



1. 一种用以减少从涡轮机放出的废气中的排放的分体式热回收蒸汽发生器 (HRSG) 装置 (60), 所述涡轮机包括: 压缩机 (21); 燃烧器 (22), 所述燃烧器 (22) 流体地联接至所述压缩机 (21) 并布置在所述压缩机 (21) 下游; 以及, 涡轮 (26), 所述涡轮 (26) 流体地联接至所述燃烧器 (22) 并布置在所述燃烧器 (22) 下游以便接收燃烧气体, 并且流体地连接至所述压缩机 (21) 以便接收冷却和泄漏流体, 所述装置 (60) 包括:

第一 HRSG (70), 所述第一 HRSG (70) 联接至所述涡轮 (26) 并由此能接收所述废气的一部分以输送所述废气的部分到所述压缩机 (21);

第二 HRSG (80), 所述第二 HRSG (80) 联接至所述涡轮 (26) 并由此能接收所述废气的其余部分, 所述第二 HRSG (80) 包括顺序地布置在其中的 NO<sub>x</sub> 催化剂 (110) 和 CO 催化剂 (120) 以从所述废气移除 NO<sub>x</sub> 和 CO; 以及

空气喷射设备 (115), 所述空气喷射设备 (115) 用以在所述 NO<sub>x</sub> 催化剂 (110) 与所述 CO 催化剂 (120) 之间喷射空气到所述第二 HRSG (80) 内以便于所述 CO 催化剂 (120) 处的 CO 消耗。

2. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 额外的 CO 催化剂 (100) 布置在所述 NO<sub>x</sub> 催化剂 (110) 上游以将痕量 O<sub>2</sub> 和 CO 转变成 CO<sub>2</sub>。

3. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 所述燃烧器 (22) 包括干式低 NO<sub>x</sub> (DLN) 构件和延迟稀薄喷射 (LLI) 构件中的一个或多个。

4. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 还包括控制器 (200), 所述控制器 (200) 用以调节分别能由所述第一 HRSG (70) 与所述第二 HRSG (80) 接收的废气的量以及喷射到所述第二 HRSG (80) 内的空气量。

5. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 所述第一 HRSG (70) 能接收所述废气的质量的大约 55% - 65%, 并且所述第二 HRSG (80) 能接收所述废气的质量的大约 35% - 45%。

6. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 还包括:

轴 (25), 所述轴 (25) 被所述涡轮机可旋转地驱动; 以及

上游压缩机 (30), 所述上游压缩机 (30) 联接至所述轴 (25) 以便根据所述轴 (25) 的旋转将压缩的空气输出至所述燃烧器 (22)。

7. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 还包括:

轴 (25), 所述轴 (25) 被所述涡轮机可旋转地驱动; 以及

发电机 (40), 所述发电机 (40) 联接至所述轴 (25) 以便从所述轴 (25) 的旋转发电。

8. 根据权利要求 1 所述的装置 (60), 其特征在于, 还包括联接至所述第二 HRSG (80) 的排气系统 (130), 所述排气系统 (130) 包括碳捕获系统 (301) 以捕获所述废气中的二氧化碳。

9. 一种用以发电的系统 (10), 包括:

涡轮机, 所述涡轮机包括: 压缩机 (21); 燃烧器 (22), 所述燃烧器 (22) 流体地联接至所述压缩机 (21) 并布置在所述压缩机 (21) 下游; 以及, 涡轮 (26), 所述涡轮 (26) 流体地联接至所述燃烧器 (22) 并布置在所述燃烧器 (22) 下游以便接收燃烧气体, 并且流体地连接至所述压缩机 (21) 以便接收冷却和泄漏流体;

第一热回收蒸汽发生器 (HRSG) (70), 所述第一 HRSG (70) 联接至所述涡轮 (26) 并由此

能接收从所述涡轮 (26) 输出的废气的一部分,所述第一 HRSG (70) 被配置成输送所述废气的部分到所述压缩机 (21);

第二 HRSG (80),所述第二 HRSG (80) 联接至所述涡轮 (26) 并由此能接收从所述涡轮 (26) 输出的废气的其余部分,所述第二 HRSG (80) 包括顺序地布置在其中的 NO<sub>x</sub> 催化剂 (110) 和 CO 催化剂 (120) 以处理所述接收的废气;以及

空气喷射设备 (115),所述空气喷射设备 (115) 用以在所述 NO<sub>x</sub> 催化剂 (110) 与所述 CO 催化剂 (120) 之间喷射空气到所述第二 HRSG (80) 内以便于所述 CO 催化剂处的 CO 消耗。

10. 一种操作涡轮机系统的方法,所述方法包括:

允许在第一 HRSG (70) 中接收涡轮机排气的一部分以用于输送至所述涡轮机的压缩机 (21),并且在第二 HRSG (80) 中接收所述涡轮机排气的其余部分,其中在所述第二 HRSG (80) 中消耗所述涡轮机的排气中的 NO<sub>x</sub> 和 CO;

感测在所述第二 HRSG (80) 中所述 NO<sub>x</sub> 和 CO 消耗是否基本完全;以及

在所述 NO<sub>x</sub> 消耗不完全的情况下,调节分别在所述第一 HRSG (70) 和所述第二 HRSG (80) 中接收的所述涡轮机排气的部分与所述涡轮机排气的其余部分的相对量;以及,

在所述 CO 消耗不完全的情况下,调节喷射到所述第二 HRSG (80) 内的空气量。

## 用以发电的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本文所公开的主题涉及燃气涡轮发动机,并且更特定而言涉及使用化学计量废气再循环的燃气涡轮发动机。

### 背景技术

[0002] 在燃气涡轮 (GT) 发动机中,压缩空气和燃料混合在一起并燃烧以产生高能流体,该高能流体被引导至涡轮部段,在涡轮部段中流体与涡轮动叶相互作用以产生机械能,机械能可用于产生动力和发电。特别地,涡轮动叶可使轴(发电机联接至该轴)旋转。在发电机内,轴旋转在电联接至外部电路的线圈中感应电流。随着高能流体离开涡轮部段,它们可被重新引导至热回收蒸汽发生器(HRSG),其中,来自该流体的热量可用来产生蒸汽以用于蒸汽轮机发动机以及进一步的动力和电力产生。

[0003] 然而,随着空气与燃料燃烧,产生诸如一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)这样的排放和/或污染物,并且它们可存在于燃气涡轮发动机排放中。必须减少这些污染物来减轻燃气涡轮发动机的不利环境影响并遵守法规。但是,通常减少污染物直接关系到效率损失,其影响发电的经济价值。

### 发明内容

[0004] 根据本发明的一方面,提供了一种分体式热回收蒸汽发生器(HRSG)装置,其用于减少从用以发电的涡轮机系统放出的废气中的排放,该涡轮机系统包括:压缩机;燃烧器,其流体地联接至压缩机并布置在压缩机下游;以及,涡轮,其流体地联接至燃烧器并布置在燃烧器下游以接收燃烧气体,并且流体地连接至压缩机以接收冷却和泄漏流体。该装置包括:第一 HRSG,其联接至涡轮并由此能接收废气的一部分以输送该废气的部分到压缩机;第二 HRSG,其联接至涡轮并由此能接收废气的其余部分,其包括顺序地布置在其中的 NO<sub>x</sub> 催化剂和 CO 催化剂以便从废气移除 NO<sub>x</sub> 和 CO;以及,空气喷射设备,其用以在 NO<sub>x</sub> 催化剂与 CO 催化剂之间喷射空气到第二 HRSG 内以便于 CO 催化剂处的 CO 消耗。

[0005] 根据本发明的另一方面,提供了一种用以发电的系统并且其包括涡轮机。该涡轮机包括:压缩机;燃烧器,其流体地联接至压缩机并布置在压缩机下游;以及,涡轮,其流体地联接至燃烧器并布置在燃烧器下游以便接收燃烧气体,并且流体地连接至压缩机以便接收冷却和泄漏流体。该系统还包括:第一热回收蒸汽发生器(HRSG),其联接至涡轮并由此能接收从涡轮输出的废气的一部分,第一 HRSG 被配置成输送该废气的部分到压缩机;第二 HRSG,其联接至涡轮并由此能接收从涡轮输出的废气的其余部分,其包括顺序地布置在其中的 NO<sub>x</sub> 催化剂和 CO 催化剂以便处理接收的废气;以及,空气喷射设备,其用以在 NO<sub>x</sub> 催化剂与 CO 催化剂之间喷射空气到第二 HRSG 内以便于 CO 催化剂处的 CO 消耗。

[0006] 根据本发明的还有另一方面,提供了一种操作用以发电的涡轮机系统的方法,并且其包括:允许在第一 HRSG 中接收涡轮机排气的一部分以用于输送至涡轮机的压缩机,并且在第二 HRSG 中接收涡轮机排气的其余部分,其中在第二 HRSG 中消耗 GT 发动机排气中的

NO<sub>x</sub> 和 CO ;感测 NO<sub>x</sub> 和 CO 消耗是否基本完全 ;以及,在 NO<sub>x</sub> 消耗不完全的情况下,调节分别在第一 HRSG 和第二 HRSG 中接收的该涡轮机排气的部分与其余部分的相对量 ;以及,在 CO 消耗不完全的情况下,调节喷射到第二 HRSG 内的空气量。

[0007] 这些和其它优点与特征从结合附图的下述描述将变得更加显而易见。

## 附图说明

[0008] 被认为是本发明的主题在说明书的所附权利要求中特别地指出并明确地根据权利提出要求。本发明的前述和其它特征与优点从结合附图的下述详细描述中是显而易见的,其中 :

[0009] 图 1 是带有涡轮发动机和分体式热回收蒸汽发生器 (HRSG) 装置的系统的示意图 ;

[0010] 图 2 是用于图 1 的系统的控制器的示意图 ;

[0011] 图 3 是用于图 1 的系统的排气系统的示意图 ;以及

[0012] 图 4 是示出操作图 1 的系统的方法的流程图。

[0013] 该详细描述参照附图通过示例的方式与优点和特征一起解释了本发明的实施例。

[0014] 部件列表

|        |                     |        |
|--------|---------------------|--------|
| [0015] | 系统                  | 10     |
| [0016] | 燃气涡轮 (GT) 发动机       | 20     |
| [0017] | 压缩机                 | 21     |
| [0018] | 燃烧器                 | 22     |
| [0019] | 管道                  | 23, 24 |
| [0020] | 轴                   | 25     |
| [0021] | 涡轮                  | 26     |
| [0022] | 上游压缩机               | 30     |
| [0023] | 进气                  | 35     |
| [0024] | 管道                  | 36     |
| [0025] | 发电机                 | 40     |
| [0026] | 分体式 HRSG 装置         | 60     |
| [0027] | 第一 HRSG             | 70     |
| [0028] | 第二 HRSG             | 80     |
| [0029] | SEGR 管道             | 90     |
| [0030] | 第一 CO 催化剂           | 100    |
| [0031] | NO <sub>x</sub> 催化剂 | 110    |
| [0032] | 空气喷射设备              | 115    |
| [0033] | 第二 CO 催化剂           | 120    |
| [0034] | 排气系统                | 130    |
| [0035] | 控制器                 | 200    |
| [0036] | 第一入口导叶              | 201    |
| [0037] | 第二入口导叶              | 202    |

|        |       |          |
|--------|-------|----------|
| [0038] | 传感器   | 210      |
| [0039] | 烟囱    | 300      |
| [0040] | 碳捕获系统 | 301      |
| [0041] | 测量    | 400      |
| [0042] | 判断    | 401      |
| [0043] | 继续    | 410      |
| [0044] | 调整性能  | 420, 430 |

## 具体实施方式

[0045] 参看图 1 和图 2, 提供了一种以降低的排放来发电的系统 10。更特定而言, 提供了一种以较少或无氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 或一氧化碳 (CO) 污染物排放来发电的系统 10。该系统 10 包括涡轮机 (例如燃气涡轮 (GT) 发动机 20)、分体式热回收蒸汽发生器 (HRSG) 装置 60 (其具有第一 HRSG 70 和第二 HRSG 80), 以及空气喷射设备 115。在 GT 发动机 20 中, 压缩机 21 压缩从第二 HRSG 80 再循环的排气, 该排气被供给至燃烧器 22, 燃烧器 22 流体地联接至压缩机 21 并布置在压缩机 21 下游。燃烧器 22 可包括干式低 NO<sub>x</sub> (DLN) 构件和 / 或延迟稀薄喷射 (late lean injection, LLI) 构件中的至少一个或多个 (其用于减少 NO<sub>x</sub> 排放)。涡轮 26 联接至压缩机 21 和燃烧器 22 以便从燃烧器 22 接收燃烧产物以及从压缩机 21 接收冷却和泄漏流体。

[0046] 上游压缩机 30 联接至轴 25, 使得轴 25 的旋转驱动上游压缩机 30 的操作, 通过其压缩进气 35 并然后能经由管道 36 将进气 35 输送至燃烧器 22。在燃烧器 22 内, 来自压缩机 21 的压缩排气与来自上游压缩机 30 的空气以及燃料 (例如天然气、合成气体 (合成气) 和 / 或其组合) 混合。然后使该混合物燃烧以产生高能流体, 可在涡轮 26 中从该高能流体得到机械能。特别地, 从流体得到的机械能导致轴 25 以高速旋转。发电机 40 还联接至轴 25, 由此轴 25 的旋转引起发电机 40 产生电流。在一示例性实施例中, 流体分别经由管道 23 和 24 传送至第一 HRSG 70 和第二 HRSG 80。

[0047] 第一 HRSG 70 流体地联接至涡轮 26 并由此经由管道 23 接收未经处理的 GT 发动机排气的一部分。第一 HRSG 70 配置成在 GT 发动机排气从其第一入口端移动通过第一 HRSG 70 到其第二端时利用 GT 发动机排气的热量来产生蒸汽, 从其中可产生额外的动力和 / 或电力。化学计量废气再循环 (SEGR) 管道 90 联接至第一 HRSG 70 的第二端并用于将这部分 GT 发动机排气输送回 SEGR 回路中的压缩机 21。SEGR 回路可进一步冷却和处理废气。

[0048] 第二 HRSG 80 流体地联接至涡轮 26 并由此经由管道 24 接收 GT 发动机排气的其余部分 (其至少也初始地未经处理)。第二 HRSG 80 与第一 HRSG 70 操作的类似之处在于第二 HRSG 80 也可产生蒸汽, 从其中可产生额外的动力和 / 或电力。此外, 第二 HRSG 80 包括顺序地布置于其中的第一 CO 催化剂 100、NO<sub>x</sub> 催化剂 110 和第二 CO 催化剂 120, 以便在 GT 发动机排气行进经过第二 HRSG 80 时提供对 GT 发动机排气的化学计量处理。在某些情况下, 仅 NO<sub>x</sub> 催化剂 110 和第二 CO 催化剂 120 设置在第二 HRSG 80 中。

[0049] 在允许流到第一 HRSG 70 的 GT 发动机排气的部分以及允许流到第二 HRSG 80 的其余部分的相对量保持在相应预先限定水平的情况下, 可使 GT 20 操作从而使得 GT 发动机排气基本上无氧 (O<sub>2</sub>)。因此, GT 20 可被定位成用于应用第二 HRSG 80 的三路催化剂来将

NO<sub>x</sub> 和 CO 排放减少到零或基本上接近零。同时,利用空气喷射设备 115 的操作,可能管理和减少 CO 排放。CO 排放的减少需要第二 CO 催化剂在富含氧的环境下操作,并且因此,该系统 10 还包括空气喷射设备 115,其用以在 NO<sub>x</sub> 催化剂 110 与第二 CO 催化剂 120 之间喷射空气到第二 HRSG 80 内以便于第二 CO 催化剂 120 处的 CO 消耗。

[0050] 通过调节燃气涡轮压缩机 21 的第一入口导叶 201 以及上游压缩机 30 的第二入口导叶 202 可控制流到压缩机 21 的流。对这两个压缩机之间的流的控制还将控制分体式 HRSG 装置 60 中的流。

[0051] 根据实施例,当允许 GT 发动机排气的质量的大约 55% -65% 流至第一 HRSG 70 并允许 GT 发动机排气的质量的大约 35% -45% 流至第二 HRSG 80 时能减少 NO<sub>x</sub> 和 CO 排放。特别地,当允许 GT 发动机排气的质量的大约 60% 流至第一 HRSG 70 并允许 GT 发动机排气的质量的大约 40% 流至第二 HRSG 80 时能减少 NO<sub>x</sub> 和 CO 排放。当然,应当理解,该比率只是示例性的并且可响应于变化的情况和 HRSG 或催化剂规格而更改或改变。这些更改或改变可为预先限定的或者由控制器 200 (将在下文中描述) 基于特定基础作出。

[0052] 第二 HRSG 80 的三路催化剂的化学计量如下进行。GT 发动机排气包括痕量 O<sub>2</sub>、痕量 CO 和痕量 NO<sub>x</sub>。第一 CO 催化剂 100 在使用中消耗基本上所有的 O<sub>2</sub>, 因此留下痕量 CO 和痕量 NO<sub>x</sub>。在不存在大量 O<sub>2</sub> 的情况下, NO<sub>x</sub> 催化剂 110 消耗 NO<sub>x</sub> 和一些 CO 来产生无 O<sub>2</sub>、无 NO<sub>x</sub> 但带有一些 CO 的 GT 发动机排气流。由空气喷射设备 115 提供的空气喷射添加足够的 O<sub>2</sub> 以使第二 CO 催化剂 120 能消耗 CO, 从而不在流中留下 NO<sub>x</sub> 和 CO, 但留有痕量 O<sub>2</sub> 和二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)。

[0053] 如图 2 中所示,该系统 10 可包括控制器 200 以便根据传感器 210 读数而通过控制第一入口导叶 201、第二入口导叶 202 和阀 203 调节 GT 发动机排气的该部分和其余部分的相对量。阀 203 布置在空气喷射设备 115 上或空气喷射设备 115 处并且可用于增加或降低在第二 CO 催化剂 120 上游喷射到第二 HRSG 80 内的空气量。传感器 210 可为能感测例如第二 HRSG 80 内的情况 (其反映 GT 20、第二 HRSG 80 和 / 或三路催化剂的操作情况) 的任何传感器。因此,传感器 210 可包括布置在管道 24 或第二 HRSG 80 内的热电偶以便确定 GT 发动机排气的温度,或者布置在第二 HRSG 80 内的热量计或气相色谱仪以便评估 NO<sub>x</sub> 和 / 或 CO 消耗的效果,或者氧传感器。传感器 210 可为单个构件或多个构件并且可能为布置在不同位置的不同构件。

[0054] 在操作中,传感器 210 可测量情况并将反映这些测量的数据分程传递给控制器 200。相应地,控制器 200 可实时发出控制信号到第一入口导叶 201、第二入口导叶 202 和阀 203,其指示这些特征打开、关闭或保持在当前的打开 / 关闭状态。因此,如果当前实行示例性 60/40 百分比的比率并经由传感器 210 读数确定 NO<sub>x</sub> 和 CO 排放完全减少,则控制器 200 可控制第一入口导叶 201、第二入口导叶 202 和阀 203 继续保持在当前的打开 / 关闭状态。比较而言,如果显示出 NO<sub>x</sub> 和 CO 排放并未完全减少,则控制器 200 可控制第一入口导叶 201、第二入口导叶 202 和阀 203 以便改变其当前的打开 / 关闭状态。

[0055] 参看图 1 和图 3,该系统 10 还可包括排气系统 130,其联接到第二 CO 催化剂 120 下游的第二 HRSG 80 的远端。排气系统 130 引导处理过的 GT 发动机排气至例如烟囱 300,由此将处理过的 GT 发动机排气释放至大气。根据上文所提供的描述,由于处理过的 GT 发动机排气没有或基本上没有 NO<sub>x</sub> 或 CO 排放,可实现发电机 40 提供的电力生产而没有由当前

法规管控的污染物排放所施加的显著财政处罚。然而,由于本发明提供的 NO<sub>x</sub> 排放的减少,可避免这种处罚。此外,留在处理过的 GT 发动机排气中的 CO<sub>2</sub> 可被收集在碳捕获系统 301 中并以环保方式而处置。

[0056] 根据另外的方面,并且参看图 4,提供了一种操作涡轮机系统(例如燃气涡轮(GT)发动机 20 系统)的方法,并且其包括允许在第一 HRSG70 中接收 GT 发动机排气的一部分以用于将其输送至 GT 发动机 20 的压缩机 21,并且允许在第二 HRSG 80 中接收 GT 发动机排气的其余部分,其中在第二 HRSG 80 中消耗 GT 发动机排气中的 NO<sub>x</sub> 和 CO;以及,感测 NO<sub>x</sub> 和 CO 消耗是否基本完成。可通过例如测量 NO<sub>x</sub> 和 / 或 CO 和 / 或 O<sub>2</sub> 排放(400)或通过类似地测量 GT 发动机排气的温度来实现这种感测。然后可判断 NO<sub>x</sub>/CO 排放是否为零或基本上接近零(401)。如果它们为零或基本接近零,控制器 200 分别控制第一入口导叶 201 和第二入口导叶 202 以及阀 203 以便继续在其当前状态下操作(410)。相反,如果排放并不基本为零,控制器 200 调整 NO<sub>x</sub> 性能 420 和 / 或调整 CO 性能 430,如上文所述的那样。在系统 10 的操作期间,该反馈控制可实时一致地重复。

[0057] 虽然仅关于有限数目的实施例描述了本发明,但应当容易理解,本发明并不限于这些公开的实施例。相反,可修改本发明以包括之前未描述的任意数目的变型、更改、替代或等效布置,但其仍与本发明的精神和范围相符。另外,虽然描述了本发明的各种实施例,但应当理解,本发明的方面可仅包括所述实施例中的一些。因此,本发明不应视作受前文的描述限制,而是仅受所附权利要求的范围限制。



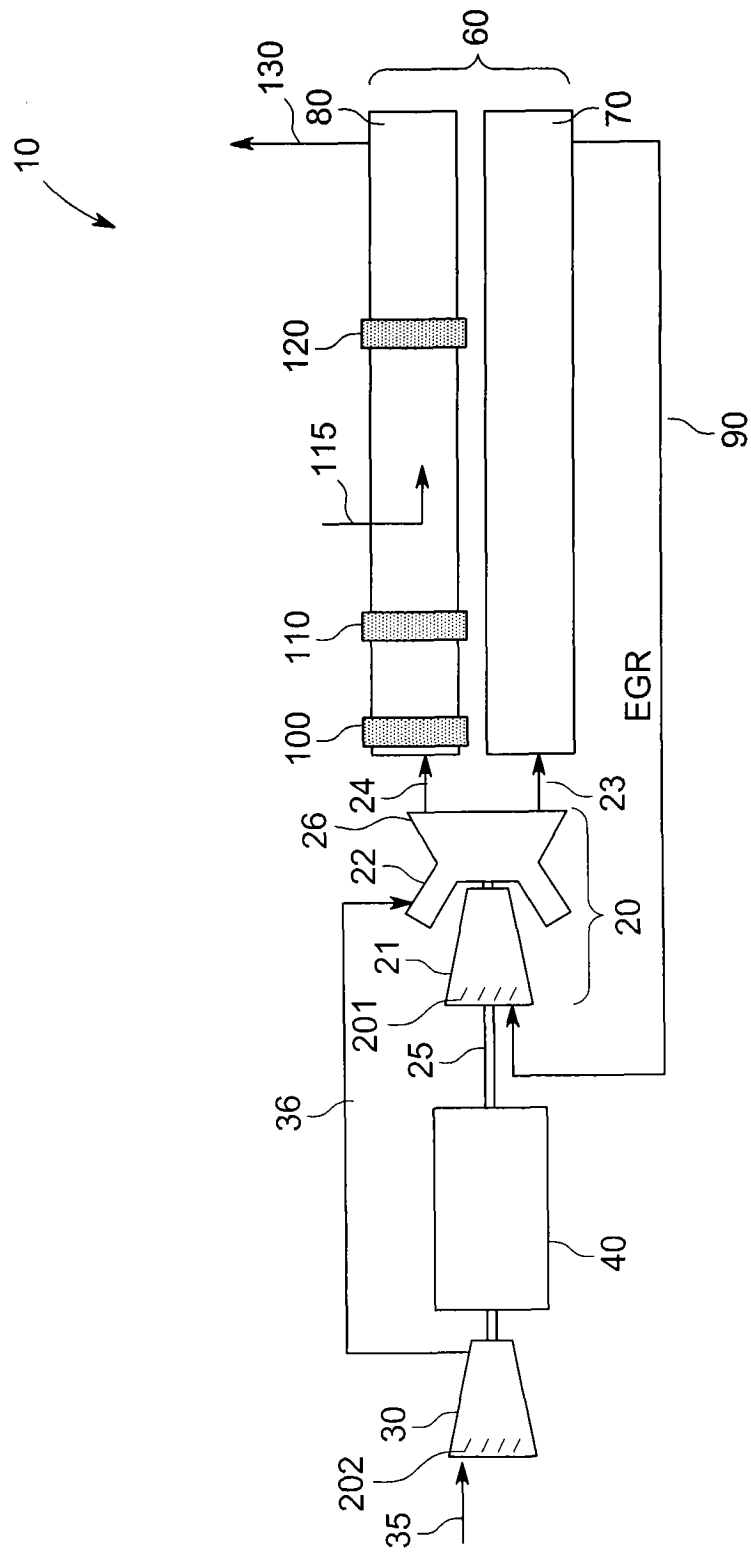


图 1

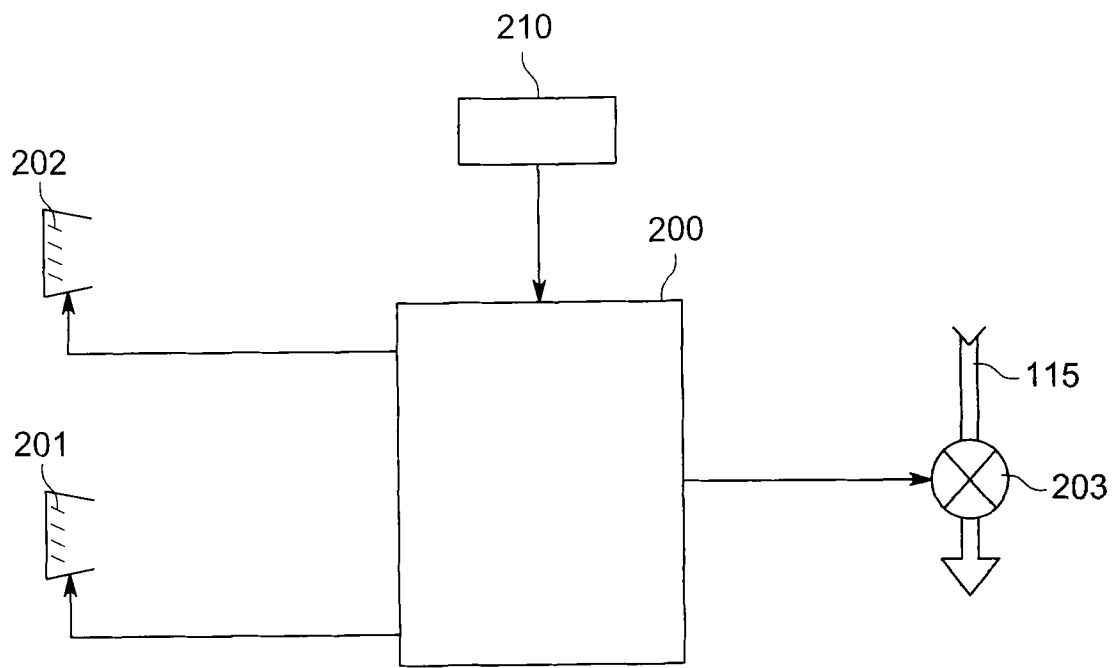


图 2

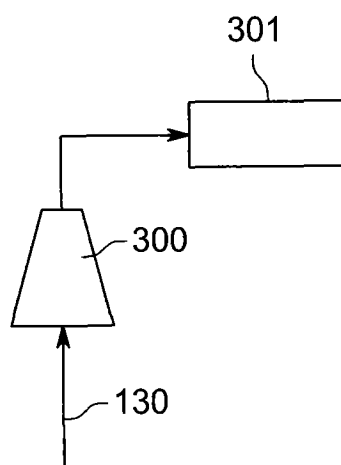


图 3

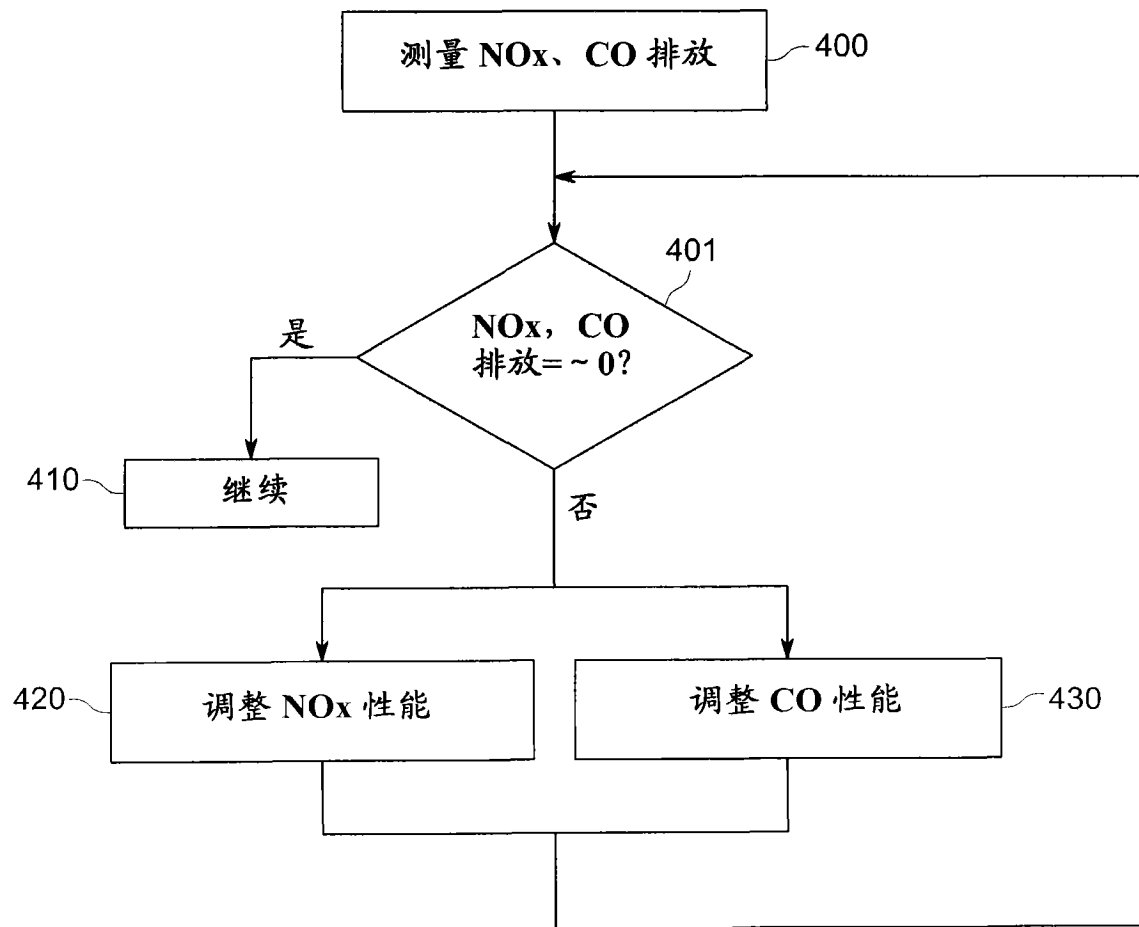


图 4