

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 43/38 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03812550.1

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1332121C

[22] 申请日 2003.4.24 [21] 申请号 03812550.1

[30] 优先权

[32] 2002.4.24 [33] EP [31] 02252878.0

[86] 国际申请 PCT/EP2003/004360 2003.4.24

[87] 国际公布 WO2003/091538 英 2003.11.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.30

[73] 专利权人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

[72] 发明人 迪尔克·J·利格特尔姆

保卢斯·H·J·韦贝克

[56] 参考文献

US5443120A 1995.8.22

WO0165064A 2001.9.7

US6336505B1 2001.1.8

US5913363A 1999.6.22

US5366011A 1994.11.22

US4131161A 1978.12.26

审查员 宫剑虹

[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 郑修哲

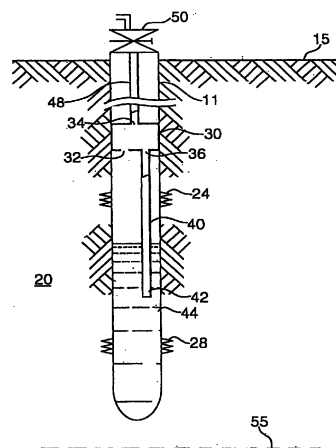
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

开采烃气的方法和生产井

[57] 摘要

一种从地下岩层开采气体的方法，该地下岩层由一通向地表的生井所贯入，该方法包括使含有气体和液体的岩层流体在一生产层段处从地下岩层流入生井；使岩层流体分离成一气体组分和一液体组分；通过生井将气体组分开采至地表；在生井中聚集液体组分以形成一液柱，该液柱在生井的一排放层段具有超过周围岩层中压力的压力；以及包括在排放层段处对生井壁进行处理和/或对排放层段周围的岩层进行处理以提高液体进入周围岩层的流速从而让液体在排放层段处从液柱排放入周围岩层。



1. 一种从地下岩层开采气体的方法，该地下岩层由一延伸至地表的的生产井所贯入，该方法包括步骤：

- 使含有气体和液体的岩层流体在一生产层段处从地下岩层流入生产井；
- 使岩层流体分离成一气体组分和一液体组分；
- 通过生产井将气体组分开采至地表；
- 在生产井中聚集液体组分以形成一液柱，该液柱在生产井的一排放层段具有超过周围岩层中压力的压力；以及
- 使液体在排放层段处从液柱排放入周围岩层，

其中让液体从液柱排放出去的步骤包括在排放层段对生产井壁的处理和/或对排放层段周围岩层的处理以便提高液体进入周围岩层的流速。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于使液体排放出去的步骤还包括在排放层段的生产井壁上布置穿孔。

3. 如权利要求1或2所述的方法，其特征在于通过向液体加入化学活性剂从而对生产井的壁进行处理。

4. 如权利要求3所述的方法，其特征在于该化学活性剂是一种酸。

5. 如权利要求1所述的方法，其特征在于通过在周围岩层中产生裂纹而对其进行处理。

6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于对液柱施加压力脉冲。

7. 如权利要求1所述的方法，其特征在于所述的生产井是一个竖直井，使岩层流体分离的步骤包括将生产井中开采出的气体组分的流速控制为仍然低于一临界气体流速，从而在没有一专用分离器的情况下岩层液体也能在生产井中分离。

8. 如权利要求1所述的方法，其特征在于使岩层流体分离的步骤包括让岩层流体进入气体/液体分离器的进口，该分离器具有气体组分和液体组分的出口。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于在分离器的液体出口接收的液体通过一导管被引导至生产层段之下的一个位置。

10. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于气体/液体分离器布置在生产井中。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于岩层流体包括液体蒸汽或者溶解在气体中的液体, 并且其中生产井中的气体/液体分离器布置于正常运行期间液体从岩层流体中凝固出来的深度之上。

12. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于分离器布置在地表上。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在正常运行期间, 气体组分连续地开采至地表上; 并且其中液柱的液体可以在开采气体组分的同时排放出去。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在正常运行期间, 气体组分的开采每隔一段时间就中断, 其间隔时间足以让足够的液体从液柱排放入岩层, 以使得液柱高度降低至一预定高度以下。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于气体组分主要由烃气构成, 并且其中液体主要由水构成。

16. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于所述的生产井是不加套管的, 在正常操作中, 沿着生产井水柱的液体静止力确定生产井作为生产段及排放层段的区域。

17. 一种从一地下岩层开采气体的生产井, 该井从地表向下延伸并且布置为贯入地下岩层, 该生产井包括:

一使含有气体和液体的岩层流体从地下岩层流入生产井的生产层段; 和

一排放层段,

其中生产井是如此地布置使得在正常运行期间从岩层流体分离出的一液体聚集起来以形成一至少部分地覆盖排放层段的液柱, 并且其中排放层段布置为使液体从液柱排放入周围的岩层, 通过对排放层段的生产井壁进行处理和/或对排放层段周围的岩层进行处理。

18. 如权利要求 17 所述的生产井, 其特征在于还包括一气体/液

体分离器，该分离器具有一岩层流体的进口、一分离的气体组分的出口以及一分离的液体组分的出口。

开采烃气的方法和生产井

技术领域

本发明涉及一种从地下岩层中开采气体，尤其是烃气的方法和系统。

背景技术

在已知的用于开采烃气的系统中，一生产井用于贯入含气岩层。储层流体可以例如通过在一定深度处油井套管中的穿孔容纳于一生产层段中。储层流体通常除了气体之外还包括液体，尤其是水。

在例如从一所谓的高渗透性岩脉进入生产井时，液体通常存在于岩层流体中。当生产层段深度的储层条件（压力、温度）是如此以致于岩层流体包含有溶解在气体中的蒸汽或液体时，液体也可以在通向地表的过程中通过凝固而形成。

当通向井上的流速足够低时，液体将在重力的作用下从岩层流体中分离出来、下沉至井底，在该处液体聚集从而形成一液柱，通常为一水柱。

一般来说不希望形成水柱，因为当水柱完全或部分覆盖生产层段时，储层流体的流入会受到阻碍或甚至会停下来。现有技术中使用了很多常规的方法来解决气井中水柱的形成。

一种方法是在井中安装生产管道，所谓的速度套管（velocity string），其用于限制开采至地表的流体的有效横截面面积，从而足够地提高流速以防止气体/液体分离。另一种方法是使用起泡化学制品，其降低分离的水的表面张力从而使得水可以更容易地被气体输送至地表。再一种已知的方法是将水从水柱中泵送至地表，这也称为柱塞提升。在又一种方法中使用了一压缩机以降低井口压力。

美国专利说明书 No. 5 913 363 公开一种用于在气井中对一生产层段所容纳的气体进行井下分离出水的方法，其使用了一布置在生产层

段之上方的井下气体/水分离器，其中分离出的水通过栓塞和一压力敏感阀导向至一处置岩层。

美国专利说明书 No. 5 443 120 公开一种利用重力在由封隔器隔离的一倾斜井身的一部分中从烃气中进行井下分离出水的方法，并且其中分离出的水注入一压力比生产岩层更低的处置岩层中。

美国专利说明书 No. 5 366 011 公开一种具有特别的套管/导管布置的气井。该布置形成了与生产岩层相通的一环形空间并且具有一滑筒以有选择地让环形空间和导管之间液体相通。水可以在环形空间中从气体中分离出来并且可以流入导管并且从那里流入一非生产层段。

美国专利说明书 No. 6 336 504 公开一种用于水的井下分离和注射的方法，其中储层流体至少包含一些油、水和可选的气体，并且其中一分离器布置在井中一可变的位置处以在一足够的压力处开采出水以注入一处置岩层中。

已知的方法只能应用于特殊的情况下并且都有缺点，尤其由于与气体开采的相互影响、复杂性和成本的关系。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种从地下岩层开采气体的新方法，其中液体从容纳于一生产层段的岩层流体中分离出来，并且在生产井中形成一液柱。

再一个目的是提供一用于实施本发明方法的生产井。

为此，根据本发明，提供了一种从地下岩层开采气体的方法，该地下岩层由一延伸至地表的生產井所貫入，该方法包括步骤：

- 使包含有气体和液体的岩层流体在一生产层段处从地下岩层流入生产井；
- 使岩层流体分离成一气体组分和一液体组分；
- 通过生产井将气体组分开采至地表；
- 在生产井中聚集液体组分从而形成一液柱，该液柱在生产井的一排放层段处的压力超过周围岩层的压力；以及
- 使液体在排放层段处从液柱排放入周围岩层，

其中使液体从液柱排放出去的步骤包括在排放层段处对生产井的壁的处理和/或对排放层段周围岩层的处理以提高液体进入周围岩层的流速。

本发明还提供一从地下岩层开采气体的生产井，该井从地表向下延伸并且安排用来贯入地下岩层，该生产井包括：

- 使包含有气体和液体的岩层流体从地下岩层流入生产井的一生产层段；和
- 一排放层段，

其中生产井是如此地布置使得在正常运行期间从岩层流体分离的液体聚集起来从而形成一至少部分地覆盖排放层段的液柱，并且其中排放层段布置为使液体从液柱排放入周围岩层，通过对排放层段的生产井的壁进行处理和/或对排放层段周围的岩层进行处理。

本发明基于申请人所获得的理解，可以利用液体的自重将其排放入岩层中，即由于形成于液柱中的流体静压力，如果在排放层段和周围岩层之间存在足够的流体连通。由于很多原因这是很有利的。第一个优点是，通过应用该方法，在正常运行期间可以对液柱达到的高度进行限制。因此，也就限制了由液柱所形成的对流入岩层的流体的阻碍。再一个优点是，包含在储层流体中的水无需开采至地表，并且可以在各种实际情况中在地下简单地排放出去，而无需使用特别的注射设备，例如一分离注射井和泵。

应当说明的是，排放层段可以分开地布置在生产层段之下。当井包含一长段与周围含气岩层直接流体相通的层段，并且在正常运行期间在部分重叠该层段的井中形成有一液柱时，该层段的上部代表一生产层段而下部为一排放层段，其界线由重叠量确定。

让液体从液柱排放出去的步骤适当地包括对井壁的处理和/或对排放岩层周围岩层的处理以使得液体更易于流入周围岩层。当井身没有加套时，对井身壁的处理是特别有利的。

适当地，在排放层段处生产井的壁上布置有穿孔，尤其是当井带有套时。

附图说明

现在通过实施例，并参考附图，对本发明进行更详细地说明。在附图中：

图 1 示意性地示出了一油井中的压力分布，其有一液柱和顶部上的一气柱；

图 2 示出了作为渗透性 - 厚度积 $(kh)_{inj}$ 的函数的液体排放速度 $Q_{l,d}$ 对于三个液柱高度的计算实施例曲线图；

图 3 示出了作为渗透性 - 厚度积 $(kh)_{inj}$ 的函数的液体排放时间常数 τ 的计算实施例曲线图；

图 4 示出了作为渗透性 - 厚度积 $(kh)_{inj}$ 的函数的高度 H 对于三个液柱高度的计算实施例曲线图；

图 5 示意性地示出了本发明的第一个具体实施例；

图 6 示意性地示出了本发明的第二个具体实施例。

具体实施方式

参考图 1。图中示意性地示出了沿着一处于静止位置（例如在气井关闭期间）的垂直井的深度 d （单位：m）的压力 p （单位：Pa）分布，该垂直井在其底部有一液柱，在其顶部有一气柱。地表（ $d=0$ ）处的压力表示为 P_0 。井在地表和液柱顶部深度 d_1 之间充满气体。气体充满部分 1 中的压力 p 随着深度 d 线性地增大， $p(d) = p_0 + \rho_g g d$ ，其中 ρ_g 是气体的密度（ kg/m^3 ）， g 是标准的地心重力。

在液柱（图中为附图标记 3）中，流体静压力 p 随着液体的密度 ρ_l 成比例地增大， $p(d) = p_0 + \rho_g g d_1 + \rho_l g (d - d_1)$ 。当在一定深度处井与周围岩层流体相通，并且该处岩层的压力很低时，液体将排放入岩层。

在一个用于气井关闭的简单模型中，当井在顶部封闭时含气岩层中作为深度的函数的压力分布和完全充满气的井中的压力分布相同，即对应于图 1 中压力曲线的 1 段和 5 段所构成的压力分布。在这种情况下，当井在 $d_p > d_1$ 的深度处设有排放穿孔，液柱排放出去的驱动力为压力差 $\Delta p = (\rho_l - \rho_g)g(d_p - d_1)$ 。

在这种情况下，液柱排出的排放速率 $Q_{l,d}(\text{m}^3/\text{s})$ 可以估算为

$$Q_{l,d} = \frac{2\pi(kh)_{inj}}{\mu_l \left\{ \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + S \right\}} \cdot \Delta p \quad (1)$$

其中

$(kh)_{inj}$ 表示在排放层段处岩层的渗透率 - 厚度乘积 (m^3);

μ_l 为液体的粘度 ($Pa \cdot s$);

r_e 为井的排放半径 (m);

r_w 为井身半径 (m);

S 是井壁阻力系数 (数字);

以及 Δp 已经在前面进行了定义。

液柱排放的特征时间的表达式可以在以下假设之上得到: 假定在一个微分时间单元 dt 内排放出去的液体体积 dV 与排放层段之上液柱的高度 H 成比例, $H = (d_p - d_1)$ 。比例常数可以从公式 (1) 中得到。这样得到的一个微分方程式的积分得到了一个液柱高度随时间简单地指数式的衰减, 其中时间常数 $\tau(s)$ 由下式给出:

$$\tau = \frac{r_w^2 \mu_l \left\{ \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + S \right\}}{2(kh)_{inj} \Delta \rho g}, \quad (2)$$

其中 $\Delta p = (\rho_l - \rho_g)$, 并且其中所有其它符号和前面所定义的具有相同的意义。

现在参考图 2, 其中示出了作为渗透率-厚度乘积 $(kh)_{inj}$ (立方米) 的函数的液体排放速率 $Q_{l,d}(m^3/天)$ 。还示出了在排放穿孔顶部之上液柱顶部的三种不同高度 H 时的曲线, a) $H = 5m$; b) $H = 25m$; c) $H = 100m$ 。曲线是利用表 1 中对于一普通气井所选定的下述参数基于公式 (1) 而计算出的。

表 1

量	数值
r_e	850m
r_w	0.1m
(机械)井壁阻力 S	+5
液体(水)粘度 μ_l	0.4mPa·S
液体(水)密度 ρ_l	1000kg/m ³
气体密度 ρ_g	75kg/m ³

在气体开采期间,液体(水)进入井的速率 $Q_{l,d}$ 通常为 $1\ldots 4\text{m}^3/\text{天}$ 的数量级,并且还在图 2 中表示。图中表示出了当井关闭时,水排放出去的速度与水进入的速度在数量级上相同或更大。

图 3 示出了利用表 1 中参数值计算出的作为渗透率-厚度乘积 $(kh)_{inj}$ (毫达西·米)函数的公式(2)中的时间常数 τ (天)。

公式 1 和 2 由关闭的气井而得到的,也就是在地表关闭从而不再开采气体的气井。当井关闭大约 5 倍于时间常数 τ 的时间时,排放穿孔之上的液柱将会已经消失。

而且,当井没有关闭时,当储层流体在排放层段之上的生产层段中容纳于井中时,水会排放出去。在一个平稳状态时,液体进入的速率 $Q_{l,e}$ 等于液体排放的速率 $Q_{l,d}$ 。平稳状态时液柱高度 H (m) 的估计值可以通过改写公式(1)和用 $Q_{l,e}$ 代替 $Q_{l,d}$ 而得到,如下

$$H = \frac{Q_{l,e} \cdot \mu_l \cdot \left\{ \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + S \right\}}{2\pi(kh)_{inj} \cdot \Delta\rho g}, \quad (3)$$

其中所有的符号具有与以前所定义的同意义。

图 4 示出了利用表 1 中的参数通过公式(3)计算出的对于三种液体进入速率的高度 H , a) $Q_{l,e} = 1\text{m}^3/\text{天}$; b) $Q_{l,e} = 2\text{m}^3/\text{天}$; c) $Q_{l,e} = 4\text{m}^3/\text{天}$ 。

显然,如果液体进入速率 $Q_{l,e}$ 大于临界 $Q_{l,e;crit}$,液柱的高度将会大于正常运行时井所能承受的高度。在那样的情况下,可以不时地中

断气体组分向地表上的开采，其时间间隔足够长（例如 5 倍的时间常数 τ ）以让足够的液体排放入岩层。在这些关闭期间，液柱高度降低至低于一个预定高度，之后可以继续生产。

当液体进入速率小于临界液体进入速率时，气体组分可以持续地开采至地表上，同时可以让液体随着气体组分开采的同时排放出去。

临界液体进入速率 $Q_{l,e,crit}$ 的数值取决于很多因素，例如流入储层的流体的液体/气体比率，气井的形状、穿孔的分布、排放特性以及储层压力和温度。实际上其可以利用模拟工具来确定。

根据实际情况，有多种方法可以让液体在排放层段排放出去。

当井身在排放层段时成为不带套管时，一旦形成足够高度的液柱，排放就会自然地发生。

另一种适当的方式是对生产井壁上的穿孔进行布置，尤其是当井带有套管时。

如果在一种给定的情形下液体进入速率大于临界液体进入速率，液体进入岩层的排放速率可以通过在排放层段对生产井壁进行处理和/或对排放层段周围岩层进行处理而增大。这种处理使得液体更易于流入周围岩层。对井身壁的处理对于当井身没有被套起来时是特别有利的。这样的处理一般只能达到岩层里一个有限的距离。

井身的一种适当的处理方法是利用化学药品的处理方法。例如，可以使用例如盐酸等酸除去沉淀在井身壁上的泥浆和细屑，从而降低液体流入岩层的阻挡层（“表层阻挡”）。酸可以向下泵送并和水柱相混合。酸不会长久保持活性，一般少于 24 小时。

在对排放岩层周围的岩层的适当处理中，对液柱施加压力脉冲以使得在排放岩层周围的岩层更深处产生微裂纹。可以利用已知的现有技术通过液压脉冲来提供压力脉冲，也称作声波脉冲。

也可以混合应用化学和压力处理，从而加速化学反应，并且也是为了使形成于岩层里的微裂纹更尖锐。

当生产井上气体的流速 Q_g (m^3/s) 足够低，并且因此井中的流速也足够低时，液体将会分离从而液体将会下沉到井底、在该处聚集形

成一液柱。

在较高的气体流速时液体分离不会自然地发生。在重力作用下分离会自然发生的临界气体流速 $Q_{g,crit}$ 的估计值可以由下述公式获得

$$Q_{g,crit} = \frac{\pi D^2 c}{4} \cdot \left[\frac{(\rho_l - \rho_g) g \sigma}{C_D \rho_g^2} \right]^{1/4} \quad (4)$$

该公式在现有技术中称作特纳 (Turner) 准则。该公式中所用的符号具有下述意义:

D = 井的直径 (m);

c = 一数值常量, 其值适当地为 2;

ρ_l = 液体密度 (kg/m^3);

ρ_g = 气体密度 (kg/m^3);

σ = 表面张力 (kg/s^2);

C_D = 阻力系数 (数值)。

一个典型的临界气体流速等于约 5 - 6m/s 的气流速度。

当气体流速大于临界气体流速时, 气体的流动能量很高, 足以能将液体运送至地表, 这也称作油雾流动状态。在这种情况下, 本发明的方法可以有利地通过在井下或者在井面上布置一气体/液体分离器而使用。这个分离器布置为通过一进口接受岩层流体, 并且具有至少一气流和一液流的出口。然后液流用于形成井下的液柱。适用于此目的的分分离器在现有技术中是已知的, 例如一旋流分离器、一板压缩分离器、一弯曲导向叶片型分离器、或者一湿气垫。

当岩层流体包括溶解在气体中并且只是当流体升高至井中一定深度时才会凝结的蒸汽或流体时, 分离器优选地是布置为高于这个深度。

现在参考图 5, 其示意性地示出了本发明的第一个具体实施例。一生产井 11 从地表 15 竖直向下地延伸并且贯入一含气岩层 20。该井带有套管 (未示出), 并且在一生产层段 24 和该生产层段之下的一排放层段 28 中布置有多个穿孔。在井中排放层段之上有一分离器 30, 该分离器具有一储层流体进口 32、一气体出口 34 和一流体出口 36。从出口 36 至生产层段之下的一位置处布置有一导管 40, 在该区域中

或者该区域之上在正常运行期间形成有液柱 44。导管 40 用于防止分离的液体被气体重新卷带进去。生产油管 48 提供了出口 34 和井口 50 之间气体的流体连通。

在正常运行期间,含有气体和水的储层流体在生产层段 24 流入井 1。储层流体在井中升高并通过进口 32 进入分离器 30。分离器将储层流体分离成一主要由气体构成的组分,以及一液体组分。气体组分通过生产油管 48 引导至表面。液体被引导至生产层段之下的一个位置,在该处形成一液柱 44。

在排放层段穿孔 28 之上液柱的高度施加了一高于排放层段处岩层 20 中压力的流体静压力。因此水柱 44 的液体可以通过排放层段的穿孔排放入岩层中。当液体进入流速 $Q_{1,e}$ 比临界液体进入流速 $Q_{1,e;crit}$ 小时,气体组分可以持续地开采至地表上,而且可以让液体同时排放出去。如果需要,可以用前述方法之一对排放层段或者排放层段周围的岩层进行处理,以使得可以连续运行,尤其是使得生产层段 24 处水流入的速度基本上等于排放层段 28 处水排放入岩层的流速。可选地,如果液体进入流速太大,可以通过在井口 50 关闭生产油管 50 而停止气体的开采,从而可以有更多的时间让液体排放出去。

当水已经排放入岩层 20 时,优选地水会在岩层中下沉至水气接触面 55 的水位,以使得排放的水不会被重新开采出来。这个过程的时间尺度由岩层的垂向渗透率所决定。

应当说明的是,如果流入气体的流速低于临界气体流速,那么可以无需分离器 30。

参考图 6,其示意性地示出了本发明的另一具体实施例。和图 5 中相似的标号用于指示相同的对象。井 60 只是在顶部加有套管,在区域 62 处及其以下都没有加套管。

在该井的正常运行期间,含有气体和水的岩层流体在未加套管部分进入井 60 里并且升高。总的气体流速足够低以至于可以允许水滴 63 的分离,其下沉至井底、聚集起来形成一液柱 44。在正常运行期间,液柱扩展至限定区域 62 下端的水位。

在区域 62，储层流体可以毫无阻碍地进入井中。

在区域 64，井中由于水柱的流体静压力而产生的压力仍然比岩层中的压力小，因此在区域 64 中岩层流体液可以如箭头所示那样进入井中，但是和区域 62 相比有些阻碍。区域 62 和 64 构成生产层段。

在区域 66，液柱中的流体静压力是如此而使得井压大约等于周围岩层中的压力，因此在该处井和岩层之间实际上没有流体交换。

在区域 68，流体静压力足够大以致水能排放入岩层。区域 68 构成排放层段。

此外，可以对井身壁和/或周围岩层进行处理以使得可以让足够的流体排放出去以实现连续运行。

应当说明的是，在本发明的方法和系统中可以区分出用于运行的四个基本区域（使用前面所定义的符号）：

1. $Q_g < Q_{g,crit}$ 以及 $Q_{1,e} < Q_{1,e,crit}$ ，那么无需气体/液体分离器，并且可以实现连续运行；

2. $Q_g < Q_{g,crit}$ 以及 $Q_{1,e} > Q_{1,e,crit}$ ，那么无需气体/液体分离器，但是要求间断地运行；

3. $Q_g > Q_{g,crit}$ 以及 $Q_{1,e} < Q_{1,e,crit}$ ，那么需要一气体/液体分离器，并且可以实现连续运行；

4. $Q_g > Q_{g,crit}$ 以及 $Q_{1,e} > Q_{1,e,crit}$ ，那么需要一气体/液体分离器并且还需要间断地运行。

代替间断地运行，可以对井身和/或岩层进行进一步处理以使得液体更易于排放入岩层，从而提高 $Q_{1,e,crit}$ 。

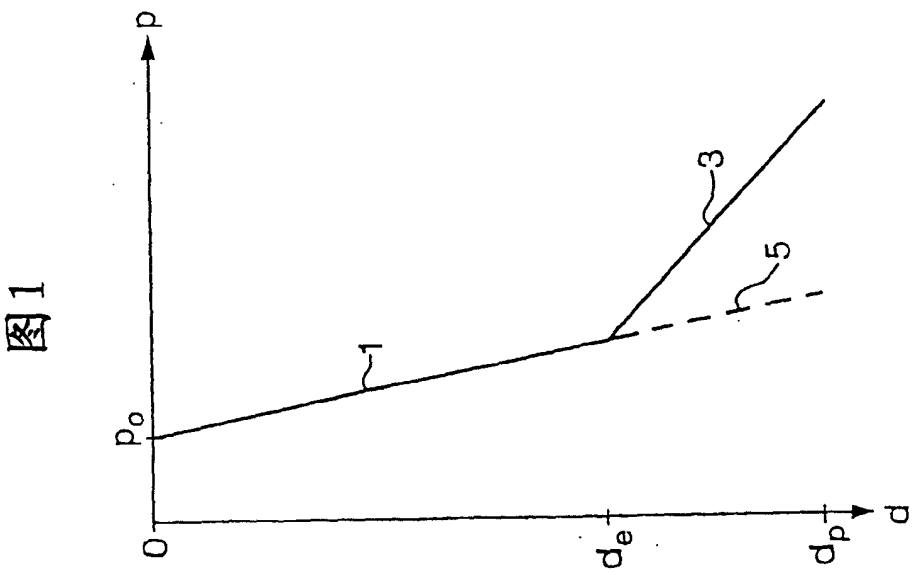
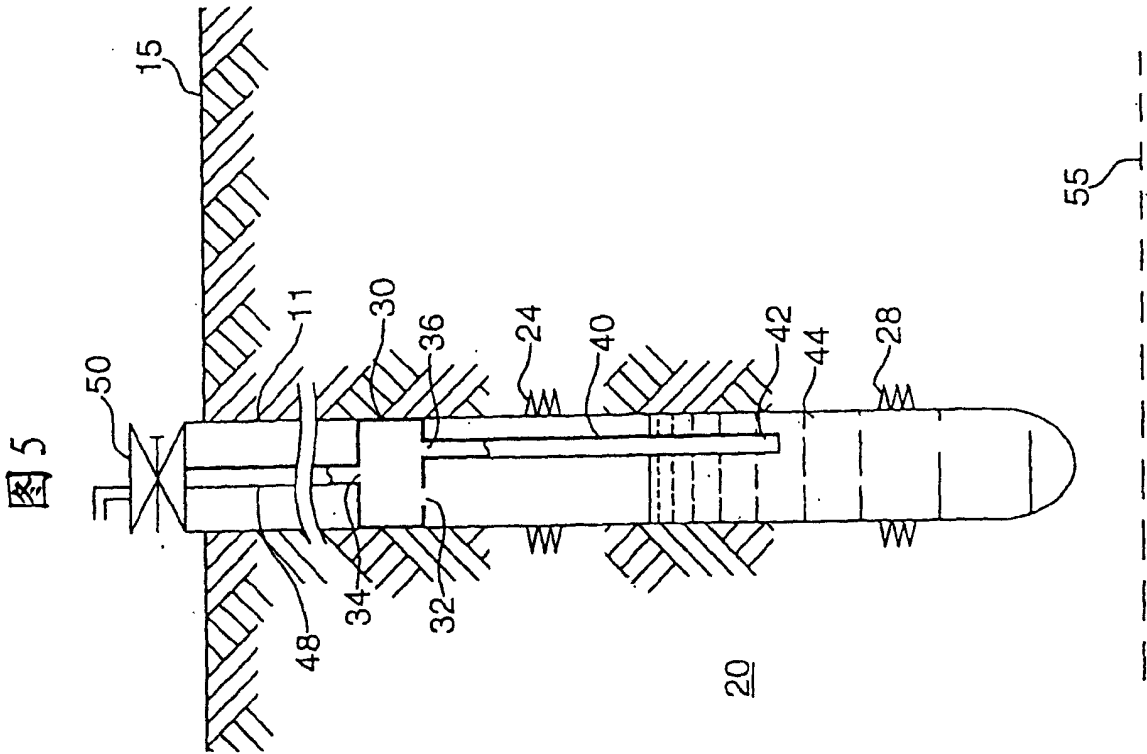


图 2

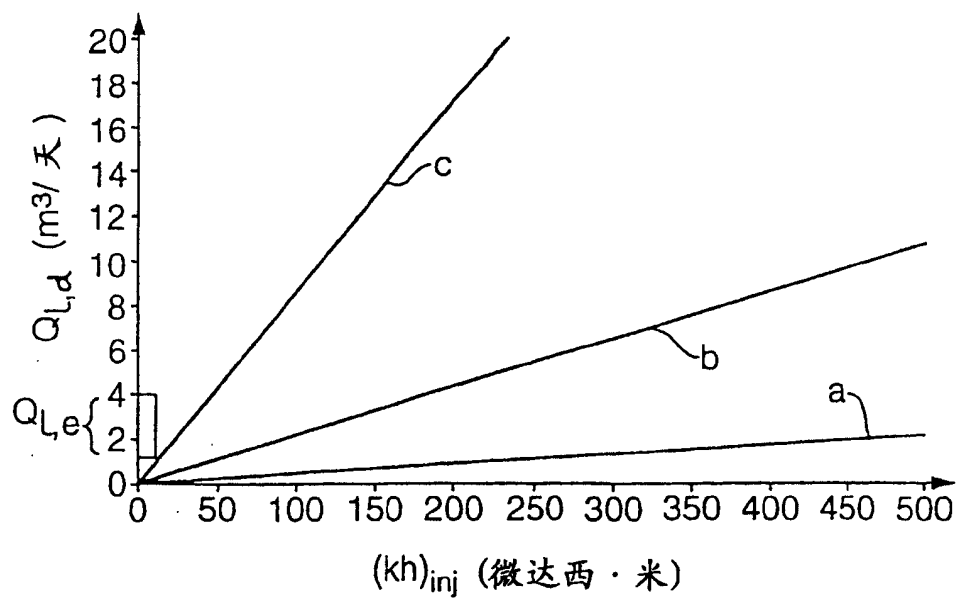


图 3

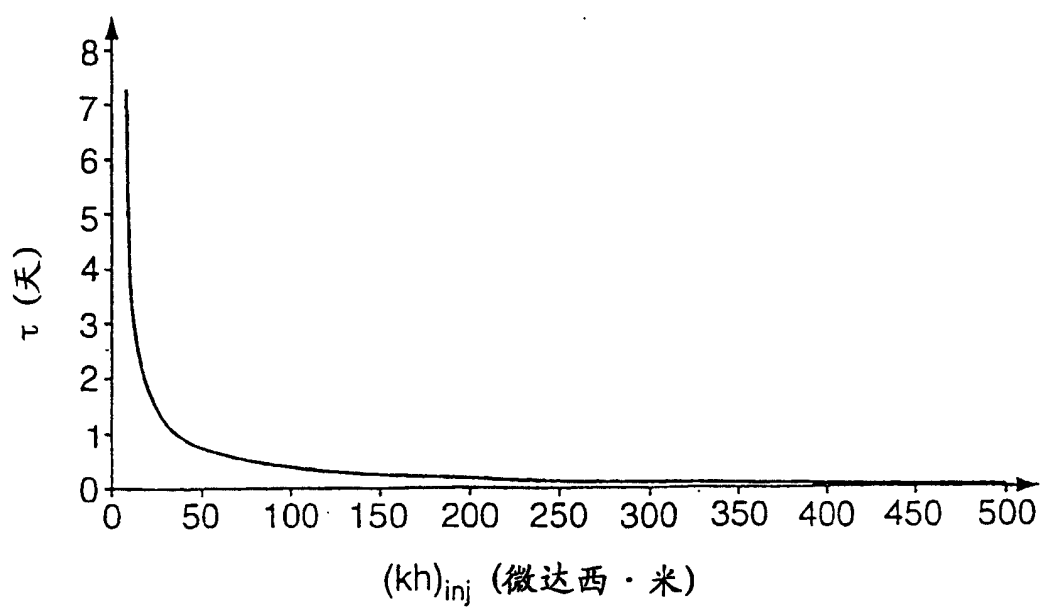


图 4

