



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102536363 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201110385852. 3

(22) 申请日 2011. 11. 18

(30) 优先权数据

12/949865 2010. 11. 19 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·A·勒哈 S·W·弗罗伊因德

T·J·弗里 G·阿斯特

P·S·胡克 M·米尔鲍尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01K 23/08(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 9524822 A2, 1995. 09. 21,

US 6651443 B1, 2003. 11. 25,

EP 0007850 A1, 1980. 02. 06,

JP S61237804 A, 1986. 10. 23,

审查员 韩宇

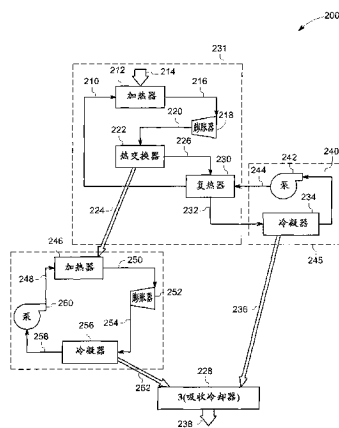
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

与有机朗肯循环和吸收冷却器循环结合的朗肯循环

(57) 摘要

本发明涉及与有机朗肯循环和吸收冷却器循环结合的朗肯循环。提供了一种动力产生系统。该系统包括第一朗肯循环-第一工作流体循环回路,第一朗肯循环-第一工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、热交换器、复热器、冷凝器、泵和第一工作流体;第一朗肯循环-第一工作流体循环回路与下者结合:a) 第二朗肯循环-第二工作流体循环回路,包括加热器、膨胀器、冷凝器、泵和包括有机流体的第二工作流体;以及 b) 包括第三工作流体循环回路的吸收冷却器循环,第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。在一个实施例中,第一工作流体包括CO<sub>2</sub>。在一个实施例中,第一工作流体包括氦气、空气或氮气。



1. 一种动力产生系统,包括:

第一朗肯循环—第一工作流体循环回路,其包括加热器、膨胀器、热交换器、复热器、冷凝器、泵和包括CO<sub>2</sub>的第一工作流体;所述第一朗肯循环—第一工作流体循环回路与下者结合:

a) 第二朗肯循环—第二工作流体循环回路,其包括加热器、膨胀器、冷凝器、泵和包括有机流体的第二工作流体;以及

b) 包括第三工作流体循环回路的吸收冷却器循环,所述第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

2. 根据权利要求1所述的动力产生系统,其特征在于,所述制冷剂包括氨或水。

3. 根据权利要求1所述的动力产生系统,其特征在于,所述吸收器包括所述制冷剂和溶剂的溶液。

4. 根据权利要求1所述的动力产生系统,其特征在于,使用空气或水来冷却所述吸收器。

5. 一种动力产生系统,包括:

包括朗肯循环—第一工作流体循环回路的第一回路,所述朗肯循环—第一工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、热交换器、复热器、冷凝器、泵和包括氦气、氮气或空气的第一工作流体;所述第一回路与下者结合:

a) 包括朗肯循环—第二工作流体循环回路的第二回路,所述朗肯循环—第二工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、冷凝器、泵和包括有机流体的第二工作流体;以及

b) 包括吸收冷却器循环的第三回路,所述吸收冷却器循环包括第三工作流体循环回路,所述第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

6. 一种动力产生系统,包括:

包括二氧化碳废热回收朗肯循环的第一回路,所述第一回路与下者结合:

a) 包括有机朗肯循环的第二回路;以及

b) 包括吸收冷却器循环的第三回路;

其中,所述第一回路包括:

加热器,其构造成接收包括液态CO<sub>2</sub>流的第一工作流体,并且产生经加热的CO<sub>2</sub>流;膨胀器,其构造成接收所述经加热的CO<sub>2</sub>流,并且产生经膨胀的CO<sub>2</sub>流;热交换器,其构造成接收所述经膨胀的CO<sub>2</sub>流,并且产生较冷的CO<sub>2</sub>流;复热器,其构造成接收来自所述热交换器的所述较冷的CO<sub>2</sub>流,并且产生甚至更冷的CO<sub>2</sub>流;冷凝器,其构造成接收来自所述复热器的所述甚至更冷的CO<sub>2</sub>流,并且产生较冷的CO<sub>2</sub>流;泵,其构造成接收来自所述冷凝器的所述较冷的CO<sub>2</sub>流,所述复热器也能够接收来自所述泵的液态CO<sub>2</sub>流,并且产生经加热的液态CO<sub>2</sub>流,其中,所述复热器能够将所述经加热的液态CO<sub>2</sub>流引导回到所述加热器;

其中,所述第二回路包括:

加热器,其构造成接收第二工作流体流,并且产生经加热的第二工作流体流;膨胀器,其构造成接收所述经加热的第二工作流体流,并且产生经膨胀的第二工作流体流;冷凝器,其构造成接收所述经膨胀的第二工作流体流,并且产生较冷的第二工作流体流;泵,其构造成接收所述经冷却的第二工作流体流,

其中,所述泵能够将所述经冷却的第二工作流体流引导回到所述加热器;

其中,所述第二回路的所述加热器构造成接收来自所述第一回路的所述热交换器的热;

其中,所述第一回路的所述冷凝器和所述第二回路的所述冷凝器构造成将热传送到吸收冷却器循环;以及

其中,所述吸收冷却器循环构造成将接收到的热的一部分传送到周围环境。

7. 根据权利要求 6 所述的动力产生系统,其特征在于,所述吸收冷却器循环包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

8. 根据权利要求 6 所述的动力产生系统,其特征在于,所述动力产生系统进一步包括连接到所述第一回路和所述第二回路的所述膨胀器上的涡轮。

9. 根据权利要求 6 所述的动力产生系统,其特征在于,所述第二工作流体包括有机流体,所述有机流体包括乙醇、环己烷或甲苯。

10. 一种产生动力的方法,包括:

提供包括二氧化碳废热回收朗肯循环的第一回路;

提供包括有机朗肯循环的第二回路;以及

提供包括吸收冷却器循环的第三回路;

其中,所述第一回路与所述第二回路和所述第三回路结合;

其中,所述第一回路包括:加热器,其接收包括液态 CO<sub>2</sub>的第一工作流体,并且产生经加热的 CO<sub>2</sub>;膨胀器,其接收所述经加热的 CO<sub>2</sub>,并且产生经膨胀的 CO<sub>2</sub>;热交换器,其接收所述经膨胀的 CO<sub>2</sub>,并且产生较冷的 CO<sub>2</sub>流;复热器,其接收来自所述热交换器的所述较冷的 CO<sub>2</sub>流,并且产生甚至更冷的 CO<sub>2</sub>流;冷凝器,其接收来自所述复热器的所述甚至更冷的 CO<sub>2</sub>流,并且产生液态 CO<sub>2</sub>流;泵,其接收来自所述冷凝器的所述液态 CO<sub>2</sub>流,所述复热器也能够接收来自所述泵的液态 CO<sub>2</sub>流,并且产生经加热的液态 CO<sub>2</sub>流,其中,所述复热器能够将所述经加热的液态 CO<sub>2</sub>流引导回到所述加热器;

其中,所述第二回路包括:加热器,其接收第二工作流体流,并且产生经加热的第二工作流体流;膨胀器,其接收所述经加热的第二工作流体流,并且产生经膨胀的第二工作流体流;冷凝器,其接收所述经膨胀的第二工作流体流,并且产生较冷的第二工作流体流;泵,其接收所述经冷却的第二工作流体流,其中,所述泵能够将所述经冷却的第二工作流体流引导回到所述加热器;以及

其中,所述第二回路的所述加热器接收来自所述第一回路的所述热交换器的热;

其中,所述第一回路和所述第二回路的所述冷凝器将热传送到吸收冷却器循环;以及

其中,所述吸收冷却器循环将接收到的热的一部分传送到周围环境。

## 与有机朗肯循环和吸收冷却器循环结合的朗肯循环

### 技术领域

[0001] 本文描述的系统和技术包括涉及利用热来产生动力的实施例。更具体而言,这些系统和技术涉及采用与有机朗肯 (Rankine) 循环和吸收冷却器循环结合的朗肯循环的动力产生系统。本发明还包括涉及利用废热来改进动力产生系统的效率的实施例。

### 背景技术

[0002] 利用工作流体 (例如二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、氦气、空气或氮气) 的惰性气体闭合回路动力循环的性能可对用来冷却膨胀之后的工作流体的冷却介质的存储温度敏感。如果将大气空气用作循环热沉,则温度的季节变化可对循环泵或压缩机的动力需求有较强影响,并且继而对循环的总的净输出有较强影响。

[0003] 鉴于这些考虑,用于使工作流体冷却和冷凝的新过程在本领域中将是受欢迎的。这些新过程还应当能够经济地实现,并且应当能够与其它动力产生系统相容。

### 发明内容

[0004] 在一个实施例中,提供了一种动力产生系统。该系统包括第一朗肯循环—第一工作流体循环回路,该第一朗肯循环—第一工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、热交换器、复热器 (recuperator)、冷凝器、泵和包括 CO<sub>2</sub> 的第一工作流体;第一朗肯循环—第一工作流体循环回路与下者结合:a) 第二朗肯循环—第二工作流体循环回路,其包括加热器、膨胀器、冷凝器、泵和包括有机流体的第二工作流体;以及 b) 包括第三工作流体循环回路的吸收冷却器循环,第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

[0005] 在另一个实施例中,提供了一种动力产生系统。该系统包括第一回路,第一回路包括朗肯循环—第一工作流体循环回路,该朗肯循环—第一工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、热交换器、复热器、冷凝器、泵和包括氦气、氮气或空气的第一工作流体;第一回路与下者结合:a) 包括朗肯循环—第二工作流体循环回路的第二回路,该朗肯循环—第二工作流体循环回路包括加热器、膨胀器、冷凝器、泵和包括有机流体的第二工作流体;以及 b) 包括吸收冷却器循环的第三回路,吸收冷却器循环包括第三工作流体循环回路,第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

[0006] 在又一个实施例中,提供了一种动力产生系统。该系统包括第一回路,第一回路包括二氧化碳废热回收朗肯循环,第一回路与下者结合:a) 包括有机朗肯循环的第二回路;以及 b) 包括吸收冷却器循环的第三回路。第一回路包括:加热器,其构造成接收包括液态 CO<sub>2</sub> 流的第一工作流体,并且产生经加热的 CO<sub>2</sub> 流;膨胀器,其构造成接收经加热的 CO<sub>2</sub> 流,并且产生经膨胀的 CO<sub>2</sub> 流;热交换器,其构造成接收经膨胀的 CO<sub>2</sub> 流,并且产生较冷的 CO<sub>2</sub> 流;复热器,其构造成接收经冷却的 CO<sub>2</sub> 流,并且产生甚至更冷的 CO<sub>2</sub> 流;冷凝器,其构造成接收经冷却的 CO<sub>2</sub> 流,并且产生甚至更冷的 CO<sub>2</sub> 流;泵,其构造成接收经冷却的 CO<sub>2</sub> 流,复热器也能够接收来自泵的液态 CO<sub>2</sub> 流,并且产生经加热的液态 CO<sub>2</sub> 流,其中,复热器还能够将经加热

的液态 CO<sub>2</sub>流引导回到加热器。第二回路包括：加热器，其构造成接收第二工作流体流，并且产生经加热的第二工作流体流；膨胀器，其构造成接收经加热的第二工作流体流，并且产生经膨胀的第二工作流体流；冷凝器，其构造成接收经膨胀的第二工作流体流，并且产生较冷的第二工作流体流；泵，其构造成接收经冷却的第二工作流体流，其中，泵能够将经冷却的第二工作流体流引导回到加热器。第二回路的加热器构造成接收来自第一回路的热交换器的热。第一回路的冷凝器和第二回路的冷凝器构造成将热传送到吸收冷却器循环。吸收冷却器循环构造成将接收到的热的一部分传送到周围环境。

[0007] 在另外的又一个实施例中，提供了一种产生动力的方法。该方法包括：提供包括二氧化碳废热回收朗肯循环的第一回路；提供包括有机朗肯循环的第二回路；以及提供包括吸收冷却器循环的第三回路；其中，第一回路与第二回路和第三回路结合。第一回路包括：加热器，其接收包括液态 CO<sub>2</sub>的第一工作流体，并且产生经加热的 CO<sub>2</sub>；膨胀器，其接收经加热的 CO<sub>2</sub>，并且产生经膨胀的 CO<sub>2</sub>；热交换器，其接收经膨胀的 CO<sub>2</sub>，并且产生较冷的 CO<sub>2</sub>流；复热器，其接收经冷却的 CO<sub>2</sub>流，并且产生甚至更冷的 CO<sub>2</sub>流；冷凝器，其接收经冷却的 CO<sub>2</sub>流，并且产生液态 CO<sub>2</sub>流；泵，其接收液态 CO<sub>2</sub>流，复热器也能够接收来自泵的液态 CO<sub>2</sub>流，并且产生经加热的 CO<sub>2</sub>流。复热器还能够将经加热的 CO<sub>2</sub>流引导回到加热器。第二回路包括：加热器，其接收第二工作流体流，并且产生经加热的第二工作流体流；膨胀器，其接收经加热的第二工作流体流，并且产生经膨胀的第二工作流体流；冷凝器，其接收经膨胀的第二工作流体流，并且产生较冷的第二工作流体流；泵，其接收经冷却的第二工作流体流，其中，泵能够将经冷却的第二工作流体流引导回到加热器。第二回路的加热器接收来自第一回路的热交换器的热。第一回路的冷凝器和第二回路的冷凝器构造成将热传送到吸收冷却器循环。吸收冷却器循环将接收到的热的一部分传送到周围环境。

## 附图说明

[0008] 当参照附图来阅读以下详细描述时，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：

[0009] 图 1 是本领域中已知的动力产生系统的方框流程图。

[0010] 图 2 是根据本发明的实施例的动力产生系统的方框流程图。

[0011] 部件列表：

[0012] 100 动力产生系统

[0013] 110 第一工作流体流

[0014] 112 加热器

[0015] 114 外部源

[0016] 116 流

[0017] 118 膨胀器

[0018] 120 流体流

[0019] 122 热交换器

[0020] 124 传递热

[0021] 126 传递热

[0022] 128 冷却器循环

- [0023] 130 复热器
- [0024] 131 第一回路
- [0025] 132 流体流
- [0026] 134 冷凝器
- [0027] 138 废热
- [0028] 140 工作流体
- [0029] 142 泵
- [0030] 144 流的压力
- [0031] 200 动力产生系统
- [0032] 210 第一工作流体流
- [0033] 212 加热器
- [0034] 214 外部热源
- [0035] 216 第一工作流体流
- [0036] 218 第一工作流体流
- [0037] 220 膨胀器
- [0038] 222 热交换器
- [0039] 224 传递热
- [0040] 226 流
- [0041] 228 吸收冷却器循环
- [0042] 230 复热器
- [0043] 231 流体循环回路
- [0044] 232 第一工作流体流
- [0045] 234 冷凝器
- [0046] 236 热
- [0047] 238 废热
- [0048] 240 较冷的流
- [0049] 242 泵
- [0050] 244 流体流
- [0051] 245 回路
- [0052] 246 加热器
- [0053] 248 工作流体
- [0054] 250 流
- [0055] 252 膨胀器
- [0056] 254 流
- [0057] 256 冷凝器
- [0058] 258 流体流
- [0059] 260 泵
- [0060] 262 热

## 具体实施方式

[0061] 如本文所用,贯穿说明书和权利要求书,可应用近似语言来修饰可允许有所变化的任何数量性表示,而不使其所涉及的基本功能改变。因此,诸如“大约”的用语所修饰的值不限于所规定的精确值。在一些情况中,近似语言可对应于用于测量该值的仪器的精度。类似地,“无”可与用语结合起来使用,并且可包括非实质性数量或痕量,而仍然认为是无被修饰的用语。

[0062] 如本文所用,用语“可”和“可为”表示在一组情形内出现的可能性;拥有规定的性质、特性或功能。这些用语还可通过表达与所限定的动词相关联的能力、性能或可能性中的一个或多个来限定另一个动词。因此,对“可”和“可为”的使用表示被修饰的用语对于所表示的性能、功能或用途是明显合适的、可能的或者适合的,同时考虑到了在一些情形中,被修饰的用语有时可能是不合适的、不可能的或者不适合的。例如,在一些情形中,可期望有事件或性能,而在其它情形中,该事件或性能无法发生—“可”和“可为”捕捉到了这个差别。

[0063] 将在下面描述本发明的一个或多个具体实施例。为了致力于对这些实施例提供简明的描述,可能不会在说明书中描述实际实现的所有特征。应当理解,如在任何工程或设计项目中开发任何这种实际实现时,必须作出许多对于实现而言专有的决定,以实现开发者的具体目的,例如遵守与系统相关的和与商业相关的约束,这些约束可在(不同的)实现之间彼此有所不同。此外,应当理解,这种开发工作可为复杂和费时的,但尽管如此,其仍然是受益于本公开的普通技术人员的设计、生产和制造的例行任务。

[0064] 当介绍本发明的各种实施例的元素时,冠词“一个”、“一种”和“该”意图指的是存在元素中的一个或多个。用语“包括”、“包含”和“具有”意图为包括性的,并且指的是除所列元素之外,可存在额外的元素。此外,用语“第一”、“第二”等等在本文不表示任何顺序、数量或重要性,而是相反,它们用来将元素彼此区分开。

[0065] 本文描述的本发明的实施例解决了所提到的现有技术状况的缺点。这些实施例有利地提供了一种改进的动力产生系统。本文公开的动力产生系统可包括第一回路(第一动力产生元素),第一回路直接暴露于热源,并且将热排到包括吸收冷却器循环的第三回路。包括有机朗肯循环(ORC;第二动力产生元素)的第二回路以这样的方式设置在第一回路和第三回路之间;第二回路构造成接收来自第一回路的废热,并且将废热排到第三回路,同时产生额外的电功率。

[0066] 如本文所用,用语“废热”指的是这样的热:该热以燃料燃烧或化学反应的方式在过程中产生,然后被“倾倒”到环境中,并且未出于有用且经济的目的而被重复使用。本质事实可能不是热的量,而是它的“值”。用以回收未使用的热的机构取决于废热气体的温度和所涉及的经济性。大量的热的烟道气从锅炉、窑、烘炉和熔炉中产生。如果可回收废热中的一些,则可节约相当大量的初级燃料。虽然,可能无法完全回收废气中损失的能量,但是不断地在努力使损失减到最小化。

[0067] 如图1中所示出,现有技术中已知的动力产生系统100包括第一回路131,第一回路131是用于废热回收的单个膨胀复热二氧化碳循环的实例,第一回路与第二回路128结合,第二回路128是吸收冷却器循环。

[0068] 加热器112(例如热回收锅炉)构造成接收第一工作流体流110,并且产生经加热

的第一工作流体流 116。可使用外部源 114(例如排气)来加热加热器 112。流 110 在其进入加热器 112 时具有初始温度。在一个实施例中,流 110 的初始温度处于大约 60 摄氏度至大约 120 摄氏度的范围中,而流 116 的温度处于大约 400 摄氏度至大约 600 摄氏度的范围中。膨胀器 118 构造成接收流 116,并且产生经膨胀的第一工作流体流 120。流 120 的温度可低于流 116 的温度,并且可高于流 110。在一个实施例中,流 120 的温度处于大约 200 摄氏度至大约 400 摄氏度的范围中。膨胀器 118 将工作流体的动能转换成可用来产生电功率的机械能。热交换器 122 构造成接收流 120,并且产生较冷的第一工作流体流 126。在一个实施例中,流 126 具有处于大约 150 摄氏度至大约 300 摄氏度的范围中的温度。热交换器 122 构造成将来自经膨胀的第一工作流体流 120 的热 124 传递给吸收冷却器循环 128。热 124 是在流 120 冷却而形成流 126 时留在热交换器 122 中的热。流 126 可具有低于流 120 但高于流 110 的温度。

[0069] 复热器 130 构造成接收流 126,并且产生甚至更冷的第一工作流体流 132。在一个实施例中,流 132 的温度处于大约 30 摄氏度至大约 50 摄氏度的范围中。冷凝器 134 构造成接收流 132,并且产生甚至更冷的流体流 140。在一个实施例中,流 140 的温度处于大约 20 摄氏度至大约 30 摄氏度的范围中。吸收冷却器循环 128 构造成接收来自冷凝器 134 的冷凝热 136(当流 132 冷却而形成流 140 时留在冷凝器中的热)。吸收冷却器循环 128 通过使用热 136 来使制冷剂蒸发而冷却冷凝器 134。制冷剂(在图中未显示)是吸收冷却器循环 128 的工作流体。吸收冷却器循环 128 构造成将废热 138 排到周围环境。泵 142 构造成接收经冷却的第一工作流体 140,并且产生加压的第一工作流体 144。在一个实施例中,流 144 的压力处于大约 200 巴至大约 350 巴的范围中。复热器 130 构造成接收加压的第一工作流体 144 以及产生第一工作流体 110,并且能够将第一工作流体 110 引导回到加热器 112,从而完成第一回路 131。

[0070] 冷凝器是用来使物质从其气体状态冷凝到其液体状态(典型地通过冷却它)的装置或单元。采用如本文描述的朗肯循环的冷凝器来使第一工作流体冷凝,例如,从二氧化碳冷凝成液态二氧化碳。这样一来,得到的热由二氧化碳释放,并且该热传递到在冷凝器中用来冷却二氧化碳的制冷剂。在冷凝器中用来冷却二氧化碳的制冷剂是吸收冷却器循环的工作流体。制冷剂吸收来自正在冷凝器中被冷却的二氧化碳的潜热,并且该制冷剂会蒸发。从而,如上面提到的那样,朗肯循环的冷凝器也起吸收冷却器循环的蒸发器的作用。

[0071] 如本文所用,“朗肯循环”是将热转换成功的循环。从外部将热供应给闭合回路,这通常利用水。此循环产生整个世界使用的电功率的大部分。典型地,朗肯循环中存在四个过程。在第一个步骤中,工作流体被从低压泵到高压。流体在此阶段是液体,并且泵需要少许输入能量。在第二个步骤中,高压液体进入锅炉,在锅炉中,外部热源在恒定的压力处加热该高压液体,以便使其变成蒸气。在第三个步骤中,蒸气通过涡轮而膨胀,从而产生动力。这降低了蒸气的温度和压力。在第四个步骤中,蒸气然后进入冷凝器,在冷凝器中,蒸气在恒定的压力处冷凝而变成饱和液体。该过程然后又从第一个步骤开始。

[0072] 复热器大体为用来在闭合过程中从类似的流中恢复或收回热以便重复利用该热的逆流能量回收热交换器。复热器用于例如化学和加工工业、包括具有某些流体的朗肯循环的各种热动循环以及吸收制冷循环中。适合类型的复热器包括壳管式热交换器,以及板式热交换器。



[0073] 使用解吸器来从溶液中移除制冷剂,而不使制冷剂热退化。可采用的适合类型的解吸器包括壳管式热交换器,以及可联接到精馏器柱上的再沸器。

[0074] 冷凝器是用来使蒸气冷凝成液体的传热装置或单元。在一个实施例中,所采用的冷凝器包括壳管式热交换器。

[0075] 本领域技术人员将理解,本文描述的复热器、冷凝器和解吸器可包括可用于适当的目的的热交换器。在各种实施例中,加热器、冷凝器、膨胀器、复热器等的数量以及在循环中使用的各种流的温度和压力可由来自系统和系统在其中运行的环境的动力需求来确定。

[0076] 在一个实施例中,参照图 2,提供了一种动力产生系统。该系统包括第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231,第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231 包括加热器 212、膨胀器 218、热交换器 222、复热器 230、冷凝器 234、泵 242 和包括 CO<sub>2</sub> 的第一工作流体 210;第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231 与下者结合:a) 第二朗肯循环—第二工作流体循环回路 245,其包括加热器 246、膨胀器 252、冷凝器 256、泵 260 和包括有机流体的第二工作流体 248;以及 b) 包括第三工作流体循环回路(在图中未显示)的吸收冷却器循环 228,第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。

[0077] 在一个实施例中,第二工作流体包括有机流体。有机流体的适合的实例包括环己烷、甲苯和乙醇。

[0078] 可用作第三工作流体的制冷剂的适合的实例包括水或氨。在一个实施例中,吸收冷却器循环 228 的吸收器包括制冷剂和溶剂的溶液。制冷剂通常为水或氨。溶剂或者是水,以用于氨,或者是溴化锂—水溶液。

[0079] 在另一个实施例中,再次参照图 2,提供了一种动力产生系统。该系统包括第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231,第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231 包括加热器 212、膨胀器 218、热交换器 222、复热器 230、冷凝器 234、泵 242 和包括氦气、氮气和空气的第一工作流体 210;第一朗肯循环—第一工作流体循环回路 231 与下者结合:a) 第二朗肯循环—第二工作流体循环回路 245,其包括加热器 246、膨胀器 252、冷凝器 256、泵 260 和包括有机流体的第二工作流体 248;以及 b) 包括第三工作流体循环回路(在图中未显示)的吸收冷却器循环 228,第三工作流体循环回路包括蒸发器、吸收器、泵、解吸器、冷凝器和包括制冷剂的第三工作流体。在一个实施例中,第一工作流体是氮气。在另一个实施例中,第一工作流体是空气。在又一个实施例中,第一工作流体是氦气。

[0080] 回头参照图 2,在一个实施例中,提供了根据本发明的实施例的动力产生系统 200。该系统 200 包括第一回路 231,第一回路 231 是用于废热回收的单个膨胀复热二氧化碳循环的实例,第一回路 231 与第二回路 245 和第三回路 228 结合,第二回路 245 可为有机朗肯循环,而第三回路 228 可为吸收冷却器循环。

[0081] 加热器 212(例如热回收锅炉)构造成接收第一工作流体流 210,并且产生经加热的第一工作流体流 216。在一个实施例中,第一工作流体流是二氧化碳。在一个实施例中,第一工作流体流包括氦气、氮气或空气。在一个实施例中,可采用外部源 214(例如来自燃气轮机的排气)来加热加热器 212。流 110 在其进入加热器 212 时具有初始温度。在一个实施例中,流 210 的初始温度处于大约 60 摄氏度至大约 120 摄氏度的范围中。在一个实施例中,流 216 处于大约 400 摄氏度至大约 600 摄氏度的范围中的温度。膨胀器 218 构造成

接收流 216, 并且产生经膨胀的第一工作流体流 220。流 220 的温度可低于流 216 的温度, 并且可高于流 210。在一个实施例中, 流 220 处于大约 200 摄氏度至大约 400 摄氏度的范围中的温度。膨胀器 218 构造成将第一工作流体的动能转换成可用来产生电功率的机械能。热交换器 222 构造成接收流 220, 并且产生较冷的第一工作流体流 226。在一个实施例中, 流 226 具有处于大约 150 摄氏度至大约 300 摄氏度的范围中的温度。热交换器 222 还构造成将热 224 传递给加热器 246。热 224 是在流 220 冷却而形成流 226 时留在热交换器 222 中的热。流 226 可具有低于流 220 但高于流 210 的温度。

[0082] 复热器 230 构造成接收流 226, 并且产生甚至更冷的第一工作流体流 232。在一个实施例中, 流 232 处于大约 30 摄氏度至大约 50 摄氏度的范围中的温度。冷凝器 234 构造成接收流 232, 并且产生甚至更冷的第一工作流体流 240。在一个实施例中, 流 240 的温度处于大约 20 摄氏度至大约 30 摄氏度的范围中。泵 242 构造成接收流 240, 并且产生加压的第一工作流体流 244。在一个实施例中, 流 244 具有处于大约 200 巴至大约 350 巴的范围中的压力。复热器 230 还构造成接收流 244, 并且产生经加热的第一工作流体 210。如上面提到的那样, 复热器 230 能够将流 210 引导回到加热器 112, 从而完成第一回路 231。

[0083] 加热器 246 形成第二回路 245 的一部分, 第二回路 245 形成有机朗肯循环。加热器 246 构造成接收来自第一回路 231 中的热交换器 222 的热 224。加热器 246 还构造成接收第二工作流体流 248, 例如像乙醇、环己烷或甲苯一样的有机流体, 并且产生经加热的第二工作流体流 250。在一个实施例中, 流 248 处于大约 100 摄氏度至大约 200 摄氏度的范围中的温度。在一个实施例中, 流 250 具有处于大约 200 摄氏度至大约 300 摄氏度的范围中的温度。膨胀器 252 构造成接收流 250, 并且产生经膨胀的第二工作流体流 254。如上面提到的那样, 膨胀器 252 将第二工作流体 (例如乙醇) 的动能转换成可用来产生电功率的机械能。在一个实施例中, 流 254 的温度处于大约 100 摄氏度至大约 200 摄氏度的范围中。冷凝器 256 构造成接收流 254, 并且产生较冷的第二工作流体流 258。在一个实施例中, 流 258 处于大约 100 摄氏度到大约 200 摄氏度的范围中的温度。泵 260 构造成接收流 258, 并且形成加压的第二工作流体流 248。泵 260 构造成将流 248 泵送回到加热器 246, 从而完成第二回路 245。尽管没有图示, 动力产生系统 200 进一步包括连接到第一回路 231 和第二回路 245 的膨胀器 218、252 上的涡轮。

[0084] 冷凝器 234 还构造成将热 236 传递给吸收冷却器 228。冷凝器 256 还构造成将来自冷凝器 256 的热 262 传送给吸收冷却器循环 228。热 236 和热 262 是在流 232 和 254 冷却而分别形成较冷的流 240 和 258 时分别留在冷凝器 234 和 256 中的热。吸收冷却器循环 228 构造成使用热 236、262 来产生用来冷却冷凝器 234、256 的制冷剂 (在图中未显示)。吸收冷却器循环 228 还构造成将接近周围温度 (即处于大约 20 摄氏度至大约 30 摄氏度的范围中的温度) 的废热 238 (在使制冷剂蒸发之后留在吸收冷却器循环 228 中的) 传递到周围环境。

[0085] 在一个实施例中, 提供了一种产生动力的方法。回头参照图 2, 提供了根据本发明的实施例的产生动力 200 的方法。该方法提供第一回路 231, 第一回路 231 是用于废热回收的单个膨胀复热二氧化碳循环的实例, 第一回路 231 与第二回路 245 和第三回路 228 结合, 第二回路 245 可为 ORC, 而第三回路 228 可为吸收冷却器循环。

[0086] 第一回路 231 包括加热器 212, 加热器 212 接收第一工作流体流 210, 并且产生经

加热的第二工作流体 214。加热器 212 可包括热回收锅炉。可使用外部源 214 (例如来自燃气轮机的排气) 来加热加热器 212。在一个实施例中,第一工作流体是二氧化碳。在另一个实施例中,第一工作流体包括氦气、氮气或空气。在一个实施例中,流 210 处于大约 60 摄氏度至大约 120 摄氏度的温度。在一个实施例中,流 216 处于大约 400 摄氏度至大约 500 摄氏度的范围中的温度。提供了膨胀器 218 来接收流 216,以及产生经膨胀的第一工作流体 220。膨胀器 218 将工作流体的动能转换成可用来产生电功率的机械能。在一个实施例中,流 220 处于大约 200 摄氏度至大约 400 摄氏度的范围中的温度。提供了热交换器 222 来接收流 220,以及产生较冷的第一工作流体 226。在一个实施例中,流 226 处于大约 150 摄氏度至大约 300 摄氏度的范围中的温度。热交换器 222 还构造成将热 224 传递给加热器 246,加热器 246 形成第二回路 245 的一部分。热 224 是在流 220 冷却而形成流 226 时留在热交换器 222 中的热。流 226 可具有低于流 220 但高于流 210 的温度。

[0087] 提供了复热器 230 来接收流 226,以及产生甚至更冷的第一工作流体流 232。在一个实施例中,流 232 处于大约 30 摄氏度到大约 60 摄氏度的范围中的温度。提供了冷凝器来接收流 232,以及产生甚至更冷的第一工作流体流 240。在一个实施例中,流 240 处于大约 20 摄氏度至大约 30 摄氏度的范围中的温度。

[0088] 提供了泵 242 来接收流 240,以及产生加压的第一工作流体流 244。在一个实施例中,流 244 具有处于大约 200 巴至大约 350 巴的范围中的压力。复热器 230 接收流 244,并且产生经加热的第一工作流体流 210。复热器 230 能够将流 210 引导回到加热器 212,从而完成第一回路 231。

[0089] 提供了加热器 246 来接收第二工作流体流 248,例如像乙醇一样的有机流体,以及产生经加热的第二工作流体流 250。在一个实施例中,第二工作流体流处于大约 100 摄氏度至大约 200 摄氏度的范围中的温度。在一个实施例中,流 250 处于大约 200 摄氏度至大约 300 摄氏度的范围中的温度。提供了膨胀器 252 来接收流 250,以及产生经膨胀的第二工作流体 254。如上面提到的那样,膨胀器将第二工作流体(例如丙烷)的动能转换成可用来产生电功率的机械能。在一个实施例中,流 254 处于大约 100 摄氏度至大约 200 摄氏度的范围中的温度。提供了冷凝器 256 来接收流 254,以及产生较冷的第二工作流体流 258。在一个实施例中,流 258 处于大约 100 摄氏度至大约 200 摄氏度的范围中的温度。提供了泵 260 来接收流 258,以及产生第二工作流体 248,第二工作流体 248 被泵送回到加热器 246,以完成回路 245。

[0090] 如上面所论述的那样,来自冷凝器 234 的热 236 被传递给吸收冷却器循环 228,而来自冷凝器 256 的热 262 被传递给吸收冷却器循环 228。吸收冷却器循环 228 使用热 236 和 262 来产生蒸发的制冷剂(在图中未显示)。使用蒸发的制冷剂来冷却冷凝器 234。来自吸收冷却器循环 228 的、接近周围温度(即处于大约 20 摄氏度至大约 30 摄氏度的范围中的温度)的废热 238 被传递到周围环境。

[0091] 本文公开的所有范围均包括端点,并且端点可彼此组合。如本文所用,用语“第一”、“第二”等不表示任何顺序、数量或重要性,而是相反,它们用来将元素彼此区分开。在描述本发明的语境(尤其是在所附权利要求的语境中)中所使用的用语“一个”和“一种”与“该”以及“所述”和类似的对象应理解为覆盖单数和复数两者,除非本文另有说明或语境有抵触。

[0092] 虽然结合了许多实施例来详细地描述本发明,但是本发明不限于这样的公开的实施例。相反,可修改本发明,以结合此前未描述的但与本发明的范围相当的任何数量的变型、变化、替代或等效布置。另外,虽然描述了本发明的多种实施例,但是应当理解,本发明的各方面可包括所描述的实施例中的仅一些。因此,本发明不应视为由前面的描述限制,而是仅由所附权利要求的范围限制。

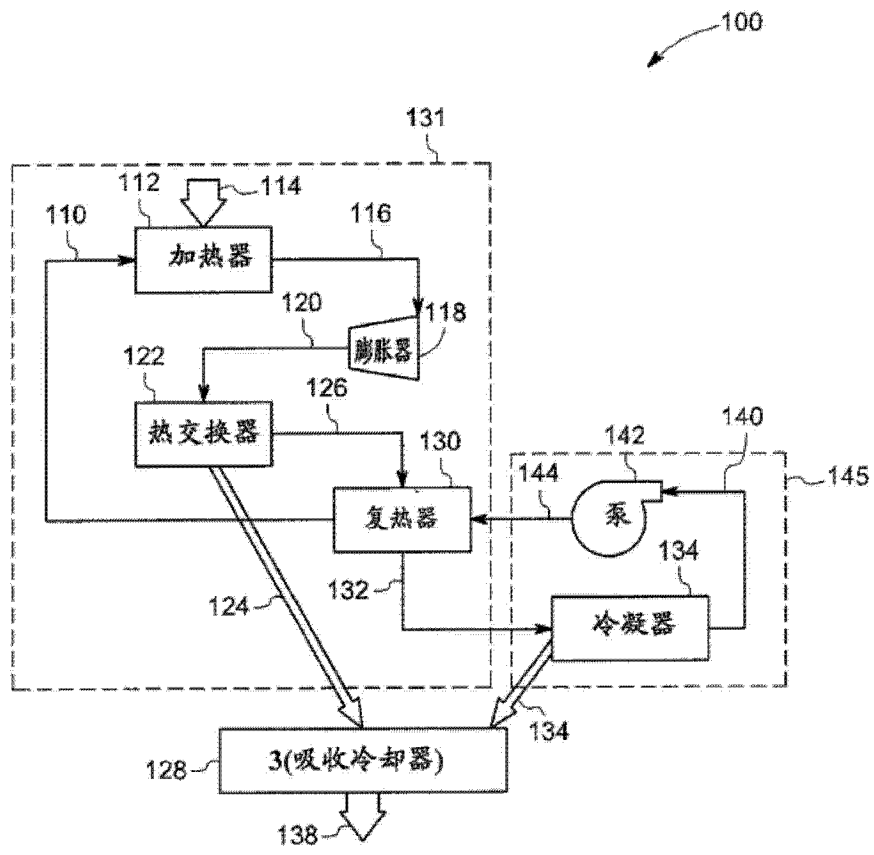


图 1(现有技术)

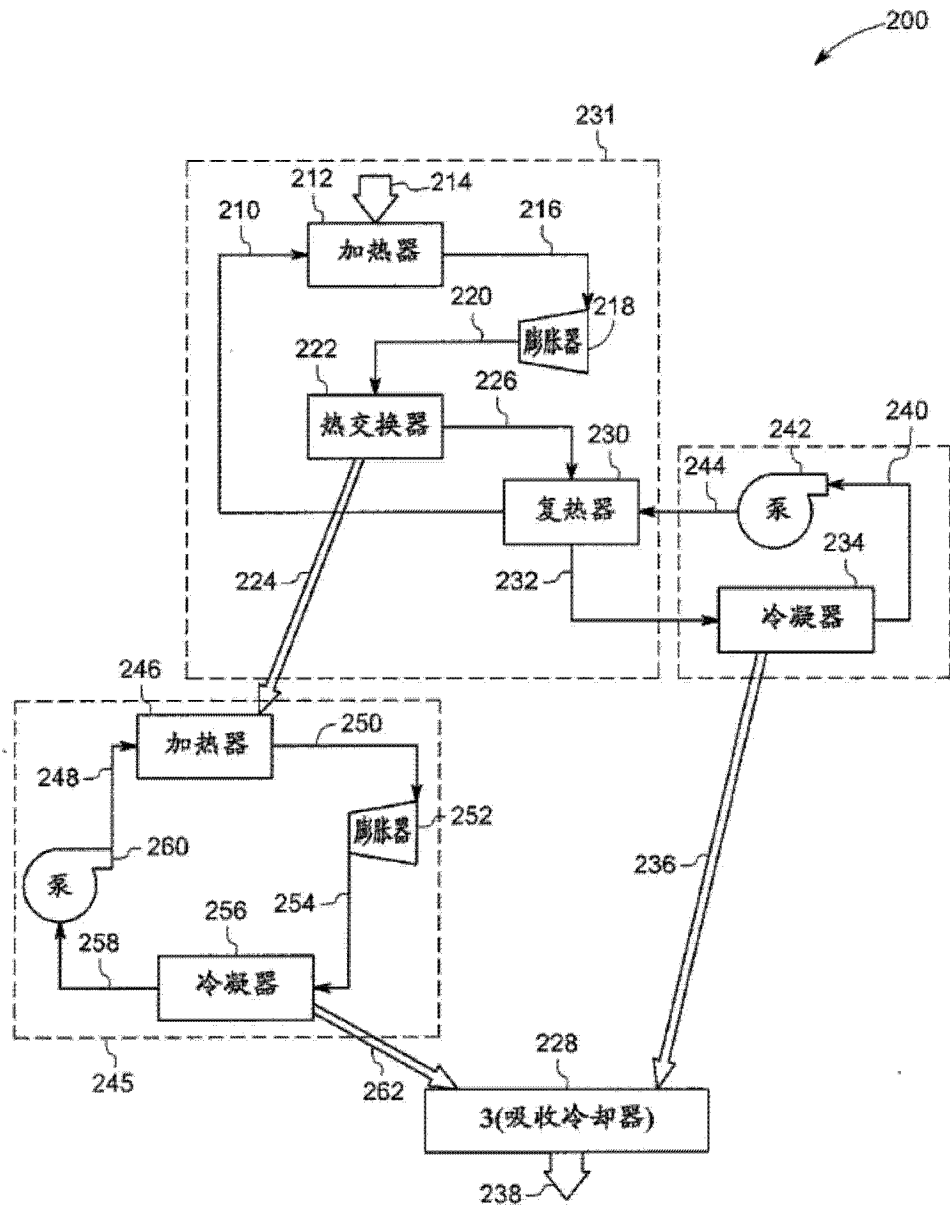


图 2