



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114350337 B

(45) 授权公告日 2023.05.26

(21) 申请号 202111617897.9

(22) 申请日 2021.12.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114350337 A

(43) 申请公布日 2022.04.15

(73) 专利权人 西安石油大学
地址 710000 陕西省西安市电子二路东段
18号

专利权人 苏州工业园区蒙纳士科学技术研
究院

(72) 发明人 杜春保 常紫汐 贾新刚 程渊
于洪江 燕永利 马国艳 王成俊
王文珍

(74) 专利代理机构 深圳倚智知识产权代理事务
所(普通合伙) 44632

专利代理师 霍如肖

(51) Int. Cl.
C09K 8/58 (2006.01)
C09K 8/94 (2006.01)
C09K 8/60 (2006.01)
C09K 8/50 (2006.01)
C09K 8/518 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(56) 对比文件
CN 108659807 A, 2018.10.16
CN 112175600 A, 2021.01.05

审查员 王新杰

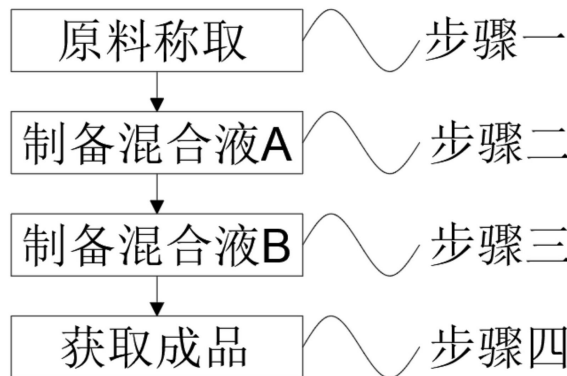
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

智能层状纳米稳泡剂及其制备方法和在泡沫驱油中的应用

(57) 摘要

本发明公开了智能层状纳米稳泡剂及其制备方法和在泡沫驱油中的应用,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,制备方法包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;本发明通过在MXene的表面和层间进行原位交联,沉积磁性纳米颗粒并改善其亲疏水性能,得到智能层状纳米稳泡剂,该智能层状纳米稳泡剂具有提高泡沫的寿命和泡沫综合性能的特性,从而延长泡沫在地层孔喉中的作用时间,实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;且当泡沫遇油破灭以后,可通过外加磁场能够迅速实现智能层状纳米稳泡剂的回收和再利用,对泡沫驱油效果的提高和进一步推广应用具有重要意义。

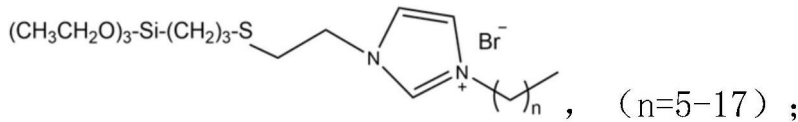


1. 智能层状纳米稳泡剂, 配方包括: MXene、无机物、碱源和交联剂, 其特征在于: 各组分的重量份数比分别是: 1-10份的MXene、0.1-1份的无机物、0.01-0.1份的碱源和0.01-0.1份的交联剂;

所述无机物为 NiCl_2 、 FeCl_3 、 CoCl_2 、 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 中的一种或两种;

所述碱源为醋酸钠或柠檬酸钠;

所述交联剂的结构为:



所述智能层状纳米稳泡剂的制备方法, 包括步骤一, 原料称取; 步骤二, 制备混合液A; 步骤三, 制备混合液B; 步骤四, 获取成品; 其特征在于:

其中上述步骤一中, 按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例, 分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

其中上述步骤二中, 将步骤一中所称取的无机物加入到适量的去离子水中, 超声溶解均匀, 然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂, 超声溶解均匀, 得到混合液A;

其中上述步骤三中, 取步骤一中所称取的MXene, 将其加入步骤二中所制备的混合液A中, 在磁力搅拌下搅拌2-4h, 将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中, 在 120°C 下密闭反应8-12h, 得到混合液B;

其中上述步骤四中, 将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后, 加入到100mL的去离子水超声分散均匀, 然后采用破碎仪破碎一段时间, 最后通过分离、洗涤和干燥后, 得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

2. 根据权利要求1所述的智能层状纳米稳泡剂, 其特征在于: 所述MXene为 Ti_3C_2 MXene、 Ti_2C MXene、 Nb_2C MXene、 V_2C MXene、 TiVC MXene、 Ti_3CN MXene、 Ti_2N MXene、 V_2N MXene、 Nb_4C_3 MXene、 V_4C_3 MXene、 TiNbC MXene、 $\text{Mo}_2\text{Ti}_2\text{C}_3$ MXene、 Mo_2TiC_2 MXene、 Mo_2C MXene、 Cr_2C MXene、 Ta_2C MXene、 Ta_4C_3 MXene、 $\text{W}_{1.33}\text{C}$ MXene、 $\text{Mo}_{1.33}\text{C}$ MXene、 VCrC MXene中的一种或几种。

3. 根据权利要求1所述的智能层状纳米稳泡剂的制备方法, 包括步骤一, 原料称取; 步骤二, 制备混合液A; 步骤三, 制备混合液B; 步骤四, 获取成品; 其特征在于:

其中上述步骤一中, 按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例, 分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

其中上述步骤二中, 将步骤一中所称取的无机物加入到适量的去离子水中, 超声溶解均匀, 然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂, 超声溶解均匀, 得到混合液A;

其中上述步骤三中, 取步骤一中所称取的MXene, 将其加入步骤二中所制备的混合液A中, 在磁力搅拌下搅拌2-4h, 将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中, 在 120°C 下密闭反应8-12h, 得到混合液B;

其中上述步骤四中, 将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后, 加入到100mL的去离子水超声分散均匀, 然后采用破碎仪破碎一段时间, 最后通过分离、洗涤和干燥后, 得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

4. 根据权利要求3所述的智能层状纳米稳泡剂的制备方法, 其特征在于: 所述步骤一中, 去离子水的体积为100mL。

5. 根据权利要求3所述的智能层状纳米稳泡剂的制备方法,其特征在于:所述步骤四中,破碎仪为外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为-20℃,以700-900W的功率进行破碎1-2h。

6. 权利要求1-2任一项所述的智能层状纳米稳泡剂或根据权利要求3-5任一项所述的制备方法制备得到的智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,其特征在于:所述智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

智能层状纳米稳泡剂及其制备方法和在泡沫驱油中的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及三次采油化学品技术领域,具体为智能层状纳米稳泡剂及其制备方法和在泡沫驱油中的应用。

背景技术

[0002] 随着世界各国对油气资源需求的急剧增加,高温地热环境下的深层油气藏资源逐渐成为探寻开采的重点;泡沫因具有粒径小、比表面积大和流动性好等优点在油气资源的三次开采中展现出了巨大的应用价值;泡沫通过低摩阻、低密度和返排能力强等优势来降低岩石中残余油的饱和度,从而提高原油采收率;但在实际泡沫驱油过程中,泡沫的稳定性较差,在复杂的油藏环境中存在容易破灭的缺陷,无法扩大波及体积,严重制约了泡沫驱油效率;

[0003] 传统的泡沫驱油所使用的起泡体系主要包括单组分小分子表面活性剂、单组分聚合物表面活性剂及多组分表面活性剂复配体系,尽管这些起泡体系的起泡能力强,但是所形成泡沫的寿命较短;纳米颗粒作为新型的稳泡剂与小分子表面活性剂进行复配构建纳米颗粒/表面活性剂复合起泡体系,在泡沫形成的过程中展现出了优越的稳泡能力;然而,当前所采用的纳米颗粒稳泡剂均为球形实心结构的二氧化硅、不规则实心结构的氢氧化铝或尺寸较大的不规则实心结构的膨润土,其表面活性位点有限,需要复杂的改性和修饰,驱油效果差;此外,这些纳米颗粒稳泡剂在驱油以后存在回收过程繁琐,难以在油田上进行大规模推广应用;

[0004] 中国专利文件201711382411.1公开了一种磺化渣油改性膨润土稳泡剂及其制备方法,该稳泡剂是将膨润土和渣油加入到有机溶剂中进行改性,然后除去有机溶剂,进行磺化处理所得;该制备方法虽然简单,但合成过程涉及有毒的有机溶剂,难以大规模推广应用;此外,该稳泡剂所用的膨润土的粒径为 $38\mu\text{m}$ - $75\mu\text{m}$,容易堵塞地层孔喉且无法回收;

[0005] 中国专利文件201810761015.8公开了一种智能纳米泡沫驱油剂的制备方法,该智能纳米泡沫驱油剂是以实心的纳米四氧化三铁为核,通过功能高分子在核表面进行聚合包覆所得;该智能纳米泡沫驱油剂的原油总提高采收率虽然可以达到18.2%,且可以通过外加磁场进行回收再利用,但是聚合物包覆的纳米四氧化三铁容易团聚,堵塞地层孔喉,存在地层伤害和回收率低的难题;

[0006] 中国专利文件202010174556.8公开了一种高分子改性膨润土稳泡剂及其制备方法,该稳泡剂是通过首先通过表面活性剂对膨润土进行插层,扩大膨润土的层间距,然后加入功能单体进行共聚制得;该稳泡剂虽然解决了膨润土可以在泡沫流体中的沉淀问题,但是合成步骤较为繁琐,且所得到的泡沫半衰期最高仅约为5min,泡沫在高温油藏环境下容易破灭,难以实现原油采收率的提高;

[0007] MXene是一种类似手风琴形态的新型二维材料,其具有独特的层状结构和超大的比表面积,层与层之间有丰富的活性位点;然而MXene表面含有丰富的羟基基团,是一种亲水性较好的二维材料,无法起到较好的稳泡效果;对MXene进行改性已经被广泛应用于柔性

促动器和电磁屏蔽等领域,而对MXene进行负载智能纳米颗粒和表面疏水改性后作为三次采油的稳泡剂却未见报道。

发明内容

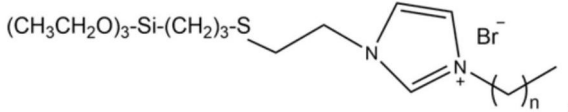
[0008] 本发明的目的在于提供智能层状纳米稳泡剂及其制备方法和在泡沫驱油中的应用,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0009] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:智能层状纳米稳泡剂,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,各组分的重量份数比分别是:1-10份的MXene、0.1-1份的无机物、0.01-0.1份的碱源和0.01-0.1份的交联剂。

[0010] 优选的,所述MXene为 Ti_3C_2 MXene、 Ti_2C MXene、 Nb_2C MXene、 V_2C MXene、 $TiVC$ MXene、 Ti_3CN MXene、 Ti_2N MXene、 V_2N MXene、 Nb_4C_3 MXene、 V_4C_3 MXene、 $TiNbC$ MXene、 $Mo_2Ti_2C_3$ MXene、 Mo_2TiC_2 MXene、 Mo_2C MXene、 Cr_2C MXene、 Ta_2C MXene、 Ta_4C_3 MXene、 $W_{1.33}C$ MXene、 $Mo_{1.33}C$ MXene、 $VCrC$ MXene中的一种或几种。

[0011] 优选的,所述无机物为 $NiCl_2$ 、 $FeCl_3$ 、 $CoCl_2$ 、 $Ni(NO_3)_2$ 、 $Fe(NO_3)_3$ 、 $Co(NO_3)_2$ 中的一种或两种。

[0012] 优选的,所述碱源为醋酸钠或柠檬酸钠。

[0013] 优选的,所述交联剂的结构为  (n=5-17)。

[0014] 智能层状纳米稳泡剂的制备方法,包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;

[0015] 其中上述步骤一中,按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例,分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

[0016] 其中上述步骤二中,将步骤一中所称取的无机物加入到适量的去离子水中,超声溶解均匀,然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂,超声溶解均匀,得到混合液A;

[0017] 其中上述步骤三中,取步骤一中所称取的MXene,将其加入步骤二中所制备的混合液A中,在磁力搅拌下搅拌2-4h,将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中,在 $120^{\circ}C$ 下密闭反应8-12h,得到混合液B;

[0018] 其中上述步骤四中,将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后,加入到100mL的去离子水超声分散均匀,然后采用破碎仪破碎一段时间,最后通过分离、洗涤和干燥后,得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

[0019] 优选的,所述步骤一中,去离子水的体积为100mL。

[0020] 优选的,所述步骤四中,破碎仪为外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为 $-20^{\circ}C$,以700-900W的功率进行破碎1-2h。

[0021] 智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,所述智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗

化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

[0022] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明通过在MXene的表面和层间进行原位交联,沉积磁性纳米颗粒并改善其亲疏水性能,得到智能层状纳米稳泡剂,该智能层状纳米稳泡剂具有提高泡沫的寿命和泡沫综合性能的特性,从而延长泡沫在地层孔喉中的作用时间,实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;且当泡沫遇油破灭以后,可通过外加磁场能够迅速实现智能层状纳米稳泡剂的回收和再利用,对泡沫驱油效果的提高和进一步推广应用具有重要意义。

附图说明

[0023] 图1为本发明的方法流程图;

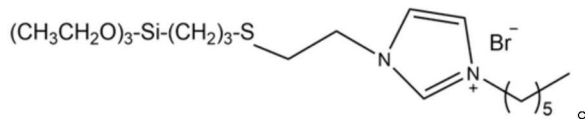
具体实施方式

[0024] 下面将结合本发明实施例中的附图,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。

[0025] 请参阅图1,本发明提供一种技术方案:

[0026] 实施例1:

[0027] 智能层状纳米稳泡剂,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,各组分的重量份数比分别是:1份的MXene、0.1份的无机物、0.01份的碱源和0.01份的交联剂;MXene为 Ti_3C_2 MXene;无机物为 $NiCl_2$;碱源为醋酸钠;交联剂的结构为



[0028] 智能层状纳米稳泡剂的制备方法,包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;

[0029] 其中上述步骤一中,按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例,分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

[0030] 其中上述步骤二中,将步骤一中所称取的无机物加入到100mL的去离子水中,超声溶解均匀,然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂,超声溶解均匀,得到混合液A;

[0031] 其中上述步骤三中,取步骤一中所称取的 Ti_3C_2 MXene,将其加入步骤二中所制备的混合液A中,在磁力搅拌下搅拌2h,将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中,在120℃下密闭反应8h,得到混合液B;

[0032] 其中上述步骤四中,将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后,加入到100mL的去离子水超声分散均匀,然后采用外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为-20℃,以700W的功率进行破碎1h,最后通过分离、洗涤和干燥后,得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

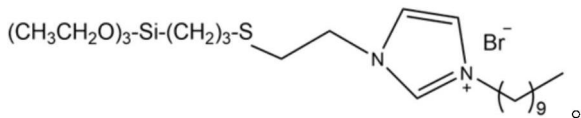
[0033] 智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道

的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

[0034] 采用激光粒度仪和接触角测量仪表征智能层状纳米稳泡剂的平均粒径和表面润湿性能,其平均粒径为32nm,接触角为67.6°;采用罗氏泡沫仪(GBT13173-2008)和岩心驱替装置(Q/SY T6424-2014),评价了浓度为0.1%的智能层状纳米稳泡剂与0.4%的起泡剂癸基葡萄糖苷磺酸钠组成的泡沫配方的发泡能力、泡沫稳定性以及驱油效率,测试结果见表1;采用外加磁场对泡沫驱油后的智能层状纳米稳泡剂进行回收富集,使用乙醇和醋酸混合溶液进行洗涤三次,经100℃干燥后重复进行驱油实验。

[0035] 实施例2:

[0036] 智能层状纳米稳泡剂,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,各组分的重量份数比分别是:8份的MXene、1份的无机物、0.05份的碱源和0.1份的交联剂;MXene为 $\text{Mo}_2\text{Ti}_2\text{C}_3$ MXene;无机物为 NiCl_2 ;碱源为醋酸钠;交联剂的结构为



[0037] 智能层状纳米稳泡剂的制备方法,包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;

[0038] 其中上述步骤一中,按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例,分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

[0039] 其中上述步骤二中,将步骤一中所称取的无机物加入到100mL的去离子水中,超声溶解均匀,然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂,超声溶解均匀,得到混合液A;

[0040] 其中上述步骤三中,取步骤一中所称取的 $\text{Mo}_2\text{Ti}_2\text{C}_3$ MXene,将其加入步骤二中所制备的混合液A中,在磁力搅拌下搅拌4h,将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中,在120℃下密闭反应12h,得到混合液B;

[0041] 其中上述步骤四中,将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后,加入到100mL的去离子水超声分散均匀,然后采用外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为-20℃,以900W的功率进行破碎2h,最后通过分离、洗涤和干燥后,得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

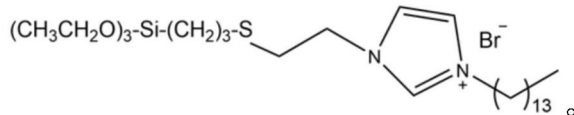
[0042] 智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

[0043] 采用激光粒度仪和接触角测量仪表征智能层状纳米稳泡剂的平均粒径和表面润湿性能,其平均粒径为41nm,接触角为65.2°;采用罗氏泡沫仪(GBT13173-2008)和岩心驱替装置(Q/SY T6424-2014),评价了浓度为0.1%的智能层状纳米稳泡剂与0.4%的起泡剂十二烷基磺酸钠组成的泡沫配方的发泡能力、泡沫稳定性以及驱油效率,测试结果见表1;采用外加磁场对泡沫驱油后的智能层状纳米稳泡剂进行回收富集,使用乙醇和醋酸混合溶液

进行洗涤三次,经100℃干燥后重复进行驱油实验。

[0044] 实施例3:

[0045] 智能层状纳米稳泡剂,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,各组分的重量份数比分别是:5份的MXene、0.2份的无机物、0.04份的碱源和0.04份的交联剂;MXene为 $W_{1.33}C$ MXene;无机物为 $NiCl_2$;碱源为醋酸钠;交联剂的结构为



[0046] 智能层状纳米稳泡剂的制备方法,包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;

[0047] 其中上述步骤一中,按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例,分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

[0048] 其中上述步骤二中,将步骤一中所称取的无机物加入到100mL的去离子水中,超声溶解均匀,然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂,超声溶解均匀,得到混合液A;

[0049] 其中上述步骤三中,取步骤一中所称取的 $W_{1.33}C$ MXene,将其加入步骤二中所制备的混合液A中,在磁力搅拌下搅拌2h,将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中,在120℃下密闭反应10h,得到混合液B;

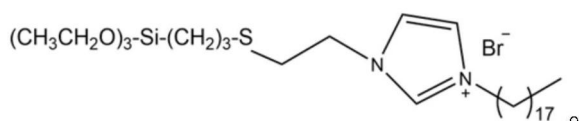
[0050] 其中上述步骤四中,将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后,加入到100mL的去离子水超声分散均匀,然后采用外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为-20℃,以800W的功率进行破碎1h,最后通过分离、洗涤和干燥后,得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

[0051] 智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

[0052] 采用激光粒度仪和接触角测量仪表征智能层状纳米稳泡剂的平均粒径和表面润湿性能,其平均粒径为45nm,接触角为70.4°;采用罗氏泡沫仪(GBT13173-2008)和岩心驱替装置(Q/SY T6424-2014),评价了浓度为0.2%的智能层状纳米稳泡剂与0.4%的起泡剂十二烷基羟丙基磺基甜菜碱组成的泡沫配方的发泡能力、泡沫稳定性以及驱油效率,测试结果见表1;采用外加磁场对泡沫驱油后的智能层状纳米稳泡剂进行回收富集,使用乙醇和醋酸混合溶液进行洗涤三次,经100℃干燥后重复进行驱油实验。

[0053] 实施例4:

[0054] 智能层状纳米稳泡剂,配方包括:MXene、无机物、碱源和交联剂,各组分的重量份数比分别是:10份的MXene、0.4份的无机物、0.1份的碱源和0.06份的交联剂;MXene为 $VCrC$ MXene;无机物为 $NiCl_2$;碱源为醋酸钠;交联剂的结构为



[0055] 智能层状纳米稳泡剂的制备方法,包括步骤一,原料称取;步骤二,制备混合液A;步骤三,制备混合液B;步骤四,获取成品;

[0056] 其中上述步骤一中,按照智能层状纳米稳泡剂的配方比例,分别称取MXene、无机物、碱源和交联剂备用;

[0057] 其中上述步骤二中,将步骤一中所称取的无机物加入到100mL的去离子水中,超声溶解均匀,然后加入步骤一中所称取的碱源和交联剂,超声溶解均匀,得到混合液A;

[0058] 其中上述步骤三中,取步骤一中所称取的VCrC MXene,将其加入步骤二中所制备的混合液A中,在磁力搅拌下搅拌3h,将混合完全的溶液转移到高温高压反应釜中,在120℃下密闭反应12h,得到混合液B;

[0059] 其中上述步骤四中,将步骤三中得到的混合液B通过分离、洗涤后,加入到100mL的去离子水超声分散均匀,然后采用外接循环冷却装置的非接触式超声波细胞破碎仪,循环冷却液的温度为-20℃,以900W的功率进行破碎2h,最后通过分离、洗涤和干燥后,得到的智能层状纳米稳泡剂成品。

[0060] 智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中的应用,智能层状纳米稳泡剂应用于泡沫驱油中,可以提高泡沫驱油体系的泡沫寿命,从而提高泡沫的综合性能,进而实现对地层大孔道的暂堵,提高原油采收率;此外,该智能层状纳米稳泡剂被吸附在气液界面上具有不可逆性,有效增加泡沫的表面弹性,阻碍液相在液膜中的流动,延缓液膜变薄,阻止泡沫的粗化和聚并,达到稳定泡沫的目的,从而扩大波及体积,提高泡沫驱油效率。

[0061] 采用激光粒度仪和接触角测量仪表征智能层状纳米稳泡剂的平均粒径和表面润湿性能,其平均粒径为35nm,接触角为69.7°;采用罗氏泡沫仪(GBT13173-2008)和岩心驱替装置(Q/SY T6424-2014),评价了浓度为0.2%的智能层状纳米稳泡剂与0.4%的起泡剂 α -烯基磺酸钠组成的泡沫配方的发泡能力、泡沫稳定性以及驱油效率,测试结果见表1;采用外加磁场对泡沫驱油后的智能层状纳米稳泡剂进行回收富集,使用乙醇和醋酸混合溶液进行洗涤三次,经100℃干燥后重复进行驱油实验。

[0062] 对比例1:

[0063] 一种高分子改性膨润土稳泡剂及其制备方法(中国专利202010174556.8),包括步骤如下:

[0064] 将质量比为2:5的十六烷基三甲基溴化铵与膨润土在70℃下进行搅拌混合2h,然后抽滤、烘干、粉碎、过筛,得到有机改性膨润土;将质量比为10:3:2的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺、N-乙烯基吡咯烷酮溶解在水中配置单体浓度为10%的溶液,用0.1mol/L的氢氧化钠调节pH至4,然后加入有机改性膨润土,搅拌均匀,通入氮气20min,加入单体质量的0.1%的过硫酸铵,继续通入氮气2min,封闭反应器,在40℃下反应3h后,烘干、粉碎,得到高分子改性膨润土稳泡剂;实验采用吴茵搅拌法评价了浓度为0.4%的起泡剂癸基葡萄糖苷磺酸钠(FP1856)与1%的高分子改性膨润土颗粒稳泡剂组成的泡沫配方的发泡能力和泡沫稳定性;测试结果见表1。

[0065] 对比例2:

[0066] 一种智能纳米泡沫驱油剂的制备方法(201810761015.8),包括步骤如下:

[0067] 将0.1g的纳米四氧化三铁分散在200mL的去离子水中,加入1g的聚乙烯吡咯烷酮,用氮气吹扫30min,一次加1g的N-异丙基丙烯酰胺、0.1g的过硫酸钾、0.05g的对苯乙烯磺酸

钠,加热至80℃反应12h,然后离心、干燥,得到纳米颗粒;将得到的纳米颗粒与1g的十二烷基硫酸钠一起分散在水中,得到智能纳米泡沫驱油剂,并采用岩心驱替实验研究了智能纳米泡沫驱油剂的驱油性能;根据Q/SY T6424-2014《复合驱油体系性能测试方法》评价原油采收率;测试结果见表1。

[0068] 表1 不同稳泡剂和泡沫驱油剂的性能测试情况数据表

	泡沫体 积(mL)	泡沫半衰 期(min)	泡沫综合评 价指数(mL· min)	首次使用后的原 油总提高采收率 (%)	使用一次后的原 油总提高采收率 (%)
对 比 例 1	730	5.0	3650	-	-
对 比 例 2	-	-	-	18.2	-
[0069] 实 施 例 1	730	12.3	8979	21.9	21.5
实 施 例 2	290	24.4	7076	20.1	19.0
实 施 例 3	250	28.6	7150	20.5	19.3
实 施 例 4	240	30.2	7248	21.0	20.0

[0070] 基于上述,由表1可得,实施例1所用的起泡剂和对比例1中一样,起泡体积并无差异,但是泡沫半衰期从5.0min显著提高至了12.3min,泡沫综合评价指数从3650mL·min提高至了8979mL·min,表明实施例1中的稳泡剂具有优异的稳泡性能;实施例2、实施例3和实施例4中的起泡剂不同于对比例1中所用的起泡剂,泡沫体积虽然均小于对比例1中的泡沫体积,但实施例2、实施例3和实施例4中的泡沫半衰期明显大于对比例1中的泡沫半衰期,其泡沫综合评价指数明显大于对比例1中的泡沫综合评价指数;因此,实施例1、实施例2、实施例3和实施例4中的智能层状纳米稳泡剂具有较高的稳泡能力;对比例2中没有关于泡沫体积和半衰期的数据,其原油总提高采收率为18.2%,而实施例1、实施例2、实施例3和实施例4的原油总提高采收率则分别为21.9%、20.1%、20.5%和21.0%,驱油性能优于对比例2;实施例1、实施例2、实施例3和实施例4中的智能层状纳米稳泡剂在回收后经洗涤再次进行驱油后的原油总提高采收率分别为21.5%、19.0%、19.3%和20.0%,表明智能层状纳米稳泡剂在泡沫驱油中具有良好的重复使用性能。

[0071] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

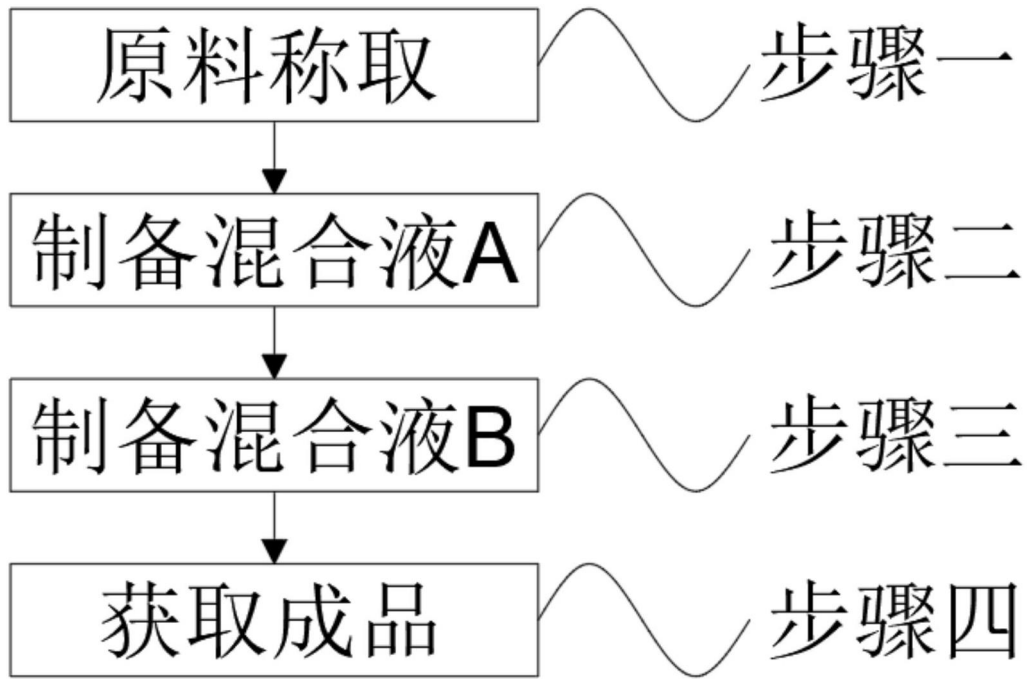


图1