



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210089175 U

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201920390213.8

(22)申请日 2019.03.26

(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 杨永安 李瑞申 毕明月

(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 肖莉丽

(51)Int.Cl.

F25B 9/00(2006.01)

F25B 9/08(2006.01)

F25B 9/10(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

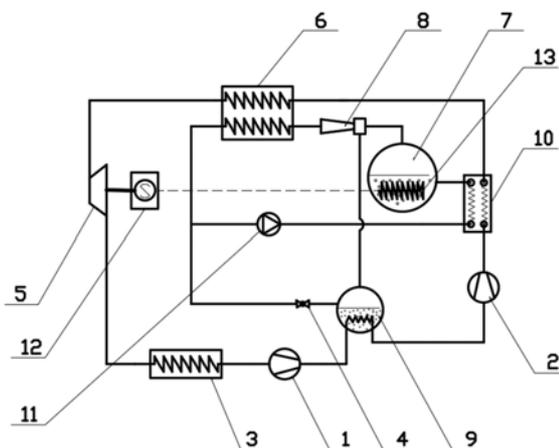
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)实用新型名称

喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统

## (57)摘要

本实用新型公开了一种喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,旨在提供一种运行成本低,初投资小的喷双级压缩制冷系统。包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环,双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳,双级压缩制冷循环中包括膨胀机;膨胀机设置于双级压缩制冷循环中蒸发器的制冷剂进口端;喷射式辅助制冷循环用于降低双级压缩制冷循环中高压级压缩机的吸气口的吸气温度。本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统采用CO<sub>2</sub>冷却热与CO<sub>2</sub>膨胀工联合驱动喷射式冷却循环为主制冷循环的中间冷却器降温,辅助冷却循环有效利用高压级压缩机排出的初始的高温CO<sub>2</sub>蒸气余热与膨胀机的膨胀工,无其它形式能源输入,运行成本低,经济节能。



CN 210089175 U

1. 一种喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环,所述双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳,所述双级压缩制冷循环中包括膨胀机;所述膨胀机设置于所述双级压缩制冷循环中蒸发器的制冷剂进口端;所述喷射式辅助制冷循环用于降低所述双级压缩制冷循环中高压级压缩机的吸气口的吸气温度。

2. 根据权利要求1所述的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机、中间冷却器的制冷侧通道、高压级压缩机、预热器的制冷剂侧通道、双通道冷凝器的冷却通道、所述膨胀机、蒸发器依次连接后回到所述低压级压缩机的主制冷循环;所述喷射式辅助循环包括喷射器、所述双通道冷凝器的冷凝通道、循环泵、节流装置、所述预热器的溶液侧通道、发生器和所述中间冷却器,所述发生器内设置有加热装置;所述发生器的气体出口与所述喷射器的高压流体进口连接,所述喷射器的低压流体进口与所述中间冷却器的蒸发侧出口连接,所述喷射器的出口与所述双通道冷凝器的冷凝侧进口连接,所述双通道冷凝器的冷凝侧出口分为两路,一路通过所述节流装置与所述中间冷却器的蒸发侧入口连接,另一路通过所述循环泵及所述预热器的溶液侧通道与所述发生器的进口连接。

3. 根据权利要求1所述的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机、中间冷却器的制冷侧通道、高压级压缩机、预热器的制冷剂侧通道、双通道冷凝器的冷却通道、过冷器的过冷侧通道、所述膨胀机、蒸发器依次连接后回到所述低压级压缩机的主制冷循环;所述喷射式辅助循环包括喷射器、所述双通道冷凝器的冷凝通道、循环泵、节流装置、所述预热器的溶液侧通道、发生器、所述过冷器的蒸发侧通道和所述中间冷却器,所述发生器内设置有加热装置;所述发生器的气体出口与所述喷射器的高压流体进口连接,所述喷射器的低压流体进口与所述中间冷却器的蒸发侧出口连接,所述喷射器的出口与所述双通道冷凝器的冷凝侧进口连接,所述双通道冷凝器的冷凝侧出口分为两路,一路通过所述节流装置及所述过冷器的蒸发侧通道与所述中间冷却器的蒸发侧入口连接,另一路通过所述循环泵及所述预热器的溶液侧通道与所述发生器的进口连接。

4. 根据权利要求2或3所述的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,所述膨胀机通过联轴器与发电机连接。

5. 根据权利要求4所述的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,所述加热装置为电加热器,所述发电机为所述电加热器供电。

6. 根据权利要求4所述的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,其特征在于,所述喷射式辅助循环的工质为水、氨、R134a、R123、R600a中的任一种。

## 喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及制冷技术领域,更具体的说,是涉及一种采用喷射式制冷循环为中间冷却器降温的跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统。

### 背景技术

[0002] 随着人们对环境问题的日益重视和对氟利昂类某些物质对环境的破坏作用的了解逐步深入,重新起用天然制冷剂是一种安全的选择。在制冷技术领域,由于CO<sub>2</sub>的优良特性,被认为是CFCs、HCFCs和HFCs最具潜力的长期替代物。

[0003] 为进一步优化跨临界CO<sub>2</sub>循环系统的制冷性能,学者们对循环系统的结构的改进做了探索研究,提出了不同类型的新型的跨临界循环。由于单级压缩压力比大,导致工质泄露严重,容积效率低,双级循环相比之下能有效解决该问题。双级压缩CO<sub>2</sub>跨临界循环中的中间冷却过程能有效能够克服单级循环压缩机排气温度过高的缺陷,有效减少压缩机输入功。现有的跨临界CO<sub>2</sub>双级压缩循环按中间冷却形式不同分为两种,一种是带两个气体冷却器的双级压缩循环,这种做法是低压级压缩机与高压级压缩机间串联一个冷却器,排气在冷却器中冷却后被高压级压缩机吸入,由于这种方式的换热介质没有变化,只能通过增加冷却器的换热面积来降低换热温差,这种仅依靠串联冷却器的方式实现的冷却效果是有一定限度的,且增加了冷凝器的换热面积,增加了初期投入成本。另一种是带闪发式中间冷却器的双级循环,这种做法是从冷却器出来的高压气体分为两路,一路经一个节流装置节流降压后进入闪发式中间冷却器中,与低压级压缩机排气混合后被高压级压缩机吸入,另一路经一个节流装置进入蒸发器中蒸发制冷。这种做法特点是:由于被冷却完的CO<sub>2</sub>仍是气体,经过节流装置进入中间冷却器的CO<sub>2</sub>的流量需求较大,造成进入蒸发器那部分的CO<sub>2</sub>制冷剂流量损失较大,制冷量下降,制冷效率低。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的是针对现有技术中存在的技术缺陷,而提供一种运行成本低,初投资小的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统。

[0005] 为实现本实用新型的目的所采用的技术方案是:

[0006] 一种喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统,包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环,所述双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳,所述双级压缩制冷循环中包括膨胀机;所述膨胀机设置于所述双级压缩制冷循环中蒸发器的制冷剂进口端;所述喷射式辅助制冷循环用于降低所述双级压缩制冷循环中高压级压缩机的吸气口的吸气温度。

[0007] 所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机、中间冷却器的制冷侧通道、高压级压缩机、预热器的制冷剂侧通道、双通道冷凝器的冷却通道、所述膨胀机、蒸发器依次连接后回到所述低压级压缩机的主制冷循环;所述喷射式辅助循环包括喷射器、所述双通道冷凝器的冷凝通道、循环泵、节流装置、所述预热器的溶液侧通道、发生器和所述中间冷却器,所述发生器内设置有加热装置;所述发生器的气体出口与所述喷射器的高压流体进口连接,

所述喷射器的低压流体进口与所述中间冷却器的蒸发侧出口连接,所述喷射器的出口与所述双通道冷凝器的冷凝侧进口连接,所述双通道冷凝器的冷凝侧出口分为两路,一路通过所述节流装置与所述中间冷却器的蒸发侧入口连接,另一路通过所述循环泵及所述预热器的溶液侧通道与所述发生器的进口连接。

[0008] 所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机、中间冷却器的制冷侧通道、高压级压缩机、预热器的制冷剂侧通道、双通道冷凝器的冷却通道、过冷器的过冷侧通道、所述膨胀机、蒸发器依次连接后回到所述低压级压缩机的主制冷循环;所述喷射式辅助循环包括喷射器、所述双通道冷凝器的冷凝通道、循环泵、节流装置、所述预热器的溶液侧通道、发生器、所述过冷器的蒸发侧通道和所述中间冷却器,所述发生器内设置有加热装置;所述发生器的气体出口与所述喷射器的高压流体进口连接,所述喷射器的低压流体进口与所述中间冷却器的蒸发侧出口连接,所述喷射器的出口与所述双通道冷凝器的冷凝侧进口连接,所述双通道冷凝器的冷凝侧出口分为两路,一路通过所述节流装置及所述过冷器的蒸发侧通道与所述中间冷却器的蒸发侧入口连接,另一路通过所述循环泵及所述预热器的溶液侧通道与所述发生器的进口连接。

[0009] 所述膨胀机通过联轴器与发电机连接。

[0010] 所述加热装置为电加热器,所述发电机为所述电加热器供电。

[0011] 所述喷射式辅助循环的工质为水、氨、R134a、R123、R600a中的任一种。

[0012] 与现有技术相比,本实用新型的有益效果是:

[0013] 1、本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统采用CO<sub>2</sub>冷却热与CO<sub>2</sub>膨胀工联合驱动喷射式冷却循环为主制冷循环的中间冷却器降温,辅助冷却循环有效利用高压级压缩机排出的初始的高温CO<sub>2</sub>蒸气余热与膨胀机的膨胀工,无其它形式能源输入,运行成本低,经济节能。

[0014] 2、本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统中的高压级压缩机排出的高温气体初始冷却过程在预热器中进行,双通道冷凝器的冷却通道负责后期的冷却,冷却热负荷小,减少了双通道冷凝器的冷却通道换热面积,降低了投入成本。

[0015] 3、本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统的喷射式冷却循环在中间冷却器内蒸发温度较低,中间冷却器两侧之间换热温差大,换热效率高,能够克服单级循环压缩机排气温度过高的缺陷,有效减少压缩机输入功,且被冷却完的CO<sub>2</sub>制冷剂经膨胀机全部流量进入所述蒸发器蒸发,CO<sub>2</sub>制冷剂制冷流量未损失,蒸发器制冷量大,系统制冷系数大。

[0016] 4、本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统利用高压级压缩机排出的高温气体首先在预热器中靠由循环泵过来的制冷剂液体汽化冷却,冷却效果好,高压级压缩机的排气温度更低,延长了高压级压缩机使用寿命。

[0017] 5、本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统有效的利用CO<sub>2</sub>冷却热与CO<sub>2</sub>膨胀工,在蒸气压缩主制冷循环上有机地耦合喷射式辅助冷却循环,整个CO<sub>2</sub>跨临界双级压缩制冷系统比一般CO<sub>2</sub>制冷系统熵增少,热力过程更加完善,更加接近逆卡诺循环。

## 附图说明

[0018] 图1所示为本实用新型喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统的原理图;

[0019] 图2所示为带过冷器的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统原理图；

[0020] 图中：1. 低压级压缩机，2. 高压级压缩机，3. 蒸发器，4. 节流装置，5. 膨胀机，6. 双通道冷凝器，7. 发生器，8. 喷射器，9. 中间冷却器，10. 预热器，11. 循环泵，12. 发电机，13. 加热装置，14过冷器。

### 具体实施方式

[0021] 本实用新型的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环，所述双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳，所述双级压缩制冷循环中包括膨胀机；所述膨胀机设置于所述双级压缩制冷循环中蒸发器的制冷剂进口端；所述喷射式辅助制冷循环用于降低所述双级压缩制冷循环中高压级压缩机的吸气口的吸气温度。根据使用环境的不同，可以采用不同的双级压缩制冷循环及喷射式辅助循环。

[0022] 以下结合附图和两个具体实施例对本实用新型进行详细说明。

[0023] 实施例1

[0024] 本实施例的喷射式跨临界双级压缩制冷系统的示意图如图1所示，包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环，所述双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳。所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机1、中间冷却器9的制冷侧通道、高压级压缩机2、预热器10的制冷剂侧通道、双通道冷凝器6的冷却通道、所述膨胀机5、蒸发器3依次连接后回到所述低压级压缩机1的主制冷循环。所述喷射式辅助循环包括喷射器8、所述双通道冷凝器6的冷凝通道、循环泵11、节流装置4、所述预热器10的溶液侧通道、发生器7和所述中间冷却器9，所述发生器7内设置有加热装置13。所述发生器7的气体出口与所述喷射器8的高压流体进口连接，所述喷射器8的低压流体进口与所述中间冷却器9的蒸发侧出口连接，所述喷射器8的出口与所述双通道冷凝器6的冷凝侧进口连接，所述双通道冷凝器6的冷凝侧出口分为两路，一路通过所述节流装置4与所述中间冷却器9的蒸发侧入口连接，另一路通过所述循环泵11及所述预热器10的溶液侧通道与所述发生器7的进口连接。

[0025] 本实施例的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统分为主制冷循环与喷射式辅助冷却循环，以双级压缩制冷循环为主制冷循环的热力过程为：所述低压级压缩机1的吸气端由所述蒸发器3吸入低压的CO<sub>2</sub>气体，经所述低压级压缩机1压缩升压后变为中温中压的过热CO<sub>2</sub>蒸气被排入所述中间冷却器9中，在所述中间冷却器9中被冷却为中压饱和CO<sub>2</sub>蒸气被所述高压级压缩机2吸气端吸入，中压饱和CO<sub>2</sub>蒸气经所述高压级压缩机2压缩升压变为高温高压的过热CO<sub>2</sub>蒸气被排入所述预热器10进行第一次冷却，由所述预热器10出来的CO<sub>2</sub>蒸气温度降低进入所述双通道冷凝器6冷却通道进行第二次冷却，由所述双通道冷凝器6冷却通道出来的温度较低的高压CO<sub>2</sub>气体进入所述膨胀机5，高压CO<sub>2</sub>气体在所述膨胀机5内膨胀降压，所述膨胀机5出来的低压CO<sub>2</sub>湿蒸气进入所述蒸发器3中蒸发吸热，由所述蒸发器3出口出来的低压饱和蒸气被所述低压级压缩机1吸气端吸入完成主制冷循环的热力过程。喷射式辅助冷却循环的热力过程：从循环泵11中出来的高压液体制冷剂首先在预热器10中被主制冷循环中的高压级压缩机2排出的高温CO<sub>2</sub>蒸气第一步加热，之后温度较高的液体制冷剂进入所述发生器7中经所述加热装置13进一步加热，所述发生器7中高压液体制冷剂部分气化作为所述喷射器8的工作流体由喷射器的高压流体进口进入所述喷射器8，从所述中间冷却器9中蒸发侧出口出来的低压饱和蒸气由喷射器8的低压流体进口进入所述喷

射器8,从高压流体进口进入的工作流体经过膨胀、降压变为高速流体与从低压流体进口进入的低压蒸气混合,混合后的制冷剂流体速度能转化为压力能进入所述双通道冷凝器6的冷凝通道中冷凝,冷凝后的高压液体制冷剂分为两路,一路由所述循环泵11经所述预热器10首先预热送入所述发生器7中继续加热循环,另一路经所述节流装置4节流降压进入所述中间冷却器9中蒸发吸热,降低主制冷循环中所述低压级压缩机1排出的中压过热CO<sub>2</sub>蒸气温度,制冷剂在所述中间冷却器9中蒸发后变为低压蒸气后经所述喷射器8的低压流体进口被所述喷射器8吸入,完成喷射式辅助冷却循环。

#### [0026] 实施例2

[0027] 本实施例的喷射式跨临界双级压缩制冷系统的示意图如图2所示,包括双级压缩制冷循环和喷射式辅助循环,所述双级压缩制冷循环的工质为二氧化碳。所述双级压缩制冷循环为由低压级压缩机1、中间冷却器9的制冷侧通道、高压级压缩机2、预热器10的制冷剂侧通道、双通道冷凝器6的冷却通道、过冷器14的过冷侧通道、所述膨胀机5、蒸发器3依次连接后回到所述低压级压缩机1的主制冷循环。所述喷射式辅助循环包括喷射器8、所述双通道冷凝器6的冷凝通道、循环泵11、节流装置4、所述预热器10的溶液侧通道、发生器7、所述过冷器14的蒸发侧通道和所述中间冷却器9,所述发生器7内设置有加热装置13。所述发生器7的气体出口与所述喷射器8的高压流体进口连接,所述喷射器8的低压流体进口与所述中间冷却器9的蒸发侧出口连接,所述喷射器8的出口与所述双通道冷凝器6的冷凝侧进口连接,所述双通道冷凝器6的冷凝侧出口分为两路,一路通过所述节流装置4及所述过冷器13的蒸发侧通道与所述中间冷却器9的蒸发侧入口连接,另一路通过所述循环泵11及所述预热器10的溶液侧通道与所述发生器7的进口连接。

[0028] 本实施例的喷射式跨临界二氧化碳双级压缩制冷系统分为主制冷循环与辅助冷却循环,以双级压缩制冷系统为主制冷循环的热力过程为:所述低压级压缩机1的吸气端由所述蒸发器3吸入低压的CO<sub>2</sub>气体,经所述低压级压缩机1压缩升压后变为中温中压的过热CO<sub>2</sub>蒸气被排入所述中间冷却器9中,在所述中间冷却器9中被冷却为中压饱和CO<sub>2</sub>蒸气被所述高压级压缩机2吸气端吸入,中压饱和CO<sub>2</sub>蒸气经所述高压级压缩机2压缩升压变为高温高压的过热CO<sub>2</sub>蒸气被排入所述预热器10进行第一次冷却,由所述预热器10出来的CO<sub>2</sub>蒸气温度降低进入所述双通道冷凝器6的冷却通道进行第二次冷却,由所述双通道冷凝器6冷却通道出来的温度较低的高压CO<sub>2</sub>气体经过过冷器14过冷后进入所述膨胀机5,高压CO<sub>2</sub>气体在所述膨胀机5内膨胀降压,所述膨胀机5出来的低压CO<sub>2</sub>湿蒸气进入所述蒸发器3中蒸发吸热,由所述蒸发器3出口出来的低压饱和蒸气被所述低压级压缩机1吸气端吸入完成主制冷循环的热力过程。喷射式辅助冷却循环的热力过程:从循环泵11中出来的高压液体制冷剂首先在预热器10中被主制冷循环中的高压级压缩机2排出的高温CO<sub>2</sub>蒸气第一步加热,之后温度较高的液体制冷剂进入所述发生器7中经所述加热装置13进一步加热,所述发生器7中高压液体制冷剂部分气化作为所述喷射器8的工作流体由喷射器8的高压流体进口进入所述喷射器8,从所述中间冷却器9中蒸发侧出口出来的低压饱和蒸气由喷射器8的低压流体进口进入所述喷射器8,从高压流体进口进入的工作流体经过膨胀、降压变为高速流体与从低压流体进口进入的低压蒸气混合,混合后的制冷剂流体速度能转化为压力能进入所述双通道冷凝器6的冷凝通道中冷凝,冷凝后的高压液体制冷剂分为两路,一路由所述循环泵11经所述预热器10首先预热送入所述发生器7中继续加热循环,另一路经所述节流装置4节流降

压后变为湿蒸气进入所述过冷器14中,湿蒸气中部分低压液体蒸发吸热,对主制冷循环中CO<sub>2</sub>高压气体进一步冷却,之后湿蒸气进入所述中间冷却器9,湿蒸气中部分低压液体再一次蒸发吸热,降低主制冷循环中所述低压级压缩机1排出的中压过热CO<sub>2</sub>蒸气温度,制冷剂在所述中间冷却器9中蒸发变为低压蒸气后经所述喷射器8的低压流体进口被所述喷射器8吸入,完成喷射式辅助冷却循环。

[0029] 其中,所述膨胀机通过联轴器与发电机连接,高压CO<sub>2</sub>气体在所述膨胀机5内膨胀降压过程中并通过联轴器带动发电机12进行发电。

[0030] 所述加热装置13为电加热器,所述发电机12可以为所述加热装置供电。

[0031] 所述喷射式辅助循环的工质为水,也可以是氨、R134a、R123或R600a。

[0032] 所述低压级压缩机1和高压级压缩机2为涡旋压缩机、转子压缩机、螺杆压缩机和活塞压缩机中的任一种。

[0033] 所述双通道冷凝器6可以为一体并联形式,或单个形式,可以为风冷冷凝器、水冷冷凝器或蒸发式冷凝器。

[0034] 所述蒸发器3为风冷式或溶液载冷式。

[0035] 所述预热器10、中间冷却器9、过冷器14、发生器7为板式换热器、套管式换热器或壳管式换热器。

[0036] 所述节流装置4为电子膨胀阀、热力膨胀阀、毛细管或孔板节流装置。

[0037] 以上所述仅是本实用新型的优选实施方式,应当指出的是,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本实用新型的保护范围。

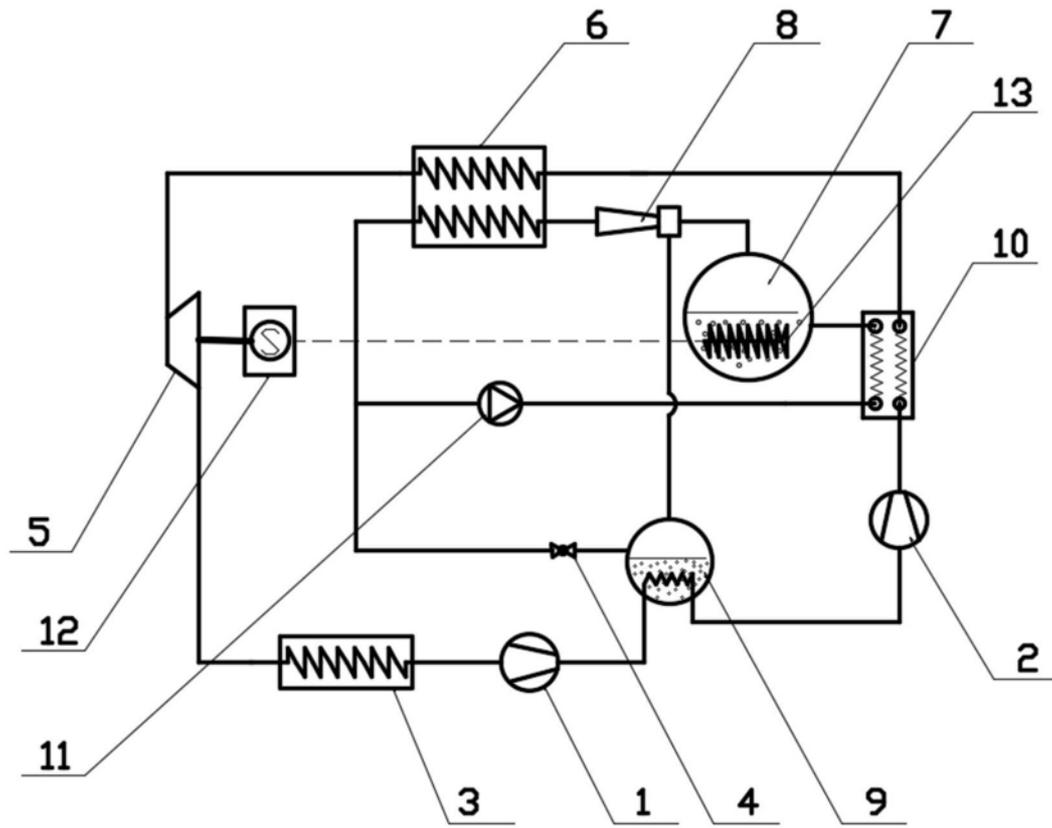


图1

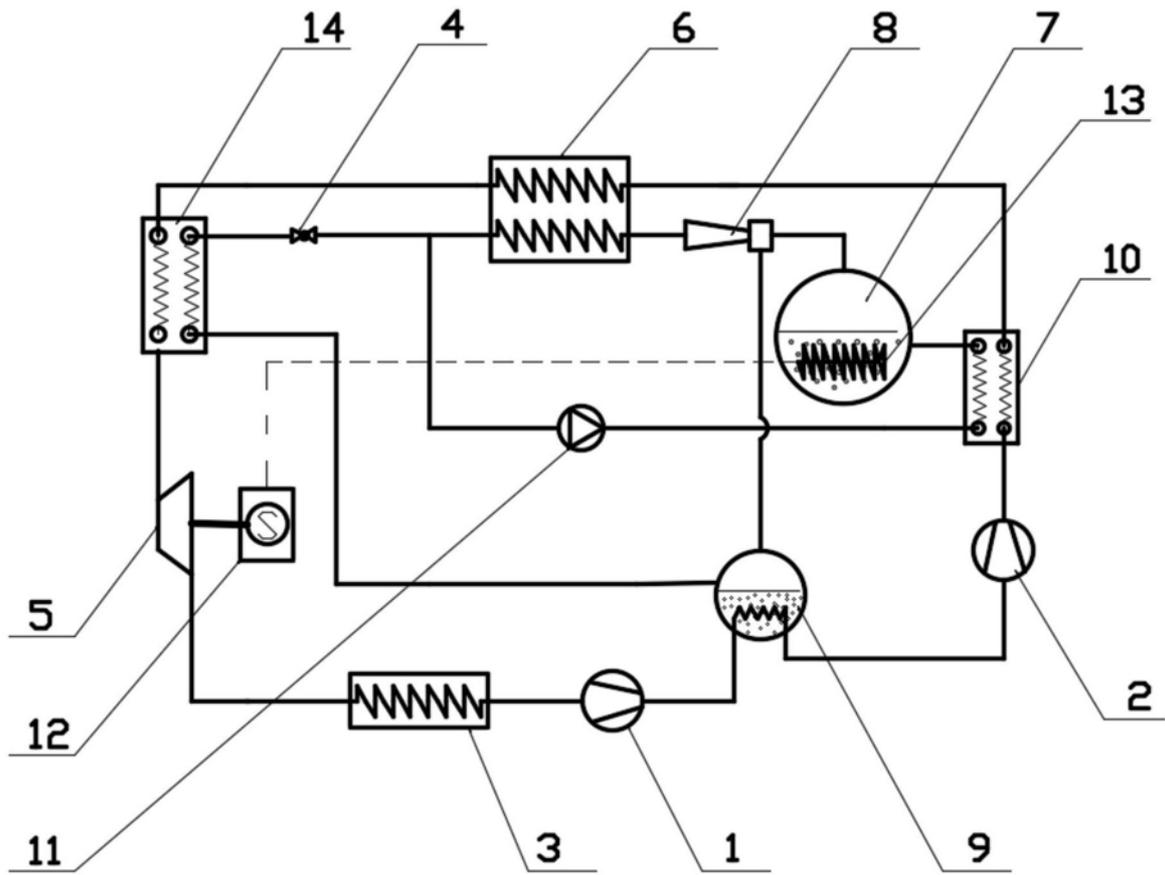


图2