

# 普通稠油化学降粘驱油剂的室内评价

刘平

山东大明精细化工有限公司 山东东营 257000

**摘要:** 针对普通稠油油藏研发的一种稠油降粘驱油剂,对界面张力、乳化降粘、静态洗油、驱替性能等进行试验评价,结果表明该降粘驱油剂对目标原油降粘率在90%以上,自然沉降脱水率在80%以上,在0.1%~0.6%浓度下张力均在 $10^{-2}$ mN/m数量级或更低,驱替试验在注入比22PV,驱油效率可达到80%,是稠油降粘驱油化学开采的优良药剂。

## 前言:

随着常规油藏开采程度的深入,稠油开发受到越来越多的关注。化学降粘能有效降低原油粘度,从而改善原油的流动性提高稠油采收率,该技术在稠油降粘领域日益受到重视,其中表面活性剂乳化降粘技术具有工艺成熟、成本较低、降粘效果好等优势,已经在油田得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。

阴-非表面活性剂将阴离子和非离子官能结构于一体,其中应用最为广泛的脂肪醇聚氧乙烯醚羧酸盐,同时兼具聚氧乙烯醚嵌段和羧酸基具有较好的耐盐性能<sup>[2-4]</sup>。不同类型的表面活性剂复配往往可以克服单一表面活性剂的不足,发挥各自组分的优点,从而赋予复合表面活性剂更加优越的性能。通过复配增效作用可使表面活性剂及微乳液的增溶油水能力大大提高,使体系具有超高界面活性、超低界面张力、较强增溶原油的能力,从而可以大幅度提高原油采收率<sup>[5]</sup>。

本文针对胜利油田某稠油区块,开发了一种稠油降粘驱油体系,该体系选用公司自产的阴-非表面活性剂、甜菜碱两性表面活性剂、烷基苯磺酸盐阴离子表面活性剂复配,并针对其室内性能进行研究,考察了降粘驱油剂对目标稠油的乳化降粘、界面活性、自沉降脱水、驱替性能,以期药剂的现场应用提供依据<sup>[6]</sup>。

## 1 试验部分

### (1) 试验药品

降粘驱油剂(40%)主要成分为阴-非表面活性剂(公司自产)、烷基苯磺酸盐(公司自产)、甜菜碱(公司自产);20~100目石英砂、氯化钠、氯化钙、氯化镁和石油醚均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;胜利油田某区块原油,地层温度55℃,粘度1000mPa·s;地层水矿化度8000mg/L;驱替试验委托进行。

### (2) 试验仪器

数显磁力搅拌器;BROOKFIELD粘度计;恒温水

浴;恒温水浴振荡器;旋转滴界面张力仪;梅特勒天平;离心机;具塞刻度试管;锥形瓶。

### 1.1 评价方法

(1) 降粘率:将原油放置恒温水浴中加热至55℃,恒温1h后取出,用流变仪在55℃条件下测定稠油油样粘度 $\mu_0$ 。用地层水配制不同浓度的样品溶液,按照油剂比为7:3混合,在油藏温度恒温2h后取出样品,用玻璃棒搅拌使油水充分混合,在55℃条件下测定稠油油样粘度 $\mu$ ,测定降粘后粘度,计算降粘率。

$$f = \frac{\mu_0 - \mu}{\mu_0}$$

(2) 自然沉降脱水率:取不同浓度样品溶液9mL放入带刻度试管中,加入原油21mL,在55℃下恒温1h,读取试管下部水相体积 $V_0$ 。摇晃试管使油水混合,在55℃下静置1h,读取试管下部水体积 $V_1$ 。

$$X = \frac{V_1}{V_0}$$

(3) 吸附后降粘率:用地层水配制不同浓度的样品溶液,与模拟地层砂按3:1混合,密封后放入恒温水浴振荡器中,在55℃下震荡24h取出样品,离心机离心,上清液按(1)评价方式进行降粘试验,并计算降粘率。

(4) 界面张力:地层水配制不同浓度的样品溶液,在55℃测定样品溶液与目标区块油样间的界面张力。

(5) 洗油率:将模拟地层砂与目标区块原油按质量比4:1比例混合,恒温干燥箱中55℃老化7d。用目标区块注入水配制0.3%的样品溶液,称取老化好的油砂5g放至100mL的锥形瓶中,称重得 $m_1$ ,加入配制好的样品溶液50g,充分混合后在55℃下静置48h。将静置后的样品溶液中漂浮的原油及瓶壁上粘附的原油用干净的棉花蘸出,并倒出样品溶液,将锥形瓶放在105℃烘箱中烘至恒重,得 $m_2$ 。用石油醚对样品进行原油洗脱,直至石油醚无色。将洗脱尽原油的锥形瓶置于120℃烘箱中烘至恒

重, 称重得  $m_3$ 。

$$\sigma = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3}$$

(6) 驱替评价: 模拟油田实际地层条件, 填制岩心模型, 当填砂模型温度、压力稳定后, 注入蒸汽或驱油剂开始驱替试验, 驱替浓度 0.3%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 脱水原油的粘温曲线

将取得的原油在烘箱内加热, 不断搅拌, 分出水。将上述脱水原油在粘度仪的温控系统下, 恒温至不同的温度, 测定原油粘度。

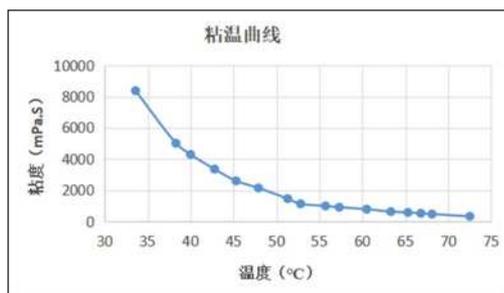


图1 脱水原油的粘温曲线

由图1可知, 随着温度的降低在47℃粘度增加明显, 原油在地层温度55℃下, 粘度在1000mPa·s左右, 属于稠油, 原油流动性最差, 采出难度相对大。

### 2.2 降粘、自然沉降脱水及静态洗油率

降粘驱油剂浓度为0.1% ~ 0.6%的条件下, 得到降粘剂的降粘率、吸附后降粘率、脱水率和浓度变化关系, 如表1。

表1 不同浓度下的降粘率、吸附后降粘率、脱水率和静态洗油率

浓度, %	降粘率, %	脱水率, %	吸附后降粘率, %	静态洗油率, %
0.1	85.12	93.47	78.21	30.19
0.2	90.36	91.42	84.56	50.63
0.3	95.92	88.17	92.23	68.32
0.4	96.87	85.49	95.17	72.78
0.5	97.23	83.56	96.24	76.32
0.6	97.98	80.67	97.46	76.98

该降粘驱油剂的降粘率随浓度的变大降粘率变大, 在0.1%的低浓度下降粘效果并不好, 而在高浓度0.6%下降粘剂用量足够降粘率达到最大, 同时在高浓度下降粘剂用量越大会给后续脱水带来困难。吸附后降粘在浓度大于0.2%即可满足降粘率大于80%的要求, 因此降粘剂浓度0.2%~0.6%可满足稠油降粘驱油剂的技术要求。静态洗油看出, 0.1%浓度可达到30.19%左右, 随着降粘驱油剂溶液质量分数升高, 洗油效率具有先上升后缓慢。

由于室内评价和实际注入条件存在差异, 有必要对不同油水比例范围进行考察, 因此在固定样品浓度为0.3%条件下, 对不同油水比例进行降粘和脱水试验, 结果如下:

表2 不同油水质量比的降粘率和脱水率

油水质量比	降粘率, %	脱水率, %
2: 8	99.12	95.47
3: 7	98.92	94.42
4: 6	98.06	93.17
5: 5	97.78	92.49
6: 4	96.32	89.56
7: 3	95.92	88.17
8: 2	90.92	75.43

由上表可见, 对于不同的油水质量比, 0.3%的降粘驱油剂对原油均具有良好的降粘性能, 随着油水质量比的增大, 降粘的幅度稍有下降。在试验的油水质量比范围内, 降粘率均达到95%以上, 只有在8: 2时降粘率在90.92%低于指标要求。从脱水性能上看, 不同的油水质量比下, 脱水率均达到80%的要求, 只有在8: 2时脱水率为75.43%, 值得注意的是本实验的脱水率是自然沉降得到的脱水率, 实际使用过程中脱水过程会加入破乳剂进行脱水, 所以药剂在较宽的油水质量比下均可以达到降粘脱水的要求, 药剂的适用性较好, 若该驱油降粘剂用于油田原油化学降粘开采, 其降粘作用后的产出液较易破乳, 有利于生产流程管线中的油水快速分离。

### 2.3 界面张力

在降粘驱油剂浓度为0.1% ~ 0.6%的条件下, 进行油水界面张力的测定, 得到降粘驱油剂界面张力随浓度的变化。

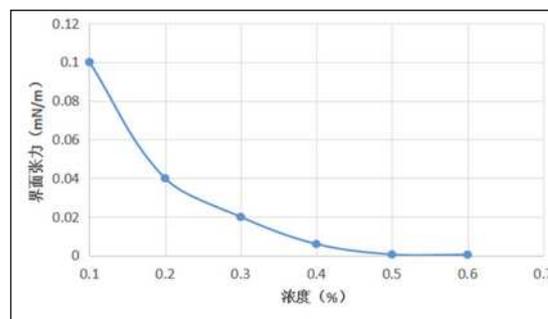


图2 降粘驱油剂界面张力随浓度的变化

该降粘驱油剂的界面张力随浓度的增大界面张力逐渐变小, 在浓度大于0.1%时以满足降粘驱油剂的指标要求, 在高浓度0.4%下, 界面张力达到超低, 具有良好的界面界面张力性能。

### 2.4 驱油性能

以地层水配制质量分数0.3%的降粘驱油剂溶液, 原

油饱和和岩心驱替试验模拟地层条件下的驱替过程,考察了降粘驱油剂对原油驱油效果,如图3。

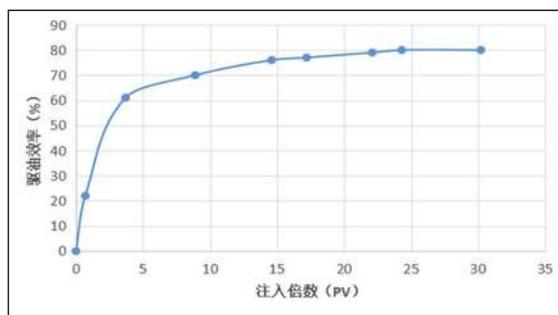


图3 降粘驱油剂驱油效率

当降粘剂驱油剂的质量分数0.3%时,随着注入倍数的增加,稠油化学降粘复合驱油体系换油效率的增加幅度逐渐减小,在注入倍数在8.9PV,驱油效率达到70%,当注入倍数在22PV时,驱油效率达到80%,降粘驱油剂有优良的驱油效果。

### 3 结论

(1) 针对普通稠油研制的降粘驱油剂选择阴-非一体表面活性剂、甜菜碱类两性表面活性剂和磺酸盐阴离子型表面活性剂复配而成,具有较好的抗盐能力,良好的降粘驱油性能。降粘剂在0.1%~0.6%浓度范围和油水比8:2到2:8较宽的范围内有良好的降粘性能,同时乳化降粘体系极易破裂。

(2) 在0.1%~0.6%浓度下张力均在 $10^{-2}$ mN/m数量级或更低。在0.3%洗油率达到68.32%对岩石颗粒表面的吸附油有剥离作用。

(3) 驱油实验表明,在注入倍数在8.9PV时,驱油效率达到70%,当注入倍数在22PV时,驱油效率达到80%,降粘驱油剂有具有明显的驱替优势。

该降粘驱油剂对稠油具有较强的乳化降粘效果,其降粘率、自然沉降脱水率、界面张力、驱油效率均能达到普通稠油降粘驱油剂的技术要求,可作为提高稠油驱油采收率的化学驱药剂。

### 参考文献:

- [1] 仇莉, 吴芳, 张弛, 等. 驱油用表面活性剂的发展及界面张力研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2010, 25(6): 59-65.
- [2] 张立, 张卫东, 沙鸥, 李应成. 脂肪醇醚羧酸盐表面活性剂复配体系相行为[J]. 化学反应工程与工艺, 2020, 36(1): 82-88.
- [3] 吴欣悦, 张卫东, 沙鸥, 李应成. 超高界面活性阴阳离子表面活性剂复合驱油体系研究[J]. 化学反应工程与工艺, 2019, 35(5): 435-441.
- [4] 肖洒, 孙永涛, 王少华, 吴春洲, 宋宏志. 聚醚羧酸盐表面活性剂作为稠油驱油降黏助剂的探索研究[J]. 能源化工, 2018, 39(6): 49-54.
- [5] 杨森, 许关利, 刘平, 等. 稠油化学降粘复合驱提高采收率实验研究[J]. 油气地质与采收率, 2018(5): 80-86, 109.
- [6] 石静, 盛强, 于群, 等. 稠油降粘驱油剂技术要求: Q/SLCG0257—2018[S]. 东营: 胜利油田技术监督处, 2018.