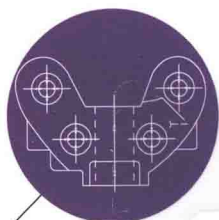
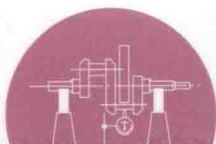
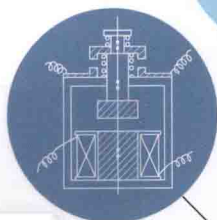
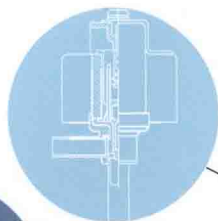
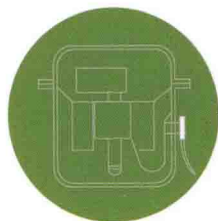
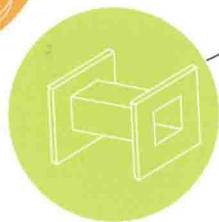




跟高手全面学会 **家电维修** 技术



轻松掌握 电冰箱 维修技能

■ 曹振华 主编 ■ 冯广玉 孙玉倩 副主编

一看就懂 一学就会



高手为你答疑解惑
零基础学会家电维修技术
先人一步轻松上岗走上成才路



化学工业出版社



跟高手全面学会 **家电维修** 技术

轻松掌握 **电冰箱** 维修技能

■ 曹振华 主编 ■ 冯广玉 孙玉倩 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面介绍了维修电冰箱的基础知识和各项维修技能、技巧。主要包括：电冰箱维修基础知识、制冷剂、载冷剂、润滑油、压缩机与电动机、冷凝器与蒸发器、电冰箱电气控制系统、普通电冰箱电气控制系统分析、半导体式制冷原理、智能电冰箱实际电气控制系统分析、变频电冰箱电气系统分析、电冰箱/冰柜制冷系统结构、冰箱/冰柜及小型冷库故障判断与维修、冰箱/冰柜检修工艺、商用冰柜及小型冷库检修、新型环保冰箱故障检修、多品牌电冰箱/冰柜故障综合检修流程与多品牌冰箱/冰柜的维修实例等。在相关维修章节中，给出了部分常用资料和维修密码，供维修时参考。

本书可作为初学者及相关制冷、空调自动化技术人员和有关专业人员的工作、学习参考书，也可作为高等职业技术学院的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

轻松掌握电冰箱维修技能/曹振华主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 4
(跟高手全面学会家电维修技术)
ISBN 978-7-122-19855-6

I. ①轻… II. ①曹… III. ①冰箱—维修 IV.
①TM925.210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 034408 号

责任编辑：刘丽宏
责任校对：边涛

文字编辑：陈喆
装帧设计：刘丽华

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印刷：北京云浩印刷有限责任公司

装订：三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 317 千字 2014 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：39.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着科学技术的日新月异和人民生活水平的不断提高，家用电器迅速进入千家万户和企事业单位成为“好帮手”。随之而来，家电使用过程中会出现各种各样的故障，常常令用户和维修人员头疼。加之由于维修人员少，维修技术水平不高，尤其是新型家电设备的技术含量高，从而使维修难的问题日益突出。

为了使初学者快速掌握维修技术，使现有维修人员快速提高维修技术水平，我们组织长期在家电维修和教学工作第一线、具有丰富实践经验的教师和工程技术人员编撰了这套《跟高手全面学会家电维修技术》丛书（以下简称《丛书》）。

《丛书》本着简单实用、易学易用的原则，基础起点低，语言通俗易懂，图文并茂，主要包括《轻松掌握液晶电视机维修技能》、《轻松掌握小家电维修技能》、《轻松掌握电冰箱维修技能》、《轻松掌握空调器安装与维修技能》，帮助读者轻松、快速、高效掌握各类型家电维修知识和技能。

本书为《轻松掌握电冰箱维修技能》分册。

本书全面介绍了电冰箱的基本知识和各项维修技能。与其他书籍相比，书中省略了比较陈旧的内容和大量理论计算；增加了新型环保制冷剂和制冷设备系统，主要内容包括：制冷技术基础；制冷系统主要部件；控制系统主要部件；制冷剂、载冷剂和润滑油；家用和商用冰箱/冰柜的结构及原理与维修；新型环保冰箱/冰柜的原理与维修；仪器仪表及工具的使用等。书中还列举了典型制冷设备的维修实例，并给出了部分常用资料和维修密码，供维修时参考。全书内容全面，理论与制作同功，真正做到了由浅入深，循序渐进，相信读者通过阅读本书，可以很快掌握电冰箱维修技能。

本书由曹振华主编，冯广玉、孙玉倩任副主编，参加编写工作的还有赵学敏、戴斌、邹全、张杰、孔海颖、陈忠、张伯龙、曹振宇、张亚昆、张海潮等。全书由张伯虎统稿。本书的编写得到了诸多专家和老师的的大力支持，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中不足之处难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目录

第一章 电冰箱维修基础	1
第一节 热力学基本知识	1
一、温度的定义与分类	1
二、压力与真空	1
三、热量传导	3
第二节 电冰箱制冷系统种类	6
一、蒸气压缩式制冷原理	6
二、吸收式制冷原理	6
三、半导体式制冷原理	7
第三节 电冰箱压缩制冷系统工作原理	8
一、蒸气压缩式制冷结构	8
二、制冷剂的压焓图	9
第四节 制冷剂	14
一、制冷剂分类及特性要求	14
二、氟利昂类制冷剂	16
三、新型无氟制冷剂	17
四、共沸溶液制冷剂	18
五、天然替代工质制冷剂	18
六、常用制冷剂的代换	20
七、制冷设备的安全要求	21
第五节 载冷剂	21
一、对载冷剂的要求	21
二、常用载冷剂的种类	21
三、载冷剂性质	22
第六节 润滑油	22
一、性能指标	22
二、冷冻机油规格	22
第二章 电冰箱气路系统器件	24
第一节 压缩机与电动机	24
一、全封闭式压缩机	24
二、小型半封闭压缩机	30

三、开启式压缩机	31
四、电动机	36
第二节 冷凝器与蒸发器	38
一、冷凝器	38
二、蒸发器	40
第三节 节流装置	42
一、毛细管	42
二、膨胀阀	44
第四节 干燥过滤器和储液器	45
一、干燥过滤器	45
二、储液器	47
三、电磁单向阀	48
第三章 电冰箱电气控制系统部件与故障检修	49
第一节 温度控制器	49
一、机械式温控器（感温囊式温控器）	49
二、电子式温控器	50
第二节 电动机的启动装置和保护装置	53
一、电动机的启动装置	53
二、电动机的保护装置	57
第三节 热继电器、压力继电器与除霜装置	59
一、热继电器	59
二、压力继电器	59
三、电冰箱用除霜防冻装置	61
第四节 普通电冰箱电气控制系统	63
第五节 变频电冰箱电气系统	66
一、变频电冰箱制冷系统组成	66
二、制冷系统的基本控制模式	67
三、变频电冰箱主要制冷切换部件的结构特点	67
四、变频电冰箱单、双稳态电磁阀的检测与维修	68
五、变频电冰箱制冷系统故障的检修	69
第四章 电冰箱、冰柜制冷系统及控制电路	70
第一节 电冰箱、冰柜的箱体结构	70
一、外箱和内箱	70
二、箱门结构	70
三、隔热材料	72
第二节 制冷系统	72
一、家用电冰箱的制冷系统	72
二、商用电冰箱及小型冷库（柜）的制冷系统	76
第三节 家用和商用冰箱/冰柜的制冷系统控制电路	78
一、家用电冰箱的控制电路	78
二、商用大中型电冰箱、冰柜的控制电路	79

三、电冰箱中的除霜控制	80
-------------------	----

第五章 电冰箱、冰柜及小型冷库故障判断与维修	83
-------------------------------------	-----------

第一节 检修设备及工具材料	83
一、气路系统检修设备及工具	83
二、电气设备检修工具	88
三、焊接设备及使用	93
四、常用材料	100
第二节 电冰箱、冰柜各系统故障判断与维修	100
一、电冰箱、冰柜压缩机常见故障与排除	100
二、全封闭式压缩机机械故障的判断方法	100
三、蒸发器的故障判断与维修方法	105
四、毛细管与膨胀阀的故障判断与维修方法	106
五、自然冷却式冷凝器的故障判断与维修方法	109
六、干燥过滤器的故障判断与维修方法	110
七、温度控制器的常见故障及判断方法	110
八、启动继电器和过载保护器的常见故障及判断方法	111
九、电冰箱箱体故障与整修	112
第三节 电冰箱、冰柜检修工艺	114
一、拆卸制冷系统的操作程序及拆装步骤	114
二、制冷系统的清洗	120
三、全封闭制冷系统维修基本操作工艺	121
四、全封闭式制冷系统的检漏方法	122
五、全封闭式制冷系统的抽真空操作	124
六、全封闭式制冷系统的充制冷剂操作	125
七、压缩机不停机的维修	128
第四节 商用冰柜及小型冷库检修	128
一、压缩机的修理	129
二、气路故障检修与调试	134
三、电气系统电路检修	136

第六章 新型环保电冰箱故障检修	141
------------------------------	------------

第一节 压缩式节能电冰箱的原理与维修	141
一、节能电冰箱的相关标准	141
二、节能原理	141
三、节能电冰箱的结构	144
四、节能电冰箱的维修	147
第二节 半导体制冷电冰箱	154
一、制冷电路原理	154
二、常见故障维修	155
三、半导体制冷器的使用与安装、维护要点	155

第七章 多品牌电冰箱与冰柜故障综合检修流程与实例	158
第一节 电冰箱与冰柜故障判断与维修流程	158
一、不通电故障判断与维修流程	158
二、压缩机不转的故障判断与维修流程	158
三、除霜电路故障与排除维修流程	159
四、冷冻室风扇异常故障判断与维修流程	160
五、冷藏室风门故障判断与排除流程	160
六、灯不亮的故障判断与维修流程	160
第二节 多品牌电冰箱与冰柜故障综合检修实例	161
附录 制冷剂压焓图	177
参考文献	180

电冰箱维修基础

第一节 热力学基本知识

一、温度的定义与分类

温度的定义：表示物体冷热程度的物理量。用温标表示，温标是温度的标定方法。常见的温标有摄氏温标、华氏温标和热力学温标。

① 摄氏温标 摄氏温标是指在一个标准大气压（760mmHg 或约 0.1MPa）下，将冰、水混合物的温度定为 0 度，水的沸点定为 100 度，在这两个定点之间分成 100 个等份，每一个等份间隔为 1 摄氏度。

摄氏温标的符号用 t 表示，其单位是摄氏度，符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。

② 华氏温标 华氏温标是指在一个标准大气压下，将冰、水混合物的温度定为 32 度，水的沸点定为 212 度，在这两个定点之间分成 180 个等份，每一个等份间隔为 1 华氏度。

华氏温标的符号用 tF 表示，其单位是华氏度，符号为 $^{\circ}\text{F}$ 。

③ 热力学温标 把物质中的分子全部停止运动时的温度定为热力学零度（热力学零度相当于 -273.15°C ），以热力学零度为起点的温标叫做热力学温标。

热力学温标的符号为 T ，其单位是开尔文，符号为 K。三种温标间的换算关系

$$t = T - 273.15(^{\circ}\text{C})$$

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

$$t = (tF - 32) \times 5/9(^{\circ}\text{C})$$

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

二、压力与真空

1. 压力

压力的定义：在制冷系统中，大量制冷剂气体或液体分子垂直作用于容器壁单位面积上

的作用力叫做压力，也就是物理学中的压强，用 p 表示。

空气对地球表面所产生的压力叫做大气压力，简称大气压，用符号 B 表示。

(1) 压力的单位

① 国际单位制 国际上规定当 1m^2 面积上所受到的作用力是 1N 时，此时的压力为 1Pa ， $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ 。在实际应用中，还常采用兆帕 (MPa) 作为压力单位， $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 。

② 标准大气压 标准大气压是指 0°C 时，在纬度为 45° 的海平面上，空气对海平面的平均压力。标准大气压单位符号用 atm 表示，一个标准大气压近似等于 0.1MPa ，即 $1\text{atm}=0.1\text{MPa}$ 。

③ 工程制单位 工程制单位是工程上常用的单位，一般采用千克力/厘米² (kgf/cm^2) 作单位， $1\text{kgf}/\text{cm}^2=0.1\text{MPa}$ 。

④ 液柱高单位 空调技术中常用液柱高度作为单位，如毫米汞柱 (mmHg)、毫米水柱 (mmH_2O)。

(2) 绝对压力、表压力

① 绝对压力 容器中气体的真实压力称为绝对压力，用 $p_{\text{绝}}$ 表示。

当容器中没有任何气体分子时，即绝对真空状态下，绝对压力值为零。

② 表压力 用压力表测得的压力值称为表压力，用 $p_{\text{表}}$ 表示。

当压力表的读数值为零时，其绝对压力为当地、当时的大气压力。表压力并不是容器内气体的真实压力，而是容器内真实压力 ($p_{\text{绝}}$) 与外界当地大气压力 (B) 之差。

2. 真空

系统内的绝对压力小于当地大气压的程度即为真空。

3. 真空度

系统内的绝对压力小于当地大气压的数值称为真空度，用 H 表示，单位一般用 mmHg (Pa)，即

$$H = B - p_{\text{绝}}$$

4. 真空压力联程表

在工程中，测量高于大气压的压力仪表称为压力表；测量低于大气压的压力仪表称为真空表；两种压力皆可测的压力仪表，称为真空压力联程表。

真空压力联程表一般是以 MPa 为单位，也有以 kg/cm^2 为单位的，表上的刻度有正、负之分，正刻度从 0 开始向右依次为 0.1、0.2、0.3、…，其单位为 MPa，负刻度从 0 开始向左至 -0.1 ，其单位也为 MPa (或刻度从 $0\sim 760\text{mmHg}$)，如图 1-1 所示，图 1-1 (a) 是以 MPa 为单位，图 1-1 (b) 是以 kg/cm^2 (即 kgf/cm^2) 为单位，换算关系为 $1\text{MPa}\approx 10\text{kg}/\text{cm}^2$ 。两种表的使用方法相同。

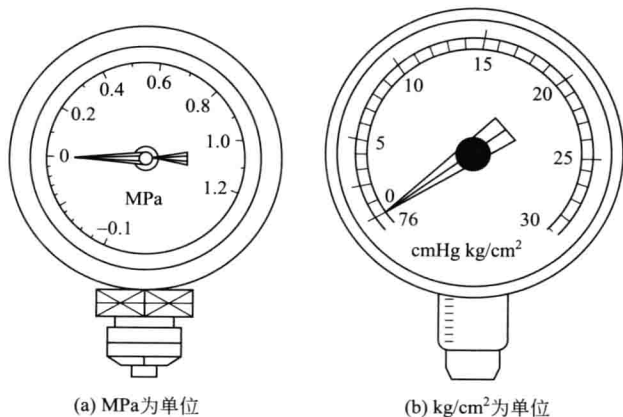


图 1-1 真空压力联程表

三、 热量传导

1. 物质的相变

在不同的条件下, 自然界的物质是以不同的状态存在的。同一种物质, 由于压力、温度不同, 可以处于固态、液态或气态。在条件合适时, 各种状态可以进行相互转换, 如图 1-2 所示。

物态的变化又称为相变。在相变过程中总是伴随着吸热或放热的现象, 在制冷装置上, 就是蒸气压缩式制冷的原理, 这种制冷方式是依靠制冷装置内的制冷剂的相变来完成的。

2. 描述物态相变的物理量

(1) 汽化和液化 物质由液态转化为气态的过程叫做汽化; 从气态转化为液态的过程叫做液化。汽化和液化是相反的过程, 汽化过程伴随着物质吸热, 液化过程伴随着物质放热。

汽化有两种方式: 即蒸发和沸腾。只在液体表面发生的汽化现象叫做蒸发。蒸发可以在液体的任何温度下发生。在一定的气压下, 液体达到一定温度时, 液体内部和表面同时进行的剧烈的汽化现象叫做沸腾, 对应的温度称为沸点。

制冷剂在蒸发器内吸收了被冷却物体的热量后, 由液态汽化为蒸气, 这个过程实际是沸腾, 在制冷技术中, 习惯上称为蒸发, 并将此时对应的温度称为蒸发温度, 用 t_0 表示, 此时对应的压力称为蒸发压力, 用 p_0 表示。

液化又称为冷凝, 可通过降温或加压的方法进行。如水蒸气遇冷就会凝结成水珠, 水蒸气液化很容易, 但有些气体的液化要在较低温度和较高压力下才能实现, 如电冰箱中制冷剂 R12 如果在室温下液化, 就需加压到 0.6MPa 以上, 才能在冷凝器中放热液化。

制冷剂在冷凝器内液化时对应的温度称为冷凝温度, 用 t_k 表示, 对应的压力称为冷凝压力, 用 p_k 表示。

(2) 熔解和凝固 物质从固态变为液态的过程叫做熔解; 从液态变为固态的过程叫做凝固。熔解时的温度称为熔点, 凝固时的温度称为凝固点。

(3) 升华和凝华 固体不经过液体而直接变成气体的过程叫做升华; 由气体直接变为固体的过程叫做凝华。

3. 热能、热量、制冷量

(1) 热能 热能是能量的一种形式, 它是物质分子运动的动能。热能是可以随物质运动由一种形式转变为另一种形式的能量。

(2) 热量 热量是物质热能转移时的度量, 是表示物体吸热或放热多少的物理量, 用符号 Q 表示。国际单位制中, 热量的单位是焦耳 (J) 或千焦 (kJ)。

(3) 制冷量 制冷量是指在规定工况下单位时间里从被冷却的物质或空间移去的热量。其单位为千焦/时 (kJ/h) 或瓦 (W)、千瓦 (kW)。冷吨是英制的制冷量单位。1 冷吨就是在 24h 内将 1t 水冷却成 0°C 的冰所需的冷量。美国用 2000lb (1lb=0.45359237kg) 作为 1t, 因此 1 美国冷吨=12659kJ/h; 日本用 1000kg 作为 1t, 因此 1 日本冷吨=13898kJ/h。

(4) 内能、焓和熵

① 内能是由工质 (所谓工质是指热力循环中工作的物质) 内部状态决定的能量, 又称为热力学能。它包括工质内部分子热运动的动能和分子相互作用的势能。工质的内能取决于工质的状态——温度、压力和比体积。单位质量工质的内能叫比内能。比内能用符号 U 表示。1kg 工质的内能单位是 kJ/kg。

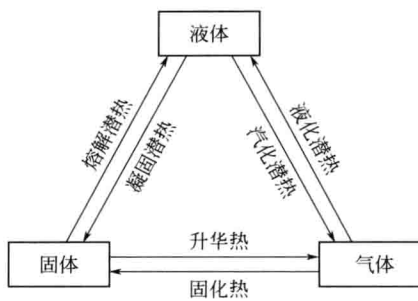


图 1-2 物质状态的变化

② 焓是工质在流动过程中所具有的总能量。在热力工程中，流动工质的内能和机械能之和称为焓。

单位质量工质所具有的焓称为比焓；用符号 h 表示，单位是 kJ/kg 。

③ 熵是表征工质在状态变化时与外界进行热交换的程度。单位质量工质所具有的熵称为比熵，用符号 S 表示，单位是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

4. 热力学定律

制冷装置中制冷剂的吸放热过程及压缩过程都是通过制冷剂的状态变化来实现能量交换的。所以，热力学也是制冷技术的主要理论基础，热力学的理论与方法可以用来分析制冷循环、进行热力计算、确定性能指标，且可指出制冷装置性能改进与提高的方向。

(1) 热力学第一定律 热力学第一定律是能量转化与守恒定律在热力学中的具体表现。在热力学范围内，主要指的是物体的内能与机械能之间的相互转化与守恒。可表达为：热和功可以相互转化，一定量的热消失时必然产生数量完全一样的机械能；而当一定量的机械能消失时必然产生数量完全一样的热能。

(2) 热力学第二定律 热力学第一定律只说明了热与机械能之间的转化关系，并没有指出能量转化的条件和方向。热力学第二定律指出：在自然条件下，热能能不能从低温物体转移到高温物体，如果要使热量由低温物体转移到高温物体，就必须消耗外界的功，而这部分功又转变为热能。

人工制冷是热力学第二定律的典型应用。它是消耗一定的能量，以使热量从低温热源（蒸发使周围物质冷却）转移到高温热源的过程。

热力学第一定律和第二定律是基本定律，也是制冷技术的理论基础。热力学定律说明了制冷机中功和能（热量）之间相互转换的关系及条件以及制冷要消耗功的原因。

5. 显热和潜热

虽然热量是物体吸收或放出热的多少，但是有的物体吸收或放出热量只有温度的变化，而无状态的变化；有的物体吸收或放出热量只有状态的变化，而无温度的变化。它们的区别是：前者吸收或放出的是显热，后者吸收或放出的是潜热。

(1) 显热 物体吸收或放出热量时，物体只有温度的升高或降低，而状态却不发生变化，这时物体吸收或放出的热量叫做显热。

显热可以用触摸感觉出来，也可以用温度计测量出来。例如： 30°C 的水吸热后温度升高至 60°C ，其吸收的热量为显热；反之， 60°C 的水降温到 30°C 时，所放的热量也为显热。

(2) 潜热 物体吸收或放出热量时，物体只有状态的变化，而温度却不发生变化，这时物体吸收或放出的热量叫做潜热。

潜热因温度不变，所以无法用温度计测量。物体相变时所吸收或放出的热量均为潜热，分别称为汽化潜热、液化潜热、溶解潜热、凝固潜热、升华潜热和凝华潜热。例如：在常压下，水加热到沸点 100°C 后，如果继续加热，水将汽化为水蒸气，汽化过程中温度仍为 100°C 显热不变，这时吸收的热量为汽化潜热；反之，高温的水蒸气冷却到 100°C 后再继续放热，水蒸气将冷凝为水，冷凝过程中温度保持 100°C 不变，这时放出的热量为液化潜热。

制冷系统中的制冷剂一般选用蒸发潜热数值大的物质，这是因为制冷剂在蒸发器中主要是利用由液态吸热变为气态的相变过程来达到制冷目的的，这个热就是蒸发潜热。

6. 热传递

热量从高温物体（或空间）向低温物体（或空间）传递的过程称为传热。

隔热又称为绝热，它是利用隔热材料来防止热量从外界向冷却对象传递，或防止热量散失到周围环境中的一种方法。

当两个温度不同的物体互相接触时，由于两者之间存在温度差，两者的热能会发生变化，

即温度高的物体失去热能,温度降低;而温度低的物体得到热能,温度升高。这种热能在温差作用下的转移过程称为热传递过程。

热传递的方式有三种,分别是热传导、热对流和热辐射。

(1) 热传导 温度不同的两个物体相接触或者同一个物体的不同部分温度不同时,热量会从高温向低温传递,这种发生在固体内部的传热方式称为热传导。

不同物体的传热本领是不一样的,容易传热的物体叫做热的良导体,如银、铜、铝、铁等金属;不容易传热的物体叫做热的不良导体或称为绝热材料,如玻璃棉、聚氨酯泡沫塑料、软木、空气等。在制冷设备中要根据不同的需要,选用不同的材料。如对于蒸发器、冷凝器等传热设备,应采用钢、铝等良导体;对于箱体等隔热设备,则应采用聚氨酯泡沫塑料、玻璃棉等绝热材料。

热传导是固体中热量传递的主要方式,在气体或液体中,热传导过程往往是对流同时发生的。

(2) 热对流 依靠液体或气体的流动而进行热传递的方式称为对流。

对流可分为自然对流和强制对流,其中靠流体密度差进行的对流称为自然对流,靠外力手段强制进行的对流称为强制对流。直冷式电冰箱箱内获得低温,是箱内空气自然对流的结果;而间冷式电冰箱箱内获得低温,主要是依靠小风扇强迫箱内空气对流的结果。

(3) 热辐射 热量从物体沿直线直接射出去的传热方式叫做热辐射。热辐射的传递方式和光的传播方式一样,是以电磁波的形式传递,传播速度为光速。太阳的热就是通过热辐射传到地球的。

热辐射总是在两个物体或多个物体之间进行的。物体间的温差越大,热辐射就越强烈。热辐射的大小除了与热源的温度有关外,还与物体表面的性质有关:物体表面越黑、越粗糙就越容易辐射热和吸收热;表面越白、越光滑就越不容易吸收辐射热,但善于反射辐射热。因此,电冰箱表面要做得白而光亮,以减少吸收其他物体的辐射热;电冰箱背后的冷凝器和压缩机,为利于向空气辐射热而喷涂上黑漆。

7. 热力循环与节流

(1) 热力循环 一个封闭的热力过程称为热力循环。将热量从低温热源中取出,并排放到高温热源中的热力循环,称为制冷循环。

(2) 节流 流体在流道中流经阀门、孔板或多孔堵塞物时,由于局部的阻力使流体压力降低的现象称为节流。在节流过程中流体与外界没有热量交换,就称为绝热节流。制冷剂流经热力膨胀阀或毛细管时可视为近似绝热节流过程。制冷剂在节流过程中与外界无热交换,因此节流前后的制冷剂的焓不变,所以称为等焓节流。

8. 制冷循环的状态术语

① 湿蒸气 处于两相共存状态下的气液混合物。

② 饱和状态 在汽化过程中,气液两相处于平衡共存的状态。

③ 饱和压力 在某一给定温度下,气液两相达到饱和时所对应的压力。

④ 饱和液体 温度等于其所处压力下对应饱和温度的液体。

⑤ 饱和温度 在某一给定压力下,气液两相达到饱和时所对应的温度。

⑥ 过热度 过热蒸气温度与其饱和温度之差。

⑦ 过热蒸气 温度高于其所处压力下对应饱和温度的蒸气。

⑧ 过热 将蒸气的温度加热到高于相应压力下饱和温度的过程。

⑨ 过冷 液体的温度冷却到低于相应压力下饱和温度的过程。

⑩ 干度 湿蒸气中,饱和蒸气与湿蒸气质量之比。

⑪ 液体 温度低于其所处压力下对应饱和温度的液体。

⑫ 气液混合物 处于平衡或非平衡状态下单一物质的气相和液相的混合物。

第二节 电冰箱制冷系统种类

制冷系统种类主要有蒸汽压缩式制冷、吸收式制冷和半导体式制冷系统。

一、蒸汽压缩式制冷原理

根据热力学第二定律,热量不会自发地从低温物体转移到高温物体,欲使热量从低温物体转移到高温物体,必须消耗外界功。制冷机就是消耗外界功将低温物体的热量转移到高温物体的一种装置。

蒸汽压缩式制冷原理如图 1-3 所示,汽化后的制冷剂从低温热源吸入,在压缩机汽缸中受压缩,其温度、压力均升高,然后排至冷凝器。在冷凝器中受到冷却水或空气的冷却而放出凝结热,自身变成冷凝压力下的饱和液体。液体经节流阀减压到蒸发压力。在节流中的节流损失是以牺牲制冷剂的内能为代价的,所以节流后的制冷剂温度下降到蒸发温度。节流后的气液混合物进入蒸发器,由于面积增大,被冷却物提供热量,

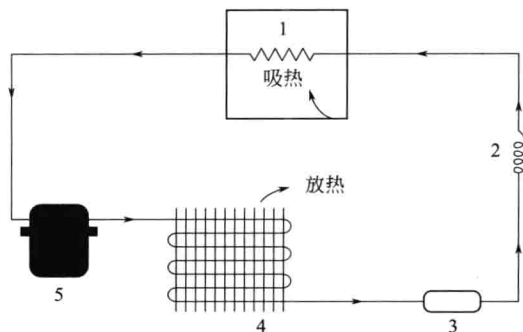


图 1-3 蒸汽压缩式制冷原理

1—蒸发器；2—毛细管；3—过滤器；
4—冷凝器；5—压缩机

故制冷剂在蒸发器中汽化,吸收大量的汽化潜热使被冷却物温度降低。汽化后的制冷剂,又被压缩机吸走,完成一个热力循环。由于制冷剂连续不断地循环,被冷却物的热量不断地被带走,从而获得低温,以此达到制冷的目的。

二、吸收式制冷原理

吸收-扩散式制冷装置主要是利用热扩散来代替泵推动溶液循环,在蒸发器中利用氢气扩散原理使制冷剂分压力突降来实现沸腾,从而达到制冷的目的。

如图 1-4 所示为吸收-扩散式制冷装置的原理图,装置中充注 3 组分工质:制冷剂氨、吸收剂水和扩散剂氢。整个装置中没有机械运动部件,也不需要任何机械能驱动,只要提供适当的热源(燃气、阳光、电能),就能使装置中的工质不断循环,经过吸热和放热过程而产生制冷效果。因此,它可以作为吸收式冰箱的制冷机组,制成无噪声、无振动的家用冰箱。

工作原理:用热源 1 对发生器 2 进行加热,使氨水浓溶液沸腾,产生氨和水的混合蒸气上升至气水分离器 3,分离出的水滴在重力作用下进入下降管 10;氨蒸气和水蒸气继续上升进入精馏器 4;散去部分热量后一部分水蒸气冷凝成液体后返回气水分离器,提高纯度的氨气上升进入冷凝器 5;并被冷凝成氨液;氨液沿着倾斜管进入蒸发器 6,在蒸发器中氨和氢混合气体的总压力为 1.337MPa ,其中氢的分压

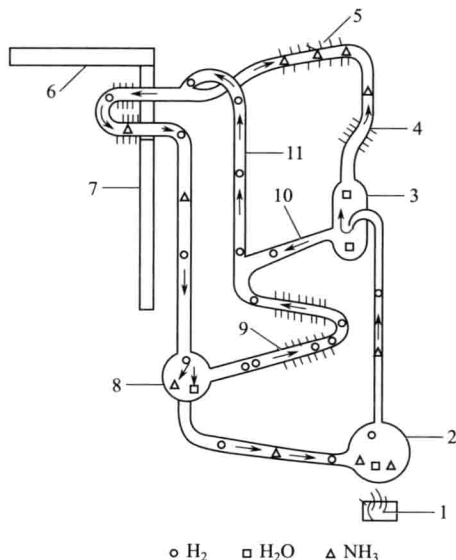


图 1-4 吸收-扩散式制冷装置的原理图

1—热源；2—发生器；3—气水分离器；4—精馏器；
5—冷凝器；6—蒸发器；7—冰箱外壳；8—储液器；
9—吸收器；10—下降管；11—平衡管

力为 1.264MPa, 氨的分压力为 0.108MPa, 氨对应的饱和温度为 -32°C , 因此降压后的氨液可在蒸发器中汽化吸热; 氨液进入蒸发器中利用扩散原理使其分压力降低来实现蒸发制冷; 氨和氢的混合气体进入储液器 8 与从吸收器 9 流下来的稀氨水接触。氨蒸气逐渐被吸收而使蒸发器出口压力维持稳定的低压; 在吸收器 9 中的氢不溶于水, 密度又小, 因此可沿平衡管 11 上升, 返回蒸发器以补充氢的不足; 可见平衡管中充满氢是造成蒸发器中氨蒸气分压力降低的必要条件。氢的作用类似于节流阀的作用; 吸收器中形成浓氨水进入储液器后, 继续供给发生器 2, 以补充因加热而上升的氨和水, 以此循环。在系统中氨的主循环路径是 $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 2$; 水的循环路径是 $2 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 2$; 氢的循环路径是 $6 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 11 \rightarrow 6$ 。扩散剂的作用是保证蒸发器中混合气体有高的总压力。其中制冷剂蒸气的分压力很低, 这样制冷剂液体就不断地蒸发并扩散到氢气中, 从而获得低温。

三、半导体式制冷原理

半导体制冷器又称温差制冷组件, 俗称电子制冷片。具有体积小、重量轻、无噪声、无振动、无制冷管路、无机械磨损和安装简便等特点, 最大的优点是制冷不需制冷剂, 无工质污染, 被誉为绿色环保制冷。

1. 制冷(制热)工作原理

半导体温差制冷是建立在法国物理学家 Peltien 帕尔帖效应(即温差效应)基础上的具体应用。当电流流经两种不同性质的导体形成接点时, 其接点会产生放热和吸热现象, 即其两端形成温差而实现制冷和制热。

依据上述原理, 利用半导体材料制成的制冷器称为半导体制冷器, 其工作原理图如图 1-5 所示。为了便于叙述, 以一 N/P 型半导体材料构成的电偶对介绍工作原理, 所谓电偶对就是指 PN 结的数量。图 1-5 中的 N/P 型半导体元件通过铜导流片连接起来, 当由 N 通过铜导流片到 P 通以向上直流电时, 在电场作用下, N 型半导体中的电子和 P 型半导体中的空穴背向导流(朝接头)运动, 即在导流片接头处 N 型和 P 型分别产生电子、空穴。电子、空穴产生的能量来自晶格振动的热能, 于是在导流片上产生吸热现象, 而在 N/P 型半导体的另一端产生放热现象, 从而产生温差。当放热的高温侧的热量能有效地放热时, 吸热的低温侧不断地吸热, 使其起到制冷的作用。

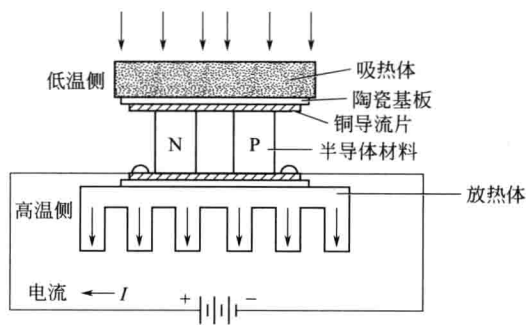


图 1-5 半导体制冷器原理图

半导体制冷器的 N/P 型元件的排列, 在电学上串联, 在热学上是并联的, 低温侧(制冷)和高温侧(制热)的能量, 与输入电流成正比, 改变输入直流电源的电流强度, 就可以调整制冷或制热的功率。同时, 通过改变直流电源极性, 就能使热量的移动方向逆转, 而达到任意选择制冷或制热的目的。

由于一个电偶对产生的热电效应较小(一般为 1.163W 左右, 视元件的尺寸大小而异), 所以实际应用时是将数十个电偶对串联起来, 将冷端放在一起, 热端放在一起, 称为热电堆。将热电堆和热交换器用焊接方式连接起来制成半导体制冷器, 如图 1-6 所示。其特点是结合强度高, 接触热阻小, 适用于热流密度较大的情况。为了保持电绝缘, 在热电堆和热交换器之间用金属化瓷片材料进行绝缘。

图 1-6 半导体制冷剂的热电堆

我国目前使用的制冷半导体材料, 多数是以碲化铋为基体

的三元固溶体合金,其中P型材料是 $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$;N型材料是 $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ 。由于半导体材料性能的限制,目前半导体制冷的效率比一般压缩式要低,耗电量约大1倍。由于半导体制冷剂的效率与能量大小无关,故对只有几十瓦能量的微小型制冷装置,用半导体制冷反而比压缩式制冷装置制冷经济。但由于半导体制冷器必须使用直流电源,且价格贵,因而它的应用受到一定的限制。

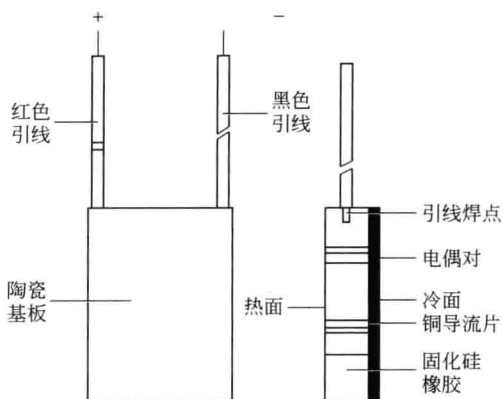


图 1-7 半导体制冷器结构

2. 结构简介与技术参数

半导体制冷器的结构如图 1-7 所示。由 N 型和 P 型半导体制成,每一种半导体元件的规格、尺寸均相同,然后按一只 N 型半导体元件和一只 P 型半导体元件由铜导流片连接成一对电偶。不同规格的半导体制冷器系由一定数量电偶串联,使其冷面排在一面,热面排在另一面,采用 A1203 陶瓷板作基板,基板内侧敷铜金属压层和

温差电偶两端的导流片,连接成一个整体,首末电偶用横截面不小于 0.3mm^2 多股铜导线焊接起来作为输入引线,红色引线接正极,黑(蓝或白色)引线接负极。为了提高半导体制冷器的寿命,在两块陶瓷基板四周外露的 PN 电偶处涂敷 706 单组室温固化硅橡胶,固化后呈乳白色有弹性的胶体,这样四周电偶与外界空气完全隔绝,起到防氧化保护作用,提高其使用寿命。

3. 应用领域

半导体制冷器作为一种崭新的冷源已被广泛用于军事工程、航天工业、工业测量、光缆通信、石油化工检测、医疗数据分析等高科技领域。特别是近几年,应用于普通用电器,如电脑 CPU 冷却、空调器、小型冰箱、冰热饮水机、手提式冷热保温箱、汽车冷藏箱、酒柜、微型除湿箱、冷却水分析器等。

第三节 电冰箱压缩制冷系统工作原理

由于在电冰箱和其他小型商业制冷设备中所应用的制冷装置主要是蒸气压缩式,因此,本书着重介绍蒸气压缩式制冷装置的工作原理及系统组成。

一、蒸气压缩式制冷结构

1. 单级蒸气压缩式制冷系统的组成

蒸气压缩式制冷系统又称机械压缩式制冷系统,是对制冷剂蒸气采用机械压缩的一种制冷系统,最简单的蒸气压缩式制冷系统是用管路将压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器 4 个部分组成一个封闭的系统,在其中充入适量的制冷剂和冷冻机油,如图 1-8 所示。所谓单级蒸气压缩就是把从蒸发器出来的低压制冷剂蒸气经压缩机,一次压缩到冷凝压力。

2. 单级蒸气压缩式制冷系统主要部件的作用

(1) 压缩机 压缩机消耗一定的外界功,吸入来自蒸发器的制冷剂气体,将其压缩到冷凝压力(高压)后送入冷凝器。

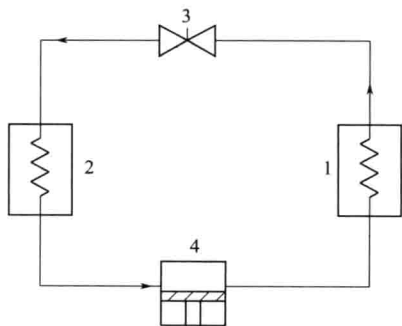


图 1-8 单级蒸气压缩式制冷系统

1—冷凝器; 2—蒸发器;
3—节流阀; 4—压缩机

(2) 冷凝器 高压制冷剂气体在冷凝器中向周围介质(如空气、水)散热,冷凝成高压液体。

(3) 节流阀 冷凝后的高压制冷剂液体通过膨胀阀节流,压力降至蒸发压力(低压)后,进入蒸发器。

(4) 蒸发器 低压制冷剂在蒸发器中沸腾,吸收被冷却介质(如食品)的热量,转变为制冷剂气体进入压缩机。

3. 制冷剂在制冷循环中的状态变化

(1) 制冷剂在高压侧的状态变化 制冷系统中从压缩机出口经冷凝器到膨胀阀入口的这一段,称为高压侧。高压侧的压力又称冷凝压力,用符号 p_k 表示。高压侧的压力可看作冷凝器内的压力,即在冷凝温度下制冷剂的饱和压力,此压力可通过高压侧压力表测出,并可通过相关图表查出对应的冷凝温度 t_k 。制冷剂在高压侧的状态变化:从压缩机出来的高温高压过热蒸气进入冷凝器,在等压的条件下冷凝,向周围环境介质散热,成为高压过冷液。

(2) 制冷剂在低压侧的状态变化 制冷系统中从节流阀出口经蒸发器到压缩机入口的这一段,称为低压侧。低压侧的压力又称蒸发压力,用符号 p_0 表示。低压侧的压力可看作蒸发器内的压力,即在蒸发温度下制冷剂的饱和压力,此压力可通过低压侧压力表得知,并可通过相关图表查出对应的蒸发温度 T_0 。制冷剂在低压侧的状态变化:经节流阀节流后的低温低压制冷剂湿蒸气在蒸发器内等压的条件下沸腾,吸收周围介质的热量,为低温低压制冷剂干饱和蒸气。

(3) 制冷剂在压缩机中的状态变化 从蒸发器出来的低压制冷剂蒸气经压缩机压缩,体积缩小,压力由低压 p_0 上升到高压 p_k ,温度也随之升高,使制冷剂被压缩成为高温高压过热蒸气。由于压缩是在极短的时间内完成的,因此可以认为在这极短的时间内,制冷剂与外界没有热量交换,近似看作绝热压缩。在绝热压缩过程中,因为压缩机消耗一定的外界功转化为制冷剂的热量,所以制冷剂的焓值增加,但熵值不变。

制冷剂在压缩机中的状态变化:压缩机吸入来自蒸发器的低温低压制冷剂干饱和蒸气,经绝热(等熵)压缩后变成高温高压过热蒸气。

(4) 制冷剂在节流阀中的状态变化 从冷凝器出来的制冷剂高压过冷液,在通过节流阀时,由于阻力的作用,使制冷剂的压力从高压 p_k 降至低压 p_0 。但由于这个变化是瞬间完成的,这时的制冷剂与外界既没有热量交换,也没有做功,因而制冷剂的焓值保持不变。但因为压力降低的缘故,温度也随之降低,加之一部分液态制冷剂汽化变为蒸气(闪发蒸气),体积增大,所以进入蒸发器时的制冷剂已变为湿蒸气。制冷剂在节流阀中的状态变化:高压过冷液经膨胀阀等焓节流后,变成低温低压的制冷剂湿蒸气,进入蒸发器蒸发。

二、制冷剂的压焓图

1. 压焓图的构成

制冷剂的压焓图又称 $\lg p-h$ 图,是根据 1kg 制冷剂的状态变化绘制的,其构成如图 1-9 所示。

横坐标表示焓 h ,标度是均匀的;纵坐标表示压力 p ,为使低压区内交点更清晰,采用对数坐标,标度是不均匀的。坐标系内的每一点都对应着制冷剂的一种状态。为了使用方便,图中还绘制了各种曲线,主要的几种曲线如下。

(1) 等压线和等焓线 图中平行于横轴的直线为等压线,平行于纵轴的直线为等焓线。

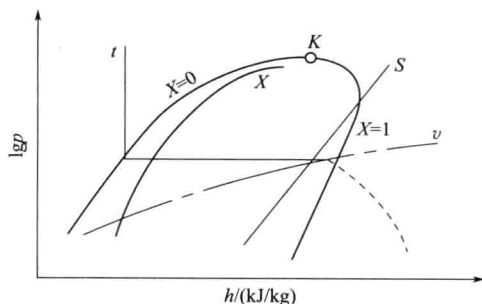


图 1-9 制冷剂的压焓图及主要曲线