

新型孪尾 Gemini 两性离子表面活性剂应用性能

于涛* 袁丹丹 丁伟* 李淑杰 刘坤 曲广森 王会敏 罗石琼 陈玉萍
(东北石油大学化学化工学院 大庆 163318)

摘要 分别采用改进的 Ross-Miles 法及分水时间法,对3种新型孪尾 Gemini 两性离子表面活性剂($C_8C_8L_3Sz$ 、 $C_8C_8L_4Sz$ 和 $C_{10}C_8L_3Sz$)的泡沫性能及乳化性能进行了研究,并考察了表面活性剂浓度、分子结构和温度等对其的影响。结果表明,该系列表面活性剂具有较好的泡沫性能,且随其浓度的增加,泡沫最大高度和半衰期均存在一个稳定值,疏水链越长,其起泡性能越差,泡沫稳定性越好;温度升高,起泡性能变好,泡沫稳定性变差;当表面活性剂浓度一定时,体系中加入低浓度的短链醇及无机盐均能提高泡沫的稳定性; $C_8C_8L_3Sz$ 、 $C_8C_8L_4Sz$ 和 $C_{10}C_8L_3Sz$ 作乳化剂的最适宜的用量分别为 6×10^{-4} 、 6×10^{-4} 和 4×10^{-4} mol/L,疏水基越长,乳化性能越好,而连接基对其影响较小;温度升高,乳化性能变差;当油相烷烃碳数相同时,环烷烃要比直连烷烃更易达到最佳乳化效果,但二者的乳状液稳定时间相当;对于油相烷烃碳数不同时,烷烃的碳链越长,乳状液的稳定性越差,乳化效果越不好。

关键词 Gemini 两性离子表面活性剂,泡沫性能,乳化性能

中图分类号:O647.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2012)10-1182-07

DOI:10.3724/SP.J.1095.2012.00449

Gemini 表面活性剂是由2个相同或不同的两亲部分在其离子头基处或靠近离子头基处由连接基以化学键的方式连接而成,其中连接基可以是柔性的,也可以是刚性的^[1-3]。其独特的分子结构及优异的性能使它成为近年来在石油领域中研究非常活跃的新一代表面活性剂。国外对其研究相对较早,始于20世纪70年代;而国内首次出现 Gemini 表面活性剂的报道则是在1997年华东理工大学肖进新^[4]在《自然杂志》上发表的一篇《孪连表面活性剂》,从而掀起了国内学者的研究热潮。研究表明, Gemini 表面活性剂在油田上有广泛潜在的应用价值,如提高原油采收率^[5-6]、含油污泥原油的回收^[7]、油气井解堵^[8]和清洁压裂^[9]等。因此 Gemini 表面活性剂在石油工业中具有很好的应用前景。随着化学驱油技术的发展,泡沫流体及乳状液在石油工业中的作用受到人们越来越多的关注^[10-11],设计结构新颖的 Gemini 表面活性剂并研究它的起泡及乳化性能,这将在石油工业中具有重要的意义。本文所研究的3种自制新型结构孪尾 Gemini 两性离子表面活性剂不同于其它的 Gemini 两性离子表面活性剂,它们的疏水基部分形状似两个“燕尾”,即其分子中2个含氮的离子头基均连有2个长烷基链,同时它们又是一种磺酸盐甜菜碱型 Gemini 两性离子表面活性剂,其结构尚未见报道;对其泡沫及乳化性能进行研究,并考察了浓度、分子结构和温度等对其泡沫及乳化性能的影响。

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

3种结构的孪尾 Gemini 两性离子表面活性剂($C_mC_nL_nSz$),自制,经多次重结晶纯化后,用滴体积法^[12]测定其在水溶液中的表面张力与浓度对数(γ -lg c)曲线均无最低点,其结构及代号如 Scheme 1 所示;氯化钠、正己烷和异丙醇(天津市大茂化学试剂厂),无水乙醇(沈阳市华东试剂厂),正丁醇、环己烷

2011-10-07 收稿,2011-11-22 修回

国家科技重大专项(Nos. 2011ZX05011-004)资助项目

通讯联系人:于涛,教授; Tel/Fax:0459-6504071; E-mail:yutao915@126.com; 研究方向:油田化学剂

共同通讯联系人:丁伟,教授; Tel/Fax:0459-6504071; E-mail:dingwei40@126.com; 研究方向:驱油用表面活性剂

3 种化合物结构相似, FT-IR (KBr), σ/cm^{-1} : ν_{OH} 3414 ~ 3435, $\nu_{\text{C-H}}$ 2926 ~ 2927、2856 ~ 2857, $\delta_{\text{C-H}}$ 1468、1379, $\nu_{\text{C=O}}$ 1218, $\nu_{\text{-SO}_3}$ 1091 ~ 1092, $\nu_{\text{C-N}}$ 1046 ~ 1047, $\delta_{\text{C-H}}[(\text{CH}_2)_n, n \geq 4]$ 722 ~ 723, $\nu_{\text{C-S}}$ 623 ~ 624; ^1H NMR(400 MHz, CDCl_3), δ 数据列于表 1。

1.3 实验方法

泡沫性能测定:在指定温度下,采用改进的 Ross-Miles 法按 GB/T 7462-94 测定 3 种结构表面活性剂的泡沫性能。将泡沫最大高度(H/mm)和半衰期($t_{1/2}/\text{s}$)作为产品起泡性能和泡沫稳定性的评价指标, H 越大,产品的起泡性能越好, $t_{1/2}$ 越大,产品的泡沫稳定性越好。

乳化性能测定:在指定温度下,采用分水时间法^[13]测定 3 种结构表面活性剂的乳化性能。将分出水所用时间(t)的长短作为产品乳化性能的评价指标,所用时间越长,产品的乳化性能越好。

2 结果与讨论

2.1 表面活性剂的泡沫性能

2.1.1 浓度及分子结构对泡沫性能的影响 由图 1 和图 2 可知,3 种表面活性剂均有较好的起泡性能及泡沫稳定性,且均优于相应的传统甜菜碱型两性离子表面活性剂^[14]。在一定温度下,表面活性剂的最大起泡高度 H 及半衰期 $t_{1/2}$ 均随其质量分数的增加而增加,当浓度达到一定值时,二者均基本保持不变,即存在一个稳定值;但当 $\text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$ 质量分数超过 0.05% 时, H 及 $t_{1/2}$ 均随其质量分数继续增加而略之降低,这是由于与其它 2 种结构的表面活性剂相比, $\text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$ 的疏水性更强,溶解性相对较差,当表面活性剂浓度不断增加时,就会导致其从溶液中析出,所以其起泡性能及泡沫稳定性会随其浓度的继续增加而略之降低。当表面活性剂浓度一定时,3 种表面活性剂的 H 及 $t_{1/2}$ 的大小顺序分别为: $\text{C}_8\text{C}_8\text{L}_4\text{Sz} > \text{C}_8\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz} > \text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$ 和 $\text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz} > \text{C}_8\text{C}_8\text{L}_4\text{Sz} > \text{C}_8\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$;这说明随着该系列表面活性剂疏水链的增长,其起泡性能变差,泡沫稳定性变好,与疏水基相比,连接基对起泡性能和泡沫稳定性的影响较小。

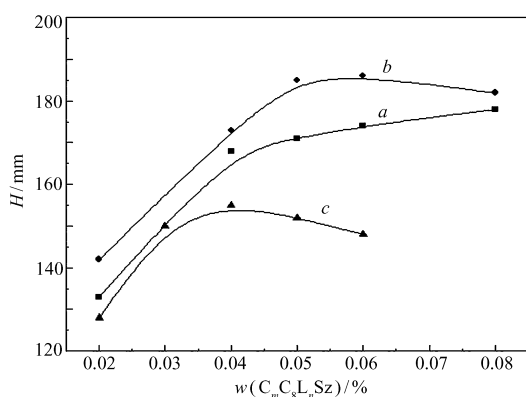


图 1 318 K 下 $\text{C}_m\text{C}_8\text{L}_n\text{Sz}$ 的起泡性能曲线

Fig. 1 Plots of foaming properties of $\text{C}_m\text{C}_8\text{L}_n\text{Sz}$ at 318 K

a. $\text{C}_8\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$; b. $\text{C}_8\text{C}_8\text{L}_4\text{Sz}$; c. $\text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$

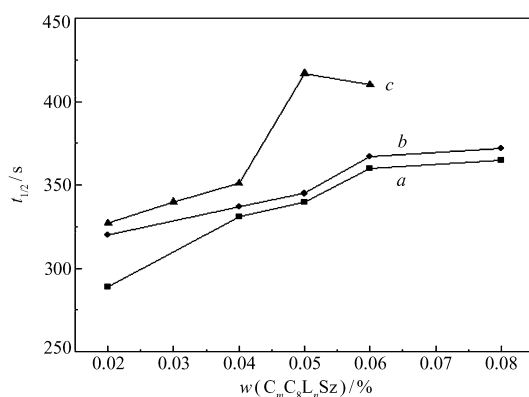


图 2 318 K 下 $\text{C}_m\text{C}_8\text{L}_n\text{Sz}$ 的泡沫稳定性曲线

Fig. 2 Plots of foam stability of $\text{C}_m\text{C}_8\text{L}_n\text{Sz}$ at 318 K

a. $\text{C}_8\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$; b. $\text{C}_8\text{C}_8\text{L}_4\text{Sz}$; c. $\text{C}_{10}\text{C}_8\text{L}_3\text{Sz}$

2.1.2 温度对泡沫性能的影响 由图 3 和图 4 可知,在所考察的温度范围内,3 种表面活性剂的 H 均随温度的升高而变大,当温度升高至一定值时, H 基本保持不变;其 $t_{1/2}$ 均随温度的升高而减小。这是由于温度升高一方面可使液体膨胀,分子间的距离增大,表面活性剂分子动能增加,降低了液相的黏度,使发泡变得容易;另一方面还可以提高表面活性剂在溶液中的溶解度,这些均是利于发泡的;此外,温度升高也会加快液膜的排液速度,液膜变薄最终破灭,这又使得泡沫稳定性变差,即 $t_{1/2}$ 减小。

2.1.3 短链醇对泡沫性能的影响 在 318 K 下,考察了乙醇、异丙醇及正丁醇对表面活性剂泡沫性能的影响。由图 5 和图 6 可知,在所考察的范围内,当醇的体积分数较低时,不同短链醇对该系列表面活性剂泡沫性能的影响规律为:起泡性能最好的是乙醇,其次是正丁醇,异丙醇最差,随着醇体积分数的继续增加,乙醇及异丙醇体系的起泡性能均基本保持稳定,正丁醇体系的起泡性能显著变差;稳泡性最好的是乙醇,

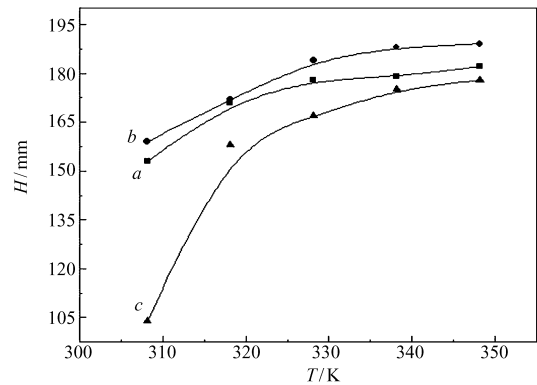


图 3 不同温度下 $C_m C_8 L_n Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ 的起泡性能曲线

Fig.3 Plots of foaming properties of $C_m C_8 L_n Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ at the different temperatures

a. $C_8 C_8 L_3 Sz$; b. $C_8 C_8 L_4 Sz$; c. $C_{10} C_8 L_3 Sz$

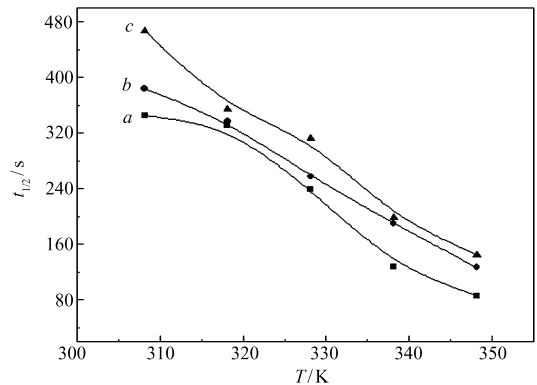


图 4 不同温度下 $C_m C_8 L_n Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ 的泡沫稳定性曲线

Fig. 4 Plots of foam stability of $C_m C_8 L_n Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ at the different temperatures

a. $C_8 C_8 L_3 Sz$; b. $C_8 C_8 L_4 Sz$; c. $C_{10} C_8 L_3 Sz$

其次是异丙醇,正丁醇的稳泡性最差。这是由于醇的碳链越长,其越易在界面发生吸附,与表面活性剂分子一同参与界面膜的形成,但其自身又不具有稳泡性能,所以泡沫稳定性随醇烷烃链的增长而变差。由图 6 还可以看出,随溶液中醇浓度的不断增加, $t_{1/2}$ 出现极大值。这是由于溶液中当醇的浓度较低时,醇与表面活性剂分子形成复合界面膜,可以明显降低表面活性剂分子间的静电斥力,使得表面活性剂分子在界面的排列更加紧密,界面膜强度增加,所以稳泡性变好;但由于醇分子自身不具有稳泡性能,所以当其体积分数继续增加时,更多的醇分子竞争吸附在界面上,泡沫稳定性变差。

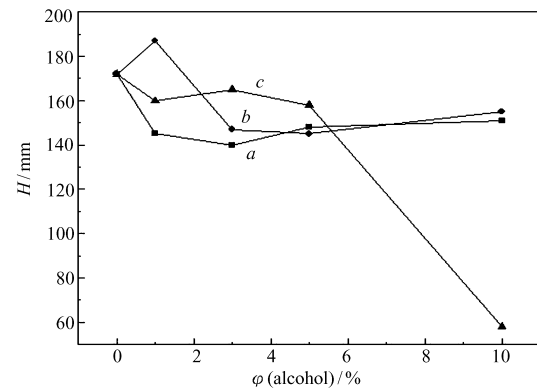


图 5 318 K 短链醇存在下 $C_8 C_8 L_4 Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ 的起泡性能曲线

Fig. 5 Plots of foaming properties of $C_8 C_8 L_4 Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ with the presence of short-chain alcohols at 318 K

a. isopropanol; b. ethanol; c. *n*-butanol

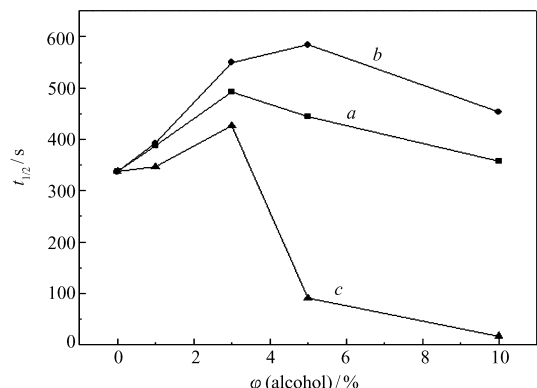


图 6 318 K 短链醇存在下 $C_8 C_8 L_4 Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ 泡沫稳定性曲线

Fig. 6 Plots of foam stability of $C_8 C_8 L_4 Sz (5 \times 10^{-4} \text{ mol/L})$ with the presence of short-chain alcohols at 318 K

a. isopropanol; b. ethanol; c. *n*-butanol

2.1.4 无机盐对泡沫性能的影响 由图 7 可知,当氯化钠的浓度不是很高时,表面活性剂的起泡性能和泡沫稳定性均略微变好;但随着氯化钠浓度不断变大,其起泡性能及泡沫稳定性均变差。这说明当该系列表面活性剂浓度一定时,无机盐对其起泡性能及泡沫稳定性的影响均存在一个最佳盐度值。这是由于当体系中无机盐浓度很低时,无机盐的存在减小了表面活性剂分子之间的静电斥力,这使得表面膜中分子的排列更紧密,膜强度变高,泡沫稳定性就变好,但当无机盐的浓度继续增加,大量无机盐离子的存在就会压缩液膜表面,使得液膜变薄,泡沫稳定性随之下降。

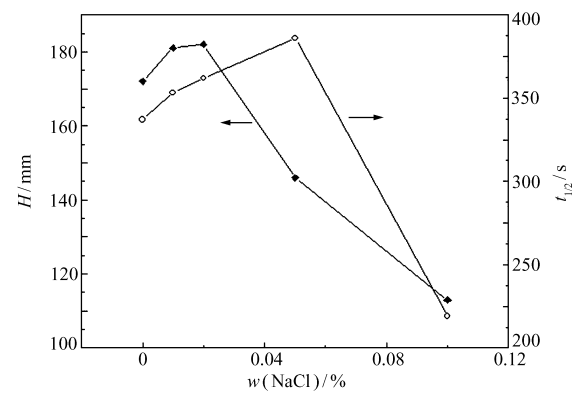


图 7 318 K 氯化钠存在下 $C_8C_8L_4Sz$ (5×10^{-4} mol/L) 的泡沫性能曲线

Fig. 7 Foaming properties and foam stability of $C_8C_8L_4Sz$ (5×10^{-4} mol/L) with the presence of sodium chloride at 318 K

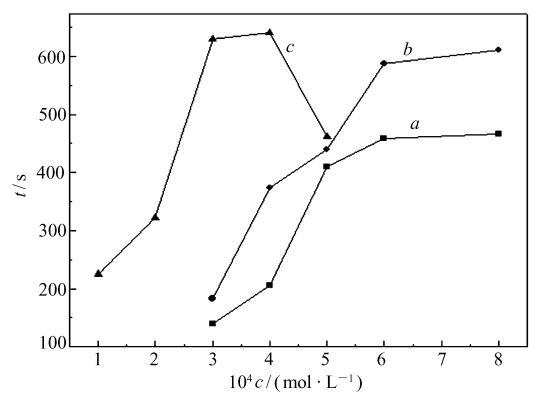


图 8 308.15 K 下 $C_mC_8L_nSz$ 分水时间曲线

Fig. 8 Plots of watershed-time of $C_mC_8L_nSz$ at 308 K Liquid paraffin, a. $C_8C_8L_3Sz$; b. $C_8C_8L_4Sz$; c. $C_{10}C_8L_3Sz$

2.2 表面活性剂的乳化性能

2.2.1 浓度及分子结构对乳化性能的影响 以液体石蜡为油相,研究了该系列表面活性剂浓度及分子结构对乳化性能的影响。由图 8 可知,3 种表面活性剂随浓度的增加,其乳化性能先变好,当浓度增加到一定值时乳化可达到最佳效果且基本保持不变,但当 $C_{10}C_8L_3Sz$ 的浓度超过 4×10^{-4} mol/L 时,其乳化性能发生显著变差趋势,这是由于 $C_{10}C_8L_3Sz$ 水溶性相对较差,当浓度不断增加时,就会导致其从溶液析出,所以形成的 O/W 型乳状液的稳定时间变短,即乳化性能变差; $C_8C_8L_3Sz$ 、 $C_8C_8L_4Sz$ 和 $C_{10}C_8L_3Sz$ 最适宜的用量分别为 6×10^{-4} 、 6×10^{-4} 和 4×10^{-4} mol/L;且该系列表面活性剂随疏水链的增长及连接基的增长,均可使其乳化性能变好,与疏水基相比,连接基对乳化性能的影响较小,这是由于表面活性剂的疏水作用越强,其分子越易在界面形成紧密排列吸附,使得界面膜强度增加,乳状液液滴聚并的阻力增大,固提高了乳状液的稳定性^[12],即乳化性能变好。

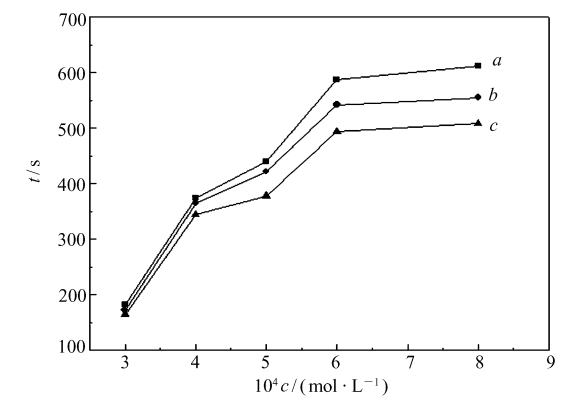


图 9 不同温度下 $C_8C_8L_4Sz$ 的分水时间曲线

Fig. 9 Plots of watershed-time of $C_8C_8L_4Sz$ at different temperatures

Liquid paraffin, T/K; a. 308; b. 318; c. 328

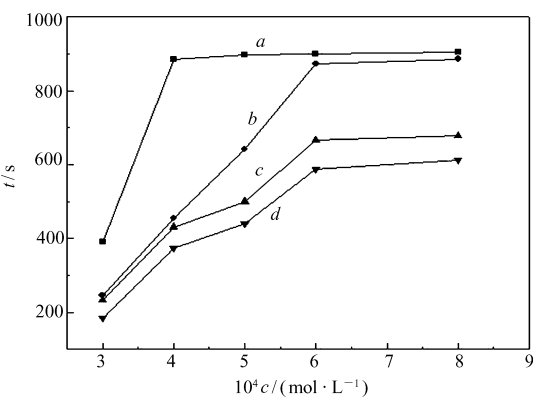


图 10 308 K 不同油相下 $C_8C_8L_4Sz$ 的分水时间曲线

Fig. 10 Plots of watershed-time of $C_8C_8L_4Sz$ in different oil phases

a. cyclohexane; b. n-hexane; c. n-decane; d. liquid paraffin

2.2.2 温度对乳化性能的影响 以液体石蜡为油相,研究了温度对该系列表面活性剂乳化性能的影响。由图 9 可知,温度升高,乳状液的稳定时间变短,乳化性能变差,这是由于温度升高使得液滴界面膜分子动能增加,加快了液滴的聚并速度,不利于乳状液稳定存在,乳化性能变差。

2.2.3 油相对乳化性能的影响 在 308 K 下,考察了不同油相(环己烷、正己烷、正癸烷、液体石蜡)对乳

化性能的影响。由图 10 可知,油相对该类表面活性剂的乳化性能是有影响的,对于碳数相同的烷烃,环烷烃要比直链烷烃更易达到最佳乳化效果,但二者的乳状液稳定时间相当;对于碳数不同的烷烃,烷烃的碳链越长,乳状液的稳定性越差,乳化性能越不好,这可能与烃类所形成的 O/W 型乳状液的 HLB 值有关^[15]。

3 结 论

3 种新型李尾 Gemini 两性离子表面活性剂具有较好的泡沫性能,疏水链越长,其起泡性能越差,泡沫稳定性越好;温度升高,起泡性能变好,泡沫稳定性变差;当表面活性剂浓度一定时,体系中加入低浓度的短链醇或无机盐均能提高泡沫的稳定性; $C_8C_8L_3Sz$ 、 $C_8C_8L_4Sz$ 和 $C_{10}C_8L_3Sz$ 作乳化剂的最适宜用量分别为 6×10^{-4} 、 6×10^{-4} 和 4×10^{-4} mol/L,疏水基越长,乳化性能越好,而连接基对其影响较小;温度升高,乳化性能变差;当油相烷烃碳数相同时,环烷烃要比直连烷烃更易达到最佳乳化效果,但二者的乳状液稳定时间相当;对于油相烷烃碳数不同时,烷烃的碳链越长,乳状液的稳定性越差,乳化效果越不好。

参 考 文 献

- [1] Zana R, Talmon Y. Dependence of Aggregate Morphology on Structure of Dimeric Surfactants[J]. *Nature*, 1993, **362**:228-230.
- [2] Zana R, Bennraou M, Rueff R. Alkanediyl- α, ω -bis (dimethylalkylammonium bromide) Surfactants. 1. Effect of The Spacer Chain Length on the Critical Micelle Concentration and Micelle Ionization Degree[J]. *Langmuir*, 1991, **7**(6):1072-1075.
- [3] Zana R. Dimeric and Oligomeric Surfactants. Behavior at Interfaces and in Aqueous Solution; a Review[J]. *Adv Colloid Interface Sci*, 2002, **97**(1/3):205-253.
- [4] XIAO Jinxin, LUO Miaoxuan, WU Shusen. Gemini Surfactants[J]. *Chinese J Nat*, 1997, **19**(6):335-338 (in Chinese).
肖进新, 罗妙宣, 吴树森. 李连表面活性剂[J]. 自然杂志, 1997, **19**(6):335-338.
- [5] TANG Shanfa, WANG Li, HAO Mingyao, et al. Study on Surface Activity and Displacement Efficiency of Gemini Surfactant (C_{12} -2- C_{12} ·2Br⁻¹) [J]. *Drilling Prod Technol*, 2007, **30**(4):127-129 (in Chinese).
唐善法, 王力, 郝明耀, 等. 双子表面活性剂(C_{12} -2- C_{12} ·2Br⁻¹)表面活性与驱油效率研究[J]. 钻采工艺, 2007, **30**(4):127-129.
- [6] SUN Zhenggui, ZHANG Jian, XIA Jianhua, et al. Development of Two Novel Composite Oil Displacement Agents Based on Petroleum Sulfonate[J]. *J China Univ Petroleum*, 2007, **31**(2):135-138 (in Chinese).
孙正贵, 张健, 夏建华, 等. 两种新型石油磺酸盐基复合驱油剂的研制[J]. 中国石油大学学报, 2007, **31**(2):135-138.
- [7] ZHANG Keliang, ZHANG Ningsheng, QU Chengtun. Preparation of the Novel Colloidal Liquid Aphrons (CLAs) and Its Application on Recovery of Crude Oils from Oily Sludge[J]. *J Chem Eng Chinese Univ*, 2009, **23**(2):297-302 (in Chinese).
张科良, 张宁生, 屈撑囤. 新型胶质液体泡沫的制备及其用于含油污泥中的原油回收[J]. 高校化学工程学报, 2009, **23**(2):297-302.
- [8] ZHANG Dachun, LI Yuanliang, TANG Shanfa, et al. Study on Feasibility of Using Surfactant to Ameliorate Formation Damage Caused by Aqueous Phase[J]. *PGRE*, 2010, **17**(4):108-110 (in Chinese).
张大椿, 李远亮, 唐善法, 等. 双子表面活性剂解除地层液相伤害可行性研究[J]. 油气地质与采收率, 2010, **17**(4):108-110.
- [9] JIA Zhenfu, ZHONG Jingxia, NIU Hongbin, et al. Laboratory Synthesis of a New Clear Fracturing Fluid[J]. *DFCF*, 2006, **23**(6):42-43, 46 (in Chinese).
贾振福, 钟静霞, 牛红彬, 等. 新型清洁压裂液的实验室合成[J]. 钻井液与完井液, 2006, **23**(6):42-43, 46.
- [10] YUAN Xinqiang, WANG Keliang, CHEN Jinfeng, et al. Research on Oil-Displacement Effect of Composite Hot Foam System [J]. *Acta Petrol Sin*, 2010, **31**(1):87-95 (in Chinese).
袁新强, 王克亮, 陈金凤, 等. 复合热泡沫体系驱油效果研究[J]. 石油学报, 2010, **31**(1):87-95.
- [11] GE Jijiang, WANG Dongfang, ZHANG Guicai, et al. The Effect of Emulsifying Power and Interfacial Tension on Displacement Characteristics for Displacement Systems of Heavy Crude Oil[J]. *Acta Petrol Sin (Petrol Processing Sect)*, 2009, **25**(5):690-696 (in Chinese).
葛际江, 王东方, 张贵才, 等. 稠油驱油体系乳化能力和界面张力对驱油效果的影响[J]. 石油学报(石油加工), 2009, **25**(5):690-696.
- [12] ZHAO Guoxi, ZHU Buyao. Principles of Surfactant Action[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2003:67-82, 567-582 (in Chinese).
赵国玺, 朱埜瑶. 表面活性剂作用原理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003:67-82, 567-582.
- [13] MAO Peikun. Analysis of Synthetic Detergent Industry[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1988:471 (in Chinese).

毛培坤. 合成洗涤剂工业分析[M]. 北京:轻工业出版社,1988:471.

- [14] QU Guangmiao, WEI Jijun, YU Tao, *et al.* Characterization and Properties of Series Sulfo-propane Betaines[J]. *Sci Tech Eng*, 2010, **10**(30):1671-1815 (in Chinese).
曲广森, 魏继军, 于涛, 等. 系列磺丙基甜菜碱的表征与性能[J]. 科学技术与工程, 2010, **10**(30):1671-1815.
- [15] YU Tao, LIU Huasha, WANG Chaoqun, *et al.* Emulsifying Properties of Sodium Alkyl Aryl Sulfonate to Alkanes[J]. *Chinese J Appl Chem*, 2011, **28**(5):560-563 (in Chinese).
于涛, 刘华沙, 王超群, 等. 烷基芳基磺酸钠对烷烃的乳化性能[J]. 应用化学, 2011, **28**(5):560-563.

Application Performance of New Twin-Tailed Zwitterionic Gemini Surfactants

YU Tao^{*}, YUAN Dandan, DING Wei, LI Shujie, LIU Kun, QU Guangmiao,
WANG Huimin, LUO Shiqiong, CHEN Yuping

(Chemistry and Chemical Engineering College, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract The foaming and emulsifying properties of three new twin-tailed zwitterionic Gemini surfactants ($C_8C_8L_3Sz$, $C_8C_8L_4Sz$, $C_{10}C_8L_3Sz$) were studied by modified Ross-Miles method and watershed-time method, respectively. The effects of the concentration of surfactants, molecular structure, and temperature were investigated. Experimental results show that the three surfactants all have good foaming properties, and their maximum foam heights and half-lives exist stable values under experimental concentration. The results show that the longer the hydrophobic chains, the worse the performance of their foaming and the better foam stability. In addition, temperature increasing can make foaming properties better and foam stability worse. The foam stability can be improved by adding either short-chain alcohols or inorganic salts. The most appropriate dosage of the emulsifiers of $C_8C_8L_3Sz$, $C_8C_8L_4Sz$ and $C_{10}C_8L_3Sz$ is 6×10^{-4} , 6×10^{-4} and 4×10^{-4} mol/L, respectively. It shows the longer the hydrophobic chains, the better the emulsifying properties, and the effects of spacers on emulsifying properties are little. The emulsifying properties become worse by increasing temperature. When the oil phase has the same carbon number, cycloalkanes achieve the best emulsifying effect more easily than straight chain alkanes, but the stable time of emulsion of the two is almost the same. For alkanes with different carbon number, the longer the carbon chains of alkanes, the worse the stability of the emulsion and the better the emulsifying properties.

Keywords zwitterionic Gemini surfactants, foam properties, emulsifying properties