

用于高温地热井泡沫水泥泡沫剂性能研究

谭慧静¹, 周 丹¹, 陈德南², 李亚琛¹, 郑秀华¹

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

2. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452)

[摘 要] 地热井钻井具有高温、地层压力低、地层破碎等特点, 采用抗高温泡沫水泥进行固井, 要求泡沫剂具有一定的抗高温性能。本文评价和优选了多种泡沫剂在常温和 180℃ 高温下的起泡能力、稳定性, 并且将优选出来的单种发泡剂进行复配评价, 得到最佳的复配体系为 SLES : CAO : CAB = 63.3 : 31.7 : 5, 并且与单种发泡剂进行比较, 将所得最佳复配体系加入到 API G 级油井水泥体系中进行性能的初步评价。

[关键词] 抗高温 泡沫剂 复配体系 泡沫水泥

[中图分类号] P314 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2015)06-1181-6

Tan Hui-jing, Zhou Dan, Chen De-nan, Li Ya-chen, Zheng Xiu-hua. Research on performance of foam agents for foamed cement used in high-temperature geothermal wells[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(6): 1181-1186.

1 引言

泡沫水泥是具高分散性的由固相、液相和气相组成的多相体系, 具有密度低、强度较高、隔热性好等特点。由于其优良的性能, 泡沫水泥广泛应用于国内外油田和低压高温地热钻井中(黄柏宗等, 1996; 刘崇建等, 2001; 顾军等, 2002; 刘建红等, 2011)。泡沫水泥密度一般小于 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$, 通常为 $0.8 \sim 1.4\text{g}/\text{cm}^3$ (Roquieres *et al.*, 1990), 水泥体系中密度的降低主要是由于泡沫剂的加入。低密度水泥在地层压力较低的地层中可以有效地平衡地层压力, 防止井漏。早在 1985 年, 国外在地热水泥的研究中向 API G 级油井水泥中加入硅粉并进行发泡进行泡沫水泥的制备(Rickard, 1985)。在地热井固井作业应用中, 泡沫水泥中泡沫剂需要保证其抗高温性能(董海燕等, 2014)。Sandia 实验室对 50 多种表面活性剂的发泡性能进行了实验评价(Rand *et al.*, 1979)。阴离子表面活性剂发泡能力强, 应用范围广, 被大量地用作发泡剂; 两性离子表面活性剂性能较为稳定, 刺激性低, 耐硬水性好, 适用范围广, 可用于与其他种类表面活性剂复配(张雪勤等, 2009);

非离子型表面活性剂则具有分散、乳化和一定的耐硬水能力; 阳离子型表面活性剂由于价格较高, 一般不用于作为发泡剂。已有研究证明, 表面活性剂的复配体系常常优于单种发泡剂, 因此在表面活性剂的应用中, 通常不是使用单种发泡剂, 而是选择两种发泡剂或者多种发泡剂进行复配使用(王寿红等, 1994)。这主要是由于两种或者两种以上的表面活性剂具有协同作用, 即能够起到增效作用, 互相弥补各自性能上的缺陷, 派生出来新的性能(赵国玺, 1987; Lucassen *et al.*, 1988)。阴离子表面活性剂与两性离子表面活性剂复配, 能够形成胶束能力, 降低表面张力, 由于两性离子表面活性剂分子中具有正电荷存在, 溶液中的阴离子表面活性剂和两性离子表面活性剂之间存在强烈的相互作用(王祖模等, 1992)。本实验主要选用阴离子型和两性离子型这两种类型的表面活性剂进行实验评价。

本文对十种发泡剂进行了发泡量与半衰期的室内实验筛选评价, 并对筛选出来的泡沫剂进行复配实验研究, 评价其抗高温性能, 得到了抗高温性能较好的泡沫剂复配体系。将抗高温泡沫剂复配体系加入到 API G 级油井水泥中制备泡沫水泥, 评价其优

[收稿日期] 2014-06-16; [修订日期] 2015-09-26; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 国家自然科学基金项目(编号: 41572361)资助。

[第一作者] 谭慧静(1990年-), 女, 2012年毕业于中国地质大学(北京), 获学士学位, 现为中国地质大学(北京)在读博士, 主要研究方向为地热资源的勘探与开发。E-mail: thj0528@163.com。

良的性能。

2 实验材料与实验方法

实验材料:
(1) 泡沫剂:阴离子表面活性剂有 AOS、SLES、SDS、LAS、AES;两性离子表面活性剂有 CAB、CAO、LHSB、LAB-35、CHSB;稳泡剂为 XC。

(2) API G 级油井水泥,硅粉。
实验仪器:泡沫发生器,量筒,烧杯, Waring Blender 搅拌机,高温滚子炉,维卡仪,压力试验机,电子天平,秒表,三联试模(50mm×50mm×50mm)。

泡沫剂评价指标:由于泡沫非常不稳定,泡沫剂所起泡沫的优劣也影响了泡沫水泥的质量。在泡沫剂的筛选中,主要是从发泡能力、泡沫剂的稳定性、抗高温性能以及泡沫结构几个方面进行评价(吴安林等,2008;胡钊等,2010)。具体评价指标有:发泡量(V)和半衰期($T_{1/2}$)。发泡量(V)就是加入发泡剂搅拌后泡沫达到的最大容积,可以用来衡量发泡剂的发泡性能,而半衰期($T_{1/2}$)就是当泡沫倒入容器后析出原溶液一半体积所用的时间,用来衡量发泡剂的稳定性(周风山,1991)。

泡沫剂测试方法:按照实验要求配制溶液,并且将 100mL 溶液放入到仪器中,进行搅拌发泡,搅拌速度为 3000r/min,搅拌时间为 2min,然后加入到烧杯中记录其发泡量 V 和半衰期 $T_{1/2}$ 。

泡沫水泥评价指标:密度低于 1.25g/cm³,流动度大于 15cm。

泡沫水泥测试方法(顾军等,2004;胡焕校等,2011):(1) 密度评价:称量量筒的质量,并测定总体积;制备泡沫水泥浆,将泡沫泥浆倒满量筒中,并用刮片把顶部刮平,称总重量。容器里的水泥浆质量除以容器体积得到密度值。(2) 抗压强度评价:将水泥浆倒入三联试模,养护后对试样进行加压,加荷速率为 71.7kN/min±7.2kN/min,抗压强度等于试样破裂所需的力除以抗压强度试验机承载盘所接触的最小横截面积。(3) 初凝时间评价:将搅拌好的水泥浆装入凝结时间测定试模,在所要求条件下养护,达到初凝状态后,记录初凝时间。(4) 稳定性评价:把水泥浆试样倒进 250mL 量筒。把量筒放在一个稳定、无振动的桌面上静止 2h 后测定表面游离液体积。

3 实验结果与分析

3.1 常温条件下单种发泡剂性能评价

实验条件:室温,自来水配制溶液,敞口放置。

实验配方:100mL+泡沫剂。
实验结果证明常温下综合性能较强的表面活性剂有为 AOS、SLES、SDS、LAS、CAB、CAO 以及 LHSB。泡沫剂起泡能力及半衰期测试结果如表 1。

表 1 常温下各种发泡剂性能评价
Table 1 Performance evaluation of foam agents at room temperature

发泡剂	最佳浓度(%)	发泡量(mL)	半衰期(s)
AOS	0.8	1000	245
SLES	0.8	950	201
SDS	0.8	900	186
LAS	0.8	1100	180
AES	2.0	700	221
CAB	3.0	800	238
CAO	2.0	950	235
LHSB	2.0	750	268
LAB-35	2.0	700	204
CHSB	2.0	700	249

由表 1 实验数据得到各种泡沫剂比较图如图 1 所示。

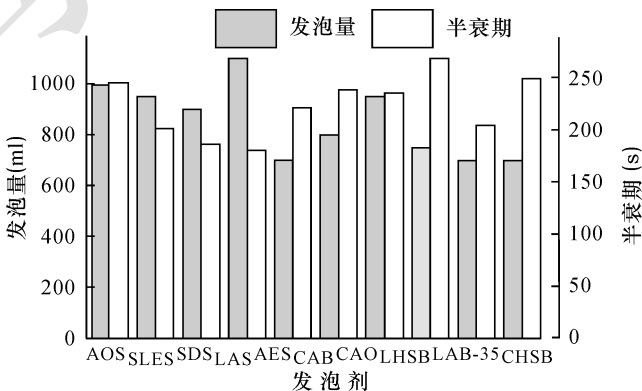


图 1 常温下各发泡剂的性能评价
Fig. 1 Performance evaluation of foam agents at room temperature

由表 1 和图 1 可以知,在各浓度条件下,阴离子表面活性剂的发泡能力较强,两性离子表面活性剂稳定性较好。阴离子表面活性剂中发泡量能力的大小顺序为:LAS>AOS>SLES>SDS>AES,泡沫剂稳定性的强弱顺序为:AOS>AES>SLES>SDS>LAS,发泡能力最强的为 LAS,但是 LAS 半衰期相对较低,AOS 与 SLES 在常温下的发泡能力和稳定性较好,在阴离子表面活性剂中总体性能较优,因此综合性能较好的有 AOS、SLES、SDS 和 LAS。两性离子表面活性

剂中发泡量能力的大小顺序为: CAO>CAB>LHSB>LAB-35=CHSB, 泡沫剂稳定性的强弱顺序为: LHSB>CHSB>CAB>CAO>LAB-35, 发泡能力最强的为 CAO, 且稳定性较好, 半衰期较大除了 LAB-35, 其他四种两性离子表面活性剂的半衰期均较大, 常温下两性离子表面活性剂性能较好的有 CAO, CAB, LHSB。因此, 常温下综合性能较强的表面活性剂有 AOS、SLES、SDS、LAS、CAB、CAO 以及 LHSB。

3.2 高温条件下单种发泡剂性能评价

实验条件: 常温条件与 180℃ 高温陈化 3h, 自来水配制溶液, 敞口放置。

实验配方: 100mL 水+泡沫剂+0. 25%XC。
该实验在泡沫剂中加入 0. 25% 的稳泡剂 XC, 并且进行常温和高温条件下的实验评价。实验结果证明抗高温性能较强的表面活性剂为 SLES、SDS、CAB、CAO。泡沫剂起泡能力及半衰期测试结果见表 2。

表 2 泡沫剂抗高温性能实验评价

Table 2 Evaluation of high temperature resistance of foam agents

泡沫剂	加量 (%)	发泡量 (mL)		半衰期 (min)	
		室温	180℃	室温	180℃
AOS	0. 8	900	1000	70. 00	17. 68
SLES	0. 8	900	900	89. 00	43. 00
SDS	0. 8	1000	1050	141. 00	35. 00
LAS	0. 8	1100	1150	23. 00	4. 93
CAB	3. 0	550	450	18. 76	5. 83
CAO	2. 0	600	650	20. 00	6. 55

由表 2 实验数据中发泡量和半衰期在常温和 180℃ 陈化 3h 后的实验结果可得图 2 与图 3。

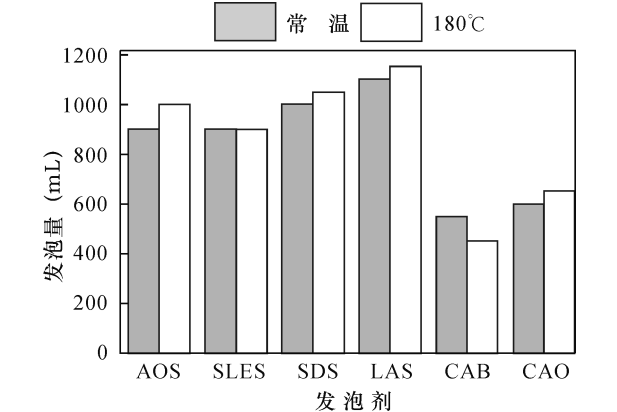


图 2 常温与 180℃ 后不同发泡剂发泡量评价
Fig. 2 Foaming capacity of foam agents at room temperature and 180℃

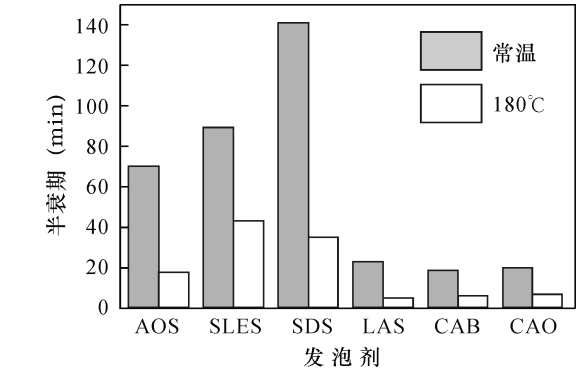


图 3 常温与 180℃ 后不同发泡剂半衰期评价
Fig. 3 Foaming capacity of foam agents at room temperature and 180℃

从表 2、图 2 和图 3 可知, 常温下的发泡能力: LAS>SDS>AOS = SLES>CAO>CAB, 180℃ 高温陈化后: LAS>SDS>AOS>SLES, 常温下的半衰期: SDS>SLES>AOS>LAS>CAO>CAB, 180℃ 高温陈化后: SLES>SDS>AOS>CAO>CAB>LAS。泡沫剂的发泡量在高温陈化后, 发泡量变化不大, 发泡能力保持较强水平。但半衰期均有明显降低, SLES、SDS 在高温陈化后, 半衰期仍旧较大。两性离子表面活性剂的变化比率相对较小, 所有的发泡剂高温陈化后泡沫更加均匀细小。综合比较, 抗高温性能较好的阴离子表面活性剂有 SLES 和 SDS, 两性离子表面活性剂有 CAO 与 CAB。

通过高温评价后优选出来抗高温性能较好的表面活性剂, 选择其中的三种 SLES、CAO 和 CAB 进行复配体系的实验评价。

3.3 阴离子/两性离子复配体系性能评价

根据单种表面活性剂常温和高温条件下的实验评价结果, 选择阴离子表面活性剂 SLES 与两性离子表面活性剂 CAO、CAB 进行复配, 主要评价其发泡性能和半衰期, 并与单种发泡剂进行对比。主要设计了以下六种复配方案进行实验 (Jiten *et al.*, 2003)。

- 实验配方: 100mL 水+0. 8% 发泡剂。
发泡剂的配比主要有:
- 1#: 30% SLES+40% CAO+30% CAB;
 - 2#: 40% SLES+30% CAO+30% CAB;
 - 3#: 50% SLES+30% CAO+20% CAB;
 - 4#: 60% SLES+30% CAO+10% CAB;
 - 5#: 70% SLES+20% CAO+10% CAB;
 - 6#: 63. 3% SLES+31. 7% CAO+5% CAB。

实验结果如表 3 所示。

表 3 阴离子/两性离子表面活性剂复配体系性能评价

Table 3 Performance evaluation of anion/zwitterions surfactant compound system

编号	发泡量 (mL)	半衰期 (s)
1	700	220
2	700	200
3	800	190
4	850	180
5	850	170
6	1000	265

由表 3 可知,各配方的泡沫结构较好,均匀细小。随着泡沫剂中 SLES 的配比增大,发泡量逐渐增大,而两性离子表面活性剂对半衰期的影响较大,增大两性离子表面活性剂的加量,半衰期延长。但是方案 6 的发泡量与半衰期相对均较大,因此选择方案 6 的复配方案进行进一步实验研究。

将复配体系与单种发泡剂进行评价性能的比较可得如表 4 实验数据。

表 4 阴离子/两性离子表面活性剂复配体系与单种表面活性剂发泡量评价

Table 4 Foaming capacity of anion/zwitterions surfactant compound system and single one

加量 (%)	发泡量 (mL)			
	SLES	CAO	CAB	复配体系
0.2	400	200	250	850
0.4	520	300	300	850
0.6	620	450	450	900
0.8	950	500	550	950
1.0	980	620	650	950
1.5	1000	950	750	950
2.0	980	850	800	950
2.5	950	920	800	950
3.0	950	900	800	950
4.0	950	900	800	950

根据表 4 和表 5 实验数据得到复配体系与单种表面活性剂的发泡量和半衰期比较如图 4 图 5 所示。

由表 4、表 5、图 4、图 5 评价结果可知,阴离子与两性离子进行复配以后,其发泡量和半衰期的都优于单种发泡剂的发泡量和半衰期,两种不同的表面活性剂进行复配时,能够将其性能进一步优化。这

是由于阴离子表面活性剂与两性离子表面活性剂产生协同作用,使得阴离子表面活性剂表面张力降低,可以增大发泡量,且可以延长半衰期。

表 5 阴离子/两性离子表面活性剂复配体系与单种表面活性剂半衰期评价

Table 5 Half-life of anion/zwitterions surfactant compound system and single one

加量 (%)	半衰期 (s)			
	SLES	CAO	CAB	复配体系
0.2	68	60	27	270
0.4	123	75	40	268
0.6	177	96	50	262
0.8	201	106	60	255
1.0	195	136	79	244
1.5	200	155	73	234
2.0	190	235	98	230
2.5	195	180	106	210
3.0	200	180	118	220
4.0	198	180	118	220

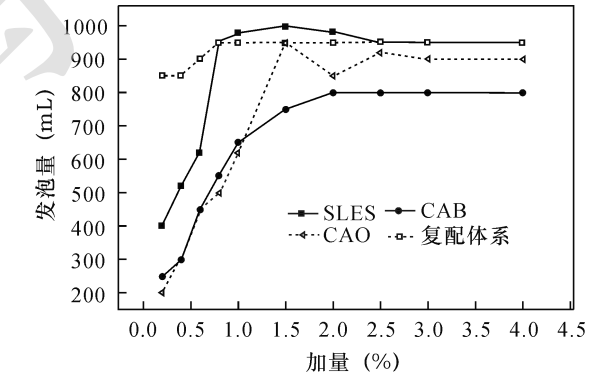


图 4 阴离子/两性离子复配体系与单种表面活性剂发泡量评价

Fig. 4 Foaming capacity of anionic/zwitterions surfactant system and single

3.4 泡沫水泥体系性能研究

抗高温泡沫水泥基浆为 API G 级油井水泥 + 35%硅粉。将泡沫剂复配体系 (SLES : CAO : CAB = 63.3 : 31.7 : 5) 加入到基浆水泥体系中,并且加入稳泡剂 XC,设计以下几组泡沫水泥配方,并且进行了水泥浆密度、抗压强度、90℃凝结时间以及游离液的实验测试。实验结果表明,该泡沫剂复配体系在 API G 级油井水泥中能够保持良好的泡沫稳定性,抗高温性能良好,高温养护后具有较高的抗压强

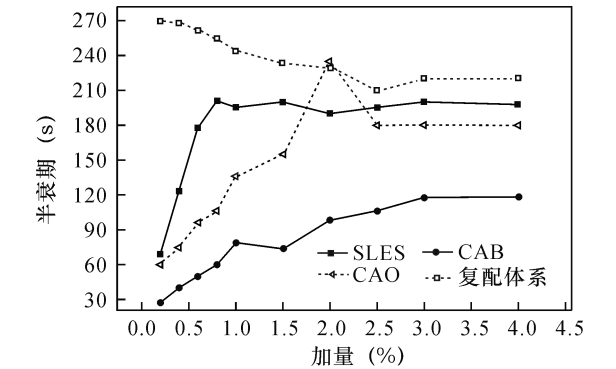


图 5 阴离子/两性离子复配体系
与单种表面活性剂半衰期评价

Fig.5 Half-life of anionic/zwitterions
surfactant system and single one

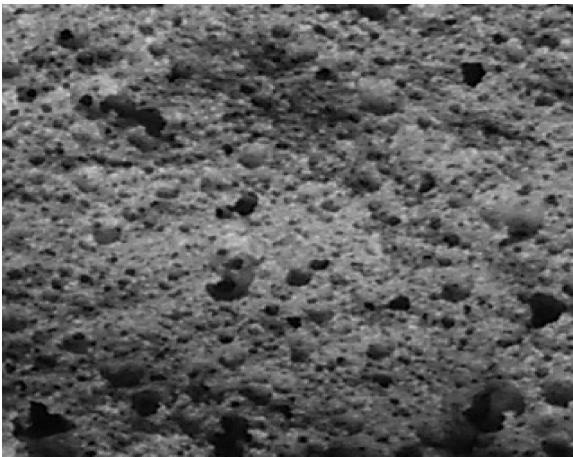


图 6 泡沫水泥内部气孔结构(放大 130 倍)

Fig.6 Internal porosity structure
of foamed cement(enlarge 130 times)

度,且初凝时间符合固井要求。

实验配方:API G 级油井水泥+35%硅粉+水+泡沫剂+XC。

由表 6 和表 7 可知,将泡沫剂复配体系加入到 API G 级油井水泥中,泡沫水泥的密度能够低于 1.25g/cm³,抗压强度远大于 10MPa,在 90℃时的初凝时间大于 90min,静置 2h 后的游离液含量小于 1.0%,均符合地热井中的固井要求。泡沫剂在泡沫水泥中能够保持良好的抗高温性能。泡沫水泥内部的气孔如图 6 所示,该图为 API G 级油井泡沫水泥的内部结构。

表 6 泡沫水泥配方
Table 6 Formula of foamed cement

配方	水灰比	泡沫剂(%)	XC(%)
1#	0.56	2.90	0.2
2#	0.58	2.10	0.2
3#	0.60	1.30	0.2
4#	0.61	0.92	0.2
5#	0.62	0.60	0.2

表 7 泡沫水泥性能评价结果
Table 7 Evaluation of foamed cement

配方	密度 (g/cm ³)	抗压强度 (MPa)	90℃初凝 时间(min)	游离液 含量(%)
1#	1.231	14.632	152	0.72
2#	1.235	14.545	145	0.70
3#	1.208	12.547	150	0.92
4#	1.232	15.230	155	0.68
5#	1.245	15.468	135	0.62

4 结论

- (1) 通过对各种泡沫剂进行常温 and 高温条件的评价优选,得到抗高温性能较好的泡沫剂有 SLES、SDS、CAO 和 CAB。
- (2) 通过对阴离子/两性离子复配体系进行实验评价以及与单种发泡剂性能比较可知,SLES+CAO+CAB 复配发泡剂性能优于各单种发泡剂,且最佳配比为 SLES : CAB : CAO= 63.3 : 31.7 : 5。
- (3) 将复配泡沫剂加入到 API G 级油井水泥基浆中,能够得到性能良好的抗高温泡沫水泥体系,泡沫剂在水泥体系中具有有良好的抗高温稳定性。

[References]

Dong Hai-yan,Shan Wen-jun,Li Yan-ning, Yue Wei-min,Zhao Zhi-tao. 2014.Research progress anddirection of the anti-high temperature foam drilling fluid technology[J].Geology and Exploration,50(09) : 0991-0996(in Chinese with English abstract)

Gu Jun,Xiang Yang,He Xiang-qing,Wang Xue-liang.2002.A research on applying thermal insulating property of foam cement to the thermal recovery of deep viscous crude oil[J].Petroleum Exploration and Development,29(05) :89-90(in Chinese with English abstract)

Gu Jun,Yin Hui-cun,Gao De-li,Wang Xue-liang,Zhou Zhi-qing.2004.A study on foam-admixed oil well cement[J].Oilfield Chemistry,21 (4) :307-309(in Chinese with English abstract)

Hu Huan-xiao,Luo Wei,Tang Liang-zhi,Peng Chun-lei,Xia Ling-yun. 2011.The application research of lightweight foam cement in the grouting materials[J].Journal of Central South University of Forestry & Technology,31(02) :82-85(in Chinese with English abstract)

Huang Bo-zong,Jiang Xiang-dong.1996.Several new cementing techniques in the 1990s[J].Oil Drilling Technology,24(2) :51-53(in Chinese with English abstract)

Hu Ke,Wang Qi-wei,Guo Ping,Wang Zhi-jun,Sheng Qiang,Zhang Ying-

- hua.2010.Comprehensive evaluation of high temperature foaming agent and new product developing [J].Journal of Qingdao University of Science and Technology (Natural Science Edition), 31(03):274-278 (in Chinese with English abstract)
- Rozieres J D, Griffin T J.1990.Well Cementing [M].Holland;Elsevier:14-1-14-19
- Jiten C, Cromwell, Roger S E.2003.Foamed fly ash cement compositions and methods of cementing[M].US7413014B2.2003.12.19
- Liu Chong-jian, Huang Bo-zong, Xu Tong-tai.2001.Theory and application of oil gas injection cement [M].Beijing: Petroleum Industry Press: 137-144(in Chinese)
- Liu Jian-hong, Wang Li, Wu Guo-qin, Hu Hua-dong.2011.Research on well cementing technology of foamed cement[J].Inner Mongolia Petrochemical, (18):28-29 (in Chinese with English abstract)
- Lucassen E H.Reynders.Zhu Bu-yao, Wu Pei-qiang, Ding Hui-jun, Yang Pei-zeng.1988.The physical chemistry of anionic surfactant acting [M].Beijing:Light Industry Press:34-55 (in Chinese with English abstract)
- Rand, P B.Montoya O J.1978.Aqueous foams for geothermal drilling fluids:1.surfactant screening [A].Expanding the geothermal frontier, Transactions Volume 3, Geothermal Resources Council Annual Meeting [C].Geothermal Resources Council, Davis, Calif, USA:1979:565-568
- Rickard W M.1984.Foam cement for geothermal wells [C].Geothermal Resources Council, USA, 1985:147-152
- Wang Shou-hong, Zhao Jie-wei.1994.Foaming Mechanism and Performance Analysis of Drilling Foam Agent [J].Military Reconnaissance, (2):34-39 (in Chinese with English abstract)
- Wang Zu-mo, Xu Yu-pei.1992.Zwitterion Surfactants [M].Beijing: China Light Industry Press:1-115 (in Chinese with English abstract)
- Wu An-lin, Chen Ji-mei, He Xin-ming.2008.Research on the selection and performance evaluation of foamable composition [J].Inner Mongolia Petroleum Chemical, (07):3-4 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Guo-xi.1987.Principle of the mixture of surfactant [J].Petrochemical Industry, 16(1):45-52 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Xue-qin, Cai Yi, Yang Ya-jiang.2009.Study of the synergistic effect of the compound system of zwitterion/anionic surfactants [J].Colloid and Polymer, 20(3):1-4 (in Chinese with English abstract)
- Zhou Feng-shan.1991.Methods of evaluating the performance of foaming agents in foaming drilling [J].Geology and Exploration, (01):60-64 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 董海燕, 单文军, 李艳宁, 岳伟民, 赵志涛.2014.耐高温泡沫钻井液技术研究概况及研究方向探讨 [J].地质与勘探, 50(09):0991-0996
- 顾军, 向阳, 何湘清, 王学良.2002.深层稠油热采中泡沫水泥保温性研究 [J].石油勘探与开发, 29(05):89-90
- 顾军, 尹会存, 高德利, 王学良, 周芝琴.2004.泡沫水泥稳定性研究 [J].油田化学, (04):307-309
- 刘建红, 王莉, 吴国勤, 胡华东.2011.泡沫水泥固井工艺研究 [J].内蒙古石油化工, (18):28-29
- 卢开森 E H 著.朱埖瑶, 吴佩强, 丁慧君, 杨培增译.1988.阴离子表面活性剂作用的物理化学 [M].北京:轻工业出版社:34-55
- 黄柏宗, 姜向东.1996.90 年代新兴的几种固井技术 [J].石油钻探技术, 24(2):51-53
- 胡钊, 王其伟, 郭平, 王军志, 盛强, 张营华.2010.耐高温泡沫剂的综合评价与新产品开发 [J].青岛科技大学学报(自然科学版), 31(03):274-278
- 胡焕校, 罗玮, 唐良智, 彭春雷, 夏凌云.2011.轻质泡沫水泥注浆材料的应用研究 [J].中南林业科技大学学报, 31(02):82-85
- 刘崇建, 黄柏宗, 徐同台.2001.油气井注水泥理论与应用 [M].北京:石油工业出版社:137-144
- 王寿红, 赵杰伟.1994.钻探用泡沫剂发泡机理与性能分析 [J].军工勘察, (2):34-39
- 王祖模, 徐玉佩.1992.两性离子表面活性剂 [M].北京:中国轻工业出版社:1-115
- 吴安林, 陈冀崙, 何新明.2008.泡沫剂的筛选和性能评价研究 [J].内蒙古石油化工, (07):3-4
- 赵国玺.1987.表面活性剂复配原理 [J].石油化工, 16(1):45-52
- 张雪勤, 蔡怡, 杨亚江.2009.两性离子/阴离子表面活性剂复配体系协同作用的研究 [J].胶体与聚合物, 20(3):1-4
- 周凤山.1991.钻进泡沫剂性能评价方法研究 [J].地质与勘探, (01):60-64

Research on Performance of Foam Agents for Foamed Cement Used in High-Temperature Geothermal Wells

TAN Hui-jing¹, ZHOU Dan¹, CHEN De-nan², LI Ya-chen¹, ZHENG Xiu-hua¹

(1. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083;

2. CNOOC Energy Technology & Services Ltd. Drilling & Production Company, Tianjin 300452)

Abstract: In the drilling of geothermal wells, high-temperature resistance foamed cement is used to cementing for that wells have features of high temperature, low formation pressure, and broken formation. It requires that the foam agents can be of high temperature resistance to ensure foamed cement cementing effectively. This study focused on the evaluation and optimization of various kinds of foam agents at room temperature and 180°C for foaming ability and stability. Then compound evaluation was made for the optimum single surfactant to determine the best distribution system as SLES : CAO : CAB = 63. 3 : 31.7 : 5, which is compared with single surfactant. Finally, we conducted a preliminary evaluation of the foamed cement with adding the optimum system to API class G oil well cement.

Key words: high-temperature resistance, foam agent, compound system, foamed cement