

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102439110 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201080022221. 9

代理人 李丙林 张英

(22) 申请日 2010. 04. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

C09K 8/60 (2006. 01)

12/454, 600 2009. 05. 20 US

C09K 8/68 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 11. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2010/000735 2010. 04. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02010/133818 EN 2010. 11. 25

(71) 申请人 哈里伯顿能源服务公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 艾安·D·罗比

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

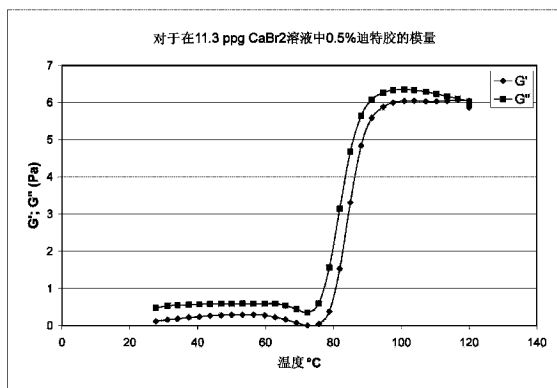
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

使用包含水溶性多糖、水溶性盐和尿素的处理液来处理井的方法

(57) 摘要

本申请提供了一种用于处理井的一部分的方法,所述方法包括以下步骤:(a) 形成包含水溶液的处理液,其中所述水溶液包含(i) 水;(ii) 水溶性多糖;(iii) 一种或多种水溶性盐,其中对所述一种或多种盐进行选择并且所述一种或多种盐至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg 密度的充分浓度;和(iv) 尿素;以及(b) 将所述处理液引入到所述井的所述部分中。根据本发明,所述尿素在所述水中的浓度至少为充分浓度,使得所述水溶液:(1) 具有至少 2Pa 的 G', 或(2) 是可过滤的。根据本发明,除了具有小于所述充分浓度的尿素之外的相同水溶液不会满足上述条件。



1. 一种用于处理井的至少一部分的方法,所述方法包括以下步骤:(a) 形成包含水溶液的处理液,其中所述水溶液包含(i) 水;(ii) 水溶性多糖;(iii) 一种或多种水溶性盐,其中对所述一种或多种盐进行选择并且所述一种或多种盐至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg 的密度的充分浓度;和(iv) 尿素;其中所述尿素在所述水中的浓度至少为使得所述水溶液具有至少 2Pa 的 G' 的充分浓度,而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液不会具有至少 2Pa 的 G' , 并且其中在 $10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围内的至少一种期望温度下,在线性粘弹性区域中对 G' 进行测量,而无需在所述期望温度之上对所述水溶液的温度进行任何增加;以及(b) 将所述处理液引入到所述井中。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述水溶液是可过滤的。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,在低于 40°C 的温度下将所述处理液引入到所述井中。

4. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,在 30°C 或低于 30°C 的温度下将所述处理液引入到所述井中。

5. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述水溶液具有至少 5Pa 的 G' 并且所述期望温度为 30°C 。

6. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述水溶液具有至少 10Pa 的 G' 并且所述期望温度为 40°C 。

7. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述水溶液具有至少 10Pa 的 G' 并且所述期望温度为 30°C 。

8. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述处理液还包含用于所述多糖的交联剂。

9. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述处理液还包含破胶剂。

10. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述处理液还包含不溶性颗粒。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述不溶性颗粒包括砾石。

12. 一种用于处理井的至少一部分的方法,所述方法包括以下步骤:(a) 形成包含水溶液的处理液,其中所述水溶液包含(i) 水;(ii) 水溶性多糖;(iii) 一种或多种水溶性盐,其中对所述一种或多种盐进行选择并且所述一种或多种盐至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg 密度的充分浓度;和(iv) 尿素;其中所述尿素在所述水中的浓度为至少使得所述水溶液为可过滤的充分浓度,而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液是不可过滤的;以及(b) 将所述处理液引入到所述井中。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,所述水溶液在 30°C 的温度下具有至少 2Pa 的 G' 。

14. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述多糖选自由迪特胶、黄原胶、和以任何比例的它们的任意组合组成的组。

15. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,按所述水溶液中的所述水的重量计,所述多糖的浓度为至少 0.1%。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中,按所述水溶液中的所述水的重量计,所述多糖的浓度在 0.1% 至 1.0% 的范围内。

17. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述一种或多种盐选自由以下组成的

组：溴化钠、氯化钠、溴化钙、氯化钙、溴化锌、氯化锌、和以任何比例的它们的任意组合。

18. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中，所述水 - 盐溶液具有在 10.5ppg ~ 15.5ppg 范围内的密度。

19. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中，按所述水溶液中的所述水的重量计，所述尿素的浓度为至少 5%。

20. 根据任一前述权利要求所述的方法，其中，按所述水溶液中的所述水的重量计，所述尿素的浓度在 12% ~ 35% 的范围内。

使用包含水溶性多糖、水溶性盐和尿素的处理液来处理井的方法

发明内容

[0001] 根据本发明的方法涉及对用于生产油或天然气的地层 (subterranean formation) 进行处理。

[0002] 根据本发明的第一方面, 提供了一种用于处理井的至少一部分的方法, 所述方法包括以下步骤: (a) 形成包含水溶液的处理液 (treatment fluid, 处理流体), 其中所述水溶液包含 (i) 水; (ii) 水溶性多糖; (iii) 一种或多种水溶性盐, 其中对所述一种或多种盐进行选择并且其至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg ($1.2\text{g}/\text{cm}^3$) 密度的充分浓度; 和 (iv) 尿素 (脲); 其中所述尿素在所述水中的浓度为至少使得所述水溶液具有至少 2Pa 的 G' 的充分浓度, 而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液不会具有至少 2Pa 的 G' , 且其中在 $10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 范围内的至少一种期望温度下, 在线性粘弹性区域中对 G' 进行测量, 而无需在所述期望温度之上对所述水溶液的温度进行任何增加; 以及 (b) 将所述处理液引入到所述井中。

[0003] 根据本发明的另一方面, 提供了一种用于处理井的至少一部分的方法, 所述方法包括以下步骤: (a) 形成包含水溶液的处理液, 其中所述水溶液包含 (i) 水; (ii) 水溶性多糖; (iii) 一种或多种水溶性盐, 其中对所述一种或多种盐进行选择并且其至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg ($1.2\text{g}/\text{cm}^3$) 密度的充分浓度; 和 (iv) 尿素; 其中所述尿素在所述水中的浓度为至少使得所述水溶液为可过滤 (可滤过) 的充分浓度, 而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液是不可过滤的; 以及 (b) 将所述处理液引入到所述井中。如本文中所使用的, “可过滤的” 是指在 50psi (340kPa) 的差压 (压差, differential pressure) 下和在 30°C 的温度下, 至少 100g 所述水溶液能够在 100 秒内通过具有直径为 5.4cm 的圆形过滤区域的 11 微米滤纸 (即, Whatman® 滤纸或等价物)。

[0004] 当连同附图进行考虑时, 本发明的特征和优势将变得更加容易理解。

附图说明

[0005] 将附图引入到说明书中以对根据本发明的目前最优选实施方式的实施例进行说明。所述附图不应被理解为限制本发明。所述附图包括以下图:

[0006] 图 1 是对于含 0.5% 迪特胶 (diutan) 和具有 11.3 磅/加仑 (ppg) ($1.35\text{g}/\text{cm}^3$) 密度的溴化钙 (CaBr_2) 盐溶液的水溶液的 G' 和 G'' 对温度的图。

[0007] 图 2 是对于在具有不同密度的 CaBr_2 盐溶液中包含 0.5% 迪特胶和不同浓度的尿素的几种水溶液的以 Pa 计的 G' 和 G'' 对温度的图。

具体实施方式

[0008] 油和天然气烃类天然地存在于一些地层中。包含油或天然气的地层有时被称作储层 (reservoir)。储层可位于地下或外滨 (近海)。为了从储层中生产油或天然气, 向地中钻井。

[0009] 经常期望用处理液对井的至少一部分进行处理以尽力从储层中生产油或天然气。将处理设计为解决井中的特定条件。例如,刺激是为了恢复或增强井的生产性而对井所进行的处理。

[0010] 如本文中所使用的,“处理液”是设计并制备以解决井或地层的特定条件诸如用于刺激、隔离、砾石充填或者控制储层气体或水的流体。术语“处理液”是指当被引入到钻井孔(井眼,wellbore)中时特定组成的流体。在术语“处理液”中的术语“处理”不必意指由所述流体进行的任何特别作用。

[0011] 刺激处理分为两个主要类,水力压裂和基质处理。在压裂处理中,在高于地层的压裂压力(断裂压力)的压力下将处理液注入到钻井孔中并注入到由所述钻井孔穿透的地层中,其中较高的流体压力将所述地层压裂从而在所述地层与所述钻井孔之间建立流动途径(流路,流动路径)。下面对水力压裂进行更详细地描述。在基质处理中,在小于地层的压裂压力的压力下将处理液注入到钻井孔中并注入到由所述钻井孔穿透的地层中,其中较低的流体压力足以迫使所述处理液进入到所述地层的基质中但是不足以压裂所述地层。

[0012] 如上所述,“水力压裂”是常用的刺激处理。适于这种目的的处理液有时被称作“压裂液”。在足够高的流量和压力下将所述压裂液泵送到钻井孔中并泵送到地层中以在所述地层中引起(产生)或增强压裂。引起压裂是指在地层中造成新的压裂。增强压裂是指将地层中预先存在的压裂扩大。

[0013] 将地层压裂典型地需要几千加仑的压裂液。而且,经常期望在井的多于一个向下打眼位置处发生压裂。因此,通常需要高体积的压裂液以对井进行处理,这意味着低成本的压裂液是期望的。因为与其他液体相比,水易于获得且成本比较低,所以压裂液通常是水基的。如本文中所使用的,“水基”流体是指水或水溶液的均匀流体或者包含水或水溶液作为连续相的不均匀流体。

[0014] 在停止压裂液的泵送之后,裂缝(压裂)倾向于闭合。为了防止裂缝闭合,将称作支撑剂(proppant)的材料置于所述裂缝中以保持裂缝支撑地打开。支撑剂通常为不溶性颗粒的形式,将其悬浮在压裂液中,携带着向下钻进并沉积在裂缝中。所述支撑剂保持裂缝打开,同时还通过支撑剂的渗透性使得流体可流过。当沉积在裂缝中时,支撑剂形成“支撑剂充填层(proppant pack)”,且在保持所述裂缝打开的同时,提供通过其流体可以流至钻井孔的传导通道。这些通道对于油或天然气提供了另外的流动途径以到达钻井孔,这提高了从井中的油和天然气生产。为此,基于两个特性:颗粒尺寸范围和强度选择用作支撑剂的不溶性颗粒。

[0015] 用作支撑剂的颗粒必须具有适当的尺寸以将其置于裂缝中,作为支撑剂充填层而支撑地打开裂缝,并使得流体可流过所述支撑剂充填层,即,在构成所述充填层的支撑剂颗粒之间和周围流动。用作支撑剂的颗粒的适当尺寸典型地在约8目至约100目美国标准筛的范围内。典型的支撑剂是砂子,其在地质学上被定义为具有直径为约0.0625毫米(1/16mm)至可达约2毫米的粒度。地质学中的下一个较小的尺寸等级为颗粒直径小于0.0625mm至低达0.004mm的粉砂(泥沙,silt)。地质学中的下一个较大的尺寸等级是其中颗粒大于2mm至可达64mm的砾石。如本文中所使用的,这种地质学定义的砾石尺寸等级不适用于待井下泵送的浆料,因为这种颗粒太大而使得它们会堵住泵。

[0016] 支撑剂的颗粒材料必须具有用来支撑裂缝打开并使得流体可流过裂缝中的颗粒

材料充填层的足够强度。对于在闭合应力 (closure stress) 下压碎的支撑剂材料, 基于 10% 的压碎细粉末, 所述支撑剂优选具有至少 2,000psi (14MPa) 闭合应力的 API 压碎强度。所述支撑剂可以涂覆有树脂以帮助提高支撑剂的强度。

[0017] 如本文中所使用的, “支撑剂” 意味着且指适合用作支撑剂充填层的不溶性颗粒材料, 包括而限于砂子、合成材料、制造材料以及以任何比例的它们的任意组合。为此, “支撑剂” 并不意味着或者指小于 0.0625mm 的悬浮的固体、粉砂、细粉末或者其他种类的不溶性颗粒。而且, 其并不意味着或者指大于 2mm 的不溶性颗粒。“支撑剂” 也不意味着或者指溶解的固体。

[0018] 合适的支撑剂材料包括但不限于砂子 (硅石)、胡桃壳、烧结铝土矿、玻璃珠、塑料、尼龙、树脂、其他合成材料和陶瓷材料。也可以使用支撑剂的混合物。如果使用砂子, 则其尺寸典型地为约 20 目至约 100 目美国标准筛。对于合成支撑剂, 使用约 8 ~ 100 目的典型筛目尺寸。支撑剂在压裂液中的浓度可以是本领域中已知的任何浓度, 且优选在每升液相添加约 0.01kg 至约 3kg 支撑剂 (约 0.11lb/gal (磅/加仑) ~ 25lb/gal) 的范围内。

[0019] 还可以将不溶性颗粒用于井中的“砾石充填”操作。当用于该目的时, 所述不溶性颗粒被称作“砾石”。如果将所述不溶性颗粒用于砾石充填, 则其压缩强度或抗压碎性较不关键。更特别地, 在油和天然气田中且如本文中所使用的, 术语“砾石”有时用于指砂子尺寸分级中的比较大的颗粒, 即, 直径为约 0.5mm 至可达约 2mm 的颗粒。

[0020] 在砾石充填操作中, 将包含“砾石”的处理液通过钻井孔引入并引入到待处理的地层中。所述砾石一旦位于地层中则形成“砾石充填层”。所述处理液的水溶液应该是可过滤的, 使得其能够通过形成的砾石充填层。可通过在施加的压力下, 测量处理液的水溶液 (即没有任何砾石或其他不溶性材料的处理液) 通过标准滤纸的流动来测试处理液的水溶液的这种能力。显著量的交联聚合物或部分可溶的聚合物可以不利地影响待用于砾石充填操作中的处理液的水溶液的过滤性。因此, 如果有的话, 用于砾石充填操作的处理液包含仅少量交联或部分可溶的聚合物是常见的。

[0021] 用作支撑剂或砾石的不溶性材料在 25°C (77F) 和 1 大气压下测得的比重典型地比去离子水高得多。例如, 砂子具有约 2.7 的比重。悬浮在水中的这种支撑剂会倾向于从水中沉淀出来。为了帮助将支撑剂 (或具有与水基本不同密度的其他颗粒) 悬浮在水基压裂液中, 通常使用悬浮剂以帮助使支撑剂悬浮并防止支撑剂从处理液中析出。如本文中所使用的, “悬浮剂” 是能够将不溶性颗粒如支撑剂或砾石悬浮在流体中的物质。用于处理液中的常见悬浮剂是多糖。

[0022] 悬浮剂倾向于使流体凝胶化, 这在将不溶性颗粒悬浮在流体中可以是有益的。在历史上, 尚未容易地直接测量流体的凝胶特性, 然而, 可以将粘度测量用作流体悬浮和输送颗粒的能力的指示剂。因此, 悬浮剂有时被称作增粘剂。粘度是流体对流动的阻力, 且被定义为剪切应力与剪切速率之比。井处理液的粘度通常以单位厘泊 (“cP”) 表示。粘度必须具有规定的或不言自明的剪切速率和测量温度以使其是有意义的。

[0023] 尽管粘度倾向于与流体的悬浮能力相关联, 但是粘度不必是流体悬浮能力的量度。即使处理液的粘度高, 那也不意味着处理液必然可以悬浮不溶性颗粒如支撑剂或砾石。

[0024] 更准确地, 悬浮剂提高了流体的弹性模量和损耗模量。流体的弹性模量和损耗模量是可以与悬浮剂在处理液中的悬浮能力, 即悬浮剂会多好地将支撑剂或砾石悬浮在处理

液中直接相关联的量度。例如,与不具有这种高悬浮能力的流体相比,具有高悬浮能力的流体会具有较高的弹性模量值。

[0025] 弹性模量(G')是当对其施加力时物质要弹性变形的倾向的量度。弹性模量以压力的单位如 Pa(帕斯卡)或达因/cm²表示。损耗模量(G'')是当物质变形时的能量损耗的量度。 G'' 也以压力的单位如 Pa(帕斯卡)或达因/cm²表示。当将流体的 G' 与 G'' 进行比较时, G' 和 G'' 两者的单位应相同。温度可以对流体的弹性模量和流体的损耗模量产生影响。通常,与在 100°C 下试验的流体相比,对于在 30°C 下试验的流体,流体的弹性模量和损耗模量会不同。更特别地,流体的弹性模量和损耗模量通常倾向于随着流体温度的升高而降低。因此,在陈述流体的弹性模量或损耗模量时,陈述进行测量的温度是重要的。

[0026] 因为典型地用于压裂操作的压裂液的高体积,所以期望使用尽可能少的悬浮剂将压裂液的弹性模量提高至期望的弹性模量。能够仅使用小浓度的悬浮剂需要较少量的悬浮剂以便在大体积压裂液中实现期望的弹性模量。

[0027] 有效且廉价的悬浮剂典型地包括水溶性聚合物。更优选地,水溶性聚合物是多糖如瓜尔胶、黄原胶或迪特胶(diutan)。

[0028] 为了进一步提高流体的胶凝,可以将悬浮剂交联。如本文中所使用的,“交联”或“交联的”是两个或更多个聚合物分子之间的连接。

[0029] 可选地,为了各种目的,可以包括一种或多种其他添加剂以形成待输送到钻井孔中的处理液。例如,处理液通常包括破胶剂(breaker)。破胶剂是用于降低或“破坏”流体的粘度和弹性模量,使得在清除期间该流体可以更容易地从地层中回收的化学品。破胶剂的类型包括例如氧化剂、酶或酸,包括延迟释放破胶剂或胶囊化破胶剂。

[0030] 处理液可以包含表面活性剂。例如,可以因其帮助气体成分进入流体中的分散和/或稳定的能力而使用表面活性剂。

[0031] 而且,处理液可以包含用于油田应用中的其他材料、添加剂和化学品。这些包括但不必限于破胶剂助剂、辅助表面活性剂、氧清除剂、醇、防垢剂、腐蚀抑制剂、降滤失剂(fluid-loss additive)、氧化剂、杀菌剂、杀生物剂、微乳液等。处理液还可以包含用于使流体起泡的气体。

[0032] 处理液的最常用成分之一是水溶性盐。盐可以天然存在于水源中(如同在海水中)。可以添加盐以帮助使处理液与地层更为化学相容。可以包含盐以提高处理液的密度。可以基于充分的密度和充分的溶解度来选择用于提高处理液密度的盐,使得处理液的水-盐溶液具有至少 10 磅/加仑(ppg)(1.2g/cm³)的密度。例如,具有充分密度的盐是具有至少 1.5g/cm³的密度的盐。例如,具有充分溶解度的盐是每加仑去离子水能够溶解至少 1.5 磅盐(180g/L)的盐。例如,可以以高浓度向处理液中添加金属盐如溴化钙(CaBr₂)或溴化钠(NaBr),以获得具有 10.0 至 15.0 磅/加仑(ppg)(1.2g/cm³至 1.8g/cm³)范围内密度的水-盐溶液。可存在于处理液中的水溶性金属盐的其他实例包括溴化锌、氯化钙和甲酸钾以及以任何比例的它们的任意组合。

[0033] 然而,盐的存在,特别是高浓度的盐的存在可使得在水性流体中难以溶解特定类型的多糖。例如,已知这对于黄原胶和迪特胶是成问题的。如果抑制了多糖的溶解,则与具有较高溶解浓度的多糖的流体相比,观察到流体的 G' 值较低。重要的是,处理液具有期望的 G' 值(或期望的作为代表悬浮能力的粘度)以能够在将处理液引入到井的钻井孔中时

悬浮期望浓度的支撑剂或砾石。

[0034] 可以使用各种技术以帮助溶解多糖。例如,如果黄原胶或迪特胶在 30°C 下不溶于具有高浓度盐的水溶液中,则可以将流体加热至大于 70°C 以帮助溶解黄原胶或迪特胶。不幸地,这种对流体进行加热以帮助溶解多糖的附加工艺是非常昂贵的。

[0035] 对于在 30°C 下试验的流体,与在大于 30°C 例如至 80°C 下进行加热,然后冷却回至 30°C 的流体相比,如果不在超过 30°C 下对流体进行加热,则流体的弹性模量或损耗模量可以不同。如本文中所使用的,对流体在规定温度下的 G' 值进行测量,而无需对流体在大于所述温度下进行任何加热。

[0036] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于处理井的一部分的方法,其中所述方法包括以下步骤:(a) 形成包含水溶液的处理液,其中所述水溶液包含 (i) 水;(ii) 水溶性多糖;(iii) 一种或多种水溶性盐,其中对所述一种或多种盐进行选择并且其至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg (1.2g/cm³) 密度的充分浓度;和 (iv) 尿素;其中所述尿素在所述水中的浓度为至少使得所述水溶液具有至少 2Pa 的 G' 的充分浓度,而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液不会具有至少 2Pa 的 G' ,且其中在 10°C~50°C 范围内的至少一种期望温度下,在线性粘弹性区域中对 G' 进行测量,而无需在所述期望温度之上对所述水溶液的温度进行任何增加;以及 (b) 将所述处理液引入到所述井中。

[0037] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于处理井的一部分的方法,其中所述方法包括以下步骤:(a) 形成包含水溶液的处理液,其中所述水溶液包含 (i) 水;(ii) 水溶性多糖;(iii) 一种或多种水溶性盐,其中对所述一种或多种盐进行选择并且其至少为使得所述水-盐溶液具有至少 10ppg (1.2g/cm³) 密度的充分浓度;和 (iv) 尿素;其中所述尿素在所述水中的浓度为至少使得所述水溶液为可过滤的充分浓度,而除了具有小于所述充分浓度的所述尿素之外的相同水溶液不是可过滤的;以及 (b) 将所述处理液引入到所述井中。

[0038] 优选地,所述处理液的水溶液具有在 30°C 的温度下、在线性粘弹性区域中测得的至少 2Pa 的 G' 并且是可过滤的。所述水溶液优选具有在 30°C 的温度下,在线性粘弹性区域中测得的至少 5Pa 的 G' 。优选地,所述水溶液具有在 40°C 的温度下,在线性粘弹性区域中测得的至少 10Pa 的 G' 。更优选地,所述水溶液具有在 30°C 的温度下,在线性粘弹性区域中测得的至少 10Pa 的 G' 。

[0039] 优选地,在小于 40°C 的温度下将处理液引入到井的钻井孔中。更优选地,在 30°C 或小于 30°C 的温度下将处理液引入到钻井孔中。最优选地,在不对处理液的水进行任何在先加热以帮助将多糖溶于处理液的水中的情况下,将处理液引入到井的钻井孔中。

[0040] 如本文中所使用的,术语“水溶性多糖”是指在 25°C (77°F) 的温度和 1 大气压的压力下,多糖在去离子水中可溶解至少 10g/L。如本文中所使用的,术语“水溶性盐”是指水溶性盐具有至少充分的密度且是至少充分水溶性的,使得可以使水和盐的水-盐溶液具有至少 10 磅/加仑 (1.2g/cm³) 的密度。优选地,在 25°C (77°F) 的温度和 1 大气压的压力下,至少 1.5 磅的盐溶于 1 加仑的去离子水中 (180g/L)。优选地,所述水溶性盐具有至少 1.5g/cm³ 的密度。

[0041] 优选地,所述多糖选自迪特胶、黄原胶和以任何比例的其任意组合组成的组。优选地,所述多糖的浓度为按水溶液中的水的重量计的至少 0.1%。更优选地,所述多糖的浓度为按所述水溶液中的水的重量计在 0.1% 至 1.0% 的范围内。

[0042] 优选地,所述处理液包括密度在 10.5 ~ 15.5ppg (1.3g/cm³ 至 1.9g/cm³) 范围内的水-盐溶液。所述一种或多种盐选自以下组成的组:溴化钠、氯化钠、溴化钙、氯化钙、溴化锌、氯化锌和以任何比例的其任意组合。

[0043] 优选地,相对于水溶液中的水,所述尿素的浓度为至少 5 重量%。更优选地,相对于水溶液中的水,所述尿素的浓度在 12 重量% ~ 35 重量%的范围内。

[0044] 所述处理液可以包含选自支撑剂和砾石组成的组的不溶性颗粒。优选地,所述不溶性颗粒为砾石。优选地,所述砾石具有使得 90%的砾石在 0.5mm 至 2mm 范围内的尺寸分布。

[0045] 所述处理液可以包含用于所述多糖的交联剂。所述处理液可以可选地包含破胶剂。所述破胶剂可以为延迟释放形式。例如,所述破胶剂可以为延迟释放胶囊的形式。

[0046] 在将处理液引入到井的所述部分中的步骤之后,本发明的方法还可以包括将破胶剂引入到井的所述部分中的步骤。如果破胶剂为延迟释放形式,则本发明的方法还可以包括将破胶剂与处理液同时引入到井的所述部分中的步骤。

[0047] 图 1 和图 2 说明了根据本发明的目前最优选实施方式的水溶液的实施例。图 1 是包含 0.5 体积%迪特胶和具有 11.3 磅/加仑 (ppg) (1.4g/cm³) 密度的溴化钙 (CaBr₂) 盐溶液的水溶液的以帕斯卡 (Pa) 计的弹性模量 (G') 和损耗模量 (G'') 对温度的图。数据表明,所述流体在较低的温度下具有低 G', 但是随着流体的温度升高,G' 增大。在较低温度下的低 G' 值表明,迪特胶在这些较低的温度下不是溶解的状态,因此,流体在这些较低的温度下具有较小的悬浮能力。

[0048] 图 2 是在具有不同密度的 CaBr₂ 盐溶液中包含 0.5 体积%迪特胶和不同浓度的尿素的水溶液的以帕斯卡 (Pa) 计的 G' 和 G'' 对温度的图。如从数据中可理解的,含 7.7 体积%的尿素的流体显示与不含尿素的流体相似的 G' 曲线。相反,与具有 0 体积%或 7.7 体积%的尿素的流体相比,含 18 体积%和 24.4 体积%的尿素的流体在约 30°C 至约 70°C 的温度范围中具有更高的 G' 值。高 G' 值表明,与包含 0%或 7.7%的尿素的流体相比,在较低的温度下迪特胶更多地溶于含 18%或 24.4%尿素的流体中。与包含 0%和 7.7%的尿素的流体相比,18%和 24.4%的尿素的流体在较低的温度下具有增加的悬浮能力。

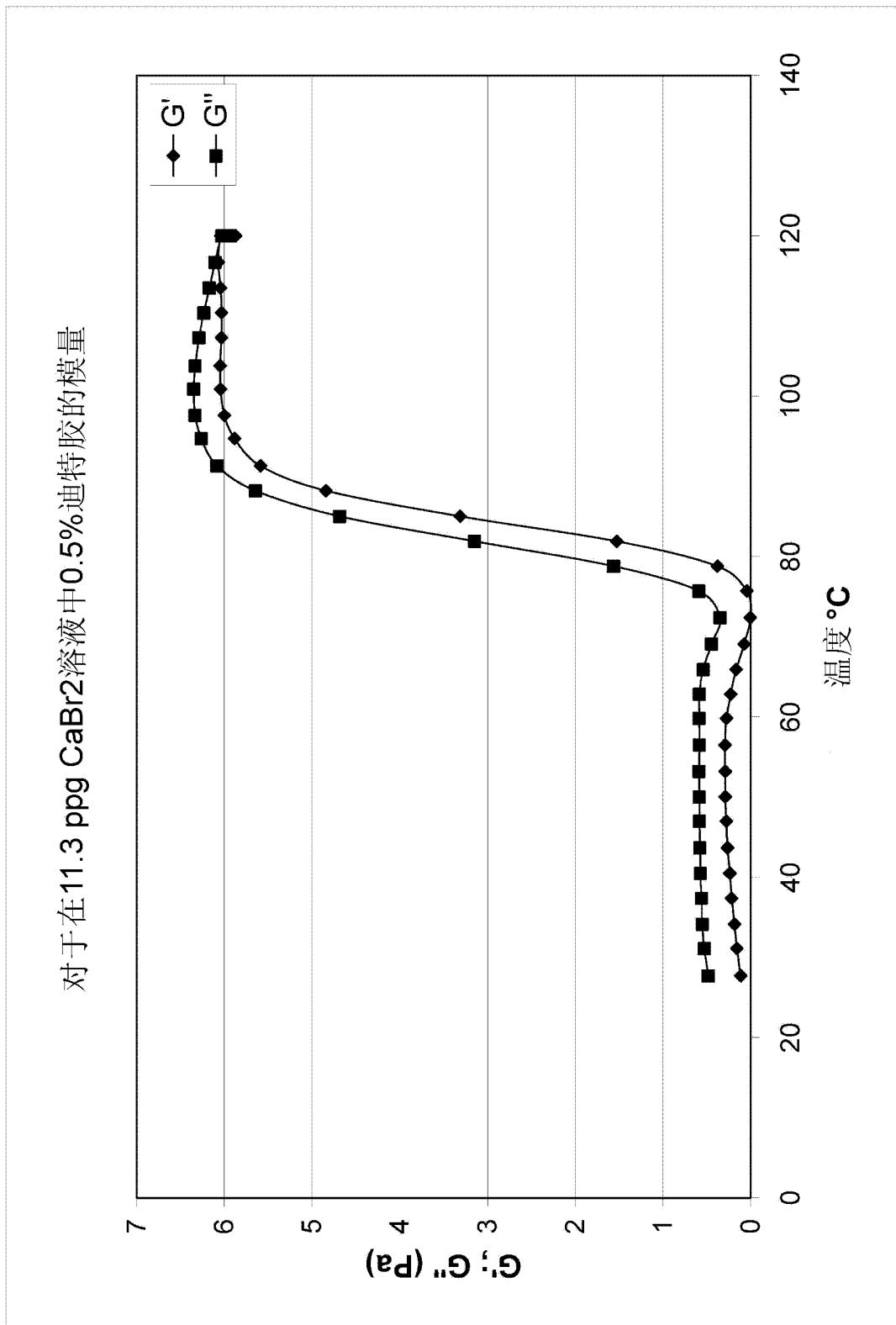


图 1

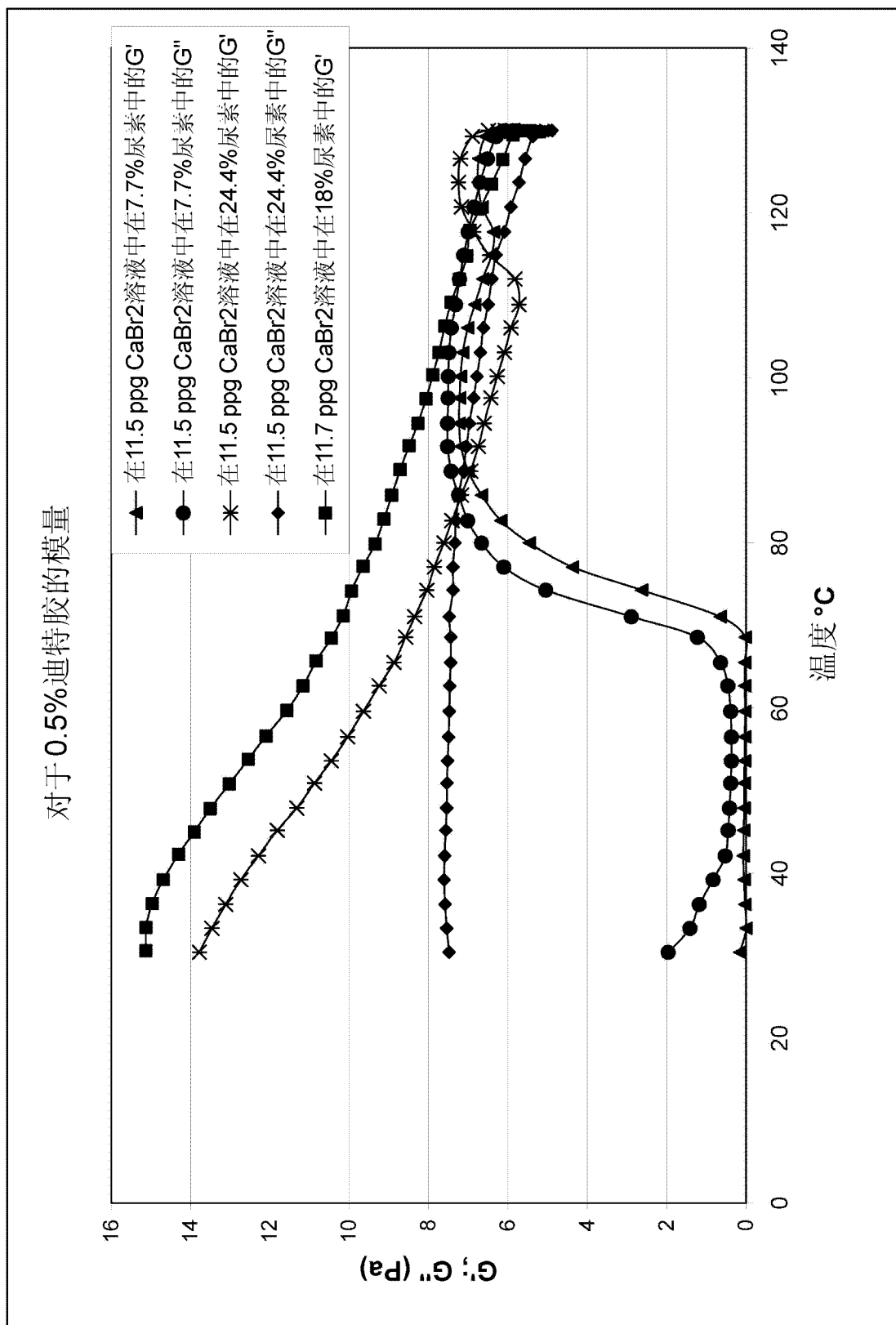


图 2