

三元复合驱油体系中强碱与原油之间作用的实验

史庆彬 大庆油田采油六厂

摘要:喇嘛甸油田三元复合驱现场取样检测发现,部分采出井和中间井采出液检测不到表面活性剂却能达到超低界面张力,但在注入的三元体系采出液中,若无表面活性剂则无法达到超低界面张力,说明强碱和原油之间能够相互作用生成类似表面活性剂的物质。因此,对三元体系中的强碱和原油之间的作用进行了室内实验研究。通过研究强碱溶液与原油反应前后乳状液稳定性、乳化油组分、界面张力和原油物性的变化,分析了强碱与原油的作用效果。试验结果表明,强碱有助于原油形成比较稳定的乳状液,并生成了某种活性物质,降低了油水之间的界面张力;强碱与原油反应后,原油的重组分降低,轻组分增加,原油黏度降低,在矿场试验中起到了一定的驱油作用。

关键词:三元复合驱;强碱;界面张力;乳状液;实验

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.11.036

三元复合体系由聚合物、碱和表面活性剂组成,具有扩大波及体积和提高驱油效率的双重作用。但采出液中表面活性剂和强碱浓度差异非常大,采出液中碱浓度很高,却很少见到表面活性剂。由中间井取样检测发现,27个样品中仅有10个样品见到表面活性剂,且采出浓度仅为注入浓度的8%,而碱浓度却非常高,说明表面活性剂主要消耗在注入井与中间井之间的区域。但大部分采出井和中间井的采出液却能够达到超低界面张力,说明强碱在其中发挥了一定的作用。为此,对强碱和原油之间的作用进行了实验研究。

1 强碱有助于原油形成稳定的乳状液

采用蒸馏水分别配制了强碱溶液、碱/表面活性剂二元体系和聚合物/碱/表面活性剂三元体系,并分别与原油按质量比1:1混合,记录乳化油的含水率变化情况。

实验结果表明:三种体系与原油作用后,随着时间的延长,含水率均有所下降,但强碱溶液要好于其他两种体系,60天内含水率降低了3.5%,说明碱单独存在时与原油作用后形成的乳状液更加稳定。三种体系在不同时间的原油含水率变化见表1。

表1 不同时间原油含水率变化

体系	含水率/%			
	7 d	15 d	30 d	60 d
1.2%强碱和原油	35.6	34.2	33.3	32.1
1.2%强碱/0.3%表面活性剂和原油	20.4	19.6	18.7	15.9
三元体系和原油	18.0	16.7	15.2	13.3

碱与原油作用后,分别放置不同的天数,检测表面活性剂含量和界面张力变化。结果发现,表面活性剂含量始终未检测到,而界面张力随着反应时间的延长逐渐降低,说明碱和原油作用产生了一定的活性物质,但不是试验中应用的烷基苯磺酸盐。强碱与原油作用不同时间界面张力变化见表2。

表2 强碱与原油作用不同时间界面张力变化

项目	1.2%碱液	溶液层位	1.2%强碱+原油 (7 d)	1.2%强碱+原油 (60 d)
界面张力/ $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$	18.46	中层液	3.21	2.44×10^{-2}
		下层液	1.06	7.61×10^{-3}

分析认为,强碱与原油作用7天,界面张力大幅度降低。这是由于在原油中存在较短支链的快反应酸,强碱在很短的时间内就可以和快反应酸反应生成一部分表面活性物质,降低了界面张力^[1];在模拟地下温度、流动状态下混合60天,中层液界面张力可以达到 10^{-2} mN/m,而下层液界面张力可以达到 10^{-3} mN/m。这是因为大庆原油饱和组分中存在着与碱发生慢反应的酯类,当碱液与原油经过较长时间的反应,一些反应较慢的高碳数的正构烷基羧酸、支链较多的大分子酸及酯类化合物转化为亲油性较强的钠皂,使界面张力达到超低。

强碱与石油酸反应生成的表面活性剂主要分配到油相并吸附到岩石表面上,使岩石表面从水湿转变为油湿,非连续的剩余油可在其上形成连续的油相,为原油流动提供通道。与此同时,由碱驱生成的表面活性剂的亲油性和它产生的低界面张力,导致油包水乳状液的形成,乳状液中的水珠堵塞流道,使注入压力提高。高注入压力迫使油从乳



水珠与岩石表面之间的连续相这条通道排泄出去, 留下高含水率的乳状液, 以达到提高原油采收率的目的^[2]。

2 强碱可改善原油的性质

2.1 降低含蜡、含胶量

原油与碱反应能够形成稳定的乳状液, 并且还生成了某些活性物质, 降低了油水界面张力。同时, 原油的组分也发生了一些变化, 为此对与强碱作用后的原油进行了组分分析。分析结果表明, 原油与两种浓度的碱溶液作用后, 含蜡量和含胶量均大幅度降低 (见表3)。随着时间的延长, 含胶、含蜡量先是迅速降低, 然后有少量反弹。

表3 原油+强碱测定含蜡、含胶量

时间/ d	含蜡量/%			含胶量/%		
	本底 原油	原油+ 0.6%碱	原油+ 1.2%碱	本底 原油	原油+ 0.6%碱	原油+ 1.2%碱
7		19.4	20.6		20.1	19.3
15	26.3	22.8	21.8	25.8	22.1	21.9
30		23.2	23.0		20.6	20.0

2.2 降低原油黏度

强碱与原油中的弱酸和有机酸反应降低了部分重碳组分, 从而使原油的黏度降低 (见表4)。由表4可见, 随着时间的延长, 黏度呈迅速下降再缓慢反弹的趋势。分析认为, 先是快速反应降解, 随着快速反应酸的减少, 再有少量可逆反应的作用效果; 含碱1.2%的反应液相对含碱0.6%的反应液其黏度下降的幅度快一点。

表4 原油+强碱测定黏度

时间/ d	运动黏度/ $\text{mPa} \cdot \text{s}^{-1}$		
	原油	原油+0.6%碱	原油+1.2%碱
7		39.1	37.7
15	43.3	36.7	35.8
30		38.2	37.7

(上接第88页) 座的结构, 改善了开启时介质对球芯密封面的冲刷, 有效地延长了阀门的密封寿命, 为强制密封球阀国产化研究提供了参考。

参考文献

- [1] 李广军, 王彦枝. 偏心半球阀流场数值模拟与分析[J]. 阀门, 2013, 27 (2): 33-35.
- [2] 王朝富. 超超临界减温减压阀结构分析及模拟研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2012.
- [3] 冯卫民, 肖光宇, 袁波, 等. 基于数值仿真的蝶阀性能对比分析[J]. 排灌机械工程学报, 2010, 28 (4): 315-319.
- [4] 王富军. 计算流体动力学分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 20-30.
- [5] 浦广益. ANSYS Workbench12基础教程与实例详解[M]. 北京:

2.3 减少重烃组分, 增加轻烃组分

为了从整体上能够看到原油组分在加碱前后的变化, 利用原油气象色谱GC-17A进行原油组分对比。表5为井口原油的本底油样和原油+1.2%碱作用7天之后的气象色谱烃量变化对比。

表5 气象色谱烃量变化对比

样品名称	碳17之前的含碳量/%	碳17~碳39的含碳量/%
本底原油	32.93	67.07
原油+1.2%碱	43.13	56.87

由表5可见, 本底原油在碳17之前的含碳量为32.93%, 而碳17~碳39的含碳量为67.07%; 原油+1.2%碱作用7天之后碳17之前的含碳量为43.13, 而碳17~碳39的含碳量为56.87%。

气象色谱的数据有效地证明了碱可以和原油反应, 并且能够减少原油中的重烃组分, 增加轻烃组分, 即提高原油的降黏作用, 改善驱油效果。

3 结论

(1) 强碱与原油作用后形成比较稳定的乳状液, 有助于提高原油采收率。

(2) 强碱与原油作用后, 轻烃组分增加, 原油黏度降低, 有利于改善驱油效果。

参考文献

- [1] 郭继香, 李明远, 林海钦, 等. 大庆原油与碱作用机理研究[J]. 石油学报, 2007, 23 (4): 20-24.
 - [2] 孙景伦. 复合驱油体系中碱与原油的相互作用研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.
- [作者简介] 史庆彬: 工程师, 2006年毕业于长江大学应用化学专业, 从事室内化验研究工作。

(0459) 5835262、shiqb@petrochina.com.cn

收稿日期 2015-03-31

(栏目主持 樊韶华)

中国水利水电出版社, 2010: 89-100.

- [6] 机械电子工业部. 通用阀门流量系数和流阻系数的试验方法: JB/T 5296-1991[S]. 北京: 机械工业出版社, 1992: 1-3.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. 工业过程控制阀第2-3部分: 流通能力试验程序: GB/T 17213.9-2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 5-10.
- [8] 王付军, 张红琴. 轨道球阀的设计[J]. 阀门, 2004, 28 (1): 4-6.

[第一作者简介] 王朝富: 工程师, 硕士研究生, 主要从事阀门设计和研究工作。

15208217295、wangcf09@163.com

收稿日期 2015-09-03

(栏目主持 樊韶华)

