

适合稠油油藏的新型复合降黏驱油体系 研究与应用

吴海涛¹ 张思顿² 范俊强³ 刘宇⁴ 尹虎⁵

(长江大学¹,荆州 434000;中石油煤层气有限责任公司²,北京 100028;
中石油渤海钻探油气井测试公司³,廊坊 065000;中石油塔里木油田分公司勘探开发研究院⁴,
库尔勒 841000;延长油田股份有限公司富县采油厂⁵,延安 727500)

摘要 海上常规稠油油田前期通常采用注水开发,由于原油黏度相对较高;并且目标储层黏土矿物含量较高,存在较强的水敏现象等原因,稠油油田注水开发效果逐渐变差。为此,以新型改性烷基磺酸盐为主要降黏驱油剂,通过复配以非离子表面活性剂、渗透剂以及高效防膨剂,研制出了一种适合于目标稠油区块的新型复合降黏驱油体系。分析了复合降黏驱油作用机理,并进行了室内实验评价。结果表明,新型复合降黏驱油体系能够有效降低稠油黏度,降低油水界面张力,对储层钻屑具有较好的防膨作用;并且与地层水的配伍性良好;该体系可以使岩心水驱后的采收率提高30%以上,具有良好的降黏驱油效果。现场应用结果表明,经新型复合降黏驱油体系处理的三口井,平均日产油量提高48.6m³/d,平均含水率下降82.7%,达到了良好的增产效果。

关键词 稠油油藏 化学驱 降黏 提高采收率

中图法分类号 TE357.46; **文献标志码** B

目前国内稠油油藏主要采用常规注水开采和热采两类开发方式^[1],陆上稠油油田的热采技术已经发展的相对成熟,而海上稠油油田受限制于各种因素,不能完全按照陆上油田的开发方式进行生产^[2,3]。对于海上普通稠油油藏大多采用前期注水开发,后期加密调整的开采方式^[4]。

为提高稠油油藏注水开发效率,在注水开发过程中常加入一定的化学药剂,即为化学驱油技术^[5,6]。通常加入的化学药剂可以为表面活性剂、碱类物质以及聚合物,或者为几种药剂的复合体系,这些化学剂通常可以有效防止黏土水化膨胀,降低稠油黏度以及降低油水界面张力,从而提高洗油效率和波及系数,最终提高原油的采收率^[7,8]。

渤海湾某普通稠油油田前期采用注水开发,由于稠油区多处于边部,油层发育较差,原油黏度相对

较高,表现为水驱开采初期产液量相对稳定,含水率较低,但是在生产6个月左右后产液量出现大幅度的下降,并且含水率上升较高,目前大部分采油井的含水率已经达到90%以上。而目标区块储层黏土矿物含量又较高,存在较强的水敏现象,更加重了注水开发的难度。另外,此稠油区块中大多数井之间存在层内平面矛盾,注水过程中存在水窜现象,注采对应关系较差,注水开发效果逐年变差,急需寻找一种适合目标区块稠油高效开发的配套措施,以提高稠油油藏水驱开发采收率。为此,本文以合成的新型改性烷基磺酸盐为主要降黏驱油剂,复配以非离子表面活性剂、渗透剂以及高效防膨剂,研究出一种适合于目标稠油区块的新型复合降黏驱油体系,室内评价了其各项性能指标,并开展了现场应用效果评价。

1 复合降黏驱油体系作用机理

在稠油油藏化学降黏驱油过程中,化学驱油剂伴随着注入水进入地层,以其良好的降低稠油黏度、渗透和清洗作用,将地层孔隙中的稠油以及地层表面的重质成分剥离出来,然后利用其乳化分散作用将原油包裹分散在水中,迅速降低油水之间的界面张力,形成黏度较低的水包油乳状液,降低了原油在地层中的流动阻力,使稠油的驱替变得更加容易,从而提高稠油油藏注水开发的效率。

2016年7月14日收到

第一作者简介:吴海涛(1978—),男,湖北广水人,讲师。研究方向:数值模拟。E-mail:wuhaitao78@126.com。

引用格式:吴海涛,张思顿,范俊强,等.适合稠油油藏的新型复合降黏驱油体系研究与应用[J].科学技术与工程,2017,17(1):204—207

Wu Haitao, Zhang Sidun, Fan Junqiang, et al. Research and application of new type of composite viscosity reduction and oil displacement system for heavy oil reservoir[J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(1): 204—207

(1)复合降黏驱油体系中的渗透剂可以将地层中的原油以及其他重质成分剥离出来,增加地层孔隙中油水之间互相渗透的能力。

(2)降黏驱油剂以及表面活性剂能够显著降低稠油的黏度,降低油水界面张力,利于形成水包油型乳状液,降低水驱时的流动阻力。

(3)高效防膨剂可以有效抑制黏土水化膨胀,防止水敏现象产生而造成部分水驱通道的堵塞,从而可以减缓水驱时的指进、突进现象。

2 室内实验

要实现提高稠油油藏化学驱油效率的目的,就要求驱油剂能够有效降低原油黏度,并且与储层具有良好的配伍性,不能产生二次伤害。为此,研制出了一种新型改性烷基磺酸盐 SDH-2,以此为基础处理剂,通过目标油田资料分析和室内处理剂优选实验,筛选出了非离子表面活性剂 LY-1、渗透剂 HST 以及高效防膨剂 JPH-3,研究出了一种适合于目标稠油区块的新型复合降黏驱油体系,体系的具体配方如下:

2.0% 新型改性烷基磺酸盐 SDH-2 + 1.5% 非离子表面活性剂 LY-1 + 1.0% 渗透剂 HST + 0.5% 高效防膨剂 JPH-3。

在室内对新型复合降黏驱油体系的性能进行了评价,实验评价结果如下。

2.1 降低稠油黏度性能

将新型复合降黏驱油体系与目标储层脱气原油按不同比例混合后,使用 DV-III 型布氏黏度计测定 50 ℃ 下混合液的黏度,评价新型复合降黏驱油体系的降低稠油黏度的能力。实验结果见表 1。

表 1 降低稠油黏度性能评价结果
Table 1 Evaluation results of viscosity reduction

新型复合降黏驱油体系与原油不同比例 (V:V) 混合后黏度值/(mPa·s)							
混合比例	10:0	8:2	6:4	5:5	4:6	2:8	0:10
黏度/mPa·s	5	31	49	93	194	412	754

由以上实验结果可知,随着混合液中有新型复合降黏驱油液比例的增加,混合液黏度逐渐降低,说明新型复合降黏驱油体系能够有效降低目标储层稠油的黏度。另外不同比例的混合液都能够形成均一的液体,不会形成油渣,从而不会对储层造成二次污染伤害。

2.2 降低表面/界面张力性能

海上油田注入通常使用海水,为此室内使用 JYW-200B 型自动界面张力仪测定海水和新型复合降黏驱油体系的气液表面张力以及油液界面张力,

评价新型复合降黏驱油体系降低表面/界面张力的性能。实验结果见表 2。

由以上实验结果可以看出,新型复合降黏驱油体系的气液表面张力、油液界面张力相比较于海水来说,均有较大幅度的下降,降黏驱油体系随注入水进入储层后能够大大降低毛细管阻力,减少原油的渗流阻力,使稠油更容易从地层中驱替出来,从而提高稠油油藏原油采收率。

表 2 降低表面/界面张力性能评价结果
Table 2 Evaluation results of surface/interfacial tension performance

样品类型	气-液表面张力/ (mN·m ⁻¹)	油-液界面张力/ (mN·m ⁻¹)
海水	69.57	18.5
新型复合降黏驱油体系	23.5	0.19

2.3 与地层水配伍性

将新型复合降黏驱油体系与目标储层地层水按不同比例混合后,使用 WGZ-200 型浊度仪测定不同比例混合液的浊度值,评价新型复合降黏驱油体系与地层水的配伍性。实验结果见表 3。

表 3 与地层水配伍性评价结果
Table 3 Compatibility evaluation results of formation water

新型复合降黏驱油体系与地层水不同比例 (V:V) 混合后浊度值/NTU							
混合比例	10:0	8:2	6:4	5:5	4:6	2:8	0:10
浊度/NTU	3.9	5.2	7.5	9.1	6.4	5.0	2.1

从以上实验结果可知,不同比例的混合液浊度值均在 10 NTU 以下,说明新型复合降黏驱油体系进入地层后不会与地层水产生无机沉淀等堵塞储层,与地层水配伍性良好,不会产生二次伤害。

2.4 防膨性能

将目标区块储层钻屑洗油后烘干粉碎,过 100 目筛网备用。采用离心法评价海水和新型复合降黏驱油体系的防膨性能。实验结果见表 4。

表 4 防膨性能评价结果
Table 4 Evaluation results of anti swelling property

样品类型	膨胀体积/mL	防膨率/%
蒸馏水	2.60	—
海水	0.65	75.0
新型复合降黏驱油体系	0.15	94.2

由表 4 实验结果可知,新型复合降黏驱油体系对目标储层钻屑的防膨率高达 94.2%,说明该体系在注入地层中后,能够有效的防止黏土颗粒水化膨胀,防止水敏现象的发生。

2.5 提高水驱后采收率(岩心模拟实验评价)

2.5.1 实验方法

- ① 将目标储层天然岩心洗油后烘干,并选择一块与目标储层渗透率相近的人造岩心烘干,将上述两块岩心饱和地层水,计算孔隙体积和孔隙度;
- ② 将岩心装入驱替装置中,在储层温度条件下饱和 10 PV 储层原油,并在储层温度下放置 24 h;
- ③ 使用地层水驱替至相同含油饱和度,再使用海水驱替一定 PV 量,直至没有油滴产出,计算水驱采收率 R_w ;
- ④ 继续使用新型复合降黏驱油体系驱替 2 PV,计算化学驱采收率 R_c ;
- ⑤ 再使用海水驱替一定 PV 量,计算最终采收率 R_t 。

2.5.2 实验数据分析

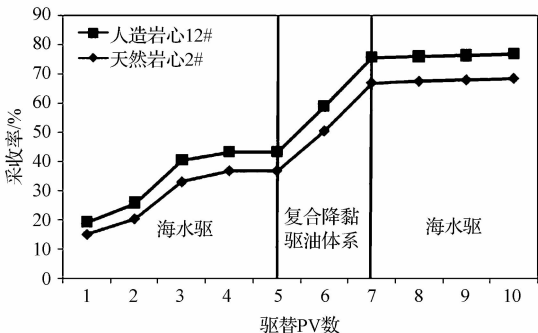


图1 岩心驱替模拟实验评价结果

Fig.1 Evaluation results of simulation experiment of core displacement

由以上实验数据可以看出见图1,天然岩心和人造岩心的水驱采收率 R_w 分别为 36.9% 和 43.5%,使注入 2 PV 新型复合降黏驱油体系后, R_c 分别增大为 67.0% 和 75.8%,继续水驱的最终采收率 R_t 基本不再变化。可见新型复合降黏驱油体系可以使岩心水驱后的采收率提高 30% 以上,具有良好的降黏驱油效果。体系注入储层后,能够有效降低原油黏度,降低油水之间界面张力,提高了洗油效率,从而使原油更容易被驱替出来,达到增产的目的。

3 现场应用效果分析

3.1 典型井生产现状

渤海湾某稠油油田 H-3 井、H-9 井和 H-11 井储层段平均孔隙度为 32.5%,平均渗透率为 1 185.4 mD,属于高孔-高渗储层。原油黏度平均为 769.3 mPa·s(50℃下脱气原油),属于普通稠油油藏。前期采用注水开发,效果较好,三口井平均日产液 100.3 m³/d,平均日产油 96.1 m³/d,平均含水率为

4.2%。正常生产 3 个月后,三口井平均日产液 88.3 m³/d,平均日产油 8.4 m³/d,平均含水率升高至 90.5%,注水开发效果变差。

3.2 施工方法

在配水间使用柱塞泵将新型复合降黏驱油液按一定比例加入到注入水中,比例在 0.5%~1.0% 之间。施工前期可以适当加大浓度,在施工后期可以适当降低浓度,循环注入。降黏驱油体系进入地层后,可以剥离乳化分散地层中的原油,从而将稠油从地层中驱替出来。

3.3 应用效果

2015 年上半年上述三口井在采用新型复合降黏驱油体系处理措施后,平均产液量上升,含水率下降,产油量大幅提高,采收率也得到一定程度提高,表现出良好的增油增产效果(见表 5)。措施施工工艺简单,成本低,有效期较长,在同类油田中具有较好的推广应用前景。

表 5 典型井应用效果
Table 5 Application effect of typical well

井号	措施前		目前生产状况	
	日产油量/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水率/ %	日产油量/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水率/ %
H-3	10.5	88.4	68.7	7.5
H-9	6.7	92.3	49.2	10.1
H-11	8.0	80.8	53.1	5.8

4 结论

(1) 针对稠油油藏注水开发效果逐年变差,在分析了目标油田注水开采现状的基础上,并结合复合降黏驱油作用机理,通过室内实验优选出了一套适合目标区块的新型复合降黏驱油体系,体系配方为:2.0% 新型改性烷基磺酸盐 SDH-2 + 1.5% 非离子表面活性剂 LY-1 + 1.0% 渗透剂 HST + 0.5% 高效防膨剂 JPH-3。

(2) 室内对新型复合降黏驱油体系进行了性能评价,结果表明,该体系能够有效降低稠油黏度,降低油水界面张力,对储层钻屑具有较好的防膨作用,并且与地层水的配伍性较好,不会产生二次污染伤害。岩心驱替模拟实验表明该体系可以使岩心水驱后的采收率提高 30% 以上,具有良好的降黏驱油效果。

(3) 现场应用结果表明,三口井使用新型复合降黏驱油体系处理后,平均日产油量提高 48.6 m³/d,平均含水率下降 82.7%,具有良好的增产效果。并且该措施施工工艺简单,效果好,具有良好的推广应用前景。

参 考 文 献

- 1 郭太现,苏彦春. 渤海油田稠油油藏开发现状和技术发展方向. 中国海上油气,2013;25(4):26—30
Guo T X, Su Y C. Current status and technical development direction in heavy oil reservoir development in Bohai oilfields. China Offshore Oil and Gas, 2013;25(4):26—30
- 2 黄 鑫. 渤海稠油油田开发面临的挑战与应对措施. 油气田地面工程,2010;29(9):76—77
Huang X. Challenge and countermeasure for the development of heavy oil in bohai oilfield. Oil-gasfield Surface Engineering, 2010;29(9):76—77
- 3 梁 丹,冯国智,曾祥林,等. 海上稠油两种热采方式开发效果评价. 石油钻探技术,2014;42(1):95—99
Liang D, Feng G Z, Zeng X L, et al. Evaluation of two thermal methods in offshore heavy oilfields development. Petroleum Drilling Techniques, 2014;42(1):95—99
- 4 徐文江,姜维东. 我国海上低品位稠油开采技术进展. 石油科技论坛,2014;33(1):10—14
Xu W J, Jiang W D. China's technological progress in production of offshore low-quality heavy oil. Oil Forum, 2014;33(1):10—14
- 5 冷 俊,潘 一,李东胜,等. 油田化学驱油技术的应用. 当代化工,2014;43(8):1495—1497
Leng J, Pan Y, Li D S, et al. Application of chemical flooding technology. Contemporary Chemical Industry, 2014;43(8):1495—1497
- 6 周成裕,萧 瑛,张 斌. 国内化学驱油技术的研究进展. 日用化学工业,2011;41(2):131—133
Zhou C Y, Xiao Y, Zhang B. Progress of research work on chemical flooding technology in China. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2011;41(2):131—133
- 7 李锦超,王 磊,丁保东,等. 稠油热/化学驱油技术现状及发展趋势. 西安石油大学学报(自然科学版),2010;25(4):36—40
Li J C, Wang L, Ding B D, et al. Present situation and development trend of the thermal/chemical flooding technology of heavy oil. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science), 2010;25(4):36—40
- 8 李奎武. 化学降黏驱油在扶余油田的应用. 中国化工贸易,2013;(10):214—215
Li K W. Application of chemical viscosity reduction and oil displacement in Fuyu oil field. China Chemical Trade, 2013;(10):214—215

Research and Application of New Type of Composite Viscosity Reduction and Oil Displacement System for Heavy Oil Reservoir

WU Hai-¹, ZHANG Si-dun², FAN Jun-qiang³, LIU Yu⁴, YIN Hu⁵

(Yangtze University¹, Jingzhou 434000, P. R. China; Petro China CBM², Beijing 100028, P. R. China;

Well Testing Company of Bohai Drilling Company. CNPC³, Langfang 065000, P. R. China;

Tarim Oil Field⁴, Kuerle 841000, P. R. China; Yanchang Oilfield Co., Ltd. Production

Plant Fuxian⁵, Yan'an 727500, P. R. China)

[**Abstract**] Water injection is usually used in the early stage of conventional offshore heavy oil field, due to the relatively high viscosity of crude oil, and the target reservoir clay mineral content is higher. There is a strong water sensitivity, and other reasons, the development of heavy oil field water injection effect is gradually getting worse. Therefore, new modified alkyl sulfonate was used as the main viscosity reducing agent, by compounding with non ion surface active agent, penetrant and efficient anti swelling agent developed a new type of composite viscosity reduction and oil displacement system for the target heavy oilfield. The action mechanism of the compound viscosity reducing oil displacement was analyzed, and the indoor experiment was carried out. The results show that the new type of composite viscosity reduction and oil displacement system can effectively reduce the viscosity of heavy oil, reduce the interfacial tension of oil and water, and has better anti swelling effect on the reservoir drill cuttings, and also has good compatibility with formation water. This system can make the core recovery increased by more than 30% after water flooding, has a good viscosity reducing and oil displacement effect. The application results of three wells in the field show that the average daily oil production increased by 48.6 m³/d, and the average water content decreased by 82.7% after treated with the new type of composite viscosity reduction and oil displacement system, which reached a good effect of increasing production.

[**Key words**] heavy oil reservoir chemical flooding viscosity reduction enhanced oil recovery