

30年代家用电器实用丛书之一

家用空调

原理检测维修技术

刘学志 ● 渝阳 ● 刘力 ● 华彤 / 编著



JIAYONGKONGTIAOQIYUANLIJIANCEWEIXIUJISHU

★ 黄 ★ 河 ★ 出 ★ 版 ★ 社 ★

家用空调器原理·检测·维修技术

刘学志 渝 阳 刘 力 华 彤 编著

黄 河 出 版 社

(鲁)新登字第13号

责任编辑 王 煦

封面设计 戴梅海

书名 家用空调器原理·检测·维修技术
著者 刘学志 渝阳 刘力 华彤 编著
出版 黄河出版社 (250002)
发行 济南市英雄山路19号
经销 各地新华书店
印刷 莱芜市印刷厂印刷
规格 787×1092毫米 16开本
11.75印张 180千字
版次 1995年3月第1版
印次 1995年3月第1次印刷
印数 1—5000册
书号 ISBN 7-80558-586-5/T·07
定价 12.80元

前 言

随着国民经济建设迅速发展,高档家用电器——空调已广泛进入了家庭,直接影响着人们的生活质量。科学技术的进步,使家用空调器品种日新月异,使用功能日益扩大,性能不断提高,外观设计新颖高雅。空调器的电器控制、制冷换热系统和其机械结构较为复杂。掌握空调器的使用维修常识已成为众多用户所求,也是专业技术人员的必修课。目前,家用空调器的书籍甚为缺乏。作者把多年授课的讲义和实践经验进行整理、编著出版此书。献给读者。鉴于家用空调器较为复杂,本书首先介绍了换热的一些理论知识,进而结合典型空调器的结构,分别用图表、特性曲线阐明其工作原理和基本概念。为了便于读者学习掌握空调器有关技术、维修方法,本书还对空调器整机安装、检测技术,各种控制电路及遥控技术,负离子发生器工作原理、具体电路等,制冷剂润滑油的性能和常见故障做了详细介绍。并对修后通电试车、调试运行等方法也一一作了讲述。本书所述内容曾作为信阳陆军学院地方生系大专学生用教材,讲授多次,效果甚好。书中文字简明易懂,文中配图,形象直观,内容新颖,实用性强。

本书第一、二、三章由刘学志、华彤编写;第四、五章由刘力等编写;第六章由渝阳编写等;第四、五章由刘力等编写;第六章由渝阳等编写。采取先制定大纲后分工撰写方式编著,由刘学志统稿审定。在编写过程中得到了中国人民解放军济南陆军学院有关领导的支持,谨此致以谢意。

电子技术换热技术日新月异,不断发展由于作者水平所限,书中错误和疏漏之处,恳请读者指正。

编著者

1994.12 于济南

目 录

第一章 制冷技术基础和热力学基本知识	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 热力学第一、二定律	(7)
1.3 焓与熵, 空气的焓—湿图 ($i-d$ 图)	(8)
1.4 传热	(10)
第二章 蒸发压缩式制冷系统的制冷原理	(13)
2.1 蒸发压缩式制冷换热原理	(13)
2.2 压—焓图 ($lgp-i$) 的结构和应用	(14)
2.3 制冷循环各部件的作用和结构	(20)
2.4 制冷剂 (工质)	(20)
2.5 冷冻润滑油	(28)
第三章 家用空调器	(32)
3.1 概述	(32)
3.2 家用窗式空调器的结构和工作原理	(34)
3.3 分体式空调器的结构和工作原理	(44)
3.4 家用空调器除湿系统和除湿过程	(46)
3.5 豪华型空调器中负离子发生器工作原理	(48)
第四章 空调器中电气控制和控制元件	(55)
4.1 空调器用温控器	(55)
一、波纹管式温控器	(55)
二、电子温控器	(55)
4.2 空调器中除霜 (冰) 控制	(56)
4.3 空调器压缩机组各种保护装置	(57)
4.4 空调器电气原理图	(60)
第五章 现代家用空调器中遥控器原理与维修技术	(83)
5.1 概述	(83)
5.2 遥控器的基本原理	(83)
5.3 简单红外线遥控开关检测维修	(86)
5.4 多路遥控开关工作原理、检测维修	(88)
5.5 采用脉冲编码技术多重调制式红外线遥控多路开关	(96)
5.6 电子控制电路和微电脑程控电路	(105)
5.7 空调器中鼓风机用抗干扰型超声波遥控器	(113)
第六章 家用空调器安装检测和维修技术	(121)
6.1 空调器安装技术	(121)

一、空调器安装前的准备·····	(121)
二、窗式空调器安装技术·····	(121)
三、分体式空调器安装技术·····	(122)
6.2 恒温、恒湿空调一般性能指标·····	(131)
6.3 家用空调器检测维修技术·····	(133)
一、空调器检测步骤、工具和材料·····	(134)
二、空调器制冷系统泄漏和堵塞的检测技术·····	(135)
三、空调器制冷系统的清洗技术·····	(139)
四、空调器制冷系统的抽真空技术·····	(140)
五、冷冻机油和制冷剂的充灌技术·····	(141)
六、空调器压缩机的检测技术·····	(145)
七、空调器各制冷部件的检测·····	(152)
6.4 家用空调器常见故障分析、处理、封口、焊接技术·····	(153)
一、窗式空调器故障分析、处理与维修·····	(153)
二、分体式空调器故障分析、处理维修·····	(156)
三、封、焊技术·····	(164)
6.5 空调器安装检修后通电试车、调试运行·····	(167)
一、运行中检测·····	(168)
二、空调器技术指标的调试、调整·····	(169)
附录 I 制冷工程常用单位换算表 1, 表 2, 表 3·····	(172)
附录 II 各种空调器的技术指标·····	(173)
表 II /1 冷热两用窗式空调器的主要技术指标·····	(173)
表 II /2 单制冷的窗式窗调器的主要技术指标·····	(173)
表 II /3 部分民用建筑需要空调温度、湿度参数·····	(174)
表 II /4 电子计算机房空气温、湿度要求·····	(174)
表 II /5 空调器零部件配套参考表·····	(174)
表 II /6 除湿器的技术指标·····	(176)
表 II /7 去湿器的技术指标·····	(177)
表 II /8 国外 3/4 马力空调器技术性能表·····	(177)
表 II /9 负离子型窗式空调器的技术指标·····	(178)
表 II /10 热管空调器的主要技术指标·····	(178)
表 II /11 国外 1 马力空调器技术性能表·····	(179)
表 II /12 分体式空调器的主要技术指标·····	(180)
表 II /13 列车车顶集中式空调设备的技术指标·····	(181)
表 II /14 空调式冷风机的技术指标·····	(181)
参考文献·····	(182)

第一章 制冷技术基础和热力学基本知识

1.1 概述

一、制冷

制冷就是采用人工方法制造出一个低温环境，即从被冷却物体中吸取热量，并将其冷却至常温以下。制冷必须进行热量的转换，因此需要特殊的介质和专用设备。

制冷换热有以下几种方法：

1. 利用冰在融化时从周围吸热，使周围的物体冷却。这种方法不能获得 0°C 以下的低温。
2. 利用冰和盐类混合物的融解热产生低温。这种方法可获得 0°C 以下的低温。
3. 利用固体二氧化碳（干冰）升华为气体时，从周围吸取大量的升华热，实现制冷。这种方法可获得低温或超低温。
4. 利用低温状态下容易蒸发的液体蒸发时吸热，实现制冷。这是目前广泛应用的制冷方法，如家用空调、汽车空调的制冷过程。
5. 利用高压气体膨胀吸热，实现制冷。本方法也可用于空调系统。
6. 利用半导体制冷（温差制冷），目前处于研究阶段。

以上各种制冷换热方法，归纳起来可分为两种：即利用物质的融解、升华、蒸发等物理变化实现制冷；消耗能量从低温物体中吸取热量，并将此热量传递给高温物体实现制冷。前者称为自然制冷，后者称为人工制冷。人工制冷方式主要有蒸气压缩式、吸收式、蒸气喷射式等。目前应用最广泛的制冷方法是蒸发压缩式。

二、温度、热

（一）温度

温度是表示物体冷热的程度及物体吸热和放热的变化结果。物体放热后变冷，吸热后变热，常用 T 或 t 表示。常用表示温度的方法有三种：

1. 华氏温标，用“ $^{\circ}\text{F}$ ”表示。它是取在标准大气压下，冰的熔点定为 32°F ，把水的沸点定为 212°F ，两点之间分为 180 等份，每一等份，称为华氏 1 度，即 1°F 。
2. 摄氏温标，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。它是把标准大气压下冰的熔点定为 0 度，水的沸点定为 100 度，两点之间分为 100 等份，每一等份称为摄氏 1 度。
- 1 标准大气压 $= 760\text{mmHg}$ ，即 1.013×10^5 帕斯卡，1 帕斯卡 $= 1$ 牛/米²
3. 绝对温标，也称热力学温标 K ，单位为“ $^{\circ}\text{K}$ ”。热力学中规定当物质内部分子运动速度等于 0 时，为物质的最低温度，这就是绝对 0 度。其值在冰点以下 273°C ，即 -273°C ，精确值为 -273.15°C 。绝对温标的分度间隔与摄氏温标相同，即摄氏温差 1°C 就是绝对温差 1°K 。注意绝对 0 度是低温极限值。

三种温标的关系：

(1) 华氏→摄氏温度

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

(2) 摄氏→华氏温度

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

(3) 摄氏→绝对温度

$$\text{绝对温度 } (^{\circ}\text{K}) = \text{摄氏温度 } ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

(4) 绝对→摄氏温度

$$\text{摄氏温度 } (^{\circ}\text{C}) = \text{K} - 273.15$$

(二) 热物质分子作无规则的运动，称热运动。当分子无规则运动的速度加快，物质的温度升高，这说明温度与热有密切的关系。同一种物体，吸收或放出的热量不同，其温度变化也不同；对不同的物体，即使所吸收或放出的热量相同，温度变化却不一定相同，当物体受热，温度会升高，当温度上升到一定程度时，物体又会改变它的形态，例如冰

(固) $\xrightarrow[\Delta]{\text{加热}}$ 水 (液) $\xrightarrow[\Delta\Delta]{\text{加热}}$ 气。

单位重量的物体温度升高(或降低) 1°C ，所吸收(或放出)的热量称为该物体的比热，用 C 表示，单位是 $\text{Kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。在一定条件下，水的比值为 $1\text{Kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ，空气的比热是 $0.24\text{Kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ，冰的比热为 $0.5\text{Kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。

热的传递方式有热传导、热对流、热辐射。

热传导：在一个物体或两个物体之间，热会从高温处向低温处转移。

热对流：当物体(或流体)内部出现温差时，高温处膨胀密度降低向上移动，低温处密度加大，在重力作用下向下移动形成对流。

热辐射：物体会不断地从其表面或多或少地散发热量。这种散发热和光一样，以电磁波形式沿直线方向前进。此热量遇到其他物体，一部分被物体反射。当物体是透明体时，一部分热能还要透过，其余的被物体吸收。这时该物体表面温度升高，此现象称辐射。

(三) 热的种类有显热和潜热两种。以水为例说明。

显热：在加热水时，温度低于 100°C ，所增加的热能使水的温度上升，这种热可直接测量。

潜热：当水加热达到 100°C 后，若继续加热液态水的温度不再上升，而使水变成气体，这种热不能用仪器直接测量出。

(四) 物质的三态。冰是固体，水是液体，水蒸气是气体，这三者虽然状态各异，但却是同一种物质。即在大气压和常温条件下水是液体， 0°C 以下则变为固态的水，而在大于 100°C 时是水蒸气。其他物质在一定的压力下经放热或吸热都可以改变其状态，根据不同的温度，可能是固体、液体或气体。

1. 气化：液体变成气体时称气化，气化有两种方式：①只在液体表面发生的气化现象叫蒸发；②当液体达到一定温度时，液体内部和表面同时进行的剧烈的气化现象叫沸腾，这时的温度称沸点。

2. 融解：由固体变成液体称为融解，这时对应的温度称为熔点。

3. 凝固：由液体变成固体称固化或冻结。

4. 液化：由气体变成液体称为凝结或液化。

5. 升华：由固体不经过液化，直接变成气体，如干冰（固体二氧化碳）称为升华。

上述固体、液体、气体称为物质的三态如图 1—1 所示。任何物质都是以其中的某一确定状态，或混合形态存在。

根据物质的状态转变，潜热有以下形式：

融解热：由固体变成液体时所需要的热（吸热）。

蒸发热：由液体变成气体时所需要的热（吸热）。

升华热：由固体变成气体时所需要的热（吸热）。

凝结热：由气体变成液体时所需要的热（放热）。

凝固热：由液体变成固体时所需要的热（放热）。

固化热：在一定的条件下，由气体直接变为固体时所需要的热（放热）。

在制冷工程中进行热转换，研究物质在低温条件下的状态变化很有意义。例如在冷凝过程中，气体制冷剂在高温高压条件下放出热量而本身液化；在蒸发过程中，液体制冷剂则在低压条件下吸热蒸发而变成气体。制冷进行热转换就是利用制冷剂的状态变化实现的。

（五）热量。热量是能量的一种形式，是表示物体吸热或放热多少的物理量。而物体在吸热或放热时有温度变化，但其质量不变。

热量的单位：卡（cal），千卡（Kcal）。

1 卡 = 1 克水温度上升 1°C 所需要的热量。

1 千卡 = 在 1 个大气压下 1 公斤水从 14.5°C 升高到 15.5°C 所需的热量。制冷系统常用制冷量表示：千卡/小时。

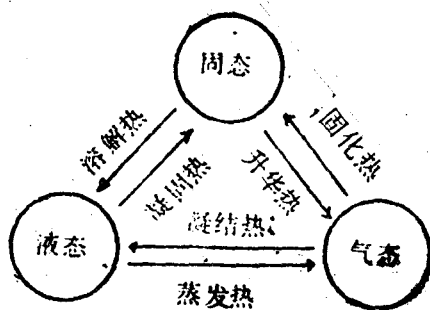


图 1—1 物质的三态

三、压力与压强

物体表面所受到的垂直作用力称为压力。

单位面积上的压力称为压强，用符号 P 表示。例如密闭容器里注入气体，气体向外膨胀，使容器的内壁向外推压，这个推力，即在内壁产生的垂直作用力，称容器内压力。习惯上称压强为压力。

（一）单位

1. 工程度量制压力单位。力的单位用公斤（kgf）表示，单位面积（ cm^2 ）表示，即有公斤·力/厘米²（kgf/cm²）

或有 $1\text{kgf/cm}^2 = 10,000\text{kgf/cm}^2$

2. 采用液柱高度作为压力单位。每种液体，有其相应的重度，确定的液体其重度 r 也为定值，这样在一定压力下就会有相应的液体高度。也就是说，压力的大小可用液柱高度 h 表示，其关系如下：

$$h = \frac{p}{r}$$

式中 h: 液柱高度 (mm)

p: 压力 (Kgf)

r: 液体重度

常用水银柱 (汞柱) 和水柱来表示压力

1 毫米水柱 (mmH_2O) = 1kgf/m^2

$$= \frac{1}{10,000} \text{kgf/cm}^2$$

1 毫米汞柱 (mmHg) = 13.6kgf/m^2

3. 标准大气压。采用大气压做压力单位, 因为空气压力是地面上几百公里高的大气层的重量所形成。大气压力随地理位置高低及气候条件而变化。物理学所指的物理大气压, 是在纬度 45° 的海平面上大气的常年平均压力, 或称为标准大气压 = 760mmHg 。

1 标准大气压 = $1.0334\text{kg} \cdot \text{f/cm}^2$

$\approx 1\text{kgf/cm}^2$ 称为一个工程大气压

1 工程大气压 = $1\text{kgf/cm}^2 = 735.6\text{mmHg}$

在国际单位制中压力单位是 [牛顿/米²] 也称为 [帕斯卡], 符号为 [Pa]

1 帕斯卡 [Pa] = $1.02 \times 10^{-5} \text{kgf/cm}^2$

工程上常用 Kpa, MPa

1KPa = 10^3Pa

1MPa = 10^6Pa

(二) 绝对压力、表压、真空度。工程上由于测量和计算的需要, 还常用绝对压力、表压及真空度来表示压力大小。

1. 绝对压力。绝对压力是指容器中的气体对于容器内壁的实际压力, 用 $P_{\text{绝}}$ 表示, 即人工用压力计或压力表测得容器内的压力和容器外的压力 (当地大气压) 之和称为绝对压力。

2. 表压。压力计测到的压力是容器内的压力和容器外的压力之差, 用 “ $P_{\text{表}}$ ” 表示。

表压与绝压一般都要写明二者之间的压力关系:

绝对压力 (kgf/cm^2) = 表压 (kgf/cm^2) + 1.033 (kgf/cm^2)

表压 (kgf/cm^2) = 绝对压力 (kgf/cm^2) - 1.033

工程上常用: $P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + 1$ $P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - 1$

其中 “1” 为 1.033kgf/cm^2 的近似值。

3. 真空度。当容器中的绝对压力比大气压力低时, 表压力为负值, 容器内的绝对压力小于当地大气压力的数值称为真空度, 用 “ $P_{\text{真}}$ ” 表示。

表压、绝对压和真空度三者之间的关系:

$P_{\text{真}} = 1 - P_{\text{绝}}$ (一般在 $P_{\text{绝}} < \text{大气压}$ 时, 才出现真空)

$$P_{\text{绝}} = 1.033 \times \left(1 - \frac{h}{76}\right) \quad (1)$$

式中 $P_{\text{绝}}$: 绝对压力 (kgf/cm^2)

h: 真空度 (水银柱高度 cmHg)

在汽车冷气系统中, 制冷剂的压力常用压力表来测量, 测量的数值是制冷剂的真实压

力（又称为绝对压力）与大气压力之差值。当制冷剂的压力高于大气压力时，其值称为表压；当制冷剂的压力低于大气压力时，其值称为真空。在制冷工程中，表明制冷剂状态参数的压力是指绝对压力。已知表压力，要计算绝对压力时，则需将表压加上大气压力（ 1.033kgf/cm^2 ），注意一般大气压是随地理气候条件的不同而变化。三种压力的关系如图1—2、1—3所示。

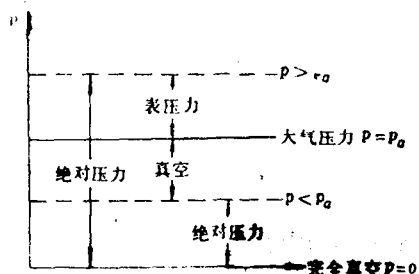


图1—2 绝对压力、大气压力、表压力、真空的相互关系

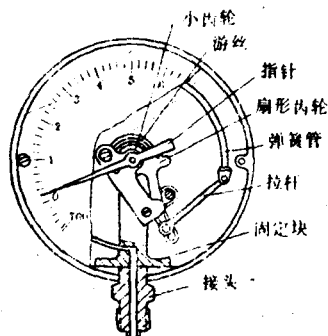


图1—3 连程压力表

根据出现真空时，绝对压力低于大气压的特点，习惯上一般真空压力用 cmHg 高表示，所以在压力表（计）的面盘上刻有黑线和红线两部分，当指针指在红线部分，它表示压力低于 0kgf/cm^2 表压（即绝对压力小于大气压）。这种压力表在工程单位中，其量程在真空范围内用厘米汞柱刻度，高于大气压时用 kgf/cm^2 刻度，其结构如图1—4所示。

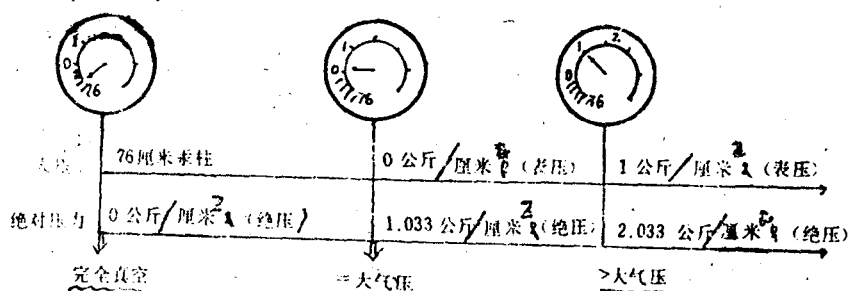


图1—4 绝对压力和表压之间的关系

总之真空度表示被测气体实际压力低于大气压的值。真空度=大气压力-绝对压力。用水银柱高 h 表示真空度时由下式计算：

$$h = 760 \cdot (1 - P_{\text{绝}}) \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

例如，制冷系统压缩机吸入管处绝对压力为 $P_{\text{绝}} = 0.65\text{kgf/cm}^2$ ，求表压和真空度。

$$\text{表压: } P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - 1 \quad (3)$$

$$= 0.65 - 1 = -0.35\text{kgf/cm}^2$$

$$\text{真空度: } P_{\text{真}} = \text{大气压} - P_{\text{绝}}$$

$$= 1 - 0.65 = +0.35\text{kgf/cm}^2 \quad (4)$$

用水银柱表示：

$$h = 760 (1 - P_{\text{绝}})$$

$$= 760 (1 - 0.65) = 266\text{mmHg}$$

$$= 35463.65 \text{ Pa}$$

$$\therefore 1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$$

压力单位换算表如表 1—1 所示。

附表 1—1

压力单位换算表

公斤力/厘米 ² (工程大气压) [at]	大气压 (标准) [atm]	米 水 柱 [mH ₂ O]	毫米汞柱 [mmHg]	磅力/英寸 ² lbf/in ²	达 因/厘米 ² (巴, bar) (dyn/cm ²)	帕 斯 卡 (pa) (N/m ²)
1	0.9678	10	735.56	14.223	0.981	0.981×10^5
1.0333	1	10.3333	760	14.696	1.013	1.013×10^5
0.1	9.678×10^{-2}	1	73.556	1.422	0.0981	9.81×10^3
1.36×10^{-3}	1.316×10^{-3}	13.596×10^{-3}	1	1.934×10^{-2}	1.333×10^{-3}	1.333×10^2
0.07	0.068	0.703	51.715	1	6.895×10^2	6.865×10^3
1.020	0.987	10.20	750	14.5	1	10^5
1.02×10^{-5}	0.987×10^{-5}	1.02×10^{-4}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}	10^{-5}	1

四、临界温度与临界压, 饱和温度与饱和压力

(一) 临界温度与临界压力。一般情况下, 各种气体降低温度, 增大压力会变成液体。但当温度上升超过某一数值, 即使增加再大的压力也不能使气体液化时, 这一温度称为临界温度。所以各种制冷剂也存在这样一个临界状态。当实际的温度大于该物质的临界温度时, 无论如何加压都不能使气体液化, 所以制冷剂应选用临界温度高的物质。临界温度时对应的压力称临界压力。常用制冷剂的临界温度与临界压力如表 1—2。

表 1—2

制冷剂的临界温度和临界压力

制冷剂	临界温度 °C	临界压力绝对压力	kgf/cm ²
CClF ₂	112	41.96	
CClF ₃	28.18	39.36	
CHClF ₂	96.13	50.84	
NH ₃	132.5	112.77	
CH ₄	-82.3	46.4	
C ₂ H ₆	132.4	48.84	
C ₂ H ₄	10.06	51.17	

(二) 饱和温度与饱和压力。如果对制冷剂加热, 则其中的一部分液体就会变成蒸气; 反之, 如果从制冷剂取出热量, 则其中的一部分蒸气又会变成液体。在这种制冷剂的液体和蒸气处于共存的状态时, 液体和蒸气是可以彼此相互转换的。处于这种状态的制冷剂蒸气叫饱和蒸气, 这种状态下的制冷剂液体叫饱和液体。汽化过程中, 由饱和液体和饱和蒸气组成的混合物称为湿饱和蒸气, 简称湿蒸气。饱和蒸气的温度叫做饱和温度, 饱和蒸

气的压力叫做饱和压力。通常所说的沸点都是指液体在一个大气压下的饱和温度。

液体在沸腾时所维持不变的温度称为沸点，又称为在某一压力下的饱和温度，与这饱和温度相对应的压力称之为该温度下的饱和压力。例如水在一定压力下（如 1 个大气压）的饱和温度为 100℃，反之水在 100℃ 时的饱和压力为 1 个大气压。一般压力升高，对应的饱和温度也升高；反之亦然。在制冷系统中一般所言蒸发温度和蒸发压力就是指饱和温度与饱和压力。

对于不同的液体，在同一压力下它的饱和温度也是不同的。作为制冷剂的主要特征之一就是沸点要低，这样才能利用制冷剂液体在低温下汽化吸热来得到低温，同时还要求制冷剂在规定的工作温度范围内，其饱和压力不要过高和过低。几种液体的沸点如表 1—3。

表 1—3 几种液体在一个大气压下的沸点

液体名称	沸 点℃	液体名称	沸 点℃
水	100	R ₂₂	-40.8
酒精	78	R ₁₃	-81.5
R ₁₂	-29.8	R ₁₄	-127.96
氨	-33.4		

饱和蒸气的温度与压力之间有一定的关系，一般是压力越高，温度越高。几种制冷剂的饱和温度与饱和压力的关系如图 1—5。

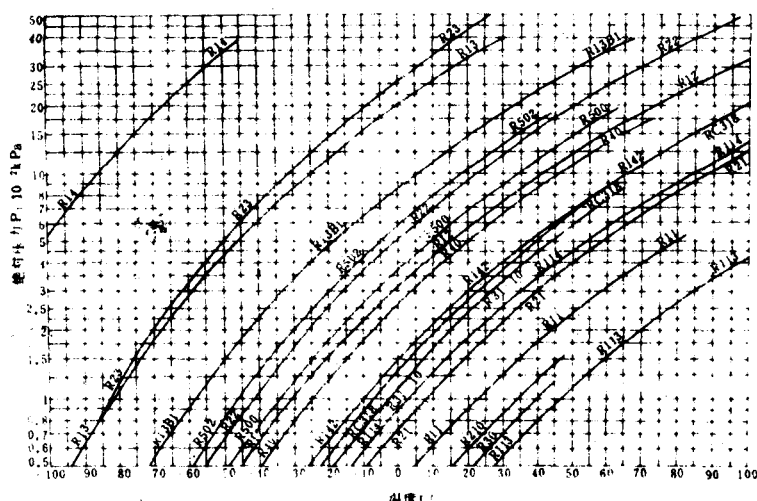


图 1—5 几种制冷剂的饱和温度与饱和压力的对应关系曲线

1.2 热力学第一、二定律

热力学第一、二定律都是说明能量守恒与相互转化，即热量与机械功之间转化及转化条件。一般在转化中能量的数量不变，一定的热量必然产生一定的机械功（能）；反之，做一定量的功必然会转化出与之对应数量的热。但需注意，第一定律仅表明了热与功之间的转化关系，而没有说明能量转化的条件和方向。机械功可以全部转化为热量，但反过来，热能则不能全部转化为机械功。

热力学第二定律指出，热可以自动地从高温物体向低温物体传递，而不能自动地反向

从低温物体向高温物体传递,这就是说热现象自然传递过程是不可逆的。在制冷工程中,如空调器则是需要将热量从低温物体传到高温物体,这必须给一定的条件和消耗一定的能量。

热与功:由热力学第一定律得知,不论在什么场合下,一定量的热量消失时,必产生一定量的机械能。反之,消耗了一定量的功时,必然出现与此对应的一定数量的热能。热和功互相转化的当量关系由下式定:

$$Q=A \cdot L \quad (5)$$

式中 Q : 产生或消耗的热量 (kcal)

L : 消耗或产生的机械功 ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{kg}$)

A : 功的热当量 ($\text{kcal}/\text{kg} \cdot \text{m}$)

J : 热的功当量 (kgm/kcal)

$$A=\frac{1}{J}, J=427 (\text{kgm}/\text{kcal})$$

$$\therefore W=J \cdot Q \quad (6)$$

这就是说 1 千卡的热量全部转变为功时为 $427\text{kg} \cdot \text{m}$; 反之, 每 $\text{kg} \cdot \text{m}$ 的功可以转化成 $\frac{1}{427}$ 千卡的热。

1.3 焓与熵, 空气的焓—湿图 (i—d 图)

一、焓与熵

焓是一个复合的状态参数。表征系统中物质内能和动能的总量称为焓, 用符号“ i ”表示, 单位是 Kcal/Kg 。焓是一个状态参数, 在制冷工程中它具有广泛的用途。在制冷换热循环中, 用制冷剂由某一状态变化到另一状态时焓值的变化, 可直接计算出热量和耗功的大小。

定义: 0°C 时干空气的焓和 0°C 时水的焓均定为 0, 所以 0°C 以上湿空气的焓为正。

空气的焓: 空气所含有总能量 (焓也称全热), 即单位重量的干空气所含有的显热和潜热之和。

熵是表征物体热力学状态变化的物理量, 用符号 S 表示, 单位为 $\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}$ 。

熵和热量及温度的关系:

$$\text{微熵: } ds=\frac{q}{T} (\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}) \quad (7)$$

$$\text{熵: } S=\frac{dq}{T}+C \quad (8)$$

式中 q : 为 1Kg 物质所获得的热量 (kcal/kg)

T : 物质在获得热量时的绝对温度 ($^\circ\text{K}$)

C : 为常数

定义: 在制冷换热工程中, 通常把 0°C 的饱和制冷剂液体的熵值定为 1。

二、空气的焓—湿图 (i—d 图)

焓是空气调节过程中一个重要状态参数。空气的焓—湿图是能够表示湿空气状态参数及其相互关系的图表, 由于该图是以空气的热焓值和湿量为坐标轴的, 因此叫焓—湿图, 称

i—d 图。该图是空调技术人员和维修人员十分重要的工具图，它能全面、简明反映空气状态参数及其变化过程。

i—d 图是建立在斜角坐标上的，坐标轴间夹角为 135° ，纵坐标为空气的焓 (i) 值；横坐标为空气的含湿量值 (d)，该图有 4 组等值线如图 1—6 所示。

①等含湿量线(等 d 线)平行于纵坐标轴。

②等焓线(等 i 线)是与等 d 线相交 135° 角的平行斜线。在纵坐标轴 (0 点) 以上为正，以下为负。

③等温线(等 t 线)，为近似的平行线。

④等相对湿度线(等 φ 线)，为一曲线族， φ 值自在左向右逐渐增大， $\varphi=100\%$ 时为饱和曲线， $\varphi=10\%$ 。曲线把 i—d 图分成两个区，在此曲线以上的区域称为未饱和区；以下的区域为饱和区(雾区)。

⑤ $P_c=f(d)$ 线，即饱和水蒸气压力线，也是水蒸气分压线。

⑥等 ϵ 线，称热湿比线，在图框外边。

大气压变化会引起 φ 值变化，当大气压高于标准大气压时， $\varphi=100\%$ 上移，所以在使用 i—d 图时要根据当地大气压，允许误差 20mmHg。如北京地区在夏季大气压值为 $P=751\text{mmHg}$ ，就可选用 $P=760\text{mmHg}$ 的 i—d 图。根据 i—d 图确定空气的状态参数 (t 、 φ 、 d 、 i)；确定空气的露点温度；两种不同状态空气混合状态的确定；求热湿比变化过程线；利用干湿球温度确定空气状

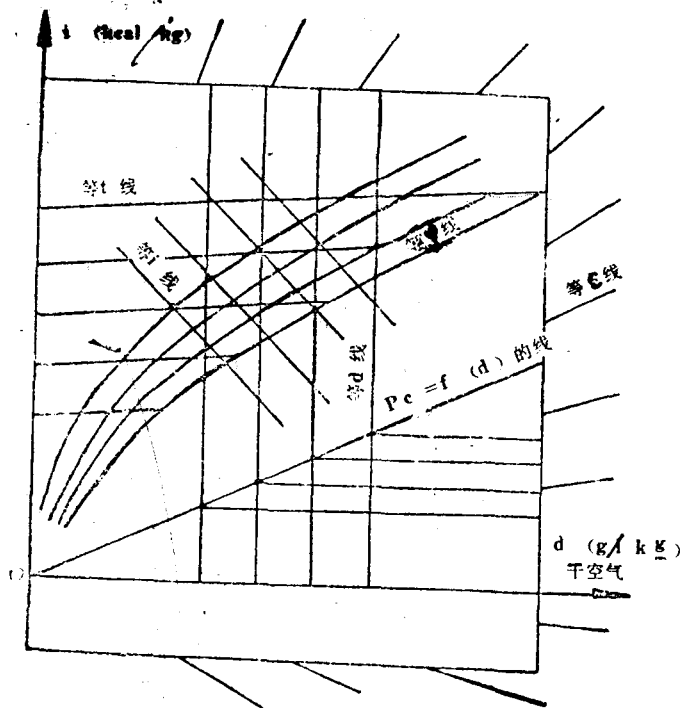


图 1—6 空气 i—d 图

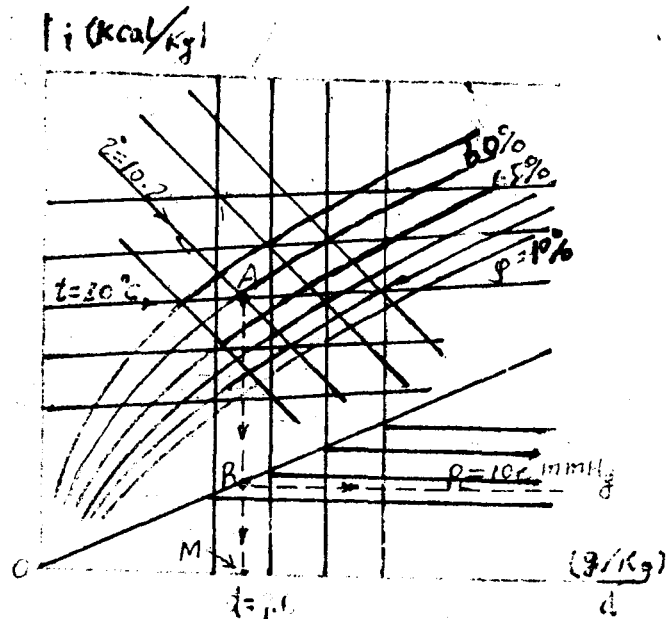


图 1—7

态，所以可作为技术人员的工具图。

例 1 已知 $P=745\text{mmHg}$ ，空调室内温度要求 $t=20^\circ\text{C}$ ， $\varphi=60\%$ ，求出空气的其余参数， d ， i ， $P_c=f(d)=?$

〔解〕 根据 $P=745\text{mmHg}$ ，选用 760mmHg 的 $i-d$ 图，如图 1—7 示，在此图上由 $t=20^\circ\text{C}$ 等湿线与 $\varphi=60\%$ 的相交可得空气状态点 A，查得空气的焓值 $i=10.2\text{kcal/kg}$ ；空气的含湿量 $d=9.0\text{g/kg}$ ；再过 A 点沿等 d 线垂直向下，与饱和水蒸气分压线即 $P_c=f(d)$ 线相交于 B 点，得水蒸气分压为 10.5mmHg 。

例 2，在例 1 的条件下用 $i-d$ 图求空气露点温度 $t=?$

〔解〕 如图 1—8，已知 $d=q\cdot g/\text{kg}$ ，空气的温度降至某值时，达到饱和状态，所以由 N 点沿等 d 线向下延申与 $\varphi=100\%$ 饱和曲线相交得露点，即 L 点。

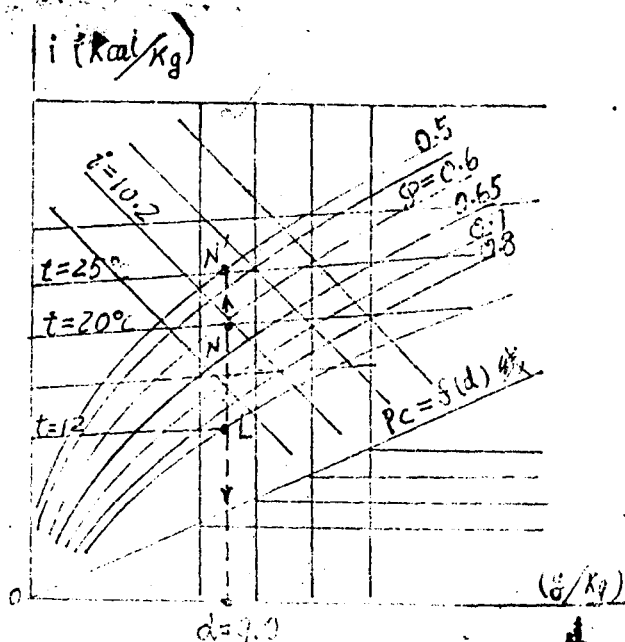


图 1—8

1.4. 传热

传热有三种形式：导热、对流和辐射。在导热和对流的换热过程中，传热物体必须互相接触，即称为接触热；物体间传递辐射热时，称作非接触传热。在制冷系统中遇到传热问题，不外乎有两种情况，一种是力求传热加强，如蒸发器、冷凝器上的传热；另一种是力求传热的减弱，如隔热保温。

一、导热

在同一物体中，或在相互接触的物体上，从高温一侧向低温一侧传热称为导热。一般来讲金属比非金属的导热性要好。物体两点间的导热量与此两点间的温度差成正比，而且还与物体的性质有关。设两点的温度分别为 t_1 和 t_2 ，其间距离为 L ，包括这两点在内的壁面积为 F ，则壁面之间的导热量为：

$$Q = \lambda \frac{F}{L} (t_1 - t_2) = q \cdot F \quad (9)$$

式中 Q ：导热量 (kcal/h)

λ ：壁材料的导热系数 ($\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$)

F ：导热的壁面积 (m^2)

L ：两壁面间距 (m)

q ：单位面积上的导热热量 ($\text{kcal/m}^2\text{h}$)

t_1, t_2 : 温度 ($^{\circ}\text{C}$)

因金属的导热系数比非金属大, 所以导热系数大的铜、铝等金属材料被用来制造各种热交换器; 而导热系数小的玻璃纤维、软木、各种泡沫塑料等非金属材料则用来做保温材料。各种材料的导热系数值见表 1—4

表 1—4 各种材料的导热系数 λ

材 料	λ (kcal/mh $^{\circ}\text{C}$)	材 料	λ (kcal/mh $^{\circ}\text{C}$)
铜	330	玻 璃	0.68
金	270	水	0.51
铝	175	玻璃丝棉	0.03
钢	48	发泡塑料	0.02
水银	7	空 气	0.02

二、物体表面放热

表面放热是流体与固体接触时的导热过程。接近固体壁面的流体如果与壁面存在温度差, 热量就会传递。设流体的温度为 t_f $^{\circ}\text{C}$, 壁的温度为 t_w $^{\circ}\text{C}$, 壁的面积 of S (m^2), 那么传递的热量 Q 为:

$$Q = \alpha \cdot S (t_f - t_w) = \alpha \cdot S \cdot \Delta t_m \quad (10)$$

式中 α —放热系数 [kcal/m 2 h $^{\circ}\text{C}$] 或 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

其数值大小随流体种类和流动状态及壁面状态变化的不同,

如图 1—9 所示。

Δt_m : 冷热流体的平均温差 ($^{\circ}\text{K}$);

S : 为传热面积 m^2 。

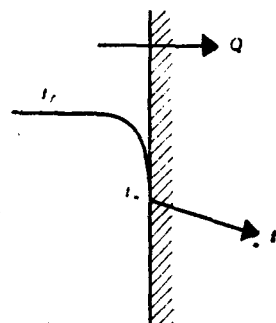


图 1—9 表面放热

三、对流、辐射换热

当流体中的一部分被加热温度升高时, 这部分流体便膨胀而比重减小, 然后上升与顶部的低温流体交替, 形成对流。由于比重之差引起的对流称为自然对流, 用机械设备搅拌而产生的对流称为强制对流。对流换热必然与导热同时进行。

受日光或热源照射的物体温度会升高, 这是由于热能转变成可见和不可见射线, 向周围传递热量。这种依靠射线来传递热量的过程被称为辐射。由物理学告知物体表面颜色越深, 所吸收的辐射热越多。

对流是换热方式之一, 所谓对流就是热量依靠气体或液体流动来传递的方式, 对流换热是较复杂的物理现象, 为了简便, 人们把一切复杂因素都集中在放热系数 α 值中。注意到 α 的物理意义是当流体与壁面温差为 1 度时, 每小时通过每平方米换热面积上的对流换热量。在换热过程 α 值越大对流换热越强。影响 α 值的因素有流体的物理性质、流动速度、流道的形状尺寸、流体与壁面的温差等。对流换热在制冷技术中应用甚广, 汽车空调、家用