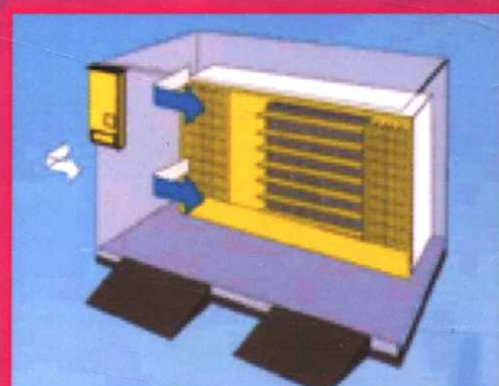


李援瑛等 编著

商用制冷设备

实用维修入门

小型冷库、超市陈列柜、冷藏车



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

商用制冷设备

实用维修入门

小型冷库、超市陈列柜、冷藏车

李援瑛等 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

本书简要介绍了热力学的基本参数、制冷原理、制冷剂、载冷剂和冷冻润滑油的基础知识；用大量文字介绍了制冷系统中的压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器以及电动机、起动继电器、过载保护器等零部件的结构、工作原理以及常用制冷设备维修工具的结构与使用操作方法；详细介绍了小型冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备电气系统的工作原理；重点讲述了小型冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备的维修操作技能。书中附有大量图表，非常适合轻松阅读、自学或在培训班中系统地学习商用制冷设备的使用与维修技术，为读者熟练掌握商用制冷设备的使用与维修打下良好的基础。

本书可供商用制冷设备的使用维修人员自学，也可作为职业院校、在岗职工技术培训班教材用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

商用制冷设备实用维修入门：小型冷库、超市陈列柜、冷藏车/李援瑛等编著. —北京：中国电力出版社，2006

ISBN 7-5083-4854-0

I. 商… II. 李… III. 制冷-设备-维修 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 120395 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.5 印张 220 千字 2 插页

印数 0001—4000 册 定价 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言



为方便读者学习商用制冷设备维修技术，根据由浅入深，深入浅出学习原则，书中系统地讲授了制冷的基本原理和小冷库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备的原理、结构、安装、维护及维修操作方法。为使读者能通过本书的阅读，开卷有益、学有所得，本书的编写原则是：讲透彻基本原理、基本结构及工作原理，讲清楚基本电路知识，重点讲实用操作技能，使读者能读得懂、学得会，快速掌握小型冷库等商用制冷设备的实用维修技术。作者根据几十年的教学、实践心得，力求基础扎实，可操作性强，使读者在学习过程中犹如“师傅”在手把手地教。本书中所涉及的维修技术内容，概括了小型冷库等商用制冷设备维修中常见的技术问题，非常适合读者自学小型冷库及商用制冷设备维修技术，也适合中等职业学校和制冷技术培训班作为培训教材使用。

本书由李援瑛、王文和、宋兰、李建立、高萍萍、李晓等编著，全书由李援瑛同志统稿。

由于作者编写水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录



前言

第一章 制冷原理与制冷系统	1
第一节 制冷的基础知识	1
一、热力学的基本参数	1
二、热力循环与制冷循环	4
三、物质的相变	5
四、制冷循环的状态术语	6
五、热力学基本定律	7
六、显热和潜热	8
七、热传递	9
第二节 制冷的基本原理	10
一、蒸气压缩式制冷系统的组成	10
二、蒸气压缩式制冷系统的工作原理.....	11
第三节 制冷剂的压焓图及其应用	12
一、制冷剂压焓图的构成	12
二、制冷循环过程在压焓图的表示	13
三、利用压焓图进行单级压缩制冷循环的参数计算	20
第二章 制冷剂、载冷剂和冷冻润滑油	23
第一节 制冷剂概述	23
一、制冷剂的概念	23
二、对制冷剂的要求.....	23
三、制冷剂的分类与符号	24
第二节 常用制冷剂的特性	26
一、氟里昂 12 制冷剂的基本特性	26
二、氟里昂 22 (R22) 制冷剂的基本特性	27
三、氟里昂 134a 制冷剂的基本特性	27

四、制冷剂的储存与使用	28
五、制冷剂的分装方法	29
第三节 载冷剂的种类和特性	30
一、载冷剂及其作用	30
二、对载冷剂的基本要求	30
三、常用载冷剂的种类和特性	30
第四节 冷冻润滑油	32
一、冷冻润滑油的作用	32
二、冷冻润滑油的规格与选用	33
三、冷冻润滑油变质的原因及判断	34
四、判别冷冻润滑油的简单方法	34
第三章 制冷压缩机与附属设备	36
第一节 活塞式制冷压缩机	36
一、活塞式制冷压缩机的分类	36
二、活塞式制冷压缩机的基本结构	37
三、活塞式制冷压缩机的主要技术参数	40
四、活塞式制冷压缩机的性能曲线	42
五、活塞式制冷压缩机主要部件的作用	43
六、活塞式制冷压缩机的润滑系统	48
第二节 冷却塔	52
一、冷却塔的分类	52
二、冷却塔的技术术语	53
三、冷却塔部件的作用	54
第三节 冷凝器	59
一、冷凝器的分类	59
二、水冷式冷凝器	59
三、风冷式冷凝器	61
第四节 蒸发器	62
一、蒸发器的分类	62
二、盘管式蒸发器	62

三、表面式蒸发器	62
第五节 热力膨胀阀	64
一、热力膨胀阀的分类	64
二、内平衡式热力膨胀阀	64
三、外平衡式热力膨胀阀	66
四、热力膨胀阀的安装	67
第六节 制冷系统辅助设备	67
一、油分离器	67
二、气液热交换器	69
三、干燥器与干燥过滤器	69
四、贮液器	71
五、截止阀	72
六、安全阀与止回阀和易熔塞	73
七、蒸发压力调节阀	75
八、冷凝压力调节阀	78
九、液流指示器	81
第四章 商业制冷设备和小型冷藏库	83
第一节 厨房电冰箱	83
一、冷藏、冷冻柜的分类	83
二、冷藏柜、冷冻柜的外形结构	83
三、冷藏柜、冷冻柜的制冷系统	84
四、冷冻、冷藏柜的电气控制系统	86
第二节 超市陈列柜	89
一、陈列柜的分类	89
二、陈列柜的结构特点	92
三、陈列柜的风幕	94
第三节 冷饮设备	96
一、制冰机	96
二、冷饮机	103
三、冰淇淋机	106

第四节 冷藏库的基本知识·····	112
一、冷藏库的分类·····	112
二、小型冷藏库容量的计算·····	113
三、土建式小型冷藏库的基本结构·····	114
四、装配式小型冷藏库的基本结构及其组装·····	119
第五节 小型冷藏库的制冷系统·····	121
一、水冷式氟里昂制冷系统的组成·····	121
二、风冷式氟里昂制冷系统的组成·····	121
第六节 小型冷藏库的电气控制系统·····	123
一、基本电气控制系统·····	123
二、小型冷藏库风冷却式机组电气控制系统·····	123
三、电脑控制电路·····	124
第五章 冷藏运输设备·····	129
第一节 铁路冷藏车·····	129
一、铁路冷藏车的分类及特点·····	129
二、机械冷藏车·····	131
三、冷冻板冷藏车·····	135
第二节 公路冷藏保温车·····	137
一、冰冷冷藏汽车·····	137
二、机械冷藏汽车·····	137
三、液氮冷藏汽车·····	139
四、冷却板冷藏汽车·····	139
第三节 冷藏船·····	142
一、分类·····	142
二、冷藏船制冷系统·····	143
第四节 冷藏集装箱·····	148
一、冷藏集装箱规格·····	148
二、冷藏集装箱分类·····	149
三、冷藏集装箱的结构与特点·····	150
第五节 冷藏货物运输方法·····	154

一、鱼虾类的冷却运输	154
二、活鱼的运输	155
三、蛋类的冷藏运输	156
四、果蔬的冷藏运输	157
第六章 小型制冷设备的电气控制系统	161
第一节 单相电动机	161
一、全封闭式压缩机电动机类型	161
二、全封闭式压缩机电动机起动方式	162
三、电容器	164
第二节 三相电动机	166
一、类型	166
二、三相笼型异步感应电动机结构	166
三、三相异步电动机工作原理	167
四、三相异步电动机接线方式在小型制冷设备中的应用	168
第三节 起动控制与保护装置	169
一、起动继电器	169
二、过载保护器	173
三、热继电器	175
四、交流接触器	177
五、控制电器	179
六、温度控制器	181
七、压力控制器	188
八、压差控制器	193
九、按钮开关	196
十、低压断路器	197
第四节 电磁阀	198
一、电磁阀的作用和分类	198
二、直接作用式电磁阀的结构和工作原理	199
三、电磁阀选用与安装	199

第七章 制冷设备维修与操作工具的使用方法	201
第一节 常用仪器仪表的工作原理和使用方法	201
一、万用表的工作原理与使用方法	201
二、钳形电流表	208
三、绝缘电阻表	209
第二节 专用维修工具的使用方法	211
一、铜管加工工具的使用方法	211
二、检修阀工具的使用方法	215
三、真空泵的使用方法	216
四、检漏工具的使用方法	217
第三节 气焊设备与操作方法	220
一、气焊的基础知识	220
二、气焊设备与辅料	220
三、气焊的火焰与调节方法	226
四、气焊的操作方法	228
第四节 制冷系统的维护保养	229
一、小型制冷系统活塞式制冷压缩机正常运行的基本要求	229
二、制冷装置的运行操作程序	229
三、冷风机进风温度与蒸发温度温度差的要求	233
第五节 制冷系统常见故障分析	233
一、活塞式压缩机常见故障分析	233
二、压缩机的更换方法	234
三、热力膨胀阀常见故障及其排除方法	238
四、干燥过滤器常见故障及其排除方法	240
五、壳管式水冷冷凝器的常见故障和维护方法	242
第六节 制冷系统故障的维修	245
一、小型氟里昂制冷系统故障的分析方法	245
二、小型制冷设备检修时应注意的问题	246
三、小型制冷系统的排除空气操作	247
四、小型制冷系统的吹污与检漏操作	249

五、小型制冷系统的干燥处理操作	252
六、小型制冷系统的抽真空操作	253
七、小型制冷系统的充注制冷剂操作	254
八、小型制冷压缩机润滑油的补充与更换充灌	256
参考文献	260

第一章 制冷原理与制冷系统

第一节 制冷的基础知识

一、热力学的基本参数

(一) 温度与压力

1. 温度

温度的定义：温度是表示物体冷热程度的物理量。在制冷系统中，它表示了制冷剂的冷热程度。

温标：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（又叫绝对温标或开氏温标）。

(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。

摄氏温标用 t 表示，其单位是摄氏度，单位符号为 “℃”。

(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。

华氏温标用 t_f 表示，其单位是华氏度，单位符号为 “℉”。

(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绝对零度（绝对零度相当于 -273.15°C ），以绝对零度为起点的温标叫做热力学温标。

热力学温标用 T 表示，其单位是开尔文，单位符号为 “K”。

(4) 三种温标间的换算关系：

$$t = T - 273.15$$

$$T = t + 273.15$$

$$t = (t_f - 32) \times 5/9$$

$$t_f = 2 \times 9/5 + 32$$

2. 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作压力（即物理学中的压强），用 p 表示。

空气对地球表面所产生的压力叫作大气压力，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，因帕的单位太小，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。标准大气压用 atm 表示，即 $1\text{atm} = 760\text{mmHg}$ 。

一个标准大气压近似等于 0.1MPa ，即 $1\text{atm} \approx 0.1\text{MPa}$ 。

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。

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 735.6\text{mmHg} \approx 0.1\text{MPa}$$

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 ）。

在制冷技术中还会遇到一些非国际单位和非法定计量单位的压力单位，它们的换算关系如下：

$$1\text{lbf}/\text{in}^2 \text{（磅力/平方英寸）} = 6894.757\text{Pa}$$

$$1\text{atm} = 101325\text{Pa}$$

$$1\text{kgf}/\text{m}^2 = 9.80665\text{Pa}$$

$$1\text{dyn}/\text{cm}^2 \text{（达因/平方厘米）} = 10^5\text{Pa}$$

$$1\text{mmH}_2\text{O} = 9.80665\text{Pa}$$

$$1\text{mmHg} = 13.5951\text{mmH}_2\text{O} = 133.3224\text{Pa}$$

(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_J 表示。当容器中没有任何气体分子时，即真空状态下，绝对压力值为零。

2) 表压力。在制冷系统中，用压力表测得的压力值称为表压力，用 p_B 表示。

当压力表的读数为零值时，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_J) 与外界当地大气压力 (B) 之差，即

$$p_J = p_B + B$$

(二) 真空与真空度

1. 真空

系统内的绝对压力小于当地大气压的程度。

2. 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 ，即

$$H = B - p_J$$

3. 真空压力联程表

在制冷工程中，用于测量高于大气压的压力仪表称为压力表，用于测量低于大气压的压力仪表称为真空表，两者皆可测的压力仪表，称为真空压力联程表，如图 1-1 所示。

真空压力联程表一般是以 MPa 为单位，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 ~ 760 mmHg ）。

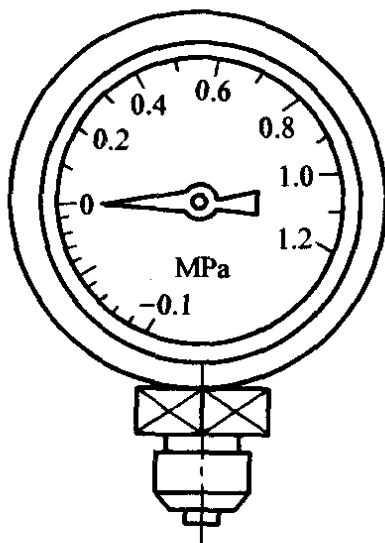


图 1-1 真空联程压力表

二、热力循环与制冷循环

1. 热力循环

一个封闭的热力过程称为热力循环。

2. 制冷循环

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。

3. 热能

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这种形式转变为另一种形式的能量。

4. 热量

物质热能转移时的度量，是表示物体吸热或放热多少的量子度，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)。工程技术中，热量单位常用卡 (cal) 或千卡 (又称大卡) (kcal) 来表示。这两种单位的换算关系是：

$$1\text{kJ} = 0.24\text{kcal} \quad 1\text{kcal} = 4.18\text{kJ}$$

5. 制冷量

用人工方法在单位时间里从某物体 (空间) 移去的热量。其单位为千焦/小时 (kJ/h) 或瓦 (W)、千瓦 (kW)。

6. 内能、焓和熵

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。它包括工质内部分子热运动的动能和分子相互作用的热能。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做比内能。比内能用符号 μ 表示。1kg 工质的内能单位是 kJ/kg。

焓是工质在流动过程中所具有的总能量。在热力工程中，将流动工质的内能和推动功之和称为焓。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 (或 kcal/kg)。

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

$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ [或 $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]。

7. 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，就称为绝热节流或等焓节流。制冷剂流经热力膨胀阀或毛细管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焓不变，所以绝热节流又称为等焓节流。

三、物质的相变

(一) 物质的三种状态及状态变化

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

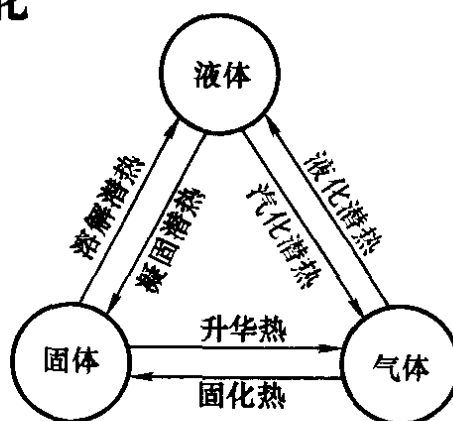


图 1-2 物质状态的变化

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现象，应用在制冷装置上，就是我们要着重介绍的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相变来完成的。

(二) 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，汽化过程伴随着吸热，液化过程伴随着放热。

汽化有两种方式：蒸发和沸腾。只在液体表面发生的汽化现象叫作蒸发。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

烈的汽化现象叫作沸腾，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，由液态汽化为气态，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。例如：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 若在室温下液化，就需加压到 0.6MPa（6 个大气压）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。反之，气体直接变为固体的过程叫做凝华。

四、制冷循环的状态术语

1) 饱和状态。在汽化过程中，气液两相处于平衡共存的状态。

2) 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。

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) 湿蒸气。处于两相共存状态下的气液混合物。

6) 过热。将蒸气的温度加热到高于相应压力下饱和温度的