文章编号:1000-4092(2020)01-138-06

分散剂对沥青质稳定性与稠油稳定性的改善效果*

王秋霞[1],赵 琳[2],张 华[1],张龙力[2],韩晓冬[1],姜翠玉[2]

(1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司,天津 300459;2. 中国石油大学(华东)理学院,山东 青岛 266580)

摘要:为了更加客观、准确地评价分散剂对稠油稳定性的改善效果,研究了5种分散剂对孤岛稠油和馆陶稠油沥青质和稠油稳定性的改善效果,包括含磺酸基的阴离子型分散剂AA、斯盘系列分散剂NA1、油酸、月桂酸、棕榈酸。结果表明,分散剂对沥青质和稠油的稳定性均具有一定的改善效果,其中AA和NA1可明显降低沥青质的聚集程度,对沥青质的稳定分散作用最强;分散剂对沥青质稳定性的改善效果普遍优于对稠油整体稳定性的改善效果。分散剂对沥青质稳定性的改善效果随分散剂浓度增大而增大,沥青质完全裸露在体系中易与分散剂作用;分散剂对稠油整体稳定性的改善效果随分散剂加量增大先增大后降低,分散剂对稠油稳定性改善用量存在最佳值。沥青质稳定性的提高对于稠油整体稳定性的提高具有重要影响,但稠油稳定性的改善还受到胶质、芳香分和饱和分等的影响。图12表3参20

关键词:分散剂;沥青质;稠油;稳定性

中图分类号:O647 **文献标识码**:A **DOI**: 10.19346/j.cnki.1000-4092.2020.01.024

从结构上看,稠油属于连续分布的动态稳定胶体结构[1],沥青质为分散相,胶质是胶溶剂,芳香分、饱和分构成连续相。沥青质是杂原子含量最高、分子量最大且极性最强的组分,具有自缔合倾向。在稠油的开采、运输和后处理过程中,容易发生沥青质聚沉,稠油稳定性下降,从而导致油层孔喉、油井和管道堵塞,造成储层伤害、采收率降低以及生产成本大幅增加等问题[2]。因此,人们加大了对预防沥青质沉积以及改善稠油稳定性等方面的研究,发现添加具有双亲特性的沥青质分散剂具有稳定分散沥青质、预防沥青质沉积的作用[3-7]。Hansen[8]发现如果分散剂分子的烷基侧链具有9个以上的碳原子,则会对沥青质有一个较好的稳定效果。同时也发现烷基侧链并非越长越好,因为随着烷基链的增长,化合物形成蜡晶体的趋势增强,而蜡晶体在轻烃中的溶解度较小,表明两亲化合物对沥青质的稳定作用不仅取决于化合物在沥青质上的吸附,还取决于化合物与溶剂的相互作用。Rogel等[9]通过分子动力学模拟研究了离子型和非离子型两亲物在沥青表面的吸附能力,发现吸附能随着分散剂头部官能团的极性和偶极矩的增大而增大。

目前普遍采用絮凝比-稀释度法、沥青质沉淀-时间法、分光光度法和光电显微分析等方法来评价沥青质分散剂的性能[10-13]。这些方法均是对分离出的沥青质或沥青质沉积物进行稳定性测定和改善,并没有考虑分散剂对稠油整体稳定性的改善情况。本文以馆陶和孤岛稠油为研究对象考察了几种分散剂对沥青质稳定性的改善效果,并对比了分

* **收稿日期**:2019-08-10;**修回日期**:2019-09-25。

基金项目:国家重大科技专项"大型油气田及煤层气开发"(项目编号2016ZX05058003-006),国家自然科学基金项目"重质油沥青质缔合行为及介尺度行为的电学响应研究"(项目编号21576292)。

作者简介:王秋霞(1977–),女,高级工程师,2000年毕业于山东大学高分子化学专业,从事采油工艺技术研究工作,通讯地址:300450 天津市滨海新区海川路2121号B座渤海石油研究院,E-mail:wangqx17@cnooc.com.cn。张龙力(1974–),男,教授,本文通讯联系人,中国石油大学(华东)应用化学专业博士(2004),从事物理化学和石油化学、采油化学的研究,通讯地址:266580 山东省青岛市黄岛区长江西路66号中国石油大学(华东)理学院,电话:0532–86983374,E-mail:llzhang@upc.edu.cn。

散剂对稠油整体稳定性的改善情况。

1　实验部分

1.1　材料与仪器

含磺酸基的阴离子型分散剂 AA、斯盘系列分散剂 NA1、油酸、月桂酸、棕榈酸、无水乙醇、正庚烷、甲苯等均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;馆陶稠油(GT)、孤岛稠油(GD),对油样进行组分分离[14],原料油四组分组成如表 1 所示,原料油四组分元素分析见表 2。

表 1　油样 SARA 组分组成

稠油	饱和分/%	芳香分/%	胶质/%	沥青质/%
馆陶稠油	29.46	27.79	28.03	5.70
孤岛稠油	35.19	31.91	26.11	6.79

表 2　油样四组分元素分析

油样	组分	H/%	C/%	N/%	S/%
馆陶稠油	饱和分	12.80	87.11	—	0.02
	芳香分	10.40	88.37	0.36	0.68
	胶质	9.80	85.93	1.59	0.85
	沥青质	8.49	85.63	1.86	0.79
孤岛稠油	饱和分	13.73	86.54	—	0.16
	芳香分	11.01	85.08	0.27	3.26
	胶质	8.62	83.42	1.38	3.79
	沥青质	7.98	78.80	1.28	8.72

注:“—”表示仪器未检出。

2K-828 型电热真空干燥箱,上海实验仪器厂;TU-1901 型双光束紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器责任有限公司;BS224S 型电子分析天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DT5-1 型离心机,北京时代北利离心机有限公司;85-2 数显恒温磁力搅拌器,丹瑞实验仪器设备有限公司;BA310-T 型三目投射偏光显微镜,麦克迪奥实业集团有限公司。

1.2　实验方法

1.2.1　紫外光谱法测定沥青质浓度

准确称取 1 g 沥青质于 250 mL 锥形瓶中,加入 100 mL 甲苯,加热回流 1 h,黑暗条件下静置 24 h,使其充分溶解,得到 10 g/L 的沥青质甲苯母液。将不同种类的分散剂配制成 3～12 g/L 的正庚烷溶液。准确移取 5 mL 沥青质甲苯母液置于 50 mL 容量瓶中稀释 10 倍后移入锥形瓶。准确移取 5 mL 一定浓度的分散剂溶液加入锥形瓶中(对于不添加分散剂溶液的空白样品,为保持沥青质浓度一致,需加入 5 mL 正庚烷溶剂),在 110℃下加热回流 1 h。将样品溶液在 3000 r/min 下离心 10 min 后,取上层清液进行紫外光谱测定。上述所制备样品中溶剂的组成为体积比 10∶1 的正庚烷、甲苯混合液。在 350 nm 处沥青质浓度与吸光度有良好的线性关系[15],因此选取 350 nm 为实验扫描波长。配制一系列标准溶液得到馆陶和孤岛沥青质的工作曲线(见图 1),建立沥青质浓度与吸光度的关系,并通过比较沥青质-甲苯-正庚烷溶液中沥青质的溶解度得到分散剂对沥青质的稳定效果。将沥青质(ASP)改善率定义为加入分散剂后溶液中沥青质浓度增加的百分比,计算公式见式(1)。

$$改善率_{ASP}=\frac{c_1-c_0}{c_0}\times 100\% \tag{1}$$

式中,c_1—添加分散剂后溶液中稳定存在的沥青质浓度;c_0—未添加分散剂时溶液中稳定存在的沥青质浓度。

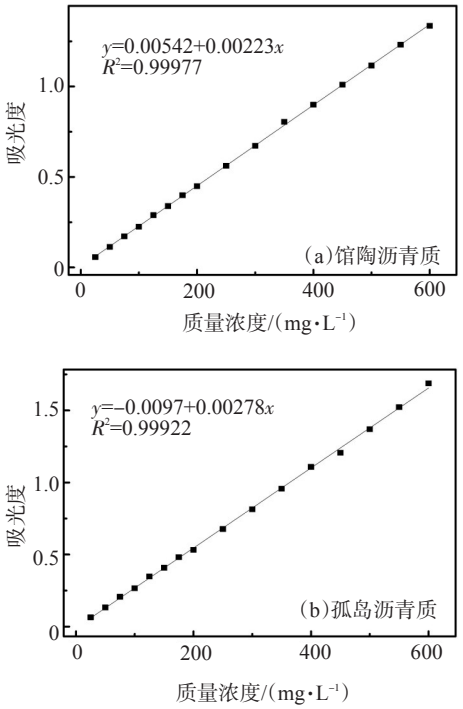


图 1　不同稠油所含沥青质的标准曲线

1.2.2　分散剂对沥青质聚集程度的影响

准确称取 0.05 g 分散剂置于锥形瓶中,加入 5 mL 沥青质甲苯母液,再加入 50 mL 正庚烷,室温下用电

磁搅拌器搅拌 6 h 使分散剂充分吸附在沥青质上。取少量沥青质溶液滴在载玻片上，盖上盖玻片，放在显微镜上观察分散剂对沥青质聚结的抑制作用。

1.2.3 滴扩散法评价稠油整体稳定性

滴扩散法的原理为：当稠油为稳定油样时，滴在滤纸上将呈现一个均匀的黑色斑点；当油样不稳定时，沥青质不能随着溶剂完全扩散，滴在滤纸上的油滴将出现一个内部颜色深、外部颜色浅的同心圆，说明油样中极性最强的组分——沥青质发生了聚沉，表现为油样不稳定。

称取一定质量的稠油，不断加入正庚烷，滴加正庚烷的同时，用玻璃棒沾取溶液滴于滤纸上，当出现同心圆时，说明稠油体系稳定性崩溃，沥青质开始聚沉，即达到了沥青质聚沉起始点，此时将加入正庚烷的质量与油样的质量之比定义为胶体稳定性参数[16-17]（Colloidal Stability Parameter，简称 CSP）。CSP 越大，稠油稳定性越好。CSP 计算公式为：

$$CSP = \frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_1 V_1}{m_2} \quad (1)$$

式中，m_1—加入正庚烷的质量，g；m_2—油样的质量，g；ρ_1—正庚烷的密度，0.685 g/mL；V_1—出现沥青质聚沉时所需加入正庚烷的体积，mL。

比较分散剂对稠油稳定性改善效果时，加入的分散剂占稠油质量的 1%。稠油稳定性改善率公式为：

$$改善率_{oil} = \frac{(CSP_2 - CSP_1)}{CSP_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中，CSP_1—未加入分散剂的稠油胶体稳定性参数；CSP_2—加入分散剂后稠油的胶体稳定性参数。

2 结果与讨论

2.1 分散剂对沥青质稳定性的改善效果

2.1.1 分散剂对沥青质溶解度的影响

不同分散剂对馆陶沥青质溶液的稳定作用如图 2(a)所示，图中分散剂用量为分散剂的质量相对沥青质质量的百分比。几种分散剂均使溶液中的沥青质浓度有了不同程度地增加。其中 AA 为含磺酸官能团的离子型分散剂，NA1 为斯盘系列分散剂，两者对馆陶沥青质稳定分散作用最强，油酸效果最差，棕榈酸和月桂酸效果相差不大。分散剂对馆陶沥青质的分散效果总体上表现出随添加量增加分散效果增大的趋势，其中 AA 受添加浓度影响最大，需达到一定的添加量才能起到明显的改善作用。不同分散剂对孤岛沥青质溶液的稳定作用见图 2(b)。与馆陶沥青质的改善趋势相似，AA 分散效果最强，NA1 次之，油酸效果最差，棕榈酸和月桂酸改善效果相近。这几种分散剂的分散效果均随添加量的增加而增大。

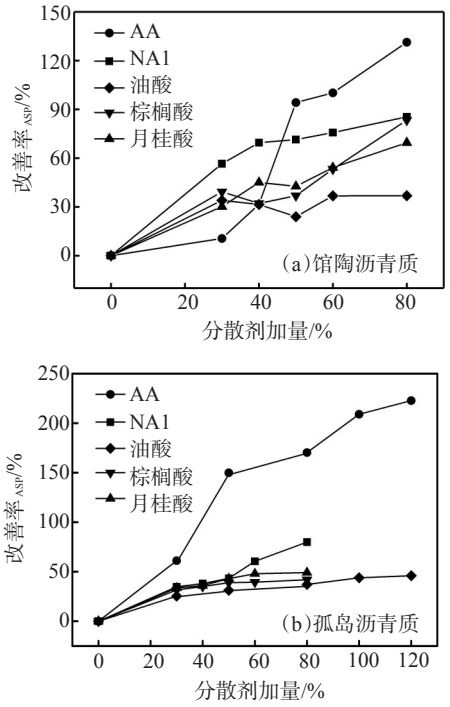


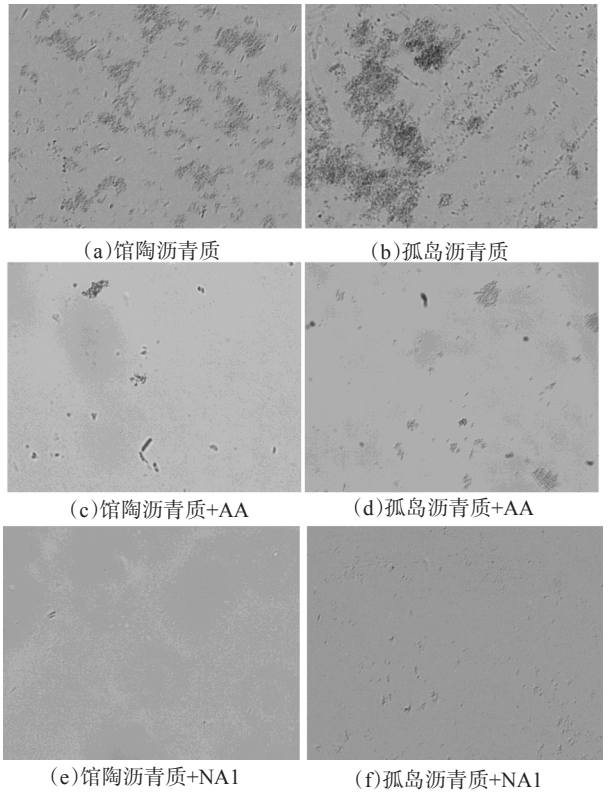
图 2 不同分散剂对沥青质的稳定分散效果

不同分散剂表现出的改善效果差异可能与它们头部官能团的极性作用强弱相关。AA 是含有磺酸官能团的离子型分散剂，其头部官能团酸性较强，可以质子化沥青质中的含氮官能团，发生较强的酸碱相互作用[18]，从而吸附在沥青质周围形成单个的 AA 分子层，当添加浓度进一步增加时甚至形成半胶束。而油酸的极性官能团为羧基，羧基的酸性远小于磺酸基，与沥青质的含氮官能团作用能力相对较弱。NA1 是斯盘系列分散剂，其极性官能团主要是羟基、酯基和醚键，它们的极性均小于上述两种官能团，但每个分子含有多个极性官能团、官能团数量占据优势，相同条件下 NA1 可以与沥青质分子中的多个官能团发生作用形成氢键，以达到吸附在沥青质表面起到稳定分散的作用，因此 NA1 也表现出较好的改善效果。月桂酸和棕榈酸的极性官能团都是羧基，两者区别只是侧链长度的不同，

因此它们表现出了相似的改善效果。

2.1.2　分散剂对沥青质聚集程度的影响

在显微镜下观察到的沥青质聚集的情况见图3（×40）。由未加入分散剂的馆陶和孤岛沥青质的显微照片（图（a）、（b））可见，沥青质已发生了明显的聚集，其中馆陶沥青质的聚集体颜色明显浅于孤岛沥青质，且馆陶沥青质的聚集体呈小块密集分布，而孤岛沥青质聚集体呈大片分布，说明孤岛沥青质之间已大量聚集，其聚集程度明显大于馆陶沥青质。图（c）、（d）分别为加入AA后馆陶沥青质和孤岛沥青质的聚集情况。加入AA后沥青质聚集程度明显降低，沥青质聚集体数目变少，并且聚集体较小，说明AA对降低沥青质的聚集程度具有显著效果。图（e）、（f）分别为加入NA1后馆陶沥青质和孤岛沥青质的聚集情况。图中已基本不存在大片沥青质聚集体，只有颜色极淡的沥青质聚集碎片。通过光学显微镜直观观察到了两种分散剂对沥青质聚集情况的影响，AA明显降低了沥青质的聚集程度，而NA1的改善效果更加显著。可见分散剂通过降低沥青质的聚集程度使沥青质稳定分散在溶液中，从而增加了沥青质的溶解度。



（a）馆陶沥青质　（b）孤岛沥青质

（c）馆陶沥青质+AA　（d）孤岛沥青质+AA

（e）馆陶沥青质+NA1　（f）孤岛沥青质+NA1

图3　显微镜下沥青质的聚集情况

2.2　分散剂对稠油整体稳定性的作用效果

NA1和AA能显著增大沥青质的溶解度，使沥青质在溶液中稳定分散。在沥青质稳定性改善的基础上进一步对稠油整体稳定性进行改善。不同分散剂对馆陶和孤岛稠油整体稳定性的改善效果见表3。对馆陶沥青质有显著稳定分散效果的AA和NA1对于馆陶稠油整体稳定性的改善效果仍然较好，改善效果从强到弱依次为NA1>棕榈酸>AA>月桂酸>油酸，此结果同各分散剂对馆陶沥青质的作用效果趋势相似；由不同分散剂对孤岛稠油整体稳定性的改善效果可见，改善效果最好的是NA1、其次是AA，说明沥青质稳定性的提高对于稠油整体稳定性的提高具有重要影响。由于稠油中沥青质是最容易造成体系失稳的因素，因此提高沥青质稳定性一定程度上也能提高稠油整体的稳定性。由表3可知，分散剂对稠油整体稳定性的改善率仅在20%左右，而对沥青质稳定性的改善率最高可达到200%以上。不同分散剂对稠油的改善率明显低于对沥青质的改善率，但不同分散剂对两者的改善趋势基本一致。分散剂对稠油整体稳定性的改善不仅仅是提高沥青质的溶解度，还与体系中其他组分的相互作用密切相关。

表3　不同分散剂对馆陶和孤岛稠油的改善效果

稠油	加入不同分散剂后的稠油改善率$_{oil}$/%				
	AA	油酸	NA1	棕榈酸	月桂酸
馆陶稠油	21.36	5.99	24.90	24.18	15.60
孤岛稠油	21.22	−3.10	26.50	18.60	16.20

2.3　沥青质稳定性改善与稠油稳定性改善的差异及原因

通过对比分散剂对沥青质稳定性和稠油整体稳定性的改善情况发现，分散剂对沥青质稳定性的改善较容易，改善效果较好，对稠油整体稳定性改善率较低。分散剂加量（分散剂质量占稠油质量的百分数）对馆陶稠油和孤岛稠油改善效果的影响如图4所示。分散剂对稠油整体稳定性的改善效果并不是添加量越多越好，一般分散剂加量需超过一定值才能起作用，此时会表现出随着加量的增大改善效果先变好后不变甚至降低的趋势，多数分散剂在加量为0.8%或1%时的改善效果最好。图4（a）中，AA在加量为0.5%时对馆陶稠油的改善效果最好，

继续加入时反而效果降低;但对孤岛稠油的改善中(图4(b)),加量为1%时才达到最好的改善效果。由于不同分散剂分子结构不同,与沥青质和胶质的作用形式也不同,因此不同沥青质的最佳加量不同。NA1在加量为1%～2%时的改善效果最佳。由于NA1的头部极性官能团比AA的酸性弱,NA1的聚集能力也相对较小,因此NA1的最佳加量比AA大。不过随着加量的继续增多,沥青质分子上吸附过多的NA1同样会增加沥青质聚集体大小,同时也会使胶质对沥青质的胶溶作用减小,从而降低稠油稳定性。因此向稠油中添加分散剂时,需要掌握好合适的加量。Mehdi等[19]研究了十六烷基三甲基溴化铵、十二烷基硫酸钠、Triton X-100和4种非商业(苯、苯甲酸、水杨酸、萘)分散剂对伊朗原油中沥青质的抑制效果,发现增加分散剂浓度会导致分散剂的自组装行为并降低沥青质的稳定性,原油最佳的十六烷基三甲基溴化铵和十二烷基硫酸钠的加药量分别为600和300 mg/L。在研究3种分散剂用量对中东原油S和A沥青质团聚过程的影响中,Melendez-Alvarez等[20]发现沥青质分散剂存在最优浓度。

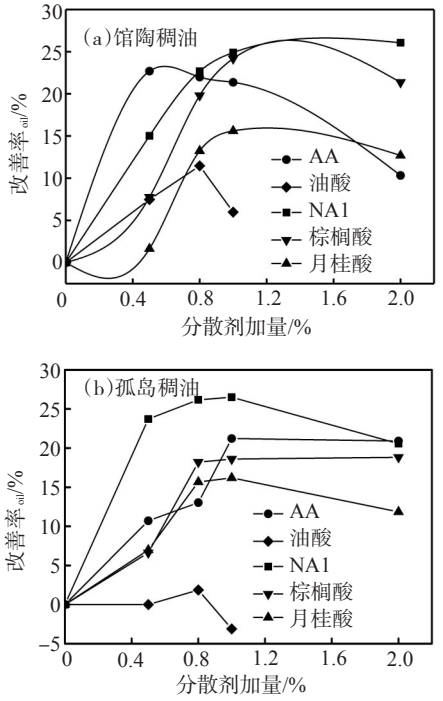


图4 分散剂加量对稠油稳定改善效果的影响

与图2中不同添加量的分散剂对沥青质稳定性的改善情况对比发现,分散剂对沥青质的改善效果总体上表现出随加量增加效果增大的趋势,并且分散剂需达到一定的添加量才能起到明显的改善作用。这与对稠油整体稳定性的改善规律不一致。这是由于对沥青质稳定性进行改善时,实验体系为溶液(沥青质-甲苯-正庚烷),分散剂能溶解于正庚烷中,大量的分散剂不会相互聚集,且在体系中分散剂更容易吸附在沥青质表面,因此分散剂的量越大对沥青质的稳定效果越好。但对稠油整体稳定性进行改善时,稠油体系中各组分之间的相互作用较复杂,添加量增多后反而不利于体系的动态平衡,适量的分散剂才能稳定分散在体系中起作用。

沥青质稳定性改善与稠油整体稳定性改善存在较大差异。稠油体系相对复杂,除沥青质外还存在胶质、饱和分、芳香分等组分,各组分之间有密切的作用和联系,要改善稠油的整体稳定性需要综合考虑各方面。而改善沥青质稳定性,主要考虑沥青质溶解分散能力的提高。AA和NA1能稳定分散沥青质,使沥青质溶解性增强,但对稠油整体改善时,无法得知沥青质在稠油体系中的溶解性,只能通过加入沉淀剂的方式测定稠油的沥青质聚沉起始点,通过推迟沥青质聚沉起始点来比较分散剂的作用效果。此时不仅要提高沥青质的溶解分散能力,还要克服时间对沥青质聚集生长的影响以及与其他组分的相互作用情况,是对稠油整体稳定性的综合改善,因此推迟稠油沥青质聚沉起始点和增加沥青质溶解度不是同一概念,并且改善难度更大,要求更高。

3 结论

几种分散剂对沥青质稳定性的改善效果较好,对沥青质改善效果随分散剂加量增大而增大,其中含磺酸基的离子型分散剂AA和斯盘系列分散剂NA1对沥青质稳定分散作用最强,可大幅降低溶液中能够稳定存在的沥青质浓度,并且两种分散剂均能明显降低沥青质的聚集程度。

分散剂对稠油整体稳定性改善率明显低于对沥青质的改善率,但不同分散剂对两者的改善趋势基本一致,分散剂对稠油整体稳定性改善存在最佳添加量。沥青质稳定性的提高对于稠油整体稳定性提高具有重要影响,但稠油稳定性的改善不完全取决于沥青质的稳定性,还受到其他组分(胶质、芳香分、饱和分)的影响。

参考文献:

[1] 程亮, 叶仲斌, 李纪晖, 等. 稠油中胶质对沥青质分散稳定性的影响研究[J]. 油田化学, 2011, 28(1): 37-44.

[2] 闵令元. 油田开发的潜在危害——沥青质沉积[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(20): 91-95.

[3] LEON O, ROGEL E, URBINA A, et al. Study of the adsorption of alkyl benzene-derived amphiphiles on asphaltene particles [J]. Langmuir, 1999, 15(22): 7653-7657.

[4] CHANG C, FOGLER H C. Stabilization of asphaltenes in aliphatic solvent using alkylbenzene-derived amphiphiles [J]. Langmuir, 1994, 10(6): 1758-1766.

[5] 周迎梅, 王继乾, 张龙力, 等. 沥青质分散剂对沥青质的稳定及缔合的影响[J]. 燃料化学学报, 2008, 36(1): 65-69.

[6] 王继乾. 添加物对渣油热反应生焦的影响及作用机理研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2007: 87-89.

[7] ÖSTLUND J, NYDÉN M, HOLMBERG K. Functional groups in fractionated asphaltenes and the adsorption of amphiphilic molecules [J]. Colloids Surf, 2004, 234(1/2/3): 95-102.

[8] HANSEN C M. The universality of the solubility parameter [J]. Ind Eng Chem Prod Res, 1969, 8(1): 2-11.

[9] ROGEL E. Simulation of interactions in asphaltene aggregates [J]. Energy Fuels, 2000, 14(3): 565-674.

[10] 周洪涛, 贾寒, 刘源, 等. 沥青质分散剂评价方法改进与新型高效分散剂合成[J]. 油田化学, 2014, 31(4): 585-588.

[11] 丁福臣, 魏洁, 王宇航, 等. 石油沥青质胶体分散特性的研究[J]. 石油化工高等学校学报, 2001, 14(3): 7-9.

[12] 苏俊霖, 马中亮, 任茂, 等. 应用光学原理研究原油沥青的聚沉过程[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2012, 34(4): 153-157.

[13] 赖南君, 彭琴, 叶仲斌, 等. 重质组分对稠油乳状液稳定性的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2014, 36(1): 145-149.

[14] 刘晨光, 阙国和, 陈月珠, 等. 用液相色谱及1H-NMR波谱评价减压渣油[J]. 石油学报(石油加工), 1987, 3(1): 90-98.

[15] 赵凤兰, 鄢捷年. 沥青质沉积抑制剂和清除剂研究[J]. 油田化学, 2004, 21(4): 310-312.

[16] 张龙力. 渣油胶体稳定性的研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2003: 33-34.

[17] 张龙力, 杨国华, 阙国和, 等. 常减压渣油胶体稳定性与组分性质关系研究[J]. 石油化工高等学校学报, 2010, 64(3): 6-10.

[18] LAMIA G, ABBAS F. Effect of resins and DBSA on asphaltene precipitation from petroleum fluids [J]. Am Inst Chem Eng, 2004, 50(2): 470-479 .

[19] MEHDI M, RIYAZ K, TOUBA H. Screening of inhibitors for remediation of asphaltene deposits: Experimental and modeling study [J]. Petroleum, 2018, 4(2): 168-177.

[20] MELENDEZ-ALVAREZ A A, GARCIA-BERMUDES M, TAVAKKOLI M, et al. On the evaluation of the performance of asphaltene dispersants [J]. Fuel, 2016, 179(17): 210-220.

Improvement Effect of Asphaltene Stability and Heavy Oil Stability by Dispersant Agent

WANG Qiuxia[1], ZHAO Lin[2], ZHANG Hua[1], ZHANG Longli[2], HAN Xiaodong[1], JIANG Cuiyu[2]

(*1. Tianjin Branch, China National Offshore Oil Corporation Limited, Tianjin 300459, P R of China; 2. College of Science, China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong 266580, P R of China*)

Abstrct: In order to evaluate the effect of dispersant on the stability of heavy oil accurately, the improvement effects of 5 kinds of dispersants on the stability of asphaltenes or heavy oils of Gudao and Guantao were studied. The dispersants included sulfonic acid anionic dispersant AA, Span series dispersant NA1, oleic acid, lauric acid and palmitic acid. The results showed that the dispersants had certain improvement effects on the stability of asphaltenes or heavy oils. Among them, AA and NA1 could significantly reduce the degree of asphaltene aggregation, and had the strongest stable dispersion effect on asphaltenes. The improvement effect on the asphaltene was generally better than that on the overall stability of the corresponding heavy oil. The improvement effect of dispersant on asphaltene stability increased with increasing concentration of dispersant. Asphaltene completely exposed in the system, and it was easy to interact with dispersant. The improvement effect of dispersant on the overall stability of heavy oil increased first and then decreased with increasing dosage of dispersant. There was an optimum value for the amount of dispersant. The improvement of asphaltene stability had an important impact on the overall stability of heavy oil, but that of heavy oil stability was also affected by resin, aromatics and saturation, and so on.

Keywords: *dispersant*; *asphaltene*; *heavy oil*; *stability*