



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1902376 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 01

(21) 申请号 200480033573. 9

(22) 申请日 2004. 11. 11

(30) 优先权数据

10/707, 022 2003. 11. 14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 05. 15

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2004/052396 2004. 11. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02005/047643 EN 2005. 05. 26

(73) 专利权人 施蓝姆伯格技术公司

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 菲利普·沙利文 柯蒂斯·博尼

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 封新琴 巫肖南

(51) Int. Cl.

E21B 37/06(2006. 01)

E21B 43/267(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 03023177 A2, 2003. 03. 20, 权利要求 1-12, 第 9-15 页 .

US 2003062160 A1, 2003. 04. 03, 全文 .

US 2003106690 A1, 2003. 06. 12, 全文 .

US 5325921 A, 1994. 07. 05, 第 9 栏第 14-52 行, 第 5 栏第 45-67 行 .

审查员 隋子玉

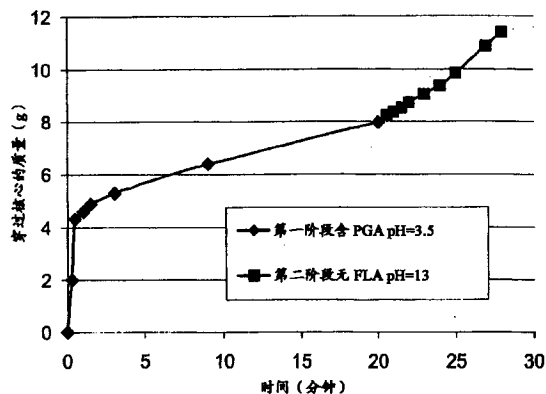
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 1 页

(54) 发明名称

在地层增产处理中导致脱砂的方法和砾石充填地层的方法

(57) 摘要

本发明提供了诱导脱砂的方法,所述方法是在具有粘弹性表面活性剂基的携带液的地层压裂或组合压裂和砾石充填处理的过程中,通过敷设滤饼,其至少一部分是碱溶性的物质,注入支撑剂浆液,和通过加入碱使碱溶性固体物质水解和溶解以使漏泄增加,裂缝中的支撑剂的浓度增加,和支撑剂脱砂。提供用粘弹性表面活性剂基的携带液进行砾石充填的方法,该方法是通过敷设滤饼,其至少一部分是碱溶性的物质,注入砾石,和通过加入碱使碱溶性固体物质水解和溶解进行的。给出了减慢或加速水解和溶解的方法,而且包括了加入促进桥接的物质。



1. 在地层增产处理中导致脱砂的方法,所述处理包括在高于压裂压力的条件下将存在于携带液中的支撑剂的浆液注入,以产生一个或多个裂缝,所述携带液用不受碱影响的粘弹性表面活性剂增粘,所述方法包括:

- a) 注入前置液,
- b) 注入包含支撑剂的携带液,
- c) 形成滤饼,其包含碱溶性固体物质,和
- d) 在注入存在于携带液中的支撑剂的浆液的同时,用碱降解所述的碱溶性固体物质,其中前置液或至少一部分的携带液包含形成滤饼的碱溶性固体物质或两者都包含形成滤饼的碱溶性固体物质。

2. 权利要求 1 的方法,其中所述的碱选自碱金属醇盐、碱金属碳酸盐、碱金属碳酸氢盐、碱金属氢氧化物、氢氧化铵或其混合物。

3. 权利要求 1 的方法,其中所述滤饼包含防滤失剂,其选自水溶性高分子、石棉、淀粉、云母、塑料颗粒、固体蜡、蜡-聚合物颗粒、不溶性盐、可缓慢溶解的盐或其混合物,条件是至少一种成分可被破碎或溶解。

4. 权利要求 2 的方法,其中所述滤饼包含防滤失剂,其选自水溶性高分子、石棉、淀粉、云母、塑料颗粒、固体蜡、蜡-聚合物颗粒、不溶性盐、可缓慢溶解的盐或其混合物,条件是至少一种成分可被破碎或溶解。

5. 权利要求 1-4 任一项中的方法,其中所述碱溶性固体物质选自丙交酯、乙交酯、聚乳酸、聚乙醇酸、聚乳酸和聚乙醇酸的共聚物、乙醇酸与其他含有羟基-、羧酸-或羟基羧酸的部分的共聚物、乳酸与其他含有羟基-、羧酸-或羟基羧酸的部分的共聚物或其混合物。

6. 权利要求 1-4 任一项中的方法,其中所述碱溶性固体物质与酸反应性固体物质混合,所述酸反应性固体物质选自氢氧化镁、碳酸镁、碳酸镁钙、碳酸钙、氢氧化铝、草酸钙、磷酸钙、偏磷酸铝、多磷酸钠钾玻璃或多磷酸钠钙镁玻璃。

7. 权利要求 1-4 任一项中的方法,其中所述前置液或携带液包含促进桥接的物质。

8. 权利要求 1-4 任一项中的方法,其中当滤饼形成时存在降解剂。

9. 权利要求 3 的方法,其中所述水溶性高分子包括交联的水溶性高分子。

10. 权利要求 3 的方法,其中所述不溶性盐包括碳酸钙。

11. 权利要求 4 的方法,其中所述水溶性高分子包括交联的水溶性高分子。

12. 权利要求 4 的方法,其中所述不溶性盐包括碳酸钙。

13. 砾石充填地层的方法,砾石充填包括将存在于携带液中的砾石浆液注入,所述携带液用不受碱影响的粘弹性表面活性剂增粘,所述方法包括:

- a) 形成滤饼,其包含碱溶性固体物质,和
- b) 在注入存在于携带液中的砾石的浆液的同时,用碱降解所述的滤饼。

14. 权利要求 13 的方法,其中所述的碱选自碱金属醇盐、碱金属碳酸盐、碱金属碳酸氢盐、碱金属氢氧化物、氢氧化铵或其混合物。

15. 权利要求 13 的方法,其中所述滤饼包含防滤失剂,其选自水溶性高分子、石棉、淀粉、云母、塑料颗粒、固体蜡、蜡-聚合物颗粒、不溶性盐、可缓慢溶解的盐或其混合物,条件是至少一种成分可被破碎或溶解。

16. 权利要求 14 的方法,其中所述滤饼包含防滤失剂,其选自水溶性高分子、石棉、淀

粉、云母、塑料颗粒、固体蜡、蜡 - 聚合物颗粒、不溶性盐、可缓慢溶解的盐或其混合物,条件是至少一种成分可被破碎或溶解。

17. 权利要求 13-16 中任一项的方法,其中所述碱溶性固体物质选自丙交酯、乙交酯、聚乳酸、聚乙醇酸、聚乳酸和聚乙醇酸的共聚物、乙醇酸与其他含有羟基 -、羧酸 - 或羟基羧酸的部分的共聚物、乳酸与其他含有羟基 -、羧酸 - 或羟基羧酸的部分的共聚物或其混合物。

18. 权利要求 13-16 中任一项的方法,其中所述碱溶性固体物质与酸反应性固体物质混合,所述酸反应性固体物质选自氢氧化镁、碳酸镁、碳酸镁钙、碳酸钙、氢氧化铝、草酸钙、磷酸钙、偏磷酸铝、多磷酸钠钾玻璃或多磷酸钠钙镁玻璃。

19. 权利要求 13-16 中任一项的方法,其中所述携带液包含促进桥接的物质。

20. 权利要求 13-16 中任一项的方法,其中当滤饼形成时存在降解剂。

21. 权利要求 15 的方法,其中所述水溶性高分子包括交联的水溶性高分子。

22. 权利要求 15 的方法,其中所述不溶性盐包括碳酸钙。

23. 权利要求 16 的方法,其中所述水溶性高分子包括交联的水溶性高分子。

24. 权利要求 16 的方法,其中所述不溶性盐包括碳酸钙。

## 在地层增产处理中导致脱砂的方法和砾石充填地层的方法

[0001] 发明背景

[0002] 本发明涉及增加流体流入或流出地下井 (subterranean well)。更具体地涉及从地层 (formation) 的岩石流入井眼 (wellbore) 的流体的增产。最具体地涉及控制裂缝的大小和形状、位置和质量的方法,所述裂缝产生于水力压裂 (hydraulic fracturing) (常规的或使用盘曲管道的) 或一步操作中的压裂和砾石充填 (gravel packing), 并且涉及砾石充填。

[0003] 水力压裂、砾石充填和一步操作中的压裂和砾石充填, 被广泛地使用以增产从地层产生碳氢化合物、水和其他流体。这些操作包括在水力压裂中泵送“支撑剂 (proppant)”的浆液 (自然的或合成的材料在其产生后支撑开口裂缝) 或在砾石充填中泵送“砾石”。在高渗透性地层 (high permeability formation) 中, 水力压裂处理的目的通常是产生短而宽的有高度传导性的裂缝, 以回避在钻井 (drilling) 和 / 或完井 (completion) 中造成的近井损害, 确保岩石和井眼之间的良好连通 (communication) 并增加可用的表面积以使流体流入井眼。砾石也是天然的或合成的材料, 其可与支撑剂相同或不同。砾石充填用于防“沙”。沙子是给予任何颗粒物质, 如粘土的名称, 所述颗粒物质来自可带入生产设备的地层。砾石充填是防沙方法, 其用于防止地层出砂, 其中将钢筛网 (steelscreen) 置于井眼中并将周围的环状空间 (annulus) 用制备好的砾石充填, 所述砾石设计为特定的大小以防止地层砂 (formation sand) 通过, 所述地层砂可污染 (foul) 地下的或地面的设备并降低流动。砾石充填的主要目的是稳定所述地层同时对于井生产力 (well productivity) 产生最小的损害。有时进行砾石充填不需筛网。将被水力压裂的高渗透性地层通常是结合很差的, 以致于也需要防沙。因此, 需要短而宽的裂缝的水力压裂处理常常与砾石充填组合在单一连续 (“压裂并填充 (frac and pack)” ) 操作中。为了简化, 在下面可提及水力压裂、一步操作中的压裂和砾石充填 (压裂并填充), 和砾石充填中的任一种, 并指它们全部。

[0004] 允许所述支撑剂或砾石充填生产层 (producing formation) 之上的井眼是非常不希望的。如果此情况发生, 则必须将该井眼清理干净以允许各种其他的井下作业 (downhole operation), 如放置工具, 以允许最佳的流体生产 (fluid production)。也非常不希望如果, 不是产生短而宽的裂缝, 而是压裂或压裂并填充处理脱砂 (screen out) 太晚或根本不脱砂, 即如果所述裂缝在长度上和 / 或在高度上继续增长, 超过所需要的和预期的程度; 那么决不会产生最佳的充填和预期的裂缝大小和形状以使产量最大化并防止支撑剂或沙子的回流。

[0005] 如上所述, 短而宽的裂缝常常是需要的。产生短而宽的裂缝的最常用的方法是在泵送操作的过程中开始尖端脱砂 (tip screenout) (“TSO”)。在尖端脱砂中, 在裂缝尖端的固体浓度由于流体漏泄入地层而变得如此高以致于浆液不再是可流动的。浓缩的支撑剂浆液堵塞裂缝, 并防止额外的裂缝增长。脱砂后将支撑剂 / 流体浆液附加泵送入地层导致裂缝变得更宽, 并在裂缝中放置单位裂缝面积高浓度的支撑剂。这些根据需要导致尖端脱砂的处理方法的设计高度依赖于正确地得知待处理的地层的机械性能 (mechanical

property)、渗透性、储层压力和流体饱和度。大多数这些处理之前,进行小的压裂处理(有时称为“数据压裂分析(data frac)”或“小裂缝分析(mini-frac)”)以测量这些性质并确定所述地层对于水力压裂处理的响应。处理方法设计常常快速修改以并入新信息。重要的设计参数是前置液(pad)的大小、层(stage)的大小和数量,和后续每层中的支撑剂或砾石浓度,以及在每层中使用的流体和添加剂的性质。通常借助于计算机模型完成处理方法设计和修改,其中许多计算机模型是工业中可用的。操作员(operator)使用可得到的信息和模型以尝试设计作业(job)以使根据需要进行尖端脱砂。

[0006] 所述前置液是无支撑剂的流体,其被泵送以在包含支撑剂或砾石的层开始之前引发并扩展裂缝。它通常也符合其他需要。它在形成的裂缝的表面上敷设(lay down)包覆层(coating),其称为“滤饼”,。此滤饼(和在注入支撑剂或砾石的过程中所形成的)减少了液体从井眼、钻孔(perforation)和/或裂缝流入所述地层(影响作业的“效率”(见下面))。如果通常存在的增粘剂是聚合物或交联的聚合物,则可由它们形成滤饼。为此目的也可通过将额外的物质加入流体中形成滤饼,尤其是当裂缝面中的孔较大的情况。在此用途中上述任选加入的物质通常称为防滤失剂(fluid loss control additive),或FLA。

[0007] 在水力压裂中,尤其在需要最长可能的裂缝(以产生最大可能的裂缝面用于流体流入所述裂缝并最终流入井眼)的低渗透性地层中,通常避免可能诱导尖端脱砂的操作模式,以得到长的有传导性的裂缝。如果在泵送全部设计的处理之前在上述压裂操作中遇到尖端脱砂,如由泵送压力的增大所推知的,泵速率(pump rate)减小或很可能处理停止并认为失败。将其中不希望且不发生尖端脱砂的水力压裂作业设计(job design)和作业施工(job executions)称为“常规的”水力压裂。

[0008] 另一方面,如上所述,有时尖端脱砂是需要的。在那些需要尖端脱砂的特殊位置使用的设计特征通常包括确保相对于支撑剂注入的速率和量来说高的流体漏泄的方法。这可通过使用少量前置液、使用很少或不使用防滤失剂(fluid loss additive)、在处理早期使用较高的支撑剂浓度、更缓慢的泵送和对于压裂、砾石充填和裂缝/砾石充填组合的领域中的那些技术人员来说公知的其他方法来实现。

[0009] 不幸地,尽管有数据-压裂分析信息,在处理过程中通过井底压力计收集的压力瞬变(pressure transient)已显示,TSO在许多,也许是大多数需要和预期TSO的处理中不发生。在裂缝尖端的液体仍是可流动的,整个处理期间裂缝尖端继续增长而且达不到裂缝中所需的支撑剂浓度。因此,得不到所需的裂缝导流能力(fracture conductivity)。通常,当需要TSO时,必须通过在处理时降低泵速率或增加支撑剂浓度而设法实现TSO。

[0010] 得不到适当的TSO有两个主要原因。首先,对于支撑剂体积而言,裂缝可能太大。这发生在a)前置液太多时或b)“效率”太高时,或c)在作业的设计中选择的支撑剂体积与浆液体积的比例不够高时。(当通过流体和基质(matrix)的性质天然地,或通过加入防滤失剂将流体漏泄控制在可接受的低水平时,压裂操作中的“效率”是高的;当漏泄水平高时,效率是低的,以至于必须泵送非常大体积的流体以便产生预期的裂缝大小和形状并放置特定量的支撑剂或砾石;当漏泄很少时效率是高的,所以大部分注入的流体用于扩大裂缝。)第二,对于支撑剂而言,裂缝宽度可能太大以至于不能在裂缝中形成桥接(bridge)。这可能是由于有缺陷的(bad)初始设计(例如支撑剂直径的选择)或由于宽度增长超过预期而导致的。

[0011] 直到现在,处理这些问题的主要方法针对优化 a) 防滤失剂的选择和 b) 所使用的作业层及其浓度的选择,尤其是如果主要问题是裂缝对于支撑剂体积来说太大的情况。

[0012] 在压裂中使用纤维控制支撑剂回流。在那种情况下,以最佳浓度加入纤维以控制支撑剂回流,同时不显著地影响裂缝导流能力。如果使用玻璃纤维,例如,此浓度大约为支撑剂的 1 重量%。此浓度不足以在通常的使用条件下,尤其在低渗透性地层中,在泵送过程中产生桥接。当流体的粘度非常低时,有时也使用纤维以帮助支撑剂的运输。在这些处理中通常有意地避免尖端脱砂;通过仔细的预处理作业设计,尤其通过仔细地选择泵送进度(pumpingschedule)保持低的支撑剂浓度。例如,在这些处理中增大前置液体积超过常规作业设计以确保在支撑剂/纤维浆液进入所述裂缝之前产生足够的裂缝宽度。然而,美国专利申请 10/214,817(转让给 Schlumberger Technology Corporation, 2002 年 8 月 8 日提交)描述了有意地使用纤维以在需要时增强尖端脱砂的方法。

[0013] 美国专利申请 10/227,690(转让给 Schlumberger Technology Corporation, 2002 年 8 月 20 日提交)描述了诱导尖端筛分的化学方法,该方法通过在前置液和/或一层或多层携带压裂流体的主要支撑剂中引入一种或多种滤饼降解剂和任选的滤饼降解剂助剂(aid)导致至少部分的滤饼以预期程度降解。与未知的地层可变性相比,此方法更多依赖于在操作者的控制下的作业的特征(尤其是流体和使用的防滤失剂的化学性质(chemistry))。然而,在流体中引入滤饼降解剂和任选的滤饼降解剂助剂的时间安排(scheduling),可为复杂的。

[0014] 去除滤饼服务于另一个目的。在处理完成之后,并将用于生产而且操作者希望使液体从地层进入井眼的流动最大化。需要用于减少漏泄的滤饼阻碍了此流动。在砾石充填中,虽然没有不需要诱导尖端脱砂,但仍有充分理由去除滤饼。

[0015] 需要更简单、可靠的方法以确保可以去除滤饼而且预期的尖端脱砂将准确地发生在需要的时间和地点,并允许尖端脱砂处理的设计中具有高度的灵活性。

[0016] 发明内容

[0017] 本发明的一个实施方案是通过形成包含碱溶性固体物质(solidbase-soluble material)的滤饼,并在注入存在于携带液中的支撑剂的浆液的同时,用碱溶性固体物质降解剂降解所述碱溶性固体物质,在地层增产处理中导致脱砂的方法,其中在高于压裂压力的条件下将存在于粘弹性表面活性剂基携带液中的支撑剂的浆液注入,以产生一个或多个裂缝。在一个实施方案中,所述碱溶性固体物质降解剂是碱,优选碱金属醇盐、碱金属碳酸盐、碱金属碳酸氢盐、碱金属氢氧化物、氢氧化铵或一种或多种上述物质的混合物。在另一个实施方案中,携带液含有缓冲剂。在另一个实施方案中,携带液含有防滤失剂。

[0018] 在又一个实施方案中,所述碱溶性固体物质是丙交酯、乙交酯、聚乳酸、聚乙醇酸、聚乳酸和聚乙醇酸的共聚物、乙醇酸与其他含有羟基-、羧酸-或羟基羧酸的部分的共聚物、乳酸与其他含有羟基-、羧酸-或羟基羧酸的部分的共聚物及其混合物中的一种或多种。所述碱溶性固体物质优选为聚乙醇酸。在另一个实施方案中,所述碱溶性固体物质与固体酸反应性物质混合。所述固体酸反应性物质优选地选自氢氧化镁、碳酸镁、碳酸镁钙、碳酸钙、氢氧化铝、草酸钙、磷酸钙、偏磷酸铝、多磷酸钠钾玻璃或多磷酸钠钙镁玻璃。所述碱溶性固体物质和固体酸反应性物质可存在于不同的颗粒或存在于相同的颗粒中;所述碱溶性固体物质可包含所述固体酸反应性物质。无论如何,可用延迟水解的物质

(hydrolysis-delaying material) 包覆所述碱溶性固体物质。

[0019] 在其他实施方案中,可将所述碱溶性固体物质和碱溶性固体物质降解剂中的任一种或两种都加入前置液中,加入早期的携带支撑剂的层(stage)中,或加入后期的携带支撑剂的层中。在另一个实施方案中,处理的任何或所有阶段(stage)中可包括促进桥接的物质(bridging-promoting material)。在另一个实施方案中,不同于或除所述碱溶性固体物质以外,在任何阶段中可包括防滤失剂。

[0020] 又一个实施方案是砾石充填地层的方法,所述方法包括注入存在于粘弹性表面活性剂基携带液中的砾石的浆液,所述携带液含有形成滤饼的碱溶性固体物质,和在注入存在于携带液中的砾石的浆液的同时,用滤饼降解剂降解滤饼。碱溶性固体物质、碱、任选的固体酸反应性物质、任选的碱溶性物质降解剂,和任选的促进桥接的物质与用于压裂的物质相同。可用或不用防沙筛网进行砾石充填。又一个实施方案是粘弹性表面活性剂基的井处理(well treatment) 组合物,其含有水和碱溶性固体物质。

## 附图说明

[0021] 图 1 显示随 pH 的增加通过本发明的滤饼的流动速率的变化。

[0022] 发明详述

[0023] 为了有助于理解通过水力压裂和组合的压裂 / 砾石充填操作中的作业设计促进的有意的尖端脱砂,参见 M. Economides 和 K. Nolte, eds., Reservoir Stimulation, 第 3 版, John Wiley & Sons, Ltd, New York (2000) pp 10-21 至 10-24; 和 F. L. Monus, F. W. Broussard, J. A. Ayoub 和 W. D. Norman, " Fracturing Unconsolidated Sand Formations Offshore Gulf of Mexico, " SPE 24844, (1992)。现在已发现有意地并以控制方式,通过使用特殊选择的物质作为至少一部分的防滤失剂,然后在注入的流体的组合物中进行单一的简单变化从而在裂缝中造成脱砂的简单且可靠的方法。当筛分失败是由于裂缝对于支撑剂体积而言太大而造成时,本方法是特别有效的。本方法将形成滤饼,该滤饼包括或全部由特殊的防滤失剂物质组成,所述防滤失剂物质是碱溶性固体物质,然后在适当的时间通过将碱加入携带液中来减少滤饼的量,或增加其渗透性。(对于"碱"和"碱溶性的"更广泛的定义见下面。)形成滤饼的物质称为"防滤失剂"或"FLA"。所述 FLA 可全部为碱溶性固体物质,或可含有一种或多种其他组分。一般地,碱溶性固体物质是"防滤失剂或组分"。使用术语滤饼降解以涵盖通过溶解至少一部分滤饼来减少滤饼的量或增加其渗透性。(当"一部分"滤饼溶解而且碱溶性固体物质只是防滤失剂的组分时,所有的碱溶性固体物质可溶解或不溶解。)这是通过快速地且在作业过程中预期的点通过将碱在适当的时间加入流体中来溶解至少一部分特殊配制的滤饼而进行的。通常将在作业设计的过程中确定操作者开始将碱加入流体中的时间,但可在数据压裂分析的过程中或如果需要甚至在处理的过程中确定(或最终确定)这个时间,因为只有单个添加剂将被改变。

[0024] 如果脱砂失败部分地是由于裂缝宽度太大以至于不能允许支撑剂有效桥接造成的,那么可将纤维或其他材料(称为促进桥接的物质)加入支撑剂,连同上述用碱溶解滤饼的方法以帮助桥接。可同时或连续地组合这些涉及溶解滤饼和加入纤维的技术。

[0025] 本发明的方法也适用于在砾石充填中形成然后破坏滤饼。本发明的方法也可用于故意形成较宽的裂缝(其具有较大的裂缝导流能力)。也可使用本发明的方法作为转换

(diversion) 形式;也就是说,操作者可故意停止一个裂缝的增长然后开始新的裂缝而不需油层隔离(zonal isolation)。本发明的方法可用于遍及整个裂缝或只在其一部分中破坏FLA。操作者通过使漏泄加速,和任选地也通过帮助支撑剂桥接(如下将被讨论),可决定并控制何时及何地发生脱砂(并避免脱砂失败、非常平缓而无效的脱砂,或在地层之上的井眼中脱砂的不希望的结果)。

[0026] 基本的和统一的构思是在处理的早期敷设滤饼,然后注入支撑剂或砾石浆液,然后在继续支撑剂或砾石浆液注入的同时,通过溶解化学破坏至少一部分滤饼以使漏泄增加。如果处理涉及压裂,包括组合的压裂和砾石充填,那么裂缝中支撑剂的浓度增加,而且支撑剂脱砂。虽然本发明的方法可用于除压裂之外的处理并用于除诱导脱砂之外的目的,但如下讨论将主要针对在压裂中诱导脱砂。

[0027] 适合在本发明中使用的碱溶性固体物质,其为防滤失剂,或防滤失剂组分,包括特定有机酸的固体环状二聚物,或固体聚合物,所述有机酸在碱的存在下容易水解为可溶性产物。合适的固体酸-前体(precursor)的一个实例是乳酸的固体环状二聚物(即“丙交酯”),其具有95至125°C的熔点,(依赖于旋光性)。另一个是乳酸聚合物,(有时称为聚乳酸(或“PLA”),或聚乳酸酯(poly lactate),或聚交酯(poly lactide))。另一个实例是乙醇酸的固体环状二聚物(称为“乙交酯”),其具有大约86°C的熔点。再一个实例是乙醇酸(羟基乙酸)的聚合物,也称为聚乙醇酸(“PGA”),或聚乙交酯(polyglycolide)。另一个实例是乳酸和乙醇酸的共聚物。这些聚合物和共聚物是聚酯。

[0028] Cargill Dow, Minnetonka, MN, USA 生产了称为“丙交酯”的固体环状乳酸二聚物,并由它生产乳酸聚合物,或聚乳酸酯,其具有变化的分子量和结晶度,其具有通用商标名NATUREWORKS™ PLA。目前可从Cargill Dow得到的PLA具有至多大约100,000的分子量,但是任何聚交酯(由任何制造者通过任何方法制造的)和具有任何结晶度的任何分子量的物质都可用于本发明的实施方案中。所述PLA聚合物在室温下是固体并被水水解以形成乳酸。可从Cargill Dow得到的那些通常具有大约120至大约170°C的结晶熔化温度(crystalline melt temperature),但其他是可获得的。聚(d, l-丙交酯)(Poly(d, l-lactide))可从Bio-Invigor, Beijing 和 Taiwan 得到,其具有至多500,000的分子量。Bio-Invigor 也提供聚乙醇酸(也称为聚乙交酯)和乳酸和乙醇酸的多种共聚物,其常常称为“丙交酯乙交酯共聚酯(polyglactin)”或聚(丙交酯-co-乙交酯)(poly(lactide-co-glycolide))。所有这些物质的水解反应速率受分子量、结晶度(crystallinity)(结晶与无定形物质的比例)、外形(固体的大小和形状)的控制,而且对于聚丙交酯,受到两种光学异构体的量的控制。(天然存在的l-丙交酯部分地形成结晶聚合物;合成的dl-丙交酯形成无定形聚合物。)无定形区(amorphous region)比结晶区(crystalline region)更容易被水解。较低的分子量、较小的结晶度和较大的表面质量比(surface-to-mass ratio)都导致较快的水解。通过升高温度,通过添加酸或碱,或通过添加与水解产物反应的物质来加速水解。

[0029] 均聚物可为更多的结晶体;共聚物倾向于为无定形的,除非它们是嵌段共聚物。可通过均聚物的制备方法和通过共聚物的制备方法及丙交酯和乙交酯的比例和分布来控制结晶的程度。聚乙交酯可制成多孔的形式。一些聚合物在它们水解之前在水中非常缓慢地溶解。



[0030] 合适作为固体酸 - 前体的其他物质都是在美国专利 4,848,467 ;4,957,165 ;和 4,986,355 中描述的羟基乙酸 (乙醇酸) 与其自身或其他含羟基 -、羧酸 - 或有羟基羧酸部分的那些聚合物。这些专利描述了这些物质作为防滤失剂的用途。美国专利 No. 4,986,355 描述了以最合适用于防滤失的细粒度 (fine particle size) 制备这些物质的方法。

[0031] 在压裂过程中,更多的滤饼被敷设在最靠近井眼的一部分裂缝中,因为已将最靠近井眼的裂缝表面以最高的压力最长时间地暴露于形成滤饼的流体。此外,那种滤饼比离裂缝尖端更远的滤饼更难以通过用碱溶解而去除。一个原因是注入的流体冷却了地层,而且最靠近井眼的地层是最冷的;碱溶性固体物质的水解和溶解在较低温度下进行得较慢。而且,在压裂处理的过程中,由于更长时间和更高压力,更多的流体通过最靠近地层的裂缝面漏泄到地层中。处理后期,地层中的此裂缝流体和较厚的 (thicker) 滤饼阻碍了穿过滤饼的额外流动。由于通过碱的水解和溶解需要碱流入和流出滤饼,最靠近井眼是最难的。因此,即使碱首先并最长时间地接触最靠近井眼的滤饼,接近尖端的滤饼更有效地降解。用预备的 TSO 在高渗透性地层中的压裂处理通常是相当短的处理。通常的时间为 30 至 45 分钟;处理可偶尔进行短至大约 15 分钟或长至至大约 1.5 小时。在计算的时间开始加入碱以使滤饼的充分破坏发生在需要脱砂的时间。在许多作业中,碱加入的开始大约与支撑剂的开始一致;在较长的作业中,碱可显著地在支撑剂之后开始。在非常短的作业中,和在砾石充填中,从作业一开始碱可包含在前置液中。

[0032] 在高温或长时间的处理中,其中通过将碱加入注入的流体中引起滤饼快速溶解,但其中可能有滤饼也许太易溶解的一些担忧,调整作业设计以便只在作业的早期加入碱溶性固体物质而且靠近井眼的滤饼不由碱溶性固体物质组成或不包括碱溶性固体物质。在碱溶性固体物质难以获得或比其他防滤失剂更昂贵的情况下使用此策略也是有优势的。

[0033] 滤饼在给定位置的溶解速率和程度主要依赖于选择的固体酸溶性物质的组成、粒度和表面积,滤饼的厚度,温度和碱的强度。可能重要的其他作业设计参数是作业的持续时间,裂缝的设计尺寸,和支撑剂粒度。例如,必须将前置液泵送足够长和 / 或前置液必须含有足够的 FLA 以确保敷设需要的滤饼。而且,滤饼降解决不能如此缓慢以致于脱砂不发生或发生得太晚。支撑剂的加入通常分阶段 (in stages) 完成。在每个阶段中用一定的时间注入一定的支撑剂浓度。连续的阶段通常具有连续增加的支撑剂浓度。也可使支撑剂浓度平滑地斜线增加 (ramp),即在装满支撑剂的阶段中连续增加。为了有助于说明,通常的作业将被分解为前置液和考虑周到的 (discreet) 支撑剂浆液阶段。在前置液中,引发裂缝并敷设滤饼。在后续的支撑剂浆液阶段中,裂缝扩大。在最后的支撑剂浆液阶段中,发生脱砂并用支撑剂填充裂缝。如果因为该作业设计的其他方面前置液必须少量,可在所有支撑剂浆液阶段中或在早期支撑剂浆液阶段中继续敷设滤饼。可在任何或所有的前置液和阶段中加入桥接促进剂 (bridging-promoting agent)。地层增产领域的技术人员可在本发明的范围和精神之内以多种不同的方式设计处理,该处理产生具有具体的最终参数 (如尺寸和导流能力) 的裂缝,所述设计依赖于如下因素,例如,化学品和材料的可得性;可加入化学品和材料的设备的可得性和性能 (capability);和成本。

[0034] 优选通过首先考虑关于井、地层、可获得的流体和具有尖端脱砂的成功裂缝增产的标准的信息,然后准备最佳的计划用于根据所述的数据和标准使增产的井的性能最大化来实施本发明。这样的设计将包括注入适量选择的前置液 (pad fluid),所述流体含有选择

的 FLA, 然后是注入一个或多个含有选定类型和浓度的裂缝流体、支撑剂、FLA (如果存在) 和碱 (如果存在) 的级 (stage)。这通常通过使用压裂设计和评估软件分析井来完成, 其中压力梯度 (pressure gradient) 与裂缝长度和高度进化算法 (evolution algorithm)、完整的漏泄信息和多种流体注入和它们温度变化的影响相结合。

[0035] 所述作业设计将通常包括待注入作业的每个阶段中的流体和固体的速率和体积, 包括所需的流体漏泄速率, 和需要 TSO 的时间。将预测作业过程中特殊而暂时的温度分布。那时操作者具有几个可以调节的设计参数以确保适量的碱溶性固体物质已在适当的时间溶解。使此情况发生的主要的可调节设计参数是碱溶性固体物质的性质 (化学组成、粒度和形状), 与碱溶性固体物质一起加入的其他组分 (将在下文描述的延迟剂或加速剂), 和流体的 pH 以及在作业过程中任选变化 pH 的方式。尤其需要的溶解模式是缓慢的或可忽略的溶解直至某个程度, 然后是快速或广泛的溶解。简单的实验室实验用于确定给定的碱溶性物质将在给定的条件下在给定的化学环境中溶解的速率。

[0036] 已经详述了一个重要变量对于碱溶性固体物质的溶解速率的影响 (化学组成、粒度和形状)。在成本和可获得性范围内, 选择不同的碱溶性固体物质组成和物理性质。(必须根据考虑到的所需的滤失量 (fluid loss) 和滤饼性质选择形状和粒度, 如在别处所讨论的。) 另一个重要变量是温度。(通常通过注入流体自然地降低地层的温度, 而且有时能通过故意注入比设计结果更多的流体, 例如较大的前置液, 来进一步降低温度。任何方法, 温度将是已知的, 而空间和时间的温度分布在此将被简单的称为 "温度"。) 第三个重要的变量是流体的 pH, 当所述流体被注入时且当其在滤饼中时, 碱溶性固体物质将与流体接触。使用实验室实验确定给定物质在给出的温度和 pH 的溶解速率。

[0037] 更高的 pH 和更高的温度使溶解加速。应理解用于本发明的固体 "碱溶性" 物质将实际上最终水解和溶解于任何温度任何 pH 的水性流体 (aqueous fluid)。然而, 在低 pH 和 / 或低温下, 此溶解可能历时数年, 然而对于本发明的目的, 溶解应发生在至少几分钟到至多几小时之内的时间间隔 (time span)。因此, 在高温 (例如超过大约 115°C) 时, 可能需要使用措施以减慢水解和溶解, 而在低温 (低于, 例如大约 65°C) 时, 可能需要设法加速水解和溶解。减慢水解的方法包括, 借助非限制性的实例, 降低 pH 或在较低 pH 下缓冲流体。另一种方法是包覆碱溶性固体物质。合适的包覆层 (coating) 包括 polycaprolate (乙交酯和  $\epsilon$ -己内酯 (epsilon-caprolactone) 的共聚物), 和硬脂酸钙, 它们都是疏水的。polycaprolate 本身缓慢水解。通过任何方式在碱溶性固体物质的表面上产生疏水层都会延迟水解。注意此处的包覆层可指包衣 (encapsulation) 或简单指通过化学反应或通过形成或添加另一种物质的薄膜改变表面。延迟碱溶性固体物质的水解的另一种合适的方法是将碱溶性固体物质, 任选地具有疏水包覆层, 悬浮于油中或乳液的油相中。直到水接触碱溶性固体物质才发生水解和溶解。增加水解的方法包括, 借助非限制性的实例, 升高 pH 或在较高的 pH 缓冲流体。加速水解和溶解的另一个方法是将与水解产生的酸反应的试剂与碱溶性固体物质 (存在于相同或不同的颗粒中, 通常存在于相同颗粒中, 任选地包覆碱溶性固体物质或被碱溶性固体物质包覆) 混合非限制性的实例是氧化镁和碳酸钙。这在别处详细讨论。注意到虽然依赖于环境, 通过控制 pH 来控制水解和溶解速率可包括增加、减少或缓冲流体, 正如为了简便在整个讨论中使用术语 "碱溶性物质", 通常用碱的加入来描述 pH 的改变。

[0038] 对于给定的处理方法,常常有几种可以使用的策略。例如,可选择化学品和作业设计的组合以使碱溶性固体物质在整个处理中缓慢地水解和溶解,而且滤饼的破坏在预期的时间达到漏泄导致脱砂的程度。在一些作业中,这可以完成而不需在作业过程中改变流体组成。另一方面,可选择化学品和作业设计的组合以使直到操作者突然变化注入流体的组成(例如加入强碱)时,碱溶性固体物质才以明显的速率水解和溶解,以使滤饼一接触流体就快速溶解。此策略在处理过程中可给予操作者更大的支配权(greater control)。也可将化学品和设备的可用性在处理设计的选择中作为输入(input)。

[0039] 对于水力压裂或砾石充填或这两者的组合而言,对用于前置液或用于形成浆液的水性流体进行增粘。通常使用聚合物(通常为与硼、锆或钛化合物交联的多糖)作为增粘剂。所述聚合物的一部分也通常终止而作为主要的(或单独的)滤饼成分。然而,这些聚合物或交联聚合物流体的粘度常常被强碱影响,而多糖聚合物不容易被碱破坏,所以它们不在本发明中使用。另一方面,特定的表面活性剂,尤其是粘弹性表面活性剂("VES")形成适当大小和形状的胶束(micelle),其使水性流体增粘。这些胶束和表面活性剂不受碱影响,而且所述表面活性剂不形成滤饼,所以,表面活性剂在本发明的方法中是优选的增粘剂(viscosifier)。可使用少量的聚合物以增加粘度或用于除增粘之外的目的,例如作为摩阻减低剂(friction reducer);这对于本发明的方法将是无害的。任何表面活性剂增粘的裂缝或砾石充填流体都可用于本发明,只要它与本发明的特殊物质(所述的FLA和碱)相容,并与所述地层、支撑剂和处理的预期结果相容。在前置液中或前置液之后可使用任何VES基的流体,其与地层、地层流体和任何添加剂,尤其是碱相容。特别有效的VES基的流体是那些在美国专利5,551,516;5,964,295;5,979,555;5,979,557和6,258,859;和美国专利申请10/250,416(转让给与本申请相同的受让人)和10/250,417(转让给与本申请相同的受让人)。一些所述的VES流体通常在多至12.5或更高的pH下使用,在此情况中它们将优选用于本发明的短时间处理(short treatment)并且不用额外的碱。破胶剂(breaker)也可用于VES,只要它们不是强碱(除非预期的作业将是非常短暂的)而且只要它们与强碱相适应。

[0040] 通常,从处理方法的设计的开始已知TSO是希望得到的,而且将本发明的方法并入原始的作业设计。然而,在本发明的范围内可以设计作业而不需设计TSO,或具有任选的TSO,然后在作业施工过程中可以决定TSO是需要的(或可如所设计地不发生)并因此迅速地改变所述作业。(注意在此说明书中,常常将裂缝中的任何脱砂称为尖端脱砂(TSO),但就TSO来说,这里包括发生在裂缝中而且不需要发生在最远离井眼的裂缝的最末端的脱砂;重要的是筛分的确发生了,其发生在需要的时间,而且它发生在裂缝中而不是在井眼中。

[0041] 这里可使用术语"常规压裂"来指水力压裂,其中尖端筛分既不是预期的也不是需要的。在常规压裂中,避免可能诱导尖端脱砂的操作模式。如果在整个设计的处理被泵送之前,在常规压裂操作中遇到尖端筛分或尖端筛分看来即将来临,如由泵送压力升高所推断的,可迅速地在作业参数中进行一些变化,例如泵速率或支撑剂浓度,以试图使趋于尖端筛分的趋势最小化。然而,经常地停止处理并将其认为是失败。

[0042] 本发明的前置液包含携带液和VES。它可另外含有通常用于所述流体的其他添加剂,只要前置液的所有组分对于地层或对于裂缝流体无害。在本发明中用作前置液的流

体通常可包含诸如腐蚀抑制剂、摩阻减低剂、粘土稳定剂 (clay stabilizer)、结垢抑制剂 (scale inhibitor)、杀虫剂 (biocide) 等物质。

[0043] 所述携带液提供了用于将其他组分运输到地层中的介质。优选地,携带液是水或盐水。可包括选择的有机或无机盐或混合物,只要它们与前置液、裂缝流体、地层和地层流体中的所有组分相适应。常常将含有大约 1 至大约 7 重量%氯化钾 (KCl) 或氯化铵的溶液用作压裂流体和前置液中的基液 (base liquid) 以稳定粘土并防止粘土膨胀。有时使用其他盐水或海水。有机的阳离子盐,如,具体为,氯化四甲基铵 (tetra methyl ammonium chloride),是有效的盐,尤其是但不限于大约 0.2 至大约 0.5 重量%。

[0044] FLA 也可包括额外的固体,诸如但不限于氧化镁 (magnesia)、氢氧化铝、碳酸钙 (方解石 (calcite))、草酸钙、磷酸钙、偏磷酸铝、多磷酸钠钾玻璃 (sodium zinc potassium polyphosphate glass)、多磷酸钠钙镁玻璃 (sodium calcium magnesium polyphosphate glass)、石棉 (asbestos)、颗粒淀粉 (granular starch)、微粒云母 (particulate mica)、塑料粒子、固体蜡 (solid wax) 或蜡-聚合物粒子 (wax-polymer particle)、油溶性固体树脂粒子 (solid oil-soluble resin particles)、不溶性盐、可缓慢溶解的盐 (如氯化钠如果携带液和地层水具有高离子强度),及其混合物。这些物质中的一些将在碱中快速溶解;一些则不是。一些将最终随着时间溶解或降解;一些则不是。不需要溶解全部的滤饼,或甚至溶解滤饼中的所有碱溶性固体物质。只需要溶解足够的滤饼,以致滤失量增加至筛分发生的程度。

[0045] 一种或多种碱溶性固体物质和一种或多种其他 FLA 组分的混合物可为单独组分的单独粒子的纯的物理状态混合物 (physical mixture)。也可制备所述混合物以使一种或多种碱溶性固体物质和一种或其他 FLA 组分存在于每个粒子中。这可以借助非限制性的实例,通过用碱溶性固体物质包覆其他 FLA 组分,或通过加热物理状态混合物直到碱溶性固体物质熔化,充分混合、冷却和粉碎来完成。例如,工业中的一般惯例是将聚合物与矿物填料物质 (mineral filler material) 如滑石或碳酸盐共挤出 (co-extrude),以使它们具有改变的光学、热和 / 或机械性质。聚合物和固体的上述混合物通常被称为“填充聚合物 (filled polymer)”。当其他 FLA 组分完全包含在碱溶性固体物质中时,所述的其他 FLA 组分可为水溶性的,例如硼酸或硼砂。在任何情况下优选组分在混合物中的分布尽可能均匀。可根据情况调节组分的相对量以控制碱溶性固体物质的反应速率。最重要的因素将是进行处理的温度,混合物将接触的水性流体的 pH,和溶解混合物所需的时间。

[0046] 可以将碱溶性固体物质或碱溶性固体物质和其他 FLA 组分的混合物制成不同的固体形状,所述形状包括,但不限于纤维、珠、膜、带 (ribbon) 和薄片 (platelet)。本发明的方法的优势在于,对于给定的油田处理 (oilfield treatment),可容易地从具有不同的水解和溶解速率的多种可用的物质中选择合适的碱溶性固体物质。通过在处理条件下将碱溶性固体物质暴露于一种或多种流体的简单实验室实验容易地确定特定的碱溶性固体物质在特定温度并与具有特定 pH 的一种或多种流体接触的溶解速率。自然地,选择碱溶性固体物质,其 a) 以所需的速率溶解和 b) 与流体的其他组分相适应但不干扰流体的其他组分的功能。

[0047] 混合物的各组分的粒度可相同或不同。粒度主要依赖于其上将沉积滤饼的岩石的孔径分布 (pore size distribution) 和发生滤饼破坏的条件。选择防滤失剂和滤饼组分

的最佳粒度或粒度分布的标准和方法是已知的。可通过实验测定给定组成和大小的粒子在给定的碱性流体中在给定温度下溶解的速率。可选择粒度或大小分布作为对于防滤失或滤饼形成来说最佳的那些和对于随后的以预期的时间和速率的溶解来说最佳的那些之间的折衷物 (compromise)。

[0048] 对于防滤失而言,可通过选择所需的漏泄参数并用预期流体和地层或与所述地层类似的岩石的样品测定漏泄来确定最佳的大小或大小分布和浓度。漏泄定义为“瞬时滤失 (spurt)”,其为滤饼障碍物 (barrier) 在裂缝表面上 (或实验室样品表面) 形成之前,流体的初始快速漏泄,并定义为甚至发生在滤饼形成之后并受流体和其组分的粘度和造壁倾向 (wall-building propensity) 控制的随后的漏泄。通常以体积或质量每单位面积每单位时间的单位测量漏泄;对于实验室中确定的几何形状 (geometry),可通过作为时间的函数的质量或体积来简单测量。漏泄的测量,和通过用防滤失剂形成滤饼来控制漏泄,对于井增产和防沙技术领域中的普通技术人员来说是熟悉的。

[0049] 这些物质的特殊优势在于碱溶性固体物质和产生的产物是无毒的并且是可生物降解的。本发明的许多碱溶性固体物质常常用作自溶解的缝合线。

[0050] 通过测定,有时首先通过实验并通常最终通过计算机模拟和建模,FLA 和其中应包括 FLA 的层的最佳量以形成合适的滤饼来实施本发明。地下井和地层增产领域的技术人员可根据所涉及的地层和条件 (尤其是时间和温度) 的知识容易地实施本发明。可例如通过调节作业泵送设计,其重复地包括,通常通过建模直到预测出想要的结果来完成设计过程。FLA 将总是存在于前置液中。如果已经形成满意的滤饼,FLA 不必存在于所有含支撑剂的层中或任何含支撑剂的层中。FLA 的类型或浓度在前置液和各个支撑剂层中可以是不同的。

[0051] 在压裂作业的过程中使用碱溶解滤饼的用途与通常在常规压裂中的用途相反,其中在作业过程中滤饼的去除是不需要的。

[0052] 通常希望滤饼在增产应用 (stimulation application) 后降解以减少裂缝表面“皮肤”损害并提供流体从基质到裂缝并最终到井眼中的最大流动。类似地,希望砾石充填中形成的滤饼降解。此降解通常自然地发生,虽然缓慢进行,通过热采过程 (thermal process),或通过在常规的浆液流体中溶解滤饼,或通过在携带液中引入破胶剂,或通过物理过程,尤其是由于回流引起的 (在处理过程中,流体流出裂缝并进入地层,而在生产开始之后,流体流出地层并进入裂缝)。因为通过本发明的方法故意降解滤饼可造成更快而更完全的降解,所以可在作业后立即开始产生流体并可以具有比用降解滤饼的其他方法得到的更高的速率。

[0053] 如果也将纤维的用途设计为帮助诱导 TSO,那么所述纤维通常至少处于第一个支撑剂层而且浓度是选定的以致于当滤饼的降解已进行到压裂液效率 (fluid efficiency) 小于例如大约 20% 的程度时,所述的纤维 / 支撑剂浆液结块 (pack off) (不再是流动的) 并导致 TSO。注意在本发明的方法中导致 TSO 所需的纤维量可小于在压裂中通常使用的纤维量以防止支撑剂回流而不导致 TSO,因为在本发明的方法中,所起的另一种作用是降解滤饼并由此增加裂缝中纤维 / 支撑剂浆液的浓度。换句话说,通过故意增强漏泄促进桥接。另一方面,使用的纤维量也可大于为了防止支撑剂回流通常使用的量。

[0054] 以通常的方式使用通常的设备、化学品和人员进行所述的处理,但使用改进的设备以提供添加纤维或其他促进桥接的物质的能力,如果不存在所述能力并且如果待使

用的实施方案中的一个涉及纤维的加入。加入纤维的方法在美国专利 No. 5, 501, 275 ;和 5, 782, 300 中描述。加入纤维的优选的而不是限制性的方法是在加入的支撑剂同时将其加入流体中。虽然已使用术语“纤维”，但也可使用其他物质作为促进桥接的物质，如针 (needle)、原纤化纤维 (fibrillated fiber)、薄片和带，尤其是长径比 (aspect ratio) 大于大约 3 的物质。随着流体 / 支撑剂浆液脱水将使其流动性降低的任何有机的或无机的，天然的或合成的物质是合适的。当与支撑剂混合时，长径比大于大约 3 的纤维将更有效，因为它们将倾向于使支撑剂充填物 (pack) 具有更高的渗透性。

[0055] 可以以足够高的浓度加入纤维，或其他促进跨接的物质以诱导尖端脱砂，如在 2002 年 8 月 8 日提交的美国专利申请 No. 10/214, 817 中所述，其具有与本申请共同的受让人。然而，当使用促进跨接的物质时，不需要以在本发明中足够导致尖端筛分的量加入它们。纤维、支撑剂和流体的密度各自能变化，所以足够高以单独或和滤饼降解剂一起诱导尖端脱砂的纤维的量依赖于对纤维、支撑剂和流体的具体选择。下述讨论将针对本发明的水成液 (aqueous liquid) 和优选的纤维，其为具有大约 1 至大约 1.5 克 / 立方厘米的相对低密度的合成有机聚合物纤维。然而，也可使用密度更大的纤维，如那些由无机物质如玻璃或陶瓷制成的纤维；所述的纤维将具有高达合成有机聚合物纤维的两倍或更多倍的密度。当与包含碱溶性固体物质的滤饼一起使用并随后注入碱时，在液体 / 纤维 / 支撑剂浆液中的诱导尖端脱砂所需的纤维量与每体积的纤维 / 支撑剂混合物的纤维体积最紧密地相关。因而对于所涉及的具体组分的密度应调节下面表示的纤维量。纤维的密度越高，需要的重量浓度越高。而且，纤维的相对于支撑剂直径的长径比、长度和直径将影响液体 / 纤维 / 支撑剂浆液中诱导尖端脱砂所需的纤维的量（以浆液中液体的重量百分数表示）。随着纤维直径减小或纤维长度或长径比增加，较低的纤维的重量百分数（以浆液中液体的重量百分数表示）将是必需的。这些调节完全在本领域的那些技术人员的能力之内。特别适合的但非限制性的纤维和其他物质在美国专利 No. 5, 330, 005 ;5, 439, 055 ;5, 501, 275 和 5, 782, 300 中有描述。

[0056] 所称的“纤维”可为任何含纤维的物质，诸如天然有机纤维、合成有机纤维（借助非限制性的实例，聚芳纶 (polyaramide) 或聚酰胺 (polyamide) 或酚醛 (novoloid) 或酚醛类聚合物）、原纤化合成有机纤维 (fibrillated synthetic organic fiber)、玻璃纤维、碳纤维、陶瓷纤维、无机纤维、金属丝或其混合物。所述纤维物质优选具有大约 2 至大约 30 纳米的长度和大约 10 至大约 100 微米的直径，最优选具有大约 2 至大约 30 纳米的长度和大约 10 至大约 100 微米的长度。纤维横截面不需要为圆形的 (circular) 而且纤维不需要是直的。如果使用原纤化纤维，单个原纤维的直径可比上述的纤维直径小得多。然而，随着裂缝流体 / 纤维 / 支撑剂混合物进入地层，所述支撑剂和纤维将由于流体漏泄而浓缩。在较高浓度下，纤维大大增加了浆液的跨接倾向。当纤维浓度通过漏泄增加到大约 4 至大约 5 重量%时，浆液具有湿浆 (wet pulp) 的外观。已在实验室中并在工场测试中显示液体中大约 4 至大约 5% 的合成有机聚合物纤维能堵塞 6 至 12 毫米宽的缝 (slot)。因此，随着纤维和支撑剂在裂缝中由于流体漏泄而浓缩，对于支撑剂 / 纤维混合物而言，浆液将具有强烈的跨接并导致脱砂的倾向。

[0057] 优选在大约 0.5 至大约 2 重量%的范围内调节合成有机聚合物纤维的量以引起压裂液效率的变化。通常，0.5 重量%的合成有机聚合物纤维将不被认为是高的并将不导致脱

砂。然而,本发明的一个目的在于使用将导致脱砂的纤维浓度。在一些情况下,例如如果流体漏泄系数 (coefficient) 相对高,而且压裂液效率低,则可将初始纤维浓度降至大约那个量。此时浓度可能在用于“正常”处理的“正常”范围,但其对于所述处理而言将是高的。另一方面,如果压裂液效率异乎寻常地高,那么初始纤维浓度应增加超过通常的 2% 以诱导尖端脱砂。因此本发明的合成有机聚合物纤维浓度的范围是液体的大约 0.5 重量% 至大约 3 重量%, 优选大约 1 重量% 至大约 2 重量%。在此上下文中,“高浓度”是指在特定的液体/纤维/支撑剂组合中特定纤维的浓度足够高以在处理的条件下非常显著地增加脱砂的可能性。

[0058] 虽然在常规水力压裂中通常通过使用的支撑剂的量确定使用的纤维量,以便当支撑剂的量在不同层中变化时改变纤维量,在本发明的方法中,更通常地通过使用的液体量确定使用的纤维量,更通常地使用按液体重量计算的恒定的纤维量。

[0059] 随着纤维刚度 (stiffness) 或刚性 (rigidity) 的增加,引起跨接和脱砂的倾向也增加。然而,流体的处理 (fluid handling) 将随着刚度增加变得更困难。刚度或刚性变化的纤维容易在商业上获得。此外,泵送过程中的摩擦压力常常由于纤维的加入而减少。这是附加的益处,尤其是在组合的压裂/砾石充填操作中,其中流体常常通过小口 (small port) 和通道 (passage) 泵送。本领域的普通技术人员通过考虑不同纤维的各种优点和缺点,如考虑成本、可用性、需要的浓度、处理的简易性、对摩擦压力的影响和其他因素,可容易地选择纤维。

[0060] 虽然已经描述了加入纤维以帮助诱导 TSO 的用途,但将纤维应用于减少或防止粒子产生的更常规的目的属于本发明的范围。虽然砾石充填,或压裂之后砾石充填,更通常地在适当的位置 (in place) 借助筛网进行,但将流体和方法施用于不使用筛网完成的处理属于本发明的范围。虽然已针对碳氢化合物的产生描述了本发明,但是将流体和方法用于预期用于产生其他流体,如水或盐水的井中和用于注射井、生产井或贮存井中属于本发明的范围。虽然已针对可以使用不发泡 (unfoamed) 流体、发泡流体或赋能 (energized) (例如用氮气、二氧化碳或其混合物增能的) 流体来描述本发明;但可由于流体性质中任何必然的变化对所有流体组分 (包括纤维和支撑剂) 的浓度进行调节。也可以理解本发明的流体和方法可用于在多重裂缝 (multiple fracture)、自然裂缝或由酸的处理产生的酸蚀孔洞 (wormhole) 等中导致尖端脱砂。可用盘管 (coiled tubing) 实施任何本发明的方法。

[0061] 可使用任何支撑剂 (砾石),只要它与碱和促进跨接的物质相容,如果使用促进桥接的物质,则还要与地层、流体和处理的预期结果相适应。上述支撑剂 (砾石) 可为天然的或合成的,包覆的,或含有化学品;可顺序地或以不同大小或不同物质的混合物的形式使用多于一种上述支撑剂 (砾石)。在相同或不同的井或处理中的支撑剂和砾石可为彼此相同的物质和/或彼此相同的大小,而术语“支撑剂”意图包括本讨论中的砾石。通常,使用的支撑剂将具有大约 0.15mm 至大约 2.5mm 的平均粒度,更具体地,但不限于大约 0.25-0.43mm、0.43-0.85mm、0.85-1.18mm、1.18-1.70mm 和 1.70-2.36mm 的通常的大小范围。通常,支撑剂将以每 L 携带液中加入大约 0.12kg 支撑剂至每 L 携带液中加入大约 3kg 支撑剂的浓度,优选以每 L 携带液中加入大约 0.12kg 支撑剂至每 L 携带液中加入大约 1.5kg 支撑剂的浓度存在于浆液中。

[0062] 可包括上述处理中通常使用的任何添加剂,同样只要它们与其他组分和处理

的预期结果相适应。所述添加剂可包括,但不限于抗氧化剂、腐蚀抑制剂、杀虫剂、缓冲剂等。处理的井眼可为垂直的、偏离的或水平的。它们可以通过套管 (casing) 和穿孔 (perforation) 或裸眼井 (open hole) 来完成。

[0063] 本发明的方法的又一个优势在于操作者不需要设计将脱砂的作业。因此在操作者不希望减少前置液体积,减慢泵送,减少支撑剂载量,或进行其他设计改变的情况下,当他选择加入碱时仍可以进行脱砂。因此,虽然设计处理以使脱砂甚至可能在不加入碱时也发生,然后加入碱以确保脱砂是一种选择,但设计不加入碱将很可能不脱砂的处理,然后加入碱同样属于本发明的范围。设计并开始泵送处理,在所述处理的过程中的任何点未设计或预期脱砂,然后在处理的过程中决定使该处理进行脱砂,而因此在该点加入碱并导致脱砂的情况也属于本发明的范围。

[0064] 应当指出虽然不希望脱砂在井眼中,在筛网(如果存在)和井眼表面之间的环状空间中,或在孔洞(perforation)中发生,但希望在作业的结尾将这些区域完全装填。即,想要的结果是在裂缝中筛出(screen off)(脱砂初始发生在裂缝中)然后用支撑剂/砾石填充(或“装填”)上述区域。

[0065] 应该理解破胶剂和破胶剂助剂(breaker aid)也可包含在作业设计中用于降解携带液中的表面活性剂的增粘剂。增粘剂的降解必须发生在滤饼降解之后;即,携带液必须能够运输支撑剂直到已经完成处理。破胶剂和破胶剂助剂的选择和它们的加入时机(timing)和浓度必须与碱的加入一致以破坏滤饼。优选地,任何破胶剂和破胶剂助剂(和系统中的其他任何添加剂)应该对于碱不敏感并与碱相容。例如,不依赖于碱的加入,可在作业过程中的任何点加入缓慢作用的(slow acting)破胶剂,其在作业过程中的活性不足以降解滤饼,但其活性足以在泵送停止后在可接受的时间内降解增粘剂。

[0066] 考虑到任何可发生的冷却(cool-down),可在任何地层温度下实施本发明,在所述温度下前置液和裂缝流体和它们的组分,尤其是前置液和裂缝流体中的VES和胶束,具有需要的性质,尤其是稳定性。

[0067] 实施例 1 为了说明本发明的实施方案,用 200mD 渗透性的伯里亚砂岩核心(Berea sandstone core)建立了静态的防滤失单元(static fluid loss cell)。通过如下方法制备含有 PGA 的粘弹性流体:将 0.5 重量% PGA 分散在水中,加入 0.2% 碳酸氢三钠(sodium sesquicarbonate)缓冲液以将 pH 保持在大约 10,然后加入 6 重量%的浓缩物(concentrate),其含有大约 40 重量%的芥酰氨基丙基二甲基甜菜碱(erucic amidopropyl dimethyl betaine),大约 5 重量%氯化钠,大约 22 重量%异丙醇(isopropanol),大约 1 重量%聚萘磺酸盐(polynaphthalenesulfonate),和大约 5 重量%水。在韦林氏搅拌机(Waring blender)中以“中等”速度制备此流体。使用的 PGA 为 Dupont TLF 6267,其被供应商描述为结晶物质(crystalline material),其具有大约 49°C 的玻璃化转变温度,大约 200 至 210°C 的熔点,大约 600 的分子量,和大约 8 至 15 微米的平均粒度。通过核心(core)以大约 3.45MPa 的压差(differential pressure)泵送此流体 20 分钟。在天平(balance)上记录通过核心的质量,而且将重量记录为时间的函数,如图 1 所示。在 20 分钟的终点,已将通过核心的流量减小到小于 0.2ml/min 的速率。20 分钟后,所述单元中的流体被类似的粘弹性流体所取代,但不需任何防滤失剂。已将苛性碱(Caustic)(NaOH)加入此第二流体中以将 pH 升高到大约 13。在此第二层中,水解由第一层产生的滤饼。当在大约 3.45MPa 的



压差下通过核心的流量恢复时,滤失快速地增加到比在第一层中观察到的更快的速率。进入第二层 4 分钟之后,滤失速率为大于每分钟 0.4ml。

[0068] 在此实验中,测试的第一层对应于实际处理的初始前置液层,并显示聚乙醇酸粒子通过产生滤饼提供防滤失。第二层显示高 pH 流体的注入通过溶解至少大部分的滤饼并允许滤失以增加的速率恢复来破坏控制。此第二层对应于其中包含碱的实际处理中的层,例如支撑剂层。

[0069] 实施例 2 通过将 PGA 的样品悬浮于调节至不同 pH 的水中来确定水解和溶解 Dupont PGA TLF 6267 的简便性。使用 0.2 重量%碳酸氢三钠以在 pH 10 缓冲。对于 pH 12 通过加入 KOH 和 NaOH 中的任一种调节流体而具有同样的结果。将所述悬浮液加热到所需的温度,不需搅拌在该温度保持指示的时间,并记录结果。当溶液中用肉眼 (unaided eye) 看不到 PGA 时就认为 PGA 溶解了。结果在表 1 中给出,并显示可使用多么简单的实验来确定 pH,在该 pH 下给定的碱溶性固体物质将在给定的温度下在给定的时间中溶解。

[0070]

pH	温度℃	溶解时间
10	66	~ 10 小时
12	66	< 1 小时
10	116	< 1 小时

[0071] 前面对于本发明的具体实施方案的描述并不是本发明的每个可能的实施方案的完全列举。此领域的技术人员将认识到,可在本发明的范围内对于本文描述的具体实施方案进行修改。

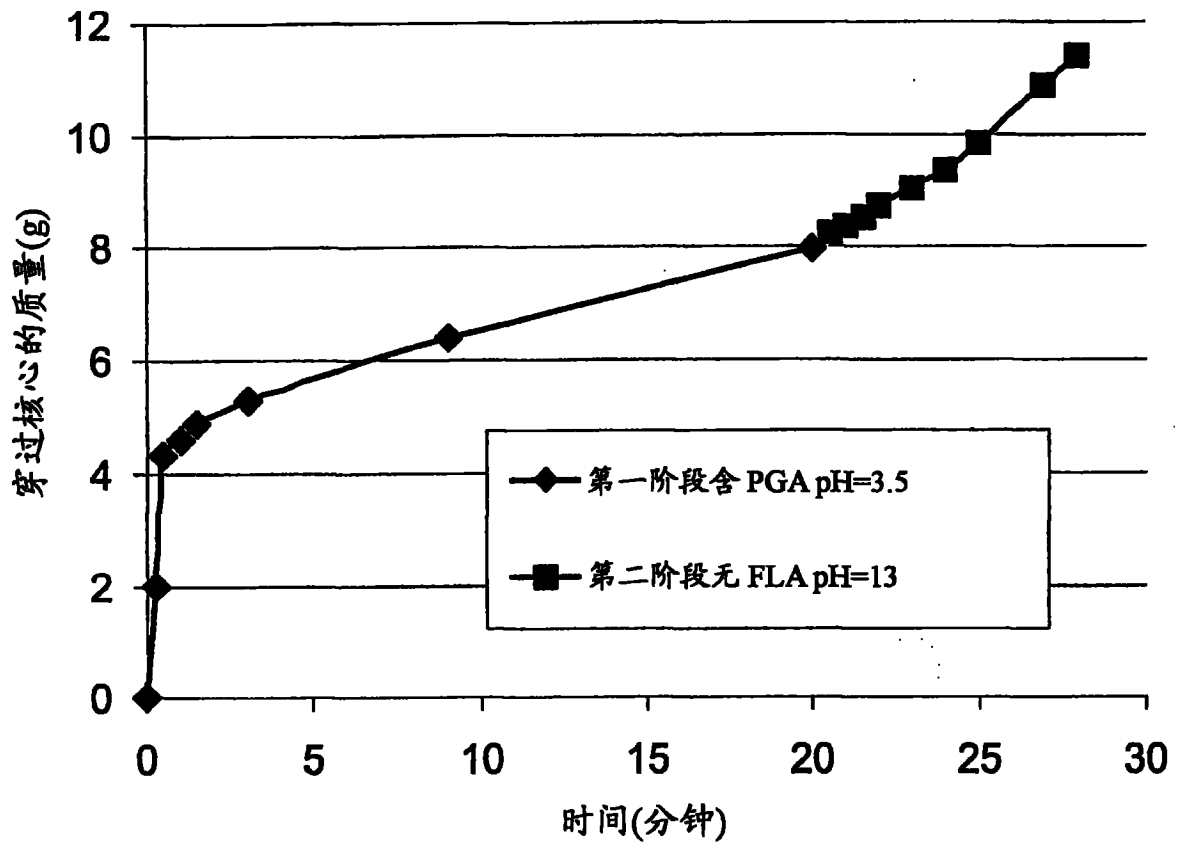


图 1