



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113266848 B

(45) 授权公告日 2025.02.07

(21) 申请号 202110137809.9

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2021.02.01

F23R 3/28 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F22B 1/18 (2006.01)

申请公布号 CN 113266848 A

F22B 33/18 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.08.17

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

WO 2012121390 A1, 2012.09.13

16/777,207 2020.01.30 US

GB 761167 A, 1956.11.14

(73) 专利权人 三菱动力美洲株式会社

审查员 高扬

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 克雷格·萨托士·布鲁克 吴松

权利要求书2页 说明书9页 附图4页

迈克尔·麦克马纳斯

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

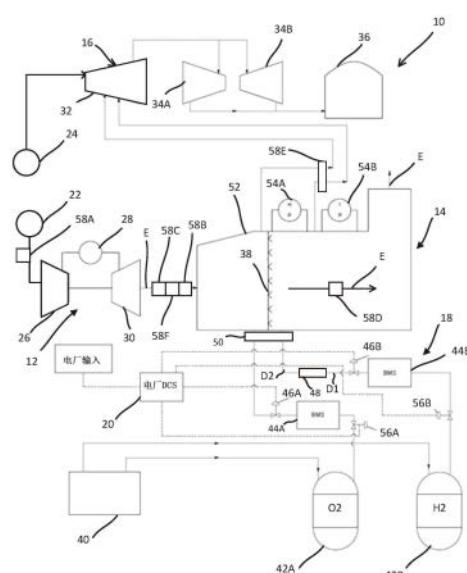
专利代理人 王子文

## (54) 发明名称

用于联合循环发电厂的管道燃烧器系统和加热用于联合循环发电厂的热回收蒸汽发生器中的排气的方法

## (57) 摘要

一种联合循环发电厂包括:用于生成排气的燃气轮机发动机,由燃气轮机发动机驱动的发电机,接收排气以加热水和生成蒸汽的蒸汽发生器,和被配置为在蒸汽发生器生成蒸汽之前加热蒸汽发生器中的排气的管道燃烧器系统;并且该管道燃烧器系统包括氢燃料源,用于在蒸汽发生器的管道中分配氢燃料的燃料分配歧管,和用于氢燃料在排气中的燃烧启动的点火器。一种加热用于联合循环发电厂的蒸汽发生器的排气的方法,包括:将燃气轮机发动机的燃烧气体引导到管道中;将氢燃料引入到管道中;使氢燃料和燃烧气体燃烧以生成加热气体;以及用加热气体加热管道中的水管以生成蒸汽。



1. 一种用于联合循环发电厂的管道燃烧器系统,所述联合循环发电厂包括被配置为生成排气的燃气轮机发动机、和被配置为接收来自所述燃气轮机发动机的所述排气以加热水并生成蒸汽的蒸汽发生器,所述管道燃烧器系统包括:

氢燃料源;和

燃料分配歧管,所述燃料分配歧管位于所述蒸汽发生器中,以在所述蒸汽发生器的管道内分配所述氢燃料;

其中,所述燃料分配歧管包括:

管状主体,所述管状主体沿轴线延伸以接收来自所述氢燃料源的氢燃料;

排放开口,所述排放开口位于所述管状主体中,用于将氢燃料释放到所述管道中;以及导流器,所述导流器位于所述管状主体的上游,用于使排气流围绕所述管状主体扩散。

2. 根据权利要求1所述的管道燃烧器系统,还包括连接至所述蒸汽发生器的管道的纯氧气源。

3. 根据权利要求2所述的管道燃烧器系统,还包括氧气分配歧管,所述氧气分配歧管位于所述蒸汽发生器中以分配所述蒸汽发生器的管道内的氧气。

4. 根据权利要求2所述的管道燃烧器系统,其中,所述氢燃料源包括电解系统,所述电解系统用于生成增压的氢气。

5. 根据权利要求4所述的管道燃烧器系统,还包括燃烧器管理系统,所述燃烧器管理系统用于基于所述燃气轮机发动机的操作参数来调整来自所述氢燃料源的氢燃料到所述燃料分配歧管的流量。

6. 根据权利要求5所述的管道燃烧器系统,还包括调节阀,所述调节阀用于控制所述氢燃料到所述燃料分配歧管的流量、以及纯氧到所述管道的流量。

7. 根据权利要求5所述的管道燃烧器系统,还包括:

流速传感器,所述流速传感器被配置成感测所述管道中的燃烧气体的流速;和

氧气含量传感器,所述氧气含量传感器被配置成感测所述管道中的燃烧气体的氧气含量。

8. 根据权利要求1所述的管道燃烧器系统,还包括膨胀装置,所述膨胀装置被配置为在所述氢燃料在所述排气中启动燃烧之前使所述氢燃料膨胀,

其中,所述膨胀装置包括位于所述氢燃料源和所述蒸汽发生器之间的膨胀喷嘴、或位于所述燃料分配歧管上的喷嘴。

9. 根据权利要求1所述的管道燃烧器系统,其中,所述导流器包括与所述管状主体并排地延伸的细长板,所述导流器具有允许排气流穿其而过的开口。

10. 根据权利要求1所述的管道燃烧器系统,其中:

所述导流器包括用于接收所述管状主体的袋装部;并且

所述排放开口包括喷嘴。

11. 根据权利要求1所述的管道燃烧器系统,还包括:

点火器,所述点火器被配置为在所述管道内启动所述氢燃料在所述排气中的燃烧;

第一发电机,所述第一发电机被配置为由所述燃气轮机发动机驱动以发电;

蒸汽轮机,所述蒸汽轮机被配置为接收由所述蒸汽发生器生成的蒸汽;以及

第二发电机,所述第二发电机被配置为由所述蒸汽轮机驱动以发电。

12. 一种加热用于联合循环发电厂的热回收蒸汽发生器中的排气的方法,所述方法包括:

将燃气轮机发动机的排气引导到管道中;  
经由燃料分配歧管将氢燃料引入到所述管道中;  
通过挡板减缓所述燃料分配歧管周围的排气流;  
使所述管道中的所述氢燃料和所述排气燃烧,以生成加热气体;以及  
用所述加热气体加热所述管道中的水管,以生成蒸汽。

13. 根据权利要求12所述的方法,还包括使用氧气分配歧管将氧气引导到所述排气中。

14. 根据权利要求12所述的方法,还包括将纯氧气引导到所述管道中,其中所述氢燃料未被稀释。

15. 根据权利要求14所述的方法,还包括用电解过程生成所述氢燃料和所述纯氧气。

16. 根据权利要求15所述的方法,还包括:

在将所述氢燃料和所述纯氧气引导到所述管道中之前将所述氢燃料和所述氧气存储在储罐中。

17. 根据权利要求15所述的方法,还包括:基于所述燃气轮机发动机的性能来调节所述氢燃料和所述纯氧气至所述管道的流量。

18. 根据权利要求17所述的方法,还包括:

感测所述管道中的所述排气的流速;和

感测所述管道中的所述排气的氧气含量。

19. 根据权利要求12所述的方法,还包括:在所述氢燃料进入所述管道之前使所述氢燃料膨胀。

20. 根据权利要求12所述的方法,还包括:用生成的蒸汽来发电。

## 用于联合循环发电厂的管道燃烧器系统和加热用于联合循环发电厂的热回收蒸汽发生器中的排气的方法

### 技术领域

[0001] 本文献总体地但并非限制性地涉及联合循环发电厂,诸如包括燃气轮机发动机的联合循环发电厂。更具体地说,但并非限制性地,本申请涉及用于联合循环发电厂的补充燃烧系统,诸如可以用于热回收蒸汽发生器的补充燃烧系统。

### 背景技术

[0002] 在燃气轮机联合循环(GTCC)发电厂中,燃气轮机发动机可以被操作以通过使用轴动力的发电机直接发电。燃气轮机发动机的热排气可以额外地用于在热回收蒸汽发生器(HRSG)内生成蒸汽,该蒸汽可以用于使蒸汽轮机轴旋转以进一步产生电力。

[0003] 可以通过提高排气的温度(例如通过使用补充燃烧系统)来提高HRSG的输出。在这样的系统中,可以将天然气燃料引导到HRSG的管道中,并通过管道燃烧器点火,以提高排气的能量和温度,从而提高在HRSG中产生蒸汽的能力。

[0004] 在Liebig的专利号US 6,810,675、Rollins III的专利号US 6,606,848、和Kobayashi等人的专利号US 2017/0350279中描述了使用补充燃烧系统或管道燃烧器的联合循环发电厂的示例。

### 发明内容

[0005] 在操作联合循环发电厂中需要解决的问题包括由于燃烧诸如天然气之类的化石燃料而排放二氧化碳(CO<sub>2</sub>),天然气是美国最广泛使用的用于发电的化石燃料。电力工业正试图向减碳或无碳电力发展,以响应促使基于碳的电力下降以及额外的最终过渡到100%可再生能源的各种国家政策。然而,本发明人已经认识到,除其他外,联合循环发电厂在燃气轮机联合循环发电厂内的多个不同的地方利用化石燃料。因此,简单地将联合循环发电厂的燃气轮机发动机过渡到燃烧更清洁的燃料,将不能实现尽可能低的排放物。

[0006] 本主题可以为该问题和其他问题提供解决方案,例如通过提供用于向联合循环发电厂提供无碳燃料的方法和系统。除了燃气轮机(GT)之外,联合循环设施中使用燃料来支持电力生产的一部分是位于HRSG内的管道燃烧器。HRSG内的管道燃烧器向热循环提供补充热输入,以提高蒸汽生产的能力,该蒸汽生产通过蒸汽轮机发生器(STG)转化为电能。管道燃烧器通常使用天然气作为燃料。

[0007] 本发明人已经认识到,管道燃烧器具有燃烧宽范围的燃料的能力。一种无碳电力源是通过使用氢气。一种可以将氢气转化为电力的这样的发电设施是具有带燃料源的管道燃烧器的联合循环发电厂,所述燃料源至少部分地是氢气。无论被燃烧的氢气的百分比如何,其产生的CO<sub>2</sub>排放物都将低于燃烧100%天然气的CO<sub>2</sub>排放物。此外,本公开可以在GTCC发电厂的位置使用增压氢燃料源,例如电解器。此外,可以在GTCC发电厂的位置额外地设置增压氧气源,例如电解器,以向燃烧过程提供氧化剂。氢气和氧气的量可以被控制或被调节,例如通过使用燃烧器管理系统来控制或调节,以控制独立于GT的操作的补充燃烧过程,从

而在HRSG中允许定制的蒸汽生产。

[0008] 在一个示例中,一种用于联合循环发电厂的管道燃烧器系统,该联合循环发电厂包括被配置为生成排气的燃气轮机发动机、和被配置为接收来自燃气轮机的排气以加热水并生成蒸汽的蒸汽发生器,所述管道燃烧器系统可以包括:氢燃料源和燃料分配歧管,所述燃料分配歧管位于所述蒸汽发生器中,以在所述蒸汽发生器的管道的长度上分配所述氢燃料。

[0009] 在另一个示例中,一种加热用于联合循环发电厂的热回收蒸汽发生器中的排气的方法可以包括:将燃气轮机发动机的燃烧气体引导到管道中;将氢燃料引入到管道中;使所述管道中的所述氢燃料和所述燃烧气体燃烧,以生成加热气体;以及用所述加热气体加热所述管道中的水管,以生成蒸汽。

[0010] 本发明内容旨在提供本专利申请的主题的概述。本发明内容旨不旨在提供对发明的排他的或详尽的解释。包括具体实施方式以提供关于本专利申请的进一步信息。

## 附图说明

[0011] 图1是包括补充燃烧单元的燃气轮机联合循环发电厂的示意图,该补充燃烧单元包括氢燃料源和氧气源。

[0012] 图2是包括用于将氢燃料和氧气引入到图1的燃气轮机联合循环发电厂的HRSG的管道中的不同的歧管的分配系统的透视图。

[0013] 图3是包含喷嘴的氢气歧管的示意性截面图。

[0014] 图4是用于图1的燃气轮机联合循环发电厂的燃烧器管理系统的示意性框图。

[0015] 图5是示出生成和燃烧位于联合循环发电系统的管道燃烧器中的氢燃料和氧气的方法的示意性线路图。

[0016] 在不必要按比例绘制的附图中,类似数字可以在不同的视图中描述相似部件。具有不同字母后缀的类似数字可以表示相似部件的不同实例。附图以举例的方式但并非限制性的方式总体地示出了本文献中讨论的各个实施例。

## 具体实施方式

[0017] 图1是包括燃气轮机12、热回收蒸汽发生器(HRSG)14、汽轮机16、补充燃烧系统18和电厂控制器20的联合循环发电厂10的示意图。燃气轮机12可以被配置为向发电机22提供输入,并且蒸汽轮机可以被配置为向发电机24提供输入。控制器20可以包括分布式控制系统(DCS)装置。HRSG 14可以可操作地联接到蒸汽轮机16。燃气轮机12可以包括压缩机26、燃烧器28和汽轮机30。蒸汽轮机16可以包括多个级,诸如高压汽轮机32和中/低压汽轮机34A和34B。蒸汽轮机16可以另外联接到冷凝器36。补充燃烧系统18可以包括管道燃烧器系统38、气体发生器40、储罐42A和42B、控制装置44A和44B、阀46A和46B、膨胀装置48和可选的混合器50。

[0018] 燃气轮机12可以被配置为通过在压缩机26中压缩空气、在燃烧器28中将压缩空气与燃料混合以经由燃料的燃烧而生成高能气体、并且然后在汽轮机30中使高能气体膨胀以产生旋转轴动力来进行操作。汽轮机30的旋转可以使轴旋转,以传递压缩机26的旋转和压缩机中的空气的压缩,以维持燃烧过程。该相同的旋转轴动力可以用于使发生器轴转动以

向发电机22提供输入。因此,在燃烧器28中燃料的燃烧在发电机22处转化为电能。

[0019] 由于汽轮机30而膨胀的气体可以被通入HRSG 14中,以便例如生成蒸汽以供蒸汽轮机16的操作。HRSG 14可以包括管道燃烧器系统38以及其它部件,诸如过热器、蒸发器、节能器和选择性催化还原(SCR)系统,为了简单起见,图1中没有示出这些部件。来自汽轮机30的排气E可以经过HRSG 14的各个传热部件,以便产生蒸汽,并最终引起汽轮机32、34A和34B的旋转,从而使为发电机24提供输入的蒸汽轮机轴旋转。冷凝器36可以收集来自蒸汽轮机16的蒸汽,并将在该冷凝器中冷凝的水返回到HRSG 14以传递蒸汽生成过程。蒸汽轮机16和冷凝器36可以以常规方式操作。因此,从燃气轮机12的排气中生成的热可以在发电机24处转化为电能。由发电机22和24生成的电能可以被输送至终端用户,例如通过联接到分布式电网网络而输送至终端用户。

[0020] 为了提高HRSG 14的输出能力,例如提高将水变成蒸汽的能力,可以使用管道燃烧器系统38来提高燃气轮机12的排气E的温度。管道燃烧器系统38可以将燃料引入到HRSG 14的管道52中且位于高压蒸气回路54A和低压蒸气回路54B的水管路之前(例如,该水管路的上游)。该燃料可以与排气混合。管道燃烧器系统38可以包括一个或多个点火器(例如,图2的点火器68A至68C),以使燃料燃烧从而提高排气E的温度。

[0021] 在本公开中,管道燃烧器系统38可以利用氢气与作为增强氧化剂的氧气进行燃烧,并为整个热循环提供补充热。氧气和氢气的比率(氧氢比)可以独立于燃气轮机12的操作曲线(operating profile)。因此,管道燃烧器系统38可以为联合循环发电厂10提供扩展的操作曲线、改进的管道燃烧器火焰稳定性、改进的整体热效率、更低的排放和增强的负荷跟随能力。用于补充燃烧的气体产品(例如H<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>)可以由电解器40产生,或者可以由独立的源提供。在一个示例中,电解器40可以提供H<sub>2</sub>,并且可以利用环境空气中的氧气。在这样的配置中,环境空气向燃烧过程提供氮气,这可能导致产生不希望的排放物。这些排放物可以通过使用选择性催化还原(SCR)系统来补救。在图示的实施例中,电解器40可以提供H<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>两者。

[0022] 电解器40使用电流来生成H<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>气体。例如,水(H<sub>2</sub>O)可以被分解成氧气(O<sub>2</sub>)和氢气(H<sub>2</sub>)。电解过程中产生的成分(例如O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>)可以分别存储在罐42A和42B中。O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>可以在罐42A和42B内被增压。增压可以作为电解过程的结果而发生,或者可以通过额外的装置来提供,例如通过一个或多个压缩机或泵来提供。

[0023] 罐42A和42B中的每一个可以向管道燃烧器系统38提供气体,诸如H<sub>2</sub>或O<sub>2</sub>。气体的流量可以由控制装置44A和44B与调节阀46A和46B一起控制。此外,罐42A和42B可以设置有截止阀56A和56B。截止阀56A和56B可以包括开/关阀,该开/关阀分别允许或阻止来自罐42A和42B的气体流。阀46A和46B可以包括调节阀,该调节阀可以移动到开和关之间的多个位置,以分别允许不同量的气体流动通过该调节阀。调节阀46A和46B以及截止阀56A和56B可以连接到电厂控制器20。

[0024] 管道燃烧器系统38可以被配置为燃烧被添加到排气E中的且从气体发生器40和/或罐42A和42B提供到管道52的燃烧成分(H<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>)。因此,在图1的配置中,可以将增强氧化剂(氧气(O<sub>2</sub>))引入到管道52中,以支持也被引入到管道52中的燃料(氢气(H<sub>2</sub>))的燃烧。

[0025] 燃料和氧化剂的分配和火焰稳定性可以在宽范围的工况下得到支持,诸如分别通过BMS 44A和44B及阀46A和46B的调节。使用天然气的标准管道燃烧器的操作受到燃气轮机

排气的参数(诸如,排气温度、氧气水平和流速)的限制。通过本公开的补充燃烧系统18,单独供应 $O_2$ 可以使 $H_2$ 在管道52中的燃烧能够在更宽的燃气轮机排气参数范围内操作,至少在某种程度上与燃气轮机12的排气参数和操作参数解耦。

[0026] 从罐42B经由阀46B到管道燃烧器38的 $H_2$ 流量可以被氢气流量控制器控制,该氢气流量控制器结合到BMS 44B中并与电厂控制器20连通。BMS 44B可以基于来自GT负荷传感器58A、和GT排气流速传感器58B、管道燃烧器38上游的GT排气温度传感器58C和管道燃烧器38下游的和GT排气温度传感器58D、HRSG蒸汽温度传感器58E、氧气水平传感器58F的传感器信号,以及包括来自氢燃料管道燃烧器38的能量输入在内的GTCC发电厂10的期望的总电力输出,来调节氢气流速。例如,由于 $H_2/O_2$ 的燃烧比天然气更快、更热,所以待燃烧的 $H_2/O_2$ 的量可以以排气流速以及HRSG蒸汽温度限制为基础。

[0027] 从罐42A经由阀46A到管道燃烧器38的 $O_2$ 流量可以被氧气流量控制器控制,该氧气流量控制器结合到BMS 44A中并与电厂控制器20连通。BMS 44A可以基于氢气的补充燃烧负荷、和进入管道燃烧器38的GT排气E的流速和氧气含量、以及管道燃烧器38上游和下游两者的排气温度,来控制氧气流动速率。预计(来自排气和外部供应的)目标综合氧气含量具有约10%至约20%的过量氧气,以提供完全燃烧。可以在管道52中设置氧气传感器,以感测管道燃烧器系统38上游的排气E中的氧气量。

[0028] 氢气和氧气可以从罐42A和42B一直经由不同的管路供应到HRSG 14的管道52的内部,以防止供应管路中的火焰反闪(flashback),例如参考图2所描述的。可替代地,氧气和氢气可以在本地被预混合,例如在混合器50内被预混合,并且混合物可以在临近点火之前注入到排气流中。

[0029] 图1的配置以及其它氢气燃烧管道燃烧器可以通过其它可选的装置和配置来增强,所述其它可选的装置和配置可以增加燃烧过程的值和效率,除此之外减少排放物。首先,燃料预热可以提高火焰稳定性,减少CO,并允许改善火焰管理,从而改善NOx控制。由于氢气(高于200°K)具有负的焦耳-汤姆逊系数,因此膨胀装置48可以安装在氢气燃烧器管理系统(BMS) 44B和氢气流量控制器(例如,阀46B)之后,以便提供燃料预热。膨胀装置48可以包括任何节流装置设计,该节流装置设计可以提供燃料预热以帮助减少CO,并且增强火焰稳定性和NOx控制。因为氢气的操作温度将始终高于200°K,所以焦耳-汤普森系数将始终保持为负。膨胀后管径(D2)与膨胀前管径(D1)也可以由循环设计的具体情况决定,但总是期望D2将大于D1以便适应膨胀(以及潜在地使膨胀最大化)。作为膨胀装置48的替代,或者附加于膨胀装置48,可以在管道燃烧器线路上安装喷嘴,并利用喷嘴使氢气进一步膨胀超过上游膨胀装置48所达到的程度,以获得进一步的燃料预热,如图2所示。使用管道燃烧器线路上的喷嘴可以允许位于上游膨胀装置处的膨胀后管径(D2)减小,这可以降低材料成本和复杂性。在其它示例中,可以使用燃料加热装置,诸如与GTCC发电厂10的其它部分连通的电加热器或热交换器。

[0030] 被分别控制的且一致的氢气流量和氧气流量可以在宽范围的GT工况下帮助确保最佳的燃烧条件以保持火焰的稳定性,并使CO和NO排放物最少化。可选的部件(节流装置、管道燃烧器喷嘴)进一步增强系统的操作。

[0031] 图2是用于管道燃烧器系统38的分配系统60的透视图,该分配系统包括不同的歧管62A和62B,用于将氧气和氢燃料引入到图1的燃气轮机联合循环发电厂10的HRSG 14的管

道52中。歧管62A和62B可以提供混合器50的替代方案。如上所述,混合器50可用于在点火之前使氧气和氢气预混合,这是设计燃烧器(“预混合的火焰”)的一种方式。在这样的配置中,可以使用单个歧管将氧气和氢气的混合物引入到管道52中。可替代地,可以使用歧管62A和62B来保持氧气和氢气的分离,直到刚好点燃之前(所以被称为“扩散火焰”)。管道燃烧器系统38可以以任一方式配置。

[0032] 进入到歧管62A和62B中的气体的流量可以由调节阀46A和46B控制,所述调节阀46A和46B分别由控制装置44A和44B与控制器20协调来操作。被引入到歧管46A和46B中的氧气和氢气的推动压力或动力可以由压缩机或泵、电解器40或由罐42A和42B的增压来提供。

[0033] 歧管62A和62B可以被配置为细长管状元件,该细长管状元件可以部分地或完全地延伸穿过管道52,例如延伸至图1的平面。可以在管道52内竖向地设置多个纵向水平的歧管62A和62B,以在管道52的高度上分配氧气和氢气。歧管62A和62B可以分别设置有孔口64A和64B,以允许气体流出细长管状元件。孔口64A和64B可以分别设置在歧管62A和62B的下游或尾侧。点火系统66可以设置在歧管62A和62B的下游,以使用点火器68A、68B和68C提供一个或多个火花引发器或其它火焰引发器。激发器70可以联接到控制器20以向点火器68A至68C提供能量,例如热能或电能。

[0034] 在图示的示例中,歧管62A的直径被显示为大于歧管62B的直径。然而,歧管62A和62B的绝对直径和相对直径、或其他形状的横截面积、以及孔口64A和64B的尺寸,可以基于排气E以及氢气和氧气的温度和体积的预期操作范围来确定。孔口64A和64B可以包括歧管62A和62B中的简单通孔。然而,在其他示例中,孔口64A和64B可以被配置为喷嘴或配备有喷嘴,如图3所示。

[0035] 图3是包括管状主体74、喷嘴76和导流器78的歧管72的示意性截面图。导流器78可以被轮廓化以形成袋状部80,管状主体74可以完全地或部分地布置于该袋状部中。导流器78可以完全地或部分地延伸穿过管道52的宽度,长度足以遮蔽歧管72的宽度。

[0036] 歧管72可以包括细长管状主体74,该细长管状主体具有被配置成跨越或至少部分地跨越管道52的宽度的长度。歧管72可以具有部分圆形的截面轮廓,但可以具有其它形状。喷嘴76可以从管状主体74突出,例如从歧管72的中心在径向方向上突出。歧管72可以定位在管道52内,使得喷嘴76在下游方向上突出,例如在排气E的流动方向上突出。喷嘴76可以被配置为狭窄通道,例如收敛的喷嘴,以对H<sub>2</sub>气体从歧管72的离开进行节流,并由此对H<sub>2</sub>气体提供预热。然而,喷嘴76可以具有其他配置,例如汇聚-发散。喷嘴76可以是膨胀装置48的替代方案,或者可以与膨胀装置48组合设置以提供两级加热。

[0037] 可以设置挡板78以使歧管72周围的排气E流减缓或扩散。挡板78可以设置有穿孔,以允许排气E穿过挡板78。因此,穿过挡板78和围绕挡板78的排气E可以被减慢到更适合于接收来自歧管72的H<sub>2</sub>气体和维持燃烧过程(例如,促进火焰稳定性)的速度。

[0038] 图4是包括用于管道燃烧器系统38的燃烧器管理系统的控制装置44B的示意性框图。图4的控制装置44B可以是例如安装在联合循环发电厂10的控制室中并且具有对阀46B和56B进行控制的功能的计算机。图1的控制装置44B可以是例如安装在联合循环发电厂10的控制室中并且具有对阀46A和56A进行控制的功能的计算机。图4参照控制装置44B进行描述,然而控制装置44A可以被类似地配置。控制器20(图1)可以与控制装置44A和44B连通,并且可以被配置成控制和协调燃气轮机12、HRSG 14和管道燃烧器系统38的操作。控制装置

44B可以包括CPU 82、HDD 84、RAM 86、ROM(例如,EPROM) 88和I/O端口90。

[0039] 输入单元92、记录介质94、输出单元96、网络98可以适当地连接到I/O端口90、以及GTCC发电厂10的待控制的部分。待控制的部分可以包括调节阀46B和截止阀56B。包括点火器68A至68C和激发器70的管道燃烧器系统38的操作可以由控制器20控制,控制器20可以附加地控制GTCC发电厂10的其它方面,诸如,到燃气轮机12的燃料流量、入口引导叶片(未示出)、发电机22和24、蒸汽轮机16、气体发生器40等的操作。因此,包括补充燃烧系统18的GTCC发电厂10的操作可以由控制器20与控制装置44A和44B联合控制。

[0040] 输入单元92可以包括键盘、鼠标、触摸面板和可以通常使用的类似单元。输出单元92可以包括触摸面板,并且可以附加地用作输入单元92。记录介质94可以包括各种记录介质中的任何一种,诸如磁带、磁盘、光盘、磁光盘,并且半导体存储器是适用的。输出单元96可以包括诸如监测器之类的显示装置,或者打印机是适用的。诸如输出声音的扬声器之类的装置作为输出单元96是适用的。此外,控制装置44B可以与输入单元92和输出单元96一体化配置,并且不限制控制装置44B的形式,控制装置44B的形式可以是台式机型、笔记本型、平板电脑型等。网络98不仅包括互联网,还包括局域网等,并且控制装置44B可以通过网络98连接到另一终端、数据库、服务器、控制器20、控制装置44A等。

[0041] 包括GTCC操作程序等在内的各种程序存储在ROM 88中,并且这些程序由CPU 82从ROM 88中读取,加载到例如RAM 86,并被执行。操作程序可以通过I/O端口90从记录介质94或网络98输入,并存储在ROM 88中。操作程序可以通过CPU 82通过I/O端口90从记录介质94或网络98读取,并且在不存储在ROM 88中的情况下直接加载到RAM 86中,来被执行。由操作获得的数据等被存储在HDD 84、ROM 88、RAM 86和记录介质94之外的一个或多个存储器中,并且由操作输入单元92而输出到输出单元96。在本说明书中,ROM 88、HDD 84、记录介质94、通过网络98连接的存储装置等中的至少一者被简单地表示为下文的“存储器”。

[0042] 用于操作补充燃烧系统18、管道燃烧器系统38和气体发生器40的指令可以存储在ROM 88中。这样的指令可以包括:用于在补充燃烧系统18在线或离线时打开和关闭截止阀56B的指令、以及用于调节阀46B控制由管道燃烧器系统38生成的燃烧过程的指令。例如,指令可以被配置为基于通过I/O端口90接收到的从GT负荷传感器58A、GT排气流动速率传感器58B、GT排气温度传感器58C和58D、HRSG蒸汽温度传感器58E和氧气水平传感器58F接收的输入信号,生成用于调节阀46B的命令信号。同样地,指令可以被配置为基于由控制装置44A引入到管道52中的氧气的输出生成用于调节阀46B的命令信号。

[0043] 在另外的示例中,控制装置44B可以被配置为操作气体发生器40,以便例如确保可以向管道燃烧器系统38供应足够的氢气H<sub>2</sub>供应,以用于GTCC发电厂10的预期或预测操作。在一个示例中,控制装置44B可以与补充燃烧系统18的操作一起实时地操作气体发生器40,以在补充燃烧系统18操作的同时提供氢气的实时供应。在其他示例中,控制装置44B可以间歇地操作气体发生器40以填充罐42B,并且当管道燃烧器系统38从罐42B吸取氢气时,例如低于阈值水平时,控制装置44B可以启动气体发生器40的操作以填充罐42B。

[0044] 图5是示出了在联合循环发电系统的管道燃烧器中生成氢燃料和氧气和燃烧氢燃料和氧气的方法的示意性路线图。在一个示例中,方法100描述了用于操作根据本公开的热回收蒸汽发生器14的补充燃烧系统18的管道燃烧器系统38和气体发生器40的方法。

[0045] 在步骤102处,气体发生器40可以被操作以生成O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>气体。例如,气体发生器40可

以从控制装置44A、控制装置44B和控制器20中的一个或多个接收指令以启动、维持和停止O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>气体的生成。

[0046] 在步骤104处,由气体发生器40在步骤102生成的气体可以被引入到管道燃烧器系统38中,以向排气E提供低排放热或无排放热。

[0047] 在步骤106处,可以生成H<sub>2</sub>。在一个示例中,气体发生器40可以包括生成H<sub>2</sub>气体的电解器。

[0048] 在步骤107处,H<sub>2</sub>气体可以立即或随后被存储以供使用。在一个示例中,H<sub>2</sub>气体可以存储在罐42B中。当气体发生器40不进行操作时,罐42B可以用作存储H<sub>2</sub>气体的储蓄器。

[0049] 在步骤108处,可以生成O<sub>2</sub>。在一个示例中,气体发生器40可以包括生成O<sub>2</sub>气体的电解器。在另一示例中,来自大气或环境空气的氧气可以被用作O<sub>2</sub>气体源。

[0050] 在步骤109处,O<sub>2</sub>气体可以立即或随后被存储以供使用。在一个示例中,O<sub>2</sub>气体可以存储在罐42A中。当气体发生器40不进行操作时,罐42A可以用作存储O<sub>2</sub>气体的储蓄器。

[0051] 在步骤110处,可以对H<sub>2</sub>气体进行增压。在一个示例中,H<sub>2</sub>气体可以作为步骤106的生成过程的结果而被固有地增压。在包括电解器的气体发生器40的示例中,H<sub>2</sub>气体可以被固有地增压。在其他示例中,在步骤106产生的H<sub>2</sub>气体可以用另一装置(例如,泵或压缩机)来随后增压。在另一些其他示例中,增压的H<sub>2</sub>气体可以在罐42B中被输送到联合循环发电厂10的现场。

[0052] 在步骤112处,可以对O<sub>2</sub>气体进行增压。在一个示例中,O<sub>2</sub>气体可以作为步骤108的生成过程的结果被固有地增压。在包括电解器的气体发生器40的示例中,O<sub>2</sub>气体可以被固有地增压。在其他示例中,在步骤108产生的O<sub>2</sub>气体可以用另一装置(例如,泵或压缩机)来随后增压。在另一些其他示例中,增压的O<sub>2</sub>气体可以在罐42A中被输送到联合循环发电厂10的现场。

[0053] 如上所述,虽然步骤106、108、110和112被表示为不同的步骤,但在示例中,步骤106、108、110和112可以与气体发生器40的操作同时发生。

[0054] 在步骤114处,H<sub>2</sub>气体的流量可以被调节,例如通过使用控制装置44B来调节,以便基于例如燃气轮机12的负荷、排气E的流速、排气E的温度和HRSG 14内的蒸汽温度来控制管道52中的燃烧过程,所述燃气轮机12的负荷、排气E的流速、排气E的温度和HRSG 14内的蒸汽温度可以通过GT负荷传感器58A、和GT排气流速传感器58B、位于管道燃烧器38上游的GT排气温度传感器58C和管道燃烧器38的下游的GT排气温度传感器58D、HRSG蒸汽温度传感器58E以及氧气水平传感器58F来感测。

[0055] 在步骤116处,O<sub>2</sub>气体的流量可以被调节,例如通过使用控制装置44A来调节,以便基于例如燃气轮机12的负荷、排气E的流速、排气E的温度和HRSG 14内的蒸汽温度来控制管道52中的燃烧过程,所述燃气轮机12的负荷、排气E的流速、排气E的温度和HRSG 14内的蒸汽温度可以通过GT负荷传感器58A、和GT排气流速传感器58B、位于管道燃烧器38上游的GT排气温度传感器58C和管道燃烧器38下游的GT排气温度传感器58D、HRSG蒸汽温度传感器58E以及氧气水平传感器58F来感测。

[0056] 在步骤118处,可以通过使用诸如喷嘴之类的膨胀装置对H<sub>2</sub>气体进行节流。H<sub>2</sub>气体的节流可以向H<sub>2</sub>气体添加热,以进一步提高HRSG 14中的蒸汽生产效率。例如,可以利用膨胀装置48在H<sub>2</sub>气体进入管道52之前、从阀46B离开之后对H<sub>2</sub>气体进行节流。在其它示例中,对

$H_2$ 气体的节流可以通过喷嘴(例如图3的喷嘴76)来进行。

[0057] 在步骤120处,燃气轮机12可以被操作以产生排气E。如所描述的,诸如天然气之类的燃料可以被输送到燃烧器28并与由压缩机26压缩的环境空气混合。燃烧过程中产生的高能气体可以用于使汽轮机30转动,并且来自于汽轮机30离开的排气E的热量可以被用于附加过程,以利用HRSG 14和蒸汽轮机16发电。

[0058] 在步骤122处,可以将排气E引导到HRSG 14的管道52中。

[0059] 在步骤124处,可以将 $H_2$ 气体例如通过使用歧管62B或歧管72引入到管道52中。

[0060] 在步骤126处,可以将 $O_2$ 气体例如通过使用歧管62A或歧管72引入到管道52中。

[0061] 在步骤128处,可以例如通过使用混合器50来混合 $H_2$ 气体和 $O_2$ 气体。步骤128可以是可选的。步骤128可以附加地发生在步骤124和126之前。

[0062] 混合的 $H_2$ 气体和 $O_2$ 气体、或独立引入的 $H_2$ 气体和 $O_2$ 气体可以通过歧管62A、62B或72被分配在管道52内,以使 $H_2$ 在管道52内均匀且持续地燃烧。还可以利用挡板78通过减缓歧管62A、62B或72处的排气E流来稳定燃烧过程。

[0063] 在步骤130处, $H_2$ 气体可以被点燃以与 $O_2$ 气体一起燃烧,从而产生热。例如,可以通过控制器20启动激发器70来操作点火器68A至68C,从而使热源在管道52内传递燃烧和火焰。

[0064] 在步骤132处,来自于步骤130的 $H_2$ 气体与 $O_2$ 气体的燃烧的热可以用于生成蒸汽,例如通过加热位于HRSG 14中的水来生成蒸汽。加热排气E与 $H_2$ 气体的燃烧可以提高HRSG 14转动蒸汽轮机16的能力,而不产生有害的排放物。

[0065] 本文公开的发明通过实施利用氧气作为增强氧化剂的氢燃料管道燃烧器,使HRSG管道燃烧器能够高效地燃烧氢气。上述装置、系统和方法的实施方式可以允许以下项中的任一项或其组合。

[0066] 1.改善的整体热循环效率。

[0067] 2.更低的排放;和

[0068] 3.改善的管道燃烧器操作范围和联合循环发电厂的操作范围和斜升(ramping)能力。

[0069] 各种注意事项

[0070] 以上的详细说明包括对附图的参考,该附图形成详细说明的一部分。附图以说明的方式示出了可以实施本发明的具体实施例。这些实施例在本文中也被称为“示例”。这样的示例可以包括除了所示或所描述的要素之外的要素。然而,本发明人也考虑了仅提供那些所示或所描述的要素的示例。此外,本发明人还考虑了使用所示或所描述的那些要素(或那些要素的一个或多个方面)的任何组合或排列方式的示例,无论是关于特定示例(或特定示例的一个或多个方面),还是关于本文所示或所描述的其他示例(或其他示例的一个或多个方面)。

[0071] 在本文中,使用术语“一”或“一种”,如在专利文件中常见的那样,其包括一个或多个,且独立于“至少一个”或“一个或多个”的任何其他实例或用法。在本文中,术语“或”用于指非排他性的或,使得除非另有说明,“A或B”包括“有A但没有B”、“有B但没有A”和“有A和B”。在本文中,术语“包括”和“其中”作为相应的术语“包含”和“其中”的简洁英文的等价词使用。另外,在所附的权利要求中,术语“包括”和“包含”是开放式的,也就是说,在权利要

求中包括除了这样的术语之后所列出的要素之外的其他要素的系统、装置、物品、组合物、配方或过程仍然被视为落入该权利要求的范围内。此外，在所附的权利要求中，术语“第一”、“第二”和“第三”等仅仅作为标签使用，并不旨在对其对象提出数字要求。

[0072] 本文描述的方法示例可以是至少部分地由机器或计算机实现的。一些示例可以包括编码有指令的计算机可读介质或机器可读介质，所述指令可以操作以配置电子装置以执行如上述示例中所述的方法。这样的方法的实施方式可以包括代码，诸如微代码、汇编语言代码、高级语言代码或类似的代码。这样的代码可以包括用于执行各种方法的计算机可读指令。代码可以形成计算机程序产品的部分。此外，在一个示例中，代码可以例如在执行期间或在其他时间有形地存储在一个或多个易失性有形计算机可读介质、非暂时性有形计算机可读介质或非易失性有形计算机可读介质上。这些有形计算机可读介质的示例可以包括但不限于：硬盘、可移动磁盘、可移动光盘（例如，袖珍型的盘和数字视频盘）、磁带、存储卡或棒、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）等。

[0073] 以上描述旨在说明性的而非限制性的。例如，以上描述的示例（或示例的一个或多个方面）可以相互彼此组合使用。可以使用其他实施例，例如本领域普通技术人员在审阅以上描述之后。提供摘要是为了遵守37 C.F.R. §1.72 (b)，以使读者能够快速确定技术公开的性质。提交摘要是基于如下理解，摘要不会被用来解释或限制权利要求的范围或含义。另外，在以上详细说明中，为了简化公开，可以将各种特征归纳在一起。这不应被解释为旨在使公开的未要求保护的特征对任一权利要求来说是必不可少的。相反，发明的主题可以少于特定公开的实施例的所有特征。因此，所附权利要求在此作为示例或实施例被结合到详细说明中，每项权利要求作为单独的实施例而独立存在，并且设想了这些实施例可以以各种组合或排列方式相互组合。本发明的范围应参照所附的权利要求以及这些权利要求所享有的全部等同物的范围来确定。

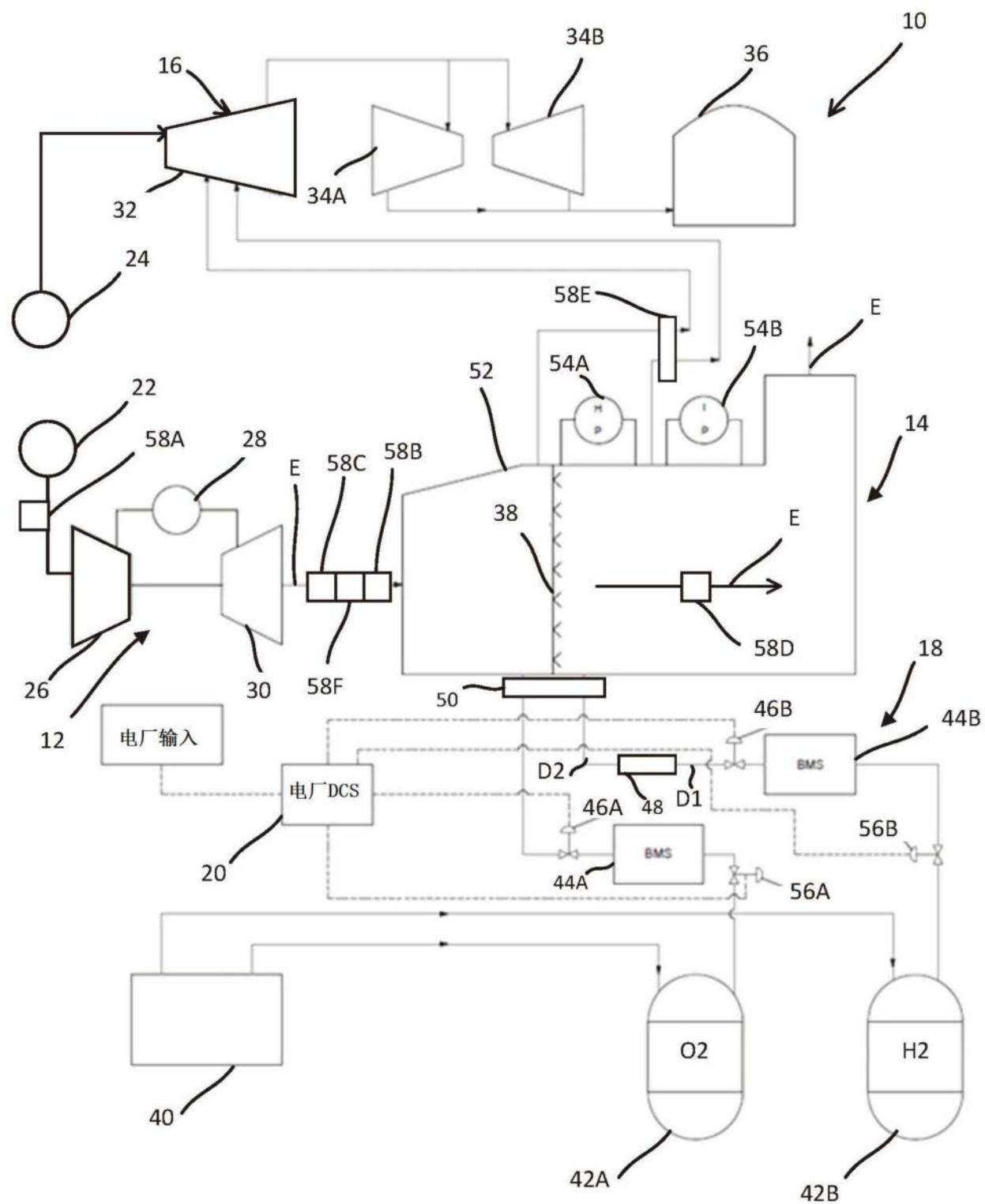


图1

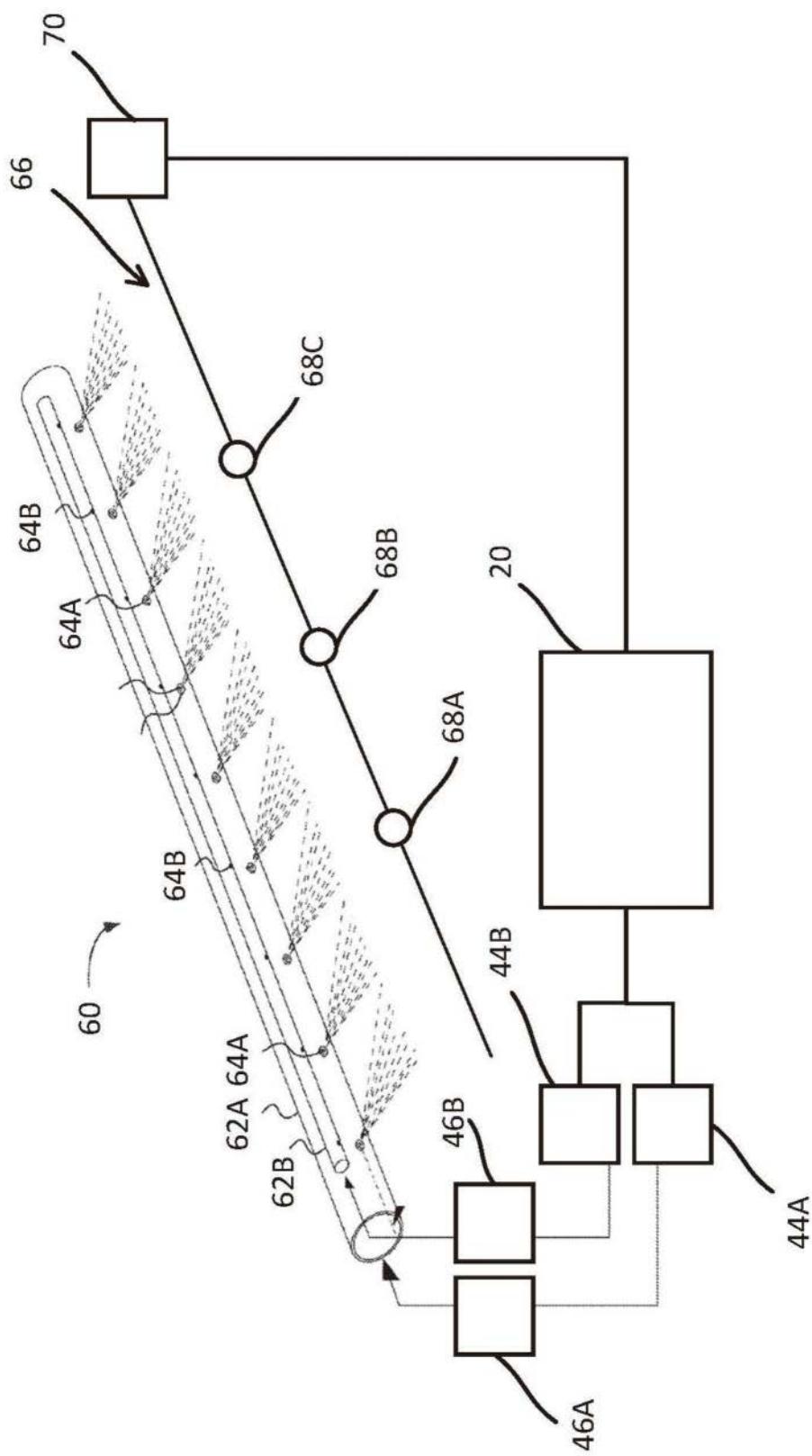


图2

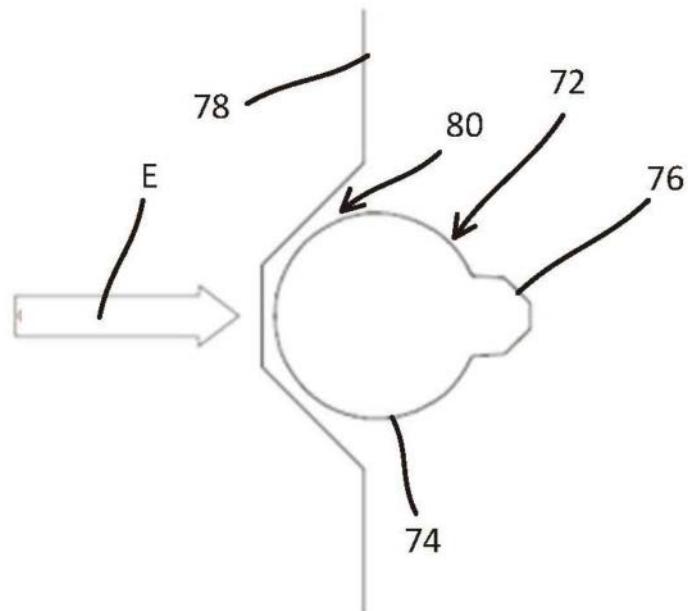


图3

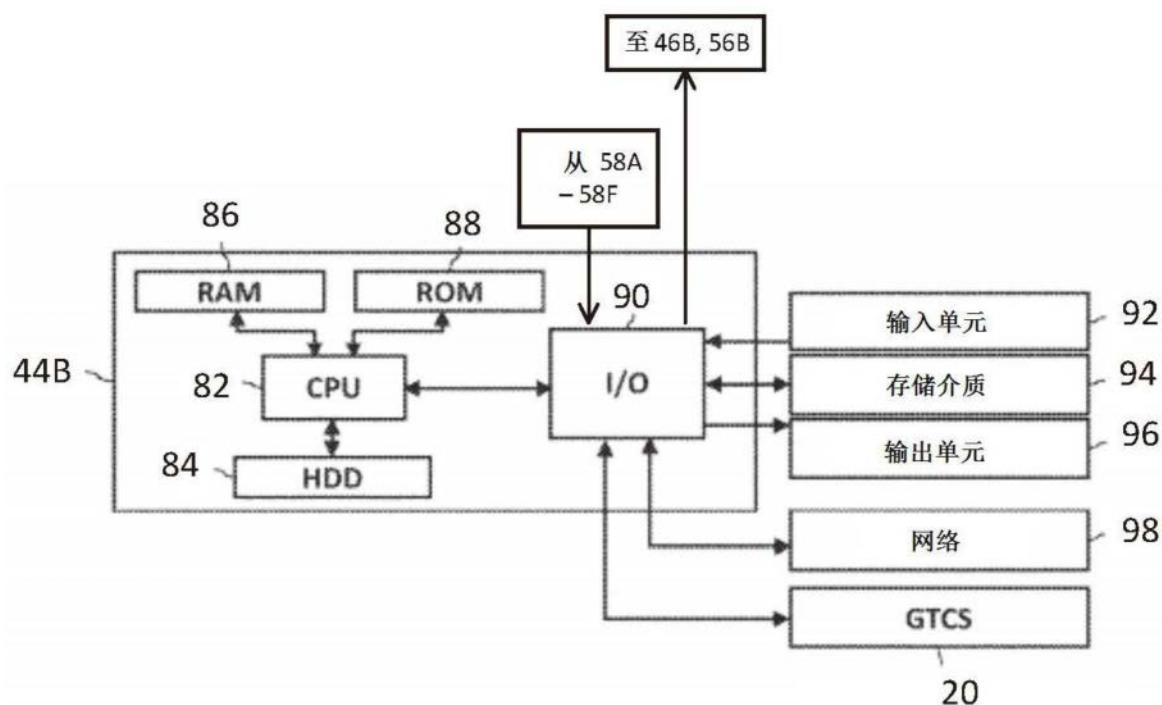


图4

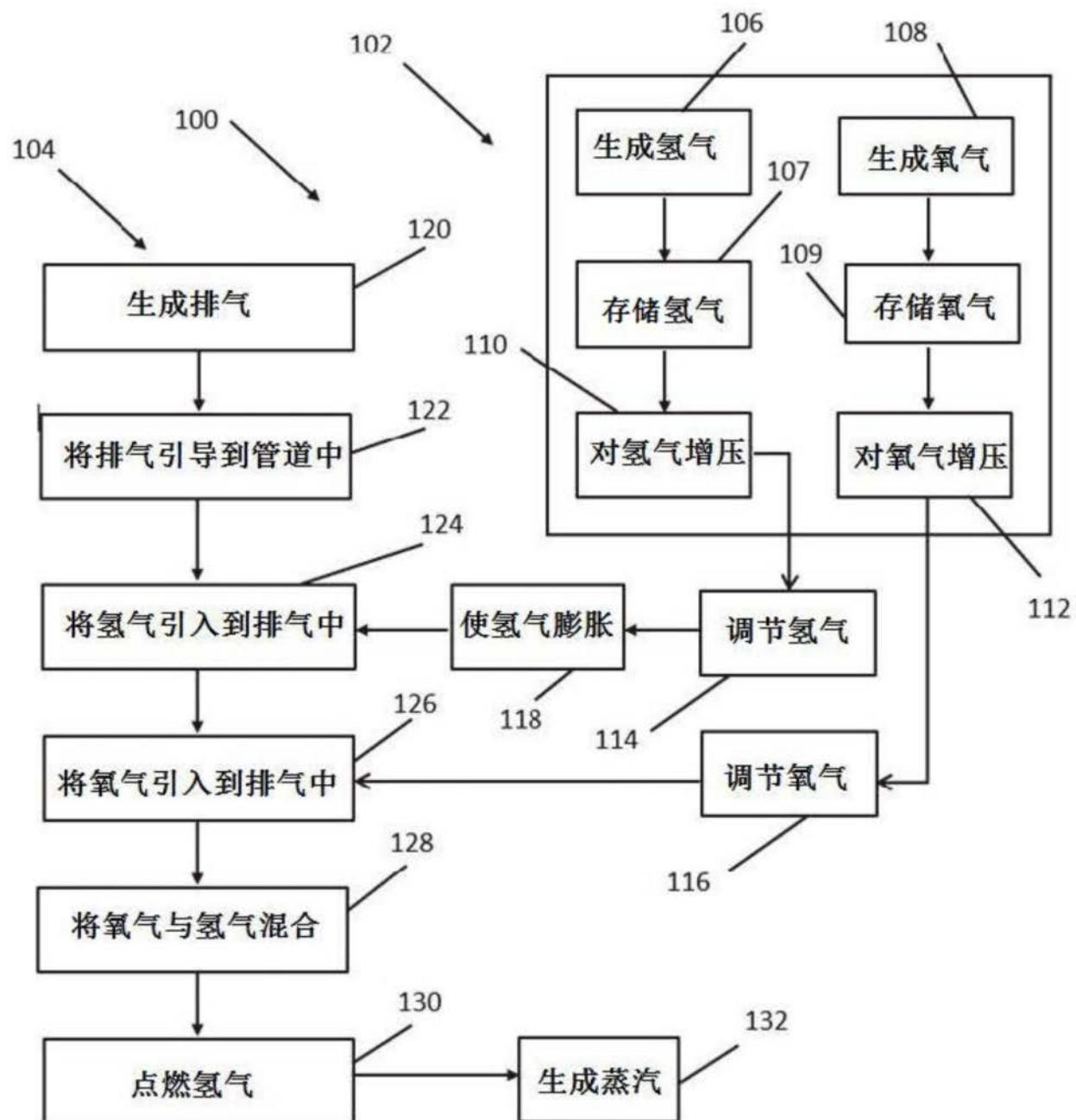


图5