

制冷循环四大部件之四

-----节流机构

制冷百家公众号

2016. 12. 18

获取更多资料
微信搜索蓝领星球

概述

前几节课介绍了制冷装置的四大部件中的三个主要设备——压缩机、蒸发器和冷凝器。但是，为了实现连续制冷，还必须根据制冷剂的种类以及蒸发器的类型，设置节流减压机构及其他一些辅助设备，并用管道将其连接，组成制冷系统。节流机构是组成制冷系统的重要部件，亦称节流器，被称为制冷系统四大部件之一。

获取更多

一、节流器的作用

其作用有二：

❖1、节流降压

对高压液态制冷剂进行节流降压，保证冷凝器与蒸发器之间的压力差，以使蒸发器中的液态制冷剂在要求的低压下蒸发吸热，从而达到制冷降温的目的；同时使冷凝器中的气态制冷剂，在给定的高压下放热冷凝。

❖2、调节供液量

调节供入蒸发器的制冷剂流量，以适应蒸发器热负荷变化，从而避免因部分制冷剂在蒸发器中未及气

化，而进入制冷压缩机，引起湿压缩甚至冲缸事故；或因供液不足，致使蒸发器的传热面积未充分发挥作用，引起制冷压缩机吸气压力降低，制冷能力下降。

二、节流器的布置位置

节流器通常布置在向蒸发器、中冷器、空气分离器、低压循环贮液器或氨液分离器等设备的供液管路上。

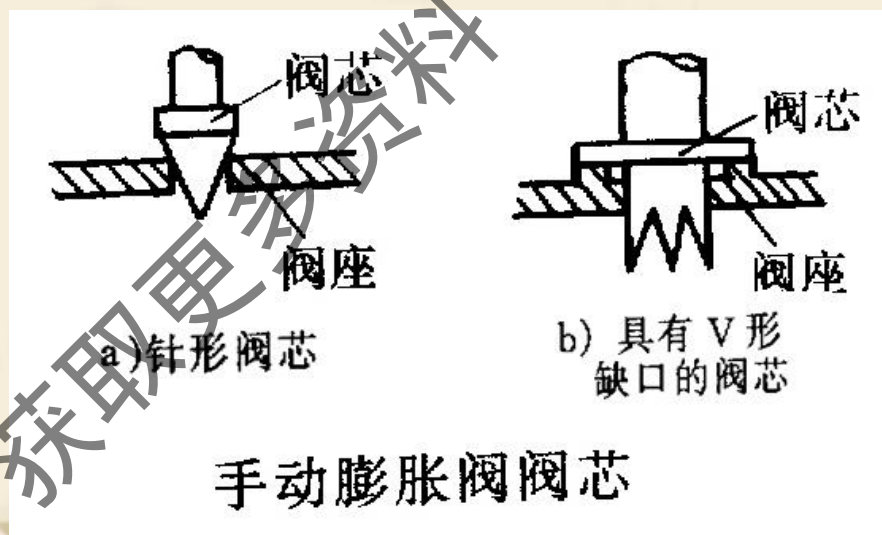
三、节流器的种类、结构特点及工作原理

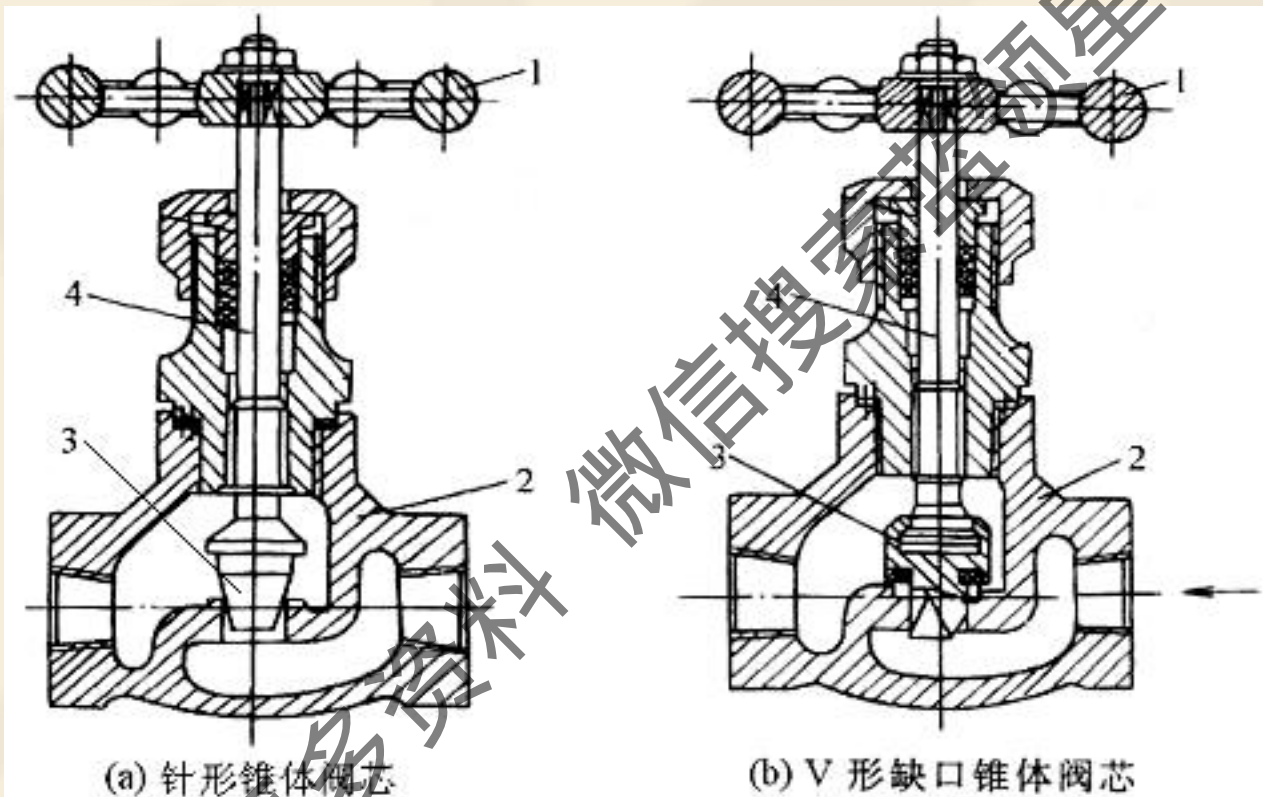
由于节流机构有控制进入蒸发器制冷剂流量的功能，也称为流量控制机构；又由于高压液态制冷剂流

经此部件后，节流降压膨胀为湿蒸气，故也称为节流阀或膨胀阀。常用的节流机构有手动膨胀阀、浮球式膨胀阀、热力膨胀阀、电子膨胀阀和毛细管等。

一、手动膨胀阀

手动膨胀阀又称节流阀或调节阀。手动膨胀阀的结构与普通截止阀相似，与截止阀的主要区别是阀芯为针形锥体或带V形缺口的锥形，如图所示。





(a) 针形锥体阀芯

(b) V形缺口锥体阀芯

手动节流阀

1—手轮；2—阀体；3—阀芯；4—阀杆

(1) **结构**：阀芯、阀杆、阀座、手轮

(2) **工作原理**：利用阀芯与阀座间隙变化调节工质通过量

(3) **特点**：

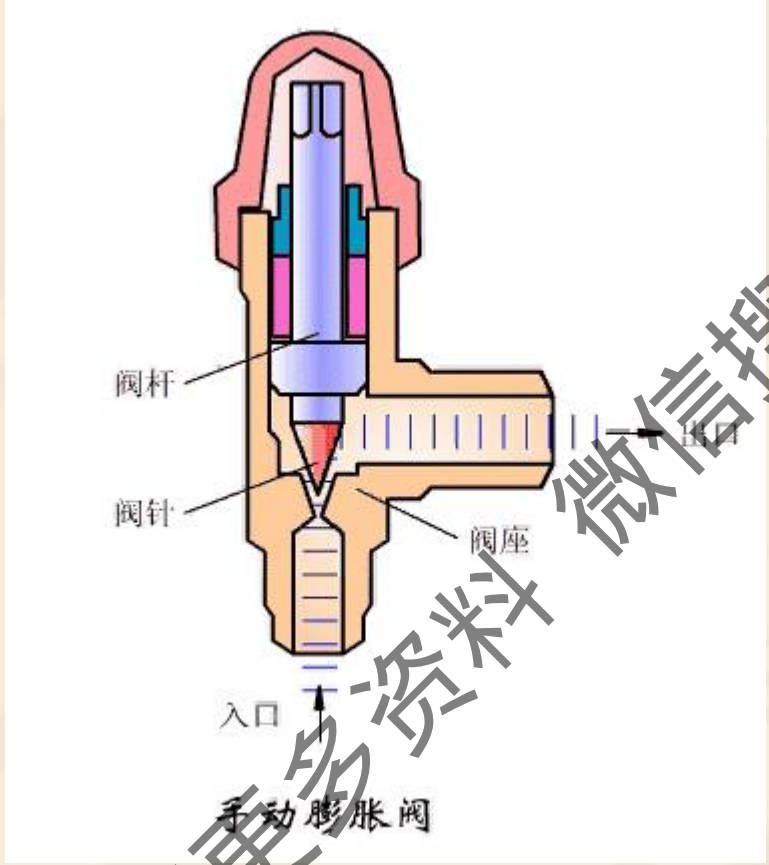
优点：不易损坏

缺点：管理麻烦，而且凭经验操作，对工人技术水平要求高。

(4) **应用**：

a. 氨制冷系统或试验装置中还有使用。

b. 在制冷系统作为备用阀装在旁通管路上，以备应急或检修自动膨胀阀时使用。



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

二、浮球膨胀阀

浮球膨胀阀是一种自动膨胀阀，它的作用是根据满液式蒸发器液面的变化来控制蒸发器的供液量，同时进行节流降压，也可控制蒸发器的液面高度。

其原理是：根据满液式蒸发器的液面变化来控制蒸发器的供液量，可控制蒸发器的液面高度，同时节流降压。

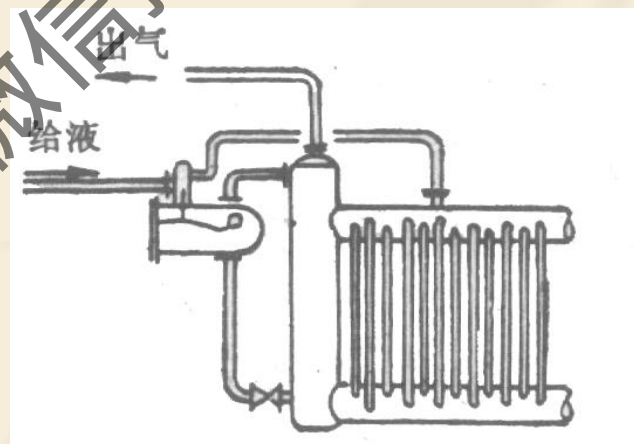
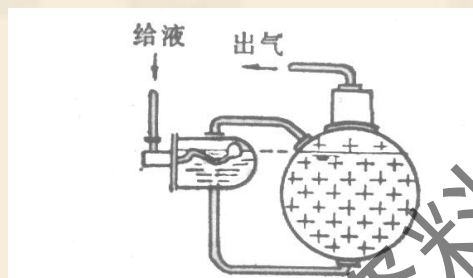
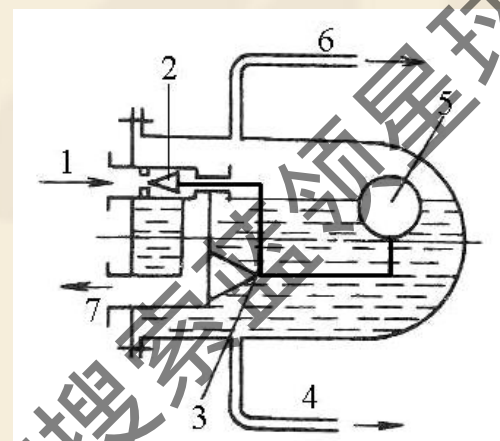
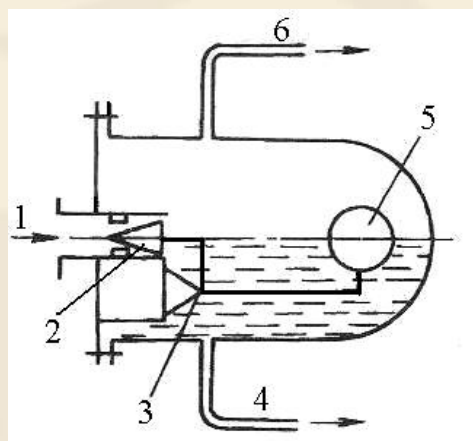
应用：广泛使用于满液式蒸发器的氨制冷系统中

分类:

直通式: 供给蒸发器的液体, 首先全部通过浮球室, 然后由液体平衡管流入蒸发器。

特点: 结构简单, 但液面波动较大, 调节阀稳定性较差, 阀芯所受冲击力很大, 容易损坏, 并且需要较大口径的平衡管, 又只能从下部向蒸发器供液。

非直通式: 阀门机构在浮球室外部, 节流之后的制冷剂不通过浮球室, 而是直接进入蒸发器。 特点: 液面稳定, 调节工作稳定, 但构造及安装复杂。



(a) 直通式

(b) 非直通式

获取更多的资料
 微信搜索 领星球

三、热力膨胀阀

热力膨胀阀与浮球膨胀阀不同的是：它是靠控制蒸发器出口处制冷剂蒸气的过热度来自动控制蒸发器的供液量，同时起节流降压作用。

热力膨胀阀用于氟利昂制冷系统(即非满液式蒸发器中)。

主要由 { 阀体：金属膜片、阀座、阀芯、旋转弹簧座[螺钉]
感温包+毛细管 组成。

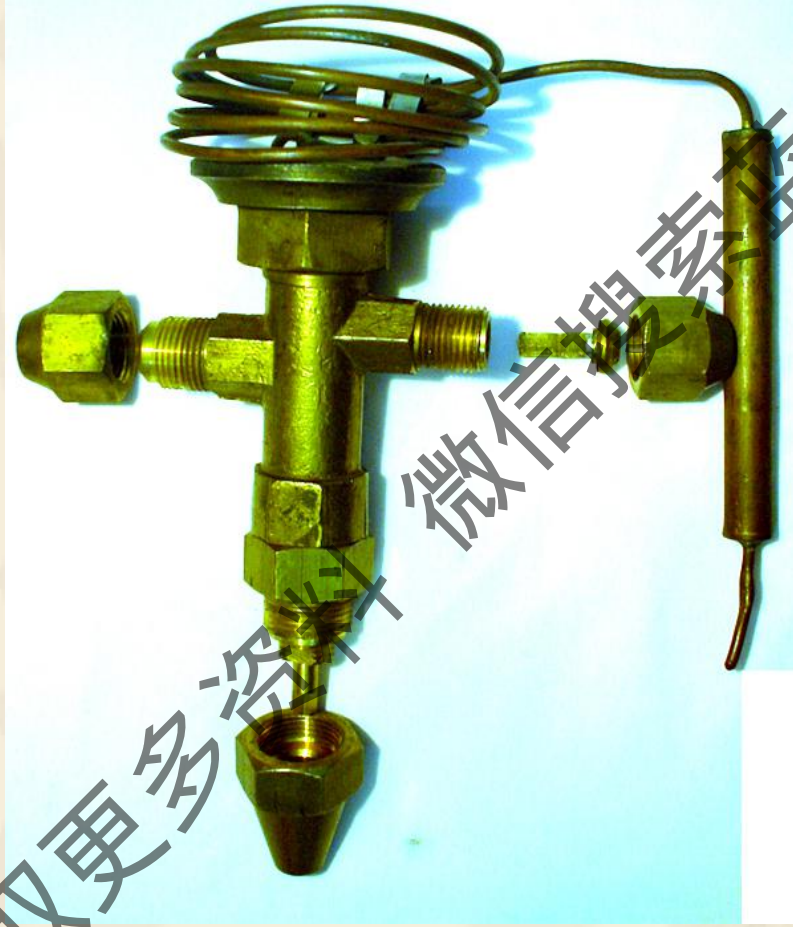
热力膨胀阀按传力零件的结构可分为薄膜式和波纹管式两类；根据膜片下部的的气体压力不同可分为内平衡式热力膨胀阀和外平衡式热力膨胀阀。若膜片下部的的气体压力为膨胀阀节流后的制冷剂压力称为内平衡式热力膨胀阀；若膜片下部的的气体压力为蒸发器出口的制冷剂压力称为外平衡式热力膨胀阀。



TI (801-1)



获取更多资料 微信搜索蒙塔蓝领星球



获取更多资料 微信搜索 领星球



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

(1) 内平衡式

a. 结构特点: 金属膜片两侧工质来自感温包和**阀出口**。

内平衡式热力膨胀阀由阀体、推杆、阀座、阀针、弹簧、调节杆、感温包、联接管、感应膜片等部件组成

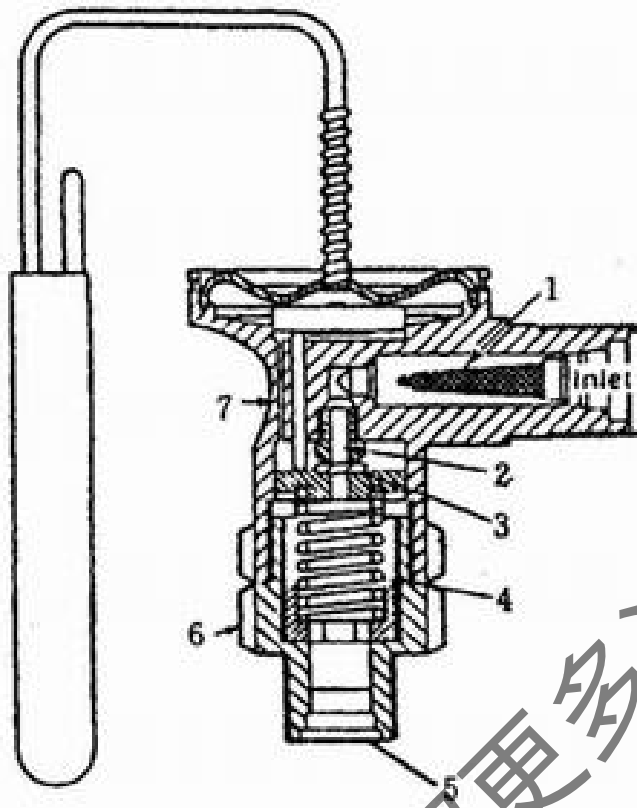
b. 原理:

金属膜片受力

关闭力	制冷剂蒸发压力
开启力	蒸发器内过热温度下对应的感温包内工质压力

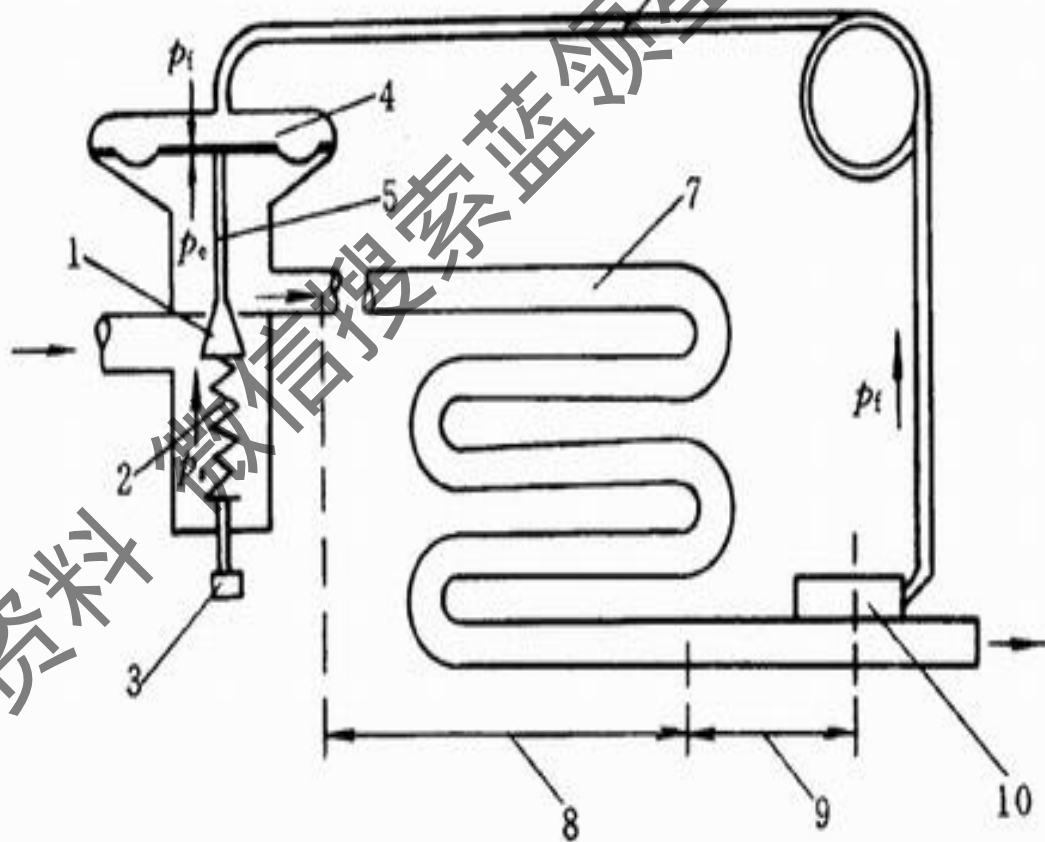
弹簧力 (按要求的过热度调节)

获取更多资料



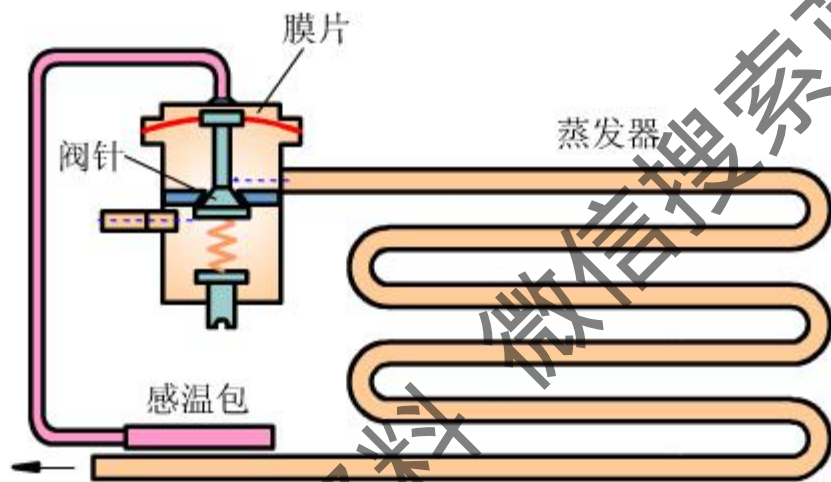
内平衡式热力膨胀阀

1—滤网；2—孔口；3—阀座；4—过热弹簧；5—出口；6—调整螺母；7—内平衡管



内平衡式热力膨胀阀的调节原理

1—针阀；2—过热弹簧；3—调节螺钉；4—膜片；5—推杆；6—毛细管；7—蒸发器；8—湿蒸气部分；9—过热蒸气部分；10—感温包



内平衡式热力膨胀阀

c. 适用：内平衡式热力膨胀阀只适用于蒸发器内部阻力较小的场合，广泛应用于小型制冷机和空调机。

对于大型的制冷装置及蒸发器阻力较大的场合，由于蒸发器出口处的压力比进口处下降较大，若使用内平衡式热力膨胀阀，将增加阀门的静装配过热度，相应减少了阀门的工作过热度，导致热力膨胀阀供液不足或根本不能开启，影响蒸发器的工作。对于蒸发器管路较长，或是多组蒸发器装有分液器时，应采用外平衡式热力膨胀阀。

(2) 外平衡式

a. 结构特点：金属膜片两侧工质来自感温包和蒸发器出口。

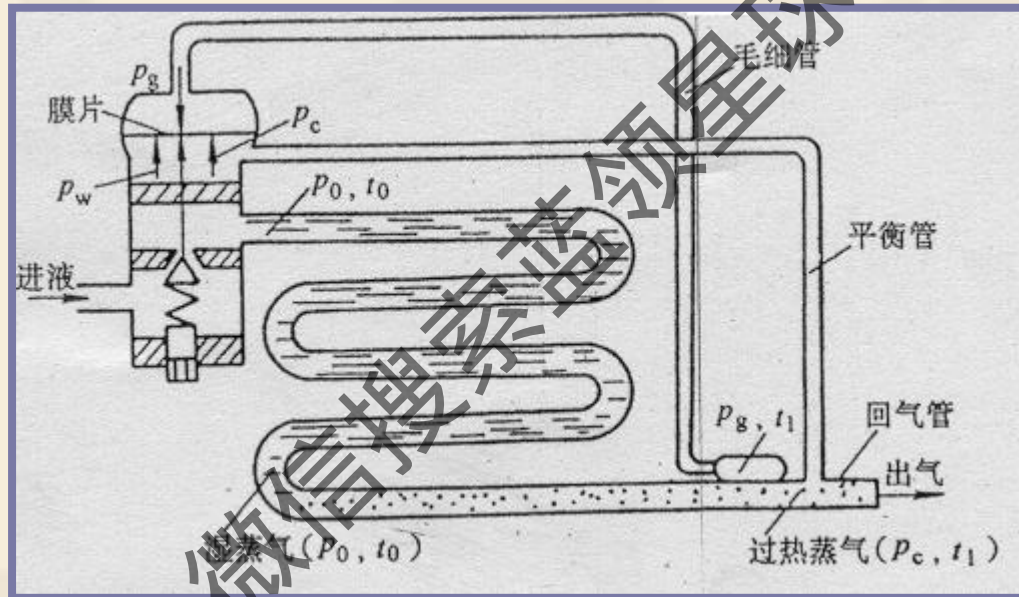
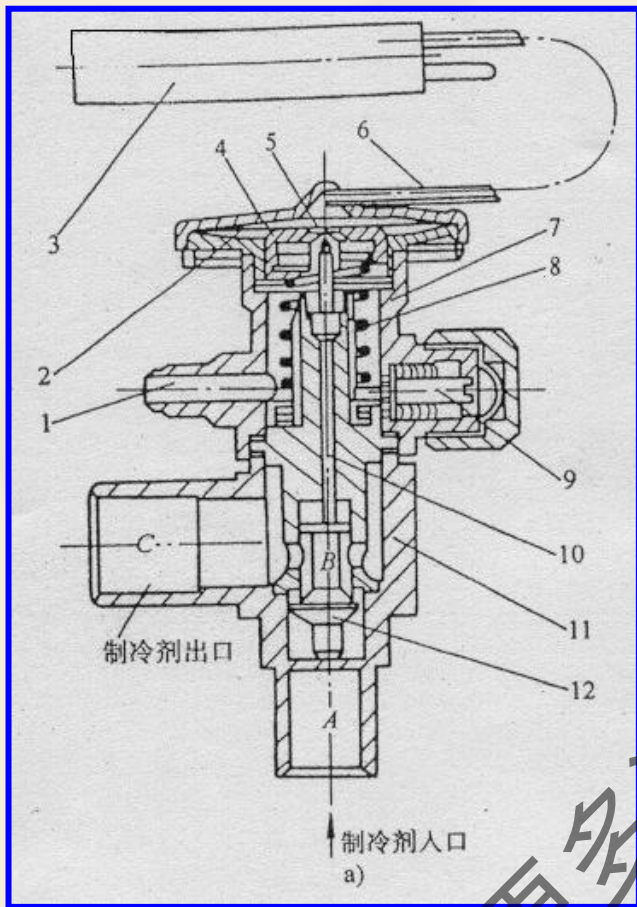
b. 原理：

金属膜片受力

}	关闭力	蒸发器出口处制冷剂的压力
	弹簧力	(按要求的过热度调节)
	开启力	感温包内工质压力

c. 适用：蒸发器压力损失较大的制冷系统。

获取更多资料



a) 外平衡式热力膨胀阀结构

b) 膨胀阀的安装与工作原理

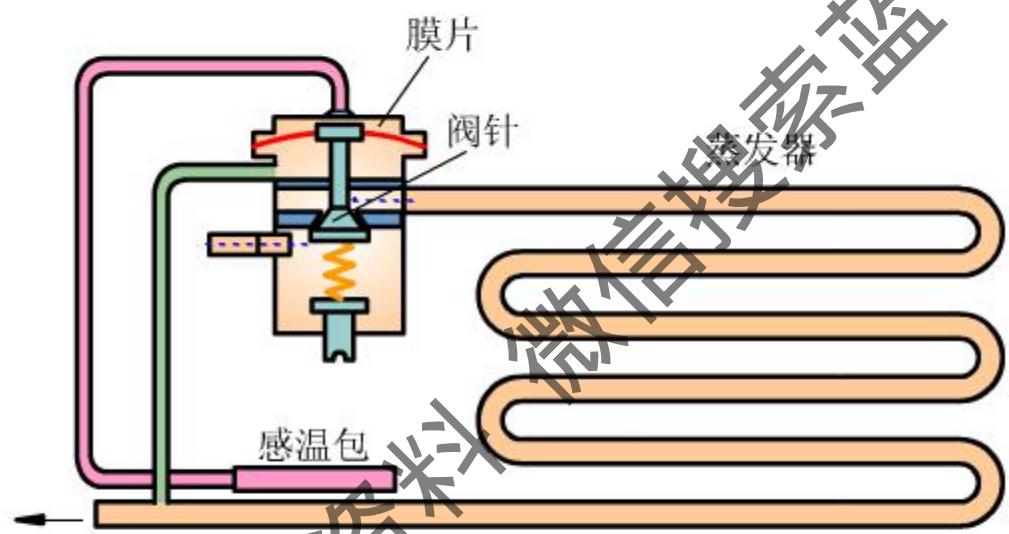
1—平衡管接头 2—薄膜外室

3—感温包 4—薄膜内室 5—膜片

6—毛细管 7—上阀体

8—弹簧 9—调节杆 10—阀杆

11—下阀体 12—阀芯



内平衡式热力膨胀阀

它与内平衡式热力膨胀阀基本相同，其不同之处是金属膜片下部空间与膨胀阀出口互不相通，而是通过一根小口径的平衡管与蒸发器出口相连。

外平衡式热力膨胀阀可以改善蒸发器的工作条件，但结构比较复杂，安装与调试比较麻烦，因此，只有蒸发器的压力损失较大时才采用此种膨胀阀。

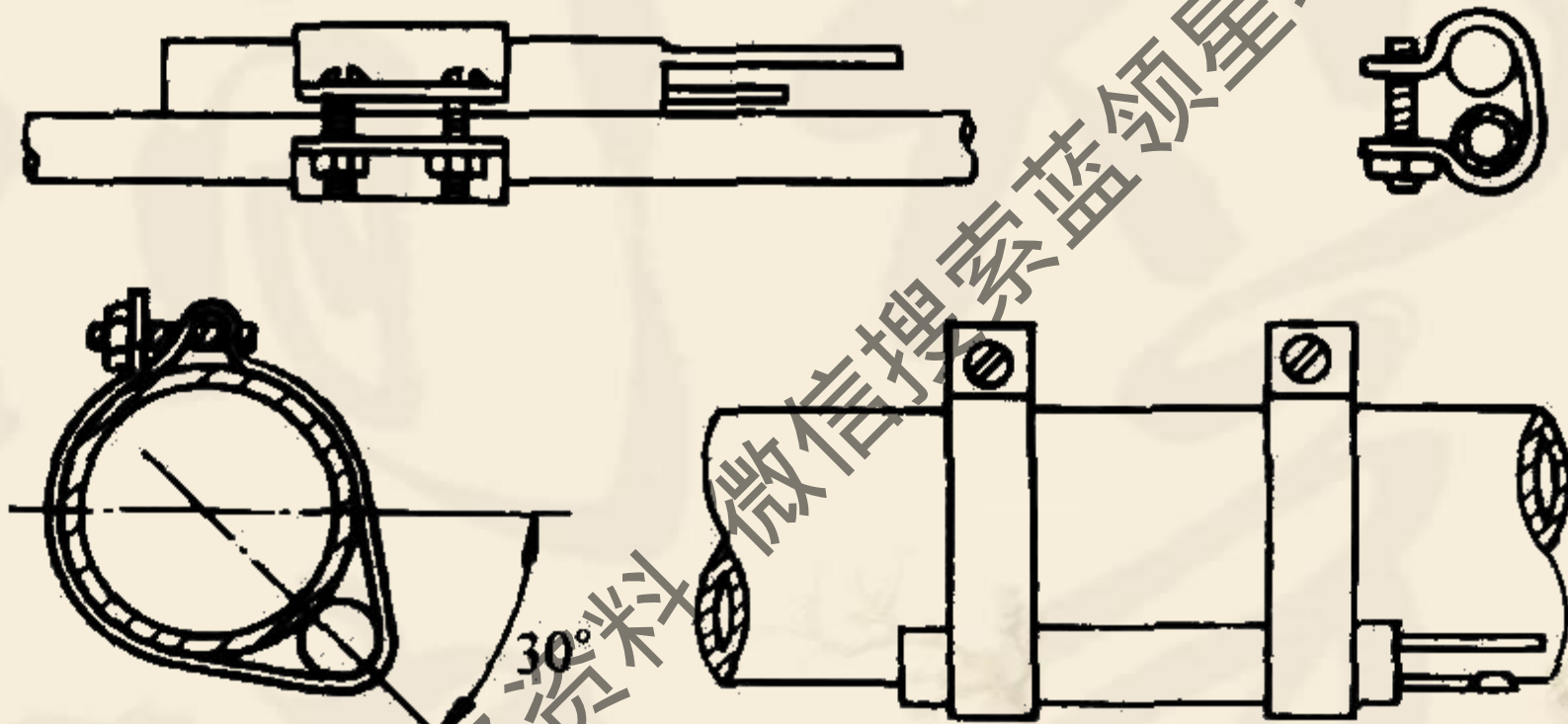
热力膨胀阀的安装

热力膨胀阀的安装位置应靠近蒸发器，阀体应垂直放置，不可倾斜，更不可颠倒安装。由于热力膨胀阀依靠感温包感受到的温度进行工作，且温度传感系统的灵敏度比较低，传递信号的时间滞后较大，易造成膨胀阀频繁启闭和供液量波动，因此感温包的安装非常重要。

(1) 感温包的安装方法正确的安装方法旨在改善感温包与吸气管中制冷剂的传热效果，以减小时间滞后，提高热力膨胀阀的工作稳定性。

通常将感温包缠在吸气管上，感温包紧贴管壁，包扎紧密；接触处应将氧化皮清除干净，必要时可涂一层防锈层。当吸气管外径小于22mm时，管周围温度的影响可以忽略，安装位置可以任意，一般包扎在吸气管上部；当吸气管外径大于22mm时，感温包安装处若有液态制冷剂或润滑油流动，水平管上、下侧温差可能较大，因此将感温包安装在吸气管水平轴线以下45°之间（一般为30°），如图所示。为了防止感温包受外界温度影响，故在扎好后，务必用不吸水绝热材料缠包。

获取更多资料

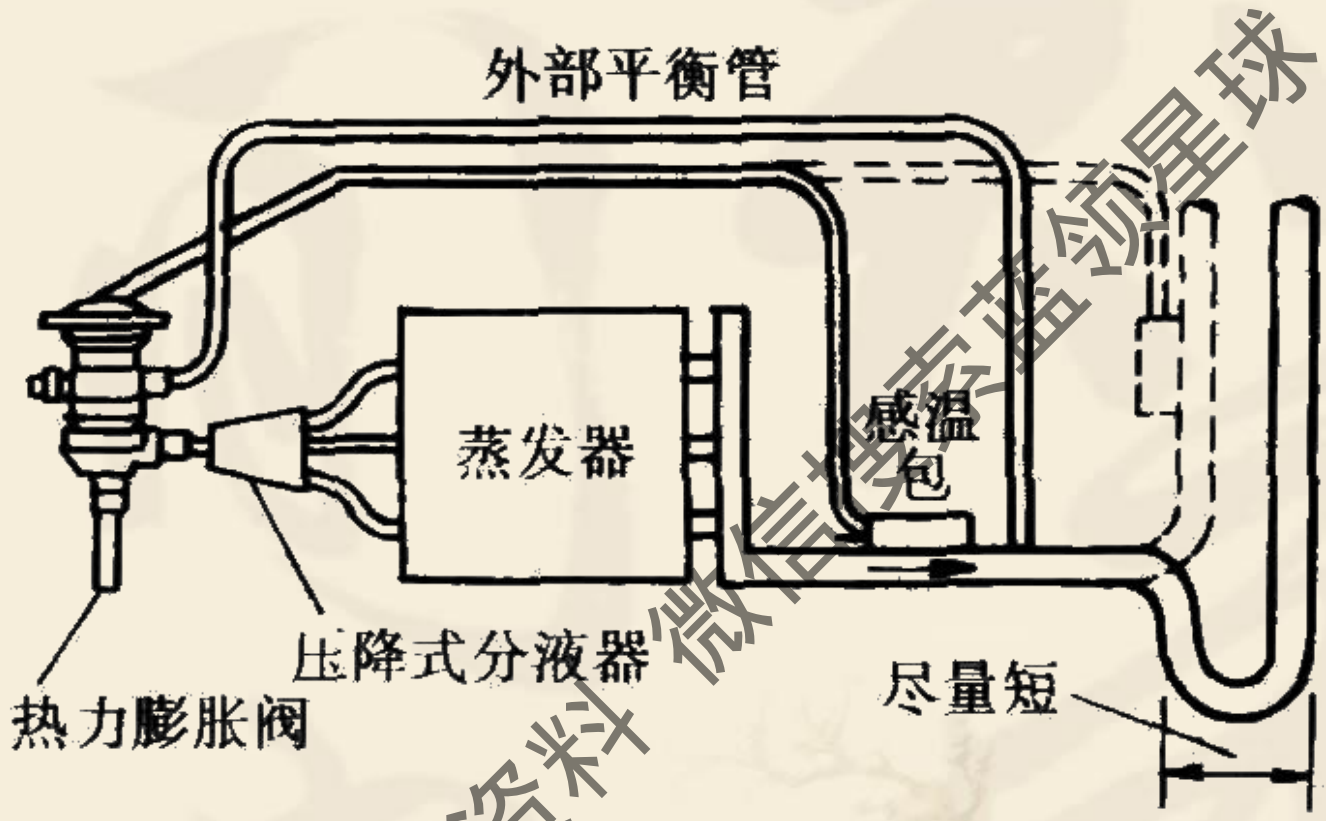


感温包的安装方法

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

(2) 感温包的安装位置感温包安装在蒸发器出口、压缩机吸气管段上，远离压缩机吸气口1.5m以上，并尽可能装在水平管段部分。但必须注意不得置于有积液之处。为了防止因水平管积液、膨胀阀操作错误，蒸发器出口处吸气管需要抬高时，抬高处应设存液弯，否则，只得将感温包安装在立管上，如图所示。

当采用外平衡式热力膨胀阀时，外平衡管一般连接在蒸发器出口、感温包后的压缩机吸气管上，连接口应位于吸气管顶部，以防被润滑油堵塞。当然，为了抑制制冷系统运行的波动，也可将外平衡管连接在蒸发管压力降较大的部位。



感温包的安装位置

获取更多资料 微信: 13336162666 星球

热力膨胀阀的调试

热力膨胀阀安装完毕后需要在制冷装置调试的同时也予以调试，使它在实际工况下执行自动调节。所谓调试，实际上就是调整阀芯下方的弹簧的压紧程度。拧下底部的帽罩，用扳手顺旋(由下往上看为顺时针方向)调节杆，使弹簧压紧而关小阀门，蒸发压力会下降。反旋调节杆，使弹簧放松，阀门开大，则蒸发压力上升。

获取更多资料
制冷技术领军星球

调整热力膨胀阀时，必须在制冷装置正常运转状态下进行，最好在压缩机的吸气截止阀处装一块压力表，通过观察压力表来判断调整量是否合适。如果蒸发器离压缩机较远，也可根据回气管的结霜（中、低温制冷）或结露（空调用制冷）情况进行判别。对于中低温制冷装置，如果挂霜后用手摸上去有一种将手粘住的阴凉感觉，表明此时膨胀阀的开度适宜。在空调制冷装置中，蒸发温度一般在 0°C 以上，回气管应该结露滴水。但若结露直至压缩机附近，说明阀口过大，则应调小一些。

在装有回热器的系统中，回热器的回气管出口处不应结露；相反，蒸发器出口处如果不结露，则说明阀口过小，供液不足，应调大一些。调试工作要细致认真，一般分粗调和细调两段进行。粗调每次可旋转调节螺钉（即调节螺杆）一周左右，当接近需要的调整状态时，再进行细调。细调时每次旋转 $1/4$ 周，调整一次后观察20min左右，直到符合要求为止。调节螺钉转动的周数不宜过多（调节螺杆转动一周），过热度变化约改变 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

四、电子膨胀阀

无级变容量制冷系统制冷剂供液量调节范围宽，要求调节反应快，传统的节流机构(如热力膨胀阀)已不能胜任，而电子膨胀阀可以很好地满足要求。电子膨胀阀利用被调节参数产生的电信号，控制施加于膨胀阀上的电压或电流，进而达到调节供液量的目的。

电子膨胀阀由检测、控制、执行三部分组成。

按照驱动方式的不同，电子膨胀阀可分为电磁式和电动式两类。

1. 电磁式电子膨胀阀

电磁式电子膨胀阀的结构如图(a)所示，它是依靠电磁线圈的磁力驱动针阀。电磁线圈通电前，针阀处于全开位置。通电后，受磁力作用，针阀的开度减小，开度减小的程度取决于

施加在线圈上的控制电压。电压越高，开度越小(阀开度随控制电压的变化如图(b)所示)，流经膨胀阀的制冷剂流量也越小。

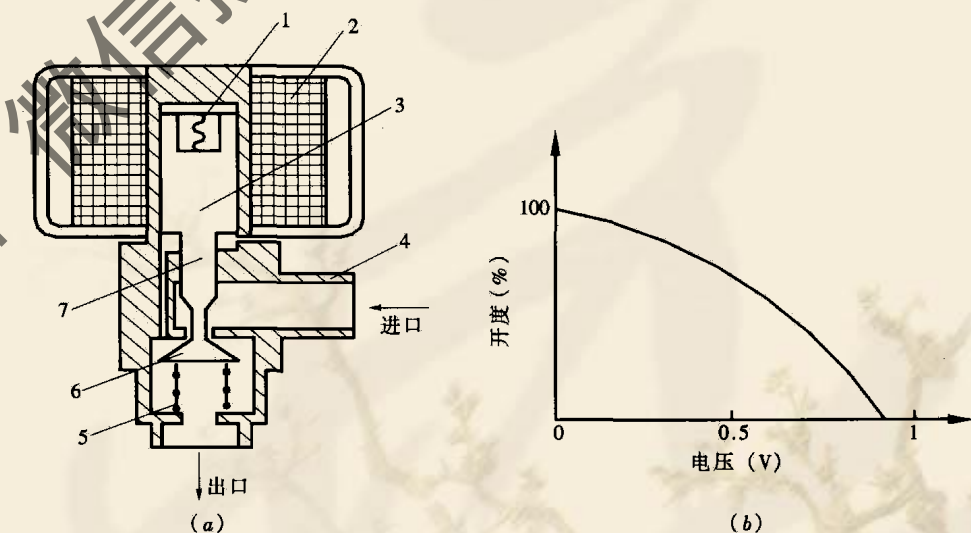


图 5-11 电磁式电子膨胀阀

(a) 结构图; (b) 开度-电压关系图

1—柱塞弹簧; 2—线圈; 3—柱塞; 4—阀座; 5—弹簧; 6—针阀; 7—阀杆

电磁式膨胀阀的结构简单，动作响应快，但是在制冷系统工作时，需要一直提供控制电压。

2. 电动式电子膨胀阀

电动式电子膨胀阀是依靠步进电机驱动针阀，分直动型和减速型两种。

(1) 直动型直动型电动式电子膨胀阀的结构见图(a)。

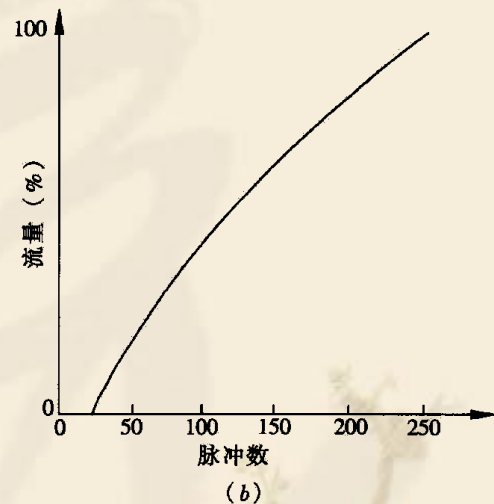
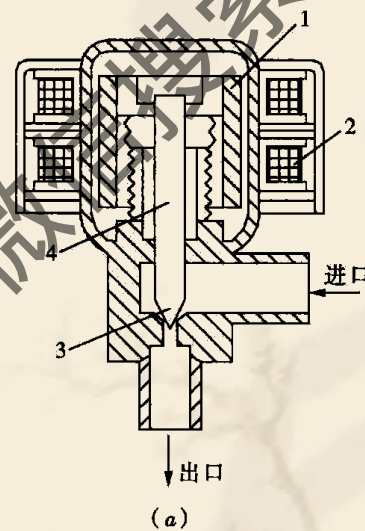
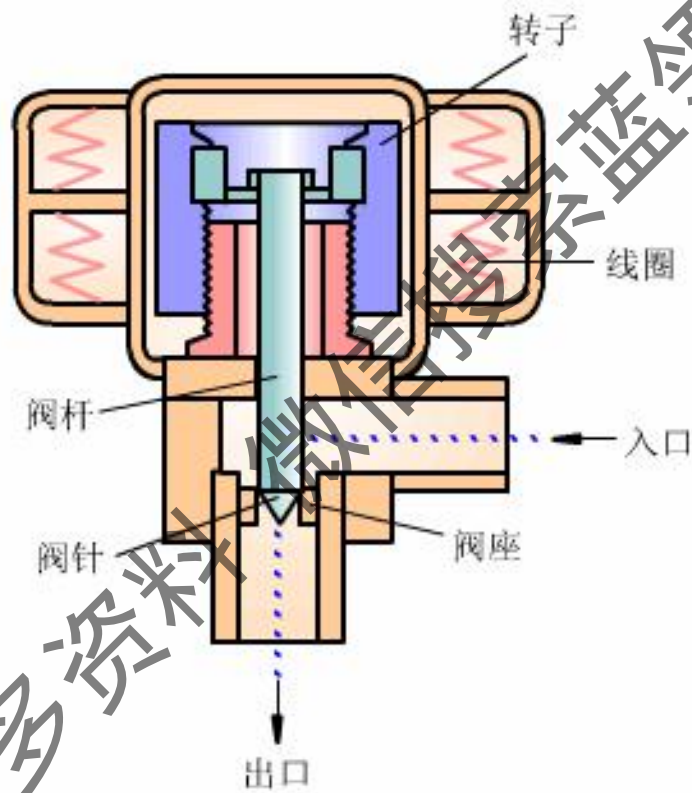


图 5-12 直动型电动式电子膨胀阀
(a) 结构图；(b) 流量-脉冲数关系图
1—转子；2—线圈；3—针阀；4—阀杆



电动式电子膨胀阀(直动型)

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

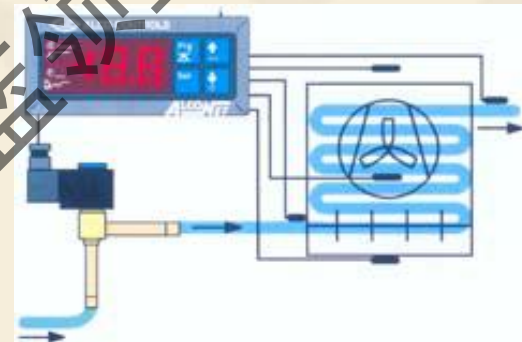
电子膨胀阀的优点是：

流量调节范围大；

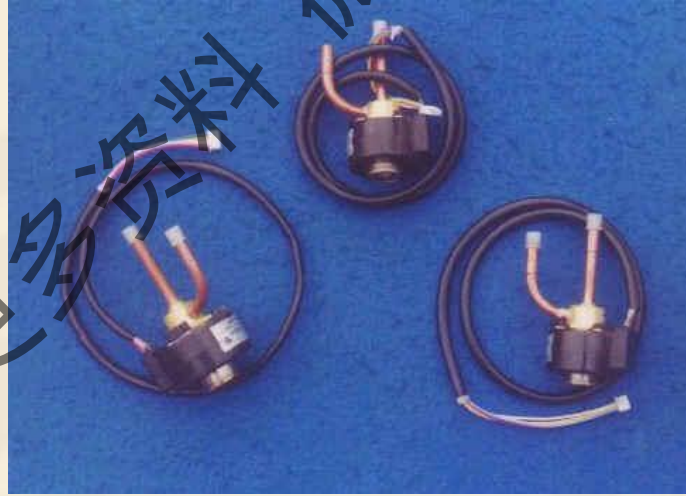
控制精度高；

适用于智能控制；

能适用于高效率的制冷剂流量的快速变化。



获取更多资料 微信搜索蓝领星球



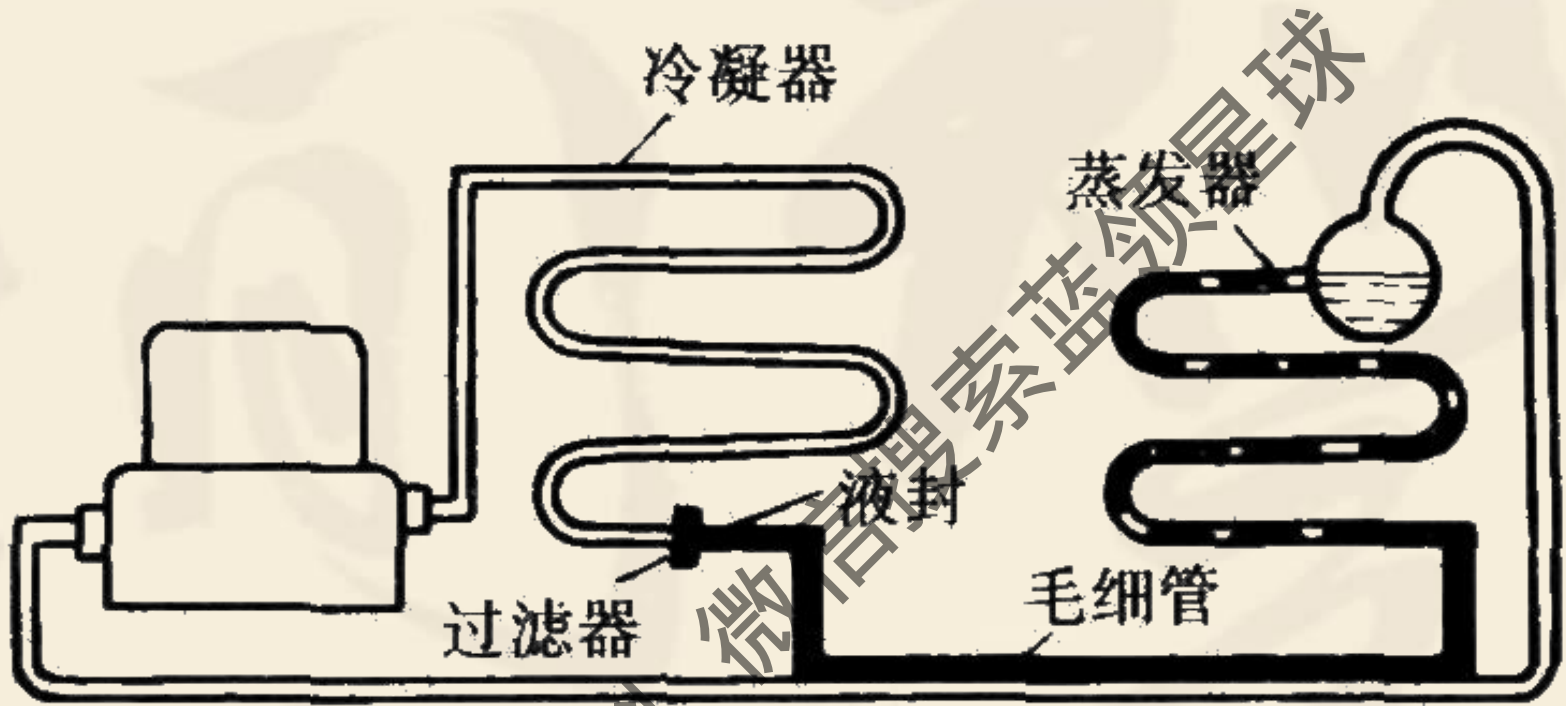
微信搜索蓝须星球

获取更多资料

(五) 毛细管

毛细管作为制冷循环的流量控制和节流降压部件，已被广泛应用于小型全封闭式氟利昂制冷装置中，如家用冰箱、冰柜、空气调节器和小的制冷机组。它是一种便宜、有效、没有摩擦损失的节流机构。由于直径小，其通路容易阻塞，所以在毛细管的前面应固定一种性能良好的过滤器，以防止脏东西进入。

毛细管通常采用直径为 $0.6\sim 2.5\text{mm}$ ，长度为 $0.6\sim 6\text{m}$ 细而长的纯铜管代替膨胀阀，连接在蒸发器与冷凝器之间。下图为制冷装置工作原理图。



制冷装置工作原理图

获取更多资料

毛细管的供液能力主要取决于毛细管入口制冷剂的状态(压力 p_1 和温度 t_1)，以及毛细管的几何尺寸(长度 L 和内径 d_1)。而蒸发压力 p_0 ，在通常工作条件下对供液能力的影响较小，这是因为蒸气在等截面毛细管内流动时，会出现临界流动现象；当毛细管出口的压力(即蒸发压力 p_0)等于临界压力 p_{cr} ，即 $p_0=p_{cr}=p_2$ ，通过毛细管的流量达到最高；当毛细管出口的压力(即蒸发压力 p_0)低于临界压力 p_{cr} ，管出口截面的压力 p_2 等于临界压力 p_{cr} ，通过毛细管的流量保持不变，其压力的进一步降低将在毛细管外进行；

只有当毛细管出口的背压(即蒸发压力 p_0)高于临界压力 p_{cr} , 管出口截面的压力 p_2 等于蒸发压力 p_0 , 通过毛细管的流量随出口压力的降低而增加。

毛细管的供液能力与其几何尺寸有关, 长度增加或内径减小, 供液能力减少。据有关试验介绍, 工况相同、流量相同条件下, 毛细管的长度近似与其内径的4.6次方成正比, 即

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{d_{i1}}{d_{i2}} \right)^{4.6}$$

也就是说，若毛细管的内径比额定尺寸大5%，为了保证供液能力不变，其长度应为原定长度的1.25倍，因此，毛细管内径的偏差影响显著。

毛细管的优点是结构简单，无运动部件，价格低廉；使用时，系统不需装设储液器，制冷剂充注量少，而且压缩机停止运转后，冷凝器与蒸发器内的压力可较快地自动达到平衡，减轻电动机的启动负荷。

毛细管的主要缺点是调节性能较差，供液量不能随工况变化而任意调节，因此，宜用于蒸发温度变化范围不大、负荷比较稳定的场合。

使用毛细管时还应注意以下几点：

1) 采用毛细管后制冷系统的制冷剂充注量一定要准确，若充注量过多则在停机时留在蒸发器的制冷剂液体过多，会导致重新启动时负荷过大，还易发生湿压缩，并且不易降温。反之，充液量过少，可能形成不了正常的液封导致制冷量下降，甚至降不到所需的温度。

2) 毛细管的孔径和长度是根据一定的机组和一定的工况配置的，不能任意改变工况或更换任意规格的毛细管，否则会影影响制冷设备的合理工作。

3) 由于毛细管对制冷剂通过量的调节性能较差，因此它仅适用于运行工况比较稳定的制冷装置。

4) 由于毛细管内径小、管路长，极易被污垢堵塞，因此，制冷系统内必须保持清洁、干燥，一般在毛细管入口部分装设过滤器(网)。

5) 当几根毛细管并联使用时，为使流量均匀，最好使用分液器。分液器要垂直向上安装。

获取更多资料

毛细管



- ① 原理：利用孔径和长度变化产生压力差，实现节流降压，控制制冷剂流量。
- ② 应用：主要用于热负荷较小的家用制冷器具中，同时要求制冷系统有比较稳定的冷凝压力和蒸发压力，如空调、冰箱。
- ③ 特点：
 - ❖ 一般采用铜管，结构简单，制造方便，价格便宜，不易产生故障。
 - ❖ 压缩机停止运行后，冷凝器和蒸发器的压力可以自动达到平衡，减轻了再次启动电动机的负荷。
 - ❖ 对制冷剂流量的调节能力很低。



获取更多资料

微信搜索蓝领星球

(六) 节流孔板

截流式孔板属于固定式节流器，其结构虽然紧凑，但是只能用于节流，而不能进行流量调节，所以常用于溴化锂制冷机组、离心式制冷机组和某些测试系统。节流孔板的孔径设计应考虑高、低压侧的压力差和最高、最低负荷时的制冷剂流量等因素，一般可通过计算和试验来确定。

获取更多资料
微信搜索：制冷技术星球

思考题

- ❖ 1. 在制冷系统中节流阀的功能是什么？安装在什么位置？
- ❖ 2. 节流原理是什么？
- ❖ 3. 何谓过热度？
- ❖ 4. 膨胀阀是怎样根据热负荷变化实现制冷量自动调节的？
- ❖ 5. 分析内平衡式热力膨胀阀的优缺点？
- ❖ 6. 分析外平衡式热力膨胀阀的优缺点？
- ❖ 7. 毛细管有何优缺点？
- ❖ 8. 通过调查，制冷空调设备上还有那些节流装置应用？

辅助设备

一、阀件

制冷系统中常用阀件有截止阀、压力表阀和止回阀等。

(一) 截止阀

1、作用

获取更多资料 微信搜索蓝领星球