

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101454608 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200780019267. 3

(22) 申请日 2007. 05. 26

(30) 优先权数据

11/442, 058 2006. 05. 26 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 11. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/069826 2007. 05. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02007/140353 EN 2007. 12. 06

(73) 专利权人 雪佛龙美国公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 S·杜特 C·E·拉蒙

(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 11038

代理人 孙爱

(51) Int. Cl.

F17C 9/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4224802 A, 1980. 09. 30,

US 3266261 A, 1966. 08. 16,

US 3724229 A, 1973. 04. 03,

US 4033135 A, 1977. 07. 05,

US 4170115 A, 1979. 10. 09,

审查员 龙玉芬

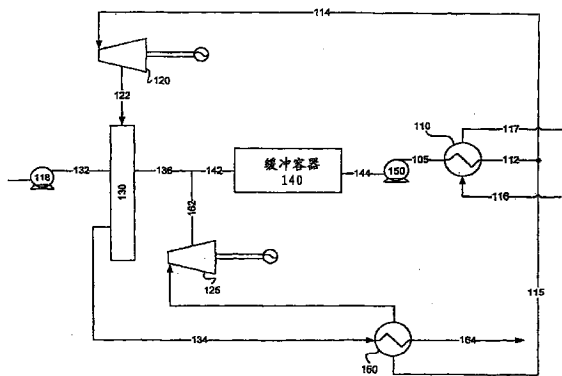
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

蒸发和加热深冷流体的方法

(57) 摘要

蒸发和加热深冷流体例如液化天然气, 到环境温度范围中合意温度的方法。该方法包括使用中间换热流体例如丙烷加热液化天然气, 并利用液化天然气的冷潜能发电。所述换热流体被热源例如可从工业过程获得的温水或热水加热。加压和加热所述换热流体以形成换热蒸气。将该换热蒸气分为多个该股, 这些该股与所述深冷流体以串联方式换热以便使用普通的换热流体和热源来蒸发该深冷流体并逐级加热该深冷流体到合意温度。



1. 蒸发和加热深冷流体的方法,所述方法包括步骤:
从换热流体产生高压换热蒸气;
将所述高压换热蒸气在所述蒸气做功或换热之前分成第一换热流股和第二换热流股;
通过用所述第一换热流股作为发电装置的工作流体降低所述第一换热流股的压力;
在所述第一换热流股和深冷流体之间换热以至少部分蒸发所述深冷流体;
在所述第二换热流股和所述部分蒸发的深冷流体之间换热以加热所述部分蒸发的深冷流体到最低温度;
调整所述第一和第二换热流股中一个或多个的压力;和
再合并所述第一和第二换热流股以产生所述换热流体。
2. 权利要求 1 的方法,其中从所述换热流体产生所述高压换热蒸气包括以下一种或多种:用泵增压所述换热流体和加热所述换热流体。
3. 权利要求 2 的方法,其中产生所述高压换热蒸气包括用泵增压所述换热流体到更高压力,然后加热所述换热流体。
4. 权利要求 1 的方法,其中调整所述第一和第二换热流股中的一个或多个的压力步骤包括以下中的一个或多个:
增加所述第一换热流股的压力;
降低所述第二换热流股的压力;和
增加所述第二换热流股的压力。
5. 权利要求 4 的方法,其中调整所述第一流股和所述第二流股中一个或多个的压力的步骤包括降低所述第二流股的压力。
6. 权利要求 4 的方法,其中调整所述第一换热流股和所述第二换热流股中一个或多个的压力的步骤包括用泵增压所述第一换热流股到更高压力并用泵增压所述第二换热流股到高压。
7. 权利要求 1 的方法,其中所述深冷流体包括液化天然气。
8. 权利要求 1 的方法,其中所述换热流体包含每分子具有约 1 到约 6 个碳原子的烃、卤代碳或它们的混合物。
9. 权利要求 8 的方法,其中换热流体包括乙烷、丙烷、丁烷、乙烯和丙烯的一种或多种。
10. 权利要求 1 的方法,其中所述高压换热蒸气压力至少为约 60psig。
11. 权利要求 9 的方法,其中所述高压换热蒸气温度至少为约 4.44℃。
12. 权利要求 1 的方法,其中所述最低温度至少为约 -6.67℃。
13. 权利要求 12 的方法,其中所述最低温度至少为约 4.44℃。
14. 权利要求 1 的方法,还包括在与所述第一换热流股换热之前,增加所述深冷流体的压力到至少约 500psig 的压力的步骤。
15. 权利要求 14 的方法,其中将所述深冷流体的压力增加到至少约 1000psig 的压力。
16. 蒸发和加热液化天然气的方法,所述方法包括步骤:
从换热流体产生压力至少约 60psig 的换热蒸气,所述换热流体包含丙烷;
将所述换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股;
通过用所述第一换热流股作为发电装置的工作流体降低所述第一换热流股的压力;

在所述第一换热流股和液化天然气之间换热以至少部分蒸发所述液化天然气；
在所述第二换热流股和所述部分蒸发的液化天然气之间换热以加热所述蒸发的液化天然气到最低温度；

调整所述第一换热流股和所述第二换热流股中一个或多个的压力；和
再合并所述第一和第二换热流股以产生所述换热流体。

17. 权利要求 16 的方法，还包括在与所述第一换热流股换热之前增加所述液化天然气的压力到至少约 500psig 的压力的步骤。

18. 权利要求 16 的方法，其中产生高压换热蒸气包括以下一种或多种：用泵增压所述换热流体和加热所述换热流体。

19. 权利要求 16 的方法，所述最低温度至少为约 -6.67°C 。

20. 权利要求 16 的方法，其中调整所述第一换热流股和所述第二换热流股中一个或多个的压力的步骤包括以下中的一个或多个：

增加所述第一换热流股的压力；
降低所述第二换热流股的压力；和
增加所述第二换热流股的压力。

21. 蒸发和加热深冷流体的方法，所述方法包括步骤：

从换热流体产生压力至少约 60psig 的换热蒸气；
将所述换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股，所述第一换热流股和第二换热流股较所述换热蒸气基本上没有压力的下降；

降低所述第一换热流股的压力；
在所述第一换热流股与深冷流体之间换热以至少部分蒸发所述深冷流体；
在所述第二换热流股与所述部分蒸发的深冷流体之间换热以加热所述蒸发的深冷流体到最低温度；

调整所述第一和第二换热流股中一个或多个的压力；和
再合并所述第一和第二换热流股以产生所述换热流体。

22. 权利要求 21 的方法，其中所述换热流体包含丙烷且所述深冷流体包含液化天然气。

23. 权利要求 21 的方法，其中调整所述第一和第二换热流股中一个或多个的压力的步骤包括在与所述部分蒸发的深冷流体换热后，降低所述第二换热流股的压力。

24. 权利要求 23 的方法，进一步包括在再合并所述第一和第二换热流股以产生所述换热流体之前增加所述第二换热流股的压力的步骤。

蒸发和加热深冷流体的方法

发明领域

[0001] 本发明涉及深冷流体领域,并尤其涉及液化气的运输和蒸发。本发明的方法利用闭合回路中的换热流体,该换热流体能用相对低温的热加热以气化液化天然气(LNG)并加热该气化的LNG到适合管道运输的温度。本发明的方法也能产生副产物电能以提高效率。

[0002] 发明背景

[0003] 天然气往往是在远离气体可以销售并分配给最终用户的地方发现和生产的。当可得到合适的管道时,天然气可以以气体或液体的形式运到市场,但是,有许多情况下,这种用于连接特定的天然气供应和消费者的管道不易得到或不切实际。当天然气供应设在海外或距合适的分配系统有很大距离时,可能有必要通过船只运输该气体。这些船只通常包括特殊设计的运输船,其运输作为液体保存在大型隔热容器或箱中的天然气。

[0004] 当在大气压或接近大气压下运输时,液化天然气(LNG)在略低于 -164°C 的温度下保存。这个温度代表了甲烷在大气压下的沸点温度。但是,由于天然气的组成通常会含有不同量的更重和更高沸点的烃,如乙烷、丙烷、丁烷等,液化气的特征是具有稍微更高的沸腾温度,范围通常为约 -151°C 至约 -164°C ,取决于组成。在或接近目的地,在LNG引入分配管道之前,LNG必须再气化并加热。此外,取决于管道和当地天然气规格的要求,LNG可以被加压、减压、混合、加臭或经过其他处理后才能引入管道或类似的分配系统。

[0005] 再气化LNG的系统可以在陆地和海上使用。例如,用来加热LNG到蒸发温度的蒸发器可以在LNG运输船的甲板上、在运输船附近漂浮的结构或船上、在底部建造的结构上、或在陆基设施上采用。蒸发器通常通过用温流体如环境空气、海水或可以通过燃烧燃料气加热的其他换热流体加热LNG来再气化LNG。此外,已经尝试通过用冷能来辅助制冷和冷却应用以捕集LNG的潜能并在某些情况下发电。

[0006] 发明概述

[0007] 在一个实施方案中,本发明涉及蒸发和加热深冷流体的方法。该方法包括步骤:从换热流体产生高压换热蒸气,把该高压换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股,通过用第一换热流股作为发电装置中的工作流体降低该第一流股的压力,在第一换热流股和深冷流体之间换热以至少部分蒸发该深冷流体,在第二换热流股和该部分蒸发的深冷流体之间换热以加热该蒸发的深冷流体到最低温度,调整第一和第二换热流股中一个或多个的压力;和再合并第一和第二换热流股以产生换热流体。在该实施方案中,所述深冷流体可以是液化天然气和所述换热流体可包括乙烷、丙烷、丁烷、乙烯和丙烯的一种或多种。通过用泵增压换热流体到更高压力,然后加热该换热流体,可以从换热流体产生高压换热蒸气。所述方法可任选地包括在与第一流股换热前增加深冷流体的压力到至少约500psig的步骤。深冷流体可以被蒸发和加热到至少约 -6.67°C 的最低温度和更优选到至少约 4.44°C 的最低温度。

[0008] 在另一个实施方案中,本发明涉及蒸发和加热液化天然气的方法。该方法包括步骤:从包含丙烷的换热流体产生换热蒸气,把换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股,通过使用第一换热流股作为发电装置中的工作流体降低第一换热流股的压力,在第一换热

该股和液化天然气之间换热以至少部分蒸发该液化天然气,在第二换热该股和该部分蒸发的液化天然气之间换热以加热该蒸发的液化天然气到最低温度,调整第一和第二换热该股中一个或多个的压力;和再合并第一和第二换热该股以产生丙烷流体。这个方法可任选地包括在与第一换热该股换热前增加液化天然气的压力到至少约 500psig。产生高压换热蒸气可包括首先用泵增压换热流体到更高压力,然后加热该换热流体。蒸发并加热液化天然气到至少约 -6.67°C 的最低温度。调整第一换热该股和第二换热该股中一个或多个的压力的步骤可包括下列的一个或多个:增加第一换热该股的压力,降低第二换热该股的压力,和增加第二换热该股的压力。

[0009] 在另一个实施方案中,本发明涉及蒸发和加热深冷流体的方法。该方法包括步骤:从换热流体产生换热蒸气,把换热蒸气分成第一换热该股和第二换热该股,在第一换热该股和深冷流体之间换热以至少部分蒸发该深冷流体,在第二换热该股和该部分蒸发的深冷流体之间换热以加热该蒸发的深冷流体到最低温度,调整第一换热该股和第二换热该股中一个或多个的压力;和再合并第一和第二换热该股以产生换热流体。所述换热流体可包含丙烷且所述深冷流体可包含液化气例如液化天然气。任选地,所述方法可包括调整第一和第二换热该股中一个或多个的压力的步骤,可包括在与部分蒸发的深冷流体换热之后降低第二换热该股的压力。

[0010] 附图简述

[0011] 本发明可以通过参考下面的描述结合附图来理解。

[0012] 图 1 是示意图,说明了能被用来实行本发明方法的系统。

[0013] 图 2 是示意图,说明了能被用来实行本发明方法的系统。

[0014] 尽管本发明容许多种修改和变动形式,其具体实施方案已经通过附图中的实例显示并在本文详细描述。但是,要理解的是,本文描述的具体实施方案不打算将本发明限制在公开的具体形式,相反,本发明涵盖落入所附权利要求定义的本发明主旨和范围内所有的修改、等同和替换。

[0015] 优选实施方案的详细描述

[0016] 下面描述了本发明的说明性的实施方案。为了清楚起见,并非实际实施方案的所有特征都在本说明书中描述。当然要理解的是,在任何这样的实际实施方案的开发中,必须做出许多具体实行的决定以达到开发者的具体目标,例如遵从与系统相关和与商业相关的限制,这将使各实施彼此不同。而且,要理解的是,这种开发努力可能是复杂且耗时的,但仍然是受益于本公开的本领域普通技术人员的常规任务。

[0017] 本发明涉及有效地蒸发液化天然气 (LNG) 和加热得到的天然气用来进一步处理、储存、运输或最终使用的多种方法。众所周知, LNG 终端需要大量热来蒸发 LNG。在本发明的方法中,中间换热流体与 LNG 换热以蒸发 LNG 且进一步加热 LNG 到合意温度。通过用换热流体的第一部分蒸发 LNG 然后用换热流体的第二部分加热该蒸发的气体,实现了改进的转化。因此,用一个或多个高等级或低等级热源可以加热换热流体到合适温度。合适的低等级热源的实例包括来自炼油厂或其他工业过程的冷却水流,以及环境空气和水。合适的高等级热源可包括例如已经通过燃烧燃料气加热了的流体。

[0018] 本发明的方法可任选地包括回收 LNG 的冷潜能。例如用 Rankine 循环从换热流体发电或提取功以进一步提高系统的效率。例如,在用换热流体作为工作流体发电时,可获得

产生的电以满足该系统的电力需求,从而降低或甚至消除对效率更低的现场发电技术和/或从外部来源耗电的需要。而且,与很多发电技术相比,用 LNG 冷潜能发电通常会有显著更低的排放。

[0019] 本发明的方法可以用于蒸发和加热任何深冷流体。为了本公开的目的,深冷流体是液相流体,其必须维持在低于环境温度(即低于约 25°C 的温度)和/或高于环境压力(即高于约 15psia 的压力)以保持在液相。液化天然气是一种低温液体,其包含甲烷和通常少量的较高分子量烃和其他组分。如上所述,液化天然气的沸点或蒸发点会取决于组成而变化。

[0020] 当为了想要的用途而需要增加深冷流体的压力时,优选的是使该流体在蒸发之前被加压。在其中深冷流体是液化天然气的实施方案中,该天然气实质上处于液相且通常在高于约 1 大气压的压力下储存。在产品天然气打算用管道输送时,在蒸发和加热之后该天然气应该处于相对高压,约 500psig 以上,优选约 1000psig 以上,且更优选约 1200psig 以上。此外,天然气产品的温度会优选地处于环境温度范围的一个温度,且更具体地,至少约 -6.67°C 和更优选地处于至少约 4.44°C。在这种提高的压力和温度下,天然气产品被认为是密相材料。

[0021] 在本发明的方法中换热流体被用作中间换热流体以从热源传热到深冷流体。任选地,从热源传递到换热流体的能量的一部分以电或功的形式提取。

[0022] 通常为了特定性质而选择换热流体,所述特殊性质将满足所述方法的特定应用的需要。成本和安全是首要的考虑。换热流体应该如此选择以使其具有适宜低的凝固点以便它与深冷流体换热时不会固化,且与热源换热时不会引起热源凝固。而且,在操作过程中,换热流体的温度必须低于热源的温度。

[0023] 优选的是选择的换热流体在循环中随着产生的潜热传递会经历至少部分相变。例如,换热流体会优选地在热源的实际温度和热源的凝固温度之间的一个温度下有中等的蒸气压以使该换热流体在与热源换热过程中蒸发。此外,在其中深冷流体是液化天然气的实施方案中,换热流体在高于液化天然气沸腾温度的温度下应该是可液化的,以使得换热流体在与液化天然气换热过程中冷凝。

[0024] 换热流体可以是纯物质或不同换热流体的混合物,该混合物产生具有期望热性能的组合物。示例性的换热流体包括每分子具有 1~6 个碳原子的烃例如丙烷、乙烷、乙烯、丙烯和甲烷,以及它们的混合物。在其中深冷流体是液化天然气的实施方案中,换热流体优选选自乙烷、丙烷、丁烷和它们的混合物,特别是因为这些流体一般至少微量存在于天然气中,并因此容易得到。可用于本发明的方法中的其他换热流体包括商业制冷剂和卤代烃例如氟氯烃,其具有用于这个用途的优异热和氧化性能。环境友好的流体是特别合意的。甚至更高凝固点流体例如水可以用作换热流体,前提是设计该系统以降低水在深冷流体的温度下结冰的趋势。

[0025] 在本发明的方法中,换热蒸气从换热流体产生。通过用泵增压换热流体到更高压力和/或加热该换热流体到该换热流体完全蒸发的温度,可以从换热流体产生换热蒸气。在发电或提取功的实施方案中,可以通过首先用泵增压换热流体到更高的压力然后加热该换热流体到提高的压力来产生高压换热蒸气。蒸发该换热流体需要的压力和温度取决于流体的组成。在换热流体包含丙烷时,可以通过首先用泵增压丙烷到至少约 60psig 的压力然

后加热该丙烷流体到至少约 4.44°C 的温度来产生高压换热蒸气。

[0026] 可以使用用于用泵增压和压缩流体的已知的装置来实现用泵增压或压缩换热流体。选择泵和压缩设备是设计选择的问题且取决于一些因素例如换热流体组成、流速、期望的蒸发和 / 或冷凝温度, 和是否从循环换热流体发电。因为一般增加流体的压力比增加气体的压力更有效率, 所以当换热流体主要是液相时, 优选的是增加该换热流体的压力。合适的泵可包括离心泵和往复泵。当然, 本发明可以有特殊应用, 其中当换热流体主要是气态时, 希望压缩该换热流体。

[0027] 加热换热流体可以通过在热源和换热流体之间换热完成。换热可以在任何传统换热装置中发生, 给定选择的热源和换热流体的性质, 所述装置能至少部分蒸发该换热流体。在一个实施方案中, 通过相对热的液体工艺流例如来自炼油厂或其他石化设施的冷却水的加热的了该股, 将热能提供到换热器。在另一个实施方案中, 热源是当与换热流体交换热能时被冷却和 / 或冷凝的蒸气流。对于冷却和 / 或冷凝液体或蒸气流, 换热器的选择和设计是工程选择的问题。管壳式换热器是一个可能的选择。

[0028] 合适的热源包括环境空气、地下水、海水、河水、废料或冷却水流。在其它实施方案中, 热源可包括燃烧器, 例如工艺锅炉、工艺加热器或工艺炉。在这种情况下, 燃料燃烧以产生用来加热换热流体的热量。本领域技术人员应该认识到, 对于给定工艺, 热源的选择将取决于许多考虑。而且, 来源于分离工艺 (如炼油厂) 的料流的冷却和 / 或冷凝可以是合意的, 特别是如果由换热流体提供的冷却能代替其他工艺中要求的设备。选择热源的另一个考虑是是否例如在发电装置中通过使用换热流体作为工作流体由循环换热流体产生电和 / 或功。

[0029] 将换热蒸气分为第一换热流股和第二换热流股。阀门、支管和其它已知的流动控制装置可以用来将换热蒸气分成两个或更多个流股。

[0030] 当期望发电或提取功时, 循环换热流体, 例如以第一或第二换热流股的形式, 可以在发电装置中用作工作流体。合适的发电装置可包括膨胀汽轮机、冷凝汽轮机、液压膨胀机、往复式发动机等等, 但可包括通过蒸发的换热流体的膨胀运转的任何发动机。在其中发电装置是膨胀汽轮机的实施方案中, 汽轮机的旋转可以用来驱动发电机或驱动相关设备例如泵或压缩机。离开该汽轮机的膨胀的换热流股会呈现降低的压力。一般, 冷却效应也伴随着换热流股的压力降低以便离开的换热流基本上是液体、蒸气、或一些液体和蒸气的组合, 取决于其组成和得到的温度和压力。发电量会部分取决于循环换热流体的流速、压力和温度。尽管更高的温度和压力能产生更多的电, 但通常要求更大的能量输入以达到这样的温度和压力。因此, 特殊应用中产生的电的量, 如果有的话, 将取决于一些因素而变化, 所述因素例如特定系统的电需求、发电处的循环换热流体的组成和状态, 和来自其他来源的电的可得性和成本。

[0031] 深冷流体与换热流体在至少两个独立且有区别的步骤中换热。通过将换热流体分成两个或更多个单独的流股且用单独的流股与深冷流体以串联方式换热, 实现到深冷流体的更有效的热传递。在为低温运行和高体积通量而设计的换热器中, 热量可在深冷流体和第一及第二换热流股之间交换。已知的这种用途的换热器一般是指蒸发器并可包括管壳式换热器、芯罐 (core in kettle) 型换热器和板翅式换热器等。应该注意的是尽管换热器或蒸发器可以以单数提到, 但是这些术语代表多个单程换热器、单个多程换热器及其组合。

[0032] 在第一加热步骤中,深冷流体与第一换热流股换热至少部分蒸发该深冷流体。该深冷流体在这次换热中被加热到中间温度范围内的一个温度。在深冷流体包含液化天然气和第一交换流股包含丙烷的实施方案中,该天然气被加热到至少约 -73.33°C ,且优选至少约 -45.56°C 。该换热部分蒸发液化天然气并至少部分冷凝第一换热流股中的丙烷蒸气。该冷凝的丙烷流体然后可被导入到缓冲容器或用来保存换热流体备料的其他容器。

[0033] 在第二加热步骤中,在第二换热流股和部分蒸发的深冷流体之间换热以加热该蒸发的深冷流体到最低温度。该最低温度是下游工艺、储存或管道要求的深冷流体温度。在深冷流体包含天然气时,该最低温度是环境温度范围内的一个温度,但通常是至少约 -6.67°C ,优选至少约 4.44°C 且更优选至少约 15.56°C 。在这次换热过程中,第二换热流股被部分蒸发的深冷流体过冷却。

[0034] 然后再合并第一和第二换热流股以产生用来形成换热蒸气的换热流体。在再合并第一和第二换热流股之前,可能需要调整一个或多个第一换热流股和第二换热流股的压力以便第一和第二换热流股的压力大约相同。调整一个或多个第一和第二换热流股的压力可包括下面的一个或多个:增加第一换热流股的压力,降低第二换热流股的压力和增加第二换热流股的压力。增加压力可以通过使用本文描述的泵和压缩机完成。降低压力可以通过引导流股通过本文其他地方描述的发电装置或通过本领域已知的其他降压设备例如节流阀,如 Joule-Thompson 阀、闪蒸器等完成。

[0035] 考虑到以上公开,本领域普通技术人员应该懂得并理解本发明包括很多可能的说明性实施方案,这些方案取决于设计标准。一个这样的说明性实施方案包括蒸发和加热深冷流体的方法。该方法包括步骤:从换热流体产生高压换热蒸气;将该高压换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股;通过用第一换热流股作为发电装置中的工作流体来降低第一换热流股的压力;在第一换热流股和深冷流体之间换热以至少部分蒸发该深冷流体;在第二换热流股和部分蒸发的深冷流体之间换热以加热该蒸发的深冷流体到最低温度;调整第一和第二换热流股中一个或多个的压力;和再合并第一和第二换热流股以产生换热流体。在这样的实施方案中,深冷流体可包括液化天然气和换热流体可包括乙烷、丙烷、丁烷、乙烯和丙烯的一种或多种。通过用泵增压换热流体到更高的压力然后加热该换热流体可以从换热流体产生高压换热蒸气。该方法可任选地包括在与第一流股换热之前增加深冷流体的压力到至少约 500psig 的步骤。深冷流体可以被蒸发和加热到至少约 -6.67°C 的最低温度,且更优选地到至少约 4.44°C 的最低温度。

[0036] 另一个这样的说明性实施方案包括蒸发和加热液化天然气的方法。该方法包括步骤:从包含丙烷的换热流体产生换热蒸气;将该换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股;通过用第一换热流股作为发电装置中的工作流体来降低第一换热流股的压力;在第一换热流股和液化天然气之间换热以至少部分蒸发该液化天然气;在第二换热流股和部分蒸发的液化天然气之间换热以加热该蒸发的液化天然气到最低温度;调整第一换热流股和第二换热流股中一个或多个的压力;和再合并第一和第二换热流股以产生换热流体。通过用泵增压换热流体到更高的压力然后加热该换热流体可以从换热流体产生高压换热蒸气。该方法可任选地包括在与第一流股换热之前增加液化天然气的压力到至少约 500psig 的步骤。液化天然气可以被蒸发和加热到至少约 -6.67°C 的最低温度。

[0037] 另一个说明性实施方案包括蒸发和加热深冷流体的方法。该方法包括步骤:从换

热流体产生换热蒸气;将该换热蒸气分成第一换热流股和第二换热流股;在第一换热流股和深冷流体之间换热以至少部分蒸发该深冷流体;在第二换热流股和该部分蒸发的深冷流体之间换热以加热该蒸发的深冷流体到最低温度;调整一个或多个第一换热流股和第二换热流股的压力;和再合并第一和第二换热流股以产生换热流体。在这样的方法中,换热蒸气可包含丙烷且深冷流体可包含液化天然气。在这样的实施方案中,可以通过与部分蒸发的深冷流体换热后降低第二换热流股的压力来调整一个或多个第一和第二换热流股的压力。

[0038] 上面公开的具体实施方案只是说明性的,因为本发明可以用不同但等效的方式加以修改和实践,那些方法对受益于本文教导的本领域技术人员来说显而易见。而且,没有打算限制本文显示的构造或设计的细节,除了下面权利要求所描述的以外。因此,很明显上面公开的具体实施方案可以被改变或修改且所有这些变化都认为落在本发明的范围和主旨中。相应地,本文寻求的保护在下面权利要求中阐述。

[0039] 附图详述

[0040] 在图 1 和 2 说明的实施方案中,深冷流体是 LNG 和换热流体是丙烷。

[0041] 缓冲容器 140 是用来以液相形式保持丙烷备料的罐或其他合适的容器。通过管线 144 将丙烷引至泵 150,在那里它被用泵增压到约 90psig 和 110psig 之间的压力。然后通过管线 105 将丙烷引至换热器 110,在那里丙烷与来自炼油厂加热了的冷却水流换热以产生温度在约 -17.78°C 和约 37.78°C 之间的丙烷蒸气。冷却水在管线 116 的入口温度在约 20°C 和约 40°C 之间且在管线 117 的出口温度在约 4.44°C 和约 30°C 之间。丙烷蒸气通过管线 112 离开换热器 110 并被分成分别流过管线 114 和 115 的第一和第二流股。

[0042] 当目标是从换热流体产生更多的电或提取更多的功时,在换热器 110 中将更多热量传递给丙烷。在这样的实施方案中,管线 116 会含有加热了的流体例如来自锅炉的蒸汽或来自炉或燃烧器的废气,它们会与丙烷在换热器 110 中换热。这种加热了的流体的温度将大于约 40°C 且取决于压力状况可能高于约 120°C 。

[0043] 正如所说明的,所述多个流股包括第一换热流股,其通过管线 114 被引至膨胀汽轮机 120,在那里该第一换热流股作为工作流体发电。丙烷蒸气的膨胀降低其温度到约 -17.78°C 和约 10°C 之间并降低其压力到约 2psig 和约 20psig 之间。离开汽轮机 120 的丙烷通过管线 122 流到蒸发器 130,在那里它与从管线 132 流来的 LNG 换热。管线 132 优选地连接到含有 LNG 的储存罐(未显示),其具有增加 LNG 压力的中间泵 118。储存的 LNG 在环境压力或低压下保存并被引至蒸发器 130 的泵 118 上游。在那里 LNG 的压力可以升高到期望的压力。流过蒸发器 130 的 LNG 被加热到约 -73.33°C 和约 -28.89°C 之间的温度,至少部分蒸发该 LNG。由于在蒸发器 130 中与 LNG 换热,该第一换热流股被冷却到约 -51.11°C 和约 -17.78°C 之间的温度,在这个温度下丙烷冷凝且从该蒸发器中导出。

[0044] 通过管线 134 将部分蒸发的 LNG 从蒸发器导出到换热器 160,在那里它与管线 115 中的第二换热流股换热。离开换热器 160 的蒸发的天然气,其温度至少约 -6.67°C 和约 26.67°C ,且取决于压力,可以准备进入天然气分配管线。流过换热器 160 的丙烷被部分蒸发的天然气过冷到约 -45.56°C 和约 -23.33°C 之间的温度。然后将该第二换热流股引至膨胀汽轮机 125,在那里它被膨胀以发电并降低丙烷的压力。压力的逐步下降冷凝该第二流股成液体,该液体可以与第一换热流股在管线 136 中再合并。再合并的换热流体通过管线 142 导至缓冲容器 140。

[0045] 图 2 说明的实施方案与图 1 类似,其中深冷流体是 LNG,换热流体是丙烷和加热介质是来自炼油厂的加热了的冷却水流。

[0046] 液体丙烷保存在缓冲容器 240 中并用泵 250 加压到至少约 90psig 以产生高压丙烷。该高压丙烷与来自管线 282 的丙烷合并并将该再合并的高压丙烷通过管线 205 导至换热器 210,在那里它与加热了的冷却水流换热以产生温度至少约 -17.78°C 的高压丙烷蒸气。该高压丙烷蒸气通过管线 212 离开换热器 210 并被分成分别流过管线 214 和 215 的第一和第二流股。

[0047] 所述第一流股通过管线 214 导至膨胀汽轮机 220。包含高压丙烷蒸气的该第一流股在汽轮机 220 中用作工作流体。在汽轮机 220 中,高压丙烷蒸气的膨胀发电并降低丙烷的温度和压力。通过管线 222 离开汽轮机 220 的丙烷流到蒸发器 230,在那里它与从管线 232 流来的 LNG 换热。管线 232 优选与泵 218 连接,泵 218 在其入口连接到含有 LNG 的储存罐(未显示)。泵 218 增加了蒸发器 230 的上游 LNG 的压力。

[0048] 由于与 LNG 在蒸发器 230 中换热,丙烷的第一换热流股被冷却并冷凝成液体并通过管线 236 导至缓冲容器 240。流过蒸发器 230 的 LNG 被丙烷加热到至少约 -73.33°C 至少部分蒸发 LNG。该部分蒸发的 LNG 通过管线 234 流出蒸发器到达换热器 260,在那里它与来自管线 215 的第二换热流股换热。流过换热器 260 的丙烷被部分蒸发的天然气过冷却并至少部分冷凝。然后将该第二换热流股导入到缓冲容器 270 并随后到泵 280,在那里可将该第二换热流股的压力增加到第一流股的压力,然后再合并这些流股并在换热器 210 中蒸发丙烷。

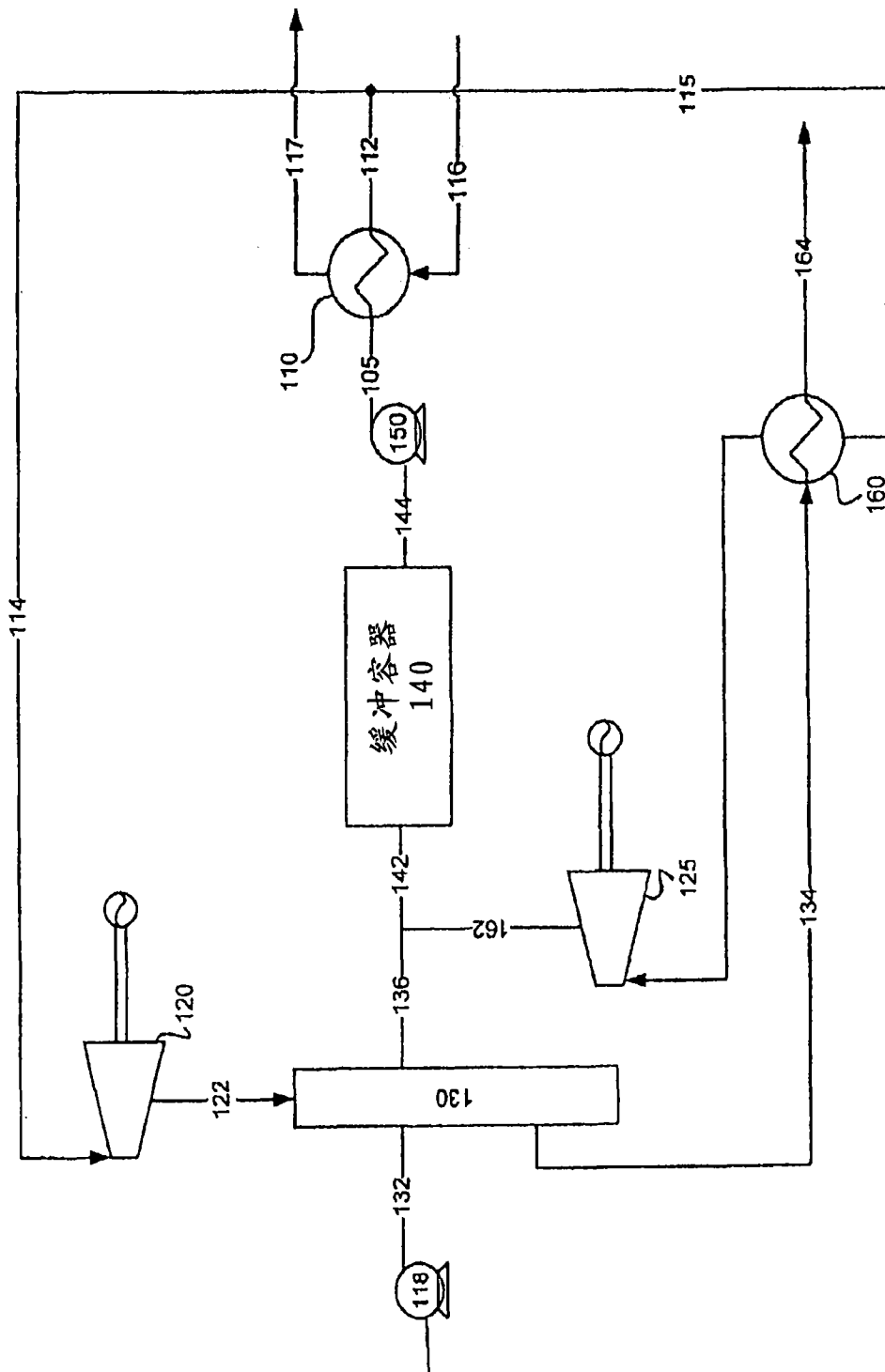


图1

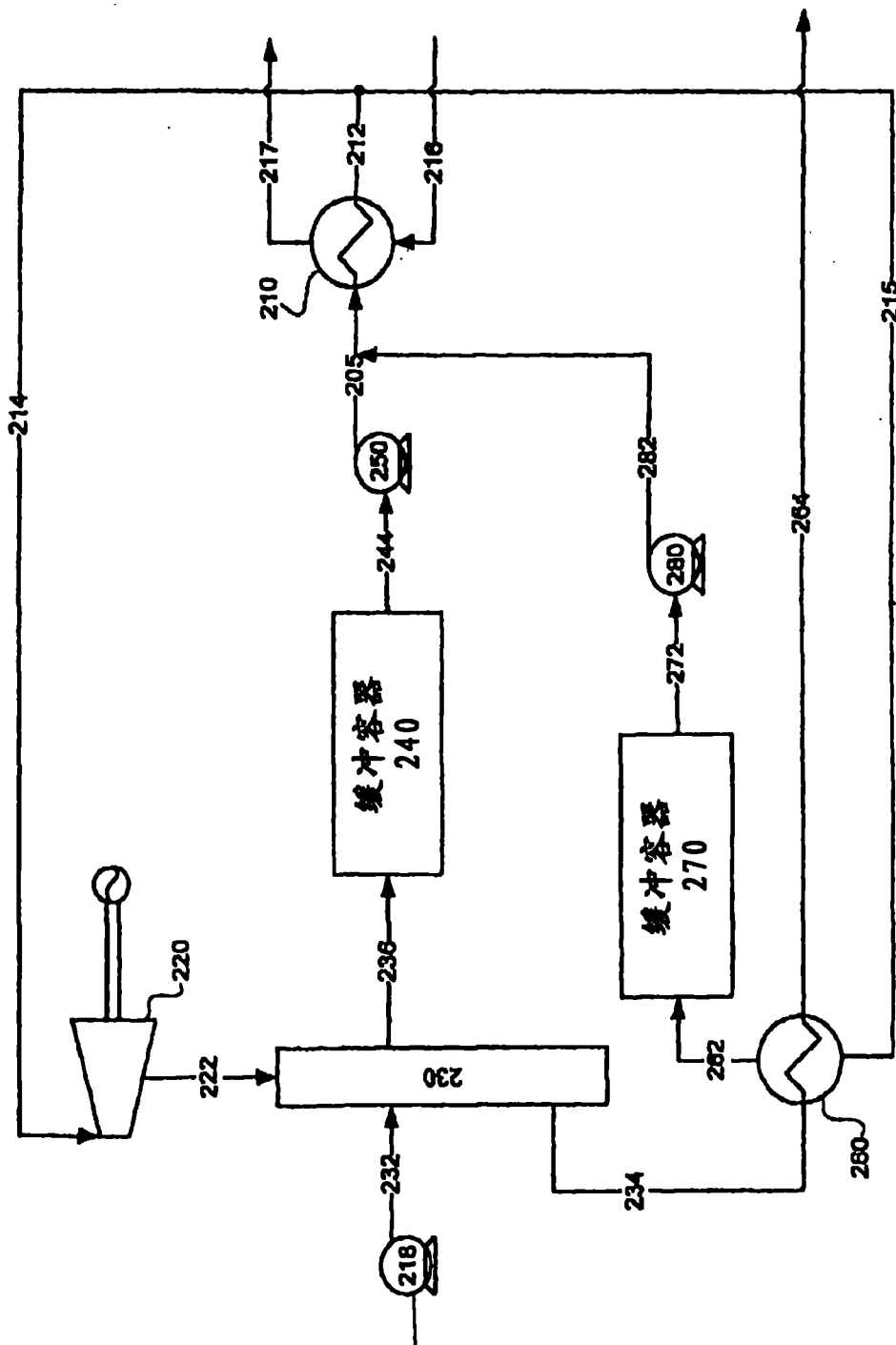


图2