

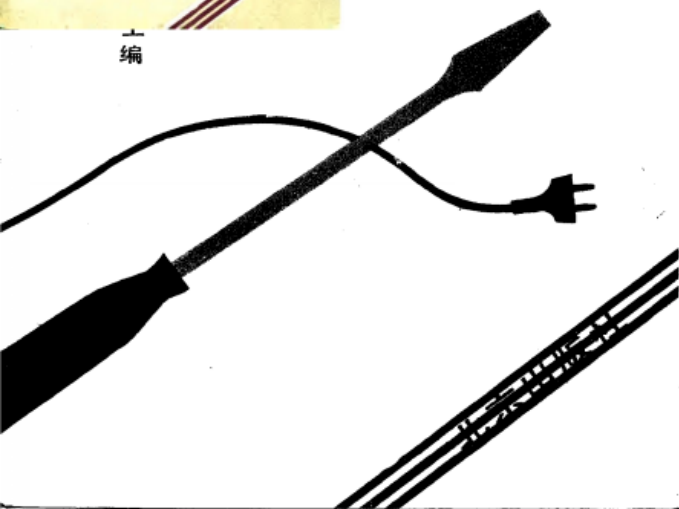
家用、商用电冰箱和
小型冷库的制冷维修技术

电冰箱和 制冷维修技术

陈嘉庚
张剑
主编



编



TB657.4

5

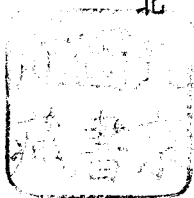
3

9X15/08

家用、商用电冰箱和 小型冷库的制冷维修技术

陈嘉庚 张 剑 主编

北 京 出 版 社



B
L86601

内容简介

全书分十二章。第一章介绍制冷技术基础知识，第二章至第七章主要介绍家用、商用电冰箱及小型冷库的类型、构造、工作原理以及组装工艺，第八章至第十二章着重介绍电冰箱和小型冷库的常见故障及其排除方法，以及检修用的设备和工具。

本书主要供电冰箱修理与制造的技术人员和工人应用，可以作为电冰箱维修班的培训教材，也可供广大使用者参考。

家用、商用电冰箱和 小型冷库的制冷维修技术

jiayong Shangyong Dianbingxing he
Xiaoxinglengku de Zhileng Weixiu jishu

陈嘉庚 张 剑 主编

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

安 平 印 刷 厂 印 刷

*

787×1092 毫米 32 开本 14.25 印张 326,000 字

1990 年 2 月第 1 版 1990 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—8,400

ISBN 7-200-00874-5/TN·13

定 价: 6.25 元

前 言

随着我国国民经济的发展和人民生活水平的提高，家用、商用电冰箱和小型冷库的应用已日趋广泛。为了帮助从事电冰箱维修与制造的技术人员和工人掌握这些制冷设备的制冷原理与检修技术，并供广大使用者参考，我们编写了《家用、商用电冰箱和小型冷库的制冷维修技术》一书。

本书以目前应用最广泛的压缩式制冷电冰箱为主，系统地介绍有关的制冷基础知识、电冰箱（库）的制冷原理、构造、组装工艺以及电冰箱（库）常见故障的检查、判断和排除方法，并提供大量技术数据可供参考。

本书由陈嘉庚、张剑、陈宝军、张建华、赵元屏、李韧、赵俊青七位同志共同编写。在编写过程中，得到北京制冷学会廖启森、王英诺、王慈杨、刘东、蒋锦云等同志的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中若有不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

1989年7月

目 录

第一章 制冷技术基础知识	1
1.1 基本参数	1
1.2 常用术语	4
1.3 制冷技术基础	14
1.4 传热学基础知识	32
1.5 制冷原理	39
1.6 压缩式制冷系统的实际循环	53
1.7 制冷剂	73
第二章 家用、商用电冰箱和小型冷库	88
2.1 电冰箱（库）的类型	88
2.2 电冰箱的冷却和散热方式	97
2.3 电冰箱（库）的制冷系统	100
2.4 箱体	112
2.5 电冰箱的热力计算	117
2.6 压缩机与家用电冰箱的合理匹配	130
第三章 制冷压缩机	134
3.1 小型压缩机分类	134
3.2 小型开启式压缩机	135
3.3 小型半封闭压缩机	145
3.4 小型全封闭压缩机	146
3.5 旋转式压缩机	152

3.6	压缩机的润滑	160
3.7	小型压缩机主要零部件的技术要求	167
3.8	小型压缩机的性能试验	171
第四章	冷凝器和蒸发器	179
4.1	冷凝器	179
4.2	蒸发器	187
4.3	冷凝器和蒸发器的试验压力	193
第五章	节流装置和干燥过滤器	195
5.1	节流装置	195
5.2	干燥过滤器	205
第六章	电冰箱的控制系统	211
6.1	温度控制器	211
6.2	启动继电器	221
6.3	热保护器和热继电器	226
6.4	压力继电器	228
6.5	时间继电器	230
6.6	控制电路系统	233
第七章	制冷系统装配工艺	252
7.1	水分的危害及其控制方法	252
7.2	残留空气的危害及排除方法	263
7.3	杂质的危害及控制方法	264
7.4	制冷系统的密封	265
7.5	制冷系统的抽空和制冷剂的充注	272
7.6	检漏	289
第八章	电冰箱故障的一般规律	301
8.1	压缩机零部件损伤的原因	301
8.2	压缩机零件的磨损规律	305

8.3	电冰箱故障的一般规律	307
8.4	检修电冰箱的基本要点	308
第九章	家用电冰箱的常见故障与排除方法	311
9.1	电冰箱不启动	311
9.2	电冰箱运行不正常	317
9.3	电冰箱不降温	323
9.4	电冰箱内温度偏高	327
9.5	箱内温度过低仍不停车	331
9.6	电冰箱出现异常噪声	333
9.7	漏电	334
第十章	商用电冰箱和小型活动冷库的常见故障与排除方法	335
10.1	制冷机不能启动	335
10.2	制冷机在运转中突然停车	338
10.3	冰箱(库)内温度偏高或不降温	343
10.4	压缩机发出异常噪声	354
第十一章	电冰箱(库)检修工艺	357
11.1	维修设备和专用工具	357
11.2	制冷系统拆卸方法	361
11.3	制冷系统的维修	365
11.4	全封闭式压缩机的维修	368
11.5	小型开启式压缩机的维修	374
11.6	抽空和制冷剂的充注	384
11.7	整机性能试验	391
第十二章	电冰箱的节能	393
12.1	耗电量的估算方法	393
12.2	影响电冰箱耗电量的主要因素	395

12.3 维修质量对耗电量的影响.....	397
附表一 常用制冷剂热力性质表.....	400
附表二 国际单位制与其他单位制换算表.....	443
附图 R12、R22、R502、R717 lgp-H图.....	

第一章 制冷技术基础知识

② 制冷技术是研究获得低温的方法及其机理和应用的科学技术。从广义上讲，凡是低于环境温度者，都称为低温。根据不同的低温温度区域获得低温的方法及研究对象，又可将制冷技术分为普冷技术和深冷技术。习惯上，把普冷技术称做制冷技术，把深冷技术称做低温技术；普冷技术研究的范围是在普冷区，深冷技术研究的范围则是在深冷区。普冷区与深冷区以120K为划分界线，即从环境温度到120K（约 -153°C ）称为普冷区，从120K到绝对零度（ -273.15°C ）则称为深冷区。电冰箱的工作温度都在普冷区，包括低温电冰箱都属于普冷技术的研究范畴。

1.1 基本参数

获得低温的方法很多，但从总体上可分为物理和化学两类方法。物理方法制冷是运用物质的物理变化来实现的，这些物质被称做制冷工质或制冷剂。

制冷剂在电冰箱的制冷系统中不断地进行状态变化，即处于各种不同的热力状态。用以描述制冷剂热力状态的宏观物理量称为热力状态参数，简称状态参数。状态参数有温度（ T ）、压力（ p ）、比容（ v ）、焓（ H ）、熵（ S ）、内能（ U ）等，其中温度、压力和比容三个参数又称为制冷剂的热力状态基本参数，简称基本参数，

1.1.1 温度

温度是度量物体冷热程度的相对概念。根据分子运动学说，每个分子都具有动能，动能的大小取决于分子运动的速度和质量。在一定温度下，该物质分子运动的平均速度不变；当温度升高时，其平均速度也随之增大。也就是说，物体的冷热程度是分子无规则运动平均动能大小的表现。所以，温度就是物质分子运动平均动能的量度。

温度采用仪表测量。为了使温度的测量准确一致，需要有衡量温度的标尺，简称为温标，规定测量温度的基点和测量单位。目前，在制冷技术中常用的是国际上通用的温标，它主要有如下两种：

①摄氏温标 t ，又叫国际百度温标，以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位。它以清洁水在101325帕（Pa）压力下（即760毫米汞柱）的冰点（ 0° ）和沸点（ 100° ）之间，等分成100格，每格为1摄氏度，表示为 1°C 。此外，目前常见的还有英制华氏度，它以 $^{\circ}\text{F}$ 表示。 0°C 相当于 32°F 。华氏度以清洁水在101325Pa压力下的冰点和沸点之间，等分成180格，每格为1华氏度（英制温标将被淘汰，而以国际制温标所代替）。用摄氏或华氏温标表示的温度，都称为相对温度。

②绝对温标 T ，也叫热力学温标，是国际制温标。它规定以纯水的三相点作为基点，测温单位用K表示，叫做开尔文（简称开）。水的三相点为273.16K（即 0.01°C ）。从热力学角度讲，绝对温度实质上以分子停止运动时作为起点（即 -273.15°C ），绝对温标的每一度都与摄氏温标相等，即 0°C 等于273.15K。

绝对温标 T 与摄氏温标 t 的换算为：

$$T = t + 273.15 \approx t + 273 \quad (\text{K})$$

摄氏度 ($t^{\circ}\text{C}$) 与华氏度 ($t_f^{\circ}\text{F}$) 的换算为:

$$t = (t_f - 32) \times \frac{5}{9} \quad (^{\circ}\text{C})$$

$$t_f = (t \times \frac{9}{5}) + 32 \quad (^{\circ}\text{F})$$

1.1.2 压力

在单位面积上所受的垂直作用力称为压力,也叫压强,用 p 表示。由分子物理学可知,气体的压力是由于大量气体分子在无规则运动中对容器壁进行频繁撞击所产生的。压力的单位是帕(帕斯卡) Pa ,它表示每平方米面积上所受的垂直作用力为 1 牛顿,即

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

有些国外进口的电冰箱,目前仍采用英制单位磅/英寸² (psi)。此外,工程上还常使用压力单位“巴” (bar),它与法定计量单位的换算关系是:

$$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}。$$

在制冷工程计算中,需要的是压力的实际数值。而用压力仪表测得的数值则不是压力的真实数值,它是相对周围空气大气压力 ($p_{\text{大}}$) 的差值,因此,把实际压力值叫做绝对压力 ($p_{\text{绝}}$),而将仪表测得的压力值叫做相对压力,简称为表压 ($p_{\text{表}}$)。二者之间的关系为:

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + p_{\text{大}}$$

如果实际压力小于大气压力,则用仪表测出的数值就是低于大气压力的差值,称为真空度 (B),即

$$B = p_{\text{大}} - p_{\text{绝}}$$

所以,此时气体的绝对压力为:

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{大}} - B$$

可见，真空度也属于相对压力。但在进行热工计算时，则必须使用绝对压力。

1.1.3 比容

单位质量的制冷工质所占的容积，称为该工质的比容，用 v 表示，其单位为米³/千克 (m³/kg)，或升/千克 (l/kg)。例如，1千克氟利昂12 (R12)，在标准状态下 (绝对压力为 101325 Pa，温度为 0℃)，其蒸气的容积是 155.97 升，则它的比容为 155.97 升/千克；其液体的容积是 0.6727 升，则比容为 0.6727 升/千克。

比容是物质分子之间密集程度的物理量。对气体而言，分子之间的距离大，则比容也大，密集程度就小，因而可压缩性就大；反之，比容小，则分子之间的密集程度大，可压缩性就小。

工程上还经常用比容的倒数——密度。密度是单位容积的制冷工质所具有的质量，用符号 ρ 表示，单位为 千克/米³。例如，1 千克 R12 在标准状态下蒸气的密度为 6.411 千克/米³，其液体的密度为 1486.5 千克/米³。

$$\text{由 } v = \frac{1}{\rho} \text{ 可知: } v \cdot \rho = 1$$

即在所有状态下，工质的比容和密度的乘积永远等于 1。

1.2 常用术语

1.2.1 热量、显热、潜热、比热

(1) 热量

热是能的一种形式。热量表示物体所含热能的数量，通常

是指物体吸热或放热的多少。热量的单位为焦耳，用符号J表示。焦耳是能量的单位，它是指1牛顿重的物体升高1米所需要的能量。相当于这一数量的热能，就是1焦耳。在实际工作中，通常用增大一千倍的千焦耳（kJ）作为热量的实用单位。此外，以往在工程上常采用千卡（又叫大卡）作为热量的单位，它是指1千克的水升高或降低1℃所吸收或放出的热量。在英制单位制中，热量单位又用英热单位BTU表示，它是指1磅水升高1°F所需的热量。

（2）显热和潜热

水的加热过程，实际是水的吸热过程。当把1千克的水由20℃加热到100℃时，水的温度上升80℃，水吸收的热量为344.9千焦（80千卡）。在这一加热过程中，水吸收热量后只是温度上升，而形态不发生变化。这种吸收或放出热量后只改变温度而不改变物质形态的热，称为显热，也叫形热或感热。如果继续加热，水的温度不再继续上升，并保持在100℃不变，但却出现沸腾（汽化）现象，水由液态变为气态（水蒸气），直至完全变成水蒸气。在这一加热过程中的改变物质形态的热称为潜热，如蒸发热、凝固热或溶解热都为潜热。水由液态变为气态的潜热量是2246.2千焦/千克，水由液态变为固态的潜热量为333.7千焦/千克。在制冷循环中，主要是利用制冷剂的蒸发潜热来制冷。几种常用制冷剂的潜热如表1-1所示。

（3）比热

比热是指单位质量的物质，温度每升高1℃所需要的热量，用c来表示。比热可用来测定物质的显热。

固体和液体的容积基本上是不可压缩的，因而重量一定，容积也为定值。但气体却不然，同样重量的气体，在不同的温度和压力下具有不同的容积。所以，气体的量必须采用重量和

容积两种单位。气体的比热可分为以下几种：

表1-1 几种常用制冷剂的潜热 (kJ/kg)

制 冷 剂	-15°C 时的潜热	0°C 时的潜热
R 12	159.55	152.54
R 22	217.00	204.93
R 502	155.82	146.16
R 717	1311.57	1261.08

①重量比热 (c_g)，即表示 1 千克气体变化 1 °C 所吸收或放出的热量，其单位为 J/kg·°C。

②摩尔比热 (c_{mol})，它是以 1 摩尔 (c_{mol}) 气体为单位的比热，其单位为 kJ/mol·°C。

③容积比热 (c')，它表示在标准状态下，1 立方米气体变化 1°C 所吸收或放出的热量，其单位为 kJ/m³·°C。

以上三种比热之间的关系是：

$$c = \frac{c_{mol}}{\mu} = v_{标} c'$$

$$c' = \frac{c_{mol}}{22.4} = \rho_{标} \cdot c = \frac{c}{v_{标}}$$

$$c_{mol} = \mu \cdot c = 22.4 c'$$

式中， μ 为气体的分子量； $v_{标}$ 为标准状态下的比容； $\rho_{标}$ 为标准状态下的密度。

在制冷工程中，制冷剂吸收或放出热量后，压力和容积这两个参数总有一个在变化。所以，在热工计算中还常用定容比热和定压比热这两个概念。所谓定容比热，就是将气体保持在一定的体积下进行加热，其温度和压力都上升，用 c_v 表示。定

压比热就是将气体保持在一定的压力下进行加热，使其温度上升，体积发生膨胀，同时对外作功。这时气体所具有的热量是升温 and 对外作功所需热量的总和。定压比热用 c_p 表示。显然，定压比热大于定容比热，即 $c_p > c_v$ 。

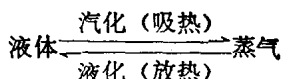
定压比热与定容比热之比，称为绝热压缩指数，用 k 来表示：

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

k 是压缩气体时的压缩功量，它是标志气体因为压缩而使温度有较大上升的重要参数。

1.2.2 饱和状态、饱和温度与饱和压力

物质由液态转变为气态（蒸气）的过程叫做汽化；而由气态转变为液态的过程则称为液化，也称冷凝或凝结。汽化和液化是气液相变的两种相反过程。



在一定温度下，当气液两相的转变速率相等时，两相转变达到动平衡，这时空间的气态分子浓度（或数量）保持不变，这种状态称为饱和状态。而处于饱和状态下的蒸气和液体，则分别称为饱和蒸气和饱和液体。其中，饱和蒸气的压力称为饱和压力，用 P_s 表示；饱和液体的温度则称为饱和温度，用 t_s 表示。饱和压力和饱和温度常被称作蒸发压力和蒸发温度。

气体的饱和压力随温度而变化。例如，R12 在 $t_s = -15^\circ\text{C}$ 时的饱和压力 $p_s = 0.1827\text{MPa}$ （兆帕），而 $t_s = 25^\circ\text{C}$ 的则饱和压力 $p_s = 0.6529\text{MPa}$ 。这是由于处于饱和状态的液体温度升高，使汽化加剧，空间气态分子的浓度增加，从而使蒸气压力

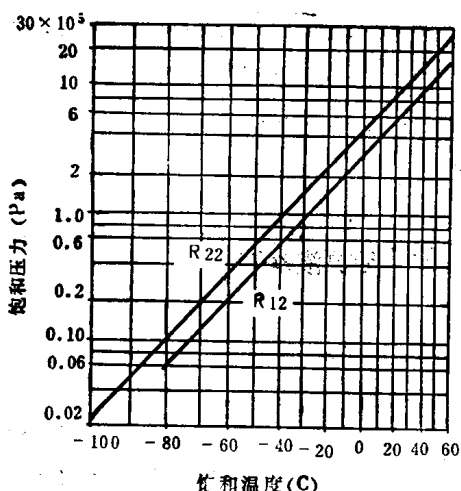


图1-1 制冷剂饱和温度与饱和压力的关系

也提高，直到液气两相的转变速率相等，达到该温度下新的饱和状态。由此可见，物质在液气两相转变时，一定的饱和温度总是对应一定的饱和压力。如图1-1所示，饱和温度越高，饱和压力也越高；反之亦然。实验证明，饱和温度与饱和压力之间存在一定的变化规律，即 $p_s = f(t_s)$ 。

在制冷工程中，对制冷剂蒸气来说，当压力一定，而温度高于该压力下相对应的饱和温度时，这种现象称为过热，该蒸气称为过热蒸气；同样，当蒸气的温度一定，而蒸气的压力低于该温度下相对应的饱和压力时，该蒸气也是过热蒸气。在同样压力下，过热蒸气的温度与饱和温度的差值称为过热度。而对制冷剂液体来说，当压力一定，而温度低于该压力相对应的饱和温度的现象称为过冷，其液体称为过冷液。在同样压力下，过冷液的温度与饱和温度的差值称为过冷度。

1.2.3 临界点、临界温度与临界压力

在饱和状态中，液态和气态两相能够共存。而当饱和温度继续升高，到达某一温度时，物质的液相和气相的区别就会完全消失，这时液相不再存在。如图1-2所示，当水的饱和温度 t_s 升高到 t_{kp} 时，相应压力为 p_{kp} ，这时水与蒸气的区别完全消

失，液态水已不存在。图中K点称为临界点，临界点的温度和压力分别称为临界温度和临界压力。各种制冷剂都有自己的临界点，当超过临界温度时，无论怎样压缩气态制冷剂，都不会使其液化。常见氟利昂制冷剂的临界温度与临界压力如表1-2所示。

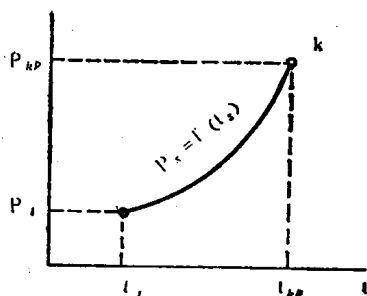


图1-2 水的饱和曲线

表1-2 常见氟利昂制冷剂的 t_{kp} 和 P 值

制 冷 剂	$t_{kp} (^{\circ}\text{C})$	P_{kp} (绝对, MPa)
R 12	112	4.16
R 22	96.18	4.99
R 13	28.8	3.86

1.2.4 湿度和露点

在自然界中，空气总是或多或少地含有水蒸气，这种空气叫做湿空气。湿度是湿空气的状态参数之一，它表示空气中所含水份的量。在一定温度下，空气中所含水蒸气的量达到最大值，这种空气就叫做饱和空气。

湿度的表示方法有绝对湿度和相对湿度两种。绝对湿度 γ 是指每1立方米湿空气中含有水蒸气的量，单位为千克/米³。但是，已知绝对湿度还不能说明湿空气是否处于饱和状态，还需用相对湿度来说明空气的干湿程度。而相对湿度 ϕ 为湿空气中的绝对湿度 γ 与同一温度下饱和空气的绝对湿度 γ_b 的比值，