



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106907202 B

(45)授权公告日 2019.06.14

(21)申请号 201610840032.1

(22)申请日 2016.09.22

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106907202 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(30)优先权数据  
62/222071 2015.09.22 US  
14/985136 2015.12.30 US

(73)专利权人 通用电气公司  
地址 美国纽约州

(72)发明人 朴澈 白秉烈 R.S.图登汉  
P.T.马秋列维奇

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001  
代理人 严志军 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F01K 23/10(2006.01)

F02C 3/22(2006.01)

(56)对比文件

EP 2133515 A1,2009.12.16,全文.

JP 特开2002-339709 A,2002.11.27,全文.

CN 104564192 A,2015.04.29,全文.

审查员 郭琦

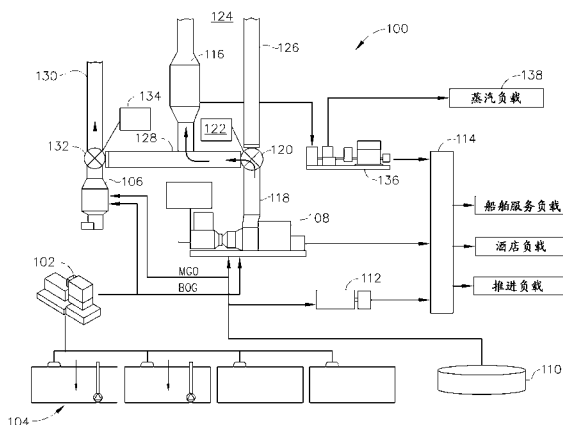
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

用于电力和蒸汽供应系统的方法及系统

(57)摘要

本发明涉及用于电力和蒸汽供应系统的方法及系统。具体而言,一种电力和蒸汽系统(100)包括构造成接收蒸发气体(NBOG)的流的第一部分的发电机组件(108)。氧化单元(106)构造成接收蒸发气体(NBOG)的流的第二部分,第二部分是蒸发气体(NBOG)的流比发电机(108)可处理的多出的部分,且交叉管道(128)构造成接收来自发电机组件(108)的排出气体的第一流和来自氧化单元(106)的排出气体的第二流,且将第一流和第二流导送至余热回收蒸汽发生器(116)的入口。



1. 一种电力和蒸汽系统,包括:

发电机组件(108),其构造成接收蒸发气体(BOG)的流的第一部分;

氧化单元(106),其构造成接收所述蒸发气体的流的第二部分,所述第二部分为超过所述发电机组件(108)的需求和发电机组件(108)的能力中的至少一者的所述蒸发气体(BOG)流的流;交叉管道(128),其构造成接收来自所述发电机组件(108)的排出气体的第一流和来自所述氧化单元(106)的排出气体的第二流,且将所述第一流和第二流中的至少一者导送至余热回收蒸汽发生器(116)的入口。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括构造成使用相应分流阀控制所述第一流和第二流中的至少一者的控制器。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括构造成控制所述第二流的背压来促进排气流通过所述余热回收蒸汽发生器(116)的控制器。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述电力和蒸汽系统(100)定位在浮动船只上。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述余热回收蒸汽发生器(116)构造成将蒸汽供应至所述船只的加热蒸汽系统和蒸汽涡轮发电机组件。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述电力和蒸汽系统(100)定位在液化天然气(LNG)载运船只上。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述发电机组件(108)和所述氧化单元(106)构造成燃烧多种不同燃料。

8. 一种操作发电系统的方法,包括:

使用来自储存量的液化天然气(LNG)的蒸发气体(BOG)流的流的第一部分对发电机组件(108)供以燃料来生成电能;

氧化所述蒸发气体(BOG)流的流的第二部分,所述第二部分为超过所述发电机组件(108)的需求和所述发电机组件(108)的能力中的至少一者的所述蒸发气体(BOG)流的流;以及

将来自所述发电机组件(108)的排出气体的第一流或来自氧化单元(106)的排出气体的第二流通过交叉管道(128)导送至余热回收蒸汽发生器(116)的入口。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,将来自所述发电机组件(108)的排出气体的第一流和来自所述氧化单元(106)的排出气体的第二流通过交叉管道(128)导送至余热回收蒸汽发生器(116)的入口包括使用定位在所述交叉管道(128)上游的相应分流阀来控制所述第一流和所述第二流中的至少一者。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,将来自所述发电机组件(108)的排出气体的第一流或来自所述氧化单元(106)的排出气体的第二流通过交叉管道(128)导送至余热回收蒸汽发生器(116)的入口包括控制燃气涡轮发电机(GTG)排气分流阀中的至少一者的位置和所述第二流的背压来促进气体燃烧单元(GCU)排出气流通过所述余热回收蒸汽发生器(116)。

## 用于电力和蒸汽供应系统的方法及系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请请求享有2015年9月22日提交的序列号为62/222071的美国临时申请的优先权和提交日的权益,该申请在此通过引用以其整体并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本公开内容的领域大体上涉及联合循环发电设备,并且更具体地涉及用于捕集和使用排出气体能量的方法及系统。

### 背景技术

[0004] 至少一些已知的液化天然气(LNG)载运船只上的储存罐未制冷,且未设计成经得起显著的内部压力。因此,储存在储存罐中的LNG在运输期间蒸发。这称为自然蒸发气体(NBOG)。NBOG在储存罐中连续地生成,且需要持续地管理来确保船只的安全性。NBOG可通过将其用作船上的其它过程的燃料源来管理,或在NBOG以过大量存在时,将其在气体燃烧单元(GCU)中氧化(燃烧),其中产生的热和生成的排出气体产物向船外排至环境。如本文使用的那样,蒸发气体(BOG)覆盖两种气流,自然BOG(NBOG)和强制BOG(FBOG)。

### 发明内容

[0005] 一方面,一种基于燃气涡轮的电力和蒸汽系统包括构造成接收蒸发气体(BOG)的流的第一部分的发电机组件、构造成接收蒸发气体(BOG)的流的第二部分的氧化单元,第二部分为多于发电机组件可处理的蒸发气体(BOG)的流,以及构造成接收来自发电机组件的排出气体的第一流和来自氧化单元的排出气体的第二流且将第一流和第二流导送至余热回收蒸汽发生器的入口的交叉管道。

[0006] 另一方面,一种操作发电系统的方法包括使用来自储存量的液化天然气(LNG)的蒸发气体(BOG)流的流的第一部分对发电机组件供燃料来生成电能,以及氧化BOG流的流的第二部分,第二部分为超过发电机组件的需求或超过发电机组件的能力的BOG流的流。该方法还包括将来自发电机组件的排出气体的第一流和来自氧化单元的排出气体的第二流通过交叉管道导送至余热回收蒸汽发生器的入口。

[0007] 在还有另一方面,一种船载电力和蒸汽系统包括动力推动的浮动船只,以及构造成接收来自动力推动的浮动船只的蒸发气体(BOG)的流的第一部分的发电机组件。该系统还包括构造成接收来自动力推动的浮动船只的蒸发气体(BOG)的流的第二部分的氧化单元,第二部分为超过发电机组件的需求或超过发电机组件的能力的BOG流的流。该系统还包括交叉管道,其构造成接收来自发电机组件的排出气体的第一流和来自氧化单元的排出气体的第二流,且将第一流和第二流导送至余热回收蒸汽发生器的入口。

[0008] 技术方案1. 一种电力和蒸汽系统,包括:

[0009] 发电机组件,其构造成接收蒸发气体(BOG)的流的第一部分;

[0010] 氧化单元,其构造成接收所述蒸发气体(NBOG)的流的第二部分,所述第二部分为

超过所述发电机组的需求和发电机组的能力中的至少一者的所述BOG流的流；

[0011] 交叉管道,其构造成接收来自所述发电机组的排出气体的第一流和来自所述氧化单元的排出气体的第二流,且将所述第一流和第二流中的至少一者导送至余热回收蒸汽发生器的入口。

[0012] 技术方案2. 根据技术方案1所述的系统,其中,所述系统还包括构造成使用相应分流阀控制所述第一流和第二流中的至少一者的控制器。

[0013] 技术方案3. 根据技术方案1所述的系统,其中,所述系统还包括构造成控制所述第二流的背压来促进排气流通过所述余热回收蒸汽发生器的控制器。

[0014] 技术方案4. 根据技术方案1所述的系统,其中,所述电力和蒸汽系统定位在浮动船上。

[0015] 技术方案5. 根据技术方案4所述的系统,其中,所述余热回收蒸汽发生器构造成将蒸汽供应至所述船只的加热蒸汽系统和蒸汽涡轮发电机组件。

[0016] 技术方案6. 根据技术方案1所述的系统,其中,所述电力和蒸汽系统定位在LNG载运船上。

[0017] 技术方案7. 根据技术方案1所述的系统,其中,所述发电机组和所述氧化单元构造成燃烧多种不同燃料。

[0018] 技术方案8. 一种操作发电系统的方法,包括:

[0019] 使用来自储存量的液化天然气(LNG)的蒸发气体(BOG)流的流的第一部分对发电机供以燃料来生成电能;

[0020] 氧化所述BOG流的流的第二部分,所述第二部分为超过所述发电机的需求和所述发电机组的能力中的至少一者的所述BOG流的流;以及

[0021] 将来自所述发电机组的排出气体的第一流或来自氧化单元的排出气体的第二流通过交叉管道导送至余热回收蒸汽发生器的入口。

[0022] 技术方案9. 根据技术方案8所述的系统,其中,将来自所述发电机组的排出气体的第一流和来自所述氧化单元的排出气体的第二流通过交叉管道导送至余热回收蒸汽发生器的入口包括使用定位在所述交叉管道上游的相应分流阀来控制所述第一流和所述第二流中的至少一者。

[0023] 技术方案10. 根据技术方案8所述的系统,其中,将来自所述发电机组的排出气体的第一流或来自所述氧化单元的排出气体的第二流通过交叉管道导送至余热回收蒸汽发生器的入口包括控制GTG排气分流阀中的至少一者的位置和所述第二流的背压来促进GCU排出气流通过所述余热回收蒸汽发生器。

[0024] 技术方案11. 根据技术方案8所述的系统,还包括操作定位在浮动船只上的所述发电系统。

[0025] 技术方案12. 根据技术方案8所述的系统,还包括操作定位在LNG载运船只上的所述发电系统。

[0026] 技术方案13. 根据技术方案8所述的系统,其中,生成电能包括通过燃烧多种不同燃料的发电机组件生成电能,且氧化包括使用氧化单元的多种不同燃料。

[0027] 技术方案14. 根据技术方案8所述的系统,还包括将蒸汽从所述余热回收蒸汽发生器供应至蒸汽涡轮发电机组件。

- [0028] 技术方案15. 一种船载电力和蒸汽系统,包括:
- [0029] 动力推动的浮动船只;
- [0030] 发电机组件,其构造成接收来自所述动力推动的浮动船只的蒸发气体(NBOG)的流的第一部分;
- [0031] 氧化单元,其构造成接收来自所述动力推动的浮动船只的所述蒸发气体(NBOG)的流的第二部分,所述第二部分为超过所述发电机的需求和所述发电机的能力中的至少一者的所述BOG流的流;以及
- [0032] 交叉管道,其构造成接收来自所述发电机组件的排出气体的第一流和来自所述氧化单元的排出气体的第二流,且将所述第一流和第二流导送至余热回收蒸汽发生器的入口。
- [0033] 技术方案16. 根据技术方案15所述的系统,所述系统还包括构造成使用相应分流阀控制所述第一流和第二流中的至少一者的控制器。
- [0034] 技术方案17. 根据技术方案15所述的系统,所述系统还包括构造成控制所述第一流和第二流的背压来促进排气流通过所述余热回收蒸汽发生器的控制器。
- [0035] 技术方案18. 根据技术方案15所述的系统,其中,所述动力推动的浮动船只体现为LNG装载船只。
- [0036] 技术方案19. 根据技术方案15所述的系统,其中,所述发电机组件和所述氧化单元构造成燃烧多种不同燃料。
- [0037] 技术方案20. 根据技术方案15所述的系统,其中,所述余热回收蒸汽发生器构造成将蒸汽供应至蒸汽涡轮发电机组件。

## 附图说明

- [0038] 在参照附图阅读以下详细描述时,本公开内容的这些及其它特征、方面和优点将变得更好理解,附图中相似的标号表示贯穿附图的相似的部分,在附图中:
- [0039] 图1为基于燃气涡轮的组合燃气涡轮电力和蒸汽(COGES)系统的示意图。
- [0040] 图2为示出图1中所示的电力和蒸汽系统的主要设备的操作模式的图表。
- [0041] 图3为包括左舷配电系统和右舷配电系统的船载电力系统的示意图。
- [0042] 图4为图1中所示的电力和蒸汽系统的单线示意图。
- [0043] 除非另外指出,否则本文提供的附图意在示出本公开内容的实施例的特征。这些特征被认作适用于包括本公开内容的一个或多个实施例的多种系统。因此,附图不意在包括本文公开的实施例的实施所需的本领域的普通技术人员已知的所有常规特征。
- [0044] 构件清单
- [0045] 100 电力和蒸汽系统
- [0046] 102 蒸发气体(BOG)压缩机
- [0047] 104 液化天然气(LNG)储存罐
- [0048] 106 气体燃烧单元(GCU)
- [0049] 108 燃气涡轮发电机(GTG)
- [0050] 110 船用气油(MGO)系统
- [0051] 112 柴油发电机

- [0052] 114 船载配电系统
- [0053] 116 余热回收蒸汽发生器 (HRSG)
- [0054] 118 排气管道
- [0055] 120 GTG排气分流阀
- [0056] 122 排气分流阀控制器
- [0057] 124 环境
- [0058] 126 HRGS旁通排气器
- [0059] 128 交叉管道
- [0060] 130 GCU排气器
- [0061] 132 GCU排气分流阀
- [0062] 134 排气分流阀控制器
- [0063] 136 蒸汽涡轮发电机 (STG)
- [0064] 138 船载蒸汽负载
- [0065] 300 船载电力系统
- [0066] 302 左舷配电系统
- [0067] 304 右舷配电系统
- [0068] 306 燃气涡轮发电机 (GTG)
- [0069] 308 蒸汽涡轮发电机 (STG)
- [0070] 310 辅助柴油发电机
- [0071] 312 MVAC母线
- [0072] 314 MVAC母线
- [0073] 316 升压变压器
- [0074] 317 MVAC汇流条断路器
- [0075] 318 推进马达
- [0076] 319 MVAC汇流条断路器
- [0077] 320 推进马达
- [0078] 322 变频驱动器 (VFD)
- [0079] 324 变频驱动器 (VFD)
- [0080] 326 变压器
- [0081] 400 流
- [0082] 402 入口
- [0083] 404 交叉管道断流阀
- [0084] 406 HRSG排气器旁通阀。

### 具体实施方式

- [0085] 在以下说明书和权利要求中,将参照许多用语,它们应当限定为具有以下意义。
- [0086] 单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数参照物,除非上下文清楚地另外指出。
- [0087] “可选”或“可选地”意思是随后描述的事件或情形可发生或可不发生,且描述包括事件发生的情况,以及其不发生的情况。

[0088] 如本文贯穿说明书和权利要求使用的近似语言可用于修饰可允许在不导致其涉及的基本功能的变化变化的情况下改变的任何数量表达。因此,由一个或多个诸如“大约”、“大概”和“大致”的用语修饰的值不限于指定的准确值。在至少一些情况中,近似语言可对应于用于测量值的器具的精度。这里和贯穿说明书和权利要求,范围限制可组合和/或互换;此范围被确定且包括包含在其中的所有子范围,除非上下文或语言另外指出。

[0089] 例如,本文所述的定位在动力推动或非动力推动的浮船上的船载电力和蒸汽系统的实施例提供了LNG载运船载设备构造,其比那些当前可用的成本效益更合算。因为自然蒸发气体(NBOG)由于LNG载运操作而基本上是“免费的”燃料源,且比传统液体燃料燃烧更清洁,故NBOG的额外使用是期望的,因为NBOG的使用改善LNG船运的经济性且减小LNG操作的环境影响。

[0090] LNG载运动力和推进系统支持很多类型的常规船舶操作。这些在动力需求、持续时间和对于冗余的要求方面不同。在典型的货物运输周期期间,船舶经历以下基本操作:

[0091] 货物装载:这通常是十二小时的周期,其中LNG从岸上的终端LNG储存罐转移至船舶货罐。如果罐未包含保持冷的温度且阻挡空气的LNG剩余液(heel),则还将需要罐的冲洗和冷却,且增加了货物操作所需的时间。在货物装载期间,NBOG大体上将不可用于对动力设备供以燃料。在各种实施例中,取决于船舶类型,典型的电负载大约为2500kW到6000kW。

[0092] 在港口配置、装燃料和船员休息时:除保养活动、装载储存和再加液体燃料和润滑油之外,船舶在港口闲置。功率水平可从1500kW到3500kW,在船舶操作周期中最低。

[0093] 移进和移出港口:船舶在低速下航行,通常十到十二节,在港口设施与海界浮标或开放海域之间移动。功率水平中等,3000kW到13000kW。这是最大设备冗余最重要时的时间。海港通道可能较窄,且其它海港交通的风险需要动力的连续性。通常,LNG载运设备将在这些操作期间有拖船护送来减小风险。除拖船护送之外,船舶使用拖船来转向,定位于通道中,且移动往返于码头。在拖船操作期间,推进动力有时可为0.0kW。

[0094] 开放海域运输:在装载港口海界浮标与运输港口处的海界浮标之间的移动消耗大部分运送时间。通常,船舶在装运航程上在设计速度(19.5节)下或附近运输,且在空放航程上以平均值(15到17节)运输。船舶的速度受制于天气、海水、经济性和计划考虑。船舶大体上在最经济的速度下操作,这在动力设备消耗所有NBOG且不需要强制蒸发气体(FBOG)时发生。最经济的速度随货罐大小、罐蒸发率和船身阻力变化。平均载运航程速度通常为大约十八节。开放海域运输是燃料经济性比冗余更重要的航程部分。交通不太拥挤且不考虑水深。所以,船舶有时间从设备故障恢复。其还具有最大功率要求,通常在25000kW到30000kW之间。给定速度所需的功率为船舶设计/排水量的函数。在LNG载运设备的情况下,船舶大小由船舶货物容量表示。这些值是174000m<sup>3</sup>级的LNG载运设备中典型的。较大的船只将需要更多功率,且较小船只较少功率。在动力设备观点看,装运航程与空放航程之间的主要差别在于可用于燃料的自然蒸发气体的量。在装运航程上,蒸发率为0.08体积%/天到0.15体积%/天。由于货罐在空放航程上填充至10%或更少,故自然蒸发气体(NBOG)流率为装运航程上看到的流的40%到45%。

[0095] 货物卸载:这是十二小时的周期,其中船舶将其货物转移至岸上终端。由于货罐必须保持没有空气且在约略大气压下,故再气化的LNG由输送终端或船舶提供以在LNG货物泵至终端时回填罐。罐压力控制很重要。在示例性实施例中,驱动船舶服务负载和货物泵的功

率水平为大约8000kW。如果船舶提供回填气体,其实际上是强制蒸发气体(FBOG),则汽化LNG的加热蒸汽需求是装运周期中最高的,取决于船舶泵送速率,8吨/小时到10吨/小时。这通常由船舶的辅助锅炉满足。在另一个实施例中,燃气涡轮发电机在简单循环中使用以供应船舶的电力需求,且气体燃烧单元(GCU)操作以将热供应至余热回收蒸汽发生器(HRSG 116),这然后将供应加热蒸汽需求。在另一个备选实施例中,如果由等级规则允许,则GTG和GCU操作且各种排气同时地导送至HRSG,且排气最终经由HRSG排气装置排放。GCU可燃烧NBOG、FBOG或两者的组合。在一些实施例中,所有BOG通过燃料气体压缩机。在其它实施例中,仅NBOG通过压缩机。FBOG可在其泵送出货罐时在液态下加压。其然后在压力下汽化且与NBOG混合。

[0096] 剩余液放出(heel out)航程:船舶必须定期进入干船坞来检查和保养。其不可将货物运到船坞。结果,在进船坞之前的运输时,货罐完全泵出,允许了加热至环境温度且气体释放。进船坞和从船坞到装载港口的航程通常称为“剩余液放出”航程。没有货物的剩余液留在罐中。这些航程必须使用液体燃料进行,诸如但不限于船用气油(MGO)。

[0097] 操作者将选择电力和蒸汽系统的操作模式来在此时最佳地配合环境和经济性。在确定操作模式中,他们将考虑若干因素。

[0098] 船舶功率需求确定电力和蒸汽系统是在简单循环模式或是联合循环模式中操作。除港口等待、配置和装燃料周期外,正常操作是联合循环模式。航行、推进负载是主要功率需求。在港内,电负载可取决于操作从1500kW到8000kW变化。货物装载和运输分别需要~6000 kW到~8000 kW,动力和推进设备在船舶功率需求和可用功率(操作的发电机的总额定功率)匹配时最有效操作。燃气涡轮发电机(GTG)随输出功率接近额定点而提高。GTG以及联合电力和蒸汽系统可在额定负载下操作,而没有任何工作周期限制,这不同于柴油,其通常“过大”带有足够的裕度来避免工作周期限制。然而,大体上保持可用的一定百分比的多余动力来提供裕度以接受船舶功率需求中由间断和循环负载或功率需求中非预计的增大引起的波动。电力和蒸汽系统的总热效率将在大于额定功率的40%的负载下超过40%。当需要低功率操作时,蒸汽循环将较低燃气涡轮效率减少至燃气涡轮额定值的25%到30%的功率水平。GTG为双燃料机器,其中其可燃烧BOG或液体燃料。GCU也是双燃料。因此,当GTG不工作时,GCU可用于提供热来生成蒸汽。

[0099] 系统操作模式也必须适应货罐的状态。在无强制蒸发的情况下可用的燃料气体的量在装载航程和空放航程之间变化,且随使用的货物围护系统(例如,货罐的大小)变化。电力和蒸汽系统具有在关于蒸发气体或液体燃料的船舶操作包络中的任何位置操作的灵活性。剩余液放出航程可在与货物航程相同的速度下进行。电力和蒸汽系统给予操作者基于燃料的相对经济价值选择燃料的能力。

[0100] 排放要求变得更受限,且将从一个地点到下一个不同。在排放控制地区(ECA),电力和蒸汽系统能够关于气体或液体燃料操作,且保持低SO<sub>x</sub>和NO<sub>x</sub>排放。SO<sub>x</sub>排放通过使用低硫燃料(诸如气体或MGO)来控制。为了控制NO<sub>x</sub>,GTG 108包括两种燃烧器类型,其能够在多种燃料和操作条件下进行低NO<sub>x</sub>操作。构造成具有干式低排放(DLE)燃烧器的电力和蒸汽系统在所有时间、在所有功率水平下且以液体和气体燃料两者在低排放模式中操作。例如,构造成具有单个环形燃烧器(SAC)的系统可使低排放操作模式开启和关闭。对于后者,在ECA中,喷水可用于通过降低燃烧器温度来减少NO<sub>x</sub>的形成。该操作模式对于气体和液体燃料两



者起作用,但水流率将随燃料类型、功率水平和温度变化。在不受控的区域中,燃气涡轮在没有喷水的情况下操作。该燃烧器在路线的仅小部分在排放控制区域中时良好工作。喷水开关特征保存船舶纯水。

[0101] 操纵条件或船舶操作环境影响如何操作动力和推进设备。在交通量较高的区域中,窄通道和运河(诸如苏伊士或巴拿马运河),操作者不可承受功率损失,且可选择操作两个独立的动力源来提高稳定性,即使这表现出可用功率与功率需求的较大的失配。此情形通常具有低功率要求。在此情况中,电力和蒸汽系统以联合循环操作,其中GCU准备将排出气体供应至HRSG。作为备选,GCU可排列为在简单循环模式中操作的GTG和HRSG的热源,产生两个独立的功率源。任何故障将仍允许船舶保持电功率和舵效航速。

[0102] 电力和蒸汽系统动力岛给予操作者控制货罐压力的另一手段。在NBOG超过燃料气体的要求时,例如,对于燃气涡轮发动机、柴油发动机或其它发电机的,多余的通常引导至气体燃烧单元(GCU)。如果罐压力达到需要操作者动作来将其保持在期望水平的水平,则电力和蒸汽系统给予操作者提高速度或减慢的灵活性(假定航行要求/操作要求允许)。改变速度会改变气体从货罐取得的速率,因此允许操作者限制GCU的使用。

[0103] 船舶的配电系统的构造也影响电力和蒸汽系统的操作模式的选择。STG和GTG可与HRSG和蒸汽涡轮在滑动压力控制中并行操作,其中蒸汽涡轮节流阀敞开且GTG设置频率。两个发电机得到与STG尽可能取得那样多的负载相同的负载和负载分配,且仍能够保持由GTG设置的速度和频率。类似地,负载得到两个电功率的源,且不知道其功率来自于何处。

[0104] 如果MVAC汇流条断路器断开,则GTG和STG从电力观点独立地操作,且各自控制其自身的速度/频率。各个发电机具有其自身的负载。在中等电压交流(MVAC)汇流条断路器断开时,不存在负载分配。STG 136使用蒸汽涡轮节流阀来控制涡轮速度且因此频率。在一个实施例中,各个推进马达由两个马达驱动器(变频器)给送。各个马达从GTG和STG两者接收功率。这允许了在分开的设备操作期间可用于各个轴的相等功率。

[0105] 图1为基于燃气涡轮的组的燃气涡轮电力和蒸汽系统100的示意图。尽管示为基于燃气涡轮的,但电力和蒸汽系统100也可基于其它发电技术,诸如但不限于柴油发电机。在示例性实施例中,电力和蒸汽系统100构造成供应液化天然气(LNG) 载运船舶的船上电力和推进需要。

[0106] 电力和蒸汽系统100包括构造成接收来自一个或多个LNG储存罐104的BOG的蒸发气体(BOG)压缩机102。压缩的BOG导送至双燃料气体燃烧单元(GCU) 106和双燃料燃气涡轮发动机-发电机GTG 108。此外,GCU 106也可燃烧“自由流”或未压缩的蒸发气流。

[0107] 电力和蒸汽系统100包括船用气油(MGO)系统110,其构造成将MGO导送至构造成在不正常操作期间供应船上的电力负载的起动液体燃料柴油发电机112。船用气油(MGO)系统110也构造成将MGO导送至GCU 106和GTG 108。尽管描述为MGO,但对GCU 106和GTG 108的双燃料供应的第二燃料可为多种其它燃料和燃料类型。

[0108] 除将电力直接供应至船载配电系统114之外,GTG 108还通过排气管道118向余热回收蒸汽发生器(HRSG) 116供应高温排气流。排气管道118包括GTG排气分流阀120,其由GTG排气分流阀控制器122控制。GTG排气分流阀120构造成调制通过HRSG旁通排气器126至HRSG 116和环境124的GTG排气流的量。GTG排气经由通过交叉管道128导送至HRSG 116。在某些条件下,GTG 108不能消耗由LNG储存罐104生成的所有NBOG。在此条件期间,使用NBOG至GCU

106的备选通路。GCU 106氧化NBOG,生成热GCU排气的流,其通过GCU排气器130导送至环境124,或通过GCU排气分流阀132至交叉管道128,GCU排气分流阀132由GCU排气分流阀控制器134控制。因此,HRSG 116可由从GTG 108和/或GCU 106通过交叉管道128的热排出气体供应,且热排出气体的各个流由相应的分流阀120和132控制。在其它条件下,可能期望能够生成相比使用通过GTG 108和/或GCU 106处理的NBOG生成的更多的流。在此情况下,当NBOG流可能不足以允许STG 136达到满功率时,FBOG可用于对GCU 106供燃料,诸如在空放航程时。

[0109] 分流阀120和132由相应的控制器122和134控制。尽管描述为独立的单独控制器,但控制器132和134可组合到单个控制器中,或可体现在较大的发电设备控制系统内。分流阀120和132由相应的控制器122和134控制以确保导送至HRSG 134的GCU排出气体提供足够的背压来确保所有操作条件下的稳定且平衡的从GCU 106到HRSG 116的排出气流。

[0110] HRSG 116构造成由来自GTG 108和/或GCU 106且供应通过交叉管道128的热排出气体生成蒸汽。生成的蒸汽导送至蒸汽涡轮发电机(STG) 136,其构造成生成电功率,该电功率引导至船上的配电系统114。来自STG 136的放出蒸汽的第一部分导送至一个或多个船上的蒸汽负载138。船舶加热蒸汽可源自位于蒸汽涡轮上游的减压阀(蒸汽流小于大约85%)或源自取自蒸汽涡轮的获取蒸汽(放出蒸汽)(功率>85%)。来自STG 136的放出蒸汽的第二部分在冷凝器中冷凝,且通过冷凝物系统(未示出)和给水系统(未示出)再循环回HRSG 116。

[0111] 在操作期间,电力和蒸汽系统100包括至少基于总功率需求、可用的操作设备、操作环境和电力设备构造的七种基本操作模式。七种基本操作模式中的每一种的子模式考虑了不同的燃料供应(液体或气体)、排放要求和自行起动的紧急柴油的潜在使用来提高功率。

[0112] 图2为示出电力和蒸汽系统100(图1中所示)的主要设备的操作模式的图表。

[0113] 基本操作模式为:

[0114] 设备关闭(模式0):电力和蒸汽系统100关闭。船舶电功率从辅助柴油发电机和/或船舶的紧急柴油发电机或从岸电供应。岸电和紧急柴油发电机通常连接到紧急开关装置。并未从紧急开关装置直接给送的负载通过将功率经由低压母线馈线断路器给送回船舶服务低压配电系统来供应。

[0115] GTG和STG联合循环并行电力设备操作(模式1):在此模式中,总船舶功率需求可大于额定功率的大约25%(维持联合循环操作所需的)。在其它实施例中,总船舶功率需求可低至10%。MVAC汇流条断路器关闭。GTG 108和STG 136发电机两者通过MVAC汇流条断路器一起联结到公共负载。例如,GTG 108在同步模式中操作,设置用于船舶配电系统的频率。STG 136发电机与GTG 108发电机并行操作。在此模式中,STG 136速度由GTG 108控制。在一个实施例中,HRSG 116使用滑动压力控制。STG 136节流阀敞开,未控制,且STG 136采用尽可能多的负载,且仍保持与GTG 108同步。GTG 108首先响应于负载的变化。当改变到STG 136的可用蒸汽的GTG排气特征的变化改变时,新负载然后在GTG 108与STG 136之间再分配,最终建立新的平衡负载分布。在其它实施例中,HRSG 116使用设置点控制。

[0116] GTG和STG联合循环分流电力设备操作(模式2):例如,总船舶功率需求大于额定功率的大约25%(维持联合循环操作所需的)。MVAC汇流条断路器打开。各个发电机供应电力设备的一“侧”,且得到独特的负载。不存在负载分配。结果,各个发电机操作以控制其自身的速度/频率。STG 136节流阀接合以控制到涡轮的蒸汽进入。燃气涡轮燃料计量阀控制GTG输出。各个涡轮响应于电力设备的其“侧”上的负载需求瞬变。可用的总功率为~28.5 MW,假定

电力负载与发电机额定值成比例地在侧之间分配。STG输出可由GTG输出限制。

[0117] GTG简单循环(模式3):GTG 108承受全部船舶负载。中压交流(MVAC)汇流条断路器大体上关闭,除非电力设备的仅一侧使用或自行起动柴油可用于对其它侧供能。燃气涡轮排气可引导至HRSG旁通排气器或穿过HRSG。如果后者,蒸汽设备给送系统和冷凝器必须联线,以保持循环且防止蒸汽设备高压和HRSG换热器管过热,除非HRSG设计成干运行。GTG 108在同步模式中操作。

[0118] 利用GCU热源的STG底部循环(模式4):STG 136承受全部船舶负载。总功率限于~8.5 MW。GTG 108为离线的。GCU排气用作到HRSG的热源。其排出气体温度可控制为近似燃气涡轮排出气体温度。STG 136在同步模式中操作。当GTG 108跳闸或不能工作时,这是主要后备模式。

[0119] 高冗余分流电力设备(模式5):该模式与GTG 108和STG 136联合循环分流电力设备操作模式相同,只是分流阀排列将燃气涡轮排气引导至HRSG旁通排气器。GCU分流阀将GCU排气引导至HRSG来用作蒸汽生成热源。MVAC汇流条断路器断开。GTG 108和STG 136两者在同步模式中操作。该操作模式提供用于船舶的两个完全独立的电力设备。至任一发电机的功率中断将不会影响其它发电机。可用的总功率为~28.5 MW,假定了电力负载与发电机额定值成比例地在侧之间分配。

[0120] 高冗余并行电力设备操作(模式6):与模式5相同,只是MVAC汇流条断路器关闭且GTG控制母线频率。这加强高冗余操作配置中的负载分配。

[0121] 在船员休息、配置或装燃料期间在港口中经历的功率水平(小于2.5到3.MW)下,船员也将选择使用自行起动辅助柴油发电机作为船舶的功率源(模式0)。以下表格归纳了基本操作模式和分量控制模式。

[0122] 图3为包括左舷配电系统302和右舷配电系统304的船载电力系统300的示意图。左舷配电系统302包括燃气涡轮发动机发电机(GTG) 306,且右舷配电系统304包括由GTG 306或GCU 106的排气流生成的蒸汽驱动的蒸汽涡轮发电机308。辅助柴油发电机310可通过相应的MVAC母线312或314直接地联接到左舷配电系统302或右舷配电系统304中的一者,或可通过升压变压器316联接到MVAC母线312或314。MVAC母线可通过一个或多个MVAC汇流条断路器317和319电联接。推进马达318和320从相应的变频驱动器(VFD) 322和324供应。VFD 322和324通过相应的变压器326和328从相应母线312和314给送。

[0123] 图4为根据本发明的示例性实施例的电力和蒸汽系统100的单线示意图。在示例性实施例中,蒸发气体的流400导送至BOG压缩机102。BOG压缩机102的排放导送至GCU 106和GTG 108。GTG 108将压缩的BOG转变成有用的电能,而不能由GTG 108使用的任何BOG以受控方式氧化来限制调节的气体,且副产物由GCU 106排放至环境124。交叉管道128构造成接收来自发电机组件、GTG 108的排出气体的第一流,以及来自氧化单元106的排出气体的第二流,且将第一流和第二流导送至余热回收蒸汽发生器(HRSG) 116的入口402。交叉管道128允许来自GTG 108的排出气流和来自GCU 106的排出气流选择性地导送至HRSG 116。除GTG排气分流阀120和GCU排气分流阀132之外,两个其它阀连同交叉管道128使用来控制至HRSG 116的排出气流。交叉管道断流阀404构造成隔离来自GCU 106的排出气体以免进入HRSG 116。HRSG排气器旁通阀406构造成使排出气体从GTG 108转移至环境124,而非进入HRSG 116。

[0124] 尽管本公开内容的各种实施例的特定特征可能在一些图中示出且在其它图中未示出,但这仅是为了方便。根据本公开内容的原理,可与任何其它附图的任何特征组合来参照和/或提出附图的任何特征。

[0125] 该书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域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包含的方法。本发明可申请专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这些其它示例具有不与权利要求的字面语言不同的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质差异的等同结构要素,则意在使这些其它示例处于权利要求的范围内。

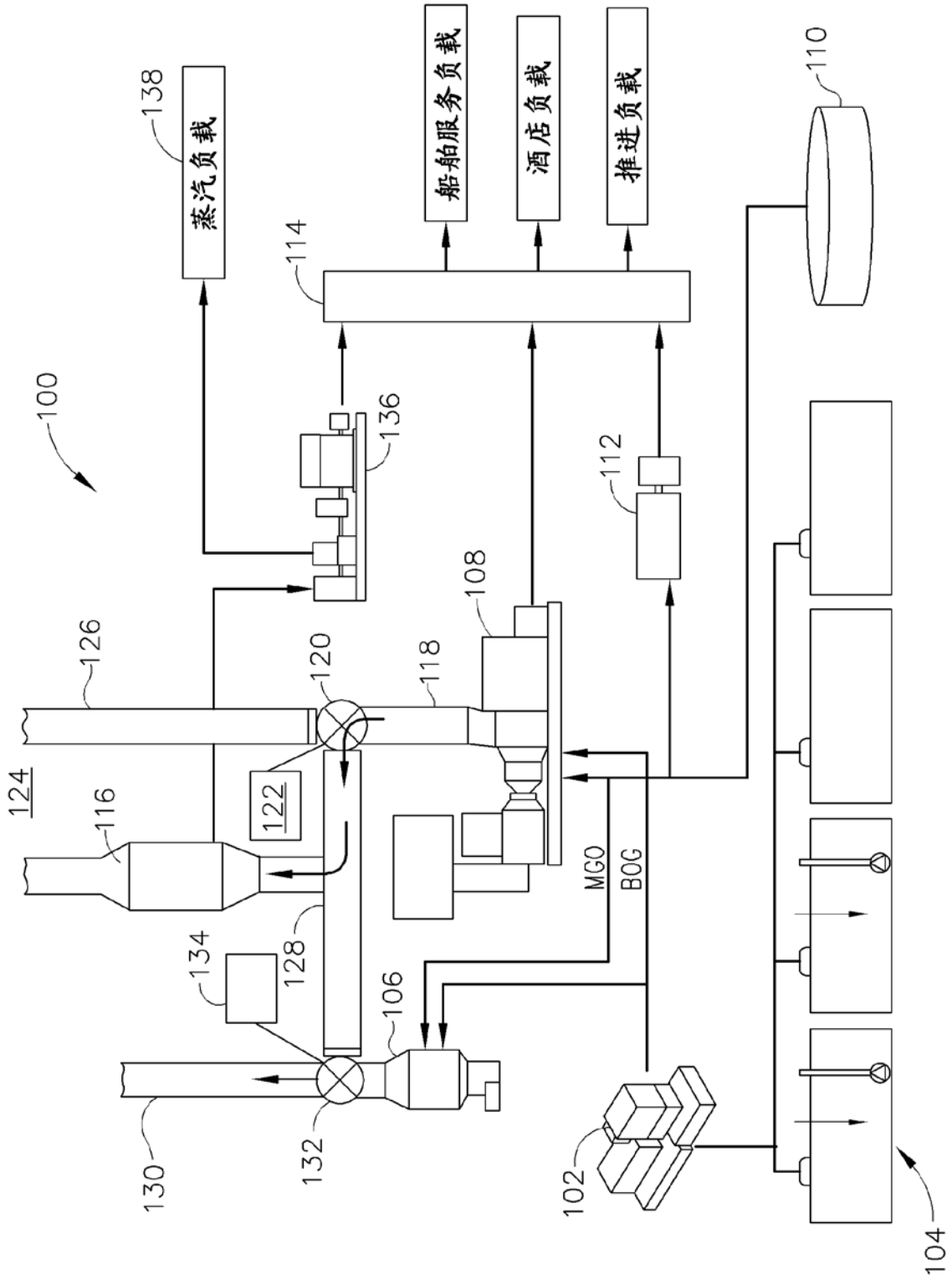


图 1

模式编号	GTG	HRSG	STG	GCU	MVAC 汇流条
0	关闭	关闭	关闭	处理过量 BOG	
1	主频控制	滑动压力控制	同步至 GTG	处理过量 BOG	关闭
2	主频控制	滑动压力控制	主频控制	处理过量 BOG	开启
3	主频控制	旁通或加热/再循环	离线	处理过量 BOG	关闭
4*	离线	滑动压力控制	主频控制	排至 HRSG	关闭
5	主频控制至 HRSG 旁路的排气	滑动压力控制	主频控制	排至 HRSG	开启
6	主频控制至 HRSG 旁路的排气	滑动压力控制	同步至 GTG	排至 HRSG	关闭

\*如果需要额外动力，自行启动辅助柴油发电机可用

图 2

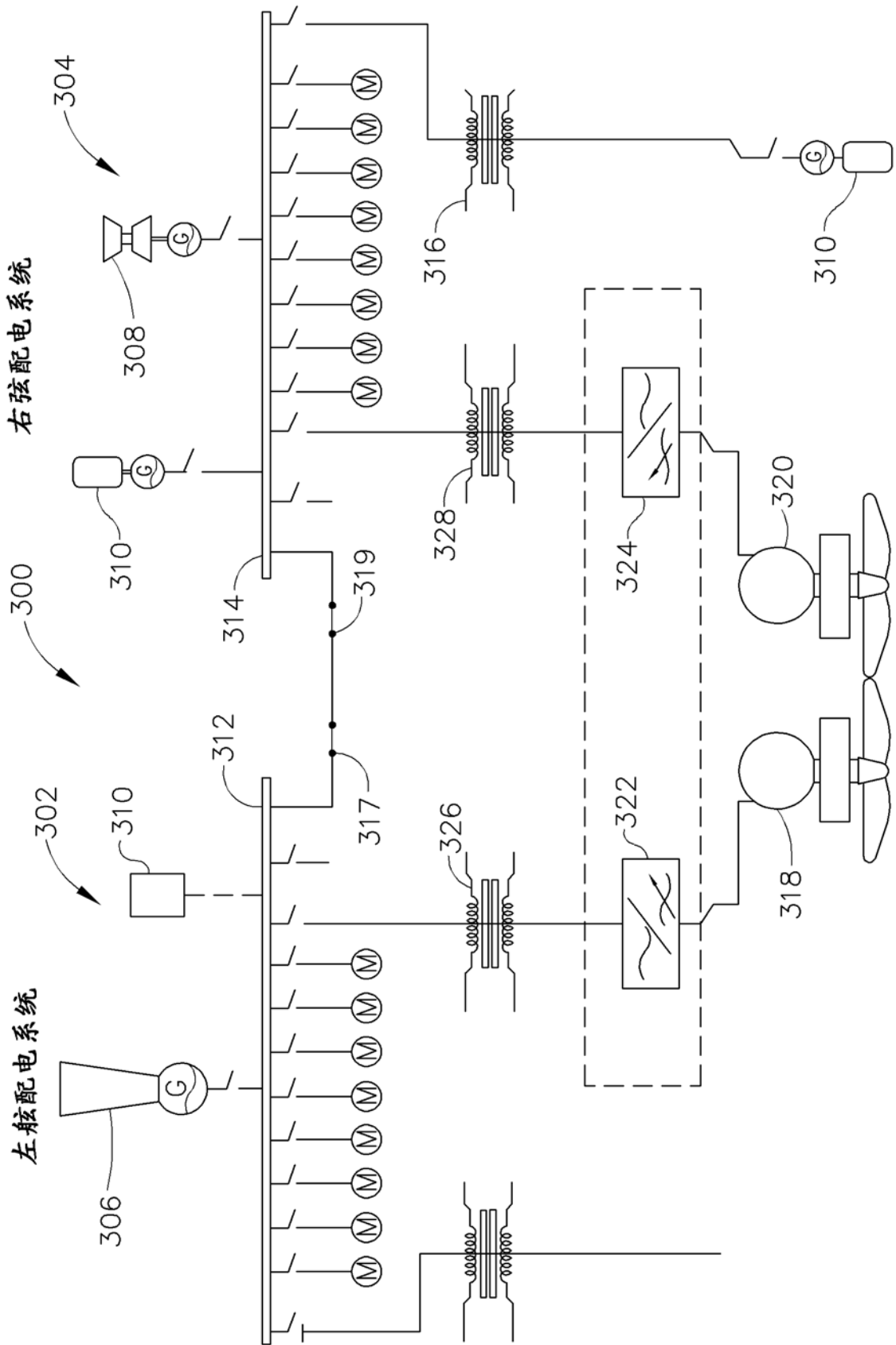


图 3

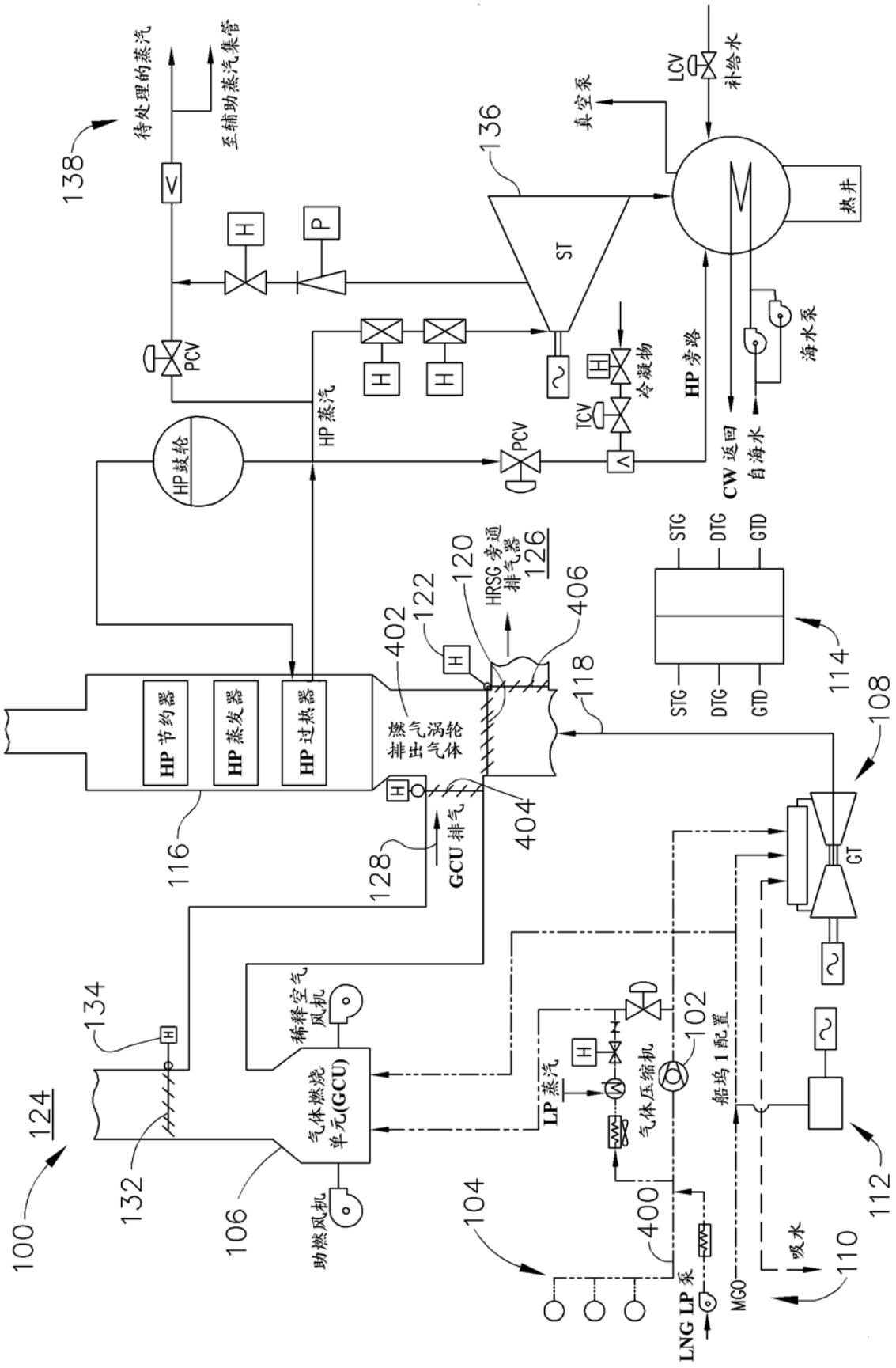


图 4