(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108458548 A
(43)申请公布日 2018.08.28

(21)申请号 201810068765.7

(22)申请日 2018.01.24

(30)优先权数据
102017000007473 2017.01.24 IT

(71)申请人 诺沃皮尼奥内技术股份有限公司
地址 意大利佛罗伦萨

(72)发明人 G.尤里斯奇 A.格里马尔迪
G.萨萨内利 M.富尔米基尼
A.克里斯塔罗 D.贝彻鲁奇
D.马蒂娜

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 吴俊 谭祐祥

(51)Int.Cl.
F25J 1/00(2006.01)
F25J 1/02(2006.01)
F04D 17/12(2006.01)

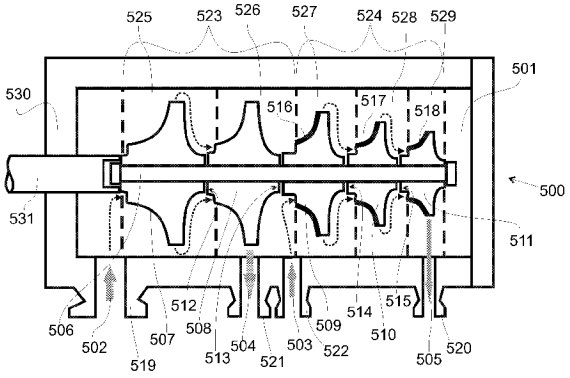
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

包括一个离心式压缩机的压缩系和LNG设备

(57)摘要

一种用于天然气液化过程的压缩系。压缩系包括驱动器机器以及由所述驱动器机器旋转地驱动的仅一个离心式压缩机机器;压缩机构造成将具有小于30g/mol的分子量的制冷剂气体从吸入压力压缩至排放压力;排放压力与吸入压力之间的比高于10,优选高于12,更优选高于15。一种LNG设备,其包括根据本发明的一个或更多个压缩系。



CN 108458548 A

1.一种用于天然气液化过程的压缩系,其包括:

驱动器机器;

仅一个离心式压缩机机器,其由所述驱动器机器旋转地驱动;

所述压缩机构造成将具有小于30g/mol的分子量的制冷剂气体从吸入压力压缩至排放压力;

其中排放压力与吸入压力之间的比高于10,优选高于12,更优选高于15。

2.根据权利要求1所述的压缩系,其特征在于,所述驱动器机器和所述压缩机机器彼此机械地直接连接。

3.根据权利要求1所述的压缩系,其特征在于,所述驱动器机器和所述压缩机机器借助于齿轮箱彼此连接。

4.根据权利要求1所述的压缩系,其特征在于,所述压缩机机器包括分成两个或三个压缩区段的多个压缩级。

5.根据权利要求4所述的压缩系,其特征在于,所述压缩机机器为桶型,并且所述两个或更多个压缩区段布置成能够可移除地插入在共同壳体中的共同束。

6.根据权利要求4或权利要求5所述的压缩系,其特征在于,所述压缩机机器包括用于各个压缩区段的入口和出口。

7.根据权利要求6所述的压缩系,其特征在于,所述压缩区段为两个,所述第二区段布置在所述第一区段下游,并且所述第一区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第二区段的所述入口。

8.根据权利要求6所述的压缩系,其特征在于,所述压缩区段为三个,所述第三区段布置在所述第二区段下游,所述第二区段继而布置在所述第一区段下游,所述第一区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第二压缩区段的所述入口,并且所述第二区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第三压缩区段的所述入口。

9.根据前述权利要求中的任一项所述的压缩系,其特征在于,所述驱动器机器为单轴燃气涡轮或多轴燃气涡轮或电动机。

10.根据前述权利要求中的任一项所述的压缩系,其特征在于,所述制冷剂气体为混合制冷剂,并且所述天然气液化过程为AP-C3MR®型。

包括一个离心式压缩机的压缩系和LNG设备

技术领域

[0001] 本文中公开的主题的实施例对应于包括单个离心式压缩机的压缩系和包括所述压缩系的LNG (=液化天然气)设备。

背景技术

[0002] 在“石油&天然气”(即,用于石油和/或天然气的勘探、生产、储存、精制以及分销的机器和设备)的领域中,总是寻求改进的解决方案。

[0003] 改进可源自例如机器的结构和/或操作、机器的连接,或机器的组合(例如,机器的系)。

[0004] 改进可包括例如增加的效率和/或减少的损失、增加的产量和/或减少的浪费、增加的功能、降低的成本、减小的大小和/或占地面积。

[0005] 用于大型LNG设备的若干液化过程在本领域中为已知的:

由Air Products&Chemicals,Inc.设计的AP-C3MR® (APCI);

由ConocoPhillips设计的级联;

由Air Products&Chemicals,Inc.设计的AP-X® (APCI);

壳牌的DMR(=双混合制冷剂);

SMR(单混合制冷剂);

由Linde设计的MFC® (混合流体级联);

由Black&Veatch设计的PRICO® (SMR);

由Air Liquide设计的Liquefin®。

[0006] 这些已知的过程已经在过程方面进行了优化,但是仍然寻求改进(特别是在LNG设备中使用的机器的数量和/或占地面积方面)。

[0007] AP-C3MR® (也称为“C3MR”)过程使用纯制冷剂(“C3”)(即,丙烷)以及混合制冷剂(“MR”)(即,典型为丙烷、乙烯以及甲烷的混合物);该过程为2循环液化技术:(一种)纯制冷剂和(一种)混合制冷剂。

[0008] 图1示出了根据由Air Products&Chemicals设计的AP-C3MR® (在下文中简称为“C3MR”)的LNG设备的示意图。C3MR为广泛扩散的LNG过程。C3MR过程由两个制冷循环组成:用以冷却天然气的丙烷制冷(C3)循环,以及用以液化天然气流的混合制冷剂(MR)循环。

[0009] 在丙烷制冷循环中,丙烷在由驱动器105驱动的单个压缩机106中被压缩。

[0010] 压缩的丙烷在冷却器111中被冷却,并且接着经由管线113,其穿过交换器107,以从天然气和混合制冷剂流吸收热。在交换器107之前,压缩的丙烷的膨胀发生。

[0011] 在混合制冷剂循环中,混合制冷剂通过压缩系100压缩,压缩系100包括串联布置的三个压缩机103,102,101,其由驱动器104旋转地驱动。有时,丙烷循环的驱动器105可构造成驱动混合制冷剂循环的三个压缩机中的一个。

[0012] 压缩的混合制冷剂在冷却器110中被冷却,并且接着经由管线114,穿过其中其被预先冷却的交换器107。在交换器107之前,压缩的丙烷的膨胀发生。

[0013] 低压、温热的主液化混合制冷剂可发送至一系列的中间冷却的压缩机103,102,101,其中其首先在压缩机103中被压缩,在中间冷却器115中被冷却,在压缩机102中被进一步压缩,在中间冷却器109中被冷却,在压缩机101中被进一步压缩,并且接着在后冷却器110中被进一步冷却,以作为高压流体出现。

[0014] 冷却的高压混合制冷剂流可使用热交换器107预先冷却,导致预先冷却的流。预先冷却的流可在分离器112中分离成较轻的制冷剂和较重的制冷剂流。较轻的制冷剂流可接着在主液化交换器108中冷凝和过冷却。较重的制冷剂液体流也可在主液化交换器108中过冷却。

[0015] 预先冷却的天然气流接着发送至设备的低温区段,因此发送至主液化交换器108,以完全地冷凝和过冷却蒸汽流,形成LNG产物流。

[0016] 由ConocoPhillips设计的级联(在下文中简称为“级联”)过程使用三种纯制冷剂(即,典型为丙烷、乙烯或乙烷,以及甲烷);该过程为3循环(三种)纯制冷剂液化技术。

[0017] 将注意的是,表述“纯制冷剂”实际上是指一种物质在制冷剂中占优势(例如,至少90%或95%或98%);该物质可为化学化合物(例如,丙烷、乙烷、乙烯、甲烷)。

[0018] 图3示出了根据级联过程的LNG设备的示意图。级联过程像C3MR一样广泛地扩散。

[0019] 级联过程包括三个制冷循环:用以预先冷却天然气流的丙烷制冷循环、用以冷却预先冷却的天然气流的乙烯制冷循环,以及用以液化冷却的天然气流的甲烷制冷循环。

[0020] 在丙烷制冷循环中,丙烷借助于包括两个压缩机312,313以及构造成驱动压缩机的驱动器306的压缩系303来压缩。

[0021] 压缩的丙烷在冷却器316中被冷却,并且接着,其穿过交换器317,以从天然气、乙烯以及甲烷流吸收热。在交换器317之前,压缩的丙烷的膨胀发生。

[0022] 在乙烯制冷循环中,乙烯借助于包括两个压缩机310,311以及构造成驱动压缩机的驱动器305的压缩系302来压缩。

[0023] 压缩的乙烯在冷却器315和热交换器317中冷却。接着,其穿过交换器318,以从天然气和甲烷流吸收热。在交换器318之前,压缩的乙烯的膨胀发生。

[0024] 热交换器318还可用于冷却天然气的蒸汽,其在分离器320中与天然气的较重成分分离。较重的成分形成液化的天然气,该较重的成分不同于液化的天然气。

[0025] 在甲烷制冷循环中,甲烷借助于包括三个压缩机307,308,309以及构造成驱动压缩机的驱动器304的压缩系301来压缩。

[0026] 压缩的甲烷在冷却器314和热交换器317,318中被冷却。接着,其穿过交换器319,以形成液化的天然气。在交换器319之前,压缩的甲烷的膨胀发生。

[0027] 在压缩机的领域中,大体已知的是,压缩比在相同的边界条件之下与过程气体的分子量成比例。

[0028] 气体越轻,就越难以将其压缩在单个壳体中,并且需要若干压缩机来实现高压缩比。该问题在分别利用混合制冷剂、乙烯以及甲烷的C3MR和级联过程两者中发生。

[0029] 在现有技术的状态下,具有能够在大中型LNG设备中以高压缩比压缩轻质气体的机器的压缩系不是已知的。

[0030] 具体而言,仍然寻求能够在单个壳体中以高压缩比压缩轻质制冷剂气体的机器,因此使用单个压缩机而不是两个或更多个压缩机。

[0031] 在LNG中，通过两个或更多个压缩机机器来压缩轻质气体(像混合制冷剂、乙烯，或甲烷)(由于这些气体的低分子量)为大体已知的。因此，LNG压缩系在处理的气体具有小分子量时大体上不紧凑。

发明内容

[0032] 现有技术的以上识别的缺陷现在由涉及压缩系和LNG设备的本发明的第一范围和第二范围克服。

[0033] 用于天然气液化过程的压缩系可包括驱动器机器以及由所述驱动器机器旋转地驱动的仅一个离心式压缩机机器。压缩机可构造成将具有小于30g/mol的分子量的制冷剂气体从吸入压力压缩至排放压力。排放压力与吸入压力之间的比可高于10，优选高于12，更优选高于15。

[0034] LNG设备可包括根据本发明的一个或更多个压缩系。

[0035] 技术方案1．一种用于天然气液化过程的压缩系，其包括：

驱动器机器；

仅一个离心式压缩机机器，其由所述驱动器机器旋转地驱动；

所述压缩机构造成将具有小于30g/mol的分子量的制冷剂气体从吸入压力压缩至排放压力；

其中排放压力与吸入压力之间的比高于10，优选高于12，更优选高于15。

[0036] 技术方案2．根据技术方案1所述的压缩系，其特征在于，所述驱动器机器和所述压缩机机器彼此机械地直接连接。

[0037] 技术方案3．根据技术方案1所述的压缩系，其特征在于，所述驱动器机器和所述压缩机机器借助于齿轮箱彼此连接。

[0038] 技术方案4．根据技术方案1所述的压缩系，其特征在于，所述压缩机机器包括分成两个或三个压缩区段的多个压缩级。

[0039] 技术方案5．根据技术方案4所述的压缩系，其特征在于，所述压缩机机器为桶型，并且所述两个或更多个压缩区段布置成能够可移除地插入在共同壳体中的共同束。

[0040] 技术方案6．根据技术方案4或技术方案5所述的压缩系，其特征在于，所述压缩机机器包括用于各个压缩区段的入口和出口。

[0041] 技术方案7．根据技术方案6所述的压缩系，其特征在于，所述压缩区段为两个，所述第二区段布置在所述第一区段下游，并且所述第一区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第二区段的所述入口。

[0042] 技术方案8．根据技术方案6所述的压缩系，其特征在于，所述压缩区段为三个，所述第三区段布置在所述第二区段下游，所述第二区段继而布置在所述第一区段下游，所述第一区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第二压缩区段的所述入口，并且所述第二区段的所述出口直接或间接地流体地连接于所述第三压缩区段的所述入口。

[0043] 技术方案9．根据前述技术方案中的任一项所述的压缩系，其特征在于，所述驱动器机器为单轴燃气涡轮或多轴燃气涡轮或电动机。

[0044] 技术方案10．根据前述技术方案中的任一项所述的压缩系，其特征在于，所述制冷剂气体为混合制冷剂，并且所述天然气液化过程为AP-C3MR®型。

[0045] 技术方案11．根据前述技术方案中的任一项所述的压缩系，其特征在于，所述制冷剂为乙烯或甲烷，并且所述天然气液化过程为级联型。

[0046] 技术方案12．根据技术方案7或技术方案8所述的压缩系，其特征在于，所述气体制冷剂穿过出口与随后的入口之间的中间冷却器。

[0047] 技术方案13．根据技术方案5所述的压缩系，其特征在于，各个压缩级包括叶轮，并且其中叶轮具有恒定或减小的直径，并且最后的叶轮具有相对于所述第一叶轮的较小直径。

[0048] 技术方案14．根据技术方案13所述的压缩系，其特征在于，最上游的一个或多个叶轮为开放式的一个或多个叶轮，并且其它叶轮为闭合式叶轮。

[0049] 技术方案15．根据技术方案13或技术方案14所述的压缩系，其特征在于，所述叶轮彼此堆叠，以形成转子。

[0050] 技术方案16．根据技术方案13至技术方案15中的任一项所述的压缩系，其特征在于，所述叶轮的周边马赫数小于1.1，优选小于1。

[0051] 技术方案17．根据技术方案13至技术方案16中的任一项所述的压缩系，其特征在于，至少一个叶轮具有超过300m/s，优选超过380m/s的圆周速度。

[0052] 技术方案18．根据技术方案13至技术方案17中的任一项所述的压缩系，其特征在于，在相邻的压缩区段之间设有迷宫式或可磨损的密封件，并且其中所述密封件的轴向长度在所述相邻压缩区段的叶轮的平均直径的30％至40％之间，优选为大约35％。

[0053] 技术方案19．根据技术方案1至技术方案18中的任一项所述的压缩系，其特征在于，压缩机壳体具有相对于壳体的其余部分的平均厚度的、围绕所述压缩机入口和/或出口的一个或多个口部的更大厚度。

[0054] 技术方案20．一种LNG设备，其包括根据前述技术方案中的一项或更多项所述的一个或更多个压缩系。

[0055] 特征和实施例在下面在此处公开，并且在所附权利要求中进一步阐述，所附权利要求形成本描述的集成部分。以上简要描述阐述了本发明的各种实施例的特征，以便可更好地理解随后的详细描述，并且可更好地认识到对本领域的本贡献。当然，存在本发明的其它特征，其将在下文中描述并且将在所附权利要求中阐述。在该方面，在详细地说明本发明的若干实施例之前，理解的是，本发明的各种实施例在它们的应用方面不限于构造的细节，以及以下描述中阐述或图中示出的构件的布置。本发明能够具有其它实施例并且能够以各种方式实践和执行。此外，将理解的是，本文中使用的措辞和用语是为了描述的目的，并且不应当看作是限制。

[0056] 就此而言，本领域技术人员将认识到的是，本公开所基于的构思可容易地用作设计用于执行本发明的若干目的的其它结构、方法和/或系统的基础。因此，重要的是，权利要求看作是包括此类等同构造(在它们不脱离本发明的精神和范围的限度内)。

附图说明

[0057] 本发明的公开的实施例的更完整的认识及其伴随的优点中的许多个将容易地获得，因为它们在结合附图考虑时通过参照以下详细的描述变得更好理解，其中：

图1示出了根据AP-C3MR®过程的现有技术LNG设备的示意图；

图2示出了根据本发明的第一实施例的LNG设备的示意图；

图3示出了根据级联过程的现有技术LNG设备的示意图；

图4示出了根据本发明的第二实施例的LNG设备的示意图；

图5示出了根据本发明的高压缩比压缩机的示意图。

具体实施方式

[0058] 示例性实施例的以下描述参照附图。

[0059] 以下描述不限制本发明。相反，本发明的范围由所附权利要求限定。

[0060] 遍及说明书对“一个实施例”或“实施例”的提及意味着结合实施例描述的特定特征、结构或特性包括在公开的主题的至少一个实施例中。因此，短语“在一个实施例中”或“在实施例中”在遍及说明书的各个地方的出现不一定是指相同的实施例。此外，特定特征、结构或特性可在一个或更多个实施例中以任何合适的方式组合。

[0061] 在下文中(并且根据其数学含义)，用语“组”是指一群一个或更多个物件。

[0062] 参照图2，示出了如先前描述的根据C3MR过程的LNG设备，其包括压缩系的第一实施例。

[0063] 在丙烷制冷循环中，丙烷在由驱动器205驱动的单个压缩机206中被压缩。驱动器205可为电动机或燃气涡轮。

[0064] 压缩的丙烷在冷却器211中被冷却，并且接着经由管线213，其穿过交换器207，以从天然气和混合制冷剂流吸收热。在交换器207之前，压缩的丙烷的膨胀优选利用Joule-Thomson阀(未示出)发生。

[0065] 在混合制冷剂循环中，混合制冷剂借助于包括单个压缩机201和驱动器机器204的压缩系200来压缩。驱动器机器204可为电动机或燃气涡轮。

[0066] 驱动器机器204可直接地联接于单个压缩机201。

[0067] 在特定实施例中，压缩系200还可包括布置在驱动器机器204与单个压缩机201之间的齿轮箱(未示出)，其构造成增大驱动器机器204的旋转速度。齿轮箱可包括输入轴和输出轴，该输入轴机械地联接于驱动器机器204，该输出轴机械地联接于单个压缩机201，具体地联接于压缩机轴。

[0068] 在单个压缩机201中进行压缩之后，压缩的混合制冷剂在冷却器210中被冷却，并且接着经由管线214，其穿过交换器207，在交换器207中，其被预先冷却。在交换器207之前，压缩的丙烷的膨胀优选利用Joule-Thomson阀(未示出)发生。

[0069] 单个压缩机201可通过中间冷却器202，203来中间冷却，以输出高压下的混合制冷剂。

[0070] 为了获得由C3MR过程要求的所需压缩比，使用特定类型的单个压缩机，如将在阅读以下描述时更清楚地理解的。

[0071] 冷却的高压混合制冷剂流接着使用热交换器207预先冷却，导致预先冷却的流。预先冷却的流可在分离器212中分离成较轻的制冷剂流和较重的制冷剂流。较轻的制冷剂可接着在主液化交换器208中冷凝和过冷却。较重的制冷剂液体流也可在主液化交换器208中过冷却。

[0072] 预先冷却的天然气流接着发送至设备的低温区段，因此至主液化交换器208，以完

全地冷凝和过冷却蒸汽流，并且形成LNG产物流。

[0073] 根据由Air Products&Chemicals Inc.设计的公知的SplitMR®布置，丙烷的压缩系可包括混合制冷剂的三个压缩机中的一个。在优选的实施例中，提供了现有的SplitMR® LNG设备的改造方法，其中混合制冷剂借助于根据本发明的压缩系来压缩，并且丙烷的压缩系可包括驱动器、构造成压缩丙烷的压缩机，以及构造成关于电功率转换由驱动器产生的可用额外功率的发电机。

[0074] 参照图4，示出了如先前描述的根据级联过程的LNG设备，其包括根据本发明的另外实施例的压缩系。

[0075] 在丙烷制冷循环中，丙烷借助于包括两个压缩机410,411和构造成驱动压缩机的驱动器406的压缩系403来压缩。驱动器406可为电动机或燃气涡轮。

[0076] 压缩的丙烷在冷却器414中被冷却，并且接着，其穿过第一交换器415，以从天然气、乙烯以及甲烷流吸收热。在交换器415之前，压缩的丙烷的膨胀优选利用Joule-Thomson阀(未示出)发生。

[0077] 在乙烯制冷循环中，乙烯借助于包括第一单个压缩机409和构造成旋转地驱动单个压缩机409的第一驱动器机器405的第一压缩系402来压缩。驱动器机器405可为电动机或燃气涡轮。

[0078] 驱动器机器405通过直接连接来直接地连接于第一压缩机409。直接连接可为柔性或刚性类型，取决于具体的操作环境。

[0079] 压缩的乙烯在冷却器413中和在第一热交换器415中被冷却。接着，乙烯流穿过第二热交换器416，以从天然气和甲烷流吸收热。在第二热交换器416之前，压缩的乙烯的膨胀优选利用Joule-Thomson阀(未示出)发生。

[0080] 第二热交换器416还可用于冷却天然气的蒸汽，其在分离器418中与天然气的较重成分分离。较重的成分形成液化的天然气。

[0081] 在甲烷制冷循环中，甲烷借助于包括第二单个压缩机408和构造成旋转地驱动第二单个压缩机408的第二驱动器机器404的第二压缩系401来压缩。第二驱动器机器404可为电动机或燃气涡轮。

[0082] 第二驱动器机器404和第二单个压缩机408通过齿轮箱407机械地连接，齿轮箱407构造成增加第二驱动器机器404的旋转速度。齿轮箱407可包括输入轴和输出轴，该输入轴机械地联接于第二驱动器机器404，该输出轴机械地联接于第二单个压缩机408的轴。

[0083] 压缩的甲烷在冷却器412中和在第一热交换器415和第二热交换器416中被冷却。接着，甲烷穿过第三热交换器417，以从冷却的天然气吸收热。天然气流因此完全地冷凝，并且实现了LNG产物流。在交换器417之前，压缩的甲烷的膨胀发生。

[0084] 参照第一实施例和第二实施例，所述压缩系200、第一压缩系402以及第二压缩系401的压缩机可为下文中描述的类型。

[0085] 进一步参照图5，离心式压缩机500将制冷剂气体从主入口519处的吸入压力压缩至主出口520处的排放压力。压缩机500构造成压缩制冷剂气体，其中所述排放压力与吸入压力之间的比高于10，优选高于12，更优选高于15。在本发明中，用语“高压缩比”是指如以上描述的出口压力与入口压力之间的比。

[0086] 由C3MR和级联过程要求的压缩比被认为是高压缩比，尤其是在其由压缩轻质气体

制冷剂的单个压缩机执行时。

[0087] 压缩机500因此构造成压缩具有小于30g/mol的分子量的制冷剂气体。

[0088] 在本发明中，用语“轻质(多种)制冷剂”、“轻质(多种)气体”、“低分子量气体”是指所有制冷剂气体，因此在制冷过程中使用的所有气体(具有小于30g/mol的分子量)。

[0089] 压缩机500为离心式压缩机，并且为了压缩具有高压缩比的轻质制冷剂，其可包括两个或三个，甚至四个压缩区段。各个压缩区段可包括一个或更多个压缩级。各个压缩级可包括离心式叶轮、扩散器以及返回通道。扩散器和/或返回通道为压缩机的静止部分的部分，并且可包括导叶。所有叶轮连接在一起，以形成转子。

[0090] 转子的部分可为轴531。作为备选，轴531可牢固地连接于转子。轴531机械地连接于驱动器机器(图5中未示出)。

[0091] 各个压缩区段具有其自身的入口和出口。因此，压缩机可包括两个或更多个入口(一个主入口和一个或更多个辅助入口)，以及两个或更多个出口(一个主出口和一个或更多个辅助出口)。参照图5，示出了具有串联布置的两个压缩区段523,524的压缩机500。第一压缩区段包括入口519和出口521以及两个压缩级525,526，各个压缩级包括叶轮507,508。第二压缩区段包括入口522和出口520以及三个压缩级527,528 529，各个压缩级包括一个叶轮509,510,511。制冷剂气体通过主入口519进入(箭头502)，由第一压缩区段523压缩并且从辅助出口521离开(箭头504)。在中间冷却步骤之后，压缩和冷却的制冷剂气体再次通过辅助入口522进入在压缩机中。制冷剂气体接着在第二压缩区段524中被压缩，并且最后地通过主出口520离开。

[0092] 各个压缩区段构造成在某些条件下(例如，在中间冷却阶段之间从特定入口压力至特定出口压力)压缩制冷剂气体。

[0093] 辅助(多个)入口和/或辅助(多个)出口使得压缩机能够更加灵活和使机器的操作条件适应于其中使用压缩机的过程。例如，辅助(多个)入口和辅助(多个)出口可用于从压缩机抽取工作流体并且在重新喷射之前使其冷冻。

[0094] 例如，参照图4，乙烯压缩机(因此第一压缩系402的第一单个压缩机409)包括像图5的压缩机500的那些的两个入口流。在第一压缩区段的出口504与第二压缩区段的入口503之间，制冷剂气体被中间冷却(中间冷却未示出)。

[0095] 从压缩的角度看，各个压缩区段类似于独立压缩器，其像图3中标记为310和311的那些。一个重要的技术区别在于，所有压缩区段布置在具有单个壳体的普通压缩机机器中。

[0096] 离心式压缩机500的所有压缩区段523,524布置成共同的束501，其构造成能够可移除地插入在单个共同的壳体530中。转子和静止部分组装在一起成圆柱形束，其像套筒一样构造成可逆地沿轴向插入穿过壳体530本身中的壳体530的一个端部。压缩机相对于驱动器机器的相对侧通常没有障碍物，并且因此便于用于维修活动的束的抽取。

[0097] 压缩区段的出口直接或间接地流体地联接于布置在下游的压缩区段的入口。

[0098] 所有的压缩区段布置成压缩相同类型的制冷剂气体。

[0099] 如果压缩区段为两个，像在图5的压缩机中一样，则第一压缩区段523的出口521流体地连接于更下游的压缩区段，因此第二压缩区段524的入口522。

[0100] 随后的压缩区段的入口和出口可通过中间冷却区段流体地连接，其中由更上游区段压缩的制冷剂气体在再次进入在随后区段中之前被冷却。

[0101] 同样的构思在压缩区段是三个而不是两个时适用。因此，当第三区段布置在第二区段下游，该第二区段继而布置在第一区段下游时，并且第一区段的出口直接或间接地流体地连接于第二压缩区段的入口，并且第二区段的出口直接或间接地流体地连接于第三区段的入口。

[0102] 至少一个压缩区段可背对背布置。在该情况下，两个相邻区段的出口布置成接近彼此。

[0103] 相邻的压缩区段可借助于迷宫式或可磨损密封件分离，以便限制从一个区段至另一个区段的泄漏。

[0104] 具体而言，这些密封件的轴向长度可包括在所述相邻压缩区段的叶轮的平均直径的30％到40％之间，优选为大约35％。该范围值保证泄漏高度地降低。

[0105] 压缩机500的转子包括多个叶轮，其布置在多个压缩区段中，如先前描述的，并且叶轮具有恒定的或减小的直径，而最后的叶轮总是小于第一叶轮。例如，第一叶轮507可具有等于第二叶轮508的直径的直径，第二叶轮508继而具有大于第三叶轮509的直径的直径；而第三叶轮509、第四叶轮510以及第五叶轮511具有逐渐减小的直径。

[0106] 所有的叶轮可彼此堆叠，以形成转子。常见的连结杆506可布置和构造成维持所有的叶轮507,508,509,510,511聚集在一起。相邻叶轮的相互滑动借助于Hirth连接件512,513,514,515来避免。叶轮的相对的轴向端部包括Hirth接头。堆叠和联接的叶轮借助于连结杆来紧固在一起。以该方式，实现了非常稳定且可靠的机械连接。连结杆可沿轴向预加载，以压缩叶轮。各个叶轮507,508,509,510,511可在其旋转轴线处具有通孔，并且可构造成以使连结杆可穿过其。

[0107] 本发明的离心式压缩机的叶轮构造成具有小于1.1，优选小于1的周边马赫数，因此为亚音速的。

[0108] 马赫数(Ma)通常由以下公式计算：

(1) $$Ma = \frac{\pi \cdot RPM \cdot Tip\ Diameter}{60 \cdot C}$$

其中RPM为叶轮的每分钟转数，π=3.14159，*Top Diameter*为末端处的叶轮的直径，并且C=使用理想气体方程式的声音速度，可由以下公式计算：

(2) $$C = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T \cdot Z}{MW}}$$

其中γ为低分子量气体的绝热指数，R为通用气体常数(8.314J/mol K)，Z为压缩因子，T为压缩机内的任何点处的低分子量气体的温度，并且MW为低分子量气体的分子量。

[0109] 声音速度(C)与流体分子量的平方根成反比地变化。因此，较低分子量的制冷剂引起高的声音速度。

[0110] 本离心式压缩机构造成在单个壳体中处理低分子量气体，像C3MR过程的混合制冷剂，或级联过程的乙烯和甲烷：C3MR的混合制冷剂具有大约26gr/mol的分子量，乙烯具有28gr/mol的分子量，并且甲烷具有16 gr/mol的分子量。

[0111] 本压缩机构造成旋转至高旋转速度，优选在3.600和8.000rpm之间，处理的制冷剂气体的分子量低于30g/mol。这些特征允许将叶轮维持在亚音速操作条件下。

[0112] 离心式压缩机的叶轮中的至少一个具有超过300m/s，优选超过380m/s的圆周速

度。

[0113] 优选地，最上游的(多个)叶轮可为开放式的，这意味着无护罩。相反，其它叶轮(因此布置在第一组开放式(多个)叶轮下游的那些)可包括护罩516,517,518。

[0114] 最上游的(多个)叶轮具有相对于其它叶轮的高圆周(多个)速度，并且因此具有较大的(多个)直径。出于该原因，最上游的叶轮可为无护罩的，用于避免机械应力。第一两个叶轮的平均直径可为其它叶轮的平均直径的1.2倍。无护罩的叶轮可由于不存在护罩而旋转得比带护罩的叶轮快；实际上，当叶轮旋转时，护罩由作用在其上的离心力向外拉动，并且在某一旋转速度下，护罩有从叶轮拉出的风险。

[0115] 由于以上限定的压缩机的转子结构，故叶轮可旋转得比传统的离心式压缩机快，因此实现更大的压缩比。

[0116] 在一个实施例中，围绕入口和/或出口(多个)口部布置的壳体的部分具有相对于壳体的其余部分的平均厚度的更大厚度，以便在由高压的广泛受压的压缩机的区域中增强压缩机的壳体。

[0117] 根据本发明的任何实施例的压缩系的驱动器机器可为单轴燃气涡轮、多轴燃气涡轮，或蒸汽涡轮。在又一优选实施例中，驱动器机器可为变速驱动(VSD)电动机或定速电动机。

[0118] 由于本离心式压缩机的技术特征，故用于在级联过程中压缩乙烯的成对的传统离心式压缩机310,311现在可被如先前描述的单个压缩机409替代。

[0119] 由于相同的原因，用于在级联过程中压缩甲烷的三个传统离心式压缩机307,308,309现在可被如先前描述的又一单个压缩机408替代。

[0120] 此外，出于相同的公开技术原因，用于在C3MR过程中压缩混合制冷剂的三个传统离心式压缩机101,102,103现在可被如先前描述的单个压缩机201替代。

[0121] 先前由多于一个压缩机执行的压缩现在可利用根据本发明的单个压缩机执行，而不损害整体性能。明显的优点是如此实现的。

[0122] 如此提供的压缩系不需要任何另外的压缩机直接/间接地连接于驱动器机器。

[0123] 通过使用根据本发明的具有(多个)压缩机的(多个)压缩系，较高的LNG产量可以以较小的空间和/或较小的占地面积和较少数量的机器获得。

[0124] 将注意的是，从许多角度来看，具有仅一个外壳而不是两个或更多个外壳为有利的：

- 其简化了安装和维护，
- 其减少了维护时间，
- 其增加了可靠性(较少的构件和较小的故障可能性)，
- 其减少了机器的占地面积和重量，
- 其减少了气体的泄漏，
- 其降低了润滑油系统的复杂性和大小。

[0125] 即使本压缩系适于C3MR和级联过程并且针对它们描述，但其可容易地适应和用于其它LNG过程。

[0126] 虽然本文中描述的主题的公开的实施例在图中示出，并且结合若干示例性实施例在上面完全地具体且详细地描述，但是对本领域技术人员而言将显而易见的是，许多修改、

变化以及省略为可能的，而没有实质上脱离新颖教导、本文中阐述的原理和构思，以及所附权利要求中叙述的主题的优点。因此，公开的创新的适当范围应当仅由所附权利要求的最宽解释来确定，以便涵盖所有此类修改、变化以及省略。此外，根据备选实施例，任何过程或方法步骤的顺序或序列可被改变或重新排序。

[0127] 本发明的最终范围为由以下编号的条款限定的压缩系：

1.一种压缩系，其包括发动机和由发动机驱动的高速压缩机；其中高速压缩机为离心式压缩机并且包括第一组叶轮和布置在第一组叶轮下游或上游的第二组叶轮；第一组叶轮为离心且无护罩的；第二组叶轮为离心且带护罩的；至少第一组叶轮和第二组叶轮收纳在一个共同的壳体内；第一组叶轮和第二组叶轮通过机械连接联接于彼此。

[0128] 2.根据条款1所述的压缩系，其中发动机为电动机或蒸汽涡轮或燃气涡轮，特别是航改式燃气涡轮。

[0129] 3．根据条款1或条款2所述的压缩系，其中发动机和高速压缩机直接地或通过齿轮箱连接。

[0130] 4．根据条款1、条款2或条款3所述的压缩系，该压缩系包括布置在发动机与高速压缩机之间的又一离心式压缩机。

[0131] 5．根据取决于条款2的条款4所述的压缩系，其中齿轮箱布置在高速压缩机与又一压缩机之间。

[0132] 6.根据前述条款中的任一项所述的压缩系，其中压缩系包括辅助马达，其构造成在由(多个)压缩机吸收的功率超过预定阈值时帮助主发动机。

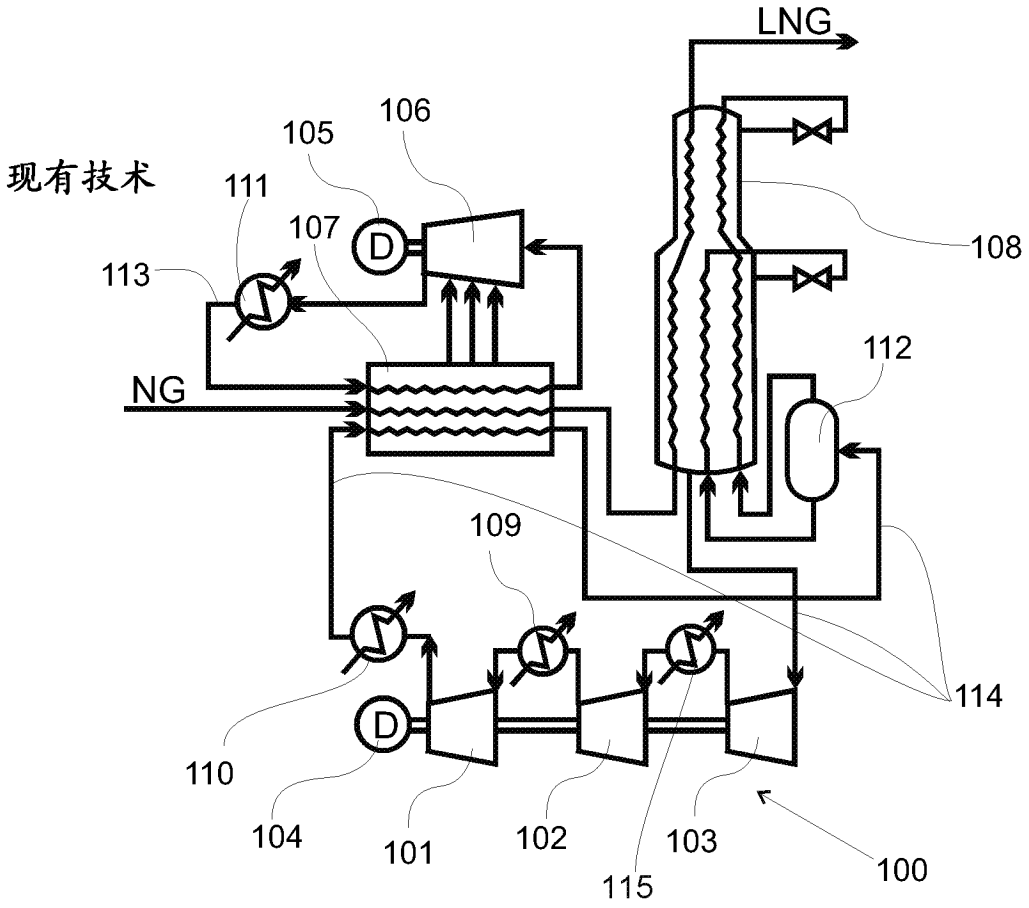

LNG
现有技术
105
106
111
107
D
113
108
112
NG
109
114
110
D
104
101
102
103
115
100

图 1

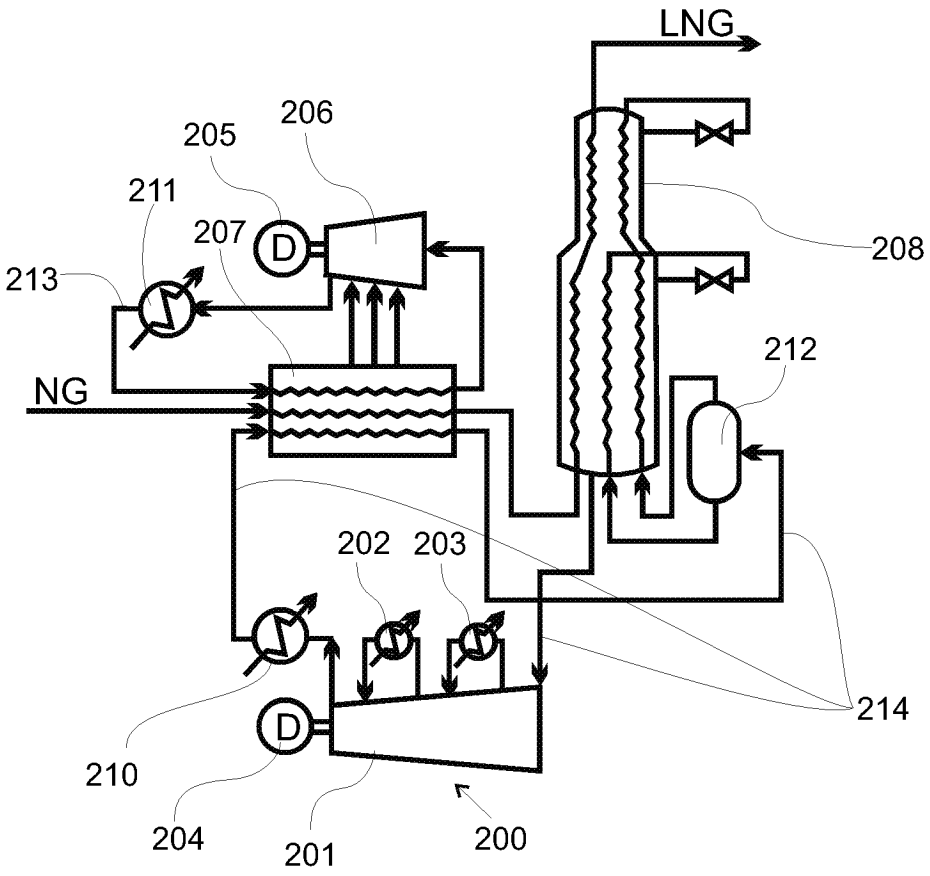


图 2

现有技术

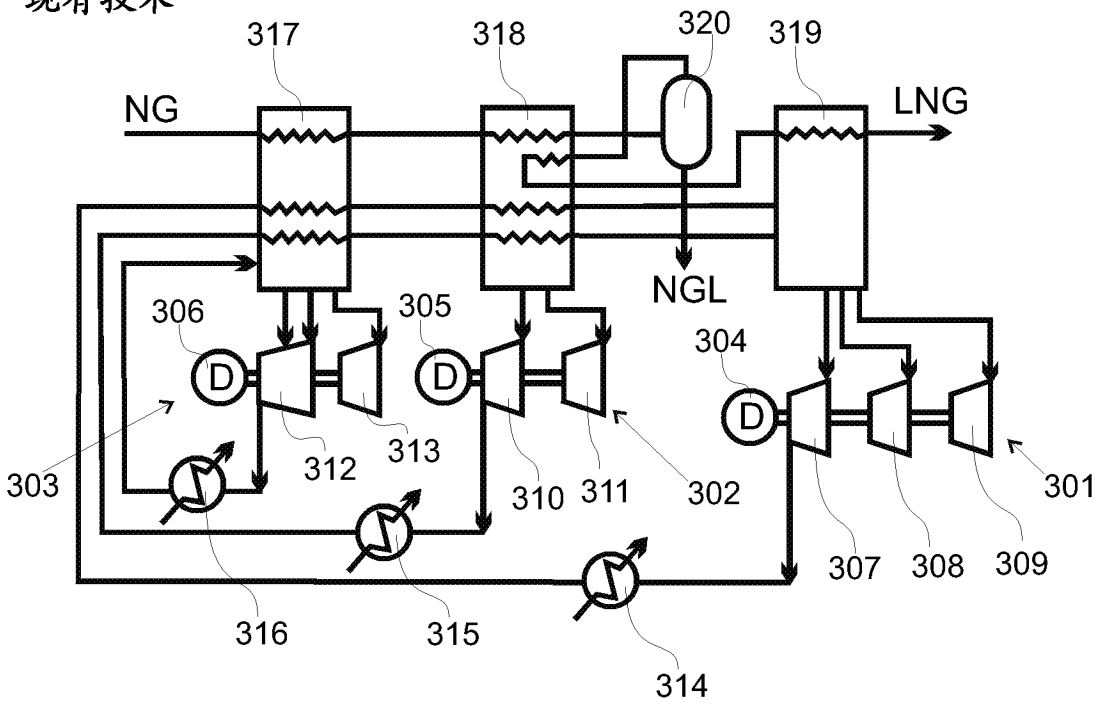

317
318
320
319
NG
LNG
NGL
306
305
304
D
303
312
313
310
311
302
301
307
308
309
316
315
314

图 3

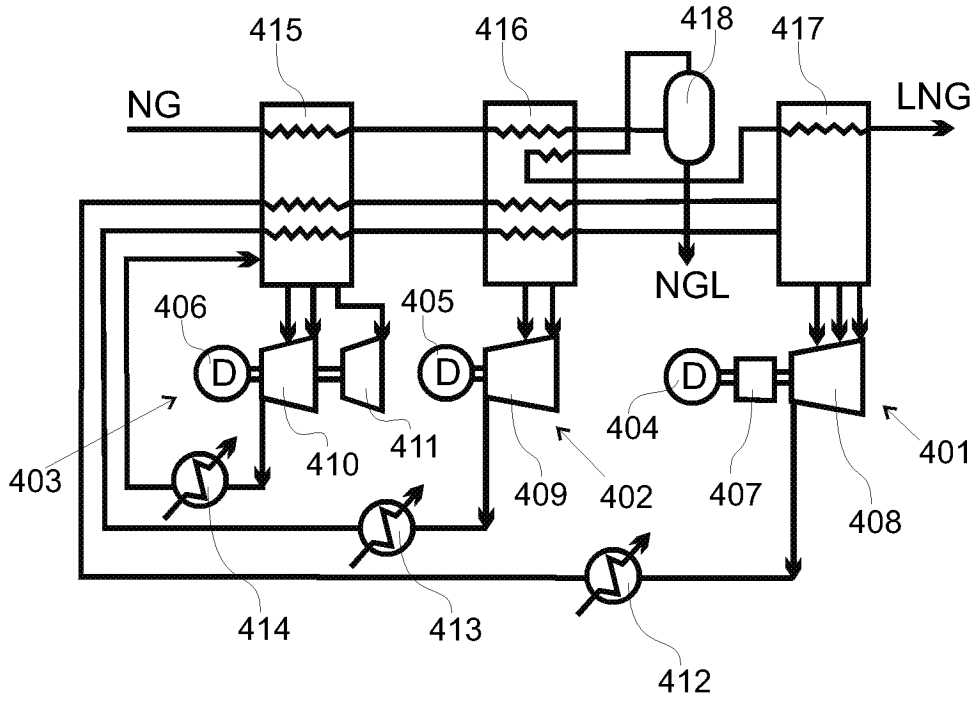

415
416
418
417
NG
LNG
NGL
406
405
D
403
410
411
409
402
404
401
407
408
414
413
412

图 4

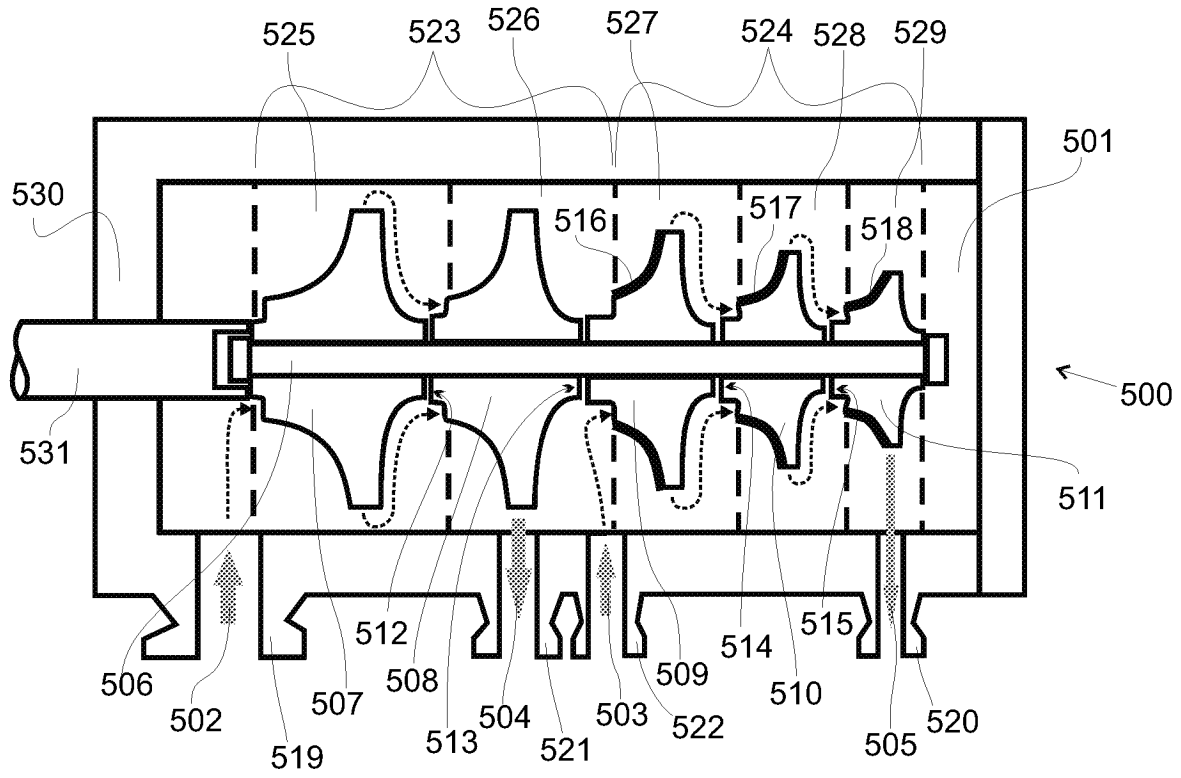

525
523
526
527
524
528
529
501
530
516
517
518
500
531
511
512
515
506
508
514
509
502
507
504
503
510
513
521
522
505
520
519

图 5