



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105569751 B

(45)授权公告日 2017.09.26

(21)申请号 201410527656.9

(22)申请日 2014.10.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105569751 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(73)专利权人 宝莲华新能源技术(上海)有限公司

地址 200233 上海市徐汇区桂平路391号漕
河泾国际商务中心B座1506室

专利权人 东南大学

(72)发明人 陈九法 张宝琪 苏继程

(74)专利代理机构 上海容慧专利代理事务所
(普通合伙) 31287

代理人 于晓菁

(51)Int.Cl.

F01K 17/02(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

F01C 13/00(2006.01)

F25B 29/00(2006.01)

审查员 王君宇

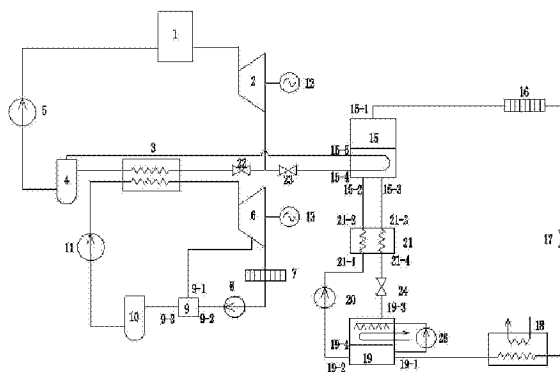
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种热能梯级利用的冷热电联产系统

(57)摘要

本发明公开了一种高效热能梯级利用的冷热电联产系统,属于能源技术领域。本发明包括蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统。蒸汽朗肯循环回路子系统的第一膨胀机推动第一发电机发电,同时出口的乏汽或抽汽分为两路,分别作为有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的热源,实现能量的梯级利用,提高了能源的利用率。本发明以蒸汽朗肯循环回路子系统提供电力,有机朗肯循环回路子系统提供电力和生活用热水,吸收式制冷循环回路子系统提供夏季空调用冷水和冬季辐射式末端空调用热水等。系统还可根据用户需要通过阀门控制实现热电联产或冷热电三联供,灵活可靠,节能实用。



1. 一种冷热电联产系统,包括蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统;

其中,蒸汽朗肯循环回路子系统包括锅炉(1)、第一膨胀机(2)、第一发电机(12)、第一储液器(4)、第一水泵(5)及连接它们的管道;

其特征在于,锅炉出口的蒸汽与第一膨胀机(2)的进口连接;第一膨胀机(2)带动第一发电机(12)发电;

第一膨胀机(2)出口的乏汽或抽汽分为两路,一路由第一电磁阀(22)控制,通过中间换热器(3)与有机朗肯循环回路子系统耦合,另一路由第二电磁阀(23)控制,通过发生器(15)与吸收式制冷循环回路子系统耦合,分别作为有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的热源;

中间换热器(3)及发生器(15)中的至少一个与第一储液器(4)的进口连接,第一储液器(4)的出口与第一水泵(5)的进口连接,第一水泵(5)的出口与锅炉(1)的进口连接,经连接它们的管道组成蒸汽朗肯循环回路;

通过控制第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)的选择性开关达成对蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统以及吸收式制冷循环回路子系统的组合切换;

当开启第一电磁阀(22)并关闭第二电磁阀(23)时,进入热电联产模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统和有机朗肯循环回路子系统的联合循环工作;当关闭第一电磁阀(22)并开启第二电磁阀(23)时,进入第一冷热电联产模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的联合循环工作;当第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)同时开启时,进入第二冷热电联供模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的复合循环工作。

2. 根据权利要求1所述的一种冷热电联产系统,其特征在于,包括至少两套发电设备:

一套在蒸汽朗肯循环回路子系统中,由前述锅炉(1)加热产生的过热蒸汽送入前述第一膨胀机(2),带动前述第一发电机(12)发电;

另一套在有机朗肯循环回路子系统中;其中,有机朗肯循环回路子系统进一步包括第二膨胀机(6)及第二发电机(13);第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,经由前述中间换热器(3)将蒸汽朗肯循环产生的余热转化为电能。

3. 根据权利要求2所述的一种冷热电联产系统,其特征在于:

所述的第一膨胀机是涡旋式、螺杆式或涡轮式蒸汽膨胀机。

4. 根据权利要求3所述的一种冷热电联产系统,其特征在于:所述有机工质是R245fa、R136fa、R600、R601、R601a中的一种或几种干流体质工质。

5. 根据权利要求2所述的一种冷热电联产系统,其特征在于,包括至少两套供热设备:

一套在有机朗肯循环回路子系统中,从前述第二膨胀机(6)出来的乏气作为工质流体,提供给第一热用户(7)供热;

另一套在吸收式制冷循环回路子系统中,从发生器(15)的出口(15-1)出来的制冷工质蒸气,提供给第二热用户(16)供热。

6. 根据权利要求5所述的一种冷热电联产系统,其特征在于:有机朗肯循环回路子系统进一步包括回热器(9);

从前述第二膨胀机(6)抽取部分乏气作为工质流体,在所述回热器(9)中与给第一热用

户(7)供热后的工质流体混合,提高进入中间换热器(3)的工质流体的平均温度。

7.根据权利要求1所述的一种冷热电联产系统,其特征在于,包括至少一套设置在吸收式制冷循环回路子系统系统中的供冷设备;

从蒸汽朗肯循环回路子系统的前述第一膨胀机(2)出来的乏汽送至前述发生器(15)的热源入口(15-4),作为吸收式制冷循环回路子系统的热源;

所述吸收式制冷循环回路子系统系统中的供冷设备是蒸汽型、热水型、余热型或复合型的供冷设备,或者是直燃型或带有直燃型的复合形式的供冷设备。

8.根据权利要求1至7任一所述的一种冷热电联产系统,其特征在于:

中间换热器(3)与第一储液器(4)的进口连接,第一储液器(4)的出口与第一水泵(5)的进口连接,第一水泵(5)的出口与锅炉(1)的进口连接;从中间换热器(3)的热流体出口(3-2)出来的流体进入第一储液器(4),再经第一水泵(5)回到锅炉(1);

发生器(15)与第三储液器(14)的进口连接,第三储液器(14)的出口与第三水泵(25)的进口连接,第三水泵(25)的出口与锅炉(1)的进口连接;从发生器(15)的热源出口(15-5)出来的流体进入第三储液器(14),再经第三水泵(25)回到锅炉(1)。

9.根据权利要求8所述的一种冷热电联产系统,其特征在于:

所述的蒸汽朗肯循环回路子系统由锅炉(1)、第一膨胀机(2)、第一发电机(12)、第一电磁阀(22)、中间换热器(3)、第一储液器(4)、第一水泵(5)以及第二电磁阀(23)、第三储液器(14)、发生器(15)、第三水泵(25)及将它们连接的管道构成;

锅炉出口的蒸汽与第一膨胀机(2)的进口连接,第一膨胀机(2)带动第一发电机(12)发电,第一膨胀机(2)出口的乏汽分为两路分别与第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)连接;

第一电磁阀(22)出口与中间换热器(3)高温侧流体进口(3-1)连接,中间换热器(3)的高温侧流体出口(3-2)与第一储液器(4)的进口连接,第一储液器(4)的出口与第一水泵(5)的进口连接,第一水泵(5)的出口与锅炉(1)的进口连接,组成第一蒸汽朗肯循环回路;

第二电磁阀(23)的出口与发生器(15)的热源进口(15-4)连接,发生器(15)的热源出口(15-5)与第三储液器(14)的进口连接,第三储液器(14)的出口与第三水泵(25)进口连接,第三水泵(25)的出口与锅炉(1)的进口连接,组成第二蒸汽朗肯循环回路;

所述的有机朗肯循环回路子系统由中间换热器(3)、第二膨胀机(6)、第二发电机(13)、第一热用户(7)、第一工质泵(8)、回热器(9)、第二储液器(10)、第二工质泵(11)及将它们连接的管道构成;

中间换热器(3)的低温侧流体出口(3-4)与第二膨胀机(6)的进口连接,第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,第二膨胀机(6)的出口与第一热用户(7)的进口连接,第一热用户(7)的出口与第一工质泵(8)的进口连接;

从第二膨胀机(6)中抽取部分有机工质蒸气到回热器(9)的进口(9-1),第一工质泵(8)的出口与回热器(9)的进口(9-2)连接,有机工质在回热器(9)内混合后,从回热器(9)的出口(9-3)进入第二储液器(10);

第二储液器(10)的出口与第二工质泵(11)的进口连接,第二工质泵(11)的出口与中间换热器(3)的低温侧流体进口(3-3)连接,组成有机朗肯循环回路;

所述的吸收式制冷循环回路子系统由发生器(15)、第二热用户(16)、节流元件(17)、蒸发器(18)、吸收器(19)、第二水泵(20)、热交换器(21)、第三电磁阀(24)、第四水泵(26)及将

它们连接的管道构成；

发生器(15)的出口(15-1)与第二热用户(16)的进口连接,第二热用户(16)的出口与节流元件(17)的进口连接,节流元件(17)的出口与蒸发器(18)的进口连接,蒸发器(18)的进口与吸收器(19)的进口(19-1)连接；

吸收器(19)的出口(19-2)与第二水泵(20)的进口连接,第二水泵(20)的出口与热交换器(21)的冷流体进口(21-1)连接,热交换器(21)的冷流体出口(21-2)与发生器(15)的进口(15-2)连接,发生器(15)的出口(15-3)与热交换器(21)的热流体进口(21-3)连接,热交换器(21)的热流体出口(21-4)与第三电磁阀(24)的进口连接,第三电磁阀(24)的出口与吸收器(19)的进口(19-3)连接,组成吸收式制冷循环回路；

其中吸收器(19)的出口(19-4)与第四水泵(26)的进口连接,第四水泵(26)的出口与吸收器(19)的喷淋装置连接。

一种热能梯级利用的冷热电联产系统

技术领域

[0001] 本发明属于能源技术领域,涉及热电系统,特别是一种高效热能梯级利用的冷热电联产系统。

背景技术

[0002] 随着社会的发展、经济的繁荣以及人口的增长,能源的需求量持续增长。无论是自然界、还是人类的生产生活中,都存在很多能源利用不充分的现象。若只有一部分作为热利用,大部分热能排放、闲置,不但浪费热能,还对环境造成热污染。因而在开辟新能源的同时,也更加重视提高现有能源的利用率。寻找一种高效、环保并且切实可行的技术,具有重要的现实意义。

[0003] 传统的朗肯循环采用水蒸气,当热源温度低于370℃时,采用蒸汽朗肯循环是不经济的。而采用低沸点的有机物工质流体代替水蒸气,实现有机朗肯循环,可以工作在更为适宜的压力下,对系统的密封性要求降低,减小投资成本。将有机朗肯循环与蒸汽朗肯循环通过中间换热器耦合,可以实现能量的梯级利用,增加发电量和供热量。有机朗肯循环能广泛地与各种低温热源匹配,组成动力系统,适用性强。

[0004] 吸收式制冷对热源的要求低,耗电少,如今得到越来越广泛的应用。将蒸汽朗肯循环中的乏汽或抽汽作为吸收式制冷机发生器的热源,可以驱动制冷,在冷凝器侧产生的热量可以为辐射式空调末端提供热水等用途,在蒸发器侧可以生产冷冻水用于供冷。

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种高效热能梯级利用的冷热电联供系统。

发明内容

[0006] 本发明提供一种高效的热能梯级利用的冷热电联供系统,基于高压侧蒸汽朗肯循环-低压侧有机朗肯循环和吸收式制冷循环的复合装置,通过阀门切换合理分配能量,并通过回热设计减小工质在中间换热器的传热温差,减少不可逆损失。冷热电三联供,系统结构紧凑,运行可靠。

[0007] 通过有机朗肯循环和吸收式制冷循环并联运行,二次利用蒸汽朗肯循环膨胀机的乏汽或抽汽,从而使原本只能被抛弃的中低品位热能再次得到利用,对于节能减排,减少温室气体排放和大气污染物排放具有重要意义,是解决能源和环境问题的一个重要途径。

[0008] 本发明是通过以下技术方案实现的:提供了一种高效热能梯级利用的冷热电联供系统包括蒸汽朗肯循环发电子系统、有机朗肯循环热电联产子系统和吸收式制冷循环供冷供热子系统三部分。连接方式为:蒸汽朗肯循环发电子系统位于整个复合系统的高压侧,从第一膨胀机(2)出来的乏汽或抽汽分为两路,分别作为有机朗肯循环子系统蒸发器(3)侧和吸收式制冷循环子系统发生器(15)侧的热源,然后回到锅炉(1)中。有机朗肯循环热电联供子系统和吸收式制冷循环冷热电联供子系统并联在蒸汽朗肯循环发电子系统的低压侧。

[0009] 所述的蒸汽朗肯循环利用高温热能,第一膨胀机(2)与第一发电机(12)通过联轴

器进行连接。有机朗肯循环利用蒸汽朗肯循环膨胀机出口的乏汽或抽汽的热能,第二膨胀机(6)与第二发电机(13)通过联轴器进行连接,并通过第一热用户(7)实现供热。吸收式制冷循环利用蒸汽朗肯循环膨胀机出口的乏汽或抽汽的热能作为发生器(15)的热源,制冷工质在第二热用户(16)内放热可用于冬季供给辐射末端空调用水或在夏季提取用作生活热水等,在蒸发器(18)内制取冷冻水用于空调或用作其他需冷场合。系统还可根据用户需要通过阀门控制实现热电联产或冷热电三联供,灵活实用、运行可靠、功能全面、节能环保。

[0010] 根据本发明的另一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少两套发电设备:一套在蒸汽朗肯循环回路子系统中,由前述锅炉(1)加热产生的过热蒸汽送入前述第一膨胀机(2),带动前述第一发电机(12)发电;另一套在有机朗肯循环回路子系统中;其中,有机朗肯循环回路子系统进一步包括第二膨胀机(6)及第二发电机(13);第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,经由前述中间换热器(3)将蒸汽朗肯循环产生的余热转化为电能。

[0011] 根据本发明的又一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少两套发电设备:一套在蒸汽朗肯循环回路子系统中,由前述锅炉(1)加热产生的过热蒸汽送入前述第一膨胀机(2),带动前述第一发电机(12)发电;另一套在有机朗肯循环回路子系统中;其中,有机朗肯循环回路子系统进一步包括第二膨胀机(6)及第二发电机(13);第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,经由前述中间换热器(3)将蒸汽朗肯循环产生的余热转化为电能。所述的第一膨胀机是涡旋式、螺杆式、或涡轮式蒸汽膨胀机,或者是汽轮机;所述的第二膨胀机是有机工质膨胀机。

[0012] 根据本发明的又一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少两套发电设备:一套在蒸汽朗肯循环回路子系统中,由前述锅炉(1)加热产生的过热蒸汽送入前述第一膨胀机(2),带动前述第一发电机(12)发电;另一套在有机朗肯循环回路子系统中;其中,有机朗肯循环回路子系统进一步包括第二膨胀机(6)及第二发电机(13);第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,经由前述中间换热器(3)将蒸汽朗肯循环产生的余热转化为电能。所述的第一膨胀机是涡旋式、螺杆式、或涡轮式蒸汽膨胀机,或者是汽轮机;所述的第二膨胀机是有机工质膨胀机。所述有机工质是R245fa、R136fa、R600、R601、R601a中的一种或几种干流体质。

[0013] 根据本发明的又一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少两套供热设备:一套在有机朗肯循环回路子系统中,从前述第二膨胀机(6)出来的乏气作为工质流体,提供给第一热用户(7)供热;另一套在吸收式制冷循环回路子系统中,从发生器(15)的出口(15-1)出来的制冷工质蒸气,提供给第二热用户(16)供热。

[0014] 根据本发明的又一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少两套供热设备:一套在有机朗肯循环回路子系统中,从前述第二膨胀机(6)出来的乏气作为工质流体,提供给第一热用户(7)供热;另一套在吸收式制冷循环回路子系统中,从发生器(15)的出口(15-1)出来的制冷工质蒸气,提供给第二热用户(16)供热。其中,进一步包括回热器(9);从前述第二膨胀机(6)抽取部分乏气作为工质流体,在所述回热器(9)中与给第一热用户(7)供热后的工质流体混合,提高进入中间换热器(3)的工质流体的平均温度。

[0015] 根据本发明的又一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括至少一套设置在吸收式制冷循环回路子系统中的供冷设备;从蒸汽朗肯循环回路子系统的前述第一膨胀机(2)出来的乏汽送至前述发生器(15)的热源入口(15-4),作为吸收式制冷循环回路子系统的热

源;所述吸收式制冷循环回路子系统系统中的供冷设备是蒸汽型、热水型、余热型或复合型的供冷设备,或者是直燃型或带有直燃型的复合形式的供冷设备。

[0016] 根据本发明的再一个方面提供了一种冷热电联产系统,包括蒸汽朗肯循环发电子系统、有机朗肯循环热电联产子系统和吸收式制冷循环供冷供热子系统三部分。所述的蒸汽朗肯循环回路子系统由锅炉(1)、第一膨胀机(2)、第一发电机(12)、第一电磁阀(22)、中间换热器(3)、第一储液器(4)、第一水泵(5)以及第二电磁阀(23)、第三储液器(14)、发生器(15)、第三水泵(25)及将它们连接的管道构成;锅炉出口的蒸汽与第一膨胀机(2)的进口连接,第一膨胀机(2)带动第一发电机(12)发电,第一膨胀机(2)出口的乏汽分为两路分别与第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)连接;第一电磁阀(22)出口与中间换热器(3)高温侧流体进口(3-1)连接,中间换热器(3)的高温侧流体出口(3-2)与第一储液器(4)的进口连接,第一储液器(4)的出口与第一水泵(5)的进口连接,第一水泵(5)的出口与锅炉(1)的进口连接,组成蒸汽朗肯循环回路;第二电磁阀(23)的出口与发生器(15)的热源进口(15-4)连接,发生器(15)的热源出口(15-5)与第三储液器(14)的进口连接,第三储液器(14)的出口与第三水泵(25)进口连接,第三水泵(25)的出口与锅炉(1)的进口连接,组成蒸汽朗肯循环回路;所述的有机朗肯循环回路子系统由中间换热器(3)、第二膨胀机(6)、第二发电机(13)、第一热用户(7)、第一工质泵(8)、回热器(9)、第二储液器(10)、第二工质泵(11)及将它们连接的管道构成;中间换热器(3)的低温侧流体出口(3-4)与第二膨胀机(6)的进口连接,第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,第二膨胀机(6)的出口与第一热用户(7)的进口连接,第一热用户(7)的出口与第一工质泵(8)的进口连接;从第二膨胀机(6)中抽取部分有机工质蒸气到回热器(9)的进口(9-1),第一工质泵(8)的出口与回热器(9)的进口(9-2)连接,有机工质在回热器(9)内混合后,从回热器(9)的出口(9-3)进入第二储液器(10);第二储液器(10)的出口与第二工质泵(11)的进口连接,第二工质泵(11)的出口与中间换热器(3)的低温侧流体进口(3-3)连接,组成有机朗肯循环回路;所述的吸收式制冷循环回路子系统由发生器(15)、第二热用户(16)、节流元件(17)、蒸发器(18)、吸收器(19)、第二水泵(20)、热交换器(21)、第三电磁阀(24)、第四水泵(26)及将它们连接的管道构成;发生器(15)的出口(15-1)与第二热用户(16)的进口连接,第二热用户(16)的出口与节流元件(17)的进口连接,节流元件(17)的出口与蒸发器(18)的进口连接,蒸发器(18)的进口与吸收器(19)的进口(19-1)连接;吸收器(19)的出口(19-2)与第二水泵(20)的进口连接,第二水泵(20)的出口与热交换器(21)的冷流体进口(21-1)连接,热交换器(21)的冷流体出口(21-2)与发生器(15)的进口(15-2)连接,发生器(15)的出口(15-3)与热交换器(21)的热流体进口(21-3)连接,热交换器(21)的热流体出口(21-4)与第三电磁阀(24)的进口连接,第三电磁阀(24)的出口与吸收器(19)的进口(19-3)连接,组成吸收式制冷循环回路;其中吸收器(19)的出口(19-4)与第四水泵(26)的进口连接,第四水泵(26)的出口与吸收器(19)的喷淋装置连接。

[0017] 本发明提供的一种高效热能梯级利用的冷热电联供系统的驱动方法为:控制阀门可采用手动或自动控制,用于切换一种热电联产模式和两种冷热电联供模式。

[0018] 热电联产模式:开启第一电磁阀(22)并关闭第二电磁阀(23)时,系统实现蒸汽朗肯循环子系统和有机朗肯循环子系统的联合循环,梯级利用热能,实现热电联产。

[0019] 第一冷热电联供模式:关闭第一电磁阀(22)并开启第二电磁阀(23)时,系统实现蒸汽朗肯循环子系统和吸收式制冷循环子系统的联合循环,梯级利用热能,冷热电三联供。

[0020] 第二冷热电联供模式：第一电磁阀 (22) 和第二电磁阀 (23) 同时开启时，系统实现蒸汽朗肯子系统、有机朗肯子系统和吸收式制冷子系统的复合循环，冷热电三联供。

[0021] 其中第一冷热电联供模式和第二冷热电联供模式的区别在于：第二冷热电联供模式通过增加启动有机朗肯循环回路子系统，增大了供热和供电的比重，而第一冷热电联供模式以供电和供冷为主、部分供热。

[0022] 本发明具有以下几个特点：

[0023] 采用有机朗肯循环子系统和吸收式制冷循环子系统与蒸汽朗肯循环子系统相联合的复合装置实现热能的梯级利用，节能减排。

[0024] 通过控制第一膨胀机乏汽或抽汽双回路上的阀门，提供一种带选择性的冷热电联供系统，可以实现热电联产和冷热电三联供，在提高能源利用率的基础上，更灵活的满足用户的需求。

[0025] 结构上对现有的有机朗肯循环进行改进，增设回热器 (9)，由于蒸汽朗肯循环与有机朗肯循环通过中间换热器 (3) 进行耦合，而中间换热器 (3) 的高温侧流体为水蒸气-水，在给定压力下相变时温度恒定，而将有机工质膨胀机 (6) 中的抽气与在第一热用户 (7) 中放热后的工质流体于回热器 (9) 中进行充分混合，可以显著提高进入中间换热器 (3) 的有机工质温度，大大减小传热温差，减小传热的不可逆损失。

附图说明

[0026] 结合附图，并通过参考下面的详细描述，将会更容易地对本发明有更完整的理解并且更容易地理解其伴随的优点和特征，其中：

[0027] 图1是根据本发明一个实例的一种热能梯级利用的冷热电联产系统图。

[0028] 图2为系统运行在热电联产模式下的示意图。

[0029] 图3为系统运行在第一冷热电联供模式下的示意图。

[0030] 图4是根据本发明另一个实例的一种热能梯级利用的冷热电联产系统图。

[0031] 其中的附图标记含义为：锅炉 (1)、蒸汽膨胀机 (2)、中间换热器 (3)、第一储液器 (4)、第一水泵 (5)、有机工质膨胀机 (6)、第一热用户 (7)、第一工质泵 (8)、回热器 (9)、第二储液器 (10)、第二工质泵 (11)、第一发电机 (12)、第二发电机 (13)、第三储液器 (14)、发生器 (15)、第二热用户 (16)、节流元件 (17)、蒸发器 (18)、吸收器 (19)、第二水泵 (20)、热交换器 (21)、第一电磁阀 (22)、第二电磁阀 (23)、第三电磁阀 (24)、第三水泵 (25)、第四水泵 (26)。

具体实施方式

[0032] 为了使本发明的内容更加清楚和易懂，下面结合具体实施例和附图对本发明的内容进行详细描述。

[0033] 图1是根据本发明一个实例的一种热能梯级利用的冷热电联产系统图。

[0034] 如图1所示，一种冷热电联产系统，包括蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统。

[0035] 其中，蒸汽朗肯循环回路子系统由锅炉 (1)、第一膨胀机 (2)、第一发电机 (12)、第一电磁阀 (22)、中间换热器 (3)、第一储液器 (4)、第一水泵 (5) 以及第二电磁阀 (23)、第三储液器 (14)、发生器 (15)、第三水泵 (25) 及将它们连接的管道构成。

[0036] 锅炉出口的蒸汽与第一膨胀机(2)的进口连接;第一膨胀机(2)带动第一发电机(12)发电。

[0037] 第一膨胀机(2)出口的乏汽或抽汽分为两路,一路由第一电磁阀(22)控制,通过中间换热器(3)与有机朗肯循环回路子系统耦合,另一路由第二电磁阀(23)控制,通过发生器(15)与吸收式制冷循环回路子系统耦合,分别作为有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的热源。

[0038] 中间换热器(3)与第一储液器(4)的进口连接,第一储液器(4)的出口与第一水泵(5)的进口连接,第一水泵(5)的出口与锅炉(1)的进口连接;从中间换热器(3)的热流体出口(3-2)出来的流体进入第一储液器(4),再经第一水泵(5)回到锅炉(1),经连接它们的管道组成蒸汽朗肯循环回路。

[0039] 发生器(15)与第三储液器(14)的进口连接,第三储液器(14)的出口与第三水泵(25)的进口连接,第三水泵(25)的出口与锅炉(1)的进口连接;从发生器(15)的热源出口(15-5)出来的流体进入第三储液器(14),再经第三水泵(25)回到锅炉(1),经连接它们的管道组成蒸汽朗肯循环回路。

[0040] 通过控制第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)的选择性开关达成对蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统以及吸收式制冷循环回路子系统的组合切换;当开启第一电磁阀(22)并关闭第二电磁阀(23)时,进入热电联产模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统和有机朗肯循环回路子系统的联合循环工作;当关闭第一电磁阀(22)并开启第二电磁阀(23)时,进入第一冷热电联产模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的联合循环工作;当第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)同时开启时,进入第二冷热电联供模式,实现蒸汽朗肯循环回路子系统、有机朗肯循环回路子系统和吸收式制冷循环回路子系统的复合循环工作。

[0041] 其中第一冷热电联供模式和第二冷热电联供模式的区别在于:第二冷热电联供模式通过增加启动有机朗肯循环回路子系统,增大了供热和供电的比重,而第一冷热电联供模式以供电和供冷为主、部分供热。

[0042] 如图1所示的冷热电联产系统,包括至少两套发电设备:一套在蒸汽朗肯循环回路子系统中,由前述锅炉(1)加热产生的过热蒸汽送入前述第一膨胀机(2),带动前述第一发电机(12)发电;另一套在有机朗肯循环回路子系统中;其中,有机朗肯循环回路子系统进一步包括第二膨胀机(6)及第二发电机(13);第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,经由前述中间换热器(3)将蒸汽朗肯循环产生的余热转化为电能,提高能源利用率。

[0043] 所述的第一膨胀机采用蒸汽膨胀机,可以是汽轮机形式,也可以是涡旋式、螺杆式、涡轮式膨胀机,但不限于以上形式,第二膨胀机采用有机工质膨胀机。

[0044] 有机工质选择干流体工质的一种或几种,在进入第二膨胀机(6)前不需要进行过热,可以采用R245fa、R136fa、R600、R601、R601a等,但不限于以上几种。

[0045] 如图1所示的冷热电联产系统,包括至少两套供热设备:有机朗肯循环中从第二膨胀机(6)出来的乏气,提供给第一热用户(7)热量,可以做生活用水,但不限于生活用水。吸收式制冷循环中从发生器(15)的(15-1)出口出来的制冷工质蒸气在高压侧为第二热用户(16)供热,可以用做带辐射末端的空调用水,但不限于空调用水。

[0046] 其中,有机朗肯循环回路子系统中进一步包括回热器(9);从前述第二膨胀机

(6) 抽取部分乏气作为工质流体,在所述回热器(9)中与给第一热用户(7)供热后的工质流体混合,提高进入中间换热器(3)的工质流体的平均温度,避免了现有的中间换热器(3)中的大温差传热,减小不可逆损失。

[0047] 如图1所示的冷热电联产系统,包括至少一套设置在吸收式制冷循环回路子系统内的供冷设备;从高压蒸汽朗肯循环第一膨胀机(2)出来的乏汽送至发生器(15)热源入口(15-4),为吸收式制冷循环的发生器提供热量,热源可以采用蒸汽或热水的形式,但不限于以上两种形式,吸收式制冷机组按照热源的形式可以采用蒸汽型、热水型、余热型或复合型,当锅炉热源流体来自燃气轮机时,所述的一种高效热能梯级利用的冷热电联产系统中的吸收式制冷机组也可采用直燃型或带有直燃型的复合形式。

[0048] 如图1所示的冷热电联产系统,其中有机朗肯循环回路子系统由中间换热器(3)、第二膨胀机(6)、第二发电机(13)、第一热用户(7)、第一工质泵(8)、回热器(9)、第二储液器(10)、第二工质泵(11)及将它们连接的管道构成。

[0049] 中间换热器(3)的低温侧流体出口(3-4)与第二膨胀机(6)的进口连接,第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,第二膨胀机(6)的出口与第一热用户(7)的进口连接,第一热用户(7)的出口与第一工质泵(8)的进口连接;从第二膨胀机(6)中抽取部分有机工质蒸气到回热器(9)的进口(9-1),第一工质泵(8)的出口与回热器(9)的进口(9-2)连接,有机工质在回热器(9)内混合后,从回热器(9)的出口(9-3)进入第二储液器(10);第二储液器(10)的出口与第二工质泵(11)的进口连接,第二工质泵(11)的出口与中间换热器(3)的低温侧流体进口(3-3)连接,组成有机朗肯循环回路。

[0050] 如图1所示的冷热电联产系统,其中吸收式制冷循环回路子系统由发生器(15)、第二热用户(16)、节流元件(17)、蒸发器(18)、吸收器(19)、第二水泵(20)、热交换器(21)、第三电磁阀(24)、第四水泵(26)及将它们连接的管道构成。

[0051] 发生器(15)的出口(15-1)与第二热用户(16)的进口连接,第二热用户(16)的出口与节流元件(17)的进口连接,节流元件(17)的出口与蒸发器(18)的进口连接,蒸发器(18)的进口与吸收器(19)的进口(19-1)连接;吸收器(19)的出口(19-2)与第二水泵(20)的进口连接,第二水泵(20)的出口与热交换器(21)的冷流体进口(21-1)连接,热交换器(21)的冷流体出口(21-2)与发生器(15)的进口(15-2)连接,发生器(15)的出口(15-3)与热交换器(21)的热流体进口(21-3)连接,热交换器(21)的热流体出口(21-4)与第三电磁阀(24)的进口连接,第三电磁阀(24)的出口与吸收器(19)的进口(19-3)连接,组成吸收式制冷循环回路;其中吸收器(19)的出口(19-4)与第四水泵(26)的进口连接,第四水泵(26)的出口与吸收器(19)的喷淋装置连接。

[0052] 本发明提供一种高效热能梯级利用的冷热电联供系统。对于一种热电联产模式和两种冷热电联供模式,用户可以根据控制需要对控制阀门选择手动控制和自动控制,对要求严格的场合,可采用自动控制。

[0053] 图2为系统运行在热电联产模式下的示意图,仅蒸汽朗肯与有机朗肯联合循环,应用于不需要供冷的场合,此时第一电磁阀(22)开启,第二电磁阀(23)关闭。

[0054] 在热电联产模式中,如图2所示,第一电磁阀(22)开启,第二电磁阀(23)关闭,实现蒸汽朗肯与有机朗肯联合循环。从锅炉(1)出来的过热蒸汽,进入第一膨胀机(2)驱动第一发电机(12)发电,从第一膨胀机(2)出来的乏汽或抽汽全部经第一电磁阀(22)进入中间冷

却器(3),对低压侧有机朗肯循环回路中的工质流体进行加热,然后从(3-2)流出中间冷却器(3),进入第一储液器(4),再由第一水泵(5)送回到锅炉(1),完成蒸汽朗肯循环封闭回路。

[0055] 有机朗肯循环侧的冷流体从中间冷却器(3)的(3-3)入口进,被高温流体加热后从(3-4)出口流出,进入第二膨胀机(6)驱动第二发电机(13)发电,从第二膨胀机(6)出来的乏汽进入冷凝器,为第一热用户(7)供热,放热后的冷流体由第一工质泵(8)送入回热器(9)的入口(9-2),同时从第二膨胀机(6)抽取部分乏汽,送至回热器(9)的入口(9-1),两种温度的流体充分混合后,从回热器(9)的出口(9-3)送入第二储液器(10),最后经第二工质泵(11)回到中间冷却器(3)的入口(3-3)。

[0056] 整个过程完成有机朗肯循环和蒸汽朗肯循环的梯级循环。

[0057] 图3为系统运行在第一冷热电联供模式下的示意图,仅蒸汽朗肯与吸收式制冷联合循环,应用于制冷量需求较大,同时需要部分供电和供热的场合,此时第一电磁阀(22)关闭,第二电磁阀(23)开启。

[0058] 在第一冷热电联供模式中,如图3所示,第一电磁阀(22)关闭,第二电磁阀(23)开启,仅蒸汽朗肯与吸收式制冷联合循环。从锅炉(1)出来的过热蒸汽,进入第一膨胀机(2)驱动第一发电机(12)发电,从第一膨胀机(2)出来的乏汽或抽汽全部经第二电磁阀(23)进入发生器(15),从高温流体从(15-4)进,对低压侧吸收式制冷循环回路中的工质流体进行加热,然后从(15-5)流出,进入第三储液器(14),再由第三水泵(25)送回到锅炉(1),完成蒸汽朗肯循环封闭回路。

[0059] 吸收式制冷循环的制冷工质在发生器(15)内被加热后,变成蒸气,从发生器(15)的出口(15-1)经管路进入冷凝器,为第二热用户(16)提供热量,与传统的吸收式制冷一样,需要经过节流装置(17)降压后,进入蒸发器(18)蒸发吸热,生产实际工况需要的冷冻水,从入口(19-1)进入吸收器(19),与传统的吸收式制冷循环相同,需要采用两种工质,分别作为吸收剂和制冷剂,在吸收器(19)内,制冷剂被吸收剂吸收,放出热量,在吸收器(19)内,通过第四水泵(26)加压,将混合液体送至喷淋装置,加快吸收过程,在喷淋装置下可以采用通冷却水的方式带走吸收过程产生的热量,冷却回水也可以用于一定条件下的供热,避免热量排放到自然环境中。

[0060] 与传统的吸收式制冷循环相同,在吸收器(19)和发生器(15)之间有两条管路设备,以溴化锂吸收式制冷系统为例,水为制冷剂,溴化锂为吸收剂,在吸收器(19)内,溴化锂吸收足够的水变为稀溶液,从出口(19-2)流出吸收器(19),经第二水泵(20)升压送至热交换器(21)的入口(21-1),再从出口(21-2)流出进入发生器(15)的入口(15-2),溴化锂水溶液在发生器(15)中吸收热量,水分蒸发,从(15-1)出口排出,余下溴化锂浓溶液,再从(15-3)出口流至热交换器(21)的入口(21-3),与来自吸收器(19)的较低温度的溴化锂稀溶液进行换热,降温后的溴化锂浓溶液从(21-4)流出,再经第三电磁阀(24)降压后从(19-3)回到吸收器(19)。

[0061] 整个过程完成蒸汽朗肯循环和吸收式制冷循环的梯级循环。

[0062] 参考图1可以理解,在第二冷热电联供模式中,第一电磁阀(22)和第二电磁阀(23)均开启,蒸汽朗肯-有机朗肯-吸收式制冷复合循环,应用于对冷热电都有一定需求的场合。

[0063] 参考图1,从中间换热器(3)热流体出口(3-2)出来的流体进入第一储液器(4),再

经第一水泵 (5) 回到锅炉 (1) ; 从发生器 (15) 的热源出口 (15-5) 出来的流体进入第三储液器 (14) , 再经第三水泵 (25) 回到锅炉 (1) , 所述蒸汽朗肯循环至少采用两个泵第一水泵 (5) 和第三水泵 (25) 工作。

[0064] 可以理解从发生器 (15) 的热源出口 (15-5) 出来的流体也可以先回到第一储液器 (4) , 再经第一水泵 (5) 回到锅炉 (1) , 所述蒸汽朗肯循环仅需采用一个泵即第一水泵 (5) 工作。如图4所示。

[0065] 图4是根据本发明另一个实例的一种热能梯级利用的冷热电联产系统图。

[0066] 可以理解, 当运行在热电联产模式下时, 本实例与前一实例相同。

[0067] 当运行在第一冷热电联供模式下时, 本实例与前一实例相似。仅其中第三储液器 (14) 由第一储液器 (4) 替代, 第三水泵 (25) 由第一水泵 (5) 替代。

[0068] 当在第二冷热电联供模式中, 如图4所示, 第一电磁阀 (22) 和第二电磁阀 (23) 均开启, 从锅炉 (1) 出来的过热蒸汽, 进入第一膨胀机 (2) 驱动第一发电机 (12) 发电, 从第一膨胀机 (2) 出来的乏汽或抽汽分为两路, 一路经第一电磁阀 (22) 将部分水蒸气从入口 (3-1) 送入中间冷却器 (3) , 作为有机朗肯循环侧蒸发器的热源; 另一路经第二电磁阀 (23) 将余下部分的水蒸气从入口 (15-4) 送至发生器 (15) , 作为吸收式制冷循环发生器 (15) 侧的热源, 从中间换热器 (3) 热流体出口 (3-2) 出来的流体进入第一储液器 (4) , 再经第一水泵 (5) 回到锅炉 (1) 。

[0069] 从发生器 (15) 的热源出口 (15-5) 出来的流体也可以进入第三储液器 (14) , 经第三水泵 (25) 回到锅炉 (1) , 如图1所示, 则所述蒸汽朗肯循环至少采用两个泵第一水泵 (5) 和第三水泵 (25) 工作; 从发生器 (15) 的热源出口 (15-5) 出来的流体也可以先回到第一储液器 (4) , 再经第一水泵 (5) 回到锅炉 (1) , 如图4所示, 则所述蒸汽朗肯循环仅需采用一个泵即第一水泵 (5) 工作。

[0070] 在第二冷热电联供模式中, 有机朗肯循环封闭回路与热电联产模式相同, 有机工质冷流体从中间冷却器 (3) 的 (3-3) 入口进, 被高温流体加热后从 (3-4) 出口流出, 进入第二膨胀机 (6) 驱动第二发电机 (13) 发电, 从第二膨胀机 (6) 出来的乏汽进入冷凝器, 为第一热用户 (7) 供热, 放热后的冷流体由第一工质泵 (8) 送入回热器 (9) 的入口 (9-2) , 同时从第二膨胀机 (6) 抽取部分乏汽, 送至回热器 (9) 的入口 (9-1) , 两种温度的流体充分混合后, 从回热器 (9) 的出口 (9-3) 送入第二储液器 (10) , 最后经第二工质泵 (11) 回到中间冷却器 (3) 的入口 (3-3) 。

[0071] 在第二冷热电联供模式中, 吸收式制冷循环封闭回路与第一冷热电联供模式相同, 制冷工质在发生器 (15) 内被加热后, 变成蒸气, 从发生器 (15) 的出口 (15-1) 经管路进入冷凝器, 为第二热用户 (16) 提供热量, 与传统的吸收式制冷一样, 需要经过节流装置 (17) 降压后, 进入蒸发器 (18) 蒸发吸热, 生产实际工况需要的冷冻水, 从入口 (19-1) 进入吸收器 (19) 。

[0072] 与传统的吸收式制冷循环相同, 需要采用两种工质, 分别作为吸收剂和制冷剂, 在吸收器 (19) 内, 制冷剂被吸收剂吸收, 放出热量, 在吸收器 (19) 内, 通过第四水泵 (26) 加压, 将混合液体送至喷淋装置, 加快吸收过程, 在喷淋装置下可以采用通冷却水的方式带走吸收过程产生的热量, 冷却回水也可以用于一定条件下的供热, 避免热量排放到自然环境中。与传统的吸收式制冷循环相同, 在吸收器 (19) 和发生器 (15) 之间有两条管路设备, 以溴化

锂吸收式制冷系统为例,水为制冷剂,溴化锂为吸收剂,在吸收器(19)内,溴化锂吸收足够的水变为稀溶液,从出口(19-2)流出吸收器(19),经第二水泵(20)升压送至热交换器(21)的入口(21-1),再从出口(21-2)流出进入发生器(15)的入口(15-2),溴化锂水溶液在发生器(15)中吸收热量,水分蒸发,从(15-1)出口排出,余下溴化锂浓溶液,再从(15-3)出口流至热交换器(21)的入口(21-3),与来自吸收器(19)的较低温度的溴化锂稀溶液进行换热,降温后的溴化锂浓溶液从(21-4)出口流出,再经第三电磁阀(24)降压后从(19-3)入口回到吸收器(19)。

[0073] 整个过程完成有机朗肯循环与吸收式制冷循环并联的,且与蒸汽朗肯循环呈梯级的复合循环。

[0074] 所述的有机朗肯循环回路,采用有机工质中的干流体有机工质,在中间换热器(3)完成热交换后,无需过热便可直接进入有机工质膨胀机即第二膨胀机(6)带动第二发电机(13)发电,第二膨胀机(6)出来的乏气在第一热用户(7)冷凝放热,由第一工质泵(8)送入回热器(9),同时从第二膨胀机(6)中直接抽取部分高温有机工质,送入回热器(9),与冷凝后低温有机工质进行混合,送入第二储液器(10),并经过第二工质泵(11)送回中间换热器(3),与相应的管道等必要部件一起完成有机朗肯循环封闭回路。与现有的有机朗肯循环相比增设了回热器(9),提高了有机朗肯循环侧冷流体的平均温度,减小了回热器内冷热流体之间的传热温差,从而减小了传热的不可逆损失,提高了热效率。

[0075] 所述的吸收式制冷循环,与传统的吸收式制冷循环相比,都是从蒸发器侧输出冷量,为夏季空调生产冷冻水,或者用于其他供冷场合;主要有以下两个不同之处:1.从高压蒸汽朗肯循环第一膨胀机(2)出来的乏汽送至发生器(15)热源入口(15-4),为吸收式制冷循环的发生器提供热量,热源可以采用蒸汽或热水的形式,但不限于以上两种形式,吸收式制冷机组按照热源的形式可以采用蒸汽型、热水型、余热型或复合型,当锅炉热源流体来自燃气轮机时,所述的一种高效热能梯级利用的冷热电联产系统中的吸收式制冷机组也可采用直燃型或带有直燃型的复合形式。2.从发生器(15)的(15-1)出口出来的制冷工质蒸气在冷凝器侧为第二热用户(16)供热,同时用于带走吸收器(19)吸收剂吸收制冷剂产生热量的冷却回水也可用于供热需求。

[0076] 本发明中未说明的设备及其备用系统、管道、仪表、阀门、保温、具有调节功能的旁路设施等采用公知的成熟技术进行配套。

[0077] 此外,需要说明的是,除非特别说明或者指出,否则说明书中的术语“第一”、“第二”、“第三”等描述仅仅用于区分说明书中的各个组件、元素、步骤等,而不是用于表示各个组件、元素、步骤之间的逻辑关系或者顺序关系等。

[0078] 可以理解的是,虽然本发明已以较佳实施例披露如上,然而上述实施例并非用以限定本发明。对于任何熟悉本领域的技术人员而言,在不脱离本发明技术方案范围情况下,都可利用上述揭示的技术内容对本发明技术方案作出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

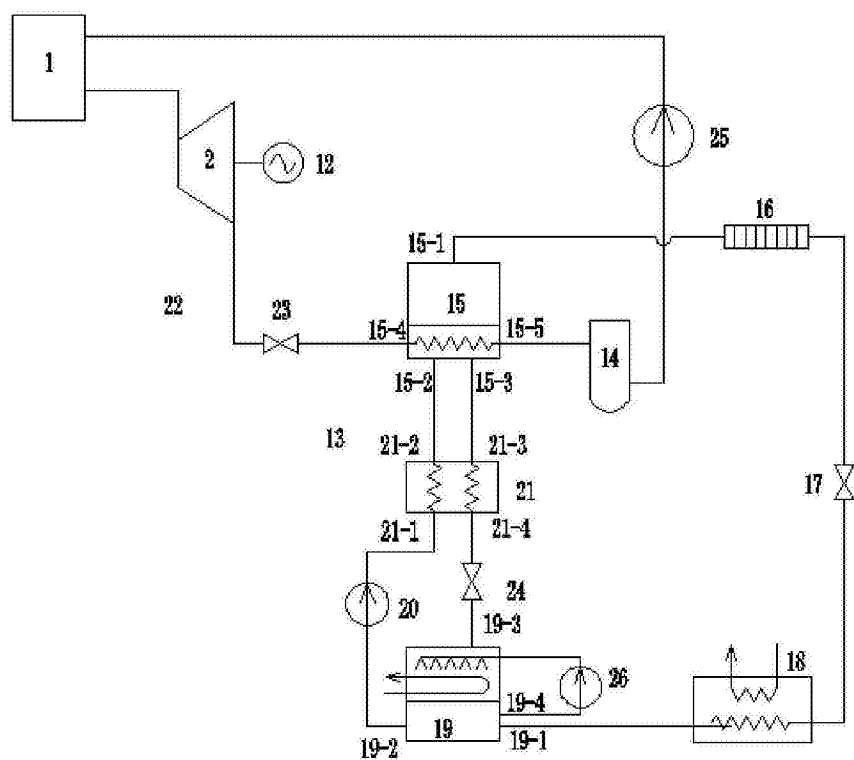


图3

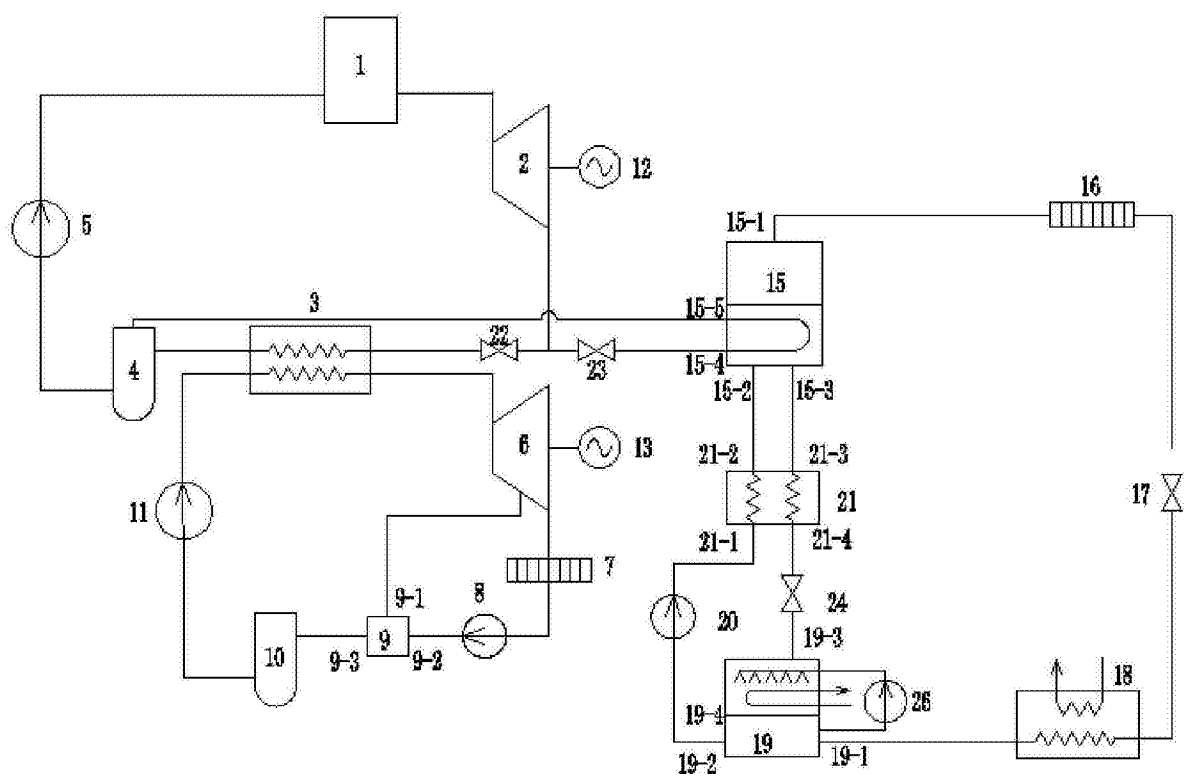


图4