

● 电器修理技术丛书

家用制冷设备 修理技术

(第二版)

主编 王国忠

编著 王伯华 宋 宾

景扶苇 张新东



山东科学技术出版社

~~~~~电器修理技术丛书~~~~~

# 家用制冷设备修理技术

(第二版)

主编 王国忠

编著 王伯华 宋 宾

景扶菁 张新东

山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

家用制冷设备修理技术/王国忠等编著. —2版. —济南:  
山东科学技术出版社, 1999.8

(电器修理技术丛书)

ISBN 7-5331-2448-0

I. 家… II. 王… III. 日用电气器具-制冷装置-维修  
IV. TM925.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 30779 号

电器修理技术丛书  
家用制冷设备修理技术  
(第二版)

主编 王国忠

编著 王伯华 宋 宾

景扶芳 张新东

\*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 16 号 邮编 250002)

山东科学技术出版社发行

(济南市玉函路 16 号 电话 2014651)

山东新华印刷厂德州厂印刷

\*

787mm×1092mm 1/16 开本 22.5 印张 1 插页 490 千字

1999 年 8 月第 2 版 1999 年 8 月第 6 次印刷

印数: 54001—59000

ISBN 7-5331-2448-0

TM·40 定价 29.00 元

## 出版说明

为了适应中等职业教育、电器修理业发展及寻求职业者的需要，我社将《电器修理技术丛书》，在重印、修订了几次的基础上，又请作者在保留原书风格和特点的前提下，作了全面修订，除改正了印刷错误、删除了过时的内容外，着重增加了一些实用的新知识和新技术。

本丛书目前共 13 种，分别是《电机修理技术》、《电工基础与电工技术》、《黑白电视机修理技术》、《彩色电视机修理技术》、《半导体收音机修理技术》、《家用制冷设备修理技术》、《录像机修理技术》、《电子线路与电子技术》、《微型计算机修理技术》、《激光影碟机修理技术》、《盒式录音机修理技术》、《洗衣机修理技术》、《国产进口组合音响及家庭影院系统修理技术》。今后，随着科技的发展及新的家用电器种类的出现，我们将陆续补充本丛书的品种，在内容上亦不断修订增补，使本丛书始终适应新形势，更好地为读者服务。我们热切希望读者在使用本丛书的过程中，将发现的问题及希望及时告知我们，以使本丛书渐臻完美，在此我们预致诚挚的谢意。

本丛书在编写（修订）过程中，力求做到理论联系实际，文字通俗易懂，除简要介绍基础知识外，着重介绍了修理、操作技术，以达到实用速成的目的。丛书可作为中等职业学校或短训班的教材，也适合电器维修人员及广大业余爱好者阅读。

# 前 言

家用制冷设备——电冰箱、空调器已成为现代家庭生活的必需设备。随着家用制冷设备使用年限的延长，随之而来的是故障修理问题。为了满足中等职业教育和社会上家用制冷设备修理人员的需要，我们编写了这本《家用制冷设备修理技术》。

本书较系统地介绍了家用电冰箱、空调器的构造、原理、故障检修及修理技术，还介绍了选购、安装调试、使用与保养等方面的知识。

本书通俗易懂，实用性强，可作为职工中专和职业高中教材，也可供家用制冷设备修理人员及业余爱好者自学参考。

王国忠、宋宾负责第一至第四、第九、第十章以及附录的编写，王国忠负责全书的审校工作；王伯华和景扶第负责第五至第八章的编写工作；张新东参与了本书有关章节的编写及资料收集整理工作。由于编者水平所限，书中缺点或不足之处在所难免，恳请读者指正。

**编著者**

1999年6月于济南

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第一章 制冷基础知识 .....               | 1   |
| 第一节 制冷技术的发展 .....              | 1   |
| 第二节 温度、压力、密度、比体积、湿度与露点温度 ..... | 3   |
| 第三节 热的传递方式 .....               | 6   |
| 第四节 显热、潜热、比热容、蒸发与冷凝 .....      | 7   |
| 第五节 热力学定律 .....                | 9   |
| 第六节 饱和温度与饱和压力、冷凝温度与冷凝压力 .....  | 11  |
| 第七节 焓与熵、压-焓图 .....             | 13  |
| 第八节 制冷与环境保护 .....              | 15  |
| 第二章 制冷设备的构造与分类 .....           | 18  |
| 第一节 电冰箱的构造 .....               | 18  |
| 第二节 电冰箱的分类与型号表示 .....          | 23  |
| 第三节 空气调节与空调器分类 .....           | 28  |
| 第四节 空调器结构与工作过程 .....           | 30  |
| 第五节 空调器使用条件与型号表示 .....         | 55  |
| 第三章 制冷设备的工作原理 .....            | 60  |
| 第一节 人工制冷 .....                 | 60  |
| 第二节 蒸气压缩式制冷循环 .....            | 65  |
| 第三节 影响蒸气压缩制冷循环的主要因素 .....      | 69  |
| 第四节 实际蒸气压缩式制冷循环 .....          | 71  |
| 第五节 蒸气吸收式制冷循环 .....            | 72  |
| 第四章 制冷剂与润滑油 .....              | 74  |
| 第一节 制冷剂的特点 .....               | 74  |
| 第二节 常用制冷剂 .....                | 76  |
| 第三节 制冷剂的使用 .....               | 80  |
| 第四节 润滑油 .....                  | 83  |
| 第五节 制冷剂与润滑油和水分的关系 .....        | 86  |
| 第五章 制冷系统 .....                 | 88  |
| 第一节 压缩机 .....                  | 88  |
| 第二节 冷凝器 .....                  | 119 |
| 第三节 蒸发器 .....                  | 126 |
| 第四节 毛细管和膨胀阀 .....              | 133 |
| 第五节 干燥过滤器 .....                | 141 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第六节 空调器制冷系统辅助部件        | 144 |
| <b>第六章 电动机与控制系统</b>    | 148 |
| 第一节 电动机                | 148 |
| 第二节 起动继电器              | 165 |
| 第三节 正温度系数热敏电阻 (PTC 元件) | 168 |
| 第四节 保护器                | 172 |
| 第五节 温度控制器              | 176 |
| 第六节 电磁阀、电磁换向阀和温度传感器    | 189 |
| 第七节 红外遥控器              | 193 |
| 第八节 除霜、除露装置            | 198 |
| 第九节 电冰箱常见电路分析          | 204 |
| 第十节 空调器常见电路分析          | 215 |
| 第十一节 家用制冷设备模糊技术        | 235 |
| 第十二节 家用制冷设备用微电脑芯片      | 243 |
| <b>第七章 制冷设备检修技术</b>    | 249 |
| 第一节 检修工具               | 249 |
| 第二节 焊接操作               | 253 |
| 第三节 管路维修               | 257 |
| 第四节 制冷系统的清洗和除污         | 263 |
| 第五节 制冷系统检漏             | 267 |
| 第六节 制冷系统充加制冷剂          | 270 |
| 第七节 制冷设备故障检修的基本方法和步骤   | 277 |
| 第八节 制冷系统检修             | 278 |
| 第九节 电气系统检修             | 285 |
| 第十节 检修后的质量评定           | 288 |
| <b>第八章 电冰箱的故障分析与处理</b> | 292 |
| 第一节 完全不制冷              | 292 |
| 第二节 制冷性能差              | 296 |
| 第三节 过冷                 | 299 |
| 第四节 除霜不协调              | 301 |
| 第五节 电冰箱内凝露滴水           | 303 |
| 第六节 电冰箱外壳凝露滴水          | 305 |
| 第七节 电冰箱内灯不亮            | 307 |
| 第八节 电冰箱漏电              | 308 |
| 第九节 噪声过大               | 309 |
| 第十节 压缩机起动频繁            | 310 |
| <b>第九章 空调器的故障分析与处理</b> | 313 |
| 第一节 空调器压缩机不运转          | 313 |

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| 第二节        | 空调器风扇运转不正常           | 316        |
| 第三节        | 空调器压缩机运转却不制冷（或不制热）   | 320        |
| 第四节        | 空调器压缩机运转不正常          | 324        |
| 第五节        | 空调器振动及噪声过大           | 327        |
| 第六节        | 空调器漏水、漏电             | 328        |
| <b>第十章</b> | <b>制冷设备的安装、调试与保养</b> | <b>330</b> |
| 第一节        | 电冰箱的使用与保养            | 330        |
| 第二节        | 空调器的安装、调试            | 333        |
| 第三节        | 空调器的使用与保养            | 343        |

# 第一章 制冷基础知识

## 第一节 制冷技术的发展

电冰箱是以电能为动力,驱动压缩机工作,使箱体内部保持低温的一种冷藏、冷冻容器。早在1823年,英国著名科学家麦加耳·法拉第(Michael Faraday)就提出有关氨蒸气压缩式制冷循环原理,这就是最早的吸附制冷效应。1913年,美国工程师J. M. Lavsén研制出第一台压缩式电冰箱。1918年,美国的Kelvinator公司生产出第一台供商业和家庭使用的自动电冰箱。1930年之后,美国的GE公司发明了碳氟化合物(又叫氟利昂)制冷剂,大大促进了压缩式电冰箱的发展。第二次世界大战之后,许多国家的电冰箱制造业发展很快,50年代末至60年代初,不少发达国家的电冰箱产量超过了百万台。近年来,国外电冰箱市场已趋于饱和,各主要电冰箱生产国为稳定和扩大自己的出口规模,对电冰箱进行改型换代,品种繁多,产量和质量不断提高,每年都有新型高档电冰箱投放市场。

我国于1954年生产出第一台自制电冰箱。1958年,天津、北京等冰箱厂家仿照国外产品,试制成功了封闭压缩式电冰箱。此后,电冰箱生产行业逐年发展,由仿制发展到自行设计、制造,并具备了大批量生产的能力,电冰箱的主要性能指标也接近或达到国际同类产品水平,品种也有所增加。80年代初,国内各地许多工厂纷纷引进国外电冰箱生产流水线转产各类电冰箱,并创造出几种驰名品牌。电冰箱已成为较实用的家用电器进入千家万户,电冰柜、冷藏柜和三门、四门电冰箱也已进入了家庭。预计今后几年的新型电冰箱开发注重在研制应用多种能源、节约电能、智能化和多功能电冰箱;电冰箱制冷剂开发注重在研究保护人类生态环境新型制冷剂,来取代对臭氧层有破坏作用的氟利昂。

空调器能为人们创造舒适的气候环境,已广泛应用于宾馆、医院、实验室等场所。近年来,随着人们生活水平的不断提高,空调器也逐渐进入家庭居室,并日益普及。1844年,一位美国医生首先采用刚发明的制冷机在一所医院里对室内空气进行冷却。1851年,一位苏格兰天文学家提出采用空气制冷机来作为空调器。1881年7月,一位名叫多西的美国海军技师在为抢救被子弹打入脊椎、生命岌岌可危的总统格菲尔德时,将压缩冷却后的空气送入病房,进行降温,使病房内温度由36℃降至25℃左右,世界上第一台最原始的空调器产生了。1890年空调器在美国进一步获得成功,到1929年,开始商业销售1.04~2.09kW的空调器,同时采用了三氧化硫或氟甲烷作为制冷剂。

1930年左右开始采用R-12作为制冷剂。R-22在1936年开始作为空调器的制冷

剂，它在相同容量的各压缩机使用时，较 R-12 制冷能力提高 40%~60%，比氨也有更大的优越性，目前生产的空调器中广泛采用此种制冷剂。

当前，国外空调器发展换代速度很快，模糊式空调器、变频空调器、太阳能空调器、燃气空调器已经投入生产，进入家庭使用。

我国于 1960 年在上海第一冷冻机厂研制出大型离心式空调机组。第一套应用于北京人民大会堂。1964 年上海试制出国内第一台窗式空调器。经过近 30 年的努力，空调工业在我国已获得蓬勃发展，特别是在引入吸收了国外先进技术和设备以后，我国空调器无论从数量上还是质量上都有了飞速的增长和提高，已能生产出各种类型、各种用途的空调器，基本上满足了国内市场需要，部分产品已经远销国外。

随着制冷空调技术的发展，空调器功能将有新的突破和发展。主要表现在以下方面：

低噪声：采用经特殊消音设计的旋转压缩机，并利用吸音棉及防振座降低压缩机运转噪声，消除振动。采用新低噪声风机和新型 U 型风机防振支架，大大降低噪声和振动。对制冷剂管道重新进行优化设计，使制冷剂流动更加顺畅。并在管道上安装配重和防振胶块，防止共振，取得减振降噪的效果。

提高制冷（热）量：除采用高效压缩机外，还使用具有新型扇叶的高效风机，增加风量，提高制冷能力。

强除湿能力：采用全新除湿设计，具有较强的除湿能力，而且会大幅度降低室内温度，特别适用于春秋及梅雨季节。

高效空气清净功能：采用双层空气清净滤网设计，使室内空气更清新，具有过滤尘埃和除臭双重功能。第一层滤网可滤掉较大的灰尘粒子。第二层滤网可清净除臭，滤去极细微尘埃粒子，除去空气中的异味，使室内微生物浓度快速衰减，保证室内空气的清净、新鲜。

操作方便：采用无线遥控，空调器的使用更加安全、方便。液晶显示各种操作及机器状况。微电脑具有制冷、除湿、调温、风量风向调节、预设时间等多种功能供使用者选择。风量风向可模拟自然微风的舒适气流。电脑采用模糊理论编制程序，使控温过程更加简单，温度变化使人感觉更加舒适。空调器广泛采用变频技术，大大降低能耗及噪声。

节能：采用高效压缩机、风机及热交换器，提高制冷（热）量又可节电。空调器由电脑控制，能自动控温，不会因过冷（过热）而耗电。睡眠功能，能在 2h 内将室温提升 2℃，可避免入睡后因室温太低而着凉。

多种机型：除窗式、分体式等常用空调器外，还将出现窗型分体式空调器，它兼有窗式与分体式空调器的优点，既拥有窗式的价格及安装方便，又具有分体式低噪声、高效的效果。还将开发出新型子母型分体式空调器，即 1 个室外机配有多个室内机，以满足多个空调房间的使用。

## 第二节 温度、压力、密度、比体积、湿度与露点温度

### 一、温度

热与冷是表明物体温度高低的一种代名词，二者之间并没有本质的区别。热不是一种物质，没有体积、形状和质量，是一种看不见的能量，是物质内分子运动的结果。所有物质的分子都在运动，热的物质分子运动迅速，冷的物质分子运动缓慢，分子运动越快热能越大，反之热能越小。冷表示物体温度较低、热能较小，或者说它缺少热量。真正的寒冷是指物质停止了分子运动，完全没有热量存在，理论上讲只有在  $-273^{\circ}\text{C}$  才会发生这种情况。因此，要使某一物体降温，只要将其热量转移出去，温度自然会降低。

温度是表示物体冷热程度的物理量，是大量分子运动动能平均值的标志。测量温度的标尺叫温度标准（简称温标）。国际常用摄氏温标、华氏温标和绝对温标。

#### 1. 摄氏温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

摄氏温度用  $t$  表示，其单位符号为  $^{\circ}\text{C}$ 。在一个标准大气压 ( $101325\text{Pa}$ ) 下，水的冰点是  $0^{\circ}\text{C}$ ，沸点是  $100^{\circ}\text{C}$ ，在  $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$  之间分成 100 等份，每一等份为  $1^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度为十进制，简单易算，使用最广。这种温度标准称为摄氏温标，相应的温度计称为摄氏温度计（图 1-1）。

#### 2. 华氏温度 ( $^{\circ}\text{F}$ )

华氏温度用  $t_{\text{F}}$  表示，其单位符号为  $^{\circ}\text{F}$ 。在一个标准大气压下，将纯水的冰点定为  $32^{\circ}\text{F}$ ，沸点定为  $212^{\circ}\text{F}$ ，其间分成 180 等份，每一等份叫做华氏温度 1 度 ( $1^{\circ}\text{F}$ )。华氏温度标准分度较细，准确性较高，但使用不便。相应的温度计称为华氏温度计。

#### 3. 热力学温度 (K)

热力学温度又叫开氏温度。热力学温度用  $T$  表示，其单位符号为 K。在一个标准大气压下，把纯水的冰点定为  $273.16\text{K}$ ，沸点定为  $373.16\text{K}$ ，其间分成 100 等份，每一等份就叫热力学温度 1 度 ( $1\text{K}$ )。冷的最低极限是  $-273.16^{\circ}\text{C}$ ，称为绝对零度 ( $0\text{K}$ )。

上述 3 种温标之间的换算关系为：

$$\text{热力学温度与摄氏温度：} T = t + 273 \quad (1-1)$$

式中： $T$  为热力学温度 (K)； $t$  为摄氏温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

华氏温度与摄氏温度：

$$\text{华氏温度 } t_{\text{F}} = \frac{9}{5}t + 32 \quad (1-2)$$

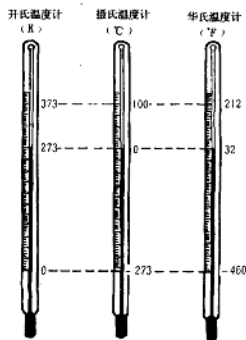


图 1-1 3 种温度计的关系

$$\text{摄氏温度 } t = \frac{5}{9} (t_F - 32) \quad (1-3)$$

## 二、压力

流体没有一定的形状，容器内壁或物体表面单位面积上所受到的流体垂直作用力叫压力，或者叫压强，用  $p$  表示。如在容器内封入气体，由于气体分子的运动，在容器表面  $S$  ( $\text{m}^2$ ) 上就受到力  $F$  ( $\text{N}$ ) 的作用，此时压强  $p$  为：

$$p = F/S \quad (\text{Pa, kPa 或 N/m}^2) \quad (1-4)$$

压力分为表压力和绝对压力，表压力是用压力表（制冷装置中使用普尔顿压力表）测定的压力，以大气压作为基准（0）。绝对压力是指真实的压力，是用气压计测定的压力，以真空作为基准。大气压力是指地球表面的空气层对地面产生的压力，以  $\text{kPa}$  为单位。由于大气压力随海拔高度、季节和气象条件不同而有所变化，所以还规定了标准大气压。标准大气压是指在地球纬度  $45^\circ$  处海平面上，测得平均压力为  $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。即

$$\begin{aligned} 1 \text{ 标准大气压} &= 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 1.0333 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

水银密度  $\rho = 13595 \text{ kg/cm}^3$  ( $0^\circ\text{C}$  时)

工业上取  $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$ ，所以绝对压力与表压力的关系可写为：

$$\text{绝对压力 } p = p_g + p_{\text{atm}} = p_g + 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (1-5)$$

式中： $p_g$  为表压力； $p_{\text{atm}}$  为标准大气压。

当容器内物质的绝对压力低于大气压力时，表压力为负值，压力表上仅显示出真空度为多少  $\text{kPa}$ 。真空度用符号  $H$  表示。

$$H = p_{\text{atm}} - p \quad (1-6)$$

法定计量单位使用帕、牛顿/米<sup>2</sup> 等（英、美等国家常采用磅/英寸<sup>2</sup>）作为工程上的压力单位。压力单位换算见表 1-1。

表 1-1 压力单位换算

| 帕<br>牛顿/米 <sup>2</sup><br>( $\text{N/m}^2$ ) | 巴<br>(bar)             | 千克力/厘米 <sup>2</sup><br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 毫米汞柱<br>(mmHg)<br>( $0^\circ\text{C}$ 时) | 标准大气压<br>(atm)         | 磅/英寸 <sup>2</sup><br>( $\text{lbf/in}^2$ ) |
|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                            | $10^{-5}$              | $0.102 \times 10^{-4}$                       | $7.5 \times 10^{-3}$                     | $0.987 \times 10^{-3}$ | $0.145 \times 10^{-3}$                     |
| $10^5$                                       | 1                      | 1.0197                                       | 750.1                                    | 0.987                  | 14.5038                                    |
| $98.0665 \times 10^3$                        | 0.9807                 | 1                                            | 735.56                                   | 0.9678                 | 14.223                                     |
| 133.322                                      | $1.333 \times 10^{-3}$ | $1.36 \times 10^{-3}$                        | 1                                        | $1.31 \times 10^{-3}$  | 0.0193                                     |
| $1.01325 \times 10^5$                        | 1.0133                 | 1.0333                                       | 760.00                                   | 1                      | 14.696                                     |
| 6894.8                                       | 0.06895                | 0.0703                                       | 51715                                    | 0.068                  | 1                                          |

## 三、密度

物质单位体积的质量称为密度。密度的单位用  $\text{kg/m}^3$  表示，符号用  $\rho$  表示。

同一物质的液体和气体的密度是不同的，油分离器、气液分离器就是利用这一原理达到分离的目的。相同物质液体的密度大于气体的密度，气体的密度随压力和温度的变化而变化，压力增大密度增大，压力减小密度减小；温度升高密度减小，温度降低密度增大。制冷剂蒸气的密度是影响压缩机效率的重要参数。

#### 四、比体积

物质单位质量的体积称为比体积。比体积的单位是  $\text{m}^3/\text{kg}$ ，用符号  $v$  表示。比体积与密度互为倒数，它们的乘积等于 1， $\rho v = 1$ 。气体的比体积随压力和温度变化而变化，压力增大时比体积减小，压力减小时比体积增大；温度升高时比体积增大，温度降低时比体积减小。制冷剂蒸气的比体积是决定压缩机制冷量的重要参数。

#### 五、湿度

湿度是表示空气含水蒸气量多少的物理量，分相对湿度和绝对湿度两种。相对湿度是指某一温度时，空气中所含水蒸气质量与同一温度下空气中的饱和水蒸气的质量之比（以百分数表示）。相对湿度越小，蒸发越快。绝对湿度是指  $1\text{m}^3$  湿空气中所含水蒸气的质量（以  $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{m}^3$  表示）。空气的绝对湿度也可用空气中水蒸气产生的压力来表示，单位是  $\text{Pa}$  或  $\text{kPa}$ 。

#### 六、露点温度

空气在一定压力、含湿量（在  $1\text{kg}$  干空气中含有水蒸气量）不变的条件下，所含水蒸气量达到饱和时的温度叫做露点温度（指空气开始结露的温度）。如果将温度降至露点温度以下，饱和空气中的水蒸气会马上凝结成水珠，出现结露现象。也就是说，由水蒸气开始冷凝液化变成水——结露，此时的温度叫做“露点”。判断是否结露的方法，主要是将表面温度与空气露点温度进行比较，如果表面温度高于露点温度就不会结露；表面温度低于露点温度就会结露。温度越高，露点温度与空气温度相差越小。例如，气压在  $1.03125 \times 10^5 \text{Pa}$ ，空气温度为  $30^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $60\%$  时，露点温度为  $21.7^\circ\text{C}$ ；相对湿度为  $90\%$  时，露点温度为  $28.3^\circ\text{C}$ 。控制相对湿度是必要的，例如，冷藏食品的环境湿度不宜太低，否则食物会很快干缩；住人的房间内相对湿度以  $50\% \sim 60\%$  为宜。常用测定空气相对湿度的是干湿球温度计（图 1-2）。

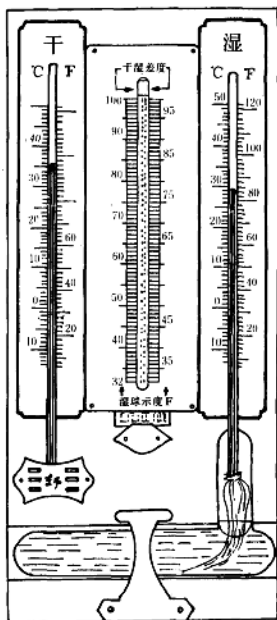


图 1-2 干、湿球温度计

### 第三节 热的传递方式

不同温度的两个物体相接触，会自动地发生使温度趋于一致的热传递过程，简称为传热。热是一种能量，由于温度的差别，热总是从温度高的地方传到温度低的地方，直到两处的温度相同为止。热的传递有3种方式，即传导传热（简称导热）、对流传热（简称对流）和辐射传热（简称辐射）。实际上，经常是这3种形式组合在一起进行复杂的热传递过程。

#### 一、导热

导热是物体各部分直接接触所发生的热交换，即物体通过分子间相互传递内能的过程，是物体中分子间不断运动而使能量转移的一种形式。固体的分子结构紧密，热传导很快，而液体次之，气体更差。例如，两手分别拿着同样长度、同样粗细的铁棒和木棍的一端，另一端放入火里烧，过一会儿，首先会感觉到铁棒烫手。这表明铁棒比木棍导热快。一般说来，金属都是热的良导体。一些非金属，如木材、石棉等，导热性能差，所以称为绝热材料。在电冰箱构造中，箱体需要保温的部分选用绝热材料，如硬质聚氨酯甲酸乙酯（简称聚氨酯）注塑发泡、超细玻璃棉或喷树脂超细玻璃棉毡等。电冰箱需要热传导快的蒸发器、冷凝器，因此，应选用导热快的金属材料制造。

#### 二、对流

对流是流体自身受热后发生分子的相对运动使热量转移的过程。当流体内部出现温差时，高温处膨胀，密度降低，向上移动；低温处密度大，在重力作用下向下移动。这种因密度差进行的热转移，称为自然对流。如果从外部用搅拌等手段强制性地地进行热转移，则称为强迫对流。冷冻设备工作时，如蒸发器温度很低，冷冻设备中空气的热量就会向蒸发器转移，通过制冷环境内空气自然对流，使制冷环境内温度逐渐下降。

#### 三、辐射

在温度变化过程中，物体内部原子中电子发生剧烈运动，物体向外发射辐射能。辐射能是一种电磁波，它不需物体直接接触便能发生热量传递，只要存在温差，即使它们之间存在真空状态或者相距很远，辐射传热还是照样地进行。物体表面越粗糙，颜色越深，越容易吸收辐射热。反之，物体表面越光洁，颜色越浅，越不容易吸收辐射热。因此，电冰箱的内壁表面都为光亮的白色，以便减少吸收辐射热。

#### 四、电冰箱的热量传递过程

电冰箱的热量传递过程如图1-3所示。

电冰箱的箱体由绝热材料构成，箱体内壁温度较低，箱外壳温度较高。同一物体内部各部分温度不同，热量由外壳移向内壁，这一过程称为热的传导。电冰箱内贮藏食品的温度较高，食物周围的空气受热膨胀，空气质量变轻，向上流动，到达箱内上方的蒸发器。由于蒸发器温度低，周围空气受冷而收缩，



图1-3 电冰箱的热量传递过程

空气质量变重而向下移动。这种热空气上升、冷空气下降如此循环的流动，称为热的对流。

#### 第四节 显热、潜热、比热容、蒸发与冷凝

热分为两大类，显热和潜热。

##### 一、显热

物体在吸热或放热过程中，本身的形态不发生变化，而仅靠改变温度所需要或者放出的热量，称为显热。温度的变化可以通过温度计或皮肤直接感受出来。例如，水在没有烧开之前，不断吸热，温度不断上升，用温度计可以测量出温度的上升，水所吸收的热量就叫做显热。

##### 二、潜热

物体在吸热或放热过程中，本身的温度不变，而仅靠改变其状态所需要或放出的热量，叫做潜热。例如，在容器内放入冰块慢慢地加热，冰块逐渐地变成水和冰的共存状态，再过一段时间，冰全部变成水，但此时温度一直保持在  $0^{\circ}\text{C}$  而没有升高，所加的热全部用于使固体冰变成液体的水，水所吸收的热量就是潜热。潜热包括以下几种：

###### 1. 溶解热

单位质量的某种晶体，在熔点变成同温度的液体时所吸收的热量。

###### 2. 蒸发热

单位质量的某种液体变成同温度的气体时所吸收的热量。

###### 3. 升华热

由固体变成气体所需要的热量。

###### 4. 冷凝热（液化热）

某种物质由气体变成同温度的液体时所放出的热量（与蒸发的热量相等）。

###### 5. 凝固热

由液体变成固体所放出的热量（与溶解热的数量相等）。

潜热量是指  $1\text{kg}$  物质状态改变时所需的热量，用  $\text{L}$  ( $\text{kJ/kg}$ ) 表示。潜热比显热的热量大得多，冷冻设备就是利用制冷剂的蒸发潜热，从制冷环境内物品中吸收大量的热来达到制冷目的的（表 1-2）。

现以水为例说明固体、液体、气体之间吸收热量的关系（图 1-4）。

将冰放在容器内慢慢地加热，冰的温度逐渐上升，这段时间内要从外界吸收热量，吸收的热量使冰的温度升高，可用温度计测量出来。当冰的温度上升到  $0^{\circ}\text{C}$  时，开始熔化，冰和水共存，这时冰不断地从外界吸收热量溶化为水，温度保持不变（ $0^{\circ}\text{C}$ ），直至



图 1-4 气体、液体和固体之间的关系

表 1-2

常用制冷剂的潜热

| 物 质  | 潜热的种类      | 潜热量 (kJ/kg)        |
|------|------------|--------------------|
| 水    | 蒸发潜热       | 2 427.88 ~ 2 511.6 |
| 氨    | 蒸发潜热       | 1 255.8 ~ 1 381.38 |
| R-12 | 蒸发潜热       | 146.51 ~ 167.44    |
| R-22 | 蒸发潜热       | 188.37 ~ 230.23    |
| 冰    | 熔解潜热 (大气压) | 334.88             |
| 干冰   | 升华潜热 (大气压) | 573.48             |

0℃的固态冰全部变成 0℃的液态水, 所吸收的热量称为熔解热。0℃的水继续吸收热量, 温度不断上升, 一直升高至 100℃, 所吸收的热量称为显热。100℃的水继续吸收热量, 并不断蒸发成为水蒸气, 直至 100℃的水全部变成 100℃的水蒸气时, 所吸收的热量称为汽化热 (图 1-5)。

### 三、比热容

单位质量的物质, 温度升高 (或降低) 1℃所吸收或放出的热量, 叫做该物质的比热容。比热容表示物质的热特性, 即相同质量和相同温度的不同物质, 所吸收或放出的热量各不相同。比热容的单位是  $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。为了方便比较各种物质的热特性, 均以水作为计算标准。水的比热容值是  $4.1868 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ , 即 1kg 重的水, 温度升高 (或降低) 1℃, 吸收 (或放出) 的热量为  $4.1868 \times 10^3 \text{J}$ 。例如, 1kg 石棉要改变温度 1℃时, 所吸收或放出的热量, 等于 1kg 水改变温度 1℃时所吸收或放出热量的 1/5 左右。石棉的比热容为  $0.83736 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

了解了比热容的概念, 便可进行热量计算。例如, 某一物质, 当温度变化时所需要吸收或放出的热量, 等于该物质的质量、比热容以及温度变化值三者的乘积, 即

$$J = m q \Delta t \quad (1-7)$$

式中:  $J$  为物质吸收或放出的热量 (J);  $m$  为物质的质量 (kg);  $q$  为物质的比热容  $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\Delta t$  为物质温度变化的度数 ( $^\circ\text{C}$ )。

### 四、蒸发和沸腾

物质从液态变为气态的现象, 称为汽化。汽化有两种方式, 即蒸发和沸腾。液体表面的汽化现象称为蒸发。各种液体可以在任何温度下蒸发, 蒸发过程一般为吸热过程。液体的温度越高, 表面积越大, 蒸发进行得越快。沸腾是一种液体表面和内部同时进行的汽化现象。任何一种液体, 只有在一定的温度下才会沸腾。沸腾时的温度称为沸点。不同的液体其沸点也不相同。沸点与压力有关, 压力越大, 沸点越高; 压力越小, 沸点越低。

制冷剂在蒸发器内不断吸收周围空气或水的热量, 由液态制冷剂汽化为蒸气, 常称

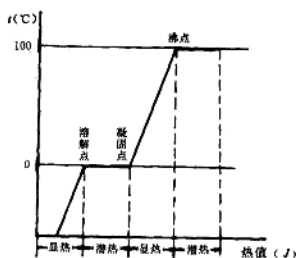


图 1-5 水的固态、液态和气态变化

为蒸发,但实际上这是一个沸腾过程。当蒸发器内的压力一定时,制冷剂的汽化温度就是与其对应的沸点,在制冷技术中蒸发所对应的温度为蒸发温度,即某压力下的饱和温度。液体在沸腾时,虽然继续吸热,但其温度并不再升高。例如,在标准大气压下,制冷剂 R-12 在蒸发器内沸腾,其温度一直保持在  $-29.8^{\circ}\text{C}$ 。

### 五、冷凝

物质由气态变成液态的现象,称为冷凝或液化。气体的冷凝或液化过程,一般属于放热过程。

冷凝或液化是汽化的相反过程。如水蒸气遇到较冷的物体会凝结成水滴,其他气体被冷却至一定温度以下之后也会变为液体。在电冰箱制冷系统中,流经蒸发器内的制冷剂,由于压力低,液态制冷剂在所对应压力的饱和温度下汽化。如果改变蒸发压力,蒸发温度也随之改变。在冷凝器中,高温的气态制冷剂,由于形成相应温度下的高饱和蒸气压,因此,制冷剂由气体凝结为液体。冷凝时所放出的热量通过冷凝器散发到环境空气中。

冷冻设备的蒸发和冷凝都是在饱和温度下进行的。冷凝温度、冷凝压力和蒸发温度、蒸发压力分别指相对应的饱和温度、饱和压力。

## 第五节 热力学定律

### 一、热力学第一定律

#### 1. 热

使物体温度升高或降低的能称为热。物质的分子动能是由热表现出来的。热量的多少以 J 表示。英国和美国采用 Btu 为热量单位。二者之间的关系为

$$1\text{J} = 0.94784 \times 10^{-3}\text{Btu}$$

$$1\text{Btu} = 1.055 \times 10^3\text{J}$$

物体有 3 种形态,即固态、液态和气态。这 3 种形态都是由分子运动情况决定的,这种分子的运动在绝对零度 ( $-273.16^{\circ}\text{C}$ ) 时停止,此时,物体失去了全部热量。因此,凡具有热量的物体,当热量变化时,其状态也会改变。

#### 2. 功

日常生活中做功或消耗功的实例甚多,例如,天气寒冷时摩擦手掌会变得暖和些,这就是消耗了功而变成了热。功是一种能量。所谓功,是指克服外力移动物体时需要消耗的能量。

制冷设备压缩机压缩制冷蒸气时,活塞是向蒸气压力相反的方向压缩它的体积,因此,为了压缩蒸气就要消耗功。这一过程随着压力的上升,蒸气温度也升高,这是由于压缩消耗的功变成了热,从而升高了蒸气温度。

热可以转变为功,功也可以转变为热,它只能从一种形式转变为另一种形式,这就是能量守恒和转换定律。这个定律用在热和功之间的转换时,就称为热力学第一定律。

热和功可以相互转换,一定量的热消失时,必然产生一定量的功;消耗一定量的