

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 43/10 (2006.01)

E21B 33/13 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580042883.1

[43] 公开日 2007年11月28日

[11] 公开号 CN 101080549A

[22] 申请日 2005.12.13

[21] 申请号 200580042883.1

[30] 优先权

[32] 2004.12.15 [33] EP [31] 04257820.3

[86] 国际申请 PCT/EP2005/056716 2005.12.13

[87] 国际公布 WO2006/063986 英 2006.6.22

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.14

[71] 申请人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

[72] 发明人 M·G·R·博斯马

E·K·科内利森

M·B·盖利克曼

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 柳爱国

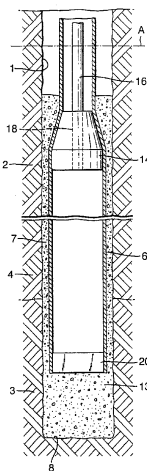
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

[54] 发明名称

密封井筒中环形空间的方法

[57] 摘要

提供了一种密封环形空间(7)的方法,该环形空间位于布置于井筒中的可膨胀管状元件(6)和围绕该可膨胀管状元件的壁之间,由此在环形空间中的第一位置和环形空间中与第一位置轴向隔开的第二位置之间出现压差。所述方法包括:将管状元件(6)安装在井筒中;将一流体团(10)定位在环形空间(7)中所述第一位置和第二位置之间,所述流体具有如此选择的屈服强度,即,在管状元件(S)的径向膨胀之后,所述压差不足以引起所述环形空间(7)中的所述流体团的轴向流动;以及使管状元件(6)径向膨胀。



1. 一种密封环形空间的方法，所述环形空间形成在布置于井筒中的可膨胀管状元件与围绕该可膨胀管状元件的壁之间，由此在环形空间中的第一位置和环形空间中与第一位置轴向隔开的第二位置之间形成压差，所述方法包括：

—将管状元件安装在井筒中；

—将一流体团定位在环形空间中所述第一位置和第二位置之间，所述流体具有如此选择的屈服强度，即，在管状元件的径向膨胀之后，所述压差不足以引起环形空间中所述流体团的轴向流动；以及

—使管状元件径向膨胀。

2. 根据权利要求1的方法，其特征在于，在管状元件膨胀之前，通过将所述流体经由管状元件泵送到环形空间中而将所述流体团至少部分地定位在环形空间中。

3. 根据权利要求1或2的方法，其特征在于，通过使管状元件径向膨胀的步骤将所述流体团至少部分地定位在环形空间中。

4. 根据权利要求1-3中任一项的方法，其特征在于，所述壁为井筒壁。

5. 根据权利要求1-4中任一项的方法，其特征在于，所述流体是非硬化流体。

6. 根据权利要求1-5中任一项的方法，其特征在于，所述流体是触变流体。

7. 根据权利要求1-6中任一项的方法，其特征在于，所述流体选自宾汉塑料和赫谢尔-巴尔克莱流体。

8. 根据权利要求1-7中任一项的方法，其特征在于，所述流体是凝胶。

9. 根据权利要求8的方法，其特征在于，所述凝胶包括铬交联的聚丙烯酰胺、借助于碳原子主链交联的聚合物、合成层状硅酸盐粘土、亲脂基粘土封隔器凝胶、油基隔热凝胶、原地可胶凝成分、热固合成

凝胶以及改性黄原胶中的至少一种。

10. 根据权利要求 9 的方法，其特征在于，所述凝胶包括借助于碳原子主链交联的聚合物，并且所述碳原子主链包括能够与聚合物形成键的基团。

11. 根据权利要求 8-10 中任一项的方法，其特征在于，所述凝胶包括由高级凝胶技术公司 (AGT) 市售的 HydroGel™ 凝胶。

12. 根据权利要求 8-11 中任一项的方法，其特征在于，所述凝胶包括 Maraseal™ 形式的铬交联的聚丙烯酰胺。

13. 根据权利要求 8-12 中任一项的方法，其特征在于，所述凝胶包括 LAPONITE™ 形式的合成层状硅酸盐粘土。

14. 根据权利要求 8-13 中任一项的方法，其特征在于，所述凝胶包括包含有 RTV 硅树脂凝胶和全氟醚硅树脂凝胶中的至少一种的热固合成凝胶。

15. 根据权利要求 14 的方法，其特征在于，所述凝胶包括 Sylgard™ 形式的 RTV 硅树脂凝胶。

16. 根据权利要求 14 或 15 的方法，其特征在于，所述凝胶包括 SIFEL™ 形式的全氟醚硅树脂凝胶。

17. 根据权利要求 8-16 中任一项的方法，其特征在于，所述凝胶流包括不同尺寸的多个固体颗粒。

18. 一种参考附图基本上如前所述的方法。

密封井筒中环形空间的方法

技术领域

本发明涉及一种密封形成在布置于井筒中的可膨胀管状元件与围绕该可膨胀管状元件的壁之间的环形空间的方法，从而在环形空间中的第一位置和环形空间中与第一位置轴向隔开的第二位置之间形成压差。

背景技术

用于生产烃类流体的井筒通常设有一个或多个套管以给井筒壁提供稳定性，并在不同地层之间提供油层隔离。通常，将多个套管以嵌套布置方式设置在不同深度处，从而每个（顺序的）套管的直径小于前面的套管的直径，以便允许该套管下放通过前面的套管。每个套管和井筒壁之间的环形空间填充有混凝土以提供环形密封并将套筒支撑在井筒中。在大多数应用中，只要环形空间不太窄，这种混凝土层就提供足够的密封功能。

最近，已经开始实践使套筒在井筒中径向膨胀。在安装可膨胀套筒的一种有吸引力的方法中，每个相继的套筒下放通过前面的套筒，然后径向膨胀到基本上与前面的套筒相同的直径。这样，获得了大体均匀直径的井筒。这种工艺对于较深的井筒或者延伸到达的井筒特别有利。此外，曾经提出使套筒膨胀到抵靠井筒壁，使得在套筒与井筒壁之间在两者之间没有混凝土层的情况下形成密封。尽管这种抵靠地层的膨胀被认为可行，但仍然存在对于套筒已经抵靠地层膨胀之后密封的有效性的担忧。经验表明，考虑到混凝土可能不会充分地流进环形空间并且考虑到在硬化时（窄）环形混凝土层的可能的收缩，混凝土对于密封非常窄的环形空间来说不是一种很好的解决方案。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种密封形成在布置于井筒中的可膨胀管状元件与围绕该可膨胀管状元件的壁之间的环形空间的改进方法，其克服了现有技术的缺点。

根据本发明，提供了一种密封环形空间的方法，所述环形空间形成在布置于井筒中的可膨胀管状元件与围绕该可膨胀管状元件的壁之间，由此在环形空间中的第一位置和环形空间中与第一位置轴向隔开的第二位置之间形成压差，所述方法包括：

—将管状元件安装在井筒中；

—将一流体团定位在环形空间中所述第一位置和第二位置之间，所述流体具有如此选择的屈服强度，即，在管状元件的径向膨胀之后，所述压差不足以引起环形空间中所述流体团的轴向流动；以及

—使管状元件径向膨胀。

因此实现了可以在管状元件膨胀之前将流体以较低的泵送压力插入到环形空间中，原因是环形空间在膨胀过程之前较宽。一旦流体处于环形空间中并且管状元件已经膨胀，引起流体团通过环形空间纵向运动所需的压力以及因此导致的环形流体团的密封能力增加。如果环形空间例如在管状元件膨胀到抵靠井筒壁的情况下变得非常窄，则这种增加几乎是指数的。因此应理解，本发明的方法对于管状元件径向膨胀到井筒壁附近或者甚至局部抵靠井筒壁的应用特别有利。

优选地，所述流体是非硬化流体，从而避免由于硬化而产生的环状体收缩的风险。

用在本发明的方法中的一种适当流体是触变流体。优选地，该流体选自凝胶、宾汉塑料和赫谢尔-巴尔克莱流体。

用在本发明的方法中的适当凝胶的例子是：

1) 可从斯伦贝谢或 OFPG 公司获得的诸如 Maraseal™、Marcit™ 的铬交联的聚丙烯酰胺。这些凝胶基于部分水解的交联有经由醋酸铬合成体释放的 Cr(III) 的聚丙烯酰胺聚合物。在应用时，对于 Maraseal，温度为 124℃，对于 Marcit，温度为 104℃。在固化之后，凝胶可以

抵抗高浓度的二价离子。

2) 交联有(光合作用的)专用试剂的聚乙烯醇,例如高级凝胶技术公司在US 2002/0128374A1中公开的名为Wondergel™的聚乙烯醇。对于Wondergel™,更广泛的描述可以参考WO 03/083259、WO 04/041872、WO 98/11239、US2004/0072946A1、US2002/0128374A1或GB2396617A1。

3) 诸如LAPONITE™的合成层状硅酸盐粘土。

4) 比如US 5,677,267公开的用于蒸汽喷射器的触变式亲脂基粘土封隔器凝胶。

5) 诸如US 4,258,791或US5,607,901公开的油基隔热凝胶,它们是针对环境安全、非水成、非腐蚀性并且隔热的凝胶,其中液体部分包括动物油或植物油的酯。

6) 通常用在蒸汽喷射器的切断中的原地可胶凝成分,例如US4,858,134所公开的。

7) 在升高温度条件下具有长寿命的热固合成凝胶,例如诸如道康宁的Sylgard™的RTV硅树脂凝胶和/或诸如信越的SIFEL™的全氟醚硅树脂凝胶。

8) 用于温度低于60℃的改性黄原胶。

9) 由无机硅酸盐构成的SilJel™,其在预定固化时间在溶液中固化以形成永久的凝胶。所述溶液在已经过去固化时间的90%之前具有接近水的粘度。固化时间与温度和pH有关,并且根据pH,在高达93℃的温度下在几分钟到几小时之间变化。在更高的温度下,添加尿素导致延迟的胶凝时间,其原因是在氨的形成过程中尿素的缓冲能力。

10) Injectrol™,其是内部催化的硅酸盐系统。根据所应用的催化剂,可以有三种类型的Injectrol™系统,即:用于温度介于23-66℃的G型、用于温度介于49-82℃的IT型以及用于温度介于82-149℃的U型。内部催化剂系统能够在材料固化成硬凝胶之前将低粘度的溶液(通常1.2mPa.s)泵送到地层中。催化剂的量以及底孔温度决定胶凝时间。对于G型系统,胶凝时间介于66℃下的几分钟到23℃下的600

分钟之间。

11) 哈里伯顿开发的 H2zeroLT™或 H2zero™, 其包括分子量为 250.000 的丙烯酰胺-丙烯酸酯共聚物, 且聚乙烯亚胺作为交联体。对于温度低于 50℃的应用, ZrOCl₂(氯化锆)用作交联体以获得减少的胶凝时间。

12) 哈里伯顿开发的 PermSeal E+™或 PermSeal 600™, 包括丙烯酸酯单体和热控催化剂。氯化钾 (KCl)、水以及 pH 调节剂 (醋酸) 被包括在内以提供标准化的离子浓度。催化剂的热降解导致聚合物的原地聚合。在 21-65℃的温度下, 胶凝时间可以控制在 1 到 20 小时之间。PermSeal 最初具有和水一样的粘度, 并且在被泵送到井筒之后形成聚合物。

13) 哈里伯顿开发的 Floperm 700™, 包括作聚丙烯酰胺和为交联体的苯酚以及甲醛。通过降解反应原地形成苯酚以及甲醛的前体例如对苯二酚和四氮六甲圆毒性较小。Floperm 700™可以在高达约 175℃的温度下使用。聚合物浓度为 3000-7000 的量级。

14) 哈里伯顿开发的 HE300™, 包括三个单体 (丙烯酰胺基单体)。该单体推荐用于超过 100℃的温度。可以与有机成分例如苯酚以及甲醛或者苯酚以及甲醛的前体的混合物交联。间苯二酚可用于加速低温下的反应, 而铁离子可以延迟胶凝过程。

为了强化凝胶体在环形空间中的密封和/或阻塞性能, 凝胶体适当地包括多个大颗粒尺寸分布的固体颗粒。

可以包括在流体团内的适当的固体颗粒是:

—可锻颗粒, 例如胡桃壳、纤维 (有机的或者无机的, 例如尼龙或者聚乙烯); 中空陶瓷球体、碎木材以及锯末;

—高密度颗粒, 例如氧化锰 (Mn₃O₄) (Micromax™)、重晶石、钛铁矿、赤铁矿、磁铁矿、硅铁、镜铁矿、磷铁、石英粉、石英砂、矾土颗粒、微型铝球以及微型钢球;

—低密度颗粒, 例如飞尘、低密度球体 (例如 Carboprop™)、膨润土、火山灰、膨胀珍珠岩、粉煤、Gilsonite™、微型玻璃球以及微

型陶瓷球;

—分类欠佳的颗粒系统, 例如 Dense Crete™、Lite Crete™、Sandaband™以及 Silverfox™。

附图说明

下面将参照附图通过示例更详细地描述本发明, 附图中:

图 1 示意性地显示了设有可膨胀套筒的井筒以及正被泵送到井筒中的凝胶流;

图 2 示意性地显示了凝胶流泵送到井筒之后的图 1 的井筒;

图 3 示意性地显示了可膨胀套筒径向膨胀期间的图 1 的井筒;

图 4 示意性地显示了可膨胀套筒径向膨胀之后的图 1 的井筒; 和

图 5 示意性地显示了表示井筒中管状元件的径向膨胀对管状元件与井筒壁之间的环形空间中的凝胶体的密封性能的作用的曲线图。

具体实施方式

附图中, 相似的附图标记涉及相似的部件。

参考图 1, 示出了形成在地层 2 中的井筒 1, 地层 2 包括含有烃类流体的油藏层 3 和覆盖油藏层 3 的上覆岩层 4。井筒 1 穿过上覆岩层 4 并延伸到油藏层 3。套管 6 形式的可膨胀管状元件从地表延伸到井筒 1 中, 使得套筒 6 的下端布置在井筒 1 的底部 8 上方一小段距离。环形空间 7 形成在套筒 6 和井筒壁之间。通过使用定位在套筒 6 中的泵塞 12 将凝胶流 10 泵送通过套筒 6 并泵送到井筒 1 的下部中。泵塞 12 将凝胶流 10 与尾随凝胶流 10 和泵塞 12 的适当的泵送流体 (例如盐水) 分离。凝胶具有根据下面讨论的选择标准选择的屈服强度。

参考图 2, 示出了凝胶流 10 已经完全泵送到井筒 1 之后的井筒 1, 从而泵塞 12 定位在套筒 6 的下端。凝胶 10 延伸到环形空间 7 中, 从而形成环形凝胶体 11。

参考图 3, 示出了套筒 6 通过使用借助于管柱 16 连接至位于地面的泵 (未示出) 的膨胀锥 14 而径向膨胀期间的套筒 6。膨胀锥 14 可

在塌缩状态和膨胀状态之间操作，在塌缩状态中，锥 14 具有小于未膨胀套筒 6 的内直径的最大直径，在膨胀状态中，锥 14 具有与套筒要膨胀到的内直径相当的最大直径。此外，膨胀锥设有纵向通道 18，该通道 18 提供膨胀锥 14 下方的套筒 6 的内部与管柱 16 之间的流体连通。封隔器 20 设在套筒 6 的下端。与锥 14 类似，封隔器 20 可在塌缩状态与膨胀状态之间操作，在塌缩状态中，封隔器 20 具有小于未膨胀套筒 6 的内直径的最大直径，在膨胀状态中，封隔器 20 具有与套筒要膨胀到的内直径相当的最大直径。

参考图 4，示出了其径向膨胀之后的套筒 6，从而膨胀锥 14 和塞 20 从套筒 6 中移除，并且生产油管 22 从地表延伸通过膨胀的套筒 6，并延伸到井筒 1 的下开孔部分 13 中。生产油管 22 在地表处与常规生产设备（未示出）相连，以便允许所生产的烃类流体从井筒 1 的下开孔部分 13 流到生产设备。此外，生产油管 22 在其下端附近借助于生产封隔器 24 密封到套筒 6。凝胶流 10 位于井筒 1 的下开孔部分 13 中的部分已经从井筒 1 移除。

在正常操作期间，将套筒 6 下放到井筒中并从地表悬挂在井筒 1 中所需深度处。环形空间 7 填充有盐水（未示出）。随后，将凝胶流 10 经由套筒 6 通过泵塞 12 泵送到井筒 1 中，泵塞 12 在套筒中尾随凝胶流 10（图 1 和 2）。凝胶流 10 流入环形空间 7，从而逐渐取代环形空间 7 中存在的盐水的位置。

当泵塞 12 到达套筒 6 的下端时，停止泵送，并且使用适当的回收管柱（未示出）将泵塞 12 从套筒 6 中移除。在这一步骤，凝胶 10 填充井筒 1 的下开孔部分 13 并延伸到环形空间 7 中，从而形成环形凝胶体 11。

在下一步骤，膨胀锥 14 和封隔器 20 进入到它们相应的塌缩状态，并且封隔器 20 可移除地连接至锥 14 的下端。然后借助于管柱 16 将相结合的锥 14 和封隔器 20 下放通过套筒 6，直到锥 14 延伸到套筒 6 的下端下方，即，延伸到井筒 1 的开孔部分 13 中。然后锥 14 进入到其膨胀状态，并通过使用扩力器（未示出）拉入到套筒 6 中，从而使套

筒 6 的下端部分径向膨胀。当锥 14 和封隔器 20 完全定位在套筒 6 中时，封隔器 20 逐渐膨胀，从而锚固到套筒 6 的内表面上。在封隔器 20 已经放置好之后，将锥 14 从封隔器 20 分离，并将盐水经由管柱 16 和通道 18 泵送到锥 14 和封隔器 20 之间的套筒 6 的内部。锥 14 从而向上移动通过套筒 6 并逐渐使套筒 6 膨胀（图 3）。随着环形空间 7 在膨胀过程中变得更窄，环形凝胶体 11 向上移动。当膨胀锥 14 达到环形空间 7 中不再存在凝胶的高度处，环形凝胶体 11 停止。在附图中，该高度用虚线 A 表示。

在套筒 6 已经完全膨胀之后，或者在套筒 6 的所需部分膨胀之后，锥 14 和封隔器 20 从套筒中移除。然后清洁井筒 1 的开孔部分 13，并以常规方式安装生产油管 22 和生产封隔器 24。

当井投入生产时，烃类流体从油藏层 3 流入井筒的开孔部分 13，并从那里流入到生产油管 22 并到达地表。环形凝胶体 11 密封环形空间 7 并从而防止烃类流体在向上的方向上沿套筒 6 的外侧流动。为了环形空间 7 中凝胶体 11 承受进入井筒 1 的烃类流体的（高）流体压力，凝胶的屈服强度选择成使得跨凝胶体 11 的轴向压差低于引起凝胶体 11 运动所需的跨凝胶体 11 的最小轴向压差。

下面描述对于给定凝胶屈服强度计算引起凝胶体运动所需的跨环形凝胶体的最小轴向压差的示例。

示例

将井筒钻到 2000 米的深度，且井筒下部的直径为 0.302 米（11.9 英寸）。地层中 2000 米深度处的流体压力为 200 巴。将可膨胀套管安装在井筒中使得套筒的下端定位在井筒底部上方一小段距离。未膨胀状态下套筒的外直径为 0.244 米（9.625 英寸）。屈服强度为 1000Pa（0.01 巴）的凝胶流以所述方式泵送到井筒中，使得 2.28 立方米的环形凝胶体容纳在未膨胀套管和井筒壁之间的环形空间中。在套筒径向膨胀之前，环形凝胶体的长度为 92.08 米。在套筒的下端处，将凝胶泵送到环形空间所需最大压力为 63.74 巴，其远低于周围岩层的断裂压力。套筒然后径向膨胀到 0.286 米（11.261 英寸）的外直径。环形空间因

此变得更窄,使得环形空间中凝胶体的长度增加到大约 304.8 米(1000 英尺)。套筒的膨胀对于在环形空间中引起凝胶体纵向运动所需的最小轴向压力的影响是双重的。首先,由于与井筒壁和套筒壁两者更长的接触表面,凝胶体对轴向运动的抵抗增加,其次,环形凝胶体的横截面积减小。在本示例中,发现引起凝胶体通过环形空间纵向运动所需的跨凝胶体的最小轴向压差从套筒膨胀之间的 211 巴增加到套筒膨胀之后的 751 巴。在本示例中,跨凝胶体的轴向地层流体压差仅取决于沿凝胶体长度的地层流体的流体静力学柱,其约为 30 巴。因此,跨凝胶体的实际轴向流体压差远低于引起凝胶体的纵向运动所需的最小轴向流体压差。因此,在本示例中,如果需要或者作为备选方案,具有较低屈服强度的凝胶可以安全地适用,环形空间中凝胶体的长度可以减小。

进一步参考图 5,其显示了一曲线图,该曲线图图解对于凝胶的不同大小的屈服强度,跨长度为 10 米的环形凝胶体的引起凝胶体纵向移动通过宽度为 T (毫米)的环形空间所需的最小轴向压差 P_a (巴),其中:

- 线 (a) 表示屈服强度为 50Pa 的凝胶;
- 线 (b) 表示屈服强度为 100Pa 的凝胶;
- 线 (c) 表示屈服强度为 200Pa 的凝胶;
- 线 (d) 表示屈服强度为 400Pa 的凝胶;
- 线 (e) 表示屈服强度为 800Pa 的凝胶;
- 线 (f) 表示屈服强度为 1600Pa 的凝胶;

从图中可以明显地看出,随着 T 降低为零, P_a 的大小成指数地增加。因此,管状元件的径向膨胀的影响是可以使用较低屈服强度的凝胶,或者可选地可以使用较短的环形凝胶体,以在环形空间中实现有效密封。如果管状元件径向膨胀到靠近井筒壁,或者甚至局部地抵靠井筒壁,凝胶的密封功能特别有效。

代替将凝胶泵送到井筒中,可以泵送在被泵送到井筒之后一段时间转变成凝胶的流体。因此,这种流体获得所需的屈服强度并且可选

地在插入到井筒之后获得所需的触变性能。

图1

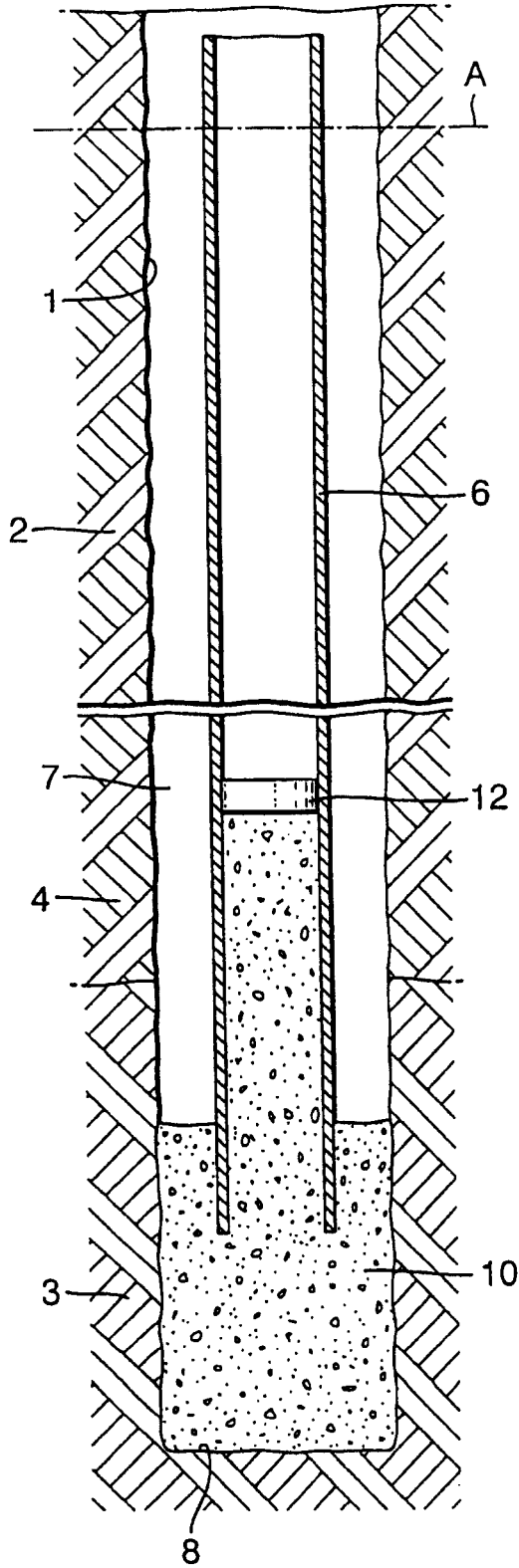


图2

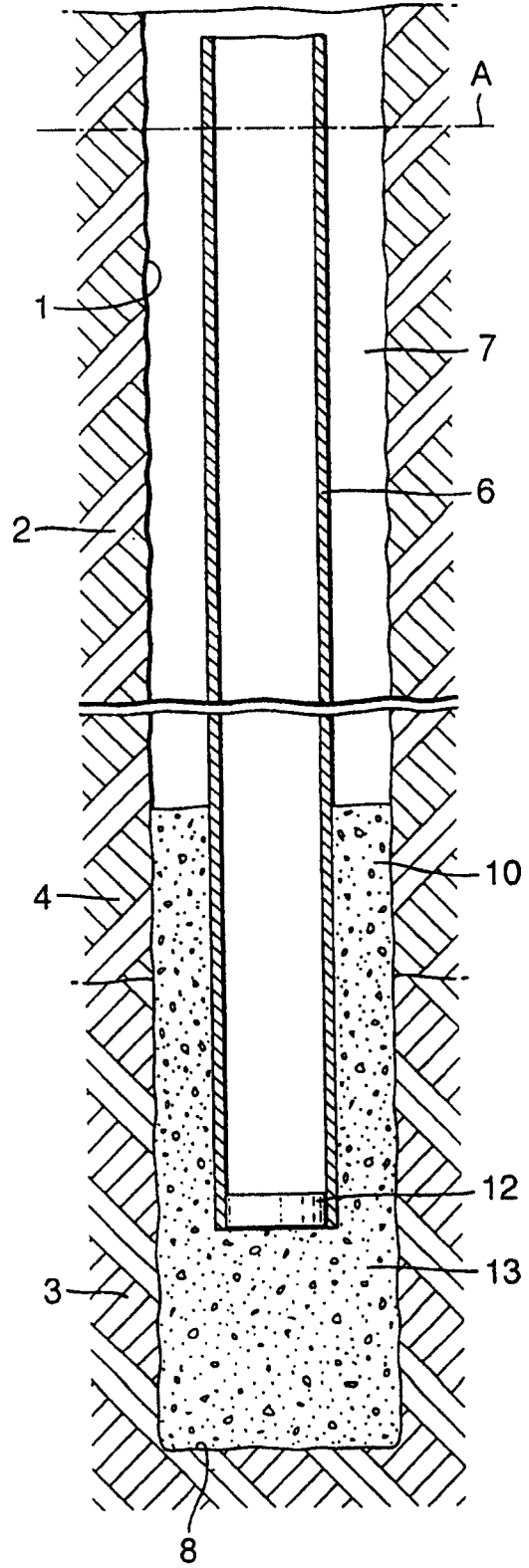


图3

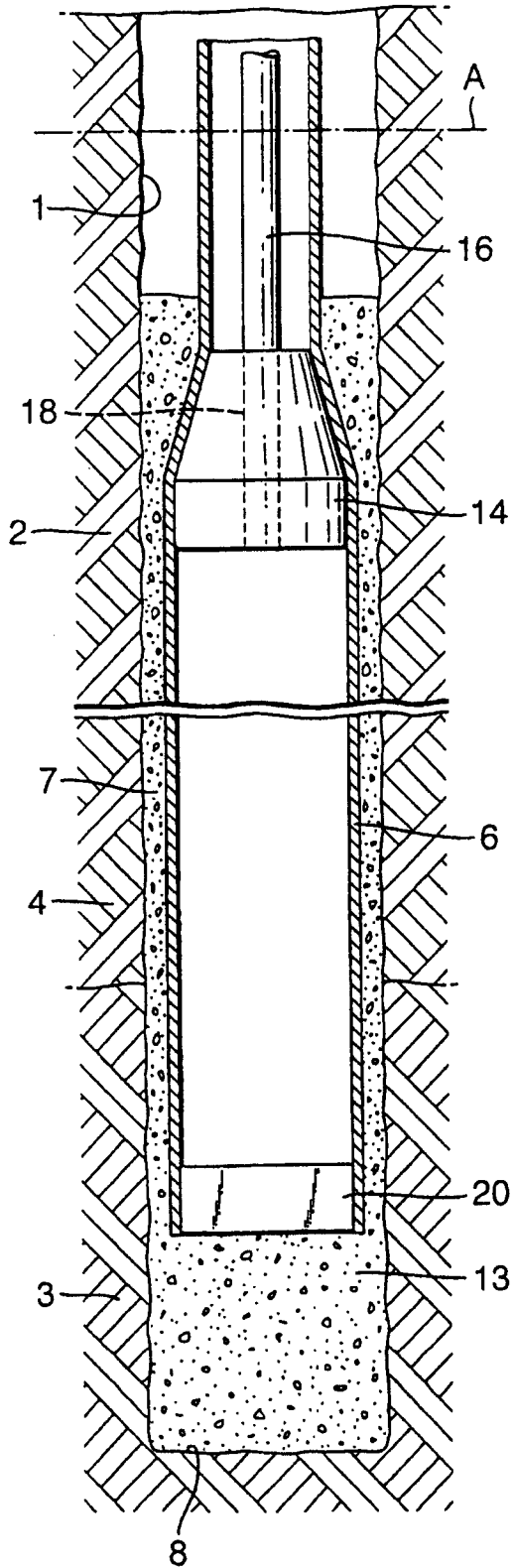


图4

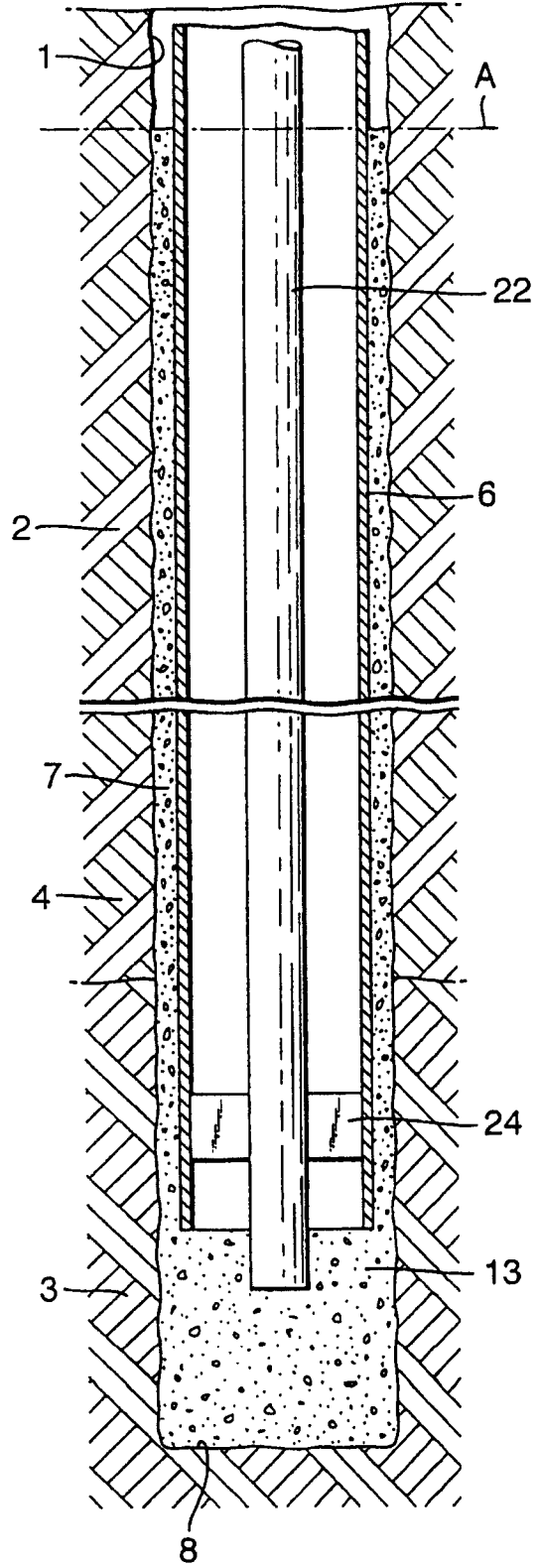


图5

