

[19] 中华人民共和国专利局

[11] 公开号 CN 1067114A



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 91103255.X

[51] Int.Cl<sup>5</sup>

F25J 3/00

[43] 公开日 1992年12月16日

[22] 申请日 91.5.21

[71] 申请人 北京市西城区新开通用试验厂

地址 100032 北京市辟才胡同 80 号

[72] 发明人 石 行

[74] 专利代理机构 三友专利事务所

代理人 朱慕光

说明书页数: 7

附图页数: 1

[54] 发明名称 一种石油气体液化分离处理装置

[57] 摘要

一种石油气体液化分离处理装置,它属于石油以及天然气处理的加工装置。它有空气热交换器,涡轮压气机,轻烃分离器和液化天然气分离器,其特征在于:有压气机与原动机一体的双转子航空涡轮风扇发动机和由它带动的动力涡轮,动力涡轮,深冷膨胀涡轮,中压压气机,发电机,储气容器和换热冷箱。通过航空发动机外涵空气和中压压气机压缩的中压空气两级制冷,液化被处理气体。该装置可由航空发动机直接改装,以降低设计制造成本。

<32>

## 权 利 要 求 书

1、一种石油气体液化分离处理装置，它有空气热交换器 1 和 2，涡轮压气机 3 和 4，轻烃分离器 5 和液化天然气分离器 6，其特征在于：有高压压气机 7、燃烧室 8、高压涡轮 9、低压涡轮 10、涡轮压气机 3 与高压压气机 7、燃烧室 8、高压涡轮 9 和低压涡轮 10 组成了一台双转子航空涡轮风扇发动机 11，涡轮压气机 3 为航空涡轮风扇发动机 11 的低压压气机，该低压涡轮压气机 2 所压缩的外涵气流为低压制冷空气，在外涵的低压制冷空气流程中，有气水分离器 12 和 13，气水分离器 12 和 13 输入端口分别接在空气热交换器 1 和 2 的输出口端，在气水分离器 12 之后接有由浅冷膨胀涡轮 15 带动的涡轮压缩机 14，在浅冷膨胀涡轮 15 后有预冷冷箱 16，双转子航空涡轮风扇发动机 11 的尾喷口处接有动力涡轮 17，动力涡轮 17 与涡轮压气机 4 相连，并接有深冷膨胀涡轮 19 和发电机 20，在涡轮压气机 4 空气输出口后接有空气热交换器 21，之后连接预冷冷箱 16 被冷却气体输入口，预冷冷箱 16 被冷却气体输出口接于深冷膨胀涡轮 9 的空气输入口，在其输出口后串接有深冷冷箱 22，中冷冷箱 23，并由中冷冷箱制冷介质输出口接回到涡轮压气机 4 进气口处，在涡轮压气机 4 进气口处还接有可储存一定空气的储气容器 18，涡轮压气机 4 和深冷膨胀涡轮 19 组为去除了低压压气机和燃烧室以及燃油控制附件箱之航空涡轮风扇发动机，被处理石油气体输入口直接接于中冷冷箱 23 被冷却气体入口端，其输出口端接于轻烃分离器 5 输入口，轻烃分离器 5 气体输出端接于深冷冷箱 22 的被冷却气体入口端，输出口端接于液化天然气分离器 6 的输入端。

2、如权利要求 1 所述的石油气体液化分离处理装置，其特征在于：在低压制冷空气回路中，在预冷冷箱 16 制冷介质输出口有管道连接于低压涡轮压气机 3 入口端，并在入口端管道壁开有与大气相通的用于补充空气的辅助进气口。

## 一种石油气体液化分离处理装置

一种石油气体液化分离处理装置，它属于石油以及天然气处理的加工装置，适用于石油气体（包括石油开采时的伴生气体和天然气等）的处理加工工厂。

现在对各种石油气体多数是采用压缩及膨胀制冷的的方法分离其中的轻烃组份（丁烷以上重组分）和其它的可燃气体。分离后的各种组份不仅可以做不同的用途，而且由于液化后体积大大缩小，有利于运输和储存。对于石油气体这样的多组分气体，现在多采用液化分离的方法进行组分的分离。使用不同组分的液化点温度不同的特性，把石油气体冷地到某一组分的液化温度，而液化温度低的组份仍然保持气态，然后使用重力分离器进行重力气液分离。这种分离方法的结构简单，分离效率高。由于石油气体中各组分的液化点在常压下都在常温以下，为了使其液化，现在所采用的方法都是使用压缩机对其进行直接加压，然后使用冷却换热器把它冷却到低于常温，所加压力使得石油气体中的高温组份在比价经济的低温下达到液化点。对于多级分离（多组分分离）要进行多次压缩。由于石油气体处理时的流量很大，现在采用的压缩机多数是离心压缩机组。而大型离心压缩机组的设计和制造都很困难。特别是由于石油气体处理工厂对压缩机的批量要求不是很大，各个气体处理厂所处理的石油气体组份和性质以及工作参数（如流量等）都不相同，所以其压缩机的设计参数也不相同。如果使用相同的压缩机，则绝大多数压缩机都未工作在设计状态点上，这对压缩机效率、工作寿命影响很大。如果每一台压缩机都按将来工作地点的石油气体参数进行设计制造，这会增加很大的设计制造成本，而且也大大加长了气体处理厂的设计建设周期。实际上也很难在装置运行前提出非常精确的，不变的运行参数。由于压缩机是专门设计制造的，这给设备的维修造成了很大困难，不易保证生产的正常进行。由于石油气体随着石油以及天然气开采时间的流逝，其性质也会发生变化，所以即便是专门设计制造的压缩机，其工作点也将变化，不能在整个寿命周期中都保持在最佳工作点，而在大部分时间里，都要降低运行效率。

现在大功率、大流量的压缩机，以航空涡轮发动机最为先进，其效率、使

用寿命以及功率重量比都已达到了很高的水平。但是，由于航空涡轮发动机中压气机所压缩的是空气介质，空气介质与石油气体的流体性质差别较大，使用航空涡轮发动机的压气机直接作为石油气体压缩机来压缩石油气体时，需对其进行重大的改型设计，涡轮叶片以及机匣全都需要重新设计计算。因此改型工作量也很大，特别是不能利用还有一定剩余寿命的退役航空涡轮发动机和淘汰的备用发动机，这是一个很大的浪费。

本发明的目的是发明一套石油气体分离液化装置，它使用现有分离液化所不同的流程，使石油气体性质变化的影响不大，可以使用现有航空涡轮发动机的设计或直接利用现有航空涡轮发动机，降低本装置的设计制造成本。有很强的适应性。

本发明的结构组成如附图 1 所示。它有空气热交换器 1 和 2，涡轮压气机 3 和 4，轻烃分离器 5 和液化天然气分离器 6，其特征在于：有高压压气机 7、燃烧室 8、高压涡轮 9、低压涡轮 10、涡轮压气机 3 与高压压气机 7、燃烧室 8、高压涡轮 9 和低压涡轮 10 组成了一台双转子航空涡轮风扇发动机 11，涡轮压气机 3 为航空涡轮风扇发动机 11 的低压压气机，该低压涡轮压气机 3 所压缩的外涵气流为低压制冷空气，在外涵的低压制冷空气流程中，有气水分离器 12 和 13，气水分离器 12 和 13 输入端分别接在空气热交换器 1 和 2 的输出口端，在气水分离器 12 之后接有由浅冷膨胀涡轮 15 带动的涡轮压缩机 14，在浅冷膨胀涡轮 15 后有预冷冷箱 16，双转子航空涡轮风扇发动机 11 的尾喷口处接有动力涡轮 17，动力涡轮 17 与涡轮压气机 4 相连，并接有深冷膨胀涡轮 19 和发电机 20，在涡轮压气机 4 空气输出口后接有空气热交换器 21，之后连接预冷冷箱 16 被冷却气体输入口，预冷冷箱 16 被冷却气体输出口接于深冷膨胀涡轮 9 的空气输入口，在其输出口后串接有深冷冷箱 22，中冷冷箱 23，并由中冷冷箱制冷介质输出口接回到涡轮压气机 4 进气口处，在涡轮压气机 4 进气口处还接有可储存一定空气的储气容器 18，涡轮压气机 4 和深冷膨胀涡轮 19 组为去除了低压压气机和燃烧室以及燃油控制附件箱之航空涡轮风扇发动机，被处理石油气体输入口直接接于中冷冷箱 23 被冷却气体输入口端，其输出口接于轻烃分离器 5 输入口，轻烃分离器 5 气体输

出端接于深冷冷箱 2 2 的被冷却气体入口端，出口端被接于液化天然气分离器 6 的输入端。

附图 1 也是本发明的流程示意图，从图中看到，它是由三个气体流程所组成。它们是：低压制冷空气流程；中压制冷空气流程和恒压石油气体液化分离流程。其中，低压制冷空气流程是开式循环的，中压制冷空气流程是闭式循环的。这两个循环都使用空气作为制冷介质，而且通过两级制冷的方法达到石油气体中可燃天然气（主要是甲烷）的常压液化温度。在低压制冷空气流程中，外界空气被航空涡轮风扇发动机组 1 1 的低压涡轮压气机 3 吸入并压缩。经压气机 3 压后的低压空气分为两个部分（对应于原发动机的内涵气流和内涵气流）。内涵气流被引出，作为该制冷气体流程中的制冷介质使用。而内涵气流作为航空涡轮发动机组的空气源，经高压压气机 7 进一步压缩后，送入燃烧室 8 加入燃料燃烧，提供整个装置的动力。燃烧后的高温高压气体通过高压涡轮 9 和低压涡轮 1 0 减压膨胀做功，高、低压涡轮 9、1 0 吸收的能量又带动高、低压涡轮压气机 7、3 工作，构成一个能自行独立运行的压气机与原动机一体的燃气机泵站。由于原航空发动机尾喷口处所排气体还有大量的动能和内能，因此加装一个自由动力涡轮 1 7。动力涡轮充分吸收尾排气中的动能和内能，并作为中压制冷空气流程中的动力源，带动中压涡轮压气机 4。与动力涡轮 1 7 和中压涡轮压气机 4 共轴的还有深冷膨胀蜗轮 1 9 和发电机 2 0。深冷膨胀蜗轮 1 9 用来回收中压制冷空气膨胀制冷时的部分动能。由于动力涡轮 1 7 和深冷膨胀蜗轮 1 9 输出功率大于中压涡轮压气机 4 所需要的输入功率，同时也为了便于调整制冷空气流程工况，加装了发电机 2 0，用于吸收多余的能量。整个石油气体处理装置的动力由一台航空涡轮风扇发动机 1 1 所提供，不需要外界输入能量，并且有一定的电能和由动力涡轮 1 7 排出的具有一定热量的燃气热能输出。

本发明的气体流程详述如下：

**低压制冷空气流程。**外界空气经低压涡轮压气机 3 压缩后，内涵气流被引出。由于空气压缩后温度将升高，因此通过空气热交换器 1 对被压缩空气进行降温，使之温度降回到室温。降温后，被压缩空气中的一部分水分将会凝结，

因此让其通过气水分离器 1 2，除去凝结成液体的水分。降温后的加压气体通过由浅冷膨胀涡轮 1 5 带动的涡轮压缩机 1 4 进一步加压，加大被压缩气体的压力，以提高制冷温差。由于进一步加压后，被压缩空气的温度将再次升高，因此通过空气热交换器 2 降温，并再次用气水分离器 1 3 除去多余的水分。通过两次加压后的常温高压空气进入浅冷膨胀涡轮 1 5 绝热膨胀。由于气体在绝热膨胀后，温度下降，因此膨胀后的被压缩空气变为常压低温空气，用于在预冷冷箱 1 6 中对中压制冷空气流程中的高压空气进行冷却，带走高压空气的热量。浅冷膨胀涡轮 1 5 吸收低压制冷空气流程中加压空气绝热膨胀时所具有的动能，以驱动涡轮压缩机 1 4。通过预冷冷箱 1 6 吸收了中压制冷空气流程中的高压空气的热量，低压空气温度回升到接近室温，作为废气排入大气，完成低压制冷空气流程循环。因此，该流程是一个开式循环。

**中压制冷空气流程。**该流程中的制冷空气介质是循环使用的。循环的高压空气进入中压涡轮压气机 4 中加压压缩。由于涡轮压气机 4 有较大的压缩比，加压后的空气具有较大的压力，同时温度也上升较高，因此通过空气热交换器 2 1 进行冷却换热。温度降到接近常温，然后再进入预冷冷箱 1 6 进行冷却，把所带有的热量进一步换给低压制冷空气介质，从而降低该制冷机械的热端温度。低温高压的空气介质进入深冷膨胀涡轮 1 9 绝热膨胀，压力降低到涡轮压气机 4 压缩前的压力，温度降低到可使石油气体中甲烷在常压下液化的温度。膨胀后的极低温空气介质进入深冷冷箱 2 2，对已分离出轻烃后的石油气体中剩余气体进行降温液化。通过深冷冷箱吸热后的制冷空气介质温度还保持在常压下轻烃液化温度之下，因此，进入中冷冷箱 2 3 与石油气体进行热交换，降低石油气体温度，使石油气体中轻烃组合液化。在中冷冷箱 2 3 中进行完热交换的空气介质重新进入中压涡轮压气机 4 进行循环。

**石油气体处理流程。**由收集及输送管路送来的净化石油气体进入中冷冷箱 2 3，被中压制冷空气所冷却换热，温度降到轻烃液化温度之下。其中的轻烃组分液化，其混合液体进入轻烃分离器 5，在重力作用下，液化的轻烃与气相物质分离，分离后的液化轻烃成为所得产品之一被收集输出。剩余气体进入深冷冷箱进一步降低温度，使其中的可燃组分（如甲烷等）进一步液化，然后进

入液化天然气分离器 6，再次进行液化分离。液化输出的液体为工业或民用的液化天然气，而不能液化的剩余尾气主要是氮、二氧化碳以及其它惰性气体，从液化天然气分离器顶部排出以用做其它处理或作为废气排放。在石油气体处理流程中，不用对其进行加压，所需要提取的轻烃和天然气都以液相形式输出。在该流程中，两次降温液化都会产生压力降低，因此，依靠该压降就能保持被处理石油气体的一定输入流量，以连续工作。

在本发明中，核心部件一涡轮压气机 3 和 4 以及原动机由航空涡轮风扇发动机改型设计或直接改装。涡轮压气机 3 和原动机由一台双转子航空涡轮风扇发动机组 11 构成。对其改装很容易，只须把外涵通道与尾喷口之间的连通口堵住并在机匣上开外涵气流引出口引出外涵气流即可。由于该涡轮发动机组 11 运行时的空气性质没变，工作状态不变，所以整个发动机的气动参数和热工参数不发生变动，这样就只需很小的改装工作量，而且其控制机构以及控制参数都不用变化，发动机工作在原最佳工作状态，充分利用航空发动机的最佳工作效率。在航空涡轮风扇发动机尾喷口处接有的自由动力涡轮 17 为现在燃气轮机地面站的标准设备，已成为系列产品，可以选取与所用航空发动机相匹配的型号。涡轮压气机 4 和深冷膨胀涡轮 19 可以由另一台航空发动机改装。去除原发动机的低压压气机、燃烧室、尾喷口以及燃油控制附件箱，在原安装燃烧室的机匣处，改装一个有把压气机气流引出涡轮壳和涡轮气流注入涡轮壳的分隔机匣。该分隔机匣完成压气机气流的引出和涡轮气流的注入。压气机轴与动力涡轮 17 连接，在尾喷口处安装涡轮壳，引出经涡轮膨胀后的制冷空气，并在涡轮壳上安装与涡轮连接的输出轴，通过输出轴使深冷膨胀涡轮 19 与发电机 20 相连。发电机 20 一方面可以吸收动力涡轮 17 等多余的能量，另一方面通过调节发电机 20 的出力来调节涡轮压气机 4 的工况，以适应被处理石油气体组分或流量的变化。调节发电机 20 出力与航空涡轮风扇发动机组 11 工作状态相匹配，还可以达到分别调节低压制冷空气流程和中压制冷空气流程的制冷工况，以满足最佳二级制冷的匹配。当提高航空涡轮风扇发动机组 11 的功率时，增大了低压制冷空气流程的制冷量，同时也增大了动力涡轮 17 的输出功率，这时可通过同时调节增大发电机 20 的出力，保持中压涡轮压气机 4 的转速不变，

使得中压制冷空气流程工况不变。反之亦然。

本发明中心的涡轮增压机 1 4 和浅冷膨胀涡轮 1 5 对与普通柴油机中使用的废气增压涡轮原理一样，用于回收低压制冷空气流程中加压空气膨胀时的动能，其设计参数可以比照大型船用柴油发动机的增压系统设计。也可以使用现有航空涡轮风扇发动机的压气机以及涡轮进行改造。但在改造中应注意，由于膨胀涡轮 1 5 所吸收的动能不大，应相应减小压气机的载荷，一般压比只能达到 1.5 ~ 2。

在本发明中，其装置的工作原理是使用两级制冷来冷却被处理的石油气体。由于是间接冷却，不用对被处理气体进行压缩，因此就可以省去专门设计的专用涡轮增压机。一方面可以降低成本，另一方面它可以适应被处理石油气体的不同组分，不同比例和不同流量。被处理石油气体性质的变化对其影响很小。在制冷流程中，采用空气做制冷介质，不仅是因为不会污染空气，而且也是因为可以采用航空涡轮风扇发动机作为压缩机，以降低成本，提高效率。在第一级制冷循环中，采用开式空气循环，使得作为制冷介质用的压缩空气和作为整个系统动力原动机所需要的压缩空气源合二为一。压缩机与原动机也合二为一，减小了体积，提高了效率。更重要的是可以利用现成的航空涡轮风扇发动机，只需进行极少量的改装，而且发动机的工作参数不用改变。在第二级制冷循环中，采用闭式空气循环，作为制冷介质用的空气是循环使用的。这些空气是经过脱水处理过的干燥空气，这样可以在流程中省去脱水装置。在闭式循环中，之所以采用有一定基础压力的空气，这一方面是因为采用现有航空发动机的高压压气机作为压缩机，为不改变高压压气机的工作和气动参数，提供一个与原来有低压压气机时一样的进气压力。另一方面也因为加压空气的单位体积质量增大，在同样压力差的情况下，单位体积制冷介质的制冷量也就增大，可以缩小整个装置的体积。在中压制冷空气回路中，装有储气容器 1 8，用地减少回路中气压的波动，也可对循环空气泄漏进行补充，以稳定压力。

本发明中，低压制冷空气流程为开式流程，其在预冷冷箱中用于热交换的制冷空气介质在热交换后被排入大气。本发明也可以在低压制冷空气流程中采用半封闭流程。在预冷冷箱 1 6 制冷介质出口处用管道将其与低压涡轮压气机 3



入口相连接，把排出的空气引入涡轮压气机 3 进行循环。在涡轮压气机 3 入口处的管道壁上开一些辅助进气口。由于在工作时，只有外涵气流能循环使用，内涵气流通过核心发动机燃烧做功，因此，在低压压气机 3 前必须补充外界空气才能维持正常的工作。使用半闭环流程可以减少脱水负担。

本发明用于建立一个日处理量为 100 万标准立方米的石油气体处理装置。可以使用两台英国罗·罗 (ROLLS-ROYCE) 公司的 SPEY512 航空发动机改装，其中一台卸除低压压气机和燃烧室等，改造为中压空气流程中的压机和膨胀涡轮。动力涡轮可选用 RT46 动力涡轮。在低压制冷空气流程中，可以得到 50℃~60℃ 的温差，在中压制冷空气流程中，可以得到 140℃ 以上的温差。这样，可以从室温 300°K~310°K 降至 120°K 以下，达到天然气液化温度。

# 说明书附图

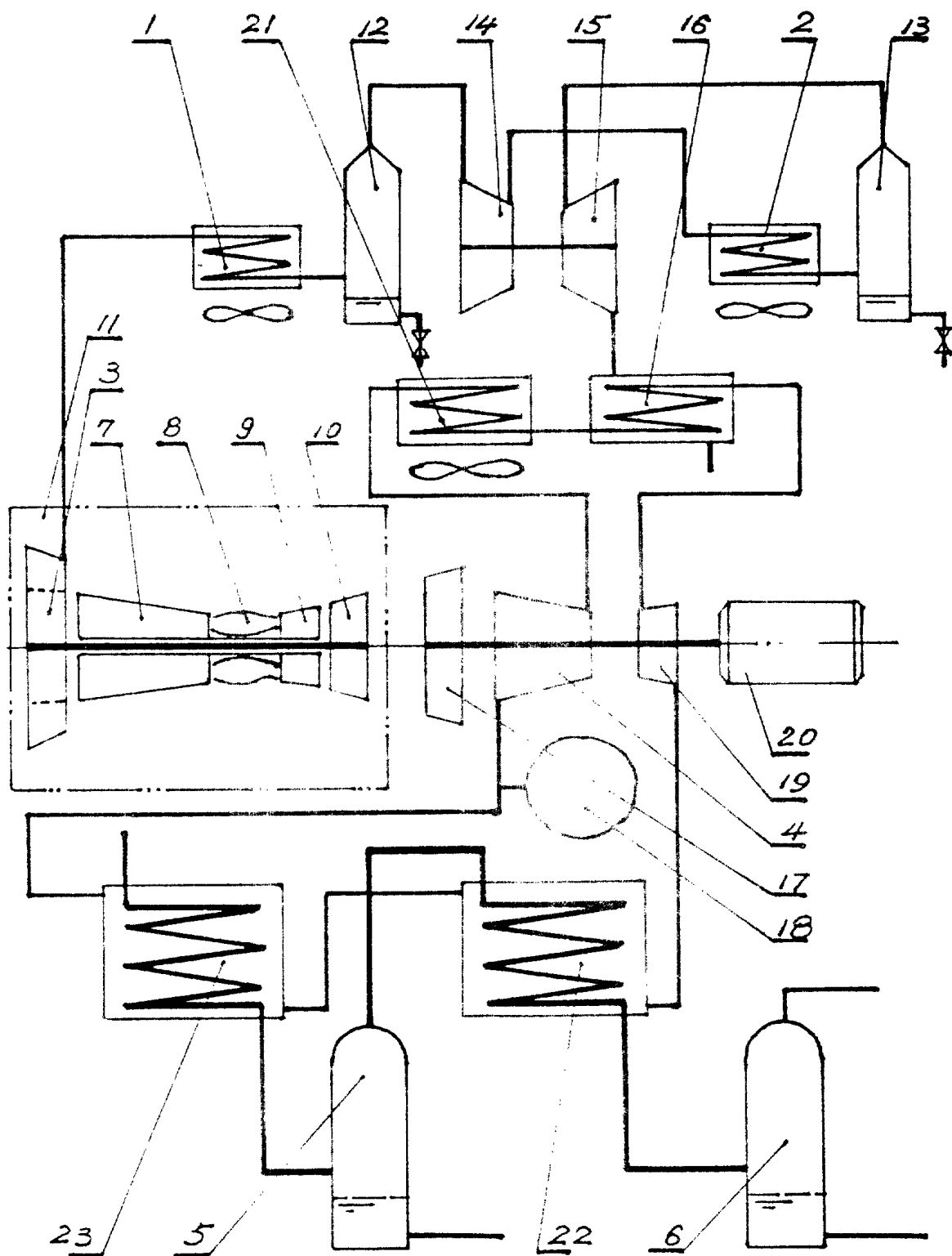


图 1