



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102690642 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201210159239. 4

WO 2011045205 A1, 2011. 04. 21, 说明书全

(22) 申请日 2012. 05. 21

文.

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司

审查员 岳瑞娟

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

(72) 发明人 张帆 马德胜 朱友益 罗文利

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 丁香兰 韩蕾

(51) Int. Cl.

C09K 8/588 (2006. 01)

C09K 8/584 (2006. 01)

E21B 43/22 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101955448 A, 2011. 01. 26, 说明书全文.

CN 1814691 A, 2006. 08. 09, 说明书全文.

权利要求书2页 说明书9页 附图1页

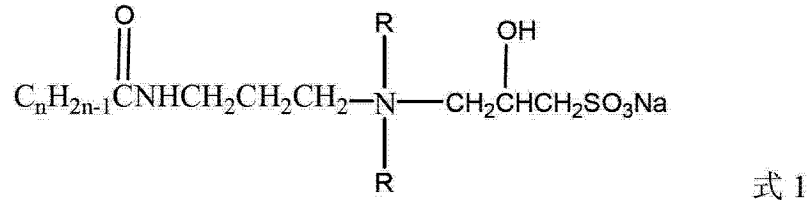
(54) 发明名称

适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物及其应用

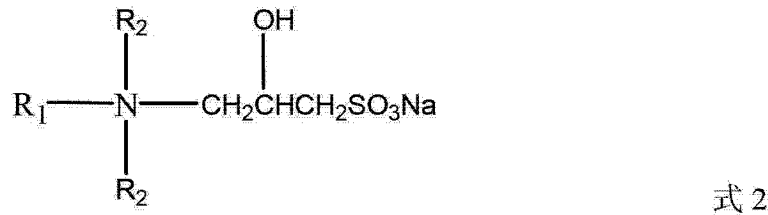
(57) 摘要

本发明涉及一种适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物及应用。以该三元复合驱油用组合物的总重量计,其由以下成分组成:复合表面活性剂 0.05% -0.3%,聚合物 0.1% -0.25%,碱性物质 0.05% -2.00%,其余为水;其中,复合表面活性剂由两种不同结构的羟磺基甜菜碱组成,二者的质量比为 9 : 1-4 : 6。本发明还提供了上述三元复合驱油用组合物在三次采油中的应用。本发明提供的复合表面活性剂的三元驱油组合物的驱油效率高,且油酸酰胺羟磺基甜菜碱价格低,可以降低驱油成本。

1. 适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,以该三元复合驱油用组合物的总重量计,其由以下成分组成:复合表面活性剂、0.05%-0.3%,聚合物、0.1%-0.25%,碱性物质、0.05%-2.00%,其余为水;其中,所述复合表面活性剂由具有式1所示的结构羟磺基甜菜碱和具有式2所示的结构羟磺基甜菜碱组成,二者的质量比为9:1-4:6;



式1中,n为17-21,R为甲基或乙基;

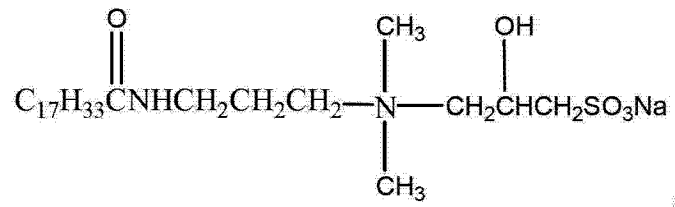


式2中,R₁为C₁₂-C₁₈的任意一种烷基,R₂为甲基或乙基;

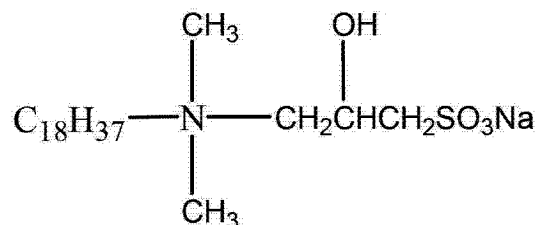
其中,所述聚合物为水溶性聚丙烯酰胺聚合物和/或星形耐温抗盐聚合物,所述水溶性聚丙烯酰胺聚合物的水解度为20%-30%,所述星形耐温抗盐聚合物的水解度为1%-5%;

所述碱性物质是氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸氢钠、碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠、三甲胺和三乙胺中的一种或者几种。

2. 根据权利要求1所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,其中,所述具有式1所示的结构羟磺基甜菜碱为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱,结构式为:



所述具有式2所示的结构羟磺基甜菜碱为碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱,结构式为:



3. 根据权利要求2所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,其中,所述复合表面活性剂的重量百分比为0.1%-0.3%,所述聚合物的重量百分比为0.1%-0.2%,所述碱性物质的总量百分比为0.1%-1.00%,所述油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和所述碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的质量比为8:2-6:4。

4. 根据权利要求1或3所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,其中,所

述聚合物的分子量为 300 万至 3500 万。

5. 根据权利要求 1 所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,其中,所述水为油田注入污水、地层水或清水,所述水的矿化度小于 200000mg/L。

6. 根据权利要求 1 或 3 所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,其中,所述复合表面活性剂的重量百分比为 0.2%,所述聚合物的重量百分比为 0.2%,所述碱性物质的重量百分比为 0.2%,所述油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与所述碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的质量比为 7:3,所述聚合物为星形耐温抗盐聚合物,所述碱性物质为碳酸钠或四硼酸钠。

7. 权利要求 1-6 任一项所述的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物在三次采油中的应用。

8. 根据权利要求 7 所述的应用,其中,所述组合物是用于满足以下条件的油藏:温度 $\geq 75^{\circ}\text{C}$,水的总矿化度 $\geq 20000\text{mg/L}$, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量 $\geq 1000\text{mg/L}$ 的油藏。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的应用,其中,所述高温高盐油藏是温度为 75°C - 95°C 的油藏。

适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种三次采油中所用的化合复合驱油用组合物,特别是涉及一种三元复合驱油用组合物及其在三次采油中的应用,属于石油开采技术领域。

背景技术

[0002] 我国主力油田主要以陆相沉积为主,现场试验证明化学驱是陆相沉积油田提高采收率主导技术之一。大庆油田聚合物驱年增产原油已达 1000 万吨,通过聚合物控制流度提高波及体积来提高采收率的幅度达到 10% 以上。三元复合驱油通过控制流度及降低界面张力的协同作用提高采收率幅度高于聚合物驱油,大庆油田开展的多项矿场试验表明强碱三元复合驱油提高采收率 20% 以上,弱碱三元复合驱油提高采收率 18% 以上。因此,复合驱油技术是我国主力油田增加可采储量的主要手段,是中国石油稳定原油产量的主导技术之一。

[0003] 强碱三元复合驱油由于碱的作用,使得油井结垢严重,检泵周期缩短,采油的技术难度和附加成本增加;高浓度的碱对三元复合体系黏度有较大影响,为了达到设计的流度控制能力,需要增大配方体系中聚合物的浓度,从而增加了驱油剂的成本;复合驱油产出液乳化严重、脱水处理难度大。因此,复合驱油的一个重要发展趋势是弱碱化。

[0004] 三次采油中应用最广泛的阴离子型和非离子型表面活性剂,由于耐盐性和耐高温性差,不能适用于高温高盐油藏。目前,国内外对驱油用耐温抗盐表面活性剂的研究主要集中在阴离子-非离子表面活性剂和季铵表面活性剂两个方面。然而,阴非型表面活性剂和季铵表面活性剂合成工艺较为复杂,成本较高。因此,研制廉价高效的耐温抗盐表面活性剂是十分必要的。

[0005] 两性离子表面活性剂分子中同时具有阳离子、阴离子部分,可形成内盐,对电解质不敏感,有良好的耐硬水性、钙皂分散能力,且临界胶束浓度低,因而对于高矿化度、高温度的油藏,两性表面活性剂是一个重要的、极具潜力的研究方向。甜菜碱型表面活性剂分子内有强碱性 N 原子,其两性特征不依赖 pH 值,等电点区域溶解度无变化,且甜菜碱表面活性剂在两性表面活性剂中产量最大、工艺最成熟,在三次采油中更有发展前景,但具有耐温抗盐性能的甜菜碱表面活性剂的相关研究报道相对较少。

[0006] 发明专利“一种含酰胺基团羟磺基甜菜碱及其制备和应用”(申请号 2010101304082)公开了一种新型甜菜碱类两性离子表面活性剂,其中公开了芥酸酰胺羟磺基甜菜碱组成的二元、三元体系均能达到超低界面张力,但是该甜菜碱的合成采用芥酸为原料,其成本非常高,而且单纯用芥酸酰胺羟磺基甜菜碱作为表面活性剂制成的二元、三元体系其界面张力在 1 小时后有所回升,在 105 分钟后不能达到超低界面张力。因此,采用廉价的油酸酰胺羟磺基甜菜碱替代价格较高的芥酸酰胺羟磺基甜菜碱,并对油酸酰胺羟磺基甜菜碱进行复配研究,提高其界面性能。

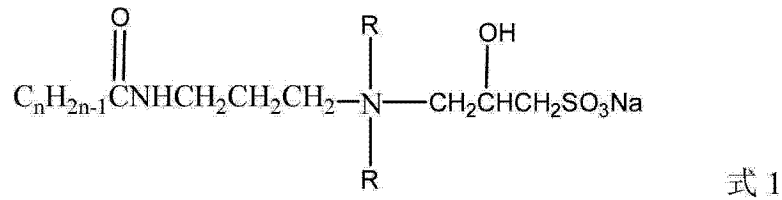
发明内容

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,将不同的羟磺基甜菜碱复配形成复合表面活性剂,在达到超低界面张力的同时,降低成本,克服长时间后界面张力回升的缺陷。

[0008] 为达到上述目的,本发明首先提供了一种适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物,以该三元复合驱油用组合物的总重量计,其由以下成分组成:

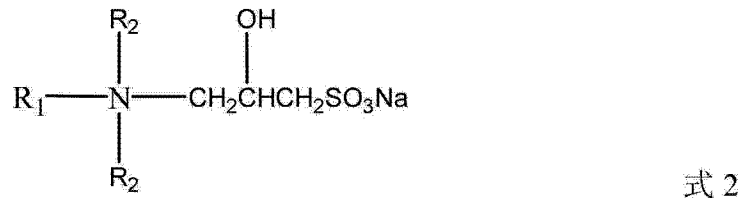
[0009] 复合表面活性剂、0.05% - 0.3%, 聚合物、0.1% - 0.25%, 碱性物质、0.05% - 2.00%, 其余为水;其中,复合表面活性剂由具有式 1 所示的结构的羟磺基甜菜碱和具有式 2 所示的结构的羟磺基甜菜碱组成,二者的质量比为 9 : 1-4 : 6;

[0010]



[0011] 式 1 中, n 为 17-21, R 为甲基或乙基;

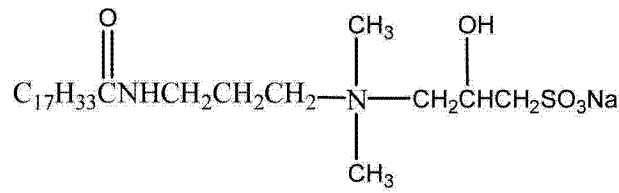
[0012]



[0013] 式 2 中, R₁ 为 C₁₂-C₁₈ 的任意一种烷基, R₂ 为甲基或乙基。

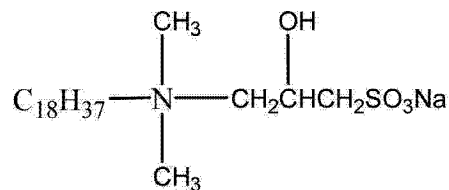
[0014] 根据本发明的具体实施方案,优选地,上述适用于高温高盐油藏的二元无碱复合驱油用组合物,其中,具有式 1 所示的结构的羟磺基甜菜碱为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱,结构式为:

[0015]



[0016] 具有式 2 所示的结构的羟磺基甜菜碱为碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱,结构式为:

[0017]



[0018] 根据本发明的具体实施方案,优选地,上述三元复合驱油用组合物所适用的高温高盐油藏为温度 ≥ 75°C、水的总矿化度 ≥ 20000mg/L、Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 含量 ≥ 1000mg/L 的油藏。上述高温高盐油藏可以是温度为 75°C - 95°C、水的总矿化度为 20000-100000mg/L, Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 含量为 1000-10000mg/L 的油藏。

[0019] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,复合表面活性剂的重量百分比为 0.1% -0.3%,聚合物的重量百分比为 0.1% -0.2%,碱性物质的总量百分比为 0.1% -1.00%,油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的质量比为 8 : 2-6 : 4。

[0020] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,所采用的聚合物为水溶性聚丙烯酰胺聚合物和 / 或星形耐温抗盐聚合物,水溶性聚丙烯酰胺聚合物水解度范围为 20% -30%,星形耐温抗盐聚合物水解度范围为 1% -5%。更优选地,上述聚合物为星形耐温抗盐聚合物,例如 201010565501.6 号中国发明专利申请的实施例 3 所提供的星形耐温抗盐聚合物。

[0021] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,所采用的聚合物的分子量为 300 万至 3500 万。

[0022] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,所采用的碱性物质是氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸氢钠、碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠、三甲胺和三乙胺等中的一种或者几种。

[0023] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,水为油田注入污水、地层水或清水等。本发明所采用的水的矿化度优选小于 200000mg/L。

[0024] 在本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物中,优选地,复合表面活性剂的重量百分比为 0.2%,聚合物的重量百分比为 0.2%,碱性物质的重量百分比为 0.2%,油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的质量比为 7 : 3,聚合物为星形耐温抗盐聚合物,碱性物质为碳酸钠或四硼酸钠等。

[0025] 本发明提供的上述三元复合驱油用组合物可以是按照以下步骤制备的 :

[0026] 称取一定质量的聚合物干粉,用水配置得到聚合物母液,熟化 24 小时后 ;将复合表面活性剂、碱性物质与聚合物母液混合配制得到三元复合驱油用组合物。

[0027] 本发明还提供了上述适用于高温高盐油藏的三元复合驱油用组合物在三次采油中的应用。通过采用该三元复合驱油用组合物,可以获得较高的驱油效率。

[0028] 根据本发明的具体实施方案,优选地,上述组合物是用于满足以下条件的油藏 :温度 $\geq 75^{\circ}\text{C}$ 、水的总矿化度 $\geq 20000\text{mg/L}$ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量 $\geq 1000\text{mg/L}$ 的油藏。上述高温高盐油藏可以是温度为 75°C - 95°C 、水的总矿化度为 20000 - 100000mg/L , Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量为 1000 - 10000mg/L 的油藏。

[0029] 本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱组合物采用不同的羟磺基甜菜碱复配形成的复合表面活性剂,其界面性能超过了单纯用芥酸酰胺羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的性能,达到了超低界面张力,同时在长时间后其界面张力能维持在超低的状况,还可以降低采油成本。本发明提供的适用于高温高盐油藏的三元复合驱组合物不仅界面性能好,而且乳化性能也非常好。

[0030] 岩心驱油实验表明,本发明提供的采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱复配的复合表面活性剂的三元驱油组合物的驱油效率高,且油酸酰胺羟磺基甜菜碱价格低,可以降低驱油成本。

附图说明

[0031] 图 1 为实施例 1 中的界面张力测试结果图。

具体实施方式

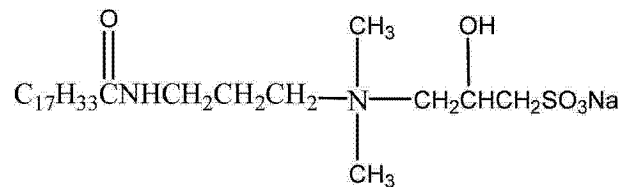
[0032] 为了对本发明的技术特征、目的和有益效果有更加清楚的理解,现对本发明的技术方案进行以下详细说明,但不能理解为对本发明的可实施范围的限定。

[0033] 实施例 1 界面性能测试

[0034] 本实施例对采用碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱、油酸酰胺基羟磺基甜菜碱、芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物和采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱组成的复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物进行了界面性能研究,其中,上述油酸酰胺基羟磺基甜菜碱、芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的结构分别如下所示(以下实施例的羟磺基甜菜碱与此处的羟磺基甜菜碱相同):

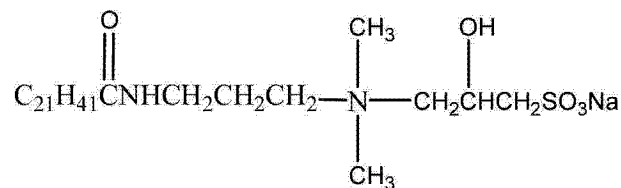
[0035] 油酸酰胺基羟磺基甜菜碱:

[0036]



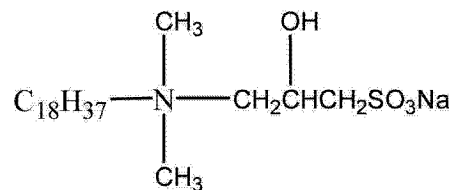
[0037] 芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱:

[0038]



[0039] 碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱:

[0040]



[0041] 试验方法:采用矿化度 84000mg/L 的地层水,配制碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱、聚合物和碳酸钠浓度分别为 0.2wt% 的溶液,得到采用碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物,其中,聚合物采用星形耐温抗盐聚合物(201010565501.6 号中国发明专利申请的实施例 3 所提供的星形耐温抗盐聚合物)。

[0042] 采用矿化度 84000mg/L 的地层水,配制油酸酰胺基羟磺基甜菜碱、聚合物和碳酸钠浓度分别为 0.2wt% 的溶液,得到采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物,其中,聚合物采用星形耐温抗盐聚合物。

[0043] 采用矿化度 84000mg/L 的地层水配制芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱、聚合物和碳酸钠浓度均为 0.2wt% 的溶液,得到采用芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组

合物,其中,聚合物采用星形耐温抗盐聚合物(201010565501.6号中国发明专利申请的实施例3所提供的星形耐温抗盐聚合物);

[0044] 采用复合表面活性剂(油酸酰胺基羟磺基甜菜碱:碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱=8:2)、矿化度84000mg/L的地层水和聚合物配制得到复合表面活性剂浓度为0.2wt%的溶液,得到采用复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物,其中,聚合物采用星形耐温抗盐聚合物,浓度为0.2wt%;碱性物质采用碳酸钠,浓度为0.2wt%。

[0045] 利用TX500C界面张力测定仪采用旋转滴法测试上述两种驱油用组合物的界面张力,测试温度为80°C,转速为5000RPM,结果如图1所示。其中,曲线A代表采用碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物,曲线B代表采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物,曲线C代表采用芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物,曲线D代表采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱作为复合表面活性剂的二元无碱复合驱油用组合物。

[0046] 由图1可以看出,单独采用碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱在120分钟之内不能达到超低界面张力;单独采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱作为表面活性剂的驱油用组合物在45分钟之后界面张力有所回升,60分钟之后界面张力不能够达到超低;采用芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱的驱油用组合物在90分钟之后界面张力有所回升,105分钟之后界面张力不能够达到超低;而采用复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物在120分钟之内界面张力不回弹,一直保持超低,且其界面张力更低,因此,采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱复配的复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物能够克服单独采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱或芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱长时间后界面张力回升的问题,也能够解决单独采用碳十四烷基二甲基羟磺基甜菜碱所无法达到超低的界面张力的问题,界面性能更佳。

[0047] 实施例2 复合表面活性剂配比优化

[0048] 本实施例对由油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱组成的复合表面活性剂进行了界面性能研究。上述复合表面活性剂为不同质量比的油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱。

[0049] 测试方法:采用矿化度84000mg/L的地层水、聚合物、碱性物质和复合表面活性剂配制复合表面活性剂浓度为0.2wt%的溶液,所添加的聚合物采用星形耐温抗盐聚合物(201010565501.6号中国发明专利申请的实施例3所提供的星形耐温抗盐聚合物),浓度为0.2wt%;碱性物质采用碳酸钠,浓度为0.2wt%。利用TX500C界面张力测定仪采用旋转滴法测试上述溶液的界面张力,测试温度为80°C,转速为5000RPM,测试结果如表1所示。

[0050] 表1 界面张力测试结果

[0051]

油酸酰胺基羟磺基甜菜碱:碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱	界面张力, mN/m
9:1	8.34×10^{-3}
8:2	6.91×10^{-3}

7 : 3	4.57×10^{-3}
6 : 4	5.79×10^{-3}
5 : 5	7.86×10^{-3}
4 : 6	9.05×10^{-3}

[0052] 由表 1 可以看出,在列出的比例范围之内,采用复合表面活性剂的溶液均能够达到超低界面张力;且当油酸酰胺基羟磺基甜菜碱:碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱=7:3时,界面张力值最低为 4.57×10^{-3} mN/m。因此,优选出最佳配比,油酸酰胺基羟磺基甜菜碱:碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的质量比为 7:3。

[0053] 实施例 3 粘度测试

[0054] 本实施例对聚合物对三元复合驱油用组合物的粘度的影响进行了测试。

[0055] 测试方法:采用矿化度 84000mg/L 的地层水配制碱性物质/聚合物/复合表面活性剂的(ASP)三元体系溶液,即三元复合驱油用组合物,其中,碱性物质采用碳酸钠,浓度为 0.2wt%;复合表面活性剂为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱和碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱,二者质量比为 7:3,复合表面活性剂的浓度为 0.2wt%;采用三种聚合物分别进行溶液的配制,其理化指标如表 2 所示,浓度为 0.2%。粘度测试采用美国 Brookfield LVDVII 旋转粘度计进行,0# 转子,转速为 6RPM,测试温度为 95℃,实验结果如表 3 所示,粘度单位为 mPa·s。

[0056] 由表 3 可以看出,三种聚合物对比,采用星形耐温抗盐聚合物的溶液的粘度最高,这说明该星形耐温抗盐聚合物的相关性能更好。

[0057] 表 2 聚合物理化指标

[0058]

	聚合物名称	分子量(万)	水解度(%)	固含量(%)
聚合物 1	星形耐温抗盐聚合物(201010565501.6号发明专利申请的实施例 3 的产物)	1247	3.28	90.56
聚合物 2	AN125(法国爱森公司)	1040	3.76	85.12
聚合物 3	MO4000(日本三菱公司)	2070	26.80	90.50

[0059] 表 3 粘度测试结果

[0060]

	三元体系溶液
聚合物 1	8.6
聚合物 2	7.8
聚合物 3	6.8

[0061] 实施例 4 界面性能测试

[0062] 本实施例对碱性物质对三元复合驱油用组合物的界面性能进行了测试。

[0063] 测试方法：采用矿化度 84000mg/L 的地层水配置碱性物质 / 聚合物 / 复合表面活性剂的三元体系溶液，即三元复合驱油用组合物，其中，碱性物质采用氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸氢钠、碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠，浓度为 0.2wt%；复合表面活性剂为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱，二者的质量比为 7 : 3，复合表面活性剂的浓度为 0.2wt%；聚合物采用星形耐温抗盐聚合物（201010565501.6 号中国发明专利申请的实施例 3 所提供的星形耐温抗盐聚合物），浓度为 0.2wt%。利用 TX500C 界面张力测定仪采用旋转滴法测试上述溶液的界面张力，测试温度为 80℃，转速为 5000RPM，实验结果如表 4 所示。

[0064] 由表 4 可以看出，在采用不同的碱性物质：氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸氢钠、碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠时，碱性物质 / 聚合物 / 复合表面活性剂的三元体系溶液均能够达到超低界面张力。由于强碱三元化学驱油存在地层伤害和管线腐蚀等问题，因此，本发明的碱性物质优选采用弱碱碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠等，其中，采用碳酸钠和四硼酸钠的溶液的界面张力值较低，性能相对较好。

[0065] 表 4 界面张力测试结果

[0066]

碱性物质	界面张力, mN/m
氢氧化钠	6.03×10^{-3}
氢氧化钾	3.94×10^{-3}
碳酸氢钠	5.81×10^{-3}
碳酸钠	2.73×10^{-3}
硅酸钠	8.22×10^{-3}
四硼酸钠	2.57×10^{-3}
磷酸钠	7.24×10^{-3}

[0067] 实施例 5 乳化性能测试

[0068] 本实施例对采用复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物的乳化性能进行了测试。

[0069] 测试方法：采用矿化度 84000mg/L 的地层水配制碱性物质 / 聚合物 / 复合表面活性剂 (ASP) 三元体系溶液，即三元复合驱油用组合物，其中，碱性物质采用碳酸钠、硅酸钠、四硼酸钠、磷酸钠，浓度为 0.2wt%；复合表面活性剂为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱，二者的质量比为 7 : 3，复合表面活性剂的浓度为 0.2wt%；聚合物采用星形耐温抗盐聚合物（201010565501.6 号中国发明专利申请的实施例 3 所提供的星形耐温抗盐聚合物），浓度为 0.2wt%；

[0070] 按照 1 : 1 的油水比将原油 (95℃、21.4MPa 条件下，原油粘度为 0.85mPa·s；饱和

烃含量为 52%，芳烃含量为 43%) 和配制得到的溶液混合，倒入密封瓶；

[0071] 采用 HZ-8812S 水浴往复式恒温振荡器，以 90rpm 的速度震荡 6 小时，静置 72 小时后观察体系分层情况，测试温度为 80℃，实验结果如表 5 所示。

[0072] 表 5 乳化性能测试结果

[0073]

碱性物质	碳酸钠	硅酸钠	四硼酸钠	磷酸钠
中相微乳液体积含量，%	23	15	19	11

[0074] 由表 5 可以看出，对于低浓度的三元体系溶液，采用不同种类的弱碱时体系均存在中相微乳液，具有良好的乳化性能。采用碳酸钠的 ASP 三元体系溶液的中相微乳液所占比例最高 23%，采用四硼酸钠的 ASP 三元体系溶液次之，采用磷酸钠的 ASP 三元体系溶液中相微乳液所占比例最低 11%，此时油水体系形成双连续型微乳液，微乳液类型为 WinsorIII 型。中相微乳液具有既可以增溶油又可以增溶水的独特性质，且与油相和水相间的界面张力达极低。中相微乳液所占比例越高，表明乳化能力越强，因此，采用碳酸钠的 ASP 三元体系溶液的乳化能力最强，采用四硼酸钠的 ASP 三元体系溶液次之，采用磷酸钠的 ASP 三元体系溶液最差。

[0075] 实施例 6 不同碱性物质浓度条件下的界面性能测试

[0076] 本实施例对不同碱性物质浓度条件下的三元复合驱油用组合物的界面性能进行了测试。

[0077] 测试方法：采用矿化度 84000mg/L 的地层水配制碱性物质 / 聚合物 / 复合表面活性剂 (ASP) 三元体系溶液，即三元复合驱油用组合物；其中，碱性物质采用碳酸钠，浓度为 0.2wt% - 2.0wt%；复合表面活性剂为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱，二者的质量比为 7 : 3，复合表面活性剂的浓度为 0.1wt% - 0.3wt%；聚合物采用星形耐温抗盐聚合物 (201010565501.6 号中国发明专利申请的实施例 3 所提供的星形耐温抗盐聚合物)，浓度为 0.2wt%；利用 TX500C 界面张力测定仪采用旋转滴法测试上述溶液的界面张力，测试温度为 80℃，转速为 5000RPM，实验结果如表 6 所示。

[0078] 表 6 界面张力测试结果

表面活性剂浓度 碳酸钠浓度	界面张力, mN/m		
	0.1%	0.2%	0.3%
0.2wt%	3.57×10^{-3}	2.38×10^{-3}	4.19×10^{-3}
0.4wt%	2.83×10^{-3}	1.76×10^{-3}	3.57×10^{-3}
0.6wt%	4.69×10^{-3}	3.24×10^{-3}	5.46×10^{-3}
0.8wt%	7.24×10^{-3}	4.95×10^{-3}	7.83×10^{-3}
1.0wt%	8.06×10^{-3}	7.35×10^{-3}	9.02×10^{-3}
1.5wt%	9.81×10^{-3}	9.33×10^{-3}	1.39×10^{-2}
2.0wt%	1.52×10^{-2}	1.29×10^{-2}	2.18×10^{-2}

[0080] 由表 6 可以看出，碳酸钠浓度在 0.2wt% - 1.5wt% 范围内，三元复合驱油用组合物

均能够达到超低界面张力,具有较好的界面活性。

[0081] 实施例 7 驱油效率测试

[0082] 本实施例采用岩心驱油实验对三元复合驱油用组合物的驱油效率进行了测试。

[0083] 岩心驱油实验按照石油行业标准 SY/T 6424-2000 复合驱油体系性能测试方法进行。基本程序为:岩心抽空,饱和地层水-测水相渗透率-饱和原油造束缚水-水驱至含水 98%-注入化学驱段塞(即驱油用组合物)-后续转地层水驱至含水 98%。

[0084] 实验温度为 90℃,在驱油用组合物中,所采用的水为矿化度 84000mg/L 的地层水,表活剂 1 为碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱,表活剂 2 为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱,表活剂 3 为芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱,复合表面活性剂为油酸酰胺基羟磺基甜菜碱与碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱(二者的质量比为 7:3),聚合物采用星形耐温抗盐聚合物(201010565501.6 号发明专利申请的实施例 3 提供的星形耐温抗盐聚合物)。实验结果如表 7 所示。

[0085] 表 7 驱油效率评价结果

[0086]

驱油实验组号	1	2	3	4	5
化学驱类型	P	ASP	ASP	ASP	ASP
气测渗透率, $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	256	269	275	292	217
含油饱和度, %	69.78	68.64	68.92	69.23	67.91
主段塞配方组成	0.2wt% 聚合物 1	0.2wt% 碳酸钠+ 0.2wt% 表活剂 1 +0.2wt% 聚合物 1	0.2wt% 碳酸钠+ 0.2wt% 表活剂 2 +0.2wt% 聚合物 1	0.2wt% 碳酸钠+ 0.2wt% 表活剂 3 +0.2wt% 聚合物 1	0.2wt% 碳酸钠+ 0.2wt% 复合表面活性剂 +0.2wt% 聚合物 1
水驱采收率, %	51.93	52.19	52.64	53.17	52.37
化学驱总采收率, %	66.36	69.54	70.81	72.81	78.53
提高采收率, %	14.43	17.35	18.17	19.64	26.16

[0087] 由表 7 可以看出,采用单纯的单一聚合物体系在进行水驱后进一步提高采收率仅为 14.43%,采用碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱的 ASP 三元复合驱油用组合物在水驱后提高采收率为 17.35%,采用油酸酰胺基羟磺基甜菜碱的 ASP 三元复合驱油用组合物在水驱后提高采收率为 18.17%,采用芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱的 ASP 三元复合驱油用组合物在水驱后提高采收率为 19.64%,而采用复合表面活性剂、碳酸钠的 ASP 三元复合驱油用组合物在水驱后提高采收率可达 26.16%。因此,三元复合驱油组合物的驱油效率比一元体系更高;对于 ASP 三元复合驱油用组合物,采用复合表面活性剂要比单纯碳十八烷基二甲基羟磺基甜菜碱、油酸酰胺基羟磺基甜菜碱、芥酸酰胺基羟磺基甜菜碱提高采收率的效果更好,采用复合表面活性剂的三元复合驱油用组合物进行驱油作业更具优势。

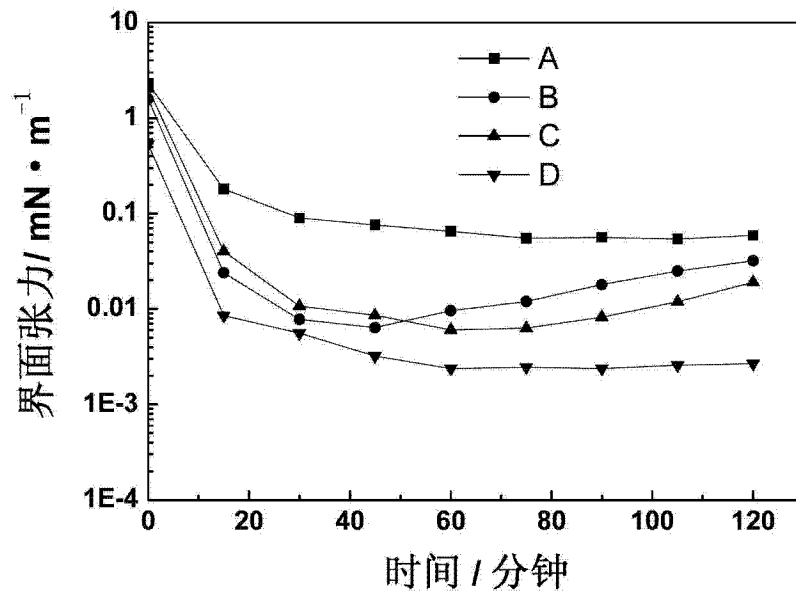


图 1