



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95120499.8

[51]Int.Cl⁶

F02C 1/02

[43]公开日 1996年8月28日

[22]申请日 95.12.19

[30]优先权

[32]94.12.19[33]US[31]08 / 359,270

[71]申请人 福斯特·惠勒开发公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 郑凡

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

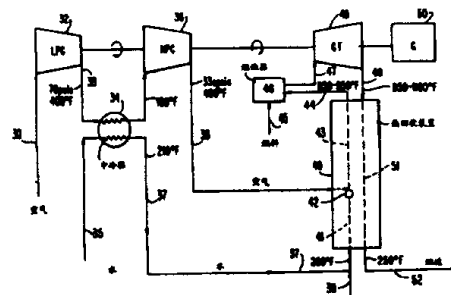
代理人 蹇炜

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 加湿燃气用于燃气轮机的动力生产过程

[57]摘要

加湿燃气用于燃气轮机的动力过程，包括：空气经预压缩用水流中冷，然后再次压缩并通过一套热回收装置，在其中用来自压缩空气中冷阶段的水流加湿。经压缩加湿的空气在燃烧器内进一步加热并与燃料混合，所得热燃气通过燃气轮机膨胀产生驱动空气压缩所需的机械动力。燃气轮机的热废气与压缩-加湿空气流和水流反向流动受到冷却，然后排放到大气。由于省去了通常分离的空气后冷却和饱和装置，过程热效率得到了提高，设备投资得以减少。



权 利 要 求 书

1 . 一种通过将压缩、 加湿的空气与燃料一起燃烧并在燃气轮机中膨胀热燃气以产生机械动力的过程, 其中:

(a) 将大气压下的空气压缩到第一压力, 压缩后的空气用水流冷却作为级间冷却步骤, 其间水流得到加热, 再将空气由上述第一压力压缩到较高的第二压力, 然后将进一步加压后的空气直接通到一组联合式的饱和器和热回收装置;

(b) 使进一步加压后的空气与上述级间冷却步骤中被加热的水流在所述饱和器和热回收装置中以逆流加湿方式接触, 以形成加压加湿的空气流;

(c) 在一燃烧器中在加湿空气流存在的情况下燃烧一种燃料, 以产生热燃气;

(d) 使上述热燃气通过一台燃气轮机膨胀, 由此提供热废气流并产生机械动力; 以及

(e) 排出燃气轮机热废气流的热量, 从而加热在上述饱和器和热回收装置中进一步压缩的空气和加热的水, 并将来自上述热回收装置的已被冷却的气轮机废气向大气排出。

2 . 权利要求1 的过程, 包括对空气饱和器和热回收装置提供补给水流以与级间冷却水流混合, 藉以限制燃料燃烧阶段的加湿空气温度。

3 . 权利要求1 的过程, 其中上述级间空气冷却步骤所得被加热水流在上述热回收装置中与进一步压缩的空气以喷洒方式混合以形成空气-水混合流。

4 . 权利要求1 的过程, 其中自燃气轮机产生的机

械动力用来驱动空气压缩的第一压力及第二压力和一发电机。

5 . 权利要求1 的过程, 其中到燃气轮机的热燃气的温度不超过约2 0 0 0 ° F 。

6 . 一种通过将压缩、 加湿的空气与燃料一起燃燃并在燃气轮机中膨胀热燃气以产生机械动力的过程, 其中:

(a) 将大气压下的空气压缩到第一压力, 压缩后的空气用水流冷却作为级间冷却步骤, 从而水流得到加热, 再将空气由上述第一压力压缩到较高的第二压力, 然后将进一步加压后空气直接通到一组联合式的饱和器和热回收装置;

(b) 使进一步加压后的空气与上述级间冷却步骤中被热的水流以及补加水流在所述混合的饱和器和热回收装置中以逆流加湿方式接触, 以形成加压加湿的空气流;

(c) 在一燃烧器中在加湿空气流存在的情况下燃烧一种燃料以产生热燃气, 其温度不超过约2 0 0 0 ° F ;

(d) 使上述热燃气通过一台燃气轮机膨胀, 由此提供热废气流并产生机械动力, 以驱动空气压缩的第一及第二压力; 以及

(e) 排出燃气轮机废气流的热量, 从而加热在上述饱和器和热回收装置中进一步压缩的空气和加热的水流, 并将来自上述热回收装置的已被冷却的燃气轮机废气向大气排出。

加湿燃气用于燃气轮机的动力生产过程

本发明涉及一种利用加压加湿空气和燃料制作热燃气，并在燃气轮机中膨胀以产生机械动力的过程。本发明特指一种动力过程，其中热压缩空气用热水加湿，并在燃料燃烧器和燃气轮机的上流方向装设的热回收器中进一步加热。

利用燃气轮机使压缩热燃气膨胀产生机械动力，并从燃气轮机的热废气回收热能的生产过程都是已周知的。有一些新近的此类过程中使压缩热空气在加湿空气用于提供燃料燃烧和通过燃气轮膨胀之前先达到水饱和状态，其结果是需用的过量空气减少，热效率提高，动力成本降低。此类使用加湿空气用于燃料燃烧器和热燃气轮机以产生动力的过程公开在R a o 的美国专利4, 829, 763 和5, 181, 376。P e r k i n s 等人的美国专利5, 160, 096 公开了一种燃气轮循环，其中压缩加湿空气用于冷却气轮机的固定翼片。此外，G l i n s k i 等人的美国专利5, 201, 796 及K o r e n b e r g 的美国专利5, 218, 815 各自说明了燃气轮动力过程，其中压缩空气在燃料燃烧器的上流加湿以协助供氧并协助热燃气在燃气轮中膨胀之前的燃烧温度得到控制。但是，这些已知的动力生产过程都比较复杂并存在各种局限性，因此对于这类在燃烧阶段中使用加湿压缩空气的燃气轮动力循环和燃气轮作进一步改进和简化是符合需要的。

本发明提出一种改进的燃气轮产生动力的过程。过

程中使用经过加湿、加热，并在燃烧器中与燃料混合的压缩空气，热燃气在燃气轮中膨胀。在这一过程中空气先经压缩和中间冷却，再在一个联合式饱和器和热回收器中进一步压缩和加热，在其中空气与热水流混合以达到饱和，然后将热饱和空气与燃料馈入燃烧器。通常热水以喷洒方式与热压缩空气流混合，喷水混合点的温度可以按要求变动，以达到最高热效率。这样产生的加压热燃气然后在燃气轮内膨胀，产生机械动力。膨胀后的热气又输回到热回收器以加热湿空气和饱和用水。最后已冷却的废气通过排气烟道排入大气。

本发明提供一种有利的动力产生过程，具有提高了的热效率，投资额较低。由于这种新型动力产生过程不使用压缩机后冷却器和分离的饱和器以及相应的压缩空气循环水系统，压缩空气的加热与加湿步骤是相互结合的，因而全过程的热效率得以提高。同时动力过程设施的投资和成本也相应地得以缩减。

本发明将参照下列附图作进一步的说明，其中：

图1 是一套已知技术的动力产生循环流程图，其中使用了一个分离的饱和器单元向热回收单元、燃料燃烧器和燃气轮机提供加湿空气；

图2 是根据本发明提出的动力产生过程的流程图。使用一套经改进的设施向燃烧器供给加湿的热压缩空气及燃料，并利用气轮机的热废气加热加湿的空气和水流；

图3 是本过程中所用的饱和器和热回收单元的放大的示意性流程图；

图4 概略地表示在空气加湿-热回收组合单元中受到燃气轮机热废气流加热的二相空气-水流的温度-热传输情况。

本发明的过程和优点将通过将其特征与已知技术的在燃气轮机循环中使用压缩-加湿空气的动力过程进行比较来更好地理解。如图1所示, 10处的空气先在低压压缩机12中加压, 在中间冷却器14中通过水流冷却, 然后用高压压缩机16进一步压缩, 再经后冷却器18通过水流冷却。在19处所得的压缩空气用从中间冷却器14和后冷却器18得来的热水在饱和器单元20中加湿。然后21处已加湿的空气在热回收单元22中用燃气轮机的废气流27过热至约 1000°F 。23处的加湿空气与燃料混合, 在燃烧器24中燃烧并在燃气轮机26内膨胀, 所得的来自燃气轮机26的热废气27通过热回收单元22, 由废气所得热量又用以加热通向燃料燃烧24的气流23。同时水的再循环系统提供了饱和器20的循环水, 并由热回收单元22吸除燃气轮机废气的附加热量。这样, 已知技术的动力过程中使用一个分离的后冷却器18和分离的饱和器20以提供位于热回收单元的上流的21处的加湿空气。

与上述已知技术的动力过程形成明显对照, 按照本发明作出的改进动力过程设计改变并改进了已知技术中的加湿空气燃气轮机循环。如图2所示, 30处供给的空气在低压压缩机单元32被压缩至 $70-80\text{psia}$ 和 $400-420^{\circ}\text{F}$ 的温度, 33处的压缩空气中间冷却器34用35供应的水流冷却到约 100°F 。经过冷却的空气进一步在高压压缩机单元36中被压缩到 $300-330\text{psia}$, $450-460^{\circ}\text{F}$ 。然后38处的热压缩空气直接传送到热回收单元40, 与来自中间冷却器34的水流37相混合, 并被加湿。这里压缩空气和水流的混合通过喷嘴42实现, 通过喷嘴

4 2 加压水流4 1 喷射进加压空气流4 3。虽然喷嘴4 2 也可以装设于热回收单元4 0 之外，但为了提高热效率最好还是装在热回收单元的内部。在4 3 处所得的压缩、加湿空气被通道5 1 中流动的热燃气轮机废气进一步加热，达到8 5 0 - 9 5 0 ° F。在3 9 处又配置了一条补加水流，必要时可以补充冷却水流3 7 并向空气流4 3 提供所需的加湿程度。

所得位于4 4 的压缩加湿空气温度为8 5 0 ° - 9 5 0 ° F，与4 5 处所供给的燃料（如天然气或油）一起馈向燃烧器4 6，在4 7 处产生热燃气。补充水流3 9 和压缩空气流3 8 的加湿的量被控制使在4 7 处热燃气的温度不超过约2 0 0 0 ° F。4 7 处的热燃气在气轮机4 8 内膨胀产生机械动力，用以驱动二级空气压缩机单元3 2 和3 6，该动力也可用于驱动发电机5 0。

由燃气轮机4 8 得到的4 9 处的热废气温度为9 5 0 - 1 1 0 0 ° F，经过通道5 1 回输，通过热回收单元4 0 用以加热压缩空气-水流4 3 和通道4 1 内的饱和用水流3 7 及3 9。然后在5 2 处冷却后的温度约为2 5 0 ° F 的废气，经烟道（未在图内表示）排放到大气。

热回收单元4 0 通常装设有水平热绝缘的壳体4 0 a，其内部装有多垂直方向排列的带有叶片的管子，如图3 所详示，在4 1 处的水流和4 3 处的压缩空气与水混合体流过这些管道。通道4 1 中的水流经由喷嘴4 2 喷入通道4 3。气轮机的热废气流经壳体内的通道5 1 将水流4 1 和气水流4 3 加热，此后已被冷却的气轮机废气流经通道5 2 排入烟道5 4。

已知技术的前此使用动力过程与本方案过程间所存

在的明显差异之一是：图1所示的已知技术动力过程中作用多级的饱和器对压缩空气加湿，饱和器内水以较低温度蒸发。在按本方案设计的过程中，如图2所示，采用了一体式的水-气混合与水蒸发的方法，其中水的沸腾温度通过空气加湿得以提高。这样的饱和水在不同温度下的蒸发在热力学上要优于在先技术所采用的一般不变温沸腾进程，因为可以由此减少功的损失。其间的差异可以参见温度-熵 ($T-S$) 图得到理解。

由图2可见，对于本动力过程的设计来说，高压压缩机单元36不需或不用后冷却器或饱和器单元以及其相应的水循环系统。相反，38处的压缩热空气流直接馈给饱和器和热回收单元40，压缩空气在该处与通道41中的热水在喷嘴42混合。水流37在中间冷却器34中预热，与39处的补足水一起又在热回收器40中进一步加热，然后与热压缩空气流38混合。二相的气-水混合体流经热回收器40，在器内水被蒸发，气-水混合体受到过热。喷嘴42与通道41、43的相对位置可以变动，以达到最有利的温度配置和最高的热力效率。所得44处的热压缩加湿气流与燃料45混合在燃烧器46中燃烧。44处的压缩加湿空气用于限制来自燃烧器46的燃气温度，使之不至超过约2000°F。

图2所表示的本动力过程设计较之已知技术的加湿空气燃气轮机动力过程具有明显优点。由于新设计过程不需要后冷却器和饱和器单元以及循环水系统，过程所用设备投资得以减少。同时，由于已知技术的过程中使用循环水作为热载体，就需要具有三种温度驱动力：(1) 热回收单元热废气与再循环水之间的热传输，(2)

饱和器中排出的水到进入的空气的热传输，(3) 饱和器中热水到排出的加湿空气之间的热传输。但在本过程设计中不必考虑这些温度驱动力问题，因为水被直接送入热回收单元4 0，因此这里的空气加湿与加热在热力学上效率更高，而烟道5 4 中的废气温度可以被有利地降低到较低的水平。为此，在本过程中丢掉的热量更少而过程的整体热效率相应地得到有利的提高。

由于如图1 所示，已知技术的动力过程中使用一个分离的饱和器单元，因此在热水温度、空气的饱和度以及加湿热空气的水含量方面受有局限性。但在本过程设计中则克服了这些局限性，使第二级空气压缩后所得的加热压缩空气直接用于水加热和蒸发。这种安排的结果是达到更完全的空气饱和度，提供具有更高湿度的压缩空气供下一步的燃烧时使用，以降低过量空气，节约压缩机用功。这一改进在图4 中可以进一步得到说明。图4 是简化了的温度-热传输 ($T-Q$) 图表。图中的下线6 0 表示二相气水流4 3，它受到了上线6 2 所代表的热燃气轮废气流的加热。可以看出，本过程中最小温差点 (ΔT) 在较高温度发生，而其值小于图1 所示的已知技术循环中存在的情况。由于以上理由，本过程的热效率得到进一步的提高。因此本设计的动力过程能有利地提供超出预计的高热效率和低成本。

以上加湿空气用于燃烧器和燃气轮机的改进动力生产过程将用下面的实例作进一步说明。本例不应被理解为在范围上具有局限性的含意。

实例

在按本发明实施动力生产的过程中，空气先被压缩到一个中间压力，经水流加以中冷。然后冷却后的空气

进一步加压，并直接输送到一个热回收单元，在其中，它被来自中冷过程的水流进行加湿。加压加湿空气又用燃气轮机的热废气加热，然后与天然气燃料混合后燃烧。所得热燃气通过燃气轮机膨胀产生机械动力，燃气轮机的热废气在作为废气排放到大气之前通过压缩加湿空气与水流受到冷却。

本动力生产过程的重要特征数据如下：

第一级压缩

排出空气压力, p s i a	1 7 0
排出空气温度, ° F	4 0 0
中冷空气温度, ° F	1 0 0
水温, 通过中冷器后, ° F	9 0

第二级压缩

排出空气压力, p s i a	3 3 0
排出空气温度, ° F	4 6 0

回收单元

进入水温, ° F	9 0
气-水混合温度, ° F	4 1 0 - 4 2 0
进入燃烧单元的空气温度, ° F	9 0 0
进入气轮机的气体温度, ° F	1 , 9 0 0
气轮机排气压力, p s i a	5 0
气轮机排气温度, ° F	1 , 0 0 0
到大气的排气温度, ° F	2 5 0

尽管已就本发明进行了广泛的及在优选实施例方面的描述，但应能理解，在由所附的权利要求限定的本发

明的范围内可以做出修改和变化。

说明书附图

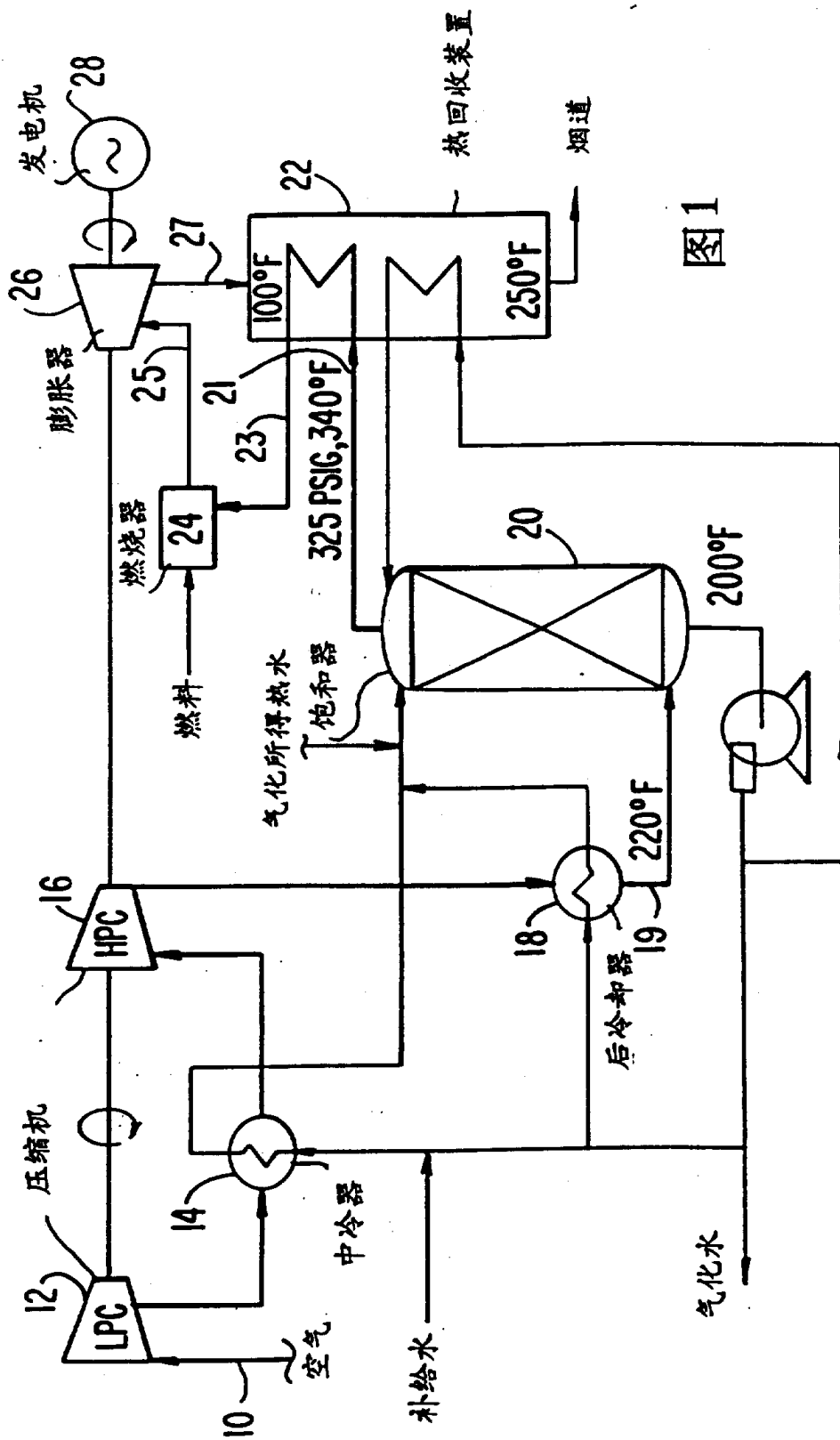


图1

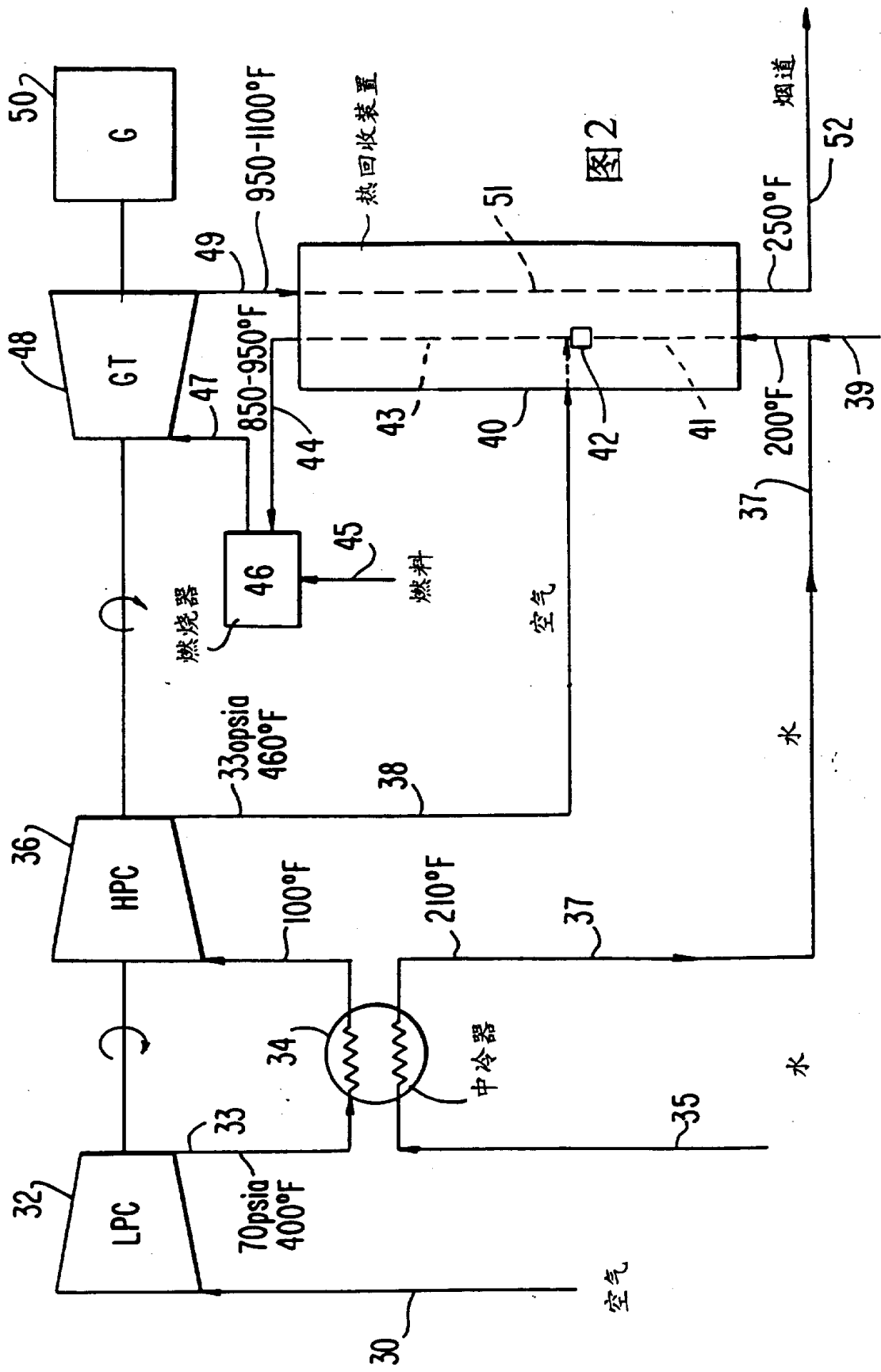


图2

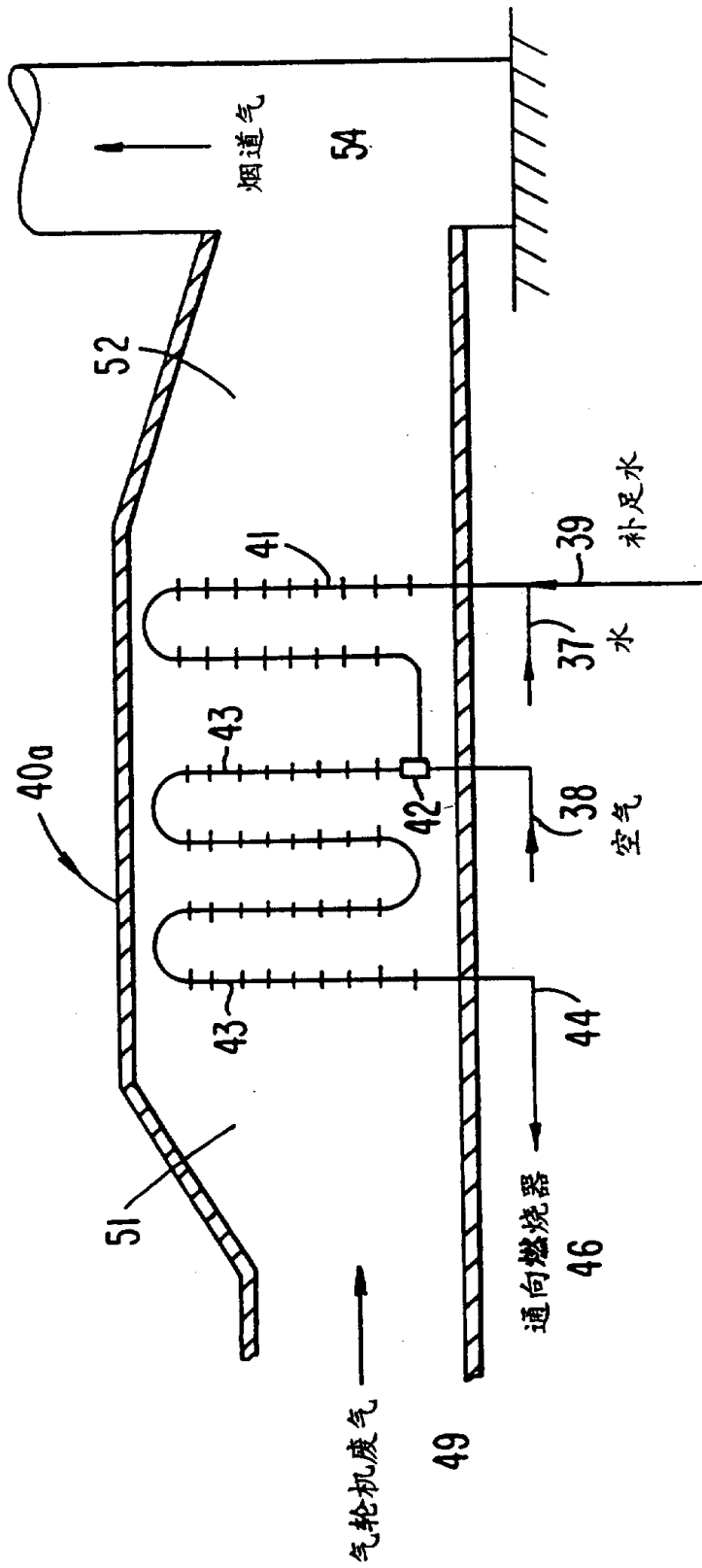


图3

图4

