[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F25J 3/04 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480012084.5

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100378422C

[22] 申请日 2004.3.24
[21] 申请号 200480012084.5
[30] 优先权
[32] 2003. 5. 5 [33] FR [31] 03/50141
[86] 国际申请 PCT/FR2004/050122 2004.3.24
[87] 国际公布 WO2004/099690 法 2004.11.18
[85] 进入国家阶段日期 2005.11.4
[73] 专利权人 乔治洛德方法研究和开发液化气有限公司
地址 法国巴黎
[72] 发明人 P·勒博 O·德卡耶
[56] 参考文献
US 5475980 A 1995.12.19
US 4072023 A 1978.2.7
US 5329776 A 1994.7.19
US 5379598 A 1995.1.10
DE 19951521 A1 2001.5.3
审查员 刘淑静
[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
代理人 吴 鹏 秘凤华

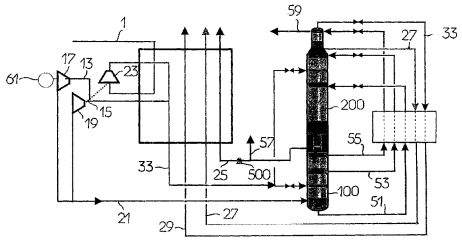
权利要求书 6 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于空气分离的低温蒸馏方法和系统

[57] 摘要

本发明涉及一种用于空气分离的低温蒸馏方法。 根据本发明，使所有空气处于高压并在高压下被净化，所述高压高于中压至少 5 巴。 一部分净化后的空气流在热交换管路(9)中冷却，然后被分成两小部分。 各小部分在涡轮机(17，19)中膨胀，两个涡轮机的入口压力高于中压至少 5 巴。 此外，两个涡轮机中的至少一个的输出压力基本上等于中压。 在至少一个涡轮机中膨胀的空气的至少一部分被输送至双塔或三塔的中压塔(100)。 然后，机械连接至其中一个涡轮膨胀机(19)的冷增压器(23)吸入在主热交换管路中冷却的空气，并以高于入口温度的温度排出所述空气。 这样被压缩的流体被再次引入主热交换管路，在其中至少一部分该流体(33，37)冷凝。 另外，来自其中一个塔(200)的至少一种加压液体(25)在热交换管路中在汽化温度被汽化。 此外，未连接至冷增压器(23)的涡轮机(17)设有选自以下的能量消耗装置：i)不同于该冷增压器的增压器(5)，其被机械联接并在后面设有冷却器，ii)油阀系统，iii)发电机(61)。



1. 一种用于在设备中通过低温蒸馏分离空气的方法，该设备包括双塔或三塔式空气分离塔（100，200）和热交换管路（9），该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔（100）在称为中压的压力下操作，在该方法中：

a) 使所有空气处于比中压高至少 5 巴的高压，并在该高压下对空气进行净化；

b) 使一部分净化后的空气流在热交换管路中冷却，然后将该空气流分成两小部分；

c) 使该两小部分空气流分别在两个涡轮机（17，19）中膨胀；

d) 两个涡轮机的入口压力比中压高至少 5 巴；

e) 两个涡轮机中至少一个的输出压力基本上等于中压；

f) 将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔；

g) 使另一部分净化后的空气流在热交换管路中冷却，并且机械联接至其中一个涡轮机的冷增压器（23）吸入该另一部分已在热交换管路中被冷却的空气，并以高于入口温度的温度输出空气，这样压缩后的流体被重新引入热交换管路，在该热交换管路中该流体的至少一部分冷凝；

h) 来自其中一个塔的至少一种加压液体在汽化温度下在热交换管路中被汽化，

其特征在于：

未联接至冷增压器的涡轮机（17）联接至能量消耗装置，该能量消耗装置为机械联接的增压器（5），该增压器（5）不同于该冷增压器，该增压器（5）用于对一部分净化后的空气增压，并且该增压器后具有对增压后的空气进行冷却的冷却器。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，两个涡轮机（17，19）的输入和输出条件在压力和温度方面相似或相同。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，输送至涡轮机（17，19）的空气（2）处于高压。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，输送至涡轮机的空气（13，15）处于高于该高压的压力，并且来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器（5）。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，在冷增压器（23）中增压的空气继续在热交换管路中被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的至少一个塔（100，200）。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，处于高压的空气的至少一部分在冷增压器（23）中被增压。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，处于高压的空气被分成至少两部分，一部分在冷增压器（23）中被增压，另一部分在构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器（5）中被增压。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器（5）的空气的至少一部分被输送至冷增压器（23）。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，在构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器（5）中被增压的空气的至少一部分被输送至涡轮机（17，19）。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器（5）的空气的至少一部分与至少一种在热交换管路中汽化的液体进行热交换而被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的一个塔。

11. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，生成至少一种液态形式的最终产品（57，59）。

12. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所有旨在用于双塔或三塔中的塔的气态空气（21）来自于空气涡轮机。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，冷增压器（23）的入

口温度接近所述来自其中一个塔的至少一种加压液体的汽化温度。

14. 一种用于通过低温蒸馏分离空气的空气分离设备，包括:

a) 双塔或三塔式空气分离塔（100，200），该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔（100）在称为中压的压力下操作;

b) 热交换管路（9）;

c) 使所有空气处于高于中压的高压的装置，以及用于在该高压下对空气进行净化的装置;

d) 用于将一部分净化后的空气流输送至热交换管路内以冷却所述流的装置，以及将冷却后的空气分成两小部分的装置;

e) 两个涡轮机（17，19），以及将所述两小部分空气流输送至每个涡轮机的装置;

f) 用于将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔的装置;

g) 冷增压器（23），用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置，以及用于将在冷增压器中增压后的空气在回收部位上游的中间部位输送至热交换管路内的装置;

h) 用于为来自其中一个塔的至少一种液体加压的装置（500），用于将至少一种加压液体输送至热交换管路内的装置，以及用于从热交换管路提取汽化的液体的装置；以及

i) 冷增压器联接至其中一个涡轮机（19），

其特征在于，未联接至冷增压器的涡轮机（17）联接至能量消耗装置，该能量消耗装置为机械联接的增压器（5），该增压器（5）不同于该冷增压器，该增压器（5）用于对一部分净化后的空气增压，并且该增压器后具有对增压后的空气进行冷却的冷却器。

15. 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于，该设备包括用于将空气从构成能量消耗装置或形成能量消耗装置的一部分的增压器（5）输送至涡轮机的装置。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的设备，其特征在于，该设备包括用

于将待蒸馏的空气的至少一部分输送至构成能量消耗装置或形成能量消耗装置的一部分的增压器（5）的装置。

17. 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于，两个增压器（5，23）串联或并联连接，涡轮机（17，19）并联连接。

18. 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于，所述用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置在热交换管路的中间部位回收该空气。

19. 一种用于在设备中通过低温蒸馏分离空气的方法，该设备包括双塔或三塔式空气分离塔（100，200）和热交换管路（9），该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔（100）在称为中压的压力下操作，在该方法中：

a) 使所有空气处于比中压高至少 5 巴的高压，并在该高压下对空气进行净化；

b) 使所有净化后的空气流在热交换管路中冷却；

c) 冷增压器（23）吸入已在热交换管路中被冷却的空气，并以高于入口温度的温度输出空气，这样压缩后的流体被重新引入热交换管路；

d) 将该重新引入热交换管路中的空气流分成两部分，一部分被输送至两个涡轮机（17，19）中膨胀，另一部分继续在热交换管路中被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的至少一个塔；

e) 两个涡轮机的入口压力比中压高至少 5 巴；

f) 两个涡轮机中至少一个的输出压力基本上等于中压；

g) 将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔；

h) 来自其中一个塔的至少一种加压液体在汽化温度下在热交换管路中被汽化；

i) 使冷增压器（23）机械联接至其中一个涡轮机（19），

其特征在于：

未联接至冷增压器的涡轮机（17）联接至能量消耗装置，该能量消耗装置选自：

I) 油压制动器系统；以及

II) 发电机（61）。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于，两个涡轮机（17，19）的输入和输出条件在压力和温度方面相似或相同。

21. 根据权利要求 19 或 20 所述的方法，其特征在于，输送至涡轮机的空气（13，15）处于高于该高压的压力，并且来自于冷增压器（23）。

22. 根据权利要求 19 或 20 所述的方法，其特征在于，处于高压的空气的至少一部分在冷增压器（23）中被增压。

23. 根据权利要求 19 或 20 所述的方法，其特征在于，生成至少一种液态形式的最终产品（57，59）。

24. 根据权利要求 19 或 20 所述的方法，其特征在于，所有旨在用于双塔或三塔中的塔的气态空气（21）来自于空气涡轮机。

25. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于，冷增压器（23）的入口温度接近所述来自其中一个塔的至少一种加压液体的汽化温度。

26. 一种用于通过低温蒸馏分离空气的空气分离设备，包括：

a) 双塔或三塔式空气分离塔（100，200），该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔（100）在称为中压的压力下操作；

b) 热交换管路（9）；

c) 使所有空气处于高于中压的高压的装置，以及用于在该高压下对空气进行净化的装置；

d) 用于将所有净化后的空气流输送至热交换管路内以冷却所述流的装置；

e) 冷增压器（23），用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置，以及用于将在冷增压器中增压后的空气在回收部位上游的中间部位输送至热交换管路内的装置；

f) 用于将重新引入热交换管路中的空气流分成两部分的装置，两个

涡轮机（17，19），以及将所述两部分空气流中的一部分输送至两个涡轮机的装置；

g) 用于将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔的装置；

h) 用于为来自其中一个塔的至少一种液体加压的装置（500），用于将至少一种加压液体输送至热交换管路内的装置，以及用于从热交换管路提取汽化的液体的装置；以及

i) 冷增压器联接至其中一个涡轮机（19），

其特征在于，未联接至冷增压器的涡轮机（17）联接至能量消耗装置，该能量消耗装置选自：

I) 油压制动器系统；以及

II) 发电机（61）。

27. 根据权利要求 26 所述的设备，其特征在于，该设备包括用于将空气从冷增压器（23）输送至涡轮机的装置。

28. 根据权利要求 26 所述的设备，其特征在于，涡轮机（17，19）并联连接。

用于空气分离的低温蒸馏方法和系统

技术领域

本发明涉及一种通过低温蒸馏分离空气的方法和设备。

背景技术

已知可以通过在空气分离装置的热交换管路中利用与处于低温的压缩气体进行热交换而汽化加压液体，从而产生加压的空气气体。 从 **FR-A-2 688 052**、**EP-A-0 644 388**、**EP-A-1 014 020** 和专利申请 **FR 03/01722** 中可以了解该类型的装置。

由于必须排出与低温压缩相关的热补给（**heat influx**），所以已知装置的能量效率不是很好。

另外，在例如 **US-A-5 475 980** 的图 7 所示的简图中，联接至冷增压器的整个涡轮机与结合在该机器的轴上的能量消耗系统（油压制动器）相关联，并在工艺上被限制在低功率级（约 **70kW**）。

然而，尤其是当能量的价值低或可以低成本获得该能量时，该类型的方法在经济上是有利的。因此，如果能超越结合在涡轮机/增压器组件的轴上的油压制动器的技术限制，那将是有利的。

发明内容

本发明的目的是提出一种供选择的系统，该系统允许在具有冷增压器的条件下实施工艺方案，而不需要使用结合在增压器涡轮机轴中的能量消耗系统，因此该系统使得可以设想将这些方案用于几乎任何尺寸的空气分离装置。

本发明提供一种用于在设备中通过低温蒸馏分离空气的方法，该设备

包括双塔或三塔式空气分离塔和热交换管路，该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔在称为中压的压力下操作，在该方法中：

a) 使所有空气处于比中压高至少 5 巴的高压，并在该高压下对空气进行净化；

b) 使一部分净化后的空气流在热交换管路中冷却，然后将该空气流分成两小部分；

c) 使该两小部分空气流分别在两个涡轮机中膨胀；

d) 两个涡轮机的入口压力比中压高至少 5 巴；

e) 两个涡轮机中至少一个的输出压力基本上等于中压；

f) 将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔；

g) 使另一部分净化后的空气流在热交换管路中冷却，并且机械联接至其中一个涡轮机的冷增压器吸入该另一部分已在热交换管路中被冷却的空气，并以高于入口温度的温度输出空气，这样压缩后的流体被重新引入热交换管路，在该热交换管路中该流体的至少一部分冷凝；

h) 来自其中一个塔的至少一种加压液体在汽化温度下在热交换管路中被汽化，

其特征在于：

未联接至冷增压器的涡轮机联接至能量消耗装置，该能量消耗装置为机械联接的增压器，该增压器不同于该冷增压器，该增压器用于对一部分净化后的空气增压，并且该增压器后具有对增压后的空气进行冷却的冷却器。

根据本发明其它可选的方面：

- 两个涡轮机的输入和输出条件在压力和温度方面相似或相同；

- 输送至涡轮机的空气处于高压；

- 输送至涡轮机的空气处于高于该高压的压力，并且来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器；

- 在冷增压器中增压的空气继续在热交换管路中被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的至少一个塔；

- 处于高压的空气的至少一部分在冷增压器中被增压；

- 处于高压的空气被分成至少两部分，一部分在冷增压器中被增压，另一部分在构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器中被增压；

- 来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器的空气的至少一部分被输送至冷增压器；

- 在构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器中被增压的空气的至少一部分被输送至涡轮机；

- 来自于构成消耗装置或形成消耗装置的一部分的增压器的空气的至少一部分与至少一种在热交换管路中汽化的液体进行热交换而被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的一个塔；

- 生成至少一种液态形式的最终产品；

- 所有旨在用于双塔或三塔中的塔的气态空气来自于空气涡轮机；以及

- 冷增压器的入口温度接近所述来自其中一个塔的至少一种加压液体的汽化温度。

本发明的另一方面提供一种用于通过低温蒸馏分离空气的空气分离设备，包括：

a) 双塔或三塔式空气分离塔，该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔在称为中压的压力下操作；

b) 热交换管路；

c) 使所有空气处于高于中压的高压的装置，以及用于在该高压下对空气进行净化的装置；

d) 用于将一部分净化后的空气流输送至热交换管路内以冷却所述流的装置，以及将冷却后的空气分成两小部分的装置；

e) 两个涡轮机，以及将所述两小部分空气流输送至每个涡轮机的装置；

f) 用于将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔的装置;

g) 冷增压器，用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置，以及用于将在冷增压器中增压后的空气在回收部位上游的中间部位输送至热交换管路内的装置;

h) 用于为来自其中一个塔的至少一种液体加压的装置，用于将至少一种加压液体输送至热交换管路内的装置，以及用于从热交换管路提取汽化的液体的装置; 以及

i) 冷增压器联接至其中一个涡轮机，

其特征在于，未联接至冷增压器的涡轮机联接至能量消耗装置，该能量消耗装置为机械联接的增压器，该增压器不同于该冷增压器，该增压器用于对一部分净化后的空气增压，并且该增压器后具有对增压后的空气进行冷却的冷却器。

根据其它可选方面:

- 该设备包括用于将空气从构成能量消耗装置或形成能量消耗装置的一部分的增压器输送至涡轮机的装置;

- 该设备包括用于将待蒸馏的空气的至少一部分输送至构成能量消耗装置或形成能量消耗装置的一部分的增压器的装置;

- 两个增压器串联或并联连接，涡轮机并联连接; 以及

- 所述用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置在热交换管路的中间部位回收该空气。

本发明的另一方面提供一种用于在设备中通过低温蒸馏分离空气的方法，该设备包括双塔或三塔式空气分离塔和热交换管路，该空气分离塔中的在较高压力下操作的塔在称为中压的压力下操作，在该方法中:

a) 使所有空气处于比中压高至少 5 巴的高压，并在该高压下对空气进行净化;

b) 使所有净化后的空气流在热交换管路中冷却;

c) 冷增压器吸入已在热交换管路中被冷却的空气，并以高于入口温度

的温度输出空气，这样压缩后的流体被重新引入热交换管路;

d) 将该重新引入热交换管路中的空气流分成两部分，一部分被输送至两个涡轮机中膨胀，另一部分继续在热交换管路中被冷却，然后被膨胀、液化，并被输送至双塔或三塔中的至少一个塔;

e) 两个涡轮机的入口压力比中压高至少 5 巴;

f) 两个涡轮机中至少一个的输出压力基本上等于中压;

g) 将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔;

h) 来自其中一个塔的至少一种加压液体在汽化温度下在热交换管路中被汽化;

i) 使冷增压器机械联接至其中一个涡轮机，

其特征在于:

未联接至冷增压器的涡轮机联接至能量消耗装置，该能量消耗装置选自:

I) 油压制动器系统; 以及

II) 发电机。

根据其它可选的方面:

- 两个涡轮机的输入和输出条件在压力和温度方面相似或相同;
- 输送至涡轮机的空气处于高于该高压的压力，并且来自于冷增压器;
- 处于高压的空气的至少一部分在冷增压器中被增压;
- 生成至少一种液态形式的最终产品;
- 所有旨在用于双塔或三塔中的塔的气态空气来自于空气涡轮机; 以及
- 冷增压器的入口温度接近所述来自其中一个塔的至少一种加压液体的汽化温度。

本发明的另一方面提供一种用于通过低温蒸馏分离空气的空气分离设备，包括:

a) 双塔或三塔式空气分离塔，该空气分离塔中的在较高压力下操作的

塔在称为中压的压力下操作;

b) 热交换管路;

c) 使所有空气处于高于中压的高压的装置，以及用于在该高压下对空气进行净化的装置;

d) 用于将所有净化后的空气流输送至热交换管路内以冷却所述流的装置;

e) 冷增压器，用于将从热交换管路回收的空气输送至冷增压器的装置，以及用于将在冷增压器中增压后的空气在回收部位上游的中间部位输送至热交换管路内的装置;

f) 用于将重新引入热交换管路中的空气流分成两部分的装置，两个涡轮机，以及将所述两部分空气流中的一部分输送至两个涡轮机的装置;

g) 用于将在所述涡轮机中的至少一个内膨胀的空气的至少一部分输送至双塔或三塔的中压塔的装置;

h) 用于为来自其中一个塔的至少一种液体加压的装置，用于将至少一种加压液体输送至热交换管路内的装置，以及用于从热交换管路提取汽化的液体的装置; 以及

i) 冷增压器联接至其中一个涡轮机，

其特征在于，未联接至冷增压器的涡轮机联接至能量消耗装置，该能量消耗装置选自:

I) 油压制动器系统; 以及

II) 发电机。

根据其它可选的方面:

- 该设备包括用于将空气从冷增压器输送至涡轮机的装置; 以及
- 涡轮机并联连接。

优选地，第二增压器的入口温度高于涡轮机的入口温度。

将使用一个附加的涡轮机，该附加的涡轮机与第一涡轮机/增压器组件

的涡轮机并行操作，并配备有自己的能量消耗系统。有利地，该系统将是一个其后设有水冷却器的增压器，该水冷却器安装在加温部分内。

“在压力上接近”的表述是指压力差最多为5巴，优选最多为2巴。“在温度上接近”的表述是指温度差最多为15℃，优选最多为10℃。

增压器是单级压缩机。

所提及的所有压力是指绝对压力。

术语“冷凝”包括准冷凝。术语“汽化”包括准汽化。

本发明与US-A-5 479 980的不同之处在于：（后者）在图4中（可选的涡轮机9），两个涡轮机8、32的入口压力差很大，该压力差至少为14巴；在图5中，该压力差为大约13巴，并且一个涡轮机以低压输出，在纯氧的情况下这是不利的。

附图说明

下面将参考附图对本发明进行更详细的说明，其中：

图1、2和3示出根据本发明的空气分离装置。

具体实施方式

在图1中，处于大气压力的空气流在主压缩机（未示出）中被压缩至约15巴。然后，可选地可以对该空气进行冷却，然后对该空气进行净化以去除杂质（未示出该操作）。净化后的空气被分成两部分。一部分空气3被输送至增压器5，空气在该增压器中被增压至介于17巴和20巴之间的压力，然后，通过水冷却器7对增压后的空气进行冷却，然后将其输送至空气分离装置的主热交换管路9的热端。增压后的空气11被冷却至中等温度，然后离开热交换管路并被分成两小部分。一小部分13被输送至涡轮机17，另一小部分15被输送至涡轮机19。这两个涡轮机具有相同的入口温度和压力以及相同的输出温度和压力，当然这些温度和压力也可以彼此接近而不是相同。这两小部分经涡轮机膨胀的气流被混合在一起，以形成被输送至塔系统的气态空气流21，这将结合附图2进行说明。作为一种变型，

涡轮机 19 可以是在低压塔的压力下进行输送的鼓风涡轮机。

构成空气的剩余部分的处于 15 巴的另一部分空气 2 在热交换管路中被冷却至高于涡轮机 17、19 的入口温度的中等温度，然后在第二增压器 23 中被压缩至约 30 巴，并在较高温度被再次引入热交换管路 9，以继续被冷却。

这样，处于 30 巴的空气 37 在热交换管路中液化而液态氧 25 在热交换管路中汽化，该液体的汽化温度接近第二增压器 23 的入口温度。液化后的空气离开热交换管路并被输送至塔系统。

废氮流 27 在热交换管路 9 中被加温。

第一增压器 5 联接至涡轮机中的一个，17 或 19，第二增压器 23 联接至涡轮机中的另一个，19 或 17。

空气分离装置的塔系统由热联接至低压塔 200 的中压塔 100 形成。

中压塔在 5.5 巴的压力下操作，但其可以在更高的压力下操作。

来自两个涡轮机 17、19 的气态空气 21 是输送至中压塔 100 的底部内的气流。

液化后的空气 37 在阀 39 中膨胀并被分成两部分，一部分被输送至中压塔 100，另一部分被输送至低压塔 200。

在经过阀内膨胀步骤和过冷后，富液 51、下层贫液 53 和上层贫液 55 被从中压塔 100 输送至低压塔 200。

液态氧 57 和液态氮 59 作为最终产品从双塔中回收。

液态氧由泵 500 加压，并作为加压液体 25 被输送到热交换管路 9 内。其它加压的或未加压的液体可以在该热交换管路中汽化。

可选地，从中压塔回收气态氮，并且也在热交换管路 9 中进行冷却。

在已用于使回流液体过冷后，氮 33 被从低压塔的顶部回收并在热交换管路中被加温。

在已用于使回流液体过冷后，废氮 27 被从低压塔的下层回收，并在热交换管路中被加温。

可选地，该塔可以通过处理从低压塔 200 回收的流而生产氩。

作为图 1 的一种变型，只有一部分在第一增压器中增压的空气被输送至涡轮机 17、19。剩下的空气 41 在热交换管路的出口处被液化。然后，该液体在阀 43 中膨胀并与在阀 39 中膨胀的液体 30 混合。该图的其它部分与图 1 的其它部分相同。

在图 2 中，处于大气压力的空气流在主压缩机 1 中被压缩至 15 巴。然后，可选地对该空气进行冷却和净化，以去除杂质并使其冷却。将经过净化的空气的第一部分在第一增压器 5 中增压至约 17 巴的压力，然后通过水冷却器 7 冷却。

离开冷却器 7 后，空气 11 被冷却至接近液态氧汽化温度的热交换管路 9 的中等温度之后在第二增压器 23 中增压至约 30 巴。然后，处于 30 巴的空气在较高温度被重新引入热交换管路 9，并通过穿过该热交换管路而冷却，并且液化。空气 33 分成两路，然后被膨胀和输送至两个塔 100、200。

处于 15 巴的第二部分空气 2 在热交换管路中被冷却至低于增压器 23 的入口温度的温度，然后离开热交换管路并被分成两部分。该空气的每个部分在涡轮机 17、19 中膨胀，然后输送至中压塔 100。

热增压器 5 联接至涡轮机 17，冷增压器 23 联接至涡轮机 19。

在图 2 中，供给两个涡轮机 17 和 19 的空气不是来自热增压器，而是处于高压的空气。冷增压器 23 对来自热增压器 5 的所有空气进行增压，然后该空气被液化。因此，涡轮机的入口压力低于图 1 中的涡轮机的入口压力。图 2 的其它部分与图 1 相同。

在图 3 中，略去了热增压器 5。所有的空气 1 以高于中压 5 至 10 巴的单一压力被输送至热交换管路。该空气在中等温度下被从热交换管路回收，并且所有的空气在低于环境温度的温度下在冷增压器 23 中被增压至 18 巴的压力。接着，增压后的空气被分成两部分。一部分 33 继续冷却直到到达热交换管路的冷端，然后被液化和膨胀，以便输送至塔系统 100、200 的至少一个塔内。

空气的剩余部分以低于冷增压器入口温度的中等温度离开热交换管路，然后被分成两部分并被输送至两个涡轮机 17、19，两个涡轮机的入口

和出口处于相同或相似的温度和压力条件。在涡轮机 17、19 中膨胀后的空气汇合成的气流被输送至中压塔，并构成进入双塔的唯一气态空气。

冷增压器 23 联接至涡轮机 19，涡轮机 17 联接至发电机 61，该发电机可由油压制动器替代。

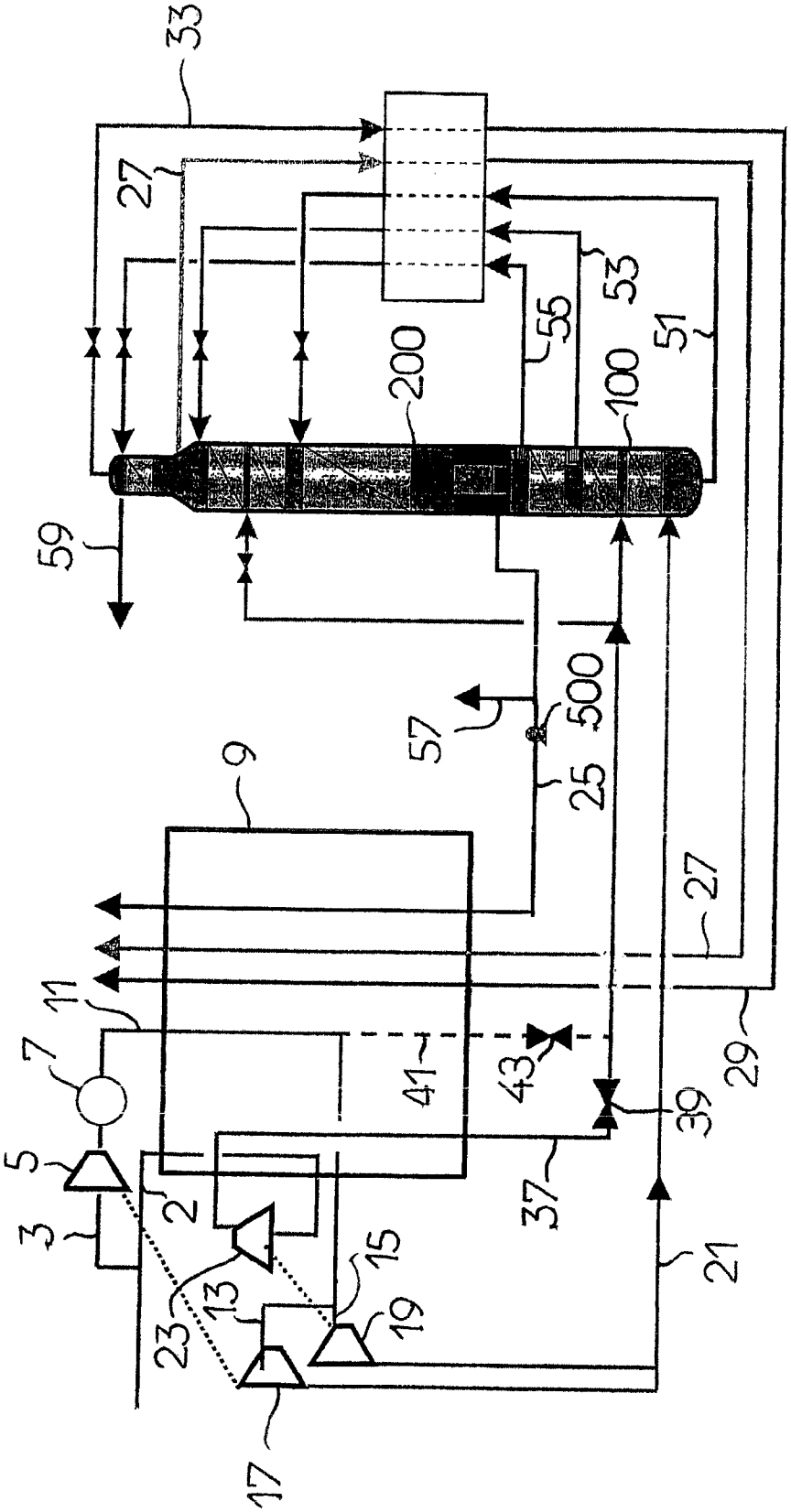

33
27
53
55
51
200
100
59
57
500
25
9
11
7
5
3
2
41
43
39
37
29
27
21
15
13
19
23
17

图 1

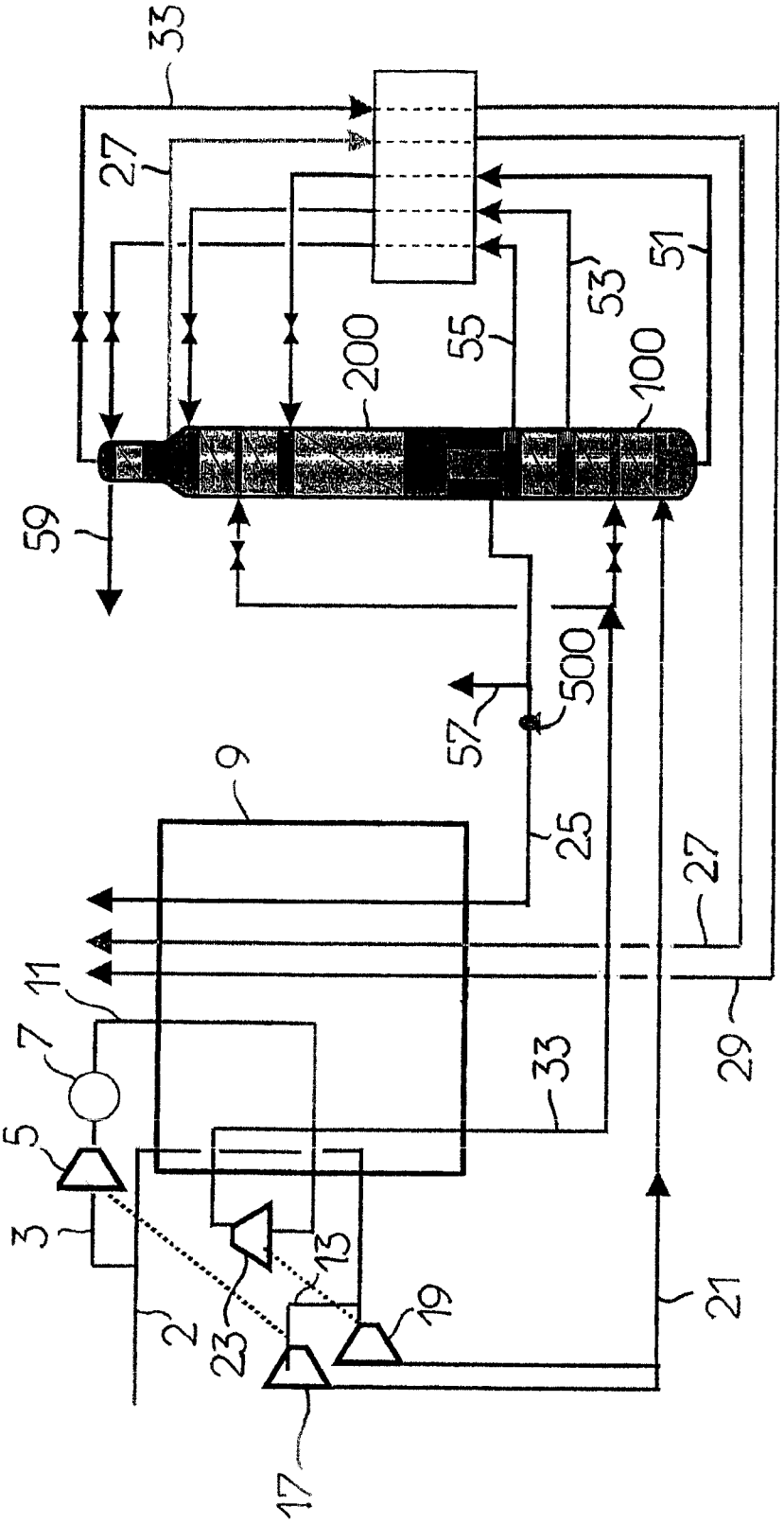


图 2

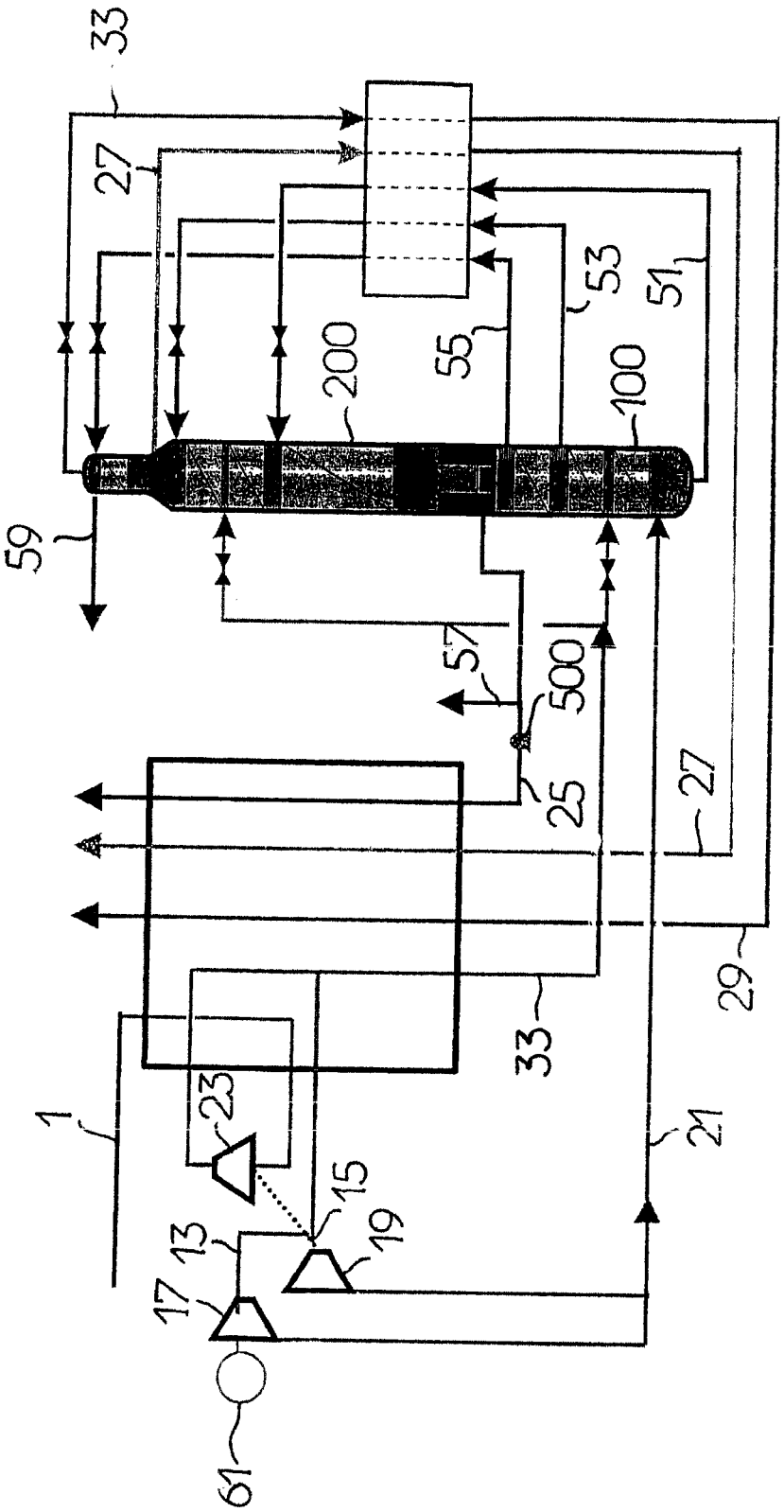


图 3