



(21) 申请号 201910717715.1

(22) 申请日 2019.08.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110484229 A

(43) 申请公布日 2019.11.22

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9
号中国石油大厦

(72) 发明人 曹荣荣 郑力军 杨海恩 何治武
吴天江 张荣 易萍 任建科
朱家杰 张涛

(74) 专利代理机构 西安吉盛专利代理有限责任
公司 61108
专利代理师 张弛

(51) Int.Cl.

C09K 8/584 (2006.01)

C09K 8/504 (2006.01)

C09K 8/506 (2006.01)

E21B 43/22 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2016024374 A1, 2016.01.28

CN 107674664 A, 2018.02.09

CN 107674664 A, 2018.02.09

CN 110079289 A, 2019.08.02

审查员 冯硕

权利要求书2页 说明书6页

(54) 发明名称

一种用于低渗透油藏的复合驱油体系及其
制备和应用方法

(57) 摘要

本发明提供了一种用于低渗透油藏的复合驱油体系及其制备和应用方法,该体系由以下质量百分比的组分组成:纳米石墨0.05%~0.35%;分散剂0.05%~0.15%;两性离子表面活性剂0.15%~0.35%;余量为水。该体系具有显著降低油水界面张力提高洗油效率的能力,改性纳米石墨乳的颗粒聚集效应可实现地层深部调控、扩大波及体积的双重作用。通过分段塞注入的方式注入油层,能够最大限度的提高非均相复合驱油体系的驱油效果。

1. 一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,由以下质量百分比的组分组成:
纳米石墨0.05%~0.35%;

分散剂0.05%~0.15%;

两性离子表面活性剂 0.15%~0.35%;

余量为水;

所述两性离子表面活性剂为芥酸酰胺丙基甜菜碱、油酸酰胺丙基甜菜碱、椰油酰胺丙基甜菜碱、磺丙基甜菜碱中的一种;

所述分散剂为亚甲基双萘磺酸钠、亚甲基双甲基萘磺酸钠、苜基萘磺酸钠、聚羧酸盐 Tersperse 2500中的一种或其混合物;

该复合驱油体系的应用方法,包括以下步骤:

S1. 向地层中注入两性离子表面活性剂预处理段塞,其体积注入量为地层孔隙体积的0.05%~0.1%;

S2. 向地层中注入所述的用于低渗透油藏的复合驱油体系主体段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的20%~50%;

S3. 向地层中注入纳米石墨后置保护段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的0.05%~0.1%;

S4. 开井恢复生产。

2. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,由以下质量百分比的组分组成:

纳米石墨0.2%;

分散剂0.1%;

两性离子表面活性剂0.2%;

余量为水。

3. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于:所述纳米石墨的初始粒径为20nm~60nm。

4. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,该复合驱油体系包括:质量百分数为0.25 %的纳米石墨颗粒,质量百分数为0.10%的分散剂,质量百分数为0.25%的两性离子表面活性剂,质量百分数为99.4%的水。

5. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,该复合驱油体系包括以下质量百分比的组分:纳米石墨颗粒0.30%、分散剂0.15%、两性离子表面活性剂0.30%和水99.25%。

6. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,该复合驱油体系包括以下质量百分比的组分:纳米石墨颗粒0.35%、分散剂0.15%、两性离子表面活性剂0.35%和水99.15%。

7. 根据权利要求1所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,其特征在于,该复合驱油体系,包括质量百分数为0.05%的纳米石墨颗粒,质量百分数为0.05%的分散剂,质量百分数为0.15%的两性离子表面活性剂,质量百分数为99.75%的水。

8. 根据权利要求1-7任一项所述的一种用于低渗透油藏的复合驱油体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

室温下,在配方量的水中先加入配方量的纳米石墨,超声搅拌10~30分钟待其均匀分散后;再加入配方量的分散剂,超声搅拌20~60分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌5~20分钟,得到所述用于低渗透油藏的复合驱油体系。

一种用于低渗透油藏的复合驱油体系及其制备和应用方法

技术领域

[0001] 本发明属于油田复合驱油技术化学领域,具体涉及一种用于低渗透油藏的复合驱油体系及其制备和应用方法。

技术背景

[0002] 低渗透油藏在中国分布广泛,新发现的低渗透油气田占到新发现油藏的一半以上,而平均采收率仅为21.6%,因此研究如何提高采收率是开采低渗透油气田的关键。针对低渗透油田物性普遍较差,天然裂缝或人工裂缝发育,注水井吸水能力低,注水见效差,自然产能较低等特点,常规的驱油措施难以满足低渗透油藏开采的需要。如聚合物驱及以聚合物为基础建立的复合驱油体系中聚合物的主要作用是增加驱替液的黏度,改变水油流度比,以扩大波及体积,实现原油采收率的提高。但以聚合物及聚合物为基础的复合驱油体系中聚合物受注入设备剪切和地层多孔介质剪切及地层理化性质影响较大,导致聚合物的粘度大幅度下降,流度控制能力减弱。尤其在后续水驱阶段,注入压力下降较快,驱油剂容易发生指进窜入油井,极大地限制了驱油剂的驱油作用,降低了驱油剂的使用价值,难以获得长期有效的开发效果。水膨体的注入性和选择性较差;聚合物微球的地层适应性较差,成本高,以单体丙烯酰胺为制备原料,毒性大,环保性较差。泡沫类调驱体系在油田得到了广泛的应用,但对于低渗透油藏,如何解决其注入性和长期有效性是其在低渗透油藏推广应用的技术瓶颈。

发明内容

[0003] 针对现有技术的不足,本发明提供一种用于低渗透油藏的复合驱油体系及其制备和应用方法,该体系具有显著降低油水界面张力、提高洗油效率的能力,纳米石墨乳的颗粒聚集效应可实现地层深部调控、扩大波及体积的双重作用;使用时,通过分段塞注入的方式注入油层,能够最大限度的提高非均相复合驱油体系的驱油效果。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用下述方案:

[0005] 一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,由以下质量百分比的组分组成:

[0006] 纳米石墨0.05%~0.35%;

[0007] 分散剂0.05%~0.15%;

[0008] 两性离子表面活性剂0.15%~0.35%;

[0009] 余量为水。

[0010] 一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,由以下质量百分比的组分组成:

[0011] 纳米石墨0.2%;

[0012] 分散剂0.1%;

[0013] 两性离子表面活性剂0.2%;

[0014] 余量为水。

[0015] 所述纳米石墨的初始粒径为20nm~60nm。

[0016] 所述分散剂为亚甲基双萘磺酸钠、亚甲基双甲基萘磺酸钠、苄基萘磺酸钠、聚羧酸盐Tersperse 2500中的一种或其混合物。

[0017] 所述两性离子表面活性剂为芥酸酰胺丙基甜菜碱、油酸酰胺丙基甜菜碱、椰油酰胺丙基甜菜碱、磺丙基甜菜碱中的一种。

[0018] 一种用于低渗透油藏的复合驱油体系的制备方法,包括如下步骤:

[0019] 室温下,在配方量的水中先加入配方量的纳米石墨,超声搅拌 10~30分钟待其均匀分散后;再加入配方量的分散剂,超声搅拌20~60 分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌 5~20分钟,得到所述用于低渗透油藏的复合驱油体系。

[0020] 一种用于低渗透油藏的复合驱油体系的应用方法,当注水井对应的油井含水显著上升,水驱低效或无效造成开发效果变差,且地层中残留大量剩余油时,采用所述的用于低渗透油藏的复合驱油体系进行驱油,包括以下步骤:

[0021] S1.向地层中注入两性离子表面活性剂预处理段塞,其体积注入量为地层孔隙体积的0.05%~0.1%;

[0022] S2.向地层中注入所述的用于低渗透油藏的复合驱油体系主体段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的20%~50%;

[0023] S3.向地层中注入纳米石墨后置保护段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的0.05%~0.1%;

[0024] S4.开井恢复生产。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0026] (1)本发明采用的纳米石墨颗粒与分散剂、两性离子表面活性剂具有良好的协同效应,非均相复合体系具有较高的界面活性,可使油水界面张力降低到10-2mN/m数量级,显著提高驱油剂的洗油效率。

[0027] (2)本发明采用的改性纳米石墨颗粒为水基分散,具有质地柔软、自润滑性、环境友好、稳定性好、能够强化低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油过程中的流度控制能力和洗油能力。

[0028] (3)本发明的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,能够满足低渗透油藏的注入,解决了常规驱油剂高压欠注的现象,且所需的改性纳米石墨颗粒质地柔软,具有自润滑特点,易于进入地层深部,提高对储层深部调控能力,能够最大限度提高后续注入的改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的波及能力和洗油能力。

[0029] (4)本发明采用的改性纳米石墨乳颗粒体系依靠颗粒直接封堵或架桥封堵的特点,能够强化非均相复合驱油体系驱油过程中的流度控制能力。

[0030] (5)本发明的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系配制工艺简单,便于大规模的现场施工,并通过设置三个驱油段塞,能够最大限度的提高非均相复合驱油体系的驱油效果。

具体实施方式

[0031] 实施例1

[0032] 为解决上述调驱剂在低渗透油藏应用的难题,充分考虑提高驱油剂的洗油效率和波及体积方面实现提高原油采收率,本发明提供了一种用于低渗透油藏的复合驱油体系,

由以下质量百分比的组分组成：

[0033] 纳米石墨0.05%~0.35%；

[0034] 分散剂0.05%~0.15%；

[0035] 两性离子表面活性剂0.15%~0.35%；

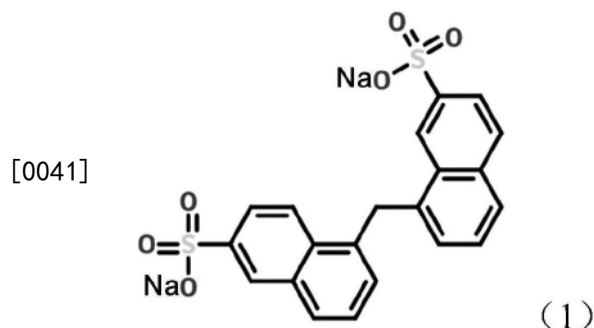
[0036] 余量为水。

[0037] 该复合驱油体系是一种水基分散，绿色环保、无毒、长期稳定性、质地柔软、能够高效降低油水界面张力，具有自润滑性质的改性纳米石墨乳非均相驱油体系。该体系既能够提高驱油剂的洗油效率，又能够提高驱油剂的波及体积，达到长期有效的水驱效果。

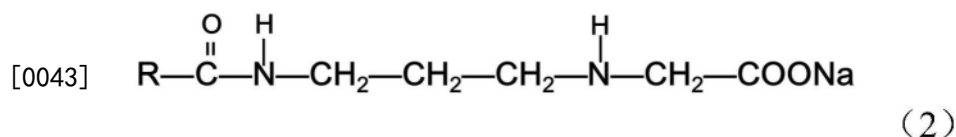
[0038] 实施例2

[0039] 在实施例1的基础上，进一步地，所述纳米石墨颗粒的初始粒径为20nm~60nm。

[0040] 进一步地，所述分散剂为亚甲基双萘磺酸钠、亚甲基双甲基萘磺酸钠、苄基萘磺酸钠、聚羧酸盐Tersperse 2500中的一种或其混合物。所述分散剂优选亚甲基双萘磺酸钠，具有式(1)所示的结构；通过加入分散剂可提高纳米石墨颗粒的悬浮稳定性：



[0042] 进一步地，所述两性离子表面活性剂为芥酸酰胺丙基甜菜碱、油酸酰胺丙基甜菜碱、椰油酰胺丙基甜菜碱、磺丙基甜菜碱中的一种。所述两性离子表面活性剂优选磺丙基甜菜碱，具有式(2)所示的结构：



[0044] 式中，R为碳原子数为7~17的烷基，优选为13。通过加入两性离子表面活性剂可提高改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系降低油水界面张力的能力，进一步增强改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的驱油效果。

[0045] 实施例3

[0046] 进一步地，用于低渗透油藏的复合驱油体系的制备方法，包括如下步骤：

[0047] 室温下(20±5℃)，在配液水中先加入纳米石墨颗粒，超声搅拌10分钟待其均匀分散后；再加入分散剂，超声搅拌20分钟待其充分分散，最后再加入两性离子表面活性剂，搅拌5分钟，从而得到一种用于低渗透油藏改性纳米石墨非均相复合驱油体系。

[0048] 实施例4

[0049] 当注水井对应的油井含水显著上升，水驱低效或无效造成开发效果变差，且地层中残留大量剩余油时，采用上述的用于低渗透油藏的复合驱油体系进行驱油，包括以下步骤：

[0050] S1.向地层中注入前置两性离子表面活性剂预处理段塞，其体积注入量为地层孔

隙体积的0.05%~0.1%;

[0051] S2.向地层中注入改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系主体段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的20%~50%;

[0052] S3.向地层中注入改性纳米石墨颗粒后置保护段塞,其体积注入量为地层总孔隙体积的0.05%~0.1%;

[0053] S4.开井恢复生产。

[0054] 实施例5

[0055] 一种低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,包括:质量百分数为0.25%的纳米石墨颗粒,质量百分数为0.10%的分散剂;质量百分数为0.25%的两性离子表面活性剂,质量百分数为99.4%的水。

[0056] 室温下($20\pm 5^{\circ}\text{C}$),在配方量的水中边搅拌加入配方量的纳米石墨颗粒搅拌10分钟,待其充分分散;然后加入配方量的分散剂,超声搅拌20分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌5分钟,从而得到一种用于低渗透油藏改性纳米石墨非均相复合驱油体系。该体系45℃条件下可降低油水界面张力 $2.38\times 10^{-2}\text{mN/m}$ 。

[0057] 实施例6

[0058] 本实施例还提供了低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的应用方法:

[0059] 采用上述的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系进行驱油。模拟油,45℃下粘度 $4.8\text{mPa}\cdot\text{s}$,地层模拟水,矿化度为4000mg/L;温度:45℃;岩心基本参数:长×直径=10cm×2.5cm,渗透率65mD。在45℃下,将上述岩心抽真空饱和水、饱和油,水驱至98%后,按照以下三个段塞进行复合驱油体系驱油:前置预处理段塞、主体段塞和后置保护段塞。具体步骤如下:

[0060] (1)前置预处理段塞:前置预处理段塞为两性离子表面活性剂的水溶液,水溶液中两性离子表面活性剂的质量分数为0.25%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.05%;

[0061] (2)主体段塞:主体段塞为上述制备的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,体积注入量为岩心孔隙体积的30%;

[0062] (3)后置保护段塞:后置保护段塞为改性纳米石墨乳颗粒的水溶液,水溶液中改性纳米石墨颗粒的质量分数为0.20%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.1%。

[0063] 驱油结果:水驱采收率为35.86%,低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油后最终采收率达到51.53%,提高原油采收率15.67%。

[0064] 实施例7

[0065] 一种低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,包括以下质量百分比的组分:纳米石墨颗粒0.30%、分散剂0.15%、两性离子表面活性剂0.30%和水99.25%。

[0066] 室温下($20\pm 5^{\circ}\text{C}$),在配方量的水中边搅拌加入配方量的纳米石墨颗粒搅拌10分钟,待其充分分散;然后加入配方量的分散剂,超声搅拌20分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌5分钟,从而得到一种用于低渗透油藏改性纳米石墨非均相复合驱油体系。该体系45℃条件下可降低油水界面张力 $1.26\times 10^{-2}\text{mN/m}$ 。

[0067] 本实施例还提供了低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的应用方法:

[0068] 采用上述的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系进行驱油。模拟油,45℃下粘度 $4.8\text{mPa}\cdot\text{s}$,地层模拟水,矿化度为4000mg/L;温度:45℃;岩心基本参数:长×直

径=10cm×2.5cm,渗透率42mD。在45℃下,将上述岩心抽真空饱和水、饱和油,水驱至98%后,按照以下三个段塞进行复合驱油体系驱油:前置预处理段塞、主体段塞和后置保护段塞。具体步骤如下:

[0069] (1) 前置预处理段塞:前置预处理段塞为两性离子表面活性剂的水溶液,水溶液中聚两性离子表面活性剂的质量分数为0.30%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.05%;

[0070] (2) 主体段塞:主体段塞为上述制备的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,体积注入量为岩心孔隙体积的40%;

[0071] (3) 后置保护段塞:后置保护段塞为改性纳米石墨颗粒的水溶液,水溶液中改性纳米石墨颗粒的质量分数为0.25%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.1%。

[0072] 驱油结果:水驱采收率为33.17%,低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油后最终采收率达到54.28%,提高原油采收率21.11%。

[0073] 实施例8

[0074] 一种低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,包括以下质量百分比的组分:纳米石墨颗粒0.35%、分散剂0.15%、两性离子表面活性剂0.35%和水99.15%。

[0075] 室温下(20±5℃),在配方量的水中边搅拌加入配方量的纳米石墨颗粒搅拌10分钟,待其充分分散;然后加入配方量的分散剂,超声搅拌20分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌5分钟,从而得到一种用于低渗透油藏改性纳米石墨非均相复合驱油体系。该体系45℃条件下可降低油水界面张力 1.37×10^{-2} mN/m。

[0076] 本实施例还提供了低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的应用方法:

[0077] 采用上述的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系进行驱油。模拟油,45℃下粘度4.8mPa·s,地层模拟水,矿化度为4000mg/L;温度:45℃;岩心基本参数:长×直径=10cm×2.5cm,渗透率33mD。在45℃下,将上述岩心抽真空饱和水、饱和油,水驱至98%后,按照以下三个段塞进行复合驱油体系驱油:前置预处理段塞、主体段塞和后置保护段塞。具体步骤如下:

[0078] (1) 前置预处理段塞:前置预处理段塞为两性离子表面活性剂的水溶液,水溶液中聚两性离子表面活性剂的质量分数为0.35%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.05%;

[0079] (2) 主体段塞:主体段塞为上述制备的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,体积注入量为岩心孔隙体积的50%;

[0080] (3) 后置保护段塞:后置保护段塞为改性纳米石墨颗粒的水溶液,水溶液中改性纳米石墨颗粒的质量分数为0.30%,体积注入量为岩心孔隙体积的0.1%。

[0081] 驱油结果:水驱采收率为31.25%,低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油后最终采收率达到55.07%,提高原油采收率23.82%。

[0082] 实施例9

[0083] 一种低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系,包括:纳米石墨颗粒,质量分数为0.05%;分散剂,质量分数为0.05%;两性离子表面活性剂,质量分数为0.15%;余量水,质量分数为99.75%,各组分质量分数之和为100%。

[0084] 室温下(20±5℃),在配方量的水中边搅拌加入配方量的纳米石墨颗粒搅拌10分钟,待其充分分散;然后加入配方量的分散剂,超声搅拌20分钟待其充分分散,最后再加入配方量的两性离子表面活性剂,搅拌5分钟,从而得到一种用于低渗透油藏改性纳米石墨非

均相复合驱油体系。该体系45℃条件下可降低油水界面张力 2.57×10^{-2} mN/m。

[0085] 本实施例还提供了低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系的应用方法：

[0086] 采用上述的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系进行驱油。模拟油，45℃下粘度4.8mPa·s，地层模拟水，矿化度为4000mg/L；温度：45℃；岩心基本参数：长×直径=10cm×2.5cm，渗透率68mD。在45℃下，将上述岩心抽真空饱和水、饱和油，水驱至98%后，按照以下三个段塞进行复合驱油体系驱油：前置预处理段塞、主体段塞和后置保护段塞。具体步骤如下：

[0087] (1) 前置预处理段塞：前置预处理段塞为两性离子表面活性剂的水溶液，水溶液中聚两性离子表面活性剂的质量分数为0.05%，体积注入量为岩心孔隙体积的0.08%；

[0088] (2) 主体段塞：主体段塞为上述制备的低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油体系，体积注入量为岩心孔隙体积的35%；

[0089] (3) 后置保护段塞：后置保护段塞为改性纳米石墨颗粒的水溶液，水溶液中改性纳米石墨颗粒的质量分数为0.1%，体积注入量为岩心孔隙体积的0.08%。

[0090] 驱油结果：水驱采收率为37.04%，低渗透油藏改性纳米石墨乳非均相复合驱油后最终采收率达到50.78%，提高原油采收率14.89%。