

“高薪技能状元行”系列

KONGTIAO JI ZHILENG SHEBEI
WEIXIU YIBENTONG

空调及制冷设备维修 一本通

王新华 编著



- 行行都有**状元郎**
- 只要拥有一**专长**
- 高薪并非是**梦想**



ARPTIME
时代出版

时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

“高薪技能状元行”系列

空调及制冷设备 维修一本通

王新华 编著



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

空调及制冷设备维修一本通/王新华编著. —合肥:
安徽科学技术出版社, 2016. 1
(“高薪技能状元行”系列)
ISBN 978-7-5337-6705-1

I. ①空… II. ①王… III. ①空调-维修-基本知识
②制冷装置-维修-基本知识 IV. ①TM925. 120. 7
②TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 126994 号

空调及制冷设备维修一本通

王新华 编著

出版人: 黄和平 选题策划: 刘三珊 责任编辑: 刘三珊
责任校对: 程苗 责任印制: 廖小青 封面设计: 王天然
出版发行: 时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场, 邮编: 230071)
电话: (0551)63533323

印制: 合肥创新印务有限公司 电话: (0551)64321190
(如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂商联系调换)

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.25 字数: 329 千
版次: 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5337-6705-1

定价: 25.00 元

版权所有, 侵权必究

前 言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,制冷技术不仅在工业、农业、国防,而且在人民生活中得到越来越广泛的应用。特别是改革开放以来,电冰箱、空调器、冷藏柜等制冷设备的生产和使用飞速发展,大大促进了我国制冷技术水平的提高。为了适应现代制冷设备技术的发展,帮助广大技术工人,特别是中青年技术工人提高操作技能和技术水平,我们组织有关专家编写了《空调及制冷设备维修一本通》一书。

本书以《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》为依据,主要介绍初、中级制冷工必须掌握的基本知识和技能。全书系统地介绍了热力学、传热学、流体力学及电工学基础知识,制冷基本工作原理,制冷设备组成及其安装与调试,电冰箱、空调器及其他制冷设备基本维修技能等内容。

本书在编写中,注意参照国家制定的有关技术鉴定标准,突出能力本位,理论联系实际;行文力求简练、通俗易懂。在体系上采用模块结构,更具针对性和选择性,使读者学得进、用得上,适应就业的需要。本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的教材,也可作为技校、中职、各种短训班的教学用书。本书在编写过程中参考了大量的图书出版物和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心的感谢和崇高的敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 制冷维修基础知识.....	1
第一节 热力学基础知识.....	1
第二节 制冷基本工作原理	11
第三节 常用检测仪表	18
第四节 常用检修工具	27
第五节 焊接操作技术	39
第二章 制冷设备的维修	47
第一节 制冷设备的基本组成	47
第二节 制冷设备的安装	72
第三节 制冷系统的调试	82
第四节 空调器安装技能训练实例	90
第五节 制冷空调作业安全技术及其管理.....	110
第三章 空调器的维修.....	135
第一节 空调器的结构组成与工作原理.....	135
第二节 空调器维修常用仪器、仪表及材料	169
第三节 空调器故障检修方法.....	174
第四节 分体式空调器的维修.....	203
第五节 变频空调器的维修.....	225
第六节 空调器零部件的维修.....	257
第四章 制冷设备的维修.....	275
第一节 电冰箱的维修.....	275
第二节 其他制冷设备的维修.....	354
参考书目.....	384

第一章 制冷维修基础知识

第一节 热力学基础知识

一、温度

温度是物体冷热程度的量度。工程上常采用摄氏温标来标定,以符号 t 表示,单位为“℃”。即以在标准大气压力下冰的熔点为 0℃,水的沸点为 100℃,两点间分成 100 等份,每一等份为 1℃。

热力学上常采用热力学温标来标定,以符号 T 表示,单位为“K”。其等份大小与摄氏温标相同,但热力学温标的零度是以物质分子热运动完全停止为标准的,即表示为:

$$T = \frac{m\bar{w}^2}{2B}$$

式中 m ——分子质量;

$\bar{w}$ ——分子的均方平均速度;

B ——比例常数。

当上式为零时,即热力学温标的零度,此时恰好为摄氏温标的 -273.16℃,于是两种温标有如下的换算关系:

$$T = t + 273.16$$

进口设备有以华氏温标表示的,单位为“°F”。它与摄氏温标的换算公式为:

$$\text{摄氏温标} = \frac{5}{9} (\text{华氏温标} - 32)$$

二、压力

在工程上,常将作用于单位面积上的力称为压力。以符号 p 表示,单位为“Pa”,称为“帕斯卡”,简称为“帕”。在工程应用时,此单位太小,通常以它的百倍、千倍、兆倍来表示。即

$$1 \text{ MPa} = 10^3 \text{ kPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

它与旧的压力单位换算式为

$$1 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2 \approx 10 \text{ kgf/cm}^2$$

一个标准大气压值为 $101\,325 \text{ Pa}$,在工程计算中,把标准大气压值近似取 0.1 MPa 。

工程上常用压力表测量容器的压力值,容器内的压力称绝对压力,以符号 p 表示。表压力是所测容器内的压力与大气压力的差值,以 $p_{\text{表}}$ 表示为

$$p = p_{\text{表}} + \text{当地大气压力} \approx p_{\text{表}} + 0.1 \text{ MPa}$$

进口设备有以“ 1 bf/in^2 ”即“磅力/英寸²”来作压力单位的,其换算关系为

$$1 \text{ bf/in}^2 = 6.895 \text{ kPa}$$

当容器内抽取真空时,其真空度为当地大气压力值与容器内剩余的绝对压力值的差。

三、比容与密度

比容是单位质量的气体所占有的容积。用符号 V 表示,单位为“ m^3/kg ”。密度是单位容积所容纳的气体质量。用符号 ρ 表示,单位为“ kg/m^3 ”。密度是比容的倒数。

四、热量与比热容

热量是物体吸热或放热多少的量度。以符号 Q 表示,单位为“J”,即“焦耳”,简称为“焦”。工程上常以焦尔的千倍作单位,称“千

焦”，即“kJ”， $1\text{ kJ}=1\,000\text{ J}$ 。

在实际应用中常以热流量即单位时间内换热量来表示，单位用“W”，即“瓦”，与热量的关系为

$$1\text{ W}=1\text{ J/s}; 1\text{ kW}=3\,600\text{ kJ/h}$$

与旧单位的换算为

$$1\text{ kcal}=1.1868\text{ kJ}\approx 4.2\text{ kJ}; 1\text{ kcal/h}=1.163\text{ W}$$

比热容是单位质量物体温度升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量。常用符号 c 表示，单位为“ $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ”。严格地讲，这种比热容应称为质量比热容。例如水的质量比热容为 $4.2\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

除此而外，工程上常用的还有定压比热容 c_p 和定容比热容 c_v ，本书在非特别注明时，均指的是质量比热容。

所谓定压比热容，是指气体在热交换时所处的压力不变时的比热容；所谓定容比热容，是指气体在热交换时所处的容积不变时的比热容。

热量与比热容存在如下的关系式

$$Q = c \cdot m(t_2 - t_1)$$

式中 Q ——热交换量(kJ)；

c ——物体的比热容 $[\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})]$ ；

m ——物体的质量(kg)；

t_1, t_2 ——物体热交换前、后的温度值($^{\circ}\text{C}$)。

其中 c 与 m 的乘积也称为热容量，它表示某一物体温度升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量。通常在计算中，物体吸热定为正值，物体放热定为负值。

五、显热、潜热及物态变化

1. 显热

物体在加热(或冷却)过程中，温度升高(或降低)所需吸收(或放出)的热量，称为显热。它能使人们有明显的冷热变化感觉，通常可

以用温度计测量物体的温度变化。

如果把一杯开水(100°C)放在空气中冷却,不断地放出热量,温度也不断地下降,但其形态仍然是水,这种热量称为显热。同样,把开水放入电冰箱中,它的温度会逐渐下降,在冷却到 0°C 之前放出的热量也是显热。

2. 潜热

当单位质量的物体在吸收或放出热量的过程中,其形态发生变化,但温度不发生变化。这种热量无法用温度计测量出来,人体也无法感觉到,但可通过实验计算出来,这种热量就称为潜热。

例如,把一块 0°C 的冰加热,它不断地吸热而熔化,但其温度保持不变,直至固体的冰完全熔化成水之前。这时单位质量的冰所吸收的热量称为熔化潜热;与上述现象相反,从 0°C 的水中抽取热量,则会使水凝固成冰,这时单位质量的水放出的热量就称为凝固潜热。 100°C 的水因沸腾而汽化时,所吸收的热量称为蒸发潜热,也称汽化潜热;相反, 100°C 的蒸汽变成 100°C 的水时,所放出的热量称为液化潜热。

物质在吸热或放热时,除了温度变化以外,还有状态的变化,即由固态 $\rightarrow$ 液态 $\rightarrow$ 气态,或者相反。也就是说,自然界里的物质在不同的条件下,以不同的状态存在,即固态、液态和气态,这三种状态可以相互转化。气体变成液体的过程称为冷凝(或液化),液体变成固体的过程称为凝固;固体变成液体的过程称为熔化,液体变成气体的过程称为汽化;固体直接变成气体的过程称为升华,反之称为凝华。

物质在状态变化过程中,总是伴随着吸热或放热现象。这种形式的热量统称为潜热,如熔化潜热、凝固潜热、汽化潜热、液化潜热、升华潜热和凝华潜热。在制冷系统中,研究物质在低温和高温条件下的状态变化很有意义。例如在冷凝器中,制冷剂在高温和高压条件下放热而液化;而在蒸发器中,制冷剂在低温和低压条件下吸热而汽化。因此,利用制冷剂的状态变化,可以实现制冷目的。

六、热力学定律

热力学第一定律就是能量守恒与转换定律:自然界一切物质都具有能量,能量以各种不同的形式存在,但它们能从一种形式转换成另一种形式,在转换过程中其总的能量保持不变。

热力学第二定律是用以说明热能与机械能之间相互转换的条件。具体内容为:机械功可以全部变为热量,但是热量却不能无条件地全部转换为机械功。或者说:高温物体能自发地向低温物体传热,而要低温物体向高温物体传热,则必须消耗机械功。

热力学第三定律指出:不可能用有限的手段使一个物体冷却到热力学温标的零度,只能无限地接近,但无法达到这个零度。

七、气体的压缩功及压容图($p-v$ 图)

气体压缩时,外力对气体做功。图 1-1 为一个理想的汽缸,活塞在汽缸里可作无摩擦运动,气体的压力为 p ,比容为 v ,当活塞在外力作用下使活塞向左移动,气体的比容减小,外力对气体做功,这功称为压缩功;反之,当汽缸内压力大于外部大气压力时,活塞要向右移动,气体膨胀使比容增大,气体对外界做功,这功称为膨胀功。在热力学中规定:膨胀功为正功,压缩功为负功。

假设汽缸里有 1 kg 气体,其压力为 p_1 ,比容为 V_1 ,在 $p-v$ 图上用 1 点表示它所处状态。如果对活塞施加外力 F ,使活塞向左移动,保持汽缸压力 p_1 不变,活塞移动后到达 2 点,汽缸里气体比容减小到 v_2 ,其压缩过程在图 1-1 中为一横线 1-2。在活塞无摩擦的理想情况下,对 1 kg 气体而言的压缩功为

$$L = ApS = p(v_1 - v_2)$$

式中 L ——压缩功(J);

A ——活塞面积(m^2);

p ——压力(Pa);

S ——活塞行程(m);

V_1, V_2 ——比容(m^3/kg)

上式中的压缩功 L 值在 $p-v$ 图上正好是过程线 1-2 下的一块面积。

在实际的压缩过程中,由于气体压力的不断升高,计算就变得更复杂了。但还是可以利用 $p-v$ 图,将压缩过程分成许多微小的压缩过程来计算。在这个微小的过程中,压力变化相当小,就可以近似地看成是等压过程,见图 1-2,可以用公式表示为:

$$L = \int_s A p \, dS = \int_{v_1}^{v_2} p \, dV$$

因此,利用 $p-V$ 图可非常方便地计算出压缩功。 $p-V$ 图在热力工程中又叫作示功图。

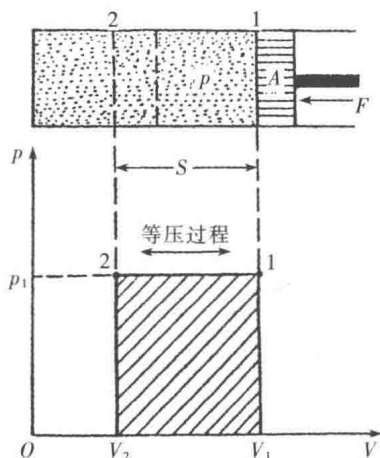


图 1-1 等压过程 $p-V$ 图

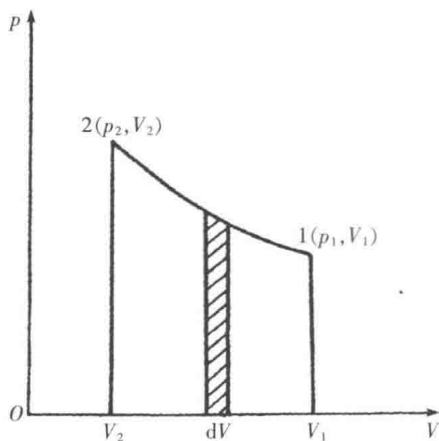


图 1-2 非等压过程 $p-V$ 图

八、比内能与比焓

物质自身内部都存有一定能量,这能量与分子运动及分子间的作用有关,分子动能和势能的总和称为内能,用 E 表示,单位为焦耳(J)。内能不能直接测量,而是用热力学第一定律推论出来的。

$m(\text{kg})$ 的物质具有 $E(\text{J})$ 的内能,那么, 1 kg 物质所具有的内能,即单位质量物质具有的内能称为比内能,用 u 表示,单位为 J/kg 。比内能是物质的一个状态参数。即

$$u = \frac{E}{m}$$

在热力工程计算中,流体的内能和推动功 pv 总是同时出现的,这两项的和称为焓,用 I 表示,单位为 J 。对于单位质量物质所具有的焓,则称为比焓,用 i 表示,单位为 J/kg 。

$$i = u + pv$$

从上式可知比焓 i 是 u 、 p 、 v 三个状态参数的复合体,因此比焓 i 也是气体状态参数。由于比焓的引进,使热力计算大大地简化了。

当物体的热力学温度为 0 K 时(即 -273.16°C),则物质的焓为零,又因为根据热力学第三定律可知,人们采用各种技术方法都只能接近 -273.16°C ,而不能达到这个温度,那么焓为零的状态则无法测出。所以工质焓的绝对值也不能用仪表测量,它只是在数学演算中定义的一个物理量。在工程中对工质焓的绝对值测定也不是必要的,需要的是从某一状态变到另一状态时,物质的比焓发生了多少变化量,即需要其相对值。因此,人们便可以人为定某状态的比焓为定值,再把其他状态时的比焓与之比较就可以了。例如习惯上把温度为 0°C 时的液态制冷剂的比焓定为 500 kJ/kg (也有定为 200 kJ/kg),把 0°C 时干空气的比焓定为 0 kJ/kg 。

九、比熵及温熵图($T-s$ 图)

熵是表征工质状态变化时与外界换热的程度。对于单位质量工质熵的变化称之为比熵,用 s 表示,单位为 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

比熵 s 与比焓 i 一样,都是工质的热力状态参数。其绝对值也无法测定,只需了解工质状态变化时其比熵变化的情况,也采用相对值。

如果 1 kg 工质吸收的热量为 q_1 ,温度为 T_1 。又经过放热放出

热量 q_2 , 温度为 T_2 。这一过程热量传递程度为

$$s_2 - s_1 = \frac{q_1}{T_1} - \frac{q_2}{T_2}$$

这一过程的结果为:

(1) $\Delta s > 0 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 时, 表示工质吸热。

(2) $\Delta s < 0 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 时, 表示工质放热。

(3) $\Delta s = 0 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 时, 表示工质的变化过程是绝热过程。

比熵的变化只与工质状态变化有关, 而与状态变化的过程无关。

在热力设备中, 常用 $T-s$ 图来计算工质与外界换热量的大小。用热力学温度 T 为纵坐标, 用比熵 s 作横坐标, 构成的热力状态图称为温熵图, 即 $T-s$ 图。如图 1-3 所示, 图中的任一点都代表工质的某种状态, 状态变化可用过程线来表示, 平行纵坐标为等熵过程, 平行横坐标为等温过程。图中 1 点至 2 点为等温过程, 该过程吸收热量 ($+Q$), 用 1—2 线下面的面积 1—2—3—4—1 表示; 1 点至 2' 点为放热过程, 放出热量 ($-Q$), 用 1—2' 线下面的面积 1—2'—3'—4—1 表示; 1 点至 5 点为等熵过程, 过程线 1—5 下面的面积为零, 既无吸热, 也无放热, 因此 1—5 过程称为绝热过程, 即等熵过程。

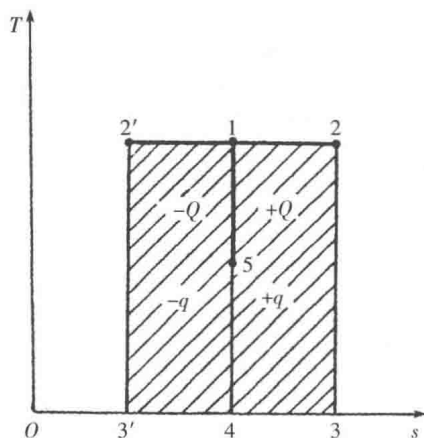


图 1-3 $T-s$ 图

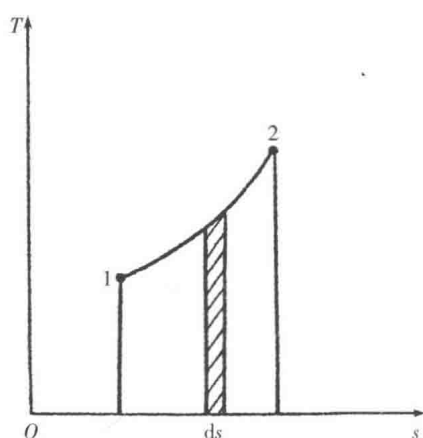


图 1-4 一般过程的 $T-s$ 图

如果过程中 T 是变化的,那么在 $T-s$ 图上的过程线是一曲线,如图 1-4 所示。在这种情况下,把过程 1—2 分成许多微小过程:即在横坐标上分为许多个 ds ,在每个微小过程中 T 可看作不变,这个微小过程的吸、放热可用过程线下的面积来表示。由于 $T-s$ 图能反映一个过程的吸热或放热,因此在热力过程中又称示热图。

下面以 R12(氟利昂)的 $T-s$ 图为例来分析制冷剂的温熵图:

图 1-5 为 R12 在定压下汽化过程的 $T-s$ 图。该过程经历三个阶段,呈现五种状态: $1^\circ-1'-1''-1$ 为这一过程线。其中 $1^\circ-1'$ 为液体加热阶段,点 $1'$ 为饱和液体; $1'-1''$ 为湿蒸气汽化阶段,点 $1''$ 为干饱和蒸气; $1''-1$ 为蒸气过热阶段,点 1 为过热蒸气。

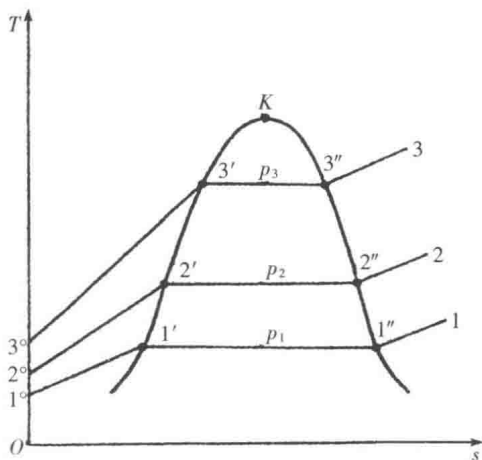


图 1-5 R12 的 $T-s$ 图

图中过程线 $2^\circ-2'-2''-2$ 与 $1^\circ-1'-1''-1$ 的不同点:压力提高后饱和温度升高,即液体的沸点提高,压力的提高使汽化过程缩短。若继续提高压力,得到与上述类似的情况。将不同压力下的 R12 汽化过程线画在 $T-s$ 图上,并作如下处理:

(1)将不同压力下代表饱和液体的各点连起来,得到一条饱和液体线 $1'-2'-3'-\dots$ 称为下界线。

(2)将不同压力下代表干饱和蒸气的各点连起来,得到一条

$1''-2''-3''-\cdots$ 就是干饱和蒸气线,称为上界线。

(3)上界线与下界线的交点 K 称为临界点,在临界压力下,液体汽化阶段缩短为一点,即汽化在一瞬间完成。

这样,在 R12 的 $T-s$ 图上可归纳出如下要点:

一点(临界点),二线(上界线、下界线),三区域(下界线左边的过冷液区、上界线右边的过热蒸气区、两线之间的湿蒸气区),五状态(过冷液体、饱和液体、湿蒸气、干饱和蒸气、过热蒸气)。

利用 $T-s$ 图可以很方便地表示和分析制冷装置的热力过程,如图 1-6 所示。1—2 为压缩机中的绝热等熵过程,从 1 吸入干饱和蒸气,排出过热蒸气,排出压力为 p_K ; 2—3 为冷凝器里的等压冷凝过程,3—4 为节流阀(毛细管)中的等焓节流过程,4—1 为蒸发器中的等压(p_0)汽化吸热过程。

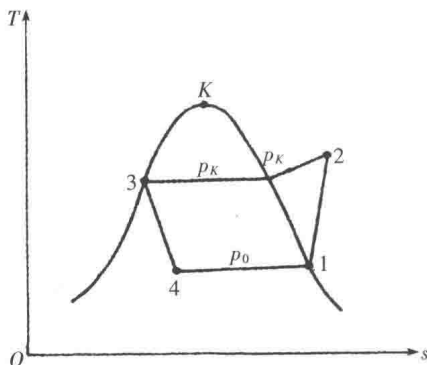


图 1-6 热力过程 $T-s$ 图

十、热效率和制冷系数知识

根据热力学第二定律可知,当以热能转为机械能做功时(即热机或发动机),总要损失一定的热量。如果消耗了 $Q(\text{kJ})$ 的热量,其中转换成机械功为 $W(\text{kJ})$,则可以建立下式:

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

式中的 η 称为热机的热效率,不难看出 η 总是小于 1 的。这是

评价热机好坏的重要参数。

对于反向工作的制冷机来讲,如果制冷机将 Q_c 的热量从低温物体中排至高温物体中,消耗的机械功为 W ,那么可以建立如下公式:

$$\epsilon = \frac{Q_c}{W}$$

式中 ϵ 称为制冷机的制冷系数,制冷系数值可以大于 1、等于 1 或小于 1,它是评价制冷机优劣的重要参数。

第二节 制冷基本工作原理

根据热力学第二定律,热量不会自发地从低温物体转移到高温物体。欲使热量从低温物体转移到高温物体,必须消耗外界功。制冷机就是消耗外界功,将低温物体的热量转移到高温物体的一种装置,称为制冷装置。

制冷装置按工作原理分,有蒸气压缩式制冷、吸收式制冷、热电制冷等。

一、蒸气压缩式制冷

蒸气压缩式制冷系统如图 1-7 所示,主要由压缩机、冷凝器、节

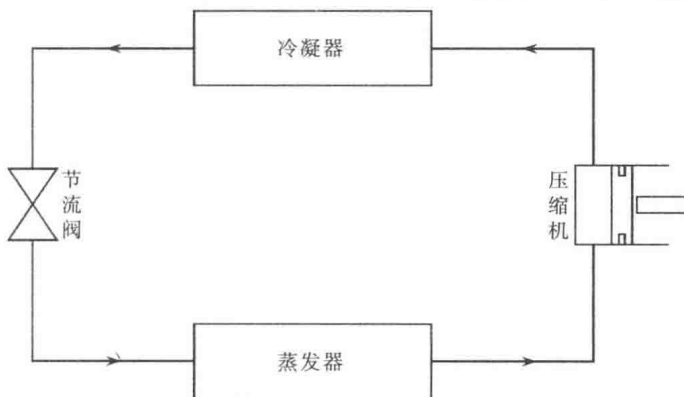


图 1-7 蒸气压缩式制冷系统示意图

流机构(如膨胀阀、毛细管等)、蒸发器等组成。制冷工质(即制冷剂)在蒸发器内吸收被冷却物体的热量并汽化成蒸气,压缩机不断地将产生的蒸气从蒸发器中抽出,并进行压缩,经压缩后的高温、高压蒸气排到冷凝器后向冷却介质(如水、空气等)放热冷凝成高压液体,再经节流机构降压后进入蒸发器再次汽化,吸收被冷却物体的热量,如此周而复始地循环。

二、吸收式制冷

吸收式制冷机是利用溶液对其低沸点组分的蒸气具有强烈的吸收作用这一特点达到制冷目的。吸收式制冷机内采用的工质是由低沸点物质和高沸点物质组成的工质对。其中低沸点物质作为制冷剂,高沸点物质作为吸收剂。在氨水溶液吸收式制冷机中,氨为制冷剂,水为吸收剂。在溴化锂水溶液吸收式制冷机中,水为制冷剂,溴化锂为吸收剂。目前广泛使用的是溴化锂水溶液吸收式制冷机。溴化锂的沸点很高(1265℃),在溴化锂水溶液上方的蒸气几乎全部为水蒸气,而溴化锂溶液中的溴化锂分子对水分子的吸引作用很强,使溶液上方水蒸气的饱和压力较之同温度下水的饱和蒸气压力低很多。由于溴化锂溶液和水之间存在蒸气压力差,溴化锂溶液即吸收水的蒸气,如图1-8所示。水则进一步蒸发吸收热量,使本身温度降低到对应的较低压力的蒸发温度从而实现制冷目的。溴化锂吸收式制冷机的主要设备有:发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、节流机构、溶液热交换器和溶液泵等,如图1-9所示。在发生器中,浓度较低的溴化锂溶液被加热,使溶液中的水蒸发出来,溶液则被浓缩。浓溶液送往吸收器,水蒸气则进入冷凝器凝结成冷剂水。冷剂水经节流机构降压后进入蒸发器蒸发吸热制取冷量,然后被吸收器中的溶液所吸收。吸收式制冷机的热力系数 ξ 定义为制冷量与耗热量之比,见下式。热力系数是衡量吸收式制冷机效率高低的,它相当于蒸气压缩式制冷机的制冷系数。