的大背景下产生出来的一种新型钻井技术。其主要的技术优势在于: 需求的气体排量小(只需纯气体钻井的一半左右)、密度低、滤失量小、井下事故少、对油气层伤害小、大大提高机械钻速、携岩能力强等。众所周知, 在钻井过程中, 随着井深的变化, 井内温度也在时刻发生变化。泡沫作为一种特殊的钻井流体, 其在环空中的泡沫质量、密度、稳定性以及流动状态等都将受到井内温度变化的影响。针对这一问题, 本文着重研究静态条件下的泡沫性能随温度变化的规律。

的电导率法以及基于检测泡沫压力变化的压力法等。体积法因所需设备简单, 检测方法直观易行, 适用广泛, 是目前发展得比较成熟的方法。本研究所采用的实验装置如图 1、2 所示。



图 1 搅拌发泡测试方法



图 2 泡沫性能测试方法

1 实验装置和实验方法^[2,3]

用于泡沫性能测试的实验方法很多, 常用的有检测泡沫体积变化的体积法, 检测泡沫电导率变化

收稿日期: 2008-11-17; 改回日期: 2009-02-18

作者简介: 熊亮(1983-), 男(汉族), 湖北黄冈人, 中国地质大学(武汉)硕士研究生在读, 地质工程专业, 从事地质钻探、石油钻井方面的研究工作, 湖北省武汉市鲁磨路中国地质大学(武汉) 研研 07-23 班, 36.8du@126.com。

其主要构成为:发泡机、大小量筒、烧杯、恒温箱、温度计、刻度尺及秒表等。实验步骤为:按照设计的加量比配置泡沫基液—用量筒量取 100 mL 基液倒入发泡机中(并量出基液的温度)—启动发泡机,在 11000 r/min 转速下搅拌 60 s,将产生的泡沫倒入大号量筒,读取发泡体积 V_F (发泡机带刻度时可直接读取)→记录泡沫底部开始出液的时间 t_a →记录出液量达 50 mL 时的时间,即半衰期 $t_{1/2}$ 。

2 温度对泡沫性能的影响

2.1 温度对发泡能力的影响

发泡能力的大小是选择发泡剂类型及加量所必须考虑的因素。通过对不同浓度发泡剂(实验采用十二烷基苯磺酸钠,以下简称 K12) 配方进行实验。由实验结果可以看出,体系的发泡能力随着温度的上升而增大,但发泡剂浓度不同,温度的影响情况也不尽相同,但总体呈上升趋势。当发泡剂加量很少时,其发泡能力随温度的变化幅度不大;而随着发泡剂浓度的增大,体系的发泡能力随温度升高而迅速增强,当温度达一定值时,体系的发泡能力有一个突变的阶段;增加发泡剂的含量,体系在低温状态下的发泡能力增大明显,但随着温度的增高其变化幅度不大。实验发现,发泡剂浓度为 3.0‰~5.0‰时,其发泡能力随温度的变化最大,如图 3 所示。

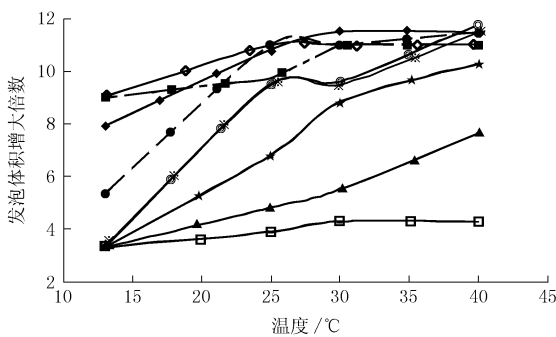


图 3 温度对不同浓度 K12 发泡性能的影响

□—1 号 1.5‰; ▲—2 号 2.0‰; ★—3 号 3.0‰; ※—4 号 3.5‰; ○—5 号 4.0‰; ●—7 号 5.0‰; ■—8 号 5.5‰; ◆—9 号 6.0‰; ◇—11 号 7.0‰

由以上试验分析可知:在泡沫钻井作业中,若已选定发泡剂,要取得最佳的发泡效果,需同时考虑发泡剂加量及基液温度。当温度过低,发泡效果不理想,以通过提高发泡剂含量的方式来提高发泡体积很难达到目的,即便能达到发泡要求,作业成本也将大幅增加。在低温地层或低温地区钻进时,可选用低温条件下发泡性能较好的发泡剂。在钻进过程中,地层水的侵入将导致发泡剂浓度的下降,此时应

根据具体情况适当提高注入基液中发泡剂的浓度,增加压缩空气的排量。

2.2 温度对泡沫稳定性的影响

通过控制泡沫的初始温度来研究温度对泡沫稳定性的影响。实验发现,发泡液的起泡温度除了对体系的发泡性能有影响外,还直接影响到泡沫的出液时间 t_a 和半衰期 $t_{1/2}$ 。

实验发现,未加入稳定剂时,温度对泡沫的出液时间、半衰期的影响主要是通过影响体系的发泡能力来实现的,发泡倍数高,相应的出液时间长。

在低温条件下,体系的发泡性能极差,产生的泡沫很不均匀,出液在搅拌停止时立即发生;随着温度的升高,体系达到最佳发泡状态,发泡体积剧增,泡沫均匀性好,搅拌停止一段时间后才会有出液现象发生;温度继续升高,体系的发泡能力不再变化,出液时间基本固定;当温度再继续升高,体系因整体能量的增加而开始变得不稳定,出液时间及半衰期均出现下降趋势,如图 4 所示。

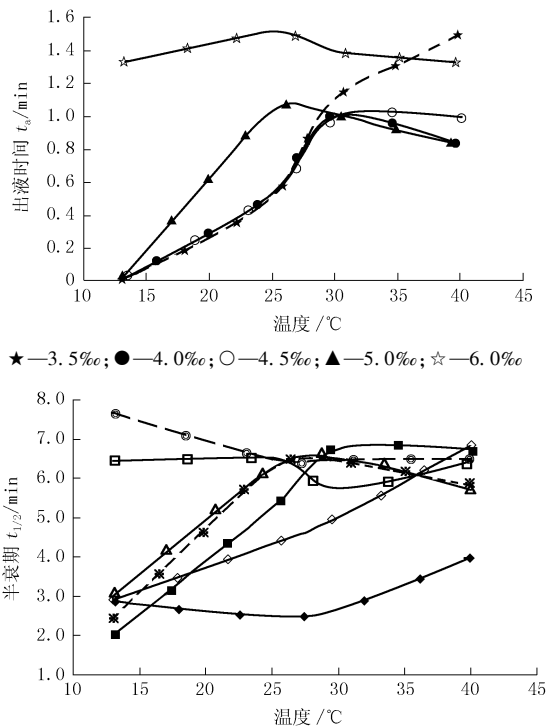


图 4 温度对不同浓度泡沫稳定性的影响(加稳定剂前)

◆—1.5‰; ◇—2.0‰; ■—3.0‰; ※—3.5‰; △—4.5‰; ○—5.5‰; □—7.0‰

相比而言,加入稳定剂后,泡沫的出液时间及半衰期的变化规律比不加稳定剂的表现更为明显。研究认为,稳定剂的加入增大了溶液的粘度,从而大幅度提高了泡沫的稳定性,延迟了出液时间。温度很低时,由于体系发泡性能差,泡沫不稳定,出液时间

较短,半衰期也小;但二者数值随温度的升高迅速增大,当温度达到一定值后到达顶峰,此时若再继续升高温度,体系能量升高,稳定性又开始急剧下降,最终将在一个较稳定的值上,如图5所示。

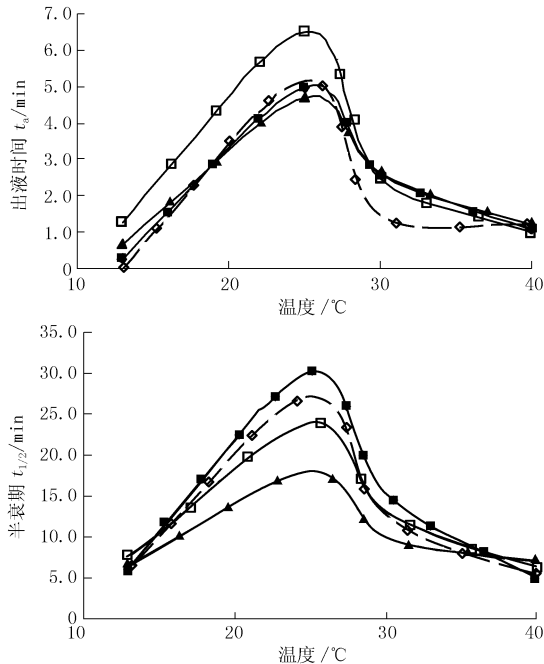


图5 温度对不同浓度泡沫稳定性的影响(加稳定剂后)
 ◇—3.5‰ K12 + 0.25‰ PAM; ■—4.0‰ K12 + 0.25‰ PAM;
 ▲—4.5‰ K12 + 0.25‰ PAM; □—5.0‰ K12 + 0.25‰ PAM

比较而言,稳定剂加入与否,泡沫的稳定性随温度的变化趋势是一致的,都有一个先升高后降低的过程,稳定性在达到顶峰时的温度与发泡剂形成胶束时的温度大致相同,因此,可以说发泡液在胶束温度时所形成的泡沫稳定性最好。

当温度较高时,溶液的发泡能力不发生明显变化,但随着温度的升高,泡沫粘度开始下降,稳定性也随之下降,但总体仍强于未加稳定剂的泡沫。有研究表明^[4],在一定压力下泡沫粘度随温度的升高先增大,到达一最大值后又开始减小,不同压力条件下温度-粘度曲线变化趋势基本相同,粘度极大值出现的温度范围与发泡剂及稳定剂的类型有关,极值基本在50~70℃之间,如图6所示。

此外还发现,当发泡剂浓度很低时,温度升高对其稳定性影响较小,其原因是体系发泡能力低,泡沫质量差;而当发泡剂浓度逐渐增加时,其发泡性能受温度影响大,此时泡沫的稳定性随着温度升高而急剧增强,并很快趋于稳定;当温度升高到一定值,泡沫的稳定性将逐渐减弱,且在加入稳定剂的泡沫中表现得尤为明显。

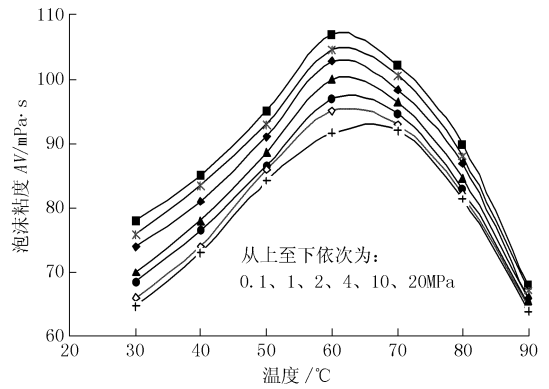


图6 不同压力下泡沫粘度与温度的关系

3 结论与建议

通过上述实验及分析得出以下结论及建议。

(1) 发泡液的发泡性能与其所用的发泡剂、稳定剂的类型及浓度,初始发泡温度密切相关,只有当温度升高到 Krafft 点时,溶液达到胶束状态,体系才能达到理想的发泡效果。因而在低温地区实施泡沫钻井,应尽量选择那些 Krafft 点低,在低温条件下能取得良好发泡性能的发泡剂。此外,为达到最佳发泡性能,建议发泡剂浓度稍大于溶液形成胶束时的浓度。

(2) 温度对泡沫粘度影响存在一个峰值温度范围。

(3) 升高发泡液的温度,在一定范围内可提高溶液的发泡性能和泡沫稳定性,但温度过高不利于泡沫的稳定。因此,在使用泡沫钻井技术钻进深井或温度较高的地热井时,则需设计选用耐高温的泡沫配方。

(4) 针对不同钻井工程的需要,应合理设计泡沫稳定时间。稳定剂的加入可灵活地控制泡沫寿命,但稳定剂加入过多,泡沫寿命太长,则将加大消泡难度;此外,稳定剂加入过多会降低体系的发泡能力,不利于钻进施工,同时也将大幅增加钻井作业成本。

参考文献:

- [1] 樊世忠. 钻井完井液与保护油气层技术[M]. 北京:中国矿业大学出版社,2002. 50-70,174-189.
- [2] 王莉娟,张高勇,董金凤,等. 泡沫性能的测试和评价方法进展[J]. 日用化学工业,2005,35(3):171.
- [3] 王琦,刁海玲,左言军. 泡沫性能评测方法及稳定性影响因素综述[J]. 化学工业与工程技术,2007,28(2):25-28.
- [4] 耿宏章,蒋莉,任旭明. 泡沫钻井液粘度与温度压力关系特性研究[J]. 钻井液与完井液,2007,21(4):19.