

全国就业训练家用电器修理专业统编教材

空调设备 原理及维修

（试用）

劳动部培训司组织编写



中国劳动出版社



全国就业训练家用电器修理专业统编教材

空调设备原理及维修

(试 用)

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

〈京〉新登字114号

空调设备原理及维修

（试 用）

劳动部培训司组织编写

责任编辑 韩 伟

中国劳动出版社出版

（北京市惠新东街1号）

北京隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 3.75印张 80千字

1993年9月北京第1版 1993年9月北京第1次印刷

印数：8000册

ISBN 7-5045-1271-0/TM·069（课） 定价：2.80元

内 容 提 要

本书是由劳动部培训司委托广东省劳动局组织编写的，供就业训练家用电器修理专业使用的补充教材。

本书介绍了蒸汽压缩式制冷的基本原理和基本知识、制冷剂、载冷剂和冷冻机油、空调机的组成、窗式空调器、空调制冷设备电器控制、制冷机运转与维修。

本教材可供职业学校、在职培训及自学使用。

本书由卢泓泽编写，张苑岳审稿。

前 言

根据“先培训、后就业”的原则，全面开展就业训练工作，是贯彻“在国家统筹规划和指导下，实行劳动部门介绍就业、自愿组织起来就业和自谋职业相结合”的就业方针和提高职工素质的一项重要措施。为了解决就业训练所需要的教材，使就业训练工作逐步走向规范化，自1986年以来，我司会同中国劳动出版社委托部分省、市劳动人事部门（劳动服务公司），分别组织编写了两批适合初中毕业以上文化程度的青年使用的就业训练教材。

第一批组织编写的就业训练教材有：烹饪、食品糕点、宾馆服务、商业营业、理发、公共交通客运、土木建筑、服装、钟表眼镜修理、无线电修理、家用电器修理、机械加工、纺织、针织、丝织、幼儿保教、财会等十七个专业及职业道德、就业指导、法律常识三门公用的教材。第二批组织编写了造纸、玻璃制造、汽车修理、化纤、胶鞋制造、轧钢、广告装潢等七个专业的教材，并补充编写了八大菜系的实习菜谱。这次又组织编写了电工、化工、陶瓷、制冷技术、印刷、林业等六个专业的教材。上述三十个专业和三门公用的教材，培训其他人员亦可使用。

为了加强学员的动手能力和处理实际问题的能力，专业课教材突出了操作技能的传授，力求把经过培训的人员培养成为有良好职业道德、遵纪守法、有一定专业知识和生产技能的劳动者。

就业训练工作是一项新的工作，参加编写这些教材的有

关同志克服了重重困难，完成了编写任务，对于他们的辛勤劳动，表示由衷的感谢。由于编写时间仓促和缺乏经验，这套教材尚有许多不足之处，请各地有关同志在使用过程中，注意听取、汇集各方面的反映与意见，并及时告诉我们，以便再版时补充、修订。

劳动部培训司

1991年7月

目 录

第一章 蒸汽压缩式制冷的基本原理与基本知识	1
§ 1—1 蒸汽压缩式制冷的基本原理	1
§ 1—2 基本知识	3
习题	15
第二章 制冷剂、载冷剂和冷冻机油	17
§ 2—1 制冷剂	17
§ 2—2 载冷剂	21
§ 2—3 冷冻机油	23
习题	24
第三章 空调机的组成	25
§ 3—1 空调制冷压缩机及其型号	25
§ 3—2 冷凝器和蒸发器	33
§ 3—3 膨胀阀和毛细管	37
§ 3—4 LH—48空调机	39
习题	44
第四章 窗式空调器	46
§ 4—1 概述	46
§ 4—2 窗式空调器结构和工作原理	49
§ 4—3 电器控制原理及使用操作	51
§ 4—4 安装和维修保养	61
习题	69
第五章 空调制冷设备电器控制	71
§ 5—1 常用控制电器	71
§ 5—2 制冷设备自控元件	74
§ 5—3 电器控制线路	87

习题	88
第六章 制冷机运转和维修	90
§ 6—1 清污、查漏和干燥	90
§ 6—2 卤化物喷焰气体检测器	93
§ 6—3 制冷机油和冷媒的充填及排放	95
§ 6—4 运转	100
§ 6—5 故障的原因及措施	103
习题	111

第一章 蒸汽压缩式制冷的

基本原理与基本知识

§1-1 蒸汽压缩式制冷的基本原理

一、制冷的基本原理

要使被冷却物体的温度低于周围环境的温度，并在要求的时间范围内保持稳定，必须借助人工方法才能达到。

人工制冷是利用某些低沸点液体汽化时，能在温度不变的情况下，吸收热量的性质来实现的。

在日常生活中，都有这样的经验，当夏天很热时，在屋内地面洒上一些水，由于水的蒸发，屋内可凉爽一些。这些现象说明物质在蒸发时要吸收周围物体的热量；反过来周围物体由于失去热量，本身温度下降，便收到制冷的效果。

人工制冷的方法很多，所用设备的结构也各不相同，目前常用的恒温恒湿机、冷风机、窗式空调器等大都是采用蒸汽压缩式制冷，因此我们主要介绍蒸汽压缩式制冷。

一般制冷设备的制冷原理都相同，它们都以压缩机、冷凝器、节流阀（即膨胀阀）和蒸发器为主的四大部分组成。设备之间用管道连接成为一个完全封闭的系统。见图1—1。

制冷剂在较低的温度状态下蒸发时吸收较大的热量，自身温度却不改变。例如在一个标准大气压下，R12制冷剂的沸点是 -29.8°C ，每千克R12沸腾汽化过程中约需要吸收

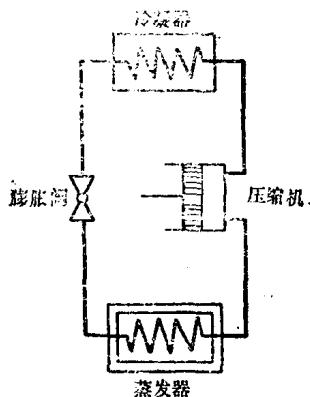


图1—1 蒸汽压缩式制冷原理

165.4千焦的热量。制冷就是利用制冷剂在系统中循环时不断从蒸发器中吸收热量，在冷凝器中放出热量的特性，达到制冷的目的。

二、制冷循环系统中各部分的作用

1. 蒸发器 蒸发器与被制冷的有限空间相通，机器通过它吸收室内的热量。

低温低压的氟利昂液体沿管子流入蒸发器，由于包围管子周围的空气是室内的热空气，制冷剂在蒸发器内吸收周围介质的热量蒸发成气体，作为要制冷的有限空间就散失热量，温度下降，达到制冷的目的。

2. 压缩机 要使制冷剂不断循环制冷，必须借助压缩机（压缩机由电机借助电能带动）进行热功转换，使制冷剂在系统中往复循环，因此它是制冷系统的“心脏”。压缩机将蒸发器中吸热后变成蒸汽的制冷剂经阀片吸入，并压缩成高温高压的过热蒸汽，经排汽阀片排出，送入冷凝器。

3. 冷凝器 从压缩机排出的高温高压过热蒸汽进入冷凝器后，制冷剂与管子周围流动的空气或冷却水进行热交换，使制冷剂热量减少，制冷剂由过热蒸汽逐渐变成饱和蒸汽，进而变成饱和液体，饱和液体温度继续下降，出现过冷。由于压缩机连续不断地向冷凝器输送蒸汽，所以在冷凝过程中压力保持不变。

4. 膨胀阀 它是一种节流装置，从冷凝器送来的高压液

体通过膨胀阀时因体积突然扩大而降压，在压力下降的同时，制冷剂液体因沸腾吸热而使本身的温度也相应下降。因而，只要降压足够，就可使其温度降低到需要的程度。经膨胀阀节流后的制冷剂部分成为低温低压的湿蒸汽，大部分是低温低压的液体。然后进入蒸发器重复前述的蒸发过程。

综上所述，要使制冷剂实现连续制冷，一台制冷机必须具备这四个基本的部件来使制冷剂循环和发生状态变化。蒸发器使制冷剂吸热汽化实现制冷；压缩机压缩制冷剂蒸汽，使它的压力由低压变为高压；冷凝器使高压蒸汽放热冷凝为高压液体，膨胀阀使高压液体经节流为低温低压汽液混合物，不断流向蒸发器从而达到循环制冷的目的。在这过程中为驱动压缩机必须消耗外功——电能。

§1-2 基础知识

前面介绍制冷原理时提到温度、压力、标准气压、饱和蒸汽、饱和液体、湿蒸汽、过冷等一系列概念，本节将介绍这些名词的含义。

一、温度

温度是物体冷热程度的量度。冷和热是相对的，我们不能简单地只讲冷或者热，必须有一定的标准，这个标准就叫温标，温度的标定方法有多种，下面分别介绍。

1. 摄氏温标 又称国际百度温标，以 $^{\circ}\text{C}$ 表示，摄氏温标是指在标准大气压下，以水的冰点为 0°C ，沸点为 100°C ，从 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之间分成一百等分，其中每一等分称为 1°C 。我国以摄氏温标作为量度温度的标准，通常用符号 t 表示。

2. 华氏温标 以 $^{\circ}\text{F}$ 表示。华氏温标是取在标准大气压

下，以水的冰点为 32°F ，沸点为 212°F ，从 $32\sim 212^{\circ}\text{F}$ 之间平均分成180等分，其中每一分为 1°F 。

摄氏温标与华氏温标之间的换算关系为：

$$\text{摄氏温度 } [^{\circ}\text{C}] = \frac{5}{9} (\text{华氏温度 } [^{\circ}\text{F}] - 32)$$

3. 绝对温标 又叫热力学温标，或称开氏（开尔文）温标，单位为K，通常以符号T表示。制冷工程计算中，常用绝对温标。它是指在标准大气压下，以气体分子停止运动时作为起点，称为0K，这时叫做绝对零度，绝对零度是理论值，实际上是不可能达到的，只能随低温物理技术发展不断接近它。所以又称为热力学温标。

绝对温标与摄氏温标的关系为：

$$T = t + 273$$

二、压力、压强与真空度

1. 压力和压强 物体表面所受到的垂直作用力称为压力。

单位面积上所受到的垂直作用力称为压强。

以上两个概念是物理学上的区分，制冷系统中习惯把物理上的压强称为压力。由于大量的气体分子不断地运动，与容器壁相碰撞，结果形成对容器壁的压力，它的方向总是垂直于容器壁的，如以N表示单位面积上受到的垂直作用力，S表示面积，则压力

$$P = N \cdot S$$

2. 压力单位 我国现行的法定计量单位制中力的单位是牛顿(N)，面积的单位是米² (m²)，故压力的单位是牛顿/米² (N/m²)，这单位也称为帕斯卡，简称帕 (Pa)。

由于帕的单位太小，实用上取它的 10^5 倍作为压力的单位。

三、绝对压力、表压力和真空度

工程上由于测量和计算的需要，还常用绝对压力、表压力和真空度来表示压力的大小。

1.绝对压力 绝对压力是指设备内部或某处所受到的实际压力。用符号 $P_{\text{绝}}$ 表示。

2.表压力 是用压力表测量得的设备内部或某处所受压力的读数值。用符号 $P_{\text{表}}$ 表示。这个读数值并不是系统的真实压力，因为在压力表制造时是以标准大气压作为表的0值。即压力表的读数值为0时，并不是说明这个设备内没受到压力，而是说明这个压力就是周围环境的大气压，也就是说表压力是指设备内部的绝对压力与当地大气压之差，即

$$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - B$$

式中 $P_{\text{绝}}$ ——绝对压力；

$P_{\text{表}}$ ——表压力；

B ——当地大气压力。

工程上往往近似地将大气压 B 当作 9.8牛/厘米^2 。

实际操作中是以表压力作为判断设备运行状态的标志，而在查阅有关的图表时所用的压力都是指绝对压力值。因此对于用压力表测得的读数，必须进行换算：

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B$$

3.真空度 是指设备内部或某处的绝对压力小于当地大气压力的数值。用符号 $P_{\text{真}}$ 表示。即

$$P_{\text{真}} = B - P_{\text{绝}}$$

制冷系统进行抽真空试漏和压力试漏，以便为系统充入制冷剂作准备。通常情况下，系统内和周围大气压是相等的（未加入制冷剂前），当真空泵向密闭系统抽吸空气时，密

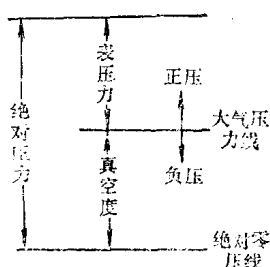


图1—2 压力真空关系
们之间的关系见图1—2。

四、热力学基本定律

1. 热力学第一定律 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，能量有各种不同的形式，能够从一种形式转化为另一种形式，从一个物体传递给另一个物体，在转化和传递中能量的数量不变。假使外界对系统做功为 A ，系统从外界吸收热量为 Q ，则系统内能的增加为

$$U_2 - U_1 = Q + A$$

2. 热力学第二定律 热量不能自发地从低温处向高温处传递，若要使热量从低温处传给高温处必须加入外功，即消耗一定的能量。

热力学第二定律揭示了热功转换和热量传递的条件、深度和方向。热量能自动从高温物体向低温物体传递，而不能自动从低温物体向高温物体传递。这说明了热量传递的方向性，这就像石头和水不能自动由低处向高处运动一样，但只要外界给它们加以足够的作用力，石头和水也能从低处向高处运动，这个外界的作用力称为“补偿”。同样热也并非绝对不能由低温物体向高温物体传递，在得到补偿或在外功作

闭系统内气体压力（绝对压力）将低于大气压力，这个差值就称为真空度。

综上所述，绝对压力表示作用于单位面积上压力的绝对值。表压力表示比大气压高出的数值。真空度表示比大气压低多少的数值。它

用下，热也能从低温物体向高温物体传递。人工制冷就是在消耗一定外功的条件下（蒸汽压缩式制冷是消耗电能）利用制冷剂的状态变化，将热量由低温物体向高温物体传递，从而达到制冷的目的。

五、蒸发、冷凝与汽液平衡

1.蒸发与沸腾 物质分子可以处于固、液和气三种状态，在一定条件下，物质的状态可以互相转化，从液态转变成气态的过程叫做汽化。汽化有两种方式：蒸发和沸腾。

(1) 蒸发 蒸发是一种只在液体表面进行的汽化现象，它在任何温度和压力下都在发生。例如把水洒到地面上，不需要 100°C 也能蒸发。

(2) 沸腾 沸腾是蒸发的特殊表现，是一种从液体内部和表面同时进行的汽化现象，它要在一定的温度和压力下才能发生。例如水在 101325 帕压力（1个大气压）下，需要 100°C ；R12在 101325 帕压力（1个大气压）下，需要 -29.8°C 。可见在同一压力下，不同物质的沸腾温度是不相同的。在不同的压力下，同一物质的沸腾温度也不相同。

蒸发和沸腾都需要吸收热量，这热量叫蒸发潜热或汽化潜热。

制冷技术中所讲的“蒸发”，通常理解为液体的沸腾过程，是指制冷剂在蒸发器内吸收了被冷却物体的热量后，由液态制冷剂汽化为蒸汽，这个过程是沸腾。当蒸发器内的压力一定时，制冷剂的汽化温度就是它对应的沸点，制冷技术中，习惯称之为蒸发温度。这时所对应的压力称为蒸发压力。

2.冷凝 物质从气态变成液态的过程叫冷凝（或叫凝结），也称液化。因此，通常所说的冷凝温度和冷凝压力，

也是指制冷剂在制冷系统中的冷凝器内，由汽态放热转变为液态过程中对应的温度和压力。

3. 汽液平衡 我们知道，任何物质都由分子组成，在一定的温度和压力下，这些分子都在不断地运动。在密闭容器内的液体，一些分子蒸发跑出液面，这些分子由于其相互作用以及它们和容器壁及液体表面的碰撞，其中的一部分又回到液体中去。当加热时液体温度升高，飞出液面的气体增多；当冷却（去热）时，从气体转变为液体的分子数增多。

一定的温度和压力下，当飞出液面的分子数与返回液体的分子数相当时，叫汽液平衡。汽液平衡状态下，蒸汽的密度不再改变，达到饱和。饱和状态下的蒸汽叫做饱和蒸汽（又叫湿蒸汽），饱和蒸汽的压力叫做饱和压力（或饱和蒸汽压）。这时的液体状态叫饱和液体。饱和蒸汽和饱和液体的温度称为饱和温度。压力不同时，物质的饱和温度不相同。

一定压力下，如果在汽液平衡状态下继续对液体加热，液体会全部变成气体，这时的蒸汽称为干饱和蒸汽。

继续对于饱和蒸汽加热，温度会继续升高，这时的蒸汽称为过热蒸汽。这时的温度会高于饱和温度，过热蒸汽的温度超过饱和蒸汽的温度的数值称为过热度。

一定的压力下，温度低于饱和温度的液体，称为过冷液体。过冷液体的温度低于饱和温度的数值称为过冷度。

制冷剂在制冷系统内的状态变化，可以用图1—3来表示。

六、热量

热是能量的一种形式，从分子运动论的观点来看，热能是分子热运动的动能。热能是可以随着物质运动由这种形式

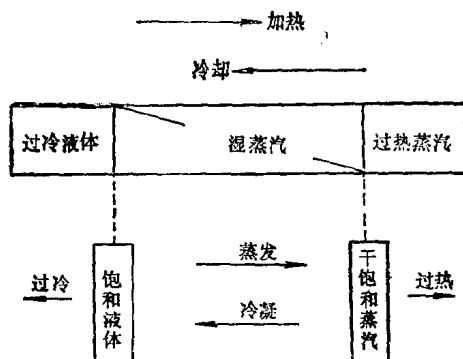


图1—3 制冷剂状态变化

转换成另一种形式的能量，也可随运动由这个物体传到另一个物体，运动得越快热能越多。

1. 热量 热量是物体吸热多少或放热多少的度量。也可以说热量是物质热能转移的度量。热量用符号 Q 表示。

我国法定的计量单位制中，热量的单位用焦耳（J）表示，由于焦耳太小，一般用千焦（kJ）表示。

2. 比热 比热是使质量为1千克的物体被加热温度上升（或降低） 1°C 所吸收（或放出）的热量。用 C 表示，单位是焦耳/千克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

物质在温度改变时，所吸收或放出的热量用下式计算，

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

式中 Q ——吸收或放出的热量，J；

m ——某物体的质量，kg；

t_1 ——某物体的初始温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_2 ——某物体的终末温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

C ——某物体的比热，焦耳/千克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

水的比热是4186.8焦耳/千克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。