

# 无碱二元复合体系性能评价

鄂金太

(中国地质大学 地球物理与信息技术学院, 北京 430074)

**摘要:**针对强碱或弱碱三元复合体系结垢和采出液乳化问题,利用表面活性剂和聚合物组成无碱二元复合体系,通过室内仪器检测分析方法,对无碱二元复合体系的界面张力、乳化现象、抗盐性能、流变性和增油效果进行系统评价。结果表明,无碱二元复合体系与大庆油田油水适应性强,界面张力可达到  $10^{-3}$  mN/m 数量级,乳化液保存 60 d 后,乳化层未发生明显变化;电镜扫描观察发现,乳化液滴半径主要分布为 7~12  $\mu\text{m}$ ,占 61.8%;无碱表面活性剂抗盐性较好,当 NaCl 质量质量分数从 1 g/L 增加到 8 g/L 时,界面张力始终保持  $10^{-3}$  mN/m 数量级,同时,无碱二元复合体系具有较好的流变性能和增油效果,比水驱提高采收率 20%。

**关键词:**无碱二元复合体系;界面张力;乳化现象;抗盐性;流变性;驱油效率

**中图分类号:**TE357.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1891(2008)05-0032-03

“表面活性剂/碱/聚合物”三元复合体系驱油技术以其采收率增幅较大、技术相对简单和经济效益较好而受到广泛重视。目前国内已有大庆、胜利、新疆和玉门等油田进行了三元复合驱矿场试验或工业化推广应用,取得了明显增油降水效果和良好经济效益,相对于水驱可提高采收率 20%<sup>[1-3]</sup>。现有三元复合体系矿场试验多采用强碱三元复合体系(碱为 NaOH),强碱 NaOH 可以与表面活性剂产生协同效应,使三元复合体系与原油间的界面张力达到超低( $10^{-3}$  mN/m),但它也会溶蚀地层岩石骨架和胶结物,造成采出系统设备结垢,还会引起采出液乳化,造成油水处理困难,这些问题制约三元复合体系驱油技术的大规模推广应用<sup>[4-7]</sup>。为减少结垢和乳化给油田生产带来的不利影响,无碱二元复合体系和其它三元复合体系研究和矿场应用受到广泛重视<sup>[8-10]</sup>。笔者利用室内仪器检测方法,对无碱二元复合体系的界面张力、乳化性能、抗盐性能、流变性和驱油效果进行系统评价,对完善和促进无碱二元复合体系矿场应用具有实际意义。

## 1 实验

**药剂与材料:**大庆炼化公司生产部分水解聚丙烯酰胺,相对分子质量为 2 500 万;非离子型表面活性剂;大庆油田脱水脱气原油;大庆油田现场注入清水和污水;岩心为大庆油田天然岩心。

**仪器:**Texas-500C 型旋转滴界面张力仪、岩心驱替装置、显微电镜、LV-DV II 型布氏黏度计、BD720 型恒温箱和电子天平等。

## 2 结果与讨论

### 2.1 界面张力

采用清水配制聚合物母液,用污水稀释质量质量分数为 1 200 mg/L 的聚合物溶液,加入质量质量分数为 0.1%~1.0%无碱表面活性剂。在大庆油藏温度条件下,二元复合体系的黏度为 40 mPa·s 左右。二元复合体系界面张力与表面活性剂质量质量分数关系曲线见图 1。

收稿日期:2008-01-09;审稿人:陈涛平;编辑:关开澄

基金项目:中国石油股份公司重大矿场试验项目(0503003-JS-5139)

作者简介:鄂金太(1965-),男,博士生,高级工程师,主要从事二次采油方面的研究。

由图 1 可以看出,在表面活性剂质量分数为 0.1%~1.0% 范围内,二元复合体系与原油间界面张力都能达到  $10^{-3}$  mN/m 数量级,实现了超低界面张力。进一步分析发现,当表面活性剂质量分数处于临界胶束 CMC 附近时,界面张力出现最低值。当表面活性剂质量分数低于 CMC 时,界面张力随表面活性剂增加而逐渐降低。当表面活性剂质量分数高于 CMC 时,界面张力随表面活性剂的增加而逐渐升高。

二元复合体系原油间动态界面张力与时间的关系曲线见图 2。

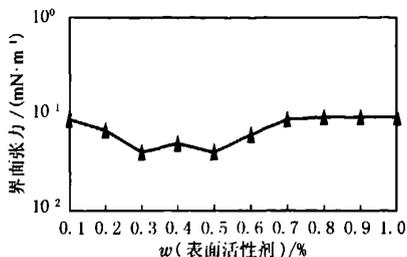


图 1 二元复合体系界面张力与表面活性剂质量分数关系曲线

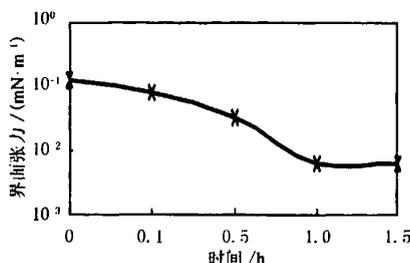


图 2 二元复合体系动态界面张力与时间的关系曲线

由图 2 可以看出,二元复合体系与原油间动态界面张力随时间延长而降低,在 1.5 h 后达到平衡,界面张力达到  $10^{-3}$  mN/m 数量级。

### 2.2 乳化现象

在 50 mL 具塞比色管中加入质量比为 1:1 的脱水原油和表面活性剂,表面活性剂质量分数为 0.1%~0.3%,进行乳化性能评价及乳化稳定性实验。二元复合体系乳化性能检测数据见表 1。

由表 1 可以看出,乳化液保存 60 d 后,乳化层未发生明显变化,析水量变化小,体系乳化性能较好。乳化液电镜扫描观察发现,乳化液滴半径主要分布为 7~12  $\mu\text{m}$  范围内,占 61.8%。

由提高采收率角度来看,一方面乳化液降低界面张力能力强,可以大幅度降低残余油饱和度;另一方面,乳化液流动阻力大,流量控制能力强,有利于扩大波及体积。

### 2.3 抗盐性能

在表面活性剂质量分数为 0.3% 条件下,加入不同质量浓度的 NaCl,测量界面张力与 NaCl 质量浓度关系,其实验结果见图 3。

由图 3 可以看出,无碱表面活性剂具有良好的抗盐性。当 NaCl 质量浓度从 1 g/L 增加到 8 g/L 时,界面张力始终保持  $10^{-3}$  mN/m 数量级。

### 2.4 流变性

聚合物溶液、二元复合体系和强碱三元复合体系视黏度与剪切速率关系曲线见图 4。聚合物溶液、弱碱二元复合体系和强碱三元复合体系所用聚合物为大庆“超高”聚合物,质量浓度为 1 200 mg/L。二元复合体系中无碱表面活性剂质量分数为 0.7%。强碱三元复合体系中重烷基苯石油磺酸盐质量分数为 0.3%,NaOH 质量分数为 1.2%。从图 4 可以

表 1 二元复合体系乳化性能检测数据

阶段	$w(\text{表面活性剂})/\%$	析水量/mL
乳化初期	0.1	4.0
	0.2	1.0
	0.3	3.0
乳化 60 d	0.1	4.2
	0.2	1.2
	0.3	3.4

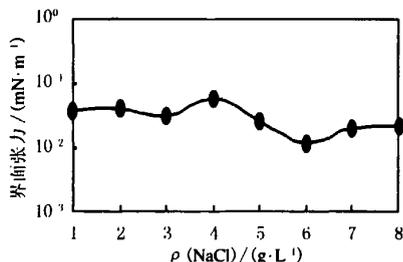


图 3 二元复合体系界面张力与 NaCl 质量浓度关系曲线

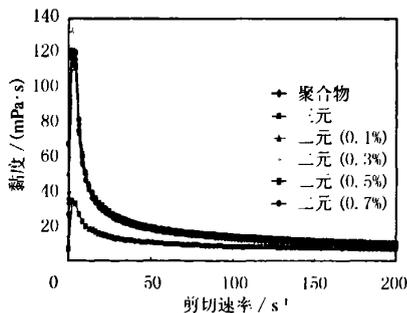


图 4 3 种驱油体系视黏度与剪切速率关系曲线

看出,聚合物溶液、二元复合体系和强碱三元复合体系视黏度与剪切速率关系曲线都符合幂律模式中假塑性流体流变模式,具有剪切变稀特性。无碱表面活性剂质量分数分别为0.1%,0.3%,0.5%变化,对二元复合体系视黏度影响很小,其视黏度与相同聚合物质量浓度的聚合物溶液接近。与聚合物溶液和二元复合体系相比较,强碱三元复合体系的视黏度却要低许多,表明强碱对聚合物溶液流变性具有较大影响。

### 3 驱油效果

聚合物溶液、二元复合体系和强碱三元复合体系在大庆天然岩心上的驱油结果见表2。

表2 3种驱油体系岩心驱油结果

驱油体系	气测渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	含油饱和度/ %	采收率/%		采收率 增加值/%
			水驱	复合驱	
二元	2 417	69.0	51.6	71.9	20.3
	2 732	70.9	52.3	72.5	20.2
	2 763	75.9	46.1	65.5	19.4
三元	2 278	74.3	48.7	73.4	24.7
聚驱	2 229	76.8	51.0	64.4	13.4

由表2可以看出,在聚合物溶液、无碱二元复合体系和强碱三元复合体系中,强碱三元复合体系驱油效果最好,采收率增加24.7%;无碱二元复合体系驱油效果次之,平均采收率增加20.0%左右;聚合物溶液驱油效果最差,采收率增加仅13.4%。

在任意剪切速率下,聚合物溶液和二元复合体系黏度都几乎相同(见图4),表明它们流度控制能力即扩大波及体积能力相当,但它们驱油效果却有较大差异,这是二元复合体系与原油间界面张力达到了 $10^{-3}\text{mN/m}$ 数量级,即洗油效率较高的缘故。由此可见,即便是在岩性比较均匀的柱状岩心上,驱油体系扩大波及体积作用对采收率贡献也要大于洗油效率。因此,在进行实际油藏化学驱方案设计时,必须十分重视驱油体系的流度控制能力,而不必一味追求驱油体系的洗油效率。

### 4 结论

(1)无碱二元复合体系能够在较宽质量分数范围内与大庆原油实现 $10^{-3}\text{mN/m}$ 的超低界面张力。

(2)无碱二元复合体系与原油未发生乳化现象,电镜扫描发现,乳化液滴半径主要分布为7~12 $\mu\text{m}$ 范围内,占61.8%。

(3)无碱二元复合体系抗盐性能较好,当NaCl质量浓度从1g/L增加到8g/L时,界面张力始终保持 $10^{-3}\text{mN/m}$ 数量级。

(4)无碱二元复合体系有较强流度控制能力和较高洗油效率,岩心驱油采收率相对水驱可增加20%。

### 参考文献:

- [1] 王启民,冀宝发,隋军,等.大庆油田三次采油技术的实践与认识[J].大庆石油地质和开发,2001,20(2):1-8.
- [2] 吴文祥,孙灵辉,胡锦强,等.聚合物及表面活性剂前置段塞对三元复合驱采收率影响[J].大庆石油学院学报,2005,29(6):95-98.
- [3] 吴文祥,张玉丰,胡锦强,等.聚合物及表面活性剂二元复合体系驱油物理模拟实验[J].大庆石油学院学报,2005,29(6):98-100.
- [4] 刘春林,兰玉波,李建路.影响三元复合体系驱油效果因素的分析[J].大庆石油学院学报,2006,30(5):28-30.
- [5] 刘东升,李金玲,李天德,等.强碱三元复合驱硅垢特点及防垢措施研究[J].石油学报,2007,28(5):139-141.
- [6] 赵长久,李新峰,周淑华.大庆油区三元复合驱矿场结垢状况分析[J].油气地质与采收率,2006,13(4):93-95.
- [7] 赵兰兰,张可,卢祥国,等.大庆油区三元复合驱矿场结垢状况分析[J].大庆石油学院学报,2007,31(6):58-62.
- [8] 李柏林,程杰成.二元无碱驱油体系研究[J].油气田地面工程,2004,23(6):16-20.
- [9] 王者琴,夏惠芬,王刚,等.无碱超低界面张力下二元复合体系对水驱残余油采收率的影响[J].大庆石油学院学报,2007,31(3):25-27.
- [10] 王贤君,王庆国.三元复合驱矿藏采油井结垢及清垢剂的研究及应用[J].油田化学,2003,20(1):1-3.