



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111703274 A

(43)申请公布日 2020.09.25

(21)申请号 202010157762.8

F25B 49/02(2006.01)

(22)申请日 2020.03.09

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 曹锋 王静 方健珉 殷翔

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 姚咏华

(51)Int.Cl.

B60H 1/32(2006.01)

B60H 1/00(2006.01)

F25B 9/00(2006.01)

F25B 40/06(2006.01)

F25B 43/00(2006.01)

F25B 45/00(2006.01)

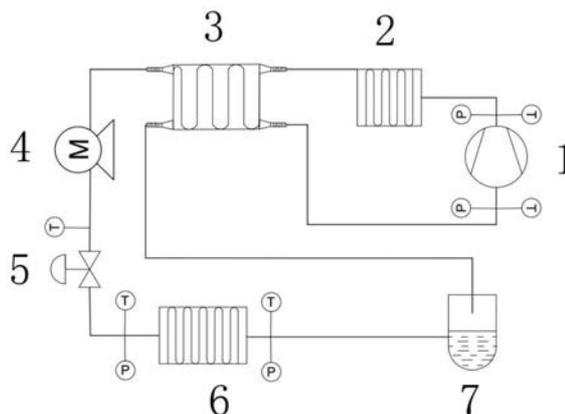
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种跨临界CO₂汽车热管理系统及其最佳充注量标定方法

(57)摘要

本发明公开了一种跨临界CO₂汽车空调热管理系统及其最佳充注量标定方法,空调系统包括压缩机、气体冷却器、回热器、质量流量计、节流阀、蒸发器、储液器。本发明首先指出了该判定方法的选择的判断依据参数,然后本发明指出了判断方法的具体实施工况,最后本发明具体提出了充注量的判定方法的具体实施步骤。本发明对系统充注量的判定综合且考虑全面,避免了由于充注量的不合适导致的系统性能的不佳甚至是部件的损坏,减少不必要的损失同时有利于节约能源。



1. 一种跨临界CO₂汽车热管理系统,其特征在于,包括压缩机(1)、气体冷却器(2)、回热器(3)、质量流量计(4)、节流阀(5)和蒸发器(6);

压缩机(1)的出口通过气体冷却器(2)连接回热器(3)的高压侧入口,回热器(3)的高压侧出口依次通过质量流量计(4)、节流阀(5)、蒸发器(6)连接回热器(3)的低压侧入口;回热器(3)的低压侧出口连接压缩机(1)的入口;

压缩机的吸排气端、节流阀前和蒸发器出口分别安置温度传感器,用来测量相应位置的制冷剂温度;

压缩机的吸排气端和蒸发器出口安置压力传感器,用来测量相应位置的制冷剂的压力。

2. 根据权利要求1所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统,其特征在于,还包括储液器(7);蒸发器(6)连接气液分离器(7)的入口;气液分离器(7)的气体出口连接回热器(3)的低压侧入口。

3. 权利要求1所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步,以蒸发器出口的过热度 T_{sup} 作为判断依据;首次对系统冲入制冷剂 m_{0g} ,然后停止充注,此时系统处于严重欠充状态;

开机,调节节流阀的开度,直至排气温度达到压缩机的排气温度上限值,待系统稳定运行后,记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下:吸气温度 T_{suc0} 、排气温度 T_{dis0} 、阀前温度 T_{exv0} 、蒸发温度 T_{eva0} 、吸气压力 P_{suc0} 、蒸发压力 P_{eva0} 、蒸发器出口温度 T_{eva} 、排气压力 P_{dis0} 和质量流量 M_0 ;蒸发器的出口过热度 T_{sup} :

$$T_{sup} = T_{eva} - T_{sat}$$

$$T_{sat} = f(P_{eva0})$$

其中, T_{sat} —饱和温度,单位℃;

若 T_{sup} 满足: $T_{sup} > 0$,则继续向系统中充注 Δmg 的制冷剂,开机,重复以上步骤,记录每一次充注后系统稳定运行的吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 、排气压力 P_{disx} 和质量流量 M_x 值, x 为充注制冷剂的次数;在每一次充注后,调节节流阀的开度,在排气温度不超过上限值的前提下,尽可能的增大排气压力值,直至排气压力 P_{disx} 达到最优排气压力值 P_{opt} 后,保持排气压力值始终不变;随着充注次数的增加,直至 $T_{sup} = 0$,此时系统进入轻微欠充状态;

第二步:以吸气温度 T_{suc} 、排气温度 T_{dis} 、阀前温度 T_{exv} 、蒸发温度 T_{eva} 、吸气压力 P_{suc} 、蒸发压力 P_{eva} 和质量流量 M 作为判断依据;继续向系统中充注 Δmg 的制冷剂,开机,待系统稳定运行后,记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下:吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 、排气压力 P_{disx} 和质量流量 M_x ;重复充注和温度压力值的记录;吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 和阀前温度 T_{exvx} 会随着充注次数的增加,先迅速减小,然后保持不变,进入一个平台期,而后再次迅速减小;蒸发温度 T_{evax} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 和质量流量 M_x 会随着充注次数的增加,先迅速增大,然后保持不变,进入一个平台期,而后再次迅速增大;七个参数平台期对应的充注量为系统在该环境温度下的最恰当充注量。

4. 权利要求3所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法,其特征在于,取平台期的 $2/3$ 为跨临界CO₂汽车热管理系统的最终充注量。

5. 权利要求3所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法,其特征在于,初始充注量m_{0g}的值与系统的整体内容积正相关;针对小型家用小轿车的跨临界CO₂汽车空调系统,初始制冷剂CO₂充注量为200g~300g。

6. 权利要求3所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法,其特征在于,充注量梯度Δm_g的值与跨临界CO₂汽车空调系统的整体内容积正相关;针对小型家用小轿车的跨临界CO₂汽车空调系统,充注量的梯度Δm的值为50g。

7. 权利要求3所述的一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法,其特征在于,所述跨临界CO₂汽车空调系统采用储液器对充注量进行平衡,储液器的容积设计:

$$V \geq 1.2 * \frac{m_{30^{\circ}\text{C}} - m_{45^{\circ}\text{C}}}{\rho} * 1000;$$

其中:m_{45°C}——为环境温度为45°C时,跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量,单位g;

m_{30°C}——为环境温度为30°C时,跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量,单位g;

ρ——制冷剂CO₂的密度,单位kg/m³;

V——储液器的体积,单位mL。

一种跨临界CO₂汽车热管理系统及其最佳充注量标定方法

技术领域

[0001] 本发明属于跨临界二氧化碳系统领域,特别涉及一种新能源汽车热管理系统及充注量确定方法。

背景技术

[0002] 燃油汽车存在化石燃料的依赖问题,随着科技的发展,化石燃料也被大量而迅速的消耗了,目前,全球面临着化石燃料紧缺的难题。新能源汽车的出现及时缓解了全球的能源紧缺压力。与此同时,新能源汽车还具有环境污染小、无噪音、节能、结构简单、易于维修和适用范围广、不受地理位置和环境影响等优点。新电动汽车使用电能驱动,电能属于二次能源,在驾驶过程中不会产生废气污染空气。相较于传统燃油汽车在多变道路频繁启停造成的大量能源消耗,电动汽车大大提升了能源的利用率。但是,在低环境温度下,电动汽车无发动机余热可利用于加热车厢空气,因此目前纯电动汽车冬季基本采用PTC电加热供暖,车载电池蓄电能力有限,采用电加热辅助供暖严重减小了汽车的驾驶里程。热泵型空调系统的出现完美的解决了困扰电动汽车行业的“里程焦虑”难题,其高效节能的特点更有利于纯新能源汽车的发展。传统的汽车空调系统使用最广泛的制冷剂为R134a,在极低温环境下,制热性能迅速下降,不足以满足冬季的车辆制热需求,并且由于其环保性能较差,已经逐渐被淘汰。CO₂作为一种天然的制冷剂,凭借其优越的制热性能,成为了替代制冷剂的研究热点。跨临界CO₂循环在高压侧温度和压力相互独立,其放热过程温度较高且存在一个相当大的温度滑移(约80~100℃)。研究表明:在零下20℃的环境工况下,跨临界二氧化碳热泵空调依然具有十分可观的制热性能。充注量是跨临界CO₂汽车空调研究的一大焦点。系统的制冷能力和制热能力以及COP值与充注量密切相关。充注量不足会导致制热/冷能力不足,车厢温度达不到乘客的舒适度要求,空调性能也十分低下。严重的充注量欠缺还会导致蒸发器的出口过热度过大,从而导致吸气温度和排气温度过高,损坏压缩机。过多的充注量对系统的性能也有十分严重的负面影响,严重过量还会导致压缩机吸气待液,长期液击导致压缩机损坏。

[0003] 目前的汽车空调系统,采用固定的充注量,即一旦充注后,汽车无论运行在何种工况下,系统的充注量都无法进行调节,导致汽车空调在很多工况下,都无法达到最优性能,出现空调不仅耗电更多,且时而制冷量/制热量不足时而制冷量/制热量太大,导致车厢内的温度时而过高时而过低,乘客感到忽冷忽热,无法在所有驾驶情况下都满足最佳的舒适度。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种跨临界CO₂汽车热管理系统及最佳充注量标定方法,以解决上述技术问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种跨临界CO₂汽车热管理系统,包括压缩机、气体冷却器、回热器、质量流量计、

节流阀和蒸发器；

[0007] 压缩机的出口通过气体冷却器连接回热器的高压侧入口，回热器的高压侧出口依次通过质量流量计、节流阀、蒸发器连接回热器的低压侧入口；回热器的低压侧出口连接压缩机的入口；

[0008] 压缩机的吸排气端、节流阀前和蒸发器出口分别安置温度传感器，用来测量相应位置的制冷剂温度；

[0009] 压缩机的吸排气端和蒸发器出口安置压力传感器，用来测量相应位置的制冷剂的压力。

[0010] 进一步的，还包括储液器；蒸发器连接气液分离器的入口；气液分离器的气体出口连接回热器的低压侧入口。

[0011] 一种跨临界CO₂汽车热管理系统的最佳充注量标定方法，包括以下步骤：

[0012] 第一步，以蒸发器出口的过热度 T_{sup} 作为判断依据；首次对系统冲入制冷剂 m_{0g} ，然后停止充注，此时系统处于严重欠充状态；

[0013] 开机，调节节流阀的开度，直至排气温度达到压缩机的排气温度上限值，待系统稳定运行后，记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下：吸气温度 T_{suc0} 、排气温度 T_{dis0} 、阀前温度 T_{exv0} 、蒸发温度 T_{eva0} 、吸气压力 P_{suc0} 、蒸发压力 P_{eva0} 、蒸发器出口温度 T_{eva} 、排气压力 P_{dis0} 和质量流量 M_0 ；蒸发器的出口过热度 T_{sup} ：

$$[0014] \quad T_{sup} = T_{eva} - T_{sat}$$

$$[0015] \quad T_{sat} = f(P_{eva0})$$

[0016] 其中， T_{sat} —饱和温度，单位℃；

[0017] 若 T_{sup} 满足： $T_{sup} > 0$ ，则继续向系统中充注 Δm g的制冷剂，开机，重复以上步骤，记录每一次充注后系统稳定运行的吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 、排气压力 P_{disx} 和质量流量 M_x 值， x 为充注制冷剂的次数；在每一次充注后，调节节流阀的开度，在排气温度不超过上限值的前提下，尽可能的增大排气压力值，直至排气压力 P_{disx} 达到最优排气压力值 P_{opt} 后，保持排气压力值始终不变；随着充注次数的增加，直至 $T_{sup} = 0$ ，此时系统进入轻微欠充状态；

[0018] 第二步：以吸气温度 T_{suc} 、排气温度 T_{dis} 、阀前温度 T_{exv} 、蒸发温度 T_{eva} 、吸气压力 P_{suc} 、蒸发压力 P_{eva} 和质量流量 M 作为判断依据；继续向系统中充注 Δm g的制冷剂，开机，待系统稳定运行后，记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下：吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 、排气压力 P_{disx} 和质量流量 M_x ；重复充注和温度压力值的记录；吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 和阀前温度 T_{exvx} 会随着充注次数的增加，先迅速减小，然后保持不变，进入一个平台期，而后再次迅速减小；蒸发温度 T_{evax} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 和质量流量 M_x 会随着充注次数的增加，先迅速增大，然后保持不变，进入一个平台期，而后再次迅速增大；七个参数平台期对应的充注量为系统在该环境温度下的最恰当充注量。

[0019] 进一步的，取平台期的2/3为跨临界CO₂汽车热管理系统的最终充注量。

[0020] 进一步的，初始充注量 m_{0g} 的值与系统的整体内容积正相关；针对小型家用小轿车的跨临界CO₂汽车空调系统，初始制冷剂CO₂充注量为200g~300g。

[0021] 进一步的，充注量梯度 Δm g的值与跨临界CO₂汽车热管理系统的整体内容积正相

关;针对小型家用小轿车的跨临界CO₂汽车空调系统,充注量的梯度 Δm 的值为50g。

[0022] 进一步的,所述跨临界CO₂汽车热管理系统采用储液器对充注量进行平衡,储液器的容积设计:

$$[0023] \quad V \geq 1.2 * \frac{m_{30^{\circ}\text{C}} - m_{45^{\circ}\text{C}}}{\rho} * 1000;$$

[0024] 其中: $m_{45^{\circ}\text{C}}$ ——为环境温度为45℃时,跨临界CO₂汽车空调系统的最恰当充注量,单位g;

[0025] $m_{30^{\circ}\text{C}}$ ——为环境温度为30℃时,跨临界CO₂汽车空调系统的最恰当充注量,单位g;

[0026] ρ ——制冷剂CO₂的密度,单位kg/m³;

[0027] V——储液器的体积,单位mL。

[0028] 量。

[0029] 相对于现有技术,本发明具有以下有益效果:

[0030] 本发明首先提出一种跨临界二氧化碳汽车热管理系统最佳充注量的判定方法中采用储液器对系统进行充注量的平衡,并且提出了储液器的容积设计的相关建议。

[0031] 其次,本发明指出了对热管理系统冲入恰当充注量的具体工况参数和实施步骤。为实际应用提出了明确的指导,避免了由于系统的恰当充注量未知随意充注导致的能源浪费、空调性能低下甚至是损坏空调部件等现象的发生。

附图说明

[0032] 图1是本发明一种跨临界CO₂汽车热管理系统的结构示意图。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0034] 请参阅图1所示,本发明一种跨临界CO₂汽车热管理系统,包括:压缩机1、气体冷却器2、回热器3、质量流量计4、节流阀5、蒸发器6和气液分离器7。系统分别在压缩机1的吸排气端、节流阀5前和蒸发器6出口分别安置温度传感器,用来测量相应位置的制冷剂温度。并且在压缩机1的吸排气端和蒸发器6出口安置压力传感器,用来测量相应位置的制冷剂的压强。

[0035] 压缩机1的出口通过气体冷却器2连接回热器3的高压侧入口,回热器3的高压侧出口依次通过质量流量计4、节流阀5、蒸发器6连接气液分离器7;气液分离器7的气体出口连接回热器3的低压侧入口;回热器3的低压侧出口连接压缩机1的入口。

[0036] 压缩机1的吸气温度 T_{suc} 、排气温度 T_{dis} 、阀前温度 T_{exv} 、蒸发温度 T_{eva} 、蒸发器的出口过热度 T_{sup} 、吸气压力 P_{suc} 、蒸发压力 P_{eva} 、排气压力 P_{dis} 和质量流量M用来作为标定最佳充注量的目标参数。

[0037] 系统的充注量运行测试均在40℃的环境温度下进行。系统开机测试的过程中,始终调节节流阀5的开度,使系统运行在最优排气压力下,在此基础上对系统的温度和压力参数进行记录分析。针对少数充注量严重不足的测试工况,由于压缩机1的排气温度限制,排气压力无法达到最优排气压力值,此时调节节流阀开度,使系统运行时排气温度等于压缩机的排气温度上限即可。

[0038] 进一步的,本发明给出的最优排气压力参考值是在以下工况下给出的。在回热器3的回热效率定义如下:

$$[0039] \quad \eta = \frac{T_{L_out} - T_{L_in}}{T_{H_out} - T_{L_in}}$$

[0040] 其中, T_{L_out} ——回热器的低压侧制冷剂的出口温度,单位 $^{\circ}\text{C}$;

[0041] T_{L_in} ——回热器的低压侧制冷剂的进口温度,单位 $^{\circ}\text{C}$;

[0042] T_{H_out} ——回热器的高压侧制冷剂的出口温度,单位 $^{\circ}\text{C}$;

[0043] 在回热效率为0.78的基础上,40 $^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下,跨临界CO₂汽车空调系统的最优排气压力为9.9MPa左右。

[0044] 进一步的,一种跨临界CO₂汽车热管理系统最佳充注量的标定方法,具体标定方法分以下三步:

[0045] 第一步,以蒸发器6出口的过热度 T_{sup} 作为判断依据。首次对系统冲入制冷剂 $m_0\text{g}$,然后停止充注,此时系统处于严重欠充状态;

[0046] 开机,调节节流阀5的开度,直至排气温度达到压缩机1的排气温度上限值,待系统稳定运行后,记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下:吸气温度 T_{suc0} 、排气温度 T_{dis0} 、阀前温度 T_{exv0} 、蒸发温度 T_{eva0} 、吸气压力 P_{suc0} 、蒸发压力 P_{eva0} 、蒸发器出口温度 T_{eva} 、排气压力 P_{dis0} 和质量流量 M_0 。蒸发器的出口过热度 T_{sup} :

$$[0047] \quad T_{sup} = T_{eva} - T_{sat}$$

$$[0048] \quad T_{sat} = f(P_{eva0})$$

[0049] 其中, T_{sat} ——饱和温度,单位 $^{\circ}\text{C}$;

[0050] 若 T_{sup} 满足: $T_{sup} > 0$,则继续向系统中充注 $\Delta m\text{g}$ 的制冷剂,开机,重复以上步骤,记录每一次充注后系统稳定运行的吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 和排气压力 P_{disx} 值, x 为充注制冷剂的次数。在每一次充注后,调节节流阀5的开度,在排气温度不超过上限值的前提下,尽可能的增大排气压力值,直至排气压力 P_{disx} 达到最优排气压力值 P_{opt} 后,保持排气压力值始终不变。随着充注次数的增加,直至 $T_{sup} = 0$,此时系统进入轻微欠充状态。

[0051] 第二步:以吸气温度 T_{suc} 、排气温度 T_{dis} 、阀前温度 T_{exv} 、蒸发温度 T_{eva} 、吸气压力 P_{suc} 和蒸发压力 P_{eva} 作为判断依据。继续向系统中充注 $\Delta m\text{g}$ 的制冷剂,开机,待系统稳定运行后,记录此时制冷剂的温度值和压力值分别如下:吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 、阀前温度 T_{exvx} 、蒸发温度 T_{evax} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 和质量流量 M_x 。重复充注和温度压力值的记录。吸气温度 T_{sucx} 、排气温度 T_{disx} 和阀前温度 T_{exvx} 会随着充注次数的增加,先迅速减小,然后保持不变,进入一个平台期,而后再次迅速减小。蒸发温度 T_{evax} 、吸气压力 P_{sucx} 、蒸发压力 P_{evax} 和质量流量 M_x 会随着充注次数的增加,先迅速增大,然后保持不变,进入一个平台期,而后再次迅速增大。七个参数的平台期基本保持一致,平台期对应的充注量即为系统在该环境温度下的最恰当充注量。

[0052] 第三步,在找到恰当的充注量范围后,考虑到环境温度对充注量的影响,取平台期的2/3为该热管理系统的最终充注量。

[0053] 进一步的,一种跨临界CO₂汽车热管理系统及其最佳充注量的标定方法:初始充注量 $m_0\text{g}$ 的值与系统的整体内容积正相关。针对小型家用小轿车的汽车空调系统,初始制冷剂

CO₂充注量的建议值为200g~300g之间。

[0054] 进一步的,一种跨临界CO₂汽车热管理系统及其最佳充注量的标定方法,充注量梯度 Δm_g 的值与系统的整体内容积正相关。针对小型家用小轿车的汽车空调系统,充注量的梯度 Δm 的建议值为50g左右。

[0055] 进一步的,一种跨临界CO₂汽车热管理系统及其最佳充注量的标定方法,系统中采用了储液器对充注量进行平衡,储液器的容积设计需要考虑到不同环境工况下系统的最恰当的充注量需求,环境温度越高,制冷空调系统所需的制冷剂的充注量需求越小,因此从低温环境转化为高温环境制冷运行时,系统中过多的充注量需要储存在储液器中,因此储液器的体积至少需要满足以下要求:

$$[0056] \quad V \geq 1.2 * \frac{m_{30^{\circ}\text{C}} - m_{45^{\circ}\text{C}}}{\rho} * 1000;$$

[0057] 其中: $m_{45^{\circ}\text{C}}$ ——为环境温度为45℃时,跨临界CO₂汽车热管理系统的最恰当充注量,单位g;

[0058] $m_{30^{\circ}\text{C}}$ ——为环境温度为30℃时,跨临界CO₂汽车热管理系统的最恰当充注量,单位g; ρ ——制冷剂CO₂的密度,单位kg/m³;

[0059] V ——储液器的体积,单位mL。

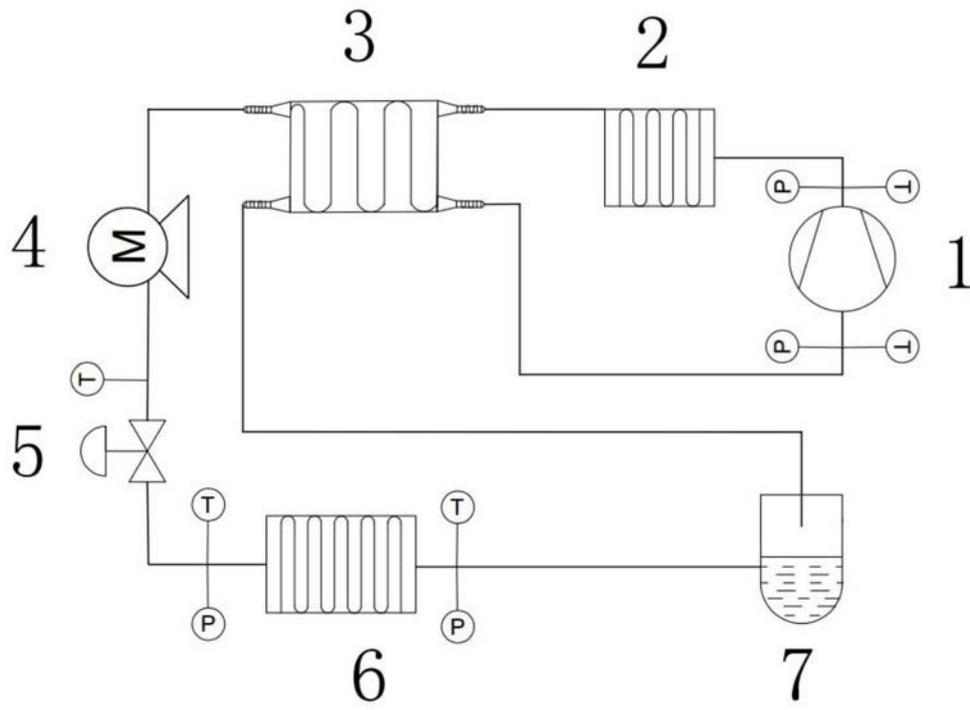


图1