



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93109527.1

[51]Int.Cl⁵

E21B 43 / 27

[43]公开日 1994 年 3 月 2 日

[22]申请日 93.7.1

[30]优先权

[32]92.7.1 [33]US[31]907,095

[71]申请人 哈利伯顿公司

地址 美国俄克拉何马州

[72]发明人 S·E·弗雷德里克森

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨厚昌

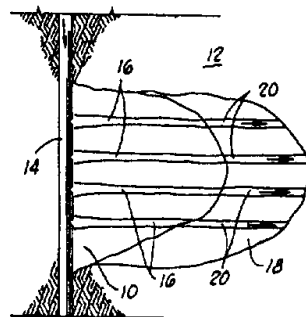
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 地层压裂酸化方法

[57]摘要

通过在地下采油区造一个或多个裂缝,使该裂缝密实(图 1-6) 并将酸注入到该密实的裂缝中并穿过该裂缝,从而在该裂缝中形成液流通道(16) 的方法,来使该地下采油区压裂酸化。裂缝(16) 在该区域中延伸(图 1-6), 密实(图 1-6) 并通过前面形成的液流通道和裂缝(图 1-6)延伸部分(20) 注入酸从而在其延伸部分中也形成液流通道。重复使裂缝延伸、密实和注酸步骤,直到带有液流通道的裂缝在该区域中延伸到所需到达的地方。



权 利 要 求 书

1. 一种地下采油区压裂酸化方法，该方法包括如下步骤：

(a) 在所述区域造一个或多个裂缝；

(b) 使所述裂缝密实；

(c) 将酸注入到所述密实的裂缝中，并穿过该裂缝，从而形成流体通道；

(d) 在所述区域使所述一个或多个裂缝延伸，

(e) 使所述裂缝密实；

(f) 通过前面形成的液流通道和由步骤 (d) 延伸的部分所述裂缝注入酸，同时所述裂缝密实，从而在所述裂缝的延伸部分中形成液流通道；和

(g) 重复步骤 (d)、(e) 和 (f)，直到带有液流通道的裂缝在所述区域中延伸到所需要的地方。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于根据步骤 (a) 和 (d)，将压裂流体以一定速度注入到所述区域所形成并延伸的所述裂缝，从而作用在所述区域上的压力高于它的压裂压力。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于根据步骤 (b) 和 (e)、通过降低压裂流体的注入速度使所述裂缝密实，这样作用在所述区域中的压力低于压裂压力。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于根据步骤 (b) 和 (e)，通过停止泵入所述压裂流体使所述裂缝密实。

5. 根据权利要求 2、3 或 4 所述的方法，其特征在于 所述压裂液为含水溶液、胶化的含水溶液、含水酸溶液、胶化的含水酸溶液、含水乳胶或含水的含乳胶的酸。

6. 根据权利要求 1、2、3、4 或 5，其特征在于根据步骤 (c) 和 (f)，通过以一定速度将含酸液泵入所述裂缝并穿过该裂缝，将所述酸注入到所述密实的裂缝中并穿过该裂缝，从而作用在所述区域中的压力低于它的压裂压力。

7. 根据权利要求 1—6 中的任一项所述的方法，其特征在于所述的酸为盐酸、醋酸、甲酸或它们中的二种或全部的混合物。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于所述含酸流体包括含水酸溶液。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于所述含水酸溶液包括 10—30% 重量的含水盐酸溶液。

10. 根据权利要求 1—9 中的任一项方法，其特征在于步骤 (c) 中的酸包括不延迟或加速的酸，步骤 (f) 中的酸包括延迟的酸。

地 层 压 裂 酸 化 方 法

本发明涉及一种使地层中的采油区压裂酸化的方法。

为了提高地下油气产量，人们成功地利用和使用了许多方法。一般使用的增产方法称为压裂酸化。压裂酸化一般被用来促进处在由能压裂的和酸可溶解的具有较低的渗透性的石灰岩地层中的采油区。由于低渗透性，这些区域的碳氢化合物通常缓慢地流入在这些区域所打的井孔中。

压裂酸化工艺一般包括在高于所用酸的压裂压力下水力压裂地下采油区的岩层，所使用的酸以这样的无规则的方式溶解压裂面。当压裂结束开始采油时，形成液流通道，通过该通道，该区域中的碳氢化合物很快就流到了井孔。在这种压裂酸化工艺中，通常遇到的一个问题是使整个压裂面过度刻蚀或软化，即酸迅速溶解裂缝的部分岩面。但当地层压力下降，引起裂缝密实时，该溶解部分岩面常常受到限制，这是由于裂缝面被过度刻蚀或软化和相互之间挤压造成的。这样，由于整个岩面处在酸中并被软化，从而导致碳氢化合物流量的减少。

新近研究出并已应用的一种使地下采油区压裂酸化的改进的方法，该方法公开在美国专利US 3 7 6 8 5 6 4中，该专利1973年10月30日授予 Fredrickson 和 Knox。根据该方法，在地下采油区形成一个或多个裂缝，允许这些裂缝在长期与酸接触之前密实，然后使多余的酸从裂缝的闭合面之间流过，从而形成大流量的流体通道。用酸来防止裂缝的面被过度刻蚀和软化，当裂缝被密实时，

部分裂面原封不动的保留下来充当支撑。更准确的说，在地下采油区造出裂缝并延伸之后，裂缝面与酸保持接触，同时使裂缝处于开放位置。在裂缝面过度刻蚀之前，允许裂缝密实，使酸流过由此形成的流体通道。同时，将裂缝密实，使通道扩大并增加其流量。

美国专利 US 3 7 6 8 5 6 4 所述方法已成功的应用了许多年，但同时该方法不容易造出含有流体通道的裂缝，所述流体通道能从井孔延伸到地下采油区比较远的地方。这是由于裂缝可以在靠近井孔的附近向上、向下和向外延伸，在这些地方施加在地层上的液压力最大，而不仅仅在从井孔向外的方向上。

这样需要一种改进的对地下采油区进行压裂酸化的方法，从而能够在该采油区造出带有流体通道的裂缝，裂缝从井孔向外延伸很远的距离。

根据本发明所提供的在地下采油区进行压裂酸化的方法，该方法包括如下步骤：

- (a) 在所述区域造一个或多个裂缝；
- (b) 使所述裂缝密实；
- (c) 将酸注入到所述密实的裂缝并穿过该裂缝，从而形成了流体通道；
- (d) 使所述的一个或多个裂缝在所述区域中延伸；
- (e) 将所述裂缝密实；
- (f) 通过预先形成的所述流体通道和根据步骤 (d) 延伸的部分所述的裂缝将酸注入，同时使所述裂缝密实，从而在所述裂缝的延伸部分中形成流体通道；和
- (g) 重复步骤 (d)、(e) 和 (f)，直到所述裂缝中的流

体通道在所述区域延伸到所需要的地方。

本发明的方法基本上包括这样几个步骤，首先在地下造一个或多个裂缝，然后使这些裂缝密实，并将酸注入到该裂缝中且穿过该裂缝，从而形成了流体通道。之后让这些裂缝在该区域延伸，使延伸的裂缝密实，通过先前形成的流体通道和部分延伸的裂缝注入酸，从而在延伸的裂缝处又形成了流体通道。重复使裂缝延伸、裂缝密实和在延伸的裂缝中形成流体通道这样的步骤，直到在其上形成的流体通道的裂缝从井孔向外延伸到所需到达的地方为止。

为了更充分地理解本发明，结合附图来详细描述，其中：

图 1 为裂缝在该区域刚形成之后的地下采油区井孔的示意图；

图 2 为裂缝被密实之后，图 1 中的井孔和采油区的示意图；

图 3 为在把酸通过密实的裂缝注入进去，并形成基本上是水平的流体通道之后的图 2 中的井孔和采油区示意图；

图 4 为在原来裂缝延伸之后，图 3 中的井孔和采油区的示意图；

图 5 为在延伸的裂缝密实之后，图 4 中的井孔和采油区的示意图；

图 6 为在将其它的酸通过延伸裂缝注入之后，图 5 中的井孔和采油区的示意图；

图 7 为图 6 中的裂缝再次延伸之后的井孔和采油区的示意图；

图 8 为在该裂缝被密实之后，图 7 中的井孔和采油区的示意图；

图 9 为在将其它的酸通过该裂缝注入后，图 8 中的井孔和采油区的示意图。

本发明用于压裂酸化地下采油区的各种改进方法，首先，使采油区中形成许多从井孔向外延伸到很远的高流量的通道。其次，与前述现有的方法相比，提高了产油区的碳氢化合物的产量。

本发明的各种改进的方法基本上包括这样一些步骤，首先在地下采油区造一个或多个带或不带酸的裂缝，使裂缝密实，然后通过密实的裂缝将酸注入到该裂缝中，从而形成了许多流体通道。由于用酸造出的流体通道往往会通向阻力最小的原有通道，特别是通向酸的高溶解性和高渗透性的区域。这些流体通道一般平行于基本是水平的地层。因此，流体通道一般从井孔向外延伸，而不是向上或向下延伸。然后这些裂缝在该区域延伸，并且由于地层中已刻蚀的、高导通的流体通道的阻力非常小，井孔的压裂压力稍稍大于流体通道的末端的压力。依次允许新形成的裂缝从流体通道顶端形成，而不仅仅是扩大靠近井孔的裂缝。使延伸的裂缝密实，并将更多的酸通过前面形成的流体通道和部分延伸的裂缝注入进去，从而使在延伸裂缝中形成流体通道，这些通道与前面形成的流体通道连通。重复使裂缝延伸、密实的裂缝并通过前面形成的穿过部分延伸裂缝的流体通道注入更多的酸的步骤，直到有流体通道的裂缝延伸到该区域所需的地方。

参照附图，特别是图1，将压裂液体通过井孔14泵入采油区12，在地下采油区至少可以造出一条裂缝10，从而作用在构成区域12的岩石上的压力比岩石的压裂压力高。术语“压裂压力”在这里的意思是在该压力作用下地层中能产生裂缝，随着压裂液体的不断泵入，该裂缝保持打开的状态并继续延伸。

在采油区域12形成裂缝10之后，降低压裂液体的泵入速度，作用在区域12内的压力低于压裂压力，使该裂缝密实（见图2）。在最佳的方案中，泵入采油区12的流体完全停止，直到压力消失，裂缝10完全密实为止，在本普通专业技术人员理解的情况下，从井孔中泵入到需要促进的采油区的流体都是密实酸性流体，或

包括替代量的非酸性压裂流体和酸性流体。这是由于在非酸性压裂流体和酸性流体流量之间的泵入速度下降或停止的结果。

在裂缝 10 密实之后，以一定速度将含酸的流体泵入，从而作用在区域 12 上的压力低于压裂压力，并且酸化的流体被泵入时，裂缝 10 仍是堵塞，而后在其上刻蚀出流体通道 16（见图 3）。

在裂缝 10 中刻蚀出流体通道 16 之后，向里面注入更多的压裂流体使裂缝 10 延伸。即通过裂缝 10 中的流体通道 16 以一定速度泵入压裂流体，使作用在区域 12 上的压力再次高于压裂压力。其结果是，使裂缝 10 从井孔向外延伸到更远的距离，从而形成了延伸部分 18，如图 4 所示。

通过减少或停止流体的流动使包括延伸部分 18 的裂缝 10 密实（如图 5），并通过前面形成的液流通道 16 和裂缝 10 的延伸部分 18，以一定速度将含酸性流体泵入。从而使作用在区域 12 上的压力低于压裂压力。当酸流过液流通道 16 和延伸部分 18 时，液流通道变宽，并且在其延伸部分 18 中刻蚀出另外的液流通道 20，如图 6 所示。

通过以一定速度注入更多的压裂流体使裂缝 10 延伸，所产生的压力高于区域 12 的压裂压力。压裂流体流过液流通道 16 和 20，使裂缝 10 再次从井孔 14 向外延伸，形成延伸部分 22，如图 7 所示。

通过降低或停止流体流动使裂缝 10 密实（如图 8），将更多的含酸流体泵入裂缝 10 中。即以一定速度注入酸性流体，从而使压力低于作用在裂缝 10 中的压裂压力。并且酸性流体流过前面形成的液流通道 16 和 20 进入延伸部分 22。当酸流过延伸部分 22 时，在其中就形成了液流通道 24。

如上所述，在采油区初次形成裂缝，并在其中刻蚀液流通道之后，通过前面形成的液流通道将更多的压裂流体泵入地层中，从而使裂缝延伸。由于在先形成的液流通道为低摩擦通道，压裂流体流过该通道，从而在原有扩大的液流通道的端部的裂缝延伸往往会在所有方向，即向上、向下和向外延伸。但是，当降低压力并将酸泵入密实的裂缝时，所形成的液流通道将基本上沿着水平的高酸溶解性和/或高渗透性的裂缝岩面层形成。这样，在裂缝的延伸部分，液流通道基本上与井孔垂直。在裂缝被密实的同时，根据构成地层的特殊形式的岩石和其它因素，注入到裂缝中的酸可以延迟，不延迟或加速的。在最佳方案中，在首次形成的裂缝中使用不延迟酸，这是由于在裂缝延伸部分使用更多的延迟酸来刻蚀液流通道。

本发明通常使用的各种压裂流体，是为了在地层中形成一个多个裂缝，并使部分裂缝连续延伸。例如适合这样的压裂流体为水溶液、胶化的水溶液、含水的酸溶液、胶化的含水的酸溶液、水乳浊液和含乳的酸水溶液。

一般用胶化的含酸水溶液作为本发明的压裂流体，但也不总是最佳的。为了普通专业技术人员更好的理解，通过在水中分解一个或多个能水合的聚合物来制备胶化的水溶液。水合聚合物使最后的溶液粘性增大。为了进一步提高该胶的粘性加入交联剂。还能使用普通专业技术人员所熟悉的其它的提高含酸或不含酸水溶液的技术。

根据本发明能够使用许多分散在或溶解在含水的或碳氢化合物载液中的有机酸或无机酸。通常含水的酸溶液最好。用于处理石灰岩地层的最好的酸是盐酸、甲酸、醋酸和这些酸的混合物。正如所述，为了用前述已知的酸阻滞剂使酸与地层岩石反应减速，可以阻滞所使

用的酸。也可以通过加热泵入前的酸的混合物来加速这种反应。这些酸中可以含有普通的抗腐蚀剂以保护与其接触的金属表面和表面活性剂以防止乳化问题。一般使用在本发明的最好的含酸流体是含10—30%重量的含水盐酸溶液。

本发明用于使石灰岩地层中的采油区压裂酸化的最佳方法包括如下步骤：

(a) 通过井孔，以一定速度将压裂流体泵入该采油区，使作用在该采油区的压力高于采油区的压裂压力，并在该区域形成一个或多个裂缝；

(b) 使该裂缝密实；

(c) 将含酸流体以一定速度泵入并穿过该密实的裂缝，从而作用在该区域的压力低于它的压裂压力，以致在密实的裂缝中形成液流通道；

(d) 将更多的压裂流体以一定速度泵入该区域和这些裂缝中，使作用在地层上的压力高于压裂压力，并且使裂缝延伸；

(e) 使这些裂缝密实；

(f) 以一定速度将更多的含酸流体通过先前形成的液流通道和部分用步骤(d)延伸的裂缝泵入，从而作用在该区的压力低于压裂压力，以致在密实的裂缝延伸部分中形成液流通道；和

(g) 重复步骤(d)、(e)和(f)，直到在内部有液流通道的裂缝延伸到区域中所需达到的距离。

如上所述，通过降低泵入压裂流体的速度，根据步骤(b)和(e)使裂缝密实，从而作用在该区域的压力低于压裂压力。最好的方法是在一段时间内停止泵入流体，以确保在裂缝密实之后，以一定

速度将含酸的流体泵入穿过密实的裂缝，泵入产生的压力低于压裂压力。

在实施上述方法时，使用的压裂流体最好是胶化含水流体，使用的含酸流体最好是含水酸溶液。在使用该方法泵入的流体最好由交替量的压裂流体和含酸流体组成。流体数量是预先确定，并与泵停止间隔的时间和泵入速度相一致。从而按上述压裂和酸化步骤进行。

为了进一步阐述本发明给出下列实例。该实例是用来说明本发明的典型工艺。为了理解该发明，在特殊地层上实施该方法以前，进行常规的实验室实验和计算，来确定最佳的压裂流体和酸的特性、数量、注入速度等。该实例中所给出的流体数量和种类仅仅是为了说明，而不对本发明进行限制。

实例 I

用本发明的方法来促进地层中的采油区，以提高其油气产量。产油区间隔 50 英尺 (15.3 m)，离地面深 5000 英尺 (1525 米)。

将由含 15% 重量胶化的含水盐酸溶液构成的 5000 美 (制) 加仑的压裂液，以每分钟约 5—10 桶 (795—1590 dm³) 速度或在约 3500—4500 磅/吋² (24.1—31.0 MPa) 将采油区压裂。

在最初形成一个或多个裂缝之后，停止泵送一段足够的时间或降低其速度，以便使裂缝密实。然后以每分钟约 2—3 桶 (318—477 dm³) 的速度或在采油区压力低于压裂压力；即压力约 1000—2000 Psig (6.89—13.78 MPa) 的情况下，将 5000 美 (制) 加仑 (19.0 m³) 的含有 15% 重量的

含水盐酸溶液泵入密实的裂缝并穿过该裂缝。当酸穿过该密实的裂缝时，在裂缝面上刻蚀出较大的液流通道。并且以每分钟约7—12桶（1113—1908 dm³）的速度或在采油区压力约为3500 Psig—4500 Psig（24.1—31.0 MPa）范围内，将更多的压裂液泵入以便使该裂缝延伸。再次停泵一段足够的时间，以便使该裂缝密实，然后以每分钟3—4桶（477—626 dm³）的速度或在采油区压力约为1000—2000 Psig（6.89—13.78 MPa）下，泵入约7500美（制）加仑（28.4 m³）的含15%重量的含水盐酸溶液，从而在该裂缝的延伸部分中形成较大的液流通道。重复泵入更多的压裂液，停止泵入使裂缝密实和泵入更多的酸溶液以便在裂缝的延伸部分中形成液流通道的步骤，从而带有液流通道的裂缝从井孔延伸相当远的距离，进入采油区，即延伸距离约在500—1000英尺（152.5—305 m）之间。产品返回井中。

说明书附图

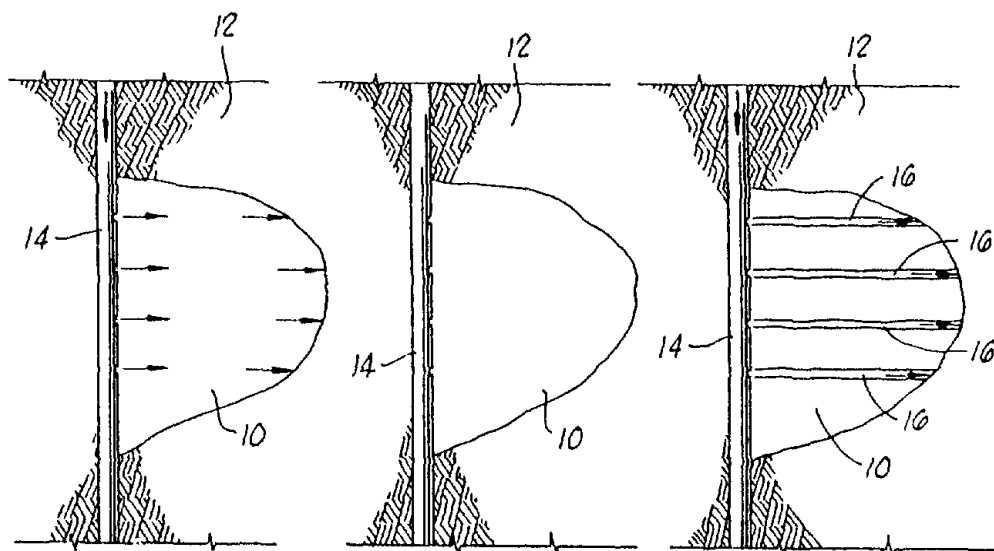


图 1

图 2

图 3

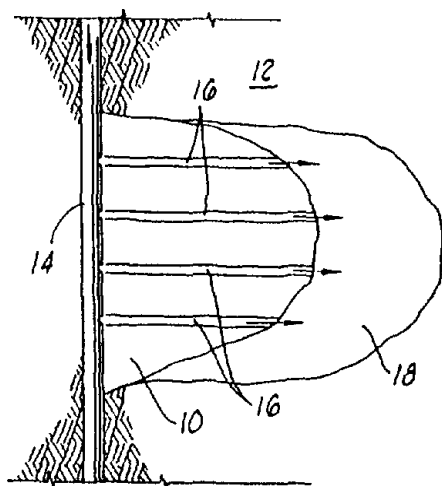


图 4

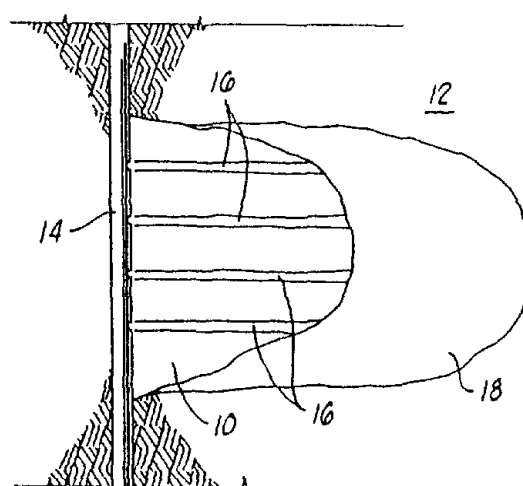


图 5

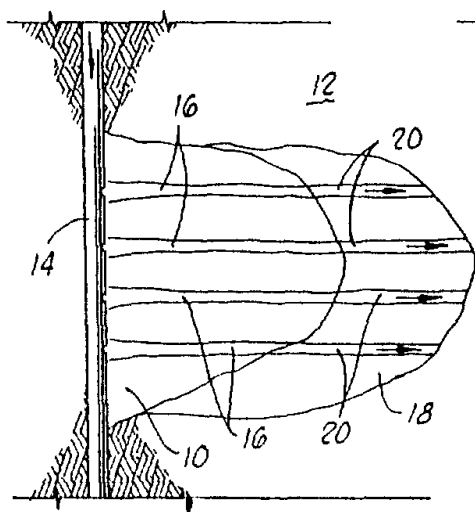


图 6

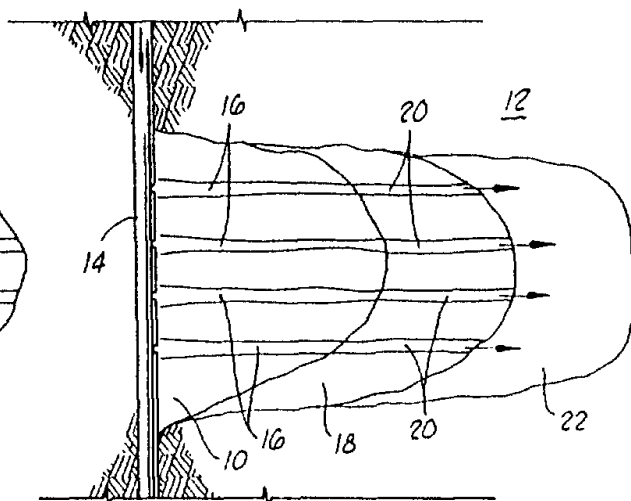


图 7

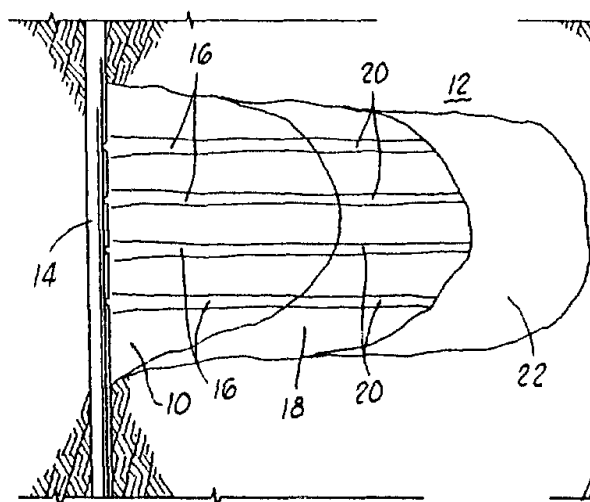


图 8

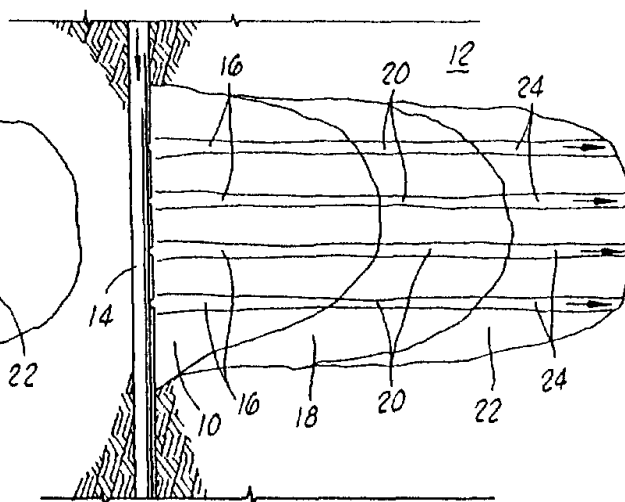


图 9