

埕东西区四类大孔道油藏化学驱配方设计及性能评价

李秀兰

(中国石化股份胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:针对胜利油区埕东西区四类大孔道油藏非均质性严重的特点,开展了预交联体增效聚合物调剖和活性剂—聚合物二元复合驱相结合的提高采收率试验研究。通过对预交联体粘弹性能、悬浮性、注入性、抗盐能力及热稳定性等试验,筛选出了对埕东西区高渗透层具有较强封堵能力的预交联体增效聚合物前置调剖段塞,其组成是质量浓度为2 000mg/L的预交联体和质量浓度为500mg/L的聚合物。针对目的层油藏高含水的特点,在活性剂复配增效理论上设计了具有超低界面张力、强洗油能力的二元复合驱油配方。试验结果表明,最佳配方由质量分数为0.3%的石油磺酸盐、质量分数为0.1%的L7号活性剂和质量浓度为1 800mg/L的聚合物组成,界面张力达到 8.2×10^{-4} mN/m,室内提高采收率为22.6%,在吸附和长期热老化条件下仍能满足试验要求。

关键词:大孔道油藏;二元复合驱;预交联体;界面张力;化学驱

中图分类号:TE357.43

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2010)01-0083-03

目前胜利油区一类、二类油藏几乎全部实施了聚合物驱和活性剂—聚合物二元复合驱^[1],三类高温、高盐油藏正处于先导试验阶段,四类大孔道油藏急需开展化学驱攻关研究。对于常规油藏,目前的聚合物驱油技术已配套成熟,且实现了工业化推广,复合驱油技术也取得了突破性进展。2003年开展了孤东油田七区西南馆陶组 5^4-6^1 小层二元复合驱先导试验,在含水率高达98%的条件下,综合含水率最低下降至83.7%,矿场累积增油量为 15.8×10^4 t,充分证明了活性剂—聚合物二元复合驱提高驱油效率的能力,成为老油田大幅度提高采收率的主要技术手段之一。但是对于大孔道油藏,聚合物驱和二元复合驱都难以达到非常满意的降水增油效果。

近几年室内实验表明,预交联体增效聚合物体系对高渗透层具有较强的封堵能力,可起到液流转向的作用,使非均质性较强的大孔道油藏实施化学驱成为可能。埕东西区是四类大孔道油藏的典型代表,非均质性严重,目前开发形势非常严峻,综合含水率高达96.2%,对此,在室内开展了预交联体增效聚合物调剖和二元复合驱相结合的试验,通过对配方体系的筛选和性能评价,制定了适合该区块的堵驱结合方案,为非均质大孔道油藏提高采收率进

行了可行性研究和探索。

1 预交联体样品筛选与性能评价

预交联体增效聚合物驱油方法^[2-5]是以聚合物加合增效理论为基础发展起来的一种驱油方法。预交联体与聚合物复配后,除了能够提高聚合物溶液的耐温抗盐能力外,还能增加体相粘度和界面粘弹性,改善颗粒悬浮性,降低流动阻力^[6]。根据驱油要求,在室内建立了溶解性、固含量、密度、溶胀前后颗粒粒径中值、溶胀倍数、沉降残留体积、颗粒粘度和弹性模量的预交联体物化指标及应用参数表征和评价方法^[2],确定了驱油用预交联体主要技术指标。

1.1 样品筛选和主要技术指标确定

驱油用预交联体与调剖堵水用预交联体不同,用于调剖堵水的样品只需颗粒大、粘附性强、封堵能力强,对其悬浮性和驱动性不做要求;而驱油用预交联体对粒度、溶胀后颗粒的粘弹性、悬浮性、注入性、抗盐能力及热稳定性等都需要进行优化。

考察了1~4号不同粒度预交联体颗粒的粘弹性(表1),结果表明,预交联体颗粒的弹性明显大于其粘性,表现出较强的弹性。2号预交联体样品的粘度和弹性模量均高于其他样品。

表 1 预交联体样品颗粒的粘弹性参数				
编号	粒度/目	粘度/ (mPa·s)	弹性模量/ mPa	粘性模量/ mPa
1	70~100	6.771	525.2	39.17
2	100~120	10.790	744.4	54.5
3	120~150	9.772	624.8	57.81
4	>150	7.122	382.4	71.51

不同矿化度水配制的 2 号预交联体体系的溶胀倍数结果表明(图1),用黄河水(矿化度为870 mg/L)配制的质量分数分别为 1%和 0.5%的预交联体体系溶胀倍数相差不大。在高矿化度下质量分数为 1%的预交联体体系溶胀倍数高于质量分数为 0.5%的体系。表明随着质量分数的增加,体系的抗盐能力增强。随着地层水矿化度的增加,溶胀倍数略有降低。考虑油藏矿化度及经济条件最终确定了 2 号预交联体,其质量分数为 1%。

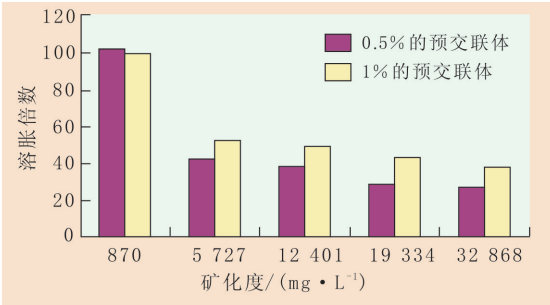


图 1 不同矿化度水配制的预交联体体系溶胀倍数

1.2 性能评价

1.2.1 聚合物对预交联体粘弹性的影响

在预交联体水溶液中加入较低质量浓度的聚合物,可明显改善体系的粘度和粘弹性^[4]。同时,复配体系的粘度较单一聚合物溶液也有明显增加,且随着聚合物、预交联体质量浓度的增加,粘度增长幅度加快。

单一预交联体水溶液随着质量浓度增加粘度变化不大,单一聚合物溶液随着质量浓度增加粘度增加,预交联体与聚合物复配体系随着聚合物质量浓度增加粘度增加,预交联体质量浓度增加到一定程度后,粘度才有大幅度提高。

实验结果表明,预交联体与聚合物复配体系的复合粘度和粘性模量也较单一体系有明显改善。随着聚合物质量浓度增加,复合粘度和粘性模量也随之增加。通过对多种体系的评价与实验,筛选出了适合埕东西区的复配体系组成:质量浓度为 2 000 mg/L 的预交联体和质量浓度为 500mg/L 的聚合物。

1.2.2 聚合物对界面性能和溶胀颗粒悬浮能力的影响

考察了单一聚合物溶液和预交联体与聚合物复配体系的界面流变性能,实验结果表明,预交联体与聚合物复配后界面粘弹模量较单一聚合物溶液大幅度增加(图 2)。

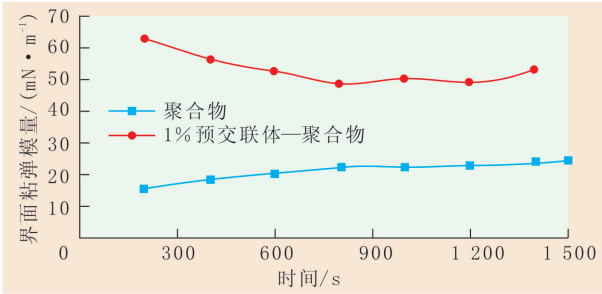


图 2 复配体系与单一聚合物溶液的界面粘弹模量对比曲线

开展了聚合物对预交联体悬浮能力的评价试验,将预交联体与聚合物复配体系和单一预交联体水溶液进行了对比,结果表明复配体系较单一预交联体水溶液颗粒的悬浮能力明显增强(图 3)。

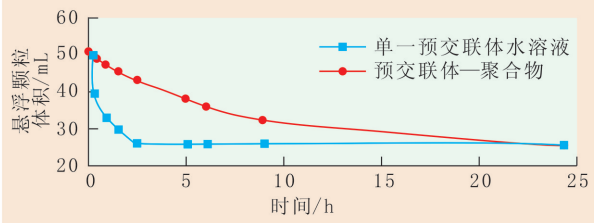


图 3 聚合物加入前后预交联体溶胀颗粒悬浮能力的变化

2 二元复合驱配方筛选与性能评价

埕东西区经注水开发后含水率已高达 96.2%,要进一步提高采收率,就必须增加波及体积和毛细管数,即需要增加注入流体的粘度和降低油水界面张力。三元复合驱由于碱的存在会引起地层粘土的分散、结垢^[7]、地层渗透率下降,还能导致聚合物粘度降低。为此,在室内开展了以石油磺酸盐为主剂的二元复合驱无碱体系的低界面张力^[8-9]驱油配方的筛选与研究。

2.1 二元复合驱配方设计

2.1.1 活性剂的筛选

石油磺酸盐是化学驱油中的一种重要活性剂,它作为驱油剂具有原料充足、磺化技术比较成熟、耐温性较好、在地层的吸附量较少、可与原油达到超低界面张力等特点。中国从“六·五”开始就将石油磺

酸盐应用于驱油配方的研究,为此在室内采用了单一石油磺酸盐体系、石油磺酸盐与助剂复配体系的设计思路,进行了石油磺酸盐指标和界面张力试验。

对多批胜利石油磺酸盐进行了评价与试验,结果表明,大多数石油磺酸盐的活性物质量分数为 30%~40%,界面张力为 10^{-2} mN/m,达不到超低(10^{-3} mN/m),需要复配其他表面活性剂以增强其表面活性。阴离子活性剂和非离子活性剂复配可以有效提高石油磺酸盐的活性,因此,以石油磺酸盐为主剂,选择不同非离子活性剂与之复配,从复配体系界面张力结果可以看出(图 4),L5 号、L6 号、L7 号活性剂与石油磺酸盐复配后体系界面张力都能达到 10^{-3} mN/m,满足配方要求,从经济角度出发,考虑以石油磺酸盐为主剂的原则确定复配比例为 3:1。L7 号活性剂与石油磺酸盐复配后界面张力能够达 10^{-4} mN/m(图 4),并且达到超低界面张力的时间较短,故选择 L7 号活性剂进行复配。

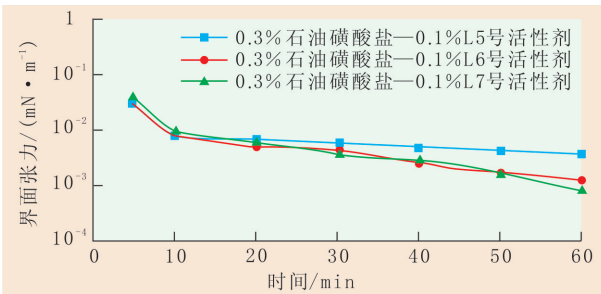


图 4 石油磺酸盐与活性剂复配体系的界面张力

2.1.2 聚合物对体系界面张力的影响

在质量分数为 0.3% 的石油磺酸盐和质量分数为 0.1% 的 L7 号活性剂组成的复配体系中加入质量浓度为 1 800mg/L 的聚合物,随着体系粘度的增加,活性剂由水相向油水界面的扩散速度减慢,因而达到超低界面张力的时间加长。考察了 3 种聚合物对体系界面张力的影响,由结果可以看出聚合物对体系界面张力影响不大,界面张力还都能达到 10^{-3} mN/m。

因此,确定二元复合驱油体系配方由质量分数为 0.3% 的石油磺酸盐、质量分数为 0.1% 的 L7 号活性剂和质量浓度为 1 800mg/L 的聚合物组成。

2.2 配方体系性能评价

抗钙、抗镁能力试验 在埕东西区注入水中加入不同质量浓度的钙离子后,观察现象并测定其界面张力。试验结果表明加入钙、镁离子质量浓度小于 300mg/L 时,溶液中没有沉淀产生,界面张力能够达到 10^{-3} mN/m;虽然加入质量浓度为 400mg/L

时发生浑浊现象,界面张力增加到 10^{-2} mN/m,但是油藏地层水中钙、镁离子质量浓度小于 300mg/L,因此可以满足要求。

热稳定性能试验 考察了二元复合驱油体系在地层温度下界面张力的稳定性能。将该体系放置在 60℃ 的烘箱中,定期测定其界面张力,发现放置 30d 后界面张力变化不大,能够达到 10^{-3} mN/m,仍能满足试验要求。

吸附损耗试验 将所选体系以 3:1 的比例与洗净烘干的油砂混合。在 60℃ 的水浴中振荡 24h。取清液测定界面张力,结果表明吸附后界面张力没有明显增加,仍能达到超低。

驱油试验 对所选体系进行了物理模拟试验,对注入质量浓度、注入段塞、注入时机等进一步优化,经多组模型试验研究,优选了适合埕东西区的最佳驱油方案:活性剂质量分数为 0.4%、聚合物质量浓度为 1 800mg/L、注入段塞为 0.3 倍孔隙体积。试验结果也证明了在吸附、长期热老化条件下,质量分数为 0.3% 的石油磺酸盐、质量分数为 0.1% 的 L7 号活性剂和质量浓度为 1 800mg/L 的聚合物组成的体系仍具有超低界面张力,提高采收率达到 22.6%(表 2),因此将该体系推荐为现场注入配方。

表 2 二元复合驱油体系驱油试验结果			
模型编号	配 方	提高采 收率, %	界面张力/ (mN · m ⁻¹)
埕东-1	0.3%石油磺酸盐—0.1%L7号活性剂—1 800mg/L 聚合物	22.6	8.2×10^{-4}
埕东-2	0.2%石油磺酸盐—0.07%L7号活性剂—1 800mg/L 聚合物	20.4	4.3×10^{-3}
埕东-3	0.12%石油磺酸盐—0.04%L7号活性剂—1 800mg/L 聚合物	18.9	1.6×10^{-2}

3 结论

通过对预交联体粘弹性能、悬浮性、注入性、抗盐能力及热稳定性等试验,筛选出了对埕东西区高渗透层具有较强的封堵能力的预交联体增效聚合物前置调剖段塞,其组成是质量浓度为 2 000mg/L 的预交联体和质量浓度为 500mg/L 的聚合物。

针对目的层油藏高含水的特点,设计了具有超低界面张力、强洗油能力的活性剂配方,最佳配方的组成是质量分数为 0.3% 的石油磺酸盐、质量分数为 0.1% 的 L7 号活性剂和质量浓度为 1 800mg/L