(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103930514 A
(43)申请公布日 2014.07.16

(21)申请号 201280046412.8
(22)申请日 2012.10.02
(30)优先权数据
11183814.0 2011.10.04 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.03.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/069450 2012.10.02
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/050364 DE 2013.04.11
(71)申请人 温特沙尔控股有限公司
地址 德国卡塞尔
(72)发明人 V·施特勒 B·莱昂哈特 B·文茨克
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
代理人 肖威 刘金辉
(51)Int.Cl.
C09K 8/504(2006.01)
C09K 8/514(2006.01)
C09K 8/518(2006.01)
C09K 8/588(2006.01)
C09K 8/592(2006.01)

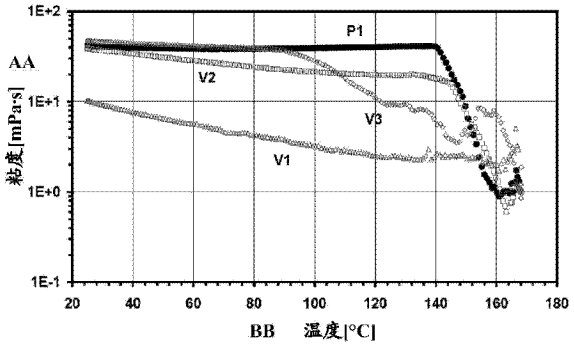
权利要求书2页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

从地下油藏开采矿物油的方法

(57)摘要

从地下油藏中开采石油的方法，其中将包含水、葡聚糖、尿素和任选的表面活性剂的含水驱油介质注入石油地层中，并经由至少一个采出井从地层中抽出石油，其中所述地层的温度为至少60℃。所述配制剂在温度影响下在该地层中原位形成泡沫。



CN 103930514 A

1. 一种从打入至少一个采出井和至少一个注入井的地下矿物油藏中开采矿物油的方法，所述采出井和注入井各自与所述油藏相连，所述方法包括至少一个工艺步骤 (B)，其中矿物油通过将包含水溶性增稠聚合物的含水驱油介质经由所述注入井注入并经由所述采出井抽出矿物油而采出，其中在工艺步骤 (B) 期间，所述注入井和采出井之间的矿物油地层的至少部分区域的温度为至少 60℃，其中所述含水驱油介质除水之外还至少包含：

■具有 β-1,3 糖苷链接的主链和与其 β-1,6- 糖苷键接的侧基的葡聚糖 (G)，所述葡聚糖具有 1.5×10^{6}-25×10^{6}g/mol 的重均分子量 M_w，和

■尿素。

2. 根据权利要求 1 的方法，其中工艺步骤 (B) 中所用的含水驱油介质包含 15-300g/l 尿素和 0.1-5g/l 葡聚糖 (G)。

3. 根据权利要求 2 的方法，其中工艺步骤 (B) 中所用的含水驱油介质额外包含 50-250g/l 铵盐。

4. 根据权利要求 2 或 3 的方法，其中工艺步骤 (B) 中所用的含水驱油介质额外包含 0.1-5g/l 表面活性剂。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法，其中所述注入井和采出井之间的矿物油地层的至少部分区域的温度为至少 80℃。

6. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法，其中所述注入井和采出井之间的矿物油地层的至少部分区域的温度为 80-120℃。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项的方法，其中所述方法包括在工艺步骤 (B) 之前实施的额外工艺步骤 (A)，其中注入含水驱油介质 (工艺步骤 (A1)) 或蒸汽 (工艺步骤 (A2))。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项的方法，其中所述方法包括在工艺步骤 (B) 之后实施的额外工艺步骤 (C)，其中注入含水驱油介质 (工艺步骤 (C1)) 或蒸汽 (工艺步骤 (C2))。

9. 根据权利要求 7 的方法，其包括工艺步骤 (A1)，其中所注入的含水驱油介质除水之外还包含至少一种葡聚糖 (G)，条件是该葡聚糖 (G) 的量使得在工艺步骤 (A1) 中注入的含水驱油介质的粘度低于在工艺步骤 (B) 中注入的含水驱油介质的粘度。

10. 根据权利要求 8 的方法，其包括工艺步骤 (C1)，其中所注入的含水驱油介质除水之外还包含至少一种葡聚糖 (G)，条件是该葡聚糖 (G) 的量使得在工艺步骤 (C1) 中注入的含水驱油介质的粘度低于在工艺步骤 (B) 中注入的含水驱油介质的粘度。

11. 根据权利要求 7-10 中任一项的方法，其中在工艺步骤 (A1) 和 / 或 (C1) 中注入的含水驱油介质具有至少 80℃的温度。

12. 根据权利要求 7 的方法，其中在工艺步骤 (A) 中注入蒸汽或温度为至少 80℃的含水驱油介质，且其中在工艺步骤 (A) 和 (B) 之间额外注入温度低于 40℃的含水驱油介质。

13. 根据权利要求 8 或 12 的方法，其中在工艺步骤 (C) 中注入蒸汽或温度为至少 80℃的含水驱油介质，且其中在工艺步骤 (B) 和 (C) 之间额外注入温度低于 40℃的含水驱油介质。

14. 根据权利要求 12 或 13 的方法，其中在 (A) 和 (B) 之间和 / 或 (B) 和 (C) 之间注入的含水驱油介质包含至少一种葡聚糖 (G)。

15. 根据权利要求 1-14 中任一项的方法，其包括至少一个用于堵塞地下矿物油地层的高渗透性区域的额外工艺步骤 (D)，且在该工艺步骤 (D) 中注入的含水驱油介质除水之外

还至少包含：

■具有 β-1,3 糖苷链接的主链和与其 β-1,6- 糖苷键接的侧基的葡聚糖 (G)，所述葡聚糖具有 1.5×10^{6}-25×10^{6}g/mol 的重均分子量 M_w，

■尿素，和

■至少一种水溶性铝 (III) 盐和 / 或部分水解的铝 (III) 盐。

16. 根据权利要求 15 的方法，其中在工艺步骤 (B) 之后实施工艺步骤 (D)，然后所述方法继续实施另一工艺步骤 (B)。

从地下油藏开采矿物油的方法

[0001] 本发明涉及一种开采矿物油方法，其中将包含水、葡聚糖、尿素和任选的表面活性剂的含水驱油介质注入矿物油地层中，并经由至少一个采出井从所述地层中抽出矿物油，其中所述地层的温度为至少60℃。所述配制剂在所述地层中在地层温度的影响下原位形成泡沫以及导致在含油层形成碱带 (bank) 的气体。

[0002] 在天然矿物油藏中，矿物油存在于多孔储集岩的孔隙中，所述储集岩通过不可渗透的覆盖层与地表隔离。除矿物油（包括以天然方式溶解于其中的天然气）之外，油藏进一步含有具有或高或低盐含量的水。所述孔隙可为非常细的孔隙、毛细孔、微孔等，例如具有仅为约 1μm 直径的那些；此外，所述地层还可具有含较大直径的孔隙和 / 或天然裂缝或裂隙的区域。

[0003] 在井打入含油层之后，油首先由于天然油藏压力流动至采出井，并喷至地表。该矿物油开采阶段被本领域技术人员称为一次开采。在不良油藏条件如高油粘度、快速降低的油藏压力或高含油层流阻的情况下，喷出开采非常快速地停止。一次开采平均可采出仅 2-10% 初始存在于油藏中的油。在较高粘度矿物油的情况下，喷出开采通常完全是不可能的。

[0004] 因此，为了提高产量，使用所谓的二次开采方法。

[0005] 二次矿物油开采中最常用的方法为水驱。这包括将水经由注入井注入含油层。这人为提高了油藏温度且驱使油从注入井流至采出井。在开采较高粘度矿物油的情况下，水驱仅可稍微提高产量水平。

[0006] 在水驱的理想情况下，从注入井推进的水前沿应驱使油在整个矿物油地层均匀地推进至采出井。然而，实际上矿物油地层含有具有不同流阻水平的区域。除具有细孔隙和高水流阻的油饱和储集岩之外，还存在具有低水流阻的区域例如天然或合成裂缝或裂隙，或者储集岩中的极高渗透性区域。该渗透性区域还可为油已基本上借助水采出的区域。在水驱过程中，注入的驱油水自然地基本上由注入井经由具有低流阻的流道流动至采出井。其结果是无法对具有细孔隙和高流阻的油饱和的油藏区域进行驱替，随着水逐渐增多，经由采出井采出矿物油变少。就此而言，本领域技术人员称之为“水采出”。所述效应在较高粘度矿物油的情况下尤为显著。矿物油的粘度越高，则更有可能快速地发生水采出。

[0007] 为了抵消矿物油，尤其是粘性矿物油开采中的上述不利影响，本领域已知各种措施。

[0008] 例如，可堵塞注入的驱油水的优先流道。为此，可使用在注入前具有较低粘度且在注入后在地层中形成高度粘稠凝胶的凝胶形成配制剂。这堵塞了驱油水的优先流道并使水转向至油仍有待于采出的区域中。该类措施也称为“波及控制 (conformance control)”或“堵水”。Altunina, L.K., Kuvshinov, V.A.,“Improved Oil Recovery of High-Viscosity Oil Pools with Physicochemical Methods and Thermal-Steam Treatments”, Oil & Gas Science and Technology, 第 63 卷 (2008), 第 1 期第 37-48 页公开了将纤维素醚用于矿物油开采。纤维素醚水溶液在室温下具有较低的粘度且直至在较高温度下才形成高度粘稠的凝胶。可向纤维素醚配制剂中添加尿素或硫氰酸铵以影响凝胶形成温度。

[0009] 此外，已知的是可采取合适的措施以使水和油相的粘度彼此匹配。为此，可降低油粘度和 / 或可提高含水驱油介质的粘度。用于降低油粘度的措施例如为 CO_2 驱和蒸汽驱。CO_2 驱通过 CO_2 的作用而降低油粘度，而蒸汽驱则通过提高温度而降低油粘度。含水驱油介质的粘度可通过添加合适的增粘添加剂而提高。其实例包括聚合物驱（其中水相粘度通过添加聚合物而提高）或泡沫驱。

[0010] 就聚合物驱而言，已提出大量不同的增稠水溶性聚合物，包括合成聚合物，如聚丙烯酰胺或丙烯酰胺与其他共聚单体，更特别地是具有磺基的单体的共聚物；和天然来源的聚合物，例如葡糖基葡聚糖、黄原胶或定优胶。葡糖基葡聚糖为由葡萄糖单元形成的支化同多糖。该类葡糖基葡聚糖的制备及其在矿物油开采中的用途公开于例如 EP 271 907A2、EP 504 673A1、DE 40 12 238A1 和 WO 03/016545 中。葡糖基葡聚糖具有高热稳定性，因此尤其适于具有高油藏温度的矿物油藏。我们的在先申请 EP11154670.1 公开了一种使用葡聚糖由具有至少 70℃油藏温度的油藏开采矿物油的方法。

[0011] Altunina, L.K., Kuvshinov, V.A. 和 Stasyeva, L.A.,“Thermoreversible Polymer Gels for EOR”, Recent Innovations in Oil and Gas Recovery, István Lakatos（编辑）—Akadémiai Kiadó, Budapest, Progress in Oilfield Chemistry, 第 8 卷，第 133-144 页，2009 年公开了将甲基纤维素凝胶用于三次矿物油开采。所述凝胶包含用于提高凝胶形成温度的添加剂，例如乙醇、硫氰酸铵、硫脲或尿素。

[0012] 用于泡沫驱的各种技术公开于例如下文所引用的公开文献中：

[0013] US 5,074,358 和 US 5,363,915 公开了使用泡沫的三次矿物油开采方法。用于起泡的气体可例如为 CO_2、N_2 或 CH_4。泡沫可通过将气体和泡沫形成配制剂交替注入地层中或者通过形成泡沫并将所述泡沫注入地层中而形成（参见例如 US 5,363,915 第 6 栏第 3 行及随后各行）。

[0014] Drozdov A.N., Telkov V.P., Egorov Yu.A 等在“Solution of problems of water-gas influence(WGI)on the layer using jet and electrical centrifugal pumping technology”—Society of Petroleum Engineers SPE Paper 117380 中公开了将水、天然气和表面活性剂的混合物注入矿物油藏中以提高产量。

[0015] Hombrook M.W., Dehgham K., Qadur S.Ostermann K.D., Ogbe D.Q.,“Effects of CO_2 addition to steam on recovery of west sak crude oil”SPE, Reservoir Eng.-1991-6, 第 3 期，第 278-286 页公开了将蒸汽和 CO_2 的混合物注入矿物油藏中的方法。

[0016] US 5,307,878 同样公开了使用泡沫的三次矿物油开采方法。为了稳定泡沫，额外使用基本上未交联的聚合物。所述聚合物为大量不同的聚合物，例如合成聚合物如聚乙烯醇、聚氧化乙烯、聚乙烯基吡咯烷酮、聚丙烯酰胺、部分水解的聚丙烯酰胺或天然聚合物如黄原胶、硬葡聚糖、羟丙基纤维素或羟乙基纤维素。

[0017] RU 2 190 091C2 公开了三次矿物油开采的多级方法，其中首先注入聚合物溶液，然后注入泡沫形成配制剂和气体，然后再次注入聚合物溶液。所述含水泡沫形成配制剂包含水、碱、表面活性剂和 M_n 为 300-30 000g/mol 的水溶性聚合物。所述聚合物可为例如黄原胶、瓜耳胶、聚丙烯酰胺或部分水解的聚丙烯酰胺。

[0018] 在将泡沫形成配制剂和气体分开注入以在油藏中形成泡沫的情况下，必须使所述

气体与所述泡沫形成配制剂在注入油藏之后在地下混合以形成泡沫。然而，通常无法获得均匀且充分的地下混合。相反，相当部分的泡沫形成配制剂不与气体接触，从而使得在地层中无法形成均匀的泡沫带。所述气体大部分逸入较高的油藏区域中，而液体逸入较低的区域。因此，在串联泵入泡沫形成配制剂和气体的情况下，几乎不可能在与注入井相距较远(20-100m)的储油区域中发生气体与液体的混合。在地表形成泡沫的技术较为复杂，需要额外的设备且也不能保证泡沫到达距离注入井较远的油藏区域。

[0019] 因此，存在借助合适的措施形成泡沫，而不是将其注入而在油藏中原位形成气体的已知技术。

[0020] RU 2 361 074C2 公开了一种将尿素、硝酸铵、硫氰酸铵和表面活性剂的水溶液，以及—或者与之交替地—蒸汽注入矿物油藏中的方法。在油藏中，尿素水解从而在油藏中形成 CO_2 和氨，这改善了油开采。

[0021] Bocksermann A.，Kotscheschkov A.，Tarasov A. 在“Vervollkommnung der thermischen Methoden zur **Entölungssteigerung** der **Erdöllagerstätten**”[用于提高从矿物油藏中油采收率的热方法的改进]，Russian Institute for Scientific and Technical Information，“Development of oil and gas deposits”系列，第 24 卷，莫斯科，1993 年中公开了一种采油方法，其中将水驱或蒸汽驱与循环泵入尿素水溶液组合。在油藏温度或蒸汽温度的作用下，尿素水解成 CO_2 和氨。释放出的气体促进了从矿物油藏中采油。

[0022] 然而，在所述方法的情况下，泡沫的形成通常还不充分。所注入的水和尿素的混合物可在注入后与油藏中存在的油藏水混合并因此稀释。这使得泡沫形成复杂化且在过度稀释的情况下完全阻止了泡沫的形成。

[0023] 本发明的目的是提供一种借助泡沫驱采油的改良方法。

[0024] 因此，实施一种从打入至少一个采出井和至少一个注入井（其各自与油藏相连）的地下矿物油藏开采矿物油的方法，所述方法包括至少一个工艺步骤 (B)，其中通过将包含水溶性增稠聚合物的含水驱油介质经由注入井注入并经由采出井抽出矿物油而开采矿物油，其中在工艺步骤 (B) 期间，注入井和采出井之间的矿物油地层的至少部分区域的温度为至少 60℃，且其中所述含水驱油介质除水之外还至少包含：

[0025] ■具有 β-1,3-糖苷链接的主链和与其 β-1,6-糖苷键接的侧基的葡聚糖 (G)，所述葡聚糖具有 1.5×10^6-25×10^6g/mol 的重均分子量 M_w，和

[0026] ■尿素。

[0027] 附图索引

[0028] 图 1 P1 号葡聚糖 (G) 以及对照聚合物 V1 和 V2 的粘度对浓度的依赖性

[0029] 图 2 P1 号葡聚糖 (G) 以及对照聚合物 V1、V2 和 V3 在超纯水中的粘度的温度依赖性

[0030] 图 3 P1 号葡聚糖 (G) 以及对照聚合物 P1、V1、V2 和 V3 在油藏水中的粘度的温度依赖性

[0031] 图 4 借助本发明方法开采矿物油的示意图

[0032] 图 5 在实施波及控制措施之后借助本发明方法开采矿物油的示意图

[0033] 图 6 通过尿素在葡聚糖 (G) 溶液中在 90℃下分解形成 CO_2。

[0034] 下文给出了本发明的具体细节：

[0035] 方法原理

[0036] 为了实施本发明的方法，将至少一个采出井和至少一个注入井打入矿物油藏中。一般而言，油藏具有数个注入井和数个采出井。

[0037] 可将驱油介质如含水驱油介质或蒸汽经由注入井注入油藏中。由于由所注入的驱油介质产生的压力，矿物油沿采出井的方向流动并经由采出井采出。在本文中，术语“矿物油”当然不仅意指单相油；相反，该术语也涵盖典型的原油-油藏水乳液。

[0038] 矿物油原则上可为任何种类的矿物油。然而，油藏可优选为包含粘稠矿物油的那些。油藏中所存在的矿物油可例如具有至少为 30mPa·s 的粘度 $\eta_{油}$（在天然油藏温度下测量）。

[0039] 除油之外，所述矿物油地层可包含具有或高或低盐含量的油藏水。油藏水中的盐尤其可为碱金属盐和碱土金属盐。典型阳离子的实例包括 Na^+、K^+、Mg^{2+} 或 Ca^{2+}，典型阴离子的实例包括氯离子、溴离子、碳酸氢根、硫酸根或硼酸根。所述油藏水的盐含量可为 20 000-350 000ppm（重量份，基于所述油藏水所有组分的总和），例如 100 000-250 000ppm。碱土金属离子，尤其是 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 离子的量可为 1000-53 000ppm。

[0040] 所述油藏水通常包含一种或多种碱金属离子，尤其是 Na^+ 离子。此外，还可存在碱土金属离子，此时碱金属离子 / 碱土金属离子的重量比通常≥ 2，优选≥ 3。所存在的阴离子通常为至少一种或超过一种的卤离子，尤其至少为氯离子。一般而言，Cl^- 的量为至少 50 重量 %，优选为至少 80 重量 %，基于所有阴离子的总和。

[0041] 本发明的方法包括至少一个工艺步骤 (B)，其中使用至少包含水、具有 β-1,3- 糖苷链接的主链和与其 β-1,6- 糖苷键接的侧基的葡聚糖 (G) 和尿素的含水驱油介质。在注入油藏之后，尿素在油藏温度的影响下分解以形成 CO_2 和 NH_3。

[0042] 所述方法可任选包括至少一个在工艺步骤 (B) 之前实施的额外工艺步骤 (A)，其中同样将驱油介质注入油藏中。所述驱油介质优选为含水驱油介质（工艺步骤 (A1)）或蒸汽（工艺步骤 (A2)）。

[0043] 所述方法可任选包括至少一个在工艺步骤 (B) 之后实施的额外工艺步骤 (C)，其中同样将驱油介质注入油藏中。所述驱油介质优选为含水驱油介质（工艺步骤 (C1)）或蒸汽（工艺步骤 (C2)）。

[0044] 应知晓的是工艺步骤 (B) 以及任选的工艺步骤 (A) 和 (C) 可实施超过一次。它们可例如以循环方式重复实施。

[0045] 所述方法还可任选包括其他工艺步骤。这可包括另一工艺步骤 (D)。在步骤 (D) 中，注入借助葡聚糖 (G) 增稠的热凝胶配制剂，即在注入后可在地层温度的影响下形成高度粘稠的凝胶的配制剂。这可堵塞地层的渗透性区域，从而使得随后注入的含水驱油介质必须流经新的流道。这可驱动其他油。

[0046] 根据本发明，在工艺步骤 (B) 期间，在注入井和采出井之间的矿物油地层的至少部分区域的温度为至少 60℃，优选为至少 70℃，更优选为至少 80℃，例如至少 90℃。其应当不超过 150℃，优选 135℃，更优选 120℃。其可为 60-150℃，尤其为 70-140℃，优选为 75-135℃，更优选为 80-120℃。

[0047] 此处，术语“注入井和采出井之间的区域”意指在工艺步骤 (B) 期间驱油操作所覆

盖的地下地层部分，即所注入的驱油介质和 / 或矿物油由于在该驱油操作期间从注入井流至采出井而流经的那些区域。当然，这并非是注入井至采出井的最短流道。相反，所述流道取决于地层中的地理条件，因此它们还可更长。根据本发明，至少其部分区域的温度可具有上述值。优选地，注入井和采出井的整个区域中的温度可具有上述值。注入井和采出井之间的整个区域中的温度应当不超过为 150℃，优选为 135℃，更优选为 120℃的上述最高温度。

[0048] 所述温度可为天然油藏温度。然而，天然油藏温度可通过工艺步骤 (B) 之前的驱油操作改变。如果在实施工艺步骤 (B) 之前用冷水长时间驱替油藏，则油藏温度从注入井起降低，此时随着与注入井的距离增加，温度再次达到天然油藏温度。与此相反，如果在实施工艺步骤 (B) 之前用热蒸汽长时间驱替油藏，则油藏温度从注入井起升高。

[0049] 在实施工艺步骤 (B) 之前，可任选测定地层中的温度分布。矿物油藏中温度分布的测定方法原则上是本领域技术人员所已知的。温度分布通常由所述地层中的特定点处的温度测量并结合模拟计算而测得，后者要考虑各种因素，包括引入地层中的热量和从地层中移除的热量。

[0050] 本发明的方法

[0051] 所用的葡聚糖

[0052] 本领域技术人员应理解“葡聚糖”意指仅由葡萄糖单元形成的同多糖。根据本发明，使用特定类别的葡聚糖，具体为包含由 β-1,3- 糖苷链接的葡萄糖单元形成的主链和由葡萄糖单元形成且与主链 β-1,6- 糖苷键接的侧基的那些葡聚糖。所述侧基优选由单一的 β-1,6- 糖苷连接的葡萄糖单元构成，其中从统计学来看，1/3 的主链单元与另一葡萄糖单元 β-1,6- 糖苷链接。

[0053] 该类葡聚糖由特定的真菌菌株分泌，且相应的真菌菌株是本领域技术人员所已知的。实例包括裂褶菌 (Schizophyllum commune)、白绢病菌 (Sclerotium rolfsii)、核球菌 (Sclerotium glucanicum)、果产链核盘菌 (Monilinia fructigena)、香菇 (Lentinula edodes) 或灰霉菌 (Botrytis cinera)。合适的真菌菌株描述于例如 EP 271 907A2 和 EP 504 673A1，各自的权利要求 1 中。所用的真菌菌株优选为分泌葡聚糖的裂褶菌或白绢病菌，更优选为裂褶菌，所述葡聚糖在主链上由 β-1,3- 糖苷链接的葡萄糖单元形成，其中从统计学来看 1/3 的主链单元与另一葡萄糖单元 β-1,6- 糖苷链接；换言之，所述葡聚糖优选为所谓的裂褶菌多糖。本发明所用的葡聚糖具有约 1.5×10^6- 约 25×10^6g/mol，尤其是 2×10^6- 约 15×10^6g/mol 的重均分子量 M_w。

[0054] 该类葡聚糖的制备原则上是已知的。为了制备，使真菌在合适的含水营养介质中发酵。在发酵期间，所述真菌分泌上述类别的葡聚糖至含水发酵液中，且可从所述含水发酵液中移除聚合物水溶液。该类真菌菌株的发酵方法原则上是本领域技术人员所已知的，例如由 EP 271 907A2、EP 504 673A1、DE 40 12 238A1、WO 03/016545A2 和 Udo Rau，“Biosynthese, Produktion und Eigenschaften von **extrazellulären** Pilz-Glucanen”[细胞外真菌葡聚糖的生物合成、制备和性能]，Habilitation Thesis, Technische **Universität** Braunschweig, Shaker Verlag Aachen1997”已知，其各自还提及了合适的营养介质。发酵系统可为连续或间歇系统。

[0055] 最后从包含溶解的葡聚糖和生物质（真菌细胞，具有或不具有细胞成分）的发酵

液中移除包含葡聚糖的水溶液，从而留下其中生物质浓度比先前更高的含水发酵液。所述移除尤其借助单级过滤或多级过滤或者借助离心进行。应理解的是还可将若干移除步骤彼此组合。

[0056] 在移除中，应确保基本上保留所述生物质。滤液中残留的生物质可堵塞矿物油地层的细孔。滤液的品质可以以原则上已知的方式借助微孔过滤比 (MPFR) 确定。该测试方法概述于 EP 271 907B1 第 11 页第 24-28 行中。滤液的 MPFR 应当为最小值，尤其为 1.001-3，优选为 1.01-2.0。

[0057] 所述过滤可优选借助错流过滤，尤其是错流微滤进行。错流微滤法原则上是本领域技术人员所已知的，且描述于例如“Melin，Rautenbach，Membranverfahren[膜方法]，Springer-Verlag，第 3 版，2007，第 309-366 页”中。本领域技术人员应理解此处“微滤”意指移除的颗粒尺寸为约 0.1- 约 10μm。使用错流微滤制备葡聚糖的方法公开于 WO 2011/082973A2 中。

[0058] 可从所得的滤液中移除葡聚糖。然而，优选不移除葡聚糖，而是将所得的葡聚糖水溶液直接用于制备工艺步骤 (B) 的驱油介质。所得葡聚糖溶液的浓度可例如为 5-25g/l。

[0059] 本发明所用的葡聚糖 (G) 溶液已在低浓度下具有高粘度，所述粘度在室温至约 140℃的温度范围内的基本上不依赖于所述温度，且基本上不依赖于地层水中的盐含量 (参见图 2 和图 3)。其细节在实施例部分给出。

[0060] 工艺步骤 (B) 的驱油介质

[0061] 在工艺步骤 (B) 中，使用除水之外还包含至少一种葡聚糖 (G) 和尿素的含水驱油介质。

[0062] 除水之外，还可任选使用少量水混溶性有机溶剂，但所用溶剂的至少 85 重量 %，优选至少 95 重量 % 应为水。优选仅使用水作为溶剂。

[0063] 所述水可为淡水或含盐水。例如，所述水可为海水或部分脱盐的海水，或者其全部或一些可为可以以此方式注回至油藏中的含盐油藏水。

[0064] 葡聚糖 (G) 的浓度取决于工艺步骤 (B) 的驱油介质的所需粘度。不同浓度下的葡聚糖溶液的粘度示于图 1 中，所述粘度作为温度函数的依赖性示于图 2 和 3 中。

[0065] 工艺步骤 (B) 的含水驱油介质的粘度主要取决于所用的葡聚糖 (G) 类型和浓度。其应与油相的粘度匹配且可借助驱油介质流度 (M_w) 与油流度 (M_o) 之比 (R) 更精确地确定：

[0066] $R=M_w/M_o=(k_{rw}/\mu_w)/(k_{rw}/\mu_o)$，

[0067] k_{rw}—地层对含水驱油介质的相对渗透率，

[0068] k_{ro}—地层对矿物油的相对渗透率，

[0069] μ_o—矿物油粘度，

[0070] μ_w—含水驱油介质的粘度。

[0071] 此处，μ_w 与在地层中的使用条件下的含水驱油介质有关。理想地设定为 <1 的值。在 R<1 时，本领域技术人员预期油的活塞式驱油。由于必须利用不切实际的高注入压力，通常无法获得水流度 (M_w) 与油流度 (M_o) 的最佳比 (R)，尤其是对高度粘稠的油而言。因此也可在 R 值 >1 下进行。然而，即使借助葡聚糖使水相的粘度较小增大，也往往会提高矿物油产量。

[0072] 葡聚糖 (G) 的浓度通常为 0.1-20g/l，优选为 0.1-5g/l，更优选为 0.1-2g/l。

[0073] 根据本发明，所述含水配制剂进一步包含尿素。尿素（$H_2N-CO-NH_2$）在水中在升高的温度下水解以获得 CO_2 和氨。由于其特性，所述水解反应具有温度依赖性，且温度越高，其进行得越快。如果尿素在油藏温度的影响下在地层中水解，则直接在地层中自然地形成气体，因此可在地层中形成泡沫。

[0074] 用于实施工艺步骤 (B) 的驱油介质中的尿素量通常为 15-350g/l 配制剂，尤其为 15-300g/l，优选为 30-250g/l，更优选为 50-250g/l。

[0075] 任选地，所述配制剂可进一步包含至少一种铵盐。合适铵盐的实例尤其包括硝酸铵和氯化铵。

[0076] 用于实施工艺步骤 (B) 的驱油介质中的铵盐量通常为 20-300g/l 配制剂，尤其为 20-250g/l，优选为 30-250g/l，更优选为 50-250g/l。

[0077] 任选地，所述配制剂可进一步包含至少一种表面活性剂。用于该目的的合适表面活性剂尤其为泡沫形成性表面活性剂。泡沫形成性表面活性剂具有一定的成膜能力，因此促进泡沫的形成。泡沫形成性表面活性剂的实例原则上是本领域技术人员所已知的。实例包括阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂或非离子表面活性剂，例如硫酸盐或磺酸盐如烷基苯磺酸盐、烷氧基化烷基酚如烷氧基化壬基酚。

[0078] 用于实施工艺步骤 (B) 的驱油介质中的表面活性剂量通常为 0.1-5g/l 配制剂，尤其为 0.5-5g/l，优选为 1-5g/l，更优选为 2-5g/l。

[0079] 此外，用于实施工艺步骤 (B) 的配制剂可任选包含其他组分，例如生物杀伤剂或粘土稳定剂。

[0080] 为了制备所述配制剂，可将尿素、固体葡聚糖 (G) 和任选的其他成分溶于水中。然而，可取的是使用获自所述制备方法的上述葡聚糖水溶液。可将所述溶液以所需比例与其他组分混合并稀释至所需浓度。还可使用呈预溶解形式的其他组分，即例如使用尿素水溶液并将其与葡聚糖 (G) 水溶液混合。

[0081] 实施工艺步骤 (B)

[0082] 为了实施工艺步骤 (B)，将所述配制剂经由所述至少一个注入井注入地层中。

[0083] 在低于 60℃，优选低于 35℃，更优选低于 25℃，例如在大致为室温的温度下将用于工艺步骤 (B) 的驱油介质注入地层中。当所述包含尿素的配制剂在地层中加热至至少 60℃的温度时，水解设定在显著的速率下。当然，水解速率随着温度的升高而提高。注入井和采出井之间的矿物油地层的至少一个部分区域的优选温度已在上文加以描述。

[0084] 所形成的 NH_3 和 CO_2 气体在地层中具有不同的作用。所形成的一些 NH_3 溶于水中并形成碱性区域，所形成的一些 CO_2 溶于油中并提高其流度。剩余量的气体与用于工艺步骤 (B) 的配制剂的组分（即至少所述葡聚糖 (G) 和任选的表面活性剂）形成泡沫。

[0085] 包括工艺步骤 (B) 的本发明方法具有如下优点：热稳定和盐稳定的葡聚糖 (G) 与尿素的组合在采油中获得了正协同增效效果。与水驱相比，采油水平并非仅仅以原则上已知方式通过使用增稠聚合物而得以提高；相反，与尿素的组合获得了额外的效果。

[0086] 尿素在矿物油地层中的水解形成了富含氨和 CO_2 的运动区（带）。在 35-100℃和 100-400 巴下，CO_2 在油 - 水体系中的分配系数为约 4-10。因此，CO_2 在矿物油中明显聚集，且 CO_2 以原则上已知的方式降低了矿物油的粘度。

[0087] 此外，原油中发生的羧酸中和，例如环烷酸和氨的原位中和在矿物油藏中形成了

表面活性剂，所述表面活性剂通过降低油－水界面张力而改善矿物油地层的采油水平。自然地，在具有高羧酸含量的矿物油情况下，这些表面活性剂效应是特别有利的。在该方法变型中，特别有利的是额外使用铵盐。所形成的氨和铵离子形成了缓冲液，所述缓冲液将 pH 值保持在有利于形成羧酸盐的范围内。

[0088] 最后，由所产生的气体形成泡沫。泡沫的形成得到了葡聚糖的辅助，这是因为与使用未增稠的水作为驱油介质相比，由于使用粘稠的聚合物溶液，气体逸出至矿物油藏的较浅区域要困难得多。泡沫相具有比未起泡的水相更高的粘度，因此获得了更均匀的驱替。在载体中形成气体还提高了局部地层压力，因此同样促进了油驱替。由于未起泡的尿素－葡聚糖水溶液具有比泡沫更低的粘度，因此所述含水驱油介质在注入后首先流经地层的高渗透性区域。在泡沫形成后，流经高渗透性区域变得困难得多。

[0089] 额外的工艺步骤 (A)

[0090] 所述方法可任选包括至少一个在工艺步骤 (B) 之前实施的额外工艺步骤 (A)，其中同样将驱油介质经由注入井注入油藏中，并经由至少一个采出井抽出矿物油。

[0091] 在本发明的一个实施方案中，所述驱油介质为含水驱油介质（工艺步骤 (A1)）。这可为淡水或含盐水。例如，其可为海水或部分脱盐的海水，或者其中所有或一些可为可以以此方式注回至油藏中的含盐油藏水。

[0092] 除水之外，还可任选使用水混溶性有机溶剂，然而所用溶剂的至少 85 重量 %，优选至少 95 重量 % 应为水。优选仅使用水作为溶剂。

[0093] 所注入的含水驱油介质可具有低温，例如 10-35℃的温度或者大致为室温。所述温度通常自发获得，例如为用于驱油的海水的温度。然而，所述驱油介质还可为加热的含水驱油介质。例如，其可为具有至少 80℃温度的水。其还可为过热水，即温度高于 100℃温度的液态水。当然，此时压力高于 1 巴；在注入矿物油地层中的条件下，压力通常显著高于 1 巴。

[0094] 除水或盐水之外，用于工艺步骤 (A1) 的含水驱油介质当然还可包含额外的组分。更特别地，额外组分可为增稠组分，尤其是增稠聚合物。此处可优选葡聚糖 (G)。

[0095] 此时，含葡聚糖的含水驱油介质的粘度应优选使得在工艺步骤 (A1) 中注入的驱油介质的粘度低于在随后工艺步骤 (B) 中注入的含水驱油介质的粘度。

[0096] 在本发明的另一实施方案中，所注入的驱油介质可为蒸汽（工艺步骤 (A2)）。蒸汽在注入矿物油藏时的温度可高于 300℃。

[0097] 额外的工艺步骤 (C)

[0098] 所述方法可任选包括至少一个在工艺步骤 (B) 之后实施的额外工艺步骤 (C)，其中同样将驱油介质经由注入井注入油藏中，并经由至少一个采出井抽出矿物油。

[0099] 在本发明的一个实施方案中，所述驱油介质为含水驱油介质（工艺步骤 (C1)）。这可为淡水或含盐水。例如，其可为海水或部分脱盐的海水，或者其中所有或一些可为可以以此方式注回至油藏中的含盐油藏水。

[0100] 除水之外，还可任选使用水混溶性有机溶剂，然而所用溶剂的至少 85 重量 %，优选至少 95 重量 % 应为水。优选仅使用水作为溶剂。

[0101] 所注入的含水驱油介质可具有低温，例如 10-35℃的温度或者大致为室温。然而，所述驱油介质还可为加热的含水驱油介质。例如，其可为具有至少 80℃温度的水。其还可为过热水，即温度高于 100℃的液态水。当然，此时压力高于 1 巴；在注入矿物油地层中的

条件下，压力通常显著高于 1 巴。

[0102] 除水或盐水之外，用于工艺步骤 (C1) 的含水驱油介质当然还可包含额外的组分。更特别地，额外组分可为增稠组分，尤其是增稠聚合物。此处可优选葡聚糖 (G)。

[0103] 此时，含葡聚糖的含水驱油介质的粘度应优选使得在工艺步骤 (C1) 中注入的驱油介质的粘度高于在随后工艺步骤 (B) 中注入的含水驱油介质的粘度。

[0104] 在本发明的另一实施方案中，所注入的驱油介质可为蒸汽（工艺步骤 (C2)）。蒸汽在注入矿物油藏时的温度可高于 300℃。

[0105] 工艺步骤 (A)、(B) 和 (C) 的组合

[0106] 工艺步骤 (A)、(B) 和 (C) 可彼此组合。所述组合可例如为如下驱油方案 1-4 之一：

[0107] 驱油方案 1：工艺步骤 (A1) →工艺步骤 (B) →工艺步骤 (C1)

[0108] 含水介质 含水介质

[0109] 驱油方案 2：工艺步骤 (A2) →工艺步骤 (B) →工艺步骤 (C2)

[0110] 蒸汽 蒸汽

[0111] 驱油方案 3：工艺步骤 (A2) →工艺步骤 (B) →工艺步骤 (C1)

[0112] 蒸汽 含水介质

[0113] 驱油方案 4：工艺步骤 (A1) →工艺步骤 (B) →工艺步骤 (C2)

[0114] 含水介质 蒸汽

[0115] 此外，工艺步骤 (A) → (B) → (C) 的顺序也可周期性地重复。

[0116] 驱油方案 1

[0117] 在驱油方案 1 中，首先如上所述用含水驱油介质进行驱油，然后继续用包含葡聚糖和尿素的驱油介质 (B) 进行驱油，最后再次用含水驱油介质进行驱油。

[0118] 在该实施方案中，天然油藏的温度应为至少 60℃，优选为至少 70℃，更优选为至少 80℃，例如至少 90℃。其可为 60-150℃，尤其为 70-140℃，优选为 75-135℃，更优选为 80-120℃。这是因为任何用于工艺步骤 (A2) 中的冷驱油水（即例如具有 10-35℃温度的驱油水）会导致注入地点环境中的矿物油藏的温度随着时间流逝逐渐降低。用水对油藏驱替可耗费数月或者甚至数年。当然，冷却程度在注入地点本身处最大，且温度随着与注入地点的距离增加而再次达到天然油藏温度。足够的天然油藏温度确保了注入井与采出井之间的矿物油地层的至少部分区域中的实际油藏温度—这是实施所述方法所必需的—为至少 60℃。

[0119] 如果需要避免冷却或至少避免过度冷却，则可在注入前将所述含水驱油介质加热，例如加热至至少 80℃的温度。

[0120] 在优选实施方案中，在工艺步骤 (C1) 中用经增稠（优选同样借助葡聚糖 (G)）的驱油介质进行驱油。此时，葡聚糖 (G) 的量应使得在工艺步骤 (C1) 中注入的含水驱油介质的粘度高于在工艺步骤 (B) 中注入的含水驱油介质的粘度。该措施抵消了“指进”效应。“指进”意指与较高粘度的驱油相相比，较低粘度的驱油相不形成均匀的流动前沿；相反，流体前沿为非均匀的。其原因基本上是低粘度驱油相在流经渗透性区域时更快，而在流经较低渗透性区域时更慢。当随后的驱油相更粘稠时，可基本上避免“指进”。

[0121] 在另一优选实施方案中，在工艺步骤 (A1) 和工艺步骤 (C1) 中用每种情况下经增

稠（优选在每种情况下借助葡聚糖 (G)）的含水驱油介质进行驱油，其中驱油相的粘度以 (A1) → (B) → (C1) 的顺序增大。

[0122] 驱油方案 2

[0123] 在驱油方案 2 中，首先如上所述用蒸汽进行驱油，然后继续用包含葡聚糖和尿素的驱油介质 (B) 进行驱油，最后再次用蒸汽进行驱油。

[0124] 在该实施方案中，天然油藏的温度也可低于 60℃。在工艺步骤 (A) 中注入的蒸汽—用于注入的蒸汽通常具有至多 300℃的温度—随着蒸汽注入时间的增加而由注入井起始加热油藏，从而至少在注入井和采出井之间的矿物油地层的部分区域中获得至少 60℃，优选至少 70℃，更优选至少 80℃，例如至少 90℃的温度。然而，应当获得不高于 150℃，优选 135℃，更优选 120℃的温度。如果高于这些值，则在工艺步骤 (B) 开始之前应用冷水，如温度为 10-35℃的水进行中间驱油。

[0125] 随后实施工艺步骤 (B)。工艺步骤 (B) 的持续时间可由本领域技术人员根据所需的结果确定，然而应在不迟于注入井和采出井之间的矿物油地层的全部区域的温度降至低于 60℃的温度时停止工艺步骤 (B)。可取的是一旦温度低于 70℃，更优选低于 80℃，就停止工艺步骤 (B)。

[0126] 所述方法随后通过注入蒸汽（工艺步骤 (C2)）而继续进行。为了保护驱油相 (B)，此时也可取的是在注入蒸汽之前以用冷水进行中间驱油。所述中间驱油介质也可增稠，优选借助葡聚糖 (G) 增稠。如果进行增稠，则中间驱油的粘度应至少与用于工艺步骤 (B) 的驱油相一样高。

[0127] 驱油方案 3

[0128] 在驱油方案 3 中，首先如上所述用蒸汽进行驱油，然后继续用包含葡聚糖和尿素的驱油介质 (B) 进行驱油，然后继续用含水驱油介质进行驱油。如同驱油方案 2 那样，驱油方案 3 中的天然油藏温度也可低于 60℃，这是因为油藏在蒸汽影响下加热所致。就步骤 (A2) 和 (B) 的细节而言，适用驱油方案 2 的说明。在工艺步骤 (B) 之后，实施工艺步骤 (C1)。

[0129] 驱油方案 4

[0130] 在驱油方案 4 中，首先如上所述用含水驱油介质进行驱油，然后继续用包含葡聚糖和尿素的驱油介质 (B) 进行驱油，最后用蒸汽进行驱油。如同驱油方案 1 那样，天然油藏温度必须为至少 60℃。优选的温度范围已在驱油方案 1 中提及。在驱油方案 4 中，同样可取的是在工艺步骤 (B) 之后，用冷水，任选用增稠的水进行中间驱油。

[0131] 额外的工艺步骤 (D)

[0132] 借助额外的工艺步骤 (D)，本发明方法可与“波及控制”措施组合。

[0133] 在具有特别不均匀的渗透性的矿物油藏中，注入的含水驱油介质或蒸汽优先流经地层的特别高渗透性的区域，由此优先由此处采出油，同时较少或者甚至不流经较低渗透性的区域。因此，固定化的 (mobilisiertes) 油残留在较低渗透性区域中。这示意性地示于图 4 中。注入井 (1) 和两个采出井 (2,2’) 打入矿物油藏中。用于工艺步骤 (B) 的含水驱油介质经由注入井 (1) 注入，沿采出井 (2,2’) 的方向流动并使矿物油向前推进。所谓的驱油限（即水相和矿物油相之间的边界）示意性地绘于 (7) 中。水相或固定化矿物油的优先流道 (3) 以影线显示。这些流道并非为直线，而是遵循地层的渗透性区域。在阴影区域

之外，残留固定化的矿物油。还描绘了 60℃等温线 (4)。封闭区域内部较冷；该区域之外较热。在温度为 60℃的区域中，尿素开始水解，因此开始形成泡沫。

[0134] 根据本发明，在步骤 (D) 中注入借助葡聚糖 (G) 增稠的热凝胶配制剂，即在注入后在地层温度影响下可形成高度粘稠凝胶的配制剂。所述配制剂包含至少一种葡聚糖 (G)、尿素和至少一种水溶性铝 (III) 盐和 / 或部分水解的铝 (III) 盐。所述水溶性铝 (III) 盐可例如为氯化铝、溴化铝、硝酸铝、硫酸铝、乙酸铝或乙酰丙酮铝。然而，它们也可为已部分水解的铝 (III) 盐，例如羟基氯化铝。应知晓的是还可使用数种不同铝化合物的混合物。所述配制剂的 pH 值应≤ 5，优选≤ 4.5，更优选≤ 4。铝 (III) 盐为酸性的，因此该 pH 值通常在给定的足够 Al(III) 浓度下自发建立。任选可稍微进一步酸化。所述化合物优选为氯化铝 (III) 和 / 或硝酸铝 (III)。

[0135] 该热凝胶的作用原理是所述铝盐 (III) 形成酸性溶液，但在碱性范围内形成微溶性凝胶。pH 值的变化由于尿素在升高的温度下水解而引发，此时如上文所述那样形成氨。

[0136] 已发现有用的量基于所述含水配制剂为 0.2-3 重量％铝 (III)，且尿素的量应使得每摩尔 Al(III) 释放出 3mol 碱。凝胶形成速率当然取决于温度，这是因为尿素随着温度的升高更快地水解。此外，凝胶形成速率可取决于铝 (III) 与尿素之比。该细节汇总于实施例部分中。

[0137] 当它们到达较热区域时，所述铝 - 尿素 - 葡聚糖配制剂形成微溶性凝胶。这示意性地显示于图 5 中；此时形成了凝胶带 (5)。因此堵塞了先前的优先流动区域，随后迫使所注入的驱油介质流经地层中仍待从其中采油的渗透性较低的区域。这些新流道在图 5 中以箭头 (6) 显示。这使得其他矿物油运动。

[0138] 用所述葡聚糖增稠的铝 - 尿素溶液的作用在于所注入的配制剂由于粘度增大而不能与油藏水和先前注入的驱油相 (B) 容易地混合 (抑制或至少降低“指进”)。在过度稀释的情况下，无法再形成高粘度凝胶。所述增稠使得驱油体与热凝胶在地层中通过更长的距离而不稀释至过高的程度。因此，凝胶带也可在距注入井很远处形成，因此可在这些点堵塞地层。

[0139] 其他工艺步骤

[0140] 所述方法当然可任选包括其他工艺步骤。这些首先包括已述的在工艺步骤 (A) 与 (B) 之间和 / 或 (B) 与 (C) 之间的用水进行的中间驱油。此外，所述方法也可与表面活性剂驱组合。表面活性剂驱包括将含水表面活性剂配制剂注入地层中，所述表面活性剂在注入后降低了水 - 油界面张力。适用于矿物油藏中的表面活性剂是本领域技术人员所已知的且也可商购获得。表面活性剂驱可有利地在工艺步骤 (B) 实施之前进行。工艺步骤的一种可能的顺序可例如为工艺步骤 (A1) →表面活性剂驱→工艺步骤 (B) →任选的工艺步骤 (C)。

[0141] 下文实施例旨在更详细地阐述本发明：

[0142] 制备葡聚糖 (G)：

[0143] 具有 β-1,3- 糖苷链接的主链和 β-1,6- 糖苷键接的侧基的葡聚糖 (G)(本发明)

[0144] 所述葡聚糖 (G) 借助 WO 2011/082973A2，发明实施例 1，第 15-16 页在所述的装置中制备。将所得的浓缩物稀释至在每种情况下试验所需的温度。

[0145] 对照聚合物 1：

[0146] 由约 75mol％丙烯酰胺和 25mol％含磺基的单体 2- 丙烯酰胺基 -2- 甲基丙磺酸 (钠

盐）形成的市售合成聚合物，其重均分子量 M_W 为约 11 百万 g/mol。

[0147] 对照聚合物 2：

[0148] 具有约 2 百万 g/mol 重均分子量 M_W 的市售生物高分子黄原胶 (CAS 11138-66-2)（通过用黄单胞菌 (Xanthamonas Campestris) 发酵制备的生物高分子）。

[0149] 对照聚合物 3：

[0150] 市售生物高分子定优胶（通过用鞘氨醇单胞菌属 (sphingomonas) 发酵制备的生物高分子）。

[0151] 使用本发明的葡聚糖和对照聚合物进行下文所述的粘度测量。

[0152] 粘度测量：

[0153] 测试仪器：剪切应力控制的 Physica MCR301 旋转粘度计

[0154] 具有双间隙几何结构的压力盒 DG 35/PR/A1

[0155] 测量范围：在每种情况下按照说明，25-170℃

[0156] 剪切速率：在每种情况下按照说明

[0157] 整个测量系统包括注射器，借此取出试样并将其引入用氮气吹扫的流变仪中。在测量过程中，用 8 巴氮气对测试盒加压。

[0158] 测试系列 1：

[0159] 在 0.2-2g/l 的不同浓度下测量葡聚糖 (G)（图中所谓的 P1）和对照聚合物 V1 和 V2 溶液的粘度。所述测量在合成的油藏水中进行。为此，将所述聚合物溶于超浓缩的盐水中或者—在所述聚合物已以溶液形式存在的情况下—将所述聚合物溶液与超浓缩的盐水混合，随后将所得盐溶液稀释，从而获得下文所述的浓度。P1 和 V2 的测量在 54℃下进行，V1 的测量在 40℃下进行。

[0160] 油藏水的组成（每升）：

[0161]

$CaCl_2$	42 600mg
$MgCl_2$	10 500mg
NaCl	132 000mg
Na_2SO_4	270mg
$NaBO_2*4H_2O$	380mg
总盐度	185 750mg

[0162] 结果汇总于图 1 中。图 1 显示了葡聚糖 P1 在油藏水中获得了最佳的粘度功效，即所述试样在给定浓度下获得了最高的粘度。

[0163] 测试系列 2：

[0164] P1 号葡聚糖 G 以及对照聚合物 V1、V2 和 V3 在超纯水中的水溶液粘度在每种情况下以 3g/l 浓度、100s^{-1} 剪切速率且在 25-170℃温度范围内测量。为此，相应地稀释 P1 号葡聚糖 (G) 溶液，并将聚合物 V1、V2 和 V3 以相应浓度溶于水中。在室温下将所述试样注入测试盒中，且加热速率为 1℃ / 分钟。结果示于图 2 中。

[0165] 测试系列 3：

[0166] 程序如测试系列 1 那样，不同之处在于不使用超纯水而是合成的油藏水配制溶液。结果汇总于图 3 中。

[0167] 测试系列 2 和 3 的评价：

[0168] 所述测试显示了在高温和高盐浓度下，本发明所用的 P1 号葡聚糖 (G) 与对照聚合物 V1、V2 和 V3 相比所具有的优点。P1 号葡聚糖 (G) 的粘度在含盐水和超纯水二者中在 25-140℃的温度下保持恒定，且仅在此之后开始逐渐降低。在超纯水中，合成聚合物 V1（丙烯酰胺与 2- 丙烯酰胺基 -2- 甲基丙磺酸的共聚物）和生物高分子 V3 二者显示出类似的行为，而生物高分子 V2 则差得多。然而，在油藏水中，在较高温度下，所有对照聚合物 V1、V2 和 V3 均比葡聚糖 P1 更差。

[0169] 由于尿素分解形成气体

[0170] 附图显示了在约 1.5g/l 葡聚糖 (G)、20 重量 % 尿素和 3 重量 %HCl 的水溶液中形成 CO_2 气泡，其中所述溶液恒温在 90℃下。该附图显示在 1、2 和 3 小时之后形成气体。

[0171] 用于工艺步骤 (D) 的配制剂

[0172] 就任选的工艺步骤 (D) 而言，使用由水、尿素和铝盐组成的配制剂。

[0173] 下表 1 显示例如由 8 重量 %$AlCl_3$（以无水产品计，对应于 1.6 重量 %Al(III)）、25 重量 % 尿素和 67 重量 % 水组成的混合物直至形成凝胶所用的时间。

[0174] 表 1：在不同温度下直至凝胶形成所用的时间

[0175]

温度 [℃]	100	90	80	70	60
凝胶形成时间 [天]	1/4	1	3	6	30

[0176] 下表 2 显示了 $AlCl_3$（以无水产品计）、尿素和水的不同混合物在 100℃和 110℃下直至凝胶形成所用的时间。可看出当尿素量减少时，凝胶形成所用的时间变得更长。

[0177] 表 2：直至形成凝胶的时间（“-”未测量）

[0178]

F1 $AlCl_3$ [重量%]	F2 尿素 [重量%]	混合物的浓度 [重量%]		$AlCl_3$/尿素重量比	直至形成凝胶的时间[h]	
		$AlCl_3$	尿素		100°C	110°C
8	32	4	16	1:4	4.0	-
8	24	4	12	1:3	4.3	-
8	16	4	8	1:2	7.3	-
8	8	4	4	1:1	19.0	-
16	60	8	30	1: 3.75	5.3	2
4	15	2	7.5	1: 3.75	-	8
16	48	8	24	1:3	5.5	-
16	32	8	16	1:2	8.3	-
16	16	8	8	1:1	18.0	-
16	12	8	6	1: 0.75	23.0	-

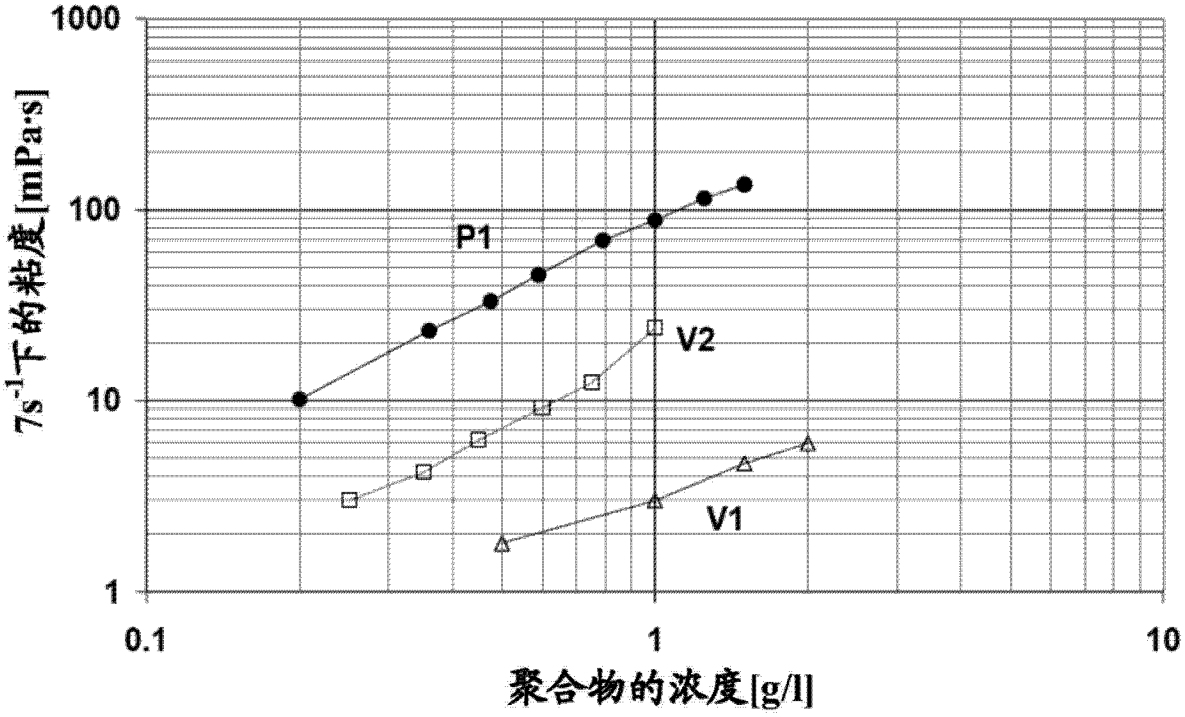

1000
100
10
1
0.1
1
10
7s-1下的粘度[mPa·s]
聚合物的浓度[g/l]
P1
V2
V1

图 1

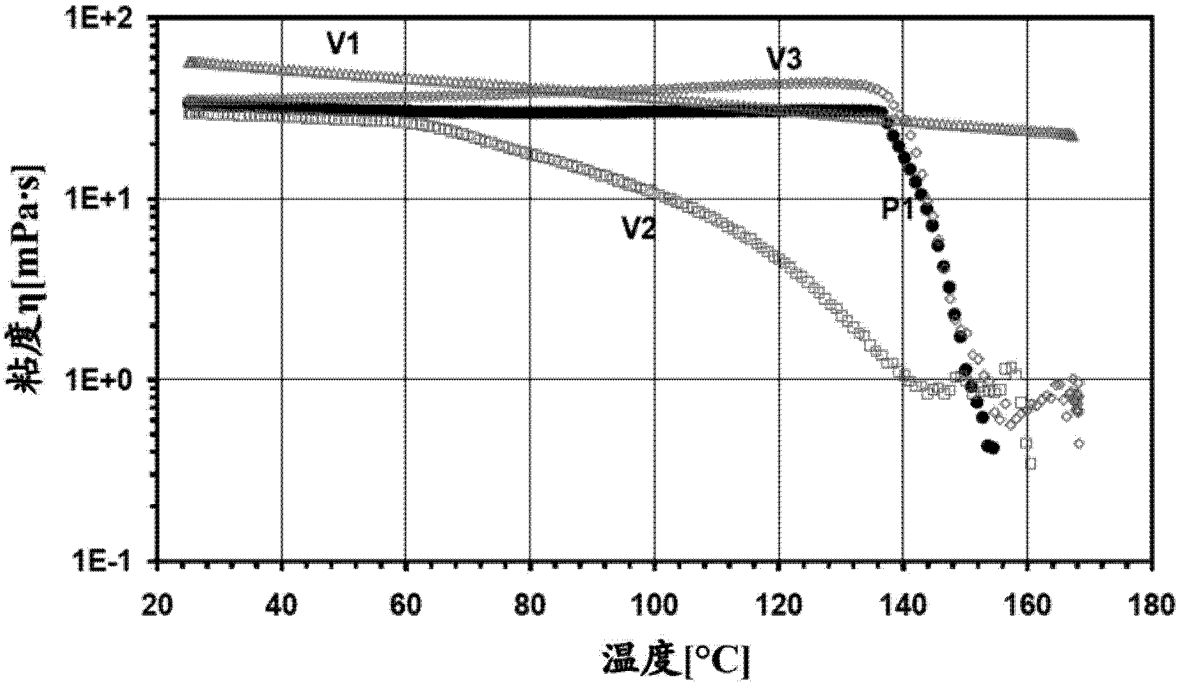

1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
20
40
60
80
100
120
140
160
180
粘度η[mPa·s]
温度[°C]
V1
V3
V2
P1

图 2

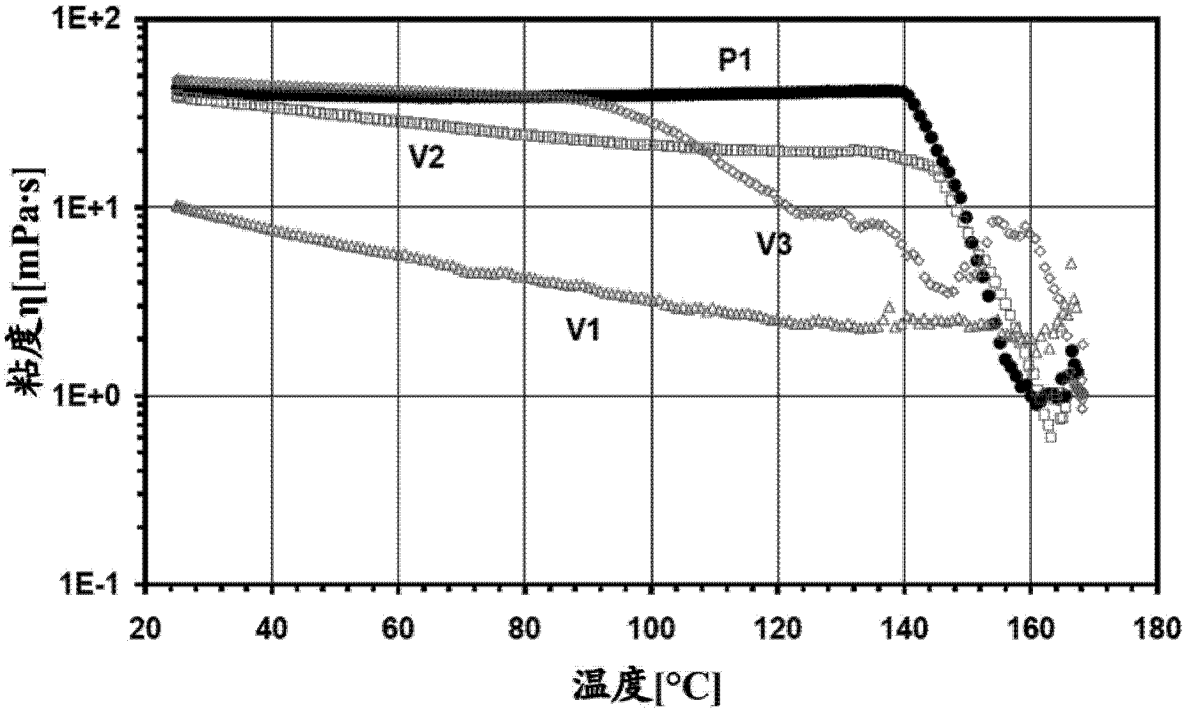

1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
粘度η[mPa·s]
P1
V2
V3
V1
20
40
60
80
100
120
140
160
180
温度[°C]

图 3

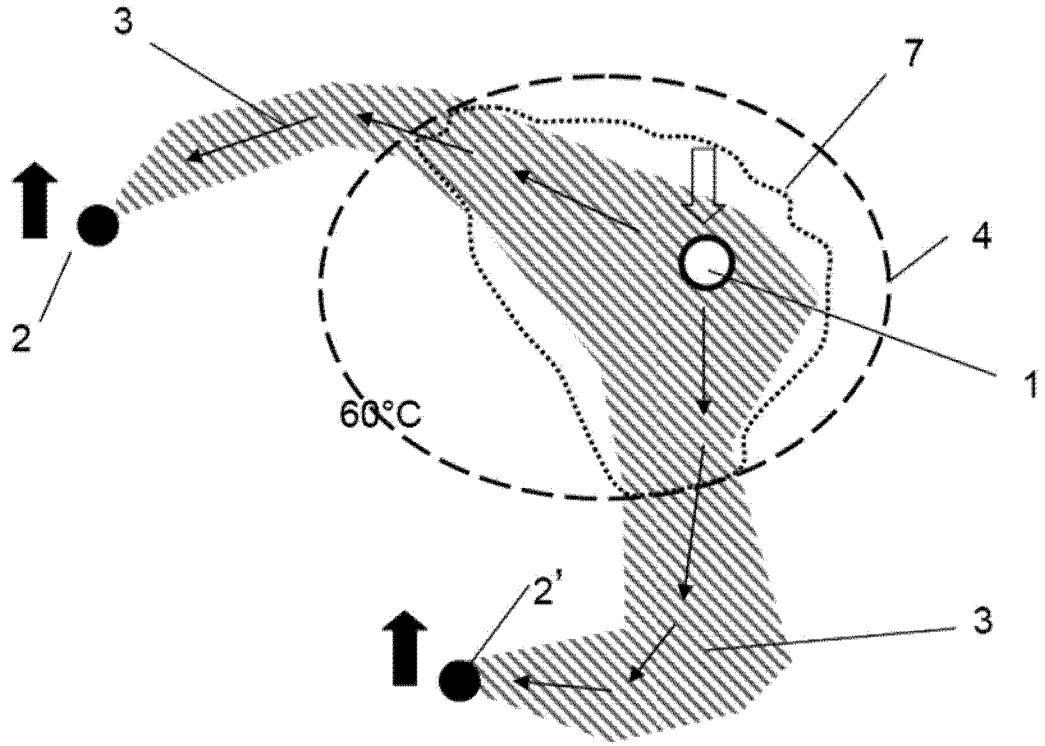

3
7
4
2
1
60°C
2'
3

图 4

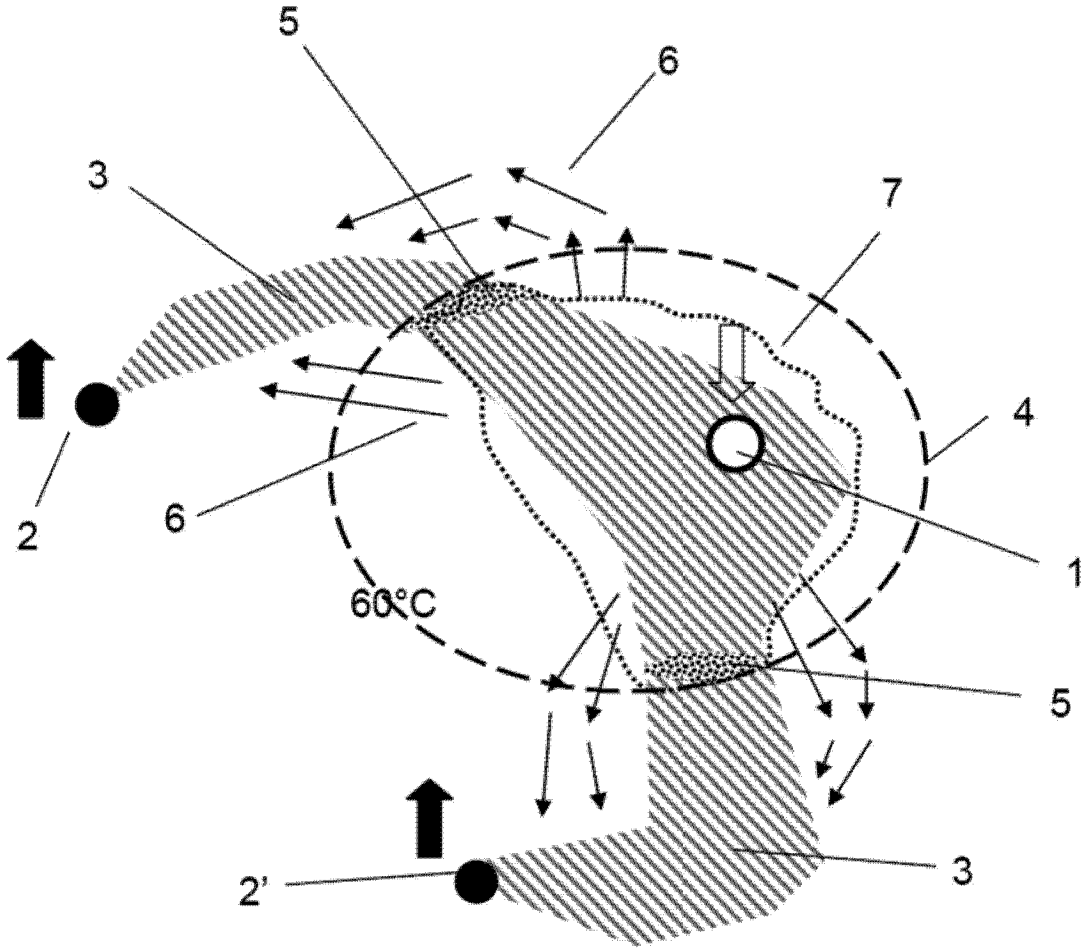


图 5

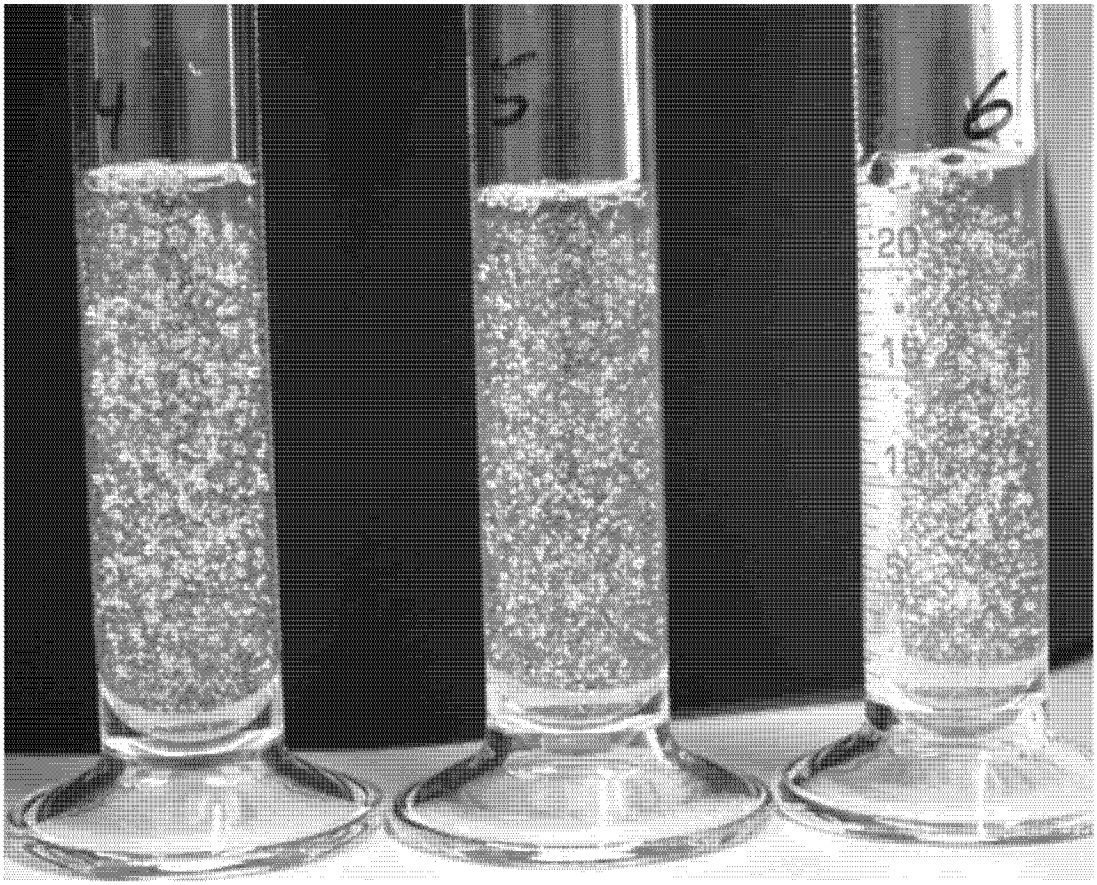


图 6