



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115823773 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 21

(21) 申请号 202210631406.4

F25B 31/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.06

F25B 40/06 (2006.01)

F25B 43/00 (2006.01)

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 白涛 陆宇

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

专利代理师 何会侠

(51) Int. Cl.

F25B 30/02 (2006.01)

F25B 1/10 (2006.01)

F25B 5/02 (2006.01)

F25B 6/02 (2006.01)

F25B 9/08 (2006.01)

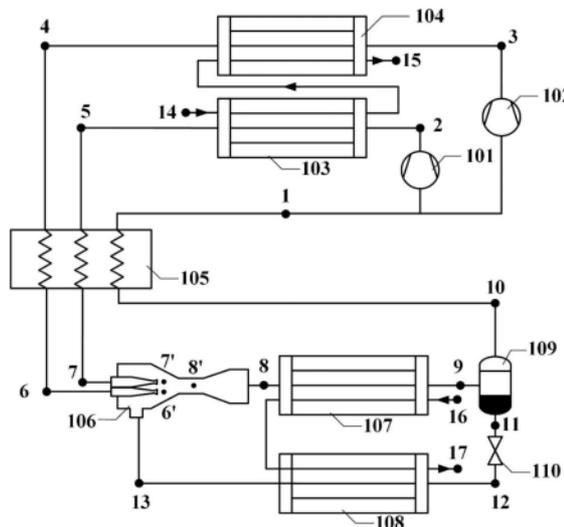
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

## (54) 发明名称

一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法,该系统包括一台低压压缩机和一台高压压缩机;其中第一冷凝器与低压压缩机相连,用于被加热介质的初步加热;第二冷凝器与高压侧压缩机相连,用于供热介质进一步加热;该循环可以通过双压缩机获得不同的冷凝温度,实现对加热介质梯级升温,从而降低传热不可逆损失;同时,使用回热器来保证压缩机吸气保持一定的过热度,避免压缩机湿压缩,保证了压缩机运行的可靠性。另外,通过双喷嘴喷射器可同时回收两路高压流体的膨胀功,提升压缩机吸气压力。同时,通过双喷嘴喷射器压力提升作用可以实现双温蒸发,有效地降低蒸发器传热温差和不可逆损失,进而提高系统的综合能效水平。



1. 一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,其特征在于,采用双压缩机并联与双喷嘴喷射器耦合的方式实现高温制热;所述系统包括:低压压缩机(101)、高压压缩机(102)、第一冷凝器(103)、第二冷凝器(104)、回热器(105)、双喷嘴喷射器(106)、第一蒸发器(107)、第二蒸发器(108)、气液分离器(109)以及节流装置(110);

低压压缩机(101)出口与第一冷凝器(103)入口相连;高压压缩机(102)出口与第二冷凝器(104)入口相连;第一冷凝器(103)出口与回热器(105)中温侧入口相连,回热器(105)中温侧出口与双喷嘴喷射器(106)第一喷嘴入口相连;第二冷凝器(104)出口与回热器(105)高温侧入口相连,回热器(105)高温侧出口与双喷嘴喷射器(106)第二喷嘴入口相连;双喷嘴喷射器(106)出口与第一蒸发器(107)入口相连;第一蒸发器(107)出口与气液分离器(109)入口相连;气液分离器(109)液管出口与节流装置(110)入口相连;节流装置(110)出口与第二蒸发器(108)入口相连;第二蒸发器(108)出口与双喷嘴喷射器(106)二次流入口相连;气液分离器(109)气管出口与回热器(105)低温侧入口相连;回热器(105)低温侧出口与低压压缩机(101)和高压压缩机(102)吸气口相连,从而形成完整的热泵循环系统;

采用双压缩机并联的方式能够对两台压缩机的排量大小进行优化,调节第一冷凝器(103)及第二冷凝器(104)供热的负荷,提高系统的整体性能;同时,回热器(105)保证了低压压缩机(101)和高压压缩机(102)吸气带有一定的过热度,有效避免低压压缩机(101)和高压压缩机(102)在两相区工作,以此保证了低压压缩机(101)和高压压缩机(102)运行的可靠性。另外,利用双喷嘴喷射器最大程度回收膨胀功;以达到节能的目的。

2. 根据权利要求1所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,其特征在于,利用双喷嘴喷射器(106)回收第一冷凝器(103)和第二冷凝器(104)出口制冷剂膨胀过程的膨胀功,同时利用双喷嘴喷射器引射升压的特性,提升高压压缩机和低压压缩机的吸气压力,降低两压缩机压比。

3. 根据权利要求1所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,其特征在于,通过喷射器与蒸发器耦合的方式,所述系统能够实现双蒸发器及双蒸发温度,且第二蒸发器的蒸发温度低于第一蒸发器的蒸发温度。

4. 根据权利要求1所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,其特征在于,通过双喷嘴喷射器将双压缩机和双冷凝器耦合的方式,所述系统在单一吸气压力下,能够实现双冷凝压力和双冷凝温度,且第二冷凝器的冷凝压力高于第一冷凝器的冷凝压力。

5. 根据权利要求1所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,其特征在于,双喷嘴喷射器(106)采用可调式喷射器或固定结构的喷射器。

6. 权利要求1至5任一项所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统的循环方法,其特征在于,低压压缩机(101)将低温气态制冷剂压缩为中间压力,然后进入第一冷凝器(103)中冷凝放热为气液两相的中温中压状态,经过回热器(105)后作为喷射器一次流进入双喷嘴喷射器(106)的第一喷嘴;高压压缩机(102)将制冷剂压缩为高温高压的气态制冷剂后进入第二冷凝器(104)冷凝放热为高温高压的两相态,然后经过回热器(105)后作为喷射器一次流进入双喷嘴喷射器(106)的第二喷嘴;双喷嘴喷射器(106)出口的两相制冷剂进入第一蒸发器(107)部分蒸发制冷,在第一蒸发器(107)的出口仍保持两相状态进入气液分离器(109)中,气液分离器(109)中的饱和液体制冷剂经过节流装置(110),以两相状态进入第二蒸发器(108),第二蒸发器(108)出口的气态或两相态工质作为二次流进入双喷嘴

喷射器(106),并与一次流混合升压;气液分离器(109)气管出口的饱和气体制冷剂经过回热器(105)后进入高压压缩机(101)和低压压缩机(102),从而实现完整循环。

## 一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于蒸气压缩式热泵供暖技术领域,具体涉及一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,能源问题已经成为制约我国社会经济发展的重要因素之一,节能减排、降低能耗和提高能源利用率是解决能源问题的根本途径。目前,高温热泵技术因其具有较高的能量品位提升效果,被广泛应用于化工、食品、石油、制药、陶瓷等行业的余热回收利用领域。因此,开发新型高效的高温热泵节能技术,是目前蒸汽压缩式热泵技术的重要发展方向。

[0003] 对于传统的高温热泵技术,采用单级压缩热泵系统具有冷凝温度和蒸发温度单一,在实现热源与热汇温跨较大工况运行时,压缩机压比较大,性能衰减严重的特点。首先,单一冷凝温度的高温热泵系统在制冷剂与加热介质换热时存在较大的换热温差,尤其在热汇流体进出口温差较大时,传热过程的不可逆损失,制冷剂与热汇介质温度匹配较差;同样在单一蒸发温度下,制冷剂与热源介质的换热过程也会存在传热损失较大的情况;最后,传统单级压缩高温热泵循环由于高温供热系统冷凝温度较高,导致系统冷凝压力和压比升高,传统节流结构的不可逆损失增加,最终导致系统性能的下降。

[0004] 针对上述问题,可以采用双压缩机形成双冷凝压力,从而减少冷源介质与冷凝器传热过程的不可逆损失,同时,利用喷射器升压能力,构建双温蒸发效果,也可以达到减小吸热过程传热不可逆损失的目的。另外,针对大温跨热泵加热过程节流损失过大、压比增加和压缩机性能下降的问题,提出使用双喷嘴喷射器并联压缩的循环系统,既可以最大限度回收膨胀功,又提高了压缩机的吸气压力,降低压缩机压比,减小系统能耗,从而达到节能增效的目的。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有高温热泵技术中存在的不足,提供一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法,该系统不但可以实现高温制热的需求,还可以进一步提升系统的制热性能。

[0006] 为实现以上目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统,采用双压缩机并联与双喷嘴喷射器耦合的方式实现高温制热;所述系统包括:低压压缩机101、高压压缩机102、第一冷凝器103、第二冷凝器104、回热器105、双喷嘴喷射器106、第一蒸发器107、第二蒸发器108、气液分离器109以及节流装置110;

[0008] 低压压缩机101出口与第一冷凝器103入口相连;高压压缩机102出口与第二冷凝器104入口相连;第一冷凝器103出口与回热器105中温侧入口相连,回热器105中温侧出口

与双喷嘴喷射器106第一喷嘴入口相连;第二冷凝器104出口与回热器105高温侧入口相连,回热器105高温侧出口与双喷嘴喷射器106第二喷嘴入口相连;双喷嘴喷射器106出口与第一蒸发器107入口相连;第一蒸发器107出口与气液分离器109入口相连;气液分离器109液管出口与节流装置110入口相连;节流装置110出口与第二蒸发器108入口相连;第二蒸发器108出口与双喷嘴喷射器106二次流入口相连;气液分离器109气管出口与回热器105低温侧入口相连;回热器105低温侧出口与低压压缩机101和高压压缩机102吸气口相连,从而形成完整的热泵循环系统;

[0009] 采用双压缩机并联的方式能够对两台压缩机的排量大小进行优化,调节第一冷凝器103及第二冷凝器104供热的负荷,提高系统的整体性能;同时,回热器105保证了低压压缩机101和高压压缩机102吸气带有一定的过热度,有效避免低压压缩机101和高压压缩机102在两相区工作,以此保证了低压压缩机101和高压压缩机102运行的可靠性。另外,利用双喷嘴喷射器最大程度回收膨胀功;以达到节能的目的。

[0010] 利用双喷嘴喷射器106回收第一冷凝器103和第二冷凝器104出口制冷剂膨胀过程的膨胀功,同时利用双喷嘴喷射器引射升压的特性,提升高压压缩机和低压压缩机的吸气压力,降低两压缩机压比。

[0011] 通过喷射器与蒸发器耦合的方式,所述系统能够实现双蒸发器及双蒸发温度,且第二蒸发器的蒸发温度低于第一蒸发器的蒸发温度。

[0012] 通过双喷嘴喷射器将双压缩机和双冷凝器耦合的方式,所述系统在单一吸气压力下,能够实现双冷凝压力和双冷凝温度,且第二冷凝器的冷凝压力高于第一冷凝器的冷凝压力。

[0013] 双喷嘴喷射器106的结构形式包括但不限于可调式喷射器、固定结构的喷射器。

[0014] 所述的一种双喷嘴喷射器增效的蒸气压缩高温热泵系统及其循环方法,低压压缩机101将低温气态制冷剂压缩为中间压力,然后进入第一冷凝器103中冷凝放热为气液两相的中温中压状态,经过回热器105后作为喷射器一次流进入双喷嘴喷射器106的第一喷嘴;高压压缩机102将制冷剂压缩为高温高压的气态制冷剂后进入第二冷凝器104冷凝放热为高温高压的两相态,然后经过回热器105后作为喷射器一次流进入双喷嘴喷射器106的第二喷嘴;双喷嘴喷射器106出口的两相制冷剂进入第一蒸发器107蒸发放热,在第一蒸发器107的出口仍保持两相状态(制冷剂干度增加)进入气液分离器109中,气液分离器109中的饱和液体制冷剂经过节流装置110,以两相状态进入第二蒸发器108,第二蒸发器108出口的气态或两相态工质作为二次流进入双喷嘴喷射器106,并与一次流混合升压;气液分离器109气管出口的饱和气体制冷剂经过回热器105后进入高压压缩机101和低压压缩机102,从而实现完整循环。

[0015] 本发明的技术特点,可以利用所述第一冷凝器先对冷源介质进行初步预热,将冷源介质加热到中间温度,再利用第二冷凝器将中间温度的冷源工质加热到目标温度,实现高温热泵制热工况的同时,降低了冷源工质掺混带来的传热损失。通过双喷嘴喷射器和气液分离器成功地将双冷凝器和双蒸发器耦合起来,有效降低换热器传热温差的同时,也通过喷射器提升了压缩机吸气压力,降低压缩机压比,减小系统耗功。该系统是一种经济、高效可行的改善方案,将有效地促进热泵技术的发展。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明实施例一的系统示意图。

[0017] 图2为本发明实施例一的高温热泵循环系统工作过程的压-焓图(p-h图)

## 具体实施方式

[0018] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚简明,以下结合附图及两种实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0019] 实施例一

[0020] 如图1所示,所述低压压缩机101、高压压缩机102的类型包括但不限于滚动转子压缩机、螺杆式压缩机和涡旋压缩机等类型,所述低压压缩机101出口与第一冷凝器103入口相连;高压压缩机102出口与第二冷凝器104入口相连;第一冷凝器103出口与回热器105中温侧的入口相连,回热器105中温侧出口与双喷嘴喷射器106第一喷嘴入口相连;第二冷凝器104出口与回热器105高温侧入口相连,回热器105高温侧出口与双喷嘴喷射器106第二喷嘴入口相连;双喷嘴喷射器106出口与第一蒸发器107入口相连;气液分离器109入口与第一蒸发器107出口相连;气液分离器109液管出口与节流装置110相连;第二蒸发器108入口与节流装置110出口相连;第二蒸发器108出口与双喷嘴喷射器106二次流入口相连;气液分离器109气管出口与回热器105低温侧入口相连;回热器105低温侧出口与低压压缩机101和高压压缩机102吸气口相连,由此形成双蒸发温度和双冷凝温度的喷射器增效高温热泵系统。低温水(图1中14点)依次与第一冷凝器103和第二冷凝器104换热后被加热为高温水(图1中15点),以此实现对高温区的供热。蒸发器处的热源介质(图1中16点)依次与第一蒸发器107和第二蒸发器108换热后被冷却到较低温度(图1中17点)。由此增强系统换热器温度匹配,减少传热不可逆损失。

[0021] 图2为实施例一的热泵循环系统工作过程的压-焓图(p-h图)。本发明的具体工作过程为:部分低压过热制冷剂气体(图2中1点)作为吸气进入低压压缩机1被压缩为中间压力(图2中2点),之后制冷剂经过第一冷凝器103冷凝放热后,饱和液态制冷剂(图2中5点)经过回热器105换热后变为过冷态(图2中7点)作为一次流进入双喷嘴喷射器106的第一喷嘴中,过冷态制冷剂经过第一喷嘴节流后变为低压两相态制冷剂(图2中7'点);同时,另一部分低压过热制冷剂气体(图2中1点)作为吸气进入高压压缩机102被压缩为高温高压状态(图2中3点),之后制冷剂经过第二冷凝器104冷凝放热后,饱和液态制冷剂(图2中4点)经过回热器105换热后的过冷态制冷剂(图2中6点)作为一次流进入双喷嘴喷射器106的第二喷嘴中,高压过冷态制冷剂经过第二喷嘴节流后变为低压两相态制冷剂(图2中6'点),然后两喷嘴出口的制冷剂与来及第二蒸发器的制冷剂充分混合(图2中8'点),制冷剂经过喷射器扩压段的降速升压后变为两相状态(图2中8点);继而喷射器出口的两相制冷剂进入第一蒸发器107蒸发制冷后仍保持两相状态(图2中9点)进入气液分离器109中,气液分离器109中的液态制冷剂(图2中11点)经过节流装置110节流后变为两相状态(图2中12点),然后进入第二蒸发器108蒸发制冷后变为饱和气态制冷剂(图2中13点)被双喷嘴喷射器引射;气液分离器109中的饱和气态制冷剂(图2中10点)经过回热器105换热后变为过热气体(图2中1点),作为吸气回到高压压缩机101和低压压缩机102中,从而完成整个热泵循环。

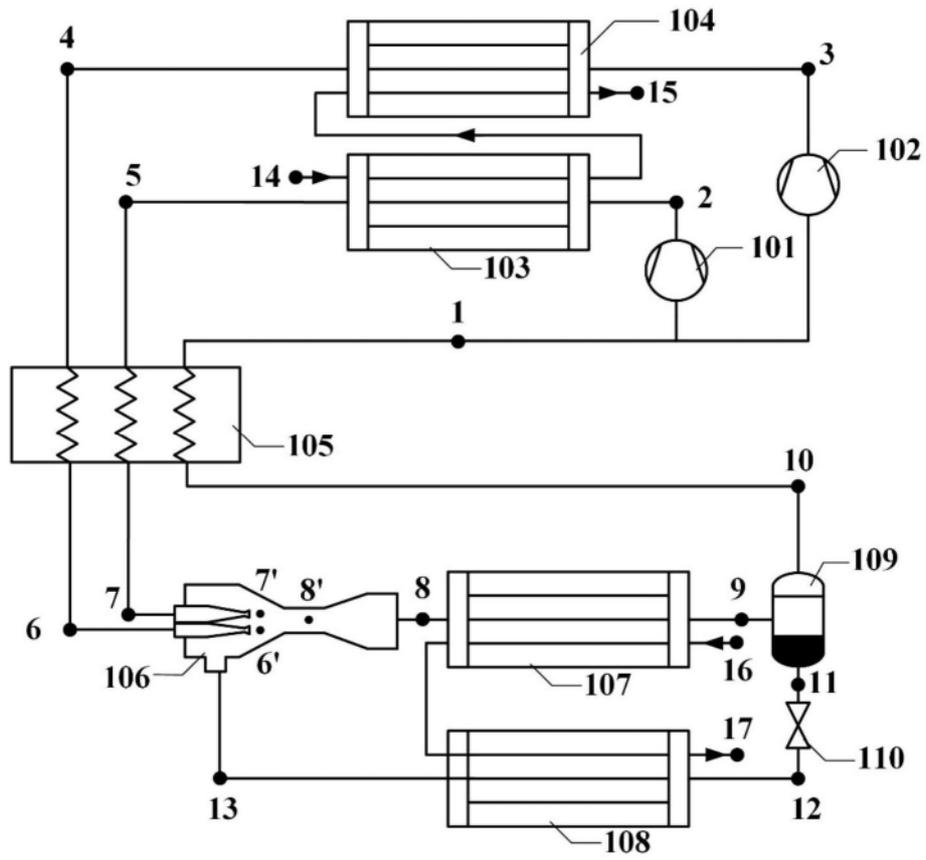


图1

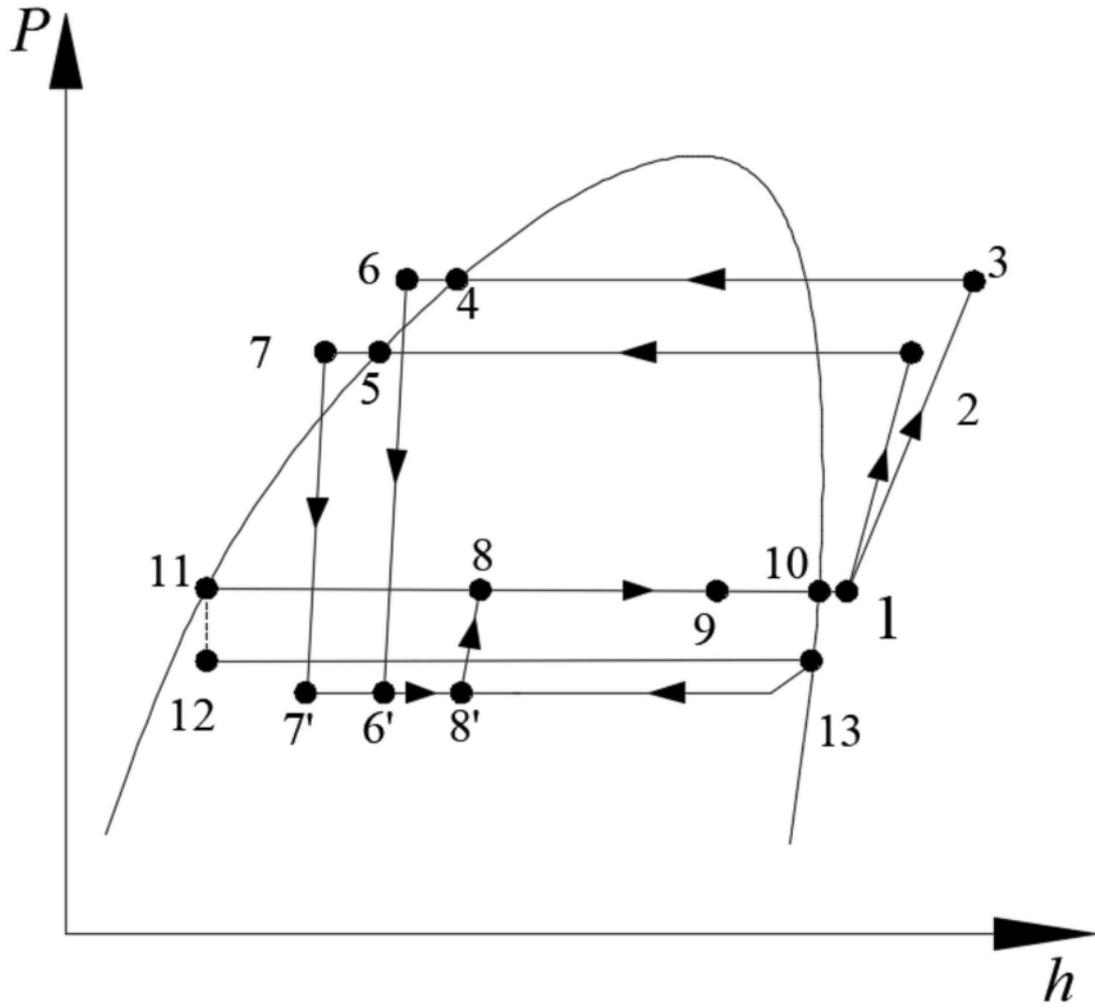


图2