



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99814587.4

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1122807C

[22] 申请日 1999.11.16 [21] 申请号 99814587.4

[30] 优先权

[32] 1998.11.18 [33] EP [31] 98309451.7

[86] 国际申请 PCT/EP99/09113 1999.11.16

[87] 国际公布 WO00/29797 英 2000.5.25

[85] 进入国家阶段日期 2001.6.15

[71] 专利权人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

[72] 发明人 罗伯特·克莱恩纳格尔沃尔特

审查员 王 森

[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

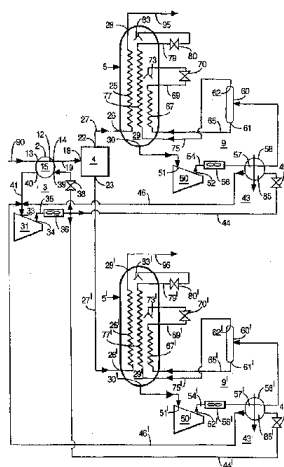
代理人 郑修哲

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 液化天然气的设备

[57] 摘要

液化天然气的设备，它具有一个带有天然气入口(13)和冷却的天然气出口(14)的预冷却热交换器(2)、一条预冷却的冷却剂环路(3)、一个具有一个与上述冷却的天然气出口(14)相连接的入口(18)并具有两个出口(22、23)的分配器(4)、两个主热交换器(5、5')和两条分别与一个液化热交换器(5、5')协作的主冷却剂环路(9、9')。



1.一种液化天然气的设备，它具有：一个带有天然气入口和冷却的天然气出口的预冷却热交换器；一个具有一个与上述冷却的天然气出口相连接的入口并具有至少两个出口的分配器；和至少两个主热交换器，该热交换器分别具有一个带有一个与上述分配器的一个出口相连接的一个入口和一个液化天然气的出口的第一热侧，上述设备还具有一条用于带走预冷却热交换器中的天然气的热量的预冷却冷却剂环路和至少两条用于带走流过相应的主热交换器的第一热侧的天然气中的热量的主冷却剂环路。

2.根据权利要求 1 的液化天然气的设备，其特征在于，上述的冷却剂环路含有一个由合适的驱动器带动的压缩机。

3.根据权利要求 2 的液化天然气的设备，其特征在于，上述预冷却的冷却剂环路中的压缩机的驱动器是蒸汽涡轮。

4.根据权利要求 3 的液化天然气的设备，其特征在于，每条冷却剂环路中的压缩机的驱动器是蒸汽涡轮，并且在正常作业过程中，驱动蒸汽涡轮所需的蒸汽由冷却主冷却剂环路中的燃气涡轮废气放出的热量加热产生。

5.根据权利要求 1~4 中任一项的液化天然气的设备，其特征在于，上述的分配器带有两个出口，上述的设备具有两个主热交换器和两条主冷却剂环路。

液化天然气的设备

本发明涉及使天然气液化的设备。该设备具有一个天然气预冷却热交换器和一个液化热交换器，前者设有天然气进口和已冷却的天然气的出口，后者的第一热区具有一个与冷却的天然气的出口相连接的入口和一个位于使天然气液化的液化热交换器之顶部的出口，上述设备还具有一个用于带走天然气预冷却热交换器中的天然气的热量的预冷却的冷却剂环路和一个用于带走流过主热交换器之第一热区的天然气中的热量的液化冷却剂环路。例如国际专利申请出版物 No. 96/33379 和 No. 97/33131 公开过上述的设备，而且上述的 No. 97/33131 出版物还说明：预冷却的冷却剂环路中的压缩机与液化冷却剂环路中的压缩机机械上是互相连接的。

在通常的作业中，待液化的天然气在天然气预冷却热交换器的热区内通过与冷区内蒸发的冷却剂的热交换而预冷却，已蒸发的冷却剂从热交换器的冷区排出，这种蒸发的冷却剂在预冷却的冷却剂环路中液化。为此，在压缩机内对上述冷却剂加压以提高其压力，而压缩热和蒸发热则在冷凝器中除去。液态的冷却剂可在膨胀装置内膨胀以降低压力，并在该压力下于天然气预冷却热交换器的冷区内蒸发。

随后，使预冷却的天然气在液化热交换器的第一热区内通过与在主热交换器的冷区内蒸发的冷却剂的热交换而进一步冷却、液化和过冷至大气下的沸点附近的温度。已蒸发的冷却剂从液化热交换器的冷区排出，再在主冷却剂环路内液化。为此，在压缩机内对上述冷却剂进行压缩以提高其压力，而压缩热则通过多个热交换器排除。然后使冷却剂冷凝并分成一种轻的气态馏分和一种重的液态馏分，这些馏分在液化热交换器的独立的热区内进一步冷却，而得到液化的过冷的高压馏分。然后使过冷的冷却剂在膨胀装置内膨胀，以降低其压力并在该压力下使冷却剂在主热交换器的冷区内蒸发。

上述设备通常称为单序列液化设备，这种设备的结构使得可液化

的天然气的最大量实际上受限于在预冷却环路和主冷却剂环路中用于驱动压缩机的涡轮所能输出的最大功率。为了液化更多的天然气，建立了尺寸相同的第二序列液化设备。由上述两个序列组成的设备称为双序列液化设备。但是，该双序列液化设备的液化能力是单序列液化设备的两倍。由于并不总是需要上述这样大量地增加液化能力，所以只需要使液化能力增加约 40% ~ 60% 则可。

要达到上述的只使液化能力增加约 40% ~ 60% 的目的，可将双序列设备的产量下调到所需水平。另外，也可以采用两个其最大液化能力约为较大液化设备序列的 70% ~ 80% 的较小序列来达到上述的目的。

本发明的目的是提供一种液化能力比较大的液化设备系列高 40% ~ 60% 的液化天然气的设备，其中，建造这种设备的费用低于建造由两个最大液化能力分别约为较大序列设备的 70% ~ 80% 的较小序列组成的相关设备的费用。

为达到本发明的上述目的，本发明提供了一种液化天然气的设备，具有一个带有天然气入口和冷却的天然气出口的天然气预冷却热交换器、一个带有一个与上述冷却的天然气出口相连接的入口并带有至少两个出口的分配器和至少两个各具有一个与分配器的一个入口相连接的第一热区和一个液化天然气出口的主热交换器，上述设备还具有一个用于带走天然气预冷却热交换器中的天然气的热量和预冷却的冷却剂环路和至少两个用于带走流过相应的主热交换器的第一热区的天然气中的热量的主冷却剂环路。其中，上述的预冷却的冷却剂环路还具有至少两条用于带走每条主冷却剂环路的主冷却剂的热量的附加环路。

下面参看附图结合实例较详细说明本发明，附图中：

图 1 简单示出本发明的液化设备；

图 2 简单示出图 1 所示的另一条预冷却冷却剂环路；和

图 3 简单示出图 2 的实施例的另一个替代方案。

参看图 1。本发明的液化天然气的设备具有一个天然气预冷却热交换器 2、一条预冷却的冷却剂环路 3、一个分配器 4、两个主热交换器 5 和 5'、和两条主冷却剂环路 9 和 9'。

天然气预冷却热交换器 2 具有一个管状的带有一个天然气入口 13 和一个冷却的天然气出口 14 的热区 12，该管状热区 12 设置在天然气

预冷却热交换器 2 的冷区或者说管际空间 15 内。

分配器 4 具有一个通过管道 19 与出口 14 相连接的入口 18 和两个出口 22 和 23。

每个液化热交换器 5、5' 具有一个分别带有一个入口 26、26' 的第一热区 25、25'。第一热区 25 的入口 26 通过管道 27 与分配器 4 的出口 22 相连接，而第一热区 25' 的入口 26' 则通过管道 27' 与分配器 4 的出口 23 相连接。每个第一热区 25、25' 具有一个位于液化热交换器 5、5' 顶部的液化天然气出口 28、28'。上述的第一热区 25、25' 设置在液化热交换器 5、5' 的带有出口 30、30' 的冷区 29、29' 内。

预冷却的冷却剂环路 3 具有一个由涡轮带动的具有入口 33 和出口 34 的预冷却冷却剂压缩机 31。上述出口 34 通过管道 35 与冷却器（气冷却器或水冷却器）36 相连接。管道 35 通过节流阀式的膨胀装置 38 延伸至天然气预冷却热交换器 2 的冷区 15 的入口 39。而冷区 15 的出口 40 则通过返回管道 41 与涡轮带动的预冷却冷却剂压缩机 31 的入口 33 相连接。

预冷却的冷却剂环路 3 不仅预冷却天然气，而且还用来预冷却主冷却剂环路 9 和 9' 内的冷却剂。为此，预冷却环路 3 具有一条附加的环路 43、43'。每条附加的环路 43、43' 具有一条含有节流阀式的膨胀装置 45、45' 的管道 44、44' 和一条返回管道 46、46'。

每条液化冷却剂环路 9、9' 具有一个由燃气涡轮带动的具有入口 51、51' 和出口 52、52' 的液化冷却剂压缩机 50、50'。上述的入口 51、51' 通过返回管道 53、53' 与液化热交换器 5、5' 的冷区 29、29' 的出口 30、30' 相连接，上述的出口 52、52' 通过管道 54、54' 与冷却器（气冷却器或水冷却器）56、56' 相连接，而冷却剂热交换器 58、58' 的热区 57、57' 则与分离器 60、60' 相连接。每个分离器 60、60' 的下端有一个液体出口 61、61'，在其上端则有一个气体出口 62、62'。

每条液化冷却剂环路 9、9' 还包括一条从出口 61、61' 延伸到第二热区 67、67'（该热区 67、67' 仅延伸至液化热交换器 5、5' 的中部）的入口的第一管道 65、65'、一条管道 69、69'、一个膨胀装置 70、70'

和一个喷嘴 73、73'。

每条液化冷却剂环路 9、9'还包括一条从出口 62、62'延伸至第三热区 77、77'（该第三热区延伸至液化热交换器 5、5'的顶部）的入口的第二管道 75、75'、一条管道 79、79'、一个膨胀装置 80、80'和一个喷嘴 83、83'。

每个冷却剂热交换器 58、58'具有一个纳入附设环路 43、43'内的冷区 85、85'。

主冷却剂环路 9、9'最好是彼此相同的，并且，主热交换器 5、5'最好也是彼此相同的。

在正常作业过程中，通过管道 90 将天然气供到天然气预冷却热交换器 2 的热区 12 的入口 13 处。预冷却的冷却剂从天然气预冷却热交换器 2 的冷区 15 的出口 40 排出，并在涡轮带动的预冷却冷却剂压缩机 31 内受到压缩，提高其压力，然后在冷凝器 36 内冷凝，并在膨胀装置 38 内膨胀，降低其压力，再在冷区 15 内使膨胀的预冷却的冷却剂在较低压力下蒸发，这样就带走了天然气中的热量。

从热区 12 排出的预冷却的天然气通过管道 19 进入分配器 4。

通过管道 27、27'将预冷却的天然气供入主热交换器 5 和 5'的第一热区 25 和 25'的入口 26 和 26'。

在上述第一热区 25、25'内，使天然气液化和过冷。过冷的天然气通过管道 95 和 96 排出。通过管道 27、27'的天然气的量最好彼此相等。过冷的天然气通入一种可对它进行进一步处理的装置（未示出）并贮存到液化天然气罐（未示出）内。

主冷却剂从液化热交换器 5、5'的冷区 29、29'的出口 30、30'排出，并在燃气涡轮带动的液化冷却剂压缩机 50、50'内压缩到高压。压缩的热量在冷却器 56、56'中散失。剩下的热量则由冷却剂热交换器 58、58'内的主冷却剂带走而获得部分冷凝的冷却剂。上述部分冷凝的冷却剂再在分离器 60、60'中分离成一种重的液态馏分和一种轻的气态组分，这两种馏分分别在第二热区 67、67'和第三热区 77、77'内进一步冷却，得到液化的过冷的高压馏分。然后使过冷的冷却剂分别在膨

胀装置 70、70'和 80、80'内膨胀以降低其压力，再使该冷却剂在该压力下于液化热交换器 5、5'的冷区 29、29'内蒸发，以带走通过第一热区 25、25'的天然气中的热量。

在上述的实施例中，预冷却的冷却剂最好是一种单组分冷却剂例如丙烷，或烃类组分的混合物或其他的适合于在压缩冷却循环中或吸收冷却循环中使用的冷却剂，上述的主冷却剂最好是一种含有氮、甲烷、乙烷、丙烷和丁烷的多组分冷却剂。

天然气预冷却热交换器 2 最好是一组两个或多个串联排列的热交换器，其中，预冷却冷却剂可在一个或多个压力值下蒸发。冷却剂热交换器 58 和 58'最好是一组两个或多个串联排列的热交换器，其中，预冷却冷却剂可在一个或多个压力值下蒸发。

下面参看图 2，该图简单示出图 1 所示的预冷却冷却剂环路 3 和附加环路 43 和 43'的另一个实施例。将图 1 所示的天然气预冷却热交换器 2 和冷却剂热交换器 58 和 58'综合成一个整体的热交换器 102。该热交换器 102 具有一个内部设有正常作业时天然气流过的热区 12 的冷区 115 和分别附属于主冷却剂环路 9 和 9'的热区 57 和 57'。在本实施例中，预冷却的冷却剂最好是含有氮、甲烷、乙烷、丙烷和丁烷的多组分冷却剂。在正常作业过程中，蒸发的预冷却冷却剂通过管道 41 从冷区 115 排出，并由预冷却冷却剂压缩机 31 压缩，提高其压力，然后在冷却器 36 内冷却，并供入设置在整体热交换器 102 的冷区内的附加热区 143 中。在该附加热区 143 内，预冷却的冷却剂发生液化，而不蒸发。液化的冷却剂从附加热区 143 排出，流过带有节流阀式的膨胀装置 146 的管道 145，在装置 146 内膨胀而降低压力。冷却剂在这一低压下通过喷嘴 148 供入冷区 115。

下面参看示出图 2 实施例的另一替代方案的图 3，其特征在于，预冷却冷却剂压缩机 31 是一种两级压缩机。该两级压缩机 31 将高压的冷却剂供入第一级整体预冷却热交换器 102'的附加的热区 143'内，其中一部分冷却剂在冷区 115'内的中等压力下蒸发。其余的冷却剂则通过管道 150 到达第二级整体预冷却热交换器 102 的附加热区 143，

这种冷却剂可在冷区 115 内于低压下蒸发。天然气在第一级和第二级热交换器 102、102' 中受到预冷却，其中，两个热区 12 通过管道 151 互相连接。每条液化冷却剂环路的液化冷却剂在热区 57 和 57' 内受到预冷却。为了清晰起见，图中未示出后两个热区互相连接的管道。

上述的整体预冷却热交换器可以是三级串联排列的（而不是两级的）热交换器。

主热交换器 5 和 5' 可以是任何具有合适结构的交换器例如绕管式热交换器或散热片式热交换器。

在参考图 1 所述的实施例中，液化热交换器 5 和 5' 分别具有第二和第三热区 67、67' 和 77、77'。在一个替换实施例中，上述的液化热交换器只有一个由第二和第三热区组合的热区。在这种实施例中，部分冷凝的主冷却剂直接供入第三热区 77、77'，而不分离成重的液态馏分和轻的气态馏分。

上述的压缩机 31、50 和 50' 可以是带有中间冷却器的多级压缩机，或者说是与置于两个压缩机之间的中间冷却器串联组合的压缩机，或平行排列的压缩机组合。

在预冷却冷却剂环路 3 和两个主冷却剂环路 9 和 9' 中可以用电动机而不用涡轮来带动压缩机 31、50 和 50'。

预冷却冷却剂环路中的涡轮（未示出）最好是蒸汽涡轮。在这种实施例中，驱动蒸汽涡轮所需的蒸汽最好用由冷却主冷却剂环路的燃气涡轮（未示出）废气放出的热量加热产生。

本发明提供一种有发展潜力的液化天然气的设备，其特征在于，第一步，建造具有 100% 液化能力的单列设备，第二步，再增加尺寸与第一种设备相同的第二液化热交换器和第二液化冷却剂环路，以使液化能力提高到大约 140% ~ 160%。

上述的预冷却冷却剂环路可服务于两条主冷却剂环路，这样，天然气预冷却的程度可能会降低。但是，本发明的优点在于容易修改预冷却和液化条件例如冷却剂的成分而达到有效地工作。而且，在万一有一条冷却剂环路不得不停止工作的情况下，也可以修改上述的条件

而用单级液化设备有效地工作。

这样，液化能力可以提高而不必增加第二预冷却环路，这也显著地节约成本。

而且，计算结果表明，采用一个服务于两个主冷却剂环路的预冷却的冷却剂环路对于液化效率（压缩机所做的单位功产生的液化天然气的量）没有不利的影响。

