[19]中华人民共和国专利局

[11]授权公告号

CN 1020348C

[12] 发明专利说明书

[21] 专利号 ZL 90100926

[51]Int.Cl[5]

F02C 3/34

[45]授权公告日 1993年4月21日

[24]颁证日 93.2.7

[21]申请号 90 1 00926.1

[22]申请日 90.2.22

[30]优先权

[32]89.2.23 [33]GB [31]89041065

[32]89.5.10 [33]GB [31]89107676

[73]专利权人 H&G加工承包有限公司

地 址 联合王国CRO 9XP，塞莱郡克罗伊登125大街

[72]发明人 戴维·高夫·阿伦德尔

[74]专利代理机构 上海专利事务所

代理人 吴淑芳

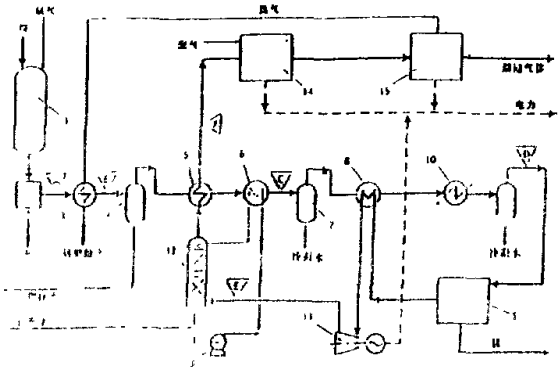
F01K 21/04

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 结合式气化混合循环的发电方法

[57]摘要

本发明提供一种由含碳燃料产生电力的方法，包括下列步骤：用氧气或一种含氧气体使燃料部分氧化，以产生包含可燃气和蒸汽的气流，用骤冷水骤冷该气流，使它冷却并饱和，使该气流通过一热交换器，气流在其中通过与循环水热交换进一步冷却而从气流中冷凝出液态的水，减小气流的压力使它膨胀，并在其压力减小前或后除去其中的硫化物，使气流加热和再饱和，在燃气轮机中燃烧气流，产生电力，其中，用上述循环水为再饱和气流供热。



## 权利要求书

1.一种由含碳燃料产生电力的方法，其特征在于，它包括下列步骤：用氧气或一种含氧气体使燃料部分氧气，以产生包含可燃气和蒸汽的气流，用骤冷水骤冷该气流，使它冷却并饱和，使气流通过一热交换器，气流在热交换器中通过与循环水热交换进一步冷却而从气流中冷凝出液态的水，通过减小气流的压力使它膨胀，并在其压力减小前或后除去其中的硫化物，使气流加热和再饱和，然后在燃气轮机中燃烧气流，产生电力，其中，用上述循环水来为再饱和气流提供热量。

2.按权利要求 1 所述的方法，其特征在于，部分氧化是在高于 40 巴的压力下进行的。

3.按权利要求 1 或 2 中任一项所述的方法，其特征在于，蒸汽是在位于骤冷系统出口的锅炉内产生的。

4.按权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在压力减小和重新获得高蒸汽含量以后的气流与未膨胀的气流进行热交换而被重新加热。

5.按权利要求 1 所述的方法，其特征在于，膨胀是在一膨胀机中进行的，以便产生轴功率。

6.按权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在气流在燃气轮机中被用作燃料之前，基本上全部二氧化碳都已从气流中除去。

---

本发明涉及电力的产生，特别涉及通过结合式气化混合循环（Integrated Gasification Combined Cycle，即 IGCC）的发电方法。

通过 IGCC 方法来产生电力的一般工艺过程是已知的。在此工艺过程中，通过使用氧气对一种含碳燃料，诸如煤或重质燃料油进行部分氧化而使其转化成气体，形成包含可燃气的气体混合物。在气化过程中，存在于燃料中的硫化物大部分转化为硫化氢，一小部分起反应成硫化羰。冷却来自部分氧化反应器的气体，在酸性气体去除单元里用一种适宜的液体洗去硫化氢，上述酸性气体去除单元也可设计成从气体中除去二氧化碳。如果需要的话，通过使用氨生产技术中众所周知的工艺，基本上可把可燃气流中所有的二氧化碳全部除去。然后，通常是把含硫量减少了的气体再加热，与蒸汽混合，





用作燃气轮机的燃料。将可燃气体与蒸汽混合的目的是使燃料在燃气轮机中燃烧的时候减少氮的氧化物的生成。接着，从燃气轮机中排出的炽热气体被输送到热量回收和蒸汽发生单元。该单元用排出的气里的热来产生蒸汽轮机里用的蒸汽。这样就提高了燃料转换成电力的总效率。燃气轮机和蒸汽轮机两者都用来驱动交流发电机而产生电力。

在已知的工艺过程中，效率降低的主要原因之一是在气体进入酸性气体去除单元之前必需先使它们冷却。离开部分氧化反应器的气体是非常热的，温度在 1000℃至 1500℃的范围内。为了除去硫化物，这些气体要冷却到接近环境温度。然后，这些气体在被用作燃料之前最好要再加热。这是为了增加蒸汽从而在燃烧时减少氮的氧化物的产生，从热力学来说，这种冷却和其后的再加热是低效率的。

把蒸汽加到含硫量减少了的可燃气体中一般是通过使气体与热水对流地穿过饱和器来实现的。从饱和器流出的被冷却后的水在返回到饱和器之前与补充的水一起环流通过一水加热器。饱和的可燃气体在燃烧前通常被过度加热。

一般的 IGCC 通常利用所谓的气化气体冷却器方式，使用辐射冷却器、对流冷却器以及有时附加的省热器来回收来自部分氧化反应器的炽热气体里的高温余热。在这种通常的 IGCC 工艺过程中，在酸性气体去除单元之后饱和及再加热冷却了的、且含硫量减少的可燃气体所需要的全部热量可以从部分氧化反应器后面的冷却器得到，或者也可以从安装在燃气轮机排气口的热回收和蒸汽发生单元得到。其他的热源也可对饱和加热的需要作出一些贡献，但只有气体冷却器和热量回收及蒸汽发生单元具有足够的热量，可以用作单独供热的热源。

本发明的目的在于提供一种结合式气化混合循环的发电方法，该方法能减少发电站的成本和提高其效率。

本发明提供一种从含碳燃料产生电力的方法，它包括下列步骤：用氧气或一种含氧气体使燃料部分氧化，以产生包含可燃气和蒸汽的气流；用骤冷水骤冷该气流，使它冷却和饱和；使该气流通过一个热交换器，在热交换器里，气流通过与循环水热交换进一步冷却，从而从气流中冷凝出液态的水；通过减小气流压力使气流膨胀，并在减小气流压力之前或之后从气流中除去硫化物，使气流加热和再

饱和，然后，在燃气轮机中燃烧该气流而产生电力，其中，用前面所述的循环水来为再饱和气流时提供热量。

"饱和"和"再饱和"这两个词的意思是在一种气体或混合气体里增加蒸汽的含量，使之达到较高的程度。

在文本中，发电站包括两个部分：净化燃气制备部分和电力产生部分，包括燃气轮机、热回收蒸气发生器、蒸汽轮机和关联的发电设备。每一个部分是由几个单元组成的，而这些单元又由一个个设备组成。

本发明涉及所谓气化直接骤冷方式，来自部分氧气反应器的炽热气体利用该方式与骤冷水直接接触而冷却气体，并使气体饱和。这种气化方式通常用来产生合成气体，例如氨、甲醇，而不用于产生电力。

如果在发电站使用，气化直接骤冷方式限制了可从骤冷气体得到的热量，这热量本来是可用于其后的酸性去除单元之后的冷却了的含硫量减少的气体的再饱和的。这种限制是由于骤冷的气流的比较低的温度造成的。因此在酸性气体除去后用来再饱和的热量中至少有一部分必须由燃气轮机热量回收和蒸气发生单元提供。

美国专利 4150953（伍德曼西）描述了一种电力循环，它没有述及本发明的内容。特别是，关于压力，美国专利 4150953 的第 3 列第 19 行清楚地表明，"沿着气体通路只有微小的下降"，这对于任何读者都是显见的。而本发明在流程图中有一个专门的压力降低装置。

本发明利用气体骤冷单元和饱和器之间的特地安排的压差来增加驱动力和可利用的热量，该热量可使用于饱和器回路，这样，驱动力和可利用的热量两者就足以驱动饱和器回路，而不需要引入任何附加的热量，特别是利用来自燃气轮机热量回收和蒸汽发生单元的热量。

由于在燃烧之前可燃气体的压力是由燃气轮机燃烧室的设计所定的，本发明特地把气化压力增加到高于在通常的 IGCC 方法中所使用的压力。这使骤冷后的可燃气体的饱和温度升高，因而在再饱和过程中使骤冷后的可燃气体和含硫量减少的可燃气体之间形成更大的温差。

本发明使用一足够高的气化压力来避免使用来自燃气轮机热量回收和蒸汽发生单元的热量于再饱和器的必要，气化压强以高于 30 巴为宜，高于 40 巴较佳，最好是高于 50 巴。



本发明的优点如下：

第一，如果需要的话，发电站的电力产生部分可以较容易地使用另一种燃料来工作。因为不需要从燃气轮机的热量回收和蒸汽发生单元取得热量用于可燃气体的再饱和。在正常运行中，热量回收和蒸汽发生单元不对可燃气体再饱和器回路的加热作任何贡献。因此，当用一种替换的燃料单独工作时，由于失去了热负荷因而不会降低发电站的电力产生部分的热效率，不然的话，该热负荷将通过可燃气体再饱和回路再循环。

第二，发电站的净化可燃气体制备部分和电力产生部分的分离能使每一部分的设计较易优化。购置时这两个部分可以便于由两个不同的公司供应（和检验）。

第三，设计成以骤冷方式工作的 IGCC 发电站的总热效率有所提高，骤冷方式 IGCC 发电站有较高的可靠性，因而比起设计成以气体冷却器方式工作的 IGCC 发电站来有更高的使用价值。

本发明的方法包括首先用水骤冷从部分氧化反应器里流出的气体，最好是通过增加气体／蒸汽混合物中的蒸汽将蒸汽／气体的比例调节到再饱和回路所需要的比例，接着，在一个热交换器中使它们进一步冷却下来，从而使大部分蒸汽冷凝。气体在膨胀前或膨胀后通过一个酸性气体去除单元。这种气体膨胀尽管可使用诸如节流阀等装置来实现，但最好是在一涡轮中实现，以便获得轴功率。然后，气体通过一直接接触再饱和器，以重新获得高的蒸汽含量，为此所需要的热量是从酸性体去除单元之前、用来冷却高蒸汽含量的气体的热交换系统释放的热量中得到的。

在再饱和回路中水的流动最好是：沿再饱和器向下流，而待再饱和的气体则沿饱和器向上流；进入在酸性气体去除单元上游的间接热交换器，在那里它被加热；然后返回到再饱和器的顶部。补充已蒸发到气流中的水所需要的水可以加到再饱和器出口和热交换器之间的回路中，驱动回路的泵通常置于再饱和器的底部。

在酸性气体去除单元上游的间接热交换器中被加热的水也可以通过再饱和器里的热交换盘管回

流；再饱和器的水沿着再饱和器抽运，同时如上面所述那样补充水。

一般地说，整个再饱和器回路包括一个用来使高压气流的中高含量蒸汽减少的装置—去饱和器，以及一个用来增加低压气流的蒸汽含量的装置—再饱和器。关于在水的回路里气流和水的热交换，再饱和器和去饱和器两者都可通过直接（热量和质量）传递或者间接（热量）传递进行，因而提供了四种可供选择的方法。然而，在 IGCC 的情况下，如果两者都是直接传递的，在高压气流中的某些硫化物会溶解在去饱和器的循环水中，并从该循环水中分离出来而进入再饱和器的气流中。这了保证放出的硫较少，这是不希望发生的，因为它使硫化物能绕过酸性气体去除单元，因而最终使硫作为二氧化碳逸散到大气中。如果两者都是直接传递的，最好使用一个由例如二氧化锌制成的去除硫化物的防护床来除去绕过酸性气体去除单元的硫化物。

可以使用来自上游的热交换器的冷凝水作为再饱和器补充水的一部分。然而，该冷凝水包含溶解的硫化氢。这些硫化氢会绕过酸性气体去除单元，因而可燃气体中就含硫。在使用冷凝水作为补充水之前，可能用汽提法从冷凝水中提取硫化氢，但是冷凝系统的任何故障都会使含硫气体绕过酸性气体去除单元，因而最终使硫作为二氧化硫逸散到大气中。这也可用如上面所述那样的防护来对付。尽管如此，这种冷凝水依然是再饱和器补充水的有用的水源。

本质上，本发明以一非常有效的方式通过较低温度的气体处理步骤来传输热量，实际上它也能通过该步骤传输蒸汽。

图 1 是本发明的一个实施例的框图。

现在参照附图 1 和表 1 所给出的有关的流动气流来描述本发明的一个具体实施例。该描述是联系 300MW 发电站的净化可燃气体的制备部分进行的。

将原煤与 99.5%的纯氧在 70 巴的压力下一起输入到一个部分氧化单元里。生成的气体混合物使用过量的水（亦即水不会全都蒸发掉）骤冷，直至饱和状态。部分氧化单元和骤冷室在图 1 中用标号（1）和（2）表示。该骤冷步骤除了一个气体冷却步骤外，还有一个气体洗涤步骤。



将成分（干组份克分子百分数）为甲烷 0.4，氢 43.7，一氧化碳 45.6，二氧化碳 9.0，氮加氩 0.4，硫化氢加硫化碳 0.9 的气流在含有 12107 千克·克分子／小时蒸汽的干气体流率为 9152 千克·克分子／小时的情况下，在 240℃和 63 巴下输入一余热锅炉（3），在该锅炉（3）里，交换 44 兆瓦（MW）热量而生成蒸汽，输入到发电站的电力产生部门。从锅炉出来的气体里的蒸汽量下降到 7600 千克·克分子／小时，其余的蒸汽在分离器（4）里被冷凝和分离。

接着，气流通过一可燃气体加热器（5），这以后再通过一个再饱和器回路水加热器（6），在那里，气流的温度从 220℃下降到 130℃，传输出 87MW 热量。这以后，在分离器（7）中再分离出水。在此阶段，蒸汽流量下降到 200 千克·克分子／小时。

然后，气体通过一个膨胀器预热器（8），再放出 9MW 热量。通过在水加热器（10）里冷却气体，使气体的温度下降到进入酸性气体去除单元所需要的温度（30℃）。到这个时候，蒸汽流量下降到 15 千克·克分子／小时。

硫化物在酸性气体去除单元（9）里被除去，变成 85 千克·克分子／小时的硫。

在经过酸性气体去除单元（9）以后，干燥气体流量为 9069 千克·克分子／小时，加上 7 千克·克分子／小时蒸汽。接着，该气流在膨胀器（11）里膨胀之前先流经膨胀器预热器（8），给出 6MW 轴功率。

在膨胀器（11）里，气流从约 58 巴膨胀到 21 巴。

气流从膨胀器（11）流入一再饱和器（12）底部，在那里，它通过直接与水接触使温度升高，并且气流的蒸汽含量上升到 6275 千克·克分子／小时，抽水机（13）每小时使大约 $10^6$ 千克的水沿着再饱和器回路循环，补充水以 6268 千克·克分子／小时的速率加入回路。

离开再饱和器（12）顶部的气流在 200℃和 20 巴下输入一燃气轮机（14）作为燃料之前先经过可燃气体预热器（5），从燃气轮机（14）出来的气流再输入一热量回收蒸汽发生器和蒸汽轮机（15）。该热量回收蒸汽发生器和蒸汽轮机（15）也接收余热锅炉（3）的输入。最后，从热量回收

蒸汽发生器（15 的一部分）排出清洁的烟道气体.

表 1 质量平衡- 可燃气体制备

| 气流 | | A | | B | | C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 气流名称 | | 纯净的气体 | | 出口锅炉 | | 冷却的气体 | |
| 成分 | 分子量 | 千克分子/小时 | 克分子% | 千克分子/小时 | 克分子% | 千克分子/小时 | 克分子% |
| 甲烷 | 16.043 | 35.84 | 0.39 | 35.84 | 0.39 | 35.84 | 0.39 |
| 氢 | 2.016 | 3997.25 | 43.66 | 3997.25 | 43.66 | 3997.25 | 43.66 |
| 一氧化碳 | 28.010 | 4178.77 | 45.66 | 4178.77 | 45.66 | 4178.77 | 45.66 |
| 二氧化碳 | 44.009 | 824.31 | 9.01 | 824.31 | 9.01 | 824.31 | 9.01 |
| 氮 | 28.010 | 17.93 | 0.20 | 17.93 | 0.20 | 17.93 | 0.15 |
| 氩 | 39.950 | 13.40 | 0.15 | 13.40 | 0.15 | 13.40 | 0.15 |
| 硫化氢 | 34.076 | 80.55 | 0.88 | 80.55 | 0.88 | 80.55 | 0.88 |
| 氧硫化碳 | 60.070 | 4.12 | 0.05 | 4.12 | 0.05 | 4.12 | 0.05 |
| 氧 | 32.000 | | | | | | |
| 二氧化硫 | 64.060 | | | | | | |
| 总计- 干 | | 9152.17 | 100.00 | 9152.17 | 100.00 | 9152.17 | 100.00 |
| 水 | 18.015 | 12107.00 | | 7600.00 | | 200.00 | |
| 总计- 湿 | | 21259.17 | | 16752.17 | | 9352.17 | |
| 总质量流量（克/小时） | | 348095 | | 302901 | | 169590 | |
| 分子量（湿） | | 18.07 | | 18.08 | | 18.13 | |

表 .1（续） 质量平衡- 可燃气体制备

| 气流 | | D | | E | | F | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 气流名称 | | AGR 输入 | | 饱和器输入 | | 燃气轮机燃料 | |
| 成分 | 分子量 | 千克分子/小时 | 克分子% | 千克分子/小时 | 克分子% | 千克分子/小时 | 克分子% |
| 甲烷 | 16.043 | 35.84 | 0.39 | 35.84 | 0.40 | 35.84 | 0.40 |
| 氢 | 2.016 | 3997.25 | 43.66 | 3997.25 | 44.08 | 3997.25 | 44.08 |
| 一氧化碳 | 28.010 | 4178.77 | 45.66 | 4178.77 | 46.08 | 4178.77 | 46.08 |
| 二氧化碳 | 44.009 | 824.31 | 9.01 | 824.31 | 9.09 | 824.31 | 9.01 |
| 氮 | 28.010 | 17.93 | 0.20 | 17.93 | 0.20 | 17.93 | 0.20 |
| 氩 | 39.950 | 13.40 | 0.15 | 13.40 | 0.15 | 13.40 | 0.15 |
| 硫化氢 | 34.076 | 80.55 | 0.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 氧硫化碳 | 60.070 | 4.12 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 氧 | 32.000 | | | | | | |
| 二氧化硫 | 64.060 | | | | | | |
| 总计- 干 | | 9152.17 | 100.00 | 9067.50 | 100.00 | 9067.50 | 100.00 |
| 水 | 18.015 | 15.00 | | 7.00 | | 6275.00 | |
| 总计- 湿 | | 9167.17 | | 9074.50 | | 15342.50 | |
| 总质量流量（克/小时） | | 166257 | | 163122 | | 276039 | |
| 分子量（湿） | | 18.14 | | 17.98 | | 17.99 | |

专利号 90 1 00926
Int. Cl.[5] F02C 3/34
授权公告日 1993年4月21日

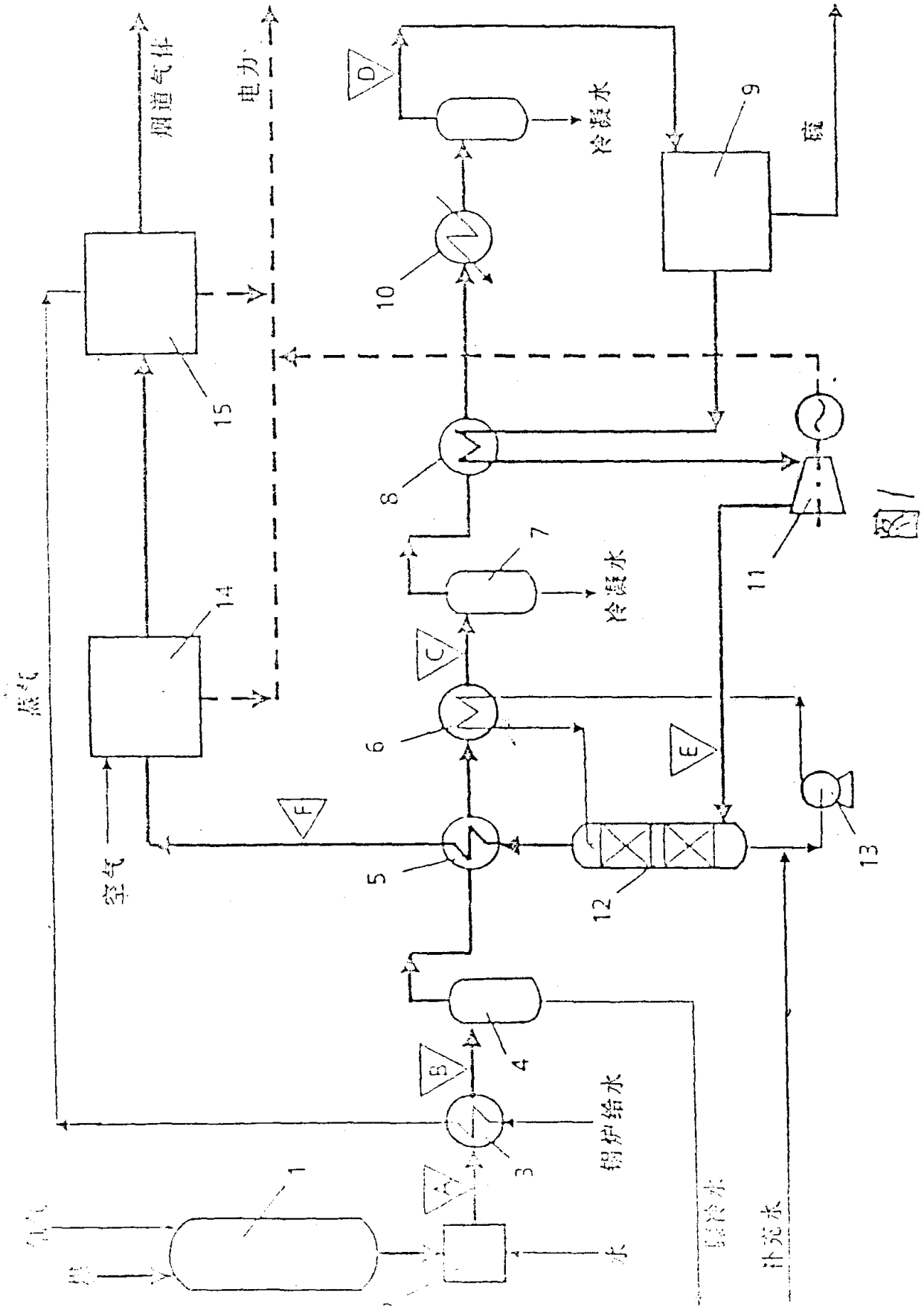



图1