

气田含醇污水发泡性能的影响因素模拟试验*

朱峰¹ 赵建平² 杨娇³

摘要：气田开采过程中因使用大量泡排剂造成含醇污水起泡现象严重，这对精馏塔的稳定运行产生了不利影响。以起泡高度为评价指标，研究了甲醇含量、凝析油含量、温度和压力对泡排剂发泡性能的影响，并以甲醇浓度、凝析油含量和压力、温度为因素进行正交设计试验。试验结果表明：当甲醇含量超过40%时，基本不起泡，凝析油和压力对泡排剂 UT-6 的起泡能力有一定的抑制作用，温度对泡排剂 UT-6 发泡性能有促进作用。正交试验表明，各因素对泡排剂发泡性能影响顺序是：甲醇浓度 > 温度 > 凝析油含量 > 压力。

关键词：含醇污水；泡排剂；泡沫高度；甲醇回收；正交试验

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.1.007

The Simulation Experiment Research of Influencing Foaming Performance of Gas Containing Alcohol Wastewater

Zhu Feng, Zhao Jianping, Yang Jiao

Abstract: The use of a lot of foam drainage agent makes alcohol containing wastewater bubble in severe cases in the process of gas field exploitation, and that affect the stable operation of the rectifying column. Using foam height as evaluation indexes, the effect of methanol concentration, condensate oil content, temperature and pressure on the properties of foam drainage agent is studied. Serving as influential factors, they were studied by orthogonal design test. The experimental results suggest: when the content of methanol is more than 40%, the sewage basically has no bubbles. condensate oil and pressure have certain inhibitory effect on foaming performance of foam drainage agent UT-6, temperature promotes foaming of foam drainage agent. By orthogonal test, the order of affecting factors is determined. They are methanol concentration, temperature, condensate oil content and pressure.

Key words: alcohol wastewater; foam drainage agent; foam height; methanol recovery; orthogonal test

我国大部分气田已进入开采中后期，气井都出现了井底积液现象，为提高气田的采收率，采取了许多排水措施。泡沫排水因投资小、见效快、操作简便等优点已成为解决井底积液的有效措施之一^[1-2]。目前，含油含醇污水大多采用预处理-甲醇回收-回注处理工艺^[3-4]，如图1所示。随着泡排剂的大量使用，采出液中残余泡排剂增加，含油含醇污水的发泡对于精馏塔的稳定运行影响很大，起泡能力大的原料需要更大的塔板间距，并且会发生液泛等，最终导致产品甲醇不合格^[5]。因此，需研究含有泡排剂的含油含醇污水在不同条件下的起泡规律及起

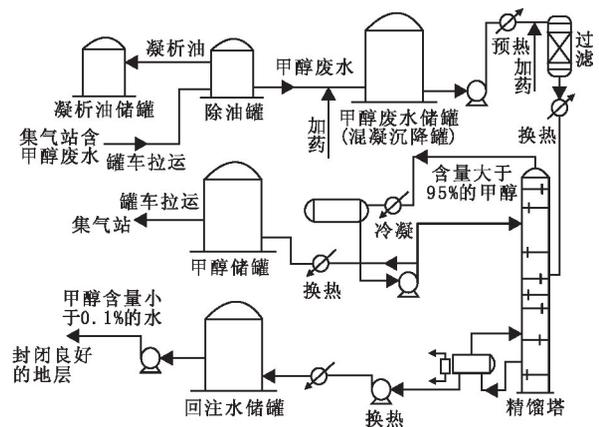


图1 含油含醇污水预处理与甲醇回收工艺

*基金论文：西安石油大学博士科研启动基金(2013BS007)。

¹西安石油大学化学化工学院陕西省油气田环境污染控制与储层保护重点实验室 ²西安石油大学工程学院 ³长庆油田分公司第三采气厂

泡影响因素,为消泡处理提供依据,以保障甲醇回收装置的平稳运行。

1 实验

实验药品:泡排剂 UT-6、甲醇(分析纯)、氯化钠(分析纯)、凝析油(工业品)。

实验仪器:胺液吸收发泡装置(自主研发)、压力表、流量计、氮气瓶。

泡沫高度的测定方法参照《泡沫排水采气用起泡剂评价方法(SY/T6465—2000)》中对泡排剂起泡能力的测定方法。

利用胺液吸收发泡装置,将实验所用溶液从顶部加入装置,气体从底部进入装置,由于有起泡剂的原因,在装置中会产生一定的泡沫,通过设定参数,记录不同条件下的泡沫高度,具体研究内容如下:

(1)在流速为16 L/h、泡排剂浓度为0.2%(质量分数,下同)条件下,以甲醇浓度、凝析油含量、温度和压力为影响因素,记录不同时刻的起泡高度,分析其对泡排剂起泡能力的影响。

(2)以压力、温度、凝析油含量和甲醇浓度为因素,进行正交试验设计,通过对比不同时刻的起泡高度,分析各因素对泡排剂起泡能力的影响并确定影响因素的顺序。

2 结果与讨论

2.1 甲醇浓度对泡排剂发泡性能的影响

甲醇具有消泡作用,由于部分气田注醇量较大,导致采出水含醇较高,甚至达到60%~70%,甲醇浓度对泡排剂在气井中的使用影响较大;因此测定了浓度为0.2%的泡排剂溶液在不同浓度甲醇水溶液中的起泡高度,结果见图2。

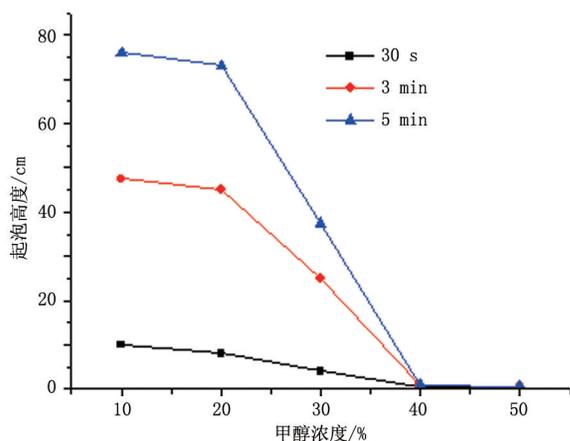


图2 甲醇对泡排剂发泡性能的影响

从图2可看出:随着甲醇浓度的不断增加,泡排剂的发泡性能趋于下降,随着时间的递增,泡沫

高度差也在不断递增,当甲醇浓度超过40%时,起泡高度几乎为零。这是因为甲醇本身就是一种消泡剂,它在形成的泡沫表面极易铺展开,将已经形成原泡沫的表面活性剂分子顶替掉从而形成新的液膜;但由于甲醇分子并不具备两亲分子结构,而且分子间受力不平衡,在表面上排列得疏松,形成的极不稳定的液膜短暂时间内就破裂了,当甲醇浓度足够大时,在宏观上就表现为甲醇的消泡作用^[6-7]。

2.2 凝析油对泡排剂发泡性能的影响

气井采出液中含有一定量的凝析油,而凝析油的存在会影响表面活性剂水溶液体系的物理-化学性质,进而妨碍泡沫的生成^[8]。测定了泡排剂溶液不同含油量下起泡能力的大小,结果见图3。

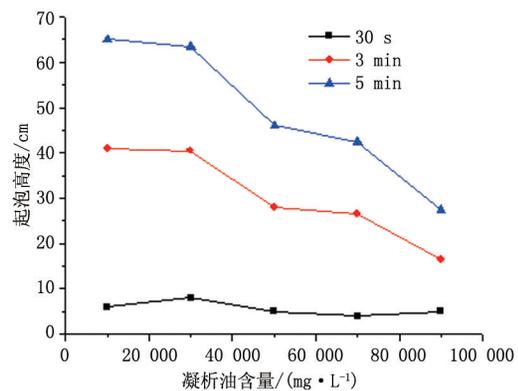


图3 凝析油对泡排剂发泡性能的影响

从图3可看出:随着凝析油含量的增加,泡排剂的发泡性能呈降低趋势,由于凝析油对泡排剂溶液体系的理化性质(如界面张力、表面张力、溶解性等)的影响,对泡沫的生成条件产生了一定抑制作用。油-水界面上的吸附层被泡排剂分子完全饱和后,乳液才开始起泡。因此,凝析油的消泡作用可以理解为凝析油与水混合后,会形成水包油乳液(或形成油包水乳液),使表面活性剂分子发生转移,从气-水界面转入油-水界面,形成新的表面,此表面的力学结构性质比表面活性剂水溶液稳定,导致泡沫被破坏^[9]。

2.3 温度对泡排剂发泡性能的影响

在泡排剂浓度为0.2%、甲醇浓度为20%的条件下,分别以50、60、70和80℃为设定条件,研究不同温度对泡排剂的发泡性能影响。测定了不同温度下的起泡能力,结果见图4。

从图4可以看出,在50~80℃范围内,随着温度的上升,泡沫高度越来越大。这是由于随着温度的上升,液体膨胀,分子间距离增大;表面活性剂分子动能增加,易摆脱水的束缚逃逸到水面,表面吸附量增加,表面张力下降,发泡能力增强,泡沫

膨胀体积变大^[10-11]。

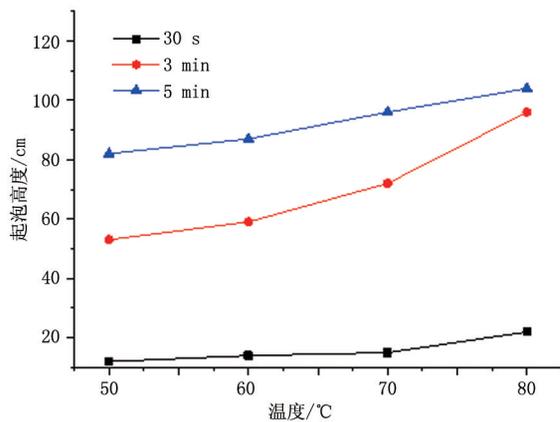


图4 温度对泡排剂发泡性能的影响

2.4 压力对泡排剂发泡性能的影响

在泡排剂浓度为0.2%、甲醇为10%、温度为50℃时，分别在100、115、130、145 kPa压力下进行单因素压力的实验，研究不同压力对起泡剂发泡性能的影响。测定了不同压力下的起泡能力，结果见图5。

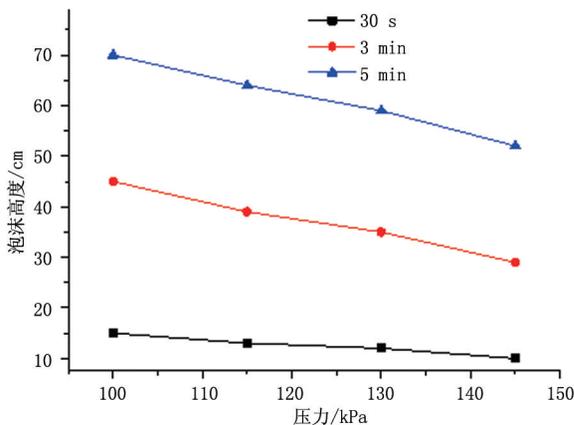


图5 压力对泡排剂发泡性能的影响

从图5可看出：随着压力的增加，起泡高度逐渐降低，因此，在此压力范围内，压力对泡排剂的发泡性能有一定的抑制作用^[12]。

2.5 多因素对泡排剂发泡能力的影响

以甲醇浓度、凝析油含量、压力、温度为影响因素，3 min的起泡高度为响应值，进行正交试验，利用Minitab 15软件对数据进行处理，试验设计方案和分析结果见表1、表2。

由正交分析结果可知，在四个影响因素中，对泡排剂发泡能力的影响程度大小依次为：甲醇浓度、温度、凝析油含量、压力。因此，在甲醇精馏中，当甲醇含量超过40%时，含醇污水基本不发泡，此时，其余几个因素对含醇污水的发泡影响较小；而当含醇量较低时，再加上经过换热后的进塔水温度较高（一般80℃左右），起泡可能较严重，

此时，如果精馏塔运行不稳定，或者出塔水质不达标，可以考虑使用消泡剂。但污水的发泡是多种因素共同作用的结果，还需根据现场装置运行情况综合考虑是否使用消泡剂。

表1 正交试验设计方案

试验编号	温度/℃	凝析油含量/%	甲醇浓度/%	压力/kPa	起泡高度/cm
1	50	5	10	100	48
2	50	3	20	115	43
3	50	1	30	130	37
4	70	5	20	130	47
5	70	3	30	100	43
6	70	1	10	115	61
7	60	5	30	115	35
8	60	3	10	130	50
9	60	1	20	100	53

表2 正交试验设计分析结果

参数	温度/℃			凝析油含量/%			甲醇浓度/%			压力/kPa		
	50	70	60	5	3	1	10	20	30	100	115	130
K/cm	128	151	138	130	136	151	159	143	115	144	139	134
R	23			21			44			10		

注：K为各影响因素下的起泡高度之和，R为各影响因素下最大起泡高度与最小起泡高度的差。

3 结论

(1) 当甲醇浓度高于40%时，污水基本不发泡，当低于40%时，甲醇的消泡作用与浓度正相关，此时对污水的发泡影响较大。

(2) 凝析油和压力对泡排剂的起泡能力有一定的抑制作用，随着凝析油含量和压力的增加，起泡能力逐渐降低。

(3) 在50~80℃温度范围内，温度对UT-6泡排剂的发泡性能有促进作用。

(4) 正交试验表明，在压力、温度、凝析油含量、甲醇浓度四个因素中，甲醇含量对污水发泡影响最大，当含醇量较低、发泡比较严重时，可以考虑使用消泡剂。

参考文献

- [1] 赵晓东, 尹中. 气井泡沫排水剂的评价方法研究[J]. 西南石油学院学报, 1991, 13 (4): 96-100.
- [2] 李士伦. 天然气工程[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 320-328.
- [3] 翁军利, 张剑波, 宋丽丽. 甲醇回收装置参数优化[J]. 天然气工业, 2006, 26 (9): 150-151.
- [4] 王登海, 王遇冬. 长庆气田含醇污水甲醇回收工艺技术探讨[J]. 石油与天然气化工, 2001, 30 (3): 151-152.

(下转第29页)