



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109790449 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201780061023.5

(22)申请日 2017.07.14

(30)优先权数据

62/369425 2016.08.01 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.01

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2017/052078 2017.07.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/025011 EN 2018.02.08

(71)申请人 独立油田化学制品有限责任公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 J.C.道森 J.R.威林厄姆

R.米契尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 童春媛 黄念

(51)Int.Cl.

C09K 8/512(2006.01)

C09K 8/514(2006.01)

C09K 8/516(2006.01)

C09K 8/68(2006.01)

C09K 8/70(2006.01)

C09K 8/88(2006.01)

C09K 8/90(2006.01)

C09K 8/92(2006.01)

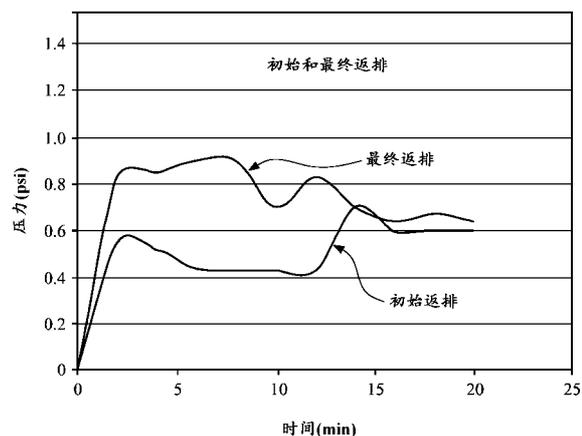
权利要求书2页 说明书12页 附图1页

(54)发明名称

制备包含薄片形式的转向剂的处理流体的方法和处理井的方法

(57)摘要

处理由井眼穿透的地下地层例如以促进地层的压裂的方法,包括以下步骤:(i)选择包含薄片状形式的转向剂(A)、例如薄片状形式的瓜尔胶的处理流体,(ii)经由井眼将所述处理流体引入所述地下地层以堵塞地层的区域。此后,地层可被压裂或再压裂。



1. 一种处理由井眼穿透的地下地层的方法,所述方法包括以下步骤:
 - (i) 选择包含薄片状形式的转向剂(A)的处理流体;
 - (ii) 经由井眼将所述处理流体引入地下地层以堵塞所述地层的区域。
2. 根据权利要求1的方法,其中,当处于脱水形式时,转向剂(A)的薄片数量的至少50%具有至少2的宽度/厚度的第一纵横比和至少5的宽度/厚度的第二纵横比。
3. 根据权利要求1或2的方法,其中所述转向剂(A)在脱水形式下具有至少500 μm 且小于3000 μm 的D10;和/或至少100 μm 且小于15000 μm 的D50。
4. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述转向剂(A)是多糖胶。
5. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述转向剂(A)包括薄片状形式的瓜尔胶。
6. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述处理流体包括至少40重量%的水。
7. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述处理流体包括增粘剂,所述增粘剂被布置以将颗粒悬浮在处理流体中。
8. 根据权利要求7的方法,其中所述增粘剂是金属交联的聚合物。
9. 根据权利要求7或8的方法,其中所述增粘剂包含交联的多糖。
10. 根据权利要求7至9中任一项的方法,其中所述增粘剂包含交联的瓜尔胶。
11. 根据前述权利要求中任一项的方法,还包括通过在大于或等于275 $^{\circ}\text{F}$ 的温度下热降解来除去转向剂(A)的步骤。
12. 根据权利要求1至10中任一项的方法,还包括通过在低于200 $^{\circ}\text{F}$ 的温度下加入瓜尔胶降解性物质来除去转向剂(A)的步骤。
13. 根据前述权利要求中任一项的方法,其包括用瓜尔胶降解性物质、例如酶或过硫酸盐处理。
14. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述处理流体还包含转向剂(B)。
15. 根据权利要求14的方法,其中所述转向剂(B)被布置以在分解后产生酸。
16. 根据权利要求14或15的方法,其中所述转向剂(B)包含聚酯。
17. 根据权利要求14至16中任一项的方法,其中所述转向剂(B)是聚乳酸。
18. 根据权利要求14至17中任一项的方法,其中,在所述处理流体中,定义为转向剂(A)的重量除以转向剂(B)的比率的范围在1:5至5:1的范围内。
19. 根据权利要求14至18中任一项的方法,还包括通过在大于或等于200 $^{\circ}\text{F}$ 的温度下热降解来除去转向剂(A)和转向剂(B)的步骤。
20. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中步骤(i)中选择的所述处理流体具有大于7且在12以下的pH。
21. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述处理流体被布置以限定密封组合物,所述密封组合物在所述方法中被引入地下地层中。
22. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述方法用于在新井中将流体和支撑剂转向。
23. 根据权利要求1至21中任一项的方法,其中所述方法用于以再压裂模式在旧井中将流体和支撑剂转向。
24. 根据前述权利要求中任一项的方法,其包括水力刺激地下地层的方法。
25. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中,在所述方法中的某个阶段,在步骤(ii)

中引入地层中的所述处理流体包括一种或多种支撑剂。

26. 一种制备处理流体的方法,所述方法包括:

- (a) 选择如前述权利要求中任一项所述的转向剂(A);
- (b) 选择如前述权利要求中任一项所述的转向剂(B);
- (c) 选择如前述权利要求中任一项所述的增粘剂或增粘剂的前体;
- (d) 使转向剂(A)和转向剂(B)与增粘剂或所述增粘剂的所述前体接触。

27. 根据权利要求26的方法,其中,在步骤(c)中,选择前体,所述前体是瓜尔胶。

28. 根据权利要求26或27的方法,其中所述方法包括使所述前体与交联剂、例如基于金属的交联剂、例如基于硼的材料接触的步骤。

29. 根据权利要求26至28中任一项的方法,其包括将所述处理流体的pH调节至至少9的pH的步骤。

30. 根据权利要求26至29中任一项的方法,所述方法包括将一种或多种支撑剂并入所述处理流体中的步骤。

制备包含薄片形式的转向剂的处理流体的方法和处理井的方法

[0001] 本发明涉及流体和使用它的方法。特别地,尽管不是排他地,本发明涉及处理地下地层的方法、用于该方法的处理流体和制备这种流体的方法。优选的实施方案涉及使用处理流体促进地下地层的压裂。

[0002] 水力压裂是从非常规储层(如煤床、致密砂岩和页岩)中生产油和气所需的过程。在该过程中,压裂流体在通过诱导地层中的裂缝或裂纹引起地层破坏所必需的速率和压力下注射。这些裂纹通过井眼处的穿孔起源并向地层辐射。穿孔由从穿孔工具射出的射弹产生以穿过井眼钢套管和水泥套管产生孔并进入地层,距套管6至18英寸的距离。非常规储层中的常见实践是通过穿孔引发进入储层,其中在低速下泵送小股(slug)的酸,随后在增加的速率下泵送低粘度水直至达到所需的高速率(通常为每分钟50至100桶)。为了在这些高速率下泵送,通常将少量的减摩剂加入到流体中。这些减摩剂通常为120至1,000ppm聚丙烯酰胺聚合物或共聚物。

[0003] 一旦达到所需的速率,则向泵送的流体中加入小装载量的支撑试剂或支撑剂。通常,大多数支撑剂包含小尺寸的砂,例如每加仑水0.25磅的100目砂。随着处理进行,例如砂的量被系统地增加,且在某些时候,砂的尺寸可以增加例如到40/70或30/50目。砂的目的是在裂缝中形成砂包,其比地层具有大几个数量级的渗透率。然后,砂包能够保持从储层到井眼的导通通路,以便回收储层流体。而且,预期套管中的穿孔会被侵蚀。在处理中,套管和裂缝之间的穿孔孔道填充有支撑剂以产生进入井眼的可渗透通道。砂浓度将通常为每个压裂阶段200,000磅至500,000磅范围,且水可为2,000至7,000桶水范围。

[0004] 然而,沿井的水平侧面的横向裂缝的安置经常在井眼附近留下大的储层区域未处理,这些区域压裂不良或支撑不良。因此,它们对整体油和气生产贡献很少或根本没有。这些未处理区域最初被绕开可能是由于阶段井段过长,或在尝试的压裂期间,处理设计可能是不充分的或地层的相关区域可能没有取得处理流体。

[0005] 一旦井生产一段时间,则可能决定将储层再压裂,特别是最初刺激不良的那些地层区域。可以使用各种形式的测井来识别这些区域。然而,带着刺激储层的先前未处理的区域的期望,压裂流体在没有封闭从储层输送大部分产量的那些穿孔的能力的情况下难以再注射。为了解决这个问题,希望引入一种临时的阻塞或密封材料(“转向剂”),它可以防止压裂流体再注射到最高产的穿孔中。一旦这样的高产穿孔被密封,就可以通过较低产或无产量的穿孔注射处理流体,努力刺激储层的那些区域。在一些情况下,一旦最高产的穿孔被密封,就可以形成一组新的穿孔,从井的趾部开始并系统地朝向跟部工作,同时采用分区隔离方法,例如滑套或“桥塞射孔(plug and perf)”过程。

[0006] 在其他情况下,可能需要以较低的泵送速率注射间歇股的转向剂,同时监测压力。每次在转向剂着陆后存在压力突升或增加时,流体上的泵送速率增加以迫使一组新的穿孔被打开,接着是压裂一个或多个区域所需的合适的处理流体体积和支撑剂浓度。通常接着是另一个冲洗阶段,其包含另一股转向剂以封闭最新的一组穿孔。作为刺激从储层的先前未压裂部分生产的手段,压裂阶段和用转向剂冲洗重复多次,直到整个井段(interval)已

经压裂。

[0007] 存在对转向剂需要的几个要求。首先,转向剂应当具有在可以在操作上控制的浓度下阻塞流体流的能力。例如,可以使用每1000加仑处理流体10磅至1,000磅的转向剂,但更通常每1000加仑处理流体20磅至500磅的转向剂,且最通常每1,000加仑处理流体50磅至200磅的转向剂。

[0008] 转向剂适合地由注射流体从表面携带到接收流体的那些穿孔。通常,存在许多穿孔以不均匀的方式接受流体流;一些穿孔可以接受大体积的流体,而其他穿孔可以接受显著较少的体积。由于转向剂在表面上加到流体,接受最多流体的那些穿孔也将是最初接受最大量转向剂的那些穿孔,直到通过该穿孔的流体流被阻塞。

[0009] 其次,转向剂合适地具有一旦砂包建立就阻塞流体流的一些方法,例如该试剂是可延展的或可变形的。在这种机制中,压力的增加(有时受温度影响)将导致产品压挤和变形以阻止任何进一步的流体流,这然后终止流动通道中的渗透性。

[0010] 对于转向剂的另一个重要要求是易于除去,以允许从井的先前压裂的部分、以及新压裂的部分继续回收油和气,以增强从储层中的油和气的最终回收。这可能涉及转向剂的自降解。或者,可以使用转向剂和降解组合物的混合物,其中要求降解物质成为转向剂的一部分。同样重要的是,任何降解物质都不会立即起作用,而是在一段时间内缓慢地起作用,这允许储层的其他部分受到刺激。可能需要定期补充转向剂。

[0011] 本发明的优选实施方案的一个目的是提供一种处理地下地层的有利和/或成本有效的方法,以促进地层的先前未处理区域的压裂。

[0012] 根据本发明的第一方面,提供一种处理由井眼穿透的地下地层的方法,该方法包括以下步骤:

- (i) 选择包含薄片状形式的转向剂(A)的处理流体;
- (ii) 经由井眼将所述处理流体引入地下地层以堵塞地层的区域。

[0013] 所述转向剂(A)合适地为薄片的形式,当处于脱水状态时,其为厚度小于其其他尺寸(例如其长度和宽度)的实心3D物体。至少50%(优选至少90%)的转向剂(A)(当处于脱水形式时)薄片具有至少为2、优选至少为5的定义为宽度/厚度的第一纵横比;和/或至少为5、优选至少为10的定义为长度/厚度的第二纵横比。第一纵横比可小于50。第二纵横比可小于200或小于100。

[0014] 当转向剂(A)处于脱水形式时,处理流体中转向剂(A)的总重量的至少90重量%不会穿过具有US目径70的筛。合适地,至少50重量%(例如至少60重量%)不会穿过具有US目径40的筛。合适地,至少20重量%不会穿过具有US目径25的筛。

[0015] 所述转向剂(A)在脱水形式下合适地具有至少500 μm 且合适地小于3000 μm 、例如在750至2000 μm 的范围内的D10;和/或至少100 μm 且合适地小于1500 μm 、例如在200至1100 μm 的范围内的D50;和/或至少100 μm 且小于1000 μm 、例如在150至600 μm 的范围内的D90,其中D10、D50和D90可通过如下文所述的筛分分析来评估。

[0016] 所述转向剂(A)的大部分(即>50重量%)薄片在一个方向上可以具有在0.1mm至100mm的范围内、合适地在0.1mm至25mm的范围内、优选地在0.5mm至15mm的范围内、更优选地在1.0mm至15mm的范围内尺寸。

[0017] 所述转向剂的大部分(即>50重量%)薄片在一个方向上可以具有在100 μm 至3000 μm

的范围内、优选地在150 μm 至2500 μm 的范围内、且更优选地在200 μm 至2000 μm 的范围内的尺寸。

[0018] 所述薄片合适地包括未经研磨的颗粒。

[0019] 所述转向剂(A)优选为多糖。它优选是可降解的多糖。它可能在酸化时可降解。

[0020] 优选地,所述转向剂(A)是多糖,其可以选自淀粉和多糖胶,例如刺槐豆胶、他拉胶、肉桂胶和胡芦巴胶。

[0021] 所述转向剂(A),例如所述多糖,优选未衍生化。即,合适地,天然存在的多糖(例如瓜尔胶)不经处理以通过该天然存在的材料和另一种试剂之间的共价键形成来将该多糖衍生化。

[0022] 所述转向剂(A)优选包含薄片状形式的瓜尔胶。

[0023] 所述处理流体优选是水性的。所述处理流体合适地包括至少40重量%、优选至少50重量%、更优选至少70重量%、尤其是至少80重量%的水。

[0024] 忽略可包含在流体中的任何支撑剂,所述处理流体可包括至少50重量%、合适地至少60重量%、优选至少70重量%、更优选至少80重量%、尤其是至少90重量%的水。

[0025] 所述处理流体中的水可以衍生自任何方便的来源。它可以是饮用水、地表水、海水、盐水、回流水、含水层水或采出水。本文提及水的量,特别是在形成描述的所述处理流体的一部分的水的语境下,合适地指包括存在于水源中的组分(例如在海水中发现的溶解盐)的水。

[0026] 所述处理流体可包括增粘剂,所述增粘剂被合适地布置以将颗粒悬浮在处理流体中。增粘剂可包含任何交联聚合物。增粘剂可以是金属交联的聚合物。用于制备金属交联的聚合物增粘剂的合适聚合物包括,例如,多糖,如取代的半乳甘露聚糖,如瓜尔胶,由甘露糖和半乳糖组成的高分子量多糖,或瓜尔胶衍生物,如羟丙基瓜尔胶(HPG)、羧甲基羟丙基瓜尔胶(CMHPG)和羧甲基瓜尔胶(CMG),疏水改性的瓜尔胶,含瓜尔胶的化合物,和合成聚合物。基于硼、钛、锆或铝络合物的交联剂通常用于增加聚合物的有效分子量并使增粘剂更适合用于高温井,例如用于在地下地层的处理中携带固体(例如支撑剂或其他转向剂)。

[0027] 作为增粘剂有效的其他合适种类的聚合物包括聚乙烯基聚合物,聚甲基丙烯酰胺,纤维素醚,木质素磺酸盐,及其铵、碱金属和碱土金属盐。其他典型的水溶性聚合物的更具体的实例是丙烯酸-丙烯酰胺共聚物,丙烯酸-甲基丙烯酰胺共聚物,聚丙烯酰胺,部分水解的聚丙烯酰胺,部分水解的聚甲基丙烯酰胺,聚乙烯醇,聚环氧烷,其他半乳甘露聚糖,通过淀粉衍生的糖的发酵获得的杂多糖,及其铵和碱金属盐。可以使用纤维素衍生物,例如羟乙基纤维素(HEC)或羟丙基纤维素(HPC),羧甲基羟乙基纤维素(CMHEC)和羧甲基纤维素(CMC),具有或不具有交联剂,如可为黄原胶、迪伦胶(diutan)和硬葡聚糖。

[0028] 在所述处理流体中,定义为转向剂(A)的重量除以基于干物质的增粘剂的重量的比率(I)合适地为至少1,优选至少2,且更优选至少是3。比率(I)可以小于50,小于30,小于20,小于10或小于8。

[0029] 在优选的实施方案中,所述增粘剂包含交联的多糖,例如交联瓜尔胶。所述多糖、例如瓜尔胶优选是未衍生化的。所述增粘剂、例如所述多糖(尤其是瓜尔胶)可以通过基于硼的交联剂交联。

[0030] 所述处理流体可以进一步包含转向剂(B),其合适地为颗粒形式,至少在该方法的

步骤(ii)开始时——即,合适地,转向剂(B)被不完全地溶解在处理流体中和/或被悬浮在处理流体中。

[0031] 所述转向剂(B)可以被布置以产生酸,例如在分解之后。转向剂(B)可包含聚酯,优选基本上由聚酯组成。转向剂(B)可以选自:通过聚合以下物质获得的聚酯:羟基羧酸,例如乳酸的脂族聚酯,称为聚乳酸;乙醇酸,称为聚乙醇酸;3-羟基丁酸,称为聚羟基丁酸酯;2-羟基戊酸,称为聚羟基戊酸酯; ϵ -己内酯,称为聚 ϵ -己内酯或聚己内酯(polyprolactone);通过酯化羟基氨基酸如丝氨酸、苏氨酸和酪氨酸获得的聚酯;和通过上面列出的单体的混合物获得的共聚物。上述均聚聚酯的一般结构是: $H-[O-[C(R_1,R_2)]_x-[C(R_3,R_4)]_y-C-O]_z-OH$,其中, R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 是H、直链烷基(如 CH_3 、 CH_2CH_3 、 $(CH_2)_nCH_3$)、支链烷基、芳基、烷芳基、官能性烷基(带有羧酸基团、氨基、羟基、硫醇基或其他)或官能性芳基(带有羧酸基团、氨基、羟基、硫醇基或其他); x 是1至11的整数; y 是0至10的整数;和 z 是2至50,000的整数。

[0032] 在合适的条件(pH,温度,水含量)下,如本文所述的那些聚酯可水解和降解以产生羟基羧酸。

[0033] 其他形式的聚酯包括通过多羧基单体与多羟基单体聚合制备的那些,例如与乙二醇聚合的草酸、或与乙二醇聚合的柠檬酸,使得在水解时产生增加流体酸度的酸。

[0034] 优选的转向剂(B)是乳酸的聚合物,合适地为聚乳酸(PLA)、聚乳酸酯或聚交酯。乳酸是手性分子且具有两种光学异构体。这些是D-乳酸和L-乳酸。聚(L-乳酸)和聚(D-乳酸)形式本质上通常是结晶的。L-和D-乳酸的混合物聚合成聚(DL-乳酸)产生本质上更无定形的聚合物。本文描述的聚合物基本上是线性的。线性聚乳酸的聚合度可以从几个单元(2-10个单元)(低聚物)变化到几千个(例如,2000-5000)。

[0035] 所述转向剂(B)优选为聚乳酸。

[0036] 在所述处理流体中,定义为转向剂(A)的重量除以转向剂(B)的重量的比率(II)可以在1:5至5:1的范围内,优选在1:3至3:1的范围内,更优选在1:2至2:1的范围内。

[0037] 当所述处理流体包括如上所述的增粘剂时,定义为转向剂(B)的重量除以基于干物质的增粘剂的重量的比率(C)合适地为至少1,优选至少2,且更优选地,至少3。比率(C)可以小于20,小于10或小于8。

[0038] 步骤(i)中选择的所述处理流体可具有大于7,合适地大于8,优选大于9,更优选大于9.5的pH。pH可小于12或小于10。

[0039] 所述处理流体可以被布置以限定密封组合物,该密封组合物在该方法中被引入地下地层中。该方法优选包括使处理流体在地下地层中形成可降解的密封。优选地,处理流体被布置以通过流体随时间的pH改变(例如通过转向剂(B)的降解)而降解,当转向剂(B)被提供时,其继而使转向剂(A)降解。

[0040] 第一方面的方法合适地包括水力刺激地下地层的方法。该方法可以包括将处理流体引入地层中的第一裂缝中,合适地使得含有转向剂的处理流体至少部分地水力隔离第一裂缝。随后,可以用足以在地层内产生和/或扩展第二裂缝的刺激流体(例如压裂流体)来刺激地下地层。产生的转向剂密封(由引入第一裂缝中的流体产生)然后可能会降解,例如由于流体内的pH变化。结果,引入的至少一些流体从第一裂缝流入井眼。

[0041] 该方法可包括将处理流体引入至少2个、优选至少3个或至少4个裂缝中。在所述引

入之后,可以产生和/或扩张至少2个或至少3个其他裂缝。

[0042] 该方法可包括多次(例如至少3、4或5次)重复步骤(ii)。

[0043] 在该方法中的某个阶段,在步骤(ii)中引入地层中的所述处理流体可包括一种或多种支撑剂。支撑剂可具有至少140 US目的尺寸;它的尺寸可能小于5 US目。支撑剂可选自砂、铝土矿和人造的中间或高强度材料。

[0044] 在该方法中的某个阶段,在步骤(ii)中引入地层中的所述处理流体包括至少2.9重量%、例如至少5重量%的支撑剂。较高百分比的支撑剂可用作处理进程。

[0045] 在一个优选的实施方案中,所述处理流体包括瓜尔豆薄片(guar flake)。

[0046] 可能存在与使用转向剂(A)、尤其是瓜尔豆薄片相关的几个优点,包括与压裂流体的有益相互作用,制备有效封闭通过高产穿孔的流体入口的具有相对较小浓度的致密包的能力,在高温环境中自降解的能力,和在较低温度下在包含其他降解物质的情况下降解的能力。

[0047] 可以具有宽的粒度分布的规定的薄片的尺寸可能是有利的。例如,瓜尔豆薄片(比如瓜尔胶粉末大得多)将不易水合形成聚合物溶液。

[0048] 虽然瓜尔豆薄片不会水合并形成溶液,当加入到水基流体时它们将立即吸水并溶胀成微凝胶颗粒。溶胀的速率和程度由水温和水的酸度或碱度二者控制。较低的水温和高于9.0的水pH抑制可被吸收的水的速率和量。溶胀度可以是初始尺寸的1至15倍,更通常是初始尺寸的1.2至10倍,且最通常1.5至5倍。

[0049] 在溶胀状态下,处理流体中的瓜尔豆薄片变得非常具有延展性,使得当处理流体被泵送通过穿孔套管时,流体将流过套管并通过最高产的穿孔、或具有最低耐流动性的穿孔流入现有的裂缝。当含有溶胀的瓜尔豆薄片的处理流体流动通过穿孔时,溶胀的薄片可以从流体中过滤出来,例如,过滤到穿孔孔道中的砂包上,并构建多尺寸的颗粒包,这些颗粒共混在一起以构建高密度瓜尔胶聚合物的不可渗透包。泵送处理流体时通常施加的压力(例如在500和20,000psi之间,但更通常在1000和15,000psi之间,且最通常在3,000和12,000psi之间)可能导致包的部分脱水,增加包的聚合物密度。

[0050] 一旦包在穿孔中形成,穿孔就被密封或堵塞,且通过穿孔的更多流体流停止。这导致处理流体流转向到下一组穿孔以重复该堵塞过程。每次堵塞穿孔时,套管中的压力将增加。最终,当堵塞许多穿孔时,将存在在表面上可记录的明显的压力增加。这种压力增加是识别处理成功程度的主要手段。

[0051] 可以将流体制剂以多股泵入,直到观察到预期的压力。瓜尔豆薄片可以以1000加仑增量以每1000加仑5至500磅、但更通常每1000加仑10至200磅、且最通常以1000加仑增量每1000加仑25至100磅引入。

[0052] 放置流体制剂所需的泵送速率应当例如防止表面泵送设备的堵塞,在规定的时段内加入所需量的转向剂,和一旦制剂被放入穿孔孔道则响应快速的压力增加。速率范围可以为1至100bbl/min,更通常为5至50bbl/min,且最通常6至30bbl/min。

[0053] 相对于其他转向剂,使用薄片、尤其是瓜尔豆薄片的一个另外的优点是当使用可交联处理流体时薄片成为处理流体的一部分的能力。溶胀的瓜尔豆薄片可包含在含有低浓度的水合瓜尔胶的处理流体中。然后,当pH增加到高于9.0并加入硼酸盐交联剂时,例如浓度范围为0.75至1.5加仑/1000加仑,瓜尔豆薄片将作为交联的凝胶结构的一部分参与。

[0054] 在一些已知的处理流体中,当以低速率泵送时,转向剂可以与流体分离,使得一些穿孔将用较高浓度的转向剂处理,而其他穿孔将用较少浓度的转向剂处理。在这种情况下,水平井的套管底部的穿孔可以接收比套管顶部的那些更高比例的转向剂;或,最接近垂直部分的穿孔可以比趾部附近的穿孔接收更多的转向剂。

[0055] 相反,通过使用根据本发明的优选实施方案的处理流体,基于流动通过每个穿孔的流体量,取得流体的所有穿孔接收近乎等量的转向剂(A)。因此,所提供的引入的转向剂(A)的量不依赖于穿孔位置。这可以提供转向剂(A)的更好利用和对处理的更系统的响应。

[0056] 除了放置优点外,可以容易地除去转向剂(A)、例如瓜尔豆薄片,以在处理后将恢复先前的生产。瓜尔胶包可能在高于275°F(135°C)的井中热降解,使得可能不需要外部降解物质。在较低温度下,可能需要在处理后将流体泵入井中以除去含瓜尔胶的塞。最佳选项将取决于井温。在低于180°F(82°C)的井中,可降解瓜尔胶的酶可能是有效的。另一种选项是将固体、缓慢溶解的瓜尔胶降解性物质与瓜尔豆薄片一起泵送,使得瓜尔胶降解性物质成为转向塞的一部分,其可以在以后使塞降解。对于低于200°F的温度,一种优选的物质是包封的过硫酸盐(酯),例如Innospec Oilfield Services GelBrake 250。

[0057] 在高于200°F(93°C)的温度下,将瓜尔豆薄片与如上所述作为转向剂(B)的可降解的聚酯固体如聚乳酸(PLA)一起泵送可能是有利的。PLA是一种自降解聚合物。使用这种能力,将少量PLA与瓜尔豆薄片混合,使得通过PLA水解形成的所得乳酸通过酸解降解瓜尔胶聚合物。在该应用中,发现瓜尔豆薄片在构建转向包方面比PLA更高效,但将依赖于作为降解剂的PLA,其还具有提供转向的附加益处。与瓜尔豆薄片混合的PLA的典型量取决于瓜尔豆薄片的量和温度,但按PLA与瓜尔胶的比率范围为0.05:1.00至1.00:1.00。

[0058] 在优选的实施方案中,步骤(i)中选择的所述处理制剂包含:

- 0.25至5重量份(pbw)(例如0.5至3重量%)由瓜尔豆薄片组成的转向剂(A);
- 0.25至5pbw(例如0.5至3重量%)由聚乳酸组成的转向剂(B);
- 水。

[0059] 所述处理流体优选包括:

- 0.5至5重量份(pbw)(例如0.5至3重量%)由瓜尔豆薄片组成的转向剂(A);
- 0.5至5pbw(例如0.5至3重量%)由聚乳酸组成的转向剂(B);
- 水;
- 0.1至1pbw(例如0.1至1重量%)交联以限定所述增粘剂的聚合物;其中优选所述交联的聚合物包含瓜尔胶。

[0060] 所述处理制剂优选包含至少50pbw(例如至少50重量%)的水。

[0061] 所述处理制剂可包括至少2.5pbw(例如至少2.5重量%)的支撑剂。所述处理制剂可包括0至60pbw,合适地2.5至60pbw(例如0至60重量%,优选5至60重量%)的支撑剂。

[0062] 在该方法中,一个阶段可以包括引入如所述的转向剂(A),且另一个阶段可以包括引入包含支撑剂的制剂。

[0063] 该方法可用于在新井(完井)和按再压裂模式的旧井二者中将流体和支撑剂转向。

[0064] 当在新井的形成期间使用时,较长的阶段井段可以被限定,且转向器在整个压裂处理中使用,以阻塞最初显露的裂缝图案并迫使压裂流体进入同一井段的不同部分。因此,作为一个实例,如果通过使用转向器,井段长度可以扩展到400ft而不是相同横向的比如

120ft的典型长度,那么通过使用转向器,所需的塞数量可以从不使用转向器时的42个减少到约13个。因此,使用如所述的转向器可以节省时间和金钱二者。

[0065] 本发明扩展至一种压裂地下地层的方法,该方法包括:

- 经由井眼将所述处理流体引入地下地层以堵塞地层的区域;
- 使所述地层压裂以在与通过所述处理流体堵塞的所述区域不同的所述地层的区域中产生裂缝;
- 其中,在所述压裂之后,堵塞区域的所述处理流体至少部分地除去。

[0066] 根据本发明的第二方面,提供一种处理流体,其包含薄片状形式的转向剂(A)。

[0067] 处理流体可具有第一方面中描述的处理流体的任何特点。

[0068] 根据本发明的第三方面,提供一种制备处理流体的方法,该方法包括:

- (a) 选择如根据第一方面所述的转向剂(A);
- (b) 选择如根据第一方面所述的转向剂(B);
- (c) 选择如根据第一方面所述的增粘剂或增粘剂的前体;
- (d) 使转向剂(A)和转向剂(B)与增粘剂或所述增粘剂的所述前体接触。

[0069] 在步骤(c)中,优选选择前体,且优选地,所述前体是聚合物,例如可交联聚合物,例如多糖,尤其是瓜尔胶。

[0070] 该方法优选包括使所述前体与交联剂、例如基于金属的交联剂、例如基于硼的材料接触的步骤。

[0071] 该方法优选包括调节处理流体的pH的步骤,例如将pH合适地增加至至少8、至少9或至少9.8的pH。pH可以增加至小于12或小于11的水平。

[0072] 该方法可包括将一种或多种支撑剂掺入处理流体中的步骤。

[0073] 本文描述的任何发明的任何方面的任何特点可以与加上必要的变更的本文描述的任何发明的任何其他方面的任何特点组合。

[0074] 现在将参考图1以举例的方式描述本发明的具体实施方案,图1是显示基线和合并转向制剂的滤饼随时间的最终压力的图。

[0075] 下文提及以下材料:

瓜尔豆薄片-瓜尔胶加工中产生的中间体。在瓜尔豆裂片或胚乳分离后,其用调质水处理以使裂片更具延展性。然后将溶胀的裂片输送通过由两个圆筒组成的圆筒磨机,这两个圆筒彼此接触并沿相反方向转动。裂片上的挤压力使其伸长成纤维或薄片样外观。将薄片干燥并分离,无需研磨。

[0076] 对多个瓜尔豆薄片样品采取筛分分析且结果在表1中提供。

	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	平均
筛尺寸	全部的%	全部的%	全部的%	全部的%	全部的%
7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10	0.7%	0.7%	0.0%	0.0%	0.3%
20	23.0%	19.5%	19.2%	22.1%	20.9%
25		14.1%	14.4%	15.9%	14.8%
35	44.6%	28.2%	27.4%	29.0%	32.3%
40	9.5%	11.4%	11.0%	9.7%	10.4%
60	12.8%	18.1%	15.1%	13.8%	15.0%
70	2.7%	3.4%	3.4%	2.8%	3.1%
盘	6.8%	4.7%	9.6%	6.9%	7.0%

表 1

[0077] 该分析还得到薄片尺寸的在表2中的下列结果,其中D_{xx}是指尺寸D(以如指定的英寸或 μm),其中按重量计xx%的样品通过具有等于D的孔的筛目。例如,D50称为中值粒度,且是其中一半样品(按重量计)比它小且一半比它大的粒径。

参数	英寸	μm
D5	0.0687690	1747
D10	0.0569517	1447
D40	0.0263619	670
D50	0.0235238	598
D90	0.0105733	269
D95	0.008435	214

[0078] 表2

另外,发现瓜尔豆薄片的长度(长度是最大尺寸)在2.00mm至12.00mm的范围内。

[0079] 聚乳酸(PLA)颗粒-具有150至180°C的熔点和 1.28gcm^{-3} 的比重的PLA。

[0080] 所用的PLA的粒度分布在表3中详述

US目	毫米 (mm)	全部的百分比 (%)
6	3.360	0.20
8	2.380	10.50
12	1.680	50.70
20	0.841	22.30
35	0.500	12.60
50	0.297	2.70
盘		1.00

表3

瓜尔胶-3540级瓜尔胶。3540级表示当在Waring™ 共混器中以2,000rpm混合2min时,瓜尔胶在2%氯化钾水溶液中的0.48%溶液将在Fann 35 (R1B1) 粘度计上显示在3min中511 sec^{-1} 下35cP粘度和在60min中40cP。

[0081] VisLink 200-可从Innospec Oilfield Services获得的基于硼酸盐的交联性溶

液。

[0082] 在以下实施例中,实施例1证明瓜尔豆薄片和聚乳酸的混合物在没有任何支撑剂包的裂缝中的转向潜力;与实施例1相比,实施例2使用较低浓度的瓜尔豆薄片和聚乳酸;实施例3是仅使用聚乳酸的比较实施例;实施例4描述使用砂包的转向测试,以说明穿孔孔道的堵塞。实施例5证明转向剂是暂时的且不会对穿孔孔道、支撑剂包或地下地层造成长期损害。

[0083] 转向混合物由1.5g瓜尔豆薄片和1.5g聚乳酸(PLA)颗粒组成,各自如上所述。

[0084] 实施例1

使用锥形开槽Teflon™塞模拟邻近井眼的成熟裂缝,进行测试以证明瓜尔豆薄片和聚乳酸颗粒的混合物的转向潜力。该槽由5cm直径×7cm长的Teflon™塞制造。槽尺寸为在塞的入口侧(顶部)上0.318cm宽且出口上为0.079cm宽。槽也是4cm长且7cm深。Teflon™塞还包含两个O形圈,一个在顶部而另一个在圆筒底部以将Teflon™塞在5.08cm直径的高温高压流体损失池中密封。池的顶端盖设计为易于拆卸且底端盖配有阀杆,在阀杆打开时允许流动且当关闭时没有流动。在测试期间将池置于加热夹套中并用氮气对池中的流体加压。

[0085] 转向混合物由1.5g瓜尔豆薄片和1.5g聚乳酸(PLA)颗粒组成,各自如上所述。

[0086] 使用1L Waring共混器在1000rpm下剪切的情况下将包含瓜尔豆薄片和PLA颗粒的转向混合物混合到由自来水中的0.45g瓜尔胶组成的250ml水合瓜尔胶聚合物溶液中。在转向剂加入后,立即用25重量%氢氧化钠溶液增加溶液的碱度至pH 10.1。然后,加入0.31ml基于硼酸盐的交联性溶液(VisLink 200)并伴随凝胶化混合90秒,并倒入含有锥形开槽Teflon™塞的高温和高压流体损失池中。更换并密封池端盖并关闭底部阀杆。然后将池放入加热夹套中并加热至约200°F(93°C)。一旦达到此温度,则将底部阀杆打开,允许流体流动通过槽并从阀杆流出。为了密封槽,需要三个250ml等分试样(在随后的结果中各自称为“周期”)。

周期	时间	温度 (°F)	流体体 积(ml)	流出物体 积(ml)	压力 (psi)	累积转向剂 (g)	之前/之后 的 pH
1	11:45	204	250	230	0	2.76	9.20/8.50
2	1:30	200	250	210	300	5.28	9.20/8.58
3	2:30	200	250	150	1000	7.08	9.29/ 8.5]

表 4

[0087] 结果表明,在引入590ml液体(瓜尔豆薄片和PLA各3.54克)后,可以在200°F(93°C)下在没有流体流动通过池的情况下将1000 psi的压力施加到Teflon™槽。pH变化作为聚乳酸开始分解、产生瓜尔胶水解所需的乳酸的指标也是值得注意的。

[0088] 实施例2

重复实施例1中所述的过程,不同之处在于将实施例1中所述的瓜尔豆薄片和聚乳酸的量从每种1.5g减少至每种0.75g。再次,将包含瓜尔豆薄片和PLA的转向混合物加入到250ml自来水中的0.45g水合瓜尔胶聚合物溶液中,并用Waring共混器混合。一旦将转向混合物混合到聚合物溶液中,就用25重量%氢氧化钠溶液将碱度增加至pH 10.20。然后加入0.31ml硼

酸盐交联剂(VisLink 200),在约90秒内发生交联。然后将凝胶倒入含有锥形开槽Teflon™塞的高温高压池中。同样,与实施例1一样,需要多个等分试样(周期)。结果在表5中提供。

周期	时间	温度 (°F)	流体体 积(ml)	流出物 积 (ml)	压力 (psi)	累积转向剂(g)	之前/之 后的 pH
1	11:05	205	250	230	<25	1.38	9.20/8.99
2	11:25	204	250	220	200	2.70	9.20/8.91
3	1:30	205	250	250	1000	4.20	9.20/8.92

表 5

[0089] 结果表明,在700ml(各2.10克的瓜尔豆薄片和PLA)流动通过槽后,可以在205°F(96°C)下在没有进一步流体流动通过池的情况下将1000psi的压力施加到Teflon™槽。pH变化作为聚乳酸开始分解、产生瓜尔胶水解所需的乳酸的指标也是值得注意的。

[0090] 实施例3(比较)

重复实施例1中所述的过程,不同之处在于仅使用实施例1中所述的聚乳酸作为转向剂(且不使用瓜尔豆薄片)。如表6中所示,将不同浓度的PLA加入到250ml自来水中的0.45g水合瓜尔胶聚合物溶液中。一旦将PLA混合到聚合物溶液中,就用25重量%氢氧化钠溶液将碱度立即增加至pH 10.20。然后加入0.31ml硼酸盐交联剂(VisLink 200),在约90秒内发生交联。然后将凝胶倒入含有锥形开槽Teflon™塞的高温高压池中。同样,与实施例1一样,需要多个等分试样(周期)。结果在表6中提供。

周期	注解	时间	温度 (°F)	流体 体积 (ml)	流出物 体积 (ml)	压力 (psi)	累积转向剂 (g)	之前/之 后的 pH
1	0.75g PLA	11:05	205	250	250	<25	0.75	9.6/9.35
2	1.50g PLA	11:30	200	250	250	<25	2.25	9.5/9.14
3	1.50g PLA	11:47	206	250	250	<25	3.75	9.6/9.15
4	1.50g PLA	1:00	206	250	250	<25	5.25	9.6/9.21
5	1.50g PLA	1:40	200	250	250	50	6.75	9.6/

表 6

[0091] 结果表明,单独的聚乳酸在阻塞通过槽的流动方面不如包含瓜尔豆薄片和聚乳酸的混合物那样有效。单独的PLA只能承受约50 psi压力。该压力实际上太低而不能使水力压裂流体转向到地层的新区域。

[0092] 实施例4

在该实施例中,通过用砂包更换开槽的Teflon™塞来进行转向测试。在一些情况下,预期有必要使水力压裂流体从一组填砂的穿孔导转向到另一组穿孔,以允许地层的新区域被水力压裂。在该测试中,再次使用高温高压池。

[0093] 在测试中,将通常用于页岩储层压裂的250g 40/70 US目压裂砂或支撑剂(近球形且圆整)称重并放在一边。将100目筛安装在流体损失池的底部端盖中且将阀杆关闭。将池放置在加热夹套中,尽管夹套最初处于室温下。然后将250ml自来水倒入池中。接下来,将250g压裂砂倒入池中的水中,底部阀杆略微打开以允许水排出,形成5.0至7.6cm水饱和的砂塞,搁置在池底部中的100目筛上。一旦水位处于砂包的顶部,就将阀杆关闭。从池顶部倾

倒转向制剂。在池上更换端盖且然后将其加热至180°F (82°C)。评估的制剂在下面参考表7描述。

[0094] 在打开底部阀杆后,将氮气压力缓慢施加到池。预期转向剂会堵塞砂包,防止流体从底部阀杆流出。成功测试的目的是使转向剂滤饼上方包含的压力最大化。理想地,压力在温度下应保持1,000 psi压力或高达1500 psi。为了实现这种压差,可能需要用负载新鲜转向剂的流体的250ml等分试样重新装载池。一旦获得所需压力,将压力保持24小时或直至压力泄漏。记录最大压力、从底部阀杆捕获的流出物体积和时间。根据流出物的体积,计算转向剂的量。

[0095] 所用的转向制剂包含在Waring共混器中在自来水中水合的0.36g瓜尔胶聚合物。将包含瓜尔豆薄片和PLA颗粒的转向剂混合物(如表7中详述)加入到水合流体中,并用25重量%氢氧化钠将碱度提高至pH 10.20。薄片和PLA的浓度在表7中显示。然后,加入0.25ml硼酸盐交联剂(VisLink 200),在约90秒内发生交联。然后将转向制剂从池的顶部倾倒并继续测试。

[0096] 结果在表7中展示。

瓜尔豆薄片 (g/250 ml)	PLA (g/250 ml)	温度 (°F)	压力(psi)	总流出物* (ml)	250 ml 等 分试样的 数量	砂尺寸(目)
0.75	0.75	200°F	1050	780	4	40/70
0.75	0.75	184°F	1000	1082	5	20/40
1.50	1.50	200°F	1200	819	4	40/70
2.25	2.25	200°F	1150	465	2	40/70
3.00	3.00	200°F	1200	550	3	40/70

表 7

[0097] 结果表明,包含瓜尔豆薄片和PLA的转向制剂可以在非常低浓度的瓜尔豆薄片和PLA的情况下保持足够的压力,超过1000psi。此外,第二排中所示的测试用较大的20/40目压裂砂进行,且仍表明,即使对于较大支撑剂,用瓜尔豆薄片转向也是有效的。

[0098] 实施例5

除了如实施例1和2所示的堵塞任何裂缝外,如通过实施例4所示,在穿孔孔道上,引入的塞还必须降解和清除以防止或最小化从地层到井眼的任何处理后流动损害。在该实施例中,进行测试以显示所形成的塞可在温度下随时间降解和清除。

[0099] 使用具有12μm孔径的多孔陶瓷盘作为过滤介质,用高温高压流体损失池进行利用双向流动的滤饼测试。在填充2%氯化钾(KCl)后将池密封,且将2%KCl的自来水溶液通过陶瓷盘以5ml/min注射在池底部中,并从池顶部排出。这代表模拟从储层到井的流动的生产方向。记录随时间的压力,并在发生任何潜在损坏之前用作基线或参考。

[0100] 使用的转向制剂由以下构成:使用Waring™ 共混器混合流体而在250ml自来水中水合的0.45g瓜尔胶。然后将实施例1中所述的1.5g瓜尔豆薄片和1.5g聚乳酸加入到瓜尔胶聚合物溶液中。用25重量%氢氧化钠溶液将碱度立即增加至pH 10.20。然后将流体用0.31ml硼酸盐交联剂(VisLink 200)交联,在约90秒内发生凝胶化。将交联的流体加入到池的顶部,更换端盖,用氮气将池加压至500psi,伴随底部阀杆打开,且将池加热至200°F (93°C) 24小时。这模拟经由井眼注射到地层中的化学品的注射方向。在24小时时间段结束时,关闭阀

杆并将池冷却至室温；在冷却后，打开池以倒出过量的转向流体。再次用2重量%KCl填充池并通过更换端盖密封。然后在记录压力的同时以5.0ml/min从池的底部再次以生产方向注射2重量%KCl。尽管压力最初高于基线压力，在约15min的流动之后，初始和最终压力汇聚于约0.6psi，表明盘的约89.7%的恢复渗透率。虽然在打开池后，在2重量%KCl溶液中存在滤饼材料的残余物，但89.7%的恢复渗透率表明滤饼的良好清除，以及转向剂在处理后可以降解以确保在地层和井眼之间最小的流动损害。图2显示基线和在滤饼随时间降解后的最终压力。

[0101] 因此，从上文应当理解，瓜尔豆薄片和PLA的组合提供有利的转向剂。这些材料可以包括在包含其他添加剂的处理制剂中。

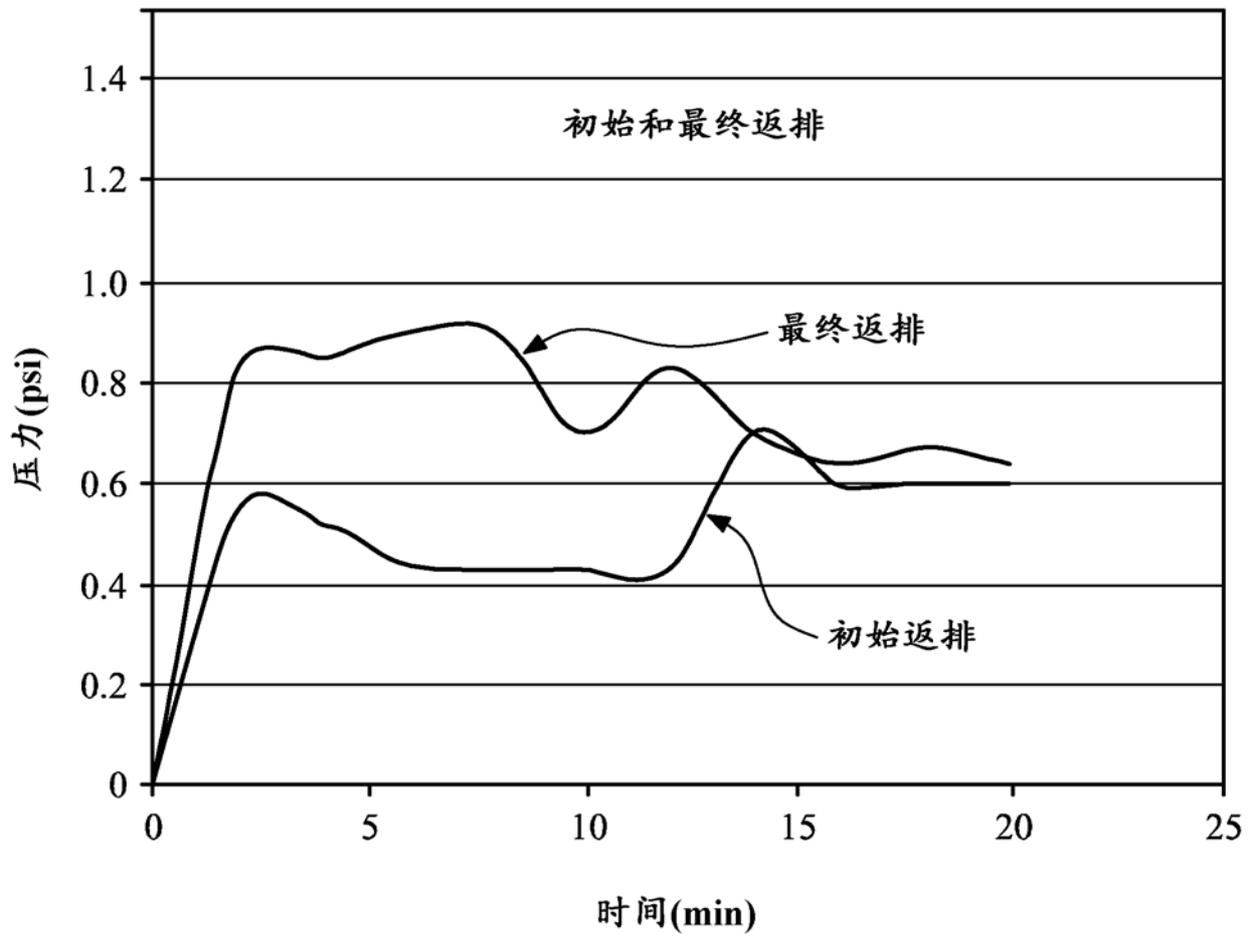


图 1