

电冰箱

DIANBINGXIANG YUANLI
YU WEIXIU JISHU

原理 与 维修 技术

王朝玉 王丕晟 编著



河南科学技术出版社

前 言

随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，目前电冰箱已经成为居民家庭必备的家用电器之一，其社会保有量迅速增长。由于缺少专业维修人员，维修技术质量不高，不能满足社会对维修服务的要求。为普及电冰箱基础知识，提高维修人员的理论和维修技术水平，我们编写了这本《电冰箱原理与维修技术》。

本书简要介绍了电冰箱的热力学基础知识和电冰箱制冷原理，电冰箱各种不同的结构型式。详细介绍了电冰箱的制冷系统，电气控制系统的组成和工作原理，各功能部件的结构特点及工作原理，深入分析了电冰箱运行过程中各种不同故障产生的原因及其排除方法，重点论述了电冰箱的各种实用维修技术及其操作方法。

本书概念准确、内容充实、图文并茂、深入浅出、重在应用，以提高读者的实际维修操作技能为宗旨。

本书除第三章由北京雪花集团王丕晟同志编写外，其余均由天津轻工业学院王朝玉同志编写。在编写过程中得到各有关领导和同志们的大力支持和帮助，在此谨致以衷心的感谢。本书编写时从“参考文献”中得到很多帮助和启迪，在此对各参考文献的作者表示衷心的感谢。

本书除可作为从事电冰箱生产、维修的专业人员的培训教材，也可以作为大、中专学校和函授学校相关专业的教材，也可以作为上述有关人员及广大爱好者的自学读物。

由于编者的学识有限，本书的缺点和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

1998年5月于天津

目 录

第一章 电冰箱的基本工作原理	(1)
第一节 基本制冷方法及原理	(1)
一、制冷的基本概念	(1)
二、物质相变制冷	(2)
三、蒸气压缩式制冷工作原理	(3)
四、蒸气吸收式制冷工作原理	(4)
五、半导体制冷工作原理	(6)
第二节 制冷的热力学基础	(7)
一、热力状态参数	(7)
二、热力学基本定律	(14)
三、电冰箱工作的热力学原理	(18)
第三节 制冷剂	(19)
一、对制冷剂的热力学要求	(20)
二、制冷剂的分类及电冰箱常用制冷剂	(22)
三、环境保护及氟里昂替代	(29)
第四节 制冷剂的热力性质	(29)
一、有关制冷剂状态变化的基本概念	(29)
二、制冷剂的热力状态图——压焓图	(34)
第五节 电冰箱的分类与组成	(37)

一、电冰箱的分类	(37)
二、电冰箱的规格、型号	(42)
三、电冰箱的组成	(43)
四、电冰箱箱体及附件	(45)
第二章 电冰箱制冷系统	(48)
第一节 制冷压缩机	(48)
一、往复式活塞式压缩机的结构和工作原理	(49)
二、旋转活塞式压缩机的结构和工作原理	(52)
三、压缩机的润滑、振动和噪声	(58)
第二节 制冷系统的热交换设备	(59)
一、换热器中的热传递	(59)
二、冷凝器	(60)
三、蒸发器	(64)
第三节 制冷系统的其他部件	(67)
一、毛细管及其作用	(67)
二、干燥过滤器	(72)
第四节 制冷系统的结构形式	(73)
一、组成及工作原理	(73)
二、制冷系统的结构形式	(74)
三、不同冷却方式的特点	(78)
第五节 电冰箱制冷循环与热力分析	(80)
一、制冷循环	(80)
二、制冷循环在压焓图上的表示	(86)
第三章 电冰箱的电气及控制系统	(89)
第一节 电动机	(89)
第二节 启动控制器与过载保护器	(92)
一、启动方式	(92)
二、启动控制器	(95)

三、过载保护器	(99)
第三节 温度控制器	(101)
一、温度控制的过程	(102)
二、各种温度控制器的工作原理、结构及调整	(102)
第四节 化霜控制	(112)
一、人工化霜	(113)
二、半自动化霜	(113)
三、自动化霜	(118)
第五节 电冰箱电路分析	(122)
一、直冷式电冰箱电路	(122)
二、间冷式电冰箱电路	(125)
三、电子式温度和化霜控制电冰箱电路	(128)
第六节 电冰箱的电脑控制	(129)
一、电路原理	(129)
二、程序流程	(132)
第四章 电冰箱的故障分析及检查方法	(134)
第一节 概述	(134)
一、电冰箱故障的一般规律	(134)
二、电冰箱故障的分析判断	(135)
第二节 电冰箱故障检测仪器及使用方法	(136)
一、万用表	(137)
二、兆欧表	(138)
三、钳形电流表	(140)
四、热敏电阻温度计	(141)
五、卤素检漏仪	(143)
六、压缩机启动试验器	(147)
第三节 电冰箱常见故障分析、检查及排除方法	(149)

一、压缩机不启动·····	(149)
二、压缩机启动后不能正常运行·····	(156)
三、压缩机能正常运行,但制冷性能差·····	(161)
四、箱内温度过低,但压缩机不停机·····	(168)
五、电冰箱产生异常噪声·····	(170)
六、漏电·····	(171)
第五章 电冰箱的维修技术·····	(173)
第一节 电冰箱维修专用工具和设备正确使用·····	(173)
一、电冰箱维修专用工具的正确使用·····	(173)
二、电冰箱维修专用设备的正确使用·····	(181)
第二节 电冰箱维修的焊接技术·····	(184)
一、焊接材料的选择·····	(184)
二、焊接设备及其使用·····	(185)
三、钎焊的基本工艺·····	(189)
四、焊接时应注意的问题·····	(191)
第三节 制冷剂的分装、脱水及去除杂质·····	(192)
一、制冷剂的分装方法·····	(192)
二、制冷剂脱水方法·····	(193)
三、杂质的危害及排除方法·····	(194)
第四节 制冷系统的维修操作·····	(196)
一、排放制冷剂·····	(197)
二、拆卸制冷系统·····	(198)
三、制冷系统的清洗·····	(198)
四、制冷系统零部件干燥处理·····	(203)
五、检漏·····	(206)
六、抽真空·····	(208)
七、充注制冷剂·····	(210)
八、性能试验·····	(213)

第五节 全封闭压缩机的维修·····	(215)
一、压缩机损伤的原因及规律·····	(215)
二、压缩机的拆卸程序及操作·····	(217)
三、机械故障的维修·····	(219)
四、压缩机装配的基本要求·····	(224)
五、压缩机维修后的性能试验·····	(225)
六、压缩机机壳的封焊及注意事项·····	(228)
第六节 电气和控制系统的维修·····	(228)
一、压缩机电动机的维修·····	(229)
二、温控器的维修·····	(231)
第七节 电冰箱的开背维修·····	(233)
一、开背部位的确定·····	(233)
二、开背维修的注意事项及操作要点·····	(236)
三、上蒸发器故障的排除·····	(237)
附录一 常见家用电冰箱规格参数·····	(240)
附录二 电冰箱用全封闭压缩机技术参数·····	(244)
附录三 电冰箱用压缩机电机技术参数·····	(252)
附录四 电冰箱电路常见图形符号及说明·····	(258)
附录五 家用制冷设备上常见英文单词和缩写字母的 中文含义·····	(259)
参考文献·····	(263)

第一章

电冰箱的基本工作原理

电冰箱是一种小型的制冷设备，常用于家庭、宾馆、医院、实验室等处，用来冷藏冷冻食品、药品和其他物品，具有储存、保鲜、抑菌等功能。

第一节 基本制冷方法及原理

一、制冷的基本概念

用人工的方法，在一定的空间和时间范围内，将某种物体或流体冷却，使其温度降低到环境温度以下，并保持这个低温状态的过程称作制冷。

高温物体通过辐射、对流和传热向环境放热，并冷却到与环境温度相同的过程是自发的降温过程，它不能使物体温度降低到环境温度以下，因而是自然冷却，而不是制冷。只有通过一定的方式，从物体或流体中取出热量，并将热量排放到环境介质中，以使物体或流体得到并保持低于环境温度的过程，才是制冷。

在制冷过程中所需要的机器、设备的总和称为制冷机或制冷设备。电冰箱即是家用制冷设备之一。

在制冷设备中使用的工作介质，称为制冷工质，简称工质，又称制冷剂。制冷过程是制冷剂在制冷设备中循环流动的过程

中，通过自身热力状态的改变与周围物体进行热量交换：即从被冷却对象中吸收热量，实现其冷却（使之达到环境温度以下），并将热量排放给环境介质中去，在整个运行过程中，制冷剂一系列状态变化的综合称作制冷循环。

为保证制冷循环连续进行，需要给制冷设备提供必需的能量。该能量随采用的制冷方法及设备结构的不同，可以是机械能、电能、热能或其他形式的能量。

二、物质相变制冷

1. 物态变化

对于同一种物质，在不同的条件（温度、压力）下，由于分子间的作用力和分子热运动的强弱不同，则会以不同的形态存在。在一定条件下物质形态（固态、液态、气态）间的相互转变称作相变。物质相变过程如图 1-1-1 所示。

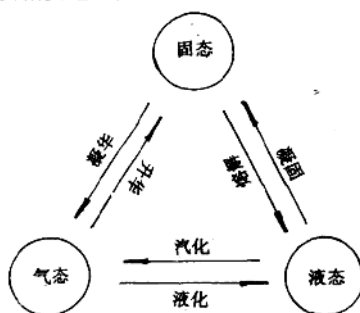


图 1-1-1 物质的相变过程

当物质从外界获得足够的热量时，就可由固态转变成液态（熔解）或转变成气态（升华），或由液态转变成气态（汽化）；反之当物质向外界放出足够的热量时，就会由气态转变成液态（液化）或转变成固态（凝华），或由液态转变成固态（凝固）。

2. 液体汽化制冷

利用液体汽化过程中需要吸收热量，而使被冷却物体（或流体）的温度降低，是液体汽化制冷的基本原理。

在液体汽化制冷过程中，通过液态制冷工质从被冷却对象中吸收热量使自身汽化的同时，使被冷却对象温度降低，若汽化温度选择适当，就会使被冷却对象的温度降低到环境温度以下，若能保证汽化过程连续进行，就能维持被冷却对象的温度低于环境温度。

液体汽化制冷是目前应用最广泛的制冷方法，根据制冷循环过程和设备的不同，可以分成蒸气压缩式、吸收式、蒸气喷射式、吸附式及液态气体汽化制冷等多种形式。

电冰箱采用较多的是蒸气压缩式制冷方式，同时亦有采用蒸气吸收式制冷方式的。

三、蒸气压缩式制冷工作原理

蒸气压缩式制冷系统是用管道将制冷压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器等主要部件连接起来，内部充注适量的制冷剂的密闭系统。其示意图如图 1-1-2 所示。

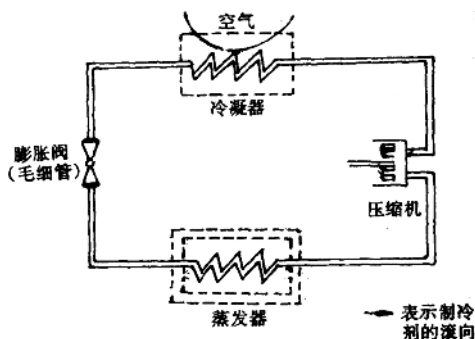


图 1-1-2 蒸气压缩式制冷系统

制冷工质在蒸发器中（压力为 P_0 ，对应的沸腾温度 t_0 低于被冷却对象温度），通过器壁同被冷却对象进行热量交换，吸收被冷却对象的热量（制冷量），一方面使自身汽化成蒸气，另一方面使被冷却对象降低温度。压缩机的作用是不断地将蒸发器中产生的工质蒸气抽走，并对其压缩，一方面起保持蒸发器中低压的作用，另一方面将工质蒸气压缩成高压高温的过热蒸气，使其获得很强的向冷却介质放出热量及在系统中连续流动的能力。压缩过程是以消耗能量为代价的。由压缩机排出的高压高温过热蒸气在冷凝器中通过器壁与冷却介质进行热量交换，放出热量后由过热蒸气变成饱和蒸气、湿蒸气，最后凝结成高压常温液体。从而实现了热量由低温物体（被冷却对象）向高温物体（冷却介质）的转移。由冷凝器出来的高压常温液态工质经节流阀后降压，由于压力下降，少部分工质汽化成蒸气，并未从汽化液体工质中吸收汽化潜热，从而使进入蒸发器的工质变成低压、低温的湿蒸气，即节流过程是使工质重新具有从低温热源（被冷却对象）吸收热量的能力。如此周而复始，实现了连续制冷的过程。

四、蒸气吸收式制冷工作原理

蒸气吸收式制冷是液体汽化制冷的又一种形式。为实现连续制冷，则需要不断的吸走液体汽化时产生的工质蒸气，吸收式制冷就是利用对工质蒸气有较强吸收能力的物质来完成这种工作的。由于水对氨蒸气有强烈的吸收能力，所以吸收式家用电冰箱目前都采用以氨作制冷剂，水作吸收剂的吸收式制冷系统。吸收式制冷系统工作原理如图 1-1-3 所示。

由图可知，系统中的冷凝器、节流阀 I、蒸发器与蒸气压缩式制冷系统的相应部件完全相似，而该系统中用吸收器、溶液泵、热交换器、节流阀 II 及发生器来替代蒸气压缩式制冷系统中的压缩机，完成其相应的功能。工作过程如下：吸收器中充有氨水稀溶液，用它来吸收蒸发器产生的氨蒸气。由于吸收氨蒸气的

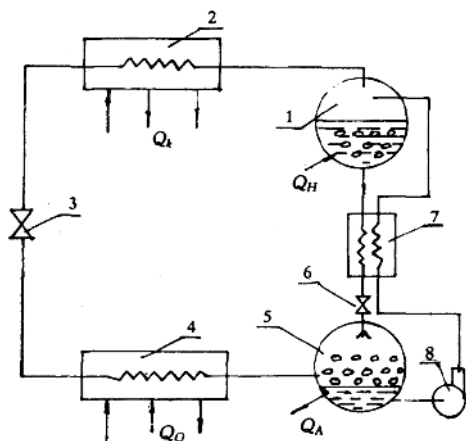


图 1-1-3 吸收式制冷系统工作原理

- 1—发生器；2—冷凝器；3—节流阀Ⅰ；4—蒸发器；
5—吸收器；6—节流阀Ⅱ；7—热交换器；8—溶液泵

过程是放热过程，所以会使吸收器中的氨水溶液的浓度和温度都随吸收过程的进行而上升，这对吸收作用是不利的。在工程实际中采用三项措施来克服，一是通过溶液泵不断地吸走浓氨水溶液，二是通过节流阀Ⅱ不断地提供稀氨水溶液，同时给吸收器采取适当的冷却措施，保证吸收器在整个制冷工作过程中都保持有足够的吸收氨蒸气的能力；发生器中由溶液泵加压后注入的浓氨水溶液被加热至沸腾，产生的氨蒸气经过精馏后几乎是纯氨蒸气被送入冷凝器。为保证发生器始终处于正常工况，一方面由外界热源不断地提供足够的热量以保证发生器中溶液的沸腾状态，另一方面将蒸发后的稀氨水溶液经冷却再重新注入吸收器。节流阀Ⅱ是为保证吸收器和发生器之间有适当的压力差而设置的；热交换器是为充分利用能量而设置的。

蒸气吸收式制冷系统由于没有机械运动部件，所以工作时没有机械振动及噪声，使用寿命长。其热源可以用多种形式的能源提供，因而可以在没有电源的场合工作，但其设备结构较复杂，制冷系数亦较低，同时氨对人有一定的危害作用。

五、半导体制冷工作原理

半导体制冷又称热电制冷，其理论基础是固体的电热效应——帕尔帖效应。当电流流过由两种不同导体联成的电路的接触界面时，其中一个接触界面的温度降低成为吸热端，而另一个接触界面的温度升高成为放热端。由于半导体材料比金属的帕尔帖效应显著，因而在制冷（或制热）上得到应用，半导体制冷原理如图1-1-4所示。

用一个P型半导体元件和一个N型半导体元件联结成电偶，且电路上接有直流电源，当电流流过电偶时，就会产生图1-1-4所示的能量转移，即电偶的一个接头将放出热量（称热端），另一接头则吸收热量（称冷端），若电源极性接反，则冷、热端也相应互相变换，原来的热端变为冷端，原来的冷端变为热端。

由于每一个半导体电偶的电热效应所产生的冷量较小，所以实际上都将数十个半导体电偶串接在一起，将冷端排在一起，热端排在一起，组成热堆。采用半导体制冷的电冰箱就是把串联后

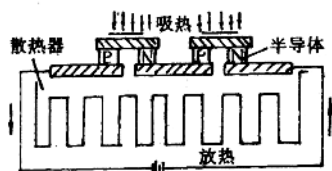


图 1-1-4 半导体制冷原理

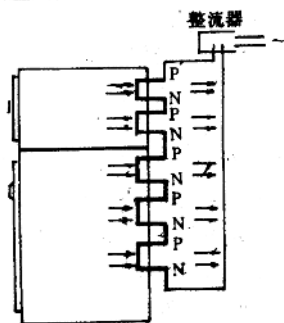


图 1-1-5 半导体电冰箱结构

的半导体冷端紧贴在吸热器（蒸发器）平面上，热端装在箱体外面与散热器相接，其结构如图1-1-5所示。

半导体制冷装置中不需要宏观工质来实现能量的转移，整个装置中没有运动部件，工作可靠，灵活性强。其他方面的特点是：无噪音、设备体积小操作方便、便于实现温度的自动控制，因而常制成小型的制冷器具在国防、科学、电子和医疗等方面应用。其不足是设备成本高，制冷效率低。

其他制冷方法在电冰箱制造中均无应用，故不作讲述。

第二节 制冷的热力学基础

制冷是通过制冷剂在循环流动过程中，自身热力状态的改变实现热量从被冷却对象到环境空间的转移过程，同时需要外界给制冷系统提供足够的能量，所以说制冷过程与“热”是密切相关的，热力学中能量的转换和传递理论自然成为制冷技术的理论基础。

一、热力状态参数

由于制冷系统的能量转换和热量的传递都与工质的吸热、膨胀、放热、压缩等过程密切相关，在上述过程中工质的温度、压力、比容等各种物理量都随时在改变，这些物理量的改变只与状态变化的结果有关，而与状态变化的途径无关，这些物理量称之为热力状态参数，简称参数。制冷系统中常用的热力状态参数有温度、压力、比容、内能、焓、熵等。其中温度、压力这两个状态参数可以用仪表直接测量得到；比容可由测得的质量和容积由计算得出；所以这三个状态参数常作为基本参数。其他的参数只能通过基本参数的计算得到。

1. 温度

温度是表示物体（工质）冷热程度的物理量，是工质的重要

基本参数之一。由于热量只能自动地由高温物体传给低温物体，所以温度是判断工质能否从周围介质中吸收热量或放出热量的依据。

表示温度的标度称为温标。常用的温标有热力学温标、摄氏温标、华氏温标等，不同温标的基准温度规定和基本单位划分的方法也不相同。

(1) 热力学温标：热力学温标又称绝对温标，是基本温标，用符号 T 表示，单位是开尔文，中文代号“开”，国际代号“K”，所以又常称开氏温标。

热力学温标选取水的三相点（即水的固、液、气三态并存）时的温度为基本定点，并定义其温度为 273.16K ，所以，1 开尔文所表示的温度间隔等于水的三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。热力学温度的 0K 是根据物理学原理推导出来的最低温度，该温度对应于物质内部分子热运动速度为零时的温度。

(2) 摄氏温标：摄氏温标是与热力学温标并用的一种常用温标，用符号 t 表示，单位是度，代号是 $^{\circ}\text{C}$ 。在标准大气压下，水结成冰时的温度规定为 0°C ，水沸腾时的温度规定为 100°C ，并将其均分成 100 等份（温度单位），每一等份就是 1°C 。

摄氏温度与热力学温度的关系是：

$$t = T - T_0 \quad (1-1)$$

式中， $T_0 = 273.15\text{K}^*$ ，即标准大气压下，水的冰点的热力学温度，它与水的三相点的热力学温度相差 0.01K ，工程上常将 T_0 取作 273K 已足够精确。

摄氏温度每 1 度与热力学温度每 1 开尔文完全相同，用摄氏温度表示的温差，也可用开尔文表示；但两种温标所选取的零点不同，且前者可以有负值，后者不能有负值。

* T_0 是水的冰点的热力学温度，与水的三相点的热力学温度相差 0.01K 。

(3) 华氏温标：华氏温标（符号 $^{\circ}\text{F}$ ）定义为在物理大气压下，纯冰的熔点和纯水的沸点分别规定为 32°F 和 212°F 。华氏温标和摄氏温标之间的换算关系是：

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} (t(^{\circ}\text{F}) - 32) \quad (1-2)$$

式 (1-2) 表明华氏温标每 1°F 温度间隔为摄氏温标每 1°C 温度间隔的 $5/9$ ，华氏温标的温度值亦有正、负。

(4) 朗肯绝对温标：以绝对零度（热力学温度 0K ）为起点的华氏温标称朗肯绝对温标，符号为 $^{\circ}\text{R}$ 。

$$T(^{\circ}\text{R}) = t(^{\circ}\text{F}) + 459.69 \quad (1-3)$$

各种温标间的换算关系如图 1-2-1 表示。

2. 压力

单位面积上所受的垂直力称为压力，以符号 P 表示。

根据分子运动论，气体的压力是大量分子对容器壁面撞击的平均结果。气体分子的多寡、分子运动的快慢决定其对容器压力的大小。压力也是反映工质热力状态的一个重要参数*。

制冷工程中，采用压力表来测定工质对系统的压力，称为表压力，用 P_g 表示。应注意的是表压力并不是工质对系统的真实压力，真实压力又称绝对压力，用 P_a 表示。表压力是绝对压力与大气压力（用 P_b 表示）的差值，即

$$P_g = P_a - P_b \quad (1-4)$$

* 读者注意：这里的压力等同物理学中的压强。