



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114623617 A

(43) 申请公布日 2022.06.14

(21) 申请号 202210522179.1

F25B 41/31 (2021.01)

(22) 申请日 2022.05.14

F25B 47/02 (2006.01)

F25B 49/02 (2006.01)

(71) 申请人 中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

地址 030001 山西省太原市迎泽大街255号

(72) 发明人 郭东奇 刘冲 吕一帆 潘利生
费洪磊 刘宏斌 王宇航 杨东江
贾海生 杨永明 李菊花 李景晓

(74) 专利代理机构 山西华炬律师事务所 14106
专利代理师 王建元

(51) Int. Cl.

F25B 9/00 (2006.01)

F25B 9/06 (2006.01)

F25B 40/02 (2006.01)

F25B 41/20 (2021.01)

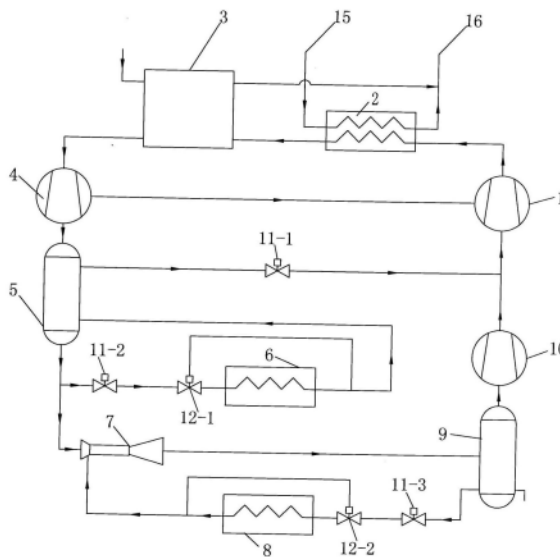
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法

(57) 摘要

本发明公开了一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,属于低温制冷技术领域,使跨临界CO₂循环的循环效率和实际使用性能得到大幅提升,本发明针对常见的热泵循环所采用的工质ODP和GWP值高,跨临界CO₂循环因为单级压缩排气温度过高、气冷器大温差换热的不可逆损失过大、节流压差过大而导致节流损失大等原因而造成系统循环效率低的问题,包括冷热联供主循环系统,附加机械式过冷循环系统,从各方面对循环系统性能进行充分提升,实现了高效制冷和供热;从低温系统增压、降低气冷器出口温度以及回收节流损失三方面,对跨临界CO₂循环进行优化,使跨临界CO₂循环的循环效率得到大幅提升。



1. 一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,包括高压压缩机(1)、主循环气冷器(2)、过冷器(3)、膨胀机(4)、储液器(5)、中温蒸发器(6)、喷射器(7)、低温蒸发器(8)、气液分离器(9)、低压压缩机(10)和中温中压的循环工质CO₂,其特征在于:

在储液器(5)底部的液体输出口上并联第一路输出管路,将第一路输出管路的另一端与中温蒸发器(6)的工质输入口连通,在第一路输出管路上,串联第二调节阀(11-2)和第一膨胀阀(12-1),将中温蒸发器(6)的工质输出口与储液器(5)下端工质输入口连通;

将储液器(5)的气体出口与高压压缩机(1)的输入口通过管路连通,并在该连通管路上设置第一调节阀(11-1);

在气液分离器(9)的液体工质输出口与低温蒸发器(8)的工质输入口之间的管路上,串联第三调节阀(11-3)和第二膨胀阀(12-2);

打开第一调节阀(11-1)、第二调节阀(11-2)和第三调节阀(11-3),中温中压的气态CO₂工质,经高压压缩机(1)做功,被压缩至高温高压超临界状态后,输送至主循环气冷器(2)进行冷却,由于降温过程仍处于超临界状态,所以冷却后仍为中温高压气体,再随后经过过冷器(3)再次冷却为低温高压气体,超临界CO₂工质降温同时会将冷水加热至高温用于热水供应;低温高压的超临界CO₂进入膨胀机(4)做功后,降压为低温中压气体和低温中压液体后,经储液器(5)分为两路流出,低温中压气态CO₂工质由储液器(5)的气体输出口送至高压压缩机(1)的工质输入端口,与低压压缩机(10)出口的中温中压气体混合后,进入高压压缩机(1)中,低温中压液态工质将分为两路,并进入亚临界状态,其中一路低温中压液态工质,将在中温蒸发器(6)中吸收环境潜热由液态变为气态后,进入储液器(5)与原有气态工质汇合后送回高压压缩机(1),完成中温制冷循环;另一路低温中压液态工质,进入喷射器(7)中,将低温蒸发器出口压力较低的工质引射,两股流体混合后,以两相状态进入气液分离器(9),气态工质进入低压压缩机(10),液态工质流入低温蒸发器(8)继续对环境吸热,完成低温制冷循环。

2. 根据权利要求1所述的一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,其特征在于,在过冷器(3)上设置低温工质输入端口和低温工质输出端口,过冷器(3)的低温工质输出端口,通过管路,与辅助压缩机(14)的工质输入口连通在一起,辅助压缩机(14)的工质输出口,通过管路,与辅助气冷器(13)的工质输入口连通在一起,辅助气冷器(13)的工质输出口,通过第三膨胀阀(12-3)与过冷器(3)的低温工质输入端口连通,在辅助气冷器(13)上设置辅助循环冷水输入管路(17)和辅助循环热水输出管路(18);从过冷器(3)的低温工质输出口上输出的工质,依次流过辅助压缩机(14)、辅助气冷器(13)和第三膨胀阀(12-3),完成机械式过冷循环;低温低压的循环工质在过冷器(3)中吸收主循环系统循环工质潜热由液态变为气态,经辅助压缩机(14)压缩至高温高压气态后,进入辅助气冷器(13)中等压冷凝为低温高压液态,同时产生的冷却热可将辅助循环冷水输入管路(17)中的冷水加热,并与主循环气冷器加热热水汇合,进行热水供应,低温高压工质经过第三膨胀阀(12-3)节流降压后流入过冷器(3)进行吸热,如此反复完成机械式过冷循环。

跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低温制冷系统,特别涉及一种高能效的跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统,主要用于多种蒸发温度下的制冷和供热领域,如商超、冷库、冰场、区域供热等领域。

背景技术

[0002] 随着我国国民经济水平的不断提高,我国所面临的能源环境问题也日益严峻,特别是在碳达峰和碳中和的背景下,面临的环境问题更加突出;现有的区域供热燃煤锅炉与火力热电联产的技术路线,存在系统能效较低和排放CO₂量较大的缺陷,其发展受到了一定的制约;对于制冷空调行业来说,现有设备使用过程中,也存在高电耗,以及常用制冷剂,容易造成臭氧层破坏,而诱发温室效应产生的问题;迫切需要开发节能、环保、低碳的新的制冷技术,以实现了对现有技术的及时替代;CO₂作为一种比NH₃更安全的天然制冷剂,它的ODP值(Ozone Depression Potential 消耗臭氧潜能值)为0,GWP(Global Warming Potential 全球变暖潜能值)为1,它具有较好的低温流动性、换热性和高温制热性,被视为制冷剂的最理想的替代工质之一;相较于传统制冷系统,CO₂制冷循环,具有安全无毒,单位体积制冷量大,系统设备更为紧凑,低蒸发温度下系统能效更高等特点,适用于商超、冷库等具有冷藏冷冻低温制冷需求的行业;当以CO₂为单一制冷剂时,跨临界CO₂增压制冷循环,具有更优的系统性能,公开号为CN110030756A的中国专利,公开了一种带喷射器的跨临界CO₂冷热联供系统,其特征在于将系统中与气冷器出口和蒸发器入口相连接的节流阀替换为喷射器,并将气冷器产生的冷却热进行回收用于热水供应的技术方案;公开号为CN207350986U的中国专利,公开了一种在利用膨胀机对中低温膨胀功进行回收的同时,使用蒸发冷却器辅助系统对气冷器出口工质进行过冷的跨临界CO₂冷冻冷藏系统;公开号为CN211041462U的中国专利,公开了一种对气冷器余热进行回收并使用机械过冷循环降低气冷器出口工质温度的跨临界CO₂制冷循环;以上这些技术方案均存在无法综合提升系统使用效能的问题。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,使跨临界CO₂循环的效率和实际使用性能得到大幅提升,并且正常冷热联供模式下,系统进行高效多温区制冷,同时利用冷却热产出高温水进行供热。

[0004] 本发明是通过以下技术方案解决以上技术问题的:

本发明的总体构思是:本发明针对常见的热泵循环所采用的工质ODP和GWP值高,跨临界CO₂循环时,因为单级压缩排气温度过高、气冷器大温差换热的不可逆损失过大、节流压差过大导致节流损失大等原因,造成系统循环效率低的问题,提出了一种高循环效率的跨临界CO₂双级压缩冷热联供系统及方法,包括冷热联供主循环系统,以及附加机械式过冷循环系统,对循环系统性能进行充分提升,实现了高效制冷和供热;从低温系统增压、降低气冷器出口温度以及回收节流损失三方面,对跨临界CO₂循环进行优化,使跨临界CO₂循环

的循环效率和实际使用性能得到大幅提升。

[0005] 一种高能效的跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统,包括高压压缩机、主循环气冷器、过冷器、膨胀机、储液器、中温蒸发器、喷射器、低温蒸发器、气液分离器、低压压缩机和循环工质 CO_2 ,膨胀机与高压压缩机是同轴设置的;高压压缩机的输出端口通过管路与主循环气冷器的工质输入口连通在一起,主循环气冷器的工质输出口,通过管路与过冷器的工质输入口连通在一起,过冷器的工质输出口,通过管路与膨胀机的工质输入口连通在一起,膨胀机的工质输出口,通过管路与储液器的上端工质输入口连通在一起,在储液器底部的液体输出口上,并联有两路输出管路,第一路输出管路与中温蒸发器的工质输入口连通在一起,在第一路输出管路上串联有第二调节阀和第一膨胀阀,中温蒸发器的工质输出口,通过管路与储液器下端工质输入口连通在一起,储液器的气体输出口,通过管路与高压压缩机的输入端口连通在一起,在储液器的气体输出口与高压压缩机的输入端口之间的连通管路上,设置有第一调节阀;在储液器底部的液体输出口上,并联的第二路输出管路与喷射器的主流输入口连通在一起,喷射器的输出口通过管路与气液分离器的工质输入口连通在一起,气液分离器的液体工质输出口,通过管路与低温蒸发器的工质输入口连通在一起,在气液分离器的液体工质输出口与低温蒸发器的工质输入口之间的管路上,串联有第三调节阀和第二膨胀阀,低温蒸发器的工质输出口通过管路与喷射器的二次流输入口连通在一起;气液分离器的气体工质输出口与低压压缩机的输入口通过管路连通在一起,低压压缩机的输出口通过管路与高压压缩机的输入端连通在一起;在主循环气冷器上分别设置有主循环冷水输入管路和主循环热水输出管路。

[0006] 在过冷器上设置有低温工质输入口和低温工质输出口,过冷器的低温工质输出口通过管路与辅助压缩机的工质输入口连通在一起,辅助压缩机的工质输出口通过管路与辅助气冷器的工质输入口连通在一起,辅助气冷器的工质输出口通过第三膨胀阀与过冷器的低温工质输入口连通在一起;在辅助气冷器上设置有辅助循环冷水输入管路和辅助循环热水输出管路。

[0007] 一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,包括高压压缩机、主循环气冷器、过冷器、膨胀机、储液器、中温蒸发器、喷射器、低温蒸发器、气液分离器、低压压缩机和中温中压的循环工质 CO_2 ,其特征在于:

在储液器底部的液体输出口上并联第一路输出管路,将第一路输出管路的另一端与中温蒸发器的工质输入口连通,在第一路输出管路上,串联第二调节阀和第一膨胀阀,将中温蒸发器的工质输出口与储液器下端工质输入口连通;

将储液器的气体出口与高压压缩机的输入口通过管路连通,并在该连通管路上设置第一调节阀;

在气液分离器的液体工质输出口与低温蒸发器的工质输入口之间的管路上,串联第三调节阀和第二膨胀阀;

打开第一调节阀、第二调节阀和第三调节阀,中温中压的气态 CO_2 工质,经高压压缩机做功,被压缩至高温高压超临界状态后,输送至主循环气冷器进行冷却,由于降温过程仍处于超临界状态,所以冷却后仍为中温高压气体,再随后经过过冷器再次冷却为低温高压气体,超临界 CO_2 工质降温同时会将冷水加热至高温用于热水供应;低温高压的超临界 CO_2 进入膨胀机做功后,降压为低温中压气体和低温中压液体后,经储液器分为两路流出,低温

中压气态CO₂工质由储液器的气体输出口送至高压压缩机的工质输入端口,与低压压缩机出口的中温中压气体混合后,进入高压压缩机中,低温中压液态工质将分为两路,并进入亚临界状态,其中一路低温中压液态工质,将在中温蒸发器中吸收环境潜热由液态变为气态后,进入储液器与原有气态工质汇合后送回高压压缩机,完成中温制冷循环;另一路低温中压液态工质,进入喷射器中,将低温蒸发器出口压力较低的工质引射,两股流体混合后,以两相状态进入气液分离器,气态工质进入低压压缩机,液态工质流入低温蒸发器继续对环境吸热,完成低温制冷循环。

[0008] 在过冷器上设置有低温工质输入端口和低温工质输出端口,过冷器的低温工质输出口通过管路与辅助压缩机的工质输入口连通在一起,辅助压缩机的工质输出口通过管路与辅助气冷器的工质输入口连通在一起,辅助气冷器的工质输出口通过第三膨胀阀与过冷器的低温工质输入端口连通在一起,在辅助气冷器上设置有辅助循环冷水输入管路和辅助循环热水输出管路;从过冷器的低温工质输出口上输出的工质,依次流过辅助压缩机、辅助气冷器和第三膨胀阀,完成机械式过冷循环;低温低压的循环工质在过冷器中吸收主循环系统循环工质潜热由液态变为气态,经辅助压缩机压缩至高温高压气态后,进入辅助气冷器中等压冷凝为低温高压液态,同时产生的冷却热可将辅助循环冷水输入管路中的冷水加热,并与主循环气冷器加热热水汇合,进行热水供应,低温高压工质经过第三膨胀阀节流降压后流入过冷器进行吸热,如此反复完成机械式过冷循环。

[0009] 本发明公开了一种高循环效率的跨临界CO₂双级压缩冷热联供系统及工作方法,设计了一个以跨临界CO₂冷热联供为主,机械式过冷为辅的循环系统,解决了跨临界CO₂制冷循环中,单级压缩过程压缩机压比过大导致的排气温度过高,气冷器因平均换热温差较大而导致不可逆热损失较大,工质在等焓节流过程中因压差过大而导致节流损失过大等问题,并通过将气冷器产生的冷却热用于高温热水的供应,实现了能源梯级利用;此种循环系统的改进可以使综合能效得到大幅提升,并且对于增加二氧化碳利用率,减少温室效应,促进碳中和具有一定意义。

附图说明

[0010] 图1是本发明的结构示意图;

图2是本发明的辅助机械过冷循环示意图。

具体实施方式

[0011] 下面结合附图对本发明进行详细说明:

一种高能效的跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统,包括高压压缩机1、主循环气冷器2、过冷器3、膨胀机4、储液器5、中温蒸发器6、喷射器7、低温蒸发器8、气液分离器9、低压压缩机10和循环工质CO₂,膨胀机4与高压压缩机1是同轴设置的;高压压缩机1的输出端口通过管路与主循环气冷器2的工质输入口连通在一起,主循环气冷器2的工质输出口,通过管路与过冷器3的工质输入口连通在一起,过冷器3的工质输出口,通过管路与膨胀机4的工质输入口连通在一起,膨胀机4的工质输出口,通过管路与储液器5的上端工质输入口连通在一起,在储液器5底部的液体输出口上,并联有两路输出管路,第一路输出管路与中温蒸发器6的工质输入口连通在一起,在第一路输出管路上串联有第二调节阀11-2和第一

膨胀阀12-1,中温蒸发器6的工质输出口,通过管路与储液器5下端工质输入口连通在一起,储液器5的气体输出口,通过管路与高压压缩机1的输入端口连通在一起,在储液器5的气体输出口与高压压缩机1的输入端口之间的连通管路上,设置有第一调节阀11-1;在储液器5底部的液体输出口上,并联的第二路输出管路与喷射器7的主流输入口连通在一起,喷射器7的输出口通过管路与气液分离器9的工质输入口连通在一起,气液分离器9的液体工质输出口,通过管路与低温蒸发器8的工质输入口连通在一起,在气液分离器9的液体工质输出口与低温蒸发器8的工质输入口之间的管路上,串联有第三调节阀11-3和第二膨胀阀12-2,低温蒸发器8的工质输出口通过管路与喷射器7的二次流输入口连通在一起;气液分离器9的气体输出口与低压压缩机10的输入口通过管路连通在一起,低压压缩机10的输出口通过管路与高压压缩机1的输入端连通在一起;在主循环气冷器2上分别设置有主循环冷水输入管路15和主循环热水输出管路16。

[0012] 在过冷器3上设置有低温工质输入口和低温工质输出口,过冷器3的低温工质输出口通过管路与辅助压缩机14的工质输入口连通在一起,辅助压缩机14的工质输出口通过管路与辅助气冷器13的工质输入口连通在一起,辅助气冷器13的工质输出口通过第三膨胀阀12-3与过冷器3的低温工质输入口连通在一起;在辅助气冷器13上设置有辅助循环冷水输入管路17和辅助循环热水输出管路18。

[0013] 一种跨临界二氧化碳双级压缩冷热联供系统的制冷循环方法,包括高压压缩机1、主循环气冷器2、过冷器3、膨胀机4、储液器5、中温蒸发器6、喷射器7、低温蒸发器8、气液分离器9、低压压缩机10和中温中压的循环工质 CO_2 ,其特征在于:

在储液器5底部的液体输出口上并联第一路输出管路,将第一路输出管路的另一端与中温蒸发器6的工质输入口连通,在第一路输出管路上,串联第二调节阀11-2和第一膨胀阀12-1,将中温蒸发器6的工质输出口与储液器5下端工质输入口连通;

将储液器5的气体出口与高压压缩机1的输入口通过管路连通,并在该连通管路上设置第一调节阀11-1;

在气液分离器9的液体工质输出口与低温蒸发器8的工质输入口之间的管路上,串联第三调节阀11-3和第二膨胀阀12-2;

打开第一调节阀11-1、第二调节阀11-2和第三调节阀11-3,中温中压的气态 CO_2 工质,经高压压缩机1做功,被压缩至高温高压超临界状态后,输送至主循环气冷器2进行冷却,由于降温过程仍处于超临界状态,所以冷却后仍为中温高压气体,再随后经过过冷器3再次冷却为低温高压气体,超临界 CO_2 工质降温同时会将冷水加热至高温用于热水供应;低温高压的超临界 CO_2 进入膨胀机4做功后,降压为低温中压气体和低温中压液体后,经储液器5分为两路流出,低温中压气态 CO_2 工质由储液器5的气体输出口送至高压压缩机1的工质输入端口,与低压压缩机10出口的中温中压气体混合后,进入高压压缩机1中,低温中压液态工质将分为两路,并进入亚临界状态,其中一路低温中压液态工质,将在中温蒸发器6中吸收环境潜热由液态变为气态后,进入储液器5与原有气态工质汇合后送回高压压缩机1,完成中温制冷循环;另一路低温中压液态工质,进入喷射器7中,将低温蒸发器出口压力较低的工质引射,两股流体混合后,以两相状态进入气液分离器9,气态工质进入低压压缩机10,液态工质流入低温蒸发器8继续对环境吸热,完成低温制冷循环。

[0014] 在过冷器3上设置有低温工质输入端口和低温工质输出端口,过冷器3的低温工质

输出端口通过管路与辅助压缩机14的工质输入口连通在一起,辅助压缩机14的工质输出口通过管路与辅助气冷器13的工质输入口连通在一起,辅助气冷器13的工质输出口通过第三膨胀阀12-3与过冷器3的低温工质输入端口连通在一起,在辅助气冷器13上设置有辅助循环冷水输入管路17和辅助循环热水输出管路18;从过冷器3的低温工质输出口上输出的工质,依次流过辅助压缩机14、辅助气冷器13和第三膨胀阀12-3,完成机械式过冷循环;低温低压的循环工质在过冷器3中吸收主循环系统循环工质潜热由液态变为气态,经辅助压缩机14压缩至高温高压气态后,进入辅助气冷器13中等压冷凝为低温高压液态,同时产生的冷却热可将辅助循环冷水输入管路17中的冷水加热,并与主循环气冷器加热热水汇合,进行热水供应,低温高压工质经过第三膨胀阀12-3节流降压后流入过冷器3进行吸热,如此反复完成机械式过冷循环。

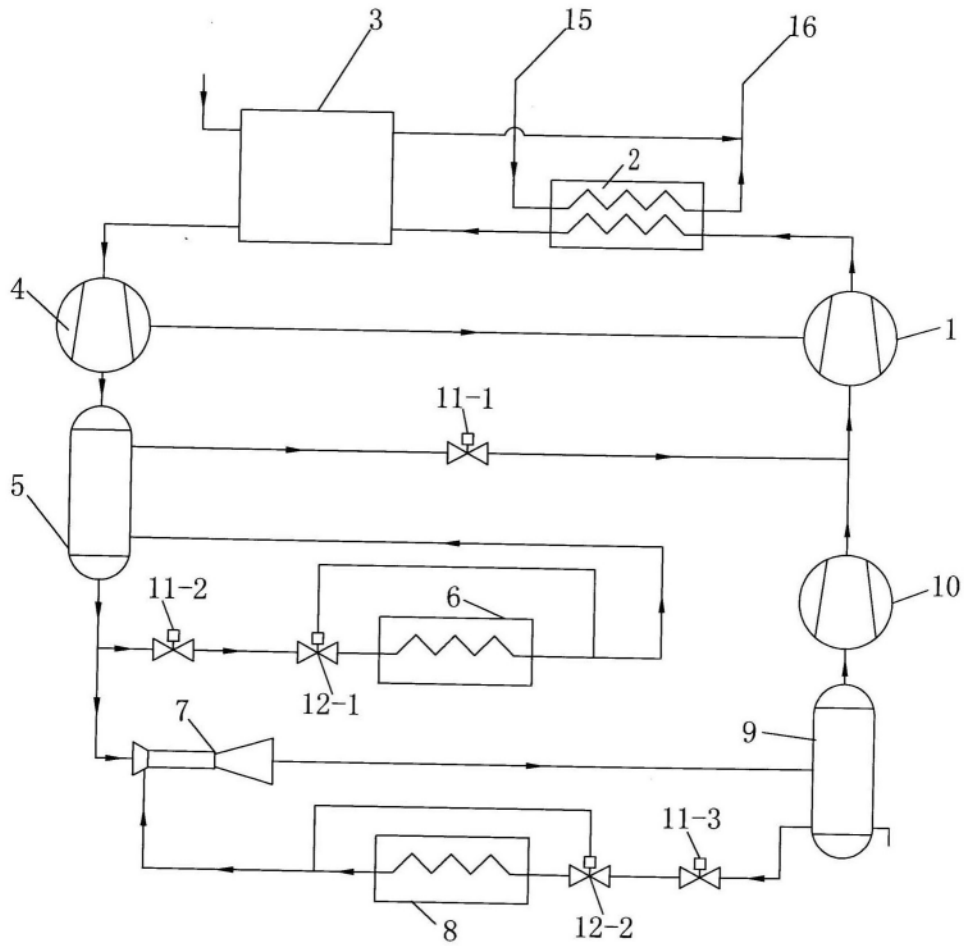


图1

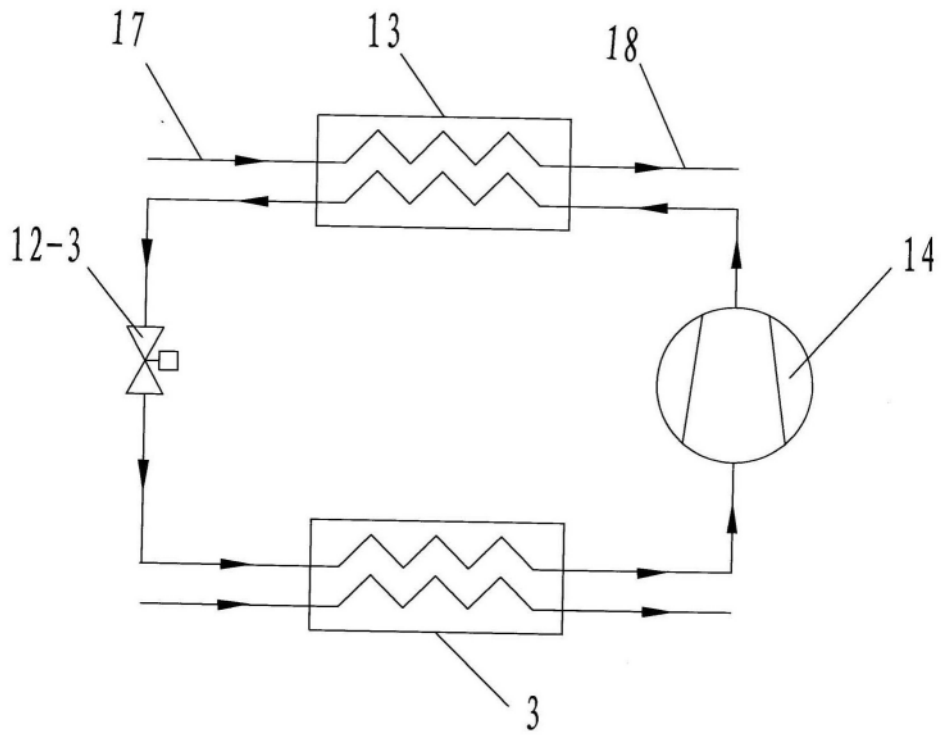


图2