



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105003351 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201510431672. 2

F01K 25/08(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 07. 21

F01D 15/10(2006. 01)

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 舒歌群 王轩 田华 车家强

刘鹏

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 杜文茹

(51) Int. Cl.

F02G 5/04(2006. 01)

F01K 23/00(2006. 01)

F01K 27/00(2006. 01)

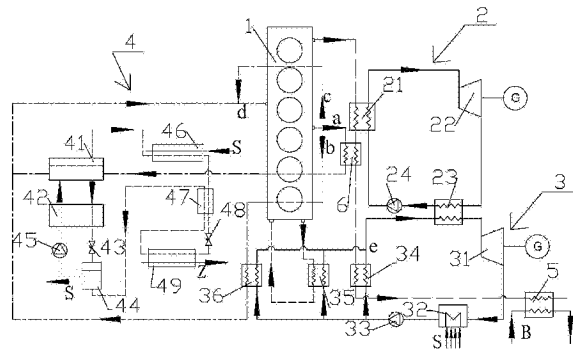
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔

(57) 摘要

一种对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,包括内燃机,还设置有与内燃机排出的高温气体进行热交换,使汽轮机膨胀作功的水蒸气朗肯循环系统,分别与内燃机排出的高温气体、缸套水,增压空气以及水蒸气朗肯循环系统中的冷凝热进行热交换,使膨胀机膨胀作功的有机朗肯循环系统,将内燃机排出的部分缸套水作为吸收式制冷系统热源进行热交换的溴冷机组,以及与内燃机排出的高温气体终端相连用于给生活用水进行加热的热水换热器。本发明是结合建筑用能对能量品质的不同需求,提出一种多余热回收方式相结合的冷,热,电三联供余热回收系统。使得气体机余热得到了非常充分的利用,同时大大提高了整个系统的综合能源利用率,达到了节能减排的效果。



1. 一种对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,包括内燃机(1),其特征在于,还设置有与所述内燃机(1)排出的高温气体进行热交换,使汽轮机膨胀作功的水蒸气朗肯循环系统(2),分别与所述内燃机(1)排出的高温气体、缸套水,增压空气以及水蒸气朗肯循环系统(2)中的冷凝热进行热交换,使膨胀机膨胀作功的有机朗肯循环系统(3),将所述内燃机(1)排出的部分缸套水作为吸收式制冷系统热源进行热交换的溴冷机组(4),以及与所述的内燃机(1)排出的高温气体终端相连用于给生活用水进行加热的水热交换器(5)。

2. 根据权利要求1所述的对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,其特征在于,所述的内燃机(1)排出的缸套水分三条支路,第一条支路(a)通过一个缸套水加热器(6)与经过水蒸气朗肯循环系统(2)热交换后的内燃机(1)排出的高温气体进行热交换,然后进入溴冷机组(4)中的发生器中作为吸收式制冷系统的热源进行热交换后经汇合点(d)流入内燃机(1);第二条支路(b)用于与所述的有机朗肯循环系统(3)进行热交换,然后经汇合点(d)流入内燃机(1);第三条支路(c)直接经汇合点(d)流入内燃机(1)。

3. 根据权利要求1所述的对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,其特征在于,所述的水蒸气朗肯循环系统(2)包括有:内部能够贯通所述内燃机(1)排出的高温气体,用于将流过内部的水加热成高温高压气体的余热锅炉(21),通过管路连接余热锅炉(21)流出的高温高压气体,用于膨胀做功的汽轮机(22),通过管路连接汽轮机(22)作功后排出的汽体,用于给所述的汽体降温冷凝的第一冷凝器(23),通过管路连接经第一冷凝器(23)的冷凝成液体水的出口,用于对所述液体水进行加压的泵(24),所述经泵(24)加压后的液体水通过管路进入所述的余热锅炉(21)再次与所述的内燃机(1)排出的高温气体进行热交换。

4. 根据权利要求1所述的对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,其特征在于,所述的有机朗肯循环系统(3)包括有通过流入的高温气态工质进行膨胀做功的膨胀机(31),通过管路连接膨胀机(31)做功后流出的低温气态工质,并与流经内部的冷却水进行热交换的第二冷凝器(32),流出第二冷凝器(32)的低温液态工质通过管路和设置在所述管路上的工质泵(33)分为三路,其中的一路低温液态工质通过管路连接到缸套水换热器(6)排气端的用于加热低温液态工质的排气预热器(34),排气预热器(34)流出的高温液态工质通过管路连接至工质汇合点(e);第二路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机(1)的增压空气给低温液态工质加热的增压空气预热器(35),从所述增压空气预热器(35)流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点(e);第三路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机(1)缸套水的第二条支路(b)流出的缸套水给低温液态工质加热的缸套水预热器(36),从所述缸套水预热器(36)流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点(e),所述的流至工质汇合点(e)的三路低温液态工质共同通过管路连接水蒸气朗肯循环系统(2)中的用于通过吸收水蒸气朗肯循环系统(2)的冷凝热而形成高温气态工质的第一冷凝器(23),从第一冷凝器(23)流出的高温气态工质再通过管路连接到所述膨胀机(31)作功,作功后流出的工质再经由第二冷凝器(32)和工质泵(33)开始下次循环。

5. 根据权利要求4所述的对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,其特征在于,流经所述排气预热器(34)与所述的低温液态工质进行热交换后的内燃

机 (1) 排出的高温气体终端通过管路连接用于给生活用水进行加热的热水换热器 (5)。

6. 根据权利要求 1 所述的对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,其特征在于,所述的溴冷机组 (4) 包括有通过经第二支路 b 流入的缸套水对流经内部的稀溶液进行加热的发生器 (41),从所述发生器 (41) 流出的缸套水通过管路连接到汇合点 (d) 并流入内燃机 (1);经所述发生器 (41) 加热后的稀溶液一部分变为气态制冷剂通过管路连接到用于冷凝所述气态制冷剂的第三冷凝器 (46),另一部分变为高温浓溶液依次通过溶液热交换器 (42) 和第一膨胀阀 (43) 连接到用于吸收制冷剂的吸收器 (44);经第三冷凝器 (46) 被冷却水冷凝成液态的制冷剂依次通过过冷器 (47)、第二膨胀阀 (48) 连接到用于对载冷剂进行热交换的蒸发器 (49),经过蒸发器 (49) 热交换后的制冷剂通过管路连接过冷器 (47) 并与从所述第三冷凝器 (46) 流入过冷器 (47) 的液态制冷剂进行热交换后,通过管路连接到用于吸收制冷剂并与冷却水进行热交换的吸收器 (44),经吸收器 (44) 后形成稀溶液通过管路和设置在管路上的溶液泵 (45) 连接至溶液热交换器 (42),并与从所述发生器 (41) 流入溶液热交换器 (42) 中出的浓溶液进行热交换后进入发生器 (41),与流经发生器 (41) 内的缸套水再次进行热交换。

## 对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种内燃机余热利用的能源塔。特别是涉及一种对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔。

### 背景技术

[0002] 随着石油资源的日益枯竭,以常规天然气和各种非常规天然气为燃料的内燃机(气体机)由于清洁,高效,低污染以及气体资源潜力巨大的特点正在被越来越多地使用。其中大型发电用燃气内燃机结合其余热回收系统往往作为一整套独立的供能系统为建筑供能。这种系统受到许多发达国家的重视并被称为“第二代能源系统”,在为建筑供能的领域得到了日益广泛的应用。气体机具有多种余热源,每种余热源的品位都不同。最主要的余热源是发动机排气,温度最高可达 600℃左右;其次是缸套水余热,但缸套水的温度一般在大约 75-85℃之间;如果是增压型气体机,增压气体还会带走一部分热量,其在增压器出口的温度一般为 120℃左右。几种主要余热源的热量大小和品质差别都很大,且排气余热回收利用后温度大幅度降低,属于大温差余热,能量品质跨度大。然而任何一种余热回收方式只能对某一能量品质段的热量进行高效的回收,所以单一的余热回收方式不能充分利用气体机的余热。

[0003] 因此针对上述问题,必须立足于对能量梯级利用的原则并结合建筑用能对能量品质的不同需求(一栋建筑对能量品质的需求也是多样性的,有的需要高品位能量比如发电,有的需要中或低品位的能量比如制冷或供暖),采用多种余热回收方式相结合的方法,才能尽可能的充分利用气体机余热。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种采用多余热回收方式相结合的冷,热,电三联供的对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:一种对气体机余热能进行梯级回收利用的多能量形式输出的能源塔,包括内燃机,还设置有与所述内燃机排出的高温气体进行热交换,使汽轮机膨胀作功的水蒸气朗肯循环系统,分别与所述内燃机排出的高温气体、缸套水,增压空气以及水蒸气朗肯循环系统中的冷凝热进行热交换,使膨胀机膨胀作功的有机朗肯循环系统,将所述内燃机排出的部分缸套水作为吸收式制冷系统热源进行热交换的溴冷机组,以及与所述的所述的内燃机排出的高温气体终端相连用于给生活用水进行加热的热水换热器。

[0006] 所述的所述的内燃机排出的缸套水分三条支路,第一条支路通过一个缸套水加热器与经过水蒸气朗肯循环系统热交换后的所述的内燃机排出的高温气体进行热交换,然后进入溴冷机组中的发生器中作为吸收式制冷系统的热源进行热交换后经汇合点流入内燃机;第二条支路用于与所述的有机朗肯循环系统进行热交换,然后经汇合点流入内燃机;第三条支路直接经汇合点流入内燃机。

[0007] 所述的水蒸气朗肯循环系统包括有:内部能够贯通所述内燃机排出的高温气体,

用于将流过内部的水加热成高温高压气体的余热锅炉,通过管路连接余热锅炉流出的高温高压气体,用于膨胀做功的汽轮机,通过管路连接汽轮机做功后排出的汽体,用于给所述的汽体降温冷凝的第一冷凝器,通过管路连接经第一冷凝器的冷凝成液体水的出口,用于对所述液体水进行加压的泵,所述经泵加压后的液体水通过管路进入所述的余热锅炉再次与所述的内燃机排出的高温气体进行热交换。

[0008] 所述的有机朗肯循环系统包括有通过流入的高温气态工质进行膨胀做功的膨胀机,通过管路连接膨胀机做功后流出的低温气态工质,并与流经内部的冷却水进行热交换的第二冷凝器,流出第二冷凝器的低温液态工质通过管路和设置在所述管路中的工质泵分为三路,其中的一路低温液态工质通过管路连接到缸套水换热器排气端的用于加热低温液态工质的排气预热器,排气预热器流出的高温液态工质通过管路连接至工质汇合点;第二路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机的增压空气给低温液态工质加热的增压空气预热器,从所述增压空气预热器流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点;第三路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机缸套水的第二条支路流出的缸套水给低温液态工质加热的缸套水预热器,从所述缸套水预热器流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点,所述的流至工质汇合点的三路低温液态工质共同通过管路连接水蒸气朗肯循环系统中的用于通过吸收水蒸气朗肯循环系统的冷凝热而形成高温气态工质的第一冷凝器,从第一冷凝器流出的高温气态工质再通过管路连接到所述膨胀机做功,做功后流出的工质再经由第二冷凝器和工质泵开始下次循环。

[0009] 流经所述排气预热器与所述的低温液态工质进行热交换后的内燃机排出的高温气体终端通过管路连接用于给生活用水进行加热的热水换热器。

[0010] 所述的溴冷机组包括有通过经第二支路 b 流入的缸套水对流经内部的稀溶液进行加热的发生器,从所述发生器流出的缸套水通过管路连接到汇合点并流入内燃机;经所述发生器加热后的稀溶液一部分变为气态制冷剂通过管路连接到用于冷凝所述气态制冷剂的第三冷凝器,另一部分变为高温浓溶液依次通过溶液热交换器和第一膨胀阀连接到用于吸收制冷剂的吸收器;经第三冷凝器被冷却水冷凝成液态的制冷剂依次通过过冷器、第二膨胀阀连接到用于对载冷剂进行热交换的蒸发器,经过蒸发器热交换后的制冷剂通过管路连接过冷器并与从所述第三冷凝器流入过冷器的液态制冷剂进行热交换后,通过管路连接到用于吸收制冷剂并与冷却水进行热交换的吸收器,经吸收器后形成稀溶液通过管路和设置在管路中的溶液泵连接至溶液热交换器,并与从所述发生器流入溶液热交换器中出的浓溶液进行热交换后进入发生器,与流经发生器内的缸套水再次进行热交换。

[0011] 本发明的对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔,是按照能量梯级利用的原则并结合建筑用能对能量品质的不同需求,提出一种多余热回收方式相结合的冷,热,电三联供余热回收系统。利用蒸汽朗肯循环,有机朗肯循环,溴冷机,以及几个换热器对气体机的余热按照其特点进行梯级利用,以最大程度的回收利用气体机余热能,向建筑提供不同品质和功能的能量,使得气体机余热得到了非常充分的利用,同时大大提高了整个系统的综合能源利用率,达到了节能减排的效果。

## 附图说明

[0012] 图 1 是本发明的整体结构示意图。

|        |               |               |
|--------|---------------|---------------|
| [0013] | 图中：           |               |
| [0014] | 1：内燃机         | 2：水蒸气朗肯循环系统   |
| [0015] | 3：有机朗肯循环系统    | 4：溴冷机组        |
| [0016] | 5：热水换热器       | 6：缸套水加热器      |
| [0017] | 21：余热锅炉       | 22：汽轮机（自带发电机） |
| [0018] | 23：第一冷凝器      | 24：泵          |
| [0019] | 31：膨胀机（自带发电机） | 32：第二冷凝器      |
| [0020] | 33：工质泵        | 34：排气预热器      |
| [0021] | 35：增压空气预热器    | 36：缸套水预热器     |
| [0022] | 41：发生器        | 42：溶液热交换器     |
| [0023] | 43：第一膨胀阀      | 44：吸收器        |
| [0024] | 45：溶液泵        | 46：第三冷凝器      |
| [0025] | 47：过冷器        | 48：第二膨胀阀      |
| [0026] | 49：蒸发器        | S：冷却水         |
| [0027] | B：生活用热水       | Z：载冷剂         |

### 具体实施方式

[0028] 下面结合实施例和附图对本发明的对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔做出详细说明。

[0029] 如图 1 所示，本发明的对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔，包括气体燃料内燃机 1，还设置有与所述内燃机 1 排出的高温气体进行热交换，从而使汽轮机膨胀作功的水蒸气朗肯循环系统 2，分别与所述内燃机 1 排出的高温气体、缸套水，增压空气以及水蒸气朗肯循环系统 2 中的冷凝热进行热交换，从而使膨胀机膨胀作功的有机朗肯循环系统 3，将所述内燃机 1 排出的缸套水作为吸收式制冷系统热源进行热交换的溴冷机组 4，以及与所述的内燃机 1 排出的高温气体终端相连用于给生活用水进行加热的热水换热器 5。

[0030] 所述的内燃机 1 排出的缸套水分三条支路，第一条支路 a 通过一个缸套水加热器 6 与经过水蒸气朗肯循环系统 2 热交换后的内燃机 1 排出的 180℃ 左右高温气体进行热交换，然后进入溴冷机组 4 中的发生器中作为吸收式制冷系统的热源进行热交换，缸套水从发生器出来后温度降到稍低于进入内燃机 1 要求的温度，经汇合点 d 流入内燃机 1；第二条支路 b 用于与所述的有机朗肯循环系统 3 进行热交换，用于预热有机朗肯循环系统 3 中的有机工质，预热完工质后的缸套水温度降到稍低于进入内燃机 1 要求的温度，经汇合点 d 流入内燃机 1；第三条支路 c 直接流入汇合点 d，用于调节三条支路的缸套水在最终混合后的温度，以便在满足缸套水进入内燃机 1 所要求的温度后，流入内燃机 1。

[0031] 第一条支路 a 和第二条支路 b 的缸套水在汇合点 d 时的设计温度低于进机要求温度是为了避免三条支路汇合后水温高于进机要求温度，还需再进行额外冷却。当汇合点 d 温度出现小范围波动时，调节第三支路 c 的流量就可以调整缸套水最终进机温度。

[0032] 所述的水蒸气朗肯循环系统 2 包括有：内部能够贯通所述内燃机 1 排出的高温气体，用于将流过内部的水加热成高温高压气体的余热锅炉 21，通过管路连接余热锅炉 21 流

出的高温高压气体,用于膨胀做功的汽轮机 22,通过管路连接汽轮机 22 做功后排出的汽体,用于给所述的汽体降温冷凝的第一冷凝器 23,通过管路连接经第一冷凝器 23 的冷凝成液体水的出口,用于对所述液体水进行加压的泵 24,所述经泵 24 加压后的液体水通过管路进入所述的余热锅炉 21 再次与所述的内燃机 1 排出的高温气体进行热交换,所述的汽轮机 22 采用背压式。

[0033] 汽轮机 22 采用背压式,其出口压力略高于大气压,所以冷凝器 24 中水的冷凝温度略大于 100℃。由于冷凝温度较高,因此这部分冷凝热继续作为下级有机朗肯循环系统 3 循环的蒸发热源。被冷凝成液体的水被泵加压送到余热锅炉 21 中继续加热进行下次循环。高温排气在余热锅炉中经过一次换热后温度降低到大约 180℃左右。

[0034] 所述的有机朗肯循环系统 3 包括有通过流入的高温气态工质进行膨胀做功的膨胀机 31,通过管路连接膨胀机 31 做功后流出的低温气态工质,并与流经内部的冷却水进行热交换的第二冷凝器 32,流出第二冷凝器 32 的低温液态工质通过管路和设置在所述管路上的工质泵 33 分为三路,其中的一路低温液态工质通过管路连接到缸套水换热器 6 排气端的用于加热低温液态工质的排气预热器 34,排气预热器 34 流出的高温液态工质通过管路连接至工质汇合点 e;第二路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机 1 的增压空气给低温液态工质加热的增压空气预热器 35,从所述增压空气预热器 35 流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点 e;第三路低温液态工质通过管路连接到用所述内燃机 1 缸套水的第二条支路 b 流出的缸套水给低温液态工质加热的缸套水预热器 36,从所述缸套水预热器 36 流出的液态工质通过管路连接至工质汇合点 e,所述的流至工质汇合点 e 的三路低温液态工质共同通过管路连接水蒸气朗肯循环系统 2 中的用于通过吸收水蒸气朗肯循环系统的冷凝热而形成高温气态工质的第一冷凝器 23(起到下级有机朗肯循环蒸发器的作用),从第一冷凝器 23 流出的高温气态工质再通过管路连接到所述膨胀机 31 做功,做功后流出的工质,再经第二冷凝器 32 冷凝成液态,以及工质泵 33 的加压后开始下次循环。

[0035] 有机朗肯循环系统 3 中,为了对不同热源的相似能量品质段的余热进行充分的回收利用,将从冷凝器 32 出来经过工质泵加压的低温液态工质在泵后分为三路:一部分由部分缸套水预热到接近缸套水出机温度;另一部分由增压空气预热到一个相对较高的温度水平(接近增压空气温度但小于或等于有机朗肯循环系统 3 的蒸发温度),同时增压空气被冷却到接近有机朗肯循环系统 3 中冷凝器出口工质温度,这样增压空气就基本降到了进入气缸内燃烧所要求的温度,因此有机朗肯循环系统 3 中的增压空气预热器也起到了空气中冷却器的作用;最后一部分工质被二次换热后的低温排气预热到相对较高的温度(接近排气在缸套水换热器出口的温度但小于或等于有机朗肯循环系统 3 的蒸发温度),然后三路工质再混合成一股,这时工质已经被预热到一个较高的温度水平,且可能已经是两相流体。最后有机工质在水蒸气朗肯循环的第一冷凝器(相当于有机朗肯循环系统 3 的蒸发器)中吸收上级水的冷凝热而全部变成高温气态工质。高温气态工质在膨胀机中膨胀做功后经第二冷凝器被冷凝成液体,再由泵加压送到各个换热器中开始下次循环。

[0036] 流经所述排气预热器 34 与所述的低温液态工质进行热交换后的内燃机 1 排出的高温气体终端通过管路连接用于给生活用水进行加热的热水换热器 5。

[0037] 所述的溴冷机组 4 包括有通过经第二支路 b 流入的缸套水对流经内部的稀溶液进行加热的发生器 41,从所述发生器 41 流出的缸套水通过管路连接到汇合点 d 并流入内燃机

1;经所述发生器 41 加热后的稀溶液一部分变为气态制冷剂通过管路连接到用于冷凝所述气态制冷剂的第三冷凝器 46,另一部分变为高温浓溶液依次通过溶液热交换器 42 和第一膨胀阀 43 连接到用于吸收制冷剂的吸收器 44;经第三冷凝器 46 被冷却水冷凝成液态的制冷剂依次通过过冷器 47、第二膨胀阀 48 连接到用于对载冷剂进行热交换的蒸发器 49,经过蒸发器 49 热交换后的制冷剂通过管路连接过冷器 47 并与从所述第三冷凝器 46 流入过冷器 47 的液态制冷剂进行热交换后,通过管路连接到用于吸收制冷剂并与冷却水进行热交换的吸收器 44,经吸收器 44 后的液态制冷剂形成稀溶液通过管路和设置在管路上的溶液泵 45 连接至溶液热交换器 42,并与从所述发生器 41 流入溶液热交换器 42 中出的浓溶液进行热交换后进入发生器 41,与流经发生器 41 内的缸套水再次进行热交换。

[0038] 本发明的对气体机余热能进行梯级回收的多能量形式输出的能源塔,排气一共经过四次换热:第一次换热将水加热成过热蒸气,换热后温度为大约 180℃;第二次换热用于加热作为吸收式制冷系统热源的那部分缸套水,以提高发生器里的蒸发终温和输入热量,从而提高制冷量,换热后温度为大约 110℃;第三次换热是将还剩下的一点较高温度的热量传给有机朗肯循环系统 3,增大有机朗肯循环系统 3 输出功,换热后温度为大约 60℃;最后一次换热是加热生活用低温热水(如洗澡水),因为气体燃料中氢含量高,燃烧后尾气中水蒸气含量较大,这部分水蒸气在 60℃ 左右凝结成水,并放出较多的冷凝潜热。因此可以用这部分液化潜热去加热低温的生活用热水。

[0039] 下面给出一实例:

[0040] 本实施例中的气体机以及其余热源参数如表 1 所示。

[0041] 表 1. 气体机以及其余热源参数(额定工况)

[0042]

| 参数           | 数值                      |
|--------------|-------------------------|
| 气体机额定功率      | 1100kW                  |
| 尾气温度         | 540℃                    |
| 进气体积流量(标准状况) | 1.16m <sup>3</sup> /s   |
| 燃气体积流量(标准状况) | 0.0784m <sup>3</sup> /s |
| 缸套水流量        | 8.33kg/s                |
| 缸套水出机温度      | 85℃                     |
| 缸套水进机温度      | 75℃                     |
| 增压空气增压器后温度   | 130℃                    |

[0043] 水蒸气朗肯循环是对排气余热进行回收利用的第一级,余热锅炉,背压式汽轮机,冷凝器,水泵依次连接构成朗肯循环。涡轮增压器后的排气首先进入余热锅炉,将水加热成 1.6MPa 的高温高压的过热蒸气。余热锅炉后连接着背压式汽轮机(背压为 2bar),过热蒸



气从锅炉中出来进入汽轮机中膨胀做功,推动汽轮机旋转。汽轮机连接着一个发电机,从而带动电机为建筑供电。汽轮机后连接着冷凝器的热流体侧,膨胀后的汽体在这里被冷凝成冷凝压力 2bar 下 120℃ 的饱和液态水,接着被水泵加压到蒸发压力后再次送入余热锅炉,至此完成循环。水蒸汽朗肯循环可发出大约 90kW 的输出功。烟气在余热锅炉中经过一次换热后,温度降低到大约 180℃ 左右。

[0044] 朗肯循环的冷凝器也是下级 ORC(有机朗肯循环系统)的蒸发器,它是两个循环的连接部件,换热器中热流体是朗肯循环的工质水,冷流体是 ORC 的有机工质,此实施例中有有机工质为 R123。工质 R123 在蒸发器中吸收上级水的冷凝热而全部变成 0.97MPa 下 110℃ 饱和蒸汽,然后进入膨胀机中膨胀做功。膨胀机同样连接着一个发电机,并拖动电机为建筑供电。膨胀机后连接着冷凝器,膨胀后的有机工质在这里被外接冷却水冷成 38℃ 左右的饱和液态工质。冷凝器后的工质分为三条支路:第一条支路上连接着缸套水预热器冷流体侧,之后连接至工质汇合点。预热器内的热流体为一部分缸套水,其在换热器进口温度为 85℃,出口温度为 70℃ 左右,此支路上的工质通入缸套水预热器中被加热到 80℃;第二条支路上连接着增压空气预热器的冷流体侧,之后连接至工质汇合点。预热器内的热流体为增压空气,增压空气在换热器入口处温度为 130℃ 左右,跟低温工质换热后温度降到 43℃ 左右流入气体机内,同时工质被加热到大约 110℃ 左右;第三条支路上连接着排气预热器冷流体侧,之后连接至工质汇合点。预热器内的热流体为缸套水加热器后的低温排气,其入口温度大约为 120℃ 左右,这条支路上的工质流入排气预热器中被加热到 100℃ 左右,同时排气温度降低到 60℃ 左右。三条支路的有机工质从各自的换热器后出来后重新汇合成一股工质流,温度大约 100℃ 左右。在汇合点后连接 ORC 蒸发器,工质在这里被全部加热成饱和蒸汽。ORC 输出功为大约 85kW。

[0045] 缸套水在气体机中完成冷却功能而温度上升后被引出机体。出机后就分成三条支路:第一条支路连接缸套水预热器,这股缸套水在这里预热有机工质后温度降低至 70℃ 左右,而后连接至汇合点;第二条支路上依次连接一个排气换热器,和溴冷机组的发生器,最后连接至汇合点。这条支路上的缸套水先在排气换热器中被经过一次换热后的低温排气(约 180℃)加热升温至近 90℃,然后进入溴冷机组中的发生器内作为吸收式制冷系统的热源,从发生器内流出后温度降至约 70℃,再汇入汇合点。尾气经二次换热温度降至 120℃ 左右;第三条支路直接流入汇合点,汇合点后接缸套水进机入口,三股支流在此汇合后温度变为进机要求的 75℃,然后流入气体机缸体。吸收式制冷系统可产生大约 200kW 左右的生活用冷。

[0046] 排气的流路上依次连接着余热锅炉,缸套水加热器,ORC 预热器,生活用水加热器,共四个换热器,最后排放至环境中。整个系统可回收大约 175kW 电能,200kW 生活用冷,和 100kW 左右的低温生活用热。

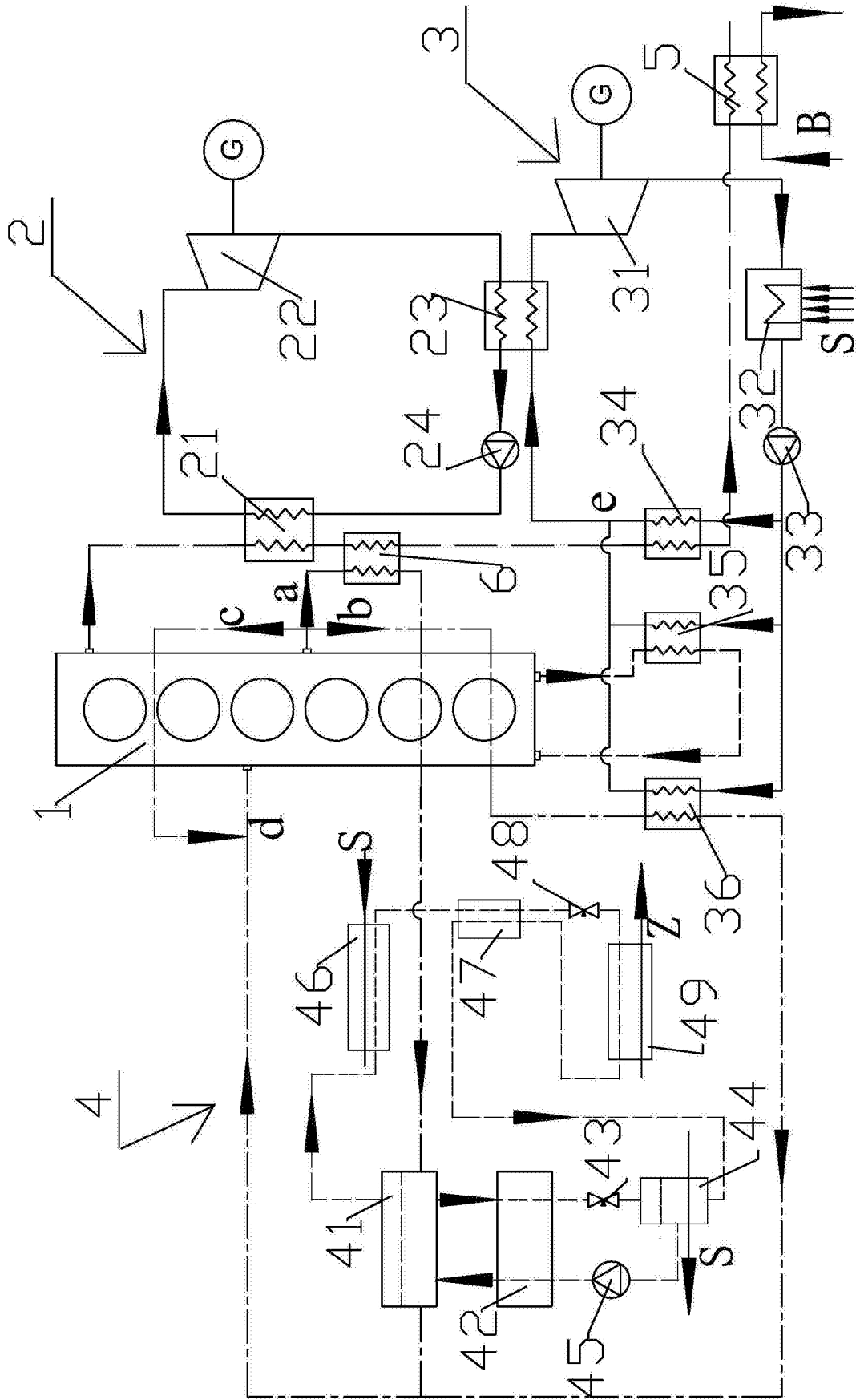


图 1