



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211119988 U

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201921465389.1

(22)申请日 2019.09.05

(73)专利权人 天津商业大学

地址 300134 天津市北辰区光荣道409号

(72)发明人 代宝民 刘笑 赵晓璇 漆乐

赵谱 孙悦桐

(74)专利代理机构 天津市三利专利商标代理有

限公司 12107

代理人 仝林叶

(51) Int. Cl.

F24H 4/02(2006.01)

F25B 1/10(2006.01)

F25B 30/02(2006.01)

F25B 43/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

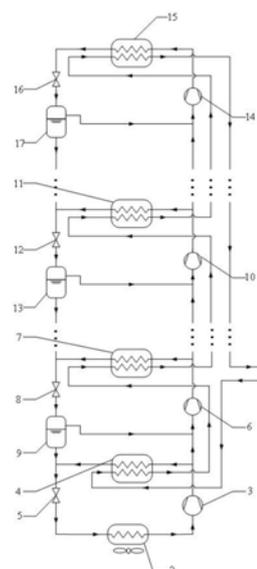
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)实用新型名称

多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中  
高温热泵系统

(57)摘要

本实用新型提出一种多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却多温级中高温热泵系统。本实用新型由蒸发器、各级压缩机、各级冷凝器、各级节流阀和各级气液分离器组成,其中包括多级连续压缩工质热泵循环和常温水连续加热过程;多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,可按照工艺需求设为多级(简称n级),温升越高,设置级数越多。通过制冷剂的多级压缩和多级冷凝过程,对常温水进行多次连续加热,可显著减小常温水加热过程中与制冷剂的换热不可逆损失,各级压缩机的压缩比较小。在冷凝器间并联供暖热水加热管路可用于房间供暖,实现热量梯级利用。



1. 一种多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,其特征在于,所述系统中 $3 \leq i \leq n-1, n \geq 4$ ;

第一级压缩机(3)出口与第一级冷凝器(4)工质侧入口相连,第一级压缩机(3)工质侧出口与第二级压缩机(6)入口相连,第一级冷凝器(4)工质侧出口与第一级节流阀(5)入口相连,第二级气液分离器(9)出口与第一级节流阀(5)入口相连,第一级节流阀(5)出口与蒸发器(2)工质侧入口相连,蒸发器(2)工质侧出口与所述第一级压缩机(3)入口相连;常温水出口与第二级冷凝器(7)换热流体侧入口相连,第二级冷凝器(7)换热流体侧出口与第三级冷凝器换热流体侧入口相连,换热流体为热水或蒸汽,第*i*级冷凝器(11)换热流体侧出口与第*n*级冷凝器(15)换热流体侧入口相连,第*n*级冷凝器(15)换热流体侧出口与中高温热水或高温蒸汽入口相连;

第*i*-1级压缩机出口与第*i*级压缩机(10)入口相连,第*i*级气液分离器(13)与第*i*级压缩机(10)入口相连,第*i*级压缩机(10)出口与第*i*+1级压缩机入口相连,第*i*级压缩机(10)出口与第*i*级冷凝器(11)工质侧入口相连,第*i*级冷凝器(11)工质侧出口与第*i*级节流阀(12)入口连接,第*i*+1级气液分离器出口与第*i*级节流阀(12)入口相连,第*i*级节流阀(12)出口与第*i*级气液分离器(13)的入口相连,第*i*级气液分离器(13)的出口与第*i*-1级节流阀入口相连;

第*n*-1级压缩机出口与第*n*级压缩机(14)入口相连,第*n*级气液分离器(17)侧出口与第*n*级压缩机(14)入口相连,第*n*级压缩机(14)出口与第*n*级冷凝器(15)工质侧入口相连,第*n*级冷凝器(15)工质侧出口与第*n*级节流阀(16)入口连接,第*n*级节流阀(16)出口与第*n*级气液分离器(17)入口相连,第*n*级气液分离器(17)出口与第*n*-1级节流阀入口相连。

2. 根据权利要求1所述的多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,其特征在于,使用的工质采用纯制冷剂,或采用CO<sub>2</sub>/R1234zeE、CO<sub>2</sub>/R1234zeZ、CO<sub>2</sub>/R1234yf、R41/R1234zeE、R41/R1234zeZ、R41/R1234yf、R32/R1234zeE、R32/R1234zeZ、R32/R1234yf非共沸混合工质。

## 多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及热泵技术领域,特别是涉及一种多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统。

### 背景技术

[0002] 生活中及工业上对中高温热水及蒸汽的需求十分广泛,然而生产中高温热水往往会消耗大量电力及燃料资源。热泵产品作为一种清洁、高效、稳定的采暖设备已得到广泛使用,进一步提高热泵设备的能效对推动节能减排,提升经济效益具有重要的实际意义和社会价值。

[0003] 采用常规中高温热泵系统冷凝温度恒定,常温水在冷凝器中直接加热,常温水进出口温差较大,受冷凝器制冷剂 and 常温水换热温差的限制,冷凝器中两侧流体的换热温差分布严重不均匀,导致冷凝器中平均换热温差很大,换热过程产生较大的不可逆损失,系统能效较低。使用非共沸工质的常规单级压缩热泵系统,其蒸发和冷凝过程的温度滑移相当,适用于热源和热沉侧换热流体温度变化接近的工况,但对于中高温热泵系统,热源侧的温度变化一般较小,热沉侧的水或蒸汽的温度升较大或很大,远大于热源侧流体的温降。并且对于热源和热沉温跨较大的工况,常规压缩机压缩比较大,压缩机效率低。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型提供了一种多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却多温级中高温热泵系统,以解决换热过程不可逆损失大、压缩比大以及系统能效低的问题。

[0005] 本实用新型所采取的技术方案是:

[0006] 多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却多温级中高温热泵系统,其中包括多级连续压缩工质热泵循环和常温水连续加热过程;多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,可按照工艺需求设为多级(简称n级),温升越高,设置级数越多。

[0007] 一种多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,所述系统中 $3 \leq i \leq n-1, n \geq 4$ ;

[0008] 第一级压缩机3出口与第一级冷凝器4工质侧入口相连,第一级压缩机3工质侧出口与第二级压缩机6入口相连,第一级冷凝器4工质侧出口与第一级节流阀5入口相连,第二级气液分离器9出口与第一级节流阀5入口相连,第一级节流阀5出口与蒸发器2工质侧入口相连,蒸发器2工质侧出口与所述第一级压缩机3入口相连;常温水出口与第二级冷凝器7换热流体侧入口相连,第二级冷凝器7换热流体侧出口与第三级冷凝器换热流体(热水或蒸汽)侧入口相连,第i级冷凝器11换热流体侧出口与第n级冷凝器15换热流体侧入口相连,第n级冷凝器15换热流体侧出口与中高温热水或高温蒸汽入口相连;

[0009] 第i-1级压缩机出口与第i级压缩机入口相连,第i级气液分离器与第i级压缩机入口相连,第i级压缩机出口与第i+1级压缩机入口相连,第i级压缩机出口与第i级冷凝器工质侧入口相连,第i级冷凝器工质侧出口与第i级节流阀入口连接,第i+1级气液分离器出口

与第i级节流阀入口相连,第i级节流阀出口与第i级气液分离器的入口相连,第i级气液分离器的出口与第i-1级节流阀入口相连;

[0010] 第n-1级压缩机出口与第n级压缩机14入口相连,第n级气液分离器17侧出口与第n级压缩机14入口相连,第n级压缩机14出口与第n级冷凝器15工质侧入口相连,第n级冷凝器15工质侧出口与第n级节流阀16入口连接,第n级节流阀16出口与第n级气液分离器17入口相连,第n级气液分离器17出口与第n-1级节流阀入口相连。

[0011] 常温水依次流入各温级冷凝器进行加热,被连续加热至工艺设计温度,得到工艺所需中高温热水或高温蒸汽,完成常温水连续加热过程。

[0012] 工质可采用R1234ze (Z)、R1234ze (E)、R1233zd (E)、R1224yd (Z)、R1336mzz (Z)、R365mfc、R1234yf、R245fa等纯制冷剂,也可采用CO<sub>2</sub>/R1234ze (E)、CO<sub>2</sub>/R1234ze (Z)、CO<sub>2</sub>/R1234yf、R41/R1234ze (E)、R41/R1234ze (Z)、R41/R1234yf、R32/R1234ze (E)、R32/R1234ze (Z)、R32/R1234yf等非共沸混合工质。对于非共沸混合工质,选配温度滑移与蒸发器换热流体进出口温差相当的制冷剂。

[0013] 级数确定原则为:为保证蒸发器和冷凝器换热过程同时匹配,根据工艺要求对常温水加热的温升以及热源换热流体的温降,计算(常温水加热温升/热源换热流体冷却温降),取整作为系统的级数。

[0014] 本系统还可以将各温级冷凝器并联供暖热水加热管路,应用为多级压缩多级冷凝中间闪蒸不完全冷却热泵两联供系统。供热末端可配置风机盘管、地盘管、暖气片等装置,各级冷凝器直接为其提供热量,用于房间供暖,实现热量梯级利用。

[0015] 与现有技术相比,本实用新型具有的优点和积极效果是:

[0016] (1)与常规纯质单级压缩热泵系统相比,本实用新型中常温水在多级冷凝器内连续加热,水在各级冷凝器内的温升较低,制冷剂各温位冷凝过程与常温水加热过程形成良好的温度匹配,可显著降低换热流体与工质的换热温差,降低换热流体与制冷剂之间的换热不可逆损失,焓效率提高,有效提升系统的能效;

[0017] (2)对于采用非共沸工质的常规单级压缩热泵系统,蒸发器、冷凝器中工质难以满足与换热流体温度的同时匹配。与常规非共沸工质单级压缩热泵系统相比,本实用新型常温水的加热过程经过两次及两次以上的连续升温,每次加热过程的温升不高,与非共沸制冷剂蒸发过程及各温位的冷凝过程形成很好的温度匹配。通过本实用新型,可实现蒸发器和冷凝器两侧流体同时匹配,换热不可逆损失大大减小,进一步提高系统焓效率及能效,提高经济效益;

[0018] (3)越第二级的压缩机的输气量越少,压缩机的吸气量降低,相对同等常温水温升条件下的单级热泵系统,本实用新型压缩机的功耗显著降低,压缩机造价降低;

[0019] (4)相对传统单级压缩,多级压缩过程的压比减小,压缩机等熵效率提高。此外本实用新型装置设置中间闪蒸过程对压缩机出口过热气进行冷却,排气温度降低,延长压缩机使用寿命;

[0020] (5)本装置可同时用于供暖、生产生活热水及工业用中高温热水及高压蒸汽等。用途广泛,具有良好的发展前景。

## 附图说明

- [0021] 图1为双级压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统图；  
[0022] 图2为双级纯质压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统温焓图；  
[0023] 图3为双级非共沸工质压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统温焓图；  
[0024] 图4为双级压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却热泵两联供系统图；  
[0025] 图5为多级压缩多级冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统图。

## 具体实施方式

- [0026] 实施例一：双级压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统
- [0027] 本系统由第一级热泵循环和第二级热泵循环以及常温水连续加热过程组成，系统如图1所示。
- [0028] (1) 若系统采用纯工质，其双级纯质压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统温焓图如图2所示。具体实施方式如下：
- [0029] 第一步：第一级压缩机3吸入蒸发器2工质侧出口处的低温低压的工质(如图2状态1)，将其压缩成中温中压的过热气体(如图2状态2)，之后过热气分为两路。一路气体流入第一级冷凝器4工质侧入口，冷凝器内工质冷凝至饱和液(如图2状态10)，并将常温水(如图2状态w1)加热至一定温度(如图2状态w2)。之后工质进入第一级节流阀5节流降压至两相流体状态(如图2状态11)，气液两相流体进入蒸发器2工质侧入口，工质蒸发吸收常温水热量后变为饱和气态(如图2状态1)，被第一级压缩机3吸入。
- [0030] 第二步：从第一级压缩机3中流出的另一路过热气体流入第二级压缩机6，工质被压缩为高温高压流体(如图2状态4)，然后流入第二级冷凝器7工质侧入口，工质与从第一级冷凝器换热流体侧中流出的换热流体(热水或蒸汽)(如图2状态w2和w3，w2和w3为同一状态)进行换热，换热流体被进一步加热至图2状态w4。
- [0031] 第三步：第二级冷凝器7流出的工质(如图2状态6)流经第二级节流阀8节流降压，变为气液两相状态(如图2状态7)，然后流入气液分离器9中，使气液分离。气液分离器9出口工质分为两路(饱和气和饱和液)，一路饱和气(如图2状态8)与第一级压缩机3出口的中压过热气体混合进入第二级压缩机6压缩成高温高压气体(如图2状态4)，另一路饱和液(如图2状态10)与第一级冷凝器4工质侧出口的饱和液汇合，进入第一级节流阀5节流至图2状态11后进入蒸发器2工质侧入口，工质吸热变为饱和气态(如图2状态1)，被第一级压缩机3吸入，完成热泵循环。
- [0032] 第四步：常温水(如图2状态w1)首先流入第一级冷凝器4换热流体侧被加热至图2状态w2(w3)，然后流入第二级冷凝器7(如图2状态w3)换热流体侧入口，被加热为工艺所需温度(如图2状态w4)，得到所需中高温热水或高温蒸汽，完成常温水连续加热过程。
- [0033] (2) 若采用非共沸混合工质，其双级压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统的制冷剂与常温水加热过程的匹配特性会更加优异，可进一步提升系统能效，提高经济效益。其双级非共沸工质压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统温焓图如图3所示。
- [0034] 具体实施方式如下：

[0035] 第一步:第一级压缩机3吸入蒸发器2工质侧出口处的低温低压的工质(如图3状态1),将其压缩成中压过热的气体(如图3状态2),之后气体分为两路。一路流入第一级冷凝器4工质侧入口,冷凝器内工质冷凝至饱和液(如图3 状态8),并将换热流体侧的常温水(如图3状态w1)加热至一定温度(如图3 状态w2)。之后工质进入第一级节流阀5节流降压至两相流体状态(如图3状态11),气液两相流体进入蒸发器2工质侧入口,工质吸收常温水热量后变为饱和气态(如图3状态1),被第一级压缩机3吸入。

[0036] 第二步:从第一级压缩机3中流出的另一路气体第二级压缩机6,工质被压缩为高温高压流体(如图3状态4),流入第二级冷凝器7工质侧入口,与从第一级冷凝器4换热流体侧流出的换热流体(如图3状态w2和w3,w2和w3为同一状态)进行换热,换热流体被进一步加热至图3状态w4。

[0037] 第三步:第二级冷凝器7流出的工质(如图3状态6)流经第二级节流阀8 节流降压,变为气液两相状态(如图3状态7)。工质再流进气液分离器9中,进行气液分离。气液分离器9出口工质分为两路(饱和气和饱和液),一路饱和气(如图3状态10)与第一级压缩机3出口的中压过热气体混合进入第二级压缩机6压缩成高温高压气体(如图3状态4),另一路饱和液(如图3状态8)与第一级冷凝器4工质侧出口的饱和液汇合,进入第一级节流阀5节流至图3状态11后进入蒸发器2工质侧入口,吸热蒸发后(如图3状态1),被第一级压缩机3吸入,完成热泵循环。

[0038] 第四步:常温水(如图3状态w1)先流入第一级冷凝器4换热流体侧被加热至图3状态w2(w3),然后流入第二级冷凝器7换热流体侧继续加热(如图 3状态w4),被连续加热至中高温,得到工艺所需中高温热水或高温蒸汽,完成常温水连续加热过程。

[0039] 实施例二:在第一级冷凝器两端并联供暖热水加热管路,形成双级压缩双冷凝器中间闪蒸不完全冷却热泵两联供系统,系统如图4所示。

[0040] 供热末端10可配置风机盘管、地盘管、暖气片等供热末端,供热末端10出口处常温换热流体进入第一级冷凝器4换热流体侧,被第一次加热至一定温度,供热末端的回水与从第一级压缩机3流出的高温工质进行换热,第一级压缩机3 排气温度降低,供热末端的回水被进一步加热,用于房间供暖,实现热量梯级利用,减少热量的损耗。

[0041] 实施例三:三级及以上压缩的多冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统。

[0042] 本装置还可根据具体实施需要设计为多级压缩多级冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统,实现多次对常温水进行加热,以制取更高温度的热水或蒸汽,以便更好地适应不同工艺所要求。多级压缩多级冷凝器中间闪蒸不完全冷却中高温热泵系统如图5。

[0043] 具体实施方式如下:

[0044] 第一步:第一级压缩机3吸入蒸发器1工质侧出口处的低温低压的工质,将其压缩成中间压力的过热气体,之后分为两路。一路过热气流入第一级冷凝器4 工质侧,冷凝器内工质冷凝,并将常温水加热至一定温度。之后工质进入第一级节流阀5节流降压,然后进入蒸发器1工质侧,工质吸热蒸发后,被第一级压缩机3吸入。

[0045] 第二步:从第一级压缩机3中流出的另一路工质与第二级气液分离器中的饱和气混合后进入第二级压缩机6,压缩为过热气,第二级压缩机6流出的流体分为两路,其中一路流入第二级冷凝器7工质侧,与从第一级冷凝器4换热流体侧流出的常温水进行换热,常温水被进一步加热。加热后的常温水进入第三级冷凝器换热流体侧。从第二级冷凝器7工质侧

流出的流体与来自第三级的气液两相流体混合,流经第二级节流阀8节流降压,变为气液两相状态,进入第二级气液分离器9,使气液分离。第二级气液分离器9出口工质分为两路(饱和气和饱和液),一路饱和气与第一级压缩机3出口的中压过热气体混合进入第二级压缩机6,另一路饱和液与第一级冷凝器4工质侧出口的饱和液汇合,进入第一级节流阀5节流。从第二级压缩机6流出的另一路流体进入第三级压缩机。

[0046] 第三步:系统从第3级开始到第n-1级循环的结构形式相同,为简化叙述,对于第3级到第n-1级均用第i级表示。从第i-1级压缩机中流出的另一路工质进入第i级压缩机10,压缩为过热气,从第i级压缩机10流出的过热气分为两路,其中一路流入第i级冷凝器11工质侧,与从第i-1级冷凝器换热流体侧流出的换热流体进行换热,换热流体被进一步加热,加热后的常温水进入第i+1级冷凝器换热流体侧。从第i级冷凝器11工质侧流出的流体与来自第i+1级的饱和液混合流经第i级节流阀12节流降压,变为气液两相状态,再进入第i级气液分离器13使气液分离,第i级气液分离器13出口工质分为两路(饱和气和饱和液),一路饱和气与第i-1级第一级压缩机出口的中压过热气体混合进入第i级第二级压缩机10,另一路饱和液与第i-1级第一级冷凝器工质侧出口的饱和液汇合,进入第i-1级第一级节流阀节流。从第i级压缩机10流出的另一路流体进入第i+1级压缩机被压缩。

[0047] 第四步:第n-1级压缩机流出的另一路流体进入第n级压缩机14,压缩成为过热气,第n级压缩机14流出的过气流入第n级冷凝器15工质侧,与从第n-1级冷凝器换热流体侧中流出的换热流体进行换热,换热流体被最后一次加热。

[0048] 第五步:第n级冷凝器15工质侧流出的流体流经第n级节流阀16节流降压,变为气液两相状态,再进入第n级气液分离器17使气液分离。第n级气液分离器17出口工质分为两路(饱和气和饱和液),一路饱和气与第n-1级第一级压缩机出口的中压过热气体混合进入第n级第二级压缩机14,另一路饱和液与第n-1级第一级冷凝器工质侧出口的饱和液汇合,进入第n-1级第一级节流阀节流。

[0049] 第六步:常温水依次流入各级冷凝器,被连续加热至中高温后,从第n级冷凝器17换热流体侧流出,得到工艺所需中高温热水或高温蒸汽,完成常温水连续加热过程。

[0050] 尽管上面结合附图对本实用新型的优选实施例进行了描述,但是本实用新型并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的,本领域的普通技术人员在本实用新型的启示下,在不脱离本实用新型宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可以做出很多形式,这些均属于本实用新型的保护范围之内。

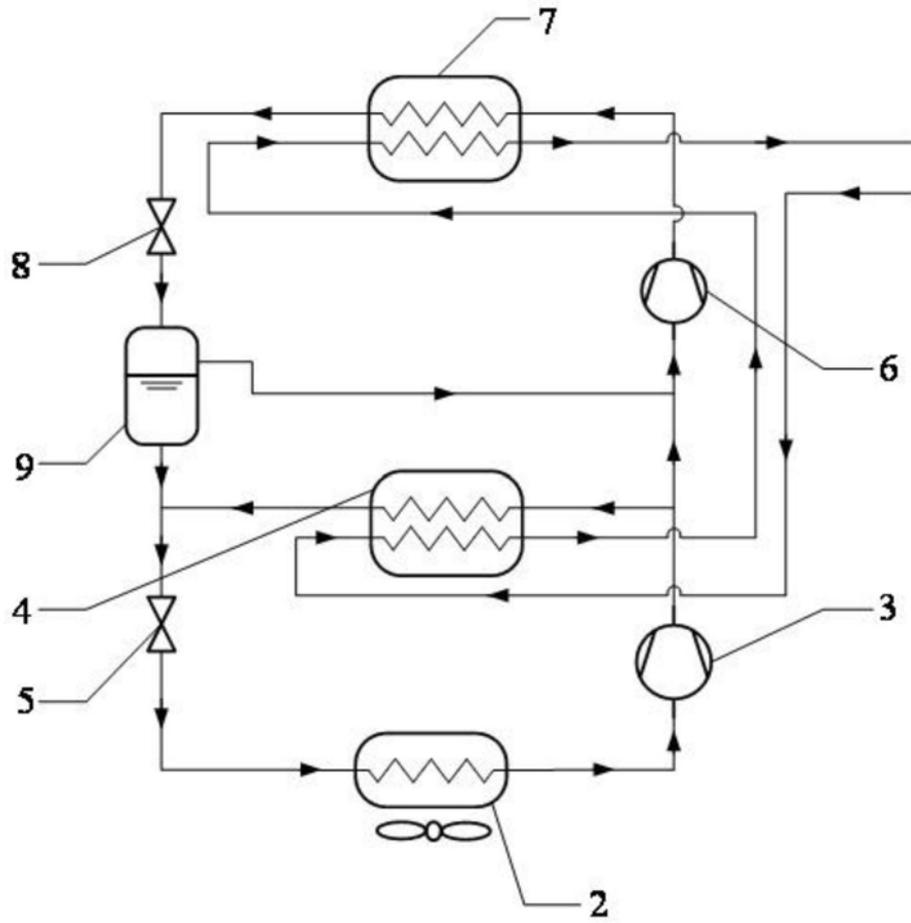


图1

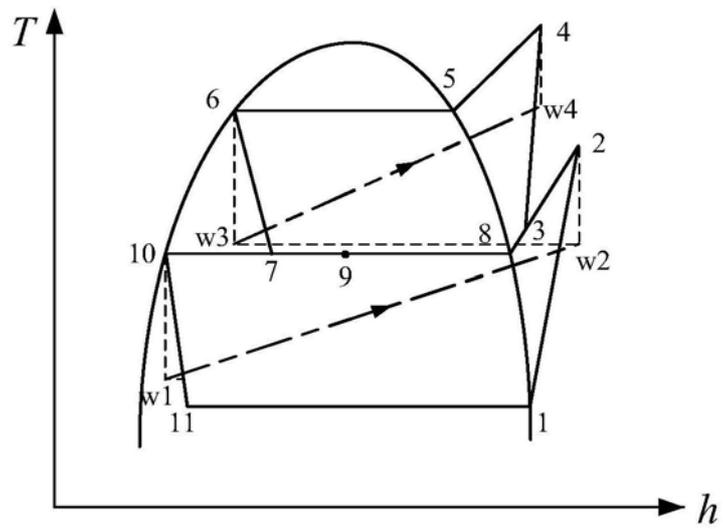


图2

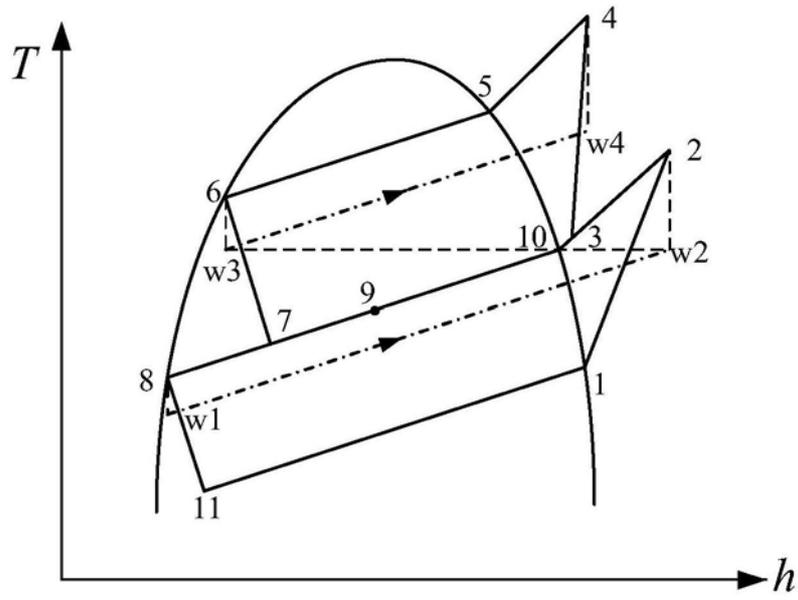


图3

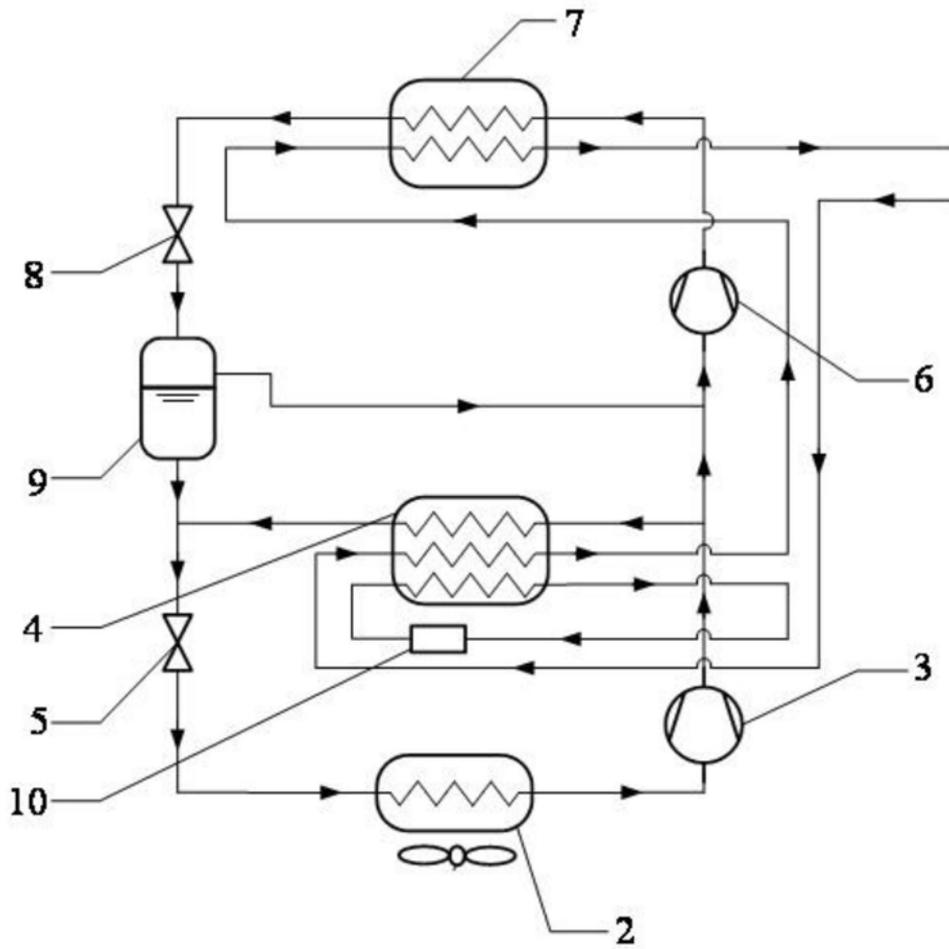


图4

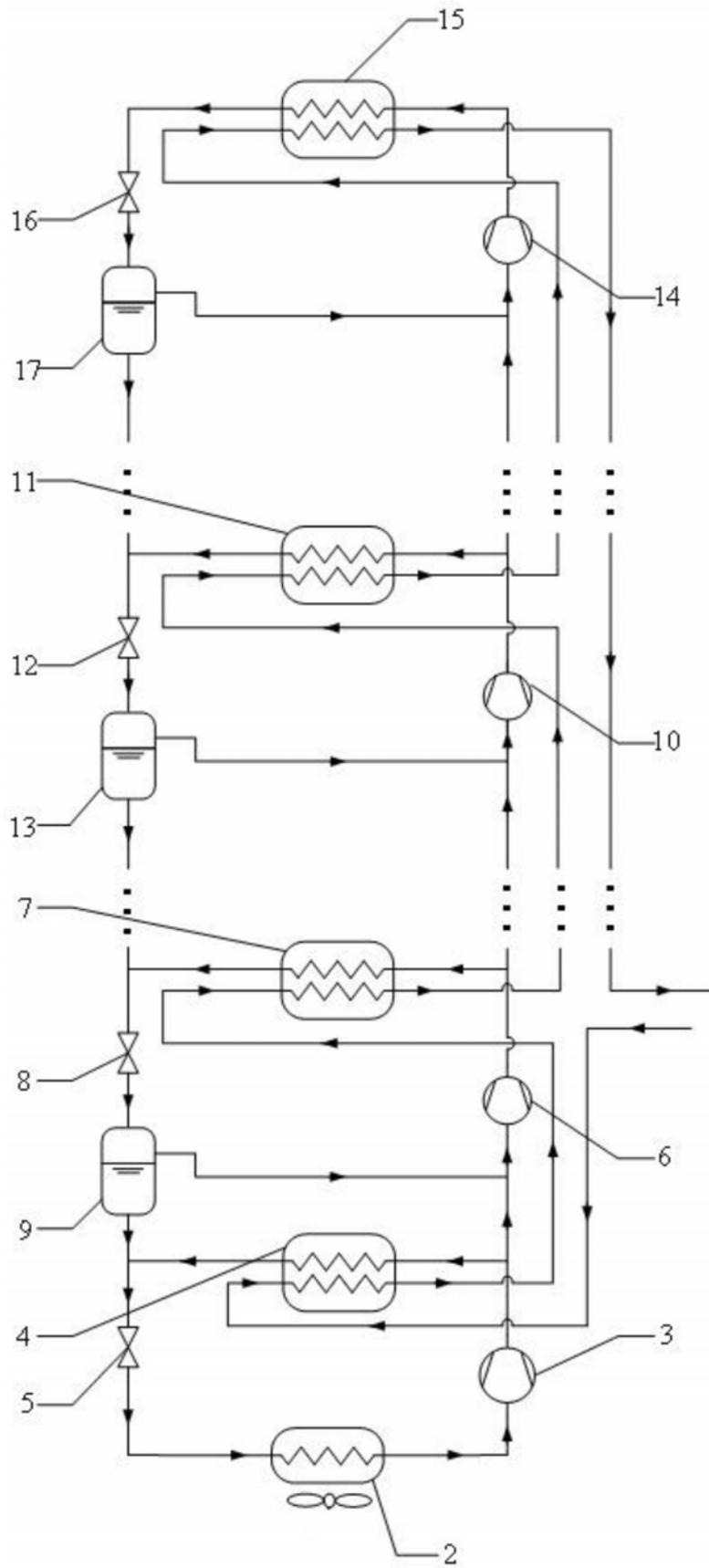


图5