

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 03817500.2

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1317052C

[22] 申请日 2003.6.20 [21] 申请号 03817500.2

[30] 优先权

[32] 2002. 6.21 [33] NO [31] 20023050

[86] 国际申请 PCT/NO2003/000210 2003.6.20

[87] 国际公布 WO2004/001301 英 2003.12.31

〔85〕 进入国家阶段日期 2005.1.21

[73] 专利权人 萨加斯公司

地址 挪威奥斯陆

[72] 发明人 托·克利斯坦森 克纳特·鲍赛斯

汉瑞克·弗雷斯切尔

审查员 秦士魁

[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 蒋世迅

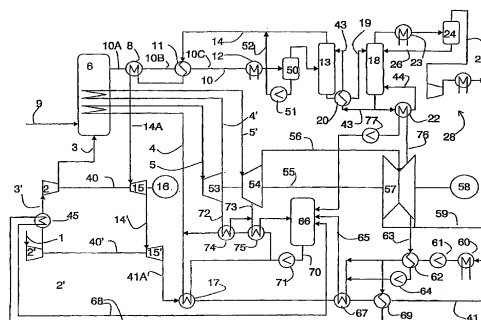
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 3 页

[54] 发明名称

低排放热电厂

[57] 摘要

我们描述一种从含碳燃料中产生电功率的方法，其中燃料是在燃烧室中增压的有氧环境下燃烧。燃烧后的废气被分离成富 CO_2 馏分和贫 CO_2 馏分，对富 CO_2 馏分进行处理，使它不排放到周围环境中，而在贫 CO_2 馏分排放到周围环境之前，使它通过一个或多个涡轮机发生膨胀，用于驱动其他过程和/或产生电功率，其中在通过汽轮机膨胀产生蒸汽时，燃烧室中的温度下降，汽轮机连接到产生电能的发电机。此外，我们还描述实施该方法的热电厂。



1. 一种从含碳燃料中产生电能的方法，其中燃料是在燃烧室中增压的有氧环境下燃烧，燃烧后的废气被分离成富 CO_2 馏分和贫 CO_2 馏分，对富 CO_2 馏分进行处理，使它不排放到周围环境中，而在贫 CO_2 馏分排放到周围环境之前，使它通过一个或多个涡轮机发生膨胀，用于其他过程的运行和/或产生电能，其中在产生通过汽轮机膨胀的蒸汽期间，燃烧室中的温度被降低，而汽轮机连接到产生电能的发电机。

2. 按照权利要求 1 的方法，其中从燃烧室的燃烧中取出大于 50%，或大于 60%，或大于 70%，或大于 80% 的蒸汽形式的热能。

3. 按照权利要求 1 或 2 的方法，其中在通过涡轮机膨胀之前，利用与贫 CO_2 馏分的热交换冷却燃烧室中的废气以加热贫 CO_2 馏分。

4. 按照权利要求 3 的方法，其中水和/或空气添加到净化的贫 CO_2 馏分中，以增大贫 CO_2 馏分从燃烧室的热废气中吸取热量的能力。

5. 按照以上权利要求中任何一个的方法，其中在燃料馈送到燃烧室之前对它加热。

6. 按照权利要求 5 的方法，其中通过与空气压缩机中部分蒸汽流的热交换使燃料加热，且其中热交换之后冷却的压缩空气流提供给贫 CO_2 馏分以增大它的热容量。

7. 一种实施权利要求 1 的一种从含碳燃料中产生电能的方法的热电厂，包括：燃烧室（6），其中燃料是在增压的有氧环境下燃烧；气管（10），用于引导燃烧室（6）中的燃烧废气到接触装置（13），使冷却之后的废气与吸收剂接触，其中大部分 CO_2 被吸收，而废气中的其他气体大部分没有被吸收；气管（14），用于接触装置中的未吸收气体；再加热装置，用于重新加热贫 CO_2 馏分气体流；膨胀装置，在排放到周围环境之前膨胀所述加热的贫 CO_2 馏分气体流；和运送装置，用于从接触装置运送有吸收的 CO_2 的吸收剂到堆放处或到吸收剂再生装置（18），用于再循环到接触装置，其中燃烧室（6）包括：提供蒸汽的装置和管路 5, 5'，用于引导蒸汽到汽轮机（53, 54, 57）进

行膨胀。

8. 按照权利要求 7 的热电厂，包括：冷凝室（50），用于废气中水的凝结，它安排在接触装置（13）之前。

9. 按照权利要求 8 的热电厂，包括：装置（51，52），用于添加冷凝室（50）中凝结的水到贫 CO₂ 馏分以增大该馏分的热容量。

10. 按照权利要求 7 或 8 的热电厂，其中燃烧室（100）包括：外壳（101）和内壳（102），在外壳与内壳之间流动冷却剂并且安排有用于覆盖燃烧室（100）内表面的管道（104），以及通过管道（104）循环水的装置。

低排放热电厂

技术领域

本发明涉及在燃烧产物膨胀到大气压之前调整增压的非绝热燃烧室内燃烧产物中 CO_2 含量的方法，实施该方法的装置，和利用该方法的热电厂。

背景技术

在过去 150 年中，大气中 CO_2 的浓度增加近 30%。甲烷的浓度增加一倍，而氮氧化物的浓度约增加 15%。这增加了大气的温室效应，它导致以下的结果：

- 地球表面的平均温度在过去的 100 年中约提高 0.5°C ，且在过去的 10 年中有加速的趋势。

- 在相同的周期内降雨约增加 1%。

- 由于冰川融化和因水升温而膨胀使海平面升高 15 至 20 cm。

我们预期，温室气体的增长排放使气候将继续发生变化。在未来的 50 年中温度可以升高 0.6°C 至 2.5°C 。学术界普遍认为，矿物燃料的增长利用使 CO_2 的排放按指数方式增加，本质上已改变自然的 CO_2 平衡，它是这种发展的直接原因。

重要的是，立即采取行动以稳定大气中的 CO_2 含量。若收集热电厂中产生的 CO_2 和安全地存放，这种情况是可以实现的。人们认为，收集 CO_2 表示 3/4 的总成本用于控制 CO_2 排放到大气中。

因此，我们需要一种从排放气体中去除大部分 CO_2 的节能，低成本，耐用和简单的方法以缓解这种情况。若无需长期研究的不久将来可以实现这种方法是十分有益的。

热电厂排放的气体通常包含 4% 至 10% 体积比的 CO_2 ，其中燃气轮机通常有最低值，而在形成蒸汽的冷却时仅在燃烧室中达到最高值。

有三种可以稳定大气中 CO_2 含量的机会。除了捕获 CO_2 以外，

可以利用诸如生物量的非污染能源，或可以开发非常有效的热电厂。捕获 CO_2 是经济效果最好的。然而，相对少的研发工作用于捕获 CO_2 ，至今实施方法的特征是低效率或需要十分长期和昂贵的研发工作。所有捕获 CO_2 的方法包含一个或多个以下的原理：

- 吸收 CO_2 ：在接近大气压下使燃烧后的废气与胺溶液接触。一些 CO_2 在胺溶液中被吸收，通过加热可以再产生胺溶液。这种技术的主要问题是，在需要净化的气体中我们处理低的 CO_2 分压，通常为 0.04 巴。能量消耗变得非常高（约高于净化 1.5 巴 CO_2 分压的 3 倍）。净化热电厂变得非常昂贵，而净化程度和热电厂规模是限制因素。所以，研发工作集中到增大 CO_2 的分压。另一种方案是，废气被冷却并通过燃气轮机再循环。这种方案的效应由于燃气轮机的性质是非常有限的。另一种方案是，压缩需要冷却的废气，再次冷却，例如，利用胺溶液净化，在二次燃气轮机中加热升温 and 膨胀，由它驱动二次压缩机。按照这种方式，可以升高 CO_2 的分压，例如，升高到 0.5 巴，使净化变得更有效。重要的缺点是，废气中氧的分压也变高，例如，1.5 巴，而胺通常在氧的分压高于 0.2 巴下迅速地退化。此外，我们需要成本很高的额外设备。存在一次和二次热电厂的其他组合。

- 空气分离：把进入燃烧装置的空气分离成氧和氮，在热电厂中可以利用循环的 CO_2 作为气态推进剂。不利用氮稀释形成的 CO_2 ，废气中的 CO_2 就有相对高的分压，接近于 1 巴。于是，可以相对简单地分离燃烧后的过量 CO_2 ，从而可以简化 CO_2 的收集装置。然而，这种系统的总成本变得相对地高，因为除了热电厂以外我们还需要有生产氧的庞大工厂。纯氧的生产和燃烧是对安全性的重大挑战，而且对材料有很大的要求。这还可能非常需要开发新的涡轮机。

- 燃料转换：碳氢化合物燃料在称之为重整炉的增压处理装置中被转换（再生成）氢和 CO_2 。重整炉的产品包含高分压的 CO_2 ，因此，可以分离和存放 CO_2 或按照其他的方式使用。氢用作燃料。总的热电厂变得复杂和成本昂贵，因为它包含氢生产工厂和热电厂。

从热电厂捕获 CO_2 各种方法的共同特征是，它们都是在实施净化

操作的处理装置中追求高的 CO_2 分压。此外，其他一些方法的特征是长期，昂贵和危险的开发工作，典型的期限是 15 年的研究以及在获得工作经验之前需要 5 至 10 年以上的时间。对于没有净化设备的热电厂，预期的电效率高达 56% 至 58%，而乐观地估计有净化设备的热电厂为 45% 至 50%。

延长的开发期限对环境是非常不利的。在 2002 年秋季的联合国欧洲经济委员会（UNECE）会议上，着重强调“迫切需要解决全球性 CO_2 排放的连续指数方式增长”，并使用诸如“尽可能快”和“需要超出京都议定书规定的目标”的词语。

因此，我们需要能够克服上述问题的热电厂，它有以下特征：

- 不需要长期研发的可实现方案，最好是利用已测试合格的旋转设备。

- 适合于足够的 CO_2 分压，从而可以有效地利用常规的吸收装置，这意味着 CO_2 分压高达 1.5 巴。

- 捕获 CO_2 的最低废气流体积。

- 氧的分压下降到捕获 CO_2 的 0.2 巴，从而使吸收剂的退化减至最小。

- 可以有效地净化 NO_x ，净化操作通常是在 300 至 400°C 的温度范围内实施。增压系统中的净化操作是最佳的。

- 与同类系统一致的效率。

- 可以有高于 400MW 的庞大装置。

- 不需要利用二次发电系统，重整炉，制作氧气过程或燃料转换过程。

- 在浮动结构的船坞上建造热电厂，可以实现成本优势的小型 and 耐用热电厂。这就可以在海上装置上使用。

发明内容

按照本发明，提供一种从含碳燃料中产生电功率的方法，其中燃料是在燃烧室中增压的有氧环境下燃烧。燃烧后的废气被分离成富 CO_2 馏分和贫 CO_2 馏分，对富 CO_2 馏分进行处理，使它不排放到周围

环境中，而在贫 CO_2 馏分排放到周围环境之前，使它通过一个或多个涡轮机发生膨胀，用于其他过程的运行和/或产生电能，其中在通过汽轮机膨胀产生蒸汽时，燃烧室中的温度下降，而汽轮机连接到产生电能的发电机。如上所述，在燃烧室中压力下的燃烧具有很大的优点，在燃烧产物中可以得到高的 CO_2 分压和低的氧气分压，而无须气体的再循环并且没有燃烧产物的异常高温。

例如，从燃烧室内燃烧中取出大于 50%，最好大于 60%，更好大于 70%，或大于 80% 的蒸汽形式热能。在取出的大部分能量是蒸汽形式情况下，可以减小效率与重要装置的依赖关系，例如，高温增压热交换器（600°C 以上），并把这种装置的使用减至最小。这是通过大大减小这种装置上负荷实现的。

最好是，在通过涡轮机膨胀之前，利用与贫 CO_2 馏分的热交换冷却燃烧室中的废气以加热贫 CO_2 馏分。这导致增大的效率，它是利用废气中的热能驱动涡轮机。

最好是，水和/或空气添加到净化的贫 CO_2 馏分以增大贫 CO_2 馏分从燃烧室的热废气中吸取热量的能力。

类似地，在燃料馈送到燃烧室之前最好对它加热。我们发现，这可以增大总过程的效率，即，燃料中尽可能多的化学能转换成电能。

最好是，通过与空气压缩机中部分蒸汽流的热交换使燃料加热，且其中热交换之后冷却的压缩空气流提供给贫 CO_2 馏分以增大它的热容量。

与这种方式进行组合，可以提供大量“廉价”的低压蒸汽，即，没有明显地影响再生产吸收剂的热电厂效率。与此同时，可以使大部分这种低级能以及一连串压缩 CO_2 的冷却器中低级能返回的可能性增大，这是对产生电功率的有用贡献。收集低级能用于能量生产的细节包括在热电厂的适当位置上使用增压空气-水混合物，它可以使水蒸发，从而在远远低于现有压力的水沸点温度下取出更多的能量。

这些特征的组合可以实现竞争效率在 43.5% 至 46% 范围内的热电厂，或更取决于优化程度和 CO_2 净化程度。应当可能达到 90% 或更

高的净化程度。

此外，我们描述一种含碳燃料，最好是碳氢化合物的热电厂，包括：燃烧室，其中燃料是在增压的有氧环境下燃烧；排气管，用于引导燃烧室中燃烧后废气到接触装置，使冷却之后的废气与吸收剂接触，其中大部分 CO_2 被吸收，而废气中的其他气体没有被吸收；气管(14)，用于接触装置中的未吸收气体；再加热装置，用于重新加热贫 CO_2 馏分气体流；膨胀装置，在排放到周围环境之前膨胀这种加热的贫 CO_2 馏分气体流；和运送装置，用于从接触装置运送有吸收的 CO_2 的吸收剂到堆放处或到吸收剂再生装置，用于循环到接触装置，其中燃烧室包括：提供蒸汽的装置和管路，用于馈送蒸汽到汽轮机进行膨胀。

最好是，热电厂包括：冷凝室，用于废气中水的凝结，它安排在接触装置之前。按照这种方式，可以去除废气燃烧后产生的水分。水在净化过程中是多余的，因为它可以损伤/破坏吸收剂。

最好是，热电厂包括：提供装置，用于提供冷凝室中凝结的水给贫 CO_2 馏分以增大这种馏分的热容量。

最好是，燃烧室包括：外壳和内壳，在外壳与内壳之间流动冷却剂，并且安排用于覆盖燃烧室内表面的管道，以及通过管道循环水的装置。

附图说明

现在参照优选实施例和附图更详细地描述本发明，其中：

图 1 是简化的流程图，它表示按照本发明燃气热电厂的基本实施例；

图 2 是具有增大效率的另一个实施例；

图 3 是增压燃烧室的实施例，其中借助于循环 CO_2 气体和循环锅炉用水保护外壳以抵挡燃烧产物的温度。

具体实施方式

首先描述图 1 所示的基本配置。流程图与热电厂的规模无关，但是此处描述的是指 400 MW 的热电厂。

含氧气体，例如，空气，富氧空气或氧气，在以下的描述和权利

要求书中都称之为“空气”，它沿空气管路 1 进入热电厂，和在压缩机 2，2'中被压缩。压缩机可以是一级，但最好是，压缩机 2 是串联的两个或多个压缩机，最好是在压缩机 2 与 2'之间有空气的冷却，如两个压缩机之间冷却管路 3'中空气的热交换器 45。图 1 所示的压缩机 2，2'最好是在本发明有利的工作压力下，约为 16 巴。进入的空气在压缩机 2'中被压缩到约 4 巴。压缩的空气从压缩机 2'通过管路 3'被引入到压缩机 2。在引入到压缩机 2 之前，管路 3'中的空气是在两个压缩机之间的热交换器 45 中被冷却。在压缩机 2 中，空气进一步压缩到约 16.7 巴的压力。在这种热电厂中，燃烧所需的空气约为 400 kg air/s。

压缩的空气从压缩机 2 通过管路 3 被引入到燃烧室 6。空气的压力调整到燃烧室中的工作压力，从而使空气进入燃烧室。此处，压力必须在燃烧室的工作压力之上，例如，在 0.5 巴至 1 巴之间，如 0.7 巴。

含碳或碳化合物的燃料，例如，诸如煤气或汽油的碳氢化合物通过燃料供给管 9 馈送到燃烧室 6。将要进入到燃烧室 6 的燃料被泵（未画出）等装置压缩到这样大的压力，迫使该燃料进入燃烧室。因此，此时的压力必须在燃烧室的工作压力之上，例如，在 0.5 巴至 1 巴之间，如 0.7 巴。在使用天然气的情况下，这种热电厂利用约 19 kg gas/s 的天然气。

由于排放这种气体的环境警报特征，最好是使用给出废气中低 NO_x 含量的喷燃器。利用这种喷燃器，来自低 NO_x 喷燃器的锅炉中 NO_x 减小至 50 ppm 以下。按照已知的测试技术，利用净化装置（未画出）中的 NH_3 ($3\text{NO} + 2\text{NH}_3 = 2.5\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$)，可以去除其余的 NO_x 。这种净化操作在大气压下可以有高达 90% 的效率，但在 16 巴下可以有更高的效率。所以，可以净化到 5 ppm。采用热交换器，该气体可以达到这种过程中最佳的温度。还存在没有 NH_3 的其他方法，与 NH_3 相关的方法给出一些 NH_3 “下降”。

燃烧室 6 中的燃烧发生在从大气压至超大气压的压力下，例如，从 1.5 巴至 30 巴，从 5 巴至 25 巴，和从 10 巴至 20 巴。根据随后净

化和 CO_2 分离的要求以及燃气轮机和空气压缩机的操作经验，约 16 巴的压力是特别合适的。在此处给出的例子中，燃烧是在约 16 巴压力下进行的。

燃烧的总热量约为 900 MW。

控制含氧气体和燃料的供给，使燃烧室中废气的剩余含氧量是在 1% 至 10% 之间，最好是在 1.5% 至 6% 之间，更好的是在 2% 至 4% 之间。这远远低于燃气轮机中的含氧量，燃气轮机中废气通常包含约 15% 的氧。

在燃烧中，通过水管 4 提供的水被加热以产生蒸汽，借助于蒸汽出口 5 馈送并通过汽轮机 53 膨胀。此后，从汽轮机 53 膨胀的蒸汽借助于管路 4' 引入到燃烧室 6 中被再次加热。再加热的蒸汽沿管路 5' 离开燃烧室，它被引入到汽轮机 54 中发生膨胀。

来自汽轮机 54 的蒸汽沿管路 56 引入到低压涡轮机 57，在其中再发生膨胀。汽轮机 53，54 和低压涡轮机 57 最好安排在共同的轴 55 上，轴 55 驱动发电机 58 以产生电能。

来自低压涡轮机 57 的大部分膨胀蒸汽/凝结水通过管路 59 引入到热交换器 60，利用外部冷却水使凝结水进一步冷却。在冷却/完全凝结之后，管路 59 中的水借助于泵 61 泵升到所需的压力作进一步循环。这种相对冷的水可用于维持热电厂中各个位置处的低温能量，它可以与需要冷却的较暖蒸汽流进行热交换。这就可以利用/维持低温热能，它对于良好的能源经济是十分重要的。

此处所示的热交换器 62 使管路 59 中的冷蒸汽流与管路 63 中的较暖蒸汽流进行热交换。管路 63 中的蒸汽流是从低压涡轮机中没有完全膨胀的蒸汽中取出的蒸汽流。管路 63 中的蒸汽流借助于泵 64 被再次泵升到进一步循环所需的压力。管路 59 和 63 中的蒸汽流沿管路 65 聚合在一起，它们在热交换器 67 中与废气管路 41 中燃烧产生的废气进行热交换，在水馈送到水箱 66 之前吸取剩余的热量。

可以沿管路 68 取出管路 59 中部分冷却水流，并通过热交换进行加热，在管路 68 中的水引入到水箱 66 之前，最初可能是在热交换器

69 中与管路 41 中的部分冷却废气进行热交换, 此后与管路 3' 中的热空气进行热交换。

水箱 66 中的水通过管路 70 引入到泵 71, 其中水被泵升到所需的压力。来自泵 71 的水沿管路 70 引入到热交换器 17, 其中利用与管路 41 中的温暖废气进行热交换使水加热。理想的是, 分别从管路 72 的汽轮机 53 和管路 73 的汽轮机 54 中取出少量的蒸汽流, 这些蒸汽流与管路 70 中蒸汽流的侧边蒸汽流热交换, 如管路 76 所示, 并利用这些蒸汽流使水加热。来自热交换器 17 和 74 中加热的水分别引入到管路 4 和用于燃烧室的冷却。

利用这种生产蒸汽的方法冷却燃烧室 6 中的气体, 因此, 燃烧室中的工作温度可以保持在 700°C 至 900°C 的范围内, 通常是在 800°C 至 850°C 的范围内。从燃烧室的燃烧中取出大于 50%, 最好大于 60%, 更好大于 70% 的热能作为燃烧室冷却的热蒸汽。

从燃烧室中去除非常大的热量保证, 可以利用空气中的大部分氧气, 而不会使温度变得不可接受的高。这能够使废气中有高的 CO_2 浓度, 相对于产生的能量消耗少量的空气, 从而获得重要的优点, 只须净化相对小体积的废气流。当大部分的电能是在有效燃汽轮机中产生时, 可以大大减轻重要气体-气体热交换器 8 上的热负荷, 从而使它有较小的尺寸和较简单的结构。低温和减轻的热负荷还意味着, 与较高的温度和热负荷比较, 我们遇到的热膨胀和腐蚀问题就较小。从而可以降低热电厂成本和维护费用, 与此同时, 产生较多的能量和简化废气的净化操作, 而没有电效率的巨大损失。

参照图 1, 燃烧室 6 中的废气被引导通过废气管 10, 通过一个或多个气体-气体热交换器 8, 11 和调温冷却器 12, 其中输出废气在引入到接触装置 13 之前被冷却, 接触装置 13 使废气与吸收剂接触。接触装置 13 中的压力接近燃烧室 6 中的压力, 因为压力的减小仅仅相当于通过热交换器 8, 11 和调温冷却器 12 的压力下降。

燃烧室 6 中燃烧产生和在废气通过热交换器冷却时凝结的水在接触装置 13 之前的脱水器 50 中被分离。水可以稀释或损坏接触装置中

的吸收剂。

在附图中，热交换器 8, 11 是串联连接的两个热交换器。热交换器的数目和这些热交换器的尺寸取决于实际热电厂的实际规模和设计，因此它随不同的热电厂而变化。典型的热电厂包含串联连接的两个至四个热交换器。接触装置 13 中的温度取决于吸收剂，因此，它是给出高溶解度的较低温度与促进吸收过程相关反应的较高温度之间折衷。典型的温度是，水在 20°C 以下，胺为 50°C，而利用诸如碳酸钾的无机溶液为 80 至 100°C。

优选的吸收剂是诸如水，胺溶液或无机水溶液的液体，例如，碳酸溶液，它在高压和高 CO₂ 分压下可以吸收相对大量的 CO₂。接触装置 13 中的吸收剂最好使废气的很大内表面逆流减小。

接触装置最好工作在增高的压力下，例如，大于 8 巴，更好的是在 10 巴以上。该压力还可以更高，例如，高于 15 巴或 20 巴。

没有被溶剂吸收的废气中的气体从接触装置引导通过气管 14，通过热交换器 11, 8，其中该气体在涡轮机 15, 15' 中膨胀之前被加热，因此，该能量能够用作以后过程中热的高压气体。最好是，从脱水器 50 通过管路 52 取出的水被泵 51 泵浦，并与净化气体一起引入到管路 14。水在净化气体的加热时被蒸发，并给气体提供水凝结和净化中去除的部分质量，从而增大气体的热容量。

在接触装置 13 与热交换器 11, 8 之间管路 14 中插入压缩机也可以提高效率。这种压缩可以加热气体，随后可以再取出热量，从而使热交换器中有更大的压力差，因此，在较小的面积上可以得到更好的热交换，从而可以利用较廉价的热交换器。

在从管路 3 取出的小压缩气体流中馈送蒸汽，还可以补偿由于去除 CO₂ 而减小的质量流，冷却这种气体，例如，通过预热图 2 所示的燃烧气体 9，可以使热量不损失，并在热交换器 11 之前引入它进入净化的气体。最好是，该气体与管路 14 中的气体有大致相同的温度，所以，应当按照这种气体估算冷却。

最好是，涡轮机 15 是多个涡轮机，例如，串联连接的两个涡轮

机 15 和 15', 其中管路 14' 引导涡轮机 15 中部分膨胀的气体到涡轮机 15'。

最好是, 压缩机 2' 和涡轮机 15' 安排在共同的轴 40' 上和估算压缩机 2' 和涡轮机 15', 使涡轮机 15' 的动能正好足够驱动压缩机 2'。涡轮机 15 与压缩机 2 和发电机 16 一起安排在轴 40 上。来自涡轮机 15 的动能大于驱动压缩机 2 所需的动能, 因此, 剩余的动能可用在相同轴上放置的发电机 16 以产生电能。发电机在起动热电厂时作为电动机。如果需要, 这种动能当然也可用于其他的目的, 例如, 吸收剂的循环泵, 锅炉水的循环泵, 真空泵, 富 CO_2 馏分的压缩机, 或这些装置的组合。

从涡轮机 15 开始, 涡轮机 15 中膨胀输出的气体引导通过热交换器 17, 其中气体的剩余热量可用在热电厂的适当设备中。在所示的实施例中, 这种热量用于加热管路 14 中的水。

在所示的装置中, 通过管路 19, 借助于热交换器 20 和解吸装置 18 内的膨胀装置 (未画出), 从接触装置 13 馈送含 CO_2 的溶剂。解吸装置 18 中的压力取决于吸收剂的选择, 吸收的 CO_2 量和热量回收的要求。其压力通常低于接触装置 13 中的压力, 它一般是在周围环境压力之上的 0.2 巴与 1 巴之间。

为了增大从解吸装置的吸收剂中排放的吸收气体, 通常在解吸装置底部去除部分的吸收剂, 并引导它通过循环加热器 22 的循环管道 44, 其中吸收剂是在返回到解吸装置 18 之前被加热。可以从热电厂的另一个位置取出给循环加热器 22 的热能, 例如, 从低温涡轮机 57 取出合适压力和温度的蒸汽流, 并在管路 76 中引入到热交换器 22, 循环管道 44 中的蒸汽流被管路 76 中较热的蒸汽流加热。从管路 76 中取出的蒸汽在热交换器中凝结, 并借助于泵 77 再泵浦到水箱 66。例如, 在管路 76 中可以取出温度为 200°C 和压力为 2.4 巴的 30 kg steam/s。

当接触装置 13 是在输入气体中高的 CO_2 分压下驱动时, 这种循环加热器的能量要求减至最小。与此同时, 使用的蒸汽有低值, 因为它已经通过高压涡轮机 53 和中压涡轮机 54 部分地发生膨胀。

从它的顶部去除解吸装置 18 中排放的富 CO_2 气体,最好是,引导它通过凝结器 23 进行冷却,并在引导通过 CO_2 管道 25 之前,作为液体分离器 24 中的富 CO_2 气体流。液体分离器 24 中分离出的液体通过液体传输管 26 返回到解吸装置。

从解吸装置 18 底部去除再生的吸收剂,并泵浦通过循环管道 43,在它返回到吸收装置 13 之前,在热交换器 20 中冷却,还可能在另一些热交换器中冷却。

来自液体分离器 24 的富 CO_2 气体流通过 CO_2 传输管道 25 引入到压缩机系统 28,所述压缩机系统包含若干个压缩步骤,其中按照这样的方式压缩气体,它可以安全地储存,运输,堆放或出售。这种压缩机系统中的部件和结构是普通型,在此不对它作进一步的描述。根据热电厂的设计和控制参数,这种富 CO_2 气体流通常包含燃烧后总 CO_2 的约 80-95%,最好是大于 90%。

从接触装置 13 通过管道 14 引出的气体有低的 CO_2 含量,通常是燃烧后总 CO_2 的约 10%。如上所述,通过管路 52 给这种气体提供从废气中已去除的水,在通过涡轮机 15, 15' 膨胀之前,利用与热交换器 11 和 8 中热废气进行热交换对它进行加热。

本方法和装置的重要特征是,从燃烧室 6 的燃烧后取出的大部分热能是作为用于驱动汽轮机 53, 54 和 57 的蒸汽。取出的大部分热能是作为蒸汽,其特征是,它与常规的方法有很大的不同,燃烧室中的温度和燃烧室中废气的温度是适当的,并适合于燃气轮机的运行,且燃烧室的压力壳层进一步被冷却,尽管几乎充分利用空气中的氧含量,仍然产生高的 CO_2 分压。这导致相当低的负荷和对热交换器 8 的要求,这是热电厂的微弱部分,其中大部分的热能是从在燃烧后废气驱动的燃气轮机中取出。这在表 1 中给予说明,表 1 给出按照本发明热电厂的一些重要测量值。

表 1: 400 MW 热电厂中不同装置/不同位置的压强,温度,数量和效应。

编号	压强 (巴)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	数量 (kg/s)	效应 (MW)
----	--------	---------------------------	-----------	---------

1	1	15	400	
2'				65
3'	4.2			
3	16.7	300		
4	207	270	240	
4'	45	350	230	
5	180	565	240	
5'	39	565	230	
6				900
8				30
9			19	
10A	16	860		
10B	16	800		
10C	16	80		
11				400
14A	16	845		
15				156
15'				65
16				72
41A	1	360		
41	1	80		
53				80
54				90
57				180
58				350
59	0.03	24		
66	10	180		

在不偏离本发明思想的条件下，按照图 1 所示本发明热电厂的中配置可以随热交换器，泵等而变化。此处利用符号表示的元件可以是

类似元件或不同元件的组合，它们给出所需和描述的功能。因此，我们描述的热交换器可以是热交换器的组合。同样地，这种热电厂能够包括此处没有描述的其他元件，例如，交换少量能量的热交换器，泵或调整某些元件压力的减压阀，等等。

类似地，在特定热电厂的工程和优化期间，我们能够偏离描述的质量和能量流的细节。

通过组合可以大大提高效率，其中燃气被预热，与此同时，增加的冷却空气量提供到热交换器 11 的冷侧面。可以从需要冷却的不同位置取出加热这种气体的能量，或可以从图 2 所示的压缩机 2, 2' 中取出。例如，从气体流 3 中取出约 45 kg air/s 的空气。借助于热交换器 80，增加的空气量引入到管路 7，它与管路 9 中 15°C 的 19 kg/s 的输入燃气进行热交换，使燃气加热到约 240°C，而空气冷却到约 60°C。管路 7 中的冷却空气引入到管路 14，把它添加到废气中以给出较大的气体流体积和较大的质量，从而增加该气体吸取热量的能力，并借助于热交换器 8, 11 冷却管路 10 中的废气。根据计算，图 2 所示的这种预热可以提高热电厂中燃烧后热能转换成电功率的效率约 1%。

若我们没有利用压缩空气中的热量与燃料进行热交换，则可以直接从压缩机 2, 2' 或从分开的压缩机（未画出）中提供空气给管路 7。

高温和高压对热元件的结构和材料选择提出很高的要求。元件的构造，例如，高压和高温的燃烧室和热交换器是复杂和昂贵的。传统的优选压力燃烧室需要选取昂贵的材料。在燃烧室壁是由互相套合的两个或多个壳层构成情况下，其中外壳是受压壳层，且外壳的温度可以保持在 350°C 以下，最好是在 300°C 以下，可以降低燃烧室的结构成本和脆弱性。

图 3 表示这样一种燃烧室 100，包括：外壳 101，内壳 102，可以在外壳与内壳之间流动的冷却剂，例如，CO₂。可以通过冷却剂管道 106 添加 CO₂。取出加热的 CO₂，并借助于 CO₂ 的冷却管路（未画出）进行循环。最好是，来自热 CO₂ 的热能添加到需要热量过程的蒸汽流中，借助于管路（未画出）传输到图 1 和图 2 所示的一些热交换器，

或未画出的热交换器。

燃料和含氧气体，例如，净化气体，富氧空气或空气，分别通过管路 9 和 3 提供给一个或多个喷燃器 103。

如图 3 所示， CO_2 还可以作为烟道气围绕管道 107 从燃烧室顺向流动到热交换器，它还可用作热交换器中的冷却剂。调整内壳与外壳之间循环的 CO_2 量，使外壳 101 的温度不超过 350°C ，最好不超过 300°C 。保持外壳的温度在 350°C 以下，我们就可以利用相对廉价的材料，因此，与经受较高温度的外壳比较，生产就变得较简单和廉价。

内壳 102 安排在外壳 101 内，内壳 102 是利用耐热材料制成。最好是，内壳的内侧面与外侧面之间没有压力差或仅仅很小的压力差，从而使它没有大的压力负荷。如果需要，燃烧室壁可以包含两个以上的壳层。

燃烧室的内壁，即，内壳 102 的内侧面，覆盖一个或多个管道 104，它们是沿内壁排列的一个或多个螺旋管。最好是，螺旋管 104 覆盖内壳的整个内表面，并保护内表面以抵挡燃烧室内的燃烧产物，与此同时，它降低燃烧室和燃烧室内壁 102 的温度。螺旋管 104 使锅炉水的蒸汽流温度不超过 300°C 至 350°C ，它可以抵挡外部压力壳层的温度。给螺旋管 104 中水添加的这种热量可以对锅炉水进行预热，借助于热交换器循环增压的气体，其中这些热量用于需要加热到相关的温度的管路中。

利用热螺旋管 105 还降低燃烧室中的温度，热螺旋管 105 是安装在燃烧室内部几个热螺旋管的组合。热螺旋管 105 是通过管路 4 和 4' 和/或直接来自管道 104 提供水/蒸汽的热螺旋管。

高温热交换器不应当重复地降温 and 升温，如果它还有作为压力容器的功能。所以，最好是，热的热交换器，即，蒸汽流温度高于 350°C 的热交换器，它是由外部受压壳层和内壳构成，在两个壳层之间流动诸如 CO_2 或氮气的冷却剂，其方式类似于燃烧室。或者，热交换器周围的容器可以利用锅炉水作为冷却剂直接或间接地冷却。另一种方案是在增压燃烧室内部构造热交换器，此时它不再具有压力容器的功能。

对于一些元件，实施其他的特定结构调整也是适宜的，具体地说，改进操作安全性，降低制造成本，和减小磨损和相关差错的危险。因此，可以利用诸如 CO_2 的冷却气体冷却燃烧室 6 的壳层和诸如热交换器的其他的热元件，例如，热交换器 8。冷却气体中的这种热能可以提供给热交换器，用于可以利用低级能的过程中位置上加热，具体地说，这涉及燃烧室的水预热。增压燃烧室和增压热交换器冷却到低于 350°C 的壳层温度，可以实现利用高张力，低合金和非昂贵钢质量的机会。该系统还可用于热电厂起动之前加热这些元件。这样做可以减小热张力和降低压力壳层和管道破裂的危险。

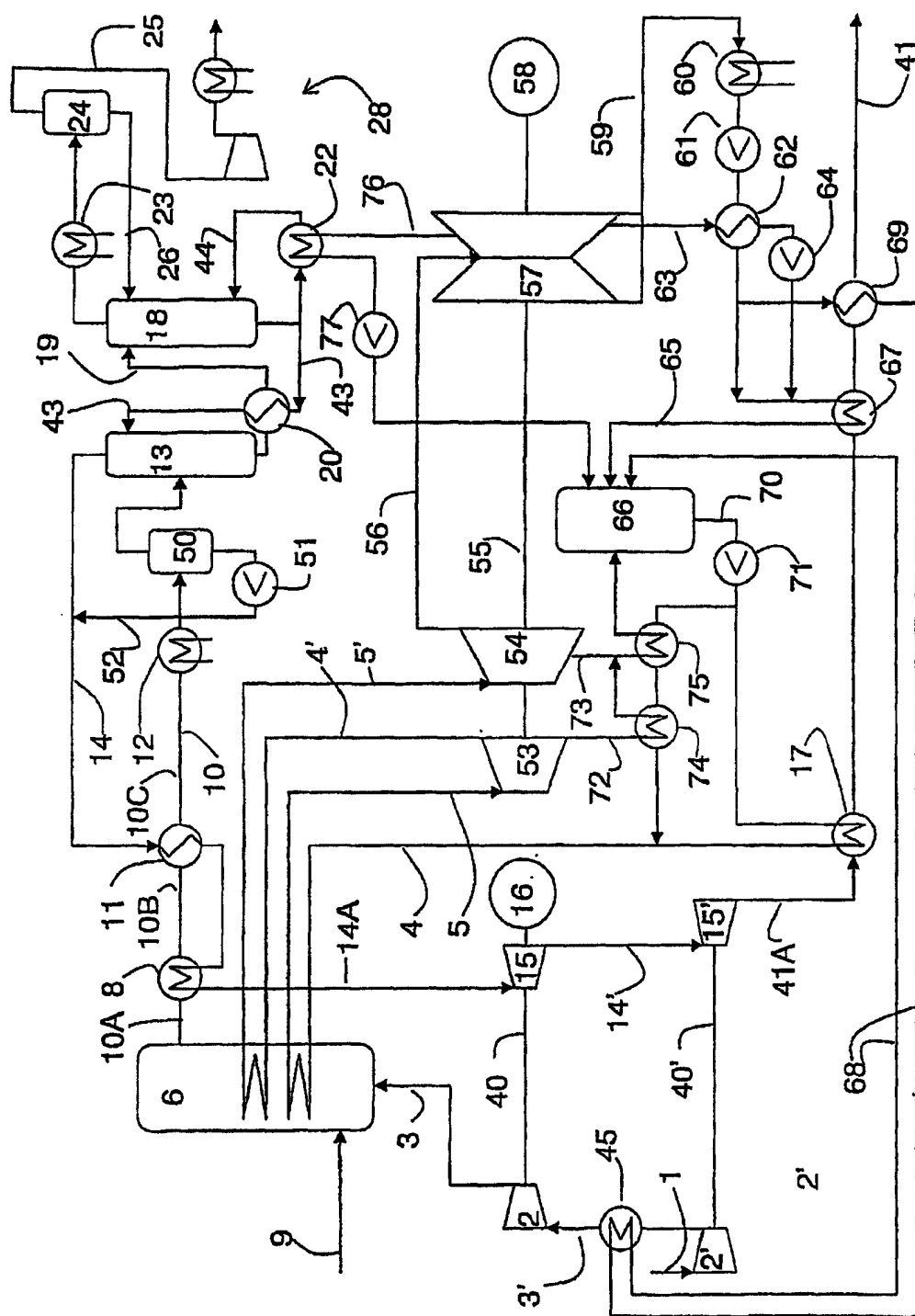


图1

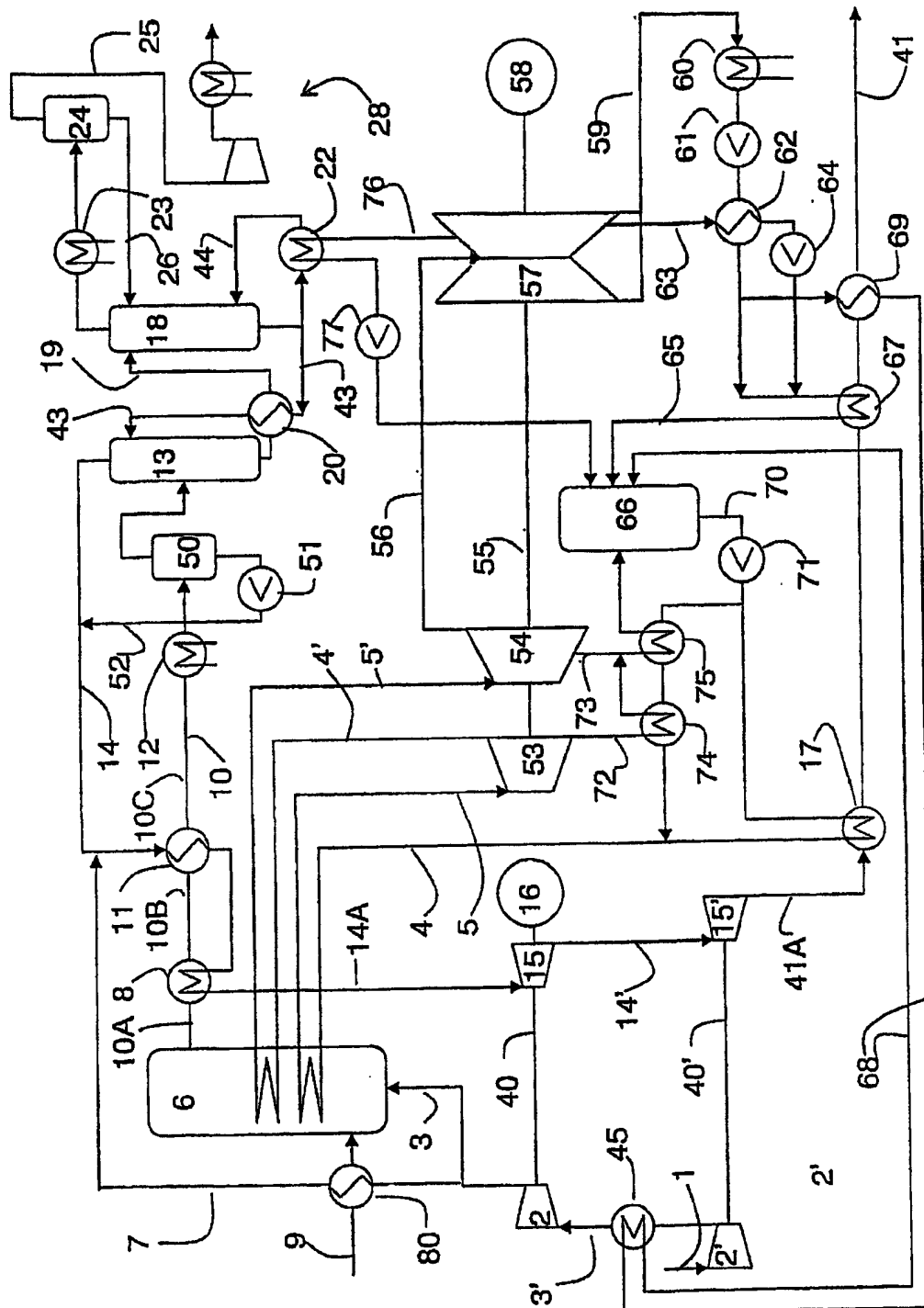


图 2

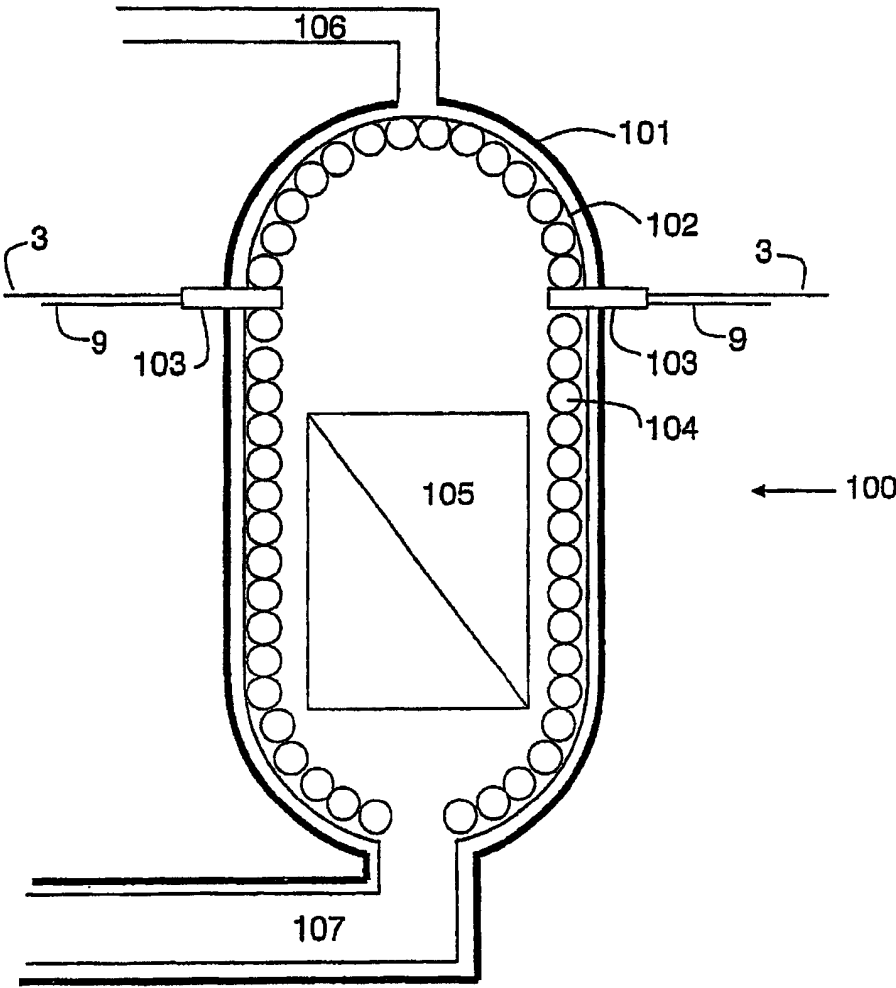


图 3