

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F04B 17/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00100945.1

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237272C

[22] 申请日 2000.1.5 [21] 申请号 00100945.1

[30] 优先权

[32] 1999. 1. 5 [33] US [31] 09/225804

[71] 专利权人 气体产品与化学公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 W·C·科特克

审查员 孙宏霞

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 章社杲

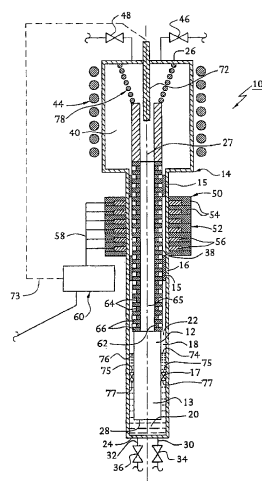
权利要求书 2 页 说明书 35 页 附图 7 页

[54] 发明名称

具有线性马达驱动装置的往复泵

[57] 摘要

一种往复泵，包括一缸体其具有一封闭的内腔部分。一活塞组件具有一分配端部和一相对的端部并且以可移动的方式安装在该内腔部分内，该活塞组件可在该内腔部分的相对端部之间沿着相对的线性方向移动。一密封件位于该活塞组件和缸体之间以将该内腔部分分成一分配腔和一储液腔。一能量储存和释放媒体与该储液腔相连通以储存由于该活塞组件沿着离开该内腔部分的分配端部的方向移动而产生的能量，并当该活塞组件向该分配端部的方向移动时释放所储存的能量。



1.一种用于液体的往复泵，所述泵包括：一个缸体，所述缸体具有外壁，所述外壁提供了一个封闭的内腔部分，所述内腔部分具有相对的端部；一个活塞组件，所述活塞组件具有一个分配端部和一个相对的端部，所述活塞组件以可移动的方式安装在所述内腔部分内，所述活塞组件可在所述内腔部分的相对端部之间沿著相对的线性方向移动；一个密封件，所述密封件位于所述活塞组件和所述缸体之间以便当所述活塞组件在所述封闭内腔部分的相对端部之间沿著相对的线性方向移动时能够在所述活塞组件和所述缸体之间保持一种动态流体密封，所述密封件将所述内腔部分分成一个分配腔和一个储液腔；一个线性磁驱动系统，所述线性磁驱动系统能够产生一个线性移动磁场以使所述活塞组件沿著所述相对的线性方向移动；一个阀控输入管，所述阀控输入管与所述内腔部分的分配腔相通以便当所述活塞组件沿著一个线性方向通过一个液体接收吸入冲程并通过一个工作容积时将液体引入到所述分配腔中并使液体充填所述分配腔的容积；一个阀控输出管，所述阀控输出管与所述内腔部分的分配腔相通以便当所述活塞组件沿著一个与所述线性方向相对的方向通过一个液体分配冲程并通过一个工作容积时将液体从所述分配腔中排出；其特征在于，所述储液腔为非分配腔，并且所述泵包括一个能量储存和释放媒体，所述能量储存和释放媒体能够储存由于所述活塞组件通过所述吸入冲程而产生的能量，并且当所述活塞组件通过整个所述分配冲程时，所述能量储存和释放媒体能够将所储存的能量释放给所述活塞组件。

2.如权利要求 1 所述的泵，其特征在于，所述能量储存和释放媒体至少部分地充填所述储液腔。

3.如权利要求 1 所述的泵，其特征在于，所述泵是以密闭方式密封的。

4.如权利要求 2 所述的泵，其特征在于，所述泵是以密闭方式密封的。

5.如权利要求 1 所述的泵，其特征在于，所述能量储存和释放媒体

是可弹性压缩或延伸的以便储存由于所述活塞组件通过所述吸入冲程而产生的能量。

6.如权利要求 2 所述的泵，其特征在于，所述能量储存和释放媒体包括一种气态物质。

5 7.如权利要求 6 所述的泵，其特征在于，所述泵还包括一个附加的能量储存和释放装置以储存由于所述活塞组件通过所述吸入冲程而产生的能量，并且当所述活塞组件通过所述分配冲程时，所述能量储存和释放媒体能够将所储存的能量释放给所述活塞组件。

10 8.如权利要求 6 所述的泵，其特征在于，所述气态物质是非冷凝的并且不是所述需要泵送液体的气化物，所述泵还包括用于供给和排出所述气态物质的装置以及用于在所述泵中保持一个所需的气体储存量的控制装置。

15 9.如权利要求 6 所述的泵，其特征在于，所述气态物质由一部分所述需要泵送液体的气化物和一部分不是所述需要泵送液体的气化物的一种非冷凝气体构成，所述泵还包括用于以可控制流量的方式向所述泵供给所述非冷凝气体和从所述泵排出所述非冷凝气体的装置。

20 10.如权利要求 6 所述的泵，其特征在于，所述活塞组件是以这样的形式设置在所述缸体中的，即，当所述活塞组件通过所述吸入冲程和分配冲程移动时，所述储液腔基本上被所述活塞组件的相对端部所占据的一个区域中的一种气态物质充填，其中在与所述缸体（14）垂直操作中，所述密封件（17）容许在活塞组件（12）作往复移动期间的双向泄露具有零净泄露量，从而液/气界面（74）保持在所述密封件（17）上的储液腔（22）。

11.如权利要求 10 所述的泵，其特征在于，所述气态物质仅由所述需要泵送液体的气化物构成。

25 12.如权利要求 10 所述的用于泵送一种液态气体的泵，其特征在于，所述缸体包括在所述分配腔的一个区域处的绝热装置，所述绝热装置用来将所述泵送液体保持在一个维持其液体状态而需要的低温区域中，还包括在所述储液腔的一个区域处的加热装置以使所述储液腔保持在一个所需的暖温环境下，从而使所述储液腔容积的至少一部分维持在一种气态状态下，所述储液腔中的气体压力保持在所述气体临界压力之下。

30

具有线性马达驱动装置的往复泵

5 技术领域

本发明涉及往复泵，本发明特别涉及各种类型的具有一个线性马达驱动装置的往复泵以及利用这样的往复泵泵送液体的方法。特别是，本发明所涉及的泵是密闭往复泵以及本发明所涉及的方法是利用这样的密闭泵泵送液体的方法。

10 背景技术

在许多应用中非常需要使用往复泵，尤其是在流体流速较低（例如，低于15加仑/分钟）而所需要的流体压力升高较高（例如，大于500磅/平方英寸）的环境中。对于需要更低的压力升高和更大的流速的应用，单级离心泵是有利的，因为它们的简单性、低成本和低维护需求。然而往复泵比离心泵有更高的热力效率，高达10%至30%。尽管往复泵在许多应用场合是优选的，但它们有一定的缺点和限制。

例如，传统的往复泵通常由一转动的驱动机构通过一滑块曲柄或其它普通机械机构将转动运动转换成线性运动而在一线性方向上驱动。这些驱动系统需要许多轴承、脂或油润滑、通过驱动器的皮带或齿轮而使转动速度降低、用于稳定速度的飞轮、保护安全的防护装置及其它机械装置，所有这些增加了泵的复杂性和成本。而且，在这些传统的构造中，活塞的冲程长度是固定的，该长度是活塞在运行的每一循环过程中的运动（例如，通常是正弦曲线）。这导致在冲程中间位置处有一活塞速度峰值，该峰值决定了在活塞的吸入冲程中进入泵的流体中的伯努利效应减压峰值和动压头所失压力减少，从而实现净吸入压差（NPSH）需求。

泵会受到由于不充分的净吸入压差（NPSH）产生的机械损伤。特别是，在进入到泵的入口处流体的气化会形成气泡。随后的对气化的液体的压缩导致气泡猛烈破裂，导致形成音声音振动波，该振动波最终可损伤泵的部件。因此，泵的安装可得到的净吸入压差（NPSH）充分高于该泵所需要的净吸入压差（NPSH）是很重要的。

需要较低的净吸入压差（NPSH）的泵的设计可使在安装时有更大的机动性，经常可降低安装成本。此外，一个被要求的较低的净吸入压差（NPSH）较低可确保气穴现象有更大余地，因此在当进口运行状态偏离规程时有更大的可靠性。

- 5 往复泵的净吸入压差（NPSH）需求由趋于降低局部入口吸入压力的因素所限制，比如流体管线加速压力下降和在入口管线和入口阀的速度诱发压力下降（伯努利效应和动压头损失）。缸体和活塞尺寸、以及入口阀尺寸和活塞峰值速度是在设定最小的所需净吸入压差（NPSH）的关键性因素。尤其是，更大的缸体、活塞和入口阀尺寸使得有更慢的泵送速度。这导致一更低的净吸入压差（NPSH）需求。如前所述，需要较低的净吸入压差（NPSH）的泵的设计可使在安装时有更大的机动性，可确保气穴现象有更大余地，这两项都是非常需要的特性。
- 10

- 减小吞吐量的传统往复泵的速度调节（即流速调节）很大程度上受泵的飞轮的尺寸和电动机驱动装置的尺寸的限制。传统的往复泵一般以固定的电动机电源的交流频率且因此以一固定的额定泵送速度来运行。给电动机所供应的交流电源的调节，比如采用变频驱动来减小泵送速度，一般限于降低整个设计的泵送速度和流速的50%。泵的飞轮的作用是把泵的每一冲程循环中的速度波动或脉动降到最小。这通过在每一循环中吸收和释放泵的轴和飞轮之间的动能来完成；导致泵的循环速度在额定速度上下波动。这称作速度脉动。速度脉动导致在每一泵的冲程循环的不同部分电动机扭矩量较大和较小。这种波动的扭矩产生波动的电动机电流，极端情况下可由于过热而对电动机有害。确定电动机电流的关键因素是速度波动的百分比。应当指出的是对于一给定的飞轮尺寸和电动机尺寸，速度脉动百分比以设计速度与减小的速度的比值的平方增加。此外，随着电动机速度的降低，电动机风扇适当冷却该电动机的能力也下降。这些因素一起造成了实际上50%的调节容限。可采用特殊的措施来降低这种限制，比如提供一分开供电的电动机冷却风扇，特别是加大泵的电动机框架尺寸或加大泵的飞轮的尺寸。然而，这些特殊措施很昂贵。其它可获得减小的泵速的装置，比如不同束直径的皮带系统或
- 15
- 20
- 25

其它机械速度比调节方法，要容忍增加的磨损、打滑和过度的最大负荷故障的问题。

当需要一更大的运行中的流速调节时，传统的泵通常以再循环的方式或以带有一缓冲容器的循环开/关方式来操作。由于需要一再循环管
5 线、一再循环阀、一冷却器和控制装置，绕泵的再循环流动非常浪费泵的功率，且增加了成本和复杂化。采用一支撑容器（hold up tank）也增加了该系统的花费，它需要额外空间且使该泵系统的操作和维护复杂化。

传统的泵的另一个缺陷在于需要在活塞和泵的缸体之间形成一有效
10 的密封。这样的密封一般是由活塞环提供的动态密封。然而，即使提供这样的密封，一般也会有些泄漏，且在许多应用中对于处置或再循环这些泄漏的材料是一种麻烦。

传统的往复泵中，活塞环磨损经常是泵维护的主要原因。这部分是由于密封在泵的排放压力和活塞后侧的泄漏接收压力之间的全部压差而
15 产生的，从而导致这些密封更快地磨损。具体而言，后侧压力经常等于或小于泵的入口压力，从而产生一个通过活塞环密封的非常显著的压力下降。这又增加了活塞环的磨损速度。

在往复泵上的入口和出口阀一般是特殊设计的流体触发单向阀，以适应泵的较高的循环速度，同时得到最长的可能的运行寿命。而且，即
20 使这些阀是特殊设计的，阀的失灵经常是泵发生故障的原因。往复泵的设计速度基于所需要的容积流速（volumetric flow rate）和泵的缸体内的活塞的工作容积。因为以较低的速度运行的较大的工作容积需要较大的物理上的泵的体积和较高的造价，安装一个以最高可容许速度运行的泵已成为惯例，该速度由往复力、活塞环磨损速度和NPSH需求所限制。
25 这样高的速度，一般在200至600转/分钟范围内，对阀的寿命施加了一个非常沉重的负担。

希望有一种往复泵，该泵没有上述的传统的往复泵的缺点，且实际上增强了传统往复泵的有利方面。本发明的往复泵将传统往复泵的设计缺陷减到最小或消除，包括：（1）磨损件的维护，比如阀、活塞环和推

杆密封环；（2）由于在较低的净吸入压差（NPSH）应用中而产生的泵的气穴损害的维护；（3）泵送的流体从过程液流（process stream）的泄漏；（4）泵送的流体到泵周围的泄漏；（5）对于安装设计的较高的净吸入压差（NPSH）需求；（6）泵送的流体和泵周围的润滑油污染；（7）较高的造价；（8）用于安装的空间需求及（9）与暴露的运动部件相关的危险。采用本发明，上述的缺陷可被最小化或消除，而且增强了传统往复泵的有利方面，比如较高的热力效率。

本发明的往复泵的有利方面在此之前还不可知，它包括：（1）在全部设计压力时有从0%至100%的设计流速的可变的流速，且效率提高；（2）在低温流体泵送应用中的冷待机时有更低的热量泄漏；及（3）以减小的速度增加了输出压力的能力。

对现有技术试图提高往复泵性能的尝试一直集中在三（3）个方面；即，改变传统的滑块驱动往复泵的尺寸，在往复的低温和/或密封泵的设计上创新发展，及转换成线性马达驱动的往复设计。

对于改变传统的滑块驱动的往复泵的尺寸，已经有增加泵的尺寸来提供一大于普通考虑所必需的工作容积的方案。采用更大的泵增加了泵的成本，但有通过减少传递预定流量所需的泵循环数目而减少了磨损件维护的益处，减少了由不充分的净吸入压差（NPSH）损害所导致的维护成本，减少了为满足较高的净吸入压差（NPSH）需求的安装成本（例如，所需容器高度更低），由于较低速度的运行和减小的入口和出口阀压力，降低损失而提高了热力效率。

然而，上述的由采用更大的泵而产生的益处是以重大的代价而得到的：（1）较高的泵的造价；（2）由于较大的活塞直径需要密封，增加了从泵送液流中的流体泄漏；（3）由于所需活塞杆密封的较大直径而导致增加的流体泄漏，泄漏到泵的周围；（4）由于采用较大尺寸的部件而增加了总的安装成本；（5）由于采用较大尺寸的部件而增加了空间需求；（6）增加了备用部件的成本；及（7）增加了由于较大尺寸而导致的剩余的维护劳动和装卸成本。

上面列举的优点和缺点的对比已经导致了往复泵的尺寸加大范围的限制。

在低温往复泵上的发展包括：（1）采用新的动态密封，如在美国专利NO. 4, 792, 289中所公开；（2）改变入口和/或出口阀设计，如在美国
5 专利NO. 4, 792, 289、5, 511, 955和5, 575, 626中所公开；（3）减少热量泄漏的设计，如在美国专利NO. 4, 396, 362和4, 396, 354中所公开；（4）引入用于减小NPSH需求的第二（或多个）预压缩腔，如在美国专利NO. 4, 239, 460；5, 511, 955和5, 575, 626中所公开；及（5）引入用于减小
10 净吸入压差（NPSH）需求和提供改进的容积效率的过冷却机构，如在美国专利No. 4, 396, 362；4, 396, 354和5, 511, 955中所公开。然而，上面列举的改进没有一个采用了一种密封设计（即，对泵送流体没有使用动态密封去防止向泵周围环境的泄漏）。

美国专利No. 4, 365, 942公开了一种密封的低温泵，该泵包括电子线圈，该线圈依靠所需泵送的液氮的极度低温而保持超导状态。然而这种
15 针对液氮特性设计的可能是独特的，它不能广泛适用于泵送其它的流体。

如上所述，现有技术中已经提出了将一个线性马达用作一个往复泵的驱动装置。将这种类型的驱动装置用于一个泵中具有结构紧凑、降低
20 能耗、降低成本和减少维护的优点并且适用于那些以常规驱动方式设计的泵不可能适用的情况下。这样的线性马达驱动装置已被证实可用于密闭泵和非密闭的泵中。已被披露的线性马达驱动泵可用于油或水的井下泵送，如在美国专利Nos. 4, 350, 478；4, 687, 054；5, 179, 306；5, 252, 043；
5, 409, 356和5, 734, 209中所披露的。

美国专利No. 4, 687, 054披露一种湿空气间隙设计形式，这种湿空气
25 间隙设计形式没有使用密封件以将泵送液体与在定子和电枢之间的马达空气间隙隔开。

美国专利No. 4, 350, 478；5, 179, 306；5, 252, 043以及5, 734, 209披露了使用密封件以使马达空气间隙与泵送液体隔开。许多现有技术所设计的密封形式是用一种润滑和换热油填充所述空气间隙。应该认识到，

上述所有的泵都是在被它们泵送液体完全浸没的条件下操作的，因此，如在本发明的优选实施例中所需要的，达到一种密闭密封以防止液体泄露到周围环境是一个未解决的问题。

另外一些使用一种密闭方式的电动线性马达驱动泵已被披露，它们用于许多领域，诸如用于泵血（美国专利No. 4, 334, 180）、用于大容积
5 低压气体输送领域（美国专利No. 4, 518, 317）、一种概念上的双作用泵设计（美国专利No. 4, 965, 864）和使用常规平面线性马达的非密闭设计形式（美国专利No. 5, 083, 905）。

在上述现有技术中，没有一个讲述了蕴涵着本发明全部优点的、意图用于工业生产或产品输送领域中的密闭泵设计方法。
10

在利用本发明的各种实施例对本发明进行的描述中，与在分配腔和/或储液腔或活塞组件的移动有关的词语“工作容积”指的是活塞组件通过一个分配冲程或一个吸入冲程而导致的分配腔和储液腔的流体接收区域容积的逐渐变化。在活塞组件的分配冲程中，分配腔的流体区域容积
15 逐渐减小而储液腔的流体区域容积以相同的体积量增加。在活塞组件的吸入冲程中，储液腔的流体区域容积逐渐减小而分配腔的流体区域容积以相同的体积量增加。当活塞组件分别通过其分配冲程和吸入冲程时，上述的分配腔和储液腔的流体区域容积的逐渐减小和增加与所述活塞组件在分配腔和储液腔内的容积逐渐变化量是相等的。当在缸体和活塞组件之间的所述密封件以不移动的方式固定在所述缸体上时，所述工作容
20 积等于活塞组件通过密封件（在分配冲程或吸入冲程中）的移动距离乘以（ $\times$ ）通过所述密封件的活塞组件长度的横截面积。

本发明所涉及的各种“密闭”或“密闭密封”泵指的是，不带有在泵送流体和外界环境之间的动态密封件的泵。动态密封件是在两个相对
25 于运动的物体之间并可在所述密封处滑动的密封件，用于防止一种流体从一个压力大的区域流到一个压力较小的区域。如上所述，在本发明所要求保护的密闭泵中，在泵送流体与外界环境之间不具有这种动态密封件。

发明内容

用于液体的往复泵，所述泵包括一个缸体，所述缸体具有外壁，所述外壁提供了一个封闭的内腔部分，所述内腔部分具有相对的端部。一个活塞组件具有一个分配端部和一个相对的端部，所述活塞组件以可移动的方式安装在所述内腔部分内以在所述内腔部分的相对端部之间沿着相对的线性方向移动。一个密封件位于所述活塞组件和所述缸体之间以便当所述活塞组件在所述缸体的封闭内腔部分内移动时能够在所述活塞组件和活塞缸体之间保持一种动态流体密封。所述密封件将所述内腔部分分成一个分配腔和一个储液腔。一个线性磁驱动系统能够产生一个线性移动磁场以使所述活塞组件沿着所述相对的线性方向移动。一个阀控输入管与所述内腔部分的分配腔相通以便当所述活塞组件沿着一个线性方向通过一个液体接收吸入冲程并通过一个工作容积时将液体引入到所述分配腔中并使液体充填所述分配腔的容积。一个阀控输出管与所述内腔部分的分配腔相通以便当所述活塞组件沿着一个与所述线性方向相对的方向通过一个液体分配冲程并通过一个工作容积时将液体从所述分配腔中排出。一个能量储存和释放媒体能够与所述活塞组件共同作用以便储存由于所述活塞组件通过所述吸入冲程而产生的能量，并且当所述活塞组件通过所述分配冲程时，所述能量储存和释放媒体能够将所储存的能量释放给所述活塞组件。

在本发明的优选实施例中，所述泵是密闭泵。

在本发明的一个优选实施例中，所述能量储存和释放媒体至少部分地充填所述储液腔以便当所述活塞组件在吸入冲程中通过所述储液腔的一个工作容积时在所述储液腔内储存能量。

在本发明的最佳实施例中，所述能量储存和释放媒体是以弹性压缩或延伸为条件以便储存和释放能量。所述能量储存和释放媒体最好是一种气态物质。当一种气态物质用作所述能量储存和释放媒体时，最好使所述气态物质至少部分地充填所述缸体的储液腔。但是，在本发明中，所述储液腔中的液体也可处于这样一个高度，即，使所述活塞组件在所述储液腔中的部分完全在所述液体内。实际上，在本发明的一些实施例中，所述液体可完全充填所述储液腔。

在本发明的一个优选实施例中，所述磁驱动系统是一种多相线性马达，它包括一个电源和一个可编程微处理器，所述可编程微处理器用于对所述电源的操作进行控制以调节控制所述活塞组件的移动。

最好，所述可编程微处理器可调节控制所述电源的操作以调节控制
5 所述活塞组件的运动特性，诸如所述活塞组件在每一个线性方向上的冲程长度、所述活塞组件在每一个线性方向上的冲程时间以及所述活塞组件的往复循环程度，特别是在循环移动时间中的每一个时刻处所述活塞组件沿所述相对线性方向通过整个移动路径上的位置、速度和加速度。另外，还可被控制的活塞组件运动特性包括可改变活塞组件在不运动阶
10 段的时间长短。根据需要，所述活塞组件的不运动阶段可出现在任一个循环内或两个循环之间的任何时间和位置上。

在本发明的一个优选实施例中，所述可编程微处理器可调节控制所述活塞组件的每一个冲程（例如，吸入冲程和分配冲程）的持续时间以使其中一个冲程（例如，吸入冲程）的持续时间与另一个冲程（例如，
15 分配冲程）的持续时间不同。在所述泵的操作的一种优选方式中，吸入冲程的持续时间长于分配冲程的持续时间。

在本发明的另一个优选形式中，所述可编程微处理器可调节控制所述活塞组件的循环移动以使所述活塞组件的循环移动是连续的或者是不连续的。即，所述泵的操作是可控制的以便在所述活塞组件的任何一个
20 循环内或连续循环之间为了多个不同位置的任意一处提供一个所需持续时间的运动暂停，每一个循环都包括所述活塞组件的一个吸入冲程和一个分配冲程。

在本发明的一个优选实施例中，所述活塞包括一个位置传感器，所述位置传感器能够为所述磁驱动系统的可编程微处理器提供一个反馈电
25 信号。

在本发明的最佳实施例中，所述线性磁驱动系统包括一个定子和电枢，所述定子位于所述缸体附近并在所述缸体外部，所述电枢位于所述缸体内部的活塞组件上。

在本发明的一个优选实施例中，在所述能量储存和释放媒体是一种气态物质的情况下，可使用一个机械的附加的能量储存和释放媒体（例如，弹簧、波纹筒，等等）以便有助于储存来自于所述活塞组件在一个线性方向上移动而产生的能量，并且在所述活塞组件接着沿着另一个与
5 所述线性方向相反的方向移动过程中能够将所储存的能量释或分配放给所述活塞组件。

在本发明的一个优选实施例中，设置一个与用于向所述泵供给液体的一个阀控输入管相通的储液池。

最好，当设置一个储液池时，所述储液池部分被所述液体填充并具有
10 有一个未被液体充填的空间，所述未被液体充填的空间中具有一种可弹性压缩和膨胀的媒体（例如，一种气体）以便即使在所述液体以一种非固定的脉动流速被引到所述泵中的情况下也能使所述泵的液体流的脉动最小化（即，使所述液体以一种基本不变的流速输送到所述储液池中）。

在一些实施例中，所述未被液体充填的空间包括一种具有防对流和
15 防导热性能的绝热装置，或者设置一个导热元件，所述导热元件有助于使所述储液池中的液体保持一个所需的高度。

最好，所述储液池包括一个排气管线、一个阀和液面浮，该液面浮用于操作所述阀，以使所述储液池中的液体保持一个所需的高度。

在本发明的一个优选实施例中，设置一个导管装置，所述导管装置
20 能够通过一个可分离且密封的连接装置使所述泵的输出部分与所述储液池的一个底壁部分相连。

在本发明的另一个实施例中，设置一个导管装置，所述导管装置通过所述储液池中的未被液体充填的空间与所述泵的输出部分相连。

根据本发明，所述储液池可完全被所述泵送液体填充，由于受到一
25 种弹性和膨胀媒体的作用使任何未被液体充填的空间完全消失。在本发明的这个实施例中，使一个附加的弹性压缩和延伸媒体（例如，充填液体的波纹筒或振动板蓄能器）与所述储液池的内部相连通以使输送到所述泵中的液体脉动最小化，即，使所述液体以一种基本不变的流速输送到所述储液池中。

在本发明的一些实施例中，构成在所述内腔部分的储液腔中所述能量储存和释放媒体的气体是非冷凝的，并且不是所述需要泵送液体的气化物，所述泵还包括用于供给和排出所述气态物质的装置以及用于在所述泵中保持一个所需的气体储存量的控制装置。

5 在另外一些实施例中，构成在所述内腔部分的储液腔中所述能量储存和释放媒体的气体由一部分所述需要泵送液体的气化和一部分不是所述需要泵送液体的气化物的一种非冷凝气体构成，所述泵还包括用于以可控制流量的方式向所述泵供给所述非冷凝气体和从所述泵排出所述非冷凝气体的装置。对于一些实施例，所述气体仅由所述需要泵送液体的
10 的气化物构成。

在本发明的一个优选实施例，所述泵用于泵送一种液化气体，所述液化气体可以是一种低温液化气体，所述缸体包括在所述分配腔的一个区域处的绝热装置以使所述需要泵送液体保持在一个维持所述液态所需的低温以及在所述储液腔的一个区域处的绝热装置以使所述储液腔保持
15 在一个所需的暖温下，从而使所述储液腔容积的至少一部分维持在一种气态下，所述储液腔中的气体压力保持在所述气体临界压力之下。但是，应该理解，涉及本发明中最广泛的方面是，可在所述储液腔中的气体压力基本保持在气体临界压力处或在所述气体临界压力之上的条件下操作所述泵。

20 在本发明的另一个实施例中，所述泵的储液腔中具有一个波纹筒部分，所述能量储存和释放媒体与所述波纹筒部分相连通，以使所述波纹筒部分响影所述活塞组件的吸入冲程将能量储存在所述能量储存和释放的媒体中。

在本发明的一个优选实施例中，所述波纹筒部分是所述储液腔的一个端部，并且所述能量储存和释放媒体（例如，一种弹簧）与所述波纹筒部分的一个外壁接合。在这个实施例中，所述储液腔的波纹筒部分可
25 被充填一种液体。

在本发明的一个优选实施例中，一个波纹筒部分位于所述储液腔中并且所述能量储存和释放媒体是一种充填在所述波纹筒部分中的气态物质。

本发明涉及一种用于泵送一种液体的方法，所述方法包括下列步骤：提供一个泵，所述泵具有一个活塞组件，所述活塞组件以可往复移动的方式安装在一个活塞缸体的一个封闭内腔部分中，所述活塞缸体具有相对的端部，所述活塞组件包括一个分配端部和一个相对的端部；产生一个线性移动磁场以使在所述缸体内的所述活塞组件分别往复通过一个分配冲程和吸入冲程；在所述活塞组件和活塞缸体之间设置一个密封件以便在所述活塞组件的整个线性分配冲程和回程中使所述活塞组件和所述活塞缸体之间保持一种动态流体密封，所述密封件将所述内腔部分分成一个装有所需分配液体的分配腔和一个储液腔；将所述需要泵送液体引入到所述分配腔中；使所述缸体中的液体保持这样一个高度，即，在所述活塞组件的分配冲程和吸入冲程整个长度上使所述密封件的下表面和所述活塞组件的分配端部保持在液体内；在一个位置处提供一个能量储存和释放媒体以便当所述活塞组件通过所述吸入冲程时所述能量储存和释放媒体能够储存能量并且当所述活塞组件通过所述分配冲程时所述能量储存和释放媒体能够将所储存能量传递给所述活塞组件。

根据本发明的一个优选方法，在所述内腔部分的储液腔中提供所述能量储存和释放媒体。

根据本发明的一个优选方法，所述能量储存和释放媒体包括一种气态物质，最好将所述气态物质充填到所述储液腔中达到一种程度，即，在所述活塞组件的整个分配冲程和吸入冲程中使所述活塞组件的相对端部（即，与所述分配端部相对的端部）在所述气态容积中。

在一个优选方法中，当一种气态物质作为所述能量储存和释放媒体时，在所述泵的操作过程中在所述将被泵送的液体和气态物质之间形成一个液相/气相界面并且所述液相/气相界面被保持在一个使所述密封件完全浸没在所述液体内的高度上。

根据本发明的一些优选方法，建立了一种产生所述线性移动磁场的步骤，该所述线性移动磁场是由一个可编程微处理器控制的电源产生的。

5 本发明的一个优选方法包括在所述缸体内确定所述活塞组件的位置以及根据所述确定结果控制所述线性移动磁场的一些步骤。

本发明的一个优选方法还包括利用一个线性磁驱动系统产生所述线性移动磁场的步骤，所述线性磁驱动系统使用了一个定子和电枢，所述定子位于所述泵的活塞缸体附近并在所述活塞缸体的外部，所述电枢位于所述活塞缸体内的所述活塞组件上，从而在所述定子的内表面和所述
10 电枢的外表面之间形成一个空气间隙，所述活塞缸体的设置在该间隙中。

本发明的一个优选方法还包括将一种气态物质和一种附加的机械媒体一同使用以便储存由于所述活塞组件在分配冲程或吸入冲程中的移动而产生的能量，然后在所述活塞组件的另一个冲程中将所储存的能量传递
15 给所述活塞组件。

根据本发明的一个方法，在所述储液腔中的所述气态物质是一种非冷凝的并且不是所述需要泵送液体的气化物，并且所述方法还包括以可控制流量的方式将所述非冷凝气态物质供给到所述泵以及将其从所述泵
20 中排出的步骤。

根据本发明的一个方法，在所述储液腔中的气态物质是所述需要泵送液体的气化物。

根据本发明的另一个方法，所述气态物质是由一部分所述需要泵送液体的气化物和一部分不是所述需要泵送液体的气化物的一种非冷凝气体构成的，并且所述方法还包括以可控制流量的方式将所述非冷凝气体
25 供给到所述泵以及将其从所述泵中排出的步骤。

本发明的一个优选方法还包括在所述泵的操作过程中调制所述线性移动磁场以改变所述活塞组件运动的步骤。

所述改变活塞组件运动的优选方法包括改变所述活塞组件的一个或多个冲程长度、所述活塞组件的往复循环程度、所述活塞组件的位置、所述活塞组件的速度和所述活塞组件的加速度的步骤。

5 本发明一个优选方法包括将所述需要泵送的液体从一个储液池输入到所述活塞缸体中的步骤。在本发明的这个实施例中，所述方法最好还包括使所述储液池中的液体保持一个所需高度的步骤。

本发明的一个使用一个储液池的优选方法中，还包括利用所述需要泵送液体部分填充所述储液池的步骤，并且在所述储液腔内的一个未被液体充填的空间中具有一种可压缩的媒体。

10 根据本发明所述方法的另一方面，所述储液池完全被一种需要分配的液体填充并且提供一个蓄能器（例如一个可变形的波纹筒或振动板）或使用其它媒体以使被导入所述储液池中的液体流脉动最小化。

本发明的一个优选方法还包括在所述分配腔的一个区域中使所述泵的外部缸体绝热以使所述需要泵送液体保持在一个所需低温下的步骤以及
15 及对所述储液腔的一个区域加热以使所述储液腔的该区域保持一个所需的暖温下以使所述储液腔的一部分容积处于一种气态下的步骤。最好，使所述储液腔中的气体压力保持在所述气体的临界压力之下。但是，在本发明中，也可在所述储液腔中的气体压力基本保持在气体临界压力处或在所述气体临界压力之上的条件下操作所述泵。所述方法适用于泵送
20 液化气体，特别适用于泵送低温液化气体。

根据本发明的一个方法，在所述储液腔中使用一个与所述能量储存和释放媒体相连通的波纹筒部分以使所述波纹筒部分可利用所述活塞组件的吸入冲程而移动以在所述能量储存和释放媒体中储存能量。

25 在使用一种波纹筒部分的优选方法中，所述波纹筒部分作为所述储液腔的一个端部并且使所述波纹筒部分与所述能量储存和释放媒体（例如，一种弹簧）相连。在本发明的这个实施例中，所述波纹筒部分可完全被一种液体填充。

根据本发明的一个实施方法，所述波纹筒部分位于所述储液腔中并利用一种气态物质充填所述波纹筒部分，所述气态物质是所述能量储存和释放媒体。

附图说明

5 图1是本发明所涉及的一种密闭往复泵的一个实施例的截面示意图；

图1A是图1的一个局部视图，表示了所述线性磁驱动系统的一部分；图2是本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的截面示意图；

10 图3是本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的截面示意图；

图4是本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的截面示意图；

15 图4A是表示根据本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的一个特定的储液腔结构的局部截面示意图；

图5是本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的截面示意图；以及

图6是本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例的截面示意图。

20 具体实施方式

如图1中所示，本发明的一个优选实施例涉及了一个往复泵，所述往复泵由附图标记10表示。所述泵10是一个密闭泵，所述泵包括一个位于一个配合缸体14中的活塞组件12。所述活塞组件12包括一个活塞13，所述缸体14包括外壁16，所述外壁16中具有一个封闭内腔部分18，所述活塞组件12可在所述封闭内腔部分18中移动。设置套筒15，以使套筒15从所述缸体14的外壁16的内表面支承活塞组件12并能使所述活塞组件12在所述缸体的封闭内腔部分18内自由移动。所述套筒15由一种低摩擦系数且具有可接收磨损特性的材料制成，诸如一种添加成分的特富龙（composite-filled Teflon）或能够为相对滑动表面提供一种干润滑转移薄膜（transfer film）的其它聚合材料。如果使用了所述能够为相对滑动表面提供一种干润滑转移薄膜的聚合材料，那么无需再对所述套筒

15使用一种单独的液体润滑剂。如果需要的话，所述套筒15可安装到缸体壁或活塞组件上。

一个活塞密封件17设置在活塞13的外表面和缸体14的内表面之间以将所述封闭内腔部分18分成一个分配腔20和一个储液腔22。这种结构，
5 在因分配冲程和回程而分别导致的活塞组件12上下移动过程中，凭借有效地使通过所述活塞密封件17的液体泄露程度达到最小，使泵送效率达到最佳程度。提供这种密封功能的一种适宜的设计将对本领域普通技术人员是显而易见的，因此在本发明最广泛的实施范围中没有设定限制。例如，所述密封功能可被下列配置，如活塞环、迷宫式密封件、分段活
10 塞杆式密封件或其它公知密封装置提供。另外，密封装置可被安装在活塞13或缸体14上，或者同时安装在活塞13和缸体14上。在该优选实施例中，所述活塞密封件17是固定的并安装在所述缸体14的内壁上，该区域供所述活塞13移动，从而，在活塞组件12的整个往复冲程过程中，在所述活塞和所述缸体内壁之间提供有效的密封。应该认识到，所述活塞密
15 封件17是一种动态密封件，如此，将会伴随有一些透过所述活塞密封件的少量可控液体的泄露，因为这种情况是由经过所述活塞密封件施加的压差的方向和大小来支配的。

仍参见图1，所述缸体14将接近相对端部24和26，并且所述活塞组件12被安装成适合沿着活塞组件12和配合缸体14的中心轴线27往复移动。

20 从图1中可看出，所述需要泵送的液体最好在所述活塞组件12下端28下方的一个区域中进入和排出所述缸体的所述分配腔20和从所述分配腔20排出。特别是，需要泵送的液体通过输入管30进入所述内腔部分18的封闭端24并通过输出管32从所述封闭端24排出。分别利用输入阀34和输出阀36从所述缸体的所述内腔部分18经过的输入流和输出流。

25 所述储液腔22最好包括一个横截面积与所述分配腔20相等的下部38和一个横截面积大于所述分配腔20的扩张上部40。

在本发明的该优选实施例中，在所述活塞组件12的分配冲程和吸入冲程的整个长度上，在所述活塞组件12顶部上方的所述储液腔22扩张上部40的上部区域被一种气态物质部分或完全充填。在最佳实施例中所述

上部区域被一种气态物质完全充填；但是，当所述上部区域被一种气态物质部分充填时，所述上部区域的其余空间可被一定量的备用液体占据。

根据本发明，所述气态物质可以包括一个所述需要泵送液体的气相或一种不同的非冷凝气体的气相，或者是这两种气体的混合物。在所述活塞组件12上方的所述储液腔22的所述扩张部分40上部区域中的这种气态物质能够提供一定程度的弹性压缩性和膨胀性，从而在每一个活塞组件的往复循环中使活塞组件12上方的压力变化达到最小。

仍参见图1，给出了所述上部扩张部分40的尺寸和形状，以达到在所述活塞组件往复运动的每一个周期中上部容积内的压力变化最小。最好利用一个换热装置44在所述上部扩张部分40内保护适当的气体体积和压力从而控制所述活塞组件12上方的气态物质的温度。在本发明最广泛的实施范围中没有对所用的所述换热装置作具体的限定，所述换热装置可包括任何一种公知的并为本领域普通技术人员所用的换热装置。例如，换热装置44可包括电子加热元件、一种液体循环的盘管、外部对流系统等。如果愿意或需要的话，根据所述需要泵送液体的特性，诸如液体温度、压力和气态压力，可使用一个用于控制所述气态物质流入所述缸体14的所述储液腔22的所述上部40中的气体输入阀46以及一个控制所述气态物质从所述上部40排出的排气阀48。

仍参见图1，所述泵10包括一个线性磁驱动系统50。所述驱动系统50包括一个与配合缸体14的所述外壁16相邻接的定子52，所述定子52在用于安装所述活塞组件12的所述封闭内腔部分18的外部。所述定子52是应用于所述活塞组件12的磁力源以使所述活塞组件能够往复移动。所述定子52是由多个软磁极片54（最好由铁制成）和多个绕制线圈56（最好由绝缘铜线制成）。所述多个软磁极片和多个绕制线圈为环形并沿着所述定子52的中心轴线交替堆叠。

所述定子52在所述活塞组件12的往复移动方向上产生一个线性移动磁场，所述移动磁场是通过对所述绕制线圈56中的电流调制而产生的，所述电流是通过一个与电源组60相连的导电线58被引导到所述绕制线圈

56中的，所述电源组60可以是任何一种公知形式的电源组。所述电源组60在一个组成一个普通设计的外部微处理器（未示出）的软件程序的控制下能够对所述定子的所述绕制线圈中的电流的电压和频率进行一种调制控制，从而在所述缸体14的所述封闭内腔部分18内沿着相对的线性方向产生了使所述活塞组件12往复移动的一个线性移动磁场。特别是，所述定子52的调制磁场对一个电枢62产生一定的作用，所述电枢62构成了所述活塞组件12的一部分。

仍参见图1，所述电枢62是由多个永磁体64和多个软磁极片（最好由铁制成）66构成。所述永磁体64和软磁极片66为环形并沿着所述电枢的中心轴线交替堆叠在一个心轴65上。所述定子52和电枢62组成了一个多相线性马达，所述电枢磁体的所述静态磁场和动态定子磁场之间的相互作用产生了能够使所述活塞组件12在所述缸体14的所述内腔部分18内往复移动的驱动力。

如上所述，在所述泵10的优选实施例中，所述定子52与所述缸体14同轴安装并且安装在所述缸体14的所述外壁16的外部。这样，所述定子不会被所述需要泵送的液体或储放在所述活塞组件12上方的所述缸体14的所述上部40内的气体弄湿。在所述电枢62的外径和所述定子52的内径之间的环形间隙被称为“空气间隙”，磁力线能够集中穿过所述“空气间隙”，所述“空气间隙”在图1中所示的定子52和电枢62的局部放大图中用附图标记68表示。在这种结构中，所述缸体外壁16位于所述空气间隙68中，因此，所述缸体外壁16是由非磁性材料制成的。

在另一种结构（未示出）中，可将所述定子52安装在缸体压力边界的内部。但是，这种结构不是优选的，因为这会使所述定子52暴露在所述泵送液体和/或储放在所述缸体14内腔部分18的所述上部40内的气体中。在这种情况下，所述定子部件和这些流体之间（即，定子与液体之间以及定子和气体之间）必须具有材料相容性并且在设计所述定子52时需要考虑抑制压力的问题。

可以看出在所述泵10的上端，一个磁制伸缩型位置反馈传感器72以一种非接触的方式与所述活塞组件12相邻隔离安装，从而提供一个反馈

电信号，所述反馈电信号在图1中由附图标记73示意性地示出表示活塞13的位置和速度。所述反馈电信号73被引导到所述电源控制组60，接着所述电源控制组60对通过所述导电线58被引导到定子线圈56中电流的电压和频率进行调制。在本发明中最好使用这种反馈系统或“闭合回路”系统，这是因为所述反馈信号能够提高所述磁驱动系统的性能。但是，应该理解的是，不是必须使用一个反馈系统，根据本发明中最广泛的实施范围也可采用没有安装一个反馈系统的一种“开放回路”模式。

如图所示，所述泵10的取向是基本竖直的，这是最佳的取向。但是，在一定程度上偏离所述竖直取向也是允许的，只要所述缸体的所述内腔部分18的液相和气相之间保持一个比较明显的界面74以及所述储液腔22中的所述界面74在所述活塞密封件17上方保持一个明显的高度即可。特别是，当所述泵的工作轴线27接近水平时，存在着气体从所述内腔部分18的储液腔22逸散到在所述活塞密封件17下方的分配腔20中的危险并且最终逸散到所述活塞13所经过的工作容积（working swept volume）。这种气体的逸散是由所述两种流体（气体和液体）在所述活塞密封件17上方搅动混合而引发的。所述两种流体由于所述活塞组件12的运动以及所述两种流体相对浮力的作用而在所述活塞密封件17的上方混合。由于作用在所述密封件17上的压差有利于该方向上的液体泄露，因此将会发生使上述气体和液体混合物通过所述密封件17向下泄露。泄露到位于所述活塞13下方的所述分配腔20的这个区域中的气体将会被排放到所述泵输出的液流中。由于存在气体损耗，因此必须将气体再充填到所述储液腔22的所述上部40中，这样才能满足所述泵的操作控制的要求。所述泵工作轴线27偏离其竖直取向的可允许程度是需要泵送液体与在储液腔22的上部40中的气体之间的相对密度比以及其它变量，诸如活塞组件的冲程长度以及所述冲程的循环速度，的一个函数。不能给出对相对于竖直方向的所允许角度的精确限定，这是因为作出这样的限定需要考虑到大量因素。但是，应该注意的是，如果所述泵10安装在一个具有瞬时加速度或循环加速度的移动装置中，那么必须以矢量的形式将这样的加

速度加到重力加速度上以进一步限定所述泵的工作轴27偏离竖直方向所允许的程度。

在最佳的操作方式中，在所述活塞的整个往复冲程中，所述液相/气相界面74明显地保持在密封件17的上方，即，当活塞13在其往复移动的
5 的近端极限（上限）和远端极限（下限）之间往复移动时，所述密封件17的上边75和下边77都保持在所述液相中。这样，能够防止所述缸体14的储液腔22内的气态物质通过所述密封件17移动到需要从分配腔20泵送的液体中。这可通过当活塞13在其往复移动的近端极限和远端极限之间的一个分配冲程中往复移动时至少使所述密封件17的下边77保持在所述
10 液相内来实现。

所述界面74的最佳位置取决于所述需要泵送液体的实际特性。特别是，从所述分配腔20泵送的所述液体和在所述储液腔22的所述上部40中的气体与所述定子52和电枢62的可接受操作温度极限相关的温度要求是在沿着所述活塞组件12的长度方向设置所述液相/气相界面74的位置时
15 必须考虑的关键因素。

重要的是，在所述储液腔22内的气体和液体压力保持在这样一个程度，以保证在每一个往复运动的循环中使液体通过所述活塞密封件17的净泄露量基本为零。特别是，在所述活塞组件12的一个向下冲程或液体分配冲程中，液体通过所述活塞密封件17向上泄露，而在所述活塞组件
20 的一个向上冲程或回程（吸入冲程）中，液体向下泄露，在所述活塞13的整个向上冲程中，泄露的液体被引导到在所述活塞密封件17上方的泄露液体储液部分76中。

在所述储液腔22中的泄露液体储液部分76的特定高度或容量不是一成不变的，而是在活塞组件12的每一个往复循环过程中具有少许波动。
25 在每一个循环中的零净活塞泄露量形成了一个既不会升高也不会下降的时间平均液相/气相界面高度，即，一个基本不变的平均高度。当然，由于所述活塞组件12在其冲程长度上往复运动以及作用在所述密封件上的总波动压差而导致液体通过所述活塞密封件17波动泄露，从而使所述液

相/气相界面74的瞬时高度上升和下降。但是，如上所述，所述时间平均液相/气相界面74的高度既不会升高也不会下降。

可利用几种方式对所述储液腔22的上部40中的气态物质压力进行控制，以使液体通过活塞密封件17的净泄露量为零。特别是，将所述压力控制在介乎所述泵的所述液体输入压力和液体输出压力之间的一个水平上。所述储液腔22的上部40中的气态物质压力变化对液体通过活塞密封件17的泄露量具有一定的影响。当所述活塞组件12分别向下移动和向上移动时，在向上和向下方向上的液体泄露量是有很大大差异的。当所述活塞组件12通过工作容积时，所述储液腔22的上部40中的气态物质压力和所述分配腔20中的压力用于在所述活塞组件12的移动中全面限定液体通过所述活塞密封件17泄露的压差。假定所述分配腔20的工作容积中的压力是由所述泵的应用条件所限定的，对所述储液腔22的上部40中的气态物质压力进行控制以调节液体通过所述活塞密封件17的向上泄露量和向下泄露量，从而在所述活塞组件12的每一个往复循环中达到净泄露量为零的条件。液体是通过活塞密封件17沿着在活塞密封件上从高到低的压差方向泄露的，并且液体泄露量随着在所述密封件上的压差的增大而增多。

存在于所述活塞组件12上方的所述储液腔22上部40中的气态物质具有一种能量储存功能。特别是，在所述活塞组件12经过其吸入冲程向上的运动，需要少量的磁输入功将低压液体引导到所述活塞13下方的所述分配腔20的工作容积中；但是，所述活塞组件12上的压差需要产生一个在所述活塞组件12向上运动时，从所述线性磁驱动系统50较大的磁能输入。在接下来的向下冲程或分配冲程中，当所述液体通过输出阀36排出时，作用在所述活塞13下方的所述需要泵送液体上的高压需要很大的输入功。在所述活塞13的向下冲程或分配冲程中所需要的输入功的一部分是由在所述电枢62和定子52之间的磁力线提供的，其余的输入功是由所述储液腔22上部40中的压缩气态物质再次膨胀提供的。在所述活塞组件12向上冲程中被储存在所述储液腔22上部40内的气态物质中的作为压力/体积能的磁输入能在所述活塞组件向下冲程中被反向释放于所述活塞

组件12上。这样，使所述磁驱动系统50的负载在所述活塞组件12的向上冲程和向下冲程中是相等的。

在另一个实施例中，无论是否具有有一种气态物质，在所述活塞组件12的向上或回缩吸入冲程中的潜能储存可通过一个压缩弹簧78来完成，
5 所述压缩弹簧78作用在所述缸体14的上端内表面和所述活塞组件12的上端表面或近端表面之间。使用其它的机械能、电能或磁能储存部件代替所述压缩气态物质或与所述压缩气态物质一起使用，都在本发明的保护范围内。但是，使用这些选择性能量储存部件不如使用在所述储液腔22上部40中的气态物质好，这是因为加入这些附加的部件会使整体结构复杂化。
10

应该注意的是，本发明最佳实施例所涉及的泵10中取消了所有在所述需要泵送的液体与所述泵的外界之间的动态密封件，从而提供了一种密闭的密封结构。

现有技术装置中所用的动态密封件其作用在于防止流体在装有加压
15 流体且相互运动的泵体（body）之间从一个加压区域流到一个压力较小的周围区域。在传统的往复泵中，固定的物体是一个外壳密闭的泵体，而所述移动物体是一个活塞杆。所述活塞杆进入所述泵壳将机械功传递到流体上。本发明的各种密闭密封形式避免了这种动态密封的使用。但是，本发明最广泛的实施范围所涉及的往复泵并没有要求一定是密闭
20 泵。

如上所述。所述往复移动的活塞组件12是由磁力线驱动的，所述磁力线是由电磁装置产生的。特别是，通过对多个外部磁场调制使所述活塞组件12移动。所述外部磁场的调制是通过对产生磁场的电流进行调制来完成的，这种调制能够对所述活塞组件的运动进行可变控制，所述可
25 变控制包括对活塞组件的线性冲程长度、活塞组件的周期频率以及活塞组件在循环移动的时间中的每一时刻沿着相对的线性方向通过所述整个组件移动路径的位置、速度和加速度进行可变的和可调节的控制。

在一个优选的操作方式中，操作所述线性马达分别为完成所述活塞组件12的吸入冲程和输送冲程提供不同的时间；所述吸入冲程最好比输送冲程慢。

在另一个优选操作方式中，可编程微处理器以可调节的方式控制所述活塞组件的循环移动以使所述循环移动是连续的或是不连续的，即，所述泵的操作是可控制的以便在活塞组件的任何一个循环内或在两个连续的循环之间使活塞组件在不同的位置处能够在所需时间段内暂停工作；每一个循环包括一个吸入冲程和分配冲程。

如上所述，根据本发明最广泛的实施范围，线性马达通过所述可编程控制器的使用可以改变活塞组件运动的许多不同特征。

图2中示出了本发明所涉及的一种密闭往复泵的第二实施例，所述泵由附图标记100表示。

所述密闭往复泵100是特别为泵送温度低于外界温度的液体而设计的，所述液体在外界温度下只能以气态的方式存在（诸如液化工业气体，通常包括氮、氧、氩、氢、氦、甲烷等）。在这种结构中，用于控制在所述活塞密封件17上方的所述储液腔22上部102中气体压力的优选方法是使需要泵送的液体汽化。这会使所述储液腔22上部102被所述需要泵送液体的气化相完全充填。如果所述储液腔22上部102中的气化液体量过大，那么液相/气化相界面104将会向着所述封闭缸体108和所述活塞组件110的低温端106下方移动。这样，一部分气化液体将在热量梯度区域112的较低端暴露于较低表面温度中。从而使这部分气化液体被再次冷凝，接着使气化液体的存量减少并且所述液相/气化相界面104向上复位。

相反，如果所述上部102中的气化液体存量不足，那么所述液相/气化相界面104将自动上升，这样，使在所述活塞密封件17上方的液相在所述热量梯度区域112中暴露在较高表面温度中。从而使液体被汽化并使所述上部102中的气化液体存量得到补充。

根据以上的描述，显然，所述泵100的上部容积102中的气化液体存量的控制取决于在所述封闭缸体108和其中的所述活塞组件110的长度方向上的所述热量梯度的控制。

在上述上部102中的气态物质完全或大部分由所述需要泵送液体的气化物构成以及所述活塞组件110上方的压力在所述需要泵送液体的所述临界压力之上的情况下，不存在一个明显的液相/气化相界面。特别是，在所述临界压力以上，在流体温度升高的热量梯度方向上存在着一个流体密度降低的梯度。在较后的这种情况中，一种由较冷且较稠密的“液体状流体”与较暖且不太稠密的“气体状流体”所形成的混合物将会影响所述泵的操作。在设计泵时必须利用一些手段来解决这个问题，例如，增加液体状区域和气体状区域之间的热量梯度的长度以使这些流体的混合最小化、利用传导进行适当的热交换以及通过使剩余的混合物在完全稳定温度的情况中进行适当的热交换。

应该注意的是，所述“临界压力”指的是一种流体在某一个温度下没有明显地分离出液相和气相的压力。在所述临界压力以下，达到所述液化温度（也被称为气化温度）时会产生显著的气相冷凝成液相的情况并存在一个液相/气化相界面。

所述线性磁驱动（图2中示意性地示出了所述线性磁驱动系统，在结构上可与所述泵10中所用的电枢62和定子52相同）的所述电枢114和所述定子116最好在稍微高于外界温度的温度条件下操作以使由电阻和涡流损耗所产生的热量（图2中由波浪形箭头118所示）被排放到周围环境中而不是被排放到所述需要泵送的液体中。应该理解的是，热量输入到所述低温液体会降低热力泵的效率并增大对输入流体中净吸入压差（NPSH）的要求。

尽管在图2中省略了，但是应该理解的是，所述泵100中所用的磁驱动系统可与所述泵10中所用的所述线性磁驱动系统50相同。即，在所述泵100中所用的线性磁驱动系统除了包括一个与所述泵10中所用的电枢62和定子52基本相同的电枢和定子结构以外，还包括一个与泵10中所用的电源组60基本相同的一个由外部微处理器控制的电源组。另外，对所述泵100中的所述电源组的电输出控制最好能利用一个软件程序，与对所述泵10中的所述电源组60的电输出控制相同。另外，所述泵100中所用的驱动系统可包括一个与所述泵10中所用类型相同的位置反馈系统。

如上所述，净吸入压差（NPSH）是指利用静止液体高度表示在输入温度下输入液体静压力与该液体的气化物压力之间的差值。净吸入压差（NPSH）不足会使液体在一个泵的输入部分中气化。因液体气化而产生的气泡在泵送过程中的加压阶段会激烈的破裂，从而在液体中产生声音传导振动波。这会对所述泵的机械部件造成损坏。因此，应该理解的是，人们希望能够设计一种净吸入压差（NPSH）较低的泵以便能够从一个液面较低的容器泵送液体，这样，净吸入压差（NPSH）低是适用的。

在所述活塞密封件17下方的所述分配腔20必须保持一个低温状态便在所述泵中建立所需的热量梯度，从而可对所述液相/气化相界面的高度104进行适当的控制。所述泵100的抽吸可直接用于一个低温液体输入供给管线（未示出）或所述泵100从一个低温输入储液池120吸液。使用一个储液槽是优选的，其中输入液体122的“过冷”量较低。本说明书中所述的“过冷量”指的是在输入压力下输入液体的温度与所述液体的气化温度之间的差值。

根据本发明，所述输入储液池120包括一个压力容器124，所述压力容器124是为液体在所述泵的输入部分处的压力而设计的。所述压力容器124的近端或上端安装在所述泵100的暖端，并且是一种轴对称结构，所述压力容器的轴线与所述外缸体108和所述活塞组件110的中心线共同延伸。所述压力容器124是由一种适用于低温的材料以及其它与所述需要泵送液体相容的材料制成。

从图2中可以看出，所述储液池的压力容器124在所述泵100的暖端处安装在一个适配板126上，并且所述板126用作所述压力容器内储液压力腔的一个盖板。所述储液池120是按照使其暖上端与其冷底端之间的热交换最小化的方式设计的并且必须能够沿着其竖直长度方向保持一个热量梯度。所述压力容器124的外表面被一个真空套隔离，所述真空套由附图标记128表示，或利用其它适合的隔离装置以防止外部环境与所述储液池120进行换热（由波浪线130表示）。

如图2中所示，利用一个通过所述压力容器124壁中的一个开口的输入管使需要由所述泵100控制的低温液体进入到所述储液池120中，所述

适合的输入管由附图标记132表示。之后，利用输入阀134将所述液体从所述储液池120引入到所述泵100中，所述输入阀134是一种能够在低温环境下工作的常规形式的阀。应该理解的是，液体是在所述远端工作容积中的负压作用下被引入到所述泵100中的，所述负压是由所述活塞组件110的向上冲程或吸入冲程而产生的。

另一方面，由于所述往复式活塞组件110向下移动通过一个分配冲程而从所述泵100排出的液体通过输出阀13输出并通过一个固定的却可分离的密封连接装置138以一定线路从所述储液池120排出。为了检修或达到其它所需目的，可通过所述密封连接装置将所述泵100从所述储液池120分离。

或者，如虚线127所示，可使所排出的液体通过穿过所述适配板126的一定线路直接从所述储液池120排出，例如在允许所排出的液体进行换热的情况下。在这种情况下，所述适配板126必须被适当地设计成用于接收一种局部冷渗透的形式，这样一种设计形式对本领域普通技术人员是显而易见的并且常用于低温真空套组件上。因此，用于接收局部冷渗透的特殊设计形式不能被认为是对本发明的一个限定，下面也将不再对其进行论述。

所述储液池120除了用作一个由所述泵100泵送的所述低温液体的储放容器以外，还可用作一个在所述活塞组件110的每一个往复循环过程中使泵吸压力波动最小化的蓄能器。在所述储液池120中的所述液体上方的气化相容积140用作一个可压缩的元件，所述可压缩的元件在所述活塞组件的每一个往复循环中使所述储液池液体高度142出现一个周期性且小规模

的上升和下降，从而使所述储液池中的压力变化或波动最小化。可利用几种方法对所述储液池液体高度142的保持进行控制，这很大程度上取决于所述泵在一个较大的系统中的用途。一种方法是以与上述控制所述封闭缸体108内的液相/气相界面高度的相同方式沿着所述储液容器对所述热量梯度进行控制。为了为所述液体高度142提供一个界限分明的位置，通过在所述储液容器124的暖上端处的所述适配板126将一个导热元件144安装到所述储液池液体高度所需的下部冷位置处。所述导热

元件144的外表面除了其远端以外应该是绝热的以便不能在所述储液池120中液体上方的气化相容积140中进行换热。所述元件144的下端或远端为一个上升的液体高度提供了一个汽化开始位置。可利用电子元件或其它适用的装置以一种与外界大气传导或对流形式使所述导热元件144的暖上端维持在一个适合的较暖的温度。本发明最广泛的实施范围中没有对所述用于使所述导热元件144的暖上端维持在一个较暖温度的特定装置进行限定，所用的这种特定装置对于本领域普通技术人员是显而易见。

图3中示出了本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例，所述泵由附图标记200表示。这种泵的结构与所述泵100的结构基本上相同，因此，在所述泵200中与所述泵100中相同的元件用与图2中所用的相同的附图标记来表示，而且这些元件的功能也与参照图2所述的功能相同。这里不再对所述泵200中的这些元件进行详细的描述。应该理解的是，所述泵200中所用的磁驱动系统与泵10和泵100中所用的相同，这里不再对其进行详细的描述。

所述泵200在控制储液池液体高度142的结构和方法上与泵100不同。特别是，在所述泵200中用于控制所述储液池液体高度142的方法和系统适用于要求低泵流量或零泵流量阶段的适用情况中，但是在这种情况下，所述泵和储液池必须保持在一个能够快速重新启动的低温下。在该实施例中，一个浮子控制阀202与一个储液池气化物排出管线204相连。所述浮子控制阀202位于所述储液容器124内所需储液池液体高度的位置处。当所述液体高度所在位置所述浮子控制阀202时，所述浮子控制阀202在重力作用下通过使阀塞206与阀座208相开通而打开所述浮子控制阀202表示一种液体高度较低的状态。由于所述排出管线204的端部连接在一个压力小于所述储液池内压力的槽中，因此，打开所述阀202可使气化物通过所述气化物排出管线204从所述储液池120排出。当由于气化物的排出而使所述储液池的压力降低时，更多的输入液体将会流到所述储液池中，因此，通过所述气化物排出管线204排出气化物可使所述储液池120中的液体高度上升。

反之，在所述储液池120内的液体高度较高时会使所述浮子控制阀202关闭。当关闭所述储液池气化物排出管线时，由于所述储液池中的液体气化而使所述气化物容积增加，所述储液池中的液体气化是由从所述储液容器124的暖端向下到其冷端的换热而导致的。这种方法可使所述液体高度142在所述浮子控制阀202附近具有一个稳定的位置。在这种结构中，在液体高度较高的情况下，可使用一个用于提高气化能力的导热元件，诸如图2中所示的导热元件144。使用所述浮子控制阀202和与之相连的储液池气化物排出管线204可防止在低泵流量或零泵流量的条件下液体因液体气化而使所述储液池干涸。

10 应该注意的是，所述输入储液池液体高度142形成了所述缸体和活塞组件的热量梯度区域210的下端位置或远端位置。所述输入储液池120中的液体还消除了来自所述缸体108的壁的摩擦热，所述摩擦热是由于所述液体密封元件17和活塞13之间的移动而产生的。在本发明的一个优选实施例，在所述储液池120的气化物空间中安装一个防对流的绝热结构件212以使通过气化物从所述储液容器124的上暖端到其下冷端的过量换热最小化。这里所要说明的是，所述防对流的绝热结构件212可采用任何一种常规的能够达到上述功能的设计形式。

图4中示出了本发明所涉及的一种密闭往复泵的一个进一步的实施例，所述泵由附图标记300表示。所述泵300与图1中所示的泵10非常相似，但是，所述泵300是以一种在所述活塞组件上方提供一个可充填一种不同于所述需要泵送液体气化物的非冷凝气体的气体容积的方式构建的。为了简洁，在所述泵300与所述泵10中相同的元件用与图1中所用的相同的附图标记来表示，这里不再对所述泵300中的这些元件进行详细的描述。应该理解的是，所述泵300中所用的磁驱动系统与泵10、泵100和25 泵200中所用的相同。

所述泵300是特别为泵送液体（非低温液体）设计的，这些液体更接近周围环境温度，并且所述液体的输入温度气化压力是液体输入压力和输出压力的平均值的一小部分。在这种形式的泵中，在所述活塞组件12上方的所述储液腔22的上部区域40中必须充填一种非冷凝的气体。必须

分别通过所述上部容积的气体输入控制阀302和气体输出控制阀304添加或排出气体来维持所需的储气量。可利用适合的液体高度测量装置和控制装置对用于沿着所述活塞组件12的长度方向维持所述液相/气相界面74适当位置的这些阀302和304进行操作或控制, 所述适合的液体高度测量装置和控制装置对于本领域普通技术人员是公知的, 因此, 本发明没有对它们进行限定。例如, 有几种可能适用的用于检测液体高度和对这些阀的操作进行控制以维持所需液体高度的方法, 从这些方法中选择一个特定的方法对于本领域普通技术人员是显而易见的。在所述图解实施例中, 所述泵300设有一个压力传感器306, 所述压力传感器306与所述储液腔22上部40的上部内部区域相连通。在活塞组件12的每一个往复移动循环中, 所述储液腔22上部40中的气态物质压力都会在一个最大值和最小值之间波动。利用所述压力传感器的输出结果对一个阀控制器308进行控制, 从而使所述气体压力波动峰值差保持在可接收的最大预定值和最小预定值之间的方式操作所述控制阀302和304。当气体量过低时, 增大所述循环压力波动差。当气体量过大时, 减小所述循环压力波动差。对于所述上部40中的非冷凝气体的选择必须是能够与所述需要泵送的液体相容的, 并且由于一定量的气体将被溶解在所述泵送的液体中, 因此所述气体最好不应被认为是在所述泵排出液流中的杂质。

图4A中示出了所述泵300的一种变型结构, 这种结构能够使一种可与所述需要泵送液体不相容以及可作为所述液体的一种杂质的非冷凝气体用于所述泵中。在这种变型的结构中, 设置一个可变形的元件310以拦住所述非冷凝气体并将所述气体与所述储液腔22上部40中的液体隔开, 所述可变形的元件310最好采用一个不锈钢波纹筒的形式。所述波纹筒310分别通过所述气体输入控制阀302和所述气体输出控制阀304与一个气体输入管和一个气体输出管相连通。可利用与上述图4中所示泵相同的方式操作所述阀302和304以在所述波纹筒中保持一个所需的气体压力。特别是, 所述泵可设有一个压力传感器306, 所述压力传感器306通过所述储液腔22的上壁26与所述波纹筒310的内部区域相连通。在活塞组件12的每一个往复移动循环中, 所述波纹筒中的气态物质压力都会在一个最大值

和最小值之间波动。利用所述压力传感器的输出结果对一个阀控制器308进行控制，从而以使所述气体压力波动峰值差保持在可接收的最大预定值和最小预定值之间的方式操作所述控制阀302和304。当气体量过低时，增大所述循环压力波动差。当气体量过大时，减小所述循环压力波动差。

图5中示出了本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例，所述泵由附图标记400表示。所述泵400与泵300类似，也包括了许多与图1中所示的泵10相似的元件。尽管如此，所述泵400具有特殊的特点，即特别适用于泵送一种在接近环境温度的条件下处于液态的液体，并且在所述输入温度上的所述气化压力是所述液体输入压力的一个重要的部分，其中，所述气化压力随着温度的增加而大大地上升。在这个环境下，如果由于使用了各种用于维持适当的气体容积的换热装置44而使所述活塞组件12上方的所述上部40保持在一个高于下方液体温度的温度时，在所述活塞组件12上方的储液腔22上部区域40中的气体可仅由所述液体的气化物构成。所述换热装置44可以是如图1中所示的泵10所述的任何公知装置。为了简洁，这里不再重复描述。另外，还应在所述热量梯度402的暖端处设置一个换热装置406以维持所述热量梯度。所述换热装置406可是冷却水盘管、与外界进行对流换热的表面或其它为本领域普通技术人员所公知的任何装置。

所述泵400可用于泵送液体丙烷或作为一个为锅炉供水的泵。在所述泵400作为一个为锅炉供水的泵时，如前面所披露的，可利用来自锅炉的剩余水蒸气、燃气燃烧或利用单独的装置对所述泵400的上部40进行加热。对于这些应用，所述定子52和电枢62最好安装在所述泵中的所述需要泵送液体所处的远端或温度较低的端部附近。应该理解的是，所述泵400中所用的磁驱动系统与泵10、泵100、泵200和泵300中所用的相同，这里不再对其进行描述。

由附图标记402表示的一个热量梯度区域，设定存在于所述需要泵送液体中以及存在于所述泵的热端和暖端之间的外部缸体14和活塞组件12

中,所述热端和暖端在热量上是不同的。所述液相/气相界面74位于所述热量梯度区域中。

由于温度过高会对所述线性马达驱动系统中的部件造成损坏,诸如永磁体和构成所述定子一部分的电流绕组上的绝缘层,因此使在所述泵
5 400中的两个温度区域能够达到所需的隔热效果是重要的。为了在所述两个温度区域能够达到所需的隔热效果,设置一个作为所述活塞组件12一部分的隔热装置404。所述隔热装置404还可防止液体在所述电枢62上方混合过度。所述液体在所述电枢62上方的过度混合会增加所述两个温度区域之间的换热效果。

10 图6中示出了本发明所涉及的一种密闭往复泵的另一个实施例,所述泵由附图标记500表示。所述泵与前面所述的实施例的不同之处在于,不是通过一种气态物质来提供能量储存和释放功能的。另外,在所述泵500中的能量储存和释放媒体在活塞缸体502的外部,所述活塞缸体502中装有所述往复式活塞组件12。

15 在所述泵500中与图1中所示的泵10中相同或基本相同的元件用与图1中所用的相同的附图标记来表示。

所述往复式活塞组件12与前面所述实施例中所用的活塞组件基本上是相同的,只是长度稍微短一点。如同在前面所述的实施例中,一个密封件17设置在所述活塞组件12和缸体502之间,以将所述内腔部分分成一个
20 分配腔20和一个储液腔22。

从图6中可以看出,所述缸体502的储液腔22包括一上部波纹筒部分504,且完全被所需要泵送的液体充填。由于充填所述储液腔22的液体基本上是不能被压缩的以及通过所述密封件17的所述液体泄露几乎不发生,因此所述储液腔内的容积是相对固定的。

25 从图6中可以看出,所述波纹筒部分504的上端包括一个作用力传递端板506,一个压缩弹簧508的一端压靠在所述作用力传递端板506上。所述压缩弹簧的相对端部压靠在所述泵的一个邻近固定板510上,所述邻近固定板510固定在支承元件512的一端上,所述支承元件512在周边上具有定距离间隔。利用任何适用的方法(例如,焊接)将所述支承元件512相

对端部固定到所述缸体502的外表面上。所述具有定距离间隔支承元件的数量是可改变的以在多个位置处为所述固定板510提供支承，例如3个或4个。应该理解的是，所述压缩弹簧508是所述泵500中的能量储存和释放媒体。

5 每一个所述支承元件512在其各个端部之间具有一个槽514以分别提供向下止动表面516和向上止动表面518。这些止动表面能够限制所述波纹筒504的可允许的延伸和收缩量，从而保持所述波纹筒的弹性。在正常的操作中，这些止动表面516和518不受所述作用力传递端板506控制的，而是在启动、停止或其它瞬时场合下受到运动的限制。

10 当所述活塞组件12通过一个吸入冲程向着所述邻近固定板510方向移动时，所述活塞组件在所述储液腔22中的工作容积将释放所述不可压缩的液体到所述储液腔22中；从而使所述波纹筒504和所述作用力传递端板506延伸。所述作用力传递端板506的延伸位置（近端位置）在图6中用虚线507表示。接着，所述作用力传递端板506压缩所述弹簧508以储存其
15 中的潜能。在所述活塞组件12的相反冲程或分配冲程中，在弹簧中所储存的能量被依次传递到所述端板506、所述波纹筒504中的液体以及所述活塞组件12的上端。所述作用力传递端板506的压缩位置（远端位置）在图6中用虚线509表示。

为了防止所述波纹筒504过度延伸和/或压缩，需要对操作上的液体
20 输入压力和从所述泵输出的压力进行限制，从而维持所述波纹筒的弹性，特别是，为了防止所述端板506在操作中与所述止动表面516和518发生碰撞。为了调整所允许的泵输入压力和泵输出压力，可设置一个机构（未示出）以改变或变更所述能量储存弹簧508的额定或平均压缩量。例如，可设置一个用于使所述弹簧508的近端相对于所述固定板510重新定
25 位的螺旋调节机构。但是，这样一个重新定位机构的缺点是，它在一种气态物质的使用中不能作为能量储存和释放的媒体作用。在使用一个机械弹簧时，每单位弹簧变形的变化量上的弹簧力变化量（即，弹簧常数）是固定的，该弹簧常数与弹簧自由长度的变形量无关。应该注意的是，如果活塞组件的冲程是固定的，那么弹簧所需的循环（从最大到最小）

变形量也是固定的。假设活塞组件的冲程是固定的，即使在通过在近端方向或远端方向上移动所述弹簧的近端位置来调节弹簧平均操作长度和平均作用力的情况下，所述弹簧力在每一个循环中的从最大到最小的变化量都是固定的。这样使最大作用力与最小作用力之间的比随着平均弹簧压缩和作用力的调整而变化。在所述分配腔20中的平均泵送压力较低时，其中所述弹簧508的平均压缩和作用力较低，所述最大作用力与最小作用力之间的比增大。当弹簧最小作用力驱进于零时，所述作用力的比接近无穷大。由于所述储液腔22中的液体压力与所述弹簧作用力成比例，因此当所述泵的液体输入和液体输出的平均压力减小时，所述储液腔22中的液体压力在所述活塞组件的循环运动中的每一个点处会越来越大。例如，如果排出压力降低，而液体输入压力不变，将会出现上述情况。所述储液腔22中的压力变化很大不利于从所述线性马达输出一个最大且稳定的能量。

另一方面，由于气态物质具有可调节气体储存量的灵活性，因此将一种气态物质用作所述能量储存和释放媒体不会受到这样的限制。所述气态物质的填充或排出不仅会使其在一个额定容积中所提供的作用力发生变化，而且还会改变所述“弹簧常数”。这样，对于一个给定的容积上的循环变化量，作用于所述活塞组件上的变化和所述活塞组件的近端上的压力变化都有一个固定的最大值与最小值的比。这样，对于所述活塞组件的每一个循环运动中的吸入冲程和分配冲程，可使从所述线性马达流出的能量保持在一个基本不变的程度。这样使整个泵送系统的效率最大化。

但是，应该注意的是，所述泵500在一些特定的情况下具有优点。假设所述泵500被限于在输入压力和输出压力范围较窄的条件下进行操作，如上所述，所述泵的结构是相对紧凑的并且没有复杂的用于维持热量梯度或控制在任何能量储存和释放媒体中的气体容积的控制装置。所述泵500最适用于输入压力和输出压力非常稳定的情况下。这种泵的一个优点是可安装任何一个位置处并且可承受任何程度的加速运动，这是

由于不存在自然的液相—气相界面，这种液相—气相界面一旦被破坏使所述泵从所述缸体的近端放出所储存的气体。

应该理解的是，按照本发明，可对所述泵的设计进行各种各样的改变以便在环境温度之下或之上和改变相对气化相压力的温度下泵送液体。根据本发明的一些优选实施例，重要的是，在操作过程中，在所述活塞组件上方形成和保持一个适当的气体容积，以及在需要的地方（例如，当泵送低温液体时），在所述活塞缸体中的储液腔和分配腔之间形成一个可接收的热量梯度。

根据上面所描述的内容，本发明所涉及的往复泵显然非常适用于工业生产中并且通过使用一个利用磁力线驱动一个活塞组件的线性马达驱动系统和在得到一种密闭的密封装置的同时，在所述活塞组件后方的所述储液腔中的工作容积的封闭结构的单一组合，既获得了一种能量储存和释放媒体，例如，一种气态容积，又与一种能量储存和释放媒体（例如，一种弹簧）结合。用于本发明所涉及的密闭密封泵中的线性马达驱动系统代替了在非密闭的密封泵中所用的常规机械驱动系统，例如，将转动马达的转动转换成线性运动的装置。

本发明所涉及的泵具有适用于泵送低温液体和非低温液体的优点。在本发明的所有形式中，所述泵可使用一种设计应用在或接近室温条件下、可由商业供应的线性马达设计。对于所需泵送的液体不能与在所述泵区部分附近的马达结合的诸多应用中，例如在泵送低温液体的情况下，本发明使用了一种独立活动的活塞结构并将所述泵与线性马达充分地隔离放置。

本发明具有许多优点，尤其是与目前的低温往复泵送装置相比。另外，如前面所述及的，在用于泵送非低温液体方面也具有许多优点。

如上所述，在本发明所涉及的线性马达中，在所述定子和电枢之间形成一个圆柱形空气间隙的几何形状能够使一种非磁性的衬固定在所述空气间隙中的定子的孔上。这样使定子组件与电枢隔开使得在线形马达的制造中定子材料和构造是标准的。换言之，定子组件与电枢的隔开消除了对材料与泵送液体之间相容性的要求，诸如可用于液态氧或其它腐

蚀性液体。另外，由于所述活塞组件的工作输入作用力是由穿过所述定子衬的磁力线提供的，因此所述定子衬可与泵区部分的加压液体边界一体形成，从而形成了一个总体密闭密封泵。

与现有技术不同，本发明通过提高在所述活塞的后部或近端上的所述储液腔中的压力可使液体通过所述活塞密封件的泄露最小化。由于在本发明所涉及的泵的最佳实施例中没有使用在现有技术中所涉及的泵中所用的能够防止液体泄露到所述泵的周围环境却容易磨损过度的动态密封件，因此可通过无损于活塞杆密封泄露或不降低活塞杆使用寿命的方式来达到泄露最小化的目的。由于在本发明所涉及的泵中，活塞密封泄露是双向的并且不会损失所述泵内的液体储存量，因此所述密封件的设计可通过降低密封接触压力以有助于减少输入到所述泵送液体中的摩擦热，从而使液体泄露量增加少许。尽管活塞密封泄露代表额定泵送容积效率的损失，但是更大的好处是降低在泵送液流中的热量，从而减少不希望的气化。

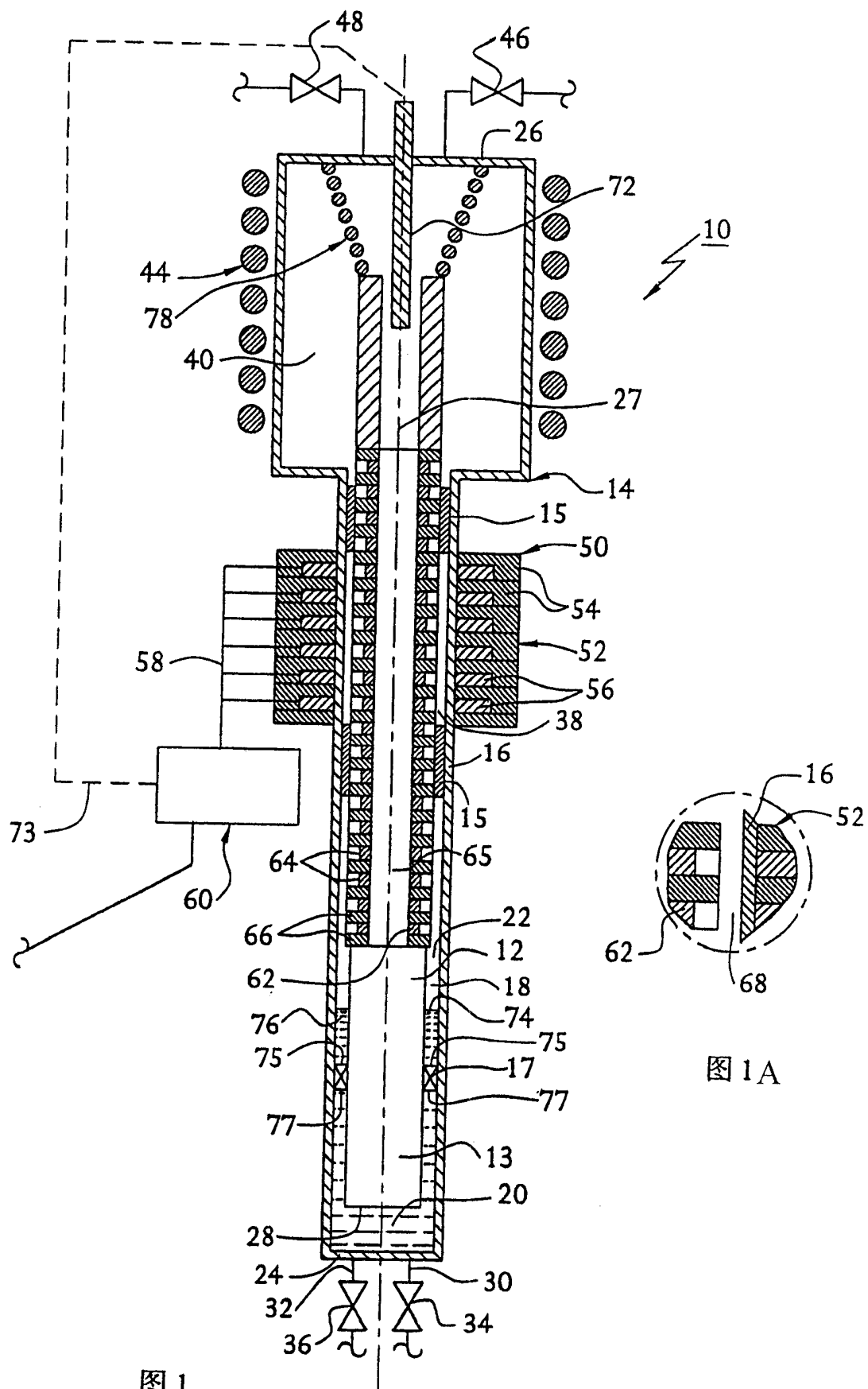
本发明所涉及的使用了一种往复移动的线性磁性马达的往复泵，与现有技术中所涉及的往复泵中所用的线性机械转换装置相比具有显著的优点，所述线性机械转换装置使一个活塞杆组件通过一个固定的活塞冲程长度以固定的正弦运动方式往复移动。在本发明所涉及的泵中所用的线性马达能够提供可调节的冲程长度操作和可编程的限定固定正弦运动的函数关系的运动方式。这些在本发明所涉及的泵的操作中的灵活性在所述泵的操作之前或所述泵的实际使用中是可调节的。使在活塞运动和不相同吸入和排放时间上的输入部分上的活塞最大速度最小化对于控制缸体压力减少对整个泵所需的净吸入压差（NPSH）的影响是有益的。在现有技术所涉及的泵中所用的常规的机械转换装置（例如，滑动曲柄联接装置）不能达到上述速度和时间控制的目的。另外，在用于驱动本发明中所涉及的泵的线性马达中对活塞组件的冲程、速度和运动的调节能力可使所述泵用于目前的往复低温泵所不能适用的情况下。这种调节能力在理论上包括使以在流量范围从0至100%内的任何一个在现有技术结构所不能达到的流量形式操作本发明所涉及的泵。特别是，现有技术所

涉及的往复泵利用飞轮以使速度稳定并且不能达到这么宽的输出流量范围。特别是，飞轮根据速度所取的动能储存能量。本发明利用与速度无关的气体压力或其它弹性压缩或膨胀的媒体来储存能量。

现有技术中所设计的泵为了限制对安装和泵支承的振动影响而一直
5 趋于减少往复泵的总质量。实际上，本发明所涉及的泵可在较长的冲程长度和较慢的循环速度下进行操作，从而减轻了对往复泵质量的限制。这可增加在本发明的涉及的低温泵的暖端和冷端之间的长度，从而降低了泄露到所述泵的冷端中的热量。尽管申请人认为这非常有利于提高热动力泵效率和降低净吸入压差（NPSH）的要求，但是，它也导致一个“固
10 定的冷备用状态”情况。为此，现有技术所涉及的结构具有一个在暖端附近接合的冷端。这样，在所述泵停机后，所述冷端被迅速暖化，这个问题在本发明所涉及的泵中是不会遇到的。因此，如果现有技术所涉及的泵停机超过几个小时，那么将需要一个冷却降温阶段。这对操作中带来了麻烦并且在所述冷却降温过程中会因气化而造成生产损失。本发明
15 消除或使冷却降温要求达到最小化，只要液体储存量能够保持用于泵吸即可。在冷备用状态的一个可接收的少量剩余液体气化物将回到低温液体储放容器的未被液体充填的空间内以保持其所需的用处。

本发明的另一个优点是减少了机械复杂性和相应的维护需要。如上所述，与现有技术所涉及的泵相比，本发明所涉及的泵只有很少的活动
20 部分，不具有曲柄轴、连接杆、活塞杆、横向头部、肘节销、飞轮、带和/马达皮带轮。另外，通过取消了多个部件（例如，带引导部件、马达固定结构件、滑动部件、曲柄壳体、主轴承、活塞杆移动部件、活塞杆密封件以及擦拭活塞杆的组件）而减少了固定部件的数量。在本发明中，上述部件被一个控制电源组所代替，所述控制电源组与其相应的机械部
25 件相比对维护的要求较少。

无需进一步描述，上述内容已对本发明进行了足够的描述，可利用目前或将来的知识对本发明进行改进以使其适用于在不同的条件下。



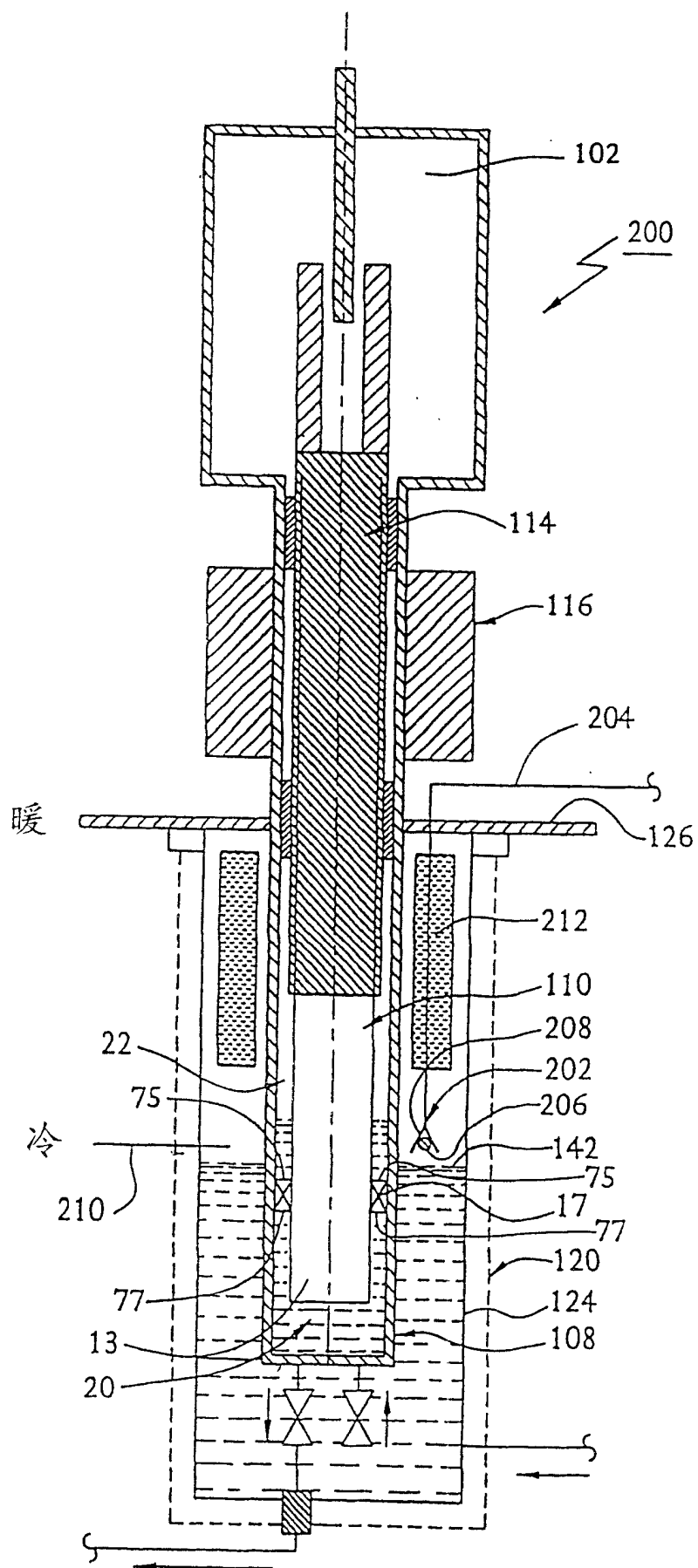


图 3

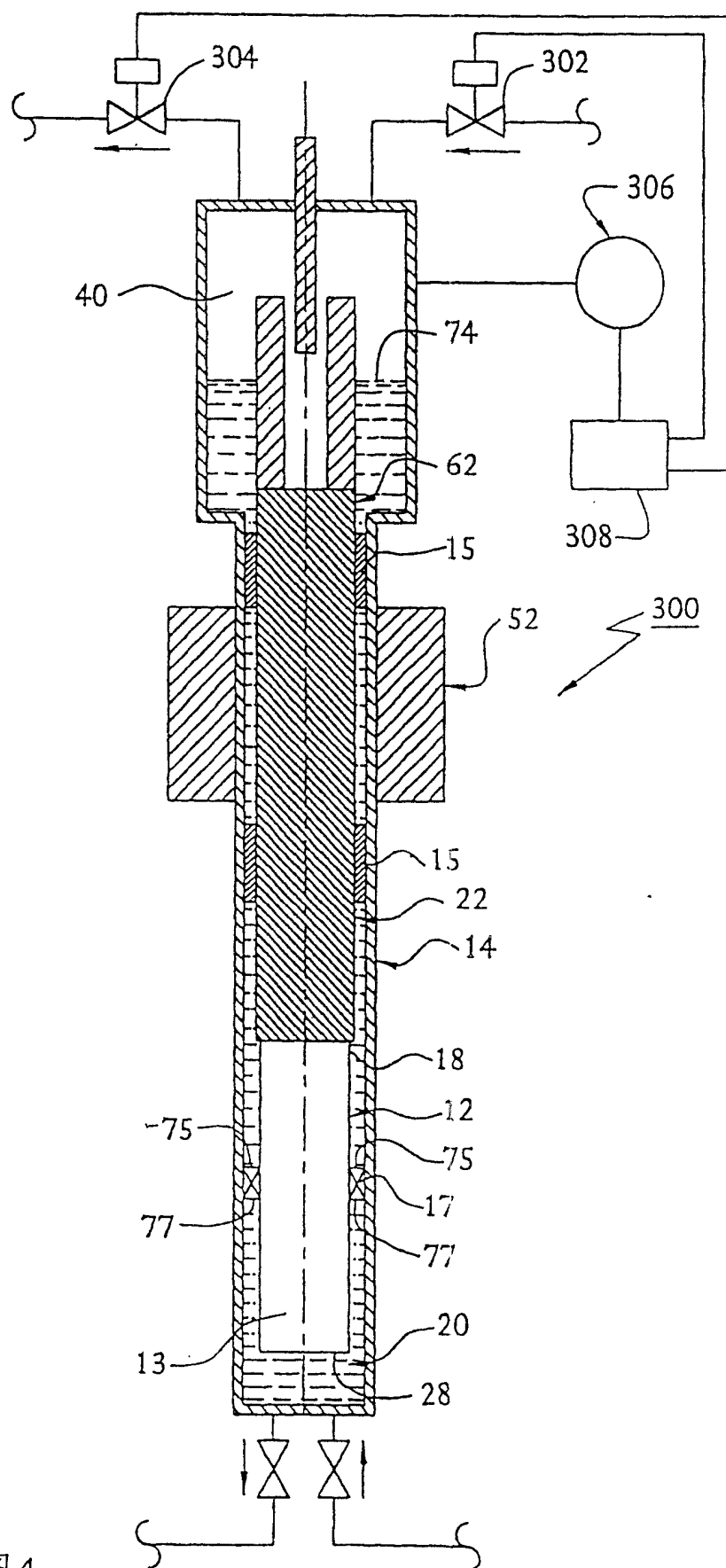


图 4

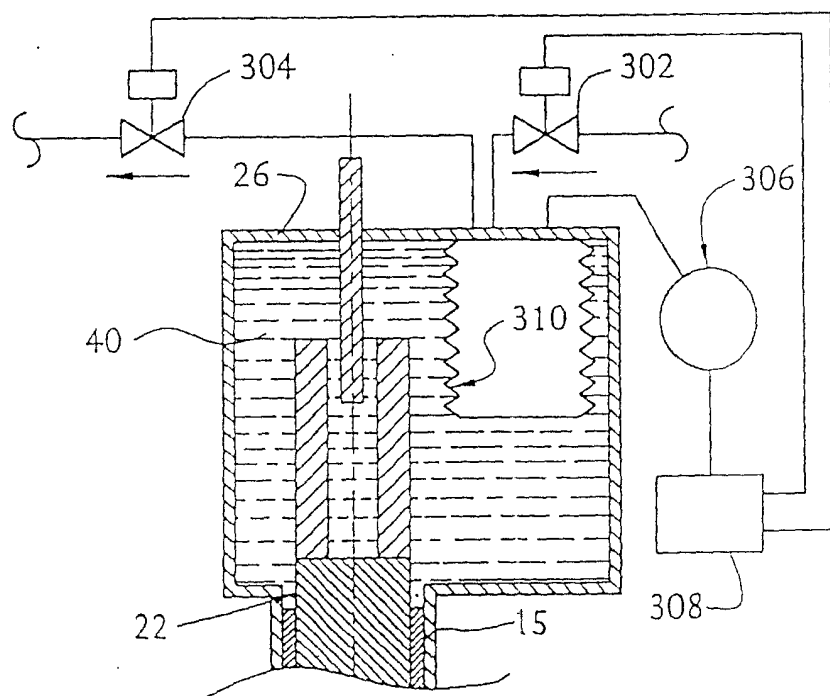


图 4 A

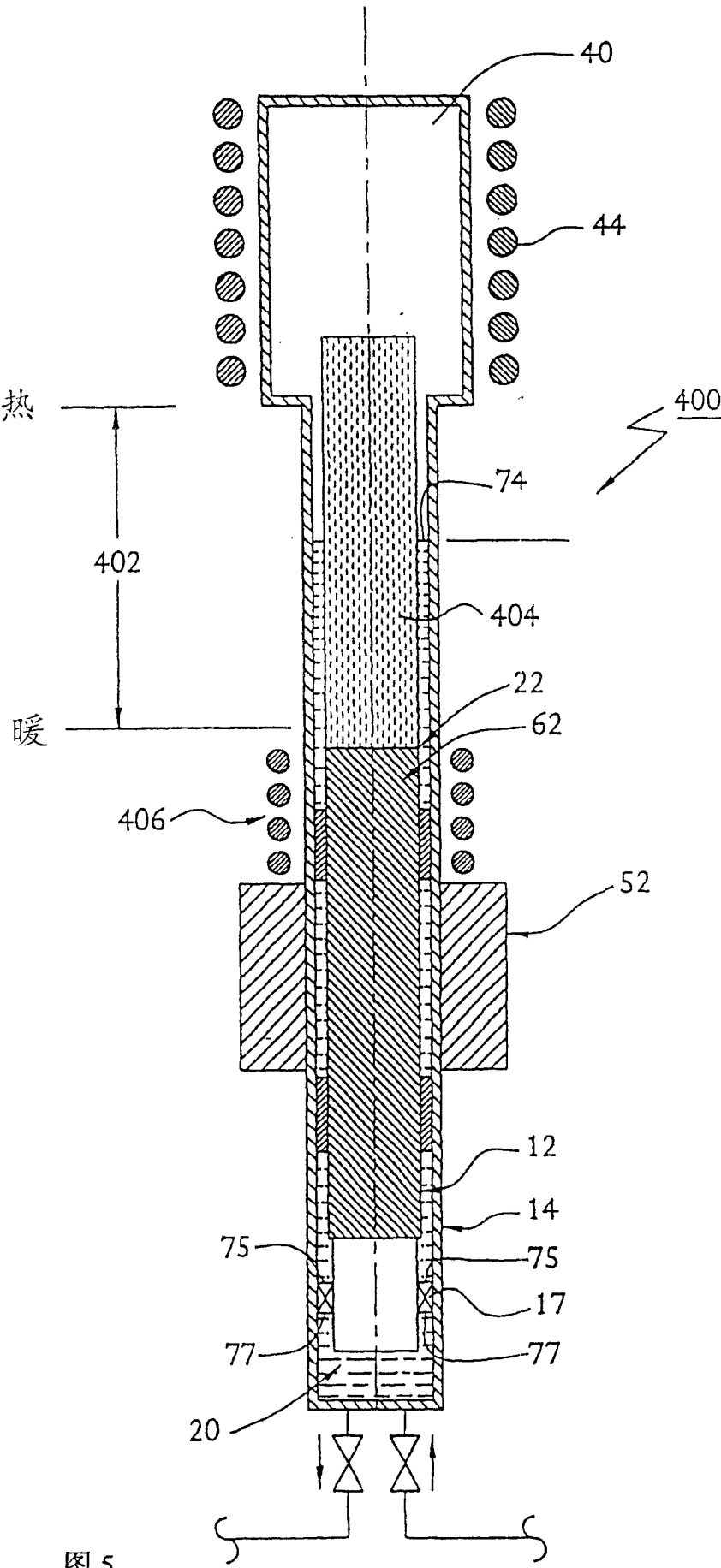


图 5

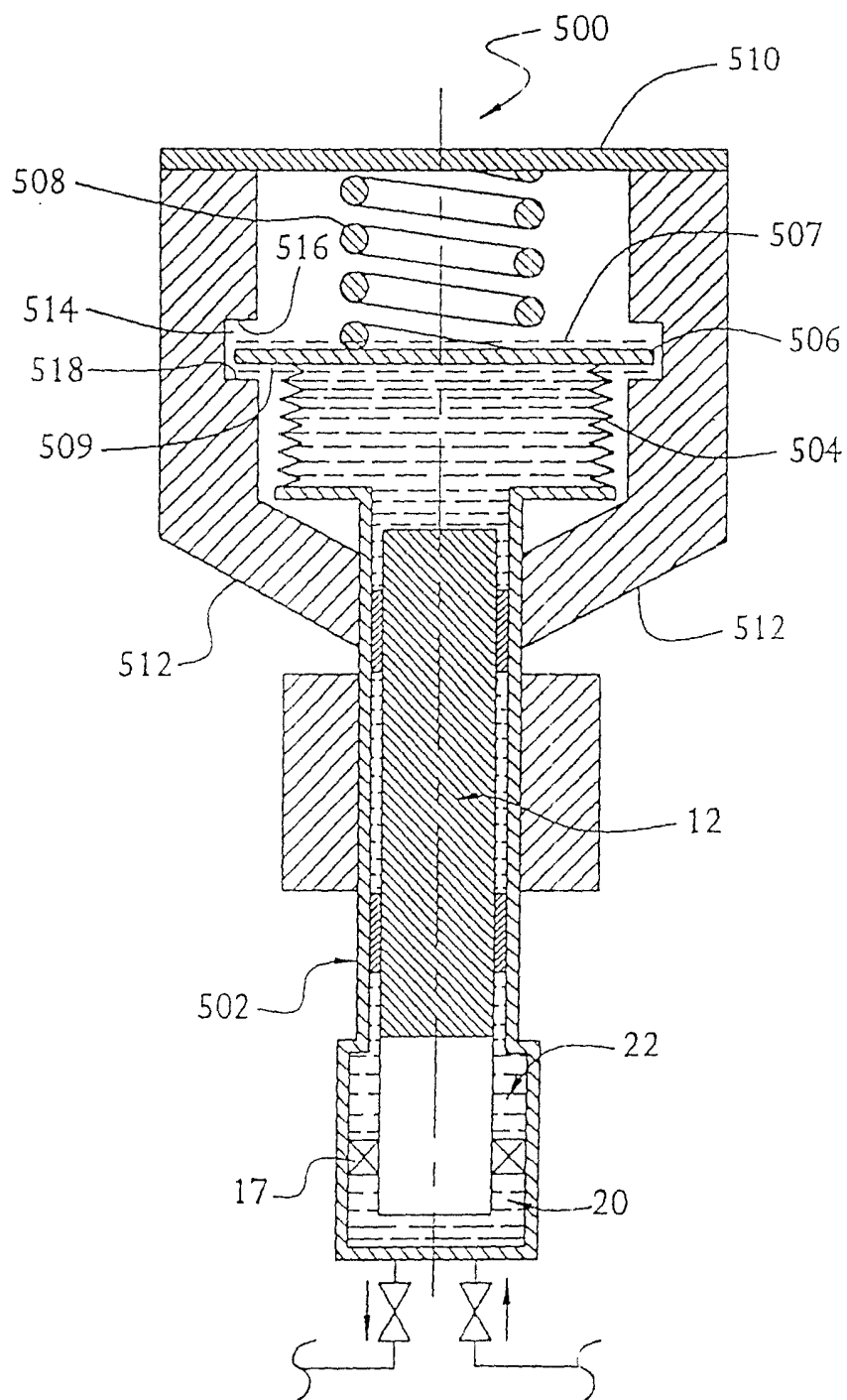


图 6