文章编号:1000-4092(2020)01-144-06

渤海S油田聚合物驱采出液油水界面膜的稳定性分析*

刘义刚[1],谢良波[2],赵 鹏[1],韩玉贵[1],宋 鑫[1],李 壮[2],韩志鹏[2],刘 园[2],李 轶[2]

(1. 中海石油有限公司天津分公司,天津 300452;2. 天津大学理学院,天津300072)

摘要:为了明晰渤海S油田聚合物驱采出液油水界面膜稳定性的影响因素,通过对乳状液油水界面流变性、Zeta电位和界面张力等性质的表征,评价了聚合物类型、疏水缔合聚合物质量浓度和水相矿化度对原油乳状液稳定性的影响。研究表明:相对于线性聚合物,疏水缔合聚合物对于渤海S油田的原油乳状液具有明显的增稠、增黏效果,能够明显改变油水界面电性,增加油水界面活性,增强油水界面膜强度,具有更好的原油乳状液稳定效果。同时,疏水缔合聚合物的质量浓度与乳状液的界面膜弹性呈线性关系,随着聚合物质量浓度从0 mg/L增加至800 mg/L,乳状液的界面膜弹性从4 Pa增加到17 Pa。当聚合物质量浓度增至400 mg/L时,聚合物在油水界面上的吸附接近饱和。水相矿化度对原油乳状液的稳定性也有较大的影响,当矿化度在0～9417.7 mg/L时,乳状液的稳定性主要受界面电性的影响;当水相矿化度在9417.7～18835.4 mg/L时,乳状液的稳定性主要受油水界面膜结构强度的影响。图12参17

关键词:原油乳状液;稳定性;油水界面;流变性能;界面张力;Zeta电位

中图分类号:O648.2*3:TE39 **文献标识码:**A **DOI:**10.19346/j.cnki.1000-4092.2020.01.025

0 前言

为提高石油开采率、增加资源利用效率,我国大多数油田的石油开采已经进入三次采油驱油阶段[1]。三次驱油技术通过扩大体积波及系数,大幅度提高了石油采收率,但同时加入大量的驱油剂也改变了流体的黏度和组成[2]。原油采出液在运输过程中受到管道、阀门等的物理剪切作用,同时驱油剂增加了原油乳状液的化学黏度,使得油水两相之间由于乳化作用而形成稳定的乳状液[3]。在油藏地质条件一定时,驱油用聚合物的性能决定了聚合物驱油的效果[4]。渤海S油田采用疏水缔合聚合物驱油,显著提高了油田的增油降水效果,但是由于疏水缔合聚合物的增黏、增稠作用,致使采出液破乳困难,导致海上油田原油脱水和污水处理困难程度日益加剧。因此,明确原油乳状液稳定性的影响因素,对于解决原油乳状液破乳脱水具有重要的指导意义。

目前,为简化研究乳状液稳定性的影响因素,研究者们通过提取原油中的沥青质、胶质、饱和份和芳香份等界面活性物质,配制相应的模拟油乳状液,对乳状液体系进行稳定性研究[5-7]。但是,相对于模拟油乳状液体系中活性组分的提纯简化,原油乳状液体系成分更加复杂,稳定性影响因素研究更加困难,因此对于原油乳状液体系的稳定性影响因素缺乏比较全面的认识。本文从界面张力、Zeta电位以及界面膜弹性等方面对原油乳状液的稳定性影响因素进行了研究,分析了不同类型聚合物、不同质量浓度的疏水缔合聚合物和水相矿化度对原油乳状液稳定性的影响。

* **收稿日期:**2019-05-16;**修回日期:**2019-05-29。

基金项目:国家科技重大专项子课题"渤海油田化学驱产出液界面脱稳机理及高效处理新技术研究"(项目编号2016ZX05058-003-004)。

作者简介:刘义刚(1969–),男,教授级高级工程师,西南石油大学油气田开发工程专业博士(2013),从事油气田开发与开采技术工作,E-mail:liuyg@cnooc.com.cn。谢良波(1992–),男,天津大学应用化学专业博士研究生(2017–),本文通讯联系人,从事油气田开采技术工作,通讯地址:300072 天津市南开区卫津路92号天津大学,E-mail:757283511@qq.com。

1　实验部分

1.1　材料与仪器

渤海S油田脱水原油：密度0.964 g/cm^3（20℃），黏度373 mPa·s（65℃，60 r/min），凝固点0℃，含胶质12.53%、沥青质10.48%、芳香和饱和份67%左右；疏水缔合聚合物（以下简称缔合型），平均相对分子质量1×10^7、固含量89.80%、疏水基含量1%；线性聚合物I（以下简称线性I），平均相对分子质量1.8×10^7、固含量89.2%、水解度29.2%；线性聚合物II（以下简称线性II），平均相对分子质量2.2×10^7、固含量91.02%、水解度20.16%；中海石油有限公司天津分公司。实验用模拟水，矿化度9417.7 mg/L，主要离子质量浓度（单位mg/L）：$Na^+ + K^+$ 3091.96、Mg^{2+} 202.25、Ca^{2+} 276.17、Cl^- 5436.34、SO_4^{2-} 85.29、CO_3^{2-} 14.21、HCO_3^- 311.48；煤油、$CaCl_2$、$MgCl_2$、Na_2CO_3、$NaHCO_3$、Na_2SO_4、KCl和NaCl，分析纯，天津市江天化工技术有限公司。

HT-II型石油混调器，无锡市石油仪器设备有限公司；HH S11-4型恒温水浴搅拌器，上海博讯实业有限公司；Discovery DHR-2流变仪，美国TA公司；OCA25型视频光学接触角测量仪，德国Dataphysics公司；Zetasizer nano ZS90型Zeta电位分析仪，英国马尔文仪器有限公司。

1.2　测试方法

1.2.1　原油乳状液的配制

在模拟水中加入一定量的疏水缔合聚合物得到质量浓度分别为200、400、600和800 mg/L的含聚模拟水，作为原油乳状液的水相；在研究聚合物类型对原油乳状液稳定性的影响实验中，固定聚合物质量浓度为600 mg/L，改变聚合物种类配制几种不同类聚合物的含聚模拟水作为原油乳状液的水相；在研究矿化度对原油乳状液稳定性的影响实验中，固定疏水缔合聚合物质量浓度为600 mg/L，改变模拟水中无机盐的投加量，配制不同矿化度（0、9417.7和18835.4 mg/L）的含聚模拟水作为原油乳状液的水相。

称取一定量的原油（油相）和上述配制的含聚模拟水（水相），分别在65℃恒温水浴槽中加热30 min，然后将油水两相按照油水体积比3∶7混合，并在石油混调器中以6000 r/min的搅拌速率乳化30 min，制备得到实验所需的原油乳状液。

1.2.2　油水界面张力的测定

采用OCA25型视频光学接触角测量仪，通过悬滴法在25℃下测试含聚模拟水与模拟油（煤油、原油体积比10∶1）间的界面张力。

1.2.3　油水界面流变性的测定

将1.2.1节制备的2 mL原油乳状液置于流变仪的样品台，设定样品台上下夹具的间距为1000 μm，并刮除多余溢出样品。在振动频率0.1～1.0 Hz、剪切速率7.344 s^{-1}，温度65℃、固定应力1.0 Pa的条件下，测试不同原油乳状液的复数黏度。调整流变仪参数，在振动频率0.5 Hz、剪切速率7.344 s^{-1}、温度65℃，固定应力1.0 Pa的测试条件下测定相应原油乳状液的储能模量。

1.2.4　Zeta电位的测定

将1.2.1节制备的原油乳状液倒入烧杯中静置24 h，待油水两相彻底分层后，取4 mL油相液面下1 cm处的水相置于比色皿中，采用Zetasizer Nano ZS90型Zeta电位分析仪在25℃下测定原油乳状液分层后水相的Zeta电位。

2　结果与讨论

2.1　聚合物类型对原油乳状液稳定性的影响

复数黏度为复数应力与复数剪切速率之比，其能够在一定程度上反映原油乳状液的稳定性。研究表明，复数黏度值越大，乳状液的油水界面膜结构越稳定，乳状液稳定性越强[8]。聚合物类型对原油乳状液的复数黏度、储能模量、Zeta电位和界面张力的影响见图1，聚合物质量浓度为600 mg/L，矿化度为9417.7 mg/L。由图1（a）可以看出，疏水缔合聚合物、线性聚合物I和线性聚合物II驱原油乳状液的复数黏度均随剪切频率的增加而下降，说明这3种不同聚合物驱原油乳状液均为假塑性流体。然而，这3种不同类型的聚合物驱原油乳状液的复数黏度初始值有所不同，其中缔合型聚合物驱原油乳状液的初始值最大，达到了30.3 Pa·s，高于线性I和线性II聚合物驱原油乳状液的复数黏度，说明缔合型聚合物对乳状液的增黏效果最为显著。且缔合型聚合物驱乳状液在不同剪切频率下的复数黏度始终大于线性I和线性II两种直链型聚合物驱乳状液的，说明缔合型聚合物对渤海S油田的原油乳状

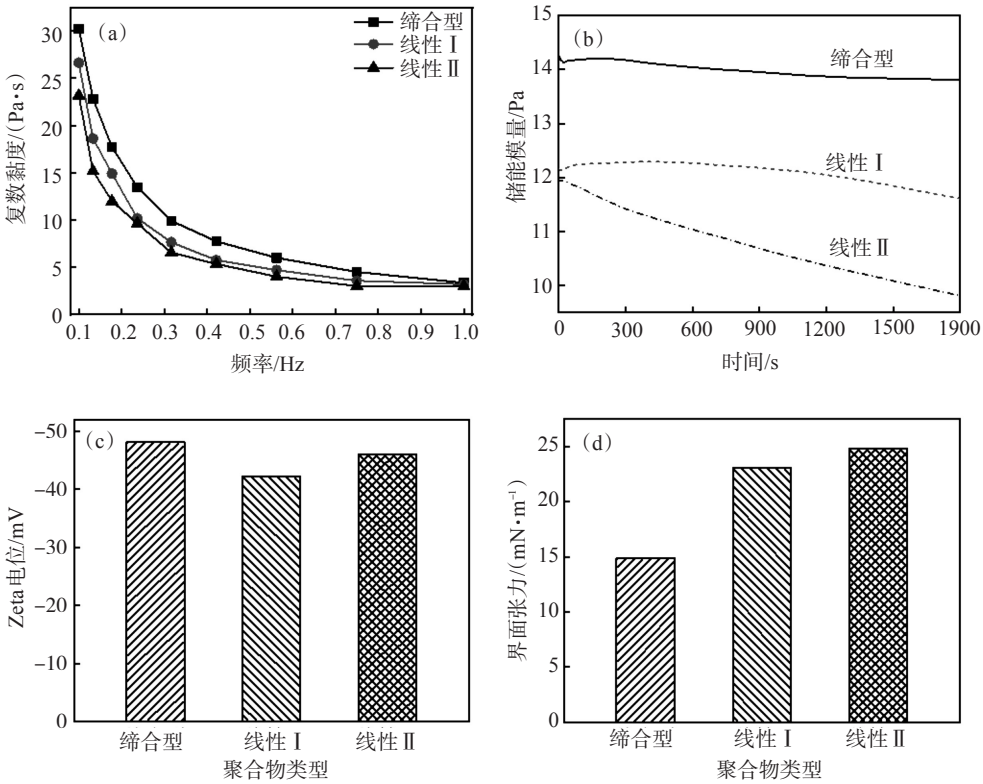

图1 聚合物类型对原油乳状液的复数黏度、储能模量、Zeta电位和界面张力的影响

液稳定性起到关键作用。

储能模量反映了流体在形变过程中由于弹性形变而储存的能量。储能模量越大，界面膜恢复形变的弹性越强，界面膜弹性越强，破乳难度越大[9]。由图1(b)可知，缔合型聚合物驱原油乳状液的储能模量明显大于其他两种直链型聚合物驱原油乳状液的，缔合型聚合物形成的油水界面膜弹性和强度最大。缔合型聚合物驱原油乳状液的储能模量随着时间的延长变化最小，在30 min内仅由14.3 Pa降低至13.8 Pa；而线性Ⅰ和线性Ⅱ两种直链型聚合物驱原油乳状液的储能模量随着时间的延长均呈明显的下降趋势，尤其是线性Ⅱ型聚合物驱乳状液，储能模量在30 min内下降约2 Pa。以上结果说明缔合型聚合物形成的界面膜结构相对其他类型聚合物形成的界面膜结构更加稳定。因为疏水缔合聚合物具有较大的油/水吸附作用，其疏水基团可以吸附到油水界面膜上，同时由于聚合物分子间的缔合作用，吸附到油水界面上的聚合物能够稳定油水界面膜的空间结构，使油水界面膜的稳定性增强，提高油水界面稳定性[10]。

图1(c)表明不同类型的聚合物均能改变油水界面膜的电性质，且缔合型聚合物中带有负电荷的羧基能够较大程度地增加体相中的负电荷，使得油珠间的斥力增大[11]。同时，聚合物类型也能影响聚合物溶液与模拟油间地界面张力(图1(d))，缔合型聚合物溶液与模拟油的界面张力最小，为14.91 mN/m，分别比线性Ⅰ和线性Ⅱ型聚合物溶液与模拟油的界面张力低35.41%和39.83%。缔合型聚合物是两亲性高分子，更容易在油水界面上形成稳定的界面结构，增强界面膜强度和弹性，因此缔合型聚合物驱原油乳状液在相同质量浓度下较其他类型聚合物原油乳状液具有较大的增黏性及界面膜稳定性，造成破乳困难。

2.2 疏水缔合聚合物质量浓度对原油乳状液稳定性的影响

图2是不同质量浓度缔合型聚合物原油乳状液的流变性、界面膜储能模量、Zeta电位和界面张力曲线，矿化度为9417.7 mg/L。由图2(a)可以看出，随着聚合物质量浓度的增加，原油乳状液的复数黏度呈现上升趋势，质量浓度为800 mg/L的乳状液初始复数黏度(33.02 Pa·s)是未加聚合物的乳状液初始复数黏度(5.75 Pa·s)的5.7倍，说明缔合型聚合物对

原油乳状液具有明显的增稠、增黏效果。当聚合物质量浓度达到400 mg/L后，继续增加聚合物浓度，原油乳状液的复数黏度呈现缓慢的增加趋势，此时聚合物在油水界面膜上接近达到吸附饱和，继续增加聚合物质量浓度会使乳状液体相黏度增加。

如图2(b)所示，原油乳状液的储能模量随聚合物质量浓度的增加呈现线性上升趋势，这表明聚合物质量浓度对于油水界面膜的稳定、界面膜结构的增强存在线性相关性。同时从图2b还可看出，随老化时间的延长，缔合型聚合物驱原油乳状液的油水界面膜弹性几乎维持不变，说明缔合型聚合物对于维护油水界面稳定起着重要的作用，这也相应地增加了破乳难度。

如图2(c)所示，当聚合物质量浓度为0 mg/L时，乳状液的Zeta电位为 −24.3 mV。随着聚合物的质量浓度逐渐递增为200、400、600和800 mg/L时，乳状液的Zeta电位向负值移动，分别为 −42.4、−45.6、−48.2和−51.3 mV。未加入聚合物的乳状液的油水界面上含有负电荷，因此初始乳状液的Zeta电位呈负值。而当缔合型聚合物加入乳状液后，由于聚合物自身的水解作用以及聚合物在油水界面上的扩散、渗透和吸附作用，使得乳状液液珠的负电性增强。众所周知，乳状液的液珠带电，使液珠相互接近时产生静电斥力，从而可阻止液珠的聚并，使得乳状液的稳定性增强。

如图2(d)所示，当聚合物质量浓度从0 mg/L递增到800 mg/L时，乳状液的平衡界面张力由24.6 mN/m降低为12.5 mN/m，下降约50%。导致此现象的原因可能是：缔合型聚合物是表面活性剂，其质量浓度的增大能够促进了乳状液中油相和水相的增溶效果；其次，疏水缔合聚合物的疏水侧链和亲水基团分别与油水界面的油相和水相中的活性物质结合，同时，随聚合物质量浓度增加，聚合物分子间缔合作用程度增强，聚合物分子聚集态由多分子聚集体转变为空间网络结构，分子链的空间构象稳定了油水界面的吸附，使得界面上吸附层的厚度增

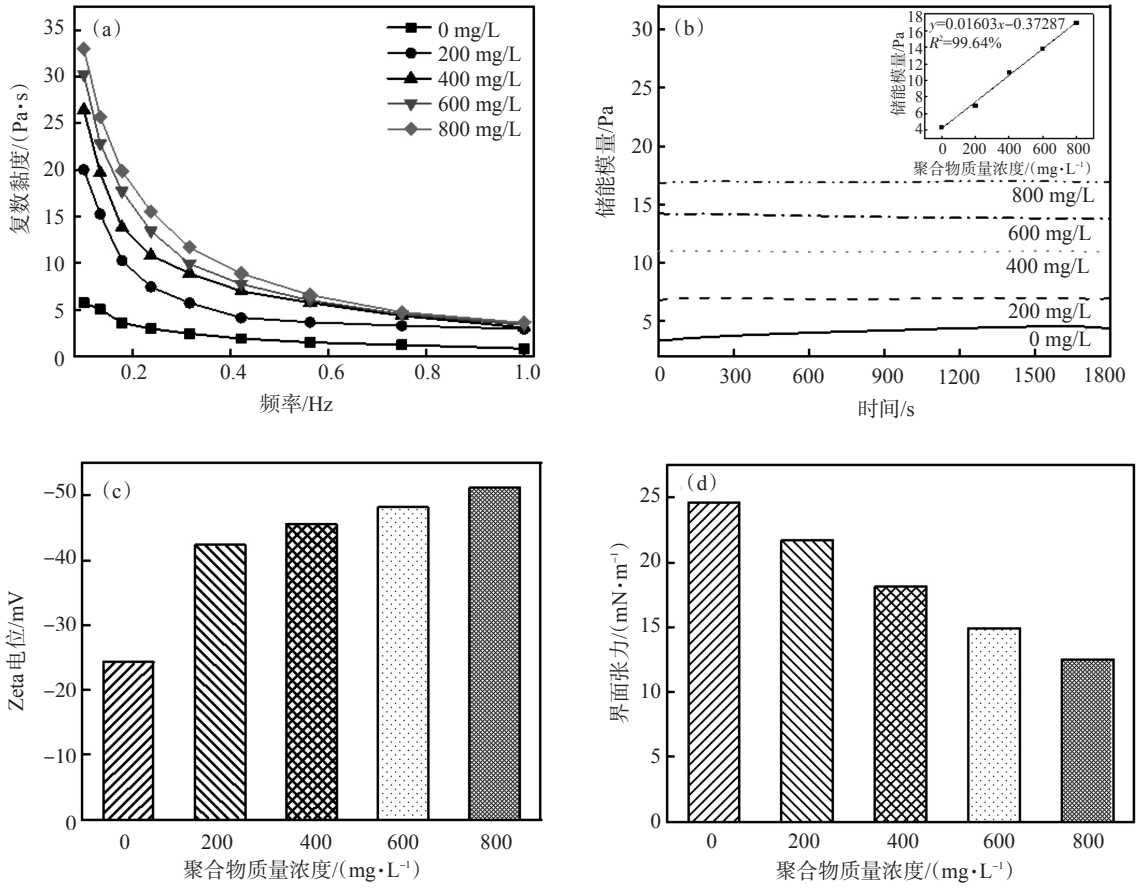

图2　聚合物质量浓度对原油乳状液复数黏度、储能模量、Zeta电位和界面张力的影响

加，稳定了油水界面膜的强度[2]。

2.3 矿化度对原油乳状液稳定性的影响

为提高聚合物驱油技术在油田的采收率，研究者们设计了抗盐、抗剪切的疏水缔合聚合物[12-13]。研究表明，矿化度对于疏水缔合聚合物溶液的增黏、耐温、抗盐、抗剪切等特性具有明显的影响[14]，且乳状液的矿化度对疏水缔合聚合物溶液的黏度影响较大[15]。为明确疏水缔合聚合物驱原油乳状液的稳定性与矿化度的关系，研究了矿化度对缔合型聚合物原油乳状液的流变性、Zeta电位和界面张力的影响，结果见图3，聚合物质量浓度为600 mg/L。如图3(a)所示，矿化度对于乳状液的剪切频率与复数黏度的影响较大。当矿化度为0 mg/L时，原油乳状液在剪切频率为0.1 Hz时的复数黏度为8.36 Pa·s，明显低于矿化度为9417.7 mg/L和18835.4 mg/L时的30.25 Pa·s和26.12 Pa·s。随着剪切频率逐渐增大，不同矿化度下乳状液的复数黏度均有所下降。水相中无机盐离子的加入使溶剂极性增强，聚合物分子间疏水缔合作用增强，黏度增加[15]。当矿化度由9417.7 mg/L增至18835.4 mg/L后，乳状液的复数黏度稍有下降。矿化度含量在9417.7 mg/L时，无机盐离子的含量比18835.4 mg/L矿化度下的含量相对较少，有利于分子间的疏水缔合，减少了分子内的疏水缔合作用，疏水缔合聚合物分子舒展程度较大，从而导致乳状液的复数黏度相对较大[14]。

如图3(b)所示，矿化度为0 mg/L的原油乳状液的储能模量最低，而矿化度增至9417.7～18835.4 mg/L时储能模量随之增大，一方面，溶剂极性增强导致聚合物的疏水缔合作用，另一方面无机盐离子增加了油水界面上液珠间的电性排斥，使得界面活性物质在油水界面上因静电斥力更难聚并，两者共同增强了油水界面膜的强度。矿化度为9417.7 mg/L的乳状液的储能模量约为14 Pa，高于18835.4 mg/L矿化度下的11 Pa，这说明18835.4 mg/L矿化度下的界面膜强度低于9417.7 mg/L下的界面膜强度，可能是因为大量的无机盐离子与疏水缔合聚合物分子链上的羧基作用，引起分子链的扭曲，致使聚合物在油水界面膜上的空间稳定作用减弱[15]。

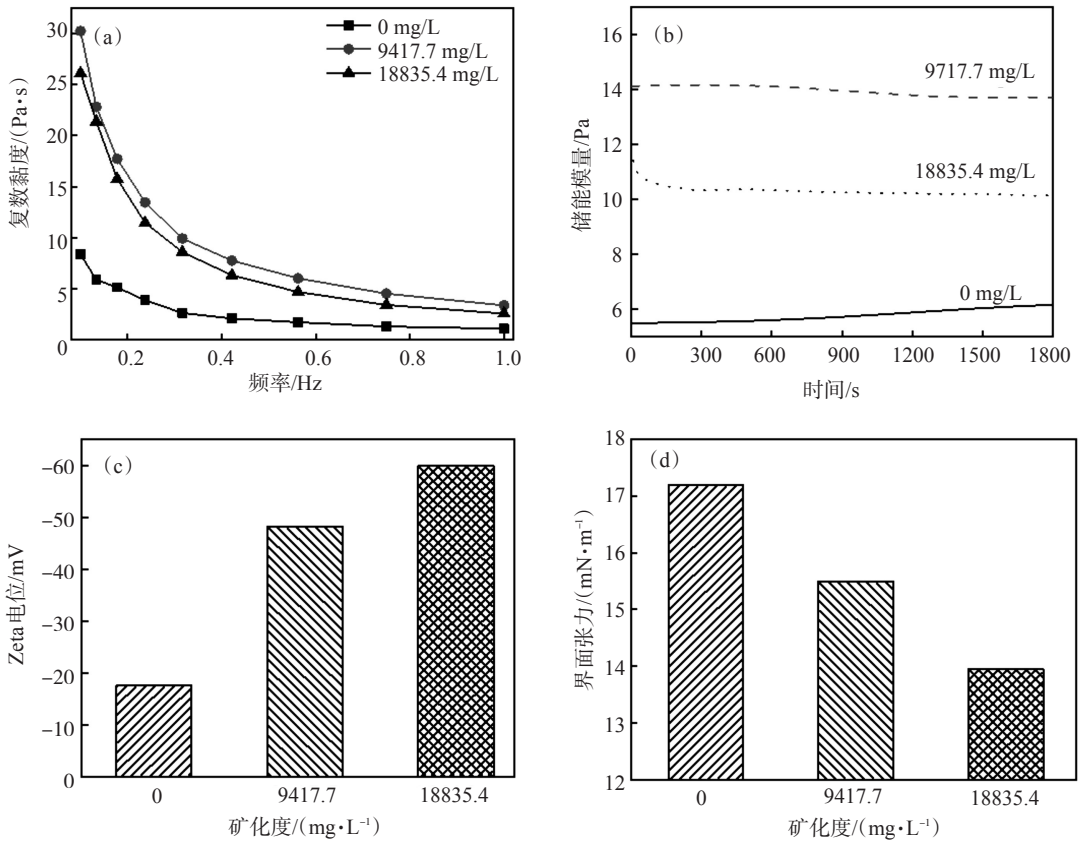

图3 (a)矿化度对原油乳状液的复数黏度、储能模量、Zeta电位和界面张力的影响

图3(c)中的Zeta电位与矿化度的关系曲线验证了矿化度对油水界面电性的影响。在0 mg/L矿化度下，Zeta电位值为-17.6 mV，这与乳状液本身所带电性和聚合物的羧基基团以及聚合物水解有关。当增加水相的矿化度后，乳状液的Zeta电位向负值移动，在矿化度9417.7 mg/L和18835.4 mg/L下的Zeta电位分别为-48.2 mV和-59.9 mV。结果表明，低矿化度(0～9417.7 mg/L)下，由于无机盐的加入使得油水界面的电性排斥在乳状液的稳定性上占据主要作用，当继续增加矿化度(9417.7～18835.4 mg/L)时，由于金属阳离子与疏水缔合聚合物的结合，导致乳状液整体呈现Zeta电位缓慢向负值移动的现象[16]。

如图3(d)所示，随着矿化度的不断升高，界面张力逐渐下降。这是因为随矿化度的升高，乳状液中增加了可与Ca^{2+}结合生成沉淀的碳酸氢根离子(如式(1)所示)，使得原油中的环烷酸钙盐的电离平衡向右移动[17]，如式(2)所示：

$$Ca^{2+}+2HCO_3^-\longrightarrow CaCO_3\downarrow+2H^+ \quad (1)$$

$$(RCOO)_2Ca\Longrightarrow Ca^{2+}+2RCOO^- \quad (2)$$

乳状液中的界面活性物质环烷酸盐经电离平衡游离吸附到油水界面上，增加了油水界面活性，使得乳状液的界面张力明显降低。由于环烷酸钙水解导致的界面活性物质的增加量与聚合物分子的空间卷曲作用相比，聚合物分子在高矿化度下的卷曲作用更明显，因此呈现出乳状液的界面张力较小，但出现油水界面强度却减弱的现象。

3　结论

疏水缔合聚合物由于存在分子间缔合作用，能够稳定地吸附在原油乳状液的油水界面上，同时由于其分子链中存在带负电荷的羧基，导致乳状液液珠之间具有较大的电性排斥作用，因此对于渤海S油田的原油乳状液的稳定性发挥着关键的作用。

随疏水缔合聚合物的质量浓度的增加，聚合物分子间缔合作用程度增强，聚合物分子聚集态由多分子聚集体转变为空间网络结构，能够增强乳状液界面膜的结构强度和界面膜弹性，因此聚合物质量浓度是影响乳状液稳定性的关键因素之一。

矿化度主要是通过改变聚合物分子的缔合状态和界面电性对乳状液的稳定性发挥作用的。当矿化度在9417.7 mg/L以上时，矿化度对乳状液的稳定性影响相对较小。

参考文献：

[1] 袁士义，王强. 中国油田开发主体技术新进展与展望[J]. 石油勘探与开发，2018，45(4)：657-668.

[2] 张云，谢坤，康晓东，等. 疏水缔合聚合物AP-P4在SZ36-1油田油藏储层条件下静吸附和解吸附规律研究[J]. 油田化学，2016，33(3)：468-471.

[3] 段明，陶俊，方申文，等. pH值对原油乳状液稳定性的影响[J]. 化工进展，2015，34(7)：1853-1857.

[4] 殷代印，仲玉仓. 马来酸十六双酯磺酸钠-丙烯酰胺聚合物驱油剂的室内性能研究[J]. 石油化工，2018，47(6)：600-604.

[5] 李杰瑞，刘卫东，周义博，等. 化学驱及乳化研究现状综述[J]. 应用化工，2018，47(9)：1957-1961.

[6] 赵一潞，康万利，殷夏，等. 长庆油包水乳状液的稳定性与沥青质含量的关系[J]. 石油学报.石油加工，2018，34(3)：592-599.

[7] ACEVEDO S，ESCOBAR G，GUTIéRREZ L，et al. Isolation and characterization of natural surfactants from extra heavy crude oils，asphaltenes and maltenes. Interpretation of their interfacial tension-pH behaviour in terms of ion pair formation[J]. Fuel，1992，71(6)：619-623.

[8] 常玉霞，袁存光，方洪波. 聚合物对W/O乳状液稳定性的影响规律研究[J]. 油田化学，2011，28(1)：86-88.

[9] JIA Y，ZHENG M，XU Q，et al. Rheological behaviors of pickering emulsions stabilized by TEMPO-oxidized bacterial cellulose[J]. Carbohydr Polym，2019，215:263-271.

[10] 缪云展，段明，张健，等. 水解聚丙烯酰胺对原油破乳的影响[J]. 石油化工，2010，39(2)：188-191.

[11] 郭亚梅，李明远，贺辉宗，等. 聚合物-表面活性剂对原油模拟油/水界面Zeta电位的影响[J]. 油田化学，2009，26(4)：415-418.

[12] 黄志宇，李鹏飞，饶政，等. 疏水缔合聚合物AHAPAM的制备与性能评价[J]. 油田化学，2018，35(2)：289-295.

[13] LI F，LIU J，LUO Y，et al. Synthesis，evaluation and aqueous solution behavior of the cationic fluorinated hydrophobically associating polyacrylamide[J]. J Polym Res，2019，26(2)：35-45.

[14] 谢明辉，周国忠，刘敏，等. 搅拌槽内新型疏水缔合聚合物AP-P4的溶解性[J]. 华东理工大学学报：自然科学版，2010，36(3)：329-333.

[15] 唐恒志，张健，王金本，等. 绥中36-1油田注入水水质对疏水缔合聚合物溶液黏度的影响[J]. 中国海上油气，2007，19(6)：390-393.

[16] 薛新生，郭拥军，马军隆，等. 离子对缔合聚合物溶液黏度剪切保留率影响研究[J]. 石油钻采工艺，2008，30(4)：96-99.

[17] 李明远，吴肇亮. 石油乳状液[M]. 北京：科学出版社，2009：368-386.

(下转第154页。to be continued on p.154)

process in Missan oilfield, the effect of dehydration temperature and emulsification times on demulsification capability was investigated, and the evaluation conditions were determined. The optimum formula HYP-243 was developed by bottle test and electric dehydration method. Finally HYP-243 was applied in Missan oilfield. The experiment results showed that when the dosage of demulsifier was 80 mg/L, the temperature was 60℃ and the emulsification times was 150, the demulsifier HYP-243 formulated by alkylphenol formaldehyde resin demulsifer YFPC-541, phenol-amine resin demulsifier YFPG-242 and aliphatic amine demulsifier YFPC-140 in mass ratio 4∶1∶0.5, had better dehydration performance than demulsifier RP-968, such as faster dehydration rate, higher final dehydration volume and cleaner water quality. The field test results showed that better salt leaching effect was achieved when the dosage of HYP-243 was 75 mg/L. The average salt content in outer wash tank site decreased from 573 mg/L to 358 mg/L, and that in output crude oil decreased from 36 mg/L to 22 mg/L, even if the dosage was reduced by 10 mg/L. The results showed that HYP-243 could meet the requirements that the salt content of output crude was lower than 28 mg/L, which was helpful for the high and stable production.

Keywords: *Missan oilfield*; *demulsifier*; *demulsification dehydration*; *desalting by water blending*; *crude oil*

（上接第149页。continued from p.149）

Stability Analysis of Polymer Flooding Produced Fluid Interface Membrane in Bohai S Oilfield

LIU Yigang[1], XIE Liangbo[2], ZHAO Peng[1], HAN Yugui[1], SONG Xin[1], LI Zhuang[2], HAN Zhipeng[2], LIU Yuan[2], LI Yi [2]

（*1. China National Offshore Oil Corporation, Tianjin Branch, Tianjin 300452, P R of China; 2. School of Science, Tianjin University, Tianjin 300072, P R of China*）

Abstract: In order to clarify the influencing factors of oil-water interfacial film stability of polymer flooding produced liquid in Bohai S oilfield, the influence of polymer type, mass concentration of hydrophobic associating polymer and salinity of aqueous phase on thestability of crude oil emulsion was evaluated by the characterizations of oil-water interfacial rheology, Zeta potential and interfacial tension. The results showed that compared with linear polymer, hydrophobic associating polymer had obvious thickening and viscosifying effect on crude oil emulsion in BoHai S oilfield, which could significantly change the oil-water interface electrical property, increase the oil-water interface activity, enhance the strength of oil-water interface membrane, and had better emulsion stability. At the same time, there was a linear correlation between the concentration of hydrophobic associating polymer and the interfacial membrane elasticity of the emulsion. With the increase of the polymer concentration from 0 mg/L to 800 mg/L, the interfacial membrane elasticity of the emulsion increased from 4 Pa to 17 Pa. When the mass concentration of polymer increased up to 400 mg/L, the adsorption of the polymer at the oil-water interface was close to saturation. The water phase salinity also had a great influence on the stability of crude oil emulsion. When the salinity was 0—9417.7 mg/L, the stability of the emulsion was mainly affected by the electrical properties of the interface; while when the salinity of aqueous phase was 9417.7 —18,835.4 mg/L, the stability of emulsion was mainly affected by the structural strength of oil-water interface membrane.

Keywords: *crude emulsion*; *stability*; *oil-water interface*; *rheological property*; *interfacial tension*; *Zeta potential*