

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

E21B 43/26

E21B 43/27



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98121360. X

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1144932C

[22] 申请日 1998. 10. 16 [21] 申请号 98121360. X

[30] 优先权

[32] 1997. 10. 16 [33] US [31] 951719

[71] 专利权人 瓦斯塔资源有限公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 W·C·里瑟 S·V·布罗斯

审查员 张 利

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

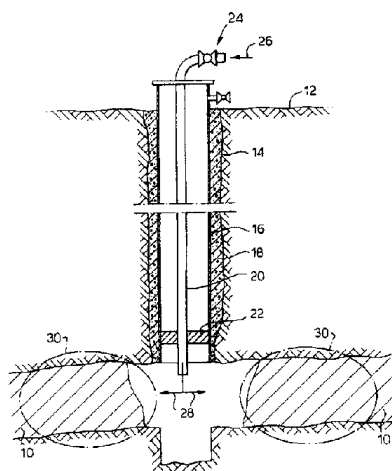
代理人 卢新华 周慧敏

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称 一种从地下碳质层中增加甲烷开采率的方法

[57] 摘要

一种从地下碳质层增加甲烷开采率的方法，它借助于用化学方法在碳质层中激发生成内生裂隙，并增大表面积，以增大从碳质层开采甲烷的速率，该方法包括：往碳质层中注入气态氧化剂，以激发形成内生裂隙并增大碳质层中含碳物质的表面积；并随后从碳质层中以提高的速率开采出甲烷，而气态氧化剂溶液包括臭氧、氧及其组合。



1. 一种从至少由一口井穿透的地下碳质层中增加甲烷开采率的方法，其中碳质层是含有随无机物存在于地层中的含碳物质层，该方法包括：
5 括：

a) 向碳质层中注入气态氧化剂，该气态氧化剂选自臭氧、氧、臭氧和氧的组合、富氧空气和由惰性气态稀释剂稀释以形成气态氧化剂混合物的臭氧，该气态氧化剂混合物中含臭氧最高为 100 体积%；

b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层内保持一段选定的时间，以激发在碳质层中形成内生裂隙；以及
10 发在碳质层中形成内生裂隙；以及

c) 从碳质层中开采甲烷。

2. 权利要求 1 的方法，其中碳质层含有泥质矿物并且从碳质层中的泥质矿物表面开采甲烷。
15

3. 权利要求 1 的方法，其中气态氧化剂包括含有至少 30 体积%氧的富氧空气。

4. 权利要求 2 的方法，其中气态氧化剂包括含有至少 30 体积%氧的富氧空气。
20 富氧空气。

5. 权利要求 3 的方法，其中气态氧化剂包括含有至少 50 体积%氧的富氧空气。

6. 权利要求 4 的方法，其中气态氧化剂包括含有至少 50 体积%氧的富氧空气。
25 富氧空气。

7. 前述权利要求之任一项的方法，其中气态氧化剂是通过一口井注入到碳质层内的；该井被封闭一段选定的时间；然后，才从该井中开采甲

烷。

8. 权利要求 1-6 之任一项的方法，其中碳质层是含有随无机物存在于地层中的含碳物质层并且由至少一口注入井和至少一口开采井穿透，该方法包括：

- a) 通过注入井向碳质层内注入气态氧化剂；
- b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层内保持一段选定的时间，以激发在碳质层形成内生裂隙并增加含碳物质内的表面积；以及
- c) 通过开采井从碳质层开采甲烷。

10

9. 权利要求 7 的方法，其中碳质层是含有随无机物存在于地层中的含碳物质层并且由至少一口注入井和至少一口开采井穿透，该方法包括：

- a) 通过注入井向碳质层内注入气态氧化剂；
- b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层内保持一段选定的时间，以激发在碳质层形成内生裂隙并增加含碳物质内的表面积；以及
- c) 通过开采井从碳质层开采甲烷。

一种从地下碳质层中 增加甲烷开采率的方法

5

技术领域

本发明涉及从地下碳质层增大甲烷开采率的方法，它用气态氧化剂对该地层进行化学激发而达到增产的目的。本发明适用于从含碳物质与无机物沉积构成的地层中，例如碳质页岩地层中强化开采甲烷。所增加的开采率是借助于两种作用促使轻质烃从这些碳质地层中解吸出来而达到的：其一是增大含烃的有机物段的表面面积，其二是在这些含碳物质中诱导形成内生裂隙和其它新的表面。碳质层为页岩是部分由泥质矿物组成的。本发明也适用于吸附在这些泥质矿物中的轻质烃的强化开采。

15

背景技术

已经发现在含有含碳物质，包括煤素质、油母岩质和其它有机物质的地层中具有相当大量的甲烷气，这些有机物质在地层中是与无机物质如砂、泥和类似碎屑物质共同存在的，这样的地层在此被称为“碳质层”。许多这样的碳质层都含有大量的甲烷或其它被吸收或吸附的轻质烃如甲烷，但由于所含的含碳物质的渗透率和暴露表面积过小，不能使甲烷从地层中有效释放，因此并不能方便地从这种地层中开采甲烷。

在本说明书的论述中，术语“吸收”和“吸附”是通用的，意指保留在含碳物质内或表面上的甲烷或其它轻质烃，或在保留在泥质矿物物质内或表面上的甲烷或其它轻质烃，这些泥质矿物物质是存在于碳质层中的。

因此，人们曾作了持续的努力来开发一套方法，以复制出在煤层中能造成较充分扩展的内部裂隙系统的有效条件，以提高碳质层中甲烷的开采率。

30

发明内容

本发明提供了从地下碳质层中提高甲烷开采的方法，它需在碳质层至少穿透一口井，该方法包括：

- a) 往碳质层内注入气态氧化剂；
- 5 b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层中保持一段选定的时间，以激发在碳质层中形成内生裂隙；以及
- c) 从该碳质层中以提高的速率开采甲烷。

更具体地讲，本发明提出一种从至少由一口井穿透的地下碳质层中增加甲烷开采率的方法，其中碳质层是含有随无机物存在于地层中的含碳物质层，该方法包括：

- a) 向碳质层中注入气态氧化剂，该气态氧化剂选自臭氧、氧、臭氧和氧的组合、富氧空气和由惰性气态稀释剂稀释以形成气态氧化剂混合物的臭氧，该气态氧化剂混合物中含臭氧最高为 100 容积%；
- 15 b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层内保持一段选定的时间，以激发在碳质层中形成内生裂隙；以及
- c) 从碳质层中开采甲烷。

往地层中注入气态氧化剂，并在其中保持一段选定的时间，能激发并促进甲烷和其它烃质烃从该地层中的含碳物质和泥质矿物组分中解吸出来；使甲烷从地层迁移入井孔；并使甲烷得以以提高的速率从地层中开采出来。

适用的氧化剂为臭氧、氧及其组合。

在本发明的一种实施方案中，地下碳质层被穿透有至少一口注入井和至少一口开采井，该方案甲烷开采率的提高是借助于：

- a) 通过注入井向该地层中注入气态氧化剂；以及
- 25 b) 通过开采以提高的速率开采甲烷。

按照本发明的另一种实施方案，碳质层是含有随无机物存在于地层中的含碳物质层并且由至少一口注入井和至少一口开采井穿透，而本发明方法包括：

- a) 通过注入井向碳质层内注入气态氧化剂；
- 30 b) 将至少一部分气态氧化剂在碳质层内保持一段选定的时间，以

激发在碳质层的含碳物质内形成内生裂隙并增加表面积；以及

c) 通过开采井从碳质层开采甲烷。

本发明能有效提高从与无机物质一起沉积的含碳物质中的甲烷的开采率，并能提高吸附到无机物质上或吸附在无机物质内的甲烷的开采率。

附图说明

下面将参照优选实施方案并借助于附图对本发明作更详细的描述，附图有：

10 图 1 为从地面穿透地下碳质层的井的简图。

图 2 为从地面穿透破裂过的地下碳质层的井的简图。

图 3 为从地面穿透地下碳质层的注入井和开采井的简图。

图 4 为从地面穿透地下碳质层的注入井和开采井的简图，其中碳质层在注入井这边已破裂。

15 图 5 为 5 眼式注入井和开采井的布局简图。

具体实施方式

在讨论图时，对相同或相似的部件，在本说明书中都将使用同样的数码。

20 图 1 示出被井孔 (wellbore) 14 从地面 12 穿透的碳质层 10。井孔 14 包括有套管 16，套管在井孔 14 中靠水泥 18 定位。虽然示出的是带套管的井孔，但应理解在诸图中所示出的优选方案中，带套管和不带套管的井孔都是可以使用的。套管 16 可以伸入碳质层 10 内或者穿越碳质层 10，而在碳质层处的套管上穿孔，以使碳质层 10 和井孔 14 之间形成
25 液气相通，这两种方法可以选择一种。井孔 14 伸入碳质层 10 并包括有管子 20 和镇压器 (packer) 22。装设镇压器 22 的目的是防止管子 20 的外径与套管 16 的内径之间发生流通。井孔 14 还包括有往碳质层 10 注入气流或液流、或者从碳质层 10 开采气流或液流的装置 24。

在本发明的实践中，气态氧化剂按图示箭头 26 通过管子 20 注入，
30 并按图示箭头 28 进入碳质层。激发区域用圆圈 30 表示。往碳质层 10

内注入气态氧化剂需达一段选定的时间，以在碳质层 10 中所含的有机物质内增加或激发其形成额外的表面积或内生裂隙。气态氧化剂注入所用的时间和注入数量，应考虑足以增强区域 30 内的碳质层 10 中存在的有机物质对吸收在其上或其内的甲烷或其它轻质烃的解吸能力。在气态氧化剂被注入了一段选定的时间和选定的量以后，应有一段封井时间，时间可达 24 小时或 24 小时以上。典型的做法是，井要封到井孔中的压力恢复到地层压力时为止，此后再额外延长至少 12 小时。另一种办法是，在注入气态氧化剂过程中，氧化剂已在碳质层 10 中存在着足够长的时间。在封井时间内，可让气态氧化剂迁移进入碳质层 10 以氧化碳质层 10 的组分，从而增大碳质层 10 中有机物质的表面积和内生裂隙。在封井时间内，还可让氧化剂迁移进入碳质层 10 以分离那些吸附在碳质层 10 内泥质矿物上的甲烷和其它轻质烃。在封井时间以后，就可从区域 30 内的碳质层 10 至脱水碳质层 10 中采出水、甲烷或两者兼而有之，然后再开采甲烷。这里“脱水”一词并非是指从碳质层 10 中抽走全部的水，而只是指从碳质层 10 中抽走足够的水，以开通碳质层 10 中的通道，以便通过这些通道从碳质层 10 中开采出甲烷。

可使用的气态氧化剂有臭氧、氧及其组合。其中，优选的是臭氧。当使用臭氧时，臭氧在气态氧化剂中的浓度可高达 100%。如果使用浓度低于 100% 的臭氧时，则可用任何适用的气体稀释剂。

当使用氧时，氧在气态氧化剂混合物中浓度达约 50%（体积）是适当的，优选为 30%（体积），符合需要的浓度为约 23%~35%（体积）。含氧的气态氧化剂混合物可以是空气，但优选是含有上述氧浓度的富氧空气。氧化剂可以气态氧化剂混合物的形式按上述范围组合使用。

最好氧化剂是以气态氧化剂混合物使用，该混合物可加以调节以防止在井孔中或煤层中发生燃烧，防止井孔附近的碳质层发生气化或液化，等等。本专利申请人寻求的是在物理上改变碳质层的结构，以激发内生裂隙的形成并增大碳质层中含碳物质的表面积，以便增大碳质层对气体和液体的渗透率，与此同时，还要避免发生燃烧过程。通过碳质层中的自然裂缝、人工裂缝和其它现存的通道等途径，将气态氧化剂混合物用于碳质层表面，可使之与含碳物质、包括煤素质接触，影响煤素质

组合物、煤素质构造和煤素质面之间的接合，从而激发内生裂隙和裂隙系统的形成，增大含碳物质的表面积，并增大碳质层的渗透率。这一处理方法不会导致从碳质层中排出固态的或颗粒状的含碳物质，或导致含碳物质燃烧。而相反地，是借助于造成内生裂隙和裂隙系统来改变含碳物质的结构，因而可增大表面积并增大碳质层中的渗透率，这样就可不从碳质层中排出固态的或颗粒状的含碳物质、又未引起碳质层中固态含碳物质的气化或其它有形破坏而实现这些目标。

10 注入气态氧化剂可促使在碳质层中形成额外的自由表面积和内生裂隙，并促使甲烷和其它轻质烃从有机物质中和其被吸附的泥质矿物表面上释放出来。

在图 1 所示的实施方案中，只用一口井来注入气态氧化剂，来用化学方法增强或激发在碳质层 10 的有机物质中形成额外的自由表面积和内生裂隙，并促使区域 30 内泥质矿物上所吸附的烃释放出来，从而使地层中的水泄放出来并增大碳质层 10 的甲烷开采率。这里的“增大”
15 一词是指相对于未经处理的碳质层的变化。

在图 2 中示出一个类似的实施方案，不同之处是其中的碳质层 10 已破裂出裂缝 32。井的操作也基本上与图 1 所示的相同，不同的是碳质层 10 事先已破裂。举例说，如果碳质层 10 是足以不可渗透的，就需要使用传统的破碎措施作为先期的激发方法，随后再使用气态氧化剂。在此情况下，就需如前所述地封井，并从前述同样的氧化剂中选择氧化剂。碳质层 10 中的裂缝在注入气态氧化剂以前形成。如果需要的话，
20 氧化剂可在裂缝坡度之上或之下（加压）注入。

在图 3 中，注入井 34 和开采井 36 从地面 12 穿透碳质层 10。注入井 34 和开采井 36 之间保持的间隔距离系根据具体的碳质层的特性等因素确定。按照本发明，气态氧化剂是通过注入井 34 按箭头 26 和 28 所示注入到碳质层 10 中，来处理区域 30，区域 30 一般地是从注入井 34 往周围方向伸展，但优选向开采井附近伸展。开采井 36 是用来从碳质层 10 中抽取水和甲烷。水和甲烷从开采井 36 开采会引起气态氧化剂向开采井 36 迁移。最好气态氧化剂的注入一直持续到在开采井 36 中测到
25 水量已经增加，或者持续到渗透率或表面积已经增大或所开采的流体的
30

量已经增大。渗透率、表面积或从开采井 36 所开采的流体量的增大是碳质层 10 中渗透率、表面积或两者增大的征兆，并伴随着从被开采碳质层 10 中释放出额外的流体量，如图中穿过开采井 36 的箭头 38 和箭头 40 所示。多个箭头 38 系从两个方向指向开采井 36，它预示着将从碳质层 10 中的未经处理部分持续地以较低速率开采水。

图 4 示出与图 3 相似的实施方案，不同之处是其中的碳质层 10 已破裂出裂缝 32。图 2 所示实施方案中的裂缝 32 基本上可以是任何长度的。但图 4 所示的实施方案则相反，裂缝 32 的伸展长度要求不超过至开采井 36 的一半距离。很明显，如果裂缝 32 一直伸展到开采井 36，则在注入井 34 和开采井 36 之间难以利用任何种类的流体或气体的推动压力。因此，要求裂缝长度不要超过注入井 34 和开采井 36 之间距离的一半。有裂缝 32 的气态氧化剂的应用方法在前面已经讨论过了。

在图 5 中示出了 5 眼式布局的井。多眼布局的井，如 5 眼布局的井在本发明的实践中是很有用的，而且可在广泛领域以续生模式 (recurring pattern) 采用。这样的布局对本领域技术人员是众所周知的，因而只准备作一简单的讨论。在图 5 所示的布局中，气态氧化剂系通过注入井 34 注入，以处理区域 30，提高开采井 36 的水和甲烷的开采。当从开采井 36 以增大的速率开采出流体，证明所要求的形成内生裂隙或增大渗透率已经实现，就停止注入气态氧化剂，并可把注入井 34 转变为开采井。被处理过的区域 30 将会产生出额外的甲烷开采率和额外的最终甲烷开采率。

本发明的方法作为气体注入处理的预处理，以提高碳质层 10 的甲烷开采率也是很有用的。使用二氧化碳，或是单独使用或是与其它气体一起使用来提高煤层的甲烷开采率是众所周知的。对本领域的技术人员来说，与此类似地使用惰性气体，如氮、氩等借助于在煤层中增大压力的办法来从煤层中排出额外的甲烷量，由此当煤层裂隙的大气中甲烷的分压降低时排出额外的甲烷，这一方法也是众所周知的。使用这一方法要求碳质层能透入或透过气体流以使甲烷得以开采，同时还要求有机物质内含有的大量甲烷具有可得以解吸的可用自由表面。本发明的方法可使碳质层的有机物质中增大自由表面和内生裂隙，并可提高更富有有机

物质的碳质层的渗透率，并形成了任由处理的连续网，因而可在使用气体吹扫处理或气体解吸处理之前使用本发明的方法，以提高甲烷的开采率。

- 5 尽管本专利申请人不希望受任何特殊的理论所束缚，但本发明的方法借助于在与氧化性溶液（oxidizing solution）接触的碳质层区域内形成自由表面或裂隙系统而能发挥作用。一般说来，本发明的方法能有效地从含有一定数量的甲烷的碳质层中的煤素质、油母岩质和其它无机物质中增大甲烷解吸的可用表面积。看来，甲烷也能吸附在无机物质、特别是泥土上，也可吸附在这种碳质层中的有机物质上，而且，借助于本方法，
- 10 既可从有机物质、也可从无机物质中提高甲烷的开采率。

在参照某些优选实施方案对本发明进行描述后，应当注意，所讨论的实施方案是说明性的，而不是限制性的，而且在本发明的范围之内可能有很多的方案和改动。本领域的技术人员在回顾了上述优选实施方案后，许多这样的方案和改动可能被认为是明显而必要的。

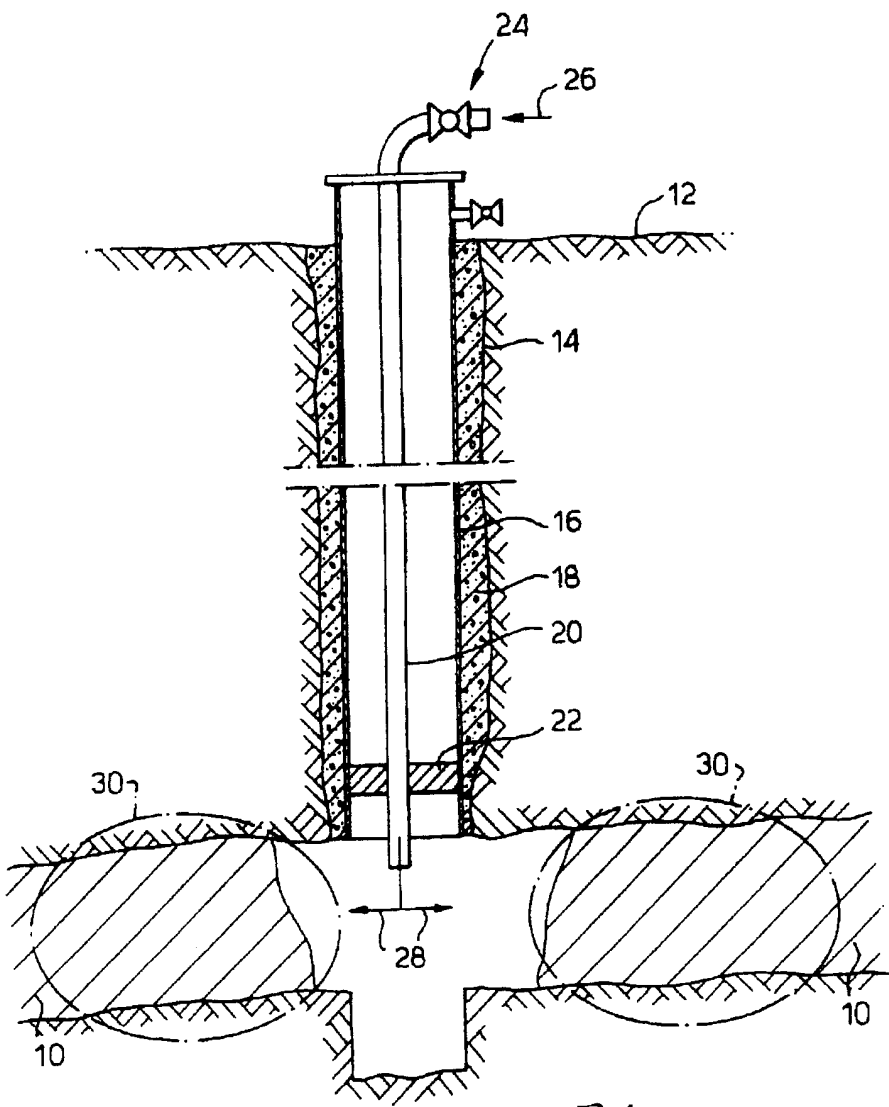


图 1

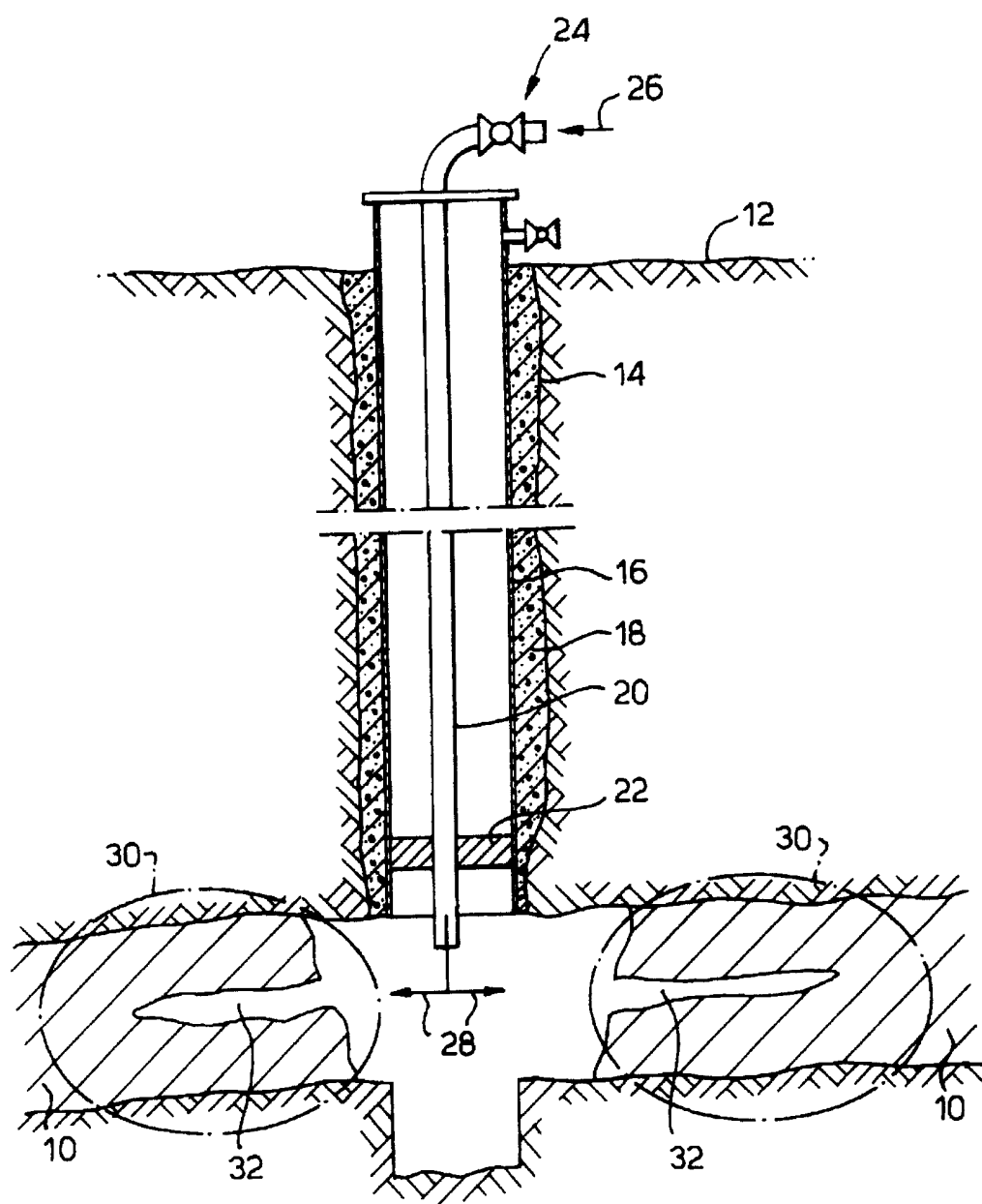


图 2

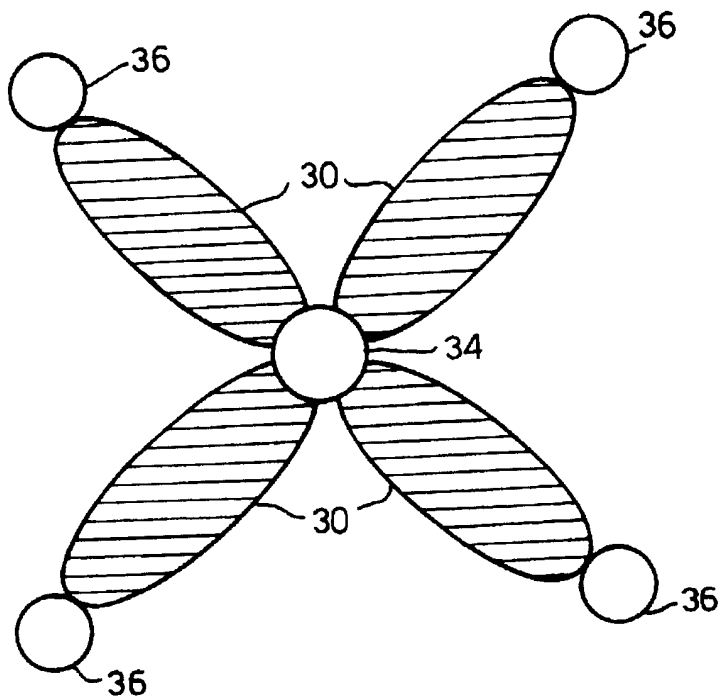


图 5