

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F25B 11/02 (2006.01)

F25B 1/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410032834.7

[45] 授权公告日 2010年1月27日

[11] 授权公告号 CN 100585298C

[22] 申请日 2004.4.9

[21] 申请号 200410032834.7

[30] 优先权

[32] 2003.4.9 [33] JP [31] 104767/2003

[73] 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京

共同专利权人 日立空调系统株式会社

[72] 发明人 舟越砂穗 香曾我部弘胜 远藤和广  
东条健司 松岛弘章

[56] 参考文献

JP2000-161805A 2000.6.16

JP11-63707A 1999.3.5

JP252908A 1998.9.22

EP 1046869A 2000.10.25

US6484519B 2002.11.26

审查员 秦 奋

[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 何腾云

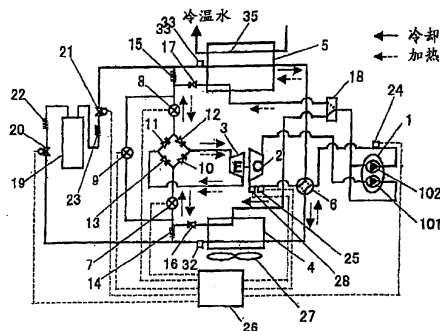
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称

冷冻循环装置

[57] 摘要

一种冷冻循环装置，使用在超临界状态下使用的致冷剂，进行节能运转。通过主压缩机(1)、膨胀机(3)、副压缩机(2)、利用侧热交换器(5)以及热源侧热交换器(4)等构成冷冻循环装置，该副压缩机(2)通过主压缩机另外设置在上游侧。作为致冷剂，使用二氧化碳等的在超临界状态下使用的致冷剂。副压缩机利用由膨胀机所回收的能量，进行驱动。另外，设置致冷剂罐(19)，适宜地控制在冷冻循环中循环的致冷剂量。



1. 一种冷冻循环装置，具有第1压缩机、膨胀机、第2压缩机、利用侧热交换器、热源侧热交换器以及四通阀，该第2压缩机与该膨胀机的旋转轴直接连结，通过上述四通阀进行上述利用侧热交换器的冷却运转和加热运转的转换，其特征在于，

按顺序连接上述第1压缩机、四通阀、热源侧热交换器、膨胀机、利用侧热交换器以及第2压缩机，构成冷冻循环，同时，

具有第1膨胀阀和第2膨胀阀，该第1膨胀阀设置在上述膨胀机和上述热源侧热交换器之间，上述第2膨胀阀设置在上述膨胀机和上述利用侧热交换器之间，

在上述第1、第2膨胀阀与上述膨胀机之间设置整流机构，该整流机构使致冷剂总是在上述膨胀机的入口侧流动。

2. 如权利要求1所述的冷冻循环装置，其特征在于，通过第3膨胀阀连接上述第1膨胀阀的热源侧热交换器侧与上述第2膨胀阀的利用侧热交换器侧之间。

3. 如权利要求2所述的冷冻循环装置，其特征在于，当上述第2压缩机的吸入温度和与该第2压缩机的吸入压力相对应的饱和温度的差在规定值以下时，将上述第1膨胀阀或第2膨胀阀的任意一方全开，同时上述第3膨胀阀全闭，当上述第2压缩机的吸入温度和与该第2压缩机的吸入压力相对应的饱和温度的差在规定值以上时，将上述第1膨胀阀和第2膨胀阀这两方全开，同时将第3膨胀阀调整到全闭以外的开度。

4. 如权利要求1所述的冷冻循环装置，其特征在于，在上述膨胀机的出口上设置气液分离器，具有用于将通过该气液分离器分离的气体喷射到上述第1压缩机上的流路。

5. 如权利要求1所述的冷冻循环装置，其特征在于，作为构成冷冻循环的致冷剂使用二氧化碳。

## 冷冻循环装置

### 技术领域

本发明涉及具有压缩机、利用侧热交换器、热源侧热交换器以及膨胀机的冷冻循环装置，特别是涉及使用二氧化碳作为构成冷冻循环的致冷剂的冷冻循环装置。

### 背景技术

作为具有膨胀机的冷冻循环装置，有例如在专利文献1或专利文献2中所记载的装置。在专利文献1的装置中，是将由膨胀机回收的能源用于压缩机的辅助动力。另外，在专利文献2的装置中，即使是在冷气运转时或暖气运转时的任意一种的情况下，在膨胀机中流动的致冷剂的方向也为一定。

#### [专利文献1]

特开 2002-22298 号公报

#### [专利文献2]

特开 2001-66006 号公报

在上述的以往例中，因为膨胀机和压缩机为一体，所以从压缩机到膨胀机的热泄漏大，存在使冷冻循环装置的效率降低的缺点。

另外，在冷冻循环装置中的冷却运转和加热运转这两者中，没有考虑到适宜地保持膨胀机前后的压力差或在膨胀机中流动的致冷剂流量，因此，也存在效率降低的课题。

作为上述压缩机，也有采用两级压缩机的情况，但没有考虑使第一级压缩部的排出压力（第二级压缩部的吸入压力）为适宜的压力，因此，存在压缩机的效率降低的问题。

另外，关于适宜地控制在冷冻循环中循环的致冷剂的量也没有被考虑到，若是不适宜的致冷剂循环量，则也存在冷冻循环的效率降低的缺点。

### 发明内容

本发明的第1目的是降低从压缩机到膨胀机的热泄漏,提高冷冻循环装置的效率。

本发明的第2目的是适宜地保持膨胀机前后的压力差或在膨胀机中流动的致冷剂流量。

本发明的第3目的是在作为压缩机而采用两级压缩机的装置中,使第一级压缩部的排出压力(第二级压缩部的吸入压力)为适宜的压力。

本发明的第4目的是适宜地控制在致冷剂循环中循环的致冷剂量。

为了达到上述第1目的,本发明的一种冷冻循环装置,具有第1压缩机、膨胀机、第2压缩机、利用侧热交换器以及热源侧热交换器,该第2压缩机与该膨胀机的旋转轴直接连结,在上述第1压缩机的上游侧,设置上述第2压缩机。

根据这样的构成,因为是将与膨胀机直接连结的第2压缩机设置在作为主压缩机的第1压缩机的上游,所以可以减小第2压缩机的压缩比,可以将第2压缩机的排出温度抑制到很低。因此,因为可以缩小膨胀机和第2压缩机的温度差,所以可以减少从第2压缩机到膨胀机的热泄漏。

为了达到上述第2目的,本发明的一种冷冻循环装置,具有第1压缩机、膨胀机、第2压缩机、利用侧热交换器、热源侧热交换器以及四通阀,该第2压缩机与该膨胀机的旋转轴直接连结,通过上述四通阀,进行上述利用侧热交换器的冷却运转和加热运转的转换,按顺序连接上述第1压缩机、四通阀、热源侧热交换器、膨胀机、利用侧热交换器以及第2压缩机,构成冷冻循环,同时,具有第1膨胀阀和第2膨胀阀,该第1膨胀阀设置在上述膨胀机和上述热源侧热交换器之间,上述第2膨胀阀设置在上述膨胀机和上述利用侧热交换器之间,在上述第1、第2膨胀阀和上述膨胀机之间,设置整流机构,该整流机构使致冷剂总是在膨胀机的入口侧流动。

据此,在冷却、加热的任意一种运转中,都可以使在膨胀机中流动的致冷剂的方向为一定,同时也可以适宜地保持膨胀机前后的压力差。

另外,在这里,也可以通过第3膨胀阀,连接上述第1膨胀阀的热源侧热交换器侧和上述第2膨胀阀的利用侧热交换器侧之间。若是这样的构成,则不仅是膨胀机前后的压力差,由于也可以调节在膨胀机中流动的致

冷剂流量，所以可以更好地达成膨胀机的高效率化。

另外，当上述第2压缩机的吸入温度和与该第2压缩机的吸入压力相对应的饱和温度的差在规定值以下时，上述第1膨胀阀或第2膨胀阀的任意一方全开，同时上述第3膨胀阀全闭，当上述第2压缩机的吸入温度和与该第2压缩机的吸入压力相对应的饱和温度的差在规定值以上时，上述第1膨胀阀和第2膨胀阀这两方全开，同时将第3膨胀阀调整到全闭以外的开度，也可以以更高的效率控制冷冻循环装置。

为了达到上述第3目的，本发明的一种冷冻循环装置，具有两级压缩机、利用侧热交换器、减压装置、热源侧热交换器以及四通阀，该两级压缩机具有第一级压缩部以及第二级压缩部，通过上述四通阀，进行上述利用侧热交换器的冷却运转和加热运转的转换，使上述两级压缩机的第一级压缩部的排出流路分支，一方与上述第二级压缩部的吸入流路连接，另一方与三通阀等的流路转换机构连接，该三通阀等的流路转换机构对流向上述利用侧热交换器的流路和流向上述热源侧热交换器的流路进行转换。

象这样，因为是使第一级压缩部的排出流路分支，一方与第二级压缩部的吸入流路连接，另一方与流路转换机构连接，进行流向热源侧热交换器的流路和流向利用侧热交换器的流路的转换，所以在冷却、加热的任意运转中，可以适宜地保持两级压缩机的第1级和第2级的中间压力。

为了达到上述第4目的，本发明的一种冷冻循环装置，具有压缩机、利用侧热交换器、热源侧热交换器以及膨胀机构，具有与上述膨胀机构并列设置的致冷剂罐；用于使致冷剂出入上述致冷剂罐的2条流路；分别设置在上述流路上的阀门；温度检测器，该温度检测器设置在冷却运转时的热源侧热交换器的出口侧、或加热运转时的利用侧热交换器的出口侧；检测上述压缩机的排出压力的压力检测器；控制装置，该控制装置根据由上述温度检测器检测出的温度和由上述压力检测器检测出的压力，对上述2个阀门的开闭或开度进行控制。

象这样，因为通过上述控制装置，根据上述检测温度和压力，控制2个阀门的开闭或开度，该2个阀门分别设置在使致冷剂出入致冷剂罐的2条流路上，所以可以使在冷冻循环中循环的致冷剂的总量产生变化，可以

控制压缩机的排出压力，使冷冻循环装置的效率达到最高。

另外，在上述中，也可以在上述膨胀机的出口上设置气液分离器，具有流路，该流路用于将通过该气液分离器分离的气体喷射到上述第1压缩机上。另外，在上述那样构成的冷冻循环装置中，作为其使用的致冷剂，若使用二氧化碳，则特别有效果。即，若使用二氧化碳致冷剂，则由于放热侧可以在超临界压力下使用，所以可以增加通过膨胀机的能量回收量，特别有效。

本发明的其他目的、特征以及优点从与附图有关的下述本发明的实施例的记载中即可明确。

#### 附图说明

图1是表示本发明的冷冻循环装置的一个实施例的冷冻循环构成图。

图2是说明在图1的装置中的膨胀·压缩循环的作用的莫里尔焓熵图。

图3是说明在图1的装置中，通过主压缩机，进行中间压力控制的情况下的作用的莫里尔焓熵图。

图4是说明在图1的装置中的致冷剂罐的效果的莫里尔焓熵图。

图5是说明本发明的冷冻循环装置的其他实施例的冷冻循环构成图。

图6是说明在图5的实施例中的冷冻循环的作用的莫里尔焓熵图。

#### 具体实施方式

下面，根据附图，说明本发明的具体实施例。通过图1的冷冻循环构成图，说明本发明的第1实施例。首先，根据图1，就冷却运转时（利用侧热交换器5为冷却器）的致冷剂的流动和动作进行说明。在图1中，冷却运转时的致冷剂的流动如实线箭头所示。主压缩机（第1压缩机）1是两级压缩机，例如为2缸的转子压缩机。通过主压缩机的第一级压缩部101所压缩的中间压力的致冷剂，其一部分向第二级压缩部102流动，还有其剩余的向三通阀（致冷剂转换机构）18流动，从三通阀18开始，在实线箭头所示的流路中流动，流入热源侧热交换器（气体冷却器）4，通过其一部分，与空气进行热交换而放热。被吸入上述第二级压缩部102，进而被压缩到高压而排出的致冷剂，以实线箭头的方向在四通阀6中流动，通过热源侧热交换器4，与空气进行热交换而放热。

在这里，在致冷剂为二氧化碳致冷剂的情况下，若外气温度高，则超临界状态的致冷剂在热源侧热交换器 4 内流动。作为热源侧热交换器 4，例如使用翅片管式的致冷剂-空气热交换器，通过风扇 27，使空气流动，进行热交换。热源侧热交换器 4 也可以是致冷剂与水进行热交换的方式。

通过热源侧热交换器 4 放热的致冷剂，由毛细管 14 减压，从主压缩机 1 的中间压力部分通过热源侧热交换器 4 的一部分，与放热的致冷剂合流。在从中间压力部分开始的流路上设置用于防止逆流的单向阀 16。合流的致冷剂通过第 1 电动膨胀阀 7，进行某种程度的减压·膨胀，经单向阀 10，进入膨胀机（膨胀·压缩机的膨胀部）3，该致冷剂一边将所具有的能量赋予膨胀机 3 的旋转运动，一边进行膨胀。膨胀机 3 的旋转轴与副压缩机（第 2 压缩机或膨胀·压缩机的压缩部）2 的旋转轴直接连结，驱动副压缩机 2。也可以将膨胀机和副压缩机放入相同的容器中。

由膨胀机 3 膨胀的致冷剂经单向阀 11，由第 2 电动膨胀阀 8、毛细管 15 进一步被膨胀·减压，进入利用侧热交换器 5。4 个单向阀 10-13 的作用是，即使在冷却、加热的任意运转中，也使在膨胀机 3 中流动的致冷剂的流动方向总是为一定方向。另外，在第 1 电动膨胀阀 7 的入口侧和第 2 电动膨胀阀 8 的出口侧之间，设置旁通流路，该旁通流路具有第 3 电动膨胀阀 9，在启动时等的膨胀机 3 的运转没有稳定时，或仅在通过流经膨胀机 3 的流路中调节过度等，不能充分控制的情况等下，致冷剂也流过具有电动膨胀阀 9 的旁通流路，使致冷剂减压·膨胀。进入到利用侧热交换器 5 的致冷剂进行蒸发·吸热，冷却作为二次致冷剂 35 的冷却水等。从利用侧热交换器 5 出来的致冷剂进入副压缩机 2，受到压缩。副压缩机 2 通过膨胀机 3 旋转，该膨胀机 3 受到回收动力的驱动。由副压缩机 2 压缩的致冷剂被再次吸入主压缩机 1 的第一级压缩部 101。

致冷剂罐 19 设置在热源侧热交换器 4 和利用侧热交换器 5 之间，致冷剂通过两通阀（阀门）20 以及 21，进行向罐 19 的出入，适当地保持在循环中循环的致冷剂的总量。在致冷剂进入罐 19 时，两通阀 20 开启，将通过毛细管 22 减压的液态致冷剂或两相致冷剂储存在致冷剂罐 19 中，在从罐中放出致冷剂时，两通阀 21 开启，放出到循环的低压侧。若是这样，

则可以调整在冷冻循环中循环的致冷剂量。

接着,通过图 1,就加热运转时的致冷剂的流动和动作进行说明。加热运转时的致冷剂的流动如虚线箭头所示。由主压缩机 1 的第一级压缩部 101 压缩的中间压力的致冷剂的一部分,在三通阀 18 的虚线的流路中流动,流到利用侧热交换器 5 的一部分中,在这里,与温水等的二次致冷剂 35 进行热交换而放热。上述中间压力的致冷剂的剩余部分受到主压缩机 1 的第二级压缩部 102 的压缩而被排出,经过四通阀 6 的虚线的流路,达到利用侧热交换器 5。在这里,致冷剂进行放热,加热温水等的 2 次致冷剂。从利用侧热交换器 5 出来的致冷剂由毛细管 15 减压,与经上述三通阀 18 流来的中间压力的致冷剂合流后,由第 2 电动膨胀阀 8 减压·膨胀。在上述中间压力的路径上,设置用于防止逆流的单向阀 17。

从电动膨胀阀 8 出来的致冷剂经单向阀 12,进入膨胀机 3,进一步膨胀。此时,致冷剂的能量作为膨胀机 3 的旋转运动被回收。这与冷却运转时相同。从膨胀机 3 出来的致冷剂经单向阀 13,在第 1 电动膨胀阀 7、毛细管 14 中进一步被减压,到达热源侧热交换器 4。在热源侧热交换器 4 中,致冷剂一边蒸发,一边从空气中吸热。从热源侧热交换器 4 出来的致冷剂经四通阀 6,被吸入副压缩机 2,受到压缩。从副压缩机 2 出来的致冷剂再次被吸入主压缩机 1 的第一级压缩部 101。

致冷剂罐 19 设置在热源侧热交换器 4 和利用侧热交换器 5 之间,致冷剂通过两通阀 20 以及 21,进行罐的出入。在加热运转时,在致冷剂进入致冷剂罐 19 时,两通阀 21 开启,在从致冷剂罐 19 中抽取致冷剂时,两通阀 20 开启。象这样,可以适当地保持在循环中循环的致冷剂量。

通过图 2,就本实施例的冷冻循环装置的膨胀·压缩机的效果进行说明。图 2 表示二氧化碳致冷剂等超临界冷冻循环的莫里尔焓熵图(压力-热函线图)。超临界循环是指图 2 的高压侧压力(从 B 到 C 的压力)超过了临界点的压力的循环。在图 2 中,用虚线表示不具有膨胀机的以往的通常的超临界循环。

首先,就冷却运转进行说明。膨胀过程 C-D 是等焓变化,与热函轴垂直。在通过膨胀机进行膨胀的情况下,膨胀过程为图 2 的 C-E,接近等



熵变化。蒸发能力相对于没有膨胀机的情况下为  $h_e$ ，由于具有了膨胀机，而使  $h_e'$  增大。因为冷却能力是用致冷剂流量  $G_r$  和蒸发器出入口的热函差的乘积表示，所以通过设置膨胀机，可以增大冷却能力。而且，因为通过使用由膨胀机 3 回收的能量，作为副压缩机 2 的动力，使副压缩机产生的热函和压力沿图 2 的 A-F 变化，在主压缩机 1 中，沿 F-B 变化，所以主压缩机 1 的热函差从以往循环的  $h_{cp}$  减少至  $h_{cp1}$ 。因为主压缩机的动力是用致冷剂流量  $G_r$  与主压缩机的出入口的热函差的乘积表示的，所以可以降低主压缩机的动力。在图 2 中， $h_{cp2}$  是由膨胀机 3 回收的能量中的赋予副压缩机 2 的动力的量，即表示主压缩机 1 的动力降低的量。象这样，因为冷却能力增加，压缩机的动力降低，所以可以提高冷冻循环装置的 COP（性能系数），实现节能运转。

在加热运转中，因为加热侧的热函差  $h_c$  没有根据膨胀机变化，所以加热能力没有改变，但主压缩机的动力与冷却运转时一样，也是减少。因此，即使是在加热运转时，因为压缩机的动力也降低，所以可以提高冷冻循环装置的 COP（性能系数），实现节能运转。

在上述实施例中，是将主压缩机 1 作为二级压缩机，通过图 3，对其动作进行说明（中间压力控制循环）。从主压缩机的第一级压缩部 101 的出口，即第二级压缩部 102 的入口（将这部分称为中间压力部），将致冷剂的一部分分配到成为高压侧的热交换器 4 或 5。若将在第一级压缩部 101 中流动的致冷剂流量作为  $G_r$ ，将从中间压力部向高压侧热交换器 4 或 5 分配的致冷剂流量作为  $G_{r1}$ ，则在第二级压缩部 102 中流动的致冷剂流量为  $G_r - G_{r1}$ ，第一级压缩部的热函差为  $h_{cp3}$ ，第二级压缩部的热函差为  $h_{cp4}$ 。通过调整致冷剂流量  $G_{r1}$ ，可以在使第二级压缩部的排出侧压力保持均等的条件下，调整第一级压缩部的压力差和第二级压缩部的压力差。通过使第一级压缩部的压力差和第二级压缩部的压力差近似相等，可以减少从第一级和第二级的各自的压缩部中的高压侧到低压侧的致冷剂泄漏总量，由于提高了主压缩机全体的体积效率和全隔热效率，所以可以降低主压缩机 1 的动力。通过毛细管 14 或 15，调整由中间压力部所分配的致冷剂的流量  $G_{r1}$ 。若用电动膨胀阀等的可变调节装置代替毛细管，则

可以根据各种运转条件，调整流量  $G_{rl}$ ，进一步提高效率。

通过图 1 以及图 4，说明图 1 所示的致冷剂罐 19 和减压机构（毛细管）22、23 的功能。致冷剂罐 19 通过使存留在其中的致冷剂量变化，具有调整在循环中循环的致冷剂的总量的功能。通过使致冷剂出入致冷剂罐 19，高压侧的压力产生变化。例如，在冷却运转中，在如图 4 的实线所示的循环 ABCD 中运转时，若低压侧的阀门 21 开启，将致冷剂罐 19 的致冷剂放出到运动的循环内，则高压侧的压力上升，如虚线的循环 A'B'C'D' 那样变化。冷却运转时，若假设成为放热器的热源侧热交换器的出口侧温度相同，则从 C 到 C' 的变化是沿等温线的变化。此时，利用侧热交换器（冷却运转时是蒸发器）的出入口的热函差从图 4 的  $\Delta h_e$  变化到  $\Delta h_e'$ ，再有，压缩机出入口的热函差从  $\Delta h_{cp}$  变化到  $\Delta h_{cp}'$ 。表示冷冻循环的性能的 COP 是蒸发器出入口的热函差除以压缩机出入口的热函差，因此，COP 从  $\Delta h_e/\Delta h_{cp}$  变化为  $\Delta h_e'/\Delta h_{cp}'$ 。

因为图 4 的等温线的倾斜并非一定，另外压缩时的等热熵线的倾斜也发生变化，所以 COP 的值根据高压侧的压力变化，存在 COP 达到最大的高压侧压力。因此，在成为放热器的热交换器的出口，设置检测温度的温度传感器 32、33，另外，对应放热器（冷却运转时为热源侧热交换器 4，加热运转时为利用侧热交换器 5）的出口温度，预先读取 COP 达到最大的压缩机排出压力的数据，将其存储到控制装置 26 的记忆装置中。将与由温度传感器 32 或 33 检测出的温度相对应的适宜压力，与压缩机排出压力传感器 24 检测出的压力进行比较，根据其差，调节阀门 20 或 21 的开度或开启时间，控制罐内的致冷剂量，使压缩机排出压力达到目标值。通过这样的控制，可以适宜地控制排出压力，可以得到高 COP。

为了防止因为罐内的剧烈的致冷剂量的变化而造成的控制不稳定，在本实施例中，设置毛细管（减压机构）22、23。另外，若使用电动膨胀阀代替毛细管 22、23，则也可控制更微小的致冷剂量。

接着，就电动膨胀阀 7、8 以及 9 的控制进行说明。在冷却运转的情况下，通常是控制第 1 膨胀阀 7 的调节量，第 2 膨胀阀 8 为全开，第 3 膨胀阀 9 为全闭。控制装置 26 控制膨胀阀 7，使由副压缩机 2 的吸入致

冷剂温度传感器 25 检测出的吸入温度，和与由副压缩机吸入压力传感器 28 检测出的压力对应的饱和温度的差，即副压缩机的吸入过热达到目标值。

即使是在膨胀阀 7 全开，过热仍大于规定值的情况下，通过控制装置 26，控制旁通回路的第 3 膨胀阀 9，据此也可控制副压缩机的吸入过热。

在加热运转的情况下，通常控制第 2 膨胀阀 8 的调节量，第 1 膨胀阀 7 为全开，第 3 膨胀阀 9 为全闭。第 2 膨胀阀 8 的调节量与冷却运转的情况相同，也是根据副压缩机 2 的吸入过热来控制。即使是在第 2 膨胀阀 8 全开，过热仍大于规定值的情况下，控制装置 26 通过控制旁通回路的第 3 膨胀阀 9，也可以控制副压缩机的吸入过热。

另外，可以根据副压缩机的转数或外气温度，设定副压缩机的排出温度的目标值，以此代替副压缩机的吸入过热，用以控制第 1 膨胀阀 7，使排出温度达到目标值，即使是在膨胀阀 7 全开，排出温度仍高于目标值的情况下，也可以通过第 3 膨胀阀 9，控制排出温度达到目标值。

在本实施例中，是以将利用侧热交换器 5 与冷温水进行热交换的形态为例进行的说明，例如蒸汽泵式水冷单元那样的形态，也可以如成套空调那样，将利用侧热交换器作为与空气进行热交换的热交换器。

根据本实施例，因为是将由膨胀机 3 回收的能量用于副压缩机 2 的动力，所以可以降低冷冻循环装置的电力等的消耗能源。另外，因为除了主压缩机 1 以外，设置有与膨胀机 3 直接连结的副压缩机 2，所以可以将从压缩机侧到膨胀机侧的热泄漏限制到很小，可以确保高效率。再有，根据本实施例，是通过将主压缩机 1 的中间压力部控制在适宜的压力，也可以使压缩机效率提高，可以降低消耗能量。另外，也可以适宜地调节冷冻循环中的致冷剂量，据此，提高冷冻循环的效率，可以寻求消耗能量的降低。

通过图 5，说明本发明的其他实施例。在图 5 中，与图 1 的实施例不同之处在于气体喷射循环，该气体喷射循环为在膨胀机 3 的出口设置气液分离器 29，将由该气液分离器 29 分离的气体致冷剂喷入主压缩机 1 的中间压力部，即第一级压缩部 101 和第二级压缩部 102 的中间。

首先，说明该气体喷射循环在冷却运转时的动作。在图 5 中，实线的

箭头表示在冷却运转时的致冷剂的流动。从主压缩机 1 的第二级压缩部 102 出来的致冷剂，以实线的方向流向四通阀 6，通过热源侧热交换器 4，由外气空气放热，受到冷却。从热源侧热交换器 4 出来的致冷剂穿过第 1 电动膨胀阀 7。电动膨胀阀 7 调整为或是全开，或是有若干调节程度的开度。来自电动膨胀阀 7 的致冷剂穿过单向阀 10，进入膨胀机 3，在这里一边膨胀，一边其能量被回收。从膨胀机 3 出来的致冷剂进入气液分离器 29，被分离为气体和液体。分离后的气体致冷剂从气液分离器 29 的中央的管路流出，经两通阀 30、单向阀 31，被喷入主压缩机 1 的中间压力部。由气液分离器 29 分离出的液体致冷剂从图的左侧的管路流出，穿过单向阀 11，在第 2 电动膨胀阀 8 中减压·膨胀，在利用侧热交换器 5 中蒸发·吸热，冷却作为二次致冷剂 35 的冷却水。从利用侧热交换器 5 出来的致冷剂穿过四通阀 6 的实线流路，被副压缩机 2 压缩，到达主压缩机 1。在主压缩机 1 中，由第一级压缩部 101 压缩至中间的压力，与来自气液分离器 29 的致冷剂气体合流，被吸入第二级压缩部 102，被进一步压缩后排出。

在加热运转的情况下，致冷剂向如图 5 的虚线所示的箭头方向流动，致冷剂由利用侧热交换器 5 放热，由热源侧热交换器 4 蒸发·吸热。由于基本的动作与上述冷却运转的情况相同，所以省略其说明。

通过图 6 的莫里尔焓熵图，说明在图 5 的实施例中的膨胀机 3 和气体喷射回路的效果。假定致冷剂为二氧化碳致冷剂等，在高压侧为超临界的致冷剂。图 6 所示的虚线表示没有膨胀机或喷射回路的以往的冷冻循环装置的情况，因为与图 2 的说明相同，所以在图 6 中省略说明。图 6 中实线所示为本实施例，在该图中，A 点相当于副压缩机 2 的吸入。在副压缩机 2 中，从 A 压缩到 F，再有由主压缩机 1 的第一级压缩部 101 从图的 F 点压缩到 G 点。在第一级压缩部 101 的出口中，与来自气液分离器 29 的致冷剂气体合流，达到 J 点之前，热焓较低。从这里开始，在主压缩机 1 的第二级压缩部 102 中进行进一步的压缩，达到 K 点。从 K 点到 C 点，在冷却运转时，致冷剂在热源侧热交换器 4 中放热，在加热运转时，在利用侧热交换器 5 中放热。接着，在膨胀机 3 中膨胀，热焓和压力降低，直至到达 H 点。

由气液分离器 29 分离的气体致冷剂被喷射到主压缩机 1 的中间压力部。这用从 H 到 J 的路径表示。液体致冷剂热函降低, 达到 L 点, 进一步通过电动膨胀阀 7 或 8 膨胀·减压, 达到 E 点。从 E 点到 A 点, 冷却运转时, 在利用侧热交换器 5 中蒸发·吸热, 在加热运转时, 在热源侧热交换器 4 中蒸发·吸热, 到达 A 点, 完成 1 个循环。

根据本实施例, 在冷却运转中具有以下的效果。即, 在图 6 中, 低压侧(利用侧热交换器 5)的致冷剂流量与以往的循环相同, 为  $G_r$ , 在以往的循环的利用侧热交换器中的出入口的热函差  $h_e$  仅增加了膨胀机 3 产生的效果  $h_{exp}$  和气体喷射产生的效果  $h_{inj}$  之和的量, 为  $h_e'$ 。因此, 冷却能力增加, 该冷却能力为蒸发器出入口的热函差和致冷剂流量的乘积。

另一方面, 主压缩机的第一级压缩部 101 的热函差与以往的循环相比有所减少, 为  $h_{cp3}$ , 可以减少主压缩机的第一级压缩部的输入, 在该以往的循环中, 副压缩机 2 的动力仅为由膨胀机回收之中的有效部分的  $h_{cp1}$ 。在主压缩机的第二级压缩部 102 中, 致冷剂流量从以往的循环的  $G_r$  增加到  $G_r+G_{r1}$ , 另一方面, 热函差从  $h_{cp4}$  减少到  $h_{cp5}$ 。因为输入(压缩机动力)是致冷剂流量和压缩机出入口的热函差的乘积, 所以也可以减少第一级和第二级的压缩部的合计输入。因为冷却能力增加, 主压缩机的输入减少, 所以可以提高 COP(性能系数), 实现节能运转。

在加热运转的情况下, 高压侧(利用侧热交换器 5)的致冷剂循环量从  $G_r$  增加到  $G_r+G_{r1}$ , 热函差从  $h_c$  减少到  $h_c'$ 。通常, 因为致冷剂循环量的增加比例大于热函的减少比例, 所以也增加了加热能力。对于输入, 则与冷却运转的情况相同, 是减少。因此, 在加热运转时, 也可以提高 COP, 实现节能运转。

根据图 5 的实施例, 因为是将由膨胀机回收的能量用于副压缩机的动力, 所以可以降低冷冻循环装置的消耗能量。另外, 根据本实施例, 因为是将由气液分离器分离的气体致冷剂喷入主压缩机的中间压力部分, 所以可以提高冷冻循环的效率, 降低能量消耗, 该气液分离器设置在膨胀机的出口上。

如上所说明的那样, 根据本发明, 因为是利用由膨胀机回收的能量,

驱动副压缩机，该副压缩机与主压缩机分别设置，所以可以降低从主压缩机到膨胀机的热泄漏，同时也可以大幅提高冷冻循环装置的效率，其结果是具有可以实现节能运转的效果。

另外，通过设置第 1-第 3 膨胀阀并进行控制，可以适宜地保持膨胀机前后的压力差或在膨胀机中流动的致冷剂流量。

再有，在作为主压缩机而采用的二级压缩机中，或是通过将第一级压缩部的排出压力（中间压力部）的一部分旁通到放热器侧，或是在膨胀机下游，将被气液分离的气体致冷剂喷入上述中间压力部，就可以使主压缩机排出侧压力为适宜的压力。

另外，通过设置致冷剂罐，也可以适宜地控制在冷冻循环中循环的致冷剂量。

虽然上述的记载是就实施例进行的，但本行业的人员明白，本发明可以在其主旨和随附的权利要求的范围内进行各种的变更以及修改。

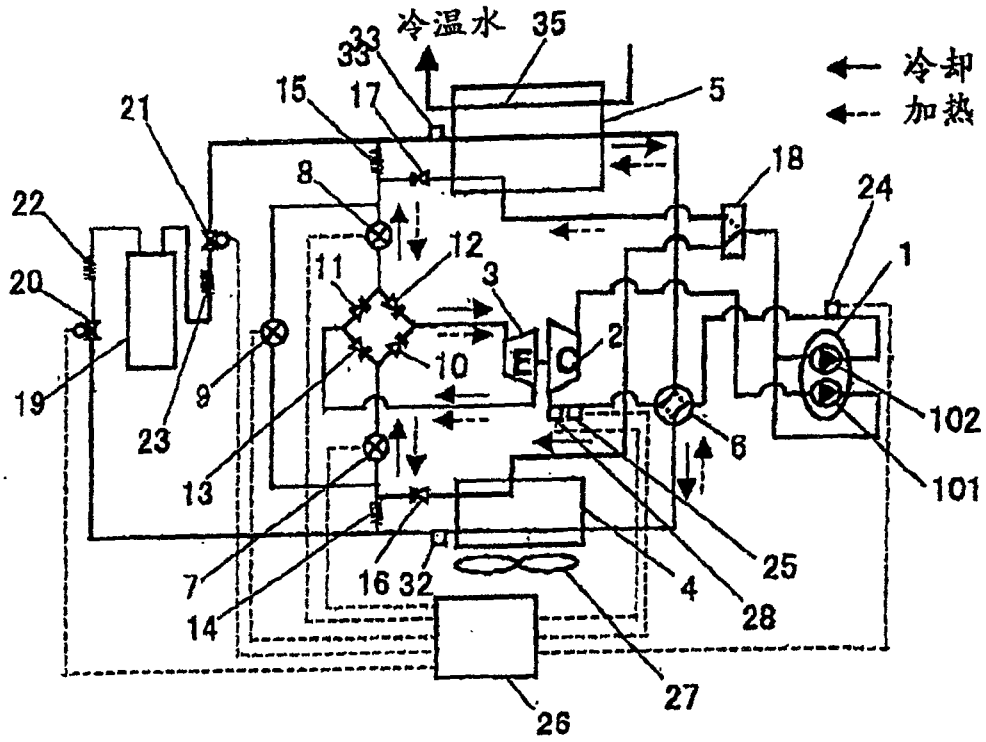


图1

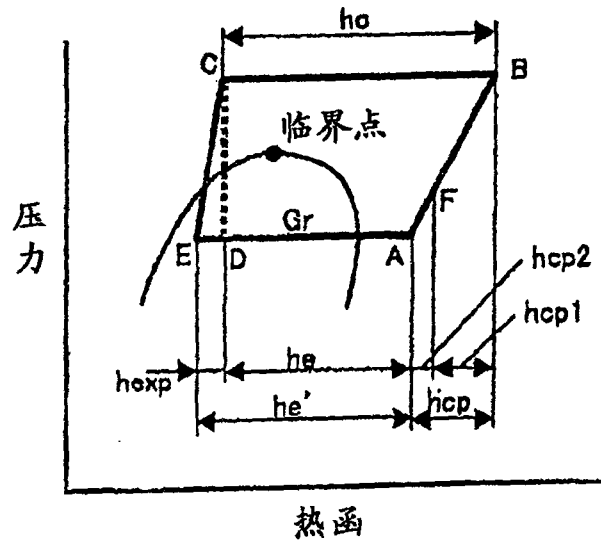


图2





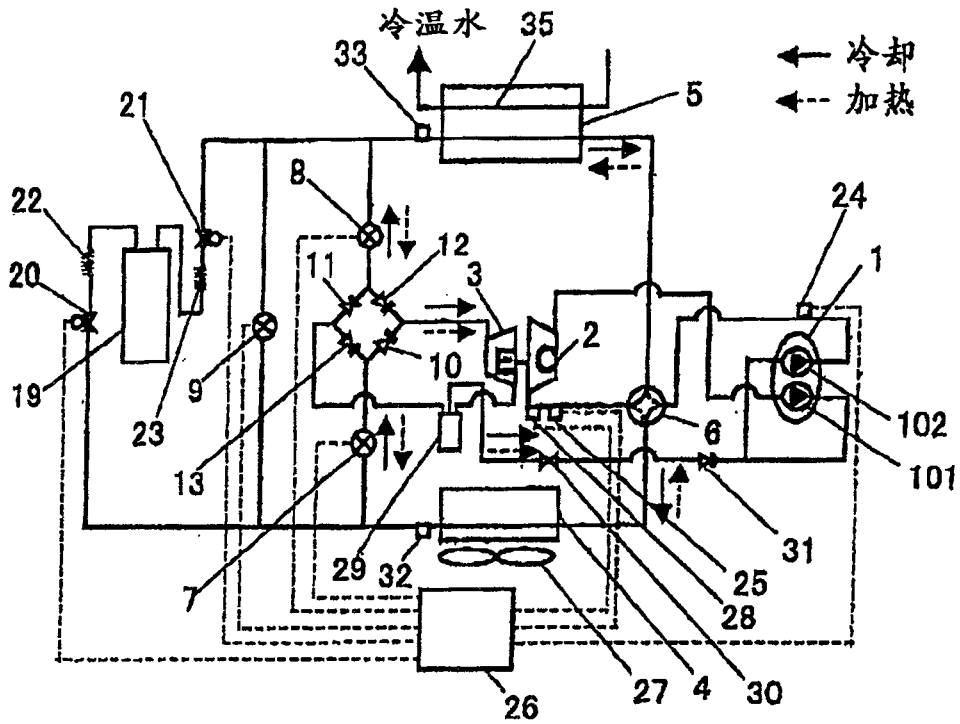
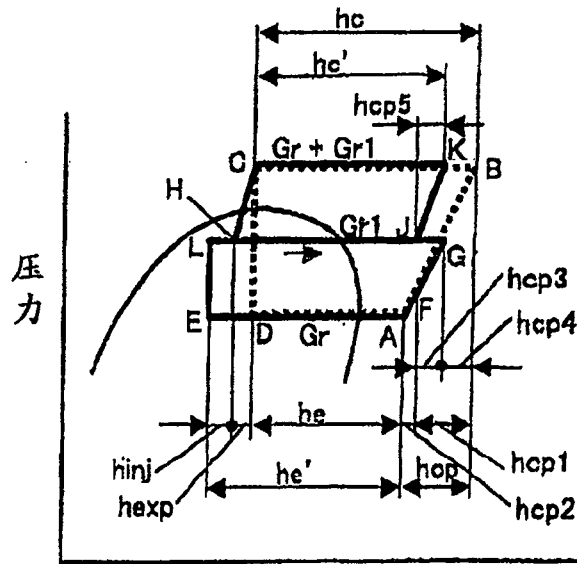


图5



热函  
图6