



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105074168 B

(45)授权公告日 2018.04.20

(21)申请号 201380069112.6

专利权人 埃克森美孚上游研究公司

(22)申请日 2013.10.31

(72)发明人 A·W·克鲁利 R·A·摩根
K·D·明托

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105074168 A

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(43)申请公布日 2015.11.18

代理人 赵蓉民 董志勇

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

- 61/722,118 2012.11.02 US
- 61/722,115 2012.11.02 US
- 61/722,114 2012.11.02 US
- 61/722,111 2012.11.02 US
- 61/747,209 2012.12.28 US
- 14/067,797 2013.10.30 US

F02C 3/34(2006.01)

F02C 9/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.07.01

(56)对比文件

- US 2012023960 A1,2012.02.02,
- US 2012023956 A1,2012.02.02,
- CN 101424216 A,2009.05.06,
- US 2009056342 A1,2009.03.05,
- CN 102454487 A,2012.05.16,
- EP 0680554 B1,1998.06.10,
- US 2012023960 A1,2012.02.02,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/067902 2013.10.31

审查员 王君宇

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/071089 EN 2014.05.08

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约

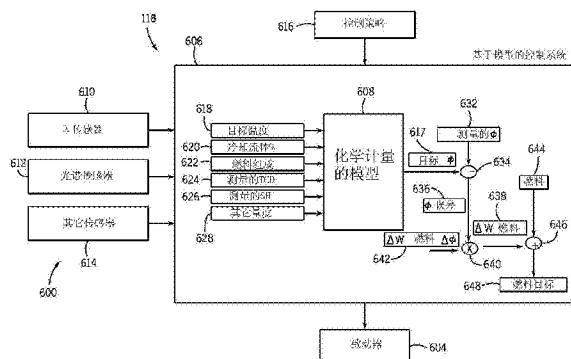
权利要求书4页 说明书25页 附图8页

(54)发明名称

对具有排气再循环的燃气涡轮系统的化学
计量燃烧控制

(57)摘要

在一个实施方式中,系统包括至少一个传感器,其配置为通信代表燃气涡轮运行的信号。该系统进一步包括控制器,其通信地连接至传感器。系统额外地包括化学计量模型,其配置为接收代表燃气涡轮运行的一个或多个输入和测量的当量比,其中控制器配置为将信号转换为一个或多个输入并基于目标当量比使用化学计量模型导出致动信号。



1. 一种燃气涡轮的化学计量控制系统,其包括:
燃气涡轮系统,其包括:
驱动器;
氧化剂压缩机,其机械地连接至所述驱动器并且配置为提供第一压缩的氧化剂;
压缩机部分,其机械地连接至涡轮部分并且配置为提供第二压缩的氧化剂;
第一传感器,其配置为感测所述第一压缩的氧化剂;
第二传感器,其配置为感测所述第二压缩的氧化剂;
控制器,其通信地连接至所述第一传感器和所述第二传感器;和
化学计量模型,其配置为接收具有排气再循环的燃气涡轮系统中代表所述燃气涡轮运行的一个或多个输入和测量的当量比,并且应用燃烧产物误差,其中所述控制器配置为将来自所述第一传感器和所述第二传感器的信号转换为所述一个或多个输入并基于目标当量比使用所述化学计量模型来导出致动信号。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器配置为通过使用测量的燃烧产物导出所述测量的当量比。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器配置为:
比较所述测量的当量比与所述目标当量比以计算当量误差;和
通过使用所述当量误差导出所述致动信号。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器配置为导出所述致动信号以能够实现0.95至1.05之间的燃烧当量比。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述化学计量模型包括化学模型、模糊逻辑模型、和专家系统模型、神经网络模型或其组合。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述化学模型包括化学方程式,其配置为导出燃料与氧化剂的化学计量燃烧。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述传感器包括 λ 计量器,并且所述信号代表氧气/燃料比。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述传感器包括光谱传感器,并且所述信号代表燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合。
9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述一个或多个输入包括温度、相对于总排气的再循环排气的百分比、燃料组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。
10. 根据权利要求9所述的系统,其包括排气(EG)加工系统,并且其中所述再循环排气的百分比由所述排气(EG)加工系统提供。
11. 根据权利要求10所述的系统,其中所述致动信号配置为致动所述排气(EG)加工系统中包括的排气阀。
12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述致动信号配置为致动燃料阀、氧化剂阀、稀释剂阀或其组合。
13. 根据权利要求1所述的系统,其中所述致动信号配置为修改扩散火焰、预混合火焰或其组合。
14. 根据权利要求1所述的系统,其包括通信地连接至所述传感器的所述燃气涡轮系统,和其中所述燃气涡轮系统包括化学计量的排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中所述燃气涡轮系统使用天然气燃料、合成气燃料、柴油燃料、石脑油或其组合。

16. 根据权利要求14所述的系统,其包括排气供应系统,所述排气供应系统流体地连接至所述燃气涡轮系统的至少一个排气提取口并配置为供应二氧化碳至提高采收率法采油(EOR)系统。

17. 一种燃气涡轮的化学计量控制方法,其包括:

感测燃气涡轮系统的运行;其中所述燃气涡轮系统包括:

驱动器;

氧化剂压缩机,其机械地连接至所述驱动器并且配置为提供第一压缩的氧化剂;

压缩机部分,其机械地连接至涡轮部分并且配置为提供第二压缩的氧化剂;

传送代表第一压缩的氧化剂的第一传感器信号;

传送代表第二压缩的氧化剂的第二传感器信号;

将所述第一传感器信号和第二传感器信号转化为模型输入;

将所述模型输入通信入化学计量模型;

使用所述化学计量模型导出目标当量比;

比较所述目标当量比与测量的当量比,其中所述化学计量模型应用燃烧产物误差;

基于比较所述目标当量比与所述测量的当量比,导出致动信号;和

传送所述致动信号至制动器以控制所述燃气涡轮系统的至少一个参数。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中比较所述目标当量比与所述测量的当量比包括导出当量比误差和使用所述当量比误差来导出校正因子。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中所述校正因子包括改变再循环的排气、燃料流动、氧化剂流动、稀释剂流动、燃料组成或其组合。

20. 根据权利要求17所述的方法,其包括通过使用测量的燃烧产物导出所述测量的当量比。

21. 根据权利要求17所述的方法,其中使用所述化学计量模型包括使用化学模型。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中所述化学模型包括化学计量燃烧方程式。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中所述化学计量燃烧方程式包括:燃料+氧气→热+水+二氧化碳的方程式。

24. 根据权利要求22所述的方法,其中所述化学计量燃烧方程式包括: $C_xH_y + (x+y/4) O_2 + 3.76 (x+y/4) N_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2) H_2O + 3.76 (x+y/4) N_2$ 。

25. 根据权利要求17所述的方法,其中所述化学计量模型包括基于物理学的模型、人工智能(AI)模型、热动力学模型、统计模型或其组合。

26. 根据权利要求17所述的方法,其中感测所述燃气涡轮系统的运行包括使用光谱传感器感测燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合。

27. 根据权利要求17所述的方法,其中感测所述燃气涡轮系统的运行包括使用 λ 计量器来测量氧气/燃料比。

28. 根据权利要求17所述的方法,其中所述模型输入包括温度、相对于总燃料进气的冷却流体的百分比、燃料化学组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中所述冷却流体的百分比不包括氧气。
30. 根据权利要求17所述的方法,其中所述致动信号配置为能够实现0.95和1.05之间的燃烧当量比。
31. 根据权利要求17所述的方法,其中所述燃气涡轮系统包括化学计量排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机,其配置为供应二氧化碳至提高采收率法采油(EOR)系统。
32. 一种燃气涡轮的化学计量控制系统,其包括:
处理器,其配置为:
感测燃气涡轮系统的运行;其中所述燃气涡轮系统包括:
驱动器;
氧化剂压缩机,其机械地连接至所述驱动器并且配置为提供第一压缩的氧化剂;
压缩机部分,其机械地连接至涡轮部分并且配置为提供第二压缩的氧化剂;
传送代表第一压缩的氧化剂的第一传感器信号;
传送代表第二压缩的氧化剂的第二传感器信号;
将所述第一传感器信号和第二传感器信号转化为模型输入;
将所述模型输入通信入化学计量模型;
使用所述化学计量模型导出目标当量比,其中所述化学计量模型应用燃烧产物误差;
比较所述目标当量比与测量的当量比;
基于比较所述目标当量比与所述测量的当量比,导出致动信号;和
传送所述致动信号至制动器以控制所述燃气涡轮系统的至少一个参数。
33. 根据权利要求32所述的系统,其包括具有所述处理器的控制器。
34. 根据权利要求32所述的系统,其中所述处理器配置为导出当量比误差,并且使用所述当量比误差导出校正因子。
35. 根据权利要求34所述的系统,其中所述校正因子包括改变再循环的排气、燃料流动、氧化剂流动、稀释剂流动、燃料组成或其组合。
36. 根据权利要求32所述的系统,其中所述处理器配置为使用测量的燃烧产物导出所述测量的当量比。
37. 根据权利要求32所述的系统,其中所述化学计量模型包括化学模型。
38. 根据权利要求37所述的系统,其中所述化学模型包括化学计量燃烧方程式。
39. 根据权利要求38所述的系统,其中所述化学计量燃烧方程式包括:燃料+氧气→热+水+二氧化碳的方程式。
40. 根据权利要求38所述的系统,其中所述化学计量燃烧方程式包括: $C_xH_y + (x+y/4) O_2 + 3.76 (x+y/4) N_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2) H_2O + 3.76 (x+y/4) N_2$ 。
41. 根据权利要求32所述的系统,其中所述化学计量模型包括基于物理学的模型、人工智能(AI)模型、热动力学模型、统计模型或其组合。
42. 根据权利要求32所述的系统,其中所述处理器配置为通过使用光谱传感器感测燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合来感测所述燃气涡轮系统的运行。
43. 根据权利要求32所述的系统,其中所述处理器配置为使用 λ 计量器测量氧气/燃料比来感测所述燃气涡轮系统的运行。

44. 根据权利要求32所述的系统,其中所述模型输入包括温度、冷却流体的百分比、燃料化学组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。

45. 根据权利要求44所述的系统,其中所述冷却流体的百分比包括离开所述燃气涡轮的排气。

46. 根据权利要求32所述的系统,其中所述致动信号配置为能够实现0.95和1.05之间的所述燃气涡轮的燃烧化学计量。

47. 根据权利要求32所述的系统,其中所述燃气涡轮系统包括化学计量排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机。

48. 根据权利要求33所述的系统,其中所述控制器包括具有三个处理核的三重模块冗余(TMR)控制器。

对具有排气再循环的燃气涡轮系统的化学计量燃烧控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 该申请要求2013年10月30日提交的名称为“对具有排气再循环的燃气涡轮系统的化学计量燃烧控制(STOICHIOMETRIC COMBUSTION CONTROL FOR GAS TURBINE SYSTEM WITH EXHAUST GAS RECIRCULATION)”的美国非临时专利申请号14/067,797,2012年12月28日提交的名称为“对具有排气再循环的燃气涡轮系统的化学计量燃烧控制(STOICHIOMETRIC COMBUSTION CONTROL FOR GAS TURBINE SYSTEM WITH EXHAUST GAS RECIRCULATION)”的美国临时专利申请号61/747,209,2012年11月2日提交的名称为“用于在化学计量排气再循环燃气涡轮系统中扩散燃烧的系统和方法(SYSTEM AND METHOD FOR DIFFUSION COMBUSTION IN A STOICHIOMETRIC EXHAUST GAS RECIRCULATION GAS TURBINE SYSTEM)”的美国临时专利申请号61/722,118,2012年11月2日提交的名称为“用于在化学计量排气再循环燃气涡轮系统中利用燃料-稀释剂混合扩散燃烧的系统和方法(SYSTEM AND METHOD FOR DIFFUSION COMBUSTION WITH FUEL-DILUENT MIXING IN A STOICHIOMETRIC EXHAUST GAS RECIRCULATION GAS TURBINE SYSTEM)”的美国临时专利申请号61/722,115,2012年11月2日提交的名称为“用于在化学计量排气再循环燃气涡轮系统中利用氧化剂-稀释剂混合扩散燃烧的系统和方法(SYSTEM AND METHOD FOR DIFFUSION COMBUSTION WITH OXIDANT-DILUENT MIXING IN A STOICHIOMETRIC EXHAUST GAS RECIRCULATION GAS TURBINE SYSTEM)”的美国临时专利申请号61/722,114,和2012年11月2日提交的名称为“用于在化学计量排气再循环燃气涡轮系统中利用扩散燃烧负载控制的系统和方法(SYSTEM AND METHOD FOR LOAD CONTROL WITH DIFFUSION COMBUSTION IN A STOICHIOMETRIC EXHAUST GAS RECIRCULATION GAS TURBINE SYSTEM)”的美国临时专利申请号61/722,111的优先权和权益,所有这些出于所有目的通过引用以其整体并入本文。

[0003] 发明背景

[0004] 本文公开的主题涉及燃气涡轮发动机,以及更具体地涉及燃气涡轮的化学计量控制系统和方法。

[0005] 燃气涡轮发动机在各种各样的应用中使用,例如发电、航空器以及多种机械装置。燃气涡轮发动机通常在燃烧室部分中燃烧燃料与氧化剂(例如,空气)以产生热的燃烧产物,其然后驱动涡轮部分的一个或多个涡轮级(stage)。依次地,涡轮部分驱动压缩机部分的一个或多个压缩机级,从而压缩氧化剂以连同燃料一起进气到燃烧室部分中。再一次,燃料和氧化剂在燃烧室部分中混合,然后燃烧以产生热的燃烧产物。燃气涡轮发动机一般沿着燃烧室部分的燃烧腔的上游的一条或多条流动路径预混合燃料和氧化剂,并且因此燃气涡轮发动机一般使用预混合火焰操作。不幸地,预混合火焰可能难以控制或维持,其可影响各种排气排放物和动力需求。此外,燃气涡轮发动机通常消耗大量空气作为氧化剂,并将大量排气输出到大气中。换句话说,排气通常作为燃气涡轮运行的副产物被浪费。

发明内容

[0006] 在下面概括与最初要求保护的发明范围相称的某些实施方式。这些实施方式不意

欲限制要求保护的发明的范围,而是这些实施方式仅意欲提供发明的可能形式的简要概括。事实上,发明可包括多种形式,其可类似于或不同于下面提出的实施方式。

[0007] 在第一实施方式中,系统包括传感器,其配置为通信代表燃气涡轮运行的信号。该系统进一步包括控制器,其通信地连接至传感器。该系统额外地包括化学计量模型,其配置为接收代表燃气涡轮运行的一个或多个输入和测量的当量比,其中控制器配置为将信号转换为一个或多个输入并基于目标当量比使用化学计量模型来导出致动信号(actuation signal)。

[0008] 在第二实施方式中,方法包括感测燃气涡轮发动机的运行,并且传送代表燃气涡轮运行的传感器信号。该方法进一步包括将传感器信号转化为模型输入并将模型输入通信至化学计量模型中。该方法额外地包括使用化学计量模型导出目标当量比并将目标当量比与测量的当量比进行比较。该方法还包括基于比较目标当量比与测量的当量比导出致动信号和将致动信号传送至致动器。

[0009] 在第三实施方式中,系统包括处理器,其配置为感测燃气涡轮发动机的运行,并且传送代表燃气涡轮运行的传感器信号。该处理器进一步配置为将传感器信号转化为模型输入并将模型输入通信至化学计量模型中。该处理器额外地配置为使用化学计量模型导出目标当量比并将目标当量比与测量的当量比进行比较。处理器还配置为基于比较目标当量比与测量的当量比导出致动信号并将致动信号传送至致动器。

[0010] 附图简述

[0011] 当参考附图阅读下面的详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,其中贯穿附图,同样的字符表示同样的构件,其中:

[0012] 图1是系统的实施方式的图,该系统具有连接到烃生产系统的基于涡轮的服务系统;

[0013] 图2是图1的系统的实施方式的图,进一步图解了控制系统和联合的循环系统;

[0014] 图3为图1和2的系统的实施方式的图,进一步图解了燃气涡轮发动机、排气供应系统和排气加工系统的细节;

[0015] 图4为用于运行图1-3的系统的的方法的实施方式的流程图;

[0016] 图5为图1-3的燃气涡轮发动机的实施方式的图,进一步图解了燃烧室、燃料喷嘴和氧化剂、燃料和稀释剂的流动的细节;

[0017] 图6为通信地连接至图1-3的基于涡轮的系统和控制系统的多个传感器和致动器的实施方式的图;

[0018] 图7为适合图1-3的控制系统使用的基于模型的控制系统的实施方式的图;和

[0019] 图8为适合使用基于模型的控制来控制图1-3的基于涡轮的系统的的方法的实施方式的流程图。

[0020] 发明详述

[0021] 下面将描述本发明的一个或多个具体实施方式。试图提供这些实施方式的简要描述,在说明书中可以不描述实际实施的所有特征。应当理解的是,在任何这样的实际实施的研发中,如在任何工程或设计项目中,必须做出众多实施具体的决定(implementation-specific decision)以达到研发者的具体目的,诸如遵守系统相关和商业相关的约束,其可在不同的实施之间变化。此外,应当理解的是,这样的研发尝试可能是复杂的和耗费时间

的,但尽管如此,对具有该公开内容益处的那些普通技术人员仍然是设计、制造和制作的常规工作。

[0022] 当引入本发明各种实施方式的要素时,冠词“一(a)”、“一(an)”“该(the)”和“所述(said)”意欲表示存在一个或多个要素。术语“包含”、“包括”和“具有”意欲包括并且表示除了所列出的要素还可存在另外的要素。

[0023] 如下面详细讨论的,公开的实施方式一般涉及具有排气再循环(EGR)的燃气涡轮系统,并具体涉及使用EGR化学计量地运行燃气涡轮系统。例如,燃气涡轮系统可配置为沿排气再循环路径再循环排气,连同至少一些再循环的排气化学计量地燃烧燃料和氧化剂,和捕获排气用于各种目标系统。排气再循环连同化学计量燃烧可有助于增加排气中二氧化碳(CO₂)的浓度水平,其后可被后处理来分离和纯化CO₂和氮气(N₂)用于各种目标系统。燃气涡轮系统还可沿着排气再循环路径采用各种排气处理(如,热回收、催化剂反应等),由此增加CO₂的浓度水平,降低其它排放物(如,一氧化碳、氮氧化物和未燃尽的烃)的浓度水平,并且增加能量回收(如,具有热回收单元)。此外,燃气涡轮发动机可配置为使用一种或多种扩散火焰(如,使用扩散燃料喷嘴)、预混合火焰(如,使用预混合燃料喷嘴)或其任意组合燃烧燃料和氧化剂。在某些实施方式中,扩散火焰可有助于维持化学计量燃烧的某种限度内的稳定性和运行,其又有助于增加CO₂的产生。例如,与燃气涡轮系统使用预混合火焰运行相比较,燃气涡轮系统使用扩散火焰运行可能实现更大量的EGR。依次,增加量的EGR有助于增加CO₂产生。可能的目标系统包括管道、储罐、碳封存系统和烃生产系统,诸如提高采收率法采油(EOR)系统。

[0024] 本文描述的系统和方法提供涡轮机诸如燃气涡轮系统的基于模型的化学计量控制(MBSC)。在一个实施方式中,将化学计量的直接量度(测量值,measure)——诸如使用λ计量器提供的量度——与化学计量的基于模型的导出值比较。直接量度与由模型导出的量度之间的差被用于调节燃气涡轮的控制,例如,通过改变燃料流动、再循环气体(如,排气)流动、进口导向叶片(IGV)位置等。在另一个实施方式中,测量燃烧产物并用于导出化学计量值,并且将该值与模型导出值比较。然后,控制系统可使用测量的和导出的值之间的差来类似地调节控制。

[0025] 图1是系统10的实施方式的图,该系统10具有与基于涡轮的服务系统14相关联的烃生产系统12。如下面进一步详细讨论的,基于涡轮的服务系统14的各种实施方式配置为提供各种服务——诸如电力、机械动力和流体(如,排气)——至烃生产系统12以促进油和/或气的生产或回收。在图解的实施方式中,烃生产系统12包括油/气提取系统16和提高采收率法采油(EOR)系统18,其被连接至地下储层20(如,油、气或烃储层)。油/气提取系统16包括连接至油/气井26的多种地面设备22,诸如采油树(Christmas tree)或生产树24。此外,井26可包括一个或多个管28,其延伸经过土地32中的钻孔30至地下储层20。树24包括一个或多个阀、节流器、隔离套、防喷器和各种流动控制装置,其调整压力并控制到地下储层20以及自地下储层20的流动。虽然树24一般用于控制采出液(如,油或气)由地下储层20流出,但EOR系统18通过将一种或多种流体注入地下储层20可增加油或气的生产。

[0026] 因此,EOR系统18可包括流体注入系统34,其具有一个或多个管36,其延伸经过土地32中的孔38至地下储层20。例如,EOR系统18可发送为一种或多种流体40——诸如,气体、蒸汽、水、化学制品或其任意组合——至流体注入系统34。例如,如下面进一步详细讨论的,

EOR系统18可被连接至基于涡轮的服务系统14,这样使得系统14发送排气42(如,基本上或完全不含氧气)至EOR系统18,以用作注入流体40。流体注入系统34发送流体40(如,排气42)穿过一个或多个管36进入地下储层20,如箭头44所指示的。注入流体40穿过在远离油/气井26的管28的偏移距离46处的管36进入地下储层20。因此,注入流体40转移位于地下储层20中的油/气48并驱动油/气48向上穿过烃生产系统12的一个或多个管28,如箭头50所指示的。如下面进一步详细讨论的,注入流体40可包括来源于基于涡轮的服务系统14的排气42,该基于涡轮的服务系统14能够现场产生烃生产系统12所需的排气42。换句话说,基于涡轮的系统14可同时产生一种或多种服务(例如,电力、机械动力、蒸汽、水(例如,淡化水)和排气(例如,基本上不含氧气))用于由烃生产系统12使用,由此减少或消除这种服务对外部资源的依赖。

[0027] 在图解的实施方式中,基于涡轮的服务系统14包括化学计量的排气再循环(SEGR)燃气涡轮系统52和排气(EG)加工系统54。燃气涡轮系统52可配置为以化学计量的燃烧运行模式(如,化学计量控制模式)和非-化学计量的燃烧运行模式(如非化学计量控制模式)运行,诸如贫燃料控制模式或富燃料控制模式。在化学计量的控制模式中,燃烧一般以燃料和氧化剂的基本上化学计量比发生,由此得到基本上化学计量的燃烧。特别地,化学计量燃烧一般包括消耗燃烧反应中基本上所有燃料和氧化剂,这样使得燃烧产物基本上或完全不含有未燃尽的燃料和氧化剂。化学计量的燃烧的一个量为当量比,或 ϕ (Φ),其为实际燃料/氧化剂比相对于化学计量燃料/氧化剂比的比率。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贫燃料燃烧。相反地,1.0的当量比导致既非富燃料也非贫燃料的燃烧,由此在燃烧反应中基本上消耗全部燃料和氧化剂。在公开的实施方式的上下文中,术语化学计量或基本上化学计量可指大约0.95至大约1.05的当量比。然而,公开的实施方式还可包括1.0加或减0.01、0.02、0.03、0.04、0.05或更多的当量比。再者,基于涡轮的服务系统14中燃料和氧化剂的化学计量的燃烧可导致基本上无未燃尽的燃料或氧化剂剩余的燃烧产物或排气(如,42)。例如,排气42可具有按体积计小于百分之1、2、3、4或5的氧化剂(如,氧气)、未燃尽的燃料或烃(如,HC)、氮氧化物(如, NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(如, SO_x)、氢气和其它不完全燃烧的产物。通过进一步的实例,排气42可具有按体积计小于大约每百万之10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000份(ppmv)的氧化剂(如,氧气)、未燃尽的燃料或烃(如,HC)、氮氧化物(如, NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(如, SO_x)、氢气和其它不完全燃烧的产物。然而,公开的实施方式还可在排气42中产生其它范围的残留燃料、氧化剂和其它排放物水平。如本文所使用,术语排放物,排放物水平和排放物目标可指某些燃烧产物(如, NO_x 、CO、 SO_x 、 O_2 、 N_2 、 H_2 、HC等)的浓度水平,其可存在于在再循环气流、排出的气流(如,排入到大气中)和用于各种目标系统(如,烃生产系统12)的气流中。

[0028] 虽然在不同的实施方式中SEGR燃气涡轮系统52和EG加工系统54可包括多种组件,但图解的EG加工系统54包括热回收蒸汽发生器(HRDG)56和排气再循环(EGR)系统58,其接收和处理源于SEGR燃气涡轮系统52的排气60。HRSG 56可包括一个或多个热交换器、冷凝器和各种热回收设备,其共同起作用以将热从排气60传送至水流,从而产生蒸汽62。蒸汽62可用在一个或多个蒸汽涡轮、EOR系统18或烃生产系统12的任何其他部分中。例如,HRSG 56可产生低压、中压和/或高压蒸汽62,其可选择性地施加至低压、中压和高压蒸汽涡轮级或EOR

系统18的不同应用中。除了蒸汽62以外,处理的水64——诸如淡化水——也可由HRSG 56、EGR系统58和/或EG加工系统54或SEGR燃气涡轮系统52的另外部分产生。处理的水64(例如,淡化水)在水缺乏区域——例如内陆或者沙漠地区——可以是特别有用的。处理的水64可至少部分地由于在SEGR燃气涡轮系统52中大体积的驱动燃料燃烧的空气而产生。虽然蒸汽62和水64的现场产生在许多应用中(包括烃生产系统12)可以是有益的,但排气42、60的现场产生对于EOR系统18可以是特别有益的,这是由于其低氧含量、高压、和源自SEGR燃气涡轮系统52的热。因此,HRSG 56、EGR系统58和/或EG加工系统54的另一部分可输出或再循环排气66进入SEGR燃气涡轮系统52,同时还发送排气42至EOR系统18,供烃生产系统12使用。同样地,排气42可直接从SEGR燃气涡轮系统52(即,无需通过EG加工系统54)提取,以用在烃生产系统12的EOR系统18中。

[0029] 排气再循环由EG加工系统54的EGR系统58操作。例如,EGR系统58包括一个或多个管道、阀、鼓风机、排气处理系统(如,过滤器、颗粒去除单元、气体分离单元、气体纯化单元、热交换器、热回收单元、水分去除单元、催化剂单元、化学制品注入单元或其任意组合)和控制元件以沿着从SEGR燃气涡轮系统52的输出(例如,排出的排气60)至输入(例如,进气的排气66)的排气循环路径再循环排气。在图解的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52进气该排气66至具有一个或多个压缩机的压缩机部分中,由此压缩排气66,以连同氧化剂68和一种或多种燃料70的进气在燃烧室部分中使用。氧化剂68可包括环境空气、纯氧气、氧气富集的空气、氧气减少的空气(oxygen-reduced air)、氧气-氮气混合物,或促进燃料70燃烧的任何适合的氧化剂。燃料70可包括一种或多种气体燃料、液体燃料或其任意组合。例如,燃料70可包括天然气、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、生物燃料或其任意组合。

[0030] SEGR燃气涡轮系统52在燃烧室部分中混合并燃烧排气66、氧化剂68和燃料70,由此生成热的燃烧气或排气60,以驱动涡轮部分中一个或多个涡轮级。在某些实施方式,燃烧室部分中每个燃烧室包括一个或多个预混合燃料喷嘴、一个或多个扩散燃料喷嘴或其任意组合。例如,每个预混合喷嘴可配置为在燃料喷嘴中内部地和/或部分地在燃料喷嘴的上游混合氧化物68和燃料70,由此将氧化物-燃料混合物从燃料喷嘴注入燃烧区用于预混合的燃烧(如,预混合火焰)。通过进一步的实例,每个扩散燃料喷嘴可配置为在燃料喷嘴内隔离氧化剂68和燃料70的流,由此分别将氧化剂68和燃料70从燃料喷嘴注入燃烧区用于扩散燃烧(如,扩散火焰)。特别地,扩散燃料喷嘴提供的扩散燃烧延迟氧化剂68和燃料70的混合直到初始燃烧点,即,火焰区。在采用扩散燃料喷嘴的实施方式中,扩散火焰可提供增加的火焰稳定性,这是因为扩散火焰一般在氧化剂68和燃料70的分离的流之间的化学计量点处(即,当氧化剂68和燃料70混合时)形成。在某些实施方式中,一种或多种稀释剂(如,排气60、蒸汽、氮气或另一惰性气体)可在扩散燃料喷嘴中或在预混合燃料喷嘴中与氧化剂68、燃料70或两者预混合。另外,一种或多种稀释剂(如,排气60、蒸汽、氮气或另一个惰性气体)可在每个燃烧室内燃烧点处或从其下游注入燃烧室。使用这些稀释剂可助于调节火焰(如,预混合火焰或扩散火焰),由此有助于减少NO_x排放物,诸如一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂)。无论火焰的类型如何,燃烧产生热的燃烧气体或排气60以驱动一个或多个涡轮级。当每个涡轮机级由排气60驱动时,SEGR燃气涡轮系统52生成机械动力72和/或电力74(如,经由发电机)。系统52还输出排气60,并可进一步输水64。再者,水64可为处理的水,诸如淡化

水,其在现场或现场外(off-side)的多种应用中可以是有用的。

[0031] 排气提取同样由SEGR燃气涡轮系统52使用一个或多个提取点76提供。例如,图解的实施方式包括具有排气(EG)提取系统80和排气(EG)处理系统82的排气(EG)供应系统78,其接收来自提取点76的排气42,处理排气42,然后供应或分配排气42至各种目标系统。目标系统可包括EOR系统18和/或其它系统,诸如管线86、储罐88或碳封存(sequestration)系统90。EG提取系统80可包括一个或多个管道、阀、控制元件和流分隔物,其促进排气42与氧化剂68、燃料70和其它污染物的隔离,同时还促进控制提取的排气42的温度、压力和流动速率。EG处理系统82可包括一个或多个热交换器(如,热回收单元诸如热回收蒸汽发生器、冷凝器、冷却器或加热器)、催化剂系统(如,氧化催化剂系统)、颗粒和/或水去除单元(如,气体脱水单元、惯性分离器、聚结过滤器、不透水过滤器和其它过滤器)、化学制品注入系统、基于溶剂的处理系统(如,吸收器、闪蒸罐等)、碳捕获系统、气体分离系统、气体纯化系统、和/或基于溶剂的处理系统、排气压缩机、其任意组合。EG处理系统82的这些子系统能够控制温度、压力、流动速率、水分含量(如,水去除的量)、颗粒含量(如,颗粒去除的量)和气体组成(如,CO₂、N₂等的百分比)。

[0032] 依据目标系统,通过EG处理系统82的一个或多个子系统处理提取的排气42。例如,EG处理系统82可引导所有或部分排气42通过碳捕获系统、气体分离系统、气体纯化系统和/或基于溶剂的处理系统,其被控制以分离和纯化含碳气体(如,二氧化碳)92和/或氮气(N₂)94以用于各种目标系统。例如,EG处理系统82的实施方式可执行气体分离和纯化以产生排气42的多个不同流95,诸如,第一流96,第二流97和第三流98。第一流96可具有第一组成,其富含二氧化碳和/或贫乏氮气(如,富CO₂、贫N₂流)。第二流97可具有第二组成,其具有中等浓度水平的二氧化碳和/或氮气(如,中等浓度CO₂、N₂流)。第三流98可具有第三组成,其贫乏二氧化碳和/或富含氮气(如,贫CO₂、富N₂流)。每个流95(如,96、97、98)可包括气体脱水单元、过滤器、气体压缩机或其任意组合,以促进流95至目标系统的递送。在某些实施方式中,富CO₂、贫N₂流96可具有按体积计大于大约百分之70、75、80、85、90、95、96、97、98或99的CO₂纯度或浓度水平以及按体积计小于大约百分之1、2、3、4、5、10、15、20、25或30的N₂纯度或浓度水平。相反,贫CO₂、富N₂流98可具有按体积计小于大约百分之1、2、3、4、5、10、15、20、25或30的CO₂纯度或浓度水平以及按体积计大于大约百分之70、75、80、85、90、95、96、97、98或99的N₂纯度或浓度水平。中等浓度CO₂、N₂流97可具有按体积计在大约百分之30至70、35至65、40至60或45至55之间的CO₂纯度或浓度水平和/或N₂纯度或浓度水平。虽然前述范围仅仅是非限制的实例,但富CO₂、贫N₂流96和贫CO₂、富N₂流98可特别好地适合于供EOR系统18和其它系统84使用。然而,任何这些富含、贫乏或中等浓度CO₂流95可以单独或者以多种组合供EOR系统18以及其他系统84使用。例如,EOR系统18和其它系统84(如,管线86、储罐88和碳封存系统84)每个可接收一个或多个富CO₂、贫N₂流96,一个或多个贫CO₂、富N₂流98,一个或多个中等浓度CO₂、N₂流97,和一个或多个未处理的排气42流(即,绕过EG处理系统82)。

[0033] EG提取系统80沿着压缩机部分、燃烧室部分和/或涡轮部分在一个或多个提取点76处提取排气42,这样使得排气42可以在合适的温度和压力下用于EOR系统18和其它系统84。EG提取系统80和/或EG处理系统82还可向EG加工系统54和从EG加工系统54循环流体流(如,排气42)。例如,经过EG加工系统54的部分排气42可被EG提取系统80提取用于EOR系统和其它系统84。在某些实施方式中,EG供应系统78和EG加工系统54可以是彼此独立的或整

体的,因此可使用单独的或共同的子系统。例如,EG处理系统82可被EG供应系统78和EG加工系统54两者使用。由EG加工系统54提取的排气42可经历多级气体处理,诸如EG加工系统54中的一个级或多个级的气体处理,随后EG处理系统82中一个或多个额外级的气体处理。

[0034] 由于基本上化学计量燃烧和/或EG加工系统54内的气体处理,在每个提取点76处,提取的排气42可基本上不含氧化剂68和燃料70(如,未燃尽的燃料或烃)。此外,根据目标系统,提取的排气42可在EG供应系统78的EG处理系统82中经历进一步处理,由此进一步减少任何残留氧化剂68、燃料70或其它不期望的燃烧产物。例如,在EG处理系统82中处理之前或处理之后,提取的排气42可具有按体积计小于百分之1、2、3、4或5的氧化剂(如,氧气)、未燃尽的燃料或烃(如,HC)、氮氧化物(如, NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(如, SO_x)、氢气和其它不完全燃烧的产物。通过进一步的实例,在EG处理系统82中处理之前或处理之后,提取的排气42可具有按体积计小于大约每百万之10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000份(ppmv)的氧化剂(如,氧气)、未燃尽的燃料或烃(如,HC)、氮氧化物(如, NO_x)、一氧化碳(CO)、硫氧化物(如, SO_x)、氢气和其它不完全燃烧产物。因此,排气42特别好地适合于供EOR系统18使用。

[0035] 涡轮系统52的EGR运行具体地能够在众多位置76处实现排气提取。例如,系统52的压缩机部分可用于压缩无任何氧化剂68的排气66(即,仅压缩排气66),这样使得在氧化剂68和燃料70进入之前可从压缩机部分和/或燃烧室部分提取基本上不含氧气的排气42。提取点76可位于相邻压缩机级之间的级间口(interstage port)处、位于沿压缩机排放套管的口处、位于沿燃烧室部分中每个燃烧室的口处或其任意组合。在某些实施方式中,排气66可不与氧化剂68和燃料70混合,直到其到达燃烧室部分中每个燃烧室的首端部分和/或燃料喷嘴。此外,一个或多个流分离器(如,壁、间隔物、挡板等)可用于隔离氧化剂68和燃料70与提取点76。使用这些流分离器,提取点76可沿着燃烧室部分中每个燃烧室的壁直接放置。

[0036] 一旦排气66、氧化剂68和燃料70流过首端部分(如,通过燃料喷嘴)至每个燃烧室的燃烧部分(如,燃烧腔)中,控制SEGR燃气涡轮系统52以提供排气66、氧化剂68和燃料70的基本上化学计量燃烧。例如,系统52可维持大约0.95至大约1.05的当量比。因此,每个燃烧室中排气66、氧化剂68和燃料70的混合物的燃烧产物基本上不含氧气和未燃尽的燃料。因此,燃烧产物(或排气)可由SEGR燃烧涡轮系统52的涡轮部分提取,用做发送至EOR系统18的排气42。沿着涡轮部分,提取点76可位于任何涡轮级,诸如,相邻涡轮级之间的级间口。因此,使用任何前述的提取点76,基于涡轮的服务系统14可生产、提取和递送排气42至烃生产系统12(如,EOR系统18),用于从地下储层20生产油/气48。

[0037] 图2为图1的系统10的实施方式的图,其图解连接至基于涡轮的服务系统14和烃生产系统12的控制系统100。在图解的实施方式中,基于涡轮的服务系统14包括联合的循环系统102,其包括作为前置循环的SEGR燃气涡轮系统52,作为后置循环的蒸汽涡轮104,和HRSG56,以从排气60回收热来产生用于驱动蒸汽涡轮104的蒸汽62。再者,SEGR燃气涡轮系统52接收、混合并化学计量地燃烧排气66、氧化剂68和燃料70(如,预混合和/或扩散火焰),由此,产生排气60、机械动力72、电动力74和/或水64。例如,SEGR燃气涡轮系统52可驱动一个或多个负载或机械装置106,诸如发电机、氧化剂压缩机(如,主空气压缩机)、齿轮箱、泵、烃生产系统12的设备或其任意组合。在一些实施方式中,机械装置106可包括同SEGR燃气涡轮系统52串联的其它驱动器,诸如电动机或蒸汽涡轮(如,蒸汽涡轮104)。因此,由SEGR燃气

涡轮系统52(和任意额外的驱动器)驱动的机械装置106的输出可包括机械动力72和电动力74。机械动力72和/或电动力74可现场用于为烃生产系统12提供动力,电动力74可被分配至电网或其任意组合。机械装置106的输出还可包括用于进气至SEGR燃气涡轮系统52的燃烧部分的压缩的流体,诸如压缩的氧化剂68(如,空气或氧气)。这些输出(如,排气60、机械动力72、电动力74和/或水64)的每个可被认为是基于涡轮的服务系统14的服务。

[0038] SEGR燃气涡轮系统52产生可基本上不含氧气的排气42、60,并发送该排气42、60至EG加工系统54和/或GE供应系统78。EG供应系统78可处理并递送排气42(如,流95)至烃生产系统12和/或其它系统84。如上面所讨论的,EG加工系统54可包括HRSG 56和EGR系统58。HRSG 56可包括一个或多个热交换器、冷凝器和各种热回收设备,其可被用于从排气60回收热或转移热至水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可驱动一个或多个负载或机械装置106,由此,生成机械动力72和电动力74。在图解的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52和蒸汽涡轮104串联布置以驱动相同的机械装置106。然而,在其它实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52和蒸汽涡轮104可分别驱动不同的机械装置106以独立地生成机械动力72和/或电动力74。当蒸汽涡轮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再循环使用的蒸汽62和/或水108回到HRSG 56,用于经由从排气60热回收产生另外的蒸汽。除了蒸汽生成之外,HRSG 56、EGR系统58和/或EG加工系统54的另一部分还可产生水64、供烃生产系统12使用的排气42、以及用作输入SEGR燃气涡轮系统52的排气66。例如,水64可为用于其它应用的经处理的水64,诸如淡化水。淡化水在低可用水地区可以是特别有用的。关于排气60,EG加工系统54的实施方式可配置为再循环排气60通过EGR系统58,伴随或不伴随使排气60经过HRSG 56。

[0039] 在图解的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52具有排气再循环路径110,其从系统52的排气出口延伸至排气入口。沿着路径110,排气60经过EG加工系统54,在图解的实施方式中EG加工系统54包括HRSG 56和EGR系统58。EGR系统58可包括沿路径110串联和/或平行布置的一个或多个管道、阀、鼓风机、气体处理系统(如,过滤器、颗粒去除单元、气体分离单元、气体纯化单元、热交换器、热回收单元——诸如热回收蒸汽发生器、水分去除单元、催化剂单元、化学制品注入单元或其任意组合)。换句话说,EGR系统58可包括沿着在系统52的排气出口和排气入口之间的排气再循环路径110的任意的流动控制组件、压力控制组件、温度控制组件、水分控制组件和气体组成控制组件。因此,在沿路径110具有HRSG 56的实施方式中,HRSG56可被认为是EGR系统58的组件。然而,在某些实施方式中,HRSG56可沿独立于排气再循环路径110的排气路径放置。无论HRSG 56是否沿独立的路径或与EGR系统58共用的路径,HRSG 56和EGR系统58进气排气60并输出再循环排气66、排气42——用于供EG供应系统78使用(例如,用于烃生产系统12和/或其他系统84)、或排气的另一输出。再者,SEGR燃气涡轮系统52进气、混合和化学计量地燃烧排气66、氧化剂68和燃料70(如,预混合和/或扩散火焰)以产生基本上不含氧气和不含燃料的排气60,用于分配至EG加工系统54、烃生产系统12或其它系统84。

[0040] 如以上参考图1所提出的,烃生产系统12可包括多种设备以促进通过油/气井26从地下储层20回收或生产油/气48。例如,烃生产系统12可包括EOR系统18,其具有流体注入系统34。在图解的实施方式中,流体注入系统34包括排气注入EOR系统112和蒸汽注入EOR系统114。尽管流体注入系统34可接收来自多种来源的流体,但图解的实施方式可接收来自基于

涡轮的服务系统14的排气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还可被发送至烃生产系统12用于其它油/气系统116中。

[0041] 排气42和/或蒸汽62的数量、质量和流动可由控制系统100控制。控制系统100可完全专门用于基于涡轮的服务系统14,或控制系统100还可任选地提供对烃生产系统12和/或其它系统84的控制(或至少一些数据以促进控制)。在图解的实施方式中,控制系统100包括控制器118,其具有处理器120、存储器122、蒸汽涡轮控制元件124、SEGR燃气涡轮系统控制元件126和机械装置控制元件128。用于基于涡轮的服务系统14的控制的处理器120可包括单处理器或两个或更多个冗余处理器,诸如三重冗余处理器。存储器122可包括易失和/或非易失存储器。例如,存储器122可包括一个或多个硬盘、闪存、只读存储器、随机存取存储器或其任意组合。控制元件124、126和128可包括软件和/或硬件控制元件。例如,控制元件124、126和128可包括储存在存储器122上并由处理器120可执行的各种指令或代码。控制元件124配置为控制蒸汽涡轮104的运行,SEGR燃气涡轮系统控制元件126配置为控制系统52,和机械装置控制元件128配置为控制机械装置106。因此,控制器118(如,控制元件124、126和128)可配置为协调基于涡轮的服务系统14的各种子系统以为烃生产系统12提供排气42的适合的流。

[0042] 在控制系统100的某些实施方式中,附图中图解的或本文描述的每个元件(如,系统、子系统和组件)包括(如,直接在这种元件内、上游或者下游)一个或多个工业控制部件(features),诸如传感器和控制装置,其连同控制器118通过工业控制网络彼此可通信地连接。例如,与每个元件相关联的控制装置可包括专用的装置控制器(如,包括处理器、存储器和控制指令)、一个或多个致动器、阀、开关和工业控制设备,其能够基于传感器反馈130控制来自控制器118的控制信号,控制来自用户的控制信号或其任意组合。因此,本文所述的任意的控制功能可用由控制器118、与每个元件相关联的专门设备控制器或其组合存储和/或可执行的控制指令实施。

[0043] 为了促进这样的控制功能,控制系统100包括一个或多个遍及系统10分布的传感器,以获得传感器反馈130,用于执行各种控制元件,如,控制元件124、126和128。例如,可从遍及SEGR燃气涡轮系统52、机械装置106、EG加工系统54、蒸汽涡轮104、烃生产系统12或遍布基于涡轮的服务系统14或烃生产系统12的任意其它组件分布的传感器获得传感器反馈130。例如,传感器反馈130可包括温度反馈、压力反馈、流动速率反馈、火焰温度反馈、燃烧动力学反馈、进气氧化剂组成反馈、进气燃料组成反馈、排气组成反馈、机械动力72的输出水平、电动力74的输出水平、排气42、60的输出量、水64的输出量或输出质量、或其任意组合。例如,传感器反馈130可包括排气42、60的组成,以促进SEGR燃气涡轮系统52中化学计量的燃烧。例如,传感器反馈130可包括来自沿氧化剂68的氧化剂供应路径的一个或多个进气氧化剂传感器,沿燃料70的燃料供应路径的一个或多个进气燃料传感器,和沿排气再循环路径110和/或在SEGR燃气涡轮系统52中布置的一个或多个排气排放物传感器的反馈。进气氧化剂传感器、进气燃料传感器和排气排放物传感器可包括温度传感器、压力传感器、流动速率传感器和组成传感器。排放物传感器可包括用于氮氧化物(如,NO_x传感器)、碳氧化物(如,CO传感器和CO₂传感器)、硫氧化物(如,SO_x传感器)、氢气(如,H₂传感器)、氧气(如,O₂传感器)、未燃尽的烃(如,HC传感器)或其它不完全燃烧的产物、或其任意组合的传感器。

[0044] 使用该反馈130,控制系统100可调节(如,增加、减少或维持)排气66、氧化剂68和/

或燃料70进入SEGR燃气涡轮系统52的进气流动(等其它运行参数),以维持当量比在合适范围内,如大约0.95至大约1.05之间、大约0.95至大约1.0之间、大约1.0至大约1.05之间或基本上在1.0。例如,控制系统100可分析反馈130以监测排气排放物(如,氮氧化物、碳氧化物——诸如CO和CO₂、硫氧化物、氢气、氧气、未燃尽的烃和其它不完全燃烧的产物的浓度水平)和/或测定当量比,然后控制一个或多个组件以调节排气排放物(如,排气42中的浓度水平)和/或当量比。控制的组件可包括根据附图图解和描述的任意组件,包括但不限于沿氧化剂68、燃料70和排气66的供应路径的阀;EG加工系统54中的氧化剂压缩机、燃料泵或任意组件;SEGR燃气涡轮系统52的任意组件,或其任意组合。控制的组件可调节(如,增加、减少或维持)在SEGR燃气涡轮系统52内燃烧的氧化剂68、燃料70和排气66的流动速率、温度、压力或百分比(如,当量比)。控制的组件还可包括一个或多个气体处理系统,诸如催化剂单元(如,氧化催化剂单元)、用于催化剂单元的供应品(如,氧化燃料、热、电等)、气体纯化和/或分离单元(如,基于溶剂的分离器、吸收器、闪蒸罐等)和过滤单元。气体处理系统可帮助降低沿着排气再循环路径110、排出路径(如,排放入大气中)或至EG供应系统78的提取路径的各种排气排放物。

[0045] 在某些实施方式中,控制系统100可分析反馈130并控制一个或多个组件以维持或减少排放物水平(如,排气42、60、95中的浓度水平)至目标范围,诸如按体积计小于大约每百万之10、20、30、40、50、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000、5000或10000份(ppmv)。对于每种排气排放物,如,氮氧化物、一氧化碳、硫氧化物、氢气、氧气、未燃尽的烃和其它不完全燃烧的产物的浓度水平,这些目标范围可以相同或不同。例如,依据当量比,控制系统100可选择性地控制氧化剂(如,氧气)的排气排放物(如,浓度水平)处于小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、250、500、750或1000ppmv的目标范围内;一氧化碳(CO)处于小于大约20、50、100、200、500、1000、2500或5000ppmv的目标范围内;和氮氧化物(NO_x)处于小于大约50、100、200、300、400或500ppmv的目标范围内。在以基本上化学计量的当量比运行的某些实施方式中,控制系统100可选择性地控制氧化剂(如,氧气)的排气排放物(如,浓度水平)处于小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90或100ppmv的目标范围内;和一氧化碳(CO)处于小于大约500、1000、2000、3000、4000或5000ppmv的目标范围内。在以贫燃料当量比(如,大约0.95至1.0之间)运行的某些实施方式中,控制系统100可选择性地控制氧化剂(如,氧气)的排气排放物(如,浓度水平)处于小于大约500、600、700、800、900、1000、1100、1200、1300、1400或1500ppmv的目标范围内;一氧化碳(CO)处于小于大约10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、150或200ppmv的目标范围内;和氮氧化物(如,NO_x)处于小于大约50、100、150、200、250、300、350或400ppmv的目标范围内。前述目标范围仅仅是例子,并且不意欲限制公开的实施方式的范围。

[0046] 控制系统100还可被连接至本地界面132和远程界面134。例如,本地界面132可包括在基于涡轮的服务系统14和/或烃生产系统12处现场布置的计算机工作站。相反,远程界面134可包括基于涡轮的服务系统14和烃生产系统12的现场外布置的计算机工作站,诸如通过互联网连接。这些界面132和134促进监测和控制基于涡轮的服务系统14,诸如通过传感器反馈130的一个或多个图形显示、运行参数等。

[0047] 再者,如以上所述,控制器118包括多种控制元件124、126和128以促进控制基于涡轮的服务系统14。蒸汽涡轮控制元件124可接收传感器反馈130并输出控制命令以促进蒸汽

涡轮104的运行。例如,蒸汽涡轮控制元件124可接收来自HRSG 56、机械装置106、沿蒸汽62的路径的温度和压力传感器、沿水108的路径的温度和压力传感器和指示机械动力72和电动力74的各种传感器的传感器反馈130。同样地,SEGR燃气涡轮系统控制元件126可接收沿SEGR燃气涡轮系统52、机械装置106、EG加工系统54或其任意组合布置的一个或多个传感器的传感器反馈130。例如,传感器反馈130可由布置在SEGR燃气涡轮系统52内部和外部的温度传感器、压力传感器、间隙传感器、振动传感器、火焰传感器、燃料组成传感器、排气组成传感器或其任意组合获得。最后,机械装置控制元件128可接收来自与机械动力72和电动力74相关联的各种传感器,以及布置在机械装置106内部的传感器的传感器反馈130。这些控制元件124、126和128中的每个使用传感器反馈130以改善基于涡轮的服务系统14的运行。

[0048] 在图解的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统控制元件126可执行指令以控制EG加工系统54、EG供应系统78、烃生产系统12和/或其它系统84中排气42、60、95的数量和质量。例如,SEGR燃气涡轮系统控制元件126可维持排气60中氧化剂(如,氧气)和/或未燃尽的燃料的水平在适合供排气注入EOR系统112使用的阈值以下。在某些实施方式中,阈值水平可按排气42、60的体积计小于百分之1、2、3、4或5的氧化剂(如,氧气)和/或未燃尽的燃料;或排气42、60中氧化剂(如,氧气)和/或未燃尽的燃料(和其它排气排放物)的阈值水平可按体积计小于大约每百万之10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、500、1000、2000、3000、4000或5000份(ppmv)。通过进一步的实例,为了达到这些低水平的氧化剂(如,氧气)和/或未燃尽的燃料,SEGR燃气涡轮系统控制元件126可维持SEGR燃气涡轮系统52中燃烧当量比在大约0.95和大约1.05之间。SEGR燃气涡轮系统控制元件126还可控制EG提取系统80和EG处理系统82以维持排气42、60、95的温度、压力、流动速率和气体组成处于对排气注入EOR系统112、管线86、储罐88和碳封存系统90合适的范围内。如上面所讨论的,可控制EG处理系统82以纯化和/或分离排气42为一个或多个气流95,诸如富CO₂、贫N₂流96,中等浓度CO₂、N₂流97,和贫CO₂、富N₂流98。除了用于排气42、60和95的控制元件以外,控制元件124、126和128也可执行一个或多个指令以维持机械动力72处于合适的功率范围内,或维持电动力74处于合适的频率和功率范围内。

[0049] 图3为系统10的实施方式的图,进一步图解供烃生产系统12和/或其它系统84使用的SEGR燃气涡轮系统52的细节。在图解的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52包括连接至EG加工系统54的燃气涡轮发动机150。图解的燃气涡轮发动机150包括压缩机部分152、燃烧室部分154和膨胀器部分或涡轮部分156。压缩机部分152包括一个或多个排气压缩机或压缩机级158,诸如以串联布置放置的1至20级的旋转压缩机叶片。同样地,燃烧室部分154包括一个或多个燃烧室160,诸如围绕SEGR燃气涡轮系统52的旋转轴162周向分布的1至20个燃烧室160。此外,每个燃烧室160可包括一个或多个燃料喷嘴164,其配置为注入排气66、氧化剂68和/或燃料70。例如,每个燃烧室160的首端部分166可容纳1、2、3、4、5、6或更多个喷嘴164,其可将排气66、氧化剂68和/或燃料70的流或混合物注入燃烧室160的燃烧部分168(如,燃烧腔)中。

[0050] 燃料喷嘴164可包括预混合燃料喷嘴164(如,配置为预混合氧化剂68和燃料70用于生成氧化剂/燃料预混合火焰)和/或扩散燃料喷嘴164(如,配置为注入氧化剂68和燃料70的单独流用于生成氧化剂/燃料扩散火焰)的任意组合。预混合燃料喷嘴164的实施方式可包括漩涡叶片、混合室或其它部件以在注入燃烧室168和在燃烧室168中燃烧之前在喷嘴

164中内部地混合氧化剂68和燃料70。预混合燃料喷嘴164还可接收至少一部分混合的氧化剂68和燃料70。在某些实施方式中,每个扩散燃料喷嘴164可使氧化剂68和燃料70的流隔离直到注入点,同时还使一种或多种稀释剂(如,排气66、蒸汽、氮气或其它惰性气体)的流隔离直到注入点。在其它实施方式中,每个扩散燃料喷嘴164可使氧化剂68和燃料70的流隔离直到注入点,同时在注入点之前局部混合一种或多种稀释剂(如,排气66、蒸汽、氮气或另一惰性气体)与氧化剂68和/或燃料70。另外,在燃烧区域处或其下游可将一种或多种稀释剂(如,排气66、蒸汽、氮气或另一个惰性气体)注入燃烧室(如,进入热的燃烧产物),由此帮助降低热的燃烧产物的温度并减少NO_x排放物(如,NO和NO₂)。无论燃料喷嘴164的类型如何,可控制SEGR燃气涡轮系统52以提供氧化剂68和燃料70的基本上化学计量的燃烧。

[0051] 在使用扩散燃料喷嘴164的扩散燃烧实施方式中,燃料70和氧化剂68一般不在扩散火焰上游混合,而是燃料70和氧化剂68在火焰表面处直接混合和反应和/或火焰表面存在于燃料70和氧化剂68之间混合的位置处。具体地,燃料70和氧化剂68分开地靠近火焰表面(或扩散边界/界面),然后沿着火焰表面(或扩散边界/界面)扩散(如,经由分子和粘性扩散)以生成扩散火焰。值得注意的是沿该火焰表面(或扩散边界/界面)的燃料70和氧化剂68可为基本上化学计量比,其可导致沿该火焰表面更高的火焰温度(如,峰值火焰温度)。当与贫燃料或富燃料的燃料/氧化剂比相比较时,化学计量的燃料/氧化剂比一般导致更高的火焰温度(如,峰值火焰温度)。因此,扩散火焰可比预混合火焰基本上更稳定,这是因为燃料70和氧化剂68的扩散有助于维持沿火焰表面的化学计量比(和更高的温度)。虽然更高的火焰温度还可导致更高的排气排放物,诸如NO_x排放物,但公开的实施方式使用一种或多种稀释剂以助于控制温度和排放物,同时依然避免燃料70和氧化剂68的任何预混合。例如,公开的实施方式可引入与燃料70和氧化剂68分开的一种或多种稀释剂(如,在燃烧点之后和/或在扩散火焰下游),由此有助于降低温度和减少由扩散火焰产生的排放物(如,NO_x排放物)。

[0052] 如图解,在运行中,压缩机部分152接收和压缩来自EG加工系统54的排气66,并输出压缩的排气170至燃烧室部分154中的每个燃烧室160。在每个燃烧室160内燃料60、氧化剂68和排气170的燃烧之后,额外的排气或燃烧产物172(即,燃烧气体)被发送进入涡轮部分156。类似于压缩机部分152,涡轮部分156包括一个或多个涡轮或涡轮级174,其可包括一系列旋转的涡轮叶片。然后这些涡轮叶片由燃烧室部分154中生成的燃烧产物172驱动,由此驱动连接至机械装置106的轴176转动。再者,机械装置106可包括连接至SEGR燃气涡轮系统52的任一端的多种设备,诸如连接至涡轮部分156的机械装置106、178和/或连接至压缩机部分152的机械装置106、180。在某些实施方式中,机械装置106、178、180可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、齿轮箱或连接至SEGR燃气涡轮系统52的额外的驱动器(如,蒸汽涡轮104、电动机等)。下面参考表1更详细地讨论非限制性实例。如图解的,涡轮部分156输出排气60沿着从涡轮部分156的排气出口182至排气入口184的排气再循环路径110再循环进入压缩机部分152。如上面详细讨论的,排气60沿着排气再循环路径110经过EG加工系统54(如,HRSG 56和/或EGR系统58)。

[0053] 再者,燃烧室部分154中每个燃烧室160接收、混合并化学计量地燃烧压缩的排气170、氧化剂68和燃料70以产生额外的排气或燃烧产物172以驱动涡轮部分156。在某些实施方式中,氧化剂68被氧化剂压缩系统186——诸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(如,主空气压缩(MAC)系统)——压缩。氧化剂压缩系统186包括连接

至驱动器190的氧化剂压缩机188。例如,驱动器190可包括电动机、内燃机或其任意组合。在某些实施方式中,驱动器190可为涡轮发动机,诸如燃气涡轮发动机150。因此,氧化剂压缩系统186可为机械装置106的整体部分。换句话说,压缩机188可直接或间接由燃气涡轮发动机150的轴176供应的机械动力72驱动。在这样的实施方式中,可不包括驱动器190,这是因为压缩机188依靠来自涡轮发动机150的动力输出。然而,在某些采用多于一个氧化剂压缩机的实施方式中,第一氧化剂压缩机(如,低压(LP)氧化剂压缩机)可由驱动器190驱动,而轴176驱动第二氧化剂压缩机(如,高压(HP)氧化剂压缩机),反之亦然。例如,在另一个实施方式中,HP MOC由驱动器190驱动和LP氧化剂压缩机由轴176驱动。在图解的实施方式中,氧化剂压缩系统186与机械装置106是分开的。在这些实施方式的每个中,压缩系统186压缩并供应氧化剂68至燃料喷嘴164和燃烧室160。因此,一些或所有机械装置106、178、180可配置为提高压缩系统186(如,压缩机188和/或额外的压缩机)的运行效率。

[0054] 由元件编号106A、106B、106C、106D、106E和106F所指示的机械装置106的多种组件可沿着轴176的管线和/或平行于轴176的管线以一个或多个串联布置、平行布置或串联和平行布置的任意组合放置。例如,机械装置106、178、180(如,106A至106F)可包括下列以任意顺序的任意的串联和/或平行布置: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、增压压缩机例如EG增压压缩机)、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、电动机)、热交换单元(例如,直接或间接热交换器)、离合器或其任意组合。压缩机可包括轴向压缩机、径向或离心压缩机或其任意组合,每一个具有一个或多个压缩级。关于热交换器,直接热交换器可包括喷淋式冷却器(如,喷淋式中间冷却器),其将液体喷雾注入气流(如,氧化剂流)用于气流的直接冷却。间接热交换器可包括分开第一和第二流——例如流体流(例如,氧化剂流)与冷却液流(例如,水、空气、制冷剂或任何其他液体或气体冷却液)分开——的至少一个壁(例如,壳管式热交换器),其中冷却液流传送来自流体流的热量而无需任何直接接触。间接热交换器的实例包括中间冷却器热交换器和热回收单元,诸如热回收蒸汽发生器。热交换器还可包括加热器。如下面进一步详细讨论的,如表1中提出的非限制性实例所指示的,这些机械装置组件中的每个可以以各种组合使用。

[0055] 一般地,机械装置106、178、180可配置为通过例如调节系统186中一个或多个氧化剂压缩机的运行速度,通过冷却促进压缩氧化剂68和/或促进提取过量的动力来提高压缩系统186的效率。公开的实施方式意欲包括机械装置106、178、180中以串联和平行布置的前述组件的任意和所有排列,其中一个、多于一个、所有或没有组件由轴176获得动力。如下面所图解的,表1描绘了接近压缩机和涡轮部分152、156布置的和/或连接到压缩机和涡轮部分152、156的机械装置106、178、180的一些非限制性的布置实例。

[0056]

106A	106B	106C	106D	106E	106F
MOC	GEN				
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	
HP MOC	GBX CLR	LP MOC	GEN		
HP	GBX	LP	GBX	GEN	

[0057]

MOC	CLR	MOC			
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	

[0058] 表1

[0059] 如以上表1中图解的,冷却单元表示为CLR,离合器表示为CLU,驱动器由DRV表示,齿轮箱表示为GBX,发生器由GEN表示,加热单元由HTR表示,主氧化剂压缩机单元由MOC表示,低压和高压的变形分别表示为LP MOC和HP MOC,并且蒸汽发生器单元表示为STGN。虽然表1朝向压缩机部分152或涡轮部分156按顺序图解了机械装置106、178、180,但表1也意欲覆盖机械装置106、178、180的相反顺序。在表1中,包括两个或多个组件的任意单元意欲覆盖组件的平行布置。表1不意欲排除机械装置106、178、180的任何未图解的排列。机械装置

106、178、180的这些组件可以能够反馈控制输送到燃气涡轮发动机150的氧化剂68的温度、压力和流动速率。如以下更详细讨论的,氧化剂68和燃料70可在专门选择以促进隔离和提取无任何降低排气170质量的氧化剂68和燃料70的压缩排气170的位置处供应到燃气涡轮发动机150。

[0060] 如图3所图解,EG供应系统78被放置在燃气涡轮发动机150和目标系统(如,烃生产系统12和其它系统84)之间。具体地,EG供应系统78(如,EG提取系统(EGES)80)可沿着压缩机部分152、燃烧室部分154和/或涡轮部分156在一个或多个提取点76处连接至燃气涡轮发动机150。例如,提取点76可位于相邻的压缩机级之间,诸如压缩机级之间的2、3、4、5、6、7、8、9或10级间提取点76。这些级间提取点76的每一个提供不同温度和压力的提取的排气42。类似地,提取点76可位于相邻的涡轮级之间,诸如涡轮级之间的2、3、4、5、6、7、8、9或10级间提取点76。这些级间提取点76的每一个提供不同温度和压力的提取的排气42。通过进一步的实例,提取点76可位于遍布燃烧室部分154的众多位置处,其可提供不同的温度、压力、流动速率和气体组成。这些提取点76中的每个可包括EG提取管道、一个或多个阀、传感器和控制元件,其可被用于选择性地控制提取的排气42向EG供应系统78的流动。

[0061] 由EG供应系统78分配的提取的排气42具有适合于目标系统(如,烃生产系统12和其他系统84)的控制的组成。例如,在这些提取点76的每个处,排气170可基本上与氧化剂68和燃料70的注入点(或流)分开。换句话说,EG供应系统78可被专门设计以由燃气涡轮发动机150提取排气170而无任何添加的氧化剂68或燃料70。此外,由于在每个燃烧室160中化学计量的燃烧,提取的排气42可基本上不含氧气和燃料。EG供应系统78可直接或间接地发送提取的排气42至烃生产系统12和/或其它系统84,用于各种过程,诸如提高采收率法采油、碳封存、储存或运输至现场外位置。然而,在某些实施方式中,EG供应系统78包括EG处理系统(EGTS)82,用于在供目标系统使用前进一步处理排气42。例如,EG处理系统82可纯化排气42和/或将排气42分成为一个或多个流95,诸如富CO₂、贫N₂流,中等浓度CO₂、N₂流97,和贫CO₂、富N₂流98。这些处理的排气流95可单独地或以任何组合供烃生产系统12和其它系统84(如,管线86、储罐88和碳封存系统90)使用。

[0062] 类似于在EG供应系统78中执行的排气处理,EG加工系统54可包括多个排气(EG)处理组件192,诸如由元件编号194、196、198、200、202、204、206、208和210所指示的。这些EG处理组件192(如,194至210)可沿排气再循环路径110以一个或多个串联布置、平行布置或串联和平行布置的任意组合放置。例如,EG处理组件192(如,194至210)可包括下列以任意顺序的任意串联和/或平行布置: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)、颗粒和/或水去除系统(例如,惯性分离器、聚结过滤器、不透水过滤器和其他过滤器)、化学制品注入系统、基于溶剂的处理系统(例如,吸收器、闪蒸罐等)、碳捕获系统、气体分离系统、气体纯化系统和/或基于溶剂的处理系统或其任意组合。在某些实施方式中,催化剂系统可包括氧化催化剂、一氧化碳还原催化剂、氮氧化物还原催化剂、氧化铝、氧化锆、氧化硅、氧化钛、氧化铂、氧化钯、氧化钴、或混合的金属氧化物或其组合。公开的实施方式意欲包括以串联或平行布置的前述组件192的任何以及所有排列。如以下所图解的,表2描绘了沿着排气再循环路径110组件192的一些非限制性的布置实例。

[0063]

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 COND WFIL	PRU INER	PRU FIL CFIL	DIL

[0064] 表2

[0065] 如以上表2中所图解的,催化剂单元由CU表示,氧化催化剂单元由OCU表示,增压鼓风机由BB表示,热交换器由HX表示,热回收单元由HRU表示,热回收蒸汽发生器由HRSG表示,冷凝器由COND表示,蒸汽涡轮由ST表示,颗粒去除单元由PRU表示,水分去除单元由MRU表示,过滤器由FIL表示,聚结过滤器由CFIL表示,不透水过滤器由WFIL表示、惯性分离器由INER表示和稀释剂供应系统(例如,蒸汽、氮气或其他惰性气体)由DIL表示。虽然表2从涡轮部分156的排气出口182向压缩机部分152的排气入口184按顺序图解了组件192,但表2也意欲覆盖图解的组件192的相反顺序。在表2中,包括两个或更多组件的任意单元意欲覆盖带有组件、平行布置的组件或其任意组合的整体单元。此外,在表2的上下文中,HRU、HRSG和COND为HE的实例;HRSG为HRU的实例;COND、WFIL和CFIL为WRU的实例;INER、FIL、WFIL和CFIL为PRU的实例;以及WFIL和CFIL为FIL的实例。再者,表2不意欲排除组件192的任何未图解的

排列。在某些实施方式中,图解的组件192(如,194至210)可部分或完全整合在HRSG 56、EGR系统58或其任意组合中。这些EG处理组件192可以能够反馈控制温度、压力、流动速率和气体组成,同时还从排气60中去除水分和颗粒。此外,处理的排气60可在一个或多个提取点76处提取,用于EG供应系统78和/或再循环至压缩机部分152的排气入口184。

[0066] 当处理的、再循环的排气66经过压缩机部分152时,SEGR燃气涡轮系统52可沿一条或多条线路212(如,泄放(bleed)管道或旁路管道)泄放出一部分压缩的排气。每条线路212可发送排气进入一个或多个热交换器214(如,冷却单元),由此冷却排气以再循环返回SEGR燃气涡轮系统52。例如,在经过热交换器214后,一部分冷却的排气可沿线路212发送至涡轮部分156,用于冷却和/或密封涡轮套管、涡轮防护罩、轴承和其它组件。在这样的实施方式中,SEGR燃气涡轮系统52不出于冷却和/或密封的目的发送任何氧化剂68(或其它潜在污染物)通过涡轮部分156,并且因此冷却的排气的任何泄漏将不污染流经并驱动涡轮部分156的涡轮级的热的燃烧产物(如,工作排气)。通过进一步的实例,在经过热交换器214之后,一部分冷却的排气可沿线路216(如,返回管道)发送至压缩机部分152的上游压缩机级,由此提高压缩机部分152的压缩效率。在这样的实施方式中,热交换器214可配置为压缩机部分152的级间冷却单元。以该方式,冷却的排气有助于提高SEGR燃气涡轮系统52的运行效率,同时有助于维持排气的纯度(如,基本上不含氧化剂和燃料)。

[0067] 图4为图1-3中图解的系统10的运行方法220的实施方式的流程图。在某些实施方式中,方法220可为计算机执行的方法,其访问储存在存储器122上的一个或多个指令并在图2中所示的控制器118的处理器120上执行该指令。例如,方法220中每一步可包括根据图2描述的控制系统的控制器118可执行的指令。

[0068] 方法220可通过引发图1-3的SEGR燃气涡轮系统52的启动模式开始,如方框222所指示的。例如,启动模式可包含逐步升温(ramp up) SEGR燃气涡轮系统52以维持热梯度、振动和间隙(如,在旋转和固定构件之间)在可接受的阈值内。例如,在启动模式222期间,方法220可开始供应压缩的氧化剂68至燃烧室部分154的燃烧室160和燃料喷嘴164,如方框224所指示的。在某些实施方式中,压缩的氧化剂可包括压缩的空气、氧气、氧气富集的空气、氧气减少的空气、氧气-氮气混合物或其任意组合。例如,氧化剂68可由图3中图解的氧化剂压缩系统186压缩。在启动模式222期间,方法220还可开始供应燃料至燃烧室160和燃料喷嘴164,如方框226所指示的。在启动模式222期间,方法220还可开始供应排气(可用的)至燃烧室160和燃料喷嘴164,如方框228所指示的。例如,燃料喷嘴164可产生一个或多个扩散火焰、预混合火焰或扩散和预混合火焰的组合。在启动模式222期间,由燃气涡轮发动机156生成的排气60可能在数量和/或质量上是不足的或不稳定的。因此,在启动模式期间,方法220可从一个或多个储存单元(如,储罐88)、管线86、其它SEGR燃气涡轮系统52或其它排气源供应排气66。

[0069] 然后方法220可在燃烧室160中燃烧压缩的氧化剂、燃料和排气的混合物以产生热的燃烧气体172,如方框230所指示的。具体地,方法220可由图2的控制系统的控制器118控制以促进燃烧室部分154的燃烧室160中混合物的化学计量的燃烧(如,化学计量的扩散燃烧、预混合燃烧或两者)。然而,在启动模式222期间,维持混合物的化学计量燃烧可能是特别困难的(并且因此低水平的氧化剂和未燃尽的燃料可存在于热的燃烧气体172中)。因此,在启动模式222中,热的燃烧气体172可具有比在下面进一步详细讨论的稳态模式期间更大量的残留

氧化剂68和/或燃料70。因为该原因,在启动模式期间,方法220可执行一个或多个控制指令以减少或消除热的燃烧气体172中残留氧化剂68和/或燃料70。

[0070] 然后,方法220以热的燃烧气体172驱动涡轮部分156,如方框232所指示的。例如,热的燃烧气体172可驱动放置在涡轮部分156内的一个或多个涡轮级174。在涡轮部分156的下游,方法220可处理来自最后涡轮级174的排气60,如方框234所指示的。例如,排气处理234可包括过滤、任意残留氧化剂68和/或燃料70的催化反应、化学处理、使用HRSG 56热回收等。方法220还可再循环至少一些排气60返回至SEGR燃气涡轮系统52的压缩机部分152,如方框236所指示的。例如,排气再循环236可包括穿过具有如图1-3中图解的EG加工系统54的排气再循环路径110的通道。

[0071] 依次地,如方框238所指示的,再循环的排气66可在压缩机部分152中压缩。例如,SEGR燃气涡轮系统52可在压缩机部分152的一个或多个压缩机级中顺序地压缩再循环的排气66。随后,如方框228所指示的,压缩的排气170可被供应至燃烧室160和燃料喷嘴164。然后可重复步骤230、232、234、236和238,直到方法220最终转变至稳态模式,如方框240所指示的。在转变240之后,方法220可继续执行步骤224至238,并且也开始经由EG供应系统78提取排气42,如方框242所指示的。例如,如图3所指示的,可从沿压缩机部分152、燃烧室部分154和涡轮部分156的一个或多个提取点76提取排气42。依次地,如方框244所指示的,方法220可由EG供应系统78供应提取的排气42至烃生产系统12。如方框246所指示的,然后烃生产系统12可将排气42注入土地32,用于提高采收率法采油。例如,通过图1-3中图解的EOR系统18的排气注入EOR系统112可使用提取的排气42。

[0072] 图5为燃气涡轮发动机150的燃烧室部分154的实施方式的图。如图解的,燃烧室部分154具有围绕一个或多个燃烧室160放置的套管490,由此限定套管490和燃烧室部分160之间的压缩机排放空腔492。每个燃烧室160包括首端部分166和燃烧部分168。燃烧部分168可包括腔494、围绕腔494放置的第一壁或衬层496和放置在围绕第一壁496的偏置(offset)处的第二壁或流动套筒498。例如,第一和第二壁496和498可大体上彼此共轴以限定从燃烧部分168通向首端部分166的中空的周围空间或流动通道500。第二壁或流动套筒498可包括多个开口或穿孔502,其能够使压缩的排气170从压缩机部分152进入流动通道500。然后排气170沿着衬层496如箭头所指示朝向首端部分166流过通道500,由此当排气170流向首端部分166以递送进入腔494(如,通过一个或多个燃料喷嘴164)时,冷却衬层496。

[0073] 在某些实施方式中,衬层496还可包括一个或多个开口或穿孔506,由此如箭头508所指示能够将部分排气170直接注入腔494。例如,排气注入508可作为稀释剂注入,其可配置为控制腔494内温度、压力、流动速率、气体组成(如,排放物水平)或其任意组合。具体地,排气注入508可助于控制腔494内的温度,使得热的燃烧产物中氮氧化物(NO_x)的排放物可被实质上减少。一种或多中额外的稀释剂,诸如氮气、蒸汽、其它惰性气体或额外的排气可通过一个或多个稀释剂注入器510注入,如箭头512所指示的。同时,可以控制(如,经由反馈控制、前馈控制、基于模型的控制等)排气注入508和稀释剂注入512以调节温度、排放物的浓度水平或流过腔494的热的燃烧气体的其它特征。

[0074] 在首端部分166中,一个或多个燃料喷嘴164可发送排气170、氧化剂68、燃料70和一种或多种稀释剂514(如,排气、蒸汽、氮气、其它惰性气体或其任意组合)进入腔494用于燃烧。例如,每个燃烧室160可包括1、2、3、4、5、6、7、8或更多个燃料喷嘴164,每个燃料喷嘴

164配置为扩散燃料喷嘴和/或预混合燃料喷嘴。例如,每个燃料喷嘴164可递送氧化剂68、燃料70、稀释剂514和/或排气170作为预混合的或独立的流进入腔494,由此生成火焰516。氧化剂68和燃料70的预混合流导致预混合火焰,而氧化剂68和燃料70的单独流导致扩散火焰。控制系统100可被连接至多个传感器600,诸如压力传感器、温度传感器、气体组成传感器(如,燃料组成传感器、氧气传感器等)、流动传感器、火焰传感器、排放物传感器(如NO_x传感器、SO_x传感器、CO传感器、CO₂传感器等)或其任意组合。例如,火焰516可由包括光谱传感器在内的一个或多个传感器600观察,如下面更详细描述,可用于测量当量比(Φ)和/或燃烧产物。传感器600可被连接至流体供应品(如,氧化剂68、燃料70、稀释剂514等)、EG供应系统78、燃烧室160、燃料喷嘴164或其任意组合。控制系统100还可采用基于模型的控制,如下面所讨论的。

[0075] 控制系统100被连接至一个或多个流体供应系统518,其控制压力、温度、流动速率和/或氧化剂68、燃料70、稀释剂514和/或排气170的混合物。例如,控制系统100可独立地控制氧化剂68、燃料70、稀释剂514和/或排气170的流动从而控制当量比、排放物水平(如,一氧化碳、氮氧化物、硫氧化物、未燃尽的烃、氢气和/或氧气)、动力输出或其任意组合。如下面根据图6更详细描述,控制系统100可包括一组传感器600,其包括 λ 计量器和光谱传感器,适合于测量 Φ ,并且在运行期间使用该测量的 Φ 。在运行中,控制系统100可控制流体供应系统518以增加氧化剂68和燃料70的流动,同时维持基本上化学计量的燃烧,或控制系统100可控制流体供应系统518以减少氧化剂68和燃料70的流动,同时维持基本上化学计量的燃烧。控制系统100可以以递增的步骤(如,1、2、3、4、5或更多步骤)、连续的或其任意组合执行氧化剂68和燃料70的这些流动速率的增加或减少中的每个。控制系统100可使用基于模型的控制,其中燃烧模型被用于导出 Φ ,例如,并且控制动作可基于导出的 Φ 。

[0076] 此外,控制系统100可控制流体供应系统518以增加或减少氧化剂68和燃料70的流动,从而提供富燃料混合物、贫燃料混合物、或氧化剂68和燃料70的任意其它混合物进入腔494,由此产生具有低氧气浓度,高氧气浓度,或氧气、未燃尽的烃、一氧化碳、氮氧化物、硫氧化物等的任意其他适合浓度的热的燃烧产物或排气520。在控制氧化剂68和燃料70的流动的同时,控制系统100还可控制流体供应系统518以增加或减少稀释剂514(如,蒸汽、排气、氮气或任意其它惰性气体)的流动,由此有助于控制经过腔494朝向涡轮部分156的热的燃烧产物520的温度、压力、流动速率和/或气体组成(如,排放物水平)。

[0077] 控制系统100还可控制包括EG提取系统80和EG处理系统82的EG供应系统78。例如,控制系统100可选择性地打开或关闭沿着燃烧室部分154和EG提取系统80之间的提取线路524放置的一个或多个阀522。控制系统100选择性地打开或关闭这些阀522以增加或减少至EG提取系统80的排气42的流动,同时还选择性地从不同位置提取排气,导致不同温度和/或压力的排气被递送至EG提取系统80。控制系统100还可控制沿通向排出系统530的线路528放置的一个或多个阀526。例如,控制系统100可选择性地打开阀526以通过排出系统530排出部分排气进入大气,由此降低EG供应系统78中的压力。

[0078] 在某些实施方式中,诸如图6中图解的,多个传感器600(S)可通信地连接至控制系统100,并且传感器反馈130可被控制系统100使用以提供致动信号602。然后,致动信号602可被控制系统100使用以致动多个致动器604(A)。传感器600可包括可用于直接或间接导出 Φ 和/或燃烧产物的传感器。例如,可使用 λ 计量器和/或氧气传感器,适合测量燃气涡轮52

(如,燃料喷嘴164、燃烧部分168)中燃料70和氧化剂68的燃烧之前、期间和之后的氧气比例。 λ 传感器可测定例如实时氧化剂/燃料比(如,氧气/燃料或空气/燃料比率),可用于实时导出 Φ 。传感器600可额外地或可选地包括光谱传感器(如,光学光谱传感器、基于激光的传感器、波导光栅传感器)、色谱传感器等,可用于测定火焰516、燃料70、氧化剂68和/或燃烧产物(如,氮氧化物、未燃尽的烃、二氧化碳、碳产物、水等)的化学组成。传感器600可额外地包括燃料传感器、流动传感器、压力传感器、间隙传感器(如旋转和固定组件之间的距离)、湿度传感器和/或温度传感器。

[0079] 例如,传感器600反馈可包括来自沿氧化剂68的氧化剂供应路径的一个或多个进气氧化剂传感器、来自沿燃料70的燃料供应路径的一个或多个进气燃料传感器和沿排气再循环路径110和/或SEGR燃气涡轮系统52内放置的一个或多个排气排放物传感器的反馈。进气氧化剂传感器、进气燃料传感器和排气排放物传感器可包括温度传感器、压力传感器、流动速率传感器和组成传感器。排放物传感器可包括用于氮氧化物(如, NO_x 传感器)、碳氧化物(如, CO 传感器和 CO_2 传感器)、硫氧化物(如, SO_x 传感器)、氢气(如, H_2 传感器)、氧气(如, O_2 传感器)、未燃尽的烃(如, HC 传感器)、或其它不完全燃烧产物、或其任意组合的传感器。

[0080] 致动器604可包括适合用于控制燃气涡轮52的组件的阀、线性运动致动器、非线性运动致动器、定位器、开关等。因此,燃料70和氧化剂68可通过燃料喷嘴164供应,以及如上面所描述的,氧化剂68可额外地由驱动器190驱动的压缩机188压缩并燃烧。燃料70和/或氧化剂68的递送可通过控制系统100(如,通过控制器118)计算,如下面更详细描述,以提供某些期望的燃料/氧化剂比率或当量比(如,对于基本上化学计量的燃烧为0.95至1.05)、燃烧动力学量度、温度、压力、流动、火焰516特征等。例如,控制器118可控制致动器604以化学计量地连同至少一些再循环的排气(在提取点76提取的)燃烧燃料70和氧化剂68,并在排气供应系统78中捕获排气,用于各种目标系统,诸如烃生产系统12和/或EG加工系统54。燃烧在燃烧部分168发生,导致通过涡轮部分156产生转动动力。涡轮部分156可通过一个或多个轴176机械地连接至压缩机部分152,由此驱动轴176的转动。另外地,轴176可机械地连接至机械装置106、180并驱动机械装置106、180。

[0081] 在某些实施方式中,如图7中所描绘的,控制器118可包括基于模型的控制(MBC)系统606。控制器118还可包括具有三个处理核的三重模块冗余(TMR)控制器,可用于提高控制系统100的可靠性。MBC系统606可使用一个或多个化学计量模型608,其包括适合用于模拟燃烧——包括但不限于化学计量燃烧——的第一原理模型(如,化学模型、热动力学模型和/或基于物理学的模型)。例如,化学模型可包括适合模拟燃烧——包括燃烧产物和化学计量——的一个或多个化学方程式。例如,烃在氧气中的化学计量燃烧(如,燃料+氧气 \rightarrow 热+水+二氧化碳)可导出为 $\text{C}_x\text{H}_y + (x+y/4)\text{O}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + (y/2)\text{H}_2\text{O}$,其中 x 和 y 确定烃,例如,以 $x=3$ 和 $y=8$ 确定丙烷(如, C_3H_8)。可使用导出的任何数字或组合,例如,如果空气被用作为氧化剂68,燃料+氧气 \rightarrow 热+水+二氧化碳方程式可导出为 $\text{C}_x\text{H}_y + (x+y/4)\text{O}_2 + 3.76(x+y/4)\text{N}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + (y/2)\text{H}_2\text{O} + 3.76(x+y/4)$ 以显示空气中的氮气成分。

[0082] 模型608可额外地包括基于物理学的模型,诸如热动力学模型、计算流体力学(CFD)模型、有限元分析(FEA)模型、固体模型(如,参数和非参数模拟)和/或可用于预测燃烧产物、化学计量和/或火焰516(如扩散火焰、预混合火焰)的类型和特征的3维至2维FEA映射模型。模型还可包括人工智能(AI)模型,诸如专家系统(如,正向链专家系统、逆向链专家

系统)、神经网络、模糊逻辑系统、状态向量机(SVM)、归纳推理系统、贝叶斯推理系统或其组合。模型608可额外地包括统计模型,诸如,回归分析模型、数据挖掘模型(如,聚类模型、分类模型、关联模型)等,可用于更精确地导出燃烧产物(如,CO、CO₂、NO_x、SO_x、未燃尽的燃料、残留O₂等)、火焰516和/或化学计量。

[0083] 在描绘的实施方式中,传感器600——诸如λ传感器610、光谱传感器612、其它传感器614(如,色谱传感器、燃料传感器、流动传感器、压力传感器、间隙传感器、湿度传感器、温度传感器)——和控制策略616可由控制器118使用以导出某些模型608输入。例如,控制策略616可包括在具有期望的 Φ (如,大约等于1或大约0.95至1.05之间的 Φ)的负载(如,基本负载、部分负载)下运行涡轮52。控制策略616可额外地或可选地包括控制来自涡轮52的排气的组成以包括少量或不含氧气或未燃尽的燃料。控制策略616可额外地包括提供具体火焰516(如,扩散火焰、预混合火焰)。有利地,本文描述的技术能够实现点火温度和/或 Φ 控制,其中涡轮控制可并入直接的(或导出的) Φ 量度,其可用于提供期望的控制策略616。例如,目标 ϕ 617(如,目标当量比)可使用目标温度618(如,燃烧室部分160点火温度)、冷却流体百分比620(如,再循环的排气、氮气、空气)、燃料组成、氧化剂68、稀释剂514、测量的压缩机排放温度624(TCD)、测量的具体湿度626和其它量度或输入628——诸如排气、CO₂、氮氧化物、颗粒数等通过模型608导出。

[0084] 然后可将目标 ϕ 617与测量的 ϕ 632(如,测量的当量比)比较。如上面提到的, Φ 可使用λ计量器610、光谱传感器612和/或其它传感器614测量并实时导出。目标 ϕ 617与测量的 ϕ 632的比较可使用比较仪634,产生 Φ 误差636。因此,燃料调节因子638可由燃料因子导出器(derivator)系统640导出,该导出器系统640合并 Φ 误差636和当前燃料因子642。燃料调节因子638可包括改变燃料流动、改变燃料组成、改变燃料70与氧化剂68比率、添加稀释剂514、改变燃料70类型、操纵火焰516的性质等。因此,当前燃料使用644可与燃料调节因子638结合,例如通过使用联合系统646,以达到期望的目标燃料648,其包括燃料调节638。然后,致动器604可通过使用致动信号602(图6中所示)致动,以提供期望的目标燃料648和/或期望类型的火焰516,其可提供更接近排气中具有少或没有氧气和未燃尽燃料的化学计量燃烧的控制。控制还可包括温度控制、排气流动控制(如,再循环至压缩机部分152的排气)、排气处理(如,催化反应、冷却、水分去除、温度控制)、和/或稀释剂控制(使用氮气、蒸汽、非氧气气体、排气)。

[0085] 在另一个实施方式中,因为测量的 ϕ 632可由测量的燃烧产物导出,而不是直接使用目标 ϕ 617和测量的 ϕ 632,所以测量的和目标燃烧产物可用作目标 ϕ 617和测量的 ϕ 632的代用品(proxy)。因此,可通过比较仪634比较测量的燃烧产物和目标燃烧产物并导出燃烧产物误差。燃烧产物误差可由燃料因子导出器系统640处理以达到燃料调节因子638。联合系统646可结合燃料调节因子638与当前燃料使用644以导出期望的目标燃料648。然后,可控制致动器604以提供期望的燃料目标648。然后,本文描述的技术可通过使用 ϕ 632的直接测量或通过导出 Φ (如,通过使用燃烧产物测量值)比较通过使用模型617导出的目标 ϕ 617,并调节SEGR燃气涡轮系统52以更接近地遵循控制策略616,所述控制策略616包括可提供基本上化学计量的 Φ ——诸如大约1或0.95和1.05之间的 Φ ——的策略。应到注

意的是可使用等于因子638的校正因子,包括改变再循环的排气、燃料流动、稀释剂流动、燃料组成或其组合。

[0086] 图8为例如通过控制系统100可用来控制涡轮52的方法650的实施方式的图解说明。在描绘的实施方式中,方法650可构建(方框652)一个或多个化学计量燃烧模型608。如上面所描述的,化学计量模型608可包括适合模拟燃烧和化学计量燃烧的化学模型、热力学模型、物理学模型、统计模型、人工智能(AI)模型。然后,方法650可例如通过使用传感器600感测(方框654)涡轮系统52的运行。例如,传感器600可传送代表如图6所示涡轮52系统运行的信号(方框656)。

[0087] 然后,方法650可例如通过使用控制器118将信号转换(方框658)为图7所示的一个或多个模型输入618、620、622、624、626和/或628。然后,方法650可使用模型608以导出目标 Φ 和/或目标燃烧产物(方框660)。然后可将测量的 ϕ 632和/或测量的燃烧产物与目标 Φ 和/或目标燃烧产物比较(方框662)以导出误差。例如,然后可通过调节合并误差的控制元件致动信号调节(方框664)涡轮系统52和相关系统(如,EG供应系统78、EG加工系统54)的控制。然后调节的控制信号(如,致动信号602)可被传送(方框666)至一个或多个致动器604。通过合并 ϕ 632的直接(或代用品)的量度,本文描述的技术可更有效地达到适合化学计量燃烧的涡轮机控制。

[0088] 额外的描述

[0089] 实施方式1.一种系统,其包括:

[0090] 传感器,其配置为通信代表燃气涡轮运行的信号;

[0091] 控制器,其通信地连接至传感器;和

[0092] 化学计量模型,其配置为接收具有排气再循环的燃气涡轮系统中代表燃气涡轮运行的一个或多个输入和测量的当量比,其中控制器配置为将信号转换为一个或多个输入并基于目标当量比使用化学计量模型来导出致动信号。

[0093] 实施方式2.任意前述实施方式中限定的系统,其中控制器配置为通过使用测量的燃烧产物导出测量的当量比。

[0094] 实施方式3.任意前述实施方式中限定的系统,其中控制器配置为:

[0095] 比较测量的当量比与目标当量比以计算当量误差(equivalence error);和

[0096] 通过使用当量误差导出致动信号。

[0097] 实施方式4.任意前述实施方式中限定的系统,其中控制器配置为导出致动信号以能够实现大约0.95至1.05之间的燃烧当量比。

[0098] 实施方式5.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学计量模型包括化学模型、模糊逻辑模型、和专家系统模型、神经网络模型或其组合。

[0099] 实施方式6.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学模型包括化学方程式,其配置为导出燃料与氧化剂的化学计量燃烧。

[0100] 实施方式7.任意前述实施方式中限定的系统,其中传感器包括 λ 计量器并且信号代表氧气/燃料比。

[0101] 实施方式8.任意前述实施方式中限定的系统,其中传感器包括光谱传感器,并且信号代表燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合。

[0102] 实施方式9.任意前述实施方式中限定的系统,其中一个或多个输入包括温度、相对于总排气的再循环排气的百分比、燃料组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。

[0103] 实施方式10.任意前述实施方式中限定的系统,其包括排气(EG)加工系统,并且其中再循环排气的百分比由EG加工系统提供。

[0104] 实施方式11.任意前述实施方式中限定的系统,其中致动信号配置为致动EG加工系统中包括的排气阀。

[0105] 实施方式12.任意前述实施方式中限定的系统,其中致动信号配置为致动燃料阀、氧化剂阀、稀释剂阀或其组合。

[0106] 实施方式13.任意前述实施方式中限定的系统,其中致动信号配置为修改扩散火焰、预混合火焰或其组合。

[0107] 实施方式14.任意前述实施方式中限定的系统,其包括通信地连接至传感器的燃气涡轮系统,并且其中燃气涡轮系统包括化学计量的排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机。

[0108] 实施方式15.任意前述实施方式中限定的系统,其中燃气涡轮系统使用天然气燃料、合成气燃料、柴油燃料、石脑油或其组合。

[0109] 实施方式16.任意前述实施方式中限定的系统,其包括排气供应系统,所述排气供应系统流体地连接至燃气涡轮系统的至少一个排气提取口并配置为供应二氧化碳至提高采收率法采油(EOR)系统。

[0110] 实施方式17.一种方法,其包括:

[0111] 感测燃气涡轮系统的运行;

[0112] 传送代表燃气涡轮系统的运行的传感器信号;

[0113] 将传感器信号转化为模型输入;

[0114] 将模型输入通信入化学计量模型;

[0115] 使用化学计量模型导出目标当量比;

[0116] 比较目标当量比与测量的当量比;

[0117] 基于比较目标当量比与测量的当量比,导出致动信号;和

[0118] 传送致动信号至制动器以控制燃气涡轮系统的至少一个参数。

[0119] 实施方式18.任意前述实施方式中限定的方法,其中比较目标当量比与测量的当量比包括导出当量比误差并使用当量比误差导出校正因子。

[0120] 实施方式19.任意前述实施方式中限定的方法,其中校正因子包括改变再循环的排气、燃料流动、氧化剂流动、稀释剂流动、燃料组成或其组合。

[0121] 实施方式20.任意前述实施方式中限定的方法,其包括通过使用测量的燃烧产物(production)导出测量的当量比。

[0122] 实施方式21.任意前述实施方式中限定的方法,其中使用化学计量模型包括使用化学模型。

[0123] 实施方式22.任意前述实施方式中限定的方法,其中化学模型包括化学计量燃烧方程式。

[0124] 实施方式23.任意前述实施方式中限定的方法,其中化学计量燃烧方程式包括:燃料+氧气 \rightarrow 热+水+二氧化碳的方程式。

[0125] 实施方式24.任意前述实施方式中限定的方法,其中化学计量燃烧方程式包括:

[0126] $C_xH_y + (x+y/4)O_2 + 3.76(x+y/4)N_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O + 3.76(x+y/4)$ 。

[0127] 实施方式25.任意前述实施方式中限定的方法,其中化学计量模型包括基于物理学的模型、人工智能(AI)模型、热动力学模型、统计模型或其组合。

[0128] 实施方式26.任意前述实施方式中限定的方法,其中感测燃气涡轮发动机的运行包括使用光谱传感器感测燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合。

[0129] 实施方式27.任意前述实施方式中限定的方法,其中感测燃气涡轮系统的运行包括使用 λ 计量器测量氧气/燃料比。

[0130] 实施方式28.任意前述实施方式中限定的方法,其中模型输入包括温度,相对于总燃料进气的冷却流体的百分比、燃料化学组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。

[0131] 实施方式29.任意前述实施方式中限定的方法,其中冷却流体的百分比不包括氧气。

[0132] 实施方式30.任意前述实施方式中限定的方法,其中致动信号配置为能够实现大约0.95和1.05之间的燃烧当量比。

[0133] 实施方式31.任意前述实施方式中限定的方法,其中燃气涡轮系统包括化学计量排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机,其配置为供应二氧化碳至提高采收率法采油(EOR)系统。

[0134] 实施方式32.一种系统,其包括:

[0135] 处理器,其配置为:

[0136] 感测燃气涡轮系统的运行;

[0137] 传送代表燃气系统的运行的传感器信号;

[0138] 将传感器信号转化为模型输入;

[0139] 将模型输入通信入化学计量模型;

[0140] 使用化学计量模型导出目标当量比;

[0141] 比较目标当量比与测量的当量比;

[0142] 基于比较目标当量比与测量的当量比,导出致动信号;和

[0143] 传送致动信号至制动器以控制燃气涡轮系统的至少一个参数。

[0144] 实施方式33.任意前述实施方式中限定的系统,其包括具有处理器的控制器。

[0145] 实施方式34.任意前述实施方式中限定的系统,其中处理器配置为导出当量比误差并使用当量比误差导出校正因子。

[0146] 实施方式35.任意前述实施方式中限定的系统,其中校正因子包括改变再循环的排气、燃料流动、氧化剂流动、稀释剂流动、燃料组成或其组合。

[0147] 实施方式36.任意前述实施方式中限定的系统,其中处理器配置为通过使用测量的燃烧产物导出测量的当量比。

[0148] 实施方式37.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学计量模型包括化学模型。

[0149] 实施方式38.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学模型包括化学计量燃烧方程式。

[0150] 实施方式39.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学计量燃烧方程式包括:燃料+氧气 \rightarrow 热+水+二氧化碳的方程式。

[0151] 实施方式40.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学计量燃烧方程式包括:

[0152] $C_xH_y + (x+y/4) O_2 + 3.76 (x+y/4) N_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2) H_2O + 3.76 (x+y/4)$ 。

[0153] 实施方式41.任意前述实施方式中限定的系统,其中化学计量模型包括基于物理学的模型、人工智能(AI)模型、热动力学模型、统计模型或其组合。

[0154] 实施方式42.任意前述实施方式中限定的系统,其中处理器配置为通过使用光谱传感器感测燃烧火焰的化学组成、燃料的化学组成、氧化剂的化学组成、稀释剂的化学组成或其组合来感测燃气涡轮发动机的运行。

[0155] 实施方式43.任意前述实施方式中限定的系统,其中处理器配置为通过使用 λ 计量器测量氧气/燃料比来感测燃气涡轮发动机的运行。

[0156] 实施方式44.任意前述实施方式中限定的系统,其中模型输入包括温度、冷却流体的百分比、燃料化学组成、压缩机排出温度(TCD)、具体湿度或其组合。

[0157] 实施方式45.任意前述实施方式中限定的系统,其中冷却流体的百分比包括离开燃气涡轮的排气。

[0158] 实施方式46.任意前述实施方式中限定的系统,其中致动信号配置为能够实现大约0.95和1.05之间的燃气涡轮的燃烧化学计量。

[0159] 实施方式47.任意前述实施方式中限定的系统,其中燃气涡轮发动机包括化学计量排气再循环(SEGR)燃气涡轮发动机。

[0160] 实施方式48.任意前述实施方式中限定的系统,其中控制器包括具有三个处理核的三重模块冗余(TMR)控制器。

[0161] 技术效果包括使用测量的 Φ 和/或燃烧产物来控制燃气涡轮运行。在一个实例中,基于模型的控制(MBC)系统可使用适合模拟燃烧——包括但不限于化学计量燃烧——的第一原理模型(如,化学模型、热动力学模型和/或基于物理学的模型)。MBC系统可额外地使用基于物理学的模型、人工智能(AI)模型和/或统计模型以导出目标 Φ 和/或燃烧产物。目标 Φ 和/或燃烧产物可与测量的 Φ 和/或目标或燃烧进行比较以导出可用于计算新的燃气涡轮控制信号——诸如致动燃料流动、氧化剂流动、稀释剂流动等的信号——的误差。因此,可提供改善的化学计量控制。

[0162] 该书面描述使用实例以公开本发明——包括最佳模式,并且也能够使本领域任何技术人员实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统和执行任何并入的方法。发明的可专利的范围由权利要求限定,并可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果它们具有非异于权利要求的字面语言的结构要素或如果它们包括非实质区别于权利要求的字面语言的等效结构要素,那么这些其它实例意欲在权利要求的范围内。

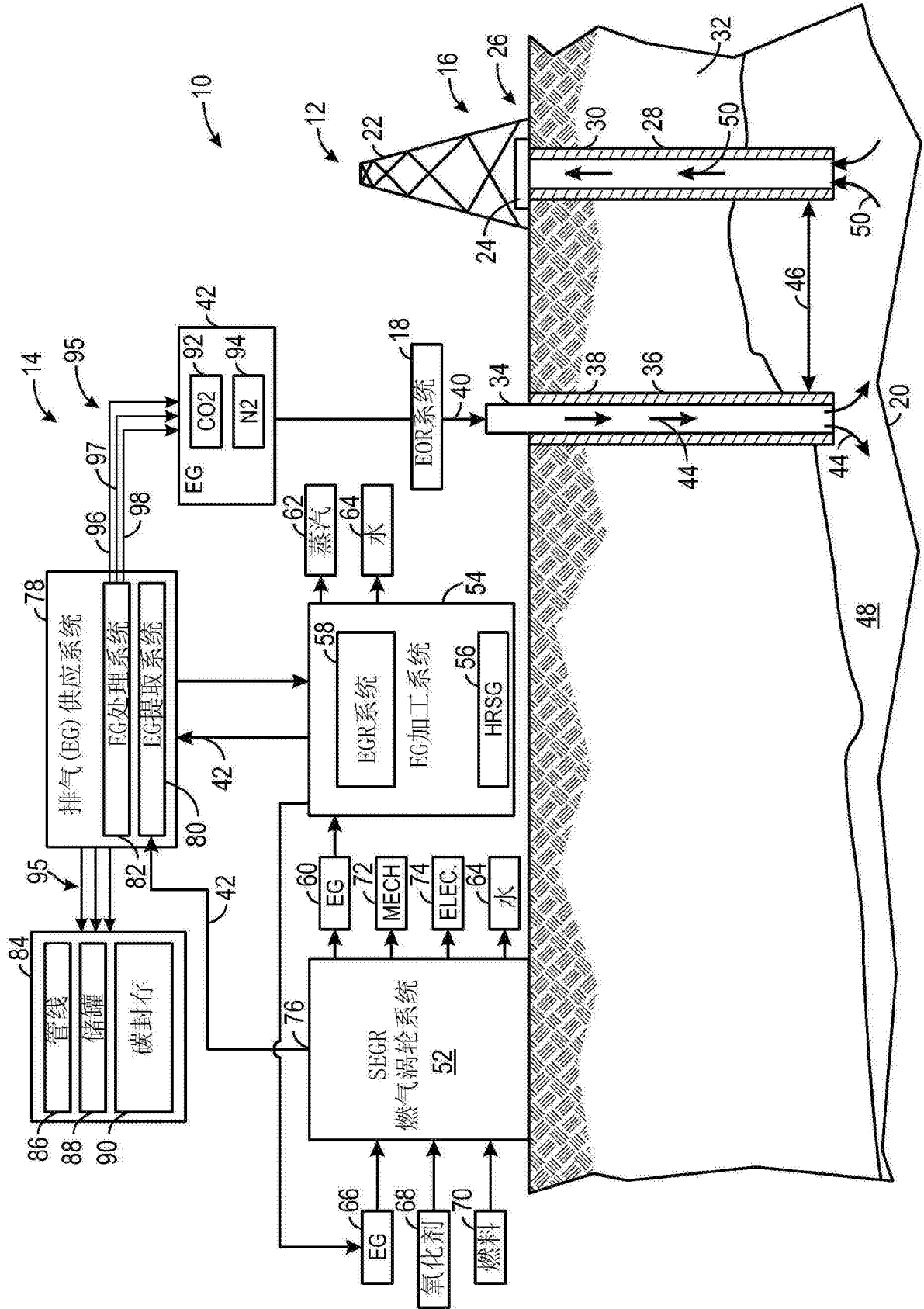


图1

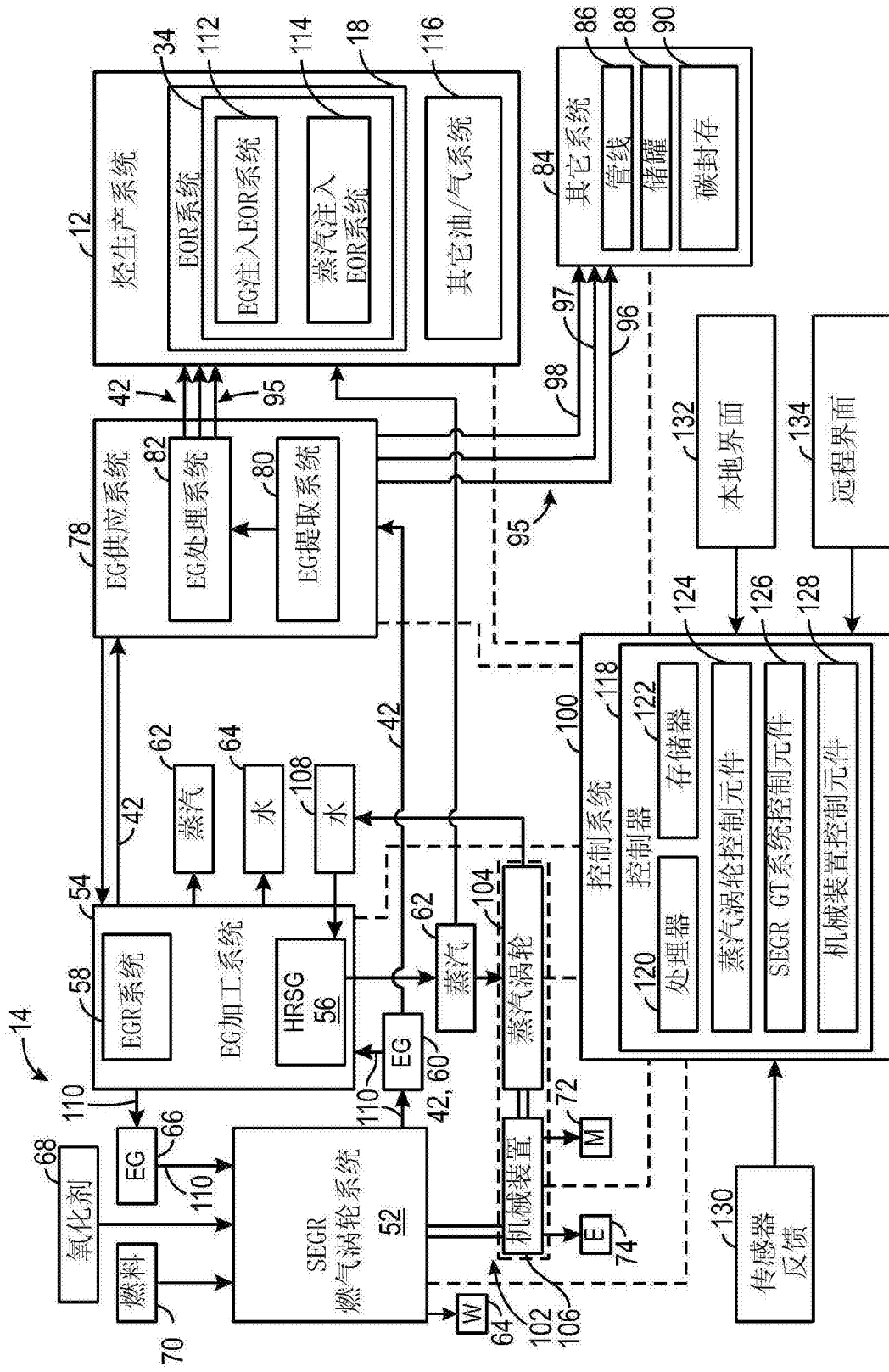


图2

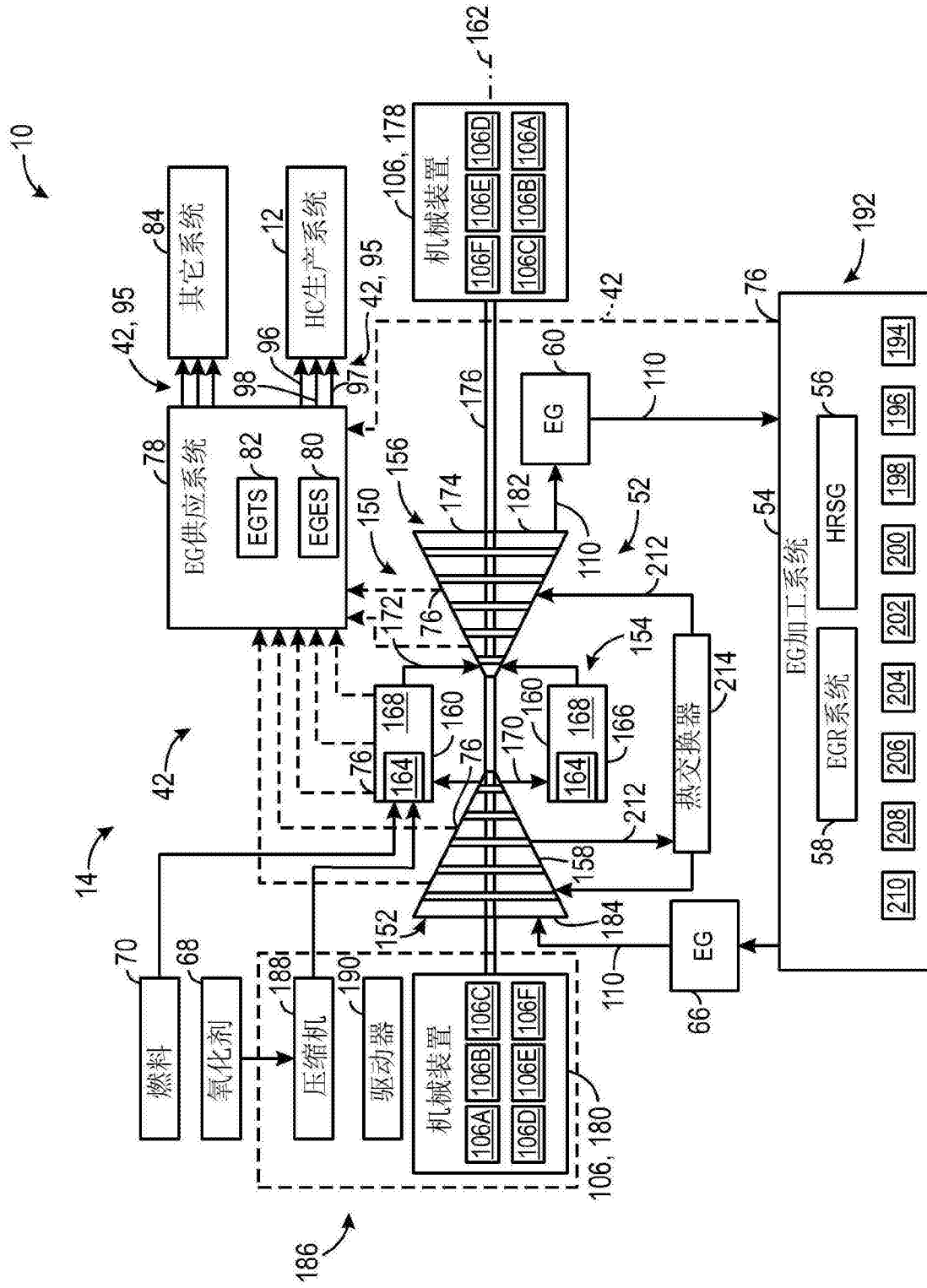


图3

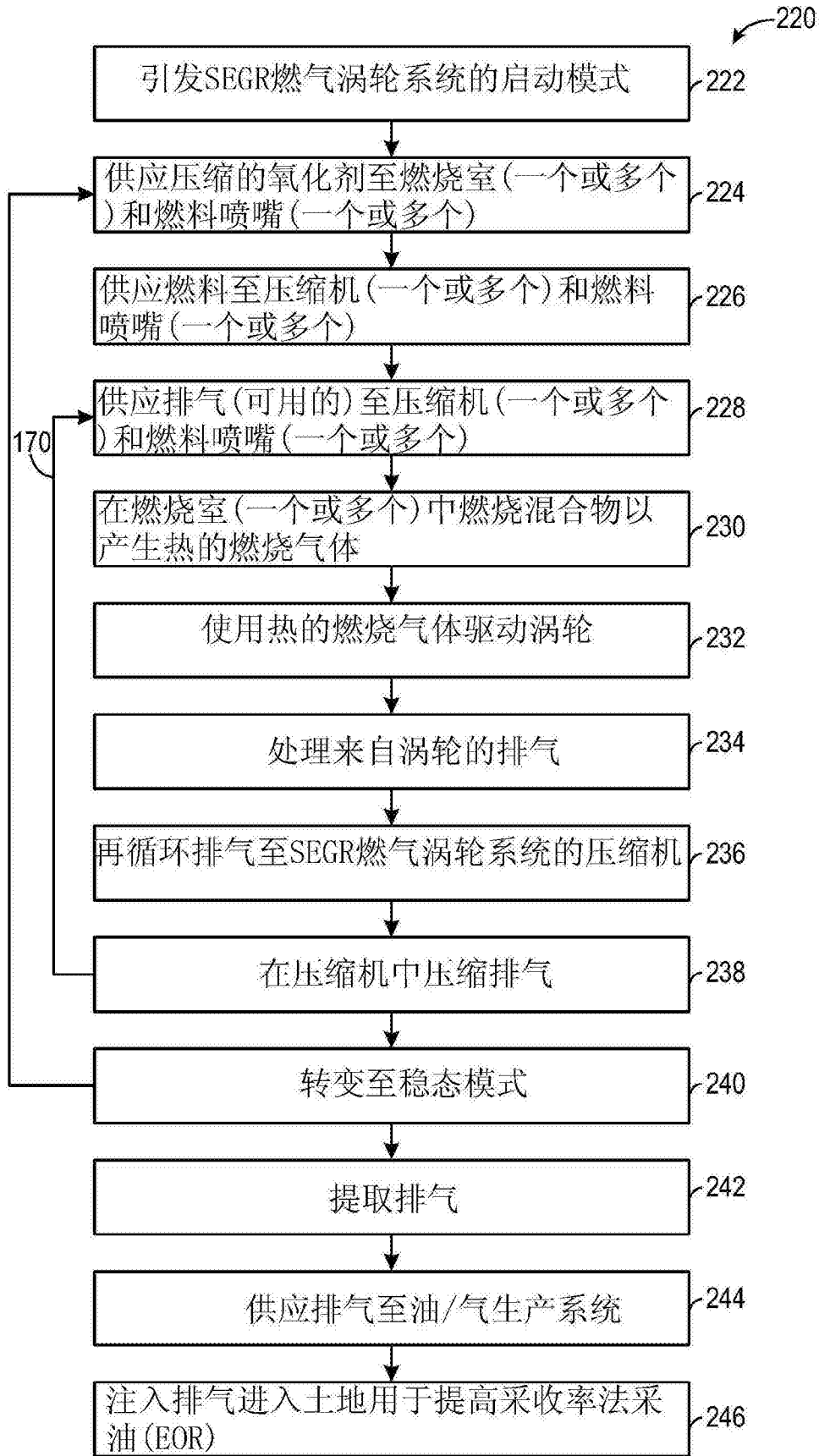


图4

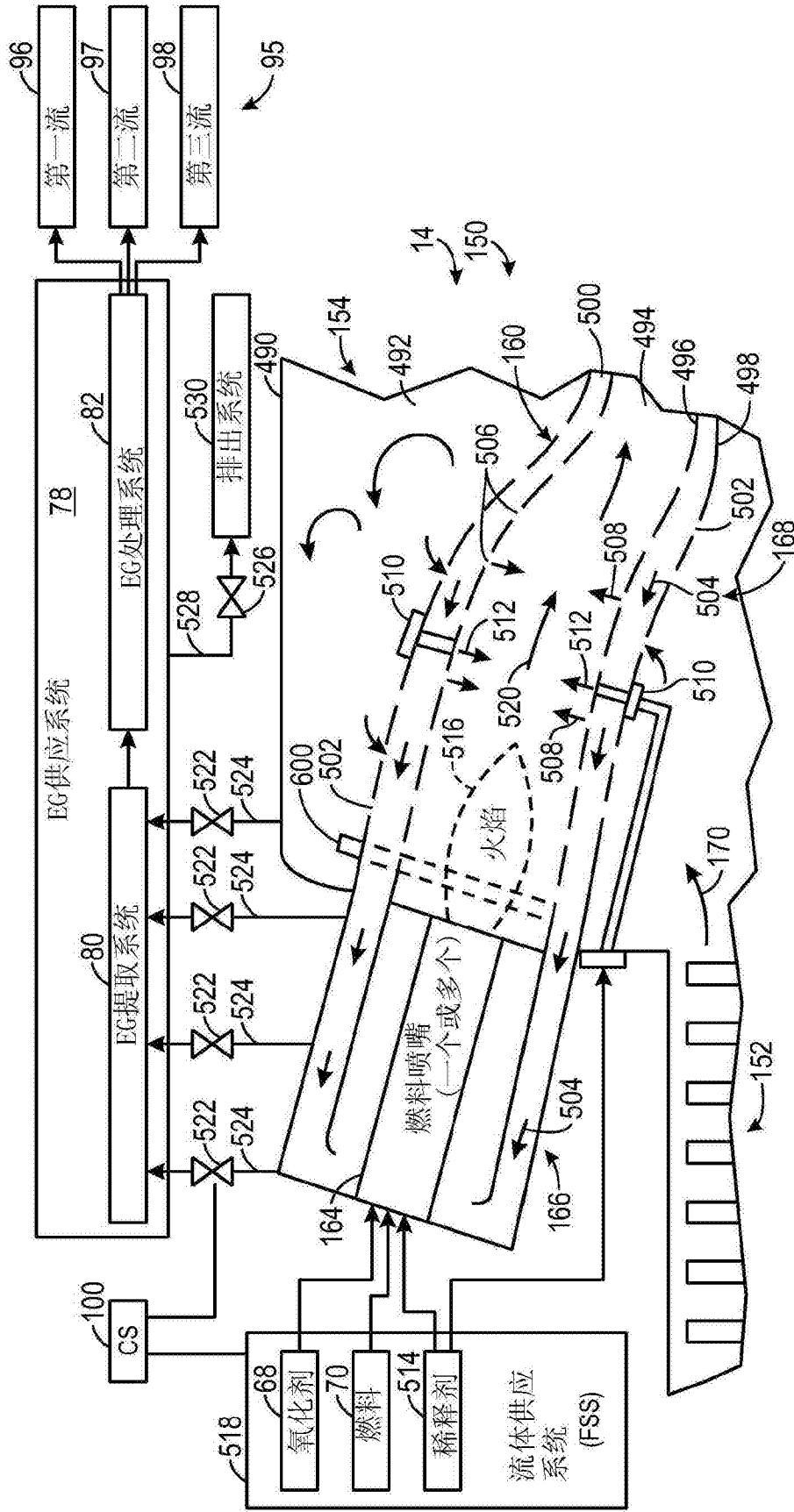


图5

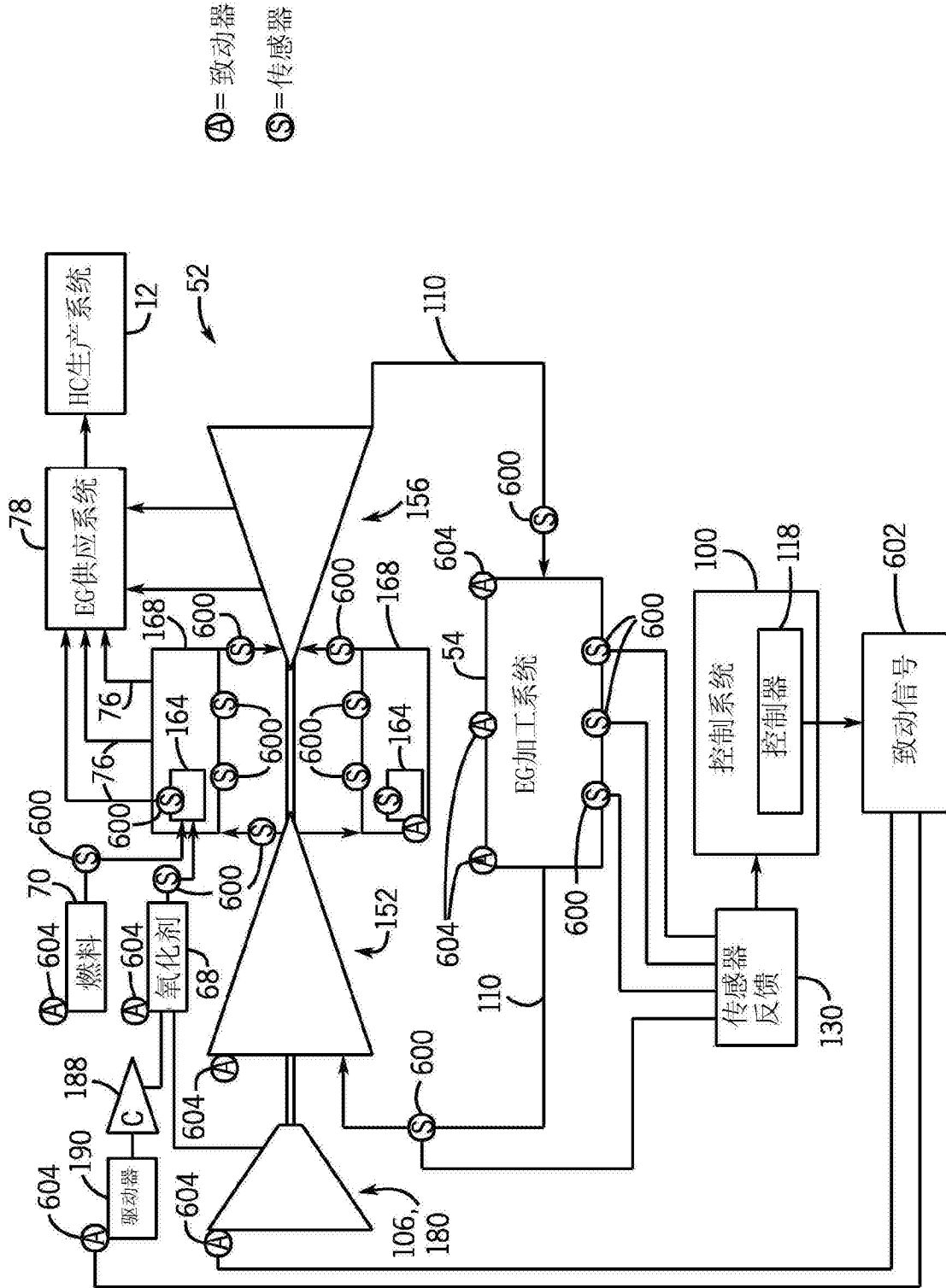


图6

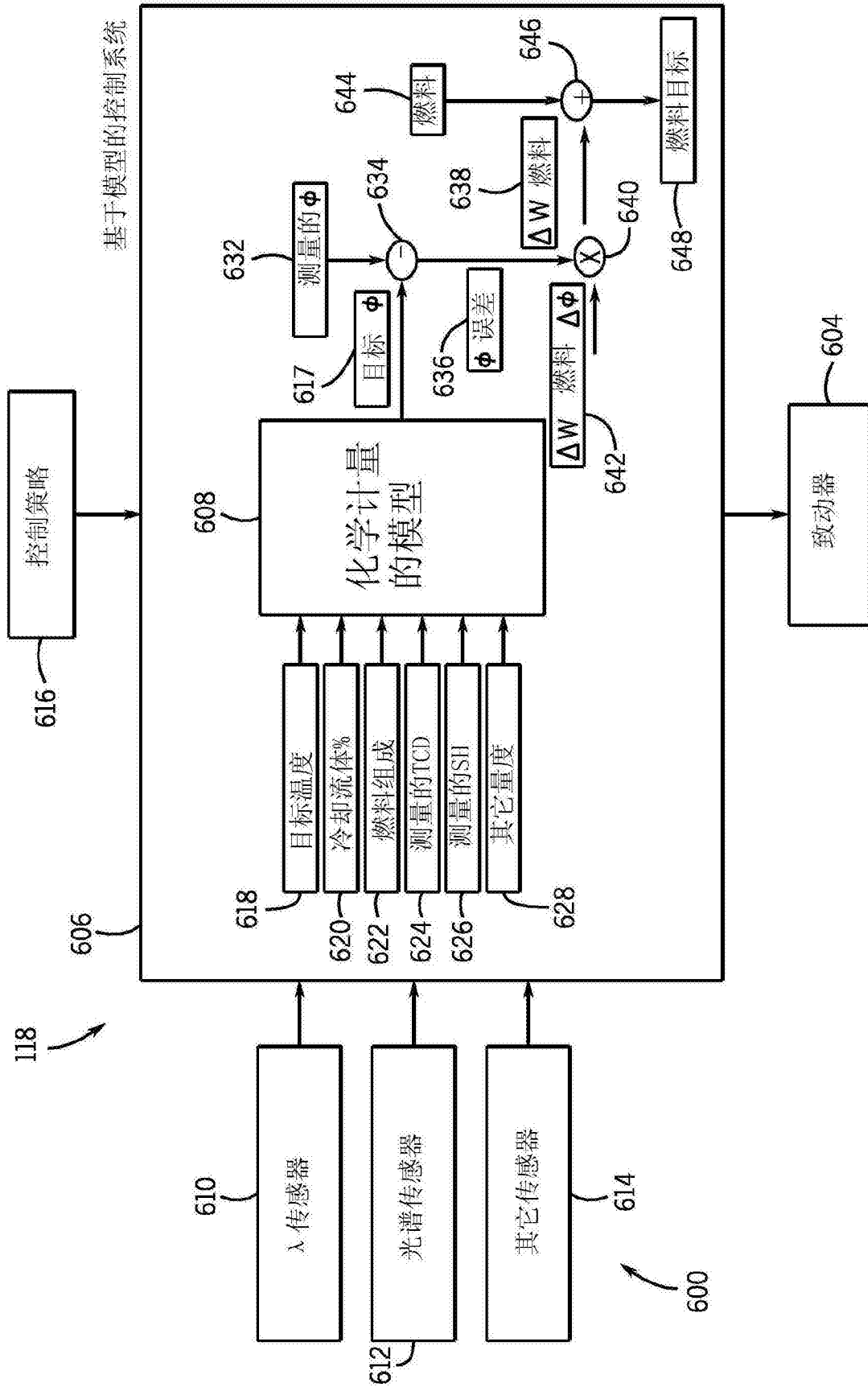


图7

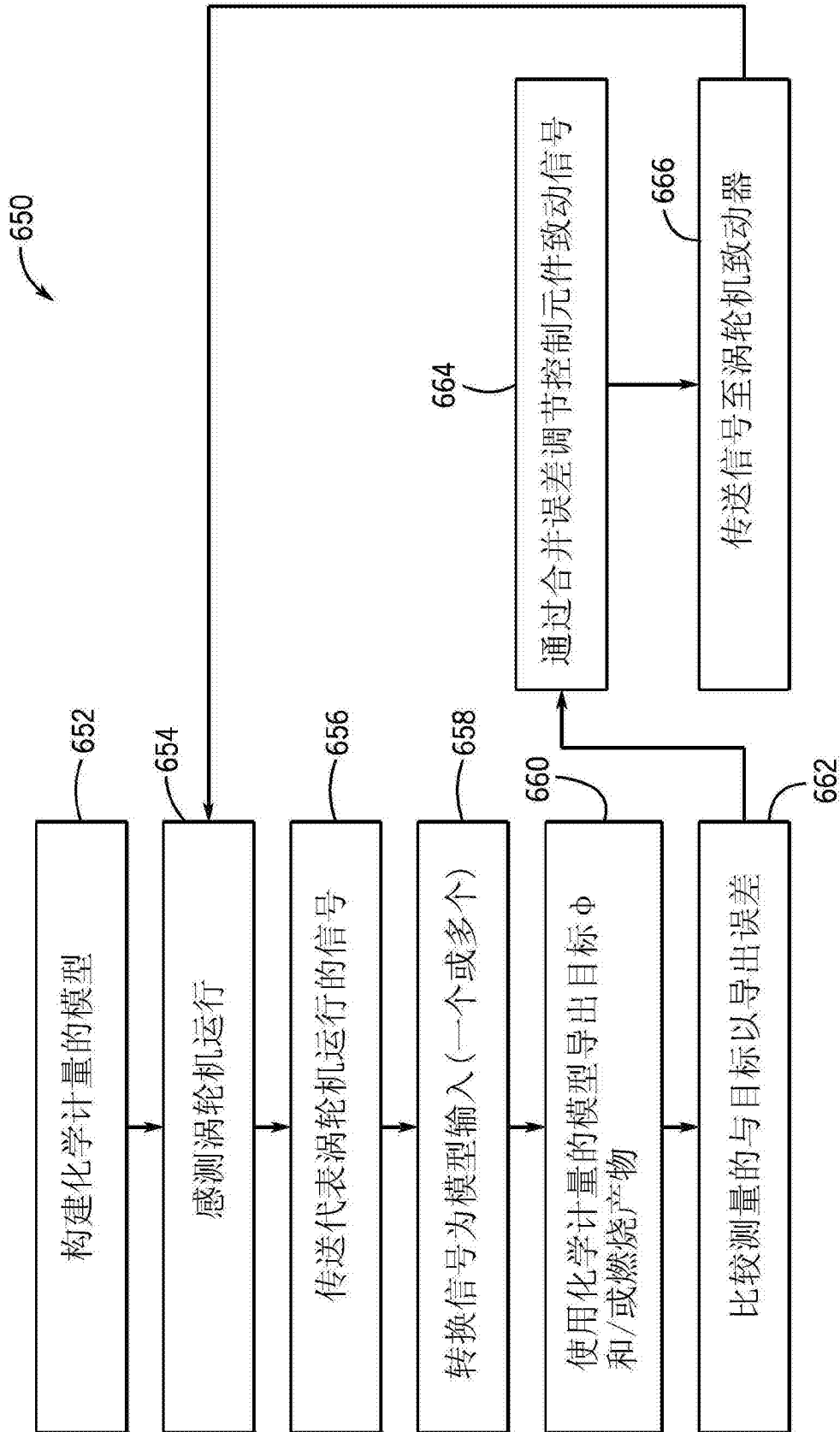


图8