



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103270308 A

(43) 申请公布日 2013.08.28

(21) 申请号 201280004221.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012.01.19

F04D 1/06 (2006.01)

(30) 优先权数据

E21B 43/26 (2006.01)

61/434,171 2011.01.19 US

F04D 29/16 (2006.01)

61/434,167 2011.01.19 US

F04D 29/44 (2006.01)

13/328,245 2011.12.16 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013.06.18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CA2012/000047 2012.01.19

(87) PCT申请的公布数据

W02012/097440 EN 2012.07.26

(71) 申请人 尼克森公司

地址 加拿大艾伯塔

(72) 发明人 D·佩蒂格鲁 W·A·利玛诺韦卡

Z·沃卡丁

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 苏娟 朱利晓

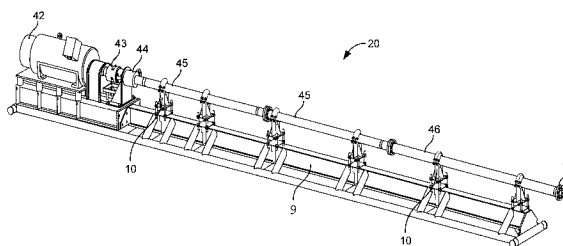
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

用于压裂油气储备的高压多级离心泵

(57) 摘要

本发明涉及多级离心泵设计,其具有插入在高压壳体内部的扩散器、叶轮和轴,使得该组件完全封装在壳体内,并且壳体具有充分强度以适用被泵送流体的安全压力容限。本发明描述了用来重构多级离心泵设计以将排放压力能力增加至高于现有设计的6,000psig的技术细节。



1. 一种用于压裂油气藏的多级离心泵,其能够传输高达大致 10,000psi 或以上的排放压力或者泵内外压力之间的差别压力,包括:

泵壳体,其被设计用于主要压力容限,

泵底座和泵头之间的密封是通过使用特定螺纹实现的金属对金属式,

设计有开口的扩散器,以允许跨扩散器外边缘的快速压力均衡,从而避免由于会造成扩散器失效的高差压的失效,

具有用在扩散器外侧上的密封以防止封装在壳体内的各个扩散器外侧之间的压力连通和流体流动,并且到泵进口和排放口的泵连接升级为环或垫圈式密封,

其中所述泵传输高达大致 10,000psi 或以上的排放压力或者泵内外压力之间的差别压力。

2. 如权利要求 1 所述的多级离心泵,还包括插入在高压壳体内的扩散器、叶轮和轴,该组件完全封装在壳体内,并且壳体具有充分强度以适合用于被泵送流体的安全压力容限。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的泵,在扩散器壁的顶部上利用压力套筒,以通过套筒和扩散器壁的外直径之间的压缩配合改善壁强度。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的泵,在扩散器壁中利用均衡开口,导致跨扩散器壁的差别压力为零,从而还允许快速减压。

5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的泵,其中,为了防止级由于从一个泵级到另一个的压力传递而塌缩,在每个扩散器和所述壳体之间利用 o 型圈式密封。

6. 如权利要求 1 至 5 中任一项所述的泵,其中,所述泵壳体与所述泵底座和泵头两者之间的密封是通过提供金属对金属式密封的特定螺纹实现的,由此通过使用已验证的金属对金属螺纹密封技术(底座-销-壳体连接)消除所有的弹性体和非弹性体密封。

7. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的泵作为多级离心泵的使用,以为所述高压多级离心泵提供在高达大致 10,000psi 或更大排放压力操作以便出于液压压裂由所述井穿透的油气藏的目的将流体注射到井筒的机械和液压压力能力。

8. 一种多级离心泵组件,包括插入到高压壳体内的扩散器、叶轮和轴,所述组件完全封装在壳体内,所述壳体具有充分强度以用于被泵送流体的安全压力容限,从而能够将排放压力能力增加到大于 6,000psi 至大致大约 10,000psi 或更大排放压力,由此提供适用于压裂由井筒穿透的地层的压力。

9. 如权利要求 8 所述的泵,其用于油气压裂行业以在足够的压力泵送流体,从而刺激油气储备。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的泵,还包括壳体式离心泵,被设计为以大致 30-90hz (1800-5400rpm) 的速度操作,排放压力为大致 10,000psi,抽吸压力为大致大约 15-600psi 的范围内。

11. 如权利要求 8、9 或 10 所述的泵,还包括在扩散器壁顶部上的压力套筒,以通过套筒和扩散器壁的外直径之间的压缩配合实现改善壁强度。

12. 如权利要求 8-11 中任一项所述的泵,还包括扩散器壁中的均衡孔,使得跨所述扩散器壁的差别压力为零,由此提供快速减压。

13. 如权利要求 8-12 中任一项所述的泵,还包括用在每个扩散器和壳体之间的 o 型圈式密封,以防止级由于从一个泵级到另一泵级的压力传递而塌缩。

14. 如权利要求 8-13 中任一项所述的泵,其中,泵壳体与泵底座和泵头两者之间的密封通过提供金属对金属密封的特定螺纹实现,从而通过使用已验证的例如底座-头销-壳体连接的金属对金属螺纹密封技术消除所有的弹性体和非弹性体密封件。

15. 如权利要求 8-14 中任一项所述的多级离心泵,用于出于压裂油气储备的目的将流体注射到井筒。

16. 如权利要求 1 或 15 所述的多级离心压裂泵,其中,所述泵利用与例如 NACE(美国国家腐蚀工程师协会)、ASTME(美国工具和制造工程师社)或者 ANSI(美国国家标准学会)整合包或者鉴于被泵送流体的腐蚀性质等材料性能标准公开的公知推荐标准一致的构造材料制造。

## 用于压裂油气储备的高压多级离心泵

### 技术领域

[0001] 本发明整体涉及将流体注入到钻入储岩层的井筒中的多级离心泵,更具体地涉及出于压裂所述井的目的而将流体注入该井的多级离心泵。在利用压裂操作来刺激油气储备的石油和天然气行业中,这种操作需要高的地面流体处理压力,可能是 10,000psi。

### 背景技术

[0002] 在石油和天然气应用中,流体通常出于各种不同目的而被注入到井筒中并且采用各种类型的地面泵。在现有技术中,多级离心泵可以水平地安装在地面处,紧挨或者靠近需要注入流体的井,当前的设计具有 6,000psi 的最大排放压力。这种多级离心泵是最常以竖直构造使用在井筒中以便从井到地面管线系统泵送流体的作为生产泵的一种泵,当前设计具有 6,000psi 的最大排放压力。在利用压裂操作来刺激油气储备的石油和天然气行业中,这种操作需要高的地面流体处理压力,可能是 10,000psi。在本发明中,设计一种高压多级离心泵来将操作排放压力从 6,000psi 增加到 10,000psi,从而使这种泵能够满足上面描述的应用。这种高排放压力能力也可以适用于其他应用。

[0003] 现有技术的多级离心泵用在电潜泵送系统(“ESPS”)行业或者在其地面水平泵送系统(“HPS”)应用中,它们限制于排放压力或者壳体的内外压力之间的差别压力要低于 6,000psi。o 型圈通常用作进口和泵底座之间以及排放口和泵头之间的密封元件。扩散器容纳泵级中产生的压力并且泵壳体只用作辅助压力容限,因为其主要作用在于将泵部件保持在一起。泵壳体通过 o 型圈密封在泵底座和泵头上。扩散器不被设计成承受扩散器内外侧之间的高压差。

[0004] 美国专利 3,861,825 教导了一种多级泵及制造方法。它描述了分裂外壳式离心泵。泵速被列举为大约 12,500rpm,排放压力为 2600psi,抽吸压力为 15 到 30psi。它们参考了以前的专利,并列举了具有相似性的一些专利。

[0005] Nexen 在这里公开的泵是一种壳体式离心泵,以 30 到 90hz (1800 到 5400rpm) 的速度操作,排放压力可为 10,000psi,抽吸压力可为 15 到 600psi。任何相似性是就一般的离心泵而言的,事实上它们包括多级。

[0006] 美国专利 5,232,342 教导了高压多级离心泵。它描述了分裂外壳式离心泵。该发明涉及用于防止级间套管或者环转动的装置,这是主要目的。该专利中没有提到符合标题中提到的“高压”的排放压力能力。

[0007] Nexen 在这里公开的泵是一种壳体式离心泵,被设计为以 30 到 90hz (1800 到 5400rpm) 的速度操作,排放压力可为 10,000psi,抽吸压力可为 15 到 600psi。

[0008] 这里的主要不同在于我们使用壳体式离心泵并将其构建为具有比过去已有的多得多的级。压力能力远超现有的设计标准(其他制造商例如 Reda、Centrilift、Woodgroup、Weatherford、Canadian Advanced Inc. 列出的最大 6,000psi)。Canadian Advanced ESP Inc. (“CAI”) 在他们的 HPS 手册中说明了 HPS 设计能力最大是 4600psi。CAI 使用的用以满足 Nexen 设计和说明书要求来适应 10,000psi 的高排放压力能力的特殊建造技术至今尚

不得知。

## 发明内容

[0009] 由鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种关于泵构建的细节,其用来扩展多级壳体离心泵以使其能够以 10,000psi 的非常高的排放压力操作。该高压通过壳体容纳,扩散器插入到壳体中。高压通过在扩散器的外部上使用密封来控制以防止交叉流到其他扩散器。扩散器的外壁中的开口用来提供扩散器和壳体间截留的压力的快速释放以防止在一个单元停机和降压时扩散器塌缩。本领域技术人员将认识到本发明中提供的修改以实现其目的,即根据需要扩散器的充分的压力控制和压力释放。这种压力释放可通过狭缝、孔和其他开口来实现。

[0010] 需要壳体排放端上的特定螺纹来支持高压管道连接。

[0011] 本发明的另一目的在于提供一种用于压裂油气藏的能够产生超过 10,000psi 的多级离心泵。

[0012] 本发明的又一目的在于提供设计为从级到级地均衡所述泵的壳体中的压力的所述泵。

[0013] 本发明的另一目的在于提供具有如下构建材料的所述多级离心压裂泵,这些构建材料与例如 NACE(美国国家腐蚀工程师协会)、ASTME(美国工具和制造工程师社)或者 ANSI(美国国家标准学会)整合包(trim packaging)或者鉴于被泵送流体的腐蚀性质等材料性能标准公开的公知推荐标准一致。

[0014] 本发明的另一目的在于提供具有优选的 NACE 整合包或者鉴于被泵送流体的腐蚀性质的类似标准的所述泵。

[0015] 本发明的又一目的在于提供一种多级高压离心泵,其能够用于压裂油气储备同时由于所述泵的高压能力避免在使用含水层的水用于油气压裂之前处理含水层的水。

[0016] 本发明的另一目的在于使得能够使用非饮用地下含水层的水(例如 DeboIt 地层含水层)作为用于压裂含有油气储备的地下岩层的水源。

[0017] 在考虑以下的发明内容和这里描述和说明的优选实施方式的详细描述以及所附的权利要求时,本发明的进一步和其他目的对于本领域技术人员是清楚的。

[0018] 在本发明中,构建一种能够传递高达大致 10,000psi 或更多的排放压力或者泵内外压力间的差别压力的多级离心泵。泵壳体被设计为主要压力容限。泵底座和泵头之间的密封界面是通过使用特定螺纹实现的金属对金属类型。扩散器设计有开口,以允许跨扩散器外边缘的快速压力均衡,从而避免由于会造成扩散器失效的高差压的失效。在扩散器的外侧上使用密封以防止壳体内封装的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动。泵到泵进口和排放口的连接升级为环或者垫圈式密封。

[0019] 本发明还涉及一种多级离心泵设计,其具有插入到高压壳体内部的扩散器、叶轮和轴,其中该组件完全封装在壳体内,并且壳体具有足够的强度以适于被泵送流体的安全压力容限。本发明描述用来重构已知多级离心泵设计的技术细节,使得排放压力能力增加为高于现有设计的 6,000psi。本文讨论的这种设计修改已经在 10,000psi 的排放压力成功测试。10,000psi 压力能力提供适于压裂井筒穿透的油气地层的压力。

[0020] 这种类型的泵单元非常适合油气压裂行业以在足够压力下泵送流体,刺激含有油

气储备的地下岩石层。

[0021] 优选地,本发明是壳体式离心泵,其被设计成以 30-90hz (1800-5400rpm) 的速度操作,排放压力可为 10,000psi,抽吸压力可为 15-600psi。

[0022] 优选地,所述泵包括在扩散器壁顶部上的压力套筒,以通过套筒和扩散器壁的外直径之间的压缩配合改善壁强度(图 3 和 4)。

[0023] 同样优选地,所述泵利用扩散器壁中的均衡孔,使得跨扩散器壁的差别压力为零,并且还允许快速减压(图 3 和 4)。

[0024] 优选地,为了防止级由于从一个泵级到另一泵级的压力传递而塌缩,在每个扩散器和壳体之间利用 o 型圈式密封(图 3)。

[0025] 在一种实施方式中,泵壳体与泵底座和泵头两者之间的密封通过提供金属对金属密封的特定螺纹实现,从而通过使用已验证的金属对金属螺纹密封技术(例如底座-头销-壳体连接)消除了所有的弹性体和非弹性体密封件(图 2)。

[0026] 多级离心泵被设计成出于压裂井的目的而将流体注射到井筒中。

[0027] 根据本发明的主要方面,提供一种用于压裂油气藏的多级离心泵,其能够传输在大于 6,000psi 至高达大致 10,000psi 或以上范围内的排放压力或者泵内外压力间的差别压力,所述泵包括:

[0028] 泵壳体,其被设计用于主要压力容限;

[0029] 密封,其在泵底座和泵头之间并且是通过使用特定螺纹实现的金属对金属式;

[0030] 扩散器,其设计有开口以允许跨扩散器外边缘的快速压力均衡,从而避免由于会造成扩散器失效的高差别压力造成的失效;

[0031] 用在扩散器外侧上的密封,用来防止封装在壳体内的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动,且到泵进口和排放口的泵连接升级成环或者垫圈式密封。其中,所述泵设计传递在大于 6,000psi 到 10,000psi 或更高的范围内的排放压力或泵内外压力间的差别压力,这是远高于之前的 6,000psi 最大极限的压力。

[0032] 优选地,多级离心泵还包括插入在高压壳体内的扩散器、叶轮和轴,该组件完全封装在壳体内,且壳体具有足够的强度以适于被泵送流体的安全压力容限。

[0033] 另一实施方式利用扩散器壁顶部上的压力套筒,以通过套筒和扩散器壁外直径之间的压缩配合具有提高的壁强度(图 3 和 4)。

[0034] 又一种实施方式利用扩散器壁中的均衡孔,使得跨扩散器壁的差别压力为零,还允许快速减压(图 2)。

[0035] 优选地,为了防止级由于从一个泵级到另一泵级的压力传递而塌缩,在每个扩散器和壳体之间利用另一 o 型圈式密封(图 3)。

[0036] 更优选地,泵壳体与泵底座和泵头两者之间的密封通过提供金属对金属密封的特定螺纹实现,从而通过使用已验证的金属对金属螺纹密封技术(例如底座-头销-壳体连接,见图 2)消除了所有的弹性体和非弹性体密封件。

[0037] 根据本发明的又一方面,提供这里描述的泵的使用,上面的多级离心泵提供机械和液压能力,以便这种高压多级离心泵以在大于 6,000psi 至高达大致 10,000psi 或更大范围内的排放压力操作,从而出于液压压裂油气藏中的井的目的将流体注射到井筒中。

[0038] 东北不列颠哥伦比亚省的 Debolt 地下地层或区域是含水层,其水含有约

22,000ppm 的总溶解固体 (“TDS”) 和少量的硫化氢  $\text{H}_2\text{S}$ 。DeboIt 地层的范围和体积仍正在调查中,但它有可能是广泛的。这个含水层具有较高的孔隙度和渗透率。2010 年 5 月,DeboIt 井利用 10.25”900HP 的井下电潜泵 (“ESP”) 在 b-H18-I/94-0-8 测试。井显示了每 1kPa 为  $107\text{m}^3/\text{d}$  水位下降的生产力指数,表明水库将提供足够高的流速,以支持支持井压裂操作所需要的体积和速率要求。

[0039] DeboIt 地层水含有溶解的酸性气体。当减压到大气条件时,DeboIt 水以 1.35 标准立方米气体对 1 立方米水的气水比闪蒸酸性气体。闪蒸气体中含有 0.5% 的  $\text{H}_2\text{S}$  (硫化氢)、42% 的  $\text{CO}_2$  (二氧化碳) 和 57% 的  $\text{CH}_4$  (甲烷)。这些气体是存在于页岩气体生产井中的相同气体,通常在 0.0005%  $\text{H}_2\text{S}$ 、9% 的  $\text{CO}_2$  和 91%  $\text{CH}_4$  的范围,并且原料 DeboIt 水的使用将对页岩气体组分的当前百分比具有可以忽略的影响。

[0040] 挑战在于如何使用酸性水 (例如 DeboIt 水) 以便以成本经济的方式进行压裂,因为当前的水压裂设备与来自用于酸性整合包等例如 NACE、ASTME 或 ANSI 标准的针对材料性能标准公开的公知推荐标准不相符。

[0041] 具有两种使用 DeboIt 地层水进行压裂操作的不同方式。第一种是建造和操作水处理设备来从 DeboIt 水中去除  $\text{H}_2\text{S}$ 。这种方法已经被已经建造  $\text{H}_2\text{S}$  脱除设备来从 DeboIt 水去除  $\text{H}_2\text{S}$  的其他行业参与者采用。加拿大非常规资源学会最近公开的题为 “Horn River Frac Water :Past, Present, Future” 的论文讨论了出于前述目的建造和操作的 DeboIt 水处理设备的技术和操作方面。该论文写明需要一种非常昂贵的处理设备来从 DeboIt 水去除  $\text{H}_2\text{S}$  和其他溶解气体。

[0042] 第二种方法是在生产到地面和在管线中运输的同时在连续的基础上将含水层的水保持在其饱和压力 (也称为 “泡点压力” 或 “BPP”) 以上的压力,以使其能够用于压裂。在 DeboIt 水属性上进行的测试表明,只要 DeboIt 水保持在足够高的压力以保持溶解气体夹带在水中,水就是稳定的,没有析出物,并且保持清澈透明的颜色。此外,只要 DeboIt 水保持在其 BPP 以上,那么水就处于最不易腐蚀的状态。这些发现揭示了 DeboIt 含水层流体可以以其自然状态使用而不需要任何处理。这是专有加压压裂要求 (“PFOD”) 过程的基础。

[0043] 因此,本发明的主要方面在于提供一种按要求压裂油气藏的方法或过程,其包括以下步骤:

[0044] 使用地下含水层作为水源,地下含水层所含的水是稳定清澈的但可包括在受到地面条件时溶解的不希望成分、例如硫化氢和其他成分,

[0045] 利用来自含水层的水作为要在油气压裂过程中使用的水源并以针对含水层的水的预定速率和针对特定含水层中包含的水的泡点压力 (BPP) 以上的压力泵送水以保持水稳定。我们发现,水在压力降低时变得不稳定并且允许气体从水中发展出来。这种减压和气体脱除启动与水中溶解的固体的化学反应,以引起沉淀形成。为了防止发生这些化学反应并造成所述水的不希望成分从溶液中脱离,

[0046] 在压裂过程中,将所述水压力始终保持在对于每个含水层所需的最小压力,

[0047] 将来源井钻入到所述含水层,

[0048] 将处理井钻到所述含水层,

[0049] 提供能够保持只通过保持最小压力防止含水层的水脱离溶液所需的需求压力的

泵，

[0050] 通过歧管、或者歧管和泵建立闭环以始终保持含水层的水循环，直到在水从该歧管供应时开始压裂操作为止，

[0051] 通过来自歧管的水提供压裂操作，以压裂油气储备，

[0052] 其中在压裂过程中使用来自含水层的水并通过将所述水始终保持在最小压力，所述水保持稳定，并且不希望的成分保持在溶液中，水保持清澈，由此不需要在压裂过程中使用来自含水层的水之前处理此水。

[0053] 根据本发明的另一方面，提供一种高压压裂油气藏（例如需求的页岩气体藏）的方法或过程，包括以下步骤：使用来自地下含水层（例如 DeboIt 含水层）的水作为水源，其含有包括  $H_2S$  和其他成分的酸性水，

[0054] 利用来自所述含水层的酸性水作为优选在气体压裂过程的至少干净侧使用的水源，在对于约 38 摄氏度 DeboIt 水来说最小（随着每个含水层的来源水的实际温度以及这种水会发生的任何表面冷却而变化）和特定含水层中含有的酸性水的 BPP 以上的压力（例如 2310kPa）泵送所述酸性水，以防止所述酸性水的  $H_2S$  和其他成分从溶液中掉出来，

[0055] 在压裂过程中，将所述酸性水始终保持在对于每个含水层来说所需的最小压力（例如对于 DeboIt 是 2310kPa），

[0056] 将来源井钻入到含水层，

[0057] 将处理井钻入到含水层，

[0058] 提供能够保持只通过保持所需的最小压力（例如对于 38 摄氏度的 DeboIt 水为 2310kPa）防止酸性水的成分从溶液脱出所需的需求压力的泵，

[0059] 通过歧管建立闭环以始终保持酸性水循环，直到在水从该歧管或歧管和泵供应时开始压裂操作为止，

[0060] 为井压裂操作的干净侧提供来自歧管的酸性水，以压裂井储备（通常是油或气储备区），

[0061] 其中在井压裂过程中使用来自含水层的酸性水并将所述酸性水保持在最小压力（例如，对于 38 摄氏度的 DeboIt 水为 2310kPa），所述水保持稳定，并且成分保持在溶液中，水保持清澈，由此不需要像其他井压裂过程所需的那样脱除硫化氢和其他成分。

[0062] 在本发明的一种实施方式中，所述水源和方法或过程与井压裂操作的污浊侧上的沙及另外的高压搅拌器一起使用，因为酸性水必须始终保持在其 BPP（例如对于 38 摄氏度的 DeboIt 水为 2310kPa）以上，因此避免包括  $H_2S$  的成分从溶液中掉落出来。

[0063] 在所述方法或过程的另一实施方式中，所需数量的泵和来源井和处理水井设置有所述方法或过程，以使针对每个井、多个井的目标压裂数（取决于出于储备刺激或者其他目的选择的特定井设计）所需的高压压裂操作作为程序的部分进行刺激。

[0064] 优选地，在所述方法或过程中，来自来源含水层的所述水处于提高的温度（与地面水温度相比），例如对于 DeboIt 水来说正常情况下的温度为 38 摄氏度，因此不需要另外的加热，或者隔热的管道，它们可以甚至在例如西部加拿大或者类似区域经历的较冷的冬季期间用作加压压裂需求过程中的酸性水来源，在与利用地表水相比时这可导致相当的成本节省。

[0065] 在又一种实施方式中，所述方法或过程利用来自 DeboIt 含水层的酸性水并使



所述水在 BPP 以上的压力在地下管线系统中从来源井到处理井持续循环,这通过定位在 DeboIt 水循环线路附近的要压裂的井下游并且在处理井上游的背压控制阀完成,其中,压裂操作需要水时,水将从策略性地定位在该循环线路上的歧管收回,由此将 DeboIt 水在 DeboIt BPP 以上的压力供给到压裂操作。

[0066] 根据所述方法或过程的又一种实施方式,DeboIt 水保持在其饱和压力 (“BPP”) 以上的压力并持续用于压裂,使得只要 DeboIt 水保持在使得溶解气体夹带在水中的足够高的压力,那么水就保持稳定,没有沉淀并处于最不易腐蚀的状态,因此要求所有的压裂操作 (至少在干净侧上的) 在 DeboIt 水 BPP 以上的压力进行,这是成功 PFOD 过程的基础。

[0067] 在又一种实施方式中,所述方法或过程还包括 NACE 整合,优选能够提供大约 69MPa 的排放压力的高压水平泵送系统 (“HPHPS”) 压裂泵。这种泵构造使用与国家腐蚀工程师协会 (“NACE”) 鉴于被泵送流体的腐蚀本性的整合包而公布的推荐标准一致的材料。替代地,材料可以针对 HPHPS 压裂泵或者例如 ASTM、ANSI 等公开的等同物从材料性能标准选择。替代地,其他合适的泵构造材料可具体地针对泵送流体测试,以确保保持合适的材料通用性。

[0068] 为了执行本发明的过程,构建能够输送 10,000psi 以上的排放压力或者泵内外压力之间的差别压力的多级离心泵。泵壳体被设计为主要压力容限。泵底座和泵头之间的密封界面是通过使用特定螺纹实现的金属对金属式的。扩散器设计有开口以允许跨扩散器外边缘的快速压力均衡,从而避免由于会造成扩散器失效的高差别压力造成的失效。在扩散器的外侧上使用密封以防止壳体内封装的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动。泵到泵进口和排放口的连接升级为环或者垫圈式密封。

[0069] 本发明还涉及一种多级离心泵设计,其具有插入到高压壳体内部的扩散器、叶轮和轴,其中该组件完全封装在壳体内,并且壳体具有足够的强度以适于被泵送流体的安全压力容限。本发明的此方面描述用来重构已知多级离心泵设计的技术细节,使得排放压力能力增加为高于现有设计的 6,000psi。本文讨论的这种设计修改已经在 10,000psi 的排放压力成功测试。10,000psi 压力能力提供适于压裂井筒穿透的油气地层的压力。

[0070] 这种类型的泵单元非常适合油气压裂行业以在足够压力下泵送流体,刺激油气储备。

[0071] 本发明是壳体式离心泵,其被设计成以 30-90hz (1800-5400rpm) 的速度操作,排放压力可为 10,000psi,抽吸压力可为 15-600psi。

[0072] 优选地,所述泵在扩散器壁顶部上利用压力套筒,以通过套筒和扩散器壁的外直径之间的压缩配合改善壁强度 (图 3 和 4)。

[0073] 同样优选地,所述泵利用扩散器壁中的均衡孔,使得跨扩散器壁的差别压力为零,并且还允许快速减压 (图 2)。

[0074] 优选地,为了防止级由于从一个泵级到另一泵级的压力传递而塌缩,在每个扩散器和壳体之间利用 o 型圈式密封 (图 3)。

[0075] 在一种实施方式中,泵壳体与泵底座和泵头两者之间的密封通过提供金属对金属密封的特定螺纹实现,从而通过使用已验证的金属对金属螺纹密封技术 (例如底座-头销-壳体连接) 消除了所有的弹性体和非弹性体密封件 (图 2)。

[0076] 多级离心泵被设计成出于压裂井的目的而将流体注射到井筒中。

[0077] 根据本发明的此方面,提供一种用于压裂油气藏的多级离心泵,其能够传输在大于 6,000psi 至高达大致 10,000psi 或以上范围内的排放压力或者泵内外压力间的差别压力,并包括:泵壳体,其被设计用于主要压力容限;密封,其在泵底座和泵头之间并且是通过使用特定螺纹实现的金属对金属式;扩散器,其设计有开口以允许跨扩散器外边缘的快速压力均衡,从而避免由于会造成扩散器失效的高差别压力造成的失效;用在扩散器外侧上的密封,用来防止封装在壳体外的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动,且到泵进口和排放口的泵连接升级成环或者垫圈式密封。

#### 附图说明

- [0078] 图 1 是根据本发明构造的高压多级离心泵单元的立体图(等轴测图);
- [0079] 图 2 是示出组件内使用的部件的高压多级离心泵组件的剖视图;
- [0080] 图 3 是体现本发明的高压多级离心泵的一部分的剖视图;
- [0081] 图 4 是用于体现本发明的高压多级离心泵的扩散器的剖视图;
- [0082] 图 5 是 PFOD 过程流程图;
- [0083] 图 6 是图 5 的 PFOD 立视图。

#### 具体实施方式

[0084] 过去两年,Nexen 一直致力于下面给出的 PFOD 过程,使用其 BPP 以上的 DeboIt 水用于压裂,由此不需要昂贵的 H<sub>2</sub>S 去除过程。

[0085] 为了保证用于其压裂操作的可靠水源,需要确认利用 DeboIt 水作为部分压裂水源的方式。检查的一种选择是将 DeboIt 水只用于压裂程序的干净侧。

[0086] 鉴于其要求,Nexen 设计和建造了一种用于测试的小流量高压多级离心泵。2010 年 6 月,能够提供 69MPa 排放压力的 0.25m<sup>3</sup>/minNACE 整合高压多级离心测试泵在英国哥伦比亚东北的 b-18-I pad 上进行了测试。技术人员在现场操作 DeboIt 水源井(“WSW”)ESP 和高压多级离心测试泵。包括两个豆式阻塞器和一个可变阻塞器的三个阻塞器串联排布(piped up)以提供在压裂压力测试高压多级离心泵的背压。

[0087] 在初始测试中,高压多级离心测试泵使用来自液罐车的淡水。设置所有的泵控制参数。在随后的测试中,使用 DeboIt 水并通过 DeboIt WSW 在 b-H18-I/94-0-8 通过 ESP 供给到高压多级离心测试泵的抽吸侧。来自测试泵的排放流经不同背压的三个阻塞器。DeboIt 水接着离开阻塞器并流入处理水管线并到 b-16-I 的水处理井(“WDW”)。背压以 7000kPa 的间隔逐渐增加,并以此排放压力运行大约 30 到 60 分钟。当泵操作保持稳定时,阻塞器被调节以增加泵的排放压力。

[0088] 高压多级离心测试泵在 2010 年 7 月 7 日和 8 日成功测试。它以 71MPa 的最大排放压力操作。泵使用 DeboIt 水在 62MPa 运行大约 6 小时,以刺激完整的压裂操作。

[0089] 应当理解,其他含水层将具有不同的物理参数。例如,泵说明书将反映用于替代水源的不同 BPP。对于 DeboIt 水源,含水层水的 BPP 在 38 摄氏度为 2310kPag。

[0090] 在 2010 年 8 月,在 pad b-18-I 完成 8 个井的过程中,高压多级离心测试泵集成到 6 个压裂操作中。6 个压裂中的 3 个使用淡水运行,3 个使用 DeboIt 水运行。高压多级离心测试泵对于所有的 6 个压裂运行良好,没有遇到操作或者安全问题。

[0091] 对于 PFOD 系统的最初测试只需要一个来源水井和一个处理井,另外的井将根据需要提供增加的容量和支持以确保最小流速和注射能力可用,以便系统以最大系统可用性和使用可靠操作。Nexen 计划根据需要在将来钻出和完成另外的 DeboIt 形式 WSW 和另外的 DeboIt WDW 以优化 DeboIt 水系统从而支持压裂操作。与现有的 b-H18-I DeboIt WSW 和现有的 DeboIt WDW b-16-I 一起,这 2 个最初的井加上任何另外的井将形成确认用于这种井压裂程序的 PFOD 水循环系统的基础。

[0092] Nexen 将继续进一步评估来源的需要并基于针对例如来自 NACE、ASTME 或者 ANSI 整合包等的材料性能标准公布的公知推荐标准针对污浊侧的酸性整合(trim)柱塞压裂泵测试  $1.25\text{m}^3/\text{min}$  全尺寸 3000kPa 抽吸压力。这也包括评估加压搅拌器的需要或者用于针对污浊侧利用 DeboIt 水的另一方法。

[0093] 基于 2010 年 6 月进行的 DeboIt 水井测试、2010 年 7 月和 8 月的 PFOD 的可行性研究和原型 NACE 酸性整合(trim)高压多级离心压裂泵的最初现场测试,总结出:

[0094] - 使用未处理状态的 DeboIt 水用于压裂操作在技术上和经济上是可行的。

[0095] - 可以使用 PFOD 过程来保持压力在 2310kPa(针对 DeboIt 水的 BPP) 以上,因此保持包括  $\text{H}_2\text{S}$  的气体包含在溶液中。

[0096] - 在使用 DeboIt 水用于压裂或者注射到地下油气页岩储备时不会出现水兼容性问题。

[0097] - 使用 DeboIt 水的高压多级离心酸性整合压裂泵可构造和使用在压裂操作的干净侧上。

[0098] - 在高压多级离心泵的测试和最终现场使用过程中没有识别出操作或者安全问题。

[0099] - 对于操作,淡水可能不是现成可用的。使用 PFOD 过程来自 DeboIt 的水是现成可用的,并且其可用性不受春天和夏天降雨或者由于干旱而吊销许可证的影响。例如,在 2010 年 8 月,由于 Peace 河流域的干旱,英国哥伦比亚的政府监管部门暂停了 Montney 区域用于油气压裂操作的淡水抽取许可证。

[0100] - 泵行业中有构建高抽吸压力柱塞式泵与 NACE 酸性整合流体端的经验。而压裂泵行业没有构建能够针对污浊侧压裂泵送美国石油研究会(“API”)质量压裂沙的高抽吸压力(超过 330psi(2300kpag))柱塞式压裂泵与 NACE 整合流体端的经验。

[0101] - 没有防止压力搅拌机的工程化和制造以在压力下使用 DeboIt 水的明显技术限制或约束。

[0102] 图 5 和图 6 中所示的 PFOD 过程

[0103] PFOD 过程将水始终保持在其 BPP 以上的压力,以防止气体(包括  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{CH}_4$ )溶液从溶液中脱出。基于 DeboIt 井形式水和压力-体积-温度(“PVT”)测试,DeboIt 水 BPP 在 38 摄氏度为 2310kPa(335Psi)。当 38 摄氏度的 DeboIt 水被减压到大气压力,每立方米水将释放大约  $1.35\text{m}^3$  气体。闪蒸的气体含有 0.5%的  $\text{H}_2\text{S}$ 、42%的  $\text{CO}_2$  和 57%的  $\text{CH}_4$ (甲烷)。这是与某些页岩气体操作(通常 0.0005%的  $\text{H}_2\text{S}$ 、9%的  $\text{CO}_2$  和 91%的  $\text{CH}_4$ (甲烷))中存在的相同气体。原料 DeboIt 水的使用将对页岩气体组分含量的当前百分比具有可以忽略的影响。

[0104] 对于典型的 PFOD 系统,将需要 1 个或多个 DeboIt WSW 和 1 个或多个 DeboIt WDW。

Debolt 水将利用加压管线系统以 BPP 以上的压力从 WSW 到 WDW 持续循环。这将通过定位在要压裂的井下游并且在处理井上游的背压控制阀实现,其中,在压裂操作需要水时,水将从策略性地定位在该循环线路上的歧管收回,由此将 Debolt 水以 Debolt BPP 以上的压力供给到压裂操作。两幅图显示了 PFOD 流动原理图和地下立视图。这些图表明了 PFOD 管线系统如何工作。

[0105] PFOD 过程的优点很多,包括以下所述的:

[0106] - 压裂操作可以以连续的年为基础常年进行。Debolt 水通常在 38 摄氏度。这允许使用在冬季使用 Debolt 水而不需要加热或者冬季压裂操作通常所需的其他设施,包括用于水循环的隔热管线。

[0107] - 常年的压裂能力将相对于商品需求和定价来说允许生产灵活性。

[0108] -PFOD 过程消除了与建造、操作和保持水处理工厂相关的强大资本和操作成本。

[0109] -PFOD 过程还减小了对压裂操作的发展发生在距水处理和 H<sub>2</sub>S 去除厂较大距离时所需的辅助工厂的需要。

[0110] -PFOD 过程消除了对地上处理水存储罐或者针对地上处理过程加热水通常所需的较大保持池的需要。因此,Debolt 含水层用作天然存储罐而不需要地面工厂、加热或者保持。

[0111] -Debolt 含水层也可用作在压裂操作中稍后要使用的多余淡水的主要存储位置。

[0112] 参考附图特别是图 1,其中显示了本发明的高压多级离心泵的优选实施方式。根据所需的设计压力,所述组件包括一个或多个多级离心泵 45,优选是高压多级离心泵 46。泵支架 10 将泵 45 和 46 附接到底座 9,底座用作完整组件的基础。马达 42 通过推力腔室组件 43 附接到泵 45。组件 20 还具有进口 44 和排放口 47,它们具有合适额定压力的部件,允许泵组件机械连接到外部管道同时在引导和控制所述管道内的流动。

[0113] 图 1 示出了高压多级离心泵组件的示意图,描述和标记了组件内使用的所有部件,包括

[0114] 9 泵支撑 - 滑动框架

[0115] 42 泵驱动器 - 电马达

[0116] 43 泵推力腔室以支撑来自泵的轴载荷

[0117] 44 泵进口抽吸

[0118] 45 容纳扩散器、叶轮和轴的低压多级离心泵壳体。显示了两个泵部分。

[0119] 46 容纳扩散器、叶轮和轴的高压多级离心泵壳体。这是将压力能力从 6,000psi 上升至高达大致 10,000psi 排放压力的创造性方面。

[0120] 47 用于 10,000psi 的高压排放头。这是将压力能力从 6,000psi 上升至高达大致 10,000psi 排放压力的另一创造性方面。

[0121] 高压多级离心泵 46 是叶轮 13 和扩散器 14 的组件。叶轮 13 安装在泵轴 15 上并作为轴的部件转动,因为叶轮机械连接到轴。扩散器 14 通过被压缩轴承 18 贴靠泵底座 12 压缩在泵壳体 16 中而固定在泵组件中。为了将产生的压力增加到 10,000psi 的排放压力,足够数量的叶轮和扩散器级彼此堆叠以增加一级的头能力,从而形成组合的所有级所需的压力。

[0122] 图 2 是图 1 的高压多级离心泵组件的截面图,描绘了组件内使用的所有部件,包括

穿入泵壳体 16 中的泵底座 12 和泵头 19。每个泵级是叶轮 12 和扩散器 14 的组件。叶轮 13 安装在泵轴 15 上并作为泵的部件转动。扩散器 14 通过被泵壳体 16 中的压缩轴承 18 压缩和贴靠泵底座 12 而固定在泵组件中。

[0123] 泵壳体 16 与泵底座 12 和泵头 19 两者之间的密封通过例如 API (美国石油学会) 或者 Hydri1 螺纹的特定螺纹来实现,其提供高差压环境下的金属对金属密封。高扭矩补偿确保强连接,能够无泄漏地承受轴向液压载荷。每个连接还设计成承受多个补偿 (make-up) 和断裂 (break),而无需补救 (redress)。

[0124] 注意力接下来转向图 3,其显示了本发明的一种优选实施方式。高压多级离心泵 46 包括外部高压壳体 16,其保持和排列泵的所有部件。高压多级离心泵 46 包括扩散器 14,扩散器构造有完全围绕扩散器的支承套筒 21,该套筒具有槽 25 和 o 型圈 31,由此在壳体 16 内提供密封。当泵操作时,始终会有到通过壳体的内径与扩散器 14 的外直径形成的环中的一些泄漏。当该环变满时,由于环中的压力等于泄漏源处的压力而到其中的流动停止。如果泄漏源在泵的排放头处或附近,该环可被加压到全排放压力。为了防止这种情况,o 型圈 31 安装在每个扩散器处,并且均衡孔 23 经过扩散器壁放置,使得最大压力不受扩散器的薄的壁厚的限制。

[0125] 图 3 是图 2 的截面视图,显示了高压多级离心泵壳体 16 中的多个叶轮和扩散器级。本发明包括用于快速减压的均衡孔 23 和完全围绕扩散器的支承套筒 21,其具有槽 25 以容纳 o 型圈 31,从而防止包围在壳体内的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动。该高压壳体 16 被设计为安全地容纳高达 10,000psi 的压力。

[0126] 图 4 以截面图示出了用于高压多级离心泵组件的每个扩散器 14、支承套筒 21、均衡孔 23 和 o 型圈 31 的细节,扩散器细节显示了扩散器 14 顶部上的压缩套筒 21。本发明包括用于快速减压的均衡孔 23 以及 o 型圈 31,以防止包围在壳体内的各个扩散器的外侧之间的压力连通和流体流动。

[0127] 本发明提供制造经济性,同时可在高压多级离心泵的使用期间在安装场所处给予最大可维护性。已经针对本发明的目的描述了目前优选的实施方式。

[0128] 多级高压离心泵要构建成通过设置均衡开口 23 并密封壳体中的每个扩散器、改善扩散器壁强度 (图 2) (其中压力通过泵壳体 16 容纳 (图 3)) 来消除跨扩散器 14 壁的高压。

[0129] 一般的泵将包含穿入泵壳体 16 的泵底座 12 和泵头 19。泵级是叶轮 13 和扩散器 14 的组件。叶轮 13 安装在泵轴 15 上并且是泵的转动部件。扩散器 14 通过被压缩轴承 18 压缩到泵壳体 16 中并倚靠泵底座 12 而固定在泵组件中 (图 2)。

[0130] 具有两种选择来改善扩散器 14 壁强度:

[0131] 1. 利用增加的壁厚 (提高的壁强度) 和扩散器与壳体之间的紧密 (千分之几英寸) 配合,由此防止扩散器变形。

[0132] 2. 如图 3 所示,利用扩散器壁 14 顶部上的压力套筒 21 (通过套筒和扩散器壁的外直径之间的压缩配合而提高的壁强度) 和扩散器 14 和壳体 16 之间的紧密 (千分之几英寸) 配合,由此防止扩散器变形。

[0133] 消除跨扩散器壁的压力梯度通过在扩散器壁中钻出均衡孔 23 来实现,其造成跨扩散器壁 14 的零差压。为了消除来自一级的较高压力作用在另一扩散器上, o 型圈 31 式

密封在每个扩散器 14 和壳体 16 之间使用,防止在扩散器 14 的顶部上从泵壳体的一端到另一端的压力传递或者流体流动。主要压力容纳装置是泵壳体 16(图 3)。

[0134] 泵壳体 16 与泵底座 12 和泵头 19 两者之间的密封通过例如 API 或者 Hydril 螺纹的特定螺纹实现,从而提供金属对金属密封,利用大的扭矩肩部来允许高扭矩补偿,确保强连接,最大化材料截面抗爆裂性。每个连接还设计成承受多个补偿和断裂,而无需补救。

[0135] 管路和泵排放口之间的密封通过使用环或者垫圈式密封和 API 式凸缘 11(图 2)。

[0136] 根据所需的总动态头 (TDH),多级离心泵可以构建为单个泵(低 TDH)或者多区段泵(高 TDH)(图 4)。在多区段设计中,泵区段 45、46 串联连接在公共泵床 9 上,并且它们的轴机械连接成由公共驱动器 42 驱动。泵中产生的推力由推力轴承组件 43 容纳。泵进口 44 和排放口 47 完成该组件。

[0137] 这里讨论的设计修改已经在 10,000psi 排放压力成功地测试。10,000psi 压力能力提供了适用于压裂由井筒穿透的地层的压力。

[0138] 因此,可以对本发明的优选实施方式进行许多改变而不脱离本发明的范围。应认为,这里包含的所有内容应被认为是本发明的说明而不是限制意义。

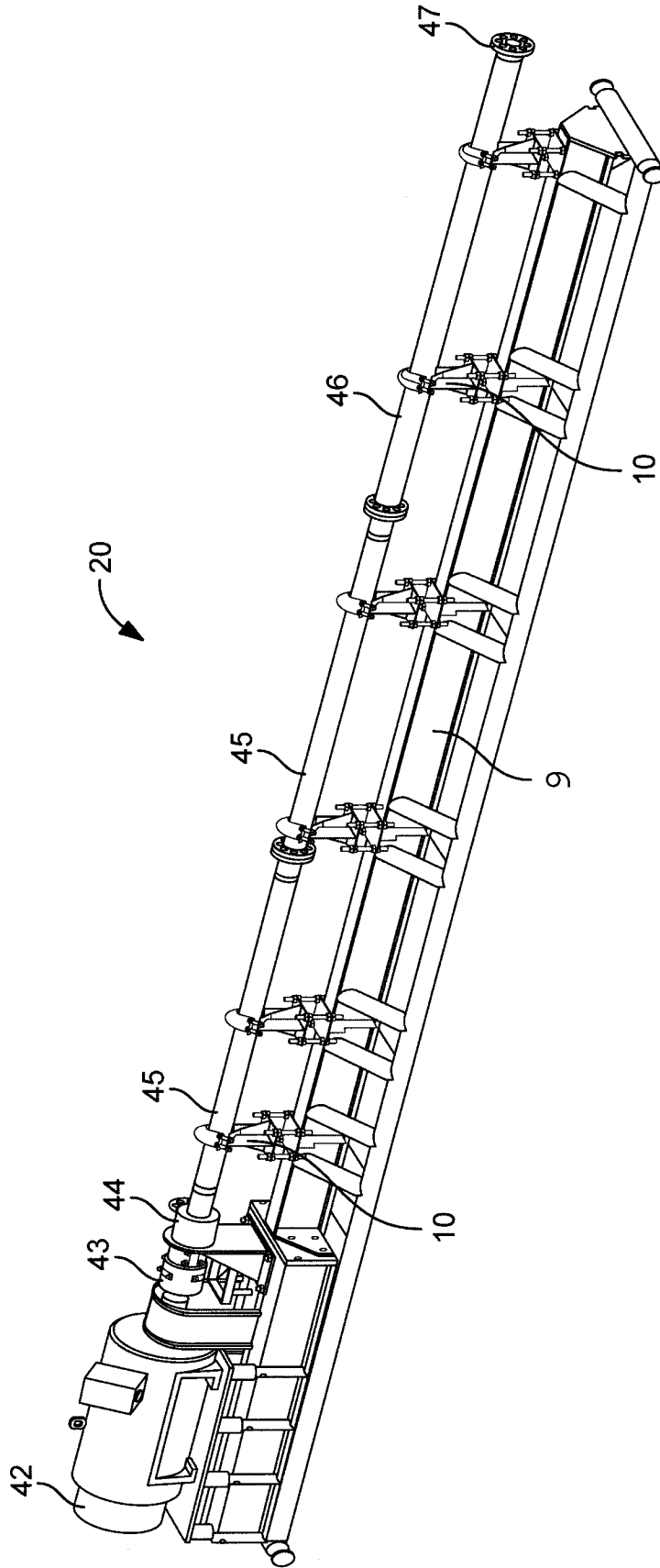


图 1

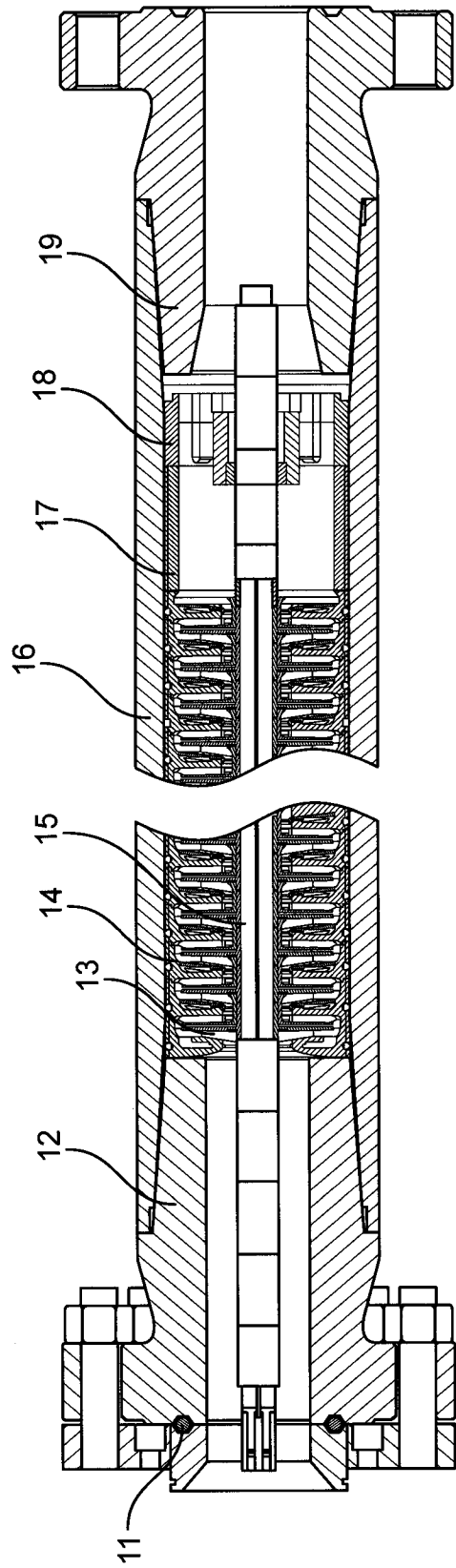


图 2



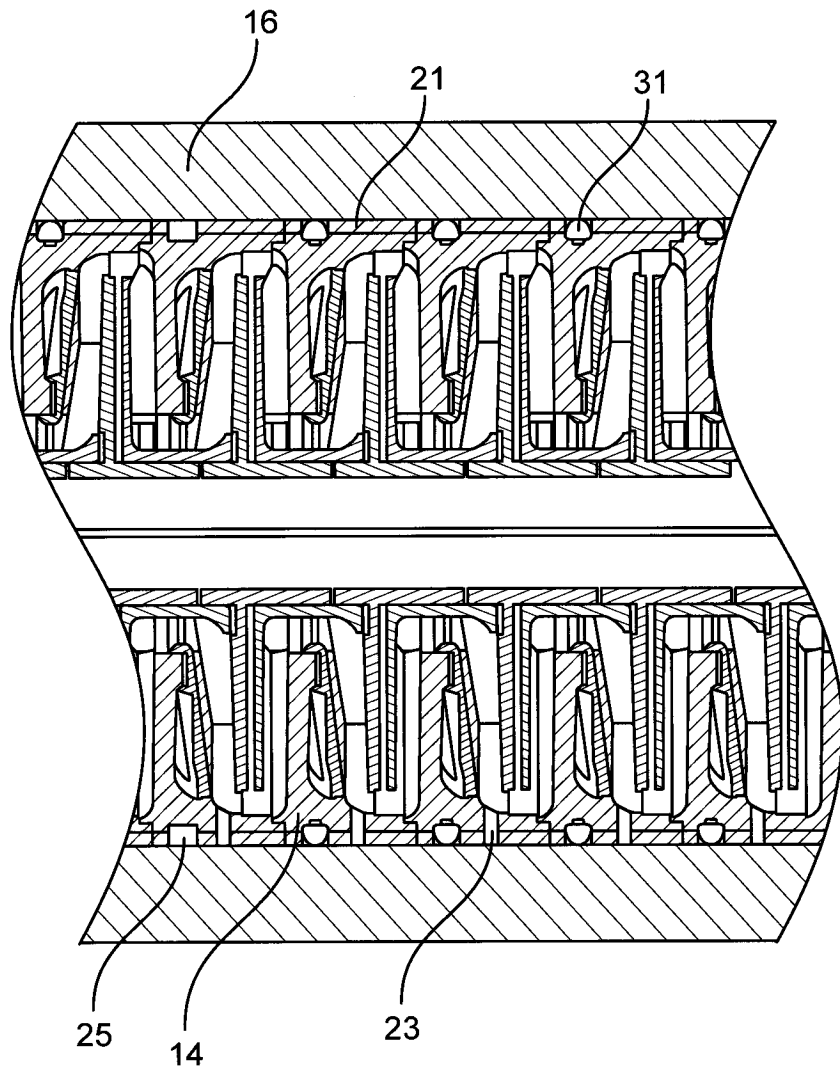


图 3

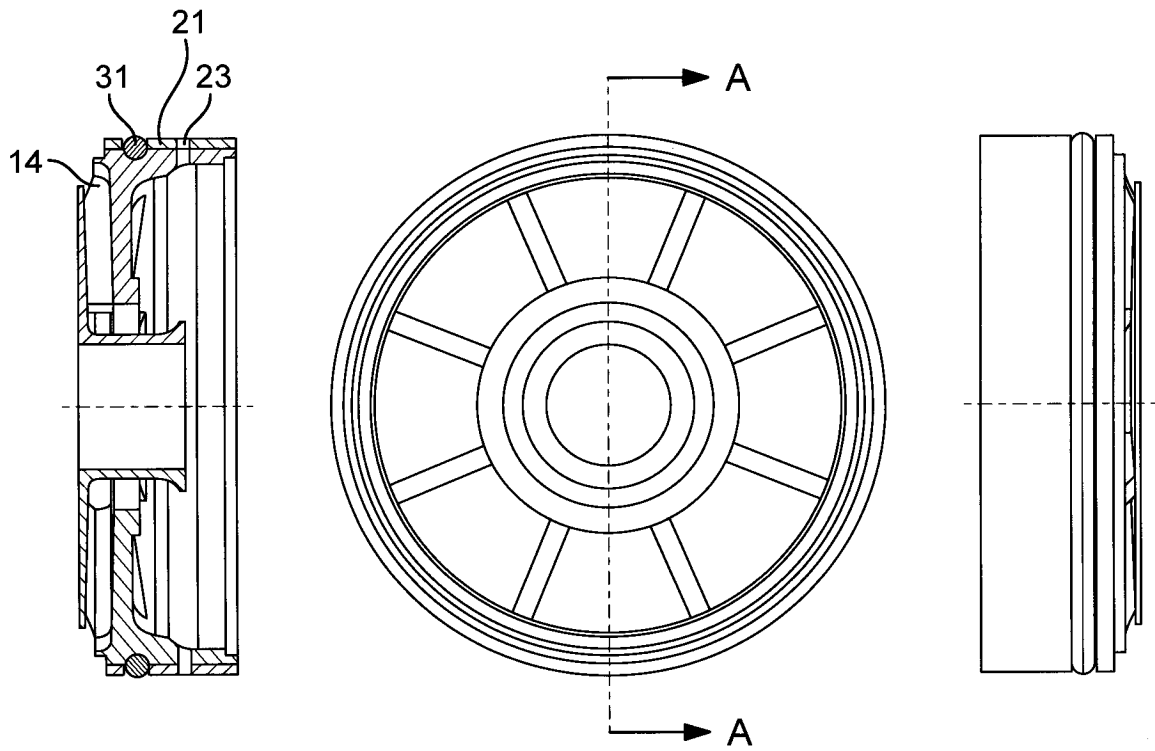


图 4

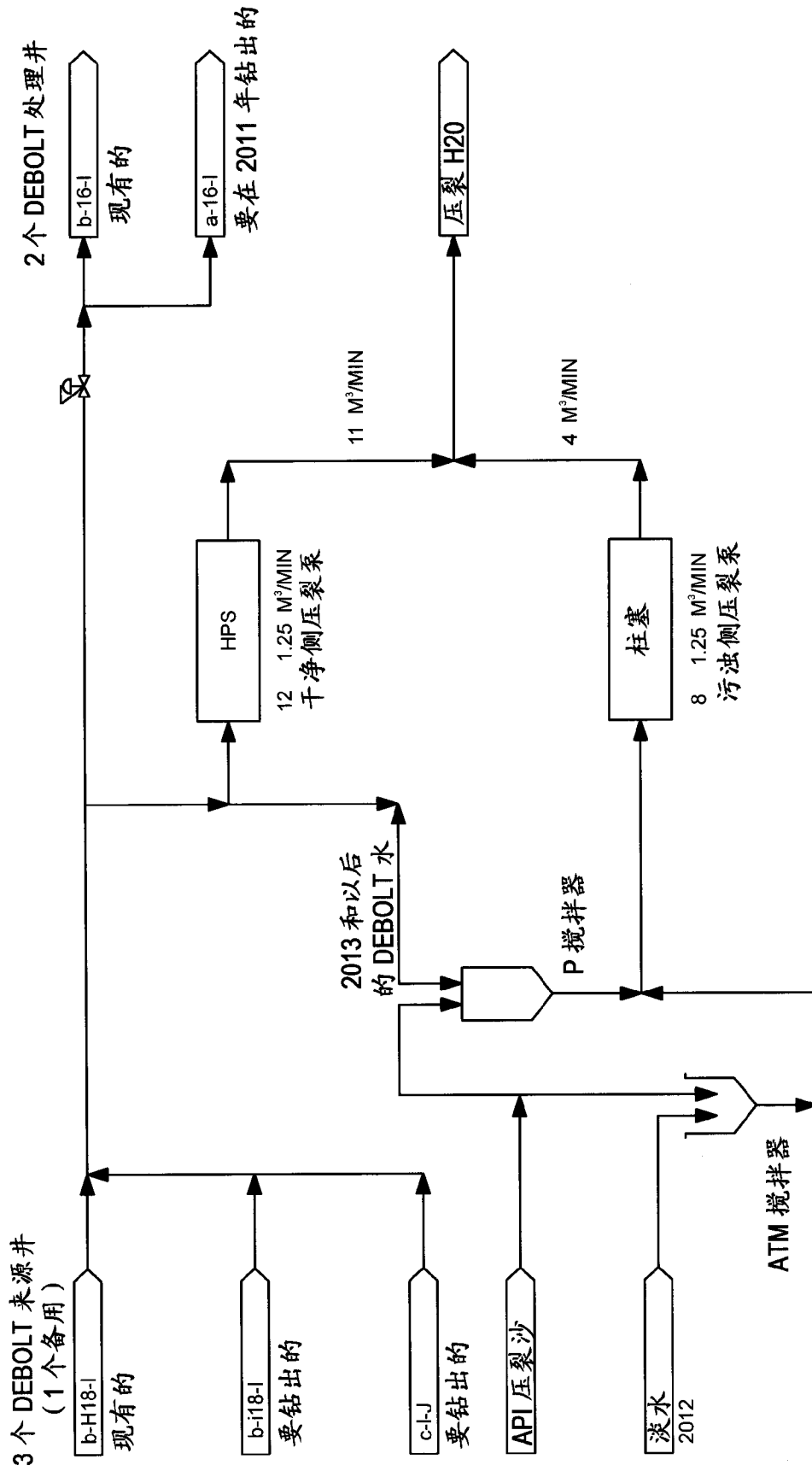


图 5

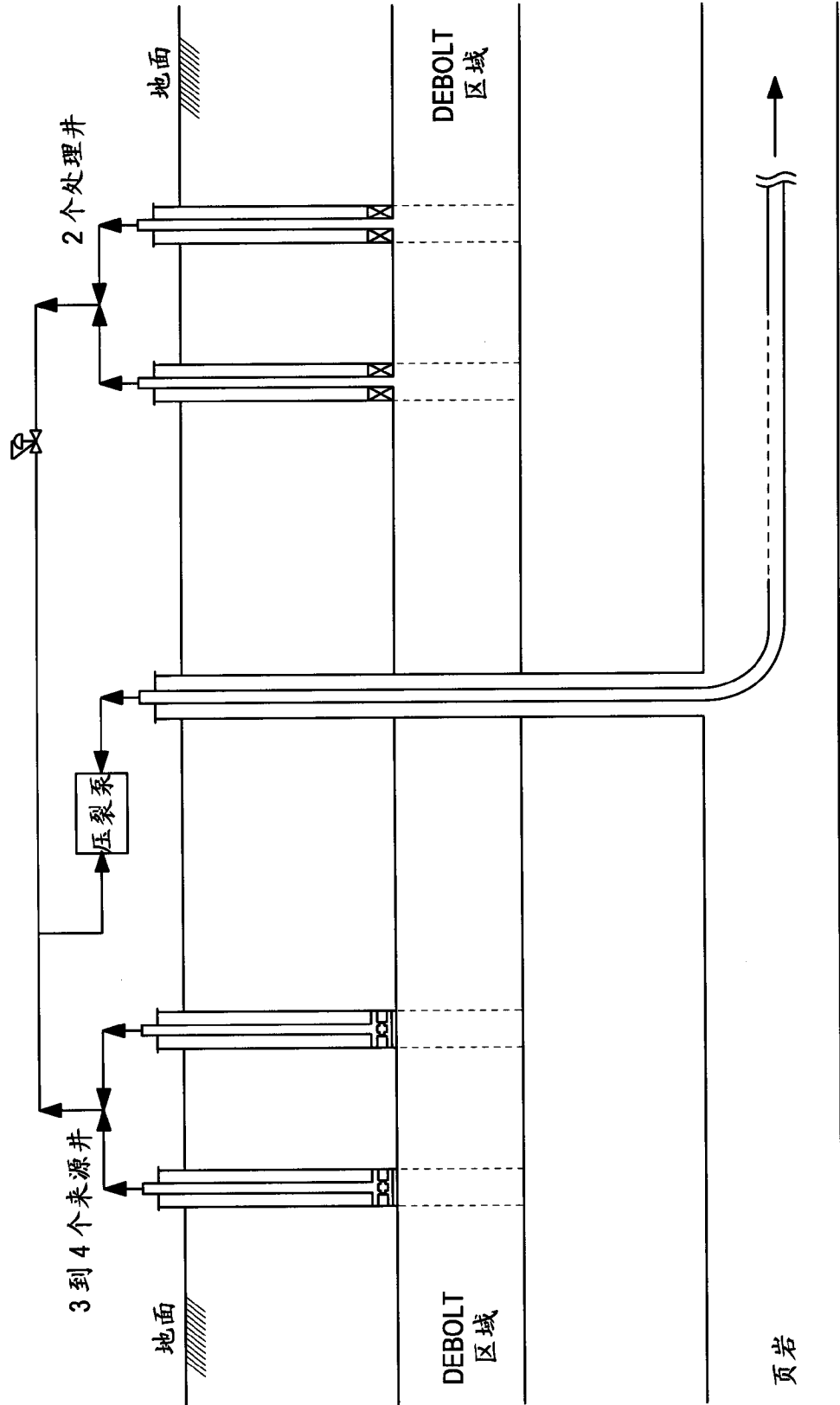


图 6