



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113063243 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(21) 申请号 202110433484.9

(22) 申请日 2021.04.19

(71) 申请人 南京久鼎制冷空调设备有限公司  
地址 210000 江苏省南京市六合经济开发区龙池街道龙中西路8号

(72) 发明人 舒迎 赵东华 张英

(74) 专利代理机构 南京理工信达知识产权代理有限公司 32542

代理人 唐绍焜

(51) Int.Cl.

F25B 49/02 (2006.01)

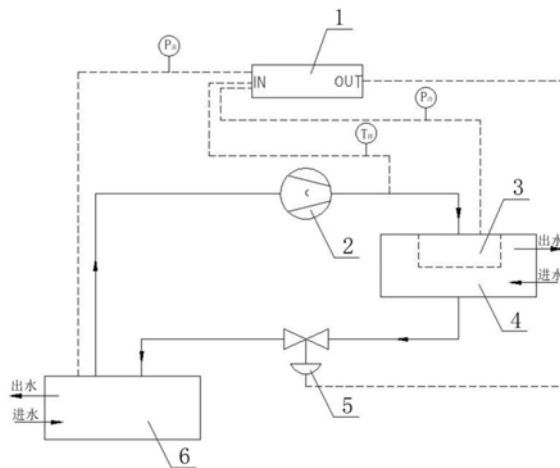
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种制冷机组排气过热度控制系统及其方法

(57) 摘要

本发明公开了一种制冷机组排气过热度控制系统及其方法,其中制冷机组排气过热度控制系统包括:制冷机组;压力传感器,分别设置在制冷机组的蒸发器及冷凝器上,用于实时采集蒸发压力和冷凝压力;温度传感器,安装在制冷机组的压缩机与冷凝器之间连接的排气管上,用于实时排气温度;控制器,分别与压力传感器及温度传感器连接,并据此计算得到实际排气过热度及目标排气过热度;控制器通过驱动器与制冷机组的膨胀阀连接,根据实际排气过热度与目标排气过热度之间的差值计算膨胀阀开度,并通过驱动器控制膨胀阀开度,实现排气过热度控制。本发明是一种系统保护优先及性能满足优先的控制方式,使制冷机组可以安全可靠运行,并达到最高效率。



CN 113063243 A

1. 一种制冷机组排气过热度控制系统,其特征在于:包括:

制冷机组;

压力传感器,分别设置在制冷机组的蒸发器及冷凝器上,用于实时采集蒸发压力和冷凝压力;

温度传感器,安装在制冷机组的压缩机与冷凝器之间连接的排气管上,用于实时排气温度;

控制器,分别与压力传感器及温度传感器连接,实时获取得到蒸发压力 $P_{蒸}$ 、冷凝压力 $P_{冷}$ 及排气温度 $T_{排}$ ,并据此计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ ;

控制器通过驱动器与制冷机组的膨胀阀连接,根据前述得到的实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值计算得到膨胀阀开度,并通过驱动器控制膨胀阀开度,实现排气过热度控制。

2. 根据权利要求1所述的制冷机组排气过热度控制系统,其特征在于:控制器采用的是PLC,其内设置有PID;目标过热度的计算和实际过热度的换算均由PLC完成的,PID根据实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值及该差值在前一段时间的累计情况及差值的变化趋势综合计算得到膨胀阀开度。

3. 根据权利要求1所述的制冷机组排气过热度控制系统,其特征在于:实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ 计算如下:

根据过热度的定义,对于冷凝压力 $P_{冷}$ ,其对应的冷凝饱和温度为 $T_{冷}$ ,则计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1 = T_{排} - T_{冷}$ ;

通过获取的 $P_{蒸}$ 和 $P_{冷}$ 换算出对应蒸发饱和温度 $T_{蒸}$ 和冷凝饱和温度 $T_{冷}$ 代入拟合公式计算出目标过热度 $\Delta T_2$ ;其中,拟合公式通过如下得到:

通过对若干组 $T_{蒸}$ 、 $T_{冷}$ 及对应的排气过热度 $\Delta T$ 进行收集,以 $T_{蒸}$ 和 $T_{冷}$ 作为自变量,以 $\Delta T$ 作为因变量,建立公式:

$$\Delta T = A + B * T_{蒸} + C * T_{冷} + D * T_{蒸} * T_{冷} + E * T_{蒸} * T_{冷}$$

其中,A-E为系数;

基于样本学习的方法求解得到A-E的值,进而得到目标过热度 $\Delta T$ 的拟合公式。

4. 根据权利要求3所述的制冷机组排气过热度控制系统,其特征在于:所述控制器根据其计算得到的蒸发饱和温度 $T_{蒸}$ 小于预设阈值 $T_1$ 时,则计算开度系数S,并发送给膨胀阀,其中,开度系数S通过预设阈值 $T_1$ 与 $T_{蒸}$ 的幂函数计算得到,即开度系数 $S = a + b * (T_1 - T_{蒸})^c$ ,其中,a代表补偿开度起作用时的基础开度,b是放大系数,c是幂函数的指数,且基于样本学习的方法求解得到a、b、c的值;其中预设阈值 $T_1$ 设置为高于最低允许蒸发温度5~7度。

5. 根据权利要求4所述的制冷机组排气过热度控制系统,其特征在于:a取值为0.4~0.5,b取值为0.1~0.2,C取值为0.5。

6. 一种制冷机组排气过热度控制方法,其特征在于:包括步骤:

(1) 开机,膨胀阀初始开度运行;

(2) 实时获取蒸发压力 $P_{蒸}$ 、冷凝压力 $P_{冷}$ 以及排气温度 $T_{排}$ ,并据此实时计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1$ 、目标排气过热度 $\Delta T_2$ 以及膨胀阀的理论开度;

(3) 判断饱和温度 $T_{蒸}$ 是否小于预设阈值 $T_1$ ,预设阈值 $T_1$ 设置为高于最低允许蒸发温度5~7度;若小于,则转至步骤(4),否则输出根据步骤(3)计算得到的膨胀阀的理论开度,并据

此控制膨胀阀,并返回步骤(2);

(4) 计算开度系数S,并据此计算得到膨胀阀补偿开度;

其中,开度系数S计算如下:

$$S=a+b*(T_1-T_{蒸})^c$$

a代表补偿开度起作用时的基础开度,b是放大系数,c是幂函数的指数,且基于样本学习的方法求解得到a、b、c的值;

(5) 判断步骤(4)计算得到的膨胀阀补偿开度是否比膨胀阀理论开度大,若是,则输出膨胀阀补偿开度至膨胀阀,以控制膨胀阀的开度;否则输出根据步骤(2)计算得到的膨胀阀理论开度至膨胀阀,并返回步骤(2)。

## 一种制冷机组排气过热度控制系统及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及制冷领域,尤其涉及一种制冷机组排气过热度控制系统及其方法。

### 背景技术

[0002] 工商用制冷系统四大件是压缩机、冷凝器、蒸发器、节流装置(膨胀阀)。要保证制冷系统的正常运行必须对制冷剂的循环进行有效的控制,这个功能通常是通过合理的控制方法对膨胀阀下达开度指令带来的。

[0003] 蒸发器对控制方法影响较大,制冷系统采用壳管蒸发器的种类主要有干式蒸发器、满液式蒸发器、降膜式蒸发器三种。其中干式蒸发器主要采用吸气过热控制。而可用于配套满液或降膜式蒸发器的制冷机组的控制方式包括液位控制、吸气过热控制、排气过热控制等类型。其中排气过热控制具有优先保护系统、性能满足和控制元件少的优点,在近几年应用逐渐增多。

[0004] 排气过热度是压缩机排气管或冷凝器进口的温度和实际冷凝压力对应的饱和温度之间的温差。所谓的过热度:工质目前的实际温度比实际压力所对应的饱和温度高出几度,过热度=压缩机的吸气温度-制冷剂在蒸发器中的蒸发温度,有一定的过热度是为了保证进入压缩机的是没有液体的制冷剂,防止湿冲程。

[0005] 过高或过低的排气过热度都会对压缩机的可靠性产生影响,现有技术中,制冷系统中采用过热控制本身并不少见,但排气过热控制是一种开度的控制,可能存在关阀动作导致 $P_{\text{蒸}}$ 较低。而且目前排气过热度控制存在如下两个问题,一是有些机组采用固定目标值,其不根据工况变化而可能不合理,有些采用可变目标值但不精确,这都会影响调节精度;二是过热控制只关注系统安全而调控排气温度,对于变工况调节的波动性较大,并且不接受机组带病运行。因此我们新设计的控制系统的主控是排气过热度,但当蒸发温度严重偏低时会有蒸发温度补偿控制介入,防止系统 $P_{\text{蒸}}$ 过低引起载冷剂冻结及性能过低。

### 发明内容

[0006] 发明目的:本发明针对上述不足,提出了一种制冷机组排气过热控制系统及其方法,它集成了过热度目标值精确计算实时追踪、蒸发温度补偿及开度比较输出的功能,具有客户非标工况自适应能力并能获得较好的性能输出。

[0007] 技术方案:

[0008] 一种制冷机组排气过热度控制系统,包括:

[0009] 制冷机组;

[0010] 压力传感器,分别设置在制冷机组的蒸发器及冷凝器上,用于实时采集蒸发压力和冷凝压力;

[0011] 温度传感器,安装在制冷机组的压缩机与冷凝器之间连接的排气管上,用于实时排气温度;

[0012] 控制器,分别与压力传感器及温度传感器连接,实时获取得到蒸发压力 $P_{\text{蒸}}$ 、冷凝

压力 $P_{\text{冷}}$ 及排气温度 $T_{\text{排}}$ ,并据此计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ ;

[0013] 控制器通过驱动器与制冷机组的膨胀阀连接,根据前述得到的实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值计算得到膨胀阀开度,并通过驱动器控制膨胀阀开度,实现排气过热度控制。

[0014] 控制器采用的是PLC,其内设置有PID;目标过热度的计算和实际过热度的换算均由PLC完成的,PID根据实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值及该差值在前一段时间的累计情况及差值的变化趋势综合计算得到膨胀阀开度。

[0015] 实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ 计算如下:

[0016] 根据过热度的定义,对于冷凝压力 $P_{\text{冷}}$ ,其对应的冷凝饱和温度为 $T_{\text{冷}}$ ,则计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1 = T_{\text{排}} - T_{\text{冷}}$ ;

[0017] 通过获取的 $P_{\text{蒸}}$ 和 $P_{\text{冷}}$ 换算出对应蒸发饱和温度 $T_{\text{蒸}}$ 和冷凝饱和温度 $T_{\text{冷}}$ 代入拟合公式计算出目标过热度 $\Delta T_2$ ;其中,拟合公式通过如下得到:

[0018] 通过对若干组 $T_{\text{蒸}}$ 、 $T_{\text{冷}}$ 及对应的排气过热度 $\Delta T$ 进行收集,以 $T_{\text{蒸}}$ 和 $T_{\text{冷}}$ 作为自变量,以 $\Delta T$ 作为因变量,建立公式:

$$[0019] \quad \Delta T = A + B * T_{\text{蒸}} + C * T_{\text{冷}} + D * T_{\text{蒸}} * T_{\text{冷}} + E * T_{\text{蒸}} * T_{\text{冷}}^2$$

[0020] 其中,A-E为系数;

[0021] 基于样本学习的方法求解得到A-E的值,进而得到目标过热度 $\Delta T$ 的拟合公式。

[0022] 所述控制器根据其计算得到的蒸发饱和温度 $T_{\text{蒸}}$ 小于预设阈值 $T_1$ 时,则计算开度系数S,并发送给膨胀阀,其中,开度系数S通过预设阈值 $T_1$ 与 $T_{\text{蒸}}$ 的幂函数计算得到,即开度系数 $S = a + b * (T_1 - T_{\text{蒸}})^c$ ,其中,a代表补偿开度起作用时的基础开度,b是放大系数,c是幂函数的指数,且基于样本学习的方法求解得到a、b、c的值;其中预设阈值 $T_1$ 设置为高于最低允许蒸发温度5~7度。

[0023] a取值为0.4~0.5,b取值为0.1~0.2,C取值为0.5。

[0024] 一种制冷机组排气过热度控制方法,包括步骤:

[0025] (1) 开机,膨胀阀初始开度运行;

[0026] (2) 实时获取蒸发压力 $P_{\text{蒸}}$ 、冷凝压力 $P_{\text{冷}}$ 以及排气温度 $T_{\text{排}}$ ,并据此实时计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1$ 、目标排气过热度 $\Delta T_2$ 以及膨胀阀的理论开度;

[0027] (3) 判断饱和温度 $T_{\text{蒸}}$ 是否小于预设阈值 $T_1$ ,预设阈值 $T_1$ 设置为高于最低允许蒸发温度5~7度;若小于,则转至步骤(4),否则输出根据步骤(3)计算得到的膨胀阀的理论开度,并据此控制膨胀阀,并返回步骤(2);

[0028] (4) 计算开度系数S,并据此计算得到膨胀阀补偿开度;

[0029] 其中,开度系数S计算如下:

$$[0030] \quad S = a + b * (T_1 - T_{\text{蒸}})^c$$

[0031] a代表补偿开度起作用时的基础开度,b是放大系数,c是幂函数的指数,且基于样本学习的方法求解得到a、b、c的值;

[0032] (5) 判断步骤(4)计算得到的膨胀阀补偿开度是否比膨胀阀理论开度大,若是,则输出膨胀阀补偿开度至膨胀阀,以控制膨胀阀的开度;否则输出根据步骤(2)计算得到的膨胀阀理论开度至膨胀阀,并返回步骤(2)。

[0033] 有益效果:

[0034] 1、本发明的排气过热度控制是一种系统保护优先,性能满足优先的控制方式,使制冷机组可以安全可靠运行,并达到最高效率;

[0035] 2、本发明的排气过热控制加入了实时更新的目标过热度,这可以适应客户的各种实际工况,使得过热度的目标值始终保持正确且合理,整个制冷系统自动维持最佳运行点。

[0036] 3、由于实际过热度相应较慢,除了对PID参数进行合理调节之外,本发明加入了蒸发温度的补偿机制,进一步的加入了补偿开度与过热计算开度的比较程序,使两种控制可以做到平稳对接。

## 附图说明

[0037] 图1为本发明的制冷机组系统框架图。

[0038] 图2为本发明控制器与执行器连接示意图。

[0039] 图3为本发明的控制逻辑图。

[0040] 其中,1为控制器,2为压缩机,3为油分离器,4为冷凝器,5为膨胀阀,6为蒸发器。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例,进一步阐明本发明。

[0042] 图1为本发明的制冷机组系统框架图。如图1所示,本发明的制冷机组系统包括控制器1、压缩机2、油分离器3、冷凝器4、膨胀阀5以及蒸发器6;其中,压缩机2、油分离器3、冷凝器4以及蒸发器6依次连接,形成一个密闭的系统,在冷凝器4与蒸发器6之间安装有膨胀阀5。在蒸发器6上设置有蒸发压力传感器,用于实时采集蒸发器6的蒸发压力;在冷凝器4上设置有冷凝压力传感器,用于实时采集冷凝器4的冷凝压力;温度传感器安装在压缩机与冷凝器之间连接的排气管上,用于实时采集二者之间的排气温度。

[0043] 本发明中,膨胀阀5采用的是电子膨胀阀。

[0044] 控制器1分别与蒸发压力传感器、冷凝压力传感器及温度传感器连接,并分别实时获取得到相应采集得到的蒸发压力 $P_{蒸}$ 、冷凝压力 $P_{冷}$ 及排气温度 $T_{排}$ ,并据此计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ ;控制器1通过驱动器与膨胀阀5连接,并可根据前述计算得到的实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值计算得到电子膨胀阀开度通过驱动器控制膨胀阀5开度,实现排气过热度的精确控制。

[0045] 在本发明中,控制器采用的是PLC,其内设置有PID,目标过热度的计算和实际过热度的换算均由PLC(可编程控制器)完成的,PID根据实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值及该差值在前一段时间的累计情况及差值的变化趋势综合计算得到电子膨胀阀开度;特别的,一般PID(比例积分微分控制器)的目标值是固定的,而本发明所设计的控制方案中排气过热的目标值是由公式实时计算的。

[0046] 具体计算过程如下:

[0047] (1) 根据过热度的定义,对于冷凝压力 $P_{冷}$ ,其对应的冷凝饱和温度为 $T_{冷}$ ,则可以计算得到实际排气过热度 $\Delta T_1 = T_{排} - T_{冷}$ ;

[0048] (2) 通过获取的 $P_{蒸}$ 和 $P_{冷}$ 换算出对应蒸发饱和温度 $T_{蒸}$ 和冷凝饱和温度 $T_{冷}$ ,代入拟合公式计算出目标过热度 $\Delta T_2$ ;

[0049] 其中,拟合公式是通过相关数学软件协助求解的。具体方法是:通过对特定压缩机

系列的多组 $T_{\text{蒸}}$ 、 $T_{\text{冷}}$ 及对应的排气过热度 $\Delta T$ 进行收集,以 $T_{\text{蒸}}$ 和 $T_{\text{冷}}$ 作为自变量,以 $\Delta T$ 作为因变量,建立公式:

$$[0050] \quad \Delta T = A + B * T_{\text{蒸}} + C * T_{\text{冷}} + D * T_{\text{蒸}} * T_{\text{冷}} + E * T_{\text{蒸}} * T_{\text{冷}}$$

[0051] 其中,A-E为系数;

[0052] 基于样本学习的方法求解得到A-E的值,进而得到目标过热度 $\Delta T$ 的拟合公式。

[0053] (3) 控制器根据实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 之间的差值及该差值在前一段时间的累计情况及差值的变化趋势实时计算得到膨胀阀计算理论开度;

[0054] (4) 由于实际的排气过热度变化较慢,而变工况或加减载条件下,由于 $P_{\text{蒸}}$ 和 $P_{\text{冷}}$ 的变化导致 $T_{\text{蒸}}$ 和 $T_{\text{冷}}$ 变化较快,使得目标过热度 $\Delta T$ 波动引起膨胀阀超调,通常要对膨胀阀的快速关闭进行控制,防止制冷机组因供液不足导致低压保护或非正常卸载;因此在本发明中加入了蒸发温度补偿控制步骤,当控制器计算得到的 $T_{\text{蒸}}$ 小于预设阈值 $T_1$ 时,则计算开度系数S,并发送给驱动器,尤其控制膨胀阀开度,其中,开度系数S通过预设阈值 $T_1$ 与 $T_{\text{蒸}}$ 的幂函数计算得到,即开度系数 $S = a + b * (T_1 - T_{\text{蒸}})^c$ ,其中,a代表补偿开度起作用时的基础开度,b是放大系数,c是幂函数的指数,且基于样本学习的方法求解得到a、b、c的值,一般a取值为0.4~0.5,b取值为0.1~0.2,c取值为0.5。

[0055] 在本发明中,预设阈值 $T_1$ 的确定如下:制冷机组存在一个最低允许蒸发压力,将其按饱和状态换算成蒸发温度,该蒸发温度 $T_{\text{min}}$ 下需保证载冷剂不会结冰;该蒸发温度通常低于载冷剂冰点3-5°C,而在控制上不能让机器反复停机,故在该蒸发温度 $T_{\text{min}}$ 之上设置了一个预设阈值 $T_1$ ,通常该预设阈值 $T_1$ 高于最低允许蒸发温度 $T_{\text{min}}$  5-7度,使得机器可以维持运行,因此可得到预设阈值 $T_1$ 。

[0056] (5) 控制器根据步骤(3)计算得到的开度系数S计算得到膨胀阀补偿开度,具体为:膨胀阀补偿开度 = S \* 膨胀阀总步数;

[0057] (6) 因为膨胀阀补偿开度会随着蒸发温度往预设阈值 $T_1$ 逼近而逐渐减小,而此时通过过热计算得到的膨胀阀理论开度逐渐增大,为了平稳过渡,需要对二者进行比较,使得两种控制方式交接比较平稳;因此对步骤(5)计算得到的膨胀阀补偿开度及步骤(4)计算得到的膨胀阀理论开度进行对比,按二者中开度大的执行,使补偿开度与理论开度的交接过程平稳,并且可防止补偿条件临界点的补偿开度较小,机组的补偿条件无法退出的问题。

[0058] 本发明还提供了一种制冷机组系统控制方法,采用的是前述制冷机组系统,包括如下步骤:

[0059] (1) 开机,膨胀阀初始开度运行;

[0060] (2) 控制器分别获取得到蒸发压力传感器、冷凝压力传感器及温度传感器实时采集的蒸发压力 $P_{\text{蒸}}$ 、冷凝压力 $P_{\text{冷}}$ 以及排气温度 $T_{\text{排}}$ ;

[0061] (3) 控制器实时计算实际排气过热度 $\Delta T_1$ 及目标排气过热度 $\Delta T_2$ ,并根据实际排气过热度 $\Delta T_1$ 与目标排气过热度 $\Delta T_2$ 的差值计算膨胀阀的理论开度;

[0062] (4) 控制器根据步骤(2)获取的饱和温度 $T_{\text{蒸}}$ 是否小于预设阈值 $T_1$ 判断是否满足蒸发补偿条件,若满足,则转至步骤(5),否则输出根据步骤(3)计算得到的膨胀阀的理论开度至膨胀阀,并返回步骤(2);

[0063] (5) 控制器计算开度系数S,并判断补偿开度是否比理论开度大,若是,则输出补偿开度至膨胀阀,以控制膨胀阀的开度;否则输出根据步骤(3)计算得到的膨胀阀的理论开度

至膨胀阀,并返回步骤(2)。

[0064] 本发明对于膨胀阀的控制是动态平衡的,排气过热控制也是实时计算的,但是如果系统趋于稳定,开度变化很小,膨胀阀基本也不会有什么动作。

[0065] 以上详细描述了本发明的优选实施方式,但是本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种等同变换(如数量、形状、位置等),这些等同变换均属于本发明的保护范围。

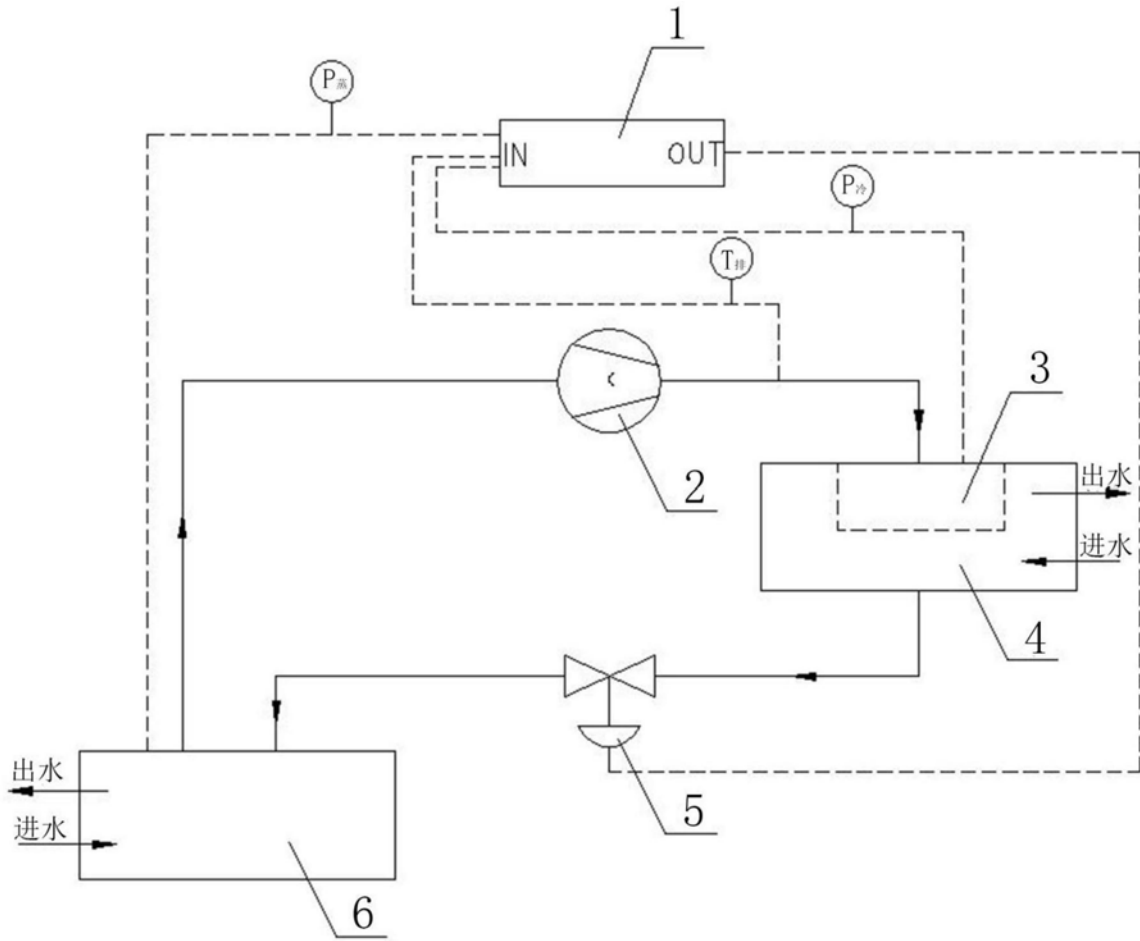


图1

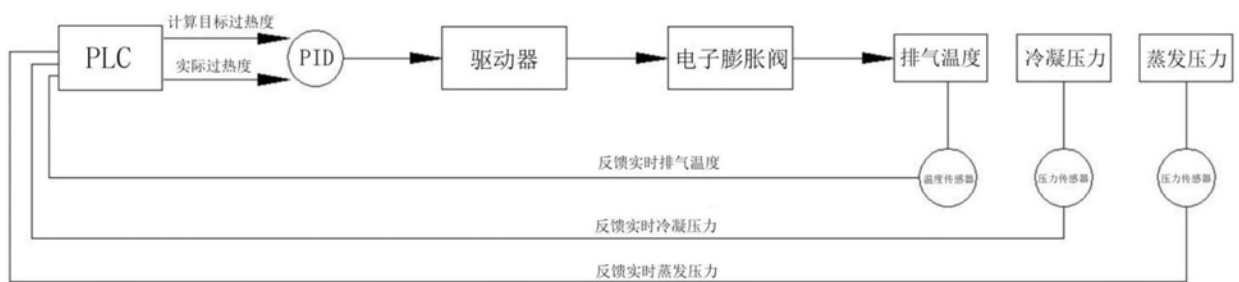


图2

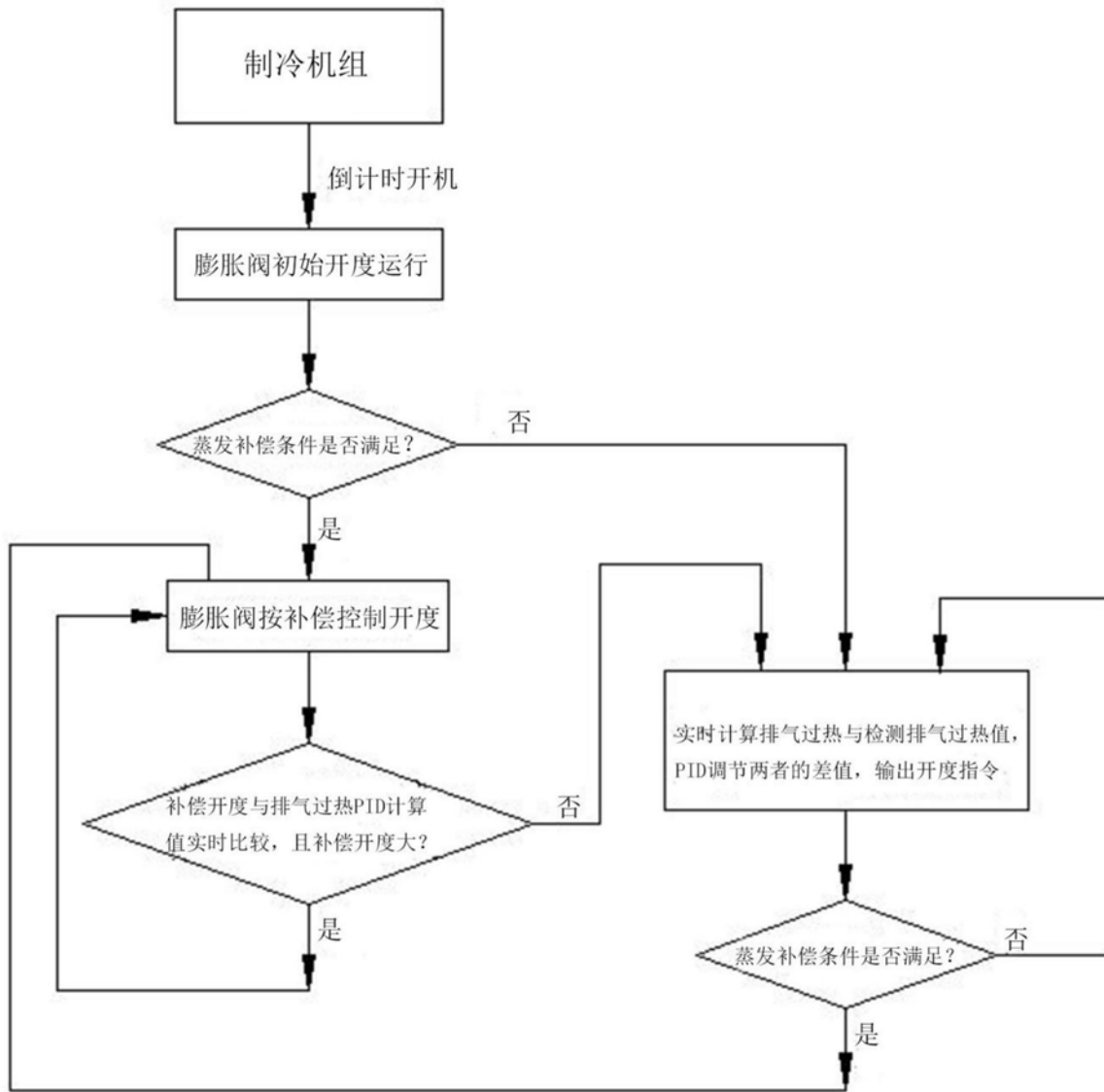


图3