



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101688752 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 200880024127. X

(22) 申请日 2008. 07. 10

(30) 优先权数据

07112351. 7 2007. 07. 12 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 01. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/059046 2008. 07. 10

(87) PCT申请的公布数据

W02009/007435 EN 2009. 01. 15

(73) 专利权人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 F·尚丹 F·J·范戴克

M·D·亚赫

(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 王会卿

(51) Int. Cl.

F25J 1/02 (2006. 01)

F25B 7/00 (2006. 01)

F25B 49/02 (2006. 01)

F25B 9/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5791160 A, 1998. 08. 11, 全文.

CN 2758650 Y, 2006. 02. 15, 全文.

WO 2006050913 A1, 2006. 05. 18, 全文.

WO 9960316 A1, 1999. 11. 25, 全文.

US 2004255615 A1, 2004. 12. 23, 全文.

US 6272882 B1, 2001. 08. 14, 全文.

审查员 吴全伟

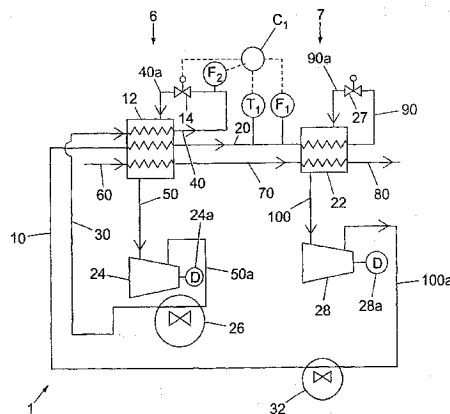
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于使烃流冷却的方法和装置

(57) 摘要

一种包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流 (10) 经过一个或多个热交换器 (12) 以提供经冷却的混合冷冻剂流 (20)。包括第二混合冷冻剂的冷却流 (30) 中的至少一部分被膨胀 (14) 以提供一股或多股经膨胀的冷却流 (40a)，使该一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过热交换器 (12) 中的一个或多个以使该混合冷冻剂流 (10) 冷却，从而提供用于使烃流 (70) 冷却 (22) 的经冷却的混合冷冻剂流 (20)。监测该经冷却的混合冷冻剂流 (20) 中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1)，并且使用流量 F1 与温度 T1 来控制冷却流 (30) 的流量 (F2)。



CN 101688752 B

1. 一种使烃流冷却的方法,所述方法至少包括以下步骤:
  - (a) 提供包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流;
  - (b) 使所述混合冷冻剂流经过一个或多个热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流;
  - (c) 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1);
  - (d) 提供包括第二混合冷冻剂的冷却流;
  - (e) 监测步骤 (d) 中所提供的所述包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2);
  - (f) 使所述冷却流中的至少一部分膨胀以提供一股或多股经膨胀的冷却流;
  - (g) 使所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过步骤 (b) 中的热交换器中的一个或多个以使所述混合冷冻剂流冷却,从而提供所述经冷却的混合冷冻剂流;
  - (h) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 来控制所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2);
  - (i) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流来使所述烃流冷却。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中步骤 (i) 包括:
  - (i1) 使所述经冷却的混合冷冻剂流经过至少一个主热交换器;以及
  - (i2) 使所述烃流经过所述至少一个主热交换器,以由所述经冷却的混合冷冻剂流或所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分来使所述烃流冷却。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少一部分还经过步骤 (b) 中的热交换器中的一个或多个,以在步骤 (f) 中进行所述膨胀之前提供一股或多股较冷的冷却流。
4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中监测所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2) 以作为较冷的冷却流中的至少部分的流量。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在进行步骤 (i) 之前,使所述包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流经过 1 至 6 的任一数量的热交换器。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中在每一个热交换器下游监测所述经冷却的混合冷冻剂流的温度 (T1a、T1b) 和流量 (F1a、F1b)。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述烃流也在步骤 (i) 之前经过所述热交换器中的至少一个。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的平均分子量大于所述包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流的平均分子量。
9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在步骤 (i) 之前,将所述经冷却的混合冷冻剂流分离成较轻流和较重流。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中在步骤 (i) 中使用所述经冷却的混合冷冻剂流来使所述烃流冷却的步骤包括使所述烃流与所述较轻流和较重流进行热交换。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中监测经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 的步骤包括监测所述较重流的流量 (F3)。
12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述较重流形成所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分。
13. 根据权利要求 1 所述的方法,其中将所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的

温度 (T1) 和流量 (F1) 的测量值以及所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2) 的测量值传送至一控制器, 所述控制器控制步骤 (f) 中的膨胀。

14. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法, 其中在使所述烃流经过至少一个主热交换器期间, 在主热交换器中使烃流液化以提供液化烃流。

15. 根据权利要求 14 所述的方法, 其中所述液化烃流是液化天然气。

16. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述烃流是天然气流。

17. 一种使烃流冷却的装置, 所述装置至少包括:

用于监测包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2) 的流量监测器;

一个或多个膨胀器, 用于使冷却流中的至少一部分膨胀, 从而提供一股或多股经膨胀的冷却流;

一个或多个热交换器, 设置用于接收并且通过所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股来冷却包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流, 从而提供经冷却的混合冷冻剂流;

用于监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1) 的温度监测器和流量监测器;

控制器, 用于使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 的测量值来控制所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2);

至少一个主热交换器, 设置在所述一个或多个热交换器的下游, 用于接收所述经冷却的混合冷冻剂流和所述烃流, 并且通过所述经冷却的混合冷冻剂流来使所述烃流冷却。

18. 一种使混合冷冻剂流冷却的方法, 所述方法至少包括以下步骤:

(a) 提供包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流;

(b) 使所述混合冷冻剂流经过一个或多个热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流;

(c) 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1);

(d) 提供包括第二混合冷冻剂的冷却流;

(e) 监测步骤 (d) 中所提供的所述包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2);

(f) 使所述冷却流中的至少一部分膨胀以提供一股或多股经膨胀的冷却流;

(g) 使所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过步骤 (b) 中的热交换器中的一个或多个以使所述混合冷冻剂流冷却, 从而提供所述经冷却的混合冷冻剂流; 以及

(h) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 来控制所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2), 其中烃流也经过步骤 (b) 中的热交换器中的至少一个, 在所述热交换器中的至少一个处, 所述烃流被冷却以产生经冷却的烃流。

19. 一种使混合冷冻剂流冷却的装置, 所述装置至少包括:

用于监测包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2) 的流量监测器;

一个或多个膨胀器, 用于使所述冷却流中的至少一部分膨胀, 从而提供一股或多股经膨胀的冷却流;

一个或多个热交换器, 设置用于接收并且通过所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股来冷却包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流和烃流, 从而提供经冷却的混合冷冻剂流和经冷却的烃流;

用于监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1) 的温度监测器和流量监测器；

控制器, 用于使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 的测量值来控制所述包括第二混合冷冻剂的冷却流的至少部分的流量 (F2)。

## 用于使烃流冷却的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使烃流冷却（可选地使烃流液化）的方法和装置，所述烃流特别是天然气但不排除其它。在其它方面，本发明涉及一种用于使混合冷冻剂流冷却的方法和装置。

### 背景技术

[0002] 已知有若干种使天然气流液化从而获得液化天然气 (LNG) 的方法。出于很多原因需要使天然气流液化。例如，天然气以液态形式可比以气态形式更易于储存和进行长距离输送，因为液态天然气占据较小容积并且不需要在高压下储存。

[0003] US 4, 404, 008 描述了一种用于使富含甲烷的气流冷却和液化的方法，其中，所述富含甲烷的气流首先与单成分冷冻剂（比如丙烷）进行热交换；接着与多成分冷冻剂（比如低碳烃，lower hydrocarbon）进行热交换。该单成分冷冻剂还用于在多成分冷冻剂的压缩步骤之后使该多成分冷冻剂冷却。US 4, 404, 008 所示的方案目前被认为是一种用于使天然气液化的常用方法，其中，通过使单成分冷冻剂和多成分冷冻剂都经过相同的第一热交换器，从而由所述单成分冷冻剂对所述多成分冷冻剂进行预冷却。

[0004] US 4, 404, 008 的目的在于将冷冻负荷从多成分冷冻循环转移至单成分冷冻循环。这通过利用多成分冷冻剂循环的中间段冷却来实现。

[0005] 然而，使用现有方法来控制多成分预冷却冷冻循环可能并不令人满意。

### 发明内容

[0006] 一方面，本发明提供一种使比如天然气流的烃流冷却的方法，所述方法至少包括以下步骤：

[0007] (a) 提供包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流；

[0008] (b) 使所述混合冷冻剂流通过一个或多个热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流；

[0009] (c) 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1)；

[0010] (d) 提供包括第二混合冷冻剂的冷却流；

[0011] (e) 监测步骤 (d) 所提供的冷却流中的至少部分的流量 (F2)；

[0012] (f) 使冷却流中的至少一部分膨胀以提供一股或多股经膨胀的冷却流；

[0013] (g) 使所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过步骤 (b) 中的热交换器中的一个或多个以使所述混合冷冻剂流冷却，从而提供所述经冷却的混合冷冻剂流；

[0014] (h) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 来控制所述冷却流的流量 (F2)；

[0015] (i) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流来使所述烃流冷却。

[0016] 另一方面，本发明提供一种使比如天然气流的烃流冷却的装置，所述装置至少包括：

[0017] 用于监测包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2) 的流量监测器；

[0018] 一个或多个膨胀器,用于使所述冷却流中的至少一部分膨胀,从而提供一股或多股经膨胀的冷却流；

[0019] 一个或多个热交换器,设置用于接收并且通过所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股来冷却包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流,从而提供经冷却的混合冷冻剂流；

[0020] 用于监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1) 的温度监测器和流量监测器；

[0021] 控制器,用于使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 的测量值来控制所述冷却流的流量 (F2)；

[0022] 至少一个主热交换器,设置在所述一个或多个所述热交换器的下游,用于接收所述经冷却的混合冷冻剂流和所述烃流,并且用于通过所述经冷却的混合冷冻剂流来使烃流冷却。

[0023] 又一方面,本发明提供一种使混合冷冻剂流冷却的方法,所述方法至少包括以下步骤：

[0024] (a) 提供包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流；

[0025] (b) 使所述混合冷冻剂流经过一个或多个热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流；

[0026] (c) 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1)；

[0027] (d) 提供包括第二混合冷冻剂的冷却流；

[0028] (e) 监测步骤 (d) 所提供的所述冷却流中的至少部分的流量 (F2)；

[0029] (f) 使所述冷却流的至少一部分膨胀以提供一股或多股经膨胀的冷却流；

[0030] (g) 使所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过步骤 (b) 中的热交换器中的一个或多个以使所述混合冷冻剂流冷却,从而提供所述经冷却的混合冷冻剂流；和

[0031] (h) 使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 来控制所述冷却流的流量 (F2),其中比如天然气流的烃流也经过步骤 (b) 中的热交换器中的至少一个,在所述热交换器中的至少一个处,所述烃流被冷却以产生经冷却的烃流。

[0032] 再另一方面,本发明提供一种使混合冷冻剂流冷却的装置,所述装置至少包括：

[0033] 用于监测包括第二混合冷冻剂的冷却流中的至少部分的流量 (F2) 的流量监测器；

[0034] 一个或多个膨胀器,用于使所述冷却流中的至少一部分膨胀,从而提供一股或多股经膨胀的冷却流；

[0035] 一个或多个热交换器,设置用于接收并且通过所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股来冷却包括第一混合冷冻剂的混合冷冻剂流和比如天然气流的烃流,从而提供经冷却的混合冷冻剂流；

[0036] 用于监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1) 的温度监测器和流量监测器；

[0037] 控制器,用于通过使用所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和

温度 (T1) 的测量值来控制所述冷却流的流量 (F2)。

### 附图说明

[0038] 现在将参照非限制性的附图仅仅通过举例的方式来描述本发明的实施例,附图中:

[0039] 图 1 是一种使混合冷冻剂流冷却的方法的第一总体方案;

[0040] 图 2 是一种使用图 1 所示方案来使烃流冷却的方法;

[0041] 图 3 是一种使烃流液化的方案;以及

[0042] 图 4 示出了对比性实例与本发明的用于使混合冷冻剂流冷却的冷却流的流量相对于时间的曲线图。

### 具体实施方式

[0043] 出于说明的目的,管路以及该管路所运送的流被赋予一个附图标记。相同的附图标记表示相同部件。

[0044] 在此所公开的方法和装置中,经冷却的混合冷冻剂流通过下述步骤利用冷却流而产生,包括:

[0045] - 使混合冷冻剂流经过一个或多个热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流;

[0046] - 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度 (T1) 和流量 (F1);

[0047] - 监测所述冷却流中的至少部分的流量 (F2);

[0048] - 使冷却流中的至少一部分膨胀以提供一股或多股经膨胀的冷却流;

[0049] - 使所述一股或多股经膨胀的冷却流中的至少一股经过热交换器中的一个或多个以使混合冷冻剂流冷却,从而提供经冷却的混合冷冻剂流。

[0050] 冷却流的流量 (F2) 通过使用经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 (F1) 和温度 (T1) 而得以控制。

[0051] 因此,冷却流的流量通过使用经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量和温度两者来控制,这是因为监测经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度和流量两者可为冷却流的至少部分的流量操作提供更精确和更实时的反馈,冷却流的流量可因而更为迅速地得以调整。

[0052] 而且,对冷却流的流量进行更实时的反馈、调整和控制提高了用于混合冷冻剂流和 / 或冷却流的压缩机的效率,更特别地是提高了压缩机驱动器的效率。这降低了使混合冷冻剂流冷却的方法的能耗,特别是降低了用于使烃流冷却 (可选地使烃流液化) 的方法的能耗。

[0053] 另一优点是可更为快速地调整经冷却的混合冷冻剂流的量,即质量和 / 或体积,以更好地匹配混合冷冻剂流的后续冷却负荷 (cooling duty),特别是提供增加的混合冷冻剂流的量,从而提供增加的经冷却和 / 或液化的烃流 (比如 LNG) 的量。

[0054] 在本公开内容的上下文中,对流的流量进行的监测和控制应理解为特别地包括监测和控制流率。可使用任何适当的流量和温度传感器进行流量和温度的监测和测量。已知技术中有许多此类传感器。

[0055] 混合冷冻剂流优选具有包括选自氮、甲烷、乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、丁烷和戊烷的

组中的一个或多个的成分。其在本说明书和其它有关各处称作第一混合冷冻剂。

[0056] 如上文所定义的,冷却流也是一种混合冷冻剂流。该冷却流包括第二混合冷冻剂,可选地,该第二混合冷冻剂具有不同于混合冷冻剂流中的第一混合冷冻剂的成分。

[0057] 使冷却流中的至少一部分膨胀可涉及使该冷却流中的一部分经过膨胀器,所述膨胀器可适当地以阀的形式设置,可选地可由其它阀或膨胀器(比如轮机)来补充或取代。

[0058] 冷却流或冷却流中的至少部分还可经过用于使混合冷冻剂流冷却的热交换器中的一个或多个,从而在使其膨胀之前提供更冷的冷却流。替代或另外地,冷却流还可经过混合冷冻剂流不经过其中的一个或多个其它热交换器(以被冷却)。

[0059] 本发明步骤(b)中的热交换器可选自包括一个或多个板/鳍式热交换器、一个或多个线轴缠绕式热交换器或二者组合的组中的一个或多个热交换器。

[0060] 在膨胀之前使冷却流经过热交换器中的一个或多个的情况下,可在下述位置中的任一处监测冷却流的流量:在一个或任意数量的热交换器之前;或在一个或任意数量的热交换器之后,但在适当地通过膨胀器(例如以一个或多个阀的形式)以使冷却流中的至少一部分膨胀之前。

[0061] 在本发明的另一个实施例中,混合冷冻剂流经过1至6个热交换器中的任意数量的热交换器,优选不超过3个热交换器,更优选不超过2个热交换器。

[0062] 优选地,特别是在使用多个热交换器的情况下,经膨胀的冷却流经过每一个用于使混合冷冻剂流冷却的热交换器。在该方案中,冷却流可在每一个热交换器之前和/或之后进行分流、分开和/或分支,其中的一部分直接进入步骤(b)所包括的一个或多个后续热交换器中,而其中的部分通过一个或多个膨胀器(比如阀)被膨胀以便为热交换器中的一个或多个提供一股或多股经膨胀的冷却流。

[0063] 可选地,经冷却的混合冷冻剂流的温度和流量都在其经过的每一个热交换器之后被监测。

[0064] 优选地,冷却流的平均分子量大于混合冷冻剂流的平均分子量。

[0065] 用于产生经冷却的混合冷冻剂流的热交换器可被看作是“预冷却”热交换器。

[0066] 经冷却的混合冷冻剂流适当地用于使烃流冷却,优选地,使烃流液化。为此,接着可使其进入一个或多个另外的热交换器,特别是一个或多个用于使比如天然气的烃流液化的低温主热交换器。

[0067] 使用经冷却的混合冷冻剂流来使烃流冷却的步骤因而可包括使经冷却的混合冷冻剂流经过至少一个主热交换器,并且使烃流通过该至少一个主热交换器,从而由该经冷却的混合冷冻剂流或经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分来使该烃流冷却。

[0068] 一般而言,这可在用于使烃流冷却的方法和装置中实现,其包括:第一冷却阶段,所述第一冷却阶段包括预冷却热交换器的一个或多个,混合冷冻剂流、可选的还有烃流、和冷却流经过所述预冷却热交换器的一个或多个;以及

[0069] 第二冷却阶段,所述第二冷却阶段包括至少一个主热交换器,经冷却的混合冷冻剂流和烃流(如果烃流已经经过预冷却热交换器,则该烃流可以是较冷的烃流)可经过所述至少一个主热交换器以提供经冷却的烃流。

[0070] 烃流可以是任何要被冷却的适当气体流,但通常是从天然气或石油储层所获得的天然气流。替代地,天然气流也可从其它来源获得,还包括比如由费托氏

(Fischer-Tropsch) 方法而得到的合成气来源。

[0071] 通常,天然气流主要包括甲烷。优选地,要被冷却的烃流包括至少 60mol% (摩尔百分比) 的甲烷,更优选包括至少 80mol% 的甲烷。

[0072] 天然气根据来源可含有不同含量的比甲烷更重的烃,比如乙烷、丙烷、丁烷和戊烷,以及某些芳香烃。天然气流还可含有非烃,比如  $H_2O$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2S$  和其它硫化物等等。

[0073] 如果需要的话,包含天然气的烃流可在使用之前进行预处理。该预处理可包括移除不需要的成分(比如  $CO_2$  和  $H_2S$ ) 的步骤,或者其它步骤,比如预冷却、预加压或类似步骤。由于这些步骤为本领域技术人员所熟知,因而在此不进一步阐述。

[0074] 比甲烷更重的烃通常还基于下述的若干种原因而需要从天然气中移除,比如这些烃具有不同冷冻或液化温度因而可能导致这些烃阻塞甲烷液化厂的部件。被移除的  $C_{2-4}$  烃类可用作液化石油气(LPG) 的来源。

[0075] 术语“烃流”还包括在经过任何处理前的组分(该处理包括清洗、脱水和/或擦洗),以及包括已被部分地、基本上或完全地被处理以用于减少和/或移除一种或多种化合物或物质的任意组分,该化合物或物质包括但不限于硫、硫化合物、二氧化碳、水和  $C_2^+$  烃类。

[0076] 可选地,使想要被冷却的烃流经过混合冷冻剂流和冷却流所经过的热交换器中的至少一个。这种方案包括使烃流经过所有的所述热交换器,或使烃流经过一个或多个所述热交换器,通常使烃流经过在冷却(可选的液化)过程的一个阶段中的一系列热交换器中的至少最后的热交换器。

[0077] 经冷却的混合冷冻剂流随后可在经过任何另一个热交换器(比如主热交换器)之前被分离成较轻流和较重流。在这种情况下,较重流的流量可另外地被监测,或者替代地,较轻流的流量被监测以代替监测前述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的流量。

[0078] 经冷却的混合冷冻剂流的温度和流量的测量值和冷却流的流量的测量值可被适当地传送到控制器中,该控制器例如通过控制膨胀器(比如阀)来控制步骤(f)中的膨胀。

[0079] 使烃流冷却的方法可扩展到使比如天然气的烃流液化,以提供液化的烃流,比如液化天然气。

[0080] 图 1 显示了一种用于使混合冷冻剂流 10 冷却的总体方案,所述混合冷冻剂流 10 经由入口 11、通过一个或多个热交换器(在图 1 中表示为单个热交换器 12),以通过出口 15 提供经冷却的混合冷冻剂流 20。

[0081] 混合冷冻剂流 10 包括第一混合冷冻剂,该第一混合冷冻剂可包括选自氮、甲烷、乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、丁烷及戊烷的组中的一个或多个。优选地,混合冷冻剂流 10 包括小于 10mol% 的  $N_2$ 、30-60mol% 的  $C_1$ 、30-60mol% 的  $C_2$ 、小于 20mol% 的  $C_3$  和小于 10% 的  $C_4$ ; 总共为 100%。

[0082] 图 1 显示了经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 和流量 F1 正被监测。可由呈任何已知单元、设备或其它本领域已知的装置形式的任何温度或流量监测器进行流的温度和流量的监测和测量。

[0083] 图 1 还显示了冷却流 30。冷却流 30 包括第二混合冷冻剂,该第二混合冷冻剂为两种或多种成分(比如氮和一种或多种烃)的混合物。适当地,其平均分子量高于混合冷冻剂流 10 中的第一混合冷冻剂的平均分子量。该冷却流优选包括 0-20mol% 的  $C_1$ 、20-80mol%

的  $C_2$ 、20–80mol% 的  $C_3$ 、小于 20mol% 的  $C_4$ 、小于 10mol% 的  $C_5$ ；总共为 100%。

[0084] 冷却流 30 在进入膨胀器（此处显示为阀 14 的形式）之前，经由入口 16 进入并且经过热交换器 12，经由出口 17 流出，以提供较冷的冷却流 40。替代地，冷却流 30 在到达阀 14 之前无需经过热交换器 12，或者另外替代地，冷却流 30 可在阀 14 之前经过一个或多个代替图 1 中所显示的热交换器 12 的或者除了图 1 中所显示的热交换器 12 之外的其它热交换器（未显示）。

[0085] 阀 14 使较冷的冷却流 40（或冷却流 30）膨胀，以提供经膨胀的冷却流 40a，该经膨胀的冷却流 40a 经由入口 18 流回热交换器 12 中。该经膨胀的冷却流 40a 与热交换器 12 中的其它流相比明显更冷，从而向此类其它流提供冷却，且经通过出口 19 从热交换器 12 中流出以提供出口流 50。

[0086] 可在冷却流 30 进入热交换器 12 之前，在图 1 所示的 F22 位置处，或者在冷却流 30 经过热交换器 12 之后，在图 1 所示的较冷的冷却流 40 的 F2 位置处，监测和可选地测量冷却流 30 的流量 F2。经过热交换器 12 之后的较冷的冷却流 40 与进入热交换器 12 的冷却流 30 的流量之间的关系在本领域是已知的，使得使用流量 F22 进行监测能够提供与本发明的方法中使用流量 F2 进行监测相同的信息。因此，在本说明书和其它有关各处中，在提到流量 F2 时，应理解为涵盖了 F2 本身和 / 或流量 F22。

[0087] 同样地，在使用流量 F1 时，旨在涵盖对热交换器 12 上游（例如，管路 10 中）的流量的至少部分进行的监测和 / 或测量。

[0088] 经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 和流量 F1 的测量值，以及较冷的冷却流 40 的流量 F2（和 / 或冷却流 30 的流量 F22）的测量值经由线路 21 传送至控制器 C1，该控制器 C1 经由线路 21a 控制阀 14 的操作。对阀 14 的控制与较冷的冷却流 40 的流量（和 / 或流量 F22）以及进入热交换器 12 的经膨胀的冷却流 40a 的流量有关（且因此与由在热交换器 12 中的经膨胀的冷却流 40a 所能提供的冷却程度有关，以及因而与对混合冷冻剂流 20 的冷却程度和混合冷冻剂流 20 的冷却程度有关）。

[0089] 因此，也可能通过操作阀 14 和所获知的冷却流 30 的较冷的冷却流的流量 F2（和 / 或流量 F22）来控制混合冷冻剂流 20 的温度 T1，以便随后优化经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1。这种方案的益处和优点在下文进行描述。

[0090] 图 2 显示了一种用于使烃流 60 冷却（优选液化）的方法的冷却设施 1，该烃流 60 优选为天然气。烃流 60 优选已经被处理以分离出至少某些重烃并且分离出杂质，所述杂质比如为二氧化碳、氮、氢、水、硫及硫化物，包括但不限于酸性气体。

[0091] 烃流 60 经过第一冷却阶段 6，该第一冷却阶段 6 包括一个或多个与图 1 所示的热交换器 12 相同或类似的第一热交换器。优选地，图 2 中的所述一个或多个第一热交换器为预冷却热交换器 12，适用于将烃流 60 冷却至 0°C 以下的温度，更优选冷却至 -10°C 到 -70°C 的温度。

[0092] 冷却流 30 和混合冷冻剂流 10 也经过预冷却热交换器 12。预冷却热交换器 12 的操作与针对图 1 中的方案所述的操作类似，使得由预冷却热交换器 12 输出较冷的冷却流 40，所述较冷的冷却流 40 经过阀 14 以被膨胀，并且提供经膨胀的冷却流 40a，该经膨胀的冷却流 40a 比热交换器 12 中所有其它流更冷，在作为第一阶段排出流 50 排出之前向热交换器 12 中所有其它流提供冷却。以这种方式，所提供混合冷冻剂流 20 成为经冷却的混合冷

冻剂流 20, 而烃流 60 则被冷却以提供较冷的烃流 70。

[0093] 监测经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 和流量 F1, 并将测量值传回至控制器 C1。较冷的冷却流 40 的流量 F2 的测量值也被传回至控制器 C1。

[0094] 然后使经冷却的混合冷冻剂流 20 和经冷却的烃流 70 传送至第二冷却阶段 7, 该第二冷却阶段 7 包括一个或多个第二热交换器 22, 其优选为低温的主热交换器, 适用于进一步将较冷烃流 70 的温度降低至  $-100^{\circ}\text{C}$  以下, 更优选地使经冷却的烃流 70 液化, 以提供经冷却的 (优选地为液化的) 烃流 80。在烃流 60 为天然气的情况下, 主热交换器优选地提供温度为  $-140^{\circ}\text{C}$  以下的液化天然气。

[0095] 冷却的冷冻剂流 20 也经过主热交换器 22 以提供进一步经冷却的混合冷冻剂流 90, 该进一步经冷却的混合冷冻剂流 90 经过主阀 27 以提供经膨胀的混合冷冻剂流 90a, 所述经膨胀的混合冷冻剂流 90a 比主热交换器 22 中的所有其它流更冷, 向所述所有其它流提供冷却, 然后流出, 作为第二阶段流出流 100。

[0096] 第二阶段流出流 100 以本领域已知的方式由一个或多个主冷冻剂压缩机 28 压缩, 从而提供压缩的冷冻剂流 100a, 然后, 该压缩的冷冻剂流 100a 可由一个或多个环境冷却器 32 (比如本领域已知的水和 / 或空气冷却器) 进行冷却, 以提供准备用于再循环至预冷却热交换器 12 中的混合冷冻剂流 10。主冷冻剂压缩机 28 由驱动器 28a 驱动, 所述驱动器 28a 可以是本领域已知的一个或多个燃气轮机、蒸汽轮机和 / 或电驱动器。

[0097] 类似地, 来自预冷却热交换器 12 的第一阶段流出流 50 被一个或多个预冷却压缩机 24 压缩, 从而提供压缩的流 50a, 该压缩的流 50a 通过一个或多个环境冷却器 26 (比如水和 / 或空气冷却器) 以提供准备用于再循环至且再导入预冷却热交换器 12 中的冷却流 30。预冷却压缩机由本领域已知的一个或多个驱动器 24a 驱动, 比如燃气轮机、蒸汽轮机和电驱动器等。

[0098] 压缩机驱动器 24a、28a 通常是主要的能耗装置, 并且通常需要耗费图 2 中的液化设施 1 的总能量输入中的相当大比例。压缩机驱动器 (比如燃气轮机) 的最大效率是要使它们保持恒定速度, 更优选使它们处于“全”速。因此, 这些驱动器的速度变化通常是不希望的而且会降低这些驱动器的效率, 就如这些驱动器所驱动的压缩机的负载发生显著改变会降低这些驱动器的效率。因此, 在本领域中, 优选的是使压缩机发生器的驱动器保持“全负载”来作为最佳效率配置方案。

[0099] 然而, 可能基于冷却设施 1 中的许多可能发生变化的参数或条件来改变冷冻剂压缩机 24、28 的负载。例如, 烃流 60 的流量、体积、温度等的变化, 液化设施 1 周围的环境条件的变化, 特别是可能影响环境冷却器 (比如图 2 所示的环境冷却器 26、32) 的效率的高环境温度。在预冷却热交换器 12 或主热交换器 22 中一股或多股流的热交换存在任何低效率的情况下, 或者在冷却设施 1 中将一股或多股流或单元用于一项或多项其它负荷 (比如对空气分离单元的冷却负荷 (未显示)) 的情况下, 也可能影响冷冻剂压缩机 24、28 及其驱动器 24a、28a 的负载。

[0100] 因此, 希望优化预冷却热交换器 12 和主热交换器 22 的冷却负荷, 以优化压缩机驱动器 24a、28a 的操作, 因此使它们保持最高效率。

[0101] 该方法能够通过利用监测 (优选测量) 预冷却热交换器 12 所提供的经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 和流量 F1 两者来控制阀 14, 以更好地平衡由经膨胀的冷却流 40a

所提供的预冷却热交换器 12 的冷却负荷,这些参数的测量值可用于实时地控制阀 14 的操作,而且因此还可控制进入预冷却热交换器 12 的较冷的冷却流 40 的流量 F2 (和 / 或在预冷却热交换器之前的冷却流 30 的相关流量 F22)。

[0102] 所示的方法在下述情况下特别有益:冷却流是包括选自氮、甲烷、乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、丁烷和戊烷的组中的一个或多个的混合冷冻剂。

[0103] 所示的方法在下述情况下也特别有益:预冷却热交换器 12 包括选自包括一个或多个板 / 鳍式热交换器、一个或多个线轴缠绕式热交换器、或者两者组合的组中的一或多个热交换器。与釜式热交换器不同的是,这种热交换器无法通过其内的液位而容易地得以控制。

[0104] 所显示的方法在下述情况下也特别有益:在需要使主冷冻剂压缩机 28 的驱动器 28a 保持在“最大”或“全负载”速度且具有最小的变化的情况下。也就是说,在驱动器的最大输出功率等于冷冻剂压缩机的功率消耗的情况下。输送至主热交换器 22 中的经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 可根据阀 14 的操作和较冷的冷却流 40 的流量 F2 而发生改变,以提供用于混合冷冻剂流 20 的理想温度 T1。

[0105] 应注意的是,经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 与流量 F1 并非必然地相关联或相关。因此,可能在不同的温度下具有相同的流量测量,在相同的温度下具有不同的流量测量。因此,本发明通过测量经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度 T1 和流量 F1 两者而使其是有利的,为阀 14 的操作提供更好的控制机制和回馈,并且因此,提供预冷却热交换器 12 与主热交换器 22 的冷却负荷之间的平衡。

[0106] 图 3 显示了一种液化设施 2,其中烃流 60 进入第一预冷却热交换器 12a,然后作为第一冷却阶段 8 的部分进入第二预冷却热交换器 12b,接着,作为第二冷却阶段 9 的部分的经冷却的烃流 70 进入主热交换器 22 中,以提供进一步经冷却的(优选为液化的)烃流 80,更优选为液化天然气。通常,液化的烃流 80 处于升高的压力下,因此其可在所谓的终端闪蒸系统 110 中进行降压,该终端闪蒸系统 110 通常包括膨胀轮机 111 和阀 112,以及接下来的气 / 液分离器(未显示)。

[0107] 在第一种替代方案中,烃流 60 仅经过第二预冷却热交换器 12b 以提供经冷却的烃流 70。

[0108] 混合冷冻剂流 10 和冷却流 30 也经过第一预冷却热交换器 12a。来自第一预冷却热交换器 12a 的混合冷冻剂流 10 被提供以作为经冷却的混合冷冻剂流 10a 的一部分,其然后进入第二预冷却热交换器 12b,以提供经冷却的混合冷冻剂流 20。

[0109] 冷却流 30 进入第一预冷却热交换器 12a 中,然后由本领域已知的流分流器或分支器 23 来将其分支,从而提供一部分冷却流 40b,所述一部分冷却流 40b 经由第一阀 14 膨胀以提供第一经膨胀的冷却流 40c,然后所述第一经膨胀的冷却流 40c 再次进入第一预冷却热交换器 12a 并且向其它进入该第一预冷却热交换器的流提供冷却。来自第一预冷却热交换器 12a 的第一出口流 50a 经过抽吸滚筒 51a,然后进入由驱动器 24a 驱动的预冷却冷冻剂压缩机 24 中,之后,进行环境冷却 32,收集在储存器 25 中,进行进一步冷却 32a,然后作为冷却流 30 进行再次循环。

[0110] 同时,来自第一预冷却热交换器 12a 的冷却流的其它部分进入第二预冷却热交换器 12b 中,其中,所述第二预冷却热交换器 12b 的经冷却的出口流 40d 经过第二阀 14b 以提

供第二经膨胀的冷却流 40e, 该第二经膨胀的冷却流 40e 流回第二预冷却热交换器 12b 中, 以向进入第二预冷却热交换器 12b 中的其它流提供冷却。来自第二预冷却热交换器 12b 的出口流 50b 经过抽吸滚筒 51b, 然后在不同的压力入口处也进入预冷却制冷剂压缩机 24 中, 如先前所述, 进行压缩和冷却。

[0111] 图 3 还显示了部分经冷却的混合制冷剂流 10a 的温度 T1a 可被监测, 经冷却的混合制冷剂流 20 的温度 T1b 也可被监测。类似地, 部分经冷却的冷却流 40b 的流量在第一阀 14a 之前可被监测为 F2a, 来自第二预冷却热交换器 12b 的冷却的出口流 40d 的流量在第二阀 14b 之前可被监测为 F2b。

[0112] 经冷却的混合制冷剂流 20 进入气 / 液分离器 42 中, 以提供通常富含甲烷的较轻流 20a 和通常富含重烃的较重流 20b。较轻流 20a 以本领域已知的方式经过主热交换器 22 以提供顶部流 90d, 所述顶部流 90d 在阀 93 处膨胀, 并且作为第一膨胀流 90e 流回主热交换器 22 中。较重流 20b 以类似的方式进入主热交换器 22, 并在比该较轻的顶部流 90d 低的高度处流出, 作为流 90b。流 90b 可由一个或多个比如轮机 91 和阀 92 的膨胀器 (例如, 膨胀单元或设备) 膨胀, 之后, 作为第二膨胀流 90c 流回主热交换器 22 中。

[0113] 来自主热交换器 22 的混合制冷剂作为主出口流 100 被提供, 该主出口流 100 经过一个或多个压缩机等, 比如图 3 所示的两个主制冷剂压缩机 28、29, 每一个压缩机分别由驱动器 28a、29a 驱动, 在每一个压缩机之后, 由环境冷却器 32a、32b 以本领域已知的方式进行环境冷却。

[0114] 在图 3 所示的方案中, 可监测较重流 20b 的流量 F3 以代替对在预冷却热交换器 12a、12b 之后完全混合的制冷剂流 20 的流量 F1 的监测。以这种方式, T1a 和 / 或 T1b 位置处的混合制冷剂温度可用于控制较重流 20b 与部分经冷却的冷却流 40b 的流量 F2a 和 / 或经冷却的冷却流 40d 的流量 F2b 之间的比率。

[0115] 因此, 阀 14a、14b 的操作可与较重流的流量 F3 有关以及与在由第一预冷却热交换器 12a 和 / 或第二预冷却热交换器 12b 进行其冷却之后的混合制冷剂流的温度 T1a 与 T1b 中的一个或多个有关。

[0116] 温度 T1b 可与流量 F3 一起使用来影响流量 F2b 及与其相关联的阀 14b。类似地, 温度 T1a 可与流量 F3 一起使用来影响流量 F2a 及与其相关联的阀 14a。

[0117] 优选地, 流量 F2a 及 F2b 两者都被控制以优化第一预冷却热交换器 12a 和第二预冷却热交换器 12b 中每一个的冷却负荷, 并因而优化预冷却制冷剂压缩机 24 所需的压缩功率, 特别是优化预冷却制冷剂压缩机 24 的驱动器 24a 所需的能量输入。

[0118] 图 4 显示了与具有相同流量的对比性方案相比, 图 2 的方案中所示的冷却流的流量随时间的变化。

[0119] 对于这两种方案而言, 图 4 显示了混合制冷剂流 10 或经冷却的混合制冷剂流 20 的流量 (线 C) 变化, 两个流量具有相关的数值。在图 2 中, 混合制冷剂流 10 或经冷却的混合制冷剂流 20 的流量可通过将与一个或多个第二热交换器 22 相关联的主阀 27 开启或进一步开启而得以增加。主阀 27 可根据提高液化烃流 80 产量的需要、或者响应于烃流 60 的流量改变、或者本领域技术人员在操作冷却 (优选液化) 方法或设施时所已知的一种或多种其它原因而被开启或进一步开启。

[0120] 响应于提高混合制冷剂流 10 的流量, 预冷却热交换器 12 所需的冷却负荷将提高,

从而以其增大的流速向混合冷冻剂流 10 提供相同程度的冷却。

[0121] 在图 4 中,主阀 27 开启程度的变化显示为在流量线 C 的起始处竖直增加,随后,长时间持续保持较高的流率(横跨整个图)。

[0122] 为了在预冷却热交换器 12 中提供较高的冷却负荷,常用的方法是开启或进一步开启预冷却阀 14,以增大进入预冷却热交换器的经膨胀的冷却流 40a 的流量和/或量。

[0123] 图 4 中的线 A 显示了在对比性方案中的经膨胀的冷却流 40a 的流量随时间的改变,其是基于阀 14 响应于仅测量经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度而发生的改变。因此,可看出,有大量的过度反应,使得冷却流 30 的流量超过所需流量,而这种过量需要在使冷却流 30 随着时间过去而稳定之前逐渐地进行。

[0124] 图 4 中的线 B 显示了基于本发明的经膨胀冷却流 40a 的流量改变,也即,其是在响应于对经冷却的混合冷冻剂流 20 的温度和流量两者的测量以及响应于对冷却流或较冷的冷却流 40 的流量的测量来操作预冷却阀 14 的情况下的流量改变。线 B 清楚地显示了经膨胀的冷却流的流量随时间缓慢且稳定地增加。

[0125] 图 4 中线 A 与 B 之间的差异需要为线 A 提供显著增加的电力消耗。因此,更好地成一直线且更为稳定的线 B 在预冷却热交换器 12 中提供冷却负荷方面明显更有效,使得预冷却热交换器 12 在经冷却的混合冷冻剂流 20 的流量发生任何变化期间明显更有效。本发明还更快速地对经冷却的混合冷冻剂流 20 的流量改变作出响应,并且通过更贴近地、对比性方案所显示的更早得多地实现所需的冷却负荷的改变而更为精确。

[0126] 该方法包括一种冷却混合冷冻剂流并且控制用于该方法和装置的阀的方法。

[0127] 对本领域技术人员来说显然的是,本发明还提供一种控制膨胀器(比如阀)的方法,用于使用于热交换器中的冷却流中的至少部分膨胀,该方法至少包括以下步骤:

[0128] (a) 提供混合冷冻剂流;

[0129] (b) 使所述混合冷冻剂流经过热交换器以提供经冷却的混合冷冻剂流;

[0130] (c) 监测所述经冷却的混合冷冻剂流中的至少部分的温度(T1)和流量(F1);

[0131] (d) 提供冷却混合冷冻剂流,并且监测该冷却混合冷冻剂流中的至少部分的流量(F2);

[0132] (e) 使冷却流中的至少一部分经由阀膨胀器膨胀,以提供经膨胀的冷却流;

[0133] (f) 使该经膨胀的冷却流经过步骤(b)中的热交换器中的一个或多个以使所述混合冷冻剂流冷却;以及

[0134] (g) 使用较冷的混合冷冻剂流中的至少部分的流量 F1 与温度 T1 来控制该阀膨胀器,从而控制冷却流中至少部分的流量 F2。

[0135] 而且,对本领域技术人员来说显然的是,本发明还提供了一种用于如前所述的方法和/或装置的膨胀器控制器,其至少包括:

[0136] 一个或多个输入端和输出端,用于接收经冷却的混合冷冻剂流的温度(T1)和流量(F1)的测量值以及冷却流的流量(F2)的测量值,并且用于控制膨胀器。

[0137] 本发明的方法和装置可通过一个或多个热交换器来提高冷冻剂负载,并且提高冷却(优选液化)程序和装置的效率。

[0138] 本发明的方法和装置可在其用于使烃流(比如天然气)液化之前,通过一个或多个热交换器来提高混合冷冻剂流的冷却。

[0139] 本发明的方法和装置可降低在一种使混合冷冻剂流冷却的方法中的电力消耗,特别是可降低用于一种使烃流冷却(可选地包括使烃流液化)的方法和装置的电力消耗。

[0140] 本发明的方法和装置可缩短转换或调整在使烃流冷却(可选地使烃流液化)的方法中的预冷却冷冻循环与主冷冻循环之间的冷冻负载所需的时间。

[0141] 本领域技术人员应理解本发明可通过许多不同方式实现而不偏离本发明的范围。



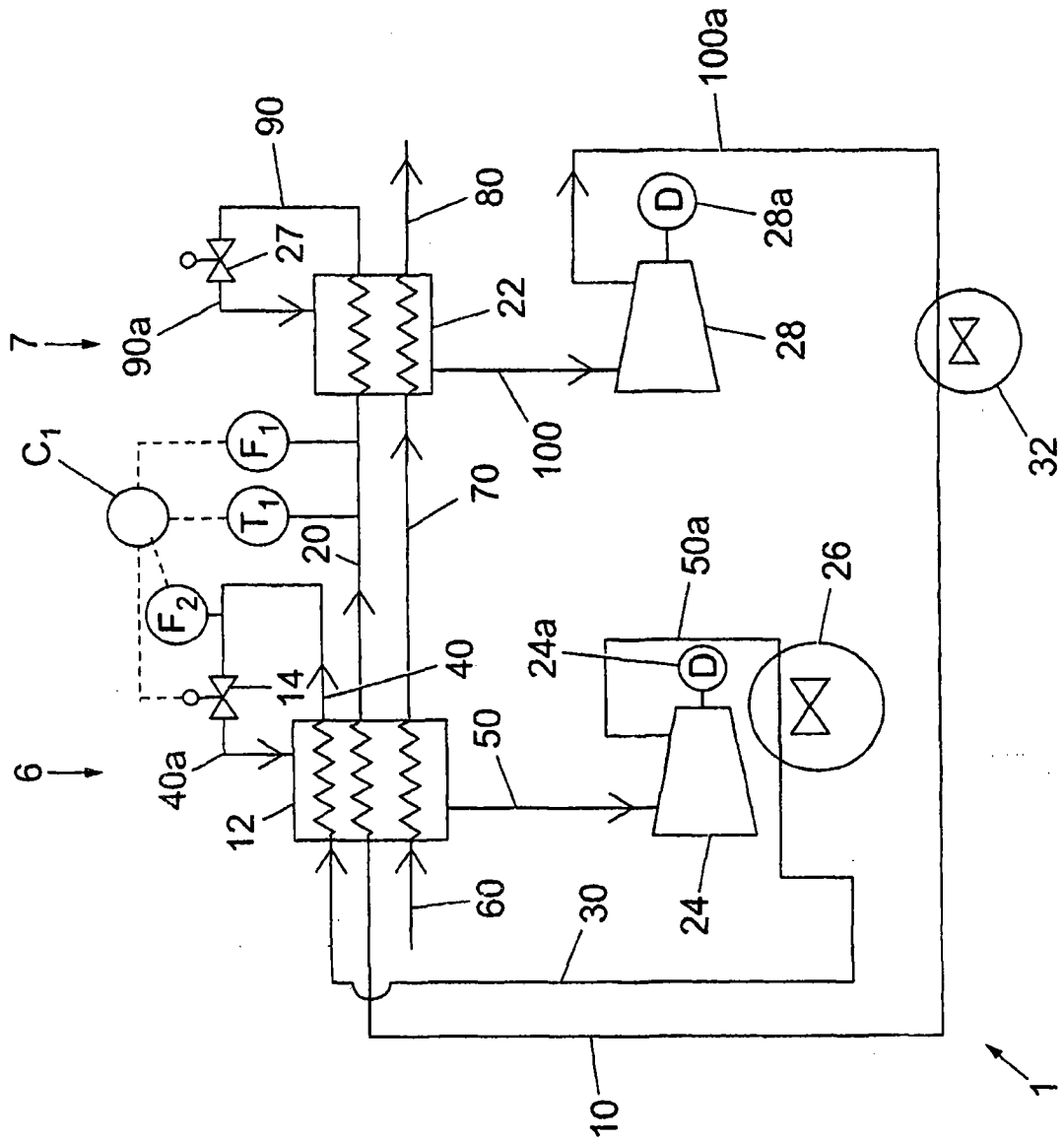


图 2

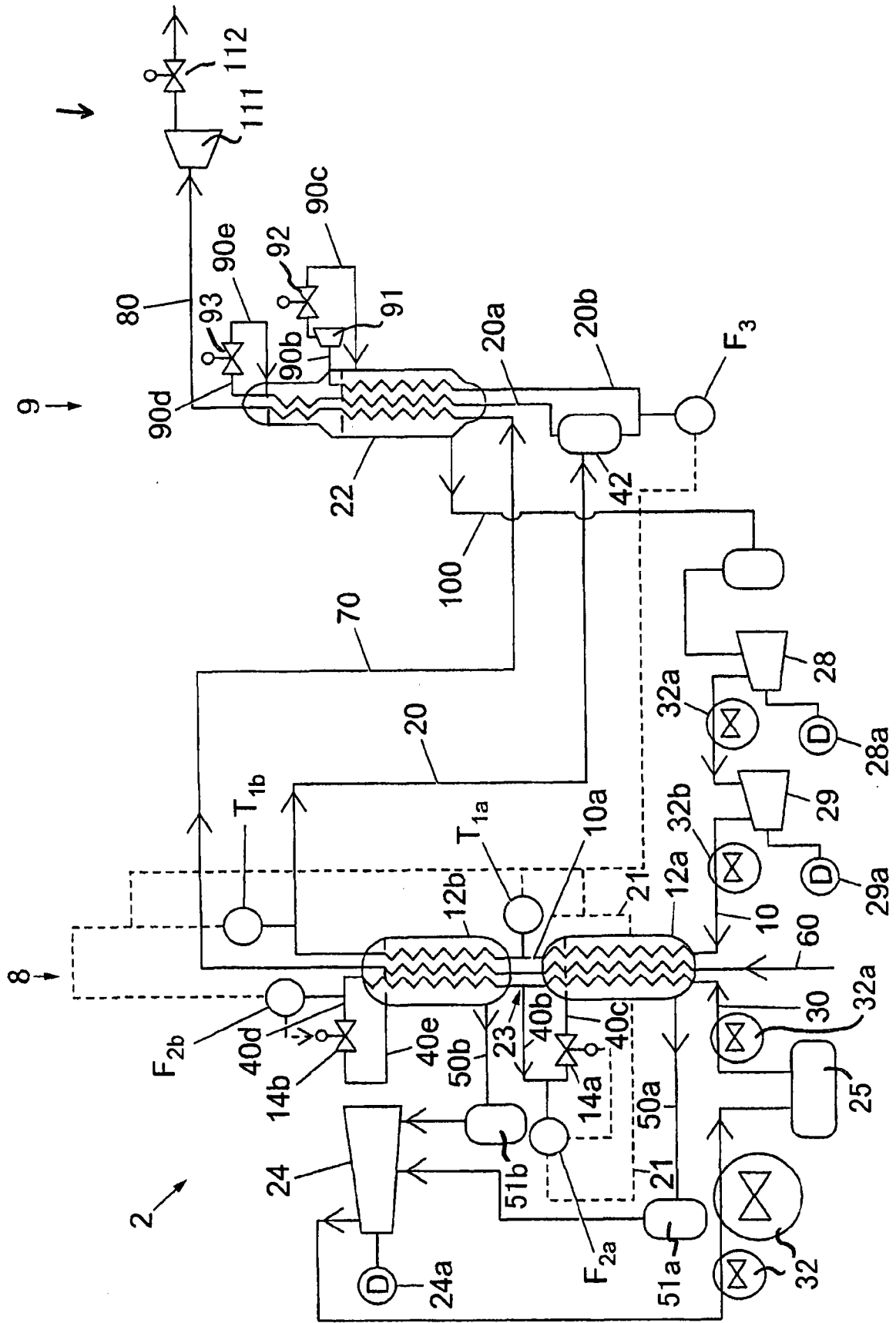


图 3

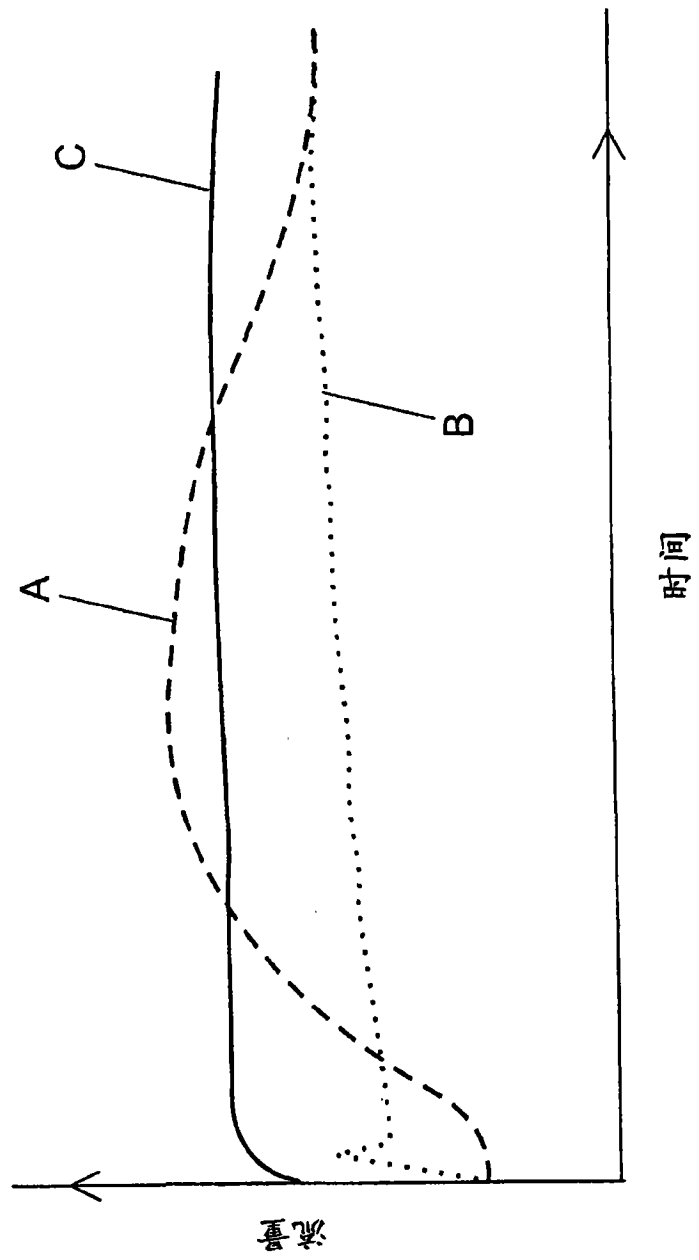


图 4