

孤岛油田驱油剂辅助蒸汽驱对稠油性质的影响

孙建芳¹, 刘东², 李丽², 张英豪², 肖洒²

(1.中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083; 2.中国石油大学(华东)重质油国家重点实验室,山东青岛 266580)

摘要:蒸汽驱可明显提高油藏采收率,但孤岛油田稠油粘度过高,受原油界面特性和岩石润湿性的影响,易发生重力超覆和汽窜,单一蒸汽驱并不能达到有效开采的目的。通过室内实验模拟了以聚乙烯吡咯烷酮为驱油剂的驱油剂辅助蒸汽驱过程,研究其对孤岛油田稠油油藏的驱替效果,以及对稠油胶体稳定性、结构组成和稠油沥青质相对分子质量的影响规律。结果表明,蒸汽驱过程中引入适量的驱油剂,可明显提高稠油油藏采收率;增大驱油剂用量,会使稠油提前发生沥青质聚沉,胶体稳定性变差,使得稠油中沥青质相对分子质量变大;随着温度的升高,沥青质提前发生聚沉,稠油胶体稳定性变差,同时稠油中沥青质含量略有提高,胶质与沥青质含量之比变小,沥青质相对分子质量变大。

关键词:稠油 驱油剂 蒸汽驱 胶体稳定性 孤岛油田

中图分类号: TE357.41

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2014)03-0055-03

近年来,化学辅助蒸汽驱油技术迅速发展,并且得到了成功应用^[1-5]。化学剂辅助蒸汽驱是在蒸汽驱过程中向地层注入耐高温的化学剂(驱油剂、泡沫剂等),进行复合驱替的一种稠油开采方式。通过改善稠油流变性,降低油水界面张力,提高胶体的稳定性,进而提高驱油效率^[6-10]。聚合物类驱油剂通过增加驱替液的粘度,降低油层的水相渗透率,从而改善水油流度比,调整注入剖面并扩大波及体积,提高了宏观波及效率,进而提高了原油采收率^[11-12]。孤岛油田稠油是高分散的胶体体系,驱油剂的注入会对稠油的性质产生影响,主要影响稠油胶体的稳定性、结构组成及重组分胶粒粒度。笔者研究了驱油剂(聚乙烯吡咯烷酮)对孤岛油田稠油性质的影响,探讨了驱油剂辅助蒸汽驱对稠油的作用机制,以为化学辅助蒸汽驱应用提供参考。

1 实验部分

1.1 实验材料

实验用油为孤岛油田稠油,50℃地面原油密度为950.5 kg/m³,地面脱气原油粘度为1 872 mPa·s,为低含蜡、低凝固点的沥青质原油,其中硫含量为1.55%,盐含量为63.5%,蜡含量为5.88%,胶质含量为35.1%,沥青质含量为6.73%,凝固点为-9℃。实

验用水为模拟地层水,参照孤岛油田地层水矿化度(2 700 mg/L)配制,NaCl, NaHCO₃和CaCl₂的物质的量浓度分别为7.14, 34.5和0.901 mol/mL。

1.2 实验装置及流程

实验器材主要包括:高压釜、蒸汽—表面活性剂复合驱替实验装置、电导仪和Knauer相对分子质量测定仪。

蒸汽—表面活性剂复合驱替实验采取蒸汽与驱油剂同时注入的方式。驱油剂溶液在注入岩心之前,与蒸汽在混合容器中混合并汽化。地层流体条件的模拟在高压釜中完成,按照实验条件,通入氮气,加入脱水原油、模拟地层水和驱油剂,控制体系作用压力为8 MPa,到达条件温度后作用一段时间,反应完毕后取出油样,进行脱水处理(图1)。

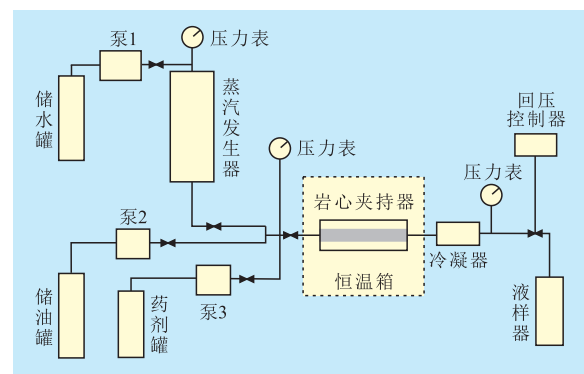


图1 蒸汽—表面活性剂复合驱替实验装置示意

收稿日期:2014-03-10。

作者简介:孙建芳,男,高级工程师,博士,从事油田开发研究工作。联系电话:(010)82284848, E-mail:sunjf.syky@sinopec.com。

基金项目:中国石化科技攻关项目“普通稠油水驱后转蒸汽驱提高采收率技术研究”(P07071)。

2 实验结果与分析

2.1 驱油剂辅助蒸汽驱效果

由驱油剂辅助蒸汽驱实验结果(图2)可知,当驱油剂质量分数为1%时,采收率最高可达57%,比单纯蒸汽驱提高6.9%;当驱油剂质量分数分别为0.5%和1.5%时,采收率分别提高了3.6%和0.82%。可见蒸汽驱过程中适量引入驱油剂可明显提高采收率,但不宜过量。

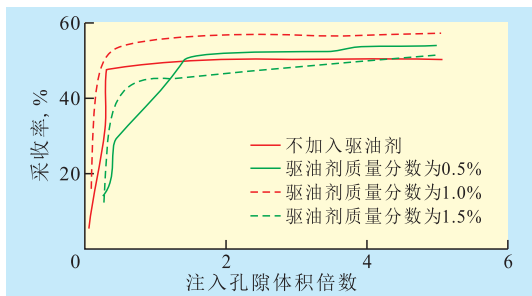


图2 驱油剂辅助蒸汽驱实验结果

2.2 驱油剂辅助蒸汽驱对稠油胶体稳定性的影响

温度对沥青质聚沉起始点的影响 沥青质聚沉起始点是表征稠油胶体稳定性的重要参数。当驱油剂质量分数为1.5%,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,考察温度对油样沥青质聚沉起始点的影响。结果(图3)表明,随着温度的升高,沥青质聚沉起始点逐渐减小,温度达到200℃时,沥青质聚沉起始点降低幅度最大。沥青质聚沉起始点与胶体稳定性呈正相关,所以驱油剂辅助蒸汽驱作用后,随着温度的升高,稠油胶体稳定性降低。

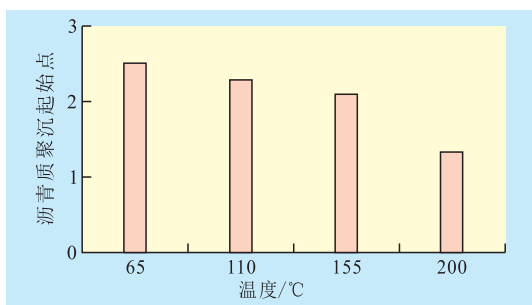


图3 温度对沥青质聚沉起始点的影响

驱油剂用量对沥青质聚沉起始点的影响 当温度为110℃,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,考察驱油剂用量对稠油沥青质聚沉起始点的影响。结果(图4)表明,驱油剂的引入改变了沥青质聚沉起始点,且用量越大,沥青质聚沉起始点越小,但其降低幅度较小。沥青

质聚沉起始点与胶体稳定性呈正相关,随着驱油剂用量的增加,胶体稳定性降低,说明增加驱油剂用量不利于胶体稳定。采油过程中,驱油剂的引入会引起稠油胶束间的平衡发生移动,并进一步改变沥青质的沉积规律,从而影响储层的孔渗性能。

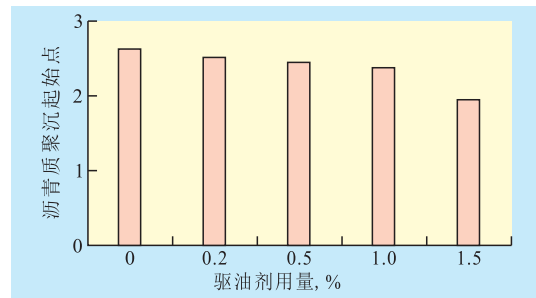


图4 驱油剂用量对沥青质聚沉起始点的影响

2.3 驱油剂辅助蒸汽驱对稠油结构组成的影响

温度对稠油组分含量的影响 当驱油剂质量分数为1.5%,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,测定1 h后油样的4组分含量,考察温度对稠油结构组成的影响。结果(表1)表明,不同温度下,4组分含量发生了变化;温度对稠油中饱和分与芳香分含量的影响无明显规律,但两者之和基本不变;随着温度升高,胶质含量小幅度下降,沥青质含量明显增加,温度越高,胶质与沥青质的比值越小。稠油是一个胶体体系,沥青质的存在,使原油具有了胶体结构的特点,沥青质组分的数量和结构是原油胶体稳定性的重要影响因素。驱油剂的加入使原油组分在分散相(沥青质)和分散介质(胶质)之间重新分配,从而调整了分散体系的状态。

表1 温度对稠油4组分含量的影响

温度/ ℃	饱和分 含量,%	芳香分 含量,%	胶质 含量,%	沥青质 含量,%	胶质与沥青 质含量之比
65	30.13	28.39	35.45	6.03	5.88
110	30.17	28.39	34.92	6.52	5.36
155	31.95	26.84	34.31	6.90	4.97
200	30.96	26.25	33.96	8.83	3.85

驱油剂用量对稠油组分含量的影响 当温度为110℃,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,测定1.5 h后油样的4组分含量,考察驱油剂用量对4组分含量的影响。结果(表2)表明,驱油剂的引入会影响稠油4组分组成的相对变化。驱油剂用量对饱和分与芳香分无明显规律性影响,但两者之和基本不变,且具有将胶质转化成沥青质的作用,其结果是使沥青质含量增大,且驱油剂用量越多,效果越明显,胶体体系稳定性

越差。增加驱油剂用量,胶质与沥青质含量之比变小,导致稠油结构组成发生了变化,降低了胶体的稳定性,加剧了沥青质的沉积,从而影响了驱油效率。

表2 驱油剂用量对稠油4组分含量的影响

驱油剂用量,%	饱和分含量,%	芳香分含量,%	胶质含量,%	沥青质含量,%	胶质与沥青质含量之比
0	31.62	26.55	35.10	6.73	5.21
0.2	31.95	26.84	34.31	6.90	4.97
0.5	29.95	29.30	33.00	7.75	4.26
1.0	29.36	29.79	32.08	8.77	3.66
1.5	31.24	29.06	29.62	10.08	2.94

2.4 驱油剂辅助蒸汽驱对稠油沥青质相对分子质量的影响

温度对稠油沥青质相对分子质量的影响 当驱油剂质量分数为1.5%,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,考察温度对稠油重组分胶粒粒度的影响。结果(图5)表明,随着温度的升高,沥青质相对分子质量增大。推测其原因是驱油剂分子结构中的亲油基团吸附于沥青质分子上,与沥青质结合形成缔合数更大的缔合体,宏观上表现为沥青质相对分子质量增大,且随温度升高,这种趋势越明显。

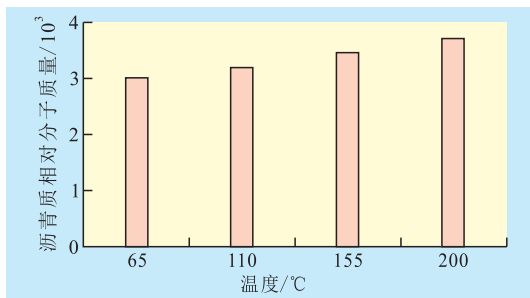


图5 温度对沥青质相对分子质量的影响

驱油剂用量对稠油沥青质相对分子质量的影响 当温度为110 °C,油样与模拟地层水的质量比为3:1,体系作用压力为8 MPa时,考察驱油剂用量对沥青质相对分子质量的影响。结果(图6)表明,驱油剂的引入会使沥青质相对分子质量发生明显

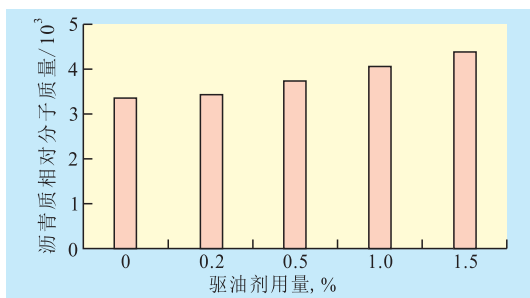


图6 驱油剂用量对沥青质相对分子质量的影响

变化,随着驱油剂用量的增加,沥青质相对分子质量增大。这主要是由于驱油剂在沥青质分子上吸附渗透,并进一步结合。驱油剂用量越多,形成的缔合体越大,导致沥青质相对分子质量增大,稠油的胶体分散性变差,胶体稳定性下降。

3 结论

在蒸汽驱体系中加入适量的驱油剂,有利于提高采收率。驱油剂辅助蒸汽驱作用下,温度越高,稠油的沥青质聚沉起始点越小,沥青质相对分子质量越大。驱油剂用量越大,沥青质聚沉起始点越小,沥青质相对分子质量越大。驱油剂辅助蒸汽驱作用下的稠油体系,温度越高,沥青质的含量越多,胶质和沥青质含量之比随之减小,两者均使稠油胶体的稳定性降低。驱油剂用量增加,饱和分和芳香分含量之和基本未发生变化,沥青质含量减少,胶质与沥青质含量之比变小,从而降低了体系胶体的稳定性。蒸汽驱过程中加入少量驱油剂有助于提高采收率,但加量过多易引起沥青质沉积。

参考文献:

- [1] 王永诗.石油地质研究中的特征与规律浅析[J].油气地质与采收率,2012,19(3):1-4.
- [2] 张爱花.原油采收技术的创新与发展前景[J].科技资讯,2009,19(7):117.
- [3] 刘东,李云鹏,张风义,等.弱凝胶提高海上稠油油田采收率影响因素分析[J].特种油气藏,2013,20(2):72-74.
- [4] 王大为,周耐强,牟凯.稠油热采技术现状及发展趋势[J].西部探矿工程,2008,20(12):129-131.
- [5] 杨振宇,陈广宇.国内外复合驱技术研究现状及发展方向[J].大庆石油地质与开发,2004,23(5):94-96.
- [6] 阳晓燕,杨胜来,李秀峦,等.蒸汽驱对储层润湿性的影响[J].油气地质与采收率,2012,19(3):87-89,93.
- [7] 韩明,康晓东,张健,等.表面活性剂提高采收率技术的进展[J].中国海上油气,2006,18(6):408-412.
- [8] 赵福麟.采油用化学剂的研究进展[J].中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(1):163-172.
- [9] 东晓虎,刘慧卿,张红玲,等.稠油油藏注蒸汽开发后转热水驱实验与数值模拟[J].油气地质与采收率,2012,19(2):50-53.
- [10] Wattana P, Fogler H S, Yen A.Characterization of polarity-based asphaltene subfractions [J].Energy & Fuels, 2005, 19(1): 101-110.
- [11] Leon O, Rogel E, Espidel J.Asphaltenes: structural characterization, self-association, and stability behavior [J].Energy & Fuels, 2000, 14(1):6-10.
- [12] 王顺华.稠油油藏氮气泡沫辅助蒸汽驱驱油效率实验及参数优化[J].油气地质与采收率,2013,20(3):83-85.