

一种新型高效泡排剂 LH 的泡沫性能研究^{*}

胡世强 刘建仪 李艳 叶长青 杜学彪

(“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·西南石油大学)

胡世强等.一种新型高效泡排剂 LH 的泡沫性能研究.天然气工业,2007,27(1):102-104.

摘要 泡沫排水采气方法是一种经济性高、效率高、施工方便的排水采气方法,在油气田得到了广泛的应用。气井泡沫排液所使用的泡排剂直接影响到排液的效率,针对大量的泡排剂不能同时适合高温、高矿化度和高凝析油气水井的情况,结合有水气藏的开发特点,根据表面活性剂理论和起泡性、稳泡性理论,在实验的基础上采用正交设计实验方法研制了一种新型泡沫排水剂——LH。采用 Ross-Miles 法和搅拌法对泡排剂 LH 进行泡沫静态性能研究,利用现场取得的凝析油和地层水对新型泡排剂 LH 的起泡能力、抗矿化度能力、抗凝析油能力及其抗高温能力进行了系统的分析和研究。并在同等实验的条件下与其他泡排剂进行比较,实验结果表明,泡排剂 LH 是一种起泡性能好、泡沫稳定性优良、抗高温、抗高矿化度、抗高凝析油的泡排剂。

关键词 泡沫排液 稳定性 高温 高矿化度 凝析油

目前我国大部分气井、凝析气井已经到了开发中后期,由于地层压力降低,边、底水的推进以及压裂、酸化等作业措施,造成井底和井筒内产生积液(地层水、凝析液、注入水)使天然气产量降低甚至停止生产。目前排水采气的工艺方法有优选管柱排水采气、泡沫排水采气、气举排水采气等。由于泡沫排水采气具有设备简单、施工方便、成本低、适用井深范围大、不影响气井正常生产等优点,是近年来国内外迅速发展起来的一种排水采气技术,在采气工业中得到普遍的应用。所谓泡沫排水法,就是向气井内注入一定数量的能起泡的表面活性剂一起泡剂。使井内积液在天然气搅拌下生成大量泡沫,密度减低。从而容易被天然气流带到地面。通过现场大量的泡沫排水的实践,得出在泡沫排水过程中,泡排剂的泡沫性能研究是一个非常重要问题,这里仅对自己研制的泡沫排水剂 LH 泡沫性能进行了研究。

一、实验部分

1. 实验仪器、实验药品

实验仪器: 罗氏—迈尔斯(Ross-Miles)泡沫仪、1000 mL 量筒、高速搅拌机、移液管、温度计、超级恒温循环箱、高温烘箱等。

实验药品: 泡排剂 LH(自制起泡剂)、泡排剂

UT-11C、泡排剂 XH-2、泡排剂 UT-1、NaCl(化学纯)、CaCl₂(化学纯)、凝析油(油田样品)、油田地层水等。

2. 实验方法

国内外对泡沫剂性能的测定和评价方法较多。笔者采用目前使用最为普遍而且准确度最高的搅拌法和 Ross-Miles 法^[1,6]。

搅拌法为测定时将 100 mL 泡排剂溶液倒入 1000 mL 带有刻度的透明玻璃杯中,高速搅拌 60 s,停止搅拌即刻记下此时的泡沫体积(表示发泡剂的起泡能力),同时记录从泡沫中析出 50 mL 液体所需时间($T_{1/2}$),以此作为泡沫稳定性的量度。每一个样品重复 3 次取平均值, $T_{1/2}$ 越长表示发泡剂的泡沫性能越好。

ROSS-Miles 法(所用仪器称为罗氏泡沫仪)在 1941 年发明后,长期被美国材料试验协会(ASTM)及其它一些国家作为评价泡沫剂(表面活性剂)发泡能力和泡沫稳定性的标准。试验时,使 200 mL 试液从高 900 mm、内径 2.9 mm 的毛细管中自由流下,冲击盛放在刻度管中的 50 mL 同种试液后产生泡沫,以 200 mL 试液流经 0 min 和 5 min 时的泡沫柱高度,分别表示泡沫剂的发泡能力和泡沫的稳定性。每一个样品重复 3 次取平均值。

^{*} 本文系国家自然科学基金项目(50374057)“新型球塞气举采油及排水采气技术应用基础研究”部分研究成果。

作者简介: 胡世强,1978 年生,助理工程师,硕士研究生;现从事注气提高采收率、流体相态、采油采气工艺等方面的研究。
地址:(610500)四川省成都市新都区西南石油大学研究生院。电话:13980578817。E-mail:hushiq@163.com

二、结果与讨论

1. 浓度对泡排剂泡沫性能的影响

在 90 °C 条件下,将配制好起泡剂浓度的地层水溶液(矿化度为 75000)装在罗氏泡沫管内,用滴液的方法测定起泡剂的起泡及稳泡性能,分别记录 0 min、3 min、5 min 的泡沫高度。测试时,按起泡剂浓度 0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25% 的顺序依次做起,每个试验重复测试 3 次,取最终数据平均值,实验结果见图 1-a。

方法测定起泡剂的起泡及稳泡性能,分别记录 0 min、3 min、5 min 的泡沫高度。测试时,按起泡剂浓度 0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25% 的顺序依次做起,每个试验重复测试 3 次,取最终数据平均值,实验结果见图 1-a。

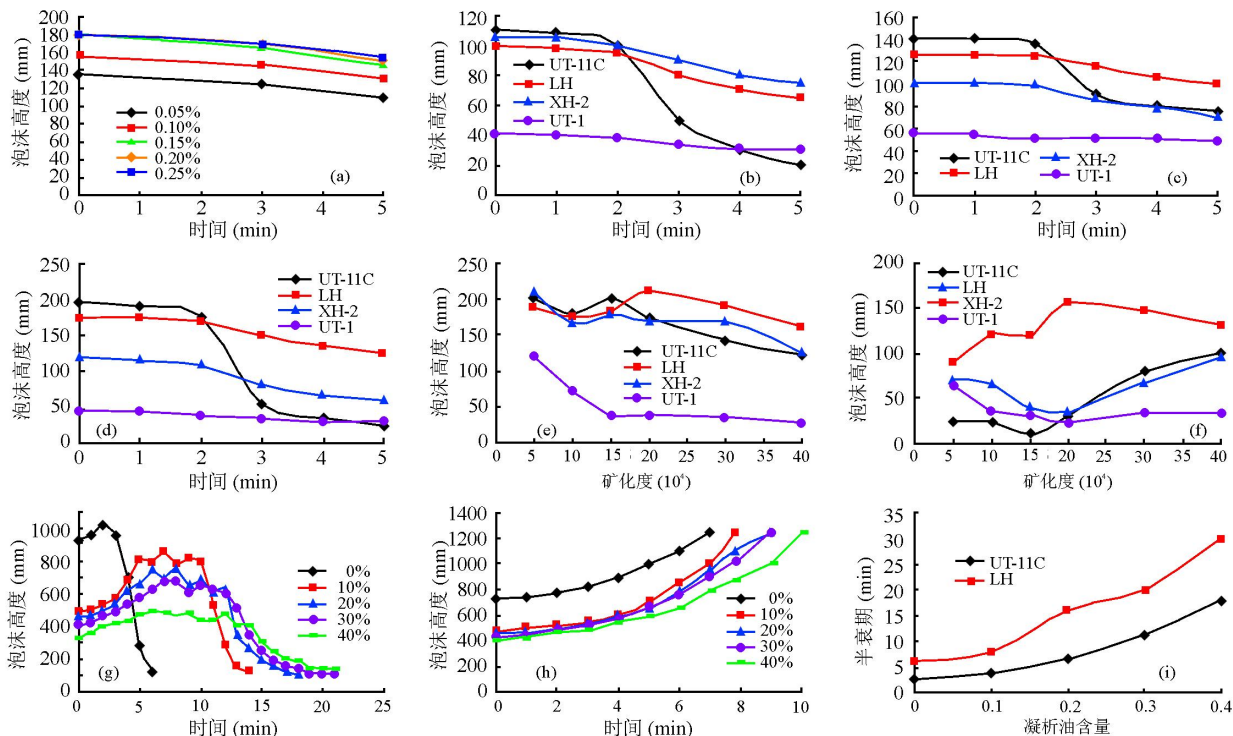


图 1 浓度、温度、矿化度、凝析油对泡排剂性能的影响图

实验结果分析:①泡排剂 LH 的起泡性能和泡沫稳定性能都较好,3 min 泡沫高度减少 7%,5 min 泡沫高度减少 15%;②泡排剂 LH 随着浓度的增加,泡沫高度逐渐增加,但是当浓度大于 0.15% 后,泡沫高度几乎不增加,达到临界胶速浓度;③泡排剂 LH 的使用浓度为 0.10%~0.25% 时均具有较好的起泡和稳泡性能。

2. 温度对泡排剂泡沫性能的影响

在 40 °C、70 °C、90 °C 条件下,采用矿化度为 110000 的地层水溶液,将配制好起泡剂浓度的地层水溶液装在罗氏泡沫管内,用滴液的方法测定起泡剂的起泡及稳泡性能。测试时,起泡剂浓度采用 0.15%,对 UT-11C、LH、XH-2、UT-1 等 4 种起泡剂进行泡沫性能测试,每个试验重复测试 3 次,取最终数据平均值,分别记录 0~5 min 的泡沫高度,实验结果见图 1-b、c、d。

实验结果分析如下。①在 40 °C 时,泡排剂 UT-11C、XH-2、LH 的起泡性均差不多,初始泡沫高度 100~110 mm,起泡性能对比:UT-11C>XH-2>

LH>UT-1。在 70 °C 和 90 °C 时,起泡性能对比:UT-11C>LH>XH-2>LH>UT-1,泡排剂 UT-11C 和 LH 的起泡性能相差不多,但是稳泡性能 LH 好于 UT-11C。②随着温度的升高,泡排剂 UT-11C、XH-2、LH 的起泡性能也逐渐增加,从图可知,UT-11C 的起泡性能最好,但是稳泡性能较差,在 3 min 时,泡沫高度减少 55%,5 min 时,泡沫高度减少 80%;泡排剂 LH 的起泡性能和稳泡性能均较好,在 70 °C 和 90 °C 时,LH 的起泡性能仅次于 UT-11C,而且稳泡性能也较好,3 min 时泡沫高度减少 7%,5 min 时泡沫高度减少 15%;XH-2 和 LH 的稳泡性能接近,但是 XH-2 在高温下的起泡性能比 UT-11C 和 LH 的起泡性能差;泡排剂 UT-1 的起泡性能最差,但是稳泡性能较好。

3. 矿化度对泡排剂泡沫性能的影响

在 90 °C 条件下,在实验室配制矿化度为 50000、100000、150000、200000、300000、400000 的地层水溶液,将配制好起泡剂浓度的地层水溶液装在罗氏泡沫管内,用滴液的方法测定起泡剂的起泡及稳泡性

能。测试时,起泡剂浓度采用0.15%,对UT-11C、LH、XH-2、UT-1等4种起泡剂进行泡沫性能测试,每个试验重复测试3次,取最终数据平均值,分别记录0 min和5 min的泡沫高度,实验结果见图1-e、f。

实验结果分析如下。①在90℃时,随着矿化度的增加,各种起泡剂的起泡性能不同程度的降低,LH降低最缓慢。当矿化度为小于150000时,泡排剂UT-11C、XH-2、LH的起泡性能接近,UT-1的起泡性能最差;当矿化度大于150000后,泡排剂LH的起泡性能优于泡排剂UT-11C和XH-2,UT-1的起泡性能仍然最差。②从图可以得出:随着矿化度的增加,起泡剂UT-11C和XH-2的5 min泡沫高度在矿化度低于150000时降低,高于150000后,5 min泡沫高度增加,但是5 min泡沫高度均没有LH的高。因此从稳泡角度看LH的稳泡性能明显优于泡排剂UT-11C、XH-2和UT-1。

4.凝析油对泡排剂泡沫性能的影响

在100℃条件下,在实验室配制矿化度为110000的地层水溶液,将配制好起泡剂浓度的地层水溶液与凝析油混合,配制凝析油含量为10%、20%、30%、40%的溶液。利用烘箱温度可达100℃以上,在烘箱里采用搅拌法测得起泡剂的泡沫性能。分别记下不同时间的泡沫高度以及半衰期,实验结果见图1-g、h。

实验结果分析如下:①从图上分析可以得出:在100℃时,泡排剂UT-11C的泡沫高度先增加后降低,不含凝析油的矿化水的初始泡高最高,随着凝析油含量的增加,初始泡高逐渐降低。但是含凝析油与不含凝析油之间的泡沫高度差别很大,而含凝析油量多少对初始泡沫高度影响确不大。由于温度在100℃会出现水的蒸发现象,UT-11C的泡沫高度达到最大后出现振荡,随着凝析油含量的增加,泡沫高度出现下降的趋势就早,不含凝析油时,3 min就出现泡沫高度急剧下降。②从图上分析可以得出:在100℃时,泡排剂LH的泡沫高度一直处于增加的趋势,不含凝析油的矿化水的初始泡高最高,随着凝析油含量的增加,初始泡高稍微降低。但是含凝析油与不含凝析油之间的泡沫高度差别很大,含凝析油量多少对初始泡沫高度影响不是很大。由于泡排剂的分散性好,随着时间的延长,泡沫高度逐渐增加,几乎都溢出1000 mL的量筒,溢出时间差别不大。③从泡沫半衰期图上可以得出:LH的半衰期普遍高于UT-11C,随着凝析油含量的增加,泡沫半衰期逐渐增加,这是由于凝析油可以增加泡沫的稳定性,但

是凝析油含量增加,初始泡高会降低。

三、结 论

(1)泡排剂LH的起泡性能和泡沫稳定性能都较好,3 min泡沫高度减少7%,5 min泡沫高度减少15%。浓度为0.10%~0.25%时,均具有较好的起泡和稳泡性能。

(2)随着温度的升高,泡排剂LH的起泡性能也逐渐增加。高温下与泡排剂UT-11C、XH-2的起泡性能接近,但是稳泡性能优于泡排剂UT-11C和XH-2,3 min时泡沫高度减少7%,5 min时泡沫高度减少15%,稳泡性能较好。

(3)随着矿化度的增加,泡排剂LH的起泡性能降低缓慢。当矿化度为小于150000时,泡排剂UT-11C、XH-2、LH的起泡性能接近,UT-1的起泡性能最差;当矿化度大于150000后,泡排剂LH的起泡性能优于泡排剂UT-11C、XH-2和UT-1;而且稳泡性能也明显优于泡排剂UT-11C、XH-2和UT-1。

(4)在100℃时,泡排剂LH的泡沫高度一直处于增加的趋势,而泡排剂UT-11C的泡沫高度先增加后降低。随着凝析油含量的增加,初始泡高逐渐降低,但是含凝析油与不含凝析油之间的泡沫高度差别很大,含凝析油量多少对初始泡沫高度影响不是很大。

(5)泡排剂LH是一种抗高温、抗高凝析油、抗高矿化度的优良泡排剂,凭其优良的泡沫性能,泡排剂LH可用于泡沫排水、泡沫钻井等许多方面,具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 李士伦,等.天然气工程[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [2] 彭年穗.气井泡沫排液中的起泡剂[J].油田化学,1989,6(1):84-89.
- [3] 尹忠.泡排剂CZP的泡沫性能研究[J].天然气工业,1995,15(2):56-59.
- [4] 尹忠.泡沫评价及发泡剂复配的实验研究[J].西南石油学院学报,2004,26(4):56-58.
- [5] 强永和.高温泡排剂的研制与应用[J].石油钻采工艺,2003,25(3):55-57.
- [6] 杨川东.采气工程[M].北京:石油工业出版社,1997.
- [7] 魏家勇,等.排水采气在低压凝析水气井的应用[J].天然气工业,1999,19(4):93.
- [8] 张书平,等.低压低产气井排水采气工艺技术[J].天然气工业,2005,25(4):106-109.

(收稿日期 2006-09-09 编辑 韩晓渝)