



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114426830 B

(45) 授权公告日 2023.02.21

(21) 申请号 202011176567.6

(22) 申请日 2020.10.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114426830 A

(43) 申请公布日 2022.05.03

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司  
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街  
22号

专利权人 中国石油化工股份有限公司胜利  
油田分公司石油工程技术研究院

(72) 发明人 陈凯 汪庐山 张宗檠 张子麟  
卢娜娜 刘伟 陈磊 李潇菲  
王昊 魏亚峰

(74) 专利代理机构 北京世誉鑫诚专利代理有限  
公司 11368

专利代理师 郭官厚

(51) Int.Cl.  
C09K 8/584 (2006.01)  
C09K 8/60 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 111732603 A, 2020.10.02  
CN 106350048 A, 2017.01.25  
CN 105938084 A, 2016.09.14  
US 2020208043 A1, 2020.07.02

审查员 马骅

权利要求书2页 说明书15页

### (54) 发明名称

耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法  
与应用

### (57) 摘要

本发明公开了耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,包括:30~50wt%的非离子表面活性剂;10~20wt%的双子表面活性剂;0.2~1wt%的有机硅表面活性剂;余量为水。本发明公开了耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法。本发明还公开了耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在超低渗油藏压裂开采中的应用。本发明具有以下有益效果:1、具有较好的表面张力、界面张力及毛管渗吸作用;2、经高温老化后依然具有较高的渗吸效率、降低表面张力及降低界面张力的作用;3、协同体系使得界面活性、毛管自吸高度,尤其是表面活性进一步提升;4、提供的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂组分均为耐温、耐盐、耐水解、地层吸附量低的类型,几乎不会对地层产生破坏。

1. 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,其特征在于,以质量百分数计,所述耐温抗盐高效压裂液渗吸剂包括:

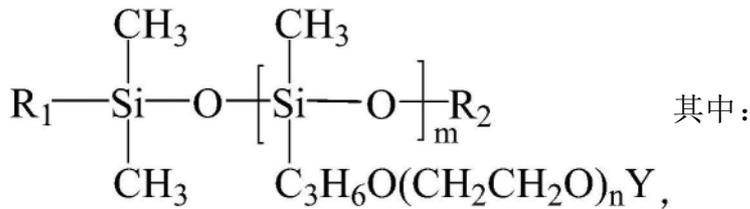
30~50wt%的非离子表面活性剂;

10~20wt%的双子表面活性剂;

0.2~1wt%的有机硅表面活性剂;

余量为水,其中:

所述有机硅表面活性剂具有如式A所示分子式:



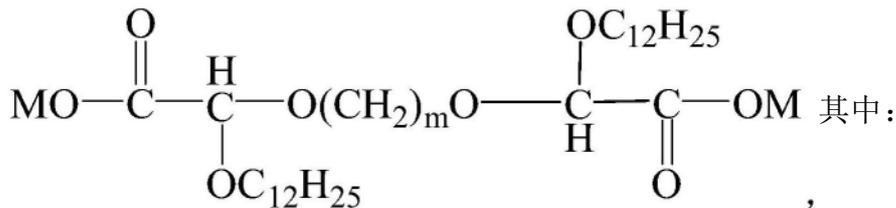
$R_1$ 、 $R_2$ 均为C4-C9的烷基;

$m$ 为2或3;

$n$ 为2或3;

$Y$ 为 $\text{COO}^-$ 或 $\text{SO}_3^{2-}$ ;

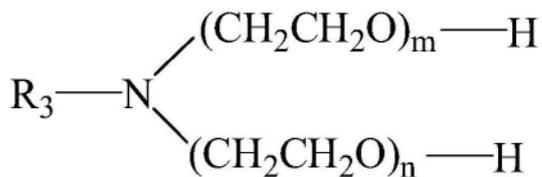
所述双子表面活性剂具有如式B所示分子式:



$M$ 为一价金属阳离子;

$m$ 为正整数,且 $4 \leq m \leq 8$ ;

所述非离子表面活性剂具有如式C所示分子式:



其中, $R_3$ 为C4-C6的烷基;

$m$ 为1或2或3;

$n$ 为1或2或3。

2. 如权利要求1所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,其特征在于,包括:

35~45wt%的非离子表面活性剂;

15~20wt%的双子表面活性剂;

0.3~0.5wt%的有机硅表面活性剂;

余量为水。

3. 如权利要求1所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,其特征在于, $R_1$ 、 $R_2$ 均为C4的烷基。

4. 如权利要求1所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,其特征在于, $M$ 为钾离子或钠离子。

5. 如权利要求1所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,其特征在于, $R_3$ 为C4的烷基。
6. 权利要求1所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - (1)、按照配方量量取所需水量的1/3-3/4加入到反应釜中,升温度至30-60℃;
  - (2)、向所述反应釜中加入配方量的双子表面活性剂和配方量的非离子表面活性剂,搅拌溶解后,进入步骤(3)
  - (3)、向所述反应釜中加入配方量的有机硅表面活性剂和剩余量的水,搅拌混匀,得到耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。
7. 如权利要求1-5任意一项所述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ ,渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。
8. 如权利要求7所述的应用,其特征在于,所述耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的渗吸表面张力可低至 $24.327\text{mN/m}$ ,与煤油界面张力可低至 $1.2 \times 10^{-3}\text{mN/m}$ 。

## 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法与应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于石油开采、输送和化工技术领域，涉及一种耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法与应用。

### 背景技术

[0002] 中国已发现油藏中低渗油田占一半以上，而低渗透油田产能建设的规模则占油田产能建设规模总量的70%以上，且所占比例逐年增高。然而现有技术条件下低渗透油田采收率较低，我国低渗透油田平均采收率只有21.4%，比中、高渗油田的34%低12.6%。目前有50多个油田年平均开采速度小于0.5%，这些低速、低效油田的地质储量约3.2亿吨，其平均采油速度仅有0.27%，可见，低渗透油田提高采收率新技术是当前及今后石油行业将长期面临的开发问题。

[0003] 自发渗吸是非常规油藏提高采收率的一项重要机理。渗吸作用是依靠毛细管力作用使润湿性流体自发吸入孔隙排驱非润湿性流体的过程，毛细管力是渗吸过程的主要驱动力。非常规油气藏孔隙度、渗透率低，毛细管力大，而较大的毛细管力可以作为驱油的动力，增加开发效果。因此，研究毛细管力作用下的渗吸作用，对非常规油气藏的开发具有重要意义。然而，现有研究所用的大部分是市面上常见的表面活性剂，针对渗吸专用的改进和研发工作相对较少，实验效果也受到了局限。

[0004] 张学鹏，王磊，高超锋.《压裂用渗吸表面活性剂的制备与应用》[J]. 陕西科技大学，2019. 公开了一种压裂用渗吸表面活性剂，所述的渗吸增效表面活性剂ANS，分子通式 $(OR_1)_5OOCCH(SO_3Na)CH_2COO(OR_1)_5R$ ，但是上述的压裂用渗吸表面活性剂的制备反应条件相对苛刻，不易操作，反应产物中含有官能团酯基，易水解失效。

[0005] 王小香，杨江.《压裂液渗吸提高采收率研究》[J]. 西安石油大学，2018. 公开了一种压裂用渗吸剂，所述的压裂用渗吸剂十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)阳离子型表面活性剂，但是这种压裂用渗吸剂的地层吸附损耗大。

[0006] 因此开发出一种工艺更简单、耐温抗盐性能更高、耐地层吸附性能更强且渗吸速度更快的压裂液渗吸剂，对提高低渗透致密油藏采收率有着重大意义。

### 发明内容

[0007] 发明目的：为了解决上述现有技术的不足，本发明公开了一种耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法与应用。耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够改善裂缝壁面的润湿性，调整油水界面张力，可以将岩层表面改善为亲水性，增大毛细管力，促进自发渗吸的进行。

[0008] 技术方案：耐温抗盐高效压裂液渗吸剂，以质量百分数计，所述耐温抗盐高效压裂液渗吸剂包括：

[0009] 30~50wt%的非离子表面活性剂；

[0010] 10~20wt%的双子表面活性剂；

[0011] 0.2~1wt%的有机硅表面活性剂；

[0012] 余量为水。

[0013] 进一步地,包括:

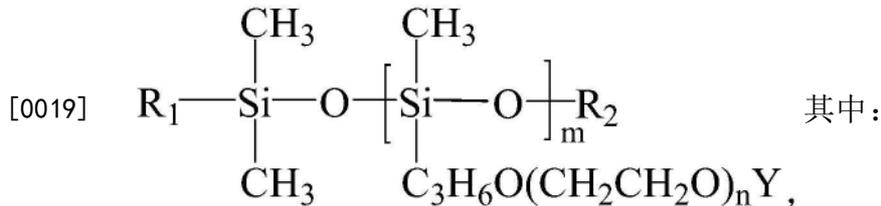
[0014] 35~45wt%的非离子表面活性剂;

[0015] 15~20wt%的双子表面活性剂;

[0016] 0.3~0.5wt%的有机硅表面活性剂;

[0017] 余量为水。

[0018] 进一步地,所述有机硅表面活性剂具有如式A所示分子式:



[0020]  $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_2$ 均为C4-C9的烷基;

[0021]  $m$ 为2或3;

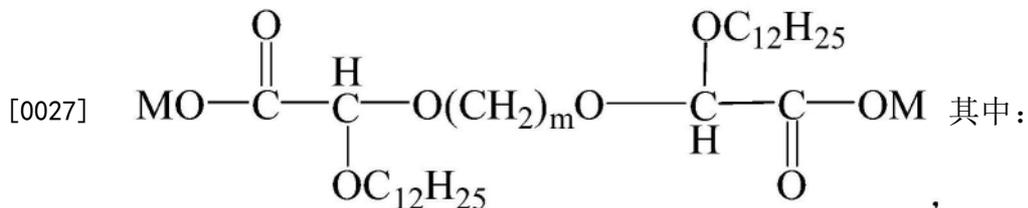
[0022]  $n$ 为2或3;

[0023]  $\text{Y}$ 为 $\text{COO}^-$ 或 $\text{SO}_3^{2-}$ 。

[0024] 可以理解的是,有机硅表面活性剂分子烷基硅氧烷主链代替一般表面活性剂分子中的碳链,在同等浓度的溶液中具有更低的表面张力,具有比碳链烃类表面活性剂更强的表面活性,可与配方中其他组分协同增效。

[0025] 更进一步地, $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_2$ 均为C4的烷基。

[0026] 进一步地,所述双子表面活性剂具有如式B所示分子式:



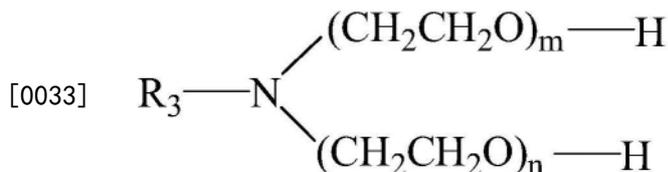
[0028]  $\text{M}$ 为一价金属阳离子;

[0029]  $m$ 为正整数,且 $4 \leq m \leq 8$ 。

[0030] 可以理解的是,双子表面活性剂更易吸附在气/液表面,从而能将油湿表面转化为水湿表面,增加渗吸效果。此外,也能有效地降低水的表面张力。

[0031] 更进一步地, $\text{M}$ 为钾离子或钠离子。

[0032] 进一步地,所述非离子表面活性剂具有如式C所示分子式:



[0034] 其中, $\text{R}_3$ 为C4-C6的烷烃;

[0035]  $m$ 为1或2或3;

[0036]  $n$ 为1或2或3。

[0037] 可以理解的是,所述的非离子表面活性剂与其他非离子表面活性剂不同,没有浊点,能够在较宽的温度范围内应用。此外,与阴离子表面活性剂复配后,具有良好的表面活性。

[0038] 更进一步地, $R_3$ 为C4的烷烃。

[0039] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,包括以下步骤:

[0040] (1)、按照配方量量取所需水量的1/3-3/4加入到反应釜中,升温度至30-60℃;

[0041] (2)、向所述反应釜中加入配方量的双子表面活性剂和配方量的非离子表面活性剂,搅拌使得双子表面活性剂和非离子表面活性剂完全溶解,然后进入步骤(3);

[0042] (3)、向所述反应釜中加入配方量的有机硅表面活性剂和剩余量的水,搅拌使得有机硅表面活性剂完全溶解,搅拌混匀,得到耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0043] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂适用于地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0044] 进一步地,所述耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的渗吸表面张力可低至 $24.327\text{mN/m}$ ,与煤油界面张力可低至 $1.2 \times 10^{-3}\text{mN/m}$ 。

[0045] 有益效果:与现有技术相比,本发明公开的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法与应用具有以下有益效果:

[0046] 1、采用有机硅表面活性剂、双子表面活性剂、非离子表面活性剂组合,创新性地制备出耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,具有较好的表面张力、界面张力及毛管渗吸作用;

[0047] 2、提供的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,有机硅表面活性剂协同其他表面活性剂共同作用,经高温老化后依然具有较高的渗吸效率、降低表面张力及降低界面张力的作用;

[0048] 3、提供的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,双子表面活性剂与非离子表面活性剂构建的协同体系,使得界面活性、毛管自吸高度,尤其是表面活性进一步提升,更有利于深入小裂缝中发挥渗吸作用;

[0049] 4、提供的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂组分均为耐温、耐盐、耐水解、地层吸附量低的类型,几乎不会对地层产生破坏。

#### 具体实施方式:

[0050] 下面对本发明的具体实施方式详细说明。

[0051] 为了更清楚详细地介绍本发明实施例所提供的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂及其制备方法,下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0052] 产品性能测定方法:

[0053] 1毛管自吸高度

[0054] 1.1亲油毛细管的制备

[0055] 1.1.1毛细管规格:标准毛细管内径0.35mm,依次用四氯化碳、苯:丙酮:乙醇=7:1.5:1.5(体积比)进行超声处理30min,除去表面有机物质;

[0056] 1.1.2再依次用稀盐酸溶液(1:10),氢氟酸溶液(10%)进行超声,对毛细管表面进

行粗糙、活化30min;用去离子水进行超声清洗,除去残留的酸,直至pH>6.5,105℃烘干;

[0057] 1.1.3按照比例配置老化油,老化油组成为原油:航空煤油:90#沥青=2:5:3;将处理后的毛细管完全浸没在老化油中,60℃温度条件下老化2~4周;

[0058] 1.1.4将毛细管取出,用煤油进行浸润2min清洗毛细管内外壁沉积的沥青,以不影响观察为准;用氮气将管外煤油吹干,放置在60℃密闭环境下烘干,得到油湿毛细管,保存备用。

[0059] 1.2测试制样

[0060] 1.2.1用蒸馏水配制0.3%待测液,并加入一滴蓝色墨水,保持溶液温度为25±0.2℃,将待测溶液倒入比色皿中至顶端边界,将标尺紧贴后壁立于后方;

[0061] 1.2.2将处理好的三根毛细管竖直放置于比色皿中,使用载玻片保持所有测试用毛细管倾斜角度一致,读取记录管中液位与比色皿顶端边界的高度差,分别记录毛细管没入液面1min时的液位高度,取算术平均值作为测定结果。

[0062] 2表面张力

[0063] 用蒸馏水配制0.3%的样品溶液,取配制好的压裂液渗吸剂溶液在25℃条件下用表面张力仪测其表面张力值,连续测量三次,取其平均值。

[0064] 3界面张力

[0065] 用蒸馏水配制0.3%的样品溶液,取配制好的压裂液渗吸剂溶液,在70℃条件下,以煤油作为低密度相,按SY/T 5370—1999中3.3规定的旋转滴法测定其界面张力值,连续测量三次,取其平均值。

[0066] 4耐温性

[0067] 用蒸馏水配制0.3%的样品溶液200g,密封后置于150℃烘箱中老化3d后,取出样品分别按照1、2、3方法测定,记录高温老化后自吸高度、表面张力、界面张力数值,其中自吸高度为毛细管没入液面10min时的液位高度。

[0068] 5耐盐性

[0069] 用生理盐水配制0.3%的样品溶液,分别按照1、2、3方法测定,记录在盐水中的自吸高度、表面张力、界面张力数值。

[0070] 实施例1

[0071] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,以质量百分数计,包括:

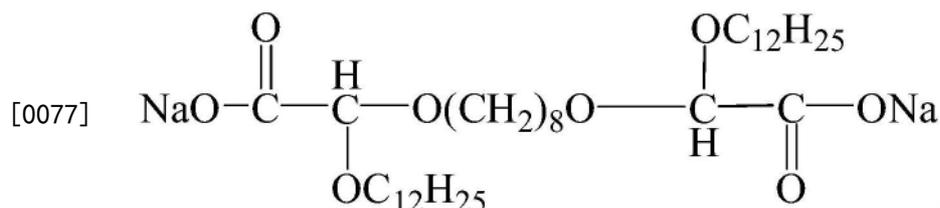
[0072] 30wt%的非离子表面活性剂1;

[0073] 20wt%的双子表面活性剂1;

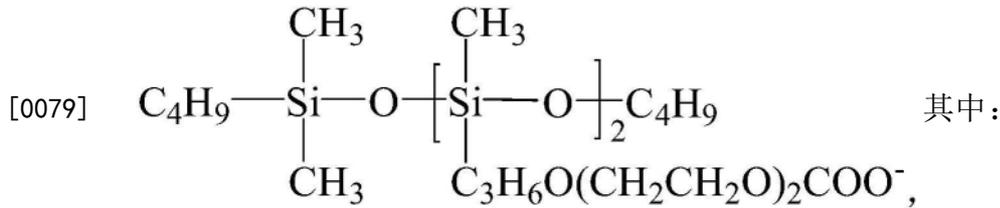
[0074] 0.5wt%的有机硅表面活性剂1;

[0075] 剩余的49.5wt%为水。

[0076] 实施例1中所用的双子表面活性剂1的结构式如下:

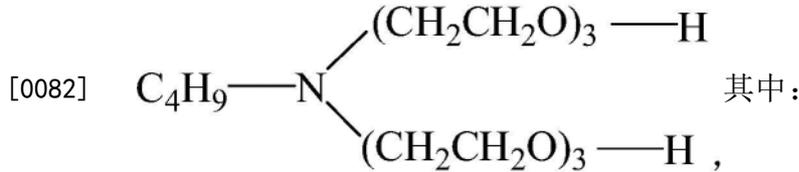


[0078] 实施例1中所用的有机硅表面活性剂1的结构式如下:



[0080]  $R_1, R_2$ 均为丁基

[0081] 实施例1中所用的非离子表面活性剂1结构式如下:



[0083]  $R_3$ 为丁基。

[0084]  $m, n$ 均为3。

[0085] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,包括以下步骤:

[0086] (1)、将16.5Kg的水加入到反应釜内,控制温度 $30^\circ\text{C}$ ;

[0087] (2)向反应釜中加入20Kg的双子表面活性剂1和30Kg的非离子表面活性剂1,搅拌均匀;

[0088] (3)、待反应釜内的双子表面活性剂1和非离子表面活性剂1溶解后,加入0.5Kg有机硅表面活性剂1和剩余的33Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0089] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0090] 按上述产品性能测定方法分别实施例1得到的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

项目	指标
表面张力, mN/m	24.827
界面张力, mN/m	$1.2 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	26

耐温性 (0.3%溶液、 $150^\circ\text{C}$ , 3d)	表面张力: 25.212
	界面张力: $5.0 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 21
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: $19334\text{mg/L}$ , $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 总量: $514\text{mg/L}$ )	表面张力: 24.967
	界面张力: $2.7 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 23

[0093] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,实施例1制备的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够在高温老化后及高矿化度下仍然保持较低的界面张力、较低的表面张力和较高渗吸速度,表明耐温抗盐高效压裂液渗吸剂具有较强的耐地层吸附的性能,能够深入地层发挥持久的驱油效果。

[0094] 实施例2

[0095] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,以质量百分数计,包括:

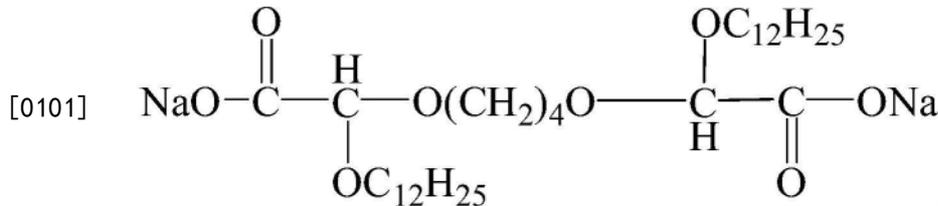
[0096] 45wt%的非离子表面活性剂2;

[0097] 13wt%的双子表面活性剂2;

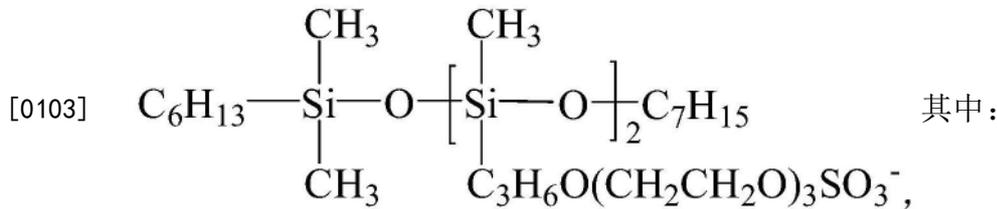
[0098] 0.35wt%的有机硅表面活性剂2;

[0099] 剩余的41.65wt%为水。

[0100] 实施例2中所用的双子表面活性剂2的结构式如下:



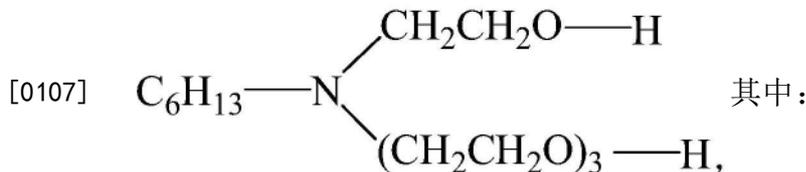
[0102] 实施例2中所用的有机硅表面活性剂2的结构式如下:



[0104]  $R_1$ 为己基;

[0105]  $R_2$ 为辛基。

[0106] 实施例2中非离子表面活性剂2结构式如下:



[0108]  $R_3$ 为己基。

[0109] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,括以下步骤:

[0110] (1)、将31.25Kg的水加入到反应釜内,控制温度60℃;

[0111] (2)、向反应釜内加入13Kg的双子表面活性剂2和45Kg的非离子表面活性剂2,搅拌;

[0112] (3)、待反应釜内的双子表面活性剂2和非离子表面活性剂2溶解后,加入0.35Kg有机硅表面活性剂2和剩余的10.4Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0113] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0114] 按上述产品性能测定方法分别对实施例2制备的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

项目	指标
表面张力, mN/m	24.726
界面张力, mN/m	$1.5 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	24
[0115] 耐温性 (0.3%溶液、150°C, 3d)	表面张力: 25.341
	界面张力: $4.8 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 20
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 总量: 514mg/L)	表面张力: 24.869
	界面张力: $3.2 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 21

[0116] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够在高温老化后及高矿化度下仍然保持较低的界面张力、较低的表面张力和较高渗吸速度,表明耐温抗盐高效压裂液渗吸剂具有较强的耐地层吸附的性能,能够深入地层发挥持久的驱油效果。

[0117] 实施例3

[0118] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,以质量百分数计,包括:

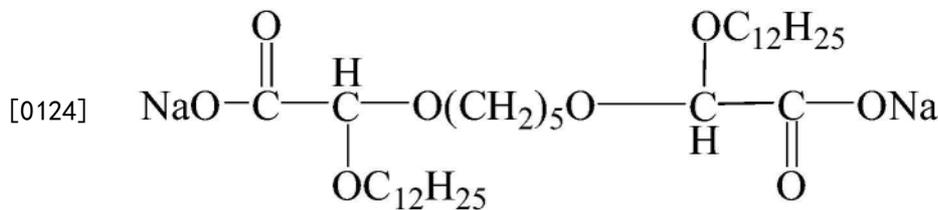
[0119] 40wt%的非离子表面活性剂3;

[0120] 15wt%的双子表面活性剂3;

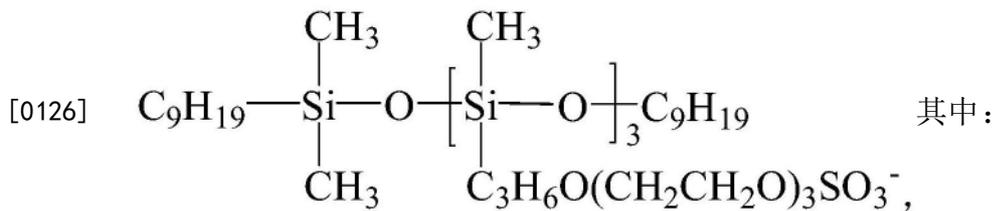
[0121] 0.4wt%的有机硅表面活性剂3;

[0122] 剩余的44.6wt%为水。

[0123] 实施例3中所用的双子表面活性剂3的结构式为:



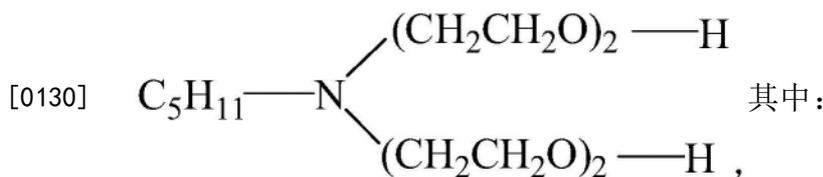
[0125] 实施例3中所用的有机硅表面活性剂3的结构式为:



[0127] R<sub>1</sub>为壬基;

[0128] R<sub>2</sub>为壬基。

[0129] 实施例3中所用的非离子表面活性剂3结构式如下:



[0131]  $R_3$ 为戊基。

[0132] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,包括以下步骤:

[0133] (1)、将31.6Kg的水加入到反应釜内,控制温度40℃;

[0134] (2)、向反应釜内加入15Kg的双子表面活性剂3和40Kg的非离子表面活性剂3,搅拌;

[0135] (3)、待反应釜内的双子表面活性剂3和非离子表面活性剂3溶解后,加入0.4Kg有机硅表面活性剂3和剩余的13Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0136] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0137] 按上述的产品性能测定方法对实施例3制备的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂分别进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

项目	指标
表面张力, mN/m	24.625
界面张力, mN/m	$1.7 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	26
[0138] 耐温性 (0.3%溶液、150℃, 3d)	表面张力: 25.525
	界面张力: $6.5 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 22
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 总量: 514mg/L)	表面张力: 24.761
	界面张力: $2.9 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 24

[0139] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够在高温老化后及高矿化度下仍然保持较低的界面张力、较低的表面张力和较高渗吸速度,表明耐温抗盐高效压裂液渗吸剂具有较强的耐地层吸附的性能,能够深入地层发挥持久的驱油效果。

[0140] 实施例4

[0141] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,以质量百分数计,包括:

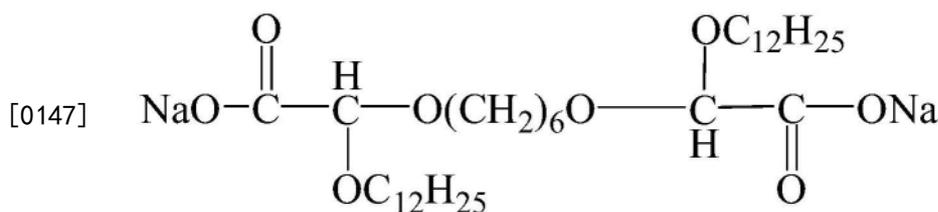
[0142] 50wt%的非离子表面活性剂4;

[0143] 10wt%的双子表面活性剂4;

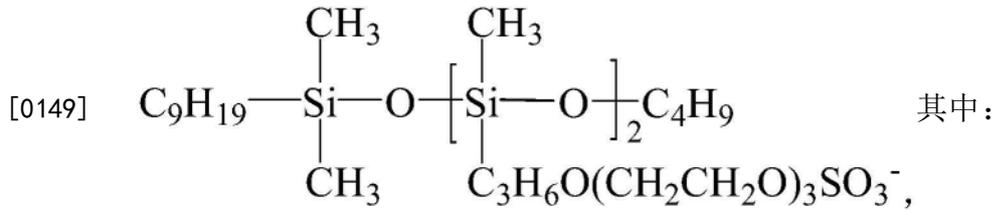
[0144] 0.3wt%的有机硅表面活性剂4;

[0145] 剩余的39.7wt%为水。

[0146] 实施例4中所用的双子表面活性剂4的结构式为:



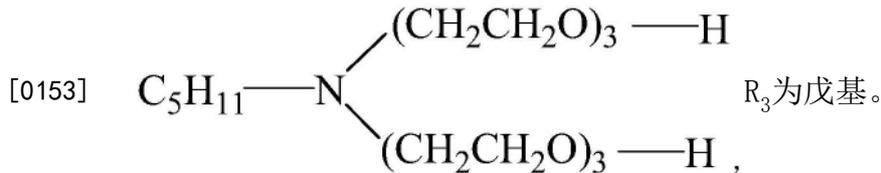
[0148] 实施例4中所用的有机硅表面活性剂4的结构式为:



[0150]  $R_1$ 为壬基;

[0151]  $R_2$ 为丁基。

[0152] 实施例4中所用的非离子表面活性剂4结构式如下:



[0154] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,包括以下步骤:

[0155] (1)、将29.7Kg的水加入到反应釜内,控制温度50℃;

[0156] (2)、向反应釜内加入10Kg的双子表面活性剂4和50Kg的非离子表面活性剂4,搅拌;

[0157] (3)、待反应釜内的双子表面活性剂4和非离子表面活性剂4溶解后,加入0.3Kg有机硅表面活性剂4和剩余的10Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0158] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0159] 按上述产品性能测定方法分别对实施例4制备的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

项目	指标
表面张力, mN/m	24.512
界面张力, mN/m	$2.1 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	25
[0160] 耐温性 (0.3%溶液、150℃, 3d)	表面张力: 25.312
	界面张力: $6.5 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 21
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 总量: 514mg/L)	表面张力: 24.763
	界面张力: $3.5 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 24

[0161] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够在高温老化后及高矿化度下仍然保持较低的界面张力、较低的表面张力和较高渗吸速度,表明耐温抗盐高效压裂液渗吸剂具有较强的耐地层吸附的性能,能够深入地层发挥持久的驱油效果。

[0162] 实施例5

[0163] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂,以质量百分数计,包括:

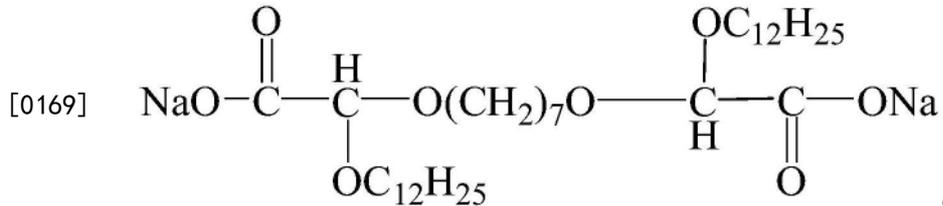
[0164] 35wt%的非离子表面活性剂5；

[0165] 17wt%的双子表面活性剂5；

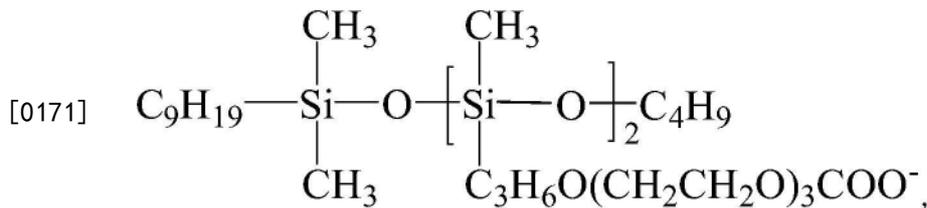
[0166] 0.45wt%的有机硅表面活性剂5；

[0167] 剩余的47.55wt%为水。

[0168] 实施例5中所用的双子表面活性剂5的结构式为：



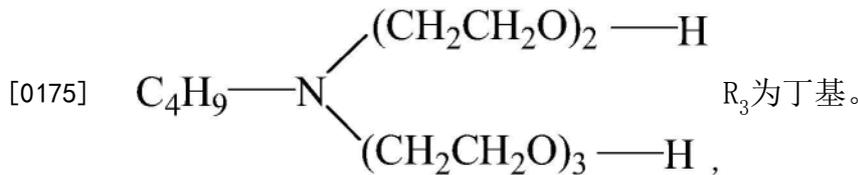
[0170] 实施例5中所用的有机硅表面活性剂5的结构式为：



[0172]  $R_1$ 为壬基；

[0173]  $R_2$ 为丁基。

[0174] 实施例5中所用的非离子表面活性剂5结构式如下：



[0176] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂的制备方法,包括以下步骤:

[0177] (1) 将24Kg的水加入到反应釜内,控制温度45℃;

[0178] (2) 向反应釜内加入17Kg的双子表面活性剂5和35Kg的非离子表面活性剂5,搅拌;

[0179] (3)、待反应釜内的双子表面活性剂5和非离子表面活性剂5溶解后,加入0.45Kg有机硅表面活性剂5和剩余的23.55Kg的水,搅拌均匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0180] 上述的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂在地层温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ,地层水矿化度 $\leq 19334\text{mg/L}$ 渗透率 $\leq 50 \times 10^{-3}\text{um}^2$ 超低渗油藏压裂开采中的应用。

[0181] 按上述产品性能测定方法对实施例5制备的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂分别进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

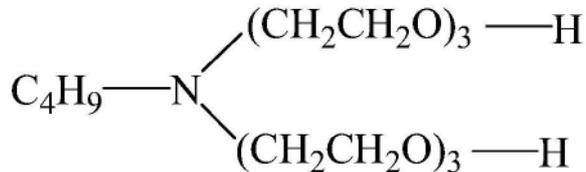
项目	指标
表面张力, mN/m	24.327
界面张力, mN/m	$2.6 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	25
[0182] 耐温性 (0.3%溶液、150°C, 3d)	表面张力: 25.473
	界面张力: $7.1 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 20
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 总量: 514mg/L)	表面张力: 25.525
	界面张力: $3.3 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 22

[0183] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂能够在高温老化后及高矿化度下仍然保持较低的界面张力、较低的表面张力和较高渗吸速度,表明耐温抗盐高效压裂液渗吸剂具有较强的耐地层吸附的性能,能够深入地层发挥持久的驱油效果。

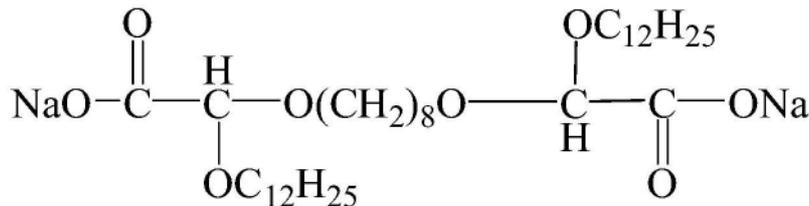
[0184] 对比例1

[0185] 将16.583Kg的水加入到反应釜内,控制温度30°C,加入19.90Kg的双子表面活性剂1和29.85Kg的非离子表面活性剂1,搅拌;待反应釜内的双子表面活性剂1和非离子表面活性剂1溶解后,加入剩余的31.167Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0186] 对比例1中所用的双子表面活性剂1和非离子表面活性剂1结构式如下:



[0187]



[0188] 按产品性能测定方法分别进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

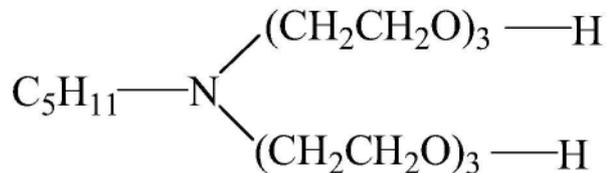
项目	指标
表面张力, mN/m	25.217
界面张力, mN/m	$5.3 \times 10^{-2}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	21
[0189] 耐温性 (0.3%溶液、150°C, 3d)	表面张力: 25.475
	界面张力: 4.26
	毛管自吸高度: 13
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 总量: 514mg/L)	表面张力: 26.366
	界面张力: $8.7 \times 10^{-2}$
	毛管自吸高度: 19

[0190] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,若保持其他组分质量浓度与实施例1相同,不加有机硅表面活性剂1,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂界面张力、表面张力和毛管自吸高度均出现一定程度地衰减,尤其耐温性指标衰减尤为显著。可见,考虑到有机硅表面活性剂Si-O键键能大且无双键存在,协同其他表面活性剂共同作用使得耐温抗盐高效压裂液渗吸剂150°C高温老化3d后依然具有良好的表面张力、界面张力和毛管自吸高度。

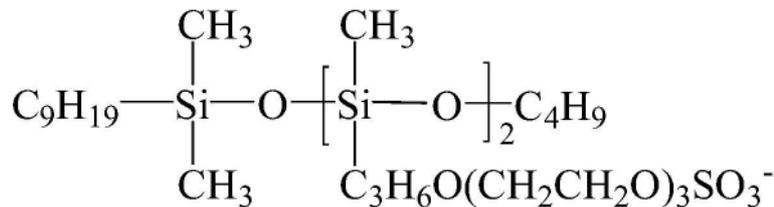
[0191] 对比例2

[0192] 将29.820Kg的水加入到反应釜内,控制温度50°C,加入45Kg的非离子表面活性剂4,搅拌;待反应釜内的双子表面活性剂4和非离子表面活性剂4溶解后,加入0.27Kg有机硅表面活性剂4和剩余的14.910Kg的水,搅拌混匀,即得淡黄色透明的耐温抗盐高效压裂液渗吸剂。

[0193] 对比例2中有机硅表面活性剂4和非离子表面活性剂4结构式如下:



[0194]



[0195] 按产品性能测定方法分别进行了不同条件下的表面张力、界面张力及毛管自吸高度的测定,结果如下:

项目	指标
表面张力, mN/m	26.671
界面张力, mN/m	$4.9 \times 10^{-3}$
毛管自吸高度 (0.3%), mm	23
[0196] 耐温性 (0.3%溶液、150°C, 3d)	表面张力: 26.973
	界面张力: $8.8 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 18
耐盐性 (0.3%溶液、矿化度: 19334mg/L, Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 总量: 514mg/L)	表面张力: 27.885
	界面张力: $6.2 \times 10^{-3}$
	毛管自吸高度: 21

[0197] 耐温抗盐高效压裂液渗吸剂测试结果可以看出,若保持其他组分质量浓度与实施例4相同,不加双子表面活性剂4,耐温抗盐高效压裂液渗吸剂界面张力、表面张力和毛管自吸高度均出现一定程度地衰减,尤其表面张力指标衰减尤为显著。可见,考虑到双子表面活性剂在降低水的表面张力方面表现出更高的效率,与传统表面活性剂,尤其是非离子表面活性剂复配时能产生较强的协同效应,两者构建的协同体系能使耐温抗盐高效压裂液渗吸剂表面张力、界面张力及毛管自吸高度进一步提升。

[0198] 实施例6-8

[0199] 与实施例1大致相同,区别仅仅在于双子表面活性剂的分子式中M和m不同:

[0200]	m	m
实施例6	Ag <sup>+</sup>	4
实施例7	Cu <sup>+</sup>	6
实施例8	K <sup>+</sup>	7

[0201] 实施例9-20

[0202] 与实施例1大致相同,区别仅仅在于有机硅表面活性剂的分子式中的R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、m、n、Y不同:

[0203]	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	m	n	Y
实施例 9	异丁基	异丁基	3	3	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
实施例 10	叔丁基	叔丁基	3	3	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
实施例 11	戊基	戊基	3	3	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
实施例 12	叔戊基	叔戊基	3	3	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>

[0204]

实施例 13	己基	己基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 14	异己基	异己基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 15	庚基	庚基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 16	异庚基	异庚基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 17	辛基	辛基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 18	异辛基	异辛基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 19	壬基	壬基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$
实施例 20	异壬基	异壬基	3	3	$\text{SO}_3^{2-}$

[0205] 实施例21-27

[0206] 与实施例1大致相同,区别仅仅在于:非离子表面活性剂分子式中的取代基 $\text{R}_3$ 不同、m、n不同:

[0207]

	$\text{R}_3$	m	n
实施例21	异丁基	1	1
实施例22	仲丁基	1	1
实施例23	戊基	1	1
实施例24	叔戊基	1	1
实施例25	己基	2	2
实施例26	异己基	2	2
实施例27	叔丁基	2	2

[0208] 实施例28-32

[0209] 与实施例1大致相同,区别仅仅在于:各个物料的比例不同:

[0210]

	非离子表面活	双子表面活性	有机硅表面活	水 (kg)
	性剂 1 (kg)	剂 1 (kg)	性剂 1 (kg)	
实施例 28	50	10	0.2	39.8
实施例 29	45	12	0.4	42.6
实施例 30	40	14	0.6	45.4
实施例 31	35	16	0.8	48.2
实施例 32	30	18	1	51

[0211]

[0212] 上面对本发明的实施方式做了详细说明。但是本发明并不限于上述实施方式,在所属技术领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。