



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108141166 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201580077194.8

A·L·沃瑞尔

(22)申请日 2015.12.30

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(30)优先权数据

62/098,586 2014.12.31 US

14/982,764 2015.12.29 US

代理人 徐东升 张颖

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.08.30

(51)Int.Cl.

H02P 9/04(2006.01)

F02C 9/38(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/068151 2015.12.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/109725 EN 2016.07.07

(71)申请人 埃克森美孚上游研究公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 J·C·撒切尔

I·A·斯洛波地扬斯基

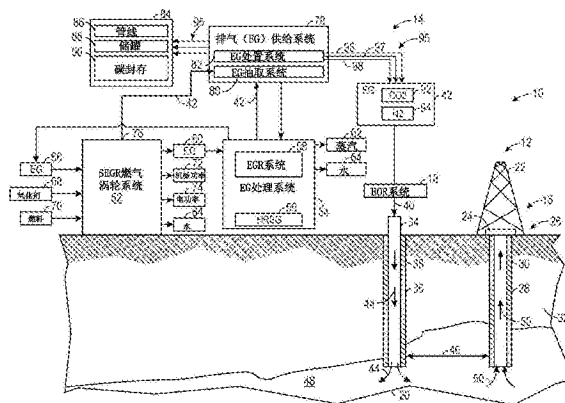
权利要求书3页 说明书22页 附图6页

(54)发明名称

响应于电网过频率事件用于化学计量的排气再循环燃气涡轮的系统和方法

(57)摘要

本申请公开一种方法,其包括在排气再循环(EGR)燃气涡轮系统的燃烧器中燃烧燃料和氧化剂,该排气再循环燃气涡轮系统产生电功率并且将一部分电功率提供到电网。该方法进一步包括经由一个或多个处理器控制EGR燃气涡轮系统的一个或多个参数以响应于与电网相关联的过频率事件而减少提供到该电网的那部分电功率,其中控制一个或多个参数包括响应于过频率事件而降低到燃烧器的燃料的流速。



1. 一种方法,包括:

在排气再循环即EGR燃气涡轮系统中的燃烧器中燃烧燃料和氧化剂,所述EGR燃气涡轮系统产生电功率并且将所述电功率的部分提供到电网;以及

经由一个或多个处理器控制所述EGR燃气涡轮系统的一个或多个参数,以响应于与所述电网相关联的过频率事件而降低提供到所述电网的所述电功率的所述部分,其中控制所述一个或多个参数包括响应于所述过频率事件而降低到所述燃烧器的燃料的流速。

2. 根据权利要求1所述的方法,包括在降低燃料的所述流速之前,以化学计量燃烧模式操作所述EGR燃气涡轮系统,其中与所述氧化剂的降低相比,燃料的所述流速更快地降低。

3. 根据权利要求1所述的方法,包括导出针对所述EGR燃气涡轮系统的轴的速度/负载误差并且将交叉通道项应用到所述速度/负载误差以降低燃料的所述流速。

4. 根据权利要求3所述的方法,包括在将所述交叉通道项应用到所述速度/负载误差以降低燃料的所述流速之后经由死区/钳位过滤所述交叉通道项。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中所述交叉通道项包括常量值、标量值、传递函数或这些的组合。

6. 根据权利要求1所述的方法,包括:

基于当量比参考和测量的当量比导出当量比误差;

导出针对所述EGR燃气涡轮系统的轴的速度/负载误差;

将交叉通道项应用于所述速度/负载误差以导出交叉通道结果;

将过滤器应用于所述交叉通道结果以导出过滤的交叉通道结果;以及

将所述当量比误差与所述过滤的交叉通道结果相比较以导出燃料冲程参考,其中所述燃料冲程参考被应用于降低到所述燃烧器的燃料的所述流速。

7. 根据权利要求1所述的方法,包括响应于所述过频率事件而降低所述燃烧器中的氧化剂的浓度和/或流速。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述EGR燃气涡轮系统包括耦接到电动发电机的轴,并且其中下降调速器控制被应用以控制所述电动发电机。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中在所述过频率事件后,所述氧化剂的流速通过空气冲程参考即ASR从较高的流速降低到较低的流速。

10. 根据权利要求1所述的方法,包括应用当量比控制以降低燃料的所述流速。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述EGR燃气涡轮系统是超低排放技术即ULET动力设备的一部分。

12. 一种系统,包括:

排气再循环即EGR燃气涡轮系统,所述EGR燃气涡轮系统包括:

配置为接收且燃烧燃料与氧化剂的燃烧器;

由来自所述燃烧器的燃烧产物驱动的涡轮;

经由所述涡轮的轴驱动的发电机,其中所述发电机被配置为产生电功率并且将所述电功率的一部分输出到电网;和

包括一个或多个处理器的控制系统,所述控制系统包括:

配置为控制所述电功率的下降调速器控制系统;以及

当量比控制系统,其被配置为控制所述EGR燃气涡轮系统的一个或多个参数以响应于

过频率事件而降低输出到所述电网的所述电功率的所述部分,其中当所述EGR燃气涡轮系统以化学计量模式运转时,所述当量比控制系统被配置为响应于所述过频率事件而向所述燃烧器提供降低燃料的流速的控制信号。

13. 根据权利要求12所述的系统,其中所述当量比控制系统被配置为与所述氧化剂的减少相比,更快地降低所述燃料的流速。

14. 根据权利要求12所述的系统,包括布置在所述燃烧器上游并且配置为接收入口流的至少一个氧化剂压缩机,所述入口流包括氧化剂流和再循环排气流,其中所述当量比控制系统配置为提供控制信号到控制阀以响应于所述过频率事件而通过减少所述再循环排气流来降低所述氧化剂流与所述再循环排气流的比。

15. 根据权利要求12所述的系统,包括布置在所述燃烧器上游的至少一个氧化剂压缩机,并且其中所述当量比控制系统被配置为提供控制信号到所述至少一个氧化剂压缩机以响应于所述过频率事件而调制所述至少一个氧化剂压缩机的一个或多个性能参数,并且其中所述至少一个氧化剂压缩机的所述一个或多个性能参数包括:入口导向叶片位置、可变定子叶片位置、速度、入口节气门位置、排气节气门位置或再循环阀位置。

16. 根据权利要求12所述的系统,其中所述控制系统被配置为:
基于当量比参考和测量的当量比导出当量比误差;
导出针对所述涡轮的所述轴的速度/负载误差;
将交叉通道项应用于所述速度/负载误差以导出交叉通道结果;
将过滤器应用于所述交叉通道结果以导出过滤的交叉通道结果;以及
将所述当量比误差与所述过滤的交叉通道结果相比较以导出燃料冲程参考,其中所述当量比控制系统被配置为应用所述燃料冲程参考提供控制信号以降低到所述燃烧器的燃料的流速。

17. 根据权利要求12所述的系统,其中所述EGR燃气涡轮系统是超低排放技术即ULET动力设备的一部分。

18. 一种非临时性的计算机可读介质,该介质储存由一个或多个处理器可执行的指令,所述指令包括:

当被所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器确定耦接到EGR燃气涡轮系统的电网中正在发生过频率事件的指令;

当被所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器响应于所述过频率事件而降低到所述EGR燃气涡轮系统的燃烧器的燃料的流速的指令;和

当被所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器在降低到所述燃烧器的所述燃料的流速之后降低到所述燃烧器的氧化剂的流速的指令,其中所述EGR燃气涡轮系统以化学计量燃烧模式运转。

19. 根据权利要求18所述的介质,包括当被所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器进行以下操作的指令:

基于当量比参考和测量的当量比导出当量比误差;

导出针对所述EGR燃气涡轮系统的轴的速度/负载误差;

将交叉通道项应用于所述速度/负载误差以导出交叉通道结果;

将过滤器应用于所述交叉通道结果以导出过滤的交叉通道结果;以及

将所述当量比误差与所述过滤的交叉通道结果相比较以导出燃料冲程参考,其中所述燃料冲程参考被应用以降低到所述燃烧器的所述燃料的流速。

20. 根据权利要求18所述的介质,其中降低到所述燃烧器的氧化剂的所述流速的指令包括当被所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器响应于所述过频率事件而调制以下一个或多个项目的指令:布置在所述燃烧器上游的至少一个氧化剂压缩机的入口导向叶片位置、可变定子叶片位置、速度、入口节气门位置、排气节气门位置或再循环阀位置。

响应于电网过频率事件用于化学计量的排气再循环燃气涡轮的系统和方法

[0001] 本申请要求于2014年12月31日提交的名称为“SYSTEMS AND METHODS TO RESPOND TO GRID OVERFREQUENCY EVENTS FOR A STOICHIOMETRIC EXHAUST RECIRCULATION GAS TURBINE”的美国临时专利申请No.62/098,586的优先权和权益,该申请通过引用以其整体并入本文以用于所有目的。

技术领域

[0002] 本文公开的主题涉及燃气涡轮系统,并且更具体地涉及燃气涡轮驱动的动力设备。

背景技术

[0003] 燃气涡轮发动机的应用非常广泛,例如发电、航空器以及各种机械装置。燃气涡轮发动机通常在燃烧器部中燃烧燃料和氧化剂(例如,空气)以生成热燃烧产物,然后该燃烧产物驱动涡轮部中的一个或多个涡轮级。进而,涡轮部驱动压缩机部的一个或多个压缩机级,由此,将氧化剂压缩连同燃料进入到燃烧器部中。此外,在燃烧器部内燃料和氧化剂混合,并且然后燃烧以产生热燃烧产物。根据燃烧情况,这些燃烧产物可以包括未燃烧的燃料、剩余的氧化剂和各种排放物(例如,氮氧化物)。另外,燃气涡轮发动机通常消耗大量作为氧化剂的空气,并输出相当大量的排气到大气中。换句话说,排气一般作为燃气涡轮运转的副产品被浪费。

发明内容

[0004] 与原始要求保护的发明范围相称的某些实施例被总结如下。这些实施例不意图限制要求保护的发明的范围,但是这些实施例仅意图提供本发明的可能形式的简要概括。实际上,本发明可包括可类似于或异于下面阐述的实施例的多种形式。

[0005] 在一实施例中,方法包括在排气再循环(EGR)燃气涡轮系统的燃烧器中燃烧燃料和氧化剂,该排气再循环(EGR)燃气涡轮系统产生电功率并且将一部分电功率提供到电网。该方法进一步包括经由一个或多个处理器控制EGR燃气涡轮系统的一个或多个参数以响应于与电网相关联的过频率事件(an over-frequency event)而减少提供到该电网的所述一部分电功率,其中控制一个或多个参数包括响应于过频率事件而降低燃料到燃烧器的流速。

[0006] 在另一实施例中,系统包括具有燃烧器和涡轮的排气再循环(EGR)燃气涡轮系统,该燃烧器配置为接收并燃烧燃料和氧化剂,并且涡轮由来自燃烧器的燃烧产物驱动。该系统包括经由涡轮的轴驱动的发电机,其中该发电机配置为生成电功率并且将一部分电功率输送至电网。该系统包括控制系统,该控制系统具有配置为控制电功率的下降调速器控制系统(a droop governor control system)。该控制系统另外包括当量比控制系统(an equivalence ratio control system),当量比控制系统配置为控制EGR燃气涡轮系统的一

个或多个参数,以响应于过频率事件而减少输送到电网的所述一部分电功率,其中当量比控制系统被配置为当EGR排气涡轮系统以化学计量模式运转时响应于过频率事件而提供控制信号以降低到燃烧器的燃料的流速。

[0007] 在另一实施例中,非临时性计算机可读介质储存由一个或多个处理器可执行的指令。该指令包括如下指令,即当由一个或多个处理器执行时,该指令使得一个或多个处理器确定耦连到EGR燃气涡轮系统的电网中正发生过频率事件,其中过频率事件是欠频率事件或欠电压事件。该指令进一步包括如下指令,即当由一个或多个处理器执行时,该指令使得一个或多个处理器响应于过频率事件而降低到EGR燃气涡轮系统的燃烧器的燃料的流速并且在降低到燃烧器的燃料的流速之后降低到燃烧器的氧化剂的流速,其中EGR燃气涡轮系统以化学计量燃烧模式运转。

附图说明

[0008] 当参照附图阅读下列具体实施方式时,本发明的这些和其他特征、方面和优点将变得更加容易理解,其中在整个附图中相同的符号表示相同的部件,其中:

[0009] 图1是具有耦连到烃类生产系统的基于涡轮的服务系统的系统的实施例的示意图;

[0010] 图2是图1的系统的实施例的示意图,其进一步示出控制系统和组合循环系统;

[0011] 图3是图1和图2的系统的实施例的示意图,其进一步示出燃气涡轮发动机、排气供给系统和排气处理系统的细节;

[0012] 图4是用于操作图1-3的系统的过程的实施例的流程图;

[0013] 图5是根据本文的方法的实施例示出燃气涡轮系统的实施例的若干部分的示意图,诸如超低排放技术(ULET)动力设备;以及

[0014] 图6是适于响应于电网过频率事件的过程的实施例的示意图。

具体实施方式

[0015] 本发明的一个或多个具体实施例将在下面描述。为了努力提供这些实施例的简要描述,实际实施方式的所有特征可能没有在本说明书中描述。应认识到,在任何此类实际实施方式的开发中(例如在工程或设计项目中),需要做出众多与实施方式相关的决定以实现具体目标,例如符合在不同实施方式中可能不同的系统相关约束和/或商业相关约束。而且,应认识到,这种努力可能是复杂和费时的,但是对受益于本公开的本领域普通技术人员来说承担设计、装配和制造仍然是例行工作。

[0016] 本文公开了详细的示例性实施例。但是,本文公开的特定结构和功能细节仅代表描述示例性实施例的目的。然而,本发明的实施例可以体现为许多可替代的形式,并且不应被视为仅限于本文阐述的实施例。

[0017] 因此,虽然示例性实施例能够具有各种修改和替换形式,但其实施例通过附图中的示例的方式示出并将在本文详细描述。然而,应当理解的是,本发明并不意图将示例性实施例局限于所公开的特定形式,而是相反,示例性实施例旨在覆盖落入本发明的范围内的所有修改、等价物和替代实施例。

[0018] 本文所使用的术语仅用于描述某些实施例,并不是意图限制示例性实施例。正如

本文所使用的,单数形式“一”、“一个”和“所述”也意图包括复数形式,除非上下文中明确指出不同含意。当用于本文时,术语“包括”和/或“包含”指定存在所陈述特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件,但不排除存在或添加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或其群组。

[0019] 虽然术语第一、第二、主要、辅助等可以在本文中被用于描述各个元件,但是这些元件不应受这些术语限制。这些术语仅用于将一个元件与另一个元件区分开。例如但不限于,第一元件可以被称为第二元件,以及同样,第二元件可以被称为第一元件,而不背离实施例的范围。正如本文所使用的,术语“和/或”包括一个或多个关联列出项目中的任意一个、全部及其组合。

[0020] 本文可以使用某些术语,这仅为了方便读者而不被视为对本发明的范围的限制。例如,诸如“上面”、“下面”、“左侧”、“右侧”、“前面”、“后面”、“顶部”、“底部”、“水平”、“垂直”、“上游”、“下游”、“前部”、“后部”等词组仅描述在附图中示出的配置。事实上,本发明的实施例的一个或多个元件可以被取向在任何方向中,并且因此,所述术语应当被理解为包含这类变化,除非指出不同情况。

[0021] 如下面所详细讨论的,所公开的实施例总体涉及带有排气再循环(EGR)的燃气涡轮系统,并且尤其是涉及使用EGR的燃气涡轮系统的化学计量运转。例如,燃气涡轮系统可以被配置为沿着排气再循环路径再循环排气,使燃料和氧化剂与至少一些再循环排气一起以化学计量燃烧,以及收集排气用于各个目标系统中。排气的再循环与化学计量燃烧一起可以帮助增加排气中的二氧化碳(CO₂)的浓度水平,该排气然后可以被后处理以分离和纯化CO₂和氮气(N₂)以用于各个目标系统中。燃气涡轮系统还可以采用沿着排气再循环路径的各种排气处理(例如热回收、催化剂反应等),从而增加CO₂的浓度水平,减少其他排放物(例如一氧化碳、氮氧化物以及未燃烧烃类)的浓度水平,并增加能量回收(例如用热回收单元)。另外,燃气涡轮发动机可以被配置为使用扩散火焰(例如,使用扩散燃料喷嘴)、预混火焰(例如,使用预混燃料喷嘴)或它们的任意组合中的一个或多个来燃烧燃料和氧化剂。在某些实施例中,扩散火焰可以帮助将稳定性和操作维持在化学计量燃烧的某些限制内,其进而帮助增加CO₂的生成。例如,当与使用预混火焰运转的燃气涡轮系统相比,使用扩散火焰运转的燃气涡轮系统可以实现更大量的EGR。进而,增加的EGR的量帮助增加CO₂的生成。可能的目标系统包括管线、存储罐、碳封存系统和烃类生产系统,诸如强化油回收(EOR)系统。

[0022] 特别地,本实施例针对燃气涡轮系统,即包括超低排放技术(ULET)动力设备的化学计量的排气再循环(EGR)系统。这些系统通常包括至少一个燃气涡轮发动机,该至少一个燃气涡轮发动机耦合到电网并且生成电功率以用于电网。例如,本实施例包括具有一个或多个发电机的ULET动力设备,一个或多个发电机将由一个或多个EGR燃气涡轮发动机提供的一部分机械功率转换成电功率以便传送至电网。应当理解的是,此类ULET动力设备可以试图响应电网中的过频率事件(例如,频率迅速增加的周期)。例如,ULET动力设备可以通过降低一个或多个燃气涡轮的机械功率输出来响应过频率事件,以便降低一个或多个发电机的电功率输出并且解决该过频率事件。通过具体示例,电网上的过频率事件可以包括频率增加(例如,网频率在1%-3%之间增加或更多增加),并且在某一时间窗口内(例如,在瞬时事件的开始的大约1-20秒之间内)ULET动力设备可以降低其电功率输出(例如,减少动力设

备的额定基础承载能力的5%-15%)以解决过频率事件。例如,对过频率事件的响应可以包括降低到SEGR燃气涡轮系统的燃烧器的氧化剂和燃料流两者,从而保持大致化学计量燃烧同时增加功率输出。不幸的是,在没有公开的实施例的情况下,通过使用SEGR燃气涡轮系统提供动力的ULET可能不会如期望地快速响应,例如,这是因为当通过降低氧化剂和燃料流两者来维持化学计量燃烧时所耗费的时间。因为ULET设备以基础承载为主地运转,所以也许很可能依靠电网对初级过频率响应。另外,因为当与传统的燃气涡轮设备相比,ULET设备可能不是氧化剂受限的,所以与在迅速撤回传统的燃气涡轮设备时的协调相比,对于持久的ULET运转,燃料与氧化剂之间的协调可能不高。

[0023] 因此,如下面更详细地阐述,本实施例针对用于控制功率制造SEGR燃气涡轮系统(例如,ULET动力设备)的组件的系统和方法,以快速地降低系统的机械功率和/或电功率输出,以便解决附连的电网中的过频率事件(例如,频率和/或电压增加)。特别地,一些实施例可以使ULET动力设备能够快速降低燃烧器中的可用燃料的量,以便快速降低系统的可用机械功率和电功率。在一些实施例中,在迅速卸载事件中,该系统和方法可以将当量比参考向下偏置,以允许燃料有助于卸载响应而不用等待空气响应。因此,ULET动力设备可以更快速地响应过频率事件。有利地,本实施例能够启用控制系统,该控制系统可以允许ULET动力设备临时运转在某些程序化运转约束或限制(例如,燃料与空气的比)之外,以便解决电网上的过频率事件。

[0024] 考虑上述内容,图1是具有与基于涡轮的服务系统14关联的烃类生产系统12的系统10的实施例的示意图。如下面进一步详细讨论的,基于涡轮的服务系统14的各种实施例被配置为向烃类生产系统12提供各种服务,例如电功率、机械功率和流体(例如,排气)以促进油和/或气的生产或回收。在图示的实施例中,烃类生产系统12包括油/气抽取系统16和强化油回收(EOR)系统18,二者耦连到地下储层20(例如油、气或烃类储层)。油/气抽取系统16包括各种地面设备22,例如耦连到油/气井26的圣诞树或生产树24。此外,井26可以包括通过地球32中的钻孔30延伸到地下储层20的一个或多个管件28。树24包括一个或多个阀门、扼流圈、隔离套筒、封井器/防喷器以及各种流量控制装置,其调节压力并且控制到地下储层20和来自地下储层20的流。虽然树24通常被用于控制从地下储层20流出的生产流体(例如油或气)的流动,但是EOR系统18可以通过将一种或多种流体喷射到地下储层20来增加油或气的生产。

[0025] 因此,EOR系统18可以包括流体喷射系统34,该流体喷射系统34具有通过地球32中的孔38延伸到地下储层20的一个或多个管件36。例如,EOR系统18可以将一种或多种流体40例如气体、蒸汽、水、化学物质或其任何组合输送到流体喷射系统34中。例如,如下面所进一步详细讨论的,EOR系统18可以被耦连到基于涡轮的服务系统14,使得系统14将排气42(例如,基本没有氧气或完全没有氧气)输送到EOR系统18以用作喷射流体40。流体喷射系统34通过一个或多个管件36将流体40(例如排气42)输送到地下储层20中,如箭头44所示。喷射流体40通过与油/气井26的管件28间隔开一偏移距离46的管件36进入地下储层20。因此,喷射流体40使布置在地下储层20中的油/气48移位,并驱动油/气48向上通过烃类生产系统12的一个或多个管件28,如箭头50所示。如下面所进一步详细讨论的,喷射流体40可以包括源自基于涡轮的服务系统14的排气42,该基于涡轮的服务系统能够根据需要由烃类生产系统12在现场生成排气42。换句话说,基于涡轮的系统14可以同时生成供烃类生产系统12使用

的一种或多种服务(例如电功率、机械功率、蒸汽、水(例如淡化水)以及排气(例如基本没有氧气)),从而降低或消除这类服务对外部源的依赖。

[0026] 在图示的实施例中,基于涡轮的服务系统14包括化学计量排气再循环(SEGR)燃气涡轮系统52和排气(EG)处理系统54。燃气涡轮系统52可以被配置为以化学计量燃烧运转模式(例如化学计量控制模式)和非化学计量燃烧运转模式(例如非化学计量控制模式)如稀燃料控制模式或富燃料控制模式运转。在化学计量控制模式中,燃烧通常以燃料和氧化剂的大致化学计量比发生,从而产生大致化学计量燃烧。特别地,化学计量燃烧通常包括在燃烧反应中消耗几乎全部的燃料和氧化剂,使得燃烧产物基本没有或完全没有未燃烧燃料和氧化剂。化学计量燃烧的一个量度是当量比或 ϕ (ϕ),其是实际燃料/氧化剂比相对于化学计量燃料/氧化剂比的比。大于1.0的当量比导致燃料和氧化剂的富燃料燃烧,而小于1.0的当量比导致燃料和氧化剂的稀燃料燃烧。相反,1.0的当量比导致既不是富燃料又不是稀燃料的燃烧,从而在燃烧反应中基本消耗所有的燃料和氧化剂。在本公开实施例的背景下,术语化学计量或基本化学计量可以指大约0.95到大约1.05的当量比。然而,本公开的实施例也可以包括1.0加上或减去0.01、0.02、0.03、0.04、0.05或更多的当量比。再者,在基于涡轮的服务系统14中的燃料和氧化剂的化学计量燃烧可以导致基本没有剩余未燃烧燃料或氧化剂的燃烧产物或排气(例如42)。例如,排气42可以具有小于1%、2%、3%、4%或5%体积百分比的氧化剂(例如氧气)、未燃烧燃料或烃类(例如HC)、氮氧化物(例如 NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(例如 SO_x)、氢气和其他未完全燃烧产物。通过进一步的示例,排气42可以具有小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000每百万份体积(ppmv)的氧化剂(例如氧气)、未燃烧燃料或烃类(例如HC)、氮氧化物(例如 NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(例如 SO_x)、氢气和未完全燃烧的其他产物。然而,本公开实施例还可以在排气42中产生其他范围的残留燃料、氧化剂和其他排放物水平。如本文所使用的,术语排放物、排放物水平和排放物目标可以指某些燃烧产物(例如 NO_x 、CO、 SO_x 、 O_2 、 N_2 、 H_2 、HC等)的浓度水平,所述燃烧产物可以存在于再循环气体流、排出的气体流(例如排放到大气中)以及用在各种目标系统(例如烃类生产系统12)中的气体流。

[0027] 虽然不同实施例中的SEGR燃气涡轮系统52和EG处理系统54可以包括各种组件,但图示的EG处理系统54包括热回收蒸汽发生器(HRSG)56和排气再循环(EGR)系统58,二者接收并处理源自SEGR燃气涡轮系统52的排气60。HRSG 56可以包括一个或多个热交换器、冷凝器和各种热回收设备,它们一起用于将热量从排气60传递至水流,由此产生蒸汽62。蒸汽62可以被用在一个或多个蒸汽涡轮、EOR系统18或烃类生产系统12的任何其他部分中。例如,HRSG 56可以生成低压、中压和/或高压蒸汽62,其可以被选择性应用于低压、中压和高压蒸汽涡轮级或EOR系统18的不同应用。除了蒸汽62之外,经处理的水64例如淡化水也可以由HRSG 56、EGR系统58和/或EG处理系统54的另一部分或SEGR燃气涡轮系统52生成。经处理的水64(例如淡化水)在例如内陆或沙漠地区等水短缺区域可能是特别有用的。经处理的水64可以至少部分由于驱动SEGR燃气涡轮系统52内的燃料燃烧的大体积空气而生成。虽然蒸汽62和水64的现场生成在许多应用(包括烃类生产系统12)中可以是特别有利的,但排气42、60的现场生成对EOR系统18来说可以是特别有利的,这是由于所述排气从SEGR燃气涡轮系统52获得的低氧含量、高压和热。因此,HRSG 56、EGR系统58和/或EG处理系统54的另一部分可以将排气66输出或再循环到SEGR燃气涡轮系统52中,同时还将排气42输送到EOR系统18

以供烃类生产系统12使用。同样,可以从SEGR燃气涡轮系统52直接抽取排气42(即无需经过EG处理系统54),以用于烃类生产系统12的EOR系统18中。

[0028] 排气再循环由EG处理系统54的EGR系统58来处理。例如,EGR系统58包括一个或多个导管、阀门、鼓风机、排气处理系统(例如过滤器、微粒去除单元、气体分离单元、气体净化单元、热交换器、热回收单元、湿气去除单元、催化剂单元、化学喷射单元或其任何组合)以及沿着从SEGR燃气涡轮系统52的输出端(例如释放的排气60)到输入端(例如进入的排气66)的排气再循环路径来再循环排气的控件。在图示的实施例中,SEGR燃气涡轮系统52将排气66吸入到具有一个或多个压缩机的压缩机部,从而压缩排气66以便与氧化剂68的进气和一种或多种燃料70一起在燃烧器部中使用。氧化剂68可以包括环境空气、纯氧、富氧空气、减氧空气、氧-氮混合物或有利于燃料70燃烧的任何合适的氧化剂。燃料70可以包括一种或多种气体燃料、液体燃料或其任何组合。例如,燃料70可以包括天然气、液化天然气(LNG)、合成气、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、石脑油、煤油、柴油燃料、乙醇、甲醇、生物燃料或其任何组合。

[0029] SEGR燃气涡轮系统52在燃烧器部中混合并燃烧排气66、氧化剂68和燃料70,从而生成驱动涡轮部中的一个或多个涡轮级的热燃烧气体或排气60。在某些实施例中,燃烧器部中的每个燃烧器包括一个或多个预混燃料喷嘴、一个或多个扩散燃料喷嘴或其任何组合。例如,每个预混燃料喷嘴可以被配置为在燃料喷嘴内和/或部分地在该燃料喷嘴的上游内部混合氧化剂68和燃料70,从而将氧化剂-燃料混合物从燃料喷嘴喷射到用于预混合燃烧(例如,预混火焰)的燃烧区中。通过进一步的示例,每个扩散燃料喷嘴可以被配置为隔离燃料喷嘴内的氧化剂68与燃料70的流动,从而将氧化剂68和燃料70分离地从燃料喷嘴喷射到用于扩散燃烧(例如扩散火焰)的燃烧区中。特别地,由扩散燃料喷嘴提供的扩散燃烧延迟了氧化剂68与燃料70的混合,直到初始燃烧点即火焰区域。在采用扩散燃料喷嘴的实施例中,扩散火焰可以提供增加的火焰稳定性,这是因为扩散火焰通常在氧化剂68与燃料70的分离的流之间的化学计量点处(即在氧化剂68与燃料70混合时)形成。在某些实施例中,一种或多种稀释剂(例如排气60、蒸汽、氮或其他惰性气体)可以在扩散燃料喷嘴或预混燃料喷嘴中与氧化剂68、燃料70或两者预混合。此外,一个或多个稀释剂(例如排气60、蒸汽、氮或其他惰性气体)可以在每个燃烧器内的燃烧点处或其下游被喷射到燃烧器中。使用这些稀释剂可以帮助调和火焰(例如预混火焰或扩散火焰),从而帮助减少NO_x排放物,例如一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂)。不管火焰的类型如何,燃烧均产生热燃烧气体或排气60以驱动一个或多个涡轮级。在每个涡轮级均由排气60驱动时,SEGR燃气涡轮系统52产生机械功率72和/或电功率74(例如,经由发电机)。系统52还输出排气60,并且可以进一步输出水64。再者,水64可以是经处理的水,例如淡化水,这在各种现场应用或非现场应用中可能是有用的。

[0030] 排气抽取还通过使用一个或多个抽取点76的SEGR燃气涡轮系统52而被提供。例如,图示的实施例包括具有排气(EG)抽取系统80和排气(EG)处置系统82的排气(EG)供给系统78,排气(EG)抽取系统80和排气(EG)处置系统82从抽取点76接收排气42,处理排气42,并接着向各个目标系统供给或分配排气42。所述目标系统可以包括EOR系统18和/或其他系统,例如管线86、储罐88或碳封存系统90。EG抽取系统80可以包括一个或多个导管、阀门、控件和流动分离装置,这有利于将排气42与氧化剂68、燃料70和其他污染物隔离,同时也控制

所抽取的排气42的温度、压力和流速。EG处理系统82可以包括一个或多个热交换器(例如热回收单元,如热回收蒸汽发生器、冷凝器、冷却器或加热器)、催化剂系统(例如氧化催化剂系统)、微粒和/或水去除系统(例如气体脱水单元、惯性分离器、聚结过滤器、不可透水性过滤器以及其他过滤器)、化学喷射系统、基于溶剂的处理系统(例如吸收剂、闪蒸罐等)、碳收集系统、气体分离系统、气体净化系统和/或基于溶剂的处理系统、排气压缩机或其任何组合。EG处置系统82的这些子系统使得能够控制温度、压力、流速、湿气含量(例如水去除量)、微粒含量(例如微粒去除量)以及气体成分(例如CO₂、N₂等的百分比)。

[0031] 基于目标系统,所抽取的排气42通过EG处置系统82的一个或多个子系统进行处理。例如,EG处置系统82可以引导全部或部分排气42通过碳采集系统、气体分离系统、气体净化系统和/或基于溶剂的处理系统,所述EG处置系统82被控制以分离和净化含碳气体(例如二氧化碳)92和/或氮气(N₂)94以在各种目标系统中使用。例如,EG处置系统82的实施例可以执行气体分离和净化以产生排气42的多个不同流95,例如第一流96、第二流97和第三流98。第一流96可以具有富二氧化碳和/或稀氮气的成分(例如富CO₂稀N₂流)。第二流97可以具有含有中等浓度水平的二氧化碳和/或氮气的成分(例如中等浓度CO₂、N₂流)。第三流98可以具有稀二氧化碳和/或富氮气的成分(例如稀CO₂富N₂流)。每个流95(例如96、97和98)可以包括气体脱水单元、过滤器、气体压缩机或其任何组合,以便促进将流95输送到目标系统。在某些实施例中,富CO₂稀N₂流96可以具有大于大约70%、75%、80%、85%、90%、95%、96%、97%、98%或99%体积百分比的CO₂纯度或浓度水平,以及小于大约1%、2%、3%、4%、5%、10%、15%、20%、25%或30%体积百分比的N₂纯度或浓度水平。相反,稀CO₂富N₂流98可以具有小于大约1%、2%、3%、4%、5%、10%、15%、20%、25%或30%体积百分比的CO₂纯度或浓度水平,以及大于大约70%、75%、80%、85%、90%、95%、96%、97%、98%或99%体积百分比的N₂纯度或浓度水平。中等浓度CO₂、N₂流97可以具有在大约30%到70%、35%到65%、40%到60%或45%到55%体积百分比之间的CO₂纯度或浓度水平和/或N₂纯度或浓度水平。虽然前述范围仅是非限制性示例,但富CO₂稀N₂流96和稀CO₂富N₂流98可以特别适用于EOR系统18和其他系统84。然而,这些富、稀或中等浓度CO₂流95中的任意流可以单独地或以各种组合形式用于EOR系统18和其他系统84。例如,EOR系统18和其他系统84(例如管线86、储罐88以及碳封存系统90)中的每一个可以接收一个或多个富CO₂稀N₂流96、一个或多个稀CO₂富N₂流98,一个或多个中等浓度CO₂、N₂流97以及一个或多个未处理排气42流(即绕过EG处置系统82)。

[0032] EG抽取系统80在沿着压缩机部、燃烧器部和/或涡轮部的一个或多个抽取点76处抽取排气42,使得排气42可以以合适温度和压力用在EOR系统18和其他系统84中。EG抽取系统80和/或EG处置系统82还可以使流向EG处理系统54和流出EG处理系统54的流体(例如排气42)循环。例如,穿过EG处理系统54的一部分排气42可以被EG抽取系统80抽取以用于EOR系统18和其他系统84。在某些实施例中,EG供给系统78和EG处理系统54可以是彼此独立的或集成在一起,并因此可以使用独立的或共用的子系统。例如,EG处置系统82可以被EG供给系统78和EG处理系统54两者使用。从EG处理系统54抽取的排气42可以经历多个气体处置级,例如在EG处理系统54的一个或多个气体处置级,之后是EG处置系统82中的一个或多个附加气体处置级。

[0033] 在每个抽取点76处,由于EG处理系统54中的基本化学计量燃烧和/或气体处置,所

抽取的排气42可以基本没有氧化剂68和燃料70(例如未燃烧的燃料或烃类)。此外,基于目标系统,所抽取的排气42可以在EG供给系统78的EG处置系统82中经受进一步处置,从而进一步降低任何残留氧化剂68、燃料70或其他不期望的燃烧产物。例如,在EG处置系统82中进行处置之前或之后,所抽取的排气42可以具有小于1%、2%、3%、4%或5%体积百分比的氧化剂(例如氧气)、未燃烧燃料或烃类(例如HC)、氮氧化物(例如NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(例如SO_x)、氢气和其他不完全燃烧产物。通过进一步的示例,在EG处置系统82中进行处置之前或之后,所抽取的排气42可以具有小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000每百万份体积(ppmv)的氧化剂(例如氧气)、未燃烧燃料或烃类(例如HC)、氮氧化物(例如NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(例如SO_x)、氢气和不完全燃烧的其他产物。因此,排气42特别适用于EOR系统18。

[0034] 涡轮系统52的EGR操作具体使得能够在多个位置76处抽取排气。例如,系统52的压缩机部可以用于压缩没有任何氧化剂68的排气66(即只压缩排气66),使得可以在吸入氧化剂68和燃料70之前从压缩机部和/或燃烧器部抽取基本无氧的排气42。抽取点76可以被设置在相邻压缩机级之间的级间端口处、在沿着压缩机排放罩壳的端口处、在沿着燃烧器部中的每个燃烧器的端口处或其任何组合。在某些实施例中,排气66可以不与氧化剂68和燃料70混合,直到其达到燃烧器部中的每个燃烧器的盖端部分和/或燃料喷嘴。此外,一个或多个流动隔离器(例如壁、分隔器、挡板等)可以用于将氧化剂68和燃料70与抽取点76隔离开。通过这些流动隔离器,抽取点76可以直接沿着燃烧器部中每个燃烧器的壁布置。

[0035] 一旦排气66、氧化剂68和燃料70流过所述盖端部分(例如通过燃料喷嘴)进入每个燃烧器的燃烧部分(例如燃烧室)中,则SEGR燃气涡轮系统52被控制以提供排气66、氧化剂68和燃料70的基本化学计量的燃烧。例如,系统52可以保持大约0.95到大约1.05的当量比。结果,在每个燃烧器中的排气66、氧化剂68和燃料70的混合物的燃烧产物基本没有氧气和未燃烧燃料。因此,可以从SEGR燃气涡轮系统52的涡轮部抽取该燃烧产物(或排气)以用作被输送到EOR系统18的排气42。沿着涡轮部,抽取点76可以被设置在任何涡轮级处,例如相邻涡轮级之间的级间端口。因此,使用任何前述抽取点76,基于涡轮的服务系统14可以生成、抽取和传送排气42到烃类生产系统12(例如EOR系统18),以用于从地下储层20生产油/气48。

[0036] 图2是图1的系统10的实施例的示意图,其示出被耦连到基于涡轮的服务系统14和烃类生产系统12的控制系统的示意图。控制系统100可以包括适用于执行计算机代码或指令的一个或多个处理器120。该一个或多个处理器可以包括基于云计算的处理器,该基于云计算的处理器居于基于云计算的系统中,该基于云计算的系统可以在具有涡轮系统52的设备的外部。在图示的实施例中,基于涡轮的服务系统14包括组合循环系统102,该组合循环系统102包括作为顶部循环的SEGR燃气涡轮系统52、作为底部循环的蒸汽涡轮104以及从排气60回收热量以生成用于驱动蒸汽涡轮104的蒸汽62的HRSG 56。再者,SEGR燃气涡轮系统52接收、混合并且按化学计量燃烧排气66、氧化剂68和燃料70(例如,预混火焰和/或扩散火焰),从而产生排气60、机械功率72、电功率74和/或水64。例如,SEGR燃气涡轮系统52可以驱动一个或多个负载或机器106,例如发电机、氧化剂压缩机(例如主空气压缩机)、齿轮箱、泵、烃类生产系统12的设备或其任何组合。在某些实施例中,机器106可以包括其他驱动器,例如与SEGR燃气涡轮系统52串联的电动马达或蒸汽涡轮(例如蒸汽涡轮104)。因此,由SEGR燃气涡轮

轮系统52(以及任何附加驱动器)驱动的机器106的输出可以包括机械功率72和电功率74。机械功率72和/或电功率74可以现场用于对烃类生产系统12提供动力,电功率74可以被分配到功率网,或其任何组合。机器106的输出还可以包括压缩流体,例如吸入到SEGR燃气涡轮系统52的燃烧部中的压缩氧化剂68(例如空气或氧气)。这些输出中的每一个(例如排气60、机械功率72、电功率74和/或水64)可以被认为是基于涡轮的服务系统14的服务。

[0037] SEGR燃气涡轮系统52产生可能基本无氧的排气42、60,并且将这种排气42、60输送到EG处理系统54和/或EG供给系统78。EG供给系统78可以处置并传送排气42(例如流95)至烃类生产系统12和/或其他系统84。如上面所讨论的,EG处理系统54可以包括HRSG 56和EGR系统58。HRSG 56可以包括一个或多个热交换器、冷凝器和各种热回收设备,所述热回收设备可以被用于回收来自排气60的热量或将该热量传递给水108以生成用于驱动蒸汽涡轮104的蒸汽62。类似于SEGR燃气涡轮系统52,蒸汽涡轮104可以驱动一个或多个负载或机器106,由此生成机械功率72和电功率74。在图示的实施例中,SEGR燃气涡轮系统52和蒸汽涡轮104被串联布置以驱动相同的机器106。然而,在其他实施例中,SEGR燃气涡轮系统52和蒸汽涡轮104可以分离地驱动不同的机器106,以便独立生成机械功率72和/或电功率74。在蒸汽涡轮104由来自HRSG 56的蒸汽62驱动时,蒸汽62的温度和压力逐渐降低。因此,蒸汽涡轮104将使用的蒸汽62和/或水108再循环回到HRSG 56中,以用于经由自排气60回收的热量生成额外的蒸汽。除了生成蒸汽之外,HRSG 56、EGR系统58和/或EG处理系统54的其他部分可以产生水64、用于烃类生产系统12的排气42以及用作SEGR燃气涡轮系统52的输入的排气66。例如,水64可以是经处理的水64,例如用于其他应用的淡化水。淡化水在低可用水量地区是特别有用的。关于排气60,EG处理系统54的实施例可以被配置为通过EGR系统58再循环排气60,其中排气60可以经过或不经HRSG 56。

[0038] 在图示的实施例中,SEGR燃气涡轮系统52具有排气再循环路径110,该排气再循环路径从系统52的排气出口延伸到排气入口。沿着路径110,排气60穿过EG处理系统54,在图示的实施例中,EG处理系统54包括HRSG 56和EGR系统58。EGR系统58可以包括沿着路径110串联和/或并联排列的一个或多个导管、阀门、鼓风机、气体处理系统(例如过滤器、微粒去除单元、气体分离单元、气体净化单元、热交换器、热回收单元如热回收蒸汽发生器、湿气去除单元、催化剂单元、化学喷射单元或其任何组合)。换句话说,EGR系统58可以包括沿着在系统52的排气出口与排气入口之间的排气再循环路径110的任何流量控制组件、压力控制组件、温度控制组件、湿气控制组件和气体成分控制组件。因此,在具有沿着路径110的HRSG 56的实施例中,HRSG 56可以被认为是EGR系统58的组件。然而,在某些实施例中,HRSG 56可以沿着独立于排气再循环路径110的排气路径而布置。无论HRSG 56是沿着分离路径还是与EGR系统58共用的路径,HRSG 56和EGR系统58都吸入排气60并输出再循环排气66、用于EG供给系统78(例如用于烃类生产系统12和/或其他系统84)的排气42或者排气的其他输出。再者,SEGR燃气涡轮系统52吸入、混合并按化学计量燃烧排气66、氧化剂68和燃料70(例如预混火焰和/或扩散火焰),以产生用于分配到EG处理系统54、烃类生产系统12或其他系统84的基本无氧且无燃料的排气60。

[0039] 如上面参照图1所述,烃类生产系统12可以包括用于促进通过油/气井26从地下储层20回收或生产油/气48的各种设备。例如,烃类生产系统12可以包括具有流体喷射系统34的EOR系统18。在图示的实施例中,流体喷射系统34包括排气喷射EOR系统112和蒸汽喷射

EOR系统114。虽然流体喷射系统34可以从各种来源接收流体,但图示的实施例可以从基于涡轮的服务系统14接收排气42和蒸汽62。由基于涡轮的服务系统14产生的排气42和/或蒸汽62还可以被输送到烃类生产系统12以用于其他油/气系统116中。

[0040] 排气42和/或蒸汽62的数量、质量和流量可以由控制系统100来控制。控制系统100可以完全专用于基于涡轮的服务系统14,或者控制系统100也可以可选地提供对烃类生产系统12和/或其他系统84的控制(或便于控制的至少一些数据)。在图示的实施例中,控制系统100包括控制器118,该控制器118具有处理器120、存储器122、蒸汽涡轮控件124、SEGR燃气涡轮系统控件126和机器控件128。处理器120可以包括单个处理器或者两个或更多个冗余处理器,例如用于控制基于涡轮的服务系统14的三重冗余处理器。存储器122可以包括易失性存储器和/或非易失性存储器。例如,存储器122可以包括一个或多个硬盘驱动器、闪存、只读存储器、随机存取存储器或其任何组合。控件124、126和128可以包括软件和/或硬件控件。例如,控件124、126和128可以包括存储在存储器122中并可由处理器120执行的各种指令或代码。控件124被配置为控制蒸汽涡轮104的操作,SEGR燃气涡轮系统控件126被配置为控制系统52,并且机器控件128被配置为控制机器106。因此,控制器118(例如控件124、126和128)可以被配置为协同基于涡轮的服务系统14的各个子系统,以向烃类生产系统12提供合适的排气流42。

[0041] 在控制系统100的某些实施例中,在附图中示出或在本文描述的每个元件(例如系统、子系统和组件)包括(例如直接在这类元件内、在这类元件上游或下游)一个或多个工业控制特征件,例如传感器和控制装置,所述工业控制特征件基于工业控制网络与控制器118一起彼此通信地耦合。例如,与每个元件关联的控制装置可以包括专用装置控制器(例如,包括处理器、存储器和控制指令)、一个或多个致动器、阀门、开关和工业控制设备,其使得能够基于传感器反馈130、来自控制器118的控制信号、来自用户的控制信号或其任何组合进行控制。因此,本文描述的任何控制功能可以通过控制指令来实施,所述控制指令存储在控制器118、与每个元件关联的专用装置控制器或其组合中和/或可由控制器118、与每个元件关联的专用装置控制器或其组合执行。

[0042] 为了促进这类控制功能,控制系统100包括遍布系统10分布的一个或多个传感器,以获得用于执行各种控件例如控件124、126和128的传感器反馈130。例如,传感器反馈130可以从传感器获得,所述传感器遍布SEGR燃气涡轮系统52、机器106、EG处理系统54、蒸汽涡轮104、烃类生产系统12分布,或遍布基于涡轮的服务系统14或烃类生产系统12的任何其他组件分布。例如,传感器反馈130可以包括温度反馈、压力反馈、流速反馈、火焰温度反馈、燃烧动力学反馈、吸入氧化剂成分反馈、吸入燃料成分反馈、排气成分反馈、机械功率72的输出水平、电功率74的输出水平、排气42、60的输出数量、水64的输出数量或质量或其任何组合。例如,传感器反馈130可以包括排气42、60的成分,以促进在SEGR燃气涡轮系统52中的化学计量燃烧。例如,传感器反馈130可以包括来自沿着氧化剂68的氧化剂供给路径的一个或多个吸入氧化剂传感器、沿着燃料70的燃料供给路径的一个或多个吸入燃料传感器以及沿着排气再循环路径110和/或在SEGR燃气涡轮系统52内布置的一个或多个排气排放物传感器的反馈。吸入氧化剂传感器、吸入燃料传感器和排气排放物传感器可以包括温度传感器、压力传感器、流速传感器和成分传感器。排放物传感器可以包括用于氮氧化物(例如NO_x传感器)、碳氧化物(例如CO传感器和CO₂传感器)、硫氧化物(例如SO_x传感器)、氢(例如H₂传感

器)、氧(例如O₂传感器)、未燃烧碳氢化合物(例如HC传感器)或其他不完全燃烧产物或其任何组合的传感器。

[0043] 使用这种反馈130,控制系统100可以调整(例如增加、减少或保持)排气66、氧化剂68和/或燃料70进入SEGR燃气涡轮系统52(除了其他操作参数以外)的进气流量,以保持当量比在合适范围内,例如在大约0.95到大约1.05之间、在大约0.95到大约1.0之间、在大约1.0到大约1.05之间或大致为1.0。例如,控制系统100可以分析反馈130以监测排气排放物(例如,氮氧化物、碳氧化物如CO和CO₂、硫氧化物、氢气、氧气、未燃烧碳氢化合物和其他不完全燃烧产物的浓度水平)和/或确定当量比,并且然后控制一个或多个组件以调整排气排放物(例如排气42的浓度水平)和/或当量比。受控组件可以包括参照附图示出和描述的任何组件,包括但不限于:沿着氧化剂68、燃料70和排气66的供给路径的阀门;氧化剂压缩机、燃料泵或EG处理系统54中的任何组件;SEGR燃气涡轮系统52的任何组件或其任何组合。受控组件可以调整(例如增加、减少或保持)在SEGR燃气涡轮系统52内燃烧的氧化剂68、燃料70和排气66的流速、温度、压力或百分比(例如当量比)。受控组件还可以包括一个或多个气体处置系统,例如催化剂单元(例如氧化催化剂单元)、用于催化剂单元的供给(例如氧化燃料、热量、电力等)、气体净化和/或分离单元(例如基于溶剂的分离器、吸收器、闪蒸罐等)以及过滤单元。气体处置系统可以帮助减少沿着排气再循环路径110、排气孔路径(例如排放到大气中)或至EG供给系统78的抽取路径的各种排气排放物。

[0044] 在某些实施例中,控制系统100可以分析反馈130并控制一个或多个组件以保持或降低排放物水平(例如,排气42、60、95的浓度水平)至目标范围,例如小于大约10、20、30、40、50、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000、5000或10000每百万份体积(ppmv)。针对每种排气排放物例如氮氧化物、一氧化碳、硫氧化物、氢气、氧气、未燃烧碳氢化合物和其他不完全燃烧产物的浓度水平,这些目标范围可以是相同或不同的。例如,根据当量比,控制系统100可以将氧化剂(例如氧气)的排气排放物(例如浓度水平)选择性地控制在小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、250、500、750或1000ppmv的目标范围内;将一氧化碳(CO)的排气排放物选择性地控制在小于大约20、50、100、200、500、1000、2500或5000ppmv的目标范围内;并且将氮氧化物(NO_x)的排气排放物选择性地控制在小于大约50、100、200、300、400或500ppmv的目标范围内。在以大致化学计量当量比运转的某些实施例中,控制系统100可以将氧化剂(例如氧气)的排气排放物(例如浓度水平)选择性地控制在小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90或100ppmv的目标范围内;并且将一氧化碳(CO)的排气排放物选择性地控制在小于大约500、1000、2000、3000、4000或5000ppmv的目标范围内。在以稀燃料当量比(例如在大约0.95到1.0之间)运转的某些实施例中,控制系统100可以将氧化剂(例如氧气)的排气排放物(例如浓度水平)选择性地控制在小于大约500、600、700、800、900、1000、1100、1200、1300、1400或1500ppmv的目标范围内;将一氧化碳(CO)的排气排放物选择性地控制在小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、150或200ppmv的目标范围内;并且将氮氧化物(例如NO_x)的排气排放物选择性地控制在小于大约50、100、150、200、250、300、350或400ppmv的目标范围内。前述目标范围仅仅是示例,并不旨在限制所公开实施例的范围。

[0045] 控制系统100还可以被耦连到本地接口132和远程接口134。例如,本地接口132可以包括现场布置在基于涡轮的服务系统14和/或烃类生产系统12处的计算机工作站。相反,

远程接口134可以包括相对于基于涡轮的服务系统14和烃类生产系统12非现场布置的计算机工作站,例如通过互联网连接的计算机工作站。这些接口132和134例如通过传感器反馈130的一个或多个图形显示、运转参数等等来促进基于涡轮的服务系统14的监测和控制。

[0046] 再者,如上所述,控制器118包括各种控件124、126和128,以促进基于涡轮的服务系统14的控制。蒸汽涡轮控件124可以接收传感器反馈130并输出促进蒸汽涡轮104运转的控制命令。例如,蒸汽涡轮控件124可以从HRSG 56、机器106、沿着蒸汽62的路径的温度和压力传感器、沿着水108的路径的温度和压力传感器以及指示机械功率72和电功率74的各种传感器接收传感器反馈130。同样,SEGR燃气涡轮系统控件126可以从沿着SEGR燃气涡轮系统52、机器106、EG处理系统54或其任何组合布置的一个或多个传感器接收传感器反馈130。例如,传感器反馈130可以从布置在SEGR燃气涡轮系统52内部或外部的温度传感器、压力传感器、间隙传感器、振动传感器、火焰传感器、燃料成分传感器、排气成分传感器或其任何组合获得。最终,机器控件128可以从与机械功率72和电功率74关联的各种传感器以及布置在机器106内的传感器接收传感器反馈130。这些控件124、126和128中的每个控件使用传感器反馈130来改善基于涡轮的服务系统14的操作。

[0047] 在图示的实施例中,SEGR燃气涡轮系统控件126可以执行指令以控制在EG处理系统54、EG供给系统78、烃类生产系统12和/或其他系统84中的排气42、60、95的数量和质量。例如,SEGR燃气涡轮系统控件126可以将排气60中的氧化剂(例如氧气)和/或未燃烧燃料的水平保持为低于适合用于排气喷射EOR系统112的阈值。在某些实施例中,氧化剂(例如氧气)和/或未燃烧燃料的阈值水平可以小于排气42、60体积的1%、2%、3%、4%或5%;或者氧化剂(例如氧气)和/或未燃烧燃料(和其他排气排放物)的阈值水平可以是小于排气42、60的大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000每百万份体积(ppmv)。通过进一步实施例,为了实现氧化剂(例如氧气)和/或未燃烧燃料的这些低水平,SEGR燃气涡轮系统控件126可以将SEGR燃气涡轮系统52中的燃烧当量比保持在大约0.95与大约1.05之间。SEGR燃气涡轮系统控件126还可以控制EG抽取系统80和EG处置系统82以将排气42、60、95的温度、压力、流速和气体成分保持在适合用于排气喷射EOR系统112、管线86、储罐88和碳封存系统90的范围内。如上面所讨论的,EG处置系统82可以被控制以将排气42净化和/或分离成一种或多种气体流95,例如富CO₂稀N₂流96、中等浓度CO₂、N₂流97以及稀CO₂富N₂流98。除了控制排气42、60和95以外,控件124、126和128还可以执行一个或多个指令以将机械功率72保持在合适的功率范围内,或将电功率74保持在合适的频率和功率范围内。

[0048] 图3是系统10的实施例的示意图,其进一步说明了用于烃类生产系统12和/或其他系统84的SEGR燃气涡轮系统52的细节。在图示的实施例中,SEGR燃气涡轮系统52包括耦合到EG处理系统54的燃气涡轮发动机150。图示的燃气涡轮发动机150包括压缩机部152、燃烧器部154以及膨胀器部或涡轮部156。压缩机部152包括一个或多个排气压缩机或压缩机级158,例如以串联布置设置的1到20级可转动压缩机叶片。同样,燃烧器部154包括一个或多个燃烧器160,例如围绕SEGR燃气涡轮系统52的可转动轴162圆周分布的1到20个燃烧器160。而且,每个燃烧器160可以包括一个或多个燃料喷嘴164,其被配置为喷射排气66、氧化剂68和/或燃料70。例如,每个燃烧器160的盖端部166可以容纳1、2、3、4、5、6个或更多燃料喷嘴164,其可以将排气66、氧化剂68和/或燃料70的流或混合物喷射到燃烧器160的燃烧部

168 (例如燃烧室) 中。

[0049] 燃料喷嘴164可以包括预混燃料喷嘴164 (例如, 其被配置为预混合氧化剂68和燃料70以便生成氧化剂/燃料预混火焰) 和/或扩散燃料喷嘴164 (例如, 其被配置为喷射氧化剂68和燃料70的分离流以便生成氧化剂/燃料扩散火焰) 的任何组合。预混燃料喷嘴164的实施例可以包括旋流叶片、混合室或其他特征件, 该旋流叶片、混合室或其他特征件在氧化剂68和燃料70喷射到燃烧器168中并在其中燃烧之前将氧化剂68和燃料70内部混合在喷嘴164内。预混燃料喷嘴164还可以接收至少一些部分混合的氧化剂68和燃料70。在某些实施例中, 每个扩散燃料喷嘴164可以隔离氧化剂68与燃料70的流直到喷射点, 同时也隔离一种或多种稀释剂 (例如排气66、蒸汽、氮气或其他惰性气体) 的流直到喷射点。在其他实施例中, 每个扩散燃料喷嘴164可以隔离氧化剂68与燃料70的流直到喷射点, 同时在喷射点之前部分混合一种或多种稀释剂 (例如排气66、蒸汽、氮气或其他惰性气体) 与氧化剂68和/或燃料70。此外, 一种或多种稀释剂 (例如排气66、蒸汽、氮气或其他惰性气体) 可以在燃烧区域或燃烧区域下游被喷射到燃烧器中 (例如喷射到燃烧的热产物中), 从而帮助降低燃烧的热产物的温度并且减少 NO_x (例如 NO 和 NO_2) 的排放。不管燃料喷嘴164的类型如何, SEGR燃气涡轮系统52都可以被控制以提供氧化剂68和燃料70的大致化学计量燃烧。

[0050] 在使用扩散燃料喷嘴164的扩散燃烧实施例中, 燃料70和氧化剂68通常不在扩散火焰的上游混合, 而是燃料70和氧化剂68直接在火焰表面混合和反应, 和/或火焰表面存在于燃料70与氧化剂68之间的混合位置处。特别地, 燃料70和氧化剂68分离地靠近火焰表面 (或扩散边界/界面), 并且然后沿着火焰表面 (或扩散边界/界面) 扩散 (例如经由分子扩散和粘性扩散) 以生成扩散火焰。值得注意的是, 燃料70和氧化剂68可以沿着该火焰表面 (或扩散边界/界面) 处于大致化学计量比, 这可以导致沿着这个火焰表面的更大的火焰温度 (例如峰值火焰温度)。与稀燃料或富燃料的燃料/氧化剂比相比, 该化学计量燃料/氧化剂比通常产生更大的火焰温度 (例如峰值火焰温度)。结果, 扩散火焰可以基本上比预混火焰更稳定, 这是因为燃料70和氧化剂68的扩散有助于保持沿着火焰表面的化学计量比 (以及更大的温度)。虽然更大的火焰温度也可以导致更大的排气排放物例如 NO_x 排放物, 但所公开的实施例使用一种或多种稀释剂来帮助控制温度和排放物, 同时仍然避免燃料70和氧化剂68的任何预混合。例如, 所公开的实施例可以引入 (例如在燃烧点之后和/或扩散火焰的下游) 与燃料70和氧化剂68分离的一种或多种稀释剂, 从而帮助降低温度和减少由扩散火焰产生的排放物 (例如 NO_x 排放物)。

[0051] 如图所示, 在运转中, 压缩机部152接收并压缩来自EG处理系统54的排气66, 并将压缩后的排气170输出到燃烧器部154中的每个燃烧器160。在燃料60、氧化剂68和排气170在每个燃烧器160内燃烧后, 附加排气或燃烧产物172 (即燃烧气体) 被输送到涡轮部156中。类似于压缩机部152, 涡轮部156包括一个或多个涡轮或涡轮级174, 其可以包括一系列可转动涡轮叶片。然后这些涡轮叶片由在燃烧器部154中生成的燃烧产物172驱动, 由此驱动耦连到机器106的轴176的转动。再者, 机器106可以包括耦连到SEGR燃气涡轮系统52的任一端的各种设备, 例如耦连到涡轮部156的机器106、178和/或耦连到压缩机部152的机器106、180。在某些实施例中, 机器106、178、180可以包括一个或多个发电机、用于氧化剂68的氧化剂压缩机、用于燃料70的燃料泵、齿轮箱或耦连到SEGR燃气涡轮系统52的附加驱动器 (例如蒸汽涡轮104、电动马达等)。非限制性示例在下面参照表格1进一步详细讨论。如图所示, 涡

轮部156输出排气60以沿着从涡轮部156的排气出口182到进入压缩机部152的排气入口184的排气再循环路径110再循环。如上面所详细讨论的,沿着排气再循环路径110,排气60穿过EG处理系统54(例如HRSG 56和/或EGR系统58)。

[0052] 再者,燃烧器部154中的每个燃烧器160接收、混合并化学计量燃烧所压缩的排气170、氧化剂68和燃料70,以产生驱动涡轮部156的附加排气或燃烧产物172。在某些实施例中,氧化剂68被氧化剂压缩系统186例如具有一个或多个氧化剂压缩机(MOC)的主氧化剂压缩(MOC)系统(例如,主空气压缩(MAC)系统)压缩。氧化剂压缩系统186包括耦连到驱动器190的氧化剂压缩机188。例如,驱动器190可以包括电动马达、燃烧发动机或其任何组合。在某些实施例中,驱动器190可以是涡轮发动机,例如燃气涡轮发动机150。因此,氧化剂压缩系统186可以是机器106的集成部分。换句话说,压缩机188可以被由燃气涡轮发动机150的轴176供给的机械功率72直接或间接驱动。在这类实施例中,驱动器190可以被排除,这是因为压缩机188依赖来自涡轮发动机150的功率输出。然而,在采用多于一个氧化剂压缩机的某些实施例中,第一氧化剂压缩机(例如低压(LP)氧化剂压缩机)可以由驱动器190驱动,而轴176驱动第二氧化剂压缩机(例如高压(HP)氧化剂压缩机),或反之亦然。例如,在另一个实施例中,HP MOC由驱动器190驱动,并且LP氧化剂压缩机由轴176驱动。在图示的实施例中,氧化剂压缩系统186与机器106是分离的。在这些实施例中的每个实施例中,压缩系统186压缩氧化剂68并将氧化剂68供应给燃料喷嘴164和燃烧器160。因此,机器106、178、180中的一些或全部可以被配置为增加压缩系统186(例如压缩机188和/或额外的压缩机)的运转效率。

[0053] 由元件编号106A、106B、106C、106D、106E和106F所指示的机器106的各种组件可以沿着轴176的线路和/或平行于轴176的线路以一个或多个串联布置、并联布置或串联与并联布置的任何组合设置。例如,机器106、178、180(例如106A至106F)可以包括下列设备以任何次序的任何串联和/或并联布置:一个或多个齿轮箱(例如平行轴、行星齿轮箱)、一个或多个压缩机(例如氧化剂压缩机、增压器压缩机如EG增压器压缩机)、一个或多个发电单元(例如发电机)、一个或多个驱动器(例如蒸汽涡轮发动机、电动马达)、热交换单元(例如直接或间接热交换器)、离合器或其任何组合。所述压缩机可以包括轴向压缩机、径向或离心压缩机或其任何组合,每种压缩机具有一个或多个压缩级。关于热交换器,直接热交换器可以包括喷淋冷却器(例如喷淋中间冷却器),其将液体喷淋物喷射到气流(例如氧化剂流)中以便直接冷却气流。间接热交换器可以包括将第一流与第二流分离的至少一个壁(例如管壳式热交换器),例如与冷却剂流(例如水、空气、致冷剂或任何其他液态或气体冷却剂)分离的流体流(例如氧化剂流),其中冷却剂流在与流体流没有任何直接接触的情况下传递来自流体流的热量。间接热交换器的示例包括中间冷却器热交换器和热回收单元,例如热回收蒸汽发生器。热交换器还可以包括加热器。如下面进一步详细讨论的,这些机器组件中的每个组件可以被用在如表格1中阐述的非限制性示例所指示的各种组合中。

[0054] 通常,机器106、178、180可以被配置为通过例如调整系统186中的一个或多个氧化剂压缩机的运转速度、通过冷却促进氧化剂68的压缩和/或抽取过剩功率,来增加压缩系统186的效率。所公开的实施例旨在包括在机器106、178、180中具有串联和并联布置的前述组件的任何和全部排列组合,其中所述组件中的一个、多于一个、全部组件或没有任何组件从轴176获得功率。如下面所示,表格1示出靠近压缩机和涡轮部152、156设置和/或耦连到压

缩机和涡轮部152、156的机器106、178、180的布置的一些非限制性示例。

	106A	106B	106C	106D	106E	106F
	MOC	GEN				
[0055]	MOC	GBX	GEN			
	LP MOC	HP MOC	GEN			

	HP MOC	GBX	LP MOC	GEN		
	MOC MOC	GBX	GEN			
	HP MOC	GBX	GEN	LP MOC		
	MOC MOC	GBX GBX	GEN DRV			
	DRV	GBX	LP MOC	HP MOC	GBX	GEN
	DRV	GBX	HP MOC	LP MOC	GEN	
[0056]	HP MOC	GBX CLR	LP MOC	GEN		
	HP MOC	GBX CLR	LP MOC	GBX	GEN	
	HP MOC	GBX HTR STGN	LP MOC	GEN		
	MOC	GEN	DRV			
	MOC	DRV	GEN			
	DRV	MOC	GEN			
	DRV	CLU	MOC	GEN		
	DRV	CLU	MOC	GBX	GEN	

[0057] 表格1

[0058] 如上面表格1所示,冷却单元被表示为CLR,离合器被表示为CLU,驱动器被表示为DRV,齿轮箱被表示为GBX,发电机被表示为GEN,加热单元被表示为HTR,主氧化剂压缩机单元被表示为MOC,其中低压和高压变体被分别表示为LP MOC和HP MOC,并且蒸汽发生器单元被表示为STGN。虽然表格1示出了依次朝向压缩机部152或涡轮部156的机器106、178、180,但表格1也旨在覆盖机器106、178、180的相反次序。在表格1中,包括两个或更多个组件的任

何单元旨在覆盖所述组件的并联布置。表格1并不旨在排除机器106、178、180的任何未示出的排列组合。机器106、178、180的这些组件可以使得能够对发送到燃气涡轮发动机150的氧化剂68的温度、压力和流速进行反馈控制。如下面所进一步详细讨论的,氧化剂68和燃料70可以在特别选择的位置处被供应给燃气涡轮发动机150以促进隔离和抽取压缩的排气170,而没有使排气170的质量劣化的任何氧化剂68或燃料70。

[0059] 如图3所示,EG供给系统78被设置在燃气涡轮发动机150与目标系统(例如烃类生产系统12和其他系统84)之间。特别地,EG供给系统78(例如EG抽取系统(EGES)80)可以在沿着压缩机部152、燃烧器部154和/或涡轮部156的一个或多个抽取点76处被耦连到燃气涡轮发动机150。例如,抽取点76可以被设置在相邻压缩机级之间,例如在压缩机级之间的2、3、4、5、6、7、8、9或10个级间抽取点76。这些级间抽取点76中的每个抽取点提供被抽取的排气42的不同温度和压力。类似地,抽取点76可以被设置在相邻涡轮级之间,例如在涡轮级之间的2、3、4、5、6、7、8、9或10个级间抽取点76。这些级间抽取点76中的每个抽取点提供了被抽取的排气42的不同温度和压力。通过进一步的示例,抽取点76可以被设置在遍布燃烧器部154的多个位置处,其可以提供不同温度、压力、流速和气体成分。这些抽取点76中的每个抽取点可以包括EG抽取导管、一个或多个阀门、传感器以及控件,其可以被用于选择性地控制所抽取的排气42到EG供给系统78的流动。

[0060] 通过EG供给系统78分配的被抽取的排气42具有适用于目标系统(例如烃类生产系统12和其他系统84)的受控成分。例如,在这些抽取点76中的每个抽取点处,排气170可以与氧化剂68和燃料70的喷射点(或流)充分隔离。换句话说,EG供给系统78可以被特别设计为在没有任何添加的氧化剂68或燃料70的情况下从燃气涡轮发动机150抽取排气170。此外,鉴于在每个燃烧器160中的化学计量燃烧,所抽取的排气42可以是基本没有氧气和燃料的。EG供给系统78可以将所抽取的排气42直接或间接输送到烃类生产系统12和/或其他系统84以用于各种处理,例如强化油回收、碳封存、存储或运输到非现场位置。然而,在某些实施例中,EG供给系统78包括在使用供目标系统之前用于进一步处置排气42的EG处置系统(EGTS)82。例如,EG处置系统82可以将排气42净化和/或分离为一种或多种流95,例如富CO₂稀N₂流96、中等浓度CO₂、N₂流97以及稀CO₂富N₂流98。这些经处置的排气流95可以被单独地或以任何组合方式用于烃类生产系统12和其他系统84(例如管线86、储罐88和碳封存系统90)。

[0061] 类似于在EG供给系统78中执行的排气处置,EG处理系统54可以包括多个排气(EG)处置组件192,例如由元件编号194、196、198、200、202、204、206、208和210所指示的那些组件。这些EG处置组件192(例如194至210)可以沿着排气再循环路径110以一个或多个串联布置、并联布置或串联与并联布置的任何组合设置。例如,EG处置组件192(例如194至210)可以包括下列组件以任何次序的任何串联和/或并联布置:一个或多个热交换器(例如热回收单元例如热回收蒸汽发生器、冷凝器、冷却器或加热器)、催化剂系统(例如氧化催化剂系统)、微粒和/或水去除系统(例如惯性分离器、聚结过滤器、不透水过滤器以及其他过滤器)、化学喷射系统、基于溶剂的处置系统(例如吸收剂、闪蒸罐等)、碳收集系统、气体分离系统、气体净化系统和/或基于溶剂的处置系统或其任何组合。在某些实施例中,催化剂系统可以包括氧化催化剂、一氧化碳还原催化剂、氮氧化物还原催化剂、氧化铝、氧化锆、硅氧化物、钛氧化物、氧化铂、氧化钡、氧化钴或混合金属氧化物或其组合。所公开的实施例旨在包括前述组件192以串联和并联布置的任何和全部排列组合。如下面所示,表格2描述了沿

着排气再循环路径110的组件192的布置的一些非限制性示例。

[0062]

194	196	198	200	202	204	206	208	210
CU	HRU	BB	MRU	PRU				
CU	HRU	HRU	BB	MRU	PRU	DIL		
CU	HRSG	HRSG	BB	MRU	PRU			
OCU	HRU	OCU	HRU	OCU	BB	MRU	PRU	
HRU CU	HRU CU	BB	MRU	PRU				
HRSG OCU	HRSG OCU	BB	MRU	PRU	DIL			
OCU	HRSG OCU	OCU	HRSG OCU	OCU	BB	MRU	PRU	DIL
OCU	HRSG ST	HRSG ST	BB	COND	INER	WFIL	CFIL	DIL
OCU HRSG ST	OCU HRSG ST	BB	COND	INER	FIL	DIL		
OCU	HRSG ST	HRSG ST	OCU	BB	MRU HE COND	MRU WFIL	PRU INER	PRU FIL CFIL
CU	HRU COND	HRU COND	HRU COND	BB	MRU HE	PRU INER	PRU FIL	DIL

[0063]

					COND WFIL		CFIL	
--	--	--	--	--	--------------	--	------	--

[0064] 表格2

[0065] 如上面表格2所示,催化剂单元被表示为CU,氧化催化剂单元被表示为OCU,增压器鼓风机被表示为BB,热交换器被表示为HX,热回收单元被表示为HRU,热回收蒸汽发生器被表示为HRSG,冷凝器被表示为COND,蒸汽涡轮被表示为ST,微粒去除单元被表示为PRU,湿气去除单元被表示为MRU,过滤器被表示为FIL,凝聚过滤器被表示为CFIL,不透水过滤器被表示为WFIL,惯性分离器被表示为INER,并且稀释剂供给系统(例如蒸汽、氮气或其他惰性气体)被表示为DIL。虽然表格2以从涡轮部156的排气出口182朝向压缩机部152的排气入口184的顺序示出组件192,但表格2也旨在覆盖所示出组件192的相反顺序。在表格2中,包括两个或更多个组件的任何单元旨在覆盖与所述组件的集成单元、所述组件的并联布置或其

任何组合。此外,在表格2的背景下,HRU、HRSG和COND是HE的示例;HRSG是HRU的示例;COND、WFIL和CFIL是WRU的示例;INER、FIL、WFIL和CFIL是PRU的示例;并且WFIL和CFIL是FIL的示例。再者,表格2并不旨在排除组件192的任何未示出的排列组合。在某些实施例中,所示出的组件192(例如194至210)可以被部分或完全集成在HRSG 56、EGR系统58或其任何组合内。这些EG处置组件192可以使能实现温度、压力、流速和气体成分的反馈控制,同时也从排气60中去除湿气和微粒。此外,经处置的排气60可以在一个或多个抽取点76处被抽取以便在EG供给系统78中使用和/或被再循环到压缩机部152的排气入口184。

[0066] 当经处置的再循环排气66穿过压缩机部152时,SEGR燃气涡轮系统52可以沿着一个或多个管线212(例如泄放导管或旁通导管)泄放一部分压缩的排气。每个管线212可以将排气输送到一个或多个热交换器214(例如冷却单元),从而冷却排气以便将其再循环回到SEGR燃气涡轮系统52中。例如,在穿过热交换器214后,一部分被冷却的排气可以沿着管线212被输送到涡轮部156,以便冷却和/或密封涡轮壳体、涡轮外罩、轴承和其他组件。在这类实施例中,SEGR燃气涡轮系统52不输送任何氧化剂68(或其他潜在的污染物)通过涡轮部156以用于冷却和/或密封目的,并且因此,冷却的排气的任何泄漏将不会污染流过并驱动涡轮部156的涡轮级的热燃烧产物(例如工作排气)。通过进一步的示例,在穿过热交换器214之后,一部分冷却的排气可以沿着管线216(例如返回导管)被输送到压缩机部152的上游压缩机级,从而提高压缩机部152的压缩效率。在这类实施例中,热交换器214可以被配置为压缩机部152的级间冷却单元。以此方式,冷却的排气帮助增加SEGR燃气涡轮系统52的运转效率,同时帮助保持排气的纯度(例如基本没有氧化剂和燃料)。

[0067] 图4是在图1-3中示出的系统10的运转过程220的实施例的流程图。在某些实施例中,过程220可以是计算机实施的过程,其存取存储在存储器122上的一个或多个指令,并且在图2中示出的控制器118的处理器120上执行所述指令。例如,过程220中的每个步骤可以包括通过参照图2所描述的控制系统的控制器118可执行的指令。

[0068] 过程220可以开始于启动图1-3的SEGR燃气涡轮系统52的起动模式,如块222所指示的。例如,所述起动模式可以包括SEGR燃气涡轮系统52的逐步倾斜上升,以保持热梯度、振动和间隙(例如在旋转部件与静止部件之间)在可接受的阈值内。例如,在起动模式222期间,过程220可以开始供应经压缩的氧化剂68到燃烧器部154的燃烧器160和燃料喷嘴164,如块224所指示的。在某些实施例中,经压缩的氧化剂可以包括压缩空气、氧气、富氧空气、减氧空气、氧气-氮气混合物或其任何组合。例如,氧化剂68可以被图3中示出的氧化剂压缩系统186压缩。在起动模式222期间,过程220也可以开始向燃烧器160和燃料喷嘴164供应燃料,如块226所指示的。在起动模式222期间,过程220也可以开始供应排气(如果可用)到燃烧器160和燃料喷嘴164,如块228所指示的。例如,燃料喷嘴164可以产生一种或多种扩散火焰、预混火焰或扩散火焰与预混火焰的组合。在起动模式222期间,由燃气涡轮发动机156生成的排气60在数量和/或质量上可以是不足或不稳定的。因此,在起动模式期间,过程220可以从一个或多个存储单元(例如储罐88)、管线86、其他SEGR燃气涡轮系统52或其他排气源供应排气66。

[0069] 过程220然后可以在燃烧器160中燃烧经压缩的氧化剂、燃料和排气的混合物以产生热燃烧气体172,如块230所指示的。特别地,过程220可以由图2的控制系统的控制器118来控制,以促进燃烧器部154的燃烧器160中的混合物的化学计量燃烧(例如化学计量扩散燃烧、预混

燃烧或两者)。然而,在起动模式222期间,可能特别难以保持混合物的化学计量燃烧(并且因此,热燃烧气体172中可能存在低水平的氧化剂和未燃烧燃料)。结果,在起动模式222期间,热燃烧气体172可能比在如下面所进一步详细讨论的稳定状态模式期间具有更大量的残留氧化剂68和/或燃料70。由于这个原因,过程220可以在起动模式期间执行一个或多个控制指令以减少或消除热燃烧气体172中的残留氧化剂68和/或燃料70。

[0070] 过程220然后用热燃烧气体172驱动涡轮部156,如块232所指示的。例如,热燃烧气体172可以驱动被设置在涡轮部156内的一个或多个涡轮级174。在涡轮部156的下游,过程220可以处置来自最终涡轮级174的排气60,如块234所指示的。例如,排气处置234可以包括任何残留氧化剂68和/或燃料70的过滤、催化剂反应、化学处理、用HRSG 56进行热回收等。过程220还可以将至少一些排气60再循环回到SEGR燃气涡轮系统52的压缩机部152,如块236所指示的。例如,排气再循环236可以包括穿过具有EG处理系统54的排气再循环路径110,如图1-3所示。

[0071] 进而,再循环排气66可以在压缩机部152中被压缩,如块238所指示的。例如,SEGR燃气涡轮系统52可以在压缩机部152的一个或多个压缩机级158中顺序压缩再循环排气66。结果,经压缩的排气170可以被供应给燃烧器160和燃料喷嘴164,如块228所指示的。然后可以重复步骤230、232、234、236和238,直到过程220最终过渡到稳态模式,如块240所指示的。在过渡240后,过程220可以继续执行步骤224至238,但是也可以开始经由EG供给系统78抽取排气42,如块242所指示的。例如,排气42可以从沿着压缩机部152、燃烧器部154和涡轮部156的一个或多个抽取点76被抽取,如图3所示。进而,过程220可以从EG供给系统78向烃类生产系统12供应所抽取的排气42,如块244所指示的。烃类生产系统12然后将排气42喷射到大地32中以用于强化油回收,如块246所指示的。例如,所抽取的排气42可以被如图1-3所示的EOR系统18的排气喷射EOR系统112使用。

[0072] 如上所述,本实施例实现了SEGR燃气涡轮系统52(例如,ULET动力设备)的控制,以在过频率电网事件期间支持电网。也就是说,本实施例实现了ULET动力设备,以快速地降低其负载从而支持电网经历过频率事件。通过具体示例,根据本方法的ULET动力设备可以提供初级响应或初级频率响应(PFR)以响应电网中的过频率事件。例如,在电网系统的频率增加的情况下,PFR通常可以涉及动力设备迅速降低其基础负载输出的相应部分以便抵消电网频率的增加。

[0073] 对于在稀燃料模式中运转的非化学计量燃气涡轮系统,在整个运转中在燃烧器中可能存在过量的氧化剂。这样,当检测到过频率事件后,到燃气涡轮系统的燃烧器的燃料流速可能不能被快速地调节以降低系统的机械功率和电功率输出,因为稀油熄火(lean blowout,LBO)的可能性会增加。相反,对于公开的该SEGR燃气涡轮系统52,在其大部分运转(例如,基础负载运转)期间,在大致化学计量比中可以平衡氧化剂和燃料。因此,对于SEGR燃气涡轮系统52,燃料可以被减少以便降低电功率和机械功率输出,从而在瞬时事件期间支持电网并且具有较少可能性的稀油熄火。通常,对于SEGR燃气涡轮系统52的某些实施例,与燃料流调节相比,空气流调节可能通常以较慢的速率被影响。对于此类实施例,这种效果可能是由于当与某些燃料流效应器(例如,控制阀)的响应能力相比时,某些空气流效应器(例如,入口导向叶片和/或定子叶片)的较慢的响应能力引起的。

[0074] 考虑上述内容,图5是根据本技术的实施例的适用于响应过频率事件和欠频率事

件的SEGR燃气涡轮系统52(例如,ULET动力设备)的示意图。图5示出的SEGR燃气涡轮系统52包括主氧化剂压缩机系统(MOC)186,该主氧化剂压缩机系统接收氧化剂68(例如,空气、氧气、富集空气或减氧空气)的流和排气再循环(EGR)流42,并且输出压缩的氧化剂流300。在某些实施例中,压缩的氧化剂流300可以被引导通过增压器氧化剂压缩机系统(BOC)302以用于在到达燃烧器160之前的进一步压缩。在其他实施例中,可以不存在BOC 302。所示的燃烧器160接收压缩的氧化剂流300以及穿过调制控制阀303(例如液压致动的控制阀303)的燃料70的流和来自压缩机部152的压缩的排气42的流,并且产生燃烧过的氧化剂/燃料混合物,以形成高压排气172(即,燃烧气体或燃烧产物),该高压排气随后被输送至涡轮部156。在某些实施例中,由燃烧器160从压缩机部152接收的压缩排气42的流的一部分可以沿着部分燃烧器被传递(例如,通过燃烧器160的一个或多个歧管或外罩)以冷却燃烧硬件的外表面。如图5所示,在穿过并且冷却燃烧器160的歧管或外罩之后,压缩排气42的这股流可以随后被输送至EG供给系统78以便其他系统(例如,上述讨论的烃类生产系统12)的稍后使用。

[0075] 图5中所示的涡轮部156通过膨胀高压排气172生成机械功率,并且该机械功率可以被用于驱动SEGR燃气涡轮系统52的各个部分,例如,包括MOC 186、压缩机部152和电力发电机106。在排气42排出涡轮部156后,排气42可以被提供到所示的EG处理系统54。如上所述,EG处理系统54可以包括HRSG 56和再循环鼓风机304(也被称为增压器鼓风机或EGR鼓风机)以及其他组件。当被EG处理系统54处理之后,排气42的一部分可以被输送到压缩机部152的入口或进口,而排气42的另一部分可以被输送通过调制控制阀308并且进入到MOC 186的入口或进口309中。将排气42从涡轮部156运送到压缩机部152的路径(包括EG处理系统54)通常可以被称为排气返回(EGR)回路305。此外,由发电机106产生的电功率可以被提供到电网306。

[0076] 另外,示出的SEGR燃气涡轮系统52包括控制器系统100,控制器系统100通信地耦接到SEGR燃气涡轮系统52的各种组件,并且控制SEGR燃气涡轮系统52的各种组件。总之,控制系统100可以根据如下描述的控制策略接收来自这些组件的运转数据和/或对这些组件提供控制信号。控制系统100包括闭环回路控制器118A,其能够实施闭环控制策略,在闭环控制策略中,基于SEGR燃气涡轮系统52的一个或多个组件的运转参数生成控制信号,以对SEGR燃气涡轮系统52的各种组件提供基于反馈的控制。控制系统100还包括开环控制器118B,其与闭环控制器118A并联实施,并且能够实施开环控制策略,在开环控制策略中,控制信号不是基于一个或多个组件的运转参数生成的,而是基于其他因素(例如,过频率事件发生的确定或某时间量的流逝)生成的。在某些实施例中,开环控制策略和闭环控制策略可以在单个控制器中实施,该单个控制器可以根据如下阐述的方法协调操作(例如,恰当地假设和放弃SEGR燃气涡轮系统52的部分的控制)。此外,控制器系统100可以通信地耦接到执行电网306的测量以及促进检测电网306中的瞬态事件(例如在电压下或在频率事件下)的一个或多个传感器310。在其他实施例中,控制器系统100可以基于来自电网306的控制器或控制系统的指令而确定瞬态事件的发生。

[0077] 控制系统100可以另外包括下降调速器控制系统或控制器314和当量比控制器316。下降调速器控制系统314可以包括适用于执行计算机代码或指令的一个或多个处理器。该一个或多个处理器可以包括寄存在基于云的系统中的基于云的处理器,该基于云的系统可以在具有涡轮系统52的设备的外部。该下降调速器控制器可以适用于控制发动机

106的功率,以便连接(例如,并行连接)到电网306的多个发电机106可以共享(例如,成比例地共享)负载需求变化。在一个实施例中,作为实际速度的百分比的速度参考值由下降调速控制314设定。随着发电机106从无负载加载到基础负载,用于发电机106的原动机(prime mover)(例如,涡轮156)的实际速度趋于降低。为了增加功率输出,原动机速度参考值增加。因为实际原动机速度通常由电网306固定,所以原动机的速度参考值与实际速度的这种差被用于增加到原动机的工作流体(燃料)的流量,并且因此,功率输出增加。反之将会实现降低功率输出。原动机速度参考值通常大于原动机的实际速度。原动机的实际速度被允许相对于参考值“下降”或降低。控制系统100的当量比控制系统或控制器316可以适用于保持或控制期望的空燃当量比,诸如化学计量比(即, ϕ 在大约0.95至1.05之间)。当量比控制系统316可以包括适用于执行计算机代码或指令的一个或多个处理器120。一个或多个处理器可以包括寄存在基于云的系统中的基于云的处理器,该基于云的系统可以在具有涡轮系统52的设备的内部。

[0078] 在如下展示的某个示例实施例中,当响应于电网306中的过频率事件时,控制系统100可以临时放松(例如,降低)SEGR燃气涡轮系统52的一个或多个程序化操作限制。例如,在某些实施例中,额外地或可替换地如下阐述的示例,控制器100可以临时降低SEGR燃气涡轮系统52的程序化的燃料限制、氧化剂限制、扭矩限制、速度限制、压力限制、流速限制、电压限制、电流限制、功率限制、或其他适合的约束。

[0079] 在某些实施例中,图5中(例如,ULET动力设备)所示的SEGR燃气涡轮系统52可以在化学计量比处或附近(即, ϕ 在大约0.95至1.05之间)运转。在这个示例实施例中,SEGR燃气涡轮系统52包括前述调制控制阀308,其调节从再循环鼓风机304到MOC 186的入口的排气42的流量。控制器118A和118B分别可以实施例如闭环控制策略和开环控制策略以用于控制通过控制阀308的排气42的流速、通过阀303的燃料控制、用于MOC 186的入口导向叶片312控制、BOC 302控制、EG供给系统78控制等。例如,当确定过频率事件确定在电网中发生(例如,通过使用传感器310)时,控制系统100可以提供下面参考图6更详细描述的控制过程。

[0080] 图6是根据本技术的实施例的适于控制SEGR燃气涡轮系统52(例如,ULET动力设备)的过程400的实施例的示意图。过程400可以被实施为储存在存储器(例如,存储器122)中的由控制系统100的处理器(例如,处理器200)执行的可执行指令。在所描绘的实施例中,速度和/或负载参考值402与测量的轴速度404(例如,轴311的速度)比较。然后可以推导出差406(例如,速度/负载误差)。速度/负载误差406然后可以被提供到下降调速器控制器314,以用于如前所述的发电机106的下降控制。速度/负载误差406也可以导致空气冲程参考值(ASR)408的偏差,该偏差适用于确定递送(例如,经由BOC 302、压缩机部152、MOC 186)到燃烧器160的氧化剂68(例如,空气)的量。在过频率事件期间,可以期望的是由降低氧化剂68供给和/或燃料70供给而降低功率。然而,当与降低的燃料70供给相比时,降低的氧化剂68供给可能耗费更多的时间。在下降调速器控制器314设计中,必须考虑到燃料系统的非对称响应;特别地,当燃烧系统以化学计量条件或接近化学计量条件运行时,响应于电网欠频率事件,以比氧化剂68更快速地增加燃料70可能不会提高功率增加的速率。然而,响应于电网过频率事件,与氧化剂68相比更快速地降低燃料70可以充分地提高功率降低的速率。

[0081] 因此,速度/负载误差406可以被用于导出在降低燃料70供给中有用的交叉通道项(cross-channel term)410。在一个实施例中,交叉信道项410可以是一常量或一标量值与

速度/负荷误差406相乘的结果。在另一实施例中,交叉信道项410可以是动态函数(例如,动态传递函数,诸如基于时间的函数,超前/滞后等),该动态函数可以使用速度/负载误差406作为输入以导出在降低燃料70供给中有用的输出。

[0082] 为了导出期望的燃料冲程参考(FSR) 412,可以将当量比参考414与测量的当量比416比较,以导出差418(例如,当量比误差)。交错信道项410可以被死区/钳位420过滤。更具体地,死区/钳位420可以实施对轴速度404变化的单侧响应,以便较快的燃料70响应将只应用于电网过频率的情况。此外,死区/钳位420可以过滤出较小的值以防止轴速度404中的小变化渗透通过过程400。因此,只有期望范围内的某些值可以被允许通过死区/钳位420。这些值可以与当量比误差418比较,并且差422(例如,当量比误差减去过滤的交叉通道项)可以作为输入被提供至当量比控制器316。当量比控制器316然后可以例如通过降低燃料70递送来提供FSR 412。

[0083] 经由SEGR燃气涡轮系统52过频率操作的模拟或经由观察可以导出交叉通道项410。例如,SEGR燃气涡轮系统52的基于物理的模型可以被执行以在过频率事件期间模拟运行,并且通过分析该模拟可以导出交叉通道项410以确定导致SEGR燃气涡轮系统52更优化的性能的常量、标量值或函数。需要理解的是,在一个实施例中,诸如使用开环控制器118B的实施例中,过程400可以简单地将燃料参考偏置到较低值,导致相关的较低的FSR 412。然而,图6所示的技术提供了更平衡且更优化的过程400,其并入氧化剂68控制和燃料70控制两者,并且可以以适当的方式响应过频率事件。

[0084] 本书面说明书使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何被并入的方法。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可以包括本领域技术人员可以想到的其他示例。如果这些其他示例具有与权利要求的书面语言无差别的结构元件,或者如果这些其他示例包括与权利要求的书面语言无实质区别的等价的结构元件,则这些其他示例也意图落入权利要求的范围内。

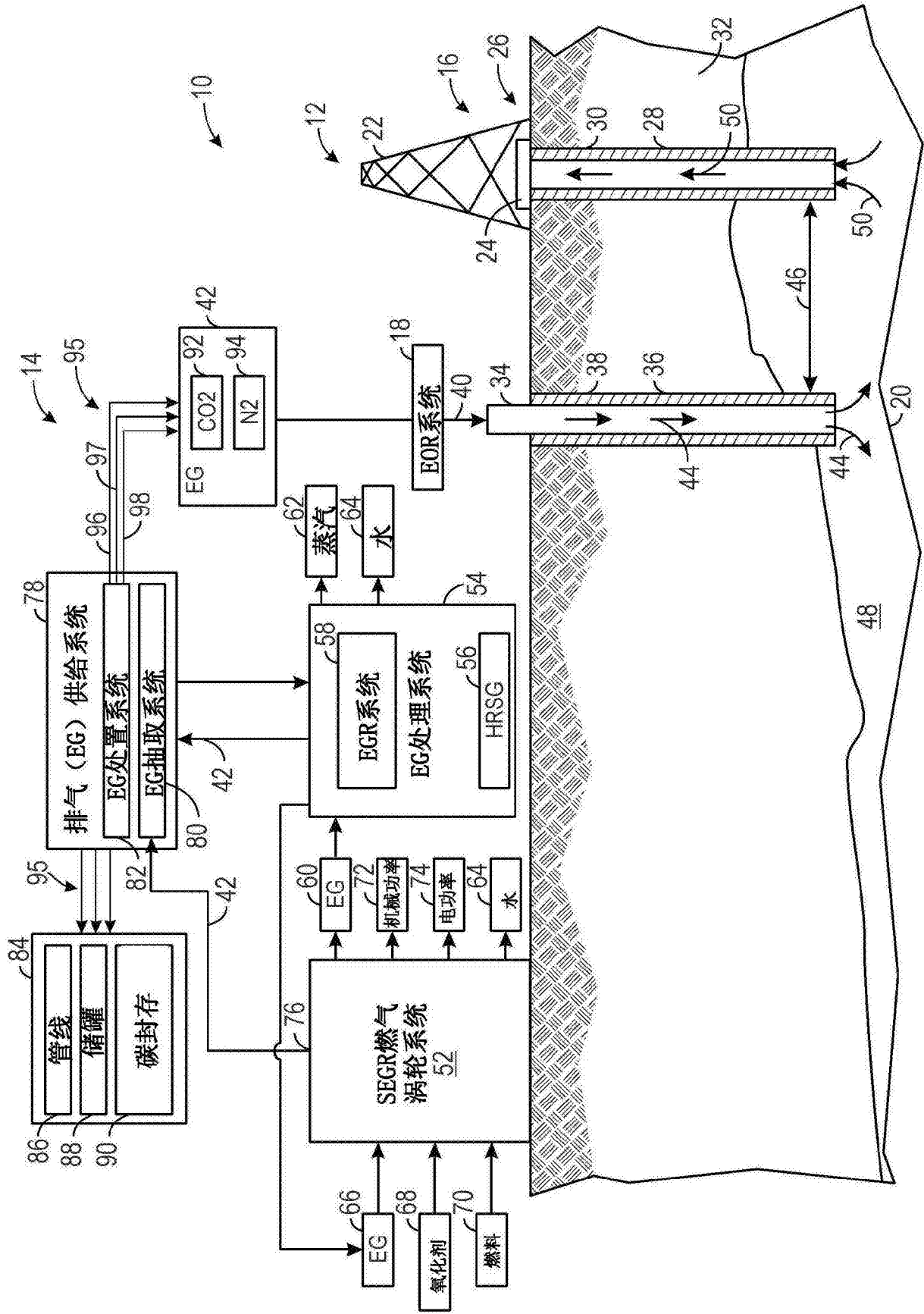


图1

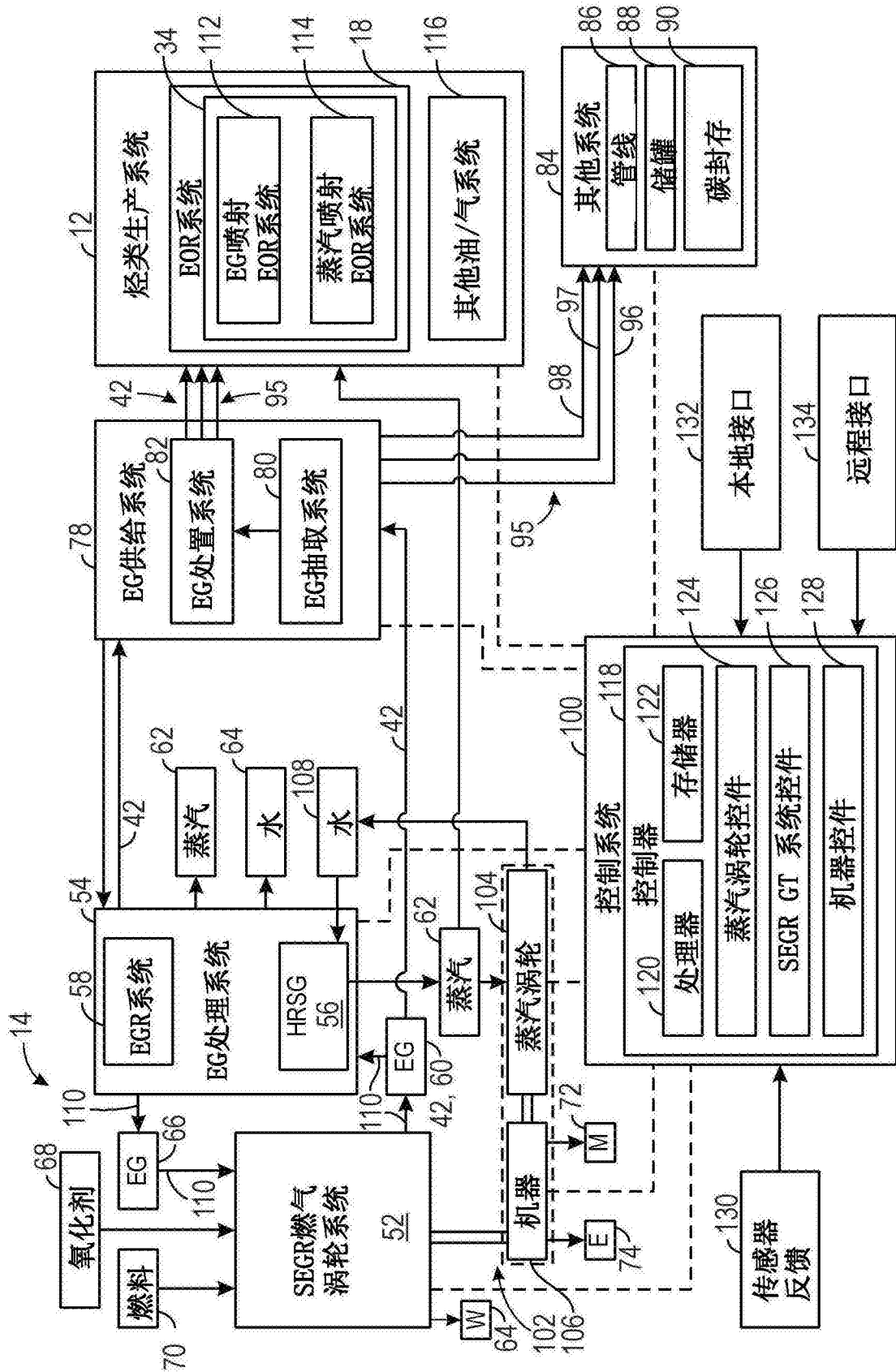


图2

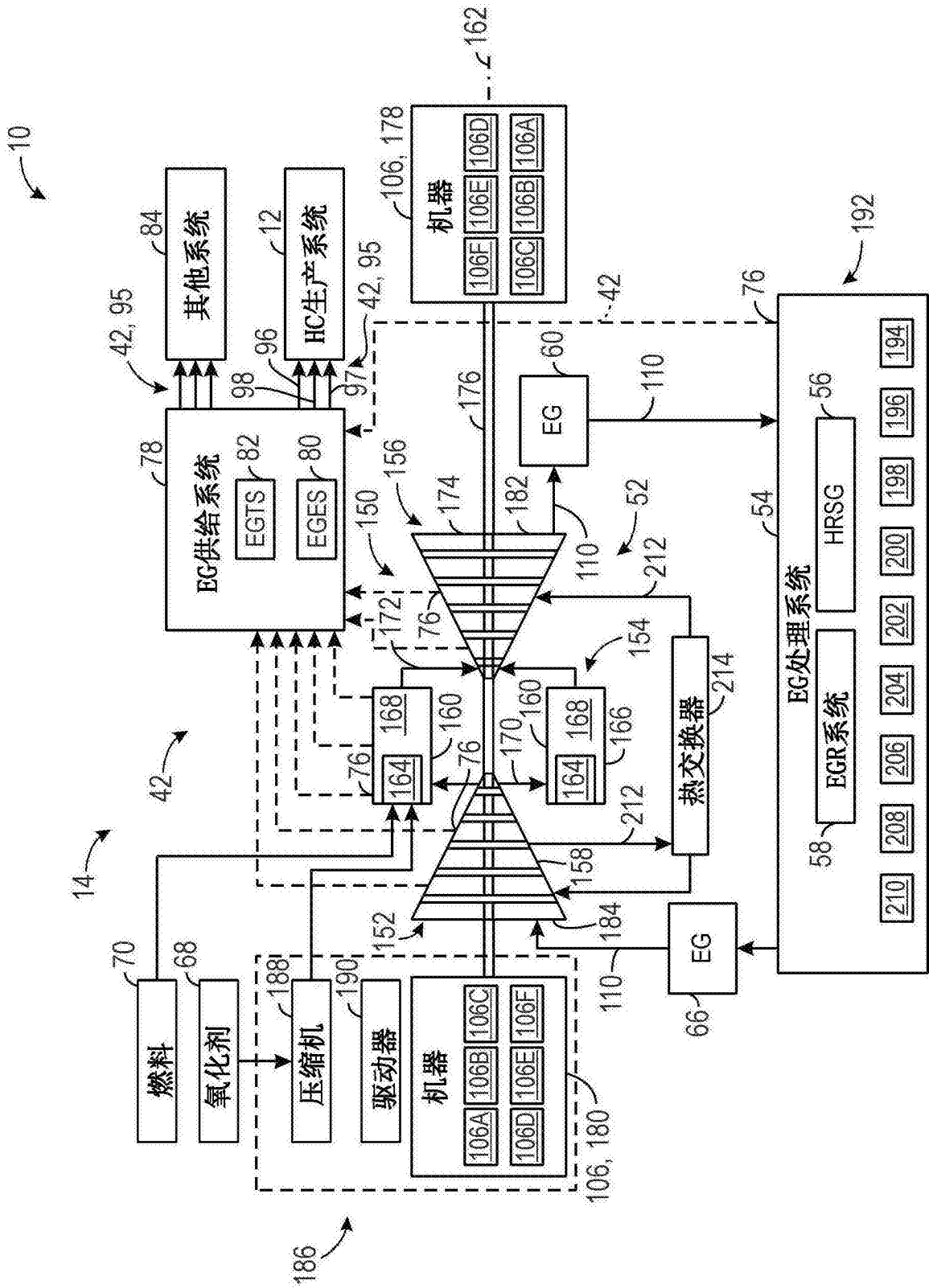


图3

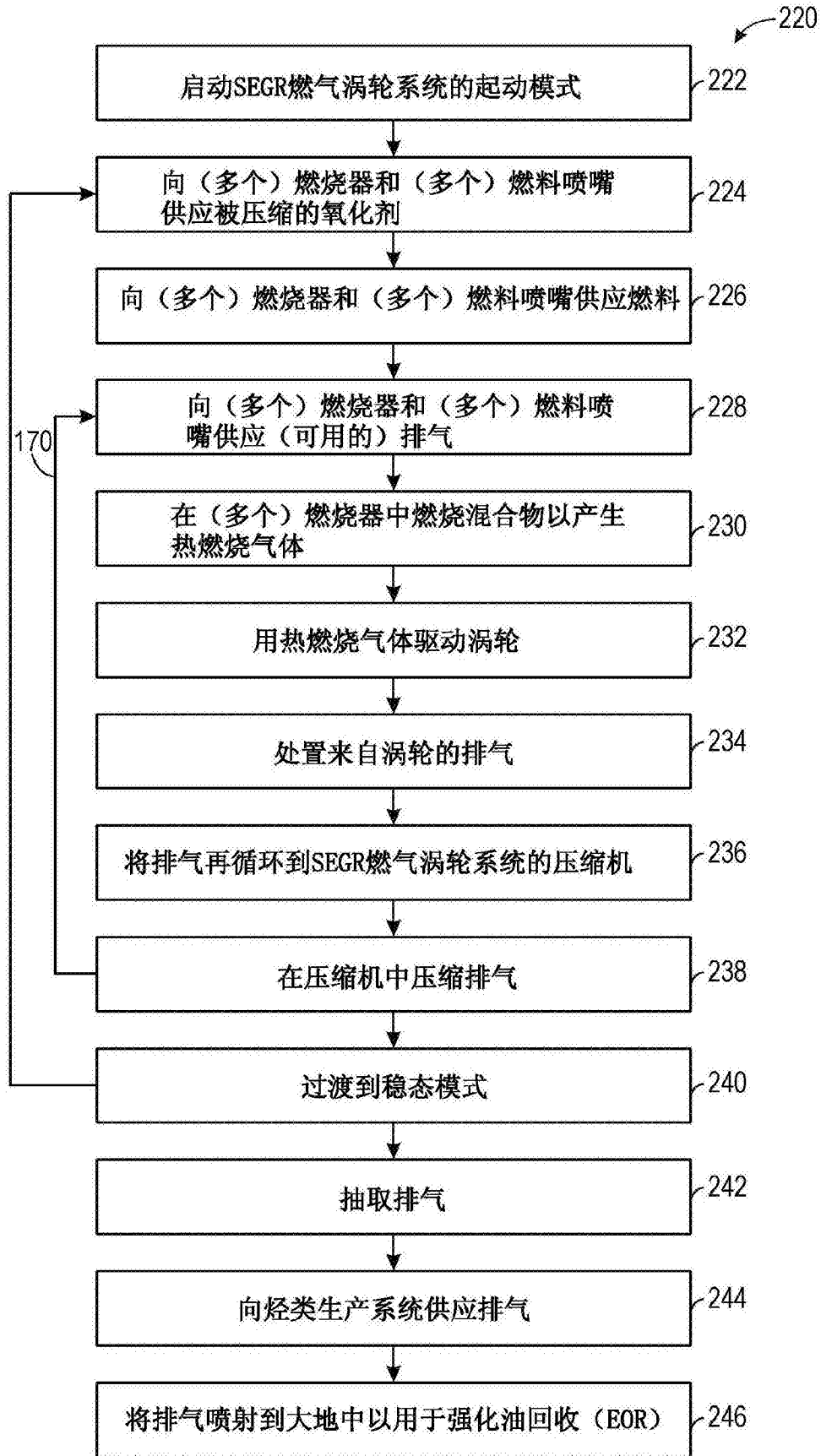


图4

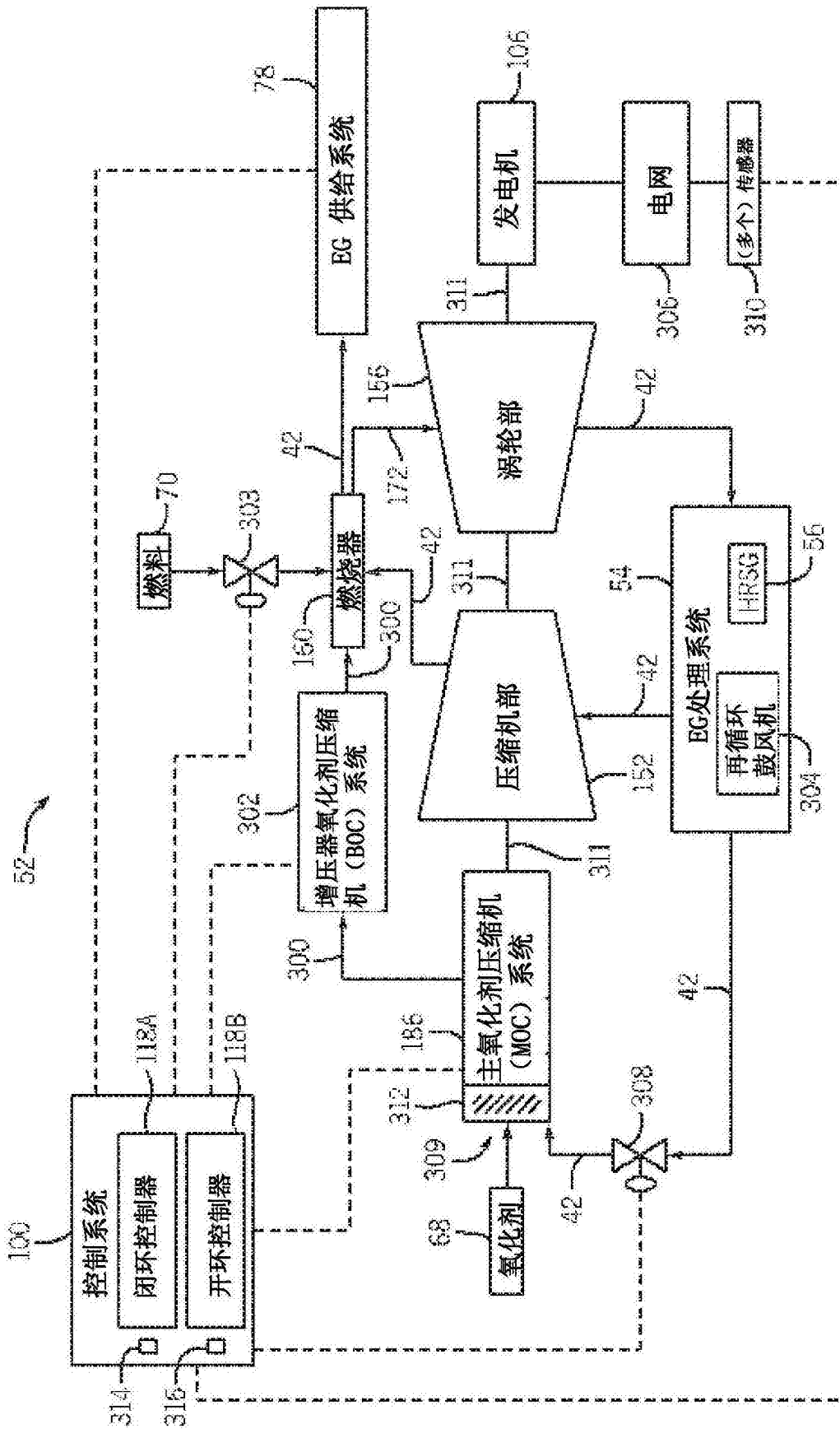


图5

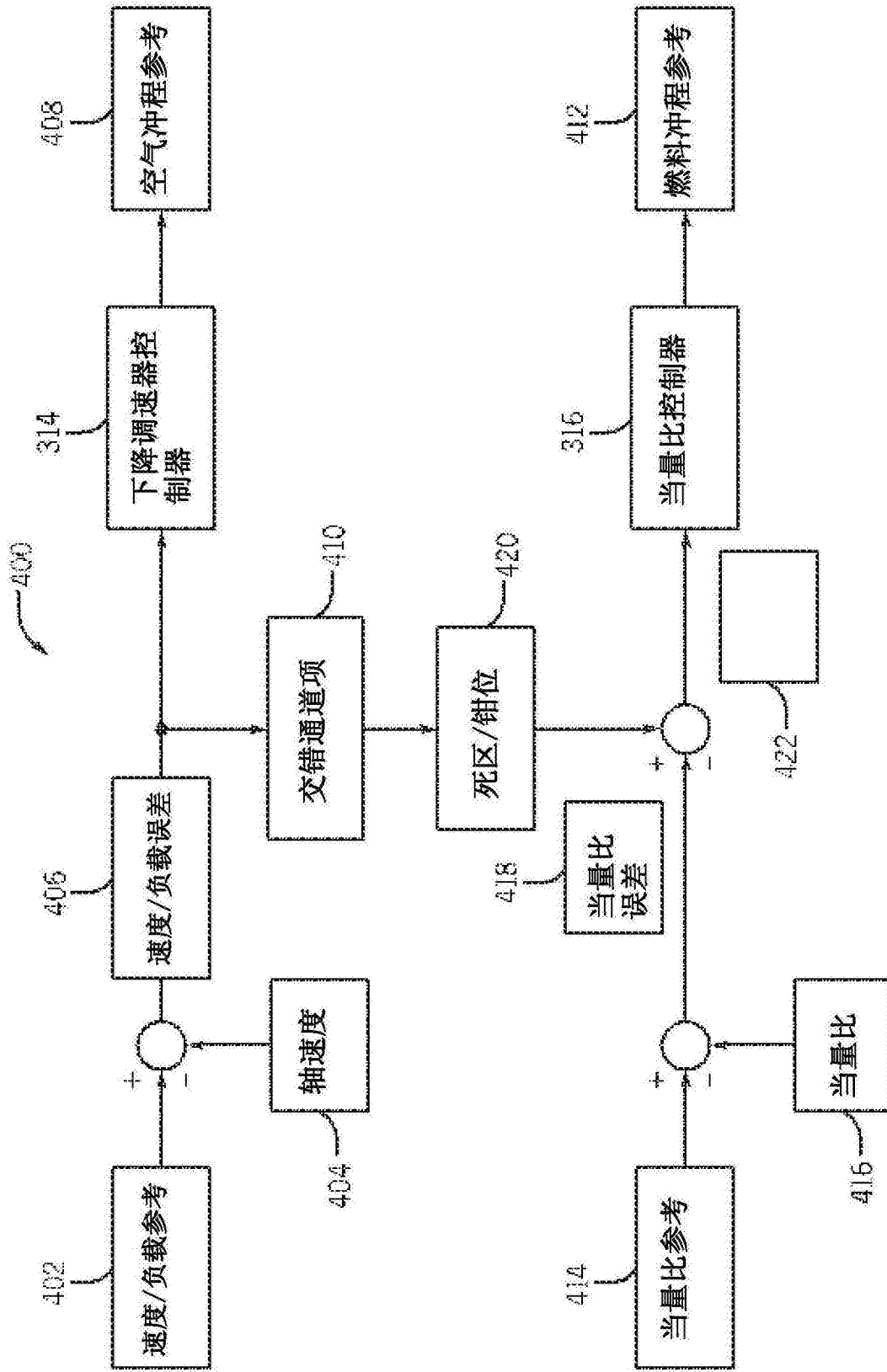


图6